

101-107-6156

MOTC-IOT-99-TDB003

運輸部門能源消耗與溫室氣體減 量評估模型架構之建立

著者：黃宗煌、黃銘崇、歐陽利姝、林成蔚、陳艾懃、楊晴雯、
藍靖瑜、莊建鐸、黃耿信、李宗益、周諺鴻、金宛嫻、
王家慈
黃運貴、黃新薰、朱珮芸、楊智凱

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 8 月

國家圖書館出版品預行編目資料

運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之
建立 / 黃宗煌等著. -- 初版. -- 臺北市：交
通部運研所，民101.08

面；公分
ISBN 978-986-03-3432-6(平裝)

1. 交通管理 2. 能源節約

557

101016492

運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立

著者：黃宗煌、黃銘崇、歐陽利姝、林成蔚、陳艾懃、楊晴雯、藍靖瑜、
莊建鐸、黃耿信、李宗益、周諺鴻、金宛嫻、王家慈、黃運貴、
黃新薰、楊智凱

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw(中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 101 年 8 月

印刷者：九易數碼科技印刷有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：460 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號・電話：(02)25180207

GPN：1010101745 ISBN：978-986-03-3432-6 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-03-3432-6(平裝)	政府出版品統一編號 1010101745	運輸研究所出版品編號 101-107-6156	計畫編號 99-TDB003
主辦單位：綜合技術組 主管：黃新薰 計畫主持人：黃運貴(前任主管) 研究人員：楊智凱、黃新薰 聯絡電話：02-2349-6868 傳真號碼：02-2712-0223	合作研究單位：千禧決策科技股份有限公司 計畫主持人：黃宗煌 研究人員：黃宗煌、黃銘崇、歐陽利姝、林成蔚、陳艾懃、楊晴雯、藍靖瑜、莊建鏘、黃耿信、李宗益、周諺鴻、金宛嫻、王家慈 地址：台北市忠孝東路三段 100 號 9 樓 聯絡電話：03-5619571		研究期間 自 99 年 03 月 至 99 年 12 月
關鍵詞：溫室氣體、整合模型、運輸部門可計算一般均衡模型、運輸能源			
<p>摘要：</p> <p>本計畫旨在建立我國運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構，作為後續發展運輸政策評估工具之基礎，俾能依據我國最新經建展望條件，重新評估我國運輸部門能源消耗與二氧化碳排放趨勢；同時根據聯合國氣候變化綱要公約精神及全國能源會議結論，參考與我經濟規模相似國家後京都時期最新發展情勢，研析我國運輸部門可行的溫室氣體減量目標。期望未來建置完成之運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型，能發揮決策支援角色，評估後京都協定對我國運輸部門之影響、運輸部門減量策略之減量成效與經濟影響，以及非運輸部門相關政策對運輸部門減量成效之影響等課題。</p> <p>本研究所建置之運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型，可降低運輸部門未來能源消耗量預測的誤差，提高我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略規劃的可行性，並使得節能減碳的減量量化績效具有可驗證性。藉由「運輸—能源—經濟整合模型」與「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」的整合，提高相關政策評估的有效性與政策評估的正確性，而模式庫與資訊平台相互整合支援後，有助於本所相關節能減碳策略的效益評估。</p> <p>在研究成果應用方面，本研究之成果可提供交通部作為節能減碳政策施政之重要參考依據，以及提供運輸部門作為具體行動方案內容檢討之重要參考依據。</p>			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
101 年 8 月	580	460	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p> <input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密 (解密條件：<input type="checkbox"/> 年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密， <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密) </p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: A Framework Model for the Evaluation of Energy Consumption and GHG Emission Reduction in the Transportation Sector			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-03-3432-6(pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010101745	IOT SERIAL NUMBER 101-107-6156	PROJECT NUMBER 99-TDB003
DIVISION: Interdisciplinary Research Division DIVISION DIRECTOR: Hsin-Hsun Huan PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yung-Kuei Huang (former division director) PROJECT STAFF: Chih-Kai Yang, Hsin-Hsun Huang PHONE: +886 2 23496868 FAX: +886 2 27120223			PROJECT PERIOD FROM March 2010 TO December 2010
RESEARCH AGENCY: Millennium Decision Technology Ltd. PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chung-Huang Huang PROJECT STAFF: Chung-Huang Huang, Ming-Chorng Hwang, L. Ouyang, Cheng-Wei Lin, Ai-chin Chen, Chin-Wen Yang, Chien-Hua Chuang, Gen-Shin Huang, ADDRESS: 9F., No.100, Sec. 3, Zhongxiao E. Rd. Da'an Dist., Taipei City 106, Taiwan (R.O.C.) PHONE: +886 3 5619571			
KEY WORDS: Greenhouse Gas, Integrated Assessment Model, Computable General Equilibrium Model of Transportation, Transportation Energy			
ABSTRACT: <p>The purpose of this project is to build an integrated assessment model of transportation, used to appraise energy consumption and CO₂ emission tendencies in the transportation sector under the conditions of the latest economic construction and development in our country. Meanwhile, according to the spirit of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the conclusion of the National Energy Conference in Taiwan, this project refers to countries in the post-Kyoto era with economies similar in size to our country's and then analyzes the feasible goal of greenhouse gas reduction in the transportation sector. Finally, the integrated transportation-energy-economic model will support the decision-maker to have the influence of mitigation actions in hand, whether from the transportation sector or others.</p> <p>The integrated transportation-energy-economic model can reduce the forecast error in the transport sector energy consumption and improve the feasibility of planning and strategies for our transport sector greenhouse gas reduction targets, as well as making the energy-saving and carbon-reduction quantitative performance verifiable. In combination with the Transportation Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions Information Platform, the model can further improve the effectiveness and correctness of policy evaluation.</p> <p>The research results of this project provide an important reference for the Ministry of Transportation and Communications as well as for revising the action plans of the transportation sector.</p>			
DATE OF PUBLICATION August, 2012	NUMBER OF PAGES 580	PRICE 460	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫背景與目的	1-1
1.2 研究範圍與對象	1-2
1.3 研究內容與項目	1-3
1.4 研究方法與步驟	1-4
1.5 研究成果摘述	1-4
第二章 國內外運輸部門減量策略發展趨勢	2-1
2.1 運輸部門排放現況與發展趨勢	2-1
2.1.1 UNFCCC 之發展歷程與方向	2-1
2.1.2 全球運輸部門排放現況	2-2
2.1.3 全球運輸部門排放未來展望	2-4
2.2 運輸部門減量政策發展與工具選擇	2-7
2.2.1 新車能效標準管制	2-7
2.2.2 替代燃料誘因機制	2-18
2.2.3 課徵相關稅費	2-20
2.3 運輸部門排放與減量政策發展小結	2-23
第三章 文獻回顧	3-1
3.1 溫室氣體整合評估模型特色與架構	3-1
3.1.1 國內外能源與溫室氣體評估模型類別	3-1
3.1.2 整合型 3E 模型的內涵與關聯	3-2
3.1.3 國內研發概況	3-7
3.2 運輸與 3E 整合模型	3-10
3.2.1 國際重要的運輸 3E 整合模式	3-10
3.2.2 國內運輸 3E 整合模式	3-30
3.2.3 運輸 3E 整合模式評析	3-30
3.3 運輸部門可計算一般均衡模型	3-34

3.3.1 運輸部門可計算一般均衡模型之發展	3-34
3.3.2 國內可計算一般均衡模型發展現況	3-42
3.3.3 時間價值、效用函數與一般均衡	3-44
3.3.4 運輸部門一般均衡模型評析	3-47
3.4 運輸需求預測模式	3-49
3.4.1 運輸需求預測模式之概念	3-49
3.4.2 國內主要的運輸需求預測模式	3-52
3.4.3 運輸規劃模式之檢討評析	3-63
3.5 能源工程模型	3-64
3.5.1 能源工程模型的特性與功能	3-64
3.5.2 能源工程模型在運輸部門的應用	3-67
3.5.3 能源工程模型評析	3-69
3.6 「能源科技發展中綱計畫(96-98 年計畫)」研究成果	3-71
3.7 整合模型文獻評析小結	3-73
第四章 運輸部門溫室氣體減量整合模型架構	4-1
4.1 整合模型定位與目的	4-1
4.2 整合模型功能與架構	4-2
4.2.1 整合的意義	4-2
4.2.2 整合模型特色與功能	4-2
4.2.3 整合模型架構與關聯	4-4
4.3 運輸部門一般均衡模型理論架構	4-18
4.3.1 產業部門行為	4-19
4.3.2 運輸服務業者行為	4-24
4.3.3 家計部門行為	4-24
4.4 運輸需求預測模型架構	4-28
4.4.1 整合模型中運輸模型之功能定位	4-28
4.4.2 整合能源、經濟與運輸模型之相關課題	4-29
4.4.3 政策評估模型之建議架構	4-33
4.5 輔助模組	4-36

4.5.1 經濟計量模型的功能與目的	4-36
4.5.2 GDP 預測之相關文獻回顧	4-36
4.5.3 GDP 成長率與人均 GDP 預測	4-40
4.5.4 產業結構預測	4-61
4.5.5 公路各運具能源消耗量預測	4-71
4.6 與資訊平台的關聯	4-79
4.6.1 資訊平台的功能	4-79
4.6.2 資訊平台的內容	4-80
4.6.3 整合模型與資訊平台之關聯	4-82
4.7 整合模型發展時程規劃	4-84
4.7.1 運輸 CGE 模型建構流程	4-84
4.7.2 主要資料來源與部門定義	4-85
4.7.3 運輸部門能源消耗預測模式建置程序	4-88
4.7.4 模型建構時程規劃	4-90
4.8 整合模型架構小結	4-93
第五章 運輸部門減量目標與行動方案	5-1
5.1 核配之目的與精神	5-1
5.2 核配之範疇與倡議	5-3
5.3 核配的方法與問題	5-10
5.4 成本有效的部門核配方式	5-12
5.5 成本有效的運輸部門核配	5-17
第六章 結論與建議	6-1
6.1 結論	6-3
6.2 建議	6-6
參考文獻	R-1

附錄 1	計畫摘要	附錄 1-1
附錄 2	期中報告審查意見處理情形表	附錄 2-1
附錄 3	期末報告審查意見處理情形表	附錄 3-1
附錄 4	第一次專家學者座談會會議紀錄	附錄 4-1
附錄 5	第二次專家學者座談會會議紀錄	附錄 5-1
附錄 6	運輸部門溫室氣體減量行動方案執行成效推估	附錄 6-1
附錄 7	成果交流研討會議程與簡報資料	附錄 7-1
附錄 8	第 16 屆締約國會議（COP16）暨京都議定書生效第 6 屆締 約國大會(CMP6)出國報告書	附錄 8-1
附錄 9	國際主要溫室氣體減量與調適的衝擊評估模型	附錄 9-1
附錄 10	簡報資料	附錄 10-1

圖目錄

圖 1.1	研究流程圖.....	1-5
圖 2.1	UNFCCC 發展歷程與方向.....	2-2
圖 2.2	1980 年至 2007 年全球各部門 CO ₂ 排放量趨勢圖	2-3
圖 2.3	全球主要國家 2005 年的各類車輛 CO ₂ 排放量佔比	2-4
圖 2.4	IEA 模擬基線 2000-2050 年運輸部門的 CO ₂ 排放量	2-5
圖 2.5	IEA 模擬基線 2000 至 2050 年各類運輸工具 CO ₂ 排放佔比	2-5
圖 2.6	2005 年世界主要各國運輸部門之人均 CO ₂ 排放及碳密集度統計	2-6
圖 2.7	各國新型小型客車能耗標準規範.....	2-11
圖 2.8	各國新型小型客車 CO ₂ 排放標準趨勢(2002-2018 年).....	2-11
圖 2.9	2006 年至 2009 年歐盟 15 國汽車平均排放量趨勢.....	2-13
圖 2.10	英國年度通行稅之最新規範.....	2-21
圖 3.1	能源模型的分類系統.....	3-1
圖 3.2	整合型 3E 模型的內涵	3-3
圖 3.3	EPPA/MARKAL 模型體系	3-14
圖 3.4	EPPA/MARKAL 整合流程.....	3-17
圖 3.5	ECLIPSE 模型體系	3-18
圖 3.6	ECLIPSE 模型整合流程.....	3-19
圖 3.7	ASTRA 模式架構	3-22
圖 3.8	ASTRA 模型中運輸部門與經濟變數之連結	3-22
圖 3.9	MARS 模型架構	3-24
圖 3.10	ASTRA 情境模擬之資料流	3-25
圖 3.11	TRIAS 模式間之連結與回饋	3-28
圖 3.12	POLES 模組與模擬程序	3-28
圖 3.13	EPPA 家計部門巢式架構圖	3-38
圖 3.14	Berg 家計部門消費巢式架構.....	3-38
圖 3.15	Abrell 模型巢式架構	3-40
圖 3.16	整合性城際運輸需求模式概念圖.....	3-53

圖 3.17	臺灣城際運輸需求模式架構.....	3-54
圖 3.18	臺灣城際運輸需求模式模型建構介面.....	3-57
圖 3.19	臺灣城際運輸需求模式情境管理介面.....	3-58
圖 3.20	臺灣城際運輸需求模式情境參數選單.....	3-59
圖 3.21	運輸規劃模式與能源、污排推估模組整合架構-公路運輸部門	3-61
圖 3.22	MARKAL 模型基本架構	3-65
圖 3.23	核研所 MARKAL-MACRO 模型運輸技術分類	3-68
圖 3.24	本所運輸能源相關研究計畫之整體架構.....	3-71
圖 3.25	TDM2008 評析系統.....	3-72
圖 4.1	運輸部門溫室氣體排放決策支援系統.....	4-6
圖 4.2	運輸部門溫室氣體排放決策支援系統.....	4-7
圖 4.3	運輸部門溫室氣體減量整合模式關聯圖.....	4-10
圖 4.4	補助購置油電混合公車之影響.....	4-14
圖 4.5	「補貼公共運輸票價」在 CGE 模型中之影響機制.....	4-15
圖 4.6	「補貼公共運輸票價」在 CGE 模型中之影響機制.....	4-17
圖 4.7	產業部門生產巢式架構圖.....	4-20
圖 4.8	產業部門生產巢式架構圖-短期運輸服務架構	4-21
圖 4.9	產業部門生產巢式架構圖-短期運輸工具架構	4-21
圖 4.10	產業部門生產巢式架構圖-中長期運輸服務架構	4-22
圖 4.11	產業部門生產巢式架構圖-中長期運輸工具架構	4-23
圖 4.12	家計部門運輸設備之能源服務巢式架構圖-第一階段	4-26
圖 4.13	家計部門運輸設備之能源服務巢式架構圖-第二階段	4-27
圖 4.14	ASTRA 之分區系統	4-32
圖 4.15	ASTRA 運具選擇與距離分類	4-32
圖 4.16	運輸模型架構.....	4-35
圖 4.17	經濟成長歷史趨勢.....	4-41
圖 4.18	實質 GDP 及其成長率預測流程.....	4-43
圖 4.19	資料檢定流程.....	4-44
圖 4.20	經濟成長未來趨勢(時間序列模式).....	4-53

圖 4.21	經濟成長未來趨勢(多元迴歸模式).....	4-57
圖 4.22	實質 GDP 成長率未來趨勢.....	4-60
圖 4.23	農、工、服務業產業結構歷史趨勢.....	4-63
圖 4.24	三級產業結構變化未來趨勢(時間序列模式).....	4-69
圖 4.25	各類運具歷年能源消耗變化趨勢.....	4-72
圖 4.26	整合資訊平台架構圖.....	4-81
圖 4.27	整合資訊平台資料庫與整合模型資料庫之關係圖.....	4-83
圖 4.28	運輸部門 CGE 模型建構流程圖.....	4-85
圖 4.29	主計總處雙面平減表-運輸部門國內生產毛額占全國比重	4-88
圖 4.30	運輸部門能源消耗預測模式建置程序.....	4-90
圖 4.31	運輸部門溫室氣體整合模式建構時程規劃.....	4-91
圖 5.1	排放交易制度運行機制.....	5-3
圖 5.2	QELROs 減量目標與減排軌跡.....	5-5
圖 5.3	邊際減量成本函數.....	5-13
圖 5.4	等邊際減量成本與核配.....	5-14
圖 5.5	成本有效與等比例減量.....	5-14
圖 5.6	MAC 變動之成本有效與等比例減量核配	5-15
圖 5.7	McKinsey 2.1 版全球減量成本曲線.....	5-16
圖 5.8	國際能源價格設定值.....	5-18
圖 5.9	GDP 基線.....	5-19
圖 5.10	國家邊際減量成本曲線.....	5-20
圖 5.11	運輸服務部門邊際減量成本曲線.....	5-21
圖 5.12	家計部門邊際減量成本曲線.....	5-21
圖 5.13	部門許可排放量分配比例(2011 年).....	5-23
圖 5.14	部門許可排放量分配比例(2020 年).....	5-24

表 目 錄

表 2.1	國際採行之運輸部門節能減碳策略.....	2-8
表 2.2	歐盟針對汽車排放之管制措施.....	2-14
表 2.3	美國與歐盟 15 國運輸部門相關指標之比較.....	2-14
表 2.4	日本汽油汽車能耗標準.....	2-15
表 2.5	中國客車能耗標準.....	2-16
表 2.6	國際新車 CO ₂ 排放效能標準管制趨勢.....	2-17
表 2.7	國際推動替代燃料車輛之誘因機制.....	2-18
表 2.8	美國與歐盟生產酒精與生質柴油之噸數.....	2-19
表 2.9	美國與歐盟生質燃料的補貼.....	2-19
表 2.10	歐洲各國的車輛稅制彙整.....	2-22
表 3.1	3E 整合模型的主要預測方法.....	3-4
表 3.2	CGE 模型與 MARKAL 模型比較表.....	3-11
表 3.3	EPPA/MARKAL 子模型特色與功能.....	3-13
表 3.4	EPPA 模型輸入輸出資料.....	3-15
表 3.5	MARKAL 模型輸入輸出資料.....	3-15
表 3.6	Modal Split 模型輸入輸出資料.....	3-16
表 3.7	運輸部門 CGE 模型相關文獻.....	3-35
表 3.8	國內 CGE 模型研發類別.....	3-42
表 3.9	TAIGEM-III 與 TaiSEND 比較.....	3-44
表 3.10	既有生活圈運輸需求預測模式.....	3-62
表 3.11	MARKAL 家族模型特性彙整.....	3-66
表 3.12	運輸部門溫室氣體減量評估模型比較表.....	3-74
表 4.1	CGE 模型與運輸模型之優缺點.....	4-4
表 4.2	數學模型與空間模型之比較.....	4-29
表 4.3	運輸需求模型交通分區系統架構.....	4-34
表 4.4	張雅棻和官德星(2005)之臺灣經濟成長來源分析.....	4-38
表 4.5	實質 GDP 生產函數之推估結果(應變數： $\ln GDP$).....	4-39

表 4.6	經濟成長之影響因子.....	4-40
表 4.7	長期各類預測方法之比較.....	4-42
表 4.8	MAPE 值預測能力等級劃分表.....	4-46
表 4.9	實質 GDP 單根檢定結果(含截距與時間趨勢項).....	4-50
表 4.10	實質 GDP(RGDP)ARIMA 分析結果(應變數：D(RGDP)).....	4-51
表 4.11	時間序列模式預測結果.....	4-52
表 4.12	實質 GDP 與其解釋變數成長率單根檢定結果.....	4-54
表 4.13	實質 GDP(RGDP)多元迴歸分析結果(應變數：RGDP).....	4-55
表 4.14	多元迴歸模式預測結果.....	4-56
表 4.15	實質 GDP 成長率預測結果.....	4-58
表 4.16	實質 GDP 平均成長率預測結果.....	4-61
表 4.17	國內各研究機構實質 GDP 成長率預測結果.....	4-61
表 4.18	工業與服務業佔 GDP 比例單根檢定結果(含截距與時間趨勢項).....	4-64
表 4.19	工業(IND)佔 GDP 比例時間序列模式(應變數：IND).....	4-65
表 4.20	服務業(SER)佔 GDP 比例時間序列模式(應變數：SER).....	4-66
表 4.21	三級產業結構預測結果.....	4-66
表 4.22	產業結構預測結果之比較.....	4-70
表 4.23	各類運具歷年能源消耗佔公路運輸比例.....	4-71
表 4.24	各類運具能源消耗量單根檢定結果(含截距與時間趨勢項).....	4-73
表 4.25	小客車(X1)能耗量 ARMA 分析結果.....	4-74
表 4.26	大客車(X2)能耗量 ARIMA 分析結果.....	4-74
表 4.27	機車(X3)能耗量 ARIMA 分析結果.....	4-75
表 4.28	小貨車(X4)能耗量 ARIMA 分析結果.....	4-75
表 4.29	大貨車(X5)能耗量 ARIMA 分析結果.....	4-76
表 4.30	特種車(X6)能耗量 ARIMA 分析結果.....	4-76
表 4.31	各類運具能耗量預測結果.....	4-78
表 4.32	主計總處產業關聯表運輸相關部門(2004 年).....	4-86
表 4.33	產業關聯表運輸部門附加價值與生產總值(2004 年).....	4-87
表 5.1	各國部門分配方法.....	5-7

表 5.2 基準情境設定與說明表.....	5-17
-----------------------	------

第一章 緒論

1.1 計畫背景與目的

京都議定書第一階段行動即將於 2012 年期滿，2007 年 COP¹ 13 會議中提出的「峇里島路線圖(Bali Road Map)」成為下一階段的減量行動依據。峇里島路線圖倡議 2050 年全球排放量應較 1990 年減少 60%。此外，2009 年於哥本哈根(Copenhagen)舉辦之 COP 15 會議，則要求附件 1 國家須提出減量目標，而非附件 1 國家則須提出碳排減緩行動。

近年來全球運輸部門的 CO₂ 排放量持續上升，在全球 CO₂ 排放總量中，運輸部門即占 15%。在運輸部門排放量中有 23% 來自燃燒化石燃料，其中又以道路運輸的排放量成長最快，2007 年已經比 1980 年增加了一倍。運輸部門 CO₂ 排放量如此快速的成長，已經迫使很多國家開始針對運輸部門進行減量計畫。

目前各國用以進行運輸部門減量之政策工具可區分為技術與經濟政策兩類。在技術方面包括改善能源效率、使用替代能源、改變運輸設施、進行運具移轉(modal shift)及車隊管理(Fleet Management)措施等；在經濟政策方面則有取消油價補貼、開徵燃料或車輛相關稅率、將運輸部門納入排放交易機制及制訂車輛排放標準等管制措施。

溫室氣體減量政策的執行通常牽涉許多層面，橫跨多個領域及部門。政策執行的成效、對社會經濟的衝擊，以及政策執行的成本等，都是決策過程必須審慎考量的重點。於是世界各國紛紛研發政策評估工具，藉以評量節能減碳措施之成本與效益。基於減緩行動策略之特性，政策評估工作可能於國家、區域、部門、運具、計畫等不同層級進行探討，因此相對採取的評估方法與工具也必須有所差異。而考慮到影響層面的廣度及政策配套之必要性，整合性的評估方式是目前各國在建構評估工具時的發展方向。

過去運輸部門減量行動之相關評估工作，多從個體模式探討節能減碳的成效，本所自 96 年起，即已辦理「運輸部門能源科技研究發展三年期計畫—能源消耗與運輸規劃整合模式構建與評估」研究。基於運輸衍生性需求之本質，運輸部門與其他經建部門互動密切而不可分割，面對節能減碳的需求及

¹聯合國氣候變化綱要公約締約國大會(Conference of the Parties, COP)。

行動日益迫切，有必要從運輸、能源與經濟等構面，開發與應用運輸系統節能減碳政策評估工具，以進一步評估我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略，並研訂各項行動計畫。

本研究旨在建立整合性分析架構，透過各國評估模式之蒐集與研析，尋找一套適合我國運輸部門溫室氣體減量政策之評估方法，並據以建立「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型」。研究內容除了在我國最新經建展望條件下，重新評估我國運輸部門能源消耗與 CO₂ 排放趨勢外，另同時根據氣候變化綱要公約精神及全國能源會議結論，參考與我經濟規模相似國家後京都時期最新發展情勢，進而研析我國運輸部門可行的溫室氣體目標。此外，並運用「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型」，進行哥本哈根會議後，國家減量目標與碳排減緩行動對運輸部門影響之初步探討。

選擇適當的評估方法或模型攸關未來能源消耗量預測的正確性與政策評估運用之彈性，因此，本研究透過國內外相關溫室氣體減量評估模型之回顧，借鏡國際模型的特點與架構，評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之模型，進而提出我國運輸部門整合評估模型架構，釐清個別模型所需參變數資料並列出清單，以利後續模型建置。

綜合上述，本研究主要目的可歸納為：

1. 評估我國運輸部門能源消耗與 CO₂ 排放趨勢；
2. 研析我國運輸部門可行的溫室氣體減量目標；
3. 研析國內外溫室氣體減量評估模型的特點與架構；
4. 釐清各模型所需參變數資料(包括輸出輸入介面)；
5. 評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之模型，以利後續整合評估模型之建置。

1.2 研究範圍與對象

本研究主要目的在建構運輸部門溫室氣體整合評估模式，整合運輸規劃與需求分析模式、總體經濟政策評估模式與經濟計量模式。過去本所發展之運輸規劃與需求整合模式包含了運輸需求模式、運輸規劃與環境評估模式等，整體架構與脈絡十分清楚，惟對於需求模式中之若干社經變數，或以迴歸或參考他人研究方式取得，無法反映運輸需求與經濟活動兩者相互影響之

關聯性，因此有必要進一步與總體經濟評估模型進行連結。本研究主要研究範圍包括：

1. 運輸、能源、經濟整合模式架構建立；
2. 模式資料庫建置；
3. 參變數定義釐清與比對；
4. 政策分析與結果回饋機制建立；
5. 策略研擬。

1.3 研究內容與項目

鑑於跨領域分析與模型整合之必要性，本年度主要工作項目包括五大項：

1. 進行國內外相關模型特點與架構之比較，作為後續構建運輸-能源-經濟整合模型架構的基礎。
2. 回顧國內外相關溫室氣體減量評估模型，並評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之評估模型，以配合本所建立「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」計畫所需。
3. 釐清各模型所需參變數資料(包含輸出輸入介面)並列出清單，蒐集暨整理國內外現有運輸能源消耗與溫室氣體排放基本參數資料(包含公路、軌道、航空及水運)，並進行國內外運輸能源消耗與溫室氣體排放參數彙整及比較，以利後續整合評估模型之建置。
4. 針對未來減量評估模型架構，提出未來模型發展方向、建置程序、資料蒐集流程等具體建議。其中必須包括探討本所 96-98 年所辦理「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立」、「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究」、「能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究」、「能源消耗、污染排放推估模式與永續運輸模式之整合研究」計畫間彼此之關聯性，進而提出完整之關聯架構及未來整合之構想。
5. 配合我國相關能源政策所訂定之運輸部門行動方案內容，進行執行成果估算、檢討、驗證、成本效益分析及因應策略研擬。

(1)配合我國相關能源政策所訂定之具體行動方案，利用所能掌握之參變

數資料，進行行動方案之執行成效估算、檢核、成本效益分析與模式驗證。

(2)檢討未來模式修正需求，建議參變數資料蒐集範圍與內容，並據以研擬因應達成減量目標之策略。

(3)掌握國內能源與溫室氣體減量目標政策發展趨勢，檢討運輸部門溫室氣體減量目標。

1.4 研究方法與步驟

綜合本研究各項工作項目，本年度計畫大致可區分為三大部分，其一為參酌國內外溫室氣體減量評估方法及整合評估模式，規劃我國運輸部門整合模式架構；其二為搭配整合模式之發展，以由上而下方法檢討運輸部門減量目標設定方式，另方面延續本所 98 年度「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立(3/3)」計畫，以由下而上方法，重新估算運輸部門行動方案減量成效，並檢討運輸部門減量潛力，提出因應策略；最後，針對運輸部門未來可能的減量策略，提出模型發展與建置程序，並規劃建置時程與政策評估流程；另為使模型架構更臻嚴謹並切合評估需求，於 99 年 7 月及 10 月分別舉辦專家座談會，針對整合模型架構與設定，網羅專家經驗與建議，據以修正模型設定，並於期末提出成果說明研討會。爰此，本年度計畫研究流程如圖 1.1 所示。

1.5 研究成果摘述

本年度計畫完成工作項目包括：

1. 國內外運輸部門減量策略發展趨勢回顧與評析

為追求適當的政策研擬方向，並建置更切合我國運輸部門減量策略評估需求的模型架構，同時掌握當前國際上運輸部門減量策略發展趨勢，係為檢視並研擬未來國內運輸部門減量政策的必要工作。因此，本研究於第二章彙整分析國際運輸部門排放趨勢，並探討運輸部門可採取的減量政策與工具選擇，以作為後續研究的參考基礎。

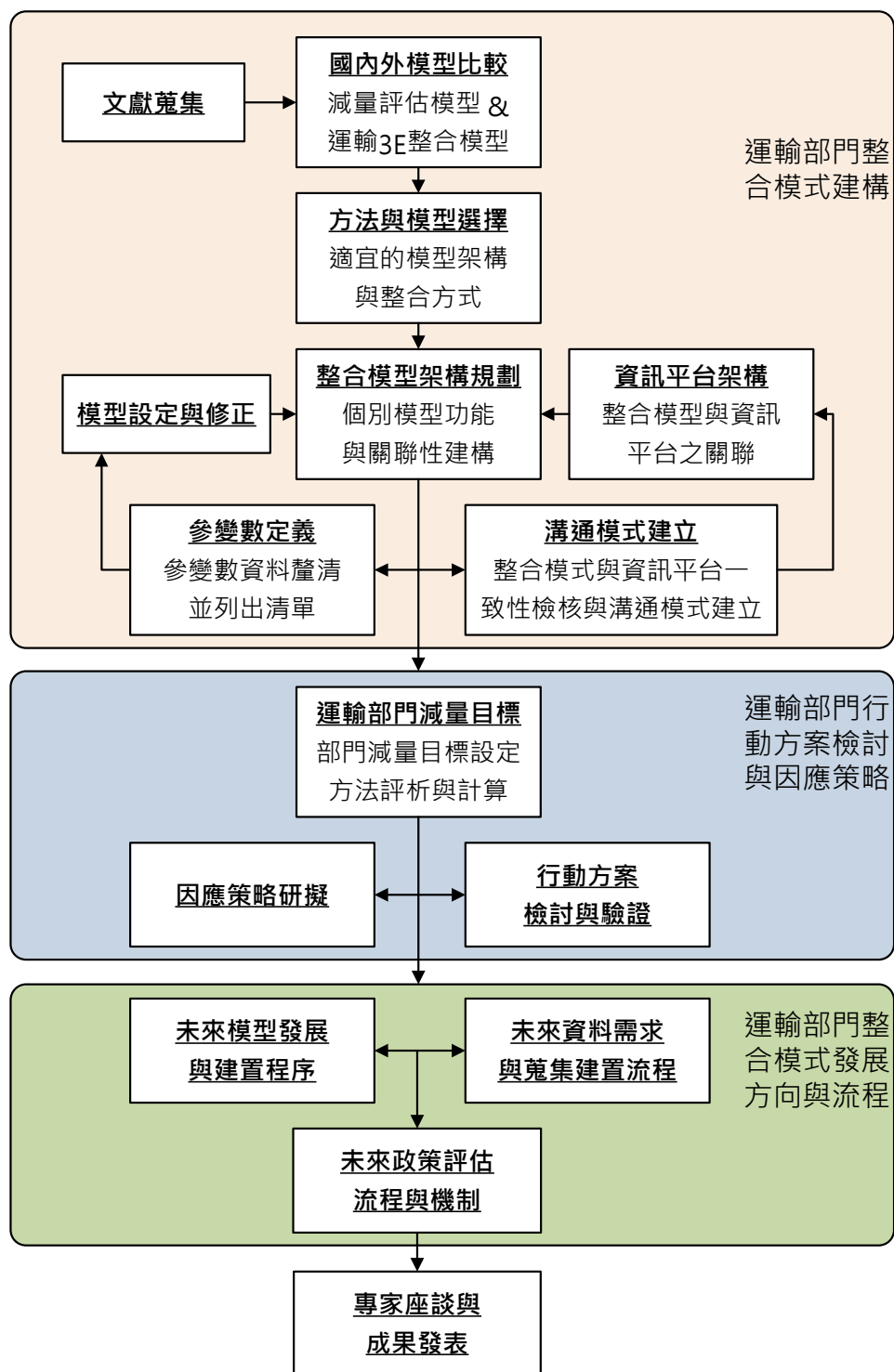


圖 1.1 研究流程圖

2. 國內外運輸部門溫室氣體減量模型相關文獻回顧

為瞭解國內外溫室氣體減量評估相關模型的架構與運作方式，本研究於第三章彙整國際重要的「能源-環境-經濟(Energy-Environment-Economics，簡稱 3E)」模型的特色與功能。

目前普遍採行的方法或模型包括能源工程模型(如 MARKAL 模型²)、可計算一般均衡(Computable General Equilibrium, CGE)模型、總體經濟模型(如內生成長模型)、能源需求模型、運具分配模型(Model Split)、MOBILE 等。其中針對運輸部門所建構的 3E 整合模型包括 EPPA/MARKAL、ECLIPSE 以及 ASTRA 等，這些模型大多結合原本目的與功能各異的分析方法。

本研究擷取各模型的長處以進行整體性評估，並於第三章比較這些模型在方法論、模型功能以及整合架構上的差異。

3. 我國運輸部門溫室氣體減量整合模型架構建立

由於運輸行為乃衍生自其他部門對於運輸服務之需求，為因應未來減量或能源政策對運輸部門之影響評估所需，本研究需要能充分掌握經濟體系運作及運輸部門與體系內所有個體互動的研究方法。

在參酌國內外模型後，本研究以 CGE 作為我國運輸部門溫室氣體減量整合模型之架構。

然而 CGE 模型係屬由上而下方法，建構初期無法描繪運輸部門在空間與時間上的分布特性，因此建議另行建構一運輸模型，由較微觀的角度分析運輸部門減量策略的影響；此外，有鑑於參數推估、基線預測以及其他議題評估之需要，因此在模型整合評析架構中，同時規劃納入輔助模組。該輔助模組將以經濟計量模型及預測模型為主，並將視議題分析所需納入適當研究方法。

對於車輛技術發展的考量，目前並未納入整合體系中，但並不代表模型不考慮技術未來發展可能產生的影響，而是參考國內外其他研究相關資訊，以外生方式設定模型內相關技術參數。例如油電混合車成本未來隨時間經過之變化趨勢、市場滲透率何時提升至何種程度、能源效率如何等基本資料皆須建立在資料庫中，並在模型參數設定時加以考慮。倘若技術發展發生變化，則以情境模擬方式，考慮對運輸部門之影響。長期而言，技術的發展可

² MARKAL(MARKet ALlocation，MARKAL)模型，為國際能源總署(International Energy Agency，簡稱 IEA)發展之單一目標線型規劃方法的能源系統分析工具。於本研究第三章有進一步之說明。

在 CGE 模型中內生考量誘發性效果，亦即探討能有效誘使技術加速發展並進入市場的因素與策略，及該策略所產生之運輸部門減量成效與經濟效益。此種技術內生性之研究方法，乃立基於對技術發展之需求，與 MARKAL 以規劃角度出發之供給面方法仍有不同。

確立研究方法後，本研究進一步建構模型整體架構與彼此間之關聯。本研究建構模型整體架構整合了多種模型，其特點有三：(1)相互支援，如上所述 CGE 模型與運輸模型各有功能，不同評估議題需借重不同模型特長；(2)彼此驗證，由於方法論、分析範疇與資料結構的差異，若不同模型能夠對同一指標產生接近的結果，則更可提高對模型的信任度；(3)差異分析，即使不同模型所產生的結果存在差異，也提供良好的比較平台，藉由模型與資料結構差異的比較分析，瞭解結果產生分歧的原因，更能擴展施政時考慮面向。

爰此，第四章說明本研究整合模型定位與功能、模型整體架構、個別模型角色與功能、運輸部門 CGE 模型理論架構與設定、運輸需求分析模式架構以及輔助模組內涵，並針對模型發展目標規劃模型研發時程，依據資料可及性與模型擴展需求，提出短、中、長期模型架構。

4. 我國運輸部門減量目標與行動方案減量成效估算

搭配整合模式之發展，第五章彙整目前國際上部門減量目標核配方法，經由理論探討及國際施行現況，說明運輸部門減量目標設定方式，本研究認為應以成本有效的方式訂定部門減量目標，同時應對核配進行減量與經濟影響評估。經過上述由上而下方法建立運輸部門減量目標後，本研究更延續本所 98 年度「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立(3/3)」計畫，以由下而上方法，重新估算運輸部門行動方案減量成效。

5. 研究成果公開檢視與意見徵詢

為使研究成果更豐富、模型建構更嚴謹、模型功能更完備，本研究已舉辦兩場專家座談會，邀集國內模型建構與溫室氣體政策評估專家，針對整合模型架構、模型功能與關聯、模型理論架構等層面，提供諮詢與建議。與會專家皆為國內相關領域翹楚，對本研究模型建構多所助益，兩場座談會會議記錄詳見附錄 4 與附錄 5。

此外，運輸部門溫室氣體減量整合模型未來將扮演運輸減量政策評估之重要角色，故本研究已於 99 年 12 月舉辦研究成果說明暨運輸部門減量政策發展研討會，透過與各界交流，廣納各界對於運輸部門減量之看法與期許，

以作為模型研發之參酌。

6. 國際溫室氣體議題最新趨勢掌握

自 1995 年起，聯合國逐年召開「聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC³)」締約國大會，執行公約的各項程序，也是氣候變化綱要公約的最高決策單位；根據公約的規定，年度會議應定期檢討各國執行成效。

為掌握國際溫室氣體減量最新動態，本研究委由研究團隊之李堅明教授參與 2010 年 11 月 29 日至 12 月 10 日於墨西哥坎昆舉行之第 16 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國大會(Conference of the Parties, COP 16)，會議重要成果綜整如附錄 8。

³ UNFCCC：United Nations Framework Convention on Climate Change。

第二章 國內外運輸部門減量策略發展趨勢

2.1 運輸部門排放現況與發展趨勢

2.1.1 UNFCCC 之發展歷程與方向

自 1992 年聯合國總部通過 UNFCCC 以來，至 2009 年共歷經 15 次締約國大會(COP)，期間幾個關鍵性發展如圖 2.1。包括：

1. 1997 年 COP 3 通過「京都議定書(Kyoto Protocol)」，有 37 個工業化國家以及歐盟，承諾於 2012 年溫室氣體排放量比 1990 年減少 5%。
2. 2005 年 2 月 16 日「京都議定書」生效。
3. 2007 年於 COP 13 會議中提出「峇里島路線圖(Bali Road Map)」，期望成為在 2012 年京都議定書第一階段承諾期滿之後續行動依據，倡議 2050 年全球排放量應較 1990 年減少 60%，其中工業化國家則於 2050 年須降至 1990 年排放水準之 80%，該次會議中並通過成立調適基金之決議文，顯然因應氣候變遷之調適工作將成為後續發展重點。
4. 2009 年哥本哈根舉辦之 COP 15 會議，則要求附件一國家須提出減量目標，非附件一國家則須提出碳排減緩行動，並成立哥本哈根綠色氣候基金，以協助開發中國家進行減緩森林退化、能力建構及技術發展等調適策略。
5. 至於 2010 年之 COP 16 於墨西哥市舉行，主要議題係針對 COP 15 中原則性描述之議題及相關基金運作與分配進行討論與協商。

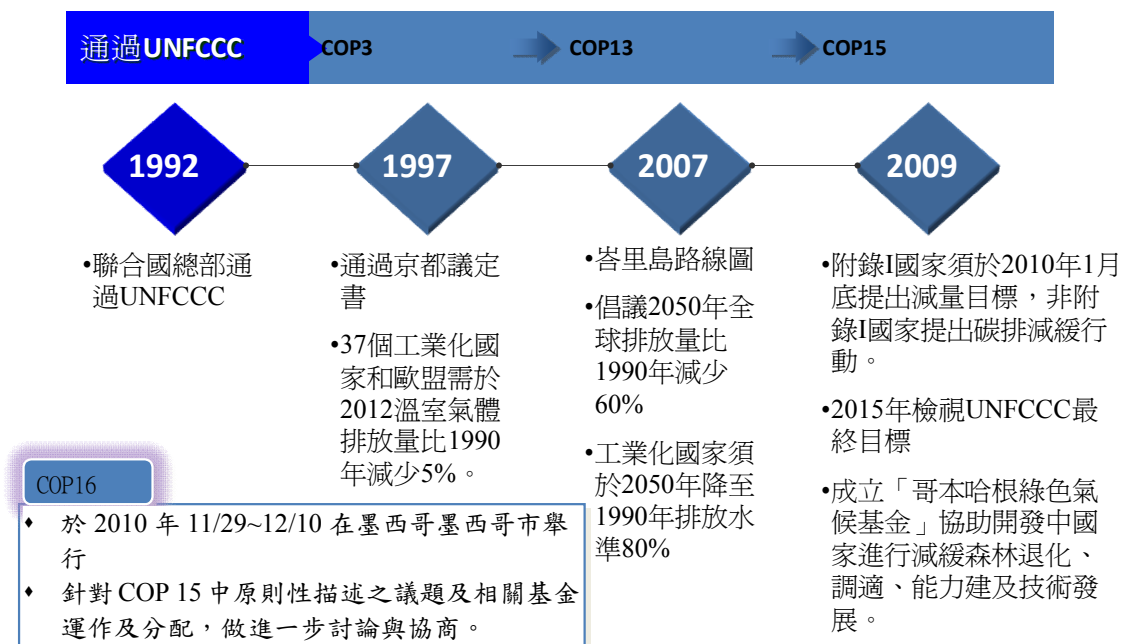


圖 2.1 UNFCCC 發展歷程與方向

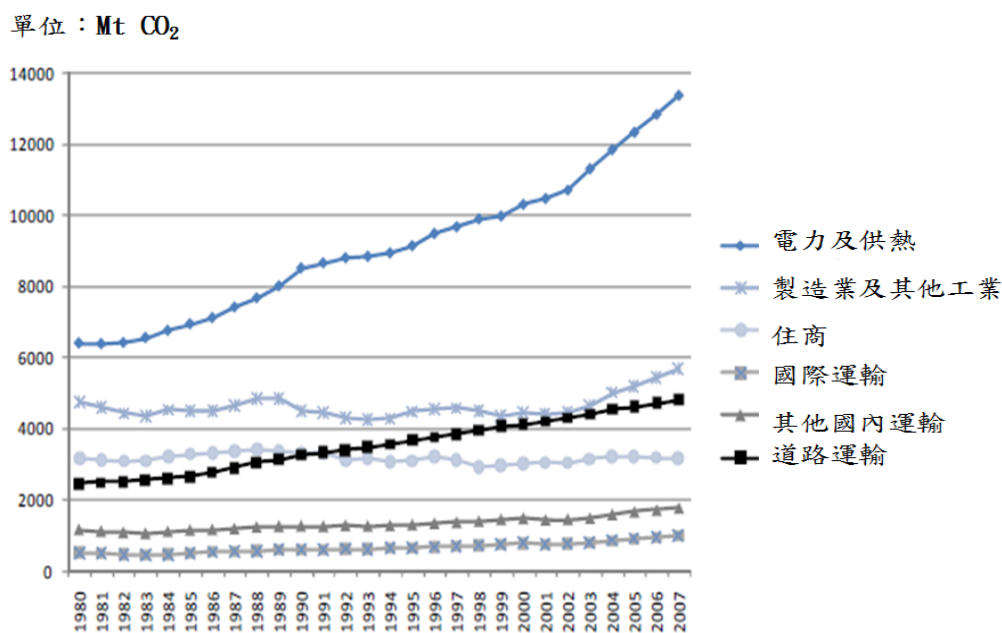
2.1.2 全球運輸部門排放現況

近年來全球運輸部門的 CO₂ 排放量不斷持續上升。OECD¹引用 IEA²數據顯示，全球運輸部門 CO₂ 排放量從 1990 年的 4.58Gt³增至 2007 年的 6.63Gt，大幅增加了 45%^[2.1.1]。而全球運輸部門佔全球排放總量的 15%，其中有 23%的排放是來自燃燒石化燃料。圖 2.2 顯示在全球的國際運輸、道路運輸及其他國內運輸之排放量均有明顯成長，其中以道路運輸的排放量成長最快，2007 年已經比 1980 年增加了一倍。不僅如此，道路運輸在 1999 年至 2003 年這段期間的排放成長速度早已經超過製造業及其他工業，甚至兩者的排放量也相差無幾，這樣快速的成長已經迫使很多國家開始針對運輸部門進行減量計畫。而國際運輸及國內其他運輸 2007 年比 1980 年出現小幅成長。

¹ OECD：Organisation for Economic Co-operation and Development，聯合國經濟合作與發展組織。

² IEA：International Energy Agency，國際能源總署。

³ Gt：gigaton，one billion tons，十億噸。

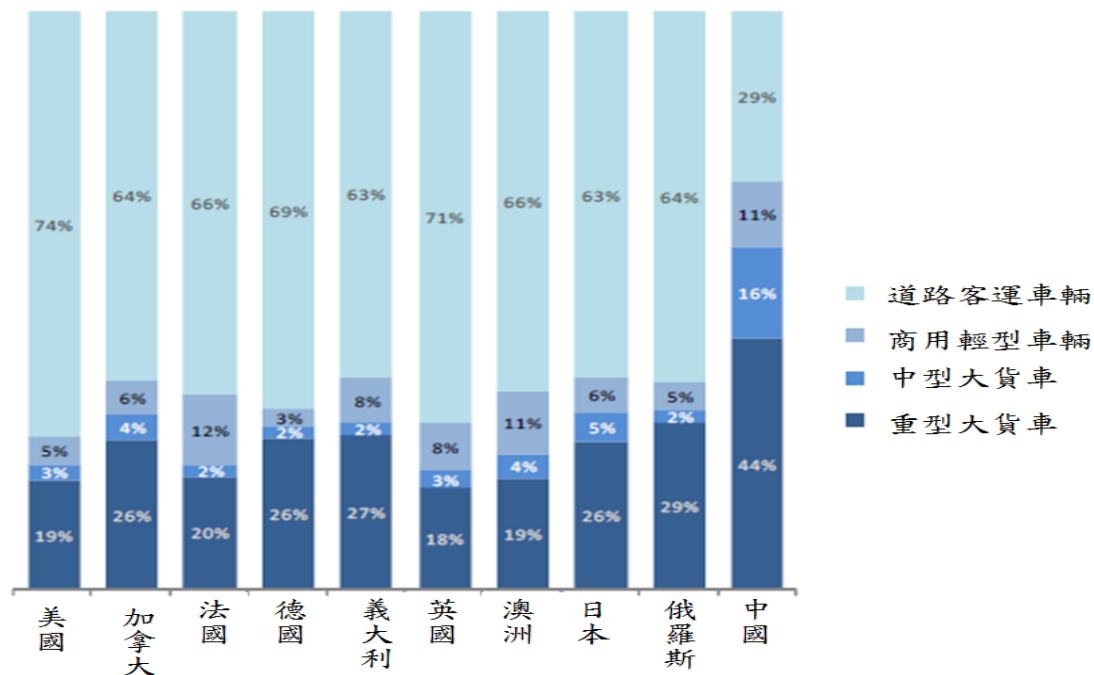


資料來源：OECD, page 8^[2.1.1]。

註：Mt：Million tons，百萬噸。

圖 2.2 1980 年至 2007 年全球各部門 CO₂ 排放量趨勢圖

將道路運輸拆解成道路客運車輛、商用輕型運輸車輛、中及重型大貨車這幾個部分來看，可發現 2005 年主要工業國家與中國的排放佔比有很大的不同，如圖 2.3 所示。美國及其他主要工業國家超過 6 成以上的排放是源自道路客運車輛，其次為重型大貨車，約佔 2 成左右。而中國有 44% 是來自重型大貨車，其次才是道路客運車輛佔了 29%。在中型大貨車排放佔比，只有中國超過兩位數字為 16%，其他主要工業國家佔比都在個位數字，並不是很明顯。商用輕型車輛排放佔比，除澳洲與中國都為 11% 之外，其他幾個國家都在個位數字，約為 5% 至 8%，也不是很明顯。從圖 2.3 可粗略得知，美國、日本、澳洲及歐洲幾個工業國家，在道路運輸減量目標方面，將會注重在道路客運車輛之減量，因為這部分佔了全部道路運輸的 6 成以上，美國與英國甚至高達 7 成以上。



資料來源：OECD, page 9^[2.1.1]。

圖 2.3 全球主要國家 2005 年的各類車輛 CO₂ 排放量佔比

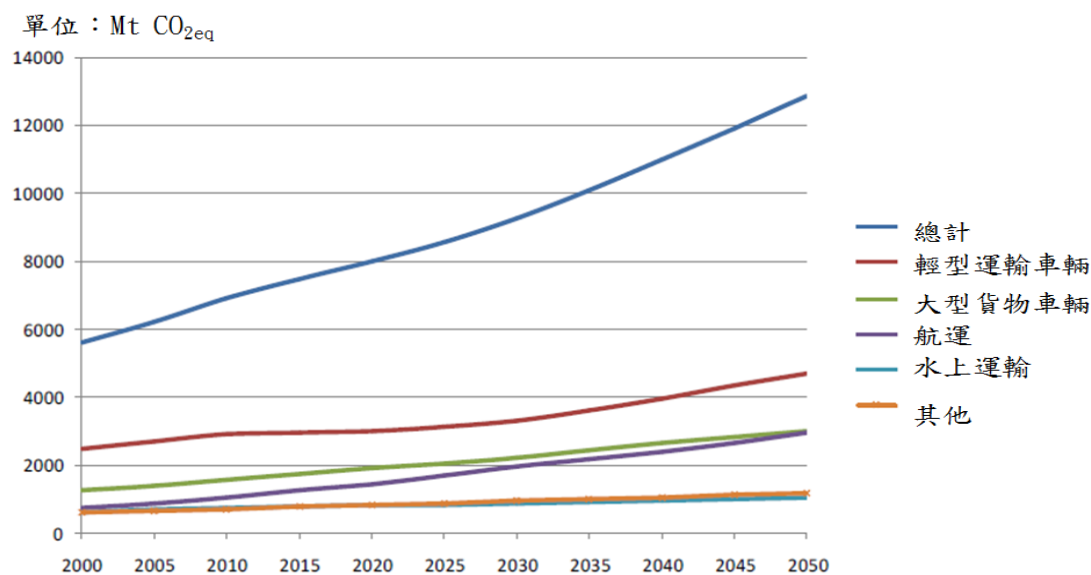
2.1.3 全球運輸部門排放未來展望

OECD 下的聯合運輸研究中心(JTRC⁴) 在 2008 年的運輸展望中引用 IEA 模擬基線結果，發現運輸部門 CO₂ 排放量將持續增長。由預測可知到了 2050 年運輸部門排放量將會是 2000 年的 2.2 倍左右。其中成長最快的是輕型運輸車輛，預估 2050 年此類車輛的排放量將會比 2000 年增加 91% 左右(如圖 2.4 所示)。

造成這樣的成長，最主要原因是輕型運輸車輛的增加，預估全球的自有車輛從 2000 年的 669.3 百萬輛，將會在 2050 年增加至 2,029.9 百萬輛的規模，其中汽油車將會下降 19%，柴油車會增加 13%，而油電混合車則會上升 4% 左右。根據聯合運輸研究中心 2009 年的運輸展望資料顯示雖然全球經濟遭受金融風暴之影響，輕型運輸車輛的成長幅度會比之前預期來的慢一點，但總體來說未來還是有很高成長，最主要是新興市場對於汽車的需求將會出現大幅的增長。此外大型貨物車輛的排放量也會增長 6 成左右。而航空運輸估計排放量由 2000 年的 1.5Gt，將會在 2050 年增加至 3Gt，會有一倍

⁴ JTRC：Joint Transport Research Centre。

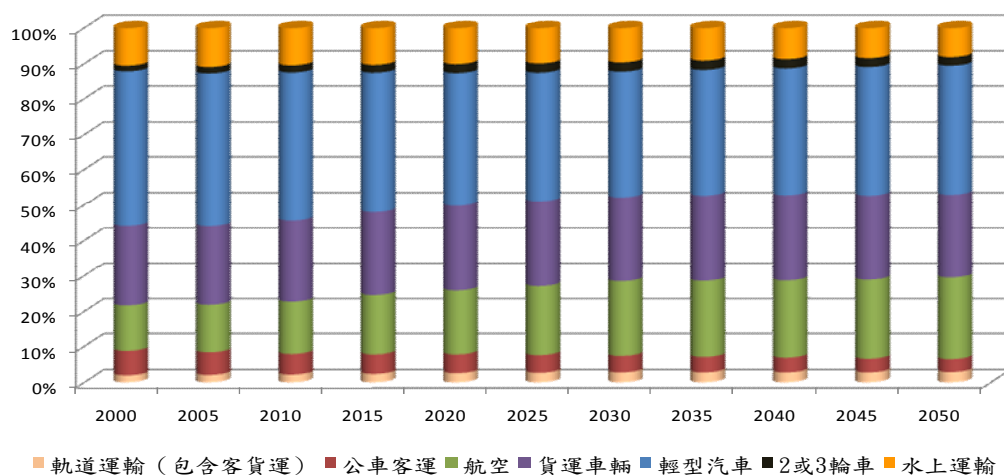
的成長。至於水上運輸的排放量只會有小幅成長。



資料來源：JTRC, page 7^[2.1.2]。

圖 2.4 IEA 模擬基線 2000 -2050 年運輸部門的 CO₂ 排放量

將運輸部門進一步細分為軌道運輸、公車客運、輕型汽車、航空、水上運輸、貨運車輛及 2 或 3 輪機車幾類來看(如圖 2.5 所示)，又可發現 2000 年至 2010 年的輕型汽車排放量佔比最高，約為 4 成以上，但到了 2050 年將會減

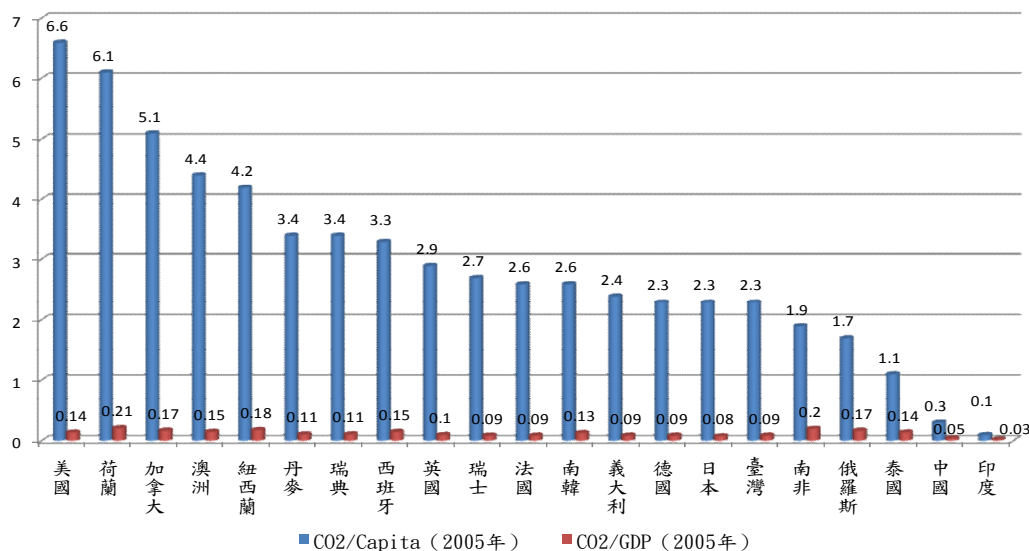


資料來源：JTRC, page 8^[2.1.2]。

圖 2.5 IEA 模擬基線 2000 至 2050 年各類運輸工具 CO₂ 排放佔比

3 成 5 左右。另外也可發現貨運車輛及航空佔比，未來不但不會減少，反而有增加的可能。至於公車客運、水上運輸、軌道運輸及機車等佔比都不是很大，未來的排放量大致保持穩定，甚至會有很小幅的縮減。水上運輸方面，最主要來自海上運輸。聯合運輸研究中心發現雖然全球金融風暴對海上運輸造成一定程度的影響，但是隨著中國及其他新興國家的經濟快速復甦，反而填補了全球航運上的需求，但是水運的成長率將會比之前預期來的緩慢，因此 OECD 預估水運方面的排放量並不會大幅提昇。

各國 2005 年運輸部門所排放的 CO₂ 分別除以人口與 GDP 之結果如圖 2.6 所示。其中美國與荷蘭在運輸部門的人均 CO₂ 排放上為最高，英國、法國、德國、日本、南韓與臺灣大都在 3.0 以內。反觀兩大新興市場中國與印度，其運輸部門人均 CO₂ 排放與碳密集度⁵的數值都很低。另外，荷蘭除了運輸部門的人均 CO₂ 排放量高之外，連運輸部門的碳密集度也是名列第一位，這是因為荷蘭是歐洲非常重要航運與水運中心，每天有大批旅客及貨物通過荷蘭轉運到歐洲其他地區，歐洲的旅客及貨物也通過荷蘭轉往世界其他各地所導致。此外，也可發現南非運輸部門的人均 CO₂ 排放量並不高，但是運輸部門的碳密集度卻排名第 2。



資料來源：JTRC, page 40^[2.1.3]。

註：碳密集度：CO₂/GDP

圖 2.6 2005 年世界主要各國運輸部門之人均 CO₂ 排放及碳密集度統計

⁵ 碳密集度：CO₂/GDP。

2.2 運輸部門減量政策發展與工具選擇

IPCC⁶早在 1997 年的技術報告中就提出運輸部門減量政策工具可區分為技術與經濟政策兩層面。在技術方面包括改善能源效率、使用替代能源、改變運輸設施、進行運具移轉(modal shift)及車隊管理(Fleet Management)措施等；在經濟政策方面則有取消油價補貼、開徵相關稅率、將運輸部門納入排放交易機制及制訂車輛排放標準等管制措施。由於國情不同，各國選擇運輸部門減量工具上都有不同考量。

表 2.1 彙整目前國際上提出之各類運輸部門減量策略，若依據政策屬性加以區分，包括經濟工具、管制工具、公共建設、技術發展與運輸行為誘導等。其中以提升車輛能源效率及發展替代能源為普遍被接受且有具體目標之政策工具。

2.2.1 新車能效標準管制

自 1970 年代開始，隨著環境保護運動的興起，就已經開始制訂相關措施來規範新型汽車的排放標準，基本上美國與歐洲針對汽車的管制措施，雖然發展過程大相逕庭，但最後卻殊途同歸，其最終目的都是為了減少廢氣及有毒氣體的排放。

各國針對新型車輛的能耗標準也有不同的規範，歐盟與日本所提出的標準最為嚴格，特別是日本，從 2002 年開始就已經規定車輛能耗標準要超過 45mpg。加拿大與澳洲同時都規劃在 2010 年其能耗標準可達到 35mpg 左右。各國新型車輛能耗標準之比較如圖 2.7 所示。

對於車輛的 CO₂ 排放規範，各國也提出了不同的規範與標準。如圖 2.8 所見，日本與歐盟的規範最為嚴格，歐盟期望在 2012 年可以將排放標準降到 120gCO₂/km 左右，而日本計畫在 2016 年達到此目標。加拿大與澳洲預定在 2010 年車輛排放量降到 180gCO₂/km。中國從 2002 年至 2009 年的降幅大約為 24% 左右，預計在 2009 年可達到 165gCO₂/km 左右。美國相較之下，針對這方面規範顯得較寬鬆，只是預計在 2011 年排放量由 2002 年的 260gCO₂/km 降至 240gCO₂/km 以下。

⁶ IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change，跨政府間氣候變遷專家小組。

表 2.1 國際採行之運輸部門節能減碳策略

	經濟工具	管制工具	公共建設	技術發展		行為誘導
				能源效率	替代燃料	
永續運輸策略 [2.2.1]， 2006年		<ul style="list-style-type: none"> ■建立國際生質柴油品質標準 ■推動新車能源效率標章制度 		<ul style="list-style-type: none"> ■引擎效率創新 ■發展替代燃料 ■都市規劃 ■大眾運輸 	<ul style="list-style-type: none"> ■提高替代燃料配比，包括生質柴油、氫能、LPG/LNG、電動車及混合動力車等 ■替代燃料分散或多元化，如燃料電池等 	
歐盟綠色運輸政策 [2.2.2]， 2008年	<ul style="list-style-type: none"> ■將民航納入歐盟排放交易制度中，適用對象包括所有在歐盟起降之國內與國際飛行器 	<ul style="list-style-type: none"> ■要求燃料供應商應致力於降低燃料生命週期之溫室氣體排放量，2009年起航空事業單位填報減排狀況，預計於2011年至2020年間，每年約減少1%排放量，至2020年約可減少5億噸 	<ul style="list-style-type: none"> ■交通建設如機場、港口、車站、停車場等，凡樓地板面積大於1,000 m²之建物，於維修或建造時應採用最低能源效率需求。 		生質能源為關鍵性替代能源	
歐盟新型小客車CO ₂ 排放績效標準管制法 [2.2.3]， 2008年		2020年降低30%，2050年降低60%-80%，制定3階段車輛排放效能標準： <ul style="list-style-type: none"> ■2012年：120 gCO₂/km(低於2006年效能19%) ■2020年：80 gCO₂/km(低於2012年效能33%) ■2025年：60 gCO₂/km(低於2020年效能25%) 		加速創新： <ul style="list-style-type: none"> ■低阻力車胎 ■小尺寸引擎 ■高效能空調 ■油電混合動力 	<ul style="list-style-type: none"> ■加速創新生物燃料技術 ■2020年生物燃料佔比提升至10% 	

表 2.1 國際採行之運輸部門節能減碳策略(續 1)

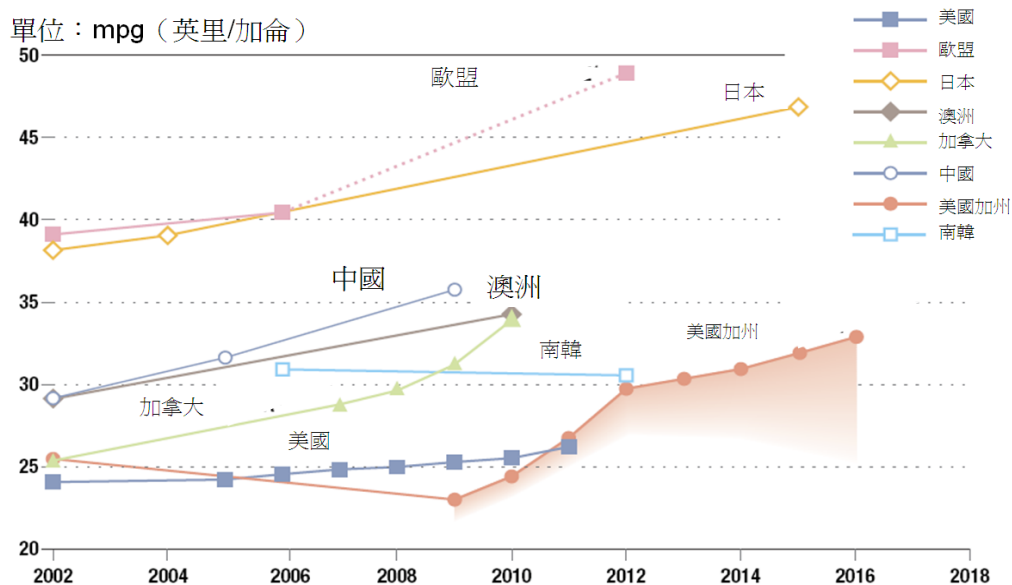
	經濟工具	管制工具	公共建設	技術發展		行為誘導
				能源效率	替代燃料	
IPCC 運輸部門能源效率政策 [2.2.4]，2007 年	■提高車輛稅費，包括購買、燃料及停車費	■制定車輛油耗效率與生質能源配比標準	■投資大眾運輸及無排放運輸			
IEA 運輸能源效率政策 [2.2.5]，2008 年	■推動提升效率之財務誘因 ■建立節能減碳運具購買獎勵機制 ■促進節能減碳運具市場競爭力	■採用國際輪胎效率標準檢驗程序，制定適當胎壓標準 ■制定燃料效率標準 ■建立效率標章	■推動智慧型車輛系統		■發展纖維素酒精燃料	■推動環保駕駛
美國加州低碳燃料標準 [2.2.6], [2.2.7]，2007 年	■搭配再生能源燃料與車輛技術發展計畫 (Alternative and Renewable Fuel and Vehicle Technology Program, AB 118) 補貼替代燃料生產成本 ■搭配可儲存且可交易的低碳燃料憑證	■要求加州運輸使用燃料之碳密集度在 2020 年至少降 10% ■規範供應商低碳燃料參配比例 ■提供多元替代燃料選項，以成本有效方式進行減量	■生質燃料輸送與儲存系統		■PHEV, EV, FCV ^(註)	

表 2.1 國際採行之運輸部門節能減碳策略(續 2)

	經濟工具	管制工具	公共建設	技術發展		行為誘導
				能源效率	替代燃料	
美國 2009 年行政命令		<ul style="list-style-type: none"> ■授權環保署考量 13 州自行規範汽車排放量。加州現有規定 2016 年前將新生產汽車之排放量減少 30% ■授權運輸部研擬 2012 年起實施汽車燃料效率標準，新車在 2020 年時可達每加侖 35 英哩 				
英國運輸部門減量措施	<ul style="list-style-type: none"> ■預計於 2014 年徵收道路使用費用，並取代現有交通稅捐 ■規劃引進航空排放稅 ■藉排放交易管理航空業排放量 	<ul style="list-style-type: none"> ■要求車廠在 2008 年-2009 年進行自願性減量，燃油效率至少提升 25% ■實施運輸燃料責任條款 ■新車高能效標準強制性措施，2012 年之後達 100gCO₂/公里 				
德國運輸部門減量措施	<ul style="list-style-type: none"> ■聯邦政府在交通管理、減稅等方面給予協助 ■課徵燃料稅 	<ul style="list-style-type: none"> ■汽車製造業承諾在 1990 年至 2005 年間產銷的新車，耗油量減 25%，目標是每 100 公里平均耗油量 5.97 公升 		<ul style="list-style-type: none"> ■推動低耗能車輛 ■降低車輛動力 ■輕便的構造 		<ul style="list-style-type: none"> ■推動節能的駕駛行為

資料來源：文獻及本研究彙整。

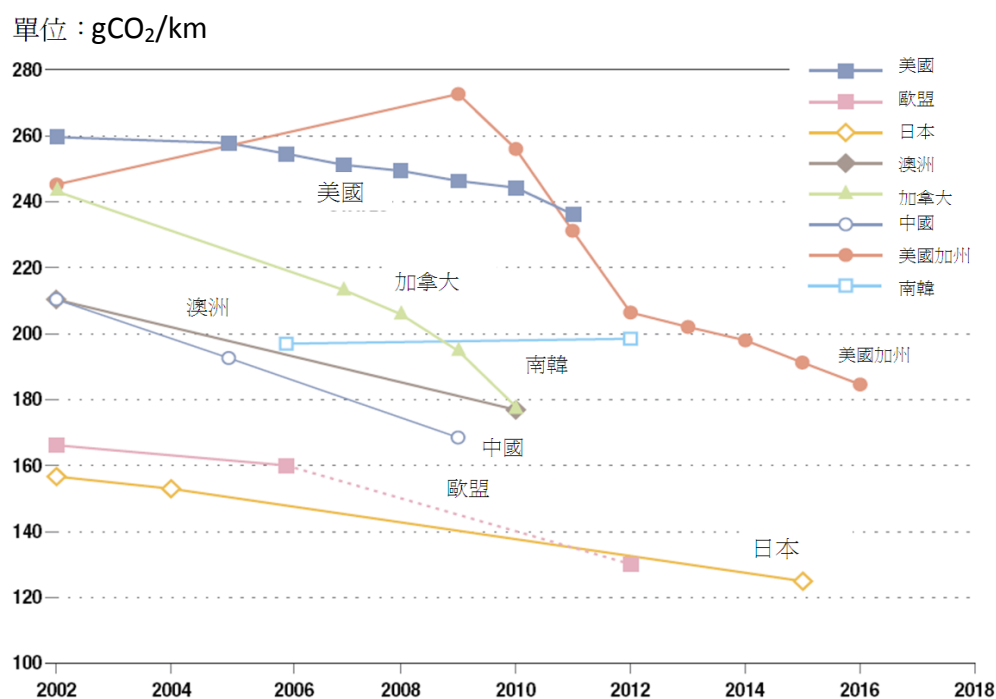
註：PHEV：plug-in hybrid electric vehicle，插電式油電混合車。EV：electric vehicle，電動車。FCV：Fuel Cell Vehicle，燃料電池車。



註：虛線部分為已提交討論但未被執行之標準。

資料來源：安峰，第 7 頁^[2.2.8]。

圖 2.7 各國新型小型客車能耗標準規範



資料來源：安峰，第 6 頁^[2.2.8]。

圖 2.8 各國新型小型客車 CO₂ 排放標準趨勢(2002 -2018 年)

以下說明美國與歐盟等國所採行之車輛能效與排放管制措施。

1. 美國的新車能效管制措施

在美國最早由加州開始針對新型汽車制訂廢氣排放標準。1970 年代，美國的空氣污染日益嚴重，聯邦國會就於當年制訂清淨空氣法案(Clean Air Act)，統一各州相關的車輛排放標準。但是加州相關法例仍然運行，並且比聯邦法條還要嚴格，這引起很多汽車製造商的關注，甚至部分製造商開始支持聯邦管制措施，反對加州政府所通過的管制標準。

但這並沒有影響到加州政府的對管制汽車排放量管制決心，並且領先各州於 1990 年制訂新的低排放車輛標準。不久之後聯邦政府修正相關政策，制訂 Tier 1 新型汽車排放標準，此標準與加州相雷同，實施期間從 1994 年至 1997 年。之後在 1999 年制訂了 Tier 2 標準，實施期限為 2004 年至 2009 年。然而加州率先推出的零排放政策卻不是那麼成功，因為要導入新型汽車技術的成本過高，當時油電混合車及電動車尚在研發階段，距離推出市場還有很大一段距離。

除此之外，美國政府在 1979 年也推出了 Corporate Average Fuel Economy Standards(簡稱 CAFE 標準)，此標準規定美國 1978 年至 1991 年小型客車能耗標準要從 18mpg 提升至 27.5mpg，而貨車就要從 17.2 增加至 20.7mpg。相關研究發現在 1978 年至 1991 年這段期間，美國的新車能耗從 19.9mpg 增加到 25.1mpg，大部分學者都認為這是 CAFE 所帶來的效果^[2.2.9]。

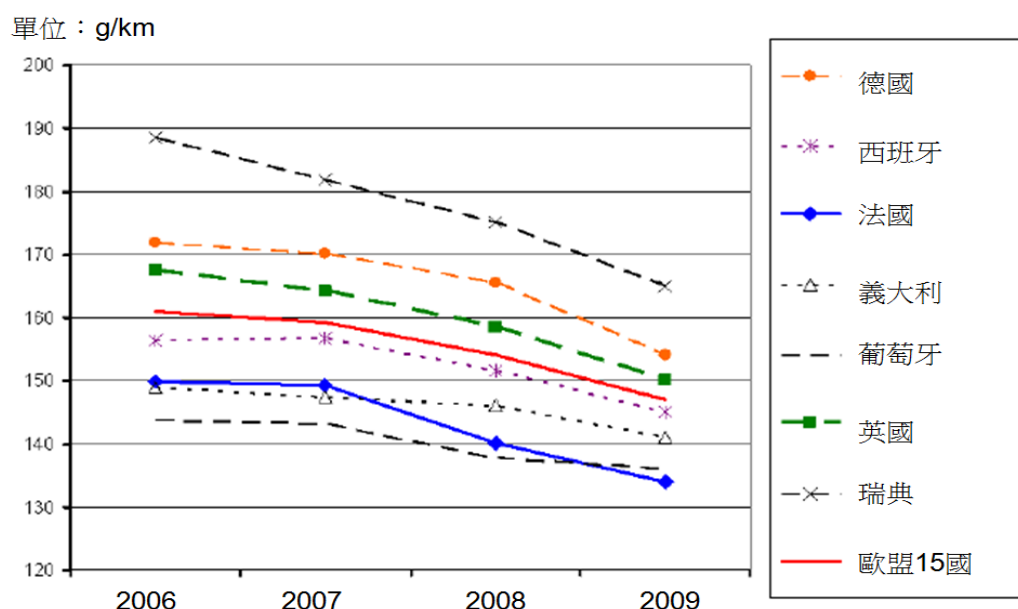
CAFE 對汽車的能源消耗有相當嚴格的規範，在 2005 年進一步提升了能耗標準大約 10% 左右，2007 年 12 月又再次提出更嚴格的標準讓汽車製造商遵守。沒有達到 CAFE 標準的將會被處罰，按照該年份生產的每輛車，其能耗每多 0.1mpg 罰款 5 美元增加到 5.5 美元。而且，不達到 CAFE 標準將承擔法律責任，這進一步管制了美國本土公司不遵守標準的行為。

到目前為止，只有外國公司違反 CAFE 標準而被罰款。為了避免這種罰款，生產廠商可以通過獲得 CAFE 信用額來彌補他們的 CAFE 缺額。當某一年乘用車或者輕型卡車車隊的能耗標準平均值超過了 CAFE 標準，廠商就能獲得信用額。信用額度的計算方式為該年度生產車輛的能耗標準每超過 CAFE 標準 0.1mpg 再乘以該年度生產的汽車總數即可得到。當年所獲得的信用額度可回溯 3 年使用或是之後 3 年使用。

2. 歐盟的新車能效管制措施

歐盟方面制訂新型汽車的排放標準比美國來的慢，這是因為在歐洲比較重視酸雨及臭氧層的破壞議題上，故針對汽車的管制最主要是為了降低汽車 SO_2 及 NO_x 的排放。另外歐盟中兩大國家英國與德國對於排放標準的看法不同。德國主張要採取嚴格的管制措施與標準，而英國則主張採用寬鬆的技術管理政策。不過，1991 年歐盟針對相關問題制訂了統一的政策管理，即所謂的 EURO 1 標準，到目前為止已經修正到 EURO 5。

圖 2.9 顯示歐盟各主要國家的汽車平均排放量。所有國家的汽車在 2009 年的平均排放量都比 2006 年有明顯的降低。在各國中以瑞典汽車排放量最高，最低葡萄牙。2009 年歐盟 15 國平均汽車排放量比 2006 年降低 8% 左右。



資料來源：JTRC, page 40^[2.1.3]。

圖 2.9 2006 年至 2009 年歐盟 15 國汽車平均排放量趨勢

1998 年歐盟跟歐洲汽車製造商會達成自願性協議，預備在 2008 年前將新車的排放量從 2003 年的 $170\text{gCO}_2/\text{km}$ 降低至 $140\text{gCO}_2/\text{km}$ (39.5mpg)。不過至 2007 年歐洲新車的達到標準為 $160\text{gCO}_2/\text{km}$ (34.6mpg)，這只達到了預期減幅的一半。有鑑於此，歐盟於 2007 年底制定更嚴格規定，規範車商在 2008 年要達到 $130\text{gCO}_2/\text{km}$ (42mpg)，如前述圖 2.8 所示。

這個規定對歐洲車商造成不同程度影響，部分車商如 Renault 和 Fiat 他們所生產的車平均標準已經有 $145\text{gCO}_2/\text{km}$ ，已經達到嚴謹規範要求，但是

德國等大型車商因為專注於高級車種，很多無法達到此嚴格要求，因而表示擔心。柴油車占歐盟新車銷售比例從 1990 年的 14%增加到了 2003 年的 44%，並且到 2007 年預計達到 52%。對柴油車的強勁需求主要原因是稅務上的獎勵。不過製造商僅依靠銷售柴油車來達到 2012 年的 120gCO₂/km 將非常困難。雖部分汽車製造商認為不可能在 2012 年達到 120gCO₂/km 的標準，但歐盟委員會還是重申了他們的決心，並且開始著手規劃 2012 年的相關規範，新的規範將納入更寬泛的管制措施，可能包括稅務上的優惠及改用替代燃料等。除此之外，歐盟也針對微粒物質、NO_x 及碳氫化合物進行管制，如表 2.2 所示：

表 2.2 歐盟針對汽車排放之管制措施

標準	起始年份	微粒物質(PM)		NO _x		碳氫化合物(HC)	
		柴油 (mg/km)	汽油 (mg/km)	柴油 (mg/km)	汽油 (mg/km)	柴油 (mg/km)	汽油 (mg/km)
EURO 2	1996	80-100	-	-	-	-	-
EURO 3	2000	50	-	500	150	-	200
EURO 4	2005	25	-	250	80	-	100
EURO 5	2009	5	5	180	70	-	100
EURO 6	2014	5	5	80	70	-	100

資料來源：本研究整理。

茲將歐盟 15 國與美國在 1995 年至 2002 年相關指標之比較彙整於表 2.3：

表 2.3 美國與歐盟 15 國運輸部門相關指標之比較

	2002		1995-2002 年之變化	
	歐盟 15 國	美國	歐盟 15 國	美國
人口(百萬)	380.4	288.4	2.00%	8.30%
人均擁有汽車比(LDVs/Capita)	0.488	0.766	14.80%	5.50%
每公里燃料消耗(liters/km)	0.066	0.096	-13.20%	0.80%
延人公里(Passenger-km/vehicle)	21,929	18,853	-2.30%	-0.40%

資料來源：Harrington, page 19^[2.2.9]。

3. 日本的新車能效管制措施

日本根據汽車的重量制定了一系列的汽車能耗標準，日本在 1996 年的能耗標準為 14.6km/liter，到 2010 年要提高 23%，而柴油車提高 14%。規定如表 2.4 所示：

表 2.4 日本汽油汽車能耗標準

汽車重量(kg)	汽車能耗標準(km/liter)
小於 702	21.2
703-827	18.8
828-1,015	17.9
1,016-1,265	16
1,266-1,515	13
1,516-1,765	10.5
1,766-2,015	8.9
2,016-2,265	7.8
超過 2,266	6.4

資料來源：本研究整理。

4. 中國的新車能效管制措施

中國大陸最近剛通過針對客車設定了相關能耗標準，藉以用來調節快速增長的汽車市場，其主要目的除了為減緩中國大陸對進口石油的依賴度，也期望國外汽車生產廠商可將能源效率較高的汽車技術引進中國大陸市場。新標準將分兩階段執行：第一階段從 2005 年 7 月 1 日開始對新的車型生效，一年後對舊車型生效。第二階段從 2008 年 1 月 1 日對新車型開始生效，一年後對舊車型開始生效。此標準依照客車重量區分為 16 類，包括輕於 750 公斤(約 1,500 磅)的車輛到超過 2,500 公斤(約 5,500 磅)的車輛。對手排和自排車也制定了不同標準的要求。詳細標準值如表 2.5 所示。

表 2.5 中國客車能耗標準

	車輛能耗標準 (以 NEDC 規範衡量)				車輛能耗標準 (以美國 CAFE 規範衡量)			
	第一階段		第二階段		第一階段		第二階段	
重量 (磅)	手排 (L/100km)	自排 /SUV(L/100km)	手排 (L/100km)	自排/SUV (L/100km)	手排(mpg)	自排 /SUV(mpg)	手排(mpg)	自排/SUV (mpg)
≤1,667	7.2	7.6	6.2	6.6	36.9	35.0	42.9	40.3
≤1,922	7.2	7.6	6.5	6.9	36.9	35.0	40.9	38.5
≤2,178	7.7	8.2	7.0	7.4	34.5	32.4	38.0	35.9
≤2,422	8.3	8.8	7.5	8.0	32.0	30.2	35.4	33.2
≤2,678	8.9	9.4	8.1	8.6	29.9	28.3	32.8	30.9
≤2,933	9.5	10.1	8.6	9.1	28.0	26.3	30.9	29.2
≤3,178	10.1	10.7	9.2	9.8	26.3	24.8	28.9	27.1
≤3,422	10.7	11.3	9.7	10.3	24.8	23.5	27.4	25.8
≤3,689	11.3	12.0	10.2	10.8	23.5	22.2	26.1	24.6
≤3,933	11.9	12.6	10.7	11.3	22.3	21.1	24.8	23.5
≤4,178	12.4	13.1	11.1	11.8	21.4	20.3	23.9	22.5
≤4,444	12.8	13.6	11.5	12.2	20.8	19.5	23.1	21.8
≤4,689	13.2	14.0	11.9	12.6	20.1	19.0	22.3	21.1
≤5,066	13.7	14.5	12.3	13.0	19.4	18.3	21.6	20.4
≤5,578	14.6	15.5	13.1	13.9	18.2	17.1	20.3	19.1
> 5,578	15.5	16.4	13.9	14.7	17.1	16.2	19.1	18.1

資料來源：安峰，第 14 頁^[2.2.10]。

綜合各國之車輛能效管制措施，新車 CO₂ 排放效能管制大多以總量管理方式進行，管制對象以客車、輕型車及小貨車為主，管制手段除歐盟與澳洲外，大多採取強制性管制措施，管制標的則以燃油效率為主，茲將各國管制措施彙整於表 2.6。

表 2.6 國際新車 CO₂ 排放效能標準管制趨勢

國家或區域	標準	管制	對象	管制內容	手段
美國聯邦	CAFE	燃油效率 (mpg)	客車與輕型貨車	整廠加權平均油耗，未達規定值，每低於 0.1 mpg，課徵該車廠該車型年銷售量每輛車定額罰金	強制
美國聯邦	汽油過耗稅 (Gas Guzzler Tax)	燃油效率	客車	平均油耗測試值未達規定的標準時，依不同的等級向車輛製造廠每輛車課不同的汽油過耗稅	強制
美國加州 (草案)	車輛溫室氣體排放標準 (AB1493)	GHGs(CO ₂ -eq/mile)	客車與輕型貨車	2009 車型年之後的客車與輕型貨車都符合短期(2009 年~2012 年)與中期(2013 年~2016 年)排放標準。(草案)	強制
歐盟	車廠自願性協議	CO ₂ (g/km)	所有輕型車	自願性協議。2008 年中時提出強制規範架構。(草案)	自願
澳洲	國家平均碳排放標準 (National Average Carbon Emissions)	燃油效率 (l/100 km) CO ₂ (g/km)	所有輕型車	聯邦汽車工會的自願協議。2003 年協議目標→2010 年 6.8(l/100 km) 考量 CO ₂ 減量，更改為輕型車於 2010 年符合 222 (gCO ₂ /km)之目標	自願
加拿大 Québec	環境品質法 (Environment Quality Act)	GHGs (CO ₂ -eq/km)	客車與輕型貨車	參考加州標準(草案)	強制
日本	Top Runner Program	燃油效率 (km/l)	客車與小貨車	依據車重等級訂立參考標準值	強制
臺灣	車輛容許耗能標準	燃油效率 (km/l)	客車與小貨車	依據不同排氣量等級訂立耗能標準，未達標準不准進口與販售	強制

資料來源：本研究彙整。

2.2.2 替代燃料誘因機制

至於各國對於替代燃料之獎勵措施大多以購買補貼、降低替代燃料車稅費、公務體系採購、擴大化石燃料與替代燃料稅差距、補助車輛技術研發等為主，茲將各國採行之方法彙整於表 2.7。

表 2.7 國際推動替代燃料車輛之誘因機制

措施	美國	日本	英國	法國	德國	比利時	奧地利	韓國
1.政府採購新車須有一定比例的車使用替代燃料	◎	◎						◎
2.稅務及財政上補助購買替代燃料車的消費者	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
3.降低替代燃料車的牌照稅等及其他費用		◎	◎			◎		◎
4.補助地方政府將公務車更為換替代燃料車	◎	◎		◎				◎
5.補助柴油車替換為 CNG 或 LPG		◎	◎					◎
6.增加汽油及替代燃料稅的差距	◎		◎	◎	◎	◎		
7.補助並鼓勵設置替代燃料加油站	◎	◎		◎				◎
8.補助研究和發展替代燃料汽車技術	◎	◎	◎		◎			◎
9.減少已登記替代燃料車的停車費用或給予其他優惠	◎		◎					

資料來源：本研究彙整。

Harrington^[2.2.9]指出 2006 年在美國生質燃油只佔運輸部門的 1.3%，並不是很多。不過，從表 2.8 可以看出美國酒精生產從 2000 年至 2006 年間增加了 3 倍，其中有 9 成是用玉米來製造的。生質柴油在 2000 年本來不存在，但是到了 2006 年已經生產了 200 萬噸，其中 9 成是以油菜籽來製造。

表 2.8 美國與歐盟生產酒精與生質柴油之噸數

年份	美國		歐盟	
	酒精(百萬噸)	生質柴油(百萬噸)	酒精(百萬噸)	生質柴油(百萬噸)
2000	5.25	0.007	0.2	0.7
2002	7	0.05	0.4	1
2005	10.9	0.25	0.8	3.2
2006	15.2	1.75	1.2	4.9
2007	-	-	2.9	8.4
額外或生產中	-	-	7	16.6

資料來源：Harrington，第 20 頁^[2.2.9]。

目前美國生產生質燃料最主要動力是來自政府補貼，而美國針對酒精燃料的補貼政策最早可追溯至 1978 年，當時補貼的價格為每加侖 0.4 美元，至此之後這樣補貼一直維持在 0.4 至 0.6 美元之間，2008 年補貼價格大約在 0.51 美元。而生質柴油最早由聯邦政府開始補助，其補助價格大約跟酒精差不多。表 2.9 顯示美國與歐盟針對生質燃料的補貼價格。

表 2.9 美國與歐盟生質燃料的補貼

	美國		歐盟	
	酒精	生質柴油	酒精	生質柴油
€/liter	0.23	0.24	0.74	0.5
€/GJ	9.83	7.49	35	15
補貼佔市場價格之比例	36%	49%	110%	70%

資料來源：Harrington，第 21 頁^[2.2.9]。

2.2.3 課徵相關稅費

除了提升車輛的能耗表現及使用替代燃料外，歐洲各國也使用課稅方式來減少車輛的排放。但歐洲各國對於車輛上的課稅都有不同的設計與規劃，根據不同的課稅對象，大至可分為幾類：(i)在新車銷售上開徵新車註冊稅(Registration Tax)；(ii)對於一般車輛則開徵汽車之年度通行稅(Annual Circulation Taxes)；(iii)對於車輛使用則有燃料稅及碳稅等。以下以歐盟幾個國家的相關稅制為例說明：

1. 德國

根據 OECD 的聯合運輸研究中心 2010 年報告顯示^[2.2.10]，德國汽車稅制是以年度通行稅(Annual Circulation Taxes)為主，並且與汽車引擎的大小、排放標準及使用燃油種類連結。而稅率累進又與歐盟所制訂的 EURO 排放標準相連結，是為了提供誘因給使用者進行汰舊換新。而最新討論的年度通行稅制，又加入 CO₂ 與引擎大小考量因素，並且將汽油車輛與柴油車輛加以區分。

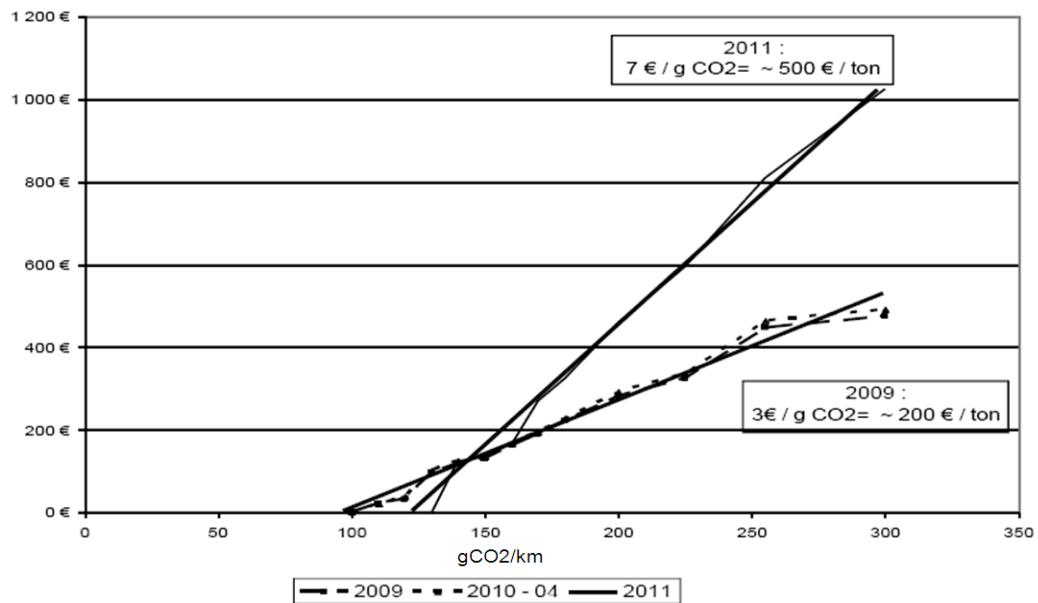
先設置排放門檻，規定 2009 年汽車排放量高過 120gCO₂/km 就要被課稅，低過這個標準則不需要繳稅，這個門檻還隨時間而變得更嚴格，新規定將 2014 年的門檻設定為 95gCO₂/km，只要超過此門檻就一律課稅。此一措施設立，將會加速汽車製造商生產符合標準的車輛，以免被課重稅。由於柴油的排放比汽油車輛低，這也間接鼓勵車商多銷售柴油車款。另外，德國稅制與英國和法國最大不同點在於其課稅對象沒有公司車輛稅。

2. 英國

英國有關車輛課稅，最主要可分為年度通行稅⁷(Annual Circulation Taxes)及公司車輛稅(Company Car Tax)⁸兩種。如圖 2.10 所顯示，2009 年的年度通行稅由 100gCO₂/km 開始課徵，其增加的斜率約為 3€/gCO₂ 左右，但是這一門檻在 2011 年將會提升至 130gCO₂/km，而斜率也增加至 7€/gCO₂。

⁷在英國年度通行稅係根據每年的二氧化碳排放量。價格從£ 0(100 克/公里)，到 210 英鎊(汽油)/£215(柴油)(排放超過 225 克/公里)。公司的汽車稅率從 15%的汽車價格汽車排放小於 140 克/公里至 35%汽車排放超過 240 克/公里。柴油車繳納 3%的附加費。

⁸在英國為降低公司公有車輛二氧化碳的排放量，對其所課徵的稅，稱之公司車輛稅。



資料來源：JTRC, page 30 ^[2.2.10]。

圖 2.10 英國年度通行稅之最新規範

3. 荷蘭

與德國、法國及其他歐洲國家比較，荷蘭對車輛所課的稅較高。荷蘭的新車註冊稅制度很複雜，其稅制目前已經按照 CO₂ 排放強度來進行課徵。課徵的稅由從 2009 年的 150€/tCO₂ 增加至 2013 年的 500€/tCO₂。目前稅制大約為 200€/tCO₂ 左右。而稅制針對汽油和柴油車輛有不同的課徵門檻，汽油車輛課徵門檻為 110gCO₂/km，而柴油為 95 gCO₂/km。在此門檻以下車輛不被課稅。未來荷蘭已經考慮以行駛公里數做為課稅的衡量基準，意即駕駛者開多少公里，就付多少稅金(pay as you drive)。

4. 西班牙

西班牙在 2008 年導入新的註冊稅制，舊制是以引擎大小來區分，目前新制將以 CO₂ 排放量來區分，西班牙的新車註冊費分為四類：

- (1) 排放量在 120gCO₂/km 以下者，不用課稅；
- (2) 介於 121gCO₂/km 至 159gCO₂/km 之間者，課徵 5% 的稅；
- (3) 介於 160gCO₂/km 至 199gCO₂/km 之間者，課徵 10% 的稅；
- (4) 在 199gCO₂/km 以上者，一律課徵 15% 的稅。

但是全球金融危機之後，西班牙相關稅率還存有很多變數。

表 2.10 彙整歐洲各國有關車輛稅制，從表內可發現在這些國家中，以法國與英國在兩種稅制上都有規範，其他國家大都針對其中一種稅制有規範。

表 2.10 歐洲各國的車輛稅制彙整

國家	註冊稅(以 CO ₂ 排放為基準)		年度通行稅(以 CO ₂ 排放為基準)	
	私人車輛	公司車輛	私人車輛	公司車輛
德國			●	
丹麥			●	
西班牙	●			
法國	●	●		●
荷蘭	●	●		
瑞典			●	
英國	●		●	●

資料來源：本研究整理。

2.3 運輸部門排放與減量政策發展小結

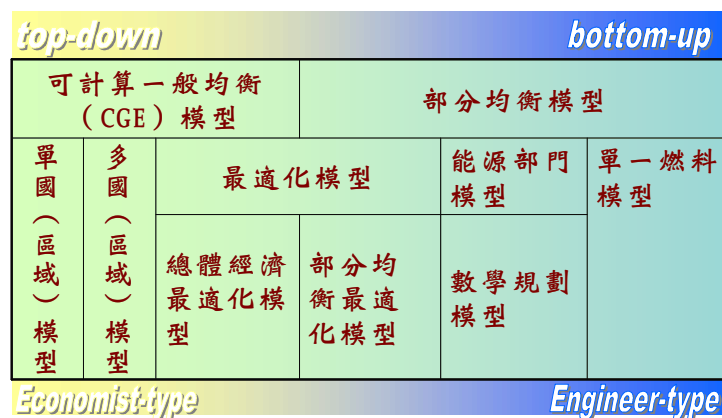
1. 運輸部門的排放基線將持續成長，且未來成長幅度仍高，其中成長最快的將會是道路運輸，輕型運輸車輛在新興市場的大幅擴增將會加速增加運輸部門的排放量；
2. 在歐美先進國家的運輸部門中，以道路運輸的排放量最高，未來雖然一部分車輛會被低排放量的柴油或是油電混合車替代，但是排放趨勢仍未得到緩解；
3. 除輕型運輸車輛外，未來航空運輸成長將是另一項不容忽視的排放來源；
4. 目前歐美等先進國家運輸部門的排放量多來自道路之客運，而中國等新興國家運輸部門的排放量多來自大型貨運車輛，因此兩者要減量的對象並不相同；
5. 國際上目前採行的運輸部門減量策略，包括經濟工具、管制工具、公共建設、技術發展與運輸行為誘導等，其中以提升車輛能源效率及發展替代能源為普遍被接受且有具體目標之政策工具；
6. 在車輛能效管制措施方面，新車 CO₂ 排放效能管制大多以總量管理方式進行，管制對象以客車、輕型車及小貨車為主，管制手段除歐盟與澳洲外，大多採取強制性管制措施，管制標的則以燃油效率為主；
7. 至於替代燃料之獎勵措施大多以購買補貼、降低替代燃料車稅費、公務體系採購、擴大化石燃料與替代燃料稅差距、補助車輛技術研發等為主；
8. 直接管制與市場工具配套為各國運輸部門減量策略發展趨勢，但美國與歐盟的管制重點卻不盡相同；目前美國聯邦尚未通過全國一致性的管制措施，加州政府以低碳燃料標準管制新車能效，輔以燃料生產補貼、替代車輛購置補貼、降低替代燃料稅費等市場工具激勵替代車輛發展；歐盟則在新車能效管制外，採取了通行稅等市場工具，提供消費者車輛汰舊換新誘因，促進整體車輛能耗效率。

第三章 文獻回顧

3.1 溫室氣體整合評估模型特色與架構

3.1.1 國內外能源與溫室氣體評估模型類別

在國際文獻中^[3.1.1]，整合能源、經濟與環境之 3E (Energy – Environment - Economics)體系與技術間之交互作用關係的模型，大致可分為「由上而下」(top-down)與「由下而上」(bottom-up)兩類(見圖 3.1)，其中「由下而上」模型大都能夠詳細描繪能源消耗技術，其中的技術通常是取自生命週期成本(life cycle costs)與熱力效率等工程資料，並設定各種線型活動(linear activity)，以做為刻劃模型的重點；因此，此等模型可用以評估給定某一溫室氣體排放限制下，滿足最終能源需求時的最小成本技術組合，應用上比較適合規劃性問題的求解。然而，此類模型通常將經濟成長、產業結構、人口成長及價格等重要變數視為外生，因此不但無法評估因某一技術被廣泛使用後的價格效果(price effect)，也容易受到外生變數之設定內容的影響。



資料來源：黃宗煌(2005)^[3.1.2]。

圖 3.1 能源模型的分類系統

反之，「由上而下」模型係使用平滑連續之總合生產函數(aggregate production function)來刻劃技術(例如電力生產可視為使用資本、勞動、燃料投入的單一生產部門)，隱含投入間之替代為連續性，這類方法較能反映市場與經濟體系全面性(economy-wide)的反饋與交互作用，卻難以刻劃「由下而上」模型中的許多技術細節。重要國際組織針對溫室氣體減量與調適的衝擊評估所引用的主要模型可參閱本報告附錄 9。

3.1.2 整合型 3E 模型的內涵與關聯

就國內外文獻所見的 3E 整合模型的內容而言，可根據其方法論與功能而區分為 4 種模型類別(見圖 3.2)。

1. 行為模型

「行為模型」的重點在於分析經濟個體的決策行為，是許多政策評估模型及規劃模型建立「個體基礎」(microfoundation)時最為重要的基礎研究。經濟學上常見的消費選擇模型、生產決策模型等均屬之。

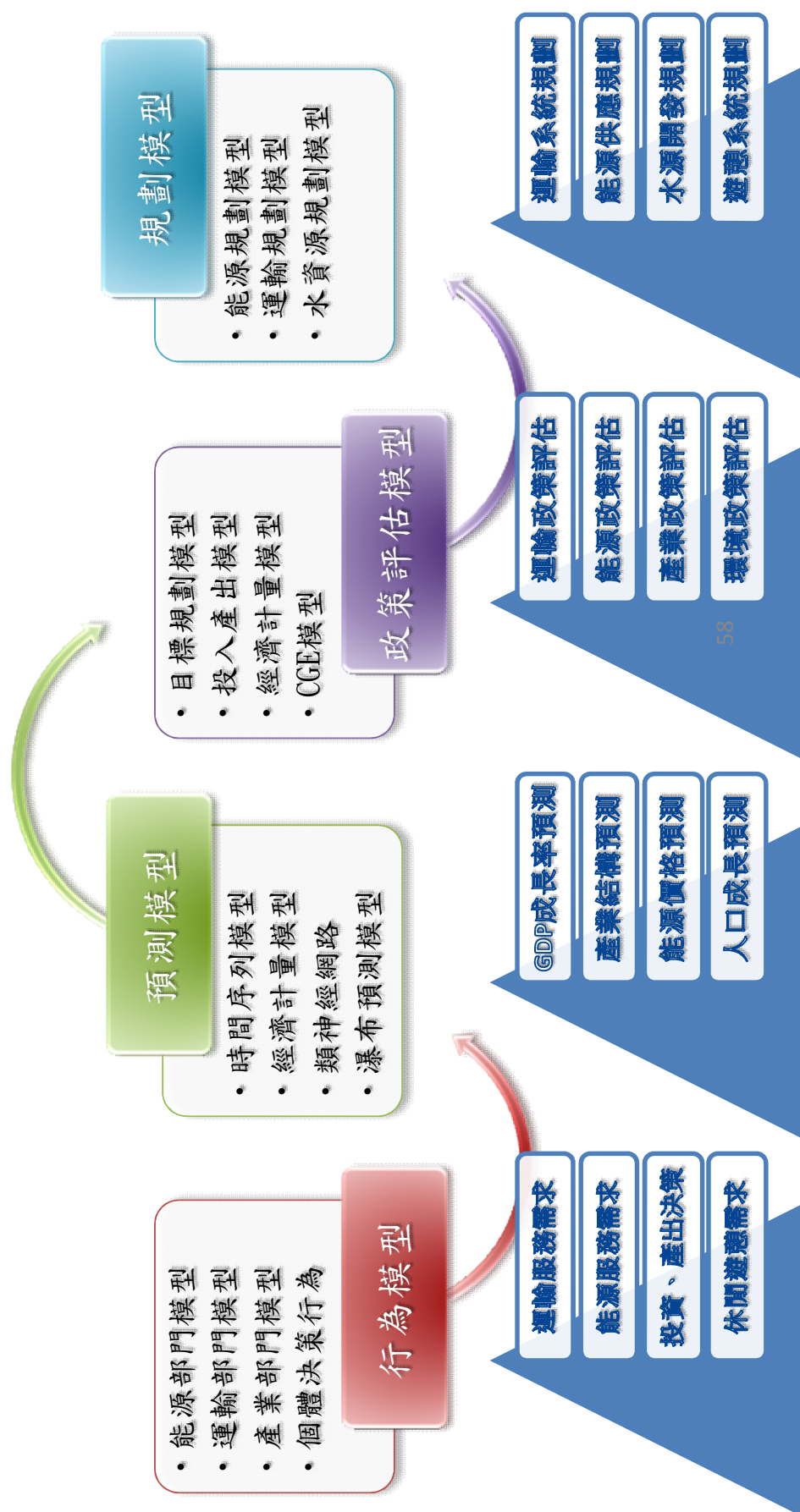
2. 預測模型

預測模型的主要目的是針對個別的焦點變數(例如 GDP 成長率、能源服務需求、產業結構、運輸服務需求等)的未來走勢進行預測。經濟計量模型(econometric model)與時間序列模型(time series model，常見方法如表 3.1 所示)¹是文獻上最常見的兩種預測模式。

早期較常用於研究能源需求預測的方法主要為 Box-Jenkins 的時間序列分析方法，如 Pepper(1895)^[3.1.3]曾應用該方法進行英國的短期能源需求預測；此外，Tserkezos(1992)^[3.1.4]則利用 ARIMA 模型來預測希臘的家庭電力需求；而 Harris and Liu(1993)^[3.1.5]亦使用 ARIMA 方法分析及預測美國東南方州郡的住宅電力消費；近年，中華經濟研究院(2001)^[3.1.6]亦曾應用 ARIMA 及指數平滑模型進行我國的最終能源需求預測。

其他的預測方法如傳統的迴歸分析法，也常被用來做能源需求的評估與預測。如經濟部能源委員會(1983)^[3.1.7]的「中華民國臺灣長期能源需求預測」研究，便使用迴歸分析法分別對民國 70 年至 90 年的部門別及能源別需求進行預測；而 Galli(1998)^[3.1.8]評估及預測亞洲數個國家能源需求量、Banaszak 等人(1999)^[3.1.9]估計與比較預測韓國及臺灣運輸用汽油與柴油的需求量等，則均採用計量經濟模型的作法。另外如終端需求法(end-use approach)亦常被用於能源需求的分析與預測，如 Itteilag and Roland(1980)^[3.1.10]曾以終端需求法來預測美國天然氣的需求。

¹ 可行的時間序列預測模式包括：ARIMA(p, d, q)、指數平滑法、轉換函數模式、向量 ARMA 模式、類神經網路、狀態空間法等。



資料來源：本研究繪製。

圖 3.2 整合型 3E 模型的內涵

在國內，Liang(1988)等人^[3.1.11]則是最早以終端需求法來建立臺灣工業部門能源需求模型者，該文所建立的模型中包括了 24 個工業部門、7 種能源勞務與 3 種傳統燃料，並以經建會設定的成長目標為外生變數，先預測工業生產值，再透過工業生產值來預測能源勞務要求，然後進一步預測 1988 年至 2010 年工業部門的能源消費。而梁明義(1989)^[3.1.12]之「能源終端需求預測之研究」則將最終需求預測法擴充運用，以預測民國 78 年至 99 年間，農業、住宅、商業、運輸、工業等 5 大部門的能源需求量；梁明義^[3.1.13]接著於 1991 年重建該研究模型。近年來則有 Fletcher and Marshall(1995)^[3.1.14]使用 Energy Use Simulation Model (ENUSIM)終端需求模型來預測工業能源需求的基線。

表 3.1 3E 整合模型的主要預測方法

項目	ARIMA(p,d,q)	自我迴歸 AR(p)	移動平均 MA(q)	混和過程 ARMA(p,q)
關聯性	p、d、q 為非負整數	d = q = 0	p = d = 0	d = 0
模式形式	$\phi_p(L)\nabla^d y_t = c + \psi_q(L)\varepsilon_t$	$\phi_p(L)y_t = c + \varepsilon_t$	$y_t = c + \psi_q(L)\varepsilon_t$	$\phi_p(L)y_t = c + \psi_q(L)\varepsilon_t$
定態型條件	$\phi(L)=0$ 之根的絕對值落於單位圓之外	$\phi(L)=0$ 之根的絕對值落於單位圓之外	永遠為定態型	$\phi(L)=0$ 之根的絕對值落於單位圓之外
可逆轉條件	$\psi(L)=0$ 之根落於單位圓之外	永遠為可逆轉	$\theta(L)=0$ 之根落於單位圓之外	$\theta(L)=0$ 之根落於單位圓之外
ACF	無限(指數或正弦函數)漸漸消失型	無限(指數或正弦函數)漸漸消失型	有限切斷型	無限(指數或正弦函數)漸漸消失型
PACF	無限(指數或正弦函數)漸漸消失型	有限切斷型	無限(指數或正弦函數)漸漸消失型	無限(指數或正弦函數)漸漸消失型

資料來源：本研究整理。

隨著時間序列方法的精進，最近十年來能源需求分析及預測的方法傾向採用共積(cointegration)及誤差修正模型(error-correction model, ECM)²。如 Eltony and Al-Mutairi(1995)^[3.1.15] 使用共積方法對科威特汽油的需求量進行實證分析，得到汽油需求量無論長短期均無價格彈性，而長期具所得彈性、短期不具所得彈性的結論；Fouquet(1995)^[3.1.16]使用共積方法預測課徵碳稅後對英國住宅部門能源需求的衝擊，結果發現對總能源需求量影響不大，但煤、石油與電力的消費量會下降，天然氣的消費量會上升；Masih and Masih(1996)^[3.1.17]使用共積及 ECM 方法研究亞洲 6 國(印度、巴基斯坦、馬來西亞、新加坡、印尼與菲律賓)能源消費與實質所得間的因果關係；Chan and Lee(1996、1997)^{[3.1.18],[3.1.19]} 使用共積及 ECM 方法建立中國大陸能源需求量與煤需求量的預測模型等皆是。至於以狀態空間模型(State Space Model)結合卡曼濾波(Kalman Filter)方法來預測的相關文獻在國內外較為罕見，其中 Harvey(1989)^[3.1.20]曾使用狀態空間模型分析英國 1960 至 1984 年間公共行政、商業與農業部門之煤、天然氣與電力等的消費情況。

3. 政策評估模型

政策評估模型的主要目的是針對各種政策或措施(如開徵能源稅、能源價格合理化、補貼大眾運輸系統等)所造成的經濟影響；至於「經濟影響」的內涵，則因評估模型不同而異(可分總體經濟、產業部門，以及個別廠商等層級)。常見的政策影響評估模型包括投入產出模型、目標規劃模型、經濟計量模型、可計算一般均衡(computable general equilibrium, CGE)模型等。投入產出模型係運用投入產出表(Input-Output table)，在固定價格與投入係數下，分析最終需求變化所帶動之各產業關聯效果，CGE 模型同樣利用投入產出表，或擴充之社會會計矩陣(Social Accounting Matrix, SAM)為基礎資料集，但在模型中建構內生化之價格機制，亦可彈性修改投入係數，由外生設定改為考慮內生誘發之技術變動。

2 根據 Engle 與 Granger(1981)的論述，若兩序列為非定態且都具有單根，然而其線性組合是定態的，則兩序列具有共整合或共積關係，亦即兩序列間具有長期均衡關係。共整合檢定最長用的計量方法主要有 Engle 與 Granger 兩階段估計法和 Johansen(1988)提出的對角元素和檢定(trace test)及最大特性根檢定(maximum eigenvalue test)。

Engle 與 Granger(1987)指出，若變數間具有共整合關係，則必定會有一誤差修正項存在。誤差修正模式約於 1960 年代首先被提出，其觀念是藉由前期的長期共整合關係失衡部分，修正短期動態調整現象，以解釋序列間短期的變動關係以及由短期失衡調整至長期均衡的過程。

4. 規劃模型

規劃模型的主要目的，通常是為了滿足未來特定規劃期間內之特種資源或服務需求，而就供給面進行最適化(例如成本最小化)的決策分析。其中 MARKAL(MARKet ALlocation)模型即是一種應用單一目標線型規劃方法之能源系統分析工具，此一模型的發展主要是在第一次能源危機之後，國際能源總署(International Energy Agency，簡稱 IEA)為建立各會員國之能源系統分析能力，於是在 1976 年成立了一個由多國共同合作的能源技術系統分析研究計畫(Energy Technology Systems Analysis Programme，簡稱 ETSAP)，而 ETSAP 的重要成就之一就是開發了 MARKAL 模型。

至於多目標規劃(Multi-Objective Programming, MOP)模型，則是利用數學規劃方法，將分析者所設定之不同目標以及現實經濟體系中之各種限制，引用不同的決策方式，求出一組供決策者參考之非劣解(non-inferior solution)³。多目標規劃強調目標的選擇彈性與可行方案間之替代性，使得決策者在政策的選擇上有較大的彈性及轉圜空間。值得注意的是，其能夠同時考慮並解決多個目標間相互衝突的問題⁴，並可處理目標之優先次序不同的最適化問題。

就當前國際間發展能源模型的態勢而言，可歸納出以下結論：

1. 投入產出模型：由於投入產出模型不考慮價格機能，對於生產技術的假設過份僵硬，且無法反映產業部門可能受到不利衝擊的現象。因此，目前只在規劃性經濟社會(例如共產國家)才有較多的應用。
2. 經濟計量模型：經濟計量模型是 1960~80 年代甚為廣用的模型，從小規模的部門計量模型到大規模的總體計量模型，曾廣被使用到各種議題的分析上。就能源的議題而言，目前已經較少受到青睞，大都退居第二線，做為其他模型(如 CGE)的輔助模型，藉以推估若干必要的參數，或僅做為對照的基礎。不過，仍有一些經濟計量模型被用於分析特定的技術性問題，例如能源生產力、技術效率的評估等。

3 所謂「非劣解」，即指對於，在不使任何其他目標函數值減少的前提下，可使模型中某一目標函數值最大化之可行解(feasible solution)，即稱之為「非劣解」。此一非劣解在概念上類似福利經濟學中所稱之「柏瑞圖最適解(Pareto Optimality)」。

4 基本上，多目標規劃屬於多評準決策(MCDM)方法的一種，其模型設定及所探討的主題為一數量化的規劃問題，其特點在於能夠同時考慮並解決多個相互衝突之目標的規劃問題。

3. 供需預測模型：就能源供需預測的角度而言，以時間序列(time series)或 Panel data 資料為主的預測模型，仍然扮演非常重要的角色，而且預測方法推陳出新，舉凡指數平滑法、ARIMA 模式、轉換函數模式、向量 ARMA 模式、類神經網路、狀態空間法等，在國外文獻上常有所見。
4. 數學規劃模型：此一類模型的種類非常多元，包括：目標規劃法(goal programming approach)、互動式規劃法(interactive programming approach)、互動式目標規劃法(interactive goal programming method)、模糊規劃法(fuzzy programming approach)、互動式模糊決策法(interactive fuzzy decision-making methods)等。就能源相關者而言，國際間最著名的首推 MARKAL 模型。值須一提的是，MARKAL 原本是一個具有理論基礎的共通型模型，各國尚須針對其產業特性、能源供需結構與技術、能源政策工具等諸多變數進行模型調整重建和資料庫的更新更動。
5. CGE 模型：CGE 模型的理論基礎(即一般均衡理論)起源甚早(經濟學諾貝爾獎得主 Arrow、Debreu 等人，均是此一學門的巨擘)，然而將一般均衡理論落實到「可計算」的實證應用，一直到 1990 代才宛如雨後春筍般地發展，財政改革、貿易自由化、能源，以及多邊環境協定(尤其是 FCCC)的問題，無疑是 CGE 發展的觸媒，目前更成為國際談判與境內決策最主要的決策支援系統之一。

3.1.3 國內研發概況

目前國內主要的溫室氣體減量評估模型，依其模型方法區分，可分為下列 2 類：

1. 時間序列預測

中華經濟研究院的能源供需預測模型(Energy forecast system for Taiwan, EnFORE) 以時間序列預測為主，同時以包裹方式外掛其他類型模型，但彼此關聯性及一致性薄弱，適合用來預測能源需求的變動。

工研院能資所與核能研究所皆有發展的 MARKAL-Macro 模型，係以 MARKAL 為主體，搭配較簡化之總體經濟模型；MARKAL 本身屬於 Bottom-up 的數學規劃模型，適合做為「能源供給成本最小化」之能源規劃，對於新能源及再生能源的技術的掌握較為周延。

2. 可計算一般均衡模型

中研院梁啟源教授的臺灣動態一般均衡模型(Dynamic General Equilibrium Model of Taiwan, DGEMT)、清華大學永續發展研究室的TAIGEM-D、TAIGEM-III、GTEM-Taiwan、TaiSEND 等模型，均屬 Top-down 的可計算一般均衡模型，可充分刻劃經濟體系內個體行為與相互影響。隨著研究目的之差異，CGE 模型可彈性修改設定以符合研究目的與範圍。例如 TAIGEM-III 研究重點為溫室氣體減量政策與產業經濟政策之影響，因此將產業部門數、發電技術、家庭單位做較細緻的區分；而 TaiSEND 研究重點在能源政策與溫室氣體減量議題，因此在能源與電力部門有較嚴謹的設計。其他運用 CGE 模型進行溫室氣體減量經濟評估之研究還包括許志義(1995)^[3.1.21]、李秉正(1997)^[3.1.22]、林師模(1997)^[3.1.23]、黃宗煌(1997)^[3.1.24]、梁啟源(1993)^[3.1.25]、江奇晉(1996)^[3.1.26]、溫麗琪(1997)^[3.1.27]等。

除此之外，國內亦有運用其他方法進行污染或溫室氣體議題評估之研究，包括：多目標規劃法、經濟評估模型、計量經濟模型、系統動力學等，如下列說明：

1. 多目標規劃法

運用多目標規劃方法進行能源模型建構與分析之研究不少，例如張四立(2008)^[3.1.28]、台灣綜合研究院(2006)^[3.1.29]、黃軒亮(2009)^[3.1.30]、蕭再安(1993)^[3.1.31]、林裕文(1994)^[3.1.32]、施勵行(1995)^[3.1.33]、楊浩彥(1995)^[3.1.34]、張四立(1995)等^[3.1.35]。目標規劃方法之演進，由單一目標規劃法、多目標規劃法、至多階段多目標規劃法，是為規劃觀念之突破與轉變，為使觀念能由淺至深、由簡而繁的延續。因此目標規劃包含多種方法，如多目標規劃法、多目標妥協規劃法、模糊多目標規劃法、二階段規劃法，及多階段規劃法。

2. 經濟評估模型

林素貞和張翊峰(1995)^[3.1.36]則利用投入產出分析 1991 年臺灣地區整體產業的能源消耗與污染排放量的關聯性，藉以探討產業發展時能源及環境所帶來的衝擊，並建議優先改善嚴重影響能源及環境效益之產業。研究結果顯示：鋼鐵業、油氣煉製業、石化原料業、造紙業應列為所有產業最優先的改善對象；其次，其他化工原料業、陸上運輸、水泥業、人造纖維及非金屬礦物製品等，由於對其他產業的乘數間接效果有顯著的影響，故亦

應列為主要改善對象；而其他服務業、商品買賣及電力供應業為低污染、低耗能的產業，且具支持其他產業發展的能力，故宜列為優先輔助發展，提高其產值結構配比的策略性產業。

3. 計量經濟模型

運用計量經濟方法之文獻包括臺灣經濟研究院(1994)^[3.1.37]與羅紀瓊(1995)^[3.1.38]，前者利用凱因斯總體經濟模型探討課徵碳稅對我國總體經濟之影響，包括實質 GNP 成長率、躉售物價、消費者物價、消費支出、投資支出及失業率的影響，並藉由投入產出模型來分析碳稅課徵對產業產出的影響。後者將能源需求模型與 CO₂ 排放聯結，探討產業之能源需求與 CO₂ 之排放數量，並估計課徵能源稅與提昇能源使用效率對 CO₂ 減量之效果。

4. 系統動力學

運用系統動力學方法則有陶在樸(1996)^[3.1.39]利用系統動力學探討臺灣有害氣體 CO₂、NO_x 和 SO₂ 排放量與臺灣整體經濟發展。文中並模擬提高環境設備投資在總投資中的比重，與降低能源消費收入彈性二種情景。

3.2 運輸與 3E 整合模型

本節針對國際上之運輸、能源、環境與經濟整合模型進行回顧。由於整合模型牽涉不同模式間的整合與調整，為一項牽涉龐大計算且又複雜的工作，因此文獻回顧重點，在於瞭解模型之整合架構，以及模型間資料/變數互通、校估等，以做為本研究後續建構整合模型架構之基礎。

國際上可茲借鏡之模型以歐美之研發成果較多，一方面是因為歐盟有其政策評估需要，且牽涉多國(或跨區域)評估；美國方面則是關心節能減碳相關技術發展之影響幅度。

大體而言，複雜系統內元素常有複雜的互動關係，分析系統之建構常有兩種型式，第一種是建立數學關係，以數理分析方式，但因為互動關係顯著，故必須反覆操作，求取平衡點，如 EPPA/MARKAL 模型與 ECLIPSE 模型。第二種是採用模擬方式，不著重於以單一數學運算式界定各元素之間之關係，而是用回饋循環(feedback loop)方式，在時間座標軸上逐次推算個時間點各元素變化情形，可以系統動力學(System Dynamics)作為代表，如 ASTRA(ASsessment of TRANsport strategies)模型與 TRIAS(Sustainability Impact Assessment of Strategies Integrating Transport, Technology and Energy Scenarios)模型。以下茲分別說明上述模型。

3.2.1 國際重要的運輸 3E 整合模式

1. EPPA/MARKAL

該模型由 Andreas Schafer 與 Henry D. Jacoby 團隊所提出。由於在美國運輸部門能源消耗佔比與 CO₂ 排放量的明顯成長，為了因應溫室氣體減量規範，汽車產業早以率先進行多項節能技術的研發工作，且已有相當的商業化市場行銷經驗，這樣的經驗也逐漸擴及軌道運輸部分。有時候運具能源效率的研發與商業化目標已非單純由銷售利潤考量，而是期望今日的研發支出，可以很快的帶來長期經濟市場佔有率。對決策者而言，思考如何採行適當誘因機制引導更具能源效率的系統進入市場是非常重要的工作。

因此運用模型進行上述分析時，市場內互動形態與細部技術刻劃同時成為分析重點，這對傳統的能源經濟分析或環境議題無疑是相當大的挑戰。一般以由上而下形態為主的經濟模型能夠為 3E 的交互作用提供一組

一致的總體經濟分析架構，尤其像可計算一般均衡模型(computable general equilibrium, CGE)這種可以呈現部門間互動與國家間貿易的分析架構。然而這類由上而下模型通常無法納入詳細的技術設定，於是必須藉重由下而上的工程製程分析模型來補足這部分的缺憾。對工程模型而言，因為考慮非常細緻的技術特性，必須適度簡化總體經濟的設定，通常會直接將能源服務需求、能源相對價格、經濟成長、產業成長等因素視為外生給定，如此一來便忽略經濟體系內部部門間的相互回饋效果。因此結合由上而下與由下而上模型成為整合評估最常被使用的方式。

MARKAL 模型也是在這種前提下開始與由上而下模型進行整合，最常見的整合方式為發展一組簡單的總體經濟模型，如 MESSAGE-MACRO 與 MARKAL-MACRO，但因為在總體經濟模型中過於加總簡化，欲分析部門(如運輸部門)減量議題時，難免捉襟見肘，無法說明運輸部門與經濟體系其他部門的互動，也無法評估不同類型的部門減量策略，茲將各模型之優缺點彙整於表 3.2，以說明兩類模型整合之必要性。

表 3.2 CGE 模型與 MARKAL 模型比較表

	長處	缺失	解決方式
CGE 模型	可呈現運輸部門與其他產業部門、家計部門、能源部門、甚至國家公共建設之間的關聯，評估部門間相互影響，以求算利潤與效用極大下之均衡能源價格、能源需求、運輸服務需求，以及經濟相關數據	因涵蓋經濟體系眾多部門，故以總體性(aggregate)或由上而下(top-down)方式描繪運輸部門內各運具或運輸模式	與 bottom-up 模式整合 資料可及下，儘量細分運具或運輸模式，並將各運具特性直接建構在 CGE 中
MARKAL 模型	具有詳盡的技術資料庫，可在給定運輸服務需求與能源價格下，以成本最小方式規劃技術發展藍圖，進而求算運輸部門能耗與排放量	經濟相關數據、能源價格、運輸服務需求等為外生給定，無法考慮市場運作情況	整合 top-down 模型

資料來源：本研究整理。

因此 EPPA/MARKAL 結合了 3 個主要模型，包括 EPPA 可計算一般均衡模型、MARKAL 市場分配工程模型，以及 Modal Split 運具分配模型等，分別處理經濟、科技技術、交通運具預測等 3 個面向，藉以分析跨部門、跨區域的溫室氣體排放問題^{[3.2.1], [3.2.2], [3.2.3], [3.2.4], [3.2.5], [3.2.6], [3.2.7], [3.2.8]}。

(1) 子模型特色與功能

a. EPPA 可計算一般均衡模型

EPPA(MIT Emission Prediction and Policy Analysis)模型為 MIT 研究團隊所研發之遞歸、動態、多區域可計算一般均衡模型(Computable General Equilibrium, CGE)。由於 CGE 模型係建立在個體經濟學之一般均衡理論(General Equilibrium Theory)基礎上，可反映經濟體中各部門間的互動效果(產業關聯)，能夠為 3E 的交互作用提供一組一致的總體經濟分析架構。

就運輸部門而言，特別是產業部門與運輸部門之間的互動效果，通常用於分析外在經濟環境改變下，運輸部門受到影響而產生變化，並藉由產業規模變化估算其節能減碳效果。EPPA 則用來模擬跨部門，跨區域之經濟成長、技術變遷與排放。

由於 CGE 模型必須呈現部門與部門間的相互關聯，並由一系列的關係式聯立求解，因此這類由上而下模型通常無法納入詳細的技術設定，於是必須藉重由下而上的工程製程分析模型來補足缺憾。在 EPPA 中，運輸部門為高度加總的單一部門，代表整體運輸部門活動的特性，無法解構運輸模式甚至運具的變化。但 CGE 強調市場均衡的特性，使商品或勞務之市場價格得以內生求解，提供政策執行前後之價格變化。

b. MARKAL 市場配置模型

對工程模型而言，因為考慮非常細緻的技術特性，必須適度簡化總體經濟的設定，通常會直接將能源服務需求、能源相對價格、經濟成長、產業成長等因素視為外生給定，如此一來便忽視經濟體系內部門間的回饋效果。因此結合由上而下與由下而上模型成為整合評估最常被使用的方式。

MARKAL 模型在一給定的整體經濟活動、交通需求、燃油價格等情況下，分析個別的技术如何滿足不同運輸需求的情況。

c.Modal Split 運具分配模型

此模型基本上是為了將上述兩個模型串連的關聯模型，主要提供運具分配結果。

茲將 3 個子模型在整合架構中扮演的角色、特性與功能彙整於表 3.3。

表 3.3 EPPA/MARKAL 子模型特色與功能

	特色與功能
EPPA model (MIT Emission Prediction and Policy Analysis)	<ol style="list-style-type: none">1. 遞歸、動態、多區域之可計算一般均衡模型；2. 使用 GTAP 資料庫；3. 至 2008 年為止，共區分有 16 區域、21 產業部門、10 原始要素；4. 1 個運輸服務部門；5. 家計區分私人與非私人運具；6. 提供運輸服務需求與能源均衡價格。
MARKAL model	<ol style="list-style-type: none">1. 為 bottom-up、動態線性最適化模型；2. 具備詳盡能源系統資料庫，可呈現使用端能源技術網絡；3. 含能源生命週期中各項資訊，如開採、再製、轉換、配送、儲存，及至終端使用之能源服務需求；4. 運輸模式包含空運(客運)、軌道(客運)、軌道(貨運)、大客車、小汽車、貨車(私人)、貨車(貨運)；5. 技術資料庫呈現各運輸模式下各種可選技術之單位運量之能耗、技術生命週期、期初投資成本、期間固定與維運成本；6. 提供運具與技術間替代彈性、AEEI 參數。
Modal splits model	<ol style="list-style-type: none">1. 協助對映與計算 EPPA 與 MARKAL 運輸相關參數；2. 將 EPPA 運輸服務需求拆解為個別技術之需求；3. 提供運輸模式結構變化，並換算為 EPPA 所需之替代彈性與能耗效率。

資料來源：本研究整理。

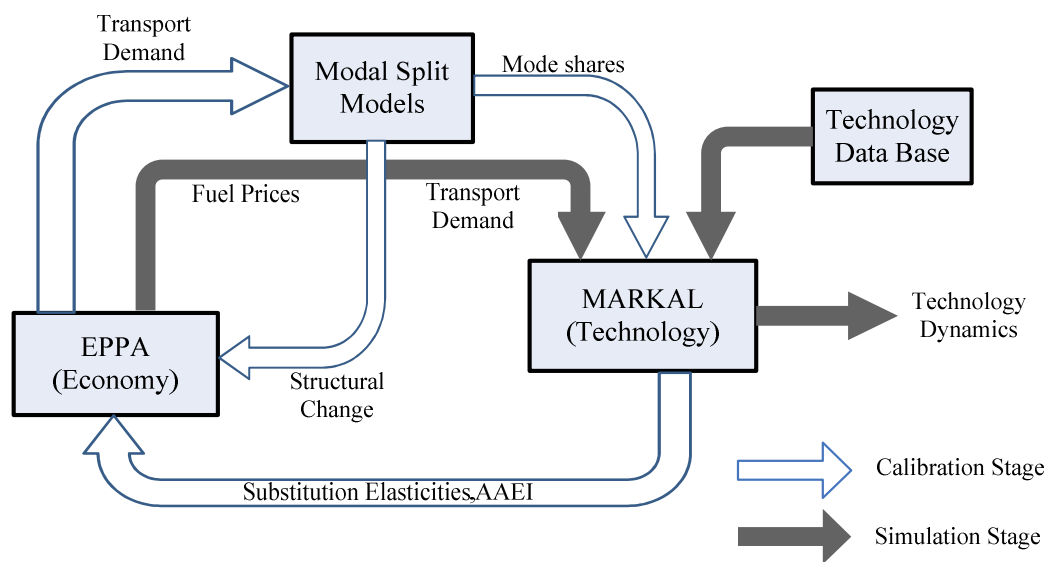
(2) 模型整合架構

EPPA/MARKAL 模型整合架構可表示如圖 3.3。整合模型運作過程可區分為基線校準與政策模擬兩階段，在基線校準階段，主要工作在確保子模型假設情境、使用資料與參數設定上的一致性，因此會先由 EPPA

模型在給定參數下，如運具間替代彈性、運具成本、能源效率、技術進步率等，先求解出整體經濟成長、產業成長、能源需求、能源價格及排放量等，而上述參數則需要由 MARKAL 詳細的技術資料提供。

MARKAL 可將運輸部門中各類不同運具與能源消耗技術詳細分類，當 MARKAL 為了滿足 EPPA 給定的經濟成長、運輸需求、能源價格等數據，必須尋求一組在成本極小下，最佳的可行運輸技術組合。Modal Split 在此主要功能為將 EPPA 中分類較粗高度加總的運輸部門需求，運用其對於運輸模式佔比之推估結果，將 EPPA 之運輸需求拆解為運具或運輸模式別之運輸需求，再連結至 MARKAL 中細部區分的運輸技術。

待上述校準工作在 EPPA 與 MARKAL 間取得一致性結果後，便可進入第二階段，即政策評估。政策評估階段操作流程須視政策內涵而定，例如評估國際能源價格不斷攀升，則先由 EPPA 模擬國際能源價格對國內能源價格、能源需求量、運輸需求量、GDP、所得之影響，再由 MARKAL 針對變動後之 GDP、能源與運輸需求進行政策模擬。



註：模式架構包括 EPPA 經濟模型、客貨運之 Modal Split 模型，以及系統工程 MARKAL 模型。

白色箭頭表示校準階段的資料流，灰色箭頭表示模擬階段的資料流。

資料來源：Schäfer and Jacoby, 2005^[3.2.1], McFarland et al., 2004^[3.2.9]。

圖 3.3 EPPA/MARKAL 模型體系

因此對 EPPA、MARKAL 與 Modal Split 等 3 個子模型而言，評估過程所需投入之資料訊息、資料來源、評估結果與產出去處如表 3.4~表 3.6 示，經由這些表格資料的說明，可釐清個別模型之功能與彼此間關聯。

表 3.4 EPPA 模型輸入輸出資料

	Input data	Input data 資料來源		Output data	Output data 去處
EPPA model	1.多區域 IO 表	1. GTAP 資料庫 2.自行推估		1.GDP	MARKAL
	2.運輸模式替代彈性	1.先行推估 2.Modal Splits 修正		2.能源價格	MARKAL
	3.運輸模式比重	1.由 GTAP 資料庫計算 (initial value) 2.由模型求解結果修正(price induced) 3.由 Modal Splits 修正 (structural change)		3.能源需求量	一致性檢核變數
	4.能源與技術間替代彈性	1.自行推估 2.MARKAL 提供		4.運輸服務需求	Modal Splits
	5.AEEI 參數 (autonomous energy efficiency improvements)	1.MARKAL		5.私人運輸需求	Modal Splits

資料來源：本研究彙整。

表 3.5 MARKAL 模型輸入輸出資料

	Input data	Input data 資料來源		Output data	Output data 去處
MARKAL model	1.技術資料庫	自行建構		1.技術發展路徑	結果產出
	2.社經資料 (GDP、人口數)	EPPA		2.能源消耗量	一致性檢核變數
	3.能源價格、稅	EPPA		3.AEEI 參數	EPPA
	4.運輸服務需求	Modal Splits		4.技術替代彈性	EPPA
	5.私人運輸需求	Modal Splits			

資料來源：本研究彙整。

表 3.6 Modal Split 模型輸入輸出資料

	Input data	Input data 資料來源	Output data	Output data 去處
Modal splits model	1. 運輸服 務需求	EPPA	1.運具或運輸型態之服 務需求： (a)低速大眾運輸 ¹ (b)軌道客運 (c)軌道貨運 (d)大貨車 (e)境內水運	MARKAL
	2. 私人運 輸需求	EPPA	2.私人運輸 (a)汽車 ² (b)空運	MARKAL
			3.運輸模式結構性變化	EPPA

註 1：bus 與 train (相對於 high-speed rail 而言之軌道運輸)。

註 2：包括(1)automobiles; (2)personal trucks (including sport utility vehicles, pickup trucks, and vans)。

資料來源：本研究彙整。

(3) 模型整合流程

模式整合必須透過子模型之間校準過程來達成，通常假設 MARKAL 可以充分掌握各項運輸技術的發展，瞭解技術進入市場可能時點及可能滲透率，因此會以 MARKAL 細部技術的加總結果來修正 EPPA 的參數設定，以使 EPPA 的運輸部門發展與 MARKAL 吻合。在此情形下 EPPA 所產生的經濟成長、產業成長、能源需求與價格求解結果代回 MARKAL 重新求解，如此反覆求解直到所有子模型的運輸部門能源消耗量非常接近為止。因此整個模式整合流程可以圖 3.4 表示。

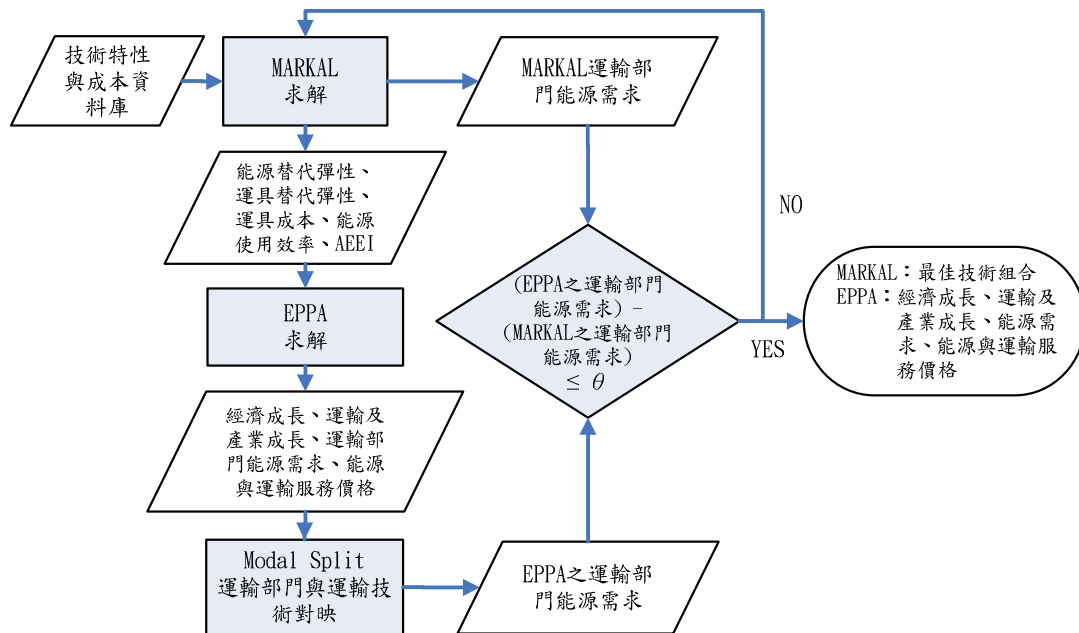
2. ECLIPSE

能源與氣候政策及情境評價模型(Energy and Climate Policy and Scenario Evaluation, ECLIPSE)為建基於 Energy Research and Investment Strategy Model(ERIS)⁵能源系統模型而延伸擴充的模型，研發主要目的在呈

⁵ 應用系統分析國際研究所(International Institute for Applied System Analysis, IIASA)進行跨領域研究已相當多年，且一直處於模式建構的領先地位。IIASA-ECS 模型為結合 IIASA 多年來模式建構之成果，所形成的大規模整合評估模式，Energy Research and Investment Strategy Model(ERIS)即為其下所包含之子模組之一。ERIS 原來是為了探討電力部門發電技術變動之影響而發展之能源最佳化模型，多年來 ERIS 已擴展至整個能源系統，特別是運輸系統的詳細技術，並因此可協助評估更細緻的減量策略選項與技術選擇。ERIS 的優勢在其相當彈性的設定方式，可協助各種不同模型提供所須資訊，也因此而可評估多種類型的政策工具

現長期下能源-運輸-經濟體系之間的互動關係。與 ERIS 相同，ECLIPSE 共包含全球 11 個地區。

由於原來的 ERIS 模型屬由下而上模型，為了彌補由下而上模型無法說明影響能源需求變動的經濟趨動因素與能源需求變化間之關聯，才將 ERIS 與一個由縮減式所組成的由上而下經濟模型連結，並形成 ECLIPSE。



資料來源：本研究繪製。

圖 3.4 EPPA/MARKAL 整合流程

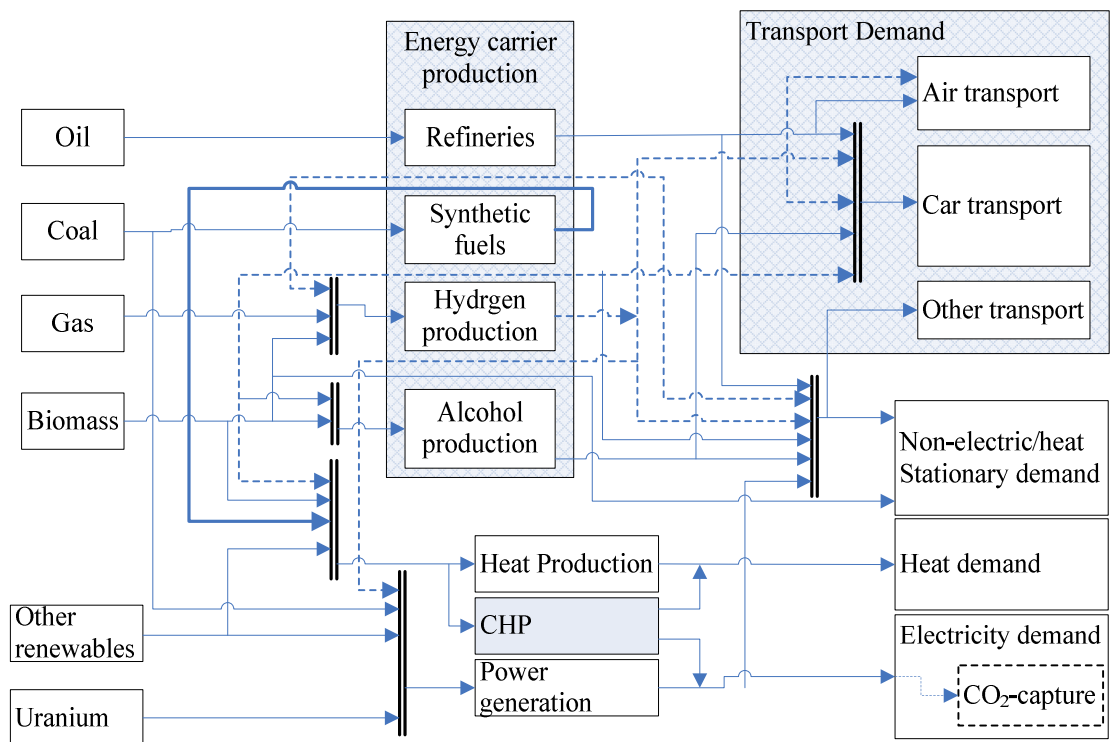
(1) 子模型特色與功能

a. ERIS 能源系統模型

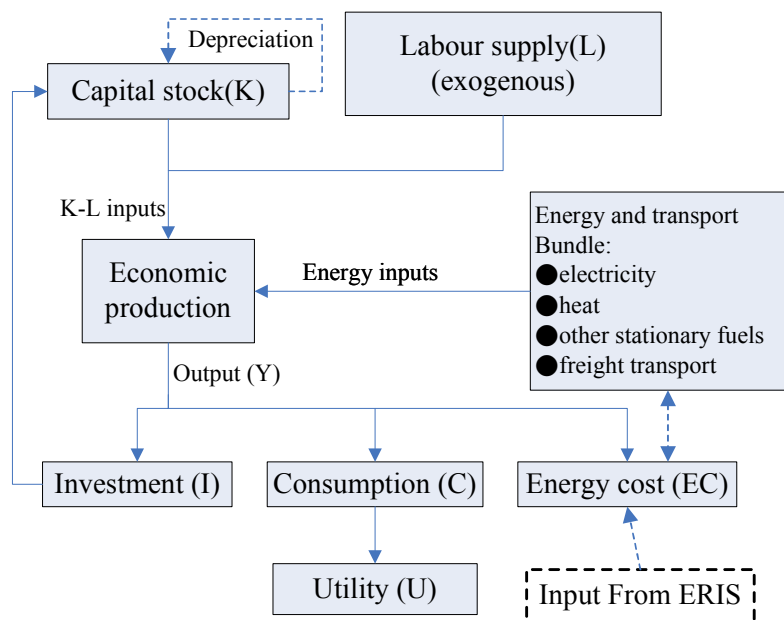
ERIS 為能源系統最適化模型，詳細的技術分析基礎再加上內生化之技術學習，使得技術選擇與發展為該模型最大特色，特別是 ECLIPSE 在將運輸服務技術擴充後，運具的選擇代表著燃料與能源需求及排放量的變化，擴充後的能源系統如圖 3.5(a)所示。

b. 經濟模型

ECLIPSE 的經濟模組與 MERGE 及 MESSAGE-MACRO 十分類似，將能源系統與經濟其他個體之生產行為分開考慮，並利用投入產出分析架構，將各部門對能源與運輸服務之需求以生產函數描繪之，圖 3.5(b)說明整個經濟模組架構。



(a) ERIS 能源系統



(b) 總體經濟模型

資料來源：Turton, 2008^[3.2.10]。

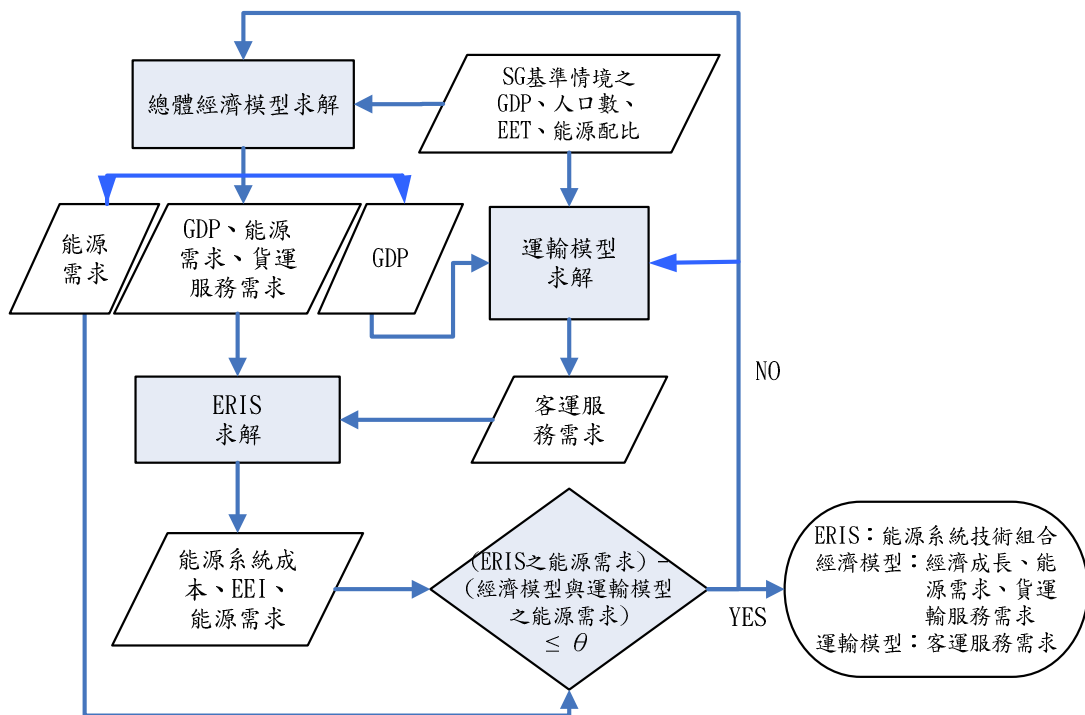
圖 3.5 ECLIPSE 模型體系

(2) 模型整合架構

由於運輸服務在 ECLIPSE 經濟模組中，僅將貨運服務視為產業生產過程中必須投入之成本，並未考慮客運服務，因此客運服務所產生的能源需求，將由 ERIS 中的運輸需求模組處理。處理方式為將客運需求視為消費者所得、消費者的時間限制、各運輸模式的價格與速度等因素之函數。經濟模型與 ERIS 之間最重要的連結，在於經濟模組提供 GDP、能源需求及貨物服務需求資訊給 ERIS 模型，求取能源系統成本最小情況下之最適能源技術組合，並根據此最適解計算能源系統成本，做為經濟模組計算能源投入成本之依據。

(3) 模型整合流程

在模組連結上，必須在 ERIS、經濟模組與運輸模組之間反覆進行求解，直到 3 個模型之能源需求與能源價格收斂至一致結果為止，整合流程如圖 3.6 所示。求解步驟為：



資料來源：本研究繪製。

圖 3.6 ECLIPSE 模型整合流程

a. 總體經濟模型校準

總體經濟模型利用 SG⁶ 模組所產生的基準情境 GDP 成長率、能源效率改善參數(reference energy efficiency improvement, REEI)、能源佔比等資訊，校準模型其他參數，並將初步求解結果(包括對未來之能源需求推估、運輸部門能源需求推估等)傳遞給 ERIS 進行下一步求解。經由校準後之其他參數，如基準情境之能源價格，在後續的反覆求解過程將固定。

b. 運輸模組求解

運輸模組同時運用 SG 之基準情境人均 GDP 與人口數，進行初步求解，產生客運服務需求。由於初步求解之基準情境設定與總體經濟模組同樣來自 SG，因此兩模組第一次求解之 GDP 基礎為相同，待總體經濟模組在反覆求解過程中修正其人均 GDP 推估值，該結果將再回擲至運輸模組重新計算客運服務需求。

c. ERIS 模組求解

總體經濟模組產生對未來之能源需求與運輸服務需求推估投入至 ERIS 進行求解，ERIS 據以產生能源系統成本(即能源與運輸服務價格)，再分別回擲至運輸模組與經濟模組進行反覆求解。

3. ASTRA 模型

ASTRA 模型是歐盟為探討歐洲能源、經濟與運輸政策所建立的模式，此模型用了兩個策略性系統動態模型，分別應用在不同的分析區域，主要目的是為能進行社經、環境變化下之運輸系統與能源評估。

系統動態模型(System Dynamics Model)於 1960 年代由 MIT Jay W. Forrester 教授發展，發展之初主要應用在工程管理領域，所謂動態系統是指變數會隨時間交互作用而產生變化，其特性是掌握系統的主要影響因素後，藉由分析主要因素彼此間的互動和影響程度，來探討系統長期的均衡及發展趨勢，可瞭解複雜系統在長期時間演進後互相消長與影響。

⁶ 應用系統分析國際研究所(International Institute for Applied System Analysis, IIASA)進行跨領域研究已相當多年，且一直處於模式建構的領先地位。IIASA-ECS 模型為結合 IIASA 多年來模式建構之成果，所形成的大規模整合評估模式，Scenario Generator(SG)為其所包含之子模組之一。SG 為架構中重要的核心，它必須產生一致的能源需求資訊，它的主要任務是迅速的將主要模擬情境假設撰寫成符合各子模組所需的說明文件，並依據說明文件內容，將各子模組所需投入資訊彙整傳遞給各子模組，但必須確保各子模組接收之數據資訊為一致。

系統動力學本身並非需要運用精深數學建立的方程式組成，而是在建立各系統元素之間相互消長回饋之互動方式，而各系統元素之間的消長則以時間模擬方式來探討各元素之間之互動影響，並預測各時間點上系統元素之狀況。這樣的探討方式使得系統動力學成為一相當具有彈性的方法，可以模擬許多不同的系統。其中最有名的研究，便是由羅馬俱樂部(The Club of Rome)(1972)所研究的環境科學巨著「成長的極限(Limit to Growth)」；此外，系統動力學也成功的被運用在都市發展分析(Urban Dynamics)，近年來也有越來越多的案例用在運輸領域。

(1) 子模型特色與功能

ASTRA 模型包含 ASTRA 與 MARS 兩個子模型：

a. ASTRA 模型

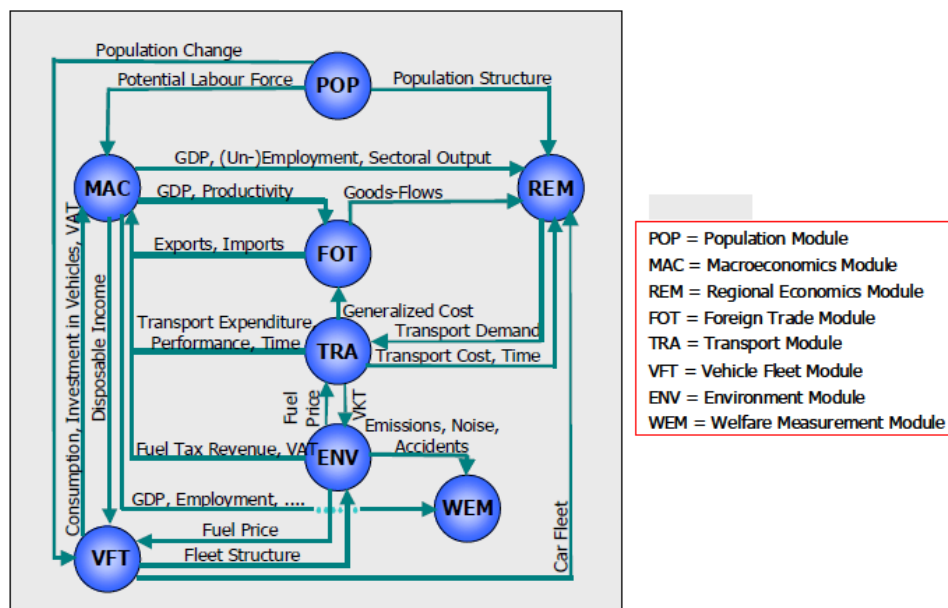
此模型是一個描述以歐洲為研究範圍的交通、經濟與環境關聯的系統動態模型，建立在 Vensim 系統動力環境下的模式。包含了 8 個模組：人口模組(POP)、巨觀經濟模組(MAC)、區域經濟模組(REM)、國際貿易模組(FOT)、交通模組(TRA)、環境模組(ENV)、車隊模組(VFT)、社會福祉評估模組(WEM)。模組間的關聯架構與輸入/輸出變數如圖 3.7 所與圖 3.8 所示。

(a) 人口模組(POP)

研究範圍內各國每年之人口預測，使用變數含出生率、死亡率與人口遷移等；

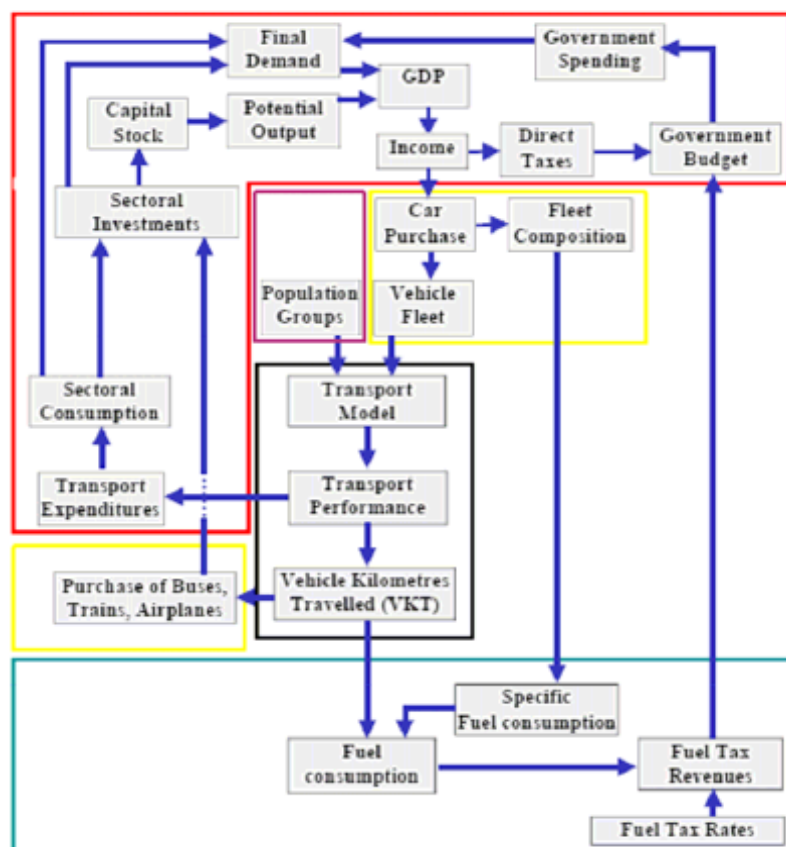
(b) 巨觀經濟模組(MAC)

共區分 5 個部分：(i)各研究國家內 25 個部門輸入輸出相互影響關係；(ii)經濟需求方面包含消費、投資、進出口、政府支出；(iii)供給面包含 Cobb-Douglas function 探討勞工、資本與原料，而生產力由部門投資、貨運時間與勞動生產力之改變而界定之；(iv)及業人口預測模式；與(v)政府政策與預算編列。



資料來源：6th Framework Programme of Research of the European Commission DG RTD。

圖 3.7 ASTRA 模式架構



資料來源：6th Framework Programme of Research of the European Commission DG RTD。

圖 3.8 ASTRA 模型中運輸部門與經濟變數之連結

(c) 區域經濟模組(REM)

預估各國客貨運需求量，此模組客運部分建構於及業人口、車輛持有與各年齡層之人口分佈。而貨運部分則建構於各部門產出，並依各部門產出特性將產值轉換為產出貨運量。

(d) 國際貿易模組(FOT)

建構於研究範圍內各國之間相對產量或與研究範圍外國家相對產量關聯、進出口國家 GDP 成長相對於世界 GDP 成長，而歐盟內國家間之貿易量則與各國間運輸成本相關。

(e) 交通模組(TRA)

也就是依運輸成本與旅次時間分別為客貨運建立的羅吉特運具選擇模式。

(f) 環境模組(ENV)

用交通模組(TRA)產生的車公里以及車隊模組(VFT)中的排放係數預估 CO₂ 與其他污染性氣體排放量，並用肇事率來推估肇事數。

(g) 車隊模組(VFT)

推估各道路類型之車輛組成，車輛依車齡、排放標準、動力能源(汽油或柴油與其他)與排氣量分類。

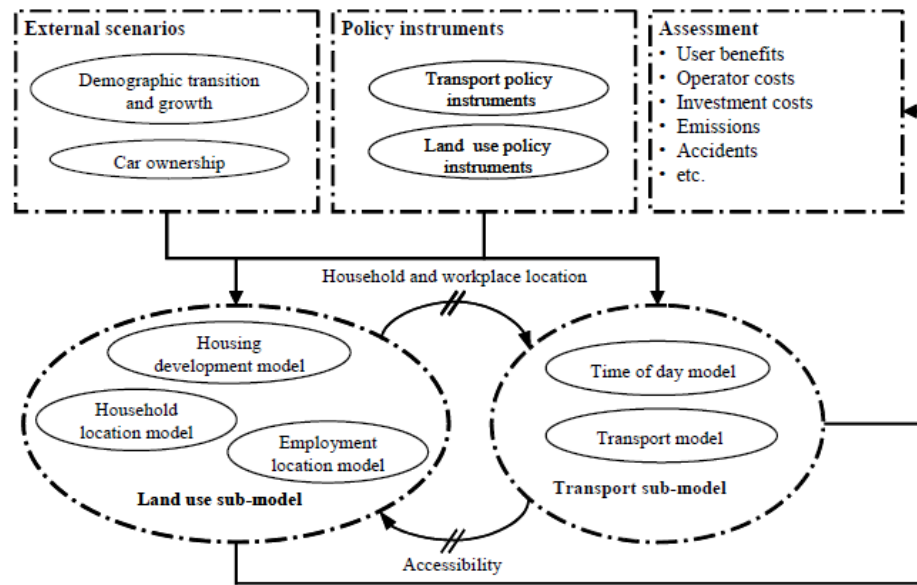
(h) 社會福祉評估模組(WEM)

分析比較經濟、環境與社會永續發展指標。

ASTRA 模式涵蓋歐盟 25 國、保加利亞、挪威、羅馬尼亞與瑞士，除了依國家別進行區分，更將各國依照人口密度分為 4 個層級，包括都會區、高密度、中密度與低密度。

b. MARS 模型

此模型是動態土地使用與交通整合模型。此模型包含 6 個模組，包括交通模組(模擬人們在居住與工作地點間的旅次行為)、住宅發展模組、家戶區位選擇模組、工作地點開發模組、工作區位選擇模組、能耗與排放模組。其架構如圖 3.9 所示。



資料來源：6th Framework Programme of Research of the European Commission DG RTD。

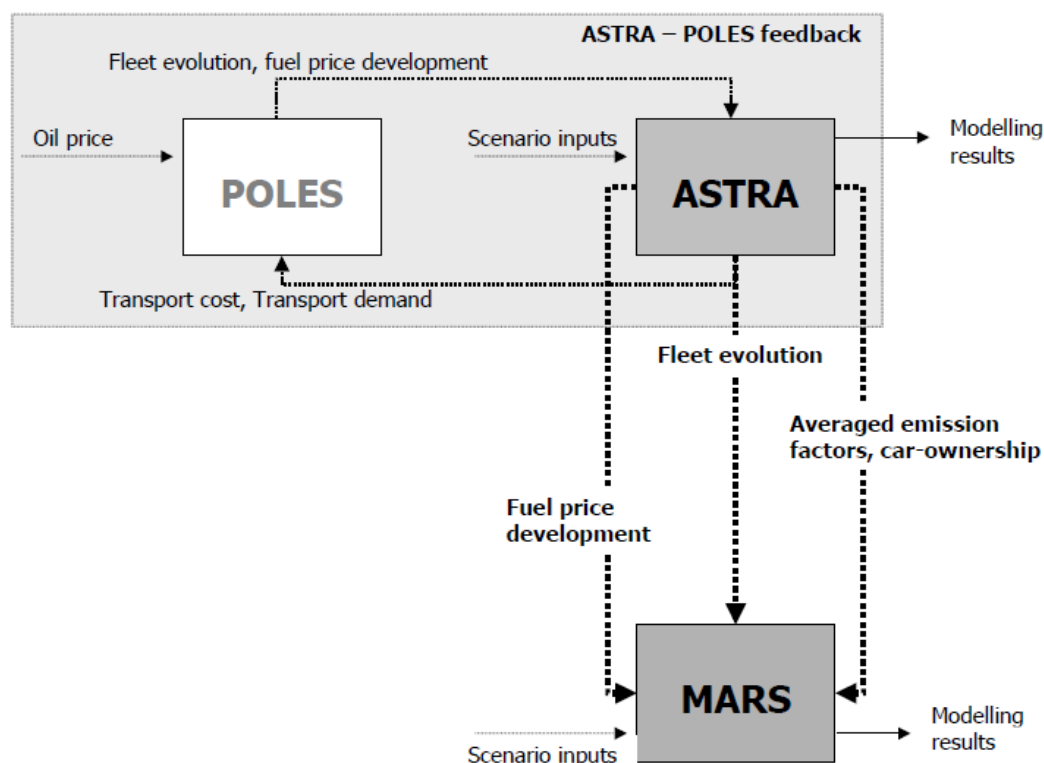
圖 3.9 MARS 模型架構

(2) 模型整合架構

為了模擬不同的政策與情境，於能源供給與需求面之設計如下：

- a. 能源供給：低油價成長、高油價成長
- b. 能源需求：零方案、自然成長、技術投資、需求管理

除了 ASTRA 與 MARS 兩個模組，並有 POLES 處理能源、SASI 處理社經，其情境模擬時，模組間的資料交換如圖 3.10 所示。



資料來源：6th Framework Programme of Research of the European Commission DG RTD。

圖 3.10 ASTRA 情境模擬之資料流

4. TRIAS 模型

TRIAS 是由 European Commission Directorate-General Research 提供研究經費、而由 4 個研究機構合作完成的研究計畫。該 4 研究機構由德國卡爾斯魯(Karlsruhe)的 Fraunhofer Institute of Systems and Innovation Research 主持、而由德國爾斯魯大學經濟政策研究中心、義大利米蘭 Transporti e Territorio(TRT), 與西班牙賽爾維亞 Prospective Technological Studies(IPTS) 等 3 個研究單位協同辦理。TRIAS 研究計畫的目的在於：

- ✓ 探討在運輸、科技、能源互動下如何減少運輸部門溫室氣體與空污排放；
- ✓ 運用整合性模式、探討能源與科技發展對環境、經濟與社會之影響；
- ✓ 以科技發展生命週期總量作為探討政策之基礎

(1) 模型發展方向與評估議題

為了能在能源車輛技術發展與經濟運輸政策提出具體建議，該模式必須全面性探討政策之影響層面，尤其是部門投資與財務規劃，對政策可行性具有重大影響，故模式必須具備分析能力。舉例來說：運輸部門

引入其他能源，其財務來源很可能來自對運輸系統使用者開徵稅收，這些額外使用成本將會改變運輸系統使用者對運具的選擇，故模式應具備分析預測新能源車輛持有與使用之預測能力。此外，運輸部門的投資與運輸成本的改變將會對經濟體系內各部門造成各種程度的影響，因此模式應整合經濟模式之跨部門分析的模組。除此之外，石化燃料的需求量對運輸成本帶來關鍵性的影響，繼而影響產業運銷、供應鏈整合，對進出口貿易造成相當衝擊，這些都應涵蓋在整合型模式之內。

a. 主要領域

為達成這樣的目標，TRIAS 須完成 3 個主要的研究工作領域：

- (a) 廣為探討未來 30-45 年的能源與車輛科技演化的各種可能發展趨勢；
- (b) 整合現有能源、經濟、總體運輸預測與運輸規劃與環境分析模式；
- (c) 運用整合模式探討分析各種科技與政策情境之影響。

b. 主要工作項目

此 3 個研究領域係由下面 5 項工作項目串聯而成：

- (a) 能源車輛科技情境探討；
- (b) 建立生質能源，燃料電池技術、成本與投資相關資料庫；
- (c) 建立能源模式與總體交通經濟模式(ASTRA)之關聯性；
- (d) 建立總體交通經濟模式(ASTRA)與運輸規劃模式(VACLAV)與環境分析模式(Regio-SUSTAIN)之關聯性；
- (e) 完成技術與政策組合之情境分析，除基線預測與另一假想無新科技發展之參考情境外，還分析以下 8 種情境：
 - (i) 基礎情境：假設保守生質能源(最高 5.75%佔有率)與零(0%)燃料電池使用；
 - (ii) 開徵碳稅來補貼生質能源開發；
 - (iii) 開徵碳稅來補貼氫能(燃料電池)開發；
 - (iv) 由政府舉債並編列預算補貼生質能源開發；
 - (v) 由政府舉債並編列預算補貼氫能(燃料電池)開發；

- (vi) 開徵碳稅與政府舉債雙管齊下補貼生質能源與氫能(燃料電池)兩種能源開發；
- (vii) 除(vi)以外再增加另一假設：即歐盟因為成功推廣氫能科技，成為世界第一，因而增加燃料電池汽車之外銷；
- (viii) 除(vi)以外，政府並訂定歐洲生質能源佔有率，並依此大力推廣生質能源；
- (ix) 除(vi)以外並訂定歐洲車輛 CO₂ 排放標準。

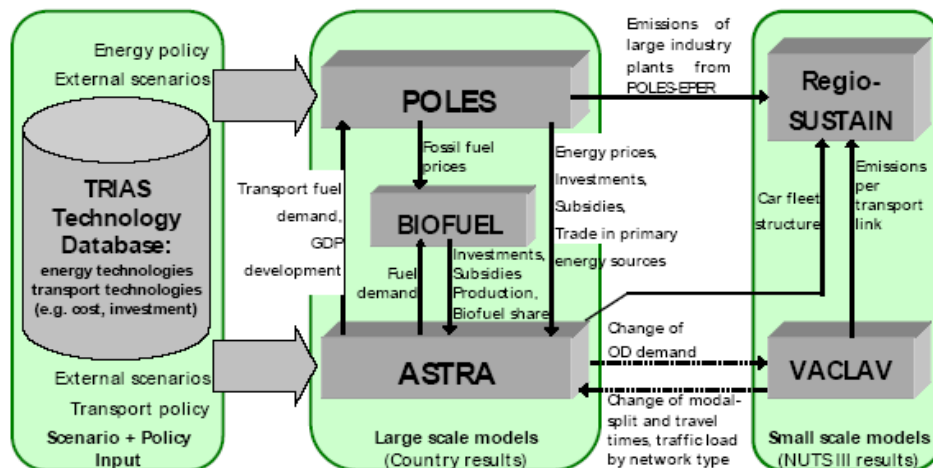
(2) 模型整合架構

模型整體架構如圖 3.11 所示，共包含 TRIAS 技術資料庫、POLES 全球能源供需模型、BIOFUEL 生質燃料模型、ASTRA 總體運輸經濟模型、Regio-SUSTAIN 環境影響評估模型、VACLAV 運輸規劃模型等子模組，各子模組之目的與功能分述於下：

a. POLES & BIOFUEL 能源模式

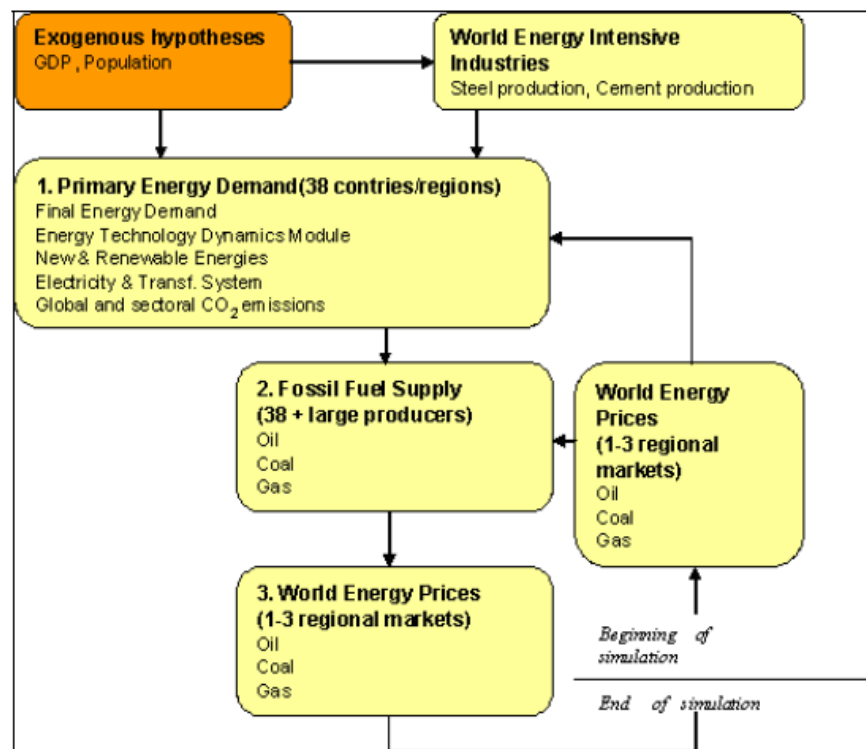
POLES 模式探討 2050 年世界各區域能源供需的情況，模式架構見圖 3.12。模式的發展目的：

- (a) 建立能耗與溫室氣體排放之基線；
- (b) 探討國際能源供需消長在全球各區域造成的影響；
- (c) 提供各新能源科技之重要參數；
- (d) 評估 CO₂ 減量成本，並模擬碳交易制度的可能影響；
- (e) 探討國際節能減碳措施對於能源市場所造成的影響。



資料來源：6th Framework Programme of Research of the European Commission DG RTD。

圖 3.11 TRIAS 模式間之連結與回饋



資料來源：6th Framework Programme of Research of the European Commission DG RTD。

圖 3.12 POLES 模組與模擬程序

b. ASTRA 總體交通與經濟模式

ASTRA 為總體運輸政策評估模式，其內容詳見本節第 3 項說明，在 TRIAS 中 ASTRA 亦整合永續指標評估功能。

c. VACLAV 運輸規劃模型

屬於計畫層次之評估，以全歐洲為研究範圍的傳統 4 階段的運輸規劃模式，即旅次產生、旅次分配、運具選擇與交通指派，將全歐洲分為 1,300 個交通分區來探討旅次長度在 50 公里以上的城際運輸。客運部分分為 3 種旅次目的與 4 種運具，都市地區交通也簡略納入路網路段交通流量中。其架構與臺灣城際運輸模式類似。

d. Regio-SUSTAIN 環境影響評估

屬於小範圍計畫層次之評估，包含一個有關排放與噪音關聯性的龐大資料庫，與 VACLAV 銜接後便可估算路網上各路段之排放量與噪音。由於資料相當詳細，因此通常並不做全歐洲的計算，而是用在小範圍、計畫影響區做精細的評估。

(3) 模式評析

- a. 歐洲的能源科技發展重點為氫能(燃料電池)，乃因氫能才是真正低碳，而電動車僅是將汽車內燃機的排放轉換成電廠發電排放而已，節能減碳之功效較為有限。然而在模式架構上面，應可因應國家政策發展而做彈性調整；
- b. 著重世界各區域能源供需對地區之影響；
- c. VACLAV 之功能與本所發展之國家永續城際運輸需求模式(2008TDM)類似，而 VACLAV 與 Regio-SUSTAIN 之整合，如同本所之「能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究」；
- d. 為了辦理政策評估，並不直接引用運輸規劃模式 VACLAV，而是另外運用總體運輸 ASTRA 模式與能源模式整合，以探討能源技術發展與相關經濟政策對各部門所造成的影響。

3.2.2 國內運輸 3E 整合模式

國內目前與運輸、能源及溫室氣體排放相關之整合模式以本所多年來發展之運輸規劃模式與能源、污排推估模式整合為首見，該系列計畫包括國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究(94~97 年計畫)、能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯模式分析(96、97 年計畫)、能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究(96~98 年計畫)、運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立(96~98 年計畫)等。

由於該系列研究對於資料蒐集、構建與盤查、車輛實驗、排放係數推估，以及城際運輸需求模式之建立，皆已具備成熟架構，因此對於子模型間之相互關聯亦有清晰的脈絡。惟在建構運輸規劃與需求模式時，大多以迴歸方法預測各項社經發展指標以及運輸需求成長，並據以推估能源消耗及溫室氣體排放狀態，因此無法充分考量國家政策、經濟環境與產業活動之間的關聯，以及此 3 項因素對運輸需求、運輸型態之影響。若要配合國家減量政策並考慮經濟活動特性，則有必要在整合架構中適度納入 CGE 模型，而此 CGE 模型必須能在運輸部門具備細緻的設定。

另一方面運輸部門中各類不同運具與能源消耗技術之詳細分類、未來可供選擇之新型運具進入市場的時點等因素，亦未能在該系列既有的評估流程中涵蓋，在考慮到全面性與未來性時，有必要在整合架構中適度納入技術發展資訊。

EPPA/MARKAL 與 ECLIPSE 皆以能源技術或運輸技術之組合選擇做為評估依據，無論是工程類子模型或經濟類子模型，都無法提出運輸部門在管理策略上所能努力的空間，以運輸部門長期以來所發展的管理面評估工具，如運輸規劃模型，若能納入整合評估架構中，應能充分展現運輸部門特性。

3.2.3 運輸 3E 整合模式評析

1. EPPA/MARKAL 與 ECLIPSE 的借鏡

(1) 以軟聯結方式進行整合值得參考

無論是 CGE 模型或 MARKAL 模型，原來在開發時皆有其既定目標與發展功能，兩者無論在目標、特性、資料需求、參變數界定上皆存在

相當落差。欲整合兩類模型互補不足並發揮所長時，選擇共同變數與產出做為模型求解與反饋之媒介，是促使兩個龐大而獨立的系統加速整合的必然方式。

(2) 運輸部門特性未能呈現

EPPA/MARKAL 與 ECLIPSE 皆是由能源工程模型為基礎所發展之運輸部門整合架構，因此對於能源系統掌握相當詳盡，相較之下運輸部門特性並未由文獻對於模型的描述中，充分展現出來。即便模型可依運輸模式甚至運具加以區分，其探討重點仍在於運具或燃料技術未來的發展，以及新技術進入市場後所產生的減量效果，對於運輸管理策略執行所引導運輸行為轉變的減量成效，亦無法加以描繪。

(3) Modal Splits 降低 EPPA 與 MARKAL 連結的困難度

由於 EPPA 為多區域 CGE 模型，模型中方程式與變數數量眾多，彼此關聯複雜，因此必須在部門分類上加以簡化，運輸部門僅有一類。為了要將運輸部門與其他部門之間的交互影響，轉換為各種運輸模式的變化，而必須仰賴 Modal Splits 來達成。Modal Splits 係以計量配合模擬的方式，直接推估運具之佔比，EPPA 產生整體運輸部門的能源需求變化後，乘上運具佔比便可推計各運具之能源需求變化。

在複雜的模型體系中，Modal Splits 具有維持模型整合流程順暢，確保求解結果合理性的重要功能。但由於 Modal Splits 中並不存在運輸模式選擇之理論基礎與運作機制，因此無法將能源價格相對變化或模式間運輸成本相對變化之影響內化考慮，極有可能產生與 EPPA 基準不一致的情況。故若非系統過於龐大，最佳做法應儘量在由上而下模型中，納入運輸模式或運具選擇機制。

(4) 無法描繪運輸行為在空間與時間上的分佈

大尺度的 EPPA 與 MARKAL，皆以年或每 5 年為一期，以全國資料為基礎，並無法考慮運輸行為在空間與時間上的分佈，因此對於地區性計畫別的運輸減量策略，缺乏良好的評估與展現能力。基此，適度納入運輸規劃與需求分析模式，強化微觀層面分析能力是必要的。

(5) 參變數釐清與反覆溝通是成功整合的基石

欲追求整合評估之精確，各模型必須建立在相同的假設與定義之上，故模型參變數的定義、使用資料之定義與頻率、模型中相關關係式之建立等資訊，皆需透過反覆不斷溝通與修正才能達成。無論在基線校估或政策評估時，背後所考慮的基準情境或政策情境亦須相同，方能確保評估基礎的一致性。

2. TRIAS 模式之應用

由國外研究之發展可知，環境與節能減碳議題並非傳統運輸規劃模式可以處理，而必須跨出運輸領域，與能源、經濟分析架構相結合，方能回應相關能源與經濟議題。茲將國外在系統動力學方面模式建構之方向，與我國現有模式可能應用之課題綜整如下：

- (1) 由於能源、經濟牽涉到產業投資、國家競爭力、供應鏈及對外貿易、政府補貼、預算編列與互相排擠等等全面性影響，故在能源與經濟政策評析部分，需要具跨部門分析能力，因此在運輸部門，需要一較簡略的總體運輸模式，作為探討各部門影響之評估工具；
- (2) 面對運輸、能源、經濟互相影響的系統，世界各國多採用整合現有模式方式，針對所要探討之議題，發展重點式整合架構，以求迅速建立評估體系，以供決策參考。如 MARKAL 係以資源分配最有效的方式探討最佳化的分配，而 TRIAS 中之 POLES 模式則由世界能源供需切入，而 ASTRA 則以市場佔有觀點切入。因此，在建構我國運輸、能源、經濟整合性模型時，應考量臺灣現實環境所面對處境，儘量運用現有模式來發展中程計畫之架構。由於能源議題受國際能源供需與政策影響甚巨，應考量與國際接軌之可能；
- (3) 現時運輸規劃模式無法預測在能源與低碳車輛技術發展情境下，道路使用人之偏好將如何影響各型車輛之市場佔有率，也因此無法評估未來低碳車輛進入市場之各種情境下之節能減碳方案。而在過去 3 年，本所辦理之「能源消耗污染排放與車輛使用之整合關聯分析之研究」已具相當成果，這部分工作，在整體中程計畫整合性模型中應扮演重要角色，然需經過整合後方能發揮更廣泛的政策與運輸系統評估功能。政策分析的總體運輸模式，與運輸系統計畫評估的傳統規劃模式均應具備此功能；
- (4) 要建立完整市場佔有率評估模組，除了探討道路使用者在車輛持有

與車輛選擇方面的偏好外，也需要更強大的能源運輸成本(含實際能源與車輛技術成本與使用者之運輸成本)資料庫支援；

- (5) 除了以上所述之整合性功能外，傳統運輸規劃模式方面尚有兩項課題需要探討：(i)能源結構與成本大幅改變在長期發展中對土地使用、都市發展密度所造成之影響；(ii)如何整合城際與都會區模式。

3.3 運輸部門可計算一般均衡模型

3.3.1 運輸部門可計算一般均衡模型之發展

為建置一個能考慮運輸、能源與經濟的 CGE 模型，本研究蒐集當前 CGE 模型運用於運輸部門的相關文獻，並彙整於表 3.7 綜觀這些文獻，會在 CGE 模型中特別考量運輸部門，目的大多在觀察區域間經濟發展差異、運輸需求變化、基礎建設與交通管理措施之影響，因此多以多國或區域 CGE 模型架構之。至於探討溫室氣體減量議題的運輸 CGE 模型，則以 Schäfer and Jacoby(2005)^[3.3.1]、Berg(2007)^[3.3.2]、Abrell(2007)^[3.3.3] 3 文較為完整，故以下將分別說明此 3 文之模型架構。

一般 CGE 模型因為較為龐大，方程式數量較多，通常會以巢式架構圖來說明模型結構，而所謂巢式架構，通常依研究目的而將關係較密切的商品分類為同一商品群，透過函數設定將群內商品加總為一個代表性商品，以代表該商品群，因此每一商品群的加總函數設定將直接反映群內商品彼此間的關係，若以 CES⁷ 函數設定之，則函數中的參數即為商品間的替代彈性，只要更改替代彈性數值，便可輕易的將商品間之關係設定為高替代、低替代、甚至互補。

⁷ CES：Constant Elasticity of Substitution，固定替代彈性。

表 3.7 運輸部門 CGE 模型相關文獻

文獻	主題	模型特色	文獻結論
Kim et al., 2004 ^[3.3.4]	結合運輸網絡模型(transport model)與動態多區域 CGE 模型(multiregional CGE model)，分析高速公路興建計畫對經濟成長與區域發展的影響，並提出較佳的興建規劃策略。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結合運輸模型(transport model)與多區域 CGE 模型(multiregional CGE model)。 ◆ 運輸模型計算區域間最短距離與高速公路興建計畫下之最高承載量。 ◆ 多區域 CGE 模型則評估高速公路興建對整體 GDP、價格、出口，及工資與人口在區域間配置的影響。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結果發現所有的高速公路興建計畫皆可對 GDP 與出口成長產生正面的效果，就工資與人口而言，對於區域間的公平性亦有所助益。
Kim and Hewings, 2005 ^[3.3.5]	利用多區域 CGE 模型推估比較高速公路計畫之網絡效果，特別是該計畫在興建與營運時期對區域與產業產生之附加價值。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結合運輸網絡模型(transport network model)與多區域 CGE 模型(multiregional CGE model)。 ◆ 運輸網絡模型預測 132 個地區間旅運需求並計算區域間高速公路所能承載的最大量。 ◆ 多區域 CGE 模型則估計高速公路發展對 5 區域之經濟衝擊。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 高速公路計畫在 30 年期間，總計增加 GDP 約 0.3%，GDP 中約有 0.016%來自網絡效果。 ◆ 所謂「網絡效果」，指各高速公路子系統之間連結道路存在與否情況下之 GDP 差異。 ◆ 就產業影響而言，KM 區的製造業之網絡效果受益最大。 ◆ 就區域而言，低度開發地區之網絡效果受益高於高度開發地區，故高速公路計畫有助於縮短城鄉差距。
Bröcker, 2002 ^[3.3.6]	修正多數空間 CGE 模型只考慮運輸成本的缺點，加入評估客運因時間與節省成本所帶來的福利效果。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 細分商務與私人旅運。 ◆ 利用均等變量(equivalent variation)衡量福利變化。 ◆ 進一步運用 Dixit-Stiglitz 方法考慮獨占性競爭情況。 	

表 3.7 運輸部門 CGE 模型相關文獻(續 1)

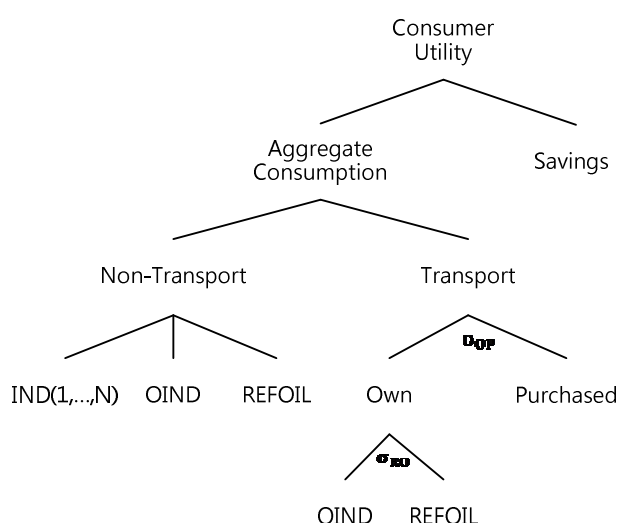
文獻	主題	模型特色	文獻結論
Mayeres and Proost, 2004 ^[3.7]	利用 CGE 模型比較兩種運輸服務訂價模式(平均成本訂價與社會邊際成本訂價)的效果，並分析在訂價策略改變下，以運輸部門做為衡量福利的指標是否恰當。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 靜態單國 CGE 模型。 ◆ 考慮因壅塞、空氣污染與交通事故對消費者福利造成的外部性。 ◆ 運輸部門依服務對象(客運與貨運)、運輸型態(私人旅運與商務運輸)、運輸工具(小型汽車、大型客車、卡車、鐵路、電車、水運等)，以及離尖峰運輸(陸運部分)詳細區分。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結果發現，平均成本訂價與社會邊際成本訂價皆會降低福利，但前者之衝擊尤甚。
Conrad, 1997 ^[3.8]	擴增基礎建設雖可改善運輸系統操作效率，避免交通壅塞造成的外部成本，但卻形成另一種外部成本，即空氣污染。本文欲在某排放標準限制下，尋求可使生產與外部成本最小的運輸政策。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 理論 CGE 模型。 ◆ 道路基礎建設的效益為提升運輸系統效率並降低交通壅塞程度(congestion index)。 ◆ 基礎建設的成本包括資金成本、車次成長所衍生的各項變動成本，及空氣污染外部成本，由於資金來源為稅收，故因課稅所造成的市場扭曲也會形成另一種成本。 	
Schäfer and Jacoby, 2005 ^[3.1]	結合 CGE 模型與 MARKAL 模型分析溫室氣體排放限制下汽車市場發展與新興汽車技術的市場滲透力。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 遞歸動態多國 CGE 模型(EPPA)，模型中單一運輸部門、5 類能源商品、兩類新興能源、家計部門區分自有運輸工具與非自有運輸工具。 ◆ MARKAL 為動態線性最適化模型，詳細刻劃運輸技術特性，包括汽車、卡車、大客車、鐵道、空運、水運等。 ◆ 由 CGE 提供運輸服務需求預測予 MARKAL，再由 MARKAL 根據技術發展進程，規劃成本最底下最適之汽車技術發展，再將技術發展規劃投入 CGE 做為技術變化限制。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 在京都議定書限制下，短期消費者對運輸及運具用能源之需求將持續增加，但擠壓對其他商品之消費。 ◆ 但長期而言，CO₂排放量會下降 21%，其中由非自有汽車運輸貢獻 16%。在 21% 的減排中，約 1/3 來自需求的縮減，2/3 來自採用燃料效率較高的運輸技術。

表 3.7 運輸部門 CGE 模型相關文獻(續 2)

文獻	主題	模型特色	文獻結論
Steininger et al. ^[3.3.9]	利用 CGE 模型分析澳洲公路收費制度對自有車輛使用之影響。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 單國靜態 CGE 模型。 ◆ 依所得高低將家計部門區分為 4 類。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結果，收費制度並不像一般所認為的使低所得者承受不成比例的負擔，相反的對高所得與用車密度較高的族群有較大的衝擊。
Madsen and Butler, ^[3.3.10] 2007	說明建構一個足以分析地區性經濟活動的空間 CGE 經濟模型 (LINE) 所應有的理論架構。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 靜態模型。 ◆ 發展完整而龐大的模型，擁有完整的資料庫。 ◆ 部門分類與區域分隔可彈性加總。 	
Berg, ^[3.3.2] 2007	本文主要目的在改善 CGE 模型中對於家計部門之運輸服務需求之設定，並評估在碳排放目標限制下，碳稅稅收運用於抵減勞工社會福利費用的影響。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 單國靜態模型，能源部門細分(5 類)。 ◆ 家計部門依所得高低、人口密度細分(9 類)，家計部門選擇的運輸型態除了考慮價格、稅賦或補貼等價格因素外，還包括運輸花費的時間。因此效用函數除納入商品消費所帶來的效用，還要考慮休閒旅遊的效用以及工作旅遊的效用。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結果發現，碳稅稅收運用於抵減勞動雇用之社會福利費用，其所產生的福利成本將低於抵減家計直接稅。但較低的福利成本並不能保證達到社會公平，因為無論抵減何者，都會使低所得者承受較高的負擔。
Peterson and Lee, ^[3.3.11] 2009	利用多國 CGE 模型 (GTAP-E)，擴增各國境內運輸差距(運輸、批發、零售)，以探討在碳稅下 CO ₂ 排放與運輸差距的變化。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 多國靜態模型。 ◆ 能源細分。 ◆ 境內運輸差距細分。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 結果發現，在不考慮境內運輸差距的情況下，課徵某固定碳稅所產生的減量效果會有高估的情況。
Abrell, ^[3.3.3] 2007	利用多國 CGE 模型分析歐盟 15 國在排放交易中納入運輸部門的福利影響。	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 靜態多區域 CGE 模型。 ◆ 5 類能源、4 類非能源、3 類運輸服務。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 評估結果發現，若路運納入排放交易體系，可創造較高的福利，納入航空則福利效果較小，對國際貿易船運直接進行排放管制才是比較重要的減量工具。

資料來源：本研究整理。

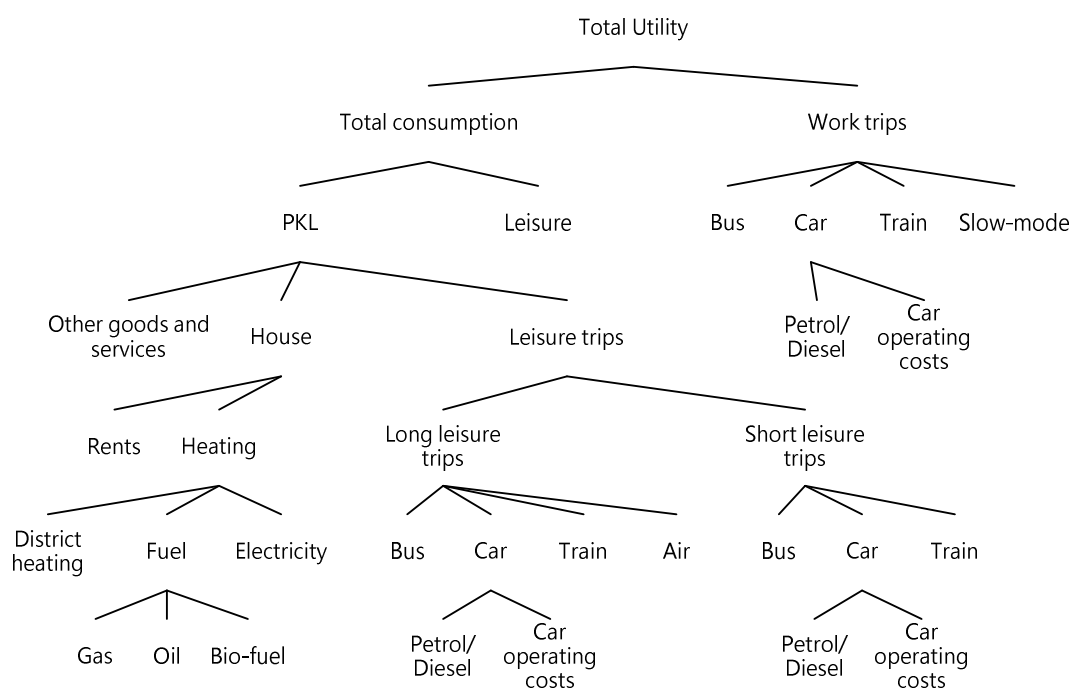
以圖 3.13 之 EPPA 模型^[3.3.1]的家計巢式架構為例，家計部門對各種商品之消費分為 4 層，越下層的商品群，群內商品的關係越密切。為了解析運輸服務需求，而在家計部門總消費中，區分為運輸(transport)與非運輸需求(non-transport)，而運輸需求則進一步由自有運具運輸服務(Own)與購入運輸服務(Purchased)所組成，所謂自有運具運輸服務需求即為家計部門利用自身擁有的運具進行運輸活動，而購入運輸服務則指購買由運輸業者提供之運輸服務，包括空運、軌道、公路運輸等。自有運具運輸服務的部分還會依運具使用所需的投入再區分為運輸工具(OIND)與燃料(REFOIL)。



資料來源：Schäfer and Jacoby, 2005^[3.3.1]。

圖 3.13 EPPA 家計部門巢式架構圖

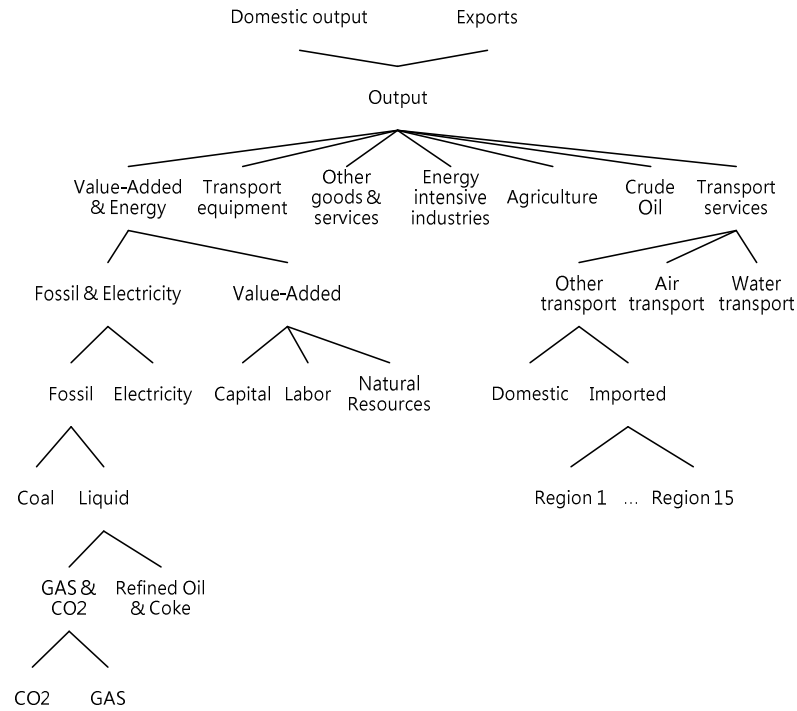
Berg^[3.3.2]探討重點在家計部門的運輸需求，因而在該模型中對家計部門旅運需求特性描述得非常細緻，其巢式架構如圖 3.14 所示，為 6 層巢式結構。首先第一層說明整個家計部門消費可區分為因工作需要而產生的旅運需求以及其他消費；第二層則說明因工作而產生的旅運需求隨運輸工具的差異區分為客運公車、自有汽車、軌道，及其他慢速運輸方式；在其他消費部分，區分為休閒與商品及服務消費兩類，由於該模型強調家計部門消費行為，因此對於休閒與勞務供給的處理區分較為細緻；第三層則將商品及服務消費區分為一般商品與服務消費、住宅支出與休閒旅運支出；住宅支出項目可分為租金(或自有住宅設算租金)與能源支出；休閒旅運支出依旅運距離區分為長途與短程旅運，其次依運具選擇將長途旅程區分為搭乘客運公車、自有汽車、軌道與航空運輸，短程旅行則分為客運公車、自有汽車以及軌道等。



資料來源：Berg, 2007^[3.3.2]。

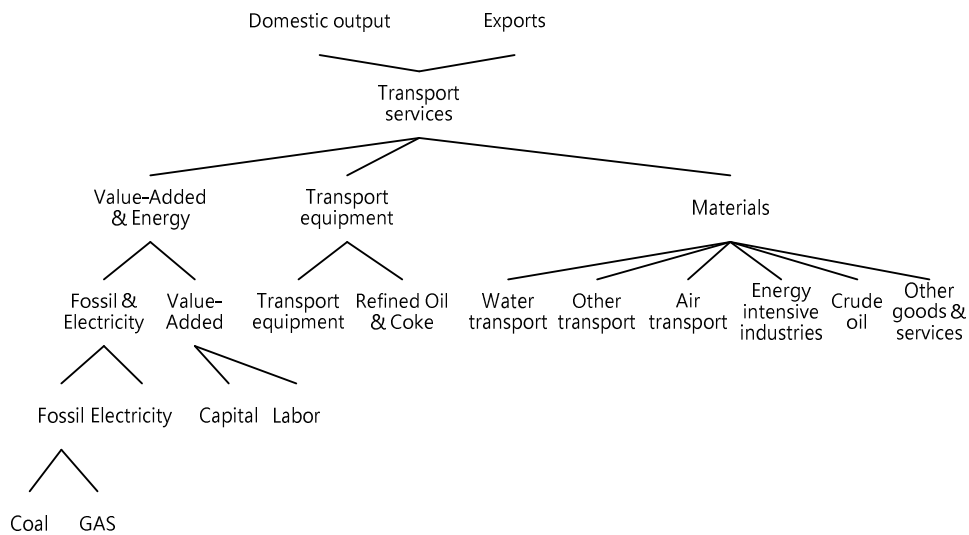
圖 3.14 Berg 家計部門消費巢式架構

Abrell^[3.3.3]則因為研究重點在排放交易的福利分析，因此其運輸 CGE 模型是一個部門數、運具別、能源別皆十分少，區域別則較多的少部門多國模型。雖然部門數相對較不細緻，但就 CGE 模型架構而言該文卻十分完整，圖 3.15(a)至圖 3.15(d)即為該文所呈現的一般生產部門、運輸部門、能源部門以及家計單位的生產與消費巢式架構圖。



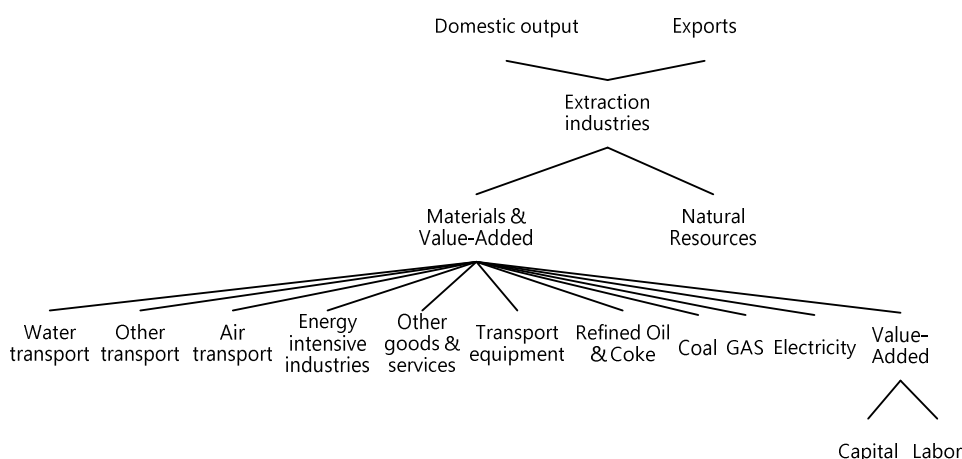
資料來源：Abrell, 2007^[3.3.3]。

圖 3.15 Abrell 模型巢式架構-(a)一般生產部門生產



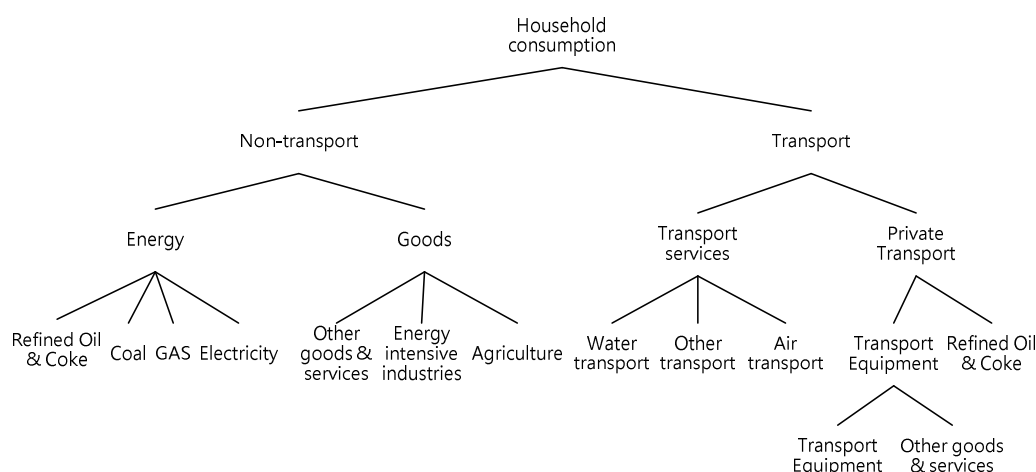
資料來源：Abrell, 2007^[3.3.3]。

圖 3.15 Abrell 模型巢式架構-(b)運輸服務部門生產



資料來源：Abrell, 2007^[3.3.3]。

圖 3.15 Abrell 模型巢式架構-(c)能源部門生產



資料來源：Abrell, 2007^[3.3.3]。

圖 3.15 Abrell 模型巢式架構-(d)家計部門消費

對一般生產部門而言，生產過程中所需之運輸相關投入，包括自行運輸所需之運輸設備，以及委由運輸服務業者提供之運輸服務，基於歐盟地理上的特性，陸上運輸除了國內自身所提供之服務外，還會使用他國所提供之運輸服務，因此在其他運輸服務之下再加以區分進口來源，見圖 3.15(a)。對運輸服務部門而言，在提供運輸服務過程(運輸服務部門的生產過程)中，需要投入包括資本、勞力、運輸工具及能源消耗，因此圖 3.15(b)說明該模型將運輸設備區分為運輸工具以及使用運輸工具的同時所需投入的能源(主要為煉製油品與煤製品)。

對家計部門而言，私人運具相對整個家計部門運輸支出，占有相當比

重，因此圖 3.15(d)說明該模型將家計部門所消費的運輸支出區分為私人運具與運輸服務兩部分，私人運具則包含了運具的購置、維修，及使用運具所需花費的燃料支出等。

3.3.2 國內可計算一般均衡模型發展現況

目前利用 CGE 模型的運用，無論在方法上、領域上皆有多元而廣泛的成果，發展的歷程亦相當久遠。從 60 年代利用 Leontief-type 分析法與 Klein-type 分析法，一直到晚近結合產業關聯與總體經濟的一般均衡架構，不論在學術研究或政府政策的研擬上，均扮演著重要的角色。

依楊浩彥(2009)的彙整，目前幾個國內重要的 CGE 模型，主要引自國外知名模型架構，並針對國內特性加以改良和創新，例如澳洲 MONASH 大學的 ORANI 模型體系、世界銀行體系、Jorgenson 與 INFORUM 體系等⁸，主要應用單位如表 3.8 示。

表 3.8 國內 CGE 模型研發類別

類型	模型	研發單位	
ORANI type	TAIGEM-III TAIGEM-D ROCGEM	清大永續發展室 臺大農經系 主計總處	
World Bank type	經建會模型	經建會	
Jorgenson type	Jorgenson-Liang 模型	中研院	
INFORUM type	中華產業模型	中經院	
SCREEN	TaiSEND	清大永續發展室	
其他	林全教授與許家棟教授的租稅模型 蘇明俊教授的線性 CGE 貿易模型		

資料來源：楊浩彥(2009)^[3.3.12]及本研究彙整。

「臺灣一般均衡模型」(Taiwan General Equilibrium Model, TAIGEM-III)模型系列的研發，始自於 1998 年，由清華大學永續發展研究室與澳洲 MONASH 大學政策研究中心(Centre of Policy Studies, CoPS)合作，以澳洲

⁸ 根據Bandara(1991)將CGE模型區分為三個系統，Yale tradition、World Bank tradition、Johansen tradition，Harris(1988)和Bandara(1991)指出Yale tradition 和 World Bank tradition 主要係採用非線性求解技術(non-linearized approach)，而 Johansen tradition 則利用線性近似求解技術(linearized approximation approach)，非線性求解技術常用GAMS軟體等相關模組進行模擬，而後者則採用GEMPACK軟體求解。

ORANI 模型為基礎，加以修改並擴充模型結構。經過長期本土化的研發改進，大幅增強許多新的特色與功能，並全面更新資料庫，多年來以廣泛應用於許多政策性議題的分析，包括溫室氣體減量、租稅改革、貿易自由化、重要投資案、金融海嘯、碳稅與能源稅之影響評估等。

為能充分衡量不完全競爭、勞動市場失衡、投資理論、混合互補問題(mixed complementarity problem)等諸多面向之問題，2004 年更與 Swiss Federal Institute of Technology 所屬之「能源政策與經濟中心」(Center for Energy Policy and Economics)進行合作，針對上述議題進行創新性的研究。於是「臺灣能源永續發展模型」(Taiwan Sustainable Energy Development Model, 簡稱 TaiSEND)便應運而生。TaiSEND 建置旨為臺灣能源永續發展政策及策略的制訂，提供攸關政策之 3E 影響的數量化資訊，以做為決策參考之用。在永續發展理念下，能源策略必須面對的主要目標包括(1)要提升能源生產力(energy productivity)，以強化經濟及改善生活水準；(2)在能源的生產、輸送，及消費過程中，要預防污染，降低環境影響；(3)要降低國際能源危機對國家安全及經濟風險的挫傷力。鑑於永續發展對於能源政策形成之影響，建構「永續能源」政策評估工具勢在必行。

綜觀各先進國家為制訂永續能源政策所研發之決策支援系統，包括總體計量模型(macroconometric model)、投入產出模型(input-output model)、數學規劃模型(mathematical programming model)，以及可計算一般均衡(computable general equilibrium model, CGE)模型等，各類評估模型均有其見長之處。然欲建構合理的國家能源政策規劃，必須顧及能源與經濟之間的互動，例如能源供需之間以及能源對經濟體系生產、所得、物價、進出口及投資等所可能產生的影響，甚至包括經濟受影響後對能源供需產生的回饋效果(feedback effects)，因此，TaiSEND 模型係以 CGE 模型為發展基礎。

雖然文獻上可計算一般均衡模型的發展相當成熟，運用於各經濟層面之研究不計其數，然而針對能源部門所建構之可計算一般均衡模型則仍處於開發初期。TaiSEND 模型在廣泛參考國內、外諸多能源可計算一般均衡模型後，決定以 CEPE 之 SCREEN 模型為發展雛形，原因在於該模型以能源部門的產品及能源服務為模型建構核心，對於能源部門的評估精準度較強，對於發電部門則有詳細的技術刻劃，對於技術的淘汰、創新及選擇，都具有學理基礎，且與新古典經濟理論相結合，最後參酌其他模型優點及我國能源政

策需求加以修正。

多年來運用 TaiSEND 所完成之減量議題評估包括增加再生能源配比之影響評估、國際能源價格上漲之影響評估、溫室氣體減量之影響評估、核能延役與增機之影響評估、重要投資案之影響評估、金融海嘯之影響評估、發展天然氣與再生能源之影響評估、採用 IGCC 與 CCS 之影響評估等。

茲將 TAIGEM-III 與 TaiSEND 的特點列表比較如表 3.9 示。

表 3.9TAIGEM-III 與 TaiSEND 比較

	TAIGEM-III	TaiSEND
研究方法	Top-down/Bottom-up model	Top-down/Bottom-up model
部門分類	55 部門、66 產品	26 部門、32 產品
勞動市場	充分就業，區分 6 種職業別	可考慮非充分就業，雙元勞動市場
電力市場函數形式	smooth function	stepwise function
電力部門投資	發電成本最小	個別技術預期投資報酬率(含稀少性地租)
發電技術類別	10 種	10 種(含再生能源)
動態機制	部門間投資決策 部門預期投資報酬率 適應性預期 (adaptive expectation)	部門間與部門內投資決策 短視預期 (myopic expectation) 考慮調整成本
技術汰舊換新	未考慮	可考慮
發電容量限制	未考慮	可考慮
所得階層	區分 5 類所得階層	未區分
操作軟體	GEMPACK	GAMS
求解方法	線性化近似求解	混合互補 (Mixed Complementary Problem)
資料型態	SAM	SAM

資料來源：楊晴雯(2010)^[3.3.13]。

3.3.3 時間價值、效用函數與一般均衡

1. 時間的價值

在運輸市場中，消費者對於運輸的需求，並不僅是運輸服務本身而已，通常還要考慮運輸服務過程中，提供給消費者的各種特徵，例如順暢便利的動線或者越短越好的旅行時間，亦即這些運輸服務特徵或多或少將改變消費

運輸服務所帶來的效用。

因此旅行時間節省的價值(Values of Travel Time Saving, VTTS)，通常指旅行時間之機會成本，亦即當可運用的時間有限，若將旅行時間節省下來，可用以從事其他活動，如工作、休閒、購物等所帶來的效用。對於消費者或用路人而言，旅行時間價值的衡量，一般須藉由效用函數加以量化。例如 Blayac and Causse^[3.3.14]將效用最大化問題設定如 3.3.1 式所示：

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & U(x, q, t_1, t_2, \dots, t_m) \\
 \text{s.t.} \quad & px + \sum_{i=1}^m d_i p_i = I \quad [\lambda] \\
 & q + \sum_{i=1}^m d_i t_i = T \quad [\mu] \\
 & t_i \geq \bar{t}_i, i = 1, \dots, m \quad [k_i]
 \end{aligned} \tag{3.3.1}$$

式中 x 代表除了運輸之外的所有商品消費組合， p 代表前述商品組合之價格， I 為總所得， q 為消費商品 x 所需花費的時間， T 為可運用時間的限制， t_i 代表選擇第 i 種運輸模式所花費的旅行時間， p_i 代表選擇第 i 種運輸模式所需花費的運輸成本， d_i 則為第 i 種運輸模式的虛擬變數，當 $d_i = 1$ ，表示第 i 種模式被選擇，當 $d_i = 0$ ，表示第 i 種模式不被選擇， \bar{t}_i 則表示第 i 種運輸模式所需花費的最少時間。而 λ 、 μ 、 k_i 則分別為所得限制式、時間限制式與個別運輸模式之最小時間限制之拉式乘數(Lagrangian multipliers)， λ 代表所得之邊際效用、 μ 表示可運用的時間增加時所帶來之邊際效用、 k_i 則代表當每個運輸模式旅行時間減少時，所帶來的邊際效用。

陳雅琴與林國顯^[3.3.15]提出時間價值主要包含兩部分，將旅行時間節省的時間用於工作或休閒活動所呈現的「資源價值」，以及旅行時間過程中所衍生出來的效用或負效用的價值。前者產生自時間有限性，即式(3.3.1)之 T ，後者則來自時間對效用之貢獻，即式中之 $u(t_i)$ 。

2. 時間的邊際價值

在 Blayac and Causse^[3.3.14]的模型中，旅行時間節省價值並不會隨移動時間長短而改變，在大多數的應用中皆如此假設。而 Kato and Onoda^[3.3.16]卻懷疑旅行時間節省的價值(VTTS)可能因移動時間長短不同而異，於是將 Blayac and Causse^[3.3.14]的模型修改為：

$$\begin{aligned}
& \text{Max } U(X, T, \mathbf{x}, \mathbf{t}) \\
& \text{s.t. } PX + \sum_i c_i x_i = I \quad [\lambda] \\
& \quad T + \sum_i t_i x_i = T^0 \quad [\mu] \\
& \quad t_i \geq \hat{t}_i \quad \text{for } \forall i \quad [k'_i]
\end{aligned} \tag{3.3.2}$$

其中 X 為商品消費組合， T 為可用於休閒的時間， \mathbf{x} 為旅行頻率向量， \mathbf{t} 為移動時間向量， P 為該組商品的價格， c_i 為運輸模式 i 的旅行成本， x_i 為運輸模式 i 的旅行頻率， I 為所得預算限制， T^0 為總可用時間， t_i 為運輸模式 i 的旅行時間， \hat{t}_i 為運輸模式 i 的最小移動時間。 λ 、 μ 、 k'_i 為各個對應的拉式乘數。

與 Blayac and Causse^[3.3.14]模型最大的差異，在於運輸模式選擇變數的設定，不侷限於有或無(原模型中 $d_i=1$ 或 0)，而以頻率變數取代。

3. 時間的分配

基於時間的有限性，時間的分配成為影響效用的重要因素，陳雅琴與林國顯^[3.3.15]假設時間分配於工作、休閒與交通運輸，消費者的效用決定於消費商品、休閒時間、工作時間與交通運輸旅行時間，在時間與所得的限制下求效用極大化，模型設定如下：

$$\begin{aligned}
& \text{Max } U(G, T_l, T_w, T_i) \\
& \text{s.t. } G + C_i(T_i) = wT_w \\
& \quad T_l + T_w + T_i = T \\
& \quad T_i \geq \bar{T}_i
\end{aligned} \tag{3.3.3}$$

其中 G 為非旅運的其他商品之花費成本， T_l 為休閒的時間， T_w 為工作的時間， T_i 為運具(或路線) i 的交通運輸旅行時間， w 為工資率， T 為總時間上限， $C_i(T_i)$ 為交通運輸旅行成本，會隨旅行時間 T_i 改變而變動，所得預算限制是代表消費品總額與交通運輸花費總和等於消費者總所得，而消費者花費於運具 i 的交通運輸時間至少必須超過某一低限 \bar{T}_i 。

經由模型推導，便可求得工作、休閒、旅行時間以及其節省的貨幣化價

值，而決定旅行時間價值的因素在於旅行時間邊際效用相對於休閒時間邊際效用的大小。當工作時間、休閒時間與旅行時間被切割開來，時間價值、旅行時間的資源價值，以及旅行時間節省的價值，3 者間的差異便有必要加以釐清，當論及旅行時間節省的價值時，非僅指資源配置價值，同時也包含旅行時間的邊際負效用。

4. 時間價值與可計算一般均衡模型`

在 CGE 模型中考量時間價值或旅行時間成本之文獻並不多見。EPPA/MARKAL 整合模型在 Modal Splits 模組中，為了分析家庭運輸模式選擇而假設每人每天平均 12 小時的旅行時間預算，且此時間限制是固定不變的，於是當 EPPA 模型告訴 Modal Splits 模型運輸總需求增加時，人們必須選擇在這 12 小時當中，由低速的運輸模式移轉至高速的運輸模式中。

然而 EPPA/MARKAL 模型透過整合方式，將運輸模式選擇與時間限制的問題外掛於獨立模組運行，對於經濟模組(EPPA)本身，若不能在整合過程中充分與 Modal Splits 溝通並反覆驗證，則難免失之向隅。Bröcker^[3.3.17]則發展一個理論模型，將家庭私人運輸視為一種自行提供之運輸服務，屬消費財貨之一，因此花費在私人運輸服務的所有成本，都將進入消費支出組合決策中，而所謂所有私人運輸成本，除了燃料、運具購置與維護等成本外，還包括時間成本，時間成本與(3.3.2)式相同，對效用而言為負面因子。

雖然 Bröcker 在一般均衡體系中考慮時間成本，卻仍將旅行時間視為一外生設定的參數，並無法如 Modal Splits 一般讓家計單位擁有選擇運輸模式的權力。欲將運輸模式的選擇以及時間成本因素內化至 CGE 模型中，一方面必須在理論上獲得良好的架構基礎，同時考慮家計部門在時間分配上的決策方式(如工作時間、休閒時間與旅行時間的分配)，另一方面則須有完整的數據支持，才能使具備運輸模式選擇功能的 CGE 模型獲取合理的評估結果。

3.3.4 運輸部門一般均衡模型評析

綜合 Schäfer and Jacoby(2005)^[3.3.1]、Berg(2007)^[3.3.2]、Abrell(2007)^[3.3.3]、Bröcker^[3.3.15]等文的架構，可以發現幾個 CGE 在建構運輸部門時必須注意的細節：

1. 家計部門的運輸相關支出，必須區分私人運具與運輸服務；
2. 運輸服務必須依旅程距離加以區分；

3. 運具必須儘可能細分；
4. 運具與燃料的關係必須呈現；
5. 家計部門工作與休閒所產生之運輸需求，在資料可及情況下應儘可能區分；
6. 旅行時間的節省對家計效用的貢獻不應忽視；
7. 國內目前已發展的 CGE 模型皆非針對運輸部門所設立，需要重新檢討模型設定，納入運輸部門特性。

3.4 運輸需求預測模式

3.4.1 運輸需求預測模式之概念

運輸需求預測模式係用以描述眾多人群的旅運型態(Travel Pattern)以及一般人產生旅次的決策過程，其目的在估算未來整體運輸需求量及各運輸系統運量分派，作為運輸系統規劃的基礎。由於需求量為運輸系統新建或改善的主要依據，因此運輸需求預測模式的構建便成為運輸系統規劃的核心工作。

需求預測模式的內容主要為旅運行為與社經環境特性之數學關係，主要運輸需求預測模式包含 3 大類：總體程序式旅運需求模式(Aggregate Sequential Travel Demand Model)、總體直接式旅運需求模式(Aggregate Direct Travel Demand Model)、個體旅運需求模式(Disaggregate Travel Demand Model)。

1. 總體程序式旅運需求模式

總體程序式旅運需求模式以交通分區之總體資料作為分析基礎，將需求預測分由幾個子模式依序進行，用以描述群體行為型態。程序式的意涵將旅次行程的決策過程分成：旅次產生(Trip Generation)、旅次分佈(Trip Distribution)、運具分配(Modal Split)、交通量指派(Traffic Assignment)。

(1) 旅次產生

主要在探討旅次產生量、吸引量與旅次起迄點之土地使用、社會經濟特性之函數關係。在旅次產生分析中，常將所有旅次分為家旅次與非家旅次兩類，前者為旅次的兩端點中有一端為家，後者為旅次的兩端均不是家，在引起旅次的目的方面，大致可以分為工作、上學、購物、社交、娛樂及其他等類。最常使用的 3 種方法：

- a. 土地使用之旅次發生率法(Land Use Trip Rate Method)；
- b. 多元線性迴歸分析(Multiple Linear Regression Analysis)；
- c. 類目分析法(Category Analysis)。

(2) 旅次分佈

依據旅次發生數量及各分區間在運輸設施條件下的運輸成本資料，計算各分區間之往來旅次數。其分析所得結果為各類的旅次起迄分佈矩

陣。有關旅次分佈之分析方法主要為引力模式(Gravity Model)及成長因素法(Growth Factor Method)。

(3) 運具分配

運輸工具一般可蓋分為：大眾運輸(Public Transit)與私人運具(Private Transport)，兩者所乘載的運量比對運輸系統改善方案的內容影響甚大，而運具分配分析的目的即在於預測未來兩種運具之運量比，以及各類運具之每車載客量(Vehicle Occupancy)。影響運具選擇之因素大體可分為：

- a. 旅次因素：如旅次目的、旅次長度、旅次發生時間、旅次起迄點位置等；
- b. 旅次產生者之特性：如所得、車輛擁有率、居住密度、就業密度、居住地區等；
- c. 運具之相對服務水準：如旅次時間、旅次成本、可及性、車外時間、支出費用、舒適、清潔等。

(4) 交通量指派

交通量指派係將前述分析所得之各運輸工具之旅次分佈資料，依據合理可行的原則，分派於一特定運輸系統網路中，其所得的結果為每一路段之交通量。交通量指派方法的研究，較常被採用者大體可歸納為下列數種方法：全或無指派法、轉換曲線指派法、容量限制指派法、多重路線指派法、均衡指派法等。

2. 總體直接式旅運需求模式

總體直接式旅運需求模式與程序式之不同，在於其將旅次發生、旅次分佈與運具分配 3 個程序同時處理。此模式基於兩個基本假設，其一為具有抽象運具(Abstract Mode)的觀念，認為旅次產生者對運具之需求並非取決於運具之名稱，而是依據運具所提供的服務水準；其二為採複合模式之觀念，亦即兩點之間所有運具之旅次需求皆包括在其中。以下以抽象運具模式為代表，該模式除了使用與起迄點特性有關之社經變數外，尚包括運具之屬性變數：

$$T_{ij}^m = aP_i^b P_j^c Q_i^d Q_j^e f(t_{ij}^m) f(z_{ij}^m) f(w_{ij}^m)$$

其中，

T_{ij}^m	為由 i 分區至 j 分區使用第 m 種運具之旅次數
P、Q	為 i 分區及 j 分區的社經變數，如人口數、所得、樓地板面積、家戶大小等
t_{ij}^m	為由 i 分區至 j 分區使用第 m 種運具之相對旅行時間
z_{ij}^m	為由 i 分區至 j 分區使用第 m 種運具之相對旅程本
w_{ij}^m	為由 i 分區至 j 分區使用第 m 種運具之相對服務頻率
a、b、c、d、e	為常數

此模式可運用迴歸分析的方法以基年之資料求得常數項，再以目標年之自變數值預測旅次需求。其優點如下：(1)可將各種替選運具之旅次分佈需求以簡單的函數形式求得；(2)只要事先知道新運具的屬性，即可預測其運量。不過，模式中並未包括所有運具之屬性，僅以各運具與最佳運具之相對值表示。

3. 個體旅運需求模式

總體模式係以交通分區作為資料的基本單位，亦假設所有的旅運行為皆發生於交通分區的中心，而同一交通分區內之社會經濟特性則以該分區內之平均值表示。個體旅運需求模式之特點，乃以每一旅次產生者為旅運行為之決策者，反映個別旅次行為作為推導之依據；模式的理論基礎有二，分別為個體經濟學之效用極大(Utility Maximization)理論，以及心理學之隨機效用(Random Utility)理論，常用的模式有羅吉特模式(Logit Model)與普洛比模式(Probit Model)。此類模式之優點在於：

- (1) 所需用以推導模式之資料較少；
- (2) 模式之內涵較易了解；
- (3) 具有時間及空間之移轉性(Transferability)，其校正所需之資料不多、效率亦快；

- (4) 考慮之運具種類不受限制；
- (5) 考慮之運具屬性個數不受限制；
- (6) 對不同運具可採用不同的屬性。

3.4.2 國內主要的運輸需求預測模式

以往臺灣地區為研究範圍之運輸規劃與需求模型，皆採用「程序性總體運輸需求預測模式」，即依旅次產生吸引、旅次分佈、運具分配、交通量指派等 4 大模組循序分析。依照分析空間規模之不同，可區分為城際運輸與都會區運輸需求模型。

1. 城際運輸規劃模式

民國 93~96 年本所透過「國家永續發展之城際運輸系統需求模型研究」的 4 年期計畫，以城際運輸旅次為分析對象，臺灣本島為分析範圍，並更新至 97 年資料，建構「臺灣城際運輸需求模型」(簡稱 TDM2008)，茲將其特色與架構彙整如下：

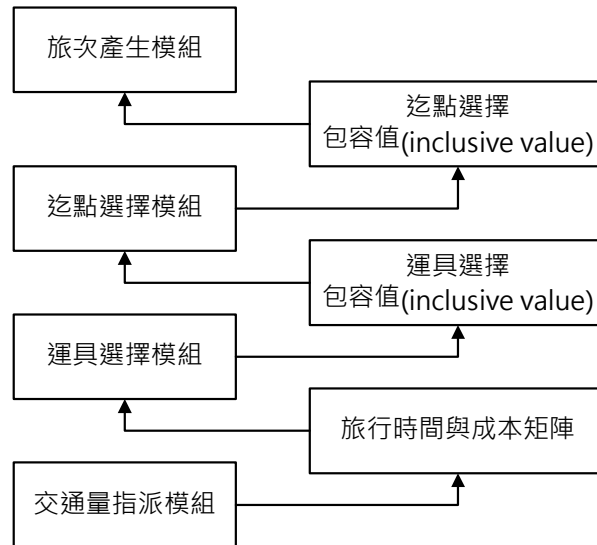
(1) 模式架構

傳統運輸需求模型多採用旅次產生、旅次吸引、運具分配與交通量指派 4 步驟的程序性運輸需求模型，但此法無法有效反映運輸系統服務水準改變所造成的影響，例如：誘發旅次(Induced demand)的發生，致使對於因運輸系統服務水準改變造成的運量變化不敏感。

誘發旅次的產生是由於在運輸環境改變時，就短期而言，將有新旅次需求受運輸環境改善而誘導產生，並改變旅次之迄點選擇、運具選擇、路線選擇等特性；長期而言，將對家戶車輛持有、各種活動的空間分佈產生改變。因此，臺灣城際運輸需求模式參考國外相關研究成果，以整合性運輸需求模式(Integrated Travel Demand Model)架構，該架構利用模組間變數相關性的建立或巢式多項羅吉特模型(Nested Multinomial Logit, NMNL)架構，強化各模組間的鏈結。

不同於程序性運輸需求模型架構，將每 1 層級視為單一模組處理其旅運行為，整合性城際運輸需求模型(概念如圖 3.16 所示)將運具選擇模組作為模型的主軸，引用巢式多項羅吉特模型的概念，將旅運行為之旅次產生、迄點選擇、運具選擇等過程以巢式羅吉特模型之包容值(inclusive value)

的概念加以整合，以下步驟(巢層)中之「總效用」(包容值)作為上步驟(巢層)的變數，串接各模組，改善傳統程序性運輸需求模型中，各模組各自獨立之缺失，有效反映各模組間之交互影響。其最大優點為下步驟模組總效用將影響上步驟模組的旅運行為，且最上層的旅次產生量亦將受運輸環境改變而影響。

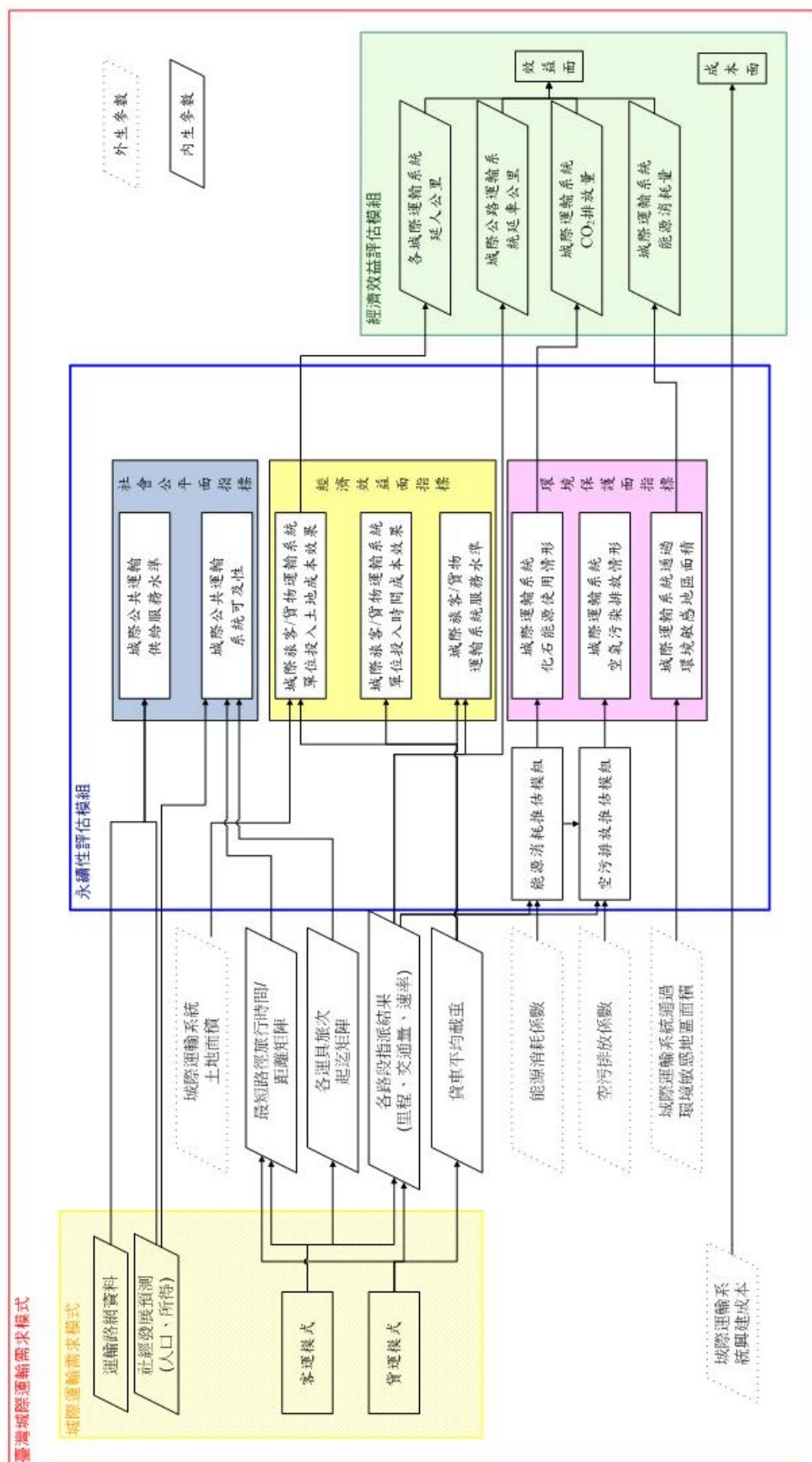


資料來源：本研究繪製。

圖 3.16 整合性城際運輸需求模式概念圖

(2) 模式特色

模式架構如圖 3.17 所示，模式特色說明如下：



資料來源：本所(2009a)^[3.4.1]及本研究繪製。

圖 3.17 臺灣城際運輸需求模式架構

a. 不同於一般以都會旅次分析對象，該模式以城際旅次為分析對象

與過去建構的都會區運輸需求模式不同，該研究以活動於生活圈間之旅次(臺灣本島劃分為 17 個生活圈)，亦即城際運輸為主要分析對象，都會區旅次則做為模式背景，包含城際客運與貨運旅次、不含步行、腳踏車、機車旅次。茲依旅次長度區分為 20 公里以下為都會旅次，20~50、50~150、150 公里以上分別為短、中、長程城際旅次。城際運輸在旅運特性上相較於都會運輸有下列差異：

(a) 以商務與探親訪友旅次為主，而非通勤旅次

在都會運輸以家工作旅次為最，家學校旅次亦占一定之比例；而城際運輸反而是商務與探親訪友旅次(即都會的非家與家其他旅次)較高。

(b) 跨越生活圈的通過性旅次在城際運輸扮演重要角色

高速公路在城際運輸系統的公路運輸中，佔有極為重要的地位，調查資料顯示，臺灣桃園地區通過性旅次約占該區高速公路系統總旅次高達 63%，顯示城際間通過性旅次扮演重要地位。

(c) 運具種類不同於都會運輸，以中長程運輸為主

城際運輸不包含在都會型運輸的大眾運具中占有重要角色的捷運系統與市區公車，以及機車、腳踏車及步行旅次。

(d) 通勤旅次特性並非城際道路交通特性形成之主因

都會型運輸旅次以家工作的通勤旅次為最，瓶頸時段以尖峰為主；然在城際運輸中，則受商務與探親訪友旅次特性影響較大。

b. 不同於傳統程序性運輸需求模式，以整合性城際運輸需求模式為架構

有別於過去城際運輸需求模式多採用程序性運輸需求模式架構，該研究以整合性城際運輸需求模式為架構，此法可有效反映運輸系統服務水準改變所造成的影響，包含運具市場、旅次分佈、旅次產生總量的變化。

c. 結合售票記錄與 OD 問卷進行起迄旅次矩陣建立

有別於過去以年統計資料進行起迄旅次矩陣建立，由於電子票證的發達，該研究透過臺鐵、高鐵、航空的票證資料庫所擷取出不同日

期別的資料，透過 OD 問卷抽樣放大，即可獲得不同日期別(平常日、一般假日)的起迄旅次矩陣。

d. 包含永續指標評估及能耗與空污推估模組

過去的計畫評估工具，多以運輸需求模式為主，為使永續城際運輸指標可以透過模式直接輸出，提供決策判斷。此外，透過需求模式交通量指派結果，及路網中路段所在區位，可結合能耗與空污推估模組，獲屬各路段、各地區的能源消耗與空污排放量。

(3) 模式功能特色

該模式係利用 Citilabs 公司開發之 Cube 運輸規劃軟體為開發平台進行模式構建，茲分別就模式的功能特色說明如下：

a. 結合 GIS 軟體，提供強大的圖形介面與功能進行分析

平台介面與 GIS 軟體結合，可透過操作視窗中路網的點選，進行路網的編修，有別於以往 DOS 版模式僅能利用文字檔編修路網，讓編修路網具更高的操作性。

b. 獨特的流程圖介面，讓使用者無需再透過程序檔了解模式架構

臺灣城際運輸需求模式是以 Cube 獨特的流程圖架構建立，透過類似網頁的巢層點選方式，使用者可輕鬆了解各模組的組成與架構；此外，透過輸出入檔方格的點選，可以清楚知道資料流的流向，並開啟檔案，如圖 3.18 所示。

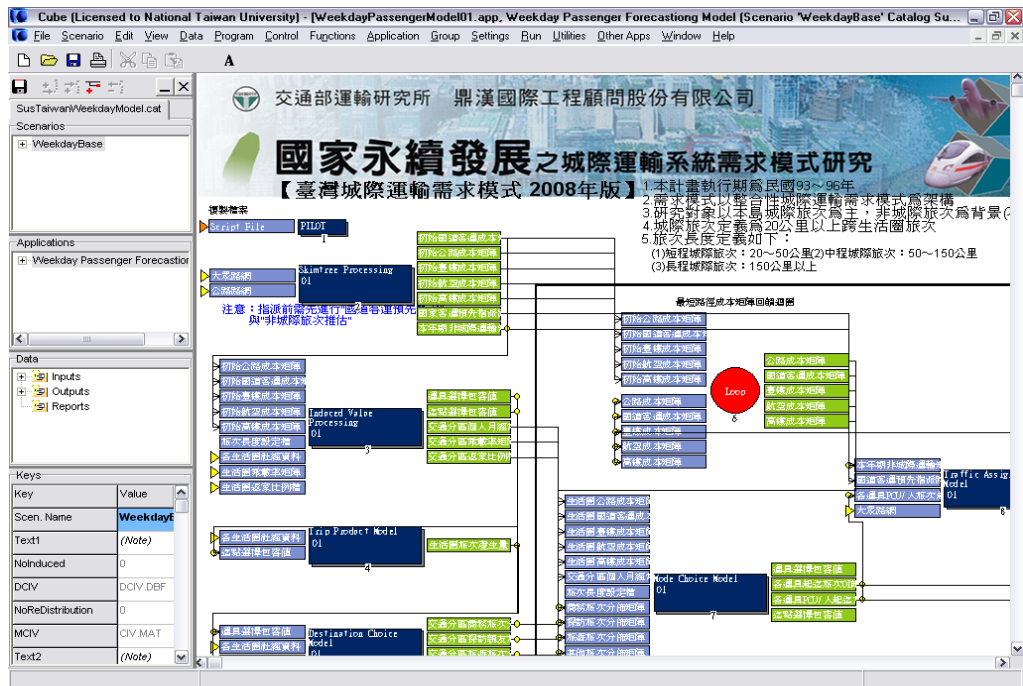


圖 3.18 臺灣城際運輸需求模式模型建構介面

c. 透過情境管理器介面，使用者無需了解程式內容與檔案名稱，可以輕易開啟各情境輸出入檔案

情境管理器讓使用者能輕鬆的創造、管理、執行及展示不同的情境，並可連結各情境、程序下的不同輸入、輸出檔案及報表。情境管理器包括情境面版、應用程序面板、資料面板及關鍵值面板等 4 個部分，如圖 3.19 所示。

此外，有別於過去需要記憶繁雜的檔名設定，平台中運用目錄檔 (Catalog) 為所構建模式的根 (Root)，可以連結所有輸出、輸入檔案。使用該模式的使用者只需記得其目錄檔 (Catalog, *.cat) 的檔名與位置，便可以由目錄檔中追蹤不同情境方案下，各個輸出入檔的內容。

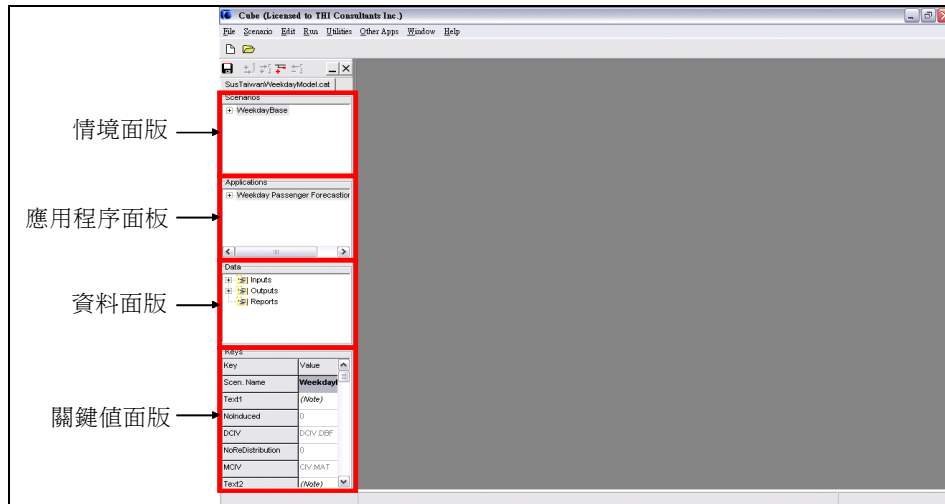


圖 3.19 臺灣城際運輸需求模式情境管理介面

d. 類似網頁的情境參數選單，讓使用者不需要知道參數相關檔案位置，可以輕易建構各種情境

由模式建構者建立，於介面上加入多項參數可調整設計，在考量使用者的需求與模式操作彈性下，建立一類似網頁的情境參數選擇，讓使用者可以依情境分析的不同需求，設定各種參數、策略，以進行策略分析，因此供使用者依需求設定參數值，如圖 3.20 所示。該模式可分析之策略功能項目如下：

- (a) 運輸系統改善的誘發旅次推估(為過去傳統模式無法評估)；
- (b) 運輸系統改善對旅次分佈的影響(為過去傳統模型無法評估)；
- (c) 社經環境變化(新土地發展策略、樂觀情境等)對運量的影響；
- (d) 公路與大眾路網改善或新闢(新建設計畫)的影響；
- (e) 國際機場運量變化對城際運輸的影響；
- (f) 生活圈間小汽車乘載率管理策略(如設置高乘載專用道、高乘載策略等)的影響；
- (g) 油價變動對城際運輸市場的影響；
- (h) 小汽車車輛能源使用效率改善對能源消耗與空氣污染的影響；
- (i) 道路收費對城際運輸市場與能源消耗、空氣污染的影響。

交通部運輸研究所 鼎漢國際工程顧問股份有限公司

國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究

設定模式架構

☐ 取消誘發旅次(Induced Demand)計算

請選擇您所使用的迄點選擇包容量(DCTV) Browse ... Edit ...

☐ 取消運具環境(MCIV)對旅次分佈的影響

請選擇您所使用的運具選擇包容量(MCIV) Browse ... Edit ...

基礎設定

請輸入分析年期(民國)

請輸入分區對照表 Browse ... Edit ...

請輸入生活圈社經資料預測檔(Low:低推估; Middle:中推估; High:高推估) Browse ... Edit ...

請輸入公路網路檔案 Browse ... Edit ...

請輸入大眾運輸網路檔案 Browse ... Edit ...

請輸入大眾運輸系統費率檔(*.FAR) Browse ... Edit ...

請選擇基年非城際旅次矩陣 Browse ... Edit ...

請選擇基年非城際鐵路旅次矩陣 Browse ... Edit ...

請選擇貨運起迄旅次矩陣檔 Browse ... Edit ...

Save Close Next... Back... Run

圖 3.20 臺灣城際運輸需求模式情境參數選單

(4) 與能源消耗、污染排放模式之整合

a. 整合概念

考量運輸在環保議題之重要性，該模式並首度將運輸規劃模式與空氣污染、能源消耗推估模式整合於同一模式中之研究。推估方法說明如下：

- 能耗之推估，是以運輸規劃模式產出的「活動量強度」，配合交通部或能源局調查之燃油效率換算求得。
- 空氣污染物之推估，是以運輸規劃模式產出的「活動量強度」，配合環保署用 MT2 所推估之「臺灣地區空氣污染物排放量資料庫」求得。
- CO₂ 之推估，由於目前國內缺乏完整之實測結果，因此目前是以運輸規劃模式產出的「活動量強度」，配合聯合國氣候變化綱要公約採用 IPCC 準則公佈之「單位燃料 CO₂ 排放係數」推估求得。

b. 運具子系統運算架構

運輸系統下包含公路、軌道及航空等不同部門，其中又以公路部門之能耗與空污排放占比最高(約 92%)，因此針對公路部門建構之運算程序與引用參數較為繁複，建構較其能耗與空污排放推估模組，架構如圖 3.21 所示。

公路運具之能源消耗模組包括小汽車、公路客運及公路貨車，估算邏輯為「車輛使用量 \times 行駛里程 \times 能源耗用率」，能源耗用率主要以「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立(1/3)-探討運輸部門政策對溫室氣體排放量之影響」為基礎，並預留修正係數，以考量旅行時間、旅行距離、平均行駛速度、平均加速度、平均減速度、每次開始至停等之行駛長度、加減速變化之次數、停等次數比例、加速時間比例、減速時間比例、定速行駛時間比例及停等時間等 12 項因子的影響，以修正實驗室所測得之燃油效率；公路運輸部門的各項污染排放係數，主要以「空氣污染物排放量清冊更新管理及空氣品質質損推估計畫(II)」的研究成果為基礎，並預留車齡對污染排放之影響修正係數的輸入界面，待後續研究輸入。

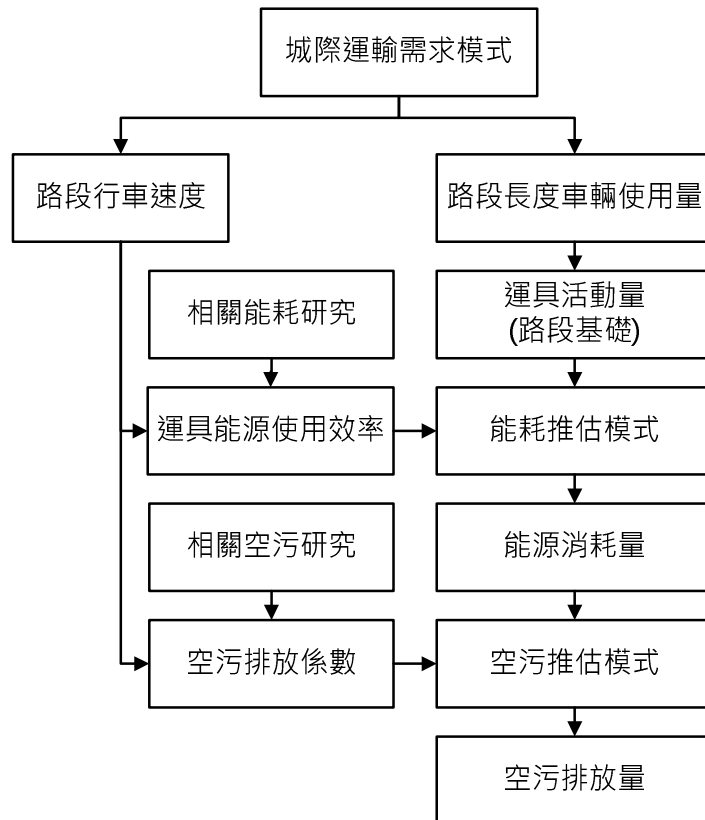


圖 3.21 運輸規劃模式與能源、污排推估模組整合架構-公路運輸部門

(5) 能耗與污排模式應用方向

由於該模式屬運輸規劃模式，其主要功能在對於運輸系統需求進行預測，結合能耗與污排之應用方向包括：

- 不同運輸方案下之能耗與空污排放量比較；
- 運輸方案之空污減量推估，做為經濟效益分析之用；
- 運輸系統總能耗與空污排放總量之趨勢預測。

2. 生活圈(都會區)運輸規劃模式

基本上，都會區運輸規劃模式與城際運輸規劃模式之模式架構、建構方法相似，僅因分析空間尺度之不同，在路網精緻度與運具設定上有些許差距。目前國內既有之都會區運輸規劃模式，如表 3.10 示。

表 3.10 既有生活圈運輸需求預測模式

地區	類型	旅次產生	旅次吸引	旅次分佈	運具分配	路網指派	
						私人運具	大眾運輸
臺北	都會生活圈	類目分析法、迴歸分析法	-	重力模式	羅吉特模式	使用者均衡指派法	-
桃園	都會生活圈	類目分析法、迴歸分析法	迴歸分析法	重力模式	羅吉特模式	多重運具使用者均衡指派法	預先指派
新竹	都會生活圈	類目分析法	-	重力模式	轉換曲線法	使用者均衡指派法	全有或無
臺中	都會生活圈	類目分析法	迴歸分析法	重力模式	羅吉特模式	多重運具使用者均衡指派法	全有或無
臺南	都會生活圈	類目分析法、迴歸分析法	迴歸分析法	重力模式	羅吉特模式	使用者均衡指派法	增量指派法
高雄	都會生活圈	類目分析法	迴歸分析法	重力模式	羅吉特模式	使用者均衡指派法	全有或無
宜蘭	一般生活圈	類目分析法	迴歸分析法	重力模式	家訪所得之運具分配率	增量指派法	全有或無
基隆	一般生活圈	類目分析法、迴歸分析法	-	重力模式	羅吉特模式	使用者均衡指派法	全有或無
苗栗	一般生活圈	類目分析法	迴歸分析法	重力模式	轉換曲線法	機率使用者均衡指派法	全有或無
彰化	一般生活圈	類目分析法	-	重力模式	羅吉特模式	-	-
南投	一般生活圈	類目分析法	-	重力模式	羅吉特模式	-	-
雲林	一般生活圈	類目分析法	迴歸分析法	重力模式	羅吉特模式	使用者均衡指派法	與私人運具加總後指派至公路路網
嘉義	一般生活圈	迴歸分析法	-	重力模式	羅吉特模式	使用者均衡指派法	預先指派
新營	一般生活圈	-	-	-	-	-	-
屏東	一般生活圈	類目分析法、迴歸分析法	迴歸分析法	重力模式	情境分析法	機率使用者均衡指派法	-
臺東	一般生活圈	交通量反推旅次起迄矩陣	交通量反推旅次起迄矩陣	交通量反推旅次起迄矩陣	-	使用者均衡指派法	-
花蓮	一般生活圈	類目分析法	迴歸分析法	重力模式	-	全有或無	-
澎湖	離島生活圈	類目分析法	-	重力模式	家訪所得之運具分配率	-	-
金門	離島生活圈	類目分析法、迴歸分析法	迴歸分析法	重力模式	情境分析法	使用者均衡指派法	-
馬祖	離島生活圈(未建置)	-	-	-	-	-	-

資料來源：營建署地理資訊查詢系統，<http://transwebgis.cpami.gov.tw/lifecircle/>。

3.4.3 運輸規劃模式之檢討評析

1. 運輸需求/規劃模式與運輸能耗預測之差異

運輸需求模式乃推估運輸”需求”，依據其需求所算出的能源消耗量不代表運輸部門之總能源服務量。

2. 模式無法兼顧城際/都會運輸需求預測

受限於模式路網、分析尺度等因素，運輸規劃模式可區分為城際運輸與都會運輸兩類。前者以本所主導研究之「臺灣城際運輸需求模式(2008 年版)」為代表作，主要關注城際運輸(跨生活圈)之運具使用與交通量情形；後者則以營建署主導研究之各生活圈為代表作，主要關注生活圈內的運具使用與交通量情形。因此，目前無法由單一套模式完整推估出全國的運輸總需求。

3. 既有運輸模式對於替代能源/新運具之預測功能有限

由於運輸規劃模式之主要目的不同，因此在運具選擇上，多是以大眾、私人為分野，藉以了解大眾/私人運具之占有率與延人/車公里，至於能源政策上比較關注的替代能源、新運具等評估則需透過另外的個體選擇模式，蒐集更多的關鍵變數才能進行更細緻的分析。

4. 運輸行為對於運輸政策/策略反映

由於運輸行為是個體選擇行為，因此在運輸政策對於實際行為之影響程度，亦有一套評估方法論。最常見的是個體選擇行為分析。個體選擇行為會分析影響變數、敏感度等，再用以分析未來政策之影響程度。

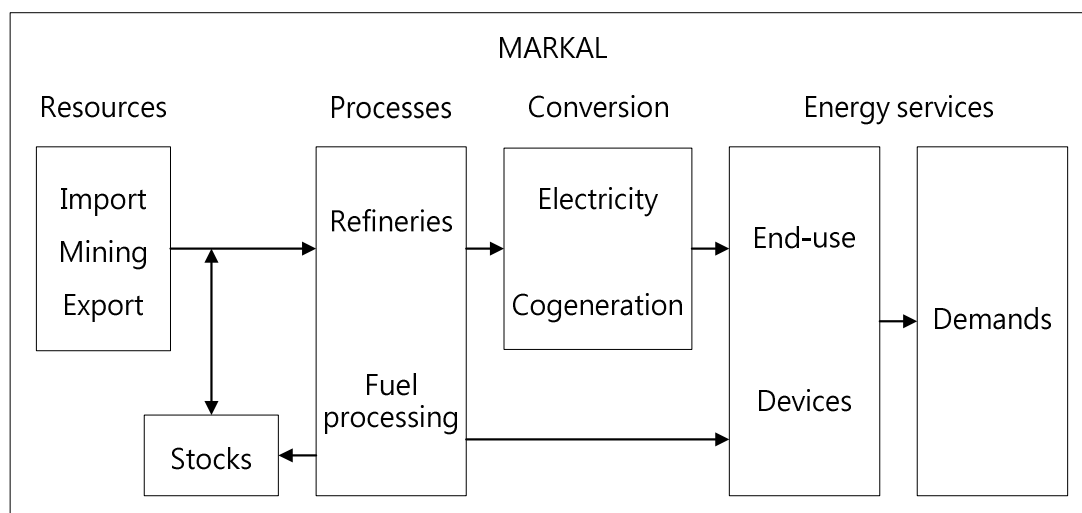
3.5 能源工程模型

3.5.1 能源工程模型的特性與功能

MARKAL 為 MARKet ALlocation 的縮寫，為一個被全球各國廣泛應用的由下而上(Bottom-up)、動態(Dynamic)及線性規劃(Linear Programming)的最適化模型。此模型係由國際能源總署(International Energy Agency, IEA)於 1976 年成立一個由多國共同合作的能源技術系統分析計畫(Energy Technology Systems Analysis Program, ETSAP)所發展，計畫主要目的為建立各會員國應用模型在能源系統政策分析的能力。模型早期被先進國家及主要開發中國家用以研究國家或區域性的能源規劃，目前最主要的應用為研究在氣候變遷的考量下如何調整國家的能源系統^[3.5.1]。目前全球有 117 個機構(57 個國家)使用 MARKAL 為能源政策規劃工具^[3.5.2]。

MARKAL 將複雜的能源系統(全國/地區及部門)以線性規劃模式展現。MARKAL 根據能源平衡原則，將諸多變數、參數以及使用者自定的限制條件，組成聯立線性方程式／不等式，構建而成線性模組。MARKAL 利用線性規劃特性，組合出能滿足各項能源服務需求的能源系統技術組合，並使其各期成本淨現值(discounted net present value)的總和為最低(成本最小化)^[3.5.2]。線性規劃的求解結果可描繪出構建能源系統的各種能源技術以及能源流程，而這個能源系統是可行的(feasible)同時也是最優的(optimal)。可行的意思，是它一定滿足所有的限制條件，並能充份供應各部門未來的能源服務需求；最優的意思則為眾多可行解中成本最低者^[3.5.1]。

MARKAL 模型是動態最佳化電腦模型，模型核心是將能源供給至能源消耗之關聯建置於資料庫中，其範圍含蓋了各種能源自其來源(開採、進口等)，經過能源轉換過程(煉油、發電等)，及最後被各能源服務需求部門使用的整個流程(如圖 3.22)，並定義上述每一個階段目前和未來可用技術的工程參數(容量、效率等)、環境參數(污染排放係數)及經濟參數(成本)。MARKAL 模型是以能源服務需求(外生變數)為驅動力，透過線性規劃尋求最低成本之能源供應及能源消耗技術組合，滿足長期經濟發展所需之能源服務需求，模型時程為中長期(30~50 年)之規劃，且 5 年為 1 期^[3.5.3]。



資料來源：葛復光(2010)^[3.5.2]。

圖 3.22 MARKAL 模型基本架構

MARKAL 模型根據前述資料以線性規劃方式選擇最佳能源技術組合，來滿足未來各期能源服務需求。典型 MARKAL 模型的目標函數為：在滿足有限資源供應及其他限制條件的前提下，各期成本折現值(Discounted Present Value)的總和為最低。在 MARKAL 模型中，能源服務需求是給定的外生變數。而給定此一外生變數的方法通常是根據對經濟體系未來之 GDP(Gross Domestic Product，國內生產毛額)、人口、部門政策等基本假設及各能源需求項目的預期成長率，以基期年的實際需求為基準，對未來的能源服務需求作預測。也因此，在 MARKAL 模型的能源資料庫中，需求乃是以「能源服務」來表示，而非以「能源」來表示，而能源節約(energy conservation)及高能源效率技術與低能源效率技術之間的替代競爭關係亦可以納入模型中考慮^[3.5.2]。

因應各種分析與評估目的，MARKAL 發展出一系列家族模型，針對不同目的，納入各式方法或次模型，茲歸納如表 3.11 示。

表 3.11 MARKAL 家族模型特性彙整

模型名稱	求解方法	模型特色與功能	
Standard MARKAL	Linear Programming	部分均衡 (partial equilibrium)	能源服務需求外生
		完全競爭市場	市場價格等於邊際價值，亦等於邊際成本
MARKAL-MACRO	Non-linear Programming	外接 MACRO 模組，MACRO 以 Solow 的新古典總體經濟模型設定	能源服務需求內生，受能源消耗邊際成本相對變化之影響
MARKAL with Elastic Demand(MED)	Piece-wise linear approximation Linear programming	設定能源服務需求價格彈性 可加入所得彈性	能源服務需求內生，反映能源價格變動與所得變化之影響
MARKAL-MICRO	Non-linear programming	具備 MED 之價格彈性與所得彈性，同時加入交叉彈性	能源服務需求內生，除反映所得與能源本身價格變化之影響，同時考慮他種能源價格變化之影響
Lumpy Investment	Mixed Integer Programming(MIP)	設備投資為離散式成長 (discrete size increments)	適合分析區域電網 (electricity grid) 或瓦斯管線設置，容量有或無的問題
Damage Costs	Non-linear programming	外部成本內部化	將污染物對人體及環境的傷害轉為成本置入模型設定
Endogenous Technological Learning(ETL)	Mixed Integer Programming(MIP)	以學習曲線 (learning-by-doing curve) 考慮內生技術學習	技術成本會隨著累積使用容量增加而下降
Stochastic MARKAL	Two-Stage Stochastic Programming	加入隨機規劃 (Stochastic Programming) 與決策樹 (Decision Tree) 分析方法	可處理未來情景發展之不確定性，配合決策樹針對未來可能發展的情景設定發生機率，以期望成本 (Expected Cost) 最小化為目標

資料來源：葛復光(2010)^[3.5.2]。

模型資料庫由能源服務需求、初級能源供應以及能源技術 3 類資料建成，資料內容包括投資成本、固定及變動運維費、使用年限、使用能源類別、效率、可用度、輸出及最大市場穿透力預估等^[3.5.1]，3 類資料庫內容說明如下：

1. 能源服務需求：工業、住宅、商業、運輸等各部門未來數十年的能源服務需求；

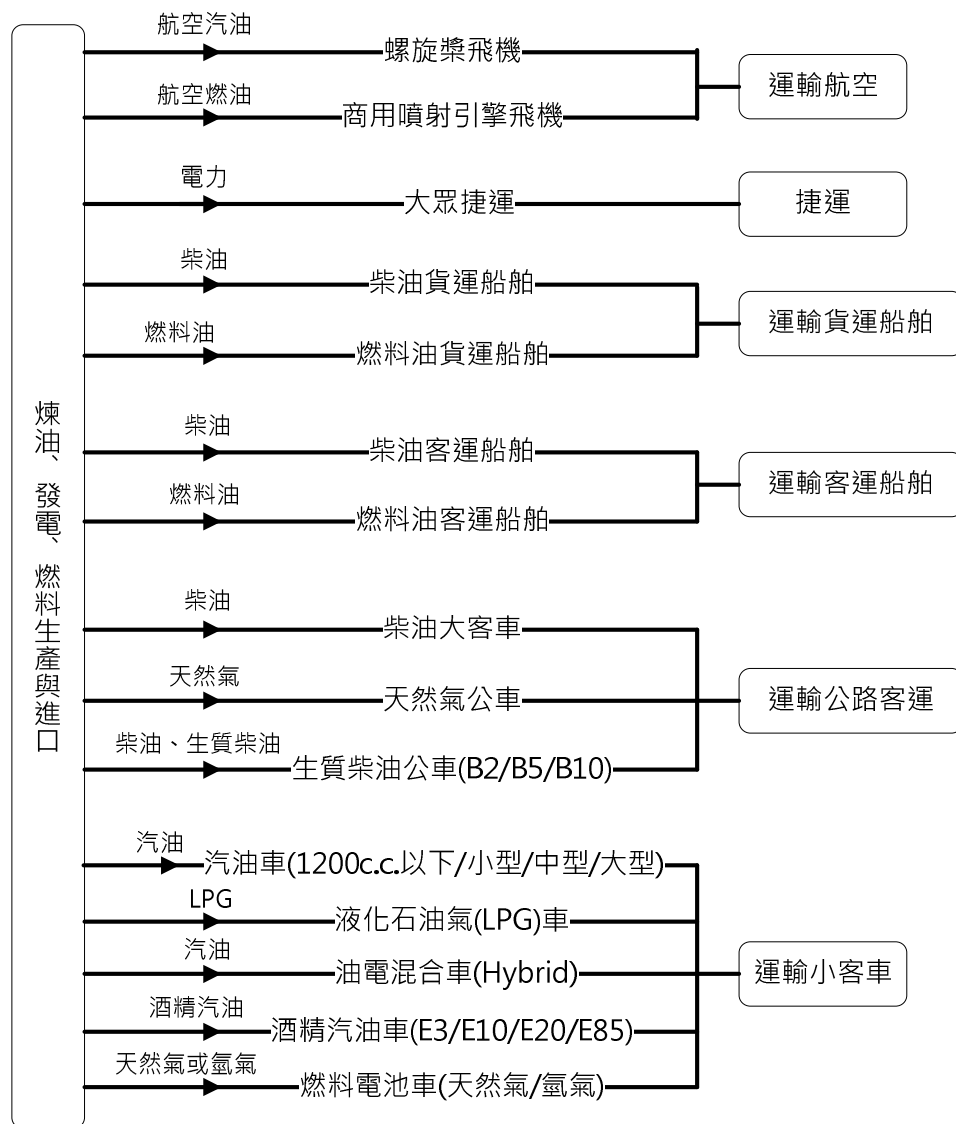
2. 初級能源供應：未來數十年各類初級能源的自產，進口上限與價格；
3. 能源技術：既有及未來可能商品化的能源轉換、處理與使用技術。

3.5.2 能源工程模型在運輸部門的應用

國際上 MARKAL 模型在溫室氣體減量議題之應用相當普遍，例如英國能源研究中心(UKERC)利用 MARKAL-ED 進行低碳經濟體系的路徑發展規劃，以提供在達成低碳經濟體下各技術發展途徑及成本評估等資訊，供政府決策參考；MARKAL 也常與其他模型整合評估，如 3.2 節所述之 EPPA/MARKAL 模型；除了 EPPA/MARKAL，MARKAL 在運輸部門之應用則有 Endo^[3.5.4]分析日本碳稅對燃料電池車市場穿透率的影響、Ichinohe 與 Endo^[3.5.5]分析在 CO₂ 減量限制下日本小汽車技術的最適配置、Krzyzanowski 等人^[3.5.6]規劃全球氫能運輸未來發展，以及 Rosenberg^[3.5.7]所進行的氫燃料小客車市場穿透分析等。

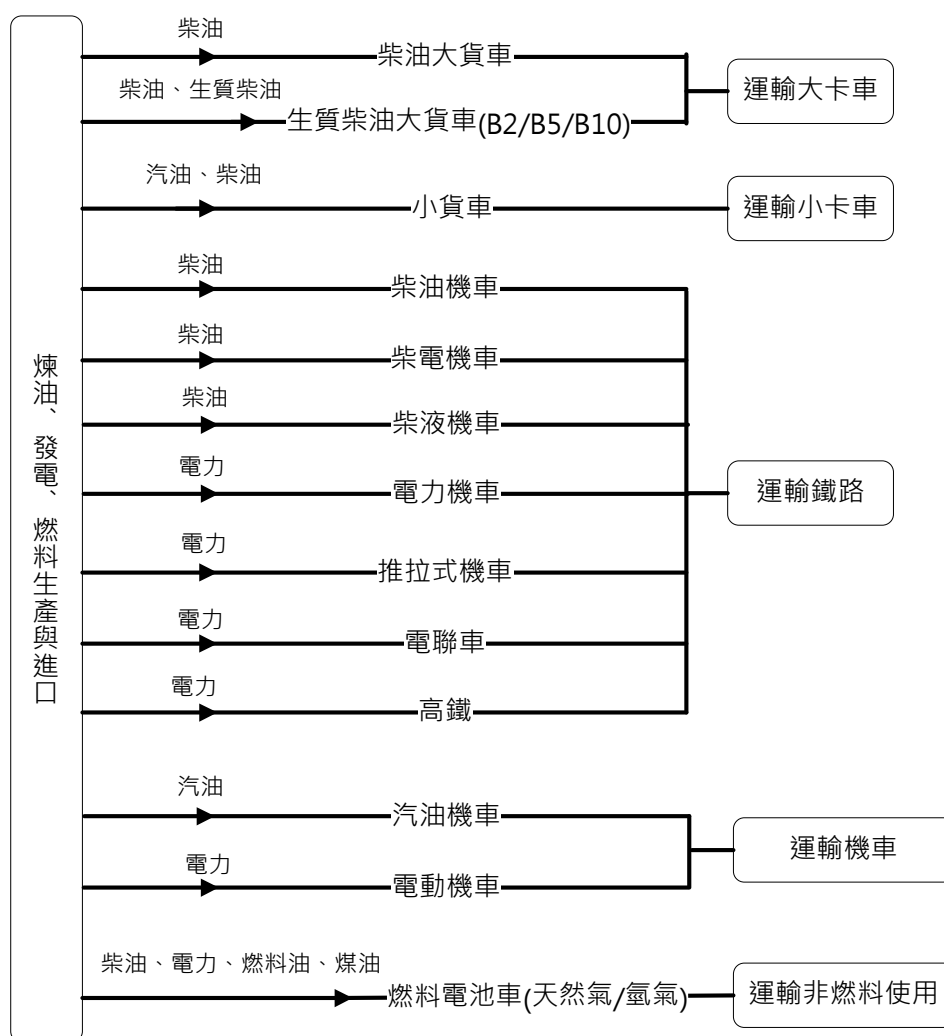
國內則有工研院綠能與資源研究所(以下稱綠能所)及原子能委員會核能研究所(以下稱核研所)兩單位研發 MARKAL 及 MARKAL-MACRO 模型。工研院綠能所自 1992 年起發展「臺灣能源工程模型(臺灣 MARKAL 模型)」，並用以研析我國因應氣候變化綱要公約之國家整體立場與定位、估算各部門排放統計、抑制排放執行氣候變化綱要公約能源策略最低成本能源系統、抑制策略/措施的成本有效性、抑制策略的衝擊評估、各國因應能源策略及對我國影響分析、氣候變化綱要公約發展趨勢及我國因應建議等。在運輸部門之分析上，則已應用於綠色節能車輛與替代燃油車輛之減量成效評估^[3.5.3]。

核研所研發之 MARKAL-MACRO 則針對運輸部門需求及技術項目有詳細分類(如圖 3.23)，在政策評估上已應用於燃料效率標準提升、AFV 補貼、能源環境稅影響，以及達成國家減量目標之最適運輸技術組合等議題分析。



資料來源：葛復光(2010)^[3.5.2]。

圖 3.23 核研所 MARKAL-MACRO 模型運輸技術分類



資料來源：葛復光(2010)^[3.5.2]。

圖 3.23 核研所 MARKAL-MACRO 模型運輸技術分類(續)

3.5.3 能源工程模型評析

能源工程模型在能源政策評估與能源技術規劃之應用，已廣泛為世界各國所採用，其在考量技術特性與限制，以及能源與環境關聯上的卓越功能，亦使此類模型在考量如何促進運具技術發展與替代燃料車輛時，成為不可或缺的工具。然而對於溫室氣體減量評估模式而言，發展能源工程模型必須斟酌以下因素：

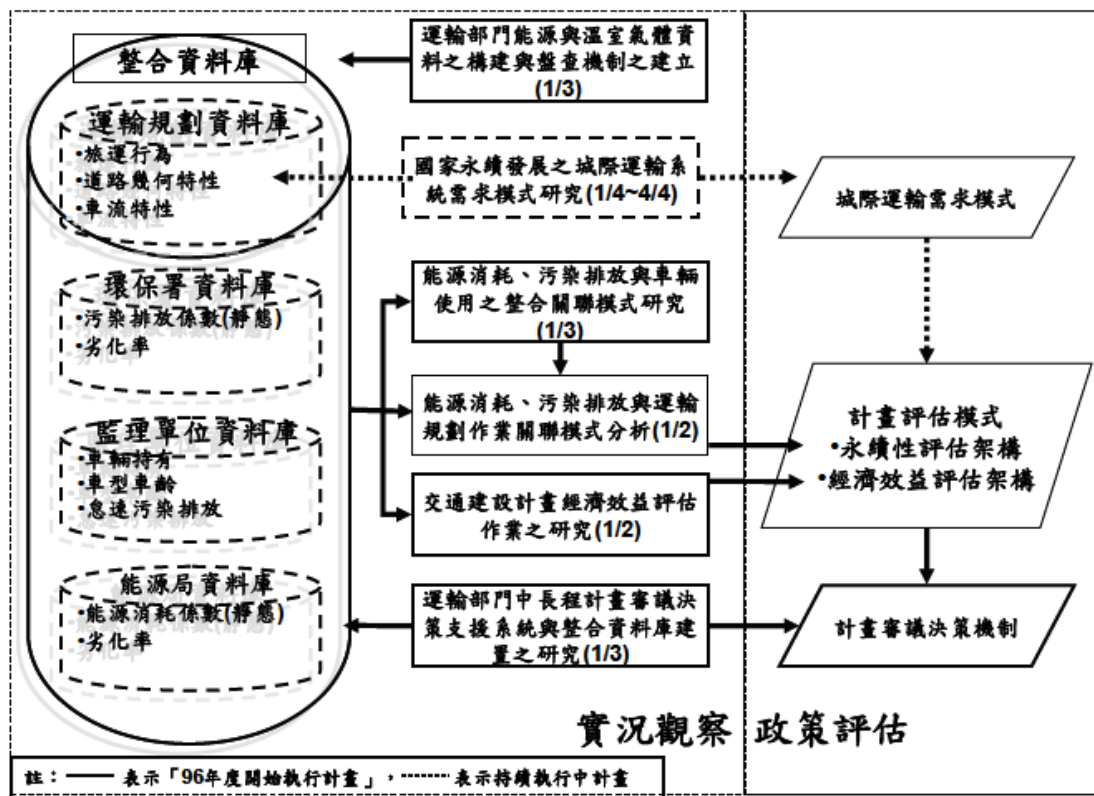
1. 能源工程模型需要龐大資料庫支撐，耗費之時間與經費必須要有長遠規劃，對運輸部門而言，替代運具或運具技術的發展雖是非常重要的減量策略，但如何進行技術選擇與促進技術發展卻非運輸部門可直接規劃的政策工具；

2. 在缺乏需求面分析能力下，能源工程模型多採取與其他經濟或行為模型整合的方式，提供需求變化之外生設定值；
3. 基於運輸衍生性需求特性，運輸部門排放量與國家經貿活動密切相關，因此能源工程模型若要能確切掌握運輸服務需求之變化，必須尋找建立於行為分析理論架構，並能考慮個人、產業、貿易與政府相互關聯之方法，如 CGE 模型；
4. 無論 CGE 模型或能源工程模型，在論及時間與空間分佈問題時，仍屬總體面的方析方法，在評估區域性的運輸計畫時，便難以發揮其長處，此時輔以運輸需求模型或其他行為模型可彌補此項缺失。

3.6「能源科技發展中綱計畫(96-98 年計畫)」研究成果

本所「能源科技發展中綱計畫(96-98 年計畫)」由運輸規劃角度出發，建構運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯性，發展一套整合性評估架構。藉由調查分析車輛之能耗、污排相關特性參數，以建立公路運輸之能耗與排放模式，納入運輸規劃評估作業之中，以使運輸系統方案評選過程中，能將永續發展相關指標(如能耗、污排等)納入考量。主要成果歸納如下：

1. 中綱計畫研究結果，與「交通建設計畫經濟效益評估作業之研究」共同作為評估計畫永續性、經濟效益等的基礎，以協助計畫審議決策支援系統(參見圖 3.24)。



資料來源：本所(2009c)^[3.6.1]。

圖 3.24 本所運輸能源相關研究計畫之整體架構

2. 「能源科技發展中綱計畫」由 3 項主要計畫組成：「能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯模式分析」(簡稱「能耗污排與運輸規劃模式」)、「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究」(以下簡稱「能耗污排與車輛使用模式」)、和「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查

機制之建立」(以下簡稱「溫室氣體盤查案」)。其主要發展方向為：

- (1) 能耗污排與運輸規劃模式：以道路實驗之動態測試為主，建立各種道路類型的能源消耗、污染排放對應曲線，並將此成果整合應用至運輸系統，分析公路系統的不同條件的能耗及污染量。本研究延續此計畫研究成果，除新增 1 輛實驗車進行實驗之外，並將整合前期研究成果，納入運輸規劃模式中。
 - (2) 能耗污染與車輛使用模式：以問卷調查為主，建立私有車輛(汽機車)之持有、移轉與使用模式，其研究成果可作為車輛持有、使用的發展預測。
 - (3) 溫室氣體盤查案：以大型商用車隊盤查為基礎，運用 Mobile 模式探討相關政策影響，重點在觀察及推估運輸部門整體能源消耗及污染耗量。
3. 臺灣城際運輸需求模式 2008 年版(TDM2008)已納入運輸部門運輸規劃、能耗與污染排放整合，整體評估系統如圖 3.25 所示，主要包括運輸需求分析模式、計畫評估模式、目標體系、永續性評估模組與經濟效益評估模組等，運輸需求模組中再建構有客運模式與貨運模式，永續性評估模組則包含能源消耗與空氣污染兩模式，詳細說明請參見 3.4 節。

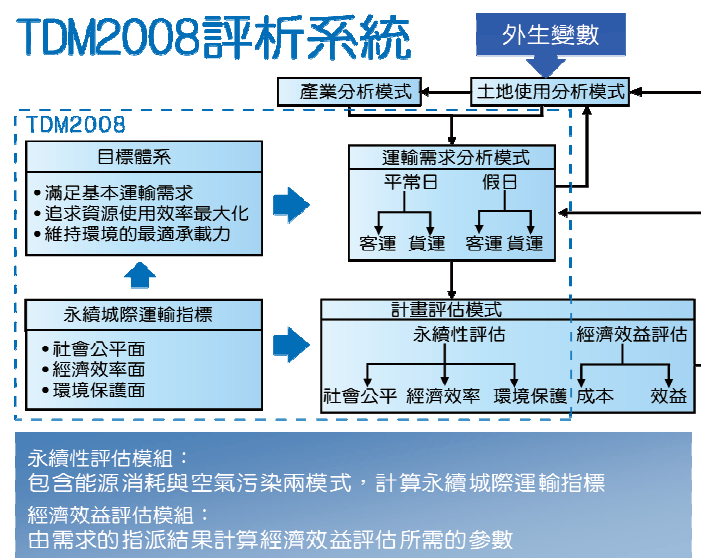


圖 3.25 TDM2008 評析系統

3.7 整合模型文獻評析小結

在探討氣候變遷議題時，討論對象、層級、政策工具等皆會決定模式的發展方向。綜合本章內容，由上而下模型大多適用於整體性政策分析與擬定，探討對象大多較為廣泛且類別較粗簡，由下而上模型則強調微觀世界中技術選擇與策略設計，因此探討對象大多較集中且分類較細緻。

在規劃運輸部門評估模型時必須依循幾項準則：

1. 可做為運輸部門節能減碳政策的績效與影響評估工具，及行動方案內容檢討之重要參考依據；
2. 能充分應用中綱計畫之研究成果，並與現有運輸需求預測模式及資訊平台結合；
3. 兼具理論與實務基礎，考慮運輸與能源科技的創新，以提高相關政策評估的有效性，並與國際接軌；
4. 可做為我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略規劃的決策支援系統。

透過本章之文獻彙整，目前運用於運輸部門溫室氣體減量分析之方法包括 CGE 模型、運輸需求預測模型、能源工程模型(MARKAL 模型)、系統動態模型等，各模型之方法論、模型特性與產出資訊分別列於表 3.12。

表 3.12 運輸部門溫室氣體減量評估模型比較表

模型	CGE	運輸需求預測模型	能源工程模型	系統動態模型
方法論	一般均衡理論	運具持有與選擇模型 計量預測模型	成本極小之最 適化方法	回饋控制理論 與模擬方法
行為理論 架構	廠商理論 消費者行為理論	消費者行為理論	須整合其他經 濟模型	僅建立觀測變 數之因果關係
市場交互 影響	考慮經濟體系所有 市場之均衡與經濟 個體彼此關聯	市場及經濟因素為 給定條件	市場及經濟因 素為給定條件	透過因果關係 呈現
運輸服務 需求	模型可內生求解並 產出結果	模型可內生求解並 產出結果	為給定外生條 件，須整合其他 模型	模型可內生求 解
燃料價格 變化	模型可內生求解並 產出結果	為給定外生條件	為給定外生條 件，須整合其他 模型	模型可內生求 解
經濟與產 業成長	模型可內生求解並 產出結果	為給定外生條件	為給定外生條 件，須整合其他 模型	模型可內生求 解
技術變化	可由需求面建立誘 發技術變動機制	為給定外生條件	模型可內生求 解並產出結果	須視模型設計 而定
空間與時 間分佈	有單國與區域模 型，單國模型僅能 考慮旅行時間節省 對效用之影響	可依範圍之界定考 慮時空分佈問題	未能考慮	須視模型設計 而定

資料來源：本研究彙整。

無論 EPPA/MARKAL 或 ECLIPSE，皆以整合總體 CGE 模型與 MARKAL 技術模型為主要方式，目的在考慮經濟體系交互運作的情況下，強化技術模型中總體經濟外生條件的合理性，同時在考慮未來技術發展的可行性下，修正總體經濟模型外生技術參數設定的合理性。當此類整合架構運用於運輸部門時，通常產生的是成本極小或利潤極大等最適情況下的運具與燃料分配，對於運輸需求管理策略的處理，仍舊僅能利用參數修正調整的方式，儘量掌握管理策略的可能影響。然而管理策略與經濟狀態及技術發展方向皆存在交互影響的可能性，以外生方式處理任何一部分皆有可能產生偏誤。

ASTRA 運用系統動力學建構模型，著重經濟、運輸行為與能源消費關聯，但必須建立許多回饋機制，模型結果的解釋與因果關係之認定，在模型

操作上較不易執行。此外在缺乏行為理論支持下，很難說明政策影響之機制與傳遞路徑。

國內能源經濟模型的發展大致以 CGE 模型、MARKAL 模型或經濟計量模型為主軸，但這些模型目前對於運輸部門的著墨仍十分有限，僅管國內 MARKAL 模型在運具技術分類上相當詳盡，但對於運輸需求之分析仍缺乏整體而全面的評估工具。

在考慮整合模型必須發揮同時評估來自運輸部門外部的減量政策，與運輸部門本身的減量策略影響之功能下，本研究認為運輸部門溫室氣體減量模型應包含一套能充分表現運輸部門行為及運輸部門與經濟體系其他部門彼此關聯之 CGE 模型，亦應納入能考量運輸在空間與時間分佈特性的運輸需求模型，再輔以針對特定議題與參數推估需求所建立的輔助模組，以滿足減量政策評估需求。

而對長期減量具有重要影響的運具技術發展，則擬參考 TRIAS 做法，在短期首先建立技術資料庫，做為模型評估之給定條件或參考，對於可能存在的不同技術組合，則以模擬方式考量不同情境；在中期，則進一步彙整蒐集運具與燃料技術發展路徑規劃與相關成本資料，做為在模型中內生考慮技術學習效果與研發創新效果之基礎資料；長期則可在模型中建立誘發性技術創新機制，以考量新型運具之減量與經濟貢獻。

第四章 運輸部門溫室氣體減量整合模型架構

4.1 整合模型定位與目的

綜觀國際上溫室氣體減量發展趨勢，運輸部門在未來減量工作中將承擔越來越吃重的責任，然而運輸部門未來排放趨勢將如何發展？減量責任如何劃分堪稱合理？其他部門所採行的任何經建計畫、都市計畫、人口規劃、減量行動等，將造成運輸部門何種衝擊，運輸部門又要如何因應？運輸部門本身所採行的交通建設、運輸規劃、減量措施，在不同社經發展條件下，政策執行成效又將如何？

前揭課題即為本研究在建構運輸部門溫室氣體減量整合模型架構過程中，必須納入考量並予解決之重點。因此本研究所建構的運輸部門溫室氣體減量整合模型將朝向溫室氣體減量決策支援系統發展，並具備以下功能：

1. 可做為運輸部門節能減碳政策的績效與影響評估工具，及行動方案內容檢討之重要參考依據；
2. 能充分應用本所相關能源國家型科技計畫之研究成果，並與現有運輸需求分析模式及資訊平台結合；
3. 兼具理論與實務基礎，考慮運輸與能源科技的創新，以提高相關政策評估的有效性，並與國際接軌；
4. 可做為我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略規劃的決策支援系統。

4.2 整合模型功能與架構

4.2.1 整合的意義

本研究發展整合模型的目的有三：(1) 相互支援，由於 CGE 模型與其它運輸相關模型各有其功能，不同評估議題需借重不同模型特長，並彼此參酌產出資訊以修正模型設定；(2) 彼此驗證，由於方法論、分析範疇與資料結構的差異，若不同模型能夠對同一指標產生接近的結果，則更可提高對模型的信任度；(3) 差異分析，即使不同模型所產生的結果存在差異，也提供良好的比較平台，藉由模型與資料結構差異的比較分析，瞭解結果產生分歧的原因，更能擴展施政時考慮面向。因此本研究對於「整合」之定義，並非單純地進行資料的投入產出連結，而希望藉重各模型之長處，提供全面性政策評估與模型驗證的服務。

4.2.2 整合模型特色與功能

本研究將研究重點聚焦於面對未來經濟與產業發展，運輸服務與運輸能源需求如何在節能減碳政策下運用運輸需求管理策略達至減量目標。基於此研究方向，本研究構想之整合模型應納入一組動態 CGE 模型、一組運輸部門能源消耗預測模式，以及一組由經濟計量、時間序列模型及其他模型組成之輔助模組。

選擇動態 CGE 模型的主要考量包括：

1. 貼近經濟體系的實際運作原理，並有系統地建立各行為主體的決策模式；
2. 以經濟體系的實際市場均衡資料為基礎，將各種政策的衝擊效果數量化，並相互比較；
3. 同時掌握外在衝擊或政策變革對於總體經濟及各產業部門的 3E(經濟、環境、能源)影響；
4. 可彈性調整產業部門及其商品，以進行未來之政策願景及科技創新的影響評估；
5. 可用以評估非邊際性變動 (non-marginal change) 的衝擊；
6. 最適合用以評估政策的福利 (welfare) 及其分配效果 (distributional effects)；

7. 除適用於運輸部門的相關政策評估之外，也可評估其他政策對運輸部門的影響；
8. 便於掌握各項政策之動態效果，並可拆解其組成內容，以利政策的選擇與制訂。

建置運輸 CGE 模型的目的，在取其可呈現經濟發展與產業互動、可產生全面性考量下之運輸與能源需求、適用於政策影響評估之優點，希望透過由上而下的角度切入運輸部門節能減碳策略思考。建置運輸部門能源消耗預測模式的目的，在呈現運輸需求管理策略的影響，並提供因為空間、時間、排程、運能等因素所產生的運具發展限制，由於 CGE 模型係在成本有效的最適化狀態下求得經濟發展與運輸需求等資訊，並未考慮管理策略與運能限制，因此需要其它相關運輸模型補足，然而目前國內一般之運輸規劃模型係從由下而上角度掌握運具與運輸型態結構，卻無法推估未來經濟與產業發展在各項政策 (如能源稅、總量管制、油價波動等) 下的變化，因此需要 CGE 模型之輔助。

另一方面，CGE 模型在求解基線時，通常以校準方式修正模型中部分參數設定，而有些參數，如運具間的替代彈性，則無法經由校準求得，此時便需要經由計量方法，事先加以推估，因此在整合架構中，亦同時納入一組計量模型，此計量模型一方面經由時間序列與經濟計量方法求得各項彈性值，一方面也可針對重要參數與變數 (如 GDP、運量、能耗、排放量等) 進行預測，預測結果可提供給 CGE 模型與運輸部門能源消耗預測模式相互參考運用。由於計量方法係採用歷史資料推估各項參數並進行預測，無法考慮未來政策施行後的影響，因此推估結果性質較接近基線。

由以上描述可知，本研究所要建構之運輸部門溫室氣體減量評估整合模式，具備有截長補短及互補有無的特性。茲將各模型之優缺點彙整於表 4.1。

表 4.1 CGE 模型與運輸模型之優缺點

	長處	缺點	解決方式
CGE 模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可呈現運輸部門與其他產業部門、家計部門、能源部門甚至國家公共建設之間的關聯，評估部門間相互影響； 2. 可求算利潤與效用極大下之均衡能源價格、能源需求、運輸服務需求，以及經濟相關數據； 3. 可求取成本有效下之減量目標 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無法考量過於細部之運具、技術或個別廠商； 2. 無法考量特定路網之車流、能耗與排放 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與 bottom-up 模式整合； 2. 資料可及條件下，盡量細分運具或運輸模式，並將運具特性以及運輸模式與運具選擇理論建構在 CGE 中。
運輸模型	可彈性建置詳盡的路網與運具資訊，並精確掌握特定路網之車流特性、能耗，以及排放量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無法考慮與其他部門之交互影響； 2. 需要大量時間、經費與人力蒐集或推估相關資料； 3. 以由下而上(bottom-up)方式計算的運量、能耗與排放量，常與總量不符。 	整合 top-down 模型

資料來源：本研究整理。

4.2.3 整合模型架構與關聯

1. 運輸部門溫室氣體減量政策評估之決策支援體系

本研究發展運輸部門溫室氣體減量整合模型最終目的，在於形成運輸部門為因應節能減碳政策評估所需要的決策支援體系，因此整合模型必須與本所其他節能減碳相關研究資源進行整合，圖 4.1 為本研究所構想之決策支援體系架構。在此架構中，體系將由資料庫、模式庫與知識庫所構建，資料庫主要目的在蒐集基礎特性資料，做為模式庫與後續減量策略成效計算之基礎。配合本所「建構運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」計畫的資訊平台建置，目前資料庫已具備基本雛形，包括運輸資料庫、排放資料庫、能源資料庫、整合模型資料庫，以及社經資料庫等，詳細內容請參見 4.6 節。未來資料庫除了資料展示與查詢功能外，應具備基本分析功能，例如預測或關聯性分析等，在模式庫運用時，可做為政策評估之參佐。

模式庫將以運輸部門溫室氣體減量整合模型為主軸，負責運輸相關政策評估工作，由於模式庫產生的資訊可能相當龐雜，因此模式庫與資料庫之間必須存在自動化的彙整平台，將複雜資訊轉化為易於理解的論述，並存入資料庫中以便隨時參考。

知識庫主要歸納外來訊息，包括彙整與評析國內外相關政策走向的政策知識庫、既有與研擬中的相關法規知識庫、燃料與運具技術發展進程與未來路徑的技術知識庫，以及本所過去相關研究所形成的文字與網頁資料等。政策與法規知識庫是模式庫在研擬政策評估情境時的重要參考依據，燃料與運具技術發展則是模式庫在給定技術條件時主要依據，特別在研擬新車標準、分析替代燃料車輛之影響時，更須掌握車輛技術發展狀態。

資料庫、模式庫與知識庫所儲存的訊息不僅類別多元，資料特性與用途也各異，因此要做為決策支援依據，仍須經過資訊消化、彙整、融合與轉化，最後成為關鍵性數據指標。此項工作將仰賴整合資訊平台來達成。而運輸部門溫室氣體減量的指標體系究竟應包含哪些項目，必須由學理的合理性、政策執行的可操作性、評估目的的達成度等層面，以嚴謹的方法加以訂定。在此本研究先以目前運輸部門在研擬減量策略與行動計畫時需要參酌的資訊羅列，包括有減量指標、能耗指標、運輸指標與成本效益指標四大類別。減量指標包含 CO₂ 排放量、SO_x 排放量、NO_x 排放量、CO₂ 密集度與碳密集度等；能耗指標則包含能源消耗量、能源密集度、能源消耗結構等；運輸指標則有各運具運量、車行速率、車次數與車輛持有數等；成本效益指標則考慮全國與運輸部門 GDP、全國與運輸部門產值、計畫執行成本、經濟成本、就業、家庭所得與社會福利等。

資料庫、知識庫與模式庫彼此間關聯可以圖 4.2 表示，由於模式庫所需的歷史資料、參數資料、容量限制等資訊皆存放於資料庫中，因此資料庫必須提供模式庫上述資訊以便進行分析，模式庫求解所產生之結果，亦將回到資料庫進行彙整，並形成易於觀察與判別之資訊；此外模式庫在進行政策研擬與情境設計時，需要知識庫提供政策發展方向與技術發展時徑等資訊，結合資料庫、模式庫與知識庫所研提之研究成果報告，亦將回到研究成果知識庫中。

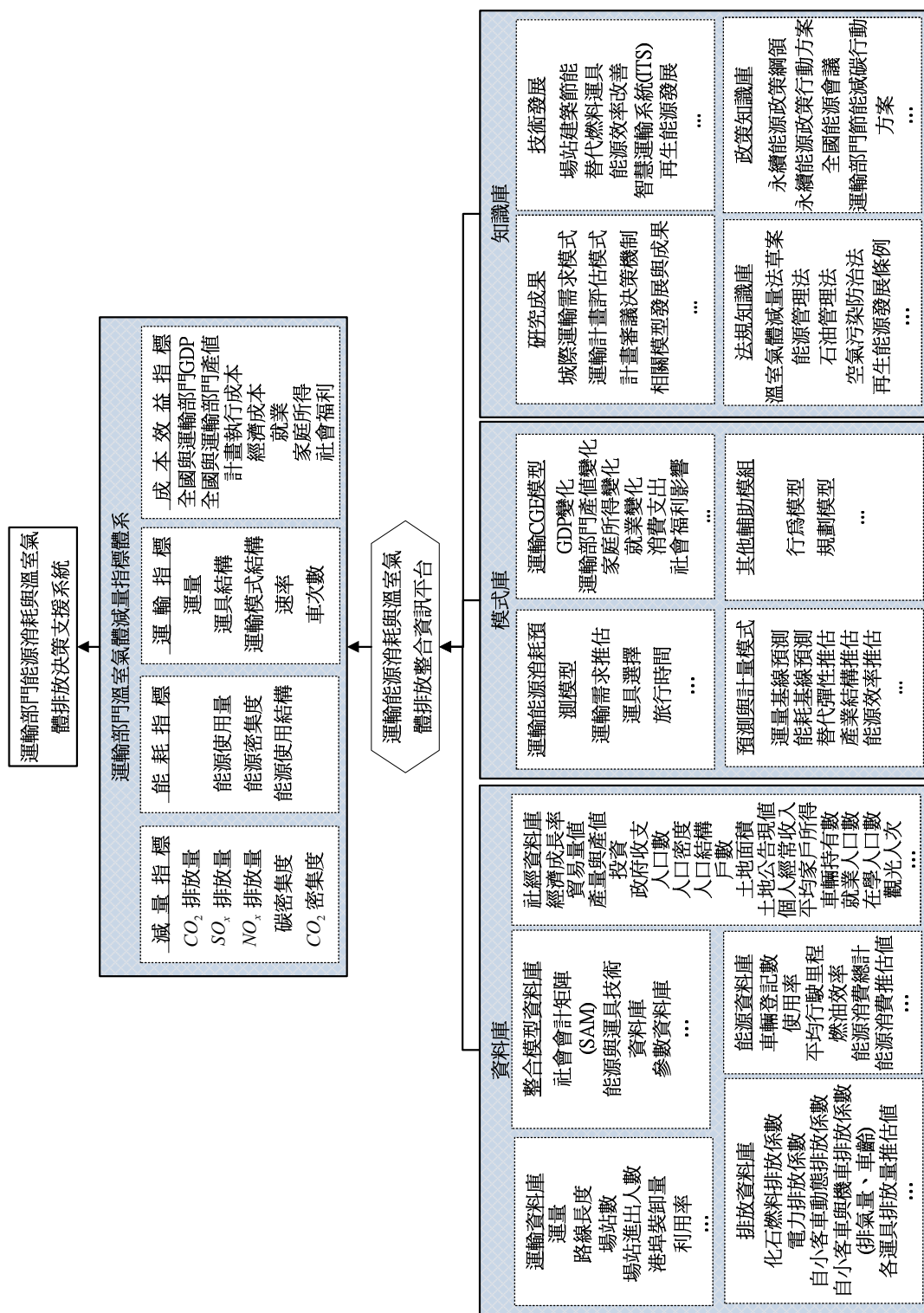
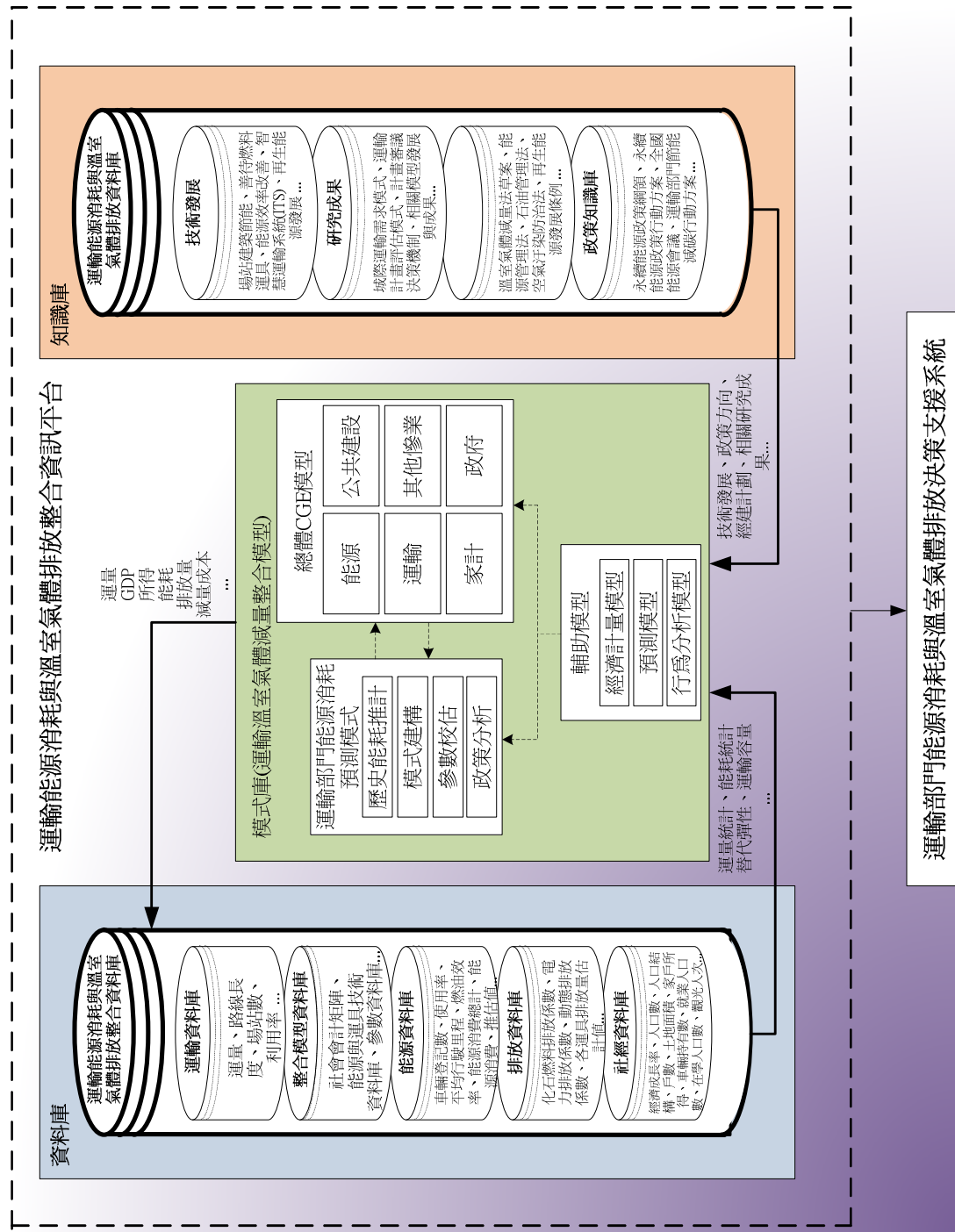


圖 4.1 運輸部門溫室氣體排放決策支援系統指標體系

資料來源：本研究繪製。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.2 運輸部門溫室氣體排放決策支援系統架構

2. 運輸部門溫室氣體減量整合模型之內涵

本研究所建構之運輸溫室氣體減量整合模型包含運輸 CGE 模型、運輸部門能源消耗預測模式，以及輔助模組(含計量模型、預測模型、行為模型與其他視議題而採用之分析方法)，以下茲說明子模型之特性與功能。

(1) 總體經濟模型(運輸 CGE 模型)

以細分運輸模式及運具之動態 CGE 模型，做為總體經濟、部門互動、產業發展、家庭所得、能源價格與消耗之評估基礎。本研究所建構之運輸 CGE 模型與多數 CGE 模型相同，將整個經濟體系依據經濟活動對象區分為產業部門、家計部門與政府部門。產業部門負責生產，在生產過程中必須由要素市場雇用勞工、購置廠房設備，再由商品市場購買原物料、水、電、能源，以及運輸服務(含客、貨運)等，用以生產商品並銷售至商品市場，對商品市場而言，產業部門由市場購入各項商品用以再生產其他商品，其間所產生的需求稱之為中間需求。能源部門、客、貨運業者、公共建設等，皆為產業部門之一，各產業以及家計部門所使用的能源，即由能源部門所提供，各產業以及家計部門所使用的客、貨運服務，則由客、貨運業者所提供。

生產技術由生產函數來表示，所謂生產技術即代表各項生產投入與產出之關係，因此生產函數形式的設定，將影響各項生產投入彼此間之替代關係，也會影響投入與產出之比例，替代關係不同，將在能源相對價格發生變化時，改變能源消耗結構，投入產出比例不同，代表能源生產力與技術的變化，因此在計算能源密集度或 CO₂ 密集度時，能源結構與生產力都將影響求算結果。

家計與政府部門被稱為最終消費部門，家計部門由商品市場購買各類最終商品以追求其效用最大，購買各項商品的所得來源，則為家計部門提供勞務與資本至要素市場所賺取的報酬。因此家計部門消費的商品中，當然包含各類能源以及運輸服務，所謂運輸服務為消費者搭乘客運以及大眾運輸工具所產生的支出，也包括貨物託運所產生的支出。政府部門同樣由商品市場購買經常性消費所需，政府所得來源則為稅收與轉移性收入。對商品市場而言，家計與政府購入的商品不再做為生產之用，故稱其需求為最終需求。

投資亦被歸類為最終消費，凡是產業部門在生產過程中所購置的耐

久財貨，皆視為產業部門的投資，而這些耐久財貨亦由商品市場購入。因此一旦政府或產業部門從事大型投資開發計畫，將透過耐久財的購置，帶動生產耐久財產業以及上下游產業的發展。

一般均衡模型要求體系內所有市場必須達到均衡，所謂均衡指系統在沒有外力干擾下，達到穩定不再波動的狀態，因此在商品市場達到均衡時，生產者的供給，必須滿足所有消費者的需求(包括中間需求與最終需求)，此時均衡的市場價格及成交數量同時被決定。透過此一條件，使得價格機制成為影響 CGE 模型的關鍵，經由眾多價格關係的串連，使得政策得以在部門交互作用下傳遞開來。

由上述說明可知運輸 CGE 模型可以提供總體經濟層面的資訊，如 GDP、國民所得、就業等，也可以提供產業資訊，如產業成長、產業結構，更能夠提供每一個產業部門與家計部門之能源消耗量、運輸需求量、能源價格、運輸服務價格等相關資訊，倘若家計部門對於運輸模式與運具選擇的機制能建構在模型中，並且有充分的資料支撐，則運輸 CGE 模型所產生的各運具需求將為全國性的總量，可做為運輸模型在推估城際運輸或都會運輸時之參考。

(2) 運輸部門能源消耗預測模式

運輸部門能源消耗預測模式主要在呈現運輸需求在空間與時間上的分佈狀態。為能與運輸 CGE 模型充分整合並進行政策評估，過去所發展的 TDM2008 臺灣城際運輸需求分析模式必須適度簡化。惟鑒於都會運輸之溫室氣體排放量相當可觀，未來城際運輸與都會運輸不能偏廢。

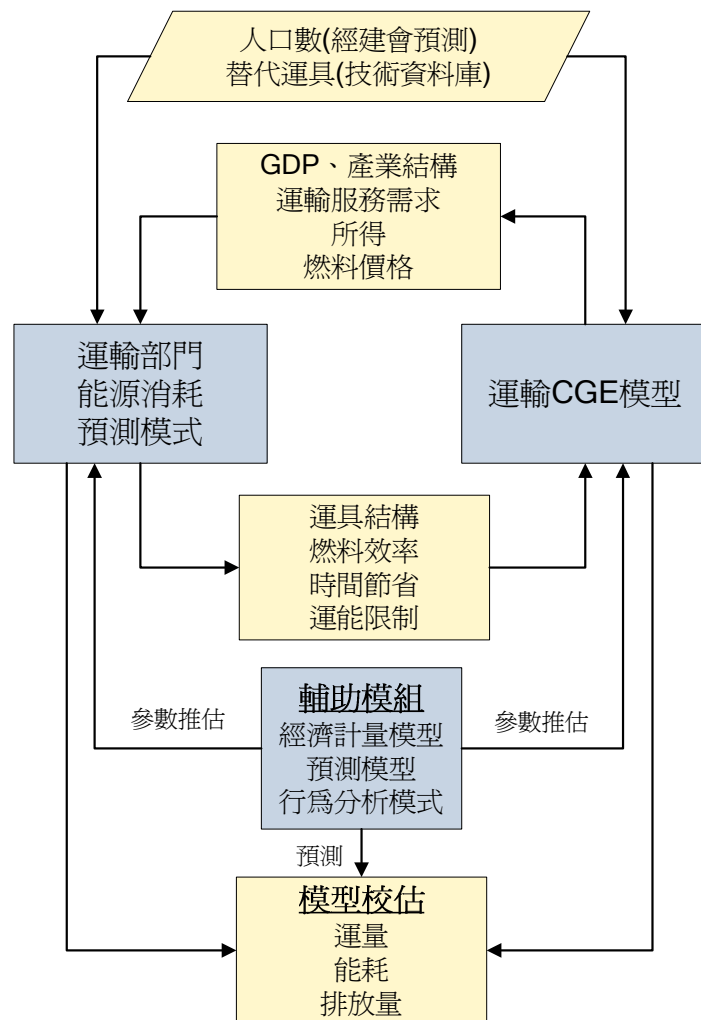
在運輸部門能源消耗預測模式中所需使用的各項社經資料，包括 GDP、所得、產業結構等可由運輸 CGE 模型提供，能源價格、替代燃料價格等亦可由運輸 CGE 模型提供。而運輸部門能源消耗預測模式所使用之運能或容量限制，亦可成為運輸 CGE 模型的限制條件，以避免由價格機制導引的經濟模型產生超出容量的結果。運輸部門能源消耗預測模式可提供交通流量改善狀態下的能耗效率變化以及時間成本資訊給運輸 CGE 模型，做為修正效率參數與時間成本參數的依據。

(3) 輔助模組

輔助模組將視研究議題所需，而採取必要模型輔助評估工作，目前已具初步成果者有經濟計量模型與預測模型，其主要功能包括：

- a. 針對運輸 CGE 模型與運輸部門能源消耗預測模式中的部分外生參數進行推估，例如替代彈性值；
 - b. 預測經濟成長、產業結構、能源消耗成長、運量成長等資訊，做為運輸 CGE 模型與運輸部門能源消耗預測模式基線推估時，彼此驗證與差異分析之基礎；
 - c. 運用多元迴歸模型估計檢測經濟變數之關係，可作為政策評估之用。
3. 運輸部門溫室氣體減量整合模型之關聯

運輸 CGE 模型、運輸部門能源消耗預測模式與輔助模型彼此間之關聯可以圖 4.3 表示。鑒於本研究對於「整合」在不同層次或階段之定義有所不同，以下茲說明各階段模型之投入產出關係：



資料來源：本研究繪製。

圖 4.3 運輸部門溫室氣體減量整合模式關聯圖

(1) 模型歷史校準階段

為提升個別模型使用參數與函數形式的準確性，實證模型通常被要求必須能複製已發生之事實，即求解結果必須與歷史資料相近。在此階段，個別模型必須使用相同的歷史資料與相同的背景假設，分別進行歷史校準工作。在目前的架構規劃中，3 個模型所共同需要的基本資料包括人口數預測與替代運具發展時程與路徑，人口數預測資料主要使用經建會公布之未來人口推計數據，而替代運具資訊則由技術資料庫支援。

由於目前 CGE 模型考慮的運輸部門為全國的總體資料，因此在歷史校準時，CGE 模型與運輸部門能源消耗預測模式兩模型一方面須同時與能源平衡表運輸部門能耗總量對照校準，一方面可以 CGE 模型的運量或能耗量為總量參考，修正運輸部門能源消耗預測模式運量或能耗之推估，此時模型間將以相互支援的角色進行整合。

(2) 模型基線校估階段

完成歷史校準後，3 個模型便可進行基線推估工作。基線推估流程將如圖 4.3 所示，由運輸 CGE 模型根據人口成長與技術發展資料，進行基線推估，時間序列或經濟計量模型亦可同時產生基線預測，CGE 模型與計量模型預測結果可先加以比較，修正模型參數並進行差異分析。

運輸 CGE 模型推估結果可輸出 GDP、產業結構、燃料價格、國民所得、運輸服務需求總量等資訊給運輸部門能源消耗預測模式，再由運輸模型進行求解，結果可輸出運具結構、燃料效率、時間節省、運能限制等資訊，再給 CGE 模型進行校估。

(3) 政策模擬階段

在政策模擬階段，3 個模型首先必須統一政策模擬情境，接著對不同層級的政策採取不同評估流程，茲將政策模擬流程說明於本節第 4 點。

4. 運輸部門溫室氣體減量整合模型之政策評估流程

(1) 政策評估流程

a. 由 CGE 模型啟動

一般影響範圍較大(如能源稅、能源市場自由化、普遍補貼大眾運輸票價、發展替代燃料運具)，或非直接針對運輸部門卻有明顯間接影響之外部政策(如新世紀國家建設計畫、兩岸經濟合作架構協

議、綠色能源發展等)，首先由 CGE 模型進行政策模擬，提供 GDP、粗分類運輸服務需求、所得與燃料價格之變化；再由運輸部門能源消耗預測模式求算運具分配，或規劃細部運輸減量計畫，進行政策配套模擬，並提出細分類運具結構變化、燃料效率變化、旅行時間節省等結果；CGE 模型根據運輸部門能源消耗預測模式之結果，修正參數設定並重新求解。

b. 由運輸部門能源消耗預測模式啟動

針對特定區域或交通起迄點間之運輸行動計畫，則由運輸部門能源消耗預測模式求算運具分配、燃料效率變化，並提出細分類運具結構變化、燃料效率變化、旅行時間節省等結果；CGE 模型再根據該結果，修正參數設定並重新求解。

c. 輔助模型提供驗證

針對部分已存在的政策，可利用計量模型推估變數間關聯，並據以分析政策影響，以便與其他兩個模型相互驗證。

(2) 以「提升公共運輸 30%」為例

a. 可能採行的政策工具

為提升公共運輸運量，可能考慮的政策包含來自非運輸部門之外部政策，如課徵能源稅、調整牌照稅與燃料費；或影響範圍廣泛的大規模公共建設、提高公共運輸系統供給與全面補貼公共運輸票價等；或來自特定區域或影響範圍較小之運輸計畫，如提高路邊停車費、過路費、提高區段票價與增加個別運輸系統供給等。

b. 政策配套之模擬流程

由 CGE 模型進行能源稅模擬，提供 GDP、粗分類運輸服務需求、所得與燃料價格之變化；再由運輸部門能源消耗預測模式以 CGE 之結果為基礎，規劃細部運輸減量計畫，進行政策配套模擬，以評估在給定已課徵能源稅之經濟環境與排放狀態下，運輸部門所需之減量努力，是否還有潛力強化減量深度，並提出細分類運具結構變化、燃料效率變化、旅行時間節省等結果；若運輸模型所規劃之減量計畫，對運具結構、能耗效率、旅行時間之影響非常顯著，則可再交由 CGE 模型根據運輸模型之結果，修正參數設定並重新求解。

(3) 以「補貼購置油電混合公車」為例在 CGE 模型中之影響機制

茲以圖 4.4 說明「補貼購置油電混合公車」運輸策略在 CGE 模型內如何影響運輸部門排放量。當政府決定補貼客運業者購置油電混合公車，將透過以下途徑影響運輸部門最終溫室氣體排放量：

a. 設備購置成本下降之價格效果

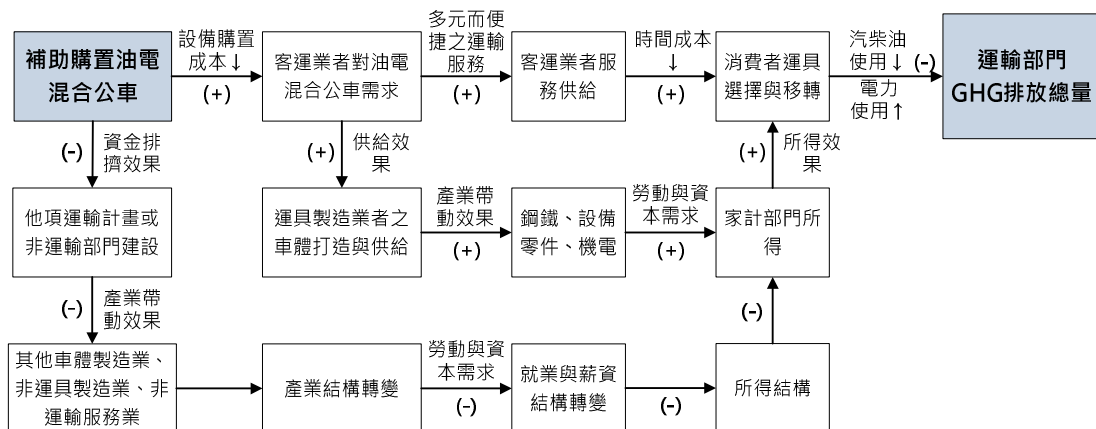
補貼購置油電混合公車之直接效果即降低客運業者購置該車種之設備成本，透過業者之利潤極大之投資行為設定，可促進業者對該車種之需求；搭配智慧公車系統，客運業者可利用油電混合車提供給消費者更多元而便捷之運輸服務，進而降低消費者旅行時間成本，以提升消費者選擇公車意願產生運具移轉。在上述流程中，客運業者選擇油電混合公車取代現有車輛，一方面可減少化石燃料使用，一方面卻增加用電量；消費者運具選擇產生移轉，將同時減少部分私人運輸之汽油使用。

b. 客運業者油電混合公車需求之產業帶動效果

客運業者對油電混合公車需求的提高，可能產生兩種產業帶動效果，其一若國內可自行生產油電混合車，則可促使國內油電混合車製造業者增加供給，進而帶動車體製造所需的鋼鐵、設備、零組件與機電相關產業之成長，並進一步提高這些產業之勞動與資本需求，隨著勞動報酬與資本報酬的增加，家計部門所得也同時提升，所得效果可能使家計部門增加旅行需求，進而抵消部分運具移轉之減量效果；其二，若油電混合車多數由國外進口，則上述產業帶動效果將不復存在。

c. 政府歲出之資金排擠效果

在沒有外來資金與政府稅收的支應下，油電混合公車的補貼必定排擠部分其他運輸計畫之資金供給，使得原來受這些運輸計畫所帶動之產業生產縮減，進而微幅改變產業結構與就業薪資結構，並影響家計所得來源。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.4 補助購置油電混合公車之影響

(4) 以「補貼公共運輸票價」為例在 CGE 模型中之影響機制

若提升大眾運輸政策選擇以補貼公共運輸票價為工具，則圖 4.5 可說明該政策如何透過 CGE 模型之運作，產生結果為何，其機制如下：

a. 補貼公共運輸票價之運具替代效果

當公共運輸票價因補貼而下降，直接產生的價格效果將提升公共運輸需求，替代部分私人運輸。而公共運輸為滿足增加的需求，必須同時擴張供給，於是間接帶動公共運輸對化石燃料、電力與公共建設之需求。在上述過程中，私人運輸之能源消耗減少，取而代之的是公共運輸能耗的增加。

b. 公共建設之產業帶動效果

為滿足公共運輸對硬體建設之需求，公共建設將帶動機電設備與鋼鐵產業成長，同時增加建設勞力之雇用與投資資金需求。

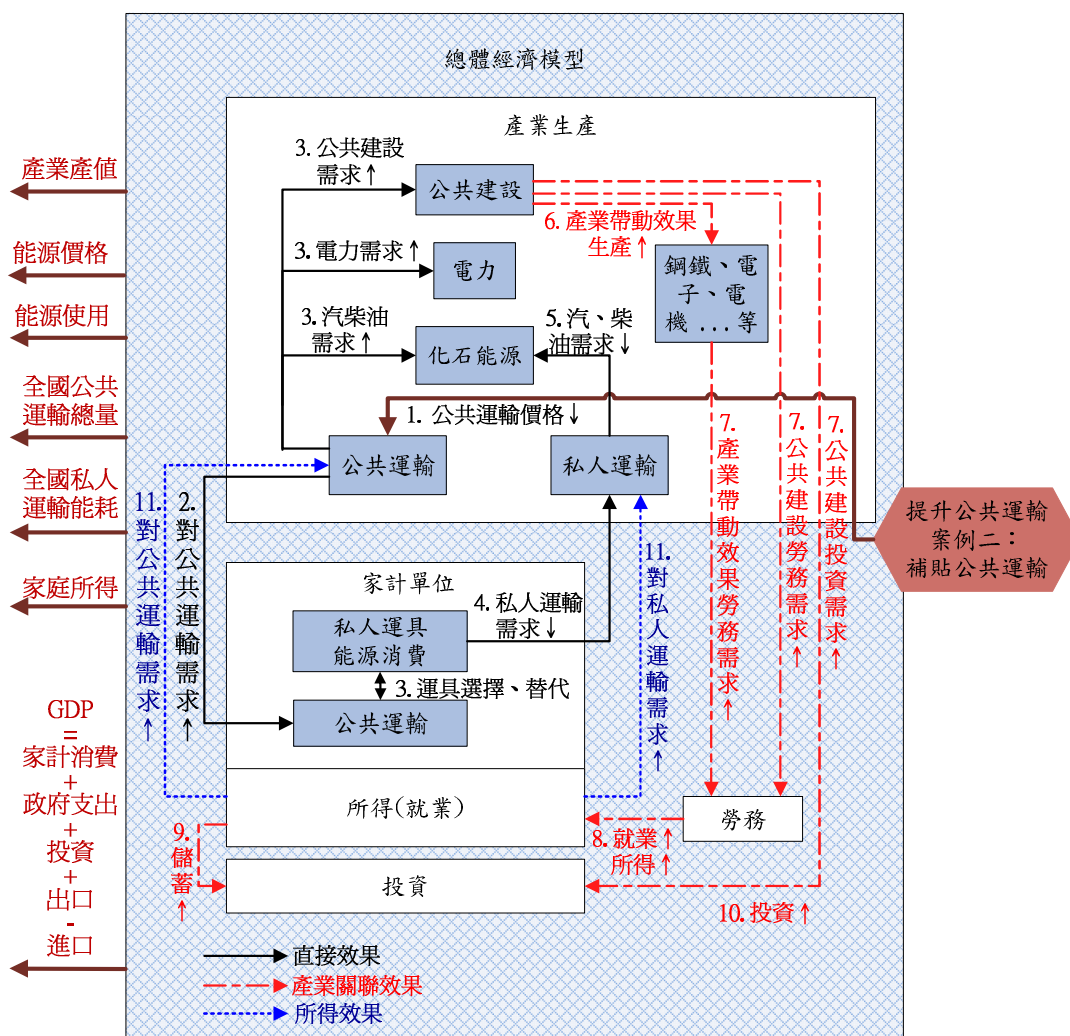
c. 勞動雇用增加之所得效果

公共建設增加之勞動雇用，以及機電設備與鋼鐵業為因應產量成長而擴增的勞務需求，將提升家計部門所得水準，所得成長可能同時增加私人運輸與公共運輸之需求，進而造成能耗與排放量的增加。

d. 最終模型產生之變數求解結果

經過上述流程，CGE 模型最終可求得之內生變數包括 GDP、產

業產值、能源價格、能源消耗量、公共運輸服務量、私人運輸能耗量、家庭所得等資訊。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.5 「補貼公共運輸票價」在 CGE 模型中之影響機制

(5) 「課徵能源稅」在 CGE 模型中之影響機制

接著以課徵能源稅為例，由圖 4.6 說明課稅在 CGE 模型中之傳遞過程以及產生之結果：

a. 課徵能源稅之運具移轉效果

目前的能源稅制發展方向，將朝對化石能源生產者課徵能源稅的方式進行。在此首先假設能源為完全競爭之自由化市場，表示能源生產者負擔之能源稅將可完全轉嫁給消費者，則課徵能源稅之直

接影響即為能源價格抬升，價格效果將使消費者減少其私人運輸，改以公共運輸取代。

b. 公共運輸之能源替代效果

公共運輸在面臨化石燃料價格相對高昂情況下，將設法調整運具使用結構，如改用油電混合車，進而減少化石燃料使用，改以電力取代。

c. 公共建設之產業帶動效果

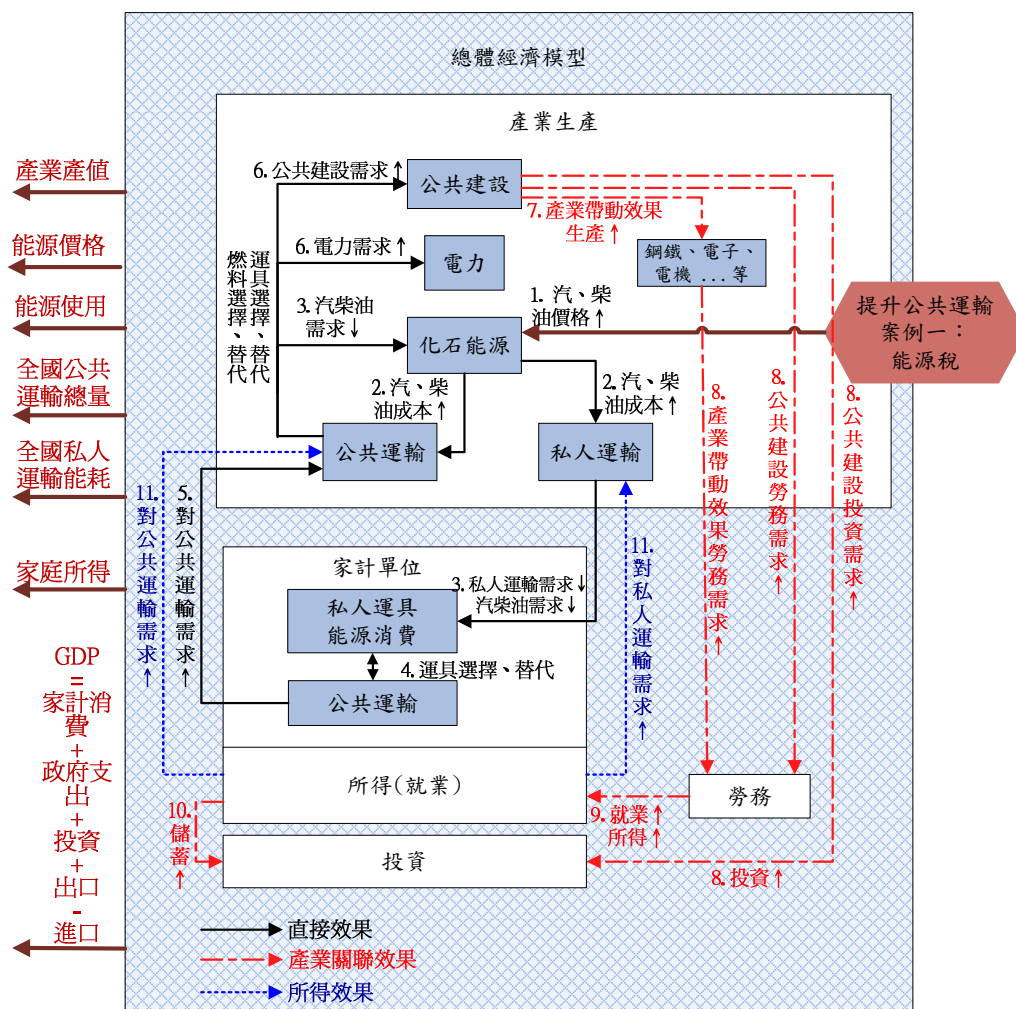
為滿足公共運輸對硬體建設之需求，公共建設將帶動機電設備與鋼鐵產業成長，同時增加建設勞力之雇用與投資資金需求。

d. 勞動雇用增加之所得效果

公共建設增加之勞動雇用，以及機電設備與鋼鐵業為因應產量成長而擴增的勞務需求，將提升家計部門所得水準，所得成長可能同時增加私人運輸與公共運輸之需求，進而造成能耗與排放量的增加。

e. 最終模型產生之變數求解結果

經過上述流程，CGE 模型最終可求得之內生變數包括 GDP、產業產值、能源價格、能源消耗量、公共運輸服務量、私人運輸能耗量、家庭所得等資訊。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.6 「課徵能源稅」在 CGE 模型中之影響機制

4.3 運輸部門一般均衡模型理論架構

由於一般均衡模型必須考慮經濟體系內所有經濟個體之行為，以及體系內所有市場之均衡，因此行為方程式與均衡方程式為模型必要的設定。經濟體系中之經濟個體，可依其是否進行商品之製造或服務提供，而區分為生產者與消費者兩類代表性角色。行為方程式必須分別描述生產者與消費者之行為決策準則。

生產者利用勞務、資本等原始投入，輔以各式各樣中間商品投入，方能生產其產品，此種投入與產出之關係，通常透過生產函數表示，生產函數代表著生產技術水準，於是生產者之決策將建立在生產技術條件限制下，追求成本最小或利潤最大之最適化問題上。

消費者並不從事商品生產與銷售，而是利用與生俱來的勞動力與資本稟賦，賺取要素所得，再利用該所得購買商品以滿足效用。因此消費者之決策行為將建立在所得限制下，追求效用最大之最適化問題上。

由於生產者購買勞動、資本與中間商品，爾後銷售商品，消費者購買最終商品並銷售勞動與資本稟賦，故此經濟體系中便包含了商品市場、勞動市場與資本市場。市場均衡的條件為所有市場之供給必須等於需求，在此條件下每一個市場將決定一組均衡價格與交易量。另一方面還需有一組零利潤條件來呈現市場結構的差異，在傳統的完全競爭市場中，由於生產者數量眾多、資訊透明且可自由進出市場，因此均衡時生產者之總收益必等於總成本，否則一旦有生產者獲得超額利潤，便有新生產者加入市場而降低市場獲利。

綜合上述，生產者行為方程式、消費者行為方程式、市場均衡條件與零利潤條件為 CGE 模型必備的基本設定。以下將分別說明本研究建構之運輸部門 CGE 模型中，生產者(產業部門)之生產行為、消費者(家計部門)之決策行為以及運輸服務業者生產行為設定方式。

4.3.1 產業部門行為

假設生產者 i 為了生產一單位商品，必須投入能源、運輸服務以及其他中間投入與原始投入，則在生產函數¹(4.2)與產能限制(4.3)下，追求能使成本最小的投入組合。則產業部門行為可經由(4.1)式至(4.3)式，求得一階條件下，各種投入之需求函數，如(4.4)式至(4.6)式：

$$\underset{M_{ji}, TR_i, E_i}{MIN} \sum_j P_j \cdot M_{ji} + P_{TR} \cdot TR_i + P_E \cdot E_i \quad (4.1)$$

$$s.t. \quad Q_i = \phi_i \left[\sum_j \delta_{ji} \left(\frac{M_{ji}}{a_{ji}} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + \delta_{TR,i} \left(\frac{TR_i}{a_{TR,i}} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + \delta_{E,i} \left(\frac{E_i}{a_{E,i}} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right]^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}} \quad (4.2)$$

$$Q_i \leq \bar{Q}_i \quad (4.3)$$

$$M_{ji} = f(P_j, P_{TR}, P_E, Q_i, \bar{Q}_i) \quad (4.4)$$

$$TR_{ji} = f(P_j, P_{TR}, P_E, Q_i, \bar{Q}_i) \quad (4.5)$$

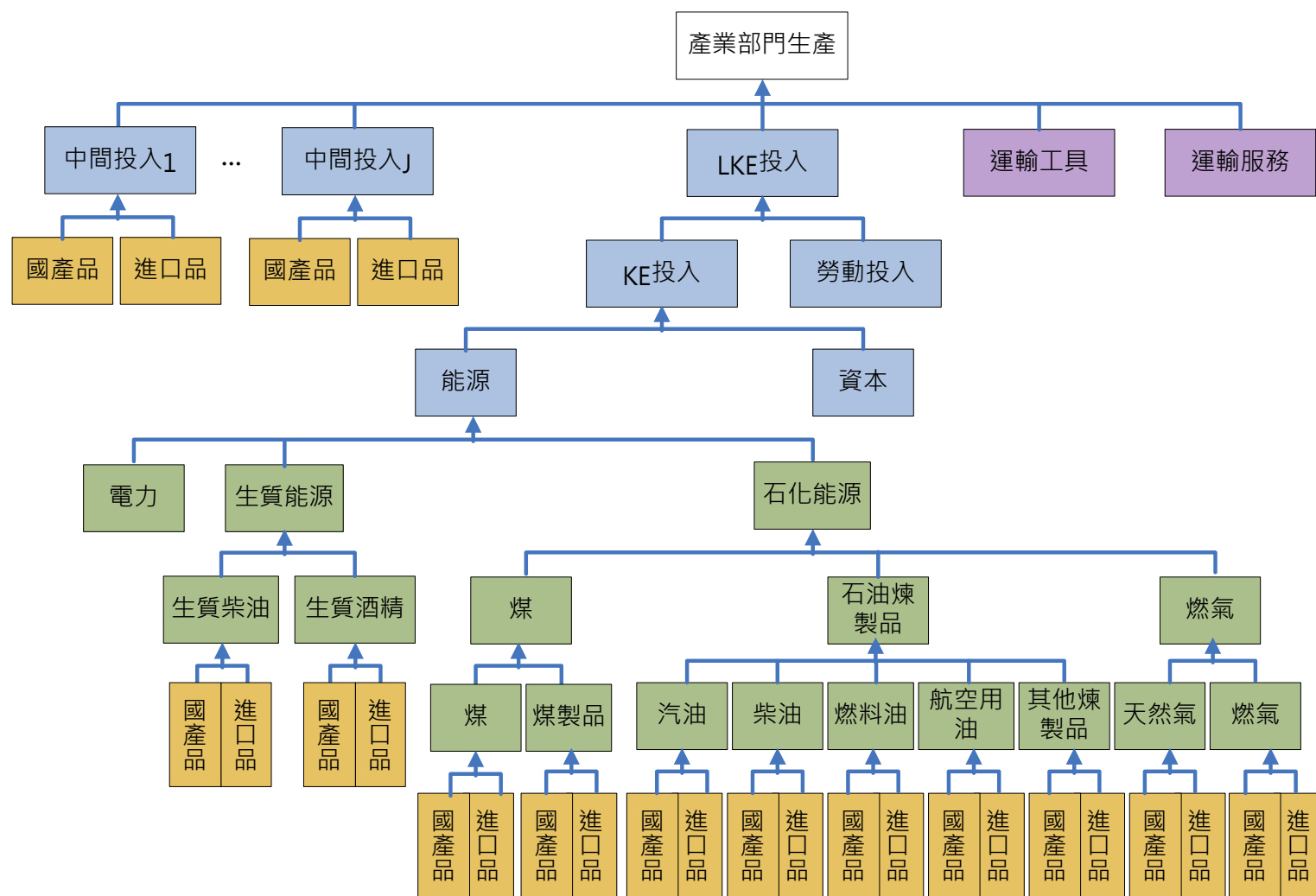
$$E_{ji} = f(P_j, P_{TR}, P_E, Q_i, \bar{Q}_i) \quad (4.6)$$

式中 E_i 代表第 i 個產業之能源投入量、 TR_i 為運輸服務量、 M_{ji} 代表第 i 產業之第 j 種其他中間商品或原始要素之投入量， Q_i 為第 i 產業之產量， \bar{Q}_i 為第 i 產業之產能限制， P_i, P_{TR}, P_E 則分別代表 i 產業生產商品之銷售價格、運輸服務之價格、與能源價格， σ_i 代表 M_{ji}, TR_i, E_i 間之替代彈性， ϕ_i 則代表中性技術水準， $a_{ji}, a_{TR,i}, a_{E,i}$ 分別代表中間商品、運輸服務、與能源投入之偏向技術水準， $\delta_{ji}, \delta_{TR,i}, \delta_{E,i}$ 則分別代表其他中間商品、運輸服務、與能源投入支出占總成本支出之比例。

由於 CGE 模型中考慮之能源、運輸服務、運具、中間投入等種類眾多，而這些投入之間並非彼此間皆具有高度替代特性，因此 CGE 模型常在可分性(separability)假設下，將生產函數中的眾多投入依其替代彈性予以分群，替代性較高者分為同一群，群與群之間則以巢式架構來呈現彼此關係。如此一來生產者的成本最小化問題便成為多階段的決策問題。

本研究建構之生產巢式架構如圖 4.7 所示，為探討溫室氣體議題，特別詳細刻劃能源分類，並依循多數文獻之架構，假設能源與資本間存在某種程度的替代關係。

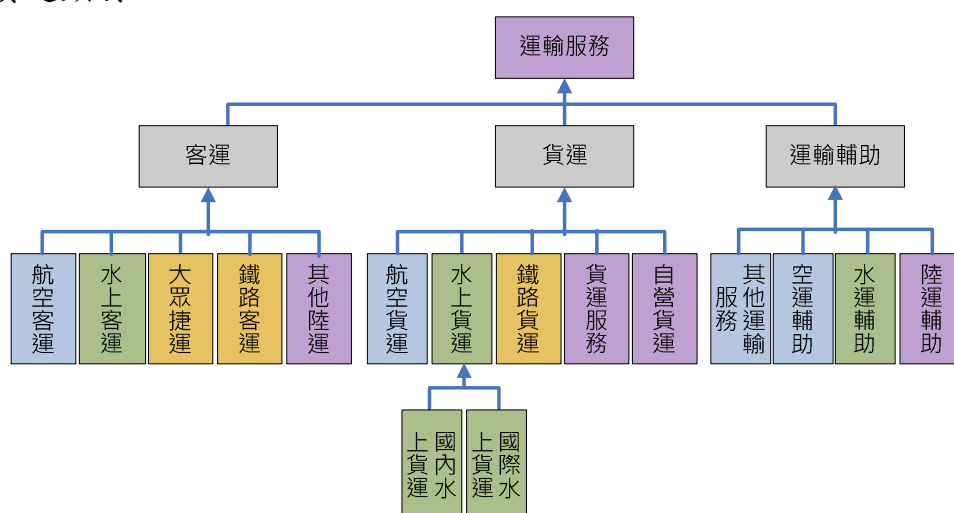
¹ 此例假設生產函數為固定替代彈性(Constant Elasticity of Substitution, CES)函數形式，式中 σ_i 代表投入間之替代彈性， ϕ_i 則代表中性技術水準。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.7 產業部門生產巢式架構圖

而運輸部門為本研究建構重點，因此將運輸工具與運輸服務²再加以細分，如圖 4.8 與圖 4.9 所示。圖中運輸服務與運輸工具之名稱乃依主計總處部門分類而來，由於主計總處產業關聯表為 CGE 模型之基本資料來源，因此部門分類大多依循該表編列。此外，在產業關聯表中已將客、貨運加以區分，故本研究亦區分客、貨運類別。

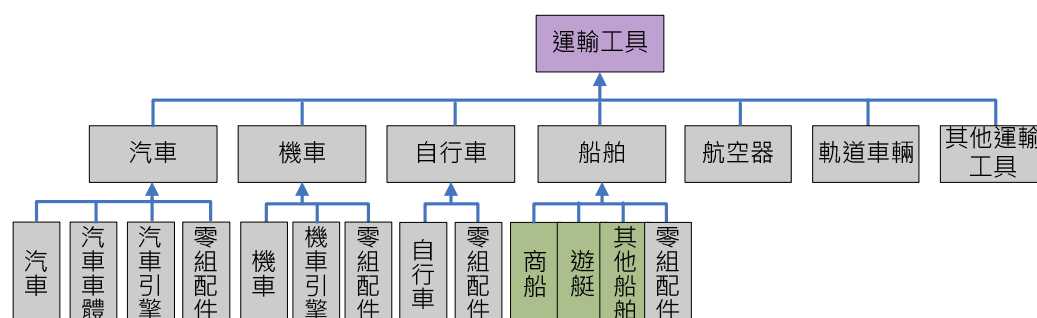


資料來源：本研究繪製。

註：**自營貨運**依主計總處分類，為設算值，凡自備陸上運輸工具從事自有貨物運輸之活動均屬之。

運輸輔助依主計總處分類，包含陸運輔助、水運輔助、空運輔助、其他運輸服務，例如報關服務、船務代理及貨運承攬、停車服務等。

圖 4.8 產業部門生產巢式架構圖-短期運輸服務架構

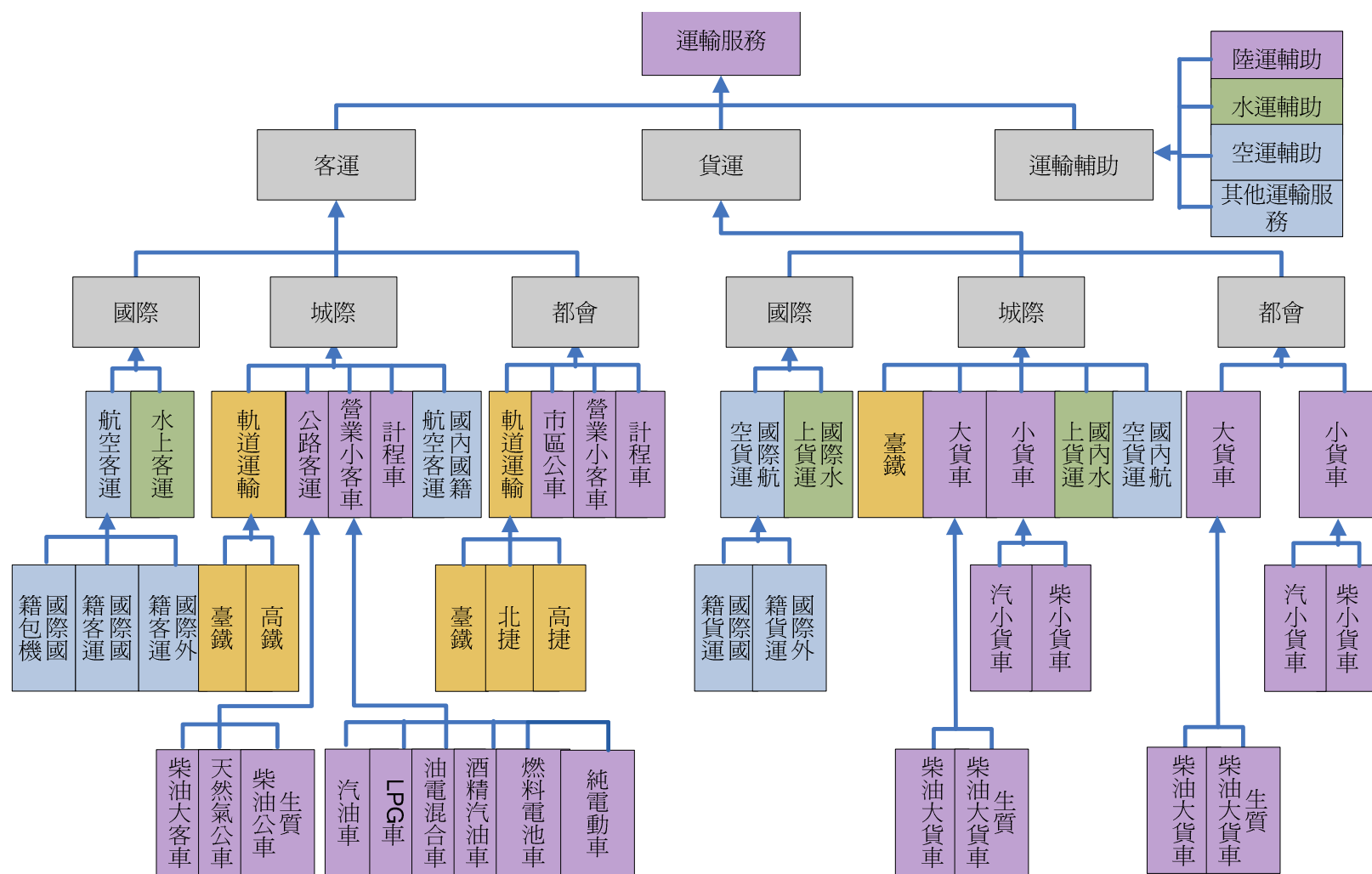


資料來源：本研究繪製。

圖 4.9 產業部門生產巢式架構圖-短期運輸工具架構

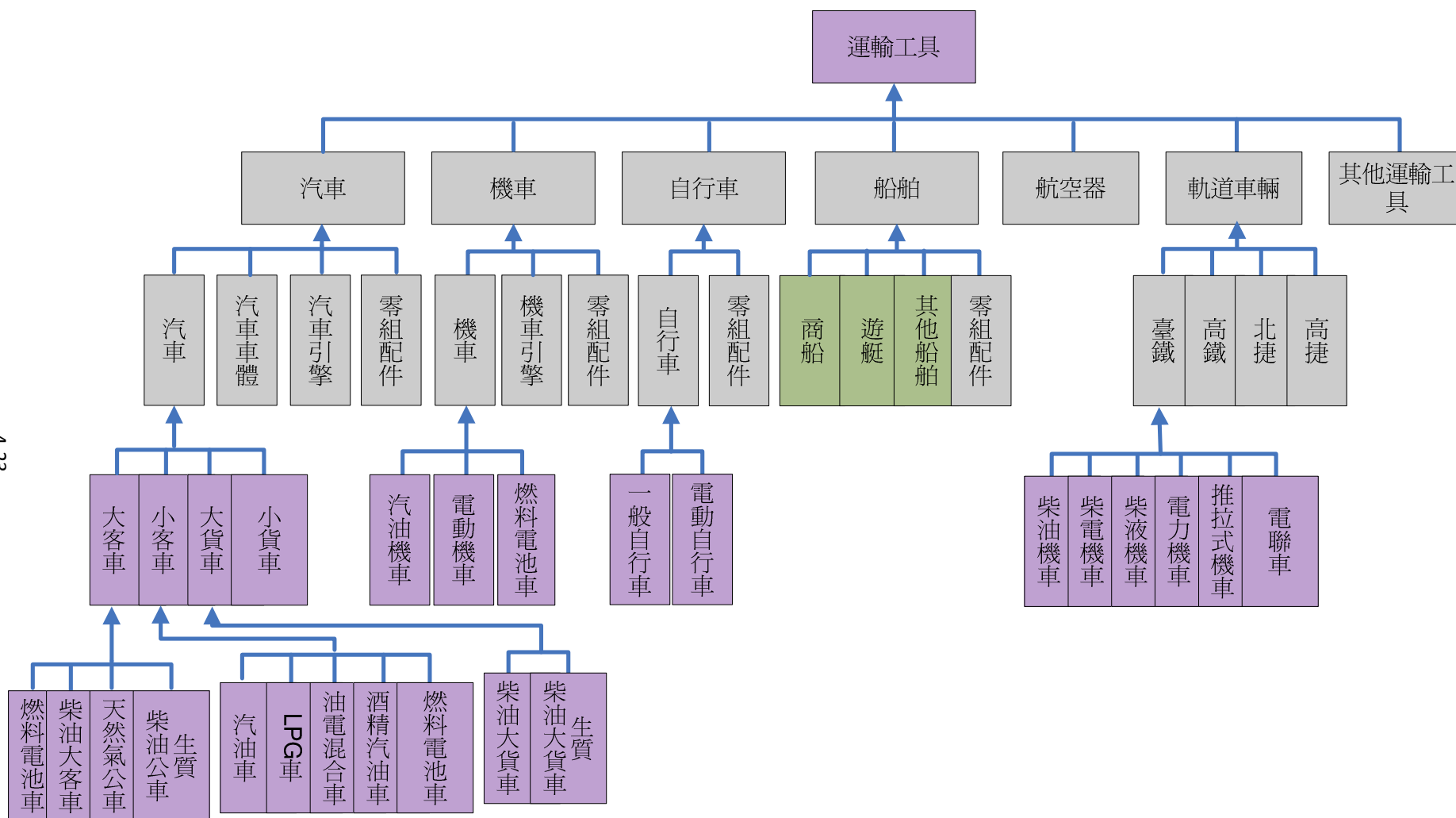
基於模型研發與政策評估之需要，圖 4.8 與圖 4.9 之分類仍有不足，因此本研究規劃中、長期模型發展架構，如圖 4.10 與圖 4.11 所示，由於中長期模型所需資料繁雜且缺乏可直接取得之統計資料，因此在模型建構的同時將規劃運輸資料調查。

2 運輸服務部門指由客、貨運業者所提供之運輸服務，私人運輸部分則歸屬於家計部門，以家計部門之燃料支出、車輛購買與維修費用等項目表現。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.10 產業部門生產巢式架構圖-中長期運輸服務架構



資料來源：本研究繪製。

圖 4.11 產業部門生產巢式架構圖-中長期運輸工具架構

4.3.2 運輸服務業者行為

運輸服務業者行為基本上與 4.3.1 節描述之產業部門相同，生產巢式架構亦與圖 4.7 至圖 4.11 相差無幾，惟運輸服務業者提供服務之能力與公共建設水準密切相關，因此運輸服務業者在圖 4.7 中，將獨立公共工程服務一類，以彰顯兩者之關聯性。

4.3.3 家計部門行為

一般家計部門決策行為大多假設在所得限制下，追求使效用最大的商品消費組合。然而家計部門使用能源，大多是為了享受電器、照明、空調與運輸設備帶來的效用，而間接產生對能源之需求，因此稱家計部門對這些設備提供之服務所產生的需求為能源服務需求(energy service demand)。

Elliott (2006)^[4.3.1]強調，「能源服務需求」與「能源終端使用」不應混為一談。Kratena and Wüger (2004)^[4.3.2]亦認為家計單位的效用來自一般商品消費，以及由家計單位透過「投入」與「資本」所自行產生的服務，資本由家計所得購買並累積，但不放入效用函數，而是做為一種投入以生產設備服務的流量。Guertin, et al. (2003)^[4.3.3]更建立住宅能源需求模型，運用加拿大實際資料，分兩階段推估能源服務需求。

能源服務需求為抽象的概念，可以想像為家計部門為了服務自己，而結合設備(車輛)與能源進行生產，產品即為能源服務³。因此可設立家計能源服務生產函數，呈現設備、能源消耗，與能源服務供給之關係，而設備對效用的貢獻則與設備特徵(如運具種類、車輛 cc 數、油耗特性、品牌、旅行時間)有關，於是不同設備特徵，其價格便隱含設備購置與使用成本之差異。

為了凸顯能源服務特性，家計部門行為將以兩階段決策建構：

第一階段：家計消費決策，在滿足所得限制與時間限制下，選擇使效用最大的最適商品消費量、能源服務需求、休閒與工作時間。

第二階段：家計能源服務生產決策，在滿足能源服務總需求下，選擇使生產成本最小的最適車輛特徵、能源用量與旅行時間。

3 早在 Willet and Naghshpour (1987)^[4.3.4]便提出「家計單位生產理論」，他認為家計單位結合能源投入與設備所提供之服務流量，生產出能源服務，以滿足家計單位之能源服務需求。

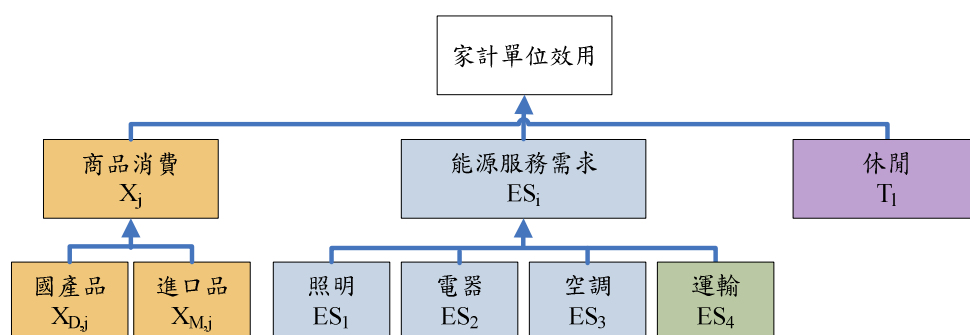
在家計部門第一階段決策部分，家計部門將在滿足所得限制與時間限制下，選擇使效用最大的最適商品消費量、能源服務需求、休閒與工作時間分配。因此第一階段決策模型將如(4.7)式至(4.9)式所示。式中 T_l 代表休閒時間， X_j 為商品消費向量， T_w 為工作時間， \bar{T} 代表時間稟賦限制總和， N 為人口數， T 則為每人時間稟賦。

$$\underset{X_j, ES_i, T_l, T_w}{Max} \quad U = U(X_j, ES_i, T_l) \quad (4.7)$$

$$s.t. \quad \sum_j P_{Xj} \cdot X_j + \sum_i C_i \cdot ES_i = w \cdot T_w + r \cdot K \quad (4.8)$$

$$T_w + T_l + \sum_i t_i \cdot \varphi_i = \bar{T} = N \cdot T \quad (4.9)$$

搭配上上述模型設定，家計部門第一階段決策之巢式架構如圖 4.13 所示。家計部門將藉由能源服務之消費、商品組合消費以及休閒時間而獲取效用，其對能源服務之需求，將由第一階段能源服務供給所滿足。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.12 家計部門運輸設備之能源服務巢式架構圖-第一階段

接著進入第二階段決策，可以(4.10)式至(4.14)式表示。(4.10)式說明使用第 i 種運輸工具之成本，包括分攤至各期之車輛購置成本、能源支出與時間成本；在成本最小的目標下，為自身提供運輸服務，可透過(4.11)式之能源服務生產函數，表示能源、車輛使用與時間投入與自己運輸服務之關係；(4.12)式說明車輛提供的服務流量，為車輛使用頻率與特徵之乘積；(4.13)式表示在諸多車輛特徵中選擇其中一類購買後，能源服務的生產便僅能由該類車輛提供；(4.14)式則設定旅行時間具有最低之必須投入。

$$\underset{Z_{in}, \varphi_i, t_i}{Min} \quad C_i = \rho_i \cdot P_{ES,i}(Z_i) + P_E \cdot E_i + w \cdot t_i \quad (4.10)$$

$$s.t. \quad ES_i = f_i(E_i, \Omega_i, t_i) \quad (4.11)$$

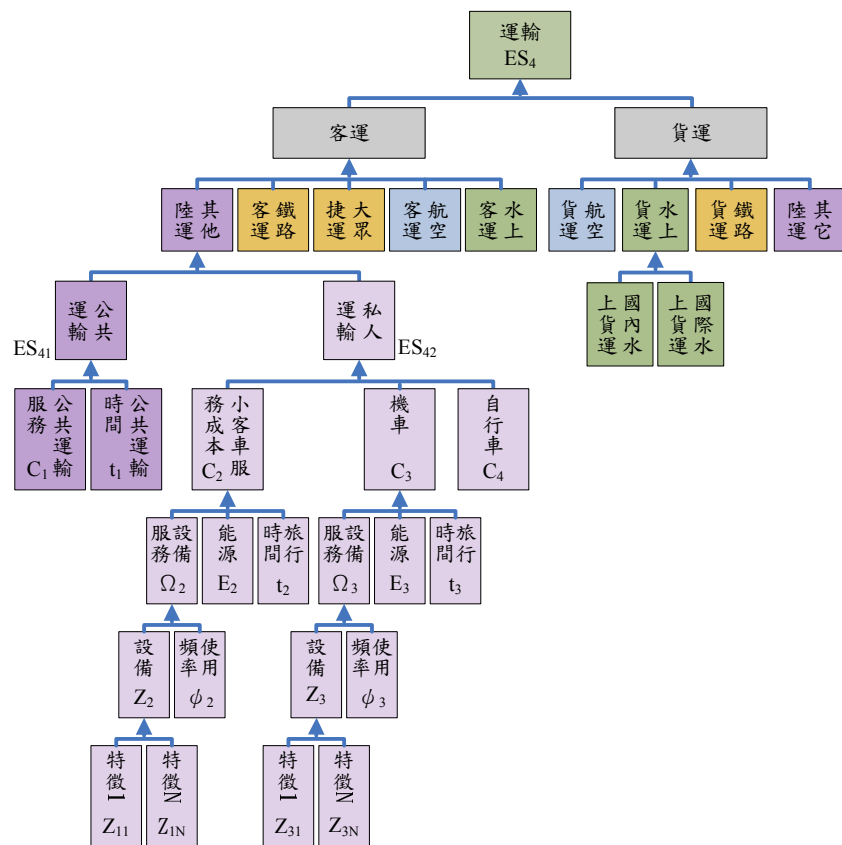
$$\Omega_i = \varphi_i \cdot Z_i \quad (4.12)$$

$$Z_i = Z_{in} \quad (4.13)$$

$$t_i \geq \hat{t}_i, \quad \hat{t}_i \text{ is given} \quad (4.14)$$

式中 $P_{ES,i}(Z_i)$ 代表第 i 種運輸工具之特徵價格函數，表示運具之售價會因其特性(如運具種類、車輛 cc 數、油耗特性、品牌、旅行時間)而有不同，其中 Z_i 即代表上述特徵， ρ_i 為運具成本分攤比率， t_i 為旅行時間， w 為旅行頻率； ES_i 為能源服務供給量， Ω_i 為車輛提供的服務流量； φ_i 為車輛使用頻率， Z_{in} 為設備特徵向量，代表第 i 種車輛之第 n 種特徵， $Z_i = Z_{in}$ 則表示在諸多車輛特徵中選擇其中一類購買後，能源服務的生產便僅能由該類車輛提供。

本研究將家計部門之運輸需求依客、貨運及車輛種類加以區分，如圖 4.12 所示，在其他陸運部分，再區分為公共運輸與私人運輸。公共運輸並無能源服務問題，因此直接以運輸量與旅行時間進入效用函數，私人運輸部分則在小客車與機車兩設備皆設予運輸之能源服務生產函數，再透過上述決策過程求得家計部門之小客車與機車之持有決策與使用頻率。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.13 家計部門運輸設備之能源服務巢式架構圖-第二階段

4.4 運輸部門能源消耗預測模式架構

運輸部門能源消耗預測模式藉由運輸需求與社經特性、土地使用與各運具路網特性的關係，預測未來各運具運輸需求量，藉以分析政策的影響、運輸計畫的必要性、運輸建設規模、不同建設方案的影響等，以提供決策者參考。傳統運輸模型僅探討運輸相關課題，隨著社會多元化與環保意識覺醒，運輸規劃也逐漸整合土地使用與空污排放等因子，應用範圍更加廣泛。

由於運輸規劃模型相當複雜，通常運用於運輸部門本身之相關設施投資政策探討，而在跨部門政策探討過程中，則時常需要發展出較簡化的模型來支援跨部門之重大決策，這類模型通常稱之為策略規劃模型(Strategic Planning Model)。國外對於策略規劃模型運用於決策支援，應用十分普遍。舉例來說，國外重大開發計畫的區位方案評估中，便常運用簡化的政策評估模型，探討土地使用配置的經濟性，迅速的提供有用的資訊供決策參考。而我國因為幅員較小，與土地使用相關的運輸政策評估多半在既有的運輸規劃模型中加以整合，而不再另外發展策略評估模型，所以策略規劃模型在國內較缺乏應用之案例。

近年來世界能源短缺與全球暖化成為全世界關注的議題，由於能源是經濟發展的命脈，對許多部門均產生重大影響。為了減緩全球暖化，研發再生能源，便有各種經濟政策，如開徵碳稅，實施碳交易；另外對低碳運具的補貼，亦透過整個經濟體系，影響運輸行為。這樣複雜多變的環境，需要整合跨部門的評估體系，現有的模型在運輸系統上則過於詳細，在跨部門的評估中反而不易操作，使現有模型難以擔負分析重任。

因此，如何快速的將各部門的現有工具整合起來，提供能源經濟運輸的決策支援，將是本節探討的重點。

4.4.1 整合模型中運輸模型之功能定位

整合模型中的運輸模組應具備下列功能：

1. 承接總體經濟模型總量預測資料，進行運輸部門整體客貨運需求量預測。
2. 具備巨觀行為分析功能，分析運輸路網、運輸成本、運具持有成本下各運具運輸需求量。

3. 具備反映未來政策影響的分析功能，如碳稅、低碳運具補貼等。
4. 鏈結能源消耗模型，推估不同政策情境及能源科技演進的運輸能源消耗量。
5. 推估政策情境下之各運具運輸需求，反饋至總體經濟模型。
6. 探討在能源經濟政策情境下與目標減量下，總體運輸政策之因應。

4.4.2 整合能源、經濟與運輸模型之相關課題

整合性模型的目的是在分析並比較各種政策情境的利弊得失，提供決策參考。現有的運輸規劃模型建構與校估均相當費時費力，而且各大都會區均有精細不一之規劃模型，應用在整合模型的架構中十分困難。由於政策評估模型多採取全面性宏觀角度，針對整合模型之建構目的，慎選必須涵蓋之變數納入模型，建構一個可操作之整合模型。對於道路路網等細節則不需詳細模擬，故運輸模型之建構應考量下列課題：

1. 建立數學模型或是空間模型

數學模型與經濟模型整合性最高，若能建立理想的數學模型，會讓整合模型建構的工作最為簡易。一般運輸需求分析為空間模型，比較複雜，但是在探討運輸需求與課題部分，空間觀念有其優越之處。舉例而言，在運具選擇上，旅行時間與旅行成本是使用者最重要的影響因素，而此二變數皆受運輸系統空間距離、服務效率及支付成本影響，即運輸距離越長、道路使用需求越接近容量飽和，則民眾使用成本越高，因而會影響運具選擇比例。在沒有空間觀念的模型中，很難將容量的觀念納入評估體系。因此，如何在數學模型與空間模型中折衷建立兼具兩者優點之模型，將是建立整合模型的重要挑戰。數學模型與空間模型之比較見表 4.2。

表 4.2 數學模型與空間模型之比較

特性	數學模型	空間模型
與經濟能源模型整合	較簡易	較困難
整合模型操作	較簡易	較困難
探討運輸相關政策	較不敏感	具備較充分能力
與運輸規劃模型整合	較困難	較容易

檢視國外做法，兩種方法都有相關研究文獻，其研究的重點則各有不同，基本上視模型建構之目的是以探討經濟或探討運輸為主而定。一般以數

學函數為主的模型，對於運輸變數多以外生變數處理，故對許多運輸政策均不敏感，對於運輸政策評估部分能力較弱。至於運輸部門辦理的策略規劃模型，比較重視運輸政策之研究，此類模型多建立在簡單空間架構上，而整個模型的操作較整體運輸規劃模型也大幅簡化，僅維持最重要的總體預測功能。

歐盟 ASTRA 模型是建立在系統動力學的平台，與本研究目前發展方向不一，與國內過去研究所完成之評估體系也較難整合，然而其在空間觀念方面的處理方式，值得借鏡。該模型維持簡略之交通分區，一旦建立交通起迄關係，不需建立複雜的網路系統，即可大致界定各運具在起迄點間之距離與合理容量，並藉而推估各運具之運輸成本。在各交通分區之社經特性上，也可依據該分區所在之區域社經特性訂定之，以簡化模型結構。

2. 如何整合城際與都會區模型

(1) 現階段國內運輸需求模型發展狀況

臺灣地區發展之運輸需求模型分成城際與都會區二類模型如下：

- a. 城際運輸模型由負責國家整體運輸規劃的本所負責，於 93 至 96 年完成之「國家永續發展之城際運輸系統需求模型」，目前已更新至 97 年，該模型名稱為「第 4 期臺灣城際運輸系統需求模式」，簡稱 TDM2008。TDM2008 針對臺灣生活圈至生活圈間之陸海空交通需求均有充分的掌握，但因著重處理城際間的運輸活動，都會區的運輸分析簡化至機動車輛的起迄矩陣，並未建立都會區內公共運具運輸需求資料。
- b. 都會區模型由各都會區轄管政府構建，因應捷運、道路系統建設評估需求，全臺 18 個生活圈或都會區均已建立運輸需求模型，但各模型因應計畫需求不同，運輸系統涵蓋內容、計畫年期均不一。因此，如何將都會區運輸需求納入評估體系便成為運輸整合模型成敗的關鍵。

(2) 城際與都會區模型整合方向

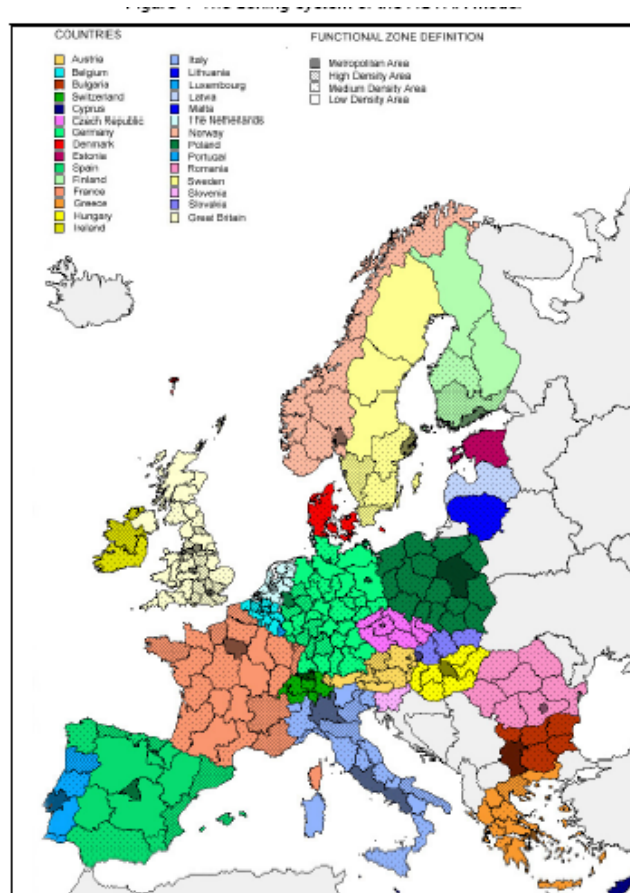
都會區中交通行為與城際運輸活動顯著不同，若是增加細分區則增加模型的複雜度，而不加細分則完全無法掌握都會區交通需求。解決方式可以「分區」的特性為基礎，反映在「分類」的數學模型中，並運用

迴歸分析等數學方法推估都會區之交通需求，再納入簡化之 TDM2008 架構中，以整合都會區與城際之交通需求。

通常在空間模型中，所有區內旅次(intra-zonal trips)需求均不被涵蓋，因此，當分區過於粗略時，就導致嚴重誤差。運用分類數學模型的方式，可將區內旅次的誤差減至最小。

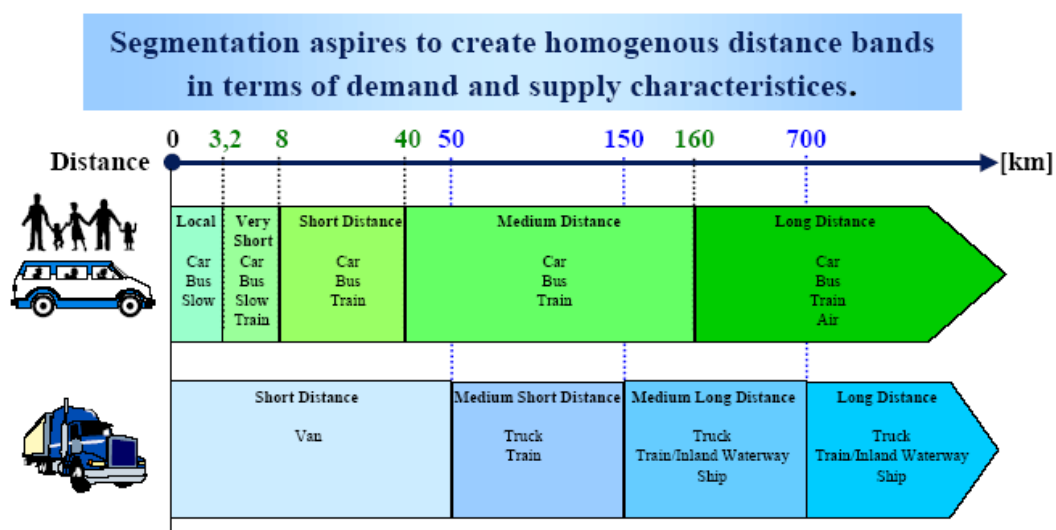
在都會區模型的整合上，可參考歐盟 ASTRA(詳見第 3 章 3.2 節)模型的做法，ASTRA 對於社經屬性與運具分配部分用不同方式處理，概述如下：

- a. 在社經屬性方面，界定四種功能分區:都會區、高密度發展區、中密度發展區、低密度發展區。ASTRA 之大分區以國家為單位，每個大分區均涵蓋以上四種功能分區，故每一大區至少有四個小分區，如圖 4.14 所示。
- b. 在交通分區部分，依其功能分區界定其旅次產生與分配特性。在運具選擇部分，除了功能分區外，另外將各起迄點依其距離分類，分類的標準係根據運輸需求特性，模型中建立每一個距離區間的運具轉換函數，如圖 4.15 所示。都會區旅次屬於短程旅次，依 ASTRA 分類是在 40 公里以下之旅次，我國幅員較為狹窄，可依照國情加以調整。由於 ASTRA 並非真正的空間模型，用距離區分法納入短距離之旅次需求便可納入短程旅次，適度簡化運輸模型。



資料來源：Martino, A. (2006)^[4.4.1]。

圖 4.14 ASTRA 之分區系統



資料來源：Martino, A. (2006)^[4.4.1]。

圖 4.15 ASTRA 運具選擇與距離分類

(3) 如何利用整合模型成果研擬運輸部門行動方案的利器？

節能減碳的落實，要靠一連串的行動，在公部門，這代表行動計畫的擬定、預算的編列與確實的執行。而行動計畫的擬定，實要仰賴一個好的評估體系。

綜觀目前能源模型發展，多半將運輸部門需求以外生變數處理，導致此類模型無法與運輸部門政策評估與行動計畫擬定發生關聯。其所以如此，是因為能源經濟體系過於複雜，純粹從模型的操作性而言，模型的建立必須選擇研究重點、模型定位與建立的目的來作細部處理，而對於比較不切身的，則以外生變數處理。

由此可見，運輸部門必須自行研發運輸部門適用的模型。在評估能源經濟政策之餘，還具備運輸政策評估的功能，比較容易的做法，是在整合模型中運輸部分，儘量貼近現有評估體系，不論在模型架構，資料選用、規格的設定，參變數的界定，都應儘量與現有之工具一致或是易於轉換，方能建立適於運輸部門使用之評估模型。

4.4.3 政策評估模型之建議架構

本研究初步構想，整合型運輸模型是個新的獨立模型，將空間觀念帶入數學公式的模型，有起迄、運具，但是沒有實質路網，而僅用距離與總體系統容量來建構使用者之旅行時間與成本函數。模型將運用交通分區來反映各地區之獨特性，並建立起迄關係。都會區交通需求運用適當分類與數學分析，納入總體運輸需求。這樣的模型推估出的運輸需求與運輸規劃模型預測整合最容易，對於運輸政策行動方案也較能適度掌握。茲將其架構初步構想簡述於後：

1. 交通分區與空間處理簡化

TDM2008 的交通分區採用生活圈尺度，計分 17 大分區（生活圈）與 361 小分區（鄉鎮）。在總體模型中，可以適度整併生活圈，作為社經預測的基礎分區。小分區部分可以 TDM2008 小區為基礎，然後依人口密度與交通需求量與運輸特性之不同適度加以整併，而儘量不打破 TDM2008 之行政區界。表 4.3 列出總體模型在各運輸規劃步驟所運用之分區基礎之初步構想：

表 4.3 運輸需求模型交通分區系統架構

分析內容	客/貨運	建議分類基礎
社經預測	客運與貨運	大分區
旅次產生與分佈	客運	小分區
	貨運	大分區
運具選擇	客運	小分區
	貨運	大分區
指派	客運與貨運	小分區
能耗排放	客運與貨運	小分區

2. 城際運輸需求

城際運輸客貨運需求均可從 TDM2008 中彙整，支援總體模型之分類體系，以建立簡易的城際運輸總體模型。

3. 都會區運輸需求

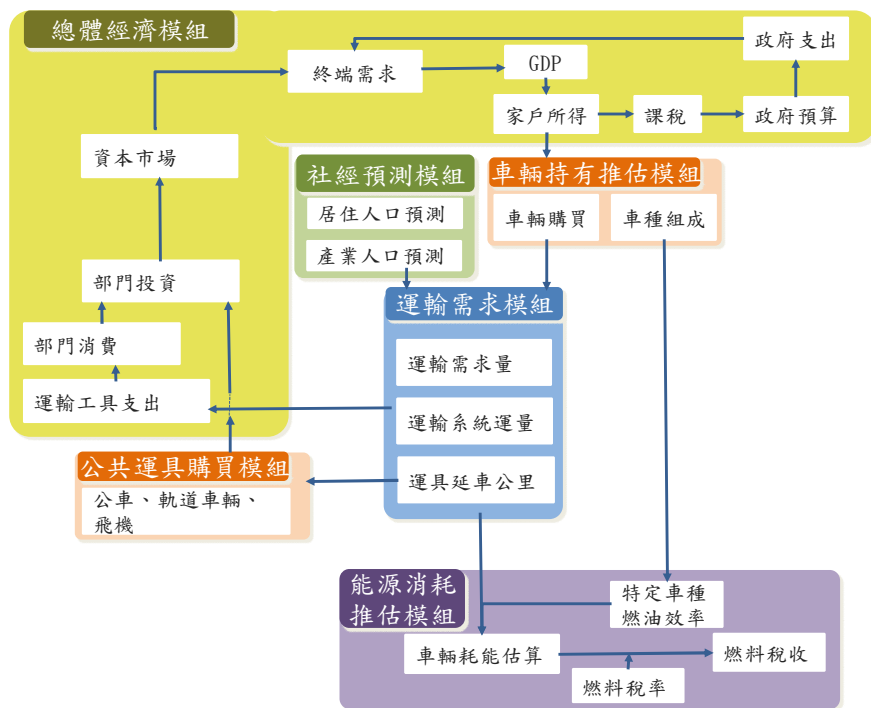
客運部分，參考 ASTRA 的都會區交通處理，可將都會區交通需求依旅次長短分類，建立運具選擇模型。分類的方式，須視國內社經與土地發展方式密度加以調整。在都會區資料方面，考慮將都會區分為四大類以建立運輸需求與運具選擇模型：

- (1) 臺北都會區
- (2) 高雄都會區
- (3) 捷運系統規劃中之都會區，含基隆、桃園、新竹、臺中、臺南等
- (4) 其他小型城市

在都市貨運部分，國內資料取得不易，現階段研究偏向個別廠商，都市貨運相當缺乏；都會區運輸需求模型雖包含貨運旅次，但僅以路段交通量推估出貨車起迄分佈，精細度有待加強。然而這個部分在整個運輸體系中所佔比例並不高，故建議暫以小貨車油耗數據，佐以零售業之統計數字概估。

4. 模型架構

運輸模型架構如圖 4.16 所示，與運輸需求模型相關者包括上游的社經預測及車輛持有預測，下游關連模組為能源消耗推估模組及公共運輸車輛需求推估模組，透過消費支出及所得關連到經濟模型。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.16 運輸模型架構

4.5 輔助模組

輔助模組主要在進行參數推估、基線預測、政策分析與行為分析等工作，目前經濟計量模型與預測模型已初具成果，以下茲以兩類模型說明研究方法與運用成果。

4.5.1 經濟計量模型的功能與目的

本研究為了建置完整的決策支援系統，除了採用 CGE 與運輸部門能源消耗預測模式外，亦採用經濟計量模型進行分析。本研究目前建構之經濟計量模型分為多元迴歸模型與單一變數的時間序列模型兩種類型。前者主要用來估計檢測經濟變數之關係，可作為政策評估之用；後者則主要用以預測未來值，能清楚呈現趨勢之變化。

多元迴歸模型的優點為提供經濟變數間之關係，並可進行政策分析（包括能耗量的變動、CO₂ 減量、能源價格、能源效率、補貼公共運輸、購置油電混合車等），或進行彈性估計（例如運具替代彈性與能源替代彈性推估），以提供運輸部門能源消耗預測模式或 CGE 模型所需，也可進行預測（例如運量基線預測、能耗基線預測、產業結構推估、能源效率推估等）以提供 CGE 模型基線值資訊；惟其進行未來時點之預測時，均需先進行所有變數未來值預測，方能預測應變數的未來值。然而，每個變數預測均存在誤差，多個變數均需預測下，總合誤差可能擴大，因此採多元迴歸模型進行未來時點應變數值之預測有此缺點。

單一變數時間序列模型則採單一變數之歷史資料進行未來值預測，因子之影響均透過落遲期來影響當期值，誤差相對可控制在較小範圍，因此用以預測長期之 GDP 成長率可能優於多元迴歸模型預測結果。

4.5.2 GDP 預測之相關文獻回顧

基於時間序列推估未來值的優點，本研究將採用時間序列模型推估未來產業結構、實質 GDP 與各運具能耗量，並根據運具能耗量推估結果計算 CO₂ 排放量。此外，實質 GDP 也將採用多元迴歸分析，分析重要影響因子與實質 GDP 之關係。多元迴歸模型各變數之未來觀察值，也採用時間序列模型先行推估，與變數之歷史值合併後，再進行後續的實質 GDP 預測。人均 GDP

預測則依實質 GDP 和經建會之未來人口數中推估量計算而得。為設定實質 GDP 多元迴歸模型，以下首先回顧實質 GDP 相關文獻。

早期探討 GDP 波動的文獻，研究重點多在比較第二次世界大戰前後 GDP 波動性的大小及持續期間的長短（如 Diebold and Rudebush, 1992），另有一些文獻則是在探討造成 GDP 成長穩定的原因（如 Filardo, 1995），亦有研究貨幣政策對 GDP 成長波動性之影響（如 Clarida, et al., 1998）。李堅明和黃宗煌（2007）指出「經濟成長」係指經濟社會由於勞動力人口不斷增加、資本不斷累積及技術不斷進步，導致生產力的迅速進步，使得一國國民生產總額與每人實質所得日漸增大。

所以，由經濟成長定義之內容可以推知，經濟成長的根源包括三個因素，即勞動生產力要不斷提升；經濟社會的儲蓄率要增加且要對等的用於投資；廠商要不斷的從事研究與發展，提升技術水準。因此，影響經濟成長之變數大致可分成生產要素、政策工具、技術變動等三大構面來探討。

1. 生產要素

認為總生產要素生產力（Total Factor Productivity, TFP）為主要趨動經濟成長因素之想法肇始於 Solow（1957）的架構，他利用 Hicks（1932）中性⁴技術生產函數，將總合生產函數寫成 Hicks 中性技術的形式，將產出成長率分解為資本成長率、勞動成長率與技術進步成長率，其用意在分析經濟成長來源的貢獻程度。張雅棻和官德星（2005）便以動態一般均衡的理論及 Solow 的分解方法，來解析臺灣經濟成長的主要來源(如表 4.4)

4 Hicks（1932）在其工資理論（Theory of Wages）中介紹技術進步的分類方法。「吾人可將各種發明，按其對資本邊際產出與勞動邊際產出的比率所發生之初期效果，係增加、維持不變，或減少進行分類。」「在資本對勞動比率固定不變下，資本邊際產出對勞動邊際產出若維持不變，則稱為 Hicks 中性。」

表 4.4 張雅棻和官德星（2005）之臺灣經濟成長來源分析

單位：％

期間	產出成長率	TFP成長率	資本存量成長率	就業者每人工作時間成長率	就業人數成長率
1961-1971	10.88	8.47	0.84	-0.39	1.96
1971-1981	9.92	5.12	3.04	-0.48	2.24
1981-1992	8.94	5.24	2.67	-0.47	1.50
1992-2002	5.32	2.16	2.89	-0.40	0.67
1961-2002	8.60	5.25	2.36	-0.44	1.59

資料來源：張雅棻和官德星（2005）。

註：TFP：Total Factor Productivity，總生產要素生產力。

2. 政策工具

單珮玲（2010）建構一 3E（經濟、環境與能源）聯立模式，用以解釋政策變數與經濟成長的關係，即以實質 GDP、能源消耗需求、CO₂ 排放三個應變數（Dependent Variables），並考慮各解釋變數（Explanatory Variables）的驅動力，建構一個包含實質 GDP 生產函數、能源需求函數、CO₂ 排放函數的實證模式體系，如式（4.15）。

$$\begin{aligned}
 Y_t &= f(FCAP_t, TARIFF_t, INTR_t, ENVTAX_t, TOT_t, T) \\
 ENG_t &= g(FUELP_t, ENVTAX_t, Y_t, Y_{t-1}, T, v_t, v_{t-1}) \\
 P_t &= h(ENG_t, INDINT_t, CO_2IN_t, T)
 \end{aligned}
 \tag{4.15}$$

其中 Y_t 為第 t 年之實質 GDP； ENG_t 為第 t 年之國內能源消耗量； P_t 為第 t 年之 CO₂ 排放量； $FCAP_t$ 為第 t 年之實質固定資本形成； $TARIFF_t$ 為第 t 年之進口關稅平均實質稅率； $INTR_t$ 為第 t 年之本國放款利率； $ENV TAX_t$ 為第 t 年之環境實質稅率； TOT_t 為第 t 年之貿易條件； $FUELP_t$ 為第 t 年之各種能源加權價格指數； Y_t 與 Y_{t-1} 分別為當期與前 1 期之實質 GDP； v_t 與 v_{t-1} 為當期與前 1 期之平均國際原油價格的變動率； $INDINT_t$ 為第 t 年之能源密集工業實質生產毛額占實質 GDP 比例； CO_2IN_t 為第 t 年國內能源消耗量之 CO₂ 排放密集度； T 為時間趨勢項。

利用多元迴歸分析結果如表 4.5 所示。結果顯示實質固定資本形成、進口關稅平均實質稅率、國內實質放款利率、環境實質稅率與貿易條件，皆為影響經濟成長之重要變數。黃台心（2002）使用所得、出口、固定資本形成

及貿易條件等變數，以向量自我迴歸模式分析出口導向經濟成長是否適合臺灣，結果顯示政府過去採行的出口擴張政策，成功的導引總體經濟成長，亦顯示所得、出口、固定資本形成及貿易條件等變數，皆會影響經濟成長。

表 4.5 實質 GDP 生產函數之推估結果（應變數： $\ln GDP$ ）

解釋變數	估計係數	標準差	P 值
$\ln FCAP$	1.103***	0.006	0.000
$\ln TARIFF$	0.388***	0.079	0.000
$\ln INTR$	-0.207***	0.065	0.001
$\ln ENVTAX$	-0.131*	0.072	0.066
$\ln TOT$	2.012***	0.215	0.000
$(\ln FCAP)(\ln T)$	0.008***	0.002	0.000
Adjusted R ²	0.974		
AIC	-7.245		

註：***表示 1%的顯著水準；**表示 5%的顯著水準；*表示 10%的顯著水準。
資料來源：單珮玲（2010）。

3. 技術變動

Solow (1957) 認為 90%的生產力提升，是導因於「技術變動」(Technical Change)。「技術變動」簡單的說，就是「生產函數的移動」，諸如生產時間的縮短、生產效率的提高、勞動者教育水準的提高，這類事項均可視為「技術變動」。劉村銘（2003）的研究也顯示技術進步為總要素生產力成長率之直接因子，若再從總要素生產力與經濟成長的關係來解讀的話，技術進步與經濟成長則有間接的關係。

4. 小結

茲將前述文獻中所提及生產要素、政策工具、技術變動等三大構面之變數與經濟成長的關係彙整如表 4.6。生產要素構面影響經濟衰退的因子包括總要素生產力與就業人口成長率；政策工具構面影響經濟成長的變數則有實質固定資本形成、進口關稅平均實質稅率、國內實質放款利率、環境實質稅率與貿易條件等；技術變動構面影響經濟成長的變數主要為技術進步或研究與發展。本研究將應用這些影響經濟成長之因子，建構一預測實質 GDP 成長率之經濟計量模型。

表 4.6 經濟成長之影響因子

影響構面	作者	影響因子	備註
生產要素	張雅棻和 官德星 (2005)	TFP 成長率與就業人口成長率。	經濟成長衰退的主要原因跟 TFP 之成長率下降有關，其次原因則是就業人口成長率下降有關。
政策工具	單 珮 玲 (2010)	實質固定資本形成、進口關稅平均實質稅率、國內實質放款利率、環境實質稅率與貿易條件。	實質固定資本形成 ($FCAP$)、進口關稅平均實質稅率 ($TARIFF$)、貿易條件 (TOT)，以及實質固定資本形成與時間趨勢項之乘積 ($(\ln FCAP)(\ln T)$)，皆對實質 GDP 達到 1%顯著水準之正向影響；國內實質放款利率則呈現 1%顯著水準之負相關；環境實質稅率則在 10%的顯著水準下呈現顯著的負向關係。
技術變動	劉 村 銘 (2003)	技術進步 (研究與發展)。	技術進步與經濟成長則有間接的關係。

資料來源：本研究彙整。

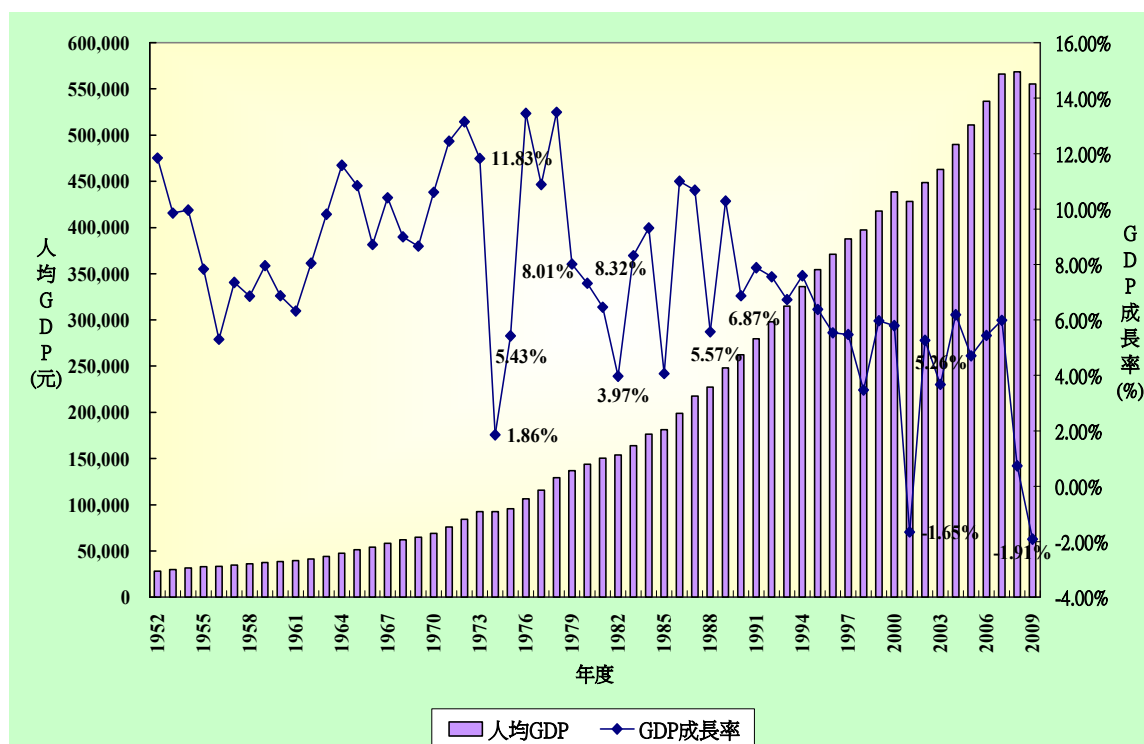
4.5.3 GDP 成長率與人均 GDP 預測

關於 GDP 成長率的預測，國內少有研究團隊進行長期的研究，往往只有一至二年的分析，如中央研究院經濟研究所、中華經濟研究院、臺灣經濟研究院及行政院主計總處等，皆定期發表 GDP 成長率一至二年之季預測。至於 GDP 成長率長期預測，國內目前有清華大學經濟系榮譽教授黃宗煌博士所率領之研究團隊，正協助經建會利用可計算一般均衡 (CGE) 理論所建構之 TAIGEM III 模型與幫助能源局所建立之 TaiSEND 模型，進行 GDP 成長率長期之預測，以做為國家未來經濟建設推動的參考資料。

當然，基於研究的完整性，本研究將以經濟計量模型之時間序列與多元迴歸分析法來預測 GDP 與人均 GDP 未來的趨勢，並以其所預測出來的數值為 CGE 模型預測結果之對照組。茲將 GDP 成長率與人均 GDP 以歷史趨勢、預測方法與預測結果說明如下。

1. 經濟成長之歷史趨勢

我國過去 50 年來 GDP 已大幅提升，特別在 1980 年代至 1990 年代之間，成長幅度更是明顯加速。但長期而言，經濟成長率已呈現緩慢且逐漸收斂的狀態，由 1970 年代 8% 至 12% 的成長幅度，縮減至 2000 年後之 4% 至 6%，雖然期間經歷一些歷史事件，導致經濟成長率驟降，但偶發事件的非持續性，對經濟的衝擊僅具短期效果，觀察 1974、1981、2001、2009 年之經濟發展，大致上皆可於一至二期(年)後回復原來成長率水準。經濟成長歷史趨勢如圖 4.17。



說明：GDP成長率係採用2006年為基期之實質GDP數值計算而得來；人均GDP等於GDP除以期中人口數。

資料來源：行政院主計總處，中華民國統計資訊網，總體統計資料庫，國民所得統計之國民生產毛額之處分（<http://ebas1.ebas.gov.tw/pxweb/Dialog/statfile9L.asp>）；本研究整理。

圖 4.17 經濟成長歷史趨勢

2. 經濟成長之預測方法

多元迴歸模式的優點為提供經濟變數間之關係，也就是易於瞭解實質 GDP 與其解釋變數間的關係，並可進行政策分析或進行預測，以提供 CGE 模型基線值資訊。惟其進行未來實質 GDP 值之預測時，均需先進行所有解釋變數未來值預測，方能預測實質 GDP 的未來值。然而，每個變數預測均

存在誤差，多個變數均需預測下，總合誤差可能擴大。因此，採多元迴歸模式進行未來實質 GDP 值之預測有此缺點。

單一變數時間序列模式則採實質 GDP 之歷史資料進行未來實質 GDP 值預測，其因子之影響均透過落遲期來影響當期值，誤差相對可控制在較小範圍，因此用以預測長期之 GDP 成長率可能優於多元迴歸模式預測結果。茲將長期各類預測方法之優缺點整理於表 4.7，以茲參考。

表 4.7 長期各類預測方法之比較

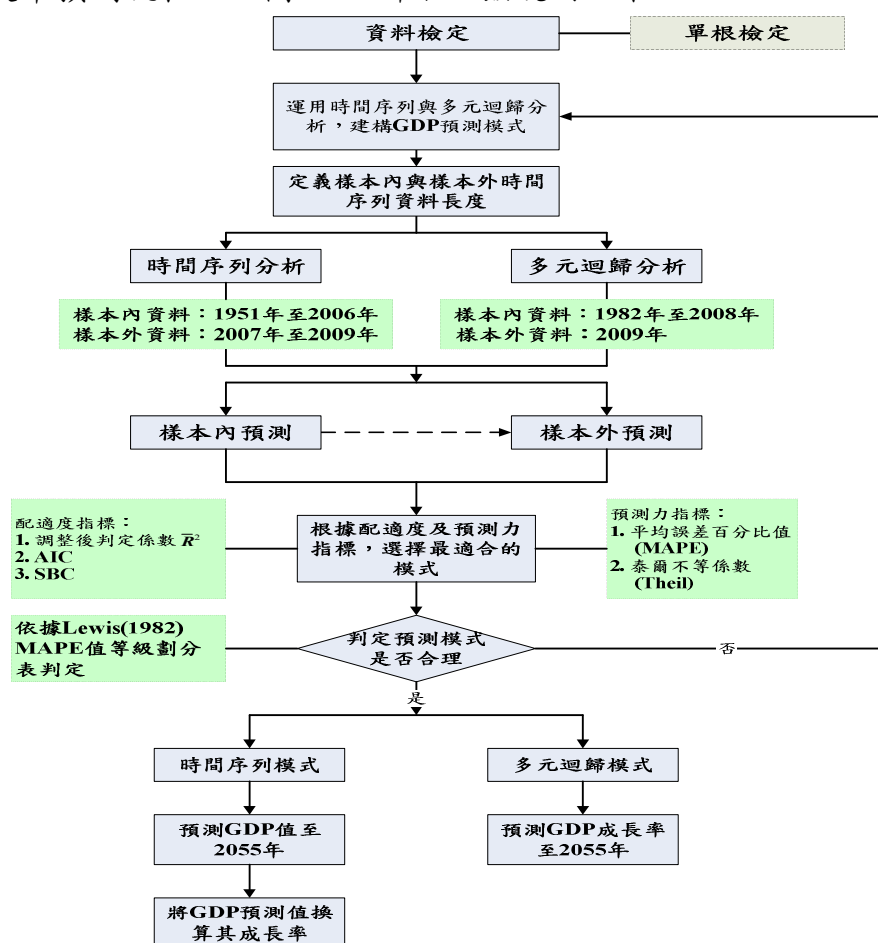
長期預測方法	預測方法	優點	缺點	適用性
	趨勢分析法	1.模式簡易，且建構容易。 2.所需之時間少、成本花費低。 3.所需之資料較少。	1.對於趨勢的改變無法加以掌握及探討。 2.無法分析影響預測準確度之各種外在因素。	低
	最終消費法	1.物理意義明確。	1.資料處理需要花費大量成本。 2.資料更新不易於短時間內完成。	較低
	經濟計量模型	1.易於解釋解釋變數與應變數之關係，具說服力。 2.對趨勢之變化能有效地分析與解釋。 3.模型能反映出投入產出間之關係。	1.預測期間各產業之相關資料不易取得。 2.資料處理量較大，處理過程稍繁雜。	最為適用
	投入產出分析	1.有效分析經濟活動所衍生的各種能源或原物料直接需求與間接需求。	1.模式選擇需高度技巧與經驗。 2.缺乏經濟理論基礎，造成模式解釋不易。	部分適用

資料來源：本研究整理。

(1) 時間序列模式

時間序列模式係根據實質 GDP 歷史值進行預測，本研究為瞭解實質 GDP 預測模式的配適度與預測力，將 1951 年至 2006 年視為「樣本內」資料，2007 年至 2009 年視為「樣本外」資料，因為配適度係用來評估模式是否能適切地描述樣本內資料；預測力則是用來評估以樣本內資料所建立的模型，對樣本外資料的預測準確程度。時間序列分析之實質 GDP

及其成長率預測流程，如圖 4.18 所示，茲說明如下。



資料來源：本研究整理。

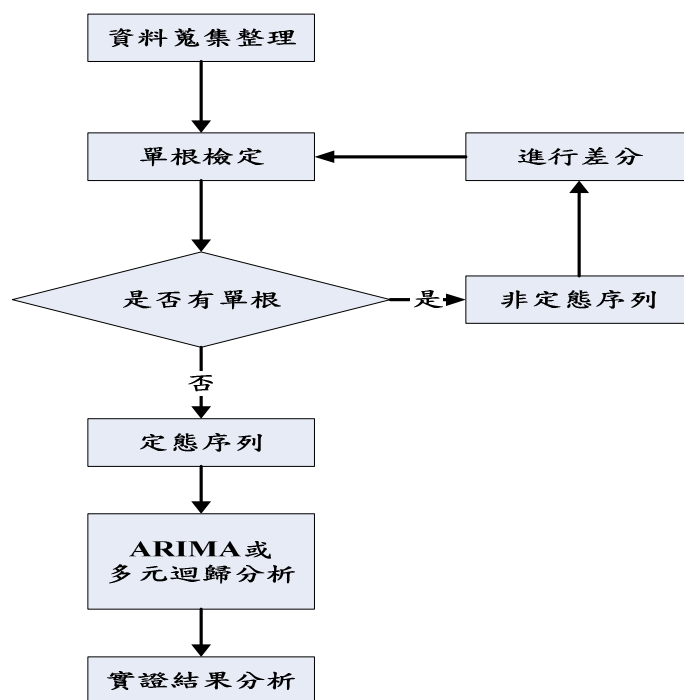
圖 4.18 實質 GDP 及其成長率預測流程

a. 資料檢定

為了檢定預測實質 GDP 變數之時間序列資料是否為定態，本研究使用 EViews 軟體以 ADF 檢定法（Augmented Dickey-Fuller Test）進行單根檢定。若時間序列資料沒有單根，表示為一定態序列，則可使用此序列進行 ARIMA 或多元迴歸等統計分析；若時間序列資料有單根，表示為一非定態序列，其序列必須進行差分且為一定態序列後，才能繼續進行 ARIMA 或多元迴歸等統計分析。

因為根據 Granger and Newbold（1974）提出，若時間序列資料為非定態且不經處理直接進行檢定分析，將會產生假性迴歸（Spurious Regression）之現象，亦即 R^2 很高，t 值顯著，但 Durbin-Waston 值卻趨近於零，使得這些估計結果不具任何經濟意義，而且因為所估計之

參數的極限分配不再是一個標準的分配，使得 t 和 F 檢定不再適用。因此，時間序列必須是定態，方能進行迴歸估計或統計檢定，資料檢定流程如圖 4.19。



資料來源：本研究整理。

圖 4.19 資料檢定流程

b. 樣本內與樣本外資料

在進行時間序列的實證研究中，資料取得的時間長度，不管從多久以前的資料開始蒐集起，最近的資料也僅能蒐集到昨天的觀察值，利用這些資料來估計最適的實證模式，亦只能顧及配適度的概念，而無法兼顧或評估模式的預測力。因此，為了要能夠進行模式預測力的比較和評估，因而有了樣本內和樣本外資料的概念。本研究定義 1951 年至 2006 年資料為樣本內資料，用來說明模式的配適情形；2007 年至 2009 年資料為樣本外資料，用來說明模式的預測能力，並預測實質 GDP 值至 2055 年，再將得到的實質 GDP 預測值換算其成長率。

c. 配適度指標

關於評估模式配適能力的指標，本研究採用調整後判定係數 (Adjusted Coefficient of Determination; \bar{R}^2)、AIC (Akaike Information Criterion)、SBC (Schwartz Bayesian Information Criterion) 等 3 種指

標，來判定模式的配適情形。

判定係數（Coefficient of Determination； R^2 ）的意義可詮釋為估計模式之「已解釋變異佔總變異的比例」，其比例值愈大，代表模式愈能夠描述樣本資料或表示模式的配適度愈好，其計算公式如式（4.16）：

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (4.16)$$

其中 SSR （Regression Sum of Squares）代表迴歸模式中的已解釋變異， SST （Total Sum of Squares）代表總變異， $0 \leq R^2 \leq 1$ 。但因為在迴歸模式中， R^2 會有隨解釋變數個數增加而變大的現象，所以一般會建議用調整後判定係數來取代判定係數。調整後判定係數的計算公式如式（4.17）：

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{T-1}{T-k} (1 - R^2) \quad (4.17)$$

其中 T 代表樣本總數， k 代表估計式中的待估參數總數。

AIC 與 SBC 的計算公式分別如式（4.18）與式（4.19）：

$$AIC = T \ln(SSE) + 2k \quad (4.18)$$

$$SBC = T \ln(SSE) + k \ln(T) \quad (4.19)$$

其中 T 是樣本總數， $\ln(SSE)$ 是 SSE （Error Sum of Squares）取自然對數， $\ln(T)$ 是樣本總數取自然對數， k 是待估參數總數。因為 $SST = SSR + SSE$ ，所以在 SST 固定的情況下， SSR 愈大且 SSE 愈小表示模式樣本資料的解釋能力愈好，也就是 AIC 或 SBC 的值愈小，代表模式的配適度愈佳。

d. 預測力指標

對於評估模式預測能力的指標，本研究採用平均誤差百分比值（Mean Absolute Percentage Error；MAPE）與泰爾不等係數（Theil's Inequality Coefficient）2 種指標，來判定模式的預測能力。

平均誤差百分比值的計算公式如式（4.20）：

$$MAPE = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \cdot 100\% \quad (4.20)$$

式中 y_t 為第 t 期的實際值， \hat{y}_t 為第 t 期的預測值， n 為期數。MAPE

主要衡量模式中未能解釋部分的百分比，MAPE 值越小，表示模式預測能力越強。Lewis（1982）根據 MAPE 值大小將評估預測能力分為四種等級，如表 4.8 所示。

表 4.8 MAPE 值預測能力等級劃分表

MAPE	預測能力說明
< 10%	高準確
10% ~ 20%	良好
21% ~ 50%	合理
> 50%	不準確

資料來源：Lewis（1982）。

Theil's 以泰爾不等係數「U」來衡量模式的預測能力，其定義如式（4.21）：

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{t+i} - \hat{y}_{t+i})^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{t+i})^2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_{t+i})^2}} \quad (4.21)$$

式中 y_{t+i} 為第 $t+i$ 期的實際值， \hat{y}_{t+i} 表示以 t 為起始點預測超前 i 期的預測值， n 為期數。U 值介於 0 與 1 之間，若 U 值愈接近 0，則表示預測值愈接近實際值；若 $U=0$ 時，則為完美預測；反之，若 U 值接近 1，則表示預測值與實際值差異很大。

(2) 多元迴歸模式

多元迴歸模式係根據實質 GDP 歷史值及其相關解釋變數進行預測，但考慮實質 GDP 及其相關解釋變數歷史資料之完整性，本研究選取 1982 年至 2009 年資料，以作為分析之基礎。如同時間序列分析，本研究將 1982 年至 2008 年視為「樣本內」資料，2009 年視為「樣本外」資料，以便瞭解實質 GDP 預測模式的配適度與預測力。多元迴歸分析之實質 GDP 成長率預測流程，如圖 4.18 所示。

a. 一般模式之設定

林真真與鄒幼涵（1990）指出多元迴歸(或稱複迴歸)係簡單迴歸

之擴充，即研究一群自變數（Independent Variables）與一個應變數（Dependent Variable）之間的關係，其目的有二：

- 增加解釋變數（Explanatory Variable，即自變數或預測變數）個數，使迴歸可解釋的變動部分增加，相對降低誤差變異。
- 避免遺漏對應變數有較大影響的重要解釋變數。

因此，多元迴歸分析主要是建立一個線性方程式，用來描述解釋變數與應變數之間的關係，以估計的解釋變數來預測未來的應變數。關於評估多元迴歸模式的配適能力指標及預測能力指標，則如前所述。本研究採用 \bar{R}^2 、AIC 與 SBC 等 3 種指標，來判定模式的配適情形；MAPE 值與泰爾不等係數 2 種指標，來判定模式的預測能力。

假設影響應變數 y 的有 $k-1$ 個解釋變數分別為 x_1, x_2, \dots, x_{k-1} ，其多元迴歸模式定義如下：

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{k-1} x_{i, k-1} + \varepsilon_i \quad (4.22)$$

其中 y_i 為應變數； $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i, k-1}$ 為自變數； $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{k-1}$ 為迴歸參數； $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ 為白干擾對所有的 $i=1, 2, \dots, m$ 皆成立。式 (4.22) 可寫成下列的聯立方程式：

[illegible]

式 (4.22) 亦可簡寫成：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{k-1} x_{k-1} + \varepsilon = \beta_0 + \sum_{i=1}^{k-1} \beta_i x_i + \varepsilon \quad (4.24)$$

b. 相關變數說明

根據影響實質 GDP 成長之相關文獻，本研究將採用表 4.6 中之經濟成長影響因子，做為多元迴歸模式之解釋變數。為建構實質 GDP 多元迴歸模式，本研究選取 1982 年至 2009 年影響經濟成長相關因子之資料，包括 TFP 成長率、就業人數、實質固定資本形成、進口關稅平均實質稅率、國內實質放款利率、貿易條件，並將這些變數換算為成長率，採 ARIMA 分析預測至 2055 年，以使用來預測實質 GDP 成

長率至 2055 年。茲將預測實質 GDP 成長率之所有變數代號、單位、定義與資料來源說明如下。

(a) 實質國內生產毛額 (Real Gross Domestic Product ; RGDP ; 百萬元)

國內生產毛額 (GDP) 採「屬地主義」，係指一個國家或地區，在一定的期間內 (通常為一年)，所生產出來的最終商品和勞務的市場總價值，表示一國的經濟規模，以做為判斷經濟情勢的重要指標。實質 GDP 則以某年度為基期固定價格，計算總產出的最終商品與勞務之市場價值總和，並將物價水準與通貨膨脹等對 GDP 衡量上所造成的影響排除在外，也就是「今年度的產出在過去年度會值多少？」；而其成長率，則稱為實質經濟成長率。通常政府所公佈的經濟成長率，即是實質經濟成長率，因此本研究所採用的 GDP 數值，皆為實質 GDP 數值，其資料來源取自行政院主計總處總體統計資料庫。

(b) 總要素生產力成長率 (Total Factor Productivity ; TFP ; %)

生產力的簡單定義是產出除以要素投入，但產出和投入的關係往往是多元的，如何對多元產出和多元投入進行加總，產生許多衡量上的不同考量，例如算術加總與幾何加總；而總要素生產力 (Total Factor Productivity, TFP) 乃是總產出指數相對於總投入指數的比率。總要素投入 (Total Factor Inputs) 即所有投入因素的加總，包括原始投入和中間投入因素在內，所以總要素生產力的成長率等於總產出指數的變動率減去總投入指數的變動率，其資料來源取自行政院主計總處中華民國統計資訊網。

(c) 就業人數 (Employment Population, EP ; 千人)

所謂就業者係指年滿 15 歲從事有酬工作者，或從事 15 小時以上之無酬家屬工作者，而就業人數則指每年就業者的總計人數，其資料來源取自行政院主計總處總體統計資料庫。

(d) 實質固定資本形成 (Gross Fixed Capital Formation ; GFCF ; 百萬元)

國內實質固定資本形成係指國內產業、政府服務生產者及對家

庭服務之民間非營利機構等生產單位，對於可再生且可持續使用於生產過程達一年以上生產財之獲得，減去該類財貨之二手貨銷售等處置者，包括自外購入及自行生產部分，但不包括政府主要為軍用而興建之營建工程，以及其他軍用耐久貨品之購買支出。

實質固定資本形成又得按資本財之型態分為：住宅房屋、非住宅房屋（如廠房、校舍等）、其他營建工程（如道路、機場等之建築工程）、土地改良與耕地及果園之開發、運輸工具、機器設備、種畜與役畜及乳牛，以及無形固定資產（包括電腦軟體及礦藏探勘）等，其資料來源取自行政院主計總處總體統計資料庫。

(e) 進口關稅平均實質稅率（Import Tariff Average Essence Tax Rate；TARIFF；%）

關稅是指國家授權海關對出入關境的貨物和物品徵收的一種稅，係屬於國家最高行政單位指定稅率的高級稅種。對於對外貿易發達的國家而言，關稅往往是國家稅收乃至國家財政的主要收入。依照收稅的方式，一般分為三種：進口關稅、出口關稅、特別關稅。進口關稅是指對進口貨物和物品徵收的稅，而進口關稅平均稅率則是進口關稅除以進口貨物 CIF 總值，本研究係選取進口關稅平均實質稅率之數據，其資料來源取自財政部關政司。

(f) 國內實質放款利率（Essence Lending Rate；RATE；%）

指名目利率扣除預期通貨膨脹率所得之數，一般以 GNP 平減指數變動率來代表預期通貨膨脹率，其資料來源取自行政院主計總處總體統計資料庫。

(g) 貿易條件（Terms of Trade；TOT）

貿易條件是用來衡量在一定時期內一個國家出口相對於進口的盈利能力和貿易利益的指標，反映該國的對外貿易狀況，一般以貿易條件指數表示，在雙邊貿易中尤其重要。常用的貿易條件有 3 種不同的形式：價格貿易條件、收入貿易條件和要素貿易條件，它們從不同的角度衡量一國的貿易所得。其中價格貿易條件最有意義，也最容易根據現有數據進行計算。

價格貿易條件又稱為淨實物貿易條件，為一國出口與進口的交

換比價，其計算公式為：

$$\text{貿易條件指數}(N) = \text{出口價格指數}(P_x) / \text{進口價格指數}(P_m) \times 100$$

如果貿易條件指數大於 100，說明出口價格比進口價格相對上漲，出口同量商品能換回比原來更多的進口商品，該國的該年度貿易條件比基期有利，即得到改善；如果貿易條件指數小於 100，說明出口價格比進口價格相對下跌，出口同量商品能換回的進口商品比原來減少，該國的該年度貿易條件比基期不利，即惡化了，其資料來源取自行政院主計總處總體統計資料庫。

3. GDP 成長率與人均 GDP 預測結果

本小節之預測結果，可分為兩部分說明。第一部分為時間序列模式預測結果，第二部分為多元迴歸模式預測結果。

(1) 時間序列模式預測結果

實質 GDP 時間序列模式之設定，取決於變數是否為定態序列，因此必須先進行單根檢定，再根據檢定結果設定 ARIMA 模式。

a. 單根檢定

茲將實質 GDP 序列之單根檢定結果彙整如表 4.9。由表中可得知，實質 GDP 之原始序列具有單根特性，即為非定態序列，但經過一階差分後，始為定態序列。

表 4.9 實質 GDP 單根檢定結果（含截距與時間趨勢項）

變數項目	原始序列之t統計量	一階差分之t統計量
實質GDP（RGDP；百萬元）	-1.1169	-4.5572 ***

註：*（**）（***）表示在 10%（5%）（1%）顯著水準下顯著。

資料來源：本研究整理。

b. ARIMA 分析

經過單根檢定確認實質 GDP 為定態序列後，再進行 ARIMA 分析。本研究嘗試多個不同的 ARIMA 分析組合後，選取配適度指標 AIC 及 SBC 最小的 ARIMA 模式，其結果如表 4.10。根據 Lewis（1982）MAPE 值預測能力等級劃分（如表 4.8），表 4.10 之實質 GDP ARIMA

模式具有高準確預測能力。

表 4.10 實質 GDP (RGDP) ARIMA 分析結果 (應變數：D (RGDP))

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	-0.0307	-2.4463	0.0184
D (RGDP (-1)) (一階差分取落後期數一期)	0.7506	5.1351	0.0000
D (RGDP (-2)) (一階差分取落後期數二期)	0.1877	1.1024	0.2762
D (RGDP (-4)) (一階差分取落後期數四期)	-0.2133	-1.9348	0.0593
@TREND (時間趨勢項)	0.0032	3.2293	0.0023
MA (1) (一階移動平均)	-0.9804	-39.1600	0.0000

估計方程式：

$$D(RGDP) = -0.0307 + 0.7506 \times D(RGDP(-1)) + 0.1877 \times D(RGDP(-2)) - 0.2133 \times D(RGDP(-4)) + 0.0032 \times @TREND + [MA(1) = -0.9804]$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.6907
	AIC	-1.4880
	SBC	-1.2607
預測力指標	MAPE	4.4658%
	Theil's	0.0282

註：D (RGDP) 表示實質 GDP 序列取一階差分；MA (q) (q 階移動平均)：

表示每個觀測值是由過去 q 期之隨機誤差項的加權平均產生而成。

資料來源：本研究整理。

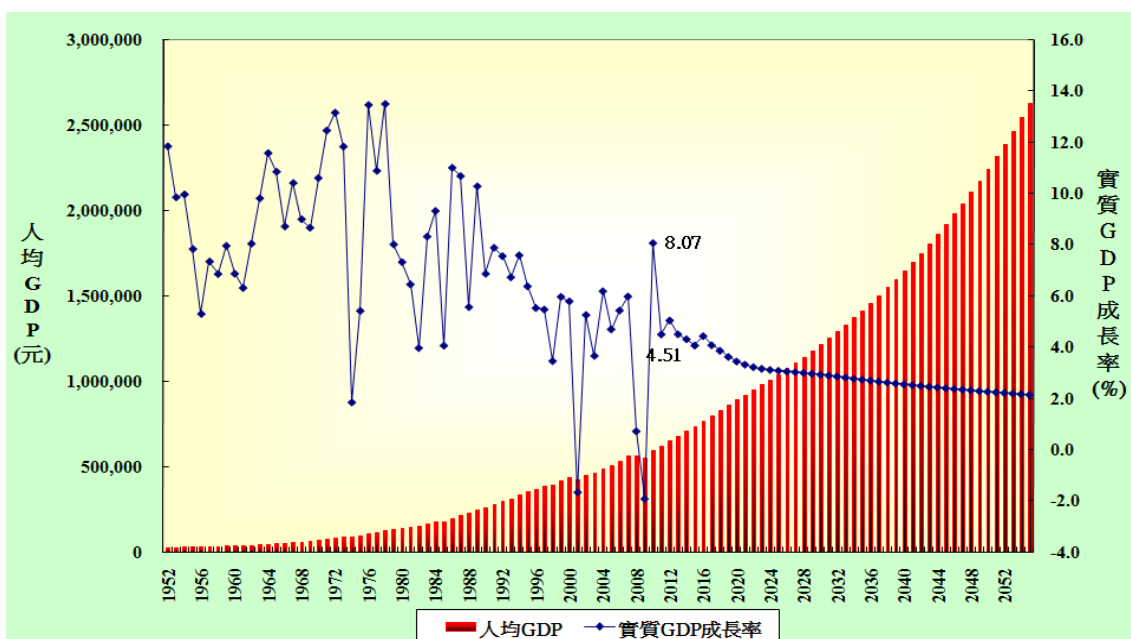
c. 預測結果

本研究根據表 4.9 中之時間序列模式，進行實質 GDP 預測，並根據實質 GDP 預測值推估實質 GDP 成長率與人均 GDP。茲將實質 GDP 預測值、實質 GDP 成長率與人均 GDP 之推估結果彙整如表 4.11，實質 GDP 成長率與人均 GDP 之未來趨勢變動如圖 4.20。

表 4.11 時間序列模式預測結果

年度	GDP (百萬元)	GDP 成長率 (%)	人均 GDP (元)
2009	12,821,384	-1.91	555,558
2010	13,855,528	8.07	598,123
2011	14,479,742	4.51	623,804
2012	15,210,907	5.05	654,064
2013	15,897,158	4.51	682,457
2014	16,583,396	4.32	710,940
2015	17,259,228	4.08	739,027
2016	18,025,156	4.44	770,998
2017	18,761,251	4.08	801,797
2018	19,487,004	3.87	832,209
2019	20,194,192	3.63	861,968
2020	20,890,859	3.45	891,362
2021	21,585,748	3.33	920,776
2022	22,282,774	3.23	950,387
2023	22,988,273	3.17	980,561
2024	23,706,018	3.12	1,011,435
2025	24,438,167	3.09	1,043,162
2026	25,186,211	3.06	1,075,736
2027	25,950,326	3.03	1,109,273
2028	26,730,117	3.00	1,143,828
2029	27,524,861	2.97	1,179,401
2030	28,333,623	2.94	1,215,983
2031	29,155,529	2.90	1,253,678
2032	29,989,831	2.86	1,292,442
2033	30,835,957	2.82	1,332,295
2034	31,693,537	2.78	1,373,323
2035	32,562,374	2.74	1,415,571
2036	33,442,408	2.70	1,459,157
2037	34,333,680	2.67	1,504,082
2038	35,236,288	2.63	1,550,415
2039	36,150,356	2.59	1,598,159
2040	37,076,006	2.56	1,647,383
2041	38,013,348	2.53	1,698,313
2042	38,962,464	2.50	1,750,965
2043	39,923,410	2.47	1,805,427
2044	40,896,216	2.44	1,861,711
2045	41,880,895	2.41	1,919,997
2046	42,877,443	2.38	1,980,391
2047	43,885,847	2.35	2,042,913
2048	44,906,091	2.32	2,107,673
2049	45,938,156	2.30	2,174,793
2050	46,982,029	2.27	2,244,186
2051	48,037,697	2.25	2,316,074
2052	49,105,150	2.22	2,390,476
2053	50,184,386	2.20	2,467,276
2054	51,275,401	2.17	2,546,707
2055	52,378,195	2.15	2,628,900

資料來源：本研究整理。



說明：實質 GDP 成長率與人均 GDP 係採用 2006 年為基期之資料；1952 年至 2009 年為實際值資料，2010 年至 2055 年為預測值資料。

資料來源：本研究整理。

圖 4.20 經濟成長未來趨勢（時間序列模式）

(2) 多元迴歸模式預測結果

如同時間序列模式，實質 GDP 成長率多元迴歸模式之設定，取決於所有變數是否皆為定態序列，因此必須先進行單根檢定，再根據檢定結果設定多元迴歸模式。

a. 單根檢定

茲將預測實質 GDP 成長率之所有變數成長率（包括實質 GDP 成長率與其解釋變數成長率）序列之單根檢定結果彙整如表 4.12。由表 4.12 中可得知，實質 GDP 成長率與其解釋變數成長率之原始序列皆為定態序列，即可進行多元迴歸分析。

表 4.12 實質 GDP 與其解釋變數成長率單根檢定結果
(含截距與時間趨勢項)

變數項目	原始序列之t統計量
實質GDP成長率 (RGDP)	-5.4424***
總要素生產力成長率 (TFP)	-4.5117***
就業人數成長率 (EP)	-3.9396**
實質固定資本形成成長率 (GFCF)	-3.8027**
進口關稅平均實質稅率 (TARIFF)	-3.8917**
國內實質放款利率 (RATE)	-3.6025**
貿易條件 (TOT)	-4.3094**

註：* (**) (***) 表示在 10% (5%) (1%) 顯著水準下顯著。

資料來源：本研究整理。

b. 多元迴歸分析

經過單根檢定確認實質 GDP 成長率與其解釋變數成長率均為定態序列後，再進行多元迴歸分析，其結果如表 4.13。迴歸估計結果顯示，總要素生產力成長對實質 GDP 成長有極為顯著的正向影響；就業人數成長與貿易條件對實質 GDP 成長在 5% 的顯著水準下呈正向影響；實質固定資本形成之成長與進口關稅平均實質稅率對實質 GDP 成長則在 10% 的顯著水準下呈正向影響；至於實質放款利率對實質 GDP 成長在 10% 的顯著水準下呈現負向關係。

根據 Lewis (1982) MAPE 值預測能力等級劃分 (如表 4.8)，表 4.13 之實質 GDP 多元迴歸模式具有高準確預測能力。

表 4.13 實質 GDP (RGDP) 多元迴歸分析結果 (應變數：RGDP)

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	-2.8816	-0.4366	0.6708
TFP (總要素生產力成長率)	1.3655	3.4004	0.0059
EP (就業人數成長率)	0.6689	2.5070	0.0291
GFCF (實質固定資本形成成長率)	0.0768	2.1909	0.0509
TARIFF (進口關稅平均實質稅率)	0.9511	2.1399	0.0545
RATE (國內實質放款利率)	-0.0347	-1.8638	0.0740
TOT (貿易條件)	0.0226	2.2048	0.0431
@LOG (@TREND) (時間趨勢項取自然對數)	1.9062	1.0575	0.3129
AR (1) (一階自我迴歸)	-0.7496	-3.1347	0.0128
AR (2) (二階自我迴歸)	-0.4713	-1.6250	0.0855
AR (3) (三階自我迴歸)	0.1153	0.3782	0.7125
MA (1) (一階移動平均)	1.0753	2.8325	0.0163
MA (3) (三階移動平均)	-0.0774	-0.1894	0.8532

估計方程式：

$$\begin{aligned}
 \text{RGDP} = & -2.8816 + 1.3655 \times \text{TFP} + 0.6689 \times \text{EP} + 0.0768 \times \text{GFCF} + \\
 & 0.9511 \times \text{TARIFF} - 0.0347 \times \text{RATE} + 0.0226 \times \text{TOT} + 1.9062 \times @LOG (@TREND) \\
 & + [AR (1) = -0.7496, AR (2) = -0.4713, AR (3) = 0.1153, MA (1) \\
 & = 1.0753, MA (3) = -0.0774]
 \end{aligned}$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.9368
	AIC	-2.7071
	SBC	-3.3452
預測力指標	MAPE	6.5374%

註：AR (p) (p 階自我迴歸)：表示當期的觀測值是由過去 p 期的觀測值加權平均再加上當期的隨機誤差項產生而成。

MA (q) (q 階移動平均)：表示每個觀測值是由過去 q 期之隨機誤差項的加權平均產生而成。

資料來源：本研究整理。

c. 預測結果

本研究根據表 4.13 中之多元迴歸模式，進行實質 GDP 成長率預測，並根據實質 GDP 成長率預測值推估實質 GDP 與人均 GDP 數值。

茲將實質 GDP 預測值、實質 GDP 成長率與人均 GDP 之推估結果彙整如表 4.14，實質 GDP 成長率與人均 GDP 之未來趨勢變動如圖 4.21。

表 4.14 多元迴歸模式預測結果

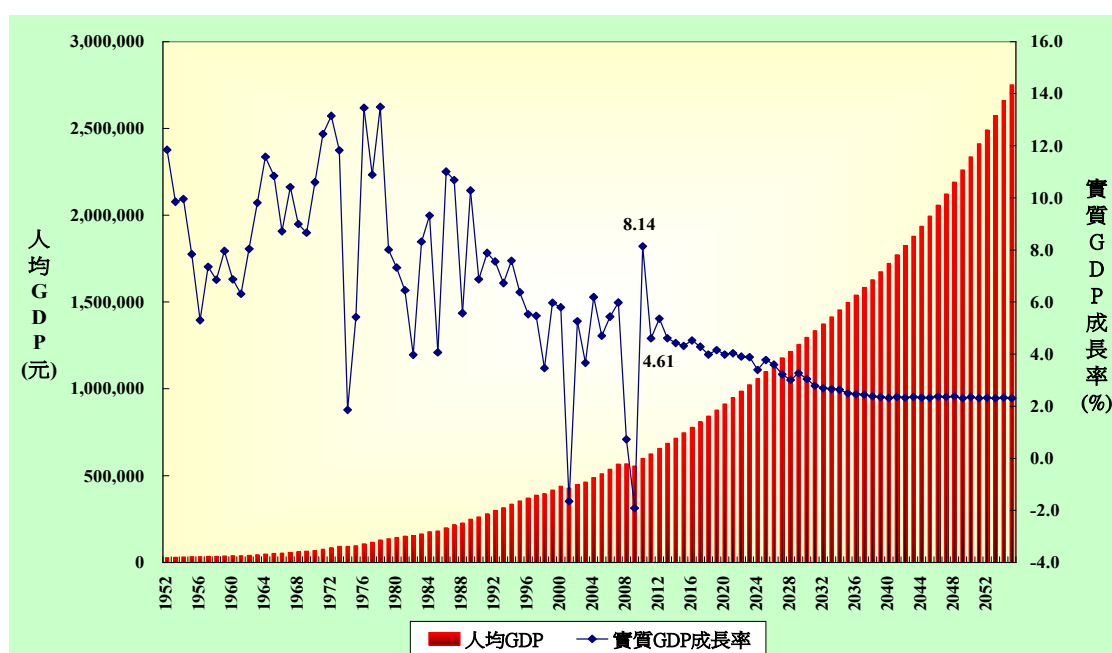
年度	GDP (百萬元)	GDP 成長率(%)	人均 GDP (元)
2009	12,821,384	-1.91	555,558
2010	13,865,422	8.14	598,550
2011	14,504,701	4.61	624,879
2012	15,283,032	5.37	657,165
2013	15,988,733	4.62	686,388
2014	16,695,913	4.42	715,764
2015	17,416,356	4.32	745,755
2016	18,204,251	4.52	778,658
2017	18,984,477	4.29	811,337
2018	19,740,850	3.98	843,050
2019	20,560,845	4.15	877,618
2020	21,380,096	3.98	912,237
2021	22,242,995	4.04	948,812
2022	23,111,614	3.91	985,738
2023	24,009,238	3.88	1,024,110
2024	24,825,282	3.40	1,059,189
2025	25,762,361	3.77	1,099,687
2026	26,690,499	3.60	1,139,986
2027	27,550,880	3.22	1,177,690
2028	28,378,962	3.01	1,214,385
2029	29,306,457	3.27	1,255,740
2030	30,200,338	3.05	1,296,096
2031	31,043,239	2.79	1,334,849
2032	31,880,259	2.70	1,373,912
2033	32,728,465	2.66	1,414,062
2034	33,590,864	2.64	1,455,536
2035	34,431,609	2.50	1,496,831
2036	35,278,862	2.46	1,539,285
2037	36,140,772	2.44	1,583,247
2038	37,003,199	2.39	1,628,160
2039	37,872,768	2.35	1,674,305
2040	38,751,307	2.32	1,721,821
2041	39,665,434	2.36	1,772,123
2042	40,588,418	2.33	1,824,035
2043	41,544,383	2.36	1,878,731
2044	42,513,179	2.33	1,935,320
2045	43,500,815	2.32	1,994,261

資料來源：本研究整理。

表 4.14 多元迴歸模式預測結果（續）

年度	GDP（百萬元）	GDP 成長率(%)	人均 GDP（元）
2046	44,536,218	2.38	2,057,005
2047	45,585,499	2.36	2,122,032
2048	46,672,506	2.38	2,190,580
2049	47,750,328	2.31	2,260,585
2050	48,877,112	2.36	2,334,708
2051	50,007,997	2.31	2,411,070
2052	51,170,456	2.32	2,491,016
2053	52,352,477	2.31	2,573,868
2054	53,571,532	2.33	2,660,750
2055	54,808,605	2.31	2,750,884

資料來源：本研究整理。



說明：實質 GDP 成長率與人均 GDP 係採用 2006 年為基期之資料；1952 年至 2009 年為實際值資料，2010 年至 2055 年為預測值資料。

資料來源：本研究整理。

圖 4.21 經濟成長未來趨勢（多元迴歸模式）

(3) 與 CGE 模型預測結果之比較

最常被用以預測經濟成長的方法，除了時間序列模式與多元迴歸模式兩種類型外，近年來多以 CGE 模型與此兩種計量模式相互輔助驗證的方式，以求預測結果的合理性。因為時間序列模式與多元迴歸模式係屬基於歷史資料，運用統計方法呈現資料特性的預測模型，常受限於資料特性而在長期預測時出現不符常理的結果，同時亦無法考慮未來政策執行所帶來的影響；而 CGE 模型除了可依循過往趨勢，推估未來經濟發展形成基線外，亦可針對政策考量，設計不同情境，模擬在不同情境下的經濟走向。因此，同時運用不同模型進行推估與預測，除了相互參考佐證外，更可反映政策影響與評估之重要性。

表 4.15 與圖 4.22 為利用 CGE 模型與經濟計量模型之時間序列及多元迴歸分析所推估的實質 GDP 成長率之趨勢，其中 CGE 模型的預測結果，係引用清華大學黃宗煌教授研究團隊所建構 TAIGEM III 模型的預測結果。

表 4.15 實質 GDP 成長率預測結果

單位：%

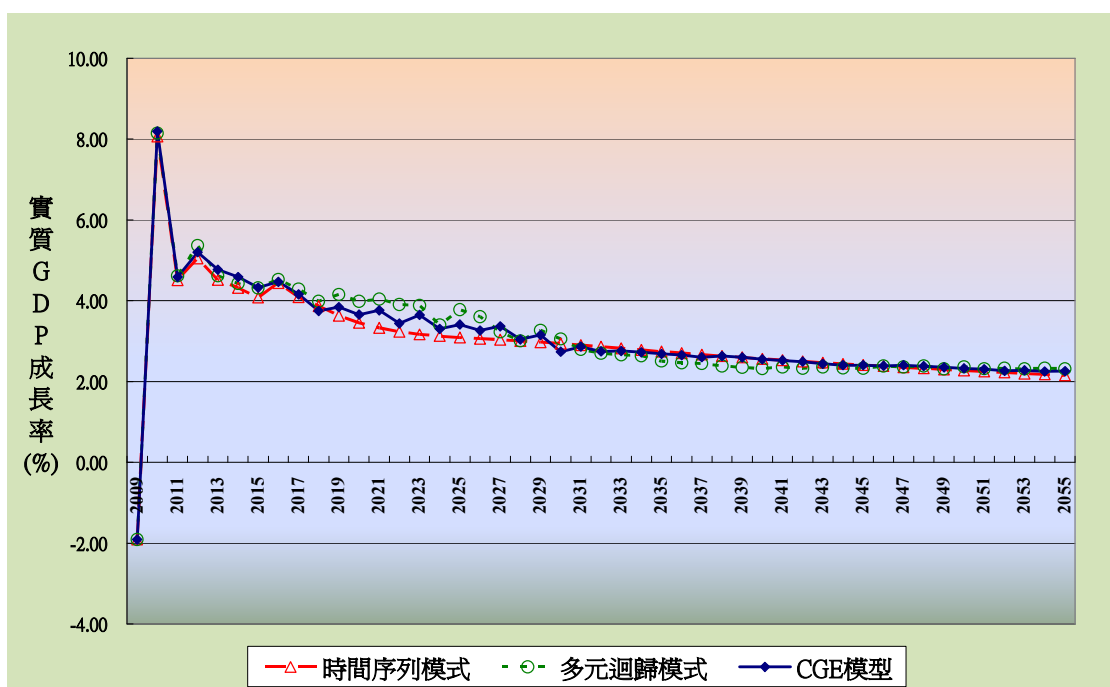
年度	時間序列模式		多元迴歸模式		CGE 模型	
	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值
2007	5.98	5.89	5.98	—	5.98	—
2008	0.73	0.71	0.73	—	0.73	—
2009	-1.91	-1.73	-1.91	-1.79	-1.91	—
2010	—	8.07	—	8.14	—	8.19
2011	—	4.51	—	4.61	—	4.58
2012	—	5.05	—	5.37	—	5.20
2013	—	4.51	—	4.62	—	4.77
2014	—	4.32	—	4.42	—	4.58
2015	—	4.08	—	4.32	—	4.32
2016	—	4.44	—	4.82	—	4.47
2017	—	4.08	—	4.79	—	4.16
2018	—	3.87	—	3.98	—	3.75
2019	—	3.63	—	4.15	—	3.84
2020	—	3.45	—	4.08	—	3.65
2021	—	3.33	—	4.14	—	3.76
2022	—	3.23	—	3.91	—	3.44
2023	—	3.17	—	3.88	—	3.65

表 4.15 實質 GDP 成長率預測結果(續)

單位：%

年度	時間序列模式		多元迴歸模式		CGE 模型	
	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值
2024	—	3.12	—	3.40	—	3.31
2025	—	3.09	—	3.77	—	3.41
2026	—	3.06	—	3.60	—	3.26
2027	—	3.03	—	3.22	—	3.36
2028	—	3.00	—	3.01	—	3.04
2029	—	2.97	—	3.27	—	3.15
2030	—	2.94	—	3.05	—	2.73
2031	—	2.90	—	2.79	—	2.86
2032	—	2.86	—	2.70	—	2.74
2033	—	2.82	—	2.66	—	2.75
2034	—	2.78	—	2.64	—	2.73
2035	—	2.74	—	2.50	—	2.68
2036	—	2.70	—	2.46	—	2.65
2037	—	2.67	—	2.44	—	2.60
2038	—	2.63	—	2.39	—	2.63
2039	—	2.59	—	2.35	—	2.59
2040	—	2.56	—	2.32	—	2.55
2041	—	2.53	—	2.36	—	2.52
2042	—	2.50	—	2.33	—	2.49
2043	—	2.47	—	2.36	—	2.44
2044	—	2.44	—	2.33	—	2.40
2045	—	2.41	—	2.32	—	2.40
2046	—	2.38	—	2.38	—	2.38
2047	—	2.35	—	2.36	—	2.40
2048	—	2.32	—	2.38	—	2.38
2049	—	2.30	—	2.31	—	2.35
2050	—	2.27	—	2.36	—	2.33
2051	—	2.25	—	2.31	—	2.30
2052	—	2.22	—	2.32	—	2.26
2053	—	2.20	—	2.31	—	2.27
2054	—	2.17	—	2.33	—	2.25
2055	—	2.15	—	2.31	—	2.26

資料來源：本研究整理。



說明：實質 GDP 成長率預測係採用 2006 年為基期之資料；2009 年為實際值資料，2010 年至 2055 年為預測值資料。

資料來源：本研究整理。

圖 4.22 實質 GDP 成長率未來趨勢

根據過去的歷史趨勢而言，實質 GDP 成長率呈現緩慢且逐漸收斂的現象，如圖 4.17 所示。由 1970 年代 8% 至 12% 的成長幅度，縮減至 1990 年代 5% 至 8% 的成長幅度，再縮減至 2000 年代以後的 4% 至 6%。

表 4.15 顯示 2009 年由於全球金融海嘯的影響，致使實質 GDP 呈現負成長，其成長率為 -1.91%；2010 年全球景氣復甦，使得實質 GDP 成長率反彈力道增強，由時間序列模式、多元迴歸模式與 CGE 模型預測的結果顯示，其成長率分別為 8.07%、8.14% 與 8.19%。圖 4.22 顯示長期而言，實質 GDP 成長率之發展趨勢，根據三種模型的預測結果，將趨於一致。此外，表 4.16 顯示實質 GDP 平均成長率的預測結果，即我國經濟成長的空間已逐漸縮小，2051 年至 2055 年實質 GDP 平均成長率，時間序列模式、多元迴歸模式與 CGE 模型預測的結果分別為 2.20%、2.32% 與 2.27%。在此，本研究亦將行政院主計總處、中央研究院經濟研究所、中華經濟研究院、臺灣經濟研究院、台灣綜合研究院、寶華綜合經濟研究院及本研究所預測之近 2 年 GDP 成長率彙整如表 4.17，以供參考。

表 4.16 實質 GDP 平均成長率預測結果

單位：％

年度	成長率			平均成長率		
	時間序列 模式	多元迴歸 模式	CGE 模型	時間序列 模式	多元迴歸 模式	CGE 模型
2010	8.07	8.14	8.19	-	-	-
2011	4.51	4.61	4.58	-	-	-
2011~2020	-	-	-	4.19	4.52	4.33
2021~2030	-	-	-	3.09	3.52	3.31
2031~2040	-	-	-	2.73	2.52	2.68
2041~2050	-	-	-	2.40	2.35	2.41
2051~2055	-	-	-	2.20	2.32	2.27

資料來源：本研究整理。

表 4.17 國內各研究機構實質 GDP 成長率預測結果

單位：％

研究 機構	行政院 主計總 處	中央研究 院經濟研 究所	中華經 濟研究 院	臺灣經 濟研究 院	台灣綜 合研究 院	寶華綜合 經濟研究 院	時間序 列模式	多元迴 歸模式	CGE 模型
發布 日期 年度	2010年 8月19日	2010年 7月19日	2010年 10月15 日	2010年 11月9 日	2010年 6月14 日	2010年 9月20日			
2010 年	8.24	6.89	8.15	8.91	5.88	8.52	8.07	8.14	8.19
2011 年	4.64		4.59	4.12		4.53	4.51	4.61	4.58

資料來源：本研究整理。

4.5.4 產業結構預測

所謂「產業結構」是指各產業的構成及各產業之間的聯繫和比例關係。在經濟發展過程中，由於分工愈來愈細，因而產生了愈來愈多的生產部門。這些不同的生產部門，受到各種因素的影響和制約，會在增長速度、就業人數、經濟總量中的比重及對經濟增長的推動作用等方面表現出很大的差異。因此，在一個經濟實體當中（一般以國家和地區為單位），每一個具體的經濟發展階段與發展時程上，組成國民經濟的產業部門是大不一樣的，因為各產業部門的構成及相互之間的聯繫、比例關係不盡相同，對經濟增長的貢獻

大小也不同。因此，把產業的構成、各產業之間的相互關係在內的結構特徵稱之為產業結構。茲將產業結構變化之歷史趨勢、產業結構預測方法與結果說明如下。

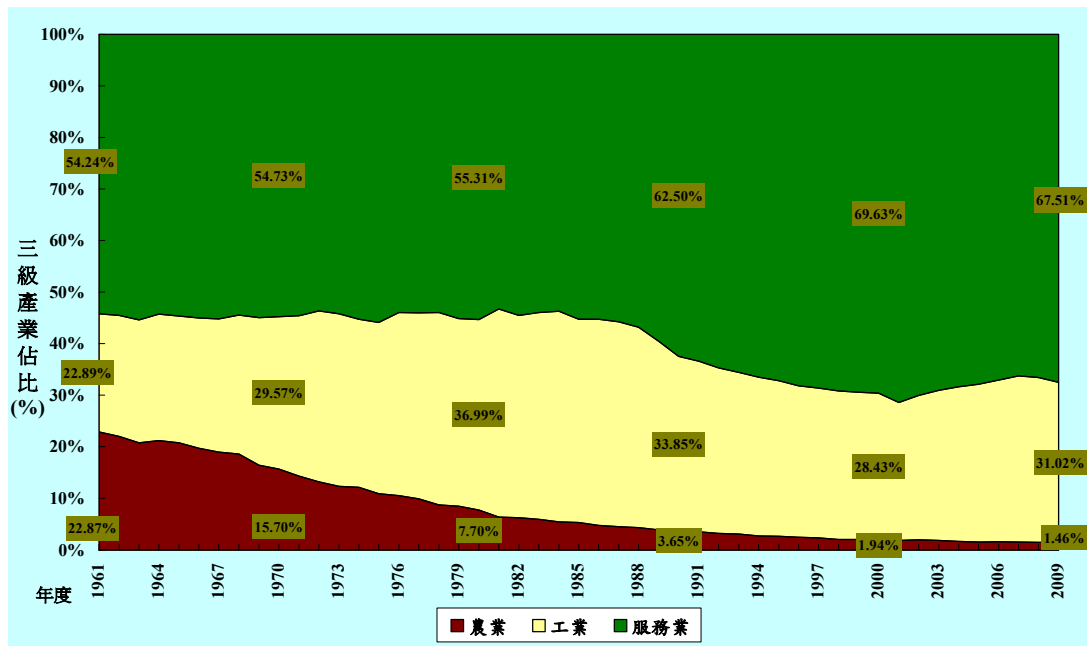
1. 產業結構變化之歷史趨勢

(1) 三級產業的劃分

我國對三級產業的劃分係依據三次產業分類法，即根據社會生產活動歷史發展的順序對產業結構的劃分。若產品直接取自自然界的部門則稱為第一產業，如農業，包括農耕業、畜牧業、林業、漁業等；若對初級產品進行再加工的部門則稱為第二產業，如工業，包括礦業及土石採取業、製造業、電力及燃氣供應業、用水供應及污染整治業、營造業等；若為生產和消費提供各種服務的部門則稱為第三產業，如服務業，包括批發及零售業、運輸及倉儲業、住宿及餐飲業、資訊及通訊傳播業、金融及保險業、不動產業、教育服務業、醫療保健及社會工作服務業、藝術、娛樂及休閒服務業等。這種分類方法已成為世界上較為通用的產業結構分類方法。

(2) 三級產業結構變化之歷史趨勢

傳統的經濟發展歷程中，一國的經濟發展起點開始以農業為主，但隨著工業化程度的加深，工業部門的比重會逐漸增加，因而產生對服務業的引申需求，使得服務業部門的比重亦不斷上升，且經濟發展至某一水準，製造業的成長必定會下降，最終會使服務業成為經濟發展的主力。三級產業結構如圖 4.23 所示，自 1981 年至今逐漸傾向服務業，但此趨勢在 1988 至 2000 年較為明顯，2001 年之後在政策引導及高科技產業蓬勃發展下，產生轉向工業的情況，至 2009 年為止，農、工、服務業佔實質 GDP 比例分別為 1.46%、31.02%、67.51%。



說明：三級產業結構資料採用以 2006 年為基期之產業國內生產毛額計算而得。
 資料來源：行政院主計總處，中華民國統計資訊網，歷年各季國內生產毛額依
 行 業 分
 (<http://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=14616&CtNode=3564&mp=4>)；本
 研究整理。

圖 4.23 農、工、服務業產業結構歷史趨勢

2. 產業結構變化之預測方法

在推估未來產業結構的變化時，本研究以經濟計量方法，根據產業結構的歷史資料，其資料長度係從 1961 年至 2009 年，並採用時間序列模式進行產業結構趨勢變化之預測。首先，本研究考慮農業、工業與服務業佔實質 GDP 比例和等於 1，即式 (4.25)，

$$Agri + Ind + Ser = 1 \quad (4.25)$$

其中 $Agri$ 、 Ind 與 Ser 分別為農業、工業與服務業佔實質 GDP 之比例。

接著在農業、工業及服務業佔實質 GDP 比例和等於 1 的條件下，對於未來產業結構趨勢變化之預測，本研究以 ARIMA 分析預測工業與服務業佔實質 GDP 之比例，並預測至 2055 年，再由式 (4.25) 即可推估得到農業佔實質 GDP 比例。如同實質 GDP 預測方法所述，茲將 1961 年至 2005 年資料視為樣本內資料，2006 年至 2009 年視為樣本外資料。

3. 產業結構變化之預測結果

(1) 單根檢定

茲將工業與服務業佔 GDP 比例序列之單根檢定結果彙整如表 4.18。由表 4.18 中可得知農業佔 GDP 比例與工業佔 GDP 比例之原始序列均沒有單根特性，即均為定態序列。

表 4.18 工業與服務業佔 GDP 比例單根檢定結果（含截距與時間趨勢項）

變數項目	原始序列之t統計量
工業佔GDP比例（Ind；％）	-2.9486**
服務業佔GDP比例（Ser；％）	-5.1265***

註：*（**）（***）表示在 10%（5%）（1%）顯著水準下顯著。

資料來源：本研究整理。

(2) ARIMA 分析

經過單根檢定確認工業與服務業佔 GDP 比例均為定態序列後，再進行 ARIMA 分析。關於工業與服務業佔 GDP 比例預測模式，本研究嘗試多個不同的 ARIMA 分析組合後，選取配適度指標 AIC 及 SBC 最小的時間序列模式，其結果如表 4.19 與表 4.20。

(3) 時間序列模式預測結果

茲將三級產業結構佔 GDP 比例預測結果彙整如表 4.21 與圖 4.24。由圖 4.24 顯示，臺灣近幾年來產業結構發展趨勢，農業部門的比重不斷降低，至 2009 年其生產毛額佔實質 GDP 的比重只剩下 1.46%，本研究預測至 2055 年其生產毛額佔實質 GDP 的比重更只剩下 0.65%；工業部門的比重在 1986 年達到 39.97%的高點後即逐漸下降，至 2009 年其生產毛額佔實質 GDP 的比重已降至 31.02%，本研究預測至 2055 年其生產毛額佔實質 GDP 的比重更降至 21.24%；至於服務業的比重則不斷攀升，至 2009 年其生產毛額佔實質 GDP 的比重已高達 67.51%，本研究預測至 2055 年其生產毛額佔實質 GDP 的比重更上升至 78.11%，顯示我國產業結構的發展最終仍舊以服務業為主力。

表 4.19 工業（IND）佔 GDP 比例時間序列模式（應變數：IND）

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	0.0032	2.3929	0.0224
IND(-1)(工業佔 GDP 比例取落後期數一期)	1.0911	6.3976	0.0000
IND(-2)(工業佔 GDP 比例取落後期數二期)	0.0056	2.9312	0.0055
IND(-4)(工業佔 GDP 比例取落後期數四期)	-0.1674	-2.1652	0.0520
IND(-5)(工業佔 GDP 比例取落後期數五期)	-0.0114	-0.0620	0.9509
@TREND(時間趨勢項)	-0.0002	-7608	0.4520

估計方程式：

IND=

$0.0032 + 1.0911 \times \text{IND}(-1) + 0.0056 \times \text{IND}(-2) - 0.1674 \times \text{IND}(-4) - 0.0114 \times \text{IND}(-5) - 0.0002 \times \text{@TREND}$

配適度指標	\bar{R}^2	0.9423
	AIC	-6.0312
	SBC	-5.7779
預測力指標	MAPE	1.6477%
	Theil's	0.0093

資料來源：本研究整理。

表 4.20 服務業（SER）佔 GDP 比例時間序列模式（應變數：SER）

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	0.0210	1.2787	0.2092
SER(-1)(服務業佔 GDP 比例取落後期數一期)	1.1343	6.9503	0.0000
SER(-2)(服務業佔 GDP 比例取落後期數二期)	-0.0398	-2.2025	0.0482
SER(-4)(服務業佔 GDP 比例取落後期數四期)	-0.1503	-1.3546	0.1840
@TREND（時間趨勢項）	0.0046	1.2358	0.2246

估計方程式：

$$SER = 0.0210 + 1.1343 \times SER(-1) - 0.0398 \times SER(-2) - 0.1503 \times SER(-4) + 0.0046 \times @TREND$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.9761
	AIC	-6.2466
	SBC	-6.0376
預測力指標	MAPE	0.9625%
	Theil's	0.0056

資料來源：本研究整理。

表 4.21 三級產業結構預測結果

單位：%

年度	時間序列模式			CGE 模型		
	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業
2009	1.46	31.02	67.51	1.46	31.02	67.51
2010	1.45	30.82	67.74	1.45	31.70	66.85
2011	1.41	30.42	68.18	1.43	30.74	67.83
2012	1.40	30.08	68.52	1.42	29.96	68.62
2013	1.40	29.83	68.77	1.40	29.62	68.98
2014	1.38	29.71	68.91	1.39	29.73	68.88
2015	1.36	29.52	69.13	1.37	29.91	68.72
2016	1.33	29.35	69.32	1.35	30.26	68.39
2017	1.33	29.17	69.51	1.34	30.24	68.43
2018	1.32	28.93	69.75	1.32	30.03	68.66
2019	1.31	28.10	70.59	1.30	29.92	68.78
2020	1.30	27.89	70.81	1.28	30.01	68.71
2021	1.29	27.69	71.03	1.29	29.96	68.75
2022	1.28	27.50	71.22	1.24	29.76	69.00
2023	1.26	27.31	71.43	1.22	29.44	69.34

表 4.21 三級產業結構預測結果(續 1)

單位：%

年度	時間序列模式			CGE 模型		
	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業
2024	1.23	27.12	71.64	1.23	29.47	69.31
2025	1.22	26.94	71.84	1.21	29.22	69.58
2026	1.19	26.76	72.05	1.17	29.33	69.50
2027	1.16	26.58	72.26	1.15	28.45	70.40
2028	1.14	26.40	72.46	1.13	28.17	70.71
2029	1.12	26.22	72.66	1.11	27.93	70.97
2030	1.08	26.03	72.88	1.09	27.64	71.27
2031	1.04	25.85	73.11	1.07	27.32	71.61
2032	1.02	25.66	73.31	1.05	27.01	71.94
2033	0.98	25.48	73.54	0.94	27.04	72.02
2034	0.95	25.29	73.76	1.02	26.70	72.29
2035	0.91	25.10	73.99	1.00	26.00	73.00
2036	0.88	24.91	74.21	0.98	25.79	73.23
2037	0.85	24.72	74.43	0.96	25.55	73.49
2038	0.82	24.53	74.65	0.94	25.29	73.77
2039	0.80	24.33	74.87	0.94	25.25	73.81
2040	0.77	24.14	75.08	0.90	24.31	74.79
2041	0.75	23.95	75.30	0.90	24.30	74.81
2042	0.74	23.76	75.50	0.82	24.26	74.92
2043	0.72	23.56	75.71	0.87	24.09	75.04
2044	0.71	23.37	75.92	0.85	23.87	75.28
2045	0.68	23.18	76.14	0.84	23.66	75.50
2046	0.65	22.98	76.37	0.25	24.36	75.39
2047	0.63	22.79	76.58	0.81	23.51	75.67
2048	0.62	22.59	76.78	0.81	23.05	76.14
2049	0.61	22.40	76.99	0.78	22.80	76.42
2050	0.80	22.21	76.99	0.77	22.63	76.60
2051	0.78	22.01	77.21	0.76	22.46	76.78
2052	0.74	21.82	77.44	0.74	22.32	76.94
2053	0.70	21.63	77.67	0.73	22.16	77.11
2054	0.70	21.43	77.87	0.72	22.02	77.26
2055	0.65	21.24	78.11	0.71	21.98	77.31

資料來源：本研究整理。

表 4.21 三級產業結構預測結果(續 2)

單位：%

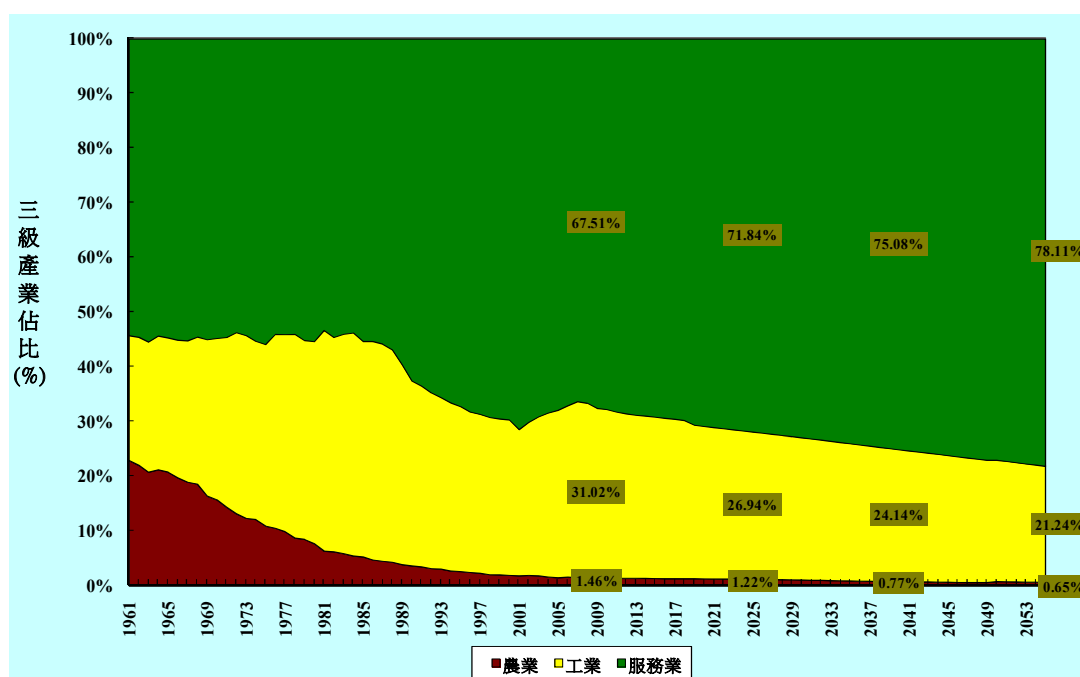
年度	時間序列模式						CGE 模型					
	農業		工業		服務業		農業		工業		服務業	
	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值
2006	1.61	1.57	31.33	30.95	67.06	67.48	1.61	—	31.33	—	67.06	—
2007	1.49	1.48	32.23	31.19	66.29	67.33	1.49	—	32.23	—	66.29	—
2008	1.48	1.43	31.94	31.28	66.58	67.29	1.48	—	31.94	—	66.58	—
2009	1.46	1.43	31.02	31.24	67.51	67.33	1.46	—	31.02	—	67.51	—
2010	—	1.45	—	30.82	—	67.74	—	1.45	—	31.70	—	66.85
2011	—	1.41	—	30.42	—	68.18	—	1.43	—	30.74	—	67.83
2012	—	1.40	—	30.08	—	68.52	—	1.42	—	29.96	—	68.62
2013	—	1.40	—	29.83	—	68.77	—	1.40	—	29.62	—	68.98
2014	—	1.38	—	29.71	—	68.91	—	1.39	—	29.73	—	68.88
2015	—	1.36	—	29.52	—	69.13	—	1.37	—	29.91	—	68.72
2016	—	1.33	—	29.35	—	69.32	—	1.35	—	30.26	—	68.39
2017	—	1.33	—	29.17	—	69.51	—	1.34	—	30.24	—	68.43
2018	—	1.32	—	28.93	—	69.75	—	1.32	—	30.03	—	68.66
2019	—	1.31	—	28.10	—	70.59	—	1.30	—	29.92	—	68.78
2020	—	1.30	—	27.89	—	70.81	—	1.28	—	30.01	—	68.71
2021	—	1.29	—	27.69	—	71.03	—	1.29	—	29.96	—	68.75
2022	—	1.28	—	27.50	—	71.22	—	1.24	—	29.76	—	69.00
2023	—	1.26	—	27.31	—	71.43	—	1.22	—	29.44	—	69.34
2024	—	1.23	—	27.12	—	71.64	—	1.23	—	29.47	—	69.31
2025	—	1.22	—	26.94	—	71.84	—	1.21	—	29.22	—	69.58
2026	—	1.19	—	26.76	—	72.05	—	1.17	—	29.33	—	69.50
2027	—	1.16	—	26.58	—	72.26	—	1.15	—	28.45	—	70.40
2028	—	1.14	—	26.40	—	72.46	—	1.13	—	28.17	—	70.71
2029	—	1.12	—	26.22	—	72.66	—	1.11	—	27.93	—	70.97
2030	—	1.08	—	26.03	—	72.88	—	1.09	—	27.64	—	71.27
2031	—	1.04	—	25.85	—	73.11	—	1.07	—	27.32	—	71.61
2032	—	1.02	—	25.66	—	73.31	—	1.05	—	27.01	—	71.94
2033	—	0.98	—	25.48	—	73.54	—	0.94	—	27.04	—	72.02
2034	—	0.95	—	25.29	—	73.76	—	1.02	—	26.70	—	72.29
2035	—	0.91	—	25.10	—	73.99	—	1.00	—	26.00	—	73.00
2036	—	0.88	—	24.91	—	74.21	—	0.98	—	25.79	—	73.23
2037	—	0.85	—	24.72	—	74.43	—	0.96	—	25.55	—	73.49
2038	—	0.82	—	24.53	—	74.65	—	0.94	—	25.29	—	73.77
2039	—	0.80	—	24.33	—	74.87	—	0.94	—	25.25	—	73.81
2040	—	0.77	—	24.14	—	75.08	—	0.90	—	24.31	—	74.79
2041	—	0.75	—	23.95	—	75.30	—	0.90	—	24.30	—	74.81
2042	—	0.74	—	23.76	—	75.50	—	0.82	—	24.26	—	74.92
2043	—	0.72	—	23.56	—	75.71	—	0.87	—	24.09	—	75.04

表 4.21 三級產業結構預測結果(續 3)

單位：%

年度	時間序列模式						CGE 模型					
	農業		工業		服務業		農業		工業		服務業	
	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值	實際值	預測值
2044	—	0.71	—	23.37	—	75.92	—	0.85	—	23.87	—	75.28
2045	—	0.68	—	23.18	—	76.14	—	0.84	—	23.66	—	75.50
2046	—	0.65	—	22.98	—	76.37	—	0.85	—	23.76	—	75.39
2047	—	0.63	—	22.79	—	76.58	—	0.81	—	23.51	—	75.67
2048	—	0.62	—	22.59	—	76.78	—	0.81	—	23.05	—	76.14
2049	—	0.61	—	22.40	—	76.99	—	0.78	—	22.80	—	76.42
2050	—	0.80	—	22.21	—	76.99	—	0.77	—	22.63	—	76.60
2051	—	0.78	—	22.01	—	77.21	—	0.76	—	22.46	—	76.78
2052	—	0.74	—	21.82	—	77.44	—	0.74	—	22.32	—	76.94
2053	—	0.70	—	21.63	—	77.67	—	0.73	—	22.16	—	77.11
2054	—	0.70	—	21.43	—	77.87	—	0.72	—	22.02	—	77.26
2055	—	0.65	—	21.24	—	78.11	—	0.71	—	21.98	—	77.31

資料來源：本研究整理。



說明：三級產業結構資料採用以 2006 年為基期之產業國內生產毛額計算而得，
1961 年至 2009 年為實際值資料，2010 年至 2055 年為預測值資料。

資料來源：本研究整理。

圖 4.24 三級產業結構變化未來趨勢（時間序列模式）

(4) 與 CGE 模型預測結果之比較

在推估未來產業結構變遷時，CGE 模型在一般均衡架構下，能夠考量產業互動與經濟發展，而經濟計量方法則直接根據歷史資料之發展趨勢，以時間序列模式進行預測產業發展，或在部分均衡架構下建立多元迴歸模式，再預測未來重要經濟變數與產業結構變遷。基於 CGE 模型能夠囊括並考慮整體經濟表現與個別產業之間的互動，而且可以根據情境設計的不同，產生在各類情境下之相關指標，無論在基線或政策評估時，皆能提供適當的經濟與產業發展訊息。因此，在計算未來各部門能源服務需求時，成為不可或缺的評估工具。

雖然 CGE 模型能夠提供必要的產業發展訊息，但基準情境的設定，常因為應納入政策項目而爭論不休，而情境的設定卻又直接影響推估結果。再者，由於 CGE 模型體系龐大，產業分類常受限於資料來源及模型重點而無法面面俱到，因此仍有必要同時運用計量方法加以佐證，惟有必要針對過去使用時間序列或經濟計量模式在長期預測時所產生的缺失加以修正。

關於 CGE 模型預測的結果，本研究引用 TAIGEM III 模型之預測結果，茲將 CGE 模型預測的結果彙整如表 4.22。表 4.22 顯示，臺灣未來產業結構長期發展的趨勢，時間序列模式與 CGE 模型預測的結果將趨於一致，其中 2051 年至 2055 年農、工、服務業佔實質 GDP 平均比例分別為 0.71%、21.63%、77.66%與 0.73%、22.19%、77.08%。

表 4.22 產業結構預測結果之比較

單位：%

年度	時間序列模式			CGE 模型		
	農業	工業	服務業	農業	工業	服務業
2010	1.45	30.82	67.74	1.45	31.70	66.85
2011~2020	1.35	29.30	69.35	1.36	30.04	68.60
2021~2030	1.20	26.86	71.95	1.18	28.94	69.88
2031~2040	0.90	25.00	74.10	0.98	26.03	72.99
2041~2050	0.69	23.08	76.23	0.77	23.65	75.58
2051~2055	0.71	21.63	77.66	0.73	22.19	77.08

資料來源：本研究整理。

4.5.5 公路各運具能源消耗量預測

本小節主要針對公路六類運具能源消耗量變化進行說明，並採用時間序列模型預測各類運具之未來能源消耗量，以預測未來 CO₂ 排放量。

1. 能源消耗量之歷史趨勢

公路各類運具主要區分為客貨運統計，客運包含小客車、大客車及機車；貨運包含小貨車、大貨車及特種車，因包含有汽柴油不同油品，故合計以油當量表示，如表 4.23 所示，圖 4.25 則是公路各類運具歷年能源消耗量變化趨勢。

表 4.23 中，公路各類運具自 1990 至 2008 年能源消耗量佔最大比例為小客車。2008 年小客車能源消耗量佔公路運輸比例為 48.50%；其次為大貨車所佔比例約 21.10%；再其次為機車所佔比例約 11.58%。

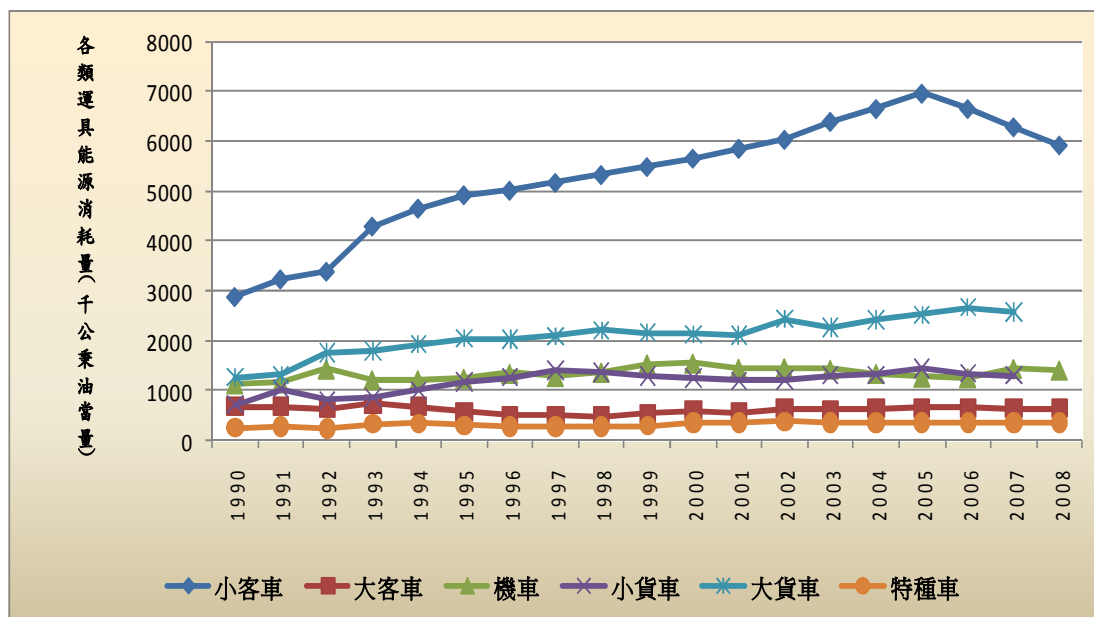
表 4.23 各類運具歷年能源消耗佔公路運輸比例

單位：千公秉油當量

年度	小客車		大客車		機車		小貨車		大貨車		特種車		合計
	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	
1990	2874	41.44%	676	9.75%	1137	16.39%	723	10.42%	1267	18.27%	258	3.72%	6936
1991	3228	43.65%	685	9.26%	1159	15.67%	726	9.82%	1321	17.86%	276	3.73%	7395
1992	3383	39.85%	641	7.55%	1435	16.90%	1030	12.13%	1758	20.71%	241	2.84%	8490
1993	4293	46.81%	727	7.93%	1218	13.28%	806	8.79%	1803	19.66%	327	3.57%	9172
1994	4652	48.04%	677	6.99%	1220	12.60%	867	8.95%	1923	19.86%	342	3.53%	9684
1995	4921	48.76%	573	5.68%	1252	12.40%	1004	9.95%	2043	20.24%	301	2.98%	10093
1996	5011	48.41%	503	4.86%	1351	13.05%	1179	11.39%	2032	19.63%	275	2.66%	10351
1997	5170	48.81%	498	4.70%	1282	12.10%	1265	11.94%	2099	19.81%	280	2.64%	10593
1998	5326	48.09%	479	4.32%	1371	12.38%	1407	12.70%	2219	20.03%	275	2.48%	11076
1999	5487	48.17%	543	4.77%	1539	13.51%	1367	12.00%	2165	19.01%	290	2.55%	11391
2000	5658	48.77%	602	5.19%	1551	13.37%	1294	11.15%	2136	18.41%	361	3.11%	11602
2001	5854	50.48%	562	4.85%	1452	12.52%	1258	10.85%	2114	18.23%	358	3.09%	11597
2002	6035	49.67%	645	5.31%	1461	12.02%	1198	9.86%	2429	19.99%	382	3.14%	12151
2003	6397	52.06%	619	5.04%	1431	11.65%	1218	9.91%	2262	18.41%	360	2.93%	12288
2004	6656	52.24%	645	5.06%	1349	10.59%	1308	10.27%	2422	19.01%	361	2.83%	12740
2005	6963	53.21%	657	5.02%	1273	9.73%	1313	10.03%	2524	19.29%	357	2.73%	13086
2006	6656	51.06%	652	5.00%	1261	9.67%	1446	11.09%	2665	20.44%	356	2.73%	13036
2007	6290	49.73%	646	5.11%	1447	11.44%	1338	10.58%	2573	20.34%	352	2.78%	12648
2008	5924	48.50%	640	5.24%	1414	11.58%	1308	10.71%	2577	21.10%	353	2.89%	12215

資料來源：交通部運輸研究所(2009d)^[4.5.1]。

圖 4.25 中，由各類運具歷年能源消耗變化趨勢各可看出，小客車變動波幅較大，2005 年達高峰之後開始下降。其餘運具變化趨勢變動不大。



資料來源：本研究整理。

圖 4.25 各類運具歷年能源消耗變化趨勢

2. 能源消耗量之預測方法

對於各類運具能源消耗量預測方法，本研究採用時間序列模型，以 ARIMA 分析方法分別對各類運具預測至 2025 年，並將 1990 年至 2002 年視為「樣本內」資料，2003 年至 2008 年視為「樣本外」資料。各類運具能源消耗量預測流程如同 GDP 成長率預測流程（如圖 4.18），即分別對各類運具之能耗量序列做單根檢定，確認各序列是否為定態。若各序列為定態，則進行 ARMA 分析；若各序列為非定態，則取一階差分，再次做單根檢定，確認取一階差分後之各序列為定態，始可進行 ARIMA 分析。

3. 能源消耗量之預測結果

(1) 單根檢定結果

各類運具能源消耗量時間序列模型之設定，取決於變數是否為定態是否為定態序列，因此必須先進行單根檢定，再根據檢測結果設定 ARIMA 模型。茲將各類運具能源消耗量序列之單根檢定結果彙整如表 4.24。

表 4.24 各類運具能源消耗量單根檢定結果
(含截距與時間趨勢項)

變數項目	原始序列之t統計量
小客車	-7.2228***
大客車	-4.4890***
機車	-6.4352***
小貨車	-5.0539***
大貨車	-4.3900***
特種車	-3.7586**
註：*（**）（***）表示在 10%（5%）（1%）顯著水準下顯著；各變數項目之單位皆為千公秉油當量。 資料來源：本研究整理。	

由表 4.24 中可得知各類運具能源消耗量序列均無單根特性，即均為定態序列。

(2) ARMA 分析結果

經過單根檢定確認各類運具（如小客車、大客車、機車、小貨車、大貨車及特種車）能耗量為定態序列後，再針對各類運具分別進行 ARMA 分析。本研究針對小客車、大客車、機車、小貨車、大貨車及特種車等公路運具，分別嘗試多個不同 ARMA 分析的組合，選取配適度指標 AIC 及 SBC 最小的 ARMA 模型，其結果分別如表 4.25 至表 4.30。根據 Lewis(1982) MAPE 值預測能力等級劃分，小客車、大客車、機車、小貨車、大貨車及特種車之 ARIMA 模型皆具有高準確的預測能力。

表 4.25 小客車 (X1) 能耗量 ARMA 分析結果

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	2659.612	8.516	0.0000
X1(-1) (小客車能耗量落後期數一期)	0.367	3.928	0.0044
@TREND (時間趨勢項)	99.802	4.539	0.0019
MA(2) (二階移動平均)	-0.995	0.025	0.0000

估計方程式：

$$X1 = 2659.612 + 0.367 \times X1(-1) + 99.802 \times @TREND - 0.995 \times MA(2)$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.9964
	AIC	11.0704
	SBC	11.2320
預測力指標	MAPE	6.7969%
	Theil's	0.0407

註：MA(2)表示 2 階移動平均模型，含有修正誤差的特性。

資料來源：本研究整理。

表 4.26 大客車 (X2) 能耗量 ARIMA 分析結果

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	144.821	0.728	0.4903
X2(-1) (大客車能耗量落後期數一期)	1.189	3.443	0.0108
X2(-2) (大客車能耗量落後期數二期)	-0.456	-1.182	0.2760
@TREND (時間趨勢項)	0.877	0.148	0.8862
MA(1) (一階移動平均)	-0.997	-3.627	0.0084

估計方程式：

$$X2 = 144.821 + 1.189 \times X2(-1) - 0.456 \times X2(-2) + 0.877 \times @TREND - 0.997 \times MA(1)$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.5126
	AIC	11.0912
	SBC	11.2932
預測力指標	MAPE	8.9531%
	Theil's	0.0476

註：MA(1)表示 1 階移動平均模型，含有修正誤差的特性。

資料來源：本研究整理。

表 4.27 機車 (X3) 能耗量 ARIMA 分析結果

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	1824.506	7.895	0.0000
X3(-1) (機車能耗量落後期數一期)	-0.508	-2.426	0.0382
@LOG (@TREND) (時間趨勢項取自然對數)	131.258	1.511	0.1650
MA(1) (一階移動平均)	0.968	18.390	0.0000
估計方程式：			
$X3 = 1824.506 - 0.508 \times X3(-1) + 131.258 \times @LOG (@TREND) - 0.968 \times MA(1)$			
配適度指標	\bar{R}^2	0.5940	
	AIC	11.8843	
	SBC	12.0581	
預測力指標	MAPE	7.8026%	
	Theil's	0.0442	

註：MA(1)表示 1 階移動平均模型，含有修正誤差的特性。

資料來源：本研究整理。

表 4.28 小貨車 (X4) 能耗量 ARIMA 分析結果

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	444.752	8.514	0.0010
X4(-1) (小貨車能耗量落後期數一期)	1.098	5.431	0.0056
X4(-2) (小貨車能耗量落後期數二期)	-0.397	-2.322	0.0810
X4(-3) (小貨車能耗量落後期數三期)	-0.207	-1.097	0.3341
@LOG (@TREND) (時間趨勢項取自然對數)	78.165	0.477	0.6583
MA(1) (一階移動平均)	-0.993	-30.374	0.0000
估計方程式：			
$X4 = 444.752 + 1.098 \times X4(-1) - 0.397 \times X4(-2) - 0.207 \times X4(-3) + 78.165 \times @LOG (@TREND) - 0.993 \times MA(1)$			
配適度指標	\bar{R}^2	0.9723	
	AIC	10.1834	
	SBC	10.3650	
預測力指標	MAPE	3.9776%	
	Theil's	0.0238	

註：MA(1)表示 1 階移動平均模型，含有修正誤差的特性。

資料來源：本研究整理。

表 4.29 大貨車 (X5) 能耗量 ARIMA 分析結果

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	2190.729	3.168	0.0194
X5(-1) (大貨車能耗量落後期數一期)	-0.184	-0.279	0.7896
X5(-2) (大貨車能耗量落後期數二期)	-0.431	-0.494	0.6392
@LOG (@TREND) (時間趨勢項取自然對數)	589.070	1.921	0.1032
MA(2) (二階移動平均)	-0.851	-6.952	0.0004

估計方程式：

$$X5 = 2190.729 - 0.184 \times X5(-1) - 0.431 \times X5(-2) + 589.070 \times @LOG (@TREND) - 0.851 \times MA(2)$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.8462
	AIC	11.7586
	SBC	11.9395
預測力指標	MAPE	7.9546%
	Theil's	0.04086

註：MA(2)表示 2 階移動平均模型，含有修正誤差的特性。

資料來源：本研究整理。

表 4.30 特種車 (X6) 能耗量 ARIMA 分析結果

迴歸係數表			
解釋變數	估計係數	t-統計量	P-值
常數項	120.045	1.072	0.3151
X6(-1) (特種車能耗量落後期數一期)	0.514	1.169	0.2760
@LOG (@TREND) (時間趨勢項取自然對數)	19.150	0.979	0.3563
MA(2) (二階移動平均)	-0.850	-4.950	0.0011

估計方程式：

$$X6 = 120.045 + 0.514 \times X6(-1) + 19.150 \times @LOG (@TREND) - 0.850 \times MA(2)$$

配適度指標	\bar{R}^2	0.4066
	AIC	10.1381
	SBC	10.2998
預測力指標	MAPE	3.0255%
	Theil's	0.0197

註：MA(2)表示 2 階移動平均模型，含有修正誤差的特性。

資料來源：本研究整理。

(3) 預測結果

本研究根據上述模型（如表 4.25 至表 4.30）進行小客車、大客車、機車、小貨車、大貨車及特種車等公路運具預測，茲將其預測結果彙整如表 4.31。

由表 4.31 得知，本研究預測至 2025 年各類運具能耗量中，仍以小客車能耗量佔合計能耗量的比例最高，約為 59.13%；其次為大貨車能耗量，約為 16.32%；再其次為機車能耗量，約為 9.33%。

若以 2005 年基準年，則本研究預測 2025 年各類運具合計能耗量結果為基準年能耗量的 1.25 倍（成長約 25%）；2025 年小客車能耗量預測值為基準年能耗量的 1.38 倍（成長約 38%），是所有公路運具中能耗量成長最大的運具；其次為機車能耗量，2025 年預測值為基準年能耗量的 1.19 倍，成長約 19%；但 2025 年大客車能耗量較基準年能耗量則略為減少，約 0.44%。

表 4.31 各類運具能耗量預測結果

單位：千公秉油當量

年度	小客車				大客車				機車				小貨車				大貨車				特種車				合計			
	實際值		預測值		實際值		預測值		實際值		預測值		實際值		預測值		實際值		預測值		實際值		預測值		實際值		預測值	
	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例	數量	比例
2003	6397	52.06%	6178	51.19%	619	5.04%	619	5.13%	1431	11.65%	1431	11.86%	1218	9.91%	1201	9.96%	2263	18.42%	2270	18.81%	360	2.93%	370	3.06%	12288	100.00%	12069	100.00%
2004	6656	52.24%	6335	51.01%	645	5.06%	599	4.82%	1349	10.59%	1422	11.45%	1308	10.27%	1235	9.95%	2421	19.00%	2495	20.09%	361	2.83%	333	2.68%	12740	100.00%	12419	100.00%
2005	6963	53.21%	6484	51.43%	657	5.02%	588	4.66%	1273	9.73%	1457	11.56%	1313	10.03%	1289	10.23%	2523	19.28%	2445	19.40%	357	2.73%	343	2.72%	13086	100.00%	12607	100.00%
2006	6656	51.06%	6638	50.99%	652	5.00%	585	4.49%	1261	9.67%	1448	11.12%	1446	11.09%	1339	10.28%	2665	20.44%	2660	20.43%	356	2.73%	349	2.68%	13036	100.00%	13018	100.00%
2007	6290	49.73%	6795	51.66%	646	5.11%	587	4.46%	1447	11.44%	1461	11.11%	1338	10.58%	1370	10.42%	2575	20.36%	2586	19.66%	352	2.78%	354	2.69%	12648	100.00%	13153	100.00%
2008	5924	48.50%	6952	52.50%	640	5.24%	592	4.47%	1414	11.58%	1462	11.04%	1308	10.71%	1378	10.40%	2576	21.09%	2502	18.89%	353	2.89%	357	2.70%	12215	100.00%	13243	100.00%
2009	—	—	6738	53.52%	—	—	621	4.94%	—	—	1452	11.53%	—	—	1286	10.22%	—	—	2125	16.88%	—	—	368	2.92%	—	—	12590	100.00%
2010	—	—	7209	56.27%	—	—	609	4.76%	—	—	1480	11.55%	—	—	1296	10.12%	—	—	1866	14.57%	—	—	350	2.73%	—	—	12810	100.00%
2011	—	—	7404	53.31%	—	—	605	4.35%	—	—	1472	10.60%	—	—	1326	9.54%	—	—	2725	19.62%	—	—	358	2.58%	—	—	13889	100.00%
2012	—	—	7575	53.75%	—	—	605	4.29%	—	—	1482	10.52%	—	—	1362	9.67%	—	—	2706	19.20%	—	—	363	2.58%	—	—	14094	100.00%
2013	—	—	7738	55.45%	—	—	609	4.36%	—	—	1483	10.63%	—	—	1392	9.98%	—	—	2365	16.95%	—	—	367	2.63%	—	—	13954	100.00%
2014	—	—	7898	55.47%	—	—	614	4.31%	—	—	1488	10.45%	—	—	1408	9.89%	—	—	2461	17.29%	—	—	370	2.60%	—	—	14239	100.00%
2015	—	—	8056	55.33%	—	—	619	4.25%	—	—	1491	10.24%	—	—	1409	9.68%	—	—	2614	17.96%	—	—	372	2.55%	—	—	14561	100.00%
2016	—	—	8214	55.98%	—	—	624	4.25%	—	—	1495	10.18%	—	—	1400	9.54%	—	—	2568	17.50%	—	—	374	2.55%	—	—	14674	100.00%
2017	—	—	8372	56.58%	—	—	628	4.24%	—	—	1498	10.12%	—	—	1391	9.40%	—	—	2533	17.12%	—	—	375	2.54%	—	—	14796	100.00%
2018	—	—	8530	56.84%	—	—	632	4.21%	—	—	1501	10.00%	—	—	1386	9.24%	—	—	2581	17.20%	—	—	377	2.51%	—	—	15006	100.00%
2019	—	—	8687	57.15%	—	—	635	4.18%	—	—	1504	9.89%	—	—	1389	9.14%	—	—	2608	17.15%	—	—	378	2.49%	—	—	15201	100.00%
2020	—	—	8845	57.55%	—	—	638	4.15%	—	—	1507	9.80%	—	—	1399	9.10%	—	—	2602	16.93%	—	—	380	2.47%	—	—	15371	100.00%
2021	—	—	9003	57.87%	—	—	641	4.12%	—	—	1510	9.70%	—	—	1412	9.08%	—	—	2611	16.78%	—	—	381	2.45%	—	—	15558	100.00%
2022	—	—	9161	58.15%	—	—	644	4.09%	—	—	1512	9.60%	—	—	1425	9.04%	—	—	2630	16.70%	—	—	382	2.43%	—	—	15755	100.00%
2023	—	—	9318	58.46%	—	—	648	4.06%	—	—	1515	9.50%	—	—	1433	8.99%	—	—	2641	16.57%	—	—	384	2.41%	—	—	15939	100.00%
2024	—	—	9476	58.80%	—	—	651	4.04%	—	—	1518	9.42%	—	—	1438	8.92%	—	—	2648	16.43%	—	—	385	2.39%	—	—	16115	100.00%
2025	—	—	9634	59.13%	—	—	654	4.01%	—	—	1520	9.33%	—	—	1439	8.83%	—	—	2659	16.32%	—	—	386	2.37%	—	—	16292	100.00%

資料來源：本研究整理。

4.6 與資訊平台的關聯

4.6.1 資訊平台的功能

模式建立之首要工作，在於釐清各模型之基本假設、理論基礎、重要參、變數之定義，以及根據該定義模式運作所需投入之資料型態與產出結果。因此模式整合前的準備工作，需要充分溝通與討論，方能確保子模型間運作的一致性。

經由國際運輸部門溫室氣體整合評估模式(包括 EPPA\MARKAL 與 ECLIPSE)之回顧，瞭解目前國際上在評估溫室氣體減量議題時，大多以連結總體經濟模型與工程技術模型的方式進行，其優點在於可充分掌握經濟特性與產業活動變化、運輸及能源技術發展，以及兩者間之互動，但缺點在於無法呈現運輸需求特性及運輸策略管理的成效。

國內過去在評估運輸部門能源與溫室氣體排放時，主要以運輸規劃整合運具能耗、污排推估的方式進行，其優點在於可掌握運具能耗特性、溫室氣體排放係數、運輸型態、路徑及運具的選擇等細部資訊，從而擬定運輸管理策略，但缺點在於無法考慮運輸部門與國家整體經濟發展、產業與就業活動之關聯。因此本研究認為運輸部門整合評估模式應同時涵括總體經濟模式與運輸部門能源消耗預測模式，而總體經濟模式中則可依評估方法之差異，再區分為經濟計量模式與一般均衡模型兩部分。

配合整合評估模式之建構，模型資料庫必須涵蓋運輸規劃資料庫、環保署資料庫、監理單位資料庫、能源局資料庫、社經資料庫、產業資料庫等，並成為「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」之部分，以達到運輸部門資訊揭露、共享、查詢與分析之功能。

整合模式與資訊平台之連結，主要希望發揮幾項功能：

1. 資料庫建置

透過完整的系統規劃與安全維護，將型態繁雜且來源各異之資料彙整，並經由適當之資料定義、比對、耦合過程，提供不同分析模式可用資訊。

2. 方便查詢

透過一致且親和的介面，將型態與頻率不一之各類資料，以最有效率且切合目的之方式，提供查詢與簡單計算之功能，以利於快速瞭解資料特性與

發展趨勢，進行資料分析。

3. 資訊揭露

利用法規資料庫與國內外政策資訊系統，充分掌握最新政策或策略發展態勢，做為模式評估方向修正與焦點議題之即時分析。

4. 分析比對

比對整合模式資料庫與其他資料庫之一致性。比較整合模式評估結果與國際政策發展、評估結果、國內發展趨勢之差異，提出差異分析。

5. 政策評估

透過資訊平台，提出整合評估結論與分析，據以研擬適當策略。

6. 溝通平台

由於模型為政策評估與擬定之工具，模型並無對與錯之分，唯有情境設定與考量差異，才造成評估結果的不同，因此必須經由公開的溝通平台，將資料來源、假設與情境清楚呈現，讓大眾透過此平台由不同觀點提出意見，也能快速改善模型發展。

4.6.2 資訊平台的內容

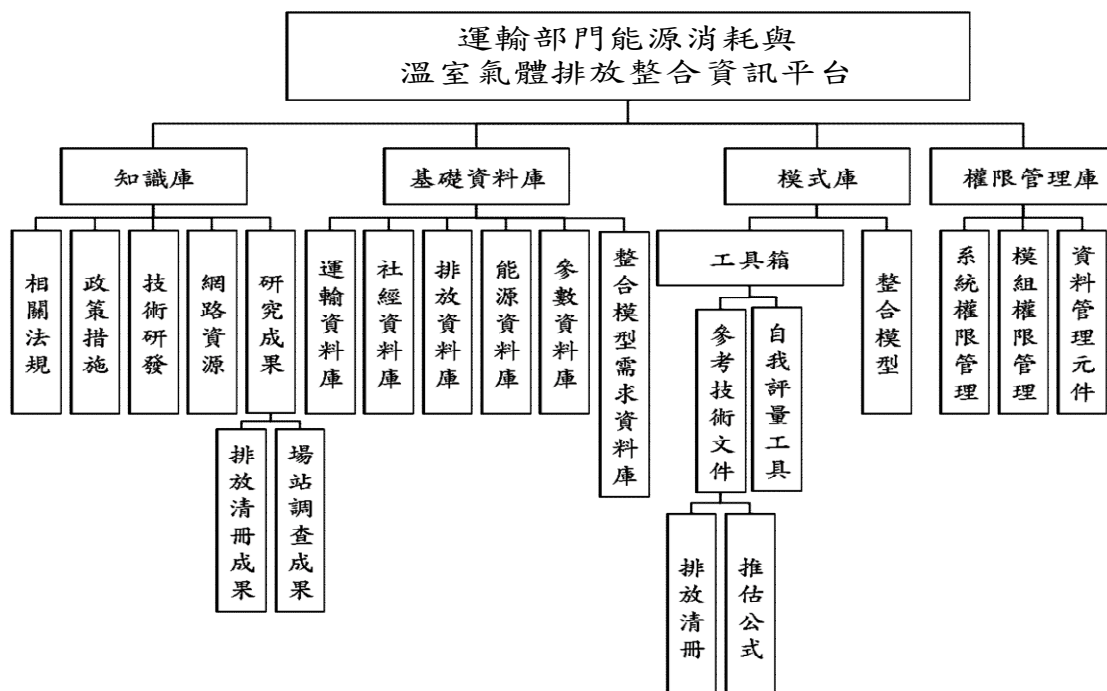
1. 整合模型資料庫

整合模型資料庫主要包含 SAM(社會會計矩陣)表、技術資料庫與參數資料庫等三大類型資料。SAM 描述經濟體系中商品與貨幣支出的流向，因生產與交易行為發生，SAM 必須符合模型中各項經濟行為設定。在各產業部門方面，主要依據行政院主計總處所編製的臺灣地區產業關聯表，將兩者資料做適當調整，並配合其他相關資料，編製模型所需的資料庫，其主要資料來源：主計總處產業關聯表、國民所得統計、能源局能源平衡表、運輸統計等。技術資料庫則包含供電部門各項發電技術。參數資料庫主要為模型中各項參數之設定值，其來源可由計量模型輔助推估，或由其他既有研究成果或文獻蒐集而得。

2. 整合資訊平台規劃內容

整合資訊平台包含基礎資料庫、知識庫、模式庫等三大類型資料庫，基礎資料庫為整合資訊平台之核心；知識庫彙整最新之法規、政策與技術研發資訊，並提供公部門、研究機構、國外相關網站資源連結；模式庫彙集本所

相關運輸能源評估分析之模式資料及其運算功能；平台架構參見圖 4.26 所示，資料庫架構說明如下：



資料來源：本研究整理。

圖 4.26 整合資訊平台架構圖

(1) 知識庫

彙整最新之法規、政策措施、技術研發、相關網路資源以及目前已完成之研究成果等，其中法規與政策措施包括能源類、溫室氣體、再生能源、國內外政策等；技術研發彙整建築節能、運具替代能源、能源效率標準、ITS 技術等；網路資源主要是提供公部門、研究機構、學術單位、專業協會、非營利組織、國外相關網站資源連結；目前已完成之研究成果主要係彙整目前已完成之排放清冊成果以及本研究場站調查之成果等。

目前國內經濟部能源局以及行政院環保署都積極推廣相關節能減碳之相關知識與資訊，並透過網際網路之推廣，讓一般民眾與產業廠商等都能正確地理解何謂溫室氣體，並如何做到溫室氣體的減量，更提供相關的教學與研究介紹等等，讓平台使用者可更快速搜尋到所需之資訊。

(2) 基礎資料庫

包括社經資料、運輸資料、能源資料、排放資料、相關參數資料庫以

及未來整合模型所需之需求資料庫等，各項資料庫配合運輸系統類別，社經資料主要區分為臺灣總計資料、生活圈總計資料、縣市總計資料以及鄉鎮總計資料，主要資料來源為交通部以及行政院主計總處；運輸資料則區分公路、鐵路、航空、水運等資訊，並包含各相關場站之營運統計資料等等，主要資料來源為交通部統計處以及各運輸主管機關所提供之統計資料；能源、排放以及相關參數資料庫則主要係將目前國內已完成之相關研究之結果所使用之參數以及所需資料等等彙整於資料庫內，可讓使用者能快速且立即性地取得計算節能減碳時所需之相關參數等等；整合模型所需之需求資料庫則是因應目前仍在執行中之整合模型未來可能納入本平台內，先針對其所需之資料進行蒐集、整理與分析，並將需經過計算、推估才能得到之彈性係數或是技術學習曲線等等納入需求資料庫內，以利後續整合模型納入模式庫後，可利用雲端技術來進行後端的運算。

(3) 模式庫

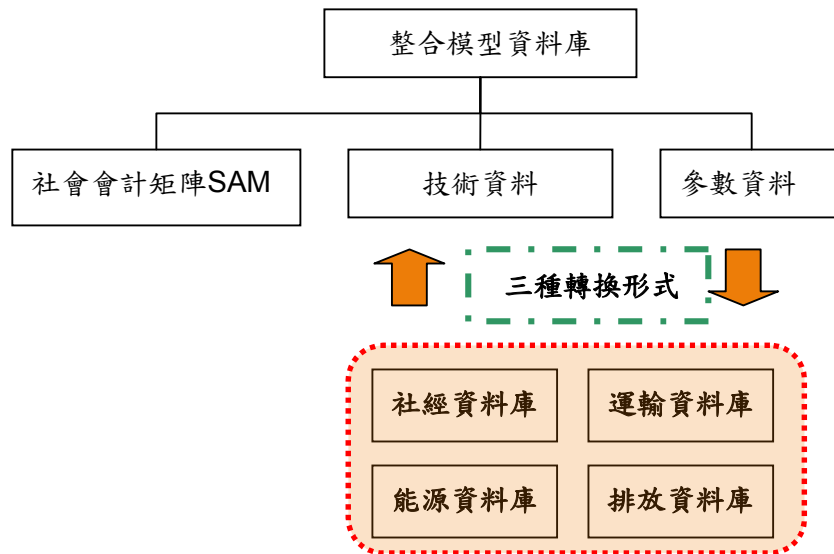
主要包含工具箱以及未來需納入之整合模型，工具箱主要是將相關參考技術文件，如能耗推估公式、排放清冊等技術文件納入彙整；另一工具則是整合自我評量工具，提供使用者可利用自我評量工具來進行個人或是產業排放量之初步推估，後續應將此功能納入資訊平台之開發功能；整合模型則是將目前仍在規劃中之整合模型納入資訊平台內，期望後續能透過資訊平台之機制，將其作為相關單位可使用與參考之推算模式，此功能需等整合模型完備後，再行思考如何將其納入平台功能內。

4.6.3 整合模型與資訊平台之關聯

長期而言整合資訊平台將逐步納入整合模型資料庫及整合模型的運作功能，在資料庫架構中暫以「整合模型資料庫」表示，在模式庫則以「整合模型」表示。兩資料庫之間的轉換形式可分成三類，請參考圖 4.27。

1. 經由原始資料蒐集、整理與分析即可轉換，例如：運量、總計能耗量、排放係數、燃油效率、彈性係數、技術參數等；
2. 必須經由計算或建立輔助模型推估即可轉換，例如：細分類能耗量推估、排放量推估、既有研究成果或文獻無法提供之參數或技術學習曲線等；
3. 輸出入變數之間的轉換(校估或模擬過程的一致性檢定)，例如：社經變數、能源價格、運輸服務價格、運量、能耗量、排放量(總計量與細分量)

等。



資料來源：本研究整理。

圖 4.27 整合資訊平台資料庫與整合模型資料庫之關係圖

4.7 整合模型發展時程規劃

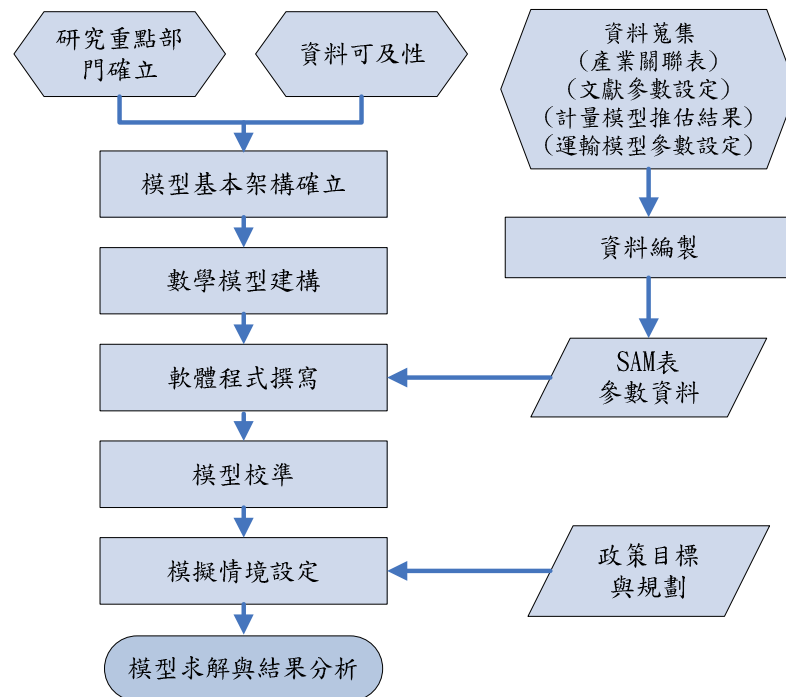
4.7.1 運輸 CGE 模型建構流程

運輸部門 CGE 模型的建構流程可表示如圖 4.28。由於 CGE 模型仰賴龐大的經濟數據方能成立，因此在與其他模組溝通而達成部門分類的同時，必須考慮對映部門的成本與銷售資料能否一併取得，而建置模型時，必須先瞭解可得資料之內涵，以避免模型設立與實際社會出現歧異。CGE 模型基本資料來源為主計總處產業關聯表，4.7.2 節彙整產業關聯表運輸相關部門之分類與定義，在短期內，運輸 CGE 模型將以該節分類建構資料庫。

在資料可及性及可用性確立後，便可著手架構模型雛形，說明部門與部門間之關聯，呈現商品與貨幣流動方向，以做為設立數學模型之基礎。4.3 節已說明模型生產理論與消費理論基礎，巢式架構也已成立。接著便可將此概念轉換為數學模型，數學模型大多會在(1)家計部門在所得限制下追求效用極大；(2)產業部門在技術限制下追求利潤極大或成本極小；(3)市場均衡，即供需相符；(4)零利潤等原則下，推導最適的商品需求與供給。

配合模型之架構設計，必須確立模型使用之資料庫結構，一般考量完整的 CGE 模型大多使用社會會計矩陣 (social accounting matrix, SAM) 為基礎資料。SAM 表說明每一產業生產商品過程中所需各項生產投入之來源與占總生產成本之比重，而生產出來的商品亦必須呈現其銷售去處，因此當模型逐步將運輸部門擴充，SAM 表必須同時擴充並且應確保 SAM 表之平衡（總成本應等於總收益）。SAM 表結構確立後便可進行資料編製工作，同時蒐集其他無法由 SAM 表呈現的參數資料，如彈性、排放係數、國際能源價格預測、人口預測、技術進步率等。

當數學模型與資料皆已備齊，便可進行程式撰寫，將數學模型轉化至應用軟體中，以便於進行求解。程式撰寫完成後便可將 SAM 表代入，進行反求解，以測試模型設定與資料正確性。接著進行校準工作，利用求解結果與歷史資料比對方式，逐步修正模型參數設定。參數確立後便可進行基線推估與政策評估工作，政策評估前須先釐清政策內涵，確定政策於模型中之對映變數，最後進行模擬求解。



資料來源：本研究繪製。

圖 4.28 運輸部門 CGE 模型建構流程圖

4.7.2 主要資料來源與部門定義

CGE 模型的基本資料結構為 SAM 表，編製 SAM 的主要資料來源為主計總處產業關聯表，因此當運輸 CGE 模型與其他模組溝通並確立部門分類與定義後，便需要釐清產業關聯表之部門分類與定義，以便在共享資料庫中能與其他模組結果對映。

主計總處產業關聯表之部門分類依加總程度之高低而區分為二碼之大分類、三碼之中分類與五碼之細分類。又主計總處每五年進行一次工商普查，產業關聯表根據普查資料進行編製，因此每五年會公布一次依普查資料編製而得之帳表，此發布帳表具有五碼細分類部門，較為詳細，另為因應經濟快速變化，每五年之中間年度，則會編製一延長表，延長表之產業結構通常不會與前一版五年表差距過大，僅會依抽查資料進行微幅修正，故而延長表僅編製三碼中分類部門。

表 4.32 為 2004 年產業關聯表中與運輸相關之部門名稱，包括三碼中分類與五碼細分類之部門，運輸工具方面包括有船舶、汽車、機車、自行車，及其他運輸工具，運輸服務指由運輸業者提供之客貨運服務，包括軌道車輛運輸、其他陸上運輸、水上運輸與空中運輸。

表 4.32 主計總處產業關聯表運輸相關部門（2004 年）

運輸工具			運輸服務		
部門代號	部門名稱	細分類部門	部門代號	部門名稱	細分類部門
105	船舶	10510 商船 10520 遊艇 10590 其他船舶 10591 零組配件 10592 修配	126	軌道車輛運輸	12610 鐵路客運 12620 大眾捷運系統客運 12630 鐵路貨運 12640 鐵路運輸輔助
106	汽車	10610 汽車 (包括中小客貨車、大客貨車、電動汽車、小型客車、大型客車、轎車、旅行車、大型貨車、小型貨車、特種用途車、軍用車輛、曳行車、客貨兩用車、垃圾車、救護車、消防車、貨櫃車) 10620 汽車車身 10630 汽車底盤 10691 零組配件 10695 修配	127	其他陸上運輸	12710 客運 12720 貨運 12730 自營貨運 12740 陸運輔助
107	機車	10710 機車 10791 零組配件 10792 修配	128	水上運輸	12810 客運 12820 國際貨運 12830 國內貨運 12840 水運輔助
108	自行車	10810 自行車 10891 零組配件 10895 修配	129	空中運輸	12910 客運 12920 貨運 12930 其他空運服務 12940 空運輔助
109	其他運輸工具	10910 飛機 10920 軌道車輛 10990 其他運輸工具			

資料來源：本研究整理。

表 4.33 為自 2004 年產業關聯表中彙整計算運輸相關部門之附加價值與生產總值，以及運輸部門附加價值與生產總值占全國之比重。整個運輸工具產業占全國附加價值比重約 2.64%，運輸服務產業則為 2.96%，其中又以汽車及其他陸上運輸比重較高。以個別產業附加價值占生產總值比重觀察，則其他運輸工具、軌道車輛運輸與其它陸上運輸三部門附加價值比重偏高(40.58%、36.14%、53.67%)，顯示此三部門之生產成本有將近半數來自資

本設備、工資支出、土地租金等項目，固定成本比重偏高。

表 4.33 產業關聯表運輸部門附加價值與生產總值（2004 年）

部門名稱	2004 年 附加價值	2004 年 生產總值	附加價值/ 生產總值	附加價值/ 全國附加價值	生產總值/ 全國生產總值
(105) 船舶	7714	34912	22.10%	0.07%	0.14%
(106) 汽車	101446	404505	25.08%	0.97%	1.63%
(107) 機車	18671	88446	21.11%	0.18%	0.36%
(108) 自行車	9268	68919	13.45%	0.09%	0.28%
(109) 其他運輸 工具	22873	56371	40.58%	0.22%	0.23%
(126) 軌道車輛 運輸	8826	24419	36.14%	0.08%	0.10%
(127) 其他陸上 運輸	158052	294466	53.67%	1.51%	1.19%
(128) 水上運輸	50064	192632	25.99%	0.48%	0.78%
(129) 空中運輸	65717	219400	29.95%	0.63%	0.89%

資料來源：本研究整理。

若觀察主計總處雙面平減表中陸上運輸、航空運輸與水上運輸服務生產毛額占全國比重，即圖 4.29，可以發現陸運生產毛額所占比重逐年下降，由 1981 年 2.91%降至 2007 年 1.51%，相對航空與水運則無明顯變化。

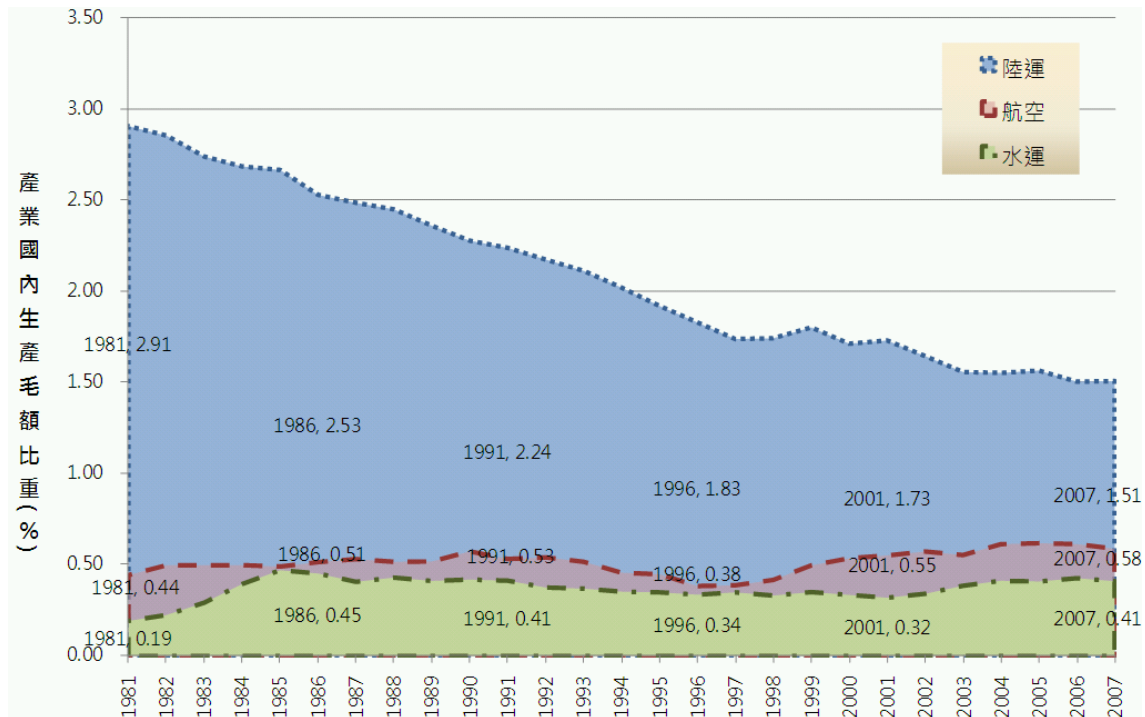


圖 4.29 主計總處雙面平減表-運輸部門國內生產毛額占全國比重

4.7.3 運輸部門能源消耗預測模式建置程序

從前述整合模型架構及關連探討，定位出運輸部門能源消耗預測模式在整合模型的功能及資料需求，本節則立基在現況的基礎資料狀況及運輸部門能源消耗預測模式發展現況，規劃未來整合模型之運輸部門能源消耗預測模式建置程序。

1. 整合模型發展需求

運輸-能源-經濟整合模型中，運輸部門能源消耗預測模式功能如下，可知重點在得到各運輸系統的延車公里。

- (1) 提供各運具使用量，供能源模型依據技術效率及燃料效率，估算能源消耗，並推導出最適情境方案。
- (2) 提供運輸系統的運量分配率，估算能源需求及車隊規模，進一步估算運輸部門消費。

2. 現階段需求資料取得現況

模型發展目的在模擬真實世界狀況，最基礎工作為依據實際資料進行模型校正，使模型分析成果能趨近實際狀況。

運輸部門的運輸系統繁多，各系統延車公里尚未有完整的統計，僅有公

共運輸依據車班次及行駛里程估算延車公里，小客車、機車及貨車延車公里資料缺乏，在此情況下，過去整合模型使用資料均由既有運輸部門能源消耗預測模式推估。

3. 現階段模型發展現況

由前述 3.4 節運輸需求模型的回顧可知，現階段我國發展的運輸需求模型有二，一為著重城際間活動的城際運輸需求模型，對於都會區內的活動估算則相當簡略；另一為都會區需求模型，然臺灣有 18 個生活圈或都會區，彙整此 18 個模型資料相當費時。此二類模型難以直接應用至整合模型，因此，4.4 節建議以城際運輸需求模型為基礎，以簡化方式估算都會區運輸需求，並整併至城際運輸需求模型中。

此外，運輸需求模型過去均著重在運量的檢核，並未特別針對延車公里進行檢核，但延車公里才是影響能源消耗量的根本，因此，延車公里的校正應為後續工作重點之一。

4. 運輸部門能源消耗預測模式建置方向

未來整合模型中運輸部門能源消耗預測模式發展有三大重點工作：

(1) 建立各運具實際營運之延車公里資料

各運輸系統資料因現況統計狀況不一，未來此資料建立方法建議如下：

- a. 國內城際公共運輸系統：包括航空、高鐵、臺鐵、國道客運，可由各營運單位提報給政府的營運資料取得延車公里資料。
- b. 國內都會區公共運輸系統：包括捷運、公車、公路客運，其中捷運延車公里資料已有統計，但公車及公路客運統計資料不完整，需由各縣市政府及公路總局提供。
- c. 小客車、計程車及機車：延車公里資料缺乏，建議監理處於驗車程序中取得各車輛行駛里程資料及車輛使用時間，以估算各車輛平均行駛里程，再就總車輛數估算總行駛里程。
- d. 貨車：建立盤查制度，由主要業者提供。

(2) 發展整合城際與都會區運輸需求的整體運輸部門能源消耗預測模式

以城際運輸需求模型為基礎，以簡化方式估算都會區運輸需求，並整併至城際運輸需求模型中。

5. 運輸部門能源消耗預測模式建置程序

運輸部門能源消耗預測模式建置程序如圖 4.30 所示，規劃延車公里資料建立與模型開發併行發展，然延車公里資料為後續模型校正的基礎資料，因此，模型校正與應用預期在基礎資料建構完成後的 6 個月完成。

工 作 項 目	年 期		
	100	101	102
1. 建立各運具實際營運之延車公里資料			
1.1 都會區公車及公路客運			
1.2 小客車、計程車及機車			
1.3 貨車			
2. 發展整合城際與都會區運輸需求模型			
2.1 方法論及資料蒐集探討			
2.2 模型開發			
2.3 模型校正及應用			

圖 4.30 運輸部門能源消耗預測模式建置程序

6. 延車公里基礎資料未建置完成前的資料應用

延車公里資料建置需透過相當多的協商，非短時間可完成，因此，在此實際營運資料未取得前，各運具延車公里資料建議如下：

- (1) 都會區公車及公路客運：由既有相關公務統計與調查資料估算平均行駛里程，再依車輛數估算總行駛里程。
- (2) 小客車及機車：利用營建署建立的 18 個生活圈運輸需求模型彙整之。
- (3) 貨車：利用交通部統計處之汽車貨運調查，彙整各車種平均行駛里程，再依據車輛數，估算總行駛里程。

4.7.4 模型建構時程規劃

模型建構進度完全取決於資料豐富與細緻程度而定，因此進行理論模型建構的同時，亦應規劃未來模型發展遠景與資料需求，並及早進行資料蒐集工作。因此，本研究規劃模型建置時程如圖 4.31 所示。

1. 本年度完成工作項目

本年度已完成之工作項目包括：

- (1) 完成國內外氣候變遷整合模型文獻蒐集；
- (2) 完成國內外能源模型文獻蒐集；

- (3) 完成運輸 CGE 模型、時間成本、多元迴歸模型、時間序列模型、經濟成長預測、產業預測等相關文獻蒐集；
- (4) 完成國內外運輸部門整合評估模型如 EPPA/MARKAL、ECLIPSE、TRIAS、ASTRA 等之探討；
- (5) 針對國內運輸部門現況選擇適當模型或方法；
- (6) 提出整合模型架構；
- (7) 提出整合模型關聯與對映變數；
- (8) 建構運輸 CGE 模型理論架構。

2. 短期(~2012 年)工作規劃

在目前建立的整合架構下，利用主計總處 95 年產業關聯表建置運輸 CGE 模型，並提出能源稅、提升公共運輸與提升燃料效率之評估結果。運輸部門能源消耗預測模式部分則模型開發與資料建置同時展開，資料建置包括都會區公車、公路客運、貨車、小客車、計程車及機車等實際營運之延車公里資料。輔助模型部分將持續改善運輸部門能耗與排放量預測之方法。

著手研擬中長期模型發展目標，並掌握資料現況，以利規劃資料蒐集範圍與進度。

議題評估部分，針對能源稅、提升公共運輸、提升燃油效率等策略進行模擬分析。

3. 中期(2012~2014 年)工作規劃

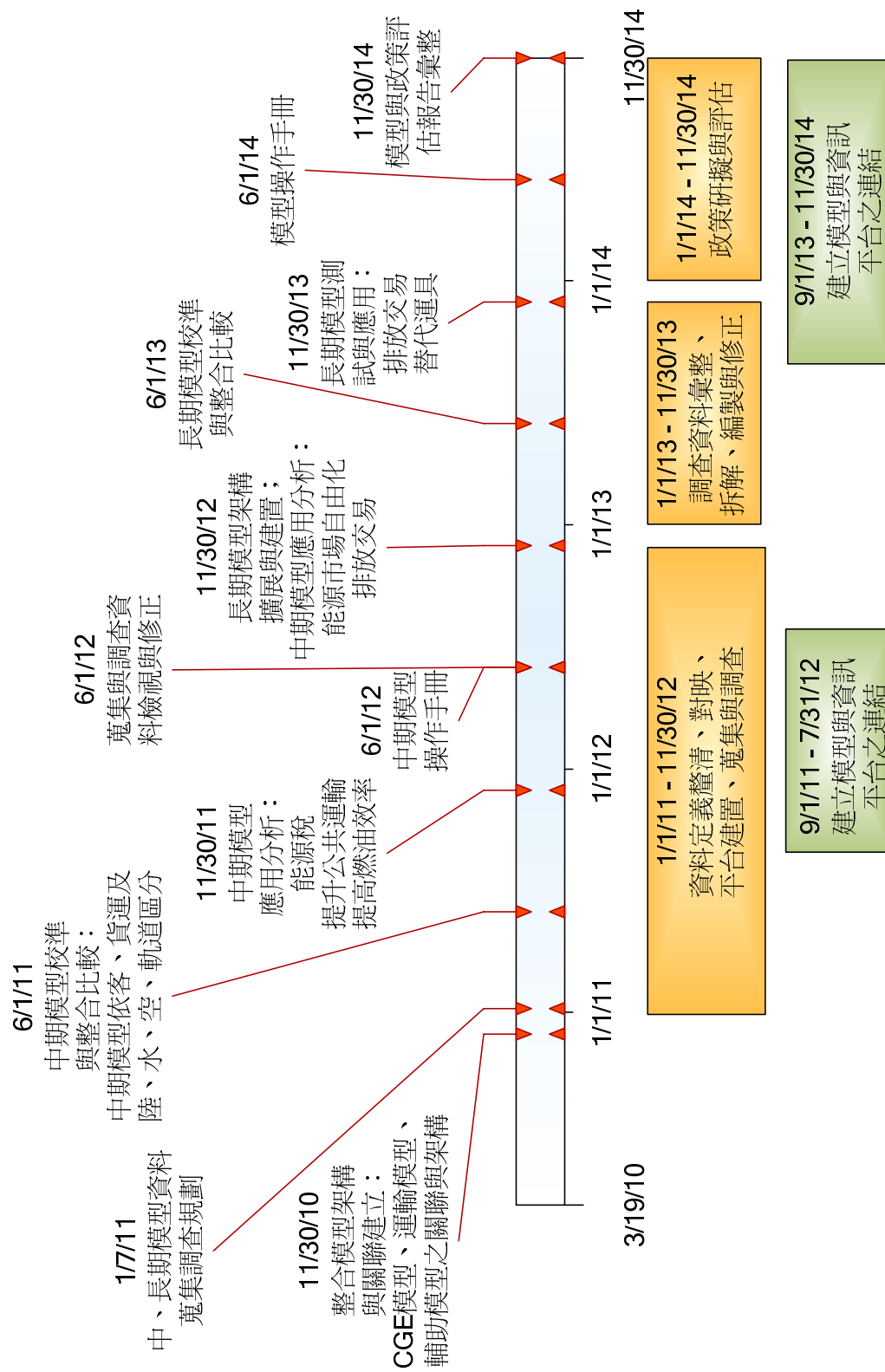
持續修正短期模型政策評估功能，強化政策影響分析能力，同時建立中長期模型架構。配合模型擴展，進行資料蒐集與資訊平台建置工作，無法取得或欠缺的統計數據則在可行範圍內進行調查。

在議題評估部分則以能源市場自由化與排放交易為主軸，進行模擬分析。

4. 長期(2014~2015 年)工作規劃

彙整計算蒐集與調查資料，編製為與模型定義相符之格式與架構，以便納入模型進行校估，由於資料來源不一，處理資料將成為長期模型發展最耗費時間的工作，而模型校估順利與否，將直接決定於資料品質。

在議題應用上，目前規劃以排放交易與替代運具為重點，進行政策評估。



資料來源：本研究繪製。

註：日期為「月/日/西元年」

圖 4.31 運輸部門溫室氣體整合模式建構時程規劃

4.8 整合模型架構小結

本章在將運輸部門整合模型定位為政策評估工具與決策支援角色下，已提出本研究規劃之整合模型架構、關聯與理論基礎，在輔助模型部分，更以多元迴歸模型及時間序列模型，初步預測未來經濟成長率、產業結構與運具能耗之成長趨勢，並與 TAIGEM-III 模型結果進行比對。

在運輸 CGE 模型部分，本研究嘗試結合家計部門運具之能源服務生產函數與時間成本概念，以強化私人運輸需求特性，並可透過時間節省與運輸部門能源消耗預測模式進行整合，此做法為 CGE 模型相關文獻中未曾討論的創新做法，相信定能有效提升 CGE 模型的運輸部門評估能力。

未來模型建置的工作將更加繁重，因此本研究提出短、中、長期模型發展規劃，期望模型能在仔細的資料校估與不斷的模型檢討中，達成運輸部門溫室氣體減量決策支援的重要任務。

第五章 運輸部門減量目標與行動方案

在既定的國家減量目標下，如何擬定部門溫室氣體減量目標為國內目前減量政策之重要工作。在提出我國溫室氣體適當減緩行動(Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs)的同時，落實 NAMAs 減量承諾成為下一階段減量施政重點。基於「共同但差異責任」原則，須根據部門減量潛力的差異性，研擬兼具「公平性¹」與「效率性」的部門核配(allowance allocation)方法。

在永續能源政策綱領以「淨源」、「節流」、「法規配套」三管齊下，建構「二高二低」的能源消費型態與能源供應系統目標下，永續能源政策行動方案以4年為一執行期程，擬定第1期4年(2009-2012)中期計畫及2009年行動計畫，分年執行。為檢視運輸部門行動方案成效，本所多年來已針對運輸部門行動方案內容與執行成效進行檢視與驗證^{[5.1.1],[4.5.1]}，驗證與計算方法隨著多年來細部計畫之更迭而略有修正。故本章首先將說明核配的目的與精神，並彙整國內外核配之範疇界定與計算方法，接著針對目前國內提出討論之核配方法提出疑慮，並說明成本有效的核配方式，爾後運用成本有效方式，計算運輸部門邊際減量成本函數與減量潛力，最後彙整目前運輸部門減量行動方案內容。

5.1 核配之目的與精神

當市場機制被視為溫室氣體減量的政策工具時，部門減量潛力評估成為擬定核配之重要依據，部門減量潛力乃立基於特定條件下，部門最大的減量能力，而所謂特定條件則可以包含技術發展條件、維持產業基本獲利能力、維持社會大眾基本生活水平、維持基本社會福利水準等不同指標；或者反過來說，在相同的減量目標下，部門所必須付出的減量成本，如產業部門的GDP損失、家計部門的支出減少、社會福利的下降等。

目前歐盟、美國、日本等國基於政治協議、計算簡化、管考監測容易等不同因素，大多以溯往原則(grandfathering)，在特定基準年為基礎下，以歷

¹ 所謂公平性，目前並沒有一致性的定義，Ringius et al.(2002)由原則性的公平、責任分擔的原則、計算與操作指標等三個層次定義公平性，Rose et al. (1998)則由核配的公平性、核配結果的公平性，以及協商交易過程的公平性定義。

史排放量做為等比例分配依據。此類做法完全無法顧及部門未來減量潛力差異，遑論分配的成本有效性，畢竟過去三年或五年，每個產業或部門都可能處於不同的產業發展週期，也無法代表未來的技術發展條件及產業成長潛力。

Hahn and Stavins (2010)提到如果可以確保排放許可交易市場運作良好，擁有排放許可者可以自由地在市場中進行交易，則均衡時的最適排放許可分配將與起始核配量無關，並將此現象稱為核配的「獨立性 (independence property)」²。獨立性之所以存在，係假設參與核配者在自由市場中，自然有誘因去開發市場中的最大利益，許可的價格不會因起始核配量而有差別，因為起始核配並不會改變邊際減量成本函數。

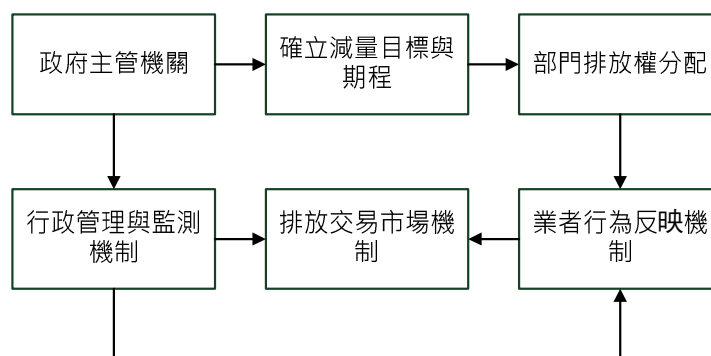
顯然邊際減量成本為決定排放許可價格與核配量之關鍵，因此本研究擬以成本有效方法，定義並推估部門邊際減量成本函數，據以計算國家減量目標下之部門減量責任分擔與減量成本。5.2 節首先說明排放量管制的對象與範疇，並彙整目前文獻上與國際實務上所採取的核配方式，比較各種核配方式差異與適用性，5.4 節定義減量成本、彙總影響減量成本之因素，藉以探討表示減量成本之適當指標，5.5 節推估部門邊際減量成本函數，說明成本有效之部門核配比例。

² 核配的獨立性，卻也常因為一些因素而失敗，Hahn and Stavins 便列出六項，包括交易成本、不完全競爭的市場結構、許可價格的不確定性、有條件的核配方式、不追求成本最小的交易者、以及標準不一的規範。本研究主要目的在推估部門邊際減量成本函數，界定在最適情況下應有的核配量，也是政策制定時所應努力的目標。

5.2 核配之範疇與倡議

依據不同的規範範疇，減量責任的分配問題可大至以全球為範圍，小至廠商、設備或製程為對象，層級不同所應考慮之特性與細節便有所差異，但分配的基本原則是不變的，即為成本有效性。在探討核配之前，分配層級的確立為首要工作，可以考慮的層級包括國家層級、區域層級、部門層級、產業層級、廠商層級、製程與設備層級等，本研究探討對象為運輸服務業與家計部門之核配方式。

如行政院環保署(2009)所述，排放交易制度必須涵蓋五項重要機制：(1)減量目標與期程的確立機制；(2)可允許排放總量的配置機制；(3)業者的行為反映機制；(4)排放交易市場機制；(5)行政管理與監測機制(圖 5.1)。



資料來源：行政院環保署(2009)。

圖 5.1 排放交易制度運行機制

由經濟效率的觀點，適當的減量目標應由社會的邊際減量成本及邊際收益共同決定，而適當的減量期程，則應考慮減量期間總減量成本最小的動態最適路徑設定之。

國家減量目標與減量期程確立後，便可將國家允許的總排放權分配給部門、廠商、甚至設備，從而形成部門、廠商與設備之許可排放量，即減量目標。根據許可排放量，便可成立排放交易市場，允許廠商自由交易配得之排放權。而為了確保實際排放量不超過許可排放量，行政管理與監測機制是檢核與修正減量措施的必要程序。

UNFCCC 的減量承諾量化目標與排放限制(QELROs)³文件與歐盟的責

3 QELROs 為 Qualified Emission Limitation and Reduction Objectives 之縮寫。UNFCCC 在 2010 年 6 月於德國波昂舉行的「波昂氣候會議」中，將如何將減量承諾移轉為減量目標

任分擔協議(BSA)⁴為國際上重要的國家層級減量責任與核配參考標竿。部門與設備層級分配方法與經驗，則以歐盟、美國、日本等國較為明確。

1. 國家層級的核配

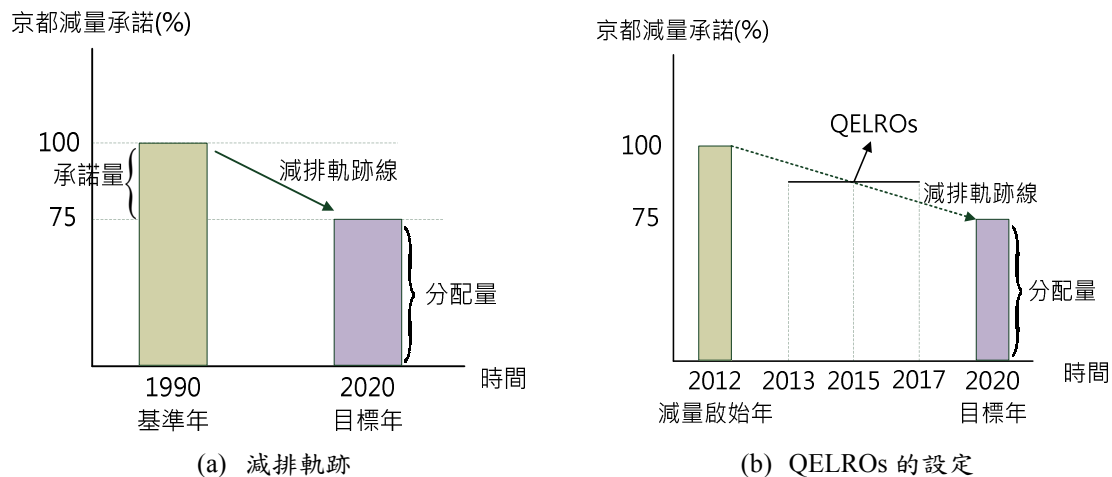
由於京都議定書及至 2010 年的哥本哈根會議長久以來皆強調「公平性」與「效率性」的重要性，但從未清楚定義公平性與效率之意義，僅提出幾項核配時應考量的原則，如應考慮核配對象排放現況與可採行的減量方法、經濟結構、資源稟賦、經濟成長需求、技術發展狀態、其他個別特殊因素及公平的分配等，另外應採取成本有效的氣候變遷政策，以確保總成本最小。為滿足上述原則，許多核配方法不斷被討論分析，嘗試在執行面、公平與效率面取得平衡，最終國家層級核配方式大多由國家協商結果決定，以下茲以 UNFCCC 的 QELROs 與歐盟的 BSA 為例說明分配方法。

(1) QELROs

UNFCCC 的 QELROs 為國家層級之分配，其要求附件一國家必須提出平均溫室氣體排放量低於基準年排放量的百分比(如圖 5.2)，即減量承諾期間之允許排放量。當 QELROs 等於 100，表示減量承諾期間內，每年排放許可量與基準年相同，若 QELROs 小(大)於 100，表示減量承諾期間，每年排放許可量需低(高)於基準年排放水準(李堅明，2010)。QELROs 的設定即為圖 5.1 之第一個步驟，減量目標與期程確立。

列為重要討論議題，並提出「減量承諾移轉入減量目標之相關議題 (Issues relation to the transformation of pledges for emission reductions into quantified emission limitation and reduction objectives, QELROs)」文件供大會討論。

- 4 在 1997 年京都議定書要求工業化國家在 2008-2012 期間，溫室氣體排放量應較 1990 年減少 5.2% 之後，歐盟便承諾要在該期間較 1990 年減量 8%，為了達成此項任務，在 1998 年歐盟各會員國形成責任分擔協議(Burden Sharing Agreement, BSA)，以分配各會員國之減排責任。



資料來源：李堅明(2010)。

圖 5.2 QELROs 減量目標與減排軌跡

假設減量目標年設為 2020 年，QELROs 承諾為 75，則如圖 5.2(a)所示，目標年排放量必須低於基準年 25%，而其餘 75%即為分配量。

而為了追蹤附件一國家是否能達成承諾目標，QELROs 設計了減排軌跡(emission reduction trajectory)與遵行期(compliance period)機制。假設附件一國家之減排軌跡為線型(如圖 5.2(b)所示)，遵行期為 5 年，減排啟始年為 2012 年，則 2013 年至 2017 年即為遵行期，將遵行期之中期年(2015)的軌跡線上排放量訂為 QELROs，並以此做為減量績效追蹤查核點。QELROs 最大的問題在於減排軌跡如何訂定堪稱合理，最適當的路徑應先被決定。

(2) 責任分擔協議(BSA)

歐盟的 BSA 目的在分擔歐盟境內各國的減排責任，分配對象在第一階段包含 15 國，第二階段則擴增為 27 國。分配時考慮各國幾項條件：目前溫室氣體排放水準、減量潛力、經濟發展狀態等。在協商過程中，有多項分配方式被提出，包括溯往原則(grandfathering)、人均排放量收斂(per capita convergence)、多目標收斂(multi criteria convergence)、減量能力(ability to pay)、三聯模式(triptych approach)、等邊際成本(equal marginal cost)等。各方法之意義分別為：

- 溯往原則：依據一個特定基準年，以及其歷史排放量，各國等比例削減；
- 人均排放量收斂：選定一個特定目標年，要求各國均達到相同的人均排放量；

- c. 多目標收斂：綜合參考人均 GDP、人均排放量、溫室氣體密集度(每單位 GDP 之 CO₂ 排放量)等三項指標；
- d. 減量能力：依據人均 GDP 決定減量責任分擔；
- e. 三聯模式：依據部門與技術條件的差異性，承擔差異性減量責任；
- f. 等邊際成本：依據各國相同的減量成本(以 GDP 損失率衡量)下，承擔差異性減量責任。

第一階段的 BSA 在幾經協商後，於 1997 年提交第一份協商結果，分配的方法則參考荷蘭提交的三聯模式。三聯模式原則上要求考慮各會員國人口數與未來成長趨勢、生活水準、經濟結構、發電部門的能源使用效率與氣候變化情形等因素。1998 年成形的 BSA 中，三聯模式綜合參考電力部門、出口型能源密集產業部門與內需型產業部門的減量潛力，電力部門須考慮燃煤使用情形與再生能源發電管制等因素，出口型能源密集產業則須參考能源效率提升狀況，內需型產業則須考量人均排放量因素。

2. 部門或設備層級的核配

在國際上，部門減量分配以歐盟、美國及日本等國較為成熟，依李堅明(2010)與工研院(2010)之彙整，歐盟各國部門分配考量因子如表 5.1 所示。多數國家進行部門分配時考慮的因素包括部門歷史排放量、部門基線排放量、遵行因子、部門成長因子、部門減量潛力等。

表 5.1 各國部門分配方法

國別	部門分配考量因子	其他
德國	<ul style="list-style-type: none"> 2000~2002 部門歷史排放量 	均一性之遵行因子：0.9709
奧地利	<ul style="list-style-type: none"> 1998~2001 部門歷史排放量 部門成長因子（依據 WIFO-KWI 研究或 1.051） 部門減碳潛力因子 	工業部門均一性之遵行因子：0.978
比利時	<ul style="list-style-type: none"> 1995~2001 部門歷史排放量（權重 0.0） 部門 BAU 排放量（權重 0.4） 部門減碳潛力情境排放量（權重 0.6） 	
希臘	<ul style="list-style-type: none"> 2000~2003 部門歷史排放量 部門成長因子 	保留已知、未知之新排放額度後再計算遵行因子向下分配
愛爾蘭	<ul style="list-style-type: none"> 2002~2003 部門歷史排放量 部門排放配比（含成長因子） 	
義大利	<ul style="list-style-type: none"> 2000 部門歷史排放量 成長因子 	
荷蘭	<ul style="list-style-type: none"> 2001~2002 部門歷史排放量 部門成長因子（區分至次部門） 效率因子（參考技術與燃料標竿值） 	均一性之遵行因子：0.97
葡萄牙	<ul style="list-style-type: none"> 2001~2003 部門歷史排放量 部分部門成長因子 	均一性之調節因子：1.0041
西班牙	<ul style="list-style-type: none"> 2000~2002 部門歷史排放量 部門成長因子 減量潛力因子 	
瑞典	<ul style="list-style-type: none"> 1998~2001 部門歷史排放量 修正因子（如果 1998~2001 有異常） 外加製程相關之推估排放增加量 	均一性之遵行因子：能源部門 0.8 工業部門 1.0
英國	<ul style="list-style-type: none"> 1998~2001 部門歷史排放量 部門成長因子 另減除為新設廠之保留額度 	

表 5.1 各國部門分配方法(續)

國別	部門分配考量因子	其他
日本	<ul style="list-style-type: none"> 3 年部門歷史排放量 	第一階段 (2010-2014)遵行 因子 6%；第二 階段 (2015-2020)17%

資料來源：李堅明(2010)、工研院(2010)。

註 1：遵行因子為平衡部門總管制量等於部門總核配量，抑或達成目標比例；

註 2：成長因子為以模型與產業調查評估之遵行期間成長率。

3. 我國溫室氣體減量目標

為針對「哥本哈根協議」，撰擬我國立場與因應作為，環保署自 2010 年 1 月起已邀集相關部會代表及專家學者召開多場次「我國溫室氣體適當減緩行動(NAMAs)」研商會議及座談會，就我國提報 NAMAs 達成減量目標之具體可行措施、MRV 原則及國際減碳可行措施與發展趨勢等議題進行廣泛意見交換。

在 2010 年 4 月 8 日行政院院會通過的「國家節能減碳總計畫」中，更明確的設定：

- (1) 節能目標 --- 未來 8 年每年提高能源效率 2%以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20%以上；並藉由技術突破及配套措施，於 2050 年下降 50%以上；
- (2) 減碳目標 --- 全國二氧化碳排放減量，於 2020 年間回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。

若依據目前排放基線推估結果，並考慮未來國內重要建設與開發案，所帶動之經濟高成長目標，則 2020 年減量目標必須較基線排放量(467 百萬公噸)減少 45%以上，才能滿足 2020 年回到 2005 年排放水準(257 百萬公噸)之目標。

4. 國內目前部門減量責任分配之倡議

- (1) 僅討論 2020 年核配量；
- (2) 國家削減量在扣除能源部門各項可行策略(包含天然氣與再生能源發

展目標、核能、發電效率提升、碳匯與碳權經營)之減量後，餘額再分配給工業、運輸部門及住宅與服務業等三大部門；

- (3) 依三大部門 2006 年至 2008 年平均歷史排放量計算部門分配比例，以分擔 2020 年國家削減量餘額(國家削減量扣除能源部門減量)；
- (4) 依 2020 年基線排放量計算三大部門分配比例，以分擔國家削減量餘額(國家削減量扣除能源部門減量)；
- (5) 將 2020 年依歷史排放量分配之部門減量額，與依基線排放量分配之部門減量額，以 0.5 與 0.5 之權數加權計算三大部門分配減量額。

5.3 核配的方法與問題

1. 國家減量目標未經影響評估

「至 2020 年較基線減排 30%」目標之訂定，尚未經由成本有效方式進行評估，無法確認該減量目標是否符合臺灣最佳利益，亦無從瞭解在此目標下，臺灣經濟所要付出之代價與承受能力，究竟臺灣總體減量潛力為何？

2. 達成國家減量目標之最適路徑未能確立

假設當前的減量目標已是國家最適的排放水準，則如何由目前的排放量往目標年之減量目標邁進，不同路徑所要負擔的總成本應先行評估，並在成本最小前提下，找出適當的國家排放路徑。唯有最適路徑確立下來，才有可能參照 QELROs 建議追蹤減量績效。

3. 等比例分配部門減量無法滿足成本有效

以歷史排放量做等比例核配，未能考慮部門減量成本與減量潛力，與氣候公約要求之成本有效性原則不符。在動態效果上，更忽略部門未來發展，若產業結構、能源結構或技術發展發生改變，則難免失之向隅。

4. 能源部門不應事先排除

若以成本有效方法進行部門分配，能源部門未來減量成本與潛力之變化有待評估與其他部門減量成本之相對大小，才能決定能源部門應有之減量責任。

5. 核配國家削減量無法確保目標達成

國家削減量乃以各年減量目標與基線之差計算，因此除非可產生基期固定且全國具有共識之基線，否則現在計算之國家削減量很難確保 2020 年可達成減量目標，則與總量管制背離。

6. 以歷史排放量核配易鼓勵提高現有排放水準

以歷史排放量核配，容易使廠商為爭取未來較高核配額度，而快速增加目前排放量。

7. 部門許可排放量分配必須在一致的基礎下評估

在部門許可排放量核配時，必須在一致性的基礎下進行計算，目前以 Bottom-up 方式，由各部會提報減量措施與成效，再計算部門分配量之方式，難免有政策減量效果重複計算，或計算基礎錯估的情況產生。

8. 能源密集度目標之配套措施與經濟影響未明

以能源密集度設定節能目標雖以結果觀之，目標明確且易於管考，但由決策角度，則未能掌握達成節能目標之措施與方法，又應如何在這些措施與方法配套中尋得成本最小或經濟衝擊最小的選項。

5.4 成本有效的部門核配方式

1. 市場機制與最小成本的意義

經濟學家主張應利用像排放交易此類市場工具，取代替管制工具來解決環境問題(Stavins, 1998)，因為管制工具過於嚴苛，而不同地理環境與技術條件所需要的減量動機也各不相同，因此以一套管制工具來規範難免產生匱效率⁵的情況。然而，排放交易機制需要先設定管制總量以有效的控制排放量，總量管制仍舊是一種政府直接管制措施，只不過在管制目標設立後，經濟個體可以自由的選擇降低排放量的方式，一旦減量未達目標便會受到政府的處罰，進而造成生產成本增加，因此廠商會選擇成本最小的方式來遵循政府的管制規範，當所有經濟個體都如此選擇時，整體減量便會存在於總體成本最小的解上，此時要再多減一單位排放量便要以更高的代價來達成。

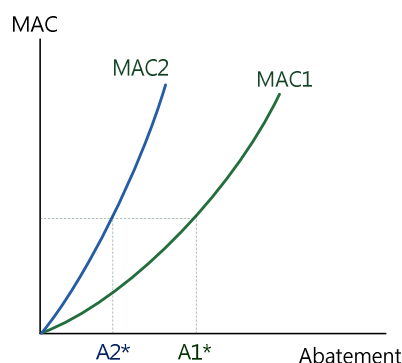
2. 邊際減量成本(marginal abatement cost, MAC)之定義

黃宗煌與林幸樺(2003)所定義的減量成本為，「任何一項減量措施的推動，無可避免地要移用它另有所用的經濟資源，而這些資源的貨幣價值，即可泛稱為減量成本」。依此定義，減量成本事實上即為減量的機會成本。減量成本依產生來源即可分為「直接成本」與「間接成本」。直接成本包含資本成本、維護成本、燃料成本、以及其他操作成本；間接成本則涵蓋推動成本(implementation cost)、風險與不確定性成本(costs of risks and uncertainties)、附屬成本與效益(ancillary costs and benefits)與總體經濟成本等(黃宗煌與林幸樺，2003)。

Denny and Decaux(1998)將邊際減量成本定義為「在某個特定區域與特定時點，任何碳排放限制所產生的影子價格(shadow price)，此價格代表為了符合排放限制條件，最後多減一公噸碳所須付出的邊際成本」。大多數採此定義之文獻，所描繪出來的影子價格會隨著排放限制條件趨於嚴苛而呈現為排放減量的遞增函數。如圖 5.3 所示，MAC1 與 MAC2 分別代表部門 1 與部門 2 之邊際減量成本曲線，正斜率的 MAC 曲線表示邊際減量成本隨著減量而遞增，而斜率較大的 MAC2 即表示在相同的減量水準下，部門 2 之邊際減量成本高於部門 1，反之在相同的邊際減量成本下，部門 2 可承擔較少的

⁵ 匱效率係指因為未達技術前緣造成缺乏技術效率，或因為未依成本有效方式進行資源配置，造成缺乏配置效率，從而無法達到成本最小或利潤最大，形成經濟損失的現象。

減量責任。



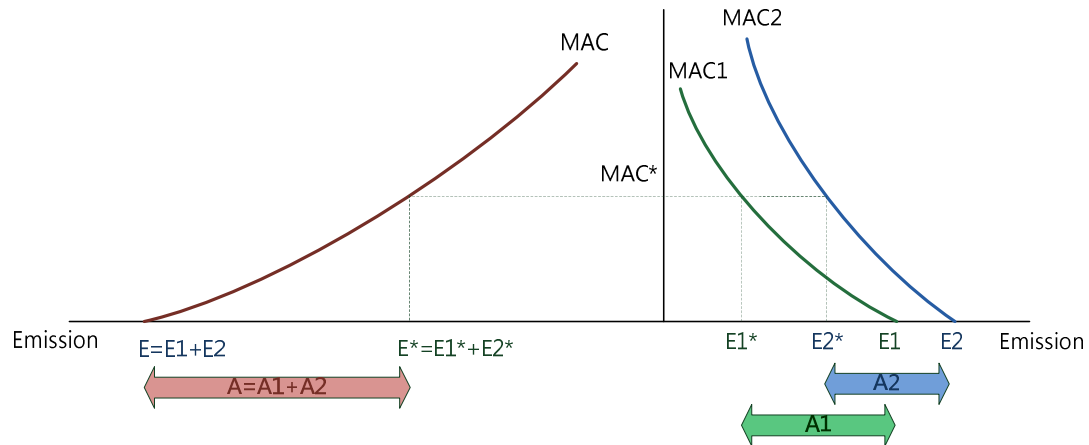
資料來源：本研究繪製。

圖 5.3 邊際減量成本函數

3. 等邊際減量成本之核配

為了呈現在成本有效的前提下，排放許可量、減量責任與邊際成本之關係，將圖 5.3 以減量水準表示之 MAC 轉換為以排放量表示之 MAC，如圖 5.4 所示。假設國家核配對象包含兩部門，MAC1 與 MAC2 分別代表兩部門之邊際減量成本，為排放量之遞減函數。圖 5.4 右方，MAC2 邊際減量成本高於 MAC1，兩曲線與橫軸的交點 E1 與 E2 為兩部門減量前之原始排放量。將 MAC1 與 MAC2 兩曲線橫向加總，可得圖 5.4 左方之國家邊際減量成本曲線 MAC，其與橫軸的交點 E 即為國家減量前之原始排放量，為兩部門原始排放量之總和。

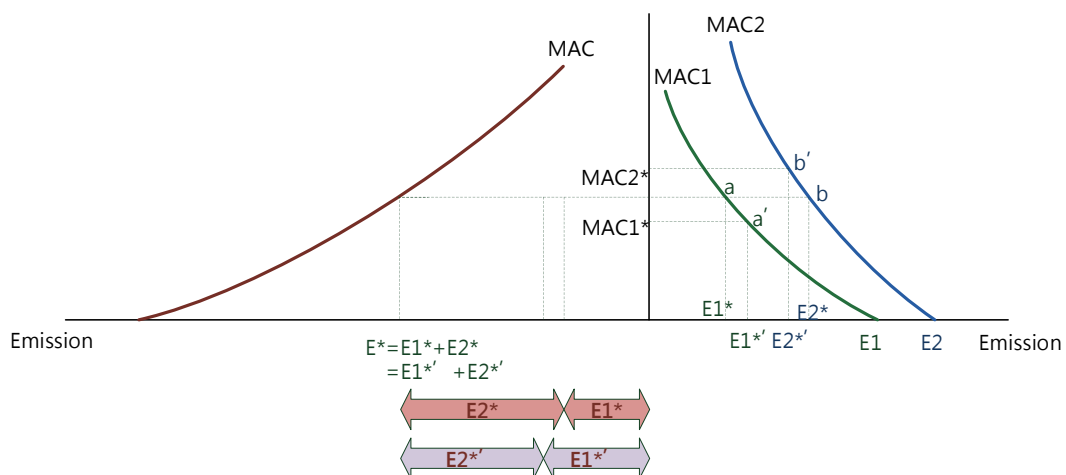
若國家承諾排放量為 E^* ，表示國家應減量 A ，對映國家邊際減量成本曲線下之最適邊際減量成本為 MAC^* ，則在相同的 MAC^* 下，部門 1 與部門 2 之最適排放量為 $E1^*$ 與 $E2^*$ ，此即為成本有效之核配排放量，相對兩部門原始排放量，分別應減量 $A1$ 與 $A2$ 。由於核配排放量之總和必須為國家承諾排放量，故兩部門減量之總和必與國家減量相等。



資料來源：本研究繪製。

圖 5.4 等邊際減量成本與核配

相對於成本有效之核配方法，若以歷史排放量比例計算分配比重，則出現如圖 5.5 之問題。圖中以成本有效計算之排放量分配為 E_1^* 與 E_2^* ，若以歷史排放量 E_1 與 E_2 計算分配比重，在 MAC_1 較 MAC_2 平緩的情況下，則部門 1 獲得之比重將較 E_1^* 所佔比重更高，部門 2 獲得之比重則較 E_2^* 所佔比重為低，假設兩部門獲得之許可排放量為 $E_1^{*'}$ 與 $E_2^{*'}$ ，則兩部門將分別以 MAC_1^* 與 MAC_2^* 之邊際減量成本進行減量，顯然部門 2 所要負擔之減量成本將高於成本有效核配。成本有效下之減量總成本為 $(\triangle E_1 a E_1^* + \triangle E_2 b E_2^*)$ ，在等比例減量下之減量總成本為 $(\triangle E_1 a' E_1^{*' } + \triangle E_2 b' E_2^{*' })$ ，等比例減量之總成本將高於成本有效之減量成本。

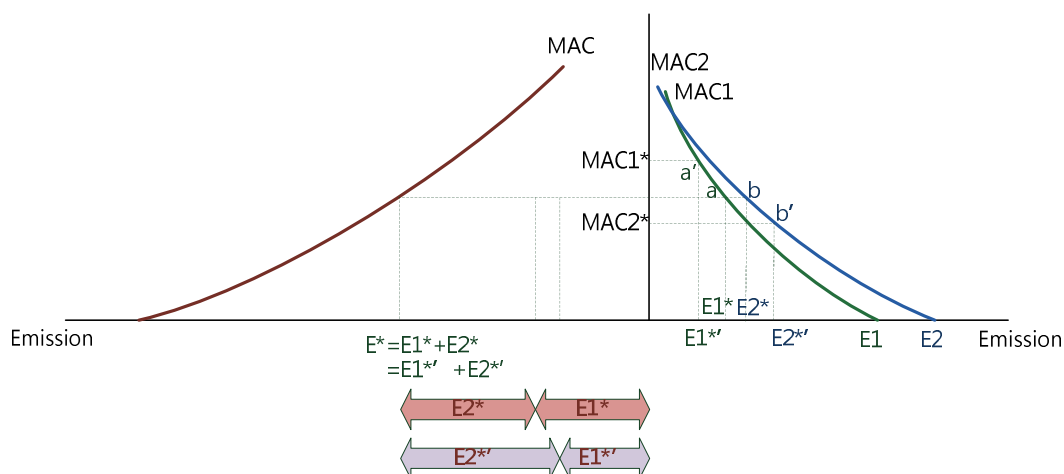


資料來源：本研究繪製。

圖 5.5 成本有效與等比例減量

倘若部門 2 隨著時間推移，因為技術進步、效率提升、規模擴張等因素，

使邊際減量成本曲線發生轉動，變得較 MAC1 更平緩(如圖 5.6)，則兩部門負擔的責任情況將與圖 5.5 完全相反，但等比例減量之減量總成本成本($\triangle E1a'E1^* + \triangle E2b'E2^*$)仍高於有效減量總成本($\triangle E1aE1^* + \triangle E2bE2^*$)。因此部門 MAC 之動態變化，為擬定長期部門排放許可量之必要考量。



資料來源：本研究繪製。

圖 5.6 MAC 變動之成本有效與等比例減量核配

4. 影響邊際減量成本的因素

根據吳世英與林幸樺(2004)之彙整，影響減量成本的因素包括減量標的、減量目標與時程、排放基線、能源供給與需求結構、發展低碳能源的潛力、產業結構與發展特性、經濟成長強度、低碳技術發展、能源密集度、溫室氣體減量相關稅收之運用、國際規範與合作機制、國內減量政策推動空間等。

在計算上，使用不同模型、對減量成本定義之差異、減量成本衡量指標之差異皆可能影響邊際減量成本推估結果與結論。

5. 減量成本評估模型

(1) 影子價格模型(shadow pricing model)

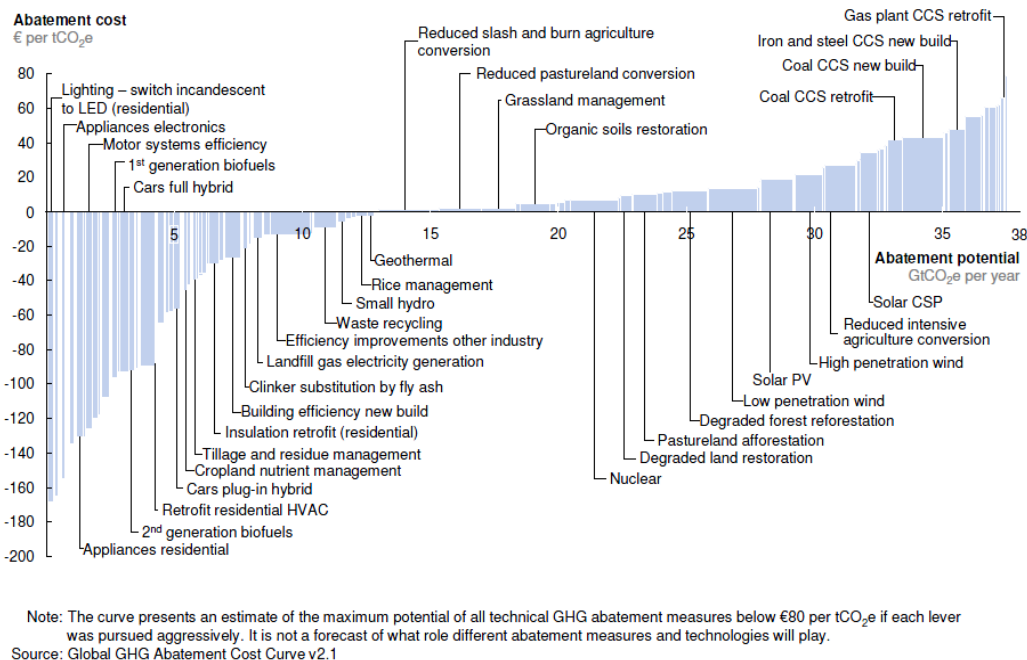
影子價格模型在核配議題的運用始於 Färe et al.(2002, 2005)，利用生產理論與指向性產出距離函數來推導各國邊際減量成本。再運用排放量、邊際減量成本與其他代表國家差異之變數進行迴歸，以檢定成本有效性與公平性假設。這也是三聯模式所採用的評估方法。

(2) 可計算一般均衡模型(Computable General Equilibrium model, CGE)

Böhringer et al.(2002)即運用靜態 CGE 模型，針對 BSA 進行福利分析，福利的變化來自排放限制的替代效果與國際所得效果，結果顯示，若以福利來衡量 BSA 的公平性，則無法得到正面的結果。Eyckmans et al.(2002)同樣利用 CGE 模型進行公平與效率抵換關係之福利分析，結論為即使 BSA 讓富有的會員國承擔較高的減量責任，其差異性仍不足以達到公平性。

(3) 麥肯錫(McKinsey)減量成本

在 2010 年國際能源研討會(International Energy Workshop, IEW)上，麥肯錫公司所推估的減量成本引起廣泛討論。麥肯錫公司計算每項減量技術所產生的設置成本、維運成本與投資成本，圖 5.7 即為該公司於 2010 年公布之 2.1 版全球減量成本曲線，圖中計算成本時所採用的利率為整體平均利率，如長期的定存利率，而非個別投資所產生的資本成本；其次不考慮交易成本與規劃成本，因為此兩者受到政策影響不確定較高；其三麥肯錫的成本曲線並不考慮動態效果，因此未來因為採取減量措施而導致之能源價格的變化未納入成本項中。



資料來源：McKinsey(2010)。

圖 5.7 McKinsey 2.1 版全球減量成本曲線

5.5 成本有效的運輸部門核配

1. 國家的邊際減量成本

依據 5.4 節之概念，本研究必須先行推估各部門與國家之邊際減量成本曲線，方能求得各部門成本有效之核配量。

(1) 基準情境

首先基線推估所假設之基準情境包括包含(1)自發性能源技術進步率每年 0.4%、(2)核一至核三如期除役，核四為減量措施、(3)國際能源價格波動、(4)LNG 與再生能源維持目前水準、(5)總要素生產力平均每年成長 2.4%等設定(如表 5.2 所列)。

表 5.2 基準情境設定與說明表

基準情境	說明
總要素生產力	參酌主計總處推估之總要素生產力成長趨勢，設定未來總要素生產力，約平均每年成長 2.4%。
國際能源價格	國際能源價格採用工研院於 2009 年推估之每五年燃煤、原油、天然氣價格，並以內插法求算五年間各年價格(圖 5.8)。
替代能源	基準情境設定既有核一廠、核二廠與核三廠機組正常除役，核四兩部機組則屬於減量策略，在基線中不考慮商轉。此外，LNG 與再生能源維持目前水準。
自發性能源使用效率提升	能源使用效率為能源投入與產業產出之關係，代表能源使用的技術水準，在基準情境中假設此技術水準存在自發性的進步率，為平均每年提升 0.4%。

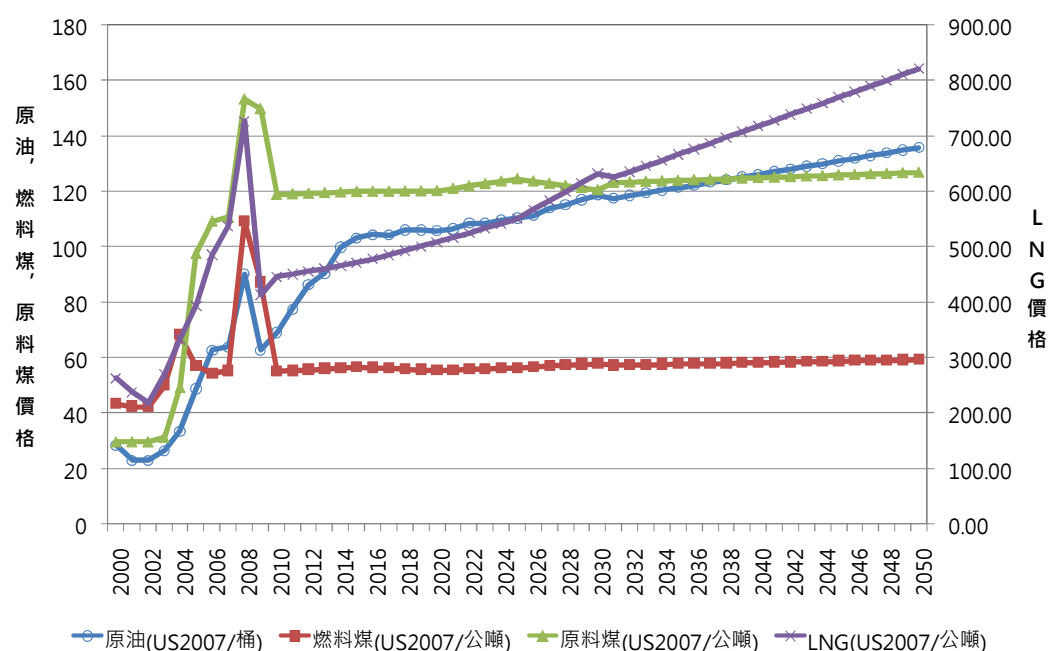
資料來源：本研究。

a. 總要素生產力

總要素生產力為經濟成長之重要動力來源，一般而言，總要素生產力定義為單位原始投入（包括勞動、資本）之產出，但因模型採巢式結構設定生產函數，該項參數並非可由投入與產出直接計得，是故本研究除蒐集歷史指數資料參考，還必須以校準方式，修正此項參數，以確保模型能掌握實際的重要經濟數據。整體而言，基線設定總要素生產力平均年成長率為 2.4%。

b. 國際能源價格

由於模型採小國假設，故對於國外部門之處理，特別是國際市場均衡價格，多以外生給定，因此必須蒐集其他研究所做預測，做為輸入模型之基礎資料。目前模型採用的國際能源價格預測資料為工研院所推估，工研院依據 EIA 出版於 AEO 2009 之國際能源價格預測（2006-2030），推計每五年之原油、燃料煤、原料煤與天然氣資料。由於模型需要每一年價格資料，故本研究另以內插法求得每五年中間各年度之價格。計算結果如圖 5.8 所示，燃料煤與原料煤價格呈現平穩趨勢，原油與天然氣價格則逐年上漲，而天然氣上漲速度又高於原油。



	原油 (US2007/桶)	燃料煤 (US2007/公噸)	原料煤 (US2007/公噸)	液化天然氣 (US2007/公噸)
2010	68.82	54.84	118.60	444.93
2015	102.93	56.52	119.73	470.08
2020	105.51	55.18	119.97	507.05
2025	109.97	56.19	124.33	549.15

資料來源：歷史年與每五年預測來自 AEO 2009 與工研院推估結果，中間年度利用內插法計算。

圖 5.8 國際能源價格設定值

c. 核能裝置容量

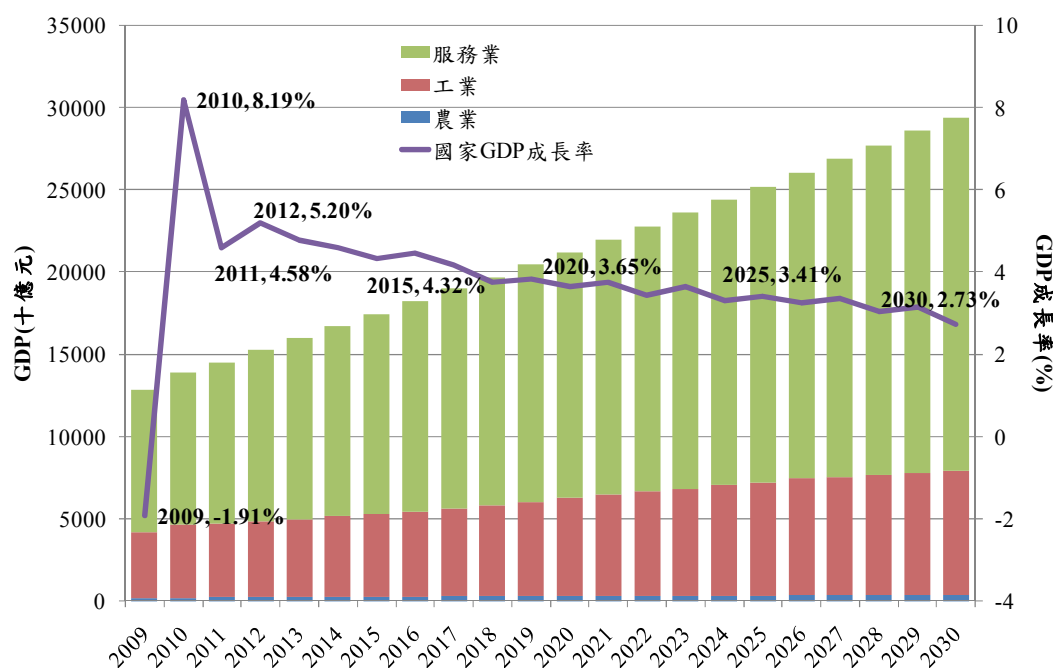
本次評估基線未將核四兩部機組納入基準情境，而既有核能機組亦將陸續如期除役。隨著核一、核二、核三共六部機組自 2018 年之後陸續除役，基線之核能裝置容量將於 2025 之後歸於零。

d. 能源生產力

能源生產力呈現能源投入與產出的關係，如同偏向的技術參數，代表能源使用技術水準，模型在基準情境中假設能源生產力存在自發性技術進步，進步幅度平均每年提升約 0.4%。

e. GDP 基線

在上述情境假設下，模型求得之國家 GDP 成長率與三級產業 GDP 基線如圖 5.9 所示。



資料來源：本研究推估。

圖 5.9 GDP 基線

f. 國家邊際減量成本

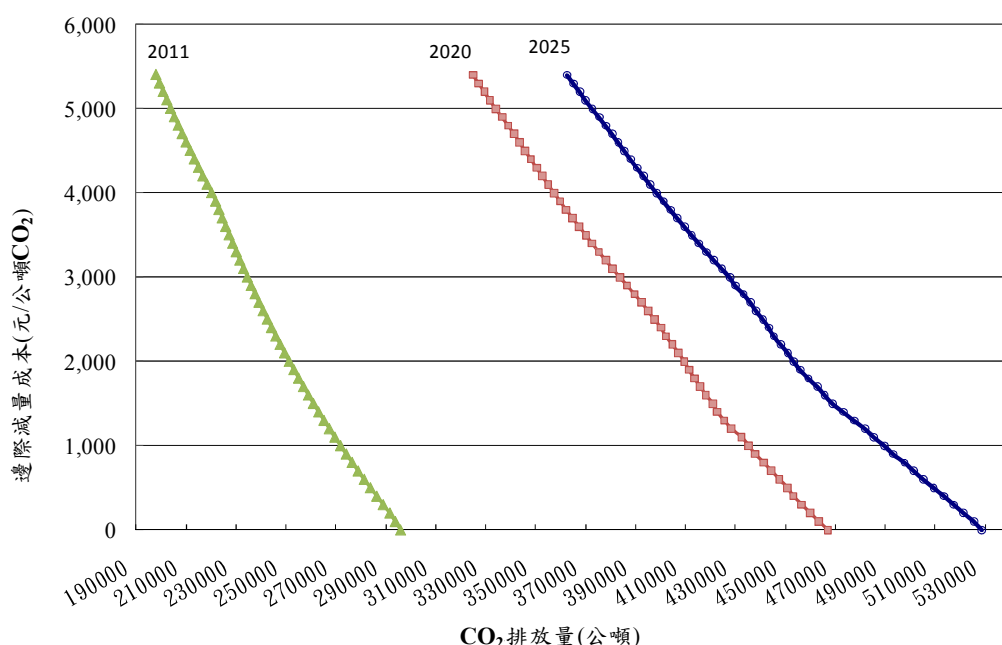
如同 Denny and Decaux(1998)所定義，邊際減量成本為「在某個特定區域與特定時點，任何碳排放限制所產生的影子價格(shadow price)，此價格代表為了符合排放限制條件，最後多減一公噸碳所須付出的邊際成本」。

本研究利用模型模擬不同管制總量限制下所須付出之邊際成本來

計算減量成本。模擬範圍在管制總量為基線之 99%至 60%之間，對映的邊際減量成本則為每公噸 CO₂ 約在 100 元到 5,400 元之間。

彙整模擬結果中 2011 年、2020 年與 2025 年資料於圖 5.10 中，可得幾項重要結果：

- (a) 邊際減量成本線與橫軸交點代表基線排放量；
- (b) 基線排放量隨時間而遞增，邊際減量成本曲線亦隨時間而右移；
- (c) 在每一年度減量成本與排放量呈負向關係；
- (d) 邊際減量成本與排放量之負向關係，在國家層級中並未明顯的隨時間而變化，此與基線未考慮大幅技術進步、效率提升、重大產業投資活動與能源稅等政策面因素有關。

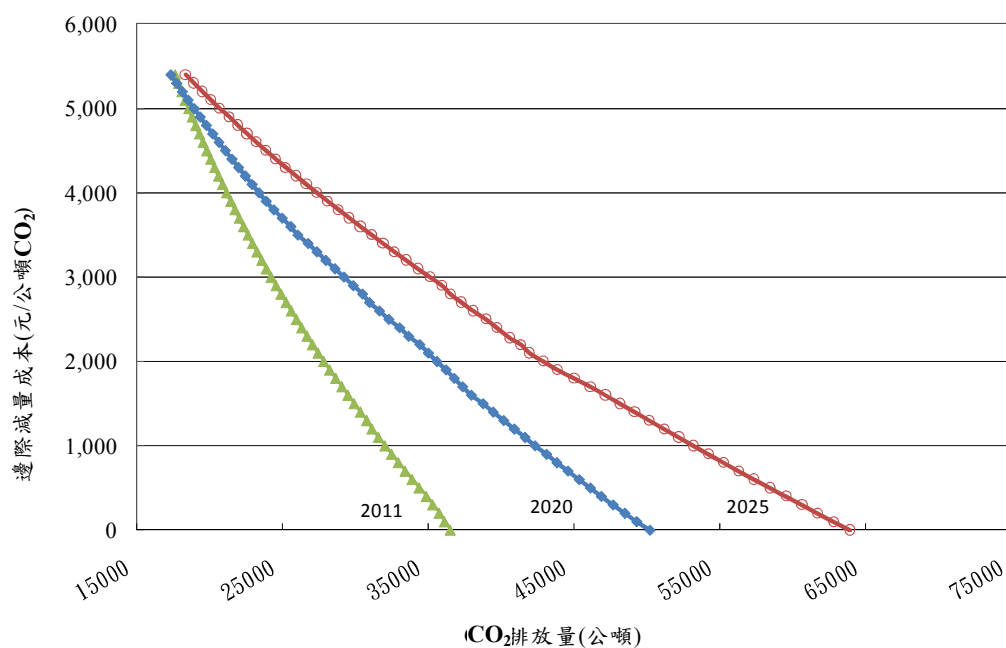


資料來源：本研究繪製。

圖 5.10 國家邊際減量成本曲線

2. 運輸部門的邊際減量成本

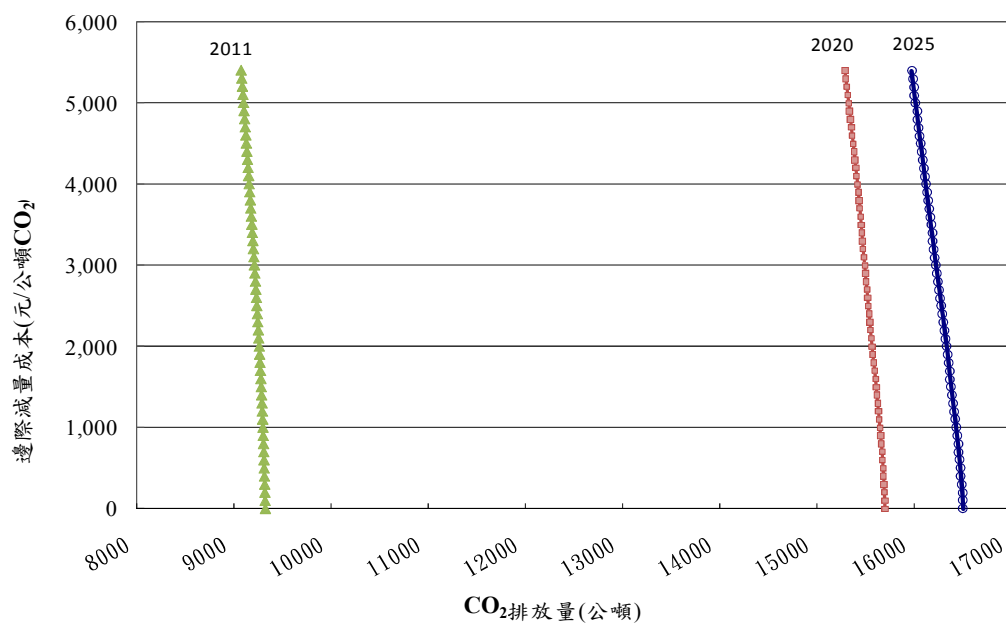
邊際成本曲線隨時間轉動最明顯者當屬運輸服務部門，顯示在產業發展轉型的過程中，運輸服務部門不僅排放量逐漸成長，減量潛力也逐漸增加(如圖 5.11 所示)。相對於運輸服務部門，家計單位之私人運輸減量潛力之成長便非常有限(如圖 5.12 所示)。



資料來源：本研究繪製。

註：運輸服務部門指運輸服務業之邊際減量成本，不含私人運輸與電力消費排放。

圖 5.11 運輸服務部門邊際減量成本曲線



資料來源：本研究繪製。

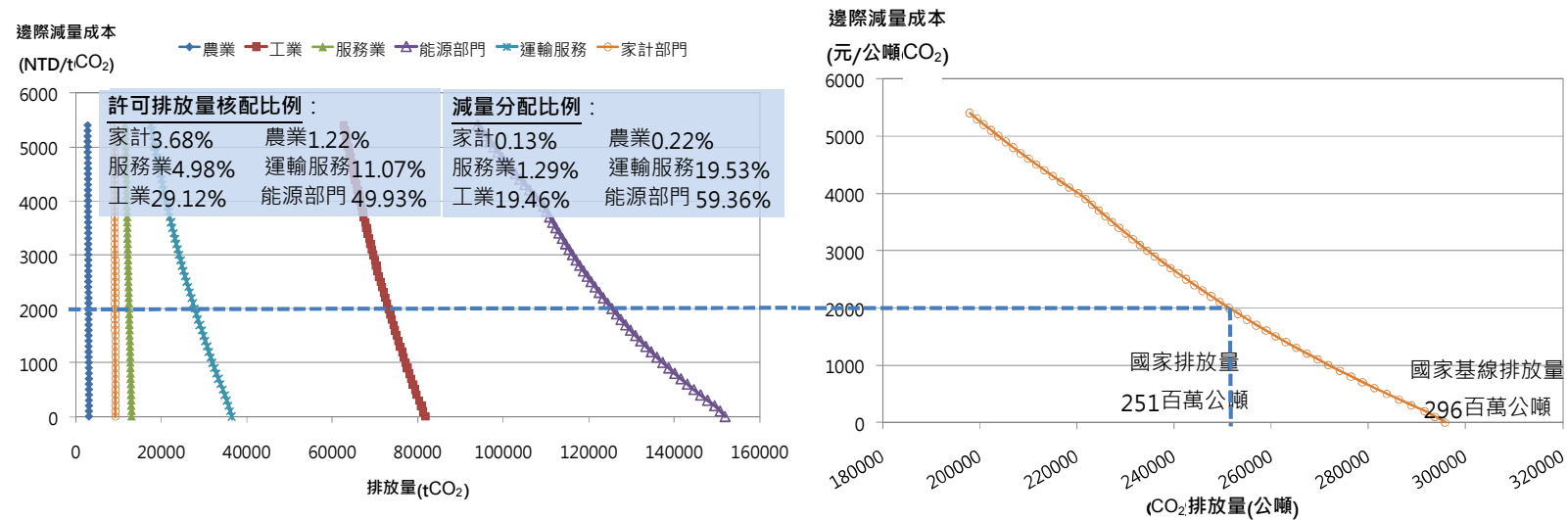
註：家計部門為燃料使用所產生之排放量，不含電力消費排放量。

圖 5.12 家計部門邊際減量成本曲線

3. 部門的許可排放量分配比例

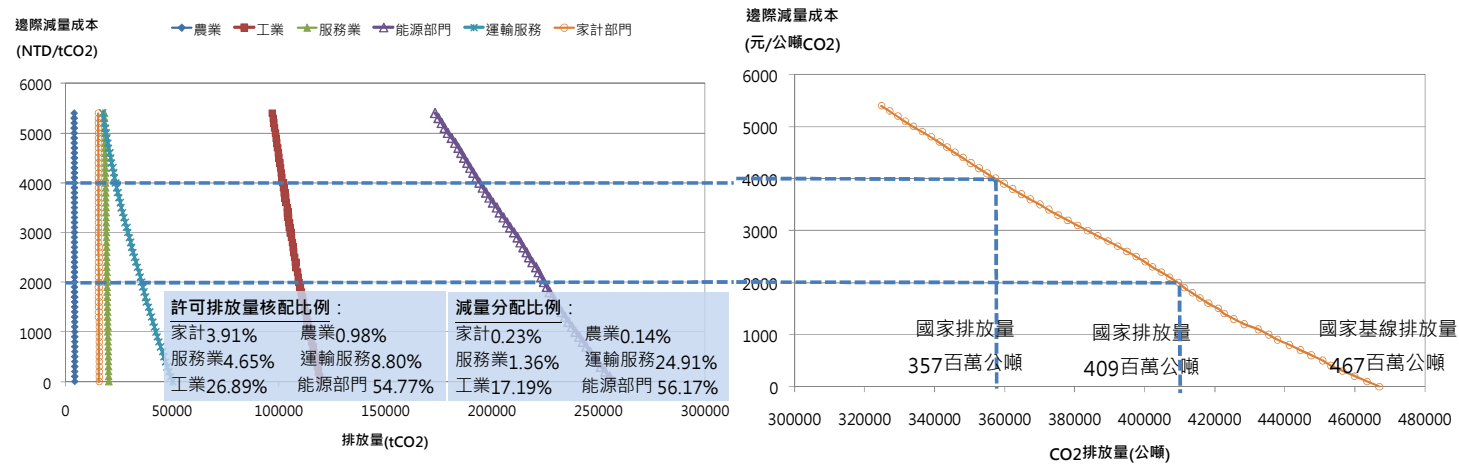
將各部門 2011 年與 2020 年邊際減量成本曲線及國家減量成本曲線分別繪製於圖 5.13 與圖 5.14，便可進一步比較部門間邊際減量成本之差異，並依據國家減量目標，決定各部門排放量分配比例，茲將重要假設及結果彙整於下：

- (1) 國家承諾之減量目標(2020 年回到 2005 年排放水準)，若無重大的技術突破、能源消費行為改變或經由碳權經營等管道進行減量，為支撐持續的經濟成長，將難以在現行經濟體系中達成，故圖 5.14 以假設之國家管制總量進行分析。
- (2) 在國家最適減量路徑未確立前，2011 年至 2020 年間之國家管制總量仍以假設數量進行分析，若 2011 年國家目標排放量為 251 百萬公噸，對映於國家邊際減量成本為每公噸 CO₂ 約 2,000 元。
- (3) 由圖 5.13 可知在邊際減量成本 2,000 元下，2011 年能源部門配得之許可排放量比重為最高，約 49.93%，工業(29.12%)、運輸服務(11.07%)依序次之，但減量分配比例依序則為能源部門(59.36%)、運輸服務(19.53%)與工業(19.46%)，顯然若以部門排放量比重分配國家削減量而非國家排放管制總量，可能產生謬誤。
- (4) 家計與農業部門相對減量潛力薄弱，減量分配比例十分微小。
- (5) 以圖 5.14 與圖 5.13 比較，則可發現在同為 2,000 元之邊際減量成本下，2020 年能源部門許可排放量比例將提高為 54.77%，工業(26.89%)與運輸服務(8.80%)則較 2011 年下降，此與能源部門核能陸續除役，減量成本因而提高有關；相對地，2020 年能源部門(56.17%)與工業(17.19%)減量比例均較 2011 年縮減、運輸服務(24.91%)則明顯增加。
- (6) 若國家減量目標隨時間而日趨嚴格，假設 2020 年目標設定為 357 百萬公噸，則對映該年國家邊際減量成本約為 4,000 元，此時運輸服務與能源部門許可排放量比重將較低目標時下降，工業與服務業則增加；但運輸部門之減量比例並未因此而增加，反而是服務業與能源部門減量比重明顯上升。



資料來源：本研究繪製。

圖 5.13 部門許可排放量分配比例(2011 年)



5-24 資料來源：本研究繪製。

圖 5.14 部門許可排放量分配比例(2020 年)

4. 部門許可排放量分配之後續研究

本節提出成本有效之部門許可排放量核配方法與初估結果，發現邊際減量成本函數應隨時間而存在截距項(基線排放量)與斜率(減量成本彈性)之變化，舉凡會影響邊際減量成本函數之因素，皆有必要進一步評估與探討，因此未來部門許可排放量核配方式仍須針對以下幾點深入研究：

- (1) 檢討國家最適減量路徑；
- (2) 考慮不同產業發展結構、能源結構、技術發展情境、能源價格水準等情境下之部門最適分配量；
- (3) 評析減量成本衡量指標之選擇與影響；
- (4) 修正邊際減量成本函數推估方法；
- (5) 比較不同模型之減量成本推估結果。

第六章 結論與建議

本研究旨在建立整合性分析架構，透過各國評估模式之蒐集與研析，尋找一套適合我國運輸部門溫室氣體減量政策之評估方法，並據以建立「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型」架構。在我國最新經建展望條件下，重新評估我國運輸部門能源消耗與二氧化碳排放趨勢；同時根據氣候變化綱要公約精神及全國能源會議結論，參考與我經濟規模相似國家後京都時期最新發展情勢，進而研析我國運輸部門可行的溫室氣體減量目標。此外，運用「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型」初步探討哥本哈根會議後，國家減量目標與碳排減緩行動對運輸部門之可能影響。

綜合上述，本研究主要目的可歸納為：

1. 評估我國運輸部門能源消耗與二氧化碳排放趨勢；
2. 研析我國運輸部門可行的溫室氣體減量目標；
3. 研析國內外溫室氣體減量評估模型的特點與架構；
4. 釐清各模型所需參變數資料（包括輸出輸入介面）；
5. 評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之模型，以利後續整合評估模型之建置。

本研究所建置之運輸—能源—經濟整合模型，將可降低運輸部門未來能源消耗量預測的誤差，提高我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略規劃的可行性，並使得節能減碳的減量量化績效具有可驗證性。藉由「運輸—能源—經濟整合模型」與「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」的整合，前者模式庫的整合可提高相關政策評估的有效性，後者資訊平台的整合可提高政策評估的正確性，而模式庫與資訊平台相互整合支援後，有助於本所相關節能減碳策略的效益評估。

在研究成果應用方面，本研究之研究成果可提供交通部作為節能減碳政策施政之重要參考依據，以及提供運輸部門作為具體行動方案內容檢討之重要參考依據。

本研究已完成工作項目包括：

1. 進行國內外氣候變遷相關整合模型特點與架構之比較，並呈現於第三章，由國外經驗可知，因氣候變遷與溫室氣體減量議題涉及多個領域、

部門以及方法論，故採取整合分析模式為必然趨勢；

2. 回顧國內外與運輸、能源、經濟相關之溫室氣體減量整合評估模型，並說明於第三章，經由 EPPA/MARKAL 之發展架構，可知整合模型的建構，必須強化子模組之特長與功能，在分析架構、模型參變數定義、使用資料定義與來源等層面，皆必須取得一致，在整合過程中，模型的校準工作必須確實而完整，以確保各子模型建立在相同的分析基礎上；
3. 提出適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之評估模型，本研究認為應整合適合用於評估運輸、能源與經濟層面交互影響之 CGE 模型，以及適合用於評估運輸計畫在空間與時間分布上影響之運輸規劃模型，作為後續構建運輸-能源-經濟整合模型架構的基礎；
4. 提出運輸-能源-經濟整合模型的基本架構與各子模型之功能，並初步釐清各模型所需參變數資料（包含輸出輸入介面）；
5. 已規劃運輸-能源-經濟整合模型與運研所 96-98 年計畫間彼此之關聯性，並說明未來整合評估模式應朝運輸部門溫室氣體減量決策支援角色發展；
6. 分別就運輸部門 CGE 模型與運輸規劃模型進行深入探討，建立模型理論基礎；
7. 規劃整合模型建構流程，定義所需資料之來源；
8. 說明整合模型與資訊平台之關聯性，資料運用形式與產出結果呈現方式；
9. 探討運輸部門合理的減量目標計算依據與方法並計算之。

6.1 結論

(1) 國內外運輸部門減量相關模型探討(第三章)

- A. 目前運用於運輸部門溫室氣體減量分析之方法包括 CGE 模型、運輸需求預測模型、能源工程模型(MARKAL 模型)、系統動態模型等；
- B. 總體 CGE 模型可考慮經濟體系交互運作的情況下，運輸部門與產業、家戶之行為關聯，掌握運輸需求來源與變化，但因描繪整個經濟社會，屬 Top-down 研究方法；能源工程模型主要功能在尋求成本最小的技術發展與最適組合，通常在給定總體經濟條件下求得運具與燃料分配；系統動力學建構模型，著重經濟、運輸行為與能源消費關聯，但必須建立許多回饋機制，模型結果的解釋與因果關係之認定，在模型操作上較不易執行。此外在缺乏行為理論支持下，很難說明政策影響之機制與傳遞路徑；運輸需求預測模型則可突顯運輸需求與選擇行為在空間與時間分布的特性，對於特定區域或起迄點分析可充分掌握；
- C. 國內能源經濟模型的發展大致以 CGE 模型、MARKAL 模型或經濟計量模型為主軸，但這些模型目前對於運輸部門的著墨仍十分有限，僅管國內 MARKAL 模型在運具技術分類上相當詳盡，但對於運輸需求之分析仍缺乏整體而全面的評估工具；
- D. 考慮整合模型必須發揮同時評估來自運輸部門外部的減量政策，與運輸部門本身的減量策略影響之功能，本研究認為運輸部門溫室氣體減量模型應包含一套能充分表現運輸部門行為及運輸部門與經濟體系其他部門彼此關聯之 CGE 模型，亦應納入能考量運輸在空間與時間分布特性的運輸需求模型，再輔以針對特定議題與參數推估需求所建立的輔助模組，以滿足減量政策評估需求；
- E. 對長期減量具有重要影響的運具技術發展，則擬參考 TRIAS 做法，在短期首先建立技術資料庫，做為模型評估之給定條件或參考，對於可能存在的不同技術組合，則以模擬方式考量不同情境；在中期，則進一步彙整蒐集運具與燃料技術發展路徑規劃與相關成本資料，做為在模型中內生考慮技術學習效果與研發創新效果之基礎資料；長期則可在模型中建立誘發性技術創新機制，以考量新型運具之減量與經濟貢獻。

(2) 我國運輸部門溫室氣體減量整合模型架構(第四章)

- A. 整合模型建構應依政策評估需求與資料可及性分期建構，目前規劃中期(2012~2014 年)模型在 CGE 部分應包含客、貨運之海、陸、空、軌道運輸，運輸需求預測模型則應蒐集各運具營運資料、提出模型方法論並據以構建模型；
- B. 運輸部門 CGE 模型在生產者行為，考慮各類能源(包含 15 類油品、天然氣、不同發電技術之電力)之供需關聯，在消費者除區分公共運輸與私人運輸需求外，更納入各類運具所隱含之特徵(如燃油效率、旅行時間等)，強化多數 CGE 模型未能考慮的運輸選擇行為；
- C. 為順利與運輸 CGE 模型橋接，運輸需求預測模型將發展為簡易的總體運輸模型，建構在 TDM2008 基礎上，將空間觀念帶入數學模型，有起、迄運具，但沒有實質路網，利用距離與總體系統容量建構使用者旅行時間與成本函數；
- D. 輔助模組將扮演參數推估、基線預測、政策分析之角色，目前已納入時間序列模型與多元迴歸模型，並提出 GDP 預測、產業結構預測與運具能耗量預測之初步成果；
- E. 進行政策評估時，共可區分為歷史校估、基線預測與政策模擬評估三個階段，在歷史校估階段運輸 CGE 模型、運輸需求預測模型與輔助模組必須個別進行校估，以確保模型運作的準確性，對於共同使用的外部參數(如人口數、替代運具技術發展、全國運輸部門能源消費量等)資訊，則由「建構運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」提供；在基線預測與政策模擬階段，運輸需求預測模型所需之 GDP、產業成長、家戶所得、燃料價格等資訊可由 CGE 模型之求解結果提供，而 CGE 模型之 GDP 與產業成長率測，則可與輔助模型預測結果相比較。

(3) 我國運輸部門減量目標訂定(第五章)

- A. 國內目前部門減量目標之核配倡議存在幾項疑慮：(a) 國家減量目標未經影響評估；(b) 達成國家減量目標之最適路徑未能確立；(c) 等比例分配部門減量無法滿足成本有效；(d) 能源部門不應事先排除；(e) 核配國家削減量無法確保目標達成；(f) 以歷史排放量核配易鼓勵提高現有排放水準；(g) 部門許可排放量分配必須在一致的基礎下

評估；(h) 能源密集度目標之配套措施與經濟影響未明；

- B. 部門減量目標之訂定應以成本有效方式決定，成本有效取決於國家邊際減量成本與各部門邊際減量成本曲線，唯有在所有部門及國家之邊際減量成本皆相同的情況下，方可稱為成本有效之核配方式；
- C. 在邊際減量成本 2,000 元下，2011 年能源部門配得之許可排放量比重為最高，約 49.93%，工業(29.12%)、運輸服務(11.07%)依序次之，但減量分配比例依序則為能源部門(59.36%)、運輸服務(19.53%)與工業(19.46%)，顯然若以部門排放量比重分配國家削減量而非國家排放管制總量，可能產生謬誤；
- D. 在同為 2,000 元之邊際減量成本下，2020 年能源部門許可排放量比例將提高為 54.77%，工業(26.89%)與運輸服務(8.80%)則較 2011 年下降；相對地，2020 年能源部門(56.17%)與工業(17.19%)減量比例均較 2011 年縮減、運輸服務(24.91%)則明顯增加；運輸部門邊際減量成本曲線明顯隨時間而轉動(趨於平緩)，表示在基準情境下運輸部門減量潛力較其他部門為高；
- E. 家計與農業部門相對減量潛力薄弱，減量分配比例十分微小；
- F. 隨著國家減量目標隨時間而日趨嚴格，運輸服務與能源部門許可排放量比重將較低目標時下降，工業與服務業則增加；但運輸部門之減量比例並未因此而增加，反而是服務業與能源部門減量比重明顯上升。

6.2 建議

(1) 運輸部門 CGE 模型

- A. 應強化運輸選擇行為，建立運輸之能源服務需求，方能將運輸設備選擇及背後隱含之能源消費結構於模型中內生考慮；運輸設備之特徵為運具選擇關鍵因素，包括運具之燃油效率、使用成本、旅行時間等；
- B. 考量運具結構轉變後(如移轉私人運輸至軌道，或發展電動車或油電混合車)，用電所產生之間接排放對減量之淨貢獻，應建構較細緻的能源架構，包含各類油品、天然氣與各種發電技術之電力；
- C. 配合模型架構，應建立合理之社會會計矩陣資料庫，並於資料中呈現運具與能耗之結構關係；
- D. 模型應針對減量政策(包含外部政策與運輸部門策略)或議題，適當設計模型機制，例如能源稅、公共運輸補貼等，應於模型中納入稅制及稅收運用之考量；
- E. 運輸需求之發展，受到公共建設等硬體設施之容量限制，須於模型中納入，而公共建設之評估，亦須在模型中建立投資與容量之動態機制；
- F. 運輸部門減量工具應逐步擴充，例如考量生質能技術發展之減量貢獻。

(2) 運輸需求預測模型架構

- A. 整合型運輸模型是個新的獨立模型，建構在 TDM2008 架構上，將空間觀念帶入數學公式的模型，有起迄、運具，但是沒有實質路網，而僅用距離與總體系統容量來建構使用者之旅行時間與成本函數；
- B. 交通分區與空間處理簡化，適度整併 TDM2008 生活圈(TDM2008 的交通分區採用生活圈尺度，計分 17 大分區(生活圈)與 361 小分區(鄉鎮))，作為社經預測的基礎分區；
- C. 城際運輸客貨運需求由 TDM2008 彙整，支援總體模型之分類體系；
- D. 都會客運部份，參考 ASTRA 的都會區交通處理，將都會區交通需求依旅次長短，區分為臺北都會區、高雄都會區、捷運系統規劃中之都會區與其他小型城市等四大類，以建立運輸需求與運具選擇模型。

(3) 建立各運具實際營運之延車公里資料

各運輸系統資料因現況統計狀況不一，未來此資料建立方法建議如下：

- A. 國內城際公共運輸系統：包括航空、高鐵、臺鐵、國道客運，可由各營運單位提報給政府的營運資料取得延車公里資料；
- B. 國內都會區公共運輸系統：包括捷運、公車、公路客運，其中捷運延車公里資料已有統計，但公車及公路客運統計資料不完整，需由各縣市政府及公路總局提供；
- C. 小客車、計程車及機車：延車公里資料缺乏，建議監理處於驗車程序中取得各車輛行駛里程資料及車輛使用時間，以估算各車輛平均行駛里程，再就總車輛數估算總行駛里程；
- D. 貨車：建立盤查制度，由主要業者提供。

(4) 輔助模型建構

- A. 除時間序列與多元迴歸模型外，應逐步納入其他分析方法，如聯立方程式之多元迴歸模型；
- B. 配合本所「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」建置，輔助模組評估議題可逐步擴充，並經由不同方法之比較，強化模型間之一致性與準確性。

(5) 運輸部門減量目標與減量成本

- A. 檢討國家最適減量路徑；
- B. 考慮不同產業發展結構、能源結構、技術發展情境、能源價格水準等情境下之部門最適分配量；
- C. 評析減量成本衡量指標之選擇與影響；
- D. 修正邊際減量成本函數推估方法；
- E. 比較不同模型之減量成本推估結果；
- F. 部門減量責任將持續成為關注焦點，由本年度推估結果看來，運輸部門邊際減量成本曲線隨時間轉趨平緩，代表運輸部門在目前設定之基準情境下，未來減量潛力較其他部門來得大，此項結論將隨時間經過以及情境假設不同，而有所差異，因此基線的動態調整與部門減量成效之滾動式管理為修正部門減量成本推估的重要工作。

(6) 模型整合評估與協調

- A. 政策評估應於一致基礎下，進行政策配套分析；
- B. 為使模型評估建立於一致之基礎，無論在資料定義、資料來源、資料與結果之使用與計算、情境的假設等層面，皆需要不斷溝通與調整，方能達成；
- C. 資料為實證評估模型發展成敗之關鍵，故資料蒐集必須兼顧全面性與正確性，並經由資訊平台建置協助模式庫發展。

參考文獻

- 2.1.1 OECD (2010a), Reducing Transport Greenhouse Gas Emissions: Trends & Data 2010, <http://www.internationaltransportforum.org>.
- 2.1.2 JTRC (2008a), Transport Outlook 2008 – Focusing on CO₂ emissions from road vehicles, Joint Transport Research Centre of OECD Discussion Paper, <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/jtrcpapers.html>.
- 2.1.3 JTRC (2008b), Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector, Joint Transport Research Centre of OECD and the International Transport Forum Working Paper, <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/08GHG.pdf>.
- 2.2.1 G8RG (2006), Gleneagles Final Compliance Report: Surface Transportation, at http://www.g8.utoronto.ca/evaluations/2005compliance_final/2005-22-g8-f-comp_transport.pdf.
- 2.2.2 European Commission (2008), “European Energy and Transport: Trends to 2030 – Update 2007”, Office for Official Publications of the European Communities, Belgium, ISBN 978-92-79-07620-6.
- 2.2.3 T&E (2008), “Reducing CO₂ Emissions from New Cars: A Study of Major Car Manufacturer’s progress in 2007”, report of European Federation for Transport and Environment (T&E).
- 2.2.4 IPCC (2007), Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- 2.2.5 IEA (2008), Energy Efficiency Policy Recommendations; UNE and IEA, 50 by 50 Global Fuel Economy Initiative, 4 March 2009
- 2.2.6 Crane, D. and B. Prusnek (2007), “The Role of a Low Carbon Fuel Standard in Reducing Greenhouse Gas Emissions and Protecting Our Economy”, white

- paper of State of California, <http://gov.ca.gov/index.php?/fact-sheet/5155/>.
- 2.2.7 Farrell, A. E. and D. Sperling (2007), “A Low-Carbon Fuel Standard for California”, technical report, University of California.
- 2.2.8 安鋒 (2007), 「各國乘用車燃油經濟性及溫室氣體排放標準:最新全球政策分析」, The International Council on Clean Transportation 2007-7, http://www.theicct.org/documents/0000/0241/Global_Stds_Chinese1.pdf。
- 2.2.9 Harrington, W. (2008), “The Design of Effective Regulations of Transportation,” OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers, 2008/2, OECD Publishing, <http://www.oecd-ilibrary.org/oecd/deliver/fulltext/5kzbz96mf3q0.pdf?contentType=/ns/WorkingPaper&itemId=/content/workingpaper/235552611237&containerItemId=/content/workingpaper/235552611237&accessItemIds=&mimeType=application/pdf>.
- 2.2.10 JTRC (2010), The Impact of Economic Instruments on the Auto Industry and The Consequences of Fragmenting Markets – Focus on the EU Case, <http://www.oecd-ilibrary.org/oecd/content/workingpaperseries/20708270>.
- 3.1.1 van der Zwaan, B. C. C., Gerlagh, R., Klaassen, G., and Schrattenholzer, L. (2002). Endogenous technological change in climate change modeling, *Energy Economics* 24:1-19.
- 3.1.2 黃宗煌 (2005), 「永續能源策略與總體社會經濟關係之研究 (1/2)」, 經濟部能源局委辦計畫報告。
- 3.1.3 Pepper, M. P. G. (1985), “Multivariate Box-Jenkins analysis : A case study in UK energy demand forecasting”, *Energy Economics* 7(3): 168-178.
- 3.1.4 Tserkezos, E. (1992), “Forecasting residential electricity consumption in Greece using monthly and quarterly data”, *Energy Economics* 14(3): 226–232.
- 3.1.5 Harris, J. L., and Liu, L-M. (1993). “Dynamic Structural Analysis and Forecasting of Residential Electricity Consumption,” *International Journal of Forecasting*, 9(4): 437-455.
- 3.1.6 中華經濟研究院 (2001), 「我國能源需求預測與供給規劃系統整合及應用研究」, 經濟部能源委員會委託研究計畫。

- 3.1.7 經濟部能源委員會 (1983), 「中華民國臺灣長期能源需求預測-民國 71~90 年」, 研究計畫。
- 3.1.8 Galli, R. (1998), "The Relationship Between Energy Intensity and Income Levels: Forecasting long-term Energy Demand in Asian Emerging Economies", *The Energy Journal*, 19 (4): 85-105.
- 3.1.9 Banaszak, S., U. Chakravorty and P. S. Leung (1999), "Ground Transportation Fuel Demand in Asian Tigers: A Comparative Study of Korea and Taiwan," *Energy Journal*, 20, 145-165.
- 3.1.10 Itteilag, R.L. and A.V. Roland (1980), "Forecast of the Economic Demand for Gas in Industry and Total U.S. Energy Demand, 1980-1990", *Journal of Energy and Developing*, 121-141.
- 3.1.11 Wu, Chung-Shu, M.-Y. Liang, and J. -C., Lo (1988), "Industrial Energy Demand Forecasts for Taiwan- An Application of End- Use Approach," paper presented at the Asian and Pacific Conference on Energy and Economic Development, pp. 1-17.
- 3.1.12 梁明義 (1989), 「能源終端需求預測之研究」, 臺北：經濟部能源委員會。
- 3.1.13 梁明義 (1991), 「臺灣地區部門別能源終端需求模型」, 臺北：經濟部能源委員會。
- 3.1.14 Fletcher, K. and M. Marshall (1995), "Forecasting Regional Industrial Energy Demand: The ENUSIM End-Use Model," *Regional Studies*, 801-811.
- 3.1.15 Eltony, M. N. and N H. Al-Mutairi (1995), "Demand for Gasoline in Kuwait: An Empirical Analysis using Cointegration Techniques," *Energy Economics*, 249-253.
- 3.1.16 Fouquet, R. (1995), "The Impact of VAT Introduction on UK Residential Energy Demand: An Investigation Using the Cointegration Approach," *Energy Economics*, 237-247.
- 3.1.17 Masih, A. and R. Masih (1996), "Empirical Tests to Discern the Dynamic Causal Chain in Macroeconomic Activity: New Evidence from Thailand and Malaysia Based on a Multivariate Cointegration/Vector Error-Correction Modeling Approach," *Journal of Policy Modeling*, 18: 5, 531-560.

- 3.1.18 Chan, H. L. and S. K. Lee (1996), "Forecasting the Demand for Energy in China," *Energy Journal*, 19-30.
- 3.1.19 Chan, H. L. and S. K. Lee (1997), "Modeling and Forecasting the Demand for Coal in China," *Energy Economics*, 271-287.
- 3.1.20 Harvey, A.C. (1989), *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge: Cambridge University Press.
- 3.1.21 許志義 (1995)，課徵碳稅對臺灣經濟影響之分析，行政院國家科學委員會。
- 3.1.22 李秉正 (1997)，「溫室效應防制政策對臺灣經濟影響評估」，因應溫室效應之經濟工具及其經濟影響研討會論文集，桃園。
- 3.1.23 林師模 (1997)，「課徵燃料稅對所得階層及城鄉福利影響之一般均衡分析」，因應溫室效應之經濟工具及其經濟影響研討會論文集，桃園。
- 3.1.24 黃宗煌、李秉正、徐世勳、蕭代基 (1997)，溫室氣體減量策略之經濟評估 (一)最適碳稅稅率及其經濟影響評估，行政院環保署委託研究計畫報告。
- 3.1.25 梁啟源 (1993)，環保政策對臺灣總體經濟之影響，蔣經國國際學術交流基金會資助研究計畫。
- 3.1.26 江奇晉 (1996)，空氣污染防制政策對我國經濟之影響，碩士論文，淡江大學產業經濟研究所。
- 3.1.27 溫麗琪 (1997)，第二階段固定污染源空氣污染防制費之費率、徵收方式及影響衝擊研計畫，行政院環境保護署。
- 3.1.28 張四立 (2008)，「電力結構調整對臺灣因應溫室氣體減量效果評估」，糧食、能源及碳權市場發展之政策整合與創新高層論壇。
- 3.1.29 台灣綜合研究院 (2006)，溫室氣體減量政策對能源政策之影響及因應對策，行政院經濟建設委員會。
- 3.1.30 黃軒亮 (2009)，結合多目標規劃與系統動態方法評估我國電力部門追求國家 3E 目標發展之影響研究，國立臺北大學自然資源與環境管理研究所碩士論文，臺北市。
- 3.1.31 蕭再安 (1993)，因應二氧化碳之限制臺灣電力供應結構之研究，臺灣經濟研究院，臺北。
- 3.1.32 林裕文 (1994)，二氧化碳排放限制下我國產業與能源使用因應策略-多目標規劃應用，國立成功大學資源工程研究所碩士論文。

- 3.1.33 施勵行、吳榮華、林裕文 (1995),「二氧化碳限量排放下之能源策略與產業發展」, 能源季刊, 第二十五卷, 第二期, 頁 5-24。
- 3.1.34 楊浩彥 (1995), 臺灣經濟、環境、能源多目標規劃之研究, 中興大學經濟研究所未發表之博士論文。
- 3.1.35 張四立等 (1995), 我國能源、環境、與經濟發展互動關係之研究。經濟部能源委員會, 臺北。
- 3.1.36 林素貞、張翊峰 (1995),「以投入產出分析產業能源耗用與污染排放量之關聯性-以 1991 年臺灣地區為例」, 能源季刊, 第二十五卷, 第四期, 頁 52-74。
- 3.1.37 臺灣經濟研究院(1994), 抑制二氧化碳排放課徵碳稅之可行性研究, 經濟部能委會, 臺北。
- 3.1.38 羅紀瓊 (1995),「追蹤二氧化碳排放的能源模型」, 能源季刊, 第二十五卷, 第三期, 頁 76-98。
- 3.1.39 陶在樸 (1996), 臺灣有害氣體 CO₂、NO_x 和 SO₂ 排放量與整體經濟發展的系統動力學模型, 中華經濟研究院, 臺北。
- 3.1.40 Kainuma, M., Matsuoka Y. and Morita, T. (2002a), *Climate Policy Assessment: Asia-Pacific Integrated Modeling*. M. Kainuma, Y. Matsuoka, Morita, T. (eds), Climate Policy Assessment, Tokyo: Springer-Verlag.
- 3.1.41 Kainuma, M., Matsuoka Y. and Morita, T. (2002b), *AIM Modeling: Overview and Major Finding*. M. Kainuma, Y. Matsuoka, Morita, T. (eds), Climate Policy Assessment, Tokyo: Springer-Verlag.
- 3.1.42 Matsuoka, Y. (2000), “Extrapolation of Carbon Dioxide Emission Scenarios to Meet Long-term Atmospheric Stabilization Targets”, *Environmental Economics and Policy Studies* 3: 255-265.
- 3.1.43 Matsuoka, Y., Kainuma, M., Morita, T. (1995), “Scenario Analysis of Global Warming Using the Asian Pacific Integrated Model (AIM)”, *Energy Policy* 23(4/5): 357-371.
- 3.1.44 Nordhaus, W. D. (1994), *Managing the Global Commons: The Economics of the Greenhouse Effect*. MIT Press, Cambridge, MA.
- 3.1.45 Nordhaus, W. D. (2007), “Accompanying Notes and Documentation on

- Development of DICE-2007 Model: Notes on DICE-2007”, delta.v8 as of September 21, 2007, from the World Wide Web: http://nordhaus.econ.yale.edu/Accom_Notes_100507.pdf.
- 3.1.46 Nordhaus, W. D. (2008), A Question of Balance: Economic Modeling of Global Warming, Yale University Press (prepublication version), from the World Wide Web: <http://nordhaus.econ.yale.edu/DICE2007.htm>.
 - 3.1.47 Manne, A., Richels R. (2004), “MERGE: A Model for Evaluating the Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies”, from the World Wide Web: <http://www.stanford.edu/group/MERGE/>.
 - 3.1.48 Edmonds, J., Wise, M., Pitcher, H., Richels, R., Wigley, T., and MacCracken, C. (1996), “An Integrated Assessment of Climate Change and the Accelerated Introduction of Advanced Energy Technologies: An Application of MiniCAM1.0”, *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 1(4): 311-339.
 - 3.1.49 Clarke, L., Lurz, J., Wise, M., Edmonds, J., Kim, S., Pitcher, H., and Smith, S. (2007), Model Documentation for the MiniCAM Climate Change Science Program Stabilization Scenarios: CCSP Product 2.1a, PNNL-16735, document prepared for the U.S. Department of Energy, Pacific Northwest National Laboratory.
 - 3.1.50 Heaps, C. (2008), LEAP – Long Range Energy Alternatives Planning System: An Introduction to LEAP. Community for Energy, Environment and Development, Stockholm Environment Institute, from the World Wide Web: www.energycommunity.org.
 - 3.1.51 ABARE and CSIRO (2008), “Global Integrated Assessment Model”, *Australian Commodities*, March Quarter 15(1): 195-216.
 - 3.1.52 Laura Cozzi (2004), IEA World Energy Model: Structure and Key Results.
 - 3.2.1 Schäfer, A. and Jacoby, H. D. (2005), “Technology Detail in A Multisector CGE Model: Transport under Climate Policy”, *Energy Economics* 27: 1-24.
 - 3.2.2 Schäfer, A. and Jacoby, H. D. (2006a), “Vehicle Technology under CO2 Constraint: A General Equilibrium Analysis”, *Energy Policy*, 34: 975-985.

- 3.2.3 Schäfer, A. and Jacoby, H. D. (2006b), “Experiments with A Hybrid CGE-MARKAL Model”, *The Energy Journal*, 2006: 171-177.
- 3.2.4 Krzyzanowski, D. A., S. Kypreos, L. Gutzwiller and L. Barreto (2004), “Implications of Technology Learning in Energy-Economy Models of the Transport Sector”, report to the Alliance for the Global Sustainability (AGS), Paul Scherrer Institute, http://eem.web.psi.ch/Publications/Other_Reports/ReportAGStransport.pdf.
- 3.2.5 Babiker, M.H., J.M. Reilly, M. Mayer, R.S. Eckaus, I. Sue Wing and R.C. Hyman (2001), “The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Revisions, Sensitivities, and Comparisons of Results”. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 71, Cambridge, Massachusetts.
- 3.2.6 Paltsev, S., J. M. Reilly, H. D. Jacoby, R. S. Eckaus, J. McFarland, M. Sarofim, M. Asadoorian and M. Babiker (2005), “The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4”, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, report 125, Cambridge, Massachusetts., http://web.mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_Rpt125.pdf.
- 3.2.7 Babiker, M., A. Gurgel, S. Paltsev and J. Reilly (2008). "A Forward Looking Version of the MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model." MIT Global Change Joint Program, Report 161, May 2008.
- 3.2.8 Morris, J., S. Paltsev, and J. Reilly (2008), “Marginal Abatement Costs and Marginal Welfare Costs for Greenhouse Gas Emissions Reductions: Results from the EPPA model”, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report 164, November, http://globalchange.mit.edu/files/document/MITJPSPGC_Rpt164.pdf.
- 3.2.9 McFarland, J., J. Reilly and H. Herzog (2004). Representing Energy Technologies in Top-down Economic Models Using Bottom-up Information. Energy Economics, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change Report No. 89, http://mit.edu/globalchange/www/MITJPSPGC_Rpt89.pdf.
- 3.2.10 Turton, H. (2008), “ECLIPSE: An Integrated Energy-Economy Model for

- Climate Policy And Scenario Analysis”, *Energy* 33: 1754-1769.
- 3.3.1 Schäfer, A. and Jacoby, H. D. (2005), “Technology Detail in A Multisector CGE Model: Transport under Climate Policy”, *Energy Economics* 27: 1-24.
 - 3.3.2 Berg, C. (2007), “Household Transport Demand in a CGE-framework”, *Environmental & Resource Economics* 37: 573-597.
 - 3.3.3 Abrell J. (2007), “Transportation and Emission Trading : A CGE Analysis for the EU 15”, SSRN working paper series, WP-EGW-01, Economics of Global Warming, <http://ssrn.com/abstract=1157389>.
 - 3.3.4 Kim, E., Hewings, G. J. D., Hong, C. (2004), “An Application of an Integrated Transport Network-Multiregional CGE Model: a Framework for the Economic Analysis of Highway Projects”, *Economic Systems Research*, 16(3).
 - 3.3.5 Kim, E. and Hewings, G. J. D. (2003), “An Application of Integrated Transport Network-Multiregional CGE Model II: Calibration of Network Effects of Highway”, Discussion paper REAL 03-T-24.
 - 3.3.6 Bröcker, J. (2002), “Passenger Flows in CGE Models for Transport Project Evaluation”, paper to be presented to the ERSA Congress , August 2002, Dortmund.
 - 3.3.7 Mayeres, I., Proost, S., van Dender, K. (2004), “The Impacts of Marginal Social Cost Pricing”, *Research in Transportation Economics* 14: 211-243.
 - 3.3.8 Conrad K. (1997), “Traffic, Transportation, Infrastructure and Externalities: A Theoretical Framework for a CGE Analysis”, *The Annals of Regional Science* 31: 369-389.
 - 3.3.9 Steininger, K. W., Friedl, B., Gebetsroither, B. (2007), “Sustainability Impacts of Car Road Pricing: A Computable General Equilibrium Analysis for Austria”, *Ecological Economics* 63: 59-69.
 - 3.3.10 Madsen, B. and Butler, C. J. (2004), “Theoretical and Operational Issues in Sub-regional Economic Modelling, Illustrated through the Development and Application of the LINE Model”, *Economic Modelling* 21: 471-508.
 - 3.3.11 Peterson, E. B. and H. L. Lee (2009), “Implications of incorporating domestic margins into analyses of energy taxation and climate change policies”,

Economic Modelling 26(2): 370-378.

- 3.3.12 楊浩彥 (2009),「簡介可計算一般均衡分析」,上課講義,資料來源:
<http://cc.shu.edu.tw/~haoyen/cge1.pdf>。
- 3.3.13 楊晴雯 (2010),「國內 3E 決策模型:TAIGEM-III 與 TaiSEND」,交通部運輸研究所節能減碳專業知能訓練-運輸-能源-經濟整合模型應用課程講義,2010 年 10 月,臺北。
- 3.3.14 Blayac, T. and Causse, A. (2001), “Value of travel time: a theoretical legitimization of some nonlinear representative utility in discrete choice models”, *Transportation Research*, 35B: 391-400.
- 3.3.15 陳雅琴與林國顯 (2009),「城際與都會旅行時間價值之理論與實證研究-羅吉特模型的應用」,中華民國運輸學會 98 年學術論文研討會,桃園。
- 3.3.16 Kato, Hironori and Keiichi Onoda (2009), “An investigation of whether the value of travel time increases as travel time is longer: A case study of modal choice of inter-urban travelers in Japan”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2135: 10-16.
- 3.3.17 Bröcker, J (2002), “Passenger Flows in CGE Models for Transport Project Evaluation”, paper to be presented to the ERSA Congress 2002, Dortmund.
- 3.4.1 交通部運輸研究所 (2009a),「國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究(4/4)」,計畫報告。
- 3.5.1 行政院環保署 (2010),「我國低碳路徑發展藍圖規劃」,期中報告。
- 3.5.2 葛復光 (2010),「MARKAL(MARKAL 能源技術系統模型簡介與應用」,交通部運輸研究所節能減碳專業知能訓練-運輸-能源-經濟整合模型應用課程講義,2010 年 10 月,臺北。
- 3.5.3 郭瑾瑋 (2010),「各國綠能汽車政策措施與我國節能成效評估」,碳經濟第 17 期,51-66 頁。
- 3.5.1 交通部運輸研究所 (2009b),「能源消耗、污染排放推估模式與永續運輸模式之整合應用」,計畫報告。
- 3.6.1 交通部運輸研究所 (2009c),「能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究(2/2)」,計畫報告。
- 4.3.1 Elliot, R. N. (2006), “Importance of Energy Service Demand Representation to Consideration of Range of Technology Choice in Manufacturing”, American Council for an Energy-Efficiency Economy, Working Draft, November 14,

2006.

- 4.3.3 Guertin, C., S. C. Kumbhakar, and A. K. Duraiappah (2003), “Determining Demand for Energy Service: Investigating Income-driven behaviors”, *International Institute for Sustainable Development*, State University of New York, Binghamton.
- 4.3.4 Willet, K. D. and S. Naghshpour (1987), “Residential Demand for Energy Commodities: A Household Production Approach”, *Energy Economics*, 9(4), S251-56.
- 4.4.1 Martino, A., D. Fiorello, S. Shepherd, P. Pfaffenbichler (2006), “Strategic Modelling of Transport and Energy Scenarios”, European Transport Conference 2006, Strasbourg, France, September, 2006.
- 4.5.1 交通部運輸研究所 (2009d), 「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立 (3/3) — 建立溫室氣體排放盤查、登錄、查驗標準與機制」, 期末報告。
- 5.1.1 交通部運輸研究所 (2008), 「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立 (2/3) — 建立溫室氣體排放盤查、登錄、查驗標準與機制」, 計畫報告。

附錄 1

計畫摘要

運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立

計畫摘要

一、研究緣起與目的

京都議定書第一階段行動即將於 2012 年期滿，2007 年第 13 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國(COP13)會議中提出的峇里島路線圖成為下一階段的減量行動依據。峇里島路線圖倡議 2050 年全球排放量應較 1990 年減少 60%，而 2009 年的哥本哈根會議，則要求各國須提出減量目標或碳排減緩行動。

然而近年來全球運輸部門的 CO₂ 排放量持續上升，在全球排放總量中，運輸部門即占 15%，在運輸部門排放量中有 23% 來自燃燒化石燃料，其中又以道路運輸的排放量成長最快，2007 年已經比 1980 年增加了一倍。如此快速的成長已經迫使很多國家開始針對運輸部門進行減量計畫。

減量政策的執行通常牽涉許多層面，橫跨多個領域及部門。政策執行的成效、對社會經濟的衝擊、以及政策執行的成本等，都是決策過程必須審慎考量的重點。過去運輸部門減量行動之相關評估工作，多從個體模式探討節能減碳的成效。不過運輸部門與其他經建部門互動密切而不可分割，面對節能減碳的需求及行動日益迫切，因此有必要從運輸、能源、經濟與技術發展等構面，開發與應用運輸系統節能減碳政策評估工具，以進一步評估我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略，並研訂各項行動計畫。

本研究旨在建立整合性分析架構，透過各國評估模式之蒐集與研析，尋找一套適合我國運輸部門溫室氣體減量政策之評估方法，並據以建立「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型」。在我國最新經建展望條件下，重新評估我國運輸部門能源消耗與二氧化碳排放趨勢；同時根據氣候變化綱要公約精神及全國能源會議結論，參考與我經濟規模相似國家後京都時期最新發展情勢，進而研析我國運輸部門可行的溫室氣體目標。此外，運用「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型」初步探討哥本哈根會議後，國家減量目標與碳排減緩行動對運輸部門之可能影響。

選擇適當的評估方法或模型攸關未來能源消耗量預測的正確性與政策評估運用之彈性，因此，本研究將透過國內外相關溫室氣體減量評估模

型之回顧，借鏡國際模型的特點與架構，評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之模型，進而提出我國運輸部門整合評估模型架構，釐清個別模型所需參變數資料並列出清單，以利後續模型建置。

綜合上述，本研究主要目的可歸納為：

1. 評估我國運輸部門能源消耗與二氧化碳排放趨勢；
2. 研析我國運輸部門可行的溫室氣體減量目標；
3. 研析國內外溫室氣體減量評估模型的特點與架構；
4. 釐清各模型所需參變數資料（包括輸出輸入介面）；
5. 評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之模型，以利後續整合評估模型之建置。

二、研究範圍與對象

本計畫主要目的在建構運輸部門溫室氣體整合評估模式，預計整合運輸規劃與需求分析模式、總體經濟政策評估模式與經濟計量模式。過去本所發展之運輸規劃與需求整合模式包含了運輸需求模式、運輸規劃與環境評估模式等，整體架構與脈絡十分清楚，惟對於需求模式中之若干社經變數，或以迴歸或參考他人研究方式取得，有必要進一步與總體經濟評估模型進行連結，因此本研究主要研究範圍與構面包括：

1. 運輸、能源、經濟整合模式架構建立；
2. 模式資料庫建置；
3. 參變數定義釐清與比對；
4. 政策分析與結果回饋機制建立；
5. 策略研擬。

三、研究內容與項目

本年度主要工作項目包括五大項：

1. 進行國內外相關模型特點與架構之比較，作為後續構建運輸-能源-經濟整合模型架構的基礎。
2. 回顧國內外相關溫室氣體減量評估模型，並評估適合運輸部門且與現有運輸需求分析模式結合難度較低之評估模型，以配合本所建立「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」計畫所需。

3. 釐清各模型所需參變數資料(包含輸出輸入介面)並列出清單，蒐集暨整理國內外現有運輸能源消耗與溫室氣體排放基本參數資料(包含公路、軌道、航空及水運)，並進行國內外運輸能源消耗與溫室氣體排放參數彙整及比較，以利後續整合評估模型之建置。
4. 針對未來減量評估模型架構，提出未來模型發展方向、建置程序、資料蒐集流程等具體建議。
5. 配合我國相關能源政策所訂定之運輸部門行動方案內容，進行執行成果估算、檢討、驗證、成本效益分析及因應策略研擬。檢討未來模式修正需求，建議參變數資料蒐集範圍與內容，並據以研擬因應達成減量目標之策略。

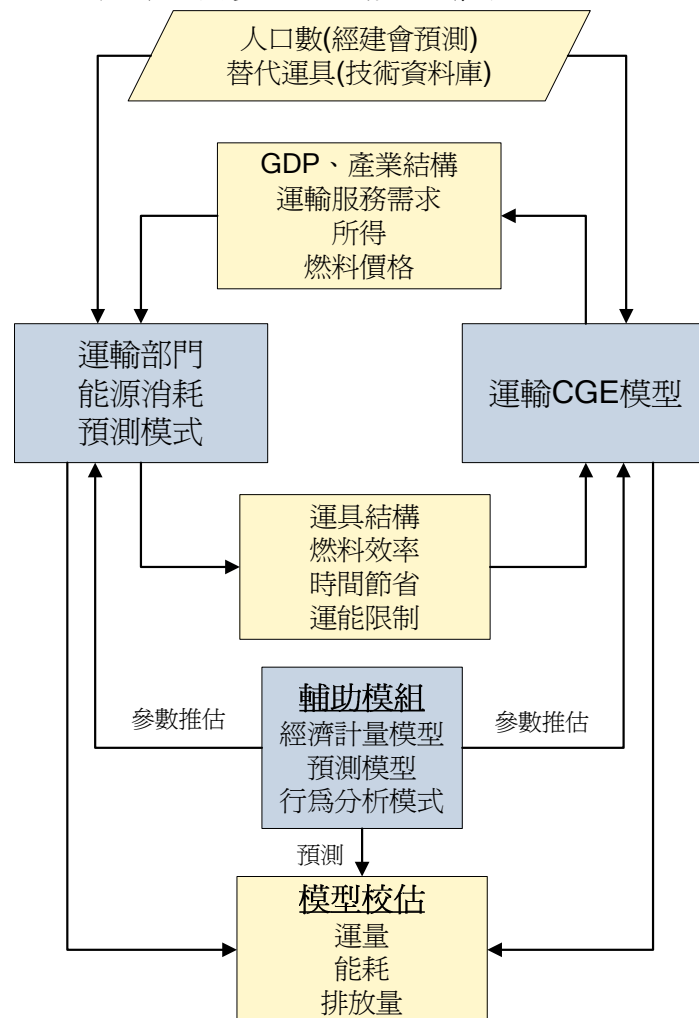
四、運輸部門溫室氣體減量整合模型

目前普遍採行的方法或模型包括能源工程模型(如 MARKAL 模型)、可計算一般均衡模型(Computable General Equilibrium, CGE)、總體經濟模型、運輸需求預測模型、系統動態模型、能源需求模型、運具分配模型(Model Split)、MOBILE 等。國內能源經濟模型的發展大致以 CGE 模型、MARKAL 模型、或經濟計量模型為主軸，但這些模型目前對於運輸部門的著墨仍十分有限，僅管國內 MARKAL 模型在運具技術分類上相當詳盡，但對於運輸需求之分析仍缺乏整體而全面的評估工具。

總體 CGE 模型可考慮經濟體系交互運作的情況下，運輸部門與產業、家戶之行為關聯，掌握運輸需求來源與變化，但因涵納經濟體系眾多部門，故以總體性(aggregate)或由上而下(top-down)方式描繪運輸部門內各運具或運輸模式。能源工程模型主要功能在尋求成本最小的技術發展與最適組合，通常在給定總體經濟條件下求得運具與燃料分配。系統動力學建構模型，著重經濟、運輸行為與能源消費關聯，但必須建立許多回饋機制，模型結果的解釋與因果關係之認定，在模型操作上較不易執行，此外在缺乏行為理論支持下，很難說明政策影響之機制與傳遞路徑。運輸需求預測模型則可突顯運輸需求與選擇行為在空間與時間分布的特性，對於特定區域或起迄點分析可充分掌握，但與經濟體系中其它部門之相互影響並未著墨太多。

4.1 運輸部門溫室氣體減量整合模型架構

考慮整合模型必須發揮同時評估來自運輸部門外部的減量政策，與運輸部門本身的減量策略影響之功能下，本研究認為運輸部門溫室氣體減量模型應包含一套能充分表現運輸部門行為及運輸部門與經濟體系其他部門彼此關聯之 CGE 模型，亦應納入能考量運輸在空間與時間分布特性的運輸需求模型，再輔以針對特定議題與參數推估需求所建立的輔助模組，以滿足減量政策評估需求。本研究對於「整合」在不同層次或階段之定義有所不同，以下茲說明各階段模型之投入產出關係：



資料來源：本研究繪製。

圖 1 運輸部門溫室氣體減量整合模式關聯圖

1. 運輸部門 CGE 模型在生產者行為，考慮各類能源(包含 15 類油品、天然氣、不同發電技術之電力)之供需關聯，在消費者除區分大眾運輸與私人運輸需求外，更納入各類運具所隱含之特徵(如燃油效率、旅行時間等)，強化多數 CGE 模型未能考慮的運輸選擇行為；

2. 為順利與運輸 CGE 模型橋接，運輸部門能源消耗預測模式將發展為簡易的總體運輸模型，建構在 TDM2008 基礎上，將空間觀念帶入數學模型，有起、迄運具，但沒有實質路網，利用距離與總體系統容量建構使用者旅行時間與成本函數；
3. 輔助模組將扮演參數推估、基線預測、政策分析之角色，目前已納入時間序列模型與多元迴歸模型，並提出 GDP 預測、產業結構預測、與運具能耗量預測之初步成果；
4. 整合模型建構應依政策評估需求與資料可及性分期建構，目前規劃中期(2012~2014 年)模型在 CGE 部分應包含客、貨運之海、陸、空、軌道運輸，運輸部門能源消耗預測模式則應蒐集各運具營運資料、提出模型方法論並據以構建模型。

4.2 運輸部門溫室氣體減量整合模型小結

本研究整合多種模型的目的有三：(1)相互支援，如上所述 CGE 模型與運輸模型各有功能，不同評估議題需借重不同模型特長；(2)彼此驗證，由於方法論、分析範疇與資料結構的差異，若不同模型能夠對同一指標產生接近的結果，則更可提高對模型的信任度；(3)差異分析，即使不同模型所產生的結果存在差異，也提供良好的比較平台，藉由模型與資料結構差異的比較分析，瞭解結果產生分歧的原因，更能擴展施政時考慮面向。

進行政策評估時，共可區分為歷史校估、基線預測與政策模擬評估三個階段，在歷史校估階段運輸 CGE 模型、運輸部門能源消耗預測模式與輔助模組必須個別進行校估，以確保模型運作的準確性，對於共同使用的外部參數(如人口數、替代運具技術發展、全國運輸部門能源消費量等)資訊，則由「建構運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」提供；在基線預測與政策模擬階段，運輸部門能源消耗預測模式所需之 GDP、產業成長、家戶所得、燃料價格等資訊可由 CGE 模型之求解結果提供，而 CGE 模型之 GDP 與產業成長率測，則可與輔助模型預測結果相比較。

五、運輸部門減量目標訂定

國內目前部門減量目標之核配倡議存在幾項疑慮：(1) 國家減量目標未經影響評估；(2) 達成國家減量目標之最適路徑未能確立；(3) 等比例分配部門減量無法滿足成本有效；(4) 能源部門不應事先排除；(5) 核配國家

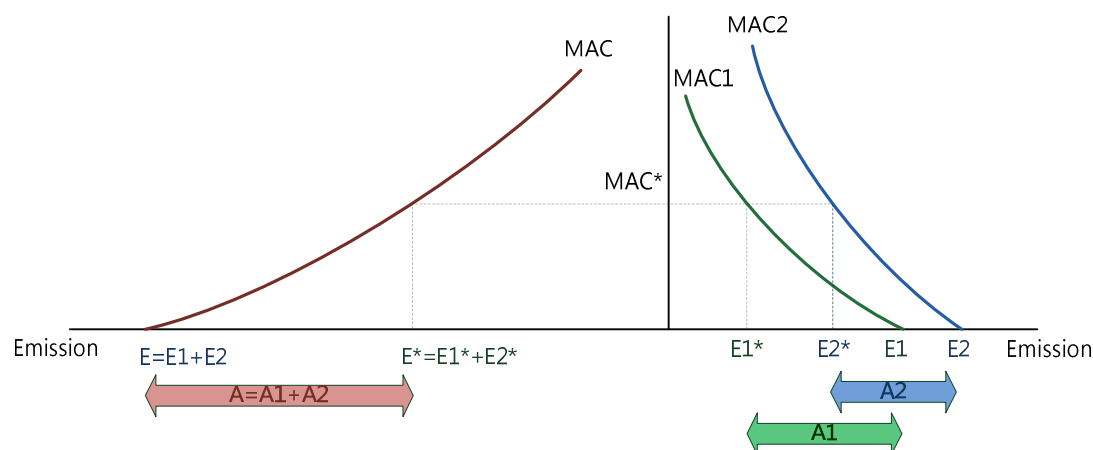
削減量無法確保目標達成；(6) 以歷史排放量核配易鼓勵提高現有排放水準；(7) 部門許可排放量分配必須在一致的基礎下評估；(h) 能源密集度目標之配套措施與經濟影響未明。

5.1 部門減量目標之訂定方式

本研究認為部門減量目標之訂定應以成本有效方式決定，成本有效取決於國家邊際減量成本與各部門邊際減量成本曲線，唯有在所有部門及國家之邊際減量成本皆相同的情況下，方可稱為成本有效之核配方式。

為了呈現在成本有效的前提下，排放許可量、減量責任與邊際成本之關係，如圖 2 所示。假設國家核配對象包含兩部門，MAC1 與 MAC2 分別代表兩部門之邊際減量成本，為排放量之遞減函數。圖 2 右方，MAC2 邊際減量成本高於 MAC1，兩曲線與橫軸的交點 E1 與 E2 為兩部門減量前之原始排放量。將 MAC1 與 MAC2 兩曲線橫向加總，可得圖 2 左方之國家邊際減量成本曲線 MAC，其與橫軸的交點 E 即為國家減量前之原始排放量，為兩部門原始排放量之總和。

若國家承諾排放量為 E^* ，表示國家應減量 A ，對映國家邊際減量成本曲線下之最適邊際減量成本為 MAC^* ，則在相同的 MAC^* 下，部門 1 與部門 2 之最適排放量為 $E1^*$ 與 $E2^*$ ，此即為成本有效之核配排放量，相對兩部門原始排放量，分別應減量 $A1$ 與 $A2$ 。由於核配排放量之總和必須為國家承諾排放量，故兩部門減量之總和必與國家減量相等。



資料來源：本研究繪製。

圖 2 等邊際減量成本與核配

5.2 運輸部門減量目標訂定小結

本研究以基準情境(1)自發性能源技術進步率每年 0.4%、(2)核一至核

三如期除役，核四為減量措施、(3)國際能源價格波動、(4)LNG 與再生能源維持目前水準、(5)總要素生產力平均每年成長 2.4%等設定，推估各部門與國家 2011 年與 2020 年之邊際減量成本曲線，求得各部門成本有效之核配量。

結果顯示隨著國家減量目標隨時間而日趨嚴格，運輸服務與能源部門許可排放量比重將較低目標時下降，工業與服務業則增加；但運輸部門之減量比例並未因此而增加，反而是服務業與能源部門減量比重明顯上升。而相較於其他部門，家計與農業部門相對減量潛力薄弱，減量分配比例十分微小。

此外，由本年度推估結果看來，運輸部門邊際減量成本曲線隨時間轉趨平緩，代表運輸部門未來減量潛力在目前設定之基準情境下，較其他部門來得大，此項結論將隨時間經過以及情境假設不同，而有所差異，因此未來基線的動態調整與部門減量成效之滾動式管理為修正部門減量成本推估的重要工作。

六、結語

本研究主要成果如下：

1. 完成國內外運輸部門減量相關模型探討；
2. 提出我國運輸部門溫室氣體減量整合模型架構；
3. 完成我國運輸部門減量目標之分析。

本研究建議如下：

1. 運輸部門溫室氣體減量整合模型應強化運輸選擇行為，建立運輸之能源服務需求，方能將運輸設備選擇及背後隱含之能源消費結構於模型中內生考慮；運輸設備之特徵為運具選擇關鍵因素，包括運具之燃油效率、使用成本、旅行時間等；
2. 整合型運輸模型是個新的獨立模型，建構在 TDM2008 架構上，將空間觀念帶入數學公式的模型，有起迄、運具，但是沒有實質路網，而僅用距離與總體系統容量來建構使用者之旅行時間與成本函數，交通分區與空間處理簡化，應適度整併 TDM2008 生活圈，作為社經預測的基礎分

區；城際運輸客貨運需求由 TDM2008 彙整，支援總體模型之分類體系；都會客運部份，參考 ASTRA 的都會區交通處理，將都會區交通需求依旅次長短，區分為台北都會區、高雄都會區、捷運系統規劃中之都會區、與其他小型城市等四大類，以建立運輸需求與運具選擇模型。

3. 除時間序列與多元迴歸模型外，應逐步納入其他分析方法，如聯立方程式之多元迴歸模型；並且配合「建構運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」建置，輔助模組評估議題可逐步擴充，並經由不同方法之比較，強化模型間之一致性與準確性。
4. 本研究提出成本有效之部門許可排放量核配方法與初估結果，發現邊際減量成本函數應隨時間而存在截距項(基線排放量)與斜率(減量成本彈性)之變化，舉凡會影響邊際減量成本函數之因素，皆有必要進一步評估與探討，因此未來部門許可排放量核配方式仍須針對以下幾點深入研究：
 - (a) 檢討國家最適減量路徑；
 - (b) 考慮不同產業發展結構、能源結構、技術發展情境、能源價格水準等情境下之部門最適分配量；
 - (c) 評析減量成本衡量指標之選擇與影響；
 - (d) 修正邊際減量成本函數推估方法；
 - (e) 比較不同模型之減量成本推估結果。

附錄 2

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立」

執行單位：千禧決策科技股份有限公司

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
一、蔡俊鴻教授(書面意見)：		
1.期中報告宜請呈現各項工作進展並逐項說明成果。	1.期末報告已於 1.5 節摘述本年度完成之 3 工作項目及重要成果。	同意執行單位辦理說明。
2.有關國內模式的整合分析，3.2.2 節，對後續政策分析工具之擇定甚具關鍵，建議再深入評析(3.6 節已有探討)。	1.已增列 3.3.2 節「國內可計算一般均衡發展現況」、3.4.2 節「國內主要的運輸需求分析模式」、3.5.2 節「能源工程模型在運輸部門的應用」等內容；並於 3.7 節彙整比較不同方法之功能與差異，並針對本研究整合模型發展目的提出模型選擇考量。	同意執行單位辦理說明。
3.排放決策支援系統於「資料庫系統」是否考量未來車輛技術，如油電混合車、電力驅動車，及能源技術如生質燃料等所衍生參數效應?如表 5.2.28 趨勢似有檢討必要。	1. 資料庫系統將建置在「運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」中。車輛技術相關資料將區分為兩類，其一為技術發展現況與未來展網等相關資訊，將透過其他研究資料蒐集彙整，形成技術發展資料庫並置於知識資料庫中；其二將技術發展資料透過部門對映，加總計算成為模型適用之技術進步率、燃料效率及技術成本，再置入整合模型資料庫中，提供模型使用。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
4.國內產業發展趨勢對物流運輸似有甚大影響，衍生能源消耗與溫室氣體排放、減量皆值深入評析。	1.產業發展對物流運輸與能耗、溫排之影響確實相當顯著，本研究在納入運輸 CGE 模型後，將可區分各業對於客、貨運服務之需求，以及客、貨運服務業者如何調整運具與燃料使用，以同時滿足服務需求與減量要求。透過產業關聯掌握經濟活動與產業發展之影響，模型說明請參見 4.3.1 節。	同意執行單位辦理說明。
5.交通能源策略(如美國加州 Low Carbon Fuel，前總統布希削減石化能源比例政策)建議納入評析。	1.已於第 2-8 頁表 2.2-1 中加入美國加州低碳燃料標準(Low Carbon Fuel Standard, LCFS)規範。	同意執行單位辦理說明。
二、張四立教授(書面意見)：		
1.本計劃之期中報告已完成國內外運輸部門減量策略及政策工具選擇之回顧(第 2 章)、溫室氣體整合評估模型特色與架構之文獻回顧(第 3 章)、運輸-能源-經濟整合模型架構之目的、功能、資訊平台及 DSS 關聯性探討(第 4 章)，及運輸部門行動方案檢討與估算(第 5 章)等實質內容。整體而言，本期中報告對於國內外的政策內容、方向、相關研究議題、研究工具發展及運用等項目，已完成深入檢討與檢視，對於本研究的方向跟進度掌握，應符合預期。	1.感謝委員肯定。 2.期末報告亦於 1.5 節摘述本年度成果，俾方便委員審閱。 3.期末報告除維持第 1 至 3 章內容外，第 4 章更參酌期中審查、兩次專家座談以及多次團隊研討所得結論，詳細說明本研究建構之整合模型內容。	同意執行單位辦理說明。
2.就本計劃最終所欲發展的 CGE 與運輸規劃整合模型的功能與內容觀之，本報告以第 4 章與第 5 章的內	謝謝指教，說明如下：	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
容，可呈現與此預期成果直接相關的研究訊息。本人有以下幾點意見，提供研究團隊參考：		
(1).本整合模型似擬整合 TaiSEND(CGE)和運輸模型(包括運輸規劃和運輸需求)。其中 TDM2008 模式內容，是否即為第 5 章表 5.2.3~5.2.7、5.2.10、5.2.13、…等推估值之資料來源？因為本報告未附參考文獻，因此無法確定上述各表所列之資料來源，大多為運研所(2008)，若是，則因為 TDM2008 並未涵蓋都會運輸，因此第 5 章的相關推估，其在整合模型中的涵蓋範圍及功能，尚待確定。	<ol style="list-style-type: none"> 1.由於 TaiSEND 為一能源模型，而非針對運輸部門所設計的 CGE 模型，對運輸部門設定與特型描述皆不適宜直接援用，故本計畫必須發展一組運輸部門 CGE 模型，以便與運輸需求分析模式整合。 2.第 5 章為所內多年來持續進行的行動方案成效估算工作，在本計畫中，將更新方案內容並重新建立估算公式，以進行計算。該部分計算資料來源部份來自 TDM2008，部分則來自「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立」計算結果並予以更新而得，參考文獻資訊已補充於參考文獻 5.1.1 與 5.1.2。 3.在運輸需求分析模式尚未建立完整的都會運輸資料前，將透過能源平衡表運輸部門能源總消耗量以及 CGE 模型運輸部門能耗總量做為總量控制。 	同意執行單位辦理說明。
(2).本人認為圖 4.2.1 之運輸-能源-經濟整合模式架構，已可完整勾勒此一欲發展之整合模型之範圍與內容。本人建議此一模式的呈現方式，可區分 bottom-up 的運輸需求子模式、運輸規劃子模式、與 top-down 的 CGE 模式中之運輸部門之相關方程式，說明各子模型	<ol style="list-style-type: none"> 1.為充分表達整合模型之範圍，各模型功能以及彼此關聯，期末報告另行繪製整合模型關聯圖(圖 4.2-3)，透過該圖可表示各模型投入與產出之關鍵變數資料。 2.其次於 4.3 節與 4.4 節說明模型相關函數式，由於本年度重點工作在建立模式架構，因此兩節內容仍以理論模型闡述為主，運用較一般化的函數表示求解變數與給定參數之關係，並藉以說明模型資料需 	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
<p>間之輸出、輸入及連動關係。如果可依據圖 4.2.1 之結構，分別呈現變數、方程式及結果產出與資料投入的關係，將可大幅提升模型結構的內容系統性。</p>	<p>求。</p>	
<p>(3).第 5 章的相關變數、推估式及推估結果，係配合運輸部門行動方案的內容，此一行動方案的可行性、相關衝擊評估及成本效益分析，應屬本整合模型建構完成後之評析標的。目前本章呈現的內容，與模型的关系不明，換言之，各方程式的設定，是否即為模型設定的一部分？其隸屬的子模型為何？(運輸需求預測？運輸規劃？)各推估結果，若配合模型未來之應用方向，則是否屬特定情境？若是，則 BAU 的設定為何？</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.第 5 章內容係以 Bottom-up 方法計算各方案減量成效，為延續所內多年來成效估算工作項目，故在整合模型完成前，未以模型進行評析。由於方法上的差異，第 5 章公式並不會全數納入未來模式中。 2.未來減量政策評估工作，將先由 CGE 模型以 Top-down 方法，提出運輸部門適當減量目標，再以此目標分析各項政策減量效果與達成率，而政策評估工作所隸屬的子模型須視政策內容而定，較一般性、影響範圍較廣的政策將由 CGE 模型執行，較區域性、影響範圍局部或僅及於特定對象之行動計畫，則由運輸需求模型或其他輔助模型執行。 3.行動方案內容確實屬於待評估之特定情境(模擬情境)，故不應納入 BAU 當中。 4.期末報告第 5 章增加 BAU 情境設定方式以及減量目標設定方法，以便後續分析方案之減量達成率。 	<p>同意執行單位辦理說明。</p>
<p>(4).本人建議第 5 章此部分的呈現，應置於理論模型內容呈現之後。亦即應先呈現理論模型，並進行實證資料的說明與模型結果的校準，並在完成 BAU 情</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.如同前述，第 5 章為延續前期工作而計算之減量成效，本年度整合模型仍處於架構建置階段，無法直接提供基線推估與政策評估，將來進入實證階段將特別注意報告呈現方式。 	<p>同意執行單位辦理說明。</p>

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
境結果中各主要變數的推估後，再進行行動方案的可行性及相關效益評估。		
(5).附錄 1 的內容，如與本案無關，建議刪除。	1.原附錄一已刪除。	同意執行單位辦理說明。
三、葛復光分組長：		
1.摘要的部份，計畫要根據新的經建展望作分析，但文章中並未特別提出。	1.本團隊過去曾針對在不同經濟發展與產業投資條件下，國家溫室氣體排放趨勢進行評估，故此處所指「經建展望」亦希望將來運輸部門評估模型能夠考慮不同經濟與產業發展條件，提出決策影響分析。	同意執行單位辦理說明。
2.模型的名稱雖然是見仁見智，但訂為「運輸-能源-經濟整合模型」，似有忽略環境之處，無法突顯這個計畫在溫室氣體減量的重點。	1.期中報告所稱「運輸-能源-經濟整合模型」係依循國內外 3E 模型之概念，為突顯溫室氣體減量政策評估功能，本計畫所發展之模型架構正式名稱將修正為「運輸部門溫室氣體減量整合模型」。	同意執行單位辦理說明。
3.報告 2-20 頁提到國外建議使用低排放燃料車輛，如柴油與油電混合車，事實上還有其他已經在發展的技術，如生質燃料與電動車等，此尤為歐洲重要的減量方法，本計畫在規劃未來發展方向時，是否應考慮技術的發展。	1.技術發展確實為影響減量成效的重要因素，但本計畫重點並不在規劃技術發展藍圖，因此未來技術相關資訊，將在不同發展階段以不同方式考量。在短期，蒐集相關研究與成果，以資料庫形式，建置於資訊平台中，並做為整合模型外生參數設定之參考依據。在中期，則逐步在模型中設定內生技術機制，考慮誘使技術發展的各項策略及學習效果，俾使技術變化可由模型內生決定。長期而言，內生化的技術發展機制將做為技術發展誘因評估工作，與技術發展藍圖規劃有所不同，因此技術發展在供給面的資訊，仍有賴於相關研究成果由資訊平台外部提供。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
4.報告第3章針對各模型的Input、Output做了整理，但在表列中有些矛盾，例如表3.2-3至表3.2-5，這部份需要再修正；有些表的陳述方式可予改進，如Input、Output在這裡應該是沒有直接的關連性，但乍看之下會產生誤解，建議修正。	1.表3.2-3至表3.2-5已修正。	同意執行單位辦理說明。
5.報告第3章提到國內過去TaiSEND與MARKAL的整合，是以單向傳遞方式進行，本所在做MARKAL整合時，曾採取回饋反覆求解方式，雖然沒有用於運輸而是做電力的分析，但過去經驗大概3~4次就可收斂，之前訪問日本AIM模型時也請教過，AIM基本上採用的也是單向，是否要採取反覆求解或單向傳遞，這要依研究的目標與運研所希望呈現的結果來判斷。	1.感謝委員經驗分享。 2.本研究模型整合之本意，在於提供模型互相支援、相互驗證、與差異比較之功能，因此在模型整合方式上，將依不同目的而決定。例如在模型本身校準與歷史校估階段，模型間將扮演相互驗證與差異比較角色，透過方法論比較，檢驗並修正各模型在設定上之差異；在基線校估階段，便需要耗費較多模型溝通與傳遞時間，圖4.2-3說明模型彼此間溝通與傳遞所需變數，基本上在基準情境設定上，各模型必須一致，以縮短收斂時間；在政策評估階段，則大多為單向傳遞工作。	同意執行單位辦理說明。
6.上次在專家座談會中提過，第4章有些部份可能因為距離上次開會時間不夠長所以來不及修訂，模型是公開的溝通平台，無論是資料來源、假設、與情境都必須清楚呈現，這樣才能讓大家判斷資料或假設的合理性，雖然很耗時間但卻值得，因此在報告第4-11頁應將特別強調此功能。	1.已於4-11頁增列此功能。 2.未來進行實證評估時，亦會將資料來源、假設、基準情境、模擬情境說明清楚，以提升模型評估之合理性。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
7.第 5 章在期末報告時應該可以呈現出 BAU 的碳減量、各項減量方案的貢獻及成本有多少等，以利未來採取較具成本效益的策略。	1.第 5 章已補充 BAU 說明及運輸部門減量目標設定方式。 2.減量行動方案亦根據目前方案內容重新修正計算減量貢獻。	同意執行單位辦理說明。
8.報告第 5 章雖有提及汽機車能源效率的提升，但對生質燃料等替代燃料或是技術方面的著墨甚少，而不論在任何領域，減量必須依賴技術發展的潛力，或許未來可以在報告中呈現。有關排放係數標準之參考來源，建議可修訂為能以能源局或 IPCC 為出處。	1.第 5 章主要依目前運輸部門節能減碳行動方案內容進行計算，故未特別強調替代燃料技術之減量成效。 2.表 5.2-6 排放係數之原始資料係參酌 IPCC 與能源局數據而來，已修改資料來源。	同意執行單位辦理說明。
9.第 6 章提到報告已彙整國內外模型的架構，建議應針對各模型優缺點表列比較，並指出哪些特色功能適合台灣。至於整合模型的詳細方程式還需要很長的時間來發展，但每個模型要扮演什麼功能、要解什麼問題，提供什麼資訊等細節要能交代清楚，現階段就要規劃完整以利後續模型建置與整合。	1.期末報告於 3.7 節彙整比較不同方法之功能與差異；於 4.2.2 節針對本研究整合模型發展目的提出模型選擇考量，及個別模型所扮演的角色；於 4.3 節、4.4 節、4.5 節說明子模型方法與架構。	同意執行單位辦理說明。
10.模型發展並非一蹴可及，建議應就模型發展進程提出具體時間表。	1.期末報告已於 4.7 節提出模型發展與建置流程之時間規劃。	同意執行單位辦理說明。
11.技術在未來減量政策中扮演極為重要的角色，雖然短程內還無法考量，而且一開始的成本很高，政府單位可能因之退步，但	1.如同前述，本計畫重點不在規劃技術發展藍圖，在短期，蒐集相關研究與成果，做為整合模型技術相關外生參數設定之參考依據。在中期，則逐步在模型中設定內生技術	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
長期來講對於各部門而言是必要的發展趨勢，本計畫也應就技術層面提出未來模型發展方向或提出建議。	機制，考慮誘使技術發展的各項策略及學習效果，俾使技術變化可由模型內生決定。長期而言，內生化的技術發展機制將做為技術發展誘因評估工作，與技術發展藍圖規劃有所不同，因此技術發展在供給面的資訊，仍有賴於相關研究成果由資訊平台外部提供。	
12. 在探討節能減碳措施時，常以發展電動車、移轉至台鐵高鐵等大眾運輸為主，也許此類措施可解決一部分運輸部門的減量問題，但在觀察我國電力排放係數後，若電力部門無法有效改善，則只是將排放量由運輸部門轉移到其他部門而已，並不一定能降低我國排放量。	1. 將私人運輸移轉至軌道等大眾運輸，若發電部門並未採取較清潔的方式進行發電，則國家排放量未必因此而減少，但另一方面，承載率對於移轉至軌道運輸之減量成效通常具有顯著影響，每發出一班次列車，滿座與未滿座所消耗的電力，差距並不大，因此若能有效移轉私人運輸，仍具有減量潛力。	同意執行單位辦理說明。
13. 第 16 頁中的 2020 回到 2008，現已更正為 2020 回到 2005，應修正與政府政策一致，另外報告中未附上參考文獻，請於補正。	1. 感謝委員指正，已修正報告。 2. 參考文獻已補正。	同意執行單位辦理說明。
四、蕭再安教授：		
1. 此計畫重要的任務是分清 I-O 跟 PROCESS 之間的關聯，對於未來模式的發展要能有足夠的彈性，因為其中有一個很重要的關鍵在於不同人對於模型的思維會有差異，只要 I-O 能清楚說明，就不會有太大的問題。	1. 感謝委員意見，已於 4.2.2 節針對本研究整合模型發展目的提出模型選擇考量，及個別模型所扮演的角色；4.2.3 節說明整合模型關聯性與投入產出變數。	同意執行單位辦理說明。
2. 簡報中提及的資料庫與知識庫，可否釐清內、外生	1. 資料庫與知識庫本身並無內、外生變數。至於資料庫與本計畫規劃模	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
變數?	型間之變數輸出、輸入關係已於 4.2.3 節中補充釐清。	
3.本模型的發展是否著重在 IF-THEN 的問題上，還是要提出運輸部門該採取的策略為何。	1.本模型發展目的與功能為提供減量政策評估工具，著重在 IF-THEN 的方案評估，模式功能方面並規劃可執行多重方案配套實施時之效益評估以符合所需。	同意執行單位辦理說明。
4.由總體來看，運輸扮演的是後勤支援，為衍生需求，所佔的分量並不大，似乎無法談到運輸-能源-經濟的核心，我認同葛委員說的能源-經濟-環境，若要將運輸代替環境整合進去，要先探討運輸的供給與需求，最後希望模型能夠反映出政策支援工具的效果，這方面有各界關心的議題，如捷運系統等基礎建設。若談到經濟誘因制度，第 5 的模擬部份，譬如實施路邊停車收費，涉及到收費管理層面，而葛分組長所提到技術或能源效率等涉及到補貼的層面，這些行政管制是屬於軟體層面的手段，可在文章中加以陳述。	1.本計畫所發展之模型架構名稱修正為「運輸部門溫室氣體減量整合模型」，已於報告中修正。 2.模型目的與功能已於期末報告 4.1 節與 4.2 節補充說明。 3.考量本計畫目的在進行政策評估，因此對於行政管理相關手段之執行細節並非可全數納入評估，收費或補貼等經濟誘因制度未來可透過模型進行評估，行政管理層面的問題則僅能於報告中提出看法與建議。	同意執行單位辦理說明。
5.一般民眾為交通工具的使用者，但或許可透過此模型談及供給面的議題，另外在能源消費量、再生能源佔比、溫室氣體的減排量等也都能有所貢獻，交通部門將可帶動綠色能源產業的發展，在此同時，應考慮到未來可行的方式。	1.運輸服務之供給，代表運輸業者之生產決策，已於 CGE 模型中加以考慮，故本計畫建構之整合模型確實可用以探討運輸服務之供給面問題。 2.對於交通部門帶動的綠色能源產業發展，亦可於 CGE 模型中加以描述，惟綠色能源產業之定義及相關產業發展資訊必須事先建構於	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
	模型中。依據本研究規劃時程，替代燃料運具在資料充分蒐集建置後，將於中、長期階段納入模型。	
五、交通部運輸研究所運計組楊幼文研究員：		
1. TDM2008 是本組和鼎漢耗費多年時間所建構的，在模式上已有連結，並陸續建立小、大客車的相關參數。	1.敬悉。	同意執行單位辦理說明。
2.文章中的模式庫有分運輸需求模式和規劃模式，但有些內容前後不一致，是否應統一。	1.已修正為運輸需求模式。	同意執行單位辦理說明。
3.第四章的內容過少，是否後續再行補充。	1.期末報告已補充完整內容。	同意執行單位辦理說明。
主席結論：		
1.針對張教授的第 2 之(2)點的建議，請團隊以函數及關鍵變數表示 Input-output 關聯，並將架構圖再做強化，尤其應特別強調運輸部門。	1.已於 4.2.3 節說明模型關聯與關鍵變數；於 4.3 節、4.4 節與 4.5 節說明各模型理論架構。	同意執行單位辦理說明。
2.技術部門在短時間內雖然無法納入，但仍建議可配合模型研發時程於適當時機將技術部門納入。	1.將在模型發展中、長期規劃中納入。	同意執行單位辦理說明。
3.第 2 章所提有關美國跟歐盟的能耗標準及管制措施方面，其中政策工具像是稅費、節能補貼等僅列舉歐盟之資料，請檢核美國是否亦有相關之政策工具，並請作必要之補充。	1.美國方面，主要以補貼替代燃料與改善能效為主要工具。 2.已於第 2-8 頁表 2.2-1 中加入美國加州低碳燃料標準(Low Carbon Fuel Standard, LCFS)規範。	同意執行單位辦理說明。
4.本計畫模式想要達到的目標相當明確，是要作為運	1.期末報告 4.2.2 節針對 4.1 節提出之模型定位與發展目的，說明模型選	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
輸部門節能減碳的政策績效評估工具，同時也要能跟過去的研究成果及國外最新的作法結合，以期作為溫室氣體排放目標和因應策略的決策支援系統。而本報告在第 3 章亦已對相關模型進行詳盡的回顧，故請以前揭目標為前提，參酌國際模型，針對何以選擇 CGE 模型、運輸需求分析模式及計量模型做為整合模型之原因，補充完整具說服力之論述。	擇原因與模型應有之功能。	
5.請在 5.1 節之前說明進行行動方案估算之目的、方法、與先前本所相關研究之關聯性。另行動方案部分，請改採「永續能源政策行動方案」與「國家節能減碳總計畫」之最新資料。	1.行動方案估算緣由、目的與相關研究之關聯已補充說明於 5-1 頁。	同意執行單位辦理說明。
6.請補列參考文獻資料。	1.已補正。	同意執行單位辦理說明。
7.本計畫期中報告原則審查通過，請研究團隊依據與會各位委員和各單位代表的意見或書面意見修正期中報告，以及作為未來計畫執行的參考，請於會議紀錄文到一個月內，提交修正結果。		同意執行單位辦理說明。
散會：98 年 8 月 9 日 (星期一) 下午 4:30。		

附錄 3

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立」

執行單位：千禧決策科技股份有限公司

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
一、台灣綜合研究院林唐裕所長：		
1. 期末報告完整呈現計畫所需內容，報告 4-23 頁，圖 4.3-5 中，燃料電池僅用於小客車，但未來在公車或機車等其他車輛也會使用燃料電池，應納入。	1. 已修改圖 4.3-5，在大客車與機車項下加入燃料電池車。惟該圖為模型長期發展規劃，實際上仍須視資料可及性逐步修正該圖架構。	同意執行單位辦理說明。
2. 簡報 35 頁，即報告 4-27 頁，圖 4.3-7 家計部門中，除了商品與休閒，在 CGE 中納入能源服務需求相當創新，但其中的電器能源服務需求所指為何，若種類繁多應如何估算？又如何取得代表性參數？另外，空調、照明及能源服務需求所採用的單位為何？	<p>2. 在 CGE 模型中，家戶單位對能源的需求，乃透過使用電器、空調、照明及運輸等設備所衍生，故其中電器之能源服務需求即指家戶單位在選擇各種電器之後，依電器耗能特性與使用頻率，從而決定因使用電器所產生之能源需求。</p> <p>至於電器種類繁多，在模型中當然無法一一考量，模型發展之初，必以方法架構、評估對象(本計畫以運輸能源服務為主)及操作結果合理性為優先檢視對象，未來再視政策評估需求及資料可及性與準確性，酌予擴張。</p> <p>模型內參數的取得途徑有幾類，包括依據歷史資料，校估參數，以確保模型可在適當的參數設定下複製歷史結果，表示模型設定與參數使用已與現實社會吻合；其次可參酌相關文獻，酌予設定；或者運用統計或計量方法，另行推估；亦可透過專家意見請益，設定參數合理範圍，並配合敏感度分析，掌握參數對模型結果之影響。</p> <p>由於 CGE 模型並不強調絕對單</p>	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
	位，較常以相對變化為結果呈現，故各項能源服務之單位，將視給定的基礎資料(即為比較基礎)而定。一般 CGE 模型使用的基礎資料可有兩類，一類來自社會會計矩陣或投入產出表者，為貨幣單位，另一類來自能源平衡表、發電量、排放量者，則為原始單位或排放當量。	
3.報告 4-67 頁的表 4.5-21 的資料來源應有運研所等機構單位，若寫「本研究」似乎不太恰當，另外，表中第三欄的「機器腳踏車」是否為運研所慣用名詞？	3.已將表 4.5-21 的資料來源修正為「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立（3/3）—建立運輸能源效率指標與運輸成長預測模式，交通部運輸研究所，98 年」。已將「機器腳踏車」修正為「機車」。	同意執行單位辦理說明。
4.報告 4-57 頁，表 4.5-13 列出之預測結果，方法包括時間序列跟迴歸，但最後應說明採用原因，如公路運輸是採用時間序列方法的預測結果，其原因何在。	4.報告 4.5 節為輔助模型目前初步成果，本研究已於定稿報告建議後續研究計畫應持續擴充，並比較不同方法的差異。 運輸部門能耗基線推估，本研究團隊亦於去年「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立（3/3）—建立運輸能源效率指標與運輸成長預測模式」報告中，以單一方程式及聯立方程式之多元迴歸模型進行推估。本團隊建議未來研究計畫中應將上述方法納入輔助模組中，逐步修正資料與推估方法，以強化推估結果合理性。	同意執行單位辦理說明。
5.簡報 28 頁，最下層之「燃氣」所指為何？	5.天然氣與燃氣的分類為依據主計總處的產業關聯表，該資料對「燃氣」之定義為：以管道輸送之天然氣、煤氣，及液化石油氣之分裝。	同意執行單位辦理說明。
6.簡報 29 頁有關管線運輸的部分，之前運研所進行陸海空運輸研究時有納入管線運輸，是否團隊有納入考慮？	6.管線運輸的部份並未獨立出來討論，其性質不同於一般運輸，未來須視評估需求及資料取得情形，再做深入探討。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
二、台灣經濟研究院陳詩豪副所長：		
1.決策支援系統之說明頗詳盡，但報告中模型名稱前後不相同，即「運輸需求分析模型」與「運輸需求預測模型」，此兩名稱是否所指相同，或是因為模型演進之後內涵有所改變？	1.報告 3.6 節及第 4 章所提「運輸需求分析」模型為沿用「國家永續發展之城際運輸系統需求模型研究」計畫中 TDM2008 所使用之名稱，「運輸需求預測模型」則為本研究為與其他模型整合，必須適度簡化前述運輸需求分析模型而建構的總體運輸需求模型，因此採用不同名稱予以區隔。	同意執行單位辦理說明。
2.輔助模型確實有補強效果，而 ARIMA 跟經濟計量模型採用 MAPE 指標衡量模型的配適度，此 MAPE 為樣本外預測或樣本內預測？	2.輔助模型部份，MAPE 指標可用於樣本外或樣本內預測，此處呈現結果為選擇樣本外預測。	同意執行單位辦理說明。
3.建議列出預測結果，並與實際資料做對照。	3.本團隊認同委員意見，故已於定稿報告表 4.5-13、表 4.5-19、表 4.5-29 增列樣本外預測之比較結果，將預測結果與歷史資料作一對照。	同意執行單位辦理說明。
4.模型未來發展雖已有良好規劃，但政策目標模擬部分，碳稅及能源稅為較整體之政策，運輸部門較無法掌控這類外生變數，建議強調運輸部門特有政策之模擬，以了解運輸政策是否改變運輸結構或效率等重要議題。	4.目前本研究規劃之模型架構已考慮運輸部門特有政策之評估需求。惟各部門的政策會相互影響，運輸部門欲達成減量目標，通常需要其他部門的配合，因此本研究除了運輸部門特有政策外，也必須考量運輸部門無法掌控的政策工具如何影響運輸部門。	同意執行單位辦理說明。
5.附錄 4，4-4 頁，表 1.1-1 針對公式的說明似乎有漏字，請修正。	5.已檢查修正。	同意執行單位辦理說明。
6.建議資訊平台的內容應更清楚地描述。	6.資訊平台的內容已於所內「建構運輸部門能源消耗與溫室氣體排放整合資訊平台」計畫做較詳盡之說明，故此處陳述較為簡略。隨著模型與資料庫在未來年期計畫中的	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
	建置趨於完備，資訊平台之內涵將更為豐富。	
三、原能會核能所葛復光分組長：		
1.報告內容豐富，但計畫需求的第3、4、5點並無完整研究內容，如行動方案的成效評估，與政府目前所提行動規劃有落差，但這部分受限於時間所致，未來運研所應有後續規劃。	1.計畫需求第3點，模型所需參變數資料散見於圖4.2-3、式(4.1)至式(4.14)、4.7.1至4.7.2節。 計畫需求第4點，模型發展方向、建置程序、與資料蒐集流程則說明於4.7節。 計畫需求第5點，運輸部門行動方案執行成效估算與檢驗部分，因內容過多，故將計算過程記錄於附錄6；運輸部門溫室氣體減量目標則於5.1節至5.5節交待。	同意執行單位辦理說明。
2.報告的結論與建議部分僅兩頁，稍嫌不足，應將各章節重要發現節錄出來，另外，建議的部分較像研究結果之陳述，應補強建議。	2.已補充第6章節論與建議內容。	同意執行單位辦理說明。
3.簡報49頁，節能目標已少有提及能源密集度於2015年較2005年下降20%以上，或藉由技術突破及配套措施，於2050年下降50%以上如此高之目標，建議團隊後續可探討政府當初所定目標難以達成之原因，將有益於運輸部門做參考。	3.由團隊過去評估經驗，對於節能目標亦認為相當難以達成，但模型在分析能效提高2%之目標時，發現如果能效提升，將使價格下降而使用量增加，結果會導致排放量提高，背後的重點在於達到目標之依據為何，以及其代價為何。未來將進一步解析達成減量目標之方式與原因，以尋求更有效的策略。	同意執行單位辦理說明。
4.簡報59頁起，有關邊際減量成本曲線圖，為何各部門最後都停在5400(NTD/tCO ₂)，另外，運輸部門各年減量佔比頗高，幾乎為全國1/4，代表運輸部門承擔之減量責任	4.有關邊際減量成本為何都停在5400(NTD/tCO ₂)，再往上估算的話，會因為成本過高無法承擔而失去意義。目前環保署仍未明定透過削減法或核配來達成減量目標，相關資料指出運輸部門的減量比例確實頗高。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
頗重。	其次本次評估乃以基線為基礎建立邊際減量成本曲線，如同簡報最後所提，隨著時間經過，運輸部門在每個時點所做的減量努力，皆將改變往後的基線走向，因此未來模型建構完整後，可再進一步探究運輸部門邊際減量成本之變化。	
5.簡報 63 頁右圖的成本曲線可看出排放量達三百多萬公噸即停止，但目前設定減量目標為 254 百萬公噸，請說明此圖是指模型只能估算到最低，抑或目前技術等限制下，所估之排放量無法達到更低之目標？	5.如同前述，倘若運輸及各部門由現在起到 2020 年未曾採取任何減量措施，則在 2020 當年各部門減量成本線將如簡報 63 頁所示，254 百萬公噸的減量目標幾乎不可能達成。但各部門逐年所採取的減量措施，將改變未來各年基線水準，技術發展亦同，此時運輸部門邊際減量成本線也將因採行措施而動態調整，屆時 2020 年之應減數量將不會是 467 與 254 百萬公噸之差。	同意執行單位辦理說明。
6.同樣簡報 63 頁，運輸部門減量工具應包含更廣，如生質能等的減量功能必須重視，亦即給定運輸部門減量，其減量來源為何？	6.已於定稿報告建議後續計畫應將生質能納入運輸部門考量。	同意執行單位辦理說明。
7.簡報 61 頁，建議家計部門的用電排放納入考量，針對影響因素如提高電價或提升效率等亦可做探討。	7.家計部門的用電值得討論，本研究亦建議後續研究計畫應納入考量，如綠建築、電器效率等政策的推動情形。	同意執行單位辦理說明。
四、工研院綠能所劉子銜副組長：		
1.有關 CGE 和 TDM 模型整合，如何將某一模型之外生參數作為另一模型的投入，亦即兩模型內生變數的互動與關聯性，將來應進一步說明，兩者才能發揮相輔相成之效果。	1.兩模型關聯性將儘可能在圖形(圖 4.2-3)上呈現，並於 4.2.3 節加以說明。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
2.報告 4-25 頁，家計能源服務的第一階段生產決策方程式中， $w \cdot t$ 為數量，並非貨幣價值，其將如何影響成本目標的決策？	2.家計部門決策方程式中， $w \cdot t$ 是以機會成本的概念納入決策系統，此成本是來自第二階段決策中時間限制式所致，因時間有限所產生的影子價格，即為時間的機會成本。	同意執行單位辦理說明。
3.報告 4-82 頁，提及延車公里，但未將人次及乘載率列入考慮，其中人口成長的關連性是否降低，另外，CGE 模型強調消費者行為模式，是否也將降低其功能性？	3.在報告 4-82 頁提及要計算各運輸系統之延車公里，為了提供各運具使用量數據，人口數、人次與承載率皆為計算過程中之必要因子，應於模型建構與計算過程中逐步交待，本研究已於定稿報告中建議未來研究應清楚呈現參變數之假設與關係。 基於運輸行為乃衍生自社會大眾之生產與消費過程，故 CGE 將同時考量生產者與消費者行為，報告中將消費者行為特別以二階段決策設定，亦基於消費者對運輸及能源需求與運具特性(旅行時間、燃料效率、使用成本等)之密切相關而設定，故相信可更強化 CGE 模型對運輸部門的分析能力。	同意執行單位辦理說明。
4.報告 4-66 頁的能源平衡表中，公路的能耗並未細分每個載具的耗能資料，可否說明表 4.5-21 如何取得？	4.表 4.5-21 由「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立（3/3）－建立運輸能源效率指標與運輸成長預測模式」而來，資料來源已修正。	同意執行單位辦理說明。
五、本所運計組張瓊文研究員：		
1.本案與運輸需求模式整合部分，本組與綜技組曾於工作會議中討論相關問題，因此對目前報告中所提之以簡化運輸需求模式納入整合模式之構建方式，本組無意見。惟後續涉及資料收集難易與模組間互動效果問題，仍需要	1.本研究已於定稿報告中建議後續研究應持續進行模型溝通與建構工作。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
進一步研究評估，方可確認整合運輸需求模組之模式之可應用性。		
2.報告 1-3 頁本計畫研究範圍包括評估模型之「參變數定義與比對」，以及「政策分析與結果回饋機制之建立」，請問研究團隊如何進行這兩項工作？	2.參變數定義與比對工作，在多次的團隊研討中已逐步進行，並於圖 4.2-3 中將模型間共通變數釐清彼此關聯。政策分析與結果回饋，亦於 4.2.3 節中說明，主要可按模型歷史校準階段、模型基線校估階段、政策模擬階段區分模型間回饋機制。	同意執行單位辦理說明。
3.報告 1-7 頁倒數第二段提及本研究將於期末 12 月舉辦研討會，會議議程如附錄 5，惟報告中未納入此資料，請補充。	3.已補充於附錄 7。	同意執行單位辦理說明。
4.報告 3-79 頁有關中綱計畫(96-98 年)研究成果，由於該計畫已完成，請研究團隊確認最後成果，並更新內文中所用時態。	4.已更新該節內容。	同意執行單位辦理說明。
5.圖 4.3-4 中客運沒有「機車」，而貨運部分有「機車」乙節，請研究團隊檢視確認。	5.由於圖 4.3-4 代表運輸服務業者之架構圖(非為私人運輸)，目前以機車提供客運服務者應在少數，故暫不予列出。	同意執行單位辦理說明。
6.第六章結論建議之內容似嫌薄弱，可再加強補充，並說明具體成果與後續研究方向與重點。	6.已加強補充。	同意執行單位辦理說明。
六、本所黃運貴組長：		
1.行動方案評估方面，建議將相關附錄的重要結果摘錄。	1.已補充摘錄於第 5 章。	同意執行單位辦理說明。
2.團隊由成本效益的觀點來看運輸部門減量分配，但文章中未清楚說明核配比	2.運輸部門的核配比例或規定削減比例，在環保署 NAMAs 中也尚未清楚的分析兩者的差異。不論採取	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
例與規定削減比例的差異，請補強。另外，請於適當之處說明運輸成本的資料取得及衡量過程。	指定削減量或總量管制核配，各部門的每年成長率、減量成本、減量措施而不盡相同，基線也會逐年調整，本報告立基於成本有效性原則，進而呈現出核配量或削減量。目前計算之運輸部門核配量與削減量差異說明，已補充於 5-20 頁。 本研究所計算之減量成本，乃指在排放管制下，廠商或家計部門為達該管制目標所必須犧牲的最小成本或效用，因此為模型內生求解而得。	
3.本計畫希望由運輸-能源-經濟三個面向來探討整合模型架構，請加強說明團隊在分析過程中如何將能源模型整合於其中。	3.由於能源結構較為複雜，本報告以運輸部門為重，故未於報告中強調能源模型，但為精確估算運輸部門能耗與排放量的關係，運輸部門能源消耗必須納入系統。因此除了如圖 4-20 所示，將能源詳細區分外，電力亦將依發電技術再進一步細分。	同意執行單位辦理說明。
七、本所綜技組：		
1.圖表資料來源說明時，請將完整文獻名稱與年期附上。	1.已修正。	同意執行單位辦理說明。
2.請於定稿時，依本所報告書格式修訂。	2.已修正。	同意執行單位辦理說明。
3.化學符號需下標之字體要做好下標。	3.已修正。	同意執行單位辦理說明。
4.國內外相關模型之資料蒐集與分析很完整，對於後續本所模型發展很有助益。惟第 3-6 頁提及「共積」與「誤差修正」模型，請補充說明該模型之特性。另第 3-7 頁結論提及投入產出模型，惟在前文中並未述及，請補充說	4.「共積」與「誤差修正」已補充於 3-6 頁註解。投入產出模型則屬政策評估模型，其特色亦簡要摘錄於 3-7 頁。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
明。		
5.本報告對於模型整合之定位與意義陳述清晰，有助於未來模型發展定位之釐清。模型建構之時程規劃經檢視合理，可作為本所後續模型建構計畫推動之參考。	5.感謝委員肯定，本團隊希望後續能依模型發展目標與時程規劃，按部就班為所內建構評估工具，並提供政策評估支援。	同意執行單位辦理說明。
6.有關各運具能源消耗量之推估，請更新至最新年期資料，並於定稿報告中納入附錄中供參。	6.補充於定稿報告之附錄 6。	同意執行單位辦理說明。
7.本報告依邊際減量成本提出部門許可排放量分配比例與部門減量責任比例，很具有參考價值，未來本所於掌握環保署估算我國排放基線工作方面，可依本研究成果於適當時機與環保署溝通討論。	7.感謝委員肯定。	同意執行單位辦理說明。
8.附錄 4 中，電子收費之節能公式，應把計次電子收費與計程電子收費之差異納入考量。	8.謹遵辦理，置於期末定稿附錄 6。	同意執行單位辦理說明。
9.最後一章之結論內容僅說明完成之工作項目，未完整陳述各章節之重要結論，請於期末定稿時補足。另有關建議內容較屬一般性之整體建議，對於各章節成果之建議內容，宜摘要補述於本章中，請於期末定稿時補足。	9.已修正第 6 章內容。	同意執行單位辦理說明。
10.計畫過程中蒐集相關文獻與重要研究成果，請彙整影本或電子檔送本所參	10.謹遵辦理。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
考。		
11.請研究團隊於會後依規定至「GRB 政府研究資訊系統」填報有關本案相關研究成果並上傳成果效益報告。	11.謹遵辦理。	同意執行單位辦理說明。
陸、主席裁示：		
1.能源經濟模組與運輸需求模組之整合，需要至實際建置階段才能探討更細節之問題，請承辦單位執行計畫時要盡力克服。	1.資料取得部份，可藉由輔助模型、社會會計矩陣、國內外研究成果或專家之意見來估算，選定後仍有調整空間。 運輸部門較少處理家計部門私人運具的資料，在城際運輸的部份，相較於都會區，已有較完整資料，目前各系統的運量資料也已持續進行蒐集，再回推人車公里等相關數據，TDM2008 對於都會區運輸的描述也較城際運輸簡略，尤其小型汽車及機車的基礎資料較缺乏，建議監理處結合驗車制度以協助行車公里紀錄，另外，客、貨運部份也須建構較完整之資料，其中客運部份應與人口做連結。目前僅能就現有資料進行處理。	同意執行單位辦理說明。
2.研究報告所提出之部門許可排放量分配比例與部門減量責任比例分配方式，與環保署目前想推動之部門減量責任分配方式概念不同，請承辦單位後續需持續掌握環保署估算我國排放基線之結果，並於適當時機與環保署溝通討論部門減量責任分配方式。	2.本模型有設定政府部門，可按實際機制來設計情境，若課徵能源稅，不僅對私人運具需求，對於大眾運輸需求也會產生影響，但還要考慮未來所得變化、大眾運輸容量、消費者行為等，整個影響機制如簡報第 24 頁，有正、負面效果，故整體而言，除了直接的影響，還要考慮間接的影響，以及政府的配套措施。	同意執行單位辦理說明。
3.本期末報告原則審查通過，請研究團隊依據各與會委員及與會代表意見修	3.謹遵辦理。	同意執行單位辦理說明。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫執行單位 審查意見
訂報告書，將回覆辦理情形納入定稿報告，並於 99 年 12 月 24 日前將修正後之定稿報告送達本所，並配合本所相關驗收作業提交相關資料，俾利辦理後續驗收作業。		
柒、散會：中華民國 99 年 12 月 7 日（星期二）中午 11 時 30 分。		

附錄 4

第一次專家學者座談會會議紀錄

「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立」

第一次專家學者座談會

- 壹、時間：99 年 7 月 29 日（星期四）下午二點三十分正
- 貳、地點：交通部運輸研究所 2 樓會議室(台北市松山區敦化北路 240 號)
- 參、主席：交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長、千禧決策科技公司黃宗煌院長。
- 肆、出(列)席單位及人員：如會議名單。
- 伍、主席致辭：由黃宗煌院長簡介本次專家學者座談會之緣起與本計劃研究目的。
- 陸、簡報：由千禧決策科技公司楊晴雯負責簡報。
- 柒、綜合討論：

千禧決策科技公司黃宗煌院長：

對於運輸部門如何減少能源消耗與溫室氣體排放及其產生的衝擊，環保署強調 NAMA 分析架構的重要性，總體或運輸部門的政策對於運具及能源效率等的影響是否合理，也需要合適的評估模型，分別提出以下幾個議題：

- (一) 影響層面涵蓋總體與個別的產業部門。
- (二) 實施的政策所產生的衝擊是否可以接受。
- (三) 經濟計量的模型功能，譬如對於現況的了解或是未來的預測，可與其他總體模型做比較。
- (四) 因為 MARKAL 模型與其他模型的可溝通性與關連性尚未釐清，所以現階段尚未納入規範。

交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長：

- (一) 能源、運輸與經濟的整合，是指三個模型合而為一？是否有可行性？
- (二) 模型不論是整合起來或是分開討論，各模式間的關連、互動必須進行檢視。

- (三) 由運輸需求模型推估的 2020 年或 2025 年基線與總體經濟模型的推估值有明顯差異，又運輸需求模型的基線推估值看似不太合理，如何解決。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

- (一) 並非將三個模型整合成一個，而是強調個別的功能與對照，如 MARKAL 在於運輸部門未來技術發展的納入，總體經濟模型則是著重於政策評析及效果。
- (二) 每一模型皆要考慮運輸、經濟、能源三個議題，且資料來源必須一致。
- (三) 運輸規劃模型與總體經濟模型的介面可輔以投入產出表，但與 MARKAL 的結合有困難，未來有待商討。

工研院能源與環境研究所蔡振球組長：

- (一) NAMA 確實需要各部會的合作，雖然模型整合相當困難，引用國外的作法在資料處理上也有難處，希望能長期支持這類的整合模型計畫，工研院很願意提供 MARKAL 的協助、溝通與修正。
- (二) 有相關部會提出 2020 年以千萬噸做為衡量減量的單位，而目前面臨 7600 萬噸的缺口壓力，希望能由技術面來解決，但應該同時納入成本的考量。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

- (一) 期待未來能夠長期合作，TAIGEM、TAISEND 的發展與工研院的 MARKAL 互動經驗相當豐富，但過去較少著重在運輸部門，未來勢必需要進一步了解相關機制的運作。
- (二) 若以千萬噸為單位，為達到目標所採行措施，即便是最低成本也未必能優先採取，要考慮技術與經濟上的限制，以及時效性的問題。

交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長：

有關 NAMA 的系統在短時間內無法完備，政府應先明確各部

門分配的減量比例，目前運輸部門的分配約為 40~50%，但是成長率卻僅為 7~8%，由於運輸部門的資料不夠齊全，希望能用 5 年的時間來構建整個系統。

工研院能源與環境研究所劉子衡副組長：

- (一) 資訊或整合平台要能區分主、次要平台，彼此間的關連性也必須確實掌握。
- (二) MARKAL 是否完全未納入？其在整合模型中應有確切定位。
- (三) 為能達到減量目標，各部會已進入分配比例的討論。

行政院原子能委員會核能研究所葛復光分組長：

- (一) 本所也致力於 MARKAL 和模型的整合，希望各部會加強合作，使政策品質更好。
- (二) 因時間侷促且國內這方面的人力有限，需要運研所提供模型架構方面的協助，另外整合模型需有公開的討論平台，才能廣納各方意見，做不同的情境假設，以加強溝通交流的管道。
- (三) 模型架構的 Hard link 較 Soft link 困難，但後者也有一定的難度(如 EPPA)，另外需要注意每一個模型的限制。
- (四) 提出五年的時程，可以預期哪些模型可開發或進行什麼樣的模擬，以便規劃合適發展路徑。模型方面方面，要能提升可信度與可驗證性。CGE 模型是以既有的產業來分析，若放入新的產業或是部門整併是否可行。
- (五) 應用的範疇與議題方面，像是目前政府推動的電動混合車或是瓦斯車，都可進行評估。
- (六) NAMA 與運輸需求模型推估的基線值有異，應是前者 VAO 定的較高所致。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

MARKAL 未來的定位在於功能、技術與路徑方面有較細緻的

描繪。而 TOP DOWN 和 BOTTOM UP 的方式本來就有差異，尤其前者要考量到人的行為，過去全國能源會議中也提出各部會整合的必要性，各項措施的影響要有合適的評析，可由模型整合來提供協助。

運輸規劃模型有許多研究團隊都很有經驗，若要進行整合，務必要求資料的一致性與互通管道。其中彈性的估計也很重要，MARKAL 可提供這方面的估計及匯整國內外文獻或專家學者的意見，但必須考慮到彈性值是否合理。葛分組長提到的路徑規畫確實相當重要，在模型信任的問題上，各類模型一定會有不同的批評，因此需要不斷改進。

台灣經濟研究所陳詩豪副所長：

運輸整合的核心功能必須有所釐清，運輸部門的分析可分為運輸結構與運輸效率兩大類，應考慮運輸的密集度，鎖定運輸的部門來探討會較清晰，另外可加強運輸部門與經濟(能源)的合作。

交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長：

近幾年來有許多運輸能源相關的議題研究，能源局、工業局在能耗的標準管制、替代能源等方面也有進展。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

運輸密集度在分析上確實要考慮到，運輸結構像是各種運具或運輸系統，在政策評估上也相當重要。

環保署技術組王俊勝技師：

環保署自哥本哈根會議起就強調 NAMA 的發展，也肯定運輸部門對於能源與溫室氣體減量議題的重視，可以達到聚焦效果，而模型分析也應掌握 MRV 原則。

交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長回應：

要掌握 MRV 原則並不容易，像是機車或小客車的相關參數多

為假設性係數，較難以符合 MRV 原則。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

達到 MRV 必須要有方法論，同時考慮資料的性質，而建構模型也要特別注意國際會議，了解最新方法。

開南大學運輸科技與管理學系陳武正教授：

運輸需求的預測常常受到批評，因為實際上會有波動，現況條件也與假設情境不完全相同，運輸、能源、經濟的投入產出要能分得清楚，有邏輯，可透過系統動態法的討論個體、總體、空間、技術層面的問題，像是使用潔淨能源的車所存在的不確定性，或是摩托車生產部門的銜接，經濟社會的變化也無法完全掌控，另外策略是否落實也是分析的重點之一，若是以人口率來推估運輸需求的成長，前提為人口推估是否正確。而運具的生產並非立即可得，要有 leading time 且考慮到投資意願。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

總體經濟模型用於基線的預測，是 BAC 的標竿，TOP DOWN 和 BOTTOM UP 要同時進行，總體分析之中也要有個人的選擇行為。相關部會提出了大眾運輸使用率要提升 30%，可藉由不同運具選擇的移轉或是整個運輸系統環境的改變。

鼎漢國際工程顧問公司鐘慧瑜副總：

- (一) 各部門皆有交通運輸的需求，希望能持續建立 MARKAL 模型中有關能耗量等資料。
- (二) 總體模型與運輸部門推估的基線值之所以產生落差的主因，在於人口的預測，GDP 與人口為運輸部門的投入。
- (三) 雖然城際模型可分析長途運輸，但不同都市也有各自特定的分析模型，未來可將城際中的各個都市更細緻化，並以目標導向式為原則。
- (四) 由於貨運業的資料相當匱乏且又能耗，真實性可議，一般模型分析是以相對值的改變為衡量基準，但實際上也很注重絕

對值的判斷。

(五) 希望能透過一個平台來呈現大眾的意見且共用資源，以探討大眾運輸預算的編列是否對其他預算產生排擠效果。

(六) 都市的時速通常較慢，通常時速 40 公里以下的減碳空間較大。

千禧決策科技公司黃宗煌院長回應：

透過目前的運輸需求對未來進行預測，並做有系統的分類，如城際與都會、各運具的能耗量、陸海空等。

交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長回應：

中央與地方要能互相合作，完善各領域的溝通平台。

捌、散會：99 年 7 月 29 日（星期四）下午五點正

「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立」
座談會名單

環保署	王俊勝 環境技術師
台灣經濟研究院	陳詩豪 副所長
千禧決策科技公司	黃宗煌 董事長
千禧決策科技公司	楊晴雯 專案經理
千禧決策科技公司	莊建鐸
千禧決策科技公司	藍靖瑜
鼎漢國際工程顧問公司	陳柏君 專案經理
鼎漢國際工程顧問公司	胡以琴
鼎漢國際工程顧問公司	鐘慧瑜 副總
工研院能源與環境研究所	蔡振球 組長
工研院能源與環境研究所	劉子衙 副組長
開南大學運輸科技與管理學系	陳武正 教授
交通部運輸研究所綜合技術組	黃運貴 組長
交通部運輸研究所綜合技術組	楊智凱 研究員
開南大學物流與航運管理學系	林成蔚 教授
行政院原子能委員會核能研究所	葛復光 分組長

附錄 5

第二次專家學者座談會會議紀錄

「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立」

第二次專家學者座談會

壹、時間：99 年 10 月 29 日(星期五)下午 2 時

貳、地點：交通部運輸研究所 10 樓會議室(臺北市松山區敦化北路 240 號)

參、主席：交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長、千禧決策科技公司黃宗煌董事長。

肆、出(列)席單位及人員：如簽到單。

伍、主席致辭：由黃運貴組長簡介本次專家學者座談會之緣起與本計畫研究目的。

陸、簡報：由千禧決策科技公司黃宗煌董事長負責簡報。

柒、綜合討論：

一、交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長：

簡報第 15 頁提到，人口數直接使用經建會預測結果，則 GDP 等相關經濟數據，是否也可直接引用經建會等單位的預測值，或一定需要透過模型產生？

二、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

人口數為經建會關注之變數，故該會已建立一個完整模型來預測人口數，且為國內唯一公開且長期之預測資料。但在 GDP 預測方面，無論是主計總處、中研院、中華經濟研究院或臺經院，皆僅預測短期變動，無法提供長期分析。目前國內僅本團隊使用 TaiSEND、TAIGEM-III 模型預測較長期間之 GDP，可預測至 2025、2030 年，另一方面也只有 CGE 模型能提供政策措施下之 GDP 變化。

三、交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長：

簡報第 10 頁，在一致性分析上，以運量做為比較變數尚可理

解，但就能耗及排放量產生的結果進行一致性分析，若發展本模型目的主要為觀察能耗及排放量，則運輸需求分析原本就可以進行，何須再發展一套模式？

此外，用兩個模型產生的能耗及排放量做一致性檢定，假如在 CGE 中考慮某政策影響，所產生之能耗及排放量的推估，是否無法與未反映政策之運輸需求模型比較？

四、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

運輸規劃與運輸需求模型可以得出運量、能耗、排放量為多少，但將來要做政策的影響分析，僅有運輸需求模型則不一定可進行。

在兩個模型一致性分析方面，主要的重點為基線比較。事實上，各模型都可以進行預測，但有技術等方面上的區別，所以需要整合，若這些預測結果產生重大差異將無法被接受。因此一致性是指基線的比較。

五、鼎漢國際工程顧問公司胡以琴技術長：

能源、經濟、運輸 3E 整合模型可針對如能源稅、碳交易或更細部的措施進行政策評估；而現在的運輸需求模式無法分析此一部分之課題。

運研所過去在運輸需求模式上做了許多努力，主要呈現於簡報第 29 頁的右邊框架中，其中運安組的「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式」，是指如果採行某政策，例如補貼政策下，民眾之運具選擇結果為何，或是一個最佳組成為何，而民眾不一定接受的結果又如何，並可用羅吉特模式來觀察選擇結果，此為運輸規劃模式中車隊持有的變數。

然而在原來的運輸需求模式中並未探討到未來車輛技術，即運輸需求為過去的趨勢所推估的，因而僅能完成某些情境下成本的反映。因此不論城際或都會模式，汽車持有必須考慮未來技術發展加以修正，再進行運輸規劃與能耗排放整合評估。

運輸需求模式無法於此處直接與總體 CGE 串聯，會太繁重。

由於模式中城際較都會模式完備，若欲探討一致性，則須按照都市型態做調整，完成全臺灣的模式。運輸模式較著重於使用者、系統設施或臺灣的土地使用形態，在這部分能反映的情況下，可有較為精算之能耗，但相當費工，不過如果單看城際部分，有機會觀察到政策較敏感的反映。

六、中山大學政治經濟系李秉正教授：

未來交通部或其它政府部門可能碰到能源消耗、低碳、碳減量、碳交易等問題，整體而言，能源工程模型因為較著重於技術面，故缺乏政策工具可用以進行影響評估，相反的 CGE 模型則具備政策模擬長處。CGE 模型可與其他模型進行整合，但兩模型在連結或相互回饋上會容易出現問題，主要原因在於數學求解方式的差異，造成彼此衝突；或許可利用軟連結方式，將其他模型的求解結果做為 CGE 的外生變數投入，有利於分析政策影響。團隊將 CGE 模型包括運輸服務部門等進行拆解，應可符合計畫所需。

七、開南大學運輸觀光學院陳武正院長：

本研究建議之模型架構考慮到時間因素、跨部門因素、個體因素、甚至如油電混合車等細部問題，亦兼顧到總體問題，然而運輸需求尚需考量空間因素，整體而言相當繁雜。若可行，建議先不談未來政策，模型就以現況進行模擬，包括能耗、二氧化碳排放量等，再將決策變數放入，考慮當這些決策變數(如車輛技術)的改變帶來的影響，接著再模擬未來。如剛剛胡教授所提預測模式，未來技術以變數帶入，即可求出現有運量百分比，此百分比再與總量相乘，其所產生的碳量，可由 CGE 或經濟總體模式來分析。因此建議第一步為現況描述，第二步為闡明決策變數間 I-O 關係。

然此模式可能無法處理運輸規劃的空間問題，勢必過於複雜。應以總體先求出 model split，並由各產業分析相關資料，如油電混合車耗能多少？產生多少二氧化碳？再乘上用 Disaggregate Model 求出的比例，以預測運輸部門在不同的政策

下，總體的能源消耗與二氧化碳。若以現況資料模擬出合適結果，再加入變數會較佳。另外，系統動態模式也適合探討此問題，應可考量。

八、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

陳院長的建議即為本團隊目前遵行之步驟，無論是 TaiSEND 或 TAIGEM-III 模型皆可處理，藉由運輸部門的機制來解釋運輸部門的現況，包括能耗、運輸部門長期預測量及減量成本的推估等皆能產生，但兩模型的缺點為運輸部門僅有一大項，目前仍缺乏不同運具或運輸型態等細部分類。

因此本團隊規劃短、中期內，應用現有產業關聯表，至少將公路、海、空、軌道等分類區別，但要因應更細分的類別，依據現有資料是不足的，將來必須經過更大規模的調查以進一步拆解，才能完成 SAM 表。模型經過細分後，將可針對運具、運輸型態進行分析。

唯一較困難者為空間問題，CGE 在擴充至區域面時將變得相當複雜，至於系統動態模型，但團隊認為其並非當前政策評估之主流，因此未考慮系統動態模型。

九、開南大學運輸觀光學院陳武正院長：

運輸空間需求中的運量配置、運輸工具安排、班次頻率等涉及國土計畫，此計畫應為求出總體的結果，而非談及空間需求之處理。

十、中山大學政治經濟系李秉正教授：

模型運作是資料到哪裡，模型就到哪裡，故建立空間 CGE 模型須視資料的篩選及蒐集程度而定。

十一、鼎漢國際工程顧問公司胡以琴技術長：

空間需求這部分團隊已討論過，確實極為複雜，其中空間在

運輸成本效益分析上，靠近容量的部分會是很陡的上升趨勢，故容量與空間關聯極為密切，若無空間因素，則難以說明容量為何。團隊後來設定方向如簡報第 29 頁的圖，空間問題將由運輸規劃模式中處理，可分北中南東四個明顯運輸特性不同的區域進行，另外，與本模式架構雷同的 ASTRA 區域分法亦較粗略，此無可避免，否則運輸規劃模型直接與 CGE 模型串聯後，將過於龐大。

十二、工研院綠能與環境研究所劉子衡副組長：

個人認同模型在運算前要進行一致性校正。

簡報第 10 頁整合模型架構中，基線校準目的為何？是否指將來，不管 CGE 是否為主要模型或輔助模型，在進行模擬前，兩模型對於某一參數未來趨勢必須一致，還是在簡報第 15 頁中，能源耗用與結構、運輸服務需求這兩個變數要進行一致性的檢核。

另外，有關李教授也提到的 Hard Link 確實較難運作，但將來模型在進行雙向的 Soft Link 時，如何取得最終的收斂，又收斂的門檻值為何，今日較少從模型技術面說明。

簡報第 17 頁內生考慮的部分，將來的整合模型如何考慮內生化技術學習效果的模擬，又如果有此學習效果，如何在整合模型中進行技術替代的選項組合。

十三、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

針對幾個技術面問題，首先，提到一致性的部分，校準在 CGE 模型中相當重要，可分幾項工作，第一為基準解複製，即模型運用基期資料求出的均衡解與實際資料是否一致，確保基準解一致後，並不代表對過去或未來發生實際現象有同樣功能；故第二必須檢視在同樣模型下，推估過去的結果，與歷史資料是否一致，此與模型的適用性有關，可觀察差異是否過大，若差異過大，表示無法成功複製過去，須再進行校正，直至差異達可接受範圍；第三為預測未來，即基線，因為政策評估最重要的參考基礎即為基線，用以比較未來各項政策(如核四建立)施行與否的差異，雖然基線預測是否準確不得而知，仍可視為一預測標竿。故校準主

要目的在於與其他方法相較，以檢視預測結果是否可信。

Soft Link 如何確保將來的解能夠收斂，這部分尚難以詳述，將來求解若不一致，則必須檢討產生原因，找出差異之機制為何，再探討模型之間是否有不同或資料有誤，這些機制將視狀況而定。

技術學習效果將來應如何內生化，在 MARKAL 模型中，以規劃方式，在給定經濟成長、人口數等條件，以及目標成本最小化之下，得到能源、車輛技術規劃結果，而經濟模型的技術內生化觀點，則在探討形成技術變動的背後關鍵因素，例如是否有某種機制可在歷史發展中得到經驗或藉以降低成本。內生化技術創新有幾個基本動力，將來不論是採取新的車輛或低碳能源技術皆為創新，其產生可能來自政府補貼、自我學習效果、貿易或 R&D 等動力，這部分需要進行實證，篩選適合臺灣發展趨勢之變數及理論，包括 R&D、Learning by Doing 等理論，以分析造成創新之原因。當納入內生技術變動後，未來的技術與價格如何變化，將可透過模型求解而得。

十四、臺灣綜合研究院研一所林唐裕所長：

本研究之長處在於能夠考慮運輸與能源科技的創新，以提高相關政策評估之有效性，並與國際接軌，因此本研究整合運輸 CGE 模型與運輸需求分析模式兩者之優勢，以建立整合模型，然有部分問題尚待釐清。

簡報第 10 頁，針對運輸需求模式之內涵可否再作詳細說明，以利於求算運具分配之合理性。

關於簡報第 19 頁運輸 CGE 模型產業部門生產架構，在電力部門之下，其結構是否應詳列，以目前探討有關新能源科技對產業與經濟影響之模型中，GEMEET (General Equilibrium Model for Energy Economic and Technology Analysis) 頗具優勢，其中電力結構亦包括傳統能源、新能源及再生能源，如煤油氣、PV、風力發電等。倘若本研究模型中之電力結構對於各項能源與發電技術具詳盡之設定，則運輸部門與能源科技創新的關聯性將更能有效掌握，可了解新能源科技研發投入與產業之發展對電力二氧化碳排

放係數之影響，因此掌握電力結構尤其重要。

同樣第 19 頁，本研究運輸 CGE 模型主要特點在於將運輸工具及運輸服務兩大群中間投入增加於 CGE 模型中，是否涵蓋 TaiSEND 模型之特性？其差異點為何？是否同樣具備 TaiSEND 模型在能源分析上之優勢？

簡報第 21 頁，中期 CGE 模型運輸工具架構的分類與能源平衡表不同，後者將運輸部門分為國內航空、國際航空、國內水運、公路、鐵路、管線運輸、其他等七類，是否另有目的才有不同分類？另外，簡報第 28 頁亦為相同問題。

十五、鼎漢國際工程顧問公司胡以琴技術長：

運輸需求將由運輸規劃模式產生，在空間議題上是否用數學式或簡化之仍在討論中，前者在 CGE 的整合運算上會較容易，但兩者效果尚無法確定，基本上偏重將選用較簡化之數學式來呈現。

十六、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

運輸需求依不同面向區分，目前已大致完成不同燃料、運輸型態及其排放量、運具等，今年資料庫的建置有成，亦有助於未來研析。

針對第 19 頁電力方面，在 TaiSEND 與 TAIGEM-III 模型中相當複雜，涉及到基載、中載、尖載及不同發電技術，由於能源這部分已相當完備，尤其是電力，故團隊未再詳細說明，其中包括再生能源、核能發電、太陽光電等。

目前是以 TaiSEND 模型為基礎來建構模型，故運輸 CGE 模型仍保留 TaiSEND 模型之優勢。

整個模型所需資料不僅來自能源平衡表，尚包括產業關聯表及自建的 SAM 表等，對於能源平衡表的分類必須調整，若此系統架構無法反映真實情況，將再進行調適。

十七、行政院原子能委員會核能研究所葛復光分組長：

簡報第 10 頁，運量的一致性分析是必要的，此處為加總還是

細分到個別的運量？若不一致，應修正哪些參數？

因為兩個模型有異，其中的分布及各項選擇不盡相同，或許運量依其目的可達到收斂，但能耗與排放量則難以一致。

一致性檢定為針對 BAU 進行比較，然而，在模型中加入新的運具、能源技術等並不會出現於 BAU，校準完畢後仍有許多不會出現，針對未來預測究竟是否能夠符合需求，若僅進行 BAU 的部分，將無法保證兩個模型獲得很好的一致性。

簡報第 12 頁舉例補貼購置油電混合公車在 CGE 模型中的影響，本人建議可考量自製率，簡報中提及的車體打造或既有的東西事實上對產業的影響並不大，即使不用油電混合車，既有公車數量差異仍不大，但是新的技術若為自國外買進或是國內自行開發，這部分的自製率對產業或 GDP 會有較大影響。

簡報第 17 頁談及運具彈性及能源替代彈性，目前決定準則為何？

簡報第 18 頁，特別提到原物料成本、運輸成本、能源成本，此處最小成本是僅針對運輸部門或代表性的東西？

簡報第 22 頁關於 CGE 模型規劃期間為至 2025 或 2030 年？雖 CGE 模型的特色並非放入各種技術，但所列出多項技術之篩選原則為何？像是燃料電池車尚無法於短期內發展完備，若規劃至 2025 年，應無考慮之必要；此處燃料電池車僅放於小客車底下，並未包含於其他如貨車底下，或許團隊可再考量；此處小貨車並無生質燃料，大貨車則有，是否有誤？

簡報第 24 頁，可否針對兩階段決策方式再為詳細說明。

簡報第 31 頁提及資訊平台可連結參考模型及資料，欲達成程度為何？

十八、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

未來運量細分程度將依據所需且具有彈性，此為 CGE 之特點。至於加總或是細分的運量是否一致，此依運具細分程度而定，當模式分得越細，便涉及到不同的車種、運具間的替代關係，則細部的一致性便需要檢視，但無論分類程度為何，至少皆應確保

總量相等。

2020 或 2025 年前並不需談及新的技術，故不會出現於基線中，雖為缺點所在，但將來在作政策分析時，則應進行情境模擬，例如政府設定某一目標欲達成，可視此目標為外生變數，利用情境設計模擬對 GDP 或產業等可能影響，或是相關政策的採行程度應如何才可達成目標，因此，模式必須具備兩種機制，一為完全外生，二為內生化。

模型中所有產業部門皆有進出口，亦即消費有部分為國產，部分為進口，生產有部分為外銷，部分為內銷，因此自製比率可於模型中呈現。

有關替代彈性如何決定，一貫之作法為依據取得之方便性及可靠性，方法可分：1.計量模型產生；2.專家意見，設定後需求解，若與實際不同，再行調整；3.參考文獻；4.若可得既有資料，直接由模型校準得出。

不同部門會有不同目標函數或模型之建構，運輸部門一般可用成本最小化或利潤極大化，但獨占或寡占如中鋼、中油等廠商的建構就不同，故目標函數依據部門特性而定。

模型若不夠穩健，將無法預測太長期，目前本模型可規劃至 2025、2030 年，2050 年尚未嘗試，但期程過長似乎無太大意義。

技術篩選準則依據某時點可達成之技術而定。由於初期尚未談到技術創新，故以外生方式處理，並考慮國內外運具技術發展之路徑。

有關家計部門消費行為決策何以分為兩階段方面，事實上，在一般經濟理論中頗為常見，主要目的在於簡化決策方法，此亦為本模型不同於其他模型的特色所在，運輸服務需求同能源服務需求難以量測，相信可透過兩階段來估算。

十九、開南大學物流航運系黃銘崇教授：

資訊平台與模型的連結方面尚在規劃，希望將來能在同一介面透過平台擷取資料、計算，得出政策模擬結果，但需要時間執行。目前主要工作為分階段將模型所需運輸、經濟、能源等相關

資料納入平台。

二十、交通部運輸研究所綜合技術組黃新薰副組長：

本次簡報較上次工作會議清楚，惟細節部分如一致性分析，某些求解參數最終是否一致，在舉例部分建議可修正，如簡報第 11 頁關於提升 30% 公共運輸的例子，其中以運量為一致性分析變數，然而 CGE 求出之運量為全國運量，TDM 卻僅對城際運量方面較為精確，若一起作一致性檢定，可能造成誤差。至時間序列模型或計量模型可以得出全國運量，方建議可與 CGE 進行一致性分析。

同樣第 11 頁，最後提及“直至兩結果趨於一致”，其必然有收斂之條件，包括哪些參數及相對應之門檻值，請於期末報告呈現。

若要提升公共運輸 30%，需研擬許多政策工具，如簡報中提及的外部政策，包括使用能源稅、排放稅、燃料稅，然後透過不斷測試調整各稅率，以求解可達目標之最適策略。惟運輸計畫中所提出之路邊停車費、過路費、區段票價等策略，運輸需求分析模式是否有能力配合進行分析？建請說明。

簡報第 13、14 頁，對於補貼或課徵能源稅等政策操作表示得相當清楚，惟最後模式之產出勢必會與運輸需求模式連結，建請於期末報告將運輸需求模式依前揭 CGE 模型之操作方式呈現，並清楚反映相關回饋的參數及變數，以及強化可提升政策評估精準度之論述。

CASE 1 與 CASE 2 是否可合併求解？請說明。

關於兩階段求解，在方法論上是否以 Bi-Level Programming 來求解？

現行 CGE、運輸加上計量模型已相當複雜，將 MARKAL 納入是否可行？抑或後續係採將其模式結果作為本模式外生參數之方式處理？

運具愈細分固然理想，但在資料取得方面是否可直接透過主計總處得到，而無須耗費過多人力與經費？

卅一、交通部運輸研究所綜合技術組黃運貴組長：

細節及技術上的問題，請團隊擇期再前來討論。報告中需要明確指出資料如何建構、使用。

針對 MARKAL 是否納入這部分仍請團隊提供意見，因本計畫開宗明義即希望將經濟、能源、運輸整合，目前似乎著重於運輸與經濟模型整合，或許將技術模型產生之結果視為外生變數。針對能源技術與未來模型如何連結，至少應提出想法，並於期末報告呈現。

卅二、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

簡報第 11 頁的例子，作法之一為視其為必須達成之目標而為外生，此限制下，觀察達成此目標下各部門應有的配合措施；另一作法為總量管制及能源稅等重大措施做逐項討論，但不至於細至過路費、停車費。

一致性檢定在於提升對模型績效的信心，意義、性質相同的變數在不同模型得出的結果才可予以比對。至於是否達一致的判定方法則依狀況而定。

有關需求模式是否可仿造簡報第 13、14 頁，團隊將繼續努力。

CASE 1 與 CASE 2 可以同時模擬，因為 CGE 不僅可逐項討論個別政策工具，亦可同時考慮異質的政策工具，但結果亦為綜合的，而無法看出個別政策的效果。

兩階段求解完全包含於模型中，並不再另行規劃，其為描繪經濟決策行為，並從理論上分階段求解。

MARKAL 是否納入的問題，有待各位提供意見討論。

卅三、中山大學政治經濟系李秉正教授：

海關貿易統計資料庫中可得許多質與量的數據，可視所內需要而擷取。

卅四、行政院原子能委員會核能研究所葛復光分組長：

產業自製率是指新技術的部分，而非既有的進出口比例，應如何呈現新技術帶來的效益。

卅五、千禧決策科技公司黃宗煌董事長回應：

若自製率所指為新技術的呈現有多少比例來自國內貢獻，總體模型中較少談及，若單純由自製率來看效益，在模型中可觀察不同產業創造的 GDP、就業率等效益，較自製率產生之效益更為整體。

捌、主席結論：

請研究團隊參考相關專家學者之意見，納入期末報告中。並擇期向本所進行細節及技術上的課題討論。

玖、散會：99 年 10 月 29 日(星期五)下午五點正

附錄 6

運輸部門溫室氣體減量行動方案 執行成效推估

運輸部門溫室氣體減量行動方案執行成效推估

本附錄主要說明本研究對於運輸部門針對溫室氣體減量已提出的行動方案之成效的推估方式，各行動方案內容如下：

一、發展綠色運輸系統

(1)健全完善的軌道運輸服務

- a.完成高速鐵路建設計畫
- b.持續推動臺鐵捷運化計畫
- c.推動其他臺鐵改善計畫
- d.持續推動都會區捷運系統建設
 - (a)興建臺北都會區大眾捷運系統
 - (b)興建臺中都會區大眾捷運系統
 - (c)興建高雄都會區大眾捷運系統
 - (d)興建中正國際機場聯外捷運系統
- e.興建高雄臨港線輕軌運輸系統

(2)提昇公路客運及市區公車服務功能

- a.持續推動公車動態資訊系統建置計畫
- b.鼓勵興建公車捷運系統
- c.市區及公路汽車客運業老舊客車汰舊換新與偏遠及服務路線營運虧損補貼計畫

(3)提供民眾無遠弗屆的交通轉乘服務

- a.高鐵車站聯外接駁系統規劃及開放營運
- b.縣市政府構建大眾運輸轉運中心
- c.推動大眾運輸 IC 票證整合

(4)落實以綠色運輸系統為導向之土地使用規劃

- a.推動自行車道規劃與設置

b.改善行人交通環境

c.推動大型土地使用新開發案以綠色運輸系統為導向

二、紓緩汽(機)車使用與成長

(1)合理化汽(機)車成長管理

a.紓緩汽機車成長數量及強化車籍管理

b.落實汽機車監理檢驗

c.落實機車排氣檢驗

(2)強化私人運具使用管理

a.推動路邊停車收費制度

b.推動路外停車場附近地區道路禁止路邊停車

c.推動機車退出騎樓

d.強化路邊違規停車取締作業

e.推動特定地區、期間限制私人運具通行

三、提昇運輸系統能源使用效率

(1)運用先進科技

a.推動高速公路電子收費系統

b.建置高快速公路整體路網交通管理系統

c.持續推動智慧交控系統建置計畫

d.擴充與推廣用路人資訊建置與應用計畫

(2)強化運輸需求管理

a.推動高快速公路之高乘載運具優先措施

(3)提昇貨物運輸之運作效率

a.推動港區自動化門禁管制系統

b.推廣貨物運輸排程合理化暨經營管理系統整合

(4)推廣低污染省能源運具或交通設施

a.鼓勵大眾運輸業者汰舊換新及使用低污染大客車

b.加強低污染、低油耗車輛宣導

c.推動各縣市辦理 LED 交通號誌設施，納入 96 年擴大公共建設計畫

d.逐步檢討提高汽機車能源效率標準

四、教育與宣導

(1)推廣與宣導綠色運輸系統

(2)推廣節能活動

五、行動方案之基礎研究

(1)辦理能源領域科技計畫

「發展綠色運輸系統」、「紓緩汽(機)車使用與成長」、「提昇運輸系統能源使用效率」等三類策略。

各相關推估方式(包含各相關推估公式與所需資料)，依據上述之架構，分別敘述如以下各小節所示。

1.1 發展綠色運輸系統

1.1.1 完成高速鐵路建設計畫- 中鼎版本

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

高速鐵路建設計畫之效益在於原使用私人運具者轉搭乘高速鐵路而降低私人運具使用所產生之效益，其估算方式如表 1.1-1，各項參數說明如表 1.1-2，其中推估成果及參數來源如表 1.1-3～表 1.1-7。

表 1.1-1 完成高速鐵路建設計畫之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
當年節能量=A-B A=原運具轉乘高鐵後之用油量 $= \sum_i \left(\frac{c \times d_i \times f_i}{e_i \times g_i} \right)$ i = 運具別 B=高鐵用電用油量 $= m \times n$ = 高鐵用電增加量 × 油當量轉換率 當年CO ₂ 減量 = $A \times C_j - B \times D$ C_j = 單位燃料CO ₂ 排放系數 j = 燃料別 D = 每度電CO ₂ 排放量	c = 高鐵運量(人次)
	d_i = 運具轉乘比例
	e_i = 運具平均搭載人數
	f_i = 運具平均搭載里程
	g_i = 運具耗油率
	m = 高鐵運量
	n = 高鐵能源密集度($\frac{\text{公升油當量}}{\text{延人公里}}$)

表 1.1-2 完成高速鐵路建設計畫之節能及二氧化碳減量量化參數說明

量化使用參數	
c = 高鐵運量(人次) m = 高鐵運量(延人公里) d_i = 運具轉乘比例 e_i = 運具平均搭載人數 f_i = 運具平均行駛里程	表 1.1-3 (民 96 年為實際量,97,104,114 為推估)
g_i = 運具耗油率	表 1.1-4 (未來年比照 2007 年)
n = 高鐵能源密集度($\frac{\text{公升油當量}}{\text{延人公里}}$)	表 1.1-5 (2007 年為實際 2008~2025 為推估)
c_j = 單位燃料CO ₂ 排放系數	表 1.1-6
D = 每度電CO ₂ 排放量	表 1.1-7(2005&2007 為能源局公告係數)

表 1.1-3 運輸節能及減量推估輸入參數設定-「完成高速鐵路建設計畫」措施

措施	更新年度	年份	旅客運量		旅客來源比例					平均搭載人數			平均搭乘里程		
					大客車	小客車	機車	台鐵	航空	大客車	小客車	機車	大客車	小客車	機車
			(人/年)	(人-公里/年)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(人/車)	(人/車)	(人/車)	(公里/車)	(公里/車)	(公里/車)
完成高速鐵路建設計畫	96	96	45,625,000	7,734,350,000	13	50	-	27	10	13.7	2.2	-	170	-	-
		97	84,315,000	15,800,850,000	13	50	-	27	10	13.7	2.2	-	187	-	-
		104	100,375,000	19,027,450,000	13	50	-	27	10	13.7	2.2	-	190	-	-
		114	110,230,000	21,144,450,000	13	50	-	27	10	13.7	2.2	-	192	-	-
	97	96	15,556,000	3,520,000,000	22%	22%	-	0%	21%	14.2	2.2	-	226	226	-
		97	84,315,000	6,570,000,000	19%	19%	-	0%	27%	14.2	2.2	-	220	220	-
		104	92,345,000	20,315,900,000	29%	29%	-	0%	7%	14.2	2.2	-	220	220	-
		114	110,230,000	24,250,600,000	30%	30%	-	0%	6%	14.2	2.2	-	220	220	-

資料來源：修改自本所(2008)之表 5.2-11、本所(2009)excel 圖表-高鐵。

表 1.1-4 台灣歷年車輛燃油效率推估量彙整

單位:公里/公升

年份	小客車(汽油)		汽油小貨車		柴油小貨車		大客車			特種車	大貨車		機器腳踏車	小客車(LP G)
	自用	營業	自用	營業	自用	營業	自用	遊覽車	公車/客運車		自用	營業		營業
1990	9.44	9.60	9.75	9.42	9.89	8.40	2.46	2.61	2.67	2.61	3.86	3.68	26.99	8.17
1991	9.30	9.60	9.65	9.32	9.50	8.07	2.46	2.61	2.60	2.61	3.71	3.53	27.12	8.17
1992	9.15	9.30	9.34	9.03	9.75	8.28	3.01	3.20	2.58	3.20	3.81	3.62	27.24	7.91
1993	9.00	9.20	9.24	8.93	9.41	8.27	2.90	3.08	2.55	3.08	3.80	3.62	27.37	7.83
1994	9.12	9.10	9.14	8.84	9.38	7.97	3.09	3.28	2.49	3.28	3.66	3.48	27.50	7.74
1995	9.23	8.90	8.94	8.64	7.87	6.68	3.10	3.30	2.57	3.30	3.07	2.92	27.63	7.57
1996	9.50	8.60	8.64	8.35	7.14	6.07	3.11	3.31	2.54	3.31	2.79	2.65	27.14	7.32
1997	9.55	8.40	8.44	8.16	7.10	6.03	3.13	3.33	2.48	3.33	2.77	2.64	26.92	7.15
1998	9.60	8.30	8.34	8.06	7.04	5.98	3.02	3.21	2.49	3.21	2.75	2.62	27.65	7.06
1999	9.90	8.20	8.24	7.96	7.71	6.55	2.90	3.08	2.48	3.08	3.01	2.87	27.20	6.98
2000	10.20	8.70	8.74	8.45	7.85	6.66	2.82	3.00	2.51	3.00	3.06	2.92	27.21	7.40
2001	10.07	9.10	9.14	8.84	7.28	6.19	2.75	2.92	2.63	2.92	2.85	2.71	27.25	7.74
2002	9.94	8.90	8.94	8.64	8.96	5.91	2.71	2.88	2.66	2.88	2.72	2.59	27.11	7.57
2003	9.82	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.66	2.83	2.69	2.83	2.69	2.55	27.32	7.39
2004	9.70	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.75	2.92	2.75	2.92	2.71	2.57	27.51	7.39
2005	9.00	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	2.98	2.79	3.01	2.64	2.51	27.76	7.39
2006	9.84	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	3.01	2.82	3.01	2.58	2.45	27.90	7.39
2007	9.84	9.15	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	3.02	2.81	3.01	2.59	2.47	27.68	7.78
2008	9.84	9.15	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	3.02	2.81	3.02	2.59	2.47	27.68	7.78

資料來源:本所(2009 3/3)表 3-5。

表 1.1-5 非公路客運能源密集度(含場站)彙整表

年份	單位:公升油當量/延人公里				單位:仟卡/延人公里				單位:度/延人公里			平均單位電量耗油量 (油當量 KL/千度)
	軌道客運			航空客運	軌道客運			航空客運	軌道客運			
	台鐵	捷運	高鐵		台鐵	捷運	高鐵		台鐵	捷運	高鐵	
1990	0.007	-	-	-	62.865	-	-	-	0.043	-	-	-
1991	0.007	-	-	-	61.902	-	-	-	0.042	-	-	-
1992	0.006	-	-	-	53.916	-	-	-	0.037	-	-	-
1993	0.006	-	-	-	55.004	-	-	-	0.036	-	-	-
1994	0.006	-	-	-	54.579	-	-	-	0.036	-	-	-
1995	0.007	-	-	-	59.680	-	-	-	0.039	-	-	-
1996	0.007	0.088	-	-	66.350	792.304	-	-	0.043	0.511	-	-
1997	0.008	0.062	-	-	68.408	557.228	-	-	0.042	0.339	-	-
1998	0.009	0.043	-	-	83.217	384.447	-	-	0.049	0.227	-	-
1999	0.010	0.036	-	-	89.962	323.296	-	-	0.052	0.186	-	-
2000	0.011	0.033	-	-	94.839	295.485	-	-	0.052	0.162	-	-
2001	0.012	0.033	-	-	106.028	293.818	-	-	0.056	0.157	-	-
2002	0.013	0.031	-	-	114.661	279.306	-	-	0.062	0.151	-	-
2003	0.015	0.033	-	-	133.396	295.451	-	-	0.071	0.158	-	-
2004	0.012	0.030	-	-	110.605	267.612	-	-	0.059	0.143	-	-
2005	0.012	0.029	-	-	105.088	263.332	-	-	0.056	0.141	-	-
2006	0.014	0.030	-	-	126.040	269.174	-	-	0.066	0.142	-	-
2007	0.014	0.029	0.017	-	126.844	262.706	155.769	-	0.067	0.139	0.082	-
2008	0.014	0.027	0.018	0.134	122.372	244.374	160.266	1204.350	0.064	0.129	0.084	0.634

資料來源：本所(2009)圖表 軌道客運能源密集度(含場站)彙整表。

表 1.1-6 運輸部門相關化石能源二氧化碳排放係數

燃料別	碳排放係數	原始單位	kcal/原始單位	熱值單位轉換 J/cal	碳固定化比率	2007 年度計畫推估引用數值					2008 年度計畫推估引用數值					碳排放係數單位
	(T-C/TJ)					碳氧化率	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GHG	碳氧化率	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GHG	
汽油 (Gasoline)	18.9	L	7800	4.187	0	0.99	2241	0.816	0.261	2337	1	2263	0.001	0.261	2341	g/L
航空燃油 (Jet Kerosene)	19.6	L	8000	4.187	0	0.99	2371	0.100	0.020	2379	1	2408	0.100	0.020	2417	g/L
航空汽油 (Aviation Gasoline)	18.9	L	7500	4.187	0	0.99	2154	0.016	0.063	2173	1	2176	0.016	0.063	2195	g/L
柴油 (Gas/Diesel Oil)	20.2	L	8800	4.187	0	0.99	2702	0.144	0.144	2748	1	2730	0.144	0.144	2776	g/L
燃料油 (Residual Fuel Oil)	21.1	L	9200	4.187	0	0.99	2950	0.116	0.023	2959	1	2981	0.116	0.023	2991	g/L
煤油 (Other Kerosene)	19.6	L	8500	4.187	0	0.99	2532	0.107	0.021	2541	1	2559	0.107	0.021	2568	
液化石油氣 (LPG)	17.2	L	6635	4.187	0	0.99	1735	1.722	0.006	1776	1	1753	1.722	0.006	1794	g/L
天然氣 (Natural Gas (Dry))	15.3	m ³	9000	4.187		1	2103	0.037	0.112	2137	1	2114	0.037	0.112	2148	g/m ³

參考來源：1. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，

Intergovernmental Panel on Climate Change，

2. 經濟部能源局，台灣能源平衡表。

表 1.1-7 我國發電與用電最終需求排放密集度(kg CO₂/kWh)

年份	燃煤發電	燃油發電	燃氣發電	火力發電廠平均	發電廠平均	汽電共生廠	電力最終消費平均	*依能源局公告修正 (GHG-CO ₂ 當量)
1990	0.92	0.72	0.6	0.81	0.42	0.99	0.48	0.445
1991	0.9	0.73	0.6	0.81	0.45	0.98	0.52	0.482
1992	0.91	0.71	0.59	0.82	0.46	0.88	0.53	0.491
1993	0.85	0.71	0.59	0.79	0.47	0.86	0.54	0.501
1994	0.85	0.7	0.58	0.78	0.47	0.85	0.54	0.501
1995	0.84	0.7	0.57	0.77	0.48	0.85	0.55	0.510
1996	0.85	0.69	0.57	0.78	0.48	0.85	0.56	0.519
1997	0.87	0.7	0.55	0.79	0.51	0.87	0.59	0.547
1998	0.91	0.69	0.52	0.8	0.53	0.84	0.62	0.575
1999	0.96	0.69	0.49	0.82	0.54	0.82	0.62	0.575
2000	0.97	0.7	0.5	0.83	0.55	0.81	0.64	0.593
2001	0.95	0.68	0.52	0.83	0.56	0.81	0.65	0.603
2002	0.95	0.69	0.48	0.82	0.56	0.79	0.65	0.603
2003	0.95	0.7	0.46	0.81	0.56	0.85	0.67	0.621
2004	0.95	0.72	0.44	0.8	0.55	0.87	0.67	0.621
2005	0.98	0.71	0.45	0.81	0.56	0.89	0.68	0.632
2006	0.98	0.7	0.45	0.81	0.57	0.91	0.69	0.638
2007								0.637
2008								0.636

資料來源：本所(2008)之表 4.1-2、本所(2009 3/3)之表 3-19。

1.1.1 完成高速鐵路建設計畫-(本所版本)

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

高速鐵路建設計畫之效益在於原使用私人運具者轉搭乘高速鐵路而降低私人運具使用所產生之效益，其估算方式如表 1.1-1，各項參數說明與數據來源如表 1.1-2。

表 1.1-1 完成高速鐵路建設計畫之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times R_i}{H_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times V}{10^6}$ CO ₂ 減量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times L_i}{H_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times P \times N}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	A=期準年運量（延人公里）
	B=目標年運量（延人公里）
	C=B-A=運量增量（延人公里）
	D=運具轉乘比例（％）
	H=運具平均搭載人數（人/車）
	J=運具燃油效率（公里/公升）
	L=燃油 CO ₂ 排放係數（克/公升）
	N=電力 CO ₂ 排放係數（克/度）
	R=燃油油當量轉換係數
	U=航空能源密集度（公升油當量/延人公里）
	V=高鐵能源密集度（公升油當量/延人公里）

表 1.1-2 完成高速鐵路建設計畫之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
A 期準年、B 目標年運量	高鐵局提供
D~H	中鼎前期計畫
I=大客車乘載率	交通部統計處公布汽車客運業運量 2009 年資料推估
J~P	開南前期計畫
Q=航空用油 CO ₂ 排放係數	依開南前期計畫參數推算
P#=高鐵平均車公里能耗	依高鐵公司及高鐵局提供資料推估
P\$=高鐵平均車公里	以現況及最高運能配合運量目標內插
R~V	開南前期計畫

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 181.969

千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 75.254 萬公噸，詳細計算結果，如

表 1.1-3。

表 1.1-3 完成高速鐵路建設計畫之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
期準年運量	延人公里	A				
目標年運量	延人公里	B	5,955,245,000	11,543,227,200	16,211,146,500	18,704,396,000
運量增量	延人公里	C=B-A	5,955,245,000	11,543,227,200	16,211,146,500	18,704,396,000
小客車移轉比例	%	D	14	14	14	14
大客車移轉比例	%	E	16	16	16	16
鐵路移轉比例	%	F	0	0	0	0
航空移轉比例	%	G	25	25	25	25

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
小客車乘載率	人/車	H	2.2	2.2	2.2	2.2
大客車乘載率	人/車	I	20	20	20	20
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84
大客車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	L	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	N	636	636	636	636
鐵路能源密集度	度/延人公里	O	0.054	0.054	0.054	0.054
高鐵能源密集度	度/延人公里	P	0.071	0.071	0.071	0.071
航空用油 CO ₂ 排放係數	克/延人公里	Q	175.81	175.81	175.81	175.81
高鐵平均車公里能耗	度/延車公里	P#	34.39	34.39	34.39	34.39
高鐵平均車公里	延車公里	PS	15,623,670	18,434,592.50	20,782,695.79	22,036,875
汽油油當量轉換係數		R	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		S	0.98	0.98	0.98	0.98
鐵路能源密集度	公升油當量/延人公里	T	0.011	0.011	0.011	0.011
航空能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.0652	0.0652	0.0652	0.0652

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
高 鐵 能 源 密 集 度	公升油 當量/延 人公里	V	0.015	0.015	0.015	0.015
來 自 小 客 車 減 碳 量	萬公噸	$W=C*D/100/H/J$ $*L/10^{10}$	8.716	16.894	23.725	27.374
來 自 大 客 車 減 碳 量	萬公噸	$X=C*E/100/I/K*$ $M/10^{10}$	4.418	8.564	12.027	13.877
來 自 鐵 路 減 碳 量	萬公噸	$Y=C*F/100*O*$ $N/10^{10}$	0.000	0.000	0.000	0.000
來 自 航 空 減 碳 量	萬公噸	$Z=C*G/100*Q/1$ 0^{10}	26.174	50.734	71.250	82.208
高 鐵 增 加 用 電 排 放 量	萬公噸	$AA=C*P*N/10^{10}$	26.892	52.125	73.203	84.462
高 鐵 增 加 用 電 排 放 量 (以 車 公 里 推 估)	萬公噸	$AA\#=P\#*P\$*N/1$ 0^{10}	34.176	40.325	45.462	48.205
淨 減 碳 量	萬公噸	$AB=R+S+T+U-$ V	12.416	24.067	33.800	38.998
來 自 小 客 車 節 能 量	千公秉 油 當 量	$AC=C*D/100/H/$ $J*R/10^6$	33.507	64.947	91.210	105.238
來 自 大 客 車 節 能 量	千公秉 油 當 量	$AD=C*E/100/I/$ $K*S/10^6$	16.615	32.206	45.230	52.186
來 自 鐵 路 節 能 量	千公秉 油 當 量	$AE=C*F/100*T/$ 10^6	0.000	0.000	0.000	0.000
來 自 航 空 節 能 量	千公秉 油 當 量	$AF=C*G/100*U/$ 10^6	97.144	188.296	264.441	305.111
高 鐵 增 加 用 電 節 能 量	千公秉 油 當 量	$AG=C*V/10^6$	89.329	173.148	243.167	280.566
淨 節 能 量	千公秉 油 當 量	$AH=AC+AD+A$ $E+AF-AG$	57.937	112.301	157.713	181.969

1.1.2 持續推動台鐵捷運化計畫及其他改善計畫

台鐵捷運化所增加運量中部分來自私人運具轉搭乘台鐵捷運而降低私人運具使用排放之效益，其估算方式如表 1.1-8，各項參數說明如表 1.1-9，其中推估成果及參數來源如表 1.1-10。

表 1.1-8 持續推動台鐵捷運化及其他改善計畫之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
當年節能量=A-B A=原運具因轉乘台鐵捷運化後減少之用油量 $= \sum_i \left(\frac{c \times d_i \times f_i}{e_i \times g_i} \right)$ i =運具別 B=台鐵捷運化用電增加之油當量 $=m \times n$ 當年CO ₂ 減量 = $A \times K_j - B \times L$ K_j = 單位燃料CO ₂ 排放系數 L =每度電CO ₂ 排放量	c =台鐵捷運化增加之運量(人次)
	d_i = 運具轉乘比例
	e_i = 運具平均搭載人數
	f_i = 運具平均行駛里程
	g_i = 運具耗油量
	m =台鐵捷運化增加運量(延人公里)
	n =台鐵能源密集度(公升油當量/延人公里)

表 1.1-9 持續推動台鐵捷運化及其他改善之節能及二氧化碳減量量化參數說明

量化使用參數	
c = 台鐵捷運化增加之運量(人數) m = 台鐵捷運化增加運量(延人公里) d_i = 運具轉乘比例 e_i = 運具平均搭載人數 f_i = 運具平均行駛里程	表 1.1-10 (96 為實際量 100,104,114 為推估)
g_i = 運具耗油量	
n = 台鐵能源密集度(公升油當量/延人公里)	表 1.1-4 (未來年比照 2007 年)
K_j = 單位燃料CO ₂ 排放系數	表 1.1-5(1990~2007 為實際量及 2008~2025 為推估量)
L = 每度電CO ₂ 排放量	表 1.1-6
	表 1.1-7

表 1.1-10 運輸節能及減量推估輸入參數設定-「推動台鐵捷運化及其他改善」措施

措施	更新年度	年份	旅客運量		旅客來源比例					平均搭載人數			平均搭乘里程		
					大客車	小客車	機車	台鐵	航空	大客車	小客車	機車	大客車	小客車	機車
			(人/年)	(人-公里/年)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(人/車)	(人/車)	(人/車)	(公里/車)	(公里/車)	(公里/車)
推動台鐵捷運化	96	96	11,022,052	165,330,783	-	北-21 中-16 南-12	22	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
		97	19,838,000	297,570,000	-		22	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
		104	36,379,600	545,694,000	-		22	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
		114	77,733,600	1,166,004,000	-		22	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
	97	96	8,212,500	123,187,500	無更新										
		97	25,185,000	377,775,000											
		104	40,515,000	607,725,000											
		114	40,515,000	607,725,000											
推動其他台鐵改善計畫-內灣支線	96	105	10,391,185	155,867,775	-	60	16	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
		110	12,231,150	183,467,250	-	60	16	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
	97	105	10,391,185	155,867,775	無更新										
		110	12,231,150	183,467,250											
推動其他台鐵改善計畫-沙崙支線	96	109	5,485,950	82,289,250	-	49	32.9	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
		99 ~ 108	比照內灣線逐年變化率		-	49	32.9	-	-	-	2.2	1.35	-	19.07	7.88
	97	109	5,485,950	35,110,080	無更新										
		99 ~ 108	比照內灣線逐年變化率												

資料來源：修改自本所(2008)之表 5.2-11。

1.1.2 持續推動台鐵捷運化計畫及其他改善計畫-(本所版本)

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

(一) 台鐵捷運化

台鐵捷運化所增加運量中部分來自私人運具轉搭乘台鐵捷運而降低私人運具使用排放之效益，其估算方式與參數說明如表 1.1-4，重要參數來源如表 1.1-5。另外尚包含其他改善計畫，包括內灣支線及沙崙支線等兩支線之改善計畫，則分別說明於下列第（二）與（三）項。

表 1.1-4 持續推動台鐵捷運化之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	C=運量增量（延人公里）
	D=運具轉移比例（％）
	G=運具乘載率（人/車）
	J=運具燃油效率（公里/公升）
	M=燃油 CO ₂ 排放係數（克/公升）
	O=電力 CO ₂ 排放係數（克/度）
	S=燃油油當量轉換係數
	U=鐵路能源密集度（公升油當量/延人公里）

表 1.1-5 持續推動台鐵捷運化及其他改善計畫之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
E=大客車移轉比例	參考高鐵(13%)、高捷(14%)

(二) 內灣支線

在其他改善計畫中，內灣支線改善計畫之估算方式與參數說明如表 1.1-6，重要參數來源說明如表 1.1-7。

表 1.1-6 內灣支線改善計畫之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	C=運量增量（延人公里）
	D=運具轉移比例（％）
	G=運具乘載率（人/車）
	J=運具燃油效率（公里/公升）
	M=燃油 CO ₂ 排放係數（克/公升）
	O=電力 CO ₂ 排放係數（克/度）
	S=燃油油當量轉換係數
	U=鐵路能源密集度（公升油當量/延人公里）

表 1.1-7 內灣支線改善計畫之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
E＝大客車移轉比例	參考高鐵(13%)、高捷(14%)

（三）沙崙支線

沙崙支線改善計畫之估算方式與參數說明如表 1.1-8，重要參數來源說明如表 1.1-9。

表 1.1-8 沙崙支線改善計畫之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	C=運量增量（延人公里）
	D=運具轉移比例（％）
	G=運具乘載率（人/車）
	J=運具燃油效率（公里/公升）
	M=燃油 CO ₂ 排放係數（克/公升）
	O=電力 CO ₂ 排放係數（克/度）
	S=燃油油當量轉換係數 U=鐵路能源密集度（公升油當量/延人公里）

表 1.1-9 沙崙支線改善計畫之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
E=大客車移轉比例	參考高鐵(13%)、高捷(14%)

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

本小節將分別推估台鐵捷運化、其他改善計畫（內灣與沙崙支線）之節能量與減碳量，說明如第（一）至（四）項，其中第（四）項為其他改善計畫之總減碳量（即內灣支線與沙崙支線改善計畫之總減碳量）。

（一）台鐵捷運化

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 9.402 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 2.225 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-10。

表 1.1-10 持續推動台鐵捷運化之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
基準年運量	延人公里	A				
目標年運量	延人公里	B	42,000,000	210,875,000	424,000,000	488,000,000
運量增量	延人公里	C=B-A	42,000,000	210,875,000	424,000,000	488,000,000
小客車移轉比例	%	D	60	60	60	60
大客車移轉比例	%	E	13	13	13	13
機車移轉比例	%	F	14	14	14	14
小客車乘載率	人/車	G	2.2	2.2	2.2	2.2
大客車乘載率	人/車	H	14	14	14	14
機車乘載率	人/車	I	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84
大客車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	L	27.68	27.68	27.68	27.68
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	N	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	O	636	636	636	636
鐵路 CO ₂ 排放密集度	度/延人公里	R	0.054	0.054	0.054	0.054
汽油油當量轉換係數		S	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		T	0.98	0.98	0.98	0.98
鐵路能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.011	0.011	0.011	0.011
來自小客車減碳量	萬公噸	$V=C*D/100/G/J*M/10^{10}$	0.263	1.323	2.659	3.061
來自大客車減碳量	萬公噸	$W=C*E/100/I/K*M/10^{10}$	0.036	0.182	0.365	0.420
來自機車減碳量	萬公噸	$X=C*F/100/I/L*M/10^{10}$	0.036	0.181	0.365	0.420
台鐵增加用電排放量	萬公噸	$Y=C*R*O/10^{10}$	0.144	0.724	1.456	1.676
淨減碳量	萬公噸	Z=V+W+X-Y	0.191	0.961	1.933	2.225
來自小客車節能量	千公秉油當量	$AA=C*D/100/G/J*S/10^6$	1.013	5.085	10.224	11.767
來自大客車節能量	千公秉油當量	$AB=C*E/100/I/K*T/10^6$	0.136	0.683	1.373	1.580
來自機車節能量	千公秉油當量	$AC=C*F/100/I/L*S/10^6$	0.139	0.698	1.403	1.615
台鐵增加用電節能量	千公秉油當量	$AD=C*U/10^6$	0.478548	2.40270975	4.831056	5.560272
淨節能量	千公秉油當量	AE=AA+AB+AC-AD	0.809	4.063	8.169	9.402

(二) 內灣支線

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 3.007 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 0.713 萬公噸，若以車公里計算，則淨減碳量為 1.02 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-11。

表 1.1-11 內灣支線改善計畫之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
基準年運量	延人公里	A				
目標年運量	延人公里	B		124,563,425	138,460,916	152,358,408
運量增量	延人公里	C=B-A	0	124,563,425	138,460,916	152,358,408
小客車移轉比例	%	D	60	60	60	60
大客車移轉比例	%	E	13	13	13	13
機車移轉比例	%	F	16	16	16	16
小客車乘載率	人/車	G	2.2	2.2	2.2	2.2
大客車乘載率	人/車	H	14	14	14	14
機車乘載率	人/車	I	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84
大客車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	L	27.68	27.68	27.68	27.68
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	N	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	O	636	636	636	636
鐵路 CO ₂ 排放密集度	度/延人公里	R	0.054	0.054	0.054	0.054
臺鐵平均每車公里耗能	度/延車公里		14.0322	14.0322	14.0322	14.0322
支線每年車公里	車公里		242914.8	242914.8	242914.8	242914.8
汽油油當量轉換係數		S	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		T	0.98	0.98	0.98	0.98
鐵路能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.011	0.011	0.011	0.011
來自小客車減碳量	萬公噸	$V=C*D/100/G/J*M/10^{10}$	0.000	0.781	0.868	0.956
來自大客車減碳量	萬公噸	$W=C*E/100/I/K*M/10^{10}$	0.000	0.107	0.119	0.131
來自機車減碳量	萬公噸	$X=C*F/100/L*M/10^{10}$	0.000	0.123	0.136	0.150

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
台鐵增加用電排放量	萬公噸	$Y=C*R*O/10^{10}$	0.000	0.428	0.476	0.523
支線增加用電(以車公里計)	萬公噸		0.217	0.217	0.217	0.217
淨減碳量	萬公噸	$Z=V+W+X-Y$	0.000	0.583	0.648	0.713
淨減碳量(以車公里計)	萬公噸		-0.217	0.794	0.907	1.020
來自小客車節能量	千公秉油當量	$AA=C*D/100/G/J*S/10^6$	0.000	3.004	3.339	3.674
來自大客車節能量	千公秉油當量	$AB=C*E/100/I/K*T/10^6$	0.000	0.403	0.448	0.493
來自機車節能量	千公秉油當量	$AC=C*F/100/I/L*S/10^6$	0.000	0.471	0.524	0.576
台鐵增加用電節能量	千公秉油當量	$AD=C*U/10^6$	0	1.419275669	1.577623677	1.735971701
淨節能量	千公秉油當量	$AE=AA+AB+AC-AD$	0.000	2.459	2.733	3.007

(三) 沙崙支線

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 3.007 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 0.469 萬公噸，若以車公里計算，則淨減碳量為 0.698 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-12。

表 1.1-12 沙崙支線改善計畫之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
基準年運量	延人公里	A				
目標年運量	延人公里	B	0	81,578,314	92,019,420	102,460,526
運量增量	延人公里	$C=B-A$	0	81,578,314	92,019,420	102,460,526
小客車移轉比例	%	D	49	49	49	49
大客車移轉比例	%	E	13	13	13	13
機車移轉比例	%	F	33	33	33	33
小客車乘載率	人/車	G	2.2	2.2	2.2	2.2
大客車乘載率	人/車	H	14	14	14	14
機車乘載率	人/車	I	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84
大客車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	L	27.68	27.68	27.68	27.68

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	N	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	O	636	636	636	636
鐵路 CO ₂ 排放密集度	度/延人公里	R	0.054	0.054	0.054	0.054
臺鐵平均每車公里耗能	度/延車公里		14.0322	14.0322	14.0322	14.0322
支線每年車公里	車公里		137824	137824	137824	137824
汽油油當量轉換係數		S	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		T	0.98	0.98	0.98	0.98
鐵路能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.011	0.011	0.011	0.011
來自小客車減碳量	萬公噸	$V=C*D/100/G/J*M/10^{10}$	0.000	0.418	0.471	0.525
來自大客車減碳量	萬公噸	$W=C*E/100/I/K*M/10^{10}$	0.000	0.070	0.079	0.088
來自機車減碳量	萬公噸	$X=C*F/100/I/L*M/10^{10}$	0.000	0.165	0.187	0.208
台鐵增加用電排放量	萬公噸	$Y=C*R/O/10^{10}$	0.000	0.280	0.316	0.352
支線增加用電(以車公里計)			0.123	0.123	0.123	0.123
淨減碳量	萬公噸	Z=V+W+X-Y	0.000	0.373	0.421	0.469
淨減碳量(以車公里計)			-0.123	0.531	0.614	0.698
來自小客車節能量	千公秉油當量	$AA=C*D/100/G/J*S/10^6$	0.000	3.004	3.339	3.674
來自大客車節能量	千公秉油當量	$AB=C*E/100/I/K*T/10^6$	0.000	0.403	0.448	0.493
來自機車節能量	千公秉油當量	$AC=C*F/100/I/L*S/10^6$	0.000	0.471	0.524	0.576
台鐵增加用電節能量	千公秉油當量	$AD=C*U/10^6$	0	1.419275669	1.577623677	1.735971701
淨節能量	千公秉油當量	AE=AA+AB+AC-AD	0.000	2.459	2.733	3.007

(四) 內灣支線及沙崙支線之總減碳量

依第(二)及(三)項之結果合計可得內灣支線及沙崙支線改善計畫 2025 年之合計減碳量為 1.718 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-13。

表 1.1-13 內灣支線及沙崙支線兩項改善計畫之總減碳量推估結果

項目	單位	2010	2015	2020	2025
合計減碳量	萬公噸	-0.340	1.325	1.521	1.718

1.1.3 持續推動都會區捷運系統建設

本項措施之效益係為原使用私人運具者轉搭乘捷運以降低私人運具使用排放之效益，包括興建台北都會區大眾捷運系統建設、興建台爭都會區大眾捷運系統建設、興建高雄都會區大眾捷運系統建設、桃園國際機場聯外捷運建設，其估算方式如表 1.1-11，各項參數說明如表 1.1-12，其中推估成果及參數來源如表 1.1-13。

表 1.1-11 持續推動都會區捷運系統建設之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量=A-B A=所使用原運具因轉乘捷運後減少之用油量 $= \sum_i \left(\frac{c \times d_i}{e_i \times f_i \times g_i} \right)$ $_i = \text{運具別}$ B = 捷運用電支油當量 =捷運運量(延人公里)×捷運能源密集度(公升油當量/延人公里) =捷運總用電增加量×油當量轉換率 當年CO ₂ 減量=A×K _j - B×L _j 為燃料別	c = 捷運運量(人次)
	d=運具轉乘比例
	e _i = 運具平均搭載人數
	f _i = 運具平均行駛里程
	g _i =運具耗油率
	K _j = 單位燃料CO ₂ 排放係數
	L=每度電CO ₂ 排放量

表 1.1-12 持續推動都會區捷運系統建設之節能及二氧化碳減量量化參數說明

量化使用參數	
c = 捷運運量(人數) d_i = 運具轉乘比例 e_i = 運具平均搭載人數 f_i = 運具平均行駛里程 捷運平均搭載里程	表 1.1-13 96 年為實際值 97,104,114 為推估量
g_i = 運具耗油率	表 1.1-4(未來年比照 2007 年)
單位發電耗油量	表 1.1-5 (1990~2007 為實際量 2008~2025 為推估量)
捷運能源密集度(度/延人公里)	
K_j = 單位燃料CO ₂ 排放系數	表 1.1-6
L = 每度電CO ₂ 排放量	表 1.1-7(2005&2007 為能源局公告系數)

表 1.1-13 運輸節能及減量推估輸入參數設定-「持續推動都會區捷運系統建設」措施

措施	更新年度	年份	旅客運量		旅客來源比例					平均搭載人數			平均搭乘里程		
					大客車	小客車	機車	台鐵	航空	大客車	小客車	機車	大客車	小客車	機車
			(人/年)	(人-公里/年)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(人/車)	(人/車)	(人/車)	(公里/車)	(公里/車)	(公里/車)
興建臺北都會區大眾捷運系統	96	96	416,229,685	3,298,870,462	4	21	22				1.61	1.27		19.07	7.88
		97	419,633,200	3,324,924,861	4	21	22				1.61	1.27		19.07	7.88
		104	730,000,000	7,059,100,000	4	21	22				1.66	1.29		19.07	7.88
		114	730,000,000	7,059,100,000	4	21	22				1.72	1.31		19.07	7.88
	97	96	416,229,685	3,298,870,462	同上										
		97	428,425,692	3,548,827,342											
興建臺中都會區大眾捷運系	96	101	27,569,545	184,440,256		7.8	18.3				1.6	1.2		7.06	7.31
		104	37,750,612	247,902,572		7.8	18				1.6	1.2		6.94	7.21
		114	63,941,211	407,478,305		7.6	17.6				1.6	1.2		6.67	7.01

措施	更新年度	年份	旅客運量		旅客來源比例					平均搭載人數			平均搭乘里程		
					大客車	小客車	機車	台鐵	航空	大客車	小客車	機車	大客車	小客車	機車
			(人/年)	(人-公里/年)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(人/車)	(人/車)	(人/車)	(公里/車)	(公里/車)	(公里/車)
統															
興建高雄都會區大眾捷運系統	96	96	15,539,760	133,020,346	-	11.83	21.54	-	-	-	1.74	1.13	-	13.58	9.42
		97	118,712,965	221,476,000	-	11.83	21.54	-	-	-	1.74	1.13	-	13.58	9.42
		104	208,039,780	1,780,820,517	-	11.83	21.54	-	-	-	1.74	1.13	-	13.58	9.42
		114	274,236,910	2,347,467,950	-	11.83	21.54	-	-	-	1.74	1.13	-	13.58	9.42
	97	96	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
興建桃園國際機場聯外捷運系統-短程	96	99	32,156,500	345,409,720	-	25	7	-	-	30	2.2	1.6	-	10.68	8.32
		104	45,786,695	436,835,650	-	25	7	-	-	30	2.2	1.6	-	10.53	8.24
		114	51,537,635	481,906,945	-	25	7	-	-	30	2.2	1.6	-	10.24	8.09
興建桃園國際機場聯外捷運系統-長程	96	99	6,898,500	203,648,100	27	4	-	-	-	30	-	1.7	31.86	38.08	-
		104	8,143,880	275,454,185	27	4	-	-	-	30	-	1.7	32.26	37.81	-
		114	11,300,400	381,786,715	27	4	-	-	-	30	-	1.7	33.09	37.27	-

資料來源：修改自本所(2008)之表 5.2-11、本所(2009)excel 圖表北捷、高捷

1.1.3 持續推動都會區捷運系統建設- 本所版本

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

本項措施之效益係為原使用私人運具者轉搭乘捷運以降低私人運具使用排放之效益，包括興建台北都會區大眾捷運系統建設、興建台中都會區大眾捷運系統建設、興建高雄都會區大眾捷運系統建設、桃園國際機場聯外捷運建設，其估算方式如下述第（一）至（四）項之說明。

（一）興建台北都會區大眾捷運系統

推估公式如表 1.1-14，各項參數來源說明如表 1.1-15。

表 1.1-14 興建台北都會區大眾捷運系統建設之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量＝ $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	C=運量增量
	D=運具轉移比例
	G=運具乘載率
	J=運具燃油效率
	M=燃油 CO ₂ 排放系數
	O=電力 CO ₂ 排放系數
	S=燃油油當量轉換系數
	U=鐵路能源密集度

表 1.1-15 興建台北都會區大眾捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
H = 公車乘載率	依台北捷運 99 年 8 月 26 日提供資料
O = 電力 CO ₂ 排放系數	依能源局公布 2008 年資料
R = 捷運能源密集度	依台北捷運提供 2006 年資料估算
U = 捷運能源密集度	依北捷提供之 2006 年用電密集度資料乘以平均單位電量耗油量參數，2008 年參數為 0.211 公秉油當量/千度)

(二) 興建台中都會區大眾捷運系統

推估公式如表 1.1-16，各項參數來源說明如表 1.1-17。

表 1.1-16 興建台中都會區大眾捷運系統建設之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量 = $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量 = $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	C=運量增量
	D=運具轉移比例
	G=運具乘載率
	J=運具燃油效率
	M=燃油 CO ₂ 排放系數
	O=電力 CO ₂ 排放系數
	S=燃油油當量轉換系數
	U=鐵路能源密集度

表 1.1-17 興建台中都會區大眾捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
H = 公車乘載率	依台北捷運 99 年 8 月 26 日提供資料
L = 機車燃油效率	依開南 2009 年報告
O = 電力 CO ₂ 排放系數	依能源局公布 2008 年資料
R = 捷運能源密集度	通車初期依高捷 99.7 提供之 98 年度資料估算，未來假設逐年下降至 0.08(度/延人公里)。註：北捷現況為 0.054 度/延人公里

(三) 興建機場捷運系統

興建機場捷運系統係由直達與區間兩種營運模式組成，總節能及總減碳量推估公式如表 1.1-18，而直達與區間兩種營運模式之推估公式則分述於表 1.1-19～表 1.1-20，各項參數來源說明如表 1.1-21。

表 1.1-18 興建機場捷運系統建設之總節能及總二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式（總節能量及總 CO ₂ 減量）	
機場捷運總節能量 = 機場捷運節能量(直達) + 機場捷運(區間)節能量 = AQ + AV	AQ=機場捷運節能量(直達)
	AV=機場捷運(區間)節能量
	AF=機場捷運 CO ₂ 減量(直達)
機場捷運總 CO ₂ 減量 = 機場捷運 CO ₂ 減量(直達)+機場捷運 CO ₂ 減量(區間) = AF + AK	AK=機場捷運 CO ₂ 減量(區間)

表 1.1-19 興建機場捷運系統建設（直達）之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式（直達）	
節能量 = $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量 = $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	D=直達車運量增量
	F=直達車運具轉移比例
	L=運具乘載率
	R=運具燃油效率
	U=燃油 CO ₂ 排放系數
	W=電力 CO ₂ 排放系數
	X=捷運 CO ₂ 排放系數
	Y=燃油油當量轉換系數
	AA=捷運能源密集度

表 1.1-20 興建機場捷運系統建設（區間）之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式（區間）	
節能量＝ $\sum_i \left(\frac{E \times I_i \times Y_i}{L_i \times R_i \times 10^6} \right) - \frac{E \times AA}{10^6}$ CO ₂ 減量＝ $\sum_i \left(\frac{E \times I_i \times U_i}{L_i \times R_i \times 10^{10}} \right) - \frac{E \times X \times W}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	E=區間車運量增量
	I=區間車運具轉移比例
	L=運具乘載率
	R=運具燃油效率
	U=燃油 CO ₂ 排放系數
	W=電力 CO ₂ 排放系數
	X=捷運 CO ₂ 排放系數
	Y=燃油油當量轉換系數
	AA=捷運能源密集度

表 1.1-21 興建機場捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
I~J 運具移轉比例（區間車）	比照台北捷運
M=公車乘載率（直達車）	依交通部統計處公布汽車客運業運量 2009 年資料推估
N=公車乘載率（區間車）	依北市公共運輸處公布 2009 資料
O=機車燃油效率	依開南 2009 年報告
W=電力 CO ₂ 排放系數	依能源局公布 2008 年資料
X=捷運 CO ₂ 排放系數	通車初期依高捷 99.7 提供之 98 年度資料估算，未來假設逐年下降至 0.06(度/延人公里)。註：北捷現況為 0.054 度/延人公里
AA=捷運能源密集度	依用電密集度資料乘以平均單位電量耗油量參數，2008 年參數為 0.211 公秉油當量/千度)

(四) 興建高雄都會區捷運系統

推估公式如表 1.1-22，各項參數來源說明如表 1.1-23。

表 1.1-22 興建高雄都會區捷運系統建設之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及二氧化碳減量量化公式	
節能量 = $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times S_i}{G_i \times J_i \times 10^6} \right) - \frac{C \times U}{10^6}$ CO ₂ 減量 = $\sum_i \left(\frac{C \times D_i \times M_i}{G_i \times J_i \times 10^{10}} \right) - \frac{C \times R \times O}{10^{10}}$ 其中 i = 運具別	C=運量增量
	D=運具轉移比例
	G=運具乘載率
	J=運具燃油效率
	M=燃油 CO ₂ 排放系數
	O=電力 CO ₂ 排放系數
	S=燃油油當量轉換系數
	U=捷運能源密集度

表 1.1-23 興建高雄都會區捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
R=捷運能源密集度	近期依高捷 99.7 提供之 98 年度資料估算，未來假設逐年下降至 0.06(度/延人公里)。註：北捷現況為 0.054 度/延人公里
高捷用電耗能 = 37,865,600 (度)	依高捷 99.7 提供之 98 年度資料
高捷每年車公里	依高捷 99.7 提供之 98 年度資料
捷運能源密集度	依高捷 99.7 提供之 98 年用電密集度資料乘以平均單位電量耗油量參數，2008 年為 0.211 公秉油當量/千度)

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

(一) 興建台北都會區大眾捷運系統

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 29.998

千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 5.425 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-24。

表 1.1-24 興建台北都會區大眾捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
期準年運量	延人公里	A				
目標年運量	延人公里	B	3,934,492,103	6,767,414,756	6,986,327,000	6,986,327,000
運量增量	延人公里	C=B-A	1,192,119,845	4,025,042,498	4,243,954,742	4,243,954,742
小客車移轉比例	%	D	21	21	21	21
公車移轉比例	%	E	16	16	16	16
機車移轉比例	%	F	22	22	22	22
小客車乘載率	人/車	G	1.74	1.74	1.74	1.74
公車乘載率	人/車	H	25.38	25.38	25.38	25.38
機車乘載率	人/車	I	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84
公車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	L	27.68	27.68	27.68	27.68
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	N	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	O	636	636	636	636
捷運能源密集度	度/延人公里	R	0.054	0.054	0.054	0.054
汽油油當量轉換係數		S	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		T	0.98	0.98	0.98	0.98
捷運能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.011	0.011	0.011	0.011
來自小客車減碳量	萬公噸	$V=C*D/100/G/J*M/10^{10}$	3.309	11.172	11.780	11.780
來自公車減碳量	萬公噸	$W=C*E/100/I/K*M/10^{10}$	0.697	2.353	2.481	2.481
來自機車減碳量	萬公噸	$X=C*F/100/I/L*M/10^{10}$	1.612	5.443	5.739	5.739
捷運增加用電排放量	萬公噸	$Y=C*R*O/10^{10}$	4.094	13.824	14.575	14.575
淨減碳量	萬公噸	$Z=V+W+X-Y$	1.524	5.145	5.425	5.425

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
來自小客車節能量	千公秉油當量	$AA=C*D/100/G/J*S/10^6$	12.721	42.950	45.286	45.286
來自公車節能量	千公秉油當量	$AB=C*E/100/I/K*T/10^6$	2.621	8.849	9.331	9.331
來自機車節能量	千公秉油當量	$AC=C*F/100/I/L*S/10^6$	6.198	20.926	22.065	22.065
捷運增加用電節能量	千公秉油當量	$AD=C*U/10^6$	13.113	44.275	46.684	46.684
淨節能量	千公秉油當量	$AE=AA+AB+AC-AD$	8.426	28.451	29.998	29.998

(二) 興建台中都會區大眾捷運系統

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 1.272 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 0.122 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-25。

表 1.1-25 興建台中都會區大眾捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2014	2015	2019	2020	2024	2025
期準年運量	延人公里	A						
目標年運量	延人公里	B	0	199,711,560	244,731,984	255,987,090	293,598,073	303,000,818
運量增量	延人公里	C=B-A	0	199,711,560	244,731,984	255,987,090	293,598,073	303,000,818
小客車移轉比例	%	D	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7
公車移轉比例	%	E	14	14	14	14	14	14
機車移轉比例	%	F	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
小客車乘載率	人/車	G	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
公車乘載率	人/車	H	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7
機車乘載率	人/車	I	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
公車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	L	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2263	2263	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	N	2606	2606	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	O	636	636	636	636	636	636
捷運 CO ₂ 排放密集度	度/延人公里	R	0.1270	0.1270	0.09	0.09	0.08	0.08
汽油油當量轉換係數		S	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

項目	單位	代號	2014	2015	2019	2020	2024	2025
柴油油當量轉換係數		T	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
捷運能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.0268	0.0268	0.0190	0.0190	0.0169	0.0169
來自小客車減碳量	萬公噸	$V=C*D/100/G/J*M/10^{10}$	0.000	0.652	0.799	0.836	0.958	0.989
來自公車減碳量	萬公噸	$W=C*E/100/I/K*M/10^{10}$	0.000	0.069	0.084	0.088	0.101	0.104
來自機車減碳量	萬公噸	$X=C*F/100/I/L*M/10^{10}$	0.000	0.376	0.460	0.482	0.552	0.570
捷運增加用電排放量	萬公噸	$Y=C*R*O/10^{10}$	0.000	1.613	1.401	1.465	1.494	1.542
淨減碳量	萬公噸	$Z=V+W+X-Y$	0.000	-0.517	-0.057	-0.060	0.118	0.122
來自小客車節能量	千公秉油當量	$AA=C*D/100/G/J*S/10^6$	0.000	2.507	3.072	3.213	3.685	3.803
來自公車節能量	千公秉油當量	$AB=C*E/100/I/K*T/10^6$	0.000	0.259	0.317	0.332	0.380	0.392
來自機車節能量	千公秉油當量	$AC=C*F/100/I/L*S/10^6$	0.000	1.444	1.770	1.851	2.123	2.191
捷運增加用電節能量	千公秉油當量	$AD=C*U/10^6$	0.000	5.352	4.647	4.861	4.956	5.115
淨節能量	千公秉油當量	$AE=AA+AB+AC-AD$	0.000	-1.143	0.511	0.534	1.232	1.272

(三) 興建機場捷運系統

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 6.076 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 1.062 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-26。

表 1.1-3 興建機場捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2014	2015	2019	2020	2024	2025
基準年運量	延人公里	A						
目標年直達車運量	延人公里	B	186,973,772.15	280,460,658	303,913,108	309,776,221	319,970,185	322,518,677
目標年區間車運量	延人公里	C	423,672,126.97	635,508,190	688,650,133	701,935,618	725,034,573	730,809,311
直達車運量增量	延人公里	D=B-A	186,973,772	280,460,658	303,913,108	309,776,221	319,970,185	322,518,677
區間車運量增量	延人公里	E=C-A	423,672,127	635,508,190	688,650,133	701,935,618	725,034,573	730,809,311
小客車移轉比例-直達車	%	F	30	30	30	30	30	30
公車移轉比例-直達車	%	G	70	70	70	70	70	70
機車移轉比例-直達車	%	H	0	0	0	0	0	0
小客車移轉比例-區間車	%	I	21	21	21	21	21	21

項目	單位	代號	2014	2015	2019	2020	2024	2025
公車移轉比例-區間車	%	J	16	16	16	16	16	16
機車移轉比例-區間車	%	K	22	22	22	22	22	22
小客車乘載率	人/車	L	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
公車乘載率-直達車	人/車	M	20	20	20	20	20	20
公車乘載率-區間車	人/車	N	25.19	25.19	25.19	25.19	25.19	25.19
機車乘載率	人/車	O	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	R	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84
公車燃油效率	公里/公升	S	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	T	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	U	2263	2263	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	V	2606	2606	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	W	636	636	636	636	636	636
捷運 CO ₂ 排放密集度	度/延人公里	X	0.1270	0.1270	0.06	0.06	0.06	0.06
汽油油當量轉換係數		Y	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		Z	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
捷運能源密集度	公升油當量/延人公里	AA	0.027	0.027	0.013	0.013	0.013	0.013
來自小客車減碳量-直達車	萬公噸	$AB=D*F/100/L/R*U/10^{10}$	0.59	0.88	0.95	0.97	1.00	1.01
來自公車減碳量-直達車	萬公噸	$AC=D*G/100/M/S*V/10^{10}$	0.61	0.91	0.99	1.01	1.04	1.05
來自機車減碳量-直達車	萬公噸	$AD=D*H/100/O/T*U/10^{10}$	0	0	0	0	0	0
捷運增加用電排放量-直達車	萬公噸	$AE=D*X*W/10^{10}$	1.51	2.27	1.16	1.18	1.22	1.23
淨減碳量-直達車	萬公噸	$AF=AB+AC+AD-AE$	-0.32	-0.48	0.78	0.79	0.82	0.83
來自小客車減碳量-區間車	萬公噸	$AG=E*I/100/L/R*U/10^{10}$	0.93	1.40	1.51	1.54	1.59	1.60
來自公車減碳量-區間車	萬公噸	$AH=E*J/100/N/S*V/10^{10}$	0.250	0.374	0.406	0.413	0.427	0.430
來自機車減碳量-區間車	萬公噸	$AI=E*K/100/O/T*U/10^{10}$	0.573	0.859	0.931	0.949	0.981	0.988
捷運增加用電排放量-區間車	萬公噸	$AJ=E*X*W/10^{10}$	3.422	5.134	2.628	2.679	2.767	2.789
淨減碳量-區間車	萬公噸	$AK=AG+AH+AI-AJ$	-1.670	-2.505	0.221	0.225	0.232	0.234
總減碳量	萬公噸	AL=AF+AK	-1.987	-2.980	1.001	1.020	1.054	1.062
來自小客車節能量-直達車	千公秉油當量	$AM=D*F/100/L/R*Y/10^6$	2.25	3.38	3.66	3.73	3.86	3.89
來自公車節能量-直達車	千公秉油當量	$AN=D*G/100/M/S*Z/10^6$	2.28	3.42	3.71	3.78	3.91	3.94

項目	單位	代號	2014	2015	2019	2020	2024	2025
來自機車節能量-直達車	千公秉油當量	$AO=D*H/100/O/T*Y/10^6$	0	0	0	0	0	0
捷運增加用電節能量-直達車	千公秉油當量	$AP=D*AA/10^6$	5.011	7.516	3.848	3.922	4.051	4.083
淨節能量-直達車	千公秉油當量	$AQ=AM+AN+AO-AP$	-0.474	-0.711	3.526	3.594	3.713	3.742
來自小客車節能量-區間車	千公秉油當量	$AR=E*I/100/L/R*Y/10^6$	3.576	5.363	5.812	5.924	6.119	6.168
來自公車節能量-區間車	千公秉油當量	$AS=E*J/100/N/S*Z/10^6$	0.939	1.408	1.525	1.555	1.606	1.619
來自機車節能量-區間車	千公秉油當量	$AT=E*K/100/O/T*Y/10^6$	2.203	3.304	3.580	3.649	3.769	3.800
捷運增加用電節能量-區間車	千公秉油當量	$AU=E*AA/10^6$	11.354	17.031	8.718	8.887	9.179	9.252
淨節能量-區間車	千公秉油當量	$AV=AR+AS+AT-AU$	-4.637	-6.956	2.199	2.242	2.316	2.334
總節能量	千公秉油當量	$AE=AQ+AV$	-5.112	-7.668	5.726	5.836	6.028	6.076

(四) 興建高雄都會區大眾捷運系統

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 0.791 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 3.875 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.1-27。

表 1.1-27 興建高雄都會區大眾捷運系統建設之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2009	2010	2015	2020	2025
期準年運量	延人公里	A					
目標年運量	延人公里	B	298,125,591	298,935,000	346,000,000	400,000,000	421,060,000
運量增量	延人公里	C=B-A	298,125,591	298,935,000	346,000,000	400,000,000	421,060,000
小客車移轉比例	%	D	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7
公車移轉比例	%	E	14	14	14	14	14
機車移轉比例	%	F	30.6	30.6	30.6	30.6	30.6
小客車乘載率	人/車	G	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
公車乘載率	人/車	H	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7
機車乘載率	人/車	I	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
小客車燃油效率	公里/公升	J	9.84	9.84	9.84	9.84	9.26
公車燃油效率	公里/公升	K	2.81	2.81	2.81	2.81	2.81
機車燃油效率	公里/公升	L	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	M	2263	2263	2263	2263	2263

項目	單位	代號	2009	2010	2015	2020	2025
柴油 CO ₂ 排放係數	克/公升	N	2606	2606	2606	2606	2606
電力 CO ₂ 排放係數	克/度	O	636	636	636	636	636
捷運能源密集度	度/延人公里	R	0.1270	0.1270	0.1	0.08	0.06
高捷用電耗能	度		37,865,600				
高捷每年車公里	延車公里	R\$	4,188,016				
汽油油當量轉換係數		S	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		T	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
捷運能源密集度	公升油當量/延人公里	U	0.027	0.027	0.021	0.017	0.013
來自小客車減碳量	萬公噸	$V=C*D/100/G/J*M/10^{10}$	0.973	0.976	1.130	1.306	1.461
來自公車減碳量	萬公噸	$W=C*E/100/I/K*M/10^{10}$	0.103	0.103	0.119	0.138	0.145
來自機車減碳量	萬公噸	$X=C*F/100/I/L*M/10^{10}$	0.561	0.562	0.651	0.752	0.792
捷運增加用電排放量	萬公噸	$Y=C*R*O/10^{10}$	2.408	2.415	2.201	2.035	1.607
淨減碳量	萬公噸	Z=V+W+X-Y	-0.772	-0.774	-0.301	0.161	0.791
來自小客車節能量	千公秉油當量	$AA=C*D/100/G/J*S/10^6$	3.742	3.752	4.343	5.020	5.616
來自公車節能量	千公秉油當量	$AB=C*E/100/I/K*T/10^6$	0.386	0.387	0.448	0.518	0.545
來自機車節能量	千公秉油當量	$AC=C*F/100/I/L*S/10^6$	2.156	2.162	2.502	2.893	3.045
捷運增加用電節能量	千公秉油當量	$AD=C*U/10^6$	7.990	8.011	7.301	6.752	5.331
淨節能量	千公秉油當量	AE=AA+AB+AC-AD	-1.706	-1.711	-0.008	1.679	3.875

四、興建輕軌運輸系統- 依據中鼎版本推算（本研究推算）

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

本項措施之效益係為原使用私人運具者轉搭乘輕軌捷運以降低私人運具使用排放之效益，為興建高雄臨港線輕軌運輸系統，其估算方式如表

1.1-14，各項參數說明如表 1.1-15。

表 1.1-14 興建輕軌運輸系統之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量公式	
當年節能量=A-B A=使用原運具因轉乘軌後減少之用油量 $= \sum_i \left(\frac{c \times d_i}{e_i \times f_i \times g_i} \right)$ $_i$ 為運具別 B=輕軌用電增加之油當量 =輕軌總用電增加量×油當量轉換率 =m×n 當年CO ₂ 減量=A×K _i - B×L $_j$ 為燃料別 K _i =單位燃料CO ₂ 排放量 L=每度電CO ₂ 排放量	c = 輕軌運量人次
	d _i = 運具轉乘比例
	e _i = 運具平均搭載人數
	f _i = 運具平均搭載里程
	g _i = 運具耗油量
	m = 輕軌運量(延人公里)
	n = 輕軌能源密集度(油當量/延人公里)

表 1.1-15 興建輕軌運輸系統之節能及二氧化碳減量量化參數說明

量化推估使用參數	
c=輕軌運量人次 d _i = 運具轉乘比例 e _i = 運具平均搭載人數 f _i = 運具平均行駛里程 m = 輕軌運量(延人公里) 輕軌平均搭載里程	表 1.1-16 因尚未完成，所以為推估 其年度分別為 102,104,114
g _i = 運具耗油量	表 1.1-4(未來年比照 2007 年)
n = 輕軌能源密集度(油當量/延人公里)單位發電量	表 1.1-5(比照捷運)

	(1990~2007 為 實 際 量 2008~2025 為推估量)
K_j = 單位燃料CO ₂ 排放量	表 1.1-6
L=每度電CO ₂ 排放量	表 1.1-7(2005&2007 為能源 局公告系數)

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 2,534,059

公升油當量，淨減碳量至 2025 年達 0.15 萬公噸，詳細計算結果，如表

1.1-16。

表 1.1-16 興建輕軌運輸系統之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目		單位	代碼	2013	2015	2025
旅客運量	年運量	(人/年)	(C)	30,890,189	32,245,050	49,591,173
	延人公里	(人-公里/年)	(m)	117,382,718	122,531,190	188,446,457
旅客來源比例	小客車	(%)	(d1)	11.83	11.83	11.83
	機車	(%)	(d2)	21.54	21.54	21.54
平均搭載人數	小客車	(人/車)	(e1)	1.74	1.74	1.74
	機車	(人/車)	(e2)	1.13	1.13	1.13
平均搭乘里程	小客車	(公里/車)	(f1)	13.58	13.58	13.58
	機車	(公里/車)	(f2)	9.42	9.42	9.42
運具耗游率	小客車	(公里/升)	(g1)	9.5	9.5	9.5
	機車	(公里/升)	(g2)	27.68	27.68	27.68
A 原運具轉乘捷運後之減少用油量	小客車	(公升)	(a)=(C*d1*f1)/(e1*g1)	3,002,149	3,133,825	4,819,656
	機車	(公升)	(b)=(C*d2*f2)/(e2*g2)	2,003,884	2,091,776	3,217,040
	原運具轉乘高鐵後之用油量	(公升)	A=(a)+(b)	5,006,033	5,225,601	8,036,696
汽油單位燃料 CO ₂ 排放係數		(公克/公升)	(K)	2,263	2,263	2,263
減少用油之減碳量		(公克)	A*K	11,328,653,052	11,825,534,123	18,187,042,926
輕軌捷運用電增加之	輕軌捷運能源密集度-油當量	(公升油當量/延人公里)	(n1)	0.0292	0.0292	0.0292

項目	單位	代碼	2013	2015	2025
油當量					
輕軌捷運 能源密度-用電量	度/延人公里	(n2)	0.139	0.139	0.139
輕軌捷運 用電用油 量 (1) $B1=m*n1$	公升油當量	$B1=(m)*(n1)$	3,427,575	3,577,911	5,502,637
輕軌捷運 用電用油 量 (2) $B2=m*n2$	度	$B2=(m*n2)$	16,316,198	17,031,835	26,194,058
輕軌用 電增加 之 CO ₂ 排放量	*每度電 CO ₂ 排放 量	kg/kWh	(L)	0.637	0.637
	排放量	Kg	$B2*(L)$	10,393,418	10,849,279
當年節能量	公升油當量	A-B1	1,578,458	1,647,690	2,534,059
當年 CO ₂ 減量	kg	$A*K/1000-B2*L$	935,235	976,255	1,501,428

資料來源：修改自本所(2008)之表 5.2-11。

五、鼓勵興建公車捷運系統

本項措施之效益係為原使用私人運具者轉搭乘公車捷運系統以降低私人運具使用排放之效益，包括鼓勵興建公車捷運系統（高鐵聯外公車捷運系統嘉義站及台南站）等，其估算方式如表 1.1-17，各項參數說明如表 1.1-18，部分參數內容如表 1.1-19。

表 1.1-17 鼓勵興建公車捷運系統之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量=A-B	c = 公車捷運運量(人次)
A=原運具因轉乘公車捷運後減少之用油量	d_i = 運具運具轉乘比例
$= \sum_i \left(\frac{c \times d_i}{e_i \times f_i \times g_i} \right)$	e_i = 運具平均搭載人數
i 為運具別	f_i = 運具平均行駛里程
B=公車捷運增加之油量	g_i = 運具耗油率
$= \frac{c \times h}{m \times n}$	h = 公車平均行駛里程
當年CO ₂ 減量=A×K _j - B×K _j	m = 公車平均搭載人數
j 為燃料別	n = 公車耗油率
K _j =單位燃料CO ₂	

表 1.1-18 鼓勵興建公車捷運系統之節能及二氧化碳減量量化參數說明

量化推估使用參數	
c = 公車捷運運量(人次) d_i = 運具運具轉乘比例 e_i = 運具平均搭載人數 f_i = 運具平均行駛里程 h = 公車平均行駛里程 m = 公車平均搭載人數	表 1.1-19 嘉義有 96,97,104,108,114 年 台南有 98,104,108 年 以上資料皆為推估
g_i = 運具耗油率 n = 公車耗油率	表 1.1-4 (未來年比照 2007 年)
K_j = 單位燃料CO ₂ 排放量	表 1.1-6

表 1.1-19 運輸節能及減量推估輸入參數設定-「鼓勵興建公車捷運系統」措施

措施	更新年度	年份	旅客運量		旅客來源比例					平均搭載人數			平均搭乘里程		
					大客車	小客車	機車	台鐵	航空	大客車	小客車	機車	大客車	小客車	機車
			(人/年)	(人-公里/年)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(人/車)	(人/車)	(人/車)	(公里/車)	(公里/車)	(公里/車)
鼓勵興建公車捷運系統-嘉義站	96	97	5,397,000	42,738,000	-	3.1	3.4	-	-	-	1.6	1.3	-	7.2	7.1
		104	6,518,000	55,066,000	-	3.2	3.7	-	-	-	1.6	1.3	-	8.2	8.2
		108	7,260,000	63,647,000	-	3.2	3.7	-	-	-	1.6	1.3	-	8.2	8.2
	97	96	162,300	2,385,810	-	7.0	3.0	-	-	-	1.6	1.2	14.7	7.7	7.6
		97	4,670,000	68,649,000	-	7.0	3.0	-	-	-	1.6	1.2	14.7	7.7	7.6
		104	5,646,000	82,996,200	-	7.0	3.0	-	-	-	1.6	1.2	14.7	7.7	7.6
		108	6,293,000	92,507,100	-	7.0	3.0	-	-	-	1.6	1.2	14.7	7.7	7.6
		114	7,260,000	106,722,000	-	7.0	3.0	-	-	-	1.6	1.2	14.7	7.7	7.6
鼓勵興建公車捷運系統-台南站	96	98	5,535,225	78,600,195	-	55	16	-	-	-	2.2	1.35	14.2	19.07	7.88
		104	5,535,225	78,600,195	-	55	16	-	-	-	2.2	1.35	14.2	19.07	7.88
		108	5,535,225	78,600,195	-	55	16	-	-	-	2.2	1.35	14.2	19.07	7.88

資料來源：修改自本所(2008)之表 5.2-11。

六、市區及公路客運業公車汰舊換新與偏遠路線公車服務虧損補貼計畫

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

本項措施之效益係以能源效率較高之新車汰換能源效率較低之舊車所產生之效益，其估算方式如表 1.1-20，各項參數說明如表 1.1-21，其中推估參數之參考來源如表 1.1-22~表 1.1-24。

表 1.1-20 客運業公車汰舊換新與偏遠路線公車服務虧損補貼之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量 = $A_i \times f_i \div g_i \times h_i$	A = 汰舊數量
i: 運具別	f = 年行駛里程
汰舊有效年份假設為 5 年	g = 耗油率
當年 CO ₂ 減量 = $A \times f \div g \times h \times K_j$	h = 新車相較於汰舊車輛油耗之改善率
j 為燃料別	
K _j = 單位燃料 CO ₂ 排放量	

表 1.1-21 客運業公車汰舊換新與偏遠路線公車服務虧損補貼之節能及二氧化碳減量量化參數說明

量化推估使用參數	
A = 汰舊數量	表 1.1-22 96,97,97,104,114 皆為推估
f = 年行駛里程	表 1.1-23(1990~2007) 表 1.1-24(2008~2025)皆為推估量
g = 耗油率	表 1.1-4(未來年比照 2007)
汰舊車輛耗油率 h = 新車相較汰舊車輛耗油率之改善率	去年度檢討結果，因國內目前並無重型柴油燃油效率標準故修正為 1
K _j = 單位燃料 CO ₂ 排放量	表 1.1-6

表 1.1-22 運輸節能及減量推估輸入參數設定-「客運業公車汰舊換新與偏遠路線公車服務虧損補貼」措施

措施	更新年度	年份	公車/客運總車輛數 (輛/年)	公車/客運平均行駛里程 (公里/年)	大於 12 年之公車/客運車輛數 (輛/年)	汰舊車輛目標數量 (輛/年)	平均每車耗油量 (公升/年)	備註
市區及公路汽車客運業老舊客車汰舊換新與偏遠及服務路線營運虧損補貼計畫	96	95	12,884	86,525	0	114	32,869	目標數為逐年輛數
		96	13,951	87,473	0	134	31,339	
		97	14,234	88,306	0	154	31,683	
		104	16,444	91,867	0	250	33,274	
		114	20,348	92,890	0	430	33,645	

資料來源：本所(2008)表 5.2-12。

表 1.1-23 台灣歷年車輛調整後年行駛里程推估量

年份	小客車		小貨車				大客車			特種車	大貨車		機器腳踏車
			汽油		柴油								
	自用	營業	自用	營業	自用	營業	自用	遊覽車	公車/客運車		自用	營業	
1990	13,444	54,899	18,367	37,071	18,367	37,071	28,597	73,821	73,898	36,911	35,199	66,387	5,479
1991	13,678	55,422	17,615	35,553	17,615	35,553	28,272	72,226	76,357	36,113	33,758	63,669	5,479
1992	13,911	57,462	19,598	39,556	19,598	39,556	27,948	65,037	78,880	32,519	37,558	70,837	5,479
1993	14,144	57,462	16,098	32,492	16,098	32,492	27,624	60,644	75,683	30,322	30,852	58,187	5,479
1994	13,158	57,462	16,373	33,047	16,373	33,047	28,232	58,900	74,743	29,450	31,378	59,180	5,067
1995	12,172	57,863	16,725	33,758	16,725	33,758	28,841	57,902	73,732	28,951	32,053	60,453	4,655
1996	10,952	58,276	17,584	35,492	17,584	35,492	29,449	56,875	76,398	28,438	33,700	63,559	4,242
1997	11,112	58,677	18,147	36,628	18,147	36,628	30,057	55,877	76,206	27,939	34,778	65,593	3,830
1998	11,270	59,276	20,342	41,058	20,342	41,058	30,666	54,147	73,483	27,074	38,985	73,528	4,060
1999	12,088	59,876	20,502	41,381	20,502	41,381	31,274	52,416	74,563	26,208	39,291	74,105	4,288
2000	12,905	56,721	19,840	40,045	19,840	40,045	31,882	56,663	81,076	28,332	38,023	71,713	4,265
2001	14,393	53,562	20,756	41,893	20,756	41,893	32,490	60,910	85,439	30,455	39,778	75,022	4,241
2002	15,880	53,546	20,842	42,066	20,842	42,066	33,099	58,241	88,713	29,121	39,942	75,333	4,612
2003	16,895	53,527	19,840	40,045	19,840	40,045	33,706	55,572	87,541	27,786	38,023	71,713	4,611

年份	小客車		小貨車				大客車			特種車	大貨車		機器腳踏車
			汽油		柴油								
	自用	營業	自用	營業	自用	營業	自用	遊覽車	公車/客運車		自用	營業	
2004	17,344	53,809	20,994	40,975	20,994	40,975	33,860	56,954	89,439	28,477	40,330	74,451	4,446
2005	17,548	52,578	21,335	38,807	21,335	38,807	30,957	57,710	90,284	28,855	39,028	74,875	4,446
2006	17,894	52,634	22,976	38,946	22,976	38,946	31,638	58,335	89,527	29,168	41,559	75,866	4,276
2007	15,964	50,072	19,934	38,522	19,934	38,522	28,097	55,635	85,719	27,818	38,018	74,760	4,490
2008	15,964	50,072	19,934	38,522	19,934	38,522	28,097	55,635	80,056	27,818	38,018	74,760	4,490

資料來源：本所(2009)3/3之表3-4。

表 1.1-24 97 年度研究更新預估之未來年各車種年行駛里程

年份	小客車		小貨車				大客車			特種車	大貨車		機器腳 踏車
			汽油		柴油								
	自用	營業	自用	營業	自用	營業	自用	遊覽車	公車/ 客運車		自用	營業	
2009	10,318	30,686	13,328	25,756	16,533	31,950	22,689	46,794	83,742	24,031	31,176	61,305	4,572
2010	10,239	31,136	13,185	25,479	16,776	32,419	23,148	47,805	83,660	24,482	31,793	62,519	4,537
2011	10,257	31,534	13,129	25,371	17,115	33,075	23,732	49,072	84,101	24,935	32,509	63,928	4,533
2012	10,273	31,930	13,075	25,267	17,442	33,707	24,296	50,295	84,526	25,399	33,190	65,266	4,528
2013	10,289	32,324	13,022	25,165	17,758	34,317	24,840	51,477	84,937	25,874	33,834	66,533	4,523
2014	10,312	32,392	12,971	25,066	18,063	34,907	25,367	52,619	85,335	26,361	34,442	67,728	4,518
2015	10,335	32,457	12,921	24,970	18,358	35,476	25,876	53,723	85,719	26,861	35,012	68,849	4,512
2016	10,278	32,280	12,851	24,834	18,498	35,747	26,073	54,132	85,719	27,066	35,279	69,374	4,512
2017	10,226	32,116	12,786	24,708	18,627	35,996	26,254	54,510	85,719	27,255	35,525	69,858	4,512
2018	10,178	31,964	12,725	24,591	18,745	36,225	26,421	54,856	85,719	27,428	35,751	70,301	4,512
2019	10,133	31,824	12,669	24,483	18,852	36,432	26,572	55,170	85,719	27,585	35,955	70,703	4,512
2020	10,092	31,695	12,618	24,384	18,948	36,617	26,708	55,451	85,719	27,725	36,138	71,063	4,512
2021	10,054	31,576	12,571	24,293	19,033	36,781	26,827	55,699	85,719	27,849	36,300	71,382	4,512
2022	10,020	31,468	12,528	24,210	19,107	36,923	26,931	55,914	85,719	27,957	36,440	71,657	4,512
2023	9,988	31,370	12,489	24,134	19,168	37,042	27,018	56,094	85,719	28,047	36,558	71,888	4,512
2024	9,960	31,281	12,453	24,066	19,218	37,138	27,087	56,238	85,719	28,119	36,652	72,073	4,512
2025	9,935	31,201	12,421	24,004	19,255	37,210	27,140	56,347	85,719	28,174	36,723	72,213	4,512

資料來源：本所(2008)表5.2-7。

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 13,117,184

公升油當量，淨減碳量至 2025 年達 29,684 公噸，詳細計算結果，如表

1.1-25。

表 1.1-25 市區及公路客運業公車汰舊換新與偏遠路線公車服務虧損補貼計畫

之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代碼	2006	2007	2008	2015	2025
公車/客運 總車輛數	(輛/年)	-	12,884	13,951	14,234	16,444	20,348
公車/客運 平均行駛 里程	(公里/年)	-	86,525	87,473	88,306	91,867	92,890
大於 12 年 之公車/客 運車輛數	(輛/年)	-	0	0	0	0	0
汰舊車輛 目標數量	(輛/年)	-	114	134	154	250	430
平均每車 耗油量	(公里/公 升)	(g)	2.82	2.81	2.81	2.81	2.81
公車年行 駛里程	(公里)	(f)	89,527	86,131	83,828	85,719	85,719
新車相較 於汰舊車 輛油耗之 改善率	(%)	(h)	1	1	1	1	1
當年節能 量	公升	(A*f)/(g)*h	3,619,181	4,107,320	4,594,159	7,626,270	13,117,184
汽油單位 燃料 CO ₂ 排放係數 g/L	公克/公 升	(K)	2,263	2,263	2,263	2,263	2,263
當年 CO₂ 減量	公噸	(A*f)/(g)*h* K	8,190	9,295	10,397	17,258	29,684

1.2 紓緩汽(機)車使用與成長

1.2.1 落實機車排氣檢驗

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

本項措施之效益係檢驗不合格車輛數調修合格後產生之節能量，其估算方式如表 1.2-1，各項參數說明如表 1.2-2，本項目參數使用之資料來源可參考表 1.2-4 至表 1.2-7。

表 1.2-1 落實機車排氣檢驗之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \frac{A \times f}{g \times h}$	A = 維修改善車輛數 (即不合格改善至合格車輛數)
	f = 年行駛里程
	g = 耗油率
	h = 維修耗能改善率 = 0.5
$\text{當年CO}_2\text{減量} = \frac{A \times f}{g \times K}$	K = 單位燃料 CO ₂ 排放量

表 1.2-2 運輸節能及減量推估輸入參數設定-「落實機車排氣檢驗」措施

量化使用參數	
A = 維修改善車輛數 (即不合格改善至合格車輛數)	假設為總機車數 7% 每年車輛登記量 表 1.2-4(1990~2007)為實際量 表 1.2-5(2008~2025)為推估量
f = 年行駛里程	表 1.1-23 (1990~2007) 表 1.1-24 (2008~2025)
g = 耗油率	表 1.2-6
h = 維修耗能改善率	0.5%
K = 單位燃料 CO ₂ 排放量	表 1.2-7

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式計算，得淨節能量至 2025 年達 88,759,424 公升油當量，淨減碳量至 2025 年達 40.17 萬公噸，詳細計算結果，如。

表 1.2-3 落實機車排氣檢驗之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代碼	2010	2015	2020	2025
機車登記數	輛	-	12,255,044	13,389,252	14,451,460	15,556,004
維修改善車輛數 (不合格改善至 合格量數)	輛	(A)	857,853	937,248	1,011,602	1,088,920
年行駛里程	公里	(f)	4,537	4,512	4,512	4,512
耗油率	公里/公升	(g)	27.68	27.68	27.68	27.68
維修耗能改善率	%	(h)	0.5	0.5	0.5	0.5
汽油單位燃料 CO ₂ 排放係數 g/L	公克/公升	(K)	2,263	2,263	2,263	2,263
當年節能量	公升	$(A*f)/(g)*h$	703,016	763,964	824,571	887,594
當年 CO ₂ 減量	萬公噸	$(A*f)/(g)*K/1000^7$	31.82	34.58	37.32	40.17

表 1.2-4 台灣地區歷年車輛登記數統計量

單位:輛

年份	小客車		小貨車		大客車			特種車	大貨車		機器腳踏車		
	自用	營業	自用	營業	自用	遊覽車	公車與客運車		自用	營業	登記數	調整後之機車實際使用數(考量使用率修正)	機車實際使用率
1990	2,160,378	103,041	474,560	5,629	5,694	2,964	12,178	22,465	65,971	53,062	7,145,625	7,145,625	100%
1991	2,440,685	100,679	489,381	5,786	5,381	2,572	12,167	24,049	66,184	54,977	7,409,175	7,409,175	100%
1992	1,977,519	100,523	527,274	5,944	5,155	4,673	11,466	26,857	71,996	65,539	7,649,308	7,649,308	100%
1993	3,139,876	98,878	542,428	5,844	4,601	5,064	11,545	32,595	76,964	71,333	7,867,396	7,867,396	100%
1994	3,469,377	101,120	550,758	5,975	3,971	5,710	11,571	39,015	79,802	75,454	8,034,509	8,034,509	100%
1995	3,771,662	102,541	585,379	6,015	3,760	6,392	11,446	40,496	81,081	75,675	8,517,024	8,399,510	99%
1996	4,039,649	106,826	615,966	6,178	3,487	7,076	11,209	43,420	81,964	73,776	9,283,914	8,936,599	96%
1997	4,302,622	109,289	648,713	6,697	3,269	8,785	10,689	46,066	83,702	74,298	10,051,613	9,415,619	94%
1998	4,433,195	112,293	650,592	7,263	3,088	8,395	11,388	47,642	81,953	74,286	10,529,040	9,616,561	91%
1999	4,401,730	107,700	618,943	8,091	2,878	9,338	11,582	46,159	79,434	73,444	10,958,469	9,752,979	89%
2000	4,608,960	107,257	643,796	9,167	2,748	9,719	11,456	50,791	81,003	74,620	11,423,172	10,010,286	88%
2001	4,720,641	104,940	665,718	9,815	2,580	10,221	11,252	51,528	81,813	73,327	11,733,202	9,899,833	84%
2002	4,888,050	101,286	690,750	10,228	2,326	10,775	11,978	52,002	82,649	73,156	11,983,757	9,836,234	82%
2003	5,071,981	97,752	717,915	10,709	2,196	11,150	12,282	52,653	83,912	73,244	12,366,864	9,810,097	80%
2004	5,262,693	128,155	743,939	14,870	2,042	11,663	12,748	52,616	85,662	74,798	12,793,950	10,478,939	82%
2005	5,495,693	138,669	770,659	18,563	1,883	12,016	13,068	52,743	88,049	76,199	13,195,265	11,084,023	84%
2006	5,555,507	142,817	783,979	21,611	1,812	12,686	13,024	52,522	90,142	76,069	13,557,028	11,387,904	84%
2007	5,567,687	145,155	787,361	24,285	1,793	12,413	13,155	52,428	91,050	72,954	13,943,473	12,130,822	87%
2008	5,530,314	144,112	786,782	25,658	1,723	12,649	12,967	51,480	91,215	70,016	14,365,442	12,738,470	88%

資料來源：本所(2009)3/3 表 3-3。

表 1.2-5 97 年度研究更新預估之未來年各車種車輛數

年份	小客車 Passenger Car			小貨車 Pick-Up Truck (Light Truck)			大客車 Bus				特種車	大貨車 Truck			機車
	小計	自用	營業	小計	自用	營業	小計	自用	營業	公車/客運車		小計	自用	營業	
2009	6,286,810	6,127,304	159,506	845,445	820,092	25,352	29,407	1,923	27,484	14,140	51,678	170,989	94,807	76,182	11,949,469
2010	6,497,080	6,332,239	164,841	867,061	841,060	26,001	30,139	1,971	28,168	14,492	51,395	173,746	96,336	77,410	12,255,044
2011	6,652,537	6,483,751	168,785	883,042	856,562	26,480	30,680	2,007	28,673	14,752	51,120	175,863	97,509	78,353	12,478,972
2012	6,807,993	6,635,264	172,729	899,024	872,065	26,959	31,220	2,042	29,178	15,012	50,834	178,078	98,738	79,340	12,704,414
2013	6,963,449	6,786,776	176,674	915,005	887,567	27,438	31,761	2,077	29,684	15,272	50,535	180,399	100,025	80,374	12,931,361
2014	7,118,906	6,938,288	180,618	930,986	903,069	27,917	32,302	2,113	30,189	15,532	50,224	182,826	101,371	81,456	13,159,560
2015	7,274,362	7,089,800	184,562	946,967	918,571	28,397	32,842	2,148	30,694	15,792	49,900	185,369	102,781	82,589	13,389,252
2016	7,415,286	7,227,149	188,137	961,455	932,624	28,831	33,333	2,180	31,152	16,028	49,618	187,775	104,114	83,661	13,598,382
2017	7,556,210	7,364,497	191,713	975,942	946,676	29,266	33,823	2,212	31,611	16,264	49,326	190,291	105,510	84,782	13,809,244
2018	7,697,133	7,501,845	195,288	990,429	960,729	29,700	34,313	2,244	32,069	16,499	49,024	192,920	106,967	85,953	14,021,588
2019	7,838,057	7,639,193	198,864	1,004,917	974,782	30,134	34,803	2,276	32,527	16,735	48,712	195,671	108,493	87,179	14,235,660
2020	7,978,980	7,776,541	202,439	1,019,404	988,835	30,569	35,293	2,308	32,985	16,971	48,388	198,550	110,089	88,461	14,451,460
2021	8,119,904	7,913,889	206,015	1,033,891	1,002,888	31,003	35,783	2,340	33,443	17,206	48,053	201,560	111,758	89,802	14,668,743
2022	8,260,828	8,051,238	209,590	1,048,378	1,016,941	31,438	36,273	2,372	33,901	17,442	47,706	204,709	113,504	91,205	14,887,512
2023	8,401,751	8,188,586	213,166	1,062,866	1,030,994	31,872	36,764	2,404	34,359	17,678	47,348	208,010	115,334	92,676	15,108,265
2024	8,542,675	8,325,934	216,741	1,077,353	1,045,046	32,307	37,254	2,436	34,817	17,913	46,976	211,476	117,256	94,220	15,331,258
2025	8,683,599	8,463,282	220,316	1,091,840	1,059,099	32,741	37,744	2,469	35,275	18,149	46,592	215,109	119,270	95,839	15,556,004

註：機車為考量實際使用率調整後預測結果，公車/客運車包含於營業車中。

資料來源：本所(2008)表 5.2-6。

表 1.2-6 台灣歷年車輛燃油效率推估量彙整

單位:公里/公升

年份	小客車(汽油)		汽油小貨車		柴油小貨車		大客車			特種車	大貨車		機器腳踏車	小客車(LPG) 營業
	自用	營業	自用	營業	自用	營業	自用	遊覽車	公車/客運車		自用	營業		
1990	9.44	9.60	9.75	9.42	9.89	8.40	2.46	2.61	2.67	2.61	3.86	3.68	26.99	8.17
1991	9.30	9.60	9.65	9.32	9.50	8.07	2.46	2.61	2.60	2.61	3.71	3.53	27.12	8.17
1992	9.15	9.30	9.34	9.03	9.75	8.28	3.01	3.20	2.58	3.20	3.81	3.62	27.24	7.91
1993	9.00	9.20	9.24	8.93	9.41	8.27	2.90	3.08	2.55	3.08	3.80	3.62	27.37	7.83
1994	9.12	9.10	9.14	8.84	9.38	7.97	3.09	3.28	2.49	3.28	3.66	3.48	27.50	7.74
1995	9.23	8.90	8.94	8.64	7.87	6.68	3.10	3.30	2.57	3.30	3.07	2.92	27.63	7.57
1996	9.50	8.60	8.64	8.35	7.14	6.07	3.11	3.31	2.54	3.31	2.79	2.65	27.14	7.32
1997	9.55	8.40	8.44	8.16	7.10	6.03	3.13	3.33	2.48	3.33	2.77	2.64	26.92	7.15
1998	9.60	8.30	8.34	8.06	7.04	5.98	3.02	3.21	2.49	3.21	2.75	2.62	27.65	7.06
1999	9.90	8.20	8.24	7.96	7.71	6.55	2.90	3.08	2.48	3.08	3.01	2.87	27.20	6.98
2000	10.20	8.70	8.74	8.45	7.85	6.66	2.82	3.00	2.51	3.00	3.06	2.92	27.21	7.40
2001	10.07	9.10	9.14	8.84	7.28	6.19	2.75	2.92	2.63	2.92	2.85	2.71	27.25	7.74
2002	9.94	8.90	8.94	8.64	8.96	5.91	2.71	2.88	2.66	2.88	2.72	2.59	27.11	7.57
2003	9.82	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.66	2.83	2.69	2.83	2.69	2.55	27.32	7.39
2004	9.70	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.75	2.92	2.75	2.92	2.71	2.57	27.51	7.39
2005	9.00	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	2.98	2.79	3.01	2.64	2.51	27.76	7.39
2006	9.84	8.69	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	3.01	2.82	3.01	2.58	2.45	27.90	7.39
2007	9.84	9.15	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	3.02	2.81	3.01	2.59	2.47	27.68	7.78
2008	9.84	9.15	8.73	8.44	7.37	6.26	2.83	3.02	2.81	3.02	2.59	2.47	27.68	7.78

資料來源:本所(2009 3/3)表 3-5。

表 1.2-7 運輸部門相關化石能源二氧化碳碳排放係數

燃料別	碳排放		原始單位	kcal/原始單位	熱值單位		碳固定化比率	2007 年度計畫推估引用數值					2008 年度計畫推估引用數值					碳排放係數單位
	係數	(T-C/TJ)			轉換	J/cal		破氧化率	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GHG	破氧化率	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	GHG	
汽油(Gasoline)	18.9		L	7800		4.187	0	0.99	22 41	0.8 16	0.2 61	233 7	1	22 63	0.0 01	0.2 61	234 1	g/L
航空燃油 (Jet Kerosene)	19.6		L	8000		4.187	0	0.99	23 71	0.1 00	0.0 20	237 9	1	24 08	0.1 00	0.0 20	241 7	g/L
航空汽油(Aviation Gasoline)	18.9		L	7500		4.187	0	0.99	21 54	0.0 16	0.0 63	217 3	1	21 76	0.0 16	0.0 63	219 5	g/L
柴油(Gas/Diesel Oil)	20.2		L	8800		4.187	0	0.99	27 02	0.1 44	0.1 44	274 8	1	27 30	0.1 44	0.1 44	277 6	g/L
燃料油(Residual Fuel Oil)	21.1		L	9200		4.187	0	0.99	29 50	0.1 16	0.0 23	295 9	1	29 81	0.1 16	0.0 23	299 1	g/L
煤油(Other Kerosene)	19.6		L	8500		4.187	0	0.99	25 32	0.1 07	0.0 21	254 1	1	25 59	0.1 07	0.0 21	256 8	
液化石油氣(LPG)	17.2		L	6635		4.187	0	0.99	17 35	1.7 22	0.0 06	177 6	1	17 53	1.7 22	0.0 06	179 4	g/L
天然氣(Natural Gas (Dry))	15.3		m3	9000		4.187		1	21 03	0.0 37	0.1 12	213 7	1	21 14	0.0 37	0.1 12	214 8	g/m3

資料來源：本所(2008)之表 4.1-1。

二、推動路邊停車收費制度

本項措施之效益係減少私人運具使用改搭大眾捷運產生之節能量，其估算方式及參數說明如表 1.2-8，惟量化推估使用參數尚未有確定目標數據及成效關聯，故未估算。

表 1.2-8 推動路邊停車收費制度之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量 = $\sum_i (A_i) - B$ A = 私人運具因轉乘公共運輸後減少之油當量 $= \frac{P \times T \times L \times U \times H \times T_i}{C_i \times D_i \times G1_i}$ i 為運具別 B = 公共運輸(公車)增加之油當量 $= \frac{(P \times T) \times L \times U \times H}{E \times G2}$ 當年 CO ₂ 減量 = $\sum_{ij} (A_i \times K_j - B \times K_j)$ j 為燃料別	P = 人口數
	T = 年平均鉛次產生率
	L = 平均旅次長度
	U = 原公共運輸使用率
	H = 公共運輸使用率提高百分比
	T_i = 運具轉乘比例
	C_i = 運具平均搭載人數
	D_i = 運具平均行駛里程
	$G1$ = 運具耗油率
	E = 公車平均搭載人數
	$G2$ = 公車耗油率
	K_j = 單位燃料 CO ₂ 排放量

三、推動路外停車場附近地區道路禁止路邊停車

本項措施之效益係減少私人運具使用改搭大眾捷運產生之節能量，其估算方式及參數說明如表 1.2-9，惟量化推估使用參數尚未有確定目標數據及成效關聯，故未估算。

表 1.2-9 推動路外停車場附近地區道路禁止路邊停車之節能及二氧化碳減量量化

公式

節能及CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \sum_i (A_i) - B$ $A = \text{私人運具因轉乘公共運輸後減少之油當量}$ $= \frac{P \times T \times L \times U \times H \times T_i}{C_i \times D_i \times G1_i}$ $B = \text{公共運輸(公車)增加之油當量}$ $= \frac{(P \times T) \times L \times U \times H}{E \times G2}$ $\text{當年CO}_2\text{減量} = \sum_{ij} (A_i \times K_j - B \times K_j)$ $i \text{ 爲運具別}$ $j \text{ 爲燃料別}$	$P = \text{人口數}$
	$T = \text{年平均泊次產生率}$
	$L = \text{平均旅次長度}$
	$U = \text{原公共運輸使用率}$
	$H = \text{公共運輸使用率提高百分比}$
	$T_i = \text{運具轉乘比例}$
	$C_i = \text{運具平均搭載人數}$
	$D_i = \text{運具平均行駛里程}$
	$G1 = \text{運具耗油率}$
	$E = \text{公車平均搭載人數}$
	$G2 = \text{公車耗油率}$
	$K_j = \text{單位燃料CO}_2\text{排放量}$

四、推動機車退出騎樓

本項措施之效益係減少私人運具使用改搭大眾捷運產生之節能量，其估算方式及參數說明如表 1.2-10，惟量化推估使用參數尚未有確定目標數據及成效關聯，故未估算。

表 1.2-10 推動機車退出騎樓之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \sum_i (A_i) - B$ $A = \text{私人運具因轉乘公共運輸後減少之油當量}$ $= \frac{P \times T \times L \times U \times H \times T_i}{C_i \times D_i \times G1_i}$ $B = \text{公共運輸(公車)增加之油當量}$ $= \frac{(P \times T) \times L \times U \times H}{E \times G2}$ $i \text{ 爲運具別}$	$P = \text{人口數}$
	$T = \text{年平均泊次產生率}$
	$L = \text{平均旅次長度}$
	$U = \text{原公共運輸使用率}$
	$H = \text{公共運輸使用率提高百分比}$
	$T_i = \text{運具轉乘比例}$
	$C_i = \text{運具平均搭載人數}$
	$D_i = \text{運具平均行駛里程}$
	$G1 = \text{運具耗油率}$
	$E = \text{公車平均搭載人數}$

	G_2 = 公車耗油率
	K_j = 單位燃料CO ₂ 排放量

五、強化路邊違規停車取締作業

本項措施之效益係減少私人運具使用改搭大眾捷運產生之節能量，其估算方式及參數說明如表 1.2-11，惟量化推估使用參數尚未有確定目標數據及成效關聯，故未估算。

表 1.2-12 強化路邊違規停車取締作業之節能及二氧化碳減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量 = $\sum_i (A_i) - B$ A = 私人運具因轉乘公共運輸後減少之油當量 $= \frac{P \times T \times L \times U \times H \times T_i}{C_i \times D_i \times G1_i}$ i 為運具別 B = 公共運輸(公車)增加之油當量 $= \frac{(P \times T) \times L \times U \times H}{E \times G2}$ 當年CO ₂ 減量 = $\sum_{ij} (A_i \times K_i - B \times K_i)$ j 為燃料別	P = 人口數
	T = 年平均旅次產生率
	L = 平均旅次長度
	U = 原公共運輸使用率
	H = 公共運輸使用率提高百分比
	T_i = 運具轉乘比例
	C_i = 運具平均搭載人數
	D_i = 運具平均行駛里程
	$G1$ = 運具耗油率
	E = 公車平均搭載人數
	$G2$ = 公車耗油率
	K_j = 單位燃料CO ₂ 排放量

1.3 提昇運輸系統能源使用效率

1.3.1 推動高速公路電子收費系統-中鼎版本

一、節能及 CO₂ 減量量化公式-本所 2008 年版

透過設置電子收費系統，提高通過收費站車輛之平均車速，並產生節能效益，其估算方式如表 1.3-1，各項參數說明如表 1.3-2。

表 1.3-1 推動高速公路電子收費系統之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量 = $\sum_i \left(\frac{H_i}{m_i} - \frac{H_i}{n_i} \right)$ i 為運具別 H = 收費站範圍影響里程數 $= a_i \times c \times d$ i 為運具別	m_i = 實施電子收費前平均時數(46km/hr)下油耗
	n_i = 實施電子收費後平均車速(50km/hr)下油耗
	a_i = 車輛通行數
	c = 電子收費站利用率
	d = 收費站影響長度
當年 CO ₂ 減量 = $\sum_{ij} \left(\left(\frac{H_i}{m_i} - \frac{H_i}{n_i} \right) \times K_j \right)$ i 為運具別 j 為燃料別	K_j = 單位燃料 CO ₂ 排放系數

1.3.1 推動高速公路電子收費系統

一、節能及 CO₂ 減量量化公式-本所版本

透過設置電子收費系統，提高通過收費站車輛之平均車速，並產生節能效益，其估算方式如表 1.3-1。

表 1.3-1 節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
節能量 = $\sum_i \left(\frac{E_i \times (G \times I_i + H \times J_i)}{1000} \times \frac{R_i}{10^6} \right)$	E = 大小型車通行增量
	G = 尖峰比例
	H = 離峰比例

$\text{CO}_2 \text{ 減量} = \sum_i \left(\frac{E_i \times (G \times I_i + H \times J_i)}{1000} \times \frac{O_i}{10^{10}} \right)$ <p>i=大、小型車</p>	I=大小型車尖峰時段節省燃油量
	J=大小型車離峰時段節省燃油量
	O=燃油 CO ₂ 排放係數
	R=燃油油當量轉化係數

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式，及參考高公局之 ETC 總通行量推估值計算，得淨節能量至 2025 年達 13.74 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 3.6 萬公噸，詳細計算結果，如表 1.3-2。

表 1.3-2 推動高速公路電子收費系統節能及 CO₂ 減量推估結果

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
基準年小型車通行量	車次	A	-	-	-	-
基準年大型車通行量	車次	B	-	-	-	-
目標年 ETC 小型車通行量	車次	C	176,095,339	609,106,209	702,162,792	799,520,647
目標年 ETC 大型車通行量	車次	D	103,421,071	116,404,065	125,566,199	133,359,830
小型車通行量增量	車次	E=C-A	176,095,339	609,106,209	702,162,792	799,520,647
大型車通行量增量	車次	F=D-B	103,421,071	116,404,065	125,566,199	133,359,830
尖峰比例	%	G	25	25	25	25
離峰比例	%	H	75	75	75	75
小型車尖峰時段節省燃油量	CC/車次	I	24.30	31.49	31.49	31.49
小型車離峰時段節省燃油量	CC/車次	J	6.94	9.00	9.00	9.00
大型車尖峰時段節省燃油量	CC/車次	K	48.23	62.50	62.50	62.50
大型車離峰時段節省燃油量	CC/車次	L	12.06	15.63	15.63	15.63
小型車總節省油量	公升	$M = F \times (G/100 \times K + H/100 \times L) / 1000$	1,986,520	8,905,117	10,265,601	11,688,971
大型車總節省油量	公升	$N = E \times (G/100 \times I + H/100 \times J) / 1000$	2,182,121	3,183,021	3,433,556	3,646,670
汽油 CO ₂ 排放係數	克/公升	O	2263	2263	2263	2263
柴油 CO ₂ 排放	克/公升	P	2606	2606	2606	2606

項目	單位	代號	2010	2015	2020	2025
係數						
淨減碳量	萬公噸	Q	1.02	2.84	3.22	3.60
年度減量效益之增量	萬公噸	-	0.38	0.42	0.07	0.08
汽油油當量轉換係數		R	0.87	0.87	0.87	0.87
柴油油當量轉換係數		S	0.98	0.98	0.98	0.98
淨節能量	千公秉油當量	$T=(M*O+N*P)/10^6$	3.87	10.87	12.30	13.74

1.3.2 建置高快速公路整體路網交通管理系統

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

透過建置高快速公路整體路網交通管理系統，提升高速公路整體行駛速率並產生節能效益，其估算方式如表 1.3-3，各項參數數據來源說明如表 1.3-4。

表 1.3-3 建置高快速公路整體路網交通管理系統之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \sum_i \left(\frac{H_i}{m_i} - \frac{H_i}{n_i} \right)$ <p>i 為車種別 H = 高速公路總車行里程 $= a_i \times f_i$ i 為車種別</p> $\text{當年CO}_2\text{減量} = \sum_{ij} \left(\left(\frac{H_i}{m_i} - \frac{H_i}{n_i} \right) \times K_j \right)$ <p>i 為車種別 j 為燃料別</p>	m=措施實施前平均車速下耗油率
	n=措施實施後平均車速下耗油率
	a=車輛通行數
	f=高速公路平均行駛里程
	K=單位燃料 CO ₂ 排放量

表 1.3-4 建置高快速公路整體路網交通管理系統之節能及 CO₂ 減量量化參數

量化參數	數據資料來源
m=措施實施前平均車速 n=措施實施後平均車速	本所提供。
不同車速油耗率	(1)環保署,利用運輸預測模式技術減

	低台北都會由道路車輛造成之溫室氣體排放之行動計劃,RWDI,1998.6 (2)經濟部能源局,使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫,工研院,民國91年~93年。
a=車輛通行數	參考高公局報告車里程預測趨勢推估。
f =高速公路平均行駛里程	交通部台灣區國道高速公路局,『建置高快速公路整體路網交通管理系統』建設計畫。
K =單位燃料 CO ₂ 排放量	經濟部能源局。

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式,及參考表 1.3-4 各項據數來源計算,得淨節能量至 2025 年達 88.91 千公秉油當量,淨減碳量至 2025 年達 236,521 公噸,詳細計算結果,如表 1.3-5。

表 1.3-5 建置高快速公路整體路網節能及 CO₂ 減量推估結果

項目		2010	2015	2020	2025
車輛通行數(輛) 【a】	汽油小客車	573,155,644	615,366,393	657,577,142	850,289,053
	汽油小貨車	65,662,460	70,358,926	74,985,062	79,588,427
	柴油小貨車	20,912,099	22,591,522	24,341,276	26,113,800
	大客車	15,230,709	16,352,394	17,474,078	18,595,762
	大貨車	65,732,535	70,573,488	75,414,441	80,255,394
	聯結車	57,716,373	61,966,965	66,217,558	70,468,151
車里程總計(百萬車公里/年) 【H】		23,871	24,942	25,768	26,547
高速公路車流量 不同車種比例分 佈【C】	汽油小客車	70.70%			
	汽油小貨車	9.50%			
	柴油小貨車	3.00%			
	大客車	5.90%			
	大貨車	3.10%			
	聯結車	7.90%			
不同車種車里程 總計(百萬車公	汽油小客車	16,877	17,634	18,218	18,769
	汽油小貨車	2,268	2,369	2,448	2,522

項目		2010	2015	2020	2025
里/年)【h】=【H】 *【C】	柴油小貨車	716	748	773	796
	大客車	1,408	1,472	1,520	1,566
	大貨車	740	773	799	823
	聯結車	1,886	1,970	2,036	2,097
實施前之平均車速(km/hr)		55.86	55.10	55.10	54.04
實施後之平均車速(km/hr)		62.45	62.17	62.17	61.80
實施前實平均車速油耗(km/l)【m】	汽油小客車	10.87	10.82	10.82	10.74
	汽油小貨車	11.59	11.55	11.55	11.49
	柴油小貨車	12.17	12.15	12.15	12.12
	大客車	2.97	2.96	2.96	2.95
	大貨車	2.97	2.96	2.96	2.95
	聯結車	2.97	2.96	2.96	2.95
實施後平均車速油耗(km/l)【n】	汽油小客車	11.23	11.22	11.22	11.20
	汽油小貨車	11.71	11.71	11.71	11.71
	柴油小貨車	12.17	12.18	12.18	12.19
	大客車	3.00	3.00	3.00	3.00
	大貨車	3.00	3.00	3.00	3.00
	聯結車	3.00	3.00	3.00	3.00
實施前能源消費量(l)【E1】=【h】 /【m】	汽油	1,748,674,365	1,835,538,878	1,896,326,109	1,966,916,330
	柴油	1,417,934,958	1,484,269,920	1,533,424,236	1,584,139,103
實施後能源消費量(l)【E2】=【h】 /【n】	汽油	1,696,504,934	1,774,265,549	1,833,023,601	1,890,849,080
	柴油	1,402,676,571	1,466,008,643	1,514,558,203	1,560,947,233
節能量(l)=【E1】 -【E2】	汽油	52,169,431	61,273,330	63,302,508	76,067,249
	柴油	15,258,387	18,261,277	18,866,033	23,191,870
淨節能量	千公秉油當量	60.34	71.20	73.56	88.91
燃料 CO ₂ 排放係數(kg/L)	汽油	2.263			
	柴油	2.776			
CO ₂ 減量成效(ton)		160,417	189,355	195,626	236,521

1.3.3 持續推動都市交通號誌時制重整與重建計劃

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

透過推動都市交通號誌時制重整與重建計劃，提升整體道路行駛速

率及降低車輛因道路雍塞所致油耗，估算方式如表 1.3-6，各項參數數據

來源說明如表 1.3-7。

表 1.3-6 推動都市交通號誌時制重整與重建計劃之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \sum_i \left(\frac{H_i}{m_i} - \frac{H_i}{n_i} \right)$ $H_i = \text{影響里程數(Km/年)}$ $= a_i \times b \times c \times d$ $a_i = \text{影響車輛數}$ $= e_i \times g$ <p>所用到假設參數為前一版設定之經驗值。</p> $\text{當年CO}_2\text{減量} = \sum_{ij} \left(\left(\frac{H_i}{m_i} - \frac{H_i}{n_i} \right) \times K_j \right)$ <p>i 為車種別 j 為燃料別</p>	$m_i = \text{措施實施前平均車速下耗油率}$
	$n_i = \text{措施實施後平均車速下耗油率}$
	$b = \text{旅次產生率}$
	$c = \text{平均旅次經過路口數}$
	$d = \text{智慧化號誌路口影響距離}$
	$e_i = \text{登記車輛數}$
	$g_i = \text{納管車輛比例}$
	$K_j = \text{單位燃料CO}_2\text{排放量}$

表 1.3-7 推動都市交通號誌時制重整與重建計劃之節能及 CO₂ 減量量化參數說明

量化參數	數據資料來源
措施實施前平均車速	本所提供。
措施實施後平均車速	本所提供。
不同車速耗油率	1)環保署,利用運輸預測模式技術減低台北都會由道路車輛造成之溫室氣體排放之行動計劃,RWDI,1998.6 (2)經濟部能源局,使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫,工研院,民國 91 年~93 年。
$e_i = \text{登記車輛數}$	本所(2008)。
$g_i = \text{納管車輛比例}$	2010 年納管車輛比例設為 10%。 2020 年納管車輛比例設為 30%。 其餘年份按比例內插。
$b = \text{旅次產生率}$	1.75 次/車輛.日(經驗數值)
$c = \text{平均旅次經過路口數}$	3 個/次 (經驗數值)
$d = \text{智慧化號誌路口影響距離}$	0.3km (經驗數值)

K_j = 單位燃料CO ₂ 排放量	經濟部能源局。
---------------------------------	---------

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式，及參考表 1.3-7 各項據數來源計算，得淨節能量至 2025 年達 0.08 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 209.9 公噸，詳細計算結果，如表 1.3-8。

表 1.3.8 交通號誌時制重整與重建節能及 CO₂ 減量推估結果

項目			2010	2015	2020	2025
未來年各車種 車輛數推估 【ei】	小客車	小計	6,497,080	7,274,362	7,978,980	8,683,599
		自用	6,332,239	7,089,800	7,776,541	8,463,282
		營業	164,841	184,562	202,439	220,316
	小貨車	小計	867,061	946,967	1,019,404	1,091,840
		自用	841,060	918,571	988,835	1,059,099
		營業	26,001	28,397	30,569	32,741
	大客車	小計	30,139	32,842	35,293	37,744
		自用	1,971	2,148	2,308	2,469
		營業	28,168	30,694	32,985	35,275
		公車/客 運車	14,492	15,792	16,971	18,149
	特種車		51,395	49,900	48,388	46,592
	大貨車	小計	173,746	185,369	198,550	215,109
		自用	96,336	102,781	110,089	119,270
		營業	77,410	82,589	88,461	95,839
機車		12,255,044	13,389,252	14,451,460	15,556,004	
納管車輛比例【gi】			10.0%	20.0%	30.0%	40.0%
影響車輛數 【ai】=【ei】* 【gi】	小客車	小計	649,708	1,454,872	2,393,694	3,473,440
		自用	633,224	1,417,960	2,332,962	3,385,313
		營業	16,484	36,912	60,732	88,126
	小貨車	小計	86,706	189,393	305,821	436,736

項目			2010	2015	2020	2025
		自用	84,106	183,714	296,651	423,640
		營業	2,600	5,679	9,171	13,096
	大客車	小計	3,014	6,568	10,588	15,098
		自用	197	430	692	988
		營業	2,817	6,139	9,896	14,110
		公車/客運車	1,449	3,158	5,091	7,260
	特種車		5,140	9,980	14,516	18,637
	大貨車	小計	17,375	37,074	59,565	86,044
		自用	9,634	20,556	33,027	47,708
		營業	7,741	16,518	26,538	38,336
	機車		1,225,504	2,677,850	4,335,438	6,222,402
	旅次產生率(次/車輛.日) 【b】			1.75		
平均旅次經過路口數(個/次) 【c】			3.00			
智慧化號誌路口影響距離(km) 【d】			0.30			
影響里程數 (km/年) 【H】= 【ai】*【b】* 【c】*【d】	小客車	小計	1,023,290	2,291,424	3,770,068	5,470,667
		自用	997,328	2,233,287	3,674,416	5,331,868
		營業	25,962	58,137	95,652	138,799
	小貨車	小計	136,562	298,295	481,668	687,859
		自用	132,467	289,350	467,225	667,232
		營業	4,095	8,945	14,444	20,627
	大客車	小計	4,747	10,345	16,676	23,779
		自用	310	677	1,091	1,555
		營業	4,436	9,669	15,585	22,223
		公車/客運車	2,282	4,974	8,019	11,434
	特種車		8,095	15,719	22,863	29,353
	大貨車	小計	27,365	58,391	93,815	135,519
		自用	15,173	32,376	52,017	75,140
		營業	12,192	26,016	41,798	60,379
	機車		1,930,169	4,217,614	6,828,315	9,800,283
措施實施前平均車速下油耗 (20km/hr)(km/l)	小客車	自用	7.02			
		營業	6.78			
	小貨車	自用	6.44			

項目			2010	2015	2020	2025
【m】		營業	5.65			
	大客車	自用	2.63			
		營業	2.63			
		公車/客運車	2.44			
	特種車		2.64			
	大貨車	自用	2.24			
		營業	2.24			
	機車		24.16			
措施實施後平均車速下油耗 (22km/hr)(km/l) 【n】	小客車	自用	7.59			
		營業	7.59			
	小貨車	自用	7.77			
		營業	8.82			
	大客車	自用	2.49			
		營業	2.49			
		公車/客運車	2.49			
	特種車		2.49			
	大貨車	自用	2.49			
		營業	2.49			
機車		24.65				
實施前能源消費量(l) 【E1】=【H】/【m】		汽油	246,359	546,207	892,708	1,289,245
		柴油	18,748	39,577	62,725	88,996
實施後能源消費量(l) 【E2】=【H】/【n】		汽油	230,172	510,240	833,858	1,204,223
		柴油	17,528	36,930	58,414	82,694
節能量(l)=【E1】-【E2】		汽油	16,187	35,967	58,851	85,022
		柴油	1,220	2,647	4,312	6,302
淨節能量		千公秉油當量	0.02	0.03	0.06	0.08
燃料 CO ₂ 排放係數 (kg/L)		汽油	2.263			
		柴油	2.776			
CO ₂ 減量成效(ton)			40.02	88.74	145.15	209.90

1.3.4 推動港區自動化門禁系統

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

透過減少通關車輛惰轉而產生之節能效益，包括推動高雄港區自動化門禁管制系統、桃園航空自由貿易港區自動化門禁管制系統、基隆港區自動化門禁管制系統及台中港區自動化門禁管制系統，其節能估算方式如表 1.3-9，各項參數數據來源說明如表 1.3-10。

表 1.3-9 推動港區自動化門禁系統之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \frac{a \times b}{g}$ $\text{當年CO}_2\text{減量} = \frac{a \times b}{g \times k}$	$a = \text{通關車輛數}$
	$b = \text{通關減少時間}$
	$C = \text{惰轉單位時間耗油量}$
	$K = \text{惰轉單位燃料CO}_2\text{排放量}$

表 1.3-10 推動港區自動化門禁系統之節能及 CO₂ 減量量化參數說明

量化參數	數據資料來源
$a = \text{通關車輛數}$ $b = \text{通關減少時間}$	本所(2008)。
$C = \text{惰轉單位時間耗油率}$	本所(2008)
$K = \text{惰轉單位CO}_2\text{排放量}$	本所(2008)

二、節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式，及參考表 1.3-10 各項據數來源計算，得淨節能量至 2025 年達 1.32 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 3734.9 公噸，詳細計算結果，如表 1.3-11。

表 1.3-11 推動港區自動化門禁系統之節能及 CO₂ 減量推估結果

項目		2010	2015	2020	2025
通關車輛數【a】	高雄港	7,057,143	7,700,000	7,750,000	7,800,000
	基隆港	809,998	809,998	809,998	809,998

	台中港	4,003	5,960	7,160	8,360
每輛車通關平均節省時間 (min)【b】	高雄港	3.83			
	基隆港	2.50			
	台中港	1.00			
惰轉時間耗油量(l/hr)【g】		2.53			
節能量(l)=【a】*【b】*【g】/60		1,225,273	1,329,176	1,337,301	1,345,427
淨節能量	千公秉油當量	1.20	1.30	1.31	1.32
柴油 CO ₂ 排放係數(kg/L)		2.776			
CO ₂ 減量成效(ton)		3,401.36	3,689.79	3,712.35	3,734.90

1.3.5 鼓勵大眾運輸業者汰舊換新及使用低耗能低污染大客車

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

透過鼓勵大眾運輸業者汰舊換新及使用低耗能低污染大客車，以低污染大客車取代傳統才由車產生之節能量，其估算方式如表 1.3-12，各項參數數據來源說明如表 1.3-13。

表 1.3-12 使用低耗能污染大客車之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量=A-B A=累計新增低污染大客車車輛數取代傳統柴油車減少之柴油油當量 $= \frac{a \times f}{c}$ B = 低污染大客車油耗當量 $= \frac{a \times f}{d_j}$ 當年CO ₂ 減量=A×K _j - B×K _j j為燃料別	a = 累計新增低污染大客車車輛數
	f = 年行駛里程
	c = 傳統柴油車耗油率
	d = 低污染車輛耗油率
	K _j =單位燃料CO ₂ 排放量

表 1.3-13 使用低耗能污染大客車之節能及 CO₂ 減量量化參數說明

量化參數	數據資料來源
a = 累計新增低污染大客車車輛數(即汰換車輛數)	本所(2008)。
f = 年行駛里程	本所(2008)
c = 傳統柴油車耗油率	本所(2009 3/3)
d = 低污染車輛耗油率	本所(2009 3/3)
K_j = 單位燃料CO ₂ 排放量	經濟部能源局

二、 節能及 CO₂ 減量推估結果

依節能及 CO₂ 減量量化公式，及參考表 1.3-13 各項據數來源計算，得淨節能量至 2025 年達 1.54 千公秉油當量，淨減碳量至 2025 年達 4,369.13 公噸，詳細計算結果，如表 1.3-14。

表 1.3-14 使用低耗能污染大客車之節能及 CO₂ 減量推估結果

年份	2010	2015	2020	2025
累計新增低污染大客車車輛數【a】	181	250	340	430
平均每車耗油量(l)【b】	32,138	33,274	33,460	33,645
平均每車年行駛里程(km)【f】	89,323	91,867	92,379	92,890
低污染車輛耗油率(km/l)【d】 = 【f】 / 【b】	2.78	2.76	2.76	2.76
傳統柴油大客車耗油率(km/l)【c】	2.49			
傳統柴油車耗油量(l)【A】 = 【a】 * 【f】 / 【c】	6,508,362	9,223,594	12,613,932	16,041,245
低污染大客車耗油量(l)【B】 = 【a】 * 【f】 / 【d】	5,830,674	8,318,500	11,376,230	14,467,350
節能量 = 【A】 - 【B】	677,689	905,094	1,237,702	1,573,895
淨節能量(千公秉油當量)	0.66	0.89	1.21	1.54
柴油 CO ₂ 排放係數(kg/L)	2.78			
CO ₂ 減量成效(ton)	1,881.26	2,512.54	3,435.86	4,369.13

1.3.6 逐步檢討汽機車能源效率標準

一、節能及 CO₂ 減量量化公式

透過檢討汽機車能源效率標準，將新車號能標準加嚴使得逐年新車耗油率相較於原標準降低，逐年取代高油耗就車產生之節能量，其估算方式如表 1.3-15，各項參數數據來源說明如表 1.3-16。

表 1.3-15 檢討汽機車能源效率標準之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量= $A_i - B_i$ A_i = 未公告新車耗油標準下能源變化量 $= C_i - D1_i$ B_i = 公告新車耗油標準後能源變化量 $= C_i - D2_i$ C = 汰舊節能量 $= \frac{e_i \times f_i}{go_i}$ $D1_i$ = 未公告新車耗油標準用油增量 $D2_i$ = 新公告新車耗油標準用油增量 $D_i = \frac{m_i \times f_i}{gn1_i}$ $D2_i = \frac{m_i \times f_i}{gn1_i}$ i 為運具別 當年 CO ₂ 減量 = $A_i \times K_i - B_i \times K_j$	e_i = 汰舊車輛數
	f_i = 年平均行駛里程
	go_i = 舊車符合原耗能標準相對期數之耗油
	m_i = 新車銷售輛數
	$gn1_i$ = 新車符合未公告耗能標準之耗油
	$gn2_i$ = 新車符合新公告耗能標準之耗油
	K_j = 單位燃料 CO ₂ 排放量

表 1.3-16 檢討汽機車能源效率標準之節能及CO₂減量量化參數說明

量化參數	參數說明
e_i =汰舊車輛數	<ul style="list-style-type: none"> ■ 前一年登記數+當年新增車輛數-當年登記數每年車輛登記量 ■ 2008~2025 各車種車輛數，詳如表 1.3-11。
m_i = 新車銷售輛數(新增車輛)	<p>2007 年為實際統計量，2007 年之後：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 自用小客車為每年車輛數之 5.5%。 ■ 營業小客車為每年車輛數之 3.0%。 ■ 機車為每年車輛數之 7.0%。 ■ 汽油小貨車為每年車輛數之 3.7%。
f_i =年平均行駛里程	詳如表 1.3-19。
go_i = 舊車符合原耗能標準相對期數之耗油率	<p>詳如表 1.3-24。</p> <p>(~79,80~81,82~94,95~100, 101~103,104~114)等五期 101 年以前數值利用已公告耗能標準為基礎，再以經濟部能源局提報值趨勢調整之。</p>
$gn1_i$ = 新車符合未公告耗能標準之耗油	<p>詳如表 1.3-24。</p> <p>(~79,80~81,82~94,95~100, 101~103,104~114)等五期 101 年以前數值利用已公告耗能標準為基礎，再以經濟部能源局提報值趨勢調整之。</p>
$gn2_i$ = 新車符合新公告耗能標準之耗油	詳如表 1.3-24。(2015 提高 25%)。
K_j = 單位CO ₂ 排放量	詳如表 4.1-1。

表 1.3-24 不同階段新車耗油標準影響下各年份平均燃油效率設定

年份(民國)		~79	80~81	82~94	95~100	101~103	104~114
汽油車(耗能標準)		8.45*	9.71*	10.20	11.00	12.10	13.75
小客車(修正為實際道路耗能)		6.64	7.64	8.02	8.65	9.51	10.81
汽油小貨車(修正為實際道路耗能)更新值		5.07	5.83	6.12	6.60	7.26	8.25
年份(民國)		~79	80~86	87~92	95~97	101~103	104~114
機車	耗能標準平均	36.10	36.10	37.70	40.00	44.00	50.00
	修正為實際道路耗能	26.30	26.32	27.48	29.16	32.08	36.45
	五○CC 以下耗能標準平均	41.00	41.00	43.00	50.00	55.00	62.50
	五○CC 以下修正為實際道路耗能	29.89	29.89	31.35	36.45	40.10	45.56

備註：1. 101 年以前數值利用已公告耗能標準為基礎，再以經濟部能源局提報值趨勢調整之。

2. 實際道路和實驗室燃油經濟修正係數參考能源局報告研究調查值：小客車為 0.786；商用車(假設同小貨車)為 0.838；機車為 0.729

3. 104~114 年參考行政院民國 97 年 9 月 4 日院會中通過之「永續能源政策綱領－節能減碳具體方案」-2015 年將私人運具新車效率水準提高 25%

4. 101~103 為中間年份假設值

1.3.7 加強低污染、低油耗車輛宣導

透過低污染車輛取代傳統車輛，而產生之節能效益，其估算方式如表

1.3-20，各項參數說明如表 1.3-21，惟「取代傳統車輛數」參數尚未有確定目標故未進行估算。

表 1.3-20 使用低污染車輛之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量 = $A_i - B_i$ A_i = 舊車減少油當量 $= \frac{a \times f}{c}$ B_i = 新車增加油當量 $= \frac{a \times f}{d}$ i 為運具別 當年 CO ₂ 減少 $A \times K_j - B \times K_j$ j 為燃料別	a = 取代舊車車輛數
	f = 年行駛里程
	c = 傳統車輛耗油量
	d = 低污染車輛耗油率
	K_j = 單位燃料 CO ₂ 排放量

表 1.3-21 使用低污染車輛之節能及 CO₂ 減量量化參數說明

量化參數	參數說明
a = 取代舊車車輛數 = 取代傳統石化車輛數	-
f = 年行駛里程	詳如表 1.3-19。
c = 傳統車輛耗油率	表 1.1-4(未來年比照 2007)
d = 低污染車輛耗油率	視車輛種類而定
K_j = 單位燃料 CO ₂ 排放量	詳如表 1.1-6

1.3.8 協助地方政府推動聯合貨物轉運中心

透過推動聯合貨物轉運中心，以減少貨運車輛車行里程，達到節能之效益，其推估方式如表 1.3-25，惟量化推估使用參數尚未有確定目標故未進行估算。

表 1.3-25 推動聯合貨物轉運中心之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
當年節能量 = $\frac{A}{g}$ 當年 CO ₂ 減量 = $\frac{A \times K}{g}$	A = 貨運車輛減少之車行里程
	g = 耗油率
	K = 單位燃料 CO ₂ 減量

1.3.9 推廣貨物運輸排程合理化暨經營管理系統整合

透過貨物運輸排程合理化暨管理系統整合，減少貨運車輛車行里程，達到節能之效益，其推估方式如表 1.3-26，惟量化推估使用參數尚未有確定目標故未進行估算。

表 1.3-26 貨物運輸排程合理化暨管理系統整合之節能及 CO₂ 減量量化公式

節能及 CO ₂ 減量量化公式	
$\text{當年節能量} = \frac{A}{g}$	A=貨運車輛減少之車行里程
	g = 耗油率
	K=單位燃料CO ₂ 減量
$\text{當年CO}_2\text{減量} = \frac{A \times K}{g}$	

附錄 7

成果交流研討會議程與簡報資料

交通部運輸研究所

「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估 模型架構之建立」

成果交流研討會

主辦單位：交通部運輸研究所

千禧決策科技股份有限公司

時間：99 年 12 月 21 日（星期二）

地點：交通部運輸研究所 5 樓會議室

交通部運輸研究所

「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估 模型架構之建立」

成果交流研討會

時間：99 年 12 月 21 日（星期二）

地點：交通部運輸研究所 5 樓會議室

時間	內容	
9:00-9:30	報到	
9:30-9:40	主席致詞	
專題演講		講者
9:40-10:20	坎昆氣候會議最新發展與運輸部門政策思維	台北大學自然資源 與環境管理研究所 李堅明 教授
主題 1：運輸部門溫室氣體減量整合評估模型之建立與應用		報告人
10:20-10:40	1. 運輸部門整合模型之目的與功能 2. 國內外運輸部門整合模型建構與發展經驗 3. 我國運輸部門整合模型架構與方法 4. 運輸部門整合模型應用範疇與議題	開南大學休閒事業 管理學系 黃宗煌 教授
10:40-11:00	休息	
主題 2：運輸需求預測模型架構與減量議題評估		報告人
11:00-11:20	1. 運輸需求模型在整合模型中的角色 2. 國內外運輸模型在減量議題之發展與應用 3. 運輸需求模型架構規劃	鼎漢工程顧問公司 胡以琴 技術長 鍾慧諭 副總
11:20-12:00	問題與討論	
	散會	



坎昆會議發展與運輸政策思維

李堅明
台北大學自然資源與環境管理研究所
Gran Melia Hotel/Cancun
2010/12/06



1

附錄 7-3

運輸研究基金與國際鐵路聯盟



重要運輸報告



融資與永續運輸



運輸部門與NAMAS

3

目錄

- 前言
- 全球溫室氣體排放現況
- 大會重要決議
- 周邊會議
- 1. IEA(2010)2010年能源展望(IEA, 2010)
- 2. 2011年氣候變遷績效指數(Climate Change Performance Index, CCPI) (Germanwatch, 2010)
- 3. 歐盟京都目標進展追蹤(EEA, 2010)
- 4. MRV發展趨勢(IGES, 2010)
- 5. 氣候變遷衝擊與調適納入EIA(OECD, 2010)
- 結語



4

前言

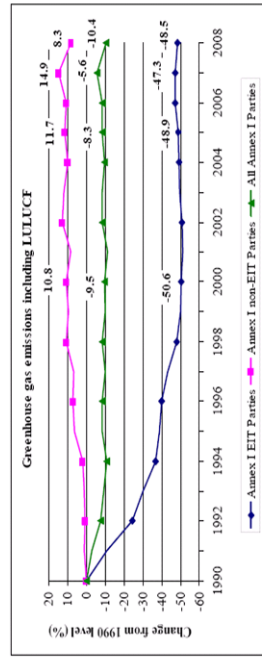


- 於墨西哥坎昆(Cancun)舉行的COP16/CMP6有超過192個國家與非政府組織參與，人數超過15,000人，大會並沒有如預期獲得後京都減量合作協議，僅獲得概念性的「坎昆協議」(Cancun Agreement)。
- 台灣代表團由行政院環保署邱文彥副署長代領包括產、官、學、及非政府組織等，合計超過50人參與磋商。
- 本次會議重點在長期合作行動(Long-term Cooperative Action, LCA)與修訂京都議定書(Kyoto Protocol, KP)的協議兩軌進行下，涉及的焦點議題，包括**調適政策**(adaptation policies)、**減排政策**(mitigation policy)、**林業管理減排**(Reducing Emissions from deforestation and forest degradation, REDD)、**京都機制**(Kyoto mechanism)與**財務與技術轉移**(financial and technology transfer)等。
- 本次大會雖然合計完成**COP的12項決議**，以及**CMP的13項決議**，然而，沒有完成後京都第二減量承諾之協議，因此，本次會議進展倍受爭議。
- COP17/CMP7將於2011年11月28日~12月9日於南非舉行

5

附件一國家GHG排放現況

- 所有附件一國家溫室氣體排放量成長率為**10.4%**；工業化國家溫室氣體排放量則成長8.3%；經濟轉型國家(ET)溫室氣體排放量成長率為48.5%
- 值得注意的是，2000年以後，ET國家溫室氣體排放量已呈現成長趨勢



Abbreviations: EIT = Parties with economies in transition, LULUCF = land use, land-use change and forestry.

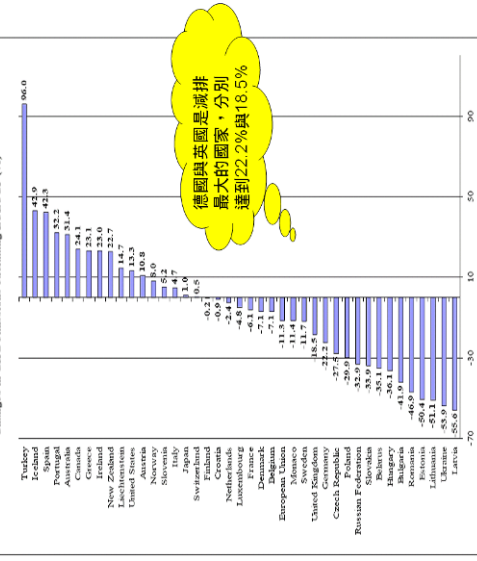
資料來源：UNFCCC(2010), National GHG Inventory Data for the period 1990-2008. (FCCC/SBI/2010/18)

7

全球溫室氣體排放現況



Changes in total aggregate emissions of individual Annex I Parties, 1990-2008



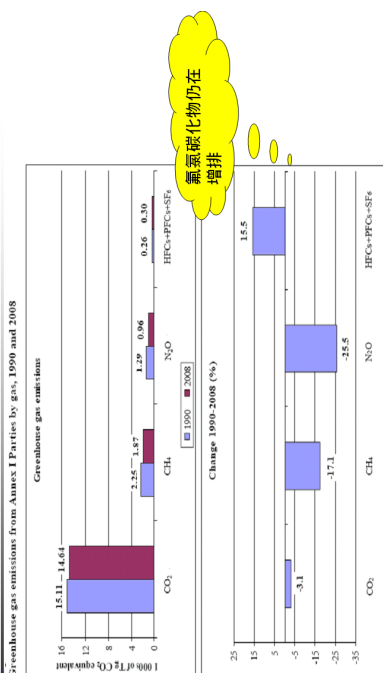
德國與英國是減排最大的國家，分別達到22.2%與18.5%

附件一國家排放現況

資料來源：UNFCCC(2010), National GHG Inventory Data for the period 1990-2008. (FCCC/SBI/2010/18)

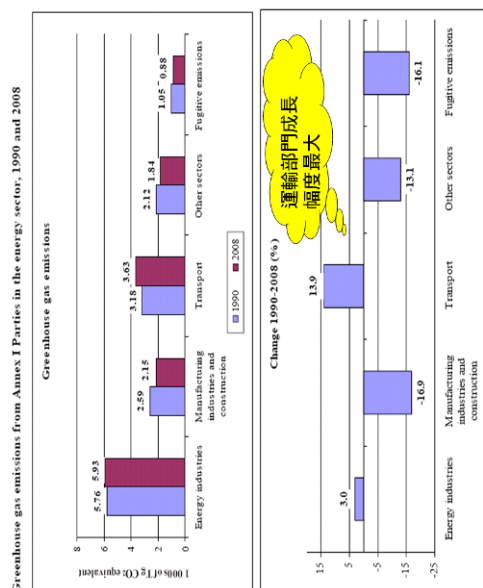
8

附件一國家GHG別排放現況



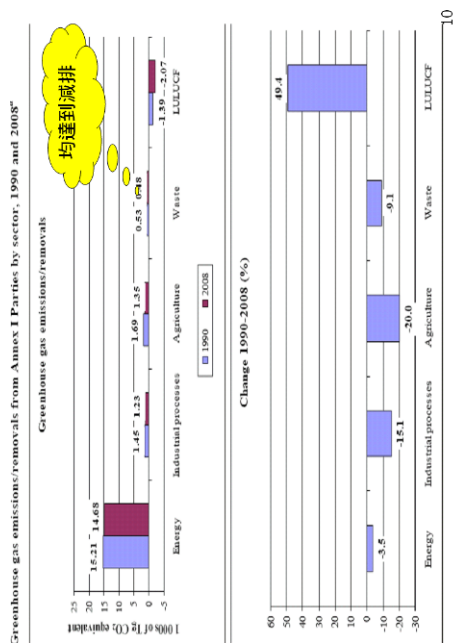
9

附件一國家GHG部門能源消費排放現況



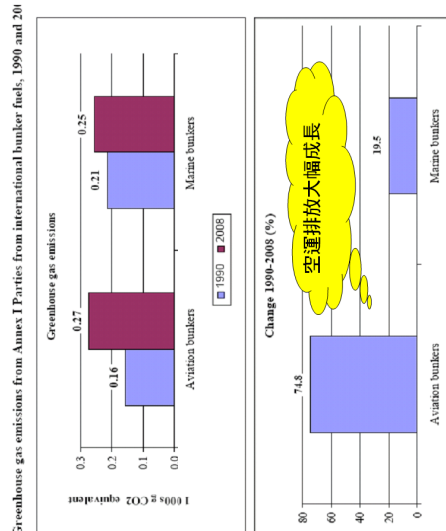
11

附件一國家GHG排放源排放現況



10

附件一國家海空運GHG排放現況



12



COP16與CMP6重要決議

13

COP16重要決議：AWG-LCA

一、長期合作行動共同願景

1. 除了控制溫升低於 2°C (低於工業革命前)之外，應利用最佳科學知識，考慮長期目標是否應控制低於 1.5°C
2. 全球應合作達到全球與國家溫室氣體排放高峰，而且承認開發中國家的排放高峰應於晚於工業化國家

二、加強調適行動

1. 建立「坎昆調適架構」(Cancun Adaptation Framework, CAF)，加強國際調適合作
2. 加強衝擊、脆弱性與調適評估，包括調適策略選擇之財務需求，及經濟、社會與環境評估
3. 成立「調適委員會」(Adaptation Committee)，推動與執行調適行動

14

COP16重要決議：AWG-LCA

三、加強減緩行動

(一)已開發國家

1. 已開發國家應提交「國家適當減緩承諾」(Nationally Appropriate Mitigation Commitments, NAMCs)
2. 已開發國家應該每年提交國家排放清單，以及申報其減排承諾目標的進展

(二)、開發中國家

1. 應制定「低碳發展策略」(Low-carbon Development Strategies)
1. 開發中國家應提交「國家適當減緩行動」(Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs)
2. 開發中國家接受國家援助推動NAMAs，應符合國家量測、報告與查證(MRV)標準，然而，如果公約已建立國際量測、報告與查證指引，則應遵守
3. 鼓勵開發中國家發展「低碳發展策略」於國家永續發展方案之中

15

COP16重要決議：AWG-LCA

(三)、森林保護的政策與經濟誘因與森林碳匯之永續管理
(Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation(REDD) in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries) (REDD-plus)

開發中國家推動REDD-plus應推動下列行動：

1. 減少毀林(deforestation)產生之溫室氣體排放量。
2. 減少森林退化(forest degradation)產生之溫室氣體排放量。
3. 森林碳存量(carbon stock)的保育。
4. 永續森林管理。
5. 強化森林碳存量。

16

COP16重要決議：AWG-LCA

(四)利用市場機制，促進減排的成本有效性

1. **建立更多元市場機制**，主要考量：
 - (1)促進開發中國家推動NAMAs誘因
 - (2)激勵跨部門減排
 - (3)強化環境完整性
 - (4)達到全球淨減排
 - (5)協助附件一國家減排承諾目標的達成

17

CMP6重要決議：AWG-KP

一、清潔發展機制進一步指引：**發展標準化基線(standardized baseline)**

1. 降低交易成本、提高透明性、客觀與可預測性、促進CDM計畫成功登錄、及環境完整性
2. **定義標準化基線**係指，建立一個或數個國家的基線，以利減排量的計算

19

COP16重要決議：AWG-LCA

(五)**財務、技術與能力建構**

1. 快速啟動財務機制：工業化國家承諾於2010-2012年，每年提供**300億美元**協助開發中國家進行減排與調適活動
2. 長期財務機制：工業化國家承諾於2020年，每年提供**1,000億美元**協助開發中國家進行減排與調適活動
3. **綠色氣候基金(Green Climate Fund)**
 - (1)協助**開發中國家**推動相關計畫、政策與措施及行動
 - (2)由開發中與已開發國家成立24人(7位非洲國家代表；7位亞洲國家代表；7位拉丁美洲與加勒比海國家代表；2位小島開發中國家代表；2位低度開發國家代表)董事會，負責管理基金的運作

18

CMP6重要決議：AWG-KP

二、**碳捕捉與封存(CCS)**

1. CCS是合格的CDM計畫
2. 加強評估CCS在地質儲存的環境的安全性
3. 建立場址選擇準則，確保場址長期儲存安全性
4. 加強監測，降低環境風險
5. 由公約建立**場址選擇準則與監測指引**，例如IPCC之2006年國家溫室氣體盤查指引
6. 建立**社會-環境衝擊評估模型**，評估CCS的風險與安全性

20

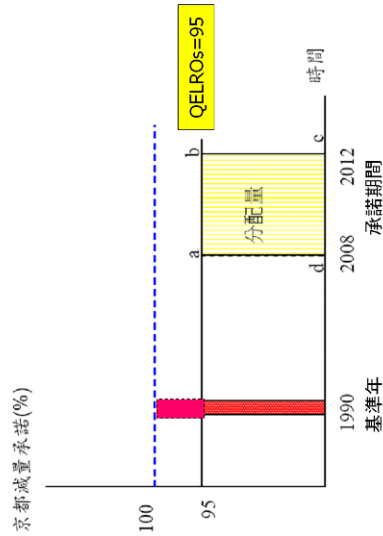
CMP6重要決議：AWG-KP

三、後京都減排承諾

1. 附件一國家應依據IPCC第四版科學報告，於2020年達到減排25-40%(相對於1990年)之目標
2. 附件一國家應儘速完成第二段減排承諾協議，避免造成空窗期
3. 仍以1990年為第二段減排承諾期之基準年，另外亦可以QELROs (quantified emission limitations and reduction objectives)作為參考年
4. 同意透過京都機制(ET, JI, CDM)達到QELROs

21

QELROs為95之示意圖



23

QELROs之意義

- QELROs係指附件一國家平均溫室氣體排放量低於基準年(base year)排放量的百分比，換言之，為減量承諾期間內，被允許的排放量。結果：
- 1. QELROs為100，表示該國在減量承諾期間內，每一年均可排放與基準年相同的水準；
- 2. QELROs高於100，表示該國在減量承諾期間內，每一年排放量均可高於基準年的排放水準；
- 3. QELRO低於100，表示該國在減量承諾期間內，每一年排放量均需低於基準年的排放水準。

22

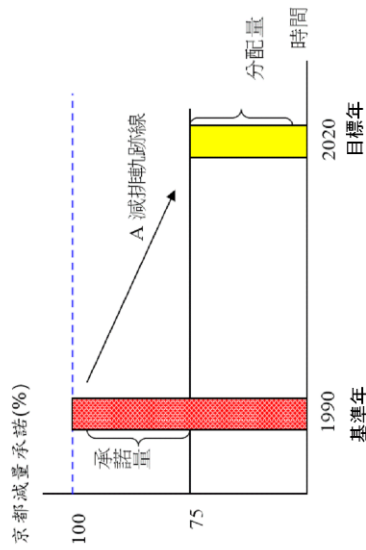
減量軌跡線

(emission reduction trajectory)

- 假設附件一國家承諾至2020年要達到一定的減排量，表示2020年之排放水準必須達到其承諾量，因此，如何由基準年(1990)至2020年間，規劃一條減排軌跡，並據此，作為追蹤該附件一國家的減排績效，即成為UNFCCC關心的課題。
- 下圖表示代表性附件一國家(如歐盟)承諾至2020年減排25%(相對於1990年排放水準)，則各年減排軌跡如A減排軌跡線所示。

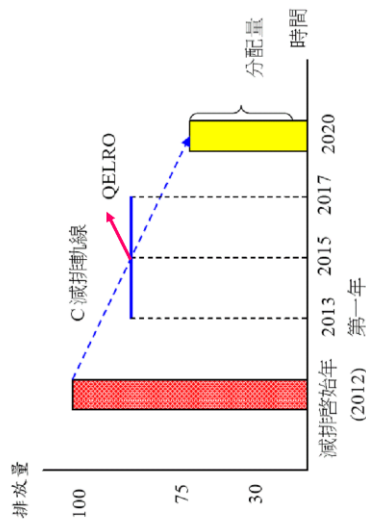
24

減排軌跡示意圖



25

QELROs的設定



27

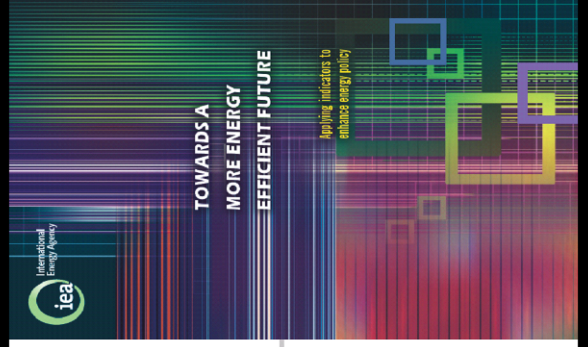
如何由減量軌跡線移轉為

QELROs

- 假設附件一國家之減排軌跡線為線型 (linear)，如下圖C減排軌跡線所示，且以5年作為遵行期 (compliance period)，如果減排啟始年為2012年，則2013-2017年稱為遵行期，因此，遵行期之中期年 (2015) 之排放軌跡量，即稱為QELROs。
- 利用QELROs可以追蹤當前的減排績效，是否能夠於2020年，有效的達到減量承諾目標。

26

提高能源效率



運用指標管理能源效率

- 指標三大功能
 1. 瞭解過去趨勢 (understanding past trends)
 2. 評估節能潛力 (assessing potential for energy savings)
 3. 加強能源效率政策 (enhancing energy efficiency policies)

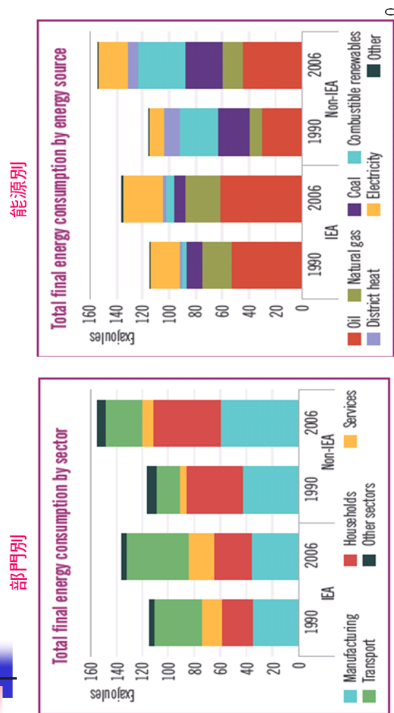
29

全球部門CO₂排放比較



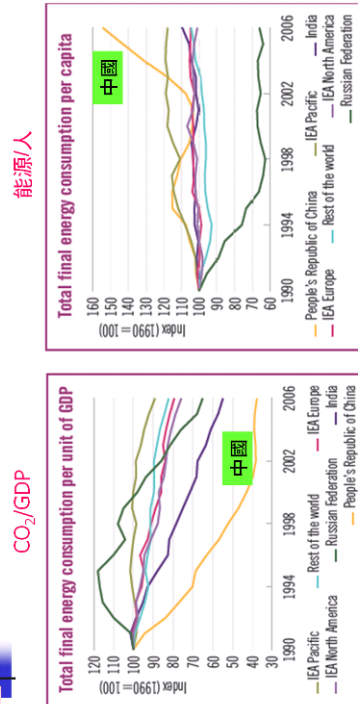
31

全球最終能源消費趨勢



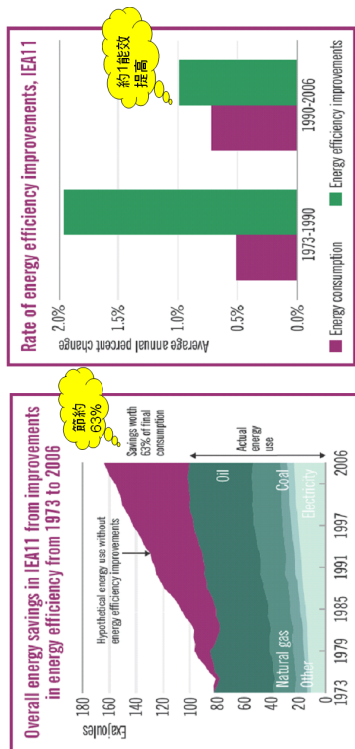
0

全球能源密集度與人均能源比較



32

全球能源效率改善趨勢與政策



33

住宅能源指標



驅動力(D) (driving force)	狀態(S) (state)	政策(R) (response)
<ol style="list-style-type: none"> 大型器具(如冰箱、冷氣與洗衣機)增加 小型器具(如個人電腦與手機)增加 	<ol style="list-style-type: none"> 總住宅數 總住宅面積 器具存量 每年高溫天數 每年低溫天數 	<ol style="list-style-type: none"> 制定器具能源效率標準 節能標準

35

製造業能源指標



驅動力(D) (driving force)	狀態(S) (state)	政策(R) (response)
<ol style="list-style-type: none"> 附加價值 主要產品 結構移轉(低碳結構) 提高能效 	<ol style="list-style-type: none"> 次部門能源消費 關鍵產品的附加價值與產量 	<ol style="list-style-type: none"> 投資BAT的獎勵措施 自願性協議

34

註：BAT: Best Available Technology

商業能源指標



驅動力(D) (driving force)	狀態(S) (state)	政策(R) (response)
<ol style="list-style-type: none"> 附加價值(經濟活動) 	<ol style="list-style-type: none"> 總樓地板面積 樓地板面積的增加 員工(就業)人數 服務業附加價值 	<ol style="list-style-type: none"> 制定器具能源效率標準 節能標準

36

客運能源指標

Transport modes: Light-duty vehicles in Buses, Taxis or Planes

驅動力(D) (driving force)	狀態(S) (state)	政策(R) (response)
1. 小客車延人公里 2. 車輛效率	1. 運具延人公里 2. 客車存量 3. 客車存量的平均燃料消費	1. 鼓勵消費者購買小車與高效率車輛 2. 汰舊換新 3. 制定車輛效能標準

37

電力能源指標

驅動力(D) (driving force)	狀態(S) (state)	政策(R) (response)
1. 住宅數 2. 商業活動 3. 電器用品擴散	1. 電廠投入與產出 2. 再生能源發電量 3. 發電量 4. CHP	1. 降低輸配漏損 2. 老舊電廠汰舊換新 3. 鼓勵裝置污染防制設備

註：CHP: Combined Heat and Power

39

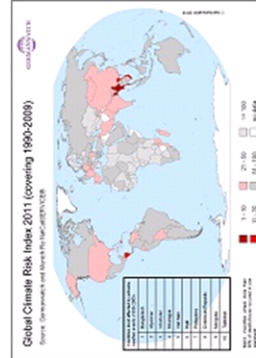
貨運能源指標

Transport modes: In Trucks or Trains or Ships

驅動力(D) (driving force)	狀態(S) (state)	政策(R) (response)
1. 卡車延噸公里 旅運	1. 貨運卡車數量 2. 卡車承載因子 3. 運具延噸公里	1. 制定重型卡車能源效率標準 2. 駕駛訓練計畫 3. 資訊技術系統

38

全球氣候變遷績效指數(2011)



氣候變遷績效指數(CCPI)

- 發布機構：「看守德國」(Germanwatch) 與「歐洲氣候行動網絡」(Climate Action Network Europe)於2005建立「氣候變遷績效指標」(Climate Change Performance Index, CCPI)
- 最早發佈時間：2005年(COP11)，已引起全球100多個國家的重視。
- 評比對象：全球溫室氣體排放量超過1%的57個國家之氣候績效。
- 評估範圍包括排放趨勢、排放水準與氣候政策等三個構面。

41

氣候變遷績效指數(CCPI)

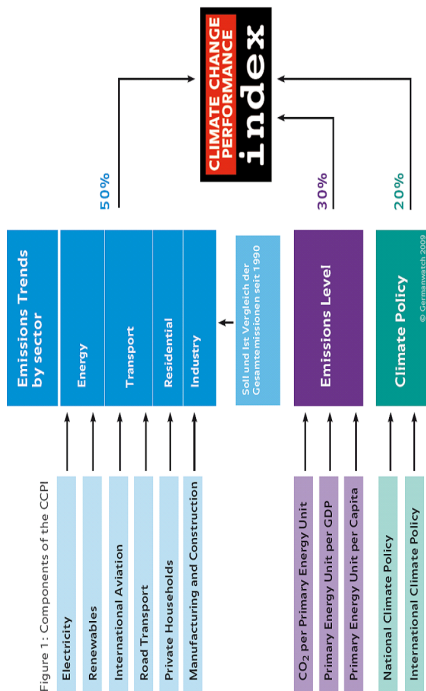
構面	權重 (%)	指標項目	權重 (%)
部門排放趨勢	50	目標與真實績效趨勢之比較	15
		能源部門	8
		再生能源排放	8
		運輸部門	4
		道路運輸排放	4
		國際航空排放	4
排放水準	30	住宅部門	4
		工業部門	7
		製造業與建築業排放	15
		初級能源之CO ₂ 排放量	7.5
氣候政策	20	初級能源密集度	7.5
		人均初級能源消費量	10
		國際氣候政策	10
		國家氣候政策	10

資料來源：Germanwatch, Climate Change Performance Index (2008)。

43

CCPI架構

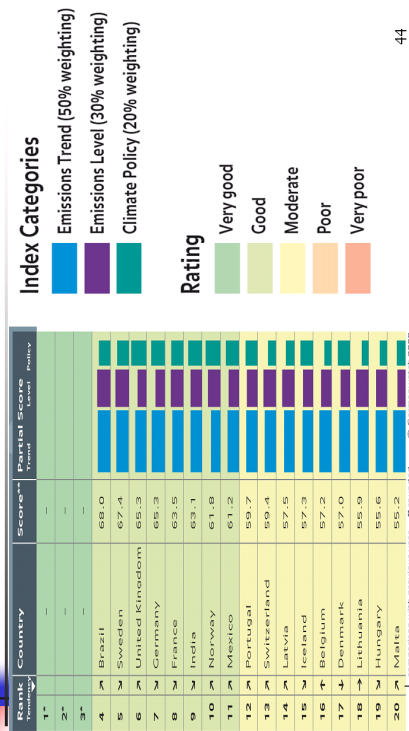
Figure 1: Components of the CCPI



資料來源：Germanwatch(2009), The Climate Change Performance Index.

42

2010年CCPI世界排名



44

2010年CCPI世界排名

Rank	Country	Score ²⁰¹⁰	Partial Score Trend	Country	Score ²⁰⁰⁹	Partial Score Trend
21	Algeria	55.1		41	Korea, Rep.	48.7
22	Ireland	54.9		42	Austria	48.2
23	Indonesia	54.9		43	Slovenia	48.1
24	Slovakia	54.7		44	Italy	48.0
25	Czech Republic	54.6		45	Russia	48.0
26	Thailand	54.6		46	Bulgaria	47.5
27	Netherlands	54.3		47	Taiwan / China	47.5
28	Morocco	53.3		48	Croatia	47.4
29	South Africa	52.9		49	Poland	47.4
30	Romania	52.9		50	Malaysia	46.9
31	Argentina	52.2		51	Cyprus	46.6
32	Spain	51.8		52	China	46.6
33	Belarus	51.4		53	United States	46.3
34	Estonia	51.3		54	Greece	46.0
35	Japan	50.9		55	New Zealand	44.8
36	Finland	49.5		56	Luxembourg	42.8
37	Ukraine	49.5		57	Australia	41.9
38	Iran	49.2		58	Kazakhstan	41.4
39	Turkey	49.1		59	Canada	40.7
40	Singapore	48.8		60	Saudi Arabia	28.7

Ranking is based on the 2010 CCPI. ** Comparison with previous year. ** Comparison with previous year. © Carbon Trust 2010

台灣CCPI表現持平

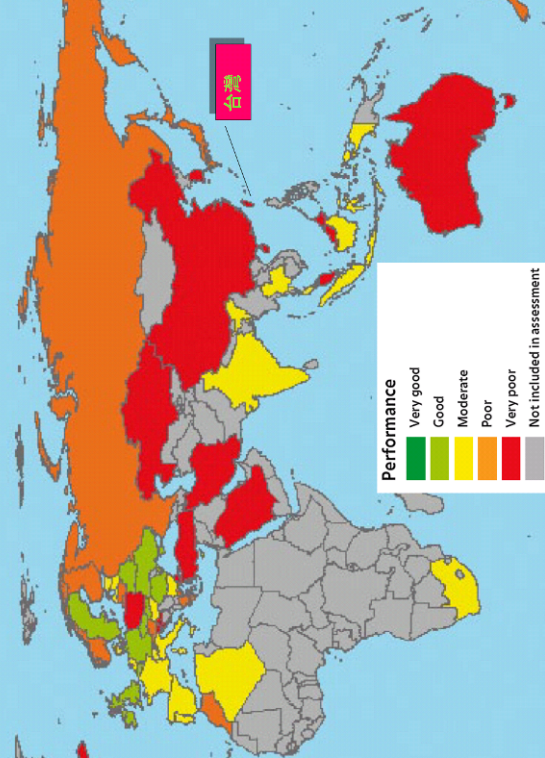
Rank	Country	Score ²⁰¹⁰	Partial Score Trend	Rank	Country	Score ²⁰¹⁰	Partial Score Trend
21	Indonesia	55.7		41	Italy	52.7	
22	Lithuania	55.5		42	Estonia	52.7	
23	Morocco	55.4		43	Greece	52.4	
24	Iceland	55.7		44	Argentina	52.4	
25	Belarus	57.6		45	Slovenia	51.4	
26	Algeria	57.5		46	Croatia	50.2	
27	Czech Republic	57.5		47	China	50.2	
28	Romania	57.0		48	Russia	49.8	
29	South Africa	56.6		49	Bulgaria	49.6	
30	Netherlands	56.4		50	Turkey	49.0	
31	Finland	55.1		51	Luxembourg	48.3	
32	Singapore	55.0		52	Iran	47.2	
33	Denmark	54.6		53	Malaysia	47.1	
34	Korea, Rep.	54.5		54	USA	46.5	
35	Spain	54.4		55	Poland	46.3	
36	Ukraine	54.1		56	China	44.9	
37	New Zealand	53.7		57	Canada	43.9	
38	Japan	53.1		58	Australia	42.9	
39	Cyprus	53.0		59	Kazakhstan	42.5	
40	Austria	52.9		60	Saudi Arabia	25.8	

Ranking is based on the 2010 CCPI. ** Comparison with previous year. ** Comparison with previous year. © Carbon Trust 2010

2010年CCPI世界排名

Rank	Country	Score ²⁰¹⁰	Partial Score Trend
1*			
2*			
3*			
4	Brazil	70.5	
5	Sweden	69.9	
6	Norway	67.0	
7	Germany	67.0	
8	United Kingdom	65.9	
9	France	64.6	
10	India	64.1	
11	Mexico	64.0	
12	Malta	63.8	
13	Switzerland	63.6	
14	Portugal	63.4	
15	Latvia	61.9	
16	Hungary	61.8	
17	Belgium	61.5	
18	Slovakia	60.5	
19	Thailand	59.8	
20	Ireland	59.8	

Ranking is based on the 2010 CCPI. ** Comparison with previous year. ** Comparison with previous year. © Carbon Trust 2010



全球氣候 風險指數



全球氣候風險指數之內涵

- **全球氣候風險指數**(Global Climate Risk Index, GCRI)是依據歷史極端氣候事件對該國產生的曝險與傷害的情況，可視為一國警訊，作為該國未來調適的參考依據。主要的指標包括：
 1. **死亡人數**(death toll)
 2. **每十萬居民的死亡數**(death per 100,000 inhabitant)
 3. **總損失金額**(total losses)
 4. **單位GDP的損失**(losses per unit GDP)
 5. **極端氣候事件**(number of events)

指標項相與權重

- 依據國家在四項指標的平均排名加權平均計算GCRI分數

指標	權重	資料來源
死亡人數	1/6	-
每十萬居民的死亡數	1/3	國際貨幣基金
總損失金額	1/6	國際貨幣基金
單位GDP的損失	1/3	國際貨幣基金

評比國家

- UNFCCC的締約國
- 台灣被納入評比的原因：**人口數與經濟實力**

1990-2009年全球氣候風險最高前十名國家

CRI 1990-2009	Country	CRI score	Death toll	Deaths per 100,000 inhabitants	Total losses in million US\$ PPP	Losses per unit GDP in %	Number of Events
1	Bangladesh	7.33	7849	5.63	2,068.14	1.67	259
2	Myanmar	8.67	7124	14.33	676.35	2.04	30
3	Honduras	10.83	322	5.21	663.57	3.12	53
4	Nicaragua	16.17	157	2.80	263.33	2.05	39
5	Vietnam	19.00	457	0.59	1,881.50	1.31	203
6	Haiti	19.67	338	3.98	164.62	1.20	46
7	Philippines	26.83	821	1.08	684.45	0.35	270
8	Dominican Republic	27.67	212	2.55	185.08	0.40	41
9	Mongolia	31.00	13	0.54	308.65	5.19	30
10	Tajikistan	33.50	30	0.47	311.27	2.93	51

2009年全球氣候風險最高前十名國家

Ranking 2009 (2008)	Country	CRI score	Death toll	Deaths per 100,000 inhabitants	Absolute losses (in US\$ PPP)	Losses per unit GDP	Human Development Index
1 (92)	El Salvador	4.33	198	3.40	1,827.00	4.27	90
2 (-)	Chinese Taipei	6.67	544	2.35	6,603.28	0.90	-
3 (4)	Philippines	9.50	1231	1.33	2,675.22	0.83	97
4 (3)	Viet Nam	10.83	334	0.38	2,943.05	1.15	113
5 (94)	Saudi Arabia	12.50	500	1.96	1,467.93	0.25	55
6 (26)	Australia	13.17	572	2.61	1,522.54	0.18	2
7 (116)	Cambodia	16.50	52	0.37	345.10	1.22	124
8 (51)	Bangladesh	18.33	379	0.23	970.95	0.40	129
9 (11)	Nepal	18.83	198	0.71	162.06	0.48	138
10 (61)	Bhutan	20.33	12	1.78	83.17	2.36	-

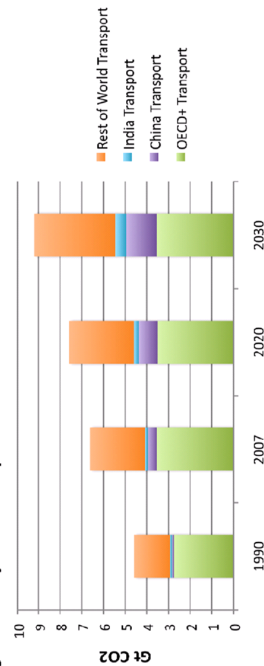
運輸部門溫室氣體排放與減排策略



運輸部門排放預測

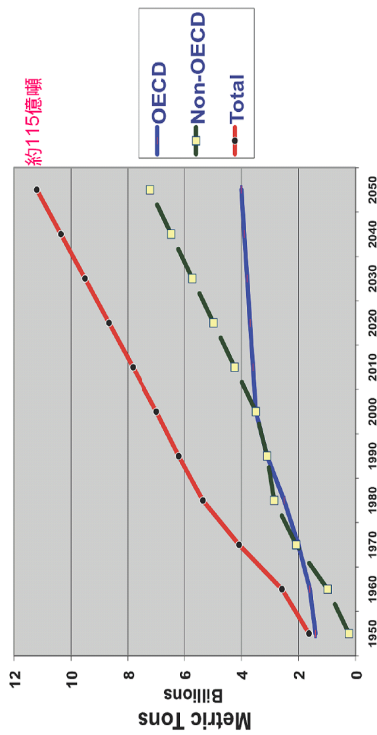
全球運輸部門CO₂排放量將由2007年的85億噸，增長至2030年運輸部門約排放91億噸，約成長40%。

Figure 1. Projected Transportation Emissions 1990-2030



資料來源：The Center for Clean Air Policy(2010), Transportation NAMAs: A Proposed Framework.

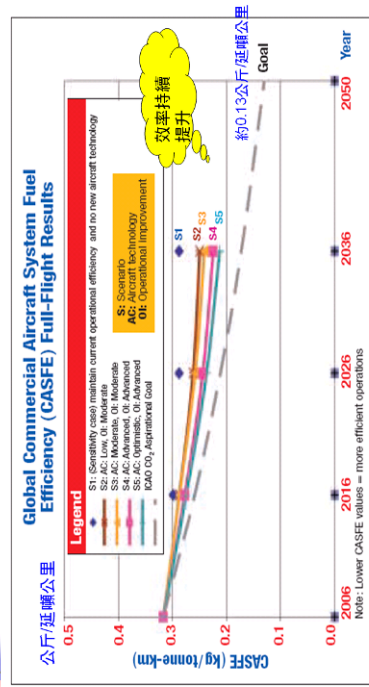
運輸部門排放量快速成長



資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change.

57

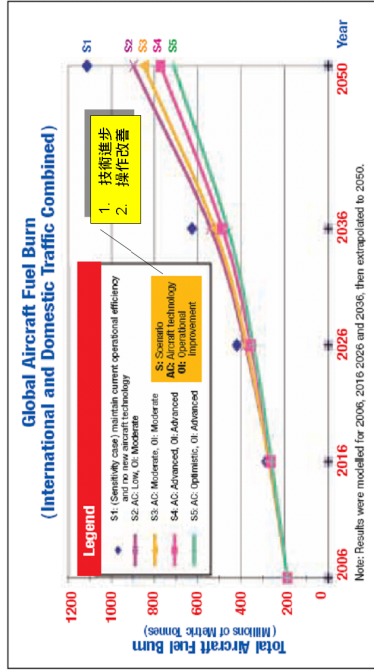
全球商業航空器燃料效率趨勢



資料來源：ICAO(2010), ICAO Environmental Report 2010.

59

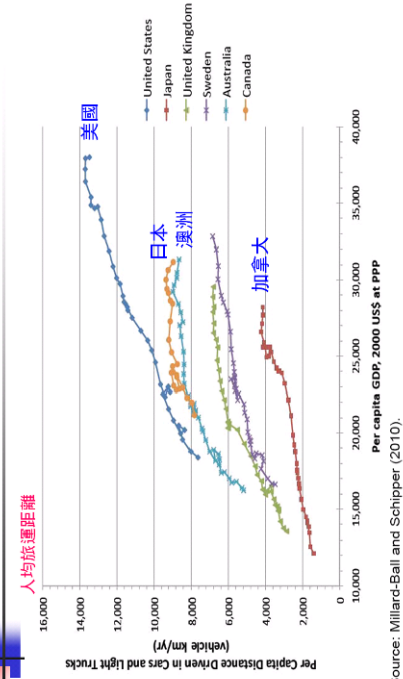
國際航空器燃料燃燒趨勢



資料來源：ICAO(2010), ICAO Environmental Report 2010.

58

車輛與輕型卡車旅運(1970-2006/7)

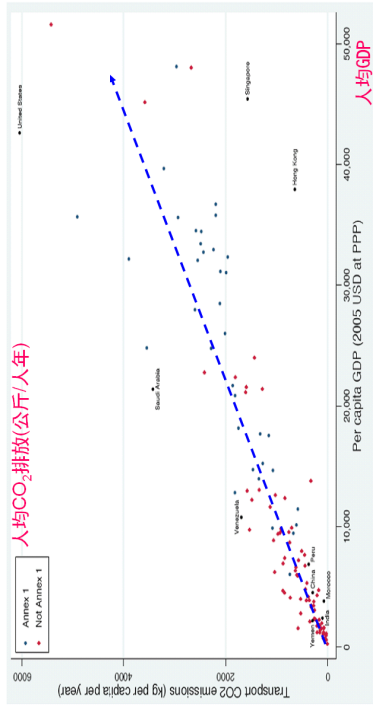


Source: Millard-Ball and Schipper (2010).

0

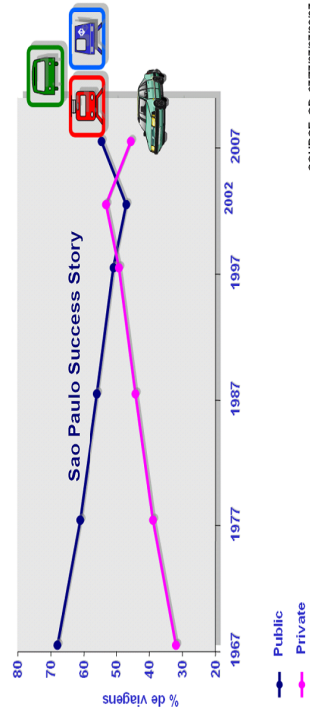
運輸部門CO₂排放與GDP

Figure 3. CO₂ Emissions from Transportation vs. GDP, 2006



車輛依賴度可扭轉

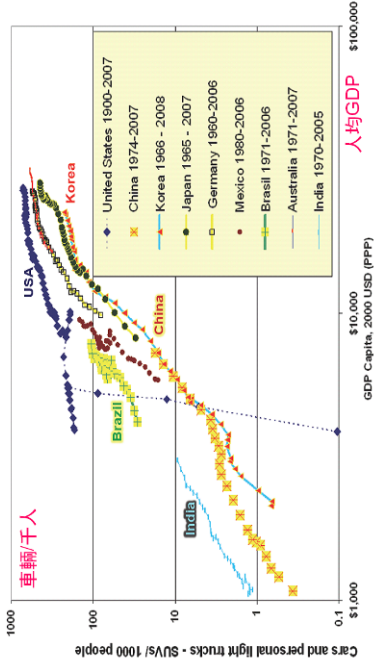
Car dependence can be reversed



資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change

所得帶動運輸成長

Motorization grows with income, but not on a single path

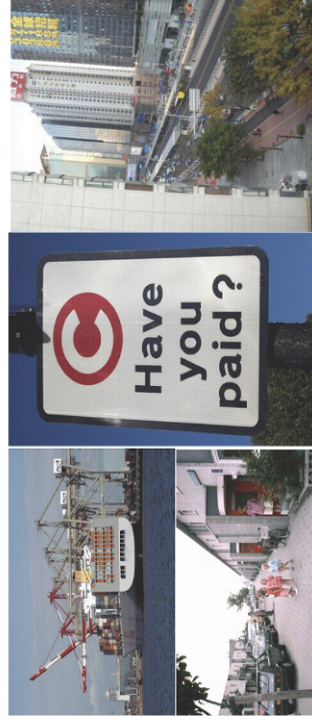


資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change.

策略一：Avoid

To boost transportation operational efficiency:
AVOID – SHIFT- IMPROVE

Avoid unnecessary or low value travel with smart pricing, development, logistics, supply chains, communications

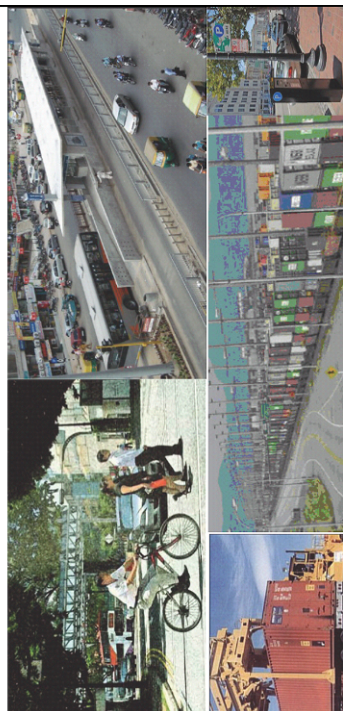


資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change

策略二：Shift

To boost transportation operational efficiency:
AVOID – SHIFT- IMPROVE

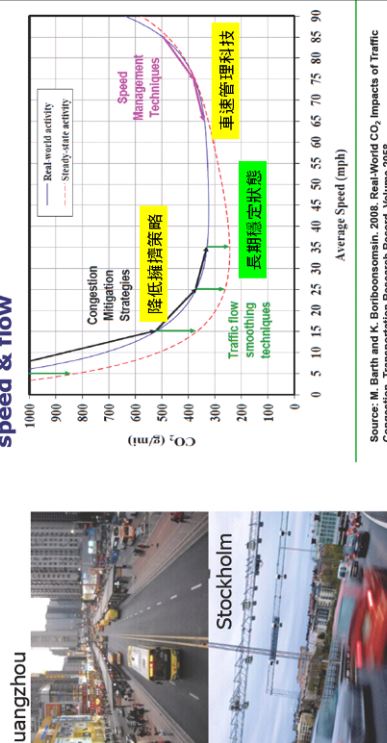
Shift travel to more efficient modes



資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change⁶⁵

策略三：Improve

Improve efficiency by operating networks with optimal speed & flow



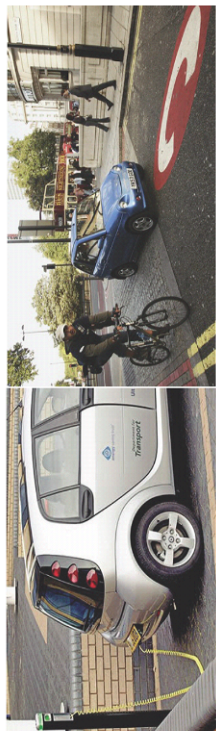
Source: M. Barth and K. Boriboonsomn, 2008, Real-World CO₂ Impacts of Traffic Congestion, Transportation Research Record, Volume 2058

資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change⁶⁷

策略三：Improve

To boost transportation operational efficiency:
AVOID – SHIFT- IMPROVE

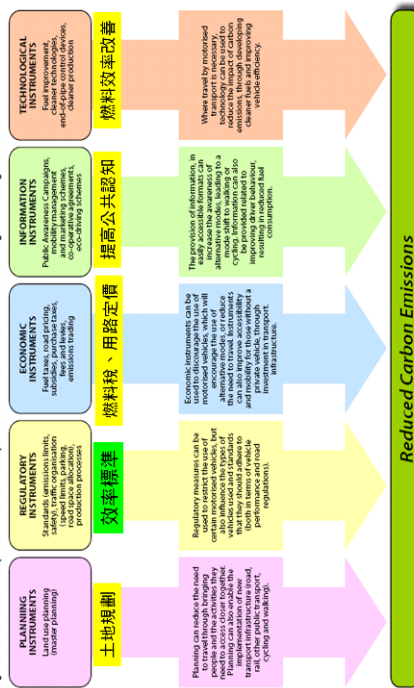
Improve efficiency with more efficient vehicles and lower carbon fuels



資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change⁶⁶

永續運輸政策五大工具

Fig. 12: Sustainable transport instruments and potential contribution to the reduction of greenhouse gas emissions



資料來源：Federal Minister for Economy Cooperation and Development (2010), Transport and Climate Change⁶⁸

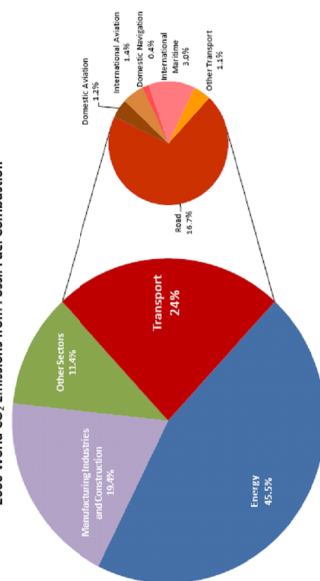
推動低碳永續運輸的十大原則

1. 創造典範轉移與強化政治意願
2. 擴大個別計畫成為整體與完整的包裹計畫
3. 規劃適當的計畫推動時間尺度，以及足夠及可預期的資金
4. 特別關注跨部門效果
5. 導入國際專家與資源，強化制度能力
6. 評估對永續發展與附屬效益之貢獻
7. 確認環境完整性
8. 分擔已開發與開發中國家努力
9. 確認透明與社會責任

Bridging the gap aims to achieve transport and climate change goals by integrating sustainable land use, energy, and transport into the climate change process. ITDP and UITP are working to facilitate the process to improve the link between transport action and climate change policy. 2012 process

運輸部門排放占比高，面臨很高的減排挑戰

2006 World CO₂ Emissions from Fossil Fuel Combustion²



71

運輸部門減排策略：機會與成本



全球運輸部門CO₂排放成長快速

Transport CO ₂ Emissions from Fossil Fuel Combustion including international maritime (IEA estimate) and international aviation						
	1990	2006	1990-2006	1990-2006	2000-2006	2000-2006
	Mt CO ₂ -eq	Mt CO ₂ -eq	% change	CAGR*	CAGR*	CAGR*
World	4575.79	6432.78	40.90%	2.11%	2.07%	2.26%
OECD	3093.74	4070.97	31.59%	2.07%	2.07%	1.16%
ITF	3646.38	4536.61	24.41%	1.37%	1.37%	1.38%
North America	1772.22	2260.02	27.52%	1.53%	1.53%	1.04%
EU-15	849.08	1137.25	32.76%	1.79%	1.79%	1.31%
EU-New	82.13	121.77	48.26%	2.49%	2.49%	6.02%
Asia-Pacific	368.81	518.49	40.58%	2.15%	2.15%	0.54%
India	87.49	113.84	30.12%	1.66%	1.66%	2.27%
Other	486.65	395.24	-18.78%	-1.29%	-1.29%	3.29%
Top 10 Rest of World	488.38	1110.74	127.43%	5.27%	5.27%	5.38%
Rest of World	444.99	805.38	80.99%	3.78%	3.78%	3.53%

* compound annual growth rate

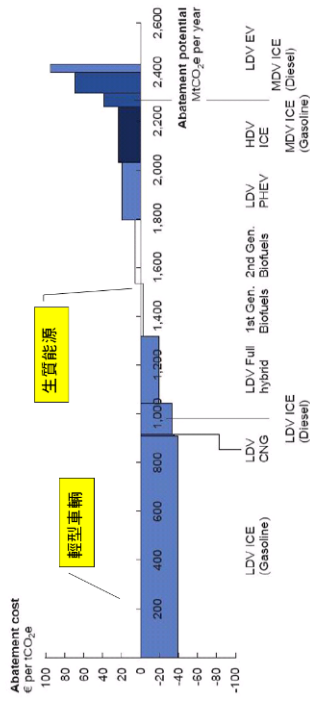
運輸部門減排成本

McKinsey Marginal Abatement Cost Curve for Road Transport in 2030

Global GHG abatement cost curve for the Road Transport sector –

Mix Technology World scenario

Societal perspective, 2030



13

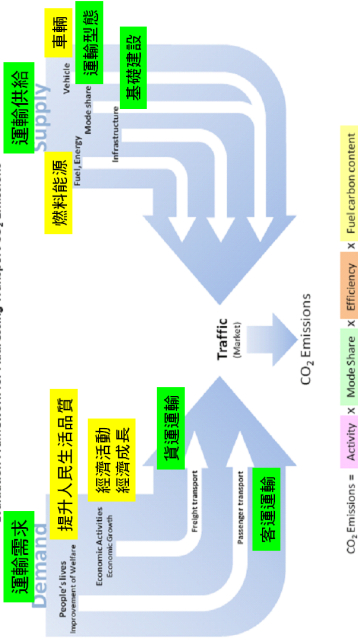
地面運輸GHG減排政策管理

	Travel demand	Fuels and energy	Vehicle efficiency	Traffic efficiency
Land use planning				
Public transport				
Freight transport				
Passenger vehicles				
Road network				
Fiscal and economic measures				
Technological research and development				
Information and education				

75

運輸部門CO₂排放評估架構

Evaluation Framework for Addressing Transport CO₂ Emissions



74

運輸部門GHG減排管理之議題

1. 在氣候變遷不確定性下，運輸部門不易估算其GHG減排效益
2. 減排策略應依其減排成本制定優先順序
3. 部分運輸部門減排成本很低，應優先推動，然而，部分減排成本很高，而且不易在短期間商業化，影響運輸部門的減排潛力
4. 運輸燃料效率與適當的燃料稅政策，將是有效促進運輸部門科技發展的政策工具
5. 制定長期效率目標有利於車商新技術投資計畫，同時應搭配消費者購買較貴車輛風險的補償制度
6. 效率標準與燃料稅具有相似的氣候變遷政策效果，因此，應該適當的配套
7. 標示車輛能效標籤，並採行差別性獎勵措施，提高消費者購買高燃料效率車輛

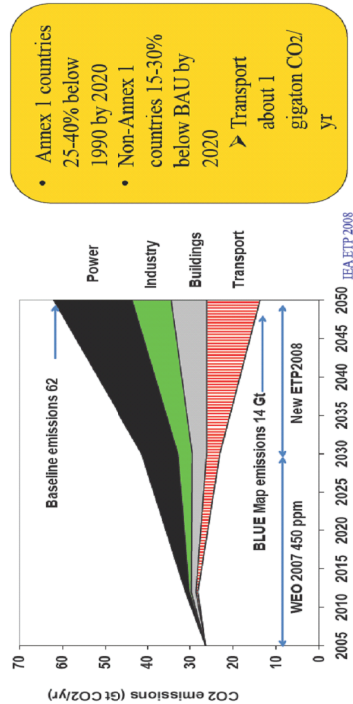
76

運輸部門GHG減排管理之議題

8. **自願性生質燃料制度**，無法有效促進燃料移轉，必須制定強制性的**低碳燃料標準**，才可以有效促進**低**碳燃料替代
9. 電動車的減排效果決定於**電力係數**，在化石能源為主的發電系統中，除非引入**CCS**，否則電動車的減排效果將非如預期
10. 良好的**交通管理策略**，例如**控制車速與擁擠稅**，可以顯著降低GHG排放
11. 運輸管理、土地規劃與推動大眾運輸雖然GHG減排幅度不大，然而，卻非常有利於**空氣污染改善**等附屬效益
12. 依據研究顯示，國際航空與海運應採用**排放交易制度**，進行GHG減排管理
13. 為有效管理國際航空與海運，應加強**排放資料蒐集**，作為評估與監測航空與海運GHG減排活動的基礎

77

全球運輸部門需每年減排10億噸



79

運輸部門與NAMAS

哥本哈根協定與NAMAS

- 約有28個國家提交之NAMAS，包括運輸部門策略
- 1. 中國：燃料效率標準
- 2. 印度：都市運輸政策與公車快速轉運系統
- 主要策略包括運輸科技與推動大眾運輸
- 1. 減少旅運(Avoid Trips)：整合土地利用與運輸規劃
- 2. 移轉(Shift)至綠色運具：例如大眾運輸
- 3. 改善(Improving)運具效率：改善公里旅運環境效益

80

Table 1: Transport measures proposed in NAMA submissions.

Developing country party	Strategy approach	Infrastructure development/enhancement					Land use planning	Awareness campaigns (TDM)	Vehicle or fuel technology	Regulatory measures	Energy Efficiency	Other unspecified
		Rail/ light rail	Non-motorised	Road	Other (or unspecified) public transport	Waterborne						
Republic of Armenia	Improve											
Benin	Shift											
Botswana	Shift and improve											
Central African Republic	Avoid, shift and improve											
Chad	Shift and improve											
Colombia	Shift and improve											
Cote d' Ivoire	Avoid and shift											
Costa Rica	Not specified											
Republic of Congo	Avoid and shift											
Eritrea	Avoid, shift and improve											
Ethiopia	Shift											
Gabon	Shift and improve											
Ghana	Shift and improve											
Indonesia	Shift and improve											
Jordan	Shift and improve											
Macedonia	Shift and improve											
Madagascar	Shift and improve											
Marshall Islands	Shift and improve											
Mauritania	Shift and improve											
Mexico	Shift and improve											
Mongolia	Improve											

資料來源：Binsted et al., (2010), Copenhagen Accord NAMAs Submission Implications for Transport Sector, 81

國家層級運輸部門NAMAS

- **管制措施**
 1. 進口運具效率標準
 2. 低碳燃料標準
- **經濟措施**
 1. 提高燃料稅
 2. 鐵路與境內船運投資
 3. 車輛登錄稅(或通知證)
- **科技**
 1. 研發與示範：高燃料效率車輛、電動腳踏車及智慧型大眾運輸

83

Developing country party	Strategy approach	Infrastructure development/enhancement					Land use planning	Awareness campaigns (TDM)	Vehicle or fuel technology	Regulatory policy measures	Energy Efficiency	Other unspecified
		Rail/ light rail	Non-motorised	Road	Other (or unspecified) public transport	Waterborne						
Morocco	Avoid, shift and improve											
Papua New Guinea	Not specified											
San Marino	Unclear											
Sierra Leone	Shift and improve											
Singapore	Shift and improve											
Togo	Shift and improve											
Tunisia	Avoid, shift and improve											

資料來源：Binsted et al., (2010), Copenhagen Accord NAMAs Submission Implications for Transport Sector, 82

國家層級之運輸部門NAMAS

Table 1: Overview of possible supported transport NAMAs on national level

Policy that could be submitted as a NAMA		
Regulations	Support needed	Co-benefits
Used vehicle import standards	• Capacity building	• Air quality
To improve overall fuel efficiency of vehicles		
Low-carbon fuel standard	• Technology transfer	• Air quality
To incentivize low carbon fuels, e.g. flex-fuels, hybrids, electric cars	• Finance	
Economic measures		
Increase of fuel taxation	• Capacity building	• Less congestion
To remove incentives for non-sustainable transport modes and give incentives for use of low carbon modes		• Financial revenues
Rail and inland shipping investments	• Financial support	• Economic success
To shift and maintain low carbon modes esp. in long distance freight transport		
Vehicle registration tax/ license implementation	• Capacity building	• Financial revenues
To incentivize using low carbon modes		
Technology		
Research, Development and Demonstration (e.g. for fuel efficient cars, electric bikes and 'smart' public transit)	• Technology transfer	• Economic growth
To show applicability of measures		• More jobs

資料來源：Dakmann et al., (2010), Formulating NAMAs in Transport Sector...Kick Starting Action, 84

地方層級運輸部門NAMAS

- 管制措施
- 1. 永續都會運輸計畫：運量需求(地方)管理
- 科技
- 1. 運輸系統科技：綠色採購、電子擁擠收費及電子車票
- 土地使用規劃
- 1. 都會貨運零售中心
- 2. 大眾運輸
- 3. 都市發展計畫：高密集城市

85

下一階段工作

1. 推估運輸部門NAMAS的減排潛力
2. 建立減排行動的MRV (measure, report, and verify)制度
3. 建立適當的制度架構，推動相關政策與措施
4. 建立推動永續與低碳運輸的適當財務機制，例如綠色氣候基金(Green Climate Fund)
5. 確認未來推動運輸部門減排的科技发展機制

87

地方層級之運輸部門NAMAS

Table 2: Overview of possible supported transport NAMAs on regional or local level

Regulations	Policy that could be submitted as a NAMA	Support needed	Co-benefits
Sustainable Urban Transport Plans: Manage travel demand based on local needs (e.g. bundles of policies; pedestrian, parking, public transport, cycling, information campaigns etc.) <i>To bundle activities that push away from car dominance and pull towards low carbon modes.</i>		<ul style="list-style-type: none">• Capacity building• Financial support	<ul style="list-style-type: none">• Air quality,• Economic success• Cost savings• Less congestion• Social equity
	Technology	<ul style="list-style-type: none">• Technology transfer• Financial support	<ul style="list-style-type: none">• Economic success, jobs, financial revenues
Transportation system technologies (e.g. priority signaling of buses, green procurement of local car and bus fleets, electronic congestion charge, electronic ticketing) <i>To reap the benefits of new technologies and make alternatives to car use more attractive</i>		<ul style="list-style-type: none">• Technology transfer• Financial support	
Land use planning		<ul style="list-style-type: none">• Capacity building• Financial support	<ul style="list-style-type: none">• Air quality, less congestion
Retail centers for urban freight transport <i>To organize urban freight more intelligently</i> Mass Rapid Transit (BRT, LRT, Metro) <i>To offer a high quality alternative to car use</i>		<ul style="list-style-type: none">• Financial support• Capacity building	<ul style="list-style-type: none">• Less congestion• Air quality• Reliable, timely transport
Urban Development Plans: mixed-used, high density cities <i>To make trips short and favorable to low-carbon modes</i>		<ul style="list-style-type: none">• Capacity building	<ul style="list-style-type: none">• Reduces land demand• Economic success• Social equity

資料來源：Dakmann et al., (2010), Formulating NAMAs in Transport Sector... Kick Starting Action, 86

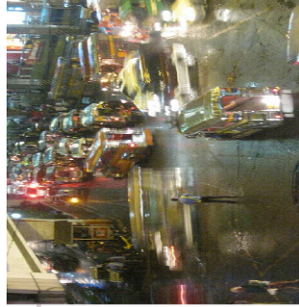
Reducing Emissions through Sustainable Transport (REST)

Proposal for a sectoral approach

as a means to increase the potential for GHG mitigation in the land transport sectors of both developed and developing countries

Final Draft - 22 September 2010¹

永續運輸與減排 ...部門分析



Photograph courtesy of the U.S. Department of Transportation

部門分析法之意義

- **結合部門分析法**(sectoral approach)(係指創造運輸部門**減碳信用價值**，則可促進運輸部門在NAMAs之減排策略推動誘因，可以提高下列機會：
 1. 提高國家推動與落實道路運輸NAMAs誘因
 2. 促進國家建立永續運輸的MRV/制度
 3. 促進碳市場發展，以及增加運輸部門融資
 4. 促進最成本有效技術的擴散
 5. 連結國家與地方減排行動
 6. 產生大量的經濟、社會與環境附屬效益

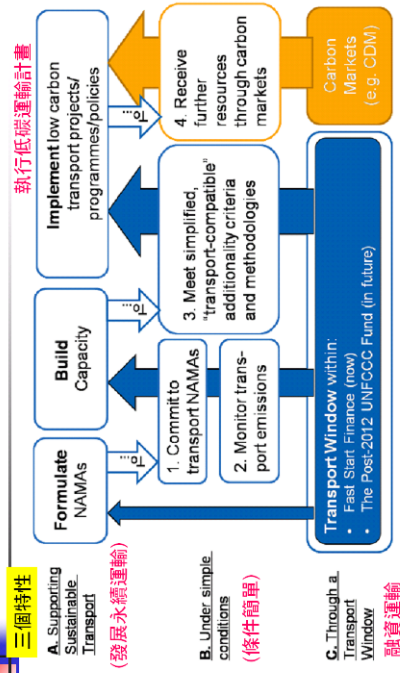
89

支撐永續運輸

- **形成NAMAs的一部分**
 1. 國家資源將導入運輸部門
 2. 引入專家討論運輸部門政策與計畫
- **運輸部門能力建構**
 1. 建構永續與低碳運輸之能力
 2. 建立運輸部門MRV制度
 3. 排除推動永續運輸之障礙
- **執行運輸部門政策與計畫**
 1. 提高運輸部門預算
 2. 取得減碳額度與財務(透過CDM或GEF)

91

運輸部門分析特性



90

COP16道路運輸周邊會議小結

92

COP16道路運輸主要周邊會議

1. Keeping climate solutions on track--- the role of partnerships, good practice and the role of rail. (Dec 1st, 2010)(重點內容：碳中和作法、運輸部門減排的挑戰及鐵路調適措施)
2. Transport in NAMAs and national communications. (Dec. 4th, 2010)(重點內容：如何透過財務機制與MRV制度，推動全球邁向永續與低碳運輸)
3. Curbing the trend: currently available mitigation opportunities for transport in developing countries. (Dec. 6th, 2010)(重點內容：如何透過國際制度降低全球運輸部門CO₂排放趨勢，並促進永續發展)

93

八點建議

1. 推動**整合道路運輸措施**，避免開發中國家運輸部門成為大排放源
2. 整合**Avoid(避免)-Shift(移轉)-Improve(改善)(ASI)**措施，是開發中國家道路運輸因應氣候變遷的有效作法
3. 推動運輸部門因應氣候變遷行動協議
4. 確認NAMAs之運輸部門措施的適當性
5. 加強國家通訊之運輸部門納管範疇
6. 評估與掌握運輸部門減排的附屬效益
7. 整合運輸部門之能力建構與技術移轉
8. 建立運輸部門適當的氣候融資(或財務)機制

95

COP16道路運輸主要周邊會議

1. Advancing transport CO₂ reduction around the globe. (Dec. 8th, 2010)(重點內容：如何透過車輛製造商的先進技術，提高車輛效率；以及燃料、基礎建設與消費者等改變，促進全球運輸部門減排)
2. Low carbon development in China: Clean technologies and GHG accounting. (Dec. 9th, 2010)(重點內容：中國如何於2020年透過低碳運輸策略與MRV制度，降低40-45%CO₂密集度(相較於2005年)
3. The future of carbon financing scheme for urban transport: Mumbai paves the way. (Dec. 10th, 2010)(重點內容：目前缺乏有效的大眾運輸融資機制，該會議介紹以Mumbai為案例的完備融資方法)

94

結語(1/3)

- 受到全球金融風暴影響，2008年全球已減排10.4%(相對於1990年排放水準)，高於京都目標(減排5.2%)
- 擴大市場機制(如碳交易制度)，促進減排的成本**有效性**，是AVG-LCA的重要決議
- 擴大CDM發展，制定標準化基線，及將**CCS**納入CDM計畫之中
- 建立**QELROS**機制，加強減排目標追蹤，落實減排目標
- 建立**能源效率指標架構**，蒐集有效能源效率指標，作為追蹤與提高能源效率之參考依據

96

結語(2/3)

- 台灣2011年**氣候績效指數**，並未進步，應持續推動減排措施，此外，台灣2009年之**氣候風險指數**排名全球第二，已成為高度氣候脆弱國家，應加強調適政策的推動
- 取消**化石燃料補貼**具有三贏策略，亦即提高能源價格，具有提高能源安全、降低溫室氣體排放、及提高經濟競爭力之效益
- 加速建立**NAMAs之MRV制度**，包括BAU、減排目標與減排政策等MRV程序
- 協助友邦國家建立**NAMAs之MRV制度**，成為國際典範，並爭取至UNFCCC周邊會議發表，提高台灣國際社會形象
- 思考將氣候變遷衝擊與調適納入**EIA範疇與程序**，提高開發案之環境完整性

97

Thank You for Your
Attention !



99

結語(3/3)...運輸部門

- **道路運輸**是解決運輸部門溫室氣體排放的最重要運輸減緩行動的重點部門
- 發展**軌道運輸**是降低道路運輸溫室氣體排放的重要措施
- 建立運輸部門因應氣候變遷的**適當財務機制**，提高運輸部門減排潛力
- 提高**NAMAs之運輸部門減排比重**，提高NAMAs減排目標的達成
- 加強**運輸部門的MRV制度**，促進運輸部門減排
- 與溫室氣體相關的**國際運輸組織興起**，台灣可考量加入適合的運輸組織，提高台灣參與國際事務機會與曝光率

98



用應與建立之模型評估整合量減空氣污染部門輸送

成果交流研討會

報告人 黃宗煌 楊晴雯



運輸部門整合模型之政策評估目的

網大報簡

- 運輸部門整合模型之政策評估目的
- 整合模型定位與應備功能
- 整合模型方法(模型)選擇
- 政策評估架構與關聯
- 運輸CGE模型架構
- 運輸需求預測模型架構
- 整合模型資料結構與資訊平台連結
- 議題分析與應用：運輸部門減量目標訂定方式

運輸部門面臨的問題(1/3)

經濟發展與運輸部門排放基線

- 運輸部門排放基線趨勢為何？
- 在不同社經條件下基線如何變化？

[illegible]

經濟學博士

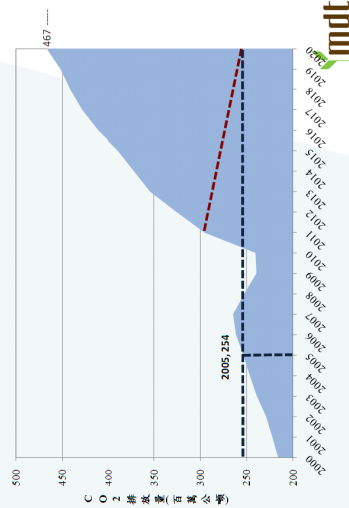
□ 脫鉤：效率、結構、技術

- 產業結構與運輸部門排放之關聯？
- 運具結構轉變對運輸部門排放之影響？對國家整體排放之影響？
- 運具技術發展對運具選擇及減量之影響？

運輸部門面臨的問題(2/3)

□ 運輸部門減量目標

- 在國家減量目標下(2020年回到2005年排放水準)，運輸部門之減量目標如何計算？

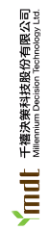


2010/12/21

運輸部門減量評估模型政策交流

5

整合模型定位與應備功能



運輸部門減量評估模型政策交流

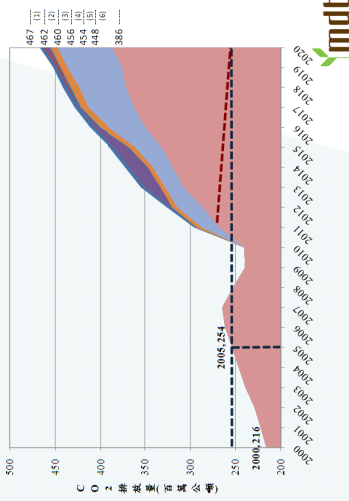
2010/12/21

7

運輸部門面臨的問題(3/3)

□ 運輸部門減量政策成效與選擇

- 非運輸部門減量政策(如能源稅)對運輸部門排放之影響？
- 在不同外部減量政策下，運輸部門能採取哪些策略？減量成效為何？
- 運輸部門減量付出的代價為何？如何衡量？



2010/12/21

運輸部門減量評估模型政策交流

6

運輸部門整合模型之定位與功能

□ 定位：

- 做為我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略規劃的決策支援工具
- 兼具理論與實務基礎，考慮運輸、能源、經濟、科技創新與環境關聯

□ 功能：

- 考慮經濟發展、產業活動、技術條件、其他部門外在因素對運輸部門排放量之影響
- 在上述外部因素影響下，運輸部門最適當的減量目標與減量幅度
- 探討運輸部門可行且有效的減量措施與方案，並評估減量成效與減量成本



2010/12/21

運輸部門減量評估模型政策交流

8

CGE模型與運輸需求模型之功能

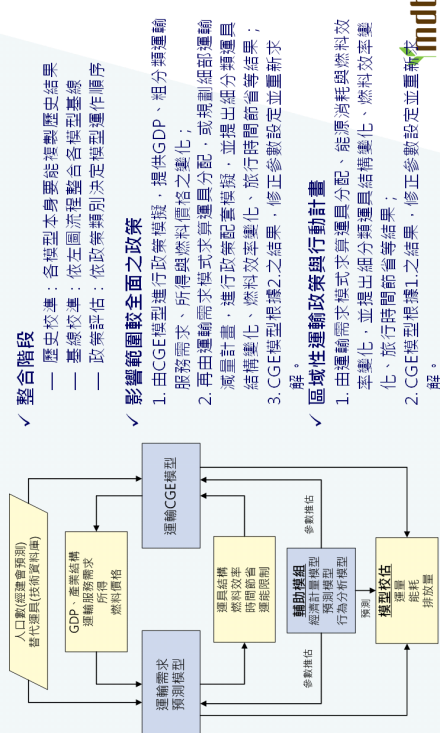
長處	缺失	解決方式
<p>1. 可呈現運輸部門與其他產業部門、家計部門、能源部門、甚至國家公共建設之間的關聯。評估部門間相互影響。</p> <p>2. 以求真實與效用極大下之均衡能源價格、能源需求、運輸服務需求、以及經濟相關數據。</p> <p>3. 可求取成本有效下之減量目標。</p>	<p>因含納經濟體系眾多部門，故以總體性(aggregate)或由上而下(top-down)方式描述運輸部門內各運具或運輸模式。</p>	<p>1. 與bottom-up模式整合。</p> <p>2. 資料可及下，盡量細分運具或運輸模式，並將各運具特性直接建構在CGE中。</p>
<p>運輸需求預測模式</p>	<p>1. 無法考慮與其他部門之交互影響。</p> <p>2. 需要大量時間、經費、與人力蒐集或推估相關資料。</p> <p>3. 以由下而上(bottom-up)方式計算的運量、能耗與排放，常與總量不符。</p>	<p>整合top-down模型，以總體模型提供的總量作控制，做為運輸部門的總量目標。</p>

2010/12/21

運輸部門運量評估模型成果交流

13

整合模型架構



2010/12/21

運輸部門運量評估模型成果交流

15

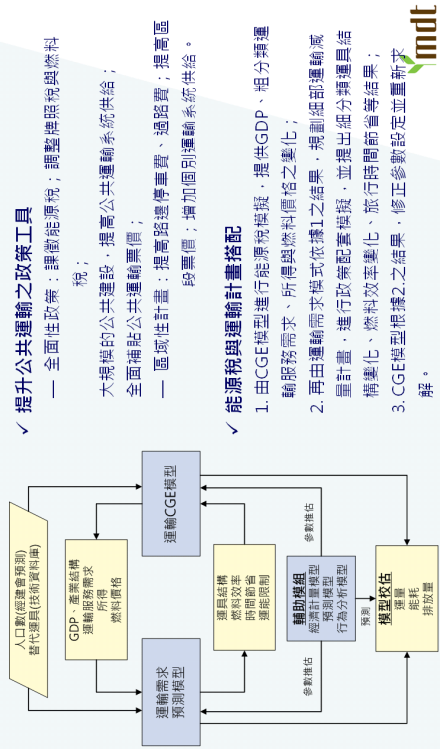
政策評估架構與關聯

2010/12/21

運輸部門運量評估模型成果交流

14

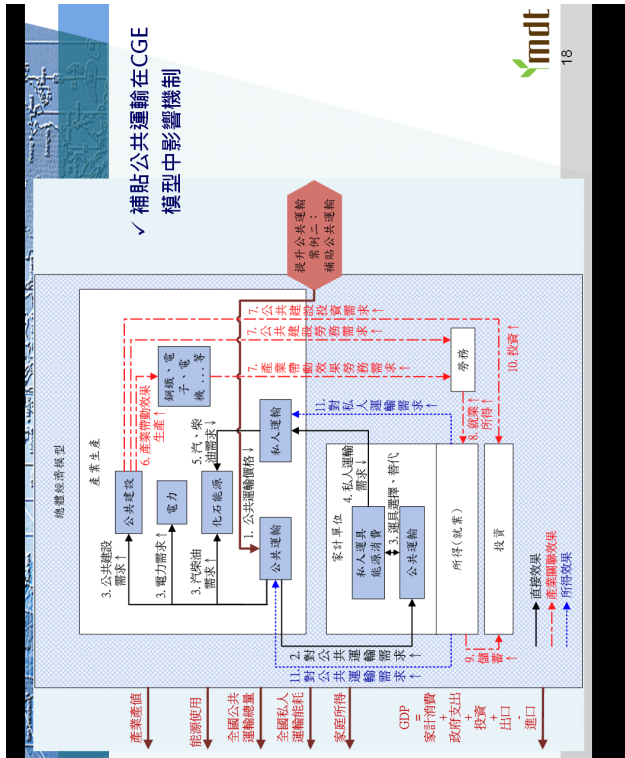
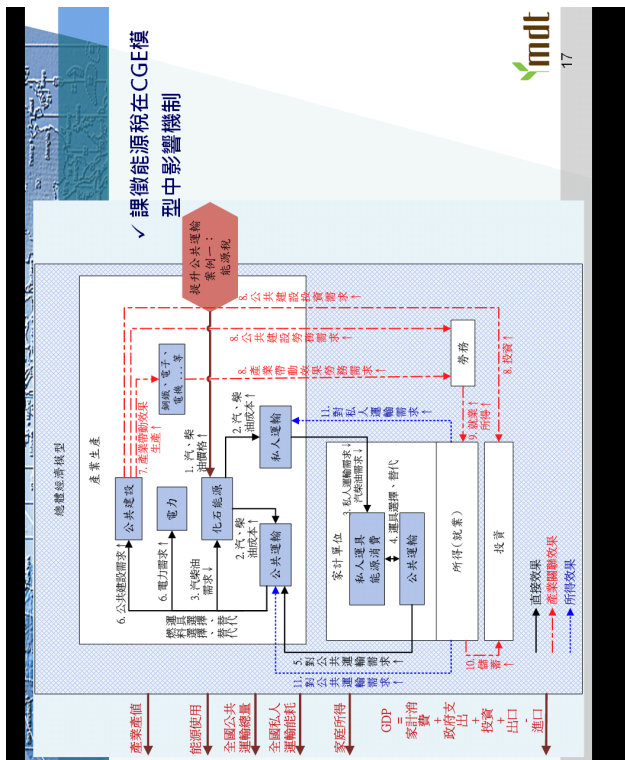
整合模型評估流程：以提升公共運輸30%為例



2010/12/21

運輸部門運量評估模型成果交流

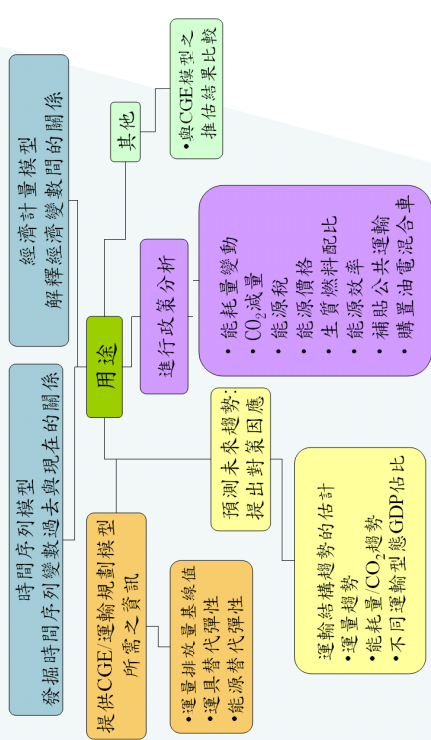
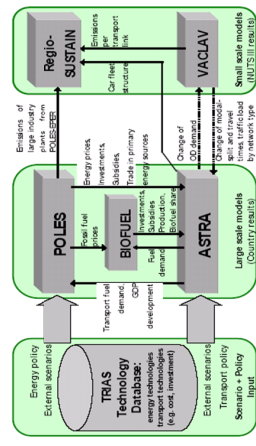
16



整合模型的運具與能源技術

- 短期：參考TRIAS，建立技術資料庫，做為模型評估之給定條件，為外生設定

- 中期：彙整電通運具與燃料技術發展roadmap與成本資料，做為在模型中內生考慮技術學習效果與研發創新效果之基礎資料
- 長期：在模型中建立討論發生技術創新機制，以考量新型運具之數量與經濟貢獻

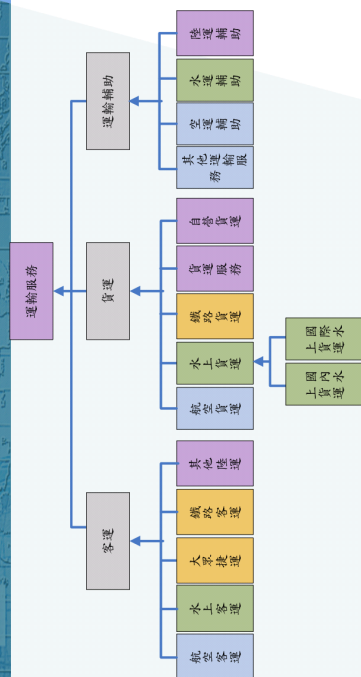


運輸CGE模型產業部門生產行為

$$\begin{aligned} & \sum_j \mathbf{P}_j \cdot \mathbf{M}_{j\beta} + P_{TR} \cdot TR_j + P_{\beta} \cdot E_i \\ & \min_{M_j, TR_j, E_i} \\ & s.t. \quad Q_i = \phi_i \left[\sum_j \left(\frac{M_{j\beta}}{a_{j\beta}} \right) + \delta_{TR,i} \left(\frac{TR_j}{a_{TR,i}} \right) + \delta_{E,i} \left(\frac{E_i}{a_{E,i}} \right) \right] \\ & \quad Q_i \leq \overline{Q}_i \end{aligned}$$

- ✓ 生產成本最小
 - 生產成本包含原物料成本、運輸成本、能源成本；
- ✓ 生產技術限制
 - 以生產函數代表技術水準，說明生產投入與產出的關係；
 - 生產投入包括各項原物料、中間商品、各種運輸服務、各種能源等；
 - ϕ 為規模參數，代表各項投入對產量的總合貢獻；
 - a_{ij} 為技術參數，代表個別投入(如能源)對產量的貢獻，當燃料效率提升，此參數隨之修正；
- ✓ 產能限制
 - 2016年12月產能限制為無，自2017年起產能限制為燃料耗量提升。

中期CGE模型運輸服務架構

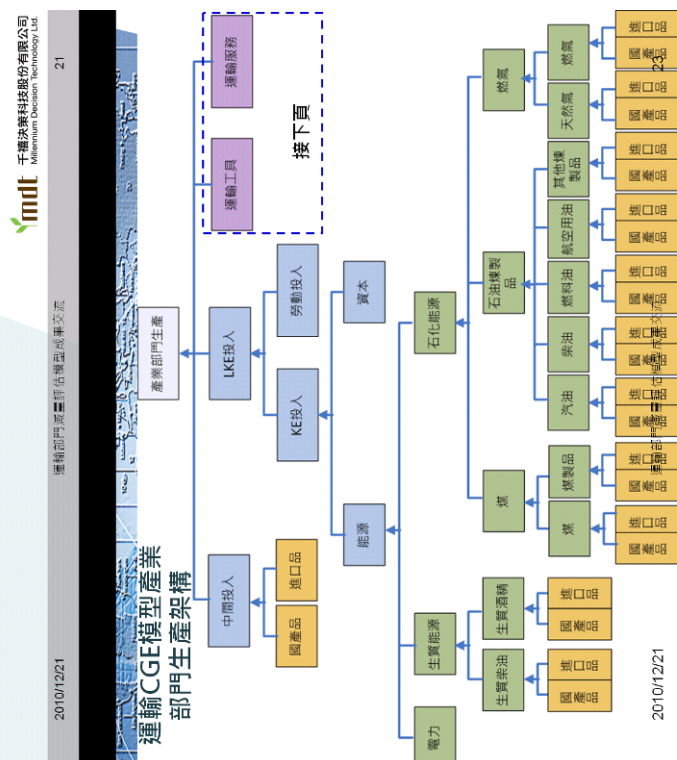
[illegible]

2010/12/21

2010/12/21

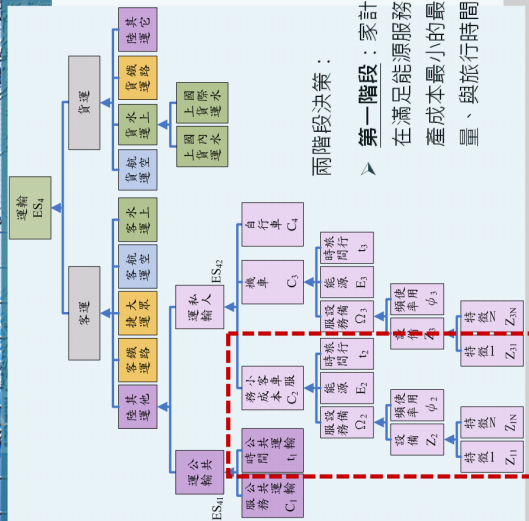
24

標準模型輸出CGE



2010/12/21

第一階段

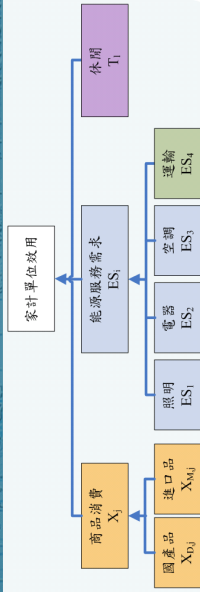


29

運輸需求預測模型架構

31

運輸CGE模型家計部門消費行為：第二階段



2010/12/21

運輸部門能量評估模型政策交流

30

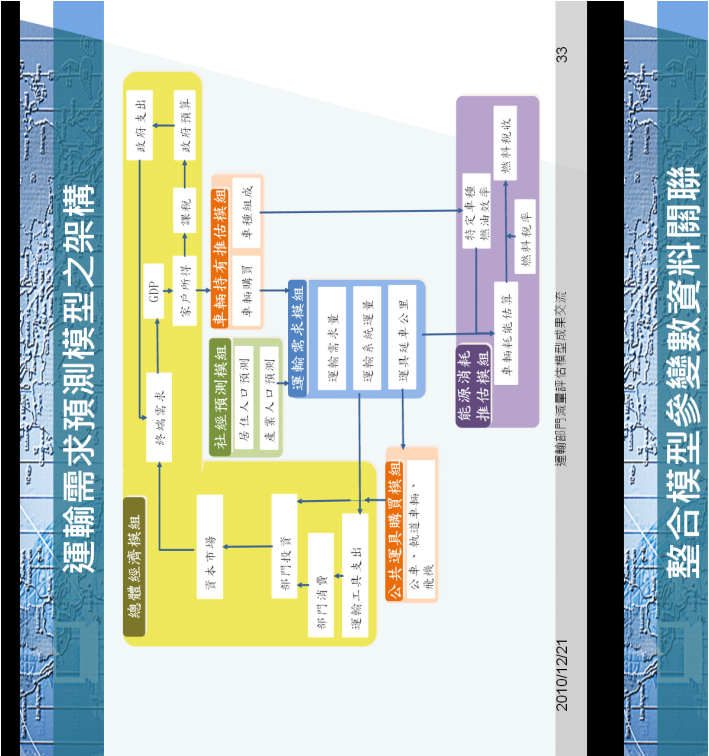
運輸需求預測模型之定位與功能

- 承接總體經濟模型總量預測資料，進行運輸部門整體客貨運需求量預測。
- 具備巨觀行為分析功能，分析運輸路網、運輸成本、運具持有成本下各運具運輸需求量
- 具備反映未來政策影響的分析功能，如碳稅、低碳運具補貼等。
- 鏈結能源消耗模型，推估不同政策情境及能源科技演進的運輸能源使用量。
- 推估政策情境下之各運具運輸需求，反饋至總體經濟模型。
- 探討在能源經濟政策情境下與目標減量下，總體運輸政策之因應。

2010/12/21

運輸部門能量評估模型政策交流

32



整合模型資料結構與資訊平台連結

運輸CGE模型的整體資料結構

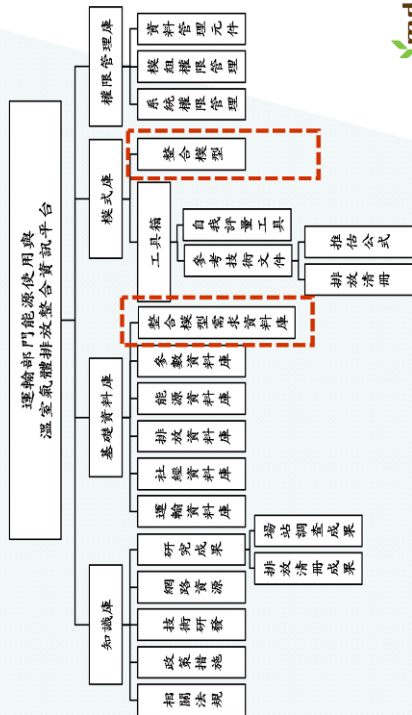
SAM	Industries			Factors			Household	Total
	I ₁	...	Transport	I _n	Capital	Labor		
I ₁	2	1	5				15	23
...	1						35	36
Transport			2				5	7
I _n			2					2
Capital	5	20						25
Labor	15	15						30
Household				25	25			50
2010 Total	23	36		25	25		55	36

運輸部門高量評估模型成果交流

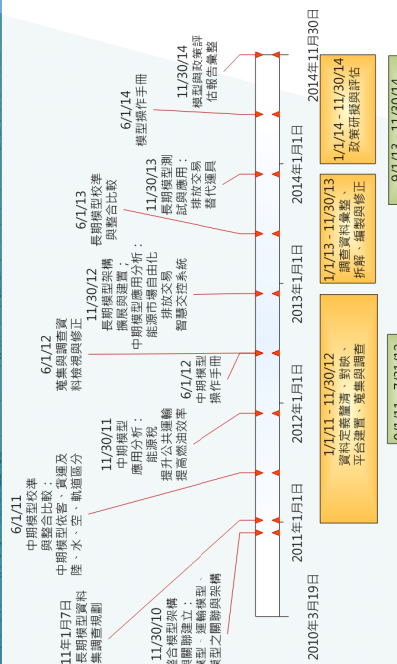
2010/12/21

34

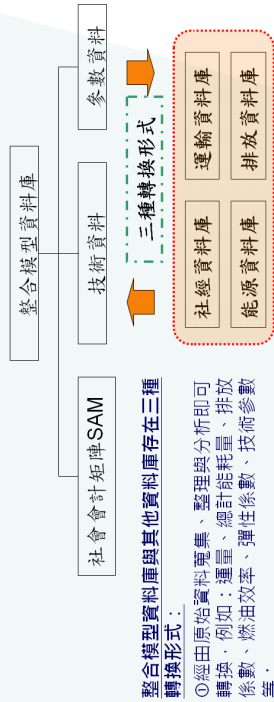
整合資訊平台架構圖



整合模型建構流程與時間規劃



整合資訊平台資料庫與整合模型資料庫之關係



整合模型資料庫與其他資料庫存在三種轉換形式：

- ①經由原始資料蒐集、整理與分析即可轉換，例如：運輸、總計能消耗量、排放係數、燃油效率、彈性係數、技術參數等；
- ②必須經由計算或建立輔助模型推估即可轉換，例如：細分類能消耗量推估、排放量推估、既有研究成果或文獻無法提供之參數或技術學習曲線等；
- ③輸出入變數之間的轉換(校估或模擬過程的一致性檢定)，例如：社會變數、能源價格、運輸服務價格、運量、能消耗量、排放量(總計量與細分量)

議題分析與應用：運輸部門減量目標訂定方式

國家減量目標

「國家節能減碳總計畫」(2010.04.08行政院院會)：

■ 節能目標：

未來8年每年提高能源效率2%以上

能源密集度於2015年較2005年下降20%以上

藉由技術突破及配套措施，於2050年下降50%以上；

■ 減碳目標：

全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量

於2025年回到2000年排放量。



2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

41

世界各國核配方法

國別	部門分配考量因子	其他
德國	2000-2002部門歷史排放量	均一性之遵行因子 ：0.9709
奧地利	1. 1998-2001部門歷史排放量 2. 部門成長因子 (依據WFO-KWI研究或1.051) 3. 部門減碳潛力因子	工業部門均一性之 遵行因子：0.978
希臘	1. 2000-2003部門歷史排放量 2. 部門成長因子	保留已知、未知之 新排放量後再計 算遵行因子向下分 配
荷蘭	1. 2001-2002部門歷史排放量 2. 部門成長因子 (區分至次部門) 3. 效率因子 (參考技術與燃料標準值)	均一性之遵行因 子：0.97

資料來源：李堅明(2010)、工研院(2010)。

註1：遵行因子為平衡部門總管制量等於部門總核配量，抑或達成目標比例；

註2：成長因子為以板型與產業調查評估之遵行期間成長率。



2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

43

國內當前部門減量責任分配倡議

■ 僅討論2020年核配置。

■ 國家削減量扣除能源部門各項策略(包含天然氣與再生能源發展目標、核能、發電效率提升、碳匯與破權經營)之減量後，餘額再分配給工業、運輸、及住宅與服務業等三大部門。

(i) 依三大部門2006年至2008年**平均歷史排放量**計算部門分配比例，以分擔2020年**國家削減量**餘額。

(ii) 依2020年**基準排放量**計算三大部門分配比例，以分擔2020年**國家削減量**餘額。

(iii) 將2020年依歷史排放量分配之部門減量額，與依基準排放量分配之部門減量額，以0.5與0.5之權數加權計算三大部門分配減量額。



2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

42

我國國家減量目標的問題

■ 國家減量潛力未經評估

「至2020年較基準線減排30%」之目標，是否符合台灣最佳利益？經濟所要付出之代價與承受能力？台灣總體減量潛力為何？

■ 最適排放路徑尚未確立

假設當前的減量目標已是國家最適的排放水準，則如何由目前的排放量往目標年之減量目標邁進？



2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

44

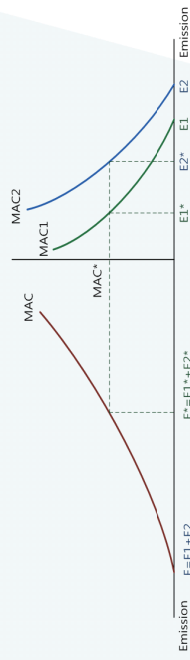
我國部門核配方式之疑慮

- 等比例分配部門減量無法滿足成本有效性
- 能源部門不應事先排除
- 核配國家削減量無法確保目標達成
- 以歷史排放量核配易鼓勵提高現有排放水準
- 部門許可排放量分配必須在一致的基礎下評估

運輸部門減量責任分配計算過程

- 基準情境設定
 - 產生基線
 - 推估各部門減量成本曲線
- 利用TAIGEM-III模型模擬不同管制總量限制下所須付出之影子價格來計算減量成本。模擬範圍在管制總量為基線之60%至99%之間，對應的邊際減量成本則為每公噸CO₂約在100元到5,400元之間。
- 求得運輸部門許可排放量與減量所佔比重
- 在相同的邊際減量成本下，求得運輸部門許可排放水準，並據以計算佔國家管制總量之比重。

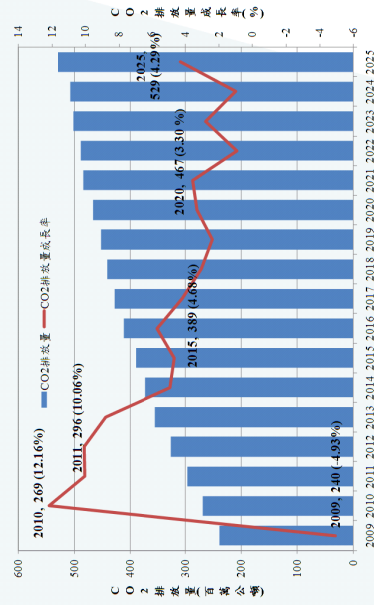
成本有效之核配方式



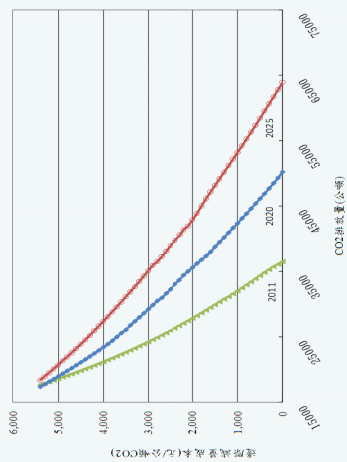
將減量水準表示的MAC轉換為以排放量表示的MAC；MAC₁與MAC₂分別代表兩部門之邊際減量成本，為排放量之遞減函數；E₁與E₂兩部門為減量前之排放量；E為國家減量前之排放量。E₁*與E₂*為兩部門之最適排放量，此即成本有效之核配排放量，需分別減量A₁與A₂。

基線校估

➤ 基線-CO₂



運輸服務部門減量成本曲線



資料來源：本研究整理。
註：此處所指運輸部門為運輸服務業者，未包含私人運輸。

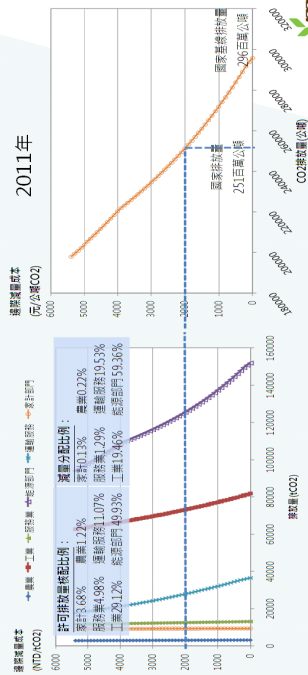
2010/12/21

運輸部門減量評估台模型成果交流

49

運輸服務部門減量責任分配方式(1/3)

- 排放量核配與減量核配並不一致，以部門排放量比重分配國家削減總量而非國家排放管制總量，可能產生謬誤
- 家計與農業部門減量潛力相對薄弱



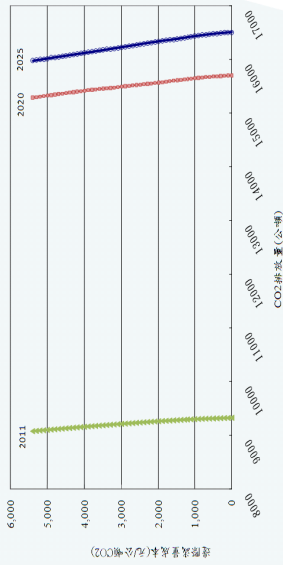
資料來源：本研究整理。

2010/12/21

運輸部門減量評估台模型成果交流

51

家計部門減量成本曲線



資料來源：本研究整理。

註：農業、工業、服務業、運輸部門、家計部門因電力消費所產生之排放量，仍歸屬能源部門。故在此家計部門排放主要來源為汽、柴油使用之排放量。

相對於運輸部門，家計單位之私人運輸減量潛力之成長，非常有限。

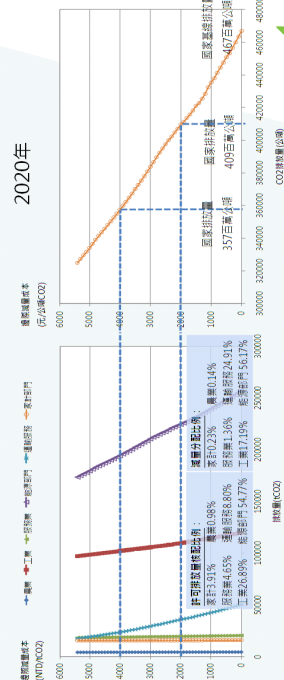
2010/12/21

運輸部門減量評估台模型成果交流

50

運輸服務部門減量責任分配方式(2/3)

- 2020年能源部門許可排放量比例將提高，工業與運輸服務則較2011年下降
- 應考慮部門減量潛力隨時間之變化



資料來源：本研究整理。

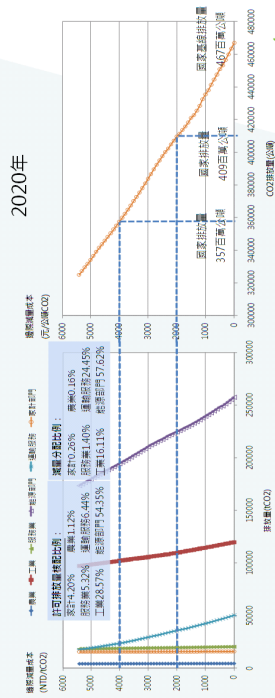
2010/12/21

運輸部門減量評估台模型成果交流

52

運輸服務部門減量責任分配方式(3/3)

- 若國家減量目標隨時間而日趨嚴格(2020年目標降為357百萬公噸)，運輸服務與能源部門許可排放量比重將較低目標時下降，但運輸部門之減量比例並未因此而增加



資料來源：本研究整理。

2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

53

後續研究

- 重新檢視國家承諾之減量目標，須經完整影響評估而後定；
- 評估國家最適排放或減量路徑，須考量不同發展目標進行系統性分析；
- 部門許可排放量分配與削減減量分配不同，在成本有效之前提下不應混淆；
- 邊際減量成本函數為成本有效核配之重要依據，必須進一步改善推估方法；
- 邊際減量成本函數受到減量目標、基準情境、技術變化、產業發展趨勢等條件之影響，未來可透過情境設計與模擬，提出在不同發展條件下之適當核配方法。

2010/12/21

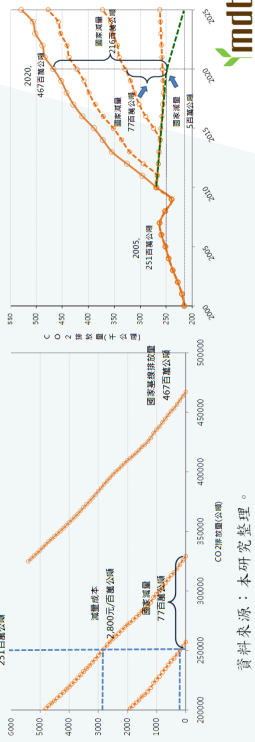
運輸部門減量評估模型成果交流

55

滾動式管理、動態基線與減量責任

- 若2011-2020年間未從事任何減量努力，則2020當年為達國家目標，應減216百萬公噸，減量成本非常高；
- 若2011-2014年間依循國家排放路徑減量(假設國家路徑為線性)，則至2020當年國家減量降為77百萬公噸，此時減量成本減為每公噸2,800元。

國家最適路徑應先行確立，基線需要動態調整，各部門減量成果須滾動式管理。



資料來源：本研究整理。

2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

54

敬請指教

mdt

2010/12/21

運輸部門減量評估模型成果交流

56

運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立



成果交流研討會

主題2：運輸需求預測模型架構與減量議題評估

報告人 鍾慧諭

2010/12/21

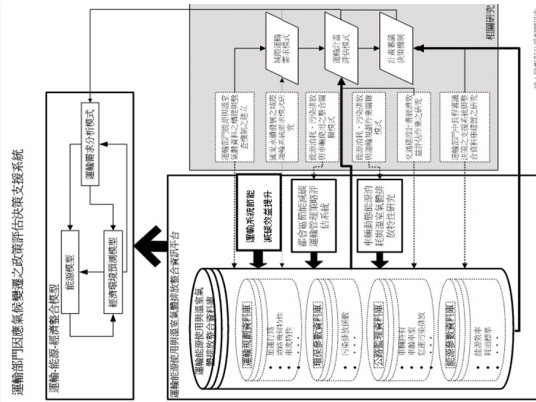
1

國內外運輸模型在溫室氣體議題之發展與應用

- ❖ 運輸部門能源使用與溫室氣體排放決策支援系統建置計畫
 - 車輛動態能源消耗與溫室氣體排放特性
 - 都會區節能減碳運輸管理策略評估系統
 - 運輸系統節能減碳協議提升
 - 能源與溫室氣體資料建置與稽查機制
 - 城際運輸需求模型
 - 中長期計畫決策支援系統

2010/12/21

註：機車部分資料闕如



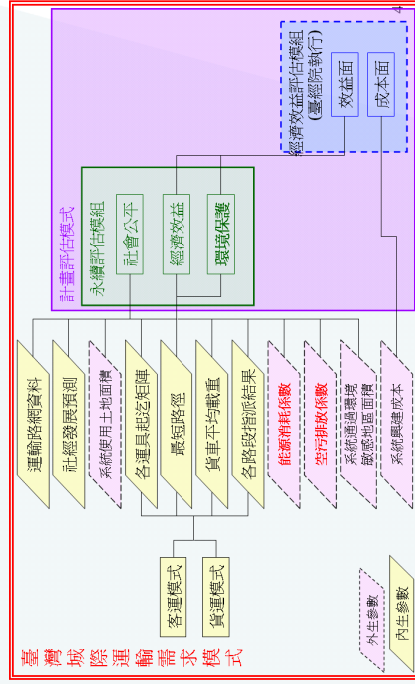
簡報大綱

- 國內外運輸模型在溫室氣體議題之發展與應用
- 運輸需求模型在整合模型中的角色
- 運輸需求模型架構規劃

2 / 20

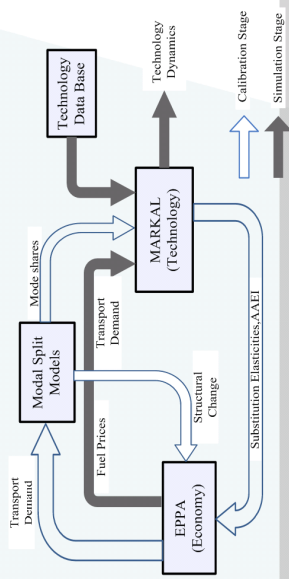
2

國內外運輸模型在溫室氣體議題之發展與應用



國內外運輸模型在溫室氣體議題之發展與應用

- ❖ 經濟、能源部門發展之運輸3E整合模型 (EPPA-MARKAL)
 - 以Modal Split代表運輸部門，連結經濟與技術發展模型
 - 運輸部門合併為單一類，未能區分運具發展、管理策略影響
 - 無法描述運輸行為在空間與時間分布



2010/10/11

5

運輸需求模型在整合模型的角色

❖ 運輸需求模型建置目的

- 分析社經發展衍生的運輸需求
- 透過各運具路網、服務特性，預測未來各運具運輸需求
- 藉以分析政策的影響、運輸計畫的必要性、運輸建設規模、不同建設方案的影響等，以提供決策者參考。
- 傳統運輸模型僅探討運輸相關課題，隨著社會多元化與環保意識覺醒，運輸規劃也逐漸整合土地使用與空污、溫室氣體排放等因子

2010/10/11

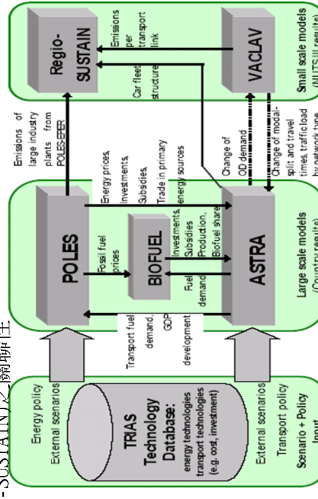
運輸部門測量評估模型第二次專家座談

7

國內外運輸模型在溫室氣體議題之發展與應用

❖ 歐盟運輸部門整合模型

- 能源車輛科技情境探討
- 建立生產能源、燃料電池技術、成本與投資相關資料庫
- 建立能源模式與總體交通經濟模式 (ASTRA) 之關聯性
- 建立總體交通經濟模式 (ASTRA) 與運輸規劃模式 (VACLAV) 與環境分析模式 (Regio-SUSTAIN) 之關聯性



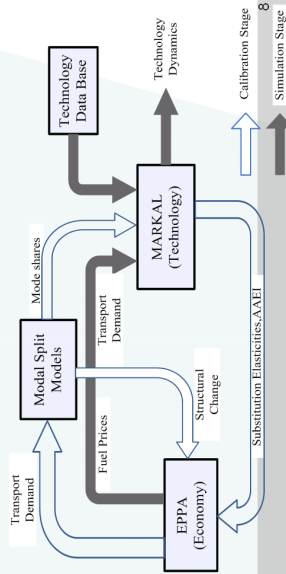
2010/10/21

8

運輸需求模型在整合模型的角色

❖ 整合模型對運輸部門的資料需求

- 各運輸系統需求/服務量-運具分配率
- 提供各運具使用量，供能源模型依據技術效率及燃料效率，估算能源消耗，並推導出最適情境方案
- 提供運量分配率，估算能源需求及車隊規模，進一步估算運輸部門消費



2010/10/21

8

運輸需求模型在整合模型的角色

- ❖ 運輸需求模型功能界定
 - 承接總體經濟模型總量預測資料，進行運輸部門整體客貨運輸需求預測
 - 具備巨觀行為分析功能，分析運輸路網、運輸成本、運具持有成本下各運具運輸需求
 - 具備反映未來政策影響的分析功能，如碳稅、低碳運具補貼等
 - 鏈結能源消耗模型，推估不同政策情境及能源科技演進的運輸能源使用量
 - 推估政策情境下之各運具運輸需求，反饋至總體經濟模型
 - 探討在能源政策目標下，總體運輸政策之因應

2010/12/21

運輸部門運輸評估模型第二次專家座談

9

整合能源、經濟與運輸模型之課題

- ❖ 建立數學模型或是空間模型
 - 數學模型簡易，但政策分析不敏感
 - 空間模型操作複雜，易與既有運輸需求模型整合
- 以數學模型描述區內旅次 (intra-zone trips)
維持空間模型，輸出數學模型所需資料
- ❖ 整合城際與都會區運輸需求模型
 - 城際模型：全臺單一模型，空間分析單元為鄉鎮
 - 都會區模型：全臺18個模型，空間分析單元為村里組成的交通分區

維持空間模型
建立每一個距離區間的運具轉換函

2010/12/21

11

運輸需求模型架構規劃

- ❖ 整合能源、經濟與運輸模型之課題
- ❖ 整合模型架構
- ❖ 建構模型資料需求及來源

2010/12/21

運輸部門運輸評估模型第二次專家座談

10

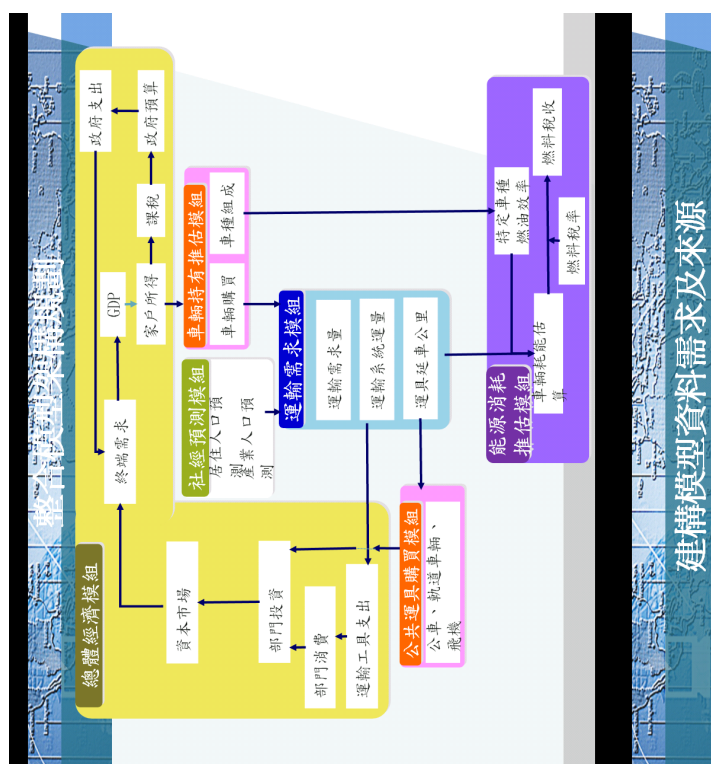
整合能源、經濟與運輸模型之課題

- ❖ 兼顧總體政策與運輸計畫評估功能
 - 能源經濟模型
 - 反應總體面政策，且能源經濟體系過於複雜，運輸部門以外生變數方式處理，無法分析運輸部門政策或行動計畫
 - 與運輸部門引用的社經總量不一致，分析基礎有落差
 - 運輸需求模型
 - 無法反應市場需求面變化對油價、經濟面變化
 - 無法就經濟面角度評估衝擊較小之運輸政策

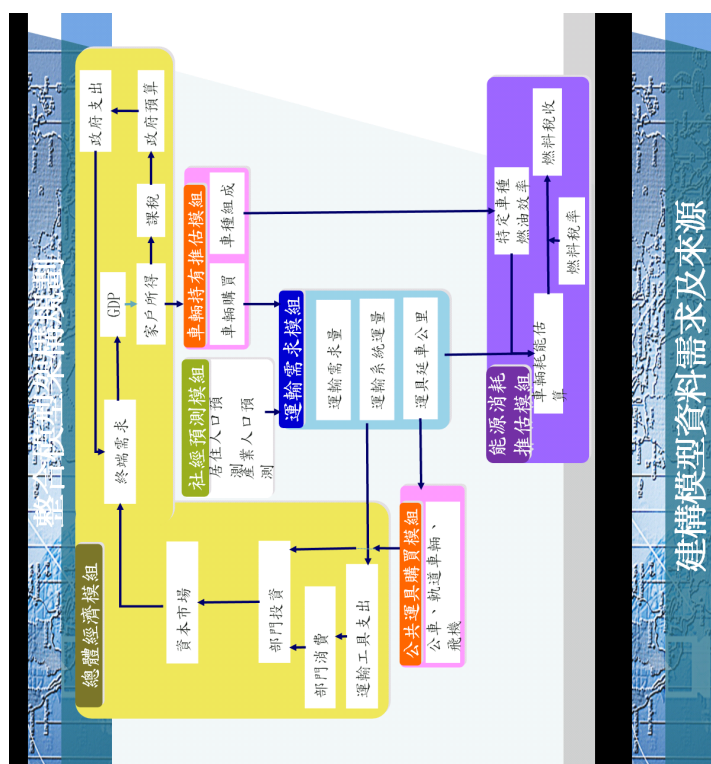
維持運輸需求模型之計畫評估功能
延伸發展與總體模型銜接之子模組

2010/12/21

12



建構模型資料需求及來源



◆ 現階段需求資料取得現況

- 運輸部門的運輸系統繁多，各系統延車公里尚未有完整的統計
- 僅有公共運輸依據車班次及行駛里程估算延車公里
- 小客車、機車及貨車延車公里資料缺乏，過去整合模型使用資料均由既有運輸需求預測模型推估

建構模型資料需求及來源

❖ 延車公里基礎資料未建置完成前的資料應用

- 都會區公車及公路客運
 - 由既有資料估算平均行駛里程，再依車輛數估算總行駛里程
- 小客車及機車
 - 利用營建署建立的18個生活圈運輸需求模型彙整之
 - 利用環保署抽樣調查資料進行推估
- 貨車
 - 利用交通部統計處之汽車貨運調查，彙整各車種平均行駛里程，再依據車輛數，估算總行駛里程

2010/12/21

運輸部門運輸計畫模型第二次專家座談

17

簡報結束 敬請指教

2010/12/21

18

附錄 8

第十六屆締約國會議（COP16）暨京都議定書 生效第六屆締約國大會(CMP6) 出國報告書



聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC） 第十六屆締約國會議（COP16）暨京都議 定書生效第六屆締約國大會(CMP6) 出國報告

（參加會議期間：2010 年 11 月 29 日~12 月 10 日）



李堅明

交通部運輸研究所

民 國 九 十 九 年 十 二 月 二 十 四 日

目 錄

壹、會議資訊.....	附錄 8-1
貳、參加人員名單與團務規劃.....	附錄 8-5
參、公約議題趨勢觀察.....	附錄 8-42
肆、周邊會議資訊分析.....	附錄 8-50
伍、結論建議.....	附錄 8-75
陸、參考文獻	附錄 8-78

壹、會議資訊

一、會議時間

民國九十九年十一月二十九日（星期一）至民國九十九年十二月十日（星期五）

二、會議地點

墨西哥坎昆(Cancun)舉行。



三、第十六屆締約國會議議程

本次會議同時是 UNFCCC 生效十六週年(COP16)與京都議定書生效第六屆會議(CMP6)，主要的會期的安排包括：附屬機構會議、主席團會議、部長級會議、締約國全體會議、聯合國機構、計畫署、特別機構、及相關組織、政府與非政府組織聲明或發言。

本次會議議程分別就締約國全體會議、附屬履行機構會議、附屬科技機構會議等三項說明如下：

(一) 第 16 屆締約國會議(COP16)全體會議議程

1. 會議開幕

(a) 第 15 屆締約國會議主席致詞

(b) 選舉第 16 屆締約國會議主席

(c) 主席發言

(d) 致歡迎詞

(e) 執行秘書發言

2. 組織事項

(a) 《公約》和《京都議定書》的批准現況

(b) 通過議事規則

(c) 通過議程

(d) 選舉主席以外的主席團成員

(e) 接納相關組織為觀察員

(f) 工作安排（含兩附屬機構會議）

(g) 第 17 屆締約國會議的日期和地點與《公約》機構會議行事曆：COP17
預期於 2010 年 12 初在南非舉行

(h) 通過全權證書審查報告

3. 附屬機構的報告及其中的決議和結論：減緩氣候變遷之科學、科技與社會經濟觀點

(a) 第 33 屆附屬科學技術諮詢機構(SBSTA)報告

(b) 第 33 屆附屬履行機構(SBI)報告

(C) 第 6 屆特設工作小組-長期合作協議(AWG-LCA)

(D) 第 8 屆特設工作小組-長期合作協議(AWG-KP)

4. 審查承諾的履行情況和《公約》其他規定的執行情況：促進長期合作行動的報告

(a) 具永續性的承諾目標

(b) 調適行動的描述

(c) 科技發展潛力的全面性瞭解

(d) 市場基礎機會的全面性瞭解

5. 第 33 屆 SBSTA 會議議程

6. 承諾執行的評鑑

公約財務機制：參考第 33 屆 SBI 會議議程

(a) 國家通訊：附件一與非附件一國家通訊

(b) 技術移轉的發展

(c) 公約下的能力建構

(d) 執行公約第四條第八與第九款

(i) 執行布宜諾斯艾利斯之調適與回應措施計畫(decision 1/ CP.10)

(ii) 低度開發國家的相關事宜

7. 開發中國家毀林之排放減量議題：激勵行動分析

8. 公約第四條第二款(a)、(b)適宜性的第二次評鑑

9. 行政、財務與制度事務

(a) 2009~2010 兩年期方案預算執行情況

(b) 2011~2012 兩年期預算規劃

(c) 祕書處功能與運作的持續評鑑

10. 高階層(部長)會議

11. 觀察員組織的發言

12. 其他事項

13. 會議閉幕

(a) 通過第 16 屆會議報告

(b) 會議閉幕

四、聯合國氣候變化綱要公約第十六屆締約國會議及第三十三屆附屬機構會議日程安排

11 月 29 日 星期一	11 月 30 日 星期二	12 月 1 日 星期三	12 月 2 日 星期四	12 月 3 日 星期五	12 月 4 日 星期六
<ul style="list-style-type: none"> ■ 公約第 16 屆締約國會議開幕 ■ 議定書第 6 屆締約國會議開幕 ■ AWG-LCA(特設工作小組開幕)：SBI(科技諮詢機構) ■ AWG-KP：SBSTA(屆附屬機構會議) 	SBSTA 33、SBI 33 及 AWG6 會議	<ol style="list-style-type: none"> 1. 公約第 15 屆締約國會議(COP15) 2. 第 6 次締約國會議(CMP6) 3. AWG-LCA 工作討論會 4. AWG-KP 工作討論會 	非正式團體會議 科技諮詢機構與履行機構第 33 屆會議、特設工作小組非正式 公約締約國第 16 屆與議定書第 6 屆非正式會議 AWG-KP 工作會	公約締約國第 16 屆會議與議定書第 6 屆會議 非正式團體會議	非正式團體會議
12 月 6 日 星期一	12 月 7 日 星期二	12 月 8 日 星期三	12 月 9 日 星期四	12 月 10 日 星期五	12 月 11 日 星期六
非正式團體會議	非正式團體會議 <ol style="list-style-type: none"> 1. AWG-LCA 工作討論會(閉門會議) 2. AWG-KP 工作討論會(閉門會議) 	COP16 及 CMP6 高級部長會議 SBI, SBSTA, AWG-KP, AWG-LCA 閉幕 各國立場發言		公約第 16 屆締約國會議：通過決議和結論議定書第 6 屆締約國會議決議與閉幕 高級部長會議開幕	

貳、參加人員名單與團務規劃

一、聯合國氣候變化綱要公約第十六次締約國大會參與名單

本次我國參與 COP16/CMP6 代表團，由行政院環保署邱文彥副署長帶領包括產、官、學、及非政府組織等，合計超過 50 人參與盛會。與會代表團名單如下：

部 門	單 位	職 稱	姓 名
政府部門	行政院環境保護署	副署長	邱文彥
	行政院環境保護署	副處長	簡慧貞
	行政院環境保護署	科員	吳奕霖
	國安會	秘書	王文娟
	經濟部能源局	科長	吳科長
	經濟建設委員會	組長	王金凱
	經濟部工業局	科長	陳良棟
產業界 及學術 研究單 位	台灣永續能源基金會	董事長	簡又新
	清大科法所	教授	范建得
	台灣科技大學化工所	教授	顧 洋
	台北大學資源所	助理教授	李堅明
	台灣大學政治系	助理教授	林子倫
	台灣中油公司	處長	廖處長
	台灣電力公司	副處長	李建平
	環科公司	協理	余志達
	永智顧問公司	總經理	石信智
	工研院能資所	曲新生副院長、楊日昌顧問、胡文正研究員、盧裕倉研究員、及馬仲立研究員	

四、COP16/CMP6 日程活動規劃

COP16/CMP6 日程活動規劃				說明
1. 代表團成員自行前往中正機場華航櫃檯等候辦理團體 Check-in。 2. 代表團抵達坎昆國際機場，入境後團員可在機場兌換當地貨幣，駐地代表前往接機〈請外交部協助辦理〉，前往坎昆旅館； 3. 辦理註冊，領取識別證。				全體團員
日期	時間	活動內容	周邊會議與會談	
星期一	07: 00-08: 30	早餐(旅館供應)	視實際狀況規劃	視實際狀況及 任務分工規劃
	08: 00-10: 00	由坎昆住宿處前往大會會場		
	10: 00-13: 00	締約國會議、SBSTA與SBI聯席會議		
星期五	13: 00-15: 00	午餐(自理)		
	15: 00-18: 00	締約國會議、SBSTA與SBI聯席會議		
	18: 30 ~	晚餐		
星期六 星期日	另排	SBSTA與SBI聯席會議/自由活動		
		休會 一日行程參訪／自由活動		
	12: 00 	1. 行李集中旅館大廳； 2. 團員各自辦理旅館結帳； 3.團員出發赴坎昆國際機場辦理登機； 4.搭乘班機返國。		

三、COP16/CMP6 周邊會議總覽表

今年周邊會議內容仍然相當豐富而多元，包括溫室氣體減排政策、毀林、調適政策與城市溫室氣體行動等。

Side Events

The Side Event programme for COP 16/CMP 6 contains more than 240 events focused on major issues in the Convention process. These will take place in Side Event Rooms at Hall C and D. Please consult the floor plan on page 66 for room locations.

For a breakdown of Side Events by theme, date, and organizer, please also see the [web schedule](#) on the UNFCCC website.

UNFCCC and related events

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 29 November 13:20-14:40 Águila	WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Ms. Renate Christ ipcc-sec@wmo.int +41 227 30820	Wetlands, HWP and Soil N2O: IPCC response to request from SBSTA In response to the invitation by SBSTA 32 the IPCC TFI held an expert meeting examining the current IPCC guidance on wetlands, HWP and Soil N2O, and to promote the emission factor database. This side event reports on that meetings and how we are developing the EFDB.
Monday, 29 November 13:20-14:40 Jaguar	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Kay Merce kmerce@unfccc.int +49 228 8151507	Experience and future directions for Kyoto's Joint Implementation mechanism: Question and answer session with the Joint Implementation Supervisory Committee (JISC) Progress with JI is mixed but there are clear routes forward. The JISC has reviewed the experience so far with JI and sought ways to maintain and possibly improve the role of JI in the post-2012 world. The JISC will present this work (see its report to CMP6) and answer questions.
Tuesday, 30 November 13:20-14:40 Jaguar	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Kay Merce kmerce@unfccc.int +49 228 8151507	CDM Executive Board: question and answer session The Executive Board of the CDM will report on its activities and answer questions from the audience.
Tuesday, 30 November 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. David Paterson dpaterson@unfccc.int +49 228 8151536	Full scale implementation of CC:iNET Launch of the full-scale implementation of the UNFCCC information network clearing house on Article 6 of the Convention - CC:iNet. The secretariat will present the full-scale implementation of CC:iNet, highlighting improvements and enhancements that have been implemented to make it fully functional, multilingual and more user-friendly.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Marcelo Jordan mjordan@unfccc.int +49 228 8151145	Climate finance portal Update on the progress of the finance portal for climate change, being developed by the UNFCCC secretariat. The event will also serve as the formal launch of the climate finance options platform, which is being developed by UNDP and the World Bank Group.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Paul Desanker pdesanker@unfccc.int +49 228 8151362	LEG/LDC experience with the NAPAs and the LDCF The LEG, LDC Parties and the UN agencies will share experiences on the NAPA process and on accessing the LDCF. A LEG publication on best practices and lessons learned with the NAPA will be presented.
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Mamey	WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Ms. Renate Christ ipcc-sec@wmo.int +41 227 30820	Update on IPCC activities Update on the IPCC special reports currently under preparation and an update on activities related to the AR5.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Ruta Bubniene rbubniene@unfccc.int +49 228 8151686	Progress in review of the fifth national communications of Annex I parties, review teams and parties perspectives Experience from the review of the fifth national communications of annex I parties will be presented from the perspectives of the review teams and parties.
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Lucy Waruingi lwaruingi@unfccc.int +49 228 8151340	Nairobi Framework: The way forward and facing new challenges To present an update of partners activities and collaborative efforts undertaken in 2010 and the way forward in terms of addressing new challenges. The NF partners will highlight the achievements and challenges in promoting CDM in developing countries.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Águila	Global Environment Facility (GEF) Mr. Robert Dixon rdixon1@thegef.org +1 202 4732340	From innovation to market transformation: the role of GEF in technology transfer The event highlights achievements in technology transfer supported by the GEF under the Poznan Strategic Program, and presents how GEF-5 (2010-14) promotes a broad portfolio of environmentally sound technologies to achieve GHG emissions at various stages of technology development cycle.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Jaguar	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Luis Davila ldavila@unfccc.int +49 228 8151137	Intergenerational inquiry The UNFCCC Executive Secretary, scientists, representatives of UN agencies, key negotiators from developed and developing countries and young people from around the world will discuss how their actions contribute to a collective solution to climate challenges, and what they see as important prerequisites for reaching an effective post-2012 agreement.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Rocio Lichte rlichte@unfccc.int +49 228 8151619	Updated information on emerging scientific findings and research outcomes In the context of the research dialogue held under the SBSTA in the context of decision 9/CP.11, SBSTA 32 invited regional and international climate change research programmes and organizations to provide updated information on emerging scientific findings and research outcomes at SBSTA 33.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Pitaya	Global Environment Facility (GEF) Ms. Marcia Levaggi mlevaggi@thegef.org +1 202 4736390	Adaptation fund: Accreditation process and project cycle The chair and the vice-chair of the Adaptation Fund Board, and the chair of the accreditation panel will make presentations on the accreditation process, as well as on the project cycle.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Verónica Colerio vcolerio@unfccc.int +49 228 8151027	Presentation of the CDM methodologies booklet The CDM methodologies booklet will be presented. This booklet will assist project proponents, potential project proponents and other stakeholders in the identification of methodologies that are suitable to their project activity and areas already covered by approved methodologies where they can develop CDM project activities.
Friday, 03 December 18:30-20:00 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Yolando Velasco yvelasco@unfccc.int +49 228 8151427	Outcomes of survey by the Consultative Group of Experts (CGE) on national communications from non-Annex I Parties The CGE will present the result of the survey it conducted on identification of technical problems and constraints affecting NAI Parties in the preparation of their national communications and assessment of capacity building needs.
Friday, 03 December 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Andrew Howard ahoward@unfccc.int +49 228 8151617	Contribution of CDM to technology and knowledge transfer and technology self reliance An updated analysis of the contribution of CDM to technology and knowledge transfer will be presented. A wider analysis scope, improved data and inclusion of many more CDM projects provides new perspectives on technology co-benefits of the CDM.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Saturday, 04 December 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Yolando Velasco yvelasco@unfccc.int +49 228 8151427	Latest submissions: National communications from NAI Parties The governments of Mexico, Republic of Korea and Uruguay will present highlights of their third and subsequent national communications to UNFCCC.
Saturday, 04 December 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Dominique Revet drevet@unfccc.int +49 228 8151334	UNFCCC Greenhouse Gas Inventory Software for non-Annex I Parties - Version 2.0 This new software facilitates the reporting of national GHG inventories for NAI Parties, through simplifying exchange of data between inventory compilers, and submission to the secretariat. It will also allow the import/export of data from other tools/software using Tier 2 methods.

The United Nations system delivering as one on implementation to address climate change

As a unique international mechanism with universal membership that combines convening power, normative work, standard-setting policy development and operational activities, the United Nations system in its entirety has embarked on an action-oriented and coordinated effort to support the international community in addressing the challenge of climate change.

United Nations system organizations have cooperated closely to establish a clear framework for action with targeted priority areas to achieve results on climate change action. Each agency contributes to this joint effort on the basis of its respective area of expertise, intergovernmental mandate and available resources. The overall objective is to maximize existing synergies, eliminate duplication and overlap, and optimize the impact of the collective efforts of the United Nations system in supporting countries implementing action to address climate change.

This breadth and unity of United Nations system activities is reflected in 19 Side Events at COP 16/CMP 6. The Side Events brings together a number of agencies under a thematic focus, all demonstrating how the United Nations system stands ready to support implementation action at global, regional, national and local levels, given the urgent need to accelerate action on adaptation and mitigation, including through technology transfer, finance and capacity-building.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 29 November 13:20-14:40 Mamey	Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) Ms. Jaime Webbe jaime.webbe@cbd.int +1 514 2878718	Launch of the Rio Conventions' ecosystems and climate change pavilion: enhancing synergies The side event will launch the Rio Conventions' ecosystems and climate change pavilion at the COP in order to enhance awareness raising and information sharing about the latest science and practice on the linkages between biodiversity, climate change and combating desertification/land degradation.
Tuesday, 30 November 13:20-14:40 Sandia	World Meteorological Organization (WMO), Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Ms. Carolin Richter crichter@wmo.int +41 79 7208092	Systematic climate observations for the UNFCCC Climate observations underpin virtually all of the work of the UNFCCC. This side event highlights progress in improving systematic observation and underscores the deficiencies that remain, as identified by the principal organizations responsible for facilitating improvements.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Jaguar	International Civil Aviation Organization (ICAO), International Maritime Organization (IMO) Ms. Jane Hupe jhupe@icao.int +1 514 9546363	Side event on emissions from international transport - global solutions for global industries First part of this side event will focus on the achievements of ICAO's 37th assembly and its recently adopted policy on aviation and climate change. The second part on IMO's extensive work on development of technical, operational and market-based reduction measures for international shipping.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Águila	United Nations Population Fund (UNFPA), IOM, UN Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UN ECLAC), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), United Nations Development Fund for Women (UNIFEM), United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), United Nations University (UNU), World Food Programme (WFP) Mr. Daniel Schensul schensul@unfpa.org +1 212 2975236	Displacement and migration: Examples of initiatives and activities to support resilience and adaptation This event will focus on national and sub-national level policy and programme implementation, including assistance in the development of policies on displacement and climate change; advocacy on displacement; and dissemination of tools that specifically target vulnerable communities such as refugees, internally displaced persons and migrants.
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Águila	United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) Ms. Seraphine Haeussling seraphine.haeussling@unep.org +33 1 44377615	Capacity development as a driver of low-emission, climate-resilient development The side event will present the UN's approach, experience and readiness to support capacity development to address climate change. Speakers will share practical examples and lessons learnt from areas such as adaptation, mitigation, REDD and finance, and discuss the one UN experience of capacity support.
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Jaguar	World Meteorological Organization (WMO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Nations University (UNU), World Food Programme (WFP) Mr. Avinash Tyagi atyagi@wmo.int +41 79 54207	Climate service for all Organized jointly by WMO, UNESCO and other UN partner agencies, the event showcases the progress in the development of the "Global Framework for Climate Services (GFCS)" which guides the development of climate services for all to adapt and mitigate climate change and for climate-risk management.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Mamey	United Nations Environment Programme (UNEP), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Development Programme (UNDP) Ms. Reem Ismail reem.ismail@un-redd.org +41 79 8439614	Delivering as One: Achievements and lessons learned from REDD+ readiness activities As countries' REDD+ readiness activities advance, it is vital to assess achievements and lessons learnt for future progress. FAO, UNDP and UNEP will convene with stakeholders to reflect on what the UN-REDD Programme's work has achieved to date and explore ways to build on this momentum.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Águila	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD), Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), World Food Programme (WFP) Mr. Reuben Sessa reuben.sessa@fao.org +39 340 8583070	Is climate-smart agriculture possible? Presentations by countries will showcase approaches to climate-smart agriculture - agriculture that sustainably increases productivity, resilience (adaptation), reduces/removes GHGs (mitigation), and enhances achievement of national food security and development goals.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Friday, 03 December 18:30-20:00 Águila	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), UN Communications Group, United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Children's Fund (UNICEF), World Meteorological Organization (WMO) Ms. Julia Heiss j.heiss@unesco.org +33 1 45681036	Understanding climate change: Success stories in raising climate awareness and education A showcase of inspiring case studies and success stories to demonstrate how awareness raising and education play an important role in mobilizing climate action and stimulate a discussion on how public awareness raising and education on climate can become even more effective.
Monday, 06 December 13:20-14:40 Pitaya	World Health Organization (WHO), International Labour Organization (ILO), Office High Commissioner for Human Rights/Centre for Human Rights (OHCHR), UNAIDS - Joint United Nations Programme on HIV and AIDS, United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), World Food Programme (WFP) Ms. Marina Maiero maierom@who.int +41 76 2350115	Improving resilience to protect human health and welfare from the adverse affects of climate change To highlight the public health and nutrition consequences of climate change and the role of social protection in adaptation and mitigation efforts. Recommendations on how the UN system could support the resilience processes of the most vulnerable population groups will be provided.
Monday, 06 December 18:30-20:00 Pitaya	World Health Organization (WHO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Labour Organization (ILO), International Telecommunication Union (ITU), Office High Commissioner for Human Rights/Centre for Human Rights (OHCHR), UNAIDS - Joint United Nations Programme on HIV and AIDS, United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Population Fund (UNFPA), United Nations Children's Fund (UNICEF), UN Women, World Food Programme (WFP), World Health Organization (WHO), World Bank Ms. Elena Villalobos villalobose@who.int +41 78 9279183	Inclusion of social dimensions in the development of climate change policies and programmes Recommendations on how the UN system can more effectively support member states to ensure that climate-related policies simultaneously provide better living conditions for society while contributing to poverty reduction and sustainable development, ensuring equitable low carbon development processes.
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Mamey	The United Nations System Ms. Katja Gregers Brock gregersbrock@un.org +1 646 207 9046	The United Nations System delivering as one on climate change: supporting implementation The United Nations Secretary-General, Chair of the United Nations Chief Executives Board, is hosting a high-level side event on addressing climate change as a means for countries to reach their development goals. Ministers and United Nations System leaders will have an open exchange to identify countries' needs and the role of the United Nations System in response to those needs.
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Mamey	World Intellectual Property Organization (WIPO), Global Environment Facility (GEF), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), World Bank, World Trade Organization (WTO) Mr. Joe Bradley joe.bradley@wipo.int +41 79 2480133	Supporting Successful Partnering in Technology Transfer This side event will explore experiences from developing countries in efforts undertaken by the UN system and industry to support developing countries in the transfer and diffusion of environmentally sound technologies and lessons learnt to support the development and work of the CTC and Network.






Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Sandia	United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Economic Commission for Africa (UN ECA), United Nations Economic Commission for Europe (UN ECE), United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UN ECLAC), United Nations Economic and Social, United Nations Environment Programme (UNEP), Commission for Asia and the Pacific (UN ESCAP), United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (UN ESCWA), United Nations Population Fund (UNFPA), United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), World Bank Mr. Raf Tuts raf.tuts@unhabitat.org +254 20 7623726	Cities and climate change: Enhancing mitigation and adaptation action Cities both contribute to climate change and are affected by its impacts. Recognizing the urgency to accelerate implementation at the local level, the event will highlight the variety of approaches and tools the United Nations system is using to support cities to act on mitigation and adaptation.
Thursday, 09 December 13:20-14:40 Águila	United Nations Development Programme (UNDP), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Development Fund for Women (UNIFEM), United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), World Food Programme (WFP) Ms. Itzá Castañeda itza.castaneda@undp.org.mx +521 55 16942931	Gender and climate change finance: Empowering women to lead in the new green economy This event will showcase gains in women's empowerment in climate change finance and the green economy, including new entrepreneurial ventures and advocacy strides in climate finance architecture, going beyond why it's important to empower women to a discussion of how it is being done.

Overall Side Event schedule¹

As part of the efforts to enhance the functions of Side Events and Exhibits, Side Events have been color-coded by the theme based on the association by the organizers. "Others" therefore include those who did not associate themselves with any of the themes.

Tagging the Side Events by the theme is also one of the proposals in the stakeholder engagement review that the secretariat internally undertook. We hope this helps you find the events of your interest more efficiently. If you have any feedback on this arrangement, please email us at: see@unfccc.int.

Category/Abbreviation

	Adaptation and related issues
	Mitigation and related issues
	Cross-cutting issues
	Others
	Cancelled by the Organizer

Make your presentations available to a global audience

An upload facility is available for all Side Event organizers in the online registration system, which is accessible through the personal account. Draft agendas may be posted in advance to inform potential participants. In order to share your presentation files with participants after your Side Event, you may upload the files using this facility and inform your participants to refer to this. Changes can be made by replacing or deleting the existing files. Please note that individual files should not exceed 4 MB, but you may upload as many slides as needed.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 29 November 13:20-14:40 Mamey	Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) Ms. Jaime Webbe jaime.webbe@cbd.int +1 514 2878718	Launch of the Rio Conventions' ecosystems and climate change pavilion: enhancing synergies The side event will launch the Rio Conventions' ecosystems and climate change pavilion at the COP in order to enhance awareness raising and information sharing about the latest science and practice on the linkages between biodiversity, climate change and combating desertification/land degradation.
Monday, 29 November 13:20-14:40 Pitaya	Japan Mr. Tomohiro Shimada climate.focal.point@mofa.go.jp +81 35 501849	Japan's policy and international cooperation on climate change Cooperation on clean technology and innovation, supporting MRV in Asia-Pacific region, JICA's experiences learned from development cooperation, contribution to the forest and carbon monitoring by satellites, ALOS and GOSAT, database and analysis of gap between efforts and finance about REDD+.
Monday, 29 November 13:20-14:40 Sandia	Norway Ms. Anne Havner aig@mfa.no +47 32 93222943	The missing link to success: Women in REDD Event on how a gender approach and women's empowerment are essential to a successful implementation of REDD initiatives.
Monday, 29 November 13:20-14:40 Mamey	WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Ms. Renate Christ ipcc-sec@wmo.int +41 227 30820	Wetlands, HWP and Soil N2O: IPCC response to request from SBSTA In response to the invitation by SBSTA 32 the IPCC TFI held an expert meeting examining the current IPCC guidance on wetlands, HWP and Soil N2O, and to promote the emission factor database. This side event reports on that meetings and how we are developing the EFDB.
Monday, 29 November 13:20-14:40 Jaguar	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Kay Merce kmerce@unfccc.int +49 228 8151507	Experience and future directions for Kyoto's Joint Implementation mechanism: Question and answer session with the Joint Implementation Supervisory Committee (JISC) Progress with JI is mixed but there are clear routes forward. The JISC has reviewed the experience so far with JI and sought ways to maintain and possibly improve the role of JI in the post-2012 world. The JISC will present this work (see its report to CMP6) and answer questions.
Tuesday, 30 November 13:20-14:40 Mamey	Costa Rica Mr. Alberto Chinchilla aurena@acicafo.org +506 506 22406274	Real input for climate change mitigation and adaptation: Central American community groups on REDD+ Raise awareness on different stakeholders about local communities' efforts on REDD+ activities, and facilitating a space for local communities' proposals on this issue, with a strong social justice, diversity, and multicultural component in Central American indigenous peoples' and farmers groups.
Tuesday, 30 November 13:20-14:40 Águila	Turkey Mr. Mustafa Sahin m_sahin4@yahoo.com +90 312 2076617	National climate change action plan of Turkey Turkey, considering her own special circumstances, is continuing to contribute to global action against climate change. The aim of the National Climate Change Action Plan is to tackle climate change by cutting greenhouse gas emissions and to build resilience through managing impacts of climate change.
Tuesday, 30 November 13:20-14:40 Sandia	World Meteorological Organization (WMO), Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) Ms. Carolin Richter crichter@wmo.int +41 79 7208092	Systematic climate observations for the UNFCCC Climate observations underpin virtually all of the work of the UNFCCC. This side event highlights progress in improving systematic observation and underscores the deficiencies that remain, as identified by the principal organizations responsible for facilitating improvements.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Tuesday, 30 November 16:45-18:15 Monarca	The Energy and Resources Institute (TERI) Mr. Sasanka Thilakasiri sasanka.thilakasiri@teri.res.in +91 11 24682100	National and international policy responses to the carbon budget approach: an Indian perspective Realizing future entitlements into actions, under different scenarios of equity based carbon budget, require pragmatic interplay of national and international responses. To enable this, a rethinking of policies, instruments and institutions is essential for an effective global climate regime.
Tuesday, 30 November 16:45-18:15 Mamey	Cooperation Center, Japan (OECC), Global Environment Centre Foundation (GEC), Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ) Mr. Satoshi Iemoto iemoto@oecc.or.jp +81 3 54720144	Supporting mitigation in developing countries -NAMAs/MRV, CDM reform, and Japan's initiative Establishing a low carbon society requires increased mitigation efforts both by developing and developed countries, strengthened cooperation, and enhanced international system. This event introduces Japan's recent efforts related to NAMAs/MRV and CDM reform in cooperation with developing countries.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Cacao	Project Developer Forum Ltd. (PD-Forum) Mr. Leo Perkowski leo.perkowski@pd-forum.net +1 321 4323081	Report card on CDM reform Representatives from CDM EB, UNFCCC, and DOE, DNA, PD Forums will review progress 1 year after release of 2/CMP 5 and McKinsey report. From their perspective, panelists will identify key issues which have been addressed/resolved and highlight those which continue to present a challenge.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Mamey	CARE International (CI), Ecuador Charles Ehrhart ehrhart@careclimatechange.org +1 415 5083684	Applying safeguards and enhancing co-benefits in Ecuador, and REDD+ Social & Environmental Standards Co-hosted by Government of Ecuador, CARE and CCBA, this event will provide an overview of progress and challenges in applying safeguards and enhancing multiple benefits in Ecuador's national REDD+ strategy and use of the REDD+ Social & Environmental Standards in Ecuador, and in Indonesia and Brazil.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Jaguar	International Civil Aviation Organization (ICAO), International Maritime Organization (IMO) Ms. Jane Hupe jhupe@icao.int +1 514 9546363	Side event on emissions from international transport - global solutions for global industries First part of this side event will focus on the achievements of ICAO's 37th assembly and its recently adopted policy on aviation and climate change. The second part on IMO's extensive work on development of technical, operational and market-based reduction measures for international shipping.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Águila	United Nations Population Fund (UNFPA), IOM, UN Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UN ECLAC), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), United Nations Development Fund for Women (UNIFEM), United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), United Nations University (UNU), World Food Programme (WFP) Mr. Daniel Schensul schensul@unfpa.org +1 212 2975236	Displacement and migration: Examples of initiatives and activities to support resilience and adaptation This event will focus on national and sub-national level policy and programme implementation, including assistance in the development of policies on displacement and climate change; advocacy on displacement; and dissemination of tools that specifically target vulnerable communities such as refugees, internally displaced persons and migrants.
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Marcelo Jordan mjordan@unfccc.int +49 228 8151145	Climate finance portal Update on the progress of the finance portal for climate change, being developed by the UNFCCC secretariat. The event will also serve as the formal launch of the climate finance options platform, which is being developed by UNDP and the World Bank Group.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Tuesday, 30 November 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Paul Desanker pdesanker@unfccc.int +49 228 8151362	LEG/LDC experience with the NAPAs and the LDCF The LEG, LDC Parties and the UN agencies will share experiences on the NAPA process and on accessing the LDCF. A LEG publication on best practices and lessons learned with the NAPA will be presented.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Cacao	International Air Transport Association (IATA) Mr. Andreas Hardeman hardemana@iata.org +41 22 7702062	Aviation bunker fuels At this side event, the aviation sector will be seeking a dialogue with governments and other interested stakeholders towards finding the most appropriate way forward for addressing aviation bunker fuel emissions and ways for presenting effective solutions for consideration at COP 16.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Águila	Centre for Community Economics and Development Consultants Society (CECOEDECON) Mr. Sharad Joshi sharad_jp1@sancharnet.in +91 141 2771488	Agriculture in the UNFCCC: Focusing on small holder farmers and food producers The session will focus on needs of small holders and producers CC negotiations with broader focus including critical inputs, links to trade, product pricing and policies that influence land use, state sovereignty, food security environmental integrity, social impacts.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Pitaya	University of Gothenburg (GU) Mr. Thomas Sterner thomas.sterner@economics.gu.se +46 708 163306	Attitudes and policy issues in the developing world Presentations from the centers that make up Environment for Development, as well as their supporting institutions (University of Gothenburg and Resources for the Future) cover farm level adaptation to climate change and attitudes about alternative burden sharing rules.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Jaguar	Pan African Climate Justice Alliance** (PACJA) Mr. Joseph Mwenda mwemithika@yahoo.com +20 254 4443627	State of play in negotiations: Equity and human rights in international climate change dialogue processes Building on past efforts to drive climate justice agenda in international dialogue processes, this event will facilitate an exchange of views between governments and civil society on ways to deliver equity and protect human rights in accordance with international law.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Monarca	Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA) Ms. Sandra Guzmán sandrag@cemda.org.mx +52 55 52863323	Mexico and Latinamerica: mitigation challenges and perspectives in strategic sectors. This event aims to analyze the mitigation challenges and perspectives that Mexico and Latin America face to promote changes in strategic sectors such as energy, transport and forestry.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Sandia	Friends of the Earth International (FOEI) Ms. Nina Ascoly nina@foei.org +31 20 6221369	Climate finance: The good, the bad and the ugly How far are we away from a just and equitable deal on climate finance? Panelists will look at principles, sources and governance for effectively financing developing country mitigation and repaying Annex I climate debt and at how far current commitments and proposals go towards achieving this.
Tuesday, 30 November 20:15-21:45 Mamey	Sustainable Amazonas Foundation (FAS) Ms. Thais Megid Pinto thais.megid@fas-amazonas.org +55 92 40098900	Policy lessons from REDD projects and new methodologies: VCS, FAS, CD, Terra Global and ADP Lessons from developing robust REDD methodologies and projects under VCS, and new initiatives to include REDD projects in regional and national accounting, can inform policy debate. On the ground work shows credible standards increase technical and political integrity, making REDD implementation real.
Wednesday, 01 December 11:30-13:00 Jaguar	Conservation International (CI) Ms. Jennifer McCullough jmcullough@conservation.org +703 341 2526	Blue Carbon: Valuing CO2 mitigation by coastal marine systems Coastal marine ecosystems, such as mangroves, seagrasses and salt marshes, sequester carbon up to 50 times the rate observed in terrestrial systems. This session details the importance of these systems and the opportunities for valuing this unaccounted contribution to climate change mitigation.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 01 December 11:30-13:00 Monarca	Center for International Climate and Environmental Research (CICERO) Mr. Petter Haugneland petter.haugneland@cicero.uio.no +47 98 234699	Food security and human rights in Small Island Developing States and the Arctic Arctic and SIDS coastal communities face common challenges due to a rapidly changing climate. They rely on the environment and natural resources for their livelihoods and face a similar struggle for survival because of climate change and other stresses. Arranged by the Many Strong Voices programme.
Wednesday, 01 December 11:30-13:00 Mamey	Population Action International (PAI) Ms. Kathleen Mogelgaard kmogelgaard@popact.org +1 202 5573406	Healthy women, healthy planet: Women's empowerment, family planning, and resilience Women are key stakeholders in adaptation. Access to voluntary family planning improves socio-economic status of women and their families. Reducing unintended pregnancies and giving families the tools to help determine family size reduces strain on the environment and improves resource conservation.
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Mamey	WMO/UNEP Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Ms. Renate Christ ipcc-sec@wmo.int +41 227 30820	Update on IPCC activities Update on the IPCC special reports currently under preparation and an update on activities related to the AR5.
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Jaguar	China Mr. Gao Hairan gao.hairan@cccchina.gov.cn +86 10 68501567	China's Policies, Measures, Actions and Achievements in terms of Combating Climate Change This side event will present China's policies and actions for addressing climate change and China's position towards international negotiation on climate change, as well as the effectiveness and impact of UNDP China's cooperation on climate change in China.
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Águila	United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) Ms. Seraphine Haeussling seraphine.haeussling@unep.org +33 1 44377615	Capacity development as a driver of low-emission, climate-resilient development The side event will present the UN's approach, experience and readiness to support capacity development to address climate change. Speakers will share practical examples and lessons learnt from areas such as adaptation, mitigation, REDD and finance, and discuss the one UN experience of capacity support.
Wednesday, 01 December 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Ruta Bubniene rbubniene@unfccc.int +49 228 8151686	Progress in review of the fifth national communications of Annex I parties, review teams and parties perspectives Experience from the review of the fifth national communications of annex I parties will be presented from the perspectives of the review teams and parties.
Wednesday, 01 December 15:00-16:30 Monarca	Practical Action, Brot für die Welt (BfdW) Ms. Rachel Berger rachel.berger@practicalaction.org.uk +44 1926 634497	Food for all in a warming world? Agricultural systems that enable adaptation and support ecosystems Today's globalised food system increases hunger and degrades ecosystems. Practical Action, Development Fund Norway, Brot für die Welt, EED and farmers explain the ecological, resilient and productive alternatives, highlighting the policies needed to transform food provision and feed the world in 2050.
Wednesday, 01 December 15:00-16:30 Mamey	Rainforest Foundation UK (RFUK), Global Forest Coalition (GFC), Tanzania Natural Resource Forum (TNRF) Mr. Simon Councill SimonC@rainforestuk.com +44 207 4850193	Southern civil society, local community and indigenous peoples perspectives on REDD Accra Caucus and Global Forest Coalition members share perspectives on national and international REDD processes. REDD may determine the future of forest dependent communities. How have local perspectives on REDD been taken into consideration? What is the political will to respect and implement rights in REDD and address underlying causes?
Wednesday, 01 December 15:00-16:30 Águila	Demand Response and Smart Grid Coalition (DRSG) Ms. Vananh Le Vananh.le@drsgcoalition.org +1 202 2961640	A smart grid is a green grid: why a smart grid and its "negawatts" are needed to achieve climate goals A smart grid can dispatch efficiency to offset wind/solar variability and store wind power generated at night. Smart meters and smart appliances yield feedback info to consumers that cause them to reduce use by 5-15%. Google, Honeywell, Whirlpool

1 Descriptions of the Side Events listed above have been reproduced as received, and without formal editing

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 01 December 15:00-16:30 Jaguar	Dartmouth College, New York University** (NYU) Ms. Patricia Palmiotto Patricia.palmiotto@dartmouth.edu +1 603 6462244	Institutions and governance mechanisms for climate finance The nascent climate finance system will likely lack a single global coordinating, dispersing, or monitoring institution. Co-hosted by New York University and Dartmouth College, this panel will examine the necessary institutions, governance mechanisms and incentives required engage private and public actors in a global climate finance system.
Wednesday, 01 December 16:45-18:15 Monarca	Climate Action Network - Europe (CAN - Europe) Ms. Ulriikka Aarnio ulriikka@climnet.org +32 494 525761	EU climate financing: NGO analysis and recommendations Climate Action Network Europe's analysis of the current status of the EU fast start finance delivery and further recommendations for mid-term financing.
Wednesday, 01 December 16:45-18:15 Águila	World Future Council (WFC) Mr. Stefan Schurig stefan.schurig@worldfuturecouncil.org +49 40 307091427	Solving the funding problem of the energy transition with the help of Special Drawing Rights (SDRs) The WFC demonstrates how raise USD100bn per year through new SDRs to finance climate protection investments in developing nations. The centerpiece of the proposal is a new supervisory body composed of organizations like UNEP, UNDP, UNFCCC and IRENA as well as national development finance institutions.
Wednesday, 01 December 16:45-18:15 Jaguar	GenderCC - Women for Climate Justice (GenderCC), Colorado State University Ms. Gotelind Alber g.alber@gendercc.net +49 30 21982175	Gender into international climate policy - climate and gender capacity building for women scholars GenderCC and Colorado State University assess the progress made in the negotiations towards gender and climate justice, and discuss strategies to boost gender sensitive implementation, incl. building academic capacity through engaging women and girls in climate science as researchers and educators.
Wednesday, 01 December 16:45-18:15 Mamey	Institute for Conservation and Sustainable Development of Amazonas (IDESAM), Fundação Futuro Latinoamericano (FFLA) Ms. Mariana Pavan mn.pavan@idesam.org.br +55 92 36425698	Biodiversity and climate change: Regional view on REDD+ readiness and forest governance in Amazon basin Findings of a regional consultation on priority research needs on CC and development and its link with biodiversity; and presentation of a wide study on the status of forest policies, governance and REDD+ readiness activities, and national and sub-national pilot projects in the Amazon basin countries.
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Águila	Belarus Ms. Iryna Rudzko rv_irina@mail.ru +375 17 2009047	Climate change mitigation action and national circumstance of Belarus Key issues on climate change mitigation and adaptation actions in Belarus are highlighted and national circumstances are discussed. Experience in restoring peatlands, a concept for their sustainable management and the VCS peatland rewetting and conservation standard and methodology are presented.
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Pitaya	Malaysia Ms. Chiew Wei Puah cwpuah@mpob.gov.my +6 12 2732366	The Malaysian approach: Climate change mitigation and adaptation measures by the oil palm industry The Malaysian approach: Climate change mitigation and adaptation measures by the oil palm industry.
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Cacao	Responding to Climate Change (RTCC), International Chamber of Commerce (ICC) Mr. James Ramsey anna@rtcc.org +44 20 77992222	The Private Sector & Climate Change Roundtable on: Setting conditions and mobilising finance
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Mamey	Israel, Keren Kayemet LeIsrael/The Jewish National Fund (KKL-JNF) Ms. Ronnie Cohen Ginat ronyg@sviva.gov.il +972 2 6553769	Agriculture and forestry under hot and arid conditions Israel has expertise in efficient use of water and afforestation in arid zones. Three case studies will be presented on agricultural production and forestry under desert climate regimes, characterized by low rainfall and high temperatures. Techniques for overcoming constraints will be discussed.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Jaguar	World Meteorological Organization (WMO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Nations University (UNU), World Food Programme (WFP) atyagi@wmo.int +41 79 54207	Climate service for all Organized jointly by WMO, UNESCO and other UN partner agencies, the event showcases the progress in the development of the "Global Framework for Climate Services (GFCs)" which guides the development of climate services for all to adapt and mitigate climate change and for climate-risk management.
Wednesday, 01 December 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Lucy Waruingi lwaruingi@unfccc.int +49 228 8151340	Nairobi Framework: The way forward and facing new challenges To present an update of partners activities and collaborative efforts undertaken in 2010 and the way forward in terms of addressing new challenges. The NF partners will highlight the achievements and challenges in promoting CDM in developing countries.
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Sandia	International Union of Railways (UIC), Institution for Transport Policy Studies (ITPS) Ms. Margrethe Sagevik sagevik@uic.org +33 1 44492035	Keeping climate solutions on track - the role of partnerships, good practice and the role of rail UNEP and CN Net, ITPS and UIC present good carbon neutral practice and solutions scaled to the size of the transport challenge: emissions reduction potential of rail including carbon footprint of high speed, aid scheme for rail infrastructure in developing countries and rail's approach to adaptation.
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Águila	Carbon Capture and Storage Association (CCSA) Mr. Luke Warren luke.warren@ccsassociation.org +44 7867748658	Carbon Capture and Storage; recent developments and next steps Addressing climate change requires the rapid, large-scale deployment of CCS in both developed and developing countries as well as in multiple sectors including power, CO2-intensive industry and renewable biomass for negative emissions. This event looks at progress to date and future prospects.
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Monarca	Global Peace Initiative of Women (GPIW), Brahma Kumaris World Spiritual University (BKWSU) Ms. Marianne Marstrand marstrandm@gpiw.org +1 917 4129587	The inner dimensions of climate change The Brahma Kumaris World Spiritual University and Global Peace Initiative of Women in a joint forum: Spiritual and religious leaders explore ways to inspire and motivate civil society to shift perceptions and behaviors to effect outer change and reverse damage to our environment.
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Mamey	Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN Bolivia) Sra. Natalia Calderon ncalderon@fan-bo.org +591 3 3556800	Integrating adaptation needs in REDD+ sub-national schemes Forest ecosystems play a crucial role in adaptation and mitigation. FAN-Bolivia presents approaches to integrate adaptation into REDD+ sub-national initiatives. Results of regional climate models and impact assessments are factored in into the design and implementation of a REDD+ program.
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Cacao	Refrigerants, Naturally e.V. (REFNAT) Ms. Rebecca Kirch rebecca.kirch@refrigerantsnaturally.org +49 6174 964575	Climate-friendly alternative technologies to HFCs Climate-friendly technologies in the refrigeration and air conditioning sector.
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Pitaya	Centre for Built Environment (CBE) Ms. Sonia Gupta dcsgmail@yahoo.co.in +91 33 9830065104	India state of play: Reporting on sustainable buildings and climate change mitigation The IPCC states the emission reduction potential in the building sector exceeds the combined emission reduction potential in forestry, industry and transport. This event informs of India's climate mitigation initiatives through building energy efficiency and sustainable building efforts.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 01 December 20:15-21:45 Jaguar	Nordic Council of Ministers (NCMR) Mr. Mats Ekenger mek@norden.org +45 33 960200	How to match support with mitigation plans in developing countries? The Nordic countries intend to launch a scaled-up initiative on supporting appropriate mitigating action. The first step is a feasibility study in a developing country with the ambition to launch a pilot project in 2011. This aim of this side event is to discuss how to best match Nordic support with mitigation plans in developing countries.
Thursday, 02 December 11:30-13:00 Mamey	Amazon Institute of People and the Environment (Imazon) Sra. Priscilla Santos priscilla@amazon.org.br +55 91 31824000	Progress, prospects and challenges for REDD+ governance Governance is critical for REDD+ as finance grows and countries move to reduce forest loss. Speakers from REDD+ countries, civil society, donor countries and programs will debate the state of forest governance in international, national and regional processes and what needs to happen in 2011.
Thursday, 02 December 11:30-13:00 Monarca	Wetlands International Ms. Susanna Tol susanna.tol@wetlands.org +31 318 660933	State of investments and knowledge wetland emissions reductions Experts and donor countries present current investments and activities for reducing emissions from tropical peatlands.
Thursday, 02 December 11:30-13:00 Jaguar	SustainUS, Clean Energy Nepal* (CEN), Tides Canada Initiatives Society (TCI) Mr. Kyle Gracey kylegracey@sustainus.org +1 814 6592405	U.S.A., Canadian and South Asian youth climate perspectives, local solutions and global actions Canadian, South Asian and U.S.A. youth experience climate change personally and are active in many ways to stop it. See our newest successes and strategies you can use in this interactive event. With Tides Canada Initiatives Society and Clean Energy Nepal.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Sandia	Nauru Mr. Mark Jariabka mark.jariabka@islandsfirst.org +1 646 4600677	A new model for climate change finance in Pacific SIDS Developing countries struggle to access climate change finance. Onerous application and reporting requirements can be beyond their capacity, and red tape delays disbursement. A panel will discuss a new funding model developed by Italy, Austria, Milan, and the Pacific Small Island Developing States.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Mamey	United Nations Environment Programme (UNEP), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Development Programme (UNDP) Ms. Reem Ismail reem.ismail@un-redd.org +41 79 8439614	Delivering as One: Achievements and lessons learned from REDD+ readiness activities As countries' REDD+ readiness activities advance, it is vital to assess achievements and lessons learnt for future progress. FAO, UNDP and UNEP will convene with stakeholders to reflect on what the UN-REDD Programme's work has achieved to date and explore ways to build on this momentum.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Águila	Global Environment Facility (GEF) Mr. Robert Dixon rdixon1@thegef.org +1 202 4732340	From innovation to market transformation: the role of GEF in technology transfer The event highlights achievements in technology transfer supported by the GEF under the Poznan Strategic Program, and presents how GEF-5 (2010-14) promotes a broad portfolio of environmentally sound technologies to achieve GHG emissions at various stages of technology development cycle.
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Jaguar	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Luis Davila ldavila@unfccc.int +49 228 8151137	Intergenerational inquiry The UNFCCC Executive Secretary, scientists, representatives of UN agencies, key negotiators from developed and developing countries and young people from around the world will discuss how their actions contribute to a collective solution to climate challenges, and what they see as important prerequisites for reaching an effective post-2012 agreement.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Thursday, 02 December 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Rocio Lichte rlichte@unfccc.int +49 228 8151619	Updated information on emerging scientific findings and research outcomes In the context of the research dialogue held under the SBSTA in the context of decision 9/CP.11, SBSTA 32 invited regional and international climate change research programmes and organizations to provide updated information on emerging scientific findings and research outcomes at SBSTA 33.
Thursday, 02 December 15:00-16:30 Monarca	European Space Agency (ESA) Mr. Frank Martin Seifert frank.martin.seifert@esa.int +390 6 94180560	ESA's climate change initiative ESA will inform on a major European initiative on space-based observations for GCOS. Long-term satellite data provides a unique global record of recent climate change which, with in-situ data and climate models, underpins scientific understanding of climate change and informs adaptation policies.
Thursday, 02 December 15:00-16:30 Jaguar	Earth Child Institute (ECI), United Nations Environment Programme National Committee for the Republic of Korea Ms. Donna Goodman donna@earthchildinstitute.org +1 203 3769177	Living up to the education challenge of Article 6: Preparing children and young people for climate change Organized by FAO, UNEP and UNEP National Committee for the Republic of Korea, UNESCO, UNICEF, British Council, WAGGGS and ECI, this event will facilitate the sharing of knowledge and best practices in climate change education, including informal and peer education.
Thursday, 02 December 15:00-16:30 Mamey	Regional Community Forestry Training Center for Asia and the Pacific (RECOFTC) Mr. Ben Vickers ben@recoftc.org +66 2 9405700	FPIC in UN-REDD country programs: First-hand experience from Asia Commitment to FPIC is vital for the UN-REDD program to successfully carry out its activities. Practical experience of FPIC processes from the Vietnam and Indonesia country programs, evaluated using a toolkit developed by RECOFTC and regional CSOs, provide lessons for REDD+ program development.
Thursday, 02 December 15:00-16:30 Águila	International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) Ms. Violeta Gonzalez vgonzalez@inbar.int +8 6 1391126978	Reducing vulnerability: Sustainable constructions for climate adaptation and disaster risk reduction Innovative approaches for climate-resistant constructions are crucial for climate adaptation and disaster risk reduction. International experts and at-risk community leaders will analyze the most important on- the- ground solutions in sustainable construction and address the challenges ahead.
Thursday, 02 December 16:45-18:15 Águila	International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD) Mr. Robert Zomer rzomer@icimod.org +97 1 5003222	Mountains in peril: Mainstreaming sustainable mountain development into climate change agreements Why mountains are important to address climate change impacts, key issues in mountain countries and ecosystems, how mountain ecosystems can be made more resilient systems for climate change adaptations.
Thursday, 02 December 16:45-18:15 Mamey	International Tropical Timber Organization (ITTO) Mr. Eduardo Mansur mansur@itto.int +81 45 2231110	REDD-plus: Enhancing environmental services and private sector participation ITTO, its members and partners have been promoting REDD+ related projects in the tropics to enhance forest related environmental services. Examples will be presented, including the participation of the private sector.
Thursday, 02 December 16:45-18:15 Monarca	Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (SPREP) Mr. Espen Ronneberg espenr@sprep.org +68 5 21929	Pacific island countries - taking action on climate change Current and planned climate change actions in the Pacific.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Thursday, 02 December 16:45-18:15 Jaguar	European Youth Forum (YFJ), Service Civil International (SCI), World Association of Girl Guides and Girl Scouts (WAGGGS) Mr. Ben Vanpeperstraete ben.vanpeperstraete@youthforum.org +32 473 557053	Non-formal peer education and article 6: youth-organisations lead the way to tackle climate change Young people, especially girls are disproportionately affected by climate change but empowered youth who are included in decision-making are powerful change agents. YFJ, WAGGGS and SCI will present recommendations on integrating nonformal peer education to achieve the ultimate goal of the convention.
Thursday, 02 December 18:30-20:00 Cacao	World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) Ms. Barbara Black black@wbcsd.org +41 22 8393105	Making implementation happen Time is running out. Action on the ground is essential. The right incentives for investments in clean technologies in developing countries are essential. How can governments and the private sector work better together to reach our common goals.
Thursday, 02 December 18:30-20:00 Jaguar	Centre for European Policy Studies (CEPS) Ms. Monica Alessi monica.alessi@ext.ceps.eu +32 472 721868	The future of the carbon markets: challenges and the way forward for the EU This event lays out the challenges of the carbon market under a future international agreement, examines the potential roles of the EU ETS and flexible mechanisms including the CDM, JI, and sectoral crediting/ trading in the market development, and discusses the key design elements of the ETS.
Thursday, 02 December 18:30-20:00 Pitaya	Croatia Ms. Pascale Rossignol Pascale.ROSSIGNOL@oecd.org +33 1 45249658	Tell it like it is: post-2012 planning, implementing and reporting This event highlights CCXG analysis on different options for reporting and review of National Communications post-2012; as well as the technical, institutional and policy steps needed to develop and implement plans for a low-carbon future.
Thursday, 02 December 18:30-20:00 Águila	Tajikistan Mr. Ilhomjon Rajabov ilhomrajabov@mail.ru +992 918 639318	Climate change: Glaciers and water resources in Tajikistan and Central Asia. Challenges and solutions To invite key national and international experts together and discuss scientific and policy issues.
Thursday, 02 December 18:30-20:00 Mamey	Cameroon Ms. Sharon Gomez sharon.gomez@gaf.de +49 89 12152839	Regional, national and sub-national REDD activities in Cameroon Cameroon is implementing REDD pilot project activities since 2007. The objective of this Side Event is to present the overall status and results of Cameroon's REDD activities which are linked to COMIFAC regional level programmes, as well as the progress on the national and sub-national projects.
Thursday, 02 Dec 2010 18:30-20:00 Sandia	NGO Center for Environmental Innovation* (NGO CEI), Russian Federation Mr. Andrey Stetsenko abc@kyotoforest.ru +7 926 9110514	Forest sinks accounting and crediting: Russia, US and global perspectives This side event will cover hot issues of negotiation about LULUCF accounting rules and REDD credits, latest improvements in Russian forest GHG inventory, challenges for carbon financing of forestry projects, model projections for Russian forests, and role of forest sinks in global perspective. A joint Side Event with the Government of the Russian Federation
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Jaguar	TEARFUND, Réseau Action Climat - France (RAC-F) Ms. Sara Shaw sara.shaw@tearfund.org +44 208 9437944	Integrated approaches: Climate change is not another sector Tearfund and partners discuss how governments, donors and the international community can work cross-ministry and sector for the integration of water, food, DRR, livelihoods and ecosystems approaches for adaptation. RAC-F discuss how to implement a bottom-up approach to climate-proofing existing development strategies for adaptation and mitigation.
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Sandia	Global Justice Ecology Project, Inc. (GJEP), The Corner House Ms. Anne Petermann contact@globaljusticeecology.org +1 802 4822689	Large-scale bioenergy, REDD, and GMO trees The scaling-up of industrial wood-based bioenergy in Europe and North America; the promotion of REDD, biochar and the use of GMO trees in climate mitigation schemes will have serious impacts on forests and forest dependent indigenous peoples. A panel of experts will address these impacts.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Pitaya	Carbon Markets and Investors Association (CMIA), Swiss Association for Environmentally Conscious Management (ÖBU) Ms. Leticia Labre leticia.labre@cmia.net +44 7814 533661	The next level of CDM: A side event by OBU and CMIA How can the UNFCCC ensure its relevance to the various carbon markets? This side event will present pioneering Programmes of Activities (PoAs). It will delve into how the CDM can be scaled up to attract capital, transfer technology and deliver more emission reductions.
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Águila	African Centre for Technology Studies (ACTS) Ms. Joan Kariuki j.kariuki@acts.or.ke +254 20 7126894	Climate change impacts are a reality and severe in Sub-Saharan Africa: the Kenyan case working group Climate financing and impacts on water, energy, housing: infrastructure, agriculture, tourism, conflict and forestry.
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Monarca	Environnement et Développement du Tiers-Monde (ENDA-TM), International Institute for Environment and Development (IIED) Mr. Lawrence Flint lawrence.flint@gmail.com +221 33 8222496	Knowledge sharing, capacity building and advocacy for adaptation and climate compatible development ENDA, FARA, ICPAC and IDS discuss knowledge sharing, local knowledge and novel communications strategies - experience of AfricaAdapt. IIED discusses Capacity Strengthening in LDCs on Adaptation to Climate Change (CLACC) - civil society networks building capacity, awareness and coordinating advocacy.
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Mamey	Asociación AK Tenamit (AAT) Mr. Steve Dudenhoefer duden@aktenamit.org +502 2254 1560	Foro Indígena de Abya Yala sobre C. C.:PP.II. REDD-Plus y consentimiento libre previo e informado Presentar el posicionamiento de los Pueblos Indígenas sobre REDD-Plus, los procesos de consulta, libre, previa e informada, los derechos territoriales, la gobernanza y los protocolos indígenas ante las acciones de cambio climático.
Thursday, 02 December 20:15-21:45 Cacao	Turkish Industrialist's and Businessmen's Association (TUSIAD) Ms. Hale Altan haltan@tusiad.org +90 532 4174792	Private sector and climate change The role of the private sector in tackling climate change in Turkey.
Friday, 03 December 11:30-13:00 Jaguar	Greenpeace International (Greenpeace) Ms. Naomi Goodman naomi.goodman@greenpeace.org +31 20 7182143	IT Sector & Transformative Solutions: Evaluating the state of public and private sector leadership The IT sector is poised to play an essential role in delivering the clean energy economy needed to protect the planet. Hear from representatives of Global IT brands about what is needed from governments to drive rapid deployment of these transformational solutions, and how Greenpeace ranks them.
Friday, 03 December 11:30-13:00 Mamey	Tebtebba Foundation Mr. Raymond de Chavez raymond@tebtebba.org +63 74 4447703	Addressing climate change and REDD+ using indigenous peoples' traditional knowledge and practices The side event will highlight how indigenous peoples are addressing climate change and REDD+ in various regions of the world using their traditional knowledge.
Friday, 03 December 11:30-13:00 Monarca	International Council for Science (ICSU) Ms. Ada Ignaciuk ada.ignaciuk@essp.org +33 1 40798042	Emerging scientific findings and ongoing dialogue with the research community Convened by the ESSP and its ICSU interdisciplinary bodies (DIVERSITAS, IGBP, IHDP, WCRP), this session is part of an ongoing dialogue (under UNFCCC SBSTA) between the Parties and the global change research programmes, including updates on emerging scientific findings from the research community.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Mamey	Serbia Ms. Ana Repac ana.repac@ekoplan.gov.rs +38 11 126037	Importance of NAMAs and MRV The Side Event will provide an opportunity for discussion on how we can plan NAMAs in MRV manner, while ensuring implementation of identified actions on that way. Information regarding the project: "Capacity development project on NAMAs", funded by the JICA, will be provided.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Friday, 03 December 13:20-14:40 Águila	Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Fund for Agricultural Development (IFAD), Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), World Food Programme (WFP) Mr. Reuben Sessa reuben.sessa@fao.org +39 340 8583070	Is climate-smart agriculture possible? Presentations by countries will showcase approaches to climate-smart agriculture - agriculture that sustainably increases productivity, resilience (adaptation), reduces/removes GHGs (mitigation), and enhances achievement of national food security and development goals.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Jaguar	United Kingdom Ms. Ruth Cooke-Yarborough ruth.cookeyarborough@decc.gsi.gov.uk +44 300 686750	Delivering fast start finance In the Copenhagen Accord developed countries committed to provide “fast start” finance between 2010-2012 to meet developing countries adaptation and mitigation needs. The UK has committed £1.5bn and together with recipients and delivery agents will show achievements so far and lessons for the future.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Pitaya	Global Environment Facility (GEF) Ms. Marcia Levaggi mlevaggi@thegef.org +1 202 4736390	Adaptation fund: Accreditation process and project cycle The chair and the vice-chair of the Adaptation Fund Board, and the chair of the accreditation panel will make presentations on the accreditation process, as well as on the project cycle.
Friday, 03 December 13:20-14:40 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Ms. Verónica Colerio vcolerio@unfccc.int +49 228 8151027	Presentation of the CDM methodologies booklet The CDM methodologies booklet will be presented. This booklet will assist project proponents, potential project proponents and other stakeholders in the identification of methodologies that are suitable to their project activity and areas already covered by approved methodologies where they can develop CDM project activities.
Friday, 03 December 15:00-16:30 Águila	Pennsylvania State University (PSU), Widener University Ms. Lisa Skripek lms4@psu.edu +1 814 8637598	Ethics: The indispensable missing element at COP 16/CMP 6 Describe why the failure of nations to base national positions on ethical principles has had adverse practical consequences in international negotiations including in the lead up to COP 16/CMP 6.
Friday, 03 December 15:00-16:30 Monarca	Coordinating Body of Indigenous Organizations of the Amazon Basin (COICA) Sra. Jenny Vaca jen.vasalaz@gmail.com +593 22 3226744	Pueblos Indígenas de la Cuenca Amazónica, Cambio Climático y aplicación de sus derechos Visibilización de prácticas de mecanismos REDD en territorios de los pueblos indígenas amazónicos, casos concretos como Bolivia. Actores bilaterales, multilaterales sus propuestas e incorporación de derechos de los pueblos indígenas en las mimas.
Friday, 03 December 15:00-16:30 Mamey	University of Linköping (LiU) Mr. Björn-Ola Linnér bjorn.ola.linner@liu.se +46 11 363233	A global registry for NAMAs: linking mitigation, technology, finance and sustainable development Crucial element for a balanced, fair and inclusive design of a registry will be proposed, targeting negotiators and others involved in the design of NAMAs. The side event addresses institutional elements to operationalise principles of national appropriateness, MRV and sustainable development.
Friday, 03 December 15:00-16:30 Jaguar	International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC) Mr. Daniel Kull daniel.kull@ifrc.org +41 22 7304683	Climate change adaptation and humanitarian action Humanitarian organizations present practical solutions to support vulnerable communities in developing countries. Integrated disaster management including preparedness, risk reduction and response, is crucial to minimize impacts from climate-related disasters and strengthen community resilience.
Friday, 03 December 16:45-18:15 Jaguar	Institute of Development Studies (IDS), LIFE e.V. Ms. Alyson Brody A.Brody@ids.ac.uk +44 1273 915814	Innovating and inspiring new thinking on the social dimensions of climate change What rationales are behind climate change debates? How are they linked to gendered roles, knowledge and responsibilities? The event will reflect innovative thinking on these issues from the BRIDGE cutting edge programme and discuss how to create wise, sustainable solutions. Co-hosted by LIFE and IDS.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Friday, 03 December 16:45-18:15 Monarca	Brown University - Watson Institute, Oxford Climate Policy Mr. J. Timmons Roberts timmons@brown.edu +401 441 2103	The reformed financial mechanism/ Accounting for national and multilateral funds in climate finance This session reviews and updates Oxford Climate Policy proposals for a reformed financial mechanism, and presents new research by University of Zurich, IIED, and Brown University on how climate finance is being accounted for by national and multilateral funds.
Friday, 03 December 16:45-18:15 Mamey	Institute for Agriculture and Trade Policy (IATP), International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) Ms. Eleonore Wessertle ewessertle@iatp.org +1 612 8703425	Transition to climate friendly agriculture: the current finance regime versus viable alternatives An IATP/IFOAM event. Transforming agriculture for mitigation/adaptation while strengthening food rights and rural livelihoods requires reliable public funding. Speakers discuss current climate financing and alternatives, U.S. Farm Bill reforms, agro-ecological approaches and viable bottom-up practices.
Friday, 03 December 16:45-18:15 Águila	National Association of Forest Industries (NAFI) Ms. Lisa Marty lmarty@vafi.org.au +61 3 96119003	Accounting for the land sector in practice: A comparison of domestic policies and options Countries with reporting obligations are using and advocating different approaches to land sector accounting. What are the different rationales? What difference would it actually make? Where is the common ground?
Friday, 03 December 18:30-20:00 Cacao	Asociación Española de la Industria Eléctrica* (UNESA) Sra. Cristina Rivero crivero@unesa.es +34 91 5674800	Climate change and the Iberoamerican forum for sustainable energy Iberoamerican forum for sustainable energy is an initiative of industrial associations, governments and regulators from Latin America and Europe aiming at contributing to a sustainable energy future. Initiatives and visions on climate change implemented by members of the Forum will be presented.
Friday, 03 December 18:30-20:00 Mamey	Asian Development Bank (ADB), Institute for Global Environmental Strategies (IGES), National Institute for Environmental Studies (NIES) Ms. Annie Idanan aidanan@adb.org +63 2 6325779	Shifting to low-carbon and climate-resilient development in Asia and the Pacific The event to be held by ADB, IGES and NIES will highlight what Asian and Pacific countries are doing to mitigate greenhouse gas emissions in their development processes and strengthen their resilience to climate change with international financing, capacity building and analytical support.
Friday, 03 December 18:30-20:00 Águila	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), UN Communications Group, United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Children's Fund (UNICEF), World Meteorological Organization (WMO) Ms. Julia Heiss j.heiss@unesco.org +33 1 45681036	Understanding climate change: Success stories in raising climate awareness and education A showcase of inspiring case studies and success stories to demonstrate how awareness raising and education play an important role in mobilizing climate action and stimulate a discussion on how public awareness raising and education on climate can become even more effective.
Friday, 03 December 18:30-20:00 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Yolando Velasco yvelasco@unfccc.int +49 228 8151427	Outcomes of survey by the Consultative Group of Experts (CGE) on national communications from non-Annex I Parties The CGE will present the result of the survey it conducted on identification of technical problems and constraints affecting NAI Parties in the preparation of their national communications and assessment of capacity building needs.
Friday, 03 December 18:30-20:00 Sandia	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Andrew Howard ahoward@unfccc.int +49 228 8151617	Contribution of CDM to technology and knowledge transfer and technology self reliance An updated analysis of the contribution of CDM to technology and knowledge transfer will be presented. A wider analysis scope, improved data and inclusion of many more CDM projects provides new perspectives on technology co-benefits of the CDM.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Friday, 03 December 20:15-21:45 Mamey	KfW, climatepolicy.net e.V. Mr. Jochen Harnisch jochen.harnisch@kfw.de +49 69 74319695	NAMA proposals: overview and financing options Several countries are currently developing concrete proposals for nationally appropriate mitigation actions that need appropriate financing. The side event by KfW and climatepolicy.net will present an overview of proposals at different stages and discuss financing possibilities via development banks.
Friday, 03 December 20:15-21:45 Águila	CarbonFix e.V., International Forestry Students' Association (IFSA) Mr. Moritz Vohrer m.vohrer@carbonfix.info +49 711 49039902	Climate forestation projects Forestations could be a major driver to reduce CO ₂ in our atmosphere. Amazingly, in 2010 the number of forestation projects on the voluntary market has passed the Kyoto market! The IFSA and the CarbonFix Standard give an overview on the possibilities how to foster climate forestations worldwide.
Friday, 03 December 20:15-21:45 Sandia	ETC Group (Action Group on Erosion, Technology and Concentration) (ETC Group), ECONEXUS Ms. Elenita Dano etc@etcgroup.org +1 613 2412267	Climate techno-fixes: Is the cure worse than the disease? Event by ETC and EcoNexus Proposed technofixes include geoengineering (ocean fertilization, stratospheric aerosols and cloud whitening) as well as synthetic biology, biofuels, biochar and GE monocultures across millions of hectares. Hear how the impacts of these "solutions" could be worse than those of climate change itself.
Friday, 03 December 20:15-21:45 Jaguar	University of Sussex - Sussex Energy Group, Energy Research Centre of the Netherlands (ECN) Mr. Jim Watson w.j.watson@sussex.ac.uk +44 1273 873539	Climate technologies: research results and policy options for development and transfer The negotiations on technology transfer have made some progress since Copenhagen. This side-event reviews national and international policy options to enhance technology development and transfer. It draws on new empirical research by ECN (Netherlands) and the Sussex Energy Group (UK), and analyses key options such as low carbon innovation centres.
Friday, 03 December 20:15-21:45 Cacao	International Biochar Initiative (IBI) Ms. Debbie Reed dcdebbiereed@yahoo.com +1 202 7014298	Biochar's mitigation and adaptation potential for global agricultural systems and soil benefits Sustainable biochar systems can enhance agricultural productivity, particularly on degraded soils, and enhance adaptation. Global biochar projects will be highlighted, as well as new data on potential CO ₂ removals, at long timescales, from sustainable biochar systems.
Friday, 03 December 20:15-21:45 Pitaya	University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), Institute for Social and Environmental Transition (ISET), University of Colorado at Boulder (CU-Boulder) Ms. Rachel Hauser rhauser@ucar.edu +1 303 4971117	Climate change and cities: Science for adaptation and mitigation Rapid urban growth, particularly in low- and middle-income nations, affects climate change adaptation and mitigation potential. Research related to resilience, risk, individual and collective obligations, governance and the role of cities and adaptive capacity of urban populations will be the focus of this discussion.
Friday, 03 December 20:15-21:45 Monarca	ICLEI-Local Governments for Sustainability (ICLEI) Mr. Yunus Arian yunus.arian@iclei.org +49 151 50750004	Introducing global mechanisms for measurable, reportable, verifiable local climate action Local authorities worldwide move to the next phase of concrete climate action at the World Mayors Summit on Climate in Mexico City on 21 November 2010. The summit will launch global mechanisms to formulate measurable, verifiable and reportable local climate action now, up to and beyond 2012.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Saturday, 04 December 11:30-13:00 Monarca	Centre for International Sustainable Development Law (CISDL) Ms. Alexandra Harrington aharrington@cisdsl.org +1 518 3302201	Developing sustainable and equitable legal frameworks for the global low carbon economy Leading international jurists discuss frameworks for financing and implementing climate mechanisms and tech transfer, focusing on the needs of the most vulnerable and based on new experiences worldwide. Hosted by CISDL and IDLO, with ILA, Sydney, McGill, Cambridge, Chile and Hong Kong universities.
Saturday, 04 December 11:30-13:00 Jaguar	European Climate Foundation (ECF), Overseas Development Institute (ODI) Mr. Ramzi Elias ramzi.elias@europeanclimate.org +32 2 8949309	Making climate finance work: key issues in the short-and longer term, from pledge to project ODI/Project Catalyst with Boell and CEMDA: Climate finance overview, inc. AGF results and analysis on needs, sources, institutions, priorities; Guidelines and progress on fair, accountable climate finance framework and climatefundsupdate.org, a site for tracking and analyzing funds - pledge to project.
Saturday, 04 December 11:30-13:00 Mamey	Yale University Ms. Juliana Wang juliana.wang@yale.edu +1 203 4011541	Building sector energy use: new directions, new priorities The building sector has had little success in curbing the rise in its energy use, yet the assumption is that the problems will be solved by policy and not by research. This session asks how new directions and shared priorities can be developed that will yield improvements across all economies.
Saturday, 04 December 13:20-14:40 Mamey	India Mr. Rajni Ranjan Rashmi rr.rashmi@nic.in +91 11 24362281	Equitable access to carbon space: A paradigm for agreement The equitable access to global resources is the fundamental basis of an approach to equity and CBDR, in the climate change negotiations. It is essential to define an appropriate carbon budget approach in order to operationalise the long term goal for stabilization of climate.
Saturday, 04 December 13:20-14:40 Jaguar	Republic of Korea Ji-eun Lee cj.lee@gggi.org +82 10 95309987	Global Green Growth Institute: A Powerful Action Story GGGI introduces its vision and endeavor to promote green growth. Headquartered in Seoul, it was launched in June 2010 following the pledge made by Korean President at COP15. It is a global, nonprofit institute that supports developing countries in their efforts to implement green growth policies.
Saturday, 04 December 13:20-14:40 Águila	Kazakhstan Ms. Aiymgul Ismagulova aiymgulismag@mail.ru +7 7172 740870	National climate change policy of Kazakhstan Legislative measures on GHG emissions reduction in Kazakhstan; Kazakhstan domestic cap and trade system and options for its linking with other market mechanisms; Business and project mechanisms on reduction and absorption of GHG emissions.
Saturday, 04 December 13:20-14:40 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Yolando Velasco yvelasco@unfccc.int +49 228 8151427	Latest submissions: National communications from NAI Parties The governments of Mexico, Republic of Korea and Uruguay will present highlights of their third and subsequent national communications to UNFCCC.
Saturday, 04 December 18:30-20:00 Pitaya	Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Mr. Dominique Revet drevet@unfccc.int +49 228 8151334	UNFCCC Greenhouse Gas Inventory Software for non-Annex I Parties - Version 2.0 This new software facilitates the reporting of national GHG inventories for NAI Parties, through simplifying exchange of data between inventory compilers, and submission to the secretariat. It will also allow the import/export of data from other tools/software using Tier 2 methods.
Saturday, 04 December 18:30-20:00 Jaguar	International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD) Ms. Ana Maria Kleymeyer amkleymeyer@ictsd.ch +41 22 9178746	Leveraging multilateral trade to address climate interface This event will showcase an array of trade and climate linkages focusing on how trade can enable progress on climate mitigation and adaptation. Topics include: intellectual property; climate friendly goods; addressing poverty and building resilience; agriculture; carbon-labeling and competitiveness.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Saturday, 04 December 20:15-21:45 Jaguar	Green Belt Movement (GBM) Ms. Francesca de Gasparis francesca@greenbeltmovement.org +44 207 5490395	Women's Leadership on Climate Change Justice and the Grassroots perspective Mary Robinson is joined by Constance Okollet, Osukuru United Women's Network, Uganda and Climate Wise Women, and Francesca de Gasparis, Green Belt Movement - Europe, to discuss strategies for women's participation in decision-making on climate change and grassroots perspectives of REDD.
Saturday, 04 December 20:15-21:45 Pitaya	Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) Mr. Ramon Cruz ramon.javier.cruz@gmail.com +1 646 2506671	Transport in NAMAs and national communications ITDT, in cooperation with the IDB, ADB and other 50 members of the SLoCaT Partnership, will host a discussion on the role of climate financing and reporting mechanisms - in particular NAMAs and National Communications - in the global transition towards sustainable, low-carbon transportation.
Monday, 06 December 11:30-13:00 Aguila	Cooperation internationale pour le développement et la solidarité (CIDSE) Ms. Catherine Durbin durbin@cidse.org +32 2 2333754	Making climate finance work for the poor and for the environment - Towards Social and Environmental Safeguards for Climate Finance CIDSE and Caritas Internationalis will host a debate on the development of social and environmental safeguards that guarantee the protection of vulnerable communities and local environments, and to ensure that they are applicable to the range of expected climate flows.
Monday, 06 December 11:30-13:00 Jaguar	OXFAM International (OI), Global Campaign for Climate Action (GCCA) Mr. Bert Maerten bmaerten@oxfam.org.uk +66 80 2104873	Funding the future? Establishing a fair climate fund in Cancun (organized by OI and GCCA) Climate change is hitting harvests and putting the poorest people at risk. Establishing a new fair global climate fund at COP16 will not only help developing countries adapt to the changing climate and adopt low-carbon development pathways, but also help rebuild trust in the negotiations.
Monday, 06 December 11:30-13:00 Mamey	Association des clubs des amis de la nature du Cameroun (ACAN) Mr. Raphael Hanmbock ecoalert@yahoo.fr +237 2206 8067	REDD Plus mechanism in the West African region: The cross river state vision and partnership The challenge associated with implementing the REDD Plus mechanism and LULUCF in West Africa continues to multiply after Copenhagen, other partnership activities developed so far: The Cross Rivers State forestry Commission, the Cross River State Tourism Bureau Nigeria, ANCC, ACAN.
Monday, 06 December 13:20-14:40 Pitaya	World Health Organization (WHO), International Labour Organization (ILO), Office High Commissioner for Human Rights/Centre for Human Rights (OHCHR), UNAIDS - Joint United Nations Programme on HIV and AIDS, United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), World Food Programme (WFP) Ms. Marina Maiero maierom@who.int +41 76 2350115	Improving resilience to protect human health and welfare from the adverse affects of climate change To highlight the public health and nutrition consequences of climate change and the role of social protection in adaptation and mitigation efforts. Recommendations on how the UN system could support the resilience processes of the most vulnerable population groups will be provided.
Monday, 06 December 13:20-14:40 Águila	International Energy Agency (IEA) Ms. Jenny Gell jenny.gell@iea.org +33 1 40576729	Electricity at the core of climate mitigation An ambitious mix of policies and technologies are needed to cut global CO2 from energy in the next decades. Electricity concentrates many of the challenges and solutions. IEA experts will present recent technology and policy research on electricity supply and demand, indicating the way forward.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 06 December 13:20-14:40 Jaguar	Inter-American Development Bank (IDB) Mr. Juan Pablo Bonilla secci@iadb.org +1 202 5506613	MDBs role in scaling-up international climate finance Parties have multiple needs and priorities to address climate change. MDBs can play a greater role in access to international financing, bolstering investments in mitigation and adaptation, including natural resource and risk management. Promoting public-private efforts in all sectors is critical.
Monday, 06 December 13:20-14:40 Sandia	Caribbean Community Climate Change Centre (CCCCC) Mr. Kenrick Leslie oed@caribbeanclimate.bz +501 822 1104	Caribbean vulnerability - A case for a post-2012 climate change regime. The Side Event will highlight the importance of a post-2012 climate change regime because of the vulnerability of the Caribbean to climate change and the steps the region has taken to develop and low carbon development strategy.
Monday, 06 December 13:20-14:40 Mamey	Argentina Ms. Florencia Yañez fyanez@ambiente.gov.ar +54 11 43488678	Argentina: Climate change actions towards 2020 in the context of sustainable development Actions undertaken in key economic sectors as well as new initiatives will be portrayed, highlighting their impact on the GHG emission reductions and the resources required for implementation. Provinces will inform on their current and potential actions that may contribute to sustainable development.
Monday, 06 December 15:00-16:30 Jaguar	Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe (REC) Ms. Zsuzsanna Ivanyi zivanyi@rec.org +36 26 504030	Regional (European) and inter-regional (Europe-China) cooperation on adaptation and mitigation It will introduce an integrated methodology to support European adaptation policy making providing with tools and a cooperation project between EC and China through a Clean Energy Center.
Monday, 06 December 15:00-16:30 Águila	European Photovoltaic Industry Association (EPIA), Alliance for Rural Electrification (ARE), Solar Energy Industries Association (SEIA) Mr. Benjamin Fontaine b.fontaine@epia.org +32 2 4001043	Solar powering the planet: Fostering sustainable development and creating jobs today Solar energy, the fastest growing energy source in the world, has enormous potential to create jobs and provides a clean, competitive and sustainable solution to meet the rising energy demand of developing countries. High-level speakers will discuss the policies needed to accelerate solar deployment.
Monday, 06 December 15:00-16:30 Mamey	International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF) Mr. Henry Neufeldt h.neufeldt@cgiar.org +254 20 7224238	REDD readiness and whole landscape accounting The nuts and bolts of preparing for equitable, efficient and effective REDD+, and the need to extend to AFOLU.
Monday, 06 December 15:00-16:30 Pitaya	International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) Ms. Leane Regan regan@iiasa.ac.at +43 2235 807316	The multiple co-benefits of transformational change Energy, Land use and Climate Change Presentation of preliminary findings of the Global Energy Assessment, a multi-year global initiative involving some 500 analysts, reviewers and authors from throughout the world and on IIASA research findings on forestry and land use options to reduce GHG emissions.
Monday, 06 December 16:45-18:15 Jaguar	China Association for Science and Technology (CAST) Mr. Rui Zhou cncigbp@igsnr.ac.cn +86 10 64889829	Green economy approach in China: The reason and innovation of policy, technology and governance Traditional models of economic development have been identified as the major cause of global warming. A green economy approach is proposed to stabilize global climate based on innovations in technology, economic management and risk governance(consolidate with Xiamen University and EC2).

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 06 December 16:45-18:15 Águila	Coastal Association for Social Transformation Trust** (COAST Trust) Mr. Rezaul Chowdhury reza@coastbd.org +88 2 8125181	Rights for climate induced forced migrants : Responsibility of international community There will be 2 billion displaced people due to climate induced problems, alone in Bangladesh these figure will be 30 millions by the year 2010, they should have rights to life and livelihood in view different UN covenants.
Monday, 06 December 16:45-18:15 Monarca	John Heinz III Center for Science, Economics and the Environment, Rockefeller Foundation Ms. Amber Childress childress@heinzctr.org +1 202 5524712	The role of agriculture and land use in climate change policy Meridian Institute, Rockefeller Foundation, Terrestrial Carbon Group and GAEA convene experts and negotiators to present new analysis & identify & discuss key issues related to global climate change and agriculture, inc pathways to reconcile multiple demands on land.
Monday, 06 December 16:45-18:15 Mamey	University of Oxford, Environmental Change Institute (ECI), University of East Anglia (UEA) Ms. Heike Schroeder heike.schroeder@ouce.ox.ac.uk +44 7931 288213	Governing and implementing REDD+ The Environmental Change Institute and the Tyndall Centre showcase the latest research identifying governance challenges and ways forward for REDD+ because despite years of negotiations and pilot projects, the effectiveness of an international REDD+ is unclear.
Monday, 06 December 18:30-20:00 Mamey	International Federation of Agricultural Producers (IFAP) Mr. Valerio Lucchesi valerio.lucchesi@gmail.com +33 1 45260553	Enabling agriculture and forestry to contribute to climate change responses Drawing on the outcomes of agriculture and rural development day and forest day, major international organisations, donors, farmers, civil society and the private sector will outline options for more integrated approaches among sustainable agriculture, forestry and climate change for food security.
Monday, 06 December 18:30-20:00 Sandia	International Coastal and Ocean Organization (ICO), Zoological Society of London (ZSL) Mme Miriam Balgos mbalgos@udel.edu +1 302 8318086	Oceans and climate: Action plan for survival This event will focus on the need for a comprehensive ocean and climate initiative within and outside the UNFCCC process. It will present an action plan for coral reef ecosystem resilience to climate change and highlight actions for mitigation, social adaptation, and capacity development.
Monday, 06 December 18:30-20:00 Cacao	Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry (FICCI) Ms. Rita Roy Choudhury rita.choudhury@gmail.com +91 11 23325110	Next generation carbon market in India: Role of business, technology and finance The side event will highlight the evolution of carbon market in India to the next generation level in the context of scaling up CDM through both project and program based activities, and the role of businesses, technology and finance in scaling up GHG reduction projects in India.
Monday, 06 December 18:30-20:00 Águila	Global Water Partnership Organisation (GWPO), Heinrich Böll Foundation (HBF), Stakeholder Forum for a Sustainable Future Mr. Steven Downey steven.downey@gwpforum.org +46 8 52212652	Water, climate and development: Linking up development agendas and putting water security first Water is the primary medium through which climate change impacts our world so water security is key to adaptation. This joint side event will demonstrate links between water, human development and climate change, discuss policy responses for COP 16/CMP 6, and explore financing water-related adaptation.
Monday, 06 December 18:30-20:00 Jaguar	Zambia Mr. Ephraim Mwepya Shitima mwepyashitima@yahoo.co.uk +260 211 229417	How CDM can work in Africa - Lessons learnt in Zambia and the rest of Africa CDM potential in Zambia including lessons learnt from developing and implementing programmatic CDM in other African countries.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 06 December 18:30-20:00 Pitaya	World Health Organization (WHO), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Labour Organization (ILO), International Telecommunication Union (ITU), Office High Commissioner for Human Rights/Centre for Human Rights (OHCHR), UNAIDS - Joint United Nations Programme on HIV and AIDS, United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Population Fund (UNFPA), United Nations Children's Fund (UNICEF), UN Women, World Food Programme (WFP), World Health Organization (WHO), World Bank Ms. Elena Villalobos villalobose@who.int +41 78 9279183	Inclusion of social dimensions in the development of climate change policies and programmes Recommendations on how the UN system can more effectively support member states to ensure that climate-related policies simultaneously provide better living conditions for society while contributing to poverty reduction and sustainable development, ensuring equitable low carbon development processes.
Monday, 06 December 20:15-21:45 Cacao	UNICA - Brazilian Sugarcane Industry Association (UNICA) Mr. Luiz Amaral luiz@unica.com.br +55 11 30934949	Curbing the trend: currently available mitigation opportunities for transport in developing countries Emissions of the transport sector are rapidly increasing in the developing world. Representatives from emerging economies and international institutions will debate on available and realistic solutions to revert this trend while promoting sustainable development.
Monday, 06 December 20:15-21:45 Pitaya	Center for Climate Strategies** (CCS), Global Environmental Institute (GEI) Ms. Anne Devero adevero@climatestrategies.us +1 202 5405403	It's hard to build a skyscraper from the sky down: Sub-national climate action in the U.S. and China CCS and GEI will showcase the cooperative work that is underway between US states and Chinese provinces on climate action planning and opportunities for scale-up. Leaders from Guangdong Province and New York State will discuss the challenges and opportunities of working at the sub-national level.
Monday, 06 December 20:15-21:45 Sandia	Munich Re Foundation (MRF), Misereor Mr. Christian Barthelt cbarthelt@munichre-foundation.org +49 89 38914229	Climate justice in a post-Kyoto world - options for a fair global climate and energy policy Climate change policy must sustainably support efforts to overcome poverty and underdevelopment. At this panel, experts, among them scientists from the IPCC, will discuss suitable and fair strategies, technological options and instruments. Panelists: IGP, MISEREOR, MRF, PIK
Monday, 06 December 20:15-21:45 Mamey	German Development Institute (DIE - Bonn), Chatham House Mr. Marcus Kaplan marcus.kaplan@die-gdi.de +49 228 94927293	Low Carbon Development Strategies - Panacea or Placebo? Jointly held by Chatham House and DIE. International experts discuss barriers and opportunities for LCDs, present experiences from China, South Africa and SE Asia and lessons for other developing countries. Furthermore we discuss the potential of agriculture for low carbon development in Africa.
Monday, 06 December 20:15-21:45 Jaguar	UNEP - Finance Initiative (UNEP FI), WWF (WWF) Mr. Remco Fischer remco.fischer@unep.org +41 22 9178685	Financing real transformation? Designing an effective financial mechanism under the convention We need to mobilise sufficient capital to shift economies to a low-carbon pathway. This event will explore how the financial mechanism can deliver scaled-up public funding that both unlocks private capital at transformational scale and supports activities that lack a commercial dimension.
Monday, 06 December 20:15-21:45 Monarca	Pew Center on Global Climate Change (Pew Center) Ms. Namrata Patodia patodian@pewclimate.org +703 516 4146	Towards a binding climate agreement: Lessons from other regimes - Presentation and discussion of a new Pew Center analysis examining the evolution of other multilateral regimes and the lessons they suggest for pathways toward a legally binding climate change framework.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Monday, 06 December 20:15-21:45 Águila	Worldwatch Institute Mr. Alexander Ochs aochs@worldwatch.org +1 202 4521999511	Low-carbon energy roadmaps: Insights from those who are leading the way Worldwatch will lead this discussion among policy makers who have lead the way in developing low-carbon energy roadmaps for their countries. Opportunities and challenges will be explored, and results from around the world will be shared.
Tuesday, 07 December 11:30-13:00 Águila	World Council of Churches (WCC), ACT Alliance - Action by Churches Together (ACT Alliance), Caritas Internationalis (CI) Mr. Elias Abramides eliasabramides@gmail.com +54 11 47950741	Faith based organisations advocate for climate justice Communities address climate change, poverty and sustainable development, offering ethical contributions to international negotiations through awareness raising, social mobilization and advocacy. Case study on Nicaragua and interfaith theological approaches from christian and muslim perspectives.
Tuesday, 07 December 11:30-13:00 Jaguar	Action for a Global Climate Community (AGCC), International Organisation of Supreme Audit Institutions (INTOSAI) Ms. Estelle Rouhaud estellerouhaud@climatecommunity.org +44 203 1760543	Providing accountability in the response to climate change at national and international levels Innovative approaches and best practices used by such offices when auditing governments climate change performance, showing how they lead to better compliance, decisions, results and accountability. The case for an International Court of the Environment will be presented by the ICE Coalition.
Tuesday, 07 December 11:30-13:00 Mamey	International Save the Children Alliance, Plan International (Plan) Ms. Emilia McElvenney emilia.mcelvenney@save-children-alliance.org +44 208 2378022	Bearers of future responsibility: engaging children and youth in building climate change resilience This side event will draw from our work on child-led/child-centred adaptation programming, specifically how the voice of children is necessary to achieve community-led adaptation to bring about integrated and effective climate change resilience.
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Sandia	Guatemala Mr. Carlos Mansilla cclimatico@marn.gob.gt +502 2423 500	Climate change impacts and challenges in Guatemala, Central America. Vulnerability issues: economic impact of climate change in Guatemala. Need for a change in behaviors and attitudes. Mitigation opportunities: Forests and climate change initiatives, and use of renewable energies, energy efficiency and technology transfer.
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Pitaya	Micronesia (Fed. States of) Ms. Alexandra Viets alexandra.viets@gmail.com +1 213 3210911	Near-term climate mitigation Near-term climate mitigation is necessary to minimize the harmful impacts of climate change over the coming decades. By addressing short-lived pollutants, we can reduce warming significantly and better protect both the most vulnerable climate elements and the most vulnerable human populations.
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Jaguar	Marshall Islands Mr. Caleb Christopher environ.nyc@gmail.com +212 983 3040	Fast start from the Marshall Islands perspective Discussion on fast start from a low-lying island perspective, with a focus on adaptation. Experiences with navigating multiple sources and rapid national responses (balancing planning with results). Includes emissions cuts and leadership with maritime emissions as key contributions.
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Águila	Chile, Peru Mr. Douglas McGuire douglas.mcguire@fao.org +39 6 57053275	Adapting to the impacts of climate change in mountain areas: Innovative approaches at local and national level This event, jointly organized by Chile and Peru in the context of the Mountain Partnership, will share innovative experiences of how mountain countries are addressing the impacts of climate change through technical, institutional, policy and financial solutions at local and national level.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Monarca	The United Nations System Ms. Katja Gregers Brock gregersbrock@un.org +1 646 207 9046	The United Nations System delivering as one on climate change: supporting implementation The United Nations Secretary-General, Chair of the United Nations Chief Executives Board, is hosting a high-level side event on addressing climate change as a means for countries to reach their development goals. Ministers and United Nations System leaders will have an open exchange to identify countries' needs and the role of the United Nations System in response to those needs.
Tuesday, 07 December 13:20-14:40 Mamey	Met Office Hadley Center Ms. Fiona Carroll fiona.carroll@live.co.uk +44 7753 880 669	Science: decision making in the face of an uncertain and complex climate Latest science strengthens the case of an already changing climate. The Met Office Hadley Centre shows some potentially vulnerable parts of the climate may be more resilient than previously thought, but others less so. Combined with projections of climate change, these results should inform policy.
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Sandia	IUCN - International Union for Conservation of Nature Ms. Ninni Ikkala ninni.ikkala@iucn.org +41 22 9990106	Taking action on ocean acidification: opportunities under UNFCCC Ocean acidification is a direct consequence of increased human induced CO ₂ emissions. Scientific experts will present the latest knowledge of impacts on marine life and climate change. Socio-economic consequences and needed political action will be discussed by country representatives.
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Cacao	Munich Climate Insurance Initiative (MCII) Ms. Koko Warner warner@ehs.unu.edu +49 228 8150226	Adaptation, risk reduction and insurance (with CCRIF, Oxfam, SwissRe, IRI) Answers Party questions on adaptation, risk management and insurance, relevant to para 4e and 8 of AWG-LCA text. Delegates and experts discuss innovations for adaptation, risk reduction, and insurance for vulnerable countries and people. Real-world experience and examples from communities, governments and regions.
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Jaguar	Climate Action Network International (CAN International) Mr. David Turnbull dturnbull@climatenetwork.org +45 0 28722944	Essential elements of a Cancun balanced package Climate Action Network - International will explore key elements that make up a balanced package of agreements at Cancun, and what the pathway forward should look like.
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Pitaya	Sweden Mr. Hakan Frycklund hakan.frycklund@environment.ministry.se +46 8 4051000	Sustainable Development in Africa and the role of the Carbon Market This session will discuss the role of the Carbon Market as a vehicle for green investments and capacity development experiences to enhance the engagement in the CDM in Africa.
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Mamey	World Intellectual Property Organization (WIPO), Global Environment Facility (GEF), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), World Bank, World Trade Organization (WTO) Mr. Joe Bradley joe.bradley@wipo.int +41 79 2480133	Supporting Successful Partnering in Technology Transfer This side event will explore experiences from developing countries in efforts undertaken by the UN system and industry to support developing countries in the transfer and diffusion of environmentally sound technologies and lessons learnt to support the development and work of the CTC and Network

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Tuesday, 07 December 18:30-20:00 Águila	United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), United Nations Development Programme (UNDP)/United Nations Development Group (UNDG), United Nations Economic Commission for Africa (UN ECA), United Nations Economic Commission for Europe (UN ECE), United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UN ECLAC), United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN ESCAP), United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (UN ESCWA) Mr. James Tee james.tee@undp.org +1 212 9065945	Supporting global, regional and national actions towards addressing climate change This event will present actions at the global, regional and national levels to address climate change, focusing on energy issues (access, security, efficiency). It will show linkages at various levels, including a recent global initiative to achieve universal access to modern energy by 2030.
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Mamey	International Hydropower Association (IHA), International Solar Energy Society (ISES), World Bioenergy Association* (WBA), World Wind Energy Association (WWEA) Mr. Lau Saili ls@hydropower.org +44 20 86525299	Towards Global Feed-In Tariff Funds: Leading Proposals & Recommendations for Implementation Deutsche Bank, Greenpeace, & UN DESA discuss their leading proposals for decarbonizing the economy through global feed-in tariff funds - tested by REN Alliance against the realities of each renewable energy technology with recommendations made for implementation. (complimentary after-event drinks)
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Jaguar	Resources for the Future (RFF), German Marshall Fund of the United States (GMF) Ms. Kristin Hayes hayes@rff.org +1 202 3285033	Strategies for Low-Carbon Growth: Challenges and Opportunities in International Finance Transatlantic panel of scholars, policymakers and sector experts discuss innovative options for how developed countries can implement their Copenhagen finance commitments, with a particular focus on funding for renewable energy initiatives in developing countries.
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Cacao	Brazilian Business Council for Sustainable Development (BCSD - Brazil) Mr. Marina Grossi cebds@cebds.org +55 21 24832250	Challenges and opportunities for the sustainability of future mega events in Brazil Brazil will host Rio+20 in 2012, the World Cup 2014 and the Olympic Games 2016. Is crucial that the preparation for these megaevents includes sustainability concerns so as to minimize adverse effects.
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Águila	The Woods Hole Research Center (WHRC), Duke University Ms. Elizabeth Braun ebraun@whrc.org +508 540 9900	Terrestrial GHGs and climate mitigation: Developments in science, economics and policy Duke University's Nicholas Institute and WHRC discuss recent scientific and economic research on terrestrial GHG management and discuss how to incorporate them into international policy mechanisms. Presenters will focus on MRV, biophysical and economic mitigation potentials, and ecosystem services.
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Monarca	Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP), International Emissions Trading Association (IETA) Ms. Katrin Harvey katrin.harvey@reeep.org +43 1 260263425	Finance to push forward clean technology: a forum for business and policy-makers by REEEP and IETA A panel of leading investors, policy-makers and international organisations will examine the roles of effective policy and the environmental markets in mobilizing public and private capital flows to accelerate the innovation and diffusion of clean energy technology.
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Sandia	SeaTrust Institute, Nurses Across the Borders (NAB) Ms. Lynn Wilson lwilson@nasw.org +360 961 3363	Human Health: The issue of/for climate change adaptation strategies With Nurses Across Borders, this joint event uses scientific knowledge to support health practitioners in tangible climate change adaptation actions, highlighting malaria. We explore ways to improve adaptive strategies in regions with low adaptive capacity, and catalyze a COP16 health coalition.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Tuesday, 07 December 20:15-21:45 Pitaya	German Advisory Council on Global Change (WBGU), Stockholm Environment Institute (SEI) Ms. Astrid Schulz aschulz@wbgu.de +49 171 4620766	Mutual accountability for a global low-carbon and low-emissions economy within the UNFCCC and beyond A global transformation towards a low-carbon, low-emissions economy can only be achieved by multi-level action. SEI, WBGU and IIASA discuss how bottom-up initiatives and top-down measures can interact, and explore the role of MRV in rebuilding trust between industrialised and developing countries.
Wednesday, 08 December 11:30-13:00 Monarca	Environmental Defense Fund (EDF) Mr. Dan Anderson danderson@edf.org +1 202 5723301	Leveraging carbon markets for adaptation, mitigation and poverty alleviation in the rural sector Farmers, government officials and NGOs from Asia will share experiences on leveraging carbon markets to support sustainable agriculture and transform rural livelihoods. Discussion will follow on using this experience to inform market design and facilitate countries docking into existing carbon markets.
Wednesday, 08 Dec 2010 11:30-13:00 Jaguar	Mexico Mr. Aldo Flores Quiroga aldo.flores@energia.gob.mx +52 55 5006000114	Energy efficiency in the post 2012 framework This Government of Mexico Official Side Event, a Ministerial Roundtable discussion, with a keynote speech by President Felipe Calderón Hinojosa, will address ways forward to prioritize global action on energy efficiency.
Wednesday, 08 December 11:30-13:00 Mamey	ClimateNet Mr. Björn Dransfeld dransfeld@perspectives.cc +49 40 399990691	Standardizing the CDM towards zero transaction costs In this side event we bring together practitioners from business and project development with international experts from research as well as officials from the UNFCCC and governments to discuss the opportunities and challenges of standardizing the CDM.
Wednesday, 08 December 13:20-14:40 Jaguar	Mexico Ms. Josefina Braña Varela jbrana@conafor.gob.mx +52 33 37777047	Mexico's REDD+ Vision Mexico will present its national vision for REDD+
Wednesday, 08 December 13:20-14:40 Pitaya	Bangladesh Mr. Shawkat Ali Mirza mirza@doe-bd.org +88 2 8121821	Vulnerability of MVCs and our expectation from Cancun Climate change impacts are felt over the globe disproportionately; unfortunately International process is yet to deliver what was expected, in light of the current negotiation process, we shall share our expectation to the Parties.
Wednesday, 08 December 13:20-14:40 Águila	Dominican Republic Mr. Ernesto Reyna Alcantara gestion.ambiental@ambiente.gob.do +1 809 4720627	The Caribbean Biological Corridor: an example of international cooperation Climate change mitigation and adaptation activities.
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Monarca	United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), International Labour Organization (ILO), United Nations Department of Economic and Social Affairs (UN DESA), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UN ESCAP), World Tourism Organization (UNWTO) Mr. Lucas Assuncao lucas.assuncao@unctad.org +41 79 3758855	Rio+20: The transition to a green economy - implications for poverty alleviation and sustainable development This high level event will focus on enabling policy instruments in the transition to a green economy in the context of poverty alleviation and sustainable development. Relevant analytical work carried out during the UNCSD preparatory process and results of expert meetings on the green economy will be presented.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 08 December 13:20-14:40 Mamey	United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Human Settlement Programme (UN-HABITAT), United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), World Food Programme (WFP), World Meteorological Organization (WMO) Ms. Xianfu Lu xlu@unfccc.int +49 228 8151392	UN-System Side Event on Adaptation This is one of a dozen or so thematic events under the UN-System. This event on adaptation will showcase a broad range of initiatives being carried out by UN agencies, who will share their experiences of implementing actions at different levels, in different sectors and with different stakeholders.
Wednesday, 8 December 13:20-14:40 Monarca	United Nations (UN) Ms. Celine Varin varin@un.org +1 9173713557	The report of the Secretary-General's High-level Advisory Group on Climate Change Financing (AGF): discussing the key findings Panelists will discuss with participants the key findings of the report of the Secretary-General's High-level Advisory Group on Climate Change Financing released on 5 November 2010. The AGF has provided a contribution to the discussion in the UNFCCC and other processes on long term sources of funding.
Wednesday, 08 December 15:00-16:30 Jaguar	International Organization for Migration (IOM) Ms. Alina Narusova anarusova@iom.int +41 22 7179295	Climate Change, Environment and Migration Alliance (CCEMA): understanding impacts and finding solutions IOM, UNU and other CCEMA partners highlight key questions and challenges for migration and displacement. Delegates and experts discuss proactive approaches for policy and practice in the context of climate change and adaptation, with relevant case studies.
Wednesday, 08 December 15:00-16:30 Jaguar	European Investment Bank (EIB) Ms. Viviana Siclari v.siclari@eib.org +35 2 437983155	Building climate safeguards into MDB financing The EIB, as also other MDBs, has long been applying environmental safeguards to projects. Climate change-specific safeguards need to be developed and systematically applied, in order to enhance projects' resilience and minimize their negative impact on global GHG concentrations in the atmosphere.
Wednesday, 08 December 15:00-16:30 Mamey	International Development Law Organization (IDLO) Mr. Paul Crowley pcrowley@idlo.int +39 349 8244479	An IDLO/UNEP legal experts panel on the legal preparedness for climate change initiative (LPCCI) In developing countries, the LPCCI identifies legal barriers, then recommends and implements consensus-based legal solutions, tailored uniquely for adaptation, participation in international mitigation schemes, and access to climate funding. Partners include UNDP, CISDL, AOSIS, Vietnam.
Wednesday, 08 December 16:45-18:15 Jaguar	Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) Ms. Pascale Rossignol Pascale.rossignol@oecd.org +33 1 45249658	How can we successfully implement cost-effective policies to address climate change? A cost-effective policy mix is needed to mitigate and adapt to climate change, particularly given the economic crisis. Ministers and OECD officials will discuss how to generate the necessary financing and investment flows, to keep the costs of action low, and to minimise competitiveness impacts.
Wednesday, 08 December 16:45-18:15 Mamey	Keidanren, Global Industrial and Social Progress Research Institute (GISPRI) Mr. Takatsugu Haneo haneo-t@keidanren.or.jp +81 3 67410697	Paradigm shift in building a Post-Kyoto international framework; Seeking harmonization between economic growth and environment To discuss how to best build a Post-Kyoto international framework, discussants with a variety of backgrounds will elaborate on some key issues such as: participation by all major emitters; equitable mid-term targets; technology (dissemination, transfer, and innovation).

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 08 December 16:45-18:15 Aguila	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) Ms. Karina Cantó kcanto@sica.int +503 0 22488848	Presentation of the Regional Strategy on Climate Change (ERCC) This event is a presentation of a regional strategy which shows a common initiatives and efforts from countries of Central America and Dominican Republic in topics like: Mitigation, adaptation, vulnerability, etc. to climate change.
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Jaguar	Germany Ms. Beatrice Ladusch beatrice.ladusch@bmu.bund.de +49 30 183052	Planning for low carbon delivery and proving it works Economic decarbonisation by 2050 meets three goals: climate protection, energy security and sustainable development. Helping increase capacity to deliver will reduce global emissions and ensure effective investment in mitigation and adaptation.
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Águila	Morocco Mr. Mohamed Hbou nboudrm@yahoo.com +212 61 537576647	Approche territoriale: impacts des changements climatiques- Cas des Oasis résilientes. Impacts des changements climatiques et actions d'adaptation pour des oasis résilientes dans le cadre d'une approche territoriale.
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Pitaya	Spain Ms. Carmen García buzon-dgoecc@mma.es +34 91 4361548	Tools for a smart adaptation: successful experiences in the Latin American Region The objective of the Side Event is to explore limits, deployment and potentiality of new technologies in the field of energy, by proposing solutions and different actions in order to overcome barriers in the horizon 2050.
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Cacao	Confederation of Indian Industry (CII) Mr. Suman Kumar suman.kumar@cii.in +91 11 24653305	Indian industry's role in low carbon growth Initiatives taken by user industry like power, steel, chemical to move towards low carbon future, Initiatives taken by Indian industry towards alternate/renewable energy, India as a technology development and production base
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Mamey	United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), UN Secretary General's Advisory Group on Energy and Climate Change (AGECC), UN Energy, International Atomic Energy Agency (IAEA), World Bank Ms. Marina Ploutakhina m.ploutakhina@unido.org +43 664 3529742	Briefing by the UN Secretary-General's advisory group on energy and climate change (AGECC) The side event will provide a briefing on the AGECC report Energy for a Sustainable Future that sets out for the first time two ambitious, but achievable, global energy goals on energy access and energy efficiency.
Wednesday, 08 December 18:30-20:00 Sandia	United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), International Telecommunication Union (ITU), United Nations Development Programme (UNDP), United Nations Economic Commission for Africa (UN ECA), United Nations Economic Commission for Europe (UN ECE), United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean (UN ECLAC), United Nations Economic and Social, United Nations Environment Programme (UNEP), Commission for Asia and the Pacific (UN ESCAP), United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (UN ESCWA), United Nations Population Fund (UNFPA), United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), United Nations Regional Commissions New York Office, World Bank Mr. Raf Tuts raf.tuts@unhabitat.org +254 20 7623726	Cities and climate change: Enhancing mitigation and adaptation action Cities both contribute to climate change and are affected by its impacts. Recognizing the urgency to accelerate implementation at the local level, the event will highlight the variety of approaches and tools the United Nations system is using to support cities to act on mitigation and adaptation.
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Sandia	HafenCity University Hamburg (HCU), University of Stuttgart Ms. Iris Gust iris.gust@hcu-hamburg.de +49 40 428274517	Regenerative cities - beyond sustainable urban development Cities must not just cut CO2 emissions and promote renewable energy, but also restore ecosystems on which they depend. In an urban age we need new policy tools for regenerative city development. HafenCity University (HCU) and University of Stuttgart present options for politicians, planners and NGOs.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Monarca	Harvard University Mr. Robert Stowe robert_stowe@harvard.edu +617 496 4265	Institutional options for international climate policy: Research results from the Harvard project It is challenging to conclude a comprehensive and effective multilateral agreement on global climate change among 194 nations with otherwise divergent interests. We will review research on multilateral collaboration and the institutional context of negotiation that can help meet these challenges.
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Mamey	United Nations Foundation (UNF), SNV Netherlands Development Organisation (SNV) Ms. Corinne Hart chart@unfoundation.org +1 202 4631947	Universal energy access Access to modern energy services, including lighting, cooking and heating, and mechanical energy is a critical need and a crucial climate issue. Key speakers will present new approaches. In co-operation with SNV Netherlands Development Organisation and Energy for All Partnership (ADB).
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Águila	Amazon Environmental Research Institute (IPAM) Ms. Mariana Christovam mariana.christovam@ipam.org.br +55 61 96811664	Fostering political action for reducing deforestation in the Brazilian Amazon Stakeholder engagement and political action on REDD+ in Brazil: at local, state and national levels. IPAM provides presentations and expert discussion on participatory political processes, from multi-stakeholder regional planning to harmonization of sub-national targets within the national policy.
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Cacao	Association des constructeurs européens d'automobiles (ACEA) Mr. Michael Klinkenberg mk@acea.be +32 2 7387	Global automakers (ACEA/Alliance/JAMA) -- advancing transport CO2 reduction around the globe Automobile manufacturers are fitting advanced technologies to reduce CO2. For mobility globally, is there one ideal solution? What works for developed and developing countries, in cities and rural areas? How do fuels, infrastructure, consumers fit in? Find out what policies can magnify CO2 reduction.
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Pitaya	The Climate Registry (TCR), National Association of Clean Air Agencies (NACAA) Ms. Robyn Camp robyn@theclimateregistry.org +1 213 8916931	Subnationals showing leadership on global warming States, provinces and localities across North America have undertaken significant actions to reduce GHG emissions, including regional carbon markets, statewide caps, renewable portfolio standards and efficient buildings. Learn more about our path breaking efforts.
Wednesday, 08 December 20:15-21:45 Jaguar	Sierra Club Mr. Fred Heutte phred@sunlightdata.com +1 503 7576222	Climate and energy finance: Funding transformation or propping up the past? An examination of existing patterns of international energy public finance, the World Bank's Energy Strategy Review, and its implications for climate finance architecture.
Thursday, 09 December 11:30-13:00 Águila	Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) Mr. Felix Creutzig felix.creutzig@tu-berlin.de +49 30 31478864	Development pathways for GHG commitments We present the implications of countrywide emission arising from the achievement of development goals.
Thursday, 09 December 11:30-13:00 Jaguar	Climate Action Network Australia (CANA) Ms. Georgina Woods g.woods@cana.net.au +61 0 407227633	The human face of climate change: A matter of human rights. Pacific Calling Partnership event Climate change has a human face and is a rights issue right across the Pacific from Kiribati to Tuvalu to the Torres Strait. People from these nations and partners will, through story, dance and song, reflect and report on the issues involved in dealing daily with the reality of climate change.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Thursday, 09 December 11:30-13:00 Mamey	Climate Institute (CI) Mr. John-Michael Cross jmcross@climate.org +1 202 5524723	Mexican interactive network for climate awareness and response: A global model The newly-launched interactive network in Mexico links the Tickell Climate Observatory, the world's highest, with climate theatres in several cities and programs to empower individuals to be climate problem solvers. This event will showcase this as a model to catalyze ideas worldwide.
Thursday, 09 December 13:20-14:40 Pitaya	France Ms. Jaudet Marie marie.jaudet@developpement-durable.gouv.fr +33 1 40817692	Access to clean energy for all in the most climate vulnerable countries to climate change, especially in Africa A global partnership launched by France and Kenya in order to provide a common framework for mobilizing climate change funds including fast start funds, identifying projects and coordinating implementation.
Thursday, 09 December 13:20-14:40 Sandia	Italy Ms. Paola Geronzi geronzi.paola@minambiente.it +3 144 3934684195	International cooperation and local commitment: a success story in the Small Pacific Islands states On May 10th 2007, the government of Italy and the governments of the Pacific Small Island states launched in New York a cooperation program to address the key global challenges of climate change, in less than 3 years about \$11 Mln in projects and activities - 18 projects in all-have been committed.
Thursday, 09 December 13:20-14:40 Jaguar	United States of America Ms. Anne Kolker annekolker@gmail.com +610 316 1023	Update on US climate activities
Thursday, 09 December 13:20-14:40 Aguila	United Nations Development Programme (UNDP), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Development Fund for Women (UNIFEM), United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), World Food Programme (WFP) Ms. Itzá Castañeda itza.castaneda@undp.org.mx +521 55 16942931	Gender and climate change finance: Empowering women to lead in the new green economy This event will showcase gains in women's empowerment in climate change finance and the green economy, including new entrepreneurial ventures and advocacy strides in climate finance architecture, going beyond why it's important to empower women to a discussion of how it is being done.
Thursday, 09 December 15:00-16:30 Jaguar	Ouranos, Australian National University (ANU) Ms. Blondlot Anne blondlot.anne@ouranos.ca +1 514 2826464	Experiences in mainstreaming adaptation to climate change into decision making Organisations from Canada and Australia, Ouranos and the Australian National University (ANU), will present through case studies how research, multidisciplinary, private and public sectors stakeholders, civil society actors, etc. can work together to efficiently decrease vulnerability to climate change.
Thursday, 09 December 15:00-16:30 Monarca	Innovation Center for Energy and Transportation (iCET) Ms. Lucia Green-Weiskel luciagw@icet.org.cn +917 287 8297	Low-carbon development in China: Clean technologies and GHG accounting How will China reduce the carbon intensity of its economy by 40%-45% from 2005 levels by 2020? Through low-carbon transportation policies and technologies and standardized measuring, reporting and verification (MRV) of GHG emissions. This panel focuses bottom up solutions to climate change in China.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Thursday, 09 December 15:00-16:30 Mamey	Montenegro Ms. Rosalaura Romeo rosalaura.romeo@fao.org +39 6 57055961	Regional approaches for climate change adaptation in mountain areas - sharing the experience In the Mountain Partnership context, regional cooperation mechanisms for promoting sustainable mountain development will be discussed in particular regarding climate change adaptation. This will include conventions as well as informal arrangements in order to foster exchange among mountain regions.
Thursday, 09 December 16:45-18:15 Jaguar	National Wildlife Federation (NWF), Union of Concerned Scientists (UCS) Ms. Barbara Bramble bramble@nwf.org +202 552 9773	Ending deforestation for cattle: challenges, opportunities and workable solutions Industry associations, NGOs, meat and leather brands have taken steps to end deforestation for cattle, a major source of Brazil's GHG emissions. Mapping ranches, monitoring deforestation and adopting innovative policies in supply chains can enable a deforestation-free cattle industry to thrive.
Thursday, 09 December 16:45-18:15 Monarca	Climate Action Reserve Mr. Joel Levin joel@climateactionreserve.org +1 213 8911444	The Climate Action Reserve presents: "R20 - Regions of Climate Action" Subnational governments are demonstrating that they have the capacity and willingness to tackle climate change. Governor Arnold Schwarzenegger and other subnational leaders will discuss how the R20 brings together subnational governments to implement low-carbon and climate resilient projects.
Thursday, 09 December 16:45-18:15 Mamey	Tropical Forest Group (TFG), Nigeria Mr. John O. Niles jniles@tropicalforestgroup.org +805 252 6777	GCF: Cooperation among subnational governments and NGOs on REDD (Hosted by Nigeria and the TFG) The Governors' Climate and Forests Task Force (GCF) is a subnational coalition of 14 states and provinces in Brazil, Indonesia, Nigeria, Mexico, and USA working with NGOs and other stakeholders to protect the climate and forests by integrating REDD into emerging greenhouse gas compliance regimes.
Thursday, 09 December 18:30-20:00 Cacao	Baltic and International Maritime Council (BIMCO) Mr. Michael Lund mlu@bimco.org +45 2880 4523410665	Shipping and combating climate change The shipping industry is proactively seeking solutions to the environmental, political and economic imperatives to continue mitigating its impact on climate changes. ICS, Intertanko and BIMCO will review the current situation and the way ahead. Key member states will be invited to participate.
Thursday, 09 December 18:30-20:00 Jaguar	African Development Bank Group (AfDB) Ms. Balgis Osman Elasha b.osman-elasha@afdb.org +216 71 102249	The Africa green fund Towards achieving sustainable development for Africa: Evaluating the past and looking into the future, harnessing finance opportunities, supporting adaptation efforts, clean energy and mitigation, and ensuring a green growth economy.
Thursday, 09 December 18:30-20:00 Sandia	Network of Regional Governments for Sustainable Development (nrg4SD), The Climate Group Ms. Maruxa Cardama mcardama@nrg4sd.org +32 29 475844339	Plans and Pilots: an international axis on low carbon strategies for subnational governments This side event in cooperation with The Climate Group will show how projects between developed and developing regions can benefit both parties. The UNDP Territorial Approach to Climate Change and specific bilateral collaboration projects will demonstrate that this can succeed at subnational level.
Thursday, 09 December 18:30-20:00 Águila	Switzerland Mr. José Romero jose.romero@bafu.admin.ch +41 31 3226862	Switzerland adaptation economics Recent Work Relevant for National Adaptation Planning and Projects. What is the cost of Adaptation? Where to spend money first and how to spend it wisely? Studies EACC (WB, Warren Evans), ECA (SwissRE, David Bresch) and Quantify Adaptation Benefits (Uni Zurich, Axel Michaelowa). Panel with Saleemul Huq (IIED).

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Thursday, 09 December 18:30-20:00 Mamey	Netherlands Ms. Marian Massaar marian.massaar@minvrom.nl +31 70 3170339445	Elements to fast start climate action Elements to fast start climate action. Including how to narrow the gap between the submitted pledges and mitigation action plans and the two degrees target, and key roles of policy instruments such as NAMAs, LEDS.
Thursday, 09 December 18:30-20:00 Pitaya	International Trade Union Confederation (ITUC) Ms. Anabella Rosenberg anabella.rosenberg@ituc-csi.org +33 1 55373737	Climate change, a workers' issue -proposals for a socially fair climate deal Climate change needs an urgent and sustainable response. Trade unions from North and South will introduce proposals for making the climate deal a people's deal. This event will broadcast the award-winning documentary on trade unions and climate change "A call to action".
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Águila	Global Legislators Organisation for a Balanced Environment (Globe EU) Mr. Terry Townshend terry.townshend@gmail.com +45 33 911505	Political realities for a post-2012 agreement Insights from senior legislators about key political realities that must be reflected in a post-2012 agreement.
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Mamey	Transparency International (TI) Ms. Lisa Elges lelges@transparency.org +49 30 34382018	Promoting integrity in adaptation, mitigation and finance MRVs Promoting good governance in climate change mitigation and adaptation actions and financing. Recommendations for MRV transparency, accountability and public oversight for public, private and civil society sector stakeholders.
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Cacao	Global Wind Energy Council (GWEC), European Wind Energy Association (EWEA) Mr. Stephen Sawyer steve.sawyer@gwec.net +32 2 2131987	Global and European wind energy outlook GWEC will present the newly published report 'Global Wind Energy Outlook 2010' which looks at the global deployment and mitigation potential of wind power up to 2050. The European Wind Energy Association will focus on mitigation potential in the EU with special emphasis on the ETS after the economic crisis.
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Pitaya	Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) Mr. Bernardo Damian Voloj bvoloj@farn.org.ar +54 11 43120788	Experiencias innovadoras desde América Latina en respuesta al Cambio climático frente al CMNUCC. Como aporte ante CMNUCC se presentará la sistematización de herramientas innovadoras de mitigación, adaptación y financiamiento ante el cambio climático, como el Fondo Amazonia de Brasil y el proyecto Yasuní de Ecuador comentado por presidente WWF y secretario CMNUCC en Kioto
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Sandia	Federation of German Industries (BDI) Mr. Martin Schröder m.schroeder@bdi.eu +49 30 20281606	Climate city: Innovations for GHG reduction in urban areas How do industries contribute to climate protection? What role do megacities play and what challenges do they have to overcome on the way to a low carbon society? How can politics help? Discuss with experts their views on climate efficient solutions for emerging megacities.
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Jaguar	Fundación Argentina a las Naciones Camino a la Verdad (FANCV) Ms. Graciela R. Yanovsky caminoalaverdad@fancv.org.ar +54 11 45831239	Proyecto piloto FANCV Creación Consejo Conjunto (Autoridades-Soc.Civil) Regionales: Prever ingreso y/o reubicación positiva: Desplazados, Refugiados/Migrantes-Ciudades Autosustent./ Desarrollo Interactivo no Interdep/Gestión Ordenada/Mitig./Reversion/Efect CC., Incremento Coop. Inter. /Productividad/ Integración -DH.
Thursday, 09 December 20:15-21:45 Monarca	U.S. Climate Action Network (USCAN) Ms. Jennifer Kurz jkurz@climatenetwork.org +1 202 3744431	Where the U.S. stands on fulfilling its Copenhagen pledges Our panel will discuss progress made by U.S. in reaching their Copenhagen pledges on finance, mitigation, MRV, and technology cooperation. The panel will feature congressional staff and a member of the administration.

Date/Time	Organizer	Title / Theme
Friday, 10 December 11:30-13:00 Monarca	PAIRVI Associates (PAIRVI) Mr. Ajay Jha pairvidelhi@rediffmail.com +91 11 29841266	Market based mechanism: Whether a solution to emission reduction Market based mechanisms are highly unlikely to reduce emissions world over. The side event will discuss how it market based mechanism have failed to reduce emission and who benefits from it.
Friday, 10 December 11:30-13:00 Jaguar	Climate Action Network Canada (CAN-Rac) Mr. Chris Henschel chenschel@cpaws.org +1 613 5697226	LULUCF changes required to support mitigation Climate Action Network will present on key outstanding decisions needed in Cancun to ensure LULUCF preserves and strengthens ambition rather than undermines it. Presentation and discussion. Parties welcome.
Friday, 10 December 13:20-14:40 Águila	Papua New Guinea Mr. Paul Chung pchung@rainforestcoalition.org +646 646 4486870	This event will introduce PNG efforts to address drivers of deforestation. This event will feature presentations by the Dominican Republic, Papua New Guinea and Thailand that detail efforts to implement climate-compatible development strategies. Issues discussed will include REDD+, adaptation and mitigation measures and low-carbon growth strategies for industries that drive deforestation.
Friday, 10 December 13:20-14:40 Sandia	Liechtenstein Mr. Sven Braden sven.braden@aus.llv.li +42 3236 7451	What has carbon trade taught us about ecological markets? The Club of Rome and LIFE climate foundation Liechtenstein present various approaches on how to develop green markets. Which path should be taken after the lessons learned from Copenhagen? International experts provide their views on how to get on the green track to establish a low carbon economy.
Friday, 10 December 13:20-14:40 Mamey	The Royal Society Mr. Andrew Parker andrew.parker@royalsociety.org +44 207 4512590	Solar radiation management governance initiative Governing research in solar radiation management: a joint initiative between the Royal Society, TWAS (the academy of sciences for the developing world) and the Environmental Defense Fund.
Friday, 10 December, 13:20-14:40 Mamey	Indonesia Ms. Amanda Katili Niode amanda.katili@dnpi.go.id +62 81511200079	Indonesia national and provincial low carbon growth Indonesia has committed to cutting GHG emissions by 26% from business-as-usual levels by 2020. Studies by the Indonesian national council on climate change showed that at the national and provincial level Indonesia can continue to grow the economy and achieve its greenhouse gas reductions targets.

說明：周邊會議會視主辦單位及會議室實際狀況而更改時間、會議室，甚至取消，上表僅供參考，一切會議安排（包括 COP15 各項會議及周邊會議）依照會場公布資料為準。

參、公約議題趨勢觀察

一、大會會議基本觀察

聯合國氣候變化綱要公約第十六屆締約國大會(The 16th Conference of Parties, COP16)暨京都議定書生效的第六次締約國會議(The 6th Conference of Parties, CMP6)於今年(2010年)11月29日至12月10日在墨西哥坎昆(Cancun)舉行，來自全球194個氣候變化綱要公約會員國與非政組織參與，人數超過15,000人。大會並沒有如預期獲得後京都減量合作協議，僅獲得概念性的「坎昆協議」(Cancun Agreement)。

台灣代表團由行政院環保署邱文彥副署長代領包括產、官、學、及非政府組織等，合計超過50人參與盛會。並首次由環保署邱副署長在正式的周邊會議發表台灣節能減碳之經驗，與出席該次會議各國代表約50餘人分享台灣經驗，成功將台灣經驗推銷至國際。

本次會議以「後京都」之全球溫室氣體減排協議為討論主軸，主要議題有兩項：長期合作行動(Long – Term Cooperative Action, LCA)與修訂京都議定書的協議，涉及的焦點協議，包括調適政策(adaptation policies)、減排政策(mitigation policy)、林業管理減排(Reducing Emissions from deforestation and forest degradation, REDD)、京都機制(Kyoto mechanism)與財務與技術移轉(financial and technology transfer)等。

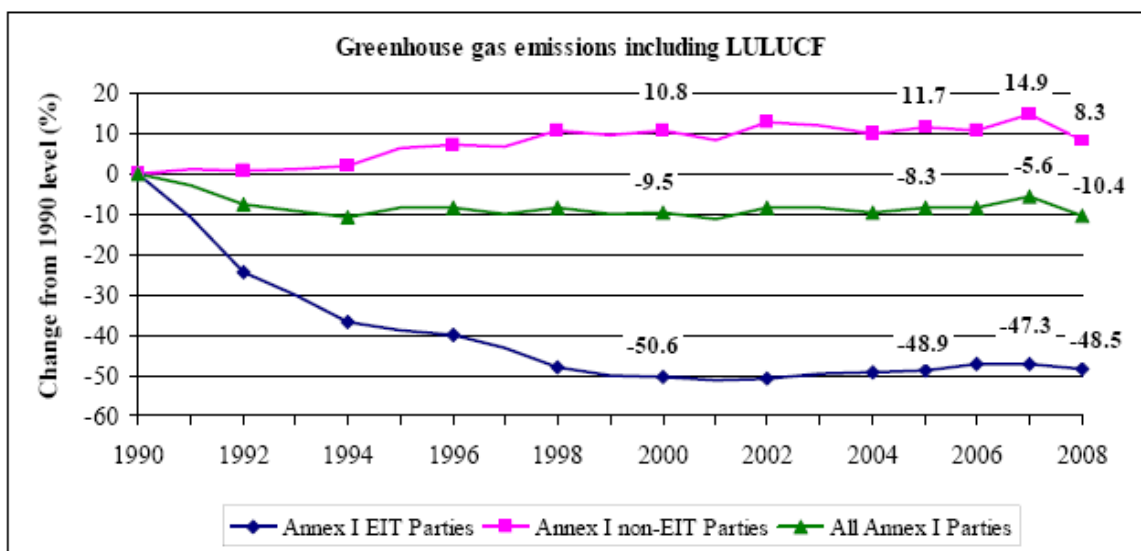
本次大會雖然合計完成COP的12項決議，以及CMP的13項決議，然而，沒有完成後京都第二減量承諾之協議，因此，本次會議進展倍受爭議。大會並決定2011年之COP17/CMP7將於2011年11月28日~12月9日於南非舉行。

以下綜合分析本次大會觀察心得如下：

二、全球溫室氣體排放現況

依據聯合國氣候變化綱要公約最新統計資料，指出附件一國家(1990~2008)GHG 排放減少 10.4%，見圖 1，已超過京都議定書減排 5.2%之承諾目標；其中經濟轉型國家減排 48.5%，而非經濟轉型國家(工業化國家)則仍然成長 8.3%，表示附件一國家溫室氣體減量仍來自於經濟轉型國家的減量貢獻為主。就部門別而言，大部分部門均已呈現減排趨勢，其中，能源部門約減排 530TgCO₂ 當量(約 3.5%)、工業製程約減排 220TgCO₂ 當量(約 15.1%)、農業部門約減排 340TgCO₂ 當量(約 20.0%)、廢棄物部門約減排 50TgCO₂ 當量(約 9.1%)、LULUCF 部門碳匯約增加 680TgCO₂ 當量(約 49.4%)，見圖 2。由此可知，能源部門是減排量最高的部門，而農業部門則是減排率最高的部門。

至於能源消費部門而言，能源產業與運輸部門呈現增排趨勢，其中，運輸部門增排 450TgCO₂ 當量(約 13.9%)，成長幅度與成長率均最高，是未來最關鍵的能源消費部門。而能源產業則約增排 170TgCO₂ 當量(約 3.0%)，見圖 3。至於工業部門、其他部門(如住商等)與逸散性排放則呈現減排趨勢，其中，工業部門約減排 440TgCO₂ 當量(減排率約 16.9%)、其他部門約減排 280TgCO₂ 當量(減排率約 13.1%)、及逸散性排放約減排 170TgCO₂ 當量(減排率約 16.1%)。



Abbreviations: EIT = Parties with economies in transition, LULUCF = land use, land-use change and forestry.

圖 1 附件一國家(1990-2008)溫室氣體排放趨勢

資料來源：UNFCCC(2010), National GHG Inventory Data for the period 1990-2008.(FCCC/SBI/2010/18)

Greenhouse gas emissions/removals from Annex I Parties by sector, 1990 and 2008"

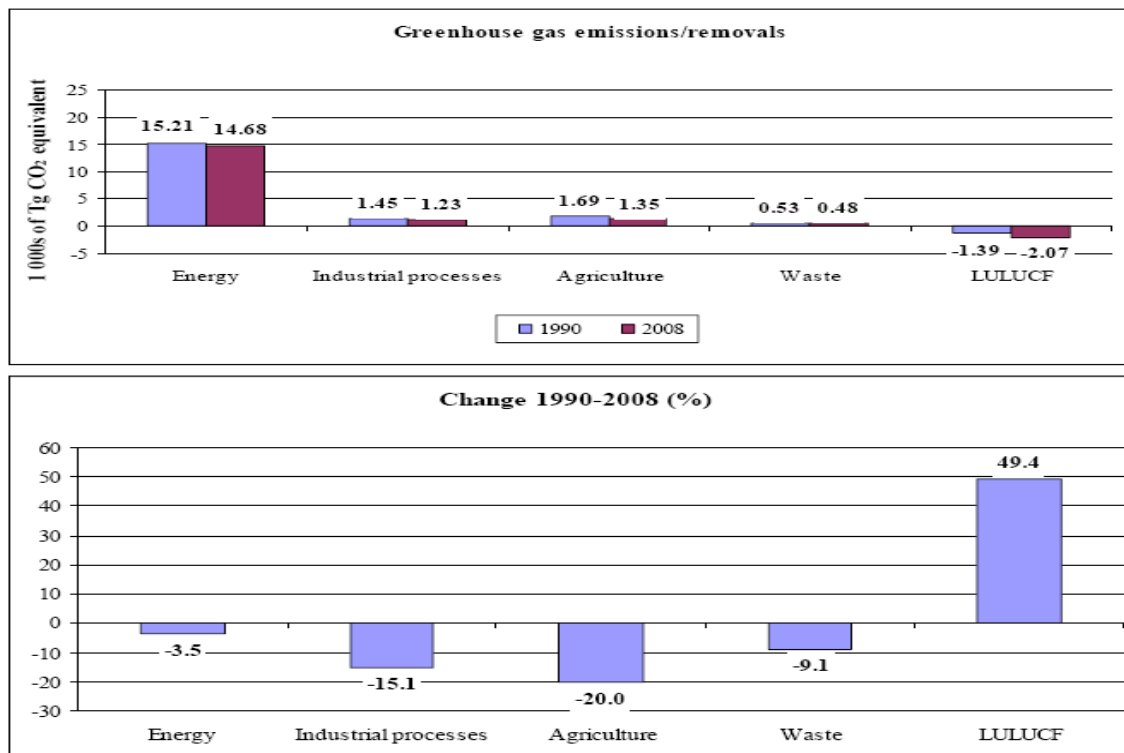


圖 2 部門別歷年溫室氣體排放變化情況比較

資料來源：UNFCCC(2010), National GHG Inventory Data for the period 1990-2008.(FCCC/SBI/2010/18)

Greenhouse gas emissions from Annex I Parties in the energy sector, 1990 and 2008

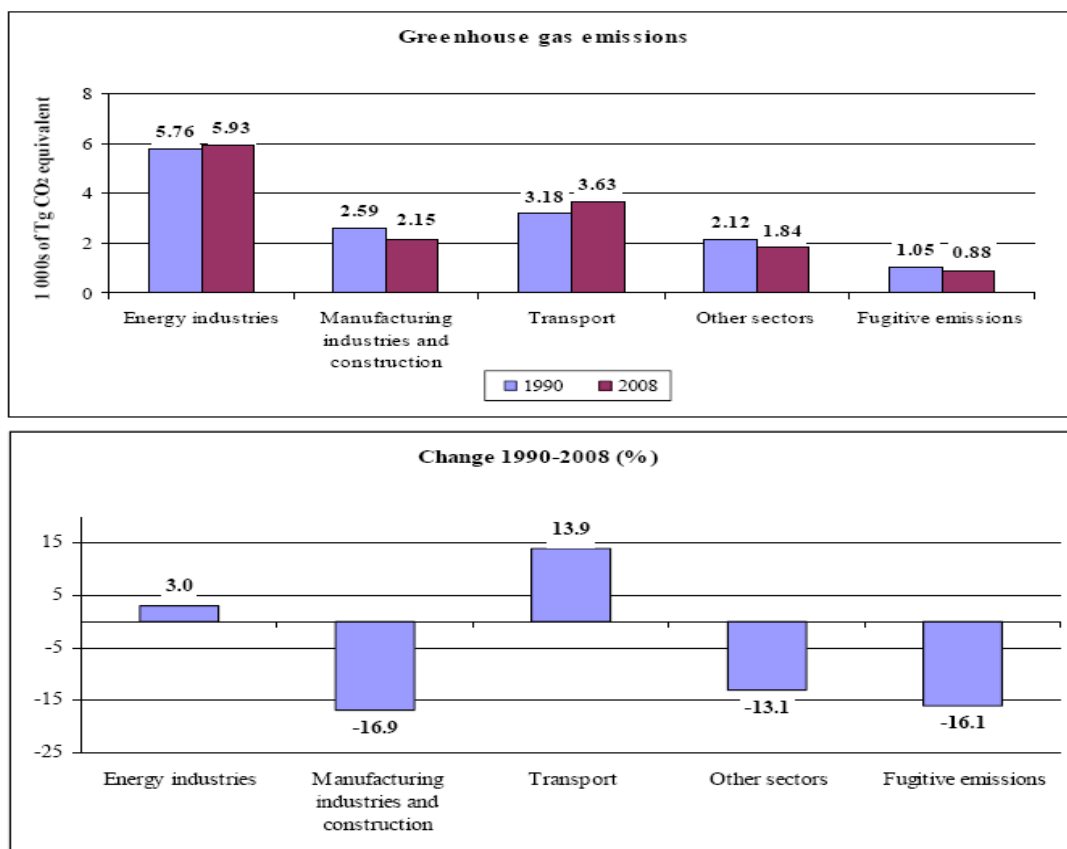


圖 3 能源消費部門歷年溫室氣體排放變化情況比較

資料來源：資料來源：UNFCCC(2010), National GHG Inventory Data for the period 1990-2008.(FCCC/SBI/2010/18)

三、大會主要議題進展

本次大會主要議題包括：後京都減量協商基礎、CDM 進展、京都機制執行、調適進展與調適基金、技術發展、開發中國家毀林與減排 (Reducing Emissions from Deforestation in Development Countries, REDD)、及碳捕捉(Carbon Capture and Storage, CCS) 等，分別簡述如下：

(一)、大會討論重點議題

大會主要區分兩個軌道協商後京都減量承諾協議，分別為 AWG-LCA 與 AWG-KP，其主要討論重點如下：

I、AWG-LCA 決議內容

聯合國氣候變化綱要公約特設的長期合作行動工作小組（簡稱 Ad Hoc Working Group – Long term Corporative Action, AWG-LCA）的主要工作有五項：（1）分擔長期減排合作行動(share version)；（2）提升各項調適措施(adaptation)；（3）改進各項減緩措施(mitigation)；（4）改善資金、技術(financial and technology)及人力建置等各項措施；(5)能力建構 (capacity building)。有關 AWG-LCA 之「坎昆協議」如下

■ 長期合作行動共同願景

1. 除了控制溫升低於 20C(低於工業革命前)之外，應利用最佳科學知識，考慮長期目標是否應控制低於 1.50C
2. 全球應合作達到全球與國家溫室氣體排放高峰，而且承認開發中國家的排放高峰應於晚於工業化國家

■ 加強調適行動

1. 建立「坎昆調適架構」(Cancun Adaptation Framework, CAF)，加強國際調適合作

2. 加強衝擊、脆弱性與調適評估，包括調適策略選擇之財務需求，及經濟、社會與環境評估
3. 成立「調適委員會」(Adaptation Committee)，推動與執行調適行動

■ 加強減緩行動

甲：已開發國家

1. 已開發國家應提交「國家適當減緩承諾」(Nationally Appropriate Mitigation Commitments, NAMCs)。
2. 已開發國家應該每年提交國家排放清冊，以及申報其減排承諾目標的進展。
3. 應制定「低碳發展策略」(Low-carbon Development Strategies)。

乙、開發中國家

1. 開發中國家應提交「國家適當減緩行動」(Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs)。
2. 開發中國家接受國家援助推動 NAMAs，應符合國家量測、報告與查證(MRV)標準，然而，如果公約已建立國際量測、報告與查證指引，則應遵守。
3. 鼓勵開發中國家發展「低碳發展策略」於國家永續發展方案之中。

- 森林保護的政策與經濟誘因與森林碳匯之永續管理(Policy approaches and positive incentives on issues relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation(REDD) in developing countries; and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries) (REDD-plus)

開發中國家推動 REDD-plus 應推動下列行動：

1. 減少毀林(deforestation)產生之溫室氣體排量。
2. 減少森林退化(forest degradation)產生之溫室氣體排量。
3. 森林碳存量(carbon stock)的保育。
4. 永續森林管理。
5. 強化森林碳存量。

■ 利用市場機制，促進減排的成本有效性，建立更多元市場機制，
主要考量：

1. 促進開發中國家推動 NAMAs 誘因
2. 激動跨部門減排
3. 強化環境完整性
4. 達到全球淨減排
5. 協助附件一國家減排承諾目標的達成

■ 財務、技術與能力建構

1. 快速啟動財務機制：工業化國家承諾於 2010-2012 年，每年提供 300 億美元協助開發中國家進行減排與調適活動。
2. 長期財務機制：工業化國家承諾於 2020 年，每年提供 1,000 億美元協助開發中國家進行減排與調適活動。
3. 綠色氣候基金(Green Climate Fund)

(1)協助開發中國家推動相關計畫、政策與措施及行動。

(2)由開發中與已開發國家成立 24 人(7 位非洲國家代表； 7 位亞洲國家代表； 7 位拉丁美洲與加勒比海國家代表； 2 位小島開發中國家代表；2 位低度開發國家代表)董事會，負責管理基金的運作。

II、AWG-LCA 決議內容

■ 清潔發展機制進一步指引：發展標準化基線(standardized baseline)

1. 降低交易成本、提高透明性、客觀與可預測性、促進 CDM 計畫成功登錄、及環境環完整性。
2. 定義標準化基線係指，建立一個或數個國家的基線，以利減排量的計算。

■ 碳捕捉與封存(CCS)

1. CCS 是合格的 CDM 計畫。
2. 加強評估 CCS 在地質儲存的環境的安全性。
3. 建立場址選擇準則，確保場址長期儲存安全性。
4. 加強監測，降低環境風險。
5. 由公約建立場址選擇準則與監測指引，例如 IPCC 之 2006 年國家溫室氣體盤查指引。
6. 建立社會-環境衝擊評估模型，評估 CCS 的風險與安全性。

■ 後京都減排承諾

1. 附件一國家應依據 IPCC 第四版科學報告，於 2020 年達到減排 25-40%(相對於 1990 年)之目標。
2. 附件一國家應儘速完成第二階段減排承諾協議，避免造成空窗期。
3. 仍以 1990 年為第二減排承諾期之基準年，另外亦可以 QELROs (quantified emission limitations and reduction objectives)作為參考年。
4. 同意透過京都機制(ET, JI, CDM)達到 QELROs。

肆、周邊會議資訊分析

本次周邊會議的議題相當豐富，合計有 250 場周邊會議以及 200 個展覽攤位。以下選擇幾項焦點議題，包括 IEA(2010)提出全球能源展望(World Energy outlook 2010)、IEA(2010)提出「邁向更效率的未來」(Toward a More Efficiency Future)、看守德國(Germanwatch, 2010)之「氣候變遷績效指數」(Climate Change Performance Index, CCPI)，及歐盟環保署(European Environment Agency, 2010)之「歐洲 2009 溫室氣體排放趨勢與預測」(Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009)等。

一、IEA 世界能源展望 2010

(一)落實哥本哈根承諾，可減緩全球 GHG 排放

1. IEA(2010)預估在各國新政策下，2008-2035 全球初級能源約成長 36%，由 123 億噸油當量，增加至 167 億噸油當量，年成長率約 1.2%，低於過去 27 年(1990-2007)的年均成長率 2%。
2. 化石能源(包括煤、石油與天然氣)仍然是主要的領導能源，其中，石油占比雖然由 33%下降至 28%，但仍然是最主要的能源型態。
3. 煤碳需求持續增加至 2025 年的高峰，爾後開始下降。由於天然氣的低碳排放，將會快速成長，取代石油與煤碳。
4. 核配占比將由 2008 年的 6%，增加至 2035 年的 8%，再生能源將成長兩倍，由 2008 年的 7%，成長至 2035 年的 14%。

(二)油價將穩定成長

1. 石油需求持續穩定成長，主要來自中國的運輸能源需求增長，將由 2009 年的 1,500 萬桶/天，增加至 2035 年的 9,900 萬桶/天。

2. 油價將平衡市場供需變化，由 2009 年的 60 美元/桶，上升至 2035 年的 113 美元/桶(以 2009 年美元計價)，價格波動幅度逐漸縮小。

(三)天然氣需求將大幅增長

1. 天然氣在中國強勁的需求增長下，2035 年全球總需求量將達到 4 兆 5,000 億立方米，比 2008 年約增加 14,000 億立方米，約成長 44%，抑或年均成長率為 1.4%。
2. 由於國際天然氣需求增加，擴大天然氣貿易，預估全球天然氣貿易量將由 2008 年的 6,700 億立方米，成長至 2035 年的 1 兆 1,900 億立方米，約擴大 80%貿易量。
3. 全球天然氣貿易主要以液化天然氣為主。

(四)用電需求增長，發電結構將改變

1. 全球電力需求將快速成長(高於其他能源)，至 2035 年約較 2008 年間之年成長約 2.2%。為滿足此需求增長，全球於 2009-2035 年期間將增加 59 億 kW 裝置容量，約增加 25%。
2. 隨著石油價格高漲，以及政府追求能源安全與低碳排放的政策下，將大幅增加再生能源與核能發電配比，至化石能源發電占比將由 2008 年的 68%，下降至 2035 年的 55%；煤炭發電占比則由 2008 年的 41%，下降至 2035 年的 32%；天然氣則約維持在 21%占比水準；核能則略為增加 3.6 億 kW。
3. 2035 年發電係數(單位發電之二氧化碳排放量)將下降 1/3(相較於 2008 年水準)。

(五)再生能源發展關鍵在於政府獎勵

1. 電力部門增加再生能源使用的潛力最大，預估 2035 年之再生能源發電將增加 2 倍(相較於 2008 年)，達到占全球總發電量的 33%(2008 年僅占 19%)。
2. 風力與水電占比最高，不過太陽光電成長速度非常快速，至 2035 年可達到全球總發電量的 2%；生物能源於 2008-2035 年間約增長 4 倍，約可滿足道路運輸燃料需求的 8%(由現在的 3%增加至 8%)。
3. 2010-2035 年全球再生能源累計投資高達 5 兆 7,000 億美元；估計全球政府(2009)對再生能源與生物能源補貼總額高達 570 億美元，其中，370 億美元用於補貼再生能源。預估至 2035 年，補貼金額可達到 2,050 億美元，或達到全球 GDP 的 0.17%。
4. 在政府補貼下，再生能源發電成本將由 2009 年的 55 美元/MWh，下降至 2035 年的 23 美元/MWh。

(六)哥本哈根協定無法達到全球目標

1. 依據哥本哈根協定，全球至 2035 年將達到 350 億噸 CO₂ 當量排放水準，相較於 2008 年的 290 億噸，約增加 21%，長期來看，至 2100 年全球溫升將超過 3.5⁰C。
2. 如果全球要控制 2100 年溫升低於 20C，則 2020 年應達到排放高峰(320 億噸)，爾後開始下降至 2035 年的 220 億噸。
3. 透過碳定價(2035 年約 90-120 美元/噸)與取消化石燃料補貼，發電部門將由 2008 年的 40%碳排放占比，下降至 2035 年的 24%；然而，運輸部門減碳成本較高的影響，全球碳排放占比，將由 2008 年的 23%，上升至 2035 年的 32%。

(七)哥本哈根協定使全球在 GHG 減排上，需要多付出 1 兆美元

1. 依照哥本哈根協定，全球無法達到 2100 年控制大氣 GHG 濃度低於 450ppm，以及溫升控制在 20C 的目標，因此，2020 年之後，需要在增加額外措施，故 2035 年約需再額外增加 1 兆美元。
2. 結果全球 2035 年之 GDP 將下降 1.9%(如果哥本哈根會議能達到原先規劃目標，則 GDP 僅下降 0.9%)。

(八)消化石燃料補貼具有三贏策略

1. 2009 年之全球化石燃料消費補貼規模約達到 3,120 億美元。
2. 如果全球取消化石燃料消費補貼，預估約可減少 5%初級能源消費，相當於日本、韓國與紐西蘭的一年總消費規模。
3. 如果至 2020 年達到完全取消補貼，約可減少 5.8%二氧化碳排量，亦即 20 億噸二氧化碳當量規模。

二、IEA(2010)能源效率報告

能源效率是全球因應氣候變遷與全球暖化的最優先策略，鑑於此，IEA(2010)提出一份如何利用指標「邁向更效率的未來」(Toward a More Efficiency Future)的研究報告，引起相當的重視。本研究彙整該報告重點內容如下：

(一)、指標三大功能

1. 瞭解過去趨勢(understanding past trends)
2. 評估節能潛力(assessing potential for energy savings)
3. 加強能源效率政策(enhancing energy efficiency policies)

IEA(2010)針對各部門特性，提出驅動力(driving force)、狀態(state)與回應(response)指標架構，分述如下：

(二)、製造業能源效率指標

驅動力(D)	狀態(S)	政策(R)
1. 附加價值 2. 主要產品 3. 結構移轉(低碳結構) 4. 提高能效	1. 次部門能源消費 2. 關鍵產品的附加價值與產量	1. 投資 BAT 的獎勵措施 2. 自願性協議

註：BAT: Best Available Technology.

(三)、住宅能源指效率標

驅動力(D)	狀態(S)	政策(R)
1. 大型器具(如冰箱、冷氣與洗衣機)增加 2. 小型器具(如個人電腦與手機)增加	1. 總住宅數 2. 總住宅面積 3. 器具存量 4. 每年高溫天數 5. 每年低溫天數	1. 制定器具能源效率標準 2. 節能標章

(四)、商業能源指效率標

驅動力(D)	狀態(S)	政策(R)
1. 附加價值(經濟活動)	1. 總樓地板面積 2. 樓地板面積的增加 3. 員工(就業)人數 4. 服務業附加價值	1. 制定器具能源效率標準 2. 節能標章

(五)、客運能源指效率標

驅動力(D)	狀態(S)	政策(R)
1. 小客車延人公里 2. 車輛效率	1. 運具延人公里 2. 客車存量 3. 客車存量的平均燃料消費	1. 鼓勵消費者購買小車與高效率車輛 2. 汰舊換新 3. 制定車輛效能標準

(六)、貨運能源指效率標

驅動力(D)	狀態(S)	政策(R)
1. 卡車延噸公里旅運	1. 貨運卡車數量 2. 卡車承載因子 3. 運具延噸公里	1. 制定重型卡車能源效率標準 2. 駕駛訓練計畫 3. 資訊技術系統

(七)、電力能源指效率標

驅動力(D)	狀態(S)	政策(R)
1. 住宅數 2. 商業活動 3. 電器用品擴散	1. 電廠投入與產出 2. 再生能源發電量 3. 發電量 4. CHP	1. 降低輸配漏損 2. 老舊電廠汰舊換新 3. 鼓勵裝置污染防治設備

註：CHP: Combined Heat and Power.

三、2011 年氣候變遷績效指標報告

(一)、背景介紹

1. 發佈機構：「看守德國」（Germanwatch）與「歐洲氣候行動網絡」（Climate Action Network Europe）於 2005 建立「氣候變遷績效指標」（Climate Change Performance Index, CCPI）。
2. 最早發佈時間：2005 年(COP11)，已引起全球 100 多個國家的重視。
3. 評比對象：全球溫室氣體排放量超過 1%的 57 個國家之氣候績效。
4. 評估範圍包括排放趨勢、排放水準與氣候政策等三個構面。

(二)、評估內容

1. 僅評估國家能源相關排放之績效。
2. 由於畜牧(livestock)與毀林(deforestation)之排放資料不確定高，因此，沒有納入計算範籌。
3. 未來如果資料品質提高，將納入評估範籌。

(三)、CCPI 架構

1. 區分三個構面：過部門排放趨勢（Emissions Trends by sector）：50%；排放水準（Emissions Level）：30%；氣候政策（Climate Policy）：20%，指標架構見圖 4。
2. 合計 12 項指標，各項指標權重彙整如表 1 所示。

(四)、部門排放趨勢指標之意義與計算

原始部門趨勢評估：依據部門排放量對氣候變遷的影響設定其權重(電力部門權重約為 47%，運輸部門權重約 22%，工業部門權重約 20%，住宅部門約 11%)，占 CCPI 的 35%，包含三項指標：

1. 能源部門：檢視電力與再生能源的排放趨勢；
2. 運輸部門：檢視道路運輸與國際航空排放趨勢；
3. 住商部門：檢視住宅排放趨勢，不計住宅使用電力之排放；
4. 工業部門：檢視製造業與建築業之排放趨勢。

比較實際人均排放趨勢與同期之想要目標(desire target)，此項指標占 CCPI 的 15%。

部門排放趨勢以 3 年平均計算，優點可平均各期的資料波動，其計算方法說明如下：

1. 能源部門：計算發電排放，核能沒有納入計算。
2. 運輸部門：空運排放計算以國家航空燃料儲存量，並參考 IPCC 排放因子(2.7)。
3. 住宅部門：計算建築物熱能與水資源用量排放，但沒有包括用電排放(避免重複計算)。
4. 依據「共同但差異性原則」，區分排放趨勢(占 35%)，以及目標與趨勢差距(占 15%)。
5. 以 1990 年以來之實際人均排放趨勢與同期之想要目標(desire target)值(以達到 20C 之人均排放量為想要目標，亦即全球於 2050 年之人均排放量要收斂至某一水準)比較。換言之，工業化國家必須要較大幅度的降低。

(五)、排放水準指標之意義與計算

為考慮各國國情之差異，將生活型態與工業化程度納入排放水準之考量，故評估絕對碳排放量所包涵的核心資料包括：人口、經濟能力(以 PPP 平減之 GDP)與初級能源使用，占 CCPI 的 30%，包含三項指標：

1. 初級能源 CO₂ 排放量：指標權重為 15%，可檢視初級能源的碳排放量情形；
2. 初級能源密集度(單位 GDP 之初級能源需求量)：指標權重為 7.5%，可檢視能源效率的變化；
3. 人均初級能源消費量：指標權重為 7.5%，可檢視人均之初級能源消費狀態。

在計算方法上，受到全球化影響，貿易排放會產生衡量一個國家 CO₂ 排放量的誤差，然而，貿易排放資料取得不易，以及至正確性等因素，故不計入。

(六)、氣候政策

檢視國家減量政策的適宜性與因應態度，占 CCPI 的 20%，包含二項指標：

1. 國家氣候政策(National Climate Policy)：檢視國家氣候政策的適宜性。
2. 國際氣候政策(International Climate Policy)：檢視國家參與國際溫室氣體減量與相關會議等之努力程度。

計算方法說明如下：

1. 以問卷方式蒐集各國非政府組織氣候專家對政府採取國內與國際減量措施之評價，作為績效評估的基礎。
2. 評估目前氣候政策對達到具約束力目標與額外減量之潛力。
3. 全球約有 120 位專家接受評估 57 個國家之氣候政策，如果該國沒有適當的專家，則以全球平均值代表之。
4. 為避免過於強調目前排放量的重要性，同時考量國家排放量與減量措施之間可能存在時間落遲，氣候政策與排放趨勢兩構面之權重設定（70%）高於實際排放水準（30%），以適度修正各國於氣候變遷政策之努力。

(七)、CCPI 評估方法說明

CCPI 的排序是依據 OECD 建立的績效指標指引 (see Freudenberg, 2003)，每一績效值均是相對值，亦即相對其他國家氣候保護政策的努力程度。各項指標的評分以全球各國的相對表現呈現，分數從 0 到 100 分（表現最佳的國家可獲得 100 分，最差的國家則為 0 分）。式(1)為標準化過程，表示第 i 國的 CCPI 值的標準化過程，其中， X^i 為第 i 國分數。再將第 i 國各細項指標指加權平均獲得 CCPI 的綜合值，如式(2)所示。

$$X^i = \frac{CCPI^i - CCPI^{\min}}{CCPI^{\max} - CCPI^{\min}} \times 100 \quad (1)$$

$$I^i = \sum_{j=1}^n w_j \times X_j^i \quad (2)$$

(八)、資料來源

部門排放趨勢與水準的計算資料，主要來自 IEA 編制的” CO2 Emissions from Fuel Combustion”，而氣候政策資料，主要來自：

1. 主要透過問卷調查的方式，詢問當地氣候專家的意見。
2. 詢問當地對能源、運輸、工業與住宅溫室氣體管理績效瞭解的代表性非政府組織。

(九)、2011 年全球排名

全球績效最佳前五名，分別為巴西、瑞典、挪威、德國與英國；而績效最差之前五名，分別為沙烏地阿拉伯、盧森堡(60 名)、Kazasktan(59 名)、澳洲(58 名)、加拿大(57 名)與中國(56 名)。台灣排名 44 名，相較於 2010 年排名(44 名)，維持水準，見表 2。

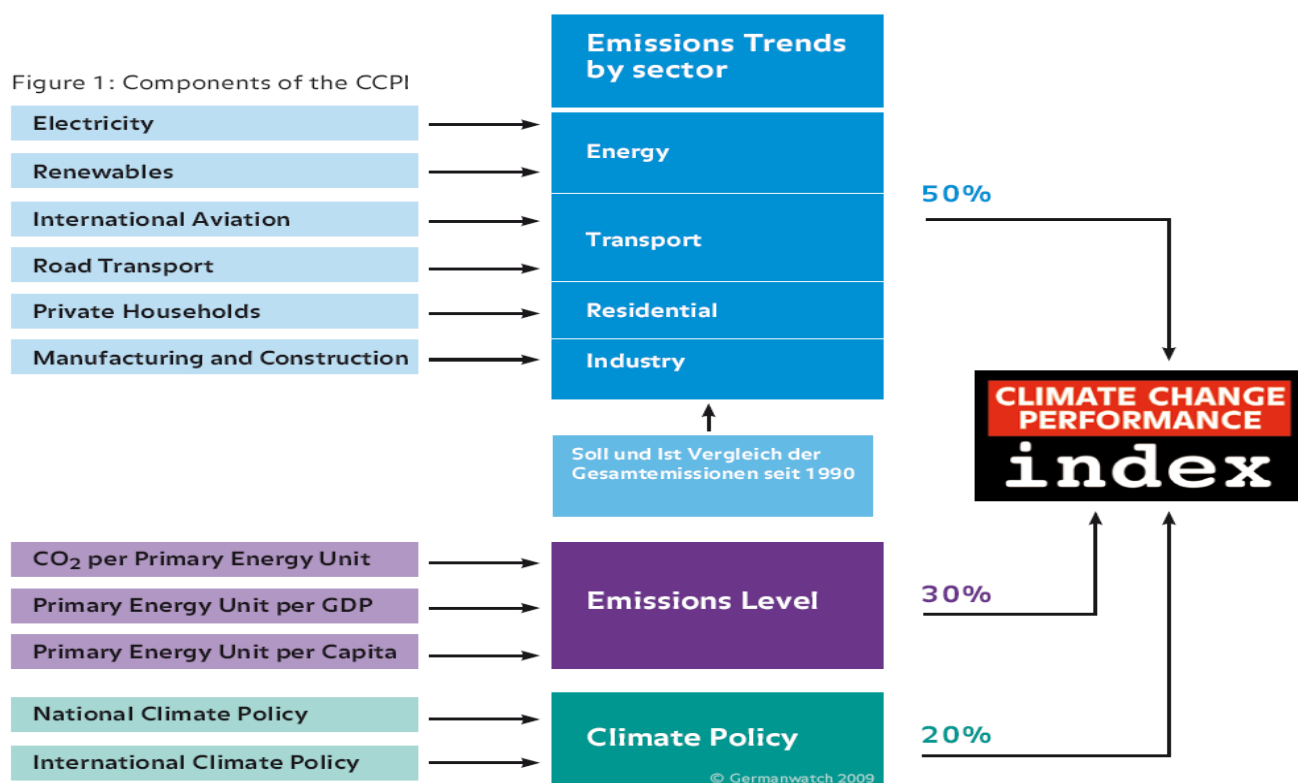


圖 4 CCPI 指標架構

資料來源：Germanwatch (2011), The Climate Change Index.

表 1 氣候變遷績效指數架構

構面	權重 (%)	指標項目		權重 (%)
部門排放趨勢	50	目標與真實績效趨勢之比較		15
		能源部門	電力排放	8
			再生能源排放	8
		運輸部門	道路運輸排放	4
			國際航空排放	4
		住宅部門	家計部門排放	4
排放水準	30	工業部門	製造業與建築業排放	7
		初級能源之 CO ₂ 排放量		15
		初級能源密集度		7.5
氣候政策	20	人均初級能源消費量		7.5
		國際氣候政策		10
		國家氣候政策		10

資料來源：GERMANWATCH，Climate Change Performance Index (2011)。

表 2 全球 CCPI 排名比較

Rank	Tendency	Country	Score**	Partial Score		
				Trend	Level	Policy
1*		—	—			
2*		—	—			
3*		—	—			
4	→	Brazil	70.5			
5	→	Sweden	69.9			
6	↗	Norway	67.0			
7	→	Germany	67.0			
8	↘	United Kingdom	65.9			
9	↘	France	64.6			
10	↘	India	64.1			
11	→	Mexico	64.0			
12	↗	Malta	63.8			
13	→	Switzerland	63.6			
14	↘	Portugal	63.4			
15	↘	Latvia	61.9			
16	↗	Hungary	61.8			
17	↘	Belgium	61.5			
18	↗	Slovakia	60.5			
19	↗	Thailand	59.8			
20	↗	Ireland	59.8			

↳ comparison with previous year ** rounded © Germanwatch 2010

Rank	Tendency	Country	Score**	Partial Score		
				Trend	Level	Policy
21	↗	Indonesia	59.7	<div></div>	<div></div>	<div></div>
22	↘	Lithuania	59.5	<div></div>	<div></div>	<div></div>
23	↗	Morocco	59.4	<div></div>	<div></div>	<div></div>
24	↘	Iceland	58.7	<div></div>	<div></div>	<div></div>
25	↗	Belarus	57.6	<div></div>	<div></div>	<div></div>
26	↘	Algeria	57.5	<div></div>	<div></div>	<div></div>
27	↘	Czech Republic	57.5	<div></div>	<div></div>	<div></div>
28	↗	Romania	57.0	<div></div>	<div></div>	<div></div>
29	→	South Africa	56.6	<div></div>	<div></div>	<div></div>
30	↘	Netherlands	56.4	<div></div>	<div></div>	<div></div>
31	↗	Finland	55.1	<div></div>	<div></div>	<div></div>
32	↗	Singapore	55.0	<div></div>	<div></div>	<div></div>
33	↓	Denmark	54.6	<div></div>	<div></div>	<div></div>
34	↗	Korea, Rep.	54.5	<div></div>	<div></div>	<div></div>
35	↘	Spain	54.4	<div></div>	<div></div>	<div></div>
36	↗	Ukraine	54.1	<div></div>	<div></div>	<div></div>
37	↑	New Zealand	53.7	<div></div>	<div></div>	<div></div>
39	↘	Japan	53.1	<div></div>	<div></div>	<div></div>
39	↑	Cyprus	53.0	<div></div>	<div></div>	<div></div>
40	↗	Austria	52.9	<div></div>	<div></div>	<div></div>

↗ comparison with previous year ** rounded © Germanwatch 2010

Rank Tendency ↓		Country	Score**	Partial Score		
				Trend	Level	Policy
41	↗	Italy	52.7			
42	↘	Estonia	52.7			
43	↑	Greece	52.4			
44	↓	Argentina	52.4			
45	↘	Slovenia	51.4			
46	↗	Croatia	50.2			
47	→	Chinese Taipei	50.2			
48	↘	Russia	49.8			
49	↘	Bulgaria	49.6			
50	↓	Turkey	49.0			
51	↗	Luxembourg	48.3			
52	↓	Iran	47.2			
53	↘	Malaysia	47.1			
54	↘	USA	46.5			
55	↘	Poland	46.3			
56	↘	China	44.9			
57	↗	Canada	43.9			
58	↘	Australia	42.9			
59	↘	Kazakhstan	42.5			
60	→	Saudi Arabia	25.8			

↘ comparison with previous year ** rounded © Germanwatch 2010

資料來源：Germanwatch (2011), The Climate Change Performance Index.

四、2010 年全球氣候風險指數報告

(一)、背景介紹

1. 發佈機構：「看守德國」(Germanwatch)與「歐洲氣候行動網絡」(Climate Action Network Europe)於 2010 建立「全球氣候風險指數」(Global Climate Risk Index, GCRI)。
2. 最早發佈時間：2010 年(COP16)。
3. 評比對象：UNFCCC 會員國。
4. 台灣因為人口數與經濟實力，而被納入評比

(二)、評估指標

全球氣候風險指數是依據歷史極端氣候事件對該國產生的曝險與傷害的情況，可視為一國警訊，作為該國未來調適的參考依據。主要的指標包括：

1. 死亡人數(death toll)
2. 每十萬居民的死亡數(death per 100,000 inhabitant)
3. 總損失金額(total losses)
4. 單位 GDP 的損失(losses per unit GDP)
5. 極端氣候事件(number of events)

(三)、指標權重

全球氣候風險指數之指標權重如表 3 所示，死亡人數與總損失金額權重均為 1/6；每十萬居民的死亡數與單位 GDP 的損失權重均為 1/3。

表 3 GCRI 指標權重

指標	權重	資料來源
死亡人數	1/6	-
每十萬居民的死亡數	1/3	國際貨幣基金
總損失金額	1/6	國際貨幣基金
單位 GDP 的損失	1/3	國際貨幣基金

資料來源：Germanwatch (2011), Global Climate Risk Index 2011.

(四)、2009 年全球氣候風險最高國家前十名

表 4 顯示全球氣候風險最高前十名國家，其中，台灣名列全球風險最高的第二名。主要原因在於 2009 年台灣遭受多次風災影響，造成重大生命財產的損失。

表 4 2009 年全球氣候風險最高前十名國家

Ranking 2009 (2008)	Country	CRI score	Death toll	Deaths per 100,000 inhabitants	Absolute losses (in US\$ PPP)	Losses per unit GDP	Human Deve- lopment Index ⁷
1 (92)	El Salvador	4.33	198	3.40	1,827.00	4.27	90
2 (-)	Chinese Taipeh	6.67	544	2.35	6,603.28	0.90	-
3 (4)	Philippines	9.50	1231	1.33	2,675.22	0.83	97
4 (3)	Viet Nam	10.83	334	0.38	2,943.05	1.15	113
5 (94)	Saudi Arabia	12.50	500	1.96	1,467.93	0.25	55
6 (26)	Australia	13.17	572	2.61	1,522.54	0.18	2
7 (116)	Cambodia	16.50	52	0.37	345.10	1.22	124
8 (51)	Bangladesh	18.33	379	0.23	970.95	0.40	129
9 (11)	Nepal	18.83	198	0.71	162.06	0.48	138
10 (61)	Bhutan	20.33	12	1.78	83.17	2.36	-

資料來源：Germanwatch (2011), Global Climate Risk Index 2011.

五、運輸部門溫室氣體排放與減排策略

(一)、運輸部門溫室氣體排放與特性

全球運輸部門受到經濟與人口成長的影響，CO₂ 排放量將由 2007 年的 65 億噸，增長至 2030 年運輸部門約排放 91 億噸，約成長 40% (The Center for Clean Air Policy, 2010) (Replogle et al., 2010)，見圖 5。由圖 5 可以發現中國運輸部門 CO₂ 排放成長的非常快速。另外，non-OECD 國家運輸部門 CO₂ 排放於 2000 年之後，已凌駕 OECD 國家之上，而成為全球運輸部門的主要 CO₂ 排放源，見圖 6 所示。

無論附件一或非附件一國家，運輸部門 CO₂ 排放與 GDP 呈現正相關，而且成長速率差異不大，見圖 7。此外，所得成長亦會帶動車輛購買需求，然而，各國車輛需求成長幅度呈現顯著差異，見圖 8。

Figure 1. Projected Transportation Emissions 1990-2030

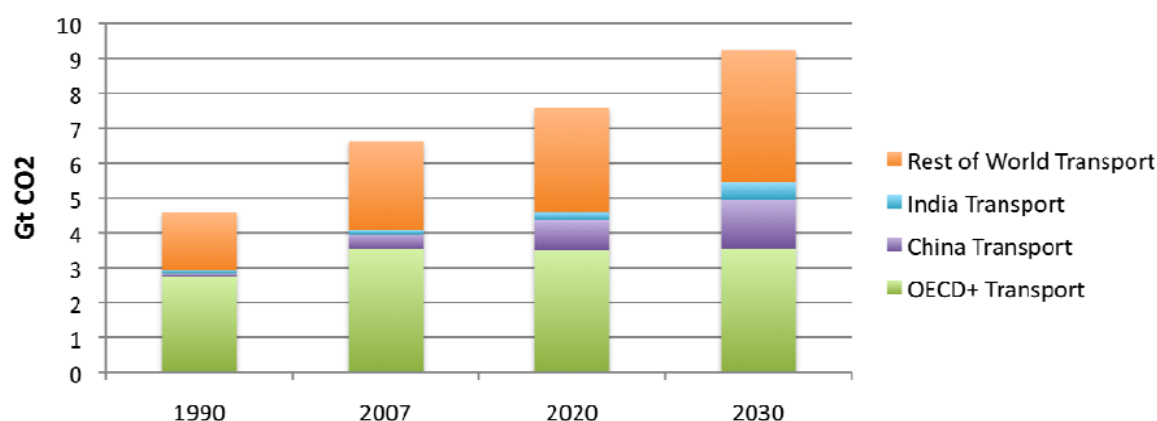


圖 5 1990-2030 年全球運輸部門 CO₂ 排放預測

資料來源：The Center for Clean Air Policy(2010), Transportation NAMAs: A Proposed Framework.

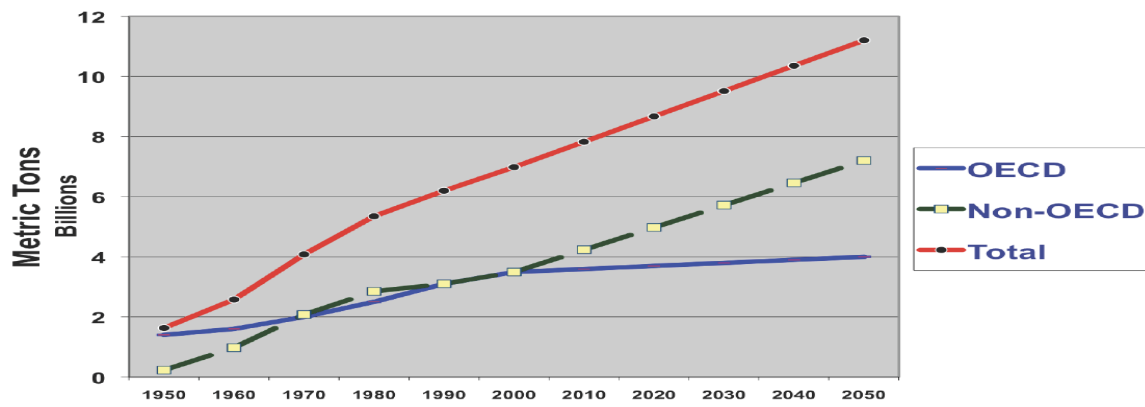
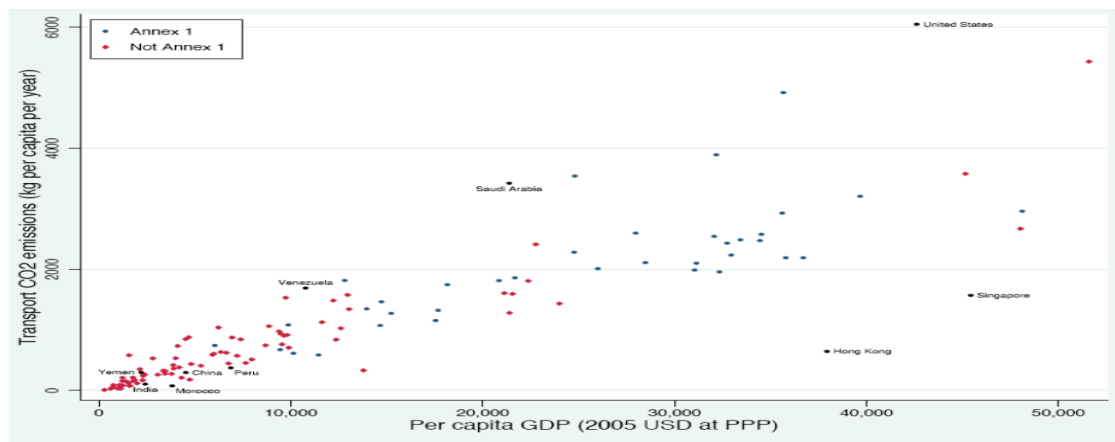


圖 6 OECD 與 non-OECD 國家運輸部門 CO₂ 排放比較

資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change.

Figure 3. CO₂ Emissions from Transportation vs. GDP, 2006



Source: Transportation CO₂ Data from IEA

圖 7 運輸部門 CO₂ 排放與 GDP 呈現正向關係

Motorization grows with income, but not on a single path

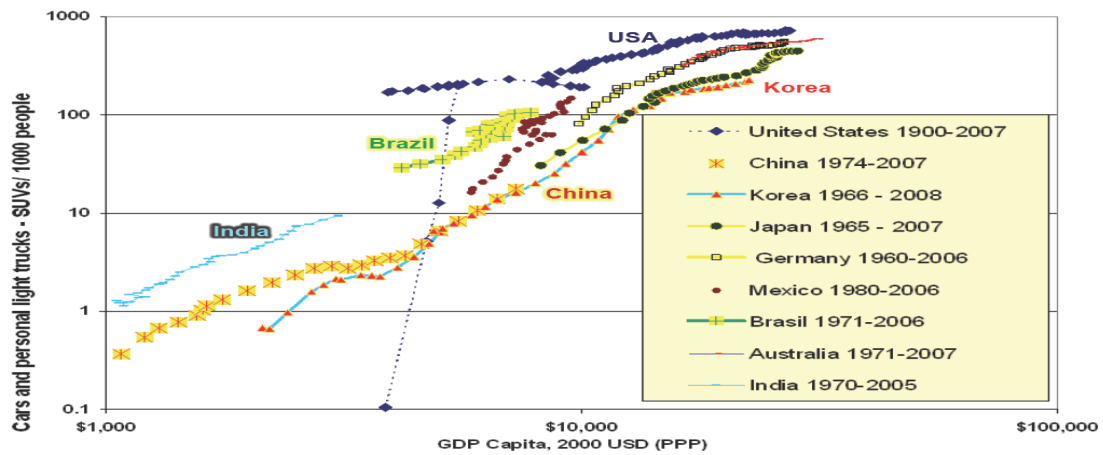


圖 8 運輸部門 CO₂ 排放與 GDP 呈現正向關係

資料來源：Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change.

(二)、三大運輸部門溫室氣體減排策略

運輸部門 CO₂ 減排三大策略如下：

1. 減少(avoid)不必要與低價值旅運

主要策略包括：智慧型定價(smart pricing)等

2. 運具移轉(shift)：移轉至高效率運具

3. 改善(improve)：提高運具效率與低碳燃料替代

主要策略包括改善堵車與車速，提高運具效率。

(三)、五大永續運輸政策工具

運輸部門溫室氣體減排五大政策工具包括：(1)規劃工具(planning instrument)：利用適當的土地規劃降低運具需求；(2)管制工具(regulation instrument)：制定排放標準、限速與限制停車空間等，降低溫室氣體排放；(3)經濟工具(economic instrument)：推動燃料稅、道路定價與排放交易制度等，提高車輛效率與降低購車需求誘因；(4)資訊工具(information instrument)：提高公共認知宣傳與節能駕駛宣導等；(5)技術工具(technology instrument)：燃料效率改善與清潔生產等。(詳見圖 9)

運輸部門溫室氣體排放受到：活動強度、運具型態、效率因子與排放係數等因素影響，因此，降低運輸部門溫室氣體排放量，最直接有效的策略，即是降低活動強度、移轉至高效率運具、提高燃料效率與降低燃料排放係數等。表 5 即是運輸部門減排策略矩陣，透過表 5 可以輕易掌握不同政策工具與減排策略之推動狀況，可以作為運輸部門檢視減排績效的參考。

Fig. 13: Sustainable transport instruments and potential contribution to the reduction of greenhouse gas emissions

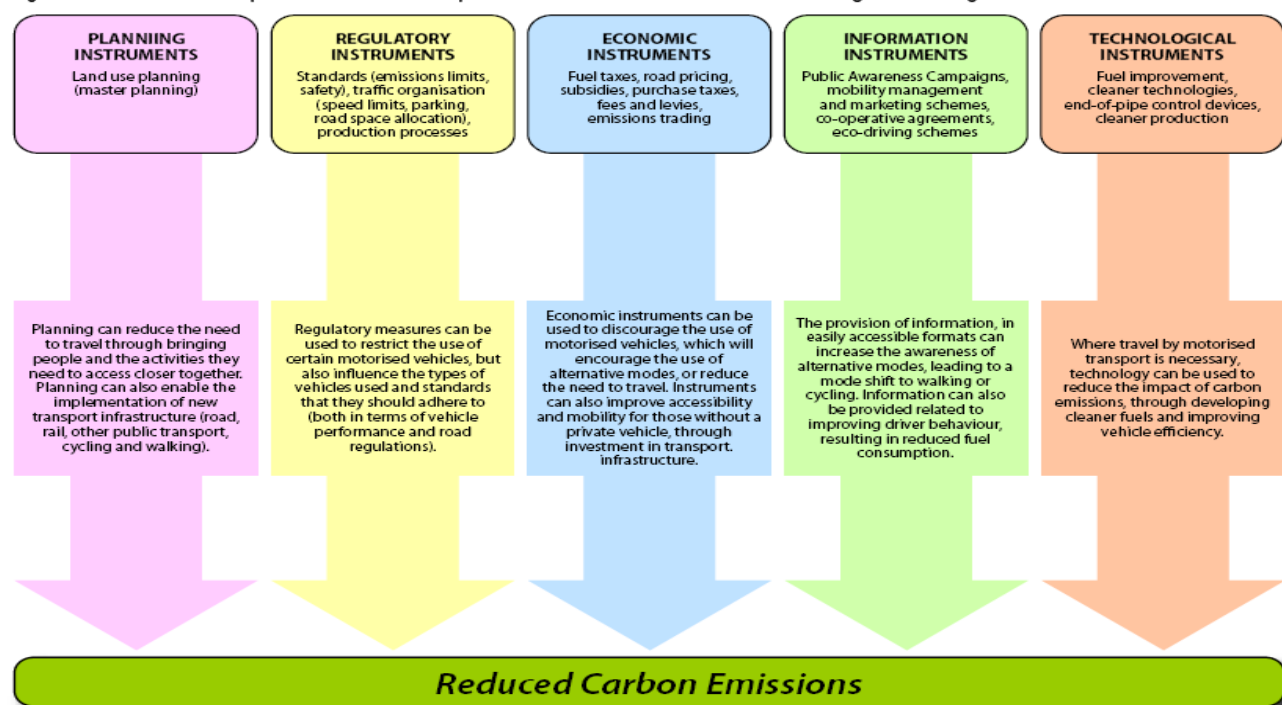


圖 9 運輸部門 CO₂ 減排五大政策工具

資料來源：Federal Minister for Economy Cooperation and Development (2010), Transport and Climate Change.

表 5 運輸部門減排策略與政策工具矩陣表

	Travel demand	Mode share	Fuels and energy	Vehicle efficiency	Traffic efficiency
Land use planning					
Public transport					
Freight transport					
Passenger vehicles					
Road network					
Fiscal and economic measures					
Technological research and development					
Information and education					

(四)、推動低碳永續運輸的九大原則

1. 創造典範移轉與強化政治意願
2. 擴大個別計畫成為整體與完整的包裹計畫
3. 規劃適當的計畫推動時間尺度，以及足夠及可預期的資金
4. 特別關注跨部門效果
5. 導入國際專家與資源，強化制度能力
6. 評估對永續發展與附屬效益之貢獻
7. 確認環境完整性
8. 分擔已開發與開發中國家努力
9. 確認透明與社會責任

(五)、運輸部門 GHG 減排管理之議題

1. 在氣候變遷不確定性下，運輸部門不易估算其 GHG 減排效益；
2. 減排策略應依其減排成本制定優先順序；
3. 部分運輸部門減排成本很低，應優先推動，然而，部分減排成本很高，而且不易在短期間商業化，影響運輸部門的減排潛力；
4. 運輸燃料效率與適當的燃料稅政策，將是有效促進運輸部門科技發展的政策工具；
5. 制定長期效率目標有利於車商新技術投資計畫，同時應搭配消費者購買較貴車輛風險的補償制度；
6. 效率標準與燃料稅具有相似的氣候變遷政策效果，因此，應該適當的配套；

7. 標示車輛能效標籤，並採行差別性獎勵措施，提高消費者購買高燃料效率車輛；
8. 自願性生質燃料制度，無法有效促進燃料移轉，必須制定強制性的低碳燃料標準，才可以有效促進低碳燃料替代；
9. 電動車的減排效果決定於電力係數，在化石能源為主的發電系統中，除非引入 CCS，否則電動車的減排效果將非如預期；
10. 良好的交通管理策略，例如控制車速與擁擠稅，可以顯著降低 GHG 排放；
11. 運具管理、土地規劃與推動大眾運輸雖然 GHG 減排幅度不大，然而，卻非常有利於空氣污染改善等附屬效益；
12. 依據研究顯示，國際航空與海運應採行排放交易制度，進行 GHG 減排管理；
13. 為有效管理國際航空與海運，應加強排放資料蒐集，作為評估與監測航空與海運 GHG 減排活動的基礎。

六、運輸部門與 NAMAs

依據哥本哈根協定(Copenhagen Accord)，非附件一國家必須提交 NAMAs，其中，運輸部門的適當減緩行動，即成為 NAMAs 完整性的要件之一。審視目前全球約有 28 個非附件一國家提交其 NAMAs，並包括運輸部門策略，例如：(1)中國：燃料效率標準；(2)印度：都市運輸政策與公車快速轉運系統等。歸納各國提交的運輸部門減排策略，以運輸科技與推動大眾運輸兩項為主。

若以(1)減少旅運(Avoid Trips)：整合土地利用與運輸規劃；(2)移轉(Shift)至綠色運具：例如大眾運輸；及(3)改善(Improving)運具效率：改善公里旅運環境效益等三大策略區分，則各國 NAMAs 之運輸部門減排策略，彙整如表 6 所示。進一步觀察各國運輸部門減排策略，包括國家層級與地方層級兩部分，主要策略差異如下所述：

(一)、國家層級 NAMAs

策略一：管制措施

1. 進口運具效率標準
2. 低碳燃料標準

策略二：經濟措施

1. 提高燃料稅
2. 鐵路與境內船運投資
3. 車輛登錄稅(或通知證)

策略三：科技

1. 研發與示範：高燃料效率車輛、電動腳踏車及智慧型大眾運輸

(二)、地方層級 NAMAs

策略一：管制措施

1. 永續都會運輸計畫：運量需求(地方)管理

策略二：科技

1. 運輸系統科技：綠色採購、電子擁擠收費及電子車票

策略三：土地使用規劃

1. 都會貨運零售中心
2. 大眾運輸
3. 都市發展計畫：高密度城市

由於 NAMAs 正在發展之中，如何連結運輸部門至 NAMAs，未來仍有進一步工作需要發展，主要工作包括：

1. 推估運輸部門 NAMAs 的減排潛力；
2. 建立減排行動的 MRV (measure, report, and verify)制度；
3. 建立適當的制度架構，推動相關政策與措施；
4. 建立推動永續與低碳運輸的適當財務機制，例如綠色氣候基金 (Green Climate Fund)；
5. 確認未來推動運輸部門減排的科技發展機制。

表 6 全球 NAMAs 之運輸部門減排策略比較

Table 1: Transport measures proposed in NAMA submissions.

Developing country Party	Strategy approach	Infrastructure development/ enhancement						Land use planning	Awareness campaigns (TDM)	Vehicle or fuel technology	Regulatory policy measures	Energy Efficiency	Other unspecified
		Rail/ light rail	Non-motorised	Road	Other (or unspecified) public transport	Waterborne	Unspecified						
Republic of Armenia	Improve												✓
Benin	Shift				✓								
Botswana	Shift and improve			✓									✓
Central African Republic	Avoid, shift and improve							✓					✓
Chad	Shift and improve									✓			✓
Colombia	Shift and improve						✓			✓			✓
Cote d' Ivoire	Avoid and shift								✓	✓			
Costa Rica	Not specified												✓
Republic of Congo	Avoid and shift					✓		✓			✓		
Eritrea	Avoid, shift and improve												✓
Ethiopia	Shift	✓											
Gabon	Shift and improve				✓						✓		
Ghana	Shift and improve	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓
Indonesia	Shift												✓
Jordan	Shift and improve	✓			✓		✓				✓		✓
Macedonia	Shift and improve	✓	✓	✓			✓			✓	✓		✓
Madagascar	Shift and improve	✓											✓
Marshall Islands	Shift and improve						✓				✓		✓
Mauritania	Shift				✓								
Mexico	Shift and improve	✓	✓	✓							✓		
Mongolia	Improve												✓

Developing country Party	Strategy approach	Infrastructure development/ enhancement						Land use planning	Awareness campaigns (TDM)	Vehicle or fuel technology	Regulatory policy measures	Energy Efficiency	Other unspecified
		Rail/ light rail	Non-motorised	Road	Other (or unspecified) public transport	Waterborne	Unspecified						
Morocco	Avoid, shift and improve	✓		✓				✓			✓		
Papua New Guinea	Not specified												✓
San Marino	Unclear								✓				✓
Sierra Leone	Shift and improve			✓	✓						✓		✓
Singapore	Shift and improve			✓			✓		✓		✓		✓
Togo	Shift and improve				✓					✓			
Tunisia	Avoid, shift and Improve	✓			✓			✓		✓		✓	

資料來源：Binsted et al.,(2010), Copenhagen Accord NAMAs Submission Implications for Transport Sector.

伍、結語

本次會議結論雖然在減排承諾部分尚未取得共識與協議，然而，由本次大會的決議內容來看，仍然有依循「哥本哈根協定」內容持續往前推進，將可為明年於南非舉行 COP17/CMP7 奠立良好基礎。歸結本次會議的主要結論預建議如下：

一、大會部分

1. 受到全球金融風暴影響，2008 年全球已減排 10.4%(相對於 1990 年排放水準)，高於京都目標(減排 5.2%)；
2. 擴大市場機制(如碳交易制度)，促進減排的成本有效性，是 AWG-LCA 的重要決議；
3. 擴大 CDM 發展，制定標準化基線，及將 CCS 納入 CDM 計畫之中；
4. 建立 QELROs 機制，加強減排目標追蹤，落實減排目標；
5. 建立能源效率指標架構，蒐集有效能源效率指標，作為追蹤與提高能源效率之參考依據；
6. 台灣 2011 年氣候績效指數，並未進步，應持續推動減排措施，此外，台灣 2009 年之氣候風險指數排名全球第二，已成為高度氣候脆弱國家，應加強調適政策的推動；
7. 取消化石燃料補貼具有三贏策略，亦即提高能源價格，具有提高能源安全、降低溫室氣體排放、及提高經濟競爭力之效益；
8. 加速建立 NAMAs 之 MRV 制度，包括 BAU、減排目標與減排政策等 MRV 程序；
9. 協助友邦國家建立 NAMAs 之 MRV 制度，成為國際典範，並爭取至 UNFCCC 周邊會議發表，提高台灣國際社會形象；
10. 思考將氣候變遷衝擊與調適納入 EIA 範疇與程序，提高開發案之環境完整性。

二、運輸部門周邊會議

歸納本次運輸部門周邊會議內容與主要結論如下：

1. Advancing transport CO₂ reduction around the globe. (Dec. 8th, 2010)(重點內容：如何透過車輛製造商的先進技術，提高車輛效率；以及燃料、基礎建設與消費者等改變，促進全球運輸部門減排)
2. Low carbon development in China: Clean technologies and GHG accounting. (Dec. 9th, 2010)(重點內容：中國如何於2020年透過低碳運輸策略與MRV制度，降低40-45%CO₂密集度(相較於2005年))
3. The future of carbon financing scheme for urban transport: Mumbai paves the way. (Dec. 10th, 2010)(重點內容：目前缺乏有效的大眾運輸融資機制，該會議介紹以Mumbai為案例的完備融資方法)
4. Keeping climate solutions on track--- the role of partnerships, good practice and the role of rail.(Dec 1st, 2010)(重點內容：碳中和作法、運輸部門減排的挑戰及鐵路調適措施)
5. Transport in NAMAs and national communications. (Dec. 4th, 2010)(重點內容：如何透過財務機制與MRV制度，推動全球邁向永續與低碳運輸)
6. Curbing the trend: currently available mitigation opportunities for transport in developing countries. (Dec. 6th, 2010)(重點內容：如何透過國際制度降低全球運輸部門CO₂排放趨勢，並促進永續發展)

周邊會議獲得之運輸部門溫室氣體減排策略的八點建議：

1. 推動整合道路運輸措施，避免開發中國家運輸部門成為大排放源；

2. 整合 Avoid(避免)-Shift(移轉)-Improve(改善)(ASI)措施，是開發中國家道路運輸因應氣候變遷的有效作法；
3. 推動運輸部門因應氣候變遷行動協議；
4. 確認 NAMAs 之運輸部門措施的適當性；
5. 加強國家通訊之運輸部門納管範疇；
6. 評估與掌握運輸部門減排的附屬效益；
7. 整合運輸部門之能力建構與技術移轉；
8. 建立運輸部門適當的氣候融資(或財務)機制。

對台灣運輸部門推動溫室氣體減排的結論與建議：

1. 道路運輸是解決運輸部門溫室氣體排放的最重要運輸減緩行動的重點部門；
2. 發展軌道運輸是降低道路運輸溫室氣體排放的重要措施；
3. 建立運輸部門因應氣候變遷的適當財務機制，提高運輸部門減排潛力；
4. 提高 NAMAs 之運輸部門減排比重，提高 NAMAs 減排目標的達成；
5. 加強運輸部門的 MRV 制度，促進運輸部門減排；
6. 與溫室氣體相關的國際運輸組織興起，台灣可考量加入適合的運輸組織，提高台灣參與國際事務機會與曝光率

參考文獻

1. Binsted et al.,(2010), Copenhagen Accord NAMAs Submission Implications for Transport Sector.
2. Dalkmann et al., (2010), Formulating NAMAs in Transport Sector...Kick Starting Action.
3. Federal Minister for Economy Cooperation and Development (2010), Transport and Climate Change.
4. Germanwatch (2010), Climate Change Performance Index.
5. Germanwatch (2010), Global Climate Risk Index.
6. ICAO(2010), ICAO Environmental Report 2010.
7. IEA (2010), World Energy outlook 2010.
8. IEA (2010), Toward a More Efficiency Future...Applying Indicators to Enhance .Energy Policy
9. IEA (2010), Reducing Transport GHG Emissions Opportunites and Cost.
10. Replogle et al., (2010), Transport in Developing Countries and Climate Change.
11. The Center for Clean Air Policy(2010), Transportation NAMAs: A Proposed Framework.
12. UNFCCC(2010), National GHG Inventory Data for the period 1990-2008.(FCCC/SBI/2010/18)

附錄 9

國際主要溫室氣體減量與調適的 衝擊評估模型

國際主要溫室氣體減量與調適的衝擊評估模型

表 1 臚列幾個重要國際組織針對溫室氣體減量與調適的衝擊評估所引用的主要模型，包括：IPCC 在歷次發表的「排放情境特別報告」(Special Report on Emissions Scenarios, SRES)報告、氣候變化綱要公約(UNFCCC)的國家通訊、以及「能源模型建構論壇」(Energy Modeling Forum, EMF)歷次邀請參與情境模擬分析的主要模型。

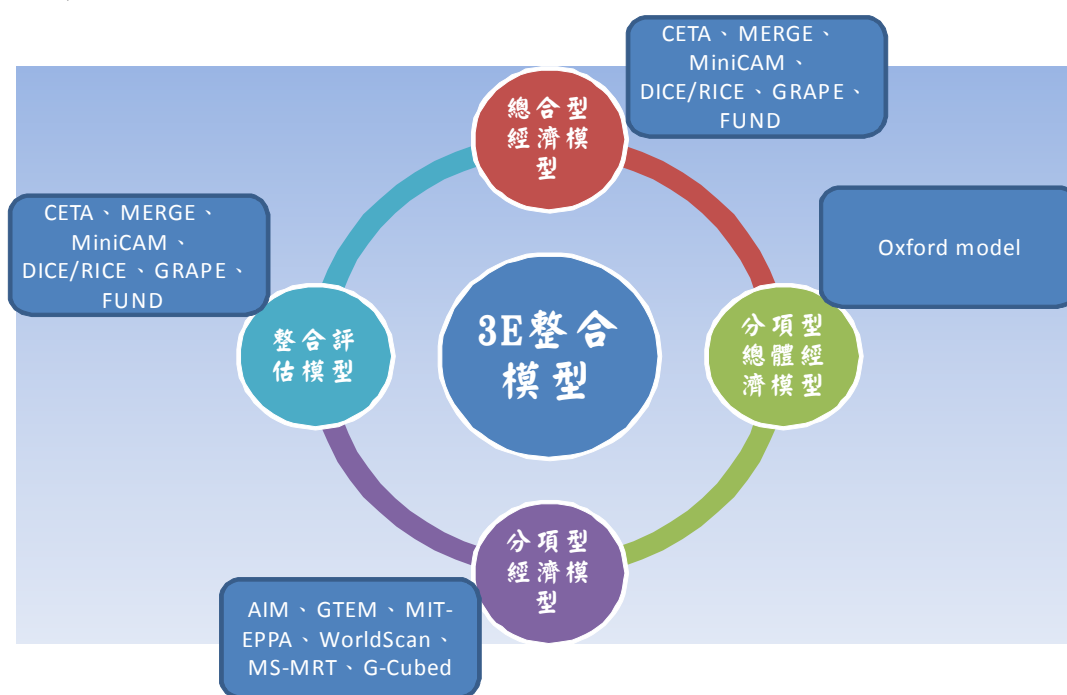
表 1 重要組織引用的 3E 模型

模型名稱	研發機構/學者	模型出處		
		IPCC SRES	UNFCCC 國家通訊	EMF
亞太整合模型(AIM)	日本國家環境研究院	✓	✓	✓
大氣穩定架構模型(ASF)	美國 ICF 顧問公司	✓		
溫室效應整合評估模型 (IMAGE)	荷蘭國家公共衛生及環境研究院	✓	✓	✓
(WorldScan)	荷蘭經濟分析局	✓	✓	✓
能源供給策略及環境影響 模型(MESSAGE)	國際應用系統分析研究院 (IIASA)	✓		
資源及產業配置多區域模 型(MARIA)	日本東京科學大學	✓		✓
迷你氣候評估模型 (MiniCAM)	美國西北太平洋國家實驗室	✓		
全球貿易與環境模型 (GTEM)	澳洲 ABARE		✓	✓
全球一般均衡成長模型 (G-Cubed)	McKibbin and Wilcoxon			✓
一般均衡環境模型 (GREEN)	OECD		✓	
牛津模型(Oxford)	Oxford Economic Forecasting			✓
多部門多地區貿易模型 (MS-MRT)	Bernstein, Montgomery and Rutherford			✓

資料來源：黃宗煌(2005)^[3.1.2]。

EMF 則依模型結構與政策分析範圍的不同，將 3E 模型區分為 4 種類型：總合型經濟模型(aggregated economic models)、分項型總體經濟模型(disaggregated macroeconomic models)、分項型經濟模型(disaggregated economic models)，與整合評估模型(integrated assessment models)等 4 大類(見

圖 1)。



資料來源：本研究繪製。

圖 1 能源模型的分類系統

總合型經濟模型包含一個詳細建構的能源部門和描述一部分經濟體系所組成的總體模型。該模型比較重視產生能源的可用技術，並依此來分析使用不同能源技術所產生之工程結果；GDP 則設定為資本、勞動和能源等多種初級要素的生產函數。因此，總合經濟模型比較適合評估特定能源技術創新所造成的效果，其主要限制則在於忽視經濟體系其他部門之間的交互作用。在 EMF 中屬於此一類模型有：CETA、MERGE、MiniCAM、DICE/RICE、GRAPE、以及 FUND 等。

分項型總體經濟模型對於總體經濟各部門之間的連結有詳盡的說明，主要特色在於不假設經濟體系處於充分就業和均衡狀態，並允許調整成本 (adjustment cost) 的存在；但在這種限制之下，卻只適合進行短期或中期的分析。Oxford model 即屬此類模型。

分項型經濟模型以建構完整經濟體系之 CGE 模型為主幹，把焦點置放在經濟個體之間的交互作用，允許生產和消費之間的互動、產業之間的交互作用，以及國際貿易和投資的探討，因此可就能源政策、貿易政策、產業政策、節能減碳政策對全球或不同地區間之產業經濟影響，進行詳細的評估。在 EMF 中屬於此類模型者有 AIM、GTEM、MIT-EPPA、WorldScan、

MS-MRT、G-Cubed 等。

整合評估模型企圖整合多種學科的相關資訊，就所關心的領域詳盡刻劃，但對其他領域則予以簡化，主要目的係為分析氣候變遷對大氣與海洋的影響、溫室氣體排放對社經層面的衝擊、氣候變遷對人類活動和生態系統的影響、以及潛在性的政策反映(如能源政策)等課題。自 1990 年以來，這領域的研究成長快速，因其有助於不同學科領域(特別是在社會經濟學和生物物理學方面)之間的瞭解、連結和反饋(feedback)。目前已有一些模型具有整合評價模型的雛形，但一個完整之整合評估模型的建構極為困難，是未來仍待努力研發的方向。

目前國際上主要的整合評估模型，包括有日本研發之 AIM 模型、DICE 模型、IIASA 模型、IMAGE 模型、MERGE 模型、MiniCAM 模型、LEAP 模型、以及澳洲 ABARE 最近發展的 GIAM 模型等，茲將各模型政策分析類別、建構目的、探討重點、涵蓋子模組內容、以及研發單位彙整於表 2。

這些跨國的大型模型大多以全球與大氣變化角度建構模式，因此在子模組所橫跨之領域範圍較寬廣，各子模組所需投入資源亦較龐大，但各子模組個別發展則因結合領域內專家而顯得十分成熟且完整。在此彙整這些整合模型的目的，係希望藉由這些模型的整合經驗，瞭解欲將不同領域或層面的分析架構進行整合時，所應思考的方向以及可能產生的問題，因此本節將以 AIM、MiniCAM/OBJECTS、IIASA-ECS、WEM 等整合評估模型為例，說明其運作方式。

1. AIM 模型

日本的亞太整合模型(Asia-Pacific Integrated Model, AIM)由日本國家環境研究所學者 Morita 等人於 1992 年建立，目前是最常被用來評估溫室氣體排放與溫室效應衝擊，以及模擬全球警示系統對亞太地區影響的模型。除了溫室氣體排放議題外，其他氣候變遷與環境議題，如空氣污染、廢棄物管理、水資源等問題亦被納入模型中加以分析。

AIM 模型發展這麼多年來，已含納中國、印度、泰國、馬來西亞、越南、日本等多個國家的子模組。在各國家別模型中，詳細刻畫了技術發展狀態，以瞭解各國在技術選擇上採取不同策略所產生的影響。在國家別模型之上，AIM 建構了一個全球模型，由全球觀點觀察不同政策選擇下的全球經濟運作與氣候衝擊變化，再利用地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)

計算並呈現氣候變遷在區域性與全球性之衝擊。

整個 AIM 家族之架構可概分為兩大部分，一為全球層面的模組，包含暖化現象模型(AIM/Climate)與暖化衝擊模型(AIM/Impact)模型，另一部分則為區域或國家層面的模組，包含溫室氣體排放模型(AIM/Emission)、經濟連結模型(AIM/Material)、趨勢預測模型(AIM/Trend)等(見圖 2)。

AIM/Emission 模型包含 3 種由上而下子模型(top-down model)與一種由下而上子模型(bottom-up model)。由上而下模型包括為能源經濟模型(AIM/Energy-Economics)，為部分均衡模型，用以分析長期能源供需狀況，主要用以預測 GHG 排放；能源一般均衡模型(AIM/CGE(Energy))，為針對能源部門設計之一般均衡模型，用以分析排放與國際貿易間之關係，特別像排放交易與清潔發展機制等議題；土地一般均衡模型(AIM/Land-Equilibrium)，亦為一般均衡模型，但重點放在農、林部門，分析其土地使用變化與國際農產品市場變化之關係，並進一步計算因土地利用變化所造成之 GHG 排放量。由下而上模型則稱為能源終端使用模型(AIM/Enduse)，同時著重於能源消費面之終端使用技術與能源供給技術，在預測未來各部門對於能源服務之需求後，即可在給定能源價格與成本最小的目標下，決定最適當的技術組合，最後在此最適技術組合下，預測未來能源消費與 GHG 排放情形。

AIM/Climate 模型主要在計算全球平均表面溫度之變化，在此模型之下包含 Atmospheric model、UD Ocean model、Radiative forcing model、GCM RegCM interface 等模型。

AIM/Impact 模型主要針對水資源供給、植被變化、初級產業如農業與林業、人類健康與疾病擴散等層面進行分析，也可評估區域經濟的衝擊。在上述衝擊評估中，區域的環境與經社資料被整合在地理資訊系統中。

表 2 國際主要整合評估模型

模型	類型	探討重點	特色	研發單位/文獻
AIM (Asia-Pacific Integrated Model)	大規模的政策評估模型	以亞太地區為分析對象，以評估減緩氣候變遷政策選擇之衝擊為主要任務。	<ul style="list-style-type: none"> 囊括中國、印度、韓國、印尼、泰國、馬來西亞、越南、日本等國。 對技術有非常詳細的描述。 使用詳盡的地理資訊系統以呈現地區性及全球性的衝擊效果。 具有全球模型以分析國際經貿關係與與氣候衝擊之關係。 具有多個模型整合架構，例如經濟/環境模型、top-down/bottom-up 模型、中/長期大氣模型、國家/地區模型等。 近來已發展出其他環境議題分析工具，如空氣污染控制、水資源管理、土地使用管理、鼓勵環境友善產業發展。 	National Institute for Environmental Studies, Japan (Kainuma, et al., 2002a ^[3.1.40] , Kainuma, et al., 2002b ^[3.1.41] , Matsuoka, 2000 ^[3.1.42] , Matsuoka, et al., 1995 ^[3.1.43])
DICE (Dynamic Integrated Climate Economy Model)	政策最適化模型	關注經濟成長、CO ₂ 排放、破壞環境、氣候變遷、氣候災害、與氣候政策。	<ul style="list-style-type: none"> 模型整合經濟、生態、與地球科學領域之研究。在經濟面採用經濟成長理論，認為投資、教育與技術進步等因素為推動經濟成長的重要因素，為了將氣候系統納入，將大氣與環境條件視為一種自然資本，減量雖然造成今日的消費下降，卻可能透過資本累積帶來未來的消費成長。 高度加總的全球模型 DICE，與細分地區的 RICE(Regional Integrated Model of Climate and the Economy)模型 	Nordhaus, 1994 ^[3.1.44] , Nordhaus, 2007 ^[3.1.45] , Nordhaus, 2008 ^[3.1.46]
IIASA (International Institute for Applied System Analysis)	大規模政策評估模型	長期致力於發展 3E 模型，並擬具多種分析情境。	<ul style="list-style-type: none"> 由於 IIASA 發展的模型體系相當龐大，多年來在情境設定(Scenario Generator, SG)、能源供給決策(Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact, MESSAGE)、總體經濟(Macroeconomic model, MACRO)、大氣衝擊(Climate impact model, MAGICC)、能源研發策略(Energy Research and Investment Strategy model, ERIC)、能源技術資料(energy technology database, CO₂DB)、減量政策評估(A Model for Evaluating the Regional and Global Effects of GHG Reduction Policies, MERGE)、與能源技術研發整合評估系統(Integrating System for Priority Assessment, ISPA)等層面模型都有前瞻而完整的發展。 	International Institute for Applied System Analysis

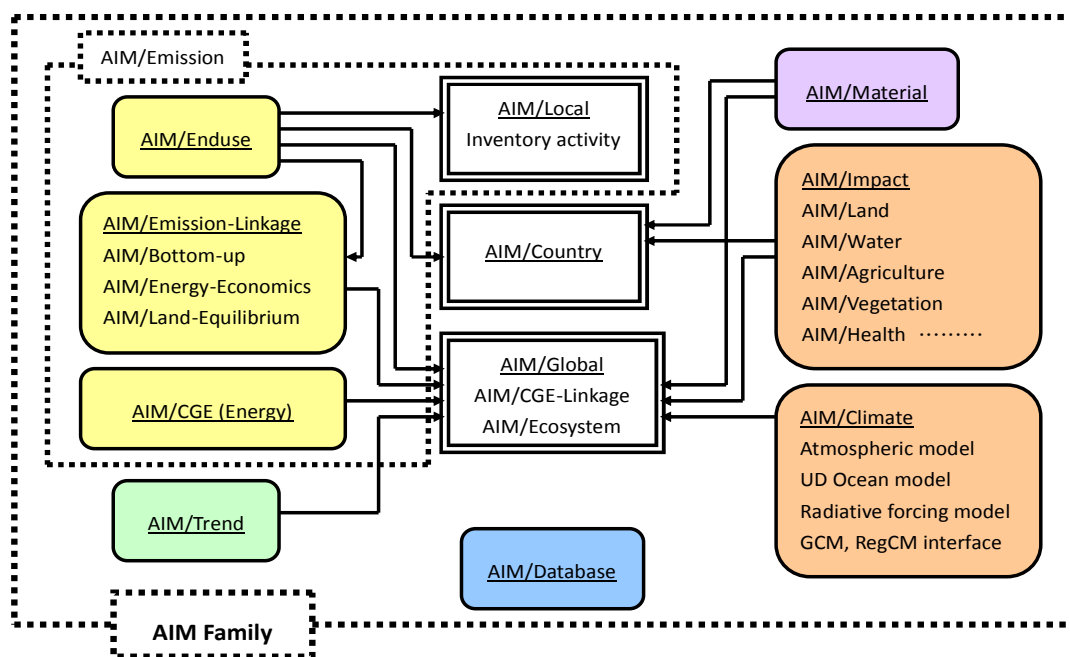
表 2 國際主要整合評估模型(續 1)

模型	類型	探討重點	特色	研發單位/文獻
IMAGE2.4 (Integrated to Model Assess the Greenhouse Effect)	大規模政策評估模型	在生態-環境架構上模擬人類活動下之環境狀態。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 囊括社會、生物圈、與大氣系統間之交互影響，子系統包括能源供給系統 (TIMER)、碳、氮循環系統、大氣海洋系統等。 ➢ 分析區域共計 24 地區，利用 1765-2000 年資料估算碳循環與大氣系統，其中 1970-2000 資料用以校準能源系統(TIMER model)與農業系統，校準後的 IMAGE 便可用以模擬 1970-2050 年之氣候情境。 ➢ TIMER 模型為能源供給子模型，由於此子模型對於能源技術、發電技術、再生能源技術之掌握相當詳實，因此只要給定 GDP、家計消費、產業附加價值等資訊便可計算初、次級能源之部門與區域消費，以及排放量。 ➢ 模式中並不包含經濟子模型，故總體經濟資訊直接採用其他研究結果，人口預測在 2.4 版中已可自行推估，並可模擬人口變化的影響。 	Netherlands Environmental Assessment Agency
MERGE (Model for Evaluating Regional & Global Effects of GHG Reduction Policies)	政策最適化模型	著重於推估區域與全球溫室氣體減量之影響。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 考慮議題包括國內與國際經濟活動、能源相關之溫室氣體排放、非能源相關之溫室氣體排放、全球氣候變遷導致之經濟與非經濟面之災害。 ➢ 在每一個單國經濟子模型中，採用 Ramsey-Solow 經濟成長模型，以評量跨期選擇問題。 ➢ 由價格驅動的 top-down 生產函數可以求得對資本、勞動與能源之需求變化。但能源相關之排放量則由 bottom-up 模型產出，可藉重其詳細的能源使用技術資料與設定，推估在最適當的技術配置下之能源需求與排放量，最終依據全球排放量轉換推算全球溫室氣體濃度，以評估對大氣溫度之衝擊。 	Manne and Richels, 2004 ^[3.1.47]
MiniCAM (Mini Global Change Assessment Model)	大規模政策評估模型	著重人類活動、能源、農業、生態體系與氣候之關聯。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 小型可快速求解的長期部分均衡模型。 ➢ 涵蓋大氣組成分析系統(SCENGEM)、氣候與海洋系統(MAGICC)、人類行為系統(能源子模型 ERB 與農業土地利用模型 AgLU)、生態系統等子模型。 ➢ 分析範圍涵蓋 14 個國家地區，屬部分均衡模型。 	Joint Global Change Research Institute, Northwest Laboratory (Edmonds, et al., 1996 ^[3.1.48] , Clarke, et al., 2007 ^[3.1.49])

表 2 國際主要整合評估模型(續 2)

模型	類型	探討重點	特色	研發單位/文獻
LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)	策略性政策評估模型	主要探討經濟體系中各部門之能源消費、生產與資源耗竭狀態。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 模型運用較為彈性，在方法上可處理 bottom-up 模型，也可形成 top-down 總體經濟模型。另外目前已發展運輸規劃模式與發電系統規劃模式。 ➢ 具有方便有效的視窗化操作介面。 	Stockholm Environment Institute (Heaps, 2008 ^[3.1.50])
GIAM (Global Integrated Assessment Model)	政策評估模型	主要探討氣候變遷政策之成本與效益。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 屬初步發展階段。 ➢ 目前僅整合經濟模組 GTEM 與大氣模組 MK3L。GTEM 為 ABARE 所研發之長期全球貿易與環境模型，屬多區域多部門之一般均衡模型，目前處理 28 類商品、4 類原始要素、6 種溫室氣體。將 GTEM 計算而得之排放量投入 5-box 模型用以計算大氣中溫室氣體濃度，再根據此濃度，以 MK3L 推估各區域長期溫度變化。 	ABARE/CSIRO(Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) (ABARE and CSIRO, 2008 ^[3.1.51])
World Energy Model	大規模政策評估模型	針對各種模擬情境預測部門及區域的能源需求，與 IMACLIM-R 模型整合後可進行節能減碳情境的經濟影響評估。	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 大規模的部分均衡(partial equilibrium)數學模型。 ➢ 涵蓋 24 個區域 ➢ 包括 6 大模組：最終能源需求模組(下含住家、服務、農業、工業、運輸、及非能源使用等 6 個子模組)、發電與熱能(power generation and heat)、煉製/石化與其他轉換(refinery/petrochemicals and other transformation)、化石燃料供應、CO₂排放、與投資 ➢ 與 CIRED 的 IMACLIM-R 模型(IMACLIM-R model)整合，即為知名的 WEM-ECO 模型，屬可計算一般均衡模型。 ➢ 可以就各種能源政策 and 模擬情境(包括價格、GDP、貿易、投資...等)，提供更深入的經濟與貿易問題的分析。 	The Office of the Chief Economist(OCE) 與 CIRED 合作 (Cozzi, 2004 ^[3.1.52])

資料來源：本研究彙整。



資料來源：Kainuma, et al., 2002a^[3.1.40], Kainuma, et al., 2002b^[3.1.41], Matsuoka, 2000^[3.1.42], Matsuoka, et al., 1995^[3.1.43]。

圖 2 AIM 家族關聯圖

AIM/Material 模型主要目的在評估國內政策之總體經濟衝擊、CO₂ 減量效果、與其他環境議題，如廢棄物管理、水與空氣污染之探討，除了環境保護政策外，環保相關產業與環保投資係為同時實現經濟發展與環境保護之重要關鍵，在本模型中亦可加以討論。AIM/Material 模型為單國的 top-down 總體經濟模型，係透過建立每一個國家的 CGE 模型而完成。此 CGE 模型為逐年遞歸模型，同時滿足經濟平衡與實物平衡的一致性，基於此項特色，衍生性固態廢棄物議題便可加以處理。

AIM/Trend 模型為一個簡單的計量模型，以預測未來的經濟、能源、與環境條件。在設定基本的人口、GDP、每人 GDP、與 GDP 份額下，可進一步模擬能源供給、能源需求、GHG 排放、廢棄物、水資源供給與需求等。目前該模型已產生到 2032 年之各項環境趨勢。

由於 AIM 模型係由上述多個獨立子模型所組成，模組間的整合工作便顯得相當吃重但又不可或缺，AIM 在模組整合的工作上，採取 4 種整合方式：

(1) 經濟模組與環境模組整合

整合經濟與環境模組之目的，在於分析亞洲地區快速的經濟發展與環境保護之間的抵換關係，以評估亞洲地區的永續發展政策；

(2) 由上而下模型與由下而上模型整合

為了對不同政策選擇進行評估，包括由上而下的總體經濟政策與由下而上的技術選擇，連結兩種模型是必要的。在國家別經濟模型中，技術進步參數一般為外生給定，而技術進步參數之合理範圍為何，則可透過 AIM/Enduse 模型所產生之未來最適能源供給與使用技術組合，取得技術進步參數之外生變動依據；

(3) 短/中期模型與長期模型整合

連結短期模組與長期模組的目的，在整合探討目前亞洲地區對於污染與自然破壞所施行之政策，與長期氣候變遷減量政策間之關係；

(4) 國家模組與世界模組整合

連結國家模組與世界模組之目的，在於針對亞洲區域合作設計有效的政策，包括技術移轉、環境投資協助等。國家模型(AIM/Country)中各子模型所產生的結果，必須納入由全球模型(AIM/Global)達成連結互動之目的。

除了各模組間針對評估所需，選擇性採取模組間的整合方式之外，AIM 為了常態性或需要長期觀察的評估項目，更另外建立了一組連結模型，即 AIM/Emission-Linkage 模型，將 AIM/Bottom-up、AIM/Energy-Economics、AIM/Land-Equilibrium 等 3 個模型串連，則數種重要的 GHG 排放，如 SO₂、NO_x 便可在相同條件基礎下進行評估。

當 AIM/Emission-Linkage 模型計算出各種 GHG 與相關氣體排放量後，其結果會被納入 AIM/Climate 模型中，除了 CO₂ 之外，被排放到大氣中的各種 GHGs 會經由化學作用轉換，此轉換的過程會在 AIM/Climate 模型中加以計算。AIM/Climate 模型計算結果則可交由 AIM/Impact 進一步預測未來自然資源與人類健康等層面所受到的衝擊。

2. MiniCAM/ObjECTS 模型

由 Pacific Northwest National Laboratory 所研發的 MiniCAM 模型，為一涵蓋大氣組成分析系統(SCENGEN)、氣候與海洋系統(MAGICC)、人類行為系統(能源子模組 ERB 與農業土地利用模組 AgLU)、生態系統等子模組之整合評估模型。雖然涵跨領域相當廣泛，但對於人類行為系統中關於經濟活動與能源技術選擇之考量並不深入，若欲利用此一模型探討減量策略則顯得有些捉襟見肘，因此有必要適度納入技術模組以補足此項缺失。

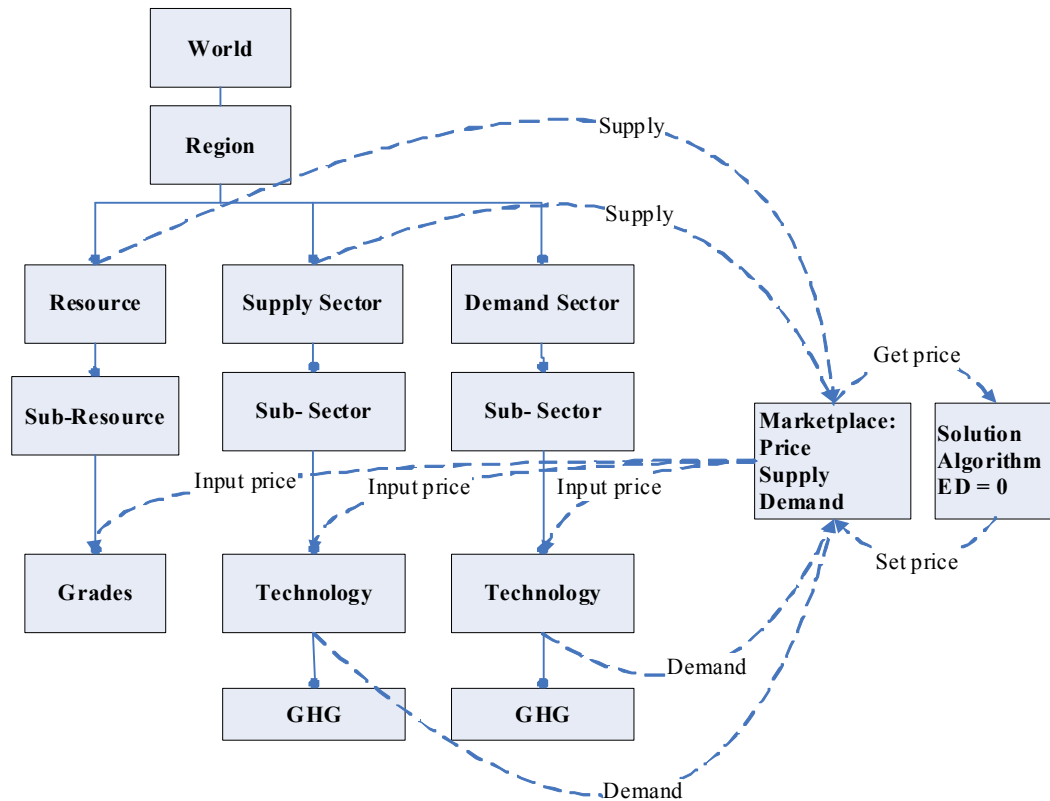
ObjECTS 為聯合全球變遷研究所(Joint Global Energy Climate Research Institute, JGCRI)所發展的目標導向能源氣候與技術系統(Object-oriented Energy Climate and Technology Systems)，主要發展方向為統合能源-技術-經濟模型，希望將由下而上模型對於技術的細節掌握，融入由上而下的經濟架構當中。由於運輸部門在能源消耗與溫室氣體排放中所佔比重越來越高，因此在由下而上模型中，ObjECTS 特別針對運輸部門的技術做了詳細刻劃。

因此 ObjECTS 利用 MiniCAM 所提供之市場資訊，初步建立起一個整合由下而上與由上而下模型之架構。在 MiniCAM 的經濟模組中，藉由商品或能源的供需均衡以形成市場，由圖 3 可以看到在 ObjECTS 模型中技術被細分的部門，可以是 MiniCAM 市場中的需求者，也可以是供給者，至於其他未被 ObjECTS 分析的部門，則由 MiniCAM 執行。由於單一部門的價格或供需變化有可能影響其他部門，而其他部門的變動又將回饋影響該部門，因此這種整合方式通常需要多次的交互運作，才能取得收斂的結果。但無論如何，透過市場做為連結媒介，兩模型便可在能源消費量與能源消耗成本兩項變數上取得一致。

3. IIASA-ECS 模型

應用系統分析國際研究所(International Institute for Applied System Analysis, IIASA)進行跨領域研究已相當多年，且一直處於模式建構的領先地位。IIASA-ECS 模型為結合 IIASA 多年來模式建構之成果，所形成的大規模整合評估模式，其下所包含之子模組有 8 項，Scenario Generator(SG), Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact(MESSAGE), the top-down macroeconomic model(MACRO), the climate impact model(MAGICC), Energy Research and

Investment Strategy Model(ERIS), energy technology database(CO₂DB), A Model for Evaluating the Regional and Global Effects(MERGE), Integrating System for Priority Assessment(ISPA)等，各子模組之關聯如圖 4 所示。

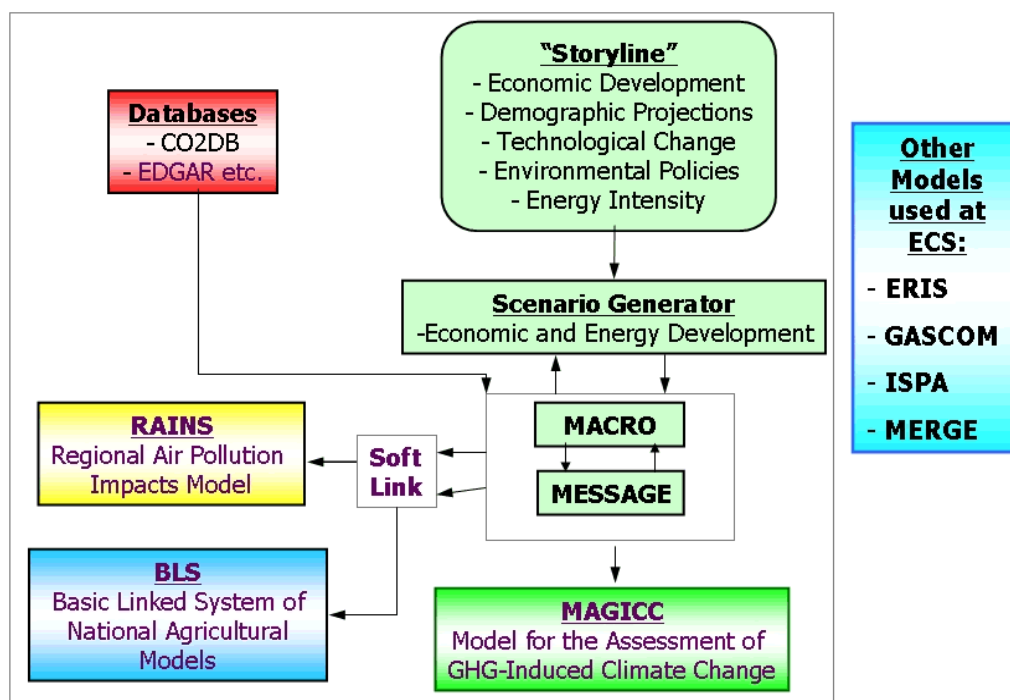


資料來源：Edminds, et al., 1996^[3.1.48], Clarke, et al., 2007^[3.1.49]。

圖 3 ObjECTS 與 MiniCAM 整合架構

(1) SG

SG 為 ECS 架構中的核心，它必須產生可供 MESSAGE、ERIS、與 MACRO 使用的一致的能源需求資訊，它的主要任務是迅速的將主要模擬情境假設撰寫成符合各子模組所需的說明文件，並依據說明文件內容，將各子模組所需投入資訊彙整傳遞給各子模組，但必須確保各子模組接收之數據資訊為一致。而所謂子模組投入資訊包括經濟面歷史數據、能源消費時間序列資料、一組可以描繪經濟活動與能源消耗關聯性的迴歸方程式，以做為設定情境之參考。SG 所需之投入資訊主要為人口預測及其他決定人均 GDP 成長之關鍵參數，此數據必須與其他子模組一致，SG 根據此兩項參數以及能源密集度計算能源消費預測值。



資料來源：<http://www.iiasa.ac.at/Research/ECS/docs/models.html>。

圖 4 IIASA-ECS 模型建構體系

(2) MESSAGE

MESSAGE 屬於系統工程最適化模型，主要運用於中長期能源系統規劃、能源政策分析、與情境規劃。此模型對能源系統內從初級能源探勘、進、出口、能源轉換、運輸與分配、及至終端能源服務需求如照明、設備條件、產業生產流程等都有詳細的描繪與探討。由於 MESSAGE 是在能源系統限制下追求系統成本極小的最佳解，而此最佳解即為系統內部結構的調整，因此在給定情境下，MESSAGE 創出的資訊包括各項技術應設置的產能或容量、能源投入與產出量、在能源系統中各階段所需要的能源投入、技術成本、排放量等。

能源系統所描繪的技術細緻程度，是影響評估功能與結果的關鍵，MESSAGE 所能囊括的技術通常十分彈性，可依據地域特性、涵蓋時間尺度而進行調整。

(3) MACRO 與 MESSAGE/MACRO

MACRO 模型延伸自 Manne and Richels 的 MERGE 模型，屬於由上而下的總體經濟模型，為了與 MESSAGE 適度整合，ECS 的 MACRO 模型已有部分修改與擴充。MACRO 中主要方程式為跨期的效用函數與生產函數，生產過程主要投入為資本、勞動與能源，其中能源需求曲線

再進一步區分為電力與非電力能源需求，MACRO 將同時劃出能源需求與 GDP 預測值。

MESSAGE 與 MACRO 的連結，主要為了在前者模型中納入政策對能源成本、GDP 與能源需求的影響，因此連結的過程，先由 MESSAGE 產生能源供給總成本與邊際成本，提供給 MACRO 做為能源需求函數之參考依據，再將 MACRO 因為政策變動所產生的變動後能源消耗成本、GDP、及能源需求回饋給 MESSAGE 重新求解，如此反覆求解直到 MACRO 與 MESSAGE 的能源需求差異在可接受範圍內，才達到收斂。ECS 目前仍在研發一套新的總體經濟模型，在能源需求與效用函數部分將採用更精細的設定，未來將與 ERIIS 進行連結。

(4) MAGICC

MAGICC 為 ECS 為了估算 E3 情境對氣候的衝擊所發展之模組，模組中包括一組碳循環模型，碳循環模型在說明大氣中的排放來源、排放量、及至大氣中物理與化學吸附過程，並計算大氣中 CO₂ 濃度、大氣溫度與海洋條件。模組中使用之溫室氣體包括 CO₂、CH₄、N₂O、SO₂，這些氣體排放量數據由 ERIIS 或 MESSAGE 模組提供。

(5) ERIIS

ERIIS 原來是為了探討電力部門發電技術變動之影響而發展之能源最佳化模型，多年來 ERIIS 已擴展至整個能源系統，特別是運輸系統的詳細技術，並因此可協助評估更細緻的減量策略選項與技術選擇。ERIIS 的優勢在其相當彈性的設定方式，可協助各種不同模型提供所須資訊，也因此而可評估多種類型的政策工具。

第三版 ERIIS 更納入學習曲線，並將 R&D 支出內生化以呈現第二層學習效果之來源，考慮 R&D 投資後便可評估與氣候政策之間的互動。

(6) CO₂DB

CO₂DB 則為一組囊括約 3000 類減量技術之資料庫，並可進行初步分析，資料內涵包括技術細部特徵、技術創新狀態、技術商業化程度、技術擴散或市場滲透程度、經濟與環境特徵等。

(7) MERGE

MERGE 為一全球最適化模型，主要描繪總體經濟、能源供需系統、排放量、與氣候變化之互動。MERGE 包括 3 項地區性子模組，子模組包含 3 部分，總體經濟模型、能源供給模型、氣候模型，因此 MERGE 本身即整合了由上而下的經濟模型與能源需求，以及由下而上的能源部門供給。總體經濟模組定義生產者與消費者之跨期效用函數極大目標，決定資本存量、勞動、能源投入之需求，生產者最適的生產量決定於相對價格，在決定生產量後，相對簡化的能源模型便可在滿足能源需求前提下，求解可行之技術組合選擇，最終由氣候模型計算溫室氣體濃度與全球平均溫度。MERGE 除了可獨立完成整合評估外，亦可配合 IIASA 研究在不同的情境與排放交易假設下，執行京都議定書規範所必須付出的代價。模型囊括京都議定書之主要成員，並分析各種排放交易機制。

(8) ISPA

ISPA 為多目標隨機最適化模型，模型研發目標探討在給定 R&D 總經費與一組能源技術下，如何分配研發經費至各項技術。目前 ISPA 包含 5 個與經濟或環境，或者能源供給安全有關的目標，決策者可選擇其中一項做為主要目標，其他目標則成為存在或然率的限制式，意為達到期望目標水準之最小機率，這種設計讓 ISPA 特別適用於風險分析，評估各項目標間的抵換關係。

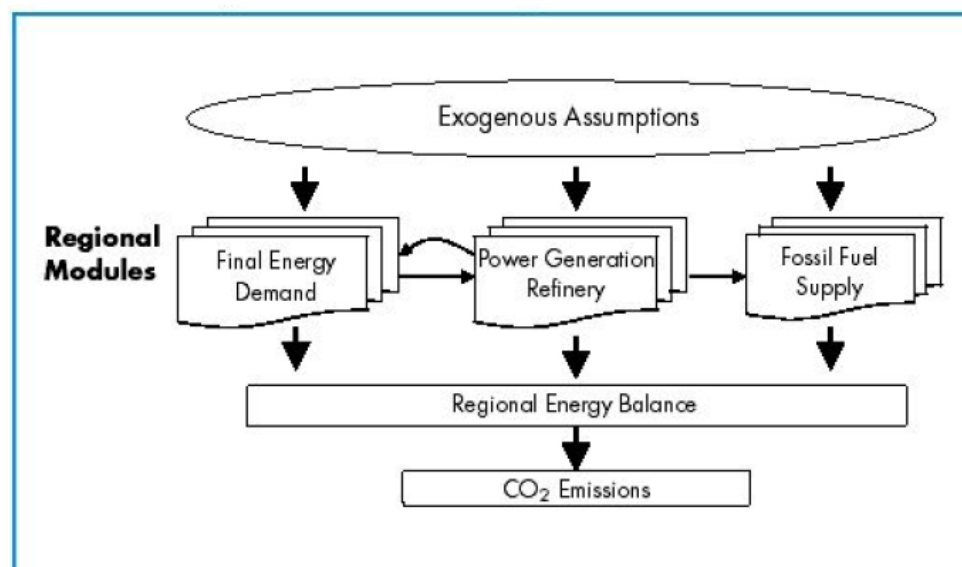
4. 世界能源模型(World Energy Model, WEM)

WEM 是一個用以反映能源市場運作功能的大規模的部分均衡(partial equilibrium)數學模型，目前涵蓋 24 個區域¹，包括 6 大模組：最終能源需求模組(下含住家、服務、農業、工業、運輸、及非能源使用等 6 個子模組)、發電與熱能(power generation and heat)、煉製/石化與其他轉換(refinery/petrochemicals and other transformation)、化石燃料供應、CO₂ 排放、與投資。包含可針對各種模擬情境預測各部門(sectors)及各區域(regions)的能源需求，自 1993 年起即為國際能源總署(International Energy Agency, IEA)所採用。

1 為能聚焦於 ASEAN 區域的能源問題，WEO-2009 也已增加開發了馬來西亞、菲律賓、及泰國等三個國家的模型。

The Office of the Chief Economist(OCE)與 CIRED 合作，整合 WEM 與 CIRED 的 IMACLIM-R 模型(IMACLIM-R model)，成為一個知名的一般均衡模型(General Equilibrium Model)，稱之為 WEM-ECO 模型。此一整合結果使得 IEA 可以就各種能源政策和模擬情境(包括價格、GDP、貿易、投資...等)，提供更深入的經濟與貿易問題的分析。²例如，OCE 在「2007 年世界能源展望」(WEO-2007)即採用 WEM-ECO 評估中國與印度的能源發展對全球其他地區的影響，特別是考慮多種經濟與能源情境對其他國家的 GDP、貿易流量的衝擊、以及對國際石油市場的衝擊。此外，WEM-ECO 模型亦可用以各種節能減碳情境的經濟影響評估。

WEM 模型架構如圖 5 所示，外生變數包括 GDP、人口及能源價格，由此外生變數估計能源服務需求，透過最終能源需求子模型、發電與石油煉製子模型及能源供應子模型，在能源供需平衡及最小成本條件下求解，模型產出結果包括能源供需結構、發電結構及 CO₂ 排放量。



資料來源：Cozzi, 2004^[3.1.52]。

圖 5 World Energy Model(WEM)模型架構

2 WEM-ECO 模型的模擬期間可達到 2030 年。IEA 在「政策資料庫」(Policy Database)中，涵蓋了 OECD 及非 OECD 國家的政策和措施超過 3000 種。

附錄 10

簡報資料



運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型架構之建立

期末簡報

報告人 黃宗煌

 千禧決策科技股份有限公司
Millennium Decision Technology Ltd.

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

1

簡報大綱

- 運輸部門整合模型之政策評估目的
- 整合模型應備功能與方法(模型)選擇
- 政策評估架構與關聯
- 運輸CGE模型之理論基礎與模型設定
- 整合模型資料結構與資訊平台連結
- 整合模型建構流程與時間規劃
- 運輸部門減量目標訂定方式



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

2

運輸部門面臨的問題(1/3)

□ 經濟發展與運輸部門排放基線

- 運輸部門排放基線趨勢為何？
- 在不同社經條件下基線如何變化？

	所內推估 ¹	3/3推估 ²	時間序列 ³	TaiSEND ⁴	TaiSEND ⁵	工研院 ⁶
2000		33.42	34.51	33.21	33.21	34.00
2005		37.04	38.25	36.82	36.48	37.00
2006		36.82	38.01	36.62	36.41	37.00
2007		35.73	36.88	35.36	35.07	36.00
2008	32.72	34.45	35.56	34.10	33.10	35.00
2009	33.38	34.59	35.59	34.34	33.45	
2010	34.04	34.68	43.85	34.56	35.71	36.00
2015	37.27	42.22	51.84	43.02	44.45	53.00
2020	40.54	45.50	60.30	50.18	51.84	63.00
2025	43.82	51.68	72.10	63.90	66.02	

*綠色為預測值

□ 脫鉤：效率、結構、技術

- 產業結構與運輸部門排放之關聯？
- 運具結構轉變對運輸部門排放之影響？對國家整體排放之影響？
- 運具技術發展對運具選擇及減量之影響？



2010/12/07

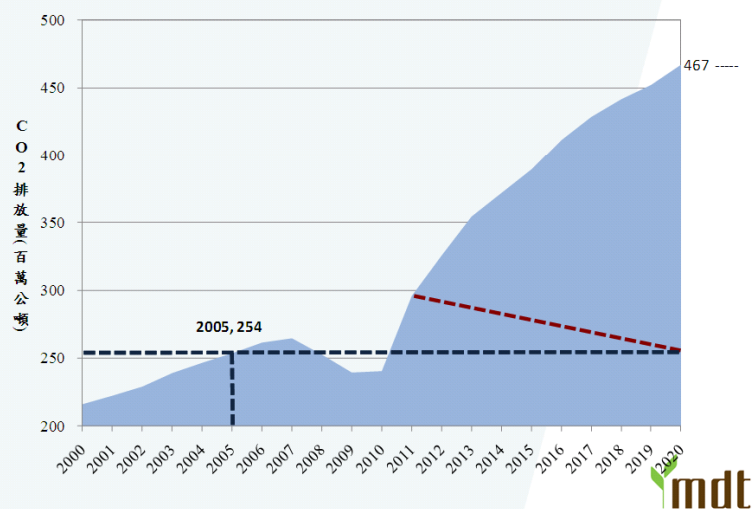
運輸部門減量評估模型期末簡報

3

運輸部門面臨的問題(2/3)

□ 運輸部門減量目標

- 在國家減量目標下 (2020 年回到 2005 年排放水準) ，運輸部門之減量目標如何計算？



2010/12/07

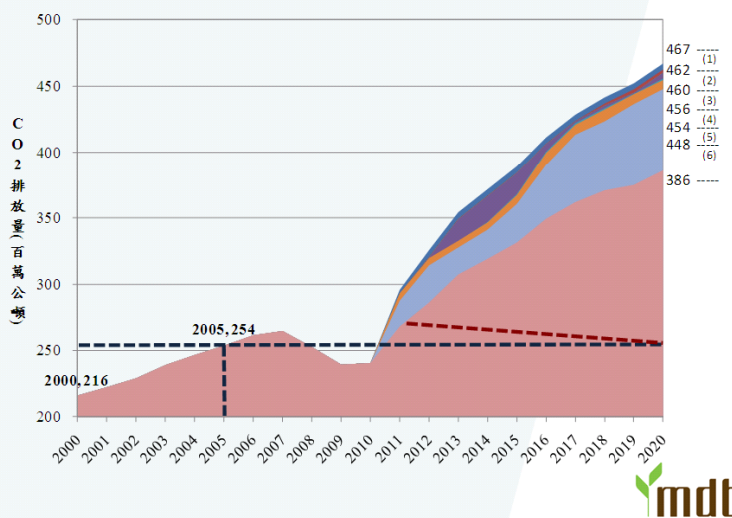
運輸部門減量評估模型期末簡報

4

運輸部門面臨的問題(3/3)

□ 運輸部門減量政策成效與選擇

- 非運輸部門減量政策(如能源稅)對運輸部門排放之影響？
- 在不同外部減量政策下，運輸部門能採取哪些策略？減量成效為何？
- 運輸部門減量付出的代價為何？如何衡量？



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

5

運輸部門整合模型之定位與功能

□ 定位：

- 做為我國運輸部門溫室氣體減量目標與因應策略規劃的決策支援工具
- 兼具理論與實務基礎，考慮運輸、能源、經濟、科技創新與環境關聯

□ 功能：

- 考慮經濟發展、產業活動、技術條件、其他部門等外在因素對運輸部門排放量之影響
- 在上述外部因素影響下，運輸部門最適當的減量目標與減量幅度
- 探討運輸部門可行且有效的減量措施與方案，並評估減量成效與減量成本

mdt

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

6

各國運輸部門減量政策

	燃油效率	大眾運輸	燃料稅費	其他財政措施	交通管理	國土規劃	直接管制	排放交易	節能駕駛
德國	√		√	√	√				√
英國	√		√	√	√			√	
美國	√								
開發中國家	√	√		√	√	√	√		

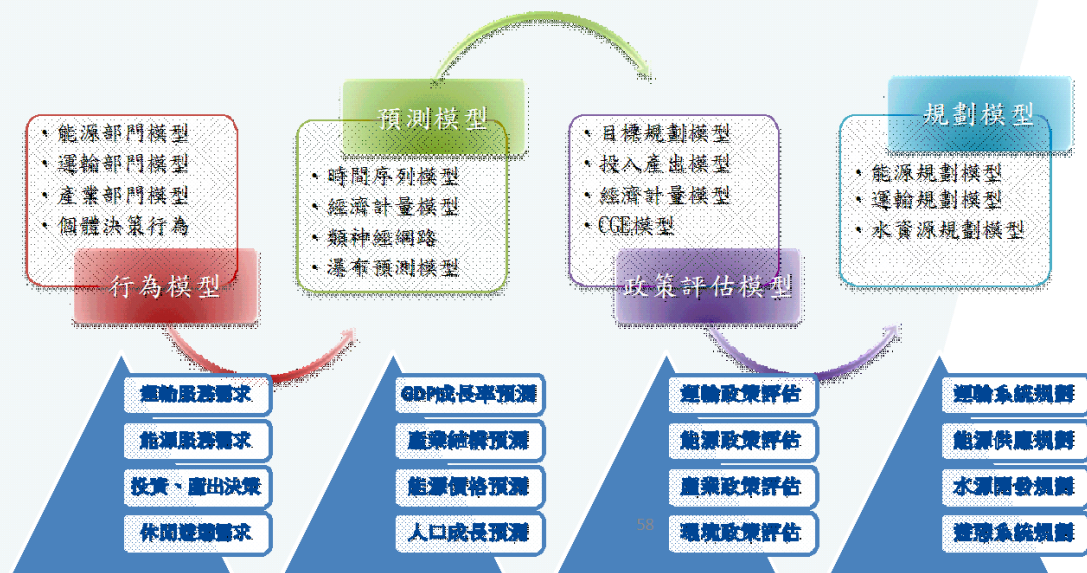


2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

7

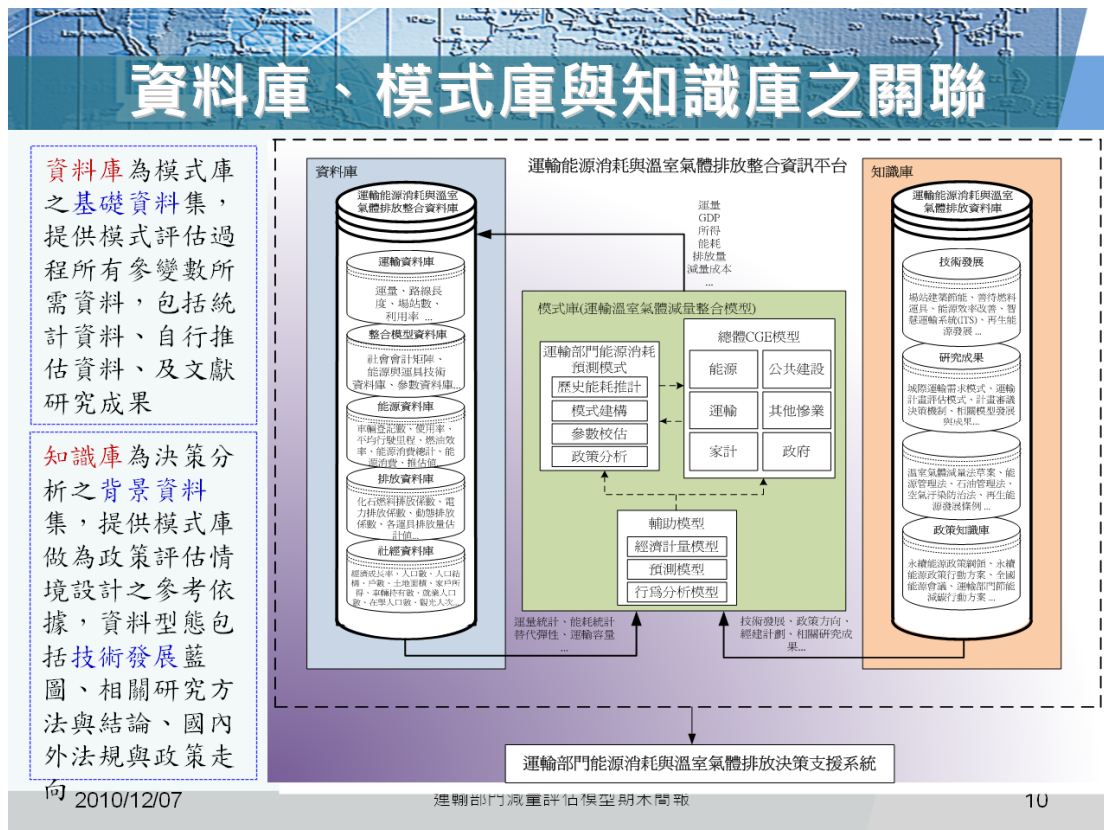
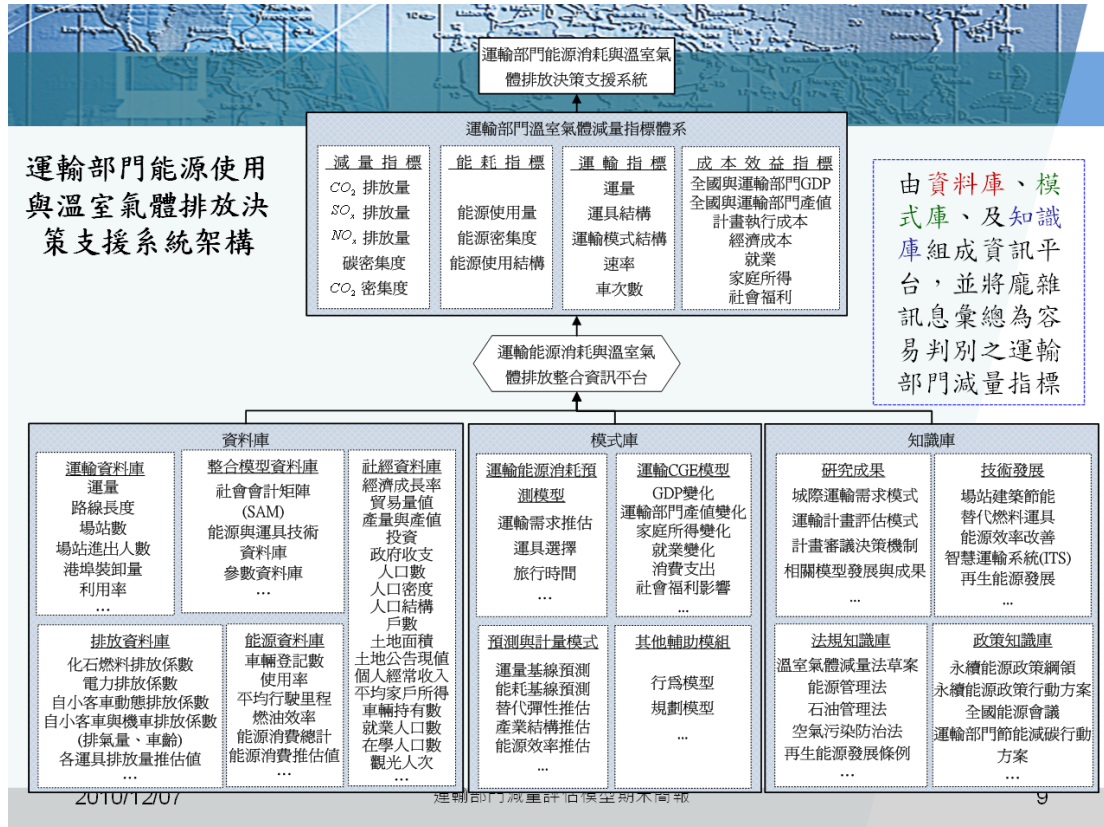
建置完整的決策支援體系



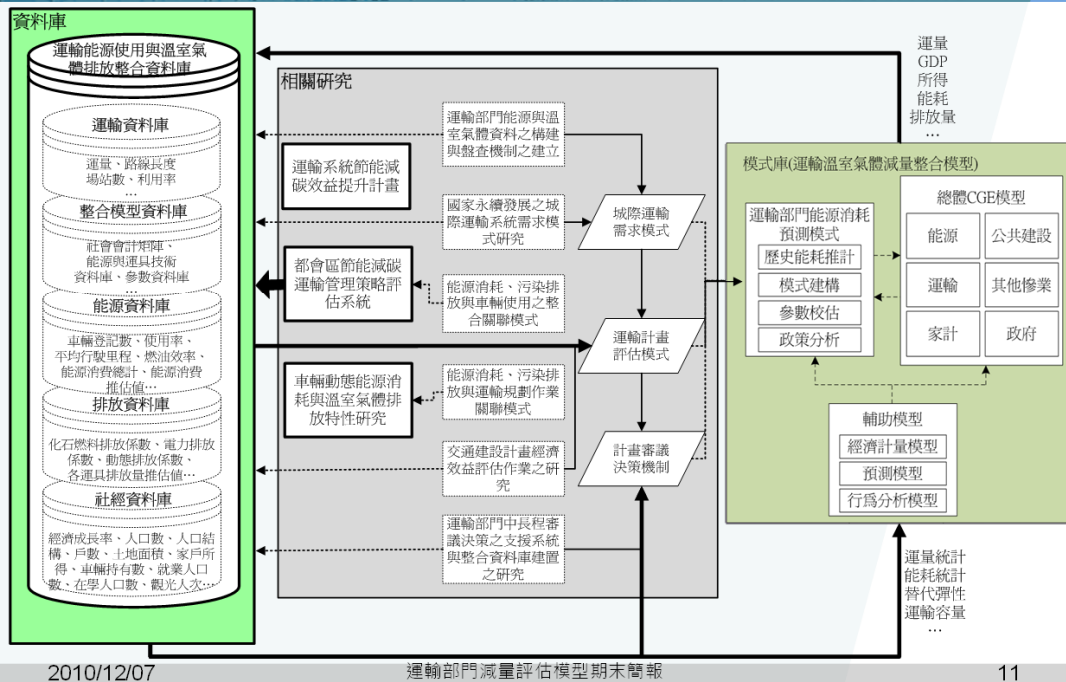
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

8

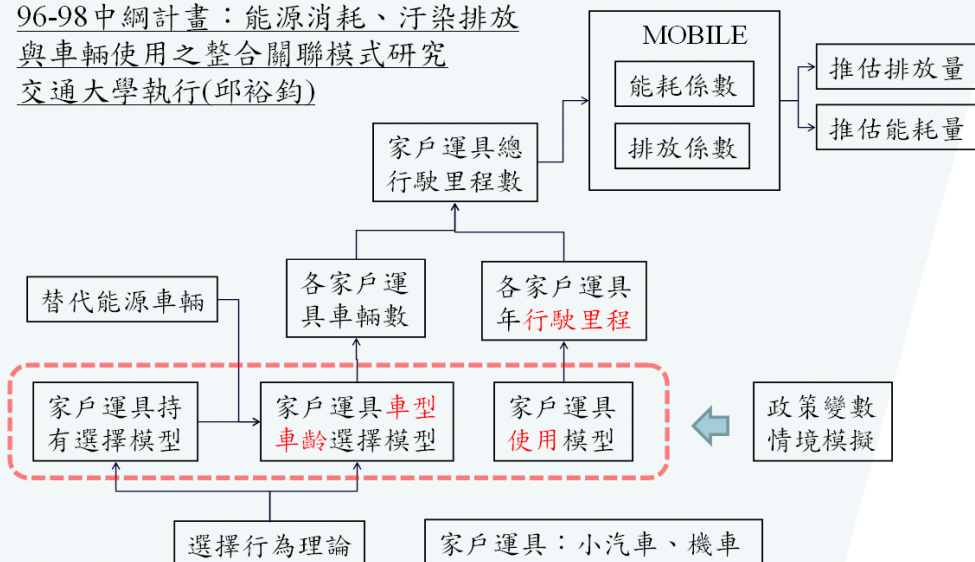


運輸研究能源相關模式之整合應用架構

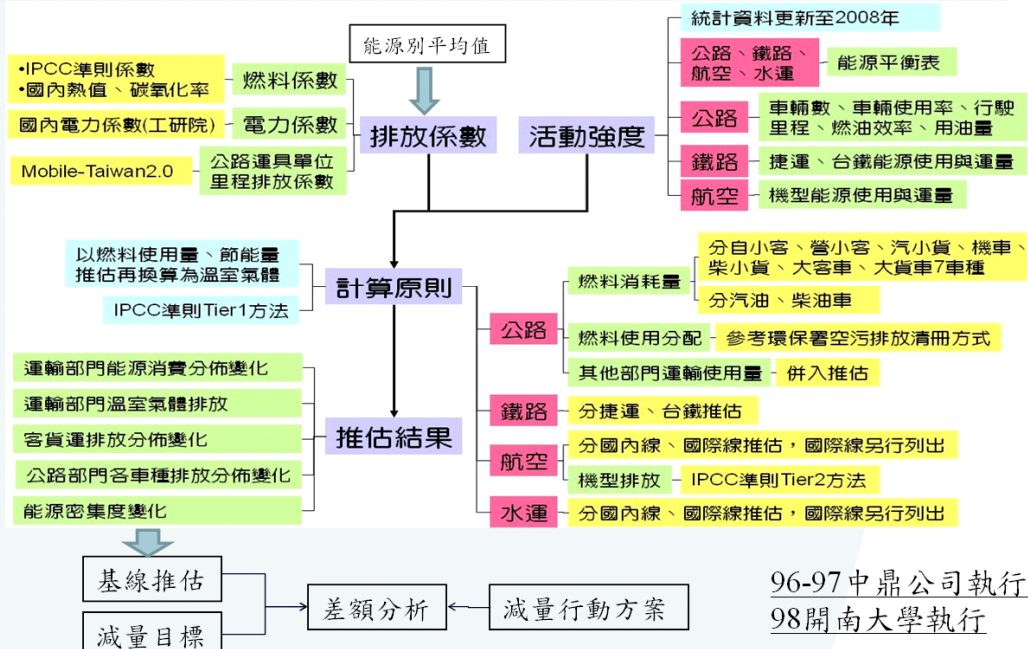


能源消耗、汙染排放與車輛使用之整合關聯模式研究

96-98中綱計畫：能源消耗、汙染排放
與車輛使用之整合關聯模式研究
交通大學執行(邱裕鈞)



運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立

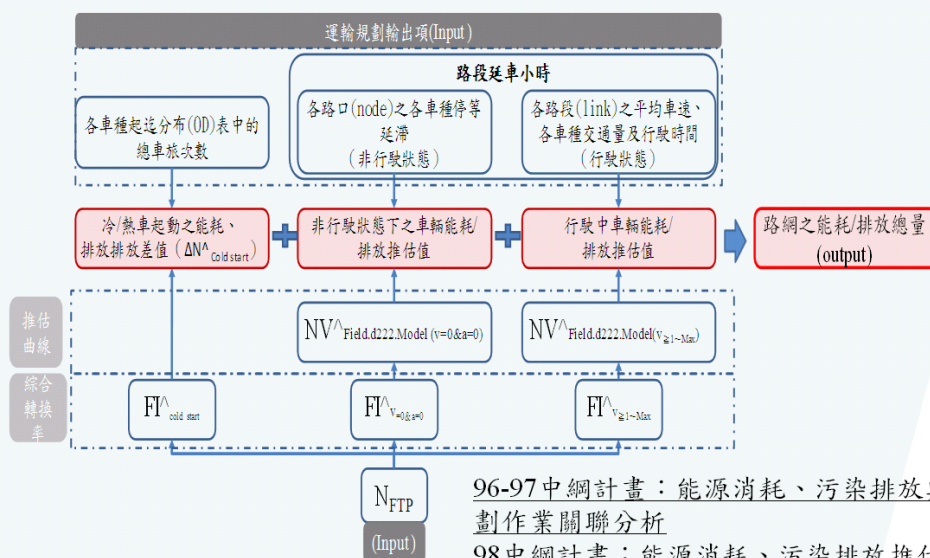


2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

13

能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析



96-97中網計畫：能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析

98中網計畫：能源消耗、污染排放推估模式與永續運輸模式之整合應用

鼎漢顧問公司、中華經濟研究院與車測中心執行

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

14

中網計畫之比較與關聯

計畫名稱 比較項目	中鼎、開南執行計畫	交大執行計畫	鼎漢、中華經研、車測 中心執行計畫
研究範圍	整體運輸部門 Top-down	公路私人運輸(家 戶): 小汽車、機車 Bottom-up	公路私人運輸: 小客車 Bottom-up
研究課題	能耗量、排放量	能耗量、排放量	能耗量、排放量
重要研究變量	次級資料 國家總計能耗值 總計平均能耗係數 總計平均排放係數	第一手資料 抽樣值建立模型 車型車齡車輛數 車型車齡行駛里程數	第一手資料 抽樣值建立模型 動態能耗係數 動態排放係數
模型關聯意義	總體經濟、社會屬性	家戶、運具屬性	運具、行車、道路屬性
分析與應用面	整體分析: 規劃層級 planning level 預測基線	局部分析: 規劃層級 planning level 政策情境模擬	局部分析: 營運層級 operation level、適宜在 有動態車流資料之分析
計畫間回饋		小客車、機車車 輛數與行駛里程	

2010/12/07

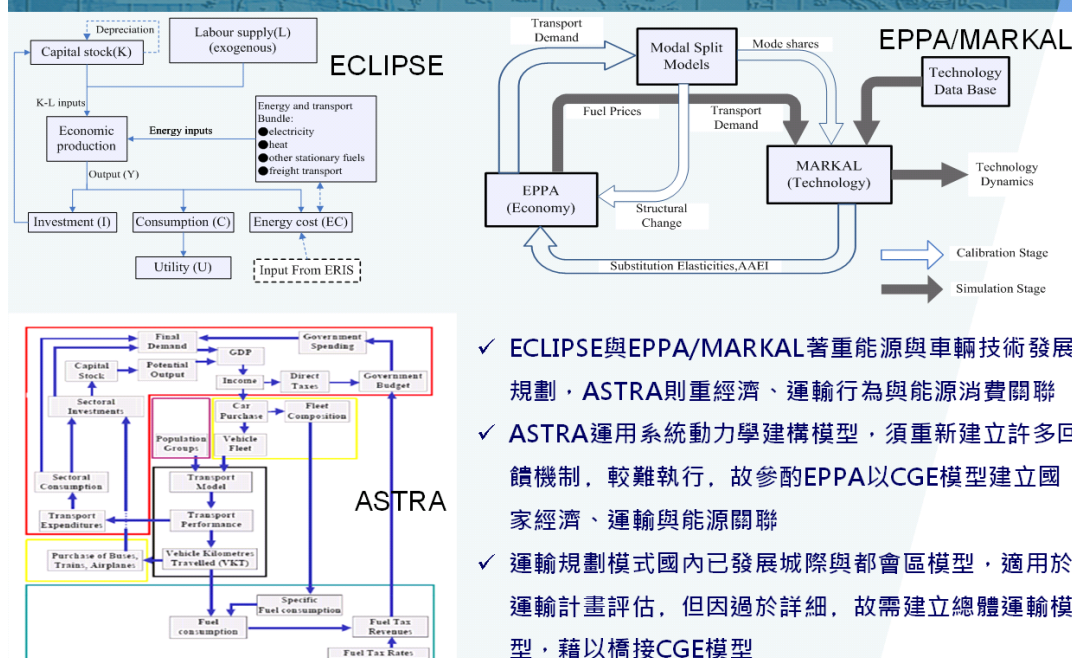
運輸部門減量評估模型期末簡報

15

文獻上運輸減量評估模型類型

模型	CGE	運輸需求預測模型	能源工程模型	系統動態模型
方法論	一般均衡理論	運具持有與選擇模型 計量預測模型	成本極小之最適 化方法	回饋控制理論 與模擬方法
行為理論 架構	廠商理論 消費者行為理論	消費者行為理論	須整合其他經濟 模型	僅建立觀測變 數之因果關係
市場交互 影響	考慮所有市場均衡與經濟個 體關聯	市場及經濟因素為給 定條件	市場及經濟因素 為給定條件	透過因果關係 呈現
運輸服務 需求	模型可內生求解並產出結果	模型可內生求解並產 出結果	為給定外生條 件, 須整合其他 模型	模型可內生求 解
燃料價格 變化	模型可內生求解並產出結果	為給定外生條件	為給定外生條 件, 須整合其他 模型	模型可內生求 解
經濟與產 業成長	模型可內生求解並產出結果	為給定外生條件	為給定外生條 件, 須整合其他 模型	模型可內生求 解
技術變化	可由需求面建立誘發技術變 動機制	為給定外生條件	模型可內生求解 並產出結果	須視模型設計 而定
空間與時 間分布	有單國與區域模型, 可考慮 旅行時間節省對效用之影響	可依範圍之界定考慮 時空分布問題	未能考慮	須視模型設計 而定

運輸模型整合型式與選擇



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

17

CGE模型與運輸需求模型之功能

	長處	缺失	解決方式
CGE模型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可呈現運輸部門與其他產業部門、家計部門、能源部門、甚至國家公共建設之間的關聯，評估部門間相互影響 2. 以求算利潤與效用極大下之均衡能源價格、能源需求、運輸服務需求、以及經濟相關數據 3. 可求取成本有效下之減量目標 	<p>因含納經濟體系眾多部門，故以總體性(aggregate)或由上而下(top-down)方式描繪運輸部門內各運具或運輸模式</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與bottom-up模式整合 2. 資料可及下，盡量細分運具或運輸模式，並將各運具特性直接建構在CGE中
運輸需求預測模式	<p>可彈性建置詳盡的路網與運具資訊，並精確掌握特定路網之車流特性、能耗、以及排放量</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無法考慮與其他部門之交互影響 2. 需要大量時間、經費、與人力蒐集或推估相關資料 3. 以由下而上(bottom-up)方式計算的運量、能耗與排放，常與總量不符 	<p>整合top-down模型，以總體模型提供的總量作控制，做為運輸部門的總量目標</p>

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

18

為什麼需要動態CGE模型

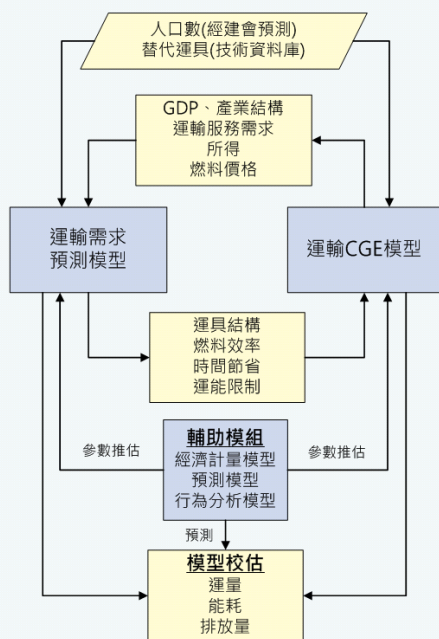
- 貼近經濟體系的實際運作原理，並有系統地建立各行為主體的決策模式
- 以經濟體系實際市場均衡資料為基礎，量化各種政策的衝擊效果，並相互比較
- 同時掌握外在衝擊或政策變革對於總體經濟及各產業部門的3E影響
- 可彈性調整產業部門及其商品，以進行未來之政策願景及科技創新的影響評估
- 兼顧各部門或各運具間的互動關聯，逐項或同時評估多種政策工具變動的影響
- 可用以評估非邊際性變動 (non-marginal change) 的衝擊
- 最適合用以評估政策的福利 (welfare) 及其分配效果 (distributional effects)
- 除適用於運輸部門的相關政策評估之外，也可評估其他政策對運輸部門的影響
- 便於掌握各項政策之動態效果，並可拆解其組成內容，以利政策的選擇與制訂

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

19

整合模型架構



✓ 整合階段

- 歷史校準：各模型本身要能複製歷史結果
- 基線校準：依左圖流程整合各模型基線
- 政策評估：依政策類別決定模型運作順序

✓ 影響範圍較全面之政策

1. 由CGE模型進行政策模擬，提供GDP、粗分類運輸服務需求、所得與燃料價格之變化；
2. 再由運輸需求模式求算運具分配，或規劃細部運輸減量計畫，進行政策配套模擬，並提出細分類運具結構變化、燃料效率變化、旅行時間節省等結果；
3. CGE模型根據2.之結果，修正參數設定並重新求解。

✓ 區域性運輸政策與行動計畫

1. 由運輸需求模式求算運具分配、能源消耗與燃料效率變化，並提出細分類運具結構變化、燃料效率變化、旅行時間節省等結果；
2. CGE模型根據1.之結果，修正參數設定並重新求解。

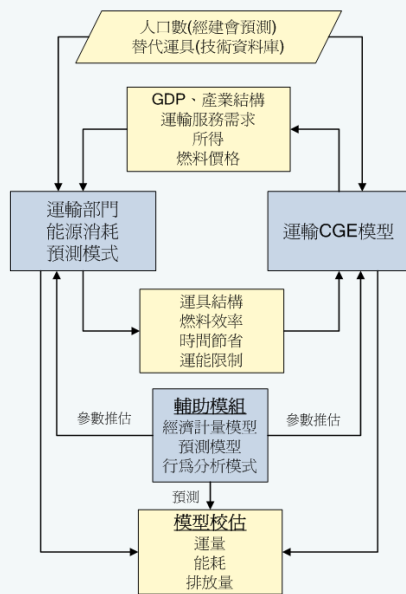
indt

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

20

整合模型評估流程：以提升公共運輸30%為例



✓ 提升公共運輸之政策工具

- 全面性政策：課徵能源稅；調整牌照稅與燃料稅；
大規模的公共建設，提高公共運輸系統供給；
全面補貼公共運輸票價；
- 區域性計畫：提高路邊停車費、過路費；提高區段票價；增加個別運輸系統供給。

✓ 能源稅與運輸計畫搭配

1. 由CGE模型進行能源稅模擬，提供GDP、粗分類運輸服務需求、所得與燃料價格之變化；
2. 再由運輸需求模式依據1之結果，規劃細部運輸減量計畫，進行政策配套模擬，並提出細分類運具結構變化、燃料效率變化、旅行時間節省等結果；
3. CGE模型根據2之結果，修正參數設定並重新求解。

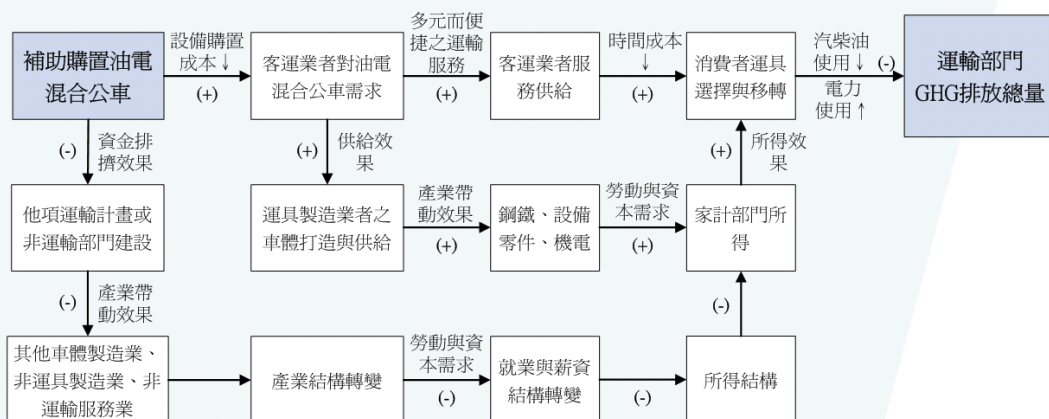


2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

21

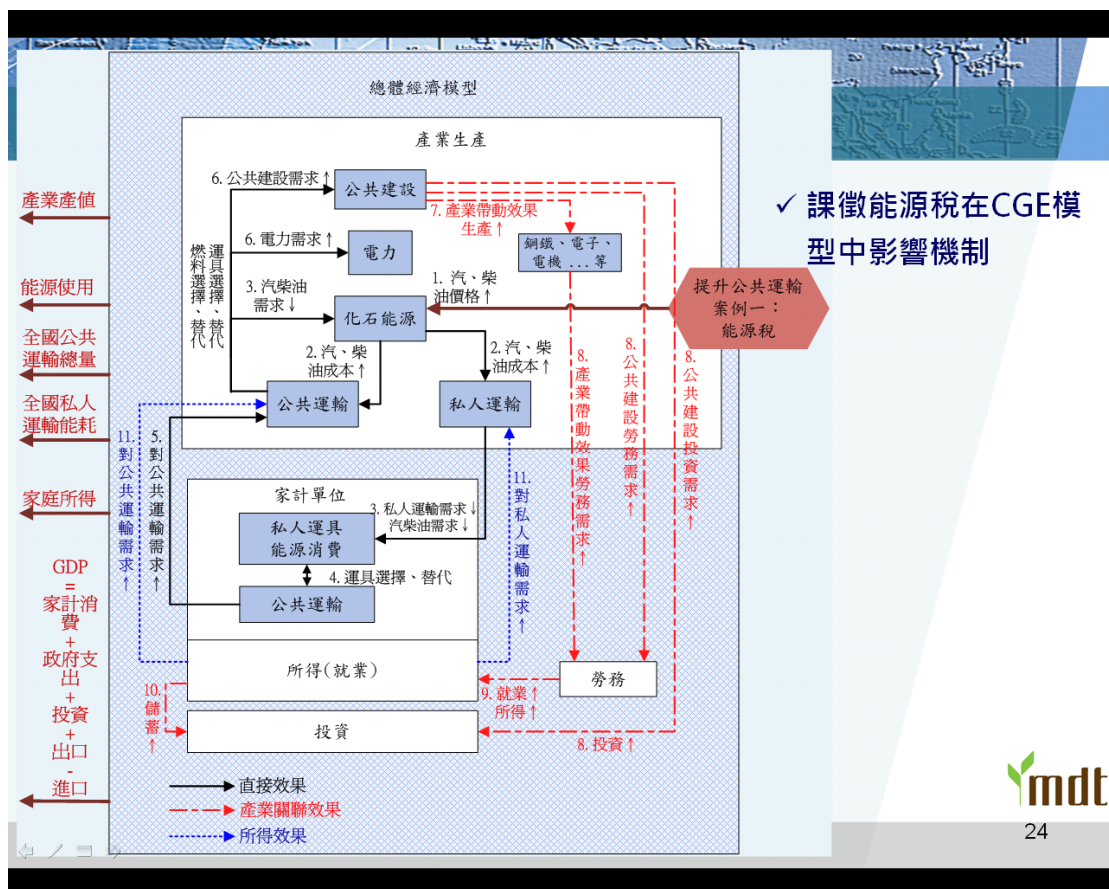
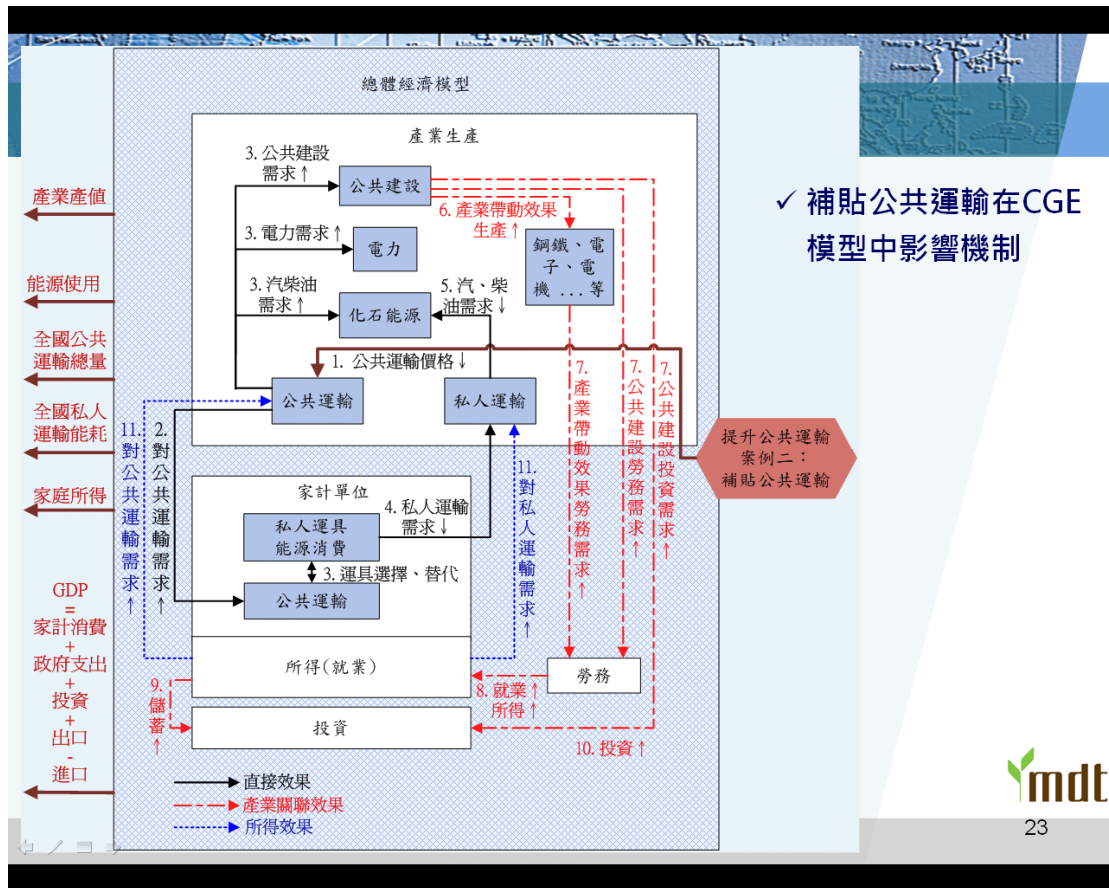
✓ 補貼購置油電混合公車在CGE模型中影響機制



2010/12/07

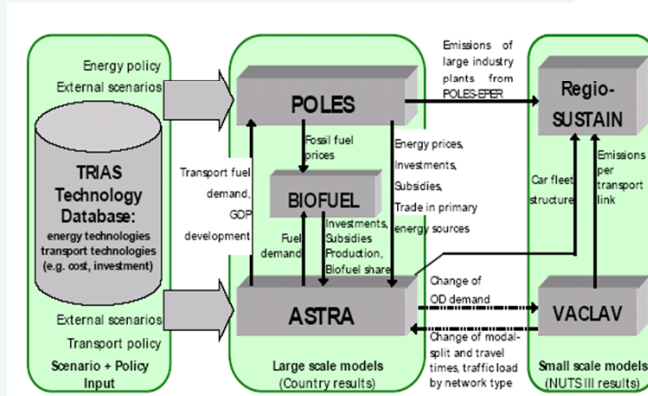
運輸部門減量評估模型期末簡報

22



整合模型的運具與能源技術

- 短期：參考TRIAS，建立技術資料庫，做為模型評估之給定條件，為外生設定
- 中期：彙整蒐集運具與燃料技術發展roadmap與成本資料，做為在模型中內生考慮技術學習效果與研發創新效果之基礎資料
- 長期：在模型中建立誘發性技術創新機制，以考量新型運具之減量與經濟貢獻

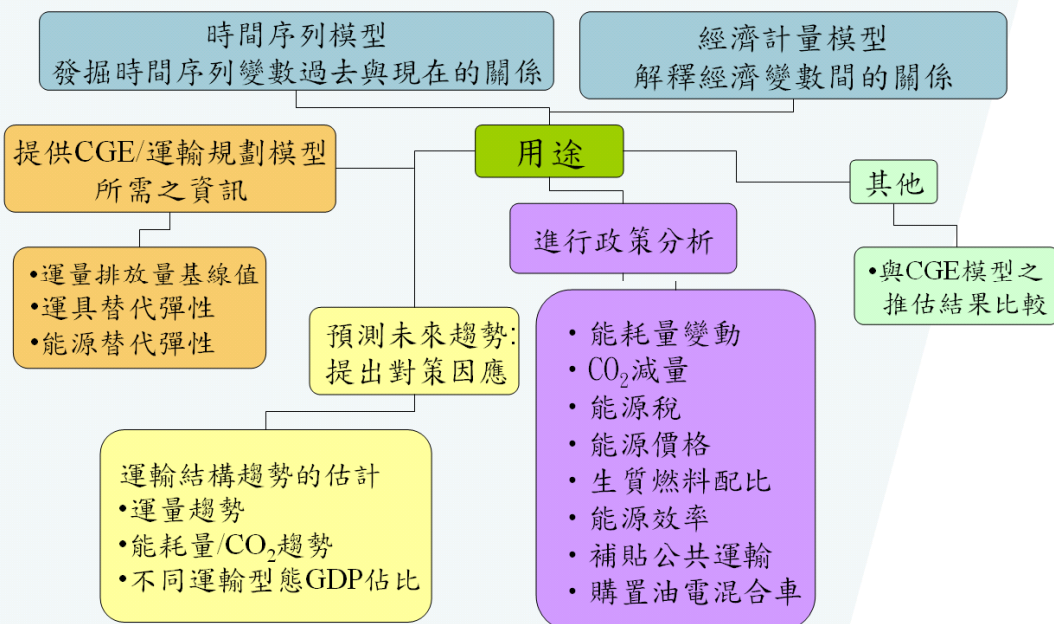


2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

25

輔助模型的角色與功能



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

26

運輸CGE模型產業部門生產行為

$$\begin{aligned} \min_{M_j, TR_i, E_i} \quad & \sum_j P_j \cdot M_{ji} + P_{TR} \cdot TR_i + P_E \cdot E_i \\ \text{s.t.} \quad & Q_i = \phi_i \left[\sum_j \delta_{ji} \left(\frac{M_{ji}}{a_{ji}} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + \delta_{TR,i} \left(\frac{TR_i}{a_{TR,i}} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + \delta_{E,i} \left(\frac{E_i}{a_{E,i}} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right]^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}} \\ & Q_i \leq \bar{Q}_i \end{aligned}$$

✓ 生產成本最小

— 生產成本包含原物料成本、運輸成本、能源成本；

✓ 生產技術限制

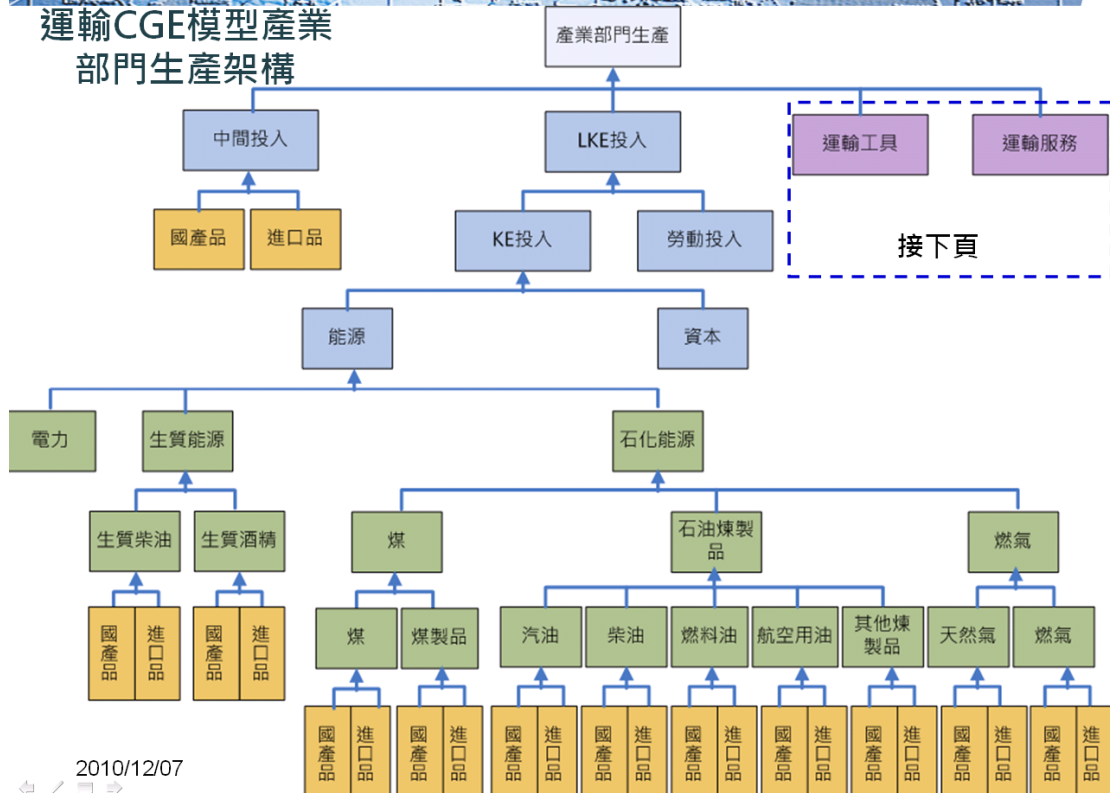
- 以生產函數代表技術水準，說明生產投入與產出的關係；
- 生產投入包括各項原物料、中間商品、各類運輸服務、各種能源等；
- ϕ_i 為規模參數，代表各項投入對產量的總合貢獻；
- $a_{E,i}$ 為技術參數，代表個別投入(如能源)對產量的貢獻，當燃料效率提升，此參數隨之修正；

✓ 產能限制

— 若 i 代表運輸服務業，則該業所提供之服務量存在上限。

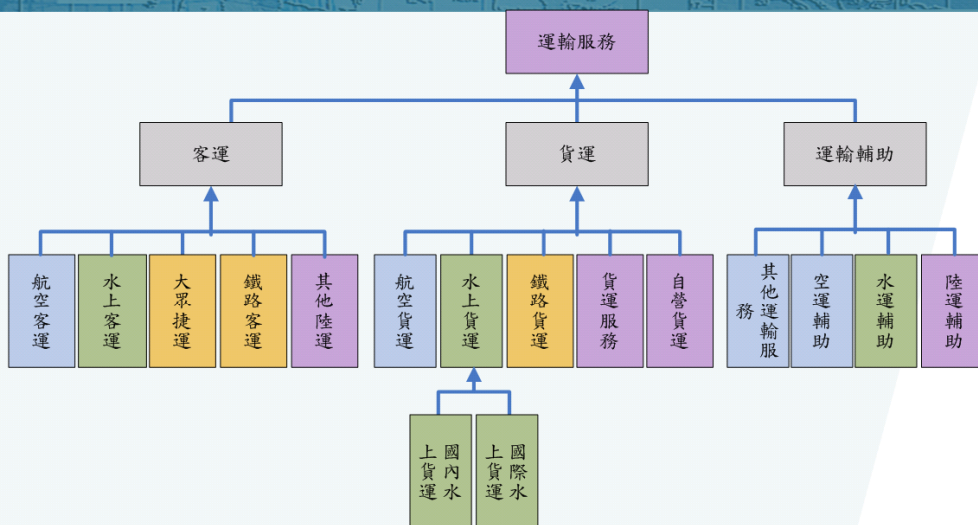
27

運輸CGE模型產業部門生產架構



2010/12/07

中期CGE模型運輸服務架構



自營貨運：依主計處分類，為設算值，凡自備陸上運輸工具從事自有貨物運輸之活動均屬之。

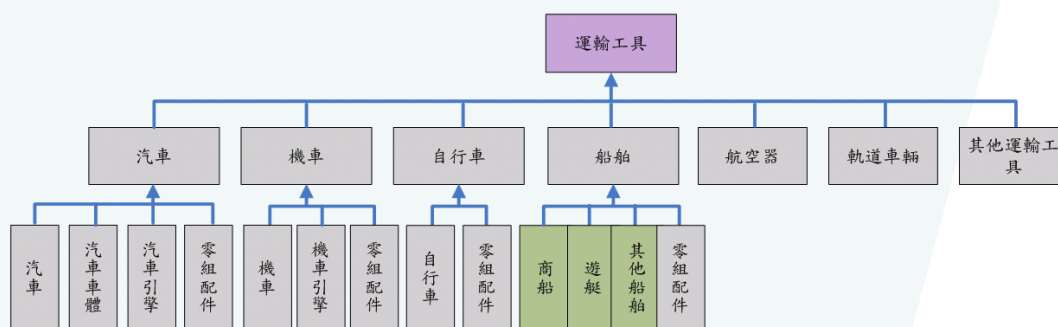
運輸輔助：依主計處分類，包含報關服務、船務代理及貨運承攬、停車服務、陸運輔助、水運輔助、空運輔助、其他運輸服務。

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

29

中期CGE模型運輸工具架構



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

30

運輸CGE模型家計部門消費行為：兩階段決策

- ✓ 能源服務帶給家計效用，而非能源使用
- ✓ 結合設備(車輛)與能源方能提供能源服務
- ✓ 設立家計能源服務生產函數，呈現設備、能源使用，與能源服務供給之關係
- ✓ 設備特徵(運具種類、車輛cc數、油耗特性、品牌、旅行時間)隱含設備購置與使用成本



兩階段決策：

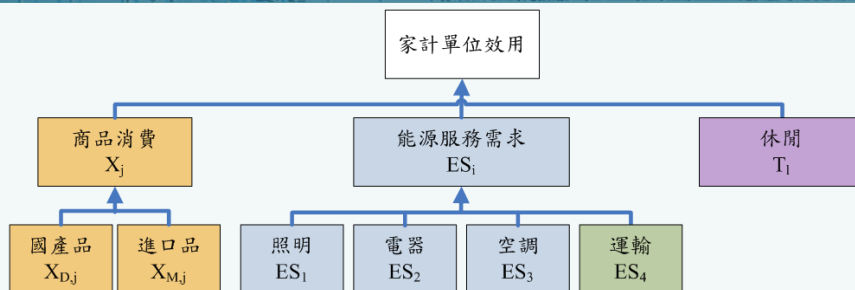
- **第一階段**：家計消費決策，在滿足所得限制與時間限制下，選擇使效用最大的最適商品消費量、能源服務需求、休閒與工作時間
- **第二階段**：家計能源服務生產決策，在滿足能源服務總需求下，選擇使生產成本最小的最適設備特徵、能源用量、與旅行時間

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

33

運輸CGE模型家計部門消費行為：第一階段



$$\underset{X_j, ES_i, T_l, T_w}{Max} \quad U = U(X_j, ES_i, T_l) \quad \text{商品消費、能源服務、休閒時間帶來效用}$$

$$s.t. \quad \sum_j P_{Xj} \cdot X_j + \sum_i C_i \cdot ES_i = w \cdot T_w + r \cdot K \quad \text{所得限制式：所得來源為工資與資本報酬，消費支出則包含商品}$$

$$T_w + T_l + \sum_i t_i \cdot \varphi_i = \bar{T} = N \cdot T \quad \text{與能源服務支出}$$

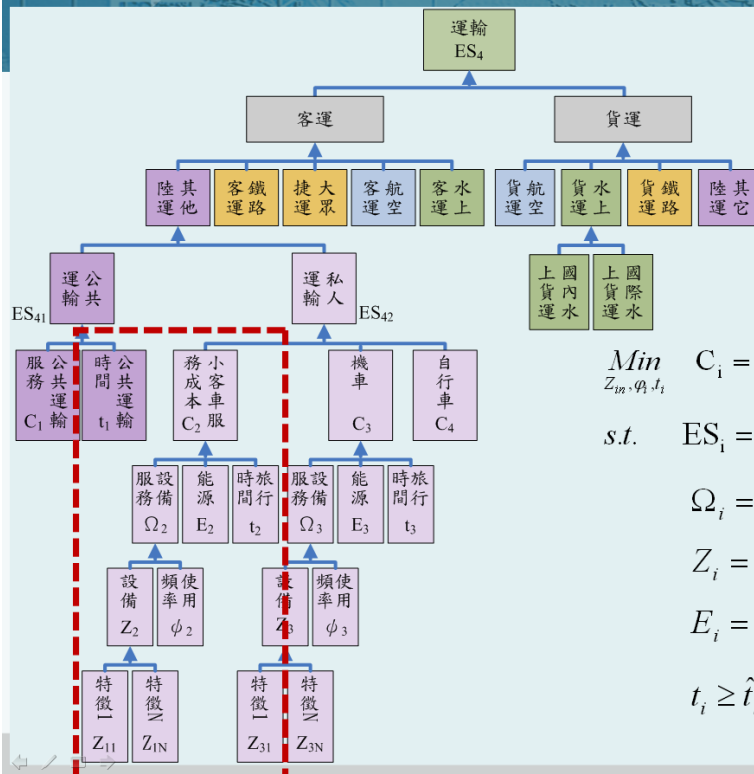
時間限制式：工作時間、休閒時間與旅行時間受限於總時數 \bar{T} ，而總時數為個人時數T與人口數N之乘積

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

34

第二階段



$$\text{Min}_{Z_i, \varphi_i, t_i} C_i = \rho_i \cdot P_{ES,i}(Z_i) + P_E \cdot E_i + w \cdot t_i$$

$$\text{s.t. } ES_i = f_i(E_i, \Omega_i, t_i)$$

$$\Omega_i = \varphi_i \cdot Z_i$$

$$Z_i = Z_{in}$$

$$E_i = \varphi_i \cdot \theta_i(Z_i)$$

$$t_i \geq \hat{t}_i, \quad \hat{t}_i \text{ is given}$$

35

運輸部門能源消耗預測模式之定位與功能

- 承接總體經濟模型總量預測資料，進行運輸部門整體客貨運需求預測。
- 具備巨觀行為分析功能，分析運輸路網、運輸成本、運具持有成本下各運具運輸需求。
- 具備反映未來政策影響的分析功能，如碳稅、低碳運具補貼等。
- 鏈結能源消耗模型，推估不同政策情境及能源科技演進的運輸能源使用量。
- 推估政策情境下之各運具運輸需求，反饋至總體經濟模型。
- 探討在能源經濟政策情境下與目標減量下，總體運輸政策之因應。

運輸部門能源消耗預測模式之架構(1/2)

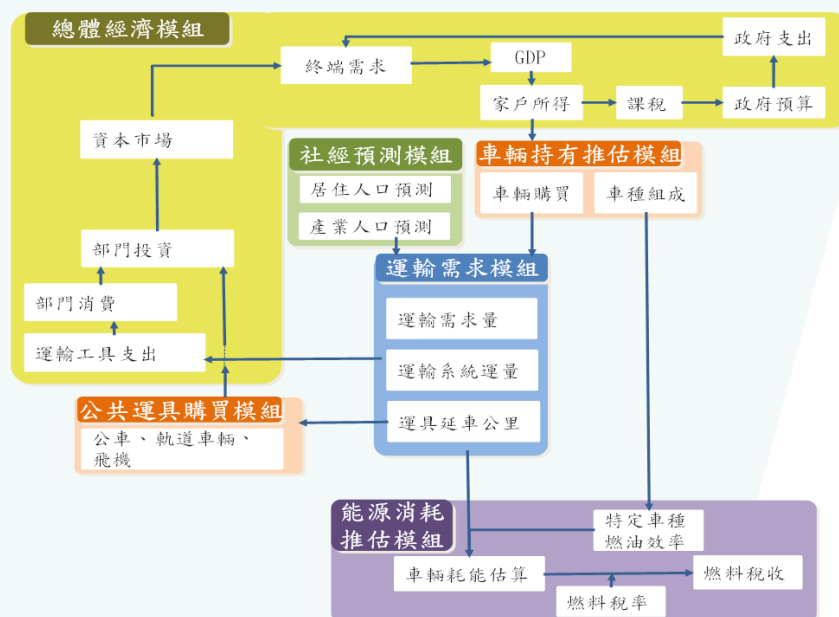
- 建構在TDM2008架構上之新的獨立模型。
- 將空間觀念帶入數學公式的模型，有起迄、運具，但是沒有實質路網。
- 用距離與總體系統容量來建構使用者之旅行時間與成本函數。
- 模型將運用交通分區來反映各地區之獨特性，並建立起迄關係。
- 都會區交通需求運用適當分類與數學分析，納入總體運輸需求。

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

37

運輸部門能源消耗預測模式之架構(2/2)



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

38

運輸部門能源消耗預測模式之交通分區與空間處理

分析內容	客/貨運	建議分類基礎
社經預測	客運與貨運	大分區
旅次產生與分布	客運	小分區
	貨運	大分區
運具選擇	客運	小分區
	貨運	大分區
指派	客運與貨運	小分區
能耗排放	客運與貨運	小分區

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

39

運輸部門能源消耗預測模式之城際與都會運輸

城際運輸需求	都會運輸需求	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 由TDM2008彙整，支援總體模型之分類體系。 ✓ 建立簡易的城際運輸總體模型。 	客運	貨運
	分為四大類以建立運輸需求與運具選擇模型： <ul style="list-style-type: none"> ▣ 台北都會區 ▣ 高雄都會區 ▣ 捷運系統規劃中之都會區，含基隆、桃園、新竹、台中、台南等 ▣ 其他小型城市 	資料缺乏，且在整個運輸體系中所佔比例並不高，故建議暫以小貨車油耗數據，佐以零售業之統計數字概估。

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

40

整合模型參變數資料關聯

	Input data	Input data資料來源	Output data	Output data去處
經濟模型	1. 社會會計矩陣 (模型使用之基礎資料庫)	1. 原始資料包括主計處產業關聯表、國民所得統計、能源局能源平衡表、運輸統計 2. 將上述資料依模型架構編製社會會計矩陣	1. 國家GDP與運輸部門GDP 2. 家庭所得 3. 運輸部門及其他產業產值	提供運輸模型做為計算旅次所需之經社資料
	2. 運具替代彈性 3. 燃料替代彈性	1. 文獻與相關研究 2. 輔助(計量)模型推估	4. 能源價格 5. 運輸服務價格	提供運輸模型做為計算燃料及旅行成本之基礎
	5. 單位運量之能耗效率	1. 知識庫之技術資料 2. 由運輸模型提供	6. 能源耗用與結構	1. 與能源平衡表校估 2. 與輔助模型比較 3. 做為運輸模型能源耗用之控制總量
	6. 運能限制	1. 由運輸模型提供	7. 運輸服務需求 8. 私人運輸需求	1. 做為運輸模型運輸需求之控制總量
	7. 人口數	1. 經建會預測		

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

41

運輸CGE模型的整體資料結構

SAM		Industries				Factors		Household	Total
		I ₁	...	Transport	I _n	Capital	Labor		
Industries	I ₁	2	1	5				15	23
	...	1						35	36
	Transport				2			5	7
	I _n			2					2
Factors	Capital	5	20						25
	Labor	15	15						30
Household						25	25		50
Total		23	36	7		25	25	55	

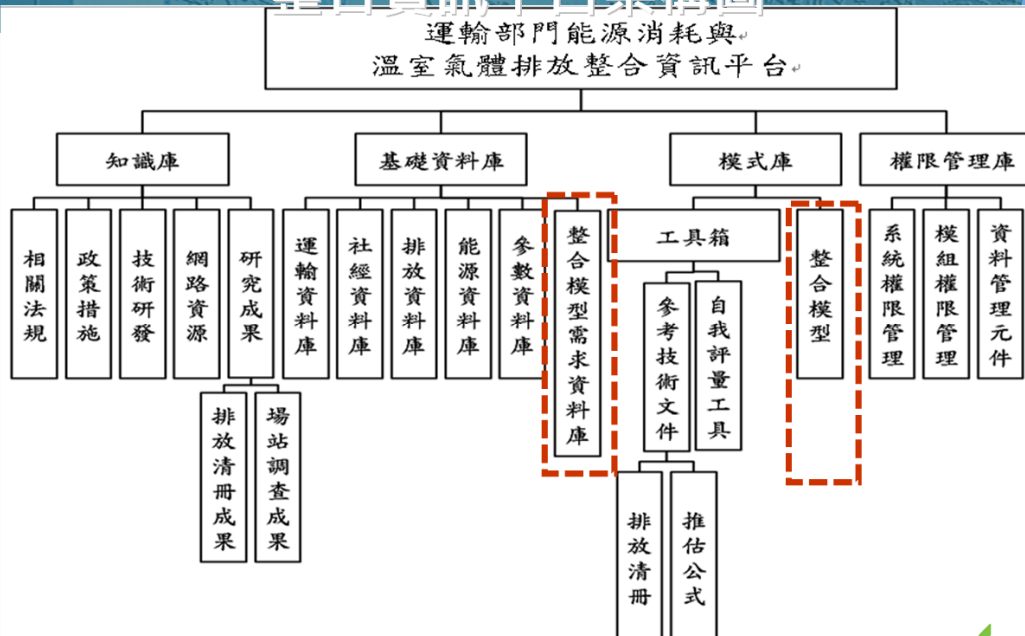
運輸資料體系



2010/12/07

43

整合資訊平台架構圖



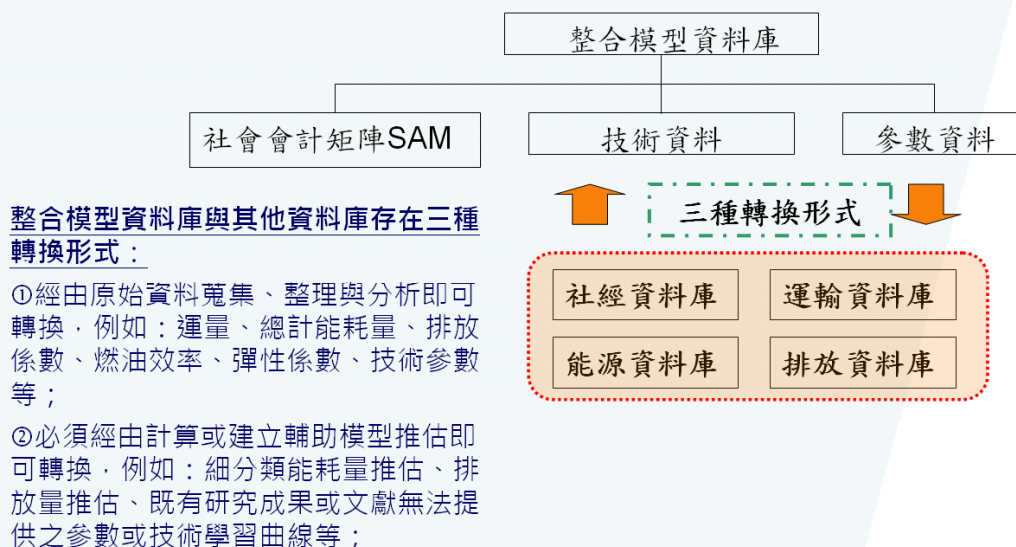
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

mdt

44

整合資訊平台資料庫與整合模型資料庫之關係



① 輸出入變數之間的轉換(校估或模擬過程的一致性檢定)，例如：社經變數、能源價格、運輸服務價格、運量、能耗量、排放量(總計量與細分量)

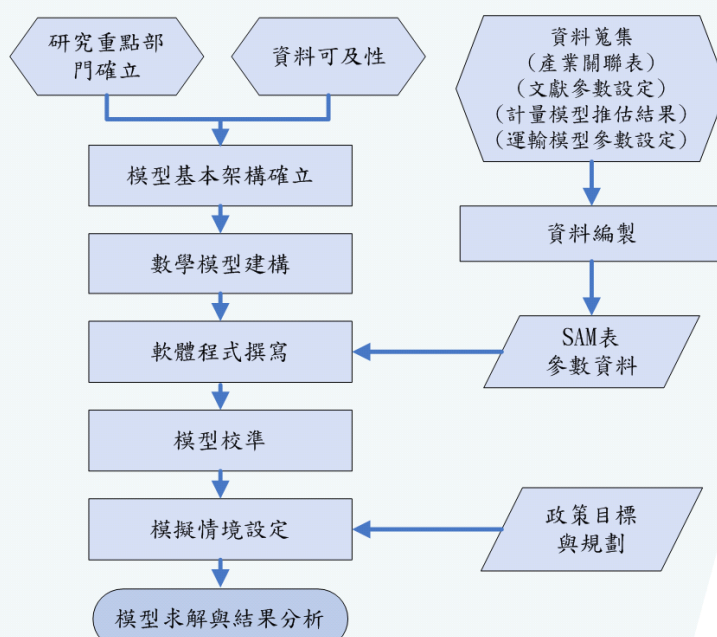
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

mdt

45

運輸CGE模型建構程序



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

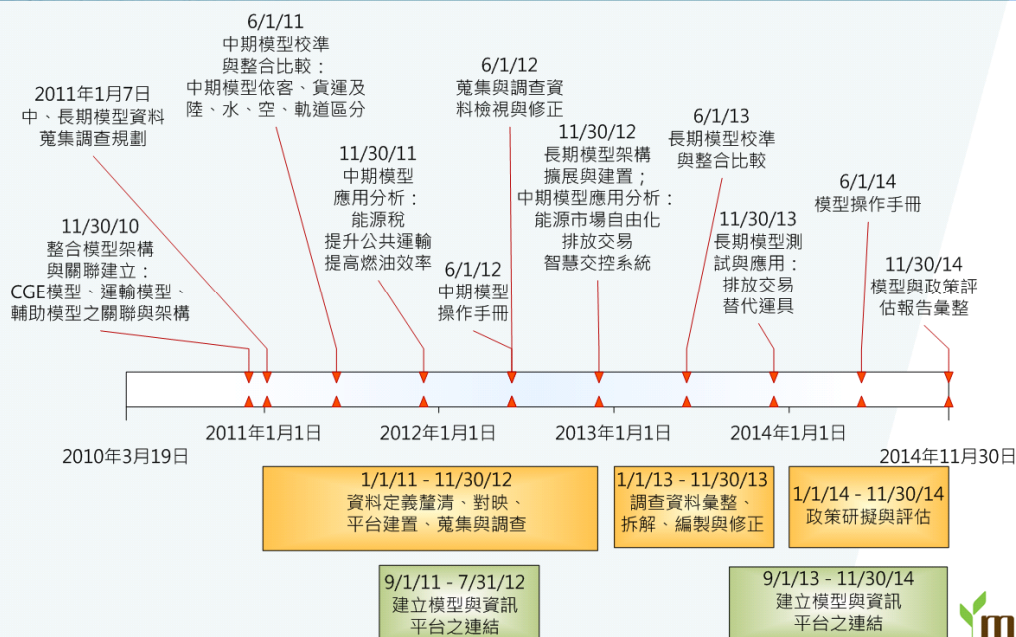
mdt

46

運輸需求模型建構程序

工 作 項 目	年 期		
	100	101	102
1. 建立各運具實際營運之延車公里資料			
1.1 都會區公車及公路客運			
1.2 小客車、計程車及機車			
1.3 貨車			
2. 發展整合城際與都會區運輸需求模型			
2.1 方法論及資料蒐集探討			
2.2 模型開發			
2.3 模型校正及應用			

整合模型建構流程與時間規劃



國家減量目標

「國家節能減碳總計畫」(2010.04.08行政院院會)：

■ 節能目標：

未來8年每年提高能源效率2%以上

能源密集度於2015年較2005年下降20%以上

藉由技術突破及配套措施，於2050年下降50%以上；

■ 減碳目標：

全國二氧化碳排放減量，於2020年回到2005年排放量

於2025年回到2000年排放量。



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

49

國內當前部門減量責任分配倡議

■ 僅討論2020年核配量。

■ 國家削減量扣除能源部門各項策略(包含天然氣與再生能源發展目標、核能、發電效率提升、碳匯與碳權經營)之減量後，餘額再分配給工業、運輸、及住宅與服務業等三大部門。

- (i) 依三大部門2006年至2008年平均歷史排放量計算部門分配比例，以分擔2020年國家削減量餘額。
- (ii) 依2020年基線排放量計算三大部門分配比例，以分擔2020年國家削減量餘額。
- (iii) 將2020年依歷史排放量分配之部門減量額，與依基線排放量分配之部門減量額，以0.5與0.5之權數加權計算三大部門分配減量額。



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

50

世界各國核配方法

國別	部門分配考量因子	其他
德國	2000~2002部門歷史排放量	均一性之遵行因子 ：0.9709
奧地利	1. 1998~2001部門歷史排放量 2. 部門成長因子（依據WIFO-KWI研究或1.051） 3. 部門減碳潛力因子	工業部門均一性之 遵行因子：0.978
希臘	1. 2000~2003部門歷史排放量 2. 部門成長因子	保留已知、未知之 新排放額度後再計 算遵行因子向下分 配
荷蘭	1. 2001~2002部門歷史排放量 2. 部門成長因子（區分至次部門） 3. 效率因子（參考技術與燃料標準值）	均一性之遵行因 子：0.97

資料來源：李堅明(2010)、工研院(2010)。

註1：遵行因子為平衡部門總管制量等於部門總核配量，抑或達成目標比例；

註2：成長因子為以模型與產業調查評估之遵行期間成長率。



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

51

我國國家減量目標的問題(1/2)

■ 國家減量潛力未經評估

「至2020年較基線減排30%」之目標，是否符合台灣最佳利益？經濟所要付出之代價與承受能力？台灣總體減量潛力為何？

■ 能源密集度目標之配套措施與經濟影響未明

以能源密集度設定節能目標雖以結果觀之，目標明確且易於管考，但由決策角度，則未能掌握達成節能目標之措施與方法，又應如何在這些措施與方法配套中尋得成本最小或經濟衝擊最小的選項。



2010/12/07

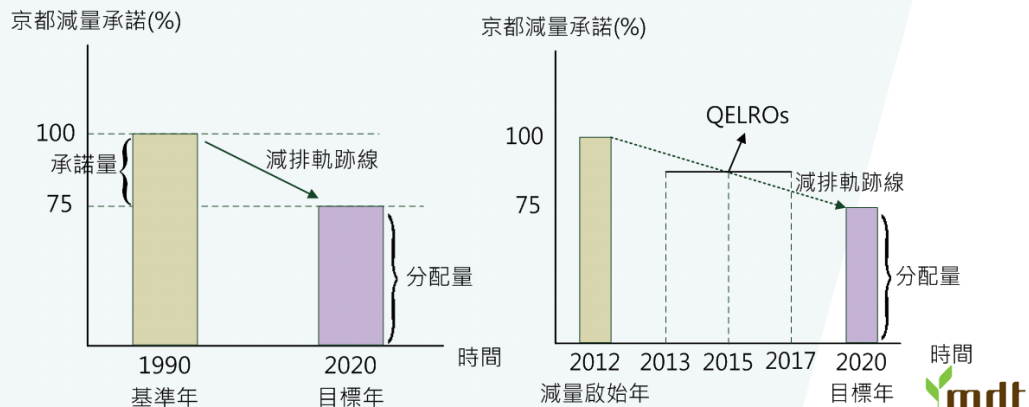
運輸部門減量評估模型期末簡報

52

我國國家減量目標的問題(2/2)

■ 最適排放路徑尚未確立

假設當前的減量目標已是國家最適的排放水準，則如何由目前的排放量往目標年之減量目標邁進？



2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

53

我國部門核配方式之疑慮

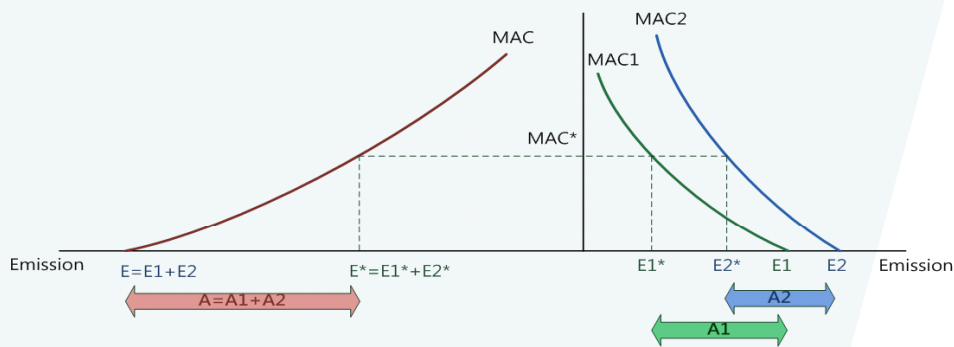
- 等比例分配部門減量無法滿足成本有效性
- 能源部門不應事先排除
- 核配國家削減量無法確保目標達成
- 以歷史排放量核配易鼓勵提高現有排放水準
- 部門許可排放量分配必須在一致的基礎下評估

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

54

成本有效之核配方式



將減量水準表示的MAC轉換為以排放量表示的MAC； MAC_1 與 MAC_2 分別代表兩部門之邊際減量成本，為排放量之遞減函數； E_1 與 E_2 兩部門為減量前之排放量； E 為國家減量前之排放量。 E_1^* 與 E_2^* 為兩部門之最適排放量，此即成本有效之核配排放量，需分別減量 A_1 與 A_2 。

運輸部門減量責任分配計算過程

- 基準情境設定
- 產生基線
- 推估各部門減量成本曲線

利用TAIGEM-III模型模擬不同管制總量限制下所須付出之影子價格來計算減量成本。模擬範圍在管制總量為基線之60%至99%之間，對應的邊際減量成本則為每公噸CO₂約在100元到5,400元之間。

- 求得運輸部門許可排放量與減量所佔比重

在相同的邊際減量成本下，求得運輸部門許可排放水準，並據以計算佔國家管制總量之比重。

基準情境設定

➤ 基準情境設定

基準情境	說明
總要素生產力	參酌主計處推估之總要素生產力成長趨勢，設定未來總要素生產力，約平均每年成長2.4%。
國際能源價格	國際能源價格採用工研院於2009年推估之每五年燃煤、原油、天然氣價格，並以內插法求算五年間各年價格。
核能	基準情境設定既有核一廠、核二廠、與核三廠機組正常除役，核四兩部機組則屬於減量策略，在基線中不考慮商轉。
自發性能源使用效率提升	能源使用效率為能源投入與產業產出之關係，代表能源使用的技術水準，在基準情境中假設此技術水準存在自發性的進步率，為平均每年提升0.4%。



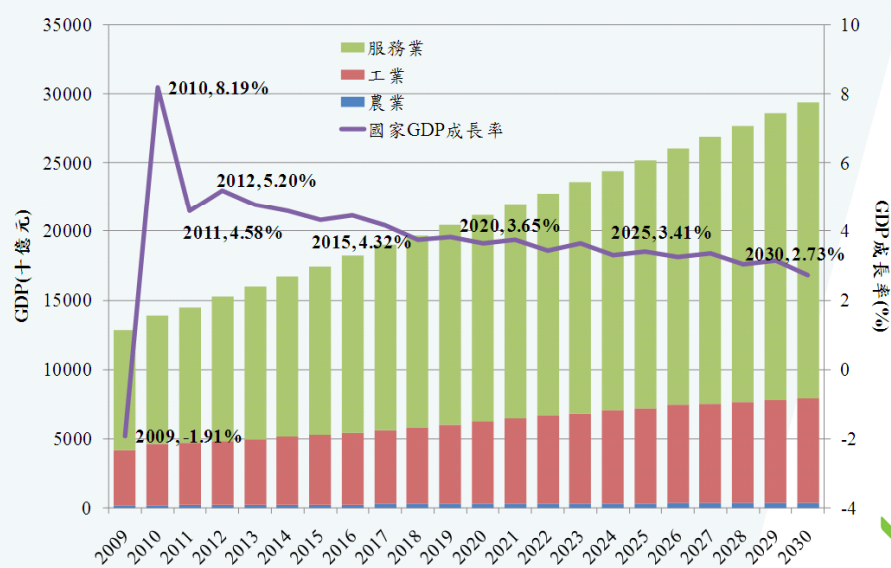
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

57

基線校估(1/2)

➤ 基線-GDP



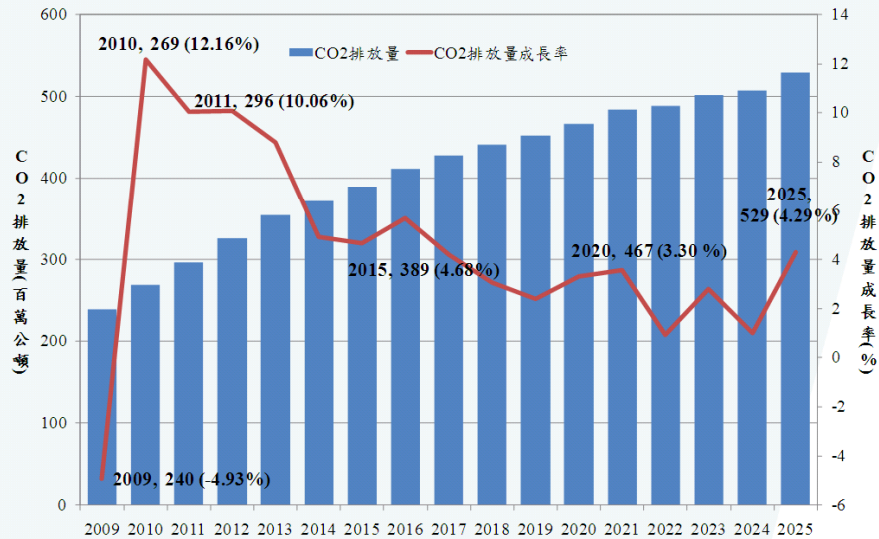
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

58

基線校估(2/2)

➤ 基線-CO₂



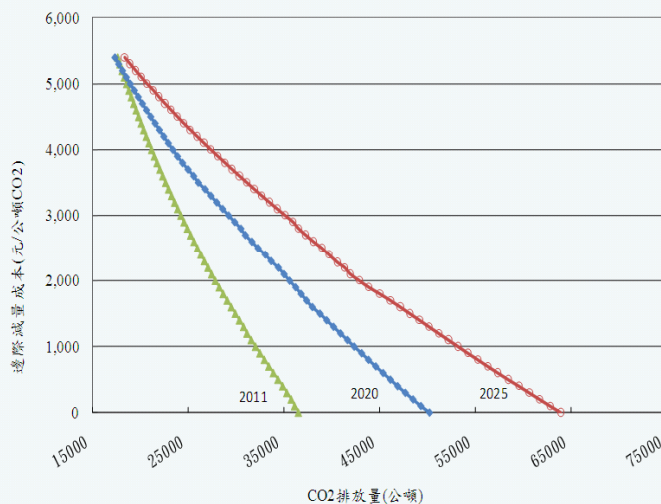
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

59



運輸服務部門減量成本曲線



邊際成本曲線隨時間轉動最明顯者當屬運輸部門，顯示在產業發展轉型的過程中，運輸部門不僅排放量逐漸成長，減量潛力也逐漸增加。

資料來源：本研究整理。

註：此處所指運輸部門為運輸服務業者，未包含私人運輸。

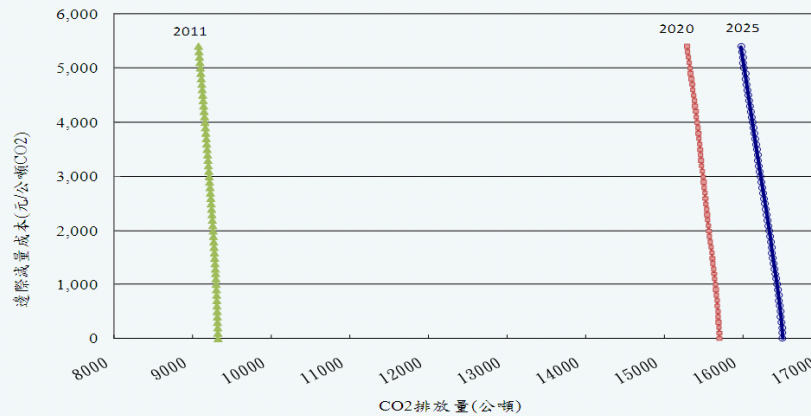
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

60



家計部門減量成本曲線



資料來源：本研究整理。

註：農業、工業、服務業、運輸部門、家計部門因電力消費所產生之排放量，仍歸屬能源部門。故在此家計部門排放主要來源為汽、柴油使用之排放量。

相對於運輸部門，家計單位之私人運輸減量潛力之成長便非常有限。



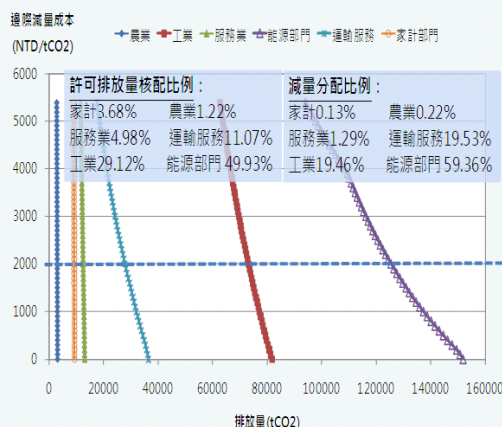
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

61

運輸服務部門減量責任分配方式(1/3)

- 排放量核配與減量核配並不一致，以部門排放量比重分配國家削減量而非國家排放管制總量，可能產生謬誤
- 家計與農業部門減量潛力相對薄弱



資料來源：本研究整理。

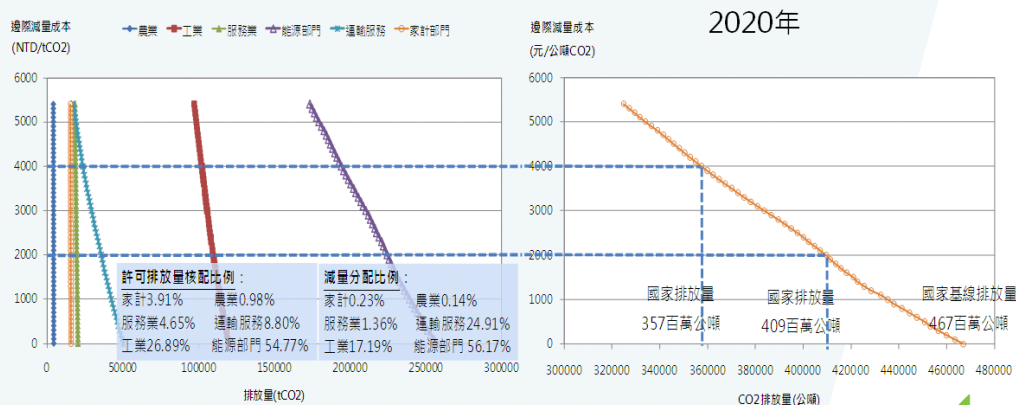
2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

62

運輸服務部門減量責任分配方式(2/3)

- 2020年能源部門許可排放量比例將提高，工業與運輸服務則較2011年下降
- 應考慮部門減量潛力隨時間之變化



資料來源：本研究整理。

2010/12/07

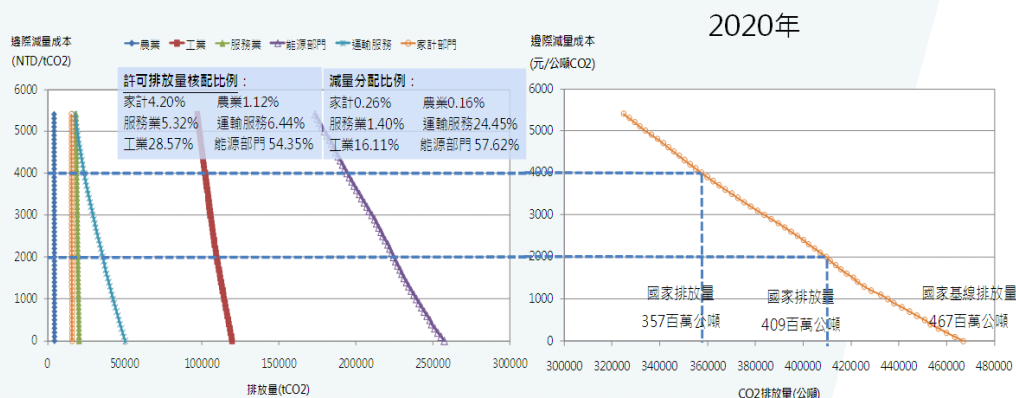
運輸部門減量評估模型期末簡報



63

運輸服務部門減量責任分配方式(3/3)

- 若國家減量目標隨時間而日趨嚴格(2020年目標降為357百萬公噸)，運輸服務與能源部門許可排放量比重將較低目標時下降，但運輸部門之減量比例並未因此而增加



資料來源：本研究整理。

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

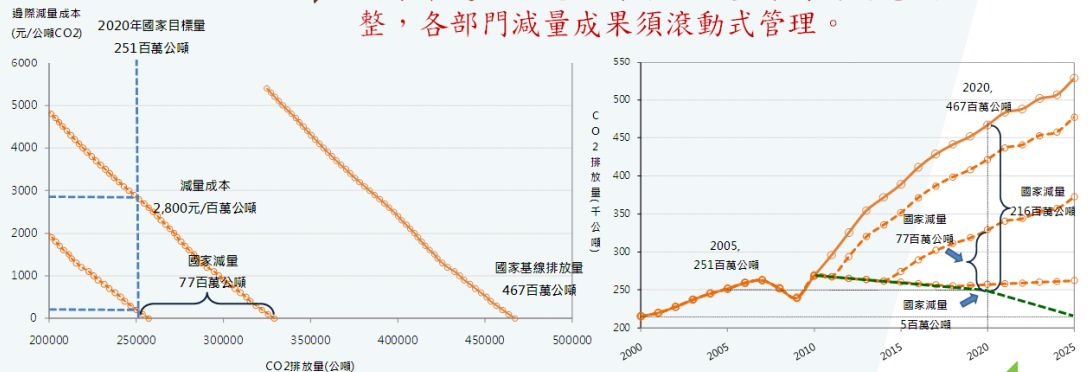


64

滾動式管理、動態基線與減量責任

- 若2011-2020年間未從事任何減量努力，則2020當年為達國家目標，應減216百萬公噸，減量成本非常高；
- 若2011-2014年間依循國家排放路徑減量(假設國家路徑為線性)，則至2020當年國家減量降為77百萬公噸，此時減量成本減為每公噸2,800元。

➡ 國家最適路徑應先行確立，基線需要動態調整，各部門減量成果須滾動式管理。



資料來源：本研究整理。

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

mdt

65

敬請指教

mdt

2010/12/07

運輸部門減量評估模型期末簡報

66

