112-056-6216
MOTC-IOT-111-TCB001

建構運輸部門2050深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—模型建構與減碳工作推動

交通部運輸研究所

中華民國 112 年 9 月

112-056-6216
MOTC-IOT-111-TCB001

建構運輸部門2050深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—模型建構與減碳工作推動

著者：楊晴雯、陳中舜、游政哲、黃宗煌、王寶貫、鍾易詩、蔡妙珊、王健全、洪志銘、劉哲良、高紫芸、呂欣容、姜品君、賴偉文、林桓億、林柏君、林嘉慧、許仁弘、鄭睿合、張哲維、戴卉姍、周品帆、朱佑聆、楊軒豪、林孟怡、游雅茵、吳依儒、許斯淵、王佑靈、張芝綺、黃士庭、曾佩如、朱珮芸、楊智凱、陳冠旭

交通部運輸研究所

中華民國112年9月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

建構運輸部門2050深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量. (1/2) : 模型建構與減碳工作推動/楊晴雯, 陳中舜, 游政哲, 黃宗煌, 王寶貫, 鍾易詩, 蔡妙珊, 王健全, 洪志銘, 劉哲良, 高紫芸, 呂欣容, 姜品君, 賴偉文, 林桓億, 林柏君, 林嘉慧, 許仁弘, 鄭睿合, 張哲維, 戴卉姍, 周品帆, 朱佑聆, 楊軒豪, 林孟怡, 游雅茵, 吳依儒, 許斯淵, 王佑靈, 張芝綺, 黃士庭, 曾佩如, 朱珮芸, 楊智凱, 陳冠旭著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民112.09

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-530-6(平裝)

1.CST: 交通管理 2.CST: 碳排放 3.CST: 溫室效應 4.CST: 氣候變遷

557.15 112015145

建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—模型建構與減碳工作推動

著　　者：楊晴雯、陳中舜、游政哲、黃宗煌、王寶貫、鍾易詩、蔡妙珊、王健全、洪志銘、劉哲良、高紫芸、呂欣容、姜品君、賴偉文、林桓億、林柏君、林嘉慧、許仁弘、鄭睿合、張哲維、戴卉姍、周品帆、朱佑聆、楊軒豪、林孟怡、游雅茵、吳依儒、許斯淵、王佑靈、張芝綺、黃士庭、曾佩如、朱珮芸、楊智凱、陳冠旭

出版機關：交通部運輸研究所

地　　址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)

電　　話：(02)2349-6789

出版年月：中華民國 112 年 9 月

印 刷 者：全凱數位資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定　　價：550 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002 臺中市中區中山路 6 號•電話：(04)2226-0330

GPN：1011201188　ISBN：978-986-531-530-6（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

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—模型建構與減碳工作推動</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊號)
ISBN 978-986-531-530-6 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1011201188</td><td>運輸研究所出版品編號
112-056-6216</td><td>計畫編號
111-TCB001</td></tr>
<tr><td>本所主辦單位：綜合技術組
主管：朱珮芸
計畫主持人：曾佩如(前任主管)
研究人員：楊智凱、陳冠旭
聯絡電話：(02)2349-6869
傳真號碼：(02)2712-0223</td><td colspan="2">合作研究單位：財團法人中華經濟研究院
計畫主持人：楊晴雯
研究人員：陳中舜、游政哲、黃宗煌、王寶貫、鍾易詩、蔡妙珊、王健全、洪志銘、劉哲良、高紫芸、呂欣容、姜品君、賴偉文、林桓億、林柏君、林嘉慧、許仁弘、鄭睿合、張哲維、戴卉姍、周品帆、朱佑聆、楊軒豪、林孟怡、游雅茵、吳依儒、許斯淵、王佑霆、張芝綺、黃士庭
地址：10672 臺北市大安區長興街 75 號
聯絡電話：(02)2735-6006</td><td>研究期間
自 111 年 05 月
至 111 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：淨零排放、深度減碳、氣候變遷</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
本計畫旨在協助交通部進行 2050 年運輸部門淨零排放之減碳路徑探討，並完成運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構之建構；其次，支援交通部在目前溫管法架構下之第二期(2021 至 2025 年)運輸部門溫室氣體排放管制行動方案相關工作；其三，因應我國 2050 年淨零排放政策目標，協助交通部辦理氣候變遷相關業務。
本計畫重要研究成果如下：
1. 持續蒐集各國最新運輸部門減碳相關策略外，並派員出席聯合國氣候變化綱要公約第 27 屆締約方大會(COP27)，以掌握國內外運輸部門減碳策略最新發展情勢。
2. 協助研擬「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」(溫管法法定工作)。
3. 提出規劃我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑藍圖之研究方法和流程建議，以做為後續規劃運輸部門 2050 年淨零排放路徑與策略藍圖滾動檢討之參考應用。
4. 依運具別計算能源消費量及能源密集度，並完成運具別溫室氣體排放量推估。
5. 檢討修訂運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構，以工具箱概念，整併本所既有減碳策略評估工具，依各工具之功能，建立彼此關聯之架構，並允許未來依運輸部門減碳策略評估之需要而擴充之空間。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>定價</td><td>本 出 版 品 取 得 方 式</td></tr>
<tr><td>112 年 9 月</td><td>390</td><td>550</td><td>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。</td></tr>
<tr><td colspan="4">備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。</td></tr>
</table>

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

TITLE: Construction of a 2050 Deep Carbon Reduction Assessment Model for the Transportation Sector and Promotion of Greenhouse Gas Reduction (1/2)—Model Construction and Promotion of Carbon Reduction

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-531-530-6 (pbk.)	1011201188	112-056-6216	111-TCB001

DIVISION: Interdisciplinary Research Division
DIVISION DIRECTOR: Pei-Yun Chu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Pei-Ju Tseng (former division director)
PROJECT STAFF: Chih-Kai Yang, Kuan-Hsu Chen
PHONE: 886-2-23496869
FAX: 886-2-27120223

PROJECT PERIOD
FROM May 2022
TO December 2022

RESEARCH AGENCY: Chung-Hua Institution for Economic Research
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Qing-Wen Yang
PROJECT STAFF: Chung-Shun Chen, Cheng-Che Yu, Tsung-Huang Huang, Pao-Kuan Wang, Yi-Shih Chung, Miao-Shan Tsai, Chien-Chuan Wang, Chih-Ming Hung, Che-Liang Liu, Tzu-Yun Kao, Hsin-Jung Lu, Pin-Chun Chiang, Wei-Wen Lai, Huan-Yi Lin, Po-Chun Lin, Chia-Hui Lin, Jen-Hung Hsu, Jui-He Cheng, Ssu-Yuan Hsu, Hui-Shan Tai, Pin-Fan Chou, Yu-Ling Chu, Hsuan-Hao Yang, Meng-Yi Lin, Ya-Yin Yu, Yu-Ling Wang, Chih-Chi Chang, Shih-Ting Huang
ADDRESS: No.75, Changhsing St., Da' an Dist., Taipei City 10672, Taiwan (R.O.C.)
PHONE: 886-2-2735-6006

KEY WORDS: Net Zero Emissions, Deep Decarbonization, Climate Change

ABSTRACT:

This project is to assist the Ministry of Transportation and Communications (MOTC) in, firstly, studying the pathways to net-zero emissions in the transportation sector in 2050 and building a framework of the model for assessing deep decarbonization policies, strategies and action plans in the transportation sector; secondly, executing the competence of the MOTC about the "The Second Phase (2021 - 2025) Sectoral Action Program in the Transportation Sector"; thirdly, executing the competence of the MOTC about climate change following the national policy to achieve GHG net-zero emissions by 2050.

Key research outcomes include:

1. Collecting up-to-date strategies for carbon reduction in the transportation sector and attending the Conference of the Parties of the UNFCCC (COP27) to collect the latest trends in carbon reduction strategies in the transportation sector;
2. Drafting "The Second Phase Sectoral Action Program in the Transportation Sector" by the Greenhouse Gas Reduction and Management Act;
3. Proposing the process and methodology for reviewing the net-zero emissions pathways and roadmap in the transportation sector in Taiwan in 2050. This blueprint will serve as a reference for subsequent reviews and applications in planning the rolling strategies and pathways for achieving net-zero emissions by 2050.
4. Estimating the energy consumption, energy intensity and GHG emissions by vehicle type and transportation mode in Taiwan;
5. Building a model framework for assessing deep decarbonization policies, strategies and action plans in the transportation sector by 2050, which integrates and links existing carbon reduction strategy evaluation tools as a tool box that could be upgraded and expanded in the future when needed.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
September 2023	390	550

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目錄

目錄 III
圖目錄 VI
表目錄 IX
第一章 緒論 1-1
1.1 計畫緣起與背景 1-1
1.1.1 國際氣候變遷局勢發展 1-1
1.1.2 國內氣候變遷政策發展 1-3
1.2 計畫目的與範疇 1-5
1.2.1 計畫研究目的 1-5
1.2.2 計畫範疇與對象 1-5
1.3 計畫內容與工作項目 1-7
1.3.1 建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構與減碳措施效益評估 1-7
1.3.2 淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作 1-9
1.4 計畫研究架構與流程 1-11
第二章 國際運輸部門溫室氣體減量策略及中長期減碳路徑蒐研 2-1
2.1 國際深度減碳策略主軸 2-1
2.1.1 發展公共運輸系統及加強運輸需求管理 2-3
2.1.2 推廣低碳運具使用及建置綠色運具導向之交通環境 2-8
2.1.3 提升物流運輸系統及運具能源使用效率 2-15
2.2 國際運輸部門中長期深度減碳路徑/藍圖之規劃 2-19
2.2.1 推動運具電氣化 2-19
2.2.2 推動運輸行為模式改變 2-29
2.2.3 推動運輸行為模式改變之案例 2-33
2.3 聯合國氣候變化綱要公約第 27 屆締約方大會 2-38
2.3.1 COP26 重點回顧 2-38
2.3.2 COP27 運輸相關議題、各國政策、大會決議等相關資訊 2-42

2.3.3 國際運輸部門淨零排放策略分析成果分享會議 2-49
2.4 國際重大事件對運輸排碳之影響 2-50
2.4.1 新冠肺炎(COVID-19)疫情對運輸部門影響 2-50
2.4.2 俄烏戰爭對運輸部門溫室氣體排放之影響 2-56
2.5 國際運輸部門策略之國內適用性分析 2-61
2.6 小結 2-63
第三章　國內運輸部門減量策略發展趨勢 3-1
3.1 運輸服務與部門排放現況 3-1
3.1.1 運輸服務發展趨勢 3-1
3.1.2 運輸部門排放現況 3-4
3.2 第二期運輸部門階段管制目標與管制行動方案 3-9
3.3 我國 2050 年淨零排放路徑/藍圖規劃 3-15
3.3.1 國家 2050 年淨零排放目標 3-15
3.3.2 運輸部門 2050 年淨零排放路徑/藍圖規劃 3-16
3.4 國內外發展下我國運輸部門 2050 年淨零排放之挑戰 3-21
第四章　我國運輸部門 2050 年淨零排放願景-策略情境-路徑藍圖 4-1
4.1 擬定願景-策略-路徑藍圖應解決的問題 4-1
4.2 各國淨零排放路徑研究方法 4-2
4.3 回溯方法之原則 4-15
4.4 回朔法建構流程 4-16
4.5 策略規劃及未來事件表功能 4-24
4.6 小結 4-30
第五章　我國運輸部門 2050 年淨零排放策略情境排碳量評估模型架構 5-1
5.1 模型工具箱的架構與功能 5-1
5.2 我國 2050 年溫室氣體排放基線推估相關研究 5-9
5.2.1 基線之定義與目的 5-9
5.2.2 運輸部門排放基線相關研究 5-10
5.2.3 計量模型推估結果 5-13
5.2.4 我國 2050 年運輸部門能源消費基線推估結果 5-27

5.3 運輸部門 LEAP 模型簡介 5-36
5.3.1 LEAP 模型簡介 5-36
5.3.2 LEAP 基線推估結果 5-40
5.3.3 LEAP 分年建構規劃 5-44
5.4 CGE 模型 5-47
5.5 個別策略工具 5-59
5.6 小結 5-60
第六章　我國運具溫室氣體排放量更新與推估 6-1
6.1 運具能源消費及溫室氣體排放量推估公式 6-1
6.1.1 運具能源消費量 6-1
6.1.2 運具能源密集度 6-3
6.1.3 運具溫室氣體排放量 6-3
6.2 運具溫室氣體排放量資料結構與內涵 6-5
6.3 運具能源消費與能源密集度推估 6-12
6.4 運具溫室氣體排放量推估 6-21
6.5 小結 6-25
第七章　淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作 6-1
7.1 支援交通部相關推動工作 7-1
7.2 其他工作項目 7-4
第八章　結論與建議 8-1
8.1 結論 8-2
8.2 建議 8-7
參考文獻 R-1
附錄 1、計畫摘要 ..... 附 1-1
附錄 2、期中報告審查意見及處理情形 ..... 附 2-1
附錄 3、期末報告審查意見及處理情形 ..... 附 3-1
附錄 4、CGE 模型補充說明 ..... 附 4-1
附錄 5、國際運輸部門淨零排放策略分析成果分享會議簡報 ..... 附 5-1
附錄 6、計畫簡報 ..... 附 6-1

圖目錄

圖 1.2-1 本計畫研究範圍 1-6
圖 1.4-1 本計畫執行架構與流程 1-12
圖 2.1-1 永續運輸策略三大主軸 2-2
圖 2.1-2 ASI 架構示意圖 2-3
圖 2.1-3 2050 年主要運輸部門排放基線及減量潛力 2-16
圖 2.2-1 2021 年國家別公共充電基礎設施之政府投資金額 2-26
圖 2.2-2 道路運輸活動的行為改變對淨零排放情境之影響 2-30
圖 2.2-3 2020 至 2050 年淨零排放情境下行為改變對道路運輸能源消費之影響 2-30
圖 2.2-4 長期運輸行為改變 2-31
圖 2.4-1 俄烏戰事下全球運輸部門、建築部門及食物生產部門減量效果 2-58
圖 3.1-1 運輸部門客貨運運量 3-1
圖 3.1-2 客運運量組成 3-2
圖 3.1-3 公路客運運量組成 3-3
圖 3.1-4 非水運之貨運運量組成 3-3
圖 3.1-5 公路貨運運量組成 3-4
圖 3.1-6 運輸部門溫室氣體總排放量 3-5
圖 3.1-7 公路運輸溫室氣體排放量 3-5
圖 3.1-8 非公路運輸溫室氣體排放量 3-6
圖 3.1-9 2020 及 2021 年公路運輸溫室氣體排放量組成 3-7
圖 3.2-1 運輸部門溫室氣體排放目標 3-9
圖 3.2-2 第二期行動方案架構 3-11
圖 3.3-1 臺灣 2050 年淨零排放路徑 12 項關鍵戰略 3-16
圖 3.3-2 關鍵戰略 7 之策略藍圖 3-17
圖 3.3-3 關鍵戰略 10 中低碳運輸之策略藍圖草案 3-19
圖 3.4-1 IEA 之運輸部門排放量預估 3-25
圖 4.2-1 英國減量情境架構 4-3
圖 4.2-2 英國各期碳預算 4-5
圖 4.2-3 英國平衡淨零排放途徑 4-6
圖 4.2-4 英國平衡淨零排放途徑減排類型 4-7
圖 4.2-5 英國運輸部門溫室氣體排放量路徑 4-8
圖 4.2-6 模型連結關聯示意圖 4-9

圖 4.2-7　FORECAST 模型概念圖 4-10
圖 4.2-8　歐盟減量潛能計算架構 4-11
圖 4.2-9　全球二氧化碳排放趨勢 4-14
圖 4.2-10　實務研究適合方法概述 4-14
圖 4.4-1　回溯方法操作流程 4-17
圖 4.4-2　我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑之評估架構與流程 4-18
圖 4.4-3　回溯方法第一步驟 4-19
圖 4.4-4　回溯方法第二步驟 4-20
圖 4.5-1　質化探討架構 4-28
圖 5.1-1　2050 年深度減碳評估之工具箱的模型架構 5-2
圖 5.1-2　基線推估模型操作流程 5-5
圖 5.1-3　外部環境改變之模型操作流程 5-5
圖 5.1-4　運具能源技術進步之模型操作流程 5-6
圖 5.1-5　運輸部門特定計畫之模型操作流程 5-7
圖 5.1-6　運輸策略配套之模型操作流程 5-8
圖 5.1-7　運輸階段性策略之模型操作流程 5-8
圖 5.2-1　自用小客車、機車用油量 5-14
圖 5.2-2　營業小客車用油量 5-15
圖 5.2-3　自用小貨車用油量 5-15
圖 5.2-4　營業小貨車用油量 5-16
圖 5.2-5　大貨車用油量 5-16
圖 5.2-6　公車與客運用油量 5-17
圖 5.2-7　自用大客車與遊覽車用油量 5-17
圖 5.2-8　軌道運輸用油量 5-18
圖 5.2-9　研究流程圖 5-23
圖 5.2-10　能源消費量基線 5-35
圖 5.3-1　LEAP 計算結構流程圖 5-37
圖 5.3-2　LEAP 雛形之運輸部門各期客貨運能源消費推估 5-41
圖 5.3-3　LEAP 雛形之運輸部門各類能源消費使用 5-42
圖 5.3-4　LEAP 雛形之運輸部門各類主要溫室氣體排放 5-43
圖 5.3-5　LEAP 雛形之我國中長期電力配比 5-43
圖 5.4-1　2022 至 2070 年人口數預測 5-48
圖 5.4-2　2001 至 2020 年工業及服務業總要素生產力趨勢 5-49
圖 5.4-3　歷史校估流程示意圖 5-51
圖 5.4-4　GDP 基線預測結果 5-52

圖 5.4-5　CGE 與 SUR 模型能源消費量基線預測結果比較 5-53
圖 5.4-6　能源消費基線推估結果－鐵路 5-54
圖 5.4-7　能源消費基線推估結果－公路客運 5-55
圖 5.4-8　能源消費基線推估結果－公路貨運 5-55
圖 5.4-9　能源消費基線推估結果－私人運輸 5-56
圖 5.4-10　能源消費基線推估結果－水上運輸 5-57
圖 5.4-11　能源消費基線推估結果－空中運輸 5-58
圖 5.5-1　個別策略工具與其他工具間之整合 5-60
圖 6.2-1　運具溫室氣體排放量清冊指標計算邏輯 6-6
圖 6.2-2　公路運輸能源使用資料架構 6-7
圖 6.2-3　公路運輸能源使用所需基礎資料 6-8
圖 6.2-4　軌道運輸能源使用資料架構 6-9
圖 6.2-5　國內航空能源使用資料架構 6-10
圖 6.2-6　國內水運能源使用資料架構 6-11
圖 6.3-1　公路運輸能源消費量 6-13
圖 6.3-2　公路運輸能源密集度 6-15
圖 6.3-3　軌道運輸能源消費量 6-16
圖 6.3-4　軌道運輸能源密集度 6-16
圖 6.3-5　國內航空能源消費量 6-17
圖 6.3-6　國內航空能源密集度 6-18
圖 6.3-7　國內水運能源消費量 6-19
圖 6.3-8　國內水運能源密集度 6-20
圖 6.4-1　公路運輸溫室氣體排放量 6-22
圖 6.4-2　軌道運輸溫室氣體排放量 6-23
圖 6.4-3　國內航空溫室氣體排放量 6-24
圖 6.4-4　國內水運溫室氣體排放量 6-24
圖 7.2-1　研究成果投稿接受函 7-4

表目錄

表 2.1-1　全球主要汽車製造商電動化目標宣示摘錄 2-9
表 2.2-1　主要國家 2021 年輕型車輛電動化相關數據 2-20
表 2.3-1　COP27 與運輸相關之周邊會議及展覽時程表 2-44
表 2.4-1　COVID-19 對我國公共運輸運量之影響 2-53
表 2.4-1　2022 年各情境下二氧化碳排放量變化 2-60
表 2.5-1　國內外運輸策略對應表 2-62
表 3.2-1　運輸部門行動方案評量指標 3-13
表 3.2-2　運輸部門行動方案新增及強化重點 3-14
表 4.2-1　減量措施：移動行為 4-12
表 4.4-1　國際交通論壇(ITF)運輸氣候行動字典 4-21
表 4.5-1　影響運輸部門 2050 年淨零排放策略之未來事件表(示意) 4-26
表 4.6-1　後續研究分年工作重點建議-策略規劃 4-30
表 5.1-1　模型用途與產出資訊 5-4
表 5.2-1　運輸部門排放基線相關模型簡介 5-12
表 5.2-2　因變數與自變數 5-21
表 5.2-3　虛擬變數 5-22
表 5.2-4　ADF test 檢定結果 5-24
表 5.2-5　Zivot-Andrews 檢定結果 5-25
表 5.2-6　結構轉變點檢定結果 5-27
表 5.2-7　長途客運聯立方程式同時校估模型估計結果 5-28
表 5.2-8　短途客運聯立方程式同時校估模型估計結果 5-30
表 5.2-9　貨物運輸聯立方程式同時校估模型估計結果 5-31
表 5.2-10　公路運輸能源消費量預測結果 5-34
表 5.3-1　LEAP 交通部門雛形之地面載具分類 5-40
表 5.3-2　LEAP 分年工作規畫 5-44
表 5.4-1　石化燃料預測價格 5-50
表 5.4-2　能源消費基線推估結果-運輸部門及各運具占比 5-53
表 6.1-1　公部門數據定期更新狀況說明 6-1
表 6.1-2　各運具能源消費量推估公式 6-2
表 6.1-3　各運具能源密集度推估公式 6-3
表 6.1-4　電力排碳係數表 6-4
表 6.1-5　溫室氣體排放係數表 6-4
表 6.2-1　運具溫室氣體排放量清冊之資料清單 6-6

第一章　緒論

1.1 計畫緣起與背景

1.1.1 國際氣候變遷局勢發展

1990 年聯合國大會決議設立「政府間氣候變化綱要公約談判委員會」(Intergovernmental Negotiating Committee, INC)，並授權起草有關氣候變化公約條文，之後於 1992 年在巴西里約熱內盧舉辦「聯合國環境與發展會議」(The United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)，又稱地球高峰會議，於會中通過「聯合國氣候變化綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，目的即為促使各國重視並共同減少溫室氣體排放及因應氣候變遷影響，UNFCCC 亦已於 1994 年 3 月 21 日正式生效。

締約方大會(Conference of the Parties, COP)由 UNFCCC 締約國每年召集會議共同商討如何應對氣候變遷，自 1995 年起原則上每年召開，以評估因應氣候變遷的進展。近年來以 2015 年於法國巴黎舉行 UNFCCC 第 21 屆締約方會議(COP21)中通過之「巴黎協定」(Paris Agreement)為全球溫室氣體排放與因應氣候變遷之重要規範。此協定不同於以往由上而下(top-down)的規範(如京都議定書)，而是由各國每 5 年提出「國家自定預期貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution, INDCs)，屬於由下而上(bottom-up)之執行方式。

由於巴黎協定是一個具有法律約束力的決議，可規範執行機制和作法，減碳目標由各國自願提出，透過「國家自定預期貢獻(INDCs)」機制，毋需更動公約本文，即可產生「由下而上」之滾動式減量目標。且透過巴黎協定之持續推動，近年來國際間主要國家皆陸續透過方案宣示或是法規修訂之方式，訂定其淨零排放期程目標。

而去(2021)年於英國召開 COP26 中通過了「格拉斯哥氣候協議」(Glasgow Climate Pact)，協議內容包含鼓勵各國較巴黎協定規定的 2025 年提前 3 年，在 2022 年底前上修其 NDCs，以提高 2030 年減量目標。

為因應氣候變遷所造成的衝擊，各國紛紛研擬更積極的減量目標，為達成巴黎協定將全球升溫控制在 1.5°C 以內，國際上主要國家致力於實現淨零排放(Net-Zero Emissions)或深度減碳(Deep Decarbonization)。由結合英國能源氣候智庫(Energy & Climate Intelligence Unit)等多個組織所共同盤點的各個國家、州及城市的碳排放現況與溫室氣體減量目標[1]，目前國際上已有超過 20 個國家將淨零排放目標入法，包括如日本、南韓、加拿大、德國、丹麥、英國、歐盟等；另已有包括新加坡、中國、菲律賓、美國、義大利、澳洲等超過 70 個國家將淨零排放或減排目標納入政策文件中。目前大多數國家都已將淨零排放納入政策文件中，淨零排放目標的立法也漸漸成為多數國家象徵其減量決心及力道的下一步。

為了協助各國決策者面對淨零排放的積極目標，國際能源總署(International Energy Agency, IEA)亦已於 2021 年 5 月發布「2050 淨零－全球能源部門路徑圖」(Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)[2]報告，其內容提及實現 2050 年全球淨零排放的路徑及氣候策略，盼有助各國制定能源相關政策。

然而在充滿企圖心的減量目標背後，人類仍面對高度不確定的氣候變遷危害。聯合國政府間氣候變遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於 2021 年 8 月 9 日發布的「氣候變遷第六次評估報告」(IPCC AR6)[3]，即指出 2021 至 2040 年全球升溫仍非常有可能突破 1.5°C，在最壞情境下，2100 年升溫非常有可能到達 5.7°C。之後，在聯合國於 2021 年 10 月 26 日發布的「年度排放差距報告」(Emissions Gap Report 2021)[4]中，更指出各國更新的氣候承諾及減量措施仍不足以達成巴黎協定所設定的溫控目標，並警告本世紀末全球平均溫度將上升 2.7°C，恐導致發生災難性的極端天氣。

1.1.2 國內氣候變遷政策發展

「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)於 104 年 7 月 1 日公布施行，係我國第一部明確授權政府因應氣候變遷的法律。然而，氣候變遷問題日趨嚴峻，在許多國家陸續宣示國家減量目標為 2050 年(或 2060 年)達到淨零排放時，各界期待政府提出更積極的長期減量目標，因此行政院環境保護署(以下簡稱環保署)於 109 年啟動溫管法修法作業，後於 110 年 10 月 21 日預告[5]修正「溫室氣體減量及管理法」，擬將名稱修改為「氣候變遷因應法」，並於 111 年 2 月 7 日將法案草案報行政院審查[6][1]，主要修正重點包含 2050 年淨零排放目標入法、提升層級強化氣候治理、增訂氣候變遷調適專章、強化排放管制及誘因機制促進減量、徵收碳費專款專用等，以期積極回應國際趨勢及強化國內減量作為。為達成 2050 年淨零排放目標，行政院已於 111 年 4 月 21 日通過「溫室氣體減量及管理法」修正草案，將法案名稱修改為「氣候變遷因應法」，並送立法院審議修正通過，於 112 年 2 月 15 日由總統公布施行。

由於氣候變遷涵蓋面向廣泛，需各部會協力合作推動，故行政院自 105 年 6 月 24 日即召開「推動溫室氣體減量、氣候變遷調適事項分工整合會議」，確立溫管法第 8 條部會分工及第 9 條各部門別之中央目的事業主管機關，交通部為第 8 條第 4 款(運輸管理、大眾運輸系統發展及其他運輸部門溫室氣體減量)與第 5 款(低碳能源運具使用)推動事項之主辦機關，且為第 9 條推動運輸部門減量之中央目的事業主管機關，需依循溫室氣體減量推動方案(以下簡稱推動方案)訂定運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(以下簡稱行動方案)、每年 9 月 30 日前編寫執行排放管制成果報告並報請行政院核定、每年提交階段管制目標執行狀況予環保署彙整。

因此，為達成國家長期減量目標，溫管法第 11 條授權訂定以 5 年為一階段之階段管制目標，而行動方案之部門溫室氣體排放管制目標，即以達成部門別階段管制目標進行設定。行政院 107 年 1 月核定第一期溫室氣

[1] 溫室氣體減量及管理法已於 112 年 2 月 15 日總統公布修訂為氣候變遷因應法。因本計畫辦理期間為 111 年，爰本報告中仍以溫室氣體減量及管理法(簡稱溫管法)稱之。

體階段管制目標，我國整體目標為 109 年需較 94 年(基準年)減量 2%，運輸部門所分配到之減量目標同為 2%。110 年 9 月行政院亦已核定第二期階段管制目標，我國整體目標為 114 年需較 94 年(基準年)減量 10%，運輸部門所分配到之減量目標為 35.410 $MtCO_2e$，較基準年減量 6.79%。交通部即據以修訂行動方案並定期提報執行狀況。

另我國為呼應全球氣候行動，蔡英文總統已多次[7][8][9]提出政府會跟上淨零排放的趨勢，要求行政部門加快腳步，積極與民間部門展開對話，並積極部署在 2050 年達到淨零排放目標的可能路徑。行政院亦由能源及減碳辦公室邀集各部會啟動相關評估工作，包含多次的部會研商會議，且陸續啟動跨部會協調次長溝通小組、願景組工作會議，以及各部門之願景工作圈討論會等，遂於 2022 年 3 月由國發會正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提出 2050 年淨零排放之溫室氣體排放軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型，帶動新一波經濟成長，並期盼在不同關鍵里程碑下，促進綠色融資與增加投資，確保公平與銜接過渡時期。

因此，本計畫除蒐集國際間主要國家運輸部門減碳策略外，並依據交通部「2020 運輸政策白皮書」綠運輸分冊之「減少能源消耗及溫室氣體排放」政策目標、「溫室氣體減量及管理法」、「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，建立運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構，以協助因應我國淨零排放政策及相關施政作為之減碳效益評估分析，另彙編行動方案之成果報告。此外，亦協助交通部研擬綠運輸相關路徑藍圖之規劃與統整「綠運輸及運具電氣化」的路徑藍圖與減碳效益評估，進一步配合行政院政策推動 2050 年淨零排放等相關工作。

1.2 計畫目的與範疇

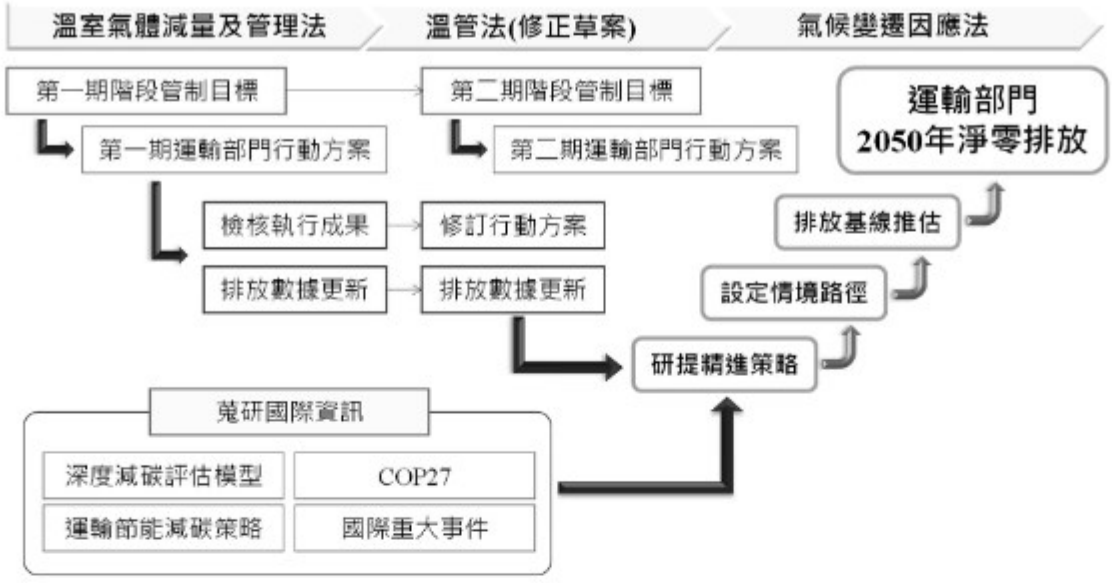
1.2.1 計畫研究目的

本計畫主要研究目的包括：

1. 因應國家 2050 年淨零排放目標，協助交通部進行 2050 年運輸部門重要減碳策略深度減碳潛力及可能減碳路徑探討，並完成運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構之建構。
2. 支援交通部推動第二期(110 至 114 年)運輸部門溫室氣體排放管制行動方案相關工作，依溫管法規定編寫 110 年執行排放管制成果報告，並就未達成目標項目研提改善建議。
3. 因應我國 2050 年淨零排放政策目標，協助提升交通部辦理氣候變遷及相關業務。

1.2.2 計畫範疇與對象

本計畫以運輸部門管轄之排放源為主要研析對象，研究範圍涵蓋第一期階段管制目標執行狀況與執行排放管制成果報告；及依據第二期階段管制目標之減量責任，持續修訂運輸部門行動方案(草案)，配合辦理陳報作業相關事宜；並掌握氣候變遷因應法審議進展，以研析對交通部之影響；以及建構運輸部門 2050 年淨零排放願景-策略情境-路徑藍圖之運作與評估模型架構(如圖 1.2-1)。



資料來源：本計畫繪製。

圖 1.2-1　本計畫研究範圍

1.3 計畫內容與工作項目

1.3.1 建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構與減碳措施效益評估

本計畫旨在配合我國長期淨零排放放規劃，進行運輸部門深度減碳評估，透過研析國際深度減碳路徑之方法論，研析適合我國深度減碳之可能減碳路徑及重要策略減碳潛力，並針對運輸部門建立 2050 深度減碳評估模型架構，以工具箱概念，整併本所既有減碳策略評估工具，依各工具之功能，建立彼此關聯之架構，並就未來運輸部門減碳策略評估之需要，保留滾動擴充之空間，俾於未來運輸部門研析長期減碳路徑時，提供具體之參考資訊。本分項工作的工作項目如下：

1. 蒐集研析國際間運輸部門溫室氣體減量策略及中長期減碳路徑，提出可供國內借鏡之策略建議
   (1) 蒐集國內外深度減碳評估模型、國際運輸部門溫室氣體減量及節能重要策略(作法或案例)及中長期深度減碳路徑/藍圖之相關研究，彙析各類策略對我國之適用性，並掌握國際重大事件對運輸排碳影響之資訊(如 COVID-19)。
   (2) 派員參與聯合國氣候變化綱要公約第 27 屆締約方大會(UNFCCC COP27)，蒐集運輸部門之最新減碳策略及發展趨勢。
   (3) 配合我國運輸部門特性及減量責任，提出可供國內借鏡之策略建議，並透過辦理教育訓練、成果分享會議或製作電子教材方式，提供各相關機關(構)參據。
2. 辦理第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案之相關工作
   (1) 配合第二期運輸部門減量工作之推動，辦理相關研析事宜。
   (2) 彙提 110 年運輸部門階段管制目標執行狀況，編寫執行排放管制成果報告、配合編製亮點圖示資料。
   (3) 支援辦理溫室氣體減量及管理法之運輸部門減量研究事項或與本計畫有關臨時交辦事項。

3. 建構運輸部門2050年淨零排放願景-策略情境-路徑藍圖之運作架構

(1) 參考國際形塑願景-策略情境-路徑藍圖之相關方法，研析適合擘劃我國運輸部門深度減碳共識願景、策略情境與中長程路徑之可操作程序。其中需界定研析減碳路徑評估範疇、評估面向、評估方法、相關參數與資料來源，並據以訂定評估架構與流程。

(2) 依不同之策略情境，蒐集並研析運輸部門重要減碳策略達到願景目標可能之障礙或關鍵點，並據以規劃減碳路徑。

(3) 蒐集相關模型與資料庫之資訊，做為後續分析各種策略情境與減碳路徑在經濟面、社會面與環境面可能影響之參考資訊。

4. 建構策略情境排碳量評估模型架構

為了評估不同策略情境與減碳路徑對經濟面、社會面與環境面之影響，決策者往往需要參考各面向之評估資訊，評估資訊包括質化之資訊與量化評估之資訊。為了評估各路徑是否滿足淨零排放之要求，本計畫研擬之運作架構中，必須有多元化之評估工具，提供不同策略情境之排碳量資訊。爰此，本計畫工項包含建構一個運輸部門建立2050深度減碳評估模型架構：

(1) 參考國內外運輸相關深度減碳評估模型，配合本所相關運輸減碳政策評估之需求，及整併本所近年相關研究計畫減碳評估工具之成果，提出運輸部門2050深度減碳評估模型架構所需包含之評估工具。

(2) 蒐集並研析我國2050年溫室氣體排放基線推估相關研究成果，並就我國運輸部門溫室氣體排放基線推估模式提出建議。

(3) 依本計畫所規劃之各種策略情境，建立排碳量推估模式，並蒐集所需之相關參數。

(4) 依所建立之推估模式，篩選關鍵變數進行不同策略情境與減碳路徑之比較與分析。

5. 辦理運輸部門各運具溫室氣體排放量資料維護更新與推估事宜

(1) 依據最新交通及能源統計等數據，檢視更新運輸部門各運具溫室氣體排放量參數資料。

(2) 更新運輸部門各運具能耗與能源密集度推估資料(至 110 年度)。

(3) 更新運輸部門各運具溫室氣體排放量推估資料(至 110 年度)。

(4) 運輸部門各運具能耗、能源密集度與溫室氣體排放之變化研析。

6. 其他工作項目

(1) 針對計畫重要成果，製作海報或影片電子檔。

(2) 將本期研究/計畫成果投稿運輸計劃季刊、國內外期刊或學術研討會。

1.3.2 淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作

1. 支援交通部，配合行政院能源及減碳辦公室淨零排放相關推動工作

(1) 辦理「淨零排放路徑與具體措施規劃」所需辦理跨部會、部內單位、部屬機關(構)與地方政府、利害相關團體等相關溝通協調與資料蒐集之業務與召開相關會議庶務，並綜整提出「淨零排放路徑與具體措施規劃」納入成果報告。

(2) 支援交通部蒐集住商部門 2050 年淨零排放工作涉交通部業務範圍相關減碳策略參考資料，以及因應經濟部及內政部推動住商部門 2050 年淨零排放之相關配合事項。

(3) 支援交通部提供部內單位與部屬機關(構)專業諮詢服務，漸進提升其氣候變遷相關專業知能。

2. 支援交通部依溫管法辦理運輸部門相關法定工作

(1) 支援辦理行政院針對第二期(110 至 114 年)運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(草案)所提審議意見之回復與修訂事宜。

(2) 因應環保署辦理溫管法修法事宜，協助研析修法內容對交通部之可能影響及研提相關建議。

(3) 協助就地方政府所提溫室氣體管制執行方案(運輸部分)研提意見。

3. 支援交通部配合溫管法住商部門主辦機關減量措施相關事項

(1) 編寫有關住商部門溫室氣體減量措施之執行成果報告。

(2) 因應經濟部與內政部研擬與推動住商部門溫室氣體排放管制行動方案之相關配合事項。

4. 支援交通部辦理行政院國家永續發展委員會相關事宜，例如辦理分組會議、製作分組會議簡報、研提分組會議及相關會議談參資料、撰寫年度檢討報告等。

5. 支援交通部辦理能源轉型白皮書相關事宜，例如編寫運輸部門「能源轉型白皮書」重點推動方案、「能源轉型關鍵指標」及「能源發展綱領」對應推動工作之執行成果報告。

6. 支援亞洲低碳發展策略夥伴(ALP)相關事務，例如配合經濟部亞洲低碳發展策略夥伴委員會議資料研提、參與並摘整相關論壇及研討會成果等。

7. 支援本所辦理氣候變遷相關事項。

1.4 計畫研究架構與流程

本計畫執行內容主要除了因應運輸部門 2050 年淨零排放政策評估之需要，建立模型整體架構(包括國內外資訊蒐集、研析與我國運輸部門深度減碳策略研擬及評估)之外，也包括推動溫室氣體減量工作的相關支援(例如交通部在溫室氣體減量、永續發展議題之相關業務)。整體計畫執行流程如圖 1.4-1 所示。兩大部分工作同步展開，由於推動溫室氣體減量為支援協辦事項，部分工作為不定期協助任務，因此在執行流程中端視需求而產生。模型整體架構之建立原則上以國內外現況與發展資料蒐集開始，再藉由數據資料彙整與分析，尋找我國運輸部門在淨零排放目標下，達成深度減碳之可能情境與障礙，再藉由建構策略情境與評估工具之需求，以及經濟面、社會面與環境面的可能影響因素評估之需要，探討模型整體架構之功能與所需涵蓋的工具。過程中，支援工作所需之基礎資料與佐證數據皆需本計畫工作所累積之資訊與分析，而支援工作所產生之結論、修正意見與發展方向建議，亦須回饋並滾動調整資訊蒐整及評估情境設計。



資料來源：本計畫繪製。

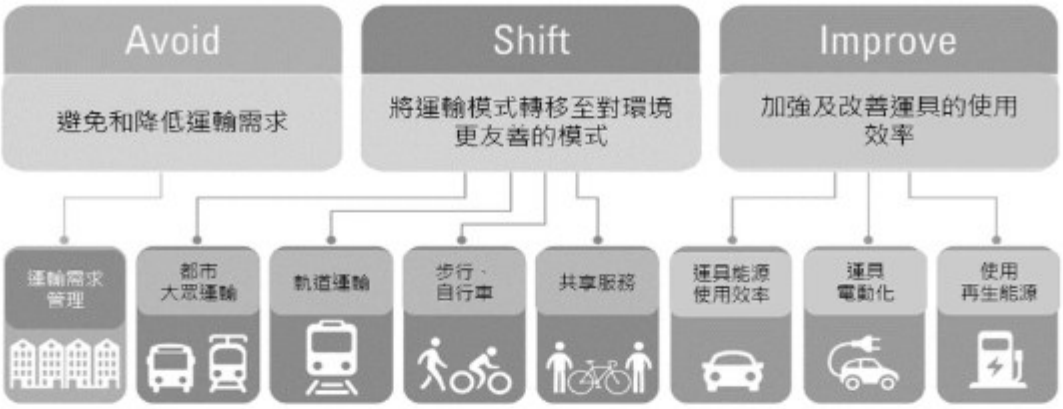
圖 1.4-1　本計畫執行架構與流程

第二章　國際運輸部門溫室氣體減量策略及中長期減碳路徑蒐研

2.1 國際深度減碳策略主軸

根據永續低碳交通夥伴關係(SLOCAT)於 2021 年 6 月發表的第二版「運輸與氣候變遷全球狀況報告(Transport and Climate Change Global Status Report 2nd edition)[10]」中表示，全球運輸部門在 2010 年至 2019 年化石燃料使用量成長快速，進而導致部門排放量成長超過 17%，為了達到巴黎協定控制溫升在 1.5°C 的目標，運輸部門 2050 年排放量應較 2019 年下降 67%，然而，截至 2021 年 5 月，綜整各國提交的共 54 份 NDCs 中，只有 15%包含運輸部門減量的具體目標，在實現關鍵具體目標進展有限。因此，該報告描述全球各地區運輸部門需要採行的氣候緊急行動，結合運輸需求、排放量、政策和措施的最新可用資料及目標，以利加速採取更積極的行動以實現永續運輸。

聯合國經濟和社會事務部(United Nations Department of Economic and Social Affairs, UN-DESA)在 2016 年全球永續運輸報告中(Mobilizing Sustainable Transport for Development)[11]，揭示永續運輸策略三大主軸為：需求減量(Avoid)、運具移轉(Shift)與技術改善(Improve)，簡稱 ASI，如圖 2.1-1 所示。其中，「需求減量」意指透過城鄉發展政策並綜合運輸和空間規劃、優化物流及旅行需求管理，以達到運輸距離降低，更可減少旅次需求；「運具移轉」則鼓勵使用者將日常能源耗用量較高的運輸行為或運輸習慣轉換為更永續的模式，例如由私人汽車轉換至公共運輸、步行和騎自行車，以提高運輸使用率；「技術改善」則強調提高運具的能源使用效率或尋求可替代的低碳燃料使用(如運具電動化)，並搭配再生能源使用等。



資料來源: SLoCaT, Transport and Climate Change 2018 Global Status Report (2018)。

圖 2.1-1　永續運輸策略三大主軸

SLOCAT(2021)在報告中延續了 ASI 的理念，但在面臨當前社會與技術發展的轉變下，該報告針對 ASI 的內涵提出了更豐富的框架(如圖 2.1-2 所示)，例如在數位技術與服務的協助下，智慧運輸可望為避免及移轉策略帶來更多選項，又如步行與自行車等主動式運輸(active mobility)的推動及低碳交通區等特定區域准許通行的相關規範，不僅為移轉策略提供更低碳的選項，也同時為整體運輸服務效率的提升帶來改變。換言之，許多策略帶來的效果是複合或多元的，同時具備避免及移轉，或者移轉及效率改善，而適當的策略整合運用，也可能帶來多重效果。

SLOCAT(2021)的評估發現在各國提出的 NDCs 中，大約有 52%的策略屬於效率改善，只有 38%是移轉，10%屬於避免策略。這種策略結構不免有些可惜，因為多數避免與移轉策略都具有長期的影響，過度聚焦在效率改善(特別是運具電動化)，將分散對長期結構轉型的注意力(例如商業模式、供應鏈、城市規劃或者行為轉型等)。該評估指出避免與移轉策略約可為運輸部門排放帶來 46%至 60%的減量效果，因此各國需要更平衡的 ASI 策略規劃。



資料來源: SloCaT，SLOCAT Transport and Climate Change Global Status Report (2nd edition) (2021)。

圖 2.1-2　ASI 架構示意圖

以下，茲延續 ASI 策略架構分別摘述各國作法：(1)發展公共運輸系統，加強運輸需求管理(第 2.1.1 節)；(2)推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境(第 2.1.2 節)；(3)提升運輸系統及運具能源使用效率(第 2.1.3 節)，進行運輸部門溫室氣體減量及節能重要國際策略與指標之蒐研，並分析各類策略我國適用性(第 2.1.4 節)。

2.1.1 發展公共運輸系統及加強運輸需求管理

為有效降低私人運具的使用，須將私人運具的使用轉移至公共運輸系統、自行車及步行，甚至是共享運具，因此需提升公共運輸系統使用上的自主性及便利性等，以促進民眾使用意願。藉由強化步行及自行車的友善、安全用路環境，加強發展低碳公共運輸，並同時搭配私人運具的管制措施，方能有效進行運輸需求管理。為此本節分別針對(1)加強發展公共運輸、無縫運輸及共享運具及(2)強化私人運具管制進行說明：

1. 加強發展公共運輸、無縫運輸及共享運具

為有效提高公共運輸使用率，公共運輸持續朝向縮短與私人運具間的使用體感差異之方向發展，亦即發展各種層面的「無縫轉乘」，完善的無縫運輸可提高公共運輸的連接性、舒適性，降低不方便性及不確定性等。各國發展公共運輸、無縫運輸及共享運具之實際推動策略，摘要分述如下：

(1) 西班牙

西班牙於 2021 年 5 月 13 日通過該國第一部氣候法-氣候變遷和能源轉型法(Climate change and energy transition law)[14][15]，並於 2021 年 5 月 20 日正式生效，其宗旨為長期目標 2050 年達到氣候中和(climate neutrality)，及達 100%再生能源電力系統；並設定中期目標為 2030 年達到 42%最終能源消費為再生能源，且溫室氣體排放較 1990 年減量 23%，這些目標將於 2023 年開始定期檢視。

法案所規範的範疇涵蓋西班牙各個部門，其中，與運輸部門較密切相關的包含第三篇(燃料及能源轉型)的第 13 條：運輸部門使用永續能源和永續替代燃料，以及整個第四篇(零排放運輸)，包含第 14 條(促進零排放運輸)、第 15 條(充電樁的設置)，以及第 16 條(海運與港口)。

以下摘錄第 14 條有關公共運輸或無縫運輸推廣重點，該法案規定人口超過 5 萬人的城市或島嶼須在 2023 年前通過永續發展城市交通計畫，並於計畫中採取運輸溫室氣體減量措施，且減量措施應至少包含：2023 年前建立低排放區、促進步行或騎乘自行車等非機動運輸、改善公共運輸路網之連結性、公共運輸網絡電氣化、優化私人電動運具使用環境、推動共享電動運具、永續貨運等。另外在 2040 年新售小客車及商用小貨車需為零排放。

至於第 16 條則在規範海上運輸與港口的減量管理。包括(1)在國家管轄的港口，要求停泊的商業及海軍船舶減少化石燃料使用的排放，以達到 2050 年淨零排放目標；(2)促進以港口為起點及目的地的運輸物流鏈溫室氣體排放減量；(3)提高港口設施能源效率與空氣品質，在港口生產或承包再生能源，促進以港口為起點或終點之鐵路運輸，促進海上公路發展，鼓勵海上運輸使用替代能源，並依據歐盟規範要求靠港船舶使用低碳能源；(4)為實現前述各項目標，要求交通與城市發展議程必須使港口管理權責單位事先與自治區就職權範圍達

成協議，協議內容包含採取經濟激勵措施鼓勵停靠船舶的電力供應與燃料使用邁向低碳，鼓勵港口銜接的鐵路運輸，鼓勵特許經營區的能源效率措施；推動實施境內低碳鐵路與公路路網，並與港口銜接，同時提升物流平台競爭力，相同的作為必須用來改善港口電力網絡；根據港口的活動或吞吐量制定港口能源消費減量目標；(5)透過交通與城市議程與他國海上運輸業協調，促進海上高速公路及定期滾動檢視航線的減量進展，同時尋求官方援助與支持，並事先向歐盟申請所需授權。

(2) 英國倫敦

英國氣候變遷委員會(UK Committee on Climate Change)觀察到近年運輸部門碳排放量持續上升，需採取更強而有力的政策以減緩其增長，倫敦議會提出實現 2030 年道路零碳排的願景，將於未來 10 年實施一系列氣候安全街道計畫[16](Climate safe streets)，以達到倫敦街道碳中和之目標。此外，英國交通部亦於 2021 年 7 月發布運輸脫碳計畫[17](Decarbonising Transport)，以下摘錄公共運輸推廣與無縫運輸之重點：

- 依據道路使用率分析倫敦自行車策略，並完成建造數十條往返倫敦之重要自行車道。
- 完成倫敦市中心內自行車道網路，無縫銜接市區內之公共運輸或通往市區外之自行車道。
- 使倫敦每位市民其活動範圍 300 公尺內皆享有自行車、電動滑板車或汽車等共享服務。
- 5 年內將投資高達 20 億英鎊建置步行、自行車基礎設施及進行推廣，目標為 2030 年境內超過 50%城市之主要交通方式為步行或自行車。
- 與企業合作推動公共運輸電子票證，加強購買的便利性。
- 鼓勵企業引導員工使用公共運輸、步行及自行車進行通勤。

(3) 美國加州

為達到 2050 年加州運輸部門減碳量達 80%之願景，同時打造更健全的運輸環境，加州政府於 2021 年發布「加州交通計畫 2050」(California Transportation Plan 2050)[18]，包含安全、氣候等八大目標及

模擬 2050 年運輸措施之減碳結果，以下摘錄公共運輸推廣與無縫運輸策略重點：

- 優先執行完備人本交通之道路建設，如維護自行車道、擴建人行道及無障礙通道。
- 辦理司機安全駕駛之教育，維護行人及自行車的路權及安全。
- 研究公共運輸稅收優惠及補貼政策對於通勤族經濟及旅次的影響，做為日後施政參考。
- 促進運輸部門及私人共享運具公司之協調及資訊共享。
- 為低收入、學生等弱勢族群提供免費或優惠的公共運輸票券。

(4) 日本

為實現 2050 年碳中和，運輸部門係透過國土交通省綠色挑戰計畫[19](国土交通グリーンチャレンジ)進行推動，以下摘錄公共運輸及無縫運輸的推廣重點：

- 強化連結城鎮之公共運輸系統。
- 加強推廣及維護鄉鎮的公共運輸系統。
- 導入 LRT (Light Rail Transit)或 BRT (Bus Rapid Transit)等低排放公共運輸工具，加強公運無縫連結。
- 推廣及導入 MaaS 等系統，提高公共運輸的便利性。
- 改善自行車使用環境及提供更多的行車空間。

2. 強化私人運具管制

(1) 英國倫敦

倫敦的「低排放區(Low Emission Zone, LEZ)」已在倫敦實施多年，近年來為降低倫敦街道碳排放及提高空氣品質，於 2019 年 4 月設立更嚴格排放標準之「超低排放區[20] (Ultra Low Emission Zone, ULEZ)」，於交通壅塞區實施；於 2021 年 10 月擴大範圍至南北環狀道路等更大區域，除可以申請收費豁免權之車種[2]以外，其餘車輛行駛於該區則須符合排放標準，排放標準如下：

[2] 身心障礙人士使用之車輛、屬於學校或慈善機構等非營利組織社區交通小型巴士、車齡超過 40 年的骨董車、農業車、軍用車等特殊用途車種

- 至少為歐盟四期排放標準之汽油車及箱型貨車(通常為 2005 年後製造之車輛)。
- 至少為歐盟六期排放標準之柴油車及貨車(通常為 2015 年後製造之車輛)。
- 至少為歐盟三期排放標準之機車。
- 至少為歐盟六期排放標準之大型貨車及巴士。
- 倫敦私人運具管制手段，除超低排放區外，亦包含早於 2003 年開始收取「擁擠費[21](Congestion Charge)」，且費率會隨著年份做調整，進而間接達成私人運具管制之目的。

(2) 荷蘭

荷蘭透過環境區[22](milieuzones)做為空氣污染改善手段，目前已在 13 個城市設立了環境區，主要針對柴油車輛進出進行管制，並依照顏色進行分級，並藉由顏色搭配車種之標示圖案，區別該車種的排放等級，如未符合須付罰金，環境區分級規定如下：

- 黃色：
  該柴油車之排放標準需高於等於歐盟柴油車三期之排放標準。
- 綠色：
  該柴油車之排放標準需高於等於歐盟柴油車四期之排放標準。
- 若行駛於環境區之車輛不符合規範，將依據車種的不同處以罰款，小客車及小貨車罰款金額為 100 歐元；大貨車及巴士罰款金額為 250 歐元。

(3) 德國

為降低燃油車於街道上排放之空氣污染物及二氧化碳，德國政府透過設置環境區[23](Umweltzonen)進行管理，環境區分為 3 種等級，主要規範小客車、貨車及公車，不包含工作機械及特殊車種。符合標準之既有車輛可向相關單位申請貼紙貼於車上，車輛須符合該環境區的規範方能通行，否則需繳費，環境區依據排放標準由高至低分述如下：

- 綠色：
  至少為加裝柴油高級顆粒過濾器之歐盟三期排放標準柴油車、歐盟四期排放標準柴油車及加裝催化轉換器之歐盟四期排放標準的汽油車等車輛。

- 黃色：

  至少為加裝顆粒過濾器之歐盟二期排放標準柴油車或歐盟三期排放標準柴油車等車輛。

- 紅色：

  至少為加裝顆粒過濾器的歐盟一期排放標準柴油車或歐盟二期排放標準柴油車等車輛。

此外，德國部分城市(如：斯圖加特)更於特定的環境區內實施「柴油交通禁令[24](Diesel-Verkehrsverboten)」，於該環境區內加強柴油車之排放標準，柴油車必須符合歐盟五期或六期的柴油車排放標準，方能進入該區。然而目前符合歐盟五期以上排放標準之柴油車比例偏低，等同是變向的柴油車通行限制令，但當地居民則不受此限。

2.1.2 推廣低碳運具使用及建置綠色運具導向之交通環境

IEA 每年會出版「全球電動車展望(Global EV Outlook)」回顧各車種電動車的銷售、充電基礎設施部署、行駛里程、宣示目標、二氧化碳排放和電池材料需求等方面的關鍵進展。依 2022 年全球電動車展望報告[25]，2021 年全球新售電動汽車占比將近 10%，是 2019 年的 4 倍。全球電動車銷售數量加速，2021 年已有 1,650 萬輛電動車上路，且其中約將近 70%為 BEV 車輛。

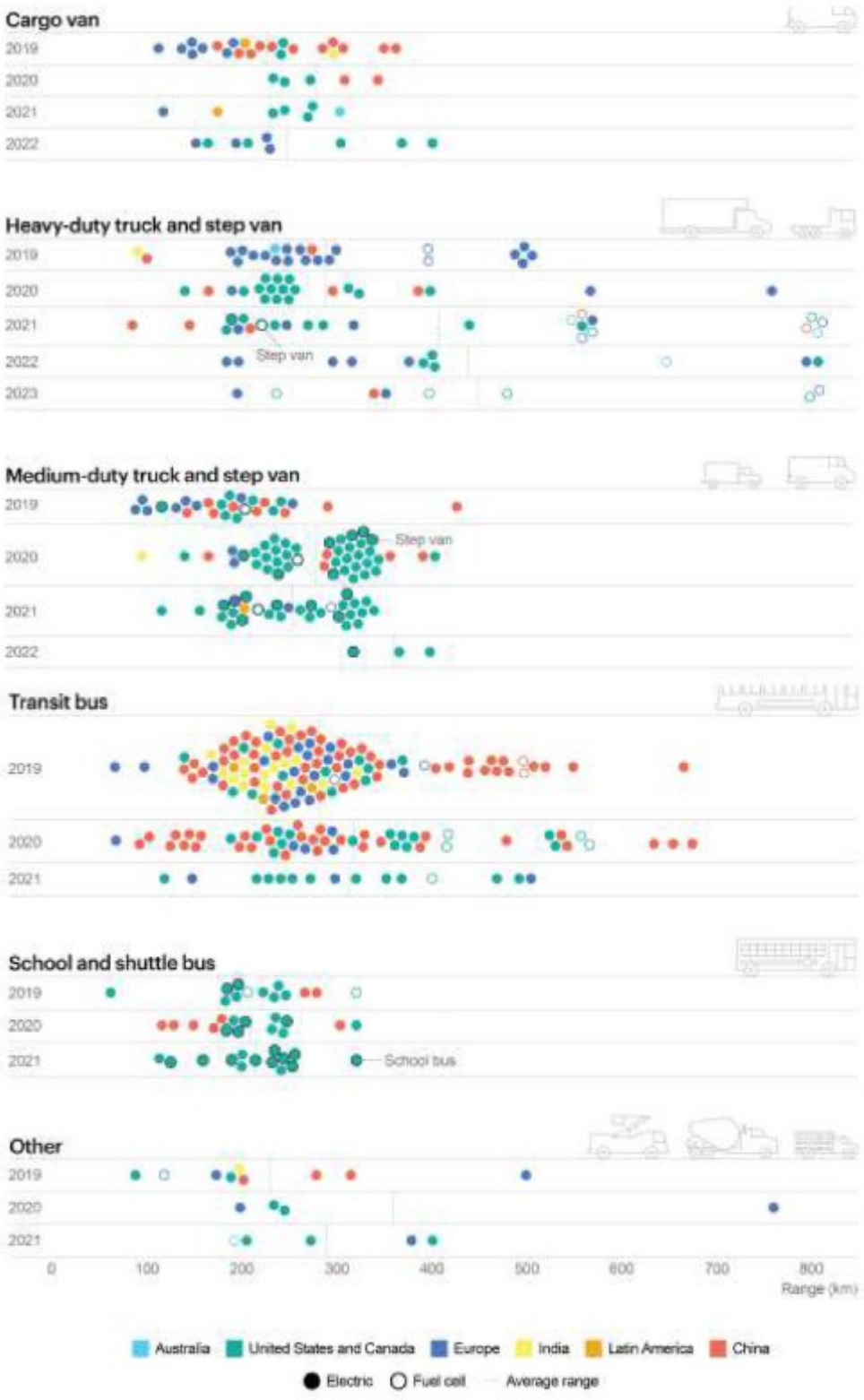
綜整 2022 年全球電動車展望報告，電動車在過去 10 年的成長迅速，足以證明未來會以電動化運具為主，且全球主要汽車製造商亦調整商業策略，加速運具電氣化之規劃，除了是配合政策法規或享有政府補貼之外，更重要的是要提升企業之市場占有率，維持競爭優勢，2021 年有許多主要汽車製造商已宣布將透過開發新產線及調配現有產能，以加速邁向電動化，整理如表 2.1-1 所示。這也代表其整體技術大幅成熟，產能增加、產品效率及成本皆有所改善。

表 2.1-1　全球主要汽車製造商電動化目標宣示摘錄

主要汽車製造商	電動化目標
Toyota (豐田汽車)	・宣布推出 30 款 BEV 車型，目標 2030 年電動汽車年銷量達 350 萬輛 ・Lexus(豐田集團旗下的豪華汽車品牌)的目標是到 2035 年在全球實現 100%的純電動汽車銷量。
Volkswagen (福斯汽車)	・2030 年全電動汽車將超過歐洲銷量的 70%；中國和美國銷量 50% ・2040 年接近 100%汽車應該是零排放汽車
Ford (福特汽車)	・建構在其 F-150 電動車型的成功基礎上，2026 年目標為電動車銷售占比達 33%、2030 年達 50% ・2030 年將在歐洲邁向全電動
Volvo(富豪汽車)	・2030 年成為一家全電動汽車公司
BMW	・2030 年前電動車銷售占比達 50%
Mercedes	・2025 年起，所有新推出的車輛將全部為電動車
General Motors (通用汽車)	・2025 年於北美推出 30 種 EV 車型和 100 萬輛 BEV 的產能，並於 2040 年達碳中和
Hyundai (現代汽車)	・2030 年前每年銷售 190 萬輛 BEV，以確保全球市場占有率達 7% ・2035 年停止歐洲之燃油車輛銷售

資料來源：IEA, Global EV Outlook 2022 (2022)，本計畫彙整。

除了目前已經商業化步上軌道的電動小客車之外，大型車輛的電動化亦在積極擴張中，包含電動公車、電動貨(卡)車等商用車分別於 2019 至 2023 年間逐步推出不同車型，如圖 2.1-3 所示。



資料來源：IEA, Global EV Outlook 2022 (2022)。

圖 2.1-3　2019 至 2023 年現行及已宣布的零排放商用車型

除車輛本身的電動化之外，友善的電動運具使用環境亦為重要配套，各國皆同步強化電動運具基礎設施之建置，提升電動運具的使用體驗，以下針對各國電動運具基礎設施推動及電動車政策與措施，進行說明：

1.英國

(1) 推廣目標

- 2023 年於高速公路的每一個休息站安裝至少一個充電設施。
- 2030 年於主幹線上安裝至少 2,500 個高功率充電設施。
- 2035 年於主幹線上安裝至少 6,000 個高功率充電設施。

(2) 推動作法

- 投資 9.5 億英鎊於英格蘭高速公路[26]的每一個加油站安裝快速充電設施，預計至 2023 年時，高速公路上所有休息站皆有高效率的充電設施。
- 交通部於 2020 年推動之「運輸脫碳計畫[27]」投入 25 億英鎊建設汽、機車之充電基礎設施，廣設充電點，並提供免費的充電設施，以健全充電設施之網絡，期能建立電動車快速充電設施網絡，預計每個充電設施間隔距離在 30 英里內。
- 零排放車輛辦公室於 2018 年推動之「地區街道住宅充電點計畫[28]」(On-street Residential Chargepoint Scheme)已於 2020 年撥款 2,000 萬英鎊供地方主管機關申請使用，旨在滿足當地居民的需求，因此要求申請之充電點必須位於住宅區或住商混合區，提供居民 24 小時全天候使用。每個充電點最高補貼金額範圍為 6,500 至 7,500 英鎊；此外，亦可同時申請多個充電點，但其補貼金額上限最高為 10 萬英鎊。

2.德國

(1) 推廣目標

- 2022 年前設置 1.5 萬個公共充電設施
- 2030 年前設置共 100 萬個充電設施

(2) 推動作法

聯邦運輸和數字基礎設施部門(Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur)於 2019 年 11 月提出之「充電站基礎設施之總規劃」

[29](Masterplan Ladeinfrastruktur)規劃 2021 年起建設 1,000 個快速充電設施以提供長途運輸之車輛，並於 2020 年投入 2 億歐元於私人商業營運場所(如：大型商場或百貨公司等)建設充電設施，期望能在 2022 年前達成 1.5 萬個公共充電設施的目標。未來將要求住宅、公司或擁有大型停車場之建築物必須安裝充電設備，屆時將有配套法規來實行。

3.瑞典

瑞典於 2020 年 12 月發布了瑞典溫室氣體排放減量長期策略(Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions)[30]，瑞典 2018 年國內運輸占全國排放 32%，其中 92%為公路運輸，與我國排放結構相近。瑞典針對運輸部門減量有提出許多政策工具，包含能源稅、碳稅、城市環境協議(Urban environment agreements)、船舶水運環境獎勵、航空稅、汽柴油減量義務、新車排放目標、新車獎勵系統及以二氧化碳排放為基礎的運具稅等，希能達到擴大使用永續再生燃料、高能校及非化石燃料運具之願景，本計畫摘錄其針對高排放運具(或使用化石燃料運具)之措施，重點說明如下：

- 能源及碳稅：

  不論是用於道路運輸、非道路移動機械、私人船隻或飛機的汽油和柴油都需要課徵能源稅和碳稅；並針對生質燃料進行稅收減免。

- 汽柴油減量義務：

  於 2018 年 7 月開始實施，要求燃料供應商需逐年減少化石燃料之溫室氣體排放占比，以鼓勵使用生質燃料。其中規劃 2030 年化石燃料減量目標為柴油減量 66%、汽油減量 28%。

- 輕型車輛紅利系統及車輛稅

  輕型車輛紅利系統(bonus–malus-system)於 2018 年 7 月開始實施，在此制度下，二氧化碳排放量較低的車輛可獲得購買獎勵；反之，二氧化碳排放量較高的車輛在購置前 3 年之車輛稅會較高。然而自第四年開始，車輛稅每年皆會依據不同運具每公里的二氧化碳排放量進行徵收。

4.美國加州

(1) 推廣目標：

- 2025 年電動小客車數量達 150 萬輛；充電站達 25 萬座[31]
- 2030 年電動小客車數量達 300 萬輛[31]。
- 2035 年後新售小客車僅能是零排放車輛[32]。
- 2045 年後新售輕型商用車輛僅能是零排放車輛。
- 2045 年後新售大貨車僅能是零排放車輛。

(2) 推動作法

加州為達到車輛電動化之目標，同步提供誘因機制及祭出管制措施，並以法規修訂解決現行推動障礙，以拉推同步的方式，使燃油運具過度至電動運具。

誘因機制包含：環境保護局推行之「節能車輛折扣計畫」[33](Clean Vehicle Rebate Program, CVRP)，依照車輛型號、品牌的不同，補助電動車、插電式混合動力車及燃料電池車的部分購置或租賃成本，並設有補貼上限為 7,000 美元。管制措施包含：交通局 2021 年 9 月 11 日修訂之「車輛法[3]」規範 2030 年以後，自動駕駛車輛僅限零排放車輛；以及環境保護局 2020 年 9 月 23 日發布之「加州行政命令 N-79-20」[34]，規範 2035 年後新售小客車、越野車為零排放車輛；2045 年後新售輕型商用車、大貨車為零排放車輛等。而其他解決電動基礎建設推動障礙之法規修訂，如電動汽車充電站條例(Local ordinances: electric vehicle charging stations)[35]，透過排除充電站安裝之不合理障礙，降低安裝成本以鼓勵安裝。

[3]修改自車輛法第 38750 條

5.日本

(1) 推廣目標：

- 2030 年新售電動化比例達 20 至 30%，並預計完成建置 15 萬個充電站，其中包含 3 萬個公共快充站；另外完成建置約 1,000 個加氫站。
- 2035 年新售車輛全面電動化[4]。
- 2040 年脫碳燃料車(decarbonized fuel vehicles)新售占比達 100%。

(2) 推動作法

同步推動誘因機制及提出管制措施，其中，誘因機制包含提供電動車輛及其充放電設備的部分購置成本，如經濟產業省(METI)推動之「發生災也可使用的清潔能源汽車成本補貼」(災害時にも活用可能なクリーンエネルギー自動車導入事業費補助金)[36][37]，以及環境省(MOE)推動之「導入再生能源和電動運具等零碳生活方式補貼」(再エネ電力と電気自動車や燃料電池自動車等を活用したゼロカーボンライフ・ワークスタイル先行導入モデル事業)[38][39]，補助依車種的不同，有指定的廠牌與價格範圍：純電動車計有 13 家車廠出品的 24 款車輛可接受補助，補助前的車價在 220 萬到 2,200 萬日幣之間；混合動力車包括 10 家車廠出品的 48 款車輛可受補助，車價在 290 萬到 2,900 萬日幣之間；燃料電池車的補助範疇則包括 3 家車廠出品的 4 款車輛，車價落在 650 萬到 780 萬日幣間。

除了購置電動運具之外，亦需要使用再生能源才能獲得補助，環境省提供的補助金額，從過去的 40 萬日幣加倍到 80 萬日幣，且東京都居民還可以同時申請東京都提供的補助金。因此以純電動車來說，補助金額合計可達 140 萬日幣[40]。

[4] 全面電動化之定義包含：電動汽車、燃料電池汽車、插電式混合動力汽車、混合動力汽車

此外，相關稅費的減免亦為重要誘因機制的一部分，電動車、燃料電池汽車、天然氣汽車、插電式混合動力汽車等低排放車輛可享有車輛稅費之減免，如免徵汽車重量稅[41](自動車重量稅，Automobile Weight Tax)、減徵汽車稅[42]、並享有環境績效折扣[43]等。

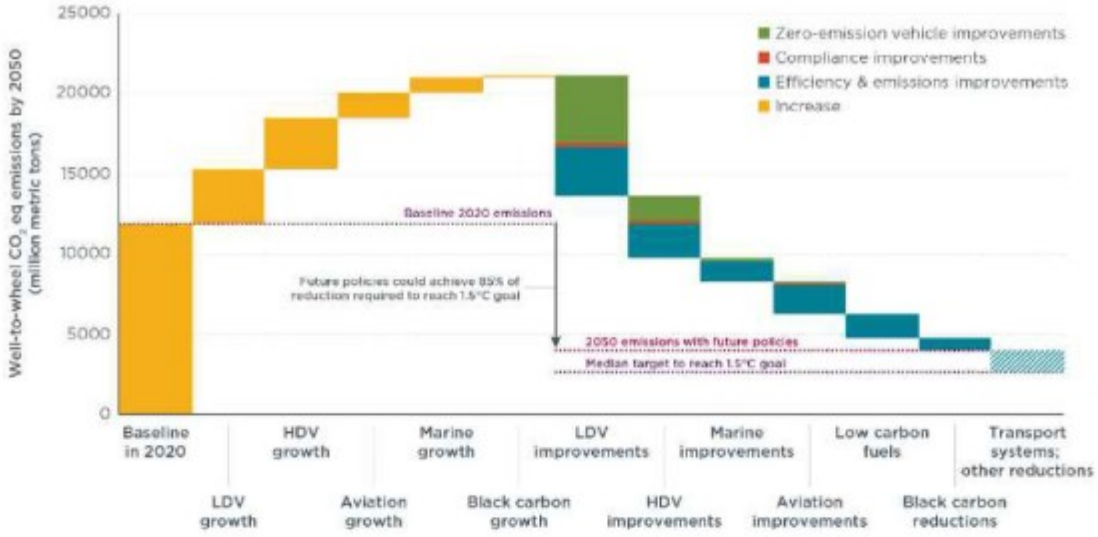
且日本政府除了車輛購置補貼或稅收減免之外，還提供充足充電站與停車優惠；並針對燃油車輛之管制則包含訂定燃油效率標準[5],[44][45]，2030 年平均車輛燃油效率標準達 25.4 km/L，較 2016 年提高 32.4%。且對化石燃料徵收其他稅費[46]，除了所有燃料和能源服務均需徵收 10%的一般消費稅以外，針對用於公路運輸之柴油、汽油、液化石油氣分別需繳納額外的消費稅。

2.1.3 提升物流運輸系統及運具能源使用效率

SLoCaT 在 2018 年發表第一份運輸及氣候變遷全球情況報告[47](Transport and Climate Change Global Status Report, TCC-GSR)中，亦建議在技術改善(Improve)面向，優化物流及人流的效率並提高運具能源消費標準，藉由車輛技術及燃料技術升級來提升運具能源使用效率。

國際潔淨運輸理事會(International Council on Clean Transportation, ICCT)已於 2020 年 9 月發布 2050 年全球運輸部門脫碳的願景[48]，後於 2021 年 5 月發布一系列短片[49]，總結了 6 個主要減量策略，ICCT 評估了提升技術能源效率、運具電氣化、電網脫碳、低碳燃料使用等方面之減量效益，如圖 2.1-3 所示，可見使用效率提升至關重要。

[5] 2019 年 6 月 3 日發布 2030 年車輛燃油標準；而 2020 年標準則是於 2009 年發布。



資料來源：ICCT, A Strategy to Decarbonize the Global Transport Sector by 2050 (2021)。

圖 2.1-3　2050 年主要運輸部門排放基線及減量潛力

美國節能經濟委員會(American Council for an Energy-Efficient Economy, ACEEE)於 2022 年 4 月 6 日更新公布 2022 年國際能源效率評分卡(2022 International Energy Efficiency Scorecard)[50][51]，評比對象包含全球前 25 大能源使用國，並依據 36 項能源效率指標之措施及成效，分別列出建築、運輸、製造及國家目標等 4 個面向之重點，本計畫摘錄排名較前面之國家(如法國、英國等)其運輸面向能源效率推動重點，以下針對改變運輸模式改變、提升運具能源使用效率等相關策略進行說明：

1. 英國

英國運輸面向在 2022 年國際能源效率評分卡中排名第二，由於有著較嚴格的車輛排放標準，可藉由重型車輛的燃油效率標準制定，進而減少車輛行駛里程。為降低英國運輸部門的排碳，英國交通部於 2020 年發布「運輸脫碳計畫[52]」，分為六大策略。其中，第三大策略為低碳物流之轉型，摘錄相關減量策略如下：

- 與業界合作制定大型貨車(Heave Good Vehicles)的最低排放標準，要求製造商 2025 年之新車排放量需較基準年(2019 年)減少 15%；2030 年之新車排放量則需較基準年(2019 年)減少 30%。
- 投資約 2,000 萬英鎊於低排放貨運技術的開發，並測試加長型聯結車或貨櫃車於國道行駛的減碳效果。

- 和連鎖超市 Sainsbury's 合作，嘗試利用電動貨車進行商品配送，試行結果證明電動貨車確實可行。
- 英國政府提供補助將公路貨物運輸調整為鐵路或水路運輸，以減少貨車運送量，同時提高物流運輸效率，並搭配數據共享和協作平台，縮短運送距離，最後再藉由電動貨車來完成最後一哩路的配送。

2. 法國

法國運輸面向在 2022 年國際能源效率評分卡中排名第一，主因係該國國家氣候低碳戰略(Stratégie Nationale Bas-Carbone, SNBC)[53]促進了法國在交通能源效率方面的進展，該戰略中說明運輸部門溫室氣體減量目標與路徑：2028 年教 2013 年減量 29%，法國政府期透過提升整體運具能源效率以實現減量目標，相關策略包含遵守歐盟車輛燃油標準、鼓勵民眾購買高能源效率運具、降低對移動服務的需求、並推廣更高效的交通方式等。

且法國在鐵路開發和維護的預算較公路的預算約高 3%，顯示法國正在努力確保鐵路成為客運和貨運的優先選項，而該戰略亦說明將透過鼓勵貨物運輸方式轉變，以達到有效及持續的貨運排放減量，相關推動作法包含安裝高速鐵路以提升鐵路貨運競爭力、提高河流運輸的競爭力、鼓勵使用替代道路使用(aide à la pince)、發展具有競爭力和吸引力的港口與海運部門，透過優化物流負載重量和體積，同時促進研究和創新，使運輸方式和交通網絡更加永續。

3. 瑞典斯德哥爾摩市

瑞典氣候法於 2018 年實施，國家減碳目標為邁向 2045 年碳中和。而瑞典首都-斯德哥爾摩市(Stockholm)為實踐永續城市、提高市民的生活品質，自主訂定比中央政府更為積極的氣候目標：2040 年成為一座不使用化石燃料且對氣候有益(climate positive)的城市，斯德哥爾摩市於 2020 年 5 月提出 2020 至 2023 年的氣候行動方案(Climate Action Plan)，前述行動方案中涵蓋一項永續貨物運輸模式之案例：「Älskade stad 計畫」，該計畫始於 2017 年 3 月，主要由物流公司 Bring 及廢棄物管理回收集團 Ragn-Sells 合作共同推出跨行業的創新合作模式，藉由減少空車往返、路線最佳化、使用電動運具做為最後一哩路的配送，以提升能源使用效率，希望能解決斯德哥爾摩市的交通壅塞的問題，同時達到環境永續。

為減少空車往返(如物流公司載滿貨物進城，但在配送結束後則需空車返程，而廢棄物清運車則是有著空車進城之問題)，因此 Älskade stad 計畫規劃由滿載貨物的貨車在晚間抵達城市，貨物運至轉運中心後，將由電動運具依據事先規劃的最佳路線由轉運中心分別配送至客戶端，同時在運送包裹時也會收到新交付的貨物及需要回收的物料，並將前述貨物或物料載往轉運中心，貨車將可再滿載貨物離開城市，藉由此創新模式能有效提升物流效率。

4. 日本

物流業約占日本二氧化碳排放量 7%，為降低物流產業的碳排放，其大力推廣綠色貨運[54]，以下針對日本綠色物流推動重點，摘錄與運輸部門排放減量相關之策略如下：

- 推廣雙聯卡車，增加載貨量並降低過多貨車導致的交通壅塞等問題。
- 於人口稀少區，以無人機取代人力配送，提高物流運輸效率及永續性。
- 推廣以軌道運輸取代公路運輸。
- 推廣物流營運面的數位化，使得數據資料更為精簡準確。
- 優化飛航路線以降低排放，並將研擬航空運輸系統減量的長期願景。
- 利用智慧運輸系統及衛星通訊，管理及操作飛機最佳軌道和抵達時間，使得航線更靈活且可降低空中滯留時間。
- 研發氫燃料電池應用於小型船舶系統。

2.2 國際運輸部門中長期深度減碳路徑/藍圖之規劃

在去(2021)年舉辦的 COP26 大會中，特別提出為了確保溫升攝氏 1.5 度目標，運輸部門將扮演越來越重要的角色。由於全球運輸部門約佔二氧化碳燃燒排放的25%，而目前運輸部門對化石燃料的依賴程度仍超過90%，在不考慮更具企圖心的政策下，預估 2050 年全球客、貨運需求將是 2015 年的一倍以上，排放量也將因此而成長超過 16% (ITF, 2021)。過去期待藉由改善車輛燃料效率來達成減排的作法，在增長的需求下已經無法達到 2050 年目標。

為了大幅度減少運輸部門的溫室氣體排放，並進一步達到整體淨零排放之目標願景，搭配能源結構轉型未來大幅提高再生能源使用占比的情況下，運輸部門各運具別之去碳化(電動化)將成為最具有減量效益之策略之一；另外亦需搭配全民運輸習慣之改變，轉變為更永續的交通模式，方能全面性的邁向並達成運輸淨零排放願景。因此本節以(1)推動運具電氣化，以及(2)民眾運輸行為改變為案例，掌握國際推動作法，希能貢獻至我國運輸部門之淨零排放策略研擬。

2.2.1 推動運具電氣化

在過去一年之中，各國政府紛紛提出強化陸路運輸電氣化的政策，宣示了實踐淨零排放之里程碑(如禁售燃油車期程)，同時亦啟動諸多政策工具以加速相關基礎設施之佈建，因此全球上路之電動汽車由 2020 年的 1,000 萬輛大幅成長至 2021 年的 1,650 萬輛。

國際能源總署 2022 年出版之「全球電動車展望(Global EV Outlook)」報告[25]中，深入探討 2021 年運具電動化之推廣政策發展，並依據不同國家和不同車輛類別進行論述，分為(1)輕型車、(2)中重型車及(3)充換電基礎設施等 3 個面向去探討其政策發展，摘要論述如下。

1. 輕型車電動化政策

過去許多市場採取較強的政策措施與補貼鼓勵之方式，積極提升新興的電動汽車產業。然而隨著傳統燃油車與電動車的售價差距逐漸縮小，且電動汽車之製造成本亦逐年降低，部分國家漸漸減少對於電動車購買之直接補貼(如中國大陸、韓國及英國)，但同時亦有國家或地區因為 COVID-19 疫情後之復甦政策而增加對電動運具的補貼(如歐盟、印度及日本)；同時也透過更嚴格的運具排放標準等管制措施，拉推同步的促進運具電動化。各國家別之 2021 年輕型車輛銷售占比、電動輕型車輛市場占比及其年成長百分比如表 2.2-1 所示。國家別之推動政策摘要論述如後。

表 2.2-1　主要國家 2021 年輕型車輛電動化相關數據

國家	歐盟	英國	美國	加拿大	智利	中國	日本	韓國	印度
2021 年全球輕型車輛銷售占比	14.6%	2.4%	17.8%	2.0%	0.4%	26.7%	6%	2%	4.2%
2021 年電動輕型車輛市場占比	14.8%	16.3%	4.2%	5.5%	0.2%	15.4%	1%	7%	0.2%
電動輕型車輛年成長百分比	67%	80%	114%	71%	263%	183%	48%	117%	223%

註：全球輕型車輛銷售占比(Share of global LDV sales)之分母為全球輕型車輛銷售數量，而分子為該國家之輕型車輛銷售數量；電動輕型車輛市場占比(Electric LDV market share)之分母為全球電動輕型車銷售數量，而分子為該國家之電動輕型車銷售數量。

資料來源：IEA, Global EV Outlook 2022 (2022)，本計畫彙整。

(1) 歐盟

歐洲氣候法(European Climate Law)將實現 2050 年淨零排放法制化，並於 2021 年 7 月推出 Fit-for-55 套案，為了達到「永續運輸」的目標，歐聯執委員會規範 2030 年，新售小客車平均碳排放量需減少 55%、新售小貨車平均碳排放量需減少 50%；2035 年新售車輛平均碳

排放量皆需減少 100% (以 2021 年為基準)，將有效達成 2035 年禁售燃油車之目標。

(2) 英國

先前藉由政府補助電動運具相關產業，市場逐漸擴大，同時需求亦同步增加，導致電動汽車成本越趨便宜。隨著英國電動運具的銷量增加，英國政府於 2021 年 12 月 15 日公布將調降零排放運具的補貼金額[55]，且為了協助更多民眾能汰換並使用電動運具，亦降低補助門檻，為價格低於 32,000 英鎊的電動汽車提供 1,500 英鎊的補助金。

儘管隨著時間的推移撥款逐漸減少，但英國電動汽車的銷量卻是大幅增加的，2021 年的銷售數量已經超過 2019 年和 2020 年的總和，可見政府支持電動汽車普及的政策有其成效。

(3) 美國

2021 年 8 月聯邦政府發布的一項行政命令[56]，電動車輛推廣目標為 2030 年新售電動車占輕型汽車的 50%。

為達成淨零排放目標，美國聯邦政府加嚴相關管制規範，如 2023 至 2026 年溫室氣體排放標準[57]要求每年減少 5 至 10%的排放量；以及 2024 至 2026 年新車燃油經濟標準(Corporate Average Fuel Economy standards, CAFE)[58][59]，將促使 2024 及 2025 年平均燃油效率每年提高 8%；2026 年平均燃油效率每年提高 10%，並有助於美國化石燃料使用之削減。

美國總統拜登(Joe Biden)在聽取多方意見後，於 2021 年第三季發表更新版重建美好計畫框架(Build Back Better Framework)的聲明，內容包括對現有的電動車購買聯邦稅收抵免之額外補貼，預計將聯邦稅收購車優惠由現行的 7,500 美元增加到 12,000 美元。另外，美國於 2022 年 8 月通過「降低通膨法案(Inflation Reduction Act)[60]」，該法案新支出達 4,300 億元，其中 3,700 億美元用於美國史上最大減碳投資，有助美國 2030 年碳排放量比 2005 年水準減少 40%，該法案也鼓勵消費者的綠色行動，例如投資風能和太陽能等再生能源可抵減 10 年的消費稅，新購電動車減稅 7,500 美元的優惠、購買二手電動車也可減 4,000 美元。

(4) 加拿大

目標為 2035 年新售輕型車輛電動化達 100%、中期目標則包含 2030 年達 60%、2026 年達 20%，且藉由 2022 年發布之 2030 年減量計畫(2030 Emissions Reduction Plan, ERP)[61] 將前述目標轉為具有法律約束力之銷售任務，基於前述計畫，加拿大政府於 2022 年 3 月宣布將提供約 17 億加幣用於補助運具電動化，包含基礎設施及電動車購車補助等。

2022 年 4 月加拿大政府放寬了補助對象，包含休旅車、小型貨車、皮卡車(pick-up trucks)等，但值得注意的是，由於電動休旅車之能源效率低於電動輕型車輛，隨著全球電動休旅車銷量之增加，未來電力需求將隨之增加。

(5) 智利

2021 年 10 月智利宣示 2035 年新售輕型車輛 100%電動化[62]，並於聖地牙哥都會區內推動一項公私合作計畫[63]，旨在促進城市物流使用電動運具，公司可以申請示範計畫以享有長達 8 周之商用電動輕型車使用及免費充電。

(6) 中國大陸

新能源汽車產業發展規劃(2021 至 2035 年)[64]中確立了 2025 年目標為新能源車輛占比達 20%。中國大陸推廣電動運具之政策過去多提供購車補助，雖然中國政府將其新能源汽車補貼計畫延長至 2022 年底[65]，但在 2020 年-2022 年期間，基礎補貼金額每年減少 10%、20%和 30%，其目的是逐步提高國內技術，促進不同車型的製造和採用，這些車型必須滿足越趨嚴格效能才能獲得補貼，數據顯示自 2016 年以來，中國大陸的純電動車平均續航里程已經增加了 50%，以期向其他市場出口電動汽車。

(7) 日本

日本政府於 2021 年 10 月發布之能源基本計畫(エネルギー基本計画)[66]，以支持其到 2050 年實現淨零排放的目標，其中一項更新的重點為確立了 2030 年電力結構脫碳的目標，這對於日本 2035 年新售車輛全面電動化目標及 2030 年車輛燃油效率標準之達成至關重要。

除提供電動運具及充電基礎設施之補助預算，日本政府於 2021 年 11 月同意提供 375 億日元之預算用於電動運具。

(8) 韓國

2021 年韓國新售電動車輛數量大幅提升，超過計畫目標 9%，並以輕型車輛(LDV)為主，主要是因為從 2020 年至 2021 年補貼金額增加了約 21%，由 99,650 韓元增加到 121,000 韓元，此外，獲得補貼的電動運具電池性能、續航里程和車輛效率標準也隨之提升。

2021 年新推出的補貼計畫[67]對售價較低的電動運具補貼有限，以價格介於 6,000 萬至 9,000 萬韓元的電動運具為例，僅能獲得 50%的補貼金額。而 2022 年的補貼[68][69]更限縮為售價低於 8,500 萬韓元的汽車，才有資格獲得補貼金額的 50%。在前述補助政策方向引導之下，總體政府資金增加但每輛車最高補貼金額下降，售價較低的電動車型銷售占比明顯提升，韓國更展延前述計畫至 2025 年[70]，希能有助於運具電動化目標[71]之達成。

(9) 印度

印度政府過去於 2019 年 2 月 28 日宣布核准電動車製造業第二階段補貼計畫(FAME-II)，是 FAME India I 擴大版，計畫原規劃為期 3 年(2019 年 4 月至 2022 年 3 月)，總預算加碼至 1,000 億盧比(約 14.1 億美元)，重點涵蓋電動車在地化生產推動、公共運輸電動化等，獎勵補助以公共交通運具為主，私人運具的部分僅補助電動機車，預計將補助 100 萬輛電動機車、50 萬輛電動三輪車、5 萬 5,000 輛汽車和 7,090 輛電動巴士，以使用鋰電池和其他新技術電池等先進電池為主，其中值得注意的是，第二階段(FAME-II)改以電池的續航力做為適用補貼的標準，續航力越高補貼也越多，因此導致諸多續航力較低的電動機車被排除在補助範圍以外[72]。除補助外，FAME-II 將於都會區如地鐵站、人口數量高的城市廣設充電站，目標每 9 平方公里一座，預計總建置約 2,700 個充電站，希望透過獎勵措施及基礎設施佈建，提高電動車及混合動力車銷售數量。

印度是全球二輪電動車最大的市場，截至 2021 年底已有超過 100 萬輛電動運具上路，其中大部分為電動二輪/三輪車。印度政府已將前述 FAME-II 計畫由 2022 年延長至 2024 年 3 月[73]，並增加 50%電動

兩輪車的購買獎勵至電池容量每千瓦時(kWh)15,000 元印度盧比(INR)，此外，前述購買獎勵的補助上限將從電動兩輪車購置成本的20%提高至 40%。

然而，隨著計畫期間已過半，但卻僅補助約 10%的目標銷售量，因此近期 FAME-II 計畫可能會透過降低前期採購成本，以及激發創意以提供更多適用的電動車車型，以解決目標達成度較低的障礙。

2. 中/重型車電動化政策

隨著成本的降低和電池性能的提高，車輛總重超過 3.5 噸的中/重型車輛(M/HDV)電氣化的潛力大幅提升。儘管零排放重型車輛(HDV)商業化推動之策略措施多訂於 2025 年或更晚，但 2021 年已有 15 個國家宣示支持零排放貨車計畫(Zero-Emission Truck Ambitions Gain Momentum)[74] 並承諾簽署零排放中、重型車輛 MOU[75]，期能達到 2030 年新售貨車零排放、2040 年新售大客車零排放之目標。

(1) 歐盟

歐盟綠色新政要求將於2022年第四季重新訂定重型車之二氧化碳排放標準，然目前該法規要求 2025 年、2030 年納管之中型和重型卡車之二氧化碳排放量須分別較 2019 至 2020 年水準減少 15%及 30%。

(2) 英國

英國 2021 年 3 月出版了英國大客車策略(Bus Back Better: national bus strategy for England)[76]，內容涵蓋改善大客車服務並與其他運輸模式整合，以做為脫碳路徑圖的一部分，並於 2022 年 3 月宣布提供約 2 億英鎊的資金，以確保達成 2025 年提供 4,000 輛零排放公車之目標。

且英國亦於 2021 年 3 月提出零排放巴士區域(Zero Emission Bus Regional Areas, ZEBRA)[77] 計畫，該計畫承諾投資 2.7 億英鎊用於電動大客車。

此外，英國政府淘汰燃油貨車之目標[78]為 2035 年禁售燃油小貨車、2040 年禁售 26 噸以上之大貨車。且英國政府於 2022 年 3 月開始針對新售「非」零排放之巴士、長途客車和小巴進行協商，希望能設定此類車輛銷售之落日條款。

(3) 挪威

挪威 2018 至 2029 年國家運輸計畫[79]中宣示 2030 年新售重型車輛(HDVs) 100%零排放、新售長距離公車 75%零排放、新售卡車 50%零排放之目標。為達成前述目標，政府提供補貼機制，並針對 HDVs 徵收每公噸二氧化碳約 200 歐元的燃油稅。

(4) 加拿大

2022 年 3 月發布之 2030 年減量計畫(ERP)[80] 提出 2030 年新售中/重型車輛(M/HDV) 零排放占比達 35%、2040 年達 100%。為實現前述目標，相關策略包含中/重型車輛購車補貼計畫、輕能貨車示範計畫、及對重型零排放車輛(ZEV)的商業投資之前期稅收減免等。

(5) 智利

2022 年 1 月智利能源部發布之電動汽車國家策略(Estrategia Nacional de Electromovilidad)[81] 中，設定 2035 年智利新售公共交通運具(公車、計程車、共享計程車)100%零排放；2045 年貨物運輸(長距離貨車)、城際巴士零排放。

(6) 中國大陸

中國大陸於 2020 年實施新型城市重型汽車排放標準，2021 年 7 月實施其餘重型汽車排放標準。2023 年 7 月將發布更嚴格的排放標準與檢測要求和監測體系[82]。

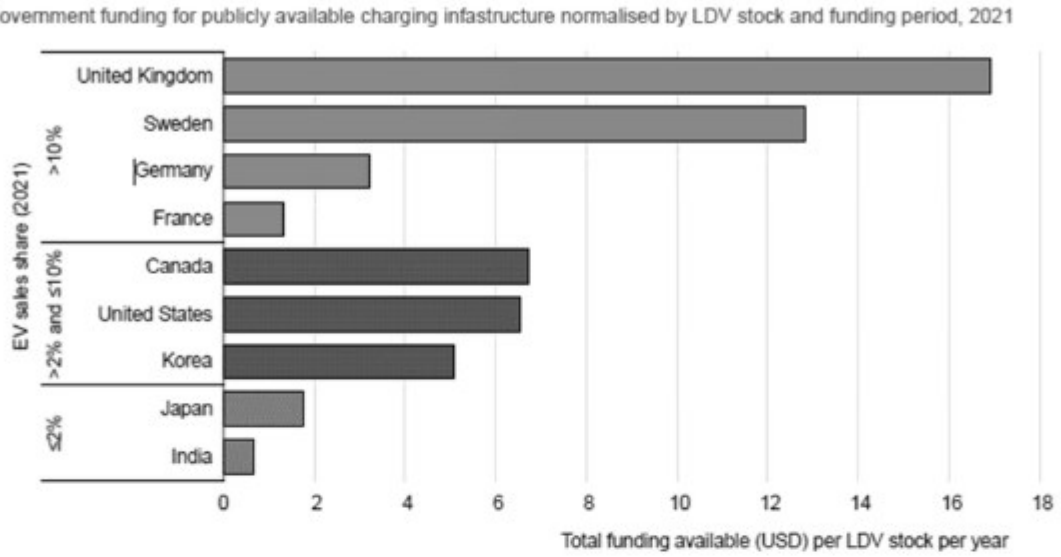
(7) 印度

國有的彙能能源服務有限公司(Convergence Energy Services Limited)啟動一個大計畫，目標需採購超過 5,500 輛電動巴士，前述計畫已在印度 5 個主要城市啟動，目標是擴展到 9 個城市。

3. 支持充(換)電基礎設施發展之政策

必須大幅增加對電動車充電基礎設施和其網絡規劃的投資，才能實現更積極的零排放車輛(ZEV)目標。不同電動運具銷售占比之主要國家其 2021 年政府投資公共充電基礎設施之資金如圖 2.2-1 所示。全球以中國(48%)及歐洲(33%)有著最大的電動車充電網絡，不論是中國大陸亦或是歐洲都需要再提升充電基礎設施之布建，以滿足消費者的需求。然而，在新興市場和發展中國家可能會面臨供電穩定及電網連結等障礙，總體而言，

電力系統的去碳化是實現 ZEV 目標，並達到完全零排放之關鍵因素。以下摘錄近期部分國家推動電動運具充電政策之亮點。



資料來源：IEA, Global Electric Vehicle Outlook 2022 (2022)。

圖 2.2-1　2021 年國家別公共充電基礎設施之政府投資金額

(1) 歐盟

歐盟目前共有 29 萬個公共充電站，2020 年歐盟發布的永續智慧交通策略(Sustainable and Smart Mobility Strategy)[83]包含 2025 年目標為部署 100 萬個公共充電站，到 2030 年目標為部署 300 萬個公共充電站。另有研究表示需約 200 億歐元之投資以達成 2030 年目標。

為實現該目標，並做為 Fit-for-55 套裝方案的一部分，歐盟委員會於 2021 年 7 月將替代燃料基礎設施指令轉變為法規(Alternative Fuels Infrastructure Regulation, AFIR)。

AFIR 要求成員國須於國內提供電動運具所需之電力供應，包含對每輛輕型純電動車提供 1kW 的功率輸出，以及對每輛輕型插電式油電混合動力車提供 0.66kW 的功率輸出。

歐盟另於 2021 年 7 月更新再生能源指令(Renewable Energy Directive II)[84] 提案，並設立 2030 年運輸燃料溫室氣體排放強度降低 13%的目標，此次修訂提出了一種新的促進電動汽車發展之額度機制，允許再生能源供應業者若經由公共充電站提供能源給消費者則可獲得相關額度，以促進公私協力合作。

(2) 英國

電動運具基礎建設策略(Taking charge: the electric vehicle infrastructure strategy)[85]自 2020 年以來已撥款約 16 億英鎊用於支持電動車充電基礎設施的部署，包含 9.5 億英鎊於高速公路沿線建置超充網絡、5 億英鎊於地方充電基礎建設布建、2,000 萬英鎊於住宅區為沒有私人停車場的居民提供公共充電服務等。

(3) 美國

美國目前有超過 10 萬個公共充電樁。2021 年 11 月 6 日美國國會通過了基礎設施投資和就業法案(Infrastructure Investment and Jobs Act)[86]，根據國家電動車基礎設施計畫(National Electric Vehicle Infrastructure Formula Program)[87]撥款 50 億美元於公路系統開發電動運具公共充電網絡。

此外，電動車充電行動計畫(EV Vehicle Charging Action Plan)[88]撥款 25 億美元用於過去較缺乏充電基礎設施投資之地區(如鄉村)，該投資方案旨在支持美國部署 50 萬個電動汽車充電樁為目標。

(4) 加拿大

加拿大過去推動電動汽車和替代燃料基礎設施部署計畫(Electric Vehicle and Alternative Fuel Infrastructure Deployment Initiative)[89] 提供約 9,660 萬加幣於建設沿海快速充電站網絡。

目前正在推動為期 5 年的「零排放運具基礎建設計畫」(Zero Emission Vehicle Infrastructure Program)[90]，預計於 2027 年前投資 6.8 億加幣於工作場所和多元住宅大樓之充電基礎建設，期減少充電基礎設施之缺口。

2021 年底宣布了在充電網絡中增加 50,000 個新電動車充電樁和加氫站為目標，隨後在 2022 年 3 月，ERP 宣布追加 5 億加幣用於零排放車輛充電基礎設施。

除中央政府外，一些電動汽車市占率較高的省份亦提撥公共資金以補助建置充電基礎設施，如不列顛哥倫比亞省撥款約 100 萬加幣用於購買和安裝 2 級充電設施，以期達成 2030 年設置 10,000 公共充電站之目標；新斯科舍省最近宣佈為電動汽車充電設施之部署提供

500,000 加幣的資金；安大略省宣布投入 9,100 萬加幣預算，於高速公路休息站、休閒區和共乘停車場安裝電動運具充電設施。

(5) 中國大陸

中國政府於 2022 年 1 月發布提升電動汽車充電基礎設施之指引[91]，目標為 2025 年國內充電基礎設施，能滿足超過 2,000 萬輛電動汽車的需求，並強化高速公路快充網絡的覆蓋率，於 2025 年時，國家生態文明試驗區、大氣污染防治重點區域的高速公路服務區快充站覆蓋率大於 80%，其他地區大於 60%。

為達成前述目標，相關措施包含：(1)擴大推動住宅區充電基礎建設的安裝，如新建築要保留固定車位 100%建置充電設施或預留安裝條件，並鼓勵充電運營相關企業或住宅區管理委員會合作發展住宅區充電設備；(2)優化中心城區公共充電網絡佈局，並加強縣城、鄉鎮充電網絡佈局；(3)加強車網互動等新技術研發應用；(4)加強充電設備運維與管理等。

除前述充電設施之外，亦啟動換電模式的示範計畫[92]，共有 11 個城市[6]參與示範計畫，目標是生產超過 10 萬輛能夠更換電池的車輛，並建設 1,000 個電池更換站。

(6) 日本

日本規劃提供約 375 億日元預算以支持 ZEV 部署，其中的 125 億日元系用於充電站和加氫站之建置，目標為 2030 年前部署 150,000 個電動汽車充電站[93]。

(7) 韓國

為達到電動運具及充電基礎設施之目標，韓國於 2022 年(740 億韓元)所投入用於慢充站之資金幾乎較 2021 年(240 億韓元)增加兩倍，另關於快充站之投資亦從 2021 年的 45 億韓元增加至 2022 年的 370 億韓元，預計可於 2022 年將充電設施數量由 8,000 個增加到 30,000 個。

[6] 北京、南京、武漢、三亞、重慶、長春、合肥、濟南、宜賓、唐山、包頭

(8) 印度

截至目前為止，印度 FAME-II 計畫已提供約 100 億盧比於 25 個州建置 2,900 充電站。並在 2021 年底設定了國家公路沿線每 40 至 60 公里需安裝電動汽車充電站，在 2023 年達成 35,000 至 40,000 公里公路之覆蓋率目標。

2022 年 1 月印度能源局更新電動運具充電基礎設施的標準及指引[94]，主要修訂內容包含放寬電動車車主在居家或辦公室充電的規定、與土地使用相關的收益分享模式、稅費上限等。

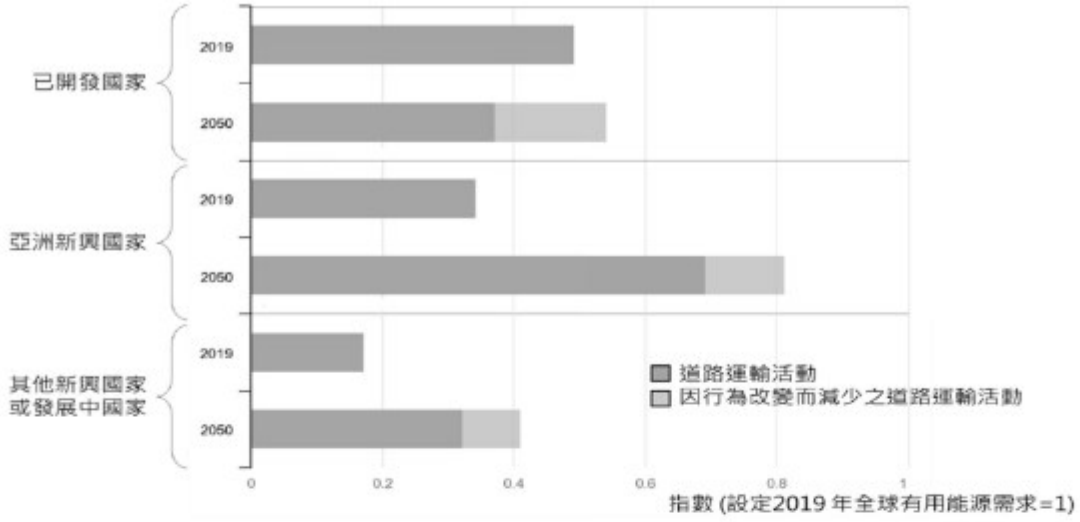
(9) 泰國

泰國目前有約 1,500 個公共充電站，然而其目標卻相當積極：2030 年建置 12,000 個快充站及 1,450 個電動機車換電站。並規劃公私協力之合作模式，泰國公私合作夥伴關係(public-private-partnership, PPP)正與一家國際公司合作，在充電網絡沿線每 50 公里提供快速充電設施，期達到安裝 1,000 多個新的快充樁。

2.2.2 推動運輸行為模式改變

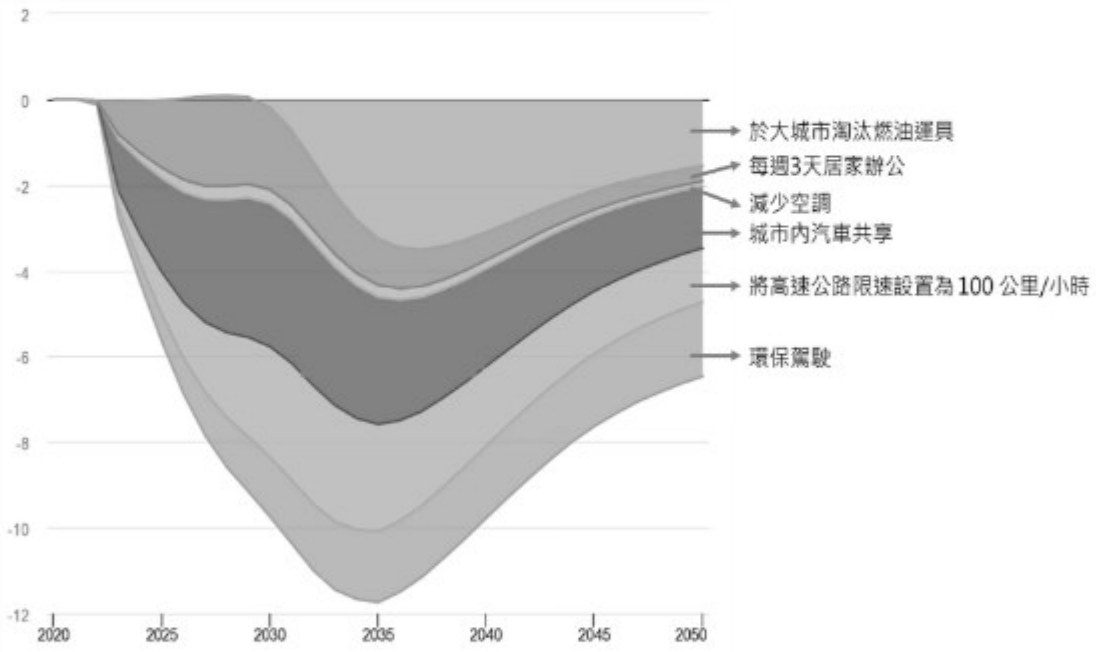
IEA 於 2021 年 10 月發表一篇文章[95]探討為達成 2050 年淨零排放之願景是否需要改變人們的行為模式，並表示儘管民眾行為改變可以促進溫室氣體減量，但政府政策亦是促成行為改變成功之重要關鍵，因此政府所推出相關政策應掌握民眾行為改變之障礙並據以訂定相關政策，並藉由教育宣導、誘因機制、價格訊號或強制手段達到消費習慣及民眾行為模式之改變。

在聚焦於運輸部門行為改變之研析，前述 IEA 文章亦針對不同發展程度之國家(經濟體)模擬推估至 2050 年之運輸需求成長及因行為改變之效益，如圖 2.2-2 及圖 2.2-3 所示。



資料來源：IEA, Impacts of behavioural changes on road transport activity in the Net Zero Scenario (2022)。

圖 2.2-2　道路運輸活動的行為改變對淨零排放情境之影響



資料來源：IEA, Impacts of behavioural changes on road transport energy consumption in the Net Zero Scenario, 2020-2050. (2022)。

圖 2.2-3　2020 至 2050 年淨零排放情境下行為改變對道路運輸能源消費之影響

另外，由 Walk21 基金會出版之「提倡運輸行為改變」(Promoting Mobility Behaviour Change)[98]報告，是一個鼓勵使用更多步行、自行車和公共運輸等綠色運輸模式，並儘量減少使用私人汽車之指引，該報告先說明人類運輸行為本身就不易改變，需要長時間的政策引導、提供相關活動及建議，最後藉由鼓勵機制或提供良好的使用環境，方能促使民眾由私人運具轉移至綠運輸，如圖 2.2-4 所示。



資料來源：Mayor of London, London Net Zero 2030: An Updated Pathway (2022) ,本計畫繪製。

圖 2.2-4　長期運輸行為改變

且前述行為改變之進程，可能需要透過不同階段(思考階段、行動階段及維持階段)的模式轉換，方能轉變為新的運輸習慣。該報告亦提出行為改變規劃之框架，可以概略分為以下 7 個步驟：

1.定義計畫項目的範圍、總體願景和目標

運輸項目的總體願景和目標通常包含減少排放以改善空氣品質、減少交通事故傷亡人數、減少能源消費、減少溫室氣體排放、緩解交通壅塞及停車壓力等，以打造更永續的交通方式。

2. 蒐集基線資料

多數城市在推動相關計畫之前，會進行示範計畫，針對範圍較小的受眾進行試推，並藉以掌握有用之數據。

3. 定義目標群眾

市場區隔(Market segmentation)是城市用來協助目標群眾改變其運輸行為常見的工具。在將群眾區分為不同群體之後，則須視該地區之運輸硬體基礎建設、所提供之運輸服務等現況以選擇目標受眾。且亦須考量目標群眾之規模，除非有特定預算或目標，否則建議不要挑選少於 5% 人口的群體做為目標。

4. 定義所提供的運輸服務和選項

所提供的運輸服務和選項包含資訊(如等待時間)、宣導(如鼓勵使用公共運輸、步行和騎乘自行車)、組織(如共乘制度、共享、自行車租賃等)、訓練(如自行車訓練、環保駕駛訓練等)、投資新的服務或設施(如新建自行車道、人行道、通勤巴士)、替代運輸(如遠距辦公、彈性工時)、其他支持(如停車管理)。

5. 設立目標並訂定評估指標

多數歐洲促進運輸行為改變計畫的主要目標為提升民眾環境意識及針對特定族群量身訂做解決方案。因此通常將重點聚焦於減少私人運具使用之社會效益上，包含環境效益、促進健康、節約能源、節省時間、增加安全等。而這些評估指標建議為具體且可衡量的。

6. 針對所選擇之情境進行監測

計畫評估與監測是指衡量因干預措施所導致的結果，並了解改變之原因，監測標準可包括：出席數和參與數、措施導入前後之運具使用占比變化、運具行駛距離變化、滿意度調查等。

7. 評估計畫項目並解釋觀察到的變化

目前，歐洲較缺乏有關行為改變相對應的佐證數據，因此相關監測和報告是有必要的，以利後續能更準確的掌握行為改變模式及預期效益，並需要長期持續的監測，方能得出較成功的結果。

2.2.3 推動運輸行為模式改變之案例

除了掌握前述運輸行為模式改變之政策導引方向之外，本計畫亦蒐研國際間成功推動民眾運輸行為改變之案例，以分析各國家或地區案例之政策推動方向及主要作法，分述如下：

1. 英國倫敦

倫敦 2022 年 1 月出版之 2030 年淨零排放路徑[100]中包含未達成淨零排放目標各部門之主要指標及推動策略，其中運輸部門有關運具移轉至公共運輸及主動運輸之 2030 年指標包含：

(1) 2030 年小客車運輸距離(vkm)較 2018 年減少 27%；

(2) 2030 年小貨車(van)運輸距離(vkm)較 2020 年成長不超過 2%；

(3) 2030 年大貨車(HGV)運輸距離(vkm)較 2018 年 0%成長；

(4) 2030 年有限度地恢復 COVID-19 疫情後之航空運輸需求，達 2018 年水準之 50%；並在 2030 至 2050 年間控制航空運輸需求以不超過 2018 年水準之 85%為目標。

另外，倫敦市長提出新的運輸策略[100]旨在改變民眾選擇出行之方式，期於 2041 年達到所有倫敦人外出旅次有高達 80%為步行、自行車或公共運輸，且 2041 年滿足 70%的倫敦人口居住地 400 公尺內擁有安全、高品質的自行車道，並於 2050 年達到倫敦整體交通系統實現零排放。

未來倫敦交通系統是否成功轉型取決於民眾是否願意選擇使用永續運輸，因此市政府於 2021 至 2022 年投資 21 億英鎊打造健康街道，以提升人行道及自行車道之環境空間、安全性與空氣品質，並建置更多無車區(traffic-free areas)以提升行人路權。

為使得民眾願意選擇使用公共運輸或其他主動運輸，倫敦政府擬定相關政策措施，節錄如下：

(1) 於 2020s 年代中後期於倫敦範圍內開徵道路使用費；

(2) 實施交通和停車管制措施，如停車供應管理及徵收費用；

(3) 在特定地區實現在居住地之同一地區可同時滿足需要之生活服務和辦公，以減少運輸需求；

(4) 加速將道路空間重新分配給公共運輸、共享運具和主動運輸之基

礎設施；

(5) 到 2030 年大幅改善公共運輸服務，包含加速提升公車路網以填補鐵路及其他公共運輸之不足。

2022 年 10 月 6 日倫敦交通局和桑坦德銀行(Banco Santander, S.A.)宣布，在桑坦德計畫(Santander Cycles Scheme)中將正式引進電動自行車租借[101]，期許透過電動自行車的引進打破以往在選擇騎乘自行車上的障礙，例如:身體健康狀況、年齡及旅程長度。在引進電動自行車的同時，倫敦交通局也調降普通自行車騎乘費率，將前 30 分鐘騎乘費率調降為與公車票價相同的 1.65 英鎊，期透過調降費率吸引更多搭乘公車通勤的的民眾改為騎乘自行車。

2. 愛爾蘭

愛爾蘭交通局於 2022 年 4 月發布「國家永續交通政策」[102]，制定了到 2030 年主動運輸(步行和自行車)和公共運輸的策略框架，以協助愛爾蘭實現其氣候目標，並連帶發布「2022 至 2025 年永續交通政策之行動計畫」，其中包含藉由提供安全、綠色、便捷和高效率的永續運輸工具以取代私人運輸，且納入需求管理和行為改變措施，希能更有效地管理日常運輸需求並減少私人運具之使用。

該政策目標為 2030 年前達到每天至少 500,000 次運輸為綠運輸(步行、自行車、公共運輸)，並將化石燃料車輛行駛里程減少 10%。愛爾蘭政府提出以下 5 項目標以達到安全綠運輸之願景：

(1) 提升運輸安全；

(2) 公共運輸去碳化；

(3) 擴大都市地區永續運輸之可及性；

(4) 擴大鄉村地區永續運輸之可及性；

(5) 鼓勵民眾選擇永續運輸而非私人運具。

其中，關於涉及民眾行為改變及運輸需求管理的目標 5「鼓勵民眾選擇永續運輸而非私人運具」，旨在透過行為改變和需求管理措施鼓勵所有年齡層的民眾的選擇更可永續的運輸模式。

然運輸模式的選擇可能會依據人格特質(如年齡、性別和收入)、居住地、工作內容、運輸可及性、交通便利性及交通設施硬體環境而有所不同，

此政策需藉由提供必要的支持、投資、基礎設施和資訊，使永續運輸變得更便利、更實用且更具有吸引力。因此，若只是提供私人運具的替代方案是不夠的，還需要鼓勵使用綠運輸，並採取措施降低私人運具的吸引力，如道路空間重新分配、提升步行及自行車使用路權與安全之使用環境、減少停車位、導入 15 分鐘社區概念，才能逐漸促進民眾選擇改變；另外，運輸需求管理亦為提升永續運輸使用占比必要的方式。

既有之運輸行為改變相關計畫將繼續推動(如 Green Schools Travel、Smarter Travel Workplaces、Campus programmes 等)，並由主動運輸基礎建設相關計畫(如 Safe Routes to School Programme)支持提升自行車停車空間，以及透過於國內學校擴大騎乘教學計畫之推動(如 Cycle Right training programme)，鼓勵學童及青年採用更永續的出行方式。

3. 新加坡

新加坡 2019 年提出「2040 陸路交通發展總計畫[103] (Land Transport Master Plan 2040)」，配合其為都市型國家，因此透過推廣走、騎、搭運輸模式(Walk-Cycle-Ride modes)，期能於 2040 年達成「20 分鐘市鎮、45 分鐘城市」的願景：藉由短距離的步行或自行車，搭配中、長距離的公共運輸工具，並強化公共運輸的無縫轉乘，將私人運具的使用降至最低，期望未來即便不使用私人運具，也只需 20 分鐘，即可從住家前往商店、飲食場所、公園或診所等鄰近地區；於交通尖峰時段，至多只需 45 分鐘便可往返家和工作場所，隨著交通運輸的改變，間接擴大民眾的生活圈，讓運輸選擇更加多元。

為達到以上目的，新加坡政府加強推廣步行及自行車為短、中程公共運輸旅程的最後接駁選擇，計畫重點摘錄如下：

(1) 加強建設自行車道，預計於 2040 年達成自行車道長度超過 1,000 公里，並於所有建築物、設施或巴士及地鐵出入口旁建置自行車停放區，且於自行車道旁設置沖洗、儲物、烘乾空間。

(2) 於 2013 年推動「走至搭計畫(Walk2Ride Scheme)」[104]，已於 2018 年將公共運輸場站半徑 200 公尺範圍內完成建置有遮蔽空間(因氣候關係常有午後雷陣雨，因此有遮雨需求)的人行道，並連接區域內的學校或醫療設施，未來將擴大至 400 公尺，範圍將涵蓋至住宅、工作及商業區等更多重要社經場所，居民可擁有安全且舒

適的人行道，以徒步前往搭乘各項公共運輸，預計 2040 年增設約 150 公里的有遮蔽空間人行道。

(3) 拓展軌道路線，擴大涵蓋範圍，並沿線興建更多綜合交通樞紐，整合各種公共運輸場站，使公共運輸轉乘更加方便。

(4) 實行公車優先專用道，於公車專用道沿線及轉彎處安裝訊號系統，避免旁車誤入；並透過即時全球導航衛星系統(GNSS)數據，搭配人工智慧預測，進行智慧運輸系統分析，以進一步優化交通號誌的時間點，減少公車停等時間。

(5) 建立數據資料中心(DataMall)，加速陸路運輸資料的蒐集及分享，並搭配 MaaS 系統，利用即時數據估算公車抵達時間、即時公車位置等，提供使用者更簡潔的資訊整合服務，達成資訊無縫。

4. 西班牙

西班牙政府已批准國家交通運輸和城市議程部(the national Ministry of Transport, Mobility and Urban Agenda, MITMA)於 2022 年 3 月 22 日提交的永續交通法(Sustainable Mobility Law, SML[105][106])草案，該草案預計將於 2022 年底前提交給內閣(consejo de Ministros)進行最終批准，以便將法案(草案)送交議會，期於 2023 年底前獲得批准。永續交通法草案架構共有四大支柱，分述如下：

(1) 交通運輸為一項社會權利：

促進交通運輸之包容性與普遍性，考量以民眾為本的永續交通系統，為民眾提供靈活、創新且有效率的出行解決方案，以取代私人運具的使用，同時能滿足日常出行的需求

(2) 主動運輸及健康交通：

完備永續運輸系統相關基礎設施和設備，並促進使用永續且健康的交通模式，鼓勵民眾優先考慮主動出行(步行、自行車)，同時提高貨運和物流的競爭力。

(3) 數位與創新的運輸系統

藉由修調公開數據相關法律規範，使公共行政部門得以獲得更多可利用之統計訊息，進而改善公共政策與精進系統管理，以增加

運輸服務並提供民眾良好的旅運體驗。同時，允許創新的運輸活動、項目、商業模式或新科技技術能在特定區域或時段進行試辦。

(4) 提供更好公民服務

加強交通基礎設施建設，確保其具備嚴格之規劃，達到國家優先投資標準，以利妥善進行資源配置，達效益最大化。並藉由提高政策透明度並擴大公眾參與，向民眾宣導永續運輸。

2.3 聯合國氣候變化綱要公約第 27 屆締約方大會

2.3.1 COP26 重點回顧

聯合國 1992 年 6 月在巴西里約熱內盧「地球高峰會」(Rio Earth Summit)上，通過「UNFCCC」，1994 年 3 月 21 日公約正式生效。公約生效後，1997 年通過「京都議定書」(Kyoto Protocol, KP)，並於 2005 年 2 月 16 日正式生效。

UNFCCC 在 2013 年於波蘭華沙召開的第 19 屆締約方大會(COP19)中，第一次召開運輸部門周邊會議-運輸日(Transportation Day 2013)，並發布低碳運輸和永續發展的華沙宣言(Warsaw Statement on Low Carbon Transport and Sustainable Development)，自此確立各國運輸部門應促進友善環境的永續運輸、減緩溫室氣體排放、藉此達到全球永續發展目標(sustainable development goals, SDGs)，此「運輸日」也固定於每年締約方大會召開。

2014 年利馬氣候行動呼籲(Lima call for Climate Action)中，具體提出新協定的主要內容[107]，期透過「國家自定預期貢獻(INDCs)」做為各締約方其自定減碳承諾的宣示。2015 年召開的 COP21 中，各締約方透過訂定「巴黎協定」以做為 2020 年京都議定書到期後下一份全球多邊氣候協定，於 2016 年 11 月 4 日正式生效，「巴黎協定」重點為所有締約方應共同對抗全球暖化，將地球氣溫控制在不超過前工業時代攝氏 2 度的範圍內，且更應力求將溫度升高控制在 1.5 度內，確立全球未來因應氣候變遷之行動目標。

而 2021 年 10 月 31 日至 11 月 12 日於英國格拉斯哥(Glasgow)召開之第 26 屆締約方大會(COP26)終於完備巴黎協定規則手冊(Paris Agreement Rulebook)第六條(Article 6)[108]，締約方同意結轉(carryover)自 2013 年以來在京都議定書下產生的 3.2 億噸碳額度帶入巴黎機制。

COP26 所產出之「格拉斯哥氣候協議」(Glasgow Climate Pact)[109]，為首份提及化石燃料的聯合國氣候協議，加速致力於分階段削減(phase down)未使用碳捕捉技術來抵銷污染的燃煤發電(unabated coal)，要求各國減少對煤炭的依賴，並逐步取消(phase-out)無效率的化石燃料補貼，且對碳交易市

場規則達成協議。並鼓勵各國在 2022 年底前上修其 NDCs，以提高 2030 年減量目標(亦即較巴黎協定規定的 2025 年提前 3 年)，期全球二氧化碳排放量 2030 年將較 2010 年減少 45%，在本世紀中葉達到淨零排放。

有關 COP26 其他重要進展，涉及運輸之資訊，簡述如下：

1.格拉斯哥突破性進展議程(Glasgow Breakthrough Agenda[110][111])

(1) 協議重點：

對抗氣候變遷同時兼顧全球市場成長、就業與經濟發展，支持聯合國永續發展目標，強化社會氣候回復力，將以促進潔淨科技與永續解決方案為願景，並以五大革新領域(發電產業、道路運輸業、產製氫業、鋼鐵業及農業)做為各國付諸行動的關鍵。

(2) 道路運輸業重點：

- 突破(Breakthrough)：2030 年零排放車輛成為所有地區的新常態，且零排放車輛為易使用、可負擔及永續。
- 全球指標(Global metrics)：零排放的新輕型和重型車銷售占比；零排放車輛可使用的充電基礎設施數量；在零排放車輛及其關鍵零組件(如電池)之研究、開發、示範、部署方面的投資；零排放車輛及其關鍵零組件(如電池)之相較於其他替代選項之相對成本、可負擔能力、可及性等。
- 國際合作之領導倡議(Leading initiatives for international collaboration)：
  - A. IEA 清潔能源部長級會議(Clean Energy Ministerial, CEM)中的電動車倡議(Electric Vehicle Initiative, EVI)[112]，倡議重點為加速全球導入及採用電動車；
  - B. Climate Group 的 EV100 倡議[113]和 Route Zero 倡議[114]，倡議重點分別為「參與之企業承諾於 2030 年達成運具 100%電動化，並藉由建置電動運具基礎建設，鼓勵員工或客戶使用」及「加速轉型至零排放車輛」；

C. 先行者聯盟(First Movers Coalition)[7],[115][116]，係由美國政府帶領之組織，創始會員包括蘋果、富豪集團(Volvo Group)、波士頓諮詢公司(BCG)、馬士基(AP Møller–Mærsk)等全球25間大公司組成，為難以脫碳產業如鋼鐵業、運輸業等的新興潔淨技術商業化做出採購承諾；

D. 運輸脫碳聯盟(Transport Decarbonisation Alliance, TDA)[8],[117]，倡議重點為刺激運輸部門展現出更大應對氣候變遷的政治領導力；

E. 零排放車輛轉型委員會(Zero Emission Vehicle Transition Council)[118]，致力於加強過渡到零排放車輛(ZEV)的政治合作。

(3) 簽署國家：目前有超過40國領袖簽署，包含英國、美國、印度、中國大陸、歐盟與澳洲等。

2.格拉斯哥零排放車輛宣言(The Glasgow Declaration on Zero Emission Cars and Vans)[119]

(1) 協議重點：2040年全球實現所有新車和貨車的零尾氣排放，並且主要市場需在2035年前實現零排放。

(2) 簽署單位[9],[120]，包含：(a)國家層級(如加拿大、英國、丹麥、芬蘭、冰島、挪威、瑞典、柬埔寨、印度、墨西哥等)；(b)城市、州、地方政府層級(如加州(美國)、紐約(美國)、華盛頓(美國)、舊金山(美國)、蘇格蘭(英國)、雷克雅維克(冰島)、佛羅倫斯(義大利)、巴塞隆納(西班牙)、加泰隆尼亞(西班牙)、拉巴斯(玻利維亞)、拉各斯(奈及利亞)、江原道(韓國)、首爾市(韓國)、卡塔馬卡省(阿根廷)；

---

7 美國政府於2011.11.02帶頭組織「先行者聯盟」(First Movers Coalition)，創始會員包括蘋果、富豪集團(Volvo Group)、波士頓諮詢公司(BCG)、馬士基(AP Møller–Mærsk)等全球25間大公司組成，為難以脫碳產業如鋼鐵業、運輸業等的新興潔淨技術商業化做出採購承諾

8 2017.11.11 COP23大會由法國、荷蘭、葡萄牙、哥斯達黎加和「移動與氣候巴黎進程(Paris Process on Mobility and Climate)」共同成立的組織

9 1.豐田汽車(Toyota)、福斯汽車(Volkswagen)與雷諾日產汽車聯盟(Nissan-Renault alliance)等全球前幾大車廠皆未簽署。

2.同樣沒有簽署聲明的BMW表示，他們的考量是以目前全球基礎設施的狀況而言，能否支持全面轉型零排放汽車的不確定性仍高。

聖保羅(巴西)、澳洲首都特區(澳洲)等)；(c)汽車製造商(如賓士(Mercedes-Benz)、富豪汽車(Volvo Cars)福特汽車(Ford Motor Company)、捷豹路虎(Jaguar Land Rover)、通用汽車(General Motors)、中國比亞迪汽車(BYD Auto)與印度電動三輪車製造商(Gayam Motor Works)等)；(d)營運車隊與共享平台(如 Uber、TESCO、IKEA、AZ、西門子等)。

3. 國際航空業氣候企圖聯盟(The International Aviation Climate Ambition Coalition)[121]

(1) 協議重點：承諾將落實國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)的減量目標，並將採取特定措施減少航空業排碳量，例如使用永續航空燃料、支持國際航空業碳抵換與減量策略(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)及新的飛機設計技術等，以達成 2050 年二氧化碳零排放的願景。

(2) 簽署單位：加拿大、美國、英國、丹麥、紐西蘭、日本、韓國等超過 23 國。

4. 克萊德班克綠色船運航道宣言(Clydebank Declaration for Green Shipping Corridors)[122]

(1) 協議重點：承諾支持建立「綠色航運走廊」[10]，目標在 2050 年前建立至少 6 條綠色航運走廊。

(2) 簽署單位：加拿大、美國、英國、丹麥、紐西蘭、澳洲、智利、日本、韓國等超過 22 國。

[10] 2 個(或以上)港口間的零排放海上航線

2.3.2 COP27 運輸相關議題、各國政策、大會決議等相關資訊

隨著全世界在因應氣候變遷方面加快步伐，「聯合國氣候變化綱要公約」第 27 屆締約國大會(COP27)已於 2022 年 11 月 7 至 18 日在埃及的沙姆沙伊赫(Sharm El-Sheikh)[123]舉行。本次會議涵蓋 3 個國際公約締約國會議，包含《聯合國氣候變遷綱要公約》 第 27 屆締約國會議、《京都議定書》第 17 屆締約國會議(CMP17)及《巴黎協定》第 4 屆締約國會議。

2022 年 10 月 27 日，聯合國環境規劃署(UN Environment Programme, UNEP)發布《2022 年排放差距報告》[124]，指出自 2021 年在英國格拉斯哥舉行的 COP26 至今，各國提出的最新承諾對 2030 年排放量的影響微乎其微，即使到本世紀末，大氣溫度很可能上升 2.8°C，即便執行目前已有的承諾，仍將上升 2.4 至 2.6°C。UNEP 執行主任暨聯合國副秘書長英格·安德森在發表會上說：「人們在減少溫室氣體排放方面所做的仍然遠遠不夠。」因此，必須在當前政策的基礎上，在 2030 年以前減少 45%的排放，才能走上將全球溫升限制在 1.5°C 以內的路徑上。技術與社會轉型的解決方案是存在的，我們需要的是多邊共同行動，而且刻不容緩。

隨後在 2022 年 11 月 3 日，UNEP 發布《2022 年適應差距報告》[125]，指出要幫助脆弱國家和社區應對全球暖化危機，強有力的「氣候減緩」和「氣候調適」至為關鍵。雖然 84%以上的國家都規劃了國家級調適方案，但是將方案轉換為行動的最重要支持力量的「融資」卻尚未跟上，投注在開發中國家的國際調適應資金比預計的需求量低了 5 至 10 倍，而且差距還在擴大。到 2030 年，預計每年的調適行動需要 1,600 至 3,400 億美元的資金，到 2050 年還要增加到 3,150 至 5,650 億美元。這些資金主要用於農業、水、生態系統及整合領域的調適行動。只要這些資金無法如期到位，則調適行動產生的效益將被加速發生的氣候風險淹沒，甚至進一步擴大調適差距。另一方面，該報告也建議應優先採取既能減少溫室氣體排放，又同時有助於地方調適行動的效益的相關作為，例如基於自然的解決方案。該報告也強調調適行動的有效性，認為應該強化調適行動與減緩作為的關聯與協同效益。另外也需要強力的政治意願來增加適應投資，方能提升成

果。這些評估結論正呼應了 UNEP 參與 COP27 時所聚焦的主題：氣候調適、氣候融資及公正過渡(以顧及受氣候危機影響最嚴重的國家、社區及群體的發展需求)。也衍生出今年大會最受爭議的議題：損失與損害賠償。

本次大會目標係依據《巴黎協定》及《格拉斯哥氣候公約》，期望能加速、擴大規模並透過正確機制來實現承諾，具體推動氣候減緩、調適行動、氣候融資、公平轉型乃至於促進全球共同協力等相關工作，並提供重要的機會來審視氣候變遷在非洲的影響。在非洲大陸的締約方大會在許多方面為該地區國家提供急需的行動，包括氣候融資、適應、損失和損害等，因這些問題對非洲和其他發展中地區尤為重要。埃及表示要使會議成為「與各方協調國際氣候努力，以造福非洲和整個世界的根本轉折點」，此一雄心在交通業引起了共鳴。而運輸議題自 COP26 被提到大會上討論後，COP27 更在大會的主席會議及大量的周邊會議中進行討論。茲將大會期間運輸相關周邊會議與活動整理於表 2.3-1。

表 2.3-1　COP27 與運輸相關之周邊會議及展覽時程表

日期		組織	主題
周邊會議	2022.11.08	國際交通論壇(ITF)	Morning Coffee：物流運輸行業的創新
	2022.11.09	國際運輸工人聯盟、國際海運商會(ICS)、聯合國全球盟約(UNGC)、國際勞工組織(ILO)、國際民用航空組織(ICAO)	實現航運的公正轉型
	2022.11.10	國際民用航空組織(ICAO)	航空綠色創新的新時代
			國際民航組織 LTAG 淨零 2050
		國際海事組織(IMO)	生產未來的船用燃料： 發展中國家再生能源生產的機會
		國際交通論壇(ITF)	流動的青年：21 世紀的青年與交通
	2022.11.11	PNUMA, MOVE ONU	循環經濟在永續交通中的機會
		HVT, SUM4ALL, ADB and GIZ	氣候相容成長計畫(Climate Compatible Growth Program, CCG)交通日
	2022.11.12	歐洲交通與環境聯合會 (T&E)、智能貨運中心 (SFC)	航運和貨運減碳及支持永續港口的區域性政策
		全球契約基金會(FGC)及其他	綠色航運挑戰(或全球甲烷承諾)
		國際公共運輸協會(UITP)	改變我們的出行方式：打造地區出行的未來
	2022.11.14	世界氣候基金會(World Climate Foundation)	創新交通世界氣候峰會：通過創新技術使運輸部門減碳
		UNFCCC, BMW Foundation	未來運輸
		國際交通論壇(ITF)	性別平等在交通脫碳中的作用
	2022.11.15	魁北克省	運輸公正轉型之好處：氣候領導者的經驗教訓
		國際清潔運輸委員會(ICCT)、國際交通論壇(ITF)、新氣候研究所(NCI)	交通公正轉型：包容性交通(包括航空)觀點
		國際清潔運輸委員會(ICCT)、航空環境聯合會 (AEF)	2050 年實現淨零航空
		國際航運公會(ICS)及其他	能源系統轉型中的航運機會：清潔能源海洋中心價值鏈
		國際交通論壇(ITF)	加速交通領域的雄心循環：制定具體的政策要求
		國際鐵路聯盟(UIC)、歐洲自行車聯盟(ECF)、國際公共交通協會(UITP)及其他	運輸模式改變：大眾運輸做為氣候解決方案
		We Mean Business 聯盟、TDA 計畫、SLOCAT	SLOCAT 夥伴關係日-對公共交通、步行和自行車進行有意義的投資
		國際公共運輸協會(UITP)	主動運輸和公共交通在新的出行模式中的角色
		倫敦衛生與熱帶醫學院(LSHTM)、國際公共運輸協會(UITP)	移動的力量：健康城市和社區的潔淨交通
	2022.11.16	世界經濟論壇(WEF)	為永續航班加油
			永續航空燃料(sustainable aviation fuels)
		馬拉喀什全球氣候行動夥伴(MPGCA)	MPGCA 運輸活動
		國際交通論壇(ITF)	MPGCA 航運突破實驗室活動

日期		組織	主題
		阿聯酋	阿提哈德航空往 COP27 的淨零航班
		SLOCAT, IsDB	在 IsDB 國家實現公正運輸和能源轉型
		Transport Canada	MHZEV 生態系統：加拿大和全球的成功與下一步行動
		國際公共運輸協會(UITP)	氣候智慧城市交通：投資何處？
	2022.11.17	國際公共運輸協會(UITP)	COP27 解決方案日-發起城市倡議(SURGe)和永續交通與城市交通倡議
			脫碳移動在低碳城市服務中的角色
		阿聯酋	阿聯酋的航空業脫碳
		英國政府和合作夥伴	全球轉型加速向零排放汽車的過渡
			支持公平轉型向零排放汽車的過渡
			格拉斯哥公路運輸的突破
	2022.11.18	AOSIS, UN-DESA, UN-OHRLLS, The Greening Islands, SLOCAT	小島及發展中國家之氣候、交通、運輸和能源的伙伴關係
		國際公共運輸協會(UITP)	一個健康無化石燃料世界的公正能源轉型
展覽	2022.11. 16-17	國際鐵路聯盟(UIC)	鐵路公司因應氣候變遷
		財團法人 台灣產業服務基金會(FTIS)	因應氣候變遷之韌性城市實踐，結合低排放運輸轉型、地方自願檢視報告(VLR)、碳揭露等

資料來源：UNFCCC, List of exhibits (2022)、SuM4All, SuM4All 12th Consortium Meeting: En-route to Sharm El-Sheikh(2022)、SuM4All, Consortium Meeting En Route to Sharm El Sheikh(2022)、SLOCAT, Engagement at COP27(2022)、SLOCAT, Engagement opportunities around the UN Framework Convention on Climate Change and the UN Climate Change Conference COP27 General Updates and SLOCAT Activities(2022)、SLOCAT, Transport at COP27(2022)、Climate Compatible Growth, COP27 Side Events(2022)、World Climate Summit, Partnering on Solutions for a Net-Zero Transition by 2030(2022)、WHO, COP27 Health Pavilion (2022)、UITP, COP27 to bring sustainable transport to the forefront of this year's climate talks(2022)。

1. 大會決議重點摘述

(1) 減緩

A. 為確保 1.5°C 的目標，2030 年全球溫室氣體淨排放量相對於 2019 年水準降低 43%。

B. 啟動沙姆沙伊赫減緩工作計畫(Sharm El-Sheikh Mitigation work program)，緊急擴大減緩力度和落實。

C. 啟動新的五年工作計畫，促進發展中國家的氣候技術解決方案。

D. 啟動森林與氣候領導人夥伴關係，到 2030 年制止森林流失和土地退化。

(2) 調適工作

A. 未來 5 年打造「全球預警系統」，為所有地球人提供極端氣候災害事件的及早預警。

B. G7 和 V20(“脆弱的二十國”)啟動了全球氣候風險盾牌。

C. 丹麥、芬蘭、德國、愛爾蘭、斯洛文尼亞、瑞典、瑞士和比利時瓦隆地區宣布為全球環境基金提供總額為 1.056 億美元的新資金。

(3) 損失與損害基金

A. 為遭受氣候災害重創的脆弱國家提供專款專用的“損失和損害”基金。

B. 各國政府還同意成立一個“過渡委員會”，就如何在明年的 COP28 上討論基金設置細節提出建議。

C. 啟動聖地亞哥損失和損害網絡，以促進對脆弱發展中國家提供技術援助。

(4) 及早全球預警系統

A. 聯合國在 5 年內建置全球氣候及早預警系統保護地球居民。

B. 邀請各界傾囊相助 2023 年到 2027 年的針對性投資計畫。

(5) 公正轉型計畫

A. 決議制定「公正轉型工作計畫」(work programme on just transition)。

B. 於第五屆會議開始(CM5)，每年召開一次高階部長圓桌會議(high level ministerial round table on just transition)。

(6) 全球金融架構改革

A. 呼籲將傳統由單一金融機構承作的「雙邊融資」(bilateral)架構，改為「多邊融資架構」(multilateral finance)，聯合眾多金融機構為氣候緊急行動提供足夠資金。

B. 敦促已開發國家及早實現每年提供1,000億美元予開發中國家進行氣候行動之承諾(原承諾是2020年達成)。

2. 觀察心得

(1) 包容式運輸

A. **安全、可及、可負擔！**在追求電動化的過程，需要辨識受到衝擊或形成移動障礙的族群及原因。客製化的資訊提供使用者在複雜的公共運輸網絡中找到適合自己的最佳方案，降低資訊障礙，提供創新而共同的戶到戶運輸服務。

B. **緊湊型城市發展。**有別於過去使用分區明確的都市發展，緊湊型或多元機能的城市發展，成為有助公共運輸與主動式交通(步行與自行車)推動的重要條件。

C. **高齡社會規劃。**與其他國家不同，我國的包容式運輸需要更多地關注在高齡者移動議題上。新加坡結合公共運輸站點及社會輔助系統的安全返家點(Dementia Go-To Points, GTP)可能是我們最迫切且最容易推動的包容式運輸行動。

(2) 電動化與低碳化

能源安全衍生的交通安全。發展中國家發展電動運具的策略，與已開發有些不同，如非洲因為供電長期不穩定，使其缺乏發展電動運具的條件。但這個現象，在上週瑞士因為電力不足而考慮限制電動車上路後，凸顯了已開發國家同樣面臨的問題。在過於集中的能源供應系統下，未來承擔的風險，已由能源部門擴散到運輸部門。

(3) 國際航運及海運淨零排放

A. **CORSIA(國際航空碳抵換及減量計畫)留校察看**。2022 年 12 月 7 日，歐盟理事會和歐洲議會臨時同意要修改歐盟排放交易體系(EU ETS)規則，希望將歐洲內部航班納入交易體系並逐步取消航空業的免費排放配額。歐盟同時要在 ICAO 於 2025 年第 42 屆大會之前，評估其 CORSIA 的表現，若無法實現減排目標，將使 EU ETS 擴大到所有從歐洲經濟區起飛的航班。我國雖已參與 CORSIA 的監測、報告與查證作業(Monitoring, Reporting and Verification, MRV)機制，但未來歐盟是否為維護歐洲航空業競爭力而對外來航班也進一步課以稅則或採取其他措施，仍需要緊盯。

B. **永續航空燃料(sustainable aviation fuels, SAF)成為航空淨零排放下的熱門產業**。儘管歐盟雄心勃勃，但 SAF 的來源卻成為所有業者的最大風險。毫無疑問的，一旦歐盟在一年多內開始減少免費排放配額，SAF 的價格將使燃料成本飛漲。

C. **航空與航運雙雙納管**。另方面，2022 年 11 月 30 日，歐洲議會、理事會及委員會達成協議，將航運納入歐盟排放交易體系。歐盟的航空與航運納入 EU ETS 就近在眼前，對我國而言，除了航空與航運產業可能受到衝擊，未來更可能為我國高度依賴國際市場的產業鏈及經濟系統帶來不確定性，高昂的運輸成本也可能改變我國產業鏈的全球布局。

(4) 生活與行為轉型

活動與風潮是現世代快速改變行為的動機。由國際自由車總會(UCI，法語：Union Cycliste Internationale)分享的創造一個自行車城市的經驗中可知，對現世代人們而言，活動、群眾效應及新鮮是誘使他們改變行為模式或習慣很重要的推力。但這需要基礎設施、持續且具吸引力的活動、與公共運輸完善整合的設計及適當空間規劃的支撐，才可能達成。在聯合國交通及發展政策研究所（Institute for Transportation and Development Policy, ITDP）的城市案例評估中，也說明保護騎乘者的專用自行車道網絡等基礎設施，確實能吸引民眾由汽車或機車移轉到自行車使用，並達到減少溫室氣體及空氣汙染排放的效果[270]。

(5) 策略調和與配套

運輸計畫與土地使用計畫必須緊密結合。從地中海聯盟的推動經驗看到，要使不同的運輸模式彼此間存在強烈的互補性而非替代性，需要國家與地方層級的運輸計畫相互調和，更需要運輸計畫與土地使用計畫間的周延設計。這與我國當前發展中的電動車充電設施、自行車與步行環境建置、共享運具空間設計，以及貨運物流的路邊空間規劃都息息相關。

(6) 智慧運輸與自動化運具

人本、效率、低碳的選項。我國在數位發展上擁有優秀人才及堅實的工業基礎，在智慧運輸的研發也長期持續進行中。惟技術的先進發展，仍舊要回到生活應用上，才能發揮廣泛而永續的價值。地中海聯盟提到準備要導入自動化車輛做為運輸減碳的一個選項，這對已邁入超高齡化的我國，不失為可強化發展的方向，因為這個技術選項除了帶來減碳的可能性外，更可以發揮社會輔助、包容式成長及智慧創新產業開展的多元功能。

2.3.3 國際運輸部門淨零排放策略分析成果分享會議

本計畫於本章彙整了各國為達淨零排放目標，所進行的各式減排策略與推動措施，並經由出席 COP27 會議，蒐集國際氣候治理與相關政策發展前沿，並與國內進展及社會經濟現況比較後，提出國內在全球淨零排放軌跡中，可能存在的深度減排空間。為使各項觀察及對國內運輸部門減量策略之回饋能與交通領域專家進行交流，本計畫已於 12 月 22 日舉辦成果分享會議。會議名稱：「我國運輸部門的淨零解方：COP27 觀察心得」成果分享會議，會議時間：1111 年 12 月 22 日(四)上午 10 時，會議地點：交通部運輸研究所 7 樓綜合技術組會議室(臺北市松山區敦化北路 240 號 7 樓)，並同步以 MS Teams 系統提供視訊與會，會議簡報資料詳附錄 5。

2.4 國際重大事件對運輸排碳之影響

為掌握最新國際重大事件對運輸部門溫室氣體排之影響，本計畫持續蒐集國際重大事件之最新進展，以了解各國因應重大事件之運輸相關減量策略調整方向，以及反應之排放量變化結果，希能貢獻至我國研擬相關策略之參考。因此，本節分別針對(1)新冠肺炎疫情及(2)烏俄戰爭進行說明：

2.4.1 新冠肺炎(COVID-19)疫情對運輸部門影響

嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情在 2019 年末於中國大陸湖北省武漢市首次被發現，隨後在 2020 年初迅速擴散至全球多國，逐漸變成一場全球性大瘟疫。截至 2022 年 7 月 14 日，全球已累計報告逾 5.64 億例確診個案，其中逾 637.9 萬人死亡[136]，是人類歷史上大規模流行病之一。

自疫情於全球爆發以來，各國紛紛祭出鎖國、封城、居家隔離等防疫措施，間接減少了經濟活動，因此亦導致了全球溫室氣體排放量的下降，但是這種短暫的行為模式改變所造成的降幅，在之後是否會大幅反彈，仍有待更長時間的觀察，亦有文獻指出交通部門消費習慣本身就是較難被改變的[137]，因此疫情後是否能產生新的生活型態，更需要政府政策的配合與引導。

本計畫蒐集並彙整近 3 年來之相關研究，並依主題整理如下：

1. 運量及運輸部門溫室氣體排放量變化

在疫情爆發之前，歐盟研究預估 2050 年客運量將較 2010 年成長 42%、貨運量將較 2010 年成長 60%[138]，其中航空客運每年則預期成長 3.5%[139]，然而運輸部門在此次疫情受到嚴重衝擊，其中又以航空運輸運量最為嚴峻，以歐洲為例航空客運減少了約 90%。除了邊境管制帶來的衝擊，境內移動管制或者封城同樣限縮了交通客運量，以紐約為例，交通運輸量較往年平均降低 35%，並進一步導致二氧化碳排放量減少了 5 至 10%[140]。

客運受到的衝擊來自移動的限制，相較之下貨運受到的影響顯得複雜許多。ITF (2021)指出 2020 年全球貨運量約較 2019 年下降了 4%，這個變化綜合了因為全球對化石燃料的需求與貿易減少、居家經濟對電子等特定商品的需求擴增、港口及工廠因確診或隔離防疫措施缺工所導致的供應鏈

瓶頸等諸多正、負面影響因素，貨運物流所受到的衝擊也凸顯出全球經濟與供應鏈的脆弱性。

整體而言，COVID-19 造成 2020 年全球二氧化碳排放較 2019 年減少約 5.4% (SLOCAT, 2021)至 7% (Le Quéré et al., 2020)[141]，創下有史以來最大降幅，其中又以運輸部門排放量變化最明顯，約下降 19.4%，這個降幅主要來自前述航空與陸上運輸的運量縮減，國際航空排放量減少了 56.4%，境內航空減少了 31.9%，國際海運減少 24.8%，陸上運輸則下降了 14.6% (SLOCAT, 2021)。

2. 因 COVID-19 疫情而導致之民眾運輸行為模式改變

除了鎖國、封城、居家隔離等防疫政策之外，為減少實體接觸並增加社交距離，皆大幅改變了民眾以往日常的運輸行為模式，包含減少非必要之航空運輸、亦減少可能增加染疫風險之公共運輸，在必須出門時，私人運具成為移動的優先選項，但對於經濟脆弱的族群，卻帶來雪上加霜的衝擊。

IEA 於 2020 年 5 月發表的文章[142]顯示，2020 年 3 月底全球公路運輸活動量較 2019 年平均值降低約 50%；而 2020 年 4 月航空運輸的活動量較 2019 年平均值降低約 75%，而在防疫措施最嚴格的時期，甚至有部分城市之旅次數量比過去平均值降低超過 90%。

過去類似的事件，以 2003 年的 SARS 為例，在疫情最嚴峻的時期航空運輸需求減少了約 35%，並在疫情緩解後的 6 個月內之運輸需求仍低於過去平均，因此，在面對 COVID-19 疫情時，從行為面來看，航空運輸需求的恢復速度將取決於疫情是否會永遠改變人類的運輸模式，包含風險、成本、便利性、替代運輸方式之適用性等，例如與視訊會議取代實體商務會議若成為新習慣則可能減少運輸需求；於飛行前提供陰性報告證明可能有助於提高乘客之安全感，提升旅行意願，但亦可能使航空運輸成為更耗時、成本更高的運輸模式，降低旅行意願。

已經有很多關於 COVID-19 如何改變社會行為和交通方式的案例與研究[143][144][145][146][147]，居家辦公、網路購物變得普遍，在保持社交距離的情況下，人們的運輸模式除了由公共運輸轉移至非機動運具(步行、自行車)之外，IBM 研究[148]亦顯示有約 17%的消費者表示因為 COVID-19 疫情使他們更常使用私人小客車做為外出選擇的運具。且在疫情期間許多國家有

汽車銷售量是高於往年平均的現象，以上種種跡象亦表明，隨著疫情逐漸減緩時，運輸部門化石燃料使用及溫室氣體排放量很有可能會大幅反彈。Marsden 等人針對倫敦地區的調查則顯示疫情期間多出 36%至 56%的人會多走路，但這個現象是否代表旅次產生移轉，則因平常較難對步行進行統計，故尚難以論證；其次，該調查也發現大約有 60%的居民表示除了公車之外，沒有其他運具選項，這使得對社交距離及公共運輸的限制解除後，很快地公車的運量就在 2021 年早秋時回到 2019 年 60%的水準，鐵路則是 43%，剩餘尚未回來的運量，則須視經濟回穩的時點、在家工作的持續狀態、遠離人群的習慣等因素而難以估計；至於 IBM 觀察到的汽車銷售與使用增加現象，在這個倫敦的調查中並未發生，反而是居民大多推遲購車或銷售舊車的決定，但疫情確實是讓民眾更傾向減少車輛持有的重要因素[271]。

3. COVID-19 疫情對我國民眾運輸行為之影響評估

國內受到疫情影響，運輸行為模式的改變與國際評估結果相當類似。根據 Chen 等人的評估[247]，民眾對疫情的感知越高，越可能從公共運輸(鐵路)移轉到私人運輸(自小客車)，這兩種運具之間存在相當強的替代效果，而民眾的感知會隨著疫情的高峰期而上升。

為了進一步驗證 2020 年第一波疫情期間以及 2021 年三級警戒期間對運輸行為的影響差異，本計畫利用 1990 至 2021 年大客車(含公路客運及市區公車)、捷運、鐵路(含臺鐵及高鐵)之運量年資料，透過差異中差異(Difference-in-Difference, DID)模型，估計 3 種運具運量在 2020 及 2021 年因疫情及三級警戒造成的與過往的差異，藉以評估疫情與三級警戒措施對公共運輸運量的影響。

一般來說，為擷取重大事件發生(如疫情)對某變數影響之關聯性，可能會採用虛擬變數進行估計[248][249]。然而，若單純以虛擬變數估計疫情發生前後的影響，可能會忽略其他如溫度、雨量、車用汽油價格或人口等因素在同期變化之影響[247]。因此，透過 DID 模型，建立一個沒有受到疫情影響的對照組與疫情影響下的實驗組，同時觀察兩者影響，以釐析疫情的真正效果。

評估結果顯示疫情與三級警戒皆使公共運輸運量下降，而三級警戒造成的影響是疫情的 2 至 7 倍，其中對鐵路造成的衝擊高於大客車與捷運(表

2.4-1)，這可能與鐵路運距較長，容易被自小客車取代，而大客車與捷運屬短程運具，多以通勤生活目的旅次為主，較難有彈性的調整方式，因此行為相對變化的幅度較低。

表 2.4-1　COVID-19 對我國公共運輸運量之影響

2018 至 2019 vs. 2020(疫情影響)		QREG	LS	GLM
大客車(公路客車+市區公車)	係數	-0.1315	-0.1602	-0.1602
	P-value	0.04	0.06	0.05
捷運	係數	-0.0906	-0.1074	-0.1074
	P-value	0.43	0.31	0.30
鐵路(含高鐵)	係數	-0.2804	-0.3742	-0.3742
	P-value	0.01	0.02	0.01
2020 vs. 2021(三級警戒影響)		QREG	LS	GLM
大客車(公路客車+市區公車)	係數	-0.5350	-0.6946	-0.6946
	P-value	0.05	0.02	0.02
捷運	係數	-0.5350	-0.6946	-0.6946
	P-value	0.05	0.02	0.02
鐵路(含高鐵)	係數	-0.6372	-0.8641	-0.8641
	P-value	0.11	0.04	0.03

資料來源：本計畫評估結果。

因此，面對疫情後復甦階段，政府的政策引導方向對於民眾行為改變模式至關重要，如投資高品質的公共運輸基礎設施、創造安全優良步行與自行車使用環境，將使得永續運輸的交通模式更有吸引力，有助於民眾選擇使用綠運輸。同時提供替代燃料運具(如電動車)之購車補助、充電基礎建設之投資，亦有助於民眾汰換燃油私人運具。

3. 疫情後實現永續運輸之轉機

Climate Action Tracker[149]建議，若每年對低碳能源相關產業增加約 1.5 至 2.3%國內生產毛額(GDP)的投資，且搭配減少對化石燃料投資，以及額外的氣候政策，將可能會刺激短期經濟活動，同時實現巴黎協定的氣候目標；IEA[150]及 International Renewable Energy Agency[151](IRENA)亦提出若相似的論點，在特定產業進行投資將有助於全球氣候目標的達成。

認知到 COVID-19 亦能成為永續運輸行為模式改變之契機後，決策者可以透過補助等誘因機制、藉由 COVID-19 引發的社會習慣改變，進而改

變長期運輸系統與模式，邁向減少溫室氣體排放的運輸模式，如加強低碳運輸(如推廣電動運具)、減少非必須之運輸需求、確保人人可負擔的公共運輸及共享運具[152]，相關投資項目值得列入考慮，包含政府補助購買電動貨車、電動公車；建置 MaaS 平台以強化各項運輸系統之無縫連接；提供自動駕駛電動運具；完善公共運輸第一哩/最後一哩路等。

4. 因 COVID-19 疫情帶來之正面影響：城市人本交通促進綠色振興

COVID-19 疫情之下，各國封城措施改變民眾運輸習慣與需求，這對城市居民之生活型態有極大影響。而由全球將近 100 座城市組成的 C40 城市氣候領導聯盟(C40 Cities Climate Leadership Group)，則成立了「COVID-19 經濟復甦全球城市專案小組」(Global Mayors COVID-19 Recovery Task Force)，於 2020 年 5 月 7 日發表「切莫重回舊常態：COVID-19 經濟復甦市長宣言」("No Return to Business as Usual": Mayors Pledge on COVID-19 Economic Recovery)[153]，並推出了一系列的落實指引[154]，其中與運輸相關的指引建議則為「優先考量行人及自行車使用者，打造更安全、更強健的復甦策略」(Prioritising cyclists and pedestrians for a safer, stronger recovery)[155]，其中不僅以防疫角度考量步行與自行車為較具社交距離之移動方式，同時說明步行跟騎乘自行車更有助於提升市民的身心健康，並有助降低空污，且進一步提出增加共享單車服務覆蓋率、改善人行道、自行車道等基礎建設、加嚴行車速限、支持非機動運具相關產業之就業機會與商業模式...等政策建議。並且亦有諸多城市(如米蘭、倫敦、巴黎、紐約等)亦已將擴大推廣步行、自行車等策略納入其復甦(振興)規劃。且為維持社交距離等防疫規定，自行車運輸需求及活動量是大幅提升的，在 COVID-19 疫情爆發後，部分地區(如中國大陸、德國、愛爾蘭、英國、美國等)的自行車活動量甚至增加了 150%以上[156]。

為了達成 2050 年淨零排放之願景，歐盟必須在 2050 年減少 90%運輸部門溫室氣體排放，然而，各國因應疫情推出相關綠運輸策略或永續交通轉型多為臨時性措施，多數短期策略並未整合至該地區之長期減量路徑之中，因此西班牙的智庫-巴塞隆納國際事務中心(Barcelona Centre for International Affairs, CIDOB)於 2021 年 7 月發表了「歐洲後疫情時代的城市交通轉型長期策略」(Urban Mobility after COVID-19. Long-term strategies for the sustainable mobility transition in European cities)[157]，探討歐洲各城市

如何制定更強健且兼顧公正轉型之長期運輸計畫，以利達成歐盟 2030 年減量 55%、2050 年達成淨零排放之目標。

另外，本計畫亦蒐研榮獲 2022 年永續交通獎的哥倫比亞首都-波哥大[158]，該城市為 COVID-19 疫情爆發初期即擴大建置臨時自行車道的城市之一，至今新建 84 公里自行車道，其中 28 公里自行車道已成為永久設施，而另有 46 公里自行車道現在仍在使用中。

5. 因 COVID-19 疫情帶來之負面影響：私人運具購置及使用量上升

儘管維持社交距離之政策提升了主動運輸(步行和自行車)的運輸需求，但卻對城市內公共運輸和共享交通帶來嚴重的負面影響[159]。且當人們對於公共運輸之不信任感提升，以及考量對疫情的擔憂，將促使民眾添購私人運具。中國大陸是第一個受到疫情影響的國家，其調查顯示該國人民對於購買私人運具的意願大幅提升，且最受青睞的車型是較不環保的燃油休旅車[160]。

以上綜整相關研究觀點，但前述短期因運輸需求驟降導致之溫室氣體排放減量現象之影響時程仍有待持續觀察，以 2008 年金融海嘯為例，雖然短期造成 1%二氧化碳排放量的減少，但在事件後反而增加了 5%的排放[161]，因此在 COVID-19 疫情後，運輸行為改變是否會成為新的日常，或是需多少時間才能恢復到疫情前的狀況，將持續掌握最新的研究報告，以瞭解疫情對運輸部門溫室氣體排放之影響強度。

2.4.2 俄烏戰爭對運輸部門溫室氣體排放之影響

2022 年 2 月 24 日，俄羅斯做出震驚全球的決策：入侵烏克蘭。短短一週內，布蘭特原油每日現貨價格衝上每桶 124 美元。儘管 3 月 31 日美國釋出戰略儲油每日 100 萬桶，使布蘭特 5 月交割價下挫 4.8%，西德州下挫 7%。據目前 EIA 預估，國際原油市場在 2022 年第 2 季之後可勉強維持平衡，但 2022 年全年現貨市場平均價格仍可能較 2021 年上漲約 48%。因此，俄羅斯入侵烏克蘭引發世界各國一連串的制裁行動，從經濟制裁、金融禁斷到貨品及能源禁運。目前整個衝突存在長期化的可能性，對於全球經貿與能源板塊的洗牌，以及隨之而來的國際運輸重整，可能產生重大變化。

俄羅斯出口之天然氣、石油及煤碳分別占全球消費量之 7.0%、5.8%、3.6%，而主要出口至歐洲，歐盟過去長期依賴俄羅斯能源供應，2021 年歐盟有超過 60%的進口能源來自俄羅斯，從俄羅斯進口的天然氣、石油及煤碳分別占歐盟總消費量約 40%、27%、46%，其中又以德國、土耳其及荷蘭為主要進口國。

2022 年 2 月俄國入侵烏克蘭戰爭開打之後，美國宣布禁運所有俄羅斯能源，許多西方政府、企業紛紛祭出經濟制裁，停止進口俄羅斯原油，雖然歐洲各國態度不一，但降低對俄羅斯能源的依賴程度已成為共識。

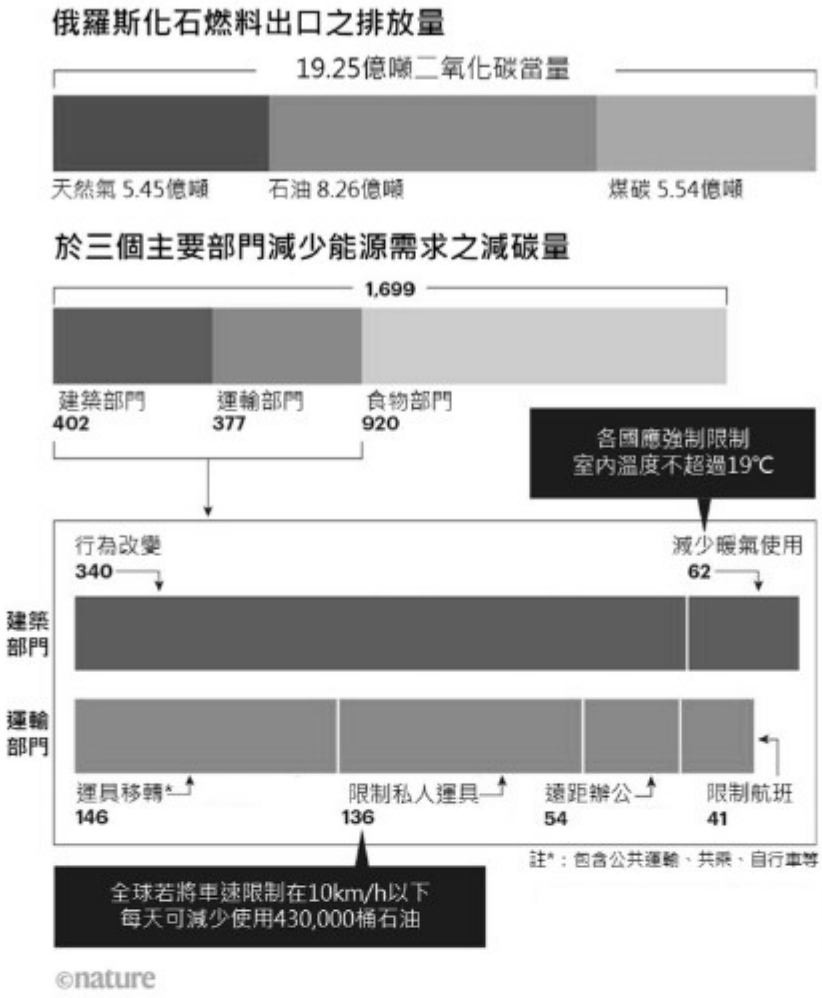
然而，對於全球而言，降低對俄羅斯能源的依賴並不容易，尤其又以歐盟國家更為困難，各部門需要制定持續且一致的政策，同時就能源市場和能源安全進行強有力的國際對話[162]。歐盟執行委員會已於 2022 年 5 月 18 日公布一項 2,100 億歐元的計畫[163]，目標在 2027 年前停止仰賴俄羅斯化石燃料，並藉機加速推動綠色能源轉型。

雖然若各國以提升各自國家之油氣產量做為因應俄羅斯原油供應缺乏的方式，恐導致全球的溫室氣體排放量增加；但 IEA 在 2022 年 3 月發表石油市場報告[164]中樂觀表示[165]烏俄戰爭引發的國際原油飆漲，有機會加速世界各國加強能源安全、減少市場波動和加速全球乾淨能源轉型以放棄化石能源。IEA 亦於 2022 年 3 月發布 10 項減少歐盟對俄羅斯化石燃料的依賴及支持歐洲綠色協議的計畫，IEA 的 10 項計畫(A 10-Point Plan to Cut Oil Use)[166][167]內容重點包含：暫停與俄羅斯簽署任何新的天然氣合約、

最大限度地利用其他來源的天然氣、加速部屬新的太陽能峰及風能等再生能源、擴大利用生質能及核能、提高建築及製造部門的能源效率等。

在推動能源轉型及兼顧溫室氣體減量的願景目標之下，減少能源需求為最直接的解決方案，規劃及落實相關政策可同時達到減少溫室氣體排放、降低氣候危機、減少對俄羅斯能源之依賴等多重目標，文獻[168][169]顯示在適當的政策支持下，若所有經濟合作暨發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)成員國及東亞國家皆共同響應，全球對俄羅斯化石燃料的依賴可以在 1 年內減少約 20 至 60%，並進一步使溫室氣體排放量減少 2.9%；並於 2050 年削減全球溫室氣體排放量 40 至 70%。

其中又以運輸部門、建築部門及食物生產部門為減量重點，雖然諸多策略為既有策略，但卻因為俄烏戰爭提升了策略實施之急迫性，其中運輸部門之 5 個主要減量策略包含(1)鼓勵遠距辦公、(2)降低速限、(3)劃設無車區、(4)調整街道提供安全自行車騎乘環境、(5)以遠距會議或軌道運輸取代短途航空運輸需求，其減量效益約可在 1 年內減少運輸部門溫室氣體排放量約 4%，如圖 2.4-1 所示。



資料來源：Creutzig, F.,Fuel crisis: slash demand in three sectors to protect economies and climate (2022)。

圖 2.4-1　俄烏戰事下全球運輸部門、建築部門及食物生產部門減量效果

另有研究[170]針對歐盟國家因停止進口俄羅斯化石燃料而導致之碳排放量與經濟影響進行情境推估，情境分為(1)中度干擾(Moderate Disruption)及(2)強度干擾(Strong Disruption)，其中，中度干擾系假設僅 3 至 5 個主要化石燃料進口國對俄羅斯實施燃料禁運措施，包含天然氣主要進口國(德國、土耳其、法國及波蘭占 70%)、石油主要進口國(荷蘭、德國及波蘭占 61%)及煤碳主要進口國(德國、荷蘭及土耳其占 64%)；而強度干擾則是假設俄羅斯及歐盟間 90%的化石燃料貿易被阻斷。以前述情境為前假設之下，歐盟會增加由中東及非洲(Middle East and Africa, MAF)進口約 12 至 21%的石油及 15 至 25%的天然氣，即便如此，歐盟整體化石燃料消費量還是會因為國內油價的大幅提升而顯著減少，進而減少 13.3 至 19.3%的二氧

化碳排放(610 至 885 $MtCO_2$)[11]。另一方面，俄羅斯亦會因為減少化石燃料出口而導致其國內化石燃料供應充足且價格較低，並使得國內能源密集型部門及製造部門化石燃料使量增加，造成約 5.9 至 8.5%的二氧化碳排放增加(161 至 232 $MtCO_2$)，且這樣的衝擊亦會波及全球造成約 1.3 至 2.0%的二氧化碳排放減量(553 至 881$MtCO_2$)。

前述研究亦針對干擾情境模擬兩種因應情境，分別為(1)供應鏈移轉及(2)需求端因應，其中供應鏈移轉系指由替代地區進口化石燃料，如由美國及其他組織(Other Branches of Umbrella Group, OBU)進口煤碳，由 MAF 進口石油，由 MAF、其他西歐已開發國家(Other West European Developed Countries, OWE)及美國進口天然氣；而需求端因應主要為運輸部門透過由運具使用模式改變，以及建築部門借由住宅與工業消費方式改變，減少終端能源需求，假設以上積極措施可減少約 10%需求，長期來看對於歐盟經濟面與環境面為雙贏的局面，且需求端因應情境可較前述干擾情境再減量 1.5 至 1.6%(詳如表 2.4-1 所示)，同時加速歐盟綠色政綱(green deal)之推動。

[11] Mt：百萬公噸。

表 2.4-1　2022 年各情境下二氧化碳排放量變化

單位 Mt CO_2

情境 / 地區	干擾情境		供應鏈移轉因應情境		需求端因應情境	
	中度干擾	強度干擾	中度干擾	強度干擾	中度干擾	強度干擾
美國	-24.3	-47	-26.4	-49.2	-18.6	-41.2
中國	-8.6	-37.1	-11.8	-40.6	4.4	-24.1
日本	-7.1	-17.1	-8.8	-18.9	-3.8	-13.8
俄羅斯	160.7	231.8	160.7	231.8	161	232
印度	-7.6	-17.7	-9.7	-19.9	-3.5	-13.6
OBU	-6.8	-11.8	-6.9	-11.9	-5.4	-10.4
歐盟	-610.6	-884.9	-597	-871.1	-682.6	-953.2
OWE	-6.5	-12	-6.5	-11.9	-5	-10.5
EES	0	-1.1	0.1	-1	0.5	-0.6
亞洲	-6.9	-22.5	-9.5	-25.3	-0.7	-16.3
MAF	-24.3	-42.7	-24.8	-43.2	-20.5	-38.9
LAM	-11	-19.2	-11.3	-19.6	-8.6	-16.9
全球	-553	-881.2	-551.7	-880.6	-582.9	-907.5

註：OBU：其他組織；OWE：其他西歐已開發國家；EES：不包括俄羅斯的東歐獨立國家聯合體；MAF：中東及非洲；LAM：拉丁美洲。

資料來源：Liu, L., Jiang et al. ,Carbon emissions and economic impact of EU's embargoing Russian fossil fuels(2022)。

另外，除了前述各國停止進口俄羅斯原油之經濟制裁影響之外，在 2022 年 9 至 10 月之間，俄羅斯在波羅的海建造的、用以連接俄羅斯和歐洲天然氣運輸的北溪(Nord Stream)天然氣輸送網路：北溪 1 號(Nord Stream 1)和北溪 2 號(Nord Stream 2)兩條輸氣管近期發生約 4 處天然氣洩漏事故，不論是遭受蓄意破壞或是意外所造成，都在在加劇了歐洲與俄羅斯的能源戰，使得天然氣價格飆漲，並持續對西方各大經濟體造成重創，而後續歐盟甚至全球的能源轉型配套如何因應及落實，仍有待持續觀察。

2.5 國際運輸部門策略之國內適用性分析

本章節綜整國外運輸部門的減量措施及策略，盤點我國運輸部門推動的相關方案、政策及淨零排放路徑，以研析國內運輸減量策略及措施是否與國際發展方向相符，並檢視國內措施的可行性及策略不足或待加強處。

目前國際間運輸策略大多係依聯合國所發布的永續運輸策略三大主軸：需求減量(Avoid)、運具轉移(Shift)與技術改善(Improve)，因此本節以三大主軸進行分類，比較國內外運輸部門的策略及作法，分析國內外策略之差異，找出我國較為不足的策略面，並提供加強建議，如表 2.5-1 所示。

根據 SLOCAT 的估計，理想的減量策略貢獻，應由需求減量及運具移轉貢獻 40%至 60%，技術改善貢獻剩下的部分，惟就目前各國所提出的國家自訂貢獻(National Determined Contributions, NDCs)，技術改善相關措施項目就佔了 52%，需求減量與運具移轉則分佔 38%與 10%。這從 COP27 多場周邊會議強調公共運輸與主動出行，乃至營造健康城市對低碳交通的貢獻等議題，就可窺見在電動車推動目標逐漸明確之際，大家已逐漸將焦點轉向運輸行為改變上。而行為改變需要更多的創意激盪、中央與地方政府協作、利害關係人協作來達成。為了讓行為產生轉型，舒適的環境營造及以人為本的包容性設計都是在提供行為改變的積極誘因，因此表 2.5-1 以更多的篇幅來彙整需求減量及運具移轉的可能解方。

我國大部分運輸策略的推動方向與國際一致，部分作為可再強化。包含：(1)運輸需求管理：我國策略較欠缺強制性的手段，影響交通管理執行力道，建議可強化運輸需求管理，鼓勵遠距生活的推廣及教育之實施。(2)運輸模式轉移：建議研擬除補助獎勵之外的其他誘因機制，例如整合公共運輸線點、人本主動式運輸(步行與自行車)，以及共享運輸服務之商業模式，提供整合式服務與獎勵誘因；另外，國際上諸多國家皆已宣示或立法禁售燃油車，以逐步降低化石燃料之使用，我國國家整體淨零排放路徑亦納入 2030 年電動機車市售比 35%、電動車市售比 30%；2040 年電動機車及電動車市售比 100%之目標，因此建議完備電動運具使用環境迫在眉睫。(3)效率改善：建議同步考量其他永續能源使用及智慧運輸之發展，透過案例或示範，擴大應用場域。

表 2.5-1　國內外運輸策略對應表

國際重點推動策略		國內策略面向及推動重點		後續可新增或強化之參考策略
需求減量	■ 無車日推廣 ■ 減少市區停車格 ■ 完善路網基礎設施(如高速公路、公車專用道、鐵路等擴展運輸網絡) ■ 大眾運輸導向發展(TOD) ■ 在宅服務 ■ 停車管理 ■ 劃設「低碳排放區」，於區內限制車流之進出及停放 ■ 劃設「環境區」，依車輛排放標準等級進行通行管制	發展公共運輸系統，加強運輸需求管理	■ 強化公共運輸系統，完善公路公共運輸環境，提升軌道運輸網路之服務能量。 ■ 提升無縫轉乘便利性，完善公共運輸服務第一哩與最後一哩路接駁環境，並結合資通訊科技提升使用意願。 ■ 建立私人運具轉移至公共運輸系統之誘因機制及配套管理措施，降低私人運具依賴。 ■ 鼓勵地方政府加強私人運具管理，並藉都市規劃或推廣綠色運輸生活型態達到運輸需求及私人運具使用減量。	新增： ■ 擴大運輸管理的策略(低排放區、擁擠費等)，可擴大現行空品區的管制力道及範圍(建議由中央政府規劃整體政策方向，地方政府落實執行) ■ 延續疫情帶來的遠距離生活與工作，成為疫情後之新生活模式(建議由中央及地方政府共同宣導推動) 強化： ■ 完備非機動運輸(步行、自行車)之使用環境，提升其路權(建議由地方政府規劃落實) ■ 促進大眾運輸導向發展，協助利害關係人溝通(建議由中央政府規劃整體政策方向，地方政府落實執行)
運具移轉	■ 完備無縫之包容式交通與主動移動(如自行車道、人行道及無障礙通道) ■ 提供零(低)排放運具獎勵措施(如購車補助、稅費減免)，並調升高碳排運具之相關稅費 ■ 投資建置能源補充設施並排除充電站安裝之法規障礙 ■ 運輸使用燃料依排放量課徵相關稅費；並減免生質燃料稅賦 ■ 推動複合式貨物運輸(如以聯運方式由電動貨車從機場送至市區、由船舶運送至轉運中心再由自行車配送等) ■ 共享經濟	推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境	■ 鼓勵將傳統運具汰換為電動運具 ■ 透過法規檢視修正配套措施，減少低碳運具使用障礙 ■ 形塑人本運輸使用環境，構建完善人行步道及自行車路網	新增： ■ 研擬除補助外之其他誘因機制(建議由中央及地方政府共同研議誘因規劃) ■ 研議針對運輸使用之化石燃料進行相關稅費之徵收(建議由中央政府規劃整體稅費之徵收) ■ 研議共享運具推動策略(建議由地方政府與企業合作主導推動) ■ 研議複合式貨物運輸可行規劃與配套(公私協力合作推動) 強化： ■ 研擬及重新檢視公共運輸票券補貼金額(建議由中央及地方政府共同規劃) ■ 落實我國淨零排放路徑中新售車輛電動目標，並強化公正轉型與公眾溝通(建議由中央政府規劃整體政策方向，地方政府落實執行) ■ 加速公共充電樁投資建置(建議由中央及地方政府共同規劃)
技術改善	■ 導入運具燃油效率標準/排放標準 ■ 低碳交通技術和燃料創新，如氫能、生質燃料運用 ■ 改善港埠無縫貨運	提升運輸系統及運具能源使	■ 檢視修正相關法規，推動車輛製造廠提升車輛燃油使用效率及新能源車輛發展。 ■ 加嚴能源消費標準，強化既有車輛定期檢驗，	新增： ■ 配合氣候變遷因應法，訂定運具溫室氣體排放標準(建議由中央政府規劃整體排放標準) ■ 持續滾動式調整運具燃油效率標準(建議由中央政府規劃整體運具

國際重點推動策略		國內策略面向及推動重點		後續可新增或強化之參考策略
	■ 智慧運輸及物流系統 ■ 公共運輸優先號誌系統 ■ 公共運輸票證整合	用效率	針對製造或進口車商訂定逐年提升之加權平均能源效率標準值(油耗) ■ 運用獎勵誘因機制或管理措施，促使民眾逐步淘汰高排碳私人運具，推動汰換市區老舊公車，以及優先推動汰換老舊柴油大貨車、機車等高污染車輛，以增進環境共同效益。 ■ 透過科技技術之改善與整合，提升公共運輸服務	燃油效率標準) ■ 研發低碳能源的量能，如氫能等技術規劃(公私協力合作推動) ■ 提升空運及航運系統之能源使用效率(公私協力合作推動) 強化： ■ 要求物流業者逐步使用低碳運具(公私協力合作推動) ■ 環保駕駛推廣(公私協力合作推動) ■ 擴展智慧運輸應用面向(公私協力合作推動)

資料來源：本計畫彙整。

2.6 小結

本計畫已綜整國際間 ASI 相關策略與作法，包括降低私人運具的使用(如強化步行及自行車的友善、安全用路環境等)、推廣低碳運具使用(如推廣電動化運具、部署充電基礎設施等)、改變人們的運輸行為模式(如教育宣導、誘因機制、價格訊號或強制手段等)等具體計畫或策略，以及掌握 COP27 最新發展與國際重大事件(如新冠肺炎疫情、烏俄戰爭)對運輸部門溫室氣體排放策略之影響，以了解各國運輸部門相關減量策略及施政方向，俾供我國研擬相關策略之參考應用。

第三章　國內運輸部門減量策略發展趨勢

3.1 運輸服務與部門排放現況

3.1.1 運輸服務發展趨勢

我國運輸服務整體變化趨勢，隨著城市與經濟發展而轉變。就客運部分，整體客運量在 1990 至 2006 年間快速增長，達到年運量 3,330 億延人公里，2006 年之後則緩步下降，期間隨著 2009 年次貸危機、2010 年經濟反彈偶有波動，但整體趨勢上仍維持一個相對平穩的縮小趨勢，直到 2020 至 2021 年的新冠肺炎疫情，才使得整體運量由 2019 年的 2,846 億延人公里，減少至 2021 年的 2,710 億延人公里(圖 3.1-1)。



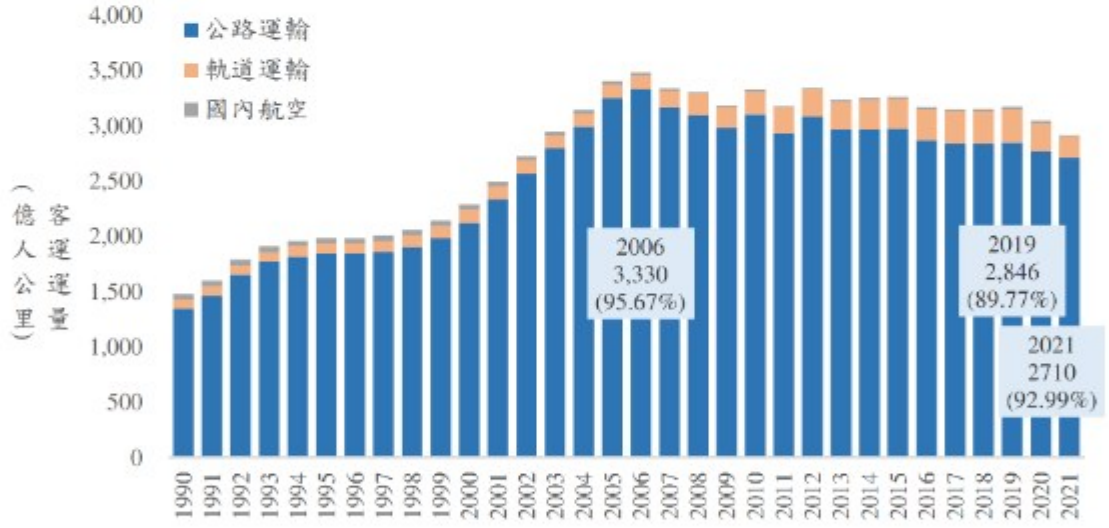
資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-1　運輸部門客貨運運量

相對於客運量以 2006 年為分水嶺的明顯轉折，貨運部分則呈現完全不同的發展趨勢。國內水上貨運部分，自 1996 年達到高峰後即快速萎縮，至 2012 年降至 971 億噸海浬，之後則微幅上升。而包含公路貨運及軌道貨運的其他貨運量，則在 2006 年之前逐年增長，2006 至 2012 年間則微幅下滑，之後又維持平穩趨勢直到 2021 年稍有增長，來到 790 億噸公里(圖 3.1-1)。

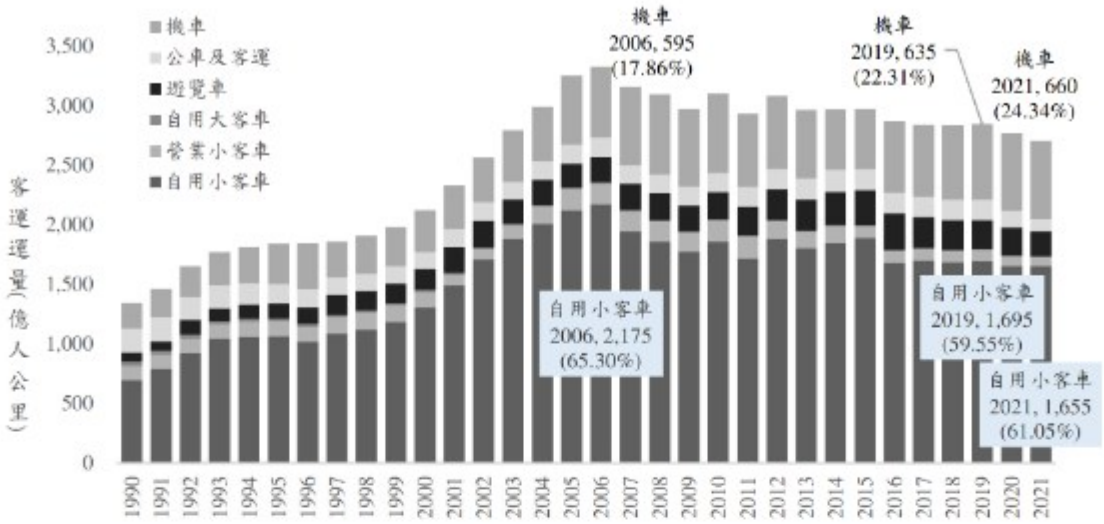
在客運服務中，九成以上皆由公路運輸提供，但運量自 2006 年達到高峰 3,330 億延人公里後，則逐年下滑，至 2019 年降至 2,846 億延人公里，2020 至 2021 年疫情之後更進一步縮減至 2,710 億延人公里(圖 3.1-2)。相對地軌道運輸的運量則在 2007 年高鐵營運後逐年擴增，至 2019 年整體軌道運輸運量達到 304 億延人公里，之後受到疫情影響，縮減至 2021 年之 195 億延人公里。

整個公路客運運量在 2006 年之前的擴增及其後的縮減趨勢，主要受到自用小客車與營業小客車的先增後降所致(自用小客車運量占整體公路運輸客運量約六成)。在 2006 年之後遊覽車運量大致穩定的維持在 210 至 300 億延人公里上下，公車及客運運量則呈現緩步微幅增長的趨勢，而機車的運量則在 2006 至 2015 年間明顯縮減，但自 2016 年之後又快速回復到 2007 年水準，至 2019 年為止機車運量達到 635 億延人公里，占整體公路客運約 22.31%，之後受疫情影響，運量明顯增加，至 2021 年達 660 億延人公里，約佔 24.34%(圖 3.1-3)。



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

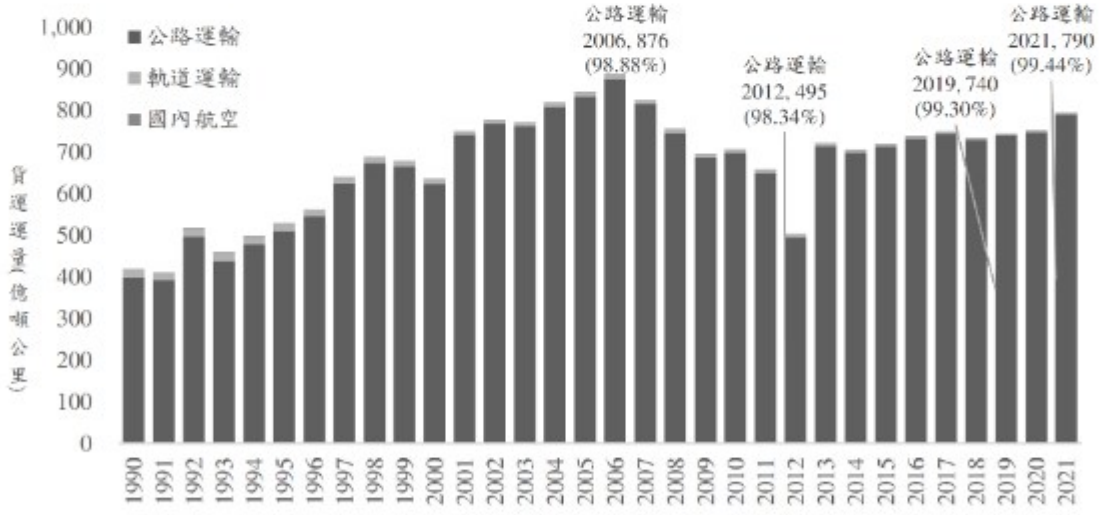
圖 3.1-2　客運運量組成



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

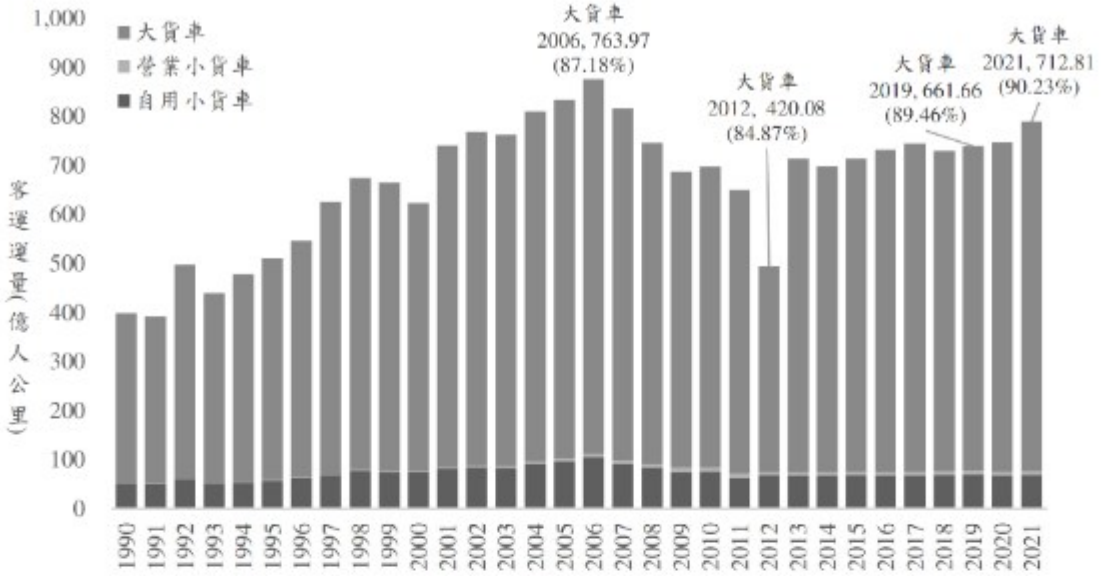
圖 3.1-3　公路客運運量組成

在非國內水運之貨運部分，98%以上都是由公路貨運貢獻，因此貨運的趨勢變化完全由公路貨運運量決定。在 2006 年之前逐年增長，2006 至 2012 年間則下滑，2012 年出現大幅度的縮減，之後又維持平穩趨勢直到 2021 年稍有增長(圖 3.1-4)。這樣的波動轉折，主要來自大貨車的運量變化，大貨車運量約佔路上貨運量的八至九成，2020 至 2021 年受到疫情及國際供應鏈的影響，因此讓大貨車貨運量由 2019 年的 662 億噸公里，增加至 2021 年的 713 億噸公里(圖 3.1-5)。



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-4　非水運之貨運運量組成



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-5　公路貨運運量組成

3.1.2 運輸部門排放現況

影響運輸部門溫室氣體排放的因素，包括運量、車輛運用效率(如承載率)、車輛能源效率、使用的能源型態及能源的排放係數。本計畫透過個別運具的能源消費及溫室氣體排放計算，取得運輸部門整體排放趨勢，詳細的資料與計算過程，請參與本報告第六章。以下茲就整體排放趨勢稍作介紹，藉以說明目前國內運輸部門面對淨零排放目標的可能挑戰，以及後續進行減量策略規劃時應特別關注的重點。

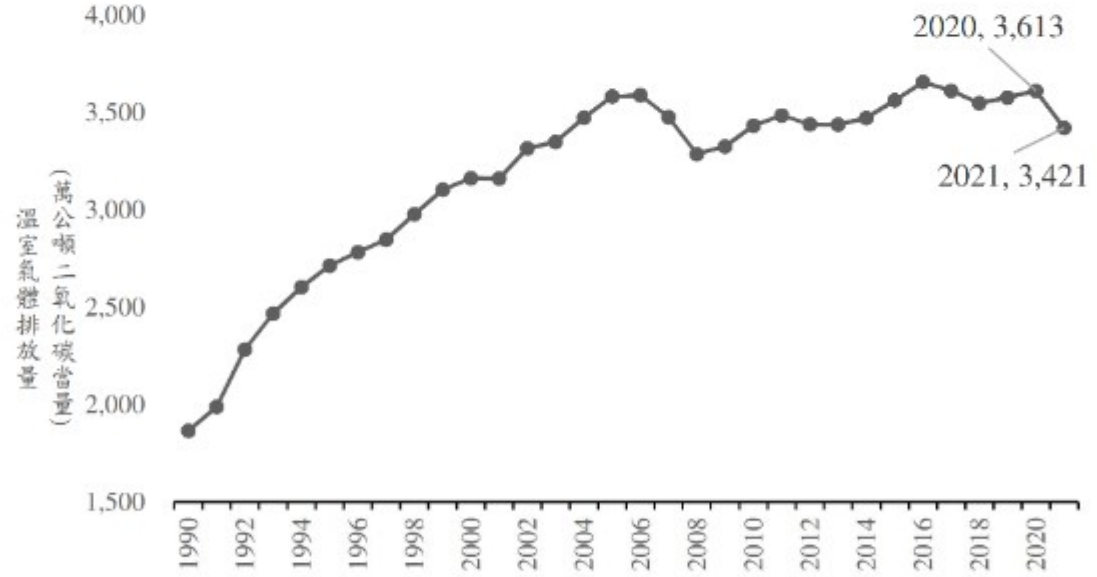
1990 年至 2006 年，臺灣運輸部門的溫室氣體總排放量逐年增加，2006 年到 3,790.7 萬公噸的高點之後，遇到次貸經濟危機，危機發生的兩年間(2007 年與 2008 年)排放量減少，隨著經濟復甦，2009 年溫室氣體又開始增加，至 2016 年的另一高點(3,815.5 萬公噸)之後開始減少，2021 年溫室氣體排放量為 3,537 萬公噸二氧化碳當量，為 2010 年以來最低(如圖 3.1-6)。



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-6　運輸部門溫室氣體總排放量

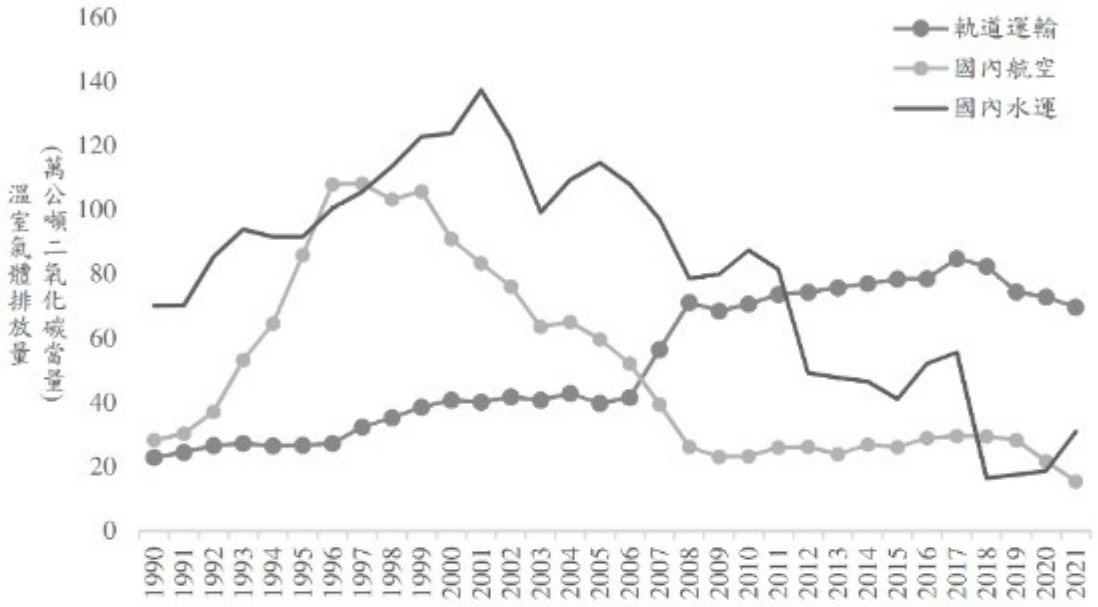
臺灣公路運輸的溫室氣體排放占運輸部門溫室氣體排放的 95%，因此公路運輸的溫室氣體排放量增減是影響總排放量的關鍵因素。公路運輸的溫室氣體排放量趨勢和總體排放量相近，2007 年後維持在 3,000 至 3,700 萬公噸二氧化碳當量之間，2021 年排放量為 3,420.9 萬公噸，相較於 2020 年減少了 5.3%的排放量(圖 3.1-7)。



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-7　公路運輸溫室氣體排放量

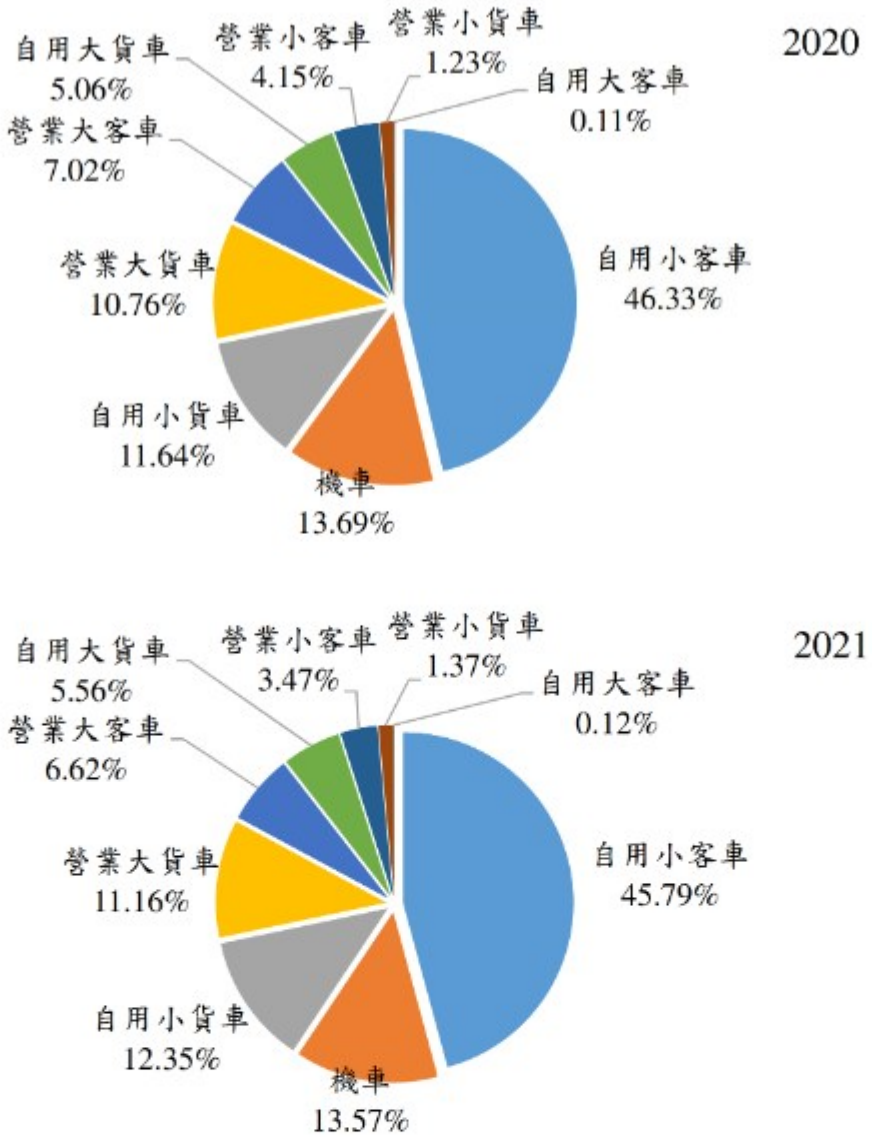
國內水運排放量自 2001 年起大致呈現減少的趨勢，2021 年相較於前幾年小幅上升至 30.87 萬公噸二氧化碳當量。另外，軌道運輸排放量自 2006 年後開始出現轉折，從 41.53 萬公噸快速增加至 2008 年的 71.18 萬公噸，到 2017 年更增加至 84.87 萬公噸，之後維持在相對高的排放水準，近年來有小幅下降，2021 年下降至 69.71 萬公噸二氧化碳當量(圖 3.1-8)。



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-8　非公路運輸溫室氣體排放量

以車種觀察公路運輸 2020 年排放組成，佔比最高的是自用小客車，約占 46.33%，其次是機車占 13.69%，兩者合計即包含了約六成的公路運輸排放量，接下來才是自用小貨車及營業大貨車；2021 年的情況和 2020 年相似，排放量大小依序為自用小客車、機車、自用小貨車及營業大貨車，4 者合計已超過八成的運輸部門排放量(圖 3.1-9)。



資料來源：本計畫計算(詳見第六章)；本計畫繪製。

圖 3.1-9　2020 及 2021 年公路運輸溫室氣體排放量組成

綜合前述歷史排放趨勢觀察，公路運輸及軌道運輸是未來國內以淨零排放為目標進行減量時，需要優先加以關注的部分。從趨勢看來，2006 年之後排放雖偶有波動，但趨勢上維持平緩，然目前仍以自用小客車為主的運輸型態，在未來的減排努力上，將負擔相對更大的壓力，其次則為機車、自用小貨車與營業大貨車。2006 年前、後的趨勢變化，是否存在結構性轉變，以及背後影響原因需要進一步評估(本計畫進行基線推估時，已釐清影響個別運具能源消費之重要變數，相關內容請參閱本報告第 5.2 節)，若過去的相關政策(可能是運輸管理策略、車輛能源效率標準、燃料及運具使用

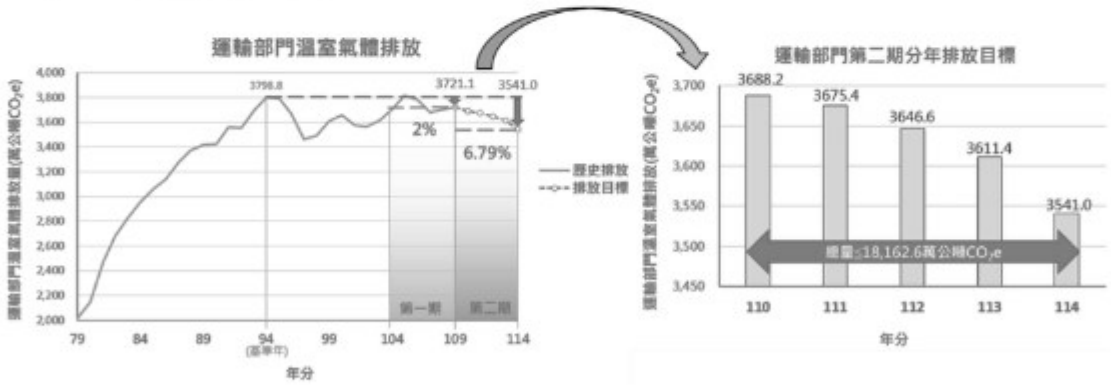
成本、經濟景氣與產業結構等不一而足)確實對運輸部門排放產生效果，則未來在策略規劃上，必須討論有效政策進一步加強實施的空間與可行性。此外，新冠肺炎疫情使得 2020 至 2021 年運量明顯縮減，在疫情之後，新型態的生活模式，如居家工作或外送服務是否成為新常態，進而改變運輸服務需求模式，仍需要持續追蹤觀察。

3.2 第二期運輸部門階段管制目標與管制行動方案

自「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)於 104 年 7 月 1 日公布施行後，交通部即為第 8 條第 4 款(運輸管理、大眾運輸系統發展及其他運輸部門溫室氣體減量)與第 5 款(低碳能源運具使用)推動事項之主辦機關，且為第 9 條推動運輸部門減量之中央目的事業主管機關，需依循溫室氣體減量推動方案(以下簡稱推動方案)訂定運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(以下簡稱行動方案)、每年 9 月 30 日前編寫執行排放管制成果報告並報請行政院核定、每年提交階段管制目標執行狀況予環保署彙整。

1. 運輸部門第二期階段管制目標

為達成國家長期減量目標，溫管法第 11 條授權訂定以 5 年為一階段之階段管制目標，而行動方案之部門溫室氣體排放管制目標，即以達成部門別階段管制目標進行設定。行政院 107 年 1 月核定第一期溫室氣體階段管制目標，我國整體目標為 109 年需較 94 年(基準年)減量 2%，運輸部門所分配到之減量目標同為 2%。110 年 9 月行政院亦已核定第二期階段管制目標，我國整體目標為 114 年需較 94 年(基準年)減量 10%，運輸部門所分配到之減量目標為 35.410 $MtCO_2e$，較基準年減量 6.79%，累計 110 至 114 年 5 年總排放量不超過 181.626 $MtCO_2e$(圖 3.2-1)。交通部即據以修訂行動方案並定期提報執行狀況。



資料來源：交通部運輸研究所(2021)。

圖 3.2-1　運輸部門溫室氣體排放目標

2. 運輸部門第二期行動方案摘述

由於各部會持續進行 2050 年淨零排放之政策評估，考量我國目前所訂之中期減碳目標與方案策略需與 2050 年淨零排放目標連結，環保署已於 110 年 10 月請各部會再行增修第二期推動方案(草案)內容，並於 110 年 11 月 2 日再次將第二期推動方案(草案)函報行政院。於是，第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案業於 111 年 9 月 16 日經行政院核定，以下茲摘述方案重點。

第二期著重於第一期既有措施之強化，並參考國際趨勢、新冠肺炎疫情及我國現況後，新增納入相關減碳措施，持續提升公共運輸運量，配合提供無縫轉乘服務；此外，為強化電動運具之發展，除擴大推廣電動運具(如電動大客車)，亦進一步營造低碳運輸有利使用環境，納入低碳運輸發展之能力建構面向。同時應用智慧節能技術，持續發展智慧運輸系統，並促進新車能源效率持續提升。

緣此，運輸部門第二期行動方案的評量指標包括：

(1) 114 年公路公共運輸載客量較 104 年成長 4.5%。

(2) 114 年臺鐵運量較 104 年成長 3.5%。

(3) 114 年高鐵運量較 104 年約提升 31.7%。

(4) 114 年捷運運量達 8.9 億人次，較 104 年約提升 15.6%。

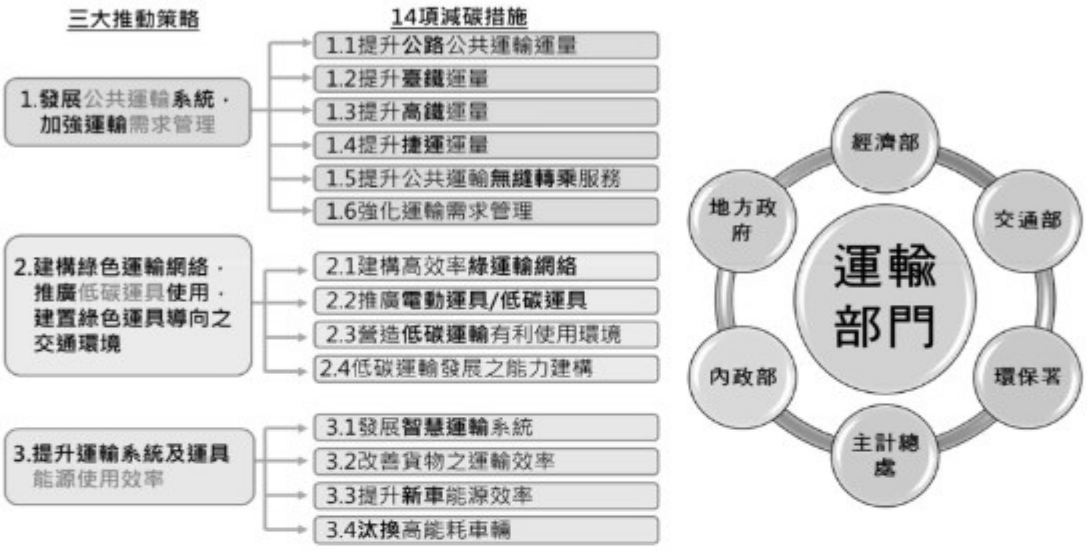
(5) 114 年全國電動公車占市區公車總數達 35%。

(6) 110 至 114 年推動 59.8 萬輛電動機車。

(7) 114 年電動機車市售比達 16.4%。

依據行政院 106 年 2 月 23 日之「國家因應氣候變遷行動綱領」，明確擘劃我國推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針；其中「發展綠運輸，提升運輸系統能源使用效率」有三大推動策略，包含：「發展公共運輸系統，加強運輸需求管理」、「建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境」、「提升運輸系統及運具能源使用效率」。

為達到我國溫室氣體排放管制目標，依據行動綱領及推動方案賦予運輸部門之指導原則，會同有關之中央目的事業主管機關，包括環保署、經濟部、主計總處、內政部及地方政府等相關機關規劃之具體推動策略及減碳措施，其架構如圖 3.2-2。行動方案在三大推動策略下，共提出 14 項減碳措施：



資料來源：行政院環保署，第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(2022)。

圖 3.2-2　第二期行動方案架構

(1) 發展公共運輸系統，加強運輸需求管理

在此推動策略下，共提出 6 項減碳措施，包括透過公路公共運輸服務升級計畫，完善公路公共運輸環境；推動臺鐵票務系統整合再造計畫，提供乘車優惠及多元化票款支付方式，以提升營運效率並建構友善乘車環境；推動高鐵票價多元優惠，加強異業合作，透過多元管道強化旅遊市場開發；建構完整捷運路網，擴大都會地區服務範疇；完善規劃快速方便的複合運輸轉乘服務(透過 MaaS、智慧資訊服務、最後一哩友善環境等措施)，提供空間無縫、時間無縫、資訊無縫、服務無縫的轉乘環境；強化需求管理，透過合理反映私人運具使用成本、加強都市交通擁擠區與敏感區運輸管理、推動低碳運輸之觀光旅遊、

公共運輸導向發展(Transit-Oriented Development，TOD)設計等措施，推動私人運具管理與減量。

(2) 建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境

在此推動策略下，共提出 4 項減碳措施，包括建構高效率綠運輸網絡，透過西部高鐵、東部快鐵及雙軌化、電氣化之環島高效鐵路網建置，提升民眾搭乘意願降低私人運具使用；推廣電動運具/低碳運具，透過推動電動大客車、鼓勵使用電動機車、小客車電動產業推動、公務車輛汰換為電動車、推動低碳替代燃料等措施加速電動/低碳運具使用；營造低碳運輸有利使用環境，由地方政府就地方特色規劃有利於低碳運具使用之環境，例如透過低碳交通示範區、市區人行步道與自行車路網設置、市區共享運具租賃系統等措施降低私人運具持有與使用，或者推動交通運輸節點設置公共充電樁等；強化低碳運輸發展之能力建構，透過環保/節能駕駛推廣、綠色運輸教育宣導、鼓勵運輸業、產業車隊建立溫室氣體管理能力等。

(3) 提升運輸系統及運具能源使用效率

在此推動策略下，共提出 4 項減碳措施，包括發展智慧運輸系統，透過資通訊技術、系統整合及創新性服務，發展符合我國交通特性之人車路整合應用服務，有效提升運輸系統整體效率；改善貨物之運輸效率，鼓勵業者提升貨運服務效能並轉型為低碳運輸模式；提升新車能源效率，接軌國際車輛能源效率管理作法，執行車輛能源效率管理策略及標準再提升，規劃實施 2.5 噸以上小貨車能源效率管理；汰換高耗能車輛，包括汰換高耗能公車為低碳公車、淘汰老舊機車、汰除 1 至 3 期柴油大型車、完成臺鐵整體購置及汰換車輛計畫等。

3. 第二期較第一期行動方案新增及強化重點

為進一步達成第二期管制目標，第二期行動方案將具體行動措施由第一期之 11 項新增為 14 項，並且擴大既有評量指標在 114 年之目標量，同時針對電動運具新增兩項評量指標，以便後續銜接 2050 年淨零排放目標(表 3.2-1)。

表 3.2-1　運輸部門行動方案評量指標

項次	第一期評量指標	第二期評量指標
1	109 年公路公共運輸載客量較 104 年成長 2%	114 年公路公共運輸載客量較 104 年成長 4.5%
2	109 年臺鐵運量較 104 年成長 2%	114 年臺鐵運量較 104 年成長 3.5%
3	109 年高鐵運量達 6,300 萬人次，較 104 年約提升 24.6%	114 年高鐵運量較 104 年約提升 31.7%
4	109 年捷運運量達 9.03 億人次，較 104 年約提升 16.1%	114 年捷運運量達 8.9 億人次，較 104 年約提升 15.6%
5	107 至 109 年推動 12.1 萬輛電動機車	110 至 114 年推動 59.8 萬輛電動機車
6	-	114 年電動機車市售比達 16.4%
7	-	114 年全國電動公車占市區公車總數達 35%

資料來源：行政院環保署，第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(2022)。

在具體行動措施部分，除了原有計畫的進一步擴大與強化外，更針對私人運具管理、都市交通擁擠區與敏感區運輸管理、低碳運輸觀光、共享運具推動、物流運輸業能源效率管理及溫室氣體管理能力提出新增措施，以期在行為管理面進一步形塑低碳運輸之環境與誘因(表 3.2-2)。

表 3.2-2　運輸部門行動方案新增及強化重點

推動策略	第一期行動方案具體行動措施	第二期行動方案具體行動措施	新增/強化重點
發展公共運輸系統，加強運輸需求管理	提升公路公共運輸運量	提升公路公共運輸運量	強化： ■深化交通行動服務，透過整合各類型運輸服務，提供民眾更便利之移動服務 ■優化公車及軌道運輸班表，縮短轉乘等待時間 ■推動臺鐵票務系統整合再造 ■建構捷運完整路網 ■提升最後一哩路友善使用環境 新增： ■加強私人運具管理作為，合理反映私人運具使用成本 ■加強都市交通擁擠區與敏感區運輸管理措施 ■加強風景區/觀光區運輸管理措施及低碳運輸觀光 ■公共運輸導向發展
	提升臺鐵運量	提升臺鐵運量	
	提升高鐵運量	提升高鐵運量	
	提升捷運運量	提升捷運運量	
	提升公共運輸無縫轉乘服務	提升公共運輸無縫轉乘服務	
	-	強化運輸需求管理	
建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境	環島鐵路電氣化	建構高效率綠運輸網絡	強化： ■持續推廣電動大客車 ■鼓勵使用電動機車與其他電動運具 ■推廣運具使用低碳替代燃料 新增： ■規劃環島高效鐵路網 ■小客車電動化產業推動 ■共享運具租賃系統及共乘共享推廣 ■環保/節能駕駛推廣 ■綠色運輸教育與宣導 ■鼓勵運輸業、產業車隊建立溫室氣體管理能力
	推廣電動運具	推廣電動運具/低碳運具	
	地方綠色運具導向交通環境	營造低碳運輸有利使用環境	
	-	低碳運輸發展之能力建構	
提升運輸系統及運具能源使用效率	發展智慧運輸系統	發展智慧運輸系統	強化： ■協助地方政府改善運輸走廊壅塞 ■接軌國際對車輛能源效率管理策略 ■加強汰換高耗能公車、老舊機車、1至3期柴油大型車、臺鐵汰換車輛計畫 新增： ■輔導公路物流車隊提升運輸能源效率 ■鼓勵業者提升貨運服務效能，改善貨物運輸效率，轉型為低碳運輸 ■規劃實施2.5噸以上小貨車能源效率管理
	-	改善貨物之運輸效率	
	提升新車能源效率	提升新車能源效率	
	汰換老舊車輛	汰換高能耗車輛	

資料來源：行政院環保署，第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(2022)。

3.3 我國 2050 年淨零排放路徑/藍圖規劃

3.3.1 國家 2050 年淨零排放目標

「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)於 104 年 7 月 1 日公布施行，係我國第一部明確授權政府因應氣候變遷的法律。然而，氣候變遷問題日趨嚴峻，在許多國家陸續宣示國家減量目標為 2050 年(或 2060 年)達到淨零排放時，我國溫管法第 4 條之法定目標仍為民國 139 年降至民國 94 年之排放量 50%以下，各界期待政府提出更積極的長期減量目標。

因此行政院環境保護署(以下簡稱環保署)已於 109 年啟動溫管法修法作業，後於 110 年 10 月 21 日預告[5]修正「溫室氣體減量及管理法」，擬將名稱修改為「氣候變遷因應法」，並於 111 年 2 月 7 日將法案草案報行政院審查[6]，主要修正重點包含 2050 年淨零排放目標入法、提升層級強化氣候治理、增訂氣候變遷調適專章、強化排放管制及誘因機制促進減量、徵收碳費專款專用等，以期積極回應國際趨勢及強化國內減量作為。為達成 2050 年淨零排放目標，行政院已於 111 年 4 月 21 日通過「溫室氣體減量及管理法」修正草案，將法案名稱修改為「氣候變遷因應法」，並函請立法院審議。

為呼應全球氣候行動，蔡英文總統已多次[8],[9]提出政府會跟上淨零排放的趨勢，要求行政部門加快腳步，積極與民間部門展開對話，並積極部署在 2050 年達到淨零排放目標的可能路徑。行政院亦由能源及減碳辦公室邀集各部會啟動相關評估工作，經過多次的部會研商會議，陸續啟動跨部會協調次長溝通小組、願景組工作會議、及各部門之願景工作圈討論會等，於 2022 年 3 月由國家發展委員會公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提供至 2050 年淨零排放之軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型。交通部也在此共同目標下，針對該藍圖之 12 項關鍵戰略之運具電動化及無碳化(關鍵戰略 7)及淨零綠生活(關鍵戰略 10)之低碳運輸網絡部分，研提運輸部門淨零排放政策(圖 3.3-1)。



資料來源：行政院國家發展委員會，臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明(2022)。

圖 3.3-1　臺灣 2050 年淨零排放路徑 12 項關鍵戰略

3.3.2 運輸部門 2050 年淨零排放路徑/藍圖規劃

鑑於目前各部會仍在研擬關鍵戰略行動計畫(草案)，並進行一系列社會溝通工作，因此以下茲彙整至 111 年 11 月為止，關鍵戰略 7 及關鍵戰略 10 之低碳運輸網絡(行)部分，交通部所規劃之淨零排放策略藍圖(圖 3.3-2 及圖 3.3-3)。

1. 關鍵戰略 7-運具電動化及無碳化

在關鍵戰略 7 運具電動化及無碳化部分由交通部主導，整體關鍵戰略聚焦於運具電動化之技術發展、加速電動車進程及整備電動化環境等面向，以制定策略目標與相關措施。關鍵戰略 7 目標為 2030 年市區公車及公務車全面電動化；2040 年電動小客車及機車市售比達 100%。

在擬定策略時，整體政策制定方向係基於幾項原則進行：

(1) 優先聚焦技術成熟之市區公車、電動小客車及電動機車之發展推廣；

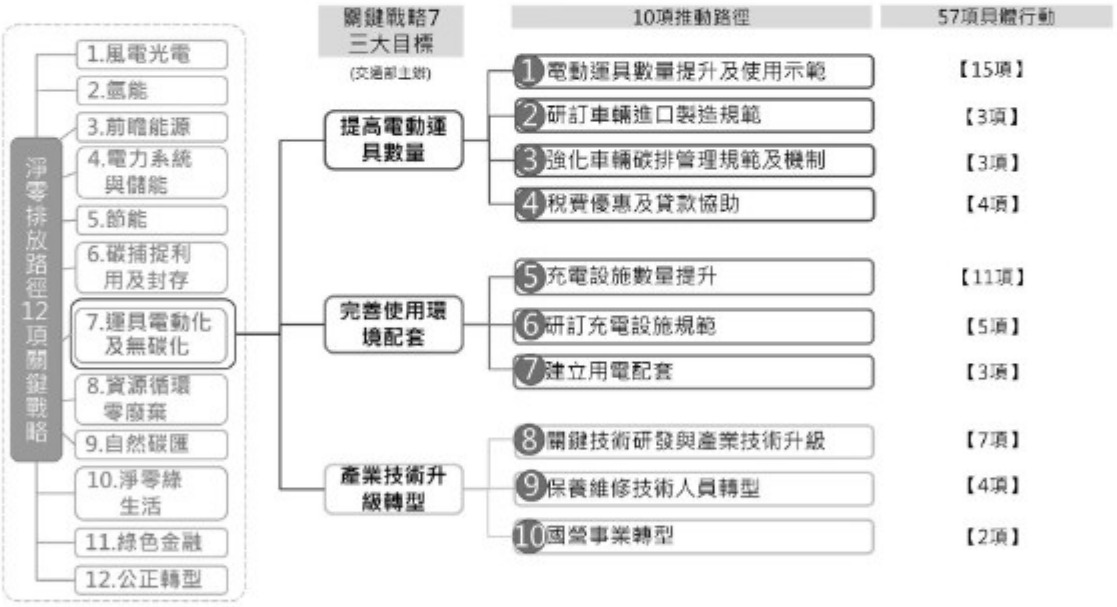
(2) 長途行駛及高載重之遊覽車與大貨車電動化進程，則是技術發展進程推廣；

(3) 氫能電池是無碳化車輛發展主軸之一，將評估氫能車可能的示範場域；

(4) 根據電動車目標數量，擬定公共充電設施需求；

(5) 促進車輛製造維修相關產業發展、轉型，兼顧地區發展平衡。

在前述原則下，共擬具三大策略目標、10 項推動路徑及 57 項具體行動計畫(圖 3.3-2)。為加速電動車發展與普及，三大策略目標分別由提高電動運具數量、完善使用環境配套、產業技術升級轉型來進行。針對電動運具數量，將透過補助換購電動車輛帶動市場需求；透過調適車輛管理法規與機制，以鼓勵或資訊揭露等方式，提供使用者自主選擇低碳車輛及運輸方式之誘因，促進社會電動化意願；藉由標準訂定，促使車輛製造及進口商製造或進口低碳車輛；藉由財務方面的優惠或協助(如免徵貨物稅、使用牌照稅、汽車燃料使用費、電動車停車優惠等)，降低使用者替換電動運具門檻。



資料來源：本計畫繪製。

圖 3.3-2　關鍵戰略 7 之策略藍圖

針對完善使用環境配套部分，將透過加速充電網絡佈建以促進充電設施數量，完善電動車硬體環境條件；其次透過優化相關法規與充電設施規範(如公寓大廈管理條例設置充電設施相關規範、修訂用戶用電設備裝置規則、充電設施標準、檢測及驗證環境等)，以支持硬體設施佈建並維護充電

設施與建築及使用者之安全；最後，為進一步提供使用者誘因並主動使用電動車輛，擬藉由電動車專用電價方案、充電設施設置場域電網配電申請單一窗口等措施，創造具誘因且便利之使用環境。

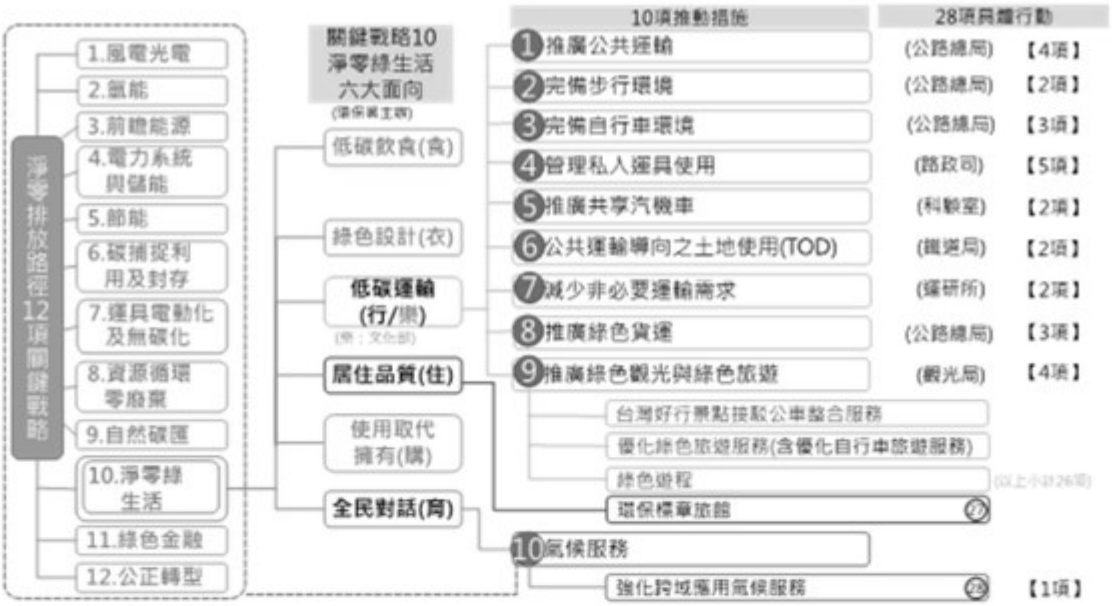
產業技術升級轉型部分，為能支撐電動運具推動目標，提供電動車市場運作環境，進而促進國內低碳車輛在地製造、維修與創新，規劃一方面加速關鍵技術研發和產業技術升級，同時培養維修保養技術人員轉型，並由國營事業做為帶動市場之示範場域，提供充換電服務。

2. 關鍵戰略 10-淨零綠生活

淨零綠生活關鍵戰略係由環保署主辦，其中關於低碳運輸網絡面向則由交通部配合辦理。淨零綠生活整體關鍵戰略係結合其他關鍵戰略推動能源轉型、商業模式及產業轉型所建置的基礎設施，由各界共同合作鼓勵民眾由食、衣、住、行、育、樂等日常生活，朝向選擇較低碳的生活方式，促使民眾行為改變並養成習慣，以達到淨零排放目標。

其中，關於行的部分，則以低碳運輸為主體，透過需求減量(Avoid)、運具轉移(Shift)與技術改善(Improve)架構，以減少非必要運輸需求、促進私人運具移轉公共運輸或共享運具、強化客貨運服務及能源效率三大主軸，規劃「人本綠運輸」、「私人汽機車管理」兩大策略，以及「強化都市規劃」與「推廣綠色運輸生活型態」兩項輔助策略，在這些策略之下則共規劃有 10 項推動措施與 28 項具體行動(圖 3.3-3)。

由於改變民眾生活需要從基礎設施環境營造、便利性服務與營運模式設計、法規及誘因機制導入、民眾認知與行為改變等多元面向著手，政策切入點及影響層面廣泛且彼此交錯，因此需要密切的跨域及跨單位合作。目前在人本綠運輸策略下，規劃有推廣公共運輸、完善步行環境、完備自行車環境等措施，希望藉由基礎設施環境的完備，為私人運輸移轉低碳運具及公共運輸創造有利條件。



資料來源：本計畫繪製。

註：本圖資訊為 111 年討論中之草案版本，正確版本以行政院 112 年核定之行動計畫為準。

圖 3.3-3　關鍵戰略 10 中低碳運輸網絡之策略藍圖草案

其次，在私人汽機車管理策略下，除了透過低碳交通區及停車管理等管理作為促進私人運輸有序發展外，更強化油價市場機制與停車合理費率，讓價格訊號來反映私人運輸之使用及外部成本；與此同時，藉由推廣共享汽機車，一方面提升運具使用效率，另方面促進移轉至低碳運具意願，並經由便利的營運模式設計，做為過渡到公共運輸與主動式移動(步行與自行車)的關鍵策略。

在強化都市規劃部分，則以公共運輸導向之土地使用為主要措施，透過強化車站與周邊地區整合開發的相關法規與制度，以及公共運輸場站周邊都市計畫制定 TOD 所需要的相關配套規定，來加速轉向公共運輸、步行與自行車的生活模式。

在推廣綠色運輸生活型態部分，則透過推廣遠距生活，以網路代替馬路，同時擴大綠運輸誘因機制來降低非必要的運輸需求；其次藉由貨運物流業者減碳營運管理及低碳運送車輛推廣，來協助轉向綠色貨運目標；再者，透過綠色遊程安排、綠色旅遊服務優化及環保標章旅館(歸屬於關鍵戰略 10 之住的範疇)等行動，以創新元素結合在地文化，將低碳永續的生活模式植入民眾日常；最後，為強化民眾對淨零排放與氣候之認知，同時在

淨零轉型過程中，為生活轉型提供便利性，氣候服務將提供全面性的支援，以促進民眾行為改變，加速淨零排放目標之達成。

3.4 國內外發展下我國運輸部門 2050 年淨零排放之挑戰

雖然面對氣候變遷危害日益緊迫，對於即刻控制溫室氣體排放呼籲殷切，但牽涉到民眾生活模式改變，產業生產方式調整，往往需要強烈的認知、理解與細緻的解決方案，才能有效產生變化。為此，運輸部門跟隨京都議定書到巴黎協議乃至如今推動淨零排放，皆未曾脫隊鬆懈。

惟隨著車輛與能源技術的快速進展、國際地緣政治與大國競爭的混沌未明、全球性流行疫病的衝擊、國際碳市場與邊境機制、國內能源安全與穩定供電的疑慮，在在都為運輸部門淨零排放目標埋下變因。以下茲彙整本計畫觀察國內外策略發展趨勢下，我國運輸部門達成 2050 年淨零排放的潛在挑戰與機會。

1. 國際航空與海運即將成為下一階段的減量重點

雖然國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)早自 2010 年即已將減少船舶溫室氣體排放納入所轄海洋環境保護委員會(Marine Environment Protection Committee, MEPC)之例行議程並建立監管機制，但即便到了 2015 年的巴黎協定皆未能將航運排納入討論。

自歐盟議會在 2020 年投票通過將航運業納入歐盟排放交易體系，並要求 2030 年所有 5,000 總噸[12]及以上之船舶每單位運輸的年均二氧化碳排放量至少減少 40%[173]之後，國際航運的排放從此躍上國際氣候談判舞台。英國在 COP26 中提出將國際航空與海運排放納入該國第六版碳預算[174]，為其展現氣候雄心提供相當程度的貢獻。美國則是在 2021 年提交聯合國的新版國家自主貢獻(Nationally Determined Contributions, NDCs)[175]中，將國際海運、國際航空及港口的排放，納入減量規劃中，與此同時，美國與丹麥及挪威合作發起「航運業零排放使命行動」(Zero-Emission Shipping Mission)，並於 2022 年提出行動計畫[176]，目標是到 2030 年要展示具有商

[12] 總噸(gross register tonnage)：指根據船舶噸位丈量公約或規範的有關規定，丈量確定的船舶所有圍蔽處所的總容積，以 100 立方呎或 2.8328 立方呎為一噸。

業可行性的零排放船舶，讓使用零排放燃料的船舶成為航運業者及其船隊最自然的選項。

自此，IMO 除了在 MEPC 所擬具的相關監管架構上進行修正並提出短、中期減排指引，更在 2022 年的 COP27 中與聯合國貿易及發展會議(United Nations Conference on Trade and Development, UNCAD)、國際再生能源組織(International Renewable Energy Agency, IRENA)及世界銀行(World Bank)共同舉辦了一場以探討發展中國家為國際航運業生產再生燃料之機會為主題的周邊會議。而航空部分，國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)也在 2022 年通過 2050 年實現淨零排放的集體長期全球理想目標(long-term global aspiration goal, LTAG)[177]，希望所有成員能透過加速採用創新的航空器技術、簡化飛行操作及增加永續航空燃料(sustainable aviation fuels, SAF)的生產與擴散來共同努力達成淨零排放目標。

另方面，各國和業界一直在實施國際航空碳抵銷和減排計畫(Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA)，同時在 2022 年 10 月舉行的國際民航組織大會上，成員國(193 會員)商定國際航空到 2050 年實現淨零排放的集體長期理想目標(Long-term global aspirational goal, LTAG)。即使 ICAO 提出了一系列的行動來宣示淨零排放的決心，歐盟仍然考慮將其境內的航空器納入歐盟排放交易系統，2022 年 12 月 7 日歐盟理事會和歐洲議會臨時同意要修改歐盟排放交易體系(EU ETS)規則，希望將歐洲內部航班納入交易體系並逐步取消航空業的免費排放配額。歐盟同時要在 ICAO 於 2025 年第 42 屆大會之前，評估其 CORSIA 的表現，若無法實現減排目標，將使 EU ETS 擴大到所有從歐洲經濟區起飛的航班。我國雖已參與 CORSIA 的 MRV 機制，但未來歐盟是否為維護歐洲航空業競爭力而對外來航班也進一步課以稅則或採取其他措施，仍需要緊盯。

經過這一系列的計畫與活動，不難理解國際航空及航運這個佔有全球 3%排放量，相當於一個全球第六大排放國的排放源，將成為下一個排放減量討論的對象，但由另個角度，他也是一個發展新興燃料與伴隨創新產業的機會。截至目前為止，國內對於國際航空之排放監管，業已遵循「國際

民用航空公約」及「國際航空業碳抵換及減量計畫」之目標與期程持續辦理，以為下一階段國際可能的減排要求預作準備。惟除了符合國際標準與指引要求外，能否在過程中為我國國際航空及航運服務創造更多利基，甚至與我國整體產業鏈之佈局提供契機，仍有待更多的討論與集思廣益。

2. 城市規劃與包容式運輸(inclusive transport)將賦予低碳交通更多元任務

2022 年在埃及沙姆沙伊赫舉行的 COP27，將步行、自行車及公共運輸做為實現交通公正轉型的關鍵解決方案，COP27 主席與聯合國人居署(United Nations Human Settlements Programme, UN-HABITAT)合作制定「下個世代的永續城市韌性」(Sustainable Urban Resilience for the Next Generation, SURGe)倡議[178]，並由地方政府永續發展理事會(International Council for Local Environmental Initiative, ICLEI)負責推動。

該倡議旨在促進多層次的氣候治理，將城市轉變為健康、永續、公正、包容、低排放且具備韌性的城市系統，為所有人創造更美好的未來。因此該倡議期待透過五大工作小組(建築、都市用水、都市交通、廢棄物與消費、能源)加上 5 個跨組別元素(多層次治理、財務支持、地區能力、技術與創新、公平)來進行相關工作。其中都市交通部分，其目標在加速與支持城市中公共運輸及主動式交通(步行與自行車)的發展，減少私人車輛使用，讓先期規劃與協調工作能夠普遍進行，以達到緊湊的城市型態使公共運輸、主動式交通模式及商業活動具備蓬勃發展的基本條件。

從城市發展、人類適居、公正轉型等不同角度，包容式運輸已成為支撐這些多元目標的解決方案之一，換言之，低碳交通所肩負的使命不再僅僅是排放減量，而須在兼顧空間規劃、經濟活動、社會公平及社會包容下，規劃具有戰略思維的多元框架與策略。這為目前以個別戰略獨立思考所規劃的淨零排放策略帶來相當程度的衝擊，因為要將這些不同層次的元素放在同一個框架同一個系統設計時，彼此間交錯糾葛的關係與相互影響，將大幅增加政策效果辨識的困難度。

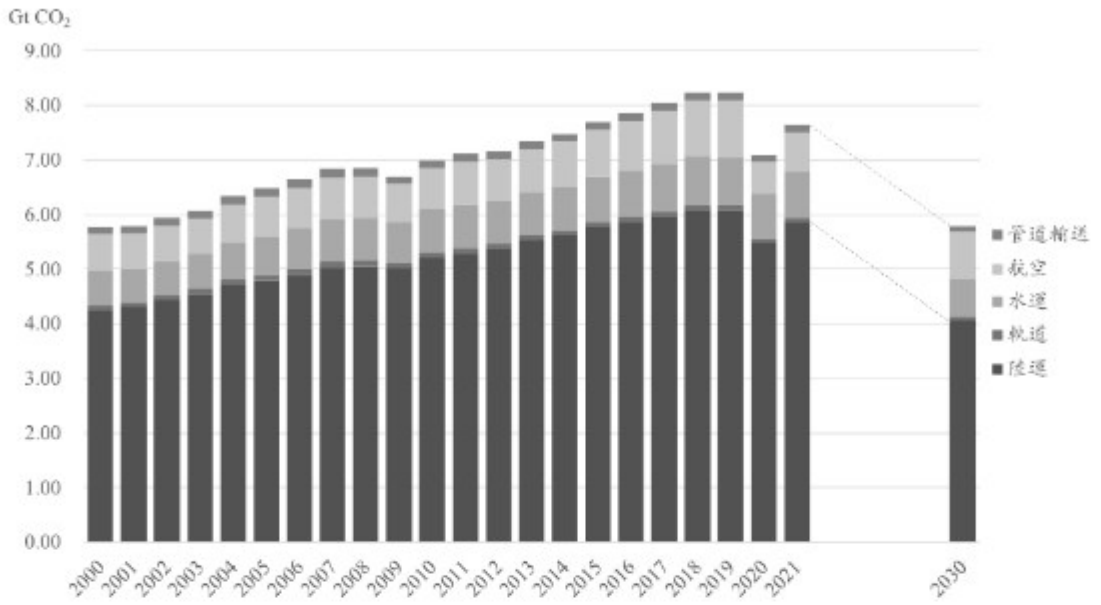
3. 新冠疫情消弭了多年來移轉公共運輸的努力

IEA 在 2022 年 9 月的追蹤報告[179]中提到隨著疫情緩和各地陸續解除封鎖，運輸活動的反彈使得能源使用和排放大幅增加，從 2020 年的 7.1Gt[13] CO_2 擴大到 2021 年的 7.7GtCO_2，增加了 8%，已回到歷史的成長趨勢(圖 3.4-1)。由於疫情影響運輸部門能源使用的途徑相當複雜，至少包括因為封鎖而直接減少的人流移動、因為國際貿易與供應鏈中斷帶來的需求衝擊，以及疫情期間尋求取代公共運輸的移動方式等，都讓疫情後運輸活動及其排放量反彈的情況難以預估，IEA 認為這種反彈的速度及規模取決於社會在預防和應對疫情傳播方面是否能取得成功。

而在這個反彈的過程中，原來為保持社交距離而從公共運輸移轉至私人運輸的旅次(見本報告 2.4.1 節彙整的相關研究結果)，是否會在疫情之後再度回到公共運輸，也成為決定反彈規模的重要因素。我國國內的情況雖然也因疫情及三級警戒而使 2021 年的運量及排放量下降，但後續是否出現反彈，那些移轉到私人運具的旅次是否回到公共運輸，疫情期間發展的居家工作與外送服務是否成為新常態，皆有待持續觀察追蹤，並評估對整體運輸排放之影響。

新冠疫情在短時間內消弭了多年來移轉私人運輸至公共運輸的努力，也暴露了強韌的運輸系統除了考量氣候變遷帶來的硬體衝擊外，還存在許多系統外的不確定因素，而且隨著社會與經濟運作模式的改變(如共享經濟、平台經濟、電子商務等)，這些不確定因素將更加難以捉摸。

[13] Gt：十億噸。



資料來源：IEA，Transport (2022)。

圖 3.4-1　IEA 之運輸部門排放量預估

4. 完全電氣化的運輸系統可能隨地緣政治變得脆弱

IEA 在其 2022 年全球電動汽車展望報告[180]中提到，2021 年電動汽車的銷售量比前一年成長了一倍，達到 660 萬輛的新紀錄，佔全球汽車銷售的 10%，2022 年這種大規模的成長趨勢還在繼續。IEA 提醒，雖然電動車銷量不斷地破紀錄，但礦產供應的限制也逐漸隱現，此外，目前已經宣布的公共充電基礎設施數量並不足以為這樣的成長趨勢提供充足的電力。

完全電氣化的運輸系統，可能隨著地緣政治變得脆弱，越來越集中的能源系統與運輸系統，意味著風險與安全性疑慮的升高，這在今年俄烏戰爭下歐洲能源系統風險的瞬間增加即可窺知一二，這個風險可能來自供應的不穩定也可能來自成本與價格的大幅波動。如何為淨零排放路徑下的電氣化運輸系統尋得可負擔的保單，將是後續策略研擬需要考量的。

IEA 還為加速全球電動汽車普及提出幾點建議：(1)減少對直接補貼的依賴，以預算中立的退稅計畫對效率的的內燃機車輛課稅以補助電動車輛的購置；(2)透過零排放車輛銷售授權、購買激勵及加嚴二氧化碳標準以加速重型電動車轉型；(3)新興和發展中經濟體的電氣化可優先考慮兩輪或三輪車輛及公車，以滿足緊湊型城市發展所需；(4)政府應由充電設施相關法規修訂，提供財政支持等多方面支持，讓所有社區都能公平獲得充電基礎設施，讓不同經濟條件的居民都能擁有使用電動車輛的機會，確保在轉型過程中沒有任何人掉隊，使低碳運輸邁向包容性發展的路徑。

5. 行為改變需要創意與數位工具協助

過於著重技術發展與效率改善的 Improve 策略，從成本效益角度未必是優先選項，但遺憾的是從 NDCs 各國提出的各類措施中，這類策略成為主流。過去大多認為要使行為與習慣發生改變，需要時間與相當多的努力，但對於現世代的全球公民而言，在數位工具的協助下，透過活動與文化形塑，有機會使每一個人因為風潮、時尚、新鮮等因素所產生的群眾效應，很快地在社群當中傳遞，這也讓行為改變出現契機。國際自由車總會(UCI)在 COP27 周邊會議上分享如何藉由大小不一的自行車賽事，很快地將自行車基礎設施、運動風氣及融入生活的自行車騎行擴散到世界各個城市，這就是一個相當好的案例。

第四章　我國運輸部門 2050 年淨零排放願景-策略情境-路徑藍圖

4.1 擬定願景-策略-路徑藍圖應解決的問題

如前章所提，低碳交通所肩負的使命不再僅僅是排放減量，而須在兼顧空間規劃、經濟活動、社會公平及社會包容下，規劃具有戰略思維的多元框架與策略。需要同時考量國際事件的衝擊、能源市場波動、車輛技術發展、國際氣候協商與角力演變、國際碳市場與邊境調整機制等國際情勢；也需要同時顧及國內民眾對氣候變遷及積極減量的認知與接受度、國內基礎設施與硬體環境的滿足、相關法規修正的期程、加速民眾行為改變的誘因與機制、國內跨領域跨部門的協同運作，以及目前已擬具的運輸部門 2050 年淨零排放路徑及行動計畫。

在考量因素及環境變數眾多的情況下，建構一套系統性資訊蒐集彙整分析、各界專家與利害關係人意見徵集、資訊判讀比較、資訊歸納收斂轉化情境、沙盤推演模擬評估、擬具策略進行思辯的過程，是面對影響層面廣泛時間尺度較長的政策制定必要的工作。為此，本計畫建議可適度參採策略規劃與回溯方法(Backcasting Approach) 做為協助長期策略研擬及方向修正之工具。回溯方法通常用於對於未來具有明確的理想情境，再考慮未來可能存在的各式外在變因的巨大變化，為因應這些不確定性，回推從未來到現在應該如何因應。因此，回溯方法是在確保理想情境被達成的情況下，沙盤推演可能的策略路徑，適合現階段規劃未來 30 年淨零排放路徑之方法。

以下，本章分別由幾個國家在進行減量路徑規劃時所採取的方法、回溯方法的建構流程、後續策略規劃分年工作建議等內容進行說明。

4.2 各國淨零排放路徑研究方法

為達永續發展目標人類應立刻執行減量工具[14]，確保淨零(Net Zero)[15]排放目標在未來可順利實現。常見的減量工具包含發展再生能源、提高能源效率、推廣電動或燃料電池載具、建立能源效率標準或節能建築規章等。然而，不論何種工具都可能受到不同因素影響而可能提前實施或延宕執行。舉例來說，早在 1970 年之前，核能、海上油氣探勘與再生能源皆以由理論邁向實務，但卻遲遲不見大規模商業化活動萌生；此現象直到 1970 年代石油危機後才開始慢慢有了轉機，後又因東京議定書簽訂使減碳具有法規約束方使相關措施蓬勃發展(European Commission, 2011)[181]。

因此，如何在達成減量目標的前提下，考量各層面不確定因素擘劃不同階段應採取的減量工具即為本小節欲探討之重點。為此，本計畫彙整國際淨零排放路徑規劃之研究方法，包含英國、歐盟、加拿大等已開發國家或重要經濟區域組織，以做為我國路徑藍圖規劃之參考依據：

1. 英國的碳預算方法

在後京都時期，英國政府為達減量目標，由氣候變遷委員會(Climate Change Committee, CCC)統籌一切事務。根據 CCC 在 2008 年所公告第一個三期的碳預算(Carbon Budget)規劃報告，可知其在擬定之始主要應先掌握未來社會經濟及政策等條件變化，以估算排放基線。緊接著，藉由國家別和歐盟所承諾達到的減量目標[16]配合基線排放預測，則可得知未來「需減少」的排放量為何。然而，不同部門實際的減量潛力亦不相同，故各部門應完成部門分析；了解不同減量情境下，各部門應實施的減量技術、措施與相對應負擔成本，由下往上計算全國相對未來「需減少」的排放量，實際「合理的減量水準」。除此之外，亦須考量如抵換機制或總量管制等方法實施時，各部門實際可獲得或可交易的排放額度。最後，則結合前述

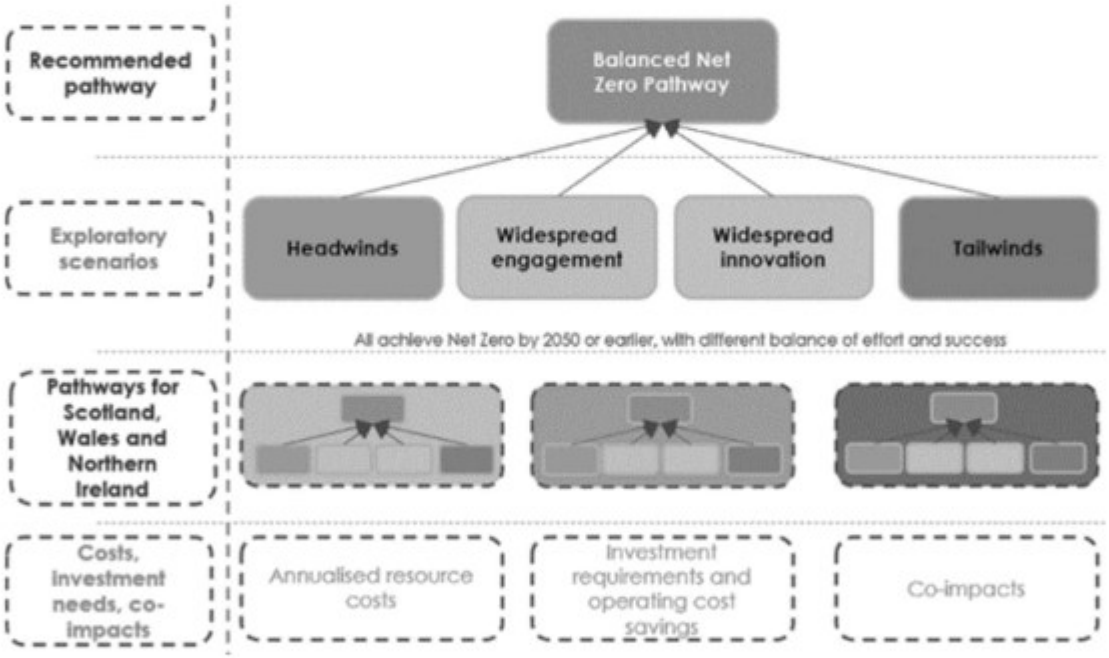
[14] 本計畫已在 4.2 針對減量工具進行說明，故不另在此贅述。

[15] 根據 IPCC 指出碳中和(Carbon Neutral)係指二氧化碳排放透過減碳手段，將二氧化碳排放量實現正負抵銷；淨零排放(Net Zero)則是減少所有溫室氣體排放並接近零值。

[16] 由於英國是在 2020 年正式公投脫離歐盟，故 2008 年所訂定前三期排放額度仍須將歐盟承諾減量協議納入考量。

「合理的減量水準」即可推估各階段下的碳預算[17]為何，由英國氣候變遷委員會(CCC)於 2020 年發布之第六期碳預算(The Sixth Carbon Budget)可知其後續規劃與目標設定方式皆比照此模式來進行，較為不同的是，在第六期碳預算中，英國氣候變遷委員會(CCC)將 2015 年在「巴黎協定」中英國所提出的減碳目標，2035 年溫室氣體排放量相較於 1990 年減少 78%、2035 年溫室氣體排放量相較於 2019 年減少 63%，皆納入考量，並模擬一系列的減碳情境用以制定各項減碳方案。

在第六期碳預算中，英國也提出透過 4 種境模擬，以探索到 2050 年時達到淨零排放的一系列方法，情境結構如圖 4.2-1 所示。情境共分為阻力情境(Headwinds Scenario)、助力情境(Tailwinds Scenario)、廣泛參與情境(Widespread Engagement Scenario)、廣泛創新情境(Widespread Innovation Scenario)。



資料來源：CCC, Building a low-carbon economy – the UK's contribution to tackling climate change(2008)。

圖 4.2-1　英國減量情境架構

[17] 碳預算是指為將地表溫度控制在一定程度內，允許一個期間內可排放的溫室氣體累積水準。

(1) 阻力情境

假設各項政策只能小幅度的推動社會及行為進行變革與創新，民眾改變了他們的行為、新的技術也同時在發展，但並為形成廣泛的行為轉變，而技術創新也未能夠顯著的降低綠色技術的成本。

(2) 廣泛參與情境

假設較高水平的社會及行為的改變，民眾及企業願意對其自身行為做出較多的改變，透過次假設，情境中減少了對高碳活動的需求並且增加了一些緩解氣候惡化的措施，然而在此一情境中，技術創新也同樣未能夠顯著的降低綠色技術的成本。

(3) 廣泛創新情境

假設在降低低碳技術成本方面獲得很大的進步，使得電氣化發展更加廣泛，使得資源及能源效率在經濟活動方面能夠更有效率，然而在此一情境中，社會行為改變僅有小幅度的改變。

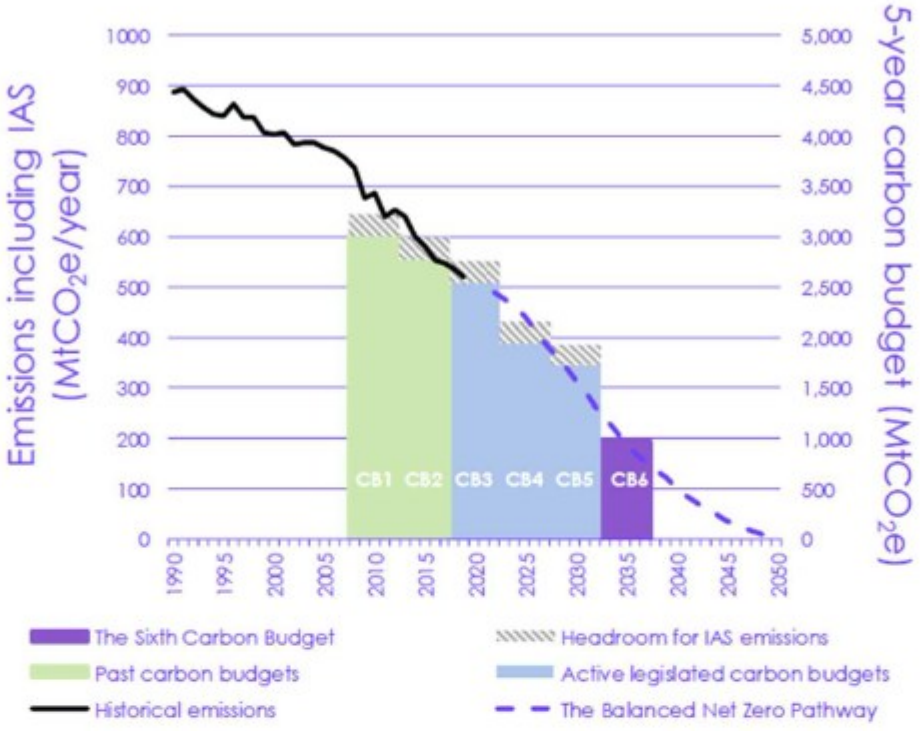
透過以上 3 種情境模擬，英國氣候變遷委員會(CCC)建構出了平衡淨零排放路徑(Balanced Pathway) 做為達到 2050 年淨零排放目標的推薦情境，期許在 2020 年推動技術進步的同時，能夠有更多的執行選擇，而不僅限於單一方案。

(4) 助力情境

此一情境的建構是基於平衡淨零排放路徑之上，假設技術創新及社會行為改變同時都達到了相當大的成效，並且超越了平衡淨零排放路徑，在 2050 年前就以實現淨零排放目標。

2008 年英國政府在面對制定 2050 年淨零排放目標時，由於期程過於久遠，在此期間仍存在許多不確定性風險。因此，在當時的 2050 年目標之下，另擬定六期碳預算且每期皆制定一減量目標，各期碳預算如圖 4.2-2 所示。英國第一期碳預算實現時間為 2008 至 2012 年間，允許排放量為 3,018 $MtCO_2e$(相較 1990 年減少 25%排放量)；第二期為 2013 至 2017 年，允許排放量為 2,782 $MtCO_2e$(相較 1990 年減少 31%排放量)；第三期為 2018 至 2022 年，碳預算為 2,544 $MtCO_2e$(相較 1990 年減少 37%排放量)；第四期為 2023 至 2027 年，碳預算為 1,950 $MtCO_2e$(相較 1990 年減少 52%)；第五期及第六期分別為 2028 至 2032 年及 2033 至 2037 年，允許排放量分別為

1,725 $MtCO_2e$(相較 1990 年減少 57%)及 965 $MtCO_2e$(相較 1990 年減少 78%)。



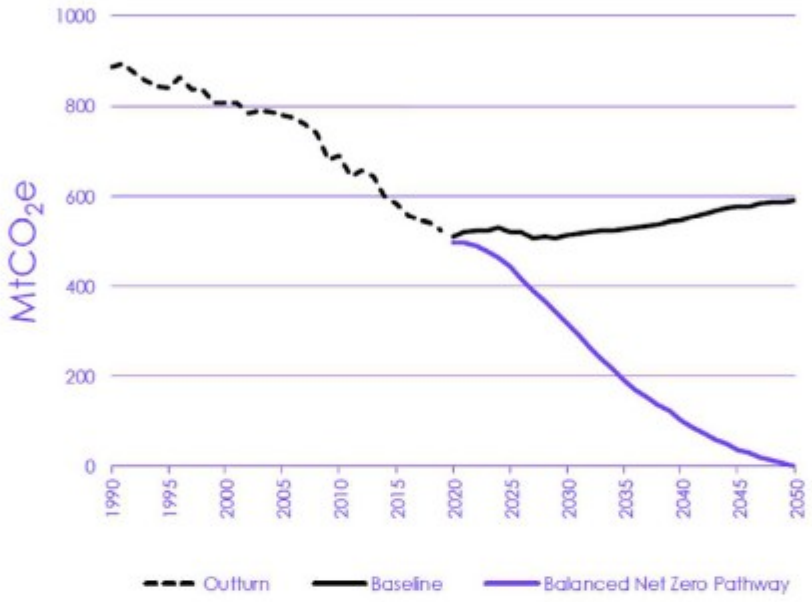
資料來源: CCC, Building a low-carbon economy – the UK' s contribution to tackling climate change(2008)。

圖 4.2-2　英國各期碳預算

在建構模擬情境及平衡淨零排放路徑的同時，英國氣候變遷委員會(CCC)也模擬了一個若在 2019 年過後不再採取任何減碳措施的情況之下，英國 2020 年至 2050 年各部門的溫室氣體總排放量，並以此情境做為基線，如圖 4.2-3 所示，在此情境中所使用到的排放量及能源需求皆為針對此一情境所建置而成的，因此可以清楚估算基線與各情境之間的差異與變化。

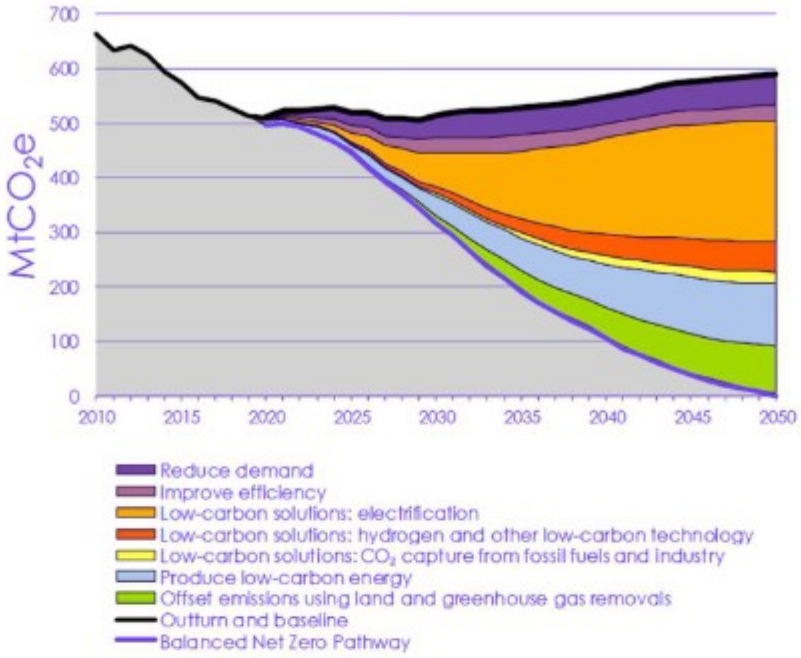
在估算出至 2050 年基線情境中的溫室氣體總排放量後，透過平衡淨零排放路徑模擬各項減碳措施的實施，以及結合相關產業為來發展的預測數據，英國氣候變遷委員會(CCC)提出七大類減碳類別，分別為需求減少(Reduce demand)、效率提升(Improve efficiency)、低碳方案:電氣化(Low-carbon solutions: electrification)、低碳方案:氫能等低碳技術(Low-carbon solutions: hydrogen and other low-carbon technology)、低碳方案:從化石燃料

及工業中捕捉二氧或碳(Low-carbon solutions: CO_2 capture from fossil fuels and industry)、生產低碳能源(Produce low-carbon energy)、透過林地擴增抵銷溫室氣體排放(Offset emissions using land and greenhouse gas removals)，並估算在各分類之下可以減少的溫室氣體排放量，如圖 4.2-4 所示，並用以規劃各項政策措施及執行期程以達到 2050 年淨零排放的最終目標。



資料來源：CCC, Building a low-carbon economy – the UK' s contribution to tackling climate change(2008)。

圖 4.2-3　英國平衡淨零排放途徑



資料來源：CCC, Building a low-carbon economy – the UK' s contribution to tackling climate change(2008)。

圖 4.2-4　英國平衡淨零排放途徑減排類型

英國交通部門規劃交通脫碳計畫的政策實施內容側重於 6 個戰略重點[183]：加速轉換成公共和主動式的交通模式、在地的交通運輸解決方案、道路運輸脫碳、英國成為綠色運輸技術與樞紐、減少商品碳足跡、減少全球經濟的碳排放，以達目標及未來減量路徑：

I.　國家長期減量目標[184]：

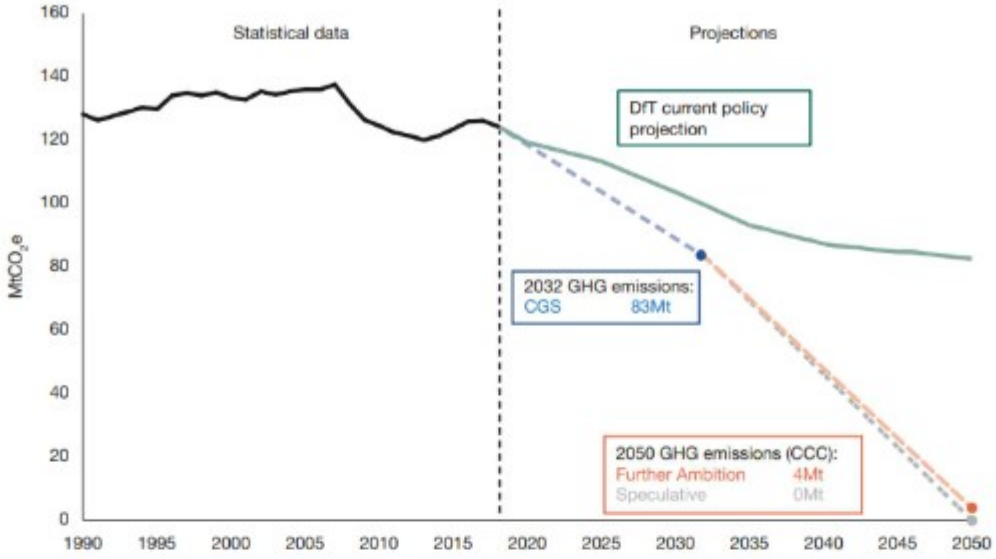
- 2030 年溫室氣體排放量較 1990 年下降 68%。
- 2035 年溫室氣體排放量較 1990 年減少 78%。
- 2050 年溫室氣體排放量較 1990 年減少 100%。

II.　運輸部門減量目標：

將在 2030 年起禁售燃油小客車，並承諾 2035 年起將確保所有車輛(包括卡車)皆為尾氣零排放[185]。

III.　運輸部門(或國家)減量路徑：

為達成 2050 年淨零排放的目標，根據 2032 年潔淨成長策略(CGS)和英國氣候變遷委員會(CCC)的 2050 年淨零排放情境(Further Ambition、Speculative)分析結果，而繪製出 2050 年淨零排放路線，請見圖 4.2-5 所示。



資料來源: Government UK , Creating the transport decarbonisation plan (2020)。

圖 4.2-5　英國運輸部門溫室氣體排放量路徑

2.　歐盟

透過前述英國案例，大概可掌握國家別在訂定減量路徑(或低碳經濟)的架構及核心內容。在此基礎上，本計畫藉由歐盟案例，說明經濟合作組織如何考量會員國政策及參酌關係利害人意見以訂定其減量路徑(或低碳經濟)。

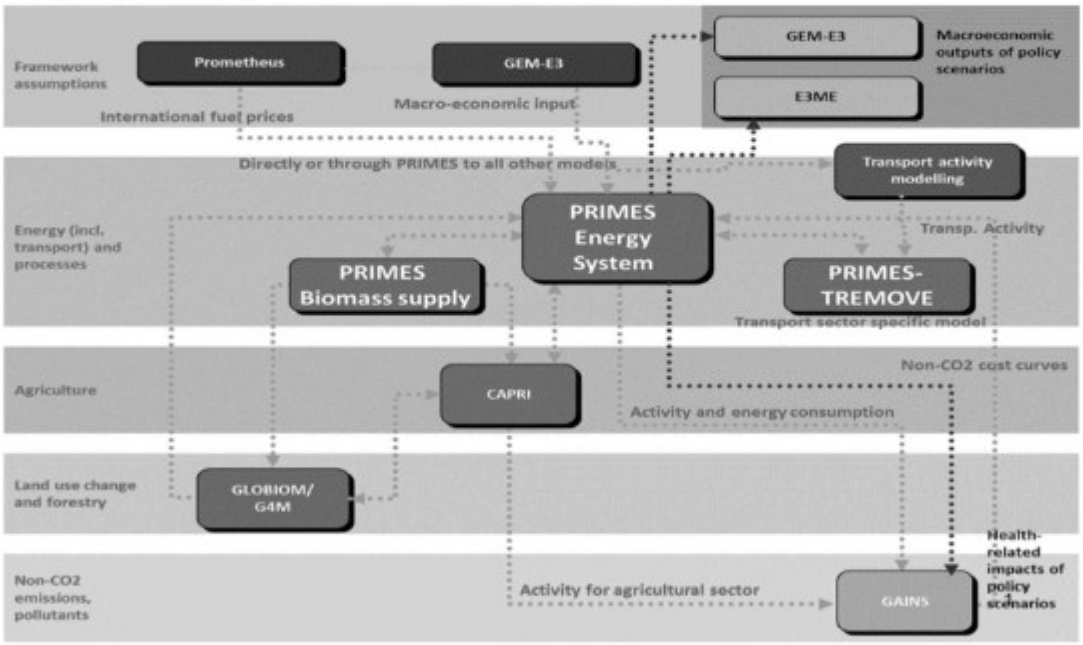
歐盟在訂定排放路徑上，是採用相對靈活且彈性方式進行，雖然仍由模型進行事前評估並訂定各階段目標。然而，因歐盟屬於區域性合作組織，故特別強調各階段的減量目標應符合各國經濟社會條件發展，且所有相關利害者(Stakeholders)皆具有權力表達其意見，在彙整所有意見後則選擇最具成本效率排放路徑並定期檢視修正調整。

簡單而言，歐盟的減量路徑是考量人口、經濟情勢、科技技術與政策等因素下，藉由模型擬定初步的路徑架構[181]。其中，評估模型可分為兩大部分，第一部分是由 7 種各領域模型互相連結組成[187]，分別為 ASTRA(運輸經濟模型)、TREMOVE(運輸排放模型)、GMEMOD(農業模型)、CAPRI(經濟模型)、PRIMES(運輸能源模型)、GAINS(環境模型)與 GEM-E3(總體經濟模型)。為使模型之間互相串連，各模型亦有開發子模型，舉例而言，ASTRA

模型用於評估歐盟運輸政策可能產生的長期影響，為模擬如載具科技或碳稅可能產生的變化，另整合 8 個總個體子模型。

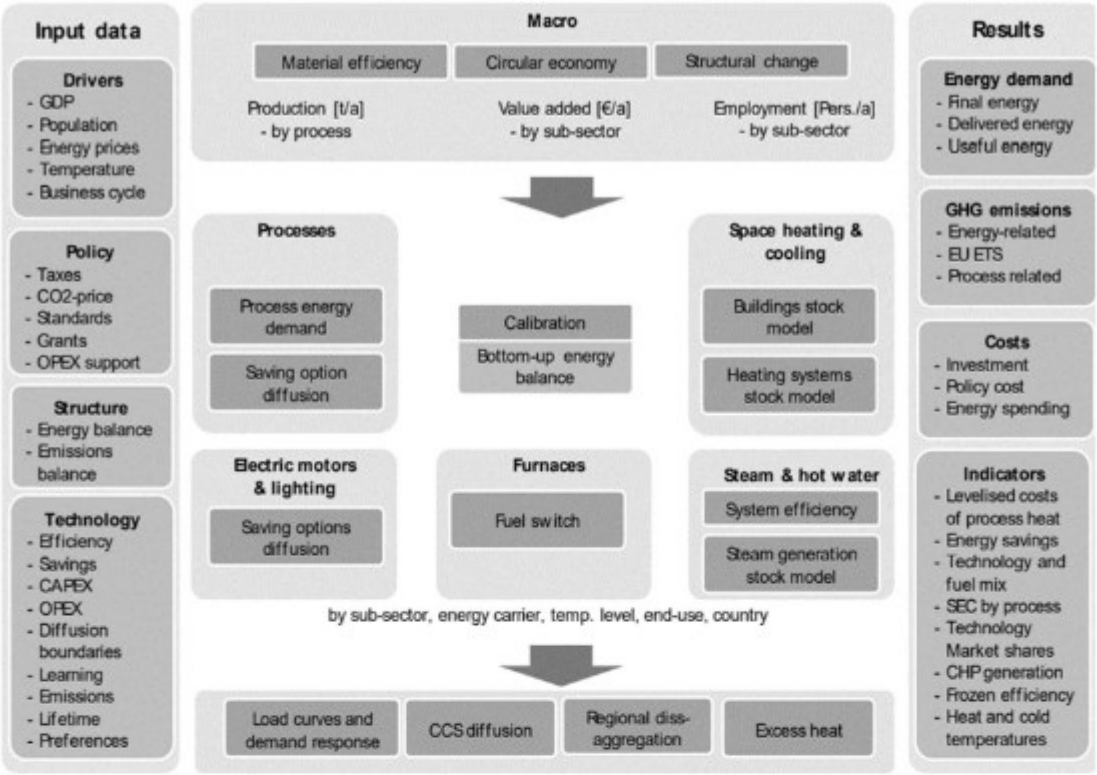
其運作機制如圖 4.2-6 所示，透過 GEM-E3 及 Prometheus 模型根據不同情境可產出總體經濟社會條件之變數，相關變數在輸入不同模型後最終可求得各情境下的能源供需情形。能源產出又可進一步透過 GEM-E3 和 E3ME 評估各情境的總體經濟衝擊，或藉由 GAINS 模型評估人體健康影響。

緊接著，另應用 FORECAST 模型，即前述所談之第二部分模型估算各情境下溫室氣體排放路徑。該模型與前述整合模型互相搭配，將前述模型產出的總體經濟社會和科技(尤為減碳科技)，如圖 4.2-7 所示，代入 FORECAST 後則可產出如最終能源需求、應執行的投資及相關成本、長期溫室氣體排放水準。



資料來源：E³MLab/ICCS(2018)。

圖 4.2-6　模型連結關聯示意圖



資料來源：FORECAST，A methodology for bottom-up modelling of energy transitions in the industry sector: The FORECAST model (2018)。

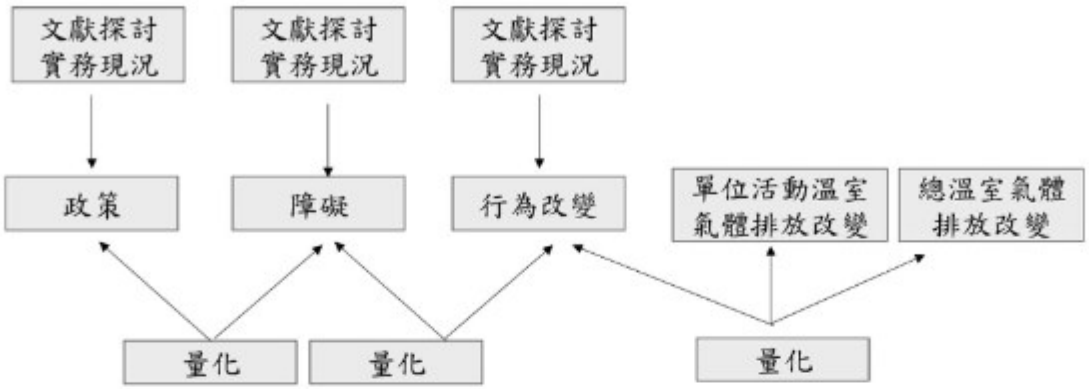
圖 4.2-7　FORECAST 模型概念圖

值得一提的是，歐盟強調注重所有相關利害者意見表達權力。因此，在初步完成路徑架構後，會進一步採取如工作坊或線上問卷等方式彙整專家學者意見，將討論主旨區分為不同探討層面。最後方藉由資訊平台蒐集所有相關利害者意見，進行路徑檢視與調整。

舉例來說，歐盟曾於 2012 年探討如何藉由政策改變民眾消費行為決策，進而達到減量目的。在此會議之前，如圖 4.2-8 所示，歐盟就曾透過文獻探討和專家諮詢將既有措施進行彙整並歸納為不同面向，如移動(Mobility)、住家(Housing)與飲食(Food and Drink)。其中，與移動[18]有關的減量措施包含使用更具能源效率載具、讓載具使用更具效率、搭乘大眾運

18 考量本計畫主旨遂以移動為例，其他詳見文獻內容[188]。

輸工具或無碳載具，與減少交通移動距離，如表 4.2-1 所示。後續則透過前述即模型衡量不同行為改變後各階段溫室氣體可降低最大潛能。



資料來源：Faber, J. et al., Behavioural Climate Change Mitigation Options and Their Appropriate Inclusion in Quantitative Longer Term Policy Scenarios- Main Report(2012)。

圖 4.2-8　歐盟減量潛能計算架構

然而，減量措施可能因個人或社會之因素而無法落實。因此，歐盟亦藉由文獻探討及專家諮詢彙整措施實施障礙。舉例來說，個人因素包含個人使用習慣或無碳載具的安全、成本、維修、觀感認知等因素考量。另外，社會因素則包含難於偏遠地區尋得充電樁、里程數問題、無碳載具二手市場貨源不足、高投資成本、無碳載具價值存續不確定性等。緊接著，則由各國政府透過跨部會乃至於延伸到歐盟會員國進行政策探討，如增設無碳載具停車位或無碳載具稅率抵免等，解決前述可能的施行障礙，確保減碳措施可改變移動行為促使溫室氣體減量達最大潛能。

3.　加拿大

有鑑於 2050 年減量目標期限距今過長充滿不確定性，加拿大政府遂制定「2030 排放減量計畫(The 2030 Emission Reduction Plan, 2030 ERP)」[191]羅列既有減量措施和為達 2030 年減量目標[19]應新增措施，促使國家邁向 2050 年達成淨零排放目標的軌道上。因此，「2030 排放減量計畫」可

[19] 加拿大政府預定於 2030 年，相較 2005 年排放水準，再減少 40- 45%的溫室氣體排放量。

視為加拿大淨零排放路徑的前導計畫。在該計畫中，其採用「由下往上(Bottom Up)」和「回溯(Back- casting)」兩種方法進行預測(ECCC, 2022)。

表 4.2-1　減量措施：移動行為

行為改變種類	行為改變項目
使用更具能源效率載具	購買小型汽車
	購買或使用電動汽車
讓載具使用更具效率	使用更具燃料效率的操作模式(如穩定車速、保持行車距離減少剎車浪費燃料動能)
	提升載客率
	發展共享載具
	延長載具使用壽命
搭乘大眾運輸工具或無碳載具	透過火車替代汽車
	透過當地大眾運輸工具替代汽車
	透過腳踏車替代汽車
	透過行走替代汽車
減少交通移動距離	遠端工作
	應用視訊會議
	推動電子商務

資料來源：Faber, J. et al., Behavioural Climate Change Mitigation Options and Their Appropriate Inclusion in Quantitative Longer Term Policy Scenarios- Main Report(2012)。

其中，由下往上方法是藉由總體經濟模型(代號 E3MC)和可計算一般均衡模型(代號 EC-Pro)等兩種模型工具，計算減量工具(羅列於 2030 ERP 中)執行後 2030 年各部門別可達到的減量水準。其中，E3MC 是以能源模型為主軸以連結總體經濟模型；EC-Pro 則屬於可計算一般均衡模型，用以模擬政策實施對於總體經濟之影響。經評估結果可知，若將 2030 ERP 所有減量措施納入考量，2030 年最多只減少 470Mt 或相對 2005 年排放水準減少 36%的排放量。

因此，加拿大政府另透過回溯方法，將正在擬訂的減量策略(如加拿大建築戰略(Canada Green Building Strategy)[20])或正在探討可行性的策略(如購

[20] 針對面積 25,000 至 200,000 平方呎大型建築物或超過 35 年樓齡建築，優先更換能源設施或採用高效能暖氣設施。

買潔淨商品策略(Buy Clean Strategy)[21])納入考量。藉由多次探討後，方在滿足 2030 年(相較 2005 年排放水準)減少 40%的溫室氣體排放量目標下，找出最具成本效率之情境以做為加拿大政府的低碳路徑。

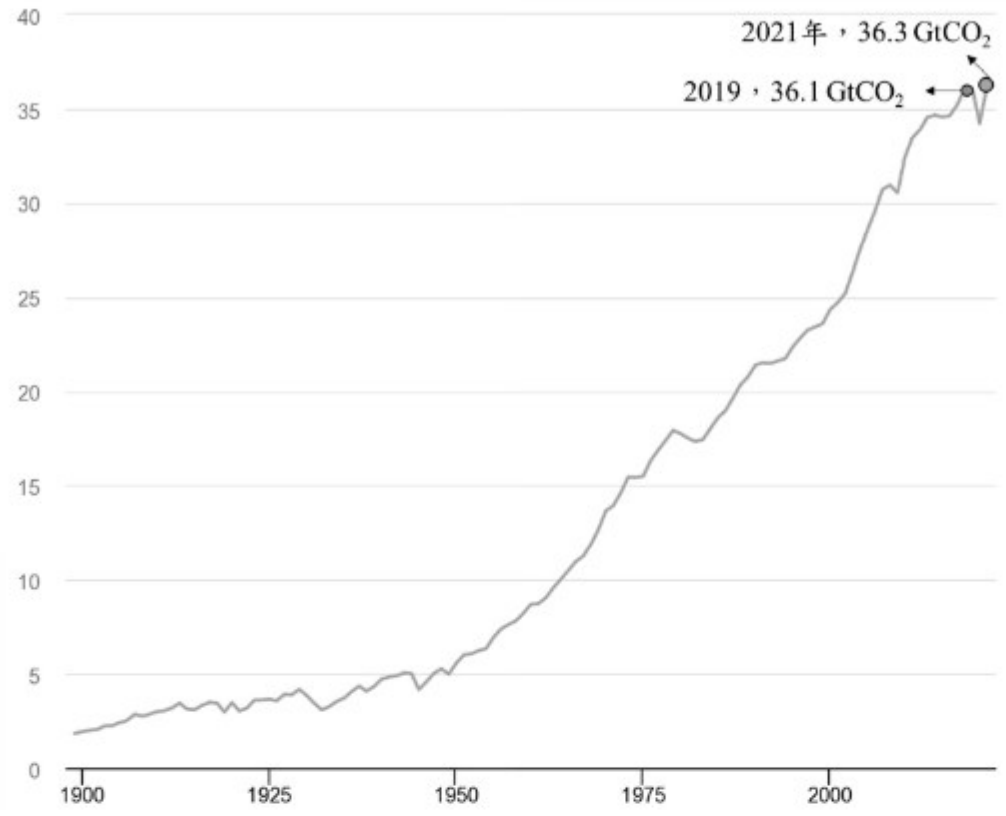
綜觀前述各國擘劃淨零排放路徑方法及架構，雖然不同案例側重層面有所差異，例如英國政府需將歐盟所承諾減量目標或擬定執行的減量工具納入碳預算訂定；歐盟強調聽取利害關係人意見，整合並計算減量潛能。然而，整體仍可歸納為 3 個重點，包括(1)排放基線建立；(2)減量目標訂定；和(3)減量工具潛能計算、減量缺口探討與缺口填補方法。

其中，排放基線建立目的是做為比較基準，用於衡量減量工具實施前後之影響。緊接著，則利用不同模型工具或各種減量責任分擔方法，訂定合宜的減量目標。最後，則考量且計算減量工具可產生的減量潛能以了解是否可能產生減量缺口。面對可能出現的缺口，方藉由如清潔發展機制方式進行彌補。

然而，若由現階段的排放趨勢檢視減量成效，可發現即便各國自 2010 年前即開始著手進行減量，但直到 2021 年卻仍未見到全球達到排放峰值，如圖 4.2-7 所示。雖然 2020 年因 Covid-19 疫情蔓延，使得全球經濟衰退進而降低全球二氧化碳排放至 34.2GtCO$_2$；但在疫苗覆蓋程度提高且各國政府採取共存態度後，伴隨經濟動能回復 2021 年全球二氧化碳排放又創歷史新高至 36.3GtCO$_2$。

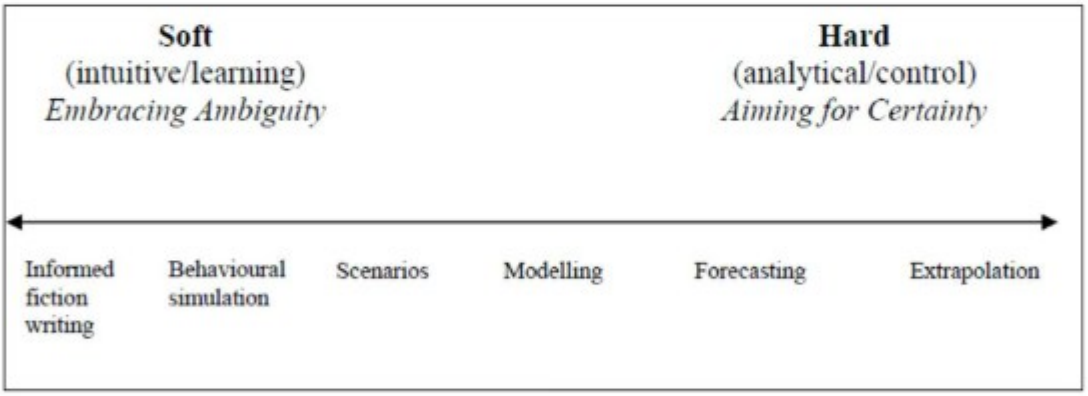
一般來說，想要制定政策達到永續發展需要進行許多決策，因訂定目標本身就是決策的一環；不同決策者的偏好、目標或預期可能不盡相同；由於現實社會中存在許多外部因素、不確定性或人與環境之間會互相影響，故難以評估永續性成本效益(Boulanger and Breger, 2002)[193]。此時，傳統的研究方法，如預測(Forecasting)或外推(Extrapolation)等方法較不再適合。相較之下，當研究主旨或探討內容與「未來」相關時，如圖 4.2-10 所示，若探討內容較於複雜、無法精準預測未來變化環境或可能有多種變化時，則應較適合使用情境規劃(Scenario Planning)等方式探討(Chatterjee et al., 2006)[194]。

[21] 優先購買加拿大製的低碳或無商品及服務。



資料來源：IEA, CO_2 emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2021 (2022)。

圖 4.2-9　全球二氧化碳排放趨勢



資料來源：Chatterjee, K.et al., Planning for an unpredictable future: Transport in Great Britain in 2030 (2006)。

圖 4.2-10　實務研究適合方法概述

4.3 回溯方法之原則

在此情況下，雖然量化工具可能相同，但推論邏輯必須改變。由於我們必須確保 2050 年淨零排放目標可以達成，我們也能想像未來 30 年自己想要的生活景象，因此「回溯方法(Backcasting Approach)」可以做為規畫我國運輸部門 2050 年淨零排放願景或路徑藍圖之方法。

根據文獻提及，回溯方法採用的情境屬於「願景情境(Prospective Scenario)」，相對於「預測情境」，其產出則強調「how desirable futures can be attained (Geurs et al., 2004)[196]」。該方法與過往傳統方法最大差異包含下列 4 點：(1)回溯方法聚焦在要做什麼達到目標，而非要做什麼避免不好的結果發生；(2)可掌握不同時間階段應執行的政策、投資金額或採用技術；(3)可透過簡易數學式將消費習慣(如運具選擇)改變納入考量；(4)其建構流程相對簡單易懂。綜整上述，本計畫於 4.3 節說明回溯方法的意涵、執行流程、採用方法與預期結果。

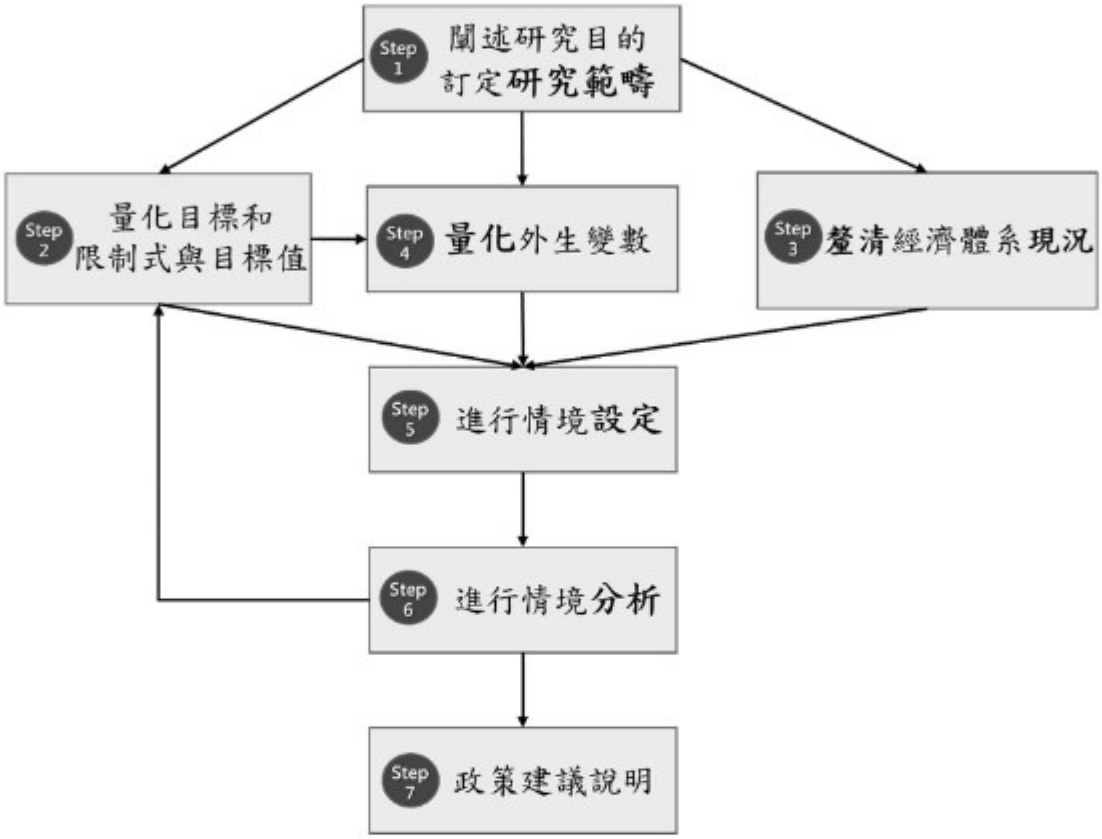
4.4 回朔法建構流程

在過往的研究裡，多使用預測方法(forecasting)推演減量空間。事先盤點減量策略，再評估減量策略推行(個別或配套)下，將可能產生的減量結果加總，計算出堆疊所有策略後，能達到的整體減量成效。然而，此方法所存無法確保達到預測之目標的問題，無法確定達到目標所需要的措施強度造成與排放目標距離之缺口的產生。

因此，在面對需要高度企圖心的 2050 年淨零排放目標，該考慮的策略、將面臨的內外部條件限制，以及掌控該時間點實施的相關政策及其進度發展，成為未來 30 年運輸部門必須一同努力的任務。在如此長期的發展目標下，由於不確定因素來自各種層面，使得在規劃各項策略時，難免有掛一漏萬的疑慮，因此國際上在考量中長期深度減碳情境與策略時，撇除以往所使用的預測方法(forecasting)，而採用回溯方法(backcasting approach)來進行，如 Costa Rica (2022), SDSN (2019)[197], Kishita et al. (2017)[198], Ashina et al. (2012), Robertson (2016)[199], Soria-Lara and Banister (2018)[200]等。

回溯方法對於為了在未來特定時點達到特定目標，而需要規劃現在開始到該時點分階段最適當的策略，並檢視規劃路徑是否能夠達標時，特別適用，也因此近年來在運輸及氣候變遷領域被廣泛應用(如 Soria-Lara and Banister, 2018; Akerman and Hojer, 2006; Vergragt and Quist, 2011)。根據 Soria-Lara and Banister(2018)[200] 的建議，回溯方法主要分為 3 個操作流程，第一步「設立願景」，針對規劃時間軸的終點，設定目標，這個目標與基線(business as usual, BAU)的預測是相反的概念，它是規劃者所想像或想要的未來世界；第二步「盤點政策工具配套」，這需要非常多元的利害關係人一同參與，將可能達到目標的各式政策工具選項、各選項可能帶來的影響、各選項的可行路徑與限制等諸多條件都必須一併考量，因此這個階段的工作不會只仰賴單一部門或少數群體來進行；第三步「進行評估」，必須對盤點出來的可行政策配套及其路徑，針對環境、社會與經濟等不同層面的議題進行影響評估，同時考量政策配套的可行性、可接受程度及各種可能面臨的障礙。

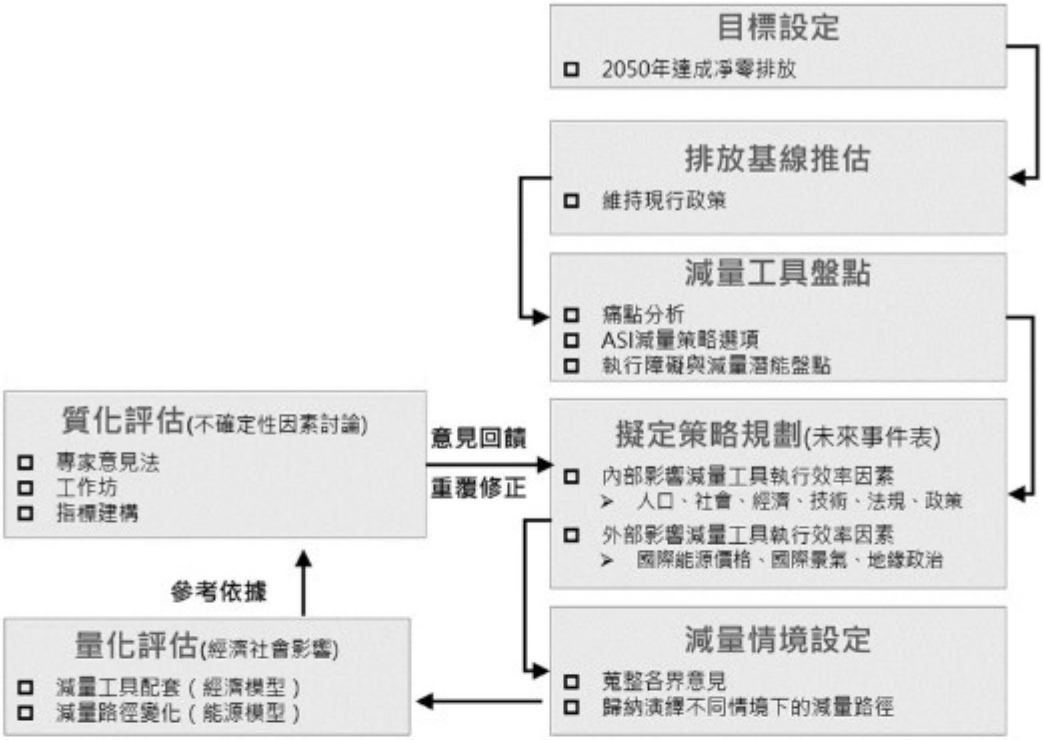
此外，根據 Robinson (1990)[201]，回溯方法建構流程，如圖 4.4-1 所示，依序分別為(1)闡述研究目的訂定研究範疇；(2)量化目標、限制式與目標值；(3)釐清經濟體系現況；(4)量化外生變數；(5)進行情境求解；(6)進行情境分析等六大步驟。評估此回朔方法對於 2050 年淨零排放路徑評估的適用性後，以此流程做為主要架構作後續調整。



資料來源：Robinson, J.B. , Futures under glass: A recipe for people who hate to predict (1990)，本計畫繪製。

圖 4.4-1　回溯方法操作流程

基於 Robinson (1990)[201]的 6 步驟係聚焦於量化評估程序的操作方式，就決策層面而言，仍缺少了社會溝通與淨零排放發展環境建構等質性評估要素。因此，本計畫為建立運輸部門 2050 年淨零排放路徑，擬透過回溯方法評估操作流程，擬定八大執行步驟，如圖 4.4-2 所示：

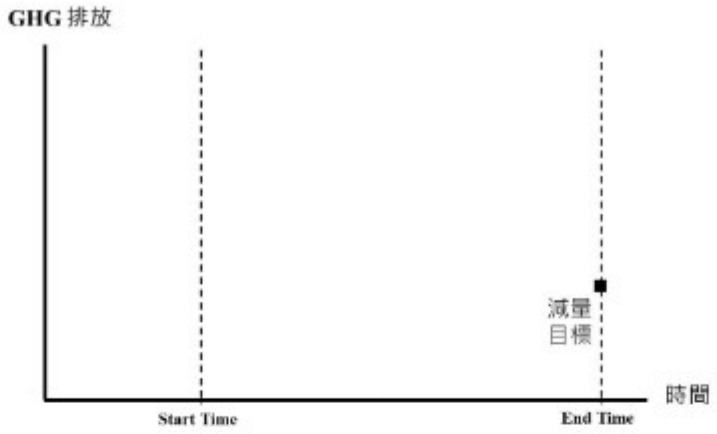


資料來源：本計畫繪製。

圖 4.4-2　我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑之評估架構與流程

步驟一、目標設立

一般而言，減量目標係由對目標年(目前多數國家以 2050 年為目標年)的大氣溫室氣體濃度及其所帶來的溫升控制目標為計算依據，反推目標年全球累積排放上限及年度排放目標量。自 AR6 之後，2050 年淨零排放即成為全球討論設定的排放目標，我國亦是如此，因此本計畫即以 2050 年我國運輸部門達到淨零排放為規劃目標。(如圖 4.4-3 所示)。



資料來源：本計畫繪製。

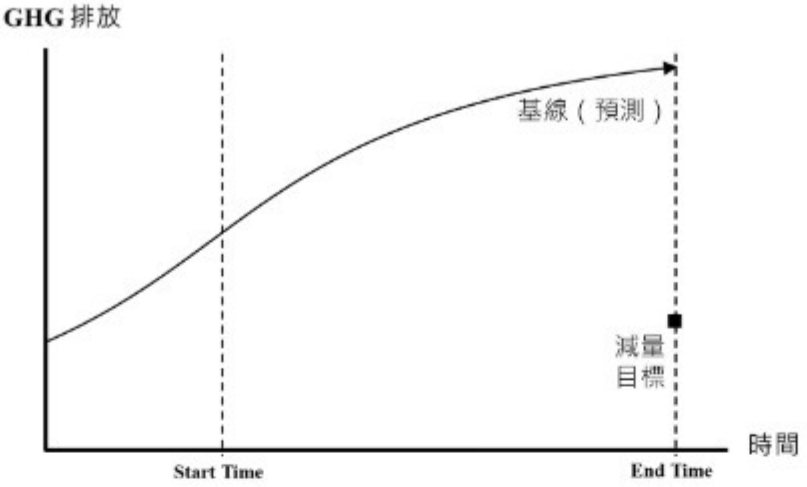
圖 4.4-3　回溯方法第一步驟

步驟二、排放基線推估

排放基線是指無其他減量工具導入且假設未來其他條件不變下，溫室氣體排放的變化量。排放基線主要功能在於做為比較標準，用以衡量減量工具執行前後對於排放的影響。因此，欲建構排放基線前，因先探討什麼「減量工具」將納入基線(Business as Usual or Base Case)一併考量，什麼減量工具屬於減量路徑(或情境)。另外，由於排放基線是「假設未來其他條件不變」下，故包括人口成長、石化能源價格、行為模式或技術等因素，皆須符合過去歷史變化趨勢。

為符合「假設未來其他條件不變」的前提，研究內容須先釐清「現況(Present System)」，即運輸部門中的「製程或經濟活動(Physical Processes and Activities)」，俾利後續與情境設定進行比較。舉例來說，此階段應描述臺灣運輸部門現況，包含運具使用、運具能源消費與相關排放之情形，並假設不實施任何改變未來我國運輸部門可能演變的情況。後續方則可藉由數學模型[22]帶入前述參數進行排放基線推估，如圖 4.4-4 所示。需注意的是，因基線排放是在假設其他條件不變下所求得，相關參數屬於可控變數，故採用預測(Forecasting)方式求得，即藉由過去資訊推估未來趨勢(Miola, 2008)[1901]，相關詳細內容請見第五章。

[22] 詳見本計畫第五章節。



資料來源：本計畫繪製。

圖 4.4-4　回溯方法第二步驟

步驟三、盤點減量工具

目前運輸部門可能採行的減量措施可歸納為技術、經濟、基礎建設、後勤、研發、教育宣導等不同面向(Camilleri et al., 2021；Hickman et al., 2008；Hickman et al., 2009[202]；Geurs et al, 2004[196])，國際交通論壇(ITF)更將這些措施製成字典，除說明各項策略執行方式與對象外，亦同步提供個別策略減碳果，以供策略規劃及決策者參考(表 4.4-1)。由於部分減量工具使用，如推動燃料電池電動車(Fuel Cell Electricity Vehicles, FCEV)，會受到如安全規範、基礎設施建設法規、基礎設施普及程度、技術成熟且具備商轉條件、消費者使用意願等因素影響，因此應羅列現階段已提及的減量工具，以利後續探討不同階段下可採用的工具和實際可能產生的減碳效用。

針對我國目前的淨零排放 12 項關鍵戰略，各部會已陸續完成 2030 年以前的策略藍圖與行動計畫，交通部亦針對運具電動化與低碳化擬具 10 項推動路徑及 57 項具體行動，針對淨零綠生活部分，則擬定 10 項推動措施與 28 項具體行動。至於 2030 至 2050 年之長程規劃則仍屬初步規劃階段。因此建議後續應一方面評估現有減量措施之減量貢獻，另方面檢視達成淨零排放目標的潛在減量工具及減量空間。

表 4.4-1　國際交通論壇(ITF)運輸氣候行動字典

層級 / 策略類型	城市	國家	國際
1.教育與宣導	1-1.宣傳活動 1-2.公共交通訊息	1-1.船舶環境標籤與排放報告 1-2.物流排放自願減量計畫 1-3.車輛燃油效率標籤	1-1.加強海運技術合作與能力建設 1-2.船舶環境標籤和排放報告 1-3.航班碳標籤 1-4.物流排放的自願減量計畫
2.經濟	2-1.綠色公共採購 2-2.道路收費和通行費 2-3.城市物流定價辦法 2-4.公共交通定價 2-5.停車收費 2-6.擁擠定價	2-1.道路車輛碳稅 2-2.取消海上運輸化石燃料免稅 2-3.購買高效車輛退稅 2-4.依船舶環境績效給予差異化港口費用 2-5.道路收費及通行費 2-6.支持減碳的金融工具 2-7.航空燃油稅	2-1.取消海上運輸的化石燃料免稅 2-2.海運補貼或稅負減免的條件 2-3.支持脫碳的金融工具 2-4.航空燃油稅 2-5.航空納入排放交易 2-6.碳抵換
3.基礎設施	3-1.平穩駕駛：從生態駕駛到自動駕駛 3-2.強化號誌儀控 3-3.改善公共運輸網絡佈局和班表 3-4.公車捷運系統 3-5.公車專用道優先號誌 3-6.都市土地利用規劃 3-7.停車換乘設施 3-8.城市軌道基礎設施 3-9.支持低碳燃料基礎設施 3-10.綜合票證	3-1.支持替代燃料的加油基礎設施 3-2.機場地面營運減排 3-3.非城市客運鐵路基礎設施 3-4.平穩駕駛：從生態駕駛到自動駕駛 3-5.岸電及港口充電設施 3-6.內陸水道建設 3-7.停車換乘設施 3-8.鐵路電氣化 3-9.行動式充電道路系統(electric road systems, ERS) 3-10.強化自行車基礎設施 3-11.智慧交通系統 3-12.採購電動或氫能車輛 3-13.加強貨運鐵路 3-14.支持低碳燃料基礎設施 3-15.多式聯運貨運接口	3-1.智慧交通系統 3-2.加強貨運鐵路 3-3.多式聯運貨運接口
4.監管	4-1.停車規定 4-2.車輛限行方案 4-3.交通管理：限速	4-1.基於碳密集度之燃料認證和標準化 4-2.海運國家行動計畫 4-3.監管海上運輸中的短期污染物 4-4.永續金融法規 4-5.船舶報廢和改造計畫 4-6.低碳航運燃料生命週期評估 4-7.低排放和零排放車輛指令 4-8.航運綠色公共採購 4-9.公司汽車稅、商務旅行及遠程辦公獎勵 4-10.低排放區 4-11.大容量貨運車 4-12.制定促進充電基礎設施的標準和目標 4-13.新建或翻新建築應設置充電設施 4-14.車輛效率標準 4-15.內燃機和柴油禁令	4-1.基於碳密集度的燃料認證和標準化 4-2.監管海上運輸中的短期污染物 4-3.永續金融法規 4-4.低碳航運燃料生命週期評估 4-5.船舶減速 4-6.提高船舶能源效率規範 4-7.大容量貨運車 4-8.低碳燃料標準

層級 策略類型	城市	國家	國際
		4-16.車重標準 4-17.低碳燃料標準 4-18.燃料混合授權	
5.創新研發	5-1.共享自行車 5-2.共乘 5-3.隨選(on-demand)公共運輸 5-4.交通行動服務(Mobility as a Service, MaaS) 5-5.共享汽車	5-1.交通行動服務 5-2.物流排放的自願減量計畫 5-3.貨運共享資產平台	5-1.物流排放的自願減量計畫 5-2.貨運資產共享平台
6.後勤	6-1.永續城市物流計畫 6-2.貨運用地規劃 6-3.客貨運整合服務 6-4.離峰送貨 6-5.城市貨運自行車 6-6.城市貨運配送中心 6-7.提貨點貨運 6-8.電動汽車送貨車隊	6-1.物流排放的自願減量計畫 6-2.智慧交通系統	6-1.海運物流績效 6-2.物流排放的自願減量計畫 6-3.智慧交通系統

資料來源：International Transport Forum, ITF Transport Climate Action Directory (2021)。

需注意的是，前述減量工具可能受到其他因素影響，使得效用產生不同改變。舉例來說，為避免疫情傳播許多企業改採遠距離工作(work from home)亦或減少國際活動往來，此舉可能直接減少大眾及私人之運具需求，在未負擔任何減量成本下，直接達到減量效益。然而，也有研究指出，疫情蔓延降低民眾搭乘大眾運輸意願，轉而提高私人運具使用意願進而增加排放(DeWeese et al., 2022)。在此情勢下，本計畫認為亦須考慮其他因素如疫情對與運輸需求之變化，以利後續擬定更加合宜的減量工具。

步驟四、擬定策略規劃(未來事件表)

戰略佈局常運用的策略規劃方法，藉由減量目標設定，想像未來運輸部門的樣態，再往回看各個階段該做什麼事、可能會發生的事。策略規劃方法為了要將推行策略時的各種環境條件變化及不確定性納入考量，以便滾動調整各階段戰略及即時的戰術，常常利用系統性的方法(未來事件表)來彙整各式各樣的資訊，同時透過多位專家或利害關係人來建構資訊網絡，以便模擬未來可能情境、使其規劃更貼近未來狀態的戰略。具體而言，在既有減量目標下，各種減量工具可能執行的效率或普及率會因各種因素而充滿不確定性。可能影響因素包含經濟、社會、政治、法律與技術等，

若以經濟為例，我國早以申請加入跨太平洋夥伴全面進步協定(Comprehensive and Progressive Agreement for Trans-Pacific Partnership, CPTPP)，一旦申請通過則可能影響汽車及其零組件產業導致我國技術發展受到影響。此時，則應考量各種減量工具可能面臨的執行效率或普及率，針對特定時期或階段，討論為彌補減量缺口應提早或延遲搭配的減量工具，規劃可能的減量工具組合或稱減量路徑規劃。

步驟五、減量情境設定

針對 2050 年深度減碳的目標，設立不同情境的減量路徑。交由專家交流、工作坊、社會溝通等蒐整各界專業之意見，經歸納演繹形成量化與質性分析架構及減量路徑。

步驟六、量化評估

設計減量工具配套予階段戰略情境，以評估各種戰略情境下之排放路徑。減量工具配套使用經濟模型模擬；減量路徑變化使用能源模型。本計畫建構出的工具組合，包含：計量方法、CGE(Computable General Equilibrium)模型、LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning System)模型及個別策略工具完成量化評估，其建構方法及模型操作詳細內容，請見第五章。

步驟七、質化評估

藉由專家意見法、德爾菲法(Delphi Method)進行評估，包含問卷調查、平台資訊彙整、建構指標等，討論涵蓋所有不確定性的因素。

最後，彙整計畫中的量化與質化分析結果，做修正調整，回饋至擬定策略規劃(未來事件表)，篩選階段戰略適當配套選項，並說明該建議選項下之排放路徑與戰術作為。

4.5 策略規劃及未來事件表功能

由於預測未來本身不易，爰此根據事件發生的可能時點、影響範疇與強度等風險資訊，設計多種可能情境，做為後續評估之依據。又加上考量影的響範圍過於廣泛導致難以使用單一方法劃定範疇及準則，去判斷是否為未來發生的事件，因此基於技術、法規、政治等環境條件演變時序，協助判斷策略推動的階段性優先任務，將未來運輸部門面臨的內、外部環境與條件變化進行系統性彙整。透過未來事件資訊蒐集、匯整及系統性的盤點，對於三大領域各項政策搭配的時間點，方能一目了然。例如：考慮法規可以配合的情況下，技術能完全進入商業化階段的時間點。策略規劃的分段使事件發生、能相互配合的時間點更明瞭，此外，透過多元方式，廣蒐資訊、召開專家會議、進行反覆收斂、擴充與回饋修正，使策略規劃更能準確呈現，而此表時間軸也將成為擬定長期減量策略的有利工具。

而從現今到 2050 年的淨零排放計畫當中，包含眾多內外部環境因素對於事件有直間接、長遠的等影響，皆可能會導致計畫發展有重大改變。本計畫將這些影響的環境因素，劃分為四大部分：政治與法律、經濟與社會、技術及環境(如表 4.5-1 所示)：

1. 政治與法律

國家的政權性質、社會的法規制度、規格與標準及氣候與調適政策，例如：在推行電動車的政策下，車輛規格、所需建立的相關標準規章；充電樁設置場域類型，涉及的停車場法、建築法、公寓大廈管理條例及公路法；亦或是在未來徵收碳費所需修改的法規。

2. 經濟與社會

此領域對於需求端扮演重要的角色，內容為人口數量、城市發展、年齡結構、職業結構等，著重於經濟環境、產業發展、社會結構與城鄉發展等。例如：是否會因為在高齡化日趨嚴重下的人口結構，對運輸需求是否因此改變；亦或是因為 2019 年全球爆發 COVID-19 後，使許多企業紛紛使用遠距會議甚至居家上班，皆會影響運輸工具使用的狀況；戰爭下的能源價格、能源取得、電力的使用、汽柴油的使用，可能使資源取的困難，供不應求的情形將使價格持續飆漲。

3. 技術

車輛技術、設備、材料等的發展。由於規劃時長達 30 年(2022 年-2050 年)之久，因此所有陸路運具技術將會被含括在內，甚至未來將考量加入航空、航運的部分。

4. 環境

為隨時掌握淨零排放策略產生的減量成效，以及減量所帶來的共伴效益，在環境面納入溫室氣體排放與空氣污染相關指標，以便滾動修正整個策略佈局與路徑。此外，溫升對我國產生的影響及交通基礎設施因溫升所遭致的脆弱性，也須在表中呈現。鑒於 2020 年新冠疫情為運輸及貿易帶來的巨大衝擊，因此也建議納入考量，惟相對於氣候變遷的長時間尺度議題，流行疫病通常很難進行預估或展望，因此還有待大量流行病學與氣候變遷科學之跨域合作成果提供合理的情境設計。

透過回溯方法掌握不同減量路徑後，則應進行各層面評估，如經濟、環境與社會等，用以提供減量路徑規劃的參考依據。其中，經濟層面主要是探討減量工具實施後，對於運輸產業或其他上下產業的產出影響；環境評估則應說明執行各種減量情境後，不同溫室氣體、噪音或水源可能產生的變化；最後，社會層面則偏向如健康影響、所得階層變化或治安變化等。在綜合各項戰略情境之量化與質性評估結果後，分析戰略下各項減量措施之階段性配套，並篩選適合方案，說明戰略階段性任務與目標，以及各階段戰術(措施)應用必須突破的關鍵障礙與方法。

表 4.5-1 為目前本計畫規劃未來事件表應有內涵的示意表，未來後續研究仍需透過廣泛的產官學研民意見徵集，考量面向更周全，再透過交流工作坊的意見收斂，將此事件表精煉成足以反映我國政經及運輸特性，又能接軌國際經貿發展與事件評估的訊息表，才能根據這些訊息，設計策略配套情境進行量化與質性評估，最後得出策略藍圖與路徑建議。

表 4.5-1　影響運輸部門 2050 年淨零排放策略之未來事件表(示意)

類別	項目	政策/措施	具體策略		
			2022-2030 年	2030-2040 年	2040-2050 年
政治與法律	國際政策發展	各國 2050 年淨零排放目標設定	評析對我國運輸部門影響		
		國際碳稅			
		CBAM			
		美國降低通膨法案			
	國內政策發展	溫室氣體階段管制目標	第二期規劃與目標檢核	第四期規劃與目標檢核	第六期規劃與目標檢核
		電力排碳係數階段管制目標			
		溫室氣體排放管制行動方案	第三期規劃與目標檢核	第五期規劃與目標檢核	第七期規劃與目標檢核
		溫室氣體管制執行方案			
		電動車輛溫室氣體減量抵換獎勵機制	研擬抵換獎勵標準		
		電動車專用電價方案	檢討電價費率		
		國營事業轉型充換電服務	促進國營事業轉型		
		計程車汰換為電動車	鼓勵計程車汰換電動車		
		公共運輸導向發展(TOD)設計	規劃公共運輸導向發展(TOD)		
		推動低碳交通區	建置低碳交通區		
		高效率綠運輸網絡之建構	加速綠運輸網絡建構與推廣		
		電動運具/低碳運具之推廣			
		推動使用低碳替代燃料之運具			
		鐵路貨運減碳參考指引	發布鐵路貨運減碳參考指引		
		綠運輸誘因機制	研擬誘因機制		
		貨運與物流業者營運碳排管理	建立盤查機制		
		市區道路及附屬工程設計標準	研(修)訂道路及車站工程規範		
		公路路線設計規範			
		車站與周邊地區整合開發法規制度			
		共享運具自治條例	推廣使用共享運具		
		浮動油價機制	油價合理化方案		
	國內法規修訂	氣候變遷因應法	修正草案通過	條文研(修)訂	
		停車場法	充電設備裝置規範研(修)訂		
		用戶用電設備裝置規則	充電設備裝置規範研(修)訂		
		電業法	電動車用電需求與配套措施		
		台電公司營業規章	電動車用電需求與配套措施		
		公寓大廈管理條例	充電設備規範研(修)訂		
	車輛標準修訂	車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法	新車能源效率標準研(修)訂		
		車輛能源效率管理	能源效率管理		
經濟與社會	經濟環境	經濟成長	掌握經濟面指數變化		
		就業及通勤人口			
		人均所得			
	產業發展	產業國際布局	關注運輸產業發展脈動		
		國內產業區位與聚落			
		機場、港口貨物吞吐量			
		物流配送中心營運			

類別	項目	政策/措施	具體策略		
			2022-2030 年	2030-2040 年	2040-2050 年
		電動車產業鏈產值			
	社會結構與城鄉發展	人口趨勢	掌握人口結構變化		
		高齡化趨勢			
		六都及非六都人口密度	關注各縣市政府社會結構與發展趨勢		
		六都及非六都需求反應式公共運輸			
技術	電動車技術	輕型電動車輛電池成本	鼓勵與推廣使用電動車		
		充電樁設置數量			
		電動車市場滲透率			
		電動物流車研發補助			
	能源技術	氫能車輛示範計畫	強化新能源車輛與技術研發		
		基礎電網設施			
		碳捕獲、再利用及封存(CCUS)開發潛力與成本			
		電力排碳係數			
	智慧運輸技術	智慧停車管理	擴大智慧運輸系統發展與應用		
		MaaS 應用進展			
		遠距醫療及智慧運輸系統			
		智慧雲端平臺			
環境	溫室氣體排放	建置溫室氣體排放量揭露系統	系統建置		
		運輸部門排放趨勢	排放趨勢研析		
		各運具排放趨勢			
		交通設施脆弱度	建構評估方法	研擬因應策略	
	空氣汙染	強化空氣品質監測	強化空品監測與衝擊		
		運具別空氣汙染暴露程度			
	流行疫病	COVID-19 疫情	釐清疫情影響各運具使用之變化		

資料來源：本計畫繪製。

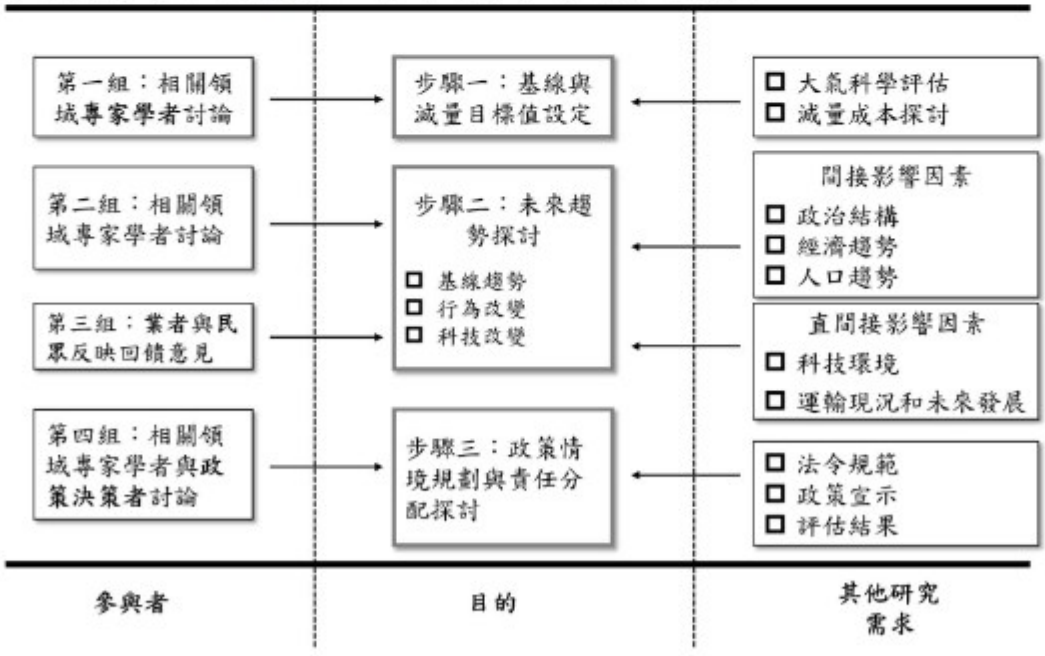
承上可知，減量目標訂定時間點為 2050 年，相較現今未來充滿不確定性。因此，此階段主要會參考數學模型、計量方法或文獻的量化結果，透過如網路問卷填答、書面意見、電子郵件載明想法、舉辦工作坊等方式，廣徵各領域各階層意見修正情境內容，以備未來減量工具效果不如預期可提出的備用方案。

常見的探討方法為德爾菲法(Delphi Method)。簡單來說，就是透過如不同回合之問卷回饋，發揮群體思考的優點，收斂群體專家意見以達成共識。實際執行方法包括但不限於網路問卷填答、書面意見、電子郵件載明想法、舉辦工作坊等方式。由於探討議題可能牽涉不同面向，為使探討過程更有效率通常會將議題分為不同層面，邀請各領域專家學者依其專業領域主觀闡明想法(Heinonen et al.,2012[204]；Kishita et al., 2017[198])。雖然每位

專家都會依其專業領域進行分配，但因每個人的出發點、偏好、學派論點或實務經驗相異，故通常透會在整合專家學者建議後，採用回合反饋的循環式問答，直到專家學者之間的意見差異降至最低程度為止。由於該方法是參考專家學者建議而歸納研究結論，因此也有文獻以專家判斷法(Expert Judgement)稱之(Cooke et al., 2000[205])。

然而，因採回合反饋的循環式問答，故該方法較為耗時在進度掌握上容易產生偏離。除此之外，若專家學者過多，也可能產生意見前後矛盾情況。因此，若在時間進度急迫時，建議可採用修正式德菲法(Modified Delphi Method)的研究方法。簡單來說，該方法主要是針對第一階段的開放式問卷調查改以參考文獻中相關研究結果、專家訪談或研究者之規劃。透過省略開放式的聚焦步驟，節省反覆探討時間並提高問卷的回收率。另外，也可搭配如層級分析法(AHP)採用計量工具量化各種意見的重要程度，挑選重點以利後續。

該方法除用於回溯情境討論外，亦可視研究需求用於其他步驟。本計畫以英國 VIBAT(Visioning and Backcasting for UK Transport Policy)計畫架構為主，另參考其他國家或經濟組織的路徑規劃方法修正回溯方法的質化探討架構。如圖 4.5-1 所示，減量目標設定時，可輔以如大氣科學領域或能源環境領域的研究成果，做為專家學者的判斷依據。



資料來源：Hickman, R.et al.,Visioning and Backcasting for UK Transport Policy (2005)。

圖 4.5-1　質化探討架構

在第二步驟時，考量政治、經濟與人口等因素皆為影響運輸部門排放的間接因素，其可能牽涉領域和範疇較為廣泛，故建議藉由專家學者進行探討歸納。相較之下，因業者更貼近產業實物發展，故規劃採納業者意見反饋掌握科技環境之趨勢變化。同時，運輸現況和未來發展可能受其他因素(如疫情影響)影響而改變，為避免略過重要因素，本計畫亦建議透過網路平台方式，蒐集彙整民眾意見以掌握未來趨勢。

最後，由於第三步驟須完成減量路徑規劃與責任分配等重點，而相關事宜因牽涉法令規範和政府職責分工問題，故建議加入政策決策者共同討論，確保後續順利實際執行減量工具或提高執行效率和普及率。

4.6 小結

本計畫已完成規劃我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑藍圖之研究方法和流程建議。經由國內外政策發展現況比較，可知低碳交通所肩負的使命不只是排放減量，而須在兼顧空間規劃、經濟活動、社會公平及社會包容下，規劃具有戰略思維的多元框架與策略。需要同時考量國際事件的衝擊、能源市場波動、車輛技術發展、國際氣候協商與角力演變、國際碳市場與邊境調整機制等國際情勢；也需要同時顧及國內民眾對氣候變遷及積極減量的認知與接受度、國內基礎設施與硬體環境的滿足、相關法規修正的期程、加速民眾行為改變的誘因與機制、國內跨領域跨部門的協同運作，以及目前已擬具的運輸部門 2050 年淨零排放路徑及行動計畫。

在考量因素及環境變數眾多的情況下，本計畫建議藉由策略規劃及回溯方法以建構一套系統性資訊蒐集彙整分析、各界專家與利害關係人意見徵集、資訊判讀比較、資訊歸納收斂轉化情境、沙盤推演模擬評估、擬具策略進行思辯的過程，是面對影響層面廣泛時間尺度較長的政策制定必要的工作。為此，本計畫亦提出策略規劃的八大步驟評估流程，以做為後續規劃運輸部門 2050 年淨零排放路徑與策略藍圖的執行參考。

為了完成上述任務，建議後續研究可依表 4.6-1 之規劃分年進行。

表 4.6-1　後續研究分年工作重點建議-策略規劃

	2022	2023	2024	2025	2026
1.目標設定	根據國家目標設定2050年淨零排放				
2.排放基線推估	完成運具別能源消費基線推估				
3.減量工具盤點	根據國內外政策追蹤盤點減量工具				
4.擬定策略規劃		蒐整相關資訊建立未來事件表，並舉辦社會溝通、工作坊與專家會議		根據量化與化評估結果，以及國內外情勢，滾動調整策略	
5.減量情境設定		根據策略藍圖，規劃策略配套與施行路徑，據以設計合理情境			
6.量化評估		針對潛在情境進行預先模擬		針對可量化情境進行模擬評估	
7.質化評估			針對不可量化情境，透過訪談、德爾菲法等多元模式進行評估		

資料來源：本計畫規劃。

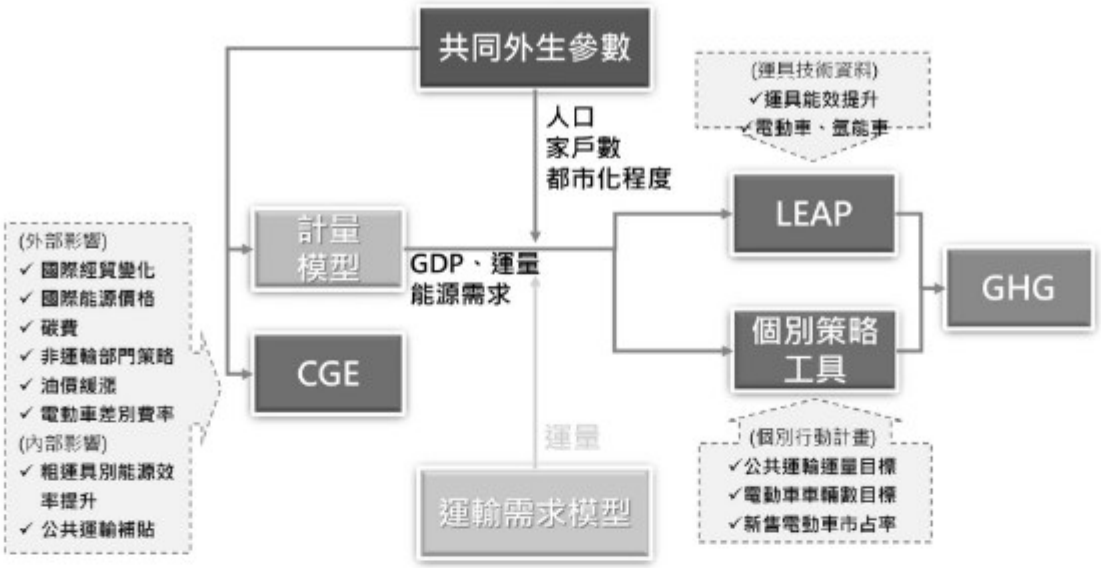
第五章　我國運輸部門 2050 年淨零排放策略情境排碳量評估模型架構

5.1 模型工具箱的架構與功能

在擬定 2050 年溫室氣體減量之排放路徑時，評估的部分分為質化及量化。上述提及的策略規劃之未來事件表可知，質化評估針對專家建議、指標建構、平台資訊彙整及問卷調查等不確定因素做資料蒐集及討論。然而，情境涵蓋較廣、存在著不確定性時，使用量化來完成評估。針對經濟和社會之內、外部影響，主要利用經濟模型及能源模型，分別模擬出減量工具配套和減量路徑變化，將未來的溫室氣體排放走向和趨勢做預測。在評估和預測至 2050 年的減碳路徑時，考量的條件廣泛，導致無法使用單一模型獨立完成評估和預測。基於眾多條件的考量下，本計畫以工具箱的概念，建構溫室氣體(Greenhouse Gas, GHG)的評估模型架構，整併過去累積之減碳評估方法與工具研究成果、針對情境模擬所設計的情境及評估結果、質性的社會面分析等資訊，彙整在工具箱中，並針對每一類別工具，說明其適用情境、範疇與評估標的，以便未來工具箱能方便運用。

1. 量化評估工具箱

個別模型之基本運作流程架構及模型間關聯，首先，是以計量方法計算排放基線，主要推估各運具能源消費之基線。再根據減量策略，視需要使用適當之政策分析工具(例如 CGE 模型、長期能源替代規劃系統 LEAP 模型及個別策略工具)，以計算出各運具溫室氣體排放量。影響因素若是涉及政治、法規、經濟與社會等整體面向，例如國際經貿變化、國際能源價格和非運輸部門策略等之外部影響，以及公共運輸補貼之內部影響，則建議利用 CGE 模型或其它適當之評估模型進行分析；若所要評估的影響因素為運具能源與其他技術(例如：運具能源效率提升)，則建議利用 LEAP 模型或其它適當之評估模型進行分析，如圖 5.1-1 所示。



資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-1　2050 年深度減碳評估之工具箱的模型架構

為進行溫室氣體排放量評估，需透過工具箱內的模型組合發揮各個模型的適用情況，以對減碳路徑做出最客觀的推估結果，舉例說明如下：

(1) 計量方法

運具統計資料豐富，在工具箱的模型架構前端採用計量方法去推估各運具能源消費之基線。在工具箱中，其用途為推估基線、做為其他模型校估基線之參考基準，並且釐清影響運具能源消費變化的重要因素，進而產出 2022 年至 2050 年各運具的能源消費。此工具具備統計檢定基礎的優勢，將利於提供給後端模型 CGE、LEAP 的外生參變數推估。

(2) CGE 模型

計量方法較不易掌控未來發生的事件且較難建立起產業和部門間的交互影響，所以將計量方法產出的結果，因此接下來的模擬將交由 CGE 模型操作。此模型在工具箱中的功能包含模擬經濟、運輸與能源政策實施等內、外部影響，以及評估多種政策工具，例如：管制工具、政策誘因工具、技術進步等影響層面廣泛的政策評估。當計畫的量化評估是針對國家、部門或產業層級進行時，CGE 模型即能發揮其作用，提供的資訊將包含細分類運具之運量能源消費、溫室氣體

(GHG)排放及國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)、產業產值、就業。然而，此模型為高度加總模型，故針對特定對象或小範疇措施之評估，則需要由其他工具來整合。

(3) LEAP 模型

由於 LEAP 模型對於影響運輸需求之各項因素和給定總運量這兩個部分無法獨力完成，需藉由整合計量方法、CGE 模型兩種模型的產出資訊，才能做後續的評估。在得到這兩種模型資料後，LEAP 模型將依技術分類之運具之能源消費、溫室氣體排放推估基線，並且評估評估技術進步對運具排放之影響，而得到技術類別運具之能源消費、溫室氣體排放。

(4) 個別策略工具

針對計畫層級進行評估時，選擇使用個別策略工具模型推估。由於其模型難以考量部門間的相互影響和需給定基線及總量。因此，前端的計量方法和 CGE 模型的產出結果，能在提供 LEAP 模型所缺少資訊的同時，亦可補足個別策略工具計算時的必要訊息。此模型利用 Microsoft Excel 進行評估，更改參數設定較容易，使其能釐清影響排放關鍵因素。

本計畫的運輸部門減量排放策略情境之排碳量的評估工具箱，除了以上 4 種模型，還包括兩部分參考資訊。共同外生參數為國發會、國際能源署 (International Energy Agency, EIA)等高可信度單位和組織所提供的最新資料所設定；而運輸需求模型，以交通部所提供的相關資訊，做為工具箱內校估模型的參考基準和資訊。

2. 模型操作流程案例說明

基於提高對於減碳路徑於目標年的達成率，本計畫使用上述多種模型及數據資料，完成對未來規劃路徑的量化評估，因此，本章節主要說明工具箱架構與個別模型間的關聯性，包含其產出資料和所需的資訊，以及模型更新頻率(如表 5.1-1 所示)。此外，鑒於內容建構為多種模型相互搭配而成，在實際評估時須視評估策略之特性，決定模型操作程序，以下茲就數項可能的評估案例說明模型應用流程與彼此間投入與產出之資訊。個別模型的詳細介紹、操作細節及運輸模型建構進度，在第五章各節分別說明。

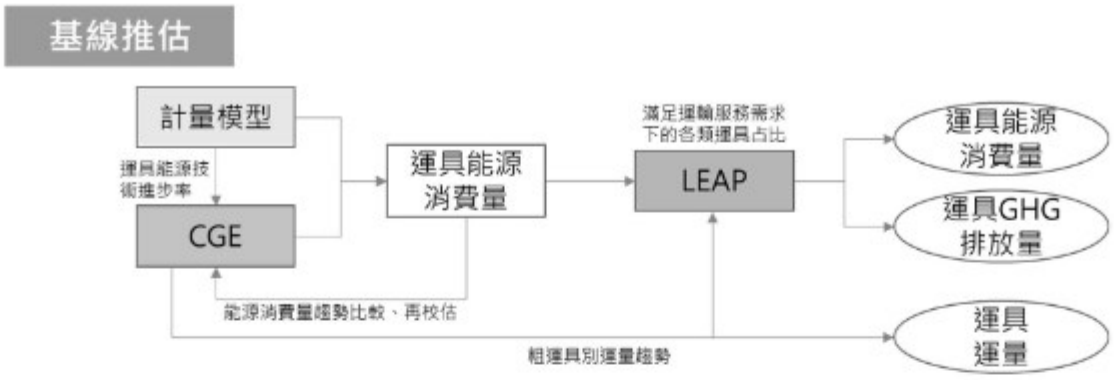
表 5.1-1　模型用途與產出資訊

方法	用途	產出資訊	建議更新頻率
計量方法	1. 推估基線(各運具能源消費基線) 2. 做為其他模型校估基線參考基準 3. 釐析影響運具能源消費變化的重要因素	1. 2022 至 2050 年各運具能源消費	1. 資料逐年更新 2. 基線 2 至 3 年更新
CGE	1. 推估基線(粗分類運具之運量、能源消費、GHG 排放) 2. 考量產業/部門之間的交互影響，以及總體經濟 3. 模擬外部環境變化(如碳費、貿易、經濟、能源價格等)之影響 4. 評估國家層級運輸減量政策(如粗運具能源效率提升、公共運輸補貼)	1. 粗分類運具之運量、能源消費、GHG 排放 2. GDP、產業產值、就業	1. 基礎資料 5 年更新 2. 參數與歷史資料逐年更新 3. 基線 3 至 5 年更新
LEAP	1. 推估基線(依技術分類之運具之能源消費、GHG 排放) 2. 評估技術進步對運具排放之影響	1. 技術類別運具之能源消費、GHG 排放	1. 參數與歷史資料逐年更新 2. 基線 2 至 3 年更新
個別策略工具	1. 評估運輸部門淨零排放細部計畫減量效果	1. 個別計畫之減排量	1. 參數與歷史資料逐年更新

資料來源：本計畫規劃整理。

(1) 基線推估

基線為各項策略評估之比較基準，通常係表現在既存的政策環境下各項變數未來的自然成長趨勢(關於基線的定義與相關研究詳見 5.2 節)。在工具箱中，同時利用計量模型與 CGE 推估至 2050 年各項運具能源消費基線，經由比較兩種不同方法推估之基線結果，確保模型在相近的基礎上進行後續評估。接著由計量模型提供運具別能源消費量趨勢，由 CGE 提供運具別運量趨勢，給 LEAP 模型進行各類運具技術占比之基線推估，並依據推估結果計算運具別能源消費組合及溫室氣體(GHG)排放量(推估流程如圖 5.1-2)。在 3 組模型完成基線推估後，在後續進行策略評估時將以 CGE 模型、LEAP 模型及個別策略工具來進行評估。

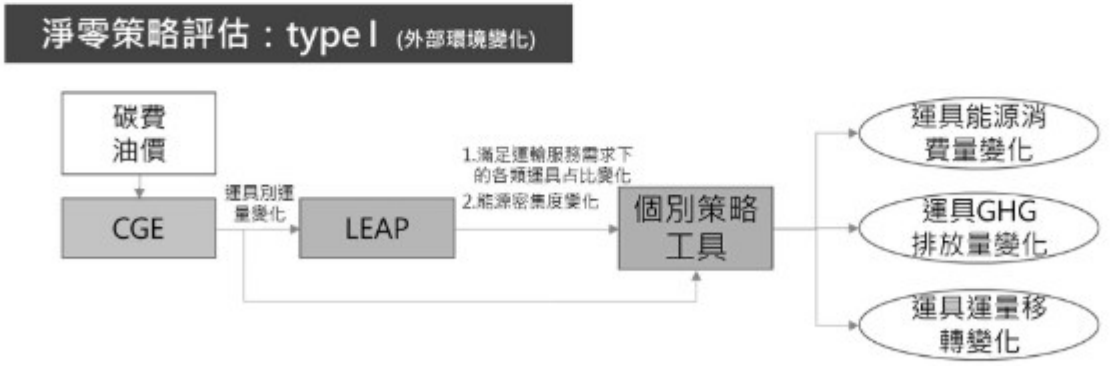


資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-2　基線推估模型操作流程

(2) 策略評估案例 I：碳費或國際油價變化等外部環境改變

第一種類型的可能評估案例，來自運輸部門之外的環境條件變化，例如碳費徵收、國際油價波動、電價結構變化(電動車用電與一般家庭用電及產業用電之電價不同)、經濟產業結構變化等。面對此類影響層面廣泛且須顧慮運輸部門與其他部門之間交互影響的情境，可選擇由 CGE 模型先行評估運量總量及運具間移轉的情形，再交由 LEAP 模型計算可能的運具技術與能源組成，最後若會影響個別計畫或策略計算過程中所使用的各項運量或能源密集度假設，則可再將 CGE 之運量及 LEAP 之能源消費計算結果，納入個別策略工具做為給定資訊，最終由個別策略工具提出運具能源消費量變化、溫室氣體(GHG)排放量變化及運量變化等評估結果(圖 5.1-3)。

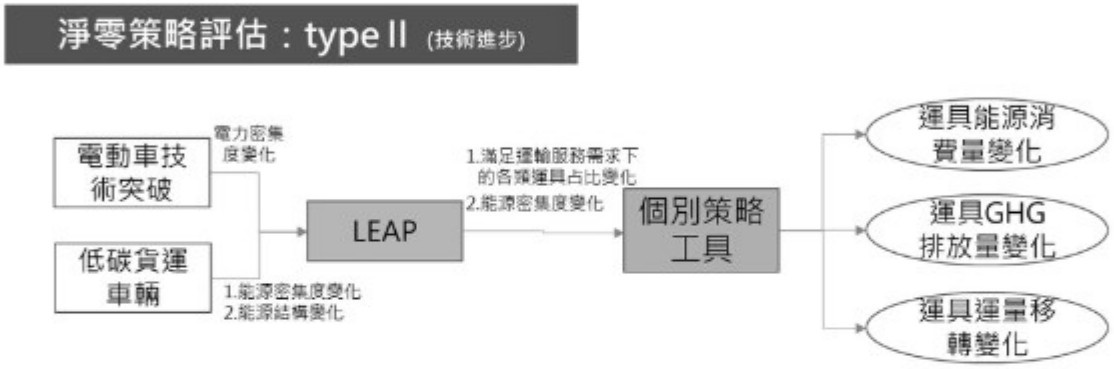


資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-3　外部環境改變之模型操作流程

(3) 策略評估案例 II：運具能源技術進步

第二類可能的評估案例，則是當未來運具的能源技術進步，或能源使用效率提升，則可能有新型能源之運具進入運輸選項，也可能是單位運量之能源密集度變化，或者是運具的能源結構變化。此時，則由 LEAP 模型先行評估在給定相同的運量下，技術選項組合的變動對運具能源密集度的影響，再將該能源密集度交由個別策略工具調整設定，在進行個別計畫的細部評估工作，最終由個別策略工具提出運具能源消費量變化、運具溫室氣體(GHG)排放量變化及運量移轉變化(圖 5.1-4)。

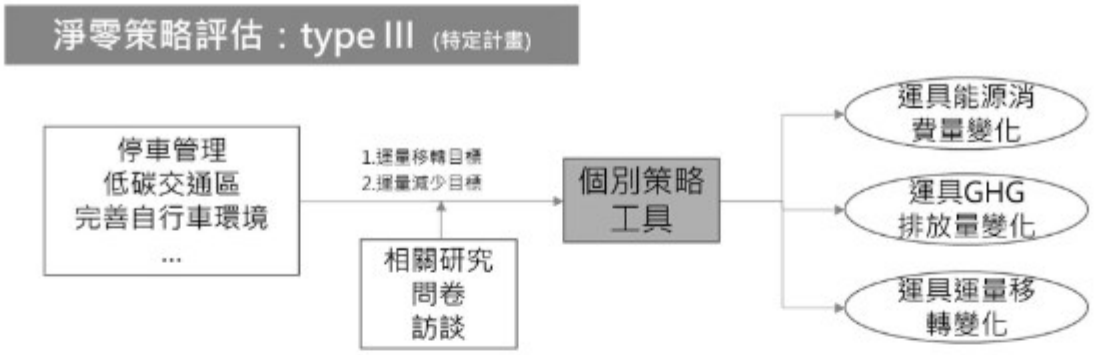


資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-4 運具能源技術進步之模型操作流程

(4) 策略評估案例 III：運輸部門特定計畫

第三類可能的評估案例，是針對運輸部門目前在淨零排放路徑策略展開下，個別計畫的減量貢獻進行推估，例如低碳交通區的設置或完善自行車環境等。由於個別計畫可能針對特定範圍之區域，或者特定旅次目的來進行設計，因此較不適合運用 CGE 或 LEAP 等相對解析度較粗的模型來進行評估。但進行個別計畫評估相對依賴目標範疇內的個體或微觀資料(如劃設為低碳交通區的區域範圍內平常的通行旅次、車輛類型及乘載率等資訊)才能取得較好的影響分析基礎，因此若過去缺乏相關研究，則可能需要搭配適當的調查或訪談以取得評估所需參數(圖 5.1-5)。



資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-5　運輸部門特定計畫之模型操作流程

(5) 策略評估案例 IV：策略配套

第四類可能的評估案例，是過去經常遭遇的情境，即同時考慮多項政策工具所產生的減量效果。由於同時存在多種政策影響，因此在操作上大多先評估具有廣泛影響的政策，在以其評估結果為基礎進行特定範圍或特定計畫的評估，這種評估流程係建立在大範圍政策已經發揮效果的情況下再評估特定計畫的影響，因此若大範圍政策影響的前提不存在或未達成原來預期效果，則特定計畫的效果就可能改變。其次，在離析個別政策工具的減量貢獻時，也可能因為政策工具評估的先後順序，而使個別工具的減量貢獻出現差異。

以圖 5.1-6 為例，當欲同時考量遠距生活、綠運輸誘因機制(如補貼公共運輸票價)、電動車在新售車輛市場之佔比目標等 3 項政策工具時，會先透過問卷或其他資料取得方式分析遠距生活的意向與可行性，以及它所影響的運輸行為變化，再將這些影響轉化為民眾對運輸服務消費傾向的參數，同時搭配誘因機制進入 CGE 模型，評估當消費傾向改變時，對於總運量及運具移轉之影響，再交由 LEAP 模型評估在給定運量的情況下，運具技術及能源組合，再將計算而得之運具佔比及能源密集度交由個別策略工具，進行電動車新售車輛佔比之設定與計算，最後求得運具之能源消費量、溫室氣體(GHG)排放量與運量移轉變化。

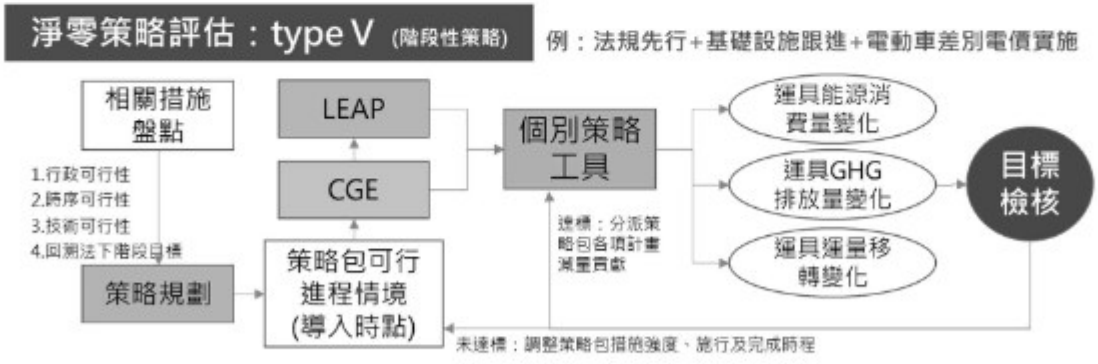


資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-6　運輸策略配套之模型操作流程

(6) 策略評估案例 V：階段性策略

第五類可能的評估案例，與第四類非常類似，只是透過策略規劃將政策工具推行在行政上的可行性、在推行時序上的可行性、在技術上的可行性，透過專家與利害關係人意見徵集，進行策略配套的路徑設計，此時由於已將時序或階段性的先後任務納入政策工具評估架構中，就沒有第四類評估流程先後順序的問題。接著便依據配套中設計的政策工具及導入時點，選擇適當的模型進行評估，選擇的原則與前面 4 類一致。最後的評估結果，必須與策略規劃一開始設定的目標進行檢核，若與減量目標間存在缺口，則回頭調整策略配套設計，例如提早執行、增加執行強度或考慮增加政策工具選項等。



資料來源:本計畫繪製。

圖 5.1-7　運輸階段性策略之模型操作流程

5.2 我國 2050 年溫室氣體排放基線推估相關研究

5.2.1 基線之定義與目的

Baltacioglu and Peirce (1999)於「Kyoto Mechanisms Table options paper[206]」定義排放基線為：「假設在沒有減少排放計畫下的溫室氣體排放水準，用於計算計畫之減排量。」OECD 與 IEA (2002)[207] 的資訊報告(information paper)中提出「排放基線是在沒有減排計畫的情況下，可能發生的最佳估計或情況(convention)。」丹麥能源署(Danish Energy Agency, DEA)、OECD 與聯合國環境署里瑟中心(UNEP Risø Centre, URC)在 2013 年出版的「National Greenhouse Gas Emissions Baseline Scenarios Learning from Experiences in Developing Countries Centre」[208]報告書中提出「基線情境定義為在沒有額外的努力和政策下，描述未來溫室氣體排放水準的情境。」歐洲投資銀行(European Investment Bank, EIB)於 2022 年 2 月出版的「EIB Project Carbon Footprint Methodologies for the assessment of project greenhouse gas emissions and emission variations」[209]提及「基線排放提供在沒有額外計畫(without project)下可信的選擇情境(alternative scenario)，與有額外計畫之情境進行比較，說明計畫的執行情況。」

根據國際文獻對基線之定義，本計畫所建構之能源消費量基線定義建議為：「在沒有任何政策或其他因素改變之情況下，未來可能的能源消費量。」，並透過基線做為未來政策方向之參考值，以利於評估各項政策對能源消費量之影響，考量政策之成效，達成未來減碳之目標。

5.2.2 運輸部門排放基線相關研究

世界各國所使用的基線預測方法有所不同，UNFCCC 在「COMPENDIUM ON GREENHOUSE GAS BASELINES AND MONITORING PASSENGER AND FREIGHT TRANSPORT」[210]中提出衡量運輸溫室氣體排放的方法，包含由上而下的方法、由下而上的方法與 ASIF 模型。在能源使用之基線情境與使用模型方面，由上而下的預測方法如巴西的 MAED (Model for Analysis of Energy Demand)模型、印度和南非的 MARKAL (MARKetALlocation)/TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System)模型與 CGE 模型、泰國和越南的 LEAP 模型 (DEA, OECD, & URC, 2013)。Strachan, Kannan and Pye (2008) [211]以 MARKAL 模型預測英國未來的能源使用量與二氧化碳排放量。混合模型如中國使用能源研究所(Energy Research Institute, ERI)的 IPAC (Integrated energy and environment Policy Assessment model for China) model、Yang et al. (2022)[212]結合粒子群演算法(Particle Swarm Optimization Algorithm)與最小平方支援向量迴歸模型(Least-Squares Support-Vector Regression Model)而成的 PSO-LSSVR 模型進行中國能源需求的預測。美國以 NEMS (National Energy Modeling System)模型進行排放預測、加拿大透過 E3MC (Energy-Economy-Environment Model for Canada)模型進行溫室氣體排放與經濟預測 (NRTEE, 2008)[213]。亞洲開發銀行(Asian Development Bank, ADB)透過 ASIF 模型針對亞洲國家道路運輸所產生之二氧化碳排放進行預測 (Schipper, Fabian, & Leather, 2009)[214]。世界各國所使用的模型介紹彙整於表 5.2-1。

國內建立基線的方法各不相同，國內相關研究成果包含：許聖民等人(2020)[215] 運用 GEMTEE (General Equilibrium Model For Taiwanese Economy And Environment)模型與包含人口內生成長之動態 CGE 模型推估農業部門的溫室氣體排放量的基線預測。林晉勗、林師模(2017)[216] 以 GEMEET (General Equilibrium Model for Energy, Economic and Technology Analysis)模型推估未來年二氧化碳之排放基線。周濟等人(2007)[217]透過卡亞方程式(Kaya Formula)推估運輸部門與住商部門之二氧化碳排放量，建立二氧化碳排放基線。財團法人台灣綠色生產力基金會(2017)[218]「製造部門因應溫管法施行計畫」之成果報告中，以 TRICE (Taiwan Research Institute-

Climate Change and Eeconomic Model)模型推估排放基線。黃宗煌等人(2013)[219]「運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之建立」研究報告中，考慮國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)、人均 GDP、人均所得、與車輛持有(人均及戶均)、能源價格、高鐵政策、捷運政策、高速公路電子收費等因素，並以「單一方程式獨立校估模型」與「聯立方程式同時校估模型」兩種多元迴歸模型進行能源消費基線預測。

以多元迴歸模型進行分析方面，林淑敏、張景福、饒志堅(2014)[220]以普通最小平方法(Ordinary Least Squares, OLS)與分量迴歸進行汽車客運特性與運量之迴歸分析。Matas (2004)[221]以近似無相關迴歸模型(Seemingly Unrelated Regression, SUR)進行公車與地下鐵(underground)的運輸需求迴歸分析，考量方程式間具有殘差同期相關，使用 SUR 模型而非 OLS 模型以提高效率。Wadud (2014)[222]以 SUR 模型進行航空乘客、航空貨物需求的迴歸分析，SUR 模型以可行一般化最小平方法(Feasible Generalized Least Squares, FGLS)進行估計，且考慮跨方程式間殘差同期相關，較 OLS 模型有效率。

本計畫以「多元迴歸」方式進行分析，分析所需之資料皆屬於時間序列資料。在進行迴歸分析時，若資料為非定態序列，會有可能出現虛假迴歸(spurious regression)的問題 (林進益, 2020)[223]。因此，需要以較客觀之單根檢定來檢定資料是否為定態序列。研究上常用的單根檢定方法為 DF (Dickey Fuller)檢定與 ADF (Augmented Dickey Fuller)檢定 (葉敬軒、魯真, 2000)[224]。在傳統上以 ADF、PP (Phillips Perron)單根檢定與 KPSS 定態性檢定進行單根檢定，考量資料可能是具有一次性結構變化之線性趨勢定態時間數列，以 Vogelsang-Perron 檢定與 Zivot-Andrews 檢定進行一次性結構變化檢定 (吳懿娟, 2006)[225]。

表 5.2-1　運輸部門排放基線相關模型簡介

模型	ASIF	LEAP	MAED	MARKAL /TIMES	NEMS	IPAC	E3MC
方法	由下而上	由下而上	由下而上	由下而上	混合模型	混合模型	混合模型
優點	為有效決策提供更準確的基礎。	易於使用、數據需求量可能很小、提供合理詳細的能源系統表示，資源需求保持在合理水準。		技術詳細(Technological detail)、最低預測成本。	技術詳細(Technological detail)、結合經濟預測。		充分解決綜合能源經濟政策模擬的複雜分析中常見的外加性(additionality)、搭便車(free-riders)、反彈效果(rebound effects)和政策交互效應(policy interaction effects)的挑戰。
缺點	有大量難追蹤的分類變數。	缺乏更廣泛的總體經濟發展連結。			非常資源密集(resource-intensive)。		
補充說明	排放量=噸公里或人公里的活動水平(A)*模式結構(S)*能源密集度(I)*每公升燃料產生之汙染物或排碳量(F)。		MAED 模型根據社會經濟、技術和人口發展的中長期情景評估未來能源需求。	TIMES 結合 MARKAL 與 EFOM (Energy Flow Optimizati-on Model)兩種模型。常用於能源部門分析。	NEMS 為結合多種模組的模型，其模組包含 4 個供給模組、2 個轉換模組、4 個最終使用需求模組、總體經濟活動模組、國際能源模組與整合模組。	IPAC 模型為多模式模型(multi-model)，包含 IPAC-TIMER model、IPAC-Global model、CGE model、technology simulation model。	E3MC 結合能源模型 2020 (Energy 2020 Model, E2020)和訊息計量模型(The Informetrica Model, TIM)。E2020 是一種由下而上的技術模型，用於預測政策對排放的影響。TIM 是總體經濟模型，用於評估「Turning the Corner policy」在經濟上的影響。

資料來源：DEA, OECD, & URC., National Greenhouse Gas Emissions Baseline Scenarios Learning from Experiences in Developing Countries Centre(2013)、UNFCCC, COMPENDIUM ON GREENHOUSE GAS BASELINES AND MONITORING PASSENGER AND FREIGHT TRANSPORT, World: United Nations Framework Convention on Climate Change(2018)、National Round Table on the Environment and the Economy, Greenhouse Gas Emissions Forecasting: Learning from International Best Practices.(2008)、Schipper, L.et al.,Transport and Carbon Dioxide Emissions: Forecasts, Options Analysis, and Evaluation, Mandaluyong City: Asian Development Bank(2009)、International Atomic Energy Agency, Model for Analysis of Energy Demand (MAED-2), VIENNA: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2006、Loulou, R. et al., Documentation for the TIMES Model PART I, Paris: International Energy Agency(2016)、U.S. Energy Information Administration., The National Energy Modeling System: An Overview 2018 (2019)、IPAC team, About IPAC Model(2014) ,本計畫彙整。

5.2.3 計量模型推估結果

本小節建構基線推估所使用之經濟計量模型，說明所使用之資料並透過歷史資料選擇適當之自變數，並說明資料與模型所需相關檢定方法與流程，以利後續能源消費量推估與建立能源消費量基線。

1. 經濟計量模型

本計畫能源消費量基線透過歷史年資料建構經濟計量模型，並進行未來年之能源消費量預測。能源消費量依據「運具別」進行區分，經濟計量模型屬多元迴歸模型，依照方程式之差異可再區分為「單一方程式獨立校估模型」與「聯立方程式同時校估模型」。在「單一方程式獨立校估模型」中考慮到多個自變數和時空環境與政策變化，並在「聯立方程式同時校估模型」中考慮「單一方程式獨立校估模型」同期殘差項相關的問題。

本計畫以「普通最小平方法」進行「單一方程式獨立校估模型」之係數估計，並以「近似無相關迴歸模型」進行「聯立方程式同時校估模型」之係數估計。在「單一方程式獨立校估模型」之係數估計部分，建構能源消費量之線性複迴歸模型(Multiple Linear Regression Model)，方程式如下方表示：

$$E_{ct} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_{it} + \sum_{j=1}^{m} \gamma_j d_{jt} \quad (5\text{-}1)$$

其中，E_{ct}：運具 c 在第 t 期所消費之能源量

x_{it}：自變數x_i在第 t 期的數值，i=1,2,…,n

d_{jt}：虛擬變數d_j在第 t 期的數值，由 0,1 組成，j=1,2,…,m

β_0、β_i、γ_j：模型係數

基本模型如方程式(5.2-1)，考慮到資料特性差異對能源消費量或自變數取對數後可得以下 3 種結果：

$$\ln E_{ct} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_{it} + \sum_{j=1}^{m} \gamma_j d_{jt} \quad (5\text{-}2)$$

$$E_{ct} = \beta_0 + \sum \beta_i \ln x_{it} + \sum \gamma_j d_{jt} \quad (5\text{-}3)$$

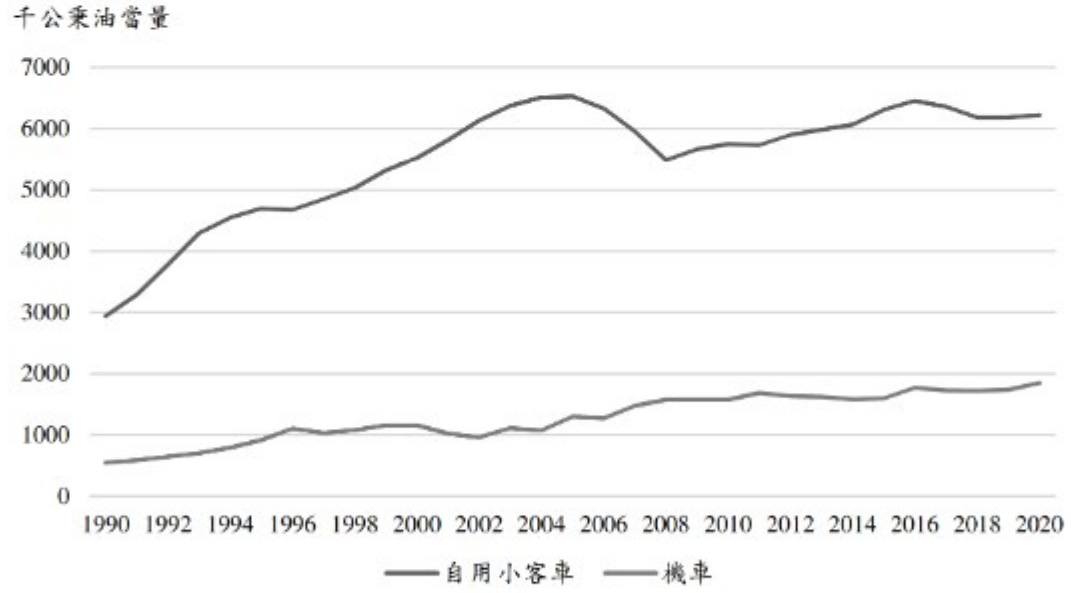
$$\ln E_{ct} = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} \beta_i \ln x_{it} + \sum_{j=1}^{m} \gamma_j d_{jt} \quad (5\text{-}4)$$

在「單一方程式獨立校估模型」中，直接對方程式進行係數估計，而在「聯立方程式同時校估模型」中則考慮單一方程式模型間殘差項可能相關之方程式進行分組，考量運具間有替代性或互補性，依據運具特性如都市運輸、城際運輸、貨物運輸等分成短途客運、長途客運、貨物運輸 3 組，分組後以 SUR 模型進行係數估計。

2. 變數選擇

(1) 歷史資料分析

自用小客車與機車為國內運輸部門能源消費最主要的兩個來源，自用小客車與機車自 1990 年以來維持成長趨勢，在 2005 至 2008 年間自用小客車能源消費量呈現下降趨勢，而機車呈現上升趨勢。根據交通部民國 97 年自用小客車使用狀況調查結果[230]，自用小客車駕駛人會因為油價而減少使用自用小客車或以機車取代自用小客車的使用。消費能力的改變對消費者購買新車或中古車的選擇產生影響，而越極端的差距造成的影響越大 (張啟隆, 2011)[231]。因此，將油價與貧富差距納入考慮因素。

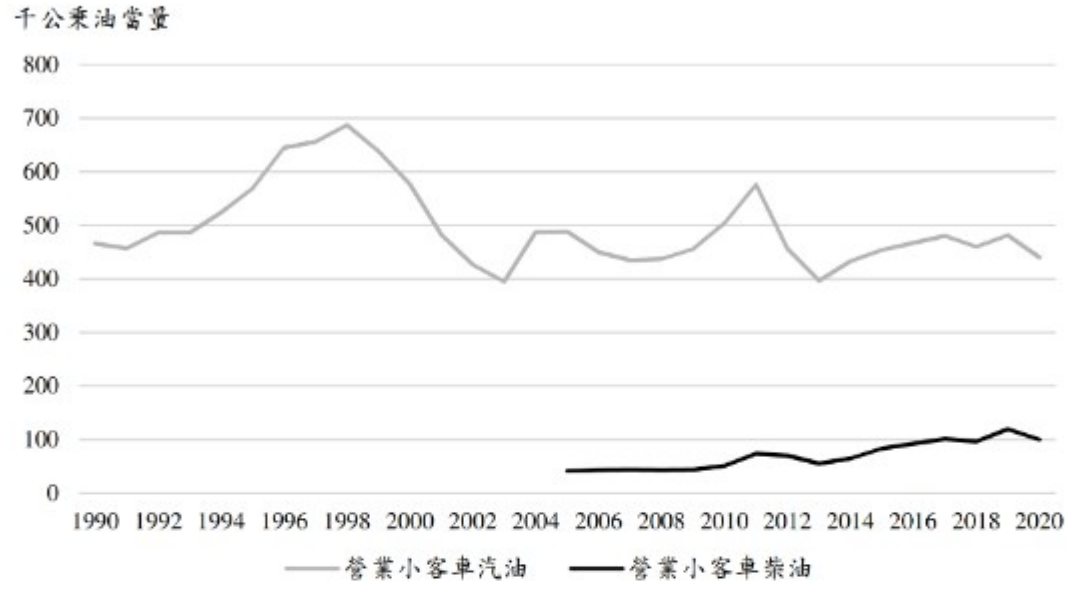


資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-1　自用小客車、機車用油量

營業小客車之能源消費受到民眾搭乘需求影響，計程車的營運因大眾運輸網形成受到衝擊，而計程車合作社的開放，使得牌照數大量發放，傷害計程車產業的整體性(張學孔、吳奇軒、陳育生, 2009)[232]。營業小客車自

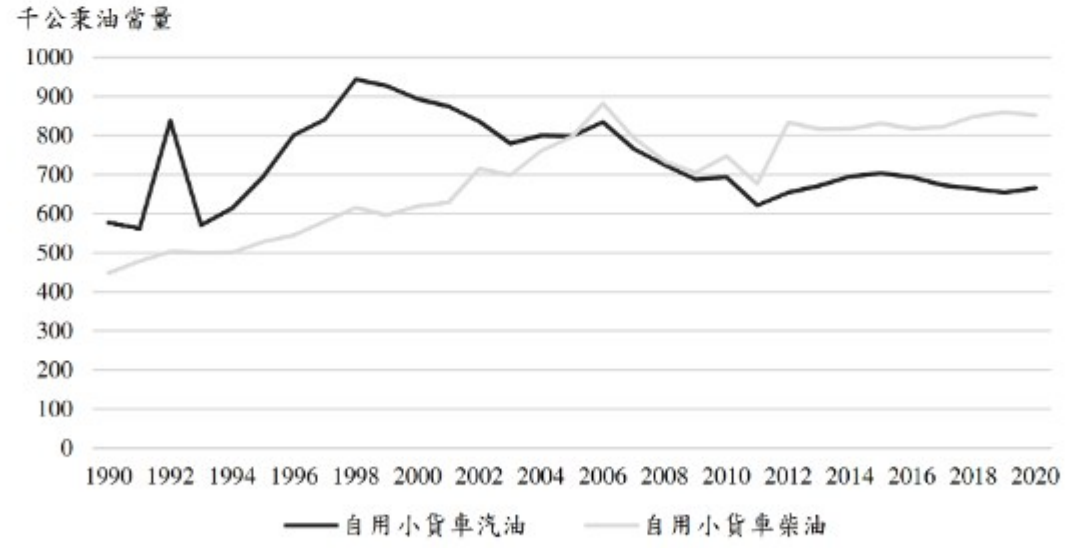
1990 年維持成長趨勢，至 1998 年為最高值，在 1999 至 2003 年間快速下降，可能原因為臺北捷運自 1996 年 3 月開始營運，隨捷運運量成長，取代部分搭乘營業小客車之需求，使用需求降低使能源消費量下降。因此，將計程車業開放合作社，捷運運量等納入考慮因素。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-2　營業小客車用油量

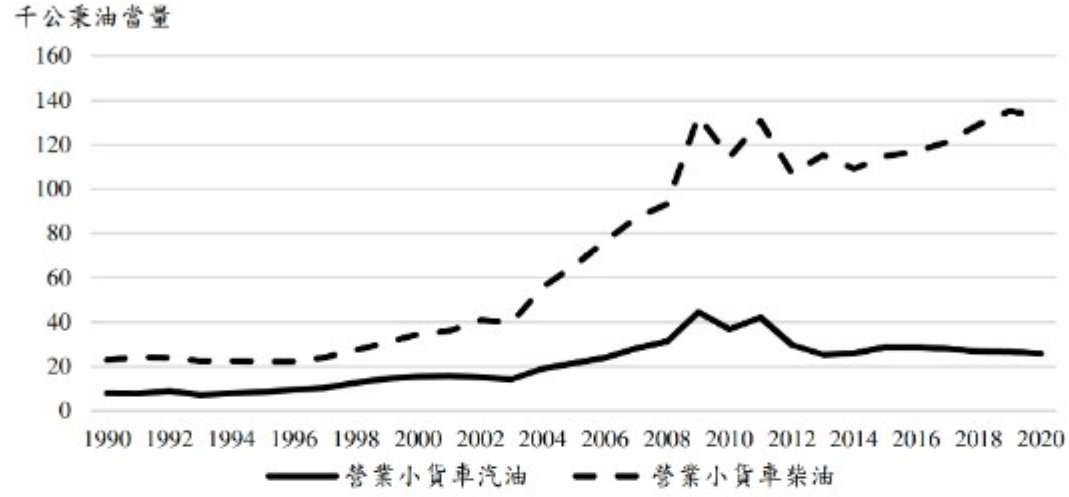
自用小貨車柴油自 1990 年即維持成長趨勢，而在 2006 至 2011 年間呈現下降趨勢，2012 年後維持穩定水準。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-3　自用小貨車用油量

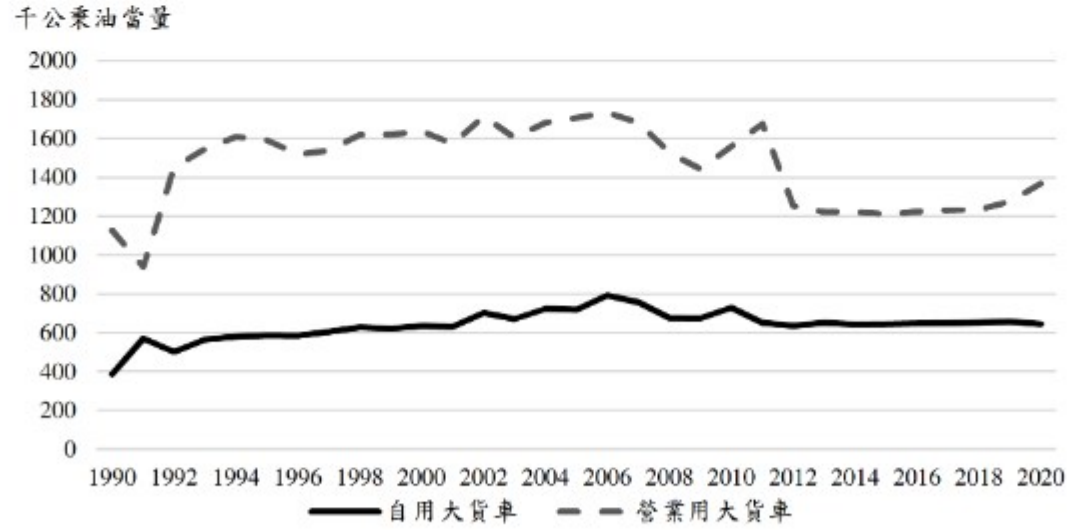
貨運方面受到港口裝卸能量提升、轉至鄰近工業區，大型倉儲與連鎖商店興起，使得貨運業整體平均運距縮短(饒志堅, 2015)[233]。營業小貨車自1990年即維持在一穩定水平，隨經濟成長能源消費量逐漸上升，2003年後快速成長，在2010年與2012年下降。因此，將產業結構變化、港口量能提升與轉進鄰近工業區等納入考慮因素。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-4　營業小貨車用油量

大貨車自1992年開始，用油量維持在穩定的水平，微幅度的增長。營業大貨車在2006年開始下降。在2012年營業大貨車出現大幅度的下降後維持穩定水平，2018年以後轉上升趨勢。

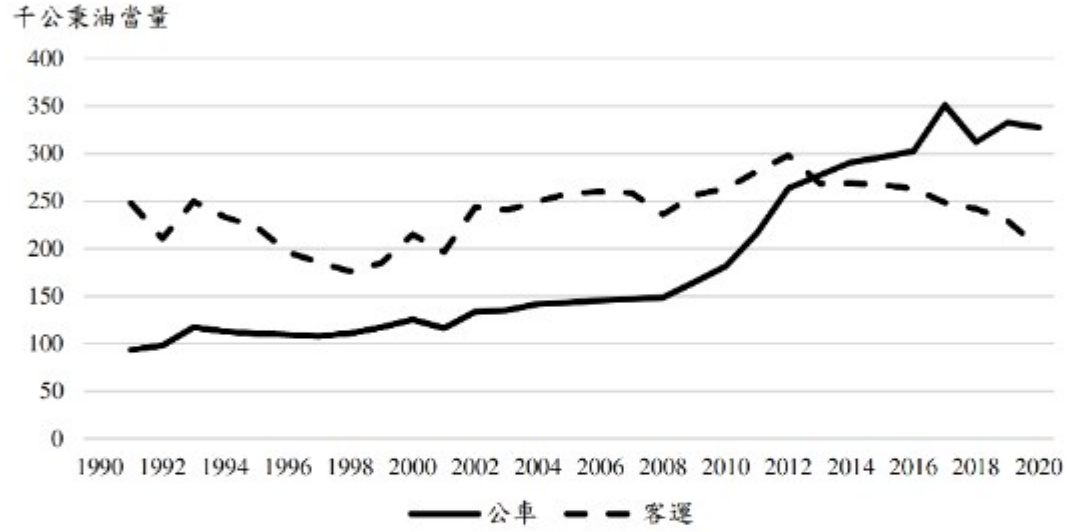


資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-5　大貨車用油量

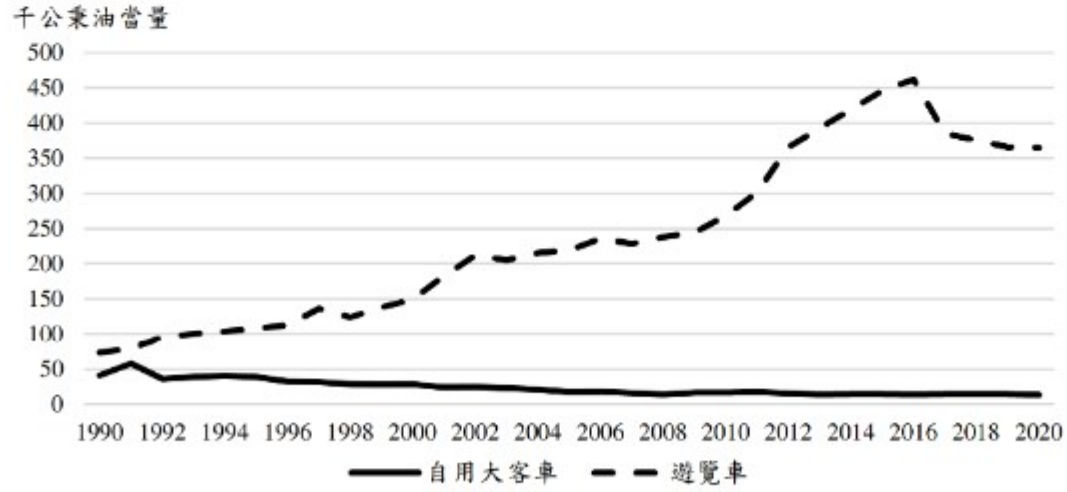
公車用油量自 1990 年起維持平穩的成長趨勢，於 2010 年五都整併後，統計方式改變，公車數量增加，用油量增加，與客運的能源消費產生消長。在 2009 年後，公車用油量快速增長。客運自 1998 年開始增長，至 2012 年後轉為衰退。

自用大客車自 1991 年後呈現穩定下降之趨勢，隨經濟成長帶動人民所得提升與大眾運輸交通發達，可能降低對於自用大客車之需求。遊覽車自 1990 年級呈現成長之趨勢，隨來臺觀光團之增長，增長速度隨之提升，2016 年後可能受到來臺觀光團減少與國內經濟不景氣影響，降低遊覽車之租用，用油量呈現下降趨勢(交通部, 2018)[234]。



資料來源：本計畫繪製。

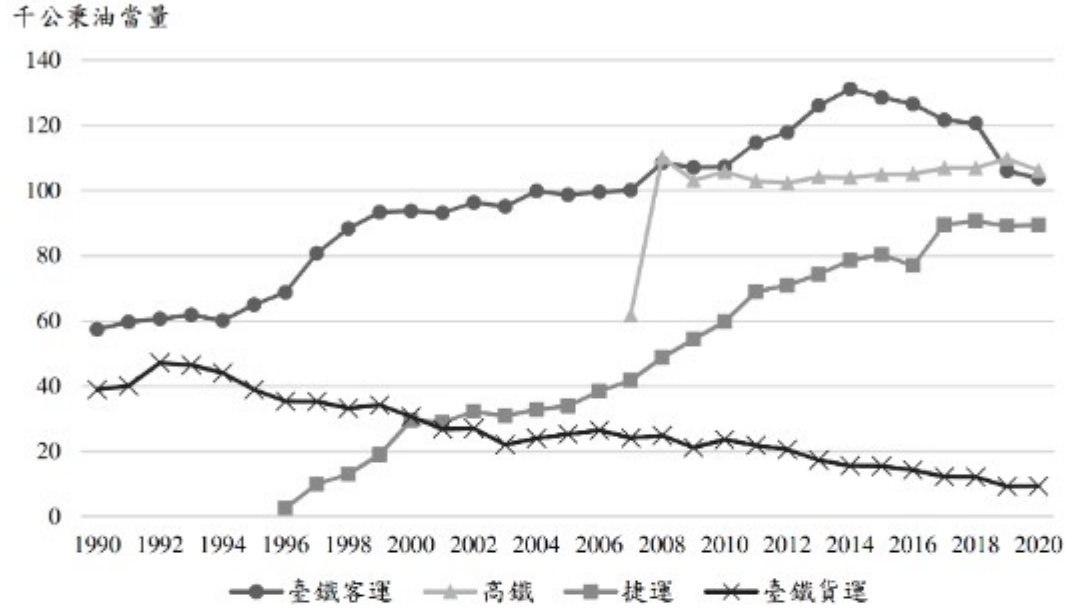
圖 5.2-6　公車與客運用油量



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-7　自用大客車與遊覽車用油量

高鐵自開始營運後，其能源消費量在 2011 年後呈現穩定上升趨勢。臺鐵貨運自 1992 年開始逐年下降。隨陸上貨運發展，臺鐵貨運隨時間慢慢被其他貨運方式取代。捷運自開始營運後，其能源消費量呈先上升後穩定趨勢。隨路網擴大，運量呈現先上升後趨於穩定的趨勢，而在經濟發展下，運輸需求增加也提升捷運之使用量。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-8　軌道運輸用油量

(2) 運具分類

根據經濟部能源局定義之運輸部門能源消費量的範圍，其中包含：「公路、鐵路、國內航空與國內水運」的能源消費量。根據「運具別」再進一步劃分為：

(a)自用小客車	(k)客運
(b)營業小客車汽油	(l)自用大貨車
(c)營業小客車柴油	(m)營業大貨車
(d)自用小貨車汽油	(n)機車
(e)自用小貨車柴油	(o)臺鐵客運
(f)營業小貨車汽油	(p)高鐵
(g)營業小貨車柴油	(q)捷運
(h)自用大客車	(r)臺鐵貨運
(i)遊覽車	(s)國內航空
(j)公車	(t)國內水運

(3) 資料來源

依照上述之分類自本計畫更新之運具溫室氣體排放量清冊(以下簡稱清冊)內蒐集所需之時間序列資料(1990 至 2020 年)，做為分析使用之資料，所有運具為方便計算最終能源消費量，皆以公秉油當量做為計算單位。

(4) 因變數與自變數選擇

因變數之選擇以運具別做區分，公路運輸部分包含：「自用小客車、營業小客車汽油、營業小客車柴油、自用小貨車汽油、自用小貨車柴油、營業小貨車汽油、營業小貨車柴油、自用大客車、遊覽車、公車、客運、自用大貨車、營業大貨車、機車」14 種運具別能源消費量因變數，軌道運輸部分包含：「臺鐵客運、高鐵、捷運、臺鐵貨運」4 種運具別能源消費量因變數，空運與水運包含「國內航空、國內水運」兩種運具別能源消費量因變數。

自變數之選擇包含經濟相關之變數：「GDP、人均所得、貧富差距」，能源相關之變數：「經物價調整之國內汽油價格、經物價調整國內柴油價

格」，運量相關之變數：「捷運運量、公車運量」，虛擬變數(Dummy Variables)：「高鐵政策、政策-合作社、商業型態轉變、五都整併、港口升級與工業區」，趨勢變數：「技術進步、時間趨勢」。經濟相關之變數取自於行政院主計處總體統計資料庫。汽柴油價格為物價調整後的價格，取自經濟部能源局，再經物價計算而得。運量相關變數取自清冊。虛擬變數則透過觀察資料趨勢與相關文獻加以設定。趨勢變數代表變化趨勢，1990年值為1，每年增加1。

在模型中考量虛擬變數的原因，在於觀察歷史趨勢時，發現多個趨勢轉折點，為了確認趨勢是否真實存在結構轉變，以及造成結構轉變的原因，在模型先考量虛擬變數，以便進行結構轉變之相關檢定。之後確認存在結構轉變，在以文獻蒐集方式，了解造成結構轉變的可能原因。惟藉由文獻參考做出機構轉變原因仍過於主觀，建議後續研究可針對已確認的結構轉變點，進一步蒐集工具變數所需資料，納入解釋變數進行評估。

詳細的變數內容與資料處理方式彙整於表 5.2-2 與表 5.2-3。

表 5.2-2　因變數與自變數

變數名稱		單位	資料期間(年)	資料類型	資料處理	資料來源
因變數	自用小客車	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	營業小客車汽油	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	營業小客車柴油	公秉油當量	2005-2020	年資料	取自然對數	清冊
	自用小貨車汽油	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	自用小貨車柴油	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	營業小貨車汽油	公秉油當量	1990-2020	年資料	原始值差分	清冊
	營業小貨車柴油	公秉油當量	1990-2020	年資料	原始值差分	清冊
	自用大客車	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	遊覽車	公秉油當量	1990-2020	年資料	原始值差分	清冊
	公車	公秉油當量	1991-2020	年資料	取自然對數	清冊
	客運	公秉油當量	1991-2020	年資料	原始值差分	清冊
	自用大貨車	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	營業大貨車	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	機車	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	臺鐵客運	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	高鐵	公秉油當量	2007-2020	年資料	原始值	清冊
	捷運	公秉油當量	1996-2020	年資料	原始值	清冊
	臺鐵貨運	公秉油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	清冊
	國內航空	公秉油當量	1990-2020	年資料	原始值	清冊
	國內水運	公秉油當量	1990-2020	年資料	原始值	清冊
自變數	GDP	百萬新臺幣	1990-2020	年資料	取自然對數	行政院主計處
	人均所得	元	1990-2020	年資料	取自然對數	行政院主計處
	國內汽油價格	元	1990-2020	年資料	取自然對數	經濟部能源局
	國內柴油價格	元	1990-2020	年資料	取自然對數	經濟部能源局
	公車運量	百萬延人公里	1991-2020	年資料	取自然對數差分	清冊
	捷運運量	延人公里	1996-2020	年資料	取自然對數	交通部統計查詢網
	貧富差距	倍	1990-2020	年資料	原始值	行政院主計處
	技術進步		1990-2020	年資料	1990 年=1 每年加 1	
	時間趨勢		1990-2020	年資料	1990 年=1 每年加 1	

資料來源：本計畫彙整。

表 5.2-3　虛擬變數

變數名稱	資料期間	資料類型	資料處理
政策-合作社	1990-2020 年	虛擬變數	1990-1996 年, d=0 1997-2020 年, d=1
政策-高鐵	1990-2020 年	虛擬變數	1990-2007 年, d=0 2008-2020 年, d=1
五都整併	1990-2020 年	虛擬變數	1990-2010 年, d=0 2011-2020 年, d=1
商業型態轉變	1990-2020 年	虛擬變數	1990-2010 年, d=0 2011-2020 年, d=1
港口升級與工業區	1990-2020 年	虛擬變數	1990-2005 年, d=0 2006-2020 年, d=1

資料來源：本計畫彙整。

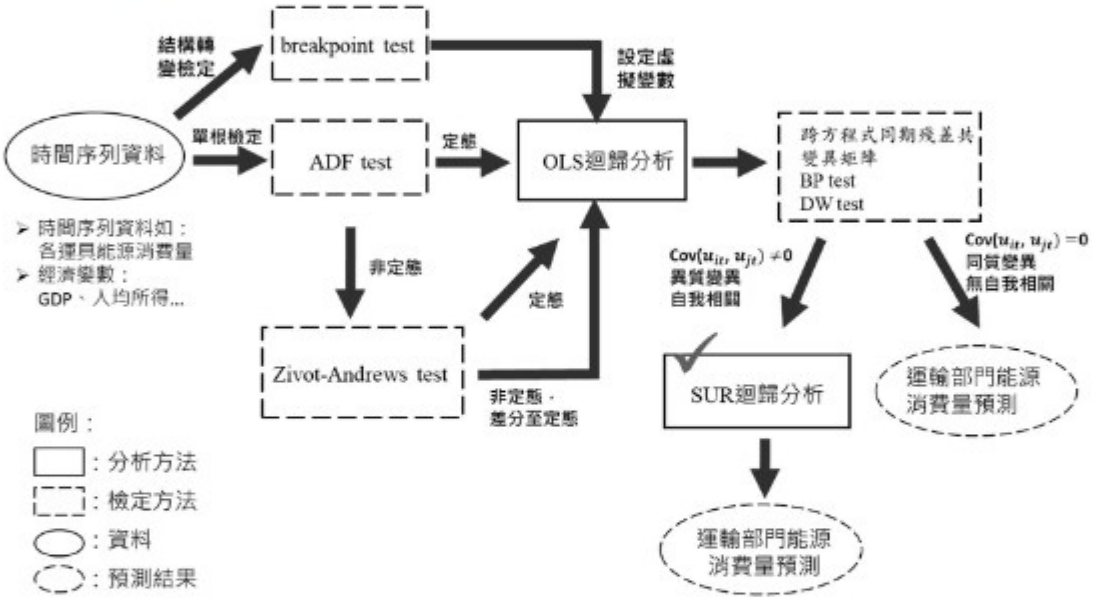
3. 相關檢定

(1) 研究流程

時間序列資料特性可分為定態序列與非定態序列。定態序列指時間序列隨時間演變具有穩定的結構，其平均數、變異數為常數，不隨時間改變，自我共變異數函數與時間無關，反之則為非定態序列，造成非定態序列可能原因為時間序列帶有趨勢或結構性變動（陳旭昇, 2013)[235]。運輸部門各運具能源消費量與研究所使用之自變數皆屬於時間序列資料，進行係數估計前必須先確認資料是否為定態序列，若未進行檢定直接進行係數估計，有可能會出現虛假迴歸的問題（林進益, 2020)[223]。因此，本計畫擬定之研究流程如圖 5.2-9 所示。時間序列資料是否為定態的檢定方法主要透過單根檢定(unit root)來進行檢定，若檢定結果無法拒絕有單根之虛無假設，則為非定態序列。非定態序列又可分為帶有趨勢造成之非定態序列或結構性變動造成的非定態序列，對無法拒絕有單根之虛無假設序列進行一次性結構變化之單根檢定，檢定是否為具有一次性結構變化的定態序列，若依然無法拒絕有單根之虛無假設，則差分至序列為定態為止。

本計畫以 ADF test 做為單根檢定之方法。考慮到資料特性多為具有結構轉變的資料，會造成誤差干擾項高估，容易接受具有單根之假設，因此應透過考慮結構轉變之單根檢定來加以確認是否具有單根(楊雅婷、彭建文, 2003)[236]]。以 Zivot-Andrews 檢定進行一次性結構變化之單根檢定。

資料確認為定態序列後，使用資料進行後續迴歸分析。於 OLS 迴歸分析完成後，透過 BP test 與 DW test，判斷是否具有異質性(heteroskedasticity)與自我相關(autocorrelation)問題並以跨方程式殘差共變異矩陣確認跨方程式間是否具有殘差同期相關。若跨方程式殘差有同期相關，透過 SUR 模型估計較 OLS 模型有效率 (Wadud, 2014)。因此，進行 SUR 迴歸分析，若無則以 OLS 迴歸分析為最後結果。SUR 模型以 FGLS 進行估計。而 FGLS 估計式能夠處理異質性與自我相關之問題 (胥愛琦, 2017)[237]。SUR 迴歸分析完成後，以其結果進行運輸部門能源消費量的預測(5.2.4 節)。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-9　研究流程圖

(2) ADF test

根據 ADF test 檢定的結果顯示(表 5.2-4)，自變數部分，經物價調整之國內汽油價格、經物價調整之國內柴油價格、公車運量、貧富差距在 10%顯著水準下無法拒絕具有單根之虛無假設，該時間序列資料為非定態序列。因變數部分，自用小貨車柴油、自用大客車、公車、營業大貨車、營業小貨車汽油、營業小貨車柴油、遊覽車、客運、臺鐵客運、捷運在 10%顯著水準下無法拒絕具有單根之虛無假設，該時間序列資料為非定態序列。考慮到可能有結構轉變，對無法拒絕具有單根之虛無假設的變數進行 Zivot-Andrews 檢定，若依然無法拒絕具

有單根之虛無假設則進行一次差分後再進行 ADF test 檢定。經檢定公車運量、營業小貨車汽油、營業小貨車柴油、遊覽車、客運為一次差分後定態之序列。

表 5.2-4　ADF test 檢定結果

變數名稱	ADF test		
原始水準項	none	drift	trend
LN(GDP)	7.3952	-5.1066***	-4.1281**
LN(人均所得)	6.2008	-3.5176**	-3.5699**
LN(國內汽油價格)	0.8443	-1.3758	-2.4238
LN(國內柴油價格)	0.7282	-1.3865	-2.2588
LN(公車運量)	1.0935	-0.2132	-2.1473
LN(捷運運量)	2.4371	-12.715***	-11.9134***
LN(自用大客車)	-1.6084	-1.1468	-2.6718
LN(自用小客車)	2.3485	-4.4854***	-2.8496
LN(營業小客車柴油)	1.2387	-0.8937	-3.9972**
LN(營業小客車汽油)	-0.0759	-2.237	-3.2304*
LN(公車)	3.1601	-0.0832	-1.6273
LN(機車)	2.3433	-2.642*	-3.1404
LN(自用小貨車汽油)	0.1952	-2.7209*	-2.9058
LN(自用小貨車柴油)	1.7735	-1.8244	-2.2959
LN(自用大貨車)	0.9781	-5.2765***	-4.765***
LN(營業大貨車)	0.2933	-2.4432	-2.7934
LN(臺鐵客運)	0.329	-2.523	-0.905
LN(臺鐵貨運)	-2.7621***	1.3087	-1.6527
貧富差距	0.7991	-1.8237	-2.2275
營業小貨車汽油	0.0508	-1.4342	-1.5806
營業小貨車柴油	1.3501	-0.3923	-2.2948
遊覽車	1.5846	-0.8709	-1.3519
客運	-0.6171	-1.6064	-1.6142
高鐵	0.4822	-21.7406***	-28.5575***
捷運	1.9199	-1.5776	-2.9949
一階差分項			
ΔLN(公車運量)	-2.9727***	-2.9751**	-2.6906
Δ遊覽車	-3.4679***	-3.8423***	-3.8106**
Δ客運	-6.7158***	-6.593***	-6.6386***
Δ營業小貨車汽油	-6.1677***	-6.2109***	-6.219***
Δ營業小貨車柴油	-6.8208***	-7.9852***	-7.8974***

註：1.*表示在 10%顯著水準下為顯著，**表示在 5%顯著水準下為顯著，***表示在 1%顯著水準下為顯著

資料來源：本計畫彙整。

(3) Zivot-Andrews 檢定

考慮到資料可能具有結構轉變之特性，進一步以 Zivot-Andrews 檢定針對無法拒絕單根的資料進行檢定，檢定方法可參考 Waheed, Alam, & Ghauri (2007)[238]。根據檢定結果(表 5.2-5)自變數部分除公車運量無法拒絕具有一次性結構轉變之單根檢定，為非定態序列，其餘資料皆拒絕虛無假設，為具有一次性結構轉變之定態序列。因變數部分，營業小貨車汽油、營業小貨車柴油、遊覽車、客運無法拒絕具有一次性結構轉變之單根檢定，為非定態序列，其餘資料皆拒絕虛無假設，為具有一次性結構轉變之定態序列。

表 5.2-5　Zivot-Andrews 檢定結果

變數名稱	intercept	trend	both
LN(國內汽油價格)	-5.486***	-4.4616**	-5.3364**
LN(國內柴油價格)	-4.9422**	-4.1622*	-4.8148
LN(公車運量)	-4.1714	-2.3951	-2.4745
LN(自用小貨車汽油)	-5.1123**	-4.9989***	-5.1422**
LN(自用小貨車柴油)	-3.6084	-3.8691	-5.4679**
LN(自用大客車)	-4.0772	-8.0551***	-7.9535***
LN(公車)	-4.7501*	-2.5273	-3.5854
LN(營業大貨車)	-5.7848***	-5.7848***	-5.7848***
貧富差距	-5.7343***	-4.3573*	-8.4199***
捷運	-4.4062	-4.4062*	-5.7087***
營業小貨車汽油	-3.3817	-3.1886	-3.9314
營業小貨車柴油	-3.7442	-2.5525	-3.2822
遊覽車	-2.1966	-2.3367	-3.6699
客運	-3.106	-3.1087	-3.0745

註：*表示在 10%顯著水準下為顯著，**表示在 5%顯著水準下為顯著，***表示在 1%顯著水準下為顯著

資料來源：本計畫彙整。

(4) 跨方程式同期殘差相關檢定

OLS 迴歸方程式間若具有同期殘差相關之特性，用 SUR 模型進行估計較有效率，透過方程式間殘差的共變異數矩陣判斷其是否具有同期相關，根據檢定結果，跨方程式間殘差有相關，以 SUR 模型估計較有效率。

(5) BP test 與 DW test

BP test 用於檢定異質性的問題，其虛無假設為同質變異，若無法拒絕虛無假設，則異質性不是問題。根據 BP test 之檢定結果，自用小貨車汽油、自用大貨車與高鐵拒絕同質變異的虛無假設，具有異質性，t 統計之結果可能產生偏誤。

DW test 用於檢定自我相關的問題，其虛無假設為誤差無序列相關，若拒絕虛無假設，則有序列相關問題根據 DW test 之檢定結果，自用大客車、自用小貨車、臺鐵客運、臺鐵貨運、捷運拒絕無序列相關之虛無假設，具有序列相關，有自我相關問題，t 統計結果可能產生偏誤。

(6) 結構轉變檢定

由於資料可能具有多次結構轉變點，為了找出可能之轉變點，做為後續迴歸分析的參考，以 Bai & Perron (1998)[239]提出之多結構轉變檢定方法進行結構轉變之檢定，找出可能的轉變點。表 5.2-6 為結構轉變檢定結果，運具之能源消費量經歷 1 至 5 次之結構轉變，大多數運具在 2000 年以後，都有出現多次之結構轉變，其中，多數運具結構轉變之時間點落在在 2000 年前後、2010 年前後、2016 年。

表 5.2-6　結構轉變點檢定結果

變數名稱	可能之結構轉變點
自用小客車	1993、1997、2001、2006 年
營業小客車汽油	1995、2000 年
營業小客車柴油	2010、2014、2016 年
自用小貨車汽油	1995、2007 年
自用小貨車柴油	1995、1999、2003、2007、2011 年
營業小貨車汽油	1997、2003、2007、2011 年
營業小貨車柴油	1999、2004、2008 年
自用大客車	1995、2000、2004 年
遊覽車	1996、2000、2007、2011、2016 年
公車	2001、2007、2011、2016 年
客運	1995、2001、2009、2016 年
自用大貨車	1993、2001、2010 年
營業大貨車	1993、2011 年
機車	1994、2002、2006、2015 年
臺鐵客運	1996、2001、2007、2012、2016 年
高鐵	2008 年
捷運	1999、2007、2010、2016 年
臺鐵貨運	1995、2000、2012、2016 年
國內航空	1994、2001、2006 年
國內水運	1996、2006、2011、2016 年

資料來源：本計畫彙整。

5.2.4 我國 2050 年運輸部門能源消費基線推估結果

1.　係數估計結果

本計畫係以 R4.2.1 做為模型係數估計之工具，在係數估計前需對資料進行相關檢定，於係數估計後，參考 R 平方值、t-value 來評估模型之好壞。

表 5.2-7 至表 5.2-9 為「聯立方程式同時校估模型」之係數估計結果，在估計過程中考量運具特性分成長途運輸、短途客運、貨物運輸 3 類進行係數估計。「聯立方程式同時校估模型」之係數估計結果與「單一方程式獨立校估模型」之係數估計結果，並無太大差異，但 t 統計之顯著性優於「單一方程式獨立校估模型」，經檢定，不同運具間具有同期殘差相關性，「聯立方程式同時校估模型」較「單一方程式獨立校估模型」有效率，因此，本計畫後續以「聯立方程式同時校估模型」之係數估計結果進行係數估計結果之說明。

表 5.2-7 為長途客運估計之結果，自用大客車能源消費量與人均所得、捷運運量呈負向影響，人均所得的估計係數為-0.827，為所得彈性，意即平均而言人均所得每增加 1%，自用大客車能源消費量會減少 0.827%，捷運運量估計係數為-0.092，意即平均而言捷運運量每增加 1%，自用大客車能源消費量會減少 0.092%。臺鐵客運 GDP 的估計係數為 0.614，意即平均而言 GDP 每增加 1%，臺鐵客運能源消費量增加 0.614%。高鐵隨著時間趨勢成長，在其他條件不變下，平均每年增加 1,680.59 公秉油當量。

表 5.2-7　長途客運聯立方程式同時校估模型估計結果

	客運	遊覽車	LN(自用大客車)	LN(臺鐵客運)	高鐵
截距	58.059 (0.017)	8,912.528 (1.473)	22.715*** (11.820)	1.474** (2.207)	61,129.87*** (3.712)
LN(人均所得)			-0.827*** (-4.324)		
LN(GDP)				0.614*** (14.883)	
LN(捷運運量)			-0.092** (-2.586)		
LN(公車運量)			-0.130 (-0.272)		
時間趨勢					1,680.59** (2.531)
前期	-0.271* (-1.924)	0.106 (0.496)			
R^2	0.012	0.014	0.837	0.886	0.165

註：1.括號內為變數之 t 統計量
2. *表示在 10%顯著水準下為顯著，**表示在 5%顯著水準下為顯著，***表示在 1%顯著水準下為顯著

資料來源：本計畫彙整。

表 5.2-8 為短途客運估計之結果，自用小客車能源消費量與 GDP、貧富差距呈正向影響，與高鐵營運和技術進步趨勢呈負向影響，GDP 的估計係數為 0.982，意即平均而言 GDP 每增加 1%，自用小客車能源消費量增加 0.982%。貧富差距的估計係數為 0.136，意即平均而言貧富差距每增加 1 倍，自用小客車能源消費量會增加 14.57%。技術進步趨勢估計係數為-0.024，意即平均而言每年穩定的技術成長，自用小客車能源消費量會減少 2.43%。高鐵政策的估計係數為-0.104，意即在高鐵出現後，相較於沒有高鐵，自用小客車能源消費量減少 10.96%。自用小客車能源消費量在經濟活

動熱絡時會有所提升，貧富差距擴大可能會使原本低所得的人分配到的所得減少，降低購買能力從而購買二手車，高所得族群分配到的所得增加，購買高價位高能源耗用量的車輛能力提升。高鐵與自用小客車具有替代關係，高鐵出現可能替代部分自用小客車使用。營業小客車汽油與人均所得、合作社政策呈正向影響，與捷運運量呈負向影響，人均所得的估計係數為0.378，為所得彈性，意即平均而言人均所得每增加 1%，營業小客車汽油能源消費量會增加 0.378%，捷運運量估計係數為-0.207，意即平均而言捷運運量每增加 1%，營業小客車汽油能源消費量會減少 0.207%。合作社政策估計係數為 0.420，意即合作社開放後，相較於沒有開放合作社，營業小客車汽油能源消費量增加 52.20%。人均所得提升會增加民眾對計程車費用的負擔能力，可能提高搭乘計程車的意願，捷運與營業小客車之間有替代關係，捷運運量提升可能代表部分營業小客車的需求者會移轉到捷運，合作社開放造成大量牌照發放，降低營業小客車的效率，可能造成用油量提升。營業小客車柴油與人均所得呈正向影響，其估計係數為 2.344，為所得彈性，意即平均而言人均所得每增加 1%，營業小客車柴油能源消費量會增加 2.344%。公車與捷運運量、五都整併呈正向影響，捷運運量估計係數為 0.097，意即平均而言捷運運量每增加 1%，公車能源消費量會增加 0.097%。在五都整合後，相較於整合前，公車能源消費量增加 68.2%。捷運與公車具有互補的關係，完善的大眾運輸網建立提高大眾運輸的便利性，可能提高民眾使用大眾運輸意願。機車與人均所得、汽油價格呈正向影響，人均所得的估計係數為 0.967，為所得彈性，意即平均而言人均所得每增加 1%，機車能源消費量會增加 0.967%。汽油價格的估計係數為 0.272，為價格彈性，意即平均而言汽油價格每增加 1%，機車能源消費量增加 0.272%。人均所得提升增加民眾的消費能力，提升機車的購車能力，油價提升可能會使部分駕駛人從高能源耗用的運具移轉至低能源耗用的運具，提升機車的使用。捷運能源消費量與 GDP 呈正向影響，估計係數為 1,06110.9，意即平均而言 GDP 每增加 1%，捷運能源消費量增加 1,061.109 公秉油當量。

表 5.2-8　短途客運聯立方程式同時校估模型估計結果

	Ln(自用小客車)	Ln(營業小客車汽油)	Ln(營業小客車柴油)	Ln(公車)	Ln(機車)	捷運
截距	-0.734 (-0.522)	12.227*** (8.817)	-19.965*** (-9.198)	9.748*** (18.971)	0.787 (0.323)	-1,687,188.2*** (-21.174)
LN(人均所得)		0.378** (2.720)	2.344*** (14.248)		0.967*** (4.990)	
LN(GDP)	0.982*** (10.469)					106,110.9*** (21.796)
LN(汽油價格)	-0.024 (-0.499)				0.272** (2.604)	
貧富差距	0.136*** (4.229)					
技術進步	-0.024*** (-4.745)				-0.009 (-1.137)	
政策-高鐵	-0.104*** (-3.415)					
政策-合作社		0.420*** (4.517)				
五都整併				0.682*** (11.940)		
LN(捷運運量)		-0.207*** (-7.238)		0.097*** (3.981)		
R^2	0.951	0.543	0.868	0.928	0.923	0.961

註：1.括號內為變數之 t 統計量。
2. *表示在 10%顯著水準下為顯著，**表示在 5%顯著水準下為顯著，***表示在 1%顯著水準下為顯著。

資料來源：本計畫彙整。

表 5.2-9 為貨物運輸估計之結果，自用小貨車汽油能源消費量與人均所得呈正向影響，估計係數為 0.304，意即所得彈性，平均而言人均所得每增加 1%，自用小貨車汽油能源消費量增加 0.304%，與商業型態轉變呈負向影響，估計係數為-0.282，意即商業型態轉變後相較於轉變前，自用小貨車汽油能源消費量減少 32.58%。自用小貨車柴油能源消費量與人均所得呈正向影響，估計係數為 0.638，意即所得彈性，平均而言人均所得每增加 1%，自用小貨車柴油能源消費量增加 0.638%。營業小貨車汽油能源消費量與商業型態轉變呈負向影響，估計係數為-4,602.5，意即商業型態轉變後相較於轉變前，營業小貨車汽油能源消費量減少 4,602.5 公秉油當量。人均所得提升增加民眾的購買力，提升消費需求，貨運需求增加，大型倉儲、連鎖店等經營方式降低貨運單趟行駛的距離，減少能源消費量。營業大貨車能源消費量與 GDP 呈正向影響，估計係數為 0.315，意即平均而言 GDP

增長 1%，營業大貨車能源消費量增加 0.315%，與商業型態轉變、港口升級與工業區呈負向影響，商業型態轉變估計係數為-0.253，意即商業型態轉變後相較於轉變前，營業大貨車能源消費量減少 28.79%。港口升級與工業區估計係數為-0.133，意即港口升級與轉運到鄰近工業區後相較於轉變前，營業大貨車能源消費量減少 14.23%。自用大貨車能源消費量與 GDP 呈正向影響，估計係數為 0.391，意即平均而言 GDP 增長 1%，自用大貨車能源消費量增加 0.391%，與商業型態轉變呈負向影響，商業型態轉變估計係數為-0.205，意即商業型態轉變後相較於轉變前，自用大貨車能源消費量減少 22.75%。經濟繁榮提升國內的購物需求，提高進出口貿易，大型倉儲、連鎖店等經營方式降低貨運單趟行駛的距離，減少能源消費量，港口量能的提升與鄰近的工業區可以讓貨車就近送貨，平均行駛距離下降，減少能源消費量。臺鐵貨運與時間趨勢為負向影響，估計係數為-0.048，意即每過一年，臺鐵貨運減少 4.92%。

表 5.2-9　貨物運輸聯立方程式同時校估模型估計結果

	LN(自用小貨車汽油)	LN(自用小貨車柴油)	營業小貨車汽油	營業小貨車柴油	LN(營業大貨車)	LN(自用大貨車)	LN(臺鐵貨運)
截距	9.636*** (8.360)	5.155*** (7.738)	-49,277 (-1.026)	-177,678.7 (-1.453)	9.217*** (7.736)	7.079*** (13.308)	10.856*** (240.302)
LN(人均所得)	0.304*** (3.385)	0.638*** (12.296)	3,949.5 (1.058)	14,172.6 (1.491)			
LN(GDP)					0.315*** (4.220)	0.391*** (11.788)	
商業型態轉變	-0.282*** (-4.395)	-0.059 (-1.605)	-4,602.5* (-1.898)	-9,790.3 (-1.588)	-0.253*** (-4.661)	-0.205*** (-7.165)	
港口升級與工業區					-0.133** (2.421)		
時間趨勢							-0.048*** (-19.447)
R^2	0.352	0.895	0.046	0.008	0.516	0.757	0.919

註：1.括號內為變數之 t 統計量。
2.*表示在 10%顯著水準下為顯著，**表示在 5%顯著水準下為顯著，***表示在 1%顯著水準下為顯著。

資料來源：本計畫彙整。

2. 能源消費量預測結果與基線推估

在進行能源消費量預測前，需針對自變數進行預測，於 5.2.3 節所選定之自變數中，因無相關單位可以提供未來年之預測值，本計畫需自行預測其未來年可能之數值。本計畫以差分整合移動平均自我迴歸模型(Autoregressive Integrated Moving Average model, 以下簡稱 ARIMA 模型)進行自變數未來年之預測，並將其結果帶入「聯立方程式同時校估模型」進行能源消費量之預測。國內航空與國內水運考量其性質，以 ARIMA 模型進行估計。

根據表 5.2-10 運輸能源消費量的預測結果，自用小客車在 2030 年用油量達到 677 萬公秉油當量，相較於 2020 年增長了約 17.1%，而在 2050 年減少至 637 萬公秉油當量，隨著生產技術進步逐年提升，每一年自用小客車之燃油效率比前一年以一定幅度提升，降低行駛相同距離所需使用之用油量。

營業小客車汽油微幅成長，2030 年用油量相較於 2020 年成長約 10.7%，2040 年相較於 2030 年成長約 1.4%，2050 年較於 2040 年成長約 1.5%。營業小客車柴油因成長期階段，其成長速度快速，2050 年用油量達 41 萬公秉油當量。

貨車隨著經濟與人均所得的成長，用油量逐漸成長，但在經歷產業型態轉變與港口量能提升等事件，平均行駛里程有所縮短，因此出現短期下降現象，之後維持增長趨勢，自用小貨車汽油於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為 12%、5.5%、4.7%，2050 年用油量達到約 82 萬公秉油當量。自用小貨車柴油於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為 21%、11.9%、10%，2050 年用油量達到約 127 萬公秉油當量。營業小貨車汽油 2050 年用油量約為 4.4 萬，於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為-3.8%、26.6%、41.2%。營業小貨車柴油 2050 年用油量約為 37.6 萬，於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為 41.7%、43.9%、39%。

自用大貨車 2050 年用油量約為 86.8 萬公秉油當量。營業大貨車 2050 年用油量約為 163.9 萬公秉油當量，於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為 7.8%、5.9%、5%。自用大客車隨著大眾運輸網的建構，人均所得的提升，逐漸被其他運具取代並減少其使用量，2050 年用油量用油

量較 2020 年減少約 43.5%。公車 2050 年用油量約為 32.3 萬公秉油當量，相較於 2020 年減少約 7,000 公秉油當量。機車隨著油價與人均所得之提升，使用量逐漸增加，用油量穩定增長，於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為 16.7%、12.1%、8.7%。

軌道運輸、國內航空、國內水運能源消費量預測結果顯示，臺鐵客運與捷運隨著經濟成長，使用量逐年成長，2050 年能源消費量分別較 2020 年增長 83.7%、76.5%。臺鐵貨運隨著時代變遷，陸上運輸發達，逐漸被取代，2050 年能源消費量較 2020 年減少 70.3%。國內航空與國內水運根據 ARIMA 之預測結果，國內航空隨陸上運輸發展，逐漸被其他運輸方式取代，但仍保有基本之需求量，2050 年的用油量下降至 37,414 公秉油當量，較 2020 年減少 53%，國內水運維持在固定之水平，可能是其基本之需求量。運輸部門整體之用油量於 2030 年、2040 年、2050 年每 10 年成長率分別為 16%、5.2%、3.8%。

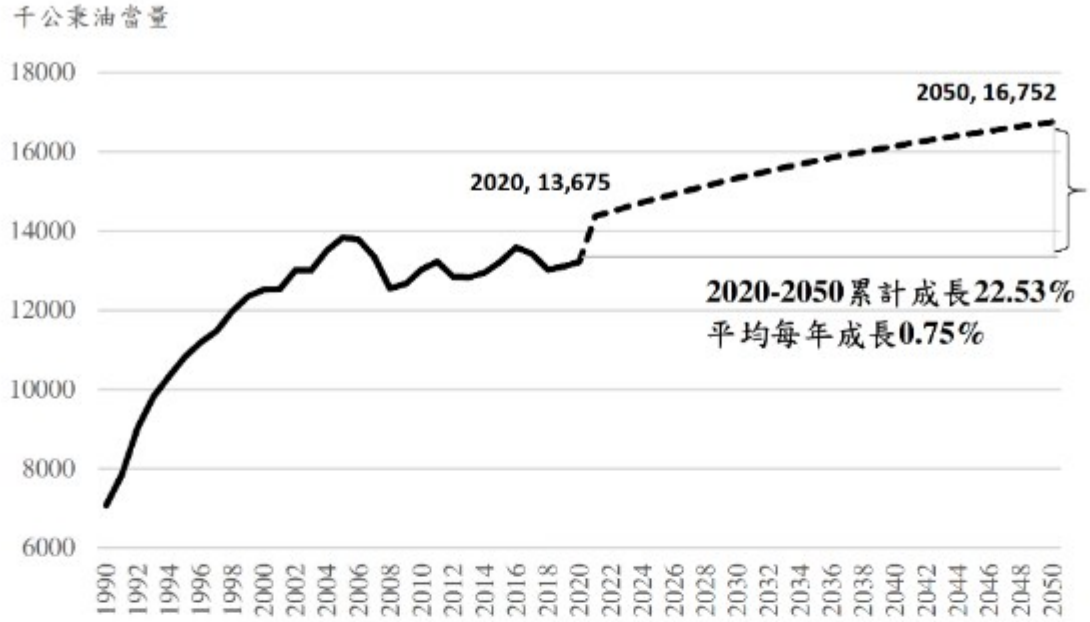
表 5.2-10　公路運輸能源消費量預測結果

單位：公秉油當量、%

運具別	2020 年 歷史值	2030 年 預測值	成　長 率(%)	2040 年 預測值	成　長 率(%)	2050 年 預測值	成　長 率(%)
自用小客車	5,779,773	6,770,805	17.1	6,653,819	-1.7	6,370,312	-4.3
營業小客車汽油	440,318	487,650	10.7	494,368	1.4	501,600	1.5
營業小客車柴油	99,907	193,075	93.3	291,847	51.2	414,618	42.1
自用小貨車汽油	666,010	746,188	12.0	787,270	5.5	823,957	4.7
自用小貨車柴油	851,849	1,031,089	21.0	1,153,868	11.9	1,269,640	10.0
營業小貨車汽油	25,828	24,852	-3.8	31,462	26.6	44,431	41.2
營業小貨車柴油	132,567	187,822	41.7	270,300	43.9	375,595	39.0
自用大客車	13,689	10,574	-22.8	8,927	-15.6	7,741	-13.3
遊覽車	364,739	463,168	27.0	562,913	21.5	662,658	17.7
公車	330,258	308,949	-6.5	316,687	2.5	322,980	2.0
客運	201,458	207,878	3.2	208,334	0.2	208,791	0.2
自用大貨車	643,645	760,518	18.2	816,977	7.4	867,933	6.2
營業大貨車	1,367,151	1,473,353	7.8	1,560,863	5.9	1,638,840	5.0
機車	1,846,845	2,154,876	16.7	2,414,704	12.1	2,625,267	8.7
臺鐵客運	103,857	154,998	49.2	173,458	11.9	190,758	10.0
高鐵	106,240	130,034	22.4	146,840	12.9	163,646	11.4
捷運	89,484	122,104	36.5	141,536	15.9	157,954	11.6
臺鐵貨運	9,416	7,276	-22.7	4,507	-38.1	2,792	-38.1
國內航空	79,665	37,853	-52.5	37,419	-1.1	37,414	0.0
國內水運	64,607	64,607	0.0	64,607	0.0	64,607	0.0
運輸部門	**13,217,304**	**15,337,669**	**16.0**	**16,140,707**	**5.2**	**16,751,535**	**3.8**

資料來源：本計畫彙整。

將所有運具之能源消費量進行加總，即為運輸部門能源消費量基線(圖 5.2-10)。在 2020 年，所有運具之能源消費量約為 1,367 萬公秉油當量，到了 2030 年成長至約 1,534 萬公秉油當量，到了 2040 年成長至約 1,614 萬公秉油當量，到了 2050 年成長至約 1,675 萬公秉油當量。運輸部門能源消費量 2050 年相較於 2020 年成長約 22.53%。根據本計畫 2050 年基線之預測值，公路運輸之能源消費量占比為 96.3%，而在公路運輸所有運具能源消費量占比最高者為自用小客車，占公路運輸能源消費量之 39.5%，其次為機車，占公路運輸能源消費量之 16.3%，兩者占比相加超過公路運輸能源消費量之 55%。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.2-10　能源消費量基線

5.3 運輸部門 LEAP 模型簡介

5.3.1 LEAP 模型簡介

LEAP 是斯德哥爾摩環境研究所開發的用於能源政策分析和氣候變化緩解評估的廣泛使用的軟件工具。

LEAP 已被全球 190 多個國家的數千個組織採用。其用戶包括政府機構、學術界、非政府組織、諮詢公司和能源公用事業公司。它已在許多不同的範圍內使用，從城市和州到國家、區域和全球應用。

LEAP 正在迅速成為進行綜合資源規劃、溫室氣體緩解評估和低排放發展戰略之國家的事實上之標準，許多國家也選擇使用 LEAP 做為其承諾的一部分向聯合國氣候變化框架公約(UNFCCC)報告。至少有 32 個國家使用 LEAP 創建能源和排放情景，這是其國家對氣候變化的「國家自定預期貢獻(INDCs)」的基礎；歷史性的巴黎氣候協議的基礎旨在展示各國開始對其經濟和脫碳的意圖投資於氣候復原力。

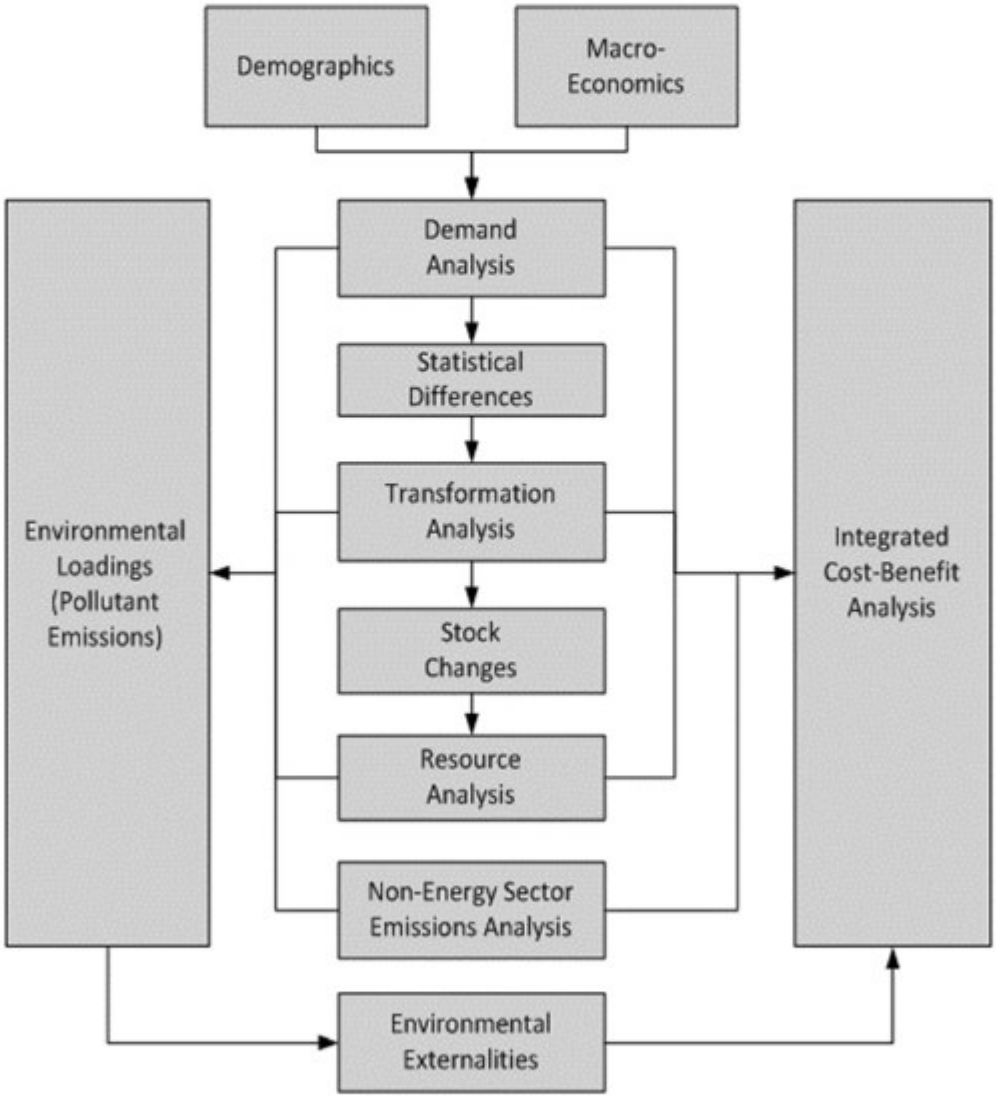
LEAP 是一種基於情景的綜合建模工具，可用於跟踪經濟體所有部門的能源消費、生產和資源開採。它可用於說明能源部門和非能源部門的溫室氣體(GHG)排放源和匯。除了跟踪溫室氣體，LEAP 還可用於分析當地和區域空氣污染物的排放，以及短期氣候污染物(SLCP)，使其非常適合研究當地空氣污染減少的氣候協同效益。其計算架構如下圖 5.3-1 所示。

LEAP 以透明和直觀的方式呈現複雜的能源分析概念，在用戶中享有盛譽。同時，LEAP 對於具有廣泛專業知識的用戶來說足夠靈活：從希望設計政策並展示其優勢的全球領先專家到決策者，再到希望在開始挑戰的年輕分析師中培養能力的培訓師了解能源系統的複雜性。

LEAP 不是特定能源系統的模型，而是可用於創建不同能源系統模型的工具，其中每個系統都需要自己獨特的數據結構。LEAP 支持多種不同的建模方法：在需求方面，從自下而上的最終用途會計技術到自上而下的宏觀經濟建模。LEAP 還包括一系列可選的專業方法，包括交通規劃等領域的庫存周轉建模。在供應方面，LEAP 提供了一系列會計、模擬和優化方法，這些方法足夠強大，可以對電力部門的發電和產能擴張規劃進行建

模，而且還足夠靈活和透明，允許 LEAP 輕鬆合併來自其他更專業模型的數據和結果。

LEAP 在兩個基本概念層面上運作。在某一層面上，LEAP 的內置計算處理所有“無爭議”的能源、排放和成本效益會計計算。在第二級，用戶輸入類似電子表格的表達式，可用於指定隨時間變化的數據或創建各種複雜的多變量模型，從而使計量經濟學和模擬方法能夠嵌入到 LEAP 的整體會計框架中。最新版本的 LEAP 還支持優化建模：允許構建成本最低的電力系統擴容和調度模型，可能會受到各種限制，例如二氧化碳限製或當地空氣污染。



資料來源：Heaps, C.G., LEAP: The Low Emissions Analysis Platform.(2022)。

圖 5.3-1　LEAP 計算結構流程圖

LEAP 旨在做為中長期建模工具。它的大部分計算發生在每年的時間步階上(以年單位)，時間範圍可以無限延長。研究通常包括被稱為經常帳戶的歷史時期，其中運行模型以測試其複制已知統計數據的能力，以及多個前瞻性情景。通常，大多數研究使用 20 到 50 年的預測期。一些結果是用更精細的時間細節計算的。例如，對於電力部門的計算，一年可以分成不同的用戶定義“典型日或代表日”來表示季節、日子類型甚至一天中的代表性時間。

LEAP 是圍繞情景分析的概念設計的。情景是關於能源系統如何隨時間演變的自洽故事情節。使用 LEAP，政策分析師可以通過比較能源需求、社會成本和收益及環境影響來創建並評估替代方案。LEAP 情景管理器可用於描述各個政策措施，然後可以將這些措施以不同的組合和排列組合成替代的綜合情景。這種方法使政策制定者能夠評估單個政策的影響及多種政策和措施組合時發生的相互作用。例如，電器能源效率標準與可再生能源組合標準相結合的好處可能小於單獨考慮的兩種措施的好處之和。在右圖所示的屏幕中，各個措施被組合成一個總體溫室氣體減排情景，其中包含減少溫室氣體排放的各種措施。

一個關鍵的好處 LEAP 是它的初始數據要求低。許多建模工具依賴於非常特殊且通常非常複雜的解決方案算法，例如優化，因此往往具有高度不靈活的數據要求。為此類模型開發數據是一項耗時的任務，需要相對較高的專業知識。相比之下，因為它提供了建模方法和許多方面的選擇 LEAP 是可選的，因此它對初始數據的要求要低得多，並允許其用戶根據相對簡單的會計原則開始構建模型。LEAP 適應性強且透明的數據結構非常適合迭代分析方法：用戶從快速創建盡可能簡單的初始分析開始。在以後的迭代中，用戶僅在數據可用並且添加的細節為分析中解決的問題提供進一步有用的見解時才增加複雜性。

LEAP 被構造為能源系統的一系列“視圖”。主要的“分析視圖”(此處顯示)是用戶創建數據結構和場景並輸入描述歷史年份和前瞻性場景的所有數據的地方。在分析視圖中，層次樹顯示分析的主要數據結構。該樹支持簡化能源分析中數據的構建和維護的標準操作(複製、粘貼、拖放等)。樹在系統建模方面提供了很大的靈活性。例如，需求模型可能在需要基於技術的詳細分析的部門中高度分解，但在能源使用不太重要或不太容易理

解的部門中聚合得更多。LEAP 還支持多區域分析，其中可以為每個區域創建不同的數據結構。例如，可能會更詳細地描述某些國家/地區的數據可用或需要解決重要問題的地方。

分析師通常需要隨時訪問描述能源技術的全面和最新數據。此類數據分佈在一系列不易獲取的來源，尤其是發展中國家的分析人員。為了解決這個問題，LEAP 包括一個技術和環境數據庫(TED)，該數據庫描述了一系列能源技術的技術特徵、成本和環境影響，包括現有技術、當前最佳實踐和下一代設備。

技術和環境數據庫(TED)包括數百種技術的數據，參考了包括 IPCC、美國能源部和國際能源署在內的數十家機構的報告。除了定量數據外，技術和環境數據庫(TED)還包括定性信息頁面，用於審查各種能源技術的可用性、適用性、成本效益和關鍵環境問題。技術和環境數據庫(TED)自己的排放因子核心數據庫可以由用戶自己的數據進行編輯或補充。來自技術和環境數據庫(TED)的排放因子和其他信息可以自動納入 LEAP 分析：根據 LEAP 的能源情景和技術和環境數據庫(TED)中的排放因子輕鬆創建排放情景。

總結而言，本計畫選用 LEAP 模型主要基於其以下特點：

1. 建模過程簡單、明確與直覺
2. 適合 2020 至 2050 年之中長期規劃
3. 環境資料庫數據完整
4. 後處理方便及時
5. 與 EXCEL 可以有效整合，有利資料匯出匯入
6. 相較於同類型模型，LEAP 模型價格十分優惠且管制更為平宜，利於採購與內部推廣

值得一提的是，LEAP 採用樹枝狀結構，特別利於分析交通部門在同一需求下，不同載具間的替代性。另外其燃料可朔源追蹤，例如在不同電力組合下，每度電的溫室氣體(GHG)排放及成本等。此尤其對於分析與支持交通部門電氣化的持續推動，具有重大的意義。

5.3.2 LEAP 基線推估結果

考慮到航空與船舶合計僅約占我國運輸部門溫室氣體(GHG)排放 3%，故在後續模型之建立主要聚焦在交通部門模型地面載具重要項目，其內容涵蓋：

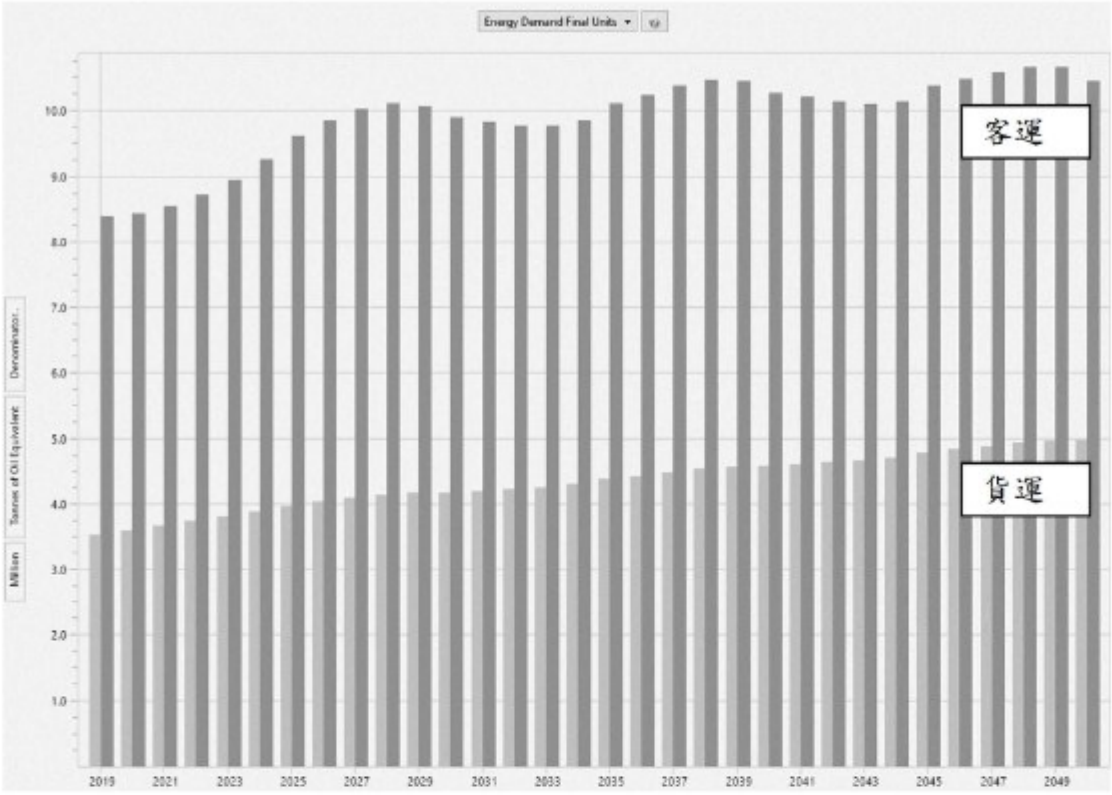
表 5.3-1　LEAP 交通部門雛形之地面載具分類

用途	載具	燃料
客運	小型客車	汽油
		電力
	大型客車	柴油
		電力
	鐵路	電力
貨運	貨車	柴油
		電力
	鐵路	電力

資料來源：本計畫繪製。

考慮到模型初步建立階段，為利於查找與除錯，部分延人公里/延噸公里佔比較低之載具則將其整合至大項內或暫予停建，以利模型順利運作。待後續精進模型時，將在各自獨立建立予計算之。

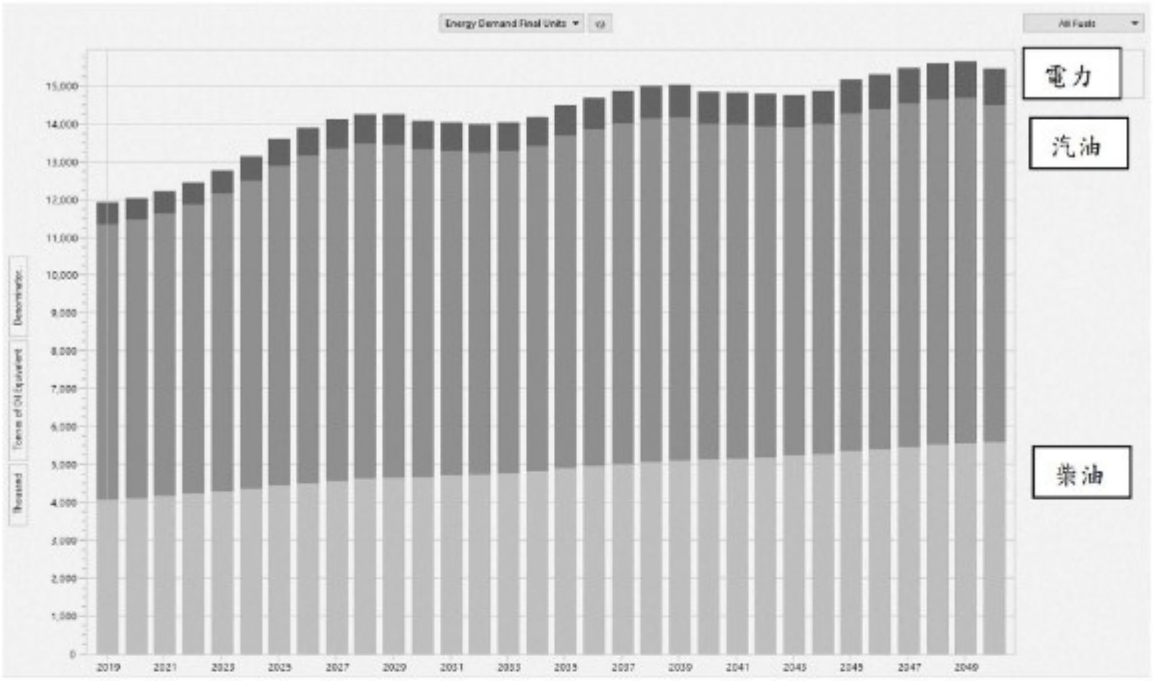
結合計量方法對未來年能源消費需求推估之數據，可得到以下之基線結果。圖 5.3-2 為交通部門地面載具客運與貨運之能源消費推估。其中客運部門能源消費會有明顯波動，是由於模型分別輸入 2019(基準年)、2020、2025、2030、2035、2040、2045、2050 年等推估結果並令曲線平滑化(smooth)所致。如此做的原因在於，從計量方法推估數據來看，未來年客運能源消費將逐漸飽和，預估在此階段需求將會有上下震盪之可能。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.3-2　LEAP 雛形之運輸部門各期客貨運能源消費推估

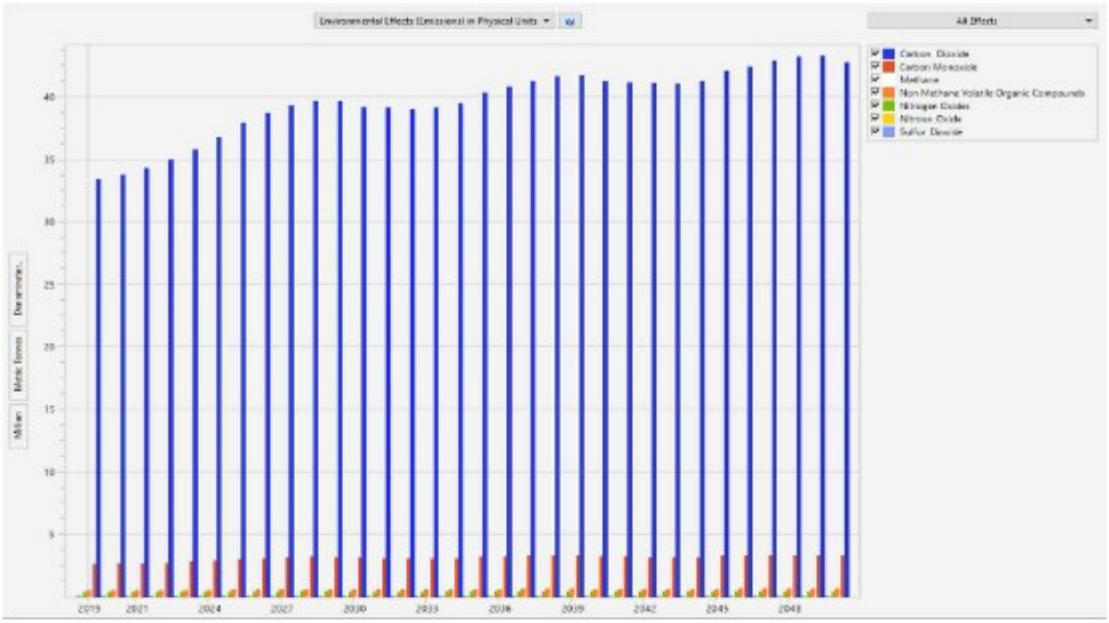
圖 5.3-3 為交通部門地面載具主要能源需求，分為電力/汽油/柴油 3 大類。必須說明的，儘管我國在國發會 2050 年淨零排放規劃中已提及電動車項目的規劃，但尚無明確之作法或是未來運量/數量之預估，故於本次基線情境並未納入。研究建議，電動載具的推動不僅在交通部門，電力部門是否有足夠的電力及潔淨電力的佔比為何，其茲事體大，且涉及相關單位眾多。應經多元情境進行評估後，較有利於後續說明與推動，亦可避免不必要之爭議。



資料來源：本計畫繪製。

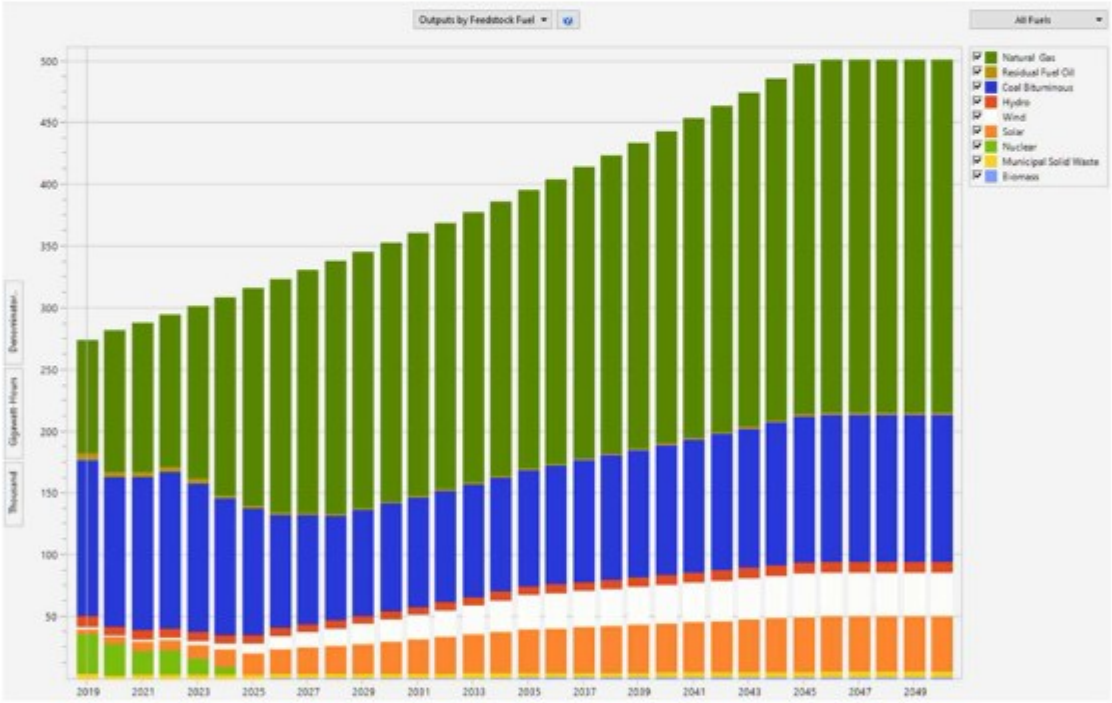
圖 5.3-3　LEAP 雛形之運輸部門各類能源消費使用

若將圖 5.3-3 之能源消費/燃料帶入 IPCC 排放參數，轉為溫室氣體排放量，其結果如圖 5.3-4。顯而易見燃燒二氧化碳排放仍為此情境之溫室氣體(GHG)排放之大宗，值得注意的該排放量業已考慮了電力排放的部分。另外目前 2019 年(基準年)的溫室氣體(GHG)排放量，已於環保署的統計值落在相近之範圍內。本計畫依照政府規劃，將未來已知之電力機組分別輸入模型，預期之逐年電力配比可見圖 5.3-5。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.3-4　LEAP 雛形之運輸部門各類主要溫室氣體排放



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.3-5　LEAP 雛形之我國中長期電力配比

必須注意的是，我國有規劃之電力目前僅到 2035 年(2026 至 2035 年)，10 年間，太陽光電每年增加 1.5GW、離岸風電每年增加 1GW)，化石燃料機組則是到 2028 年。這也再次表明，運輸部門的電器化在電力來源，尤其

是潔淨電力，仍有其供給上的不確定性存在，這也是為何尚未將載具電動化納入基線的關鍵原因。

5.3.3 LEAP 分年建構規劃

本計畫完成我國 LEAP 模型/交通部門模型地面載具雛型與基線(參考情境)，後續分年規劃如表 5.3-2 所示，工作重點包括：

1. 完善主要技術需求(如航空、船舶)
2. 建立次要技術項目(納入各期技術進步)
3. 引進前瞻技術(含電力部門如碳排放的捕獲再利用及封存(CCUS)、氫能)
4. 不同政策與情境之成本效益評估

各期間將繼續逐步細緻化模型，例如以實際運量取代總能源消費量，是否要考慮場站所使用的能源消費量，當期最新政策做為或管制目標，燃料與技術成本變化趨勢。這些調整必須視每年實際變化可以新情境方式納入，其好處在於可透過模型，觀察改變前後的成本效益，用以評估對於淨零排放貢獻的程度。若能再結合 CGE 等模型，則可以進行衝擊分析，以瞭解社會的可接受度，或採階段實施的政策強度。

表 5.3-2　LEAP 分年工作規畫

	2022	2023	2024	2025	2026
1.基線推估	以108年能源消費量為基年推估基線			以113年能源消費量為基年更新基線	
2.模型擴充-技術項目		完善主要技術需求（如航空、船舶）	建立次要技術項目（納入各期技術進步）		
3.模型擴充-前瞻技術			引進前瞻技術（含電力部門之CCUS、氫能）		
4.策略情境模擬			1.擬訂策略規劃，進行策略成本評估		

資料來源：本計畫規劃。

1. 更新頻率及運研所可操作性

如前所述，相較於其他類似模型，LEAP 對於操作者十分友善，近期並有提供部分的介面中文化及中文手冊，初學者只要按圖索驥，即可透過學習部分章節。考慮本次疫情對各部門需求的改變，及近期烏俄戰爭對能源價格的衝擊。本計畫建議，在基準年方面，現階段可先維持未受上述短期影響的 2019 年為基礎，並持續關注後需發展。若期間無太大偏差或重大政策行動，未來基準年可配合總統選舉，每 4 年調整一次即可，如下一次可在 2024 年時開始準備與蒐集相關政策，2025 年底前完成基準年與基線更新。

關於 4 年間必定陸續有相關政策被提出，此時應以不同情境做為政策研究與成本效益分析之用。

有一點需要強調的：『依據經濟學中『社會價格』的概念，其應包含外部成本與內部成本兩個部分。理論上在一個完全競爭的市場上，市場價格即是社會價格。但實際上，社會價格往往也是基於市場價格做某種的調整，當市場價格不能代表策略之利得或損失，或者沒有市場可以反應因策略執行而產生的利得或損失，則需藉助其他指標以衡量策略執行後的代價與利得。』其在說明，儘管車輛載具的選擇應尊重自由市場機制，但是基於增進社會整體福祉的概念，政府仍是可以透過公課進行調整資源分配，這也是模型的重要功能。

由於社會經濟活動有不可重複性，所以在政策正式推出前需要透過模型來觀察其可能的影響，這個過程中每個政策成本效益的差異是重點。同時『一個政策僅用來解決一個問題』也是應建立的觀念。

2. 跟其他模型之間的 INPUT-OUTPUT 資料是甚麼

如本次 LEAP 模型建置過程，即需要透過計量方法推估各種載具未來能源消費需求(或是運量變化)，後續尚可納入各種技術之成本/能源效率/燃料價格等。

其輸出包含價格/能源消費分配/溫室氣體(GHG)排放量等，則可協助 CGE 模型針對交通部門特定減碳策略對社會的整體衝擊進行評估。

3. 與環保署的LEAP模型有甚麼不同

本次運研所LEAP模型，僅針對交通與電力部門進行細緻化，因此大幅降低模型建置的複雜度與執行過程的不確定性。

在交通部門，相關燃料成本方面，需長期進行追蹤與推估；在技術成本與淨零排放發展方面，則需取得國際最新的交通部門趨勢，並蒐集其他專業機構數據後，再將其視需要內化至模型中。

5.4 CGE 模型

為擘劃 2050 年運輸部門淨零排放路徑，本計畫搭配未來事件表同時考量經濟、政治、社會、技術與法令等不確定性因素，以回溯方法規劃未來在不同階段下運輸部門具可行性的減量情境。然而，各減量情境可能因措施實施的時間點相異、中央及地方政府提出不同措施又或是其他因素，導致產生不同經濟代價甚至影響目標達成之可行性。因此，就需依據不同情況選擇「最適工具」進行評估，期以提供決策者掌握「最適」減量情境。

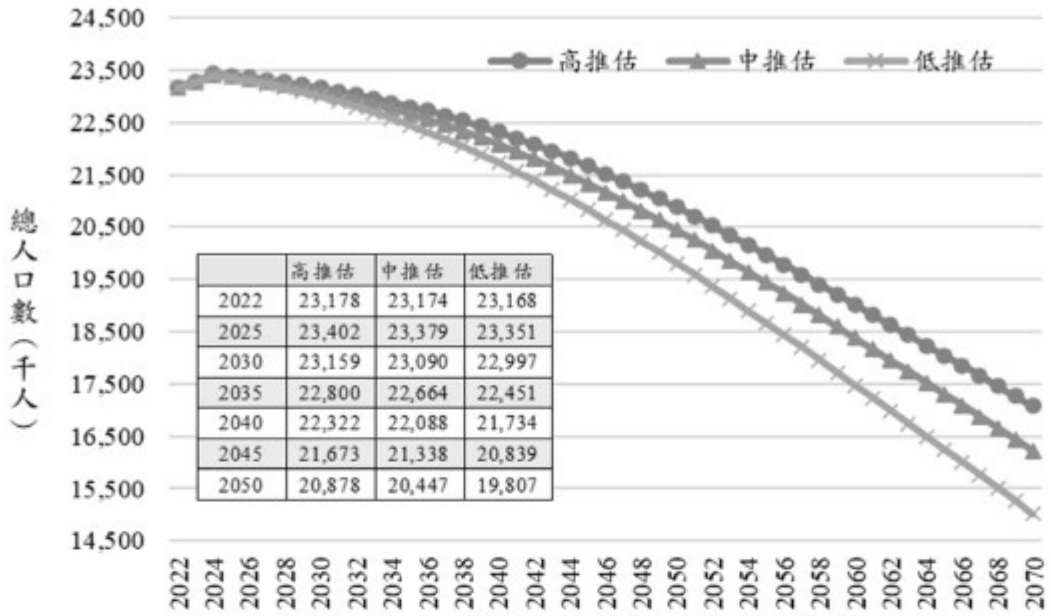
惟不同評估工具側重不同，在減量情境牽涉領域廣泛下，難以單一工具進行全面評估。爰此，本計畫於 2022 年度首次整合各種方法於工具箱中，確保後續評估可進行多方考量。有別於工具箱中其他方法，CGE 模型可根據不同減量措施，如財稅工具(如碳訂價)、能源政策(如解除油價凍漲)或受政策影響間接轉移民眾運具選擇(如減少汽油車消費)等設計模擬情境，分析總體和產業之經濟影響、能源消費變化或溫室氣體排放的改變。藉由突顯該模型之需求，不難理解該方法的不可或缺性質。

1. 基線情境設定

(1) 人口數

在現實社會中，影響經濟發展動能變化的重大因素之一為「人口」變化。在模型運作中，如同前述可知經濟成長有賴要素的投入如勞動力；勞動力供給水準又須視未來人口的變化。然而，因長期人口變化趨勢涵蓋因素廣泛，故模型採用外生變數設定之。國內目前僅有行政院經濟建設委員會持續進行長期人口數預測，並且每 2 年公佈一次預測結果，本案採用國發會於 2022 年 8 月公佈之「2022 年至 2070 年人口推計」臺灣地區人口數數據。

國發會最新公佈之高、中、低推計結果如圖 5.4-1 所示，不論何者推計人口數皆在 2024 年達到高峰，依序分別為 23.44 百萬人、23.42 百萬人、23.40 百萬人，其後持續減少，至 2070 年分別降為 17.08 百萬人、16.22 百萬人、15.02 百萬人。鑒於經建會高、中、低人口推計差異主要來自生育率假設，而我國我國生育率目前正處於面臨上升、回穩或持續低落之轉型關鍵，為求後續基線之穩健與合理估計，本案採取中推計之人口數。



	高推估	中推估	低推估
2022	23,178	23,174	23,168
2025	23,402	23,379	23,351
2030	23,159	23,090	22,997
2035	22,800	22,664	22,451
2040	22,322	22,088	21,734
2045	21,673	21,338	20,839
2050	20,878	20,447	19,807

資料來源：行政院國家發展委員會，「2022 年至 2070 年人口推估」(2022)。

圖 5.4-1　2022 至 2070 年人口數預測

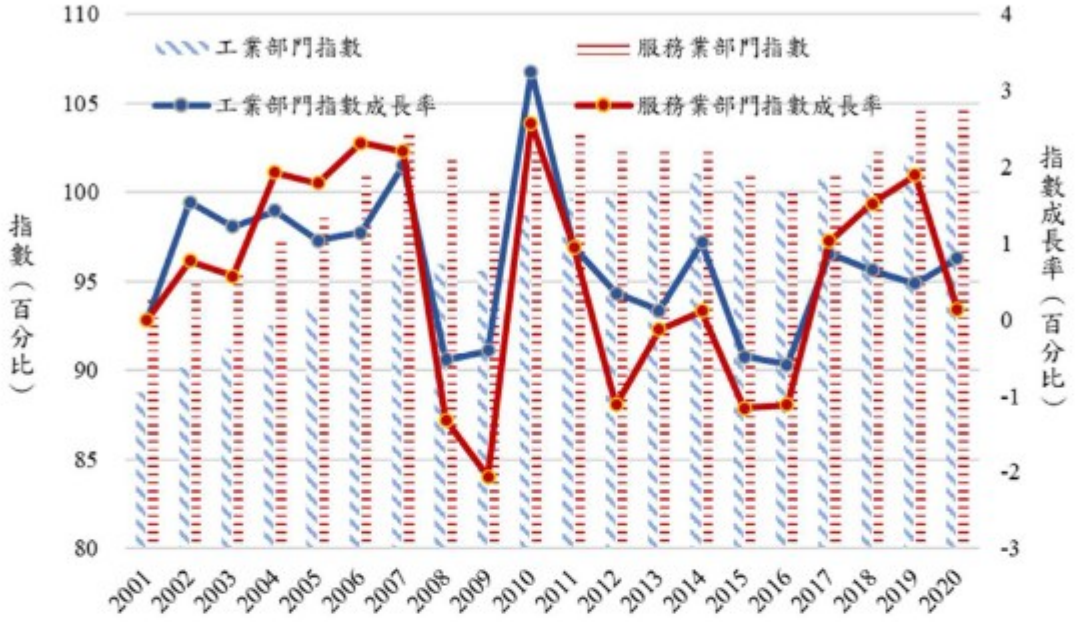
(2) 總要素生產力

生產力是用來觀察生產單位在一定期間內的產出與投入比例，生產力的成長，代表產出增加幅度高於投入增加幅度，故生產力係展現經濟成長動能的重要因素。參據行政院主計總處多因素生產力報告中，歷史年度之各部門總要素生產力指數成長率趨勢，設定本案經濟預測之長期總要素生產力變化。

就 2020 年主計總處公佈資料觀察，工業及服務業大分類趨勢如圖 5.4-2 所示。除了 2008 年至 2010 年因國際經濟與金融市場造成景氣巨幅變化外，2015 年也受英國脫歐等地緣不確定性及 2016 年中國大陸調降產能去庫存化之影響，導致我國總要素生產力年指數增率不增反減；後續指數年增率雖因景氣動能復甦反轉，但 2020 年因疫情因素致使服務業指數成長率由 2019 年 1.89%降至 0.13%。整體而言，服務業在 2001 年後的總要素生產力年增率與工業年增率趨勢相似。

若以 2002 至 2010 年及 2011 至 2020 年兩階段來看，可發現工業部門 2002 年至 2010 年指數年均增加率約為 1.18%，2011 年至 2020 年指數年均增加率則降至 0.41%。服務業部門 2001 年至 2010 年指數年均增加率約 0.96%，2011 年至 2020 年指數年均增加率約 0.20%。具體而言，可知近十

年不論是工業或服務業的總要素生產力年增率都有逐漸趨緩之現象。相對於工業，服務業總要素生產力年增率差異範圍約在 1.23 至 2.02 倍之間。



資料來源：行政院主計總處，109 年多因素生產力趨勢分析報告(2020)。

圖 5.4-2　2001 至 2020 年工業及服務業總要素生產力趨勢

參據上述歷史趨勢設定總要素生產力長期成長趨勢為：

工業部門總要素生產力年增率在 1.18%至 0.41%之間，年增率隨著時間經過逐漸減少；

服務業部門總要素生產力年增率在 0.96%至 0.20%之間，年增率隨時間經過逐漸減少，故情境假設在延續過去產業結構發展趨勢下，未來服務業總要素生產力年增率相對於工業部門約在 1.23 至 2.02 倍之間。

(3) 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 IEA 在 2022 年公告報告的研究結果，推計 2030 年和 2050 年每年之原油、燃料煤與天然氣的價格，其研究結果如表 5.4-1 所示。

該報告依據未來可能發展的可能性分別設計 3 種情境，分別為 NZE、APS 與 STEP。其中，NZE 為 Net Zero Emissions by 2050 情境的縮寫，表

示 2030 年將普及永續現代能源以確保未來地表均溫上升在 1.5℃；APS 為 Announced Pledges Scenario 情境的縮寫，假設各國都能準時且全面達成其具有抱負性的減量宣示目標；STEPS 為 Stated Policies Scenario 情境的縮寫，表示未來所有政策皆與現況相同。考慮雖受戰爭及通膨等因素抑制各國實施減量措施的意願，但各國多已開始執行部分措施，故本計畫採以 APS 做為設定。

表 5.4-1　石化燃料預測價格

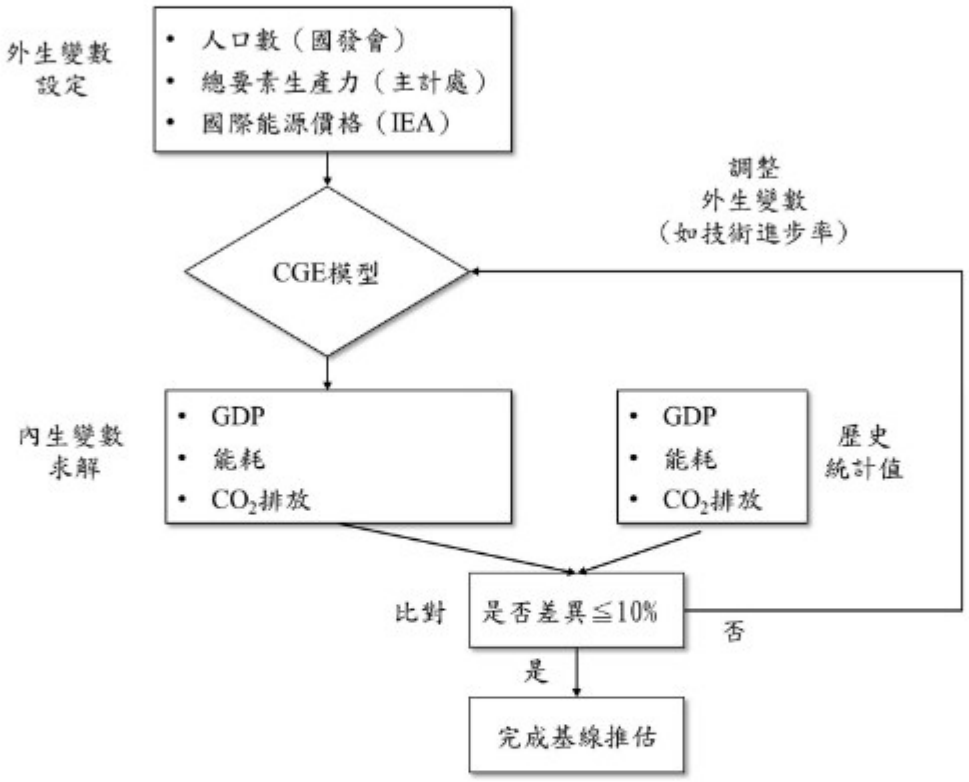
年	2010	2021	NZE 2030	NZE 2050	APS 2030	APS 2050	STEPS 2030	STEPS 2050
IEA 原油價格 (USD/barrel)	96	69	35	24	64	60	82	95
天然氣價格 (USD/MBtu)								
美國	5.3	3.9	1.9	1.8	3.7	2.6	4	4.7
歐盟	9	9.5	4.6	3.8	7.9	6.3	8.5	9.2
中國	8	10.1	6.1	5.1	8.8	7.4	9.8	10.2
日本	13.3	10.2	6	5.1	9.1	7.4	10.9	10.6
燃料煤價格 (USD/tonne)								
美國	63	44	22	17	42	24	46	44
歐盟	113	120	52	42	62	53	60	64
日本	132	153	59	46	74	59	91	72
中國沿岸	142	164	58	48	73	62	89	74

資料來源：IEA, World Energy Outlook 2022 (2022)。

另外，因表 5.4-1 中的天然氣價格只有日本是以進口價格顯示，其他國家可能連同管線輸送價格加權計算或以國內批發價呈現，故本計畫以日本價格設定天然氣 2030 年和 2050 年價格，而中間年度則利用年增率計算求得。相對地，在燃料煤部分也只有日本是以進口價格顯示，其他國家可能連同進口價格及國內價格加權計算或價格之中涵蓋運送費及處理等費用，故本計畫在燃料煤部分也是以日本價格進行設定而中間年度同樣利用年增率計算求得。

2. 基線推估流程

在 CGE 模型建置、資料庫編制與外生變數設定之後，即可求解內生變數如 GDP。由於本模型動態求解年期自 2016 年起開始，故求解時間包含歷史期間及預測期間。為確保內生變數與現實相符，故在內生求解後將透過歷史年進行基線較估。整個基線校估流程如圖 5.4-3 所示，在第一次內生變數求解後可嘗試比對歷史數據，一旦與其相差過大則可藉由調整模型中相關變數截至差距小於等於 10%。



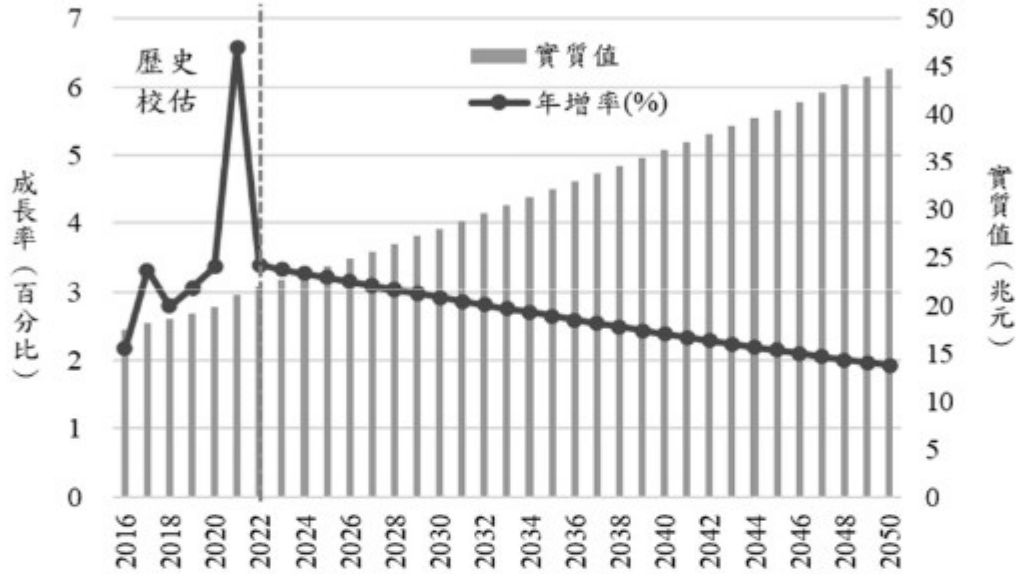
資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-3　歷史校估流程示意圖

需注意的是，由於 CGE 模型中各產業及個體主體都會互相影響，故無法一次將所有重要變數同時調整到位。因此，本計畫在調整過程中首先先確保全國 GDP 成長率與歷史值相似，後續方基於研究目的比較並調整運輸部門各運具能源消費之變化。經過多次調整截至差距小於等於 10%，方為完成基線推估。

3. 基線推估結果

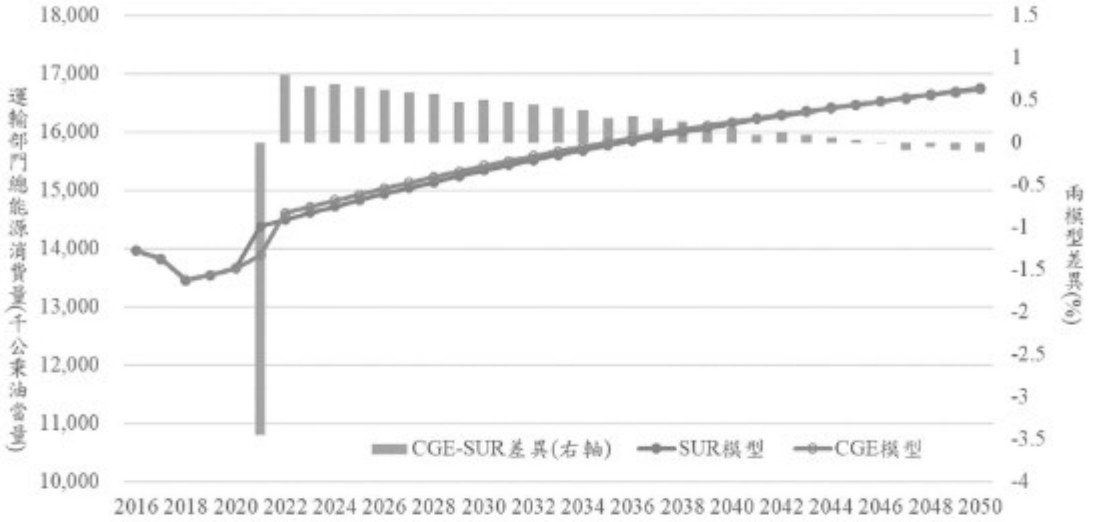
根據上述基準情境假設所推估之 GDP 排放基線如圖 5.4-4 所示。雖然長期 GDP 呈現逐年增加，但增長速度逐年放緩。具體而言，2021 至 2050 年 GDP 年均成長率為 2.74%，但在 2021 至 2030 年、2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年 3 個階段卻逐漸降低，分別為 3.49%、2.62%與 2.13%；其部分原因來自人口減少導致勞動供給降低所致。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-4　GDP 基線預測結果

CGE 模型之運輸部門總能源消費量基線推估結果如圖 5.4-5 所示，與計量模型 SUR 之推估結果相當接近，除了兩模型尚無法反映 2021 年疫情影響外(針對疫情影響，本計畫另外以 DID 模型進行推估，見本報告 2.4.1 節)，其他年度兩者推估結果差異皆在 1%之內。就長期趨勢而言，雖然能源消費總量隨著經濟成長與產業活動而擴增，但擴增的速度與幅度皆逐年縮減，主要來自能源技術改善所致。



資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-5　CGE 與 SUR 模型能源消費量基線預測結果比較

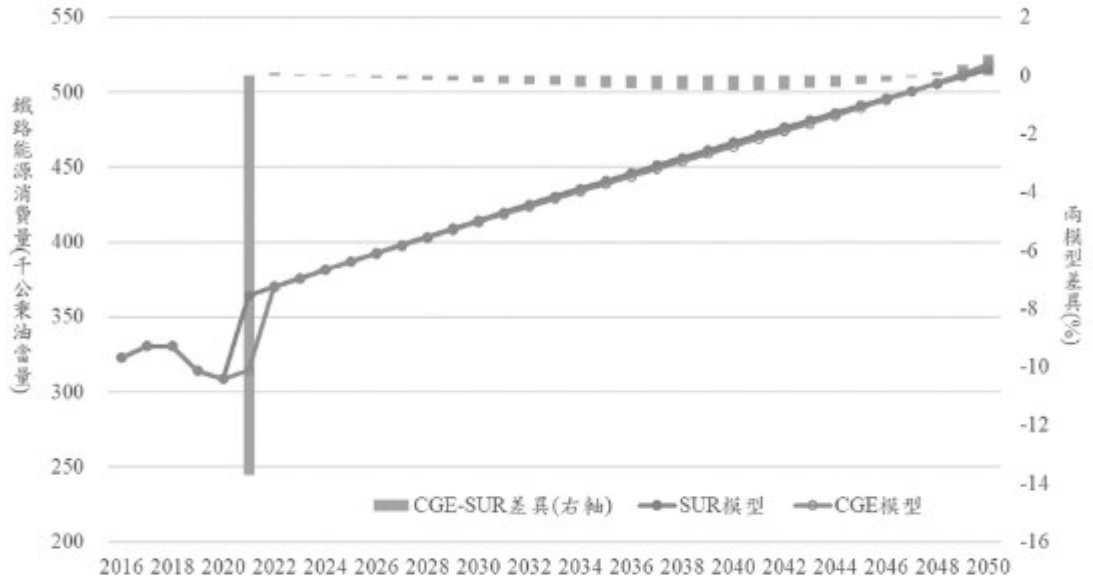
運輸部門能源消費基線推估結果如表 5.4-2 所示，總能源消費量將由 2021 年之 1,388 萬公秉油當量增加為 2050 年 1,673 萬公秉油當量，為 2021 年之 1.21 倍。其中增加最多的是鐵路，2050 年約為 2021 年之 1.65 倍；其次則依序為公路客運、公路貨運、私人運具、水上運輸與空中運輸，2050 年能源消費相對 2021 年分別增加約 1.42、1.33、1.10、0.98 與 0.47 倍。若以結構變化而言，私人運輸占比則過半居於首位，但能源消費占比持續逐年縮減；公路貨運能源消費占比居次，且有逐年上升的趨勢；相對之下，鐵路與公路客運能源消費占比呈增長趨勢，而水上運輸與空中運輸之能源消費占比則呈現縮減趨勢。

表 5.4-2　能源消費基線推估結果-運輸部門及各運具占比

年	運輸部門能源消費(千公秉油當量)	能源消費占比(%)					
		鐵路	公路客運	公路貨運	私人運輸	水上運輸	空中運輸
2020	13,658	2.26	10.60	27.01	59.08	0.47	0.57
2021	13,882	2.26	10.58	27.04	59.08	0.47	0.57
2030	15,416	2.68	10.80	27.47	58.38	0.42	0.25
2040	16,170	2.87	11.53	28.52	56.45	0.39	0.23
2050	16,733	3.10	12.47	29.82	54.00	0.38	0.22

資料來源：本計畫繪製。

模擬結果顯示，伴隨經濟成長鐵路能源消費逐年成長，但成長速度逐漸遞減，如圖 5.4-6 所示，2021 至 2050 年能源消費年均成長率為 1.64%。2021 至 2030 年的年均成長率約 2.97%；相較此階段，2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年成長率分別縮減至 1.16%和 1.12%。

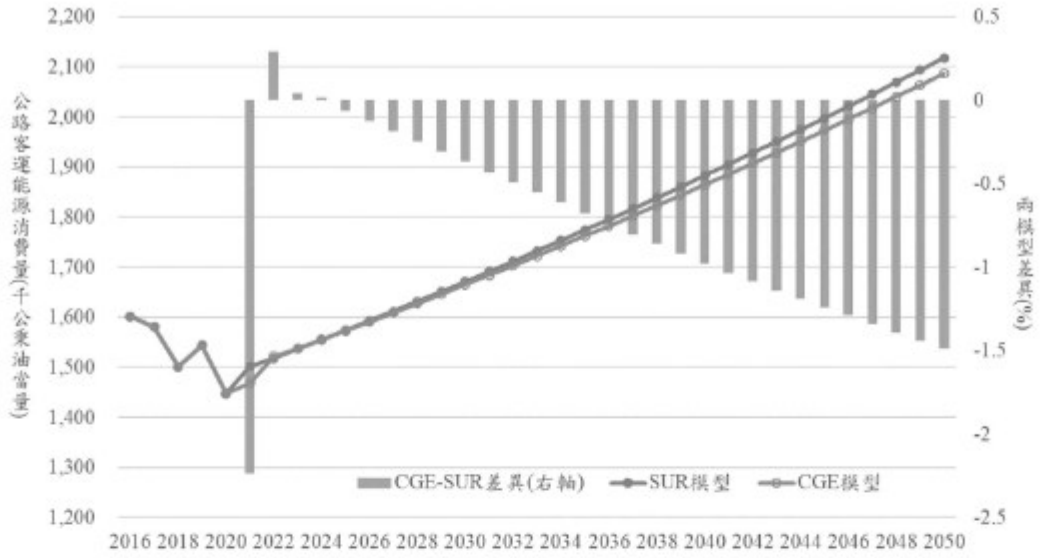


單位：公秉油當量

資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-6　能源消費基線推估結果 - 鐵路

公路客運能源消費的趨勢亦為逐年成長之趨勢，但成長速度逐漸趨緩，如圖 5.4-7 所示。整體而言，2021 至 2050 年能源消費年均成長率為 1.22%。2021 至 2030 年的能源消費年均成長率約 1.41%，2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年的年均成長率分別為 1.14%與 1.13%。相較於 SUR 模型推估結果，CGE 模型對公路客運的預估，成長趨勢稍為緩和。

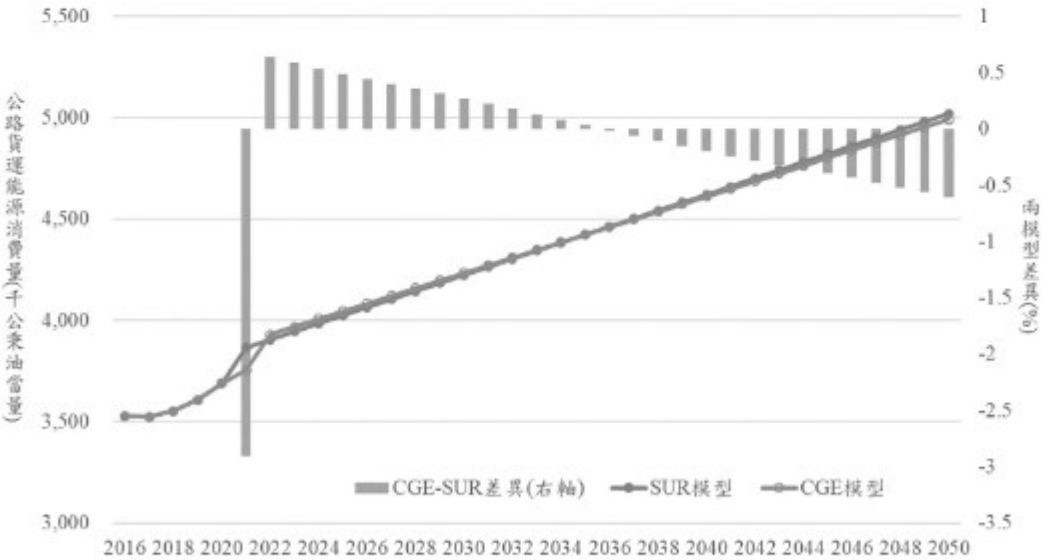


單位：公秉油當量

資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-7　能源消費基線推估結果 - 公路客運

同樣地，如圖 5.4-8 所示，公路貨運能源消費的成長趨勢也與公路客運類似，有逐年降低之現象。整體而言，2021 至 2050 年能源消費年均成長率為 0.99%。2021 至 2030 年年均成長率約 1.39%。後續 2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年的年均成長率分別為 0.86%與 0.79%。除了 2021 年之外，CGE 模型推估結果與 SUR 差異不大。

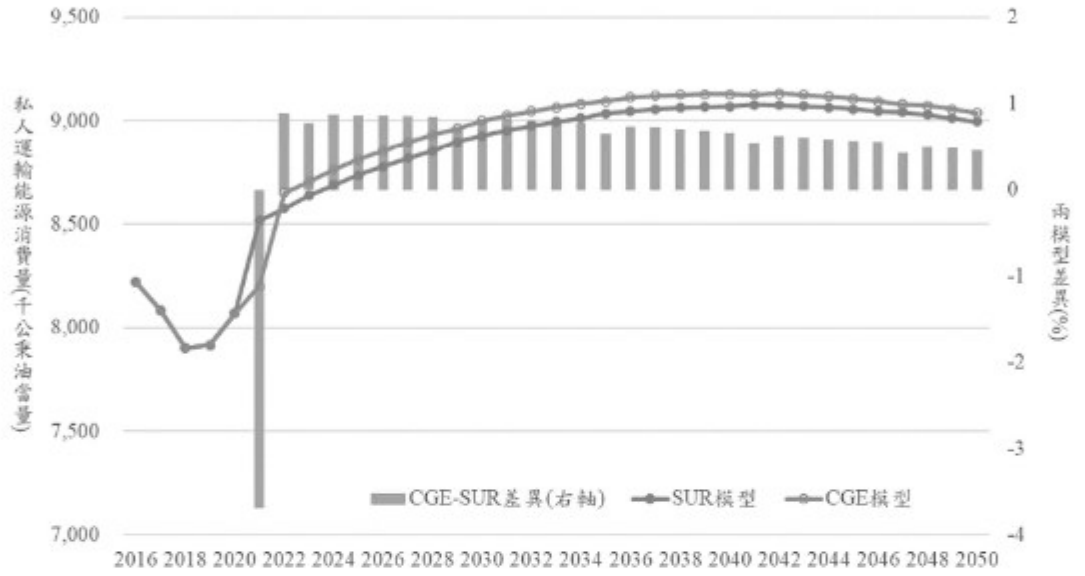


單位：公秉油當量

資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-8　能源消費基線推估結果 - 公路貨運

在私人運輸方面，如圖 5.4-9 所示，其能源消費的成長趨勢也是逐年降低，且隨著人口數出現轉折下行，私人運輸之能源消費也在 2040 年之後隨之遞減。整體而言，2021 至 2050 年能源消費年均成長率為 0.33%。2021 至 2030 年年均成長率約 1.10%。後續 2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年的年均成長率分別為 0.14%與-0.10%。在私人運輸的能源消費推估上，CGE 模型系統性地稍高於 SUR 模型，但兩者差距皆維持在 1%以內。

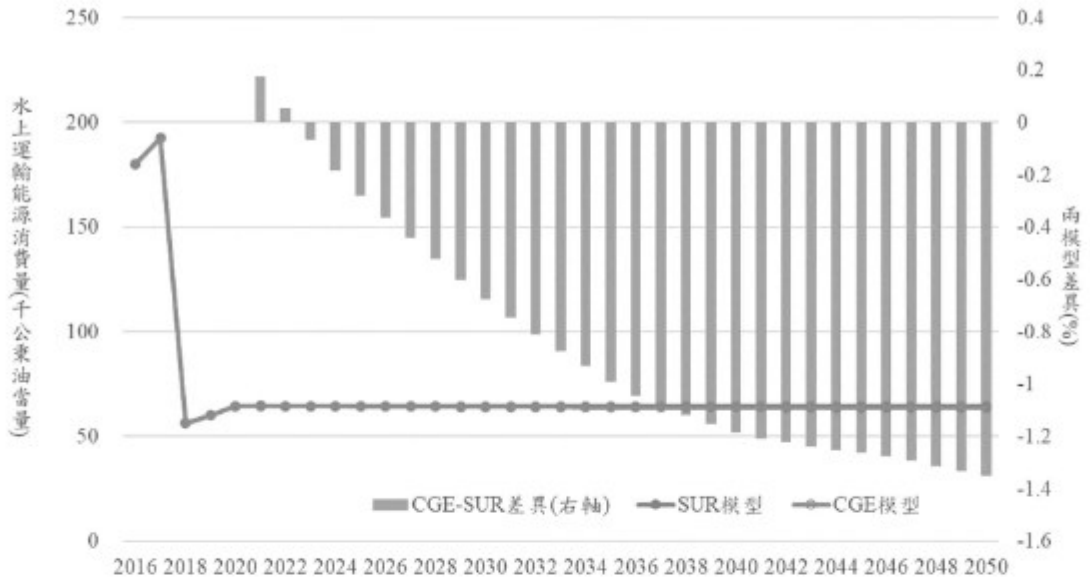


單位：公秉油當量

資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-9　能源消費基線推估結果 - 私人運輸

國內水上運輸部分，如圖 5.4-10 所示，在 2018 年能源消費量明顯下降後，之後的趨勢大約維持在相當平穩的狀態，且隨時間為幅縮減。2021 至 2050 年之年均成長率約為-0.05%，2021 至 2030 年的年均成長率約-0.07%，2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年則逐漸減少，年均成長率分別為-0.05%和-0.02%。

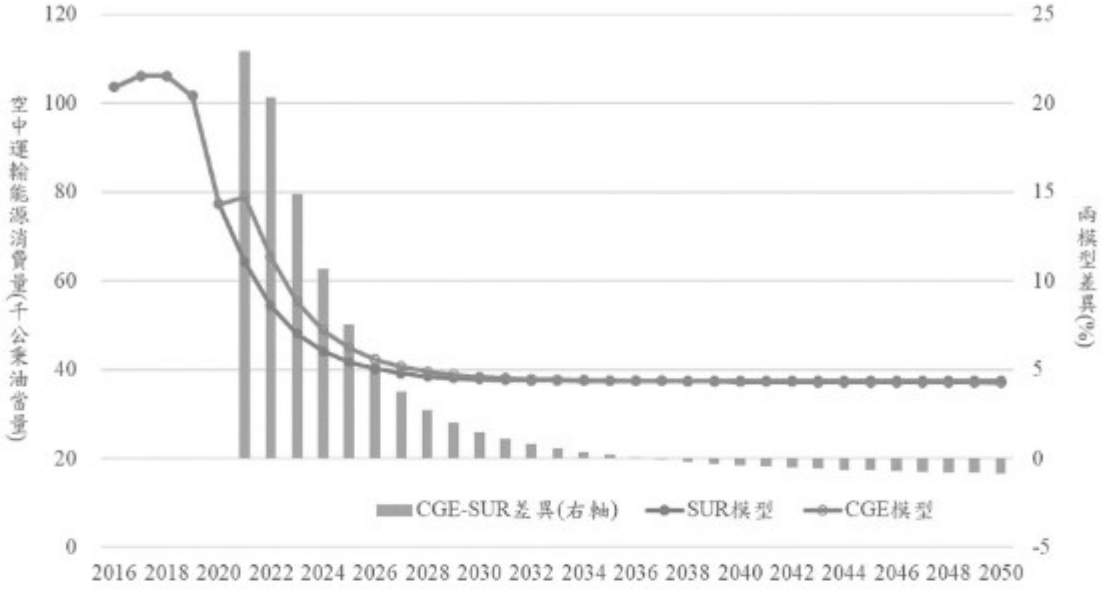


單位：公秉油當量

資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-10　能源消費基線推估結果 - 水上運輸

最後，在國內空中運輸方面，如圖 5.4-11 所示，其能源消費在 2020 至 2021 年疫情期間明顯萎縮，後續年度的成長趨勢預估呈現逐年降低趨勢，惟縮減幅度已趨於穩定。整體而言，2021 至 2050 年能源消費年均成長率為-2.57%。2021 至 2030 年年均成長率約-6.76%。後續 2031 至 2040 年與 2041 至 2050 年的年均成長率分別為-0.30%與-0.05%。CGE 模型對於 2021 至 2026 年間的預估，明顯高於 SUR 模型，由於尚未能良好反映 2021 年疫情的影響，還有待進一步修正較估。



單位：公秉油當量

資料來源：本計畫繪製。

圖 5.4-11　能源消費基線推估結果 - 空中運輸

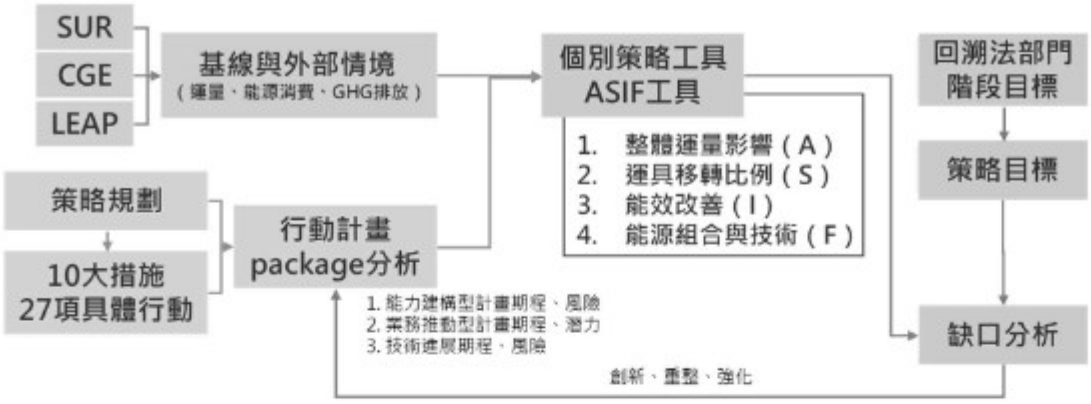
5.5 個別策略工具

由於個別策略工具係針對運輸部門淨零排放策略項下每一項具體措施或計畫進行設計，因此目前在未完成計畫項目盤點的情況下，尚無法逐一說明工具內涵。惟個別推動措施無論如何設計，反映到個別策略工具時，大多是透過 ASIF 的相關參數來進行計算，即總運量、旅次、平均運距、運具結構、乘載率、單位運量燃料效率、能源組合與技術特性等參數，因此將來個別策略工具與前述 3 項量化模型，以及與策略規劃路徑所擬具之策略配套或行動計畫配套之間，必須充分整合，如圖 5.5-1 所示。

其次，由於在策略規劃時必須清楚地畫設 2050 年目標，因此以由下而上方式建構的個別策略工具，最終產生的減量評估結果，必須與策略規劃目標進行檢核，對於可能存在的缺口，則應回饋檢視行動計畫配套規劃之時序、強度，以及其他潛在選項的納入，檢視過程必須確保運輸部門淨零排放策略的核心價值，例如人本、包容，必要時應透過適當指標來協助檢視策略選項是否偏離核心價值。

在這些考量下，個別策略工具預計至少需包含以下功能：

1. 須具備隨時可操作之簡易介面，以因應隨時需要調整的計畫細節，因此建議以 Excel 為介面建構個別策略工具；
2. 必須能將策略規劃、計量方法、CGE、LEAP 產出之結果納入細部計畫評估參數中；
3. 要能反映策略或措施配套(package)規劃下，分階段措施執行成果先後銜接的特性；
4. 為了最後要與策略目標進行缺口檢核分析，個別計畫內之各項措施所設定之各項 KPI 必須轉化為可計算 ASIF 相關參數之數據，以便計算減量效果；
5. 為了在存在缺口時，能回饋檢視強化措施或尋求新增措施的可能性，必須要能掌握各項措施推動的最大潛能；
6. 由於部分計畫或措施屬於能力建構或支持性作為(如法規修訂)，即措施本身不存在直接減量效果，但後續減量工作必須建立在這類措施已執行的基礎上才能開展，若能釐析策略或措施配套中，個別措施之減量貢獻，則有助於說明配套內各項措施之重要性與急迫性。



資料來源：本計畫規劃。

圖 5.5-1　個別策略工具與其他工具間之整合

5.6 小結

由於運輸部門淨零排放策略涵蓋運具能源技術、運輸行為改變、運輸需求改變等多元面向，要能同時完成如此多元的量化評估，不可能依賴單一工具進行。為此，本計畫已針對運輸部門進行淨零排放策略路徑規劃所需之量化工具，建構包含計量模型、CGE 模型、LEAP 模型及個別策略工具之評估應用工具箱，規劃每一個模型之功能、用途及更新頻率，也初步就未來評估運輸部門淨零排放策略時可能的操作流程及模型間串連方式提出規劃，更提出後續年度每項工具之分年重點工作。

綜整本章模型建構成果，建議後續模型更新與維護工作包括：

1. 由於計量方法每年皆有新的歷史數據產生，因此資料蒐集可隨統計數據逐年甚至逐月蒐集；至於基線推估工作，若非當年數據波動較大，建議更新頻率為 2 至 3 年一次；
2. CGE 模型部分，由於模型使用之基礎資料包括 5 年公布一次的主計總處產業關聯表及逐年公布的各項經濟與產業統計數據，因此在資料蒐集的部分建議逐年更新；至於模型更新，則建議隨產業關聯表更新時點，每 5 年更新一次；
3. 至於 LEAP 模型，由於資料來源較為多元，因此隨每項資料之公布，滾動調整；基線部分則隨計量方法每 2 至 3 年更新一次；
4. 由於運輸部門淨零排放策略展開後，具體措施與計畫項目繁多，因

此後續應於第一年度優先就可能的具體措施選項，探討哪些可能整合為配套措施，並經由意見蒐集掌握可行的措施推動時序，方可據以進行務實的量化評估情境設計。

第六章　我國運具溫室氣體排放量更新與推估

6.1 運具能源消費及溫室氣體排放量推估公式

6.1.1 運具能源消費量

本計畫依其不同運具類別分別計算其能源消費量。交通及能源統計資料需定期更新，相關資料更新狀況說明如表 6.1-1 所示。

表 6.1-1　公部門數據定期更新狀況說明

類別		更新狀況
公路運輸	公路車輛登記數	1. 機車每星期使用天數：兩年更新一次，2021 年未更新，爰本計畫本年度沿用去年數據。
	公路每車年行駛里程	1. 機車每星期使用天數：兩年更新一次，2021 年未更新，爰本計畫本年度沿用去年數據。
	公路燃油效率	1. 機車使用狀況調查：兩年更新一次，2021 年未更新，爰本計畫本年度沿用去年數據。 2. 自用小客車使用狀況調查報告：兩年更新一次，2021 年未更新，爰本計畫本年度沿用去年數據。 3. 遊覽車營運狀況調查：2017 年後不再調查此項目，因此沿用 2016 年數據。
	公路客運能源密集度(總能源消費量)	1. 機車使用狀況調查：兩年更新一次，2021 年未更新，爰本計畫本年度沿用去年數據。 2. 自用小客車使用狀況調查報告：兩年更新一次，，2021 年未更新，爰本計畫本年度沿用去年數據。

資料來源：本計畫彙整。

各運具能源消費量推估公式如表 6.1-2 所示。由於各運具使用之燃料不盡相同，因此將各運具能源消費量以公秉油當量做為最終產出單位，以便於後續進行不同運具間數據之運算整合與比較。不同燃料及電力之使用，亦藉由燃料油當量轉換係數及電力油當量轉換係數進行計算，以統一計算單位。

表 6.1-2　各運具能源消費量推估公式

運具類別	推估公式	參數說明
公路運輸	公路總耗油量 = $\sum\left(\text{年行駛里程}_{ij} \div \text{燃油效率}_{ij} \times \text{登記車輛數}_{ij} \times \text{油當量轉換}_{j} \times 10^{-3}\right) \times$ 能源平衡表調整值	i：車種別(包括自用小客車、營業小客車、自用小貨車、營業小貨車、自用大客車、遊覽車、公車與客運車、自用大貨車、營業大貨車、機車等) j：燃油別(包括汽油、柴油、LPG) ➢ 公路總耗油量單位：公秉油當量 ➢ 年行駛里程單位：公里/車 ➢ 燃油效率單位：公里/公升 ➢ 登記車輛數單位：輛 ➢ 油當量轉換單位：公升油當量/公升 ➢ 能源平衡表調整值：能源平衡表公路總耗油量/運具總耗油量推估
軌道運輸	臺鐵總耗油量 = $\sum$(電力消耗量 × 能源平衡表調整值 × 電力油當量轉換 $\times 10^{-3}$) + (柴油消耗量 × 油當量轉換)	➢ 臺鐵總耗油量單位：公秉油當量 ➢ 電力油當量轉換單位：公升油當量/度 ➢ 油當量轉換單位：公升油當量/公升 ➢ 高鐵、北捷、高捷總耗油量單位：公秉油當量 ➢ 能源平衡表調整值：能源平衡表電力總消耗量/運具電力消耗量
	高鐵、北捷、高捷總耗油量 = $\sum$(電力消耗量 × 能源平衡表調整值 × 電力油當量轉換 $\times 10^{-3}$)	
	臺鐵客(貨)運總耗油量 = 臺鐵總耗油量×客(貨)運能源耗用比例(%) = 臺鐵總耗油量×客(貨)車公里/(客車公里+貨車公里)	
國內航空	國內航空客(貨)運總耗油量 = 國內航空耗油量×航空客(貨)運能源耗用比×油當量轉換	➢ 國內航空客(貨)運總耗油量單位：公秉油當量 ➢ 國內航空耗油量：公秉 ➢ 油當量轉換單位：公秉油當量/公秉 ➢ 國內航空總耗油量需要從能源局公布之能源平衡表取得 ➢ 國內航空能源消費量分為客運及貨運，客、貨運能源消費量之比例依據民用航空局公布「國籍航空公司全球航線客貨運概況」之資料
國內水運	國內水運總耗油量 = 國內水運耗油量×油當量轉換	➢ 國內水運耗油量：公秉 ➢ 油當量轉換單位：公秉油當量/公秉 ➢ 國內水運總耗油量需要從能源局公布之能源平衡表取得，使用燃油分為柴油及燃料油

資料來源：交通部運輸研究所，109 年運輸部門溫室氣體減量第二階段策略精進研究(2021)。

6.1.2 運具能源密集度

能源密集度代表運輸每單位人或貨物一定距離之下所需之能源消費量，能源密集度越高代表運輸所需之能源消費量越多，為一種能源使用效率指標，其推估公式如表 6.1-3 所示。

表 6.1-3　各運具能源密集度推估公式

運具類別	推估公式	參數說明
公路運輸	公路客運能源密集度＝公路總耗油量/登記車輛數/平均每車年行駛里程/平均載客人數	➢ 能源密集度單位：公升油當量/延人(噸)公里 ➢ 公路總耗油量單位：公升油當量 ➢ 登記車輛數單位：輛 ➢ 平均每車年行駛里程單位：公里/輛 ➢ 油當量轉換單位：公升油當量/公升 ➢ 平均載客人數：人 ➢ 平均載貨噸數：噸
	公路貨運能源密集度＝公路總耗油量/登記車輛數/平均每車年行駛里程/平均載貨噸數	
軌道運輸	鐵路客運能源密集度＝鐵路客運總耗油量/延人公里	➢ 臺鐵、高鐵及捷運總耗油量單位：公秉油當量 ➢ 延人公里單位：千人公里 ➢ 貨運延噸公里單位：千噸公里
	鐵路貨運能源密集度＝鐵路貨運總耗油量/延噸公里	
國內航空	國內航空客運能源密集度＝國內航空客運總耗油量/載客公里	➢ 國內航空客(貨)運總耗油量單位：公秉油當量 ➢ 載客公里單位：千人公里 ➢ 載貨公里單位：千噸公里
	國內航空貨運能源密集度＝國內航空貨運總耗油量/載貨公里	
國內水運	國內水運貨運能源密集度 ＝國籍船用總耗油量/延噸海里	-

資料來源：交通部運輸研究所，109 年運輸部門溫室氣體減量第二階段策略精進研究(2021)。

備註：載客公里(延人公里)= 旅客人數×旅行距離；載貨公里(延噸公里)= 貨物、郵件及行李噸數×旅行距離

6.1.3 運具溫室氣體排放量

我國燃料燃燒二氧化碳排放量計算方式，係依 IPCC 2006 年「國家溫室氣體清冊指南」部門方法中方法一(Tier 1)之規範進行統計， 於計算各運具能源消費量後，乘上溫室氣體排放係數即可計算各運具二氧化碳(CO_2)、

甲烷(CH_4)、氧化亞氮(N_2O)及溫室氣體整體排放量，若運具涉及使用電力，則以電力消耗量乘上經濟部能源局每年公布之電力排碳係數，如表 6.1-4 所示。

溫室氣體排放係數引用自於我國環保署公布之溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版(經我國熱值調整後之建議排放係數，如表 6.1-5)，進而計算各運輸系統 CO_2、CH_4、N_2O 及溫室氣體整體排放量。

表 6.1-4　電力排碳係數表

單位：公斤 CO_2e/度

年度	電力排碳係數	年度	電力排碳係數
94	0.555	103	0.518
95	0.562	104	0.525
96	0.558	105	0.530
97	0.555	106	0.554
98	0.543	107	0.533
99	0.534	108	0.509
100	0.534	109	0.502
101	0.529	110	0.509
102	0.519		

資料來源：經濟部能源局，電力排碳係數

表 6.1-5　溫室氣體排放係數表

系統別	燃料別	CO_2	CH_4	N_2O	GHG
		(gCO_2/L)	(gCH_4/L)	(gN_2O/L)	(gCO_2-e/L)
航空運輸	航空汽油	2,198	0.0157005	0.0628020	2,217
	航空煤油	2,395	0.0167472	0.0669888	2,415
公路運輸	液化石油氣(LPG)	1,753	1.7223239	0.0055559	1,798
	車用汽油	2,263	1.0776823	0.1045025	2,321
	柴油	2,606	0.1371596	0.1371596	2,650
軌道運輸	柴油	2,606	0.1459518	1.0058368	2,909
水路運輸	柴油	2,606	0.2461838	0.0703382	2,633
	燃料油	3,111	0.2813530	0.0803866	3,142

資料來源：行政院環保署溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版

6.2 運具溫室氣體排放量資料結構與內涵

運具的「溫室氣體排放」與運具的「能源密集度」這兩類指標，是運具溫室氣體排放量清冊(以下簡稱清冊)最主要與最終要呈現的數據。由 6.1 節可知運具能源消費、能源密集度及溫室氣體排放量之計算，所需資料及參數眾多，例如，「公路總耗油量」即以公路車輛登記數、公路各車種年行駛里程與公路車輛燃油效率計算求得。所有推估參數部分可歸納為四大項目，包括(1)公路運輸小計 13 項、(2)鐵路運輸小計 6 項、(3)國內航空小計 6 項及(4)國內水運小計 6 項等共計 31 項。其中，公路運輸又涵蓋公路總耗油量(公秉)、調整後公路總耗油量(公秉)、調整後公路總耗油量(公秉油當量)、公路 CO_2 排放量(千公噸)、公路 CH_4 排放量(千公噸)、公路 N_2O 排放量(千公噸)、公路溫室氣體(GHG)排放量(千公噸)、公路汽車客運能源密集度-以總能源消費量推估(調整前)、公路汽車客運能源密集度-以總能源消費量推估(調整後)、公路汽車客運能源密集度-以燃油效率推估、公路貨運能源密集度-以總能源消費量推估(調整前)、公路貨運能源密集度-以總能源消費量推估(調整後)、公路貨運能源密集度-以燃油效率推估等 13 項。

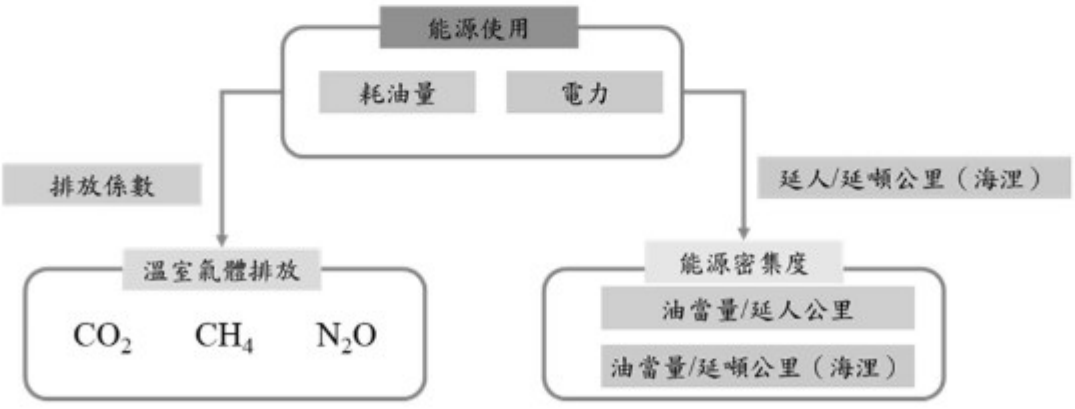
在獲得這兩類指標之前，首先需要取得不同來源之各項資料，茲將清冊資料項目及資料目前更新狀態彙整於表 6.2-1。

表 6.2-1　運具溫室氣體排放量清冊之資料清單

資料項目		單位	資料期間
公路	登記車輛數	輛	1990-2021 年
	年行駛里程	公里	1990-2021 年
	燃油效率	公里/公升	1990-2021 年
	公路能源消費總量	公秉	1990-2021 年
	平均載客人數 平均載貨噸數	人 噸	1990-2021 年
軌道	用電量	千度	1990-2021 年
	用油量	公秉	1990-2021 年
	客運運量 貨運運量	延人公里 延噸公里	1990-2021 年
航空	用油量	公秉	1990-2021 年
	客運運量 貨運運量	延人公里 延噸公里	1990-2021 年
	航空客(貨)運能源耗用比	%	1990-2021 年
水運	用油量	公秉	1990-2021 年
	貨運量	延噸海浬	1990-2021 年
通用資料	運輸部門溫室氣體排放係數	如表 6.1-5 所示	行政院環保署溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版
	油當量轉換係數	公升油當量/公升	1990-2021 年

資料來源：本計畫彙整。

清冊資料結構，分為五大類，包括公路運輸、軌道運輸、國內航空、國內水運四大運具類別，以及為了計算排放係數或是油當量等的係數轉換數據。以下，依序說明各類別主要內容。



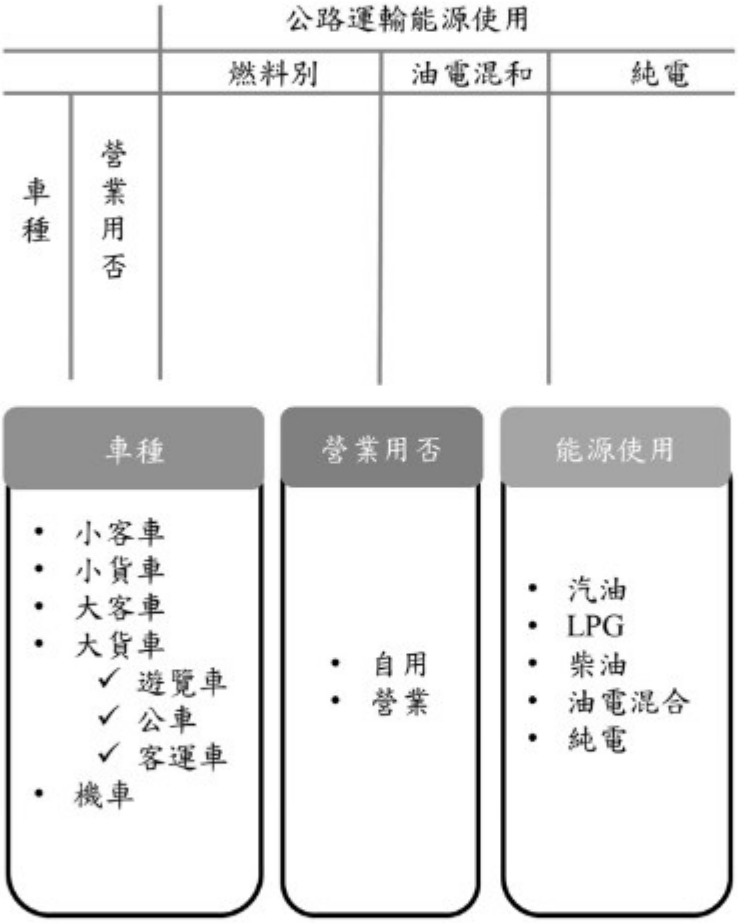
資料來源：本計畫繪製。

圖 6.2-1　運具溫室氣體排放量清冊指標計算邏輯

1.公路運輸

以車種、營業用否，與能源使用的類型，計算公路運輸能源的使用(如圖 6.2-2 所示)，以做為最終溫室氣體排放與能源密集度計算的基礎。

車種分為小客車、小貨車、大客車、大貨車、機車，其中大客車再分為遊覽車、公車、客運車。同時，各車種又可分為自用與營業。對應不同的車種與自用或營業類別，紀錄著不同的能源使用類型，包括汽油、LPG、柴油。

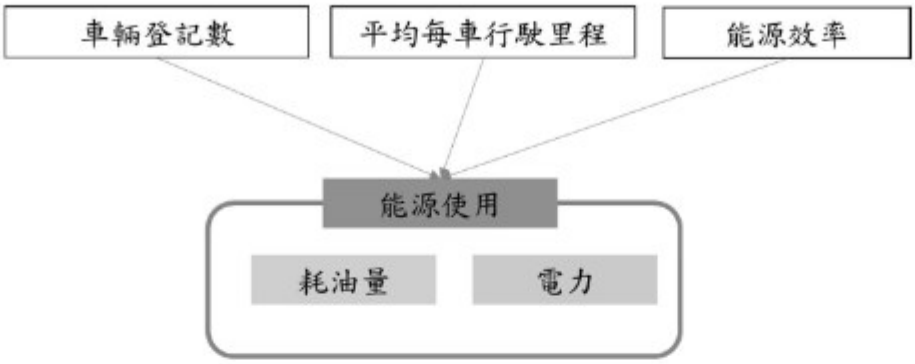


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.2-2　公路運輸能源使用資料架構

基於上述資料結構及計算能源使用的需要，清冊的公路運輸部分有 3 項基礎資料是需要的(如圖 6.2-3 所示)，分別是各車種的車輛登記數、年平均每車行駛里程、能源效率(燃料效率或是用電效率)。

至於能源密集度的數據計算，清冊亦依照車種、營業用否，與能源使用的類型建構與蒐集延人公里與延噸公里之資料。



資料來源：本計畫繪製。

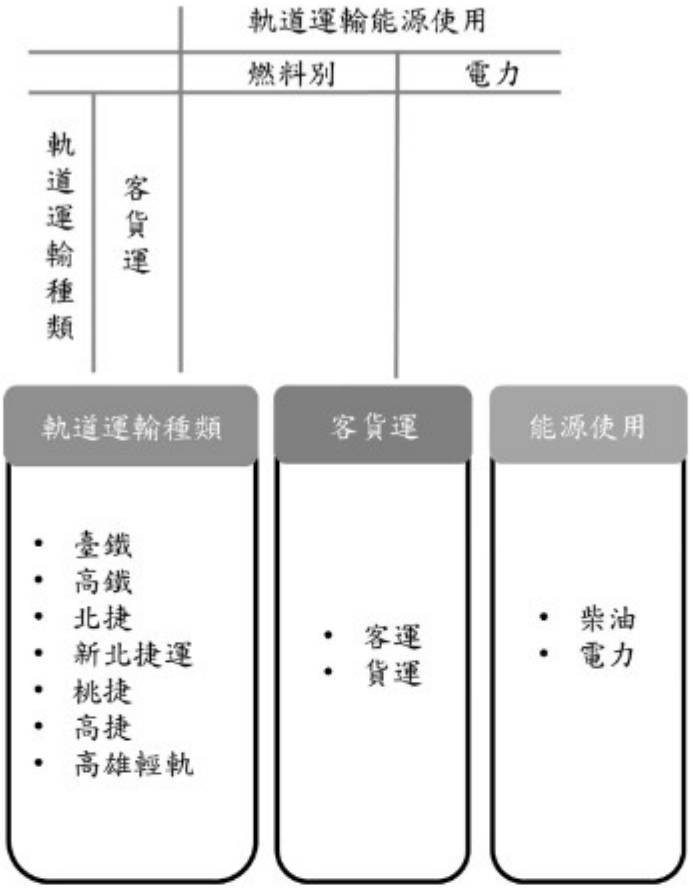
圖 6.2-3　公路運輸能源使用所需基礎資料

2.軌道運輸

以軌道運輸種類、客貨運，與能源使用的類型，計算軌道運輸能源的使用(如圖 6.2-4 所示)，以做為最終溫室氣體排放與能源密集度計算的基礎。

軌道運輸種類分為輕軌(高雄輕軌)、鐵路(臺鐵、高鐵)、捷運(北捷、新北捷運、桃捷、高捷)。同時，除了臺鐵有客貨運之外，其它皆為客運。再者，對應不同的軌道運輸與客貨運經營，對應不同的能源使用類型，包括柴油與電力。

清冊直接蒐集各軌道運輸的電力與柴油使用數據，因此只要透過各能源的單位溫室氣體排放係數，即可計算溫室氣體排放量。能源密集度所需的延人公里與延噸公里之資料亦依相同分類蒐集與建構。



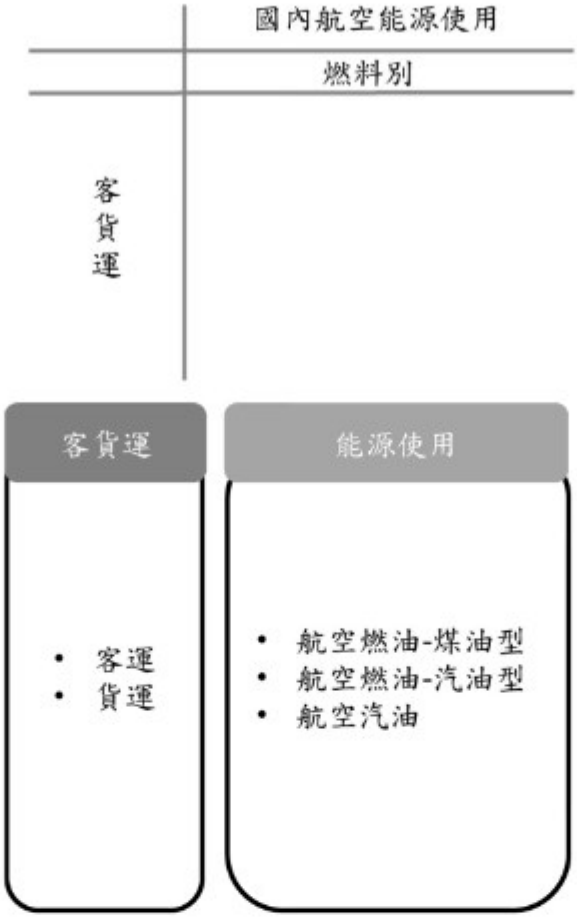
資料來源：本計畫繪製。

圖 6.2-4　軌道運輸能源使用資料架構

3.國內航空

清冊內國內航空以國籍航空的客貨運，能源使用的類型，計算國內航空運輸能源的使用(如圖 6.2-5 所示)，並做為最終溫室氣體排放與能源密集度計算的基礎。航空所示用的能源類型有 3 種，包括航空燃油-煤油型、航空燃油-汽油型、與航空汽油。

清冊中航空燃油-煤油型、航空燃油-汽油型、與航空汽油使用量可直接從能源平衡表中取得，透過各溫室氣體的能源單位排放係數，計算國內航空之溫室氣體排放。



資料來源：本計畫繪製。

圖 6.2-5　國內航空能源使用資料架構

4.國內水運

清冊內國內水運僅以能源使用的類型，即柴油與燃料油為國內水運使用(如圖 6.2-6 所示)做為最終溫室氣體排放與能源密集度計算的基礎。

清冊中國內水運柴油與燃料油使用量資料可直接從能源平衡表中取得，透過各溫室氣體的能源單位排放係數，即可計算國內水運之溫室氣體排放。

水運能源密集度計算部分，是以國籍船舶貨運量的延噸海浬數據做為計算基礎。



資料來源：本計畫繪製。

圖 6.2-6　國內水運能源使用資料架構

5.係數轉換

主要有兩類係數轉換資料，一是油當量轉換，包括燃油油當量轉換與電力油當量轉換係數。二是溫室氣體排放係數，包括運輸部門溫室氣體排放係數(IPCC)與電力二氧化碳排放係數。

6.3 運具能源消費與能源密集度推估

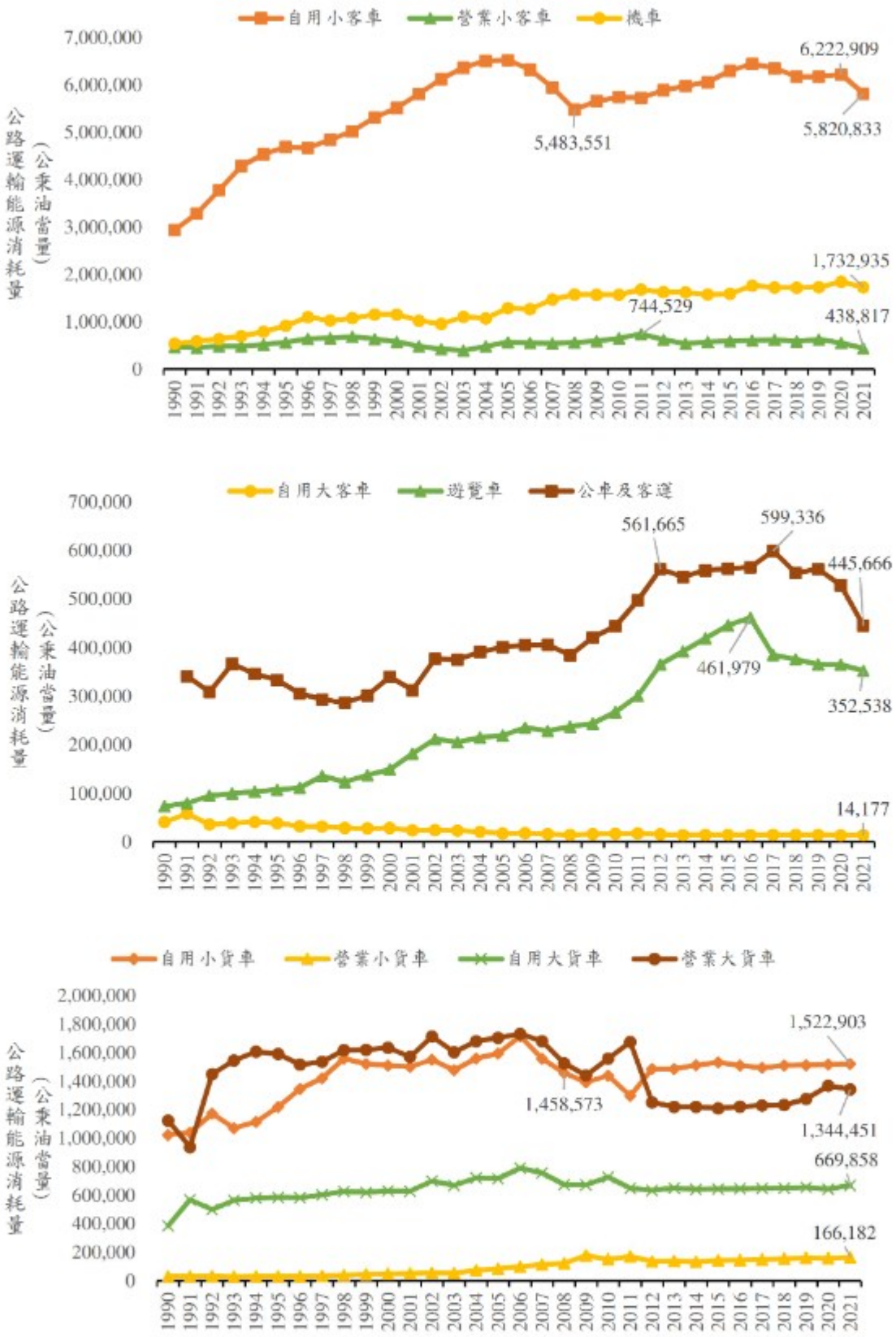
1.公路運輸

公路運輸的能源消費量上(圖 6.3-1)，自用小客車大致呈現上升趨勢，2008 年因為次貸危機能源消費量下降至低點後，之後又逐漸上升；2021 年受疫情影響，能源消費量從 2020 年的 6,222,909 公秉油當量下降至 5,820,833 公秉油當量。

遊覽車、公車及客運能源消費量分別於 2016、2017 年之前呈現上升趨勢，之後開始減少。受疫情影響，公車及客運下降程度高於遊覽車，而營業小客車能源消費量下降的幅度更為明顯，從 2019 年的 627,011 公秉油當量減少至 2021 年的 438,817 公秉油當量，原因歸因於受到疫情影響，導致公路在各式運具多數呈現行駛里程降低、客運量降低、自用小客車運量緩步降低等因素。

因此，進一步觀察各運具使用情況，例如民眾因預防性減少與人接觸與外出，抑或改用私人運具，導致遊覽車和公車的載客量減少。反之，民眾從轉移至私人運具，帶動私人運具如小客車與機車的運量提升。此外，疫情期間部分民眾購物習性改變轉為線上購物，進而促進國內貨運需求，如營業(自用)小貨車、營業(自用)大貨車運量提升。若從交通部統計資料觀察車輛能源效率顯示，近年在大貨車、小貨車及營業用小客車的能源效率有小幅度提升。不過從行駛里程數來看，除營業(自用)大貨車呈現平穩甚至成長的趨勢，其餘運具之行駛里程則大多呈現下滑的趨勢。

綜整前述各項因素，對於整體公路終端的能源消費量而言，車輛登記數增加但車輛使用情況(如運量、行駛里程等)更係影響能源消費量的關鍵。鑒此，雖車輛能源效率提升，但隨車輛行駛里程越多和運量越高，代表所需使用的能源也將提升，抵消車輛能源效率提升之效益，故在公路貨運的營業(自用)小貨車、營業(自用)大貨車的能源消費趨勢呈現平穩且微幅增加。至於營業(自用)小客車、大客車、公車及客運和遊覽車之能源消費同步隨著車輛行駛里程與運量下滑。

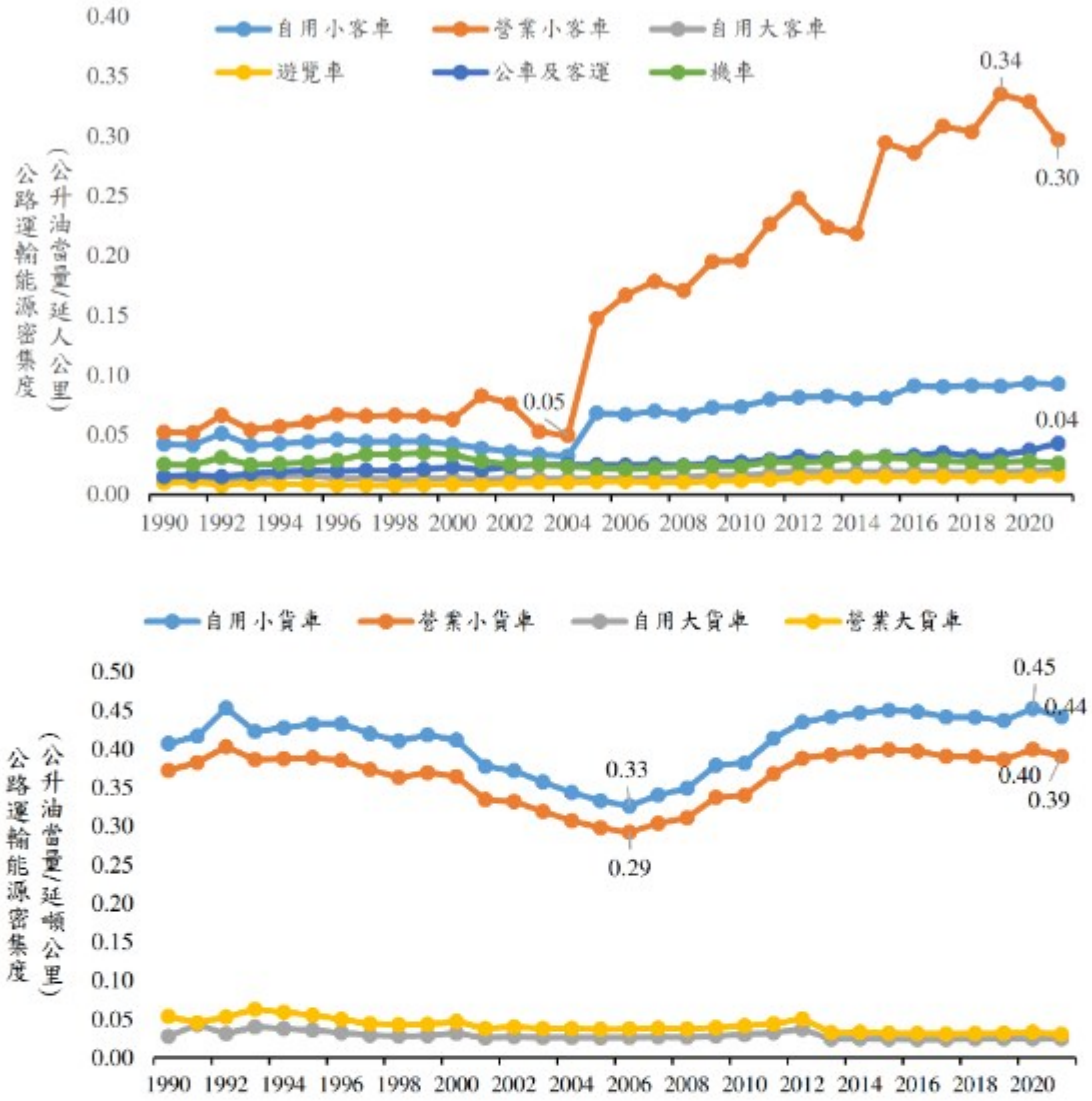


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-1　公路運輸能源消費量

在能源密集度上(圖 6.3-2)，營業小客車從 2004 年至 2019 年顯著呈現上升趨勢(0.05 至 0.34 公升油當量/延人公里)，2020 年後因為疫情影響民眾外出及搭乘公共運輸意願，2019 年至 2021 年營業小客車的平均行駛里程數下滑，同時期營業小客車能源消費量與登記數量也呈現遞減。鑒於前述各項影響因素，2019 年營業小客車的能源密集度從 0.34 公升油當量/延人公里降至 2021 年的 0.30 公升油當量/延人公里。公車及客運相比於遊覽車，兩者在能源消費皆在 2019 年後轉折呈現減少的走勢，同時行駛里程數也受到疫情影響減少，車輛登記數也呈現下滑的趨勢，故從 2019 到 2021 年公車與客運的能源密集度從 0.03 提升到 0.04 公升油當量/延人公里，遊覽車從 0.015 提升至 0.017 公升油當量/延人公里，能源消費量密集度呈現小幅增加。

自用小貨車及營業小貨車能源密集度自 1992 年後逐漸下降，至 2006 年的低點後開始上升，並於 2020 年達到高點(自用小貨車為 0.45 公升油當量/延人公里，營業小貨車為 0.4 公升油當量/延人公里)，2021 年開始有小幅的下降，影響能源密集度因素取決於如自用小貨車從 2019 年至 2021 年能源消費量呈現微幅增加，且行駛里程與車輛登記數也呈現微幅增加，以上皆是提升能源密集度之原因。至於營業大貨車及自用大貨車在 2012 年有明顯的降低之外，其原因可能在於當年度營業大貨車在能源消費上大幅度降低以及行駛里程也降低，儘管車輛登記數為幅增長但整體在能源密集度的結果仍是呈現下降，鑒此往後幾年至近年，公路運輸能源密集度仍呈現大致平穩的走勢。自用大貨車的能源密集度的變動走勢與營業大貨車類似，皆是在能源消費量與行駛里程數下降，故其最後能源密集度的結果也呈現 2012 年明顯降低往後平穩的走勢。

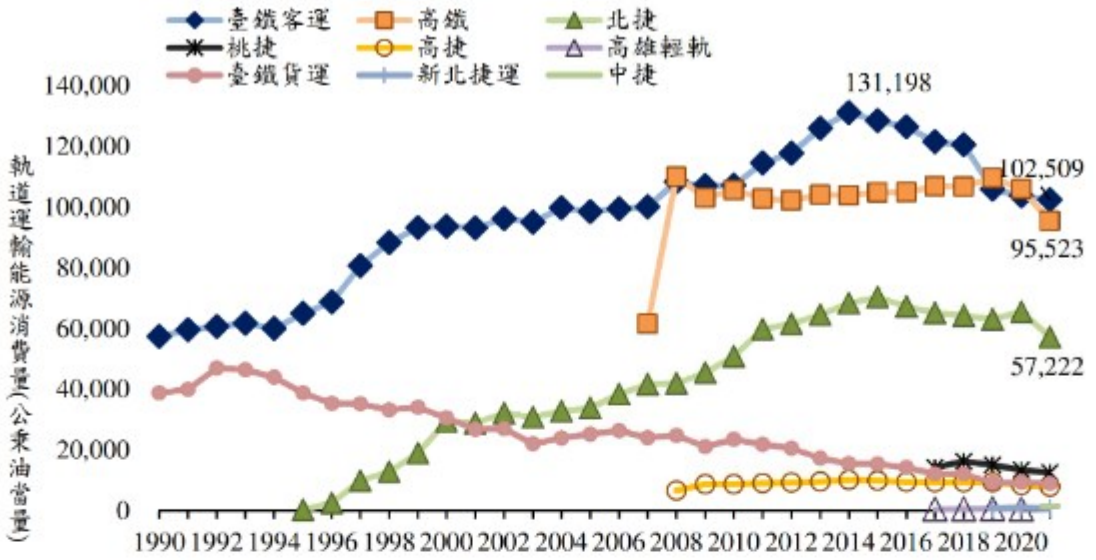


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-2　公路運輸能源密集度

2.軌道運輸

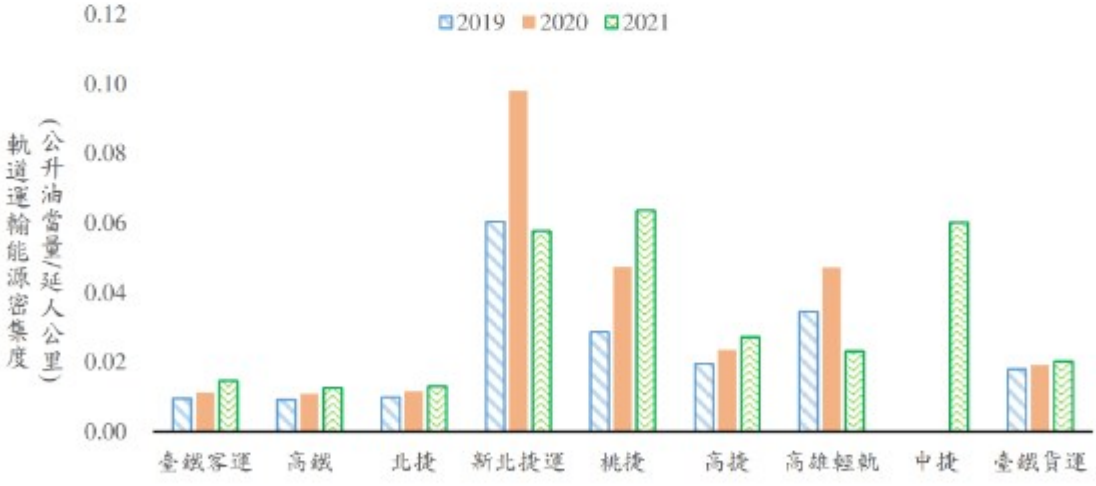
在軌道運輸的能源消費量上(圖 6.3-3)，2018 年之後軌道運輸因為疫情影響，臺鐵客運、高鐵、北捷減班使得能源消費量降低，惟 2021 年臺鐵客運因為南迴鐵路電氣化全線通車，用電量上升導致能源消費量增加至 102,509 公秉油當量。另外，臺鐵貨運的能源消費量自 1992 年開始從 47,163 公秉油當量減至 2021 年的 8,993 公秉油當量。



資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-3　軌道運輸能源消費量

在軌道運輸能源密集度上(圖 6.3-4)，2020 年新北捷運、高捷輕軌和 2021 年開始營運的中捷都有大幅的上升，推測應是新增路線後能源消耗增加，但載客量尚未充分成長，導致能源密集度上升。其餘軌道運輸如臺鐵客運、高鐵、北捷、桃捷、高捷、臺鐵貨運，2019 年到 2021 年間能源密集度皆呈現逐年上升趨勢，推測該期間客運運量受疫情影響而下降，能源密集度因而上升。另臺鐵貨運運量疫情前即已有持續向下之趨勢，能源密集度上升應為其原本整體營運環境因素導致，與疫情未必有顯著關聯。

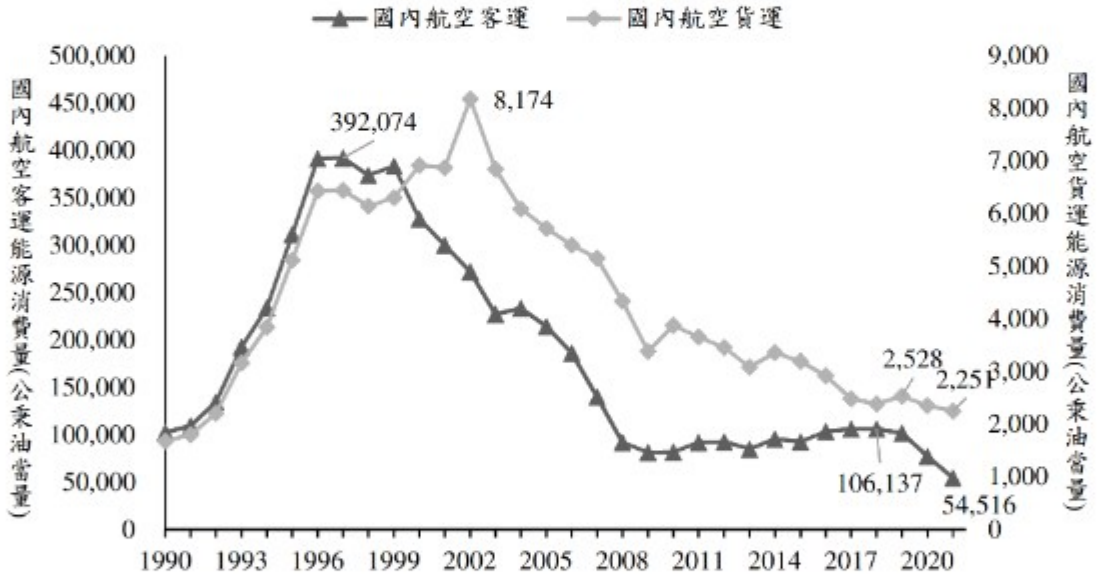


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-4　軌道運輸能源密集度

3.國內航空

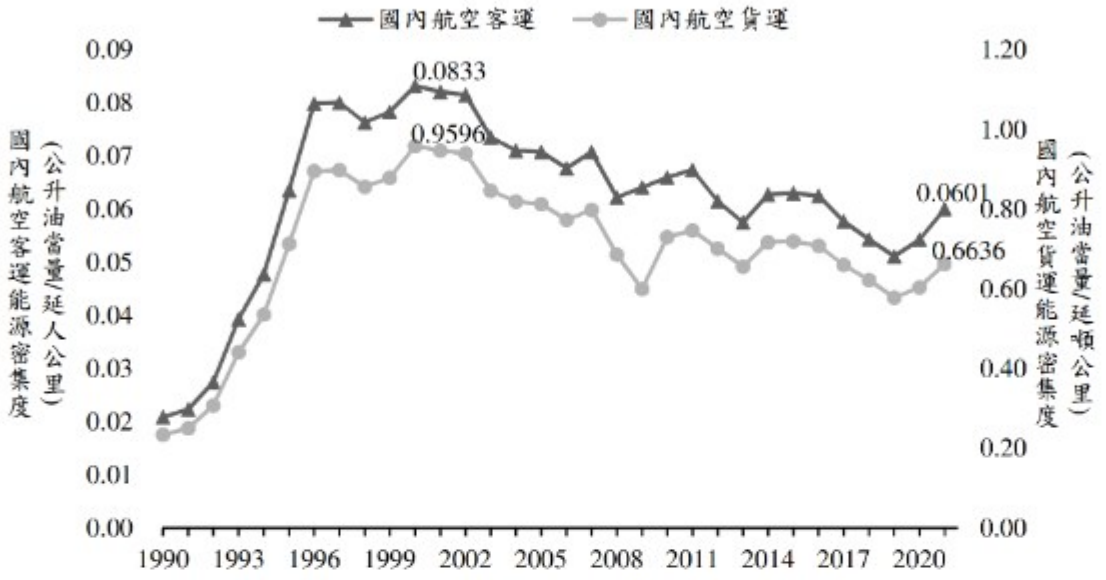
在國內航空的能源消費量上，國內航空客運能源消費量從 2018 年之後，碰上新冠肺炎疫情的流行，能源消費量急降，改變從 2008 年穩定變化的型態，從 2018 年的 106,137 公秉油當量，減少至 2021 年的 54,516 公秉油當量，幾乎減少一半(圖 6.3-5)，與運量從 2018 年 1,950,066 載客公里(千人公里)減少到 2021 年 906,609 載客公里(千人公里)之趨勢相當。此外，國內航空貨運能源消費量呈現持續減少的趨勢，2019 年雖稍微增加，但此後能源消費量減少，但變化不若航空客運般顯著，推測此結果則與航空貨運量有關，從 2018 年 3,830 載貨公里(千噸公里)提升到 2019 年的 4,368 載貨公里(千噸公里)，最後減少到 2021 年 3392 載貨公里(千噸公里)。



資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-5　國內航空能源消費量

在能源密集度上(圖 6.3-6)，國內航空客運與貨運大致呈現下降的趨勢。在新冠疫情影響下，2019 年～2021 年能源密集度為上升態勢，主要反映了航空客運載客公里數與貨運載貨公里數減少幅度，高於能源消費量的減少所致。

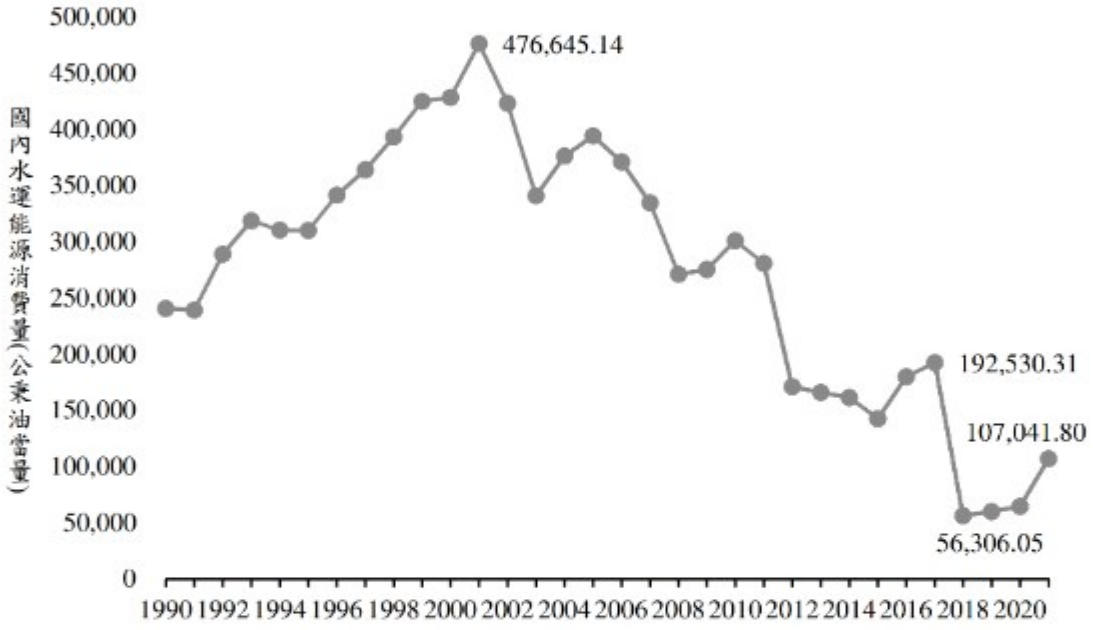


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-6　國內航空能源密集度

4.國內水運

在國內水運的能源消費量上，自 2001 年之後即呈現減少趨勢(圖 6.3-7)，期間呈現起伏狀態，2017 年能源消費來到 192,530 公秉油當量，2018 年經濟受次貸風暴影響，水運能源消費降至 56,306 公秉油當量，與前一年比較減幅高達 71%。2019 年能源消費量開始逐步增加，至 2021 年能源消費量大幅增加至 107,042 公秉油當量，可能是疫情之後的經濟大幅反彈、對貨物的需求激增所致。

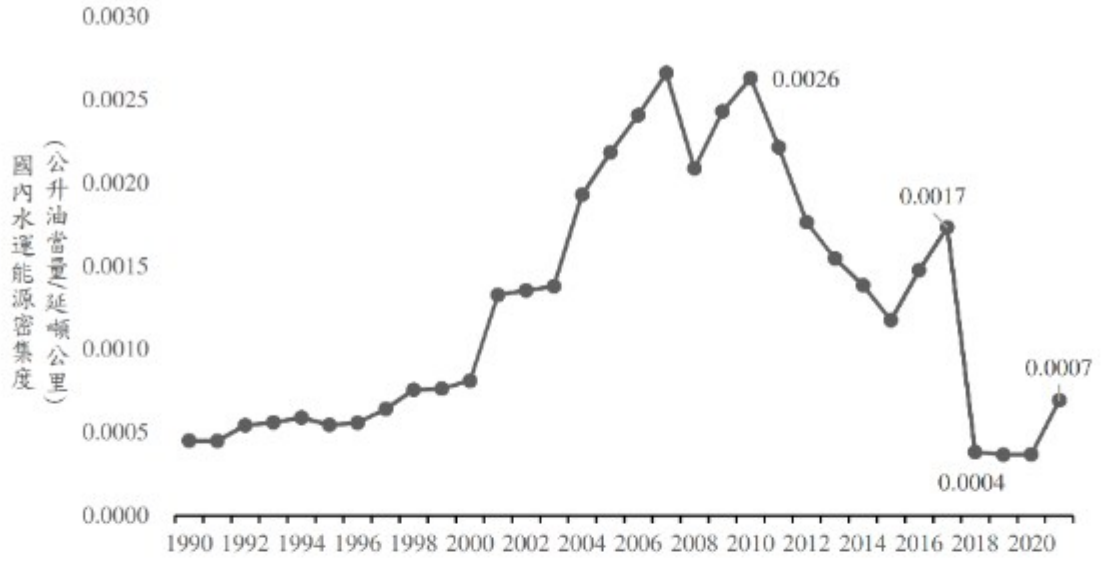


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-7　國內水運能源消費量

在能源密集度上(圖 6.3-8)，2010 年之後國內水運能源密集度有逐漸下降的趨勢，2018 年的能源密集度大幅下降至 0.0004 公升油當量/延噸海浬，推測原因為美中貿易戰，以及全球前三大貨運聯盟皆撤掉 1 至 2 條北美航線，導致海運耗油量下降所致。

2021 年能源密集度有小幅反彈，推測是因為各國港口防疫措施，導致碼頭缺工，使得港口堵塞、船期延誤及發生缺櫃等問題，最終產生貨運運輸量下降與能源密集度上升的現象。



資料來源：本計畫繪製。

圖 6.3-8　國內水運能源密集度

6.4 運具溫室氣體排放量推估

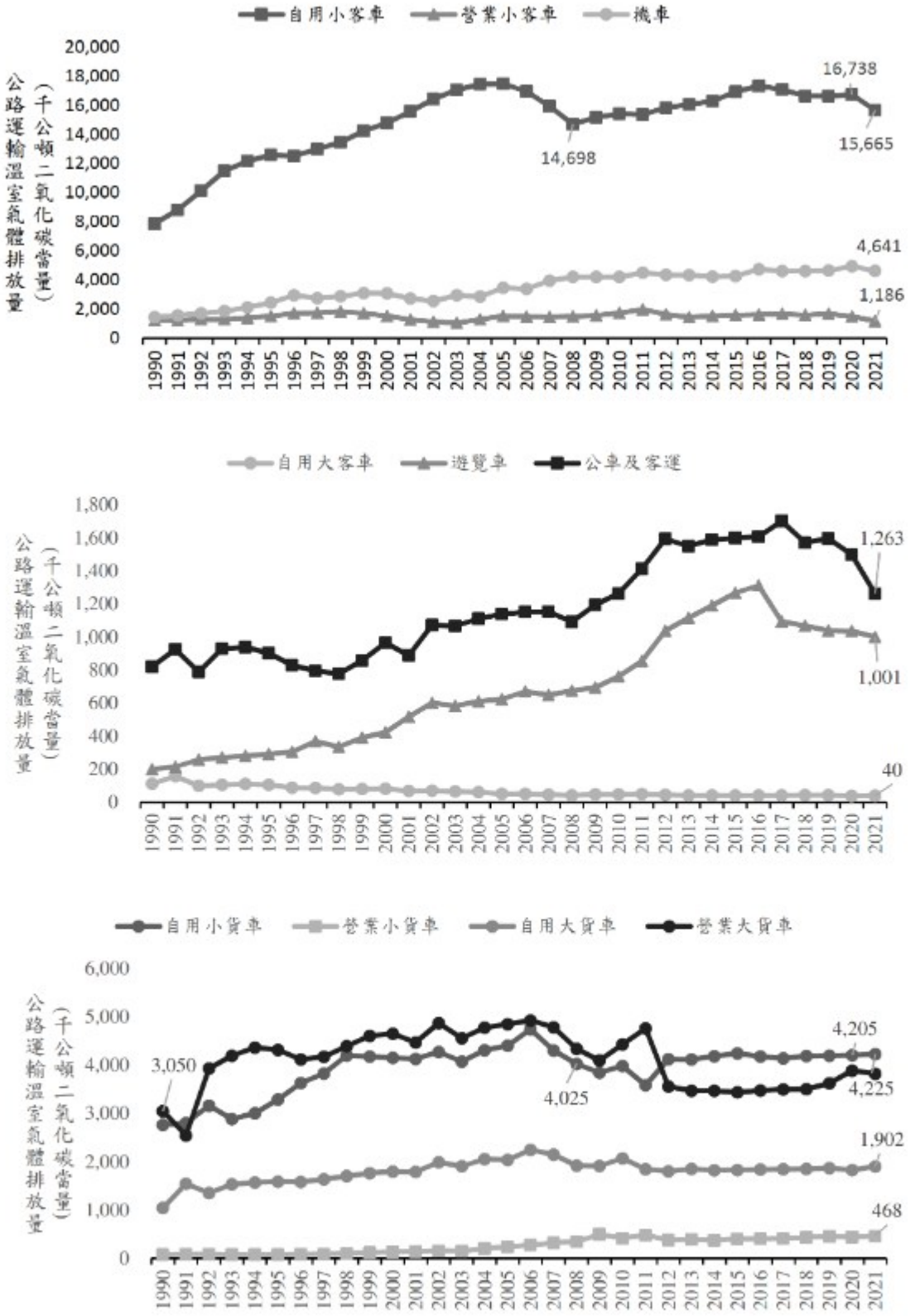
1.公路運輸

公路運輸溫室氣體排放量(圖 6.4-1)和能源消費趨勢相似，其背後影響因素包括車輛登記數、行駛里程、運量等同向影響能源消費量等因素。不過隨著車輛燃油效率逐年提高，運具的能源消費量隨之減少，溫室氣體排放量也隨之減少。鑒此，從自用小客車在溫室氣體排放大致呈現上升的趨勢，除 2008 年因為次貸危機而下降至 1,469.8 萬公噸二氧化碳當量，之後又逐漸上升；2021 年受疫情影響，溫室氣體排放量相比 2020 年下降至 1,566.5 萬公噸二氧化碳當量。機車溫室氣體排放量也呈現上升趨勢，至 2021 年來到 464.1 萬公噸二氧化碳當量。

營業小客車、公車及客運、遊覽車近年來也受到疫情影響，溫室氣體排放量逐漸下降。

營業大貨車溫室氣體排放量從 2018 年持續上升，至 2020 年達到 388.6 萬公噸二氧化碳當量，2021 年稍微下降至 381.8 萬公噸公噸二氧化碳當量。至於自用小貨車、自用大貨車、營業大貨車的溫室氣體排放量近年雖有增加，但增加幅度不大。

綜合上述，營業(自用)小客車、公車及客運、遊覽車的溫室氣體排放趨勢呈現遞減變化，與能源消費量之消長原因相同，為公路客運載客(貨)公里數減少、車輛能源效率提升和能源消費減少所致。至於營業(自用)小貨車、營業(自用)大貨車的溫室氣體排放量變化呈現上升變化，原因反映在貨運量提升導致能源消費量提升。

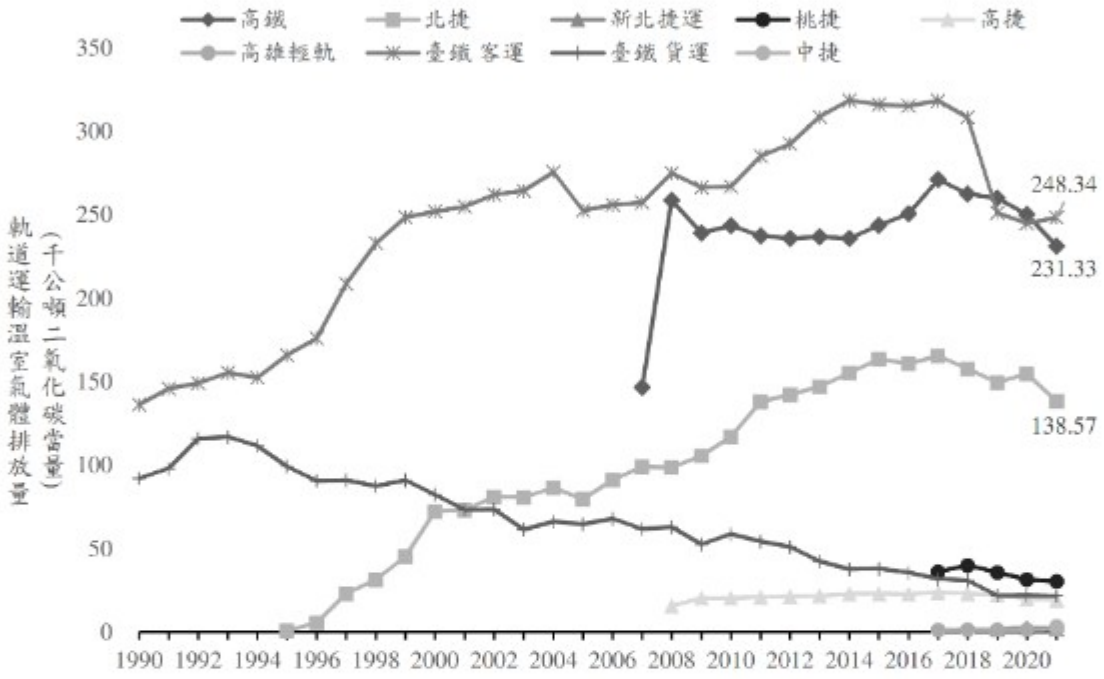


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.4-1　公路運輸溫室氣體排放量

2.軌道運輸

軌道運輸溫室氣體排放和能源消費趨勢相似，臺鐵客運、高鐵、北捷在 2017 年之後排放量逐漸下降，只有臺鐵客運 2021 年因為用電量增加造成排放量小幅回升至 24.8 萬公噸二氧化碳當量。綜整以上，疫情期間軌道運輸的載客(貨)量下滑，連帶影響軌道運輸的能源消費進而改變溫室氣體排放趨勢。

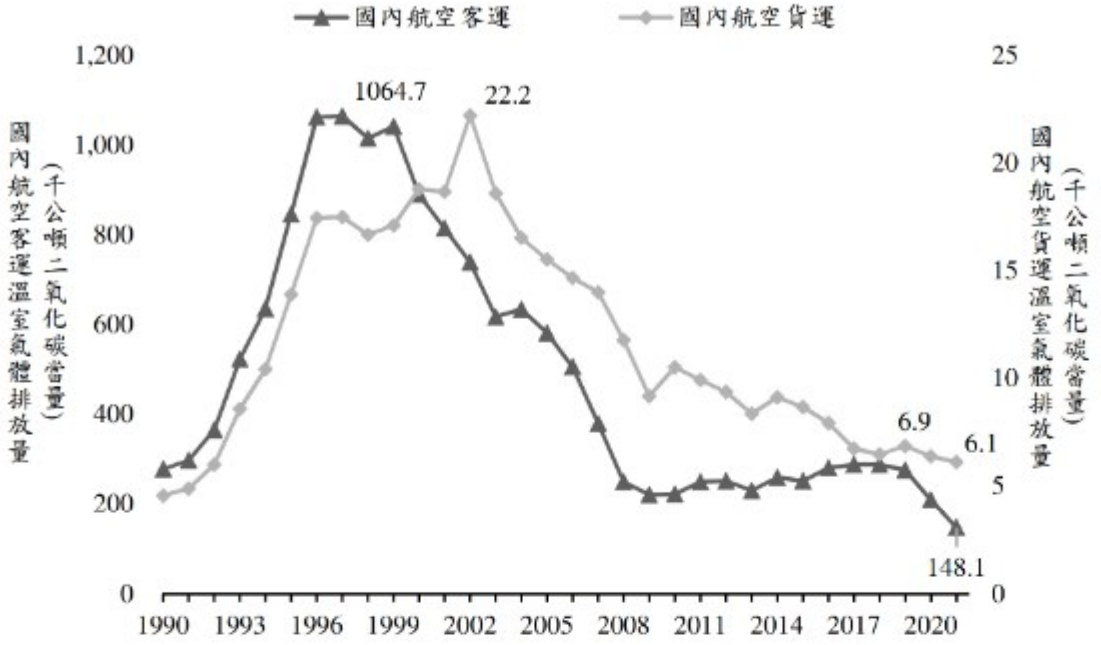


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.4-2　軌道運輸溫室氣體排放量

3.國內航空

國內航空客運與貨運的溫室氣體排放與能源消費的走勢相同，客運排放明顯高於貨運。國內航空客運在 2008 年持續多年微增的溫室氣體排放(圖 6.4-3)於 2018 年之後減少，至 2021 年為 14.8 萬公噸二氧化碳當量；國內航空貨運的溫室氣體排放為減少趨勢，2019 年排放 0.69 萬公噸二氧化碳當量，2021 年排放再減為 0.61 萬公噸。

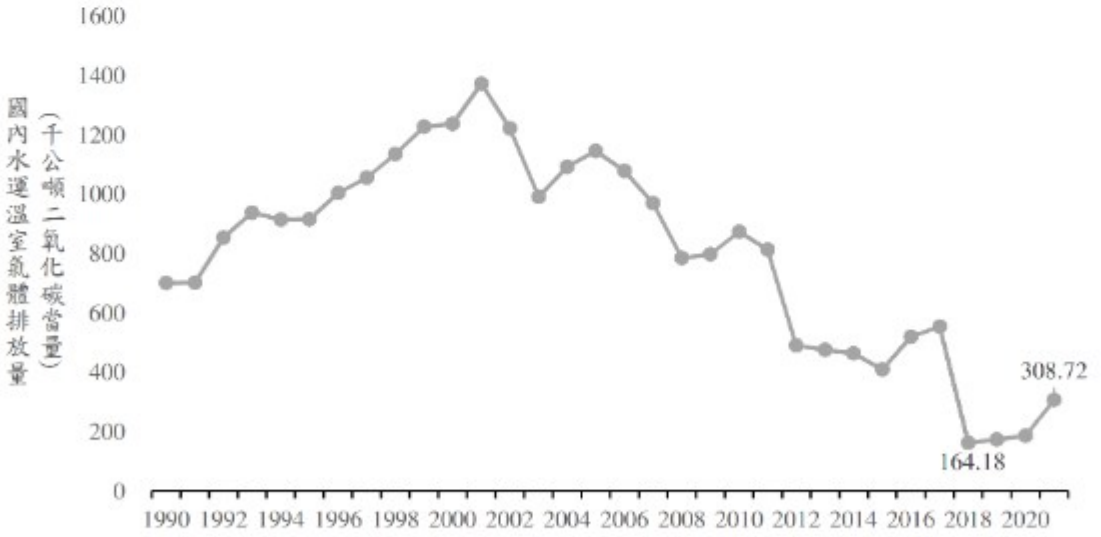


資料來源：本計畫繪製。

圖 6.4-3　國內航空溫室氣體排放量

4.國內水運

國內水運溫室氣體排放與能源消費走勢相同，大致呈現減少趨勢(圖 6.4-4)，期間或有起伏，惟 2018 年之後為新一波的增加走勢，2018 年排放 16.4 萬公噸二氧化碳當量，2021 年大增為 30.9 萬公噸。



資料來源：本計畫繪製。

圖 6.4-4　國內水運溫室氣體排放量

6.5 小結

為推估我國運輸部門溫室氣體排放量，本計畫已依各運具別分別計算其能源消費量及能源密集度，並依不同燃料及電力之使用，透過係數轉換完成各運具別溫室氣體排放量推估。在計算排放量前，本計畫優先針對運具的「溫室氣體排放」與運具的「能源密集度」兩類指標進行檢定，除可掌握各運具別溫室氣體排放與能源消費趨勢外，亦能合理預測未來各運具別能源消費量及溫室氣體排放量。

第七章　淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作

7.1 支援交通部相關推動工作

協助交通部完成各項運輸部門相關之推動工作，主要兩大工作項目，係淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作。進行執行計畫期間排放管制之推動事項。除依契約工項協助支援，另採機動性協助交通部相關所交辦業務，相關的業務可分為綠運輸資訊蒐集、會議出席、撰擬(更新)立院模擬題、計算電動車參數等臨時性交辦。

1. 支援及配合行政院能源及減碳辦公室淨零排放相關推動工作

協助交通部因應我國淨零轉型 2050 年之規劃，依據國發會發布之 12 項關鍵戰略中關鍵戰略 7 與關鍵戰略 10，辦理「淨零排放路徑與具體措施規劃」、「路徑藍圖研商會議」與相關的支援項目，其中關鍵戰略 10 本計畫也協助參與環保署所規劃之社會溝通的公民咖啡館，以利傾聽與凝聚各界共識，落實關鍵戰略所提之各項行動。

交通部於關鍵戰略 10 所研提之綠運輸路徑藍圖中，其涵蓋 10 項推動措施，其措施負責之機關可分為十大推動措施分別為(1)公共運輸;(2)步行;(3)自行車；(4)私人運具；(5)共享車輛；(6)都市規劃；(7)減少需求；(8)綠色貨運；(9)綠色觀光；(10)氣候服務，各推動措施之所屬機關，可藉由具體行動來達成減碳效益。

協助淨零排放路徑規劃措施，亦將各項推動措施的具體行動進行歸類，最終與第一工作項目之減碳模型進行勾稽，做為相關減碳效益評估之參數，故未來於探討效益面時，可依據具體行動之特性歸納為公共運輸運量提升、電動運具推廣、運具效能提升、其他措施等 4 項策略，藉由個別策略工具模型來評估各項策略下所帶來的減碳效果(減碳量)，進而回饋至運輸部門之總減碳效益。

2. 支援交通部推動溫管法辦理運輸部門相關法定工作

我國隨全球減碳趨勢之推進，國內既有之「溫室氣體減量及管理法」也改為「氣候變遷因應法」，以利於減碳的措施與管理層面提升，本計畫

逐一檢視朝野立委共提出 20 個修法版本，協助檢視與交通相關的條文類型包括，如針對氣候變遷與低碳運輸、產業基礎設施及大眾運輸發展等權責劃分，以及溫室氣體管理基金來源的碳費，及其徵收的對象、方式、費率計算方式等條文。

另因應第一期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案結束，隨之展開第二期行動方案，協助交通部，針對運輸部門及相關單位，所提行動方案(草案)之減碳措施、具體作為、執行狀況等，進行彙整、編撰與修正行動方案，該行動方案已於 111 年 9 月 16 經行政院核定公布。

環保署另於行動方案核定後，111 年 9 月 29 發函交通部檢視直轄市及縣(市)政府所提送之「第二期溫室氣體管制執行方案」，依行政院核定之「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，檢視其是否扣合三大推動策略與 14 項減碳措施、協助交通部檢視縣市政府所提之執行方案並研提建議。

3. 支援交通部配合溫管法住商部門主辦機關減量措施相關事項

因應我國淨零排放與溫室氣體減量推動，國發會已公布 2050 年淨零排放目標，住商部門也在既有第二期行動方案措施，再加入淨零轉型策略，以利達成減碳目標。住商部門由經濟部(商業司)擔任商業部門之彙整機關，提出行動方案服務業部門的現況分析、管制目標、推動期程策略措施及預期效益等。

鑒此，本計畫協助交通部因應經濟部撰寫 2050 年淨零排放路徑關鍵戰略-節能戰略計畫，擔任交通部門總窗口，聯繫與彙整交通部所屬機關，所填寫之運輸單位的節能措施表，除檢視填報內容亦追蹤各單位資料回收狀況，如運輸部門在各場域之設備能源效率、空調系統最佳化、老舊燈具汰換、導入智能設備、綠建築及其他研議措施等，以此估算出節電量與節電度數，做為節能措施推行之參酌。

4. 支援交通部辦理行政院國家永續發展委員會相關事宜

本計畫協助與整理交通部辦理行政院國家永續發展委員會相關事宜，國家永續發展委員會近兩期會議為第 33 與 34 屆會議，提到永續運輸進度執行概況，以及委員建議將自行車納入淨零排放路徑之規劃。

5. 支援交通部辦理能源轉型白皮書相關事宜

本計畫持續機動性協助辦理能源轉型白皮書，能源局自 2017 年 5 月 1 日即著手進行「能源轉型白皮書」的撰擬規劃，並透過公私協力方式，逐步完善 2025 年全面能源轉型之具體行動計畫。

6. 支援亞洲低碳發展策略夥伴(ALP)相關事務

本團隊協助參加濟部國際合作處 ALP 推動小組，於 111 年 7 月 12 日及 7 月 14 日所辦理之兩場與亞洲低碳發展策略夥伴(ALP)會議，討論議題為智慧電網應用(Smart Grid Application)與氣象資訊在綠能營運之應用服務(Weather Information Application Service in Green Energy Operations)。

7. 支援運研所辦理氣候變遷相關事項

本團隊針對運輸部門之淨零排放路徑與策略推動，已辦於 6 月 20 日辦理一場「臺灣 2050 綠運輸淨零轉型策略座談」座談會議，邀集產官學界代表性專家，共同談論綠運輸淨零轉型，以利未來凝聚我國未來運輸淨零轉型關鍵策略。

2022 臺灣氣候行動博覽會舉辦於 111 年 10 月 7 月到 10 月 9 日，本計畫協助交通部籌辦與規劃會場攤位之展現內容及場地勘驗、布置及攤位解說。

7.2 其他工作項目

因應合約工項規定，本計畫已完成研究成果彙整，並投稿至「台灣環境資源與經濟學會年會暨研討會」，投稿題目為「影響運輸部門能耗與溫室氣體排放之關鍵因素分析」。該文已於 10 月 28 日獲接受通知，並於 12 月 3 日於「台灣環境資源與經濟學會年會暨研討會」發表。



From: 台灣環境與資源經濟學會TAERE <taereservice@gmail.com>
Sent: Friday, October 28, 2022 11:45 PM
To: 楊晴雯 <cwyang@cier.edu.tw>
Subject:【投稿接受函】2022台灣環境與資源經濟學會年會暨學術研討會投稿接受通知

您的論文「 影響運輸部門能耗與溫室氣體排放之關鍵因素分析 」（作者: 楊晴雯 ），已被本會接受於「2022台灣環境與資源經濟學會年會淨零挑戰與解方」中發表宣讀。

感謝您熱心參與本會學術活動，**如需修改全文，請在 11 月 7 日以前，將您的論文全文上傳至本會投稿系統，**並在「投稿類型」之選項選擇「投稿全文」。

http://taere.org.tw/annual-meeting-and-symposium-contributors.html

待研討會議程確定之後，我們會儘速將會議相關資訊通知您，謝謝!

敬祝 研安
秘書處｜花廷蔚
台灣環境與資源經濟學會
Taiwan Association of Environmental and Resource Economics

圖 7.2-1　研究成果投稿接受函

第八章　結論與建議

為達成巴黎協定將全球升溫控制在 1.5°C 以內，國際上主要國家致力於實現淨零排放(Net Zero Emissions)或深度減碳(Deep Decarbonization)。面對此一趨勢與挑戰，我國已於 2015 年頒布之「溫室氣體減量及管理法」，行政院環境保護署並於 2021 年提出該法修正草案，更名為「氣候變遷因應法」，將 2050 年淨零排放目標入法，以積極回應國際趨勢並強化國內減量作為，並於 2022 年報請行政院審查通過送立法院審議[23]。

為呼應全球氣候行動，行政院經過多次部會研商，於 2022 年 3 月 30 日由國家發展委員會公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型。交通部也在此共同目標下，針對該藍圖之 12 項關鍵戰略之運具電動化及無碳化(關鍵戰略 7)及淨零綠生活(關鍵戰略 10)之低碳運輸網絡部分，研提運輸部門淨零排放政策。

本計畫旨在協助交通部進行 2050 年運輸部門重要減碳策略深度減碳潛力及可能減碳路徑探討，並完成運輸部門 2050 深度減碳評估模型架構之建構；其次，支援交通部在目前溫管法架構下之第二期(2021 至 2025 年)運輸部門溫室氣體排放管制行動方案相關工作；其三，因應我國 2050 年淨零排放政策目標，協助提升交通部辦理氣候變遷及相關業務之工作能量與效率，以及提升交通部及部屬機關(構)承辦溫室氣體管理業務同仁之氣候變遷相關專業知能。本計畫研究重要結論與建議如后。

[23] 溫室氣體減量及管理法已於 112 年 2 月 15 日總統公布修訂為氣候變遷因應法。因本計畫辦理期間為 111 年，爰本報告中仍以溫室氣體減量及管理法(簡稱溫管法)稱之。

8.1 結論

1.國際間主要國家 ASI 相關策略作法

本計畫已針對國際間主要國家永續運輸策略三大主軸「需求減量(Avoid)、運具移轉(Shift)與技術改善(Improve)」等 ASI 相關策略與作法進行蒐研，包括降低私人運具的使用(如強化步行及自行車的友善、安全用路環境等)、推廣低碳運具使用(如推廣電動化運具、部署充電基礎設施等)、改變人們的運輸行為模式(如教育宣導、誘因機制、價格訊號或強制手段等)等具體計畫或策略，以及國際間重大事件(如新冠肺炎疫情、烏俄戰爭)對運輸部門溫室氣體排放策略之影響，以掌握各國運輸部門相關減量策略及施政方向，俾供我國研擬相關策略(如第二期管制行動方案、執行方案等)之參考。此外，本計畫團隊亦派員出席 COP27，持續掌握國際間運輸部門減量策略最新發展情勢。

經由各國倡議及 COP27 觀察，有幾個重點議題值得持續追蹤：

(1) 國際碳市場與碳定價的發展

在巴黎協定下，全球碳市場機制討論許久，終於在今年 COP27 讓執行細節完整化，包括現有已通過註冊的減量專案，在考量其計入期的條件後，可過渡到巴黎協定所建立的全球減量成效認證機制。與此同時，向來奉行雙邊關係的美國也提出能源轉型加速器(Energy Transition Accelerator, ETA)倡議，希望由美國政府建立平台，來媒合企業對開發中國家的能源轉型計畫進行投資，而企業得以依據計畫執行成果取得碳權。另一方面，做為本次大會東道主的非洲國家，基於其具備潛在的碳權提供能力，因此多個非洲國家共同提出了非洲自願碳市場倡議(Africa Carbon Markets Initiative)，希望藉由國際資金引進帶來能源轉型，規劃於 2030 年每年產出 3 億噸碳權，預計可帶來 60 億美元收入並創造 3,000 萬個工作機會，到 2050 年，年產出碳權將可達到 15 至 25 億。雖然今年大會中碳市場的討論熱度被損失與損害蓋過，但碳市場與碳定價機制的發展並未停歇。

(2) 國際航空與航運納入歐盟碳交易系統

2022 年 11 月 30 日歐洲議會、理事會及委員會達成協議，將航運納入歐盟排放交易體系。納管的溫室氣體包括甲烷及氮氧化物排放。此外，擴大監管範圍，將總頓超過 5,000 噸停靠歐盟港口的近海船舶納入。擴大範圍後，預計可納管 2,000 萬公噸以上的二氧化碳，並將為推動脫碳的相關研發籌集額外的資金來源。將來只要在歐盟港口停靠的船舶，無論國籍、所有權人或註冊地，皆適用前述規範。納管後，獲取的創新基金(由拍賣配額的收入挹注)的範圍擴大，以支持海上運輸脫碳的相關投資。預估，該協議將使海運業每年減少多達 1.2 億噸的碳排放，可使全球航運排碳減少 84%，這是歐盟計畫中禁止汽油動力汽車目標的兩倍減碳量。

另一方面，經過近十年的談判，在 2022 年 10 月舉行的國際民航組織大會上，成員國(193 會員)商定國際航空到 2050 年實現淨零排放的集體長期理想目標(Long-term global aspirational goal, LTAG)，以支持《巴黎協定》的溫升目標。焦點現在轉移到各國，各國必須制定符合國際民航組織目標的國家減排措施。預計歐洲將通過 Fit-for-55 計畫帶頭行動，包括清潔燃料授權、碳定價和終止對噴氣燃料的免稅。在美國，聯邦政府的目標是到 2030 年生產 30 億加侖的永續航空燃料(SAF)，並根據《降低通貨膨脹法案》提供高達 1.75 美元/加侖的補貼。然而就在 2022 年 12 月 07 日，歐盟理事會和歐洲議會臨時同意修改歐盟排放交易體系(ETS)規則如何適用於航空業。他們希望航空公司支付更多費用並逐步取消航空業的免費排放配額。這份新協議還審查了歐盟排放交易體系(ETS)與國際民用航空組織(ICAO)的國際航空碳抵換及減量計畫(CORSIA)之間的關係。取消免費許可證意味著航空公司須為排放二氧化碳而支付費用，這旨在激勵他們過渡到永續航空燃料(SAF)或新的無排放技術。

(3) 公共運輸與包容式運輸的再設計

本次大會強調公共運輸與主動式運輸的重要性。對我國而言，安全、可及、可負擔是在追求電動化的過程，需要特別考量的因素。它需要先辨識受到衝擊或形成移動障礙的族群及原因。客製化的資訊提

供使用者在複雜的公共運輸網絡中找到適合自己的最佳方案，降低資訊障礙，提供創新而共同的戶到戶運輸服務。另一方面，緊湊型城市發展是發展公共及主動運輸所需要的城市景象，有別於過去使用分區明確的都市發展，緊湊型或多元機能的城市發展，成為有助公共運輸與主動式交通推動的重要條件。但在設計上應留意到道路空間競爭的問題，如同國際交通論壇(ITF)所揭示的，當我們希望透過緊湊型的城市來減少旅次及交通距離帶來的排放，則物流車輛於路邊空間裝卸貨物對行人及自行車空間之占用將成為城市必須面對的管理議題。與其他國家不同，我國的包容式運輸需要更多地關注在高齡者移動議題上。新加坡結合公共運輸站點及社會輔助系統的安全返家點(Dementia Go-To Points, GTP)，可能是我們最迫切且最容易推動的包容式運輸行動。

(4) 運輸行為改變需要從生活引導

活動與風潮是現世代快速改變行為的動機。由國際自由車總會(UCI)分享的創造一個自行車城市的經驗中可知，對現世代人們而言，活動、群眾效應及新鮮是誘使他們改變行為模式或習慣很重要的推力。但這需要基礎設施、持續且具吸引力的活動、與公共運輸完善整合的設計及適當空間規劃的支撐，才可能達成。

(5) 物流數據與貨車電動化的技術發展

貨運及物流向來較少成為減量議題討論的焦點，主要還是因為貨運及物流牽涉經濟活動與生活脈動，再加上貨運管理與車輛能源技術的限制，使得減量選項相對有限。但在本年度大會中，開始有周邊活動討論物流產業在淨零排放路徑上的角色，而疫情所衍生的電子商務模式及外送平台服務，也讓物流及貨運業出現一些變化的契機。但截至目前為止，這些討論並未得到一致的結論，畢竟影響貨運物流排放量的因素，從車輛技術、行駛距離、旅次頻率、車輛乘載、排程規劃、到貨物集散場域等面向，都可能讓淨減排量或正或負，但根據國際交通論壇(ITF)的預估，若能做到積極管理，加上更輕更小的電動貨運車輛，有機會使油井到車輪(Well to Wheel)的二氧化碳排放減少 60%以

上。若真如此，如何透過物流數據監控、智慧物流設計，以及貨運車輛輕型化與電動化來做到淨減量，將成為貨運排放減量的關鍵。

2.第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案

根據國家溫室氣體排放清冊最新統計，我國 2021 年運輸部門溫室氣體排放量超過 95%來自公路運輸，使公路運輸的溫室氣體排放量增減是影響總排放量的關鍵因素，且公路運輸排放量組成又主要來自自用小客車及機車排放。因此，根據最新溫室氣體排放統計分析結果，本計畫為協助研所擬定運輸部門 2050 年淨零排放策略及「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，除根據第一期既有措施強化外，亦參酌國際間最新運輸部門減量策略，完成「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，並於 9 月 16 日由行政院核定。此外，本計畫亦協助檢核地方政府之執行方案，使運輸部門逐步邁向 2050 年淨零排放目標。

3.我國運輸部門 2050 年淨零排放願景與策略藍圖

本計畫已完成我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑藍圖之研究方法和流程建議，擬定八大執行步驟，包括社會溝通與淨零排放發展環境建構等採用質性評估方法之執行步驟。首先，經由國內外政策發展現況比較，可知低碳交通所肩負的使命不只是排放減量，而須在兼顧空間規劃、經濟活動、社會公平及社會包容下，規劃具有戰略思維的多元框架與策略。需要同時考量國際事件的衝擊、能源市場波動、車輛技術發展、國際氣候協商與角力演變、國際碳市場與邊境調整機制等國際情勢；也需要同時顧及國內民眾對氣候變遷及積極減量的認知與接受度、國內基礎設施與硬體環境的滿足、相關法規修正的期程、加速民眾行為改變的誘因與機制、國內跨領域跨部門的協同運作，以及目前已擬具的運輸部門 2050 年淨零排放路徑及行動計畫。

本計畫建議藉由策略規劃及回溯方法以建構一套系統性資訊蒐集彙整分析、各界專家與利害關係人意見徵集、資訊判讀比較、資訊歸納收斂轉化情境、沙盤推演模擬評估、擬具策略進行思辯的過程，是面對影響層面廣泛時間尺度較長的政策制定必要的工作。為此，本計畫提出策略規劃

的八大步驟評估流程，可做為後續規劃運輸部門 2050 年淨零排放路徑與策略藍圖的執行參考。

4.我國各運具能源消費量及溫室氣體排放量推估結果

本計畫已依各運具別分別計算其能源消費量及能源密集度，並依不同燃料及電力之使用，透過係數轉換完成各運具別溫室氣體排放量推估。在計算排放量前，本計畫優先針對運具的「溫室氣體排放」與運具的「能源密集度」兩類指標透過統計方法進行檢定(詳 5.2.4 我國 2050 年運輸部門能源消費基線推估結果)，除可掌握各運具別溫室氣體排放與能源消費趨勢外，亦能合理預測未來各運具別能源消費量及溫室氣體排放量。

5.我國溫室氣體排放量評估模型架構規劃

本計畫以工具箱概念規劃評估模型架構，工具箱內含計量方法分析、CGE(Computable General Equilibrium)模型、長期能源替代規劃系統 LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning System)模型、個別減碳策略評估工具。這些工具分別在兩階段進行，第一階段為基線推估，同時由計量方法、CGE、LEAP 進行基線推估，並藉由共同產出能源消費量，進行模型比較，確認不同方法對未來能源消費趨勢推估的一致性。第二階段為政策評估階段，全面性政策由 CGE 啟動評估，技術面策略由 LEAP 進行評估，個別減碳策略則依策略特性逐年開發評估工具。本年度初步辦理「聯立方程式同時校估模型」、「單一方程式獨立校估模型」與 CGE 模型等 3 個模型 2050 年之能源消費基線推估(詳 5.2.3 計量模型推估結果與 5.4 CGE 模型)；同時，也提出各項工具更新頻率建議。

8.2 建議

1. 強化運輸部門減碳策略

(1) 運輸需求管理：我國策略較欠缺強制性的手段，將影響交通管理執行力道，另可強化運輸需求管理，鼓勵遠距生活的推廣及教育之實施。

(2) 運輸模式轉移：建議研擬除補助獎勵之外的其他誘因機制，例如整合公共運輸綠點、人本主動式運輸及共享運輸服務之商業模式，提供整合式服務與獎勵誘因。

(3) 完備電動運具使用環境以推動運具電動化：國際上諸多國家皆已宣示或立法電動車輛發展目標，以逐步降低化石燃料之使用，我國國家整體淨零排放路徑亦納入 2030 年電動機車市售比 35%、電動車市售比 30%、2040 年電動機車及電動車市售比 100%之目標，因此建議完備電動運具使用環境迫在眉睫。

(4) 鑒於步行與自行車已成為當前重要的推動方向，但要能設計推動策略並進行成效管控，建議先針對步行與自行車之使用建立統計與衡量指標；其次，在發展步行與自行車環境上，我國與世界其他國家的差異在於受限於天候因素，過熱與降雨的天氣都可能限制步行與自行車使用意願，因此如何提供民眾便利的服務與舒適且安全的環境，是設計推動策略時必要考量之因素。

(5) 持續推動其他電動運具措施：

A. 機場公司及港務公司負責輔導或鼓勵空港區域及港區業者使用電動(力)化車輛或相關設施。

B. 航港局及觀光局負責改善日月潭電動船營運環境，達成日月潭 2040 年成為自動化、智慧化、生態化標竿觀光景點目標。

2.強化運輸部門2050年淨零排放願景與策略藍圖之社會溝通

本計畫首次引入策略規劃方法來為淨零排放目標規劃長期策略配套。與過去量化評估最大差異，在於透過系統性方法將各界意見與資訊蒐集，轉化為策略擬定的有用資訊，同時分析政策彼此間可能存在的交互影響，藉以判斷在不同階段較適當的策略組合與前後策略銜接的必要條件。惟這種結合量化與質性分析的研究方法，需要觸及相當廣泛的利害關係人，才能讓蒐集回來的資訊有更好的參考價值，其次還要能充分地將資訊轉化為可以設計的機制，無論是否可以量化，因此需要多元專業的人才參與，建議可透過多場次多元對象多元型態的溝通、論壇、工作坊、專家諮詢、訪談或問卷來取得這些資訊，並借助跨領域專家收斂意見，做為未來情境設計參考依據。

3.持續精進我國各運具能源消費量及溫室氣體排放量推估方法

(1) 2021年受到疫情三級警戒影響，我國各運具能源消費量及溫室氣體排放量與以往趨勢有很大不同，從IEA研究也發現疫情之後運輸部門的溫室氣體排放出現反彈，目前仍未能看到反彈持續的時間與幅度，這取決於一個社會或經濟體系對於疫情的抵抗力與韌性而定。因此建議後續在推估下一年排放量時，應持續留意疫情後的反彈情況，也應適時的進行運輸行為與需求之問卷調查，分析疫情期間產生的減少公共運輸改為私人運輸的現象，以及居家辦公、線上會議、網路購物及外送服務等因應社交距離而生的消費與運輸習慣，是否會成為新常態。

(2) 此外，鑒於電動車數量的快速攀升，建議後續推估能源消費量與排放量時，應進一步推估不同車種之電動車輛能源消費量，以便適度反映運具電動化對運輸部門整體溫室氣體排放及能源密集度之影響。惟由於在推估歷史年各運具能源消費時，為了能與國家能源消費及溫室氣體排放清冊數據取得一致，一直以來均以經濟部能源局公布之能源平衡表中之運輸部門能源消費總量做為計算依據，惟目前電動車充電之能源消費統計係摻在住商部門，能源平衡表中尚未將運輸部門電動車之能源消費分離統計，因此後續在計算個別運具用電時，將難有參酌依據，仍需進一步與相關單

位交流溝通，確保本計畫由下而上的推算結果能吻合能源使用總量之統計數據。

4.持續滾動檢討我國溫室氣體排放量評估模型架構與建置

(1) 本年度已完成 2050 年能源消費量之基線推估，並進行模型間較驗。後續除非近 2 年內出現如疫情一般的重大事件，否則建議基線以 2 至 3 年的更新頻率為宜。

(2) 因此後續模型建置工作，將以情境評估為主。建議模型情境評估分為兩階段工作，第一階段 2023 至 2024 年，就策略規劃前期意見徵集與收斂過程中所產生大家關注的議題，先進行預先策略模擬，其目的一方面掌握每項策略可能產生的減量效果及對社會及經濟產生的間接影響，另方面藉由敏感度分析掌握策略彼此間的交互作用及競合。第二階段 2025 至 2026 年，隨著策略規劃政策情境逐漸收斂，可行的策略配套與潛在路徑應可進行細部規劃，因此模型評估可進入實質評估階段，針對候選的策略配套進行模擬分析。

(3) 由於本計畫規劃以工具箱方式，建構經濟計量模型、CGE 模型、LEAP 模型與個別策略工具等特性及用途皆有所不同的 4 個評估工具，雖然得以滿足多元評估需求，但也因此產生模型間整合與應用的操作流程及結果參採問題。雖然本年度計畫初步針對可能需要的幾種評估議題，設想了模型操作流程及彼此投入產出的資訊關聯，但對於多數人而言，仍舊難以想像。因此建議後續計畫在啟動之初，能先以一至兩項案例進行預評估工作，藉以說明未來評估工具操作流程及產出資訊。

(4) 本年度利用計量方法初步推估出各運具至 2050 年之能源消費基線趨勢，並於過程中發現歷史上各運具能源消費出現數個結構轉換點，可能受到當時的一些政策因素影響，例如計程車合作社、電子商務、港區工業區升級等，這對未來在規劃減量策略時是相當重要的資訊。惟受限於資料未能細緻到城市層級，因此在推論這些結果時，難以證明各項政策對於能源消費的具體影響幅度，

因此建議未來可針對這些轉折點，進一步蒐集細緻資料，並考量其他工具變數的影響。

5.應整合過去相關研究成果成為淨零排放策略研擬之助力

經由國際倡議與政策前沿的彙整，本計畫發現國內過去對於當前國際上認為存在減量潛力的策略早已具備基礎研究成果，例如需求反應運輸系統、包容式運輸，只是這些研究基於本身研究目的，未能與淨零排放目標加以整合，因此對於這些研究，本計畫建議可在融入策略規劃情境過程中，針對淨零排放挖掘出進一步深化研究的需求。其次，對於行為面的策略，相對較缺乏生活融入的觀察，也因此較難論證哪些策略可以有效促進民眾行為改變，因此建議未來可藉由行為理論進行實證分析。其三，本計畫在報告中曾提及，運輸部門在滿足淨零排放目標之餘，還必須是具有包容性、兼顧社會公平與城市發展的多元角色，因此過去單純以溫室氣體減量、能源密集度、公共運輸市佔率等做為觀察指標的習慣，也必須加以調整，嘗試尋找可以反映社會包容或人本運輸的指標，來說明運輸部門在其他面向的貢獻。

參考文獻

[1]Net Zero Tracker, 2022, https://zerotracker.net

[2]IEA, Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021, https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050

[3]IPCC, Climate Change 2021 The Physical Science Basis, 2021, https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/.

[4]UNEP, UNEP DTU Partnership, Emissions Gap Report 2021, 2021, https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021.

[5]行政院環境保護署，環保署預告修正「溫室氣體減量及管理法」為「氣候變遷因應法」，民國 110 年，https://enews.epa.gov.tw/Page/3B3C62C78849F32F/de5ace9a-814a-47cb-8273-342ec0664511。

[6]聯合新聞網，溫管法擬納抵碳代金 另訂中小企業自主盤查指引， 民國 111 年，https://udn.com/news/story/7314/6116352。

[7]中華民國總統府，總統發表「2021 新年談話」，民國 111 年 https://www.president.gov.tw/NEWS/25836。

[8]Newtalk 新聞，福島核災 10 週年 蔡英文：核四絕對不是選項、廠商也已解散，民國 110 年，https://newtalk.tw/news/view/2021-03-10/547068。

[9]中華民國總統府，世界地球日 總統：臺灣正積極部署在 2050 年達到淨零排放目標的可能路徑，民國 110 年，https://www.president.gov.tw/NEWS/26056。

[10]Cardama, M., Cortez, A., Cruz, N., Enriquez, A., Hosek, E., Peet, K., ... & Yiu, A., SLOCAT Transport and Climate Change Global Status Report: Tracking Trends in a Time of Change: The Need for Radical Action Towards Sustainable Transport Decarbonisation., 2021, https://tcc-gsr.com/wp-content/uploads/2021/06/Slocat-Global-Status-Report-2nd-edition_high-res.pdf

[11]Ki-Moon, B.,Mobilizing Sustainable Transport for Development. United Nation Official Publication: New York, NY, USA.,2016, https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2375Mobilizing%20Sustainable%20Transport.pdf

[12]SLoCaT, Transport and Climate Change 2018 Global Status Report, 2018

[13]SLOCAT, SLOCAT Transport and Climate Change Global Status Report

(2nd edition), 2021, https://tcc-gsr.com/wp-content/uploads/2021/06/Slocat-Global-Status-Report-2nd-edition_high-res.pdf

[14]Gobierno de españa, Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética., 2021, https://www.boe.es/eli/es/l/2021/05/20/7

[15]IEA, Climate change and energy transition law, 2022, https://www.iea.org/policies/13323-climate-change-and-energy-transition-law

[16]Government of UK, Climate safe streets, 2020, https://www.lcc.org.uk/climate-safe-streets/

[17]Government of UK, Decarbonising transport: a better, greener Britain, 2021/7, https://www.gov.uk/government/publications/transport-decarbonisation-plan

[18]Government of California, California Transportation Plan, https://dot.ca.gov/programs/transportation-planning/state-planning/california-transportation-plan

[19]国土交通省，国土交通グリーンチャレンジ, 2021, https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001402586.pdf

[20]Government of UK , ULEZ expansion, 2021, https://tfl.gov.uk/modes/driving/ultra-low-emission-zone/ulez-expansion

[21]Government of UK, Congestion Charge, 2003, https://tfl.gov.uk/modes/driving/congestion-charge

[22]Government of Nederland, Milieuzones in Nederland Hoofdnavigatie , 2021, https://www.milieuzones.nl/verkeersbord-en-onderborden

[23]Umwelt Bundesamt, Umweltzonen in Deutchland, 2020, https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub/umweltzonen-in-deutschland#1-wie-ist-der-aktuelle-stand-der-umweltzonen

[24]STUTTGART, DIESEL-VERKEHRSVERBOT, 2020, https://diesel-verkehrsverbot.stuttgart.de/item/show/668796

[25]IEA, Global EV Outlook 2022, 2022, https://www.iea.org/events/global-ev-outlook-2022

[26] Highways England, Network Management , 2020 , https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/860488/Network_management_08-01-2020.pdf

[27]Government of the UK, Creating the transport decarbonisation plan, 2020, https://www.gov.uk/government/publications/creating-the-transport-decarbonisation-plan

[28]Government of UK, On-street Residential Chargepoint Scheme guidance for local authorities, 2020, https://www.gov.uk/government/collections/government-grants-for-low-emission-vehicles#electric-vehicle-homecharge-scheme

[29]Government of Germany, Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung, 2019, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur.pdf?__blob=publicationFile

[30]Sweden's long-term strategy for reducing greenhouse gas emissions, 2020, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/LTS1_Sweden.pdf

[31]Government of California, Executive Order B-48-18, 2018, https://www.library.ca.gov/wp-content/uploads/GovernmentPublications/executive-order-proclamation/39-B-48-18.pdf

[32]Government of California , Governor Newsom Announces California Will Phase Out Gasoline-Powered Cars, 2020, https://www.gov.ca.gov/2020/09/23/governor-newsom-announces-california-will-phase-out-gasoline-powered-cars-drastically-reduce-demand-for-fossil-fuel-in-californias-fight-against-climate-change/

[33]Government of California, Clean vehicle rebate project, 2021, https://cleanvehiclerebate.org/eng

[34]Government of California, EXECUTIVE ORDER N-79-20 , 2020, https://www.gov.ca.gov/wp-content/uploads/2020/09/9.23.20-EO-N-79-20-Climate.pdf

[35]Government of California, AB-1236 Local ordinances: electric vehicle charging stations, 2015, https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billTextClient.xhtml?bill_id=201520160AB1236

[36]Government of Japan,「クリーンエネルギー自動車の導入補助金」について，, 2021, https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/cev/cev_hojokin.html

[37]Government of Japan, 令和２年度第３次補正予算，, 2021, https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210621006/20210621006.html

[38]Government of Japan, 令和２年度第３次補正予算に盛り込まれた, 2021, http://www.env.go.jp/air/post_56.html

[39]Government of Japan, ZERO CARBON DRIVE, 2021,

https://www.env.go.jp/air/zero_carbon_drive/

[40]環境資訊中心，日本大手筆補助電動車 政府幫出 30 萬 唯一要求是這個，民國 111 年，https://e-info.org.tw/node/234331。

[41]Government of Japan, エコカー減税(自動車重量税)の概要。環保車減稅概述(汽車重量稅), 2021, https://www.mlit.go.jp/common/001403198.pdf

[42]Government of Japan, 自動車税のグリーン化特例の概要。綠色汽車稅費減徵, 2021, https://www.mlit.go.jp/common/001397642.pdf

[43]Government of Japan , 環境性能割の概要。環保性能折扣(車稅/輕型車稅), 2021, https://www.mlit.go.jp/common/001403207.pdf

[44]ICCT：JAPAN 2030 FUEL ECONOMY STANDARDS，2019，https://theicct.org/sites/default/files/publications/Japan_2030_standards_update_20190927.pdf

[45]国土交通省，審議会において乗用車の新たな燃費基準値がとりまとまりました！！, 2019, https://www.mlit.go.jp/common/001291943.pdf

[46]IEA, Japan 2021 Energy Policy Review, 2021, https://iea.blob.core.windows.net/assets/3470b395-cfdd-44a9-9184-0537cf069c3d/Japan2021_EnergyPolicyReview.pdf

[47]SLoCaT, Transport and Climate Change Global Status Report 2018, 2018, http://slocat.net/tcc-gsr

[48]ICCT, A Strategy to Decarbonize the Global Transport Sector by 2050, Explained, 2021, https://theicct.org/a-strategy-to-decarbonize-the-global-transport-sector-by-2050-explained/

[49]ICCT, Vision 2050: A Strategy to Decarbonize the Global Transport Sector by Mid-Century, 2020, https://theicct.org/publication/vision-2050-a-strategy-to-decarbonize-the-global-transport-sector-by-mid-century/

[50]ACEEE, International Energy Efficiency Scorecard, https://www.aceee.org/international-scorecard

[51]ACEEE, International Energy Efficiency Scorecard, https://www.aceee.org/international-scorecard

[52]Government of the United Kingdom, Creating the transport decarbonisation plan, 2020, https://www.gov.uk/government/publications/creating-the-transport-decarbonisation-plan

[53]Government of France, Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), 2021, https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc

[54]经済産業, 省 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

を策定しました, 2020,
https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html

[55]Government of UK, Government funding targeted at more affordable zero-emission vehicles as market charges ahead in shift towards an electric future, 2021, https://www.gov.uk/government/news/government-funding-targeted-at-more-affordable-zero-emission-vehicles-as-market-charges-ahead-in-shift-towards-an-electric-future

[56]FACT SHEET: President Biden Announces Steps to Drive American Leadership Forward on Clean Cars and Trucks, 2021, https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/05/fact-sheet-president-biden-announces-steps-to-drive-american-leadership-forward-on-clean-cars-and-trucks/

[57]40 CFR Parts 86 and 600, 2021, https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-12-30/pdf/2021-27854.pdf

[58]USDOT Announces New Vehicle Fuel Economy Standards for Model Year 2024-2026, 2022, https://www.transportation.gov/briefing-room/usdot-announces-new-vehicle-fuel-economy-standards-model-year-2024-2026?s=09

[59]49 CFR Parts 531 and 533, 2021, https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2021-12-29/pdf/2021-28115.pdf

[60] The White House, The Build Back Better Framework, 2021, https://www.whitehouse.gov/build-back-better/

[60]SUMMARY: THE INFLATION REDUCTION ACT OF 2022, https://www.democrats.senate.gov/imo/media/doc/inflation_reduction_act_one_page_summary.pdf

[61]2030 Emissions Reduction Plan - Canada's Next Steps for Clean Air and a Strong Economy, 2022, https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/climate-change/erp/Canada-2030-Emissions-Reduction-Plan-eng.pdf

[62]National Electromobility Strategy Launch: Government announces that only electric vehicles will be sold in Chile by 2035, 2021/10/18, https://www.gob.cl/en/news/national-electromobility-strategy-launch-government-announces-only-electric-vehicles-will-be-sold-chile-2035/

[63]Electro Logística, https://electrologistica.cl/

[64]中华人民共和国中央人民政府，国务院办公厅关于印发新能源汽车产业发展规划(2021-2035 年)的通知，2020，http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-11/02/content_5556716.htm。

[65]中华人民共和国中央人民政府，关于 2022 年新能源汽车推广应用财政补贴政策的通知，2021，http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/31/content_5665857.htm?utm_source=SendGrid&utm_medium=Email&utm_campaign=IEA+newsletters。

[66] 経済産業省，エネルギー基本計画, 2021, https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf

[67]Hyundai Motor Group, Has South Korea changed its subsidy plan for green vehicles in 2021?, 2021, https://www.hyundaimotorgroup.com/story/CONT0000000000001680

[68]Randall, C., South Korea increases subsidy funding pot for 2022, 2022, https://www.electrive.com/2022/02/15/south-korea-increases-subsidy-funding-pot-for-2022/#:%7E:text=Under%20the%20funding%20scheme%2C%20electric,won%20to%2027%20million%20won.

[69]Sae-ha, L., & Kim, M., South Korea's EV subsidies for 2022 to be cut, 2022, https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2022&no=62959

[70]Manthey, N., Korea to extend subsidies for electric cars to 2025, 2020, https://www.electrive.com/2020/07/19/korea-to-extend-subsidies-for-electric-cars-to-2025/

[71] 산업통상자원부，제 4 차 친환경자동차 기본계획, 2021, http://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/energy_issue/mail_vol157/pdf/issue_260_01_all.pdf

[72]中華民國外交部駐印度臺北經濟文化中心 ，印度政府實施的電動車製造業第二階段補貼計畫(FAME-II)恐造成國內電動車售價上漲 1 至 2 萬盧比，民國 108 年，https://www.roc-taiwan.org/in/post/6097.html。

[73]NAB, Policy Document, 2021, https://fame2.heavyindustries.gov.in/content/english/11_1_PolicyDocument.aspx

[74]Global commercial vehicle drive to zero, COP27: GROWING NUMBER OF NATIONS— INCLUDING USA — SUPPORT PATH TO 100% NEW TRUCK AND BUS SALES BY 2040, 2022, https://globaldrivetozero.org/

[75]Memorandum of Understanding on Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicle, 2021, https://globaldrivetozero.org/site/wp-content/uploads/2021/12/Global-MOU-ZE-MHDVs-signed-20-Dec-21.pdf

[76]Bus Back Better: national bus strategy for England, 2021, https://www.gov.uk/government/publications/bus-back-better

[77]Zero Emission Bus Regional Areas (ZEBRA) Scheme Phase 2: Business Case Development Guidance, 2021, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/998855/zebra-scheme-phase-2-business-case-development-guidance.pdf.pdf

[78]Government of UK, Heavy goods vehicles: ending the sale of new non-zero emission models, 2021, https://www.gov.uk/government/consultations/heavy-goods-vehicles-ending-the-sale-of-new-non-zero-emission-models

[79]National Transport Plan 2018–2029, https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86bb28bd/en-gb/pdfs/stm201620170033000engpdfs.pdf

[80]2030 Emissions Reduction Plan - Canada's Next Steps for Clean Air and a Strong Economy, 2022, https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/climate-change/erp/Canada-2030-Emissions-Reduction-Plan-eng.pdf

[81]Estrategia Nacional de Electromovilidad, 2022, https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3773

[82]ICCT, China's Stage VI Emissions Standard For Heavy-Duty Vehicles (Final Rule) , 2018, https://theicct.org/publication/chinas-stage-vi-emissions-standard-for-heavy-duty-vehicles-final-rule/#:%7E:text=China%20VI-b%20will%20take,China%20to%20meet%20the%20standard

[83]EUROPEAN COMMISSION, Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future, 2020, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF

[84]EUROPEAN COMMISSION, Commission presents Renewable Energy Directive revision, 2021, https://ec.europa.eu/info/news/commission-presents-renewable-energy-directive-revision-2021-jul-14_en

[85] Government of HM, Taking charge: the electric vehicle infrastructure strategy, 2022, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1065576/taking-charge-the-electric-vehicle-infrastructure-strategy.pdf

[86]Fact Sheet: The Bipartisan Infrastructure Deal, 2021, https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-

releases/2021/11/06/fact-sheet-the-bipartisan-infrastructure-deal/

[87]Federal Funding Program, https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-infrastructure-funding-and-financing/federal-funding-programs

[88]Fact Sheet: The Biden-Harris Electric Vehicle Charging Action Plan, 2021, https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/12/13/fact-sheet-the-biden-harris-electric-vehicle-charging-action-plan/

[89]Government of Canada, Electric Vehicle and Alternative Fuel Infrastructure Deployment Initiative, 2022, https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/electric-and-alternative-fuel-infrastructure/electric-vehicle-alternative-fuels-infrastructure-deployment-initiative/18352

[90]Government of Canada, Zero Emission Vehicle Infrastructure Program, 2022, https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/transportation-alternative-fuels/zero-emission-vehicle-infrastructure-program/21876

[91]中华人民共和国中央人民政府，国家发展改革委等部门关于进一步提升电动汽车充电基础设施服务保障能力的实施意见，2022，http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/21/content_5669780.htm?utm_source=SendGrid&utm_medium=Email&utm_campaign=IEA+newsletters 。

[92]中华人民共和国中央人民政府，工业和信息化部启动新能源汽车换电模式应用试点工作，2021，http://www.gov.cn/xinwen/2021-10/28/content_5647458.htm

[93]Japan plans to substantially increase EV charging Stations, 2021, https://maxwellpower.cn/newsinfo/1863127.html

[94]PIB, Revised Consolidated Guidelines & Standards for Charging Infrastructure for Electric Vehicles (EV) Promulgated) Promulgated by Ministry of Power, 2022 , https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1790136

[95]IEA, Do we need to change our behaviour to reach net zero by 2050?, 2021, https://www.iea.org/articles/do-we-need-to-change-our-behaviour-to-reach-net-zero-by-2050

[96]IEA, Impacts of behavioural changes on road transport activity in the Net Zero Scenario, 2022, https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/impacts-of-behavioural-changes-on-road-transport-activity-in-the-net-zero-scenario

[97]IEA, Impacts of behavioural changes on road transport energy consumption in the Net Zero Scenario, 2020-2050, 2022, https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/impacts-of-behavioural-changes-on-road-transport-energy-consumption-in-the-net-zero-scenario-2020-2050

[98]Walk 21, Promoting Mobility Behaviour Change Practical guidance for inspiring more walking, cycling and public transport and minimising car use, 2019, https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/promoting_behaviour_change.pdf

[99]Mayor of London, London Net Zero 2030: An Updated Pathway, 2022, https://www.london.gov.uk/sites/default/files/london_net_zero_2030_-_an_updated_pathway_-_gla_response_1.pdf

[100]Mayor of London, Green Transport, 2022, https://www.london.gov.uk/what-we-do/transport/green-transport#Stub-258918

[101]Transport For London, Docked e-bikes now available for hire as part of London's record-breaking Santander Cycles scheme, 2022, https://tfl.gov.uk/info-for/media/press-releases/2022/october/docked-e-bikes-now-available-for-hire-as-part-of-london-s-record-breaking-santander-cycles-scheme

[102]Government of Ireland, National Sustainable Mobility Policy, 2022, https://www.gov.ie/en/publication/848df-national-sustainable-mobility-policy/

[103]The Government of Singapore, Land Transport Master Plan 2040, 2019 https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/who_we_are/our_work/land_transport_master_plan_2040.html

[104]Government of Singapore, Walk2Ride Scheme, 2015 https://www.ura.gov.sg/ms/walkandcycle/about/walk2ride

[105]Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Ley de Movilidad Sostenible , 2022, https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/campanas-de-publicidad/ley-de-movilidad-sostenible-y-financiacion-del-transporte

[106]Eltis, Spanish Sustainable Mobility Law makes progress, 2022, https://www.eltis.org/in-brief/news/spanish-sustainable-mobility-law-makes-progress

[107]UNFCCC, Lima Climate Change Conference - December 2014, 2014,

https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/past-conferences/lima-climate-change-conference-december-2014/lima-climate-change-conference-december-2014

[108]UNFCCC, Decision -/CMA.3 Glasgow Climate Pact, 2021, https://unfccc.int/documents/310497

[109]UNFCCC, Decision -/CP.26 Glasgow Climate Pact, 2021, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop26_auv_2f_cover_decision.pdf

[110]UNFCCC race to zero, World leaders join UK's Glasgow Breakthroughs to speed up affordable clean tech worldwide, 2021, https://racetozero.unfccc.int/world-leaders-join-uks-glasgow-breakthroughs-to-speed-up-affordable-clean-tech-worldwide/

[111]UNFCCC COP26, COP26 world leaders summit- statement on the breakthrough agenda, 2021, https://ukcop26.org/cop26-world-leaders-summit-statement-on-the-breakthrough-agenda/

[112]IEA, Electric Vehicles Initiative Accelerating the introduction and adoption of electric vehicles worldwide, 2022, https://www.iea.org/areas-of-work/programmes-and-partnerships/electric-vehicles-initiative

[113]The climate group, EV100 project, 2021, https://www.theclimategroup.org/ev100-projects

[114]The climate group, RouteZero, 2021, https://www.theclimategroup.org/routezero

[115]First Movers Coalition, Reducing emissions to net-zero by 2050 is possible if the right technologies are brought to commercial scale within the next decade, 2021, https://www.weforum.org/first-movers-coalition

[116] U.S. Department of State, Launching the First Movers Coalition at the 2021 UN Climate Change Conference, 2021, https://www.state.gov/launching-the-first-movers-coalition-at-the-2021-un-climate-change-conference/

[117]Transport Decarbonisation Alliance, 2022, https://tda-mobility.org/

[118]ICCT，Zero Emission Vehicle Transition Council ， https://theicct.org/spotlight/zev-transition-council

[119]UNFCCC, COP26 declaration on accelerating the transition to 100% zero emission cars and vans, 2021, https://ukcop26.org/cop26-declaration-on-accelerating-the-transition-to-100-zero-emission-cars-and-vans/

[120]Financial Times,COP26: Deal to end car emissions by 2040 idles as motor giants refuse to sign, 2021, https://www.ft.com/content/8c4a1809-

902f-4582-a29e-1c83a97b9dff

[121]UNFCCC, International Aviation Climate Ambition Coalition, 2021, https://ukcop26.org/cop-26-declaration-international-aviation-climate-ambition-coalition/

[122]UNFCCC, Clydebank Declaration for Green Shipping Corridors, 2021, https://ukcop26.org/cop-26-clydebank-declaration-for-green-shipping-corridors/

[123]UNFCCC, Sharm el-Sheikh Climate Change Conference - November 2022, 2022, https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/sharm-el-sheikh-climate-change-conference-november-2022

[124] UNEP. The Closing Window. Climate crisis calls for rapid transformation of societies. Emission Gap Report 2022.

[125] UNEP. Too Little, Too Slo. Climate adaptation failure puts world at risk. Adaptation Gap Report 2022.

[126]UNFCCC, List of exhibits, 2022, https://seors.unfccc.int/applications/seors/reports/exhibits_list.html?session_id=COP%2027

[127]SuM4All, SuM4All 12th Consortium Meeting: En-route to Sharm El-Sheikh, 2022, https://www.sum4all.org/events/sum4all-12th-consortium-meeting-en-route-sharm-el-sheikh

[128]SuM4All, Consortium Meeting En Route to Sharm El Sheikh, 2022, https://www.youtube.com/watch?v=Oma0SPiLoKk

[129]SLOCAT, Engagement at COP27, 2022, https://slocat.net/cop27/

[130]SLOCAT, Engagement opportunities around the UN Framework Convention on Climate Change and the UN Climate Change Conference COP27 General Updates and SLOCAT Activities, 2022, https://slocat.net/wp-content/uploads/2022/08/Infopackage_COP27-General-Updates-and-SLOCAT-Activities.pdf

[131]SLOCAT, Transport at COP27, 2022, https://slocat.net/cop27/

[132] Climate Compatible Growth, COP27 Side Events, 2022, https://climatecompatiblegrowth.com/cop27/#COP27-Event

[133] World Climate Summit, Partnering on Solutions for a Net-Zero Transition by 2030, 2022, www.worldclimatesummit.org/

[134]WHO, COP27 Health Pavilion, 2022, https://www.who.int/news-room/events/detail/2022/11/06/default-calendar/cop27-health-pavilion

[135]UITP, COP27 to bring sustainable transport to the forefront of this year's climate talks, 2022, https://www.uitp.org/news/cop27-to-bring-

sustainable-transport-to-the-forefront-of-this-years-climate-talks/

[136]政策研究指標資料庫，各國疫情統計，2022，https://pride.stpi.narl.org.tw/index/graph-world/detail/4b1141ad70bfda5f0170e64424db3fa3。

[137] Dubois, G., Sovacool, B., Aall, C., Nilsson, M., Barbier, C., Herrmann, A., ... & Sauerborn, R., It starts at home? Climate policies targeting household consumption and behavioral decisions are key to low-carbon futures, Energy Research & Social Science 52, 144-158, 2019.

[138]European Commission, Transport in the European Union:Current Trends and Issues, 2019, https://www.amt-autoridade.pt/media/1934/2019-transport-in-the-eu-current-trends-and-issues.pdf

[139]Prussi, M., & Lonza, L., Passenger Aviation and High-Speed Rail: A Comparison of Emissions Profiles on Selected European Routes. Journal of Advanced Transportation 2018, 1-10, 2018, https://doi.org/10.1155/2018/6205714.

[140]Anjum, N., Good in The Worst: COVID-19 Restrictions and Ease in Global Air Pollution, Preprints 2020, 2020.

[141] Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J., Abernethy, S., Andrew, R. M., ... & Peters, G. P., Temporary reduction in daily global CO_2 emissions during the COVID-19 forced confinement, Nature climate change 10(7), 647-653, 2020, https://www.globalcarbonproject.org/news/TemporaryReductionInCO_2EmissionsDuringCOVID-19.html

[142]IEA, Changes in transport behaviour during the Covid-19 crisis, 2020, https://www.iea.org/articles/changes-in-transport-behaviour-during-the-covid-19-crisis

[143]Wang L., & Wells P. Automobilities after SARS-CoV-2: a socio-technical perspective, Sustainability 12(15), 5978, 2020.

[144]De Vos J., The effect of COVID-19 and subsequent social distancing on travel behavior, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 5, 100121, 2020.

[145]Abdullah M., Dias C., Muley D., & Shahin M., Exploring the impacts of COVID-19 on travel behavior and mode preferences, Transportation Research Interdisciplinary Perspectives 8, 100255, 2020.

[146]International Transport Forum, Re-spacing our cities for resilience, International Transport Forum, 2020.

[147]Ibold S., Medimorec N., Wagner A., & Peruzzo J., COVID-19 and

sustainable mobility, Transformative Urban Mobility Initiative (TUMI), 2020.

[148]IBM, IBM Study: COVID-19 Is Significantly Altering U.S. Consumer Behavior and Plans Post-Crisis, 2020, https://newsroom.ibm.com/2020-05-01-IBM-Study-COVID-19-Is-Significantly-Altering-U-S-Consumer-Behavior-and-Plans-Post-Crisis

[149]Climate Action Tracker, A government roadmap for addressing the climate and post COVID-19 economic crises, 2020, https://climateactiontracker.org/publications/addressing-the-climate-and-post-covid-19-economic-crises/

[150]IEA, Sustainable Recovery, Paris: OECD/IEA, 2020, https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery

[151]IRENA. The post-COVID recovery: an agenda for resilience, development and equality. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020.

[152]Griffiths, S., Del Rio, D. F., & Sovacool, B., Policy mixes to achieve sustainable mobility after the COVID-19 crisis. Renewable and Sustainable Energy Reviews 143, 110919, 2021.

[153]C40, No return to business as usual": Mayors pledge on COVID-19 economic recovery, 2020, https://www.c40.org/news/taskforce-principles/

[154]C40 Knowledge Hub, Cities, Coronavirus (COVID-19) and a Green Recovery, 2020, https://www.c40knowledgehub.org/s/cities-and-coronavirus-covid-19?language=en_US

[155] C40 Knowledge Hub , Prioritising cyclists and pedestrians for a safer, stronger recovery, 2020, https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Prioritising-cyclists-and-pedestrians-for-a-safer-stronger-recovery?language=en_US

[156]Schwedhelm A., Li, W., Harms, L., Adriazola-Steil C., Biking provides a critical lifeline during the coronavirus crisis, World Resources Institute, 2020.

[157]Abdullah, H., & Serrano Robles, E., Urban Mobility after COVID-19. Long-Term Strategies for the Sustainable Mobility Transition in European Cities, Monografia CIDOB (82), 2021, https://www.cidob.org/es/publicaciones/serie_de_publicacion/monografias/monografias/urban_mobility_after_covid_19_long_term_strategies_for_the_sustainable_mobility_transition_in_european_cities

[158]ITDP, Bogotá Wins 2022 Sustainable Transport Award, 2022, https://www.itdp.org/2022/02/09/bogota-wins-2022-sustainable-transport-award/

[159]Kanda W., Kivimaa P., What opportunities could the COVID-19 outbreak offer for sustainability transitions research on electricity and mobility? Energy Research & Social Science 68, 101666, 2020.

[160]Ipsos, Impact of coronavirus to new car purchase in China, Ipsos Global Advisor, 2020, https://www.ipsos.com/en/impact-coronavirus-new-car-purchase-china

[161]Tardivo, A., Carrillo Zanuy, A., & Sánchez Martín, C., COVID-19 impact on transport: A paper from the railways' systems research perspective, Transportation Research Record 2675(5), 367-378, 2021.

[162]Hosseini, S. E., Transition away from fossil fuels toward renewables: lessons from Russia-Ukraine crisis. Future Energy 1(1), 2-5, 2022.

[163]EU unveils $220bn plan to ditch Russian energy,2022, https://www.aljazeera.com/news/2022/5/18/eu-rushes-out-210-billion-euro-investment-to-ditch-russian-energy

[164]IEA, Oil market report, 2022, https://www.iea.org/reports/oil-market-report-march-2022

[165]Bloomberg, IEA Sees Russia Crisis Accelerating Transition to Clean Energy, 2022, https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-03-16/iea-sees-russia-crisis-accelerating-transition-to-clean-energy#xj4y7vzkg

[166]IEA (2022.03), A 10-Point Plan to Cut Oil Use, https://www.iea.org/reports/a-10-point-plan-to-cut-oil-use

[167]IEA, How Europe can cut natural gas imports from Russia significantly within a year, 2022, https://www.iea.org/news/how-europe-can-cut-natural-gas-imports-from-russia-significantly-within-a-year

[168]IPCC, Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, 2022, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/

[169]Creutzig, F., Fuel crisis: slash demand in three sectors to protect economies and climate, 2022, https://www.nature.com/articles/d41586-022-01616-z?utm_term=Autofeed&utm_campaign=nature&utm_medium=Social&utm_source=Twitter#ref-CR1

[170]Liu, L., Jiang, H. D., Liang, Q. M., Creutzig, F., Liao, H., Yao, Y. F., ... & Wei, Y. M., Carbon emissions and economic impact of EU's embargoing Russian fossil fuels, 2022, https://assets.researchsquare.com/files/rs-

1683339/v1/5869cd54-a1a0-40be-b848-201974994465.pdf?c=1653493963

[171]行政院環保署(2022)，第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案，https://ghgrule.epa.gov.tw/action/action_page/52

[172]行政院國家發展委員會，臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明，民國 111 年，https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC8xNDc2Mi8yZGM3MWIwMC1iMWQxLTRhZWQtYWYwYS0wMjhmYzVjMjlmNjYucGRm&n=6Ie654GjMjA1MOa3qOmbtuaOkuaUvui3r%2bW%2bkeWPiuetlueVpee4veiqquaYji5wZGY%3d&icon=..pdf

[173]European Parliament (2020). Parliament says shipping industry must contribute to climate neutrality. https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20200910IPR86825/parliament-says-shipping-industry-must-contribute-to-climate-neutrality

[174]Department for Business, Energy & Industrial Strategy (2021). UK enshrines new target in law to slash emissions by 78% by 2035. https://www.gov.uk/government/news/uk-enshrines-new-target-in-law-to-slash-emissions-by-78-by-2035#:~:text=change%20and%20energy-,UK%20enshrines%20new%20target%20in%20law,emissions%20by%2078%25%20by%202035&text=The%20UK's%20sixth%20Carbon%20Budget,to%20net

[175]The United States (2021). The United States' Nationally Determined Contribution. Reducing Greenhouse Gases in the United States: A 2030 Emission Target. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/United%20States%20NDC%20April%2021%202021%20Final.pdf

[176]Mission Innovation (2022). Action Plan for the Zero-Emission Shipping Mission. http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2022/09/Zero-Emission-Shipping-Mission-Action-Plan.pdf

[177]ICCT (2022). The UN's Net Zero Aviation Goal is a Welcome Starting Gun in the Race to Decarbonize Flight. https://theicct.org/icao-climate-goal-oct22/

[178]UN-HABITAT (2022). COP27 presidency, Sustainable Urban Resilience for the Next Generation (SURGe). https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/09/cop27_sustainable_cities_initiative.pdf

[179]IEA (2022), Transport, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/transport, License: CC BY 4.0

[180]IEA (2022), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022, License: CC BY 4.0

[181]European Commission, A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050, 2011, https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:en:PDF

[182]CCC, Building a low-carbon economy – the UK's contribution to tackling climate change, 2008, https://www.theccc.org.uk/publication/building-a-low-carbon-economy-the-uks-contribution-to-tackling-climate-change-2/

[183]Government of HM , Powering our Net Zero Future, 2020, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/945899/201216_BEIS_EWP_Command_Paper_Accessible.pdf

[184]Government of UK, UK enshrines new target in law to slash emissions by 78% by 2035, 2020, https://www.gov.uk/government/news/uk-enshrines-new-target-in-law-to-slash-emissions-by-78-by-2035

[185]We Buy Any Car Ltd, 2030 petrol and diesel ban explained, 2021, https://www.webuyanycar.com/guides/car-ownership/2030-petrol-diesel-ban/

[186]Government UK , Creating the transport decarbonisation plan, 2020, https://www.gov.uk/government/publications/creating-the-transport-decarbonisation-plan

[187]European Commission, In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication, 2018, https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/depth-analysis-support-com2018-773-clean-planet-all-european-strategic-long-term-vision_en

[188] Faber, J., Schroten, A., Bles, M., Sevenster, M., Markowska, A., Smit, M., ... & Van't Riet, J., Behavioural Climate Change Mitigation Options and Their Appropriate Inclusion in Quantitative Longer Term Policy Scenarios- Main Report, 2012, https://climate.ec.europa.eu/system/files/2016-11/main_report_en.pdf

[189]European Commission, 2050 long-term strategy, 2020, https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en#eu-strategy

[190]Miola, A., Backcasting approach for sustainable mobility, 2008, https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC45824.

[191]Government of Canada, 2030 Emissions Reduction Plan, 2022, https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/emissions-reduction-2030.html

[192] Hickman, R., & Banister, D., Visioning and Backcasting for UK Transport Policy, 2005, https://www.academia.edu/794160/Visioning_and_Backcasting_for_UK_Transport_Policy

[193]Bohringer, Christoph and Thomas Rutherford, (2008). "Combining bottom-up and top-down", Energy Economics, 30(2), 574-559, https://econpapers.repec.org/article/eeeeneeco/v_3a30_3ay_3a2008_3ai_3a2_3ap_3a574-596.htm6.

[194]Chatterjee, K., & Gordon, A., Planning for an unpredictable future: Transport in Great Britain in 2030. Transport Policy 13(3), 254-264, 2006.

[195]IEA, CO_2 emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2021, 2022, https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/co2-emissions-from-energy-combustion-and-industrial-processes-1900-2021

[196]Geurs, K., & van Wee, B., Backcasting as a tool for sustainable transport policy making, European Journal of Transport and Infrastructure Research, 4(1),2004

[197]Carnevale, P., & Sachs, J. D. , Roadmap to 2050: A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century, Published by Sustainable Development Solutions Network (SDSN) and Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM),2019

[198]Kishita, Y., McLellan, B. C., Giurco, D., Aoki, K., Yoshizawa, G., & Handoh, I. C., Designing backcasting scenarios for resilient energy futures, Technological Forecasting and Social Change, 124, 114-125, 2017

[199]Robertson, S., A longitudinal quantitative–qualitative systems approach to the study of transitions toward a low carbon society, Journal of cleaner production, 128, 221-233,2016

[200]Soria-Lara, J. A., & Banister, D., Collaborative backcasting for transport policy scenario building, Futures, 95, 11-21, 2018

[201]Robinson, J.B. , Futures under glass: A recipe for people who hate to predict, Futures 22(8), 820-842, 1990.

[202]Hickman, R., Ashiru, O., & Banister, D., Backcasting for lower transport

carbon emissions. Town and Country Planning, 78(2), 70-74,2009

[203]International Transport Forum, ITF Transport Climate Action Directory. https://www.itf-oecd.org/transport-climate-action-directory-measures.

[204]Heinonen, S., & Lauttamäki, V., Backcasting scenarios for Finland 2050 of low emissions, Foresight,2012

[205] Cooke, R. M., & Goossens, L. H. (2000). Procedures guide for structured expert judgment. European Commission. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/238128552_Procedures_Guide_for_Structured_Expert_Judgment

[206]Baltacioglu, Y., & Peirce, C., Kyoto Mechanisms Table options paper, Ottawa-Ontario: Natural Resources Canada, 1999, https://publications.gc.ca/Collection/M22-132-9-1999E.pdf

[207]Kartha, S., Lazarus, M., & Bosi, M., Practical Baseline Recommendations for Greenhouse Gas Mitigation Projects in the Electric Power Sector, Paris: International Energy Agency, 2002, https://www.oecd.org/env/cc/1943333.pdf

[208]DEA, OECD, & URC., National Greenhouse Gas Emissions Baseline Scenarios Learning from Experiences in Developing Countries Centre, 2013, https://www.thepmr.org/system/files/documents/National%20Greenhouse%20Gas%20Emissions%20Baseline%20Scenarios.pdf

[209]EIB, EIB Project Carbon Footprint Methodologies Methodologies for the assessment of project greenhouse gas emissions and emission variations (11.2 ed.), Luxembourg: European Investment Bank, 2022, https://www.eib.org/attachments/publications/eib_project_carbon_footprint_methodologies_2022_en.pdf

[210]UNFCCC, COMPENDIUM ON GREENHOUSE GAS BASELINES AND MONITORING PASSENGER AND FREIGHT TRANSPORT, World: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2018, https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Transport_0.pdf

[211]Strachan, N., Kannan, R., & Pye, S, Scenarios and Sensitivities on Long-term UK Carbon Reductions using the UK MARKAL and MARKAL-Macro Energy System Models. London: UKERC Research Report, 2008, https://ukerc.rl.ac.uk/UCAT/PUBLICATIONS/Scenarios_and_Sensitivities_on_Long-term_UK_Carbon_Reductions_using_the_UK_MARKAL_and_MARKAL-MACRO_Energy_System_Models.pdf

[212]Yang, Y., Han, L., Wang, Y., & Wang, J., China's Energy Demand Forecasting Based on the Hybrid PSO-LSSVR Model. Wireless Communications and Mobile Computing 2022 (1), 1-12, 2022.

[213]National Round Table on the Environment and the Economy, Greenhouse Gas Emissions Forecasting: Learning from International Best Practices., 2008, https://www.ec.gc.ca/default.asp?lang=En&n=3B8552D4-1&xml=3B8552D4-3B91-4EE0-863B-C5D72EB83F42&offset=4&toc=show

[214]Schipper, L., Fabian, H., & Leather, J., Transport and Carbon Dioxide Emissions: Forecasts, Options Analysis, and Evaluation, Mandaluyong City: Asian Development Bank, 2009, https://www.adb.org/publications/transport-and-carbon-dioxide-emissions-forecasts-options-analysis-and-evaluation

[215]許聖民、王仁、李篤華、林幸君、蘇忠楨、邱祈榮、張靜貞、徐世勳，臺灣農業部門溫室氣體排放趨勢推估—動態可計算一般均衡模型之應用，《臺灣經濟預測與政策》，第 51 卷第 1 期，頁 111-157，民國 109 年。

[216]林晉勛、林師模，低碳發電技術對我國新及再生能源發展之策略評估，行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告(計畫編號：1062001INER001)，民國 106 年，https://www.aec.gov.tw/share/file/information/R-i4BT9J0zadP111-L6EhQ__.pdf。

[217]周濟、王京明、郭迺鋒、林俊旭、羅時芳、何淑媚、莊建鏵、賴佩靈，溫室氣體減量政策對運輸及住商部門之影響及因應對策，行政院經濟建設委員會委託報告(編號：(96)052.209)，民國 96 年，https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvMC80MDcvMDAwOTI4Mi5wZGY%3D&n=5rqr5a6k5rCj6auU5rib6YeP5pS%2F562W5bCN6YGL6Ly45Y%2BK5L2P5ZWG6YOo6ZaA5LmL5b2x6Z%2B%2F5Y%2BK5Zug5oeJ5bCN562WLnBkZg%3D%3D&icon=..pdf。

[218]財團法人台灣綠色生產力基金會，製造部門因應溫管法施行計畫，經濟部工業局委託專案計畫期末執行成果報告，民國 106 年，https://www.moeaidb.gov.tw/ctlr?PRO=executive.rwdExecutiveInfoView&id=9573。

[219]黃宗煌、黃銘崇、李堅明、陳艾憙、尹相隆、蘇漢邦、黃韻勳、楊晴雯、莊建鏵、黃耿信、藍靖瑜、金宛嫻、林心榆、黃新薰、朱珮芸、楊智凱，運輸部門能源消耗與溫室氣體減量評估模型之建立，

行政院交通部運輸研究所委託成果報告(ISBN 978-986-03-6364-7)，民國 102 年，https://www.iot.gov.tw/cp-78-12662-9c84d-1.html。

[220]林淑敏、張景福、饒志堅，汽車客運路線特性與班次對運量之影響—以分量迴歸分析，《運輸計劃季刊》第 43 卷第 4 期，頁 343-366，民國 103 年。

[221]Matas, A., Demand and Revenue Implications of an Integrated Public Transport Policy:The Case of Madrid. Transport Reviews 24 (2), 195-217, 2004.

[222]Wadud, Z., Simultaneous modeling of passenger and cargo demand at an airport. Transportation research record 2336, 63-74, 2014.

[223]林進益，財金時間序列分析：使用 R 語言，臺北市:五南圖書出版，民國 109 年。

[224]葉敬軒、魯真，臺灣水果價格之平穩性測定，《農業經濟半年刊》第 68 期，頁 57-90，民國 89 年。

[225]吳懿娟，我國貨幣需求穩定性之探討，《中央銀行季刊》第 28 卷第 3 期，頁 5-48，民國 95 年。

[226]International Atomic Energy Agency, Model for Analysis of Energy Demand (MAED-2), VIENNA: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2006, https://www.iaea.org/publications/7430/model-for-analysis-of-energy-demand-maed-2

[227]Loulou, R., Goldstein, G., Kanudia, A., Lettila, A., & Remme, U., Documentation for the TIMES Model PART I, Paris: International Energy Agency, 2016, https://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf

[228]U.S. Energy Information Administration., The National Energy Modeling System: An Overview 2018, U.S. Energy Information Administration, 2019, https://www.eia.gov/outlooks/aeo/nems/overview/pdf/0581(2018).pdf

[229]IPAC team, About IPAC Model, 2014, http://www.ipac-model.org.cn/About%20IPAC%20Model.html

[230]交通部，自用小客車使用狀況調查報告，民國 97 年，https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=56&parentpath=0,6。

[231]張啟隆，中古車經營模式與競爭策略之研究，碩士論文，國立交通大學管理學院工業工程與管理學程，民國 100 年。

[232]張學孔、吳奇軒、陳育生，計程車產業政策關鍵因素分析，《運輸計劃季刊》，第 38 卷第 2 期，頁 173-200，民國 98 年。

[233]饒志堅，從數字看臺灣物流市場，《主計月刊》第 711 期，頁 76-83，民國 104 年。

[234]交通部，遊覽車營運狀況調查報告，民國 107 年，https://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=56&parentpath=0,6。

[235]陳旭昇，時間序列分析：總體經濟與財務金融之應用(第二版)，臺北市:臺灣東華書局，民國 102 年。

[236]楊雅婷、彭建文，房價結構性改變之檢測—以臺北縣、市房價為例，《Journal of Taiwan Land Research》第 6 卷第 2 期，頁 43-60。

[237]胥愛琦(譯)，計量經濟學(第三版)，臺北市:新加坡商聖智學習。(Wooldridge, J. M., 2016)，民國 106 年。

[238]Waheed, M., Alam, T., & Ghauri, S.P., Structural breaks and unit root: evidence from Pakistani macroeconomic time series(MPRA paper No.1797), 2007, https://mpra.ub.uni-muenchen.de/1797/1/MPRA_paper_1797.pdf

[239]Bai, J., & Perron, P., Estimating and Testing Linear Models with Multiple. Econometrica, 47-78, 1998.

[240] Heaps, C.G., LEAP: The Low Emissions Analysis Platform. [Software version: 2020.1.84] Stockholm Environment Institute. Somerville , 2022, https://leap.sei.org

[241]行政院國家發展委員會，「2022 年至 2070 年人口推估」，民國 111 年，https://pop-proj.ndc.gov.tw/download.aspx?uid=70&pid=70。

[242]行政院主計總處，109 年多因素生產力趨勢分析報告，民國 109 年。https://ws.dgbas.gov.tw/public/attachment/233015919n41p4gns.pdf

[243]IEA, World Energy Outlook 2022, Paris: IEA, 2022, https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022, License: CC BY 4.0 (report)

[244]林師模、盧樂人、林晉勛、葛復光，臺灣進口部門 Armington 彈性之估計與分析，《台灣經濟論衡》第 12 卷第 1 期，頁 51-80，民國 103 年。

[245]交通部運輸研究所，109 年運輸部門溫室氣體減量第二階段策略精進研究，民國 110 年。https://www.iot.gov.tw/cp-78-206325-ec528-1.html

[246]行政院環境保護署，住商部門溫室氣體排放管制行動方案(草案)，民國 107。https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=EA7D0AD018AA9E22

[247] Chen, K. P., Yang, J. C., & Yang, T. T. JUE insight: Demand for

transportation and spatial pattern of economic activity during the pandemic. Journal of Urban Economics, *127*, 103426, 2022.

[248] Mack, E. A., Agrawal, S., & Wang, S. The impacts of the COVID-19 pandemic on transportation employment: A comparative analysis. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 12, 100470, 2021.

[249] Zhang, J., Zhang, R., Ding, H., Li, S., Liu, R., Ma, S., ... & Hayashi, Y. Effects of transport-related COVID-19 policy measures: a case study of six developed countries. Transport Policy, 110, 37-57, 2021.

[250] Becker, G. S. A theory of the allocation of time. The Economic Journal, 75(299), 493-517. 1965.

[251] Lancaster, K. T. A new approach to consumer theory. The Journal of Political Economy, 74(2), 132-157. 1966.

[252]Muth, R. F. Household production and consumer demand function. Econometrica, 34(3), 699-708. Jul., 1966.

[253]DeSerpa, A. C. A theory of the economics of time. The Economic Journal, 81(324), 828-846. Dec., 1971.

[254]Yamamoto, T. and Kitamura, R. An analysis of time allocation to in-home and out-of-home discretionary activities across working days and non-working days. Transportation 26, 211-230, 1999.

[255] Bhat, C. R. and R. Misra. Discretionary activity time allocation of individuals between in-home and out-of-home and between weekdays and weekends. Transportation, 26, 193-209, 1999.

[256]Kockelman, K. M. A model for time-and budget-constrained activity demand analysis. https://www.caee.utexas.edu/prof/kockelman/public_html/Trans_Research_Article_2000.pdf. 2001.

[257] Prasetyo, I., Fukuda, D., Yoshino, H., & Yai, T. Analysis of Travel Time Saving Benefit by Understanding Individual Needs and Value of Activity Time: Case Study of Tokyo and Jakarta. Transportation Research Record, 1854(1), 12–21. https://doi.org/10.3141/1854-02. 2003.

[258] Gliebe, J. P. and F. S. Koppelman. A model of joint activity participation between household members. Transportation, 29, 49-72, 2002.

[259] Zhang, J., Timmermans, H. J. P. and Borgers, A. A model of household task allocation and time use. Transportation Research Part B, 39, 81-95, 2005.

[260] Nepal, K. P. Fukuda, D. and Yai, T. Microeconomic models of intra-

household activity time allocation. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6, 1637-1650, 2005.

[261] Martina, L. and Susanne, M. Women, men and housework time allocation- theory annd empirical results. Darmstadt Discuussion Papers in Economics, No.143. Darmstadt University of Technology, Department of Law and Economics. 2005.

[262] Rolfe, J., Gowen, R, Kinnear, S. Flint, N., Liu, W. Assessing the regional economic impacts of flood interruption to transport corridors in Rockhampton. CQUniversity. Report. https://hdl.handle.net/10018/919196. 2011.

[263] Dien, V. T. Transportation infrastructure investment and economic integration: a case of Vietnam economy. A thesis submitted in partial fulfillment for the degree of Doctor of Engineering, Department of Urban Managemtent, Graduate School of Engineering, Kyoto University. https://core.ac.uk/download/pdf/39279754.pdf

[264] Anas, A. and R. Lindsey. Reducing urban road transportation externalitiesL: road pricing in theory and in practice. Review of Environmental Economics and Policy, 5(1), 66-88. 2011.

[265] Wing, I. S., Anderson, W. P. and Lakshaman, T. R. The Broder Benefits of Transportation Infrastructure. Discuussion Paper No. 2007-10, December 2007. Joint Transport Research Centre, support by OECD and International Transport Forum. 2007.

[266] Abrell, J. Private transport and the european emission trading system-revenue recycling, public transport subsidies, and congestion effects. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=1844300 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1844300. May 17, 2011.

[267] Cho, S. A multi-regional computable general equilibrium model in the haritage of A.Anas and I. Kim. A Dissertation presented to the Faclty of the Graduate School, University of Southern California. https://www.proquest.com/docview/304972864?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true. 2006.

[268]Rutherford, T. F. and R. van Nieuwkoop. An integrated transport network- computable general equilibrium models for Zurich. http://www.strc.ch/2011/Rutherford.pdf. 2011.

[269] Truong, P. and Hensher, D. A. Linking discrete choice to continuous demand within the framework of a computable general equilibrium

model. Transportation Research Part B, 46, 1177-1201, 2012.

[270] ITDP. Protected Bicycle Lanes Protect the Climate. Measuring how networks of protected bicycle lanes reduce carbon emissions, transport costs, and premature death. 2022.

[271] Marden, G., Anable, J., Docherty, I. and Brown, L. At a crossroads: Travel adaptations during COVID-19 restrictions and where next. CREDS Policy brief 015, March 2021.

附錄 1

計畫摘要

附錄 1、計畫摘要

一、研究緣起

1990 年聯合國大會決議設立「政府間氣候變化綱要公約談判委員會」(Intergovernmental Negotiating Committee, INC)，並授權起草有關氣候變化公約條文，之後於 1992 年在巴西里約熱內盧舉辦「聯合國環境與發展會議」(The United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)，又稱地球高峰會議，於會中通過「聯合國氣候變化綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，目的即為促使各國重視並共同減少溫室氣體排放及因應氣候變遷影響，UNFCCC 亦已於 1994 年 3 月 21 日正式生效。

締約方大會 (Conference of the Parties, COP)由 UNFCCC 締約國每年召集會議共同商討如何應對氣候變遷，自 1995 年起原則上每年召開，以評估因應氣候變遷的進展。近年來以 2015 年於法國巴黎舉行 UNFCCC 第 21 屆締約方會議 (COP21)中通過之「巴黎協定」(Paris Agreement)為全球溫室氣體排放與因應氣候變遷之重要規範。此協定不同於以往由上而下 (top-down)的規範 (如京都議定書)，而是由各國每 5 年提出「國家自定預期貢獻」(Intended Nationally Determined Contribution, INDCs)，屬於由下而上(bottom-up)之執行方式。

由於巴黎協定是一個具有法律約束力的決議，可規範執行機制和做法，減碳目標由各國自願提出，透過「國家自定預期貢獻(INDCs)」機制，毋需更動公約本文，即可產生「由下而上」之滾動式減量目標。且透過巴黎協定之持續推動，近年來國際間主要國家皆陸續透過方案宣示或是法規修訂之方式，訂定其淨零排放期程目標。

而去 (2021)年於英國召開 COP26 中通過了「格拉斯哥氣候協議」(Glasgow Climate Pact)，協議內容包含鼓勵各國較巴黎協定規定的 2025 年提前 3 年，在 2022 年底前上修其 NDCs，以提高 2030 年減量目標。因此，為達成巴黎協定將全球升溫控制在 1.5°C 以內，國際上主要國家致力於實現淨零排放 (Net Zero Emission)或深度減碳 (Deep Decarbonization)。由結合英國能源氣候智庫 (Energy & Climate Intelligence Unit)等多個組織所共

同盤點的各個國家、州及城市的碳排放現況與溫室氣體減量目標，目前國際上已有超過 20 個國家將淨零排放目標入法，包括如日本、南韓、加拿大、德國、丹麥、英國、歐盟等超過 20 個國家或地區將淨零排放目標入法；另已有包括新加坡、中國、菲律賓、美國、義大利、澳洲等超過 70 個國家將淨零排放或減排目標納入政策文件中。

為了協助各國決策者面對淨零排放的積極目標，國際能源總署(International Energy Agency, IEA)亦已於 2021 年 5 月發布「2050 淨零－全球能源部門路徑圖」 (Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)報告，其內容提及實現 2050 年全球淨零排放的路徑及氣候策略，盼有助各國制定能源相關政策。

「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)於 104 年 7 月 1 日公布施行，係我國第一部明確授權政府因應氣候變遷的法律。然而，氣候變遷問題日趨嚴峻，在許多國家陸續宣示國家減量目標為 2050 年(或 2060 年)達到淨零排放時，我國溫管法第 4 條之法定目標仍為民國 139 年降至民國 94 年之排放量 50%以下，各界期待政府提出更積極的長期減量目標，因此行政院環境保護署(以下簡稱環保署)已於 109 年啟動溫管法修法作業，後於 110 年 10 月 21 日預告修正「溫室氣體減量及管理法」，擬將名稱修改為「氣候變遷因應法」，並於 111 年 2 月 7 日將法案草案報行政院審查，主要修正重點包含 2050 年淨零排放目標入法、提升層級強化氣候治理、增訂氣候變遷調適專章、強化排放管制及誘因機制促進減量、徵收碳費專款專用等，以期積極回應國際趨勢及強化國內減量作為。為達成 2050 年淨零排放目標，行政院已於 111 年 4 月 21 日通過「溫室氣體減量及管理法」修正草案，將法案名稱修改為「氣候變遷因應法」，並函請立法院審議。

由於氣候變遷涵蓋面向廣泛，需各部會協力合作推動，故行政院自 105 年 6 月 24 日即召開「推動溫室氣體減量、氣候變遷調適事項分工整合會議」，確立溫管法第 8 條部會分工及第 9 條各部門別之中央目的事業主管機關，交通部為第 8 條第 4 款(運輸管理、大眾運輸系統發展及其他運輸部門溫室氣體減量)與第 5 款(低碳能源運具使用)推動事項之主辦機關，且為第 9 條推動運輸部門減量之中央目的事業主管機關，需依循溫室氣體減量推動方案(以下簡稱推動方案)訂定運輸部門溫室氣體排放管制行動方案

(以下簡稱行動方案)、每年 9 月 30 日前編寫執行排放管制成果報告並報請行政院核定、每年提交階段管制目標執行狀況予環保署彙整。

因此，為達成國家長期減量目標，溫管法第 11 條授權訂定以 5 年為一階段之階段管制目標，行政院 107 年 1 月核定第一期溫室氣體階段管制目標，我國整體目標為 109 年需較 94 年(基準年)減量 2%，運輸部門所分配到之減量目標同為 2%。110 年 9 月行政院亦已核定第二期階段管制目標，我國整體目標為 114 年需較 94 年(基準年)減量 10%，運輸部門所分配到之減量目標為 35.410 $MtCO_2e$，較基準年減量 6.79%。交通部即據以修訂行動方案並定期提報執行狀況。

遂於 2022 年 3 月由國發會正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提供至 2050 年淨零排放之軌跡與行動路徑，以促進關鍵領域之技術、研究與創新，引導產業綠色轉型，帶動新一波經濟成長，並期盼在不同關鍵里程碑下，促進綠色融資與增加投資，確保公平與銜接過渡時期。

因此，本計畫除蒐研國際間主要國家運輸部門減碳策略外，並依據交通部「2020 運輸政策白皮書」綠運輸分冊之「減少能源消耗及溫室氣體排放」政策目標、「溫室氣體減量及管理法」(以下簡稱溫管法)、「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，建立運輸部門 2050 年深度減碳評估模型架構，以協助因應我國淨零排放政策及相關施政作為之減碳效益評估分析，且針對第三期運輸部門減量目標及行動方案之強化作為進行研析，另彙編行動方案之成果報告。此外，亦協助交通部研擬綠運輸相關路徑藍圖之規劃與統整「綠運輸及運具電氣化」的路徑藍圖與減碳效益評估，進一步配合行政院政策推動 2050 年淨零排放等相關工作。

二、重要研究成果

1.國際間主要國家 ASI 相關策略作法

本計畫已針對國際間主要國家 ASI 相關策略與作法進行蒐研，包括降低私人運具的使用(如強化步行及自行車的友善、安全用路環境等)、推廣低碳運具使用(如推廣電動化運具、部署充電基礎設施等)、改變人們的運輸行為模式(如教育宣導、誘因機制、價格訊號或強制手段等)等具體計畫或策略，以及國際間重大事件(如新冠肺炎疫情、烏俄戰爭)對運輸部門溫室氣體排放策略之影響，以掌握各國運輸部門相關減量策略及施政方向，俾供我國研擬相關策略(如第二期管制行動方案、執行方案等)之參考。此外，本計畫團隊亦派員出席 COP27，持續掌握國際間運輸部門減量策略最新發展情勢。

經由各國倡議及 COP27 觀察，有幾個重點議題值得持續追蹤：

(1) 國際碳市場與碳定價的發展

(2) 國際航空與航運納入 MRV

(3) 公共運輸與包容式運輸的再設計

(4) 運輸行為改變需要從生活引導

(5) 貨車電動化的技術發展

2.「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」

根據國家溫室氣體排放清冊最新統計，我國 2021 年運輸部門溫室氣體排放量超過 95%來自公路運輸，使公路運輸的溫室氣體排放量增減是影響總排放量的關鍵因素，且公路運輸排放量組成又主要來自自用小客車及機車排放。因此，根據最新溫室氣體排放統計分析結果，本計畫為協助運研所擬定運輸部門 2050 年淨零排放策略及「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，除根據第一期既有措施強化外，亦參酌國際間最新運輸部門減量策略，完成「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，並於

9 月 16 日由行政院核定。此外，本計畫亦協助運研所檢核地方政府之執行方案，使運輸部門逐步邁向 2050 年淨零排放目標。

3.我國運輸部門 2050 年淨零排放願景與策略藍圖

本計畫已完成我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑藍圖之研究方法和流程建議，擬定八大執行步驟，包括社會溝通與淨零排放發展環境建構等質性評估等執行步驟。首先，經由國內外政策發展現況比較，可知低碳交通所肩負的使命不只是排放減量，而須在兼顧空間規劃、經濟活動、社會公平及社會包容下，規劃具有戰略思維的多元框架與策略。需要同時考量國際事件的衝擊、能源市場波動、車輛技術發展、國際氣候協商與角力演變、國際碳市場與邊境調整機制等國際情勢；也需要同時顧及國內民眾對氣候變遷及積極減量的認知與接受度、國內基礎設施與硬體環境的滿足、相關法規修正的期程、加速民眾行為改變的誘因與機制、國內跨領域跨部門的協同運作，以及目前已擬具的運輸部門 2050 年淨零排放路徑及行動計畫。

在考量因素及環境變數眾多的情況下，本計畫建議藉由策略規劃及回溯方法以建構一套系統性資訊蒐集彙整分析、各界專家與利害關係人意見徵集、資訊判讀比較、資訊歸納收斂轉化情境、沙盤推演模擬評估、擬具策略進行思辯的過程，是面對影響層面廣泛時間尺度較長的政策制定必要的工作。為此，本計畫提出策略規劃的八大步驟評估流程，可做為後續規劃運輸部門 2050 年淨零排放路徑與策略藍圖的執行參考。

4.我國各運具能源消費量及溫室氣體排放量推估結果

本計畫已依各運具別分別計算其能源消費量及能源密集度，並依不同燃料及電力之使用，透過係數轉換完成各運具別溫室氣體排放量推估。在計算排放量前，本計畫優先針對運具的「溫室氣體排放」與運具的「能源密集度」兩類指標進行檢定，除可掌握各運具別溫室氣體排放與能源消費趨勢外，亦能合理預測未來各運具別能源消費量及溫室氣體排放量。

5.我國溫室氣體排放量評估模型建置與基線推估結果

本計畫以工具箱概念規劃評估模型，內涵計量方法、CGE(Computable General Equilibrium)模型、長期能源替代規劃系統 LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning System)模型、個別減碳策略評估工具。這些工具分別在兩階段進行，第一階段為基線推估，同時由計量方法、CGE、LEAP 進行基線推估，並藉由共同產出，即能源消費量，進行模型比較，確認不同方法對未來能源消費趨勢推估的一致性。第二階段為政策評估階段，全面性政策由 CGE 啟動評估，技術面策略由 LEAP 進行評估。本年度已完成 3 個模型 2050 年之能源消費基線推估；同時，本計畫也提出各項工具更新頻率建議，以維持模型評估結果的正確性。

三、研究建議

1. ASI 策略進一步深化並確保 2050 年淨零排放目標

我國大部分運輸策略的推動方向與國際一致，部分作為可再強化。包含：(1)運輸需求管理：我國策略較欠缺強制性的手段，將影響交通管理執行力道，另可強化運輸需求管理，鼓勵遠距生活的推廣及教育之實施。(2)運輸模式轉移：建議研擬除補助獎勵之外的其他誘因機制，例如整合公共運輸綠點、人本主動式運輸(步行與自行車)及共享運輸服務之商業模式，提供整合式服務與獎勵誘因；另外，國際上諸多國家皆已宣示或立法電動車輛發展目標，以逐步降低化石燃料之使用，我國國家整體淨零排放路徑亦納入 2030 年電動機車市售比 35%、電動車市售比 30%；2040 年電動機車及電動車市售比 100%之目標，因此建議完備電動運具使用環境迫在眉睫。(3)效率改善：建議同步考量其他永續能源使用及智慧運輸之發展，透過案例或示範，擴大應用場域。

2.「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」

第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案必須銜接 2050 年淨零排放路徑，因此對於目前執行成果，仍需要更具企圖心的減碳方法，來使原來的溫管法 2050 年目標邁向淨零排放。而目前提出淨零排放策略藍圖，還需要進一步檢視策略減量潛力、策略彼此間競合及外部條件變化，如碳費，對於運輸部門淨零排放路徑之影響。

3.我國運輸部門 2050 年淨零排放願景與策略藍圖

本計畫首次引入策略規劃方法來為淨零排放目標規劃長期策略配套。與過去量化評估最大差異，在於透過系統性方法將各界意見與資訊蒐集，轉化為策略擬定的有用資訊，同時分析政策彼此間可能存在的交互影響，藉以判斷在不同階段較適當的策略組合與前後策略銜接的必要條件。惟這種結合量化與質性分析的研究方法，需要觸及相當廣泛的利害關係人，才能讓蒐集回來的資訊有更好的參考價值，其次還要能充分地將資訊轉化為可以設計的機制，無論是否可以量化，因此需要多元專業的人才參與，建議可透過多場次多元對象多元型態的溝通、論壇、工作坊、專家諮詢、訪

談或問卷來取得這些資訊，並借助跨領域專家收斂意見，做為未來情境設計參考依據。本計畫也針對整個 2050 年策略規劃提出未來 4 年分年研究重點建議。

4.我國各運具能源消費量及溫室氣體排放量推估結果

2021 年受到疫情及三級警戒影響，我國各運具能源消費量及溫室氣體排放量皆出現下降，從 IEA 研究也發現疫情之後運輸部門的溫室氣體排放出現反彈，目前仍未能看到反彈持續的時間與幅度，這取決於一個社會或經濟體系對於疫情的抵抗力與韌性而定。因此建議後續在推估下一年排放量時，應持續留意疫情後的反彈情況。此外，鑒於電動車數量的快速攀升，建議後續推估能源消費量與排放量時，應特別將電動車輛細緻化考量，以便適度反映運具電動化對運輸部門整體溫室氣體排放及能源密集度之影響。

5.我國溫室氣體排放量評估模型建置與基線推估結果

本年度已完成 2050 年基線推估，後續除非近 2 年內出現如疫情一般的重大事件，否則建議基線以 2 至 3 年的更新頻率為宜。因此後續模型建置工作，將以情境評估為主。配合策略規劃的 4 年期程，建議模型情境評估分為兩階段工作，第一階段 2023 至 2024 年，就策略規劃前期意見徵集與收斂過程中所產生大家關注的議題，先進行預先策略模擬，其目的一方面掌握每項策略可能產生的減量效果及對社會及經濟產生的間接影響，另方面藉由敏感度分析掌握策略彼此間的交互作用及競合。第二階段 2025 至 2026 年，隨著策略規劃政策情境逐漸收斂，可行的策略配套與潛在路徑應可進行細部規劃，因此模型評估可進入實質評估階段，針對候選的策略配套進行模擬分析。

6.應整合過去相關研究成果成為淨零排放策略研擬之助力

經由國際倡議與政策前沿的彙整，本計畫發現國內過去對於當前國際上認為存在減量潛力的策略早已具備基礎研究成果，例如需求反應運輸系統、包容式運輸，只是這些研究基於本身研究目的，未能與淨零排放目標加以整合，因此對於這些研究，本計畫建議可在融入策略規劃情境過程中，

針對淨零排放挖掘出進一步深化研究的需求。其次，對於行為面的策略，相對較缺乏生活融入的觀察，也因此較難論證哪些策略可以有效促進民眾行為改變，因此建議未來可藉由行為理論進行實證分析。其三，本計畫在報告中曾提及，運輸部門在滿足淨零排放目標之餘，還必須是具有包容性、兼顧社會公平與城市發展的多元角色，因此過去單純以溫室氣體減量、能源密集度、公共運輸市佔率等做為觀察指標的習慣，也必須加以調整，嘗試尋找可以反映社會包容或人本運輸的指標，來說明運輸部門在其他面向的貢獻。

附錄 2

期中報告審查意見及辦理情形

附錄 2、期中報告審查意見及處理情形

IOT-111-TCB001

建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—

模型建構與減碳工作推動

期中報告審查意見辦理情形表

執行單位：財團法人中華經濟研究院

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
臺北市政府交通局陳副局長榮明(含書面意見)		
1. 章節架構希能重新調整，以利閱讀及瞭解整個內文。	感謝委員指教，整體架構將重新調整後呈現於期末報告中。	同意
2. 第 1-11 頁內文中有用第一階段、第二階段又有第一分項及第二分項工作，能再檢視修正一致或說明清楚。	關於分項、階段的分配劃分，整體架構將重新調整後呈現於期末報告中。	同意
3. 第 2-17、8-3 等頁，名詞應檢視統一如電動車(電汽車)、淨零綠(淨零路)。	針對名詞使用將重新審視調整、統一用詞，並於期末報告中修正。	同意
4. 第 2-37 頁評估模型功能及內涵應可明確一點(含減碳或路徑)，以利瞭解及爾後應用。	第 2-37 頁所提策略規劃方法係為一個以系統性彙整可能內外部環境與條件，假設可能情境並進行戰略模擬，最後制訂戰略的方法，因此方法中所涵蓋的構面與涉及的戰略皆將形成後續進行模型建構及量化評估的情境設計基礎。然不同層級或不同解析度的評估對象，適用的模型也應有不同，為此，本年度將在初步擬具的策略規劃戰略下，針對未來可能情境，提出適當量化評估工具，並說明工具之功能與彼此間關聯。	同意
5. 第 3-3 頁既然是運輸部門，應可找陸海空部分，並分別將國內外的措施比較。	基於運輸部門的完整性，本計畫會於期末報告補充海空領域的相關措施。惟由於目前國際航運(包括海空)之排放國際上仍未明確納入減排要求中，而國內之運輸部門溫室氣體排放，公路運輸排放	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	占比超過95%，為減量重點，因此仍將以陸路運輸(尤其是公路運輸)為主要討論對象。	
6. 第4-28頁文章中所舉“短程-步行V.S 電動車產業”相互矛盾的情形，應可再檢視修正，並且可將未來在都市計畫面的規劃納入考量，用以鼓勵綠運輸或綠生活。	該段文字主要表達就各大策略擬定細部計畫時，應留意政策彼此之間可能存在的扞格或競合。期末報告將仔細論述，並強調政策彼此間的配套，包括未來在都市計畫時，應將此問題納入考量，並全面性評估，藉以在實踐淨零排放過程中兼顧經濟成長。	同意
7. 第8-3頁表8-1及8.2節內容，應可與第3-3頁表3.1的結合論述。	針對本計畫報告第3.1節及第8.2節內容整合部分，本計畫已重新檢視各工作項目之研究成果，並針對重要結論進行整合說明。	同意
淡江大學廖教授慧珠(含書面意見)		
1. 第1-4頁插入註釋之註腳標號7建議使用小字體，有多頁都有此現象。	本計畫已重新檢視報告中表格格式，並配合出版品格式修訂。	同意
2. 第2-2頁呼應全球開始注意源頭管理，應更重視ASI中Avoid避免的策略，讓許多交通活動從一開始就選擇不會排碳的運輸工具(如騎自行車)，或低排碳的經濟活動(以視訊會議替代實體會議，可以減少許多參與人員因開車而增加的碳排放)。	後續將持續針對國際間ASI最新發展趨勢與策略，納入本計畫之政策參酌方向。	同意
3. 第2-11頁與第2-16頁在2-2節文中所提及瑞典所推出的輕型車輛紅利系統，應是個不錯的作法，但並未納入第2-16頁表2-2國內外運輸策略表中。	謝謝委員指教，已將前述國際策略之推動概念綜整之後，納入表2-2國內外運輸策略表中，請見「運具移轉」、「國際重點推動策略」欄位，文字如下「提供零(低)排放運具獎勵措施(如購車補助、稅費減免)，並調升高碳排運具之相關稅費」。	同意
4. 第2-18頁表2-3第1欄第2列所提“全球輕型車輛占比”，歐盟為14.6%；而“電動輕型車輛市場占比”歐盟為14.8%，不知這兩個	謝謝委員指教，有關表2-3委員所提之指標分母不相同，計算方式說明如下：	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
占比的分母是否相同？若相同，則似乎不合理。按理言，輕型車輛應包括所有類型的輕型車，若前者為 14.6%，後者應低於 14.6%才合理。	(1)「全球輕型車輛銷售占比(Share of global LDV sales)」之分母為全球輕型車輛銷售數量，而分子為該國家之輕型車輛銷售數量。 (2)「電動輕型車輛市場占比(Electric LDV market share)」之分母為全球電動輕型車銷售數量，而分子為該國家之電動輕型車銷售數量。	
5. 第 2-51 頁最後一段第一行俄烏戰爭應是起自於 2 月 24 日，此處誤植為 3 月 24 日。	針對本計畫報告內容誤植處，後續將重新審視調整，已於期末報告中修正。	同意
6. 第 4-23 頁所盤點各項減碳工具，未見負碳排放。最近負碳排放在全球發展日夯，美國能源部於今年 7 月 20 日才召開一個國際會議，Carbon Negative Shot，目的是要建設百萬瓩(GW)級的負碳排放機制，建議可多參考。未來負碳排放會採用碳排及收集錬，利用管線將所有的碳排放收集起來後，再進行儲藏或使用。。	有關國際肩負碳排放最新發展動態與趨勢，本計畫已持續蒐研相關資訊與文獻，並補充於期末報告中，以納入政策建議之參考。	同意
國立成功大學鄭助理教授祖睿(含書面意見)		
1. 建議章節調整，依案例尺度(國家-地區-城市)整理，並加強案例與模型的關聯。	感謝委員指教，整體架構將重新調整，並加強各章節的連結度，呈現於期末報告中。	同意
2. A-S-I 有其步驟性:先運用需求減量 (Avoid)，其次為運具移轉 (Shift)，最後再採用技術改善 (Improve)。	感謝委員建議，本計畫後續將持續針對國際間 ASI 最新發展趨勢與策略，並已針對 ASI 順序與步驟納入本計畫之政策參酌方向。	同意
3. 國外文獻部分可進一步參考下列資訊： (1)美國 Inflation Reduction Act (2)西班牙 Sustainable Mobility Law (3)ISO 14083 (EN16258) (4)Tracker of Climate Strategies for Transport (5)Transport Climate Action Directory	本計畫已針對委員所提之參考資料納入參酌研析，並藉由委員提供之資料庫進行更全面的國際資訊掌握，以回饋至本計畫之推動執行。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
(6)REN21		
4. LEAP 模型是否可考慮土地使用、與運輸碳排計算方程式 ASIF(活動-結構-能源密集度-燃助使用)有何異同？碳排計算中，車輛部分是否可以再細分成一般車或 7 人座？LEAP 模型是否考慮客貨運的載重因子(Load factor)？是否考慮內河航運船舶類型？能源的 Bottom-up 對交通而言其實是它的 Top-down，這會導致如果以能源為主去計算交通碳排和以交通為主去計算碳排，數字會是不一致的。對於交通而言，透過 ASIF 較能做出準確的估算。	LEAP 主要功能係提供方便操作的計算介面，其背後的計算原則或公式端視建構者的資料內容、資料的細緻程度、變數間的關聯等而建構，因此基本的計算邏輯應與 ASIF 一致。 因此，就功能本身而言，要在 LEAP 中依車型、車款，或是載重因子來建構模式是可以做到的，惟必須考量評估目的及資料能否取得的問題。本計畫目的在計算運輸部門排放趨勢及如何透過各項減量策略達成淨零排放目標，在此前提下，對於排放占比較小、或燃油效率差異不致明顯影響結果的分類、或無法在有限時間內完成的細緻分類，皆建議可在基本功能完成後再逐步細緻化。 運輸部門的排放計算在本計畫執行之前，已有相當長的相關研究累積成果，因此目前已存在由能源統計計算的運輸部門 Top-down 排放量，以及由 ASIF 計算的 Bottom-up 排放量，確實兩者存在差異，過去也曾由資料來源差異、計算方法差異等不同原因，釐清差異的來源，目前採取的作法是以 Top-down 的排放量做為國家運輸部門排放總量之控制項，並以該總量調整由 ASIF 計算而得之運具-燃料別排放量，以求兩種計算方法計算結果之一致。	同意
5. 第 2-16 頁表 2-2 案例中部分 A 與 I 案例需調整。 第 3-3 頁表 3-1 可加入公務車電動化與充電樁行動措施。	謝謝委員指教，已調整表格中部分案例，唯部分策略或措施並非獨立屬於 A 或 I，因此在表中歸類時可能會有所差異，但皆會同步考量整體策略面向，以通盤納入建議新增或強化之策略。另有關表 3-1，第二期行動方案內容規劃，已涵蓋公務車電動化與充電樁布建等	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	行動措施，後續將於期末報告中補充說明。	
6. 疫情後交通運輸型態改變須考慮，例如：對大眾運輸市占比及運輸量的影響、在家工作導致上下班離尖峰時段改變對交通運輸規劃造成的影響。	謝謝委員指教，新冠肺炎疫情發展確實影響交通運輸型態改變，爰本計畫亦針對疫情影響納入本計畫政策建議之參考。	同意
7. 可參考英國目前高等法院要求政府提出氣候變遷策略的實際作法。	謝謝委員指教，已針對委員所提之參考資料進行蒐研，並納入期末報告中。	同意
地球公民基金會		
1. 在過往參考國外運輸相關案例時，很少放入以機車為主要運輸的國家，或許可以考慮納入東南亞國家在面對機車為主要運輸的社會時，所做出的想像及挑戰。	本計畫已納入印度、泰國等東南亞國家之案例。以印度為例，印度是全球二輪電動車最大的市場，已蒐研 FAME-II 計畫，包含電動機車之購買獎勵的補助、支持充(換)電基礎設施發展之政策等。	同意
2. 國外案例中所執行的政策及規劃，對應到我國，有哪些是屬於中央政府可以來執行的？有哪些是歸屬於地方政府？建請補充說明。	謝謝委員指教，以擴大運輸管理的策略為例，地方政府的確可依地方自治劃設低排放區或徵收擁擠費，但通常若無中央明確政策方向或規範支持，地方政府於管制面之力道難以加強。因此我國運輸減量政策之落實，確實需要中央及地方政府共同協力推動。	同意
3. 在案例分析當中幾乎都有提到要做民眾運輸行為改變的這件事情需要花費大量時間，同時也牽涉到民眾的教育，因此在這次計畫當中或者政策執行上，是否有辦法將所計算出的各項運具能源消費量直接提供給民眾進行了解及進行長期的教育宣導？建請補充說明。	讓民眾可以隨時獲知他的每一個行動所產生的排放量，確實可有效提醒並將淨零排放的習慣深植在生活當中。針對日常生活及交通過程的排放計算工具，目前環保署有提供「活動碳排放量計算器」，可達到類似目的，惟該計算器仍屬於被動等待，若民眾不知道或沒有習慣隨時上該網站查詢，也很難達到隨時提醒或取得民眾關注的目的。因此，可將此類計算器融入各式生活介面，如手機 APP 或經常使用的社群、或與健康 APP 整合、或與公共運輸場站及智慧資訊系	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	統整合，皆能提高民眾觸及與習慣留意的機會。	
4. 在政策實行時，面對國外案例進行路權重劃提升公共運輸空間，若我國也要提升道路空間規劃時要如何與既有的國土規劃、道路規劃進行連結？建請補充說明。	有關國際間針對提升公共運輸空間相關資訊，後續本計畫持續掌握相關資訊，並參採國內現行國土規劃方向，以做為未來運輸部門道路規劃與策略之參考依據。	同意
5. 運輸部門執行長期減碳規劃時，面對公正轉型的議題，如在執行第 3-3 頁與第 8-3 頁中現行或新增、強化的重點措施時，怎麼樣讓因運輸行為改變而受到影響的人有一些可行的輔導計畫，亦請補充說明。	公正轉型議題應由社會整體發展與結構切入，再搭配運輸部門各項策略檢視討論，更重要的是公民在政策擬定過程中的參與。目前搭配環保署淨零綠生活關鍵戰略的推動工作，首先透過公民咖啡館來促進公民參與及表達意見的機會，同時也建議透過培訓、工作坊、競賽等多元形式，讓長期減碳工作融入日常。	同意
台灣環境規劃協會		
1. 國際資料可增補下列資訊： (1)American Council for an Energy-Efficient Economy, ACEEE 於 4 月份公布的國際能源效率評分卡。 (2)IEA: A 10-Point Plan to Cut Oil Use。 (3)Intergovernmental Panel on Climate Change: AR6-WG III 第十章。	謝謝委員指教，已針對委員所提之參考資料進行蒐研，並納入期末報告中。	同意
2. 過往運輸部門溫室氣體排放資訊的資料庫皆由各計畫團體進行維護，但在近兩年，此平台卻消失了。因此，在此計畫中是否能夠再將此平台整理出來？建請補充說明。	關於近期資訊安全問題受到強烈攻擊，所以依行政院規定，暫時關閉。本計畫已對此內部做相關評估與檢討建議。	同意
3. 去年臺綜院能源統計計畫中，針對運輸部門進行問卷調查後所蒐集到的資料是否具有可以與本次計畫進行資料整合的可能性？以減少在盤查資訊時進行重複的工作。	由於經濟部能源局能源統計，在運輸形式部分係分為公路、國內航空、國內水運、軌道、管線運輸五大類；在能源類別則有汽油、柴油、電力；在統計方法上則是由能源供給端進行統計，因此無	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	法提供 ASIF 的運具別更細緻資訊，這會影響到後續運輸部門細部計畫減碳量計算的細緻程度。因此目前本計畫採取以能源統計為基礎計算而得之運輸部門排放量為總數，調整以 ASIF 為基礎計算的運具別排放量，以確保同時滿足資料一致性及評估的需求。	
4. 環保署空汙清冊中針對運輸部門的現有調查資料有更細分為縣市別的分配、縣市別重型運具的分配、機車運具的分配，這些資料在本次計畫盤查項目中能否進行加值應用？建請補充說明。	環保署空氣汙染排放清冊係由能源局能源平衡表取得公路運輸油耗量，再由縣市別車輛數及使用率計得各縣市各車種用油量，再經過平均耗油率計算各縣市各車種行駛里程，最後依道路車流量及道路網格長度計算網格車行駛里程分配。雖然該清冊並未計算溫室氣體排放，但相同的邏輯亦可自行計得縣市別各車種溫室氣體排放。惟由於空氣汙染問題通常發生在特定時段或局部地區，影響範疇與溫室氣體有些不同，空汙問題需要網格的高解析度排放數據，但溫室氣體排放更需要聚焦於長期的排放累積，且其影響並不局限於特定區域，因此縣市別各車種的溫室氣體排放量有其參考價值，但並非需要優先建構的資料。	同意
5. 附件二基線推估中寫到，歷史資料為 1990 年到 2008 年、預測時間為 2009 年到 2025 年，不知是否為誤植？建請釐清。	期中審查簡報附件二是文獻回顧時，在文獻中使用的模型及其資料期間。本計畫使用的歷史資料係由 1990 至 2020，預測年度則為 2021 至 2050 年。	同意
6. 工研院進行中長程減碳模型時有嘗試校準運輸上的數據，這是否與此計畫有所重複？運具分類可以再細分。	針對不同政策規劃，於各種評估模型中皆需進行校準步驟，惟每個模型因為分析的重點部門不同，校準時也會有些差異。爰本計畫旨針對運輸部門 2050 年淨零排放路徑及相關策略進行評估分析，因此必須掌握細分運具的能源消費及排放量，同時為了後續能夠評估減量	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	細部計畫之減碳效益，也必須適時地納入細部計畫涉及的相關變數，例如各運具運量、公共運輸使用率、行駛里程等，因此應與其他團隊進行中長程減碳模型有所差異。	
淡江大學羅教授孝賢(書面意見)		
1. 本計畫包括 2 分項工作，分別為建構運輸部門 2050 年深度減碳評估模型與減碳措施效益評估、淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作，目前為期中階段，相關工作內容與執行進度及對應章節，清楚明確。已完成部分多屬國內外資料蒐集工作，具體分析與建模持續進行。	感謝委員指教，後續的具體分析與建模內容已於期末報告中完整呈現。	同意
2. 環顧各國發展趨勢，永續運輸策略三大主軸；避免(Avoid)、移轉(Shift)、改善(Improve)中，目前仍多以效率改善佔大宗，移轉居次，避免的策略最末，後二者屬運輸行為的改變，有長期性的效果且需長期推動始能見效。國內執行現況亦有類似處境，諸如：公共運輸與步行、自行車使用習慣的養成、WFH、網路替代馬路等運輸行為的改變相當不容易，相關推動策略須在給與取(Give-&Take)、推與拉(Push-&-Pull)充分配合且須長期致力始有機會取得成效，目前多在胡蘿蔔-給(Give)與拉(Pull)上有些努力，屬於棒子-取(Take)與推(Push)的抑制性策略則鮮少執行，究其癥結在於民選首長偏向於「討好」而非「求好」的政策取向，亦造成諸多資源投入鼓勵使用公共運具卻多成效不彰的結果。上述現象相當普遍，對於 2050 年淨零家園的政策目標將是最大	感謝委員指教，確實行為改變永遠是政策推動最難以帶動的部分。但由於現在民眾接觸資訊的速度及群體效應所造成的一窩蜂現象，也許有助於降低新型態技術與商業模式的進入障礙，惟如何確保進入後能持續使用並內化成觀念與習慣的改變，仍有待長期的努力與經營。本計畫已於運輸部門 2050 年淨零排放策略規劃上除參酌國際間永續運輸策略 ASI 三大主軸策略外，亦整合國內現況與未來發展，研提可行策略，藉以降低國內執行挑戰，以完善運輸部門減量之整體規劃。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
挑戰，團隊在推動執行的規劃與設計上可再深入思考。		
3. 溫室氣體減量與減碳工作推動過程中，中央與地方政府在政策面與執行面個別的角色與分工，施政願景目標的建立能否相輔相成搭配無間，甚至民間力量的導入、公私協作的機制，均將影響未來目標的達成。諸如：推動公共運輸、加強運輸需求管理等，執行層面多屬地方政府事務，中央政府如何發揮角色功能，交通部與其他中央部會間如何協調，在實際推動工作上亟需具體化。以此次長期疫情的影響為例，在交通行為上可以觀察到一些有利有弊的明顯改變，如：WFH 在多年發想推動少有成效的情況下，有機會成真，如何善用此一時機，結合公私部門擴大推動在家上班？另外尚有公共運輸使用率懸崖式顯著下滑、私人運具持有顯著上升的問題，疫後如何改變？諸多問題與現象值得探討。	感謝委員指教，本計畫認為疫情帶來的改變是否能成為新常態，是當前運輸部門減排相當重要的議題，故本計畫建議後續應針對此議題深入研究。另，中央與地方的協調確實相當重要，在目前的運作機制下，中央多半演方向引導、目標統籌、跨部會協調的角色，而執行工作則由縣市政府辦理。但在溝通過程中，也發現各縣市政府基於地方特性與基礎建設差異，無論是對自己城市的願景，或減排執行工作的規劃皆是各異其趣，部分縣市更是相當具有創意及企圖心。爰促進城市之間的經驗交流或可提供一些更前瞻性的改變契機。	同意
4. 運輸模式移轉的商業模式是推廣公共運輸的關鍵，「補貼、補貼、還是補貼」的政策思維須與時俱進。在智慧科技的引領下，創新的服務模式、商業模式是彌平公共運輸縫隙、移轉私人運具需求的機會，合理的服務模式是商模可行的前提，也是公共運輸永續的關鍵。	感謝委員指教，有關商業模式係是推廣公共運輸的關鍵，本計畫已針對相關案例進行探討分析，並納入期末報告中明。	同意
5. 以回溯法(Backcasting Approach)進行減碳路徑與藍圖的策略規劃是適當的方法，惟須有明確的願景，以及面對各種可能的未來中找出首選(Preferred Future)，並回溯推估各個里程碑的排放基線與須完成的工作，盤點所需資源與	謝謝委員指教，本計畫持續根據回溯法評估流程與步驟進行評估分析，並建議做為未來政策推動之參考依據。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
政策工具配套，最後據以進行評估與控管。此一作法迥異於過去單以預測(Forecasting)方式投射發展趨勢與軌跡的發散方式，值得期待。		
6. 第 6-10 頁請確認表 6-6 上方行「以下列出 7/15 之前…」文字的意義。	謝謝委員指教，本計畫已重新審視報告內容與用詞，並修正與更新於期末報告中。	同意
行政院環境保護署黃副處長偉鳴(書面意見)		
1. 第 2-1 頁本計畫依據 UNDESA 所揭示永續運輸報告三大主軸 ASI 進行相關資料蒐集，並整理 P2-16 表 2-2 國內外運輸策略對應表，為這些措施未來如何融入相關情景設計及模型運算？建請補充說明。	透過 UNDESA 所揭示 ASI 相關策略資訊，可知各項策略的推動對情境或模型而言，至少會呈現兩部分的訊息：做甚麼事、產生甚麼效果。做甚麼事是指透過甚麼政策工具進行該策略，例如透過購車補助來進行電動公車購置；產生甚麼效果指電動公車購置後，是帶來更多的私人運輸轉乘公共運輸，或者是電動公車取代了原有的柴油公車。有了這些資訊後，就可以從政策工具選擇(如補貼購車、補貼幾輛、補貼率)及產生效果的範疇或強度(如減少了幾輛柴油公車)的高低來進行情境設計，並找到適當模型進行評估。顯然情境與模型的設定與策略及政策工具的選擇息息相關，在 ASI 的架構下，產生的影響或效果，至少可體現在總運量的減少、運量在不同運具的分布結構、各運具能源消費效率及低碳能源車輛等技術層面的改變上。本計畫以策略規劃所彙整的策略為基礎，進行情境與模型的設定。	同意
2. 第 2-6 頁 2.1.2 節提出國際間建置綠色運具導向之交通環境，主要電動化設施，但也不免提及電動車發展目標及作法，部分內容與 2.2.1 節推動運具電動化相似，建議考慮整併。	謝謝委員指教，第 2.1.2 節及第 2.2.1 節雖然都是探討運具電動化之國際趨勢，但因分析之切入點與面向不盡相同，因此仍考量分節論述，前述章節編排的邏輯與考量說明如下：	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	(1)第 2.1 節係依據 A、S、I 策略架構分小節摘述各國作法，因此第 2.1.2 節重點為運具移轉(S)，是以主要國家(或地區)為分析標的，納入其電動化推廣目標及達成目標所需之推動作法。 (2)第 2.2.1 節則是聚焦於 IEA2022 年出版之「全球電動車展望」報告，進行深入探討，再依據不同車輛類別(輕型車、中重型車)及基礎設施進行政策發展之探討與分析。	
3. 第 2-11 頁本計畫資料蒐集龐大，值得肯定，但是任何措施一定有其困難及失敗情況，並非均為完美。以美國所推動 CVRP 計畫，在今年 8 月就已有新聞指出因為財源不足，民眾等候多時尚未取得退款。這樣訊息也是提醒決策者，要考量財源之穩定性。	謝謝委員指教，諸多誘因機制之策略的確需考量補助款項財源之穩定性，本計畫在蒐研國際資訊時，已同步關注推動作法之後續執行進展，並納入研究建議中參酌。	同意
4. 第 2-40 頁本節提到減碳策略須慎重擬定，以避免反彈效果(Rebound effect)提高運輸部門排放。根據文獻，運輸部門反彈效果主要探討對象多為美國個人自用客車，請補充國內是否曾探討過運輸部門反彈效果。目前所提出工具如何探討反彈效果？建請補充說明。	謝謝委員指教，本計畫已針對國內外整體運輸部門反彈效果，說明其效果差異，並補充於期末報告中。	同意
5. 第 2-50 頁本節提到城市氣候領導聯盟所提之市長宣言優先考量行人及自行車使用者，若本計畫建議決策單位參採此宣言精神，請問如何納入模型評估或形成政策。	步行與自行車推動，無論是綠運輸政策或目前研商中的淨零排放策略，皆列為重要的減排策略之一。長期以來優先以營造步行及自行車環境為主要執行方向，後續應可整合綠運輸教育及誘因機制來形塑行為的改變。至於評估部分，由於行為改變屬長期且難以量化的成果，需要藉由質性分析方法必要時搭配問卷方式進行。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
6. 第 3-4 頁提及係結合 top-down 及 bottom-up 的方式，估算減量綜效缺口，建議補充說明這兩種不同屬性方法如何結合。	謝謝委員指教，有關本計畫擬將使用 top-down 及 bottom-up 模型評估工具，以估算減量缺口，故本計畫已於期末報告補充說明整體評估架構與步驟，並釐清各評估工具之差異。	同意
7. 第 4-7 頁這節提到歐盟提出「一攬子」減量工具，惟此用詞確屬少見；另 P4-3 與 P4-7 共同提到 National Atmospheric Emission Inventory，但是兩處翻譯均不相同。	謝謝委員指教，本計畫已重新審視與確認用詞，並於期末報告中修正。	同意
8. 第 5-1 頁所提到 LEAP 與第 5-6 頁所提到 LEAP 是否為同一模型。若是相同，環保署建構是各相關部門之整體評估工具，而本計畫僅單建構運輸部門(會搭配電力部門)是否足夠？建請補充說明。	由於環保署已建構整體評估之 LEAP 模型，因此本計畫僅就運輸部門之運具別建置，再搭配電力部門已因應運具電動化策略之排放計算所需，如此，在相同的計算邏輯與工具下，應可與環保署 LEAP 溝通，同時避免重複建置的情況。	同意
9. LEAP 本身是屬於 Bottom-up 能源工程模型，因屬 spreadsheet 特性，擴充相當容易，但是建構時仰賴大量資料及專家判定，本計畫也提到 AHP 等，請問後續如何與模型結合？建請補充說明。	AHP 會優先應用於策略規劃過程中，篩選重要訊息及情境時，也可能運用於對未來資訊(情境)存在不確定時，律定優先考量選項或可能的隨機空間。有關 LEAP 與 AHP 等方法之運用，本計畫已於期末報告中補充說明整體評估架構，並針對各評估工具使用之步驟，以釐清模型整合運用之方式。	同意
10. LEAP 模型如何處理運輸管理(Avoid)主軸之策略，對於行為改變之政策措施如何放入模型評估。	對於行為改變的政策措施，LEAP 需要與其他模型或工具整合才能進行評估。此外需要先區分策略情境的層次或層級，決定適當的整合工具，例如若造成行為改變的原因來自像碳費這樣具全面性影響範疇的政策，則會藉由 CGE 模型先模擬碳費造成的運具移轉效果，在由 LEAP 計算運具項下不同技術或次運具分類的排放。	同意
11. 本計畫提及要先建構基準情境，惟該情境如何建構宜有說明，特	原則上基線係定義在維持現有政策之下的排放趨勢，但在校估時，係由歷史	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
別是現階段已有淨零排放目標且有第二階段管制目標之相對應措施。	數據校估參數再推估未來趨勢，因此該趨勢更像是反應目前已實施政策下的排放趨勢。故本計畫已於期末報告中補充說明本計畫所建構之基線之基本假設，以釐清 2050 年淨零排放目標與第二期階段管制目標之相對效果。	
航政司(書面意見)		
1. 鑒於監察院前於 111.7.15 就綠運輸成效已有建議，除陸路運輸外，應關注並重視海、空運減碳作為，經檢視案附期中報告，以蒐研陸運溫室氣體減量及減碳資料為主，建議研究單位可考量嘗試於本計畫內蒐研海空運溫室氣體排放減量相關措施案例。	基於運輸部門的完整性，本計畫已於期末報告補充海空領域的相關措施。惟由於目前國際航運(包括海空)之排放國際上仍未明確納入減排要求中，而國內之運輸部門溫室氣體排放，公路運輸排放占比超過 95%，為減量重點，因此仍將以陸路運輸(尤其是公路運輸)為主要討論對象。	同意
交通部公路總局(書面意見)		
1. 第 1-11 至 12 頁及第 4-1 至 28 頁，經檢視 1.5 小節內容，本案報告工作項目之一係「建構運輸部門 2050 年淨零排放願景策略情境路徑藍圖之運作架構」，惟第四章內容部分敘述應屬文獻回顧範疇，僅於該章節圖 4-1，繪製我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑之評估架構與流程，建議第四章除回顧相關文獻外，應就我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑及其如何訂定質化或量化評估指標予以加強論述。	本計畫期末報告已重新調整章節安排，第二章保留國際運輸部門溫室氣體減量策略及中長期減碳路徑之資料蒐集與文獻回顧(第 2-1 至 2-64 頁)，而將我國 2050 年淨零排放願景-策略情境-路徑藍圖之規劃方法化分至第四章(第 4-1 至 4-29 頁)進行說明。	同意
2. 第 2-14 頁目前國外案例僅有英國、日本 2 國家的作法，建議可再多找幾個與本國有相同貨運運輸環境之作法，可供研究分析後，提出我國低碳物流貨運建議作法。	謝謝委員指教，已增補其他低碳物流或永續貨運相關國外案例(如瑞典、法國)於第 2.1.3 節「提升物流運輸系統及運具能源使用效率」(第 2-18 至 2-19 頁)。	同意
3. 第 8-1 頁淨零綠生活推動措施之內容，其中 4-2 項完備步行環境於本月 9 日環保署召開會議中已有修正，建議予以更新。	本計畫已重新調整章節架構，將原來期中報告 8.1 節部分移到期末報告驗收版本之附冊附錄 2.1.1 附 2-1 頁。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
4. 第 8-3 頁「表 8-1 淨零路生活推動措施」，建議修正為「表 8-1 淨零綠生活推動措施」。	本計畫已重新調整章節架構，將原來期中報告 8.2 節部分移到期末報告之附錄 2.1.2，原來之表 8-1 改為附表 3.1-2，該表標題修正為「表 3.1-2 淨零綠生活推動措施」，表中「4-2 完備步行環境」之具體行動也已依據最新會議決議修正，請見期末報告驗收版本之附冊附錄 2-4 頁。	同意
5. 「第七章、其他工作項目」、「第十五章、後續工作規劃」，依 1.4 小節「圖 1-2 本計畫執行架構流程」(P.1-11)，係分別論述第一分項工作、第二分項工作之後續工作項目，建議合併一章節論述，文章較易讀且具一致性。	本計畫已針對報告之分項、章節及架構重新審視調整。	同意
本所綜合技術組(含書面意見)		
1. 有關第 3 章溫管行動方案部分，報告中僅陳述重點修訂項目，欠缺全貌，請將第一期與第二期完整架構圖納入本文，並於附錄呈現完整第一期行動方案項目。	本計畫已重新調整並呈現完整研究架構圖。	同意
2. 有關量化評估工具部分(例如期中報告第 5.3.1 節 LEAP 模型、簡報第 30 頁數學工具)，請進一步評估後續本所持續運作與維護之成本(工具更新週期與投入人力經費)。	針對本計畫規劃使用之量化評估模型與工具，本計畫已進一步說明該評估模型與工作之運作規劃與維護成本等資訊。	同意
3. 簡報第 30 頁評估架構部分，於「策略規劃」方塊中，列有「我國相關政策」與「法令規範」等政府施政相關作法，這些作法如何轉換成為後續量化評估之所需要之變數，宜有進一步說明。	有關簡報第 30 頁「策略規劃」內容及相關作法，旨在協助交通部於規劃 2050 年淨零排放之工具，除可整合質化分析步驟外，亦可針對評估工具與所使用參變數納入量化分析，藉以完善政策推動之可行性評估，故本計畫已針對「策略規劃」每一步驟與內容，於期末報告中補充說明。	同意
4. 有關第 9 章溫管法修法部分，內容僅條列相關重要會議摘要，請於報告中以關鍵議題方式呈現修法過程之重要影響。	本計畫已重新調整研究架構圖。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
5. 有關期中報告第 10 章住商部門部分，第 10-3 頁第 2 段提及「...本計畫主要於此工作項目，係協助擔任交通部門的總窗口運輸研究所彙整前述各運輸單位填寫節能措施表...」一節，建議刪除「擔任交通部門的總窗口」文字，俾與實際情形相符。	感謝指教，本計畫已重新修正與檢視報告文字後，並呈現於期末報告中。	同意
6. 第 12 章部分，行政院已於 2020 年 11 月 18 日核定「能源轉型白皮書」，有關第 12 章對能源轉型白皮書的介紹，並非最新資訊，請修正。	感謝指教，本計畫已完成更新最新資料，並呈現於期末報告中。	同意
7. 第十一至十四章，有關支援本所辦理永續會、能源轉型白皮書、ALP 與其它事項，請整併成一章，並分節簡要陳述重要過程與結果。	感謝指教，本計畫已重新檢視並調整架構後，呈現於期末報告中。	同意
8. 有關台灣環境規劃協會趙理事長家緯詢問本所運輸部門溫室氣體排放資訊資料庫平台事宜，因資訊安全考量，目前下架中，已規劃整併至本所官網，預計今年度會重新公開。	感謝委員指教。	同意
財團法人中華經濟研究院(綜合回應)		
1. 針對國際資料的蒐集，本計畫會儘快補足，針對章節架構及版面編排的部分，本計畫也會再進行調整，以利各位閱讀，包括在第二大部分，目前是採取流水帳式的記錄方式，之後會再將重要的結論摘錄出來。	-	同意
2. 針對國內外措施比較及國外創新的作法，本計畫會再進一步做整理。	-	同意
3. 在評估模式的部分，接下來本計畫將會密集地與所裡進行討論，怎麼樣在滿足大家的需求情況之下來建構這個模型，本計畫預期在今年度先嘗試將基線評估出	-	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
來，而各項策略草案目前還在討論當中，因此每一項策略可能會運用到的功能，本計畫將會在建模過程中提出，預期在期末報告中說明該如何去操作此模型。		
4. 針對疫情的影響，本計畫很希望能夠觀察它是否持續的影響到我們的生活，因此本計畫希望就此議題在接下來或者將來的研究中，可以將其當成工作來進行，特別是基本資訊蒐集的部分。	-	同意
5. 針對要如何達到 Avoid 10%的部分，在國際上要達到這個目標顯然也具有一定的難度，而本計畫也持續討論在各項策略規劃上該如何更具體化，並在期末提出本計畫的想法。	-	同意
6. 針對第 2-11 頁輕型車輛的紅利系統，本計畫會再仔細閱讀其當初所設計的一些細節部分，並在結論部分進行補足。	-	同意
7. 針對 ASI 具有階段性的問題，因 ASI 畢竟是一個大的框架，一個策略或許會同時囊括兩個不同的功能，所以各階段必須按照我們在操作過程中的先後順序，有時提升效率會比修改法規來的容易一點，因此本計畫在階段性的分類上認為或許應依照工具的特性來區分階段會比較容易進行操作。	-	同意
8. 針對 LEAP 模型建構的細緻程度，因本計畫是第一次進行建構，是希望能夠先將其功能建置起來，那之後要細緻到何種程度，就需要考慮到接下來考量的策略中的各項細節要細到什麼程度為止，還必須考慮到能夠蒐集到的資料，是否能夠細緻到可以區分 7 人座、不同車款、不同車型，本	-	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
計畫需依照資料內容來進行決定，因此會在期末提出本計畫的規劃及想法。		
9. 針對以能源為主體來做排放的計算及以運具為主體來做排放的計算，在計算時確實會遇到困難，本計畫在計算排放清冊時，有出現類似的問題，但因最終我國運輸部門的整體排放還是以環保署的排放公告或者是以能源局公告的各部門燃燒排放總量做為排放量控制基準，在設定國家目標時也是以此做為討論的基礎，因此運輸部門總體排放量會控制在公告排放量之上，並在此情況之下回頭檢視透過 Bottom-up，以運具別所計算出來的排放量總和來勾稽兩邊的差異。	-	同意
10. 針對第 2-16 頁 ASI 的歸屬，本計畫會再進行調整，但如同前述所說，一個策略或許會同時扮演了兩種不同的功能，因此本計畫將會在後續報告中將各項策略的歸屬想法寫得更加清楚。	-	同意
11. 針對疫情造成運量尖離峰的問題，本計畫會蒐集近幾年國內外是否有對於此類議題的看法與研究分析結果，並於後續報告中呈現。	-	同意
12. 針對航運部分，在境內航運中，其排放總量、能源消費量比例相對較少，因此於過去研究中較少於此處進行分析，但本計畫會在蒐集相關資訊後於研究中進行揭露。	-	同意
13. 針對英國高等法院的相關議題，本計畫會持續追蹤並蒐集相關資料。	-	同意
14. 針對機車為主要運輸國家的議題，本計畫於過往議題中有發現	-	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
印度為極為重要的國家之一，然其減量目標與我國不盡相同，但本計畫會將蒐集到的相關資料進行補充。		
15. 針對中央政府與地方政府的分工，確實為在過去進行策略分析時較少著墨的部分，本計畫會再針對這個部分進行強化。	-	同意
16. 針對如何讓民眾了解個人一日排碳量的議題，本計畫認為這與計畫中計算排放清冊的工作，屬於不同尺度的工作，或許能夠於將來分頭進行較為恰當。	-	同意
17. 針對能源統計及空汙統計等資料，本計畫會嘗試與排放量計算進行整併，並做為本計畫後續計算及評估之參考依據。	-	同意
18. 針對簡報附件二的部分，本計畫摘錄自運研所民國 107 年之相關研究所建構基線評估模型之文獻回顧，因此歷史資料才會顯示為 1990 年至 2008 年並預測 2009 年之後，本計畫將其做為後續研究之參考基礎來呈現。	-	同意
19. 針對機車分類，本計畫需依照排放清冊所提供之資訊來進行，因此無法進一步將原有的汽油、電動機車再進一步細分為各排氣量。	-	同意
20. 針對時間與空間尺度問題，因 LEAP 排放資料時間為年度資料，因此以模型也是以年度為標準，若要進一步求解每一天、每一季、每一個人是存在一定難度的，因為其屬於目標規劃型的模型。	-	同意
21. 在行為改善部分，本計畫會再進行討論，或許可以參考過往研究計畫中進一步使用行為經濟學的概念來進行。	-	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
22. 針對負碳排放，在運輸部門全面換成電動車之後，在電廠部分即開始考慮負碳排放。	-	同意
23. 針對空間規劃議題，以目前 LEAP 模型的操作上，本計畫暫時無法將其納入考量。	-	同意
24. 淨零排放目標太過於理想化且影響運輸部門排放量的因素眾多且無法控制，以 GDP 經濟成長為例，即使實施減量但面對經濟成長，運輸部門在排放量及能耗量上一定是處於增長狀態的，並非可控範圍之內，因此在運輸部門擬定政策時，是否能改為碳中和而非限制於淨零排放，或者提出其他相關目標，例如:未來電動車占比目標，每一公里的能源消費量等具體指標。	-	同意
主席結論		
1. 各項國際資料重點摘要與整理，請研究團隊進一步有系統性地編排與補充，並總結歸納國內外比較之結果，提出可供我國具體採行之相關建議。	針對國際間運輸部門相關最新發展資訊彙整，本計畫已重新歸納重點摘要，並於期末報告中系統性地編排與補充。	同意
2. 請將報告書中之行政支援工作項目改置於附錄。	感謝主席指教，有關行政支援工作，本計畫已將該章節內容調整至期末報告驗收版本之附冊附錄 2 中。	同意
3. 國內外針對淨零排放所提出的具體措施及行動計畫，請與國內運輸部門溫室氣體排放管制行動方案第一期及第二期(草案)各項行動計畫進行比較與整理，俾做為後續研擬第三期行動方案之參據。	針對運輸部門第一期及第二期(草案)排放管制行動方案內容與差異比較，本計畫已持續更新相關執行成果資訊，後續將於期末報告中補充第一期及第二期執行內容之差異分析。	同意
4. 對於整個淨零排放路徑的評估模型架構應能周延呈現方法、步驟、結果之關聯性，以及與不同模型間之角色功能與連結。而模型之評估分析功能方面，則必須能夠	有關本計畫評估模型於運輸部門淨零排放策略規劃之評估分析功能方面，本計畫已於期末報告補充說明其適用性。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
具體估算我國淨零排放策略及行動方案減碳效益。		
5. 請進一步說明 CGE 模型與 LEAP 模型間的關係，並釐清與環保署所使用之 LEAP 模型之關聯。	感謝主席指教，針對本計畫規劃使用評估模型架構與其他部會使用之評估模型差異，已於期末報告中釐清說明。	同意
6. 請就未來本計畫所需開發之個別評估工具箱進行盤點並提出時程規劃。	感謝主席指教，本計畫已完成更新與追蹤國內外資訊後再做相關統整，並於期末報告中分析比較。	同意
7. 本計畫期中報告審查通過，請研究團隊依與會委員與單位代表意見列表回應，並納入報告之修正，後續請研究團隊依本所出版品印製相關規定撰寫報告，於期中報告後納入每月工作會議查核事項。	感謝主席指教，本計畫團隊已配合辦理。	同意

附錄 3

期末報告審查意見及辦理情形

附錄 3、期末報告審查意見及處理情形

IOT-111-TCB001

建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—

模型建構與減碳工作推動

期末報告審查意見辦理情形表

執行單位：財團法人中華經濟研究院

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
國立成功大學鄭助理教授祖睿		
1. 建議可以參考 COP27 中，LOTUS (Low Carbon Transport for Urban Sustainability)倡議，以及去年美國簽訂綠色航道(green corridor)的宣言，未來模型可納入參考。	謝謝委員建議，本團隊會參酌委員建議，做為後續模型之參考依據。	同意
2. 簡報第 48 頁的變數分群是否依據城際客運、都會客運和貨運來做分類?機車是要放在城際客運或都會客運還是怎麼去分辨?	謝謝委員指教，考量現階段尚無參考資料可將運具群組細拆分類，爰本計畫先將模型運具分類上以 3 組類型分類，而機車先納入都會群組裡面。	同意
3. 在計量方法的變數中有 GDP 人均所得、貧富差距等，是否有涵蓋人口數變數。	謝謝委員指教，人口數的部分，由於我們使用的資料是全臺運具別能源消費，並沒有細分到城市，過程中雖有嘗試過整個臺灣的人口數做為解釋變數，但是人口數的影響比較長期，所以在沒有做區域細分的情況下難以顯著，最後沒有留在模型裡。	同意
4. 請說明實務上與分析結果在公路貨運平均運輸距離差異，如有部分物流公司為了節省地租，將倉庫集中放置，運送的距離可能會變長，與推估結果有不同。	謝謝委員指教，文獻上指出整個港區的更新還有工業區的整併，讓大貨車的運具縮短，所以我們看到大貨車明顯的能源消費下降，其中一	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	個重要原因來自這裡。至於其他的公路貨運則沒有這個現象。	
5. CGE 模型在產業部門分類中，對貨運而言其產業細項分類繁多，請說明彼此產業間是否會相互影響，亦或以 package 的方式去處理。	謝謝委員指教，目前使用主計總處公布之 164 個部門產業關聯表，模型中的產業分類皆可與主計處分類進行對映。惟有些模型產業分較細，則需要額外蒐集產業資料，自行拆解分類，如汽油、柴油、航空用油這 5 種油品對應到產業關聯表石油煉製品單一品項。至於產業間彼此互相影響，係透過運輸服務過程所需投入之各項成本，以及服務銷售對象等經濟活動，與其他產業產生連結。	同意
6. 請補充說明 CGE、LEAP、SUR 及個別策略模型中，要如何確認彼此之間的變數，假設模型影響是獨立的，在不同階段或是不同效用，去估計影響，要如何確保彼此之間不會互相影響。	謝謝委員指教，為確保每一種模型不會互相影響，我們在做任何情境評估的時候，都必須先討論這件事情，所以一再地強調，如果個別策略不會去影響大多數人的行為，那就會很放心的進到個別策略，但若有疑慮，就必須建立模型間遞迴求解的機制，以使模型間的結果趨於一致。前面的 CGE 或是 LEAP，因為我們很清楚兩模型的 input 跟 output 資料，以及模型基本假設，因此可以確定大部分 CGE 的 output (CGE 內生變數結果) 是 LEAP 的 input (LEAP 外	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	生變數假設)，所以基本上可讓兩模型獨立處理。	
7. 關於行為改變，Protected Bicycle Lanes Protect the Climate 與 At a crossroads: Travel adaptations during Covid-19 restrictions and where next 相關資料會後可提供團隊可參考。	謝謝委員提供資訊，本計畫已參酌納入 2.3 節與 2.4 節。	同意
行政院環境保護署黃副處長偉鳴(含書面意見)		
1. 有關彙整國際輕型車電動化政策(第 2-19 頁)，多著重在補貼及設定目標上，建議增加整理有其他配套措施，以利政策評估。表 2.5-1 國內外運輸策略對應表，所列出「建議新增或強化之策略」，亦多為現有政策或措施，建議未來可與地方研商，或有量化評估。	謝謝委員建議，就目前蒐集到的各國近年作法，確實大多著重於目標訂定、充電設施擴充、化石燃料或排放量課稅、電動車輛補貼等措施。但搭配這些政策工具，事實上還需法規配套以規範充電設施規格與安全。過去的相關研究則有提到電動車專用車位、電動車專用或優先路權、低碳綠色車輛專用標誌等措施，惟這些措施或已經推動，或現階段尚非施政重點，因此在這兩年的策略中較少提及，本計畫將持續蒐集各國其他作法。至於新增強化策略，未來也會隨著與地方研商或多方溝通結果，滾動調整修改。	同意
2. 建議研究團隊應對報告內容仔細校對，部分錯誤或語意不清如下： (1) 報告第 3-5 頁「臺灣的溫室氣體排放量超過 95%來自公路運輸」文字資訊不正確，應有漏植文字，95%應是運輸部門中公路的排放占比，請修正。 (2) 第 3-25 頁所摘錄 IEA 對推動電動車的建議中，第(4)項建議提及「確保所有社區都能公平獲得充電，確保在轉型過程中	謝謝委員建議，本計畫已重新檢視，並修正內容： (1) 已修正為「臺灣公路運輸的溫室氣體排放占運輸部門溫室氣體排放的 95%」。 (2) 已修改為「讓所有社區都能公平獲得充電基礎	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
沒有任何人掉隊的包容性發展」，請進一步解釋說明。 (3) 第 4-7 頁說明英國淨零排放路徑減量目標推估情境時提及「2020 年前將大氣中的二氧化碳濃度限制在 550ppm」，惟實際上目前濃度約 400 多 ppm，請再確認資料正確性。 (4) 第 4-22 頁目前多數國家以 2050 至 2060 年為目標年，我國則以 2050 年為目標年。這段文字需要再酌，其實大多數國家均設定 2050 年淨零排放目標年，僅有少數國家為 2060 年。 (5) 期中報告意見所提，報告書第 4-7 至 4-9 頁使用「一攬子」的翻譯非常用詞彙；P4-3 與 P4-7 共同提到 National Atmospheric Emission Inventory，兩處翻譯不一致，請修正。	設施，讓不同經濟條件的居民都能擁有使用電動車輛的機會，確保在轉型過程中沒有任何人掉隊，使低碳運輸邁向包容性發展的路徑」。 (3) 英國之淨零排放路徑相關資料已更新。 (4) 已修正為「目前多數國家以 2050 年為目標年」。 (5) 已將出現「一攬子」一詞之相關段落重新撰寫；至於英國之淨零排放路徑規劃方式，已蒐集新的資料重新撰寫，故目前已無 National Atmospheric Emission Inventory 一詞。	
3. 4.2 節第 4-2 至 4-11 頁介紹英國淨零排放路徑研究方法，但主要是引用英國氣候變遷委員會 (Climate Change Committee, CCC)的 2008 年報告，因此也介紹英國 2020 年規劃。但這資料過舊，閱讀上會有時間錯亂之感。另外，第 4-17 頁表 4.2-2 國際淨零排放路徑規劃研究方法彙整，請問國際文獻有這樣比較？若依據此表格，英國沒有進行「質化方式」之探討，請補充說明。	謝謝委員指正，英國之淨零排放路徑規劃方式，已蒐集新的資料重新撰寫。至於原表 4.2-2，確實在表達上容易造成誤會，再加上該段落文字主要在表達各國在規劃淨零排放路徑時所使用之方法或規劃策略，因此將該表刪除，避免模糊該段文字所要論述的重點。	同意
4. 第 4-19 頁提及本計畫認為過往的路徑規劃方法可能不再適用，即藉由歷史資訊配合數學工具，如時間序列、能源模型及可計算一般均衡模型，有其缺點。但是本計畫在探討基線時，仍然運用這 3 類方法。難道後續減量路徑探討不再使用 CGE 或 LEAP？另外，本節文字提到「評	謝謝委員指正，確實該段文字目的在強調在 2050 年目標明確的情況下，比起預測方法或外推方法，回溯方法更適用於淨零排放策略規劃的邏輯。而回溯方法指的是	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
估結果指出仍可透過如清潔發展機制等方式達成目標」，目前已無國家在討論清潔發展機制，本段文字需要釐清。	規劃的邏輯，而非在規劃過程中所使用的各種量化工具，因此已調整該段文字。	
5. 第 4-32 頁提到「減量目標設定時，可輔以如大氣科學領域或能源環境領域的研究成果，做為專家學者的判斷依據」。惟若採回溯情境討論，所邀請的專家非屬此領域背景或受到所提供資訊的影響，請補充說明因應作法。	謝謝委員指正，該段文字所指大氣科學領域或能源環境領域研究成果，係如同氣候變遷大會會前出版之科學評估報告與衝擊評估報告，目的在提供與會者科學證據，藉以判斷氣候治理與減緩工作的背景條件，此類跨領域工作所可能存在的專業差異及資訊解讀障礙，可以透過事前溝通與說明來降低，至於資訊本身對與會者可能存在的引導效果，則盡可能要求研究成果具備科學證據，同時提供多元面向的資訊及廣泛意見來做為討論基礎。	同意
6. 本計畫總共運用 3 個方法探討未來趨勢，包括計量方法、LEAP 模型及 CGE 模式，建議可以將 3 種評估結果列表討論，例如：將 5.2.4 節、5.3.2 節 5.4.2 節做一比較，從初步結果來看，對於到 2050 年相關需求成長率都不一樣，未來如何解釋及運用，請補充說明。	謝謝委員指教，由於計量模型用來提供 CGE 能源消費基線評估結果比較參考，因此已將兩模型推估結果比較於 5.4.2 節。對於 LEAP 而言，則是直接將計量推估之能源消費結果做為外生參數納入其模型，因此兩者之能源消費為同一組數據，故未另外進行比較。本計畫僅利用計量模型推估能源消費量基線，未推估其他需求數據，因此，當計量模型與 CGE 模型之能源消費基線比較確立後，後續政策評估將以 CGE 模型來進行。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
7. 第 5-23 頁列出結構轉變檢定，也提出「多數運具結構轉變之時間點落在 2000 年前後、2010 年前後、2016 年」，既然有結構轉變，建議未來進一步探討造成結構轉變之政策措施為何？請補充說明，或許未來可將政策措施強化其施行力道。	謝謝委員指教，對於計量模型所發現之運具能源消費存在眾多轉折點，本計畫也覺得對未來政策推動具有相當重要的意義。惟本年度在發現結構轉換後，僅能先以國內相關文獻蒐集的方式，推敲對應年度造成能源消費轉折可能發生的事件或政策，後續應可持續深入探究或釐析造成改變的原因與影響幅度。	同意
8. 行為改變是現在減碳工作重要探討課題，本研究雖有提及，但仍無具體進一步探討，建議後續可以加強。	謝謝委員建議，本團隊已於報告中蒐整國際上推動運輸行為改變之案例，未來研究議題也會持續深化探討行為改變並嘗試研提具體措施。	同意
9. 第 5-65 頁及第 5-66 頁提及建立社會會計矩陣(SAM)，「惟如電動小客車、電動大客車與電動機車等運具製造業因資料不足問題，故有待後續透過如專家諮詢方法蒐集其投入產出資訊進一步釐析且完善資料庫建置」。但面對 2050 年淨零排放規劃，各類創新技術及產業可能在 2030 年後大量產生，需要補足資訊恐非僅前述車輛製造而已，其他創新資訊也應納入。	謝謝委員指正，目前在 SAM 表的編制上，係使用主計總處公布之 164 個部門產業關聯表。未來若創新技術已成熟至形成產業鏈，未來亦能從主計主處的產業關聯表中釐析而出，進而應用至模型的產業分類與建置。	同意
臺北市政府交通局陳副局長榮明(視訊出席並含書面意見)		
7. 建議在文章中補充 4 個模型間的互補性及適用性。	謝謝委員指正，本計畫已補充工具箱中各模型之關聯性與功能。	同意
8. 第 2-58 頁(2)運輸模式移轉是否係指運具移轉，再檢視之。	謝謝委員指正，該段文字除了表達在不同運具之間移轉外，也考慮在搭配共享機制下，希望導入由持有轉向非	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	持有運具的方向，也考慮藉由運具的接駁，縮短化石燃料使用的旅次，因此已非單純的運具移轉。惟一時間上無較恰當的用詞來表達前述在運具間、在商業模式間、在運具接駁間的移轉可能性，因此暫時仍維持運輸模式轉移用詞。	
9. 第 3-6、3-7 頁以車種觀察 2020 及 2021 自用小客車及機車排放組成仍居高不下，建議應可再補充如何加強減量排放之措施或策略。	謝謝委員指正，已於報告中補充各國及相關研究所觀察到的疫情對運具移轉之影響(大多觀察到為了保持社交距離，會出現由公共運輸移轉到私人運輸的現象)，以及疫後是否回到正軌仍有待持續追蹤觀察。本計畫也建議持續追蹤我國疫後運輸行為變化，並分析疫情期間所發展出來的一些生活模式(如遠距辦公、外送)是否讓運輸需求從此轉變，若是，則再針對需求的特性提出適當的因應措施。	同意
10. 第 5-88 頁的 5.5 小結中之 3，”…暫定由委託之計畫團隊操作。”建議再予修正之。	謝謝委員指正，針對第 5.5 節文字誤植處，本計畫已修正相關論述。	同意
11. 第 7-1 至 7-4 頁建議再重整且納入各項附錄之重要內容；第 7.2 節可刪除或置放附錄中。	謝謝委員指正，由於第 7-1 至 7-4 頁為支援交通部相關推動工作之工作內容說明，但因為推動工作而獲得之資訊、意見，以及後續推動想法，皆以不同形式與三到五章之內容融合，特別是對策略規劃研擬，以及未來量化	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	評估情境設計時，皆受惠於推動工作之資訊。為求架構滿足工項需求，該節內容仍維持保留於此。	
12. 報告書中 8-1 至 8-6 頁 (1) 建議“結論”與建議之內容應再與重新檢視修正及摘述。 (2) 建議針對所篩選關鍵變數再依推估模式所進行不同策略情境與減碳路徑之比較，分求結果再予補充之。	謝謝委員指正，本計畫已針對結論與建議內容論述，進行檢視與修正。針對模式之推估，本年度已建構模式雛形及完成基線較估為主要工作，策略情境與減量路徑之評估比較，將留待後續年度進行。	同意
淡江大學廖教授慧珠(書面意見)		
1. 第 2-25 至 2-28 頁，標題是「3.支持充(換)電基礎設施發展之政策」，但後續內容除充電樁外，也有多國有加氫站，宜注意國際因應減碳的布局是重型運具加以加氫未處理，建議未來可多注意重型運具使用燃料別之趨勢。	謝謝委員指正，針對重型運具使用燃料別之發展趨勢與影響，本計畫已納入未來研究之關注議題。	同意
2. 第 2-48 頁，建議除 COP27 運輸議題外，也與由會議結論中摘錄重要可參考內容，例如本次重要結論之「漂綠」要求各大公司或組織應有具體可稽核的減碳政策，而非只是口號式的減碳目標。	謝謝委員指正，「反漂綠高階專業小組」發表的「誠信第一」報告，讓地方政府、私部門有了一致的檢核標準，以確保淨零轉型計畫夠具體、可落實。對於企業而言這確實是相當重要的一項進展。惟限於本計畫研究目的與篇幅，COP27 的觀察仍先以大會決議及運輸議題為主。	同意
3. 第 3-11 頁，目前 14 項減碳措施，似乎未見抑制高排放量汽車之作法，不知可否仿效 2-11 頁瑞典輕型車紅利系統，多課排放量高的車輛。	謝謝委員建議，目前運輸部門第二期行動方案，所提出的 14 項減碳措施，僅以汰舊換新或提升能源效率措施，未來因應我國氣候變遷法施	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	行，裏頭提到碳稅課徵規範確立後可建議納入此措施。	
4. 報告書中 5-26 頁，表 5.2-7 中客運、遊覽車與高鐵的 R^2(判定係數)偏低，未來可持續精進提升 R^2(判定係數)。	謝謝委員指正，針對部分運具檢定R2(判定係數)偏低問題，與使用的資料型態及考量變數的多寡皆有關係。，其次運具本身特性及政策因素皆可能使判定係數偏低。在目前本計畫已取得並彙整的資料下，求得目前評估結果，未來進一步精進時，可考慮納入其他變數或提高資料頻率，來解決目前資料期間過短樣本點偏少的問題。	同意
5. 報告書中 6-13 至 6-24 頁，本章多個走勢圖皆有多處轉折情形，未來宜多思考這些轉折點對預測走向的影響。	謝謝委員意見，這些轉折點各有不同政策意涵，惟後續仍須進一步探究政策本身影響程度，才能提出較適當的未來參考。	同意
臺北大學張教授四立(書面意見)		
1. 本計畫之工作內容包括建構運輸部門 2050 深度減碳評估模型與減碳措施效益評估及淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作，本期末報告已完成各項工作項目之執行，成效符合預期。	謝謝委員。	同意
2. 本報告第 2 章計以 4 節的內容，分別搜整分析包括國際深度減碳策略主軸 ASI 相關策略作法、國際運輸部門中長期深度減碳路徑/藍圖之規劃、聯合國氣候變化綱要公約第 27 屆締約方大會，及國際重大事件(包括新冠肺炎疫情、烏俄戰爭)對運輸排碳之影響，資訊豐富多元，本章第 5 節之國際運輸部門策略之國內適用性分析，則試圖建立運輸部門推動淨零排放路徑及策略規劃之國際作法之參考	謝謝委員指教，針對第 2.5 節之國內外運輸策略、重點推動策略等內容，本計畫已補充相關內容，以連結各國策略作法。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
與應用連結，內容值得肯定，惟 p.2-59 至 2-60 之表 2.5-1 國內外運輸策略對應表中之國際重點推動策略之內容，與前節各國策略作法的連結性欠直接，建議可於本節內文敘述中予以強化。		
3. 針對 2050 年淨零排放路徑的策略規劃，其議題特性，係在未來特定時點(2050 年)達到特定目標(淨零排放)，而需要規劃現在開始到該時點分階段最適當的策略，因之建議採用回溯方法，以檢視規劃路徑是否能夠達標，本計畫依據此一方法的操作流程，完成我國運輸部門 2050 年淨零排放路徑藍圖之研究方法和流程規劃(見圖 4.3-2)，及影響運輸部門 2050 年淨零排放策略之未來事件表(見表 4.4-1)，內容及方向的說明具系統性及可行性，執行成果可予期待。	謝謝委員肯定，本計畫未來會持續進行。	同意
4. 報告 p.4-30 至 4-31 之表 4.4-1 影響運輸部門 2050 年淨零排放策略之未來事件表，臚列包括政治法律、社會經濟、技術、環境等類別的未來事件，項目繁多，建議宜考量各類事件與運輸部門淨零排放議題的相關性及影響權重，及相關衍生資訊(質化或量化)與本計畫分析方法及分析工具組合的資訊相容性及難易程度，進一步區分階段性的關注議題，俾便於特定階段，集中研究資源的運用，避免議題的發散。	謝謝委員建議，未來事件表主要歸納可能影響運輸部門減量的外在環境變化及內部可能的策略選項，因此後續將先盤點可行策略工具，並經由廣泛的意見徵集收斂適合國內推動的具體措施，再將這些措施依據目前狀態及對技術或法規等能力建構需要項目，歸納策略配套，在配套的策略中就會得到哪些工作必須先執行，哪些必須等先行工作達到一定成果才能廣泛推動。因此在前述意見徵集過程中，就可針對各界關注的議題進行預評估作業，找到對運輸減量成效影	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	響較大的事件，再留存在策略規劃所要考慮的事件中。	
5. 報告 5.1 模型工具箱的架構與功能中所提出之2050深度減碳評估之工具及4項研究方法(模型)組合(計量方法、CGE模型、LEAP 模型及個別策略工具)，分別對各項方法的功能、分工及應用方向做深入的說明，惟因各項方法/模型的應用，其個別的產出結果與其他模型的連結關係欠明確，建議補充一流程圖，明確呈現 4 組方法彼此間之結果產出與資料投入或連結應用之關係，另建議在第 5 章 5.2 至 5.4 節之前言部分，說明個模型/方法之目的及主要產出的項目，若此產出資訊為另一模型/方法之投入資訊，亦建議於各節之前言中敘明，以增進外界對本計畫所開發之分析系統的理解及結果的掌握。	謝謝委員意見，針對模型工具箱中各種模型之功能、分工及應用方向，已補充說明於期末報告第 5.1 節，並設想 5 類未來可能的評估議題，針對各類議題提出對映的模型操作流程及投入產出的關鍵資料。	同意
6. 報告 p.5-14 之運具分類，各類型機動車輛中，仍以燃油車輛為主，並未包括電動車輛(包括電動汽車、電動巴士及電動機車)，惟以電動大客車為例，各縣市之公車系統於 2012 年 1 月即開始引進電動公車，截至 108 年 8 月底，國內掛牌之電動大客車總數有 505 輛，若此一資訊未被本研究團隊所掌握，後續如何配合淨零排放路徑之規劃，應用經濟計量方法進行電動車輛(包括大客車、小客車及電動機車)之電力需求基線推估，並納入整體運具結構中，推估電動運具占比變化之所導致之能源需求及溫室氣體排放量的變化？此外，經濟計量模型與 LEAP 模型均可得出電動運具數量、能源(電力)需求及溫室氣體排放之推估，但不同的模型結果，如何分工與應用？建議補充說明。	謝謝委員意見，有鑑於電動運具已是當前及未來重要的運具選項，因此有關電動運具數量如何影響未來能源需求與排放量，本計畫已納入未來研究議題並提出建議。將電動運具能源消費及排放納入評估，將須完成至少兩項資料準備工作，其一為歷史年運具別能源消費量及排放量計算，其二為根據歷史數據進行計量方法、CGE 模型及 LEAP 模型未來年基線推估。針對歷史年數據計算部分，由於本計畫計算運具別的能源消費與排放量時係以由下而上方式進行，但為	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	了與國家能源消費總量及溫室氣體排放清冊(運輸部門部分)取得一致，因此計算過程中係以能源平衡表做為總量依據。目前能源平衡表尚未將運輸部門用電情況釐析，故後續計算時還須持續與相關統計單位交流溝通，以確保彙算的數據準確。 在目前的工具箱規劃中，經濟計量模型僅推估各運具之能源消費量，提供給 LEAP 模型做為外生設定資訊，而運具數量及能源需求及排放推估皆由 LEAP 模型產製，若考慮到特定計畫的移轉效果，最終的能源需求及排放推估則由個別策略工具產製，相關說明已補充於報告 5.1 節。	
7. 報告 5.2.4 之標題為『我國 2050 年運輸部門溫室氣體排放基線推估結果』，惟內容及最終結果為運具別之能源需求，建議修正本小節之標題。	謝謝委員指教，已調整期末報告第 5.2.4 節標題為「我國 2050 年運輸部門能源消費基線推估結果」。	同意
8. P.5-41，圖 5.3-4 LEAP 雛形各類主要溫室氣體排放，及圖 5.3-5 LEAP 雛形我國中長期電力配比，2 圖形之標題錯置，建議修正。	謝謝委員指教，已修正圖 5.3-4 與圖 5.3-5 錯置部分。	同意
9. 報告 p.5-45 說明 CGE 模型之功能，在於分析總體和產業之經濟影響、能源消費變化或溫室氣體排放的改變。惟由 p.5-76 之圖 5.4-8 歷史校估流程示意圖所顯示之 CGE 模型內生變數求解之 GDP、能源消費及二氧化碳排放量，其中能源消費及排放量，似均以物理單位呈現，而	謝謝委員指教，雖然 CGE 模型使用的基礎資料為貨幣單位的能源投入，但同時模型資料庫中也會將物理量的各產業能源消費量及溫室氣體排放量建立在資料庫中。當模型受到外生變數衝擊而使	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
非貨幣單位，請說明 CGE 模型可獲致物理單位之推估結果的機制設計為何?是否因為本研究之 CGE 模型的產出，為能源消費與二氧化碳的成長率?並請說明本模型之產出結果，與經濟計量模型之運具別之能源需求基線預測結果，及 LEAP 模型之溫室氣體排放及電力需求之基線預測結果間，如何搭配應用？	模型中所有內生變數發生變化時，內生變數即包含數量與價格變數，而變數的變化皆是以相對變化來表示，因此只要能將資料庫基準年的物理量數據設定好，即可藉由代表數量的內生變數的相對基準年變化，推算未來年及政策衝擊後之物理量變化。 計量方法預測的能源消費量，可用於校估 CGE 模型的能源消費基線推估結果，藉以校估模型中能源相關參數之趨勢，完成校估後 CGE 模型的參數便確定下來，至於 CGE 同時產生的二氧化碳，僅做為參考，主要溫室氣體推估結果將由 LEAP 產製，畢竟 CGE 模型在能源技術的設定並不如 LEAP 細緻。	
淡江大學羅教授孝賢(書面意見)		
7. 第 2-59 頁表 2.5-1 國內外運輸策略推動表彙整比較國際重點推動策略、國內策略面向與推動重點，並提出新增或強化之策略建議，表現方式相當有系統，建議增加相應策略可能的權責單位。由避免(Avoid)、移轉(Shift)、改善(Improve)ASI 架構，相關策略推動之權責單位各異，可能是中央/地方政府、公務/私人部門，甚至需要公私協力。以需求減量為例，相關 TDM 策略取決於地方政府首長態度，強制性手段才有機會落地實施。改善效率策略如汰換燃油公車，則需有中央政府的財源補助、地方政府的規劃執行與民間業者的參與。	謝謝委員指教，由於表 2.5-1 係由策略工具屬性或影響層面(是屬於運量減少還是屬於技術效率提升等層面)來進行分類，主要目的在銜接後續評估時對映的參數設定。實務上，每項具體行動或計畫，皆可能同時涵蓋 ASI 多個層面的效果，而每項具體行動或計畫皆可能需要中央及地方的搭配與協作，因此目前較難於表 2.5-1 中表現權責單位。但為了	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	後續在淨零排放工作推動及減量成效貢獻計算時，能清楚地表示權責與貢獻歸屬，建議在個別減量工具中，適度將管考機制納入計算工具中，屆時應可做到委員所提分工與協作釐清的工作。	
8. 運輸行為的改變是根本，最有效但卻是相對最難做的。報告中分析了 Covid-19 的影響，包括帶來的機會與衍生的隱憂，諸如：在家上班(WFH)的常態化、網路替代馬路、公共運輸使用率大降、私人運具使用上升，其影響的時間性，有利於目標的有無機會擴大，有害於目標的有無機會扭轉，其相應之策略作法更為重要，趁「勢」而為，改變才有機會發生。	謝謝委員指教，本計畫已針對運輸行為改變於政策措施影響，納入未來研究建議，以利於淨零排放策略的推行。	同意
9. 國內貨物運輸部門長期較被忽視，相關統計資料的正確性亦常被提及。此次 Covid-19 疫情期間可見貨運物流異軍突起，另外網路購物、外送服務亦因疫情而被鼓勵，此一行為改變是否會有長期效果，其對淨零排放的影響幅度等建議可加入討論。另就貨運部門而言，貨運產業的 ESG 與碳盤查亦宜納入討論。	謝謝委員指教，本計畫已於 2.4.1 節再補充國內外相關研究的評估結果，但目前相關研究皆無法對疫情過後，這些物流及貨運的變化是否回到疫前狀態提出預估。因此本計畫亦建議後續應進一步追蹤疫情後的消費與運輸行為。	同意
10. 圖 3.3-3 關鍵戰略 10 中低碳運輸之推動措施中，10 項推動措施與對應之 28 項具體行動涵蓋交通部各機關，似均無「地方政府」角色，缺乏跨域合作與治理，政策落實的可能性堪慮。	謝謝委員指教，由於本計畫在闡述各項戰略時，皆以戰略的內涵及影響來觀察，而圖 3.3-3 中針對關鍵戰略 10 相關策略與行動中所列單位，係以負責統合彙整之主辦機關列示，事實上所有的具體行動都需要由中央主責單位與橫向相關單位及負責推動之地方政府共同合作推動。而各項具體行動計畫在	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	擬定時，也是由中央主責單位與地方政府共同討論，在經過多次的研商會議後才出具目前看到的策略與具體行動項目。	
11. 2050年距今仍有近30年的跨距，以傳統預測方式(Forecasting Approach)勢必面臨不確定與發散的結果，需有定期的動態檢討機制。本研究建議以回溯法(Backcasting Approach)則需有明確的願景與階段性的目標，因研究主題涉及國內/國際情勢、政治、經濟、法律、技術、環境等，複雜性相當高，表4.5-1所提後續研究分年工作重點建議-策略規劃，各工作重點的分年依據如何得出？是否會影響後續「情境設定與分析」中各年目標的設定與達成？請補充說明。	謝謝委員指教，目前在表4.5-1 中僅規劃各年度應該進行的重點工作，例如優先進行政策工具盤點、建立未來事件表、舉辦社會溝通與專家會議已廣泛徵集意見等，其目的在於收斂我國運輸部門減量的焦點議題，因此該表並未針對策略內涵或議題內容進行規劃，而是留待意見蒐整後再予以歸納分析。未來經由歸納分析之焦點議題，確實將成為情境設定之基礎，並據以分析淨零排放目標與路徑之達成。	同意
12. 圖5.2-6公車與客運用油量消長的主要原因在於六都升格後，公路汽車客運移撥為市區汽車客運，另有部分新升格直轄市實施鼓勵大眾運輸(主要是公車)所致。圖5.2-8 軌道運輸用油量的名稱，因軌道主要用電，建議以「用油當量」表示較貼切。未來運具電動化後，相關圖表亦可統一改以「用油當量」，以符合縱軸名稱。	謝謝委員指教，本計畫已針對公車與客運能源消費單位調整為油當量。	同意
13. 聯立方程式的參數校估除統計顯著性外，參數的符號與大小是否符合先驗知識與邏輯性請再確認。諸如：合作社開放的政策變數、捷運等，主要影響在雙北，各都交通特性與環境的差異影響在模式中的反應，請補充說明。貨運部分的聯立方程式參數選擇，對於網路購物、外送平台服務的興起影均請響，是否有機會納入考慮，均請補充說明。	謝謝委員指教，由於目前使用之歷史年資料係為全臺能源消費量，目前僅能透過觀察歷史趨勢，發現在關鍵年度存在結構轉換的現象，並以虛擬變數的方式處理可能存在的政策影響。在未能進一步將資料係分為都市層級	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
	的情況下，目前尚無法論述該能源消費總量的變化與雙北交通特性之關聯。後續要進一步分析政策變數，需要找到適當的工具變數，來代表如網路購物、外送等新興的商業模式。	
交通部航政司(含書面意見)		
1. 感謝團隊已將期中建議較弱的海空運篇幅在期末報告把英國、西班牙及日本資料放入。	謝謝委員指教。	同意
2. 第 2-4 頁，西班牙 2021.5.13 通過氣候變遷和能源轉型法，第 16 條為海運及港口，建議就該條文內容多加著墨。	謝謝委員指教，針對西班牙氣候變遷和能源轉型法第 16 條，本計畫已增補相關內容於期末報告 2.1.1 節中。	同意
3. 第 3-11 頁，第二期行動方案包含三大推動策略，航政司所屬機關(構)負責「建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境」之相關內容如下，建議參考納入本計畫。 A. 持續推動其他電動運具措施： i. 機場公司及港務公司負責輔導或鼓勵空港區域及港區業者使用電動(力)化車輛或相關設施。 ii. 航港局及觀光局負責改善日月潭電動船營運環境，達成日月潭 2040 年成為自動化、智慧化、生態化標竿觀光景點目標。 B. 營造低碳運輸有利使用環境：機場公司及港務公司負責推動交通運輸節點設置公共充電樁。	謝謝委員指教，有關第二期行動方案中，航政司等相關單位主責之減碳策略，本計畫已納入未來精進作法與研議策略建議。	同意
4. 第 3-17 頁，關鍵戰略 7 所涉「提高電動運具數量」目標，包含「電動運具數量提升及使用示範」推動路徑，含括 15 項行動計畫，其中「補助內水載客船舶電動化計畫」、「日月潭電動船升級推動計畫」及「推動綠色機場補助地勤業及空廚業汰	謝謝委員指教，鑒於報告撰寫當時，關鍵戰略 7 及關鍵戰略 10 運輸相關之具體行動計畫尚在細部修正階段，因此暫時未詳細說明個別計畫內容。本計畫業已掌握海	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
換新購電動車及設置充(換)電設施計」均為海運及空運內容，建議參考後納入本計畫內容。	運及空運在關鍵戰略 7 中所提計畫，將於後續年度評估中適當揭露。	
5. 第 3-21 至 3-22 頁，考量國際航空運輸減量部分，我國已遵循「國際民用航空公約」及「國際航空業碳抵換及減量計畫」之目標與期程持續辦理，與本報告國內運輸部門減量策略發展趨勢不同範疇，爰建議刪除 3.4.1，或修正其標題為「航空及海運可納入下一階段減量目標」，並於第 4 段針對國內航空依循「國家因應氣候變遷行動綱領」及「溫室氣體減量推動方案」部門策略及措施進行重點論述。	謝謝委員指教，由於 3.4 節係綜整國際觀察與第三章國內政策現況後，所提出之未來我國運輸部門 2050 年淨零排放之挑戰。因此在第 1 點挑戰中，主要說明面對國際已經展開的航空與海運納管行動，我國雖然也已配合國際組織目標與期程辦理，但可以進一步思考的是如何在這當中找到更多發展利基與產業鏈佈局，因此論述方向或與「納入下一階段減量目標」稍有不同。因此對該項標題仍維持「國際航空與海運即將成為下一階段的減量重點」，並在內文中將文字修正為「我國已遵循「國際民用航空公約」及「國際航空業碳抵換及減量計畫」之目標與期程持續辦理」。	同意
6. 第 8-2 頁，計畫團隊掌握 COP27 會議期間，國際間運輸部門減量策略最新發展情勢，針對所列 5 項議題涉及由國家或國際組織處理溫室氣體的範疇，建議進一步說明每項議題之詳細內容，以及各項議題與國內運輸溫室氣體排放管理之關聯。	謝謝委員指教，已補充於 8.1 節。	同意
交通部公路總局(書面意見)		
6. 報告書中 3-5 頁，依溫室氣體減量及管理法，溫室期體排放包含能源、製造、運輸、住商及農業等部門，惟報告提及臺灣	謝謝委員的指正，有關文字論述誤植處，已修改為「臺灣運輸部門溫室氣體排放量	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
溫室氣體排放量超過 95%來自公路運輸，是否表示能源、製造住商及農業等部門僅占臺灣溫室氣體排放量 5%。此段敘述有違常理請再釐清，另建議以圖表方式呈現整體臺灣溫室氣體排放量分布情形，並標註資料年份及來源。	超過95%來自公路運輸」，以避免誤解。	
7. 報告書中 3-19 頁，報告內容提及淨零綠生活行的部分，以低碳運輸為主體，透過 ASI 架構進行規劃，何謂 ASI 架構?是否係報告 P2-58 論述之需求減量(Avoid)、運具轉移(Shift)與技術改善(Improve)，倘是請於 P3-19 引出 ASI 架構中文或英文全名論述。	謝謝委員的意見，ASI(Avoid、Shift、Improve)架構之中英文全名已於報告中增補。	同意
8. 報告書中附-22 頁，有關本局前次期中審查意見，請標註於期末報告補充或修正頁碼。	謝謝委員的意見，已將頁碼標註於附錄 2、期中審查意見回覆及辦理情形表中。	同意
地球公民基金會蔡副執行長中岳(書面意見)		
6. 捷運運量目標不增反減？如 3.2 第二期運輸部門階段管制目標與管制行動方案及 3-13 第二期的評量指標中，114 年捷運運量目標為 8.9 億人次，先不論捷運路網的站點持續增加，應該要加高目標，此目標甚至比 109 年的 9.03 億人次還低，想知道理由。	謝謝委員的意見，由於第二期行動方案於 2022 年 9 月核定，恰逢 2020 至 2021 年國內新冠肺炎疫情影響，整體運量因防疫下滑，或有民眾選擇以私人運輸取代公共運輸。未來疫情之後這種現象是否為新常態或回到疫情前的狀態還須追蹤觀察，爰 2025 年捷運運量目標有下修的情形。	同意
7. 3-10 頁在淨零排放整體計畫中，可以看見對行人、自行車項目的關注，但在具體的第二期評量指標中，並未放入對於行人與自行車項目的評量指標，但無論報告跟 ASI 的整體順序，發展步行與自行車都應該是重中之重的目標，建議具體的評量指標應納入行人與自行車項目。	謝謝委員的意見，有關行人與自行車項目未納入第二期評量指標，本研究已納入 8.2 節之建議中，以強化運輸部門各面向減碳策略。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
8. 3-17 頁整體運輸部門減碳，與交通部現行的政策，都應該是鼓勵大眾運輸，節制私有運具。簡報 11 頁的目標為新售電動占比，但到從 2025 年到 2040 年，都預設機車一年賣 90 萬輛、汽車一年賣 38 萬，沒有遞減與政策方向不同；另為列出該年預估電動汽機車占掛牌總車輛的多少，必須有此數字才看得出整體比例。	謝謝委員的意見，確實如委員所述，整體運輸部門減碳依賴的策略工具共包含需求減量 (Avoid) 、運具轉移 (Shift) 與技術改善 (Improve) 三大主軸，在策略上最希望做到的是需求減量、其次為運具移轉、最終才就無法減少的運量及難以移轉的運量提供技術選項，而電動車則同時跨足運具移轉及技術減量的範疇。但在政策管理上，由於技術改變最容易形成具體目標並進行管考，因此無論國內外，皆是最先被提出的減量選項，本計畫認為，在策略上可將技術選項是為深度減量的過渡型策略，藉助其容易納管的特性，來協助行為面的減量轉型。	同意
9. 在全世界處理資源循環零廢棄的方向上，都有逐漸將必備的零件規格統一化的規範，充電孔、內建營幕等，讓修理代替購買，雖然既有市場各家車款有一定特色，但如同車胎，能否有更統一的基本規格，讓機車行可以容易上手，同時也減少更換成本，讓整體車輛不要快速增加。在第二章國際運輸部門的研究上，是否可針對這塊有更多瞭解與追蹤。	謝謝委員的意見，在 COP27 的周邊會議中確實有討論到循環經濟在運輸減量及低碳城市中可以扮演的角色，惟此議題尚未獲得廣大的討論，本計畫將於後續年度中持續追蹤。	同意
10. 現行計畫的諸多方向，無論說明不同區域政策與方針，都有參考價值。但地方政府無論在過去施政乃至於競選承諾，都有許多與運輸部門減碳有關之事務。雖非本案簽約內容要求，但建議應試圖歸納與整理地方政府目前相關的運輸減碳政策，諸如臺北市政見有「運具電氣化維	謝謝委員提供的資訊及意見，地方政府的推動前沿確實更切合地方特色與需求。惟本計畫報告篇幅與資訊量已相當龐大，建議留待後續研究再進行彙整。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
修人員培訓委員會」，高雄市有整體船運轉型示範規劃，無論公正轉型、航空與船運減碳，都是本報告內容有提及之重點方向，若能有彼此彙整並提供總和性質對地方政府施政運輸減碳施政指引，將使本計畫更加落實。		
本所綜合技術組(書面意見)		
1. 第 3 章「3.4 小結」中提及 4 項結論，其內容均有其重要性。既是小結，應係歸納第 3.1 小節至 3.3 小節之內容，惟部分結論並非自第 3.1 小節至 3.3 小節歸納之內容，建議需進一步補充或修訂。分別說明如下： (1) 小結第 1 項提及國際航空與海運為下一階段之減量重點，惟第 3 章無提及相關內容，第 2 章 COP 會議摘要雖提及相關國家簽署國際航空業氣候企圖聯盟」或「克萊德班克色船運宣言」(P.2-40)，惟並未有相關具體推論為何是下一階段之減量重點，建議補充相關論述。 (2) 小結第 2 項提及包容式運輸，以及第 4 項提及運輸系統電氣化的地緣考量，其所述內容並非自第 3.1 小節至 3.3 小節歸納，而是本章全新的內容，稱為小結似不妥當，建議適當調整章節文字或順序。	謝謝綜技組的意見，說明於下： (1)由於報告的章節安排，係藉由第二章的國際資訊彙整，搭配第三章國內政策的發展，來引出 3.4 節的國際發展趨勢對國內減量的挑戰，因此該小結內容建議併同第二章一起閱讀。國際航空與海運的最新發展，也在 2.3.2 節中補充會後觀察。 (2)已將該節標題修改為「國內外發展下我國運輸部門 2050 年淨零排放之挑戰」。	同意
2. 第 4 章「4.2 各國淨零排放路徑研究方法」中，依據各國之研究方法分小點說明，惟第 4-19 頁內容為針對各國淨零排放路徑研究方法的評論，並非特定國家之研究方法，爰建議給予獨立標題，以利讀者掌握文章重點。	謝謝綜技組的意見，已新增 4.3 節回溯方法之原則。	同意
3. 第 5 章經濟計量模型之虛擬變數(第 5-15 頁)，包括高鐵政策、政策-合作社、商業型態轉變、五都整併、港口升級與工業區等，請進一步說明增加這些虛擬變數的理由。	謝謝綜技組的意見，以補充於 5-20 頁。	同意
4. 第 5 章經濟計量模型檢定流程(第 5-17 至 5-24 頁)相關內容，建議朝向說明資料特	謝謝綜技組的意見，有關第五章計量經濟分析與檢定等	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
徵與趨勢意涵為主，至於涉及許多統計檢定專業內容，建議於註腳處或附錄中補充說明。 5. 細部或通案性意見條列說明如下： (1) 主動式交通(active mobility)直接翻譯不易了解其內涵，建議適度增加文字，舉例於 3-23 頁，可加字為「…及步行與自行車等主動式交通(active mobility)的發展」。 (2) 本報告英文縮寫繁多，請在附錄加上索引，並註明於報告中之章節位置。 (3) 本報告提及諸多專有名詞於報告中沒有進一步說明，如第 5-6 頁 TRICE 模型、DF 檢定、ADF 檢定、PP 單根檢定、KPSS 定態性檢定，以及其它。請在註腳簡要說明，若是內容稍多，可考量於附錄中說明。 (4) 部分名稱前後不一致，如第 4-27 頁德菲法與 4-31 頁德爾菲法，請修訂一致。 (5) 第 4-2 頁，註腳 11，文字矛盾，說已在 4.2 節說明減量工具，但這一頁就是 4.2 節，結果還是沒有說明。 (6) 第 4-19 頁，「how desirable futures can be attained」請另補充中文。	相關內容，本計畫已補充說明相關理論與文獻，並增補於參考文獻。此外針對專有名詞、英文縮寫、內容論述等語意不明處，亦增修相關說明於期末報告中。	
主席結論		
1. 團隊在模型的建置給予肯定，確實已將 2050 年淨零排放目標及相關措施導入，未來模型還請強化與實際行動計畫之結合，可供後續交通部於決策淨零排放資源投入時參酌。	謝謝主席的意見，本計畫將參酌淨零排放策略中之實際行動或計畫等因素納入未來模型精進與研究方向。	同意
2. 國外文獻部分請篩選出適合我國未來參採的項目，以利後續參酌。	謝謝主席的意見，本計畫已將國內外相關文獻可借鏡意見增補於期末報告中。	同意
3. 請團隊將 COP27 重要發展趨勢，重點摘錄至期末報告。	謝謝主席的意見，本計畫將 COP27 出國報告與觀察重點增補於期末報告中。	同意
4. 報告 5.1 節模型的工具箱架構跟功能，提到的 2050 年淨零排放評估的工具與 4 項	謝謝主席的意見，有關工具箱中模型間之關聯性與功	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	承辦單位 審查意見
(計量、CGE、LEAP 跟各別策略工具)模型的組合，請按照簡報的流程圖在報告中呈現這 4 個方法彼此間的投入產出的一些關聯性、連結性等。	能，本計畫已增補相關說明於期末報告中。	
5. 審查會議各委員及與會單位研提之口頭及書面意見，請中華經濟研究院整理「審查意見處理情形表」，且逐項說明回應辦理情形，並納入報告之修正。	謝謝主席指教，本計畫將配合辦理，並逐項回覆辦理情形。	同意
6. 本計畫經徵詢審查委員意見，期末審查原則通過，請財團法人中華經濟研究院於 111 年 12 月 23 日(五)前提送期末報告修正定稿到本所。	謝謝主席指教，遵照辦理。	同意

附錄 4

CGE 模型補充說明

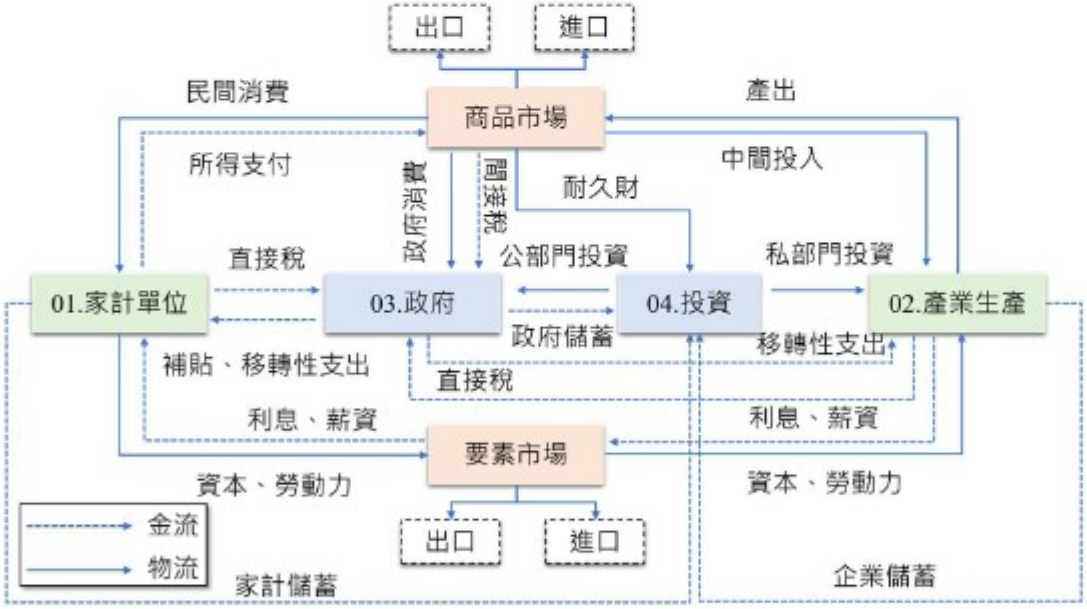
附錄 4、CGE 模型補充說明

一、CGE 模型簡介

1. 巢式結構

本計畫建構的運輸CGE模型屬單國動態模型。整體架構是以一般CGE模型的基本架構為基礎。舉例來說，經濟個體包括產業部門、家計部門、政府部門；描述的經濟活動包括產業生產活動與投資活動、家計部門的消費決策、政府財政收支、商品進出口貿易等；觀察的市場包括國內各類商品市場及勞動、資本等要素市場。以下，本文將透過循序漸進方式解釋

假設今日經濟體系只有家計單位和產業生產者，在家計單位決定購買運輸服務或私人運具以滿足移動之目的前，應取決其在要素市場所賺取的利息或薪資。於此同時，產業生產者則會依據商品市場銷售情況決定最適生產量，確保投入最低的要素稟賦並獲得最高利潤。



資料來源：本計畫繪製。

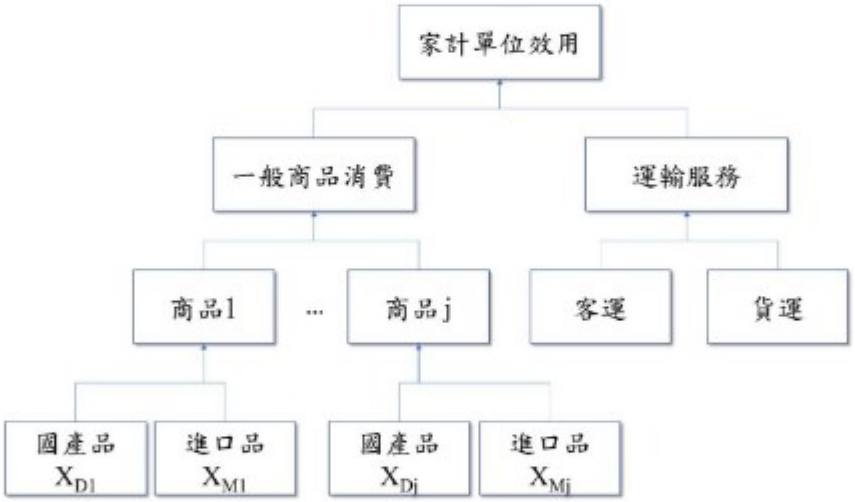
圖附 4-1　運輸 CGE 模型整體架構圖

進一步將政府單位加入經濟體系，其將依據國家財政稅法向家計單位(如所得稅)或產業生產者(如生產稅)課徵稅賦。政府獲得稅賦後，部分資金將用於國家政策如補貼(移轉性支出)農民災損部分則用於儲蓄。依據「新

古典封閉法則(Neoclassical Closure)」，將所有儲蓄均用於資本形成(或稱非金融性投資)。因此，政府儲蓄加上家計單位和產業生產者之儲蓄可視為市場資金供給。資本形成的配比則依據各產業的預期報酬率而決定。

由前述說明不難理解，整個經濟體系的運作機制皆取決經濟主體(Economic Agents)的決策行為。為近一步舉例說明，本文以產業在生產過程中所需投入之各項要素彼此間之關係，以及家計部門為了滿足效用所決定的商品消費組合之變化，將改以巢式結構呈現，如圖附 4-2 至圖附 4-5 所示。

以家計單位為例，在給定預算限制條件下，求解家計單位最大效用的最適消費商品水準。為符合本計畫之需求，特別將消費支出區分為一般商品消費及運輸服務，如圖附 4-2 所示。因部分商品供應源頭來自進口或國產，故另外透過 Armington 彈性參數[24]決定商品來源之分配。



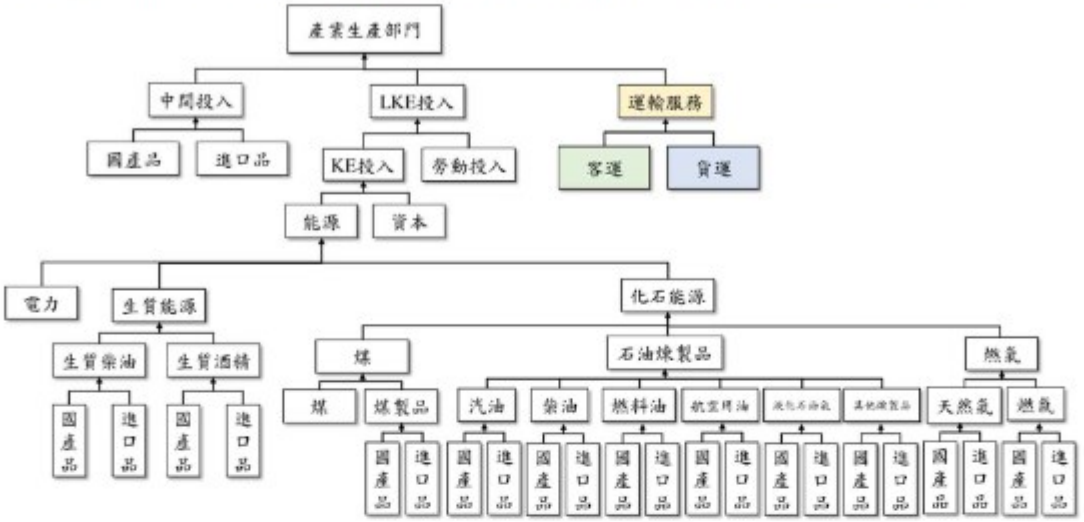
資料來源：本計畫繪製。

圖附 4-2　家計單位巢式結構- 消費決策

在產業生產者方面，各產業別會在要素稟賦給定下，求解成本最小的最適生產量。在確定最適生產量後，將依據 Leontief 函數決定應該投入多少中間投入、LKE 投入與運輸服務投入。其中，中間投入包括生產用的原

[24] 詳見頁 5-50。

料或產品銷售所需配合的服務產業。惟部分原料可能來自進口，故中間投入又需另外決定產品或服務之供應來源需再分為國產品和進口品。

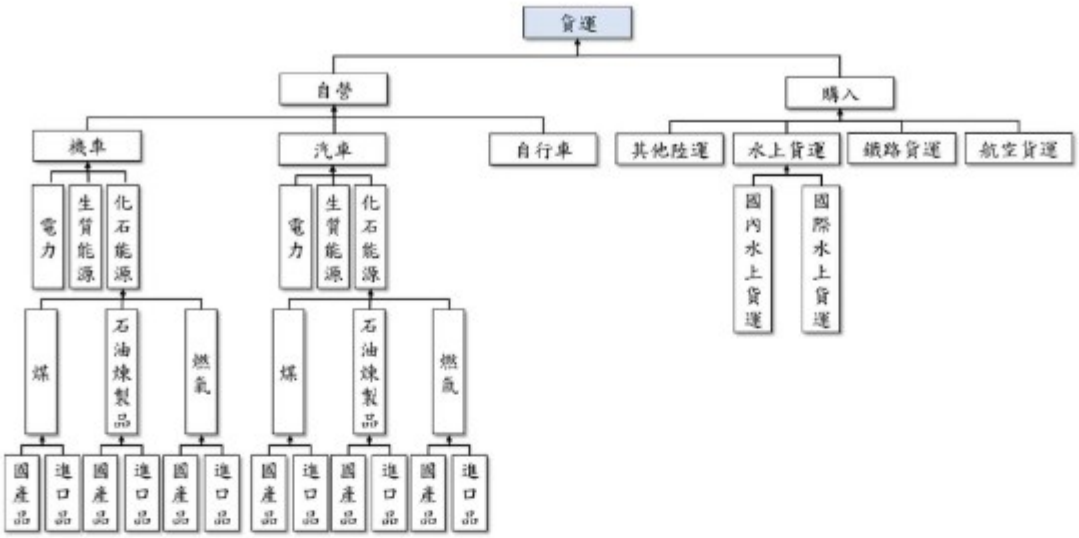


資料來源：本計畫繪製。

圖附 4-3　產業生產巢式結構- 生產決策

LKE 投入部分，包括 KE(Capital and Energy)與勞動(Labor)等要素投入，且以 CES 函數描述兩者之間的替代關係。其中，KE 是指資本及能源的投入，兩者也是以 CES 函數呈現替代關係。為與現實相符，能源又再細分為電力、生質能源與化石能源三大類型，依據其衍生製品又再細分能源商品若干，如圖附 4-3 所示。

另外運輸服務依據旅次分類又可分為客運及貨運兩種，為具體說明本文另將其再以巢式結構方式呈現，如圖附 4-2 及圖附 4-4 所示。在貨運方面，分為自營及購入兩種。前者意指產業生產者自行投資運輸資產，提供自己運輸服務；後者則未投資運輸資產，改以向運輸服務業者依據其需求購入陸上、水上或航空等運輸服務。自營貨運業者投入車輛與能源，以提供自己運輸服務，為了保留模型調整彈性，模型設計上讓每一種車輛可以選擇使用所有種類能源商品，再由 SAM 表讓不存在的能源數值為零，藉以吻合現況。

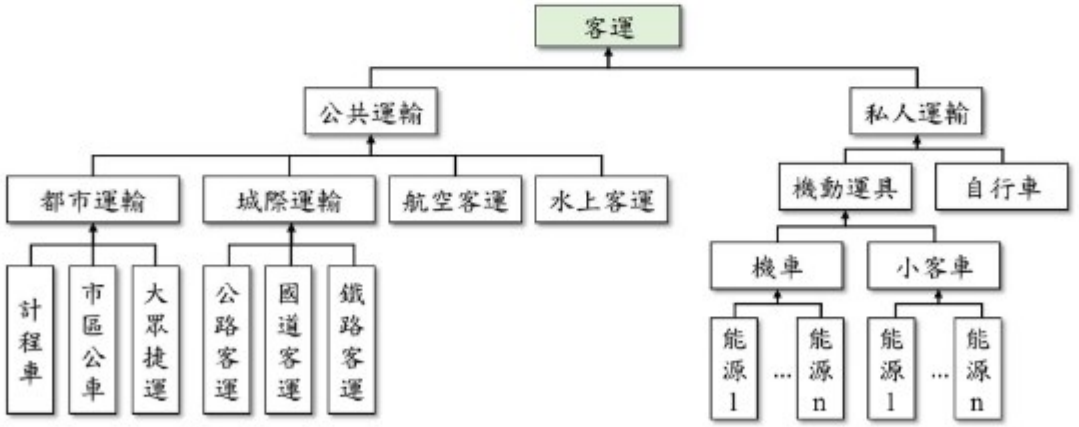


資料來源：本計畫繪製。

圖附 4-4　貨運巢式結構- 運輸服務決策

在客運方面，分別由公共運輸和私人運輸兩種種類組成。考量現今運輸部門的減量措施強調發展公共運輸系統建構綠色運輸網路，故本計畫將陸上運輸拆解為都市運輸和城際運輸兩組，另加上航空客運及水上客運組成模型中的公共運輸。公共運輸服務需求部分來自產業生產者部分則來自家計單位。相較產業生產者由最適生產量決定欲購入的貨運及客運服務，家計單位則是在預算限制下決定運輸商品的消費水準，如圖附 4-2 所示。

私人運具方面，則包含機動運具及自行車兩種。兩者之間最大差異在於，產業生產者購買公共運輸服務只需要決定欲搭乘的運具；若選擇私人運輸，除需決定運具種類外亦須選擇應投入的能源種類，如圖附 4-2 所示。



資料來源：本計畫繪製。

圖附 4-5　客運巢式結構- 運輸服務決策

2. 模型方程式

在上一小節已說明 CGE 模型的運轉機制，另配合巢狀結構描述家計單位及產業生產者的決策行為。以下本計畫分別針對模型中的價格體系、生產與貿易、機構帳所得恆等式與其他限制式分項說明細部設定。

(1) 價格體系

i.進口價格

以國內貨幣計價之進口商品價格等於到岸價格轉換為國內幣值後，加計進口稅而得。其中，$PM_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的進口價格；$CIF_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的到岸價格；ER_t代表 t 期的國內幣值；$tm_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的進口稅。

$$PM_{c,t} = CIF_{c,t} \cdot ER_t \cdot \left(1 + tm_{c,t}\right) \quad \text{(附 4-1)}$$

ii. 出口價格

以國內貨幣計價之出口價格等於以國際貨幣計價之出口價格經匯率轉換後，扣除出口稅與交易成本而得。其中，$PE_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的出口價格；$FOB_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的離岸價格；ER_t代表 t 期的國內幣值。

$$PE_{c,t} = FOB_{c,t} \cdot ER_t \quad \text{(附 4-2)}$$

iii. Armington[25]商品價格(複合式購買價格)

國產與進口的各項商品購買價格加權平均，且以固定替代彈性(Constant Elasticity of Substitution，以下簡稱 CES)表示。其中，$\theta_{c,t}^{M}$代表商品 C 在 t 期的進口價值占比參數；$PM_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的國內進口價格；$A_{c,t}^{M}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性技術進步參數；σ_c^{M}代表商品 C 在 t

[25] 在國際貿易中，同類商品應具有不完全替代關係，並以一固定替代彈性函數來描述二者間的關係，而爾後的學者也將函數中反映不完全替代關係的替代彈性，引申稱為 Armington 彈性(林師模等人，2014)[244]。

期的 Armington 彈性替代率；$PD_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的國產價格；$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格。

$$\left[\theta_{c,t}^{M}\cdot\left(\frac{PM_{c,t}}{A_{c,t}^{M}}\right)^{(1-\sigma_{C}^{M})}+\left(1-\theta_{c,t}^{M}\right)\cdot\left(\frac{PD_{c,t}}{A_{c,t}^{M}}\right)^{(1-\sigma_{C}^{M})}\right]^{\frac{1}{(1-\sigma_{C}^{M})}}\geq PAG_{c,t}\qquad\text{(附 4-3)}$$

iv. 能源商品價格(複合式能源商品)

複合式能源商品價格，以 CES 函數表示。其中，$\theta_{c,i,t}^{EN}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入能源種類 C 價值佔複合式能源商品價值比重參數；$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格；$A_{c,i,t}^{EN}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入能源種類 C 的技術進步參數；σ_{i}^{EN}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入能源的替代彈性；$PEN_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的複合式能源價格。

$$\left[\sum\nolimits_{c\in EN}\theta_{c,i,t}^{EN}\cdot\left(\frac{PAG_{c,t}}{A_{c,i,t}^{EN}}\right)^{(1-\sigma_{i}^{EN})}\right]^{\frac{1}{(1-\sigma_{i}^{EN})}}\geq PEN_{i,t}\qquad\text{(附 4-4)}$$

v. 資本能源價格

資本能源價格，以 CES 函數表示。其中，$\theta_{i,t}^{KE}$產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本佔能源及資本價值比重參數；PK_t代表 t 期的資本價格；$A_{i,t}^{KE}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入 資本能源技術進步參數；σ_{i}^{KE}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性；$PEN_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入複合式能源的價格；$PKE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的資本能源價格。

$$\left[\theta_{i,t}^{KE}\cdot\left(\frac{PK_{t}}{A_{i,t}^{KE}}\right)^{(1-\sigma_{i}^{KE})}+\left(1-\theta_{i,t}^{KE}\right)\cdot\left(\frac{PEN_{i,t}}{A_{i,t}^{KE}}\right)^{(1-\sigma_{i}^{KE})}\right]^{\frac{1}{(1-\sigma_{i}^{KE})}}\geq PKE_{i,t}\qquad\text{(附 4-5)}$$

vi. 附加價值價格

附加價值價格，以 CES 函數表示。其中，$\theta_{i,t}^{VA}$產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入勞動力佔能源、資本與勞動力價值比重參數；PL_t代表 t 期的

勞動力價格；$A_{i,t}^{VA}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數；σ_i^{VA}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性；$PKE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的資本能源價格；$PVA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的附加價值價格。

$$\left[\theta_{i,t}^{VA}\cdot\left(\frac{PL_t}{A_{i,t}^{VA}}\right)^{\left(1-\sigma_i^{VA}\right)}+\left(1-\theta_{i,t}^{VA}\right)\cdot\left(\frac{PKE_{i,t}}{A_{i,t}^{VA}}\right)^{\left(1-\sigma_i^{VA}\right)}\right]^{\frac{1}{\left(1-\sigma_i^{VA}\right)}}\geq PVA_{i,t} \qquad \text{(附 4-6)}$$

vii. 收益與成本(生產者價格)

模型假設所有商品市場皆為完全競爭市場，均衡下生產者之稅後總收益等於附加價值與中間投入總成本之和。其中，$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格；$\theta_{c,i,t}$代表產業 i 在 t 期中非能源商品 C 佔中間投入價值比重參數；$Q_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的產出；$PVA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的附加價值價格；$VA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期所投入的附加價值；$tq_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的間接稅率；$PQ_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的產出價格。

$$\sum_{c\notin EN} PAG_{c,t}\cdot\theta_{c,i,t}\cdot Q_{i,t}+PVA_{i,t}\cdot VA_{i,t}=\left(1-tq_{i,t}\right)\cdot PQ_{i,t}\cdot Q_{i,t} \qquad \text{(附 4-7)}$$

viii. 國產產出價格

國產產出價格等於各項商品內銷價格加上出口價格之加權平均。其中，$\theta_{c,t}^{Q}$代表商品 C 在 t 期的出口佔總產出比重參數；$PE_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的出口價格；σ_c^{Q}代表商品 C 在 t 期出口內銷的轉換彈性；$PD_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的國產價格；$PQ_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的產出價格。

$$\left[\theta_{c,t}^{Q}\cdot PE_{c,t}^{\left(1+\sigma_c^{Q}\right)}+\left(1-\theta_{c,t}^{Q}\right)\cdot PD_{c,t}^{\left(1+\sigma_c^{Q}\right)}\right]^{\frac{1}{\left(1+\sigma_c^{Q}\right)}}\geq PQ_{c,t} \qquad \text{(附 4-8)}$$

ix. 購買者價格

家計單位消費各項商品之加權平均價格。其中，$\theta_{c,h,t}^{HH}$代表家計單位 h 在 t 期消費商品 C 所支出佔總支出價值比重參數；$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格；$A_{h,t}^{HH}$代表家計單位 h 在 t 期的偏好參數；σ_h^{HH}代表家計

單位 h 在 t 期對消費商品的替代彈性；$PUT_{h,t}$代表家計單位 h 在 t 期的購買者價格指數(效用價格指數)。

$$\left[\sum_c \theta_{c,h,t}^{HH} \cdot \left(\frac{PAG_{c,t}}{A_{h,t}^{HH}}\right)^{(1-\sigma_h^{HH})}\right]^{\frac{1}{(1-\sigma_h^{HH})}} \geq PUT_{h,t} \qquad \text{(附 4-9)}$$

(2) 生產與貿易

i. 要素市場：勞動力

t 期勞動供給加上超額勞動供給會大於等於勞動需求加上超額勞動需求，勞動需求則由各產業 i 在 t 期的勞動要素投入加總。其中，LS_t代表 t 期的勞動供給；LFS_t代表 t 期的超額勞動供給；$PVA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期所投入的複合式要素(勞動、資本與能源)價格；PL_t代表 t 期的勞動力價格；$A_{i,t}^{VA}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數；$VA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值；σ_i^{VA}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性；LFD_t代表 t 期的超額勞動需求。

$$LS_t + LFS_t \geq \sum_i \left[\frac{PVA_{i,t}}{(PL_t/A_{i,t}^{VA})}\right]^{\sigma_i^{VA}} \cdot \frac{VA_{i,t}}{A_{i,t}^{VA}} + LFD_t \qquad \text{(附 4-10)}$$

ii. 要素市場：資本能源

t 期資本能源供給加上超額資本能源供給會大於等於資本能源需求加上超額資本能源需求，資本能源需求則由各產業 i 在 t 期的資本能源要素投入加總。其中，KS_t代表 t 期的資本能源供給；KFS_t代表 t 期的超額資本能源供給；$PKE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的資本能源價格；PK_t代表 t 期的資本價格；$A_{i,t}^{KE}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數；σ_i^{KE}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性；$KE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源要素；KFD_t代表 t 期的超額資本能源需求。

$$KS_t + KFS_t \geq \sum_i \left[\frac{PKE_{i,t}}{(PK_t/A_{i,t}^{KE})}\right]^{\sigma_i^{KE}} \cdot \frac{KE_{i,t}}{A_{i,t}^{KE}} + KFD_t \qquad \text{(附 4-11)}$$

iii. 國產內銷商品市場均衡

國產內銷商品供給大於等於國內購買商品。其中，$PD_{c,t}$代表商品C在t期的國產價格；$PQ_{c,t}$代表商品C在t期的產出價格；σ_c^Q代表商品C在t期出口相對內銷的轉換彈性；$Q_{c,t}$代表商品C在t期的產出；$PAG_{c,t}$代表商品C在t期的Armington商品價格；$A_{c,t}^M$代表商品C在t期的Armington彈性技術進步參數；σ_c^M代表商品C在t期的Armington彈性替代率；$AG_{c,t}$代表在t期購買的複合式商品C。

$$\left[\frac{PD_{c,t}}{PQ_{c,t}}\right]^{\sigma_c^Q} \cdot Q_{c,t} \geq \left[\frac{PAG_{c,t}}{\left(PD_{c,t}/A_{c,t}^M\right)}\right]^{\sigma_c^M} \cdot \frac{AG_{c,t}}{A_{c,t}^M} \qquad \text{(附 4-12)}$$

iv. 實質總需求市場

實質總需求市場等於產業中間需求加上、民間非能源商品實質支出、能源商品實質支出、政府實質支出、政府實質資本形成與民間實質資本形成。其中，$AG_{c,t}$代表在t期購買的複合式商品C；$tq_{i,t}$代表產業i在t期的間接稅率；$PQ_{i,t}$代表產業i在t期的產出價格；$PAG_{c,t}$代表商品C在t期的Armington商品價格；σ_i^{TOP}代表產業i巢式結構最上層的替代彈性；$Q_{i,t}$代表產業i在t期的產出；$PEN_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入複合式能源的價格；σ_i^{EN}代表產業i在t期生產或提供服務時需投入能源的替代彈性；$EN_{i,t}$代表產業i在t期所需投入的能源；$PUT_{h,t}$代表家計單位h在t期的購買者價格指數；$UT_{h,t}$代表家計單位h在t期的實質總消費；$\theta_{c,t}^{GOV}$代表政府單位在t期消費商品C佔總政府消費比重參數；GOV_t代表政府單位在t期的總消費；$\theta_{c,i,t}^{GOVI}$代表政府單位在t期對產業i投資耐久財C的資本形成佔總公共資本形成比重參數；$I_{i,t}^{GOV}$代表公部門在t期對產業i的實質總資本形成；$\theta_{c,i,t}^{PRV}$代表私部門在t期對產業i投資耐久財C的資本形成佔民間資本形成比重參數；$I_{i,t}^{PRV}$代表私部門在t期對產業i的實質總資本形成。

$$\begin{aligned} AG_{c,t} \geq & \sum_i \left[\frac{\left(1-tq_{i,t}\right)\cdot PQ_{i,t}}{PAG_{c,t}}\right]_{c\notin EN}^{\sigma_i^{TOP}} \cdot Q_{i,t} \\ & + \sum_i \left[\frac{PEN_{i,t}}{PAG_{c,t}}\right]_{c\in EN}^{\sigma_i^{EN}} \cdot EN_{i,t} \\ & + \sum_h \left[\frac{PUT_{h,t}}{PAG_{c,t}}\right]^{\sigma_{h,t}^{HH}} \cdot UT_{h,t} + \theta_{c,t}^{GOV} \cdot \frac{GOV_t}{PAG_{c,t}} \\ & + \sum_i \theta_{c,t}^{GOVI} \cdot \frac{I_{i,t}^{GOV}}{PAG_{c,t}} + \sum_i \theta_{c,i,t}^{PRV} \cdot \frac{I_{i,t}^{PRV}}{PAG_{c,t}} \end{aligned} \qquad \text{(附 4-13)}$$

v. 出口商品市場

出口商品等於出口相對內銷價格及商品替代彈性乘上產出商品。其中，$EX_{c,t}$代表商品C在t期的出口；$PE_{c,t}$代表商品C在t期的出口價格；$PQ_{c,t}$代表商品C在t期的產出價格；σ_c^Q代表商品C在t期出口相對內銷的轉換彈性；$Q_{c,t}$代表商品C在t期的產出。

$$EX_{c,t} \geq \left(\frac{PE_{c,t}}{PQ_{c,t}}\right)^{\sigma_c^Q} \cdot Q_{c,t} \quad \text{(附 4-14)}$$

vi. 能源商品市場

產業i在t期所需投入的複合式能源等於資本能源供給。其中，$EN_{i,t}$代表產業i在t期所需投入的能源；$PKE_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入的資本能源價格；$PEN_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入複合式能源的價格；$A_{i,t}^{KE}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數；σ_i^{KE}代表產業i在t期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性；$KE_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入資本能源要素。

$$EN_{i,t} \geq \left[\frac{PKE_{i,t}}{\left(PEN_{i,t}/A_{i,t}^{KE}\right)}\right]^{\sigma_i^{KE}} \cdot KE_{i,t} \quad \text{(附 4-15)}$$

vii. 資本能源商品市場

產業i在t期所需投入的資本能源等於資本能源供給。其中，$PVA_{i,t}$代表產業i在t期所投入的複合式要素(勞動、資本與能源)價格；$PKE_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入的資本能源價格；$A_{i,t}^{VA}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數；σ_i^{VA}代表產業i在t期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性；$VA_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入附加價值。

$$KE_{i,t} \geq \left[\frac{PVA_{i,t}}{\left(PKE_{i,t}/A_{i,t}^{VA}\right)}\right]^{\sigma_i^{VA}} \cdot VA_{i,t} \quad \text{(附 4-16)}$$

viii. 附加價值市場

產業i在t期所需投入的附加價值等於產業i在t期所產生的附加價值。其中，$VA_{i,t}$代表產業i在t期生產或提供服務時需投入附加價值；$tq_{i,t}$代表產業i在t期的間接稅率；$PQ_{i,t}$代表產業i在t期的產出價格；$PVA_{i,t}$代表

產業 i 在 t 期所投入的複合式要素(勞動、資本與能源)價格；$Q_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的產出。

$$VA_{i,t} \geq \left[\frac{\left(1-tq_{i,t}\right)\cdot PQ_{i,t}}{PVA_{i,t}}\right]^{\sigma_i^{TOP}} \cdot Q_{i,t} \qquad \text{(附 4-17)}$$

(3) 機構帳所得恆等式與其他限制式

i. 勞動市場平衡

勞動報酬供給等於勞動薪資需求。其中，$TRF_{h,t}^{LHH}$代表勞動要素帳在 t 期移轉支出至家計機構 h；PL_t代表 t 期的勞動力價格；LFS_t代表 t 期的超額勞動供給；$PVA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期所投入的複合式要素(勞動、資本與能源)價格；$A_{i,t}^{VA}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數；σ_i^{VA}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性；$VA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值；LFD_t代表 t 期的超額勞動需求。

$$\sum_h TRF_{h,t}^{LHH} + PL_t \cdot LFS_t = PL_t \cdot \sum_i \left[\frac{PVA_{i,t}}{\left(PL_t/A_{i,t}^{VA}\right)}\right]^{\sigma_i^{VA}} \cdot \frac{VA_{i,t}}{A_{i,t}^{VA}} + PL_t \cdot LFD_t \qquad \text{(附 4-18)}$$

ii. 資本市場平衡

資本報酬供給等於資本利息需求。其中，TRF_t^{KENT}代表資本要素帳在 t 期移轉支出至企業機構；PK_t代表 t 期的資本價格；KFS_t代表 t 期的超額資本能源供給；$PKE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的資本能源價格；$A_{i,t}^{KE}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數；σ_i^{KE}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性；$KE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源要素；KFD_t代表 t 期的超額資本能源需求。

$$TRF_t^{KENT} + PK_t \cdot KFS_t = PK_t \cdot \sum_i \left[\frac{PKE_{i,t}}{\left(PK_t/A_{i,t}^{KE}\right)}\right]^{\sigma_i^{KE}} \cdot \frac{KE_{i,t}}{A_{i,t}^{KE}} + PK_t \cdot KFD_t \qquad \text{(附 4-19)}$$

iii. 企業單位收支平衡

企業單位移轉支出等於企業單位移轉淨收入。其中，$TRF_{h,t}^{ENTHH}$代表企業單位在 t 期移轉支出至家計單位 h；s_t^{ENT}代表企業單位在 t 期的儲蓄率；$tinc_t^{ENT}$代表企業單位在 t 期被課徵的直接稅稅率；TRF_t^{KENT}代表資本要素帳在

t 期移轉支出至企業機構；$TRF_{h,t}^{HHENT}$代表家計單位在 t 期移轉支出至企業機構。

$$\sum_h TRF_{h,t}^{ENTHH} = (1 - s_t^{ENT} - tinc_t^{ENT}) \cdot \left[TRF_t^{KENT} + \sum_h TRF_{h,t}^{HHENT} \right] \quad \text{(附 4-20)}$$

iv. 家計單位支出恆等式

家計單位支出等於家計單位收入。其中，$PUT_{h,t}$代表家計單位 h 在 t 期的購買者價格指數；$UT_{h,t}$代表家計單位 h 在 t 期的實質總消費；$s_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期的儲蓄率；$tinc_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期被課徵的直接稅稅率；$INC_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期的名目收入；$TRF_{h,t}^{HHENT}$代表家計單位在 t 期移轉支出至企業機構；$TRF_{h,t}^{HHROW}$代表家計單位在 t 期移轉支出至國外。

$$PUT_{h,t} \cdot UT_{h,t} = \left(1 - s_{h,t}^{HH} - tinc_{h,t}^{HH}\right) \cdot INC_{h,t}^{HH} - TRF_{h,t}^{HHENT} - TRF_{h,t}^{HHROW} \quad \text{(附 4-21)}$$

v. 家計單位收入恆等式

家計單位收入等於要素供給加上移轉性收入。其中，$INC_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期的名目收入；$PVA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期所投入的複合式要素(勞動、資本與能源)價格；PL_t代表 t 期的勞動力價格；$A_{i,t}^{VA}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值技術進步參數；σ_i^{VA}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值的替代彈性；$VA_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入附加價值；LFD_t代表 t 期的超額勞動需求；$PKE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入的資本能源價格；PK_t代表 t 期的資本價格；$A_{i,t}^{KE}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源技術進步參數；σ_i^{KE}代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源的替代彈性；$KE_{i,t}$代表產業 i 在 t 期生產或提供服務時需投入資本能源要素；KFD_t代表 t 期的超額資本能源需求；$TRF_{h,t}^{ENTHH}$代表企業單位在 t 期移轉支出至家計單位 h；$TRF_{h,t}^{GOVHH}$代表政府單位在 t 期移轉支出至家計單位 h；$TRF_{h,t}^{ROWHH}$代表國外在 t 期移轉支出至家計單位。

$$\begin{aligned} INC_{h,t}^{HH} = & \sum_i \left[\frac{PVA_{i,t}}{\left(PL_t / A_{i,t}^{VA}\right)} \right]^{\sigma_i^{VA}} \cdot \frac{VA_{i,t}}{A_{i,t}^{VA}} \cdot PL_t + LFD_t \cdot PL_t \\ & + \sum_i \left[\frac{PKE_{i,t}}{\left(PK_t / A_{i,t}^{KE}\right)} \right]^{\sigma_i^{KE}} \cdot \frac{KE_{i,t}}{A_{i,t}^{KE}} \cdot PK_t + KFD_t \cdot PK_t \\ & + TRF_{h,t}^{ENTHH} + TRF_{h,t}^{GOVHH} + TRF_{h,t}^{ROWHH} \end{aligned} \quad \text{(附 4-22)}$$

vi. 政府單位支出恆等式

政府支出等於政府收入扣除儲蓄及移轉性支出。其中，GOV_t代表政府單位在 t 期的總消費；s_t^{GOV}代表政府單位在 t 期的儲蓄率；INC_t^{GOV}代表政府單位在 t 期的名目收入；$TRF_{h,t}^{GOVHH}$代表政府單位在 t 期移轉支出至家計單位 h；TRF_t^{GOVROW}代表政府單位在 t 期移轉支出至國外。

$$GOV_t = (1 - s_t^{GOV}) \cdot INC_t^{GOV} - TRF_t^{GOVHH} - TRF_t^{GOVROW} \quad \text{(附 4-23)}$$

vii. 政府單位收入恆等式

政府收入等於生產稅加上進口稅、所得稅、營業事業所得稅與國外移轉性收入。其中，$tq_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的間接稅率；$PQ_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的產出價格；$Q_{i,t}$代表產業 i 在 t 期的產出；$tm_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的進口稅；$PM_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的進口價格；$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格；$PM_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的國內進口價格；$A_{c,t}^M$代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性技術進步參數；σ_c^M代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性替代率；$AG_{c,t}$代表在 t 期購買的複合式商品 C；$tinc_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期被課徵的直接稅稅率；$INC_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期的名目收入；$tinc_t^{ENT}$代表企業單位在 t 期被課徵的直接稅稅率；TRF_t^{KENT}代表資本要素帳在 t 期移轉支出至企業機構；$TRF_{h,t}^{HHENT}$代表家計單位在 t 期移轉支出至企業機構；TRF_t^{ROWGOV}表國外在 t 期移轉支出至政府單位。

$$\begin{aligned} INC_t^{GOV} = {} & \sum_i tq_{i,t} \cdot PQ_{i,t} \cdot Q_{i,t} + \sum_c tm_{c,t} \cdot PM_{c,t} \cdot \left[\frac{PAG_{c,t}}{(PM_{c,t}/A_{c,t}^M)}\right]^{\sigma_c^M} \\ & \cdot AG_{c,t} + \sum_h tinc_{h,t}^{HH} \cdot INC_{h,t}^{HH} + tinc_t^{ENT} \\ & \cdot \left[TRF_t^{KENT} + \sum_h TRF_{h,t}^{HHENT}\right] + TRF_t^{ROWGOV} \end{aligned} \quad \text{(附 4-24)}$$

viii. 貿易帳平衡

出口收入等於進口支出家上超額勞動淨報酬支出、超額資本淨利息支出與淨移轉支出。其中，$PE_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的出口價格；$EX_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的出口；$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格；$PM_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的國內進口價格；$A_{c,t}^M$代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性技術進步參數；σ_c^M代表商品 C 在 t 期的 Armington 彈性替代率；$AG_{c,t}$代表在 t 期購買的複合式商品 C；PL_t代表 t 期的勞動力價格；LFS_t代表 t 期的超額勞動供給；PK_t代表 t 期的資本價格；KFS_t代表 t 期的超額資本能源供給；

$TRF_{h,t}^{HHROW}$代表家計單位在 t 期移轉支出至國外；TRF_t^{GOVROW}代表政府單位在 t 期移轉支出至國外；PL_t代表 t 期的勞動力價格；LFD_t代表 t 期的超額勞動需求；PK_t代表 t 期的資本價格；KFD_t代表 t 期的超額資本能源需求；$TRF_{h,t}^{ROWHH}$代表國外在 t 期移轉支出至家計單位；TRF_t^{ROWGOV}代表國外在 t 期移轉支出至政府單位；S_t^{ROW}代表國外在 t 期的儲蓄。

$$PE_{c,t} \cdot EX_{c,t} = \left[\frac{PAG_{c,t}}{\left(PM_{c,t}/A_{c,t}^{M}\right)}\right]^{\sigma_c^M} \cdot AG_{c,t} + PL_t \cdot LFS_t + PK_t \cdot KFS_t + \sum_h TRF_{h,t}^{HHROW} + TRF_t^{GOVROW} - PL_t \cdot LFD_t - PK_t \cdot KFD_t - \sum_h TRF_{h,t}^{ROWHH} - TRF_t^{ROWGOV} + S_t^{ROW} \quad \text{(附 4-25)}$$

ix. 資本市場恆等式

資本供給等於資本需求。其中，$\delta_{i,t}^{GOV}$代表 t 期在產業 i 的公共資本形成折舊率；PK_t代表 t 期的資本價格；$K_{i,t}^{GOV}$代表 t 期在產業 i 的公共資本形成；$\delta_{i,t}^{PRV}$代表 t 期在產業 i 的私部門資本形成折舊率；$K_{i,t}^{PRV}$代表 t 期在產業 i 的私部門資本形成；s_t^{ENT}代表企業單位在 t 期的儲蓄率；TRF_t^{KENT}代表資本要素帳在 t 期移轉支出至企業機構；$TRF_{h,t}^{HHENT}$代表家計單位在 t 期移轉支出至企業機構；$s_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期的儲蓄率；$INC_{h,t}^{HH}$代表家計單位在 t 期的名目收入；s_t^{GOV}代表政府單位在 t 期的儲蓄率；INC_t^{GOV}代表政府單位在 t 期的名目收入；S_t^{ROW}代表國外在 t 期的儲蓄；$PAG_{c,t}$代表商品 C 在 t 期的 Armington 商品價格；$\theta_{c,i,t}^{GOVI}$代表政府單位在 t 期對產業 i 投資耐久財 C 的資本形成佔總公共資本形成比重參數；$I_{i,t}^{GOV}$代表公部門在 t 期對產業 i 的實質總資本形成；$\theta_{c,i,t}^{PRV}$代表私部門在 t 期對產業 i 投資耐久財 C 的資本形成佔民間資本形成比重參數；$I_{i,t}^{PRV}$代表私部門在 t 期對產業 i 的實質總資本形成。

$$\sum_i \delta_{i,t}^{GOV} \cdot PK_t \cdot K_{i,t}^{GOV} + \sum_i \delta_{i,t}^{PRV} \cdot PK_t \cdot K_{i,t}^{PRV} + s_t^{ENT} \cdot \left[TRF_t^{KENT} + \sum_h TRF_{h,t}^{HHENT}\right] + \sum_h s_{h,t}^{HH} \cdot INC_{h,t}^{HH} + s_t^{GOV} \cdot INC_t^{GOV} + S_t^{ROW} = \sum_i PAG_{c,t} \cdot \theta_{c,i,t}^{GOVI} \cdot I_{i,t}^{GOV} + \sum_i PAG_{c,t} \cdot \theta_{c,i,t}^{PRV} \cdot I_{i,t}^{PRV} \quad \text{(附 4-26)}$$

x. 總投資報酬恆等式

總投資報酬率等於投資風險溢酬。其中，$I_{i,t}^{PRV}$代表私部門在 t 期對產業 i 的實質總資本形成；$PI_{i,t}^{PRV}$代表私部門在 t 期對產業 i 的資本形成價格；$I_{i,0}^{PRV}$

代表私部門在基期對產業 i 的實質總資本形成；$PI_{i,0}^{PRV}$代表私部門在基期對產業 i 的資本形成價格；$RR_{i,t}^{PRV}$代表私部門投資產業 i 在 t 期的預期報酬率；$RR_{i,0}^{PRV}$代表私部門投資產業 i 在基期的預期報酬率；NYI代表資本形成配置的移轉彈性。

$$\frac{I_{i,t}^{PRV} \cdot PI_{i,t}^{PRV}}{I_{i,0}^{PRV} \cdot PI_{i,0}^{PRV}} = \left[\frac{RR_{i,t}^{PRV}}{RR_{i,0}^{PRV}}\right]^{NYI} \quad \text{(附 4-27)}$$

xi. 投資報酬率

投資報酬率等於資本價格相對資本形成價格扣除私部門折舊率。其中，$RR_{i,t}^{PRV}$代表私部門投資產業 i 在 t 期的預期報酬率；$\delta_{i,t}^{PRV}$代表 t 期在產業 i 的私部門資本形成折舊率；PK_t代表 t 期的資本價格；$PI_{i,t}^{PRV}$代表私部門在 t 期對產業 i 的資本形成價格。

$$RR_{i,t}^{PRV} = -\delta_{i,t}^{PRV} + \frac{PK_t}{PI_{i,t}^{PRV}} \quad \text{(附 4-28)}$$

xii. 公部門淨資本形成恆等式

公部門淨資本形成等於公部門資本形成扣除折舊。其中，$\dot{K}_{i,t}^{GOV}$代表在 t 期對產業 i 的公部門淨資本形成；$I_{i,t}^{GOV}$代表公部門在 t 期對產業 i 的實質總資本形成；$\delta_{i,t}^{GOV}$代表 t 期在產業 i 的公共資本形成折舊率；$K_{i,t}^{GOV}$代表 t 期在產業 i 的公共資本形成。

$$\dot{K}_{i,t}^{GOV} = I_{i,t}^{GOV} - \delta_{i,t}^{GOV} K_{i,t}^{GOV} \quad \text{(附 4-29)}$$

xiii. 私部門淨資本形成恆等式

私部門淨資本形成等於私部門資本形成扣除折舊。其中，$\dot{K}_{i,t}^{PRV}$代表在 t 期對產業 i 的私部門淨資本形成；$I_{i,t}^{PRV}$代表私部門在 t 期對產業 i 的實質總資本形成；$\delta_{i,t}^{PRV}$代表 t 期在產業 i 的私部門資本形成折舊率；$K_{i,t}^{PRV}$代表 t 期在產業 i 的私部門資本形成。

$$\dot{K}_{i,t}^{PRV} = I_{i,t}^{PRV} - \delta_{i,t}^{PRV} K_{i,t}^{PRV} \quad \text{(附 4-30)}$$

xiv. 總資本形成恆等式

公部門淨資本形成加上私部門淨資本形成。其中，$K_{i,t}$代表在 t 期對產業 i 的總淨資本形成；$\dot{K}_{i,t}^{GOV}$代表在 t 期對產業 i 的公部門淨資本形成；$\dot{K}_{i,t}^{PRV}$代表在 t 期對產業 i 的私部門淨資本形成。

$$K_{i,t} = K_{i,t}^{GOV} + K_{i,t}^{PRV} \quad \text{(附 4-31)}$$

3. 資料庫建置

前述第一及第二小節分別針對 CGE 模型的架構、巢狀式決策行為與方程式細部設定進行說明。惟模型操作前尚需仰賴歷史統計資料，描述經濟體系運作現況。因此，本文另於第三小節交代模型資料庫的架構意涵、資料來源與資料頻率等內容。因此，下列兩小節可分為兩部分，包括記錄經濟現況資訊的「社會會計矩陣建置」資料庫之架構意涵和資料來源頻率。

(1) 社會會計矩陣之架構意涵

整個社會會計矩陣為了呈現經濟活動過程中，商品與服務之流向及對映之貨幣流向，故以會計帳收入與支出之概念呈現，顧名思義整體帳表處於收支平衡的架構下，又稱社會會計矩陣(social accounting matrix，以下簡稱 SAM)。SAM 表透過矩陣形式，用以呈現整體經濟周流的關聯性，每一個欄位代表由該行(column)之經濟個體支付給該列(row)經濟個體之金額，因此，行的總和為總支出，列的總和為總收入。

一般 SAM 表包括活動帳、商品帳、要素帳、機構帳、資本帳及貿易帳等六大項。活動帳主要說明國內產業生產活動所需的各項投入及其產品或服務的供應，商品帳主要說明國內市場上商品與服務的來源與流向，要素帳說明國內、外產業生產過程僱用勞務或資本所支付給本國及外國的報酬，機構帳主要說明家計部門、政府部門、企業之所得來源及其支用分配，資本帳主要說明國內資金的來源與用途，貿易帳則說明對外交易之收支，如附表 4-1 所示。

表附 4-1　SAM 表架構

		活動帳 C1	商品帳 C2	要素帳 勞動C3	要素帳 資本C4	機構帳 公司及準公司企業C5	機構帳 家計C6	機構帳 政府C7	資本帳 政府C8	資本帳 公司及準公司企業C9	資本帳 公司及準公司企業存貨C10	資本帳 合計C11	國外帳 C12	總收入 C13
活動帳R1			國產品供給(生產總額P) 29,284,847										進口及財務輸出(商品進口及關稅等) 11,491,022	40,775,869
商品帳R2		中間投入 20,977,272					家計消費 9,600,375	政府消費 2,771,196	政府固定資本形成 607,917	固定資本形成 4,176,195	存貨增加 5,777	資本形成毛額 4,789,889		38,138,732
要素帳	勞動R3	勞動報酬 8,867,534											國外來源人員報酬收入 33,340	8,900,874
要素帳	資本R4	營業盈餘 6,884,389											國外財產企業所得收入 1,104,067	7,988,456
機構帳	公司及準公司企業R5				企業財產及出售收入(移轉) 3,398,280		家計對國內企業移轉 278,292	財產及所得稅 96,560						3,773,132
機構帳	家計R6			家計屬於勞動報酬 8,880,935	家計屬於營業盈餘、財產及企業所得淨額 3,611,436	家計對國內企業所得淨額 374,319	家計對國內家計移轉	政府對個人的移轉支出 1,693,284					國外對家計經常移轉 227,612	12,492,371 / 2,295,215
機構帳	政府R7	生產稅 / 進口稅 / -補貼金 891,185			財產及企業所得收入 433,111	營利事業所得稅 699,767	所得稅及其他經常稅 613,476 / 政府間經常性移轉收入 1,712,809						國外對政府經常移轉收入 7,425	1,746,354 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 0 / 2,611,419
資本帳	政府R8	政府消費 -448,135					家計及企業外圍共他經常移轉 2,257,339	政府儲蓄 -206,314						2,499,160
資本帳	公司及準公司企業R9	折舊 2,707,354				企業儲蓄 2,699,046								5,406,400
	合計R10	3,155,489	0	0	0	2,699,046	2,257,339	206,314	0	0	0	0	對外經常交易餘額 3,115,671	4,789,889
國外帳R11			商品及服務輸入 8,853,885	國外來源人勞動報酬支付 19,939	國外財產企業所得支付 545,629		家計對國外移轉 325,295	政府對國外移轉支出 3,047						9,747,795
總支出R12		40,775,869	38,138,732	8,900,874	7,988,456	3,773,132	14,787,586	4,357,773	607,917	4,176,195	5,777	4,789,889	9,747,795	

附 4-17

活動帳的直行代表國內產業在生產活動中，需要投入中間商品做為原物料，僱用勞工、建置廠房設備等資本，才能進行生產，並在商品出廠時繳納間接稅，凡此所有投入的金額總和即為生產的總成本(C1)。當廠商利用前述各項投入在有限的產能下進行生產，其可能生產商品或服務項目不只一類，此時就必須決定如何利用有限資源配置生產各類商品，其生產商品的總價值即為生產總額，因此活動帳的橫列代表各產業生產不同商品之配置或供給情形(R1)，由於本計畫係利用主計總處產業關聯表之商品表進行編製，每個產業僅以其主要生產產品為代表歸併產業類別，並將非該類別之其他生產商品價值分離歸併至對映產業，在此情形下，本計畫的生產總額並不存在單一產業生產多種產品的情況，故為一對角線矩陣。

接著，商品帳的直行說明國內市場中商品的來源(C2)，包括上述國內產業生產的各項商品與服務，也包含商品與服務輸入，同時計入在市場交易過程中衍生的交易成本與加值型營業稅及進口稅等。商品帳橫列則說明國產與進口商品的流向(R2)，包括銷售給其他產業做為原物料等中間投入使用、銷售給家計部門、政府部門做為最終商品消費、銷售給企業做為資本財使用(特別是廠房設備或無形資產等耐久財)、或是輸出到國外市場，其中部分產品或半成品尚未售出須留待下期或者上期留存本期售出之商品則列為存貨變動，因具跨期性質故屬資本帳之一項。因此商品帳中所有來源商品之總價值，應等於所有商品銷售加上在庫存貨變動(C2=R2)。

要素帳中，包含兩大類要素，即勞動與資本。要素帳的直行(C3、C4)呈現的是要素報酬的分配，例如勞動報酬包括支付給國內受僱人員及國外受僱人員之報酬，資本報酬則包括支付給企業之財產與企業所得、支付給家計部門之盈餘分配、支付給政府之財產所得等。要素長的橫列(R3、R4)則呈現報酬的來源，包括國內人力與資本受僱於國內產業所收入之報酬，以及本國勞工及資本受僱於國外企業所收入之報酬。同樣的，報酬支付總額必須等於報酬收入總額(C3=R3、C4=R4)。

機構帳中，包含企業、家計部門、政府部門等機構。如同前述，機構帳主要表現各機構所得之收入來源及用途，因此企業的直行(C5)代表企業之各項支出，包括對家計及政府部門之經常移轉、繳納之營利事業所得稅等，企業總所得扣除前述各項之總支出，其餘額即為企業之儲蓄。企業的橫列(C5)代表企業之各項收入，包括來自資本報酬中之財產企業所得、來自家計部門之經常移轉、來自政府部門之財產所得支付等。企業之總收入必須等於總支出加上儲蓄(C5=C5)。家計與政府部門也具備類似概念，支出項(C6、C7)包括一般性的商品及服務消費支出、對國內其他機構之經常移轉、對國外之經常移轉、家計部門還須繳納綜合所得稅，總收入扣除總支出之餘額，則為家計與政府部門之儲蓄。家計部門之收入項(R6)，則包括來自企業之受僱人員報酬與盈餘分配、來自企業與政府之經常移轉、來自國外之經常移轉等，家計部門收支亦須相等(C6=R6)。至於政府部門之收入項(R7)，則來自各項稅收、財產企業所得、國內經常移轉及國外經常移轉，政府部門收支亦須相等(C7=R7)。

資本帳主要說明國內資金的來源與用途，因此資本帳直行(C11)代表資金用途，包含國內資本形成毛額及存貨變動，橫列(R11)代表資金來源，主要是家計、政府及企業儲蓄，儲蓄總額扣除資金支用總額，其餘額為對外經常交易餘額，故資本帳收支必須相等(C11=R11)。

貿易帳說明對外交易之收支，因此直行(C12)包括國內商品及服務輸出所獲得之收入、國內人力受僱於國外企業所獲得之報酬、國內資金或資產投資或受僱於國外企業所獲得之收入、國外對國內家計與政府之經常移轉等。橫列(R12)包含國內因商品及服務輸入所給付之支出、國內因僱用國外勞力所給付之報酬、國內因國外資金或僱用國外資產所給付之報酬、國內家計與政府部門對國外之經常移轉支出等。總收入與總支出之差額即為對外經常交易餘額，故貿易帳亦須收支相等(C12=R12)。

前者已說明 SAM 表整體架構，但因經濟體系還存在各產業別及商品別，故尚有待進一步細部化資料庫。爰此，本計畫以主計總處 2016 年產業關聯表各部門投入及分配結構攤提前述 SAM 總表數據。使用到的產業關聯表以生產者價格交易表(進口品按 C.I.F.計值 164x164)為主。本計畫使用

的產業部門分類依產業關聯表分為 61 產業部門，家計部門 1 類，政府部門 1 類，產業部門分類如表附 4-2 所示。

需注意的是，為配合研究需求本文另將部分產業如石化能源製品產業、運具製造業及運輸服務業再依據主計總處生產者價格交易表(進口品按 C.I.F.計值 487x164)進行細部拆解。惟如電動小客車(24)、電動大客車(25)與電動機車(27)等運具製造業因資料不足問題，故有待後續透過如專家諮詢方法蒐集其投入產出資訊進一步釐析且完善資料庫建置。

表附 4-2　產業部門分類

編號	產業別		105 年 164 部門之產業關聯對照表	編號	產業別		105 年 164 部門之產業關聯對照表
1	農林漁牧業	1Agrilive	01-11	37	鐵路客運	37RailPassen	122
2	礦業	2Mining	12, 13	38	鐵路貨運	38RailFreight	
3	食品菸酒	3FoodProd	14-29	39	高鐵客運	39HSR	
4	人纖及紡織品	4FabText	30-37, 54, 55	40	北部捷運	40NPRT	
5	紙及紙製品	5Paper	44-46	41	其他捷運	41OPRT	
6	汽油	6Gasoline	47	42	國道與遊覽車	42ExprsPassen	123
7	柴油	7DieselFuel		43	一般公路與市區公車	43Road	
8	航空用油	8AviatFuel		44	輔助型公共運輸	44MisPassen	
9	燃料油	9FuelOils		45	公路貨運	45Freight	
10	其他石油煉製品	10MisOil		46	公路自營貨運	46OwnFreight	
11	煤、焦炭及其他煤製品	11CoalProd	48	47	水上運輸	47Navigation	124
12	基本化學材料	12ChemMat	49	48	空中客運	48AirPassen	125
13	石油化工原料	13PetroMat	50	49	空中貨運	49AirFreight	
14	其他化學製品	14ChemProd	51, 56-60	50	運輸輔助服務	50SupportTran	126
15	塑膠與橡膠製品	15RubberPlastic	52, 53, 61, 62	51	倉儲郵政快遞	51StorPostal	127, 128
16	非金屬礦物製品	16NonMetallic	63-67	52	住宿餐飲及旅行服務	52AccFoodBev	129, 130, 151
17	鋼鐵及其製品	17IronSteel	68-71	53	電信服務	53Telecomm	134
18	其他金屬及其製品	18MetalPrd	72-76	54	電腦系統設計與資料處理	54ComDsnData	135, 136
19	電子零組件	19Electronic	77-81	55	金融保險	55Financial	137-139

編號	產業別		105 年 164 部門之產業關聯對照表
20	電腦產品與週邊設備	20Computer	82, 83, 86
21	通訊傳播設備	21Communication	84
22	精密機械	22PrcisInstr	87, 88
23	機械	23Machinery	95-97, 107
24	電動小客車	24ELDVP	98
25	電動大客車	25EHDVP	
26	非電動汽車	26MisVehicles	
27	電動機車	27Motocycles	100
28	非電動機車	28MisMoto	
29	軌道車輛	29Track	101, 102
30	其他運輸工具	30MisTrnEquip	
31	其他製品	31MisProd	38-43, 85, 89-94, 103-106
32	電力	32EndUseElec	108
33	燃氣	33Gas	109
34	自來水	34Water	110
35	公共工程	35Construction	111-118
36	商品經紀與批發零售	36WholRetl	119-121

編號	產業別		105 年 164 部門之產業關聯對照表
56	研究發展與技術服務業	56ResTecTest	144-148
57	租賃服務	57Renting	149
58	公共行政服務	58PubSev	155
59	教育醫療與社會服務	59EduMed	156-158
69	藝術、娛樂與休閒服務	60ArtEnt	159
61	其他服務	61MisSEV	131-133, 140-143, 150-154, 160-164

資料來源：主計總處，生產者價格交易表(進口品按 C.I.F.計值 164x164)

主計總處 2019 年國民所得統計年報資料，比對資料定義，將符合模型 SAM 定義之資料填入 SAM 表，如表附 4-3 對映編號使用的國民所得統計表附 4-4 年報，及對映欄位中標示之國民所得統計帳表編號。填入 SAM 表後，確認收支是否相等。由於國民所得統計年報將加值型營業稅、進口稅與其他間接稅加總為「生產及進口稅淨額」一項，故還需輔以主計總處國民所得及經濟成長統計資料庫資料將該項數據拆解。

對映到，需要攤提的數據包括中間投入(應攤提為 61x61 矩陣)、受僱人員報酬(應攤提為 1x61 矩陣)、營業盈餘(1x61)、生產及其他間接稅(含補助金)(1x61)、生產總額(61x61)、加值型營業稅(1x61)、進口稅(1x61)、商品及服務輸入(1x61)、民間消費(61x1)、政府消費(61x1)、國內資本形成毛額(61x1)、存貨變動(61x1)、商品及服務輸出(61x1)等。

其中中間投入、受僱人員報酬、營業盈餘、生產及其他間接稅(含補助金)、加值型營業稅、進口稅、商品及服務輸入、民間消費、政府消費、國內資本形成毛額、存貨變動、商品及服務輸出等項，運用產業關聯表中之購買者價格交易表對映欄位攤提。

經過細部門攤提，需先確認是否與原始 2019 年總數相等，並確認各部門收支是否相等。由於前述各項攤提過程皆控制在總表之總數上，且做為攤提結構參考之產業關聯表本身亦為收支平衡帳表，因此經過攤提後之細部門 SAM 表，雖然可能因為計算誤差而導致收入與支出產生些微差距，但不至於產生過大差額，因此為確保收支平衡，將差額以國民所得統計年報未統計資料如企業經常性移轉至政府等項目調整之。

(2) 資料來源及頻率

SAM 使用之主要資料來源為行政院主計總處產業關聯表，以及國民所得統計。產業關聯表主要呈現各產業生產過程所需投入之各項要素，以及生產產品銷售流向，因此可用來校估模型中各項成本份額、支出份額、銷售份額等參數。惟產業關聯表編製基礎為 5 年 1 次的全國各業普查，因此每 5 年編製 1 次商品表，其後則隨著各年度抽查資料與國民所得統計資料的更新，編製各年度的年表。本年度採用 2016 年產業關聯表為基礎搭配 2020 年國民所得統計年報，將 SAM 表校估至 2019 年，相關資訊。

表附 4-3　國民所得統計年報帳表編碼

編碼	國民所得統計年報帳表	編碼	國民所得統計年報帳表
0	前　言	3-1-3	(三)資金運用總帳－當期價格
1	第一章　108 年經濟發展情勢綜合分析	3-1-4	(四)對外交易總帳－當期價格
1-1	一、國際情勢	3-2	二、各類商品與服務供需報告－商品與服務交易統計表
1-2	二、國內生產與結構變動	3-2-1	第 1 表　國內生產毛額依行業分－當期價格
1-3	三、國民所得與平均每人國民所得	3-2-2	第 2 表　國內生產毛額依行業分－連鎖實質值(105 年為參考年)
1-4	四、國內生產毛額之支用	3-2-3	第 3 表　國內生產產值及成本構成－當期價格
1-5	五、物價變動	3-2-4	第 4 表　國內生產毛額及要素所得依行業分－當期價格
1-6	我國國民經濟會計 108 年經濟循環	3-2-5	第 5 表　政府消費－當期價格
2	第二章　主要統計結果表	3-2-6	第 6 表　家庭消費－當期價格
2-1	第 1 表　國內生產毛額與國民所得	3-2-7	第 7 表　家庭消費－連鎖實質值(105 年為參考年)
2-2	第 2 表　平均每人所得與消費－當期價格	3-2-8	第 8 表　民間消費及民間實際消費－當期價格
2-3	第 3 表　各業生產毛額結構－當期價格	3-2-9	第 9 表　民間消費及民間實際消費－連鎖實質值(105 年為參考年)
2-4	第 4 表　各業生產毛額實質成長率	3-2-10	第 10 表　國內資本形成毛額－當期價格
2-5	第 5 表　國內生產毛額依支出分－當期價格	3-2-11	第 11 表　國內資本形成毛額－連鎖實質值(105 年為參考年)
2-6	第 6 表　民間消費結構－當期價格	3-2-12	第 12 表　國內資本形成毛額之財源－當期價格
2-7	第 7 表　民間消費實質成長率	3-2-13	第 13 表　對外交易－當期價格
2-8	第 8 表　國民消費－當期價格	3-2-14	第 14 表　國內生產毛額之處分－當期價格
2-9	第 9 表　一般政府經常收支結構－當期價格	3-2-15	第 15 表　國內生產毛額之處分－連鎖實質值(105 年為參考年)
2-10	第 10 表　國內固定資本形成毛額結構－當期價格	3-2-16	第 16 表　平減價格指數
2-11	第 11 表　國內固定資本形成毛額實質成長率	3-3	三、所得收支統計表
2-12	第 12 表　國民儲蓄與國內投資－當期價格	3-3-1	第 1 表　可支配所得－當期價格
2-13	第 13 表　對外經常收支－當期價格	3-3-2	第 2 表　可支配所得－連鎖實質值(105 年為參考年)
2-14	第 14 表　國民所得相關指標	3-3-3	第 3 表　國民所得及可支配所得按部門別之分配－當期價格
3	第三章　國民經濟會計報告	3-3-4	第 4 表　家庭及民間非營利機構之收支－當期價格
3-1	一、總報告	3-3-5	第 5 表　一般政府所得收支－當期價格
3-1-1	(一)國內生產毛額及其處分總帳－當期價格	3-3-6	第 6 表　所得收支帳
3-1-2	(二)國民可支配所得及其支用總帳－當期價格		

資料來源：行政院主計總處國民所得統計年報及本計畫編碼。

表附 4-4　SAM 表編碼與國民所得年報對照

國民所得統計年報對照表			經濟帳																		資金帳	總計(D)
			活動帳	商品帳	要素帳			機構帳						資本帳								
					勞動	資本	土地	企業	家計	政府				小計	政府	公營事業	民營企業	存貨			
										收入總額	直接稅	間接稅	進口稅								
經濟帳	活動帳			生產總額 (3-2-3)																		
	商品帳		中間消費 (3-2-3)						民間消費 (2-5&3-3-4)	政府消費 (2-5&3-3-5)				國內資本形成毛額 (4=5&3-2-12)	國內資本形成毛額 (3-2-10)	固西資本形成毛額 (3-2-10)	固西資本形成毛額 (3-2-10)	存貨變動 (2-5+5@3-2-12 統計差異)	商品及服務輸出 (3-1-4)		
	要素帳	勞動	受僱人員報酬 (3-2-3)																國外受雇人員報酬 (3-1-4)		
		資本	營業盈餘 (3-2-3)																國外財產及企業所得收入 (3-1-4)		
		土地	土地租金 (3xD)																		
	機構帳	企業				財產與企業所得 (除銀)			其他固內經常移轉支出 (3-3-4@除3-3-5)	財產所得支出 (3-3-5)											
		家計			受僱人員報酬 (3-3-4)	營業盈餘、財產及企業所得淨額 (3-3-4)	土地租金 (IxN)	固內經常移轉收入 (3-3-4@除3-3-5)		固內經常移轉支出 (3-3-5)									國外經常移轉收入 (3-3-4)		
		政府 收入總額				財產與企業所得收入 (3-3-5)		經常移轉 (特殊)	其他固內經常移轉收入 (3-3-5)		所得稅及其他經常稅 (3-3-5)	生產及進口稅-補助金 (3-3-5)	進口稅這筆 (IxI)						國外經常移轉收入 (3-3-5)		
		直接稅						營利事業所得稅 (3-3-5@除3-3-4)	所得稅與其他經常稅 (3-3-4)												
		間接稅	生產及進口稅-補助金 (3-3-5&3-2-3)	加值型營業稅 (IxC)																	
		進口稅		進口稅 (IxC)																	
	資本帳	小計	加總 (3-2-3)					加總	加總	加總									加總		
		企業	新設 (3-2-12)					企業固資 (3-2-12)	家計固資 (3-2-12&3-3-4)	政府固資 (3-2-12&3-3-5)									對外經常交易餘額=+固外資本移轉淨入淨額-固外非生產非金融資產購入淨額+國外資本移轉淨入淨額 (3-2-12&3-1-4)		
		政府	新設 (3-2-12)																		
	資金帳			生產及進口稅-補助金 (3-1-4)	固外受僱人員報酬支付 (3-1-4)	固外財產及企所得支付 (3-1-4)			國外經常移轉支出 (3-3-4)	固外經常移轉支出 (3-3-5)											
	設計(A)																				
	設計(B)																				
	設計(A)-(B)																				

二、CGE 分年建構與更新規劃

1.納入時間配置

在模型建構過程中，本計畫認為仍有許多可精進之處。舉例來說，目前如圖 5.4-5 所示，無論是加計單位或產業生產者在決定運具服務需求時，除須決定運具別外還須決定能源別。然而對於旅客而言，現實社會中另外可能影響其選擇運具的因素可能為時間。

事實上，時間配置(time allocation)問題自一系列與家計生產函數相關的文獻[250][251][252]發表後，1960 至 1970 年代探討時間投入的新消費理論已成為經濟理論的一部分。

新消費理論強調的是，由市場上購買的商品或服務，其本身並非效用的直接來源，這些商品與時間同時被視為一組「投入」，用來為消費者自己生產具備某種「特徵」的商品，而這個特徵商品才是產生效用的來源。因此在新消費理論中，消費者同時面對時間與所得的限制，在這些限制下求取福利的最大，而帶來效用與福利的，則是由自己生產後的特徵商品。

新消費理論在 1970 年代被廣泛的運用在健康、消費、勞動供給、家事服務，以及運輸需求等領域。在運輸領域中，DeSerpa 首度將時間價值區分為(1)時間為有限資源之價值(稀少性地租)、(2)時間內個體行為所創造的價值、(3)時間節省的價值[253]；同時有文獻首度區分工時與非工時、在家與不在家的時間[254][255]。

到了 2000 年之後，傳統個體經濟模型以行為個體角度分析的時間配置，已無法適用，原因在於：

1. 經濟領域的研究只關心所得分配，忽略時間限制式的重要性，運輸領域的研究則相反，因此需要同時考量時間與所得限制[256][257]；
2. 當所得等因素被同時考慮，則個體間便產生異質，便無法滿足單純考慮時間限制時所假設的所有人邊際效用相等；
3. 個體經濟模型總是討論個別行為，而忽略家戶中成員彼此影響與牽絆的情況，於是部分個體模型開始以家戶共同決策為分析對象[258][259]；也有部分研究討論家戶內的時間與所得配置，並考量家戶

成員的聯合行為[260]；也有部分研究在討論工作、家庭內分工與婚姻的關係等社會議題[261]。

一般會在 CGE 模型中考量旅行時間，主要基於研究議題所需，重要議題包括：

1. 天然災害造成基礎建設損毀所帶來的衝擊與成本[262]，此類議題可進一步延申至運輸部門採行調適策略可能產生的效益；
2. 交通建設改善對經濟發展的影響與貢獻[263]；
3. 都會區的城郊發展對通勤時間、硬體建設、工作型態、營建業、零售通路業、車輛能源消費效率，以及公共運輸的需求等之影響[264]；

在方法上包含幾類研發重點：

1. 直接在 CGE 模型架構中引入旅行時間與家計部門生產函數[265][266]；
2. 將家計部門進行區隔，可按所得、地區、職業等類別區分[267]；
3. 整合 bottom-up 模型，如運輸需求模型、間斷型選擇模式、空間經濟模型等；

直接在 CGE 模型中納入旅行時間與家計部門生產函數，將擁擠認定為基礎建設容量無法滿足旅運服務需求的部分，故隨兩者差距的增加而擴大，由於設有時間限制式與家計生產函數，旅行時間增加將導致生產力、勞動供給、工資與所得的變化，藉此該文評估運輸建設的經濟效益[265]。

部分研究為凸顯路網與運具選擇、區位房價、工資與旅行時間的關係，而採取整合 CGE 模型與運輸需求模型的方式進行評估，例如為評估歐洲即將針對發電、煉製、能源密集產業及航空等部門規範排放量並進行排放交易之影響，將擁擠效果納入多區域靜態 CGE 模型考量，同時整合運輸需求模型，用以提供運量(人公里與車公里)、距離、離尖峰區間、承載率、行車速度等資訊[266]；也有整合 CGE 模型與空間經濟模型(spatially disaggregate Alonso-Muth-Mills model)，在空間經濟模型中處理區位房價、勞動市場、路網選擇的問題[268]；也有在多區域 CGE 模型的架構下，整合了間斷選擇模型(discrete choice)與連續需求的特性，前者可呈現較細部的行為決策，凸顯不同選項之間的替代可能性，後者則呈現群組間的相對變

化，因此間斷選擇模式通常只針對特定對象或部門進行分析，連續型模型則強調群組間的互動，運用兩者特性分析運輸投資計畫的經濟影響[269]。

本計畫納入時間配置理論主要原因為：

1. 影響運輸部門決策的關鍵因素，包括溫室氣體排放與交通擁擠等不同層面的外部性考量；
2. 若時間的外部性未被納入，減量成本可能被高估；
3. 就經濟行為而言，時間的分配同時具有勞動供給、家戶生產、時間價值等經濟意涵，可改善 CGE 模型普遍忽略家戶生產行為的現象；
4. 運輸模式的旅行時間，影響個體對運具的選擇，配合效用及福利分析，可同時觀察運輸部門減量策略的另一種效益；
5. 交通基礎建設及諸多交通措施，皆以提供便捷交通網絡為目標，同時產生節能減碳效益，因此為適切評估運輸部門政策，除了各項建設帶動的經濟直接與間接效益外，亦應反映時間價值創造的外部效益。

因此本年度首先利用家計生產函數設定本計畫模型，此生產函數的產出即為私人運輸服務。本年度以模型穩定運作為目標，未能蒐集到的資料則優先以文獻資料或假設數據代入，例如休閒時間。

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、運輸服務需求、休閒與工作時間分配。因此消費決策模型將如(附 4-32)式至(附 4-34)式所示。

$$\underset{X,TS,T_l}{Max} \quad U = Leontief\ (X, TS_1, TS_2, T_l) \tag{附 4-32}$$

$$s.t. \quad P_X \cdot X + C_1 \cdot TS_1 + C_2 TS_2 = w \cdot T_w + r \cdot K \tag{附 4-33}$$

$$T_W + T_l + T_1 + T_2 = \overline{T} \tag{附 4-34}$$

式中 T_l 代表休閒時間；X 為由 j 種商品經 Cobb-Douglas 函數組成的複合商品，P_X 代表每單位 X 之價格；TS_1 代表由多種客運運輸服務所組成之複合客運服務，C_1 為每單位 TS_1 之價格；TS_2 代表由多種貨運運輸服務所

組成之複合貨運服務，C_2 為每單位 TS_2 之價格；T_w 為工作時間，w 為單位工時之工資，r 為單位資本之報酬，K 為資本，T_1 代表花費於客運運輸之總時間，T_2 代表花費於貨運運輸之總時間，$\bar{T}$ 代表時間稟賦限制總和。

為突顯運具選擇對私人運輸需求及運輸部門排放量之關鍵性角色，本計畫有別於一般 CGE 模型，擬將運具選擇與使用決策模式納入家計部門運輸服務需求行為中。運具選擇模式可區分為車輛購買決策與使用決策兩部分，前者為家計部門對於耐久財之消費決策，後者為家計部門對於運輸服務之需求。

$$\underset{TS_{11},TS_{12}}{Min}\ C_1 = \pi_{11} C_{11} TS_{11} + \pi_{12} C_{12} \cdot TS_{12} \qquad \text{(附 4-35)}$$

$$s.t.\ CES\left(TS_{11}, TS_{12}\right) = 1 \qquad \text{(附 4-36)}$$

式中 TS_{11} 代表第 1 類客運運輸服務，C_{11} 為每單位 TS_{11} 之價格，π_{11} 代表選擇第 1 類客運之機率；TS_{12} 代表第 2 類客運運輸服務，C_{12} 為每單位 TS_{12} 之價格，π_{12} 代表選擇第 2 類客運之機率；(附 4-36)式右方原為 TS_1，但為了在(附 4-35)式中以單位價格 C_1 表示，故予以標準化。

家計部門私人運輸服務的生產最適化問題，可以(附 4-37)式至(附 4-41)式表示。式中 $P_{ES,i}(Z_i)$ 代表第 i 種運輸工具，其設備特徵 Z_i 之特徵價格函數，p_i 為設備成本分攤比率，t_i 為旅行時間，P_t 為單位時間價值；TS_i 為能源服務供給量，為能源 E_i、車輛提供的服務流量 Ω_i 與旅行時間 t_i 之函數，即能源服務生產函數；而車輛提供的服務流量 Ω_i 則為車輛使用頻率 φ_i 與特徵 Z_i 之乘積；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 1 類購買後，能源服務的生產便僅能由該類車輛提供。

$$\underset{Z_{in},\varphi_i,t_i}{Min}\ \mathrm{C_i} = \rho_i \cdot P_{ESi}\left(Z_i\right) + P_E \cdot E_i + P_t \cdot t_i \qquad \text{(附 4-37)}$$

$$s.t.\quad \mathrm{TS_i} = f_i\left(E_i, \Omega_i, t_i\right) \qquad \text{(附 4-38)}$$

$$\Omega_i = \varphi_i \cdot Z_i \qquad \text{(附 4-39)}$$

$$Z_i = Z_{in} \qquad \text{(附 4-40)}$$

$$t_i \geq \hat{t}_i,\ \ \hat{t}_i \text{ is given} \qquad \text{(附 4-41)}$$

2. 分年工作規畫

除了每 3 年 1 次的基線更新工作外，本計畫建議後續分年工作規畫如表附 4-5 所示。在模型擴充部分，第一年度除持續修改模型理論架構以便將時間配置納入外，同時根據模型設定，透過問卷調查或次級資料彙算等方式，取得模型參數數據與相關資料，後續年度則可進行基線重校、敏感度測試及策略情境測試。在模型擴充的同時，可利用既有模型，配合策略規劃進行可能情境的欲評估工作，隨著專家會議、社會溝通等多方意見彙整後，即可針對政策具體情境設計，進行細部評估。

表附 4-5　CGE 模型分年工作規劃

	2022	2023	2024	2025	2026
1.基線推估	以105年產業關聯表為基礎推估基線			以110年產業關聯表為基礎更新基線	
2.模型擴充	1.問卷調查民眾時間配置現況 2.模型設置時間配置決策		1.重新較估基線 2.運具速度與旅行時間關聯 3.敏感度分析	1.策略情境測試	
3.潛在情境預模擬		1.移配策略規劃，預想情境進行預評估	1.設計潛在情境，進行預評估		
4.策略情境模擬				1.移配策略規劃，進行策略配套評估	

資料來源：本計畫規劃。

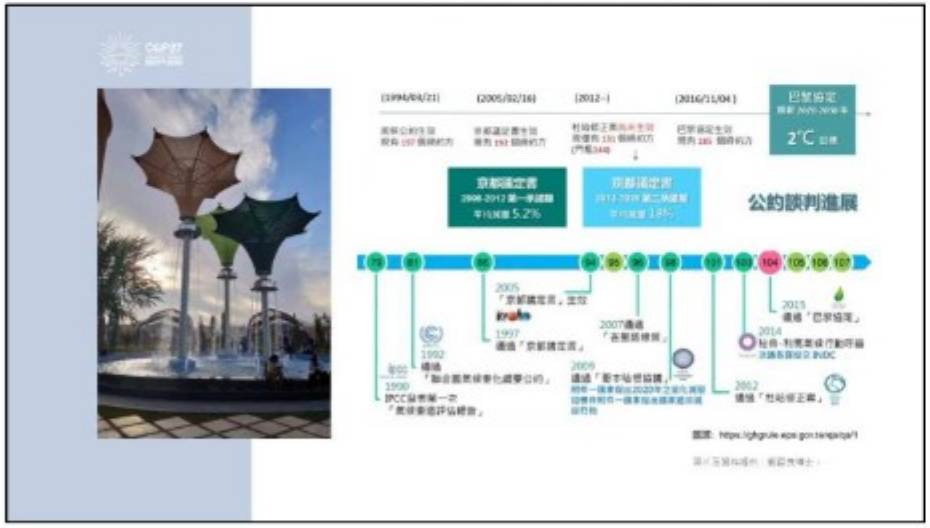
附錄 5

國際運輸部門淨零排放策略

分析成果分享會議簡報


運輸部門2050淨零減碳評估模型及氫能溫室氣體減量(1/2)—模型建構與基線工作推動
COP27
我國運輸部門的淨零解方
楊晴雯
中華經濟研究院


Sharm El Sheikh, Egypt, 6-18, November, 2022
大會主題與決議


京都議定書
巴黎協定
2°C 目標
公約談判進展


從京都議定到巴黎協定
銜接與轉折
京都議定書 (1997-2020)
巴黎協定 (2021-2030)
DOHA 2012
平均減量 18 %
PARIS 2015
由上而下 給定減量目標
由下而上 自提減量目標
減碳規劃：
•非附件一提「國家適當減緩行動」
Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMA)
減碳規劃：
•締約方提「國家自定貢獻」
Nationally Determined Contribution (NDC)

自COP26到COP27

從規則到落實

COP24 KATOWICE 2018

COP27 SHARM EL-SHEIKH EGYPT 2022

Art.4 減緩	NDC 更新	Art.4.12 減緩登錄	Art.4.10 時程
Art.6 額度機制	Art.6.2 額度轉移	Art.6.4 全球碳市場	Art.6.8 非市場機制
Art.7 調適	Art.7.10 調適通訊	Art.6.2 調適登錄	調適基金 Adaptation Fund
Art.9 氣候融資	Art.9.5 融資通訊	Art.9.7 公眾介入	
Art.13 透明度	Art.13.2 各自能力與彈性		
Art.14 全球盤點	格式	時程	

COP27

夏姆錫克實踐計畫
Sharm el-Sheikh Implementation Plan

- ✓ 損失與損害
- ✓ 全球氣候金融
- ✓ 全球碳市場機制

資料來源：王靜芳 (2022)，〈巴黎協定作業細則談判工作計畫〉

資料提供：翁哲彬博士。





https://unfccc.int/news/cop27-reaches-breakthrough-agreement-on-new-loss-and-damage-fund-for-vulnerable-countries

共同實踐

大會重點決議(1/3)

減緩

- ✓ 維持1.5℃ 的目標
- ✓ 2030年將全球溫室氣體排放量較2019年水準減少 43%
- ✓ 訂定以伊斯錫克工作計畫（Sharm El-Sheikh Mitigation work program）

損失與損害基金

- ✓ 建立新的資助專案基金以協助發展中國家應對極端氣候損害
- ✓ 設立「過渡委員會」來討論如何將COP28上的協商內容落實並提出建議
- ✓ 成立專責機構，成立2025年啟動的「聖地亞哥網絡及過渡機構」（Santiago network）來運作，以整合和提供技術援助給發展中國家與其他受影響的發展中國家

調適

- ✓ 制定成「全球調適目標」工作計畫或一致，該目標在COP28結束前為第一次全球盤點提供訊息
- ✓ 為「調適基金」和專設基金的新承諾，及相關各國組成「全球融資架構基金」與「夥伴關係基金」
- ✓ 訂定以伊斯錫克計畫（Sharm el-Sheikh Implementation Plan）





https://cop27.eg/#/press-center/conferences

https://cop27.eg/#/press-center/conferences

共同實踐

大會重點決議(2/3)

及早全球預警系統

- ✓ 聯合國秘書長古特雷斯宣布啟動此倡議，預計需投入資金3億美元（約新台幣93億元），並於六年內建立全球涵蓋所有危險的早期預警，進入只需1.5年的時間。
- ✓ 預估開發中國家每年因氣候災害造成的損失約2,000億美元至3,000億美元（約台幣62,000億～93,000億），較過去增加50億美元至160億美元（約台幣1,550億～4,960億）的資金缺口。
- ✓ 聯合國秘書長古特雷斯在與COP27領導人的世界領袖、金融巨子、科技大亨提出了2023年到2027年的計劃性目標計畫，希望在四年內覆蓋預警，目前尚有50國尚未納入全球關注。

公正轉型計畫

- ✓ 決議有關「公正轉型工作計畫」（work programme on just transition），以協助實現決（已新協定）締立（第二條）中所對公正轉型的看法。
- ✓ 引導公正轉型論壇每（CMP）每年召開一次高層部長級圓桌會議（high level ministerial round table on just transition）以討論公正轉型相關事宜。

共同實踐

大會重點決議(3/3)

全球金融架構改革

- ✓ 確認非單一主導機構來作成「架構框架」（bilateral）非機構法支持開發中國家進行自主減碳機制，如多邊開發銀行（Multilateral Development Bank）與國際金融機構進行改革，推進國際和金融項目機構間，引入「多邊開發銀行（multilateral finance），開發更多金融機構為國家進行氣候減災及調適。
- ✓ 如何巴黎協定第五條國際碳市場的1,000億美元年度目標，國家碳市場進行自主合作（原本預定2020年達成）。



巴黎協定全球碳市場機制

- ✓ 年年國際航空碳抵銷和減排計劃（CORSIA）
- ✓ 原有部分在CDM機制下已經註冊的減量專案，也考慮開放入新的市場，已達成足（已新增至）下，目標64.4億噸進行全球碳量的初期機制。

能源轉型加速器

Energy Transition Accelerator, ETA

- ✓ 這個主要推動國際的新工平台，將企業新型態科學減排的倡導轉型計畫，並以業界的行動計畫執行為基礎，成立機制可依為各類型的中和性質專項——供排科學為基礎 完善 目標（Science Based Target，SBT）的執行工具。

非洲自願碳市場倡議

(Africa Carbon Markets Initiative)

- ✓ 非洲開發銀行將幫助非洲大陸擴張市場，並協助人新就業並增加碳排額度，該倡議目標將到2030年時，每年產出3億碳排額，使用500億美元投入並創造1,000萬個工作機會，到了2050年，每年總產出15~25億碳排額，引入資金預計可達1,200億~1500億美元，相關創造1.1億~1.5億個工作機會。

資料來源：https://blogs.nbcl.com/2021/10/11/africa-is-emerging/

資料提供：翁哲彬博士。

附 5-3

運輸的淨零解方

陸上運輸





COP27陸上運輸相關活動 (1/2)

Date	Local time	Organizer	Title	Location	Web
Tuesday, 8 November 2022	07:00 -	ITF	Moving coffee: Innovations in logistics and transportation industry	ITF's BusinessHub, Area C, Zone 5, Pavilion P123, Blue Zone	Link
Thursday, 10 November 2022	11:00-12:30	ITF	Youth on the move: Young people and transport in the 21st century	Virtual meeting - ITF/OECD	Link
Friday, 11 November 2022	11:00-12:00	CCG	Climate Compatible Growth Programme: Transportation Day	Maldive Isle Villa Resort & Casino	Link
Saturday, 12 November 2022	18:45-19:45	UITP, IAPT, UTM	Transforming the way we move: Building the future of mobility in the region	Mediterranean Pavilion	Link
Monday, 14 November 2022	15:00 - 16:00	ITF	The role of gender equality in decarbonising transport	Virtual meeting - ITF	Link
Tuesday, 15 November 2022	15:00-16:30	UIC, ECF, UITP	The Role of Active Travel and Public Transport in the New Mobility Paradigm	Arwa	Link
Tuesday, 15 November 2022	9:00-12:00	We Mean Business, TDM, SLOCAT	Towards Meaningful Investment in Public Transport, Walking and Cycling – SLOCAT Transport Day	Multilevel Action Pavilion, Blue Zone	
Tuesday, 15 November 2022	15:00-16:30	UIC, UITP, Sustentax, ECF	The role of Active Travel and Public Transport in the New Mobility Paradigm	Arwa, Area B	Link
Tuesday, 15 November 2022	13:00-14:45	UMTRI, UITP	The Power of Movement – Clean Transport for Healthy Cities and Communities	World Health Organization – Health Pavilion	
Tuesday, 15 November 2022	16:45 - 17:15	ITF	Accelerating the Ambition Loop in Transport: Developing Concrete Policy Asks	The Business Pavilion (Zone C, Delegations Pavilion 3, no. P138), Blue Zone	Link

https://www.iucn.nl/environmental-protection/#/apps/cop27.aspx

COP27陸上運輸相關活動 (2/2)

Date	Local time	Organizer	Title	Location	Web
Wednesday, 16 November 2022	13:30-13:30	ITF	Marrakech Partnership for Global Climate Action (MPGCA): Transport Action Event	Action room Isis, Blue Zone	Link
Wednesday, 16 November 2022	11:00-12:00	UITP	Climate-Smart Urban Mobility: Where to Invest?	Islamic Development Bank (IsDB) Group Pavilion	Link
Thursday, 17 November 2022	17:00-18:30	UITP	COP27 Solutions Day - Launch of cities initiative (SUMGS) and initiative on Sustainable Transport & Urban Mobility		Link
Thursday, 17 November 2022	13:00-12:30	UITP	Decarbonising Mobility at the Service of Low Carbon City	France Pavilion	Link
Thursday, 17 November 2022	17:00-18:30	ITF	Delivering the Road Transport Breakthrough: Tricky International Actions for 2023: COP27 UK event	UK Pavilion, Blue Zone	Link
Thursday, 17 November 2022		UK	Accelerate the transition to Zero Emission Vehicles		Link
Friday, 18 November 2022	08:30-09:30	UITP	A Just Energy Transition for a Healthy City Fit for the World	SDG Pavilion	Link

https://www.iucn.nl/environmental-protection/Pages/cop27.aspx

UITP

改變移動方式：打造地區出行的未來 (1/2)

- *Avoid* 與 *Shift* 策略可貢獻 **40-60%** 的運輸減排，且成本較 *Improve* 策略更低。
- NDCs 卻更關注 *Improve* 策略（Improve佔了所有措施項目的52%，Shift與Avoid只佔了38%與10%）。

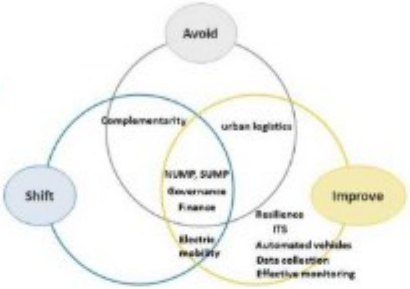




UITP

改變移動方式：打造地區出行的未來 (2/2)

- 地中海聯盟的經驗：RTAP氣候行動倡導的10項都會運輸措施
  1) 建立或強化**國家**都會交通政策（National Urban Mobility Policies）與永續都會運輸計畫（Sustainable Urban Mobility Plans, SUMPs）。
  2) 協調運輸計畫與**土地使用計畫**，讓不同運輸模式得以**互補**（complementarity）。
  3) 給予都市**交通治理**（Governance）更好的支持。
  4) 建立**永續財務機制**（Finance）及強健的法規架構。
  5) 確保交通基礎設施與系統具備應對**氣候變遷**及可能的**流行病疫情**的**韌性**（Resilience）。
  6) 快速**智慧運輸系統**（Intelligent Transport Systems, ITS）。
  7) 推廣城市**電動運具**，確保革命性的降低溫室氣體與噪音污染。
  8) 積極導入**自動化車輛**。
  9) 合理地將**城市物流**納入永續都會運輸計畫。
  10) 改善資料蒐集並有效監控SUMPs執行成效。



Source: Union for the Mediterranean (2022)

ICLEI, UN-Habitat, UIC, UITP, UfM, Walk21, WRI, ITDP...

COP27城市交通行動議程



- COP26 將 **ZEV（零電動汽車）**置於交通部門討論重點，突破性的目標是到 2030 年使 ZEV 成為所有地區新的常態，可獲得、負擔得起和可持續的交通方式，但2021 年電動汽車的現實（佔地氣汽車的 1.3%）與到2030 年 20-25%的目標之間存在巨大差距。
- COP27會議對城市交通採取了**包容性**的方法，會議將**步行**、騎**自行車**和**公共交通**作為實現出行公正轉型的關鍵解決方案，與此同時，交通電氣化仍在議程上，由於 COP27 是“非洲的 COP”，它將注重解決全球南方城市在城市交通去碳化道路上面臨的挑戰，這包括為城市交通、基礎設施淨字和正義提供資金。
- 認識到城市在氣候減緩、適應和復原力行動中的關鍵作用，COP27 主席啟動“下世代的永續韌性城市(Presidency Sustainable Urban Resilience for the next Generation, SURGe) 倡議”，該倡議是與聯合國人居署合作制定並由 ICLEI 推動，旨在通過促進多層次氣候治理，多方利益相關者參與和交付來加速地方和城市氣候行動，涵蓋五個面向：建築和住房、城市能源、城市廢棄物和消耗、城市交通和城市水資源。

ICLEI, UN-Habitat

下世代的永續韌性城市(SURe)倡議

- 目的：氣候變遷與城市發展相互交織，極端天氣對城市服務、住房、基礎設施、生計、城市生態系統、文化面向、健康與福祉帶來衝擊，超過30億人生活在氣候變遷衝擊的熱點地區，該視10個城市居民生活在非正規住區，氣候加劇城市化帶來的潛在社會經濟挑戰，但同時也是氣候行動的引擎，提供解決方案的機會視。
- 10項倡導原則：
  1) 低碳
  2) 韌性
  3) 以自然為基礎
  4) 公平、平等與包容
  5) 多層級氣候治理與規劃
  6) 整合
  7) 地方主導與文化支持
  8) 循環
  9) 融資支持
  10) 保護棲息

建築與住房	城市能源	城市廢棄物/消費	城市交通	城市用水
能源效率、低碳材料和工藝、適應性（包括現有建築物的再利用）、土地使用政策和邊緣/彈性規劃，以提供大規模解決方案，以實現更可持續、低碳或零碳社區，有彈性的、健康、負擔得起的住房、住所、工作場所、社區和社區。圍繞一個建築與環境目標設置各區政府，設定標誌為城市和企業建立支持性框架以實現可持續的、面向未來的建築解決方案的需要性。	城市的可再生能源和能源效率，以提供能源獲取和解決能源貧困問題同時降低市政能源成本創造當地就業機會和建設城市能源系統的彈性	加強城市固體廢物管理系統，實現“零廢物城市”和循環經濟，同時確保加速向 1.5 度生活方式過渡，支持社會公平、糧食安全、氣候力、可持續經濟發展，可持續性文化和創造就業機會，得到可持續的政策和強有力的教育、培訓、公眾參與和參與計劃的支持。	加強和支持城市公共交通的普及和主動出行的使用，減少汽車使用、普及早期規劃和協調，以實現緊湊的城市形態，使公共交通和主動出行運動發展，實現強勁發展。	改善全年飲用水的公平獲取、家庭和公共建築用水的獲取和管理，以及灰色和廢水管理，改善城市居民的健康，增強和恢復力，實施用水需求和水管理以保護資源。

ITF

貨運的空間競賽 (1/2)

- 街道空間是一個社會和文化空間，人們在這里聚會、互動並建立聯繫，快速興起的電子商務，加劇了對城市已經缺街道空間使用的競爭：
  1) 從單點配送到多點配送
  2) 從市區零售設施到市郊物流配送中心
  3) 化時為時的服務（如外送餐廳）
  4) 垂直整合第三方或第四方物流服務
  5) 以平台為基礎的商業模式
- 影響衝擊的因素：車輛類型、行駛距離、旅次頻率、車輛乘載率。
- 空間改善：強韌的管理配送時間並動態分配街道空間，可減少近10%的空間使用，鼓勵擁有共享與資源整合，可進一步改善降16%。
- 成效：積極管理城上更新、更小的電動貨運車輛，可使油井到車輪的CO2排放減少60%以上，Nox減少78%，顆粒物減少90%，Sox完全消失。



Source: adapted from Rodrigue (2022)

ITF

貨運的空間競賽 (2/2)

- 以商業和貨物運輸的需求為重點來管理路邊空間
  1) 競爭對象：主動式交通者、停車者、貨運裝卸與路邊空間的競爭。
  2) 問題：碰撞、道路安全、阻礙商業活動。
  3) 方法：與利害關係者合作，調查路邊空間使用狀況；為貨運與次路段提供專用裝卸空間；明確界定貨運與行車及電動停車位。
- 考量商業活動彈性，限期都會區都市如區之特定類型貨車進入
  1) 加速向空間密集度低、更潔淨的車輛轉型，
  2) 增加周轉率。
  3) 規劃與設計滿足承運者與收運人的行為模式，避免規避限制、長程運輸、市區壅塞。

Figure 15. Adjusted model framework to account for space allocation and use of urban freight and passenger transport activities



ITF(2021), The Freight Space Race: Curbing the Impacts of Freight Deliveries in Cities, https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/freight-space-race-curbing-impacts-deliveries-cities_0.pdf

- 借助物流數據與智慧技術監控並管理貨運物流
  1) 即時數據：追蹤車輛移動、何時移動、裝載什麼類型貨物、何時及如何裝卸、在何地裝卸、與路邊空間競爭者互動方式。
  2) 與零售等貨物接收方、私人托運者、承運者、收貨人等建立數據合作夥伴關係。
  3) 建立城市貨運和物流觀測站。

ITF, ICCT

交通公正轉型：包容性交通（包括航空）的觀點

- 探討如何整個部門邁向公正轉型，包容性交通是關鍵，本場會議特別關注區域和性別觀點，優先措施以減少的航空部門，討論如何提供公平的淨零航空，同時確保所有人都能獲得移動的權利。
- 聯合國在2015年啟動「2030永續發展目標」（Sustainable Development Goals, SDGs），目標11.2已為永續包容式運輸提下明確任務，即2030年前，為所有人提供安全、可負擔、易於使用及永續的交通運輸系統，改善道路安全，尤其是擴大公共運輸，特別注意弱勢族群、婦女、兒童、身心障礙者及老年人的需求。
- 英國低碳式運輸策略：2030年目標為行動不便者可以平等地使用交通系統。
- 新加坡的目標設定為每一次旅程都是安全且包容的：
  1) 邁向安全且包容的主動式運輸
  2) 邁向包容的公共運輸系統



https://www.climate.gov.sg/events/cop27-a-mobility-just-transition-perspectives-on-inclusive-transport-including-aviation

World Economic Forum 的資訊摘錄

如何加速交通領域的淨零轉型

- 在蒙特婁格拉斯哥舉行的第 26 屆聯合國氣候變化會議 (COP26) 上，交通運輸在溫室氣體排放中的作用成為焦點。2020 年，全球運輸業排放了約73 億公噸二氧化碳 (CO2)，其中車輛佔全球 41% 的二氧化碳運輸排放，中型和重型卡車是次要來源 (22%)。各國、企業、汽車製造商和其他利益相關者簽署了一份承諾聲明（與《巴黎協定》一致），到 2040 年或更早實現所有汽車銷量 100% 的零排放。

COP27，加速轉型的方法

1. 為交通行動募集資金的城市決策解決方案。
   - ✓ 印度-電動兩輪交通工具將為全印度轉變為淨零交通工具奠定基礎。
2. 培養領導的能力開始。
   - ✓ 肯亞-將電池供給使用者能夠輕鬆租賃車輛的運輸業營運模型降低減少生產所需的原資材料的數量，從而使我們擺脫化石燃料，邁向清的未來。
3. 重視領導設計建設我們的城市。
   - ✓ 交通的未來是零，不僅要移動更多車輛，還有要移動更少的人，以高效的方式進行，包括騎行車、步行、這意味著建設才是重要設計，讓人們能夠輕鬆出行。
4. 通過有效的合作夥伴關係最大限度地擴大效率。
   - ✓ 交通需要跨數位解決方案，能源公司、生態聯合起來，以實現不可超的零排放交通。
   - ✓ 設置快速充電站，讓快充基地，在社區基地的有型工業區連，可以設置在世界各地，由社區為社區設置。
5. 優先發展電動汽車充電等設施。
6. 關注大規模供給源，即公共車隊，它們是二氧化碳排放最重要的源頭之一。



https://www.weforum.org/agenda/2021/01/how-to-accelerate-the-net-zero-transition-in-transport/



Road transportation-related events at COP27

COP27水上運輸相關活動

Date	Local time	Organizer	Title	Location	Web streaming
Wednesday, 9 November 2022	10:00-11:00	ITF, ICS, UNGC, ILO, ICAO	Delivering a Just Transition in Global Shipping: Maritime Just Transition Task Force Launch	Just Transition Pavilion, Blue Zone	Link
Thursday, 10 November 2022	18:30-20:00	IMO, UNCTAD, IRENA and World Bank	Producing future marine fuels: opportunities for renewable energy production in developing countries	Room 1	Link
Saturday, 12 November 2022	11:30-13:00	T&E, SFC	Regional Policy Approaches to Decarbonise Shipping & Freight & Support Sustainable Port Communities	Thutmose, Area C	Link
Saturday, 12 November 2022	18:30-20:00	FSC	A 1.5 aligned, Just and Resilient Maritime Sector: Accelerating Transition through the GSC	Thutmose, Area C	Link
Tuesday, 15 November 2022	17:30-18:30	EU with IMO participation	EU event: Decarbonising shipping: opportunities and support for developing countries	EU pavilion	Link
16 November 2022	16:00-17:30	ITF	Marrakech Partnership for Global Climate Action (MPGCA) Breakthrough lab event on shipping	Action room Lotus, Blue Zone	Link

IMO, UNCTAD, IRENA, World Bank (2022.11.10) side event

生產未來的海洋燃料：發展中國家生產再生能源的機會



- 國際海事組織秘書長 Kitack Lim：航運負擔全球貿易運行的關鍵任務，要將航運的脫碳需要從目前主要使用化石燃料出現轉型為零碳替代品，已必須以**安全、清潔、高效和負擔得起**的方式脫離於全球貿易對永續發展。
- 納米比亞礦業部長鄧明 James Mnyupe：納米比亞已開始實施一系列行動，以將該國塑造為未來可再生能源船舶燃料出口國，這包括以人為本，通過建立納米比亞**綠色氫能**研究所，使人們獲得參與的工種技能，與荷蘭和比利時等其他國家的伙伴關係對於實現納米比亞的願景至關重要。
- 智利能源部長官 Diego Pardow：**智利**是另一個單靠通過利用其豐富的可再生能源提供未來燃料來支持海事部門脫碳的國家。
- 巴西阿蘇涅普資訊執行官 José Firmo：**巴西**在生產生物燃料（乙醇）方面有著悠久的歷史，並且擅心特的，要做更多的事情，他指出，巴西的海上風電項目具有巨大的能源出口潛力。
- 世界銀行全球交通主管 Nicolas Peltier：世界銀行積極參與開發綠色能源項目的研究和項目，其中包括綠色氨和綠色甲醇，包括在摩洛哥，衛德比亞和巴西和納米比亞的氨，其目的是利用敢運業的脫碳實機動各國成為綠色燃料上要供應商的關心對市，**航運商不僅將成為綠色能源的吸收者，而且可以作為生產和利用地點之間的主要運輸方式發揮催化作用**。
- 全球海事脫碳中心 (GCMD) 首席執行官 Lynn Loo：採取行動的必要性意味著需要在短短幾十年內實現能源轉型，航運脫碳的大部分投資發生在陸基基礎設施上，需要**解決氨等燃料的安全問題**，並強調試點研究項目從飛行員那裡取取的經驗教訓，她說，海員和操作員需要接受處理新燃料的培訓。

https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/WhatsNew-1768.aspx

T&E, SFC

航運脫碳與永續港埠

- 2022.11.30 歐洲議會，理事會及歐典會達成協議，將航運納入歐盟排放交易體系。
- 包括**甲烷**及**氮氧化物**相放。
- 擴大監管範圍，將**總噸超過5,000噸**停靠歐盟港口的近海船舶納入。擴大範圍後，預計可納管2,000萬噸以上的CO2，並將為推動脫碳的創新研發提供額外的資金來源。
- 自2024年開始三年內分階段實施監管，核發的配額**在2024年為核實排放量的40%，2025年為70%，2026年為100%**。
- 所有計算核實排放量的航線，**在歐盟以外出發或抵執的航程，其排放量的50%納入計算；歐盟內部航程排放量的100%納入計算**，只要在歐盟港口停靠的船舶，無論開始、所有權人或註冊地、皆適用航運規範。
- 創新基金（由拍賣配額的收入提注）的範圍擴大，以支持海上運輸脫碳的相關投資。

Charting the course: an affordable transition?



https://www.maritime-executive.com/article/eu-agrees-on-including-shipping-in-ets-expanding-scope-of-regulations
https://www.youtube.com/watch?v=6kuZDAAFAY8

- 預估，該協議將使海運業每年減少多達1.2億噸的碳排放，**可使全球航運排碳減少84%**，接近前設計案中禁止汽油動力汽車目標的兩倍減量。
- EU目標支持**e-fuels**（利用再生能源發電產製的燃料，包含電池電動船、氫燃料電池船、綠氨或甲醇燃料）。
- 在 Fit for 55 的支持下，即使是最具企圖心的目標**增加消費商品價格的幅度也相當微小**。



Aviation-related events at COP27

COP27航空相關活動

Date	Local time	Organizer	Title	Location	Web streeming
Thursday, 10 November 2022	13:15 - 14:45	ICAO	ICAO LTAG NET-ZERO 2050	Akhenaten Room, Blue Zone	Link
Tuesday, 15 November 2022	11:30 - 13:00	ICT/ ICCT/ Now Climate Institue	A mobility just transition: perspectives on inclusive transport, including aviation	UNFCCC Pavilion, Amon Room, Blue Zone	Link
	19:00 - 20:00	ICCT/ AEF	Implementing net-zero aviation by 2050	EU Pavilion / Blue Zone	Link
Wednesday, 16 November 2022 (Transport Day)	12:00 - 13:00	WEF	Fuelling Sustainable Flights	We Mean Business, Blue Zone.	Link
	13:00 - 14:00	WEF	At the forefront of SAF	We Mean Business, Blue Zone.	Link
	12:30 - 14:30	MPGCA	MPGCA event on Transport	Action Hub, Blue Zone.	Link
		UAE	Etihad Net Zero Flight to COP27		Link
Thursday, 17 November 2022	11:00 - 11:45	UAE	Decarbonizing UAE's Aviation Sector	UAE Pavilion	Link

https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/cop27.aspx

ICAO

國際民航組織LTAG 淨零2050

- 在 2022 年 10 月舉行的國際民航組織大會上，成員國（193會員）設定國際航空到 2050 年實現淨零碳排放的集體長期願景目標 (Long-term global aspirational goal, LTAG)，以支持《巴黎協定》的溫升目標。
- LTAG 報告提出到 2050 年CO_2減量達87%，將分別透過飛機技術（21%）、營運效率（11%）和燃料（55%）來達成。
- 與此同時，各國和業界一直在實施國際航空碳抵銷和減排計劃（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA），該計劃填充了航空業的二氧化碳減排缺口，以實現國際民航組織從 2020 年開始實現碳中和增長的理想目標。
- 實現淨零碳排放的公正轉型需要大量的投資和融資，以及具體的實施手段。國際民航組織啟動了可持續航空燃料援助、能力建設和培訓 (Assistance, Capacity-building and Training for Sustainable Aviation Fuel, ACT-SAF) 方案，在永續航空燃料的開發和國家方案為各國提供量身定制的支持。

➡ 預計最快將透過 "Fit for 55" 計畫中的提案降碳行動，包括清潔燃料授權，設定最初綠色燃料的免稅。

在美國，聯邦政府的目標是到 2030 年生產 30 億加侖的 SAF，並根據《降低通貨膨脹法案》提供高達 1.75 美元/加侖的補貼。



https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO%20Activities%20over%20COP27%20Briefing%20Programme_9_11_22_.pdf

ICCT

航空願景2050報告

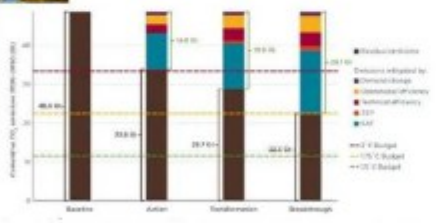


https://theicct.org/publication/global-aviation-vision-2050-align-aviation-paris-jan22/

突破性情境

減量貢獻來源

成本



ICAO

國際航空碳抵消和減排計劃 (CORSIA)



EU ETS 與 CORSIA



歐洲航空業納入EU ETS

2022.12.07 歐盟環境委員會和歐洲議會就歐洲碳排放交易體系（EU ETS）規則的修訂達成協議。這項協議擴大了 EU ETS 的範圍，將航空公司在歐洲經濟區內飛行的碳排放納入其中，並逐步取消對航空業的免費排放配額。這也與歐盟希望在國際民航組織（ICAO）的框架下推動全球減排計劃（CORSIA）之間的關係，使歐盟能夠在確保航空業競爭力的同時，推動全球航空減排。

CORSIA留校察看

根據協議，CORSIA 將繼續作為歐盟與國際減排機制。此外，歐盟希望與 CORSIA 的成功運作保持一致，並將於 2025 年與 ICAO 第 42 屆大會之前評估 CORSIA 的表現。如果 CORSIA 實施得當，歐盟會考慮在 2026 年審查其對 CORSIA 的立場。然而，如果 CORSIA 無法達標，歐盟會考慮將 ETS 的範圍擴大到所有從歐洲機場起飛的航班，而不僅僅是歐洲航空公司的航班。

免費配額終將落日

首先是歐盟航空公司為抵銷部分碳排放所需購買的二氧化碳支付費用，這首次讓航空燃油成本明顯加劇（SAF）或額外無償配額。儘管歐盟如今不斷心提出承諾但仍有疑慮。為了降低額外成本負擔，歐盟將在 2024 年至 2030 年間為部分機型 SAF 混配設施可獲得 2000 萬歐元與二氧化碳捕獲許可，小型和偏遠機場可以用 100% 由 SAF 產製的燃油免徵稅，以降低這些地區的營運成本。

這趟的淨零解方

觀察心得







包容式運輸

1. **安全、可及、可負擔！**在追求電動化的過程，需要將高度到衡量或形成移動障礙的設計及原因。實施化的資訊提供使用者在建造的公共運輸環境中找到適合自己的最佳方案，降低資訊障礙，提供最新而共同的戶到戶運輸服務。
2. **緊湊型城市發展，**高強性適合採用分區明確的城市發展，緊湊型或多元機能的城市發展，或為有助公共運輸與主動式交通模式的重要條件。
3. **高齡社會規劃，**與其他族不同，我們的回答或運輸需要更多注意力在高齡者移動議題上，新加坡結合公共運輸加點及社會關懷系統的安全成長點（Dementia Go-To Points, GTP）可成為我們最切身最容易推動的包容式運輸行動。

電動化與低碳化

1. **能源安全衍生的交通安全，**發展中國家發展電動運具的策略，與已開發有些不同，如非洲因為供電品質不穩定，使其缺乏發展電動運具的條件，但這個現象，在上述陸上因為電力不足而考慮限制電動車上路後，凸顯了已開發國家同樣面臨的問題，在這矛盾中的能源供應系統下，未來承擔的風險，已由能源部門轉嫁到運輸部門。



國際航空淨零

1. **CORSIA留校察看，**2022.12.07歐盟環境委員會和歐洲議會就碳排放交易體系（EU ETS）規則，希望將航空內部是否納入交易機制並逐步取消航空業的免費排放配額，歐盟同時要在ICAO於2025年第42屆大會之前，評估與CORSIA的表現，若無法實現減排目標，將使EU ETS擴大到所有從歐洲經濟區起飛的航班。我國雖已參與CORSIA的MRV機制，但未來歐盟是否為維護歐洲航空業競爭力而制外來航班也進一步課以稅額或採取其他措施，仍需要緊盯。
2. **SAF成為航空淨零下的熱門產業，**儘管面臨諸心的前，但SAF的來源即成為所有業者的最大難除，重點關鍵的，一旦歐盟在一年各內開始實少免費供給配額，SAF的價格將使成本飛漲。

生活與行為轉型

1. **活動與風潮是現世代快速改變行為的動機，**由UCI分享的創造一個自行車城市的經驗中可知，創造世代人們喜歡、活動、群眾效應以及新鮮感強烈的改變行為模式或是價值重要的能力，但這需要基礎設施、時遷且具吸引力的活動，與公共運輸完善整合的設計以及適當的空間規劃的支撐，才可能建成。



附錄 6

計畫簡報

111年度交通部運輸研究所委託研究
MOTC-IOT-111-TC8001

建構運輸部門2050深度減碳評估模型及推動溫室氣體減量(1/2)—模型建構與減碳工作推動

CONTENTS

一、研究起源與前言
二、工作內容及研究成果說明
1.建構運輸部門2050淨零排放評估模型與減量措施效益評估
2.淨零排放路徑藍圖規劃與溫室氣體減量推動工作
三、結論與建議

計畫起源與背景-國際趨勢



- 聯合國「年度排放差距報告(2021)」(Emissions Gap Report 2021)指出，2021-2040年全球升溫仍非常有可能突破1.5℃，並警告本世紀末全球平均溫度將上升2.7℃。
- IEA「2050淨零 - 全球能源部門路線圖」(Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)報告，提出實現2050年全球淨零排放的路徑及氣候策略，運輸部門以**電動車**及**低碳航空燃料**為主要策略。





計畫起源與背景-國內現況

- 政府為減緩全球暖化的速度，宣示未來8年將重點發展再生能源、節能等，目標2050年再生能源佔比要達六成。
- 2022年3月國發會正式公布「2050淨零排放政策路徑藍圖」，提供至2050年淨零之轉型與行動路徑。



計畫目的與範疇

- 減碳策略深度減碳潛力及減碳路徑探討，並完成深度減碳評估模型之建構。
- 支援推動第2期 (110-114年) 運輸部門溫室氣體排放管制行動方案相關工作，依執行排放管制成果報告，並提出改善建議。
- 協助氣候變遷及相關業務之工作能量與效率，以及提升部內氣候變遷相關專業知能。



國際運輸部門以淨零排放為目標之案例:(1)推動運具電氣化

全球各國主要做法：

- 提出強化推動運輸電氣化政策
- 宣示實踐淨零排放之里程碑(如禁售燃油車期程)
- 啟動政策工具加速基礎設施佈建

全球上路之電動汽車

2020年 1,000萬輛 → 2021年 1,650萬輛

獎勵補助

- 增加投資/擴大補助：
  - ✓ 因COVID-19疫情紓困政策，增加電動運具補貼(歐盟、日本)
  - ✓ 政府投資零排放(電動)公車(美國、印度)
  - ✓ 投資、補助(特定區域)建置電動運具免換電設施(歐盟、美國、英國、韓國)
- 補助金額調整：
  - ✓ 考量零排放運具製造成本降低，調降補助金額，但降低補助門檻，擴大普及(美國、韓國)
  - ✓ 基礎補貼金額減少，調整為補貼具更高效能者，以促進國內技術提升(中國大陸)
- 於公共充電站提供能源之再生能源供應業者，可獲得額度(credit)(歐盟)

法規政策

- 訂定新售車輛平均碳排放減量目標(歐盟、英國、日本、中國大陸)
- 訂定新售車輛零排放目標(歐盟、智利)
- 研議設定非零排放大客車銷售之落日條款(英國)
- 將替代燃料基礎設施指令提升為法規(歐盟)

國際運輸部門以淨零排放為目標之案例:(2)民眾運輸行為改變

全球各國主要目標：

- 增加主動、公共運輸使用，減少私人運具使用



- 降低私人運具吸引力：
  - ✓ 調整道路使用費、停車供應管理及稽收費用(英國)
  - ✓ 減少停車位(歐盟區)
- 改善公共運輸服務：
  - ✓ 加速提升公車路網(英國)
  - ✓ 拓展軌道運線，擴大減盟範圍，整合各種公共運輸場站(歐盟區)
  - ✓ 進行智慧運輸系統分析，進一步優化交通號誌的時間點，減少公車停等時間(歐盟區)
- 提升基礎設施
  - ✓ 重新分配道路空間給公共運輸、共享運具(英國、歐盟區、歐加國)
  - ✓ 提升自行車用路權及自行車道安全性(歐盟區、歐加國)
  - ✓ 引進電動自行車租借(英國)
  - ✓ 設所有建築物、設施或已土及地區出入口皆設置自行車停放區(歐加國)

參與聯合國變化綱要公約COP27 (2/7)

ICLEI, UN-Habitat, UIC, UITP, UIM, Walk21, WRI, ITDP...

COP27城市交通行動議程



- COP26 將 ZEV（零排放汽車）置於交通部門討論重點，突破性的目標是到 2030 年使 ZEV 成為所有出售新的常態，可獲得超和可持續的交通方式，但2021 年電動汽車的現實（佔地面汽車的 1.3%）與到2030 年 20-25%的目標之間存在巨大差距。
- COP27會議對城市交通採取了包容性的方法，會議將步行、騎自行車和公共交通作為實現出行公正過渡的關鍵解決方案。與此同時，交通電氣化仍在議事日程上，由於 COP27 是 "非洲的 COP"，它將主要解決全球南方城市在城市交通去碳化領域上面臨的挑戰，這包括為城市交通、基礎設施赤字和正義提供資金。
- 認識到城市在氣候減緩、適應和復原力行動中的關鍵作用，COP27 主席設立 "下世代的永續城市恢復力(Presidency Sustainable Urban Resilience for the next Generation, SURGe) 倡議"，該倡議是與專合國人居署合作制定並由 ICLEI 推動，旨在通過促進多層次氣候治理、多方利益相關者參與和交付與加強地方和城市氣候行動，涵蓋五個面向：建築和住房、城市能源、城市廢物和資源、城市交通和城市水資源。

參與聯合國變化綱要公約COP27 (3/7)

ITF, ICCT

交通公正轉型：包容性交通

- 探討如何促進部門邁向公正轉型，包容性交通是關鍵，本場會議特別關注區域和性別觀點，區包括聚焦以減少的航空部門，討論如何提供公平的淨零航空，同時確保所有人都能獲得移動的權利。
- 聯合國在 2015年設立「2030 永續發展目標」（Sustainable Development Goals, SDGs），目標11.2已為永續包容式運輸建下明確任務，即2030年前，為所有人提供安全、可負擔、易於使用及永續的交通運輸系統，改善道路安全，尤其是擴大公共運輸，特別注意弱勢族群、婦女、兒童、身心障礙者及老年人的需求。
- 美國包容式運輸策略：2030年目標為行動不便者可以平等地使用交通系統。
- 新加坡的目標設定為每一次旅程都是安全且包容的：
  1) 邁向安全且包容的主動式運輸
  2) 邁向包容的公共運輸系統





9

參與聯合國變化綱要公約COP27 (4/7)

World Economic Forum 的會前會

如何加速交通領域的淨零轉型

- 在脫碳運輸專題圓桌舉行的第 26 屆聯合國氣候變化會議 (COP26) 上，交通運輸在探討減緩策略中的作用成為焦點。2020 年，全球運輸業排放了約73億公噸二氧化碳 (CO2)，運用申始成全球 41% 的二氧化碳總排放，中型和重型卡車是來源為 (22%)。各國、企業、汽車製造商和其他利益相關者簽署了一份承諾聲明（與《巴黎協定》一致），到 2040 年確保幾乎實現所有汽車銷量 100% 的零排放。

- COP27，加速轉型的方法：
  1. 為受惠為特別重要的城市推廣解決方案。
     - 巴黎：電動車標誌交通工具將為在即產轉變為淨零交通工具奠定基礎。
  2. 要求展開的創新思維。
     - 挪威：期望地球能夠在我們能夠將運輸業轉變為零排放之前，先為永續材料的發展，要求發展我們向全電動、智慧和共享的未來。
  3. 開始為每個設計建築物的城市。
     - 交通的未來是零，不僅要是電動車，還有零排放公交，以及以新的方式出行，包括自行車、步行。這意味著建設社區基礎設施，讓人們能夠輕鬆出行。
  4. 通過跨部門合作夥伴關係最大限度地提高城市效率。
     - 交通部長同意協助解決方案，能源公司、金融聯合起來，以實現未來超級零碳的交通。
     - 指責城市和平台，讓城市領導，在社區層面的微型工商經營，可以擴展在世界各地，由社區為社區建設。
  5. 優先發展電動汽車充電基礎設施。
  6. 關注大規模基礎設施，即公交車隊，它們是二氧化碳排放最重要的競爭者之一。



10

參與聯合國變化綱要公約COP27 (5/7)

ICAO

國際民航組織LTAG 淨零2050

- 在 2022 年 10 月舉行的國際民航組織大會上，成員國（193 個締約國航空對 2050 年實現淨零碳排放的長期願景目標 (Long-term global aspirational goal, LTAG)，以支持《巴黎協定》的溫升目標。
- LTAG 報告提出對 2050 年CO_2減量貢獻 87%，將分別通過飛機機械（21%）、營運效率（11%）和燃料（55 %）來達成。
- 與此同時，各國和國際一直在實施國際航空碳抵銷和減排計劃（Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation, CORSIA），該計劃涵蓋了航空業的二氧化碳排放活動，並實現國際民航組織從 2020 年開始實現碳中和排放的目標。
- 實現淨零碳排放的公正轉型需要大量的投資和融資，以及具體的實施手段。國際民航組織設立了可持續航空燃料國家能力建設和援助（Assistance, Capacity-building and Training for Sustainable Aviation Fuel, ACT-SAF）方案，在永續航空燃料的研發和機隊方面為各國提供量身定制的支持。



→ 預計歐洲通過其 "Fit for 55" 計畫中的提案帶動行動，包括請減燃料稅額，確定信和終止對氫氣燃料的免稅。

在美國，聯邦政府的目標是到 2030 年生產 30 億加侖的 SAF，並根據《降低通貨膨脹法案》提供高達 1.75 美元/加侖的補貼。

11

參與聯合國變化綱要公約COP27 (6/7)

■ 心得：

包容式運輸

1. **安全、可及、可負擔！**在追求電動化的過程，需要解讀受到衝擊或形成移動障礙的族群及原因。善製化的資訊提供使用者在複雜的公共運輸網絡中規劃適合自己的最佳方案，降低資訊障礙，提供創新有共同的戶對戶運輸服務。
2. **緊湊型城市發展**，有別於過去使用分區明顯的都市發展，緊湊型混多元機能的城市發展，成為有助公共運輸與主動式交通推動的重要條件。
3. **高齡社會挑戰**，與其他國家不同，我國的包容式運輸需要更多地關注在高齡者移動議題上，新加坡結合公共運輸熱點及社會福訪系統的安全退家點（Dementia Go-To Points, GTP）可能是我們最切且最香最推動的包容式運輸行動。

電動化與低碳化

1. **能源安全新生的交通安全**，發展中國家發展電動運具的策略，與已開發有些不同，如非洲因為供應及電不穩定，缺其缺乏發展電動運具的條件，但搭例印象，在上週瑞士因為電力不足而考慮限制電動車上路禮，凸顯了已開發國家同樣面臨的問題。在因應供中的能源供應系統下，未來承遭的風險，已由需端部門轉移到運輸部門。

12

參與聯合國變化綱要公約COP27 (7/7)

■ 心得：

國際航空淨零

1. CORSIA碳抵銷機制－2022.12.07歐盟環境事務和歐洲議會談判同意要修改歐盟排放交易體系（EU ETS）規則，希望將歐洲內部航班納入交易體系並逐步取消航空業的免費排放配額，歐盟同時要在ICAO於2025年舉行42屆大會之前，評估其CORSIA的表現，若無法實現減排目標，將使EU ETS擴大到所有從歐洲經過而落地的航班，我國雖已參與CORSIA的MRV機制，但未來歐盟是否為維護歐洲航空業競爭力而對外率先採取更進一步評估以抵制或採取其他措施，仍需要觀察。
2. SAF成為航空淨零下的熱門產業－這是歐盟最心動的，但SAF的來源卻成為所有業者的最大風險，毫無疑問的，一旦歐盟在一年多內開始逐步免費提供配額，SAF的價格將使燃料成本飛漲。

生活與行為轉型

1. 運動與氣候等提供代伏碳改變行為的動機－由UCI分享的創造一個自行車城市的發展四部曲，對增世代人們生活、活動、靜態效應以及新興導致使世界改變行為模式或者很重要的推力，但還需要基礎設施，持續且具吸引力的活動，與公共運輸系統整合的設計以及資源的空間規劃的支撐，才可達成。

13

運輸服務與部門排放現況-運輸服務發展趨勢

- 客運
  - 1990至2006年間快速增長，達到年運量3,454億人公里
  - 2020至2021年新冠肺炎疫情，整體運量由2019年的3,150億人公里，減少至2021年約2,908億人公里
- 國內水上貨運
  - 自1996年達到高峰後開始逐漸，至2012年降至971億噸公里，之後則緩步上升。
- 其他貨運量(航空貨運運量及船舶貨運)
  - 2006年之前逐年增長，2006至2012年間則趨於平穩，之後又緩慢平穩增長直到2021年約有增長，達到794億噸公里

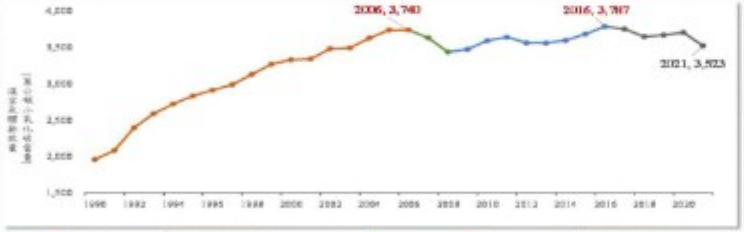


14

運輸服務與部門排放現況-運輸部門溫室氣體總排放量

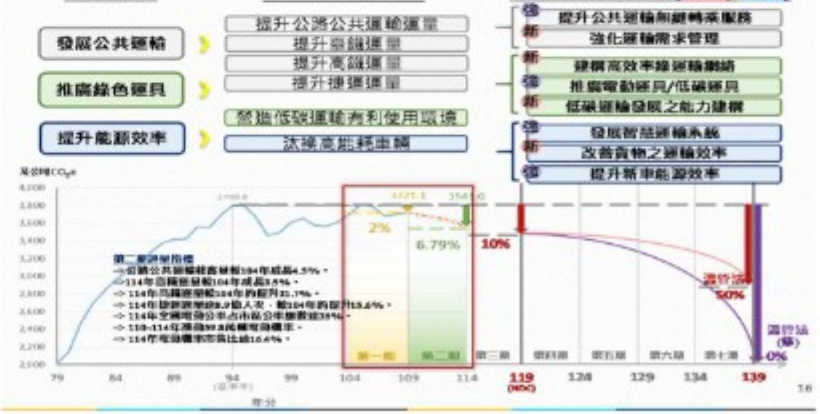
運輸部門溫室氣體總排放量

- ✓ 1990年至2006年:
  運輸部門的溫室氣體總排放量逐年增加，2006年達到高點3,740萬公噸。
- ✓ 2007年與2008年:
  遇到次貸經濟危機，排放量減少。
- ✓ 2009年至2016年:
  隨著經濟復甦，溫室氣體又開始增加，2016年達到另一高點（3,787萬公噸）之後開始減少。
- ✓ 2021年:
  溫室氣體排放量為3,523萬公噸二氧化碳當量，為2010年以來最低。



15

運輸部門階段管制目標



16

運輸部門2050淨零排放路徑/藍圖規劃:戰略七-運具低碳化與無碳化

➢ 目標:

- 2030年市區公車及公務車全面電動化
- 2040年電動小客車及機車市售比達100%



17

運輸部門2050淨零排放路徑/藍圖規劃:戰略十-淨零綠生活之低碳運輸

➢ 整體戰略係結合其他戰略推動能源綠型、商業模式及產業綠型所建置的基礎設施，鼓勵民眾由食、衣、住、行、育、樂等日常生活，朝向選擇較低碳的生活方式，促使民眾行為改變並養成習慣，以達到淨零排放目標。



18

我國運輸部門2050淨零排放之挑戰

✓ 國際航空與海運即將成為下一階段的減量重點
- 美國、丹麥、挪威合作發起「航運業零排放使命行動」，目標是到2030年要展示具有商業可行性的**零排放船舶**
- ICAO:透過2050年實現淨零碳排放的「集體長期全球理想目標」希望透過:
  ① 創新的航空器技術
  ② 簡化飛行操作
  ③ 增加永續航空燃料的生產與擴散來達成淨零目標

✓ 城市規劃與包容式運輸（inclusive transport）將賦予低碳交通更多元任務
- COP27制定「下個世代的永續城市韌性」（Sustainable Urban Resilience for the Next Generation, SURGe）倡議

✓ 新冠疫情消弭了多年來移轉公共運輸的努力

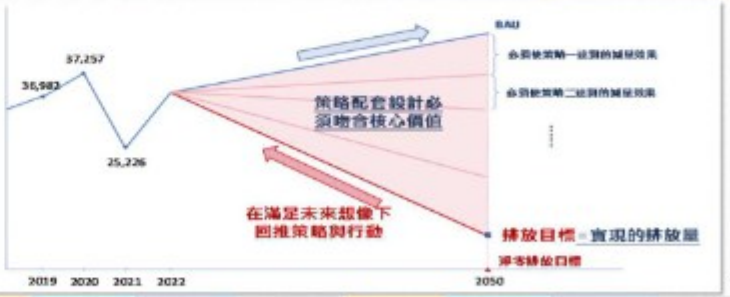
✓ 完全電氣化的運輸系統可能艱苦地線政治變得脆弱

19

淨零路徑藍圖評估架構與流程-回溯方法

回溯法 (backcasting) 需要確保目標達成：
1. 訂定明確、可衡量、可檢視目標 (2050淨零排放)
2. 確立運輸部門關鍵或核心價值 (即能滿足淨零運輸環境)
3. 整點所有策略選項，並消各項策略推動潛力
4. 設計情境、模擬評估、共識推測、確認滿足核心價值

優點	問題
1.情景目標明確。 2.情景不確定因素與核心價值。 3.能消環境成本，制定最優情景。 4.結合決策未來規劃與其他政策情境。	1.明確設定各種出情境可推動的助力。 2.設計最終可能的情景。 3.整體環境內外部因素，確認的全考量。 4.需要合理判斷的資訊參，需要決策者方法協助。



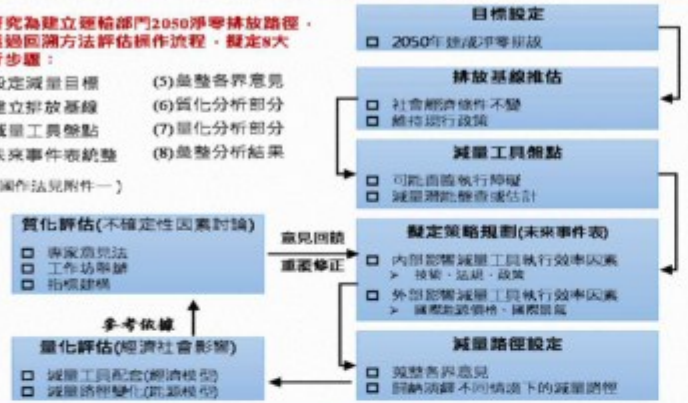
20

淨零排放路徑之評估架構與流程

本研究為建立運輸部門2050淨零排放路徑，擬透過回溯方法評估操作流程，擬定8大執行步驟：

(1)設定減量目標
(2)建立排放基線
(3)減量工具盤點
(4)未來事件表統整
(5)彙整各界意見
(6)質化分析部分
(7)量化分析部分
(8)彙整分析結果

（各國作法見附件一）



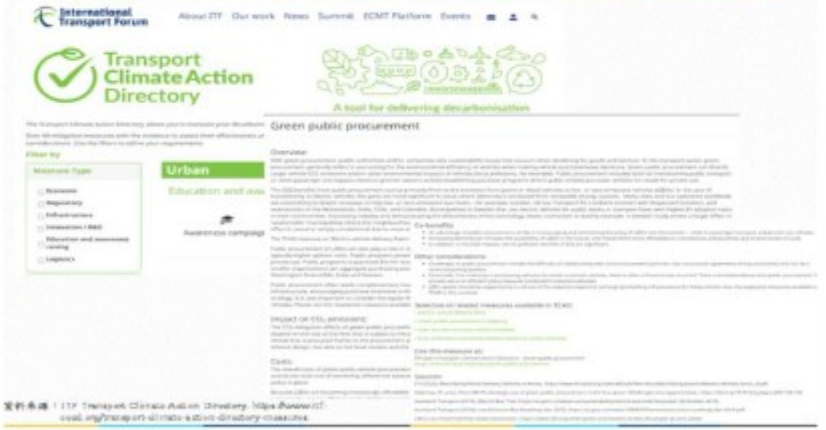
21

淨零排放路徑之評估架構與流程-工具盤點(1/2)



22

淨零排放路徑之評估架構與流程-工具盤點(2/2)



淨零排放路徑之評估架構與流程-未來事件表(1/3)



4

淨零排放路徑之評估架構與流程-未來事件表(2/3)

Step 4

		政策/措施	長期策略		
			2022-2030	2030-2040	2040-2050
經濟與社會	經濟發展	◆ 經濟成長 ◆ 就業及移動人口 ◆ 人均所得	掌握經濟面指數變化		
	產業發展	◆ 產業國際佈局 ◆ 國內產業區位與聚集 ◆ 機場、港口與物吞吐量 ◆ 物流配送中心興建 ◆ 電動車產業關係包	關注運輸產業發展脈動		
	人口結構與都市發展	◆ 人口趨勢 ◆ 高齡化趨勢	掌握人口結構變化		
		◆ 六都及非六都人口密度 ◆ 六都及非六都需求反應或公共運輸	關注各縣市政府社會結構與發展趨勢		

25

淨零排放路徑之評估架構與流程-未來事件表(3/3)

Step 4

		政策/措施	長期策略		
			2022-2030	2030-2040	2040-2050
技術	運具發展	◆ 轉型電動車輛電池成本 ◆ 充電樁設置數量 ◆ 電動車市場滲透率 ◆ 電動物流車研發補助	鼓勵與推廣使用電動車		
	能源發展	◆ 氫能車輛示範計畫 ◆ 基礎電網設施 ◆ CCUS開發潛力與成本 ◆ 電力排碳係數	強化新能源車輛與技術研發		
	智慧運輸發展	◆ 智慧停車管理 ◆ MaaS應用推展 ◆ 區間號誌及智慧運輸系統 ◆ 智慧雲端平臺	擴大智慧運輸系統發展與應用		
環境	氣體排放監測	◆ 建置空氣品質即時監測系統	系統建置		
		◆ 運輸部門、各縣市排放趨勢	排放趨勢研析		
		◆ 交通及運輸碳足	建構評估方法	研擬減量策略	
	健康影響評估	◆ 強化空氣品質管制、調具排空氣汙染暴露程度	強化空品管制與衝擊		
	氣候變遷	◆ COVID-19疫情	釐清疫情影響各運具使用之變化		

26

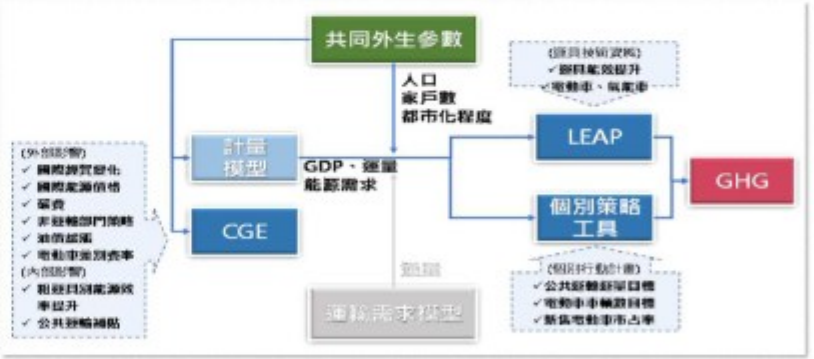
後續研究分年工作重點建議-策略規劃

✓ 藉由策略規劃及回歸方法以建構一套系統性資訊蒐集彙整分析、各界專家與利害關係人意見徵集、資訊判讀比較、資訊歸納收斂轉化情境、沙盤推演模擬評估、擬具策略進行思辯。

	2022	2023	2024	2025	2026
1.目標設定	依據國家目標設定2050年淨零排放				
2.排放基線推估	完成運具別能源消費基線推估				
3.減量工具盤點	依據國內外政策法規盤點減量工具				
4.擬定策略規劃		蒐整相關資訊建立專家事件表，並舉辦社會溝通、工作坊與專家會議		依據量化評估結果，以及國內外趨勢，滾動調整策略	
5.減量情境設定		依據策略類型，規劃策略配套與執行路徑，擬以設計合理情境			
6.量化評估		針對單項情境進行減量模擬		針對可量化情境進行模擬評估	
7.質化評估			針對不可量化情境、邊緣效應、連鎖排放等多元模式進行評估		

27

模型工具箱架構



28

模型產出資訊

方法	用途	產出資訊	建議更新頻率
計量方法	1.推估基線 (各運具能耗基線) 2.作為其他模型校估基線參考基準 3.簡析影響運具能耗變化的重要因素	1.2022-2050各運具能耗	1.資料逐年更新 2.基線2~3年更新
CGE	1.推估基線 (細分類運具之運量、能耗、GHG排放) 2.考量產業/部門之間的交互影響，以及總體經濟 3.模擬外部環境變化 (如碳費、貿易、經濟、能源價格等) 之影響 4.評估國家層級運輸減量政策 (如相運具能效提升、公共運輸補貼)	1.細分類運具之運量、能耗、GHG排放 2.GDP、產業產值、就業	1.基礎資料5年更新 2.參數與歷史資料逐年更新 3.基線3~5年更新
LEAP	1.推估基線 (依技術分類之運具之能耗、GHG排放) 2.評估技術進步對運具排放之影響	1.技術類別運具之能耗、GHG排放	1.參數與歷史資料逐年更新 2.基線2~3年更新
個別策略工具	1.評估運輸部門淨零組部計畫減量效果	1.個別計畫之減排量	1.參數與歷史資料逐年更新

各模型特性：見附件二。

29

溫室氣體排放基線推估-定義與相關研究

★ **基線定義:**

在沒有任何政策或其他因素改變之情況下，未來可能的能源消費量(排放量)。

★ **各國基線預測方法:**

模型	ASIF	LEAP	MAED	MARKAL/TIMES	NEMS	IPAC	E3MC
方法	由下而上				混合模型		
優點	① 為有效決策提供更準確的基礎	① 易於使用 ② 數據需求量可能很小 ③ 提供合理詳細的能源典範表示 ④ 資訊需求保持在合理水準		① 技術詳細 ② 編值預期成本	① 技術詳細 ② 結合經濟預測		能充分解決: ① 外加性 (additionality) ② 搭便車(free-riders) ③ 反彈效果(rebound effects) ④ 政策交互效應 (policy interaction effects)
缺點	有大量難追蹤的分類變數。	缺乏更廣泛的總體經濟模型連結。			可以非常資源密集 (resource-intensive)		
國家/機構	✓ UNFCCC ✓ ADB	✓ 泰國 ✓ 越南	✓ 巴西	✓ 印度 ✓ 南非	✓ 美國	✓ 中國	✓ 加拿大

30

計量方法-研究流程

✓ 相較於經濟理論模型或能源工程模型，計量方法更關注影響運輸能源消費量之因素，以及這些因素對運輸能耗之影響。



{各項檢定結果見附件三}
{OLS估計結果見附件四}

31

計量方法-因變數:依運具別分類

分群推估：
(1) 城際客運
(2) 都會客運
(3) 貨運

因變數	變數名稱	單位	資料期間	資料頻率	資料處理	資料來源
公路運輸	自用小客車	公噸油當量	1990-2020	年資料	取自然對數	運具溫室氣體排放量清冊
	營業小客車-汽油		1990-2020	年資料	取自然對數	
	營業小客車-柴油		2005-2020	年資料	取自然對數	
	自用小貨車-汽油		1990-2020	年資料	取自然對數	
	自用小貨車-柴油		1990-2020	年資料	取自然對數	
	營業小貨車-汽油		1990-2020	年資料	原數值差分	
	營業小貨車-柴油		1990-2020	年資料	原數值差分	
	自用大客車		1990-2020	年資料	取自然對數	
	觀覽車		1990-2020	年資料	原數值差分	
	公車		1991-2020	年資料	取自然對數	
	客運		1991-2020	年資料	原數值差分	
	自用大貨車		1990-2020	年資料	取自然對數	
	營業大貨車		1990-2020	年資料	取自然對數	
	機車		1990-2020	年資料	取自然對數	
鐵道運輸	非都會客運		1990-2020	年資料	取自然對數	
	台鐵		2007-2020	年資料	原數值	
	捷運		1996-2020	年資料	原數值	
空運水運	都會客運		1990-2020	年資料	取自然對數	
	國內航空		1990-2020	年資料	原數值	
	國內水運		1990-2020	年資料	原數值	

32

計量方法-能源消費量影響因素

	變數名稱	單位	資料期間	資料類型	資料處理	資料來源
經濟變數	GDP	百萬新台幣	1990-2020	年資料	取自然對數	行政院主計處
	人均所得	元	1990-2020	年資料	取自然對數	行政院主計處
	貧富差距	倍	1990-2020	年資料	原始值	行政院主計處
能源變數（自變數）	國內汽油價格	元	1990-2020	年資料	取自然對數	經濟部能源局
	國內柴油價格	元	1990-2020	年資料	取自然對數	經濟部能源局
運量變數	公車運量	百萬延人公里	1991-2020	年資料	取自然對數差分	縣市區域客運業者營運量資料
	捷運運量	延人公里	1996-2020	年資料	取自然對數	交通部統計查詢網
趨勢變數	技術進步		1990-2020	年資料	1990=1 每年加1	
	時間趨勢		1990-2020	年資料	1990=1 每年加1	

計量方法-政策與環境影響因素

變數名稱	資料期間	資料類型	資料處理
政策-合作社	1990-2020	虛擬變數	1990-1996, d=0 1997-2020, d=1
政策-高鐵	1990-2020	虛擬變數	1990-2007, d=0 2008-2020, d=1
五都整併	1990-2020	虛擬變數	1990-2010, d=0 2011-2020, d=1
商業型態轉變	1990-2020	虛擬變數	1990-2010, d=0 2011-2020, d=1
港口升級與工業區	1990-2020	虛擬變數	1990-2005, d=0 2006-2020, d=1

計量方法-能源消費量預測

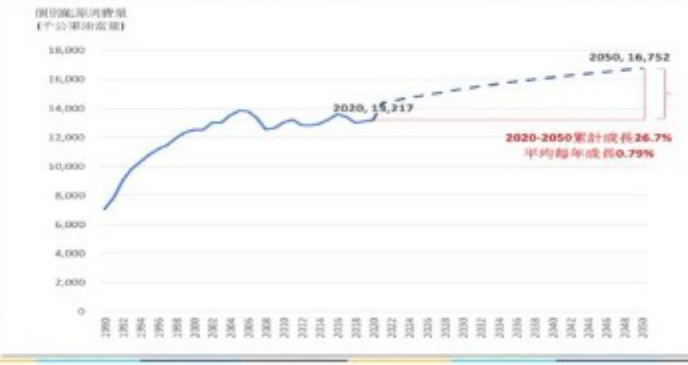
- 自用小客車：
  - → 運輸部門能源消費量主要來源。
  - → 技術持續進步，能源消費量2030年減677萬，2050年減少至637萬。
- 貨運：
  - → 隨經濟成長與人均所得提升，逐漸成長。
  - → 平均里程數短，短期下降。
  - → 柴油貨運逐漸被取代。
- 軌道運輸：
  - → 高鐵近年穩定成長。
  - → 捷運、臺鐵客運逐漸增加。
- 航空運輸：
  - → 國內航空需求逐年下降。
  - → 國內水運維持穩定需求。

細目別	單位	2020年歷史值	2030年預測值	成長率（%）	2040年預測值	成長率（%）	2050年預測值	成長率（%）
自用小客車	公秉油當量	5,729,773	6,770,805	17.1	6,653,819	-1.7	6,376,312	-4.3
貨客小客車汽油		440,318	487,650	10.7	494,368	1.4	501,600	1.5
貨客小客車柴油		99,907	193,075	93.3	291,847	51.2	414,618	42.1
自用小貨車汽油		666,010	746,188	12.0	787,270	5.5	823,957	4.7
自用小貨車柴油		851,849	1,031,089	21.0	1,153,868	11.9	1,269,640	10.0
貨客小貨車汽油		25,828	24,852	-3.8	31,462	26.6	44,431	41.2
貨客小貨車柴油		132,567	187,822	41.7	270,300	43.9	375,595	39.0
自用大客車		13,689	10,574	-22.8	8,927	-15.6	7,741	-13.3
觀旅車		364,739	463,168	27.0	562,913	21.5	662,658	17.7
公車		330,258	308,949	-6.5	316,687	2.5	322,980	2.0
客運		201,458	207,878	3.2	208,334	0.2	208,791	0.2
自用大貨車		643,645	760,518	18.2	816,977	7.4	867,933	6.2
貨客大貨車		1,367,151	1,473,353	7.8	1,560,863	5.9	1,638,840	5.0
機車		1,846,845	2,154,876	16.7	2,414,704	12.1	2,625,267	8.7
臺鐵客運		103,857	154,958	49.2	173,458	11.9	190,758	10.0
高鐵		106,240	130,084	22.4	146,840	12.9	163,646	11.4
捷運		89,486	122,106	36.5	141,536	15.9	157,954	11.6
臺鐵貨運		9,416	7,276	-22.7	4,507	-38.1	2,792	-38.1
國內航空		79,665	37,853	-52.5	37,419	-1.1	37,434	0.0
國內水運		64,607	64,607	0.0	64,607	0.0	64,607	0.0
運輸部門		13,217,304	15,337,669	16.0	16,140,707	5.2	16,751,535	3.8

註：成長率為每10年之成長率

計量方法-能源消費量基線

- 運輸部門能源消費量自2020年1321.7萬公秉油當量增加至2050年1675.2萬公秉油當量，成長26.7%。



CGE-模型簡介

模式架構

- 靜態單國動態模型。
- 經濟體系包括產業部門、家計部門、政府部門；描述的經濟活動包括產業生產活動與投資活動、家計部門的消費決策、政府財政收支、商品進出口貿易等；假設的市場包括國內各類商品市場以及勞動、資本等要素市場。



37

CGE-模型簡介:產業部門分類(1/2)

編號	產業別	105年164部門之產業細類對照表
1	農林漁牧業	01-11
2	礦業	12, 13
3	食品飲酒	14-29
4	人織及紡織品	30-37, 54, 55
5	紙及紙製品	44-46
6	汽油	47
7	柴油	
8	航空用油	
9	燃料油	
10	其他石油煉製品	
11	煤、焦炭及其他煤製品	48
12	基本化學材料	49
13	石油化工原料	50
14	其他化學製品	51, 56-60
15	塑膠與橡膠製品	52, 53, 61, 62
16	非金屬礦物製品	63-67
17	鋼鐵及其製品	68-71
18	其他金屬及其製品	72-76
19	電子零組件	77-81

編號	產業別	105年164部門之產業細類對照表
20	電腦產品與週邊設備	82, 83, 86
21	通訊傳播設備	84
22	精密機械	87, 88
23	機械	93-97, 107
24	電動小客車	98
25	電動大客車	
26	非電動汽車	
27	電動機車	100
28	非電動機車	
29	軌道車輛	101, 102
30	其他運輸工具	
31	其他製品	38-43, 85, 89-92, 103-106
32	電力	108
33	燃氣	109
34	自來水	110
35	公共工程	111-118
36	商品歸屬原始投資額	119-121

38

CGE-模型簡介:產業部門分類(2/2)

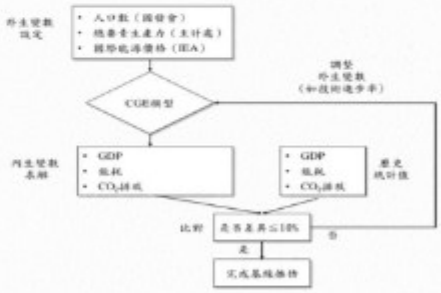
編號	產業別	105年164部門之產業細類對照表
37	躉售零售	122
38	躉售貨棧	
39	零售零售	
40	北部建築	
41	其他建築	
42	國道與省道	123
43	一般公路與市區公路	
44	輔助與公共運輸	
45	公路貨運	
46	公路自營貨運	
47	水上運輸	124
48	空中客運	125
49	空中貨運	
50	運輸輔助服務	126
51	倉儲郵政快遞	127, 128
52	住宿餐飲及旅行服務	129, 130, 151
53	電信服務	134
54	電腦系統設計與資料處理	135, 136
55	金融保險	137- 139

編號	產業別	105年164部門之產業細類對照表
56	研究發展與技術服務業	144-148
57	租賃服務	149
58	公共行政服務	155
59	教育醫療與社會服務	156-158
60	藝術、娛樂與休閒服務	159
61	其他服務	131-133, 140-143, 150-154, 160-164

39

CGE-基線推估流程

- 本模型由2016年起開始動態求解
  - → 求解時間包含**歷史期間**及**預測期間**。
- 為確保內生變數與現實相符
  - → 在內生求解後將透過歷史年進行基線較估。
- 在第一次內生變數求解後可嘗試比對歷史數據，一旦與其相差過大則可藉由調整模型中相關變數或至差距小於等於10%。
- 本計畫在調整過程中首先先**確保全國GDP成長率與歷史值相似**，後續方基於研究目的比較並調整區域部門各區員能耗之變化。

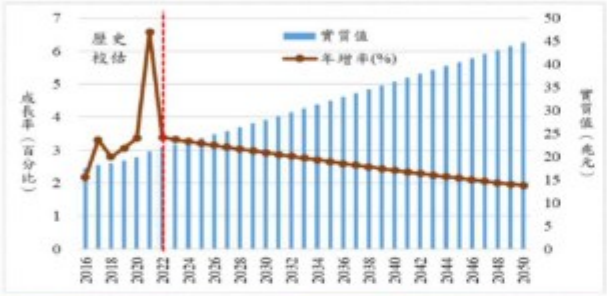


（各項外生變數設定依據見附件五）

40

CGE-GDP基線預測結果

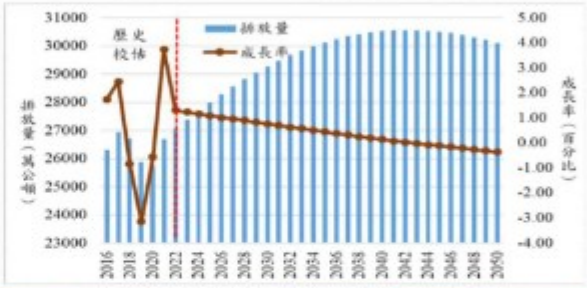
- 長期GDP呈現逐年增加，但增長速度逐年放緩。具體而言，2021-2050年GDP年均成長率為2.74%，但在2021-2030年、2031-2040年與2041-2050年三個階段卻逐漸降低，分別為3.49%、2.62%與2.13%；其部分原因來自人口減少導致勞動供給降低所致。



41

CGE-CO_2基線預測結果

- 隨著GDP的成長的變化，CO2亦顯示相似的發展趨勢。其中，2021-2050年CO2年均成長率為0.53%，但在2021-2030年、2031-2040年與2041-2050年三個階段卻逐步放緩，分別為1.30%、0.42%與-0.13%。其主要因素除來自技術進步外，另一原因則是因能源價格變化改變能源結構所致。



42

CGE-能耗基線推估結果:運輸部門及各運具占比

- 總耗能源將由2021年之20.05百萬公秉油當量增加為2050年25.65百萬公秉油當量，為2021年之1.28倍。
- 增加最多的是鐵路，2050年約為2021年之1.33倍；其次則依序為公路貨運、私人運具、公路客運、空中運輸與水上運輸，2050年能耗相對2021年分別增加約1.30、1.29、1.15、1.06、與0.77倍。
- 以結構變化而言，公路貨運占比則過半居於首位，且能耗將維續逐年提升使其占比亦逐年增加；相對之下，包括公路客運、水上運輸與空中運輸之能耗占比則呈現漸減趨勢。

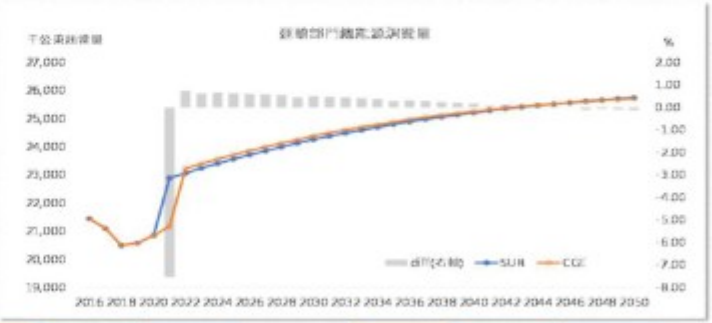
	運輸部門能耗（公秉油當量）	能耗占比(%)					
		鐵路	公路客運	公路貨運	私人運輸	水上運輸	空中運輸
2020	21,301,711	1.4506	8.9607	53.1086	35.8028	0.3033	0.3740
2021	20,050,866	1.4584	8.5556	53.8231	35.3459	0.5339	0.2831
2030	22,664,744	1.4591	8.3423	54.1478	35.3103	0.4580	0.2825
2040	24,686,362	1.4467	8.0398	54.4453	35.4258	0.3805	0.2620
2050	25,650,324	1.5205	7.6655	54.5924	35.6640	0.3221	0.2355

（各項運具能耗推估結果見附件六）

43

CGE-能耗基線推估結果:與計量方法比較

- CGE模型之運輸部門總能源消費量2050年基線推估結果，與SUR模型推估結果趨勢相當接近。
- SUR模型尚未能捕捉2021年疫情影響，須待更新該年外生變數數據，或參酌前述疫情影響推估加以改善。



44

CGE-分年建構與更新規劃建議

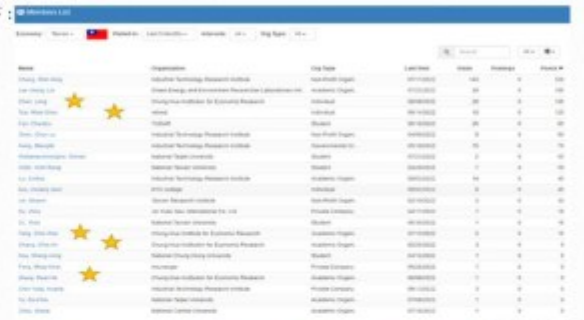
- 搭配策略規劃，進行量化評估；
- 模型擴充，納入時間配置理論：
  - ✓ 考量溫室氣體排放與交通擁擠等不同層面的外部性；
  - ✓ 考量旅行時間對運具的選擇影響，配合效用及福利分析；
  - ✓ 反映基礎建設與環境營造帶來的交通便捷效益。

	2022	2023	2024	2025	2026
1.基線推估	以105年產業關聯表為基礎估算基線			以110年產業關聯表為基礎更新基線	
2.模型擴充	1.蒐集調查與議題相關資訊 2.模型增加時間配置決策		1.重新校估基線 2.原因議題與旅行時間關聯 3.敏感度分析	1.策略情境測試	
3.潛在情境預模擬		1.搭配策略規劃，預型情境進行預評估	1.設計潛在情境，進行預評估		
4.策略情境模擬				1.搭配策略規劃，進行策略配置評估	

45

LEAP-模型簡介

- 由斯德哥爾摩環境研究所開發的低排放分析平台（Low Emissions Analysis Platform，LEAP）
- LEAP 是一種透明且用戶友善的能源和氣候減緩規劃工具，已被全球近 190 個國家的數千個組織採用，包括政府機構、學術界、非營利組織、顧問公司和能源公用事業公司。
- 台灣目前使用情況如下：



46

LEAP-交通部門雛形之地面載具分類

- 考慮到航空與船舶在我國GHG排放約僅占3%，故在今年的模型中則主要聚焦在交通部門模型地面載具重要項目的建立。
- 為利於查找與除錯，部分延人公里/延噸公里佔比較低之載具則將其整合至大項內或暫予停建，以利模型順利運作。

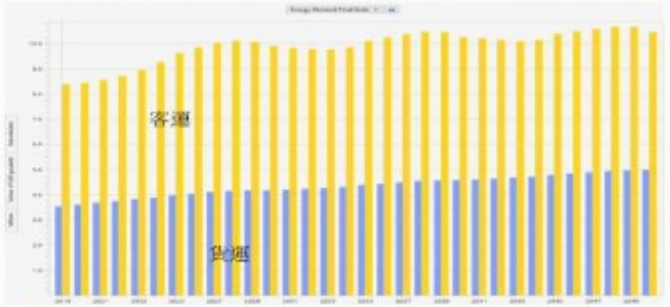
用途	載具	燃料
客運	小型客車	汽油
		電力
	大型客車	柴油
		電力
	鐵路	電力
貨運	貨車	柴油
		電力
	鐵路	電力

47

LEAP-基線推估結果:各期客貨運能耗推估

- ✓ **客運部門能耗明顯波動:**

由於模型分別導入2019(基準年)、2020、2025、2030、2035、2040、2045、2050等推估結果並令曲線平滑化(smooth)所致。如此做的原因在於，從計量推估數據來看，未來年客運耗能將逐漸飽和，預估在此階段需求將會有上下震盪之可能。

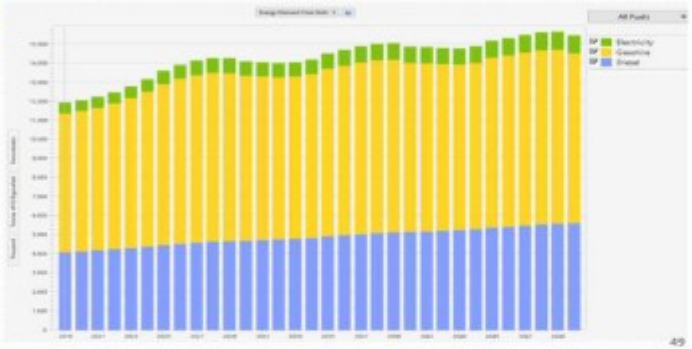


48

LEAP-基線推估結果:各類能耗使用

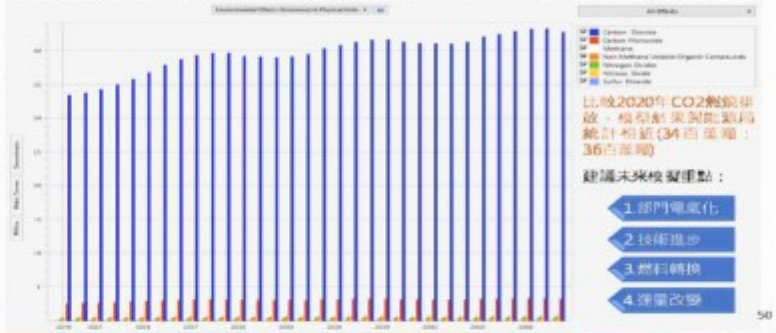
交通部門地面載具主要能源需求:

- 電力
- 汽油
- 柴油



LEAP-基線推估結果:運輸部門主要溫室氣體排放

- ✓ 溫室氣體排放量:
  將能耗/燃料帶入IPCC排放參數。
- ✓ 燃燒CO2排放仍為此情境之GHG大宗，該排放量已考慮了電力排放的部分。



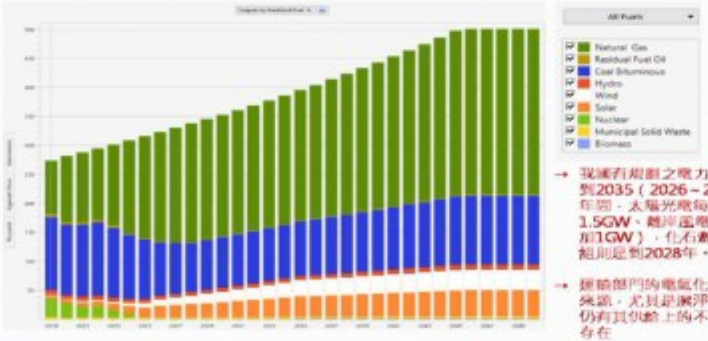
比較2020年CO2總排放，模型結果與能源局統計相近(34百萬噸；36百萬噸)

建議未來模擬重點：

1. 部門電氣化
2. 技術進步
3. 燃料轉換
4. 運量改變

LEAP-基線推估結果:我國中長期電力配比

- ✓ 預期之逐年電力配比:
  將未來已知之電力機組分別輸入模型。



- Natural Gas
- Residual Fuel Oil
- Coal Bituminous
- Hydro
- Wind
- Solar
- Nuclear
- Municipal Solid Waste
- Biomass

→ 現國有規劃之電力目前僅到2035（2026－2035十年間，太陽光電每年增加1.5GW、離岸風電每年增加1GW），化石燃料機組則是到2028年。

→ 運輸部門的電氣化在電力來源，尤其是淨零方，仍有其供給上的不確定性存在

LEAP-分年建構規劃

各期間逐步細緻化模型:

① 以實際運量取代燃耗能
② 是否考慮場站耗能
③ 當期政策或管制目標
④ 燃料與技術成本變化趨勢

	2022	2023	2024	2025	2026
1.基線推估	以108年能源消費量為基年建模			以113年能源消費量為基年建模	
2.模型擴充-技術項目		完善主要模組需求（氫能空、船舶）		建立交通碳排項目（納入各種減排選項）	
3.模型擴充-前瞻技術			引進前瞻技術（含電力部門之CCUS、氫能）		
4.策略情境模擬				情境策略規劃，進行策略評估	

個別策略工具

- **整策略滾動調整；**
- **預期具備功能：**
  - ✓ 以Excel作為操作介面；
  - ✓ 各配策略規劃、計量方法、CGE以及LEAP結果，納入細部行動計畫選項；
  - ✓ 反映策略配套（package）、以及配套中個別策略或行動計畫的階段成果檢視；
  - ✓ 並訂定個別策略或行動計畫的KPI，並計算個別計畫減量貢獻率以及減量貢獻產生時點；
  - ✓ 並檢視個別計畫KPI成果能達成策略目標。



53

各運具能源消耗量推估公式

運具類別	推估公式	參數說明
公路運輸	公路總耗油量 = ∑(年行駛里程$_{ij}$ ÷ 燃油效率$_{ij}$ × 油耗車輛數$_i$ × 油密度轉換$_i$ × 10^{-6}) × 能源平衡表調整值	i：車種[（包括自用小客車、營業小客車、自用小貨車、營業小貨車、自用大客車、營業大客車、公車專用客運車、自用大貨車、營業大貨車、機車等） j：燃油別（包括汽油、柴油、LPG） ➢ 公路燃料油量單位：公秉油當量 ➢ 年行駛里程單位：公里/車 ➢ 燃油效率單位：公里/公升 ➢ 登記車輛數單位：輛 ➢ 油密度轉換單位：公升油當量/公升 ➢ 能源平衡表調整值：能源平衡表公路燃料油當量/運具燃料油當量值
軌道運輸	捷運總耗油量 = ∑(電力消耗量 × 能源平衡表調整值 × 電力油當量轉換 × 10^{-3}) + (除油耗料量 × 油當量轉換) 高鐵、北捷、高捷總耗油量 = ∑(電力消耗量 × 能源平衡表調整值 × 電力油當量轉換 × 10^{-3}) 臺鐵客(貨)運燃耗油量 = 臺鐵燃耗油量×客(貨)運能源耗用比例(%) ＝臺鐵燃耗油量×客(貨)車公里(客車含營業+貨車營業)	➢ 臺鐵燃耗油當單位：公秉油當量 ➢ 電力油當量轉換單位：公升油當量/度 ➢ 油當量轉換單位：公升油當量/公升 ➢ 高鐵、北捷、高捷燃耗油當單位：公秉油當量 ➢ 能源平衡表調整值：能源平衡表電力營運燃耗油當/運具電力燃耗量
國內航空	國內航空客（貨）運燃耗油量 ＝國內航空耗油量×航空客（貨）運能源耗用比×油當量轉換	➢ 國內航空客(貨)運燃耗油當單位：公秉油當量 ➢ 國內航空耗油量：公秉 ➢ 油當量轉換單位：公秉油當量/公秉 ➢ 國內航空能源耗油量需量定能源局公布之能源平衡表改採 ➢ 國內航空能源耗用分為客與貨運兩者，客、貨運能源耗用量之比例係參民用航空局公布「國籍航空公司空客業營務概況」之資訊
國內水運	國內水運燃耗油量 ＝國內水運耗油量×註冊量修飾	➢ 國內水運耗油量：公秉 ➢ 油當量轉換單位：公秉油當量/公秉 ➢ 國內水運燃耗油當需量定能源局公布之能源平衡表改採，使用數據分為焦炭與柴油

54

各運具能源密集度推估公式

運具類別	推估公式	參數說明
公路運輸	公路客運能源密集度 = 公路燃耗油量/登記車輛數/平均每車年行駛里程/平均載客人數	➢ 能源密集度單位：公升油當量/延人(噸)公里 ➢ 公路燃耗油量單位：公升油當量 ➢ 登記車輛數單位：輛 ➢ 平均每車年行駛里程單位：公里/輛 ➢ 油當量轉換單位：公升油當量/公升 ➢ 平均載客人數：人 ➢ 平均載貨噸數：噸
	公路貨運能源密集度 = 公路燃耗油量/登記車輛數/平均每車年行駛里程/平均載貨噸數	
軌道運輸	臺鐵客運能源密集度 = 臺鐵客運燃耗油量/延人公里	➢ 臺鐵、高鐵及捷運燃油量單位：公秉油當量 ➢ 延人公里單位：千人公里 ➢ 貨運延噸公里單位：千噸公里
	臺鐵貨運能源密集度 = 臺鐵貨運燃耗油量/延噸公里	
國內航空	國內航空客運能源密集度 = 國內航空客運燃耗油量/載客公里	➢ 國內航空客(貨)運燃耗油量單位：公秉油當量 ➢ 載客公里單位：千人公里 ➢ 載貨公里單位：千噸公里
	國內航空貨運能源密集度 = 國內航空貨運燃耗油量/載貨公里	
國內水運	國內水運貨運能源密集度 ＝臺鐵耗用燃料油量/延噸海里	-

55

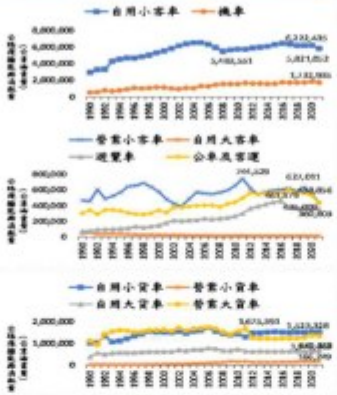
運具溫室氣體排放量清冊之資料清單

	資料項目	單位	資料期間
公路	登記車輛數	輛	1990-2021
	年行駛里程	公里	1990-2021
	燃油效率	公里/公升	1990-2021
	公路能源消費總量	公秉	1990-2021
	平均載客人數 平均載貨噸數	人 噸	1990-2021
軌道	用電量	千度	1990-2021
	用油量	公秉	1990-2021
	客運運量 貨運運量	延人公里 延噸公里	1990-2021
航空	用油量	公秉	1990-2021
	客運運量 貨運運量	延人公里 延噸公里	1990-2021
	航空客（貨）運能源耗用比	%	1990-2021
水運	用油量	公秉	1990-2021
	貨運量	延噸海浬	1990-2021
通用資料	運輸部門溫室氣體排放係數	如表6.1-4所示	行政院環保署溫室氣體排放係數管理表6.0.4版
	油當量轉換係數	公升油當量/公升	1990-2021

56

公路運輸-能源消耗

- 自用小客車大致呈現上升趨勢，2008年因為次貸危機能源消耗量下降至低點後，之後又逐漸上升；2021年受疫情影響，能源消耗量從2020年的6.22百萬公秉油當量下降至5.82百萬公秉油當量。
- 營業車、公車及客運能源消耗量分別於2016、2017年之前呈現上升趨勢，之後開始減少，受疫情影響，公車及客運下降程度高於營業車，而營業小客車能源消耗量下降的幅度更為明顯，從2017年的62.7萬公秉油當量減少至2021年的43.9萬公秉油當量。



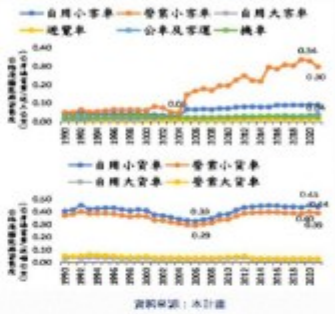
資料來源：本計畫

公路運輸能源消耗量

57

公路運輸-能源密集度

- 營業小客車從2004年至2019年間普呈現上升趨勢，2020年後因為疫情影響，能源消耗量大幅減少，造成營業小客車的能源密集度下降。公車及客運相比於營業車，近年來能源消耗量小幅增加，2021年已上升至0.04。
- 另外，以貨車為觀察對象，自用小貨車及營業小貨車能源密集度自1992年後逐漸下降，至2006年的低點後開始上升，並於2020年達到高點，2021年開始有小幅的下降。至於營業大貨車及自用大貨車在2012年有明顯的降低之外，之後大致平穩。



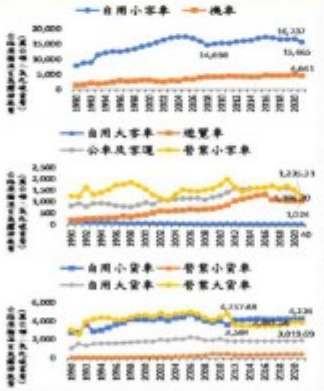
資料來源：本計畫

公路運輸能源密集度

58

公路運輸-溫室氣體排放

- 公路運輸溫室氣體排放量和能源消耗趨勢相似，自用小客車大致呈現上升的趨勢，2008年，因為次貸危機而下降，之後又逐漸上升；2021年受疫情影響，溫室氣體排放量相比2020年下降至15,665萬公噸二氧化碳當量。機車溫室氣體排放量也呈現上升趨勢，至2021年來到4,641萬公噸二氧化碳當量。
- 營業小客車、公車及客運、遊覽車近年來也受到疫情影響，溫室氣體排放量逐漸下降。
- 營業大貨車溫室氣體排放量從2018年持續上升，2021年明顯下降。至於自用小貨車、自用大貨車、營業大貨車的溫室氣體排放量近年雖有增加，但增加幅度不大。



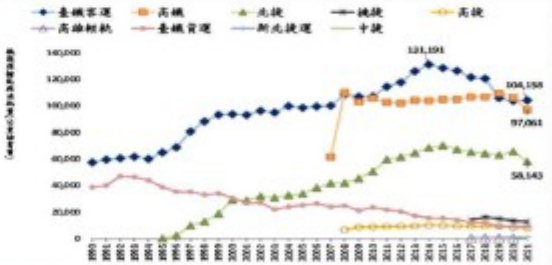
資料來源：本計畫

公路運輸能源排放量

59

軌道運輸-能源消耗

- 2018年之後軌道運輸因為疫情影響，台鐵客運、高鐵、北捷運供使用能源消耗量有逐漸下降的趋勢，惟2021年台鐵客運因為南迴鐵路電氣化全線通車，用電量上升導致能源消耗量增加。

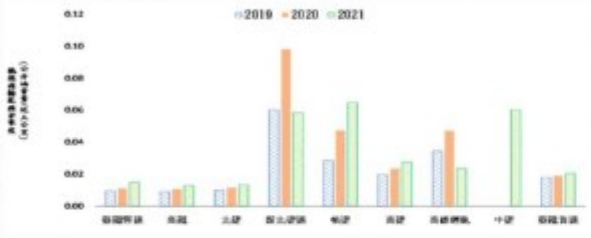


資料來源：本計畫

60

軌道運輸-能源密集度

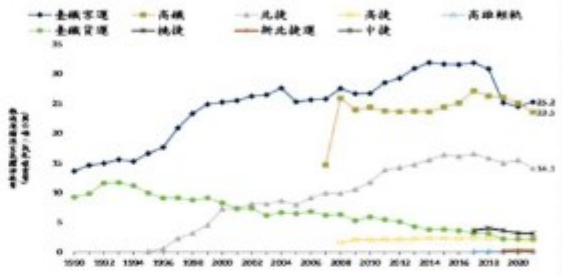
- 在軌道運輸密集度上，2020年新北捷運、高捷輕軌和2021年開始營運的中捷都有大幅的上升，推測應是新增路線後載客量不夠多，導致載人公里大幅上升所致，其餘軌道運輸則是有逐年上升的趨勢。



資料來源：本計畫

軌道運輸-溫室氣體排放

- 軌道運輸溫室氣體排放和能源消耗趨勢相似，台鐵客運、高鐵、北捷在2018年之後排放量逐漸下降，只有台鐵客運2021年因為用電量增加造成排放量小幅回升。



資料來源：本計畫

國內航空-能源消耗

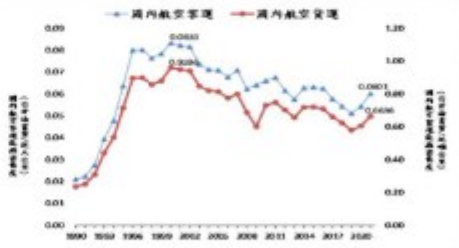
- 國內航空客運能源消耗量在2018年之後，碰上新冠肺炎疫情的流行，能源消耗量急降，改變世2008年穩定變化的型態，從2018年的106,137公秉油當量，減少至2021年的54,516公秉油當量，幾乎減少一半。
- 國內航空貨運能源消耗量呈現持續減少的趨勢，2019年雖有稍微增加，但此後也受到新冠肺炎疫情影響，能源消耗量減少，但變化不若客運越顯著。



資料來源：本計畫

國內航空-能源密集度

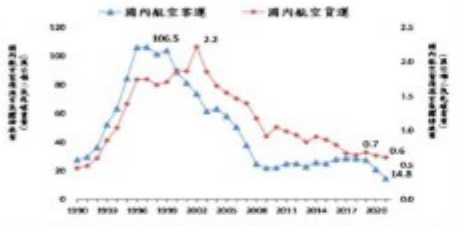
- 在耗源密集度上，國內航空客運與貨運大致呈現下降的趨勢，同時也可觀察到國內航空客運的能源密集度顯著高於貨運。在新冠疫情影響下，2019年－2021年能源密集度為上升態勢，主要反映了航空客運載客公里數與貨運載貨公里數減少幅度，高於能源消耗量的減少所致。



資料來源：本計畫

國內航空-溫室氣體排放

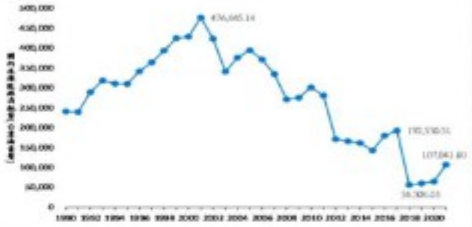
- 國內航空客運與貨運的溫室氣體排放與能源消耗的走勢相同，客運排放明顯高於貨運。
- 國內航空客運在2008年前數年維持的溫室氣體排放狀態，於2018年之後減少，至2021年為14.8萬噸二氧化碳當量；
- 國內航空貨運的溫室氣體排放為減少趨勢，2019年排放0.7萬噸二氧化碳當量，2021年排放再減為0.6萬噸二氧化碳當量。



資料來源：本計畫

國內水運-能源消耗

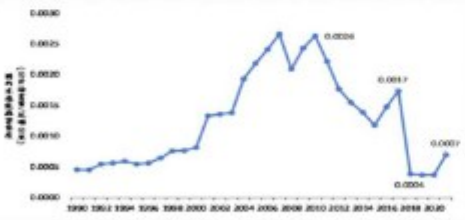
- 國內水運的能源消耗量上，自2001年之後即呈現減少趨勢，期間皆呈現起伏狀態，2018年之後能源消耗增加，而2021年能源消耗量大量增加，推斷原因為疫情之後經濟的反彈產區，帶動對貨物的需求增加所致。



資料來源：本計畫

國內水運-能源密集度

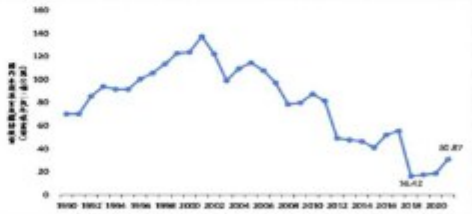
- 2010年之後國內水運能源密集度有逐漸下降的趨勢，2018年的能源密集度大幅下降，是受到美中貿易戰，全球前三大貨運摩雷曾撤掉一至二條北美航線，帶動海運耗油量下降所致。
- 2021年能源密集度有小幅反彈，因為各國港口防疫措施，衍生塞櫃缺工問題，帶動港口堵塞和船期延誤以及缺櫃，貨運運輸量下降所致。



資料來源：本計畫

國內水運-溫室氣體排放

- 國內水運溫室氣體排放與能源消耗走勢相同，大致呈現減少趨勢，期間或有起伏，惟2018年之後為新一波的增加走勢，2018年排放16.4萬噸二氧化碳當量，2021年大增為30.87萬噸二氧化碳當量。



資料來源：本計畫

國內水運氣體排放量

結論

- 國際間主要國家ASI相關策略作法
  - ✓ 降低私人運具的使用
    (強化步行及自行車的友善、安全用路環境等)
  - ✓ 推廣低碳運具使用
    (推廣電動化運具、鼓勵充電基樁設置等)
  - ✓ 改變人們的運輸行為模式
    (載具自帶、落天機制、智慧訊號優先號誌等)
- 各國倡議與COP27重點議題
  - ✓ 國際碳市場與碳定價的發展
  - ✓ 國際航空與航運納入MRV
  - ✓ 公共運輸與低碳式運輸的再設計
  - ✓ 運輸行為改變需要從生活引導
  - ✓ 貨車電動化的技術發展
- 第2期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案
  - ✓ 檢討第一期既有措施強化外，本參酌國際間最新運輸部門減量策略，完成「第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，並於9月16日由行政院核定。
  - ✓ 協助新研所他地方政府之執行方案，使運輸部門逐步邁向2050淨零排放目標。
- 我國運輸部門2050淨零排放願景與策略藍圖
  - ✓ 本計畫已完成實國運輸部門2050年淨零排放願景藍圖之研究方法和設計程序，設定8大執行步驟，包括社會消費與淨零使用環境建構等質性評估等執行步驟。
- 我國各運具能源消耗量及溫室氣體排放量推估結果
  - ✓ 本計畫已依各運具別分別計算其能源消耗量及能源密生產，並依不同燃料及電力之使用，透過修數轉換完成各運具別溫室氣體排放量推估。
  - ✓ 優先針對新目的「溫室氣體排放」與新目的「能源密生產」兩類指標進行檢定，除可掌握各運具別溫室氣體排放與能源消耗量及溫室氣體排放。
- 我國溫室氣體排放量評估模型建置與基線推估結果
  - ✓ 模型工具論:
    - ① 計量方法
    - ② CGE模型
    - ③ 長期能源替代規劃系統LEAP模型
    - ④ 個別策略評估工具
  - ✓ 本年度已完成三個模型2050年之能源消費基線推估；同時，本計畫也提出各項工具整合和平台建議，以維持模型評估結果的正確性。

69

建議(1/2)

- ASI策略進一步深化並確保2050淨零目標
  - ✓ 運輸需求管理
    - ① 欠缺強制性的手段，須配合交通管理執行力道
    - ② 強化運輸需求管理，設置區域生活的重點及專責之實施
  - ✓ 運輸模式轉移
    - ① 相關策略與設施之外的其他誘因機制
    - ② 完備電動運具使用環境
  - ✓ 效率改善
    - ① 同步考量其他未納能源使用以及智慧運輸之發展
- 第2期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案
  - ✓ 對於目前執行成果，仍需要更具企圖心的減碳方法，來使原來的溫管法2050目標與淨零排放。
  - ✓ 目前提出之淨零策略藍圖，還需要進一步檢視策略減碳潛力、策略發展障礙因素以及外部條件變化，如碳費，對於運輸部門淨零排放路徑之影響。
- 我國運輸部門2050淨零排放願景與策略藍圖
  - ✓ 本計畫首次引入策略規劃方法來為淨零排放目標與願景與策略配套。
  - ✓ 需要觸及相當廣泛的利害關係人，才能讓產生回來的資訊有更好的參考價值，其次需要能充分地將資訊轉化為可以設計的機制，無論是否可以量化，因此需要多元專業的人才參與。
  - ✓ 透過多場次多元對象多元型態的訪談、論壇、工作坊、專家諮詢、訪談運用報來取得協調資訊，並邀請跨領域專家收集意見。
- 我國各運具能源消耗量及溫室氣體排放量推估結果
  - ✓ 協助之運輸部門的溫室氣體排放出現脫鉤(IEA)
    →建議在進估下一年排放量時，應持續留意疫情影響的反彈情況。
  - ✓ 電動車普及的快速攀升
    →建議進估能耗量與排放量時，應特別將電動車轉型變化考量。

70

建議(2/2)

- 我國溫室氣體排放量評估模型建置與基線推估結果
  - ✓ 基線以2~3年的更新頻率為宜
  - ✓ 模型情境評估分為兩階段工作
    - ★ 第一階段2023至2024年:
      就策略規劃前期意見蒐集與收斂過程中所產生大家關注的議題，先進行預先策略模擬。
    - ★ 第二階段2025至2026年:
      藉著策略規劃政策情境確認收斂，可行的策略配套與潛在適應應可進行細部規劃，因此模型評估進入實質評估階段，針對保護與策略配套進行模擬分析。
- 應整合過去相關研究成果成為淨零排放策略研擬之動力
  - ✓ 國內對於存在減量潛力的策略早已具備基礎研究成果(需求反應與智慧系統、創新式運輸)
    → 建議可在融入策略規劃情境過程中，針對淨零排放技術出進一步深化研究的需求
  - ✓ 行為面的策略，相對較缺乏生活融入的觀察
    → 建議未來可融出行為經濟進行實證分析
  - ✓ 運輸部門在滿足淨零排放目標之餘，還必須具有包容性，兼顧社會公平與城市發展的多元角色
    → 建議將來可以反映社會包容或人本運輸的指標，來說明運輸部門在其他面向的貢獻

71



72