

97-78-1247
MOTC-IOT-96-PDB004

能源消耗、污染排放與運輸規劃 作業關聯分析之研究(1/2)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 5 月

97-78-1247
MOTC-IOT-96-PDB004

能源消耗、污染排放與運輸規劃 作業關聯分析之研究(1/2)

著者：林國顯等(詳摘要表)

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 5 月

能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之
研究. (1/2) / 林國顯等著. -- 初版. -- 臺
北市：交通部運研所，民97.05

面；公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-4210-5(平裝)

1. 公路管理 2. 運輸能源 3. 運輸規劃

557.33

97008596

能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究(1/2)

著者：林國顯、蘇振維、張瓊文、楊幼文、溫蓓章、鍾慧諭、
莊志偉、陳韋伶、張耿宗、陳佳良、楊智凱、江岳翰、
高祥富、宋皇勳、周諺鴻

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路 240 號

網址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電話：(02)23496789

出版年月：中華民國 97 年 5 月

印刷者：緯杰資訊有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880

五南文化廣場：臺中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1009701053

ISBN：978-986-01-4210-5 (平裝)

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：能源消耗、污染排放與運輸規劃作業關聯分析之研究(1/2)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-4210-5 (平裝)	政府出版品統一編號 1009701053	運輸研究所出版品編號 97-78-1247	計畫編號 96-PDB004
本所主辦單位：運輸計畫組 主管：林國顯 計畫主持人：林國顯 研究人員：蘇振維、張瓊文、楊幼文 聯絡電話：02-2349-6815 傳真號碼：02-2545-0428	合作研究單位：中華經濟研究院 計畫主持人：溫蓓章 研究人員：鍾慧諭、莊志偉、陳韋伶、張耿宗、陳佳良、楊智凱、江岳翰、高祥富、宋皇勳、周諺鴻 地址：臺北市大安區長興街 75 號 聯絡電話：02-27356006 傳真號碼：02-27390610		研究期間 自 96 年 03 月 至 96 年 11 月
關鍵詞：公路旅運行為、能源消耗、排放、車載量測設備			
<p>摘要：</p> <p>本計畫係由運輸規劃角度出發，建構公路運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯性，發展一套整合性評估架構。藉由採用新式車載量測設備（On-Board Emission Measurement, OEM），本計畫調查分析車輛於道路實際運行動態之能耗、排放特性參數，建構出車輛能耗、污染排放與公路運輸系統和旅運行為之關聯性。有別於傳統以旅次特性為分析基礎（trip-base），以行車距離衡量公路運輸之能源消耗與污染排放的概念（g/km）；本計畫探討道路之節線特性（link-base），分析各種類道路之路段交通量與速度變化下，車輛能耗與排放特性的差異（g/sec）。應用此一關聯性，本計畫研提一套運輸行為與能耗、污染之綜合評估架構，搭配運輸需求模式之路網或節線的旅行時間、旅行速率，估算公路運輸之能源消耗與排放總量。本計畫之創新性研究成果，對於公路運輸計畫形成過程之運輸規劃評估作業，提供一套分析工具，能夠敏感地評估永續發展面之能源消耗、排放的可能影響，有助於達成「增進運輸資源使用效率、減少環境污染與衝擊、推動永續發展策略」等決策目標。</p> <p>本計畫為多年期計畫之先導型研究，第 1~2 年期先以公路系統為研究對象。整體研究內容包括：國內外文獻回顧、相關特性參數調查蒐集與分析、案例分析等作業，分析旅運行為與能源消耗與污染排放之關聯性，並建構國內公路運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯資料庫架構，逐年依序蒐集累積相關資料，以建立具備綜合評估能力之關聯模式。本計畫第 1 年期成果如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 運輸規劃與能源消耗、污染排放整合模式之研擬 <ol style="list-style-type: none"> 蒐集國內外之相關研究成果，探討國內外推估模式之發展與應用。 綜合歸納車輛能源消耗與污染排放特性之影響因素，並根據本計畫之研究目標，初步建構一套運輸行為與能源消耗、污染排放之綜合評估架構，以提供運輸方案評估參照。 能源消耗、污染排放特性參數之調查結果分析 <ol style="list-style-type: none"> 根據本計畫研究目標進行實驗設計與實際調查。完成單一車輛、5 種道路類型的道路實驗，以及對應之實驗室實驗，建立一超過 20 萬筆數據之資料庫。 以前項資料庫數據建構出一組方程式，推估本實驗車輛在 5 種道路類型之各種速度下，每秒之能耗與排放率（CO₂、CO、THC、NO_x）（g/sec）。 根據實驗室實驗結果探討影響車輛能源消耗、污染排放特性的動態因素，包括：行車型態差異（比較 FTP/EU 法規測試、我國代表性行車型態之北/中/高三都會區）、有無開頭燈空調差異、量測地點差異（比較實際道路與實驗室）、坡度差異等。 			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
97 年 5 月	456	200	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購。
機密等級： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密 （解密條件： <input type="checkbox"/> 年 月 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Relation analysis between energy consumption, emissions and transportation planning (1/2)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-01-4210-5 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009701053	IOT SERIAL NUMBER 97-78-1247	PROJECT NUMBER 96-PDB004
DIVISION: Planning Division DIVISION DIRECTOR: Kuo-Shian Lin PRINCIPAL INVESTIGATOR: Kuo-Shian Lin PROJECT STAFF: Cheng-Wei Su, Chiung-Wen Chang, Yu-Wen Yang PHONE: 886-2-2349-6815 FAX: 886-2-2545-0428			PROJECT PERIOD FROM February 2007 TO December 2007
RESEARCH AGENCY: Chung-Hua Institution for Economic Research International PRINCIPAL INVESTIGATOR: Pei-Chang Wen PROJECT STAFF: Hui-Yu Chung, Chih-Wei Chuang, Chia-Liang Chen, Wei-Ling Chen, Keng-Tsung Chang, Chih-Kai Yang, Yueh-Han Chiang, Hsiang -Fu Kao, Huang-Shiun Sung, Yen-Hung Chou ADDRESS: 75 Chang Hsing St., Taipei, Taiwan, 106, R.O.C. PHONE: 886-2-27625578 FAX: 886-2-27390610			
KEY WORDS: Highway Traveling Behavior, Energy Consumption, Emissions, On-Board Emission Measurement			
ABSTRACT: <p>From the perspective of transportation planning, this project examines the correlations of highway traveling behavior with vehicle energy consumption and emissions. The correlations we measured are based on realistic data, which is collected in a second-by-second method and from a running vehicle equipped with the On-Board Emission Measurement. Our core concept is to explore the feasibility of developing an "integrated evaluation framework" (IEF) which is capable of incorporating vehicle dynamic performance of energy consumption and emissions into the aggregate sequential travel demand model. Unlike the traditional mainstream, which estimates vehicle energy consumption and emissions on the trip-base, with parameters of distance measured by l/km or g/km, and from laboratory testing, we approach it on the link-base with parameters of travel-time vs. running-speed at link-category, namely g/sec, from a series of on-road surveys. The IEF we are working on is expected to enable us to establish the sensitive correlations of vehicle energy consumption and emissions with travel time, running speed variations and traffic diversions among network links. Eventually, with the correlations of traffic dynamics with energy consumption and emissions, the IEF shall lead to the establishment of an operational tool to enhance the sustainability of transportation planning and project evaluation practically.</p> <p>The multi-year project, with an aim of model construction, may result in the incorporation of vehicle energy consumption and emissions into the aggregate sequential travel demand model. The findings of the first-year pioneer study tend to suggest that our innovative concept of the IEF is feasible and workable. The main achievements in the first year are listed as follows:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exploration and Concept Development of The IEF <ol style="list-style-type: none"> (1) A comprehensive review of the relevant literature lends support to our research design. (2) We identify highway-traveling behaviors that can significantly affect vehicle dynamic performance of energy consumption and emissions. 2. The Survey and Analysis of the Correlations of Vehicle Dynamic Performance of Energy Consumption and Emissions <ol style="list-style-type: none"> (1) Experiments are designed and executed to build up the dataset that contains over 200,000 records on one vehicle of five kinds of link-category. (2) A set of functions are constructed to estimate vehicle energy consumption and emission rate, of CO₂, CO, THC, and NO_x respectively, vs. running-speed at each link category, in terms of g/sec. (3) Analyses are conducted to investigate the dynamic factors that may significantly affect vehicle performance of energy consumption and emissions. Comparisons made include driving cycle (FTP/EU/Taipei Metropolitan/Taichung Metropolitan/Kaohsiung Metropolitan), usage of headlight and air-conditioner, measurement condition (on-road vs. lab), and grade. <p>Based on the above achievements, we shall proceed further with on-road surveys and corresponding laboratory experiments, with more vehicles, in order to calibrate the correlations of highway traveling behavior with energy consumption and emissions, eventually with robustness. In addition, a case study will be conducted to demonstrate the potential applications of the correlations measured, with an aim to integrate with the aggregate sequential travel demand model.</p>			
DATE OF PUBLICATION May 2008	NUMBER OF PAGES 456	PRICE 200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

第一章	緒論	1-1
1.1	研究目的	1-1
1.2	研究範疇	1-2
1.3	報告架構	1-7
第二章	國外文獻回顧	2-1
2.1	法定測試程序及研究成果	2-2
2.2	實驗室測試之研究成果	2-16
2.3	實際道路測試之研究成果	2-18
2.4	智慧型運輸系統之影響研究	2-21
2.5	車輛新技術應用之影響研究	2-21
2.6	影響因素綜合分析	2-24
第三章	國內相關研究之蒐集分析	3-1
3.1	車輛能源消耗特性之研究成果	3-1
3.2	車輛污染排放特性之研究成果	3-18
3.3	地區調整因素：國內行車型態相關研究	3-22
3.4	國內外研究成果之比較分析	3-34
第四章	運輸規劃與能源消耗、污染排放整合模式架構之研擬	4-1
4.1	國內既有推估模式探討	4-1
4.2	國外推估模式之研究進展	4-11
4.3	推估模式綜合分析	4-23
4.4	運輸規劃與能源消耗、污染排放之關聯分析	4-31
4.5	運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之 差異	4-39

4.6	運輸行為與能源消耗、污染排放之綜合評估架構....	4-40
第五章	能源消耗、污染排放特性參數之蒐集與調查.....	5-1
5.1	調查實驗設計.....	5-1
5.2	實驗設備與實驗車輛	5-8
5.3	道路實驗計畫.....	5-22
5.4	實驗室實驗	5-50
第六章	能源消耗、污染排放特性參數之調查結果分析	6-1
6.1	實際道路量測結果分析(#99)	6-1
6.2	法規測試與資料庫比較	6-22
6.3	實驗室比對量測結果分析.....	6-41
6.4	小結.....	6-55
第七章	結論與建議.....	7-1
7.1	本年期研究結論	7-1
7.2	第 2 年期計畫執行構想建議.....	7-6
參考文獻	參-1
附錄 1	道路實驗相關說明	
附錄 1.1	車載量測設備說明	附 1-1-1
附錄 1.2	實驗路線前試跑情形.....	附 1-2-1
附錄 1.3	實車道路實驗日誌	附 1-3-1
附錄 2	實驗數據之資料分析	
附錄 2.1	各實驗室資料樣本數統計	附 2-1-1
附錄 2.2	各實驗的 N/V 比對圖形	附 2-2-1
附錄 2.3	各推估方程式之迴歸係數表	附 2-3-1
附錄 2.4	各實驗之事後比較表.....	附 2-4-1

附錄 2.5 #99 實際值 vs 模式推估值比較圖 附 2-5-1

附錄 2.6 專有名詞彙整表 附 2-6-1

附錄 2.7 能源消耗與污染排放之表達單位差異說明. 附 2-7-1

附錄 3 審查意見回覆表及簡報資料

附錄 3.1 期中審查意見回覆表 附 3-1-1

附錄 3.2 期末審查意見回覆表 附 3-2-1

附錄 3.3 期末簡報書面資料 附 3-3-1

表 目 錄

表 2.1-1	主要國家車輛能耗測試之行車型態	2-2
表 2.1-2	美國環保署 5 循環測試方式比較	2-10
表 2.2-1	美國環保署網站之車輛能耗影響因素	2-16
表 2.2-2	汽油小客車燃油經濟性之影響因素分析表	2-17
表 2.5-1	節能車輛技術效益分析	2-24
表 2.6-1	車輛能源消耗與污染排放之測試內容、方法與結果	2-25
表 3.1-1	國內車輛耗能相關研究及其執行內容彙總表	3-7
表 3.1-2	車輛燃油經濟性測試方法	3-10
表 3.1-3	車輛耗能差異分析	3-11
表 3.1-4	運具燃油效率相關文獻	3-15
表 3.1-5	運具耗能與污染排放推估文獻	3-15
表 3.2-1	環保署新車型審驗管制項目	3-19
表 3.2-2	本計畫相關之計畫及其計畫內容	3-20
表 3.3-1	國內行車型態比較	3-25
表 3.3-2	平均速度與油耗關係	3-26
表 3.4-1	車輛特性對能源消耗、污染排放之關係	3-35
表 3.4-2	外部環境條件對車輛污染能耗之影響	3-38
表 3.4-3	其他影響車輛能耗及污染排放之條件	3-40
表 3.4-4	實車路試與實驗室測試燃油經濟性差異比較表	3-43
表 4.1-1	Mobile 5b 輸入參數	4-4
表 4.1-2	排放因子修正迴歸式	4-6
表 4.3-1	各模式綜合比較表	4-30
表 4.4-1	路網資料庫線圖層欄位屬性與說明	4-34
表 4.4-2	臺灣地區道路系統分類表(模式路網)	4-35

表 4.4-3	各類道路自由車流速率與速率流量曲線參數表.....	4-36
表 4.4-4	運輸規劃模型中有關能源消耗、污染排放之影響因子	4-38
表 4.5-1	運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異	4-40
表 5.2-1	車載設備特性比較	5-10
表 5.2-2	OBS-2000 series 設備性能概要	5-15
表 5.2-3	HORIBA 2000 Series 應用環境要求及體積規格.....	5-17
表 5.2-4	車載自動診斷系統資料輸出項目	5-18
表 5.2-5	我國車輛測試法規檢驗實驗室一覽表.....	5-19
表 5.2-6	臺閩地區機動車輛登記數	5-20
表 5.2-7	臺閩地區小客車排氣量分佈	5-20
表 5.2-8	臺閩地區小客車車齡分佈	5-20
表 5.2-9	實驗車可能車型之銷售量	5-22
表 5.3-1	臺灣地區道路系統分類表	5-23
表 5.3-2	實驗路線-國道 1 號	5-28
表 5.3-3	實驗路線-國道 1 號(建國快速道路).....	5-30
表 5.3-4	實驗路線-國道 2 號	5-32
表 5.3-5	實驗路線-快速道路臺 74 線	5-34
表 5.3-6	實驗路線-臺 1 線.....	5-35
表 5.3-7	實驗路線-民國 96 年 6 月 10 日試跑結果.....	5-38
表 5.3-8	實驗路線-民國 96 年 6 月 11 日試跑結果.....	5-38
表 5.3-9	實驗路線-民國 96 年 6 月 7 日試跑結果	5-39
表 5.3-10	實驗路線-民國 96 年 6 月 8 日試跑結果.....	5-40
表 5.3-11	實驗路線-民國 96 年 6 月 6 日上午試跑結果	5-41
表 5.3-12	實驗路線-民國 96 年 6 月 6 日下午試跑結果	5-41
表 5.3-13	實驗路線-民國 96 年 6 月 5 日上午試跑結果	5-42
表 5.3-14	實驗路線-民國 96 年 6 月 5 日下午試跑結果	5-42

表 5.3-15	實驗路線試跑結果彙總表	5-43
表 5.3-16	道路實驗路線執行情形	5-44
表 5.3-17	補測實驗路線-建國高架道路	5-45
表 5.3-18	補測實驗路線-中部地區省道	5-46
表 5.3-19	補測實驗路線執行情形	5-47
表 5.3-20	道路實驗取樣速度分佈表	5-50
表 5.4-1	實驗測試項目	5-51
表 5.4-2	試驗車輛規格表	5-52
表 5.4-3	試驗油品參數	5-53
表 5.4-4	5 種道路行車型態特性比較	5-67
表 5.4-5	選定實驗室實驗道路比對測試設計	5-68
表 6.1-1	#99 之 FUEL 推估方程式	6-6
表 6.1-2	#99 之 CO ₂ 推估方程式	6-7
表 6.1-3	#99 之 CO 推估方程式	6-8
表 6.1-4	#99 之 THC 推估方程式	6-9
表 6.1-5	#99 之 NO _x 推估方程式	6-10
表 6.1-6	方程式推估值與實際路測值之比較	6-11
表 6.1-7	變異數同質性檢定	6-14
表 6.1-8	#99 之 ANOVA 分析結果	6-15
表 6.1-9	#99 之 FUEL 事後比較表	6-16
表 6.1-10	#99 之事後比較彙整表	6-17
表 6.2-1	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態污染測試值	6-22
表 6.2-2	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態污染與速度分析 ...	6-23
表 6.2-3	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態油耗測試值	6-24
表 6.2-4	#5ANOVA 之分析結果摘要	6-28
表 6.2-5	#5 之事後比較彙整表	6-29

表 6.2-6	車重差異之比較	6-33
表 6.2-7	EU 行車型態-加開頭燈與空調之油耗測試值	6-34
表 6.2-8	EU 行車型態-加開頭燈與空調之污染測試值	6-34
表 6.2-9	FTP 行車型態-加開頭燈與空調之污染測試值	6-34
表 6.2-10	FTP 行車型態-加開頭燈與空調之油耗測試值	6-34
表 6.2-11	EU 與 FTP 燃油經濟性比較表	6-37
表 6.2-12	#7 ANOVA 之分析結果摘要	6-38
表 6.2-13	#7 之事後比較彙整表	6-38
表 6.2-14	#5/#7 之 F 值	6-40
表 6.2-15	#5/#7 之 Z 值	6-41
表 6.3-1	Class 1 道路實驗比對測試結果	6-42
表 6.3-2	Class 11 道路實驗比對測試結果	6-43
表 6.3-3	Class 24 道路實驗比對測試結果	6-43
表 6.3-4	Class 27 道路實驗比對測試結果	6-43
表 6.3-5	Class 34 道路實驗比對測試結果	6-44
表 6.3-6	實際道路與實驗比對測試結果（燃油經濟性）	6-44
表 6.3-7	#8/#99 之 F 值	6-48
表 6.3-8	#8/#99 之 Z 值	6-50
表 6.3-9	實驗室內不同坡度實驗結果	6-51
表 6.3-10	#9 ANOVA 之分析結果摘要	6-54
表 6.3-11	#9 之事後比較表彙整	6-55

目 次

圖 1.2.1	研究架構圖：96 年（第一年期）	1-3
圖 1.2.2	全程研究架構圖：96~97 年	1-4
圖 1.2.3	本所相關研究計畫之整體架構	1-6
圖 2.1.1	車輛能源消耗、污染排放與運輸行為特性之分析架構	2-1
圖 2.1.2	美國 FTP75 測試程序：市區行車型態	2-4
圖 2.1.3	美國 FTP75 測試程序：高速公路行車型態	2-5
圖 2.1.4	FTP75 行車型態下之 CO 及 CO ₂ 排放關聯	2-6
圖 2.1.5	FTP75 行車型態下車速與總排氣量之比較	2-8
圖 2.1.6	FTP75 行車型態下車速與總碳氫化合物(THC)及 氮氧化物(NO _x)之排放關聯	2-9
圖 2.1.7	美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-市區行駛	2-11
圖 2.1.8	美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-高速公路行駛	2-11
圖 2.1.9	美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-高速行駛	2-12
圖 2.1.10	美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-空調使用行駛	2-12
圖 2.1.11	美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-低溫狀況行駛	2-13
圖 2.1.12	歐盟 NEDC(ECE15 + EUDC) 行車型態(EUII)	2-14
圖 2.1.13	日本 10.15 mode 行車型態	2-15
圖 3.1.1	國內車輛耗能之法令管制時程	3-2
圖 3.1.2	國內車輛耗能之法定測試程序(一)	3-4
圖 3.1.3	國內車輛耗能之法定測試程序(二)	3-5
圖 3.1.4	理想型車輛能耗預測模式	3-13
圖 3.1.5	務實型車輛能耗預測模式	3-14
圖 3.2.1	汽車污染測試設備示意圖	3-19
圖 3.3.1	臺北市行車型態	3-23
圖 3.3.2	臺中市行車型態	3-24

圖 3.3.3	高雄市行車型態	3-25
圖 3.3.4	臺北市行車型態加速度分布情形	3-28
圖 3.3.5	高雄市行車型態加速度分布情形	3-29
圖 3.3.6	臺中市行車型態加速度分布情形	3-29
圖 3.3.7	三城市行車型態之加速度區間比例	3-30
圖 3.3.8	三城市行車型態之速度區間比例	3-30
圖 3.3.9	臺北市行車態之速度與加速度矩陣	3-32
圖 3.3.10	高雄市行車態之速度與加速度矩陣	3-32
圖 3.3.11	臺中市行車態之速度與加速度矩陣	3-33
圖 3.4.1	車輛能源消耗污染排放之影響因素	3-37
圖 4.1.1	使用中汽油汽車排放量推估模式	4-3
圖 4.2.1	傳統污染排放推估模式流程圖	4-11
圖 4.2.2	CMEM 模式流程圖	4-14
圖 4.2.3	運輸規劃模式與 MVEI 模式之運作流程圖	4-16
圖 4.2.4	MOVES 中車輛行駛階段之能耗與空污推估模式設計概念 ..	4-20
圖 4.2.5	MOVES 模式之推估範圍	4-21
圖 4.4.1	運輸規劃之運量指派作業流程	4-32
圖 4.4.2	路徑選擇影響因子	4-33
圖 4.4.3	運輸規劃與能耗、空污之關聯	4-39
圖 4.6.1	運輸行為與能耗、空污關聯評估架構	4-41
圖 5.1.1	本計畫調查實驗設計架構	5-1
圖 5.1.2	本計畫實驗設計	5-2
圖 5.1.3	實車實際運行測試研究流程	5-5
圖 5.2.1	日本 HORIBA OBS-2000 Series 車載系統配備	5-14
圖 5.2.2	HORIBA OBS 系統實車搭載	5-14
圖 5.2.3	OBS-2200 系統運作概念	5-16

圖 5.2.4	車載自動診斷系統資料輸出界面	5-17
圖 5.3.1	實驗路線示意圖	5-27
圖 5.3.2	實驗路線-國道 1 號示意圖	5-29
圖 5.3.3	實驗路線-國道 1 號(建國快速道路)示意圖	5-31
圖 5.3.4	實驗路線-國道 2 號示意圖	5-33
圖 5.3.5	實驗路線-快速道路臺 74 線示意圖	5-34
圖 5.3.6	實驗路線-臺 1 線示意圖	5-36
圖 5.3.7	實驗數據處理流程圖	5-48
圖 5.4.1	實驗室行車型態測試	5-53
圖 5.4.2	駕駛輔助器畫面	5-54
圖 5.4.3	實驗室比對測試研究流程	5-55
圖 5.4.4	實驗室系統架構圖	5-57
圖 5.4.5	實驗測試設備	5-58
圖 5.4.6	美國 FTP-75 之污染/油耗排放測試流程	5-62
圖 5.4.7	歐洲 NEDC 之污染/油耗排放測試流程	5-63
圖 5.4.8	國內行車型態之污染/油耗排放測試流程	5-64
圖 5.4.9	CLASS 1 行車型態 A	5-69
圖 5.4.10	CLASS 1 行車型態 B	5-69
圖 5.4.11	CLASS 11 行車型態 A	5-70
圖 5.4.12	CLASS 11 行車型態 B	5-70
圖 5.4.13	CLASS 24 行車型態 A	5-71
圖 5.4.14	CLASS 24 行車型態 B	5-71
圖 5.4.15	CLASS 27 行車型態 A	5-72
圖 5.4.16	CLASS 27 行車型態 B	5-72
圖 5.4.17	CLASS 34 行車型態 A	5-73
圖 5.4.18	CLASS 34 行車型態 B	5-73

圖 5.4.19	坡道行車型態 (CLASS 24-B 之部分)	5-74
圖 6.1.1	人工收費站進站速度	6-19
圖 6.1.2	ETC 收費站進站速度	6-19
圖 6.1.3	CO 排放與收費站速度圖	6-20
圖 6.1.4	HC 排放與收費站速度圖	6-20
圖 6.1.5	NOx 排放與收費站速度圖	6-20
圖 6.1.6	進站前、後之 CO 排放總量比較	6-21
圖 6.1.7	燃油經濟性與收費站速度圖	6-21
圖 6.2.1	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態 CO 排放特性	6-25
圖 6.2.2	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態-前 300 秒	6-26
圖 6.2.3	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態-前 300 秒 CO 排放特性	6-27
圖 6.2.4	FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態-前 300 秒 HC 排放特性	6-27
圖 6.2.5	EU 行車型態-加開頭燈與空調之污染測試圖	6-35
圖 6.2.6	FTP 行車型態-加開頭燈與空調之污染測試圖	6-36
圖 6.3.1	測試路段 class 1-201 速度與高度圖	6-45
圖 6.3.2	測試路段 class 1- 429 速度與高度圖	6-45
圖 6.3.3	道路實驗比對測試結果-油耗特性與平均速度圖	6-46
圖 6.3.4	坡度與燃油經濟性對照圖	6-52
圖 6.3.5	坡度與 CO 排放量對照圖	6-52
圖 6.3.6	坡度與 HC 排放量對照圖	6-53
圖 6.3.7	坡度與 NOx 排放量對照圖	6-53

第一章 緒 論

1.1 研究目的

本計畫係由運輸規劃角度出發，建構運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯性，發展一套整合性評估架構。運輸規劃評估體系中涵蓋公路、軌道、海運、空運，軌道系統多為電力驅動，發電廠污染量低，空運、海運因運量低，能源消耗、污染排放量低，且運輸行為單純。公路運輸能源消耗占運輸部門達 94%，由於行駛行為對能耗、污染排放影響大，現況以延車公里參數及實驗室參數推估，無法明確得知實際道路行車或不同道路型態之能耗、污染排放量，難以清晰地評估運輸計畫對環境面影響。

本計畫目的在於藉由調查分析車輛之能耗、污排相關特性參數，建立公路運輸之能耗與排放模式，納入運輸規劃模式，使運輸計畫形成過程之運輸規劃評估作業，能納入評估永續發展相關之能耗、污排特性，確保「增進運輸資源使用效率、減少環境污染與衝擊、推動永續發展策略」等政策目標之達成。

本計畫由規劃面著手，考量於運輸計畫形成過程中，加強旅運行為與能源消耗、污染排放之關聯性分析，可應用於分析不同運輸計畫方案、不同旅運行為等，對於能源消耗與污染排放之可能影響。未來重大交通建設在進行可行性分析時，除了考量旅行時間或旅行成本之外，亦可同時考量能源消耗或污染排放等之影響，強化計畫評估體系之完整性。期使運輸需求模式與方案規劃評估過程中，能納入永續發展及能源消耗、污染排放間之關聯性評估，以促進運輸系統能朝「永續」方向發展。

1.2 研究範疇

1.2.1 研究對象

1. 研究對象

- (1) 國內小汽車大宗車種；惟今(第 1)年期考量實驗設備之裝載，而選用非大宗車種（廂式小客車），下一年期將增加市場上具代表性車種之測試。
- (2) 城際運輸之公路系統：連接兩都市間之交通運輸活動，擬以臺北—彰化路段列為第 1 年期重點研究對象，並規劃多年期之實驗測試計畫，作為後續年度執行的基礎。

2. 研究地理範圍：臺灣地區（本島）

1.2.2 本年度研究架構

本計畫為 2 年期計畫，係以公路系統為研究對象。整體研究內容包括：國內外文獻回顧、相關特性參數調查蒐集與分析、案例分析等作業，分析旅運行為與能源消耗與污染排放之關聯性，並建構國內公路運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯資料庫架構，逐年依序蒐集累積相關資料，以建立具備綜合評估能力之關聯模式。第 1 年期(96 年度)研究架構如圖 1.2.1。

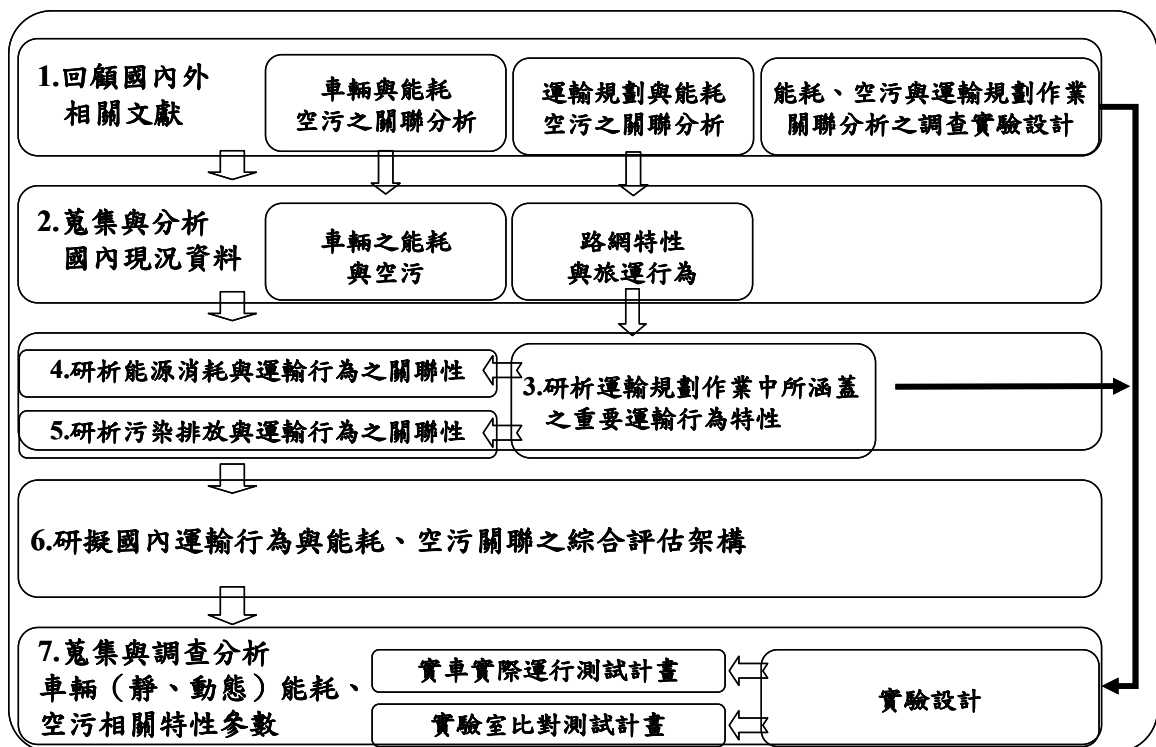


圖 1.2.1 研究架構圖：96 年（第 1 年期）

本計畫第 1 年期可達成目標為：針對測試路線所涵蓋之道路類型、特定實驗車輛，建立動、靜態曲線和相互關聯性：

1. 建立道路行車之速度與空污、能耗績效指標曲線（動態曲線）；
2. 建立實驗室之速度與空污、能耗績效指標曲線（靜態曲線）；
3. 建立動態與靜態之關聯性。

1.2.3 全程計畫研究架構

本計畫全程自 96 年 3 月至 97 年 11 月止，為期兩年，96 年度辦理運輸規劃與能耗、污排之關聯分析，並研擬綜合評估架構；97 年度持續辦理運輸行為與能耗、污排關聯模式之構建、模式穩定度之確認、及案例分析。全程計畫之研究架構如圖 1.2.2。

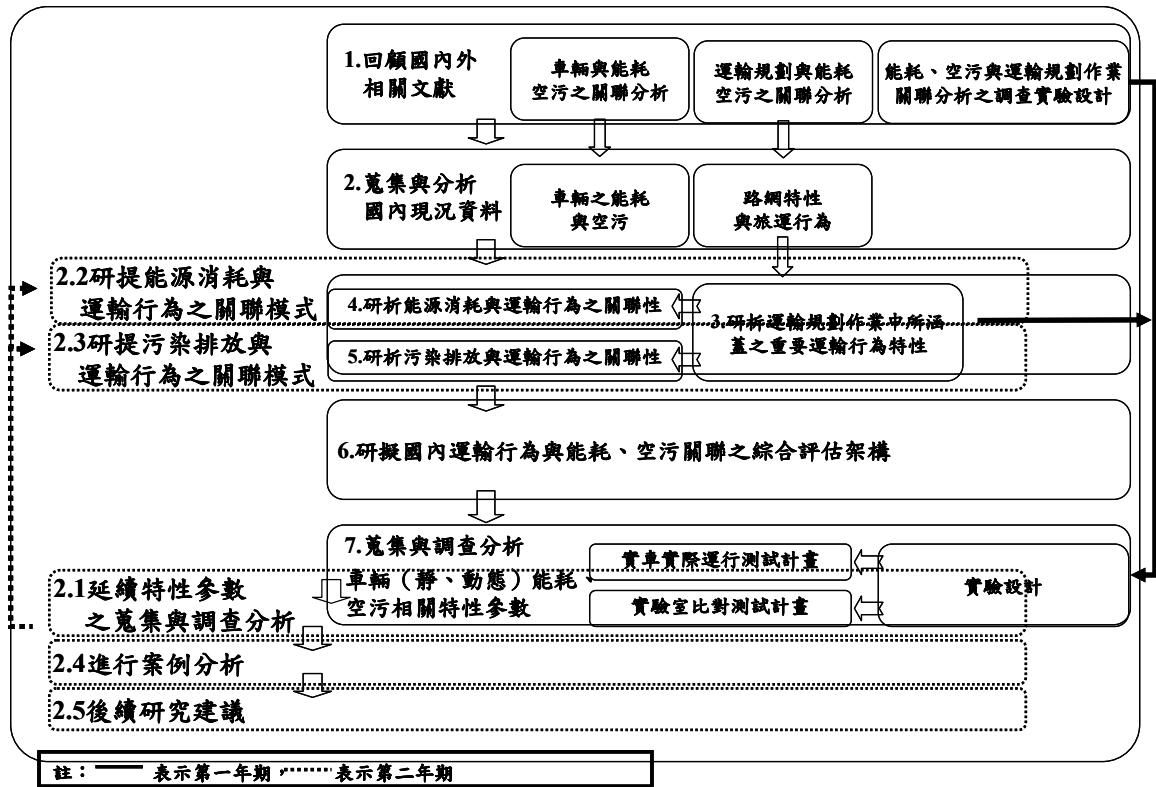


圖 1.2.2 全程研究架構圖：96~97 年

本計畫第 2 年期(97 年度)之主要工作項目包括：

1. 延續特性參數之蒐集與調查分析
2. 研提能源消耗與運輸行為之關聯模式
3. 研提污染排放與運輸行為之關聯模式
4. 進行案例分析
5. 後續研究建議

全程計畫之預期效益在於以運輸規劃角度，建立我國運輸系統與之能源消耗、污染排放關聯分析架構，從而分析不同旅運行為對能源消耗與污染排放可能之影響，並納入運輸計畫先期評估作業中，作為評估各項計畫執行之優先順序。此外，因應「京都

議定書」生效後及落實「全國能源會議」結論，作為評估相關減量措施之具體分析工具。

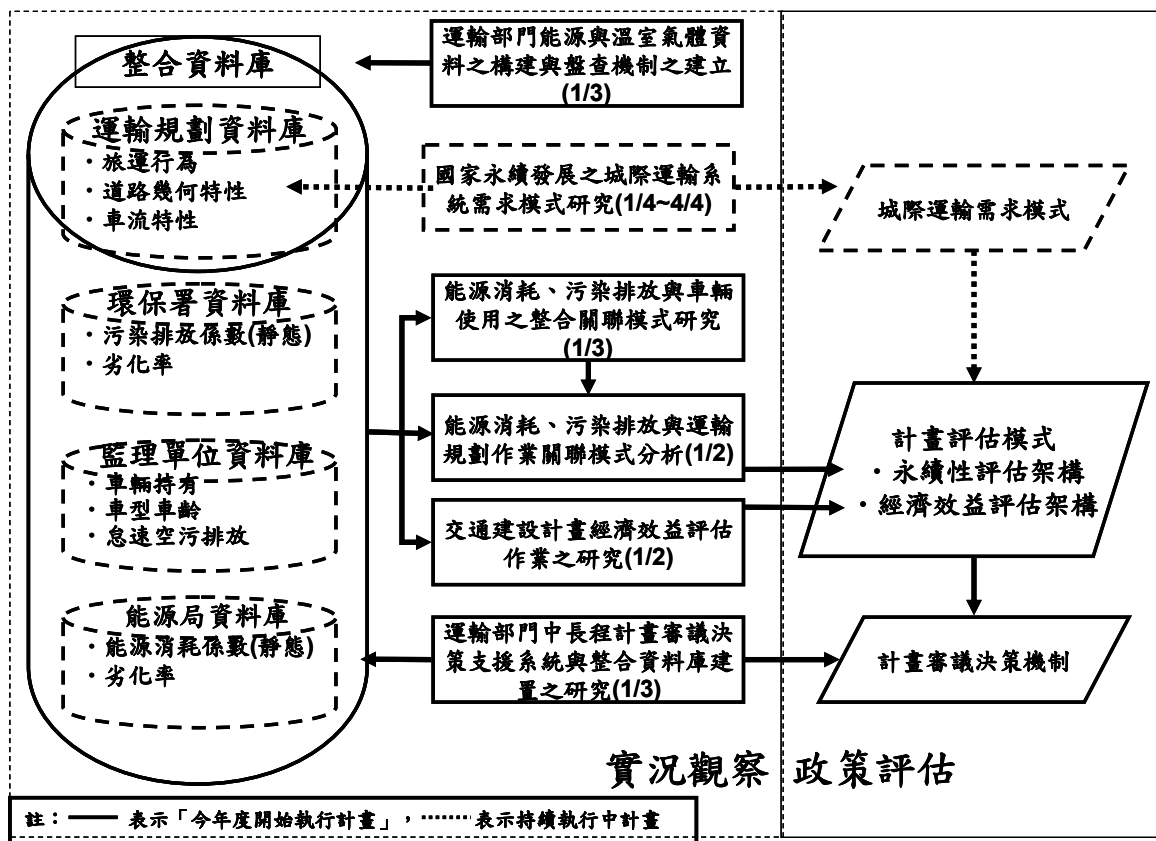
1.2.4 研究限制

本計畫第 1 年期（96 年度）受限於選用之實驗車輛，採用一台廂型車（VAN）實際測試到的能耗與排放數值，無法代表其他車型的能耗與排放特性。但第 1 年期的結果，應可初步建立車輛行駛於不同道路類型、不同交通情況下，能耗與空污特性的差異。同時可初步建立道路實測特性與實驗室量測的關聯性。

預計後續年期逐步測試市場總量排名前三之車款，驗證不同道路類型與交通情境下的特性差異，以及實測與實驗室之關聯性。長期而言，可依據車型、道路類型、交通情況等，逐年累積實際道路測試值資料庫。但考量實際道路測試的成本高昂，長期目標仍為建立轉換模式，將實驗室量測所取得靜態車輛能耗與排放數值，轉換為運輸規劃需求模式的動態資料，以便直接運用實驗室量測資料庫的靜態資料。

1.2.5 本所相關研究計畫之相關性

本計畫涉及運輸規劃模式、運輸行為與車輛持有等相關資料庫之整合與運用，與本所之相關計畫的整合介面，將會影響本計畫的實質內容。依據本所於 96 年 3 月 14 日召開之「能源領域科技計畫工作協商會議」討論結果，茲以圖 1.2.3 綜整本所相關研究計畫之整體架構。



資料來源：本計畫。

圖 1.2.3 本所相關研究計畫之整體架構

本計畫結果將作為政策評估過程中，執行計畫評估模式所需的實況觀察資料輸入之一；與「交通建設計畫經濟效益評估作業之研究」，共同作為評估計畫永續性、經濟效益等的基礎，以協助計畫審議決策。本計畫的部分資料，如實際使用中的車輛特性資料、預測未來年期之車輛結構資料等，需由「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究」的研究成果予以提供。

本計畫與「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究」（以下簡稱「車輛使用模式」）、「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立」（以下簡稱「溫室氣體案」）等三計畫，共同組成了本所「能源領域科技計畫」。三者各自計畫重點與相關性，概述如下：

1. 本計畫：以實車動態測試為主，運用測試設備已結合 GPS 行車記錄器與空污能耗的量測，可建立各種道路類型的對應曲線；結果可供中鼎溫室氣體案修正相關參數。
2. 車輛使用模式：以問卷調查方式為主（20,000 份*3 年），建立私有車輛（汽機車）車輛持有、移轉與使用模式。未來可整理研究成果，提供車輛總量車型占比資料（TOP3），以便本計畫遴選後續測試車輛所需。並可在問卷內容中增加有關車輛保養的行為、增加有關持有車輛使用比例的行為等部分；以及在研究成果部分提供未來車型的預測；以供本計畫修正運規模式參數。
3. 溫室氣體案：以環保署資料及盤查大型商用車隊為基礎，運用 MOBILE 模式探討相關政策影響。

1.3 報告架構

本計畫依據規劃進度，依序執行各項工作。期間雖然遭遇許多設備技術、調查推動上的困難，但都逐一克服。本年度各工作項目與本報告書架構，謹羅列如下：

1. 回顧國內外相關文獻：請參見第二～四章；
2. 蒐集與分析國內現況能耗與污排資料：車輛特性請參見第三章、推估模式請參見第四章；
3. 進行運輸規劃與能耗、污排之關聯分析：包含以下內容，請參見第四章；
 - (1) 研析運輸規劃作業中所涵蓋重要之運輸行為特性
 - (2) 研析能源消耗與運輸行為之關聯性
 - (3) 研析污染排放與運輸行為之關聯性
4. 研擬國內運輸行為與能耗、污排關聯之綜合評估架構：請參見第四章；

5. 蒐集與調查分析車輛（靜、動態）能耗、污排相關特性參數：請參見第五～六章。

第二章 國內外研究現況

既有之資料中已可明顯發現車輛之動靜態特性與能源消耗有著直接及密切的關係，其用途廣泛，無論對法規標準制訂及車輛新技術研發都息息相關，因此國外包括主管機關、業者及研究單位均對此議題有多年的研究。

本章主要彙整分析由國外之相關資料及研究成果，其內容主要區分為：(1)法定測試程序及研究成果；(2)實驗室測試之研究成果；(3)實際道路測試之研究成果；(4)智慧型運輸系統之影響研究；(5)車輛新技術應用之影響研究及；(6)車輛動靜態特性與能源消耗、污染排放之關聯分析等六部分，作為本計畫後續車輛測試方法規劃，及進行能耗及污染排放關聯分析之重要參考依據。

文獻分析觀點如圖 2.1.1 所示，將車輛之動靜態影響因素，區分為車輛持有與使用、駕駛行為、運輸系統供需特性和外部環境等四類型，彙整分析國內外相關研究成果，希望藉由參考過去之研究報告，吸取相關之研究經驗及成果，進行本計畫之實驗設計，並避免重複執行相關工作內容。

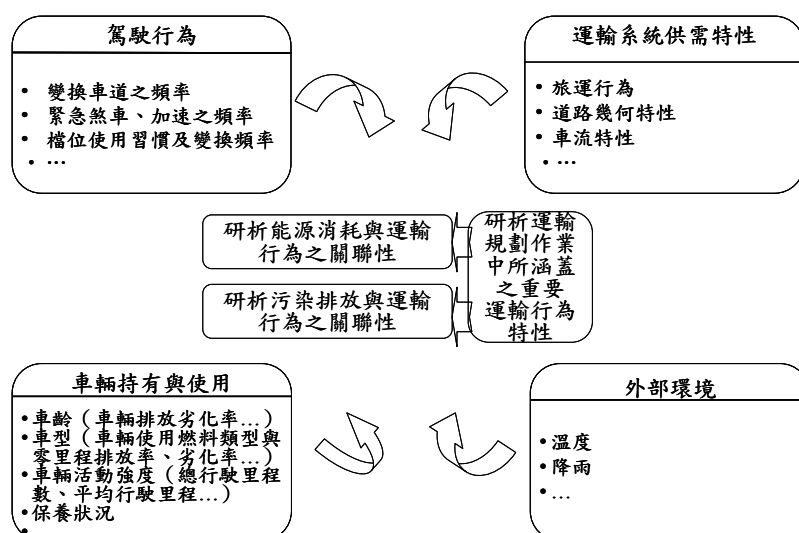


圖 2.1.1 車輛能源消耗、污染排放與運輸行為特性之分析架構

2.1 法定測試程序之研究成果

運輸部門所消耗之能源及污染排放，一直為各國主管機關所關注。對於影響車輛之能源消耗的影響因素及能耗係數等特性，最重要的資料庫即是車輛耗能管制之法定測試程序所建立的能耗係數。該資料庫中有市售車型各年期出廠車輛之標準能耗特性，以及隨車齡、行駛里程之累積而劣化的能耗狀況。

目前世界各國之車輛能耗法定測試程序主要在實驗室內執行，利用不同之標準行車型態，作為車輛生產或使用時管制污染排放或油耗的標準測試方式。表 2.1-1 中彙整了主要國家所採用之標準行車型態：

表 2.1-1 主要國家車輛能耗測試之行車型態

國家	行車型態				
	ECE	FTP72	FTP75	4 mode	10/11mode
阿根廷	○				
澳洲		○	○1986 起		
奧地利	○		○1988 起		
比利時	○				
加拿大			○		
捷克					
丹麥	○				
芬蘭	○		○1988 起		
法國	○				
德國	○				
英國	○				
香港	○				
義大利	○				
以色列	○				
日本					○
韓國			○1987 起	○	
盧森堡	○				
荷蘭	○				
紐西蘭	○				
挪威	○		○1988 起		
墨西哥			○		
新加坡	○				
西班牙	○				
瑞典			○		
瑞士	○				
美國			○		
中華民國	○		○		
巴西			○		

資料來源：環保署 92 年「臺灣地區汽車污染現況調查及代表性行車型態相關性測試計畫」

註：○表示目前已採用該行車型態執行車輛耗能測試

由上表中可以明顯看出，最多國家採用的為歐盟所制訂的 ECE 行車型態，在 28 個國家中有 19 個國家採用，而美國環保署所制定之 FTP75 (Federal Testing Procedure 75) 行車型態，在上述 28 個國家中則有 11 個國家採用。其中少數國家例如奧地利、芬蘭、挪威以及我國則兩種標準兼採用。此外，部份國家認為 ECE 及 FTP75 不適合該國使用，因此自行訂定其國內標準，例如日本之 10 mode 及 11 mode 行車型態、韓國的 4 mode 行車型態以及澳洲之 FTP72 行車型態。

以下針對我國車輛耗能管制採用之美國 FTP75、歐盟 ECE 法定測試程序，以及我國鄰近國家之日本 10 mode 等測試程序，逐一進行介紹。

2.1.1 美國

美國是世界上最先提出車輛能耗管理制度的國家，在 1975 年通過「Energy Policy and Conservation Act」，並據以建立燃油資訊標籤及公布車輛油耗指南 (Fuel Economy Labels and Guide Publication)。在小客車能源測試方面，採用的是 FTP-75 型態測試法。測試方法是選用經過適當磨合的車輛，在控制溫度及濕度的實驗室內，不受外界天候及路況的影響下，依據規定的行車型態（美國 FTP75），不使用車上空調，由專業駕駛人員於動力計上行駛。

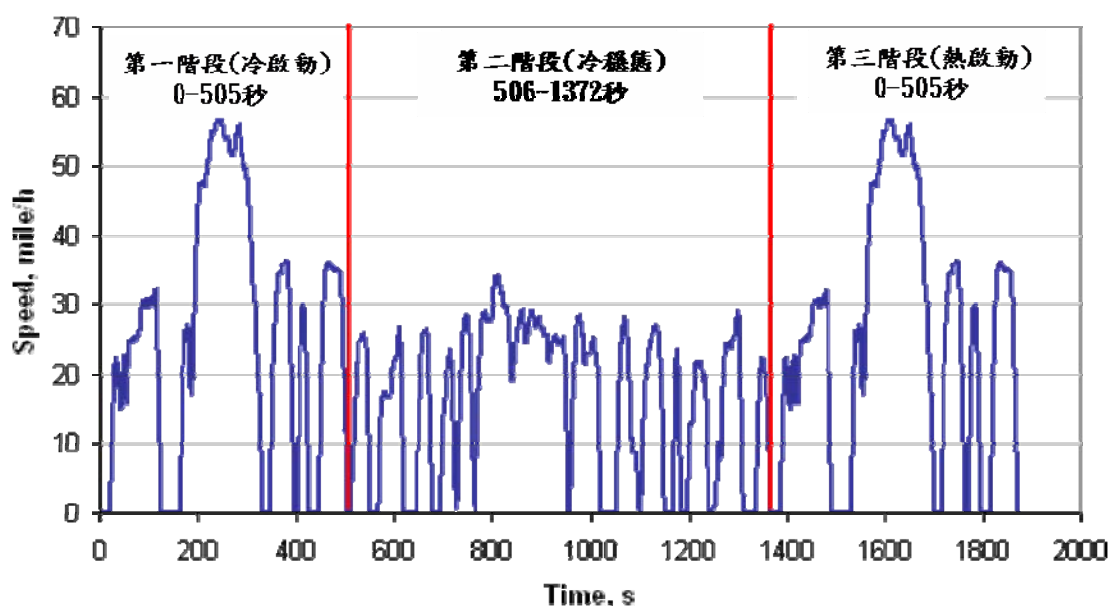
美國車輛能耗的基礎資料庫，即是經由實驗室中以 FTP75 行車型態的測定，量測車輛能耗之平均特性，所建立之完整且客觀的車輛能耗參數資料庫。這套資料庫普遍應用於車輛能耗之相關研究，並是制訂改善策略之基本參照，影響部門包括了：環保、能源、交通、稅政等。

2.1.1.1 FTP75 測試程序

建立美國車輛能耗參數資料庫的 FTP75 行車型態，是以特定

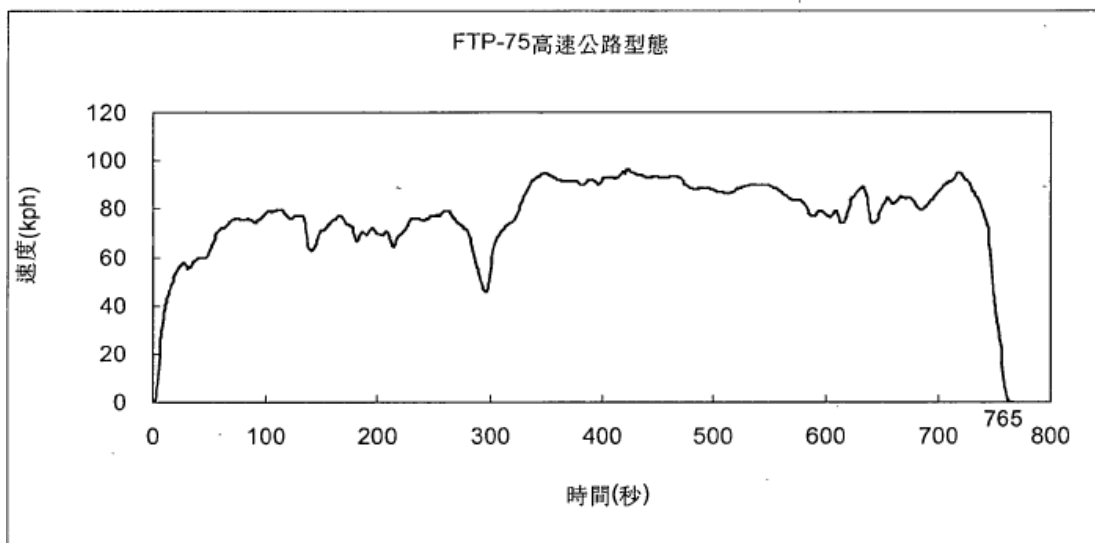
時間內，以時間--車速的資料，來代表某一特定區域或交通路線的停車狀況，以作為測定車輛平均能耗參數的比較基礎。這種測定方式可追溯自 1950 年代由 Los Angeles County Air Pollution Control District 的工作人員，針對洛杉磯地區的交通狀況及駕駛習慣所做的調查，所建立的代表性駕駛狀況。之後經過多次修訂，調整代表性的行駛路線、實際車輛的行駛時間、旅次長度等特性，於 1972 年發展出兩階段組合的行車型態，即 505 秒冷暫態(cold-transient phase)，加上 867 秒冷穩定狀態(cold-stabilized phase)，成為 1972 年聯邦測試程序的基礎行車型態（FTP72）。

之後經過研究修正，現在所使用的 FTP75 測試程序，包括市區行車型態與高速公路行車型態。其市區行車型態如圖 2.1.2。行駛里程為 17.77 公里，行駛時間為 1877 秒，平均行駛時速為 34.1 km/h。高速公路行車型態如圖 2.1.3，行駛時間為 765 秒。



資料來源：陳君杰(1996)與<http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.html>，本計畫中譯。

圖 2.1.2 美國 FTP75 測試程序：市區行車型態



資料來源：能源局車輛耗能研究網站 (<http://auto.itri.org.tw>)。

圖 2.1.3 美國 FTP75 測試程序：高速公路行車型態

2.1.1.2 FTP75 之平均油耗特性

根據 FTP75 測試程序所得的數據，以 55% 之市區耗油量(第(1)項)與 45% 之高速公路耗油量(第(2)項)，以調和平均數算出其平均油耗值，作為核定是否符合耗能標準之依據。單位亦為公里／公升。

$$\text{測試值(公里/公升)} = \frac{1}{\frac{0.55}{\text{市區耗油量}} + \frac{0.45}{\text{高速公路耗油量}}}$$

式 2-1

為反映消費者實際行駛於道路上消耗之燃油量，「Fuel Economy Guide」所公布的市區油耗，為實驗室測試值的 0.9 倍；高速公路油耗為實驗室測試值的 0.78 倍。此一實際道路與實驗室測試之差距（市區 10%、高速公路 22%），係由美國環保署與

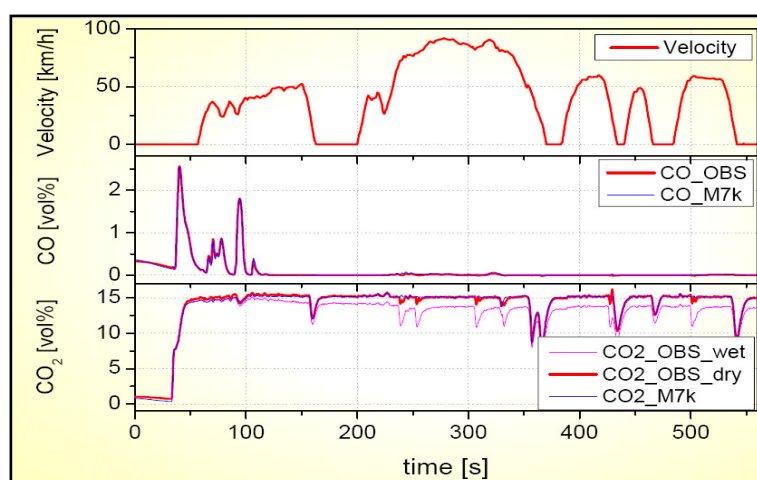
許多汽車製造商合作，蒐集超過萬名駕駛之燃油效率所估算。美國環保署持續採用四種資料來源，以分析實際道路及實驗室測試的差距：(1)YourMPG 計畫，由 Oak Ridge 國家實驗室所執行，讓駕駛經網路提供自己的燃油效率數據；(2)美國能源局的混合動力車研究計畫，各種行車數據都詳細記錄；(3)私人顧問公司所執行的市場調查資料；(4)美國環保署自己執行的燃油經濟測試計畫，彙整分析後取得新的修正係數。

2.1.1.3 FTP75 之污染排放特性

本處參考之資料為車輛於實驗室內採用美國 FTP75(第一階段冷啟動狀態)之污染排放數據，所使用車輛為 2,000CC 小客車。由於 FTP75 為我國法定測試方法之一，且 2,000 CC 小客車為我國使用中車輛之重要組成，故本處所探討之污染排放特性，將可作為本計畫之重要參考。

1. 車速與一氧化碳(CO)及二氧化碳(CO₂)之排放關聯。

在一般法規測試條件下，車輛在實驗室以 FTP75 行車型態行駛之 CO 及 CO₂ 排放關聯如圖 2.1.4 所示。



資料來源：Horiba Group, On-Board Emission Measurement System OBS 2000。

圖 2.1.4 FTP75 行車型態下之 CO 及 CO₂ 排放關聯

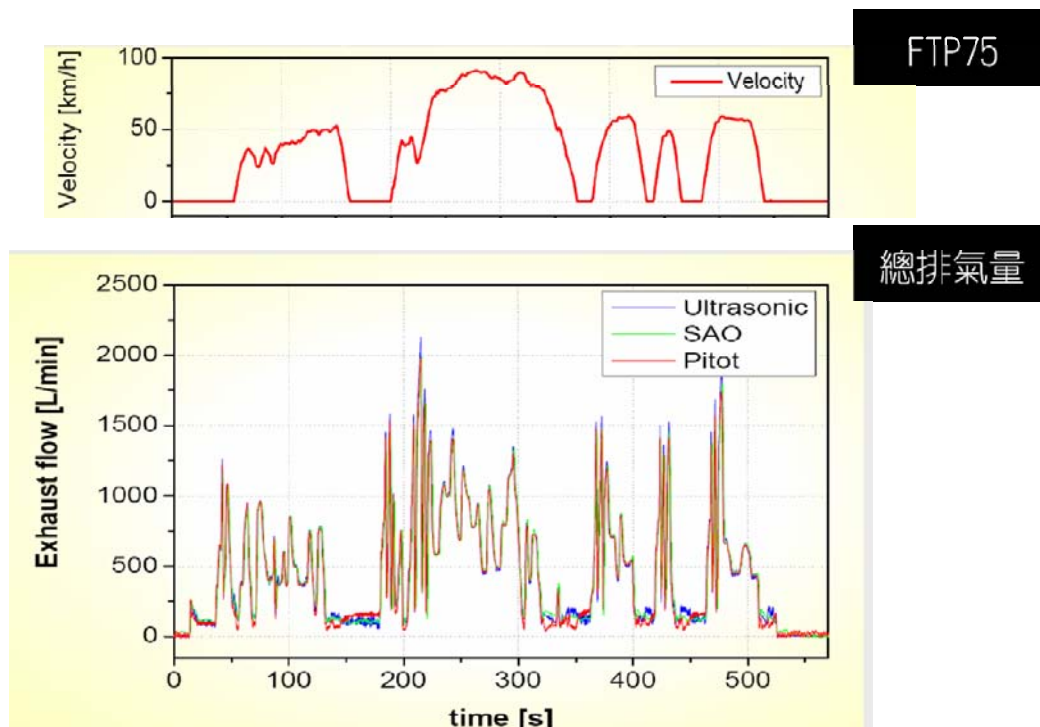
圖 2.1.4 中主要呈現的是車輛在執行 FTP75 行車型態時，比較其速度與污染物排放間的關係，說明如下：

- (1) 一氧化碳在行車測試之前約 100 秒期間，其一氧化碳排放量呈現不規則狀態，在總排放量之 0.5 及 2.5% 之間波動，且其浮動與速度之間並無直接關係。在約 100 秒之後，其排放量幾乎為 0%，完全不受車輛加減速及怠轉之影響。
- (2) 在二氧化碳化碳部份，則呈現了不同的排放曲線。在測試開始的前約 30 秒之間，由於車速為零，因此幾乎無二氧化碳排放，而在車輛開始行駛後，多數時間二氧化碳排放量約佔總排之 15%，即使車輛在停止狀態中也一樣，只有在車輛在減速時會稍微跌至約 10%，但隨即恢復到約 15%。
- (3) 依據上述結果，由於車輛開始運作後，CO 及 CO₂ 之排放量都佔總排放量的固定百分比，僅在減速時有稍許波動，因此似乎車輛行駛速度與一氧化碳及二氧化碳之間並無線性關聯，因此下面將分析速度與總排放量之間的關聯，如兩者呈線性關係，則可建立車輛行駛速度與上述二氣體排放之關聯。

2. 車速與總排放量關聯

依據圖 2.1.5 內容中，對 FTP75 與車輛總排放量之趨勢做比較中，明顯看出兩者之間的關聯性。FTP75 乃由 5 個行程所組成，而總排氣量在相對的時間也出現了類似的趨勢。行駛速度最快的時候，排放量也為最高。在車輛呈怠轉狀態時，其排放量也出現穩定狀態。

兩者之間還是有些許的差異，例如即使在速度變化不大的情況下，總排氣量持續呈現上下起伏的情形。推測應該是跟車輛轉速有關，在車輛加速時，因為轉速上昇，排放量也隨著增加。當車輛採定速行駛時，雖然車輛速度不變，轉速會下降，而車輛再度加速時，轉速又會增加。



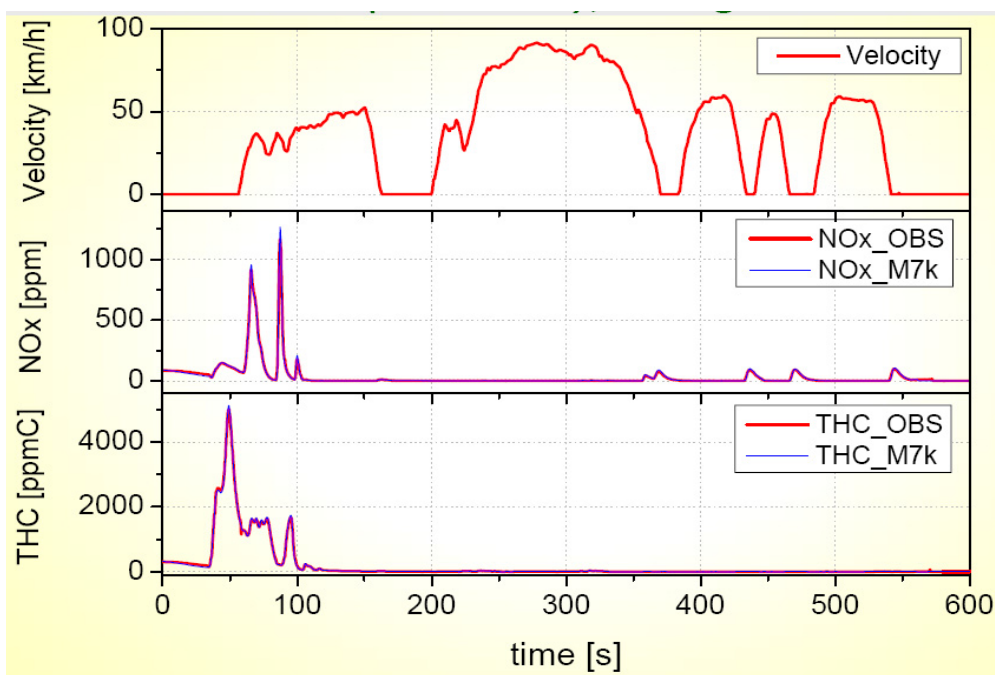
資料來源：Horiba Group, On-Board Emission Measurement System OBS 2000。

圖 2.1.5 FTP75 行車型態下車速與總排氣量之比較

本計畫之車輛測試中也可取得車輛速度與總排氣量之間的關係，如果結果與上面類似，應該可計算出兩者間之關聯式，在利用總排氣量與 CO 及 CO₂ 之間的關係，估算出在不同速度下之 CO 及 CO₂ 排放量。

3. 車速與總碳氫化合物(THC)及氮氧化物(NO_x)之排放關聯

接著將分析車速與 THC 及 NO_x 之間的排放關聯，其在 FTP75 下之排放趨勢如圖 2.1.6 所示。在一般的理解下，THC 與 NO_x 之排放量應該會隨著速度的改變而呈現線性的起伏，但圖 2-2-5 的結果似乎並不符合上述論點。根據圖中內容，兩者在 FTP75 測試開始約 100 秒之內，均呈現不規則狀態，其曲線似乎與車輛之加減速有關，猜測這是因為車輛引擎尚未到達運作溫度所造成。而在這之後，兩污染物之排放幾乎為零，並且與車輛速度之間無任何關係，僅有在減速時，NO_x 排放會有稍許的上昇，但隨即下降。估計是車輛上之污染排放控制原件已對排放物做處理，造成污染物排放量與車輛行駛速度之間脫鉤。



資料來源：Horiba Group, On-Board Emission Measurement System OBS 2000。

圖 2.1.6 FTP75 行車型態下車速與總碳氫化合物(THC)及氮氧化物(NOx)之排放關聯

4. 分析結果彙總

從上面三項分析中，可大致獲得的結論包括：

- (1)車輛在冷啟動狀態時，由於引擎尚未到達運作溫度，燃料並未完全燃燒，因此污染物排放呈現較不規則狀態，且 CO，THC 及 NOx 之排放量在此階段較高。
- (2)在 FTP75 行車型態開始約 100 秒後，因引擎已到達運作溫度，因此各類氣體之排放型態如下：
 - ①CO 排放量幾乎為零，且不受速度所影響，僅在減速時有少許波動。
 - ②CO₂ 排放量約總排氣量之 15%，僅減速時下降至約 10%，怠轉時恢復到 15%。
 - ③THC 排放量固定，不受速度影響。
 - ④NOx 排放量固定，不受速度影響。

2.1.1.4 Ⅱ 循環測試：FTP75 之補充測試程序（SFTP）

自 2000 年開始，美國環保署要求增加進行「聯邦補充測試程序」(Supplemental Federal Test Procedure, SFTP)，即除進行 FTP75 外，再進行額外兩種行車型態測試，包含模擬高速狀態下的行車型態及模擬市區行駛中使用空調系統的行車型態。

然而，美國環保署認為上述測試方式，仍不足以實驗室測試結果反應實際道路能耗情況，因此在 2006 年 12 月通過新的車輛測試方式。從 2008 車型年開始，改採用 5 循環測試(5-cycle test)，再以不同的修正公式調整車輛之能耗數據。其測試內容概述如下，比較特性如表 2.1-2。

表 2.1-2 美國環保署 5 循環測試方式比較

	測試方式				
	市區	高速公路	高速	空調	低溫
旅程類型	低速、走走停停交通	順暢之高速公路行駛	更高速度猛加減速	在戶溫度炎熱情況下使用空調	戶外溫度低的情況下做市區行駛
最高速度	56 mph	60 mph	80 mph	54.8 mph	56 mph
平均速度	20 mph	48 mph	48 mph	22 mph	20 mph
最大加速度	3.3 mph/sec	3.2 mph/sec	8.46 mph/sec	5.1 mph/sec	3.3 mph/sec
模擬路程	11 mi.	10 mi.	8 mi.	3.6 mi.	11 mi.
時間	31 min.	12.5 min.	10 min.	9.9 min.	31 min.
停止	23	無	4	5	23
惰轉時間	18%的時間	無	7%的時間	19%的時間	18%的時間
引擎啟動*	冷	熱	熱	熱	冷
實驗室溫度	68-86°F			95°F	20°F
車輛空調	關	關	關	開啟	關

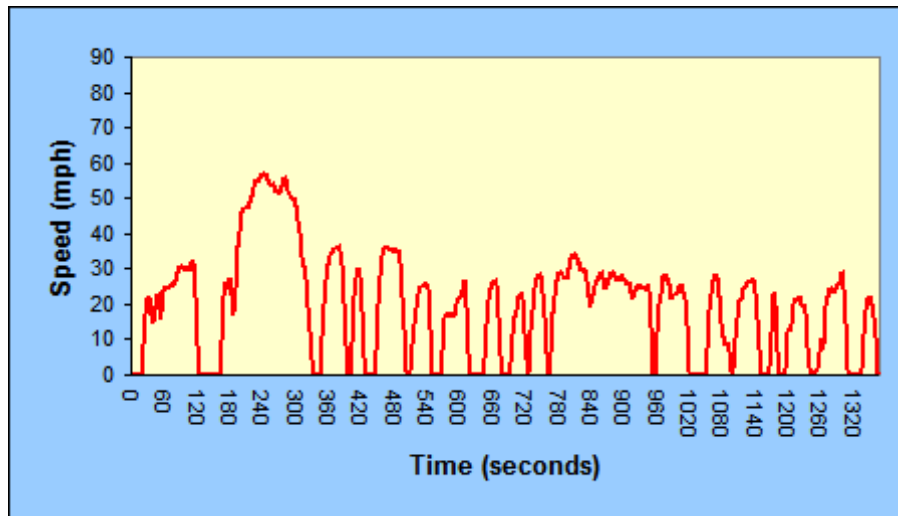
註：*車輛引擎要達到行駛溫度才能發揮其最佳燃油效率。

資料來源：美國環保署網站，本計畫彙整。

1. 市區行駛(FTP)：代表市區行駛，車輛冷啟動，並且在交通尖峰時段以走走停停的方式行駛，其行車型態如圖 2.1.7 所示。
2. 高速公路行駛：(HFET)速公路之混合行駛，典型在交通順暢

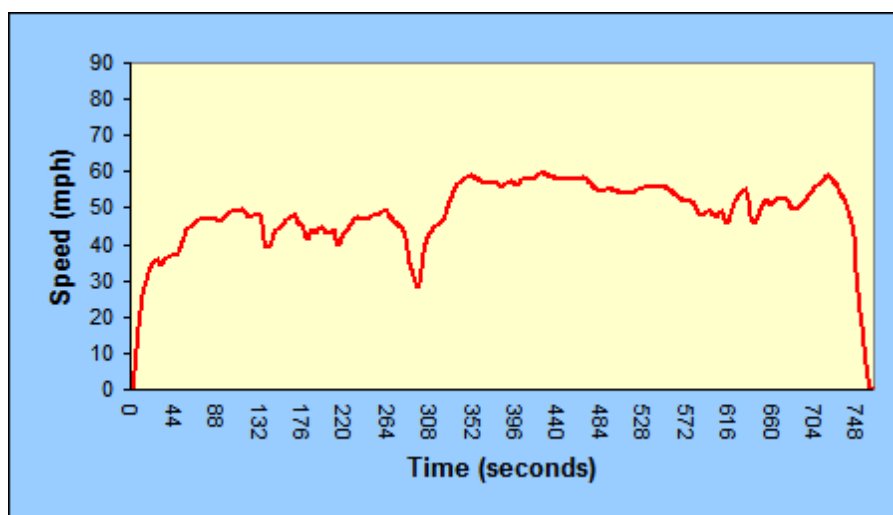
情況下做長途行駛，其行車型態如圖 2.1.8 所示。

3. 高速及猛烈行駛(US06)：代表以高速及猛加減速行駛於市區及高速公路，其行車型態如圖 2.1.9 所示。
4. 使用空調：將戶外溫度高時使用空調之情況納入考量(戶外溫度華氏 95 度)，其行車型態如圖 2.1.10 所示。
5. 低溫行駛(coldFTP)：測試戶外溫度低(華氏 20 度)對於冷啟動並行駛於走走停停交通之影響，其行車型態如圖 2.1.11 所示。



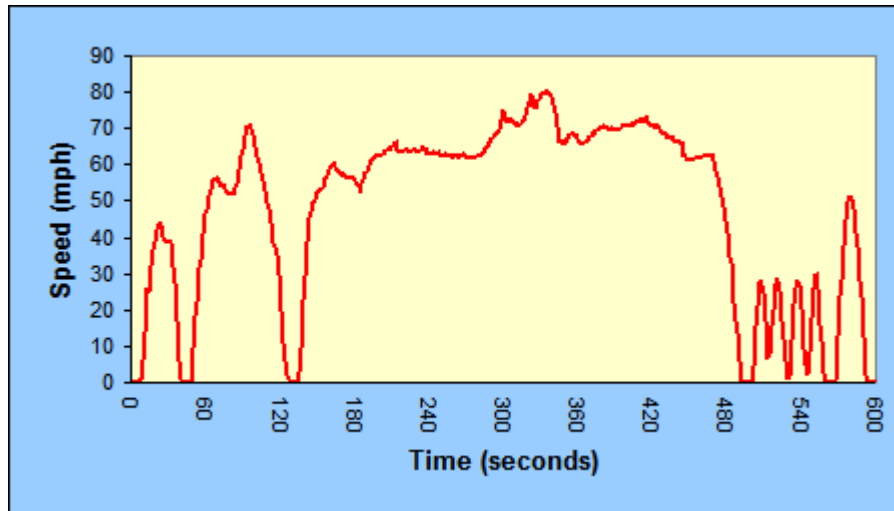
資料來源：美國環保署網站。

圖 2.1.7 美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-市區行駛



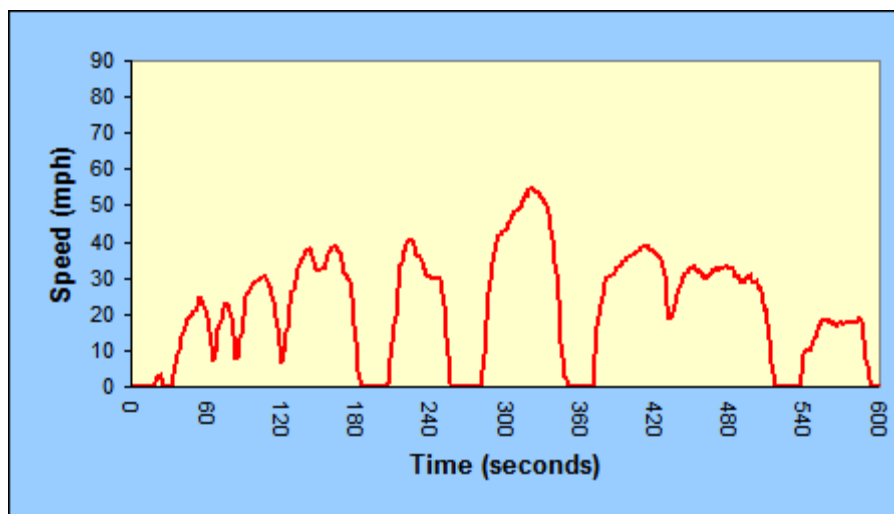
資料來源：美國環保署網站。

圖 2.1.8 美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-高速公路行駛



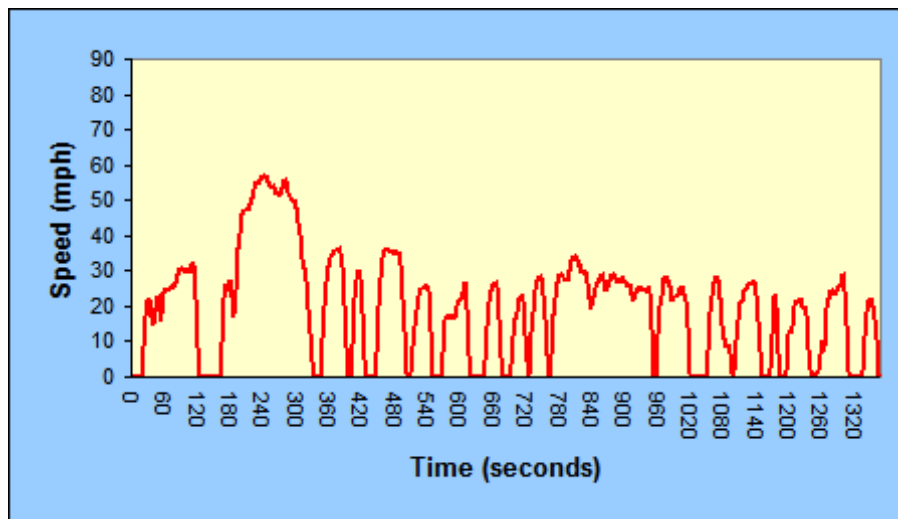
資料來源：美國環保署網站。

圖 2.1.9 美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-高速行駛



資料來源：美國環保署網站。

圖 2.1.10 美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-空車使用行駛



資料來源：美國環保署網站。

圖 2.1.11 美國環保署車輛 5 循環測試行車型態-低溫狀況行駛

2.1.2 歐盟

歐盟之法定測試程序的概念架構，與美國 FTP75 相同。歐洲油耗測試方法規定於 80/1268/EEC 「機動車輛之二氧化碳排放以及能耗相關 relating to the carbon dioxide emission and the fuel consumption of motor vehicles」，並以 89/491/EECv293/116/EC(EU II)及 1999/100/EC(EU III)修訂部份條文。歐盟 EU II 所採用之行車型態為 NEDC(ECE15+EUDC)。該行車型態為冷車的測試程序，總測試時間為 1,220 秒，包括 40 秒的怠速，接著連續四次 195 秒的 ECE15 行車型態及一個 400 秒的 EUDC 行車型態(參見圖 2.1.12)。其中 ECE15 代表低速、低排氣溫度及引擎低負載狀況的行車型態，泛指市區之行車型態。而 EUDC 速度及加速度則較 ECE15 來的高，泛指非市區或郊區道路，行車速度較高之狀況。

歐盟 EU III 係 2000 年以後污染標準則取消測試時的 40 秒怠速，總測試時間減為 1180 秒。其最高車速仍維持 120km/h，總測試距離為 11 公里。由於 EU III 與 EU II 有 40 秒怠速差異，依據 ACEA 的估計，93/116/EC(EU II 油耗測試方式)及

1999/100/EC(EUIII 油耗測試方式) 約有 1.2%的數值差異(但歐盟委員會委託之研究則認為僅 0.7%差異，此部份尚未達成共識) 。至於汽油及柴油則有不同的燃油消耗計算共識，分別為：

汽油車輛

$$FC = 0.1154 * [(0.866 * HC) + (0.429 * CO) + (0.273*CO_2)]/D$$

柴油車輛

$$FC = 0.1155 * [(0.866 * HC) + (0.429 * CO) + (0.273*CO_2)]/D$$

其中

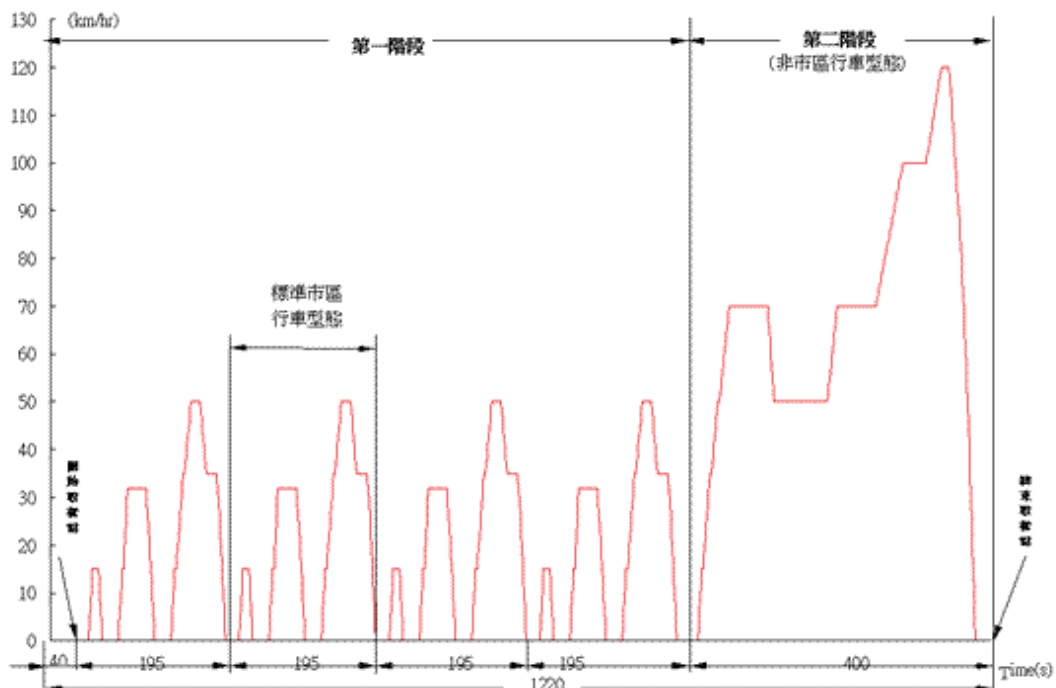
FC = 每行駛 100 公里之燃油消耗量(公升)

HC= 碳氫化合物量測值(克/公里)

CO= 一氧化碳量測值 (克/公里)

CO₂ = 二氧化碳量測值 (克/公里)

D = 測試燃料之密度



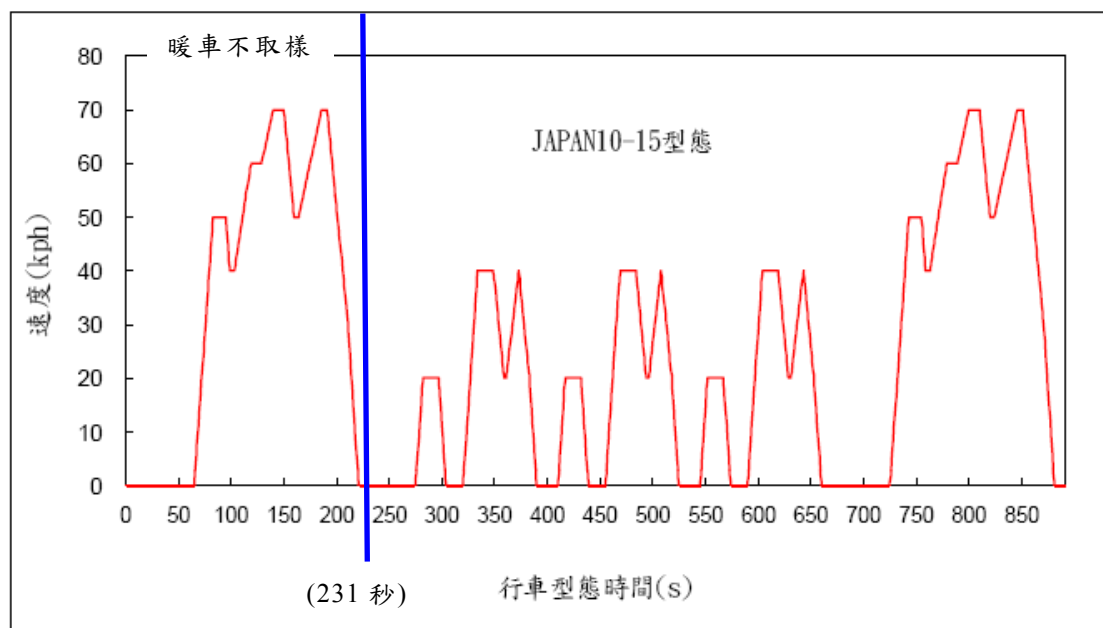
資料來源：能源局車輛耗能研究網站 (<http://auto.itri.org.tw>)。

圖 2.1.12 歐盟 NEDC(ECE15 + EUDC) 行車型態(EUII)

2.1.3 日本

日本政府根據 1976 年所通過之「能源消耗合理化法 (Energy Consumption Rationalization Law)」，要求機動車輛之製造廠商，需逐步改善其產品之能源效率。其中，關於小型車（小客車及小貨車）之測試方法，目前採用 10.15mode 之行車型態，整合了市區行車型態與非市區行車型態，與歐盟測試法規的概念相近。

此測試程序共有 5 個循環，先以定速 60km/h 暖車 15 分鐘，以一個 15 mode 行車型態暖車後，開始測試取樣，總測試時間為 660 秒，包括 24 秒的怠速，然後連續三個 135 秒的 10 mode 行車型態及一個 231 秒的 15 mode 行車型態。總測試距離為 4.16 公里，平均車速為 22.7km/h，最高車速為 70 km/h。10.15 mode 行車型態如圖 2.1.13 所示。



資料來源：能源局車輛耗能研究網站 (<http://auto.itri.org.tw>)。

圖 2.1.13 日本 10.15 mode 行車型態

2.2 實驗室測試之研究成果

前述法定測試程序，設定了固定的實驗室測試條件，以提供客觀資料庫，用以比較不同車輛之能源消耗、污染排放特性。然而，為了進行運輸部門能源消耗、污染排放之總量推估，仍有必要針對實際使用中車輛，瞭解各種車輛運行狀態，對於能源消耗與污染排放特性的具體定量影響。因此，美國環保署曾分析各種影響車輛能耗之因子，根據美國環保署網站之資料(參見表 2.2-1)，主要影響車輛能耗的因素包括了：(1) 駕駛行為及情況；(2) 車輛保養；(3) 能源使用種類；(4) 車輛情況(製造及組裝)及；(5) 引擎磨合等 5 大因素。而其中在駕駛行為及情況下，又可以分為急速加速或煞車、過長之車輛停滯時間、高速駕駛增加風阻、氣候及短程交通、車上載貨(增加風阻)、車輛拖車或負載過重、使用電子設備(如冷氣)、爬坡或路面不平及四輪驅動等項目。

表 2.2-1 美國環保署網站之車輛能耗影響因素

項次	車輛能耗影響原因	細節
1	駕駛行為及情況	急速加速或煞車
		過長之車輛停滯時間
		高速駕駛增加風阻
		氣候及短程交通
		車上載貨(增加風阻)
		車輛拖車或負載過重
		使用電子設備(如冷氣)
		爬坡或路面不平
		四輪驅動
2	車輛保養	
3	能源使用種類	
4	車輛情況(製造及組裝)	
5	引擎磨合	

資料來源：美國環保署網站 <http://www.fueleconomy.gov/>，本計畫彙整。

針對影響車輛能耗因素的相對比例，美國環保署曾於 1995 年委託研究，在固定的環境條件下，分析各項因子對於車輛能耗

(單位為每加侖汽油可行駛之英里距離，miles per gallon, MPG) 之影響。研究中分析了：(1) 溫度(20F v.s 77F)；(2) 風速(20mph)；(3) 山區路面(7%爬坡度)；(4) 惡劣路面(碎石地、彎曲、泥濘地、雪地路面)；(5) 交通擁擠(20 v.s. 27mph (平均速度))；(6) 高速(70 v.s. 55mph)；(7) 急促加速(急促 v.s. 平緩)；(8) 輪胎型式(非輻射 v.s. 輻射)；(9) 輪胎壓力(15 psi v.s. 26 psi)；(10) 啟動車上空調(最大狀態)；(11) 除冰裝置(最大狀態)；(12) 惰轉/暖車(冬天 VS 夏天) 等狀況對車輛能耗之影響等，研究結果如表 2.2-2。

表 2.2-2 汽油小客車燃油經濟性之影響因素分析表

影響因素	狀態	平均減少比例	最大減少比例
溫度	20F v.s 77F	5.3%	13%
風速	20mph	2.3%	6.0%
山區	7%爬坡度	1.9%	25%
惡劣路面	碎石地、彎曲、泥濘地、雪地路面	4.3%	50%
交通擁擠	20 v.s. 27mph (平均速度)	10.6%	15%
高速	70 v.s. 55mph	N/A	25%
急促加速	急促 v.s. 平緩	11.8%	20%
輪胎型式	非輻射 v.s. 輻射	<1%	4%
輪胎壓力	15 psi v.s. 26 psi	3.3%	6.0%
啟動車上空調	最大狀態	21%	N/A
除冰裝置	最大狀態	21%	N/A
惰轉/暖車	Winter v.s. summer	隨駕駛變化	20%

資料來源：美國環保署(1995)，轉引自能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」

由上述資料中可以看出，能耗影響率較容易掌握的為溫度、風速、交通擁擠、急促加速、輪胎型式、輪胎壓力等因素，其平均減少比例跟最大減少比例之差距在 10%以內。但是其他因子之平均減少比例及最大減少比例差距都超過 10%，其中差距較大的包括惡劣路面(差距達 45.7%)以及山區道路(差距為 23.1%)。值得注意的是，這些影響較大的因子均屬於外部道路狀況，而非車輛本身之因素。

2.3 實際道路測試之研究成果

近年來，車載量測儀器設備的進步，以及 GPS 技術之廣泛應用，激發出相當多的實際道路測試研究，有助於驗證實驗室測試與實際道路測試二者結果的差異，並提供素材以理解實際道路行駛特性，對於車輛之能源消耗、污染排放特性的影響。以下回顧較新之相關研究成果，以作為本計畫之參考。

1. Qiao et al. (2005)

Qiao et al. (2005)於 Houston, Texas 採用車載量測儀器 OEM-2100，裝載於不同車齡、行駛里程數、油品的車輛(三輛小汽車與兩輛貨車)上，逐秒紀錄下每輛車在惰轉狀態(在開始實際路測之前的一個小時記錄惰轉資料，除此之外順便暖車，測試總時間長度為 813.9 分鐘)與行駛狀態中(測試總行駛距離為 459.0 英哩)之燃油消耗、污染排放量(包含 NO_x 、HC、CO、 CO_2 及 PM)與車輛運轉參數資料，研究範圍中包含快速道路、幹道、地方街道以及交叉路口等四種道路類型，大多數的測試路線以單一種道路類型為主，少數則混合兩種以上的道路類型。資料擷取時間則橫跨不同日期、期間(period)以及氣候條件，以廣泛蒐集資料。研究中分析污染排放量、油耗與車輛運轉參數的時空分布關係，找出不同車型行駛於每種道路種類之排放係數與油耗係數，最後並將分析結果與 MOBILE6.2 之推估結果相互比較。

結果顯示，車輛行駛於不同的道路類型上時，污染排放係數結果差異非常大，且不同的污染物之排放係數值，會受到不同的車輛運轉參數影響。例如重車之 NO_x 排放與車速、引擎轉速的關係較為明顯，而 CO 排放則與引擎轉速的變化趨勢較為一致。

2. Boulter(2006)

Boulter(2006)為了驗證 OSCAR(Optimised Expert System for Conduction Environmental Assessment of Urban Road Traffic)所建立之行車型態能否確實反映出實際污染排放之變化，分別採用車

載量測設備(TRL on-board measurement system)與底盤動力計量測系統，量測污染排放數據；分別於 Marylebone Road Area (以下稱 M 區)以及 Cromwell Road Area (以下稱 C 區)，進行實驗室之底盤動力計與實際道路之車載量測設備兩種試驗方式之結果比對分析。結果輸出項目包含日期、路線別、開始時間、總旅次時間、旅次長度、平均旅次速度(average trip speed)、平均排放係數(CO、CO₂、NO、HC)以及平均油耗等資料。

研究中分別將各種污染排放物以平均旅次速度的函數表示，以探討污染排放物與平均旅次速度之間的關聯性。由車載量測系統所得到的結果中發現，其所能量測的污染排放種類中，僅 CO₂ 與平均旅次速度的關聯性比較明確，而在低速的行車型態中，由兩種方法所量測到的各種污染排放物數值差異較大，但 CO₂ 可能例外；意即在低速行駛時，行車樣態(driving pattern)與污染排放量之間的關聯性並不明確，輕微的駕駛特性改變可能會造成污染排放量很大的變動。因此在污染排放的模式中，車輛低速行駛時的排放係數的正確性，必需審慎的考量。

3. Rilett(2004)

Rilett(2004)嘗試以可攜式污染排放監測系統(Portable Emission Monitoring Systems, PEMS)的方式，解決傳統污染排放推估模式於分析區域性污染推估與道路幾何路網改善影響評估時的問題，並以發展一套適用於特定區域污染排放率之分析模式為研究目的。研究中以裝載 PEMS 之測試車輛(2001 Ford Taurus)，採用浮動車樣本數量(floating car)方式於美國德州休士頓 US290 高速公路上蒐集所需資料。最後除了比較 HOV 車道與一般車道之 NO_x 排放率差異之外，也利用微觀交通模擬模式 CORISM 輸出之逐秒速度，與 MOBILE6 與 CMEM 做結合，以推估 NO_x 排放率，並將之與 PEMS 之分析結果加以比較。

研究發現，引擎轉速與車速呈正相關，而一般認為污染排放量與速度呈正相關，但本計畫指出污染排放量與 power 的相關性更高，所謂 power 就是由速度與加速度的兩個參數所組成之函數

而求出的值，能同時將速度與加速度變化對污染排放之影響程度呈現出來。

4. Nam et al. (2002)

Nam et al. (2002) 為了比較道路實際量測與污染排放推估模式，針對駕駛行為改變對於污染排放量之影響，於美國密西根州西南部的奧克蘭(Oakland)，選定一交通繁忙的住商混合用地做為試驗地區。研究中除了採用裝載可攜式污染排放監測系統(Portable Real-Time Emissions Vehicle Intergrated Engineering Workstation, PREVIEW)之福特 SUV 為試驗車輛，用以量測車輛於實際道路上之污染排放資料之外，同時也將微觀的污染排放推估模式 CMEM 與微觀交通模擬模式 VISSIM 加以整合，利用熱點(hot spot)之分析結果，探討交通流量與路徑改變時對於空氣品質之影響。

5. Nesamani(2005)

Nesamani(2005)於研究中探討印度之行車型態是否能確實反映該地區之駕駛行為，以及評估該地區駕駛行為對於車輛的污染排放之影響。研究結果顯示道路種類的差異對於污染排放率的影響非常明顯，其中以地區街道(local street)對污染排放率之影響最為顯著。

6. Rakha et al. (2004)

Rakha (2004)將 VT-Micro 與以往各種排放模式之結果做趨勢分析與比較，並以裝載 OEM-2000TM 之試驗車輛，於道路實測時所量測之汽車引擎運轉參數與污染排放數值，做為各推估模式準確度之比較基準。其中在地方幹道與高速公路兩種道路類型之結果比較時發現，高速公路的實際行駛速度變化較少，而地方幹道則速度變化較多，且由於號誌的關係，會造成停等及加減速次數改變。

2.4 智慧型運輸系統之影響研究

技術進度對於車輛之能源消耗、污染排放特性之影響，不僅止於提供實際道路量測的儀器與技術。事實上，新技術應用於智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation System, ITS)，亦會顯著改變車輛之能源消耗、污染排放。交通部 (2005 年) 研究報告根據日本、芬蘭、美國等地的研究，分析顯示：應用 ITS，可以減少燃料消耗 2~55%；降低 CO₂ 排放量 5~15%。因為 ITS 可以提供即時行車資訊，引導適當的行車路線，避開交通壅塞，不僅可減少旅行時間、降低延滯，並可減少過多的加減速、煞停動作。因此，可以減少燃料消耗和污染排放量。

另美國環保署 (1988) 亦研究指出：由於智慧型運輸系統對於旅運行為的改變 (如旅次產生與旅次分佈) 與運輸系統的效率 (如交通車流與道路服務水準的改善)，進而影響到燃油消耗與污染排放 (如旅運活動的參數、燃油消耗與污染排放的比率與車隊的組成)，此研究以典型程序性運輸需求模式結合美國污染排放 MOBILE 模式與交通模擬模式進行能源消耗與污染排放推估，在可掌握的資料下，在各種智慧型運輸系統措施與技術導入下，對於運輸需求產生改變或運輸系統效率所造成的變化，因而影響能源消費與污染排放。

2.5 車輛新技術應用之影響研究

根據 OECD 調查所有開採能源中，1997 年起有超過 22% 的能源為交通運輸所消費，其中 60% 為車輛行駛，因此近年來能源節約、新燃料及 CO₂ 排放降低的技術為近年來汽車工業技術發展重點。有鑑於此，能源局在其 91 年度「使用中車輛能源效率評估與提昇研究計畫」中，也針對目前各種影響車輛能耗之新技術做評估。報告中列舉出 10 類會影響車輛能耗之技術，內容概述如下，彙總表如表 2.5-1 所示：

1. 電動車輛(EV)

無排氣污染及噪音，週邊技術已成熟，目前研究瓶頸在於電池技術。

2. 替代燃料車輛

泛指不使用石油為提煉物為燃料的車輛，包括壓縮天然氣(CNG)、液體天然氣(LNG)、甲醇、乙醇、甲醚(DME)、氫氣、或者多種燃料車。技術已成熟且污染排放較低，但缺乏週邊環境。

3. 燃料電池車輛

集合了極低污染、續航力高、無需充電、低噪音、高能源效率等優點，然實際應用上仍需克服氫儲存、系統複雜、成本過高、需大量貴金屬觸媒、對溫度敏感需暖機等關鍵技術待突破。預估到 2010 年才可能於市場上有明顯地位。

4. 複合動力車

複合動力車之技術大部份延用有引擎與馬達電池技術，可量產且無需新建週邊設備配合，亦無電動車續航力及燃料電池系統複雜且成本高質疑慮。根據日本 JARI 調查，雖仍有 CO₂ 排放，但若考量生產與發電時之能源消費，其總體能源效率並不低於技術尚未成熟之燃料電池車。根據預測，2010 年市場 20% 是複合電動車輛。

5. 行車阻抗

車輛行車抗阻包括來自空氣的風阻與來自地面之路阻。在風阻方面，目前新車輛外型設計以採用計算流體動力分析(CFD) 與風洞，來降低迎風面積及風阻係數。而輪胎阻力則採用增加輪胎剛性，減少變形量等方式來降低輪阻，並提昇車輛操控性。

6. 車重降低

目前車重降低之主要技術包括：

- (1)結構最佳化設計：車體及懸吊底盤結構設計
- (2)新材料使用：鋁合金、鋁鎂合金、鈦合金及塑膠等
- (3)系統整合：配合車輛電子控制等新技術發展，設計新零組

件取代過去機械控制元件，減少零組件數量與重量

7. 柴油引擎

具卓越的燃料消耗率、耐久性、低速扭力、可信度等特色，缺點在於 NO_x 排放較高及易有黑煙排放等缺點。目前技術發展方向為利用其特性減少 NO_x 及粒狀物之排放。

8. 汽油引擎

引擎節能技術研發歷史最長，包括：(1) 自變氣門；(2) 可變壓縮比；(3) 尺寸縮小；(4) 直噴引擎及；(5) 稀薄燃燒等技術。

9. 傳動效率

車輛傳動效率提昇之主要技術項目包括：(1) 多檔位化；(2) 無段變速箱(CVT)及；(3) 電子控制化等三類。

10. 其他節能技術發展

除上述低耗能技術外，其他目前正發展指車輛節能技術包括：(1)42V 系統應用；(2) 無副件皮帶引擎；(3) 先進引擎電子應用；及(4) 車身隔熱材料應用等。

表 2.5-1 節能車輛技術效益分析

節能車輛技術				油耗改良效益	商業化	降低污染
燃料	電動車			○	△	☆
	複合動力			☆	○	☆
	燃料電池			☆	△	☆
	替代燃料			○	○	○
車身與低盤	低風阻外型			☆		
	輕量化結構			☆		
	其他	低阻抗輪胎		○	○	△
		電動輔助轉向系統		○	○	△
		車身隔熱		△	○	△
動力系統	引擎	汽油	直噴引擎	○	○	○
			自變氣門	○	☆	○
			稀薄燃燒	○	○	○
			可變壓縮比		△	○
		柴油	渦輪增壓		☆	○
			高壓直噴		☆	○
		傳動	手排	多段檔位	○	☆
	自排		油壓自排	○		
			無段變速箱	○		
		手自排		○	○~△	○

資料來源：能源局91年「使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫（第一年度）」，本計畫修正。

圖示說明：△=普通，○=好，☆=優良。

2.6 影響因素綜合分析

由前述探討可以發現：車輛能源消耗與污染排放特性，所受影響因素繁多，大致可以表 2.6-1 概略歸納。茲將之區分為：靜態影響因素、動態影響因素以及其他影響因素等三大類。其中靜態影響因素可再分為油品與新技術的應用、引擎容量(capacity)與車重、廢氣後處理淨化裝置(exhaust after treatment)以及車齡與累積行駛里程數等四種；而動態影響因素則可分為平均速度與其速度變異程度、瞬時速度與加減速率(acceleration rate)及車輛運轉狀態等三種；其它未列入上述分類中之影響因素則包含道路等級、道路設計、交通量、外部環境、駕駛行為與空調使用等。茲將各因素之影響分述如下。

表 2.6-1 車輛能源消耗與污染排放之測試內容、方法與結果

	測試內容	測試方法	結果
能源消耗與污染排放			
Hung and Tong (2000)	N/A	■ N/A	<ul style="list-style-type: none"> ■ 靜態影響因素：新技術的應用、引擎容量、廢氣後處理淨化裝置以及車齡與累積行駛里程數。 ■ 動態影響因素：旅次平均速度與其速度變異程度、瞬時速度與加減速率與車輛運轉狀態。
Nam et al. (2002)	不同駕駛行為所造成之排放差異	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以 trip-based 為基礎，以 power 係數之概念，將駕駛行為分為 "normal(一般型)" 與 "aggressive(激進型)" 兩類 ■ 比較 PREVIW 於實驗室之底盤動力計上所擷取之資料以及傳統底盤測試儀器所擷取之資料 ■ 分析 PREVIW 於實際道路上所測得不同駕駛行為所產生之污染排放情形。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 由於車載儀器對於排放量較少的 HC 與 NO_x 量測能力較差，因此其所建構之模式對於 NO_x 的推估能力較差。 ■ "normal" 與 "aggressive" 兩種駕駛行為所需之駕駛時間相近。 ■ 激進型的駕駛行為於旅次中產生之排放量均較一般型的駕駛行為高，尤其以 CO 與 HC 最為明顯。 ■ 燃油效耗率與 CO₂ 排放率受激進型的駕駛行為影響較小，趨於一定值。
Qiao et al.(2005)	採用車載量測儀器擷取資料	<ul style="list-style-type: none"> ■ 結果比較項目：油耗、HC、CO、CO₂、NO_x 以及 PM。 ■ 資料分析與估算步驟：篩選資料、以 bag 為單位彙整資料、利用 GPS 與污染排放的資料，繪製時間與車速的關係圖，並利用 GPS 的資料繪製空間與車速的關係圖、污染排放與時間之分布圖、污染排放、油耗與車輛活動強度(車速、加速度與引擎轉 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 求出小汽車與重車在每種道路種類的排放係數與油耗係數，車輛污染排放於不同的道路類型上排放係數結果差異非常大，這意味著實驗次數如果太少，則對於測試結果的解釋能力可能不夠充分。 ■ 藉由污染排放量、油耗與車輛活動強度的時間分布圖可以看出：油耗與污染排放隨車輛活動強度的變化情形，以重車的污染排放為例，其 NO_x 排

	測試內容	測試方法	結果
		<p>速)之關係圖。</p> <p>■ 將汙排計算結果與 MOBILE 6.2 的估算結果比對。</p>	<p>放與車速、引擎轉速的關係較為明顯，而 CO 排放則與引擎轉速的變化趨勢較為一致。</p>
污染排放			
Boulter(2006)	車載量測儀器 vs Euro III 底盤動力計	<p>■ 車載量測儀器所測得之平均污染排放量，是採用同一輛車實際在道路上行駛數次所得的數據。</p> <p>■ 底盤動力計量測系統之平均排放量數據，則是由三台不同的車輛，依照實際道路行車樣態的平均車速所選出的 8 種行車型態，在底盤動力計上測試後所得資料，將其三者數據平均後所得。</p>	<p>■ 由 M 區的實驗分析結果中發現，某兩條平均車速相近之道路，其油耗與污染排放量卻不相同，可能原因為行駛途中行車動態(driving dynamics)不同所致，但是研究中無法得知更詳細的交通特性以及行車動態資料。</p> <p>■ 在 M 區中的 NO 與 CO₂ 與平均旅次速度的關聯性較高(R² 分別為 0.71 與 0.87)，而在 C 區中，僅 CO₂ 與平均旅次速度的關聯性較高(R²=0.88)。</p> <p>■ 在低速行駛時，行車樣態與污染排放量之間的關聯性並不明確，輕微的駕駛特性改變可能會造成污染排放量很大的變動。</p>
Rilett (2004)	車載量測儀器資料 vs 污排推估模式	<p>■ 裝載 PEMS 之測試車輛 (2001 Ford Taurus)</p> <p>■ 採用浮動車樣本數量方式</p> <p>■ 比較 HOV 車道與一般車道之 NOX 排放率差異</p> <p>■ 比較 PEMS 與 MOBILE6、CMEM 所推估之 NOX 排放率</p>	<p>■ 一般認為污染排放量與速度呈正相關，但本計畫指出污染排放量與 power 的相關性更高，所謂 power 就是由速度與加速度的兩個參數所組成之函數值，能同時將速度與加速度變化對污染排放之影響程度呈現出來。</p> <p>■ HOV 車道之 NO_x 排放量低於一般車道約 40%。</p>

資料來源：本計畫彙整自各文獻。

1. 靜態影響因素：

- (1) 油品與新技術的應用：車輛所使用之油品(柴油或汽油)或引擎技術的應用不同(如油電混合動力車輛)，都會影響到其能耗與污染排放量。在污染排放方面，柴油引擎車輛所排放之一氧化碳(CO)及碳氫化物(HC)較汽油引擎少，但其排放之粒狀污染物(particulate matter) 及氮氧化物(NO_x) 則較多。
- (2) 引擎容量與車重：引擎容量與車重皆為影響車輛燃油效率與污染排放的重要因素。一般來說，引擎容量較大之車輛，其燃油效率較低且污染排放量較大，而引擎容量較大或具有較多配備(如空調裝置、自動變速裝置等)之車輛，通常也車身較重，因此對於燃油效率與污染排放亦有所影響。
- (3) 廢氣後處理淨化裝置：如觸媒轉化器與濾煙器等裝置，可用來減少車輛污染排放物。
- (4) 車齡與累積行駛里程數：車齡較老或是累積行駛里程數較多的車輛，會導致較嚴重的污染排放情形(Rakha, 2003)與 Hung and Tong(2000)，然而若車輛有維持適當之維修保養，其燃油效率可提升約 40%左右(Rakha, 2003)。

2. 動態影響因素：

- (1) 平均速度與其速度變異程度：旅次平均速度為影響車輛能源消耗與污染排放之重要因素之一，然而，即使不同旅次之平均速度相同，隨著旅次中駕駛行為與交通狀況的不同，而產生速度之變異，此變異程度可能會顯著地影響燃油消耗與污染排放。Boulter(2006)於探討污染排放物與平均旅次速度之間的關聯性時指出，即使平均速度相同的兩條道路，也可能因為行車動態的差異而導致所量測到之油耗與污染排放量不同，而在車輛的各種污染排放物當中，僅 CO₂ 之排放係數與速度的關聯性比較明確(速度與 CO₂ 之排放係數呈負相關)，而其餘的污染排放物與低速行駛之行車樣態之間的關聯性並不高，輕微的駕駛特性改變可能會造成污染排放量很

大的變動，因此在污染排放的模式中，車輛低速行駛時的排放率的正確性必需審慎的考量。

- (2)瞬時速度與加減速度：在耗油比率方面，其與交通特性之間的關聯性非常高(Rakha,2003)，而加減速度與瞬時速度之變化又為反映交通特性之主要方式。一般來說，油耗比率會隨著速度、加速度而變動；而在污染排放率方面，根據美國環保署與加州空氣資源局之污排模式(MOBILE5a與EMFAC7F)推估結果顯示，除了 NO_x 之外(馮正民等人，2000)，車輛在低速與壅塞的道路上行駛時，污染量較高，而在中等速度與密度較低之道路上行駛時，污染量較低。

然而，由於以上之模式無法將加減速頻率增加(例如車輛行駛至號誌交叉路口時)對於車輛燃油消耗及污染排放量所造成之影響納入考量，因此 Rilett (2004)採用 PEMS 擷取美國德州之資料，並以 “power”同時呈現出速度與加速度變化對污染排放之影響程度，分析結果顯示，污染排放量與能”power”之間具有一定程度的相關性，同時也證明了將 PEMS 應用於發展污染排放率時之彈性。

- (3)車輛運轉狀態：由車輛所產生的污染排放又可分為兩類，分別為尾氣排放與蒸氣排放兩種，其中尾氣排放包含車輛啟動(冷啟動與熱啟動)與行駛兩個階段，而蒸氣排放則與汽油蒸發量有關，因此車輛行駛與否並不會影響蒸氣排放量(Rakha,2003)。故除了蒸氣排放之外，車輛尾氣排放與燃油消耗量會隨著車輛的運轉狀態而有所差異。例如車輛於啟動階段時，會比其在行駛階段還耗油，同時在此燃燒不完全之狀態下，污染排放量也較大；而車輛處於行駛階段時，若將其分為加速、減速、定速行駛與惰轉等四種運轉狀態，變動的行駛狀態(加減速)會比在穩定行駛狀態(惰轉或定速行駛)時更耗油且產生更嚴重的污染。此外，在 Qiao et al.(2005)的研究中指出，車輛之運轉參數(如引擎轉速、車速等)與各種污染排放物之間的關聯性不相同，例如重車之 NO_x 排放

與車速、引擎轉速的關係較為明顯，而 CO 排放則與引擎轉速的變化趨勢較為一致。

3. 其它影響因素：

(1)道路等級：Hung and Tong(2000)指出車輛在接近交叉路口附近之污染排放與燃油消耗量，較其行駛於路段間 (mid-links) 所產生的量還高。Rakha H et al. (2004) 比較地方幹道與高速公路兩種道路類型之排放量差異，結果顯示高速公路的實際行駛速度變化較少，而地方幹道則速度變化較多，且由於號誌的關係，會造成停等及加減速次數改變，因此可能會導致污染排放量之差異。此外，在 Nesamani(2005)、Qiao et al.(2005) 及 Rakha et al. (2003)之研究中均指出，車輛行駛於不同道路等級上之停等次數不同，因而造成各道路等級在油耗與排放係數上的差異。Qiao et al.(2005)分析污染排放量、油耗與車輛運轉參數之時空分布關係，並找出不同車型行駛於每種道路種類之排放係數與油耗係數，研究結果顯示，車輛行駛於不同的道路類型上時，污染排放係數結果差異非常顯著，尤其在交叉路口及幹道的排放係數偏高，而這可能跟轉彎時車輛運轉參數的不同有關。例如重車在幹道轉彎時，其污染排放量可能會隨著頻繁的加減速而增加。因此，綜合上述之研究結果可知，道路幾何特性或交通特性皆會影響到油耗與污染排放之推估結果，而相對於高速道路或高速公路，車輛行駛於地方道路時(如交叉口或幹道)之污染排放率與油耗率偏高。

(2)道路設計：道路設計影響因素包含了坡度、鋪面狀況以及幾何設計等。在燃油效率方面，坡度陡以及鋪面粗糙之道路皆會降低車輛之燃油效率；而污染排放率則受坡度之影響最大，同時，號誌化路口、收費站以及交流道等的幾何設計是否合宜也會影響到駕駛行為，進而造成油耗與污染排放之差異。

- (3)交通量：由於交通量為影響車速與駕駛行為之主要因素之一，因而間接影響污染排放量，一般而言，各時段之交通量皆有所差異，通常尖峰時段之油耗與污排量會較大，而若能搭配交控與交管策略之實施，應能降低燃油效耗與污染排放情形，例如 Rilett (2004)於美國德州休士頓 US290 高速公路上之高乘載車輛專用道(HOV 車道)與一般車道上蒐集污染排放相關資料，最後在比較兩車道 NO_x 排放率之分析結果中顯示，HOV 車道之 NO_x 排放量相較於一般車道約減少了 40%左右。
- (4)外部環境(如氣溫、風速)：在燃油效率方面，在低溫與風速較高時，皆會降低車輛之燃油效率。而在污染排放方面，周圍環境之溫度對於尾氣排放與蒸氣排放皆有所影響，在氣溫較低時，引擎與廢氣淨化裝置皆須較長的準備時間，因此導致車輛冷啟動時之尾氣排放量增加，相對地，蒸氣排放率則是隨氣溫升高而增加。
- (5)使用空調與否：我國能源局(2004)與工研院機械所於探討空調使用對燃油經濟性之影響研究中指出，啟動空調耗能為不啟動空調 1.161 倍。此外，美國環保署(1995)之相關研究亦顯示，當車輛啟動空調時，其平均燃油經濟性較不啟動時減少約 21%。
- (6)駕駛行為：駕駛行為包含加速、煞車以及換檔等動作皆為影響燃油效率的重要因素，例如在擁擠的都市旅次中，其頻繁地加速與煞車頻率會導致耗油量的增加，而經常急加速與急煞車之激進型駕駛行為(aggressive driving)會比一般型(average driving)的耗油量高出約 10%。在污染排放方面，激進型的駕駛行為所產生之 CO 比一般型的高出 15 倍，而揮發性有機物(Volatile Organic Compounds, VOCs)則約高出 14 倍(Rakha,2003)。在 Nam et al.(2002)之研究結果中亦顯示，激進型的駕駛行為於旅次中產生之排放量均較一般型的駕駛行為還高，尤其以 CO 與 HC 最為明顯，而 CO₂ 排放率受激進型的駕駛行為影響較小，趨於一定值。

第三章 車輛能源消耗與污染排放之蒐集分析

國內能源消耗與污染排放之相關研究，分別由經濟部能源局以及行政院環保署負責委託辦理，彼此之間的關聯性不高。因此，以下針對能源消耗與污染排放兩大類，就(1)法規測試程序之測試方式與內容，及(2)相關研究成果分別簡述之。此外，考量國內地區交通環境的行車特性各有所差異，目前國內也已發展出符合臺北、臺中與高雄之行車型態，因此，於 3.3 節中蒐集國內行車型態之相關研究，並進行各行車型態之比較分析。最後，則彙整國內外之車輛能耗相關研究成果，探討其不足之處，並分析實車測試與實驗室測試的差異性，以做為後續研究之重要參考。

3.1 車輛能源消耗特性之研究成果

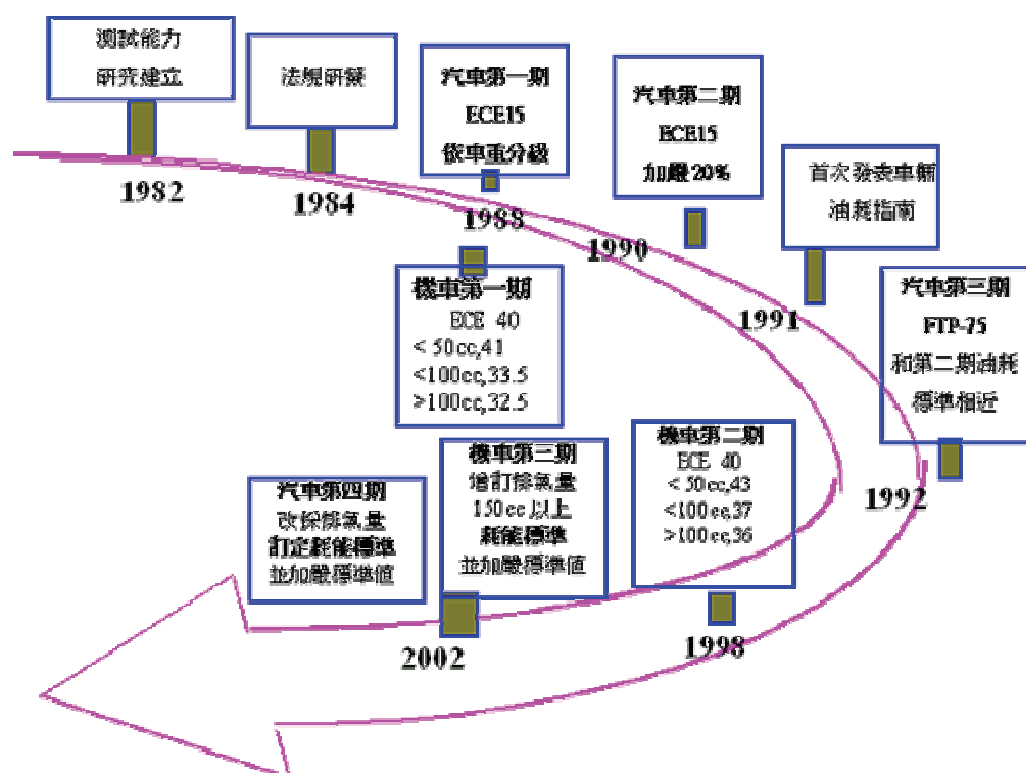
本節彙整國內探討車輛能源消耗特性之相關研究成果，包括：

1. 介紹國內採用之行車型態，以及現行之能耗法規測試程序
2. 探討影響油耗(或燃油經濟性)的因素
 - (1) 單一車輛：目前國內對於單一車輛之能源消耗相關研究，主要是由經濟部能源局負責，委託工研院執行相關之研究計畫，目的在於探討燃油經濟性之影響因素，本計畫彙整其測試方法與分析結果於 3.1.2 節。
 - (2) 除探討單一車輛之油耗影響因素之外，部分研究更將運輸部門特性對於能源消耗之影響納入考量，本計畫茲摘述幾項重要文獻結果，並彙整於 3.1.3 節。

3.1.1 車輛能源消耗之法定測試程序及行車型態

1. 國內法定車輛能耗測試程序背景資料

我國最完整的車輛能耗資料庫，為能源局依據「能源管理法」所建立之車輛耗能管制資料庫，該資料庫係依據 1988 年起開始實施「車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法」，以車型測試、新車抽測、車型簡化、核章領牌等方式落實車輛耗能管制措施。實施迄今曾陸續修訂車輛容許耗用能源標準，可參見圖 3.1.1。



資料來源：車輛耗能研究網站 <http://auto.itri.org.tw/>

圖 3.1.1 國內車輛耗能之法令管制時程

2. 測試方式

93 年以前我國汽車係採用美國 FTP75 之市區行車型態及高速公路行車型態，作為小客車耗用能源的測試方法。93 年起我

國汽車耗能管制可以接受廠商以美國 FTP75 測試程序，或歐盟 1999/100/EC 指令測試程序(EUⅢ)的測試結果，作為判定是否符合耗能管制標準。而兩測試方式之結果則以下列公式計算出其實際測試值。

①FTP75 測試值 (平均油耗)

以 55%之市區耗油量與 45%之高速公路耗油量，其調和平均數算出其平均油耗值(參見式 3-1)，作為核定是否符合耗能標準之依據。單位為公里/公升。

$$\text{測試值 (公里/公升)} = \frac{1}{\frac{0.55}{\text{市區耗油量}} + \frac{0.45}{\text{高速公路耗油量}}}$$

式 3-1

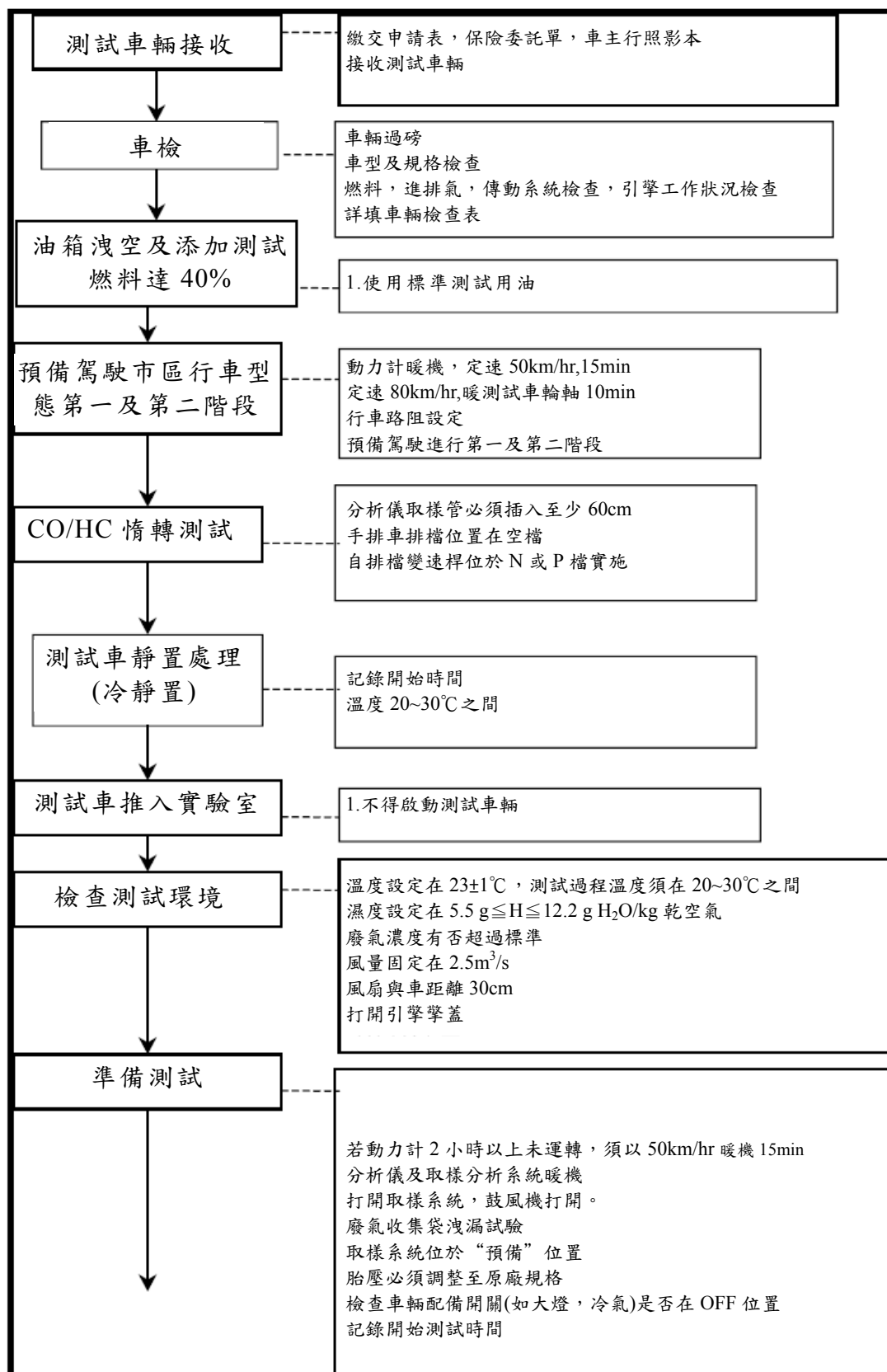
②歐盟 1999/100/EC 指令測試程序(EUⅢ)之油耗計算

歐盟測試結果則針對市區行車型態(780 秒，行駛距離約 4 公里)、非市區(高速)行車型態(400 秒，行駛距離約 7 公里)及全程 1,180 秒行車型態之平均油耗值(依測試汽車實際行駛之里程數權重計算出來)分別載明，測試值計算式如式 3-2。

$$\text{測試值 (公里/公升)} = \frac{\frac{\text{市區測試行駛里程 (公里)}}{\text{市區耗油量 (公里/公升)}} + \frac{\text{非市區測試行駛里程 (公里)}}{\text{非市區耗油量 (公里/公升)}}}{\frac{\text{市區測試行駛里程 (公里)}}{\text{市區耗油量 (公里/公升)}} + \frac{\text{非市區測試行駛里程 (公里)}}{\text{非市區耗油量 (公里/公升)}}}$$

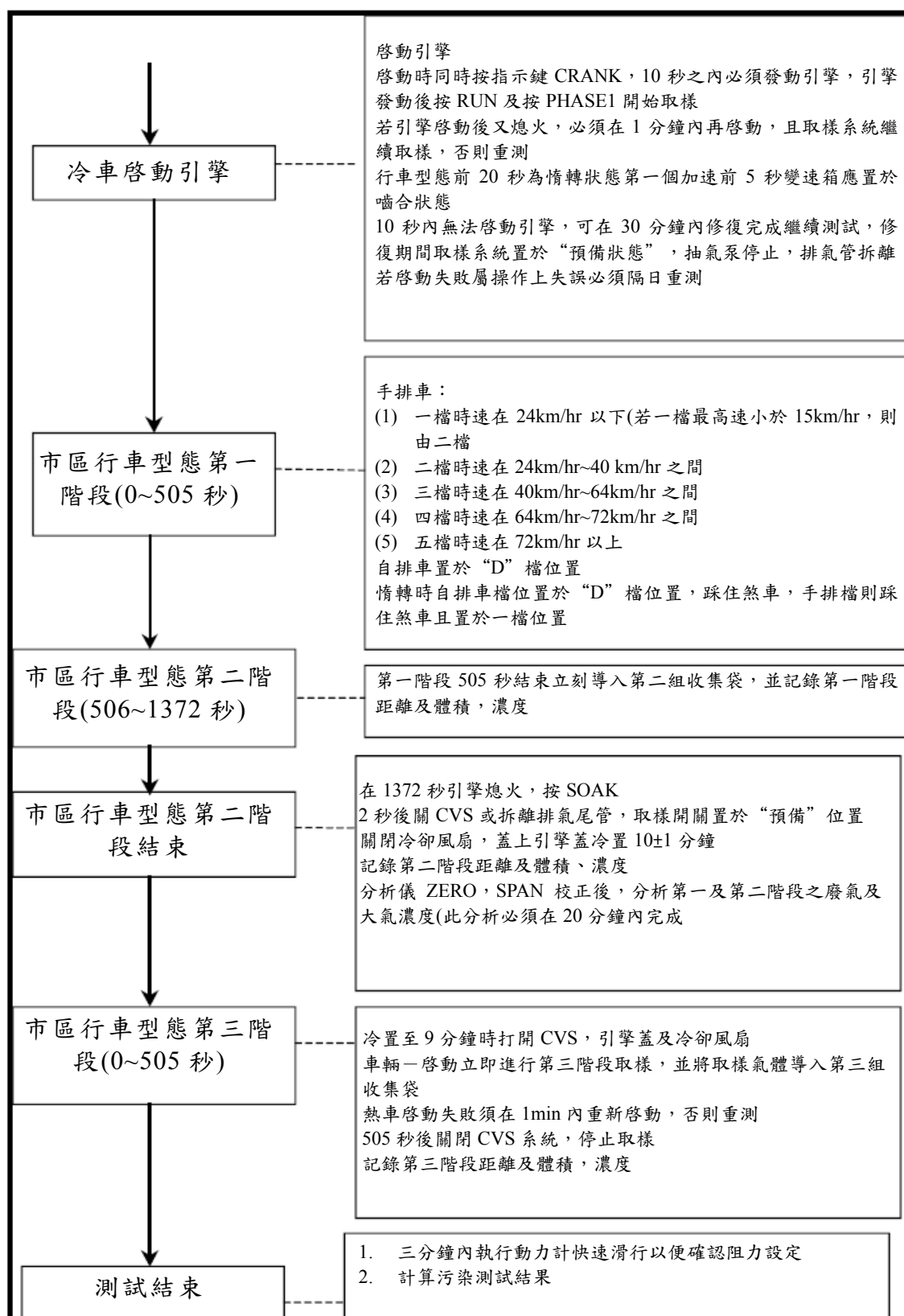
式 3-2

3. 國內車輛測試程序：如圖 3.1.2 及圖 3.1.3 所示



資料來源：94年環保署執行汽油引擎汽車新車型審驗、新車抽驗及使用中車輛召回改正調查測試專案工作計畫

圖 3.1.2 車輛耗能之法定測試程序 (一)



資料來源：94年環保署執行汽油引擎汽車新車型審驗、新車抽驗及使用中車輛召回改正調查測試專案工作計畫

圖 3.1.3 車輛耗能之法定測試程序(二)

3.1.2 能源局研究成果

依據所蒐集之資料，經濟部能源局自民國 84 年開始委託執行車輛耗能測試相關計畫，部份計畫至今依然每年持續執行，執行計畫之摘要彙總如表 3.1-1。

其中，有關燃油經濟性影響因素之最重要的國內研究成果，為經濟部能源局自民國 90 年開始委託工研院執行「使用中車輛能源效率評估及提升研究」，近年度工作項目包括了各種影響能耗因子。其目的在於了解這些外在因素如何影響車輛之燃油效率，方便建立臺灣地區小客車能源需求量推估模式。在其 93 年之計畫中，工研院以自用小客車為實驗對象，以實驗室 FTP75 行車型態，測試使用中小客車在：(1)空調使用；(2)保養前後；(3)車輛載重；(4)車齡與已行駛里程耗能差異分析。此外，為了比較實驗室測試及過去所建立之國內行車型態間之差異，實驗中也比較了高雄行車型態、臺北行車型態與 FTP75 行車型態差異分析。在實驗室測試外，該研究也採用問卷追蹤調查方式修正實驗室測試與實際道路差異分析，其實驗方法如表 3.1-2 所示，其實驗結果如表 3.1-3 所示。

表 3.1-1 國內車輛耗能相關研究及其執行內容彙總表

項次	計畫名稱	執行單位	委託單位	執行年度	執行成果(與能耗相關部份)
1	車輛耗能測試與管理制度研究	ARTC	經濟部及能源局 (科專)	85	-完成國外(美國、日本、歐洲)汽車耗能法規資料彙整蒐集，擬定 GATT 入關因應研究 -完成國內耗能標章制度之研究 -了解美國、韓國、日本及澳洲車輛耗能標章制度及實施現況 -研擬車輛耗能標章制度施行之時機與推動方案
2	車輛研究測試技術發展三年計畫	ARTC	經濟部科專	84~87	-完成耗能污染及動力性能實驗室細部規劃 -完成道路特性分類及量測方法之研究，及國內道路(高速公路、縣道、鄉村道路) 之初步量測 -完成汽油車、柴油車及機車之測試 SOP 建立 -參加德國驗證法規測試課程、邀請德國 TUV 評估中心測試能力(測試合格) -完成車輛耗能污染及動力性能研測技術建立
3	車輛耗能測試與管理制度研究	ARTC	-	87	-國外汽車耗能法規蒐集研究 -國內耗能標章制度研究 -汽、機車耐久耗能劣化評估
4	使用中車輛能源評估與提昇研究計畫	ITRI	能源局	90	NA
5	使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫 (三年計畫)	ITRI	能源局	91	-貨車加裝導風板省油效益之測試評估、宣導與補助規劃 -評估分析車輛新技術應用對耗能之影響(複合動力車輛、柴油內燃機車輛、低風阻造型設計、輕量化車體材料) -各國運輸部門能源使用狀況與採行提昇能源使用效率措施比較、並提出我國車輛能源改善建議。 -建立車輛耗能研究網站資訊架構及將計畫執行成果及相關資訊規劃上網 -使用中車輛耗能評估模式規劃
				92	-建立機車耗油評估模式及資料庫 -機車全生命週期耗能分析研究(能源、環境負荷) -提昇機車能源使用效率新技術研究分析比較 -非轎式、非旅行式小客車法規耗能測試及實驗道路燃油消耗差異比較研究 -貨櫃車加裝側翼及導風板節能效率測試研究 -建立非轎車式、非旅行式小客車及機車耗能預測與評估 -我國與先進國家運輸部門能源使用狀況及車輛耗能效率提昇管理措施比較，提出我國車輛

項次	計畫名稱	執行單位	委託單位	執行年度	執行成果(與能耗相關部份)
					能源改善建議 -車輛耗能網站內容擴建及維護，規劃省能運具及方法之宣導及推廣 -車輛燃油經濟性狀況問卷調查 -高速公路收費站影響燃油經濟性評估
				93	-完成使用中商用車(小客貨兩用車及 3.5 噸以下小貨車) 耗油評估模式及影響耗能相關因素 -完成使用中機車、小客車、大客車、大貨車、小貨車、小客貨兩用車耗油評估 -複合動力小客車全生命週期能源分析 -影響車輛耗能相關因素評估 -比較先進國家與我國運輸部門能源使用狀況與採行提昇能源使用效率措施比較，提出我國車輛能源改善建議 -車輛耗能研究計畫執行成果及相關資訊網站建立
6	車輛耗能管制驗證核章作業(三年計畫，92~94)	ITRI	能源局	92	-車輛油耗指南編印 -完成美日歐洲及我國車輛耗能測試結果比較及各主要國家車輛油耗指南分析 -提出我國加入 WTO 後現行車輛耗能管制法規修改建議報告 -提出我國車輛燃油標籤建議報告
				93	NA
				94	NA
7	車輛耗能管制驗證核章作業 (三年計畫 94~97)	ITRI	能源局	94/95	-車輛耗油指南編印，每月將最新車型資料公布於能源局網站 -完成美日歐洲及我國車輛耗能測試結果比較及各主要國家油耗指南分析報告 -完成「我國車輛檢測實驗室與歐盟政府認可車輛檢測實驗室執行歐盟油耗污染測試相關性比較報告」
				95/96	NA
				96/97	NA
8	建立低耗能車輛測試程序與耗能影響因素評估及省能車推廣策略研究(未能取得報告)	ITRI	能源局	93~94	1.低耗能車輛相關節能技術研究 (1)低耗能複合動力車燃油經濟性測試程序資料蒐集與法規測試程序修正建議 (2)複合動力車節能效率研究 a.蒐集國外複合動力車能源效率評估資料 b.複合動力車燃油經濟性影響因子研究 (含開空調、開頭燈、行車型態、保養前後以及耐久影響) (3)柴油小客車節能效率研究 a.蒐集國外柴油小客車能源效率評估資料 b.柴油小客車燃油經濟性影響因子研究 (含開空調、開頭燈、行車型態、保養前後以及耐久

項次	計畫名稱	執行單位	委託單位	執行年度	執行成果(與能耗相關部份)
					影響) (4)世界(歐、美、日)先進車輛節能技術推廣現況研究 (5)汽車 Idling Stop 技術評估研究 2.車輛節能資料庫建立 (1)汽油車使用空調影響(不同車型、不同溫度以及不同行車型態)耗能研究 (2) 建立公路運輸部門長期能源統計資料庫 a.我國汽、機車能源效率及能源使用情形 b.我國汽、機車各項統計初級(實驗測試數據)、次級(問卷調查與引用文獻)資料 3.節能宣導及法規研究 (1)研擬汽、機車節能標章可行性，並提出汽、機車節能標章辦法草案 (2)與相關單位合作推廣汽、機車節能標章 (3)汽機車 CO2 管制措施研究 (4)低耗能車輛獎勵補助辦法研究 (5)車輛耗能研究網站維護更新
9	進口車輛耗能管制核章作業	ITRI	能源局	90	NA
10	車輛耗能效率提升研究	ITRI	能源局	90，92	NA
11	進口車輛耗能管制核章及車輛耗能標準研究	ITRI	能源局	88	NA
12	進口車輛耗能管制核章及機車耗能標準研究	ITRI	能源局	87/88	NA

註：ARTC為財團法人車輛研究及測試中心；ITRI為財團法人工業研究院機械所。

資料來源：本計畫整理

表 3.1-2 車輛燃油經濟性測試方法

項次	測試內容	測試方法
1	道路測試 VS 實驗室測試	<p>透過製造廠、保養站、或網站方式取得測試車輛以現行耗能測試方法，依 FTP75 測試程序進行市區及高速行車型態耗能測試，建立基準值</p> <p>由車主依既有之開車習慣及行駛路線進行至少一個月的追蹤調查各車主於車輛行駛前及行駛後均填寫起訖時間、地點、里程錶數，加油時亦填寫加油數量(盡量加至滿油位)</p> <p>先依加油記錄計算各車之實際道路燃油經濟性分別計算實際道路及實驗室之平均燃油經濟性，比較車輛於實驗室及實際道路上行駛平均燃油經濟性之差異係數。</p>
2	空調使用對燃油經濟性之影響	<p>測試方法依現行之行車型態測試(美國 FTP75 測試)。</p> <p>依現行法規調整測試溫度於 25℃(按現行規定為 20℃~30℃) 後，在不開啟車輛空調及車上不不要的開關狀況下，進行第一次失去及高速行車型態耗能測試，以建立基準值。</p> <p>開啟車輛空調，環境設定同前項，進行第二次市區及高速行車型態耗能測試。</p> <p>調整測試室溫約 35℃，模擬夏天戶外高溫度，開啟車輛空調，進行第三次市區及高速行車型態耗能測試。</p> <p>分別比較第一、二次及一、三次耗能結果差異。</p> <p>重複上述測試流程，但測試場所由空調實驗室改為日照實驗室執行。</p>
3	商用車定期保養前後對燃油經濟性的影響	<p>以現行的行車型態，依美國 FTP75 測試程序進行保養前的市區及高速行車型態耗能測試，建立基準值。</p> <p>將測試車輛送至該車輛廠商所指定之保養廠，按該車輛所行駛之累積里程依車輛原製造廠的規定進行定期保養調整檢查。</p> <p>依美國 FTP75 測試程序進行保養後市區及高速行車型態耗能測試。</p> <p>分析比較車輛在定期保養前、後的燃油經濟性差異。</p>
4	商用車使用里程數年份對燃油經濟性的影響	<p>測試選區不同里程數車輛，採 FTP75 測試方法進行測試。</p> <p>分析比較使用中汽車不同行駛里程數對燃油經濟性之影響</p>

項次	測試內容	測試方法
5	商用車載重對燃油經濟性的影響	測量測試車的基本重量，選區滾動阻力及風阻係數，進行燃油經濟性量測，建立基準值。 每一輛測試車以基本重量加載重之 50% 與 100%，計 2 個不同重量，分別設定各重量的阻力。 以前項的不同負載設定，分別進行市區與高速耗能測試。 測試程序與方法採現行的 FTP75 行車型態
6	商用車行車型態對燃油經濟性的影響	先擬訂臺北市與高雄市行車型態測試程序，及測試設備之建制。 以同一輛車分別使用：(1)FTP75；(2)臺北市區及；(3)高雄市區等，三種行車型態模式，進行燃油經濟性比較測試。
7	商用車定速對燃油經濟性的影響	以同一輛車分別以定速度 10kph 至 110kph，進行耗能比較測試。 測試區間，每 20kph 為一測試點，如最高速度無法達到 110kph 時，則以油門全開為最大測試點，共 6 點。

資料來源：能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」，本計畫彙整

表 3.1-3 車輛耗能差異分析

耗能差異比較項目	測試結果
實際道路與實驗室測試	實際道路=0.786*實驗室測試
相同環境溫度下空調啟動差異	啟動空調耗能為不啟動空調 1.161 倍
車輛保養前後	無耗能差異，但有污染排放差異
車輛載重耗能差異分析	增加 100Kg 每公里耗能增加 0.72 公升
車齡與已行駛里程差異分析	無耗能差異，但有污染排放差異
臺北行車型態與 FTP75 市區行車型態耗能差異分析	臺北行車型態為 FTP 行車型態 1.186 倍
高雄行車型態與 FTP75 市區行車型態耗能差異分析	高雄行車型態為 FTP 行車型態 1.035 倍

資料來源：能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」，本計畫彙整。

在取得上述資料後，工研院依據下式推估臺灣地區小客車能源需求量：

$$\text{能源需求量} = \sum (\text{車輛數} \times \text{年行駛里程} \times \text{燃油效率} \times \text{修正係數})$$

式 3-3

其中，

車輛數 ：以中華電信數據分公司統計資料，

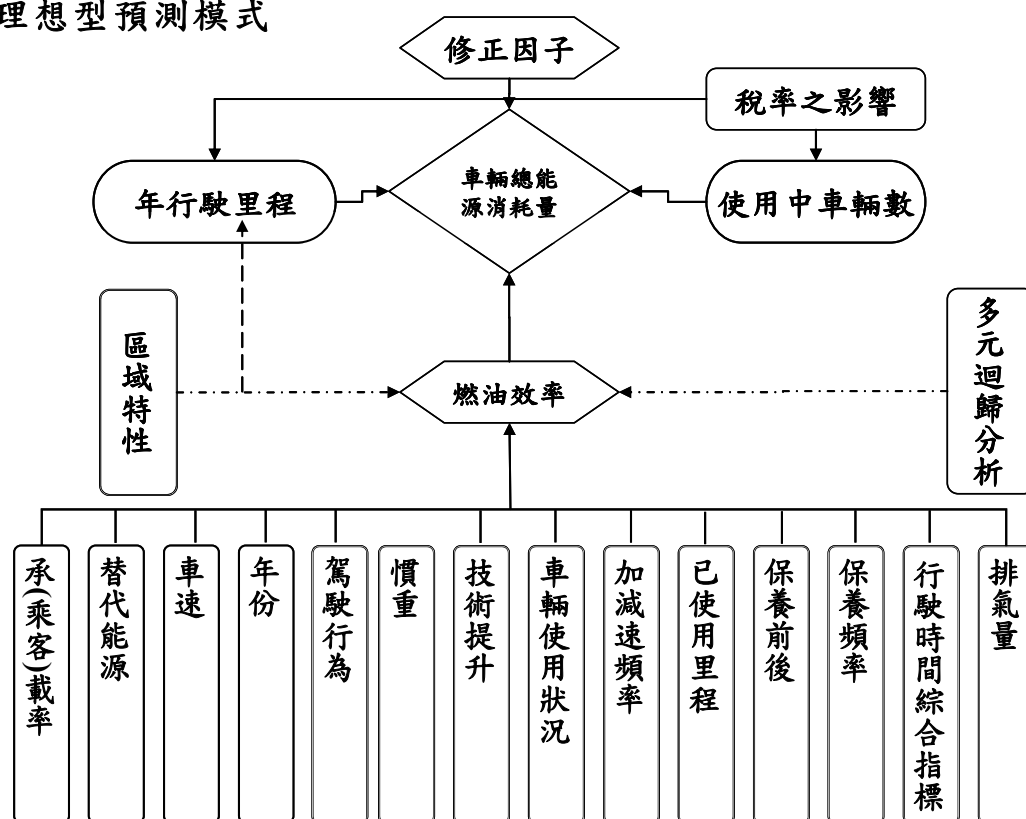
年行駛里程 ：依據車齡分佈推估各不同行駛里程，

燃油效率 ：依據實驗室測試結果，

修正係數 ：為實驗室測試與實際道路差異係數以及不同
 區域下行車型態其燃油效率修正。

在能耗推估模式的規劃，工研院所理想中的規劃模式，為了使得推估結果接近實際道路現況，因此須要考量許多不同的修正係數，其中包括了：(1)承(乘)載率；(2)替代能源；(3)車速；(4)年份；(5)駕駛行為；(6)慣重；(7)技術提昇；(8)車輛使用狀況；(9)加減速頻率；(10)已使用里程；(11)保養前後；(12)保養頻率；(13)行駛時間綜合指標及；(14)排氣量等 14 個會影響車輛能耗的外部因素。其理想型預測模式如圖 3.1.4 所示：

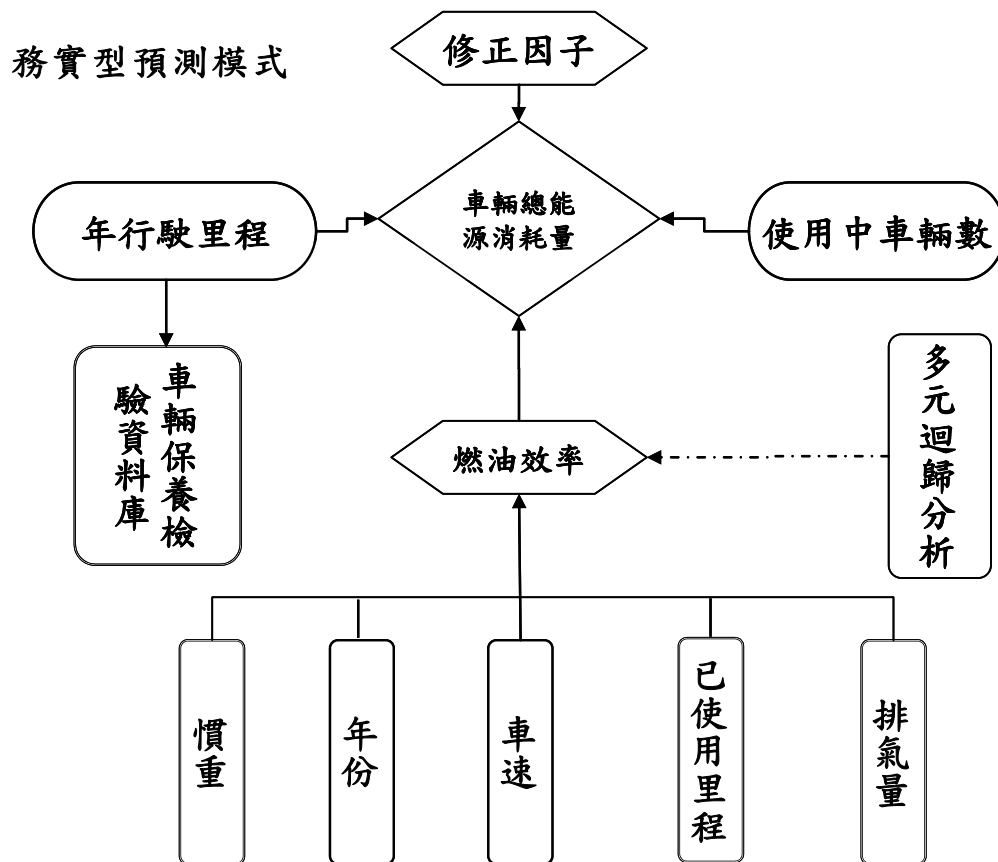
理想型預測模式



資料來源：能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」。

圖 3.1.4 理想型車輛能耗預測模式

雖然理論上有了上述數據便可以準確的預測車輛能耗，但是其架構過於理想，許多需要的修正參數目前並無相關資料。在既有之資料有限，且部份數據須要增加其他實驗才能取得之情況下，工研院退而求其次，運用了先前實驗中取得之數據，擬定了稱之為「務實型」車輛能耗預測模式，其架構中大量減化所需要之修正參數，除刪除由實驗中證明對車輛能耗無明顯影響之因素外，另外也剔除了尚未取得之資料。參數由原本的14項，減至剩下：(1)慣重；(2)年份；(3)車速；(4)已使用里程；及(5)排氣等5項內容，其架構如圖3.1.5所示：



資料來源：能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」。

圖 3.1.5 務實型車輛能耗預測模式

3.1.3 其他相關研究成果

針對單一車輛運轉狀態之燃油經濟性的影響因素，除了能源局相關研究以外，針對運輸部門能源消耗量的研究，也有相關因素的探討。茲以表 3.1-4 及表 3.1-5，彙整國內相關文獻的研究成果，並摘述幾項重要研究如下。

表 3.1-4 運具燃油效率相關文獻

編號	作者	主要內容
1	曾國雄等 (1985)	根據分析各項影響能源消耗特性因子及調查實際車輛使用狀況，以建立推估車輛燃油效率相關模式。 影響貨車燃油效率因素有三：第一為車輛因素、第二為道路因素、第三為駕駛因素 結果顯示，乘載率會影響運具之能源密集度；機車之能源密集度不受道路特性及交通狀況影響。
2	韓復華等 (1987)	認為影響小客車市區油耗因素，包括車速、坡度、彎曲度、鋪面、交通量、停等延滯及停等次數等。
3	馮正民等 (2000)	多數污染物的排放與行車速度有密切關係，且在低速行駛時排放量最高，但 NO _x 則是在速度高時排放量較大

資料來源：能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」，本計畫修改

表 3.1-5 運具耗能與污染排放推估文獻

編號	作者	主要內容
1	曾國雄等 (1985)	利用迴歸分析推估運輸部門未來之運量及能源需求量
2	白仁德等 (1989)	以行駛速率為自變數建立機車之油耗及污染排放推估模式。
3	韓復華等 (1989)	以行駛時間為自變數建立大客車之油耗模式
4	張有恆等 (1991)	以行駛時間為自變數推估不同道路系統之油耗推估。
5	藍武王等 (1992)	利用迴歸分析進行參數校估，建立小客車污染排放、油耗及劣化特性模式。
6	曾國雄等 (1987)	建立 TMDC 模式，且進行模式驗證，比較不同引擎型式之機車在 TMDC 與 EDC 之間差異
7	李堅明等 (1999)	以問卷調查各種運具使用狀況，並以線性迴歸分析檢測運量與能源消費之關聯性。
8	盧昭輝等 (1999)	參考美國 EPA 之 MOBILE 5 模式，探討使用中機車、新車及大排氣量機車之污染排放推估。
9	蕭再安等 (2003)	透過實驗室測試及追蹤調查方式分析車輛燃油效率，來進行不同運具之油耗推估。

資料來源：能源局93年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」

1. 曾國雄(1985,1987)

國內最早執行運具燃油效率相關研究的為曾國雄等(1985)，其研究中指出影響貨車燃油效率因素有三：第一為車輛因素、第二為道路因素、第三為駕駛因素。此外，研究中分析各項影響能源消耗特性因子及調查實際車輛使用狀況，以建立推估車輛燃油效率相關模式。綜整曾國雄(1985) 針對貨車與客運車輛之乘載特性與油耗特性研究中，分析結果如下：

- (1) 影響客、貨車燃油效率因素，包括道路特性、交通狀況、車輛狀況及車輛使用狀況等因素；機車燃油效率因素則較不受道路特性與交通狀況影響。
- (2) 乘載率影響客運車輛之能源密集度。

另外曾國雄在其 1987 年對公路之未來運量與能源需求研究中，分別針對自用車輛（含機車、自用小客車、營業小客車、自用大客車）、營業大客車（含台汽客運、民營客運、縣市公車）推估其運量與能源需求之關係。但這份研究中並未針對車輛本身的特性，探討影響燃油效率之影響因素，而是運用車輛燃油效率值（以延車公里為單位），推估運輸部門的能源需求。

自用車輛部分以平均國民所得作為解釋變數來預測車輛持有數，並利用車輛持有數與月平均行駛里程以及不同車種修正係數推估不同車輛之延車公里，以此運量與車輛燃油效率推估自用車輛能源需求；營業大客車部分以臺灣地區總人口數作為解釋變數，進行延人公里運量推估；依據各種車輛之燃油效率及乘載率轉換成能源密集度，再推估能源需求量。

公路貨運部份，則以產業運量進行能源需求推估，並將產業分為九大類別，以國內生產毛額作為解釋變數，對於個別產業進行運量預測，並將個別產業運量指派至汽油小貨車、柴油小貨車及大貨車三種運具，依據各種車輛之燃油效率及承載率轉換成能源密集度，再推估個別產業能源需求量。

2.韓復華（1987）

韓復華(1987) 針對臺灣地區小客車為研究對象，以車輛持有、交通車流、駕駛行為、交通管制措施及環境條件因素，進行實際道路車輛油耗分析。分析結果可歸納出影響小客車油耗之因素為車速、坡度、彎曲度、鋪面、交通量、停等時間及停等次數等。

3.馮正民等(2000)

馮正民等(2000)於評估電子道路定價與車輛持有管制政策的成本有效性之研究中，採用循序性總體需求模式(sequential aggregate demand model)做為交通規劃模式，並運用 TransCAD 軟體進行交通預測，以路段的平均車速乘以該路段之里程數後所求得之車行里程數(VKT)，配合中鼎工程公司之 Mobile-Taiwan2.0 移動源排放模式所推估之排放係數，用以推估各管制對策之污染排放量。結果顯示多數污染物的排放與行車速度有密切關係，且在低速行駛時排放量最高，但 NO_x 則是在速度高時排放量較大。

4.蕭再安（2003）

蕭再安(2003)，依據工研院機械所研究，對於使用中小客車、機車、非轎式非旅行式車輛(休旅車)所進行實驗室測試資料，針對機車與非轎式非旅行式車輛以排氣量、慣重、以行駛里程為解釋變數進行多元迴歸分析，並以排氣量區分機車與非轎式非旅行式車輛其經濟速率，由車輛年平均持有數、年平均行駛里程、平均燃油效率、各項修正係數如下，實際道路與實驗室差異、不同地區行車型態差異，以結構式模式對於民國 91 年全年機車、小客車、非轎式非旅行式車輛、大客車、大貨車能源需求量，其推估模式為：

$$FC_{year} = \sum_{k=1}^i (N_k \times AM_k \times E_k)$$

式 3-4

其中

FC_{year} : 全年總油耗

N_k : 第 k 種運具數量；

AM_k : 第 k 種運具平均行駛里程；

E_k : 第 k 種運具能源密集度，能源密集度為燃油效率倒數；

i : i 種運具。

此結構式模式對於民國 91 年全年機車、小客車、非轎式非旅行式車輛、大客車、大貨車能源需求量，以機車能源需求 2,393.5 千公秉為最多，以非轎式非旅行式車輛(休旅車) 614.54 千公秉為最少，主要在於對公路運輸部門依據車輛用途推估其能源需求量。

3.2 車輛污染排放特性之研究成果

3.2.1 法定測試程序

1. 背景資料

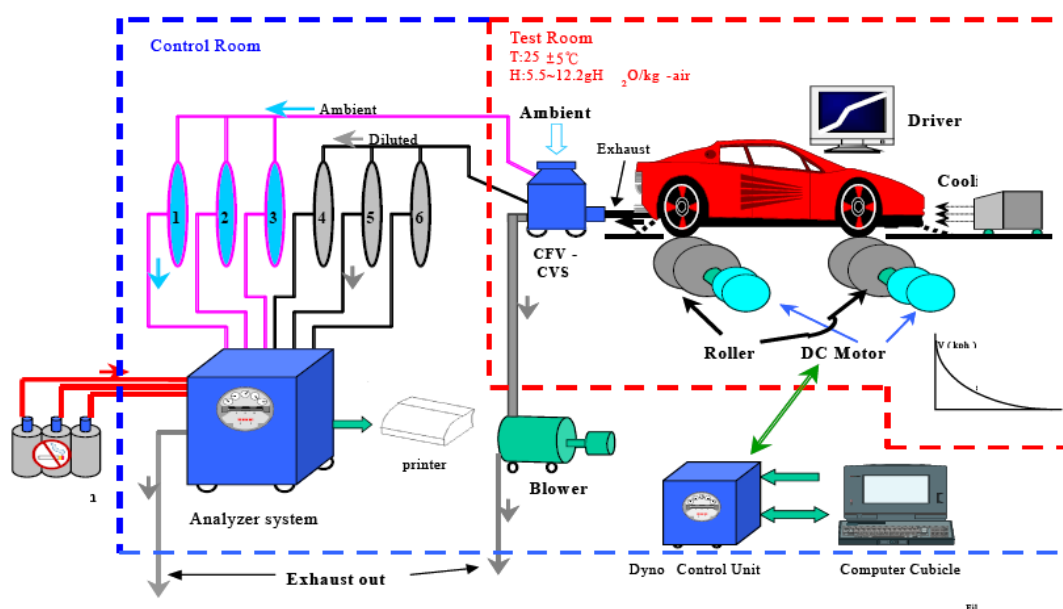
根據環保署研究報告，車輛管制的排放污染物主要是一氧化碳(CO)、碳氫化合物(HC)、氮氧化物(NOx)和粒狀污染物(PM)等。對於汽油車、柴油車、機車、輕型貨車等均採用之重量法(即平均每行駛一公里排放多少公克的污染物，g/km)作為其測試方法。重型客貨車則是以引擎裝置在引擎動力計上進行測試，排放污染物的計量單位是每馬力每小時排放多少公克的污

染物(g/bhp-hr)。環保署各式車種新車之審驗管制項目如表 3.2-1 所示，汽車污染測試設備如圖 3.2.1 所示：

表 3.2-1 環保署新車型審驗管制項目

車輛種類	排放物管制項目	測試方法
汽油車	重量法：CO，NMHC、NO _x 濃度法：CO，HC 油箱化油器蒸發：HC 曲軸箱吹漏氣：HC	行車型態 惰轉 SHED 測試方法 CNS11496
機車	重量法：CO，HC+NO _x 濃度法：CO，HC 油箱化油器蒸發：HC 曲軸箱吹漏氣：HC	行車型態(CNS11386) 惰轉
柴油車 重型客貨車	重量法 CO，NMHC，NO _x ， PM 黑煙(污染度%)	US Transient Cycle 儀器測定 CNS11644，11645)
輕型貨車	重量法 CO，NMHC，NO _x ， PM 黑煙(污染度%)	行車型態 (LA-4) 儀器測定 CNS11644，11645)

資料來源：行政院環保署「交通工具空氣污染物排放標準」



資料來源：環保署 94 年「執行汽油引擎汽車新車型審驗、新車抽驗及使用中車輛召回改正調查測試專案工作計畫」

圖 3.2.1 汽車污染測試設備示意圖

2. 測試內容

目前國內法定之污染排放檢測方式與能耗類似，主要採用美國 FTP75 測試方式，檢測方式詳見前節所述。

3.2.2 環保署研究成果

國內車輛污染相關計畫主要由行政院環保署委辦執行，其內容與本計畫內容相關的主要可區分為(1)汽油引擎汽車新車型審驗及新車抽查；(2)柴油引擎汽車新車型審驗及；(3)車輛污染排放預估模式等三部份。過去幾年主要負責執行上述計畫之單位包括了：(1)工研院機械所(汽油引擎汽車)；(2)車輛測試中心(柴油引擎汽車)；及(3)中鼎工程顧問公司(車輛污染排放推估模式)。由於上述研究計畫計畫主要為延續性計畫，因此僅針對其較新之進度做介紹，與本計畫相關之內容如表 3.2-2 所示：

表 3.2-2 本計畫相關之計畫及其計畫內容

項次	計畫名稱	執行單位 (年度)	與本計畫相關之內容
1	執行 94 年度汽油引擎汽車新車型審驗、新車抽驗	ITRI (94)	-汽油車空氣污染物排放總量推估模式之驗證及評估分析 -維護及更新汽油汽車排放污染管制資料庫，評估並規劃上網申請審驗合格證明之可行性 -移動污染源排放量推估模式與驗證方法討論會
2	複合動力低污染車輛推動方案暨汽車排污檢驗機制建置評估專案工作計畫	ITRI ARTC (94)	-參考國外車上診斷系統(OBD)檢驗制度之推動經驗及召開專家學者諮詢會議 -完成我國汽油車 OBD 檢驗制度之推動方式及細部作業期程規劃及汽油汽車新車型車上診斷系統(OBD)測試程序與規範(草案)。 -完成一輛車之 OBD 系統功能對法規規定之驗證測試，以建立國內 OBD 系統功能之驗證測試技術及召開一場技術研討會。 -完成汽油車第四期排放標準之檢驗設備需求規範及完成估算一套四輪傳動檢驗室 -協助工研院機械所規劃完成增設一套汽油汽車行車型態測定功能之廢氣排放檢驗站。 -協助環保署輔導審查台朔汽車公司及裕隆汽

項次	計畫名稱	執行單位 (年度)	與本計畫相關之內容
			車公司檢驗室，於 2005/04/01 開始執行法規檢測服務 -輔導審查春元公司新建之廢氣排放檢驗站於 2005/05/20 日開始執行法規檢測服務。
3	柴油汽車第五期排放標準訂定專案工作計畫	ARTC (94)	-完成國內現有污染測試設備與歐美日各國法規對測試設備要求之差異分析。 -針對車輛配置電子車身穩定裝置、限制轉速功能及恆定四輪驅動裝置等，提出柴油汽車排煙檢測程序修定建議。 -擬定排放標準草案，草案適用於小客車、輕型貨車及重型柴油引擎，建議內容包含排放標準值、油品規範、實施時程、測試方法及相關測試設備要求。
4	執行柴油引擎汽車新車型審驗、新車抽驗及使用中車輛召回改正調查測試專案計畫	ARTC (94)	-評估及建立國內移動污染源空氣污染物排放總量推估模式：蒐集分析柴油汽車資料，包含行駛里程、柴油車數量並利用實車驗證進行基本排放係數之修正。獲得具體驗證結論並建立完整且合適之排放總量推估模式。(修改自美國 Mobile5，中鼎為 mobile-Taiwan) -維護及更新柴油汽車排放污染管制資料庫，並規劃審驗作業資料電子化格式按月維護及更新柴油汽車排氣管制資料，年度分析彙整審驗污染值資料，以及新車抽驗測試結果資料。完成申請審驗合格證明所規定之相關資料電子化格式作業系統，並完成評估審驗作業電子化之可行性。
5	柴油小客車節能效率以及汽機車 Idling Stop 技術評估研究計畫	ARTC (94)	針對國內、外現有行車型態之使用模式及車輛燃料經濟性影響因子研究（包含無空調、頭燈及保養前後、行車型態對耗能影響），並且在實驗室中完成三萬公里之累積里程，完成臺灣地區本土性耗能行車型態及耐久里程累積之影響，結果顯示行車型態的平均速度及單位距離正加速度動能 PKE，為影響油耗及污染排放最重要的參數，而實車 3 萬公里之里程耐久累積對於耗能並無影響。

資料來源：本計畫彙整

3.3 地區車流要素：車行車型態相關研究

行政院環境保護署近年積極管制交通工具所排放的污染物，以降低各污染物對環境的衝擊，此項績效是建立於車輛污染排放總量的正確推估。

移動車輛的污染物排放與使用者的駕駛狀況有很大的關係，而影響到使用者的駕駛情況，不外乎當地的交通狀況、車輛特性及使用者特性等等。若當地的交通長時間處於擁擠狀態，可以預期車輛大部分時間是在走走停停的狀態，車行平均速度低，且停等的時間比例大。反之，若當地人車較少，車行速度便會提高，停等的機會也會減少。因此要正確推估地區的污染排放量，應使用符合當地環境之車輛污染排放係數，如此，測試所需的行車型態必須能夠代表當地交通環境。目前我國所使用的行車型態測定方式係參考美國 FTP75 冷啟動測試，所使用的行車型態是美國於 30 年前調查洛杉磯之行車狀況所建立而成，對於是否能代表臺灣之行車狀況備受質疑。

為此，環保署首先於民國 85 及 86 年委託春鉅科技及歐怡科技有限公司執行臺北市及高雄市兩都會區行車型態建構。近年又於民國 92 年，委託道成國際工程顧問股份有限公司，執行臺灣地區汽車污染現況調查及代表性行車型態相關性測試計劃，執行之工作包括臺灣地區代表性行車型態調查，利用追車及樣本資料統計分析，建立包括臺北、臺中及高雄等市區行車型態。由於交通狀況受時空背景影響，所以越近期調查的行車型態越具代表性。以下謹就民國 92 年所發展之臺灣地區代表性行車型態作介紹。

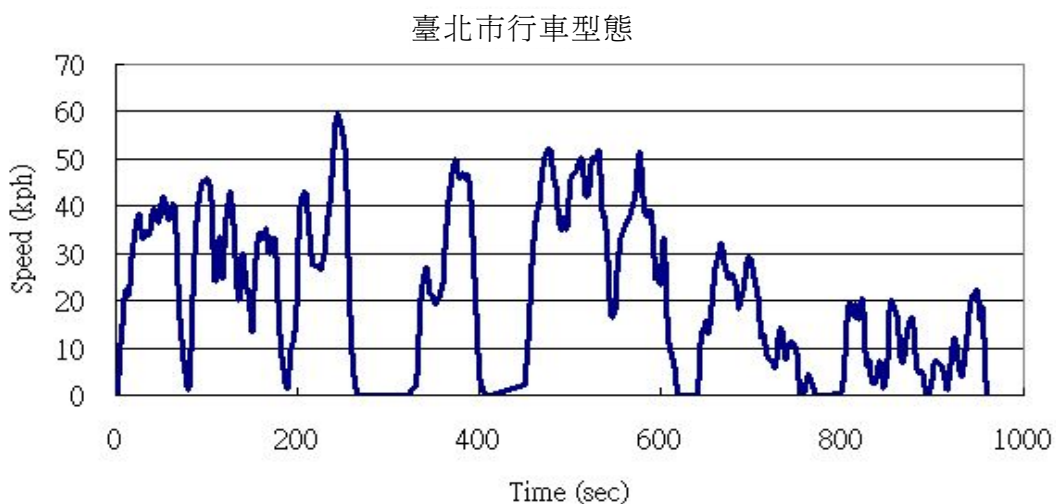
道成公司執行臺灣地區表性行車型態建立時，樣本的取得方式是以裝有車速記錄器之實驗車在代表性城市之主要道路附近，隨機選取一輛即將啟動之車輛進行追車，直到該車輛停止，而車輛停止處即為當日第一次調查的起點，一樣在附近隨機選取啟動之車輛進行追車，直到該車停止，而停止地點為下

一筆樣本起點。若當中追丟或者樣本的旅行時間過短，則捨棄該次樣本，實驗車停車，在附近等待即將啟動的車輛為追蹤對象，屬於起迄追車法。

3.3.1 我國北中高三城市之行車型態

1. 臺北市行車型態

臺北市行車型態，如圖 3.3.1，總時間為 956 秒，分為 8 個區段，其中最高速度為 59.9 km/h，最大加速度為 6.23 km/h-s，平均速度 20.48 km/h，平均加速度 1.42 km/h-s，停等時間比例 9.79%。而春鉅及歐怡公司於民國年所建立之臺北市行車型態，平均速度 18.6 km/h，平均加速度 3.02 km/h-s，停等時間比例為 29.1%（資料來自環保署臺北都會區車輛行車型態及平均排放係數計算程式建立及更新計畫）。兩者比較，雖然平均速度差異不大，但民國年所建立之臺北行車型態，其停等比例較大，且平均加速度也高於民國 92 年所建立之行車型態，顯見在民國 85 年的交通狀況較差，車輛有較長的停等時間，並且常處於加減速的狀態下，可能與當時臺北市捷運仍有部分路段處於施工狀態有關，或者由於捷運的完工，紓解臺北市的交通狀況。

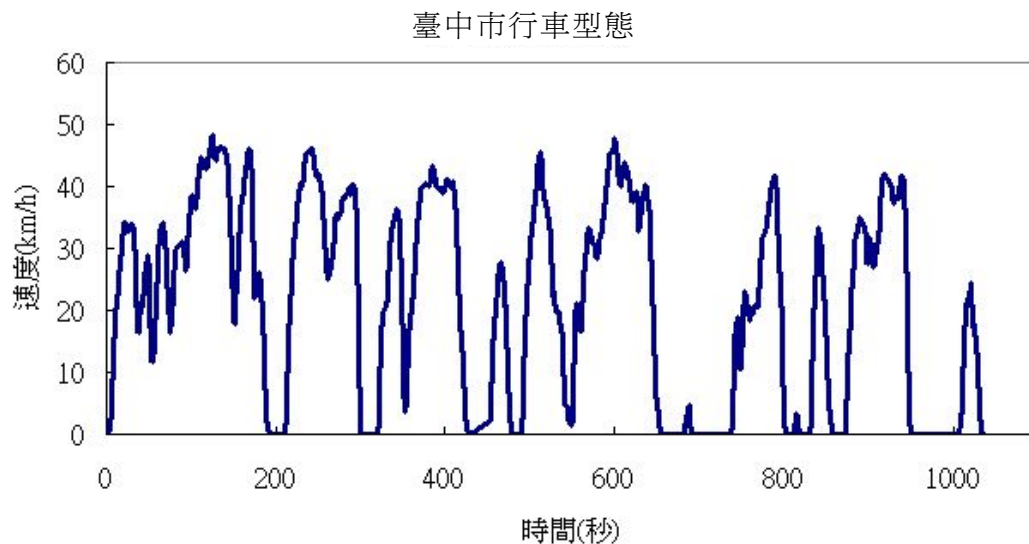


資料來源：93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』。

圖 3.3.1 臺北行車型態

2. 臺中市行車型態

臺中市的車型態，如圖 3.3.2，總時間為 1032 秒，為三個行車型態最高，分為 9 個區段，平均速度 21.15km/h，最高速度 48.30km/h，平均加速度 1.56km/h-s，停等比例為 22.32%。

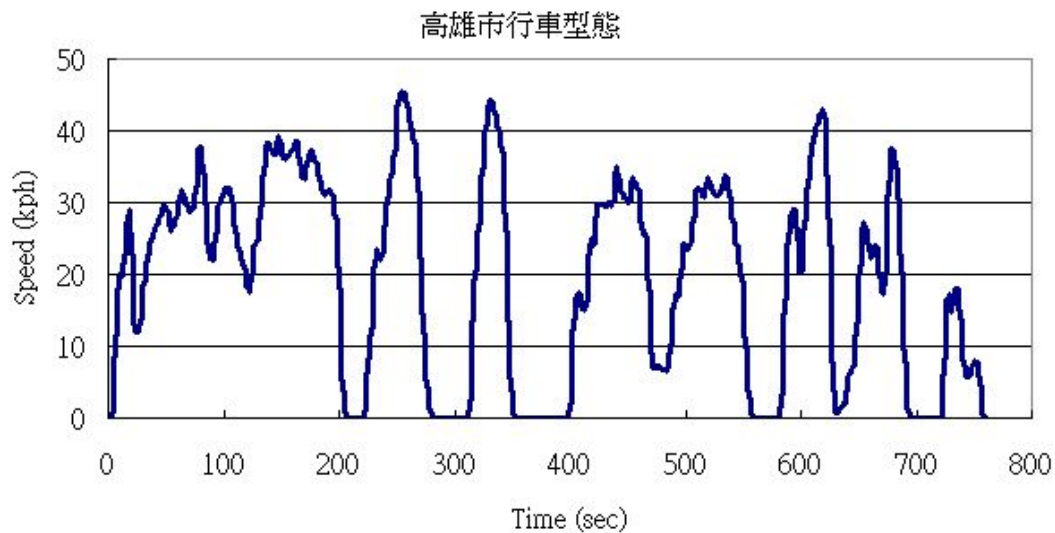


資料來源：93 年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』。

圖 3.3.2 臺中市行車型態

3. 高雄市行車型態

高雄市行車型態，如圖 3.3.3，總時間較臺北市行車型態來的短，總共 757 秒，分為 6 個區段，最高速度為 45.70km/h，最大加速度為 7km/h-s，平均速度 19.42km/h，平均加速度 1.65km/h-s，停等時間比例 20.53%，相較於同時期（民國 92 年）臺北市的行車型態，除了最高速度較低，停等時間的比例較長外，其餘特性幾乎無差距。民國 86 年春鉅及歐怡公司受環保署委託建立高雄市之行車型態，其平均速度為 32.6km/h，最高速度為 68km/h，停等時間比例為 17.0%，顯見高雄市近年的交通狀況較民國 86 年來的擁擠。



93 年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』。

圖 3.3.3 高雄市行車型態

3.3.2 行車型態之比較分析

最常用於分析行車型態的方式，便是求取整個型態的平均速度，其求法是總行駛里程除以總型態時間，利用這樣的關係可求得臺北市行車型態的平均速度為 20.48km/h，高雄市行車型態的平均時速為 19.42 km/h，臺中市則為 21.15km/h，並以表 3.3-1 比較三者之特性差異。

表 3.3-1 國內行車型態比較

特性 \ 行車型態	臺北市	臺中市	高雄市
型態時間 (秒)	956	1032	757
行駛里程 (km)	5.46	6.08	4.10
平均速度*1 (km/h)	20.48	21.15	19.42
平均速度*2 (km/h)	22.76	27.18	24.40
最大速度 (km/h)	59.90	48.30	45.70
最大加速度 (km/h-s)	6.23	6.70	7.00
平均加速度 (km/h-s)	1.42	1.56	1.65
最大減速度 (km/h-s)	7.30	9.60	10.40
平均減速度 (km/h-s)	1.52	1.78	1.55
區段數	8	9	6
停等比例 (%)	9.79	22.32	20.53

註：*1 含停等(總里程/總時間) *2 不含停等(總里程/總行駛時間)

資料來源：93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』。

張靖（民國 76）旅次長度與使用冷氣對市區行車耗油影響之研究中提到單位距離的油耗（cc/km）與單位距離的行駛時間（sec./km）為一次關係式，由此推論車輛的油耗（km/l）與平均速度成正比關係，依照其研究結果，以國內三種行車型態進行測試，其油耗的表現應該差異不大。經濟部能源局 93 年度使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫中，利用商用廂型車進行 FTP75、高雄市及臺北市行車型態油耗測試，其中臺北市及高雄市的測試部分，除使用行車型態不同外，其他測試條件，包括測試前靜置時間限制，環境要求等皆與 FTP75 相同。

對照臺北市.VS. FTP75 及高雄市.VS.FTP75 的結果，利用臺北市及高雄市行車型態進行商用廂型車油耗測試，其結果是相當接近。FTP75 行車型態測試結果每公升可跑的里程數較高，平均速度 FTP75 也高於國內兩個行車型態，以 FTP75 測試油耗值為基準 1，各行車型態測試油耗值比較結果如表 3.3-2。

表 3.3-2 平均速度與油耗關係

速度及油耗 行車型態	平均速度（km/h）	油耗比
美國 FTP75	31.7	1
臺北（92）	20.5	0.7721
高雄（92）	19.4	0.7731
臺北（85）	18.6	0.8143
高雄（86）	32.6	0.9645

資料來源：93 年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

另對照 90 年度經濟部能源局以小客車測試的結果，因當時所使用的臺北市及高雄市行車型態，為民國 85 及 86 年環保署委託春鉅與歐怡公司建構之行車型態，所以與 92 年所建構之行車型態不同，高雄行車型態平均速度為 32.6 km/h(92 年為 19.42 km/h)，臺北行車型態為 18.6 km/h(92 年為 20.48 km/h)，使用這兩種行車型態進行油耗測試並且與 FTP75 行車型態的測試值作比較，臺北行車型態平均速度低於 FTP75 行車型態，所以油耗

低於 FTP75 的測試結果；而高雄市行車型態與 FTP75 的平均速度接近，最後測試結果也幾乎無差距。顯見，行車型態的平均速度是影響油耗測試結果的重要參數，惟以上之結果皆是汽油汽車油耗測試，柴油車則無相關資料可比對。另外，目前無任何以臺中市行車型態執行油耗的結果，無法更有力證明行車型態平均速度與油耗間的關係。

初步來看三個城市行車的平均速度並無太大差異，但平均速度是一個巨觀的結果，無法詳細比較出各行車型態間的差異。Kuhler 及 Karstens 於 1978 年提出十項參數來檢視駕駛曲線 (driving cycle)，其中包括平均速度、平均速度 (不含停等)、平均加速度 (加速度大於 0.1m/s^2 者)、平均減速度 (減速度大於 0.1m/s^2)、平均加減速轉換次數、停等的時間比例、加速度 (加速度大於 0.1 m/s^2 者) 的時間比例、減速度 (減速度大於 0.1 m/s^2 者) 時間比例、等速度 (加減速小於 0.1 m/s^2 者) 時間比例。

Wing-Tat Hung(2005)等人利用上述特性及加速度之均方根、正加速度動能及速度與加速度的矩陣 SAPM (speed acceleration probability matrices) 來檢視珠江三角洲三個城市：香港、珠海及澳門的行車情況，以比較三者間的微觀異。以下亦就各項參數分析國內三個城市的行車型態，摘述如下。

1. 平均加速度

將三個地區每間隔一秒鐘速度的變化取出，為加速度，取加速度大於 0.1km/h-s 的加速度值總合除於加速度狀態總時間則為平均加速度，其中，高雄市的平均加速度為 1.6486km/h-s 最高，臺中市的平均加速度 1.5590 km/h-s 次之，臺北市平均加速度則為 1.4244km/h-s ，彼此間的差異不大。

2. 平均減速度

如同加速度的推算方式計算平均減速度，取減速度低於 0.1km/h-s 的加速度值總和除以減速度狀態的時間總和。平均減

速度以臺中的減速度最高為 1.7764km/h-s，其次是臺北的 1.5502 km/h-s 再來則是高雄的 1.5235 km/h-s。大致而言，平均減速度高於平均加速度，在 Wing-Tat Hung 的研究裡，香港、珠海及澳門三地的平均減速度也是高於平均加速度的情況。

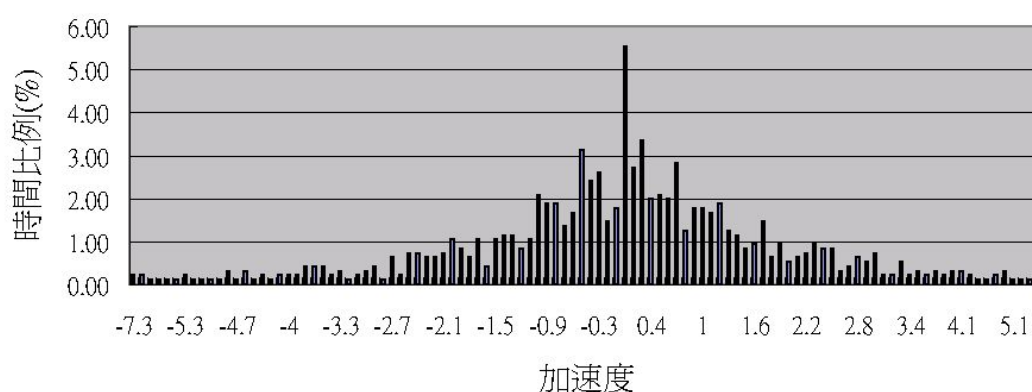
3. 加減速度分布

國內三個行車型態最大加速度以高雄市 7.00 km/h-s 最高，其次為臺中市的 6.70 km/h-s，臺北市則為 6.23 km/h-s，如表 3.3-2。將國內三個行車型態所有的加速度依 0.1 km/h-s 的間隔分段累計，則可以看出各行車型態加速度的分布狀況如圖 3.3.4 至 3.3-6。由各個加速度區間的比例長條圖，如圖 3.3.7 可以發現，國內三個行車型態，其加速度集中於-0.5~0.5 km/h-s 之間。

4. 加速度時間比例

將行車型態中屬於正加速度 $a > 0$ 狀態的時間累積，可以知道每個行車型態加速度狀態的時間比例。臺北市的行車型態有較多的時間比例處於正加速度的狀態，佔 42.6%，幾乎為型態時間的一半。臺中市加速度時間比例佔 38.2%，高雄市為 33.0%。

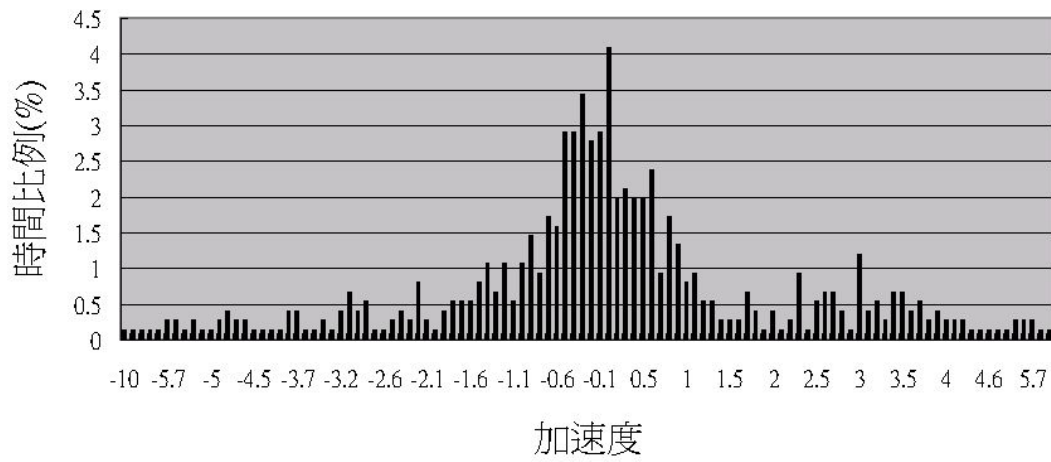
臺北市加速度分布



資料來源：93 年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

圖 3.3.4 臺北市行車型態加速度分布情形

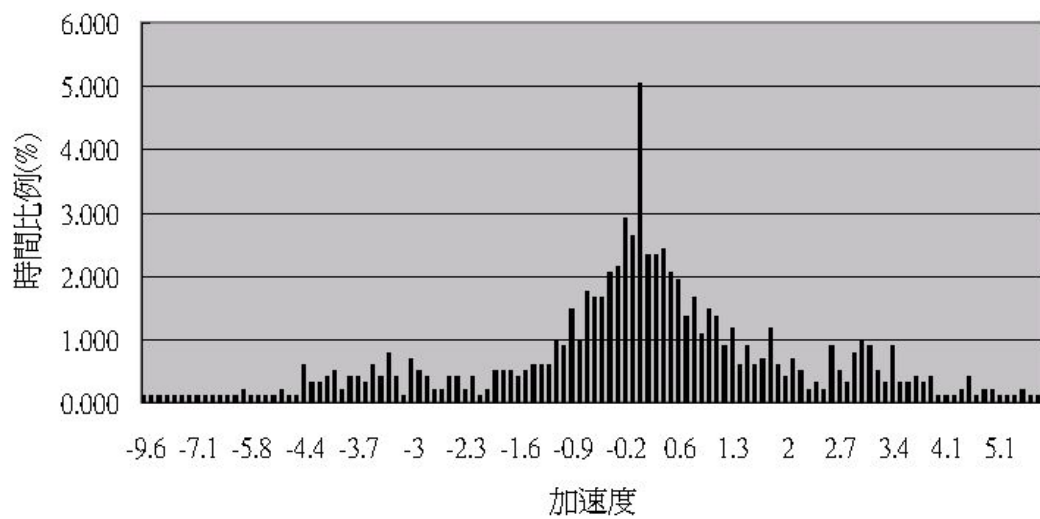
高雄加速度分布



資料來源： 93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

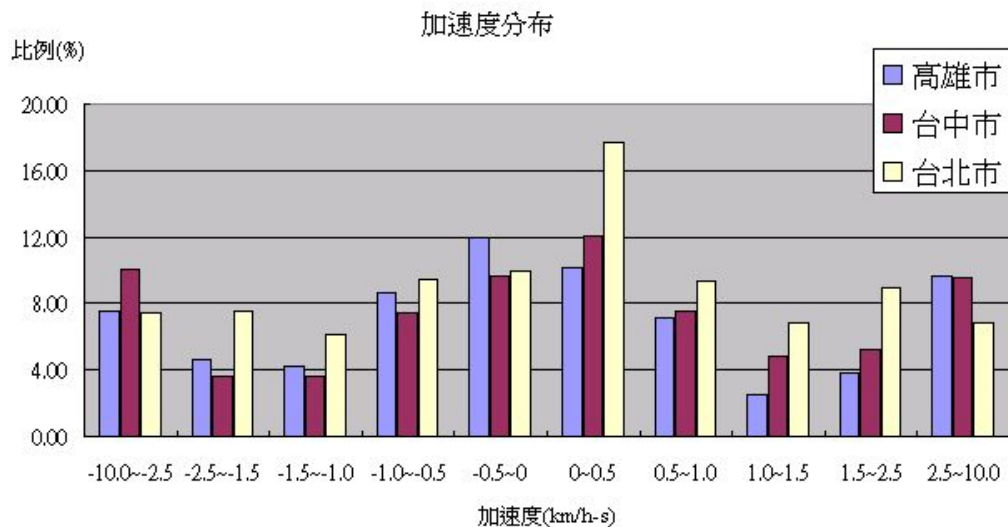
圖 3.3.5 高雄可 行車型態加速度分布情形

臺中市加速度分布



資料來源： 93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

圖 3.3.6 臺中可 行車型態加速度分布情形

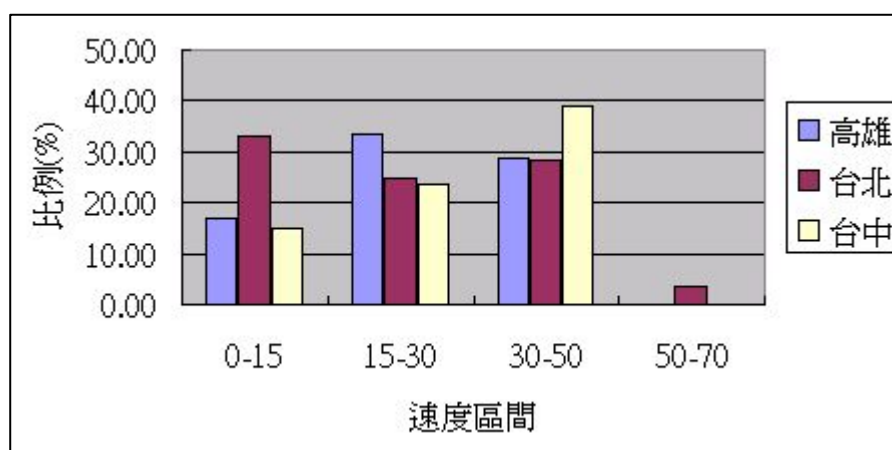


資料來源：93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

圖 3.3.7 三城市行車型態之加速度區間比例

5. 速度分布

將國內的每個行車型態依速度 0-15km/h、15-30km/h、30-50km/h 及 50-70km/h 四個區間切割，檢視各速度區間時間比例分布，如圖 3.3.8，臺北行車速度與其他兩個地區的最大差異在於速度在 0~15km/h 區間的比例較其他兩個地區來的高。而臺中的行車速度則以 30~50km/h 的比例最高。



資料來源：93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

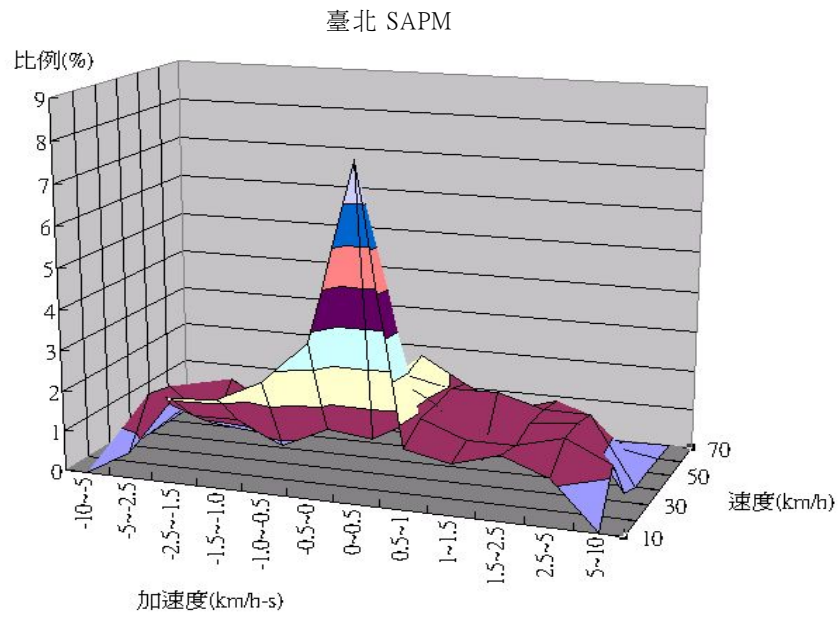
圖 3.3.8 三城市行車型態之速度區間比例

6. 速度與加速度矩陣(SAPM, speed acceleration probability matrices)

將加速度以大小及其時間比例繪製長條圖，可知國內三個行車型態的加速度較多出現在 0 至 0.5km/h-s，而速度分布則三個行車型態有不同的分布特性，臺北較集中於低速，而臺中則以高速出現比例較高。為了得知加速度出現在哪一個速度區間，將行車型態的速度、加速度及時間比例繪製成 3D 曲線圖，發現國內三行車型態有很大不同，加速度依舊以 0 至 0.5km/h-s 比例最多，但再以速度區分，臺北行車型態明顯集中在速度 0~10km/h，比例達 8%，10~60km/h 速度下加速度 0~0.5km/h-s 的比例都在 2%左右，無明顯差異，相較於其他兩行車型態，臺北市行車型態集中於低速作速度變換。

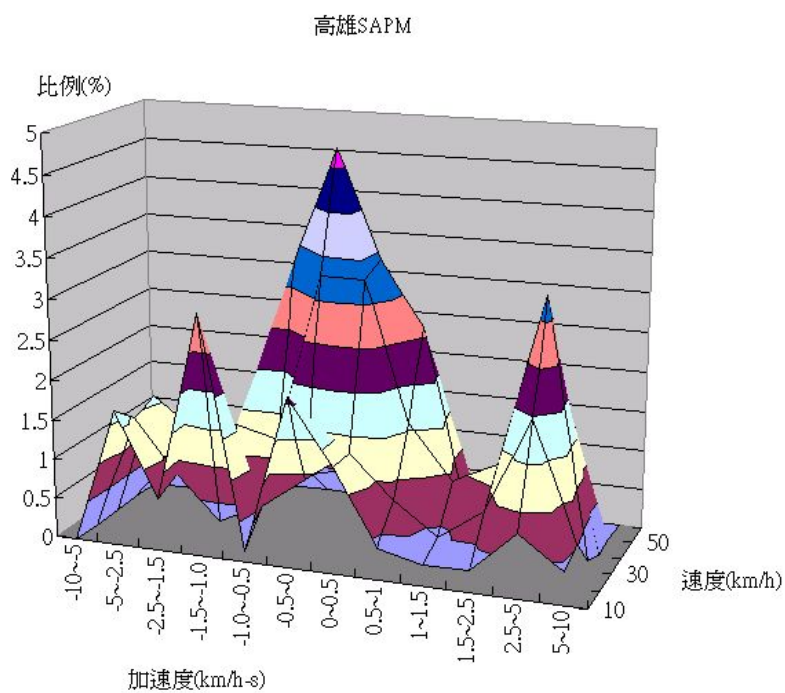
高雄市行車型態 0 至 0.5km/h-s 的加速度集中於 20~40km/h 速度區間，臺中市行車型態 0 至 0.5km/h-s 的加速度出現兩個尖峰 (peak) 分別在 0~10km/h 及 30~40km/h，但占整體時間的比例約 3~4% 左右。

高雄市及臺中市行車型態 SAPM 圖形在 2.5~5.0km/h-s 加速度出現一個尖峰，高雄市行車型態位於 20~30km/h 區間，2.5~5.0km/h-s 加速度占 3.29%，臺中市行車型態則落在 10~30km/h 區間，占整個型態時間 5.80% (總和)。整體來看，高雄市及臺中市行車型態較為相近。



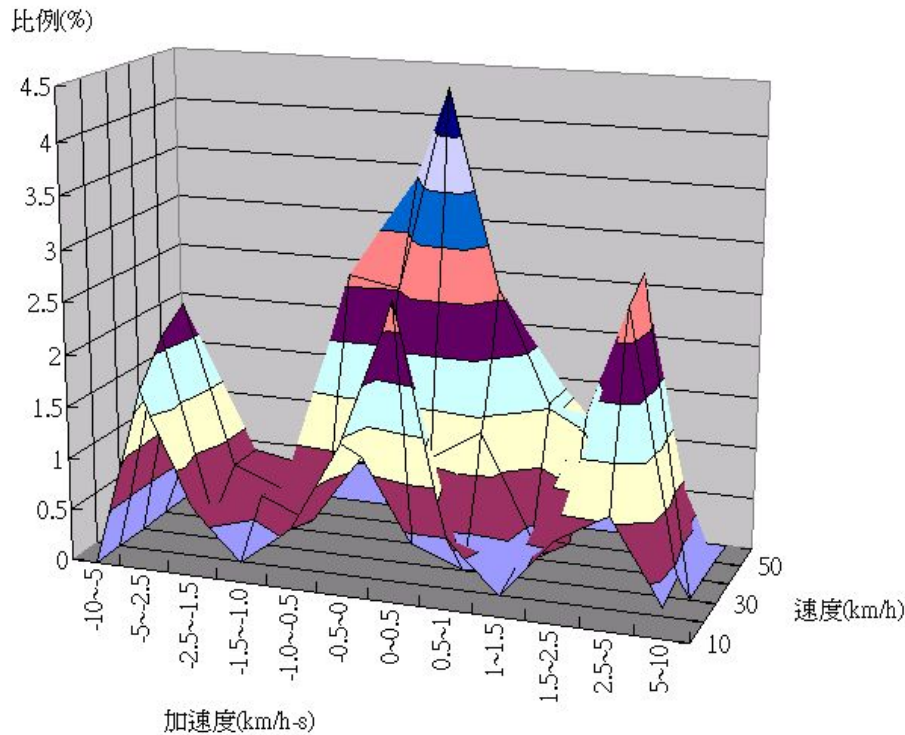
資料來源： 93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

圖 3.3.9 臺北可 行車態之 速度與加速度矩陣



資料來源： 93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

圖 3.3.10 高雄可 行車態之 速度與加速度矩陣



資料來源：93年度經濟部能源局『使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫』

圖 3.3.11 臺中市行車態之速度與加速度矩陣

7. 單位距離正加速度動能 PKE (positive acceleration kinetic energy per unit distance)

車輛依行車型態變換行駛速度，加速時，需要引擎做功來提高速度，WATSON 在 1983 年以單位距離正加速度動能檢視其對油耗的影響。當加速度大於零時，末速度平方減去初速度平方的總和乘上車輛質量的二分之一為正加速度動能。為單看行車型態的特性，捨棄車輛重量的影響得單位距離正加速度動能：

$$PKE = \left(\sum (V_f^2 - V_i^2) \mid a > 0 \right) / dis$$

式 3-5

依照此項計算式計算國內三種行車型態的單位距離正加速度動能，臺北市為 $0.400 \text{ (m/s}^2\text{)}$ ，臺中則為 $0.359 \text{ (m/s}^2\text{)}$ ，高雄市為 $0.337 \text{ (m/s}^2\text{)}$ 。

8. 單位距離行駛能量

車輛在道路上行駛，遭遇的行車阻力包括滾動阻力、斜坡阻力、空氣阻力，車輛必須克服這些阻力，並提供加速度所需的力量才能將車行速度維持在駕駛者所需的速率。動力計的阻力設定是捨去斜坡阻力簡化成 $F=A+CV^2$ ，A 及 C 係數值可由車輛的滑行測試求得。將行車型態每一秒鐘的速度代入計算，可知當時的阻力，再加上同一時間車輛追上行車型態所需的加速慣性力，為當時車輛輪胎必須提供之力量。兩者之和乘上這一秒鐘車輛所行駛的距離為這一秒中內車輛所做的功，將每一秒鐘所做的功累加，得整個行車型態的行駛能量。

$$E=\Sigma((m \times a + A + C \times V^2) \times S)$$

式 3-6

假設測試車輛為一參考車重 2130kg 的廂型車，以查表法得知阻力 A 值為 353，C 值為 0.0523，計算國內三個行車型態單位距離所需的行駛能量，臺北市為 718.44 (KJ/km)，高雄市為 650.49 (KJ/km)，臺中市為 694.27(KJ/km)。

3.4 國內外研究成果之比較分析

1. 國內外資料彙整分析

首先，從國內外之研究中，可以發現有諸多因素會造成車輛能源消耗之差異。其對車輛特性的影響，概略彙總如表 3.4-1 所示：

表 3.4-1 車輛特性對能源消耗、污染排放之關係

影響因素			能源消耗	污染排放
靜態影響因素	車輛持有與使用	油品與新技術應用	新技術之應用影響油耗	油品影響污排種類
		引擎容量與車重	正相關	正相關
		廢氣後處理淨化裝置	N/A	可減少污排
		車齡與累積行駛里程數	正相關	正相關
		輪胎形式、胎壓	非輻射胎：能耗較低 胎壓減少：增加油耗	非輻射胎：N/A 胎壓減少：N/A
		保養前後	商用車：影響不大 小客車：無明顯差異	商用車：影響不大 小客車：減少排放
動態影響因素	運輸系統供需特性	平均速度與其速度變異程度	受速度變異程度影響	與 CO ₂ 呈負相關，但隨速度變異程度影響
		瞬時速度與加減速率	正相關	除 NO _x 以外，正相關
		車輛運轉狀態	啟動階段與加減速時較耗油	啟動與加減速時污排較大
		車輛載重	正相關	正相關
		交通量	正相關	正相關
		道路等級	干擾程度越高越耗油	干擾程度越高污排越大
		道路設計	受坡度、鋪面與幾何設計之影響	受坡度與幾何設計之影響
	駕駛行為	激進型駕駛行為	較耗油	CO 與 HC 污排較高
		惰轉	增加油耗	增加排放
		暖車	降低油耗	降低排放
	外部環境	溫度	負相關	尾氣排放與溫度呈負相關 蒸氣排放則與溫度成正相關
		風速	正相關	N/A
		使用空調與否	使用空調時較耗油	N/A
		使用除冰裝置	使用時較耗油	N/A

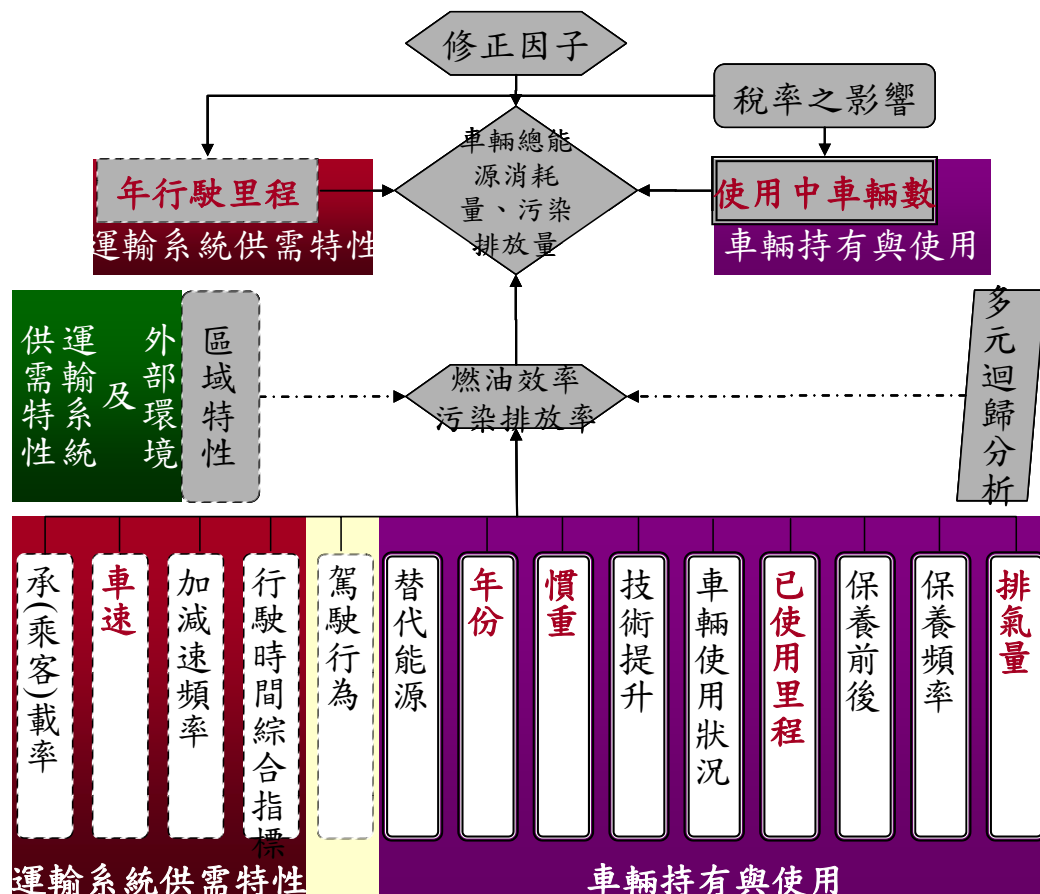
資料來源：本計畫彙整

將國內與美國環保署之研究方式及結果做比較後，可發現國內目前所採用的預測模式似乎有部份問題。在國內所謂的「理想型」的車輛能耗運輸模式中，雖納入了多達 14 個不同的

修正因子，若仔細檢視這些修正因子，可以發現全部屬於車輛本身或是駕駛行為所造成的差異。明顯的，其模式是以「車輛」為估算單位，以這些屬於車輛本身或駕駛行為所造成之差異，來修正實驗室之檢測數據，來預測整體之能源消耗。由美國環保署報告的結論中可得知，道路狀況對於車輛能耗之影響甚至大於上述由車輛本身或駕駛行為所造成之能耗差異，但在國內目前所採用的預測模式中，道路狀況並不是被考量的因素。

在「理想型」能耗預測模式中，唯一反應道路實際狀況的部份，只有在「區域特性」的部份。但根據了解，在「區域特性」的部份也僅有考量不同的道路類型之分佈及其平均行駛速度。而且在最後所採用的「務實型」預測模式中，其以「區域特性」修正燃油效率的部份也被刪除，因此最後的預測結果並無將道路型態對於能耗之影響納入考量。

事實上，可以將車輛能源消耗、污染排放的影響因素，區分為車輛持有與使用、駕駛行為、運輸系統供需特性、外部環境等四類型，則能夠界定出運輸系統供需特性對於車輛能源消耗、污染排放的相互關係。茲試以圖 3.4.1，釐清前述研究成果所論及之各種影響因素的類型。首先，駕駛行為屬於駕駛者個人特質；而區域特性，如使用冷氣之傾向等，屬於外部環境，至於平均旅次長度及行車型態等區域特性，則可視為是運輸系統供需特性的部分。其次，將其他特性區分為車輛動態與靜態特性因素。前者包括了：排氣量、保養頻率、保養前後、以使用里程、車輛使用狀況、技術提昇、慣重等，以及使用中車輛數，均屬於車輛持有與使用類型的影響因素。後者則會受到運輸系統供需特性的影響，例如行駛時間、加減速頻率、車速、承載率等。



註： 1. **紅色粗體字**表務實模式中採用之影響因素

2. □ 表車輛動態特性；▣ 表車輛靜態特性

資料來源：本計畫修改自能源局 96 年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫」

圖 3.4.1 車輛能源消耗污染排放之影響因素

從上述觀點可以引申出另一種車輛能耗預測之概念，即以交通運輸之觀念為出發點，考量道路及運輸情況對車輛能耗之影響，作為主要預測架構，並輔助以車輛本身或駕駛行為所造成之能耗差異，作為修正因子，如此應可獲得較具敏感性的關係式，以供運輸系統供需特性分析時，能夠辨認不同運輸供需情境下，車輛能源消耗、污染排放之差異。

2. 依據 Mobile 6 資料架構分析

國內目前在污染及能耗之預測模式中，均採用美國 Mobile 模型，因此本部份將分析 Mobile 的架構中是否有將前面所敘述之影響因素納入考量。在 Mobile 6 的架構中，影響車輛污染及

能耗之因素已被區分為四類別，主要為：(1)外部條件；(2)車輛條件；(3)車隊活動；及(4)燃料使用等四部份。但根據前述之分析，可以發現除了上述四個類別外，對於車輛污染能耗有影響之重要條件，尚有其他例如「駕駛行為」等未被納入考量。因此本節將採用 Mobile 的 4 項分類加上「其他」，嘗試了解目前相關研究測試之現況，並檢討相關預測模式不足之處。

(1) 外部條件

外部條件按照 Mobile 的資料分類，包括了：戶外溫度、月份、海拔、濕度以及是否使用空調等 5 因素。在這些項目下，目前國內僅針對溫度及空調使用做過測試，而美國環保署則執行之測試也包括溫度及空調使用。此外，還執行過風速及使用除冰裝置等對於污染能耗之影響，其結果彙整如表 3.4-2 所示：

表 3.4-2 外部環境條件對車輛污染能耗之影響

影響因素	美國環保署			國內測試	
	條件設定	平均減少比例	最大減少比例	條件設定	結果
溫度	20F v.s 77F	5.3%	13%	N/A	N/A
風速	20mph	2.3%	6.0%	N/A	N/A
啟動車上空調	最大狀態	21%	N/A	25°C v.s 35°C	<u>商用車：</u> -25°C 開冷氣，燃油經濟性減少 16.6% -25°C 到 35°C，開冷氣，燃油經濟減少 9.8% <u>小客車：</u> -25 °C 啟動空調的油耗差異為 1.161 倍 -25 °C v.s.35°C 的油耗差異為 1.072 倍
除冰裝置	最大狀態	21%	N/A	N/A (國內氣候環境不需考量此項目)	

資料來源：本計畫彙整

(2) 車輛條件

車輛條件按照 Mobile 的資料分類，共包括了：(1)車齡分佈；(2)車輛行駛總里程數(累積)；(3)柴油使用百分比；及(4)天然氣使用百分比等項目。上述資料之基本數據主要由交通主管機關所提供，而針對柴油車國內也有執行其燃油效率及能耗測試。就實驗室與實際道路之差異性上，國內工研院在其 91 年能源局計畫中曾針對機車、商用車及小客車分析其車齡與總行駛里程數對於能耗及污染排放之關聯。測試結果顯示，車齡與總行駛里程數與污染排放及能耗之間，並沒有直接的關係。這可能顛覆了某些人認為車輛會因為使用年限或是總行駛里程數的增加，而有較差的污染排放或是能耗。相反的，在機車的測試中，使用中車輛之燃油效率甚至優於新車。原因之一在於機車零組件需要經過適當磨合後，才能發揮其較高的效能。

(3) 車輛活動

依據 Mobile 的資料分類，車輛活動包括了：①各車種之行車里程百分比；②高速公路行駛百分比；③駕駛時間分佈；④平均速度里程；⑤車輛啟動時間；⑥車輛發動次數；⑦行車里程(時間)分佈；及⑧平日/週末活動分佈等項目。上述資料均為運輸相關資訊，主要資料來自交通主管機關，這些車輛活動資料，大部分也都屬於運輸規劃模式的輸出資料。

(4) 燃料成份

在燃料使用方面，Mobile 的分類方式主要在於其燃料之特性，內容包括了：①汽油揮發性；②精煉汽油；③含氧率；及④含硫率等項目，這些項目主要經過實驗室檢測分析，便可了解各種市售燃料之成份。

(5) 其他影響

除了上述影響因素外，尚有許多經測試證實會影響車輛污染排放及能耗之因素。其中許多可被歸納為駕駛行為，例如加減速，平均速度，車輛慣重等。其他的則可被歸類因道路種類或是地區所造成之差異，相關因素包括了惡劣路面、山區路

面、交通擁擠、平均速度等。此外，剩下仍然有項目雖然對車輛之能耗及污染排放造成影響，但尚未被歸類，這些項目包括了輪胎形式、輪胎壓力、慣重、保養前後及惰轉/暖車等因素。

上述項目對車輛能耗之影響，綜整國內外研究成果如表 3.4-3 所示：

表 3.4-3 其他影響車輛能耗及污染排放之條件

影響因素	美國環保署			國內測試	
	條件設定	平均減少比例	最大減少比例	條件設定	結果
山區	7%爬坡度	1.9%	25%	N/A	
惡劣路面	碎石地、彎曲、泥濘地、雪地路面	4.3%	50%	N/A	
交通擁擠	20 v.s. 27mph (平均速度)	10.6%	15%	N/A	
高速	70 v.s. 55mph	N/A	25%	N/A	
急促加速	急促 v.s. 平緩	11.8%	20%	N/A	
輪胎型式	非輻射 v.s. 輻射	<1%	4%	N/A	
輪胎壓力	15 psi v.s. 26 psi	3.3%	6.0%	小客車-胎壓減少 10% VS 胎壓減少 20%	-胎壓減少 10%，FE 減少 1.76~3.65%，約 2.5% -胎壓減少 20%，FE 減少 2.97~9.34%，約 6.0%
惰轉/暖車	Winter v.s. summer	隨駕駛變化	20%	N/A	
行車型態	N/A			<u>機車：</u> $CNS=0.738*PMDC$ $CNS=0.868*KMDC$ $CNS=0.943*TMDC$ <u>商用車：</u> $TMDC$ 臺北模式) $=0.7721*FTP$ $KMDC$ (高雄模式) $=0.7731*FTP$	

影響因素	美國環保署			國內測試	
	條件設定	平均減少比例	最大減少比例	條件設定	結果
				<u>小客車：</u> TMDC 臺北模式) = 0.81426*FTP KMDC(高雄模式) = 0.96452*FTP	
車速	N/A			<u>機車：</u> -平均最佳(定速 34.4km/h) -50CC 以下(30.8km/h) -51~150CC (38km/h) -151 以上(43.3km/h) <u>休旅車：</u> -整體 45.4km/l -2000cc 以下(44.1km/h) -2000cc 以上(45.9km/h) <u>商用車：</u> FE 最佳=48kph 市區=50kph 高速公路=90kph <u>小客車：</u> FE 最佳=52km FE 最差=116.7km 市區=50kph(速限) 高速=90kph(速限)	
載重	N/A			<u>商用車：</u> -載重增加 50%，FE 減少 8.24% -載重增加 100%，FE 減少 12.3% -平均燃油性=16.2-0.00329*參重 -車重每增加 100 公斤，0.328km/l，約 3.06% <u>小客車</u> -車重每增加 100kg 時油耗減少 0.72km/l	
保養前後	N/A			<u>機車</u> 油耗：無差異 污染排放： HC：2.04% CO：7.16 Nox：0.4% <u>商用車</u> 油耗及污排：影響不大	

影響因素	美國環保署			國內測試	
	條件設定	平均減少比例	最大減少比例	條件設定	結果
				<u>小客車</u> -油耗：無明顯差異 -污染排放： HC 減少 4.4%、 NMHC 減少 1.4%、 CO 減少 2.0%	

資料來源：本計畫彙整

從上述的分類中，可以看到國內目前所採用的 Mobile 模型其實並未將表 3.4-3 中這許多實際影響車輛能耗及污染排放之因子納入考量，而這些都將導致推估數據的誤差。此外，在美國環保署研究曾指出對車輛污染能耗影響較大因素，包括惡劣路面(差距達 45.7%)以及山區道路(差距為 23.1%)等，都是目前 Mobile 模型沒納入考量。若從運輸規劃的觀點來看這些因素，或許可利用「道路類型」之分類方式將其納入預測模式。

3. 整體實車測試與實驗室燃油經濟性、污染排放比較

上述乃是針對各種影響車輛能耗及污染排放之可能因素，採用不同的實驗設定來比較實際道路與實驗室數據差距。而在國外相關研究上，因各國所公布的車輛油耗指南中所載的燃油經濟性均在實驗室內不開啟車上空調的情形下，以一定的行車型態所測得的結果，該值與實際道路的燃油經濟性有些許差異，故各國均對車輛在實際道路與實驗室的燃油經濟性差異進行比較，並將三種結果同步公布在車輛油耗指南上，提供民眾參考。國內外部分數據如表 3.4-4 所示：

從表 3.4-4 資料中可看出，在不考量獨立影響因子的情況下，除了瑞典很極端的 3.5%差異度外，大多數國家所執行之實際道路與實驗室燃油經濟性差異分析結果，差別並不很大。9 個國家所計算出之燃油經濟差異性，平均值為 20.91%，與能源局過去所執行之測試結果差別不到 0.5%。但此數據未來會隨著

車輛技術的進步，燃油標準的改變以及道路狀況的不同而產生變化。

表 3.4-4 實車路試與實驗室測試燃油經濟性差異比較表

單位：mpg

國家	年度	實驗 數值	實際 數值	平均 差異	差異 百分比	備註
臺灣(註 1) 單位(km/l)	2000	14.34	11.27	3.07	21.4%	實際道路與實驗室
臺灣(註 1)	2000	33.73	26.51	7.2	21.4%	實際道路與實驗室
加拿大	1988	29.4	23.5	5.9	20.1%	駕駛問卷調查取得 之實際燃油經濟數 據與實驗室測試數 據比較
獨立車輛模型	1985	27.4	22	5.4	19.7%	
法國	1988	36.2	28	8.2	22.7%	行駛紀錄與 1/3 都 市 1/3 高速公路及 1/3 道路測試數據比 較
德國	1987	30.6	24	6.6	21.6%	德國國家標準(DIN) 之實驗室測試 vs. DIW 之實際車輛燃 油經濟性數據
瑞典	1987	28.7	27.7	1	3.5%	KOV compared with consumer reported survey data
美國-小客車	1985	24.3	19.8	4.5	18.5%	RTECS 問卷調查 vs.環保署車隊實驗 室測試平均值
美國-小貨車	1985	20.3	16.2	4.1	20.2%	
英國	1985	32.7	25.3	7.4	22.6%	車輛登記測試平均 值

資料來源：Schipper, Lee. And Winke Tax “ New Car Test and Actual Fuel Economy:
Yet Another Gap? Transport Policy 1994.

註1：能源局90年「使用中車輛能源效率評估及提昇研究」計畫。

Boulter (2006)於研究中，分別以車在量測儀器與底盤動力計兩種方式，量測每旅次之平均污染排放量。由於影響污染排放量之因素較燃油經濟性複雜，因此，以下僅將兩者之相對比較關係列出，以供本計畫之研究成果比對時參考。

由表 3.4-5 中可看出，車載量測儀器所測得之 HC 與 CO₂ 皆大於底盤動力計；而 NO_x/NO 則與底盤動力計之量測值趨於一致；CO 則除了在低速行車型態之外，採用兩種方式所測得之數據皆趨於 0。

表 3.4-5 實車路試與實驗室測試污染排放差異比較表

污染排放物	車載量測儀器 (實際道路測試)	底盤動力計 (實驗室測試)
CO	趨於零	除低速的行車型態之外，各行車型態的排放量皆趨於零
HC	大	小(趨於零)
NO _x /NO	兩者趨勢一致	兩者趨勢一致
CO ₂	大	小

資料來源：本計畫根據Boulter(2006)之研究成果加以彙整。

第四章 運輸規劃與能源消耗、污染排放 整合模式架構之研擬

為研擬運輸規劃與能源消耗、污染排放之整合模式，首先必須探討國內既有推估模式之建置與應用限制，以及回顧目前國外推估模式之相關研究進展，並根據上述國內外之能源消耗與污染排放推估模式，做一綜合性的分析與比較。此外，更進一步釐清運輸規劃作業與能源消耗、污染排放之關聯性，並研擬運輸行為與能源消耗、污染排放之綜合評估架構，期望能將能耗與空污的推估模式，有效地與運輸規劃模式加以整合，以估算整體路網行為的能耗與空污。

4.1 國內既有推估模式探討

4.1.1 MOBILE 模式建構之修正參數

國內車輛污染排放推估主要是由車輛測試研究中心以及工研院機械所分別執行柴油車及汽油車之污染排放推估。以上兩單位所採用的方法，主要是依據環保署自民國 81 年時，環保署對於臺灣地區污染排放推估所建立的臺灣地區排放資料庫 (Taiwan Emission Data System, TEDS)。該資料庫經長期之更新及維護，民國 92 年時已更新為 TEDS5.1 版排放量資料庫。由於國內能耗與污染推估模式皆參考美國環保署之 MOBILE 架構所建制，唯版本不同之差異，其他基本概念相仿，因此，以下僅就污染排放推估模式做一簡述。本節內容主要分為：(1)國內污染排放推估模式建置概述；及(2)國內污染排放推估模式等兩部分。

1. 污染排放推估模式建置

環保署在民國 92 年委託工研院機械所執行「汽車污染排放總量推估模式」研究計畫，此計畫為三年度之延續計畫。第一

(92)年主要進行完成資料蒐集及初步評估分析作業，計畫中評估了 MOBILE，EMFAC 及 COPERT 等三個常用的評估模型，並在其結論中指出 MOBILE 較適宜作為汽油車排放係數的估算模型。

第二(93)年計畫主要工作在於完成總量推估模式之驗證及評估分析作業。計畫中針對 MOBILE5b 中各參數不同輸入值對車輛排放係數的影響作分析，分析結果顯示不同輸入參數對估算結果差異甚大。第三年計畫則是完成模式建立，驗證模式的正確性，並進行汽車污染管制成效的成本效益分析。

另外，不同的車輛型態所對應的能源消耗及污染排放模式參數有所不同，而車輛型態可依車型及用途進行分類，依照交通部的分類方式，可分為：

- (1) 車型：大客車、大貨車、小客車、小貨車、特種車、機器腳踏車
- (2) 用途：自用及營業用
- (3) 排氣量

2. 污染排放推估模式概述

依據環保署報告內容，移動污染源排放量是利用排放係數法來推估，簡單可由以下方式呈現：

$$\text{排放量(g / yr)} = \text{車輛總數} \times \text{排放係數(g / km)} \times \text{車行里程(km/yr)}$$

式 4-1

其中

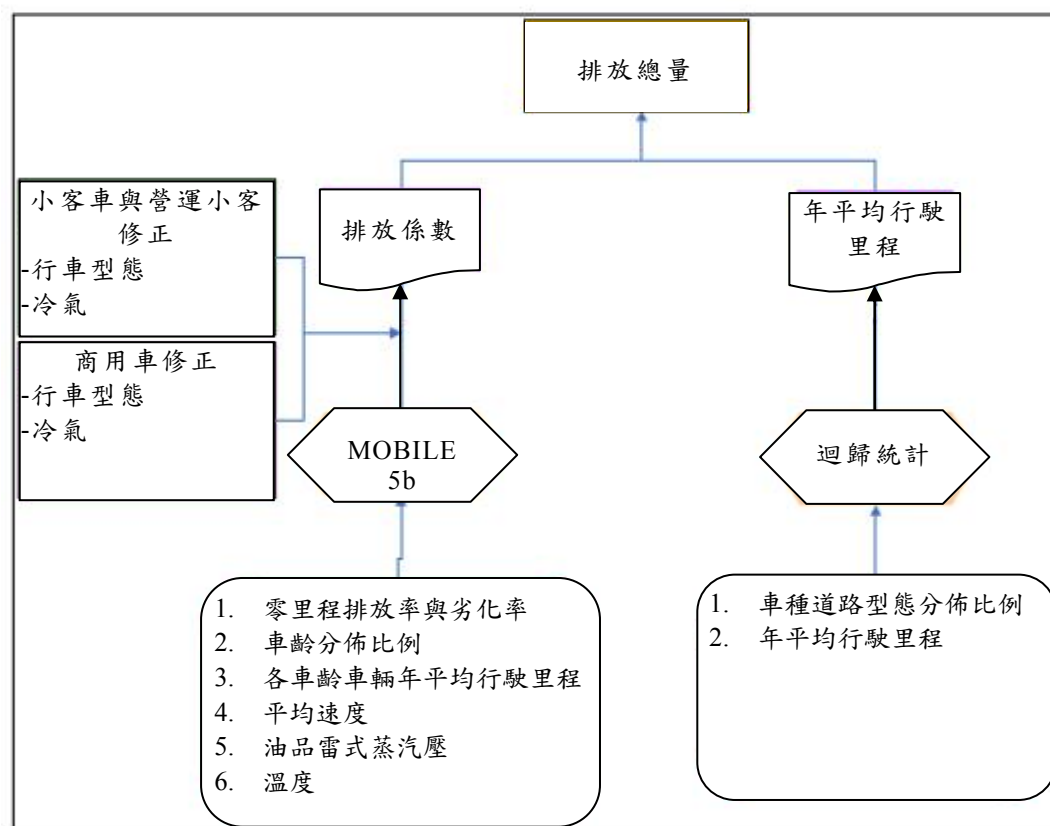
模式計算之排放係數 = 模式計算之排放係數 × 排放係數修正因子

排放係數：車輛平均行駛 1 公里排放之污染物 (g/ km)；

車行里程：車種之年總行駛里數 (km/yr) 。

排放係數修正因子：包括行車型態修正因子與冷氣使用修正因子。

國內排放係數的計算方式乃以美國環保署之 Mobile 5b 版本作為估算工具，其架構如圖 4.1.1 所示。主要架構可分為：(1) 排放係數及；(2) 年平均行駛里程等兩部分，以下將概略敘述此兩部分之內容。



資料來源：環保署 94 年「執行汽油引擎汽車新車型審驗、新車抽驗及使用中車輛召回改正調查測試專案工作計畫」

圖 4.1.1 使用中汽油汽車排放量推估模式

(1) 排放係數

排放係數部分主要是運用美國 MOBILE 5b 程式為基礎，在程式中輸入排放量所需之參數，包括車輛數、車齡分布情形、年行駛里程、零里程排放率與劣化率、氣象條件、油品條件、地理區域，平均車速，車輛操作模式比例，及旅次長度比例等，計算出 Mobile 原始排放係數。該係數再依據小客車或商用車分類，做行車型態及空調使用之數據修正，故最後實際排放係數為 Mobile 原始排放係數乘上修正係數。

工研院在 94 年計畫中，利用 Mobile5b 程式所需要輸入之係數範例如表 4.1-1 所示：

表 4.1-1 Mobile 5b 輸入參數

必要輸入參數		
參數	說明	輸入值(範例)
Min. Daily Temp.	蒸發污染計算之用	10.5°C
Max Daily Temp		31.8°C
"Period 1" RVP	蒸發控制前之 EVP	7.5PSI
"Period 2" RVP	蒸發控制後之 RVP	8.7PSI
"Period 2" Start Year	蒸發控制開始(最早起始：1989 年)	2007
Region	緯度	低緯度
Calendar Year	基準年，可輸入 1960-2020 年	2004
Average Speed	車輛平均速度	5~100kph
Ambient Temp.	蒸發污染計算之用	23.8°C
Operating Mode Percentage	無觸媒冷啟動比例	20.6°C
	觸媒熱啟動比例	27.3°C
	出類拔萃冷啟動比例	20.6°C
選擇輸入參數		
參數	說明	
Month of Evaluation	基準月份，可選擇一月或七月	1 月
Tampering Rate	污染控制系統擅改比例	預設值
Trip Length Dist (Trip Duration)	旅次長度(≤10 分鐘、11~20 分鐘、21~30 分鐘、31~40 分鐘、41~50 分鐘及 ≥51 分鐘)	33.1%、33.6%、19.7%、6.9%、2.3%、1.4%
VMT Mix by Veh Type	各車種總行駛里程比例	預設值
Mileage Accumulation	年行駛里程	採各單位調查結果
Registration Distribution	年齡分佈	採各單位調查結果
Basic Emission Rates	基本排放率	中鼎 MT2.0(89) 與 ITRI94 年計算數據
New Evaporative Test procedures	更新蒸發測試的模式	不考量
I/M Program	定期維修制度，暫態測試(IM240)	不考量定檢效益
A/C Traveling Humidity Correction	可包含這些修正、但準確度未知	不採用修正 ^註
Anti Tampering Program	防干擾制度	不考量
Functional Pressure Purge	蒸發系統檢測	不考量
Refueling Emission	無法控制的污染排放	不考量
Oxygenated Fuels	醚類或醇類的氧化	不考量
Diesel Sales Fraction	LDV 柴油的種類	不考量
Reformulated Gasoline	考慮新配方汽油的影響	不考量

註：不採用模式本身之修正項目，該計畫自行修正

資料來源：94 年環保署「汽車污染排放總量推估模式」研究計畫

由審驗資料所獲得的排放係數只是基本排放係數，因污染測試的行車狀況與實際駕駛不同，基本排放係數並不能反映真正的污染排放，必須依據實際狀況來修正。環保署計畫中考慮國內實際駕駛狀況的修正因子包括實車檢測修正，行車型態修正，與冷氣使用修正。修正方式為：

$$\text{① 實際修正係數} = \text{原始排放係數} \times \text{實車檢測修正因子} \times \text{行車型態修正因子} \times \text{冷氣使用修正因子}$$

式 4-2

②實車檢測修正方面，參考 1996~2001 年二期車與三期車的汽車召回改正測試資料，比較各車型 CO，HC，與 NO_x 實測值與其審驗值。

行車型態修正方面則利用臺北行車型態（TMDC）、高雄行車型態（KMDC）及臺灣行車型態(TWN1)的污染排放情形而得之數據。其中，臺灣行車型態是運用環保署於 2003 年研究成果。該研究委託道成公司分別在臺北市、新竹市、臺中市、臺南市與高雄市進行跟車調查，得到五種不同的行車型態，再組合成兩個行車型態。其中 TWN1 行車型態包括新竹冷啟動 810 秒，臺南熱啟動 738 秒，新竹熱啟動 810 秒；TWN2 則包括高雄熱啟動 757 秒，臺北熱啟動 956 秒，臺中熱啟動 1,032 秒。研究成果顯示臺北市、高雄市與 TWN1 行車型態與 FTP75 行車型態的污染排放間有線性關係。運用線性迴歸進行分析，發現 TWN1 各污染物與 FTP75 相關性極佳，但臺北、高雄行車型態的 CO 相關性未如其他污染物來的顯著。其迴歸式請見表 4.1-2。

表 4.1-2 排放因子修正迴歸式

		迴歸式/方程式	R ²
車輛持有 使用：實車 檢測修正	CO	$EF_{CO} = 1.184 \times EF_{MOBILE\ CO}$	-
	HC	$EF_{HC} = 0.936 \times EF_{MOBILE\ HC}$	-
	NO _x	$EF_{NOx} = 1.784 \times EF_{MOBILE\ NOx}$	-
運輸系統 供需特性： 行車型態修正	臺北行車型態	$TMDC\ CO = 1.6629 + 1.1857 \times FTP$	0.5907
		$TMDC\ HC = 0.1196 + 1.2788 \times FTP$	0.9573
		$TMDC\ NOx = 0.216 + 1.0265 \times FTP$	0.8961
	高雄行車型態	$KMDC\ CO = 1.7076 + 1.3104 \times FTP$	0.5586
		$KMDC\ HC = 0.0894 + 1.1788 \times FTP$	0.9653
		$KMDC\ NOx = 0.0533 + 1.2675 \times FTP$	0.9673
	臺灣行車型態	$TWN1\ CO = 0.0179 + 1.1848 \times FTP$	0.9948
		$TWN1\ HC = 0.047 + 1.0052 \times FTP$	0.9919
		$TWN1\ NOx = 0.0311 + 1.1111 \times FTP$	0.9888
外部環境： 冷氣使用修正	CO	$EF_{Far\ CO} = 0.1166 + 1.0909 \times EF_{OFF}$	0.5413
		$EF_{ac} = EF + 0.75 \times (EF_{Far} - EF)$	-
	HC	$EF_{Far\ HC} = -0.0006 + 1.2561 \times EF_{OFF}$	0.5752
		$EF_{ac} = EF + 0.75 \times (EF_{Far} - EF)$	-
	NO _x	$EF_{Far\ NOx} = -0.0279 + 1.7747 \times EF_{OFF}$	0.8372
		$EF_{ac} = EF + 0.75 \times (EF_{Far} - EF)$	-

註：EF_{Far} = 使用冷氣的排放係數；EF_{OFF} = 不使用冷氣的排放係數；

EF = 原來的排放係數；EF_{ac} 則為修正後的排放係數

FTP = 實驗室 FTP75 排放值

EF_{MOBILE} = Mobile 排放係數

資料來源：94 年環保署「汽車污染排放總量推估模式」研究計畫

(2) 年平均行駛里程

此部分為運輸部門之統計或估算數據，目的在於利用車輛道路型態分佈比例、及年平均行駛里程等數據，經過迴歸統計的方式，計算出年平均行駛里程。工研院在其 94 年度計畫中，所採用之數據分類及資料來源如下：

①車種分類：自用小客車、營業小客車與商用車。

②民國 93 年汽油汽車車輛數：主要資料來源參考交通部統計處調查資料。

③民國 93 年汽油汽車車齡分佈情形：主要資料來源為民國 85~93 年交通部「交通統計要覽」。

- ④民國 93 年汽油汽車之車行里程：採用經濟部能源局「使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫」(2004) 中華汽車與和泰汽車保養廠的資料及監理站中全省柴油小貨車的累積里程進行指數迴歸分析。
- ⑤汽油汽車零里程排放率與劣化率：採用 TEDS5.1(2004) 中與民國 89~93 年新車排放清冊而求出。
- ⑥其他修正因子：考慮國內實際駕駛狀況修正因子包括 A)行車型態修正因子：由過去研究顯出都會區駕駛狀況、污染排放情形與 FTP-75 有顯著差異。B)冷氣使用修正：臺灣地處亞熱帶，氣候狀況與美國截然不同，汽車冷氣幾乎一年四季都在使用，由經濟部能源局（2004）測試結果顯示開啟冷氣對污染排放情形有顯著差異。
- ⑦各縣市汽油汽車道路行駛比例：參考交通部公路總局「93 年度交通車流量調查」計算。
- ⑧各縣市國道、省道、縣道與鄉鎮道路平均車速：參考本所「91 年公路行駛時間調查」來計算。

4.1.2 本所相關研究成果

4.1.2.1 國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究

本所在「國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究(1/4)」中導入環境污染及能源消耗推估模式，做為永續性指標評估的依據，分別建立公路運具、軌道及航空的運輸能源需求量及運具污染排放量。

公路運具之能源消耗模組包括小汽車、公路客運及公路貨車，估算邏輯為車輛使用量 \times 行駛里程 \times 能源耗用率，並以修正係數考量旅行時間、旅行距離、平均行駛速度、平均加速度、

平均減速度、每次開始至停等之行駛長度、加減速變化之次數、停等次數比例、加速時間比例、減速時間比例、定速行駛時間比例及停等時間等十二項因子，以修正實驗室所測得之燃油效率。

公路運輸部門的各項污染排放係數，以臺灣地區排放量資料庫(Taiwan Emission Data System；TEDS)為基礎，進行推估。並針對車齡對污染排放之影響建立修正係數。

4.1.2.2 能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究 (1/3)

為了深化運輸部門之能源消耗特性的理解，本所在「能源領域科技計畫」中，又針對耗能比重最高、污染排放最受關注的私人運具（含汽、機車）部分，進行車輛使用特性對於能源消耗、污染排放影響之研究。該計畫為一項 3 年期的研究計畫（96～98 年），以問卷調查方式蒐集資料，以建立車輛持有、移轉與使用模式；以作為運輸部門能源消耗與污染排放之推估基礎資料。該研究完成後，預期將可提供兩項重要參數，做為汽機車之能源消耗、污染排放推估基礎：

1. 根據車輛監理資料庫，建立不同車種、不同車齡分佈與車輛能源消耗及污染排放量之關聯分析（含平均行駛里程、平均污染排放量、平均耗油量等）；
2. 根據家戶問卷調查及其他相關總體資料，建立汽機車持有、交易及使用模式，以推估全國各縣市之汽機車持有與使用的總體趨勢。

該研究所建構之車輛能源消耗與污染排放之關聯模式，可以運用於 MOBILE 總量推估之參數修正（車種、車齡調整因子）；但亦有其限制。由於主要取材自監理處定檢資料，該資料庫為一靜態怠速檢測值，且未包括新車。對此，針對 5 年以下汽車（約占汽車總數之 1/3）及 3 年以下機車（約占機車總數之 3%）之能源消耗與排放特性，該研究另外以問卷調查方式補

充。

因此，該研究所建構之關聯模式將為車輛靜態特性，並非實際道路之動態模式，無法代表運輸系統中車輛動態行駛，真實的能源消耗與空氣污染之特性。同時，建構該關聯模式之原始資料來自各公民營定檢站；然而各定檢機構使用之檢測儀器設備，其廠牌型號、校準等差異，都會影響資料的一致性、準確度與正確性。另外，占比顯著的小客車新車，其能源消耗、污染排放特性資料，必須仰賴問卷調查，所取得數據之精確度較低，亦將使得該模式在應用上，必需審慎考量。

4.1.2.3 運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立（1/3）

另外，本所刻正執行中之「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立（1/3）－探討運輸部門政策對溫室氣體排放量之影響」，則是「能源領域計畫」下另外一個為期 3 年的研究。該研究乃是以總量推估的方式，建立運輸部門溫室氣體清冊統計資料庫、盤查機制與資料登錄平臺。在道路交通運輸系統部分，以大型商用車隊為對象，建立盤查機制，並運用 MOBILE 模式探討運輸政策對溫室氣體排放量之影響。

為便利國際比較之公平原則及可比較性，該研究之溫室氣體排放量計算方法，乃是依據聯合國氣候變化綱要公約決議採納之 IPCC 準則（Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories），以使用能源種類與數量為基礎，採取巨觀總量推估取向。

在公路運輸部門的溫室氣體排放計算上，係採用 MOBILE 模式之資料，根據不同車種、平均行駛里程、車齡、使用燃料、基本排放量及劣化率等因素，予以推估計算。由於 MOBILE 模式採用資料，為實驗室靜態測試資料，並非實際道路量測數值；且在道路交通特性上，主要考慮平均行駛速度，未納入其他影響因素，如運輸設施特性、交通擁擠程度、駕駛

行為等。

4.1.3 應付限制

另外，國內亦已有運用 MOBILE 模式應用於評估電子道路定價與車輛持有管制政策的成本有效性之研究中。馮正民等人(2000)採用循序性總體需求模式(sequential aggregate demand model)做為交通規劃模式，運用 TransCAD 軟體進行交通指派，並以路段的平均車速乘以該路段之里程數，進而求得之車行里程數(VKT)，配合中鼎工程公司之 Mobile-Taiwan2.0 移動源排放模式所推估之排放係數，用以推估各管制對策之污染排放量。

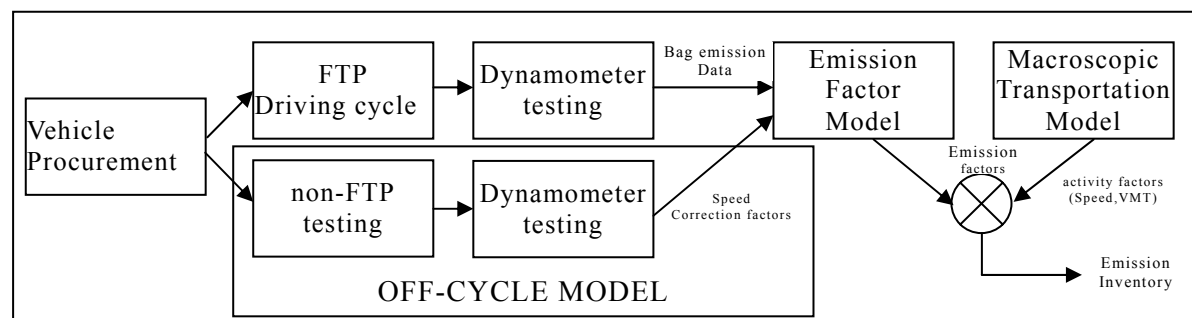
研究結果中空污排放總量有低估的情形發生，而其認為原因在於研究中所採用的循序性集體需求模式，不足以描述車流之實際行為，亦即車輛因紅綠燈或車流混亂等因素而減低速度與增加行駛距離。由於車流模型即在描述該現象，因此若能在原有的交通需求模型中加入車流模型，或許可以更精確地預測車輛之空污排放。

綜言之，對於運輸部門之能源消耗、污染排放特性，雖然環保署有車輛檢測資料，但其均為車輛怠轉或實驗室之能耗、空污測試值，無法直接用以分析運輸系統中車輛動態使用之能源消耗與污染排放狀況。而在能源局部分，亦曾針對運輸部門之能源使用效率、能源需求量等，執行相關研究，但尚未能與運輸需求模式結合，無法提供規劃作業或政策分析之參考。

4.2 國外推估模式之研究進展

4.2.1 傳統污染排放推估流程

過去國內外所採用的污染排放推估模式，皆是將車輛依照行車型態行駛於底盤動力計上，並用袋取樣的方式擷取污染排放之數值，最後求出該行車型態之平均速度下的排放量。此外，再輔以輔助模式(off-cycle model)或加權等方式，進而求出油耗與污排之複合係數。在此階段之前，運輸模式的資料並未被納入考量，直到需估算運輸系統總排放量時，才會將此複合係數，與運輸規劃模式的輸出資料(如 VMT)整合，以求出排放總量，以下將介紹的美國 MOBILE 以及加州的 MVEI 等，皆屬此類推估模式。其詳細推估流程如下圖 4.2.1 所示。



資料來源：本計畫修改自 Barth and Norbeck (1996)

圖 4.2.1 傳統污染排放推估模式流程圖

4.2.2 美國環保部門總量推估模式：MOBILE

美國對於公路部門車輛污染排放推估模式，主要以 MOBILE 模式進行推估，MOBILE 模式為美國環保署於 1980 年開始發展的一套模式，發展至今為 MOBILE 6.2。目前，臺灣所使用之能源消耗與污染排放推估模式，則分別依據 MOBILE 5a 與 MOBILE 5b 為模式建構之基礎。

MOBILE 6.2 模式中將車輛依其使用燃油種類、車重及車輛用途區分為 28 類，以新車排放係數及劣化係數、年平均車行里程、車齡分佈及環境背景參數等相關參數進行推估，並針對不同道路之行車型態所造成的排放係數進行修正，其推估主要污染排放區分為尾氣排放與蒸發排放兩種，並以[污染排放量/單位行駛里程]表示，就 MOBILE 或 MOBILE-Taiwan 模式在臺灣相關污染排放推估上已有相關之應用，其詳細之推估模式如式 4-3 所列：

$$CR_{iypjf} = (B_{iyp} + OC)C_{iypjf} + T_{iyp} + F_{iy} + R_{iy} + S_{iy} + H_{iy} + D_{iy} \quad \text{式 4-3}$$

$$\forall i=1,N; y=1,Y; p=1,P; j=1,J; f=1,M$$

其中：

CR_{iypjf} 車型年 y 之車種 i ，以時速區間 j ，行駛於道路種類 f 上，其污染排放物 p 之複合排放率(composite emission rate)，單位為 g/mi。

B_{iyp} 車型年 y 之車種 i ，其污染排放物 p 之基礎排放率(base emission rate)，單位為 g/mi。

OC 輔助模式污排偏移量(offset)，為一基礎排放率之函數。

C_{iypjf} 車型年 y 之車種 i ，以時速區間 j ，行駛於道路種類 f 上，其污染排放物 p 之複合修正係數(composite correction factor)。

T_{iyp} 車型年 y 之車種 i ，其污染排放物 p 之啟動污染排放(start emissions)，單位為 g/mi。

F_{iy} 車型年 y ，車種 I 之燃料補給係數(refueling factor)

R_{iy} 車型年 y ，車種 i 之行駛過程損失係數(running loss factor)

S_{iy} 車型年 y ，車種 i 之停等過程損失係數(resting loss factor)

H_{iy} 車型年 y ，車種 i 之熱靜置污染因子(hot soak emission factor)

D_{iy} 車型年 y ，車種 i 之每日污染排放係數(diurnal emission factor)

N 車種

Y 車型年

P 污染物種類

J 平均車速

M 道路種類

4.2.3 歐盟環保部門總量推估模式：COPERTIII

COPERT III(Computer Programme To Calculate Emissions From Road Transport)模式由歐盟環保署(2000)發展的道路運輸的車輛污染排放與油耗模式，對於車輛污染排放量主要計算方法如下式 4-4。

$$\text{車輛排放量} = \text{排放係數} \times \text{車輛數} \times \text{行駛里程}$$

式 4-4

其中，車輛排放區分為冷啟動、熱穩定以及蒸發污染三種，其中冷啟動僅計算市區道路。車輛種類分為客車(Passenger Car)、小型車(Light Duty Vehicle)、大型車(Heavy Duty Vehicle)、公車(Bus)、輕型二行程機車(Moped)、重型機車(Motorcycle)六大類，再以使用燃料、排氣量與排放標準區分數個小分類。行駛里程部分分為市區道路、郊區道路、高速公路三種。歐盟各國不同車輛行駛於各種道路比例不同，不同道路對應其排放係數也有所不同。模式中並考慮里程劣化、燃料改良、路面坡度以及車輛負載等因素進行修正。另外本模式也計算燃油消耗量，其考量因子如下：

車輛耗油狀況：包含各種車型及各種使用燃料之油耗值。

車輛使用狀況：包含各車型之使用車輛數與其車齡分布狀況。

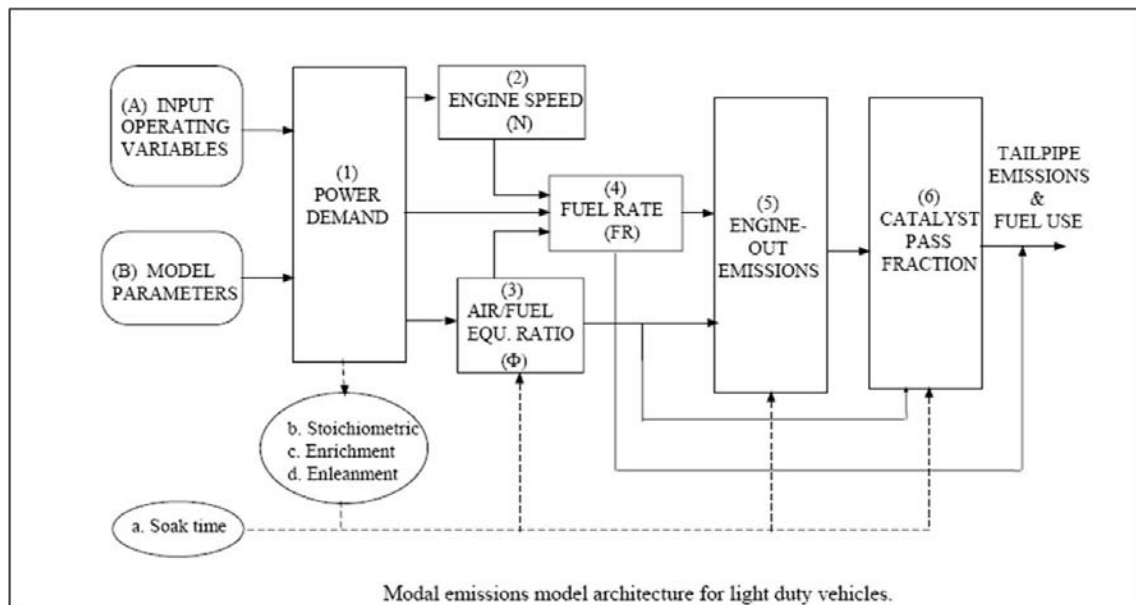
行車型態：包含平均車速，各車型之冷、熱啟動之年行駛里程，以及不同道路狀況下之年行駛里程。

其它因素：包含年份、路況、氣候及車重等

其依據各車種於實際道路行駛之油耗與污染排放統計資料，建立資料庫據以推估各地區每年車輛之總耗能，該模式之資料庫建立可謂相當精細。

4.2.4 車輛操作之引擎負荷模式：CMEM

CMEM(Comprehensive Modal Emission Model)是在 National Cooperative Highway Research Program(NCHRP)的贊助之下，由加州大學河濱分校(University of California, Riverside)所開發之污染排放推估模式，基於物理原理認定引擎負荷為造成污染排放的主要原因，因此模式中以車輛運轉狀態資料之函數表示污染排放量。以現實世界中的車輛分布比例(LDT 和 LDV)，選出大約三百輛試驗車輛，記錄下其各別於三種行車型態中，每秒的運行資料及排放數據。再利用參數化以及物理方法，將所有的排放流程依照物理現象分解，將車輛運行狀態分為六個模組(見圖 4.2.2)，分析各模組與污染排放之關聯性，最後以車輛及操作變數(如車速、加速度以及車道坡度)和模式校準參數(如冷啟動係數和引擎摩擦係數)為模式的輸入變數(input)，求得車輛之排放係數與油耗係數[克/秒]。油耗則考量車速、加速度、車重、引擎容量以及道路坡度等影響因素加以估算，同時，藉由油耗轉換求出 CO₂ 的污染排放量。



資料來源：Barth et al.(2005)

圖 4.2.2 CMEM 模式流程圖

4.2.5 運輸規劃整合 MVEI 模式

MVEI(Motor Vehicle Emission Inventory)為加州目前所採用的排放模擬軟體之一，由加州空氣資源局(California Air Resource Board, CARB)所開發，分別由四個子模式所組成，分別為 CALMAFC、WEIGHT、EMFAC 以及 BURDEN。其中 CALMAFC 分別由三個車輛測試計畫中，取得各車種在不同車齡時，各種污染物種類(包含 HC、NO_x、CO 及 PM 等)的基本排放率(base emission rates)，單位以[污染排放量/單位行駛里程]表示，另一方面，由 WEIGHT 做車輛靜態資料處理(如各車種或各車齡車輛的活動強度比例)，以及透過 EMFAC 將其他影響因素(如季節、速度、氣溫與燃料種類等)納入考量，將基本排放率加以修正後所求得的複合排放係數(composite emission factors)，輸入 BURDEN 中。此外，BURDEN 結合由運輸需求模式所輸出的車輛活動強度，包含每年的車輛分布、行駛里程數、不同車種的啟動次數等車輛動態資料，最後求出總污染排放量，以下為運輸規劃模式與 MVEI 模式之運作流程圖 4.2.3。

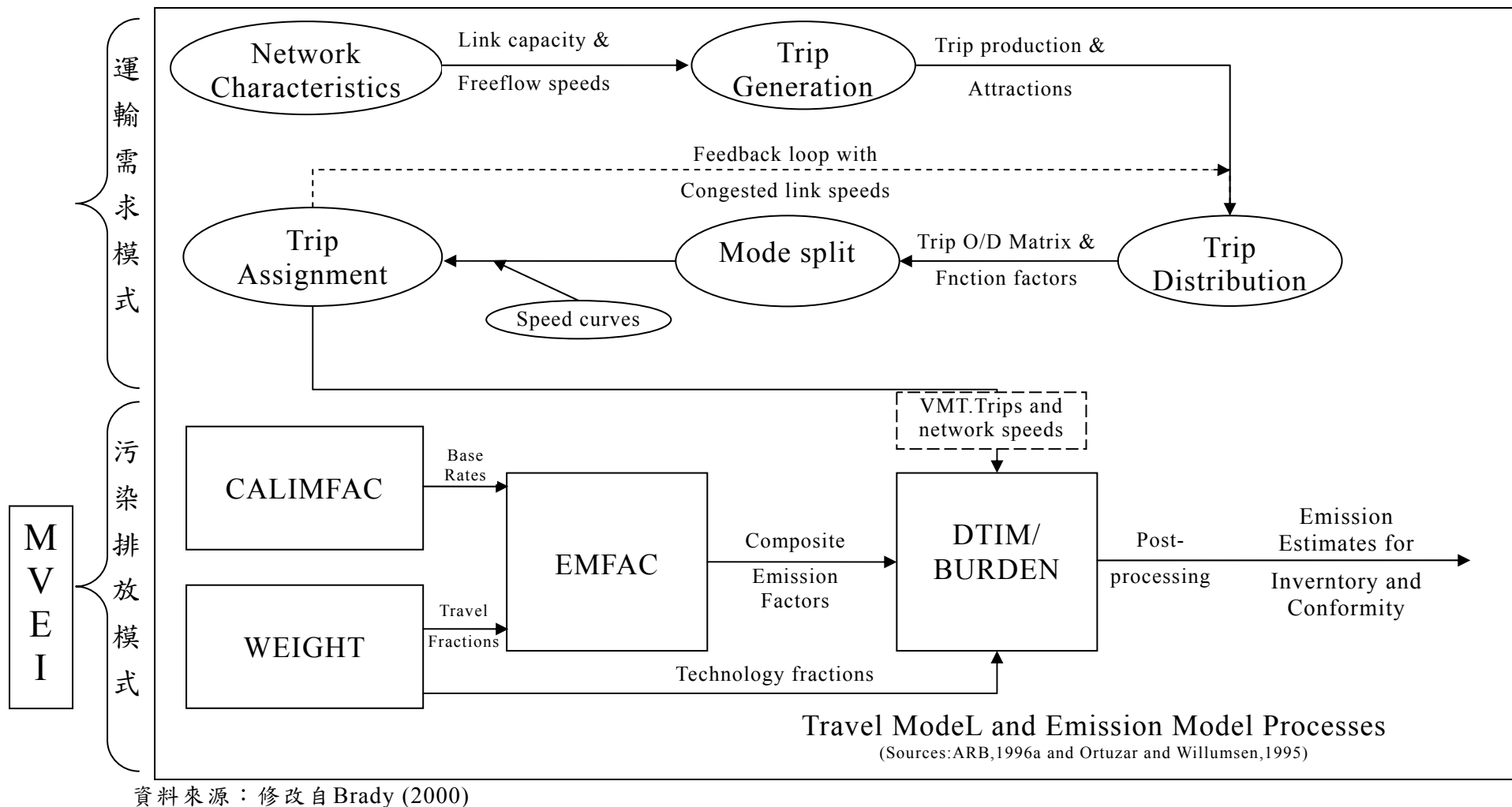


圖 4.2.3 運輸規劃模式與MVEI 模式之運作流程圖

4.2.6 微觀車流整合模式：VT-Micro

VT-Micro (Virginia Tech Microscopic Energy and Emission Model)是由維吉尼亞理工大學發展出的微觀能耗與污染排放推估模式。同時採用車載測量設備(on-board emission measurement, OEM) 與實驗室底盤動力計之方式蒐集所需車輛相關參數；其中，為了驗證引擎參數(由車速與加速度資料對應後求得)的合理性，便由裝載 OEM-2000TM(由 Clean Air Technology International, Inc.所製造)的試驗車輛，於道路實測時所量測之汽車引擎運轉參數做為參考依據。而其推估模式如式 4-5 所列：

$$MOE_e = \begin{cases} \exp(\sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 (L_{i,j}^e \times u^i \times a^j)) & \text{for } a \geq 0 \\ \exp(\sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 (M_{i,j}^e \times u^i \times a^j)) & \text{for } a < 0 \end{cases}$$

式 4-5

其中，

MOE_e 瞬時油耗或瞬時污染排放率(l/s or mg/s),

$L_{i,j}^e$ 加速度大於等於 0 時之迴歸係數

$M_{i,j}^e$ 加速度小於 0 時之迴歸係數

u 瞬時速度(km/h)

a 瞬時加速加度(km/h/s)

4.2.7 生命週期模式：GREET1.6

Argonne National Laboratory (2004), GREET 1.6 分析模式是美國以生命週期角度進行分析，對於各種運輸技術下能源消耗與污染排放，GREET 分析模式係從整體觀點考量能源之消耗與排

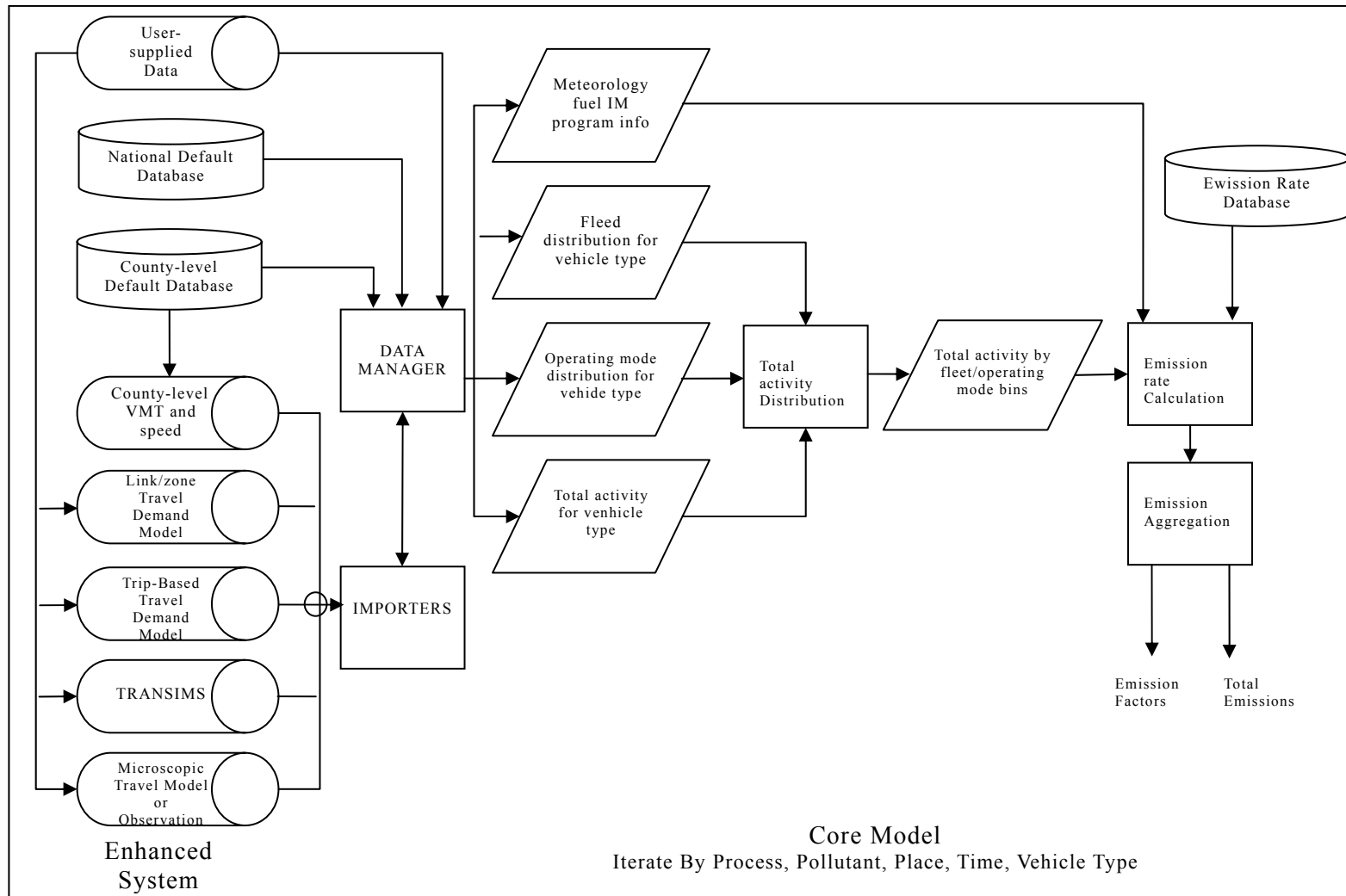
放。其分析包含燃料的開採中生產、運輸與儲存階段，到燃料產生的製造、運輸、配送與儲存，以至車輛操作的補給、燃燒、蒸發與輪胎磨損，能源消耗包含總能源(total energy sources)、化石能源(petroleum, natural gas [NG], and coal)以及石油(petroleum)的消耗量。污染排放量計算可分為溫室效應氣體(CO₂、CH₄、N₂O)及污染排放物(VOCs、CO、NO_x、PM₁₀、SO_x)。

4.2.8 綜合型模式：MOVES

MOVES(Motor Vehicle Emission Simulator)是美國環保署運輸與空氣品質辦公室(the Office of Transportation and Air Quality, OTAQ)，自 2001 年前後開始著手發展的新一代汽車污染源排放係數推估模式，有別於以往僅以平均運行特性(average operating characteristics)為基礎而建構的大範圍地區移動污染源推估模式，MOVES 除了具備全國範圍之污染量推估與長期預測能力之外，為了因應更精細範圍之地區性污染排放推估的需求，模式中也納入區域性污染量推估分析模式，並用以評估小範圍中交通運輸系統改善所造成的影響程度。

MOVES 中，針於車輛行駛階段之能耗與空污的推估模式，主要由資料庫增強系統(enhanced system)以及核心模式(core model)所組成(見圖 4.2.4)，其中資料庫增強系統視使用者需求而選擇不同的資料來源，並透過”importers”將國內各單位之既有資料庫之統計數據，以及運輸需求模式所輸出之活動強度資訊(activity information)，轉為核心模式可使用之適當形式，並由核心模式估算出污染排放係數與總污染量。模式中將污染排放評估範圍分為巨觀、中觀以及微觀等三類：巨觀的分析範圍主要以全國為單位，推估與預測長期的污染排放量變化趨勢；中觀的分析範圍以路段(roadway link)或運輸需求模式輸出之車旅次為單位，以評估地區性的污染排放影響；微觀的分析範圍，則適用於分析與評估交控或各類改善計畫對於特定廊道或交叉路口之影響。

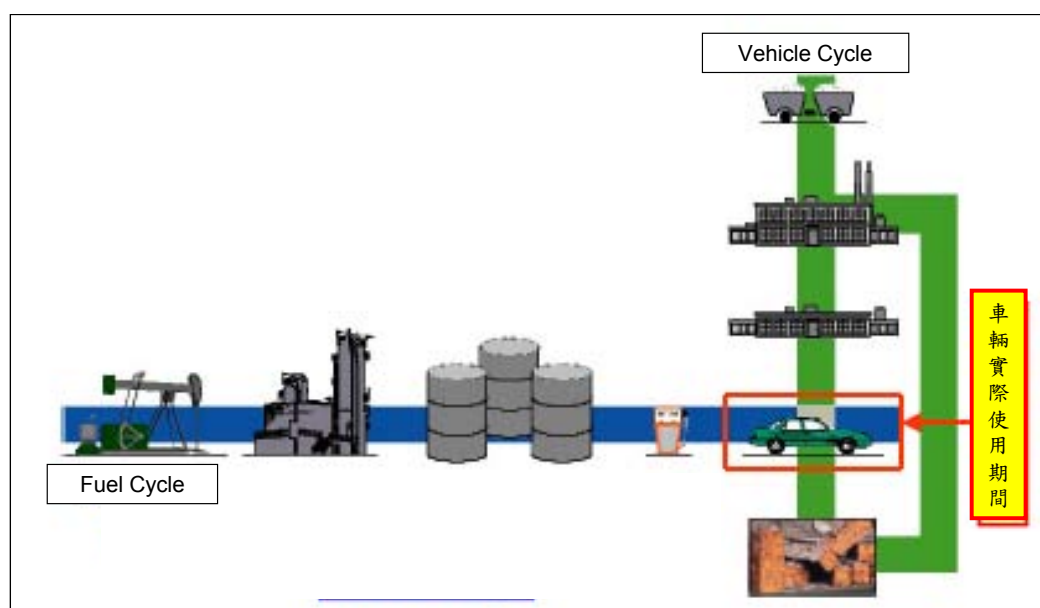
為了使污染排放率(emission rates)能適用於巨觀、中觀及微觀各種評估範圍，採用車載污染排放分析儀器—OEM-2100，同時搭配車上診斷系統 (On-board diagnostics, OBD)所測得之引擎參數與車輛運轉資料，以這些蒐集到的資料為基礎，找出引擎參數與車輛運轉資料與車輛每秒 HC、NO_x、CO 與 CO₂ 的污染排放量之關係，進一步求取污染排放率，單位為[污染排放量/秒]。



資料來源：Koupal et al. (2002)

圖 4.2.4 MOVES 中車輛行駛階段之能耗與空污推估模式設計概念

事實上，MOVES 模式之推估範圍，涵蓋了所有移動（包含運輸工具）與非移動（例如車輛製造工廠之排放）之能耗與污染源，因此，已經將前述之生命週期模式 GREET1.6 納入分析模式中加以應用。然而，GREET1.6 之研究面向，與一般車輛能耗與污染排放模式不同，其與運輸規劃模式之間的交集，僅在車輛實際使用期間（請參見圖 4.2.5）。



資料來源：本計畫修改自Koupal et al. (2002)

圖 4.2.5 MOVES 模式之推估範圍

而 MOVES 則視使用者的需求差異，決定其用於核心模式之活動強度資訊形式，其中“importers”應可視為運輸規劃模式與污染排放率之間的連接點。相較於 MOBILE，MOVES 除了平均車速之外，還需 power demand 與其他變數的活動強度資料做為輸入項目。

以一般推估模式應用於中觀推估範圍為例，運輸需求模式必須以路段為單位，並提供每天每小時的交通量、自由流速率及壅塞程度(congestion level)。而 MOVES 則還需要路段中車輛加速、減速、定速行駛及情轉情形的相關資料，或是將路段切

得更細，以呈現出每個路段中車輛運轉狀態的差異。除此之外，旅次起迄分布則可提供估算車輛冷啟動之污染排放量時使用。

4.2.9 其他相關模式研究

其他尚有部分研究，針對運輸部門與能源消耗、空氣污染之整合推估模式，予以比較分析，以瞭解不同模式之適用性。以下列舉重要研究成果說明之。

Rilett(2004)於研究中嘗試發展一套適用於特定區域污染排放率之分析模式，並將車載量測系統(PEMS)分析結果與MOBILE6、CMEM所推估之 NO_x 排放率加以比較。研究中採用微觀交通模擬模式CORSIM(Corridor Simulator)輸出之逐秒速度資料，用以連結能耗與污染排放推估模式。其中，CMEM可直接將此逐秒資料輸入並加以推估能耗與污排。然而，MOBILE6所求出的污染排放率隨速度變化之曲線，是基於「平均速度」而非「瞬時速度」的概念。但由於MOBILE6對於求取平均速度之路段長度並無特別之建議值，因此，為了與PEMS所測得之數據結果(皆為瞬時速度)做比較，而採用較小的路段長度以估算平均速度，如此再乘上污染排放率後，即可獲得單位時間內之排放量，如此才能與微觀模式及PEMS之結果相互對照。

此外，為將交通模擬模式、傳統運輸規劃模式以及環境影響模式之間加以連結，Rakha(2003)於其研究中，以瞬時速度與加速度為自變數，建立多元迴歸式(VT-Micro 模式)以求出能耗與污染排放率。研究中證明，其推估結果不僅與道路實測的結果具有一致性，同時還能與微觀的交通模擬模式結合，以評估交通號誌時制計畫或智慧型運輸系統措施等各種交通策略，對引擎轉速以及污染排放的影響。

然而，Lindhjem et al.(2004)也提出將運輸需求模式運用於能耗與污染排放推估時的缺點。例如在所有的道路種類上，所使

用的車種混合百分比(重車與小客車)皆相同，但由於重車多為商業目的使用，旅次的起迄點與路徑與小客車不同，且其污染排放情況較為嚴重，因此這可能會影響能耗與污染排放量的推估結果。

4.3 推估模式綜合分析

由於各研究所欲推估的能源消耗與污染排放目的不同，其所需之輸入參數、搭配之運輸規劃需求模式、能耗與空污之推估範圍以及輸出結果之準確性要求等皆有所差異性。

因此，以下於首先將車輛污染排放與燃油消耗的模式，以不同的輸入參數為建立基準，分為排放係數模式 (emission factor models) 與模態模式 (modal models)兩大類加以說明。同時，再根據能耗與污染之相關研究，將此兩類型模式之輸出變數(output)與推估能力加以比較與分析。

4.3.1 各模式輸入變數(input)

以下將能耗與污染推估模式，分為排放係數模式與模態模式兩大類，並探討能耗污染推估模式與交通運輸規劃模式間之連結與應用。

1. 排放係數模式(emission factor models)

此類型模式利用行車型態(cycle)之平均速度，代表所有不同種類的車輛在此行車型態中之行車狀態與過程，並以單一的排放係數呈現其所造成的污染排放程度，排放係數則以[污染排放量/單位行駛距離]呈現，如 g/vehicle-km。

美國環保署 (Environmental Protection Agency, EPA) 的 MOBILE 以及加州空氣資源局 (California Air Resource Board, CARB) 的 MVEI 均屬於此類型的推估模式。例如，MOBILE 藉由實驗室中的聯邦測試程序(FTP)所用之行車型態，求取出基準污染排放率(baseline emission rates)後，同時，將其他影響車輛

污染排放之動靜態影響因素納入考量並加以修正，最後求得複合排放係數。

此類型模式以巨觀的角度切入，因此其優點為適用於推估大範圍的空氣污染排放影響，缺點則為其對於不同地區之駕駛行為差異性所造成之耗油與污染排放情形改變較不敏感。因此，也較不適用於評估運輸政策替代方案效益時使用。以下就各研究中針對此類型模式之改進方式加以彙整與說明。

(1) 不同地區之適用性：

由於各個地區的駕駛行為特性有所差異，無法完全藉由 FTP 行車型態完全呈現，即使模式提供一系列的修正係數，使基準污染排放率更接近於實際狀況，但仍有些駕駛行為超出模式中可修正之範圍。例如車輛的時速超出 FTP 行車型態中的最高速度 105(公里/小時)時，則無法校準排放係數。

因此，各地區也逐漸開始各自進行研究，以發展出足以代表該地區之行車型態。例如美國加州有鑑於現行之 FTP 行車型態(City Cycle 與 Highway Cycle)，無法呈現現今加州在市區與郊區的道路行車狀態(driving pattern)，因而建構”Cal-Urban”及”Cal-Rural”兩個新的行車型態，以提升加州在評估各種新技術應用對於燃油效率之影響以及成本效益評估研究等的正確性。

(2) 不同車輛運轉狀態之影響：

由於排放係數模式中所使用之耗油率及污染排放率的建構基礎，來自於試驗車輛於行車型態中所耗費之總耗油量與總排氣量，再除以行駛距離後所求得，因而無法呈現出耗油量與排氣量與車輛運轉參數之關聯性。故此類型模式對於行駛速度及加減速度變化差異較大之地區的污染排放量變化較不敏感(Ochieng 2002, Rakha 2003)。對於平均速度相近的兩個車行旅次(drive cycle)之間，在油耗與污染排放上的差異，此類型模式將難以辨別出來(Rakha, 2004)。

在許多研究中也指出，排放係數模式對於在交叉路口或間

歇性的旅次行為(internittent travel)中，所造成之能耗與空污影響推估成效不夠準確，常常會有低估的情況發生。因此，後續發展之模式便將加速度之概念納入推估模式中。例如(Wayson and Kim, 2000)利用加速度-速度的產出項目(如 power)做為輸入參數(input)，並將污染排放係數依照車輛運轉狀態區分為加速、減速、自由車流(free flow)以及惰轉等四種類別。

此外，MOBILE 6 也針對 MOBILE 5a 版本，將隱含於不同運轉模式及道路幾何特性或交通特性中的運轉參數差異，分別藉由運轉模式(如冷啟動與熱啟動)以及道路等級(如快速道路、幹道、地方道路以及交流道)等分類，探討其個別對於能耗及污排係數之影響，因而於模式中增加了一些新的係數校準方式。例如將冷啟動與行進中的旅次分開估算，以及將排放係數依照各種道路種類不同做修正等的修正係數。因此，當車輛測試經過一連串不同的道路種類時(facility cycle)時，排放係數便可依照不同的道路種類以及其平均速度來修正；然而，同一種道路等級，仍以一個固定的平均速度表示，故無法呈現出在同一道路等級上，速度變化幅度不同所造成的污染排放量差異。

2. 模態模式(Modal models)

模態模式主要是藉由逐秒的車輛動態參數(車速、加速度、引擎馬力與引擎轉速等)、污排與燃油消耗的資料加以建構而成，以微觀的角度將逐秒資料記錄下來，以便結果分析之用。

此外，此類型模式多採用底盤動力計、車載量測系統或可攜式污染排放監測系統(PEMS)做為資料蒐集之設備。其中，由於車載量測系統可從實際駕駛過程中蒐集車輛逐秒之運轉資料與排放量，因此逐漸成為一種新的排放量量化方法，並應用於在運輸計畫實際實施之前，估算其對環境所造成的影響。

根據相關研究中所提及之資料應用方式，可分為利用車速與加速度、引擎馬力與轉速以及實際動力需求模態模式(physical power-demand modal modeling)等三類方法，茲分述如下。

(1) 利用車速與加速度資料：

建立車速、加速度與污排和油耗之間的對照表或迴歸關係式，因此只要知道速度與加速度時，即可對照得到其平均的污排與油耗係數，例如 MOVES 中的 VSP¹。

(2) 利用引擎馬力與轉速資料：

將車輛之車速、加速度資料，轉換為引擎馬力與轉速資料，進而與污排、能耗加以連結。其缺點在於處理引擎資料分別與污染排放、燃油消耗及車速之間的連結與對照，耗費時間成本較大。

(3) 實際動力需求模態模式：

此方法將污排程序中，各種污染排放種類，依照其個別與駕駛行為有關之物理現象，切割成數個部分。CMEM 即利用此方法，將車種細分為 24 種，以求得較精確的校準參數。然而，在運輸模式中，僅將車種依照車型大小加以分類。因此，此類型污染排放模式與運輸需求模式之間，在車輛類別接合之介面處理會較為複雜。

綜合上述內容可知，相對於排放係數模式，模態模式多以詳細的逐秒資料為主，且資料來源來自於車載量測系統或實驗室的底盤動力計。由於資料較為精細，因此對於車輛的能耗與污染排放之推估準確性應高於排放係數模式。

然而，在評估大範圍之能耗空污影響時，其參數之蒐集過程較為繁複、資料數較為龐大，因此，在與巨觀運輸規劃模式接合時，除了必須審慎考慮能耗空污模式與運規模式間的關聯性與接合難易度之外，還須考慮參數之應用彈性與處理成本。

¹ VSP(Vehicle specific power)：可用來表示車輛行駛於道路上時，同時考量車速、加速度、坡度及空氣密度等的多種因素對於車輛本身所造成的影響，並將其所承受之所有負荷量以單一數值呈現。

4.3.2 各模式輸出變數(output)

上節依據各模式之輸入變數差異，將其分為排放係數模式與模態模式兩大類，在其個別所採用輸入變數不同之前提下，進而也會造成各種推估模式，在污染排放率與燃油消耗率之推估能力上有所差異。因此，以下便根據相關之文獻回顧結果，針對各模式之間的輸出變數及推估能力之差異加以探討。

1. 車載量測儀器與 MOBILE6.2

Qiao(2005)於 Houston, Texas 採用車載量測儀器 OEM-2100 分析污染排放量、油耗與車輛活動強度的時空分布關係，找出不同車型於每種道路種類的排放係數(含 HC、CO、CO₂、NO_x、PM)與油耗係數，並將車載量測儀器所得之道路實際量測數據與 MOBILE6.2 推估之結果相比較，研究結果發現：(1) 在所有的道路種類中，兩種推估方式以幹道(arterial)之推估結果差距最大；(2)大部分道路實際量測的污染排放係數數值比 MOBILE6.2 所估算的數值要高出許多，(3)車輛處於惰轉狀態時，車載量測儀器所測得的數據遠高於 MOBILE6.2 估算的結果，尤其是 HC 的值高於 MOBILE 6.2 估算的四倍，因此對於車輛惰轉所造成的污染排放，應該再做進一步的研究。

2. 車載量測儀器、CMEM 與 MOBILE6

Rilett (2004)將 PEMS 所測得之結果，分別與 CMEM 及 MOBILE6 所推估之 NO_x 排放率加以比較與分析。其中 CMEM 利用微觀交通模擬模式 CORISM 輸出之逐秒速度做為輸入項目，而 MOBILE6 則將此逐秒速度以路段(link)為單位，轉換為路段平均速度後再輸入。最後 MOBILE6 與 CMEM 輸出之 NO_x 數值則以路段別(link-by-link)為基礎表示。由於 MOBILE6 與 CMEM 綜合了所有車種、出廠年份以及車速等資訊，主要是以平均值之概念所估算出的複合排放係數；而裝載有 PEMS 之試驗車輛，可能車齡較新，且行駛過程中無法涵蓋所有的車速變化。因此，MOBILE6 與 CMEM 此類採用輔助模式所推估之

NO_x 排放率數值，會高於 PEMS 所測得之結果。

同時，研究結果指出 CMEM 於 power=0 mph²/s (即無加速度之狀態)時，其推估之 NO_x 排放率與車速成正比增加，但曲線變化幅度不明顯。而當 power=60 mph²/s 時，NO_x 隨車速之變化曲線呈 U 字形關係，意即車輛在低速行駛時，NO_x 之排放量高，隨著速度增加而逐漸遞減，而當車速高於某一特定速度時，NO_x 之排放量又再次逐漸升高。MOBILE6 所測得之 NO_x 排放量數值介於兩種 power 之 CMEM 推估數值之間，並與車速呈正向關係成長。

3. VT-Micro、MOBILE、CEME 與 EMIT²

Rakha (2004)將 VT-Micro 與以往各種排放模式(MOBILE、CEME 與 EMIT)之結果做趨勢分析與比較，並以裝載 OEM-2000TM 之試驗車輛，於道路實測時所量測之汽車引擎運轉參數與污染排放數值，做為各推估模式準確度之比較基準。研究結果顯示，在平均速度相似的各個行車型態(cycle)中，MOBILE 並無法顯示各行車型態在污染排放量上的差異，而 CEME 與 EMIT 則對於各行車型態中微小的差異過於敏感。

綜合上述內容可知，不同的推估模式對於污染排放量與車速之間的關係，在推估結果的趨勢以及車速變動程度之敏感度，皆有所差異。由於微觀推估模式可涵蓋的車速變動範圍較廣，因此能掌握車輛在不同加速度情況下，車速與污染排放物之關係。然而，在資料處理的過程中，須注意明顯異常之數據，以免影響推估結果。

而巨觀推估模式，則無法反映出車速以外的影響因素，因

² EMIT 是由 Massachusetts Institute of Technology and Ford Motor Company 所發展出用來估算小汽車每秒鐘油耗與污染排放的動態模式，其方法與格式類似 Vehicle Specific Power(VSP)模式，依照動力(power demand)的需求不同，EMIT 模式可利用瞬時速度和加速度的數據以計算出不同的引擎排放和油耗量。這個模式是由道路排放模式(road-based emission modeling)所衍生出來並用線性迴歸的方式來校正。

此其推估結果僅能顯示出，污染物排放隨旅次速度平均值之變化關係。此外，巨觀模式對於平均速度相近的兩個旅次污染排放量，則無法顯示出旅次中速度變異情況對於總排放量之影響。

此外，無論是哪一種模式，使用的車型與數據擷取之設備，也會對推估結果或試驗結果產生影響。根據相關研究結果可知，能耗污染模式所採用的參數資料，主要來自於年代久遠的資料庫，因此其所推估之結果，可能會因為試驗車輛之車齡較新，因而導致其數據高於車載量測儀器之結果。而車載量測儀器於實際道路上所測得之數據，又比車輛於實驗室底盤動力計上所量測之結果還高，這是由於實驗室無法完全掌控實際道路上，所有影響車輛能耗與污染排放之因素而造成。

4.3.3 綜合分析

綜合以上各模式輸出入變數之相關研究結果，以下推估模式依照應用範圍、優缺點、輸入參數類型及輸出項目等分別彙整如表 4.3-1。

表 4.3-1 各模式綜合比較表

模式種類	排放係數模式			模態模式	
模式	MOBILE 5	MOBILE 6.2	MVEI	CMEM	VT-Micro
應用範圍	巨觀			微觀	
優缺點	優點： 估算方法簡易 適用於推估大範圍的空氣污染排放影響 缺點： 必須蒐集大量的資料來源才能提高其精確度 對於車輛運轉型態(惰轉、加減速或定速行駛)改變所造成的影響並不敏感。若不同的行車型態之間平均速度相近，則難以分辨其差異			優點： 適合用於評估號誌路網中的車輛污染排放量與燃油消耗量 對於行駛速度及加減速度變化差異所造成的染排放量變化較為敏感 缺點： 取得參數的過程較為繁複 處理引擎資料與污染排放、燃油消耗與車速之間的連結與對照時間成本較大 與運輸模式之間，在車輛類別接合之介面處理會較為複雜	
INPUT					
輸入參數	車 輛 排 放 係 數 (vehicle emission factors)			車輛運轉狀態(operating modes)	
靜 態 影 響 因素	例如車種、車齡分布等車輛靜態資料，來源主要來自於 EPA、CARB 以及車廠等，多以百分比表示，並透過加權進而求出油耗與污排之複合係數。				
動 態 影 響 因素	例如車速、車輛運轉狀態等車輛動態資料，使用時以平均值及分布百分比表示，並透過輔助模式(off-cycle model)或加權等方式，進而求出油耗與污排之複合係數。			車速與加速度之逐秒資料。	
其 他 影 響 因素	例如坡度、道路種類、外部環境等其他影響因素，以輔助模式模式做係數修正的工作。			以動態資料之變化，呈現其他影響因素之差異。	
資 料 擷 取 來源	FTP	FTP、SFTP <small>註 1</small>	LA92	FTP、MEC、US06 & 車載量測儀器	車載量測儀器&底盤動力計
OUTPUT					
污 染 排 放	HC、NO _x 、CO	HC、NO _x 、CO	HC、NO _x 、CO、PM	HC、NO _x 、CO	HC、NO _x 、CO
能 源 消 耗	有	有	有	有	有
係數單位	能耗或污排量/單位距離			能耗或污排量/單位時間	

註：用於2000年以後出廠的車型。

資料來源：本計畫

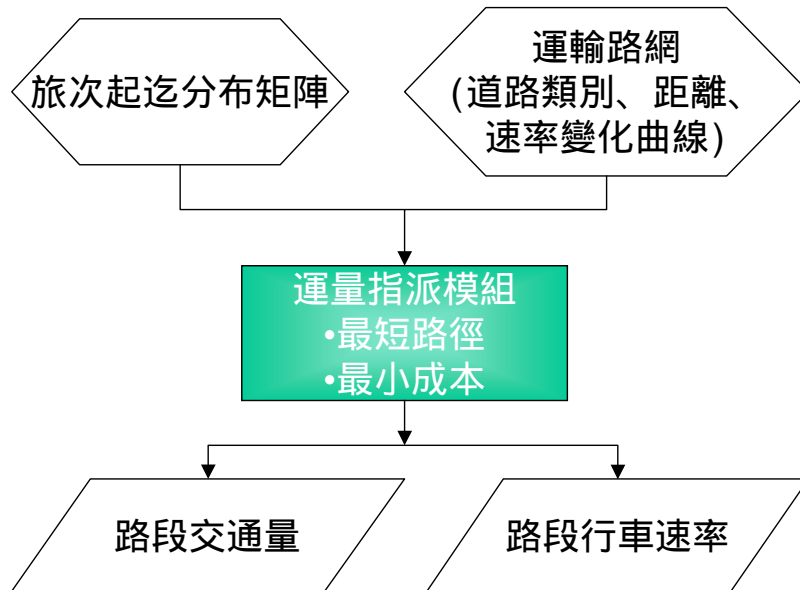
由表 4.3-1 中可知，不同推估模式之輸出係數單位不同，會導致能耗與污排的結果呈現有所差異，由文獻彙整後發現，大致可將能耗與污排之結果，分別以「單位距離」與「單位時間」兩種方式呈現。因此，未來欲將計畫之研究成果與文獻結果比對時，必須注意能耗與污排數據之單位是否相同，例如道路量測數據分布圖，或推估曲線之形狀等，在相互比對之前，必須有單位轉換的動作，以避免判斷錯誤。有關兩單位轉換之相關分析與說明，可參見附錄 2.5。

4.4 運輸規劃與能源消耗、污染排放之關聯分析

4.4.1 運輸規劃模式之相關模組與參數

目前國內城際運輸規劃普遍使用之模式為程序式運輸規劃模式，可分為旅次產生、迄點選擇、運具選擇及運量指派(路徑選擇)4 大模組，道路幾何特性與車流特性則顯現在運量指派模組。運量指派模組作業流程如圖 4.4.1 所示，其作業說明如下：

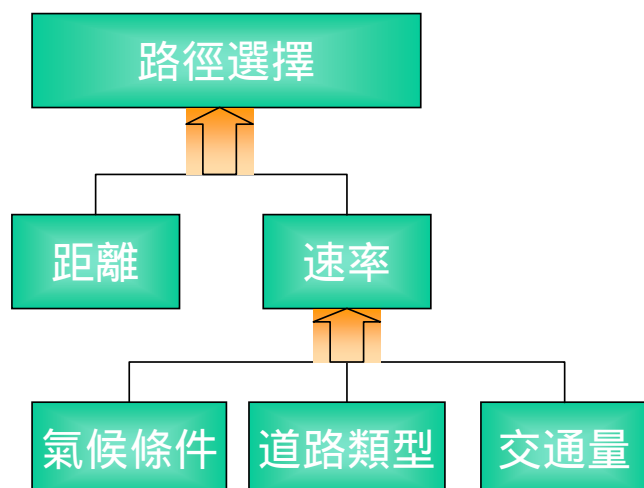
1. 先建立不同旅次目的的旅次起迄分布矩陣，模擬空間的活動需求。
2. 依據民眾選擇路徑的考量因素，包括道路類別、距離、速度、收費等參數，建立分析路網。
3. 利用運量指派模組，依據各路段行車時間或距離，建立不同起迄對間的最短路徑，再將起迄對的旅次量指派到路段中，並分析各路段因應交通量變化產生的速度變化，再重新選擇路徑與進行交通量指派，直到整體路網時間達到均衡為止。
4. 依據路網均衡指派結果，輸出各路段交通量、距離、行車速率(路段行車時間)，提供相關分析的輸入資料。



資料來源：本計畫

圖 4.4.1 運輸規劃之運量指派作業流程

由前述作業可知，運輸規劃之運量指派最後輸出成果為交通量的分布與對各道路行車速率的影響，而運輸行為的決策點在路徑選擇，路徑選擇則決定在旅程時間，或旅程時間與費用的加權成本，而時間的長短除距離因素之外，速率即是另一影響因素；速率除受道路類型不同之影響外，交通量的多寡則是另一因素，其它的影響因素(如使用空調與否、氣溫等)則難以在模型中呈現(見圖 4.4.2)。



資料來源：本計畫

圖 4.4.2 路徑選擇影響因子

在路網資料庫之屬性欄位中包含了道路等級、自由流速率及速率流量曲線參數，以及旅行時間等項目。其中道路等級又可根據區域、車道數、速限、受干擾程度等再加以細分(見表 4.4-2)；而速率流量曲線參數設定則如表 4.4-3 所示。

表 4.4-3 中可知，自由車流速率會隨道路等級的不同而有所差異。通常車輛行駛於山區、車道數較少(或道路容量較小)以及干擾程度高的道路種類上時，自由車流速率較低。又如前所述，車輛在低速行駛的狀態下，污染排放情況較為嚴重；或是當車輛行駛於爬坡或交通壅塞的道路上時，地勢與駕駛行為分別會增加車輛在運轉過程中的負擔，因而導致車輛燃油消耗與污染排放量的增加。由此可知，運輸規劃模式中道路等級的分類方式，可將區域、車道數、速限、受干擾程度等，影響能耗與污染排放的因子呈現出來。

表 4.4-1 路網資料庫線圖層欄位屬性與說明

欄位名稱 (全日)	欄位名稱 (尖峰)	欄位說明	單位
DistKm	同左	距離	Km
Level	同左	道路等級 1	-
Class	同左	道路等級 2	-
Type	同左	道路等級 3	-
Year	同左	完工年期	年
FF_Car_Kph	同左	自由車流速率(小客車)	Kph
FF_Car_Min	同左	自由車流旅行時間(小客車)	分鐘
Cap_Day	Cap_Hr	道路容量	PCU/日或 PCU/小時
Alpha	同左	速率流量曲線參數(小客車)	-
Beta	同左	速率流量曲線參數(小客車)	-
Transit_Only	同左	1 代表大眾運輸專用路權	1 或 0
Non_Transit	同左	1 代表為 NON TRANSIT	1 或 0
AB_Car_Min	同左	AB 旅行時間(小客車)	分鐘
BA_Car_Min	同左	BA 旅行時間(小客車)	分鐘
AB_Pre_Day	AB_Pre_Hr	AB 方向非分析旅次交通流量 PRELOAD	PCU/日或 PCU/小時
BA_Pre_Day	BA_Pre_Hr	BA 方向非分析旅次交通流量 PRELOAD	PCU/日或 PCU/小時
Walk_Min	同左	步行時間	分鐘

資料來源：國家永續發展之城際運輸需求模式研究(3/4)，交通部運輸研究所，民國95年12月。

表 4.4-2 臺灣地區道路系統分類表(模式路網)

Level	Class	說明	路網長度(km)
1 國道	1	速限 100~110 一般道路段	796
	2	速限 100~110 交流道	
	3	速限 100~110 路線端點	8.1
	4	速限 90 一般路段	144.6
	5	汐五高架一般路段	18.1
	6	汐五高架南下端點	1.1
	7	長隧道	18.3
	8	高乘載專用道	
2 快速道路	11	快速公路(完全進出管制)	454.5
	12	快速公路(部分進出管制)	59.9
	13	長隧道	8.0
	14	高乘載專用道	
3 匝道	16	系統交流道(速限 60 路段)	157.8
	17	匝道-低干擾	485.4
	18	匝道-高干擾	43.2
4 省道	21	省道山區 1 車道	1,325.6
	22	省道山區 2 車道	137.5
	23	省道低干擾 1 車道	976.0
	24	省道低干擾 2 車道	1,208.4
	25	省道低干擾 3 車道以上	104.3
	26	省道高干擾 1 車道	156.5
	27	省道高干擾 2 車道以上	530.6
	28	省道橋樑	
	29	省道隧道	
5 縣道	31	縣道山區 1 車道	553.3
	32	縣道山區 2 車道	24.3
	33	縣道低干擾 1 車道	1,878.8
	34	縣道低干擾 2 車道	308.0
	35	縣道低干擾 3 車道以上	8.3
	36	縣道高干擾 1 車道	363.7
	37	縣道高干擾 2 車道以上	188.2
6 鄉道	41	鄉道山區 1 車道	81.1
	42	鄉道山區 2 車道	
	43	鄉道低干擾 1 車道	395.2
	44	鄉道低干擾 2 車道	9.5
	45	鄉道低干擾 3 車道以上	
	46	鄉道高干擾 1 車道	133.0
	47	鄉道高干擾 2 車道以上	15.7
7 市區道路	51	市區道路低干擾	174.9
	52	市區道路中干擾	403.3
	53	市區道路高干擾	682.7

資料來源：國家永續發展之城際運輸需求模式研究(3/4)，交通部運輸研究所，民國95年12月。

表 4.4-3 各類道路自由車流速率與速率流量曲線參數表

Level	Class	說明	So	α	β
0 區心連線	0	區心連線	20	0	0
1 國道	1	速限 100~110 一般道路段	99	0.41	2.37
	2	速限 100~110 交流道	99	0.41	1.05
	3	速限 100~110 路線端點	99	0.50	1.67
1 國道	4	速限 90 一般路段	90	0.29	2.64
	5	汐五高架一般路段	99	0.34	2.54
	6	汐五高架南下端點	99	0.56	2.87
	7	長隧道	68	1.43	4.14
	8	高承載專用道	90	0.29	2.64
2 快速道路	11	快速公路(完全進出管制)	70	0.52	5.10
	12	快速公路(部分進出管制)	58	0.76	3.94
	13	長隧道	68	1.43	4.14
	14	高承載專用道	70	0.52	5.10
3 匝道	16	系統交流道(速限 60 段)	60	1.23	3.00
	17	匝道-低干擾	40	1.23	3.00
	18	匝道-高干擾	40	0.82	4.94
4 省道	21	省道山區 1 車道	50	3.76	3.29
	22	省道山區 2 車道	60	3.08	3.78
	23	省道低干擾 1 車道	60	1.93	3.19
	24	省道低干擾 2 車道	70	1.39	4.34
	25	省道低干擾 3 車道以上	70	0.59	4.46
	26	省道高干擾 1 車道	50	3.59	2.71
	27	省道高干擾 2 車道以上	60	1.56	2.70
	28	省道橋樑	45	1.76	2.79
	29	省道隧道	68	1.43	4.14
5 縣道	31	縣道山區 1 車道	50	3.76	3.29
	32	縣道山區 2 車道	60	3.08	3.78
	33	縣道低干擾 1 車道	60	1.93	3.19
	34	縣道低干擾 2 車道	70	1.39	4.34
5 縣道	35	縣道低干擾 3 車道以上	70	0.59	4.46
	36	縣道高干擾 1 車道	50	3.59	2.71
	37	縣道高干擾 2 車道以上	60	1.56	2.70
6 鄉道	41	鄉道山區 1 車道	40	3.76	3.29
	42	鄉道山區 2 車道	50	3.08	3.78
	43	鄉道低干擾 1 車道	50	1.93	3.19
	44	鄉道低干擾 2 車道	60	1.39	4.34
	45	鄉道低干擾 3 車道以上	60	0.59	4.46
	46	鄉道高干擾 1 車道	40	3.59	2.71
	47	鄉道高干擾 2 車道以上	50	1.56	2.70
7 市區道路	51	市區道路低干擾	57	0.39	7.75
	52	市區道路中干擾	39	0.84	6.22
	53	市區道路高干擾	33	1.39	4.87

註：So為自由車流速率。

資料來源：國家永續發展之城際運輸需求模式研究(3/4)，交通部運輸研究所，民國95年12月。

4.4.2 運輸規劃作業與能源消耗、污染排放之關聯性

本項工作目的在於由運輸規劃角度出發，基於運輸計畫方案評選、政策成效分析之需求，系統性研析能源消耗、污染排放與運輸行為之關聯性，以作為相關特性參數蒐集與調查分析之重要依據。

根據文獻回顧、現況分析之成果，以及運輸規劃作業中所涵蓋之重要運輸行為特性，並檢視分析運輸規劃模式之作業流程與輸出入資料，將能源消耗、污染排放與運輸行為關聯性概述如下：

1. 使用量：運輸使用量越多，代表消耗能源與污染排放越多。而使用量可以行駛距離或行駛時間來反應。
2. 使用行為：使用行為係指行車過程的行為變化，包括冷啟動、加速行駛、均速行駛、減速行駛、延滯停等、惰轉等，不同駕駛行為的能源消耗與污染排放略有不同。

運輸規劃模型中有關能源消耗、污染排放等關聯性之探究因子主要包括旅運行為、車流特性以及路網特性等三大類，一般運輸規劃模式能處理之運輸行為因子如表 4.4-4 所示。

其中，使用行為雖影響能源消耗，但就運輸規劃模式而言，係以旅次平均行駛速率以及路段受干擾程度呈現交通狀況；顯然，難以完整詳細地呈現行車過程中不同車流特性或駕駛人的駕駛行為造成的能源消耗與污染排放差異。未來能源消耗與污染排放因子測試，可考量以路段平均速率進行實驗。加減速率的頻率雖無法由運輸規劃模型中呈現出來，但仍可藉由不同干擾程度之道路等級分類間接納入考量。而冷車啟動則每個旅次均加入冷車啟動能源消耗與污染排放處理之。

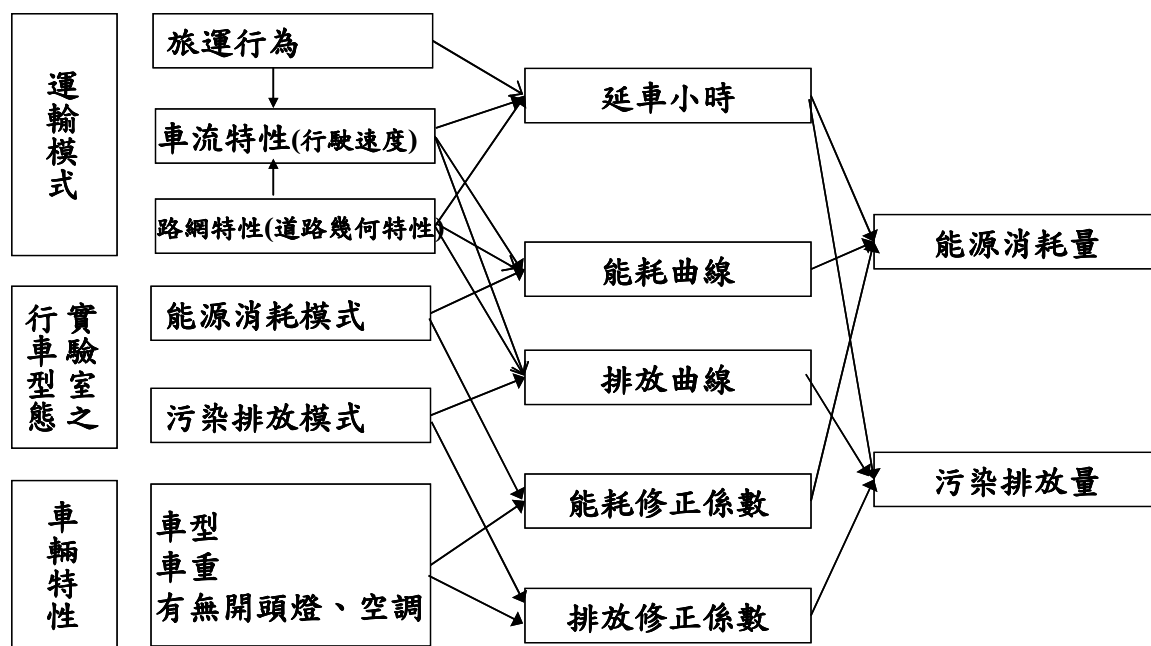
表 4.4-4 運輸規劃模型中相關能源消耗、污染排放之影響因子

類型	運輸行為	是否為運輸需求模式之 input 或 output
旅運行為	旅行距離	✓
	旅行時間	✓
	冷車啟動	✓
	車種	✓
路網特性	道路等級	✓
	道路設計	×
	交通量	✓
車流特性	平均行駛速度	✓
	平均加速度	×
	平均減速度	×
	加減速度變化次數	×
	停等次數比例	×
	加速時間比例	×
	減速時間比例	×
	定速行駛時間比例	×
	停等時間	×
	情轉	×

註：×代表無法由模式輸出

資料來源：本計畫。

綜上所述，本計畫擬以圖 4.4.3 之架構，分析運輸規劃與能源消耗、污染排放之關聯性。路網中行駛車輛之能源消耗量及污染排放量，係與能耗曲線及排放曲線，以及代表旅運行為之延車小時，具有相關性。其中，能耗曲線及排放曲線，均會根據道路幾何特性、行駛速度，以及車輛在實驗室中取得之能源消耗與污染排放模式，而有所不同。至於旅運行為，則需區分不同車種、不同速度、不同道路幾何特性下之延車小時，來作為計算基礎。另外，如果可能取得車輛特性之修正係數（依車型、車齡劣化率等），亦可納入此關聯中，予以考量。圖 4.4.3 中有關「車輛特性」之車型、車重、有無開頭燈空調等，為本計畫實驗設計所包含探討的範疇，以便未來應用於運輸模式時，能夠運用法規測試資料庫之數據。



資料來源：本計畫

圖 4.4.3 運輸規劃與能耗、空污之關聯

4.5 運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異

綜觀前述各推估模式之輸入資料，運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異列如表 4.5-1，顯示運輸規劃模式進行計畫評估係針對各道路路段交通量與速度變化，與前述一般能耗、污染排放模式是針對行車型態截然不同，因此，能源消耗與污染排放係數亦應根據不同道路特性來提供，才能更精確反應運輸計畫之影響。

表 4.5-1 運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異

項目	運輸規劃模式	一般能耗、污染排放模式
分析對象	路段交通量、旅行速率	實驗室行車型態或各地區一般旅次的行車型態
能耗、污染排放參數參數	不同道路類型、不同旅行速率	行車型態的單一平均值
特色	反應不同道路類型、速率的能耗效率、污染排放率	大區域估算較容易，但不能反應不同類型的影響
評估應用	運輸計畫對不同道路系統、運輸系統交通量、速率影響所造成的能源消耗、污染排放之影響。	依據運輸系統交通量的延車公里，以單一平均值之燃油效率或污染排放係數估算區域之能耗或污染排放量。

資料來源：本計畫。

4.6 運輸行為與能源消耗、污染排放之綜合評估架構

由於運輸規劃模式可提供路段行車時間資訊，且因能耗及污染排放測試儀器之輸出量係以單位時間使用量或產生量來估算，故可將傳統之能源消耗量及污染排放量推估模式簡化為：

$$\text{能源需求量} = \sum (\text{延車小時} \times \text{能耗曲線} \times \text{修正係數})$$

式 4-6

$$\text{污染放量} = \sum (\text{延車小時} \times \text{排放曲線} \times \text{修正係數})$$

式 4-7

其中：

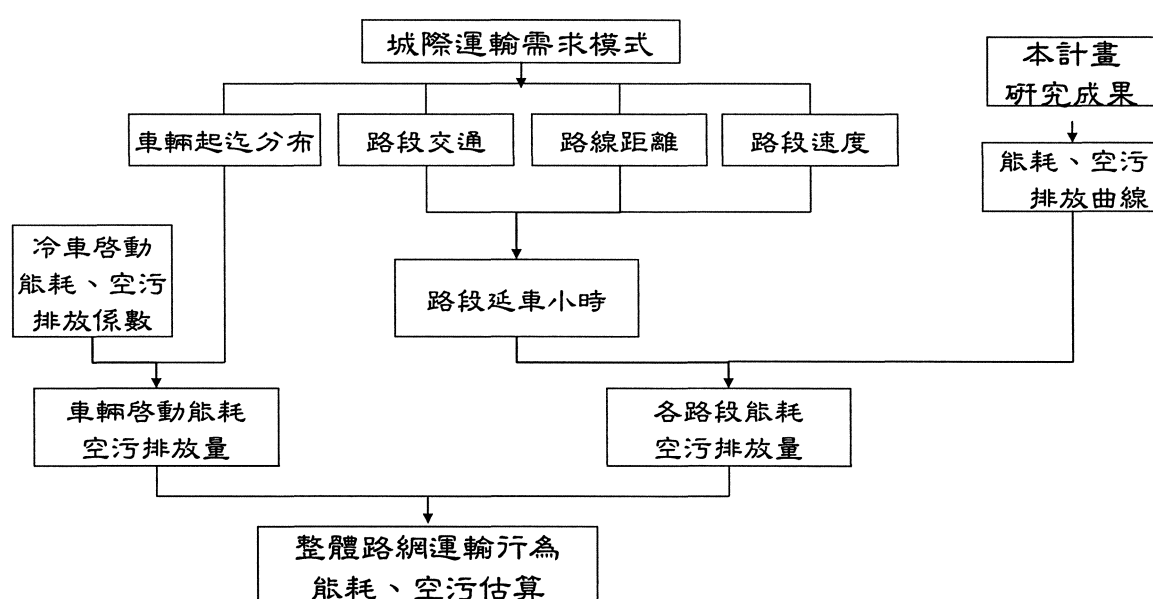
延車小時=為受路段交通量影響之路段行駛時間；

能耗曲線及排放曲線：為本計畫所求得之測試結果，將會依據道路類型、速率，而得到不同的排放率

修正係數：則需依據其他研究成果提供，因車輛持有與使用特性差異，對於車輛能耗與排放特性的影響。

茲以圖 4.6.1，作為本計畫所研擬之運輸行為與能耗、空污

關聯評估架構。運輸需求模式輸出之各種道路等級、不同速度下之延車小時，對應至該道路等級、速度之能耗、空污曲線，得到排放率，二者相乘，再依序以速度、道路等級加總，可得到車輛行駛的能源消耗與污染排放。另外，關於冷車啟動的影響，則依據起迄分布表（OD Table），計算每日冷車啟動之次數，乘以冷車啟動之排放係數，得到冷車啟動之能源消耗、污染排放量之外加影響。二者加總，得到運輸行為之能耗、空污總量。



資料來源：本計畫

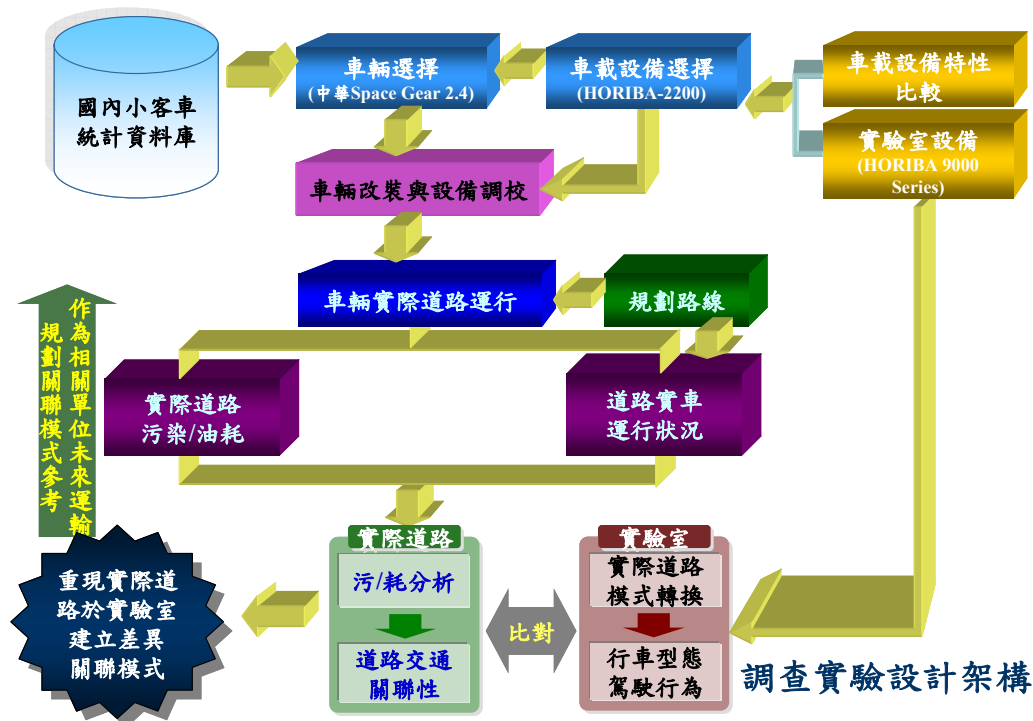
圖 4.6.1 運輸行為與能耗、空污關聯評估架構

第二章 能源消耗、污染排放特性參數之蒐集與調查

5.1 調查實驗設計

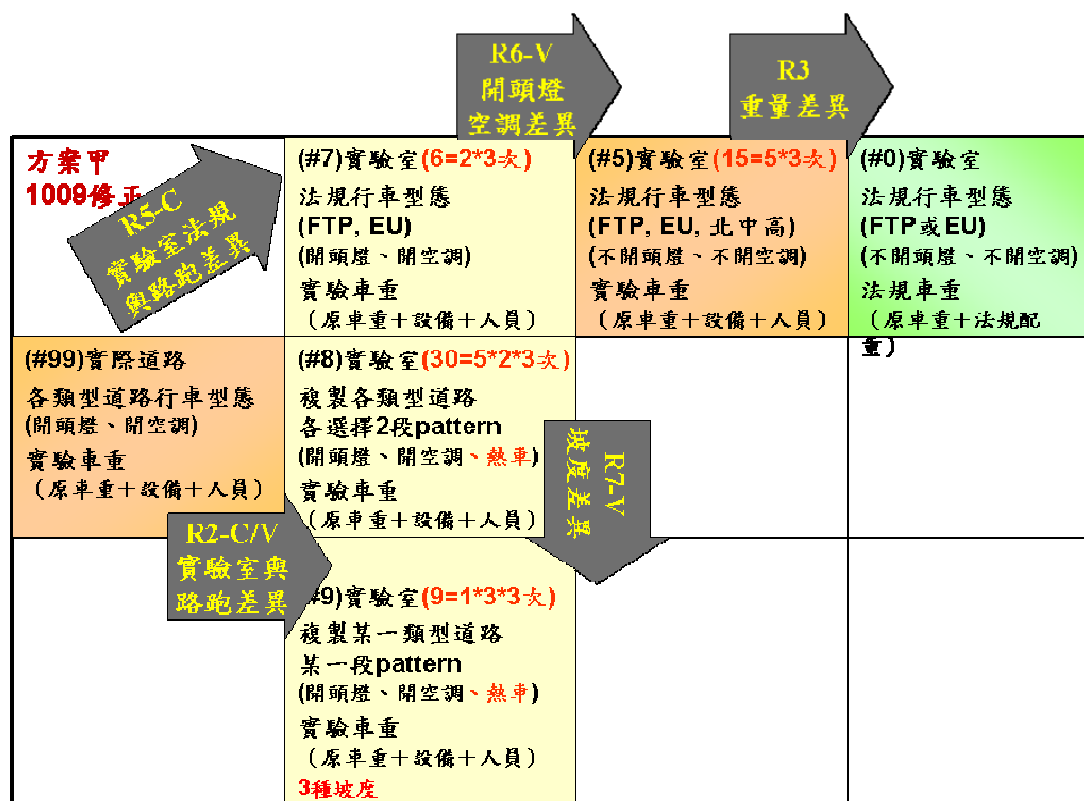
5.1.1 調查實驗設計

傳統實驗室對於車輛污染排放及油耗評估方式，由於採用之國際通用測試方式，與國內實際道路駕駛行為有所不同，未能完全反映出國內車輛實際道路排放情況。為了更深入地了解車輛實際排放與交通運輸規劃之關聯性，本計畫特別規劃一套包含實車測試與實驗室測試之調查實驗計畫（參見圖 5.1.1 及圖 5.1.2），藉以蒐集車輛動態之能源消耗、污染排放相關特性，據以建立能源消耗、污染排放與交通運輸規劃關聯模式。



資料來源：本計畫。

圖 5.1.1 本計畫調查實驗設計架構



註：C表示假設該參數會因道路類型而有所不同關係；V表示假設該參數會因速度高低而有所不同與速度有關係。

資料來源：本計畫。

圖 5.1.2 本計畫實驗設計

1. 測試項目

(1) 實車測試（#99）

- ① 實際道路量測。
- ② 型態污染測試（CO、THC、NO_x、CO₂）。
- ③ 油耗測試(碳平衡法反推油耗值>km/l)。

(2) 實驗室測試（#5、#7、#8、#9）

- ① 型態污染測試（CO、THC【CH₄+NMHC】、NO_x、CO₂）。
- ② 油耗測試(碳平衡法反推油耗值>km/l)。

為能分析運輸系統之路網、車流特性下，車輛之能源消耗、污染排放特性，與實驗室行車型態下之差異，首先設計實際道路實驗（#99），和搭配之實驗室複製實驗（#8）。所選定的測試車輛，進行實

際道路測試（#99）；累積完成 5 種道路型態之實際道路數據擷取記錄之中，選取可供轉換之有效實際道路數據擷取紀錄，依據實際道路行駛狀況轉換曲線，複製至實驗室中進行污染、油耗測試（#8）。二者控制其他條件相同（如車輛開頭燈空調、實驗車重等均維持一致），僅將道路實驗複製至實驗室中，以釐清實驗室與路跑差異（R2）。初步假設 R2 可能會隨速度、道路類型差異而有所不同。

接著，以實驗車重、開頭燈空調的方式，進行 FTP 和 EU 兩種既有法規污染、油耗測試（#7）。藉以與道路實驗（#99）和實驗室複製實驗（#8）之比對分析，建構實驗室法規與路跑差異關係（R5），並假設 R5 應會隨道路類型而有異。

不過，#7 雖然以法規行車型態進行測試，但與法規檢測資料實驗（#0）條件，仍有兩項車輛特性的差異：法規檢測實驗（#0）乃是以不開頭燈空調、法規車重（FTP 與 EU 法規配重不同）條件下所進行的。對此，文獻中也已有各別探討車重和開空調，對於車輛能源消耗特性之影響。故本計畫設計 #5 實驗，以實驗車重、不開頭燈空調條件下，進行法規行車型態測試。藉由 #7 與 #5 之實驗結果比對，可以得到開頭燈空調差異關係（R6）；而 #5 與 #0 之數據比對，則可得到重量差異之關係（R3）。未來運輸規劃作業之運用，藉由本計畫之結果，將可直接將現行之車輛法規測試數據（新車出廠時之法定測試數據），藉由 R3、R6、R5 關係，轉換成為實際路跑之推估數據，如此便可節省大量之研究時間與經費。

另外，為掌握運輸系統道路特性中，相當重要之坡度特性，對於車輛能源使用和污染排放特性之影響，又設計 #9 之實驗，將實驗室複製實驗（#8）之行駛狀況轉換曲線，增加模擬 3 種坡度效果之重力設定，重複進行實驗室坡度實驗（#9）。#9 實驗結果與未設定坡度（0%）之數據比對分析時，則可以取得坡度差異關係（R7）：初步假設與速度具有相關性。

透過各項測試結果，可以比較實驗室測試結果與實際道路的差異性及關聯性；未來再由其他不同車型的測試結果，可以獲得各車型在

不同行車型態、駕駛行為、車輛狀況等差異下之關聯性，並將此車輛污染排放、油耗與道路運輸模式之影響因素及條件，作為未來運輸規劃關聯模式之預測值。分析之結論將會結合車輛行駛之特性與道路規劃，作為未來重大交通建設在進行可行性分析時，在考量最小旅行時間或最小旅行成本後，設定所選定的目標函數，亦可以最小能源消耗或最少溫室氣體排放為標的，藉由運輸規劃模式決定未來各類運具運量的預測後，可以透過溫室氣體排放資料庫參數輸入，進一步作最有效的資源分配。關於研究成果之應用，預計在第二年度會以案例分析的方式，說明於運輸規劃模式中的實際應用情形。

2. 實驗方法

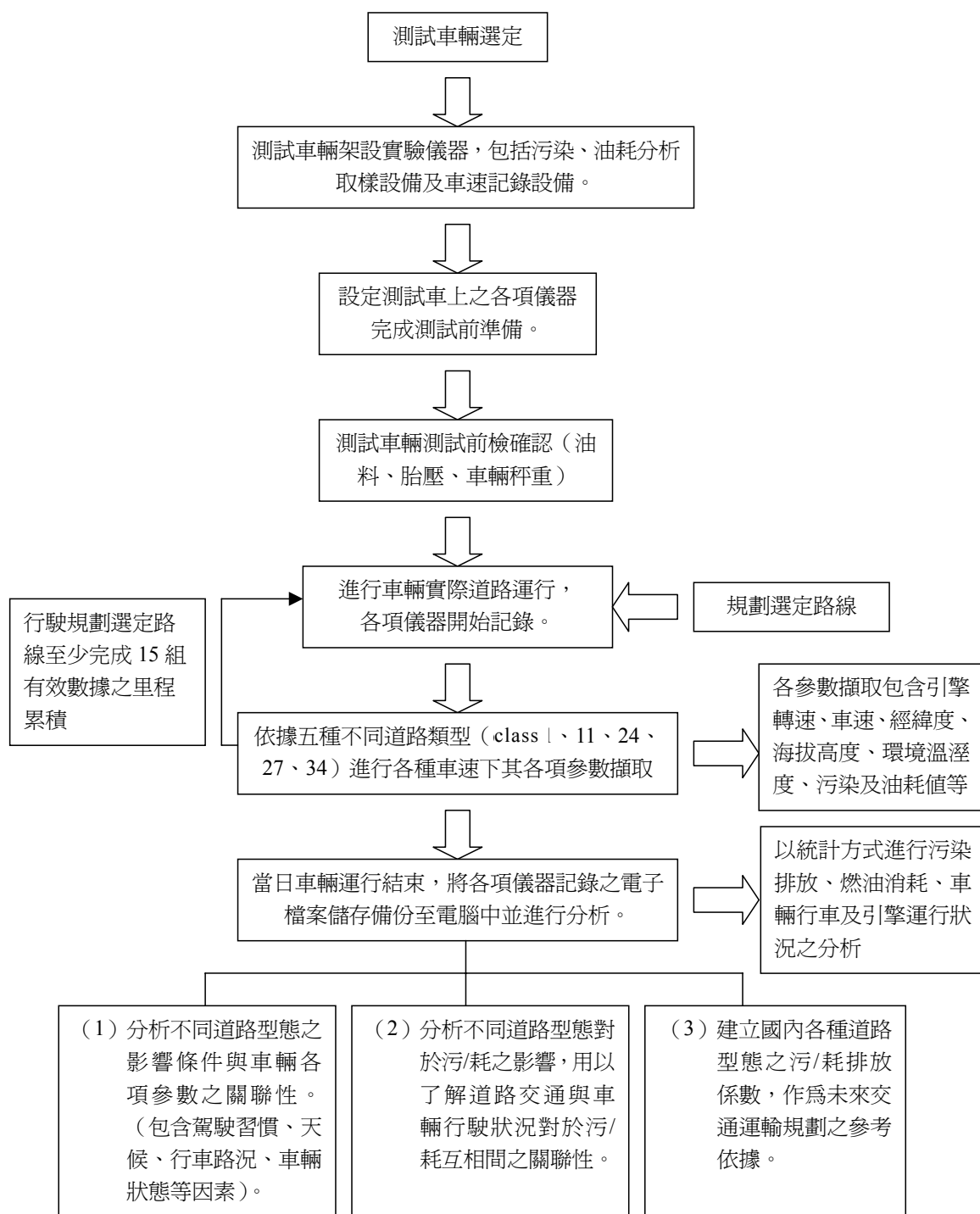
(1) 測試程序步驟

①依選定車型進行實車道路測試（7/16~8/31）

■ 實車道路測試＜Type 1＞依車型選用市售油品（經化驗）

● 進行實際道路污染耗能測試數據收集

本項實車測試流程如圖 5.1.3，其中車載測試設備儀器之選定、架設和測試等先期作業流程，對於最後取得之數據準確與正確性，扮演至為關鍵的角色。



註：道路類型之選定，主要依據 pcu-km、路網長度占比與實驗路線流暢性為原則而挑選。
資料來源：本計畫。

圖 5.1.3 實車實際運行測試研究流程

②利用實際道路所轉換曲線之污染耗能測試

■ 實驗室動力計測試<Type 2>依車型選用市售油品（經化驗）

- 現行法規型態測試【1 輛*2 種型態（EU、FTP）*各 3 次=6】(9/3~10/12)

註：包含冷、熱起動方式測試

- 現有國內型態測試【1 輛*3 種型態（北、中、高雄）*各 3 次=9】(9/3~10/12)

註 1：北、中、高雄之市區行車型態比較

註 2：使用冷起動方式進行測試

■ 實驗室動力計測試<Type 3>依車型使用市售油品（經化驗）(9/3~9/28)

- 依現行法規型態並同時開啟頭燈與空調測試【1 輛*2 種型態（EU、FTP）*各 3 次=6】(9/3~10/12)
- 實際道路所轉換之曲線【1 輛*5 組（涵括不同類型之轉換型態）*每組選取 2 區段*各 3 次=30】
- 實際道路所轉換之曲線【1 輛*3 種（涵括比例 2%、3%、4%坡度）*各 3 次=9】

註 1：實際道路轉換測試，每組區分為 10~15 分鐘之型態，共計 30 組轉換型態，涵蓋不同之道路類型。

註 2：除法規型態加開啟頭燈與空調測試外，皆使用熱起動方式測試。

(2) 各項實驗之測試方法

①實際道路數據蒐集。

■ 車輛依據一般駕駛之原則進行，冷起動區間為車輛中心大門

至管制哨口為止，時速 20~30 km/hr。

- 依據計畫所規劃之路線，區分不同道路型態數據之蒐集。

本計畫開始進行實際道路運行數據收集，污染分析取樣設備以連續即時量測車輛四種排放污染物：一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、碳氫化物(HC)、二氧化碳(CO₂)之污染值(g/km)及空燃比(A/F)，並且透過電腦連續記錄量測結果。此外，在車輛運行當中由車上 ECU 所傳送出來之各項引擎參數之資訊及行車速度，亦透過電腦記錄。並以碳平衡法反推求出油耗值(l/km)，記錄車輛運行過程中燃油消耗量。最後，將車輛污染排放、燃油消耗狀況、車輛行車狀況(加速、減速、惰轉)及引擎運行狀況等記錄之數據加以分析，以統計出該道路路線之污染排放及燃油消耗狀況，分析出不同交通狀況、駕駛行為對於污染排放及燃油消耗之影響，用以了解行駛、道路交通及車輛行駛狀況對於污染排放及燃油消耗相互間之關聯影響。

②實驗室動力計測試

- 現行行車型態污染/油耗測試【依據「FTP 75」及「NEDC」測試方法，使用 95 無鉛汽油進行污染/油耗測試】每種型態重複 3 次，共進行 6 車次測試。再依據上述測試方式與程序，增加開啟頭燈與空調測試項目，再進行 6 車次測試。
- 現有國內行車型態污染油耗測試【依據國內現有「臺北市型態」、「臺中市型態」及「高雄市型態」測試方法，使用 95 無鉛汽油進行污染/油耗測試】每種型態重複 3 次，共進行 9 車次測試。
- 依據實際道路轉換之 5 種型態曲線，每組區分為兩區段，涵括不同類型之道路模式，進行污染/油耗測試，將實際道路所紀錄之行車車速與時間關係，建立出可代表不同類型之型態曲線，提供實驗室重現實際道路之關聯性。每種型態各區段重複 3 次，以求得穩定數據，共進行 30 車次測試。
- 選擇實際道路轉換之不同坡道型態曲線，涵括國內目前佔比

最多之 3 種坡道路模式（2%、3%、4%），進行污染/油耗測試，依據實際道路所轉換之曲線，在實驗室中給予不同負載，模擬車輛在各種坡度下，能耗與污染排放情況，以重現車輛在實際道路對於不同坡度變化與能耗/污染排放之關聯性。每種坡道路模式重複進行 3 次，共進行 9 車次測試。

5.2 實驗設備與實驗車輛

在能源消耗、污染排放特性參數之蒐集與調查上，本計畫採用車載取樣分析設備 HORIBA OBS-2000 系列產品（OBS-2200），與中華 Space Gear 2.4 為實驗車輛，搭配組成本計畫本年度之調查設備。以下分項說明車載實驗設備與實驗車輛之選用考量。

5.2.1 實驗設備

1. 車載設備

關於車輛之能源消耗、污染排放特性參數之蒐集與調查，一般是在於實驗室裡，利用底盤動力計及污染分析取樣設備，進行行車型態污染量測。這種方法不但已經行之有年，也是各國法規測試所使用之方式。

車輛於實驗室進行測試的優點是：環境情況容易控制，測試結果具有公正性；但其缺點是：無法真正顯示車輛實際環境下操作所排放的污染及燃油消耗，因為在實驗室中以特定的「行車型態」來模擬道路行駛狀況，其實無法真正反應現實環境中的交通阻塞、氣候變化等情況。

因此實驗室中所量測到的能源消耗與污染排放特性參數，無法直接表現出車輛行駛中的能源消耗與污染排放特性，而需要經過許多步驟的修正與調校，才能勉強用以推估車輛實際行使過程中的能源消耗與污染排放狀況。

過去這種方式，主要是受到儀器的限制，因此即使有實際道路量測車輛行車狀況下污染排放之構想，卻始終無法達成。而目前，隨著科技日新月異，這樣的限制逐漸被打破。目前已經有些車載量測設備，可以在車輛行駛過程中，以一組設備同步紀錄下車輛的能源消耗與污染排放等特性、引擎轉速與速度等運轉條件，以及對應的車外環境與地理空間資料等。這種資料，可進一步與交通資料庫相結合，取得對應的交通設施參數，甚至是車流參數。而可以整組資料，用以分析真實交通環境下，行駛中的車輛之能源消耗與污染排放特性，

依據 Boulter, et. al.(2006)所述，目前可以執行車輛道路實際污染排放量測的車載量測系統，包括：VPEMS、MEMS、HORIBA OBS-1000 Series、SEMTECH QCM SEMTECH D、PEMS、TRL GasScan。這份清單上所列舉的車載量測系統，有些在不同的文獻中有不同的稱呼方式，例如 PEMS 又被稱為 OEM-2100 或 Montana System（如 Unal, et. al. 2003; Frey, et. al. 2003）；有些設備則已經演進到新一代的型號，例如 HORIBA OBS 2000 Series、SEMTECH-DS / SEMTECH EFMS 的出現。

本計畫根據 2007 年 7 月研發機構的官方網頁資料，將目前可選用的六種車載量測系統之特性，比較列如表 5.2-1；以下簡單描述各系統，及其比較、實際應用案例等，並說明本計畫選用 HORIBA OBS 2000 Series 作為車載量測設備的主要理由。

表 5.2-1 車載設備特性比較

系統名稱	研發機構	可測油料			可測排放物						官方網站
		柴油	汽油	替代燃料	CO ₂	CO	HC	NO / NO _x	O ₂	PM	
HORIBA OBS-2000 Series	Horiba, Ltd., Japan	V	V	V	V	V	V	V			http://www.ats.horiba.com/obs2000.html
MEMS	West Virginia University, USA	V			V			V			http://cafee.wvu.edu/capabilities_on_board_emissions_measuremet.php
PEMS / OEM-2100 / Montana System	Clean Air Technologies International Inc., USA	V	V	V	V	V	V	V	V	V 柴油	http://test.cleanairt.com/index.aspx
SEMTECH-DS / SEMTCH EFMS	Sensors Inc., USA	V	V	V	V	V	V	V		V	http://sensors-inc.com
TRL GasScan	Transport Research Laboratory, UK	V	V		V	V	V	V			http://www.trl.co.uk/store/report_detail.asp?sr_id=5447&pid=211
VPEMS	Imperial College, UK / SIRA	V	V		V	V	V	V	V		http://www.geomatics.cv.imperial.ac.uk/vpems/public/html/index.htm

資料來源：本計畫

(1) HORIBA OBS-2000 系列

污染分析取樣設備以 NDIR 方式量測 CO、CO₂，THC 則以 FID 方式量測。另外透過 GPS 系統獲得車輛車速等資訊。

(2) MEMS

美國維吉尼亞大學開發出利用 NDIR 方式量測 CO₂，二氧化鋯感測器量測 NO_x，引擎扭矩及轉速透過 ECU 獲得，排氣量則由差壓計量測。

(3) PEMS/OEM-2100

美國 CATI 公司所開發，氣體污染分析取樣設備為廣泛應用於車輛 I/M 制度的五種氣體污染分析取樣設備，CO、CO₂ 及 THC 以 NDIR 方式量測，NO_x 則利用電化學方式，而關於車輛的各項資訊則透過 OBD 來獲得，若車輛無 OBD，則另加裝感測器。

(4) SEMTECH-DS/SEMTECH EFMS

美國 Sensor 公司所開發，可同時量測 CO、CO₂、THC、NO 及 NO₂ 的車載系統，另外透過流量計量測排氣體積及推算污染物排放量。

(5) TRL GanSan

為 TRL 公司於 2005 年開發，搭配 Cryton 公司的污染分析取樣設備，分析 CO、CO₂、THC，NO_x 及 A/F。與 OEM-2100 一樣透過 OBD 來獲得引擎的相關數據，此套系統運用兩台筆記型電腦，分別記錄污染分析取樣設備的分析數據及透過 OBD 記錄引擎相關數據，透過 OBD 直接獲得進氣量或者由進氣壓及轉速推算。

(6) VPEMS

為倫敦帝國大學及 SIRA 檢測公司所開發，污染分析取樣設備量測原理為 CO、CO₂ 及 THC 為利用 NDIR 方式量測，NO_x 及 A/F 則以電化學方式量測，另外透過車上的 ECU 或者加裝感測器來獲得車輛性能參數。

上述六種系統雖然多樣，但其功能特徵差異不大，污染分析取樣設備能真正量測的是排氣當中各個污染的體積濃度；而為了能夠真正求得污染的體積甚至重量，必須透過各種方式獲得瞬間的排氣體積，再與其同一瞬間的污染物體積濃度及密度相乘，如此才能獲得瞬間所排放污染物的重量。

根據研究指出：不同車載設備的量測結果相當類似，並無顯著差異。McCrae, et. al. (2006)為英國公路安全標準研究局（the Safety, Standards and Research Directorate (SSR), Highways Agency）進行的一項研究，比較了四種車載量測系統對於污染排放物（CO、HC、NO_x、CO₂ 和柴油車之 PM），以及能源消耗的量測效果。納入評比的系統包括前述之：（1）Horiba OBS system 和（5）TRL GasScan（以上裝載於汽油車上），及（3）PEMS / OEM-2100 / Montana systems 和（6）

VPMS (以上裝載於柴油車上)。研究結果確認了這四種系統的功能良好，都可以持續量測排放物及運作特性，且所有量測系統的結果也都很近似。

而本計畫所蒐集到的其他文獻綜合顯示：六種車載設備皆有應用實驗的個案實績，其中美國文獻中較常採用的設備是(2) MEMS、(3) PEMS / OEM-2100 / Montana System 和 (4) SEMTECH-DS / SEMTECH EFMS 系列設備；英國文獻則採用 (1) HORIBA OBS 系列、(5) TRL GasScan 和 (6) VPMS。亦即表 5.2-1 之任一車載設備，均可達到本計畫所需的量測車輛動態運行之能耗與空污特性的目的。

另外，在福特、豐田等國際車廠的贊助之下，中國大陸近年來也積極投入車載設備的開發，目前已有北京清華大學和天津大學個別自主研發的系統，分別應用在量測寧波市和天津市的都市交通污染排放 (杜青等 2002a、杜青等 2002b、莫飞等 2006、姚志良等 2006、蔡曉林等 2006)。不過，由於這兩套設備的開發歷程較短、實際應用性尚未獲得國際研究機構的普遍認同，故本計畫不考慮採用中國大陸的車載設備。

而在表 5.2-1 美國和英國所主導研發的六種設備之中，本計畫選擇使用 (1) HORIBA 2000 Series 車載型污染分析取樣設備，作為實驗車輛實際道路測試之車載量測設備。主要考量因素，說明如後。

- ①採用與實驗室所用之分析取樣設備 (HORIBA 9000 Series) 相同廠牌，避免因介面轉換差異，造成數據讀取上之誤差。
- ②目前國內具公信力檢測機構大多為使用該廠之產品，使本計畫之實驗數據易於與國內相關資料庫進行比對分析。
- ③國內有代理商可以提供完整且快速之維修與技術支援服務，有利後續計畫展開之順利執行。
- ④同時，本車載設備適用於各種車輛及使用不同燃料的車種，其中包含汽油及柴油。因此，採用本套設備不僅可以符合本計畫之汽油車實驗車輛，後續其他相關研究如以柴油車輛為實驗車

種時，亦可以相同設備取樣，具備比較分析汽油車與柴油車相關績效的潛在優勢。

HORIBA 2000 Series 設備於國外之應用案例包括：美國環保署(符合美國聯邦法規 CFR Part 1065 subpart J 所規範之道路測試標準)、歐盟以及日本汽車製造協會(JAMA)。用途包括法規測試及相關產品研發，HORIBA 以美國環保署車輛測試中之 Not-To-Exceed(NTE)測試為案例說明。

美國主要用途在於大型車輛之檢測，依據美國檢測方式規定，大型車輛執行污染排放檢測時，需將引擎拆除，於實驗室內模擬實際車輛運作情況下，執行法定量測程序。若政府懷疑部份業者所駕駛之大卡車對環境造成污染，便會採用類似 OBS 設備，以實測數據做為裁判用的依據。

HORIBA 2000 Series 車載型污染分析取樣設備具有體積小、功率消耗低，更採用了耐振動機構，完全可以滿足安裝在車輛上的測試要求(系統配備及實車搭搭載狀況請參見圖 5.2.1 及 5.2.2)。它可以對行駛車輛中的 CO、CO₂、THC、NO_x 以及 A/F 進行連續取樣（參見表 5.2-2），並與衛星定位系統(GPS)以及溫度、溼度、大氣壓力等環境條件聯繫在一起，從而得到車輛在實際道路上行駛時的排放真實數據；系統運作概念如圖 5.2.3。本項產品具有高度的穩定性及精確度，並且符合美國環保署（EPA）排放測試法規要求。



資料來源：本計畫。

圖 5.2.1 日本 HORIBA OBS-2000 Series 車載系統配備



資料來源：本計畫。

圖 5.2.2 HORIBA OBS 系統實車搭載

表 5.2-2 OBS-2000 series 設備性能概要

		Model	
		OBS-2100	OBS-2200
Measuring components / Input signals	CO	NDIR (dry)	HNDIR (wet)
	CO ₂	NDIR (dry)	HNDIR (wet)
	THC	FID (dry)	HFID (wet)
	NOx	CLD (dry)	HCLD (wet)
	Exhaust flow	Pitot flow meter	Pitot flow meter
	Standard input *1	From accessory sensors	From accessory sensors
	External input *2	Max. 16 channels (optional)	Max. 16 channels (optional)
	OBD data *3	Max. 16 items (optional)	Max. 16 items (optional)
System specification	Power supply	10 to 15 V DC	20 to 30 V DC
	Power consumption (at stable state)	Approx. 0.2 kW	Approx. 0.5 kW
	Dimension	Approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm	Approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm
	Mass *4	Approx. 29 kg	Approx. 29 kg
	Recommended battery	Deep cycle battery, 12 V DC, 65 Ah (5 h rate), approx. 23 kg	Deep cycle battery, 24 V DC, 100 Ah (5 h rate), approx. 64 kg
Application	Diesel vehicles	√	√
	Gasoline, LPG and CNG vehicles	√	√
	CFR 1065 subpart J Conformity *5	-	√

*1: Items for standard Input: Exhaust temperature; Exhaust pressure; Ambient temperature; Atmospheric pressure; Ambient humidity; GPS signals (longitude, latitude, altitude and velocity)

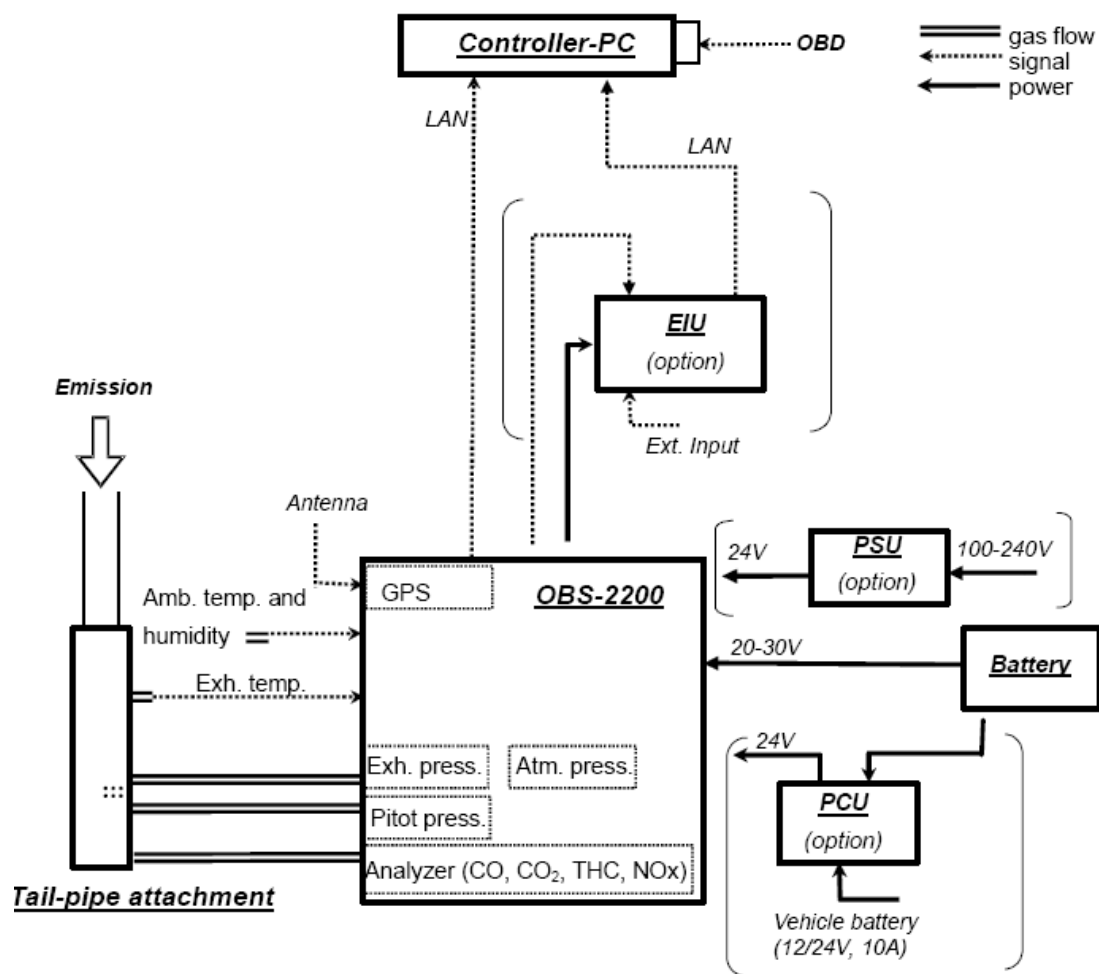
*2: External input: Analog voltage (0-1 V / 0-5 V / 0-10 V / ± 10 V); Analog current (0-20 mA / 4-20 mA); Thermocouple (J / K); Platinum resistance thermometer (Pt100); and Frequency counter (0.1 Hz to 100 kHz)

*3: OBD data: Vehicle data conformed to J1939 or J1708/J1587 via CAN interface.

*4: Mass of the OBS-2000 main unit, without PC, attachment, battery, and all optional units.

*5: Amended July, 2005

資料來源：HORIBA(2006)



資料來源：HORIBA(2006)

圖 5.2.3 OBS-2200 系統運作概念

HORIBA 2000 Series 的應用環境要求及體積規格請參見表 5.2-3；整套設備的尺寸約為 350(寬)*330(高)*500(長)mm，其中 control PC 約為 270*35*210mm，EIU 及 PCU 約為 350*150*240，PSU 約為 350*120*300mm。在重量上全部重量約為 29kg，其中 control PC 約為 2kg，EIU 約為 4 kg，PCU 約為 6 kg，PSU 約為 7 kg。本套設備之車載自動診斷系統資料輸出的界面與項目如圖 5.2.4 及表 5.2-4。其他有關於設備的詳細說明，請參見附錄 1.1。

表 5.2-3 HORIBA 2000 Series 應⽤環境要求及體積規格

Environment for use	- Temperature: 0°C to 40°C - Humidity: Under 80 % as relative humidity - Altitude: 0 m to 1500 m above sea level
Approved standards	CE, FCC
Utility gases	- H ₂ /He: for FID fuel gas, 40%H ₂ 100 kPa ± 10 kPa, approx. 0.15 L/min for operation - Purified air: for zero gas and FID burner air, 100 kPa ± 10 kPa, approx. 0.15 L/min for operation, approx. 3.0 L/min for zero calibration - CO+CO ₂ +C ₃ H ₈ +NO/N ₂ : for span gas, 100 kPa ± 10 kPa, approx. 3.0 L/min for span calibration
Sample gases	- Sample flow rate: approx. 3.0 L/min - Sample pressure: -5 kPa to +5 kPa
Dimensions	- Main unit: approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm - Control PC: approx. 270 (W) x 35 (H) x 210(D) mm - EIU (optional): approx. 350 (W) x 150 (H) x 240(D) mm - PCU (optional): approx. 350 (W) x 150 (H) x 240(D) mm - PSU (optional): approx. 350 (W) x 120 (H) x 300 (D) mm
Mass	- Main unit: approx. 29 kg - Control PC: approx. 2 kg - EIU (optional): approx. 4 kg - PCU (optional): approx. 6 kg - PSU (optional): approx. 5.5kg (for OBS-2100), approx. 7 kg (for OBS-2200)

資料來源：HORIBA(2006)

The screenshot shows a software window titled "2000 series" with a "Protocol" dropdown set to "J1939" and a "BaudRate" dropdown set to "250K". Below these are "Default" and "OK" buttons. The main area is a table with 16 rows, each representing a parameter. Each row has a "Select" checkbox, a "NAME" field, a "Unit" field, a "PGN" field, a "DATA #", a "DATA byte", a "COEFF", and an "OFFSET".

Select	NAME	Unit	PGN	DATA #	DATA byte	COEFF	OFFSET
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Speed	rpm	61444	4	2	0.125	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Wheel based Vehicle speed	km/h	65265	2	2	0.0039062	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Actual Engine Percent torque	%	61444	3	1	1.0	-125
<input checked="" type="checkbox"/>	Bocet Pressure	kPa	65270	2	1	2.0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Air Inlet pressure	kPa	65270	4	1	2.0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Oil Pressure	kPa	65263	4	1	4.0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Engine Coolant temperature	degC	65262	1	1	1.0	-40
<input checked="" type="checkbox"/>	Intake Manifold 1 Temperature	degC	65270	3	1	1.0	-40
<input checked="" type="checkbox"/>	Fuel temperature	degC	65262	2	1	1.0	-40
<input checked="" type="checkbox"/>	Throttle position	%	65266	7	1	0.4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Inlet Air Mass Flow rate	kg/h	61450	3	2	0.5	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ECR Mass Flow Rate	kg/h	61450	1	2	0.5	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Fuel rate	L/h	65262	1	2	0.5	0
<input type="checkbox"/>	name	unit	0	0	0	0.0	0
<input type="checkbox"/>	name	unit	0	0	0	0.0	0
<input type="checkbox"/>	name	unit	0	0	0	0.0	0

At the bottom of the window are "OK" and "CANCEL" buttons.

資料來源：HORIBA(2006)

圖 5.2.4 車載自動診斷系統資料輸出界面

表 5.2-4 車載自動診斷系統資料輸出項目

Items	Function	Notes
Protocol	Selects protocol to be used in OBD interface (J1939/J1708)	
Baud Rate	Selects baud rate of the communication J1939: 125k/250k/500k/1M J1708: 9600/19.2k/10.4k	
Default button	Initializes setup data to default setting	
Select check box	Selects channels to be used	
NAME	Sets name of input data	
Unit	Sets unit of the input data	
PGN/PID	Sets data ID number	
DATA #	Sets start byte of valid data	
DATA byte	Sets length of valid data	
COEFF	Sets coefficient to convert input data	
OFFSET	Sets offset values to convert input data	
OK button	Saves modifications and closes the window	
CANCEL button	Closes the window without saving modifications	

資料來源：HORIBA(2006)

2. 實驗室設備

在實驗室測試執行方面，國內具備執行能力之單位包括了：(1)車輛研究測試中心；(2)工研院機械所及；(3)中油煉研所等三單位。上述單位在設備上有所差異，因此可執行之檢驗項目也不相同。本計畫團隊車輛測試研究中心之設備為其中最完整，所能執行之檢驗項目包括了：(1)汽油車污染檢測；(2)輕型柴油車污染檢測；(3)中型及重型柴油引擎污染檢測；(4)重型柴油車黑煙污染度檢測及；(5)機車污染檢測等五種項目；其中針對汽油車之污染檢測，採用 HORIBA 9000 系列設備。而工研院機械所主要負責執行的是環保署汽油車及機車檢測計畫，因此其設備也針對上述兩需求而設置，可執行之法規檢驗項目為汽油及機車之污染檢測。中油煉研所可執行之檢驗項目則僅有柴油車黑煙污染度檢驗，各單位之詳細設備清單及檢驗執行能力如表 5.2-5 所示。

表 5.2-5 我國車輛測試法規檢驗實驗室一覽表

設備 \ 機構	車輛測試研究中心	工研院機械所	中油煉研所
車體動力計	有	有	有
引擎動力計	有	有	有
氣體分析儀	有	有	有
四期污染分析設備 (NMOG、HCHO)	無	無(但非動態循環測試用)	無
無塵室 (濾紙稱重室)	有	無	有
精密天枰	有	無	有
煙度計 (黑煙排放檢驗)	有	無	有
可執行法規檢驗項目	-汽油車污染檢測 -輕型柴油車污染檢測 -中型及重型柴油引擎污染檢測 -重型柴油車黑煙污染度檢測 -機車污染檢測	-汽油車污染檢測 -機車污染檢測	-柴油車黑煙污染度檢測

資料來源：環保署 94 年「柴油汽車第五期排放標準訂定專案工作計畫」

5.2.2 實驗車輛

至於實驗車輛的選擇，考量實驗需求，本計畫租用規格如下之車輛作為實驗車：

1. 排氣量：1,200-2,400C.C
2. 車型：7-9 人座廂型車，拆除最後排座椅以便安裝實驗設備
3. 車齡：5 年內。目前營業用小客車車齡以 1-5 年為主，考量車輛性能、改裝需求及後續維修保養，因此第一年期將租用車齡 5 年內之廂型車。

但因廂型車之能源消耗、污染排放特性，與一般轎式小客車不同。由表 5.2-6、5.2-7 及 5.2-8 等交通統計月報資料可知：國內主要車型為排氣量在 1,200-2,400C.C 之自用（轎式）小客車，且主要車齡在 7 年以下。未來應可考慮參照國內主要車型，遴選合適車輛來進行實驗。

表 5.2-6 臺閩地區機動車輛登記數

	大客車	大貨車	小客車	小貨車	特種車	機器腳踏車	總計
車輛數 (千輛)	27.5	166.0	5,693.3	805.2	52.6	13,542.1	20,286.7
比例(%)	0.1	0.8	28.1	4.0	0.3	66.8	100.0

資料來源：交通統計月報，民國95年11月

表 5.2-7 臺閩地區小客車排氣量分佈

排氣量(C.C)	自用		營業用		總計	
	車輛數 (千輛)	比例 (%)	車輛數 (千輛)	比例 (%)	車輛數 (千輛)	比例(%)
0- 1,200	213.6	3.8	0.1	0.1	213.7	3.8
1,201- 1,800	2,852.1	51.4	80.0	56.1	2,932.1	51.5
1,801- 2,400	1,988.6	35.8	45.1	31.6	2,033.7	35.7
2,401- 3,000	365.4	6.6	6.6	4.6	372.0	6.5
3,001-8,000	131.0	2.4	10.8	7.6	141.8	2.5
總計	5,550.7	100.0	142.7	100.0	5,693.3	100.0

資料來源：交通統計月報，民國95年11月

表 5.2-8 臺閩地區小客車車齡分佈

車齡	自用		營業用		總計	
	車輛數 (千輛)	比例 (%)	車輛數 (千輛)	比例 (%)	車輛數 (千輛)	比例 (%)
未滿 1 年	243.8	4.4	17.2	12.1	261.1	4.6
1-未滿 3 年	818.6	14.7	49.4	34.6	868.0	15.2
3-未滿 5 年	671.0	12.1	25.1	17.6	696.1	12.2
5-未滿 7 年	626.3	11.3	15.5	10.9	641.8	11.3
7-未滿 10 年	1,054.5	19.0	17.8	12.5	1,072.3	18.8
10 年以上	2,136.5	38.5	17.7	12.4	2,154.2	37.8
總計	5,550.7	100.0	142.7	100.0	5,693.3	100.0

資料來源：交通統計月報，民國95年11月

關於實驗車輛之配備，主要有以下四項考量：

1. 選用之實驗設備 HORIBA OBS-2200 內含 GPS，可以提供車速資料。但以 GPS 擷取車速訊號時，在進入長隧道可能無法擷取車速資料。
2. 車輛本身如配備 OBD(On-Board Diagnostic，車上診斷系統)，可直接擷取引擎資料，實驗取得數據（包含速度）較為準確。但因目前之國產車除 CR-V 以外均無 OBD 之車型(2008 年之後出產的國產新車將會配置 OBD)。所以，當初撰擬服務建議書簡報時，因配備 OBD 之 VW T5 車型符合上述之規格，考慮以此車型來做為實驗用車。
3. 經過工作團隊多次討論，認為運輸規劃整體路網中長隧道所占里程數少、今年實驗路線 407 公里中僅有 5.1 公里的長隧道、實際隧道內行駛多為等速行駛速度變化不顯著等因素，所以認為今年此一因素影響不大。即實驗車輛之選擇，不受是否配置 OBD 之限制。

國內銷售之車種中，符合前述要求與考量之可供選用之實驗用車，僅有 WISH 2.0L、SAVRIN、Space Gear 2.4 等三種；大致符合近似條件的車輛，可再增加 Serena 2.5、Toyota Hiace 2.7 及 VW Shuttle 3.2 等三種。分析這六種車輛的近 3 年銷售量如表 5.2-9。

其中，WISH 2.0L、SAVRIN 因車內空間不符計畫需求，故不予考慮。另外的 4 部車，其車內空間皆為 3 排座椅。考慮放置實驗設備的空間需求，其中 Serena 2.5、Toyota Hiace 2.7、VW Shuttle 3.2 後排座椅拆卸/改裝之彈性不及 Space Gear 2.4。因為 Space Gear 2.4 後座空間較大，可直接放置實驗設備；若需要再加大空間，可將後排座椅拆解固定於兩側，並可隨時復原，不需另外加工改裝（最後排 2 人座椅，原設計即可左右拆分，固定於兩側，騰出置物空間），可節省車輛改裝復舊的費用，並有較佳的運用彈性。

綜合考量各項因素，本計畫最後選定以中華 Space Gear 2.4 作為實驗車輛。實際採用的車輛為；ALL NEW SPACE GEAR SHORT 之

EXCEED 短車身、2WD、W811U、7 人座。本車輛在 93~95 年間銷售 4,365 台，占國產車銷售總數 1,173,268 台之 0.37%。

表 5.2-9 實驗車可能車型之銷售量

廠牌/車款	93~95 年銷售量合計	說明
TOYOTA /WISH 2.0L	56,805	車內空間不符計畫需求，不予考慮
中華/SAVRIN	35,342	
中華(三菱)/ Space Gear 2.4	4,365	後座空間較大，可直接放置實驗設備；若需要再加大空間，可將後排座椅拆解固定於兩側，並可隨時復原，不需另外加工改裝（最後排 2 人座椅，原設計即可左右拆分，固定於兩側，騰出置物空間），可節省車輛改裝復舊的費用，並有較佳的運用彈性。
裕隆/Serena 2.5	5,654	內部空間較難利用，且改裝費用較高。
TOYOTA/ Hiace 2.7	4,887	95 年底停產
VW /Shuttle 3.2	N.A	進口車

資料來源：本計畫整理自臺灣區車輛工業同業公會網站資料

5.3 道路實驗計畫

5.3.1 道路實驗路線設計

1. 實驗設計目標

本計畫實驗目標為求得測試車輛在各種類型道路上行駛之速度-能源消耗及速度-污染排放關聯性，因此路線設計目標如下：

(1) 涵蓋主要道路類型

為了將實驗結果應用於運輸需求模式，實驗路線需包含模式中的主要道路類型，本計畫的模式路網及交通量資料來源，皆來自本所 93~96 年辦理「國家永續發展之城際運輸系統運輸需求模式研究」所建立之「臺灣地區城際運輸需求模式」，該模式已建立全

臺主要公路系統路網，路網交通量資料則係利用屏柵線交通量校估完成的 94 年交通量。一般在描述運量時多使用「延車公里」為單位，但此模式路網中包含眾多車種，因此本計畫將各車種延車公里，以小汽車當量(pcu)加以換算，統一使用「pcu-km」為單位。

運輸需求模式路網如表 5.3-1 所示，共分為 7 種等級(Level)，41 種類型(Class)。由於部分道路類型僅適用於少數道路，例如長隧道或部分縣道、鄉道，全面測試所有道路類型需花費大量資源，不具經濟效益，且部分類型的主要參數極為相似，可引用其他類型之測試結果。因此本年度實驗路線先測試國道(Class 1)、快速道路(Class 11)、省道(Class 24、27)及縣道(Class 34)共 4 種等級道路，以各等級道路中較常見的類型為主，待實驗完成後，再依照測試結果選定下一年度的測試道路類型。

表 5.3-1 臺灣地區道路系統分類表

屬性			總長度		運量	
Level	Class	說明	(km)	%	(pcu-km)	%
1 國道	1	速限 100~110 一般道路段	796.0	6.72%	21,091,774	14.21%
	2	速限 100~110 交流道		0.00%		0.00%
	3	速限 100~110 路線端點	8.1	0.07%	411,917	0.28%
	4	速限 90 一般路段	144.6	1.22%	5,799,439	3.91%
	5	汐五高架一般路段	18.1	0.15%	409,685	0.28%
	6	汐五高架南下端點	1.1	0.01%	48,339	0.03%
	7	長隧道	18.3	0.15%		0.00%
	8	高乘載專用道		0.00%		0.00%
2 快速道路	11	快速公路(完全進出管制)	454.5	3.83%	8,133,844	5.48%
	12	快速公路(部分進出管制)	59.9	0.51%	921,217	0.62%
	13	長隧道	8.0	0.07%	256,523	0.17%
	14	高乘載專用道		0.00%		0.00%
3 匝道	16	系統交流道(速限 60 路段)	157.8	1.33%	1,174,053	0.79%
	17	匝道-低干擾	485.4	4.09%	3,106,738	2.09%
	18	匝道-高干擾	43.2	0.36%	661,252	0.45%
4 省道	21	省道山區 1 車道	1,325.6	11.18%	3,259,886	2.20%
	22	省道山區 2 車道	137.5	1.16%	1,124,757	0.76%
	23	省道低干擾 1 車道	976.0	8.23%	6,714,215	4.52%
	24	省道低干擾 2 車道	1,208.4	10.19%	22,397,620	15.09%

屬性			總長度		運量	
	25	省道低干擾 3 車道以上	104.3	0.88%	2,272,666	1.53%
	26	省道高干擾 1 車道	156.5	1.32%	3,213,393	2.16%
	27	省道高干擾 2 車道以上	530.6	4.48%	19,446,270	13.10%
	28	省道橋樑		0.00%		0.00%
	29	省道隧道		0.00%		0.00%
5 縣道	31	縣道山區 1 車道	553.3	4.67%	1,235,944	0.83%
	32	縣道山區 2 車道	24.3	0.20%	205,945	0.14%
	33	縣道低干擾 1 車道	1,878.8	15.85%	13,304,459	8.96%
	34	縣道低干擾 2 車道	308.0	2.60%	5,661,257	3.81%
	35	縣道低干擾 3 車道以上	8.3	0.07%	492,009	0.33%
	36	縣道高干擾 1 車道	363.7	3.07%	4,207,092	2.83%
	37	縣道高干擾 2 車道以上	188.2	1.59%	5,924,041	3.99%
6 鄉道	41	鄉道山區 1 車道	81.1	0.68%	4,539	0.00%
	42	鄉道山區 2 車道		0.00%		0.00%
	43	鄉道低干擾 1 車道	395.2	3.33%	2,088,141	1.41%
	44	鄉道低干擾 2 車道	9.5	0.08%	108,905	0.07%
	45	鄉道低干擾 3 車道以上		0.00%		0.00%
	46	鄉道高干擾 1 車道	133.0	1.12%	1,136,088	0.77%
	47	鄉道高干擾 2 車道以上	15.7	0.13%	673,183	0.45%
7 市區道路	51	市區道路低干擾	174.9	1.48%	292,293	0.20%
	52	市區道路中干擾	403.3	3.40%	1,448,618	0.98%
	53	市區道路高干擾	682.7	5.76%	11,246,289	7.57%
小計			11,853.9	100.00%	148,472,391	100.00%

註1：總長度與運量數據來自於國家永續發展之城際運輸需求模式研究（3/4），交通部運輸研究所，民國95年12月。運量已經包含機車、小客車、小貨車、大客車、大貨車及聯結車之運量。

註2：網底部分表示為本年度測試之五種道路類型，以長度計算合計達總路網之27.82%，以運量計算合計達總路網之51.68%。

資料來源：本計畫

(2) 涵蓋足夠之速度範圍並取得足夠之樣本數

由於運輸需求模式與能源消耗及污染排放之間的連結以速度為主，因此測試車行駛速率必須涵蓋該路線較常出現的速度區間。以國道為例，法規速度限制為時速 60~110 公里，但國道 1 號於尖峰時段常出現時速 60 公里以下之車流，測試時需考慮時速 60 公里以下的樣本是否充足。

實驗時的車速需與同一路段上其他車輛之速度相當，不得超速行駛或刻意放慢速度，以避免發生危險或干擾交通。故安排路線時，需考慮車輛通過該路段時之交通狀況及車速。

2. 實驗設計限制

(1) 耗材補給

- ①油料：為控制實驗變數，測試車之油料必須為同一批經化驗後之油料，依照所選取之測試車油耗數據及油箱容量估算，每行駛 400 公里需至儲放油料地點補給油料，即每日皆需補給油料。適合儲放油料地點除車輛中心以外，僅有少數實驗室可供選擇。
- ②電力：車載裝置的電力來自於電池組，每組電池可供電 3~4 小時，測試車將攜帶兩組電池組，因此每日測試時間上限為 8 小時。但為了避免電池組電力提早用盡的風險，測試時間仍以 4 小時以內為佳。
- ③實驗耗材：實驗耗材主要為量測空氣污染物濃度之標準氣體及分析設備所需之過濾耗材，需定期更換及補充。

(2) 儀器調校

為避免測試過程中之車輛震動、氣候等因素對儀器精準度造成影響，每次實驗前均需對儀器進行檢查，且每兩天於車輛中心進行設備保養與檢查。

(3) 人員休息

為考量行車安全，每次測試均由兩位工作人員執行，每日車輛行駛時間以 8 小時為限。

3. 實驗路線設計過程

本計畫於民國 96 年 4 月開始進行實驗路線設計，進行路線試跑並以 GPS 裝置蒐集探勘過程中的速度樣本，以評估所設計之路線能否提供實驗所需的的分佈。

在正式進行實車實驗之前，共進行 3 套路線設計及試跑，在分析試跑資料後，決定以第 3 套實驗路線做為正式實車實驗的路線。其中實驗路線 1 及路線 2 皆為單日往返車輛中心之設計，詳細說明及試跑日誌收錄於附錄 1.2，此 2 套路線試跑結果中均呈現出高速資料充足，但低速資料難以取得的現象，主要原因為：

(1) 單日行駛總里程過長

由於起迄點皆為車輛中心，且為了蒐集國道低速資料，必須通過桃園地區之國道，導致行駛里程及時間過長，駕駛員易疲憊。

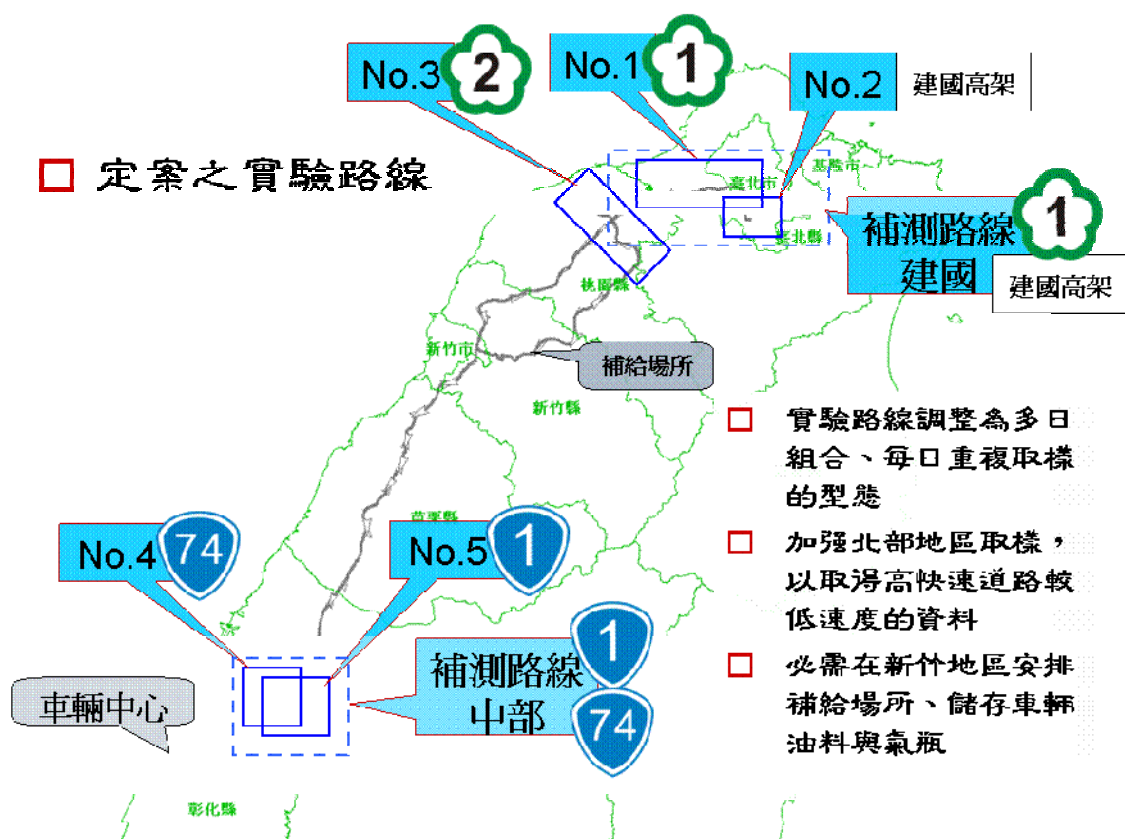
(2) 難以及在尖峰時段通過特定路段

各路段之尖峰時段通常為晨峰或昏峰，若安排路線以一日往返為原則，則僅能在昏峰時通過少數幾種道路，且易因為塞車而錯過其他道路之尖峰時段，難以取得所需要之低速資料。

因此本計畫大幅變更路線設計方式，在第 3 套路線中設計了多種路線，縮短單趟行駛里程及時間，每種路線均可測試多次，並預留補測時間，同時於新竹設立中繼點(瑩諮科技公司，住址為：竹北光明六路 11 號，負責技術維修，與 HORIBA 實驗設備在臺代理銷售之宇慶公司為同一負責人之關係企業)，置放油料/氣體及耗材，並便利人員休息、儀器調校維修等。路線說明詳見下一節，試跑日誌則收錄於附錄 1.2。

5.3.2 道路實驗路線說明

實驗路線共設計 5 種路線，分別測試國道、省道及快速道路，並採取每種路線皆有晨昏峰兩種測試時間之設計，以確保能在主要道路類型中取得各種速度範圍之資料，且經測試後，確認此種設計可得到速度較低之能源消耗及污染排放資料，圖 5.3.1 為所有路線示意圖，以下分別說明各組路線內容及測試結果。



資料來源：本計畫。

圖 5.3.1 實驗路線示意圖

1. 路線說明

(1) 國道 1 號

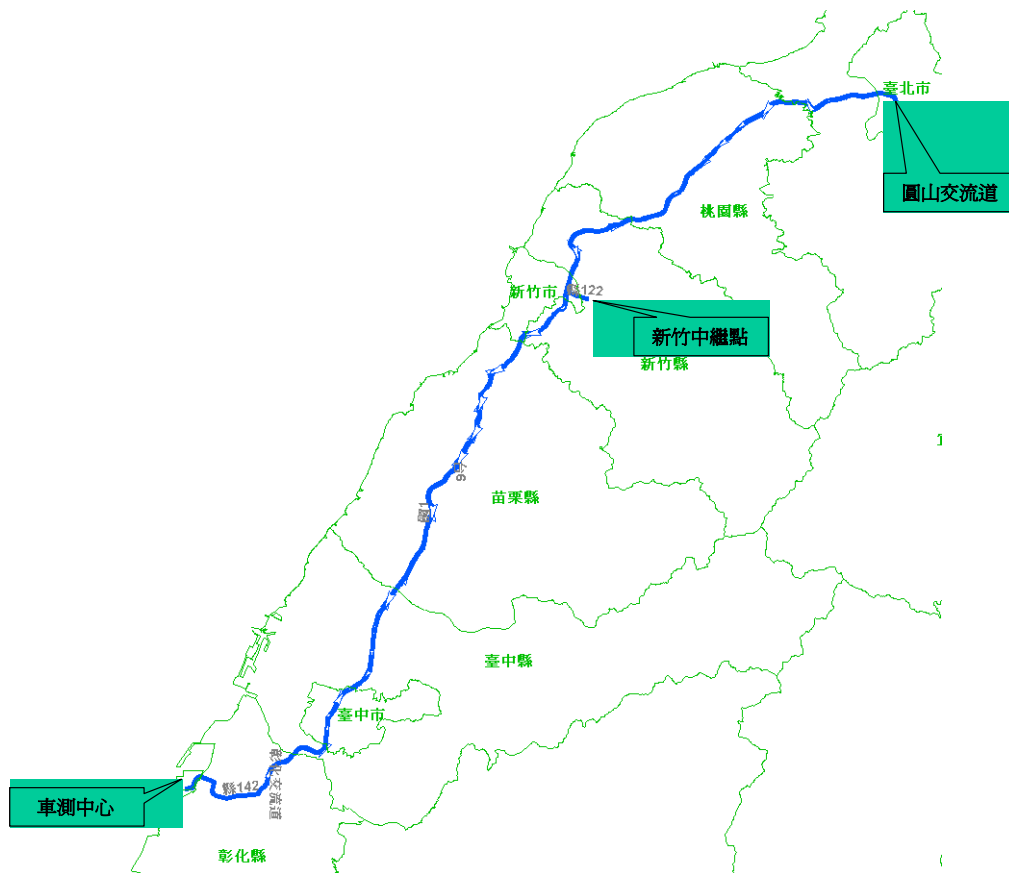
表 5.3-2 為測試路線及時間表，圖 5.3.2 為路線示意圖。此路線主要在於取得國道 1 號新竹至臺北段之低速資料，因此以新竹為中繼點設計兩天一夜的路線。往返新竹與車輛中心之間的路程可取得國道及縣道之高速資料，而在週日昏峰、週一晨峰、週二昏峰及週三晨峰等時段往返新竹至臺北間，可取得國道 1 號之低速資料。

表 5.3-2 實驗路線-國道 1 號

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週日/週二	10:00	10:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	10:30	12:30	國道 1 號	彰化交流道-新竹交流道
	12:30	12:45	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	12:45	15:30	休息補給	中繼點
	15:30	15:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	15:45	17:15	國道 1 號	新竹交流道-圓山交流道
	17:15	19:15	國道 1 號	圓山交流道-新竹交流道
	19:15	19:35	縣道 122	新竹交流道-中繼點
週一/週三	7:00	7:15	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	7:15	8:45	國道 1 號	新竹交流道-圓山交流道
	8:45	10:15	國道 1 號	圓山交流道-新竹交流道
	10:15	10:30	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	10:30	13:10	休息補給	中繼點
	13:10	13:25	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	13:25	14:55	國道 1 號	新竹交流道-彰化交流道
	14:55	15:25	縣道 142	彰化交流道-車輛中心

註：全程採用ETC收費方式通過收費站

資料來源：本計畫。



資料來源：本計畫。

圖 5.3.2 實驗路線-國道 1 號示意圖

(2) 國道 1 號(建國快速道路)

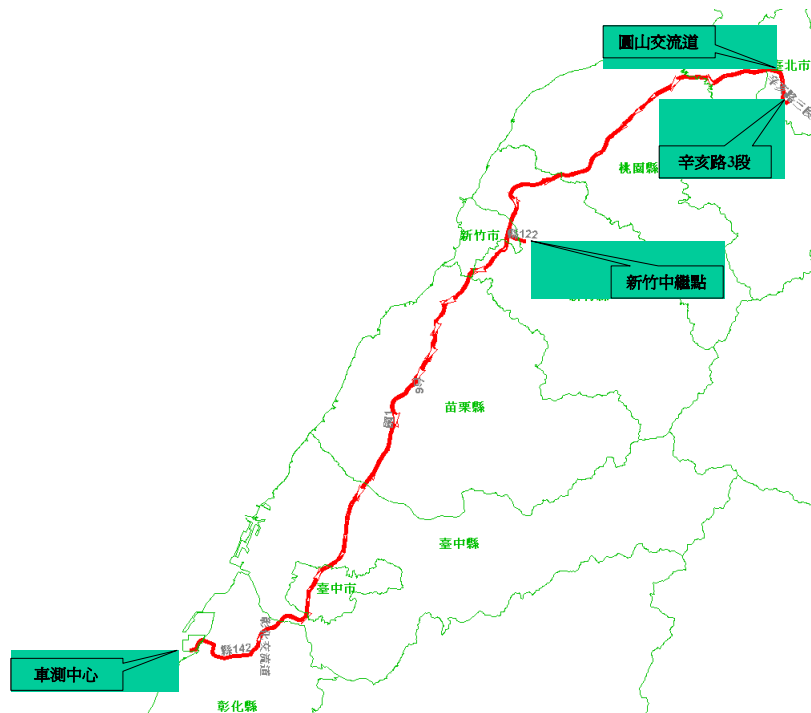
表 5.3-3 為測試路線及時間表，圖 5.3.3 為路線示意圖，此路線與第 1 組路線相似，差異在於增加建國快速道路。由公路總局交通量調查資料及前兩套實驗路線可知目前各快速道路之交通量均不高，車流時速可維持在最低速限之上，因此在上班日晨/昏峰時段通過臺北市區之建國快速道路，以取得快速道路之低速資料。

表 5.3-3 實驗路線-國道 1 號(建國快速道路)

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週三	10:00	10:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	10:30	12:30	國道 1 號	彰化交流道-新竹交流道
	12:30	12:45	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	12:45	16:00	休息補給	中繼點
	16:00	16:15	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	16:15	17:15	國道 1 號	新竹交流道-圓山交流道
	17:15	17:35	建國高架	圓山交流道-辛亥路
	17:35	17:55	建國高架	辛亥路-圓山交流道
	17:55	19:55	國道 1 號	圓山交流道-新竹交流道
	19:55	20:10	縣道 122	新竹交流道-中繼點
週四	6:30	6:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	6:45	7:55	國道 1 號	新竹交流道-圓山交流道
	7:55	8:15	建國高架	圓山交流道-辛亥路
	8:15	8:35	建國高架	辛亥路-圓山交流道
	8:35	10:05	國道 1 號	圓山交流道-新竹交流道
	10:05	10:20	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	10:20	13:30	休息補給	中繼點
	13:30	13:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	13:45	15:15	國道 1 號	新竹交流道-彰化交流道
	15:15	15:45	縣道 142	彰化交流道-車輛中心

註：全程採人工收費方式通過收費站

資料來源：本計畫。



資料來源：本計畫。

圖 5.3.3 實驗路線-國道 1 號(建國快速道路)示意圖

(3) 國道 2 號

表 5.3-4 為測試路線及時間表，圖 5.3.4 為路線示意圖，此路線與前 2 組路線皆以新竹為中繼點，往返新竹與車輛中心之間的路程可取得國道及縣道之高速資料；於上班日晨/昏峰時段通過國道 2 號以取得國道之低速資料。且國道 2 號全長少於 30 公里，因此可於晨/昏峰時段內完成兩次完整的測試，以增加取得低速資料之機會。

表 5.3-4 實驗路線-國道 2 號

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週一	10:00	10:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	10:30	12:30	國道 1 號	彰化交流道-新竹交流道
	12:30	12:45	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	12:45	15:00	休息補給	中繼點
	15:00	15:15	縣道 122	中繼點-竹林交流道
	15:15	15:40	國道 3 號	竹林交流道-鶯歌系統交流道
	15:40	16:10	國道 2 號	鶯歌系統交流道-大園交流道
	16:10	16:30	休息	
	16:30	17:00	國道 2 號	大園交流道-大湳交流道
	17:00	17:30	國道 2 號	大湳交流道-大園交流道
	17:30	18:00	國道 2 號	大園交流道-鶯歌系統交流道
	18:00	18:35	國道 3 號	鶯歌系統交流道-竹林交流道
	18:35	18:50	縣道 122	竹林交流道-中繼點
週二	7:00	7:15	縣道 122	中繼點-竹林交流道
	7:15	7:40	國道 3 號	竹林交流道-鶯歌系統交流道
	7:40	8:10	國道 2 號	鶯歌系統交流道-大園交流道
	8:10	8:30	休息	
	8:30	9:00	國道 2 號	大園交流道-大湳交流道
	9:00	9:30	國道 2 號	大湳交流道-大園交流道
	9:30	10:00	國道 2 號	大園交流道-鶯歌系統交流道
	10:00	10:25	國道 3 號	鶯歌系統交流道-竹林交流道
	10:25	10:40	縣道 122	竹林交流道-中繼點
	10:40	13:30	休息補給	中繼點
	13:30	13:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	13:45	15:15	國道 1 號	新竹交流道-彰化交流道
	15:15	15:45	縣道 142	彰化交流道-車輛中心

註：全程採人工收費方式通過收費站

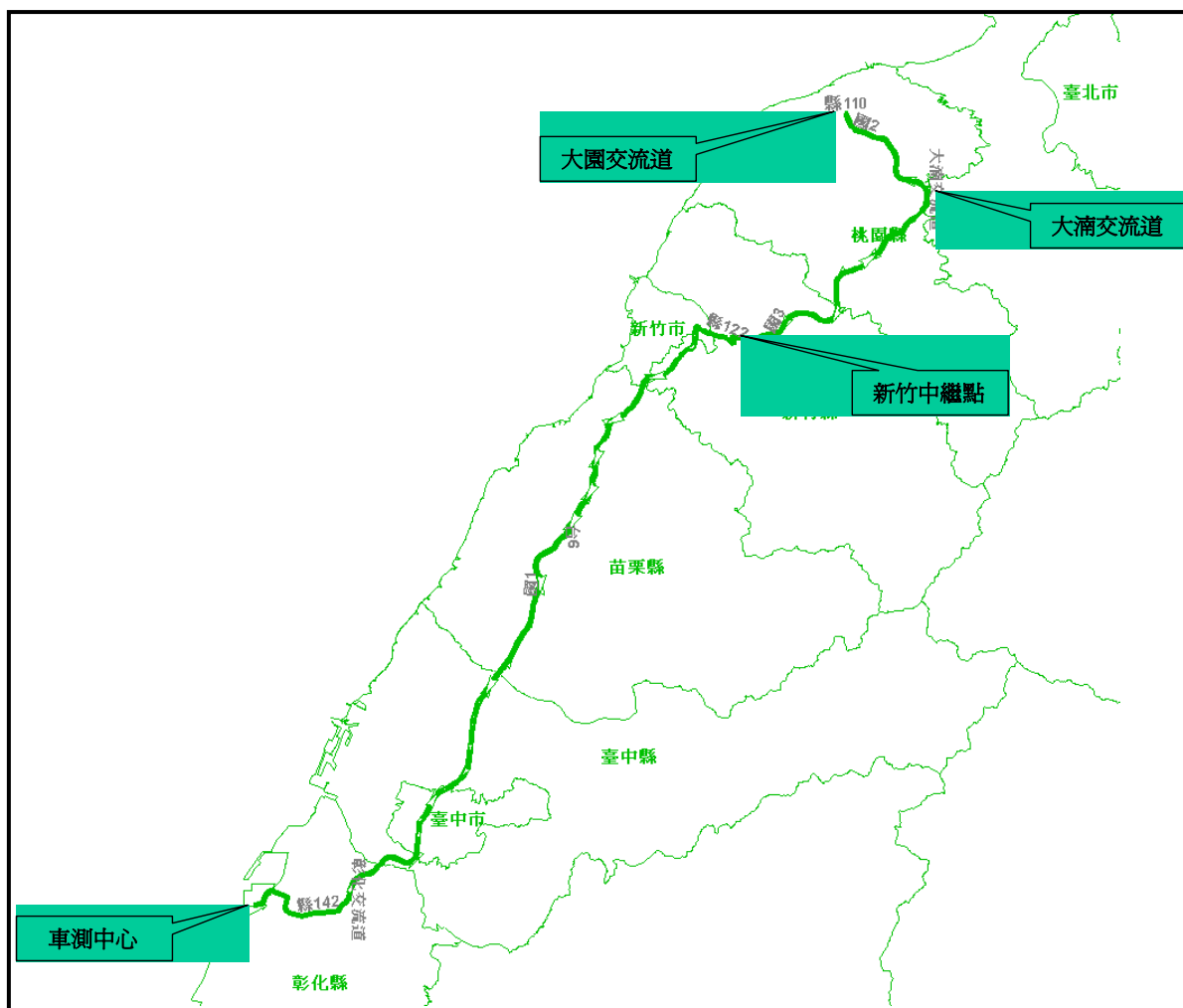


圖 5.3.4 實驗路線-國道 2 號示意圖

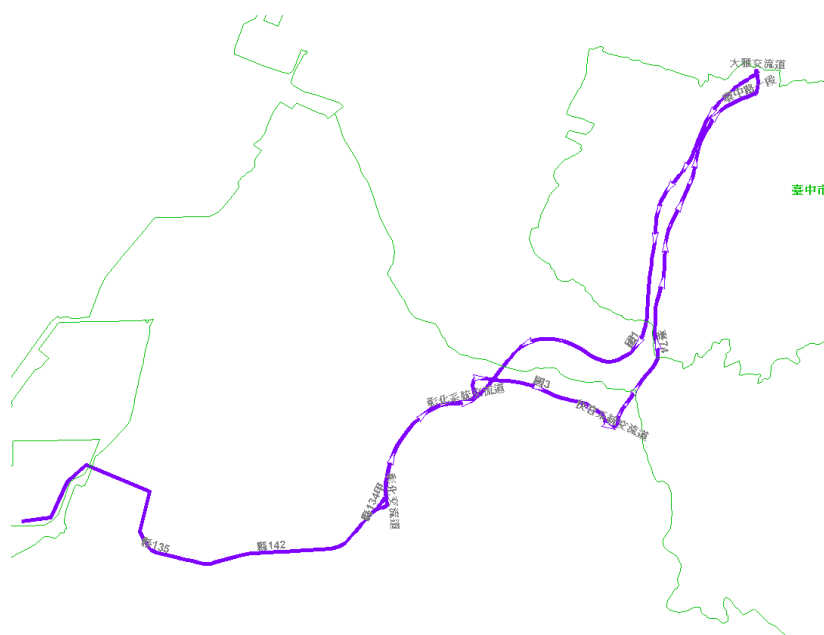
(4) 快速道路臺 74 線

表 5.3-5 為測試路線及時間表，圖 5.3.5 為路線示意圖，此路線模擬彰化至臺中之間的车流，連續兩個上班日尖峰時段通過臺 74 線，可測試縣道 142、國道 1 號、國道 3 號及臺 74 線之尖峰時段速度資料，且臺 74 線長度小於 20 公里，故可於同一日的尖峰時段內重覆測試 2 次。

表 5.3-5 實驗路線-快速道路臺 74 線

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週一/週二	7:00	7:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	7:30	7:45	國道 1 號/國道 3 號	彰化交流道-彰化系統-快官系統
	7:45	8:00	臺 74 線	快官系統-大雅交流道
	8:00	8:20	國道 1 號	大雅交流道-彰化系統
	8:20	8:25	國道 3 號	彰化系統-快官系統
	8:25	8:40	臺 74 線	快官系統-大雅交流道
	8:40	9:05	休息	
	9:05	9:25	國道 1 號	大雅交流道-彰化交流道
	9:25	9:55	縣道 142	彰化交流道-車輛中心
	9:55	16:30	休息	車輛中心
	16:30	17:00	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	17:00	17:15	國道 1 號/國道 3 號	彰化交流道-彰化系統-快官系統
	17:15	17:30	臺 74 線	快官系統-大雅交流道
	17:30	17:50	國道 1 號	大雅交流道-彰化系統
	17:50	17:55	國道 3 號	彰化系統-快官系統
	17:55	18:10	臺 74 線	快官系統-大雅交流道
	18:10	18:35	休息	
	18:35	18:55	國道 1 號	大雅交流道-彰化交流道
	18:55	19:25	縣道 142	彰化交流道-車輛中心

資料來源：本計畫。



資料來源：本計畫。

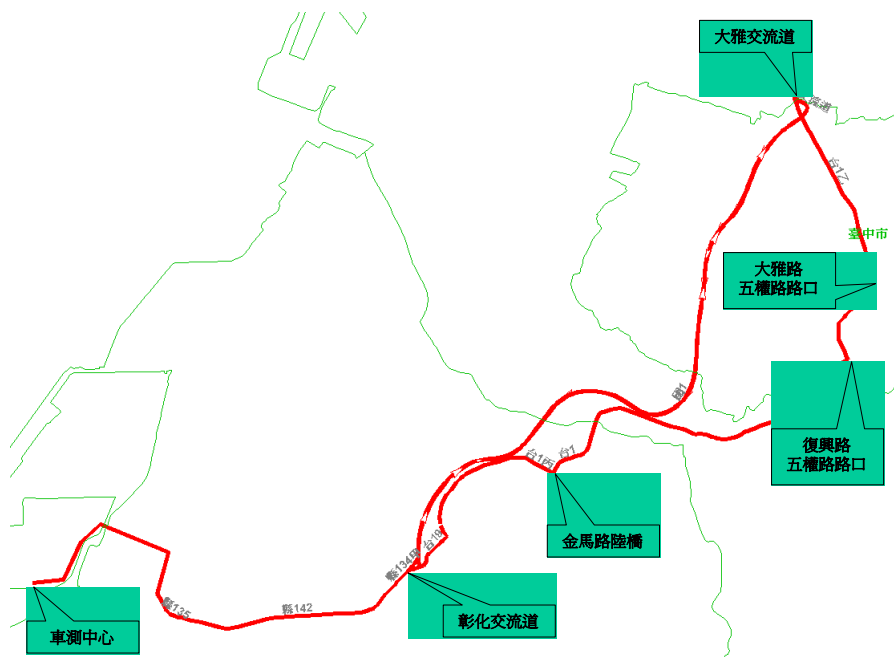
圖 5.3.5 實驗路線-快速道路臺 74 線示意圖

(5)臺 1 線

表 5.3-6 為測試路線及時間表，圖 5.3.6 為路線示意圖，此路線模擬彰化至臺中之間的车流，主要以臺 1 線及臺 1 線乙為主。由於此路線連續於兩個上班日晨/昏峰時段通過彰化市及臺中市之市區，因此可測得省道之低速資料。

表 5.3-6 實驗路線-臺 1 線

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週三/週四	7:00	7:35	縣道 142	車輛中心-金馬路
	7:35	7:50	臺 1 線丙	金馬路 1 段-2 段-3 段-金馬路陸橋
	7:50	7:55	臺 1 線	金馬路陸橋-大度橋
	7:55	8:05	臺 1 線/臺 1 線乙	大度橋-精忠橋(烏日鄉中山路 1 段)
	8:05	8:10	臺 1 線乙	精忠橋-五權路
	8:10	8:30	臺 1 線乙	五權路-大雅路-中清路
	8:30	8:40	臺 1 線乙	中清路一段-中清南路
	8:40	9:05	休息	
	9:05	9:25	國道 1 號	大雅交流道-彰化交流道
	9:25	9:55	縣道 142	彰化交流道-車輛中心
	9:55	16:30	休息	車輛中心
	16:30	17:05	縣道 142	車輛中心-金馬路
	17:05	17:20	臺 1 線丙	金馬路 1 段-2 段-3 段-金馬路陸橋
	17:20	17:25	臺 1 線	金馬路陸橋-大度橋
	17:25	17:35	臺 1 線/臺 1 線乙	大度橋-精忠橋(烏日鄉中山路 1 段)
	17:35	17:40	臺 1 線乙	精忠橋-五權路
	17:40	18:00	臺 1 線乙	五權路-大雅路-中清路
	18:00	18:10	臺 1 線乙	中清路一段-中清南路
	18:10	18:35	休息	
	18:35	18:55	國道 1 號	大雅交流道-彰化交流道
	18:55	19:25	縣道 142	彰化交流道-車輛中心



資料來源：本計畫。

圖 5.3.6 實驗路線-臺 1 線示意圖

(6) 預定實驗日期及方式：經測試後，確認此種設計可得到速度較低之能源消耗及污染排放資料，故將據此執行實驗。

①民國 96 年 7 月 23~7 月 26 日之間，在天氣及設備許可情況下，測試臺 74 線及臺 1 線。由於此兩組路線距離較短，且離車輛中心較近，可應變實驗初期實驗設備不穩定之風險。若無法順利完成，則利用 8 月 13 日至 8 月 16 日補測。

②民國 96 年 7 月 30~8 月 2 日之間，在天氣及設備許可情況下，測試國道 2 號及國道 1 號(建國快速道路)。國道 2 號若無法順利完成測試，可利用 8 月 20 日至 8 月 23 日補測。

③民國 96 年 8 月 5 日~8 月 8 日之間，在天氣及設備許可情況下，測試國道 1 號。若無法順利完成，於 8 月 27 日至 8 月 30 日補測。

- ④實驗路線 3 僅安排 3 週、每週 4 天之測試時間，若因天氣或設備因素無法於 3 週內完成測試，或是測試結果不符合專案需要，則於第 4 週後進行補測試，整個測試時間約 1 個月。

2. 實驗路線試跑情形

實驗路線之試跑共分為：國道 1 號(建國快速道路)(2 日)、國道 2 號(2 日)、臺 74 線(1 日)及臺 1 線(1 日)，以下僅就試跑所蒐集之速度樣本進行說明，試跑日誌詳見附錄。

(1) 國道 1 號(建國快速道路)

① 試跑日期

民國 96 年 6 月 10 日(週日)及 11 日(週一)，本次試跑重點：

- a. 確認建國北路迴轉道，並測試國道 1 號路線之速度分佈。
- b. 確認辛亥路迴轉道，並測試建國快速道路路線之速度分佈。

② 試跑結果

表 5.3-7 及表 5.3-8 分別為試跑過程中速度樣本數分佈，其中國道 1 號速度範圍分佈於時速 0~110 公里之間，建國快速道路速度範圍分佈於時速 0~90 公里之間，週一之低速樣本數較多，代表此路線可以取得國道及快速道路之各速度範圍資料。

表 5.3-7 實驗路線-民路 96 年 6 月 10 日試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)		
	1(國道 1 號)	11(建國快速道路)	34(縣道 122/縣道 142)
000~010	0.6	16.2	29.2
011~020	0.6	2.2	8.6
021~030	0.3	2.2	16.8
031~040	0.3	3.8	10.6
041~050	0.5	6.3	11.3
051~060	1.1	15.1	11.0
061~070	2.6	44.7	8.6
071~080	6.3	9.0	3.1
081~090	13.8	0.3	0.1
091~100	27.0	0.0	0.2
101~110	38.9	0.0	0.1
111 以上	8.0	0.3	0.3
合計	100.0	100.0	100.0
總樣本數	4,618	365	1,366

資料來源：本計畫。

表 5.3-8 實驗路線-民路 96 年 6 月 11 日試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)		
	1(國道 1 號)	11(建國高架)	34(縣道 122/縣道 142)
000~010	3.1	12.4	25.6
011~020	4.1	20.8	10.9
021~030	6.3	12.6	12.6
031~040	5.7	7.3	14.5
041~050	3.1	4.3	17.5
051~060	2.6	7.9	10.2
061~070	3.1	28.7	6.4
071~080	4.9	4.1	1.4
081~090	11.6	1.8	0.3
091~100	26.7	0.0	0.2
101~110	25.4	0.0	0.1
111 以上	3.4	0.2	0.2
合計	100.0	100.0	100.0
總樣本數	5,635	509	1,289

(2) 國道 2 號

① 試跑日期

民國 96 年 6 月 7 日(週四)及 8 日(週五)，本次試跑重點為確認中繼點至竹林交流道、大園及大湳交流道之路線，並調查國道 2 號路線之速度分佈。

② 試跑結果

表 5.3-9 及表 5.3-10 分別為週四及週五試跑過程中速度樣本數分佈，其中國道之速度範圍分佈於時速 0~110 公里之間，代表此路線可以取得國道之各速度範圍資料，特別是國道 2 號。

表 5.3-9 實驗路線-民國 96 年 6 月 7 日試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)	
	1(國道 1 號/國道 2 號/國道 3 號)	34(縣道 122/縣道 142)
000~010	2.6	34.2
011~020	5.5	4.0
021~030	3.2	5.8
031~040	3.3	9.2
041~050	2.3	14.5
051~060	2.7	13.4
061~070	5.9	14.2
071~080	9.7	3.8
081~090	13.7	0.1
091~100	27.0	0.1
101~110	21.2	0.3
111 以上	3.0	0.3
合計	100.0	100.0
總樣本數	5,477	730

資料來源：本計畫。

表 5.3-10 實驗路綫-民權路 96 年 6 月 8 日試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)	
	1(國道 1 號/國道 2 號/國道 3 號)	34(縣道 122/縣道 142)
000~010	3.1	31.9
011~020	4.1	7.7
021~030	2.6	7.9
031~040	2.6	14.6
041~050	3.2	11.5
051~060	5.2	13.3
061~070	6.2	12.1
071~080	8.0	0.6
081~090	17.1	0.0
091~100	24.6	0.1
101~110	22.3	0.0
111 以上	1.1	0.4
合計	100.0	100.0
總樣本數	5,473	1,089

資料來源：本計畫。

(3)快速道路臺 74 線

①試跑日期：民國 96 年 6 月 6 日(週三)

②試跑結果

表 5.3-11 及表 5.3-12 分別為上午及下午試跑過程中速度樣本數分佈，其中國道 1 號及臺 74 線樣本資料均以高速範圍為主，與國道 1 號(建國快速道路)之試跑結果差異較大。

表 5.3-11 實驗路線-民雄 96 年 6 月 6 日上午試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)		
	1(國道 1 號/國道 3 號)	11(臺 74 線)	34(縣道 142)
000~010	0.4	2.1	31.0
011~020	0.1	1.1	5.5
021~030	0.3	1.2	7.9
031~040	0.1	0.9	10.5
041~050	0.4	4.6	14.0
051~060	0.5	11.4	23.1
061~070	1.8	19.9	8.0
071~080	5.6	42.5	0.0
081~090	23.3	16.2	0.0
091~100	53.9	0.0	0.0
101~110	13.3	0.0	0.0
111 以上	0.4	0.2	0.0
合計	100.0	100.0	100.0
總樣本數	1,098	659	1,210

資料來源：本計畫。

表 5.3-12 實驗路線-民雄 96 年 6 月 6 日下午試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)		
	1(國道 1 號/國道 3 號)	11(臺 74 線)	34(縣道 142)
000~010	0.2	0.2	19.4
011~020	0.0	0.0	8.1
021~030	0.0	0.0	11.3
031~040	0.0	0.4	13.2
041~050	0.1	3.3	19.0
051~060	0.3	0.9	21.5
061~070	1.0	4.4	6.5
071~080	3.3	48.8	0.5
081~090	8.8	34.2	0.1
091~100	41.2	6.8	0.1
101~110	43.3	0.5	0.2
111 以上	1.8	0.5	0.2
合計	100.0	100.0	100.0
總樣本數	1,034	570	1,091

資料來源：本計畫。

(4)臺 1 線

①測試日期及方式：96 年 6 月 5 日(週二)

②試跑結果

表 5.3-13 及表 5.3-14 分別為上午及下午試跑過程中速度樣本數分佈，其中國道 1 號以高速範圍為主，省道及縣道之速度範圍為時速 0~80 公里之間。

表 5.3-13 實驗路線-民偉 96 年 6 月 5 日上午試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)			
	1(國道 1 號)	24(臺 1 線)	27(臺 1 線)	34(縣道 142)
000~010	0.2	33.1	45.3	29.2
011~020	0.0	6.0	5.9	7.5
021~030	0.0	6.3	6.8	9.3
031~040	0.0	15.3	14.5	12.2
041~050	0.7	10.9	14.5	10.5
051~060	4.5	19.3	10.1	16.3
061~070	17.1	5.5	2.9	13.9
071~080	39.8	3.5	0.0	1.0
081~090	34.6	0.0	0.0	0.0
091~100	2.9	0.0	0.0	0.0
101~110	0.0	0.0	0.0	0.0
111 以上	0.2	0.0	0.0	0.0
合計	100.0	100.0	100.0	100.0
總樣本數	555	685	1,333	1,187

資料來源：本計畫。

表 5.3-14 實驗路線-民偉 96 年 6 月 5 日下午試跑結果

速度範圍 (km/h)	各道路類型(名稱)速度分佈(%)			
	1(國道 1 號)	24(臺 1 線)	27(臺 1 線)	34(縣道 142)
000~010	0.0	32.9	47.1	23.5
011~020	0.0	4.5	6.5	7.3
021~030	0.2	7.1	7.9	10.3
031~040	0.0	8.9	10.6	9.4
041~050	0.0	15.1	11.8	15.2
051~060	0.0	10.5	11.6	17.8
061~070	0.7	16.5	4.3	14.8
071~080	2.4	4.4	0.1	1.8
081~090	2.4	0.0	0.0	0.0
091~100	38.1	0.0	0.0	0.0
101~110	55.2	0.0	0.0	0.0
111 以上	1.0	0.0	0.0	0.0
合計	100.0	100.0	100.0	100.0
總樣本數	420	617	1,395	1,151

資料來源：本計畫。

(5)實驗路線試跑結果彙整

彙整上述所有路線試跑結果如表 5.3-15，各種道路類型均有廣泛的速度分佈結果，可滿足實驗設計目標及限制。

表 5.3-15 實驗路線試跑結果彙總表

速度 (km/h)	道路類型(道路名稱)									
	Class 1 (國道 1 號、國 道 2 號、國道 3 號)		Class 11 (快速道路： 臺 74 線、建 國高架)		Class 24 (臺 1 線)		Class 27 (臺 1 線)		Class 34 (縣道 142)	
	樣本 數	%	樣本 數	%	樣本 數	%	樣本 數	%	樣本 數	%
000~010	522	2.1	137	6.5	430	33.0	1,261	46.2	1,933	26.5
011~020	785	3.2	121	5.8	69	5.3	169	6.2	586	8.0
021~030	691	2.8	80	3.8	87	6.7	201	7.4	840	11.5
031~040	659	2.7	59	2.8	160	12.3	341	12.5	856	11.7
041~050	508	2.1	94	4.5	168	12.9	358	13.1	1,056	14.5
051~060	663	2.7	176	8.3	197	15.1	296	10.9	1,194	16.4
061~070	1,085	4.5	465	22.1	139	10.7	99	3.6	703	9.6
071~080	1,863	7.7	612	29.1	51	3.9	1	0.1	98	1.3
081~090	3,526	14.5	312	14.8	0	0.0	0	0.0	6	0.1
091~100	6,770	27.8	39	1.8	0	0.0	0	0.0	6	0.1
101~110	6,435	26.5	3	0.1	0	0.0	0	0.0	5	0.1
111 以上	814	3.3	6	0.3	0	0.0	0	0.0	9	0.1
總計	24,322	100	2,105	100	1,301	100	2,727	100	7,292	100

資料來源：本計畫。

5.3.3 道路實驗執行與數據分析

1.道路實驗路線執行情形

根據前 1 節所設計之實驗路線及排定之實驗時間，本計畫於民國 96 年 7 月 23 日開始執行，各組路線實驗日期及情形如表 5.3-16 所示，僅簡短說明執行成果，詳細實驗日誌列於附錄 1.3 中。

表 5.3-16 道路實驗路線執行情形

路線編號(註 1)	路線長度(km)	測試日期	測試結果	失敗原因
(4)臺 74 線	284	96/7/23	失敗	儀器設定未最佳化
		96/7/24	失敗	儀器設定未最佳化
(5)臺 1 線	210	96/7/25	成功	-
		96/7/26	成功	-
(3)國道 2 號	291	96/7/30	上午失敗，下午成功	氣候因素
		96/7/31	上午成功，下午失敗	儀器設定未最佳化
(2)國道 1 號(建國快速道路)	301	96/8/1	上午失敗，下午成功	儀器設定未最佳化
		96/8/2	上午失敗，下午成功	儀器操作過程有誤
(1)國道 1 號	287	96/8/5	上午失敗，下午成功	儀器設定未最佳化
		96/8/6	成功	-
		96/8/7	成功	-
		96/8/8	成功	-

註：1.括弧內數字表示路線說明編號。

2.國道收費站之通過方式，半數採人工收費，半數採ETC方式。

資料來源：本計畫。

2.補測路線設計與執行

由於原訂實驗執行過程中遇到儀器故障及天候不佳的影響，因此本計畫針對建國快速道路、臺 74 線及臺 1 線進行補測，設計兩組路線，且為了省略重新探勘道路的工作，補測路線所經過的路段幾乎都是原訂路線中既有路段，分別說明如表 5.3-17 及 5.3-18 所示：

(1)補測路線-建國高架道路

與實驗路線-國道 1 號(建國快速道路)相似，但考量車載設備電池續航力，取樣起迄點皆改為國道 1 號中壢服務區，且在建國高架橋往返行駛，南北向各行駛 2 次，且在 3 日內，重覆中壢服務區至建國高架橋的行駛共 4 次，增加建國快速道路的取樣資料。

(2)補測路線-中部地區省道

將原本實驗路線的臺 74 線及臺 1 線路段合併，從車輛中心出發後，先執行臺 74 線的測試，且在臺 74 線臺中端點及彰化端點迴

轉，共行駛東向 2 次及西向 1 次，之後經由臺 1 線返回車輛中心，回程之路線與實驗路線的臺 1 線行駛路段相同，但行進方向相反。

(3)補測執行結果

結果彙整如表 5.3-19，實驗日誌詳見附錄 1.3。

表 5.3-17 補測實驗路線-建國高架道路

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週二	10:00	10:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	10:30	12:30	國道 1 號	彰化交流道-新竹交流道
	12:30	12:45	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	12:45	16:00	休息補給	中繼點
	16:00	16:15	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	16:15	16:40	國道 1 號	新竹交流道-中壢服務區
	16:40	17:15	國道 1 號	中壢服務區-圓山交流道(開始取樣)
	17:15	17:30	建國高架	圓山交流道-辛亥路
	17:30	17:45	建國高架	辛亥路-民權東路
	17:45	18:00	建國高架	民權東路-辛亥路
	18:00	18:15	建國高架	辛亥路-圓山交流道
	18:15	19:00	國道 1 號	圓山交流道-中壢服務區(結束取樣)
	19:00	19:45	國道 1 號	中壢服務區-新竹交流道
	19:45	20:00	縣道 122	新竹交流道-中繼點
週三	6:30	6:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	6:45	7:05	國道 1 號	新竹交流道-中壢服務區
	7:05	7:45	國道 1 號	中壢服務區-圓山交流道(開始取樣)
	7:45	8:00	建國高架	圓山交流道-辛亥路
	8:00	8:15	建國高架	辛亥路-民權東路
	8:15	8:30	建國高架	民權東路-辛亥路
	8:30	8:45	建國高架	辛亥路-圓山交流道
	8:45	9:30	國道 1 號	圓山交流道-中壢服務區(結束取樣)
	9:30	10:15	國道 1 號	中壢服務區-新竹交流道
	10:15	10:30	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	10:30	15:30	休息補給	中繼點
	15:30	15:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	15:45	16:05	國道 1 號	新竹交流道-中壢服務區
	16:05	16:45	國道 1 號	中壢服務區-圓山交流道(開始取樣)
	16:45	17:00	建國高架	圓山交流道-辛亥路
	17:00	17:15	建國高架	辛亥路-民權東路
	17:15	17:30	建國高架	民權東路-辛亥路
	17:30	17:45	建國高架	辛亥路-圓山交流道
	17:45	18:30	國道 1 號	圓山交流道-中壢服務區(結束取樣)

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
	18:30	19:15	國道 1 號	中壢服務區-新竹交流道
	19:15	19:30	縣道 122	新竹交流道-中繼點
週四	6:30	6:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	6:45	7:10	國道 1 號	新竹交流道-中壢服務區
	7:10	7:55	國道 1 號	中壢服務區-圓山交流道(開始取樣)
	7:55	8:10	建國高架	圓山交流道-辛亥路
	8:10	8:25	建國高架	辛亥路-民權東路
	8:25	8:40	建國高架	民權東路-辛亥路
	8:40	8:55	建國高架	辛亥路-圓山交流道
	8:55	9:40	國道 1 號	圓山交流道-中壢服務區(結束取樣)
	9:40	10:25	國道 1 號	中壢服務區-新竹交流道
	10:25	10:40	縣道 122	新竹交流道-中繼點
	10:40	13:30	休息補給	中繼點
	13:30	13:45	縣道 122	中繼點-新竹交流道
	13:45	15:05	國道 1 號	新竹交流道-彰化交流道
	15:05	15:35	縣道 142	彰化交流道-車輛中心

註：全程採人工收費方式通過收費站

資料來源：本計畫。

表 5.3-18 補測實驗路線-中部地區省道

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
週一/ 週二	7:00	7:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	7:30	7:40	國道 1 號/國道 3 號	彰化交流道-彰化系統-快官系統
	7:40	7:55	臺 74 線	快官系統-北屯端交流道(往東)
	7:55	8:10	臺 74 線	北屯端交流道-彰興路交流道(往西)
	8:10	8:25	臺 74 線	彰興路交流道-北屯端交流道(往東)
	8:25	8:50	休息	
	8:50	9:00	臺 1 線乙	中清南路-中清路一段
	9:00	9:20	臺 1 線乙	中清路-大雅路-五權路
	9:20	9:25	臺 1 線乙	五權路-精忠橋
	9:25	9:35	臺 1 線乙	精忠橋(烏日鄉中山路 1 段)-大度橋
	9:35	9:40	臺 1 線	大度橋-金馬路陸橋
	9:40	9:55	臺 1 線丙	金馬路陸橋-金馬路 1 段
	9:55	10:30	縣道 142	金馬路-車輛中心
	16:00	16:30	縣道 142	車輛中心-彰化交流道
	16:30	16:40	國道 1 號/國道 3 號	彰化交流道-彰化系統-快官系統
	16:40	16:55	臺 74 線	快官系統-北屯端交流道(往東)
	16:55	17:10	臺 74 線	北屯端交流道-彰興路交流道(往西)
	17:10	17:25	臺 74 線	彰興路交流道-北屯端交流道(往東)

日期	出發時間	到達時間	主要道路名稱	路段起迄
	17:25	17:50	休息	
	17:50	18:00	臺 1 線乙	中清南路-中清路一段
	18:00	18:20	臺 1 線乙	中清路-大雅路-五權路
	18:20	18:25	臺 1 線乙	五權路-精忠橋
	18:25	18:35	臺 1 線乙	精忠橋(烏日鄉中山路 1 段)-大度橋
	18:35	18:40	臺 1 線	大度橋-金馬路陸橋
	18:40	18:55	臺 1 線丙	金馬路陸橋-金馬路 1 段
	18:55	19:30	縣道 142	金馬路-車輛中心

資料來源：本計畫。

表 5.3-19 補測實驗路線執行情形

路線編號	路線長度 (km)	測試日期	測試結果	失敗原因
(2)補測路線中部地區省道	254	96/8/27	成功	-
		96/8/28	成功	-
(1)補測路線建國高架道路	315	96/9/4	成功	-
	372	96/9/5	上午成功，下午失敗	氣候因素
	315	96/9/6	上午失敗，下午回程不取樣	氣候因素

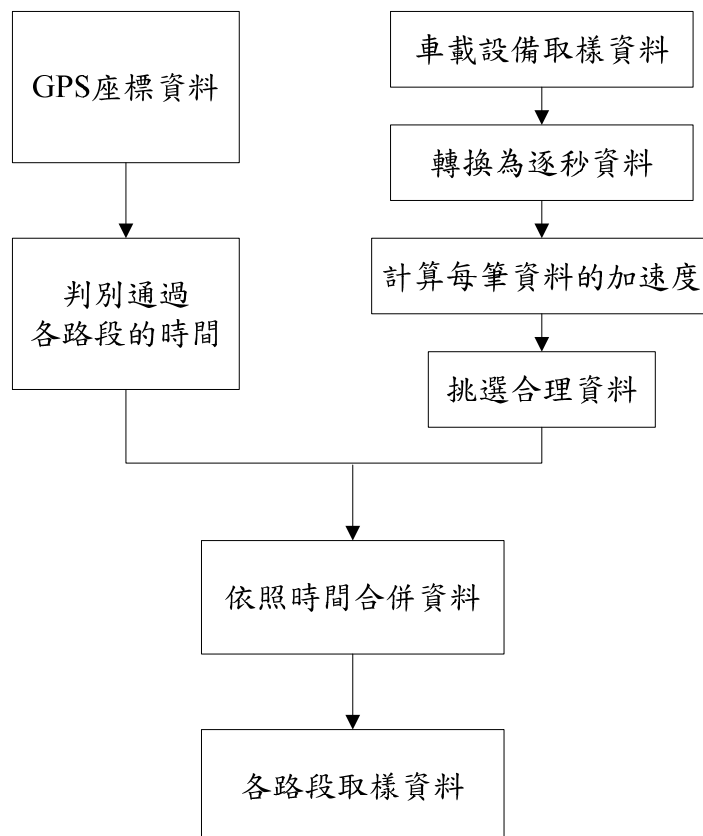
資料來源：本計畫。

3.道路實驗數據處理流程

本計畫設備分為車載取樣分析設備及 GPS 設備，利用 GPS 設備所記錄之時間及座標，將取樣資料依照道路類型進行分類，處理流程如圖 5.3.7 所示，說明如下：

- (1)轉換為逐秒資料：車載設備每 0.2 秒截取 1 筆資料，本計畫為了與文獻及各單位之研究結果進行比較，所有資料皆以每 1 秒為單位，因此將資料合併為每秒平均資料。
- (2)計算每筆資料的加速度：為了分析加減速的影響，本計畫以每兩秒資料的瞬間速度差，計算每秒的加速度。
- (3)挑選合理資料：由於車載設備每隔一段時間會進行校正，此時所產生的資料為不合理資料，不列入有效樣本。

(4)依照時間合併資料：本計畫在實驗取樣開始之前，會記錄 GPS 設備與取樣設備的時間，將取樣資料的時間與 GPS 時間配對，將取樣資料與 GPS 的路徑資料合併，得到取樣資料所屬的道路類型。



資料來源：本計畫。

圖 5.3.7 實驗數據處理流程圖

4.道路實驗結果彙整

表 5.3-20 為在不考慮加速度的影響下，所有有效實驗樣本的速度分佈表，涵蓋原訂實驗路線與補測路線的數據，共計取得 140,644 筆數據可供分析。本年度測試之五種道路類型，以長度計算合計達總路網之 27.82%，以運量計算合計達總路網之 51.68%（參見前表 5.3-1）。各種道路類型的速度分佈如下：

(1)Class 1

時速 0~100 公里內皆有樣本，集中於時速 80 公里以上，僅有時速為 0 公里之樣本數較少，符合國道 1 號的速度分佈特性。

(2)Class11

時速 0~90 公里內皆有樣本，集中於時速 70~80 公里以上。雖然快速道路包含建國快速道路及臺 74 線，但建國快速道路長度較短，得到的資料量較少，而臺 74 線屬於速度較快的道路，因此樣本數分佈集中於高速，低速資料較少。

(3)Class24

屬於省道中干擾較高的路段，除了時速 70 公里以上樣本數較少，其餘速度區間皆有樣本數分佈，符合省道的特性。

(4)Class27

屬於省道中干擾較高的路段，除了時速 70 公里以上樣本數較少，其餘速度區間皆有樣本數分佈，與 Class24 相較之下，低速樣本較多，符合高干擾省道的特性。

(5)Class34

屬於縣道中干擾較低的路段，除了時速 80 公里以上樣本數較少，其餘速度區間皆有樣本數分佈，與省道相較之下，怠速比例較低。

表 5.3-20 道路實驗取樣速度分佈表

速度 (km/h)	道路類型/道路名稱/道路屬性(class)				
	1	11	24	27	34
	國道：限速 100~110 一 般路段	快速道 路：完全進 出管制	省道：低干 擾 2 車道	省道：高干 擾 2 車道	縣道：低干 擾 2 車道
001~010	433	173	535	1,588	1,373
011~020	1,218	398	472	1,882	2,125
021~030	1,796	362	588	2,809	3,705
031~040	2,033	248	839	3,443	4,369
041~050	1,841	398	1,284	4,120	3,952
051~060	1,757	745	1,691	2,905	4,708
061~070	2,936	1,993	1,062	1,313	3,234
071~080	5,847	5,353	230	77	473
081~090	12,576	727	2	-	41
091~100	17,015	-	-	-	-
101~110	15,752	-	-	-	-
怠速(0)	195	163	2,559	10,198	5,108
合計	63,399	10,560	9,262	28,335	29,088

資料來源：本計畫。

5.4 實驗室實驗

1. 實驗說明

所選定的測試車輛除了進行實際道路測試，依據實際道路行駛狀況轉換而成的行車型態，經過檢定篩選，5 種道路類型之有效數據的擷取紀錄中，各挑選 2 段，累積里程，提供實驗室進行比對之型態測試；另在實驗室中並探討實車所轉換出之行車型態與兩種既有法規（有、無開啟空調/頭燈）的影響；比對國內過去所研究之臺北、臺中、高雄行車型態之差異；由於實驗室中既有轉換駕駛曲線，無法真實呈現實際道路坡道對於車輛排放影響，然而透過實驗室動力計阻力之設定，模擬不同坡道狀態下車輛排放之污染排放、燃油經濟性測試變化，重現相互間之關聯性。因此，透過實驗室測試結果，可比較出實驗室與實際道路兩者的差異性，本計畫測試項目如表 5.4-1。

分析之結論將會結合車輛行駛之特性與道路規劃，作為未來重大交通建設在進行可行性分析時，在考量最小旅行時間或最小旅行成本後，設定所選定的目標函數，亦可以最小能源消耗或最少溫室氣體排放為標的，藉由運輸規劃模式決定未來各類運具運量的預測後，可以透過溫室氣體排放資料庫參數輸入，進一步作最有效的資源分配。

表 5.4-1 實驗室測試項目

實驗編號	實驗室測試
#5	國、內外法規型態污染排放及燃油經濟性測試：不開啟空調/頭燈，實驗車重
#7	國、內外法規型態污染排放及燃油經濟性測試：開啟空調/頭燈，實驗車重
#8	由實際道路轉換之型態曲線比對測試
#9	模擬實際道路不同坡道設計對於車輛排放之測試

在實驗室部分，為了解實車道路測試的污染排放及燃油消耗與實驗室數據之關聯性，使用與實車道路相同車輛-中華汽車公司所生產之廂式小客車 SPACE GEAR 2.4L，詳細車輛規格如表 5.4-2 所示。並使用市售 95 無鉛汽油（油品經中油化驗），詳細油品參數如表 5.4-3 所示。該試驗車輛依「汽油車輛試程序與測試方法」及「歐盟油耗污染測試方法」規定之方式進行測試，分別進行 3 次，兩種測試方法合計 6 車次之測試，以評估兩種不同法規測試方式，污染及燃油經濟性的差異，此測試結果為原況基礎比較值，用以評估既有行車型態對車輛燃油經濟性與污染排放的影響；再依上述測試方法加開啟空調與頭燈，以了解車輛使用額外負載下對於排放之影響(6 車次)，如圖 5.4.1。

試驗車輛再依環保署（92）所建立之臺北、臺中及高雄等市區行車型態。本項試驗將對三種行車型態，進行測試。分別進行 3 次測試，合計 9 車次，以評估三種不同國內行車型態對於污染及燃油經濟性的差異，此測試結果將用以評估國內行車型態對車輛市區污染排放與燃油經濟性的影響。

另外依實際道路駕駛轉換而來的 5 種不同道路類型所新建行車型

態，輸入實驗室駕駛輔助器中，如圖 5.4.2，進行行車型態污染、油耗測試，使用試驗車分別進行 3 次測試，共計 30 車次測試。將用以評估實際道路與實驗室兩者之間，對車輛燃油經濟性與污染排放的影響與差異。實驗室比對測試流程如圖 5.4.3。

之後，再由前述實際道路駕駛轉換的行車型態中，挑選一組速度範圍涵蓋較廣的擷取紀錄，進行坡度測試。在實驗室中給予不同負載，模擬車輛在 2%、3%、4% 坡度下，能耗與污染排放情況。結果可與原實驗 0% 坡度比對，以分析坡度對於油耗、污染排放的影響。

綜上述，實車輛試所選定的測試車輛分別進行（1）國內、外不同行車型態污/耗測試（2）實際道路行駛狀況轉換而成的行車型態進行污/耗測試以及（3）車輛分別在不同坡道進行污/耗測試。透過以上測試結果，可以比較實驗室測試結果與實際道路的差異性及獲得車輛在不同行車型態、駕駛行為、車輛狀況等差異下之關聯性，並將此車輛污染排放、油耗與道路運輸模式之影響因素及條件，提供相關單位作為未來運輸規劃關聯模式之預測值。

表 5.4-2 試驗車輛規格表

	項目	車輛規格
1	廠牌	中華
2	車型	SPACE GEAR 2.4L A4 5D
3	引擎型式	直列四汽缸
4	車輛重量 (kg)	2150
5	排氣量 (c.c.)	2350
6	最大馬力 (PS/rpm)	132/5500
7	最大扭力 (kgm/rpm)	19.6/2500
8	燃料系統	直接噴射系統
9	壓縮比	9.5
10	缸徑/衝程 (mm/mm)	86.5 / 100
11	輪胎尺寸	215/60 R16
12	油箱容量(liter)	66
13	污染排放控制系統	PCV、觸媒轉化器
14	污染排放標準	符合臺灣三期排放標準

資料來源：本計畫。

表 5.4-3 試驗油品參數

油品種類	95 無鉛市售用油
測試項目	檢驗結果
檢驗項目	檢驗結果
密度@15°C (kg/L)	0.7524
研究法辛烷值	95.2
雷氏蒸氣壓 (kPa)	56.3
苯含量 (vol%)	0.71
總芳香烴含量 (vol%)	30.42
熱值 (cal/g)	10597
淨熱值 (cal/g)	10032
碳含量 (wt%)	88.21
鉛含量 (g/L)	<0.0025
氫含量 (wt%)	11.15
含氧成分 (vol%)	7.86
氧化穩定性 (minutes)	> 240

資料來源：本計畫。



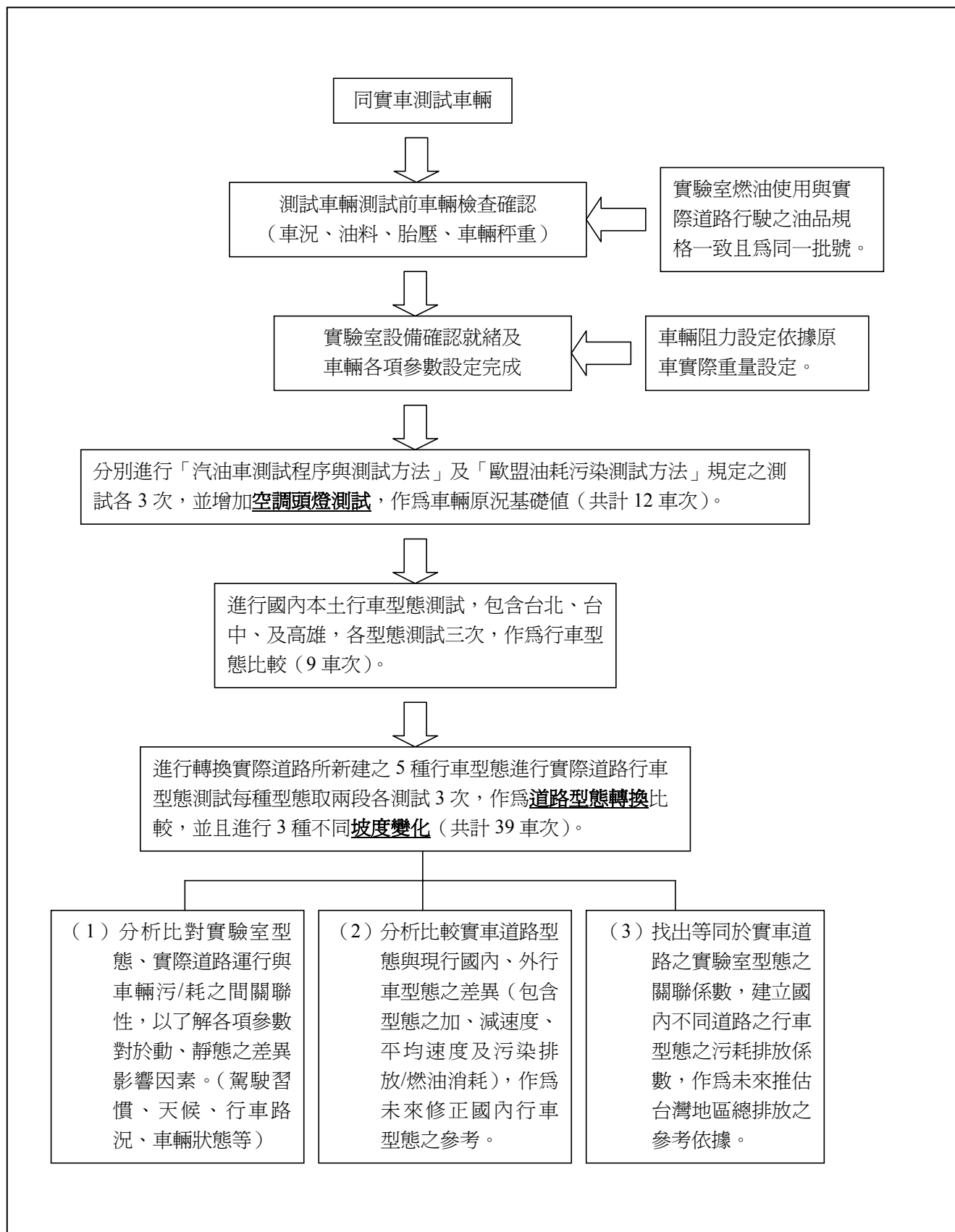
資料來源：本計畫。

圖 5.4.1 實驗室行車型態測試



資料來源：本計畫。

圖 5.4-2 駕駛輔助系統畫面



資料來源：本計畫。

圖 5.4.3 實驗室比對測試研究流程

2. 實驗設備

本計畫執行之測試項目為求實驗數據偏差落於誤差範圍之內，使外在變因能控制至最小影響程度，故在進行所有測試時皆使用同一日本廠牌設備系統 (HORIBA)，並以同一測試車輛及相同一組測試人員之駕駛原則進行比對，儘量排除人為因素而影響測試結果之判讀。

執行實驗室污染排放及燃油經濟性之測試所需使用的測試設備，包括車體動力計 (含冷卻風扇)、廢氣定容取樣及分析系統、駕駛者輔助器及空調系統等。實驗室整體系統架構圖如圖 5.4.4；實驗設備如圖 5.4.5。針對主要設備之功能介紹如下：

(1) 車體動力計 (含冷卻風扇)

□ 主要功能：

為進行污染/油耗測試時提供負載及冷卻，依據車輛實際重量，模擬實際道路行駛阻力與風量。

(2) 廢氣定容取樣及分析系統

□ 主要功能：

收集車輛所排放出之氣體，使混合氣的總體積在測試過程中的每一瞬間都維持在定值，且取樣流量等比例於混合氣總體積並分析收集後廢氣中污染物濃度及計算該車輛之污染及油耗值。

(3) 空調系統

□ 主要功能：

控制測試環境溫、濕度使車輛不受外在環境而影響測試數據。

(4) 駕駛輔助器

□ 主要功能：

提供人員在執行車輛污染/油耗測試期間之行車數據及顯示型態路徑，可設定各種不同的行車型態。

■ 主要功能：

The diagram illustrates a chassis dynamometer system for vehicle emissions testing. A red car is positioned on a blue chassis dynamometer. A yellow arrow labeled 'Ambient Air' enters a 'Charcoal Filter' and then a 'Mixing Tee'. The 'Driver's Aid' is shown as a small screen. A 'Cooling Fan' is connected to the dynamometer. The 'Mixing Tee' is connected to a 'CVS' (Constant Volume Sampling) system, which includes a 'Critical Flow Venturi' and a 'Blower'. The 'Blower' is connected to a large green arrow indicating exhaust. The 'CVS' system is connected to 'Ambient Bags' and 'Sample Bags' via a network of pipes. A 'Control Computer' and 'Analyzer Bench' are connected to the system via a dashed line.

圖 5.4.4 實驗室系統架構圖



車體動力計



廢氣取樣分析儀



溫溼度空調控制測試間



駕駛輔助器及冷卻



轉分析儀



電腦控制系統

資料來源：本計畫。

圖 5.4.5 實驗測試設備

5.4.1 實驗室法規測試：不開頭燈、空轉（#5）

現行法規之車輛污染排放、燃油經濟性比對測試時是依循「汽油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發及廢止辦法」第十七條中所指汽油汽車廢氣排放測試方法與程序及依循 98/69/EC 指令及其後續修正指令進行歐洲行車型態污染測試；另依歐盟 1999/100/EC 指令及其後續修正指令進行歐洲行車型態油耗測試。規範其測試程序及方法。其範圍包括市區及高速公路之行車型態。

1. 美國（FTP-75）測試方法(請參見 2.1.1 節)

(1) 車輛準備及惰轉狀態測定

執行排放污染測試前，測試車輛必須先執行測試前準備工作，以確保測試結果正確、可信。測試前準備工作包含二階段，一是進行預備駕駛，依市區行車型態的最初兩個階段在車體動力計上行駛，其目的在使車輛於測試之前能經過相同的調適（並使車上之控制電腦能事先學習駕駛曲線）以建立測試穩定性，另外也可讓駕駛員能事先熟悉測試車輛之狀況確保測試之順利完成；第二則是惰轉狀態測定，在預備駕駛完成後，立即執行惰轉狀態測定。完成測試前準備工作後，該車輛必須依規定進行車輛靜置。

(2) 行車型態污染排放測定

此測定方法乃是在車體動力計上，以市區行車型態的測試循環進行測試，在測試過程中即可量測出其氣態污染物。市區型態前 505 秒為第一階段稱為冷起動階段（cold start phase），此階段之排氣取樣及環境空氣取樣應該導入第一階段之收集袋內；市區行車型態第 506 秒~1,372 秒為第二階段稱為暫態階段（transient phase），此階段之排氣取樣及環境空氣取樣應該導入第二階段之收集袋內；在第二階段取樣結束之後 10 ± 1 分鐘內，開始實施第三階段之熱起動階段（hot start phase），此階段之排氣取樣及環境空氣取樣應該導入第三階段之收集袋內。以上（1）、（2）執行

測試流程如圖 5.4.6。

(3) 車輛燃油經濟性測定

為了正確獲得汽車行車型態污染物排放量以正確計算出油耗值（碳平衡法反推），測試車輛要在底盤動力計上，依據法規所規定之行車型態 FTP-75 行車型態進行測試。高速行車型態測試程序是緊接在市區型態油耗測試後執行，高速行車型態為重複進行兩次，包括一個排氣不取樣之暖車高速行車型態來進行車輛運轉調整及一個排氣取樣之高速行車型態進行油耗量測。

油耗值結果需要分別計算出市區行車型態測試及高速行車型態測試之污染量（HC、CO、CO₂ 之 g/km 值），再依測試燃油之比重、碳重比、淨熱值得到個別之市區行車型態油耗值（km/l）及高速行車型態油耗值（km/l），再將其值個別加權 0.55（市區）及 0.45（高速）後四捨五入取至小數點一位，即為該車之平均油耗值（km/l）。

2. 歐盟（NEDC）測試方法(請參見 2.1.2 節)

(1) 行車型態污染排放

ECE R40 行車型態一個循環為 195 秒，實際進行測試需開四個循環共 780 秒。歐盟於 2000 年後，對輕型車輛的污染測試方法為 NEDC（New European Driving Cycle）行車型態，是由 4 個 ECE-15 型態加上 1 個 EUDC 型態組合而成，其中 4 個 ECE-15 行車型態總行駛距離為 4.052 公里、行駛時間為 780 秒、平均時速為 18.7 km/h、最高速度為 50 km/h；EUDC 行車型態總行駛距離為 6.955 公里、行駛時間為 400 秒、平均時速為 62.6 km/h、最高速度為 120 km/h。ECE-15 代表低速、低排氣溫度及引擎低負載狀況的行車型態，泛指市區之行車型態（每個基本市區型態則包含 15 個階段之情轉、加速、定速、減速等）；而 EUDC 速度及加速度則較 ECE-15 來的高，泛指非市區或郊區道路，行車速度較高之狀況（非市區型態則包含 13 個階段之情轉、加速、定速、

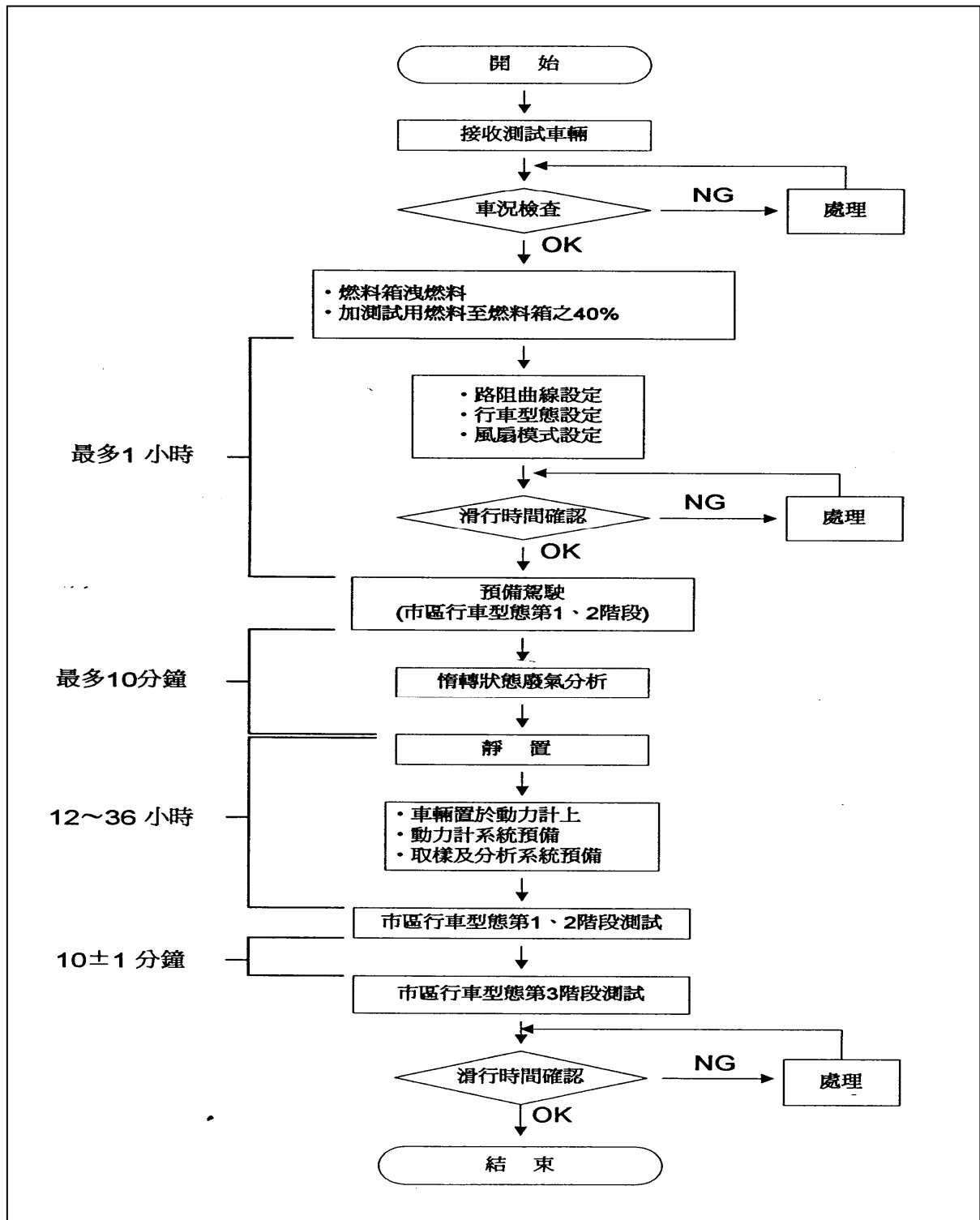
減速等)。整體測試流程如圖 5.4.7。

(2) 燃油經濟性測定

為了正確獲得汽車行車型態污染物排放量以正確計算出油耗值（碳平衡法反推），測試車輛要在底盤動力計上，依據法規所規定之行車型態 NEDC 行車型態進行測試。執行一次完整之 NEDC 行車型態，其行車型態如圖 5.4.10 及圖 5.4.11 所示，將可以獲得該車輛燃油消耗之結果。油耗值結果需要分別計算出市區行車型態測試及非市區行車型態測試之污染量（HC、CO、CO₂ 之 g/km 值），在依測試燃油之比重、碳重比、淨熱值得到個別之市區行車型態油耗值（km/l）及非市區行車型態油耗值（km/l），再將其值個別加權後四捨五入取至小數點一位，即為該車之平均油耗值（km/l）。

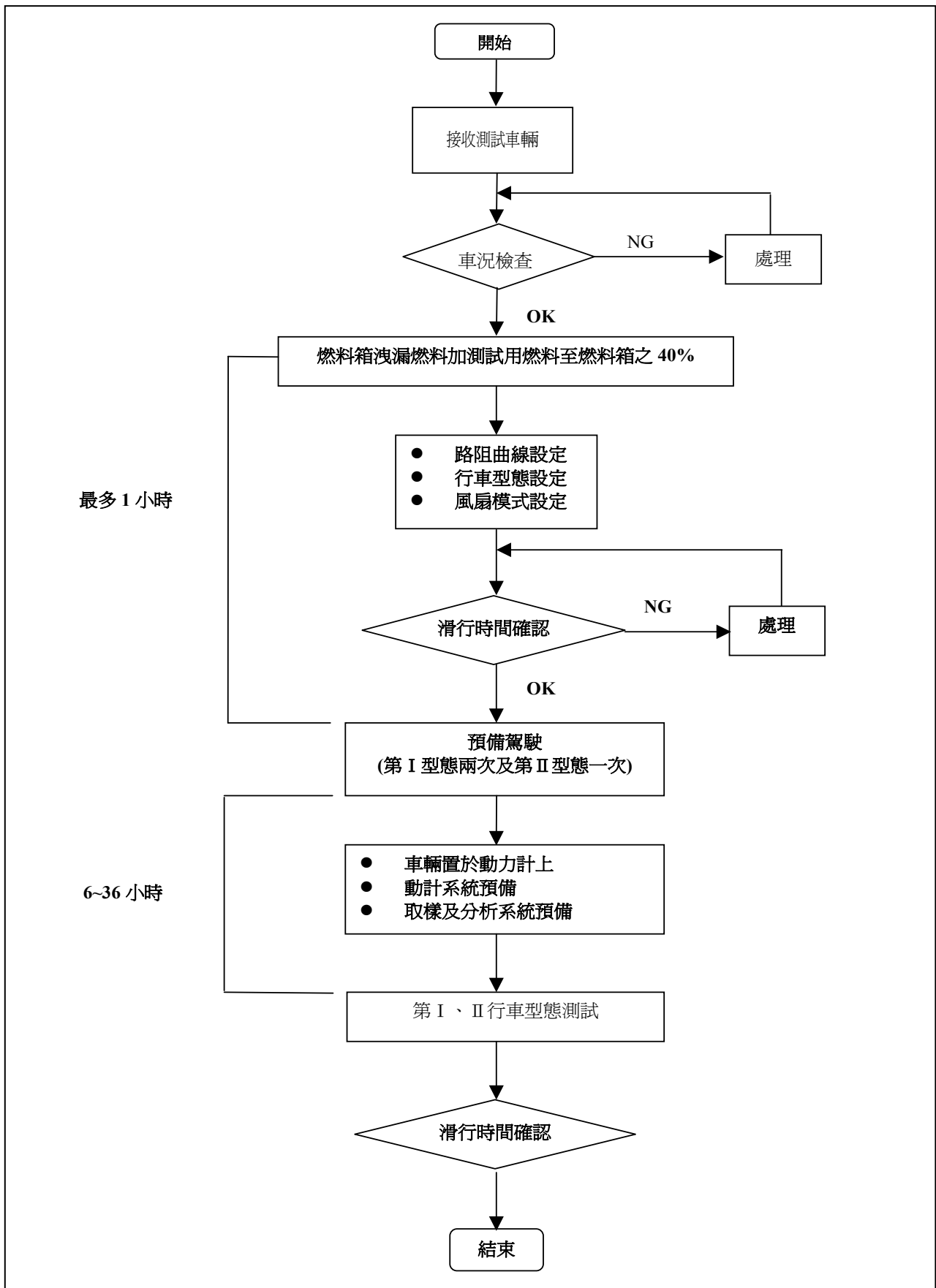
3. 國內行車型態測試(請參見 3.2.1 節)

國內行車型態測試，乃是分別採用環保署(92)所建立之臺北、臺中、高雄等三個國內代表性行車型態，重複進行 3 次測試，測試流程如圖 5.4.8。



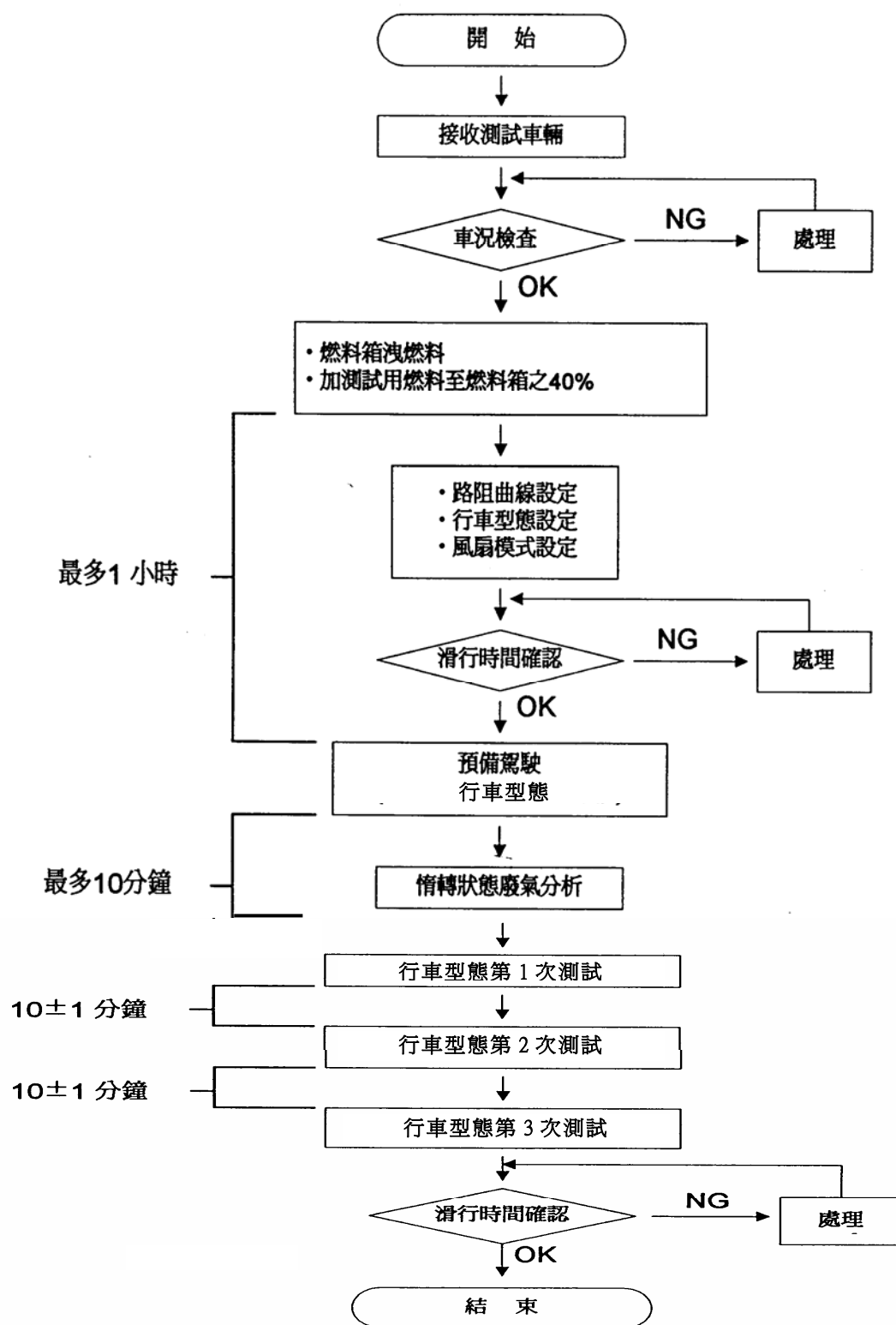
資料來源：本計畫。

圖 5.4.6 美國 FTP-75 之污染/油耗排放測試流程



資料來源：本計畫。

圖 5.4.7 歐洲 NEDC 之污染/油耗排放測試流程



資料來源：本計畫。

圖 5.4.8 摩托行車型態之污染/油耗排放測試流程

5.4.2 實驗室法規測試：開啟頭燈、空調 (#7)

依據美國 FTP-75 及歐盟 NEDC 相同測試程序方法進行，使用實驗車重（原車重+設備+人員），並且加開啟頭燈與空調，空調的使用與實際道路測試時一致，皆設定在最低溫及相同的風速下（第三段），而頭燈則使用是近燈模式，亦符合道路實驗時的設定方式。而除了以上的測試設定外，其他包括動力計阻力設定及靜置時間等都與法規測試相同。#7 測試方式主要是在探討車輛在額外使用負載下（頭燈、空調），對於車輛本身之污染排放與燃油消耗之差異與影響，藉以了解有、無開啟頭燈空調相互間之關係。

5.4.3 道路實驗之比較測試 (#8)

為以了解實車道路與實驗室車輛排放與燃油經濟之差異，將 5 種道路類型，依速度與時間關係轉換至實驗室中之駕駛輔助器，提供測試人員駕駛之曲線，每種道路型態分別切分成具有代表本道路型態之兩區段(區段代號分別為 A、B)，涵括該類型之道路速度分布，所選各區段特性如表 5.4-4，而挑選方式以速度分佈為原則，並符合實驗設備只能處理時間在 900 秒以內資料的限制，以 Class34 為例說明如下：

- (1)計算 Class34 所有樣本數的速度分佈比例(%), 將此分佈視為母體
- (2)檢示 Class34 的所有時間連續路段實驗結果，依照連續時間長短分為：
 - ①若該路段時間低於 900 秒，則將其視為一有效區段。
 - ②若該路段時間高於 900 秒，則每隔 60 秒取 900 秒資料。例如某一路段連續時間為 1,000 秒，則 1-900 秒為區段 1，61-960 秒為區段 2，121-1,000 秒為區段 3，依此類推。
- (3)計算各區段的速度分佈比例(%)
- (4)計算各區段的速度分佈比例與母體速度分佈比例的相關係數。

(5)依照相關係數之高低及各區段速度分佈包含的速度範圍，挑選最適合的實驗區段，分別命名為 Class34_A、Class34_B。

各區段之速度分佈及相關係數如表 5.4-5，由於 Class11 包含臺 74 線及建國高架道路，兩道路特性差異較大，因此各挑選一區段。且建國高架單趟行駛時間較短，因此將相關性較高的兩區段(B-1，B-2)合併成一 Class11_B 區段；其中 B-1 最後 1 秒速度為 57 km/h，B-2 最前面 2 秒速度，亦均為 57 km/h，二者恰可銜接。另各類型之行車型態，如圖 5.4.9~圖 5.4.19。提供實驗室重現實際道路之關聯性。為求得數據穩定與可靠性，車輛在正式測試前，先以定速 50km/h 行駛 5 分鐘，保持在熱車的狀態下，每種道路型態各區段重複 3 次，共執行 30 車次測試。以下為完整測試程序步驟：

- (1) 開啟實驗室動力計之電源並執行 Warm up 動作，待動力計暖軸完畢，先設定好待會要執行測試時所需的行車阻力值。
- (2) 接著進行測試前滑行時間的確認，完成後便將車輛駛入實驗室的動力計上。
- (3) 將車輛於動力計滾筒上導正後，車輛後輪以輪胎夾持器固定，接著調整好定速風扇於適當位置並接妥排氣取樣尾管。
- (4) 在確認廢氣分析儀與 CVS 取樣系統(含文氏管號數)是否皆準備就緒後，即可開始進行測試。
- (5) 進入正式測試前，先將車輛以時速 50km/hr 行駛五分鐘後，便將車速提高或降低至正式測試開始時，駕駛輔助器提供的行車型態曲線初始速度上，同時按下"CRANK"&"START"鍵後，立即進入正式測試。
- (6) 行車型態曲線行駛結束後，將車輛排入空檔，進行車輛測試後滑行時間的確認。
- (7) 最後從分析報告上的數值，確認測試過程中是否皆符合法規測試的規範。

表 5.4-4 5 種道路行車型態特性比較

行車型態 特性	Class1 A	Class1 B	Class11 A	Class11 B	Class24 A	Class24 B	Class27 A	Class27 B	Class34 A	Class34 B
型態時間 (秒)	900	900	580	636	764	774	900	900	900	900
行駛里程 (km)	20.95	19.89	11.87	9.81	7.79	7.75	4.52	4.85	8.49	9.23
平均速度*1 (km/h)	83.79	79.55	73.66	55.51	36.68	36.00	18.08	19.4	33.97	36.91
平均速度*2 (km/h)	84.73	80.45	73.66	60.04	47.80	48.43	31.3	33.26	45.52	42.15
最大速度 (km/h)	106	107	89	72	72	76	63	62	69	72
最大加速度 (km/h-s)	6.0	4.0	3	4	7	17	9	10	9	10
平均加速度 (km/h-s)	1.36	1.45	1.17	1.22	1.75	1.86	2.02	2.54	1.72	1.94
最大減速度 (km/h-s)	7.0	15	7	6	10	11	7	9	14	9
平均減速度 (km/h-s)	0.63	0.86	0.32	0.57	0.68	0.88	0.68	0.81	0.82	1.02
區段數*3	2	1	1	1	5	5	6	8	7	5
停等比例 (%)	1.11	0	0	7.55	23.27	25.68	42.11	41.67	20.11	12.44

註：*1 含停等 (總里程/總時間)

*2 不含停等 (總里程/總行駛時間)

*3 區段數代表速度不為0之行車型態出現次數。區段數=1代表測試時間內並無任何停等；區段數=2代表測試過程中，有一段停等時間，將行車型態曲線明顯分成2段，依此類推。

資料來源：本計畫。

表 5.4-5 選定實驗路實驗道路比對測試設計

道路 類型	測試 代號	總時間 (秒)	速度(km/h)												相關 係數
			怠速(0)	001~010	011~020	021~030	031~040	041~050	051~060	061~070	071~080	081~090	091~100	101~110	
1	母體	63,399	0%	1%	2%	3%	3%	3%	3%	5%	9%	20%	27%	25%	
	A	900	1%	2%	5%	4%	2%	1%	1%	3%	3%	11%	37%	30%	92%
	B	900	0%	1%	2%	1%	3%	5%	7%	9%	13%	16%	26%	17%	94%
11	母體	10,560	2%	2%	4%	3%	2%	4%	7%	19%	51%	7%	0%	0%	
11 (臺 74 線)	A	580	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	13%	76%	9%	0%	0%	100%
	母體	6,806	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	8%	78%	11%	0%	0%	
11 (建國 高架)	B-1	279	0%	0%	0%	0%	0%	2%	30%	65%	2%	0%	0%	0%	96%
	B-2	380	14%	1%	1%	1%	5%	8%	21%	50%	0%	0%	0%	0%	96%
	B	659	8%	1%	1%	1%	3%	5%	25%	56%	1%	0%	0%	0%	97%
	母體	3,754	5%	3%	7%	7%	6%	11%	18%	42%	1%	0%	0%	0%	
24	母體	9,262	28%	6%	5%	6%	9%	14%	18%	11%	2%	0%	0%	0%	
	A	764	23%	3%	2%	5%	6%	18%	23%	18%	1%	0%	0%	0%	93%
	B	774	25%	3%	4%	6%	7%	15%	19%	12%	8%	0%	0%	0%	97%
27	母體	28,335	36%	6%	7%	10%	12%	15%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	
	A	900	42%	5%	8%	11%	15%	13%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	98%
	B	900	42%	5%	7%	11%	12%	14%	8%	1%	0%	0%	0%	0%	99%
34	母體	29,088	18%	5%	7%	13%	15%	14%	16%	11%	2%	0%	0%	0%	
	A	900	20%	4%	5%	8%	14%	15%	20%	14%	0%	0%	0%	0%	96%
	B	900	13%	3%	9%	10%	14%	17%	19%	15%	1%	0%	0%	0%	94%

資料來源：本計畫。

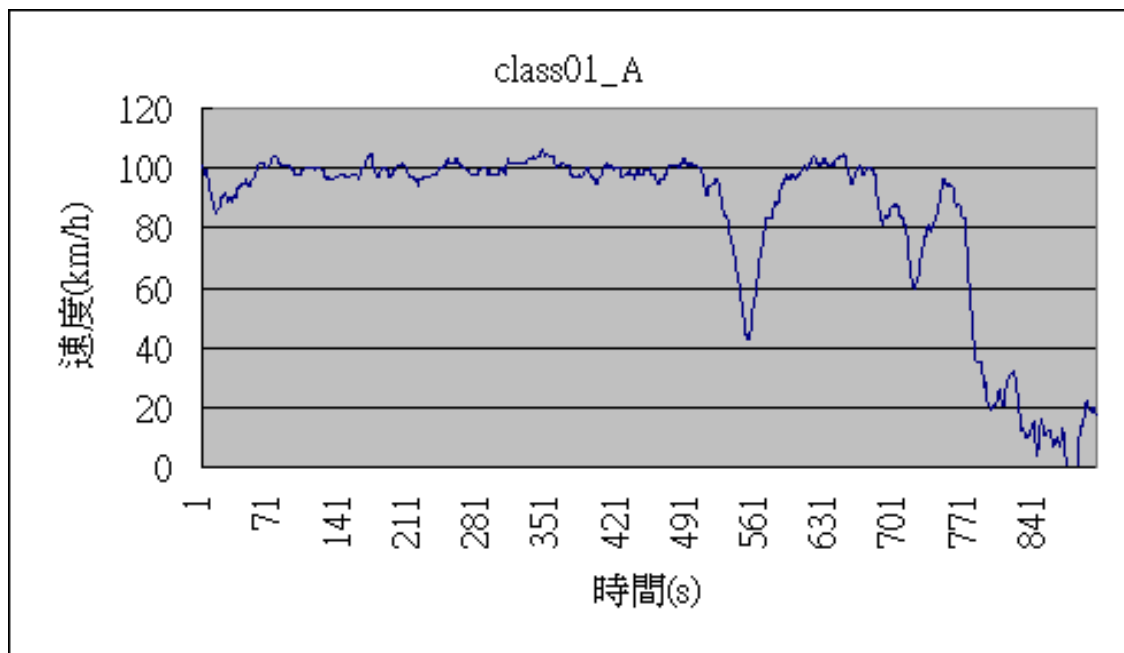


圖 5.4.9 CLASS 1 行車型態 A

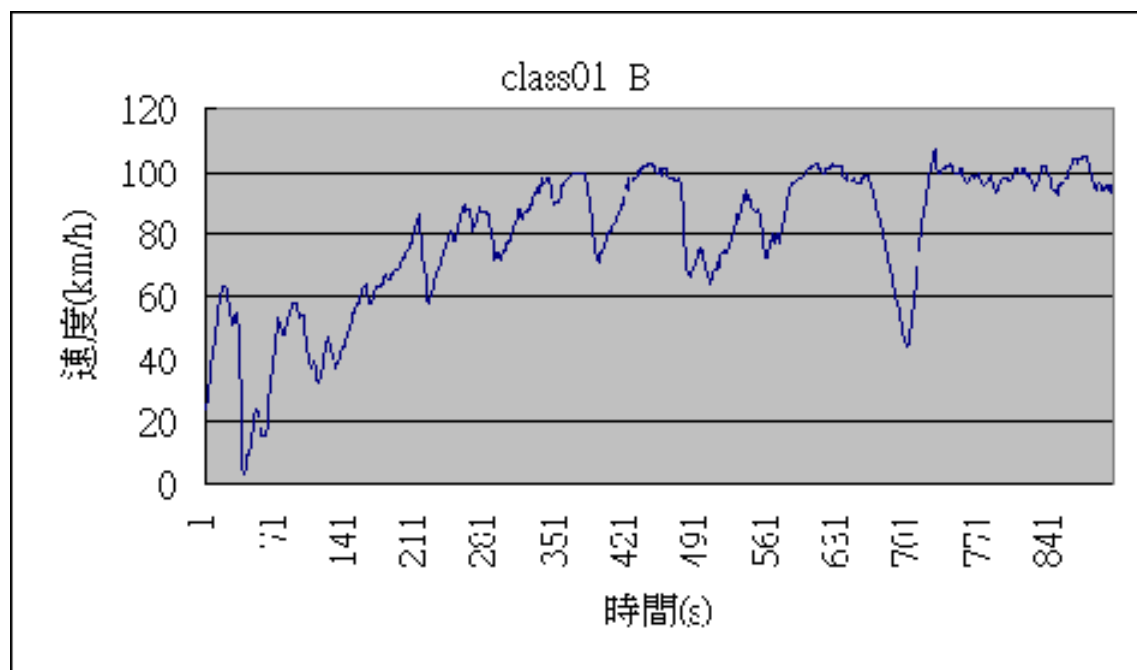


圖 5.4.10 CLASS 1 行車型態 B

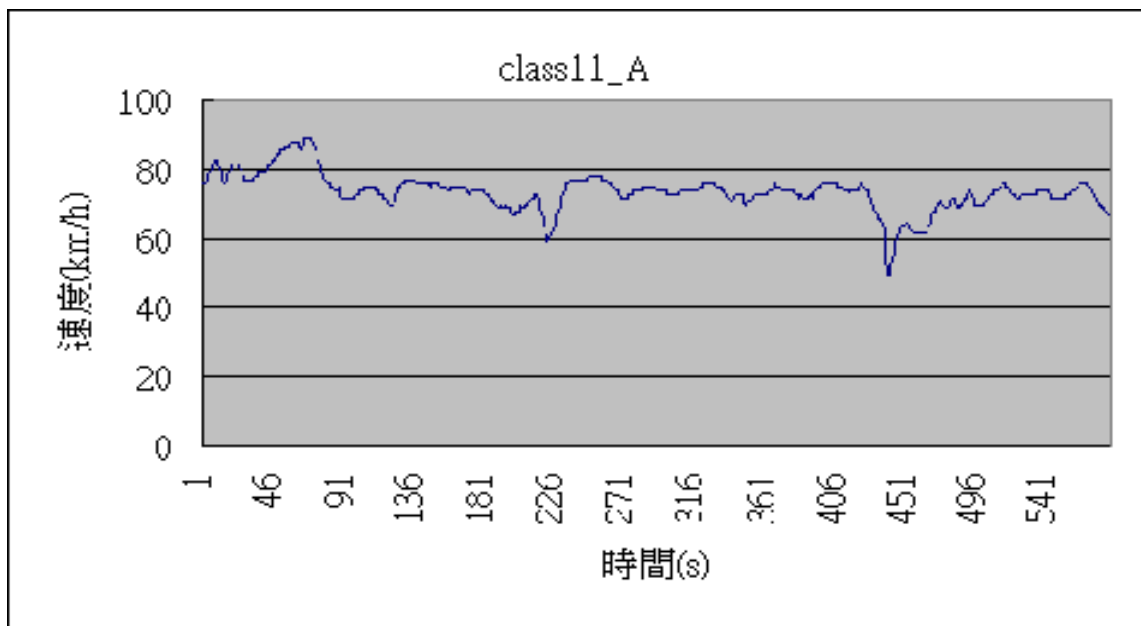


圖 5.4.11 CLASS 11 行車型態 A

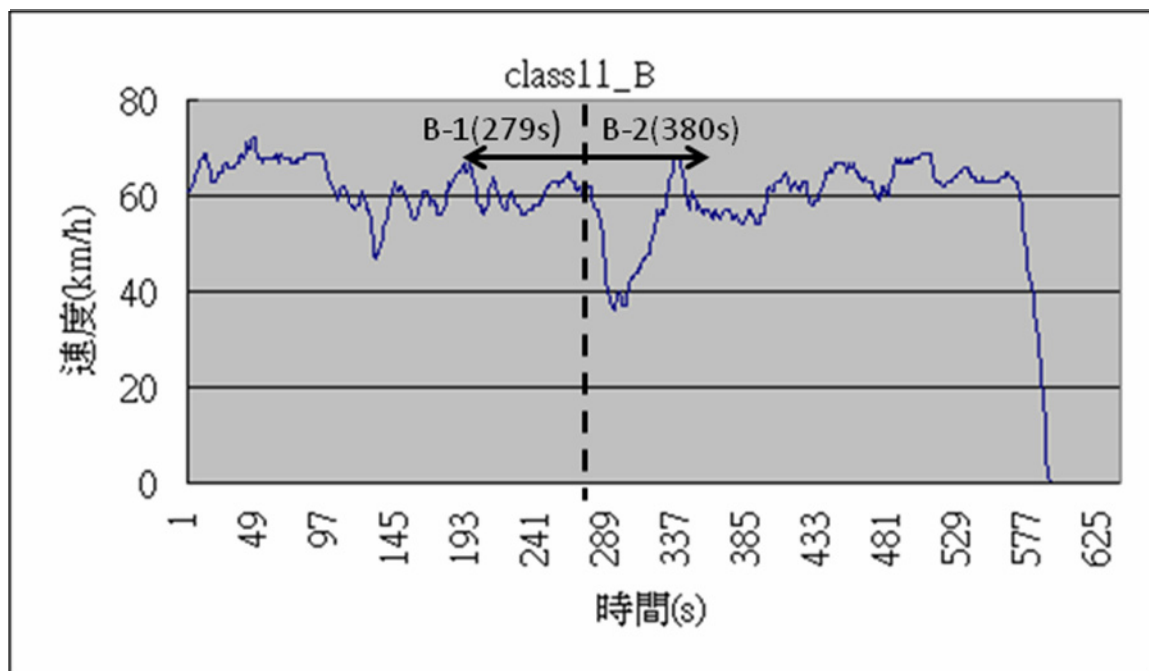


圖 5.4.12 CLASS 11 行車型態 B

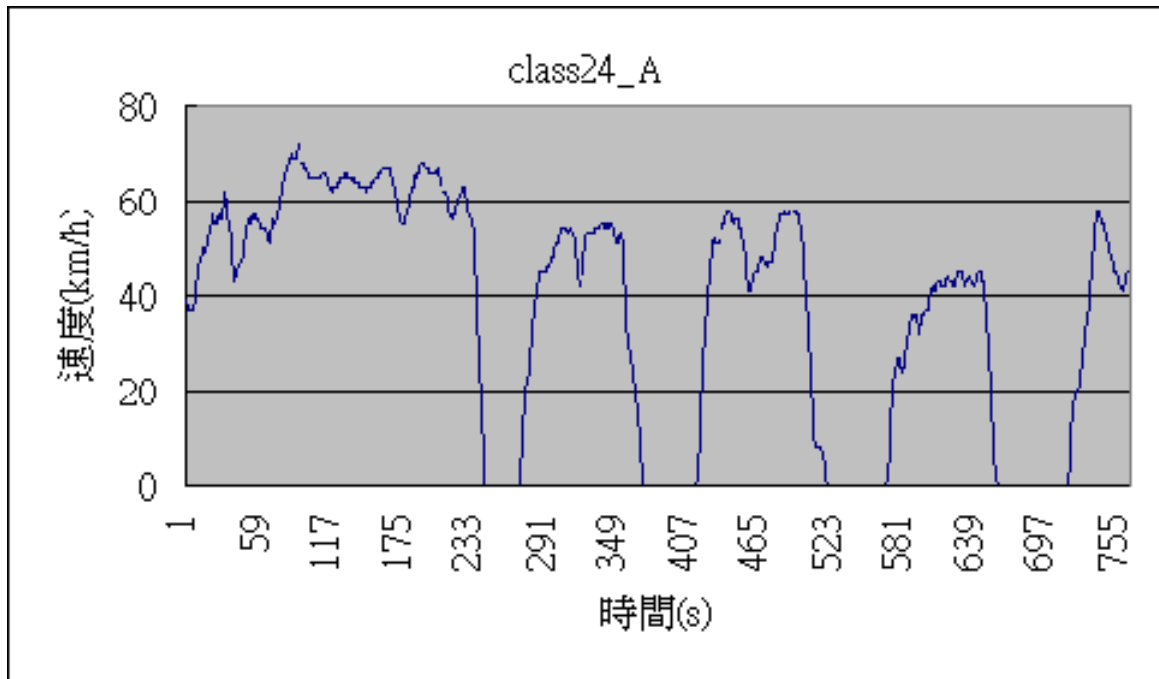


圖 5.4.13 CLASS 24 行車型態 A

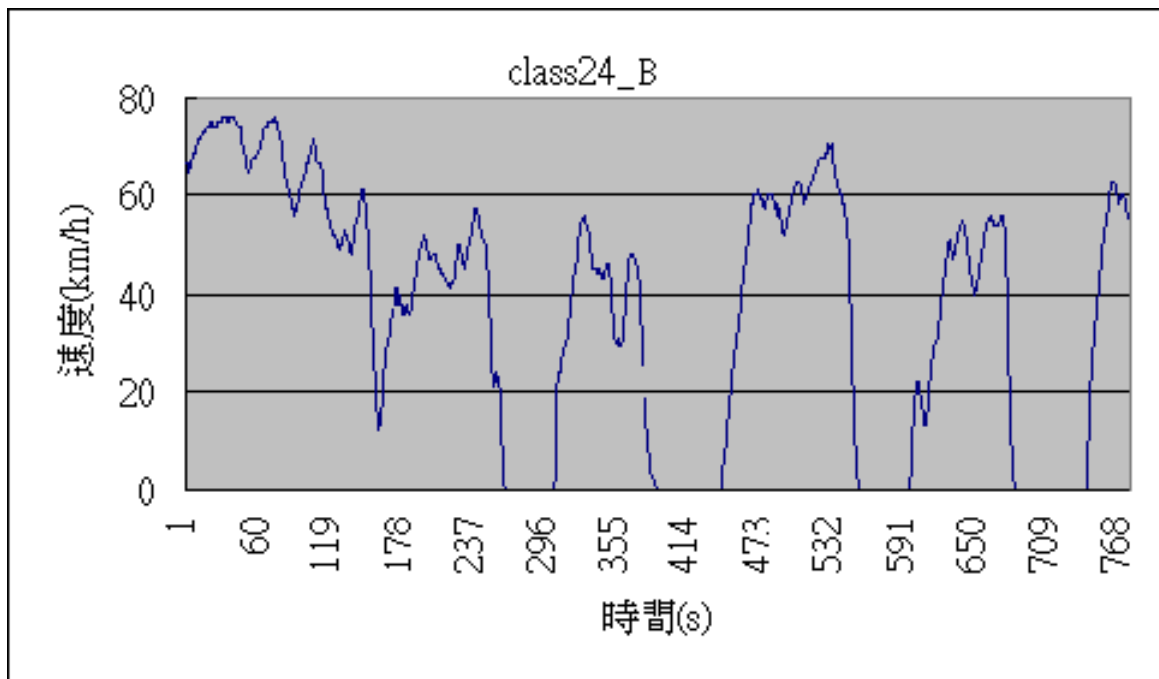


圖 5.4.14 CLASS 24 行車型態 B

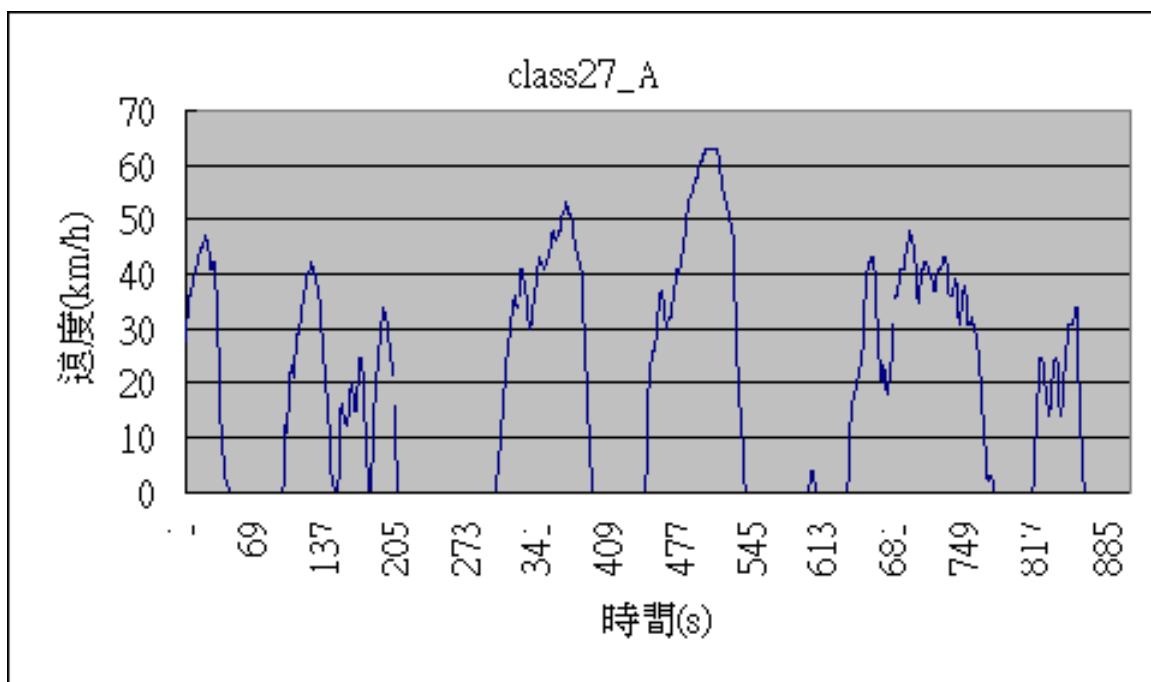


圖 5.4.15 CLASS 27 行車型態 A

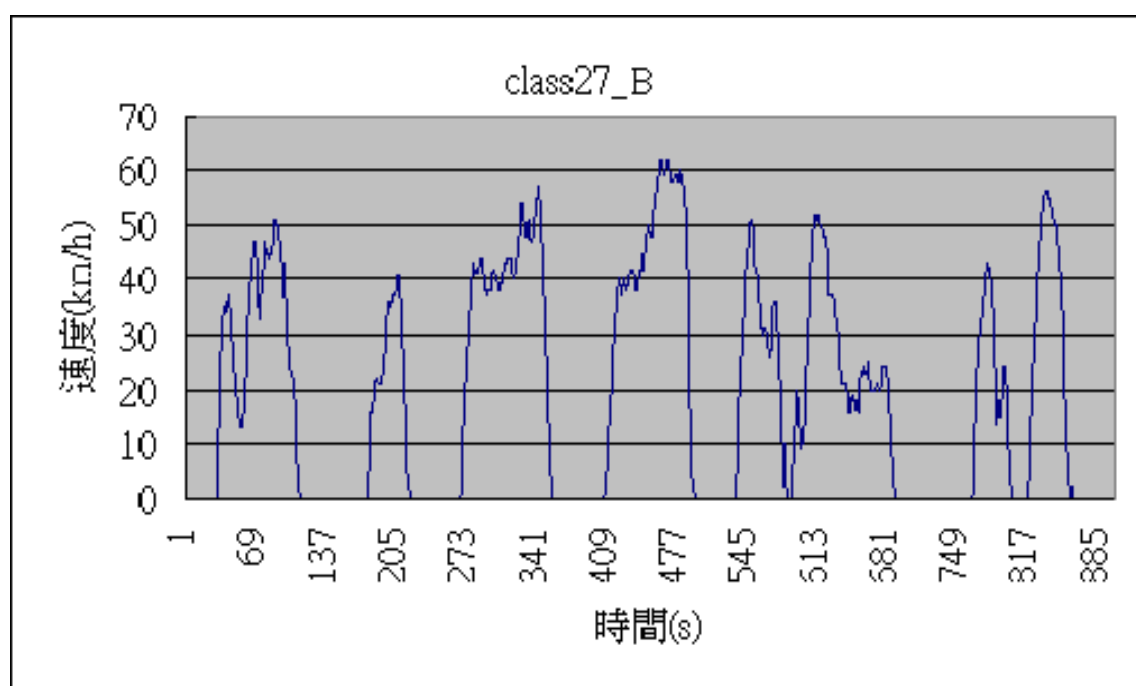


圖 5.4.16 CLASS 27 行車型態 B

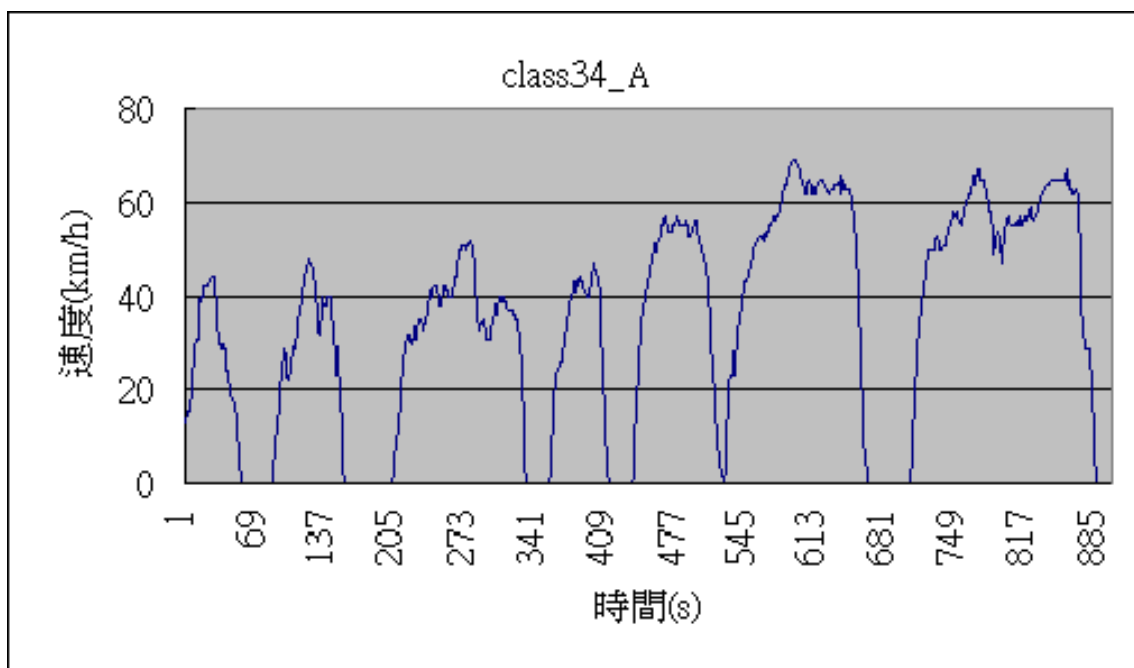


圖 5.4.17 CLASS 34 行車型態 A

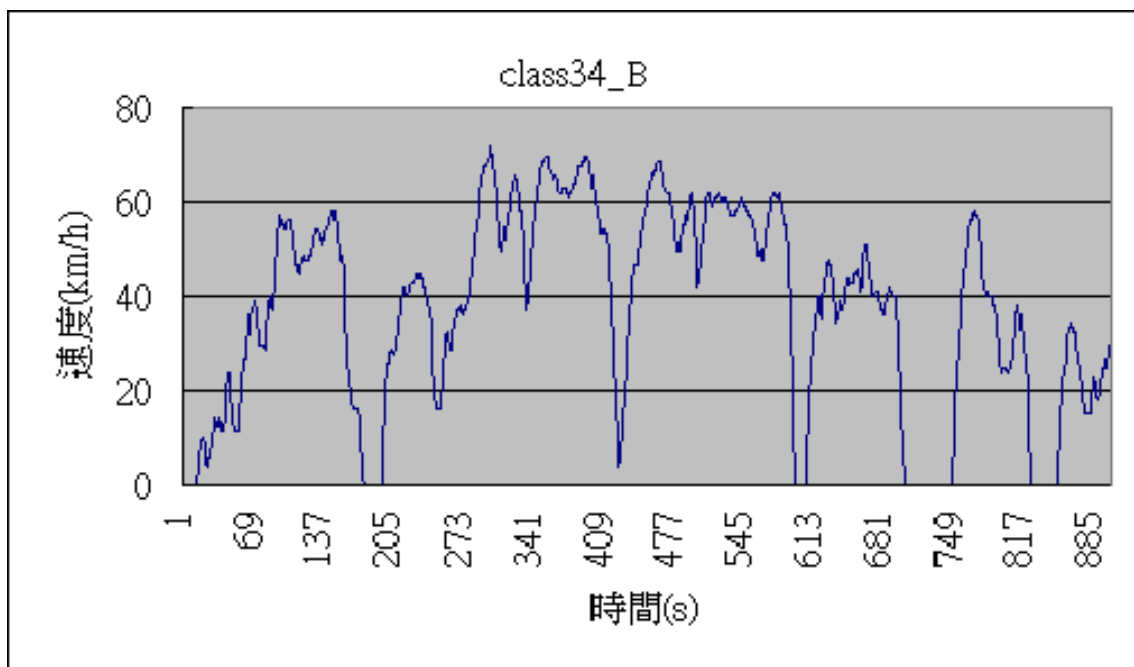


圖 5.4.18 CLASS 34 行車型態 B

5.4.4 坡度測試（#9）

一般實驗室執行行車型態污染及燃油經濟性測試，皆假設車輛是在零坡度的狀況下行駛，即平坦之道路；為掌握實際道路之坡道影響，選擇實際道路類型 CLASS 24，涵括國內目前佔比最多之 3 種坡道路模式（2%、3%、4%），在動力計設定車行阻力為 $F = A + m \cdot g \cdot \sin(\theta) + CV^2$ ，轉換成實驗室型態曲線，依據實際道路所轉換之曲線，在實驗室中給予不同負載，模擬車輛在各種坡度，進行污染排放/燃油經濟性測試，以重現車輛在實際道路對於不同坡度變化與污染/能耗排放之關聯性。考慮車輛性能及實際道路坡度狀況，坡度測試所選擇路段長度，限制為 5 分鐘以內。圖 5.4-18 為道路類型 CLASS 24 坡道測試選定之行駛曲線，其測試程序與實驗（#8）相同，即在熱車的穩定狀態下，每種坡道路模式重複進行 3 次，共進行 9 車次測試。

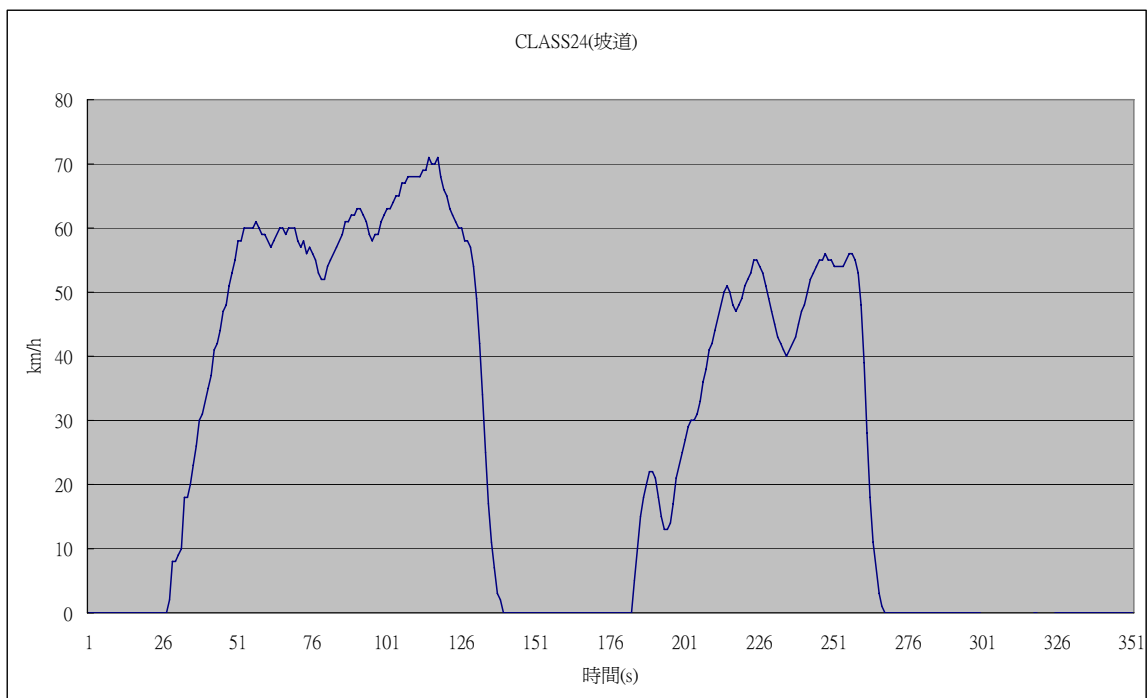


圖 5.4.19 坡道行車型態（CLASS 24-B 之部分）

5.5 實驗執行困難與後續年度建議

1. 本車載設備為國內首次引進，由於設備到貨安裝與實驗開始執行時間過短，過程中人員對於儀器操作上不熟練導致初期測試無效，另設備受天候不佳影響極大。
2. 車載裝置的電力來自於電池組，每組電池可供電 3~4 小時，測試車攜帶兩組電池組，考量車載設備電池續航力，測試過程中無法中斷擷取，測試時間只能維持 4 小時，中途需要更換電瓶組，且充電時間較長等，限制了實驗設計之規劃。後續可以利用續航力較佳之電池，以多組電瓶並聯方式，減少人員搬運更換及延長測試時間。
3. 為控制實驗變數，測試車之油料必須為同一批經化驗後之油料及耗材補給與人員休息的需要，必須設置中繼點，但考量到油料存放的安全性，不易設置中繼點。後續年度必須考量油料補給之置放地點。
4. 實驗設備所需之標準氣體，主要是作為比對來量測空氣污染物濃度，氣體需定期補充，由於今年度使用之氣體為日本進口，在耗用數量估算上為避免無氣體可用，必須多庫存準備，且進口日期對於測試時程上之掌控亦不易。建議明年度可以使用國內氣體廠商所提供符合國際規範之標準氣體，亦可降低測試耗材成本。
5. 由於在測試過程中需要對設備進行檢查與校正，連續測試數天後，需要進行設備保養與檢查，外部補給及保養較為不便，對於實驗設計上需考量測試天數。
6. 本次試驗用車由於無配置 OBD 裝置，未來如考量進入長隧道時，由於 GPS 受到屏障干擾，無法擷取車速訊號時，直接可利用車上 OBD 設備進行。

7. 未來車輛選定上，除選定市場上較有代表性之車型種類外，並須兼顧考量車載設備搭載及相關耗材置放，避免選定車型空間上無法滿足測試要求。

第六章 能源消耗、污染排放特性參數之 調查結果分析

本章根據計畫之調查結果，分別針對各實驗之能源消耗與污染排放，作下列之分析：

1. 油耗與污排特性分析
2. 繪製速度與油耗、污排關聯圖(N/V 圖)
3. 建置油耗與污排之推估方程式
4. 變異數分析與平均數、變異數檢定

其中，若涵蓋之圖表分析內容較為繁雜時，則皆以#99 為範例進行分析，其餘各實驗之結果，請參閱附錄 2.2~2.5。

6.1 實際道路量測結果分析(#99)

6.1.1 各道路類型速度與油耗、污排分析

本計畫將所有取樣資料依道路類型分類後，繪製各道路類型之速度與油耗、污排關聯圖，其中，橫軸為速度(V)，單位為 km/hr，縱軸為燃油消耗量或污染排放量(N)單位為 g/s。此外，於 6.1.2 節嘗試建立速度與污排推估方程式。本節僅概述#99 所觀察到之現象，其它實驗之速度與油耗、污排關聯圖，請參閱附錄 2.2 所示：

1. 污染排放特性

(1) CO₂

- ①Class 1:時速 20 公里以下之排放量較穩定，時速 20 公里以上排放量隨著速度增加而增加。

- ②Class11: 排放量隨著速度增加而增加，時速 80 公里以上之排放量反而下降，但時速 80 公里以上樣本數較少，較不具有代表性。
- ③Class24: 時速 20 公里以下，排放量隨著速度增加而增加，時速 20~30 公里呈現排放量先下降再上升，但時速 30~70 公里變化較小，時速 70 公里以上之排放量明顯上升，但時速 70 公里以上樣本數較少，較不具有代表性。
- ④Class27: 排放量隨著速度增加而增加，時速 30~50 公里之間排放量較穩定，接近時速 70 公里以上之排放量大幅度上升，但時速 70 公里以上樣本數較少，較不具有代表性。
- ⑤Class34: 排放量隨著速度增加而增加，時速 40~60 公里之間排放量較穩定，時速 70 公里以上之排放量先下降後大幅度上升，較不穩定，但時速 70 公里以上樣本數較少，較不具有代表性。

(2) CO

- ①Class 1:時速 20 公里以下之排放量接近於 0，時速 20~70 公里排放量隨著速度而增加，但接近 80 公里時排放量隨著速度增加而減少，直到時速 110 公里以上才呈現上升趨勢，但樣本數較少，較不具有代表性
- ②Class11: 不論速度為何，排放量值均接近於 0。
- ③Class24: 除了時速接近 80 公里之排放量明顯上升外，其餘速度之排放量均接近於 0。但時速 80 公里左右樣本數較少，較不具有代表性。
- ④Class27:時速 60 公里以下排放量接近於 0，時速 60 公里~80 公里之間呈現先上升後下降的現象。
- ⑤Class34:時速 70 公里之間排放量接近於 0，時速 70 公里以上時排放量呈現大幅度升降，較不穩定，但時速 70 公里以上樣本數較少，較不具有代表性。

(3) THC

- ①Class 1:時速 40 公里以下之排放量接近於 0,時速 40~60 公里排放量隨著速度增加而增加,超過時速 80 公里則下降,但變化幅度不大。
- ②Class11: 不論速度為何,排放量值均接近於 0。
- ③Class24: 排放量變化趨勢與 CO 相近,除了時速接近 80 公里之排放量明顯上升外,其餘速度之排放量均接近於 0。
- ④Class27: 排放量變化趨勢與 CO 相近,時速 60 公里以下排放量接近於 0,時速 60 公里~80 公里之間呈現先上升後下降的現象。
- ⑤Class34: 排放量變化趨勢與 CO 相近,時速 60 公里以下排放量接近於 0,時速 60 公里~80 公里之間呈現先上升後下降的現象。

(4) NO_x

- ①Class 1:時速 0~40 公里之排放量接近於 0,時速 40 公里以上排放量隨著速度增加而增加,時速超過 60 公里後略有下降,60~80 公里排放量穩定,之後排放量逐漸下降。
- ②Class11: 不論速度為何,排放量值均接近於 0,僅時速 60 公里左右排放量較高。
- ③Class24: 排放量以時速 0~20 公里及 50~70 公里較高,其餘速度之排放量均接近於 0。
- ④Class27: 除了時速 60 公里左右排放量較高,其餘速度之排放量均接近於 0。
- ⑤Class34: 除了時速 60 公里左右排放量較高,其餘速度之排放量均接近於 0。

2. 油耗特性

由於汽油車輛引擎燃燒的主要排放物即為 CO_2 ，因此各道路類型油耗變化特性與 CO_2 變化特性，雖然圖形不同，但與兩者與速度的關聯近似，不再另外說明。

3. 文獻比較

本實驗結果（參見附錄 2.2）之表現方式，與前述文獻圖形（參見前圖 2.1.4~2.1.6）有所不同，必須要在此特別說明。前圖 2.1.4~2.1.6 之文獻數據，取自 FTP 行車型態測試，圖形座標縱軸單位為排放濃度（%）、橫軸為行車型態的行進時間（sec），為逐秒資料的呈現。在無法取得數據的狀況下，本計畫僅以圖面資料判讀，認為污染排放物的濃度，似乎並非與速度相關，而是與加減速相關。而本計畫實驗數據初期分析逐秒之原始資料時，亦呈現類似圖形。

在該研究及相關文獻啟發下，本計畫曾經檢視分析了加減速與速度對於能源消耗、污染排放的影響。分析結果顯示，兩者均為能源消耗、污染排放之解釋因子。然而，基於運輸規劃模式應用上的需求，加減速難以納入程序性規劃模式；又因計算實驗資料所得之各道路等級、各速度下，車輛平均能源消耗與污染排放物的重量，以速度作為解釋變數時，模式已達一定程度之績效。故以簡報 A3 圖呈現本計畫成果，其縱軸為污染排放物重量（g/s），橫軸為速度（km/hr）。由於前述文獻各項條件皆與本計畫不同，因此不宜直接與本計畫成果相比較。

本計畫採用創新構想，研究成果有別於以往僅以「單位距離」衡量能源消耗與污染排放的概念，而將速度的觀念放進來，使研究結果之表現方式，與一般認知之能源消耗與污染排放特性的表現方式不同。二者單位間轉換結果分析說明，請參見附錄 2.7。本計畫考慮了道路型態、旅行時間、旅行速度等因素，以較為敏感地反應不同速度下能源消耗與污染排放之差異。未來應用時，可搭配運輸需求模式之路網或 link 的旅行時間，估算能源消耗與污染排放量。

6.1.2 各道路類型速度與油耗、污排推估方程式

根據文獻回顧之結果可知，當車輛行駛於各道路類型時，其油耗與污染排放，可能會隨速度的改變而有所差異。此外，每種道路類型的速限、交通量、巡航與加減速情形等差異，也都會造成車輛油耗與污排的差異。然而，為考量運輸規劃模式使用之可能性，以下先僅以速度為自變數，分別建構各種道路類型，以及各行車型態之油耗與各污排的函數。

根據各道路類型的 N/V 分布圖型發現，在五種污染排放物中，FUEL 與 CO₂ 隨速度改變之趨勢類似，且 CO 與 THC 類似，而 NO_x 隨速度變化之趨勢，則與其他污染排放物有較明顯的差異。故以下便根據此發現，做為建構各推估方程式之依據，並考量碳平衡計算能源消耗量之公式、實驗取得之逐秒資料分布趨勢與國外相關文獻之結果，將 FUEL 與 CO₂ 歸為一種類，THC 與 CO 分為一類，NO_x 獨立一類，分別尋找較適當的推估方程式。經過多方嘗試後，主要以判定係數為參考依據，綜合所有實驗中油耗與污排各方程式之結果，以建立出適配情形較佳的迴歸式，其結果分別為，CO 與 THC 採用指數方程式，而 FUEL 與其餘污排皆用速度的一元三次方程式。

由於各實驗推估方程式的建構方法與過程類似，且各實驗之推估方程式建構時，皆須考量與#99(實際道路量測)之方程式的一致性，因此，以下僅先針對#99 之推估方程式建構過程與結果，做較為詳細之說明。

1. #99 各道路類型之推估方程式

由#99 中，各道路類型推估方程式的判定係數可得知，速度對於油耗及各污染物的排放量，具有一定程度的解釋能力，其中，速度對於 FUEL 與 CO₂ 的解釋能力最高(至少 77.5%)，其次則依序為 THC(至少 81.5%)、CO(至少 65.5%)¹與 NO_x(至少

¹ CLASS1 除外。

49.8%)。

以下將依照油耗與各污染排放為分類，分別簡述#99 各道路類型之推估方程式；並將方程式推估值與實際道路量測值做一比較，以檢視方程式推估值之誤差是否在合理範圍內。

(1) FUEL

本計畫所建構之燃油消耗推估方程式，如下所示：

$$Fuel = a + bV + cV^2 + dV^3 \quad \text{式 6-1}$$

其中，FUEL：該秒之燃油消耗量[g/s]

V：該秒之瞬時速度[km/hr]

a、b、c、d：各項之係數

依據上述推估方程式，將本計畫實車測試所得之各車速下的平均油耗值代入後，即可求得每種道路類型的推估方程式，其各項係數以及判定係數(R²)，分別彙整如下表 6.1-1。

由表 6.1-1 中可知，各個道路類型之油耗值，皆能以速度的三次多項式來推估，且各項係數正負號一致，這表示「油耗 vs 速度」分布趨勢相似。此外，由判定係數可知，速度對於燃油消耗量之解釋能力，至少達 77.5%以上。

表 6.1-1 #99 之 FUEL 推估方程式

實驗代號	道路種類	a	b	c	d	R ²
#99(路跑)	class1	0.4470390	0.0257555	-0.0000928	0.0000001	0.967
	class11	0.8992295	0.0124412	-0.0001346	0.0000012	0.775
	class24	0.5090588	0.0665017	-0.0015153	0.0000114	0.898
	class27	0.5669041	0.0507085	-0.0011695	0.0000098	0.912
	class34	0.5764446	0.0431529	-0.0008569	0.0000065	0.897

註：α = 0.05

資料來源：本計畫。

(2) CO₂

本計畫所建構之 CO₂ 推估方程式，如下所示：

$$CO_2 = a + bV + cV^2 + dV^3 \quad \text{式 6-2}$$

其中，CO₂：該秒之 CO₂ 排放量[g/s]

V：該秒之瞬時速度[km/hr]

a、b、c、d：各項之係數

依據上述推估方程式，將本計畫實車測試所得之各車速下的平均 CO₂ 排放量代入後，即可求得每種道路類型的推估方程式，其各項係數以及判定係數，分別彙整如下表 6.1-2。

表 6.1-2 #99 之 CO₂ 推估方程式

實驗代號	道路種類	a	b	c	d	R ²
#99(路跑)	class1	1.4950840	0.0782669	-0.0005800	0.0000030	0.968
	class11	2.8546224	0.0377672	-0.0004373	0.0000041	0.775
	class24	1.6248888	0.2047332	-0.0046472	0.0000345	0.910
	class27	1.7379433	0.1699976	-0.0040567	0.0000335	0.893
	class34	1.8122277	0.1380559	-0.0028093	0.0000211	0.882

註：α = 0.05

資料來源：本計畫。

由表 6.1-2 中可知，各個道路類型之 CO₂ 排放量，與油耗相同，皆能以速度的三次多項式來推估，且各項係數正負號一致，這表示「CO₂ 排放量 vs 速度」分布趨勢相似。此外，由判定係數可知，速度對於 CO₂ 排放量之解釋能力，至少達 77.5%以上。

(3) CO

本計畫所建構之 CO 推估方程式，如下所示：

$$CO = e^{(a+bV+cV^2)} \quad \text{式 6-3}$$

其中，CO：該秒之 CO 排放量[g/s]

V：該秒之瞬時速度[km/hr]

a、b、c：各項之係數

依據上述推估方程式，將本計畫實車測試所得之各車速下的平均 CO 排放量代入後，即可求得每種道路類型的推估方程式，其各項係數以及判定係數，分別彙整如下表 6.1-3。

表 6.1-3 #99 之 CO 推估方程式

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	R ²
#99(路跑)	class1	N/A	-0.0665198	0.0005453	0.323
	class11	N/A	-0.1701632	0.0017130	0.744
	class24	N/A	-0.1703855	0.0019778	0.691
	class27	N/A	-0.1916517	0.0022988	0.663
	class34	N/A	-0.1678251	0.0018444	0.655

註：α = 0.05

資料來源：本計畫。

由表 6.1-3 中可知，若以速度的指數方程式來解釋 CO 排放量時，除了 CLASS1 之判定係數較低之外，其餘各個道路類型之 CO 排放量推估方程式，速度對於 CO 排放量之解釋能力，至少達 65.5% 以上，且各項係數正負號一致，因此，各道路類型之「CO 排放量 vs 速度」應為相似的分布趨勢。

(4) THC

本計畫所建構之 THC 推估方程式，如下所示：

$$THC = e^{(a+bV+cV^2)} \quad \text{式 6-4}$$

其中，THC：該秒之 THC 排放量[g/s]

V：該秒之瞬時速度[km/hr]

a、b、c：各項之係數

依據上述推估方程式，將本計畫實車測試所得之各車速下的平均 THC 排放量代入後，即可求得每種道路類型的推估方程式，其各項係數以及判定係數，分別彙整如下表 6.1-4。

表 6.1-4 #99 之 THC 推估方程式

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	R ²
#99(路跑)	class1	N/A	-0.2159717	0.0016193	0.727
	class11	N/A	-0.3458150	0.0034365	0.830
	class24	N/A	-0.3603980	0.0039413	0.847
	class27	N/A	-0.4100143	0.0047760	0.820
	class34	N/A	-0.3606956	0.0037994	0.815

註： $\alpha = 0.05$

資料來源：本計畫。

由表 6.1-4 中可知，若以速度的指數方程式來解釋 THC 排放量時，除了 CLASS1 之判定係數較低之外，其餘各個道路類型之 THC 排放量推估方程式，速度對於 THC 排放量之解釋能力，至少達 81.5% 以上，且各項係數正負號一致，因此，各道路類型之「THC 排放量 vs 速度」應為相似的分佈趨勢。

(5) NO_x

本計畫所建構之 NO_x 推估方程式，如下所示：

$$NO_x = a + bV + cV^2 + dV^3 \quad \text{式 6-5}$$

其中，NO_x：該秒之 NO_x 排放量[g/s]

V：該秒之瞬時速度[km/hr]

a、b、c、d：各項之係數

依據上述推估方程式，將本計畫實車測試所得之各車速下的 NO_x 排放量代入後，即可求得每種道路類型的推估方程式，其各項係數以及判定係數(R²)，分別彙整如下表 6.1-5。

表 6.1-5 #99 之 NO_x 推估方程式

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R ²
#99(路跑)	class1	0.0011794	-0.0001048	0.0000038	-0.000000026	0.724
	class11	0.0010170	-0.0001040	0.0000040	-0.000000033	0.556
	class24	0.0040402	-0.0002844	0.0000082	-0.000000065	0.498
	class27	0.0022036	-0.0001733	0.0000050	-0.000000036	0.558
	class34	0.0017702	-0.0001606	0.0000053	-0.000000044	0.699

註： $\alpha = 0.05$

資料來源：本計畫。

由表 6.1-5 中可知，各個道路類型之 NO_x 排放量，皆能以速度的三次多項式來推估，且各項係數正負號一致，這表示「NO_x 排放量 vs 速度」分布趨勢相似。此外，由判定係數可知，速度對於 NO_x 排放量之解釋能力，約為 49.8%~72.4%，較燃油消耗與 CO₂ 的解釋能力差。

(6) 方程式推估值與實際路測值之比較

以上所建構之燃油消耗與各種污染排放量推估方程式，主要是以該瞬時速度下之平均值來建構，此平均值是將每個瞬時速度下，所有的油耗或污排資料點平均後所求得。因此，為了解各推估方程式是否有過於高估或低估的狀況發生，以下便根據各道路類型之最高速度限制(V_{\max})，將該速限代入推估模式，以求出推估值 $N_{\text{MODEL}}(V_{\max})$ 。同時，也由實際路測資料中，找出該速限下實際路測之油耗與污排平均值 $N(V_{\max})$ 與標準差。分別如下表 6.1-6 所示，其中，CLASS1、11、24、27 與 34 的速限依序為 99、70、70、60 與 70(km/hr)。

若利用推估方程式所求出之 $N_{\text{MODEL}}(V_{\max})$ ，落在實際數據平均值 $N(V_{\max})$ 正負 1.96 個標準差範圍內時，則視其落於合理的誤差範圍內；反之，若超出正負 1.96 個標準差範圍時，則表示該推估方程式可能會有高估或低估的情形發生。

由表 6.1-6 可知，除了 CLASS24 的 CO 與 THC 有高估的情形發生(以有色網格標示)之外，其餘的方程式推估值，皆落於合理的誤差範圍內。

然而，在比對#99 各道路類型的方程式推估值與實際路測值之圖型後發現(參見附錄 2.5)，本計畫所建構之推估方程式中，THC 與 CO 推估曲線之配適不佳，此部分將於後續研究中，就理論文獻研究成果與本計畫調查資料，再做進一步檢討。

表 6.1-6 方程式推估值與實際路測值之比較

	Vmax (km/hr)	N(V _{max}) (g/s)	標準差(S) (g/s)	N(V _{max}) +1.96 S (g/s)	N(V _{max}) -1.96 S (g/s)	N _{MODEL} (V _{max}) (g/s)
FUEL						
CLASS1	99	2.2984	0.9082	4.0785	0.5183	2.2057
CLASS11	70	1.5130	0.5723	2.6346	0.3913	1.5242
CLASS24	70	1.6231	0.5602	2.7211	0.5251	1.6500
CLASS27	60	1.6251	0.9164	3.4213	-0.1711	1.5081
CLASS34	70	1.7103	0.6258	2.9369	0.4838	1.6164
CO₂						
CLASS1	99	6.8680	2.3733	11.5196	2.2163	6.4570
CLASS11	70	4.7413	1.7399	8.1515	1.3310	4.7466
CLASS24	70	5.1371	1.7763	8.6187	1.6555	5.0244
CLASS27	60	4.8081	2.4392	9.5889	0.0273	4.5711
CLASS34	70	5.1289	1.6187	8.3016	1.9563	4.9363
CO						
CLASS1	99	0.2611	0.5675	1.3735	-0.8512	0.2891
CLASS11	70	0.0341	0.1953	0.4168	-0.3486	0.0297
CLASS24	70	0.0066	0.0133	0.0327	-0.0196	0.1069
CLASS27	60	0.2127	0.5407	1.2724	-0.8470	0.0398
CLASS34	70	0.1828	0.5067	1.1759	-0.8104	0.0665
THC						
CLASS1	99	0.0037	0.0069	0.0172	-0.0098	0.0040
CLASS11	70	0.0012	0.0019	0.0050	-0.0026	0.0006
CLASS24	70	0.0008	0.0005	0.0017	-0.0002	0.0027
CLASS27	60	0.0040	0.0085	0.0207	-0.0126	0.0006
CLASS34	70	0.0029	0.0065	0.0156	-0.0098	0.0013
NO_x						
CLASS1	99	0.0013	0.0027	0.0065	-0.0039	0.0027
CLASS11	70	0.0015	0.0038	0.0089	-0.0059	0.0020
CLASS24	70	0.0015	0.0028	0.0068	-0.0039	0.0022
CLASS27	60	0.0030	0.0056	0.0140	-0.0079	0.0019
CLASS34	70	0.0010	0.0022	0.0053	-0.0034	0.0016

註：有色網底表示 $N_{MODEL}(V_{max}) > N(V_{max}) + 1.96 S$

資料來源：本計畫。

2. 其他實驗之推估方程式

在建構其他各實驗之推估式時，考量到必須與上述#99 方程式相互比對，因此，基本上 CO 與 THC 仍採用指數方程式，而 FUEL 與其餘污排，也沿用速度的一元三次方程式來建構。

惟經過各種嘗試後，必須同時衡量(1)各方程式之判定係數，以確保該方程式之解釋能力，(2)其與#99 之方程式各項係數正負號的一致性，以確保兩條方程式的變動趨勢一致，以及(3)提高推估參數之顯著性。因此，在部分實驗之推估方程式中，會採用刪除常數項(令 $a=0$)的方式進行方程式建構。以下便就推估方程式之建構結果做一概述，而其它有關各實驗之推估式與各項參數，請參閱附錄 2.3。

(1) FUEL 與 CO₂ 之推估方程式

由 FUEL 與 CO₂ 的結果可發現，除了#9 與#5、#7 的 FTP 之外，其於推估式的正負號皆與#99 一致，且所有 FUEL 與 CO₂ 的推估式解釋能力皆至少達七成以上。然而，為了使#5、#7、#8 的迴歸係數正負號與#99 一致，因此令其常數項為 0，這會導致當速度為 0 時，所求出的 FUEL 與 CO₂ 也為 0。但由 N/V 圖型可知，在#5、#7 與#8 的實驗中，當速度為零時，的確是有 FUEL 與 CO₂ 排放存在的。故此為目前的推估方程式與實驗結果有所出入之處。

(2) CO 與 THC 之推估方程式

在 CO 與 THC 方面，所有實驗皆採用指數方程式來推估，且常數項皆為零。但除了#99-CLASS1 的 CO 推估方程式之外，其它推估式的解釋能力都達七成以上。

(3) NO_x 之推估方程式

最後是利用速度的三次方程式來推估各實驗的 NO_x 排放量，其對於#99 的解釋能力，就已經較油耗與其他污排還差，因此，此推估方程式對於#5、#7 與#9 的解釋能力，也有

非常懸殊的差異，除#5與#7的迴歸係數，與#99正負號完全相反，而#8與#9的正負號則較無規律性。此外，為了提高#5、#7、#8的解釋能力，因此令其常數項為0，因而導致與FUEL、CO₂一樣的問題，故NO_x是目前所有推估方程式中，解釋能力最差的一種污染排放物。

6.1.3 各道路類型之油耗、污排變異數分析(#99)

為了探討車輛之燃油消耗與污染排放情形，是否受道路類型差異而有所影響、受哪些道路類型的影響，以及受影響之程度是否相同等問題。本節透過變異數分析的方式，首先根據實車路測取得之數據，進行整體之ANOVA分析，以探討各道路種類之燃油消耗與污染排放量是否相等。並依據ANOVA分析之結果，判斷是否進行式後比較分析的工作。

若ANOVA分析之結果，為所有油耗與污排之平均值皆相同時，則表示道路種類的差異，對油耗及污染排放並無顯著影響，未來推估在運用時，可不考慮道路類型因子；反之，若至少有一個道路類型的油耗及污染排放不相等時，則代表全部或部分的道路種類，對於車輛之油耗與污排量特性上有所影響，此時，則需再進一步進行事後比較。

事後比較即分別針對兩兩道路類型，探討到底是哪兩種道路類型間，車輛油耗與污排平均值有顯著之差異，此結果可做為未來推估方程式建構時之參考。最後結果若為全部不相等，則顯示車輛之油耗與各種污排特性，會根據不同的道路類型而改變，因此，每種道路類型之油耗與污排推估方程式雖然相同，但參數應有所不同，以反映出道路類型造成之差異。此外，若僅有部分(兩種以上)的道路種類平均值相等時，則表示未來可能將這部分的道路，視為同一種道路類型，以簡化整體推估的複雜程度。

以下將#99之變異數分析分為三大部分，首先為進行變異數同質性檢定，其次為ANOVA分析，最後則是事後比較之結果。

1. 變異數同質性檢定

進行 ANOVA 分析與事後比較時，必須確定觀察資料是否符合常態性(normality)、獨立性(independent)與變異數同質性(homogeneity)等三大假定。其中，若違反變異數同質性的假定時，可能會導致平均數差異檢定的結果錯誤，因此，在進行 ANOVA 分析與事後比較前，必須先進行變異數的同質性檢定。

表 6.1-7 為#99 之變異數同質性檢定之結果，其中，油耗與各污排之 P 值皆小於 0.05，故對油耗與各污染物而言，五種道路型態間有顯著差異存在，並不滿足變異數同質性的假定，而這個結果會影響到事後比較的方法選定。

表 6.1-7 變異數同質性檢定

油耗/污染物	Levene Statistic	組間自由度 (df1)	組內自由度 (df2)	P 值 (Sig.)
FUEL	2,866.848	4	140,639	0.000
CO2	1,989.382	4	140,639	0.000
CO	11,267.013	4	140,639	0.000
THC	6,931.177	4	140,639	0.000
NO _x	541.833	4	140,639	0.000

註： $\alpha = 0.05$ ，本計畫應用統計軟體 SPSS 以及 EXCEL，進行所有的檢定與分析作業。

資料來源：本計畫。

2. ANOVA 分析

為了了解車輛行駛於不同道路類型上時，其油耗與污排是否有所差異，以下 ANOVA 分析之 H_0 為「車輛行駛於不同道路類型上時，其油耗與污排之平均值皆相等」， H_1 則為「車輛行駛於不同道路類型上時，其油耗與污排之平均值不全部相等」。

表 6.1-8 為#99 的 ANOVA 分析結果，在 5% 的顯著水準下，臨界值 $F_{(0.05, 4, 140639)} = 2.372$ ，因此若所求出之 F 值，大於 2.372 時，則拒絕 H_0 。根據#99 的油耗與各種污排分析結果，

皆為拒絕 H_0 ，顯示車輛行駛於不同道路類型上時，其油耗與污排之平均值是有所差異的。

表 6.1-8 #99 之 ANOVA 分析結果

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
FUEL	Between Groups	23,744.751	4	5,936.188	7,114.545	0.000
	Within Groups	117,345.445	140,639	0.834		
	Total	141,090.196	140,643			
CO ₂	Between Groups	173,586.896	4	43,396.724	6,706.672	0.000
	Within Groups	910,029.844	140,639	6.471		
	Total	1,083,616.740	140,643			
CO	Between Groups	2,114.932	4	528.733	2,724.543	0.000
	Within Groups	27,292.827	140,639	0.194		
	Total	29,407.758	140,643			
THC	Between Groups	0.319	4	0.080	2,537.356	0.000
	Within Groups	4.414	140,639	0.000		
	Total	4.733	140,643			
NO _x	Between Groups	0.029	4	0.007	412.507	0.000
	Within Groups	2.478	140,639	0.000		
	Total	2.507	140,643			

註： $\alpha = 0.05$

資料來源：本計畫。

3. 事後比較

由以上的 ANOVA 分析結果可知，車輛行駛於不同道路類型上時，至少有一對道路類型間的油耗與污排平均值有顯著差異，至於是哪兩種道路類型之間的差異，便無從得知。因此，以下便進一步藉由事後比較分析的方式，進行各道路類型之兩兩比較，以找出平均值差異較為明顯的道路類型。

以下便以#99 的 FUEL 事後比較為例，做較詳細的說明。由於在變異數同質性檢定時發現，各道路類型之油耗變異數有顯著之差異，因此，以下為採用 DunnettC 方法之事後比較分析結果。由表 6.1-9 中可發現，在 5% 的顯著水準下，除了 CLASS24 與 CLASS34 道路類型之外，其餘的各道路類型間，車輛的油耗平均值均具有顯著差異。

此外，由兩兩道路類型間的平均數差異可發現，車輛於各種道路類型上行駛時，其每秒之油耗與污排量(g/s)，由高

而低依序為國道>快速道路>省道低干擾2車道>線道低干擾2車道>省道高干擾2車道，亦即高、快速道路之每秒油耗或污排量，會高於一般平面道路；而在一般平面道路行駛時，低干擾的省縣道每秒油耗或污排量較高。

表 6.1-9 #99 之 FUEL 事後比較表

(I) 道路類型	(J) 道路類型	Mean Difference (I-J)
class1	class11	.53395011788 ^(*)
	class24	.78319140397 ^(*)
	class27	.92986009460 ^(*)
	class34	.78626488252 ^(*)
class11	class1	-.53395011788 ^(*)
	class24	.24924128609 ^(*)
	class27	.39590997672 ^(*)
	class34	.25231476464 ^(*)
class24	class1	-.78319140397 ^(*)
	class11	-.24924128609 ^(*)
	class27	.14666869063 ^(*)
	class34	0.00307347855
class27	class1	-.92986009460 ^(*)
	class11	-.39590997672 ^(*)
	class24	-.14666869063 ^(*)
	class34	-.14359521208 ^(*)
class34	class1	-.78626488252 ^(*)
	class11	-.25231476464 ^(*)
	class24	-0.00307347855
	class27	.14359521208 ^(*)

註：(*)表示兩道路類型之間，油耗平均值有顯著差異。

資料來源：本計畫。

以下將#99 之事後比較結果彙整如表 6.1-10 所示，詳細結果請參見附錄 2.4。由下表結果發現，所有的道路類型中，除了 CLASS24 與 CLASS34 在 FUEL、CO₂ 與 CO，以及 CLASS11 與 CLASS27 的 CO 之外，其餘道路類型之間的油耗與污排平均值皆有顯著差異。此結果顯示，除了上述少部分不顯著的結果之外，當車輛行駛於各類不同的道路類型上時，對於其油耗與污排量多寡的確有所影響。

表 6.1-10 #99 之事後比較彙整表

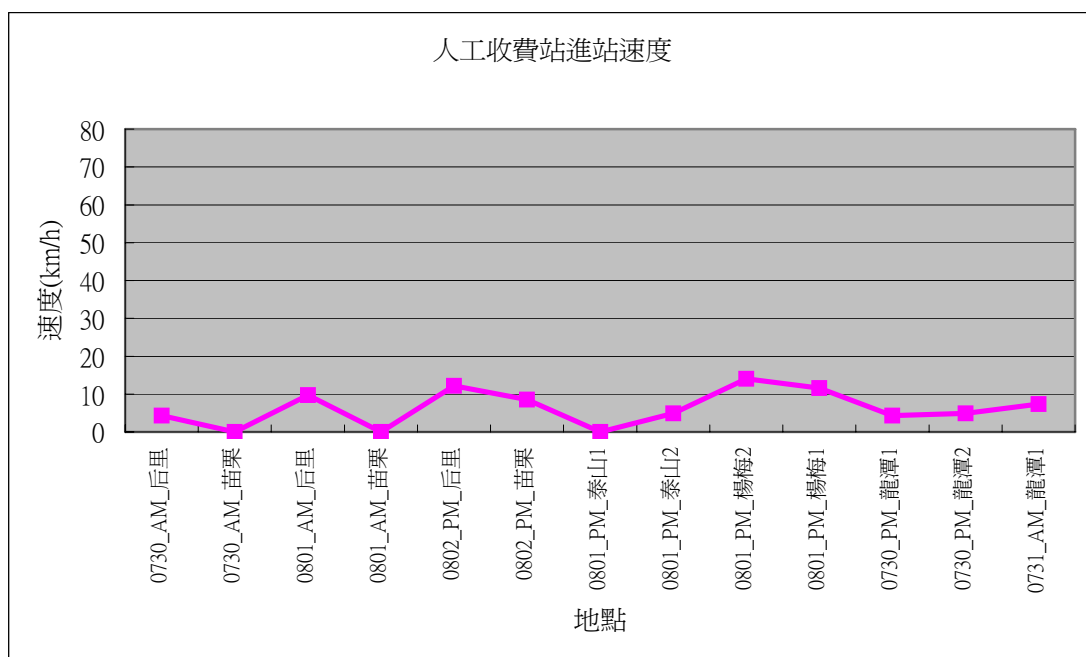
道路類型					
FUEL	1	11	24	27	34
1					
11	✓				
24	✓	✓			
27	✓	✓	✓		
34	✓	✓		✓	
CO ₂	1	11	24	27	34
1					
11	✓				
24	✓	✓			
27	✓	✓	✓		
34	✓	✓		✓	
CO	1	11	24	27	34
1					
11	✓				
24	✓	✓			
27	✓		✓		
34	✓	✓		✓	
THC	1	11	24	27	34
1					
11	✓				
24	✓	✓			
27	✓	✓	✓		
34	✓	✓	✓	✓	
NO _x	1	11	24	27	34
1					
11	✓				
24	✓	✓			
27	✓	✓	✓		
34	✓	✓	✓	✓	

註：✓表示在5%的顯著水準下，兩道路類型間的平均值具有顯著差異。
資料來源：本計畫。

6.1.4 不同收費方式之速度與排放分析

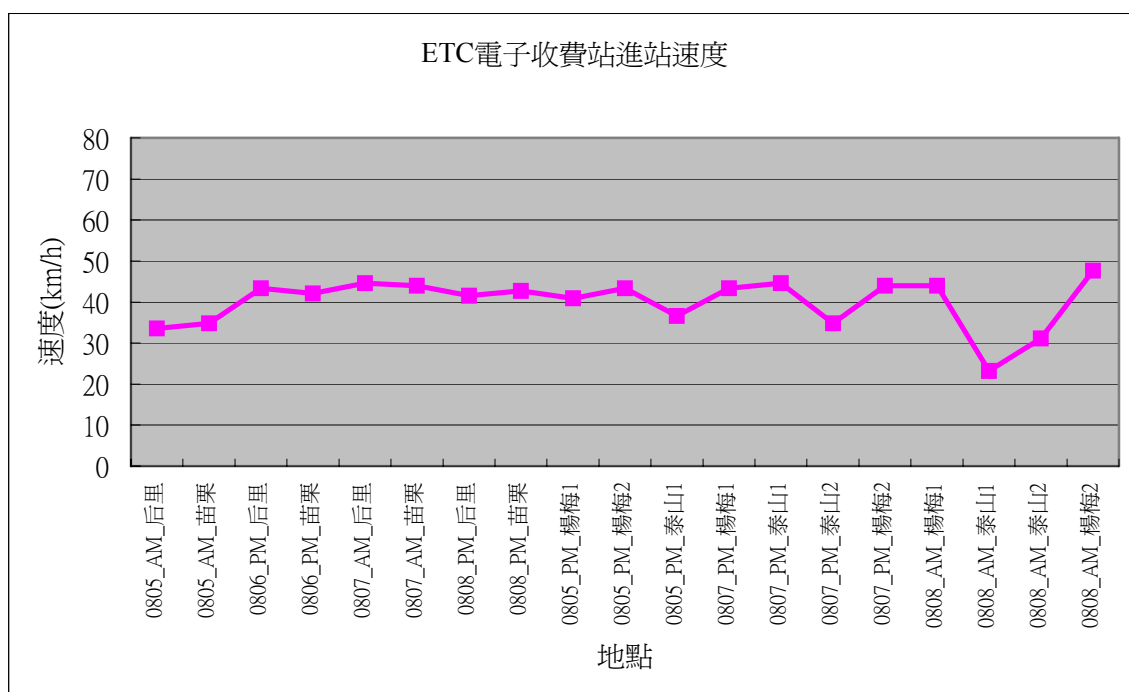
為了解車輛於高速公路行駛時通過人工收費站及 ETC 電子收費站污染排放差異，將車輛於高速公路的污染油耗測試資料中，進站前一分鐘及進站後一分鐘的測試資料區分出來。其中最大的差異是通過收費站的速度，圖 6.1.1 為通過人工收費站的速度，都低於 15km/h 以下，而通過 ETC 電子收費站的速度則較高，速度都 23km/h 以上，且集中於 40km/h 上下，如圖 6.1.2，而圖 6.1.3 至圖 6.1.5 則是車輛進站速度與進站前 1 分鐘至進站後 1 分鐘各污染排放總量，速度低於 15km/h 者為人工收費，速度高於 23km/h 為 ETC 電子收費，人工收費與電子收費皆會出現最大 550g 以上之 CO 排放總量，而 HC 部分兩者都有大於 7g 排放總量的情況，NO_x 兩者也有大於 2.5g 之情況，雖然人工及電子收費的過站速度高低差異大，但兩種收費狀況下，各污染物出現最大排放量卻是相當，除了速度之外，應該還有其他因素影響進站前後一分鐘之污染物排放總量。而觀測進站後 200 公尺內之 CO 的排放總量，如圖 6.1.6，則發現，以人工收費方式因為車輛由較低速度加速行進，因此累積之排放量高於電子收費。

進站前後一分鐘之燃油消耗量則與各污染排放總量一般，雖然進站速度不同，但人工與電子收費方式的燃油消耗量不同變化，最高皆可超過 1400g 最低也都可低於 1000g，除了速度外，應該還有其因素影響油耗。



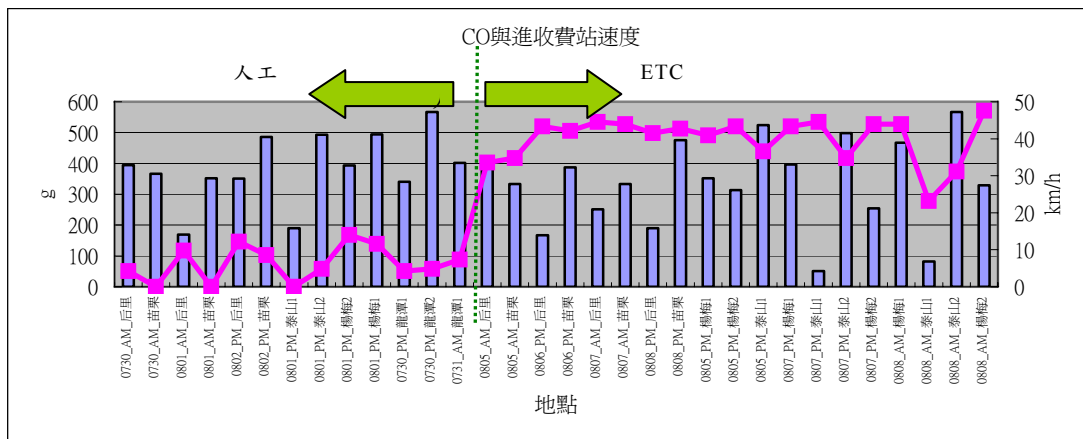
註：各資料點為通過收費站之最低速度。
資料來源：本計畫。

圖 6.1.1 人工收費站進站速度



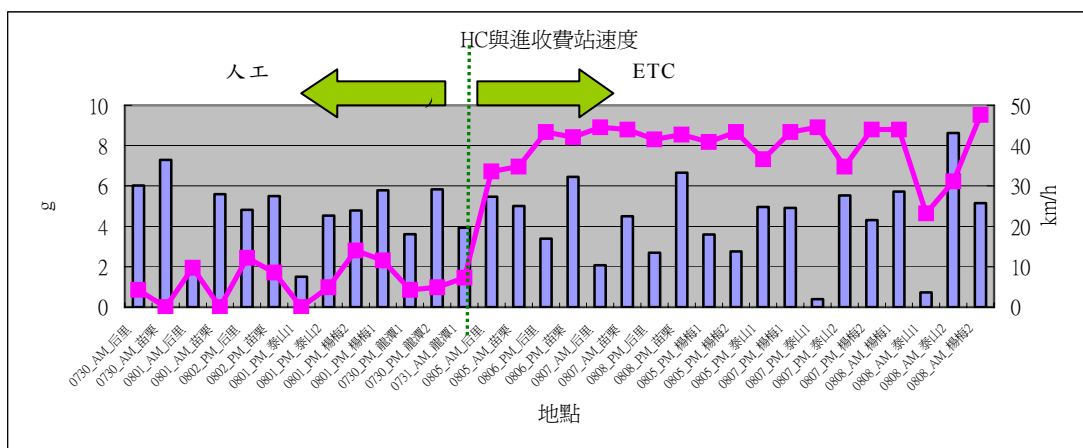
資料來源：本計畫。

圖 6.1.2 ETC 收費站進站速度



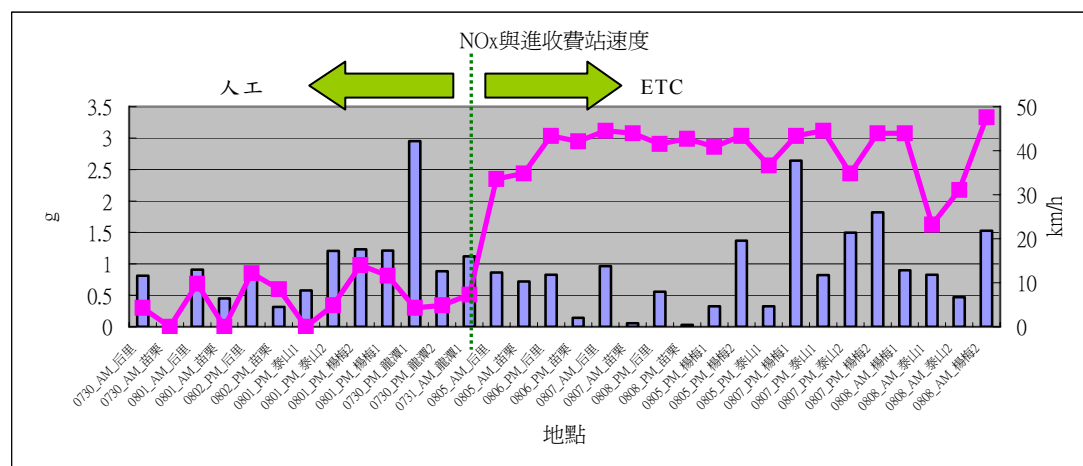
資料來源：本計畫。

圖 6.1.3 CO 排放與收費站速度圖



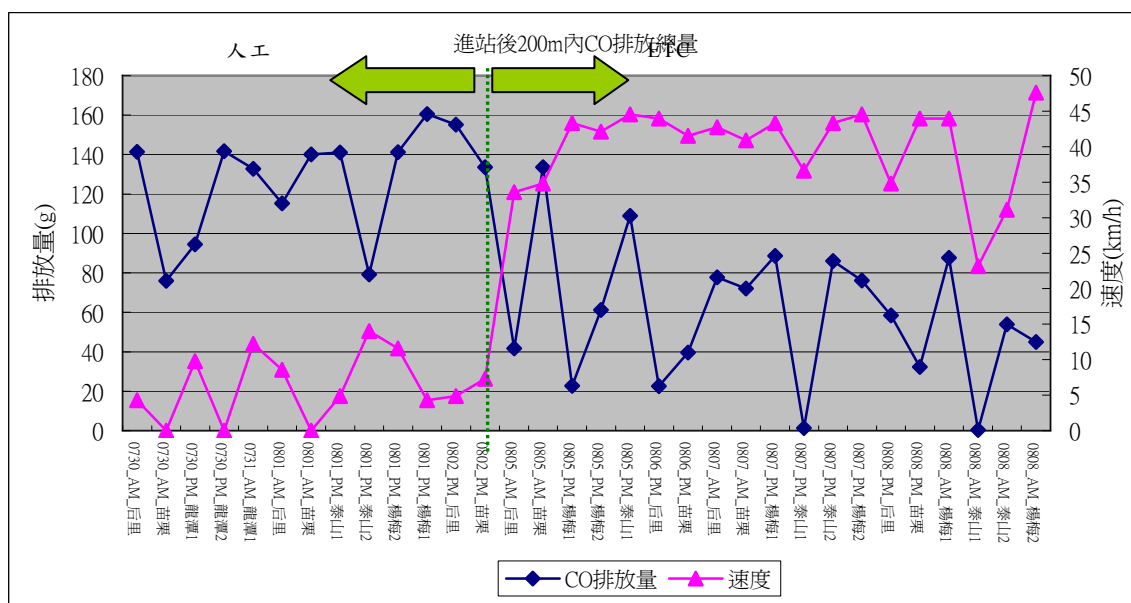
資料來源：本計畫。

圖 6.1.4 HC 排放與收費站速度圖



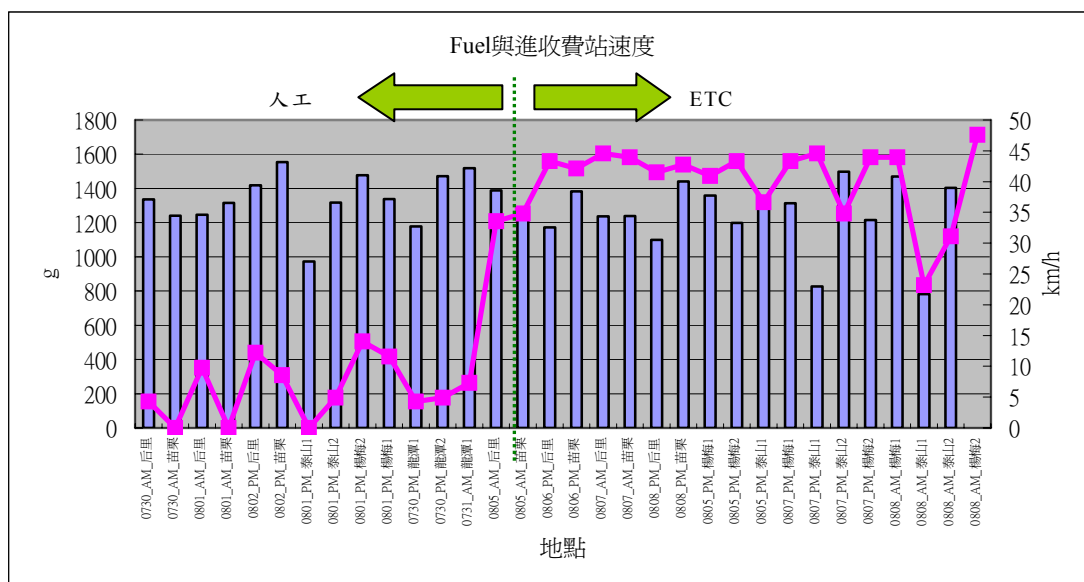
資料來源：本計畫。

圖 6.1.5 NOx 排放與收費站速度圖



資料來源：本計畫。

圖 6.1.6 進站前、後之 CO 排放總量比較



資料來源：本計畫。

圖 6.1.7 燃油經濟性與收費站速度圖

6.2 法規測試與資料庫比較

6.2.1 EU/ FTP/北中 高行車型態之能源消耗、污染排放特性分析(#5)

1.污染排放特性

比較 FTP、EU、臺北、臺中及高雄代表行車型態的污染測試值，整理如表 6.2-1 所示。

表 6.2-1 FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態污染測試值

FTP						
編號	測試值 (g/km)					
	HC	CO	NOx	CO ₂	CH ₄	NMHC
1	0.108	1.392	0.101	323.8	0.018	0.0921
2	0.117	1.499	0.096	323.8	0.019	0.1001
3	0.121	1.762	0.096	325.2	0.020	0.1039
EU						
編號	測試值 (g/km)					
	HC	CO	NOx	CO ₂	CH ₄	NMHC
1	0.2628	5.6797	0.1564	323.11	-	-
2	0.2562	5.7251	0.1554	322.28	-	-
3	0.2834	5.8736	0.1546	315.49	-	-
臺北						
編號	測試值 (g/km)					
	HC	CO	NOx	CO ₂	CH ₄	NMHC
1	0.6197	7.6206	0.2239	401.72	0.053	0.5669
2	0.5290	6.2891	0.2159	404.95	0.047	0.4816
3	0.5912	6.7136	0.2117	411.08	0.051	0.5400
臺中						
編號	測試值 (g/km)					
	HC	CO	NOx	CO ₂	CH ₄	NMHC
1	0.4103	5.9181	0.2044	381.58	0.044	0.3659
2	0.4137	5.3506	0.2072	384.77	0.042	0.3720
3	0.4186	5.5239	0.2198	377.25	0.045	0.3732
高雄						
編號	測試值 (g/km)					
	HC	CO	NOx	CO ₂	CH ₄	NMHC
1	0.6255	8.113	0.2917	393.02	0.049	0.5762
2	0.5976	7.2206	0.2814	399.55	0.047	0.5507
3	0.6201	8.1903	0.2851	391.1	0.048	0.5718

資料來源：本計畫。

其中，國內三大都會區代表行車型態測試結果，HC、CO 及 NO_x 的每公里排放克數皆大於目前法規測試 FTP 及 EU 的測試結果，尤其又以 HC 及 CO 的差異最大，為了解各污染於各型態之那一階段排放最為明顯，將污染排放物累積重量佔全部排放量之比例與時間繪製成圖，如圖 6.2.1，五種行車型態的 CO 及 HC 的排放，在冷車啟動後 300 秒內的排放量便可達到總排放量的 80%以上，因此推斷，車輛在冷車階段因為不同的行駛狀況造成污染排放量的差異，圖 6.2.2 為五種行車型態前 300 秒的速度變化，與 FTP 及 EU 法規行車型態相比，國內三種行車型態速度變化較為急遽，另外，國內三大都會區代表行車型態於型態一開始便急加速至一定速度，不如 FTP 及 EU 法規行車型態有一段惰轉時間。

圖 6.2.3 與圖 6.2.4 為五種行車型態前 300 秒 CO 及 HC 的污染排放變化，由圖可見，國內三大都會區代表行車型態由於冷車及加速的關係，CO 及 HC 排放量急遽上升，甚至超出分析儀可分析的範圍，而 FTP 及 EU 則因為引擎發動後都有一小段惰轉時間，雖然加速期間 CO 及 HC 排放量上升，但不如國內三大都會區代表行車型態來的高。而經過 90 秒之後，五種行車型態 CO 及 HC 排放量最大值降低，另外相對於 FTP 及 EU，國內三大都會區代表行車型態在 CO 的排放量依然有變化。下表為五種行車型態前 300 秒 CO、HC 及 NO_x 的排放總重量與里程、平均速度及加速度的比例。

表 6.2-2 FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態污染與速度分析

	CO(g)	HC(g)	NO _x (g)	里程(m)	平均速度 (km/h)	加速度比例(%)
FTP	20.171	2.391	0.963	3784.6	45.4	21.3
EU	18.544	2.288	1.183	1385.6	16.6	19.3
臺北	33.366	3.362	0.904	2173.8	26.1	30.0
臺中	32.437	3.156	0.877	2436.4	29.2	27.7
高雄	25.837	2.521	1.044	1994.2	23.9	20.7

資料來源：本計畫。

比較五種行車型態，其中臺北及臺中行車型態的 CO 及 HC 的排放量明顯高出其他三種行車型態，而由圖 6.2.2 及上表 6.2-2，臺北及臺中行車型態速度變化較多，加速度的時間比例也較高。另外，前 300 秒的污染排放已佔整各型態污染排放的 80% 以上，國內三種行車型態皆較法規行車型態來的高，但整個型態的行駛里程卻較法規行車型態的里程來的低，這也是造成國內三種行車型態的測試結果各污染物排放係數(g/km)較高的原因。

2. 油耗特性

比較 FTP 市區、EU 市區、臺北、臺中及高雄代表行車型態的油耗測試值，整理如表 6.2-3。

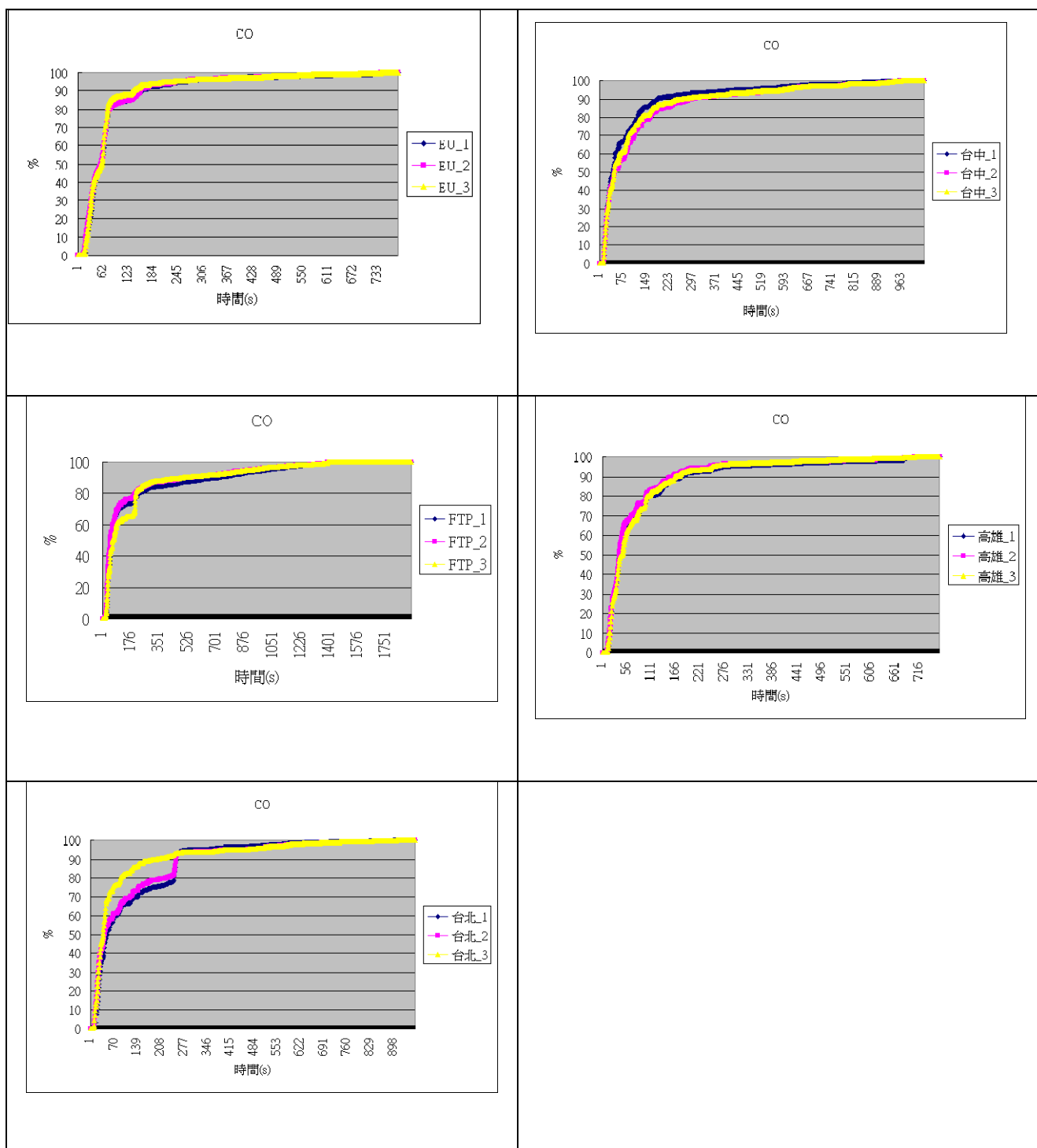
表 6.2-3 FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態油耗測試值

實驗編號	FTP 市區	EU 市區	臺北	臺中	高雄
1	7.47	5.45	5.87	6.22	5.91
2	7.47	5.47	5.85	6.18	6.01
3	7.42	5.67	5.76	6.30	5.98
平均速度	34.01	18.80	20.48	21.15	19.42

資料來源：本計畫。

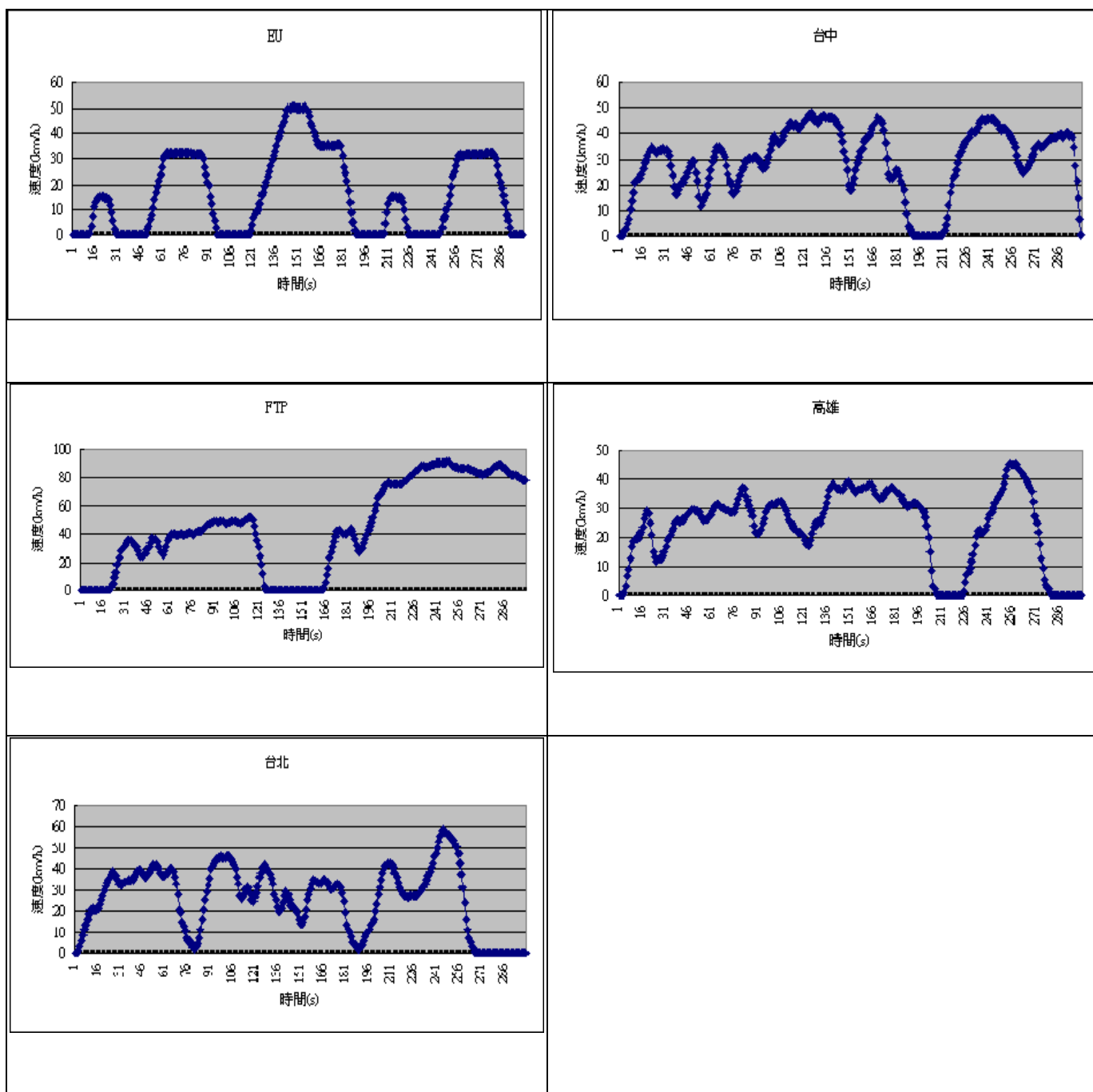
由表可看出，型態平均速度比較快的 FTP 市區行車型態，其燃油經濟性(km/l)數值越高，而型態平均速度最慢的 EU 市區行車型態其燃油經濟性(km/l)數值最低，其中臺北行車型態燃油經濟性的測試結果約為 FTP 市區測試結果的 78.6%，臺中市行車型態約為 83.3%，高雄市行車型態約為 79.1%。

經濟部能源局民國 93 年使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫中，亦利用商用廂型車進行 FTP75、高雄市及臺北市行車型態油耗測試，而測試結果臺北市行車型態燃油經濟性的測試結果約為 FTP 市區測試結果的 77.2%，高雄市約為 77.3%。本計畫之測試結果與經濟部能源局民國 93 年所進行之測試結果相似，也足見行車型態的平均速度確實是影響油耗值的最大原因。



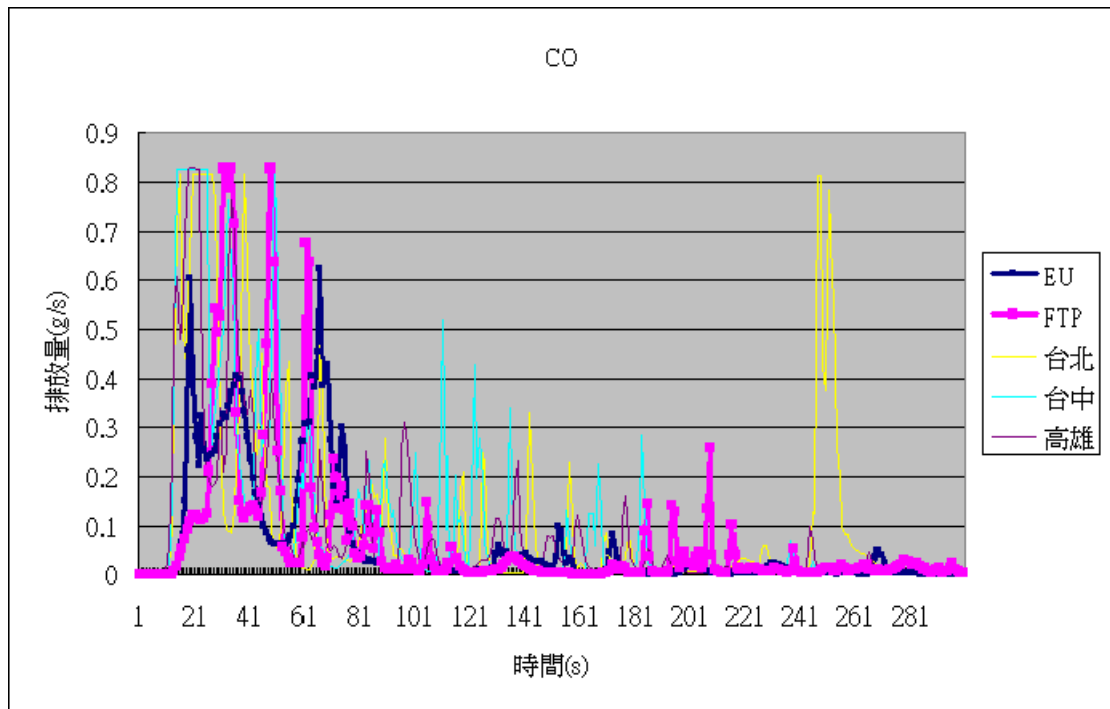
資料來源：本計畫。

圖 6.2.1 FTP、EU、臺北、臺中及高雄-行車型態 CO 排放特性



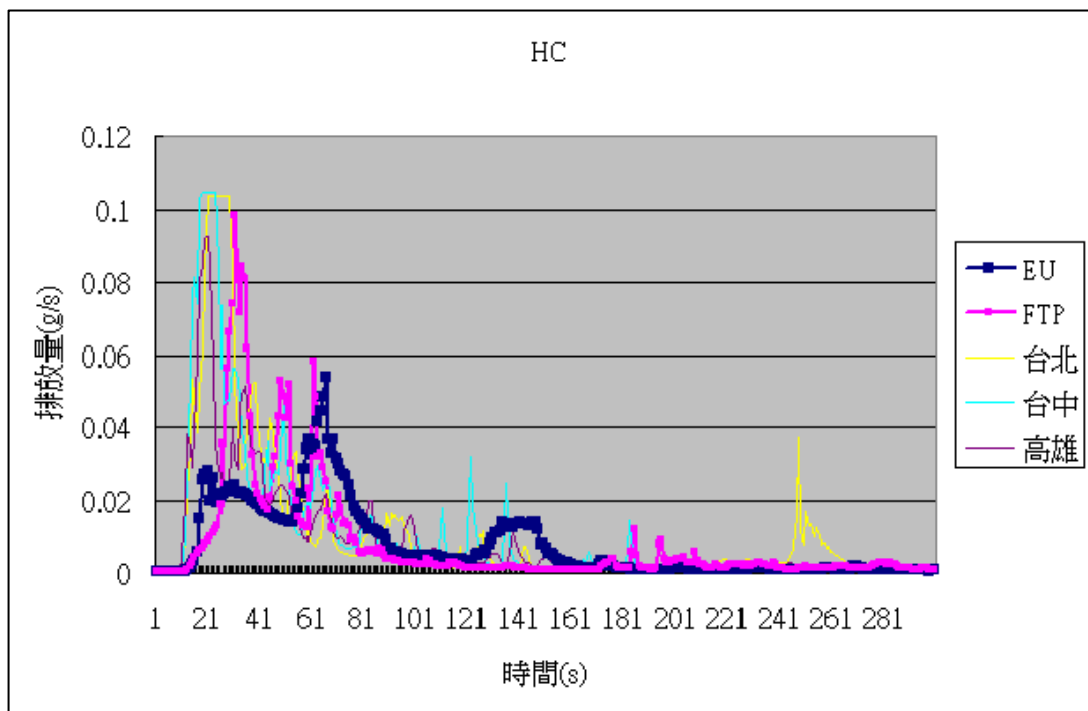
資料來源：本計畫。

圖 6.2.2 FTP、EU、臺北、臺中 及 高雄-行車型態-前 300 秒



資料來源：本計畫。

圖 6.2.3 FTP、EU、臺北、臺中 及 高雄-行車型態-前 300 秒 CO 排放特性



資料來源：本計畫。

圖 6.2.4 FTP、EU、臺北、臺中 及 高雄-行車型態-前 300 秒 HC 排放特性

3.變異數分析

#5 之變異數分析過程與#99 類似，分為變異數同質性檢定、ANOVA 分析以及事後比較等三部分，其結果分述如下：

- (1) 同質性檢定：在#5 實驗中，所有法規測試的行車型態之間，車輛油耗與污排變異數皆有顯著之差異，亦即不符合同質性檢定。此一結果對於之後的變異數分析結果將會有所影響。
- (2) ANOVA 分析：#5 之 H_0 為「各法規測試的油耗與污排，平均值均相等」， H_1 則為「各法規測試的油耗與污排，平均值至少有一個不等」。因此，在 5% 的顯著水準下，若 F 值 $> F$ 臨界值時，則拒絕 H_0 。其分析結果如下表 6.2-4 所示，其結果顯示，車輛之油耗與所有污排，皆會受到法規測試差異之影響而有所不同。

表 6.2-4 #5 ANOVA 之分析結果摘要

實驗編號	#5
檢定對象	法規測試差異 (EU、FTP、HWFET、北、中、高)
FUEL	464.439
CO2	505.645
CO	15.115
THC	31.944
NOx	19.499
F 臨界值	2.215

資料來源：本計畫。

(3) 事後比較結果：

表 6.2-5 #5 之 事後比較彙整表

法規測試(#5)						
FUEL	EU	FTP	HWFET	北	中	高
EU						
FTP	✓					
HWFET	✓	✓				
北	✓		✓			
中	✓		✓	✓		
高	✓	✓	✓	✓		
CO ₂	EU	FTP	HWFET	北	中	高
EU						
FTP	✓					
HWFET	✓	✓				
北	✓		✓			
中	✓		✓	✓		
高	✓	✓	✓	✓		
CO	EU	FTP	HWFET	北	中	高
EU						
FTP						
HWFET	✓	✓				
北			✓			
中			✓			
高		✓	✓			
THC	EU	FTP	HWFET	北	中	高
EU						
FTP	✓					
HWFET	✓	✓				
北	✓		✓			
中		✓	✓	✓		
高	✓		✓		✓	
NO _x	EU	FTP	HWFET	北	中	高
EU						
FTP	✓					
HWFET	✓					
北		✓	✓			
中		✓	✓			
高		✓	✓	✓	✓	

註：✓表示在5%的顯著水準下，兩法規測試的平均值具有顯著差異。

資料來源：本計畫。

6.2.2 MOBILE-Taiwan 與 EU/ FTP/北中 高行車型態之能源消耗、污染排放特性比較

由於目前使用中的 MOBILE-Taiwan，亦有針對車輛在不同行駛速度下的油耗與污染排放推估值，因此，以下根據本實驗所使用之車輛，則較為接近之車種，分別為自用小客車與汽油小貨車，並選用臺北縣市車輛分別在平均車齡與新車之油耗、污排推估曲線，與#5 中，各行車型態之車輛實際油耗與污排趨勢做一 N/V 圖型比較，結果分別如附錄 2.2 所示。

1. 自用小客車(平均車齡)

- (1) 將 EU、FTP 之結果與 MOBILE-Taiwan 做 NvsV 圖形比對後發現，FUEL 與 CO₂ 排放型態接近，但 MOBILE-Taiwan 對於其他污染排放物，皆有明顯高估的情況發生。可能原因為，實驗用車為新車，故排放率較低；又因實驗用車為廂式小客車，能源使用率相對較高，反而接近 MOBILE-Taiwan 的型態。
- (2) 北、中、高之行車型態所涵蓋之速度範圍較小，其 FUEL 與 CO₂ 排放型態，除了在速度高於 50km/hr 以上時，臺北與高雄之行車型態有急速上升的情況發生以外，其餘皆與 MOBILE-Taiwan 接近，但 MOBILE-Taiwan 對於其他污染排放物，仍有高估的情況發生。

2. 自用小客車(新車)

- (1) 在 MOBILE-Taiwan 的推估曲線中，FUEL 與 CO₂ 排放之推估曲線與平均車齡之結果相同。
- (2) 在推估其餘的污染排放物時(即 CO、HC 與 NO_x)，因新車的車齡較低、車輛性能較佳，故其污染排放之推估值皆明顯低於平均車齡，故此推估曲線會比平均車齡的曲線，更接近實驗室之量測值。

3. 汽油小貨車(新車)

- (1) 在 MOBILE-Taiwan 的推估曲線中，汽油小貨車的 FUEL 與 CO₂ 排放推估曲線，皆高於自用小客車，故此推估曲線與實驗室之量測值的差異較小。
- (2) 在推估其餘的污染排放物時，除了 CO 之外，HC 與 NO_x 的推估曲線，皆明顯與自用小客車不同，故此推估曲線也明顯高於實驗室之量測值。

由附錄 2.2 之 N/V 圖形比對結果可知，在 MOBILE-Taiwan 的推估曲線中，對 FUEL 與 CO₂ 而言，汽油小貨車的新車推估曲線，與實驗室量測值最為接近；CO 則以新車的推估曲線較為接近；最後，對 HC 與 NO_x 而言，則是以自用小客車的新車推估曲線較符合實驗室的量測結果。

然而，「車輛特性」對油耗與污排的影響程度，或許大於運輸模式所能控制的程度，目前研究範圍乃藉由一台車輛進行，因此無法得知影響程度為何。建議可在後續研究中，以不同車輛進行實驗，比較不同車種對於實驗結果之影響。

6.2.3 車重差異之比較(R3)

本計畫最主要探討之變數為「道路類型」，目前除了針對五種道路類型做統計分析與比較之外，尚包括法規測試差異(R3)、開頭燈與開空調差異(R6)以及實驗室與路跑差異(R2)等分析，這些分析雖非運輸規劃作業中可掌控之變數，但為實驗室法規測試(#0)與實際路跑(#99)之間轉換過程中，必需探討之影響變數。其中，#0 為法定程序，所有車輛皆須進行，為了解#0 法規車重(原車重+法規配重)與#5 實驗車重(原車重+設備+人員)所造成之差異，R3 即為#0 與#5 之間之轉換關係。

本計畫實驗車輛所採用之法規測試型態為 FTP，因此#0 將參照能源局與環保署公告之審驗值，比較其與#5 實驗之

能耗與污排平均值之差異，如表 6.2-6 所示。結果顯示，與本實驗車之法規審驗數據相比，本計畫實驗車輛車重較法規車重增加 222 kg 狀況下，FTP 測試之燃油經濟性僅微幅降低 4.17 %。與文獻值相比，平均增加 100 kg 車重時，商用車減少 0.328 km/l、小客車減少 0.72 km/l，而本實驗車之燃油經濟性減少 0.136792 km/l。顯示本實驗車輛之燃油經濟性受車重增加的影響程度，低於過去文獻值；亦即本實驗車輛的燃油經濟性表現，較不受車重的影響。因此，本計畫實驗車輛雖然較法規車重為重，但各項能源消耗實驗數據，應仍可比對既有文獻或其他車輛的測試結果。

而在能污染排放方面，並無相關文獻可供比對車重影響排放特性的差異。由本實驗 R3 分析可知，所有污染排放物皆受車重影響而增加，但受影響程度不同。以 CO 和 NO_x 增加最為顯著，車重增加 222 kg 時，增加 CO 排放量為審驗值之 105.16%，增加 NO_x 排放量更達審驗值之 157.02%；而車重增加影響 CO₂ 和 CO 的排放比例則較低，分別為 4.40 %和 7.79%。

以上的分析均係簡單平均值的結果分析，因為車型審驗資料只提供平均數據。而本計畫本年度未能規劃執行 #0 實驗，因此暫時無法對車重的影響（R3）作更進一步的分析。但考慮本實驗車輛較法規車重高出 222 kg，此一車輛特性差異可能影響車輛之能源消耗與污染排放特性，而無法確認本計畫成果是否具有普遍性。因此，建議下一年度應執行本實驗車輛之 #0 測試，掌握各特性完整的逐秒資料，並對 R3 作進一步的分析，瞭解車重對本計畫成果的具體影響。

表 6.2-6 車重差異之比較

	FUEL	CO ₂	CO	HC	NO _x
單位	km/l	g/km	g/km	g/km	g/km
#0 ^{註1}	9.03	310.6	0.756	0.107	0.038
#5 ^{註2}	8.74	324.27	1.551	0.1153	0.0977
差值(#5-#0)	-0.29 (降低)	13.67 (增加)	0.80 (增加)	0.01 (增加)	0.06 (增加)
R3 ^{註3} (#5/#0)	0.9683 減少 4.17%	1.0440 增加 4.40%	2.0516 增加 105.16%	1.0779 增加 7.79%	2.5702 增加 157.02%
燃油經濟性 (km/l)/+100kg	-0.136792 (性能較好)				
文獻比對 ^{註4} (km/l)/+100kg	商用車→-0.328 小客車→-0.72 (性能較差)	NA	NA	NA	NA

註1：資料來源為 2004/05/20 車型審驗測試資料，法規車重共 1928 kg，含空車重 1743 kg、燃油重 49 kg 以及 FTP 測試之法規配重 136 kg。

註2：實驗車重共 2150kg，包含原車重、設備與人員。

註3：此為車重相差 222kg 時之 R3。

註4：工研院機械所(2002~2004)，「使用中車輛能源效率評估與提升研究計畫」。

資料來源：本計畫。

6.2.4 無開頭燈、開空調之比較(R6)

1. 污染排放特性

實車實際道路測試時，為維持 OBS2200 儀器環境溫度，皆使用車上空調，但一般在實驗室執行法規測試是不開空調來執行，為了解空調的使用對於車輛污染的影響，以開空調的設定下，執行 EU 及 FTP 法規測試，測試條件除了於測試時使用車上空調外，其他設定包括車重、動力計阻力設定及靜置時間等都與法規測試相同。測試結果如表 6.2-7 至表 6.2-10 所示，圖 6.2.5 及 6.2-6 則為兩種行車型態下之 CO、HC 與 NO_x 排放圖。

由測試結果得知，加開空調及頭燈之後，EU 測試 CO 及 HC 排放量明顯增加，NO_x 則無明顯增加，透過車速與污染物排放量圖，如圖 6.2.5，在中低速的情況下，雖然開空調進行測試但 CO 的排放狀況與無開空調的情況並無明顯差異，但在速度較高的非市區型態，在加速度與等速度的轉折處，開空調的狀況下，CO 的排放量會突然增加，HC 排放也有類似之情況，在非市區的行車型態，加速度與等速度的轉折處，開空調的狀況下，HC

排放高於無空調的情況，但增加幅度不如 CO 的排放量來的大，而 NO_x 則是相反的趨勢，在上述的區域，無開空調的情況下會增加排放量。

表 6.2-7 EU 行車型態-100km/h 怠速與空轉之油耗測試值

油耗測試結果			
測試項目	燃油經濟性		
測試值 (km/l)	市區	非市區	平均
1	4.66	8.24	6.44
2	4.71	7.84	6.3
3	4.66	7.92	6.29

資料來源：本計畫。

表 6.2-8 EU 行車型態-100km/h 怠速與空轉之污染測試值

測試項目		EU				
重量法	測試值 (g/km)	HC	CO	NO _x	CO ₂	-
	1	0.4425	8.1788	0.1587	356.52	-
	2	0.3354	8.9523	0.1695	363.98	-
	3	0.3816	9.0098	0.1476	364.14	-

資料來源：本計畫。

表 6.2-9 FTP 行車型態-100km/h 怠速與空轉之污染測試值

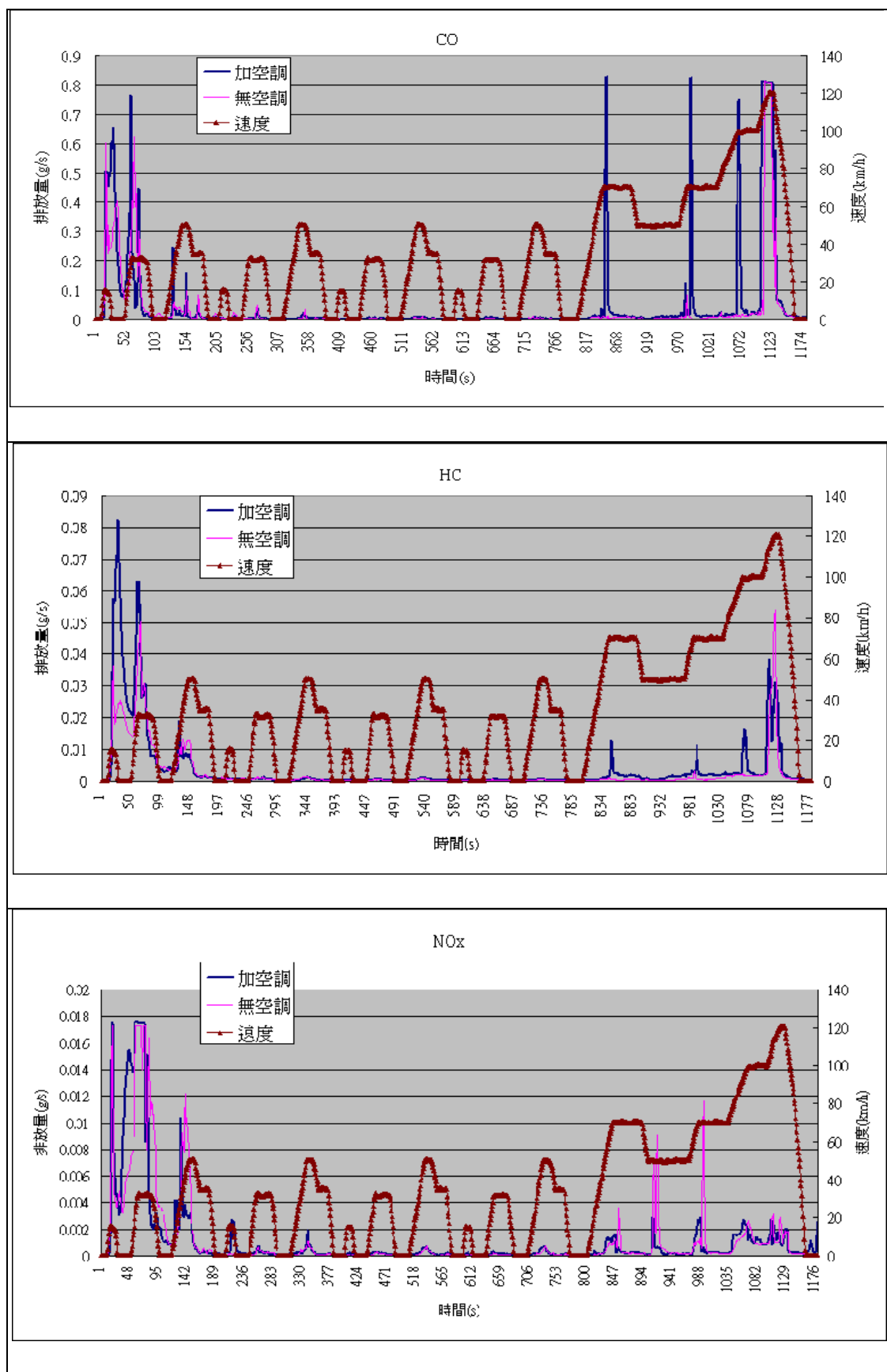
測試項目		高速污染測試結果					
重量法	測試值 (g/km)	HC	CO	NO _x	CO ₂	CH ₄	NMHC
	1	0.0439	0.8285	0.0603	245.63	-	-
	2	0.0547	1.7930	0.0702	249.67	-	-
	3	0.0503	1.3870	0.0841	246.63	-	-
測試項目		市區型態測試結果					
重量法	測試值 (g/km)	HC	CO	NO _x	CO ₂	CH ₄	NMHC
	1	0.13	1.551	0.128	368.7	0.021	0.1125
	2	0.141	1.919	0.106	374.6	0.022	0.1218
	3	0.171	1.908	0.100	365.7	0.024	0.1503

資料來源：本計畫。

表 6.2-10 FTP 行車型態-100km/h 怠速與空轉之油耗測試值

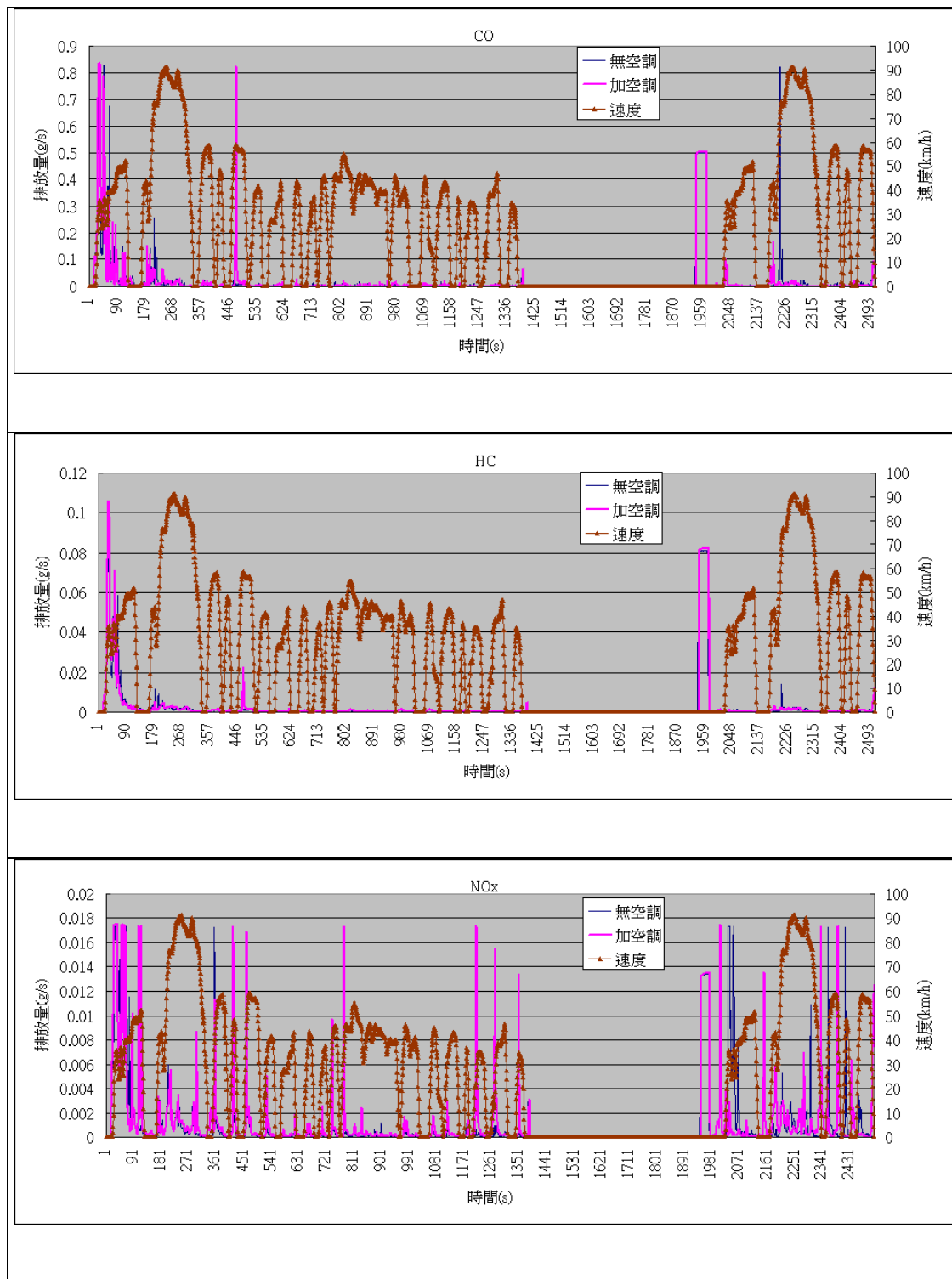
油耗測試結果			
測試項目	燃油經濟性		
測試值 (km/l)	市區	非市區	平均
1	6.56	9.87	7.73
2	6.45	9.66	7.58
3	6.60	9.80	7.74

資料來源：本計畫。



資料來源：本計畫。

圖 6.2.5 EU 行車型態-打開頭燈與空調之污染測試圖



資料來源：本計畫。

圖 6.2.6 FTP 行車型態-打開頭燈與空調之污染測試圖

2. 油耗特性

燃油經濟性方面，加開空調及頭燈之後，燃油經濟性降低，依上表所示，車輛開空調進行 EU 及 FTP 法規測試，燃油經濟性降低為原來的 87.70%~90.54%，市區與非市區測試結果降低比率相去不多。

此結果與經濟部能源局於民國 93 年針對商用車使用空調系統對燃油經濟性的影響之研究結果類似，依據其結果，商用車在環境溫度 25℃ 下，使用空調系統，燃油經濟性為環境溫度 25℃ 不使用空調情況下的 85.75%。

表 6.2-11 EU 與 FTP 燃油經濟性比較表

測試值	FTP 燃油經濟性 (%)			EU 燃油經濟性 (%)		
	市區	非市區	平均	市區	非市區	平均
1	87.82	88.92	88.24	85.50	93.64	89.82
2	86.35	87.18	86.63	86.11	89.09	87.62
3	88.95	88.29	88.76	82.19	88.89	85.81
平均值	87.70	88.13	87.88	84.60	90.54	87.75

資料來源：本計畫。

3.#7 之變異數分析

- (1) 同質性檢定：在#7 實驗中，所有法規測試的行車型態之間，車輛油耗與污排變異數皆有顯著之差異，亦即不符合同質性檢定。此一結果對於之後的變異數分析結果將會有所影響。
- (2) ANOVA 分析：#7 之假設皆與#5 相同， H_0 為「各法規測試的油耗與污排，平均值均相等」， H_1 則為「各法規測試的油耗與污排，平均值至少有一個不等」。因此，在 5% 的顯著水準下，若 F 值 > F 臨界值時，則拒絕 H_0 。其分析結果如下表 6.2-12 所示，其結果顯示，除了 NO_x 之外，其餘的污排與油耗，皆會受到法規測試差異之影響而有所不同。

表 6.2-12 #7 ANOVA 之分析結果摘要

實驗編號	#7
檢定對象	法規測試差異 (EU、FTP、HWFET)
FUEL	626.004
CO ₂	657.890
CO	64.037
THC	43.797
NO _x	2.845
F 臨界值	2.996

註：有色網底表示接受 H_0 。

資料來源：本計畫。

- (3) 事後比較結果：下表 6.2-13 為#7 的事後比較結果彙整，由表中可發現，EU、FTP 與 HWFET 三種法規測試，除了在 NO_x 的平均排放量之外，油耗與其餘污排皆有明顯的差異。此外，由其兩兩法規測試的平均數差異可發現(參見附錄 2.4)，HWFET 在 FUEL 與 CO₂ 排放的平均值最高，而 EU 則是在 CO、THC 與 NO_x 的排放平均值最為高，此結果應與法規測試的特性有關。

表 6.2-13 #7 之事後比較彙整表

法規測試(#7)			
FUEL	EU	FTP	HWFET
EU			
FTP	✓		
HWFET	✓	✓	
CO ₂	EU	FTP	HWFET
EU			
FTP	✓		
HWFET	✓	✓	
CO	EU	FTP	HWFET
EU			
FTP	✓		
HWFET	✓	✓	
THC	EU	FTP	HWFET
EU			
FTP	✓		
HWFET	✓	✓	
NO _x	EU	FTP	HWFET
EU			
FTP			
HWFET			

註：✓表示在5%的顯著水準下，兩法規測試的平均值具有顯著差異。

資料來源：本計畫。

4. 有無開頭燈之平均值與變異數差異(R6)

為探討有無開頭燈、開空調對於測試結果之影響，以下將針對#5/#7 兩實驗間，做變異數檢定、平均數檢定：

(1) #5/#7—變異數檢定(F 檢定)

①. 檢定目的：探討有無開頭燈、開空調對於量測結果之變異程度是否有所影響。

②. 假設： $\alpha = 0.05$

H_0 : 有無開頭燈、開空調對於油耗與污排之量測結果，變異數皆相等。

H_1 : 有無開頭燈、開空調對於油耗與污排之量測結果，變異數不相等。

③. 決策法則：

$$F = \frac{\hat{S}_1^2}{\hat{S}_2^2}$$

式 6-6

$$F1 = F(0.025, n1-1, n2-1)$$

$$F2 = F(0.975, n1-1, n2-1)$$

若 $F1 > F \text{ 值} > F2$ ，接受 H_0 。

其中，

\hat{S}_1 為#5的標準差， \hat{S}_2 為#7的標準差， n_1 為#5之樣本數， n_2 為#7之樣本數

④. 檢定結果與分析

以下將#5與#7之各道路類型與各污染物(含油耗)之 F 值，彙整如下表 6.2-14 所示，結果發現，除了 FTP 的 NO_x 為接受 H_0 之外，其餘的檢定結果皆為拒絕 H_0 。

由此可知，顯示有無開頭燈、開空調對於所測得的油耗、污染物，其變異程度有顯著之差異，其中以

#7 的變異程度較大。

表 6.2-14 #5/#7 之 F 值

#5/#7(R6-V)			
	EU	FTP	HWFET
FUEL	0.878	0.641	0.866
CO2	0.880	0.639	0.885
CO	0.537	0.731	0.285
THC	0.449	0.656	0.275
NOx	1.091	0.996	0.894
F ₁	1.068	1.046	1.085
F ₂	0.936	0.956	0.921

註：有色網底表示，接受H₀

資料來源：本計畫。

(2) #5/#7—平均值檢定(Z 檢定)

①. 檢定目的：探討有無開頭燈、開空調對於量測結果之平均值是否有所影響。

②. 假設： $\alpha = 0.05$

H₀：有無開頭燈、開空調之油耗、污染物平均值，並無顯著差異。

H₁：有、無開頭燈、開空調之油耗、污染物平均值，有顯著差異。

③. 決策法則：

$$Z = \frac{\Delta \bar{x}}{\sqrt{\frac{\hat{S}_1^2}{n_1} + \frac{\hat{S}_2^2}{n_2}}}$$

式 6-7

$$Z_{0.975} = -1.96$$

$$Z_{0.025} = 1.96$$

若 $-1.96 < Z \text{ 值} < 1.96$ ，則接受 H₀。

其中，

\hat{S}_1 為 #5 的標準差， \hat{S}_2 為 #7 的標準差， n_1 = #5 之樣本數， n_2 = #7 之樣本數

④. 檢定結果與分析：

以下將 #5 與 #7 之各道路類型與各污染物(含油耗)之 Z 值，彙整如下表 6.2-15 所示。其中，CO、THC 與 NO_x 則為接受 H_0 ，而 FUEL 與 CO₂ 為拒絕 H_0 。

由此檢定結果顯示，有無開頭燈、開空調僅對於 FUEL 與 CO₂ 之平均值有顯著之影響，且其差異又以 FTP 最為顯著，然而，此差異是否具有規律性，則必須再進一步的探討。若能找出有無開頭燈、開空調之間，FUEL 與 CO₂ 的轉換係數，則未來亦可有開頭燈、開空調之量測結果，換算成無開頭燈、開空調之量測結果使用。

表 6.2-15 #5/#7 之 Z 值

	#5/#7(R6-V)		
	EU	FTP	HWFET
FUEL	-5.85	-10.65	-8.99
CO ₂	-10.49	-19.82	-15.59
CO	-1.93	1.83	-1.64
THC	-0.38	0.48	-0.11
NO _x	0.08	-0.14	-0.11

註：有色網底表示，接受 H_0

資料來源：本計畫。

6.3 實驗室比對量測結果分析

6.3.1 道路實驗比對測試（#8）

為了解實車實際道路測試與實驗室測試結果的差異，在 5 種實際道路測試資料中包括 Class 1、Class11、Class24、Class27 及

Class34 中挑選一段大約 15 分鐘之速度紀錄，將此速度紀錄完全複製並設定於實驗室駕駛輔助器中，如此，便可以在實驗室動力計上運用測試車駕駛與實際道路同樣的速度變化，除了駕駛的速度變化一致外，車輛設定之重量也與實際車重相同，並依據實際車重設定動力計的阻力模擬，測試結果說明如下

1. 污染排放特性

如表 6.3-1 至表 6.3-5 所示，各污染值除了少部分之路段外，實際道路所測得的污染大於實驗室的測試結果，其中 NO_x 排放的差異最小，大抵與廢氣再循環裝置作動方式有關，當車輛有速度的狀態下，廢氣再循環裝置會作動，將大部分的 NO_x 消弭，而在車輛惰轉的情況下，雖然廢氣再循環裝置停止作動，但因為在實驗室惰轉與在道路上惰轉的情況是一樣的，所以 NO_x 排放的差異最小。表 6.3-6 為實際道路與實驗室燃油經濟性比對測試結果。

表 6.3-1 Class 1 道路實驗比對測試結果

Class1		HC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	燃油經濟性 (km/l)
測試代號	實驗別					
A	實際道路	0.0956	7.7016	0.0516	254.16	8.96
	實驗室 1	0.0440	1.7906	0.0568	245.92	9.80
	實驗室 2	0.0414	1.9949	0.0405	247.20	9.73
	實驗室 3	0.0348	1.7130	0.0441	248.56	9.70
B	實際道路	0.2536	15.6715	0.1266	274.88	7.96
	實驗室 1	0.0419	2.9624	0.0562	256.52	9.33
	實驗室 2	0.0414	3.4110	0.0679	260.16	9.18
	實驗室 3	0.0455	3.3723	0.0689	256.71	9.30

註：測試代號可對照第五章表 5.4-5。

資料來源：本計畫。

表 6.3-2 Class 11 道路實驗比對測試結果

Class11		HC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	燃油經濟性 (km/l)
測試 代號	實驗別					
A	實際道路	0.0230	0.4865	0.1246	249.01	9.56
	實驗室 1	0.0411	0.3337	0.1248	206.99	11.74
	實驗室 2	0.0426	0.3835	0.0900	206.11	11.79
	實驗室 3	0.0445	0.3570	0.1053	203.75	11.93
B	實際道路	0.0578	2.9718	0.0433	259.93	9.02
	實驗室 1	0.0408	0.3892	0.0436	206.68	11.75
	實驗室 2	0.0475	0.4070	0.0556	204.35	11.89
	實驗室 3	0.0479	0.4297	0.0654	205.51	11.82

資料來源：本計畫。

表 6.3-3 Class 24 道路實驗比對測試結果

Class24		HC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	燃油經濟性 (km/l)
測試 代號	實驗別					
A	實際道路	0.0428	1.1076	0.1812	359.94	6.61
	實驗室 1	0.0347	0.3451	0.0869	271.46	8.96
	實驗室 2	0.0374	0.7367	0.1230	272.61	8.90
	實驗室 3	0.0395	0.3421	0.1037	270.44	8.99
B	實際道路	0.0843	3.9532	0.2022	388.20	6.06
	實驗室 1	0.0414	0.3410	0.1508	287.17	8.47
	實驗室 2	0.0404	0.2181	0.1619	284.20	8.56
	實驗室 3	0.0474	0.3320	0.1750	289.78	8.39

資料來源：本計畫。

表 6.3-4 Class 27 道路實驗比對測試結果

Class27		HC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	燃油經濟性 (km/l)
測試 代號	實驗別					
A	實際道路	0.0579	1.2615	0.2238	621.79	3.83
	實驗室 1	0.0354	0.3832	0.0817	372.43	6.53
	實驗室 2	0.0354	0.3964	0.0645	372.40	6.53
	實驗室 3	0.0435	0.4039	0.1022	372.03	6.54
B	實際道路	0.0519	1.8990	0.3872	559.80	4.24
	實驗室 1	0.0604	0.4416	0.1354	397.22	6.12
	實驗室 2	0.0528	0.4204	0.1154	394.39	6.17
	實驗室 3	0.0570	0.4469	0.1549	398.67	6.10

資料來源：本計畫。

表 6.3-5 Class 34 道路實驗比對測試結果

Class34		HC (g/km)	CO (g/km)	NO _x (g/km)	CO ₂ (g/km)	燃油經濟性 (km/l)
測試 代號	實驗別					
A	實際道路	0.0401	0.1663	0.1429	395.05	6.05
	實驗室 1	0.0373	0.4051	0.0670	280.01	8.68
	實驗室 2	0.0372	0.3369	0.0955	272.68	8.92
	實驗室 3	0.0406	0.3785	0.0850	272.23	8.93
B	實際道路	0.0827	5.3825	0.1029	396.04	5.90
	實驗室 1	0.0365	0.6474	0.1234	282.52	8.60
	實驗室 2	0.0308	0.4334	0.1264	282.61	8.60
	實驗室 3	0.0331	0.3990	0.1129	284.13	8.56

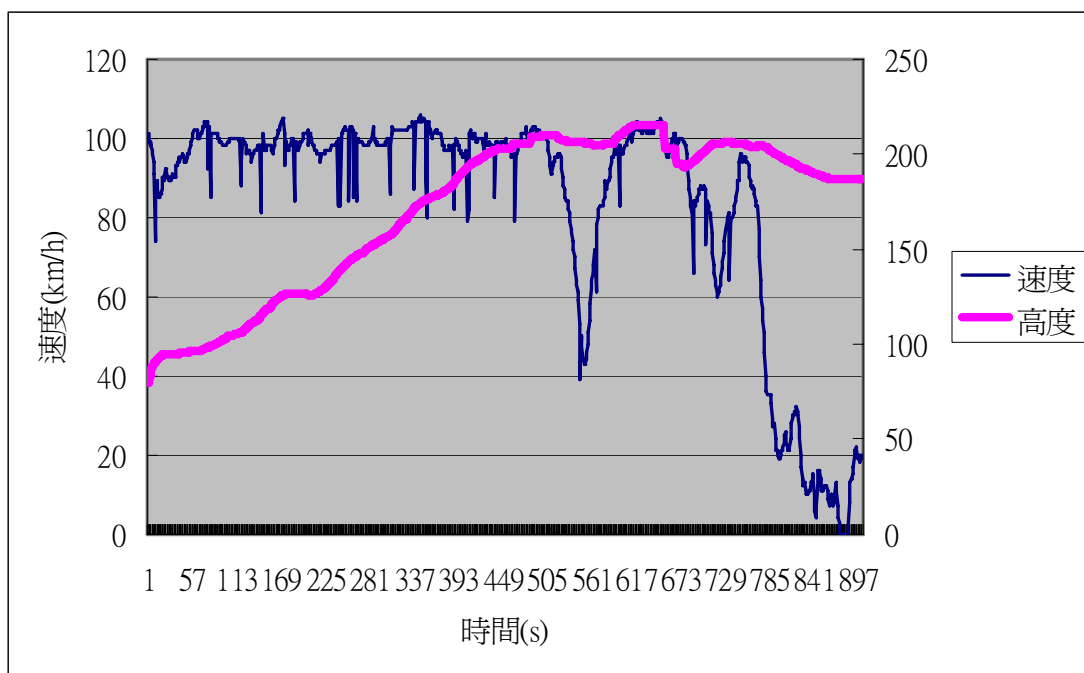
資料來源：本計畫。

表 6.3-6 實際道路與實驗比對測試結果（燃油經濟性）

		實驗室 燃油經濟性 A (km/l)	實車道路 燃油經濟性 B (km/l)	差異 B/A(%)
Class1	A	9.74	8.96	91.99
	B	9.27	7.96	85.87
Class11	A	11.82	9.02	76.31
	B	11.82	9.56	80.88
Class24	A	8.95	6.61	73.85
	B	8.47	6.06	71.55
Class27	A	6.53	3.83	58.65
	B	6.13	4.24	69.17
Class34	A	8.84	6.05	68.44
	B	8.59	5.90	68.68

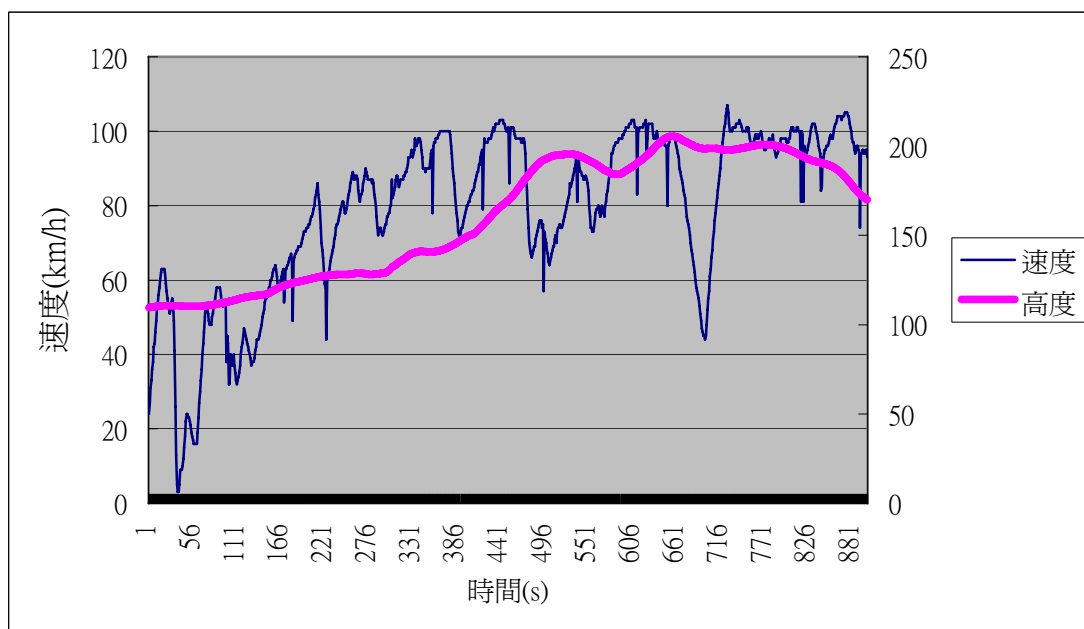
資料來源：本計畫。

而在實驗室執行測試時，由於動力計的限制，大都是假設車輛在坡度為零的平面道路行駛，而實車在實際道路上，由於地形地物的改變，道路或多或少會有坡度變化，如圖 6.3.1 及圖 6.3.2 為 class1 兩條路線海拔高度及速度的時間變化，兩條路線皆是一路上坡的情況，class1 道路類型所選擇的區段皆是上坡道路，高度由 40~50 公尺上升到最高 200 公尺，當車輛在爬坡時，污染排放變的無法預期，若車輛自動降檔會使 CO 及 HC 的排放增加，但在實驗室卻無法重現這樣的現象，使得實際道路所測得 CO 的排放量高於實驗室的測試結果，造成兩者差異大。



資料來源：本計畫。

圖 6.3.1 測試路段 class 1-201 速度與高度圖

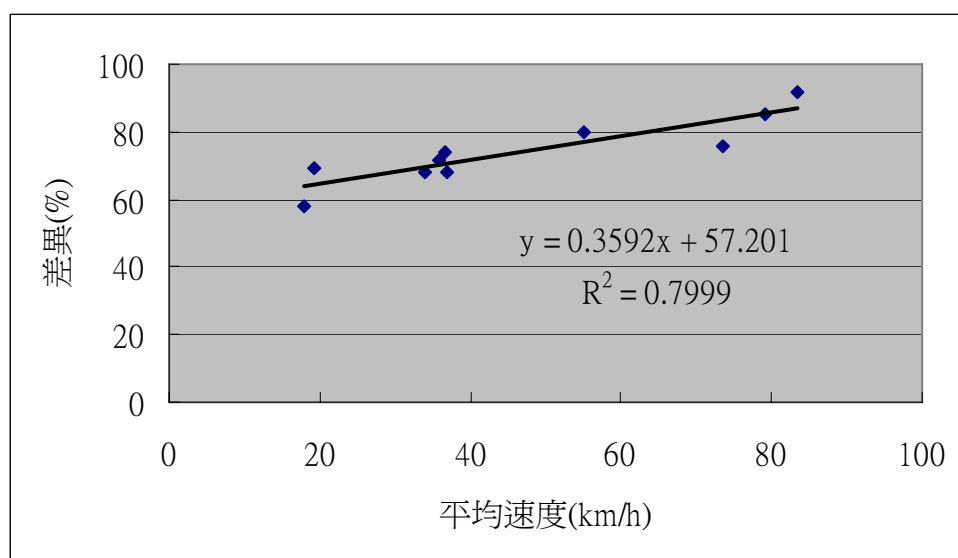


資料來源：本計畫。

圖 6.3.2 測試路段 class 1- 429 速度與高度圖

2. 油耗特性

在燃油經濟性方面，實際道路測試結果皆小於實驗室的測試結果，由於車輛於實際道路上行駛，道路與環境皆是不可控制之因素，可能影響測試結果。而由上表所示，class11 及 class1 等比較高速的路段，實際道路測試的結果與實驗室的差異略小於 class24、class27 及 class34 等中低速路段，將 5 種道路類型共 10 個行車型態的平均速度及實驗室燃油經濟性與實車道路燃油經濟性的差異繪製 XY 分布圖，如圖 6.3.3 所示，各道路類型的平均速度越快，實驗室與實車道路測試的結果越相近。



資料來源：本計畫。

圖 6.3.3 道路實驗比對測試結果-油耗特性與平均速度圖

3. 實際道路與實驗室測試結果之差異(R2)

為探討實際道路與實驗室測試結果之差異性，以下將針對#8/#99 兩實驗間，做變異數檢定、平均數檢定：

(1) #8/#99—變異數檢定(F 檢定)

①. 檢定目的：探討實際道路與實驗室量測之結果變異程

度是否有所差異。

②. 假設： $\alpha = 0.05$

H_0 : 實際道路與實驗室之油耗與污排量測結果，變異數皆相等。

H_1 : 實際道路與實驗室之油耗與污排量測結果，變異數不相等。

③. 決策法則：

$$F = \frac{\hat{S}_1^2}{\hat{S}_2^2}$$

式 6-8

$$F_1 = F(0.025, n_1 - 1, n_2 - 1)$$

$$F_2 = F(0.975, n_1 - 1, n_2 - 1)$$

若 $F_1 > F \text{ 值} > F_2$ ，接受 H_0 。

其中，

\hat{S}_1 為 #99 的標準差， \hat{S}_2 為 #8 的標準差， $n_1 = \#99$ 之樣本數， $n_2 = \#8$ 之樣本數

④. 檢定結果與分析

以下將 #8 與 #99 之各道路類型與各污染物(含油耗)之 F 值，彙整如下表 6.3-7 所示，結果發現，除了 CLASS1 的 CO_2 為接受 H_0 之外，其餘的檢定結果皆為拒絕 H_0 。

由此可知，在實際道路與實驗室所測得的油耗、污染物，其變異程度有顯著之差異，其中又以 CO 的變異程度差距最大。而造成兩實驗變異程度不同之原因，可能是車輛於實驗室測試時，所受到的環境影響

因素(如氣候、風阻等)較少，因而縮小了實驗室所測得之數據變異程度。

表 6.3-7 #8/#99 之 F 值

#99/#8(R2-C/V)					
	CLASS1	CLASS11	CLASS24	CLASS27	CLASS34
FUEL	1.362	1.325	1.294	1.243	1.337
CO ₂	0.996	1.218	1.158	1.140	1.204
CO	26.034	552.540	2951.105	1345.795	134.311
THC	6.597	20.067	61.132	43.619	30.056
NO _x	5.282	1.061	2.595	3.476	1.323
F ₁	1.040	1.055	1.051	1.042	1.042
F ₂	0.962	0.948	0.951	0.960	0.960

註：有色網底表示，接受H₀

資料來源：本計畫。

(2) #8/#99—平均值檢定(Z 檢定)

①. 檢定目的：探討油耗與污排的平均值是否會受實驗地點(實際道路 vs 實驗室)的不同而有所差異。

②. 假設： $\alpha = 0.05$

H₀: 實際道路量測與實驗室所測得的油耗、污染物平均值，並無顯著差異。

H₁: 實際道路量測與實驗室所測得的油耗、污染物平均值，有顯著差異。

③. 決策法則：

$$Z = \frac{\Delta \bar{x}}{\sqrt{\frac{\hat{S}_1^2}{n_1} + \frac{\hat{S}_2^2}{n_2}}}$$

式 6-9

$$Z_{0.975} = -1.96$$

$$Z_{0.025} = 1.96$$

若 $-1.96 < Z \text{ 值} < 1.96$ ，則接受 H_0 。

其中，

\hat{S}_1 為 #99 的標準差， \hat{S}_2 為 #8 的標準差， $n_1 = \#99$ 之樣本數， $n_2 = \#8$ 之樣本數

④. 檢定結果與分析：

以下將 #8 與 #99 之各道路類型與各污染物(含油耗)之 Z 值，彙整如下表 6.3-8 所示。其中，THC 與 NO_x 則為接受 H_0 ，而 FUEL、CO₂ 與 CO 為拒絕 H_0 。

由此檢定結果顯示，THC 與 NO_x，在不同的測試地點(實際道路與實驗室)所測得之平均排放量，並無顯著差異。此結果顯示，實際道路與實驗室的地點差異，對 THC 與 NO_x 之平均排放量影響不大，因此於未來或許可直接在實驗室取得相關數據，並以之替代實際道路量測結果，以節省龐大的實際道路量測成本。

而 FUEL、CO₂ 與 CO，則可能會受測試地點不同(實際道路與實驗室)之影響，導致所測得之油耗與污排平均值有所差異。除了少部分量測值之外，油耗與污排的平均值皆以實際道路量測值較大，而導致此差異的原因可能與變異數相似。由於有許多實際道路環境中影響油耗與污排之影響因子，無法在實驗室中，確實地反映出來，因而導致實際道路量測值較大的結果，建議於後續研究中，可針對此差異是否具有規律性，做較深入的探討。若能找出實際道路與實驗室之間的轉換係數，則未來亦可將實驗室之量測結果，換算成實際道路量測結果，以節省龐大的道路實測成本。

表 6.3-8 #8/#99 之 Z 值

#99/#8(R2-C/V)					
	CLASS1	CLASS11	CLASS24	CLASS27	CLASS34
FUEL	6.50	15.94	16.38	30.47	22.13
CO2	-5.05	26.59	26.76	52.33	36.72
CO	43.67	6.23	-129.11	10.11	11.19
THC	3.06	0.34	0.53	0.21	0.37
NOx	1.58	-0.02	1.32	1.84	0.46

註：有色網底表示，接受 H_0

資料來源：本計畫。

6.3.2 坡度影響(#9)

1. 油耗與污排特性

一般實驗室執行行車型態污染測試皆假設車輛是在零坡度的狀況下行駛，在此假設下可以得到路面阻力函數 $F=A+CV^2$ ，其中 A 為車輛靜摩擦力，C 為車輛所受之空氣阻力的係數，空氣阻力與速度成二次曲線關係。

若車輛在坡度上行駛，除了要對抗上述兩種阻力外，自身的重量因為坡度的變化對於車行產生阻力，其阻力函數為 $F=m*g*\sin(\theta)$ ， θ 為坡度。

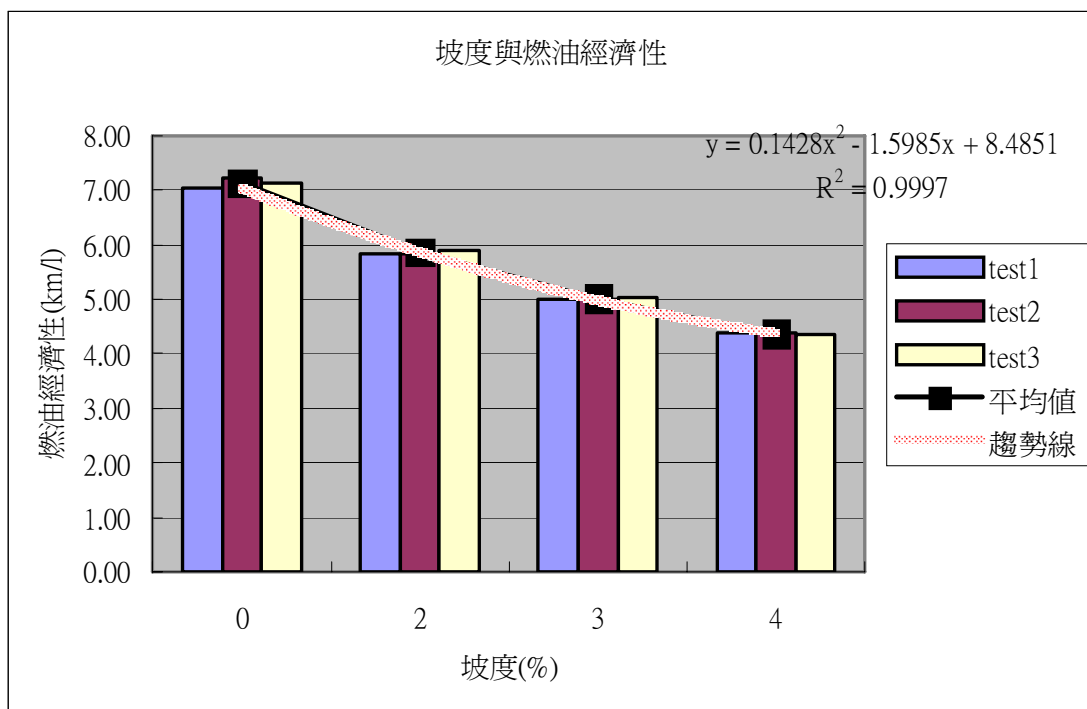
為了解坡度變化對於車輛污染及油耗的影響，在動力計設定車行阻力為 $F= A+ m*g*\sin(\theta)+CV^2$ ，進行測試，設定的角度為 0%、2%、3%及 4%，測試結果如表 6.3-9。

表 6.3-9 實驗室不同坡度實驗結果

坡度 (%)	次數	CO (g/km)	CO ₂ (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	燃油經濟性 (km/l)
0	1	0.3830	339.33	0.0672	0.1807	7.04
	2	0.3374	330.26	0.0669	0.1313	7.23
	3	0.3960	335.67	0.0705	0.1727	7.11
2	1	0.7003	416.33	0.0721	0.1393	5.84
	2	0.6957	416.14	0.0685	0.2180	5.84
	3	0.7196	411.94	0.0779	0.1326	5.90
3	1	19.1770	457.05	0.2623	0.0925	5.00
	2	17.0700	461.05	0.2323	0.1045	4.99
	3	18.4379	454.16	0.2541	0.0982	5.04
4	1	35.9365	500.26	0.4426	0.0861	4.37
	2	32.8289	503.93	0.3314	0.0797	4.38
	3	35.9747	502.61	0.3925	0.0753	4.35

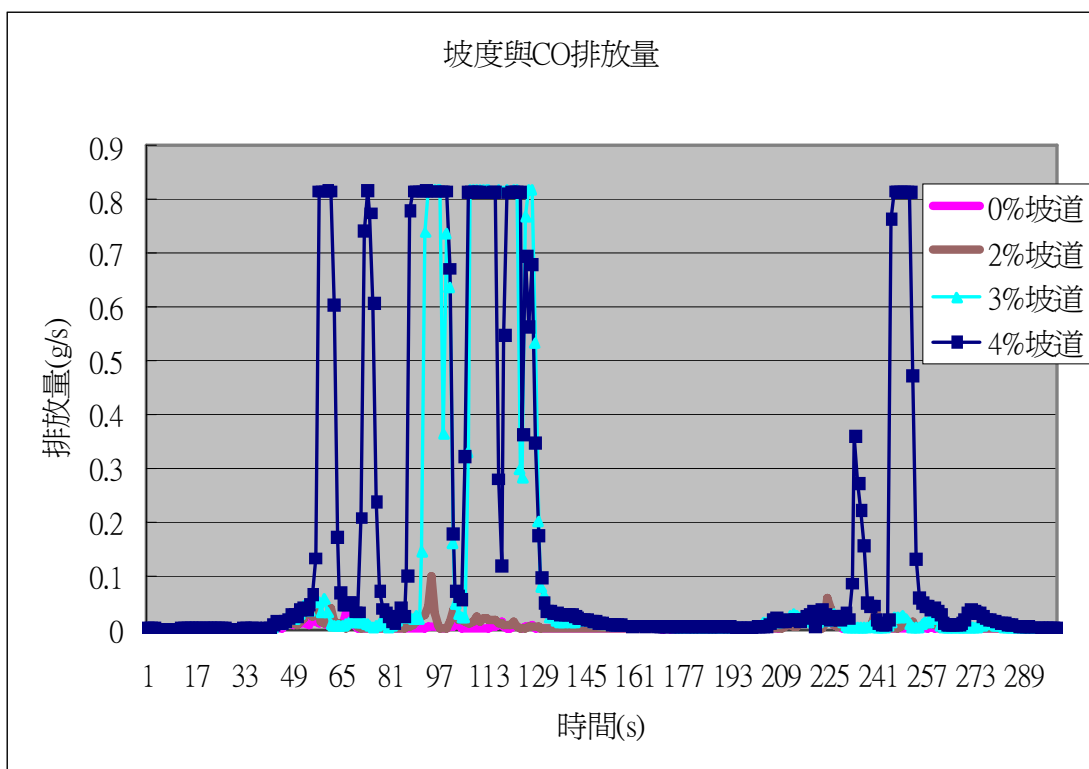
資料來源：本計畫。

坡度增加車輛所受的阻力增加，對駕駛者而言，若要跟上規定的速度曲線，油門開度必須增加，燃油增加的情況下造成 CO 及 CO₂ 的排放增加，燃油經濟性降低，將坡度與燃油經濟性繪圖，如圖 6.3.4，由圖所示，坡度與燃油經濟性成二次曲線關係，圖 6.3.5 為 0%、2%、3%及 4%坡度 CO 排放量圖，因為坡度的影響使 CO 的排放在 3%坡後急速增加，甚至超過儀器可分析之範圍。HC 也有相同的情況惟增加幅度不如 CO 來的大，NO_x 則是呈現相反趨勢如圖 6.3.7，較濃的油氣抑制了 NO_x 的生成。



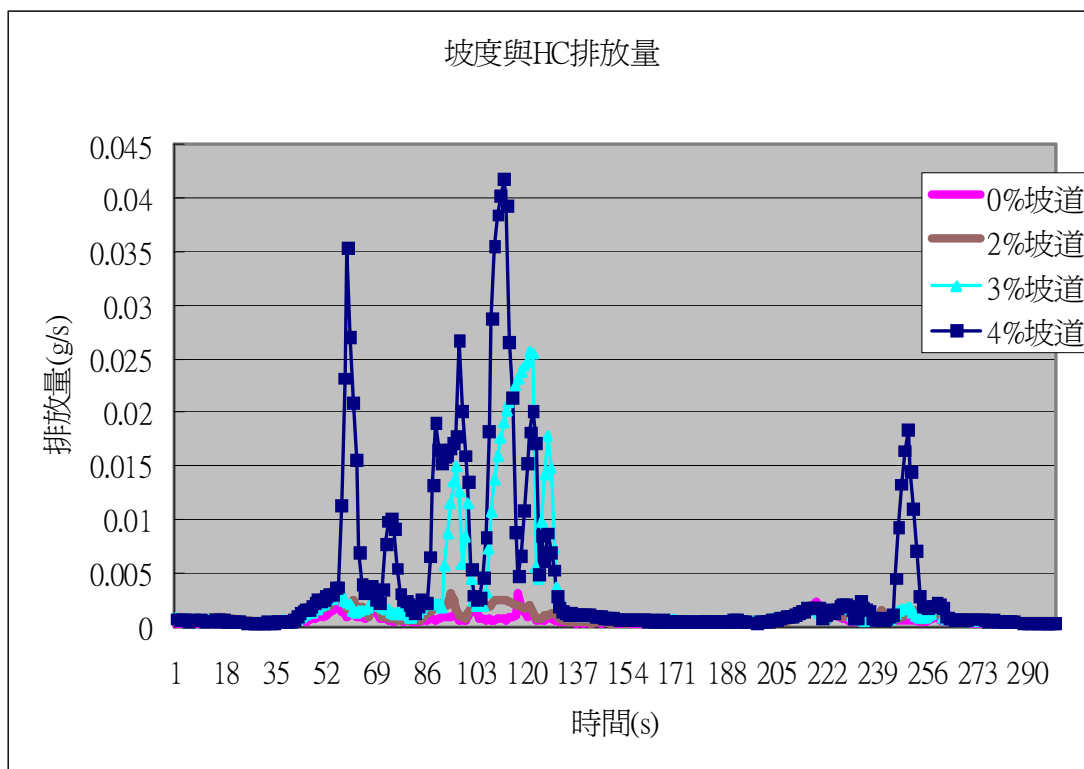
資料來源：本計畫。

圖 6.3.4 坡度與燃油經濟性對照圖



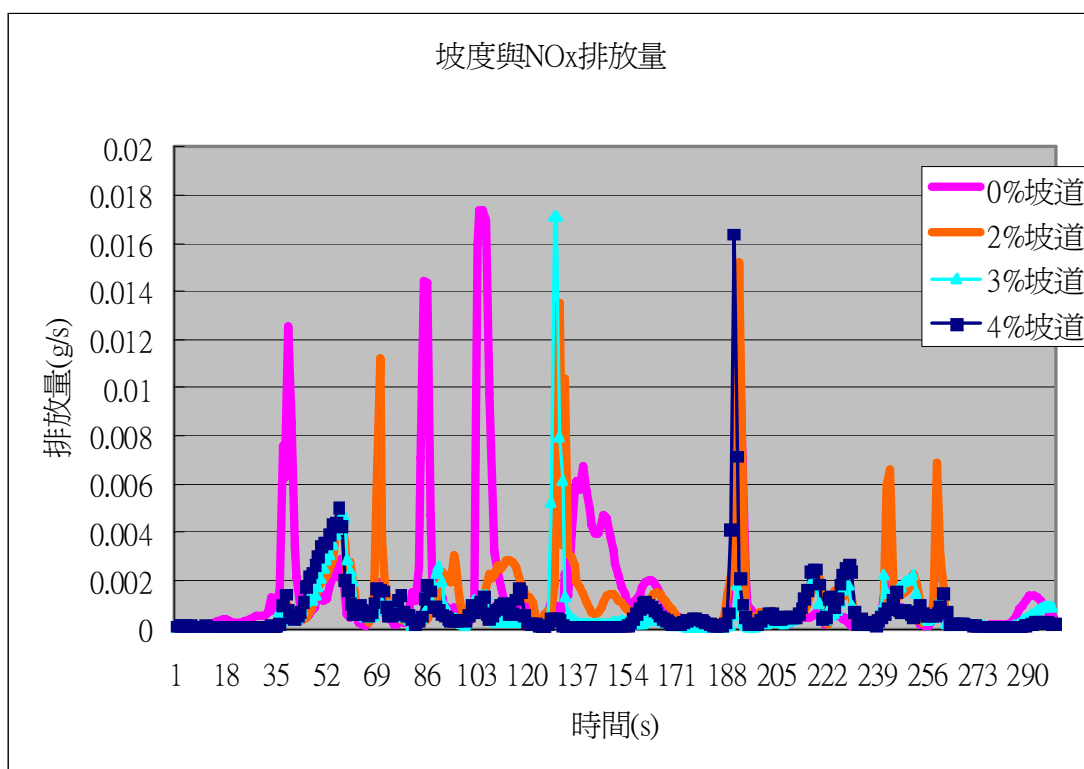
資料來源：本計畫。

圖 6.3.5 坡度與CO 排放量對照圖



資料來源：本計畫。

圖 6.3.6 坡度與HC排放量對照圖



資料來源：本計畫。

圖 6.3.7 坡度與NOx排放量對照圖

2. 變異數分析

#9 之變異數分析過程亦與#99 類似，分為變異數同質性檢定、ANOVA 分析以及事後筆記等三部分，其結果分述如下：

- (1) 同質性檢定：在#9 實驗中，所有坡度之間，車輛油耗與污排變異數皆有顯著之差異，亦即不符合同質性檢定。此一結果對於之後的變異數分析結果將會有所影響。
- (2) ANOVA 分析：#9 之 H_0 為「車輛行駛於各道路坡度的油耗與污排，平均值均相等」， H_1 則為「車輛行駛於各道路坡度的油耗與污排，平均值至少有一個不等」。因此，在 5% 的顯著水準下，若 F 值 $>$ F 臨界值時，則拒絕 H_0 。其分析結果如下表 6.3-10 所示，其結果顯示，車輛之油耗與所有污排，皆會受到坡度差異之影響而有所不同。

表 6.3-10 #9 ANOVA 之分析結果摘要

實驗編號	#9
檢定對象	坡度差異 (0%、2%、3%、4%)
FUEL	51.419
CO ₂	39.655
CO	146.221
THC	106.222
NO _x	22.211
F 臨界值	2.607

資料來源：本計畫。

(3) 事後比較結果：

下表 6.3-11 為#9 的事後比較結果彙整表，經過兩兩坡度之間的比較後可發現，除了 CO₂ 與 NO_x 的平均排放量有部分結果，無顯著差異之外，油耗與其於污染物的排放皆會受到坡度改變的影響，且坡度越陡，油耗與污排也越高。

表 6.3-11 #9 之事後比較表彙整

FUEL	0%	2%	3%	4%
0%				
2%	✓			
3%	✓	✓		
4%	✓	✓	✓	
CO ₂	0%	2%	3%	4%
0%				
2%	✓			
3%	✓			
4%	✓	✓		
CO	0%	2%	3%	4%
0%				
2%	✓			
3%	✓	✓		
4%	✓	✓	✓	
THC	0%	2%	3%	4%
0%				
2%	✓			
3%	✓	✓		
4%	✓	✓	✓	
NO _x	0%	2%	3%	4%
0%				
2%				
3%	✓	✓		
4%	✓	✓		

註：✓表示在5%的顯著水準下，兩坡度的平均值具有顯著差異。

資料來源：本計畫。

6.4 小結

本計畫透過對於各項能源消耗與污染排放之實驗結果，分別可得到下列之初步發現：

1. 道路類型對油耗與污排之影響(#99)

(1)根據各道路類型的排放與速度分布圖型發現，在五種污染排放物中，FUEL 與 CO₂ 隨速度改變之趨勢類

似，且 CO 與 THC 類似，而 NO_x 隨速度變化之趨勢，則與其他污染排放物有較明顯的差異。

- (2) 經由變異數檢定結果，對油耗與各污染物而言，五種道路型態間有顯著差異存在，並不滿足變異數同質性的假定，而這個結果會影響到事後比較的方法選定。
- (3) 由 ANOVA 分析與事後比較之結果，顯示車輛行駛於不同道路類型上時，除了 CLASS24 與 CLASS34 道路類型之外，其餘的各道路類型間，車輛的油耗平均值均具有顯著差異。
- (4) 由統計分析結果得知，在不同的速度下，各道路類型之能源消耗與污染排放變異數與平均值皆有顯著差異。亦即，各道路類型上車輛之能源消耗與污染排放，隨速度變化之樣本分布趨勢不同。
- (5) 本計畫採用創新構想，研究成果有別於以往僅以「單位距離」衡量能源消耗與污染排放的概念，而將速度的觀念放進來，使研究結果之表現方式，縱軸為單位時間之燃油消耗、污染排放物重量 (g/s)，橫軸為速度 (km/hr)。此與一般認知之能源消耗與污染排放特性，縱軸以單位距離之燃油消耗、污染排放物重量 (g/km) 的表現方式不同，不宜直接比較。二者單位間轉換結果分析說明，請參見附錄 2.7。

2. 法規測試對油耗與污排之影響(#5)

- (1) 國內三大都會區代表行車型態測試結果，HC、CO 及 NO_x 的每公里排放克數皆大於目前法規測試 FTP 及 EU 的測試結果，尤其又以 HC 及 CO 的差異最大。
- (2) 比較 FTP 市區、EU 市區、臺北、臺中及高雄代表行車型態的油耗測試，本計畫之測試結果與經濟部能源局民國 93 年所進行之測試結果相似，也足見行車型態的平均速度確實是影響油耗值的最大原因。

3. 車重差異之比較(R3)

(1) 與本實驗車之法規審驗數據相比，本計畫實驗車輛車重較法規車重增加 222 kg 狀況下，FTP 測試之燃油經濟性僅微幅降低 4.17 %。與文獻值相比，實驗車輛的燃油經濟性表現，較不受車重的影響。因此，各項能源消耗實驗數據，應仍可比對既有文獻或其他車輛的測試結果。

(2) 並無相關文獻可供比對車重影響排放特性的差異。本實驗結果顯示：各污染排放物皆受車重影響而增加，但受影響程度不同。

(3) 以上的分析均係簡單平均值的結果分析。下一年度應執行本實驗車輛之 #0 測試，並進一步分析車重對本計畫成果的具體影響。

4. 有無開頭燈、開空調對油耗與污排之影響(R6)

(1) 由測試結果得知，加開空調及頭燈之後，EU 測試 CO 及 HC 排放量明顯增加，NO_x 則無明顯增加。同時燃油經濟性降低，進行 EU 及 FTP 法規測試，燃油經濟性降低為原來的 87.70%~90.54%，市區與非市區測試結果降低比率相去不多。

(2) 由變異數檢定結果得知，有無開頭燈、開空調對於所測得的油耗、污染物，其變異程度有顯著之差異，其中以加開開頭燈、開空調的情況變異程度較大。

(3) 由平均值檢定結果得知，有無開頭燈、開空調僅對於 FUEL 與 CO₂ 之平均值有顯著之影響，且其差異又以 FTP 最為顯著。

5. 實際道路與實驗室之量測地點差異對油耗與污排之影響(R2)

(1) 各污染值除了少部分之路段外，實際道路所測得的污染大於實驗室的測試結果，其中 NO_x 排放的差異最小。

(2) 在燃油經濟性方面，實際道路測試結果皆小於實驗室

的測試結果，由於車輛於實際道路上行駛，道路與環境皆是不可控制之因素，可能影響測試結果。

- (3) 各道路類型的平均速度越快，實驗室與實車道路測試的結果越相近。
- (4) 由變異數檢定結果得知，實際道路量測結果之變異程度高於實驗室，其中又以 CO 的變異程度差距最大。
- (5) 由平均數檢定之結果與 N/V 圖型皆顯示，實際道路量測結果之平均值比較高於實驗室，此結果與文獻回顧結果相似，即車載量測儀器於實際道路上所測得之數據，會高於車輛於實驗室底盤動力計上所量測之結果，這是由於實驗室無法完全掌控實際道路上，所有影響車輛能耗與污染排放之因素而造成。
- (6) 考量本年度僅執行一部車之實驗，無法確認 #99 道路實驗結果之穩定度或普遍性，因此僅就 R2 做初步分析，尚未分析 R5，應於後續年度確認 #99 結果之穩定與普遍性後，分析 R5。

6. 坡度差異對油耗與污排之影響

- (1) 坡度與燃油經濟性成二次曲線關係，因為坡度的影響使 CO 的排放在 3% 坡後急速增加，甚至超過儀器可分析之範圍。HC 也有相同的情況惟增加幅度不如 CO 來的大，NO_x 則是呈現相反趨勢，較濃的油氣抑制了 NO_x 的生成。
- (2) 車輛之油耗與其於污染物的排放皆會受到坡度改變的影響，且坡度越陡，油耗與污排也越高。

7. 速度對油耗與污排之影響

- (1) 本計畫以判定係數為參考依據，綜合所有實驗中油耗與污排各方程式之結果，以速度為自變數，建立出適配情形較佳的油耗與污排推估方程式。其中，CO 與 THC 採用指數方程式，而 FUEL 與其餘污排皆用速度的一元三次方程式。

(2) 由以上所述之推估方程式判定係數可知，速度對於大部分實驗之 FUEL、CO₂、CO 與 THC 等皆有 7 成以上的解釋能力，而 NO_x 是目前所有推估方程式中，速度之解釋能力最差的一種污染排放物。

8. 不同收費方式之速度對於能耗與排放之影響分析

(1) 由車輛進站前後的汙排重量差異來看，雖然各汙染之瞬間最大排放量(g)相當，但由進站後 200 公尺內之排放總量來看，人工收費方式之 CO 排放總量會高於電子收費，初步推論，此乃受到車輛加速行為差異影響之結果。

(2) 由車輛進站前後的油耗差異來看，電子收費與人工收費的油耗變化範圍相當，而其受車速之影響程度，則必須再進一步以統計檢定等方式做更深入的探討。

第七章 結論與建議

7.1 本年期研究結論

7.1.1 本計畫目的與相關計畫之關聯性

本計畫係屬先導型研究 (pioneer study)，由運輸規劃角度出發，建構運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯性，發展一套整合性評估架構。藉由調查分析車輛之能耗、空污相關特性參數，以建立公路運輸之能耗與排放模式，納入運輸規劃評估作業之中，以使運輸系統方案評選過程中，能將永續發展相關指標，如能耗、空污等，納入考量。

本計畫之研究結果，將與「交通建設計畫經濟效益評估作業之研究」一起共同作為評估計畫永續性、經濟效益等的基礎，以協助計畫審議決策。同時，本計畫與「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究」(以下簡稱「車輛使用模式」)，和「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立」(以下簡稱「溫室氣體案」)等三計畫，共同組成了本所「能源領域科技計畫」。三者之中，本計畫係以道路實驗之動態測試為主，建立各種道路類型的能源消耗、污染排放對應曲線。車輛使用模式則以問卷調查為主，建立私有車輛(汽機車)之持有、移轉與使用模式，其研究成果可作為本計畫遴選測試車輛之參考。溫室氣體案則以大型商用車隊盤查為基礎，運用 MOBILE 模式探討相關政策影響。

7.1.2 車輛動靜態特性與能源消耗、污染排放之關聯分析

根據文獻及國內現況資料之蒐集分析，綜合歸納：車輛能源消耗與污染排放特性，所受影響因素繁多。可以四種類型區分：

(1) 靜態影響因素：車輛本身(油品與新技術的應用、引擎容量、車重等)、車輛使用與持有(車齡、累積行駛里程等)；(2)

動態影響因素：駕駛行為；(3) 動態影響因素：運輸系統供需特性（平均速度、速度變異程度、車輛運轉狀態、道路等級、道路設計、交通量等）；(4) 外部環境（如溫度等）。

7.1.3 運輸規劃與能源消耗、污染排放整合模式之研擬

近年來，國內已經仿效國外作法，建立車輛能源消耗、污染排放之法定測試程序及行車型態，並且在實驗室中進行測試。同時，為瞭解我國實際使用中車輛之能耗、污染特性，與法定測試結果的差異，亦透過實驗室測試，建立諸項修正係數：道路與實驗室測試差異、空調使用與否、定期保養前後、使用里程數多寡、年份新舊、載重變化、行車型態差異等。亦已建立臺灣地區排放資料庫（TEDS），及本土 MOBILE-Taiwan 模式及修正參數，以推估運輸部門溫室氣體排放總量。

國外推估模式則更為多元，除了我國參照之環保部門總量推估模式 MOBILE 之外，還包括：傳統污染排放推估模式、車輛操作之引擎負荷模式、運輸規劃整合模式、微觀車流整合模式、生命週期模式等。2001 年前後，美國開始發展新一代的綜合型模式 MOVES，可因應評估目的，提供巨觀、中觀及微觀的分析，並以車載量測系統所蒐集之資料，建立所需資料庫。MOVES 模式將會含括所有移動（包含運輸工具）與非移動（例如車輛製造工廠之排放）污染源的計算，納入生命週期模式、運輸規劃整合模式、微觀車流整合模式等模組，以因應使用者需求的差異。

分析國內外既有模式可知：由於各研究模式目的不同，推估能源消耗與污染排放時所使用的輸入參數、搭配之運輸規劃需求模式等，均有所差異。為建構運輸行為與能源消耗、污染排放之綜合評估架構，以提供運輸規劃評估使用，本計畫提出之評估架構，係以道路類型、行駛速度及延車小時為計算基礎。經由道路實驗建立各種道路類型之能耗、污染排放曲線（以速度為參數），運用運輸需求模式輸出之各道路類型、各速度條件下之路段延車小時，計算各路段能耗與污染排放總量；最後再加上冷車啟動之

能耗、污染排放量，可得到整體公路系統之能耗、污染排放總量。

7.1.4 能源消耗、污染排放特性參數之調查結果分析

依據此一評估架構，本計畫設計今年度之各項實驗調查，取得 140,644 筆道路實驗數據，及 61,543 筆實驗室實驗數據；所建立之資料庫共計有 202,187 筆資料可供分析。依據本年度實驗設計與調查資料統計分析，本計畫得到以下初步發現，作為後續年度接續研究之基礎。

1. 車輛之能源消耗、污染排放特性

- (1) 綜合道路實驗與實驗室實驗的排放與速度分布圖型發現，在五種污染排放物中，FUEL 與 CO₂ 隨速度改變之趨勢類似，且 CO 與 THC 類似，而 NO_x 隨速度變化之趨勢，則與其他污染排放物有較明顯的差異。因此，可能可以速度為主要解釋變數，以同一組方程式推估 FUEL 與 CO₂；另一組方程式推估 CO 與 THC；但 NO_x 則可能需要單獨處理。

2. 道路類型對油耗與污排之影響

- (1) 根據道路實驗，各道路類型的排放與速度資料，經由變異數檢定結果顯示：對油耗與各污染物而言，五種道路型態間有顯著差異存在，並不滿足變異數同質性的假定。因此，車輛行駛於不同道路類型，其能源消耗與污染排放特性會有所不同。
- (2) 本年度數據由 ANOVA 分析與事後比較之結果，顯示車輛行駛於不同道路類型上時，除了 CLASS24(省道低干擾 2 車道)與 CLASS34(縣道低干擾 2 車道)道路類型之外，其餘的各道路類型間，車輛的油耗平均值均具有顯著差異。

3. 法規測試對油耗與污排之影響

- (1) 國內三大都會區代表行車型態測試結果，HC、CO 及

NO_x 的每公里排放克數皆大於目前法規測試 FTP 及 EU 的測試結果，尤其又以 HC 及 CO 的差異最大。因此，我國環保部門使用 MOBILE 模式，以法規 FTP 測試結果為基礎，進行污染排放總量推估時，會有低估的可能性；且不同污染物的低估程度不同。

- (2) 比較 FTP 市區、EU 市區、臺北、臺中及高雄代表行車型態的油耗測試，本研究之測試結果與經濟部能源局民國 93 年所進行之測試結果相似，也足見行車型態的平均速度確實是影響油耗值的最大原因。亦即，必須建構各地區行車型態並定期修正，才能有效推估公路系統的能源消耗。

4. 有無開頭燈、開空調對油耗與污排之影響

- (1) 由測試結果得知，加開空調及頭燈之後，EU 測試 CO 及 HC 排放量明顯增加，NO_x 則無明顯增加。同時燃油經濟性降低，進行 EU 及 FTP 法規測試，燃油經濟性降低為原來的 87.70%~90.54%，市區與非市區測試結果降低比率相去不多。
- (2) 由變異數檢定結果得知，有無開頭燈、開空調對於所測得的油耗、污染物，其變異程度有顯著之差異，其中以加開頭燈、開空調的情況變異程度較大。
- (3) 由平均值檢定結果得知，有無開頭燈、開空調僅對於 FUEL 與 CO₂ 之平均值有顯著之影響，且其差異又以 FTP 最為顯著。
- (4) 綜合以上結果顯示：開頭燈、空調之行駛狀態，會降低車輛的燃油經濟性，並增加排放；且在不同行車型態下，開頭燈空調對能耗、污染特性的影響程度，並不一致。

5. 實際道路與實驗室之量測地點差異對油耗與污排之影響

- (1) 各污染值除了少部分路段外，實際道路所測得的污染大於實驗室的測試結果，其中 NO_x 排放的差異最小。

- (2) 在燃油經濟性方面，實際道路測試結果皆小於實驗室的測試結果，由於車輛於實際道路上行駛，道路與環境皆是不可控制之因素，可能影響測試結果。
- (3) 各道路類型的平均速度越快，實驗室與實車道路測試的結果越相近。
- (4) 由變異數檢定結果得知，實際道路量測結果之變異程度高於實驗室，其中又以 CO 的變異程度差距最大。
- (5) 由平均數檢定之結果與 N/V 圖型皆顯示，實際道路量測結果之平均值比較高於實驗室，此結果與文獻回顧結果相似，即車載量測儀器於實際道路上所測得之數據，會高於車輛於實驗室底盤動力計上所量測之結果，這是由於實驗室無法完全掌控實際道路上所有影響車輛能耗與污染排放之因素而造成。
- (6) 因此，實際道路與實驗室之量測地點差異，對於車輛之能源消耗、污染排放特性的影響，可能會隨道路類型、行駛速度而有所不同。

6. 坡度差異對油耗與污排之影響

- (1) 坡度與燃油經濟性成二次曲線關係，因為坡度的影響使 CO 的排放在 3% 坡後急速增加，甚至超過儀器可分析之範圍。HC 也有相同的情況，惟增加幅度不如 CO 來的大，NO_x 則是呈現相反趨勢，較濃的油氣抑制了 NO_x 的生成。
- (2) 車輛之油耗與其於污染物的排放皆會受到坡度改變的影響，且坡度越陡，油耗與污排也越高。

7. 速度對油耗與污排之影響

- (1) 本研究以判定係數為參考依據，綜合所有實驗中油耗與污排各方程式之結果，以速度為自變數，建立出適配情形較佳的油耗與污排推估方程式。其中，CO 與 THC 採用指數方程式，而 FUEL 與其餘污排皆用速度的一元三次方程式。

(2)由以上所述之推估方程式判定係數可知，速度對於大部分實驗之 FUEL、CO₂、CO 與 THC 等皆有 7 成以上的解釋能力，而 NO_x 是目前所有推估方程式中，速度之解釋能力最差的一種污染排放物。

8. 不同收費方式之速度對於能耗與排放之影響分析

(1)由車輛進站前後的污排重量差異來看，雖然各污染之瞬間最大排放量(g)相當，但由進站後 200 公尺內之排放總量來看，人工收費方式之 CO 排放總量會高於電子收費，初步推論，此乃受到車輛加速行為差異影響之結果。

(2)由車輛進站前後的油耗差異來看，電子收費與人工收費的油耗變化範圍相當，而其受車速之影響程度，則必須再進一步以統計檢定等方式做更深入的探討。

7.2 第 2 年期計畫執行構想建議

7.2.1 研究重點

本研究為先導研究之第 1 年期，以建構一套運輸行為與能源消耗、污染排放之綜合評估架構，提供運輸規劃方案評估之參照。目前已完成以單 1 實驗車輛，測試 5 種道路類型的道路實驗，以及對應之實驗室實驗，建立一超過 20 萬筆數據之資料庫。根據道路實驗調查所得數據，建構出一組方程式，作為不同道路類型之能源消耗與污染排放曲線。同時，運用實驗室實驗，檢測法規測試、有無開頭燈空調、實際道路與實驗室之量測地點差異、坡度差異等的影響。

本年度各項研究成果顯示：本計畫提出之綜合評估架構，具備可操作性，並能夠針對運輸系統供需特性變化，提供具有敏感性的分析結果。然而目前所建構的模式與相關參數，僅係一部實驗車輛之統計分析結果。由於車輛之能源消耗、污染排放特性，

深受車輛靜態因素之影響，包括：排氣量、保養頻率、保養前後、已使用里程、車輛使用狀況、技術提昇、慣重等。故單一車輛所建構之關聯模式，可能無法推廣應用至其他車輛。因此，後續年度的研究重點之一，在於針對使用不同車型，驗證目前所建構之關聯模式之穩定性。

另外，本年度測試之五種道路類型，為運輸系統中公路網的重要部分；以道路長度計算 (KM)，含括 27.82% 之模式路網長度，以模式推估運量計算 (PCU-KM)，可應用於 51.68% 的路網指派量。但要完整推估公路系統之能源消耗、污染排放情況，仍需要進一步建立其他道路類型的關聯模式。此為後續年度的研究重點之二。

第三，在實驗室實驗部分，深受計畫進度、資源配置等之影響，本年度所能執行之實驗相當有限。同時，實驗設備所需之電池續航力，制約道路實驗路線設計；以及設備所需之標準氣體，需要由日本進口，故在耗用數量估算、成本控制及進口日期掌握等，均將影響實驗室測試時程。以上有關於實驗設備應用層面的限制，需於後續年度優先克服。另外，如何規劃適當之實驗室實驗，考量計畫執行進度、經費資源配置等，挑選具有關鍵性項目，優先執行。則為後續年度的研究重點之三。

最後，受限於研究期間有限，本年度在資料分析與關聯模式建構上，採取重點分析策略，以取得初步成果。以既有資料庫之運用而言，在統計檢定、關聯模式方程式型態、關聯模式解釋能力等項目上，仍有可深入探討、精進之處。此應為後續年度的研究重點之四。以下簡要說明後續研究之重點方向。

7.2.2 實驗車輛選擇

本年期研究中，考量國內從未有使用車載取樣分析設備進行道路實驗之經驗，為了便於設備的安裝、操作與維護，實驗車輛採用 5-7 人座之廂型車，以得到足夠之空間。然而市面上 5-7 人座之廂型車多為排氣量 1,801CC 以上，但國內 51.5% 的主要車種

排氣量為 1,201~1,800CC 之間，次為 1,801~2,400CC 占比 35.7%，導致本年期所選用的 2,400CC 實驗車輛，恐有無法代表主流車種特性之虞。

為了使測試結果更符合國內車輛使用現況，本研究可考慮在研究經費許可條件下，於後續年度陸續新增 1~2 輛實驗車，優先考慮排氣量為 1,201~1,800CC 間車輛，且必需擁有足夠之空間架設車載取樣分析設備。由於近年來油價逐漸上漲，各車廠在推出新車時皆強調其油耗，也因此市面上已出現排氣量較低之廂型車可供選擇，因此本研究仍將以廂型車為優先選擇，其次為 4 人座小汽車，期望能驗證不同車種間之差異。

同時，本次試驗用車，由於無配置 OBD 裝置，係輔以 GPS 來取樣，未來如考量進入長隧道時，由於 GPS 受到屏障干擾，無法擷取車速訊號時，應需直接可利用車上 OBD 設備進行，因此，未來車輛選定上，除選定市場上較有代表性之車型種類外，並須有 OBD 裝置且兼顧考量車載設備搭載及相關耗材置放，避免選定車型空間上無法滿足測試要求。

7.2.3 道路實驗路線設計構想

本年度分析的五種道路類型，屬於路網長度及運量上，較重要的道路類型。但要比照本年度的實驗方法，進一步建立其他道路類型的關聯模式時，必須考量實驗難易度及效益，挑選合適之道路類型，優先進行實驗路線的設計。因為，在模式中，部分道路類型道路長度及指派交通量均甚低，執行實驗的效益不高；例如：Class 44(鄉道低干擾 2 車道)，僅有 9.5 km 長度，占比 0.08%；指派交通量僅為 108,905 pcu-km，占總路網比例僅及 0.07%。又如，部分道路類型集中於特定地區，執行實驗的困難度甚高；例如，Class 21 為山區道路，與實驗車輛及設備所需之補給中繼站區位相距甚遠，執行實驗的困難度相當高。

由於在測試過程中需要對設備進行檢查與校正，連續測試數天後，需要進行設備保養與檢查，外部補給及保養較為不便，對

於實驗設計上需考量測試天數。同時，為控制實驗變數，測試車之油料必須為同一批經化驗後之油料及耗材補給與人員休息的需要，必須設置中繼點，但考量到油料存放的安全性，不易設置中繼點。後續年度道路實驗之路線設計，亦必須考量油料補給之置放地點。

考量以上因素，後續納入研究調查之道路類型，初步篩選可能包括：省道（Class21 山區 1 車道、Class23 低干擾 1 車道）、縣道（Class33 低干擾 1 車道）、鄉道（Class43 低干擾 1 車道）、市區道路（Class53 高干擾）等。另外，考量本年度研究成果，後續年度是否應再重覆針對重要道路，進行實驗，亦需要考量。例如國道(Class 1)及快速道路(Class11)，這兩類道路類型是否要於後續年期再加以實驗，分別考量如下：

1. Class11

本年期之測試結果較不理想，原因在於：

- (1) 國內大多數快速道路車流量低，服務水準良好，不易測得低速資料。
- (2) 臺北市建國高架道路為快速道路中車流量較高者，但其路線長度較短，每次行駛所能得到之樣本數有限。
- (3) 測試快速道路時多為雨天。

因此本研究將於第 2 年期實驗設計時，蒐集國內各快速道路最新交通調查資料，尋找除臺北市建國高架道路之外可取得低速行駛資料之快速道路，若無合適路段可供實驗，則對建國高架道路再次進行實驗，或研擬是否可用其餘道路類型之模式取代之。

2. Class 1

而就速度與排放方程式推估結果而言，國道(Class1)的速度對部分污染物的解釋能力較低，是否因為不同地區之國道具有不同的特性造成此現象，需要更進一步的分析。若能推論不同地區之國道具有相同的特性，那麼第 2 年期的路線可省略國道部分，本研究將視進一步分析結果而定。

7.2.4 實驗室實驗設計構想

依據本年度經驗，以及研究需要，初步提出後續實驗室實驗之設計構想。未來應視計畫執行進度、經費資源配置等，挑選具有關鍵性項目，優先執行。

- 實驗室動力計測試<Type 2>依車型選用市售油品（經化驗）

- #0 法規型態測試【1 輛* FTP 型態 3 次】

註：包含冷、熱起動三階段方式測試

- ◆ 執行#0 行車型態污染/油耗測試，依據「FTP 75」測試方法，使用市售 95 無鉛汽油進行污染/油耗測試，重複 3 次，共進行 3 車次測試工作。

- #7 現行法規型態測試

註：不含開啟空調及頭燈，並以法規車重測試

- ◆ 現有國內外行車型態污染油耗測試【選取不同車型之車輛，依據實驗需要之法規行車型態測試方法，使用 95 無鉛汽油進行污染/油耗測試】每種型態重複 3 次。

- 實驗室動力計測試<Type 3>依車型使用市售油品（經化驗）

- #8 實際道路所轉換之曲線

註 1：每組區分為 15 分鐘之型態。

註 2：使用熱起動方式測試

- ◆ 依據實際道路轉換之行車型態曲線，進行污染/油耗測試，每種型態重複 3 次測試工作。

7.2.5 關聯模式分析研究方向

以下根據建置推估方程式以及各項檢定的過程中，所發現之相關問題，提出後續研究的相關建議。

一、運用既有資料庫改進關聯模式，及與其他研究成果之驗證比較

1. 嘗試其他的推估方程式

根據目前既有的實驗數據，目前已建置之油耗與各污排推估方程式中，除了 CO 與 THC 之外，其餘的污排與油耗皆由速度的三次方程式來推估。但為了考慮迴歸係數正負號的一致性，除了#99 與#9 有保留常數項之外，其它實驗的推估方程式，皆有強迫其常數項為 0 的情況發生，此與 N/V 圖型的結果有所出入。因此，建議下一年度中，可考慮嘗試其他形式的推估方程式(如指數)，以使推估方程式能更逼近於真實的油耗與污排情況。

2. 嘗試其他統計分析方式

在進行變異數分析前，必須先確認資料是否符合同質性檢定。在各組樣本數相等時，由於變異數分析具有強韌性(robustness)，因此，此時是否違反同質性檢定，對於變異數分析的結果影響較小，故#5、#7 與#9 之變異數分析結果，錯誤機率應不大。

反之，若各組樣本數不相等時，無法通過同質性檢定，則有可能造成變異數分析結果錯誤，此時，則必須將原始資料經過轉換，以使其符合變異數同質性條件。然而，在嘗試將#99 的原始資料轉換後，仍無法符合同質性檢定，且樣本數差距懸殊，對於接受或拒絕虛無假設的影響很大。

因此，後續可考慮針對樣本數較少之道路類型進行補測，或由樣本數較多的道路類型中隨機抽樣，使各道路種類的樣本數差距縮小，以降低變異數分析結果錯誤的機率。

3. 與 MOBILE-Taiwan 之推估方程式比對

目前使用中的 MOBILE-Taiwan，亦有針對車輛在不同行駛速率下的油耗與污染排放推估值，因此，建議下年度可根據此推估值，找出 MOBILE-Taiwan 的推估方程式，並將本計畫所建構之推估方程式與 MOBILE-Taiwan 之推估式相互對照，以比較兩者

之間的異同處與優缺點。

4. 進行各實驗間的各项關係比較

由現階段各實驗之推估方程式建構過程中得知，速度確實對於車輛燃油消耗與污染排放有一定的解釋能力。此外，統計相關檢定知結果也已顯示，「有無開頭燈與開空調」、「實際道路與實驗室量測差異」、「道路類型差異」、「法規測試差異」以及「坡度」等因素，對於車輛能源消耗、污染排放有顯著之影響。

因此，建議下一年度可延續之研究項目與步驟如下：

(1) 鄒檢定(Chow test)

- ①. 對#5/#7 進行兩兩推估方程式之鄒檢定：若#5 與#7 可用同一推估方程式來解釋，則 R6 與速度則無關係，為一定值，因此兩實驗間可僅用一係數轉換即可；但若無法證明兩條推估方程式相同，則此 R6 關係將隨速度的改變而有所不同，可進一步確認 R6-V 之關係。
- ②. 對#8/#99 進行兩兩推估方程式之鄒檢定：由根據鄒檢定之結果，可更進一步確認 R2-C/V 之關係。
- ③. 對#99 之推估方程式進行鄒檢定：根據#99 的事後比較結果可知，大部分的種道路類型之間，油耗與污排確實存在差異性，且油耗與污排可能與速度有關。因此，我們可透過目前所建構之方程式，進一步進行鄒檢定，探討不同的兩兩迴歸式係數間，是否有顯著差異，若各道路類型間均具有顯著差異，則可顯示不同的道路類型應具有不同的推估方程式；反之，則可將兩種道路類型視為同一種，僅以一條推估方程式代表即可，以簡化未來運輸規劃模式應用時之不便。

(2) 求取法規測試與實際道路量測轉換係數(R5-C): 找出各道路類型與各法規測試之間的轉換係數。

二、 增補資料，以確認關聯模式之穩定性

今年度坡度實驗(#9)，僅嘗試性的將 CLASS24 中的一小段 pattern，複製進實驗室，因此，在建構推估方程式時發現，大多數的係數檢定結果皆為不顯著，速度對於油耗與污排的解釋能力，皆明顯小於其他實驗，因此，建議增加本實驗之樣本數，以更明確地找出各坡度下，油耗、污排與速度之相對關係。

参考文献

1. Air Resources Board and Department of Consumer Affairs/Bureau of Automotive Repair, September. (2005). April 2004 Evaluation of the California Enhanced Vehicle Inspection and Maintenance (Smog Check) Program, Report to the Legislature, submitted by Air Resources Board and Department of Consumer Affairs/Bureau of Automotive Repair, September 2005.
2. Barth et al. (2005), Development of a Heavy-Duty Diesel Model Emissions and Fuel Consumption Model, Paper UCB/ITS/PRR/2005/1, University Of California, Berkeley.
3. Barth, Matthew J. and Norbeck, Joseph M. (1996), Transportation Modeling for the Environment: Final Report, California PATH Research Report: UCB-ITS-PRR-96-6.
4. Boulter et al. (2006), OSCAR : On-board Emission Measurements in Central London, TRL Report: UPR/IE/034/06.
5. Brady, Mike. (2000), Transportation Air Quality Conformity Modeling in Sacramento and San Joaquin Valleys, UC-Davis-Caltrans Air Quality Project, the California Department of Transportation.
6. Argonne National Laboratory. (2004) Development and Use of GREET 1.6 Fuel-Cycle Model for Transportation Fuels and Vehicle Technologies. (2004) Argonne National Laboratory.
7. European Environment Agency. (2000) COPERT III Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport. Technical Report No 49 (2000) European Environment Agency.
8. Ericsson, Eva. (2001), Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors, Transportation Research Part D 6.
9. Watson, Harry C. (1995) Effects of a Wide Range of Drive Cycles on the Emissions from Vehicles of Three Levels of

Technology, SAE paper 950221.

10. Hung, W.T. and Tong, H.Y. (2000), Review of Vehicle Emissions and fuel Consumption Modeling Approaches at Signalized Road Network, Proceedings of the 5th Meeting of Hong Kong Society for Transportation Studies, 2 December 2000, Hong Kong, pp234-239,(2002).
11. Koupal, J.; Michaels, H.; Cumberworth, M.; Bailey, C.; Brzezinski, D.(2002) EPA's Plan for MOVES: A Comprehensive Mobile Source Emissions Model. Proceedings of the 12th CRC On-Road Vehicle Emissions Workshop, San Diego, CA, April 15-17.
12. Koupal, John. (2003) Emission Analysis Approach for EPA's Multi-scale Motor Vehicle & Equipment Emission System (MOVES), 13th CRC On-Road Vehicle Emissions Workshop, April 7-9, 2003.
13. Lindhjem et al. (2004), Analysis of EPA's Draft Plan for Emission Modeling in Moves and Moves GHC, ENVIRON International Corporation.
14. Andre, Michel. (1995) Driving Cycles for Emission Measurements Under European Conditions, SAE paper 950926.
15. Nam, Edward K. et al. (2003), A Comparison of Real-World and Modeled Emission Under Conditions of Variable Driver Aggressiveness, the 82rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January 2003.
16. Nesamani, K.S. and Subramanian, K.P. (2005), Impact of Real-world Driving Characteristics on Vehicular Emissions, [http://repositories.cdlib.org/its/path/reports/UCB-ITS-PRR-2005-1/\(96/6/26\)](http://repositories.cdlib.org/its/path/reports/UCB-ITS-PRR-2005-1/(96/6/26)).
17. Qiao, F.; Yu, L. and Vojtisek-Lom, M. (2005), On-road Vehicle Emission and Activity Data Collection and Evaluation in Houston, Texas, In Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board, No.1941, Transportation

Research Board of the National Academies, Washington, D.C., PP.60-71.

18. Jounmard, R. (2000) Influence of Driving Cycles on Unit Emissions from Passenger Cars, Atmospheric Environment 34.
19. Rakha, H. et al. (2004), Emission Model Development Using In-vehicle On-Road Emission Measurement, the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January (2004).
20. Rakha, Hesham; Ahn, Kyoungcho; and Trani, Antonio. (2003), Comparison of MIBILE5A, MOBILE6, VT-MICRO, and CMEM Models for Estimating Hot-Stabilized Light-Duty Gasoline Vehicle Emissions, Canadian Journal of Civil Engineering, 30(6), PP.1010-1021.
21. Rilett, Laurence R. et al. (2004), Portable Emission Measurement Systems: Lessons Learned, the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January (2004).
22. Kruse, Ronald E. and Huls, Thomas A. (1973) Development of the Federal Urban Driving Schedule, SAE paper 730553.
23. State of California Air Resources Board. (1996) Mobile Source Emission Reduction Credits, Guidelines for the Generation and Use of Mobile Source Emission Reduction Credits, February (1996) State of California Air Resources Board.
24. State of California Air Resources Board. (2006) Public Workshop to Discuss Revisions to the Voluntary Accelerated vehicle Retirement Regulation, May 30, (2006) State of California Air Resources Board.
25. California Air Resources Board. (2006) Updates of the Voluntary Accelerated vehicle Retirement Regulation and Guidelines for the Voluntary Accelerated vehicle Retirement Program, Concepts for June 29, (2006) Workshop State of California Air Resources Board.

26. US Department of Energy (DOE). (2001) The Transportation Sector Model of the National Energy Modeling System, Model Documentation Report, (2001) US Department of Energy (DOE).
27. Assessing the Emissions and Fuel Consumption Impacts of Intelligent Transportation Systems (ITS), EPA Report no. 68-W6-0055 and 68-W4-0041, (1998) US Environmental Protection Agency.
28. Wayson, Roger L. and Kim, Brian Y (2000), Development of a Modal Emissions Model Using Data from the Cooperative Industry/Government Exhaust Emission Test Program, A paper presented to the Air & Waste Management Association, 93th Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, June 18-22.
29. Hung, Wing-Tat (2005) Comparison of driving characteristics in cities of Pearl River Delta, China, Atmospheric Environment 39.
30. Worsley, Tom. (2007), Managing Urban Traffic Congestion, OECD PUBLICATIONS.
31. 工業技術研究院機械所研究報告，「EGR 系統零件測試」，2001。
32. 中鼎公司，「OBILE-Taiwan 推估模式」，1989。
33. 交通部運輸研究所，「日本、新加坡機動車輛稅費結構與配合之管制措施考察報告」，2001。
34. 交通部運輸研究所，「能源消耗、污染排放與車輛使用之整合關聯模式研究(1/3)」(期末報告初稿)，2007。
35. 交通部運輸研究所，「國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究(1/4)」，2005 年 9 月。
36. 交通部運輸研究所，「運輸部門能源與溫室氣體資料之構建與盤查機制之建立(1/3)-探討運輸部門政策對溫室氣體排放量之影響」(期末報告初稿)，2007。
37. 交通部運輸研究所、亞聯工程顧問股份有限公司合作辦理，

- 「交通部運輸研究所智慧型運輸系統 (ITS) 對節約能源及減少溫室氣體排放之效益評估」(第一年期)，2005。
38. 行政院環境保護署，「91 年度淘汰堪用高污染老舊汽機車補助審查專案工作計畫研究報告」，2001 年 12 月 30 日。
 39. 行政院環境保護署，「94 年度使用中汽車排氣定檢管理規劃及系統整合作業專案工作計畫期末報告」，2005 年 12 月。
 40. 行政院環境保護署，「95 年度使用中汽車排氣定檢管理及系統整合作業專案工作計畫工作進度報告」，2006 年 5 月。
 41. 李堅明等，「運輸部門能源消費調查研究」，經濟部能源委員會，1999。
 42. 李堅明等，「運輸部門能源需求預測之研究」，由交通部運輸研究所委託財團法人臺灣綜合研究院辦理，2003。
 43. 財團法人工業技術研究院，「車輛耗能效率提升研究計畫」，經濟部能源委員會，2001、2002。
 44. 張靖，「旅次長度與使用冷氣對市區行車耗油影響之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，1988。
 45. 郭彥廉，「空氣污染移動源管制政策之成本有效性分析」，國立臺北大學資源管理研究所碩士論文，2000。
 46. 陳君杰，「汽機車行車型態與其污染排放及油耗之研究：以臺北都會區為例」，國立交通大學交通運輸研究所博士論文 1996。
 47. 彭伯鈞，「都會區機車行車型態與空氣污染物排放特性之調查」，國立成功大學環境工程學系碩士論文，2003。
 48. 曾國雄等，「運輸能源之研究」，交通部運輸研究所，1987。
 49. 經濟部能源局，「車型耗能證明核發資料」，2005 年 3 月～2006 年 3 月。
 50. 鄧金地，「臺北都會區小型汽車與機車行車型態之研究」，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，1996。
 51. 蕭再安，「建立運輸部門車輛耗能預測與評估模式(一)(二)」，財團法人工業技術研究院專題研究計畫成果報告，2003～2004。

附錄 1 道路實驗相關說明

附錄 1. 1 車載量測設備說明

附錄 1. 2 實驗路線前試跑情形

附錄 1. 3 實車道路實驗日誌

附錄 1.1



HORIBA
Explore the future

On-Board Emissions Measurement System
OBS-2000 Series

World-wide Standard

Compact Test System for Advanced On-Road Emissions Measurement

With New Test Methods

PEMS Project + **NTE** Calculation

Explore the future **HORIBA**

The advertisement features a background image of a red sports car driving on a road, with a city skyline in the distance. A large, stylized blue circular graphic with arrows is positioned in the center. The HORIBA logo is at the top left, and the OBS-2000 Series title is at the top right. A laptop and the OBS-2000 Series unit are shown in the middle right. A circular seal on the left mentions 'HORIBA is responsible for the development of the system'. The bottom of the ad has the slogan 'Explore the future' and the HORIBA logo.

Need to know more about on the road exhaust emissions?

Real-world emissions measurements in variable environments:

City-traffic to on-highway conditions, mountains to the sea, ever changing weather conditions

HORIBA developed the OBS-2000 Series on-board emission measurement system in response to new requirements for exhaust emissions measurement from vehicles being driven on public roads.

This development has been made possible by reducing the dimensions and power consumption of laboratory grade analyzers and ensuring that the system components have excellent vibration resistance.

The OBS-2000 Series continuously measures not only the concentration of CO, CO₂, THC and NO_x, but also measures exhaust flow rate and A/F ratio to calculate mass emission and fuel economy.

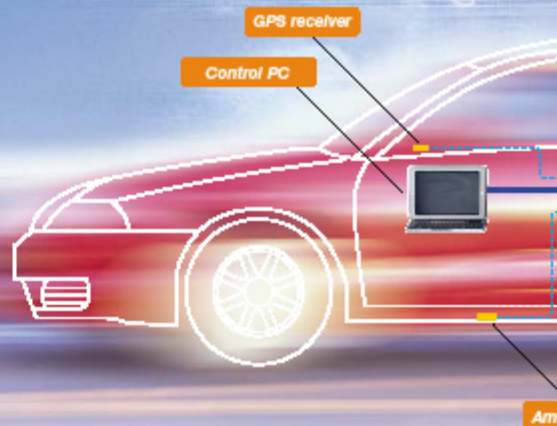
In addition, the OBS-2000 Series provides the user with additional information by also recording with the real-time emissions data parameters such as global position, OBD information and driving conditions.

The OBS-2000 Series is now available in a compact system with reduced dimensions, low power consumption and excellent vibration resistance. As the world market leader in emissions measurement, HORIBA is proud to announce this groundbreaking advance that heralds the transition from the laboratory to the real-world.

System Components



OBS-2000 system mounted in a vehicle



Total measurement of vehicle performance under real world conditions

In addition to concentration measurement of CO, CO₂, THC and NO_x emitted from moving vehicles, the OBS-2000 Series also calculates mass emissions for these gases and fuel consumption. OBS features include an exhaust flow meter, a GPS receiver for global positioning data and other sensors to monitor engine parameters and atmospheric conditions in real time.

■ OBS-2000 series

		OBS-2100	OBS-2200
Measuring components/ Input signals	CO+CO ₂	NDIR (dry)	HNDIR (wet)
	THC	FID (dry)	HFID (wet)
	NO _x	CLD (dry)	HCLD (wet)
	Exhaust flow	Pitot flow meter	Pitot flow meter
	Standard input ¹⁾	From accessory sensors	From accessory sensors
	External input ²⁾	Max. 16 channels (optional)	Max. 16 channels (optional)
Application	OBD data ³⁾	Max. 16 items (optional)	Max. 16 items (optional)
	Diesel vehicles	●	●
	Gasoline, LPG and CNG vehicles	●	●
	CFR 1055 (optional J-Compliance)	—	●

¹⁾ Items for standard input: Exhaust temperature, Exhaust pressure, Ambient temperature,

Atmospheric pressure, Ambient humidity, GPS signals (for altitude, latitude, altitude and velocity)

²⁾ External input: Analog voltage (0-1 V/0-5 V/0-10 V/0-10 V), Analog current (0-20 mA/4-20 mA)

Thermocouple (J&K), Platinum resistance thermometer (PT100), and Frequency counter (0.1 Hz to 100 MHz)

³⁾ OBD data: Vehicle data conforming to J1939 or J1708/J1587 via CAN interface

Efficient data collection supports energy and environmental decision-making

The OBS-2000 Series allows you to measure actual exhaust emission under real-world conditions and investigate the relationship between emissions and other parameters such as types of vehicle, fuels, driver behavior, traffic and road conditions, and weather. With this flexibility, the OBS-2000 can significantly contribute to pollution reduction studies and improved fuel economy. Vehicle emission measurement is no longer limited to the laboratory. Placed on-board a vehicle the OBS-2000 Series emissions capabilities permit a broad range of practical applications.

- Investigate traffic infrastructure and road traffic control systems
- Investigate the effect of traffic and/or environmental conditions on exhaust emissions
- Analyze the local pollution at specific locations such as major intersections or crowded roadways
- Assessment of stop-idling campaigns
- R&D for engine emissions or for catalyst development
- Investigate emissions deterioration factors over the life-time of in-use vehicles



Real-world measurements conform to new test methods in the US and EU.

HORIBA's OBS-2000 Series is the only on-road emissions system from Japan that has been granted a license to use a basic patent issued to the US Environmental Protection Agency, one of the most authoritative emissions regulatory agencies.

The OBS-2000 series will be used for real-world measurement of heavy duty diesel vehicles in compliance with a new regulation introduced in the U.S. Equivalent regulations are also expected to be introduced in EU and Japan.

New Test Methods

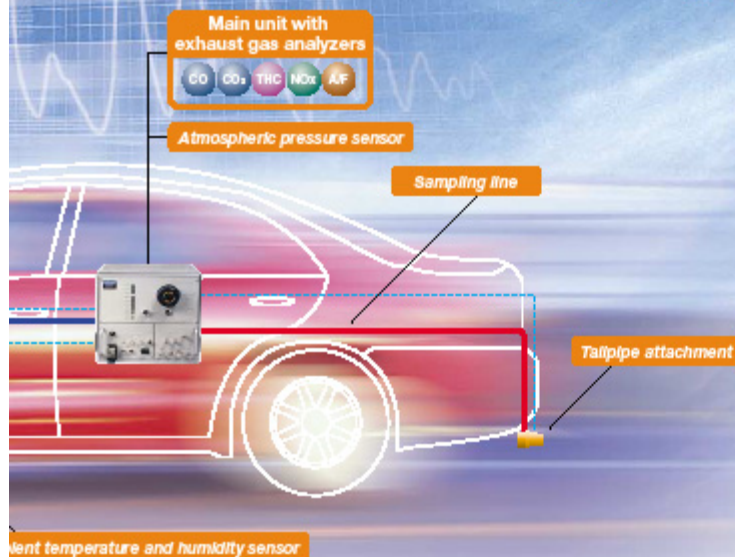
PEMS (Portable Emission Measurement System) project:
The European PEMS Project is developing new test methods for on-board emissions measurement from HCO vehicles. HORIBA is participating in the European PEMS Project and will supply OBS 2000 Series analyzers for the final regulation.

PEMS Project

NTE Calculation

NTE (Not To Exceed) calculation:

The NTE Calculation is a new on-road test requirement that will be introduced in the US. The EPA has published a "Field Testing" section to the CFR, Part 1055, Subpart J.



NTE test screen



Monitors for NTE events and displays data in user selectable formats, such as real-time charts, integrated and total values.

Measurement results screen



Displays recorded data and calculated results for mass emissions of CO, CO₂, THC and NO_x, and fuel consumption in a trend chart as well as integrated values.

Performance check screen



Analyzer performance can be verified by special calibration sequences that include NO_x converter efficiency checks, linearity checks, interference checks, leak checks and delay time checks.

System check screen



Current system conditions can be checked on the graphical screen.

Compact, self-contained analyzer unit

The OBS-2000 is a compact unit in a single enclosure, 60% smaller than HORIBA's previous system, enabling it to fit in a small space.

Easy installation and operation

Connecting and removing individual components is easy and operation is very straightforward. The system power is supplied from a battery (12 VDC or 24 VDC, depending on system) also mounted on the test vehicle.

Available for all types of vehicles; from cars to construction equipment

The OBS-2000 Series is compatible with a wide variety of fuels; including gasoline, diesel, LPG and CNG, and vehicles, including hybrids. It also simplifies emissions measurements from large construction machinery, which are naturally very difficult to measure in the laboratory. Installation of the compact design requires just 0.8 m² in, or on, the vehicle.

- Gasoline and diesel vehicles
- Alternative fuel vehicles (LPG and CNG), hybrid vehicles
- Heavy duty trucks, non-road construction vehicles such as cranes, bulldozers, and generators



Specifications of OBS-2000 Series

Model	OBS-2100 / OBS-2200
Application	Portable, On-Board Emissions Measurement and NTE tests
Test vehicle and engine	Diesel (HDD, LDD), gasoline, LPG, CNG and Hybrid vehicles
System configuration	Standard unit •OBS-2000 main unit (with analyzers and accessory sensors) •Control PC (with data logging and analysis software) •Tail-pipe attachment (with Pitot tube) Optional unit and software •OBD interface unit •External input unit (EIU) •Power control unit (PCU) •Power supply unit (PSU)
Measuring and external inputs	Gas analyzers and flow meter: •CO, CO ₂ (NDIR) •THC (FID) •NOx (CLD) •Exhaust flow rate (Pitot flow meter) Standard inputs: •Exhaust temperature •Exhaust pressure •Atmospheric temperature •Atmospheric pressure •Atmospheric humidity •GPS signal (longitude, latitude, altitude and velocity) •Battery voltage Optional input •OBD data (max.16 channels) •External input (max.16 channels)
Battery	For OBS-2100 •Type: 12 VDC, deep-cycle, sealed lead-acid battery •Capacity: 65 Ah (5 hour rate), 42 Ah (1 hour rate) •Mass: approx. 23 kg •Operation time: approx. 4 h (depending on battery condition) For OBS-2200 •Type: 12 VDC, deep-cycle, sealed lead-acid batteries in series for 24 VDC. •Capacity: 100 Ah (5 hour rate), 65 Ah (1 hour rate) •Mass: approx. 64 kg (32 kg x 2 sets) •Operation time: approx. 4 h (depending on battery condition)

Environmental	•Temperature: 0°C to 40°C •Operating Humidity: Less than 80% relative humidity •Altitude: 0 m to 1500 m above sea level
Confirmed standards	CE, FCC
Utility gases	•40% H ₂ /He: approx. 0.15 L/min for operation •Purified air: approx. 0.15 L/min for operation •approx. 3.0 L/min for zero calibration •CO+CO ₂ +CH ₄ +NO ₂ : approx. 3.0 L/min for span calibration
Sample gases	•Sample flow rate: approx. 3.0 L/min •Sample pressure: -5 kPa to +5 kPa
Dimensions	•Main unit: approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm •Control PC: approx. 270 (W) x 35 (H) x 210 (D) mm •EIU (optional): approx. 350 (W) x 150 (H) x 240 (D) mm •PCU (optional): approx. 350 (W) x 150 (H) x 240 (D) mm •PSU (optional): approx. 350 (W) x 120 (H) x 300 (D) mm
Mass	•Main unit: approx. 29kg •EIU (optional): approx. 4kg •PCU (optional): approx. 6kg •PSU (optional): approx. 5.5kg (for OBS-2100), approx. 7.0kg (for OBS-2200)

Optional unit


OBD interface unit (optional)	Protocol Supported: J1939, J1708/J1587
External input unit (EIU, optional)	External signals: Up to 16 channels logged to PC, selectable formats using standard or optional input modules.
Power control unit (PCU, optional)	Controller for supplemental power drawn from vehicle battery
Power supply unit (PSU, optional)	AC-DC Converter for laboratory use, 100 to 240 VAC, 50/60 Hz input

Analyzers and accessory sensors

*Only performance that is defined here is guaranteed.

	CO analyzer	CO ₂ Analyzer	THC Analyzer	NOx Analyzer
Principle	Non-dispersive infrared (NDIR) method	Flame ionization detection (FID) method	Chemiluminescence detection (CLD) method	
Measuring range	CO: 0-0.5 to 0-10 vol%	CO ₂ : 0-5 to 0-20 vol%	THC: 0-100 to 0-10000 ppmC	NO, NO ₂ : 0-100 to 0-3000 ppm
Linearity*	Both of the following: (a) Within $\pm 1.0\%$ of full scale (b) Intercept: $\pm 0.5\%$ of full scale Slope: 0.99 \leq \leq 1.01 Standard estimated error: SEE $\leq 1.0\%$ of full scale Coefficient of determination: $r^2 \geq 0.995$			
Accuracy*	within $\pm 2.0\%$ of full scale			
Noise*	Zero, Span: less than 0.4% of full scale			
Repeatability*	Zero: within $\pm 1.0\%$ of full scale Span: within $\pm 1.0\%$ of readings			
Pitot flow meter				
Application	For measurement of exhaust flow rate			
Configuration	Pitot tube is mounted on the tail-pipe attachment			
Attachment diameter and measuring range	Diameter of the attachment should be selected from the following list, according to tail pipe diameter and exhaust flow rate: •A-type: $\phi 32.0 / \phi 29.0$ mm (0 m/min to 2.0 m/min) •B-type: $\phi 42.7 / \phi 39.7$ mm (0 m/min to 4.5 m/min) •C-type: $\phi 60.5 / \phi 58.5$ mm (0 m/min to 10 m/min) •D-type: $\phi 76.3 / \phi 72.3$ mm (0 m/min to 15 m/min) •E-type: $\phi 89.1 / \phi 87.1$ mm (0 m/min to 20 m/min) •F-type: $\phi 101.6 / \phi 99.8$ mm (0 m/min to 30 m/min) •G-type: $\phi 127.0 / \phi 125.0$ mm (0 m/min to 45 m/min) •H-type: $\phi 152.4 / \phi 150.4$ mm (0 m/min to 65 m/min)			
Factory calibration prior to shipment**	Calibration coefficient (K) at steady-state flow (293.15 K, 101.3 kPa) shall be determined by a smooth approach orifice (SAO) and described in a test report			
Flow rate accuracy**	Within $\pm 1.5\%$ of full scale or within $\pm 2.5\%$ of reading (whichever larger)			
Noise**	Within $\pm 2.0\%$ of full scale at flow rate of 20% of full scale			
Repeatability**	Within $\pm 2.0\%$ of readings at flow rate of 20% of full scale			

*1: Definition and test procedure for linearity (b), accuracy, noise and repeatability are conform to US CFR 1065.602.
*2: Coefficient K for G-type and H-type flow meter shall be determined and tested in the range of 0 m/min to 30 m/min.

 Please read the operation manual before using this product to assure safe and proper handling of the product.

- The contents of this catalog are subject to change without prior notice, and without any subsequent liability to this company.
- The color of the actual products may differ from the color pictured in this catalog due to printing limitations.
- It is strictly forbidden to copy the content of this catalog in part or in full.
- All brand names, product names and service names in this catalog are trademarks or registered trademarks of their respective companies.

http://www.horiba.com e-mail: info@horiba.co.jp

•HORIZA, Ltd.
Head Office
Miyazaki-cho, Kishida
Wakari-cho, Kyoto, Japan
Phone: 81 (75) 313-5222
Fax: 81 (75) 321-5725

Tokyo Sales Office
1-7-8 Higashi-Kanda
Chiyoda-ku, Tokyo, Japan
Phone: 81 (3) 5561-5251
Fax: 81 (3) 5561-5259

TAIWAN Representative Office
3F, NO.16 Lane 676, Chang
Hua Rd, Chungli City,
Taichung, Taiwan
Phone: 886 (3) 656-1012
Fax: 886 (3) 656-6531

•HORIZA TRADING (SHANGHAI) CO., Ltd.
Shanghai Office
Room 1103, United Plaza,
1460 Nanjing Rd, West,
Shanghai, 200040, China
Phone: 86-21-2222-1810
Fax: 86-21-2222-5553

Beijing Office
Room 809, Jin Bao Plaza,
89 Jin Bao Street,
Dongcheng District, Beijing,
100005 China
Phone: 86-10-5222-7573
Fax: 86-10-5222-7532

•HORIZA KOREA Ltd.
112-6 Sejong-Dong
Cheong-Ku, Seoul, Korea
Phone: 82 (2) 753-7511
Fax: 82 (2) 756-4972

•HORIZA INSTRUMENTS
Pte. Ltd.
10 Ubi Crescent
405-11/12, Ubi Techpark
Singapore 400594
Phone: 65 6745-0300
Fax: 65 6745-9155

•HORIZA INSTRUMENTS INCORPORATED
 Irvine Facility
17671 Armstrong Avenue
Irvine, CA 92614, U.S.A.
Phone: 1 (949) 250-4511
Fax: 1 (949) 250-5524

Ann Arbor Facility
5920 Hines Drive
Ann Arbor, MI 48106
U.S.A.
Phone: 1 (734) 213-5555
Fax: 1 (734) 213-5525

•HORIZA Automotive
Test Systems Corp.
2550 John R. Road
Troy, MI 48063
U.S.A.
Phone: 1 (248) 656-6000
Fax: 1 (248) 656-6070

•HORIZA / OTED
INCORPORATED
9250 E. Quaker, Suite A
Sunnyvale, CA 94086
U.S.A.
Phone: 1 (408) 330-4772
Fax: 1 (408) 330-6675

•HORIZA GmbH
Kaplanstrasse 5
A-4430 Tulln,
Austria
Phone: 43 (2272) 65225
Fax: 43 (2272) 65230

HORIZA GZSCHIA
Organisch-chemische Praha
Petrovskaya 13
CZ-101 00 Praha 10, Czech Republic
Phone: 420 (2) 717-464-30
Fax: 420 (2) 717-470-64

•HORIZA Automotive
Test Systems GmbH
Landeshofstrasse 55
94320 Dornstorf
Germany
Phone: 49 (0) 9151 32-3086
Fax: 49 (0) 9151 32-3085

•HORIZA INSTRUMENTS
LIMITED
Kyojo Close
Surreyhouse Road
Moulton Park, Northampton
NN3 6PL, U.K.
Phone: 44 (1604) 543500
Fax: 44 (1604) 543599

•HORIZA EUROPE GmbH
Head Office
Hans-Meer-Str. 6
D-61440 Obernau/Ts.
Germany
Phone: 49 (0) 172 1196-0
Fax: 49 (0) 172 1197-95

Leibniz-Institut
Julius-Liebig-Strasse
D-42799 Leichlingen
Germany
Phone: 49 (0) 2175 6073-0
Fax: 49 (0) 2175 6075-50

HORIZA FRANCE
12, Avenue des Tropiques
91155 LES ULIS
France
Phone: 33 (1) 69-29-96-29
Fax: 33 (1) 69-29-95-77

HORIZA SWEDEN
Sydsvenskan 55-57,
SE-15139 Södertälje,
Sweden
Phone: 46 (8) 550-80701
Fax: 46 (8) 550-80557

HORIZA ITALY
Europalce
Corso Torino 42/45
10046 Orbassano, Torino
Italy
Phone: 39 (0) 11 6040801
Fax: 39 (0) 11 6040802

•HORIZA Automotive
Test Systems GmbH
Landeshofstrasse 55
94320 Dornstorf
Germany
Phone: 49 (0) 9151 32-3086
Fax: 49 (0) 9151 32-3085

Bulletin: HRE-21902

Printed in Japan ZR-TH(SK)33

Explore the future

HORIBA

Product Specification of OBS-2000 Series

1. OBS-2000 Series

The OBS-2000 series is an on-board emission measurement system that analyzes vehicle emission in a real-world. It consists of vibration-proof gas analyzers, a laptop PC with software for system controlling and data logging, accessory sensors, and a tail-pipe attachment with a Pitot tube. CO and CO₂ concentration in vehicle emissions can be measured by a NDIR analyzer without water extraction, THC concentration can be measured by a FID analyzer, and NO_x concentration can be measured by a CLD analyzer. GPS data and other external signals can be saved into the PC by the data logging software, as well as the outputs of the gas analyzers and the accessory sensors. In the software, time-trend profiles and integrated values can also be obtained for both mass emission and fuel consumption.

<Analyzers and accessory sensors>

>> Analyzers and flow meter

NDIR for CO and CO₂ measurement

FID for THC measurement

CLD for NO_x measurement

Pitot flow meter for exhaust flow rate measurement

>> Accessory sensors

Exhaust temperature sensor; Exhaust pressure sensor; Ambient temperature and humidity sensor; Atmospheric pressure sensor; GPS receiver; Battery voltage monitor

<Control PC and software>

>> The software controls the test sequences and the status of the analyzers.

>> The following data that are input to the control PC can be displayed and saved:

CO, CO₂, THC and NO_x concentration; Exhaust flow rate; Exhaust temperature; Exhaust pressure; Ambient temperature; Atmospheric pressure; Ambient humidity; GPS signals and vehicle velocity; External input data (optional); OBD data (optional).

>> The following data can be calculated by the software from input data:

Time-trend profile and integrated value of mass emission; Time-trend profile and integrated value of fuel consumption and fuel economy; Running distance; Air to fuel ratio; Power and work.

<Installation on a vehicle>

>> The tail-pipe attachment with the Pitot tube must be connected to the tail pipe of a test vehicle. A sampling probe for gas analyzers and the exhaust temperature sensor will be connected to the attachment.

>> Its own battery unit can supply power for the entire system.

<Option>

>> OBD interface unit

OBD data from the ECU can be logged via CAN interface with J1939 or J1708/J1587 protocol (max. 16 items).

>> External input unit (EIU)

Data in the following format can be input to the control PC (max. 16 channels).

Analog voltage (0-1 V / 0-5 V / 0-10 V / ± 10 V); Analog current (0-20 mA / 4-20 mA);

Thermocouple (J / K); Platinum resistance thermometer (Pt100); Frequency counter (0.1 Hz to 100 kHz)

>> Power conditioning unit (PCU)

A portion of the system power (12 V DC or 24 V DC, max. 10 A) can be supplied from a vehicle battery by this unit.

>> Power supply unit (PSU)

AC source of 100 V to 240 V can be converted into 12 V DC or 24 V DC by this unit, for laboratory use of the system.

>> Map data analysis software

Emission data obtained by the system can be plotted on a map.

Table 1 OBS-2000 series

		Model	
		OBS-2100	OBS-2200
Measuring components / Input signals	CO	NDIR (dry)	HNDIR (wet)
	CO ₂	NDIR (dry)	HNDIR (wet)
	THC	FID (dry)	HFID (wet)
	NO _x	CLD (dry)	HCLD (wet)
	Exhaust flow	Pitot flow meter	Pitot flow meter
	Standard input *1	From accessory sensors	From accessory sensors
	External input *2	Max. 16 channels (optional)	Max. 16 channels (optional)
	OBD data *3	Max. 16 items (optional)	Max. 16 items (optional)
System specification	Power supply	10 to 15 V DC	20 to 30 V DC
	Power consumption (at stable state)	Approx. 0.2 kW	Approx. 0.5 kW
	Dimension	Approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm	Approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm
	Mass *4	Approx. 29 kg	Approx. 29 kg
	Recommended battery	Deep cycle battery, 12 V DC, 65 Ah (5 h rate), approx. 23 kg	Deep cycle battery, 24 V DC, 100 Ah (5 h rate), approx. 64 kg
Application	Diesel vehicles	√	√
	Gasoline, LPG and CNG vehicles	√	√
	CFR 1065 subpart J Conformity *5	-	√

*1: Items for standard Input: Exhaust temperature; Exhaust pressure; Ambient temperature; Atmospheric pressure; Ambient humidity; GPS signals (longitude, latitude, altitude and velocity)

*2: External input: Analog voltage (0-1 V / 0-5 V / 0-10 V / ± 10 V); Analog current (0-20 mA / 4-20 mA); Thermocouple (J / K); Platinum resistance thermometer (Pt100); and Frequency counter (0.1 Hz to 100 kHz)

*3: OBD data: Vehicle data conformed to J1939 or J1708/J1587 via CAN interface.

*4: Mass of the OBS-2000 main unit, without PC, attachment, battery, and all optional units.

*5: Amended July, 2005

2. Outline

2.1 System configuration

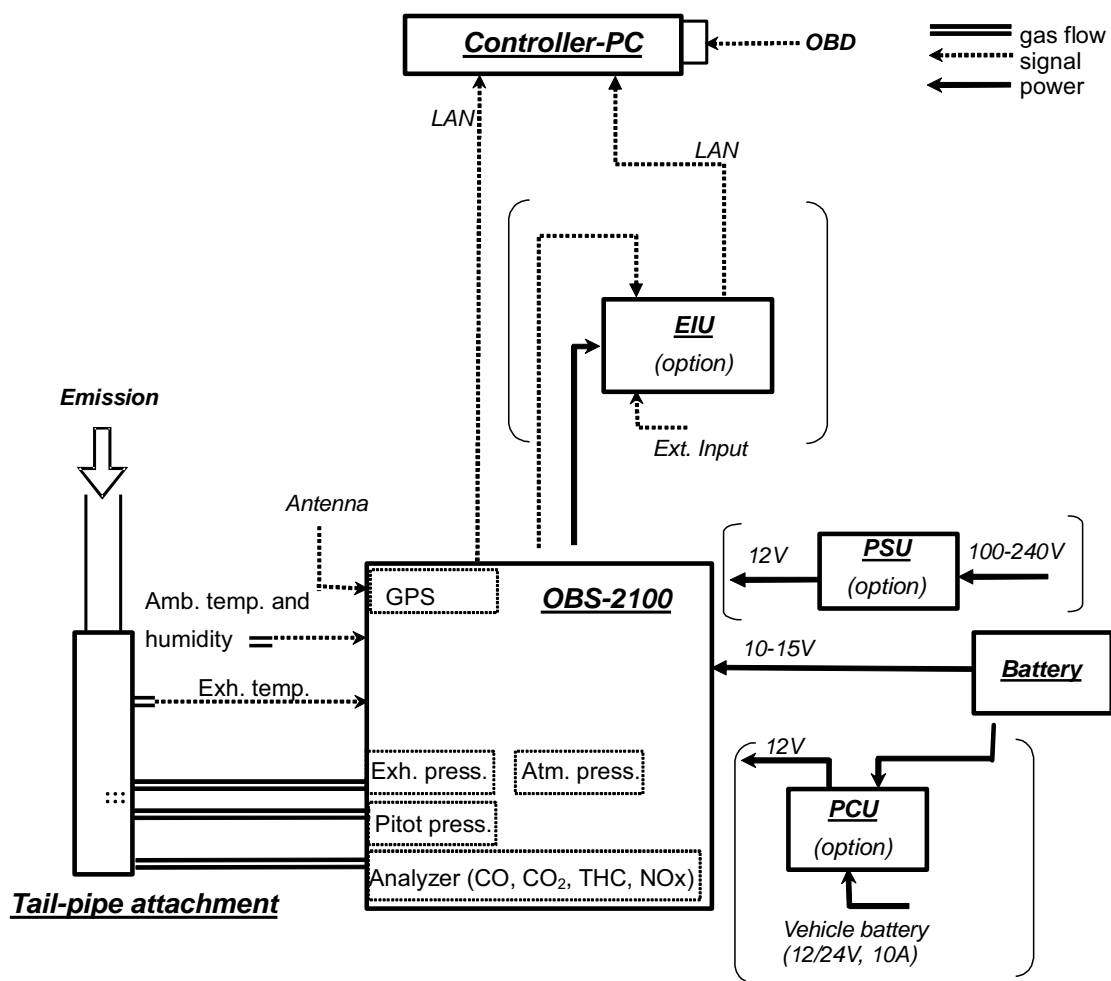


Figure 1 System configuration (OBS-2100)

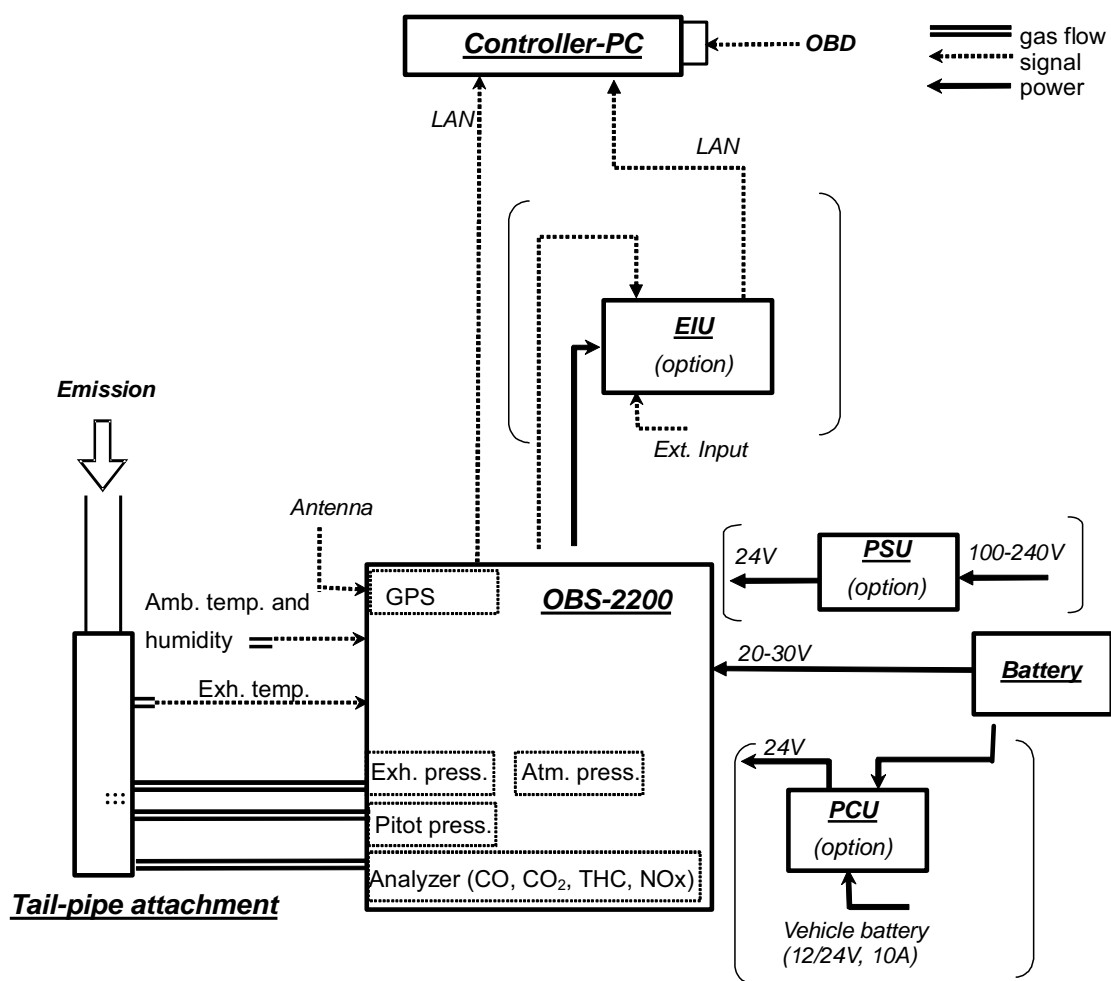


Figure 2 System configuration (OBS-2200)

Model	OBS-2100 / OBS-2200 (refer to Table 1)
Application	<ul style="list-style-type: none"> - Vehicle emission measurement in a real-world - NTE test
Test vehicle and engine	- Diesel (HDD, LDD), gasoline, LPG and CNG vehicles
System configuration	<ul style="list-style-type: none"> - Standard unit <ul style="list-style-type: none"> - OBS-2000 main unit (with analyzers and accessory sensors) - Control PC (with data logging and analysis software) - Tail-pipe attachment (with Pitot tube) - Optional unit and software <ul style="list-style-type: none"> - Battery - OBD interface unit - Map data analysis software - External input unit (EIU) - Power control unit (PCU) - Power supply unit (PSU)
Measuring or input items	<ul style="list-style-type: none"> - Gas analyzers and flow meter: <ul style="list-style-type: none"> - NDIR (CO, CO₂ measurement) - FID (THC measurement) - CLD (NO_x measurement) - Pitot flow meter (exhaust flow rate measurement) - Standard input: <ul style="list-style-type: none"> - Exhaust temperature - Exhaust pressure - Atmospheric temperature - Atmospheric pressure - Atmospheric humidity - GPS signal (longitude, latitude, altitude and velocity) - Battery voltage - Optional input <ul style="list-style-type: none"> - OBD data (max.16 channels) - External input (max.16 channels)
Gas analyzers	Refer to section 3.1 to 3.4
Accessory sensors	Refer to section 3.6 and 3.7
Control PC	Refer to section 4.1 to 4.4
Battery	<ul style="list-style-type: none"> - For OBS-2100 <ul style="list-style-type: none"> - Type: sealed lead, deep cycle battery of 12 V - Capacity: 65 Ah (5 hour rate), 42 Ah (1 hour rate) - Mass: approx. 23 kg - Operation time: approx. 4 h (depending on battery condition) - For OBS-2200 <ul style="list-style-type: none"> - Type: sealed lead, deep cycle battery of 24 V (2 units of 12 V battery are serially connected) - Capacity: 100 Ah (5 hour rate), 65 Ah (1 hour rate) - Mass: approx. 64kg (32 kg x 2 sets) - Operation time: approx. 4 h (depending on battery condition)

Tail-pipe attachment	<p>For connecting sensors to test vehicle; connection ports are as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gas sampling port (x1): to be connected with CO, CO₂, THC and NO_x analyzers for OBS-2100: connected by PTFE tube for OBS-2200: connected by 191°C heated line - Temperature monitor ports (x1): for exhaust temperature sensor, which will be connected with an amplifier in main unit by cable - Pressure monitoring ports (x2): for differential pressure sensor using Pitot tube, which will be connected with main unit by gas piping
Pitot tube	Refer to section 3.5
OBD interface unit (optional)	<p>Support protocol</p> <ul style="list-style-type: none"> - J1939 - J1708/J1587
External input unit (EIU, optional)	Refer to section 3.8
Power control unit (PCU, optional)	<p>Subsidiary power from vehicle battery can be controlled:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Input from vehicle battery Input voltage: 10 V to 15 V / 20 V to 30 V DC (Switchable) Maximum current: 10 A Safety: turn off the input from vehicle battery when the voltage of vehicle battery is lower than setting voltage (default setting 13 V / 26 V DC) - Input from OBS battery Input voltage: 10 V to 15 V DC (PCU for OBS-2100) 20 V to 30 V DC (PCU for OBS-2200) Maximum current: 30 A Safety: turn off the input from OBS battery when the voltage of OBS battery is lower than setting voltage (default setting 9.5 V / 19 V DC) - Input from PSU Input voltage: 10 V to 15 V DC (PCU for OBS-2100) 20 V to 30 V DC (PCU for OBS-2200) Maximum current: 30 A Function: when the PSU supply power to PCU, the input from OBS battery and vehicle battery is turned off - Output to OBS Output voltage: Approx. 12 V DC (depending on battery voltage; for OBS-2100) Approx. 24 V DC (depending on battery voltage; for OBS-2200) Output connector: for OBS-2X00 (x1), for controller-PC (x1) Maximum current: total 30 A
Power supply unit (PSU, optional)	<p>AC-DC conversion for laboratory test.</p> <ul style="list-style-type: none"> - for OBS-2100: Input: 100 V to 240 V AC, approx 0.5 kW Output: 12 V DC, max. 0.3 kW - for OBS-2200: Input: 100 V to 240 V AC, approx 1.5 kW

	Output: 24 V DC, max. 1.0 kW
--	------------------------------

2.2 *Environment for use and dimensions*

Environment for use	<ul style="list-style-type: none"> - Temperature: 0°C to 40°C - Humidity: Under 80 % as relative humidity - Altitude: 0 m to 1500 m above sea level
Approved standards	CE, FCC
Utility gases	<ul style="list-style-type: none"> - H₂/He: for FID fuel gas, 40%H₂ 100 kPa ± 10 kPa, approx. 0.15 L/min for operation - Purified air: for zero gas and FID burner air, 100 kPa ± 10 kPa, approx. 0.15 L/min for operation, approx. 3.0 L/min for zero calibration - CO+CO₂+C₃H₈+NO/N₂: for span gas, 100 kPa ± 10 kPa, approx. 3.0 L/min for span calibration
Sample gases	<ul style="list-style-type: none"> - Sample flow rate: approx. 3.0 L/min - Sample pressure: -5 kPa to +5 kPa
Dimensions	<ul style="list-style-type: none"> - Main unit: approx. 350 (W) x 330 (H) x 500 (D) mm - Control PC: approx. 270 (W) x 35 (H) x 210(D) mm - EIU (optional): approx. 350 (W) x 150 (H) x 240(D) mm - PCU (optional): approx. 350 (W) x 150 (H) x 240(D) mm - PSU (optional): approx. 350 (W) x 120 (H) x 300 (D) mm
Mass	<ul style="list-style-type: none"> - Main unit: approx. 29 kg - Control PC: approx. 2 kg - EIU (optional): approx. 4 kg - PCU (optional): approx. 6 kg - PSU (optional): approx. 5.5kg (for OBS-2100), approx. 7 kg (for OBS-2200)

3. Analyzers and accessory sensors

3.1 CO analyzer

Principle	Non-dispersive infrared (NDIR) method	
Measuring component and range	CO: 0-0.5 to 0-10 vol%	
Linearity *1	Both of the followings: (a) Within ± 1.0 % of full scale (b) Intercept: $ a_0 \leq 0.5\%$ of full scale Slope: $0.99 \leq a_1 \leq 1.01$ Standard estimated error: $SEE \leq 1.0\%$ of full scale Coefficient of determination: $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy *1	within ± 2.5 % of full scale	
Noise *1	Zero, Span: less than 0.4 % of full scale	
Repeatability *1	Zero: within ± 1.0 % of full scale Span: within ± 1.0 % of readings	
Zero drift / span drift	Zero: within ± 2.0 % of full scale per 4 hours Span: within ± 2.0 % of readings per 4 hours	Fluctuation of ambient temperature: within ± 2 °C
Warm-up time	Within 1 hours	Time to satisfy the drift specification
Rise time of calibration line(T90)	OBS-2100: within 2.5 s as T90 OBS-2200: within 2.0 s as T90 (T90: from 10% response to 90% response)	From ZERO/SPAN inlet, at flow rate of 3.0 L/min
Delay time and rise time of sample line (Td, T90)	OBS-2100: within 5.0 s as Td; within 3.5 s as T90 OBS-2200: within 5.0 s as Td; within 3.0 s as T90 (Td: time interval until 10% response) (T90: from 10% response to 90% response)	From inlet of sample probe (5 m), at flow rate of 3.0 L/min
CO₂ interference	Within ± 3.0 % of readings or ± 0.015 vol%	With CO ₂ 15 vol%
C₃H₈ interference	Within ± 1.0 % of readings or ± 0.005 vol%	With C ₃ H ₈ 10000 ppmC
H₂O interference	Within ± 3.0 % of readings or ± 0.015 vol%	With H ₂ O 15 vol%
Influence from temperature	Zero: within $\pm 5.0\%$ of full scale per 10 °C Span: within $\pm 5.0\%$ of readings per 10 °C	Ambient temperature: 0 °C to 40 °C
Influence from vibration	Zero: within ± 3.0 % of full scale	At 2 G, 67 Hz
Sample pressure influence	Span: within ± 2.0 % of readings	Pressure range: -5 kPa to 5 kPa
Exhaust pressure influence	Span: within ± 1.0 % of readings	Pressure range: 0 Pa \pm 100 Pa
Range correlation	Zero, Span: within ± 1.0 % of full scale of upper range	

*1: Definition and test procedure for linearity (b), accuracy, noise and repeatability are conformed to CFR 1065.602.

*2: The span gas whose concentration is between 90 % and 100 % of the full scale of the lowest range shall be used.

*3: Only performance that is defined here is guaranteed.

3.2 CO₂ Analyzer

Principle	Non-dispersive infrared (NDIR) method	
Measuring component and range	CO ₂ : 0-5 to 0-20 vol%	
Linearity *1	Either of the followings: (a) Within ± 1.0 % of full scale (b) Intercept: $ a_0 \leq 0.5\%$ of full scale Slope: $0.99 \leq a_1 \leq 1.01$ Standard estimated error: $SEE \leq 1.0\%$ of full scale Coefficient of determination: $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy *1	within ± 2.5 % of full scale	
Noise *1	Zero, Span: less than 0.4 % of full scale	
Repeatability *1	Zero: within ± 1.0 % of full scale Span: within ± 1.0 % of readings	
Zero drift / span drift	Zero: within ± 2.0 % of full scale per 4 hours Span: within ± 2.0 % of readings per 4 hours	Fluctuation of ambient temperature: within ± 2 °C
Warm-up time	Within 1 hours	Time to satisfy the drift specification
Rise time of calibration line(T₉₀)	OBS-2100: within 2.5 s as T ₉₀ OBS-2200: within 2.0 s as T ₉₀ (T ₉₀ : from 10% response to 90% response)	From ZERO/SPAN inlet, at flow rate of 3.0 L/min
Delay time and rise time of sample line (T_d, T₉₀)	OBS-2100: within 5.0 s as T _d ; within 3.5 s as T ₉₀ OBS-2200: within 5.0 s as T _d ; within 3.0 s as T ₉₀ (T _d : time interval until 10% response) (T ₉₀ : from 10% response to 90% response)	From inlet of sample probe (5 m), at flow rate of 3.0 L/min
CO interference	Within ± 1.0 % of readings or ± 0.05 vol%	With CO 12 vol%
C₃H₈ interference	Within ± 1.0 % of readings or ± 0.05 vol%	With C ₃ H ₈ 10000 ppmC
H₂O interference	Within ± 2.0 % of readings or ± 0.10 vol%	With H ₂ O 15 vol%
Influence from temperature	Zero: within $\pm 2.0\%$ of full scale per 10 °C Span: within $\pm 2.0\%$ of readings per 10 °C	Ambient temperature: 0 °C to 40 °C
Influence from vibration	Zero: within ± 3.0 % of full scale	At 2 G, 67 Hz
Sample pressure influence	Span: within ± 2.0 % of readings	Pressure range: -5 kPa to 5 kPa
Exhaust pressure influence	Span: within ± 1.0 % of readings	Pressure range: 0 Pa \pm 100 Pa
Range correlation	Zero, Span: within ± 1.0 % of full scale of upper range	

*1: Definition and test procedure for linearity (b), accuracy, noise and repeatability are conformed to CFR 1065.602.

*2: The span gas whose concentration is between 90 % and 100 % of the full scale of the lowest range shall be used.

*3: Only performance that is defined here is guaranteed.

3.3 THC Analyzer

Principle	Flame ionization detection (FID) method	
Measuring component and range	THC: 0-100 to 0-10000 ppmC	
Linearity *1	Either of the followings: (a) Within ± 1.0 % of full scale (b) Intercept: $ a_0 \leq 0.5\%$ of full scale Slope: $0.99 \leq a_1 \leq 1.01$ Standard estimated error: $SEE \leq 1.0\%$ of full scale, Coefficient of determination: $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy *1	within ± 2.5 % of full scale	
Noise *1	Zero, Span: less than 0.4 % of full scale	
Repeatability *1	Zero: within ± 1.0 % of full scale Span: within ± 1.0 % of readings	
Zero drift / span drift	Zero: within ± 2.0 % of full scale per 4 hours Span: within ± 2.0 % of readings per 4 hours	Fluctuation of ambient temperature: within ± 2 °C
Warm-up time	Within 1 hours	Time to satisfy the drift specification
Rise time of calibration line(T₉₀)	OBS-2100: within 2.5 s as T ₉₀ OBS-2200: within 2.0 s as T ₉₀ (T ₉₀ : from 10% response to 90% response)	From ZERO/SPAN inlet, at flow rate of 3.0 L/min
Delay time and rise time of sample line (T_d, T₉₀)	OBS-2100: within 5.0 s as T _d ; within 3.5 s as T ₉₀ OBS-2200: within 5.0 s as T _d ; within 3.0 s as T ₉₀ (T _d : time interval until 10% response) (T ₉₀ : from 10% response to 90% response)	From inlet of sample probe (5 m), at flow rate of 3.0 L/min
O₂ interference	Within ± 1.5 % of readings	With O ₂ 0 to 21 vol%
Relative response	CH ₄ : within 0% to +15% of readings C ₃ H ₆ : within ± 10 % of readings C ₇ H ₈ : within ± 10 % of readings	
Influence from temperature	Zero: within $\pm 5.0\%$ of full scale per 10 °C Span: within $\pm 5.0\%$ of readings per 10 °C	Ambient temperature: 0 °C to 40 °C
Influence from vibration	Zero: within ± 3.0 % of full scale	At 2 G, 67 Hz
Sample pressure influence	Span: within ± 2.0 % of readings	Pressure range: -5 kPa to 5 kPa
Exhaust pressure influence	Span: within ± 1.0 % of readings	Pressure range: 0 Pa \pm 100 Pa
Range correlation	Zero, Span: within ± 1.0 % of full scale of upper range	

*1: Definition and test procedure for linearity (b), accuracy, noise and repeatability are conformed to CFR 1065.602.

*2: The span gas whose concentration is between 90 % and 100 % of the full scale of the lowest range shall be used.

*3: Only performance that is defined here is guaranteed.

3.4 Specification of NOx Analyzer

Principle	Chemi-luminescence detection (CLD) method	
Measuring component and range	NO, NOx: 0-100 to 0-3000 ppm	
Linearity *1	Either of the followings: (a) Within ± 1.0 % of full scale (b) Intercept: $ a_0 \leq 0.5\%$ of full scale Slope: $0.99 \leq a_1 \leq 1.01$ Standard estimated error: $SEE \leq 1.0\%$ of full scale Coefficient of determination: $r^2 \geq 0.998$	
Accuracy *1	within ± 2.5 % of full scale	
Noise *1	Zero, Span: less than 0.4 % of full scale	
Repeatability *1	Zero: within ± 1.0 % of full scale Span: within ± 1.0 % of readings	
Zero drift / span drift	Zero: within ± 2.0 % of full scale per 4 hours Span: within ± 2.0 % of readings per 4 hours	Fluctuation of ambient temperature: within ± 2 °C
Warm-up time	Within 1 hours	Time to satisfy the drift specification
Rise time of calibration line(T90)	OBS-2100: within 2.5 s as T90 OBS-2200: within 2.0 s as T90 (T90: from 10% response to 90% response)	From ZERO/SPAN inlet, at flow rate of 3.0 L/min
Delay time and rise time of sample line (Td, T90)	OBS-2100: within 5.0 s as Td; within 3.5 s as T90 OBS-2200: within 5.0 s as Td; within 3.0 s as T90 (Td: time interval until 10% response) (T90: from 10% response to 90% response)	From inlet of sample probe (5 m), at flow rate of 3.0 L/min
CO₂ quenching	NO, NOx: within ± 1.0 % of readings	With CO ₂ 15 vol%
H₂O quenching	NO, NOx: within ± 1.0 % of readings	With H ₂ O 15 vol%
Influence from temperature	Zero: within $\pm 3.0\%$ of full scale per 10 °C Span: within $\pm 3.0\%$ of readings per 10 °C	Ambient temperature: 0 °C to 40 °C
Influence from vibration	Zero: within ± 3.0 % of full scale	At 2 G, 67 Hz
Sample pressure influence	Span: within ± 2.0 % of readings	Pressure range: -5 kPa to 5 kPa
Exhaust pressure influence	Span: within ± 1.0 % of readings	Pressure range: 0 Pa \pm 100 Pa
Range correlation	Zero, Span: within ± 1.0 % of full scale of upper range	
NO/NOx line difference	Span: within ± 1.0 % of readings	
NOx converter efficiency	More than 95 %	For less than 500 ppm NO ₂

*1: Definition and test procedure for linearity (b), accuracy, noise and repeatability are conformed to CFR 1065.602.

*2: The span gas whose concentration is between 90 % and 100 % of the full scale of the lowest range shall be used.

*3: Only performance that is defined here is guaranteed.

3.5 Pitot flow meter

Application	For measurement of exhaust flow rate
Configuration	Pitot tube is mounted on the tail-pipe attachment
Attachment diameter and measuring range	<p>Diameter of the attachment should be selected from the following list, according to tail pipe diameter and exhaust flow rate:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A-type: $\phi 32.0 / \phi 29.0$ mm (0 m³/min to 2.0 m³/min) - B-type: $\phi 42.7 / \phi 39.7$ mm (0 m³/min to 4.5 m³/min) - C-type: $\phi 60.5 / \phi 56.5$ mm (0 m³/min to 10 m³/min) - D-type: $\phi 76.3 / \phi 72.3$ mm (0 m³/min to 15 m³/min) - E-type: $\phi 89.1 / \phi 87.1$ mm (0 m³/min to 20 m³/min) - F-type: $\phi 101.6 / \phi 99.6$ mm (0 m³/min to 30 m³/min) - G-type: $\phi 127.0 / \phi 125.0$ mm (0 m³/min to 45 m³/min) - H-type: $\phi 152.4 / \phi 150.4$ mm (0 m³/min to 65 m³/min)
Factory calibration prior to shipment *1	Calibration coefficient (K) at steady-state flow (293.15 K, 101.3 kPa) shall be determined by a smooth approach orifice (SAO) and described in a test report
Linearity *2	<p>Either of the followings:</p> <p>(a) Within ± 2.0 % of full scale</p> <p>(b) Intercept: $a_0 \leq 1.0$ % of full scale Slope: $0.98 \leq a_1 \leq 1.02$ Standard estimated error: $SEE \leq 2.0\%$ of full scale, Coefficient of determination: $r^2 \geq 0.990$</p>
Flow rate accuracy *2	Within ± 1.5 % of full scale or within ± 2.5 % of readings (whichever larger) (at flow rate of 20 % of full scale)
Noise *2	Within 2.0 % of full scale (at flow rate of 20 % of full scale)
Repeatability *2	Within ± 2.0 % of readings (at flow rate of 20 % of full scale)

*1: Coefficient K for G-type and H-type flow meter shall be determined and tested in the range of 0 m³/min to 30 m³/min.

*2: Definition and test procedure for linearity (b), accuracy, noise and repeatability are conformed to CFR 1065.602.

*3: Only performance that is defined here is guaranteed.

3.6 Accessory sensors

Exhaust pressure sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Measurement range: 0 to 115 kPa - Accuracy: ± 0.5 % of full scale - Temperature influence: within ± 1 % of full scale per 10°C (0°C to 40°C) - Response time: within 1.0 s
Temperature sensor for exhaust gas	<ul style="list-style-type: none"> - Measurement range: 0 to 800 °C - Accuracy: within ± 1 % of full scale
Atmospheric pressure sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Measurement range: 0 to 115 kPa - Accuracy: ± 1.5 % of full scale - Temperature influence: within ± 1 % of full scale per 10°C (0°C to 40°C) - Response time: within 1.0 s
Ambient temperature sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Measurement range: -40 to 85 °C - Accuracy: ± 0.3°C at 23°C - Response time: within 15 s as 63 % response (at wind velocity 1 m/s, temperature 23°C)
Ambient humidity sensor	<ul style="list-style-type: none"> - Measurement range: 0 to 100% as relative humidity - Accuracy: ± 1.5% as relative humidity at 23°C - Response time: within 15 s as 63 % response (at wind velocity 1 m/s, temperature 23°C)

3.7 GPS

Received data	<ul style="list-style-type: none"> - Latitude/ Longitude: resolution 10⁻⁶ degree - Altitude: resolution 0.1 m - Velocity: resolution 0.1 km/h - Captured number of satellite: 0 to 12
Data reception specification	<ul style="list-style-type: none"> - Reception frequency: every 1 s - Captured number of satellite: GPS is available with more than 3 captured satellites; altitude can be measured with more than 4 satellites.

3.8 External input unit (EIU, optional)

Application and configuration	External signals up to 16 channels in various formats (selectable) can be logged to control PC, by standard modules and optional modules.
Configuration	<ul style="list-style-type: none"> - Standard modules: totally 8 channels, fixed <ul style="list-style-type: none"> - Analog voltage (0-10 V) input: 2 modules, 4 channels - Thermocouple(J) input: 1 module, 2 channels - Thermocouple(K) input: 1 module, 2 channels - Optional modules: up to 8 channels, selectable <ul style="list-style-type: none"> - Analog voltage (0-1 V / 0-5 V / 0-10 V / ± 10 V): total number of 0-1 V and 0-5 V input channel is 4 - Analog current (0-20 mA / 4-20 mA) - Thermocouple (J / K) - Platinum resistance thermometer (Pt100) - Frequency counter (0.1 Hz to 100 kHz): up to 2 channels
Analog voltage (0-10 V) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: 0 to 10 V DC - Common mode voltage: max. 35V DC - Input resistance: 130 kΩ (typical) - Resolution: 12 bits - Conversion time: 2 ms (typical) - Measuring accuracy: within $\pm 0.2\%$ of full scale (at 25°C)
Thermocouple (J) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: -100 to 1200°C - Sensor type: J type thermocouple - Resolution: 0.1°C - Measuring accuracy: within $\pm 0.4\%$ of full scale (at 25°C)
Thermocouple (K) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: -100 to 1370°C - Sensor type: K type thermocouple - Resolution: 0.1°C - Measuring accuracy: within $\pm 0.4\%$ of full scale (at 25°C)
Analog voltage (0-1 V) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: 0 to 1V DC - Common mode voltage: max. 3V DC - Input resistance: more than 1 MΩ - Resolution: 12 bits - Conversion time: 30 ms (typical) - Measuring accuracy: within $\pm 0.3\%$ of full scale (at 25°C)
Analog voltage (0-5 V) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: 0 to 5V - Common mode voltage: max. 15V - Input resistance: more than 1 MΩ - Resolution: 12 bits - Conversion time: 30 ms (typical) - Measuring accuracy: within $\pm 0.3\%$ of full scale (at 25°C)

Analog voltage (± 10 V) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: -10 to 10 V - Common mode voltage: max. 35V DC - Input resistance: 570 kΩ (typical) - Resolution: 12 bits - Conversion time: 2 ms (typical) - Measuring accuracy: within $\pm 0.2\%$ of full scale (at 25°C)
Analog current (0-20 mA) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: 0 to 20 mA - Common mode voltage: max. 35V DC - Input resistance: less than 220 Ω - Resolution: 12 bits - Conversion time: 2 ms (typical) - Measuring accuracy: within $\pm 0.2\%$ of full scale (at 25°C)
Analog current (4-20 mA) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: 4 to 20 mA - Common mode voltage: max. 35 V DC - Input resistance: less than 220 Ω - Resolution: 12 bits - Conversion time: 2 ms (typical) - Measuring accuracy: within $\pm 0.2\%$ of full scale (at 25°C)
Platinum resistance thermometer (Pt100) input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channels - Measurement range: -200 to 850°C - Sensor type: Pt100 - Resolution: 0.1°C - Measuring accuracy: within $\pm 0.2\%$ of full scale (at 25°C)
Frequency input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 1 channel - Input wave form: pulse or sine wave - Measurement range: 10 Hz to 100 kHz - Min. pulse width: 5 μs - Threshold: high level 2 V DC, Low level 1 V DC - Common mode voltage: ± 50 V DC
Digital input module	<ul style="list-style-type: none"> - Input channels: 2 channel - Input voltage: 24V DC (-15% / +20%) - Signal voltage(0): -3V DC ~ +5V DC - Signal voltage(1): +15V DC ~ +30V DC - Common mode voltage: 500V DC

4. Data logging and analysis software

4.1 Display and saving of input data

Data logging	Logging data input from: <ul style="list-style-type: none"> - OBS-2000 main unit - External input unit (EIU, optional) - OBD interface unit (optional)
Scaling of data	Conversion of external input voltage, current or frequency from EIU to physical value, free scaling available
Display of input data as values	Following data can be displayed as values: <ul style="list-style-type: none"> - Concentration of CO, CO₂, THC, and NO_x; - Exh. flow rate [m³/min]; Exh. temp. [°C]; Exh. press. [kPa] - Amb. temp. [°C]; Atm. press. [kPa]; Amb. humidity (relative humidity) [%] - GPS velocity [km/h]; Altitude [m]; Position (latitude/ longitude) - External inputs (optional) - OBD inputs (optional)
Display of calculated data (as real-time values)	Following items can be calculated and displayed using input data: <ul style="list-style-type: none"> - Mass emission of CO, CO₂, THC, and NO_x [g/s, g/h] - Fuel consumption [g/s]; Fuel economy [km/L, mile/L, L/100km, g/kWh or g/bhph] - A/F (calculated by carbon balance method) - Power [kW] (calculated from engine speed and torque/%torque) Setting values to be used in calculation are as follows: <ul style="list-style-type: none"> - Delay of CO, CO₂, THC, NO_x analyzer response, (comparing with exhaust flow rate) - H/C, O/C and density of fuel - H/C of hydrocarbon in exhaust emission
Display of calculated data (as integrated values)	Following items can be calculated and displayed using input data <ul style="list-style-type: none"> - Mass emission of CO, CO₂, THC and NO_x [g] - Fuel consumption [g]; Fuel economy [km/L, g/mile, L/100km, g/kWh or g/bhph] - Running distance [km] - Work [kWh]
Display of data in chart/graphical format	Maximum 8 items of the following can be displayed in chart/graphical format: <ul style="list-style-type: none"> - Concentration of CO, CO₂, THC, and NO_x - Exh. flow rate [L/min]; Exh. temp. [°C]; Exh. press. [kPa] - Amb. temp. [°C]; Atm. press. [kPa]; Amb. humidity (relative humidity)[%] - GPS velocity [km/h] - AFR (calculated value) - External inputs (optional) - OBD inputs (optional)
Saving of input data	Input data during the period specified by START and STOP button can be saved as a file: <ul style="list-style-type: none"> - Data format: ASCII, divided by tab - Time interval: 100 to 5000 ms (selectable) - Maximum data length: 36,000 lines (100 ms x 1 h, file size approx. 6.5Mbyte)

4.2 Test sequence

Standard test sequence	<ul style="list-style-type: none"> - The sequence of the standard test is as follows: <ul style="list-style-type: none"> Confirm communication with connected devices => Name log file automatically (can be changed, if necessary) => Specify additional information (title, test vehicle and note), if necessary => Calibrate analyzers automatically => Start data logging (Start button or Digital sign*1) => Stop data logging (Start button or Digital sign*1) => Check analyzers' drift. => Purge analyzers - Logging and saving of data <ul style="list-style-type: none"> - The data listed in section 4.1 can be logged and saved as a text file. - Data display for standard test <ul style="list-style-type: none"> - The data listed in section 4.1 can be displayed. (Max. 8 channels of data can be displayed in chart/graphical format)
NTE test sequence	<ul style="list-style-type: none"> - The sequence of the standard test is as follows: <ul style="list-style-type: none"> Confirm communication with connected devices => Name log file automatically (can be changed, if necessary) => Specify additional information (title, test vehicle and note), if necessary => Calibrate analyzers automatically => Start data logging => Stop data logging => Check analyzers' drift. => Purge analyzers - Logging and saving of data <ul style="list-style-type: none"> - The data listed in section 4.1 can be logged and saved as a text file. - Data display for NTE test <ul style="list-style-type: none"> - The data listed in section 4.1 can be displayed. (Max. 8 channels of data can be displayed in chart/graphical format) - Current torque and engine speed data in graphical screen of NTE zone - Valid time of NTE test and number of valid data in NTE zone - Total time of NTE sequence - Ratio of the total weighted time which is passed NTE criteria and the total weighted time of NTE events.

*1: The digital input module installed in the external input unit(EIU) is necessary to input a digital signal.

4.3 Loading and display of saved data

Redisplay of saved data	<p>Saved data can be loaded to the software and displayed as time-trend charts</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concentration of CO, CO₂, THC and NO_x; - Exh. flow rate [L/min]; Exh. temp. [°C]; Exh. press. [kPa] - Amb. temp. [°C]; Atm. press. [kPa]; Amb. humidity (relative humidity) [%] - GPS velocity [km/h]; Altitude [m] - Engine speed [rpm] (From OBD input or EIU input) - AFR (calculated by C balance method)
Display of re-calculated data (as time-trend profiles)	<p>Following items can be calculated and displayed using saved data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mass emission of CO, CO₂, THC and NO_x [g/s] - Fuel consumption [g/s]
Display of re-calculated data (as integrated values)	<p>Following items can be calculated and displayed, using saved data of whole or specified period:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mass emission CO, CO₂, THC, NO_x, NMHC and NO_x corre. [g] - Fuel consumption [g]; Fuel economy [km/L or L/100km] - Running distance [km] (from GPS velocity, OBD signal (optional) or EIU signal (optional))

4.4 Controlling and setting analyzers

Range control	Analyzer range can be set from control PC.
Line control	Zero/Span/Measure/Purge/Cal/Reset can be controlled from control PC.
Set data	<p>Following data can be set from control PC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Span gas concentration - Analyzer linearization coefficient - Analyzer zero/span correction coefficient - Analyzer calibration time - Analog output scale
Automatic start and stop sequences	<ul style="list-style-type: none"> - Automatic start sequence: Analyzer can automatically be switched to stand-by mode, when the analyzers are warmed up. - Automatic stop sequence: Analyzer can automatically be switched to pause mode and turned power off, when the battery voltage is lower than setting value.
Hour meter	Accumulated time of each of stand-by mode and measure mode can be check on control PC screen.

4.5 *Performance checks for analyzers*

Linearity check	<ul style="list-style-type: none"> - Linearity of each analyzer can be checked. - Analyzer linearization coefficients can be updated. - Linearity check according to the CFR-1065 procedure can be performed, and the following results are displayed. <ul style="list-style-type: none"> - Intercept - Slope - Standard estimated error - Coefficient of determination
Delay time check / Leak check	<ul style="list-style-type: none"> - Dead time (Td) and rise time (Tr) check can be checked. - Leak of sample line can be checked.
NOx converter check	NOx converter efficiency of CLD analyzer can be checked.
Interference check	<ul style="list-style-type: none"> - Quenching check for NOx analyzer: CO₂ and H₂O quenching can be checked. - Interference check for CO analyzer: CO₂, C₃H₈ and H₂O interference can be checked. - Interference check for CO₂ analyzer: CO, C₃H₈ and H₂O interference can be checked.
Performance check	<p>The following performance of all analyzers can be checked according to the CFR-1065 procedure.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Noise - Repeatability - Accuracy
System check	<ul style="list-style-type: none"> - Performance of sample pump, sensitivity of analyzer and user instruction can be checked. - If there is any system error, check points can be seen on help screen.
Hang up check	- THC hang up of heated line can be checked.

On-board in-vehicle emissions analysis

HORIBA Ltd., Engine Measurement Division

OBS-1000

On-board Emission Measurement System

CO, CO₂ HC >>> Wet type NDIR
NO_x, AFR >>> ZrO₂ type sensor
Exhaust flow rate >>> Pitot flow meter



Realtime/Total Mass Emission

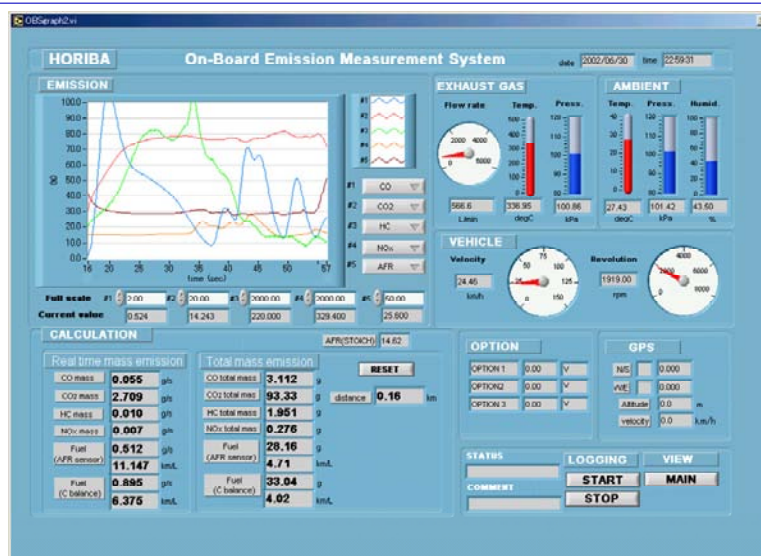
Exhaust temperature
Exhaust pressure
Ambient temperature
Ambient pressure
Ambient humidity
Vehicle velocity
Engine revolution
GPS(latitude, longitude, altitude)
Optional input(3ch)



Installation of OBS-1000 (example)



Data logger screen(Real time display screen)



Main features of OBS-1000

- **Low energy consumption**

>>Power consumption of all unit is less than 0.4kW

- **Robustness for vibration**

>>Solid state detector is adopted for NDIR analyzer

- **No operation gas required**

>> NDIR and ZrO2 sensor doesn't need operation gas except for N2 gas (to calibrate and purge the NDIR analyzer)

- **Fast response**

>>Response time(T90) of all components are less than 1.5sec.

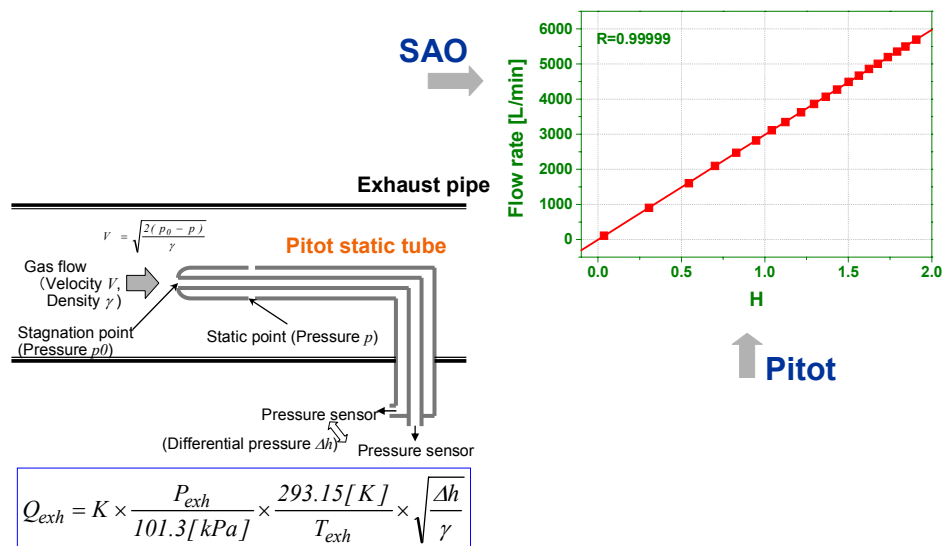
- **Wet measurement**

>>CO, CO2 and HC are measured Wet-type NDIR

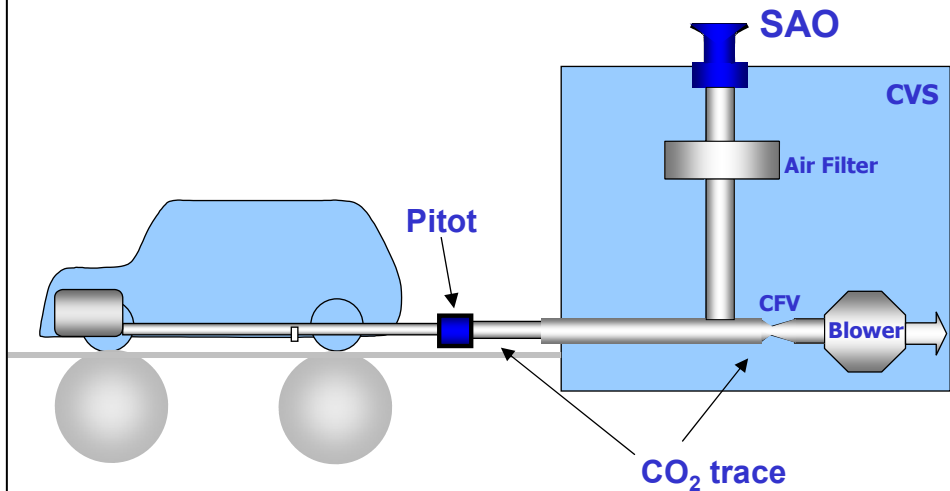
>>NOx and AFR are measured ZrO2 sensor

>>Exhaust flow rate are measured Pitot flow meter

Principle of Pitot flow meter

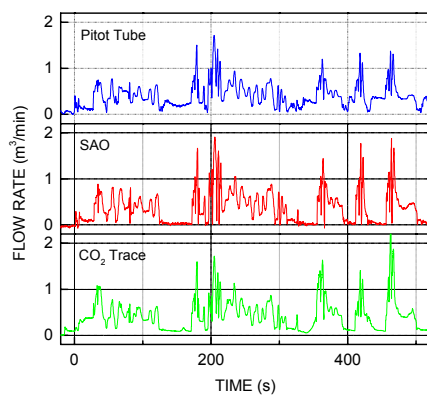


Evaluation of Pitot flow meter

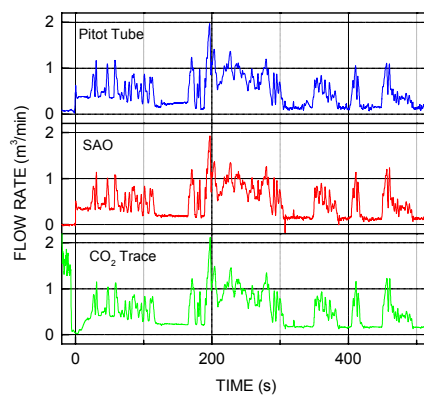


Chassis test of Pitot flow meter

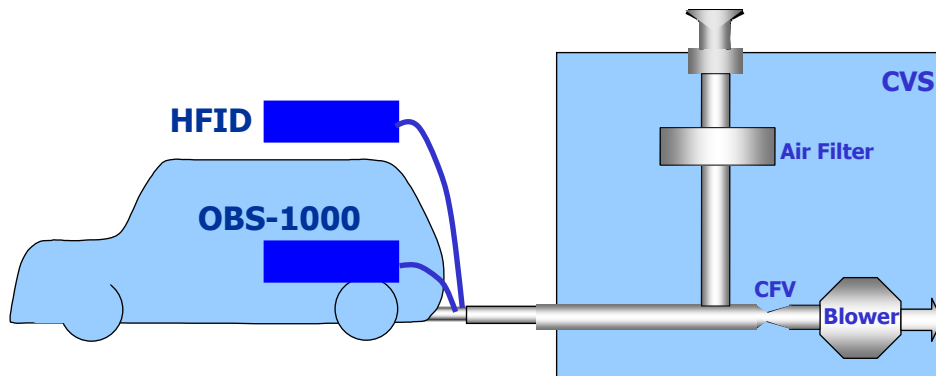
1.6L gasoline engine (FTP75 CT)



2.0L gasoline engine (FTP75 CT)

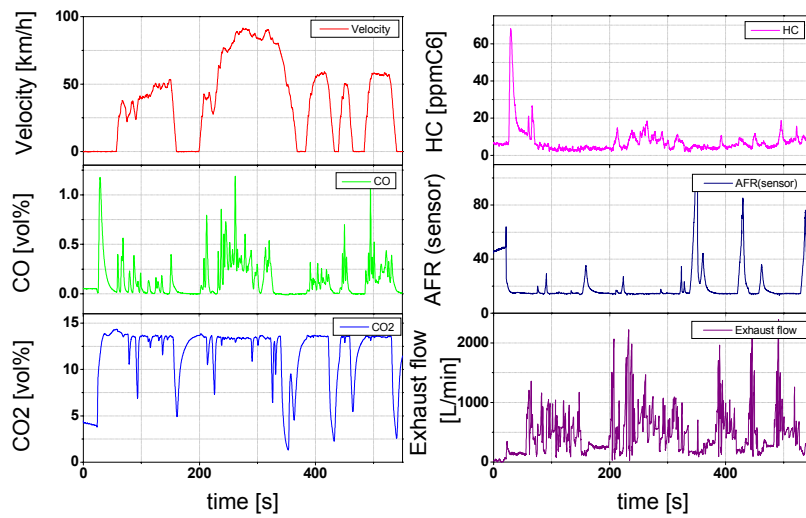


Chassis test of OBS-1000

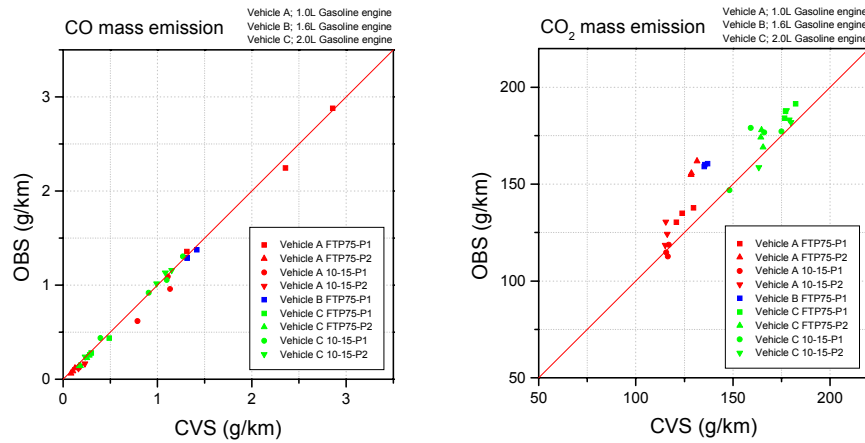


Chassis test of OBS-1000

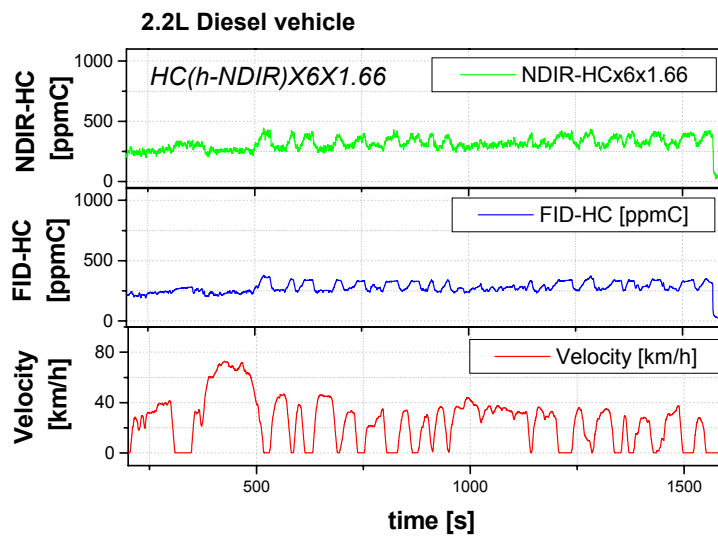
1.6L Gasoline engine (FTP75 CT phase)



Chassis test of OBS-1000

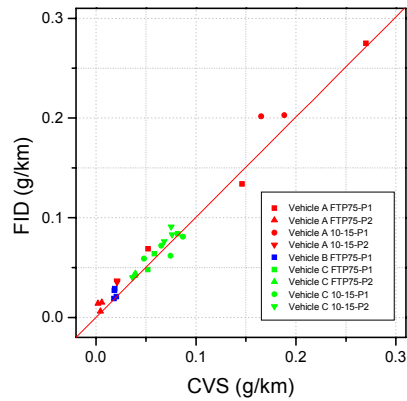


Chassis test of OBS-1000

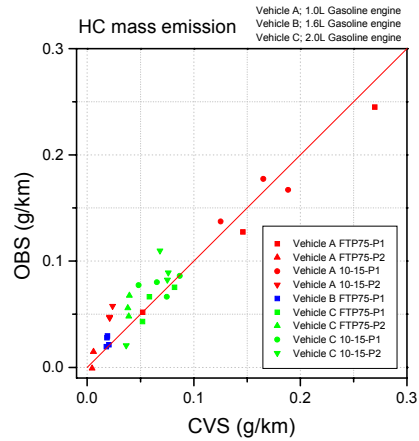


Chassis test of OBS-1000

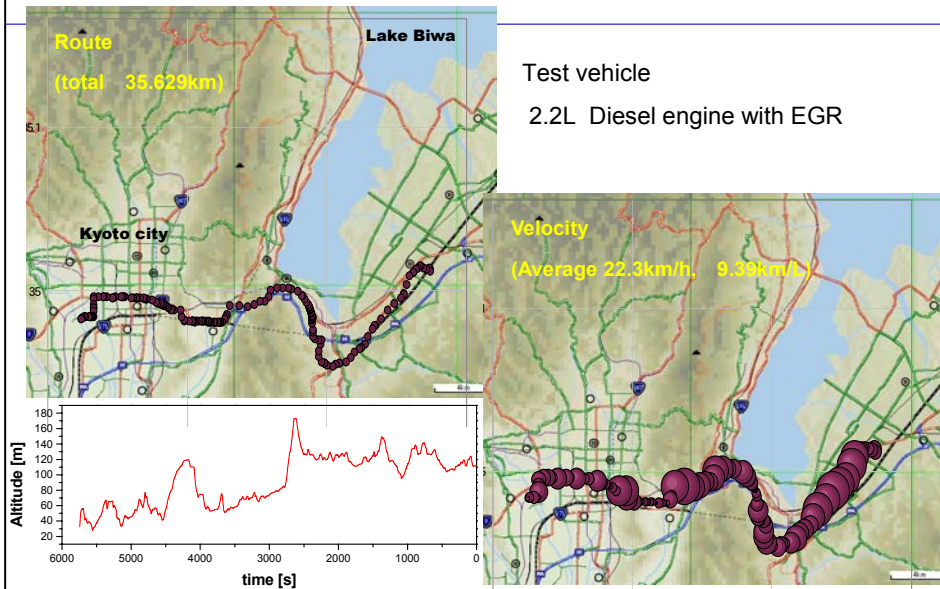
Heated-FID



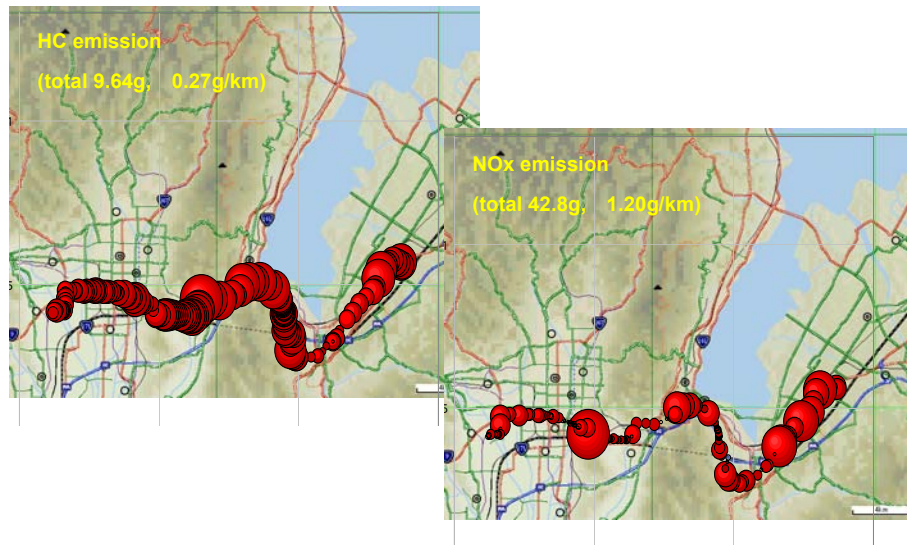
Heated-NDIR



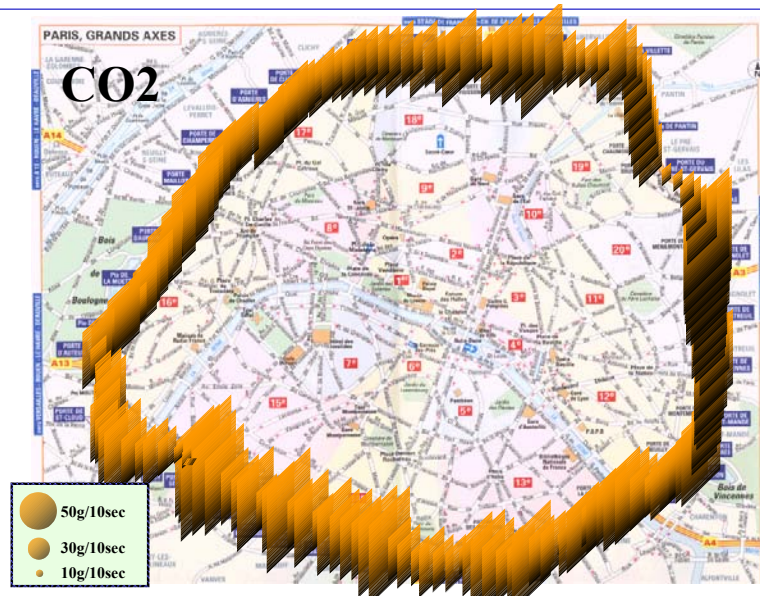
OBS-1000 test result in a real world

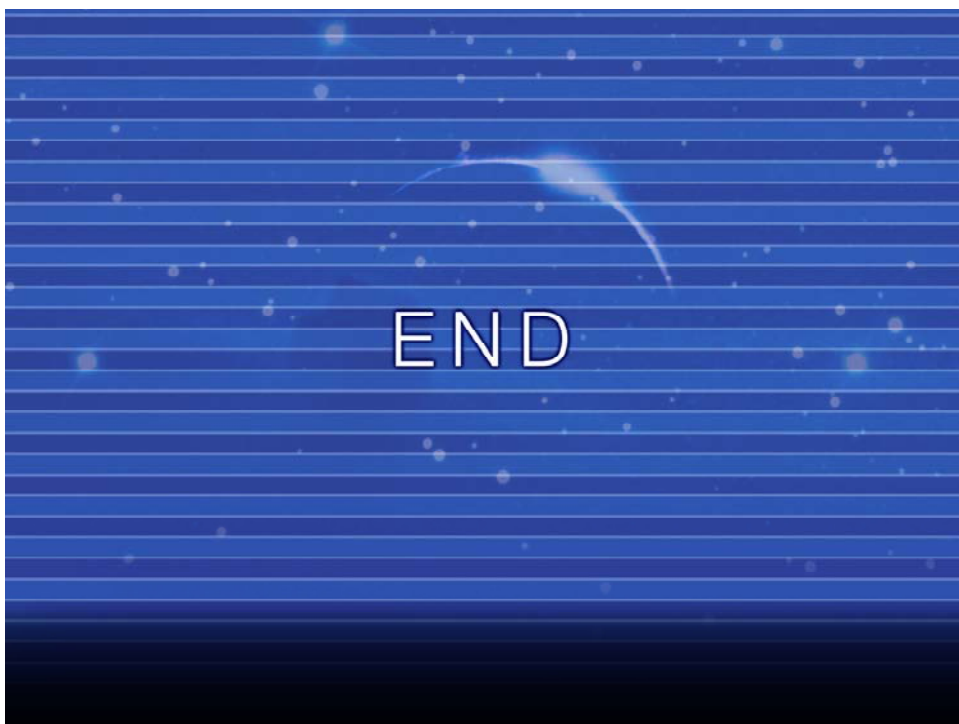


Pollutant emission dumped into the city (2)



OBS-1000 trial in Paris





附錄 1.2

1.實驗路線 1-路線說明與試跑情形

(1) 路線概述

①行駛路線

實驗路線所經過路段及通過順序如附表 1.2-1 所示，路線示意圖如附圖 1.2.1 所示。起點為彰化縣鹿港鎮農會，即縣道 142 起點，北上方向共行駛縣道、快速道路、國道及臺 1 線等道路，抵達桃園後稍微休息，之後再經國道 2 號、國道 1 號、臺 66 線、臺 3 線、國道 4 號等道路，最後經臺 61 線返回車輛中心，全長約 410 公里。

附表 1.2-1 實驗路線 1 行駛路段

方向	主要道路名稱	起點	迄點
北向	縣道 135	鹿港鎮農會	縣道 148
	縣道 148	縣道 135	臺 76 線員林交流道
	臺 76 線	臺 76 線員林交流道	臺 76 線八卦山隧道
	臺 76 八卦山隧道		
	臺 76 線	臺 76 線八卦山隧道	中興系統交流道
	國道 3 號	中興系統交流道	快官系統交流道
	臺 74 線	快官系統交流道	大雅交流道
	國道 1 號	大雅交流道	楊梅交流道
	臺 1 線	楊梅交流道	縣道 110
南向	縣道 110	臺 1 線	大楠交流道
	國道 2 號	大楠交流道	機場系統交流道
	國道 1 號	機場系統交流道	平鎮系統交流道
	臺 66 線	平鎮系統交流道	大溪交流道
	國道 3	大溪交流道	新竹系統交流道
	新竹系統交流道		
	國道 1 號	新竹系統交流道	苗栗交流道
	臺 6 線	苗栗交流道	臺 72 線公館交流道
	臺 72 線	臺 72 線公館交流道	臺 72 線獅潭端交流道
	臺 72 獅潭端交流道		
	臺 3 線	臺 72 線獅潭端交流道	豐原端交流道
	國道 4 號	豐原端交流道	清水端交流道
	臺 17 線	清水端交流道	臺 61 線清水交流道
	臺 61 線	臺 61 線清水交流道	車輛中心



附圖 1.2.1 實驗路線 1 示意圖及測試檢討

②預定實驗日期及方式：

民國 96 年 7 月 18~8 月 16 日之間，在天氣及設備許可情況下，每日測試一次，直到累計 15 組數據為止。

③測試重點

國道 2 號：國道低速(低於 60 公里/小時)資料

臺 1 線：省道低速行駛資料

臺 3 線：山區省道資料

(2) 測試結果

①測試日期及方式：民國 96 年 4 月 17 及 18 日，每日試跑全部路線一次

②測試情形

4 月 17 日：7:30 由車輛中心出發，16:00 完成測試回到車輛中心。實際行駛時間約 7 小時，除臺 1 線外，其餘道路均缺乏低速資料，測試重點之國道 2 號行駛速率高於 80 公里/小時，國道及快速道路除通過收費站外，均無低於最低速限之資料。

4 月 18 日：8:00 由車輛中心出發，16:55 完成測試回到車輛中心，實際行駛時間仍維持約 7 小時，各類型道路之行駛速度與 4 月 17 日相似。

(3) 測試檢討

- ①行經路線車流量不如預期，行駛速度順暢，通過時間非車流尖峰時段。
- ②為顧及車輛儀器之安全，中午用餐較不便，且午餐後駕駛容易疲倦，須安排午休休息處。
- ③省道臺 3 雖位於丘陵區，但道路坡度不明顯，行駛速度可維持在最高速限，難以量測坡度對油耗及污染之影響。

2.實驗路線 2-路線說明與試跑情形

(1) 路線概述

①行駛路線

實驗路線所經過路段及通過順序如附表 1.2-2 所示，路線示意圖如附圖 1.2.2 所示。此路線修改自路線 1，起點為彰化縣鹿港鎮農會，北上方向共行駛縣道、快速道路、國道及臺 1 線及臺 3 線等道路，抵達桃園後行駛國道 2 號至國道 1 號，並於平鎮系統交流道迴轉後行駛至林口交流道為止，此段長度約 273 公里。

且為了於下午尖峰時間通過國道 1、2 號，出發時間改至中午，完成測試時間為晚間，故從林口交流道返回車輛中心的路程不進行測試。

附表 1.2-2 實驗路線 2 行駛路線

主要道路名稱	起點	迄點	備註
縣道 135	鹿港鎮農會	縣道 148	中午出發
縣道 148	縣 135	臺 76 線員林交流道	
臺 76 線	臺 76 線員林交流道	臺 76 線八卦山隧道	
臺 76 八卦山隧道			
臺 76 線	臺 76 線八卦山隧道	中興系統交流道	
國道 3 號	中興系統交流道	快官系統交流道	
臺 74 線	快官系統交流道	大雅交流道	
國道 1 號	大雅交流道	臺中系統交流道	
國道 4 號	臺中系統交流道	豐原端交流道	
臺 3 線	豐原端交流道	臺 72 線獅潭端交流道	
臺 72 線	臺 72 線獅潭端交流道	臺 72 線公館交流道	
臺 6 線	臺 72 線公館交流道	苗栗交流道	
國道 1 號	苗栗交流道	楊梅交流道	湖口服務區休息
臺 1 線	楊梅交流道	中壢市環南路	
臺 1 線	中壢市環南路	中壢市環北路與延平路口	
臺 1 線	中壢市環北路與延平路口	桃園市三民路與中山路口	
桃園市中山路		桃園市中山東路	
桃園市中山東路		縣道 110(中山東路與春日路口)	
縣道 110	桃園市中山東路	縣道 110 乙	
縣道 110 乙	縣道 110	大楠交流道	
國道 2 號	大楠交流道	機場系統交流道	進入國二時間定在 16:00 之後
國道 1 號	機場系統交流道	平鎮系統交流道	到達平鎮交流道時間約 17:00
平鎮系統交流道(迴轉)			
國道 1 號	平鎮系統交流道	林口交流道(約 40.9km 處，接縣 105	到達長庚醫院約 18:00，之後結束測試



圖 1.2.2 實驗路線2示意圖及測試檢討

②預定實驗日期及方式：民國 96 年 7 月 18~8 月 16 日之間，在天氣及設備許可情況下，每日測試一次，直到累計 16 次為止。

③測試重點

國道 2 號：國道低速(低於 60 公里/小時)資料

國道 1 號：平鎮系統交流道至林口交流道之間的低速資料

臺 1 線：省道低速行駛資料

臺 3 線：山區省道資料

(2) 測試結果

①測試日期及方式：民國 96 年 5 月 15 日，試跑測試路線一次

②測試情形

13:20 由鹿港鎮農會出發，18:55 離開林口交流道，完成測試後回到車輛中心約 21:45。測試時間約 5 小時，若加計回車

輛中心時間，約 9 小時。除臺 1 線外，其餘道路均缺乏低速資料，測試重點之國道 2 號行駛速率最低約 66 公里/小時，國道及快速道路除通過收費站外，均無低於最低速限之資料。

③測試檢討

測試時間超過 5 小時，若包含往返車輛中心及休息，則總時間過長。在桃園地區的國道行駛速率約為 60-100km/h，通過時間較原計畫晚了 1 小時，若提早至 12:00 出發，人員易感疲倦。

3.實驗路線 3(正式實驗路線)試跑情形

(1)國道 1 號(建國快速道路)

①測試日期及方式：96 年 6 月 10 日(週日)及 11 日(週一)，本次測試重點：

- a. 確認建國北路迴轉道，並測試國 1 路線之速度分佈。
- b. 確認辛亥路迴轉道，並測試建國快速道路路線之速度分佈。

②測試情形

a. 週日

10：15 由車輛中心出發，12：00 到達工研院，15：40 工研院出發，18：00 結束測試回至工研院。下午天氣轉成小雨，但不影響交通狀況；回程南下往工研院光復路(縣 122)雨勢加大，道路淹水，造成塞車，車速降低 10 km/hr 左右。實際行駛共花費 4.2 小時（上午 1.8 hr/128 km；下午 2.4 hr/167.9 km）。

b. 週一

07：00 工研院出發，10：10 回至工研院。上午去程往北在幼獅交流道至機場系統擁塞，時速不到 30 km/hr，擁塞回堵至林口收費站。圓山交流道、建國高架橋車多；回程往南在建國高架橋車多擁塞，時速 20-40 km/hr，湖口交流道及光復路(縣 122)車多不好走。

14：00 由工研院出發~16：30 回至車輛中心，實際行駛共花費 4.6 hr/292.6 km（上午 2.8 hr/164.1 km；下午 1.8 hr/128.5 km）。

c. 樣本數分佈

國 1 速度範圍分佈於時速 0~110 公里之間，建國快速道路速度範圍分佈於時速 0~90 公里之間，週一之低速樣本數較多，代表此路線可以取得國道及快速道路之各速度範圍資料。

(2)國道 2 號

①測試日期及方式：96 年 6 月 7 日(週四)及 8 日(週五)，本次測試重點為確認工研院至竹林交流道、大園及大湳交流道之路線，並測試國 2 路線之速度分佈。

②測試情形

a. 週四

10：30 車輛中心出發，12：00 到達工研院（三義路段開始下雨），15：20 工研院出發，19：30 完成測試回至工研院，下午雨勢較大，高速公路車速降低 15 km/hr 左右）。由於竹林交流道、大湳交流道之路線走錯，實際行駛共花費 5.9 hr/326 km（上午 1.9 hr/128 km；下午 4 hr/198 km）。

b. 週五

07：00 工研院出發，10：10 回至工研院；14：00 由工研院出發，16：30 完成測試回至車輛中心。整日皆有雨勢，除機場系統交流道回堵造成車速下降外，其餘路段車速仍可以維持正常。實際行駛共花費 5.1 hr/297 km（上午 3.2 hr/169.6 km；下午 1.9 hr/127.4 km）。

c. 樣本數分佈

國道之速度範圍分佈於時速 0~110 公里之間，代表此路線可以取得國道之各速度範圍資料，特別是國 2。

(3) 快速道路臺 74

①測試日期及方式：96 年 6 月 6 日(週三)

②測試情形

a. 週三上午

07:00 由車輛中心出發，08:42 至中清路麥當勞休息，09:30 進入中清交流道，10:25 完成測試回到車輛中心，與預定時間差異不大，上午共花費 2.62 hr。僅有快官路段及大雅交流道附近車流較多，約維持在 50-70 km/hr 速度，其它路段均可維持正常之車速。

b. 週三下午

15:00 車輛中心出發，16:29 至中清路麥當勞休息，17:00 進入中清交流道，17:53 完成測試回到車輛中心，比預定時間提前 67 分鐘，下午共花費 2.38 hr。平均車速約在 51-59 km/hr，最大車速出現在高速公路路段 110 km/hr。

c. 樣本數分佈

國 1 及臺 74 速度資料均以高速範圍為主，與國道 1 號(建國快速道路)結果差異較大。

(4) 省道臺 1

①測試日期及方式：96 年 6 月 5 日(週二)

②測試情形

a. 週二上午

07:00 由車輛中心出發，08:45 至中清路麥當勞休息，09:30 進入中清交流道，10:37 完成測試回到車輛中心，比預定時間提前 23 分鐘，上午共花費 2.9 hr。上午平均車速約在 26-41 km/hr，最大車速出現在高速公路路段 91 km/hr。省道路分僅有台中五權路、大雅路及中清路附近車流較多，約維持在 40 km/hr 速度，其它路段均可維持較高之車速。

b. 週二下午

15：00 車輛中心出發，16：36 至中清路麥當勞休息，17：10 上中清交流道~18：04 車輛中心（比預定時間提前 90 分鐘，下午共花費 2.5 hr）。下午測試過程，亦為台中五權路、大雅路及中清路車流較大，約維持在 40 km/hr 速度。

c. 樣本數分佈

各車速樣本數所占比例，其中國 1 以高速範圍為主，省道及縣道之速度範圍為 0~80 公里之間。

附錄 1.3

1.實驗路線-國道 1 號

實驗日誌 96/8/5

時間	事項
09:00	設備開機暖機一小時
11:40	自車輛中心出發(設備開機重新校正延後出發時間)
13:40	中繼點更換電瓶及人員休息
14:30	設備開機暖機一小時
15:30	自工研院出發
17:00	至中繼點更換電瓶及人員休息
18:30	回至工研院
備註	1.天氣： 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/8/6

時間	事項
06:00	設備開機暖機一小時
07:00	自工研院出發
10:00	中繼點更換電瓶及人員休息
12:30	設備開機暖機一小時
13:30	自工研院出發
15:30	回至車輛中心
備註	1.天氣： 2.測試行駛過程正常

2.實驗路線-國道 1 號(建國高架道路)

實驗日誌 96/8/1

時間	事項
09:00	設備開機暖機一小時
10:00	自車輛中心出發
11:30	中繼點更換電瓶及人員休息
15:00	設備開機暖機一小時
16:00	自工研院出發
17:30	至中繼點更換電瓶及人員休息
19:00	回至工研院
備註	1.天氣： 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/8/2

時間	事項
13:30	自中繼點出發
13:40	開始行駛國道 1 號
14:50	抵達彰化交流道，轉入縣道 142
15:00	回至車輛中心
備註	1.上午皮托管壓力異常無流量反應，九點駛回中繼點進行設備檢查，清潔排氣取樣管路並重新開機,流量恢復正常，雖有擷取數據但污染數據無法參考 2.下午數據正常

3.實驗路線-國道 2 號

實驗日誌 96/7/30

時間	事項
09:00	設備開機暖機一小時
10:00	自車輛中心出發
11:45	中繼點更換電瓶及人員休息
14:00	設備開機暖機一小時
15:00	自工研院出發
16:30	至中繼點更換電瓶及人員休息
18:30	回至工研院
備註	1.天氣：陰，午後陣雨 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/7/31

時間	事項
06:50	自中繼點出發
07:00~07:20	行駛國道 3 號
07:20~09:20	行駛國道 2 號
9:20	行駛國道 3 號回程
10:10	回至中繼點
備註	1.天氣：陰 2.下午設備無法作動，因此無擷取數據

4.實驗路線-臺 74 線

實驗日誌 96/7/23

時間	事項
06:00	設備開機暖機一小時
07:00	自車輛中心出發
08:30	中繼點更換電瓶及人員休息
10:00	回至車輛中心
16:00	設備開機暖機一小時
17:00	自車輛中心出發
18:30	中繼點休息
20:00	回至車輛中心
備註	1.天氣：陰 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/7/24

時間	事項
06:00	設備開機暖機一小時
07:00	自車輛中心出發
08:30	中繼點更換電瓶及人員休息
10:00	回至車輛中心
16:00	設備開機暖機一小時
17:00	自車輛中心出發
18:30	中繼點更換電瓶及人員休息
20:00	回至車輛中心(回程高速公路中途下雨)
備註	1.天氣：陰 2.測試行駛過程正常

5.實驗路線-臺 1 線

實驗日誌 96/8/25

時間	事項
06:00	設備開機暖機一小時
07:00	自車輛中心出發
08:30	中繼點更換電瓶及人員休息
10:00	回至車輛中心
16:00	設備開機暖機一小時
17:00	自車輛中心出發
18:30	中繼點更換電瓶及人員休息
20:00	回至車輛中心
備註	1.天氣：陰 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/8/26

時間	事項
06:00	設備開機暖機一小時
07:00	自車輛中心出發
08:30	中繼點更換電瓶及人員休息
10:00	回至車輛中心
16:00	設備開機暖機一小時
17:00	自車輛中心出發
18:30	中繼點更換電瓶及人員休息
20:00	回至車輛中心
備註	1.天氣：陰 2.測試行駛過程正常

6.補測路線-中部地區省道

實驗日誌 96/8/29

時間	事項
05:30	設備開機暖機 1.5 小時
07:00	自車輛中心出發
08:25~0:920	中繼點更換電瓶及人員休息
09:20	由中繼點再出發
10:30	回至車輛中心
14:30	設備開機暖機 1.5 小時
16:00	自車輛中心出發
17:25~19:50	至中繼點更換電瓶及人員休息
19:30	回至車輛中心
備註	1.天氣：陰 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/8/30

時間	事項
05:30	設備開機暖機 1.5 小時
07:00	自車輛中心出發
08:25~09:20	中繼點更換電瓶及人員休息
09:20	由中繼點再出發
10:30	回至車輛中心
14:30	設備開機暖機 1.5 小時
16:00	自車輛中心出發
17:25~19:50	至中繼點更換電瓶及人員休息
1930	回至車輛中心
備註	1.天氣：上午多雲下午陰天 2.測試行駛過程正常

7.補測路線-建國高架道路

實驗日誌 96/9/4

時間	事項
08:30	設備開機暖機 1.5 小時
10:00	自車輛中心出發
11:45	至中繼點人員休息
15:00	設備開機暖機 0.5 小時
15:30	由中繼點出發(提前 0.5 小時)
16:10	至中壢休息區更換電瓶，人員休息
16:30	由中壢休息區出發(開始取樣)
17:00	至建國快速道路
17:30	完成兩次建國快速道路行駛
18:00	回至中壢休息區(完成取樣)
18:45	回至中繼點
備註	1.天氣：陰 2.測試行駛過程正常

實驗日誌 96/9/5

時間	事項
06:00	設備開機暖機 0.5 小時
06:30	自中繼點出發
07:10	至中壢休息區更換電瓶及人員休息
07:40	由中壢休息區出發(開始取樣)
08:10	至建國快速道路
09:10	完成兩次建國快速道路行駛
09:40	回至中壢休息區(完成取樣)
10:30	回至中繼點
15:00	設備開機暖機 0.5 小時
15:30	由中繼點出發(提前 0.5 小時)
16:10	至中壢休息區更換電瓶人員休息
16:30	由休息站出發(開始取樣)
17:00	至建國快速道路
17:30	完成兩次建國快速道路行駛
18:00	回至中壢休息區(完成取樣)
18:45	回至中繼點
備註	1.天氣：陰雨 2.因北部整日下雨,取樣流量偏低,造成污/耗排放較低

實驗日誌 96/9/6

時間	事項
06:00	設備開機暖機 0.5 小時
06:30	自中繼點出發
07:10	至中壢休息區更換電瓶及人員休息
07:40	由中壢休息區出發(開始取樣)
08:10	至建國快速道路
09:10	完成兩次建國快速道路行駛
09:40	回至中壢休息區(完成取樣)
10:30	回至中繼點
13:30	由中繼點出發
15:30	回至車輛中心
備註	1.天氣：陰雲多 2.上午測試行駛過程,因前日雨勢,影響設備取樣流量仍偏低,造成污/耗排放

附錄 2 實驗數據之資料分析

附錄 2. 1 各實驗室資料樣本數統計

附錄 2. 2 各實驗的 N/V 比對圖形

附錄 2. 3 各推估方程式之迴歸係數表

附錄 2. 4 各實驗之事後比較表

附錄 2. 5 #99 實際值 vs 模式推估值比較圖

附錄 2. 6 專有名詞彙整表

附錄 2. 7 能源消耗與污染排放之表達單位
差異說明

附錄 2.1

各實驗室資料樣本數統計

實驗 編號		道路類型/道路名稱/道路屬性(class)					小計	合計
		1	11	24	27	34		
		國道：限速 100~110一 般路段	快速道 路：完全 進出管制	省道：低 干擾2車道	省道：高 干擾2車道	縣道：低 干擾2車道		
#99	實際道路測試樣本	63,399	10,560	9,262	28,335	29,088		140,644
實驗室 複製 #8	複製路段一	901	581	765	901	901	4,049	
	複製路段二	901	637	775	901	901	4,115	
	實驗室複製路段一	2,697	1,737	2,289	2,700	2,700	12,123	
	實驗室複製路段二	2,697	1,908	2,319	2,700	2,700	12,324	
	小計：實驗室樣本數	5,394	3,645	4,608	5,400	5,400		24,447
實驗室測試		法規測試			都會區行車型態			合計
		EU	FTP	HWFET	台北	台中	高雄	
#5	法規測試	3,540	7,534	2,296	2,281	3,103	2,281	21,035
#7	開頭燈空調	3,540	7,534	2,296				13,370
#9	坡度實驗	0%		2%	3%	4%		合計
		897		897	897	897		2,691
總計樣本數								202,187

註1：標記黃色陰影黑體字者為擷取自 #99 之樣本數，不列入總計樣本數之計算。

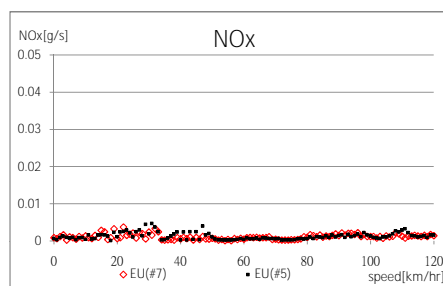
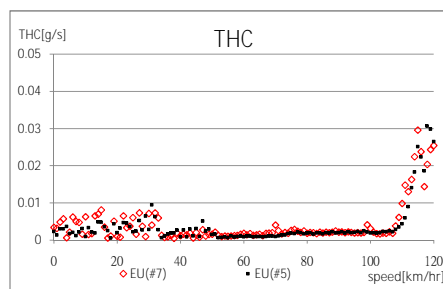
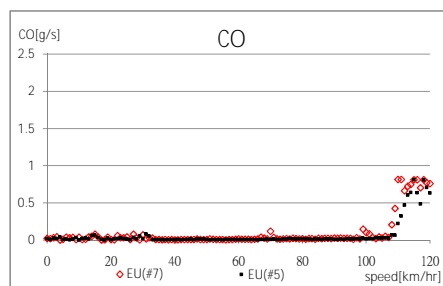
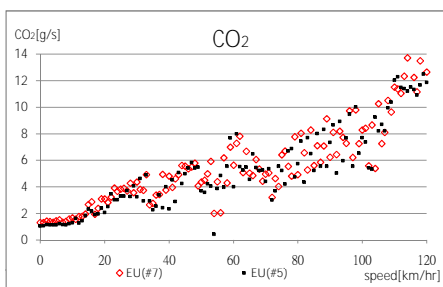
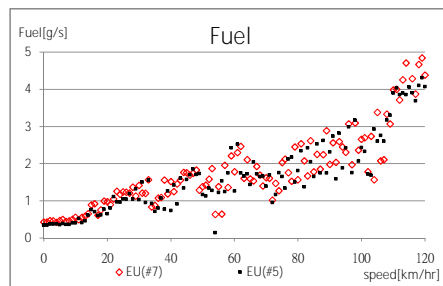
註2：為了使實驗室數據達到穩定，故每個路段在實驗室都必須複製三次。因此「複製路段」與「實驗室複製路段」的差異在於，實驗室複製路段為三次的總合。同時，其餘在實驗室的實驗，也都是執行三次的結果。

資料來源：本計畫。

附錄 2.2

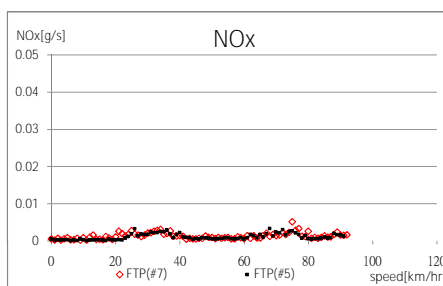
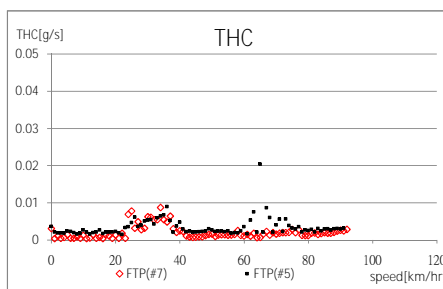
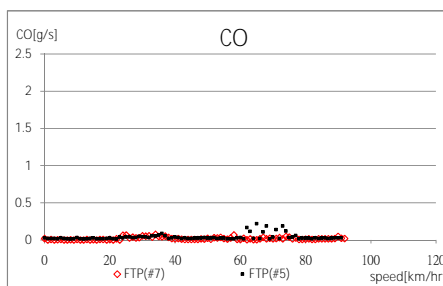
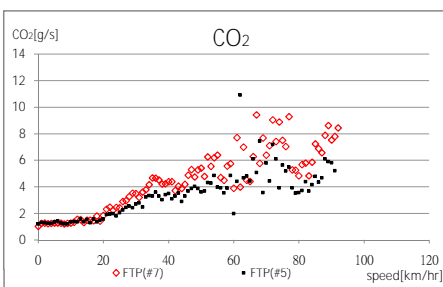
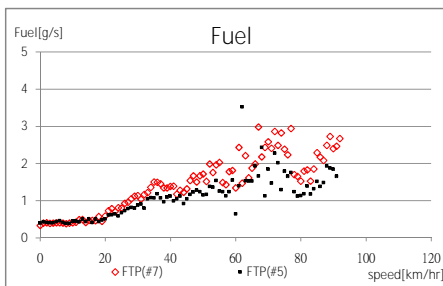
R6-V(#5 與#7)之N vs V 比對

實驗室EU



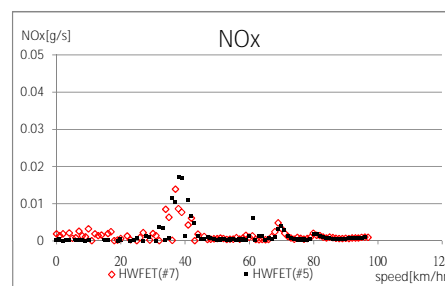
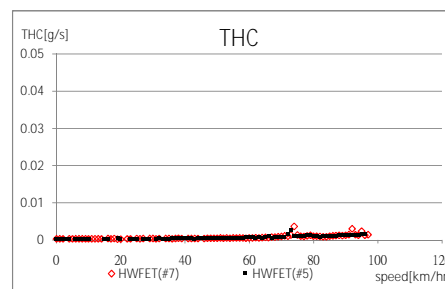
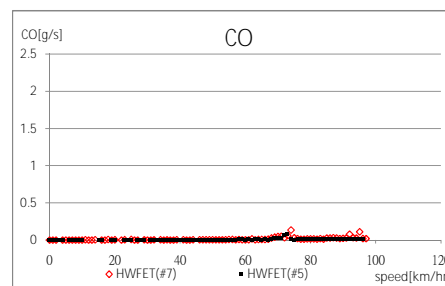
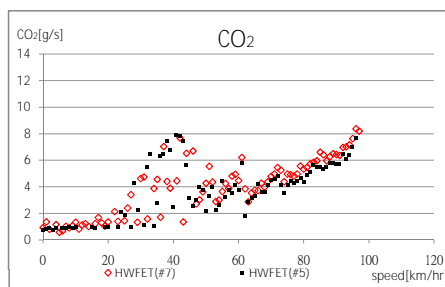
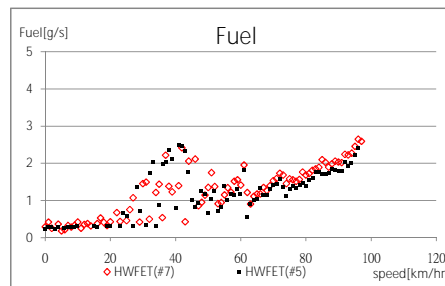
樣本數=3540

實驗室FTP



樣本數=7534

實驗室HWFET



樣本數=2296

R7-V(#9)-之N vs V 比對

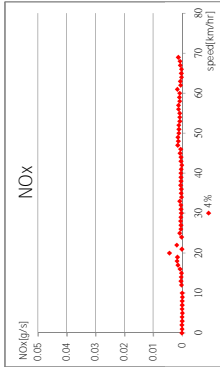
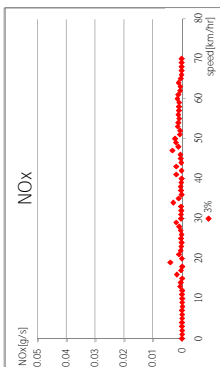
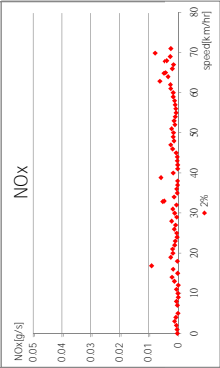
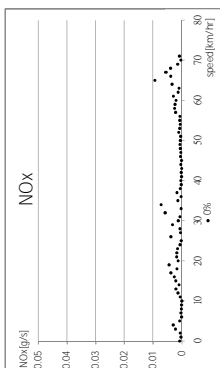
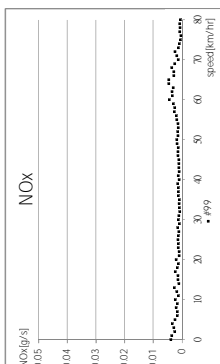
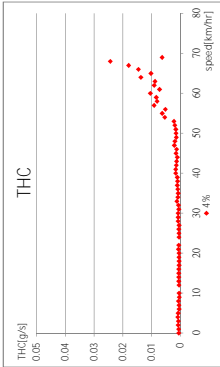
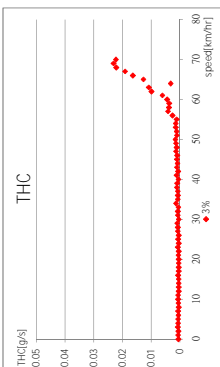
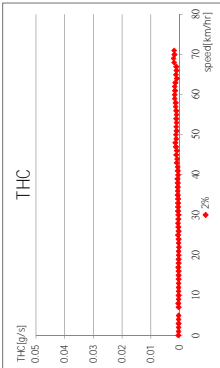
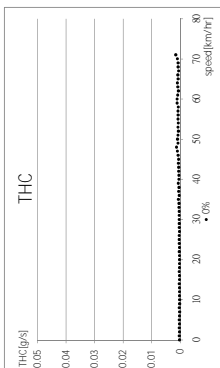
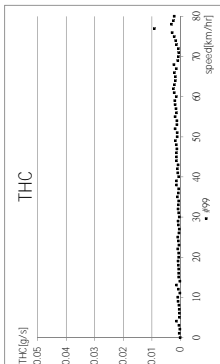
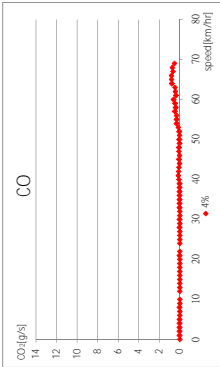
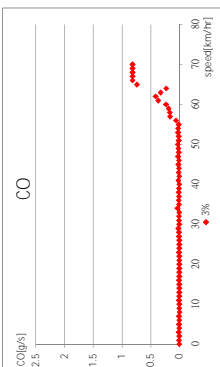
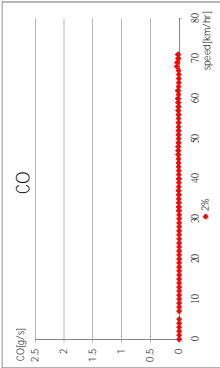
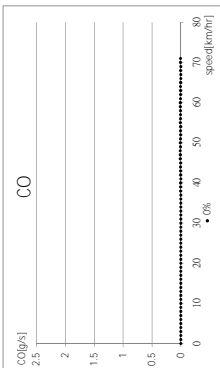
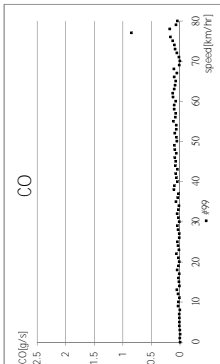
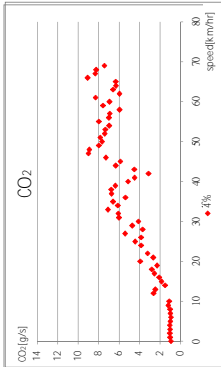
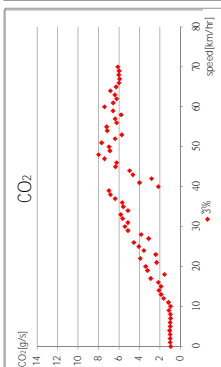
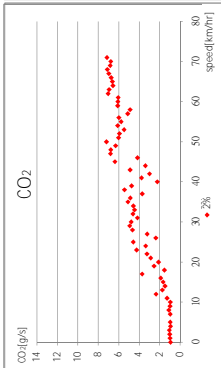
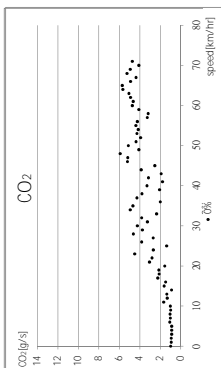
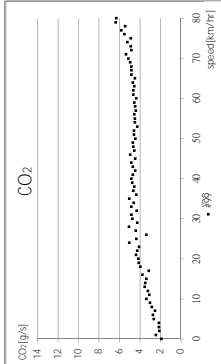
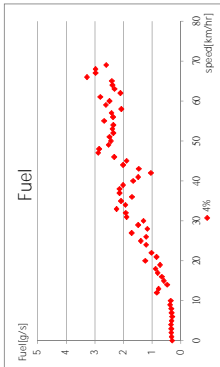
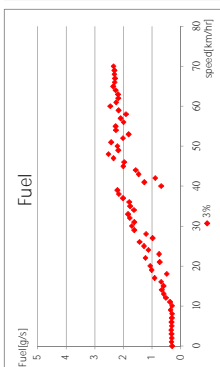
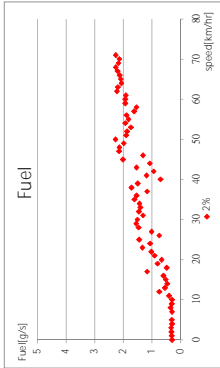
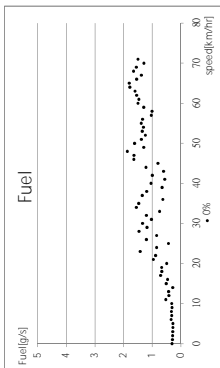
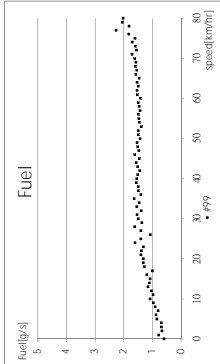
實際路跑(#99)

0%

2%

3%

4%



樣本數=9262

樣本數=897

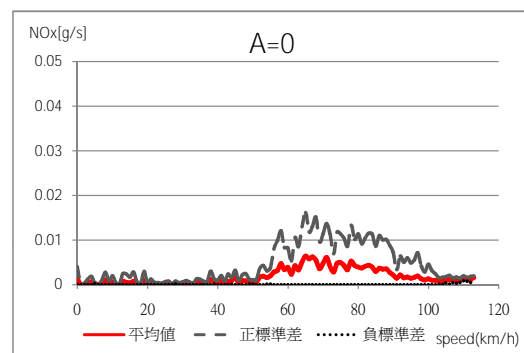
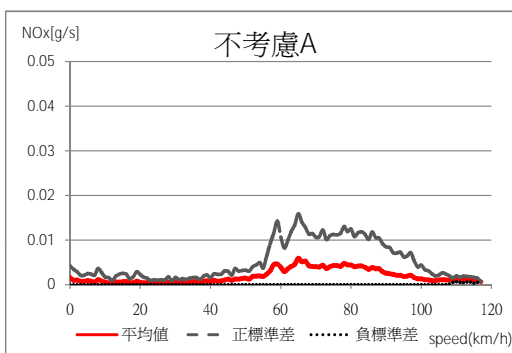
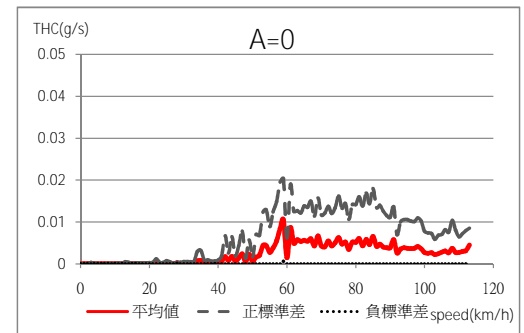
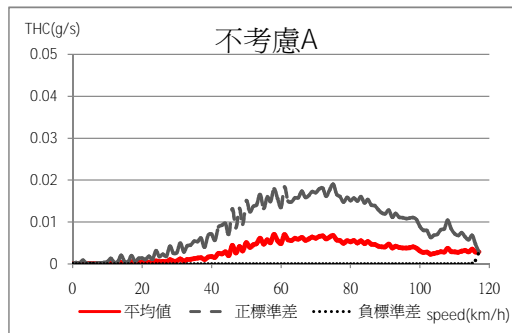
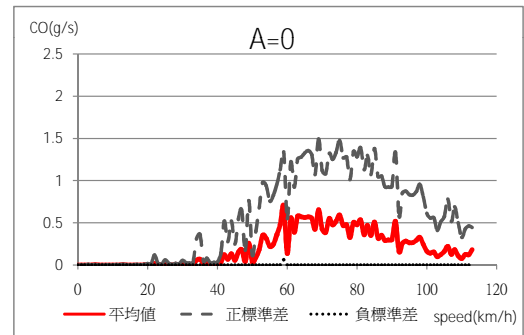
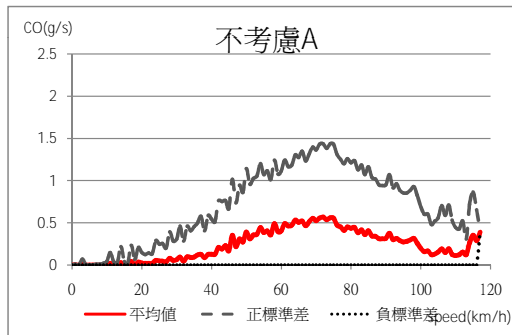
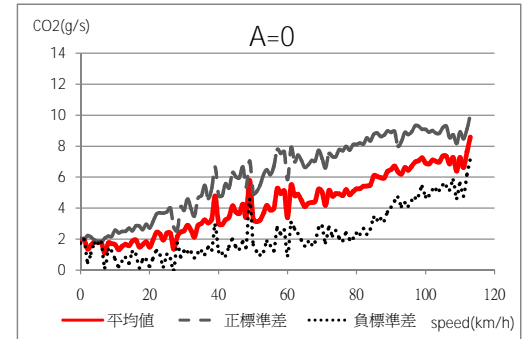
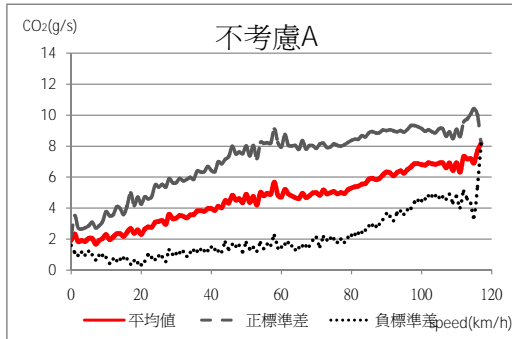
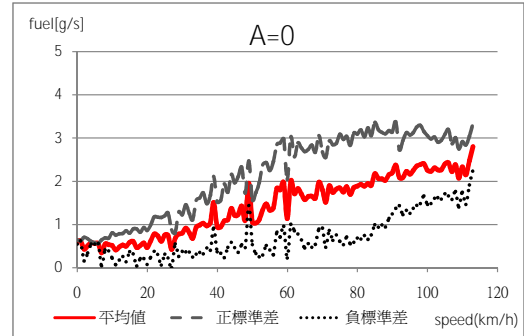
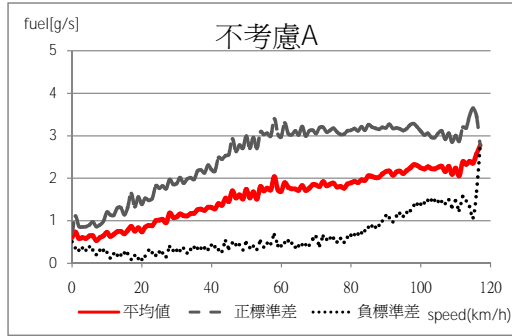
樣本數=897

樣本數=897

樣本數=897

資料來源：特質檢，CLASS4-07/26。

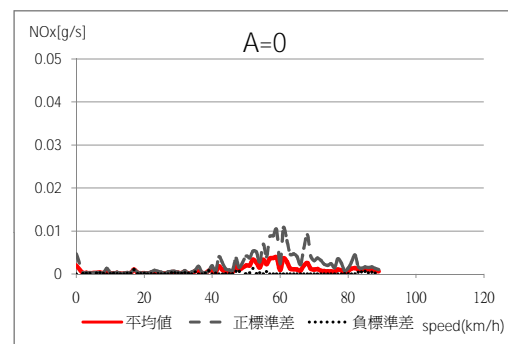
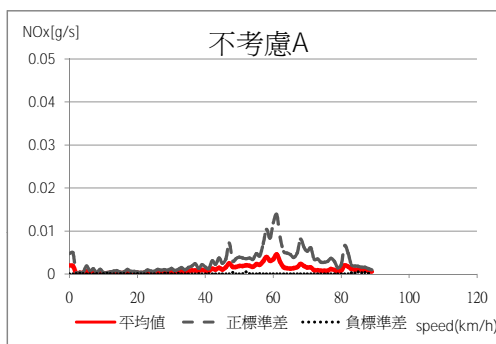
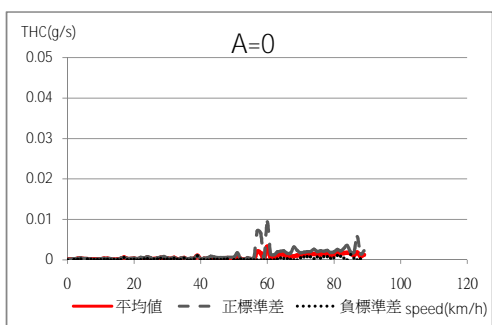
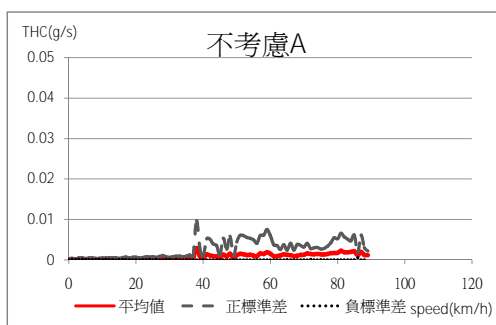
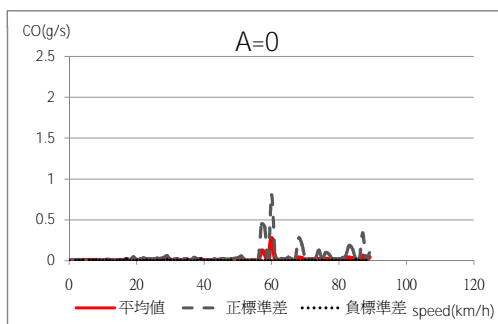
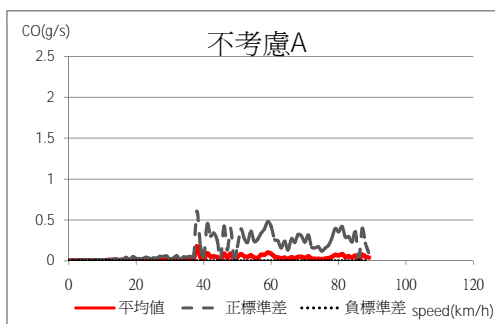
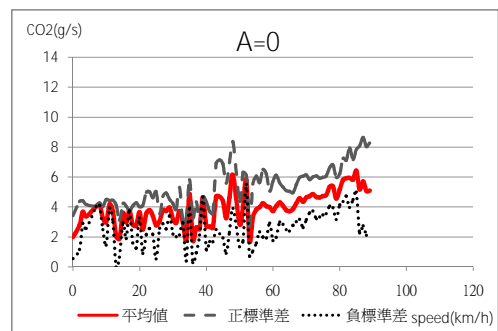
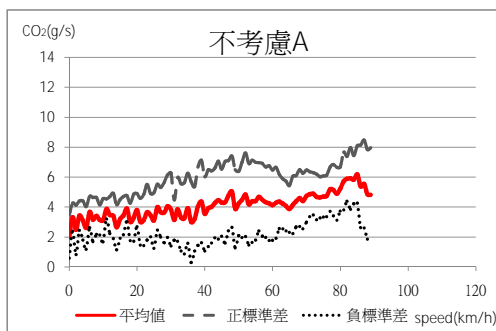
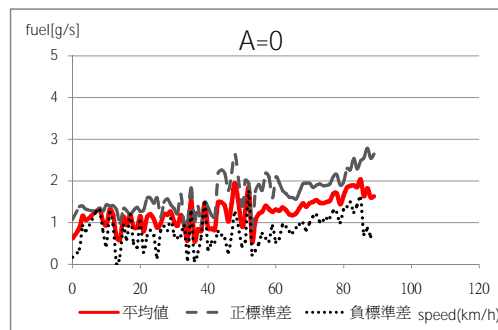
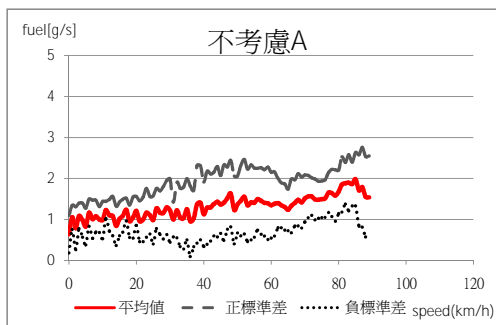
CLASS 1的 N vs V圖



樣本數=63399

樣本數=25391

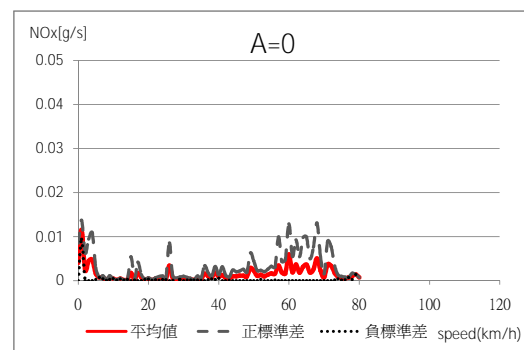
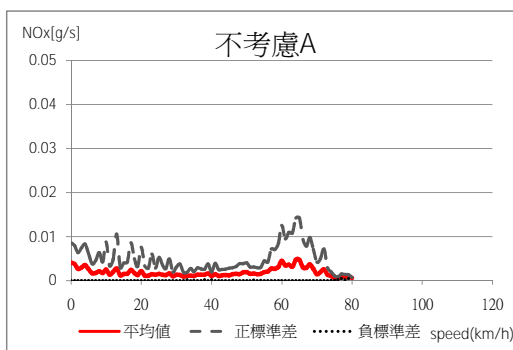
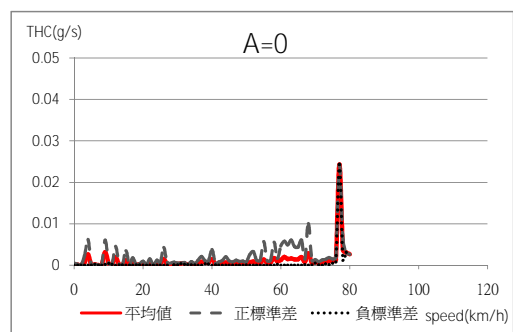
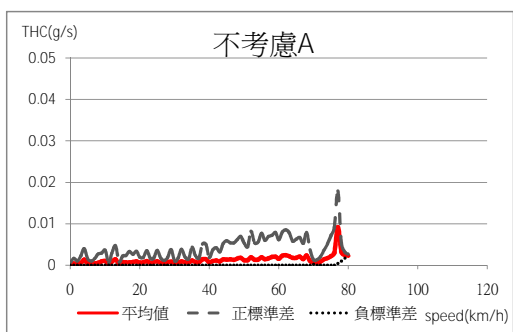
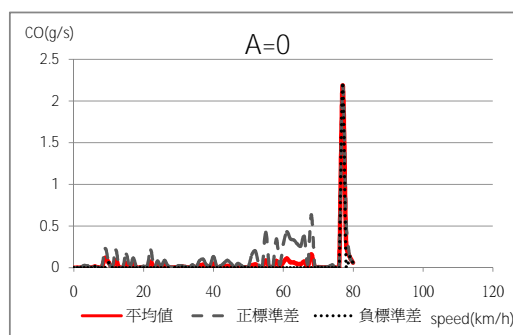
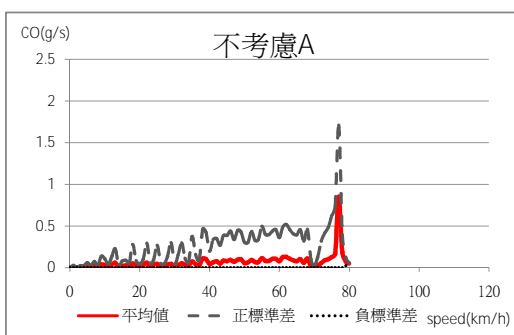
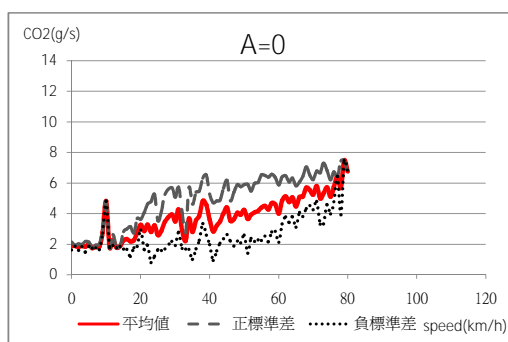
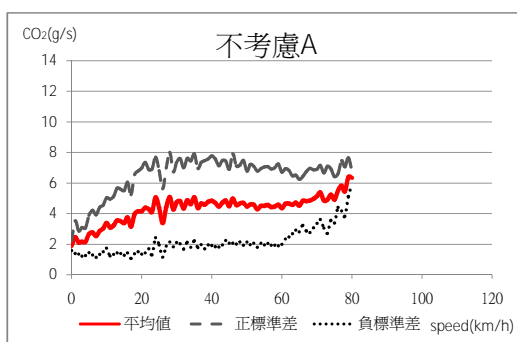
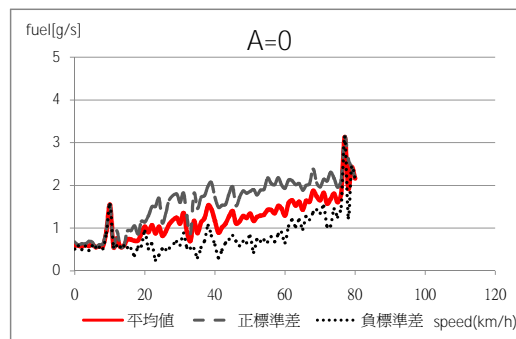
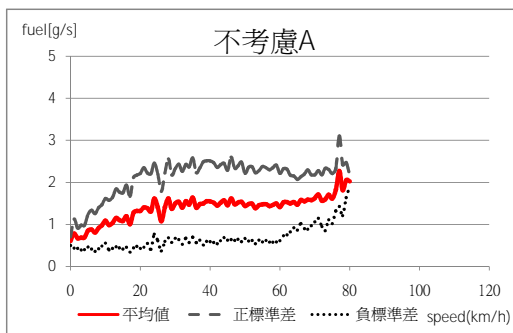
CLASS 11的 N vs V圖



樣本數=10560

樣本數=5475

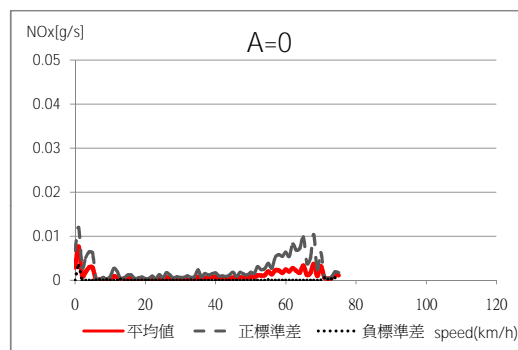
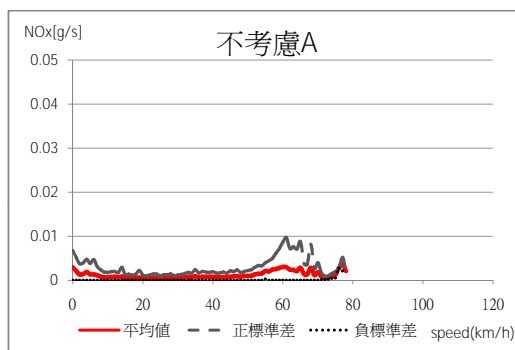
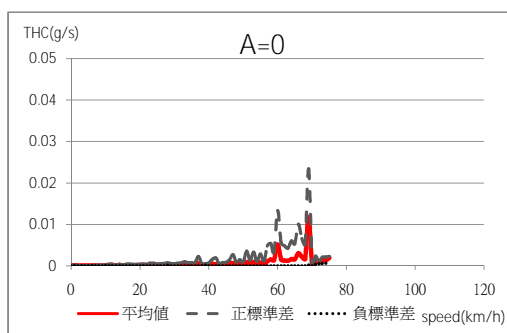
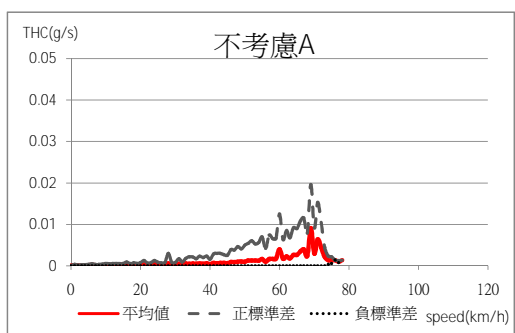
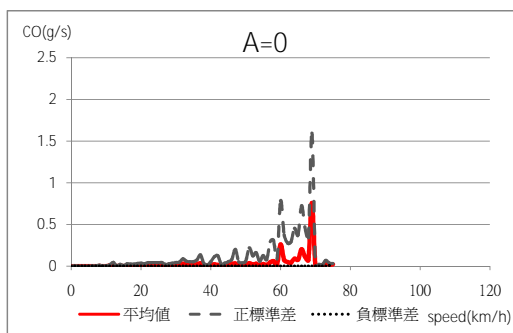
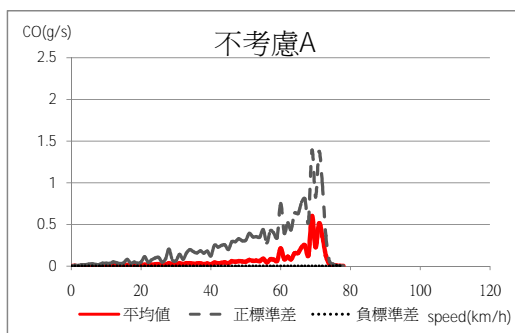
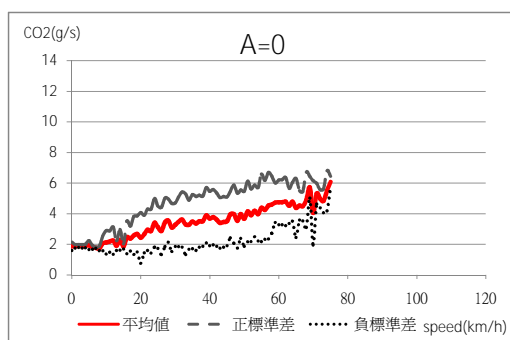
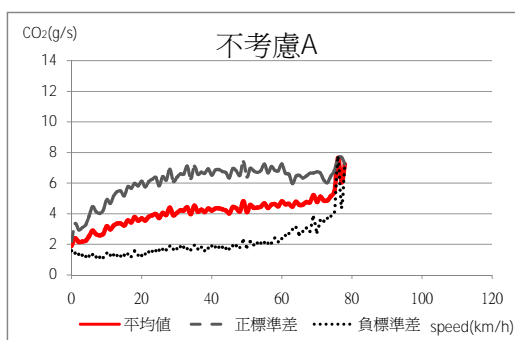
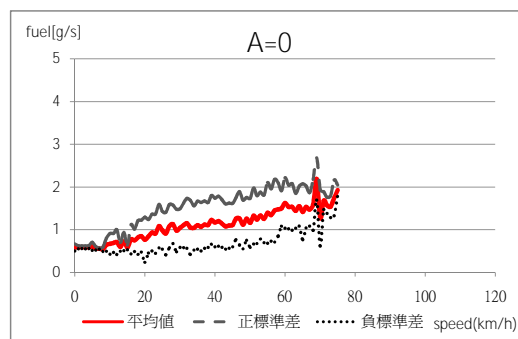
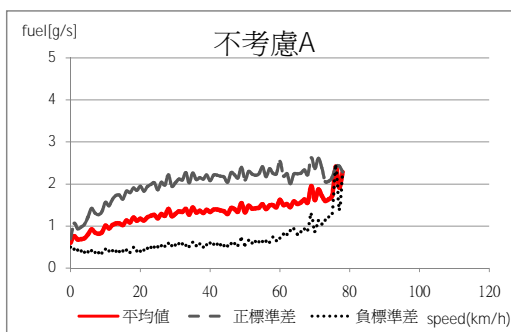
CLASS 24的 N vs V圖



樣本數=9262

樣本數=3984

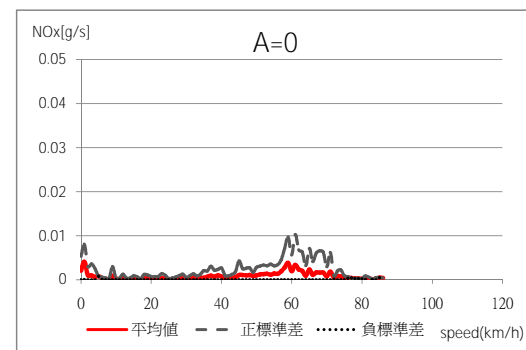
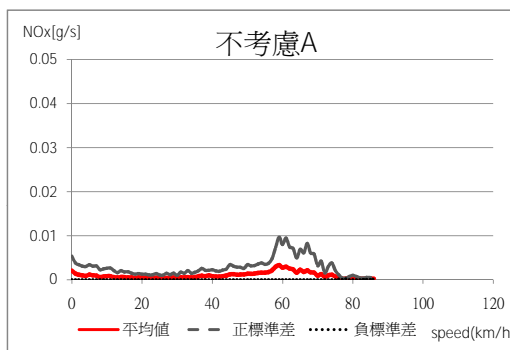
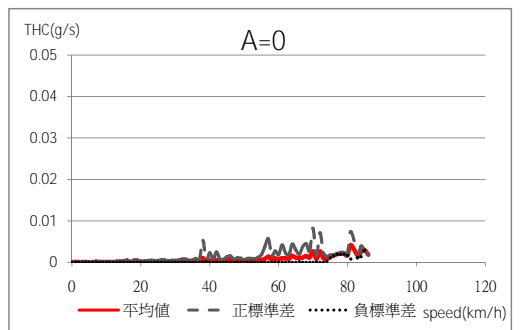
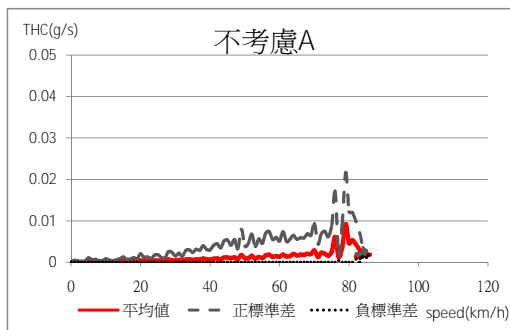
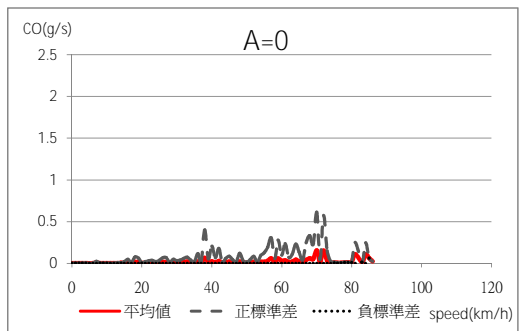
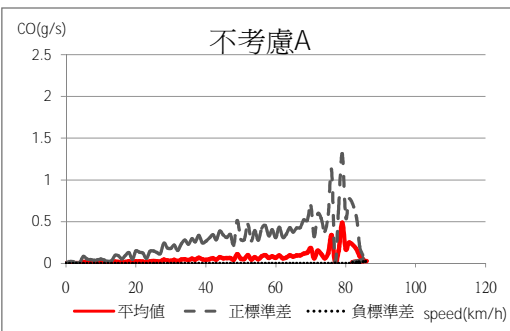
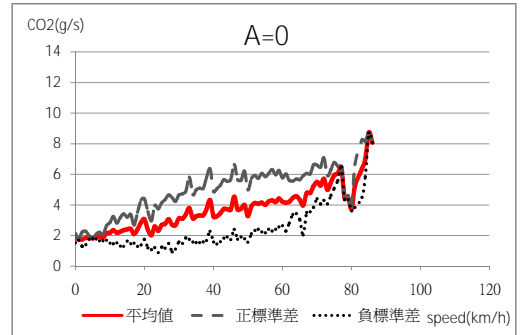
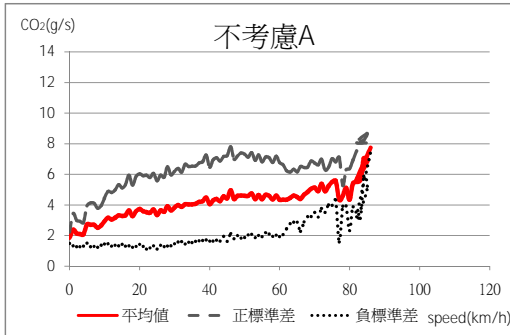
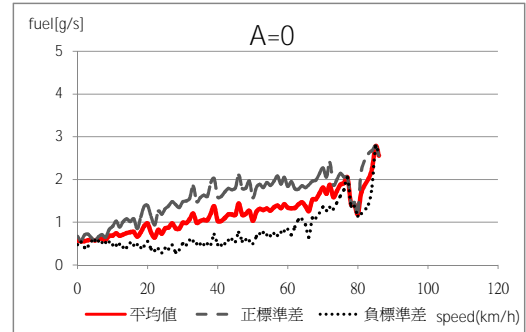
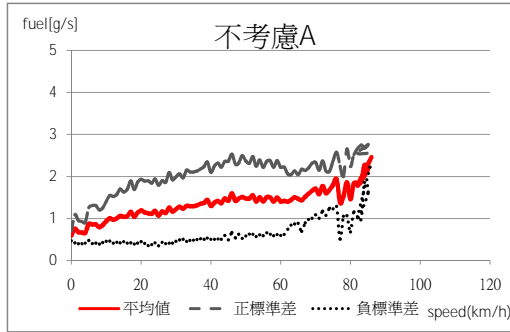
CLASS 27的 N vs V圖



樣本數=28335

樣本數=14125

CLASS 34的 N vs V圖



樣本數=29088

樣本數=10791

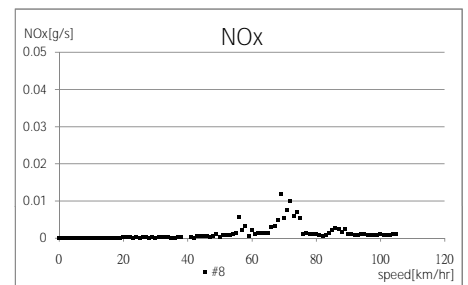
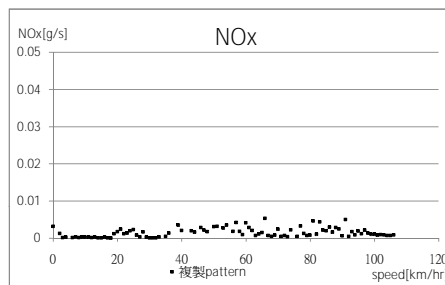
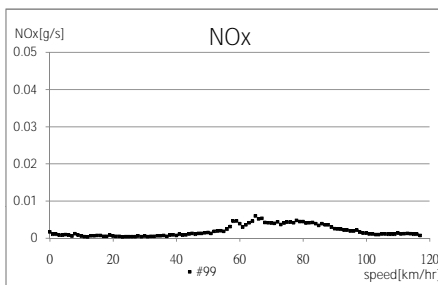
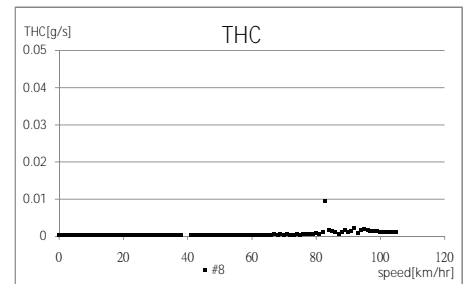
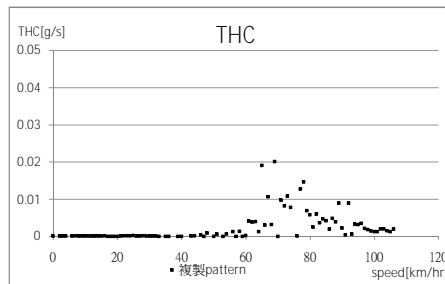
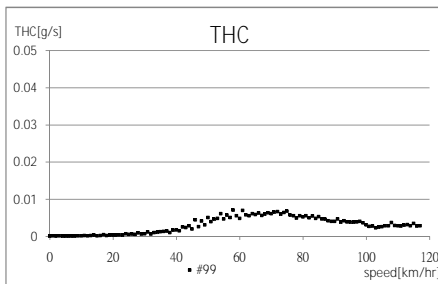
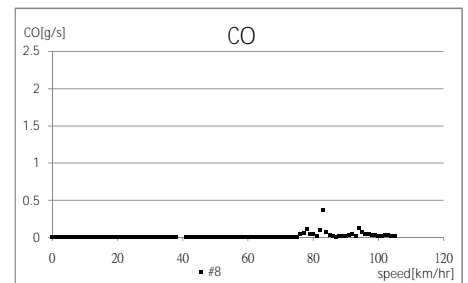
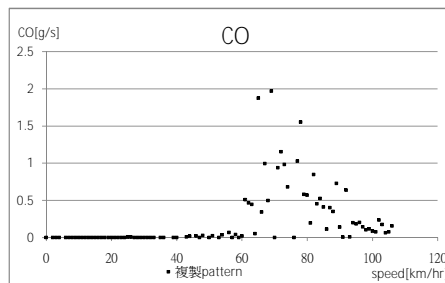
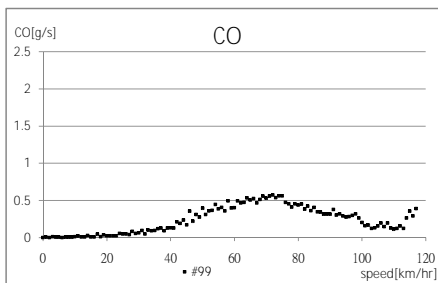
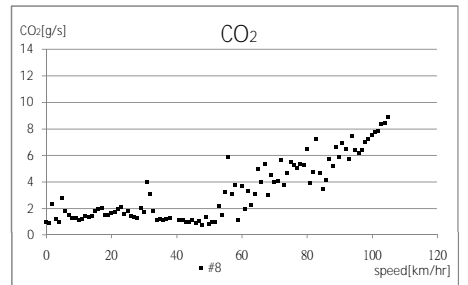
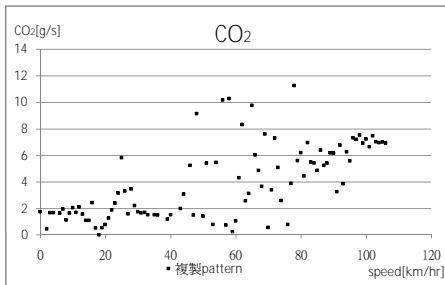
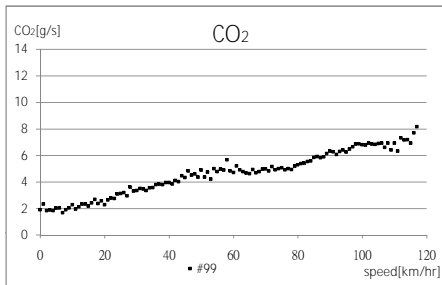
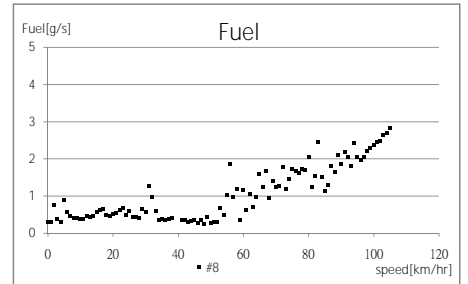
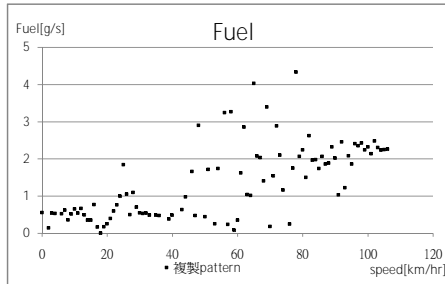
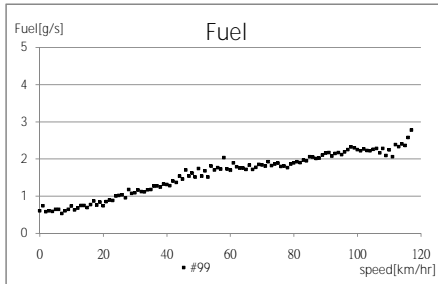
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class1-0806

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=63399

樣本數=901

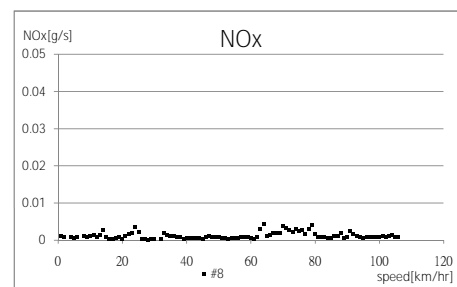
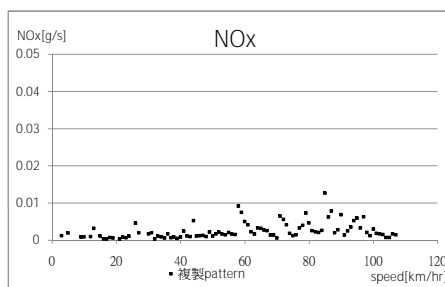
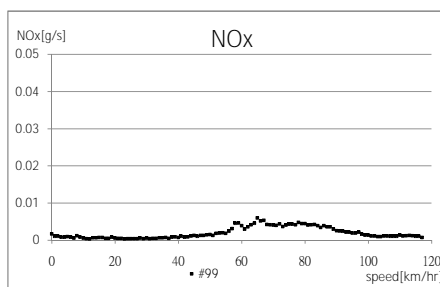
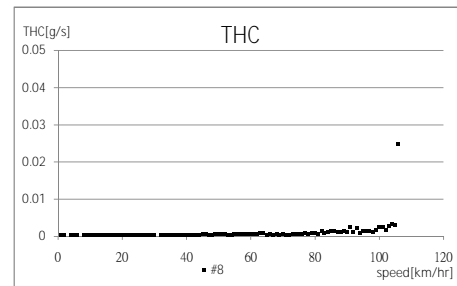
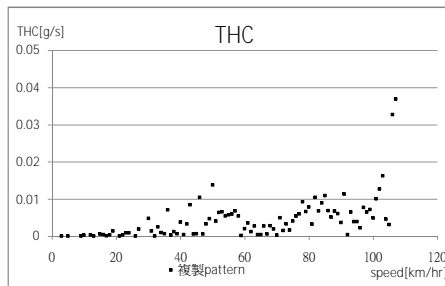
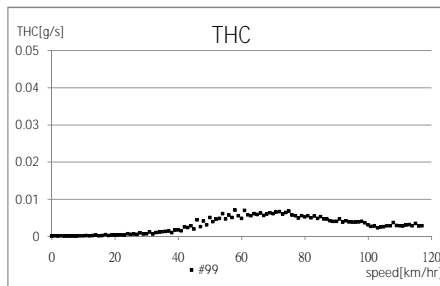
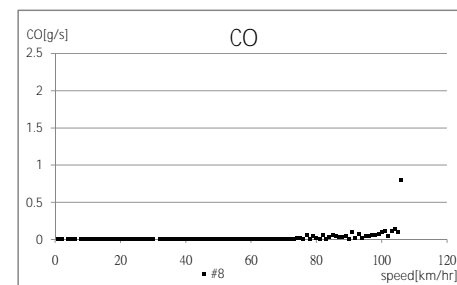
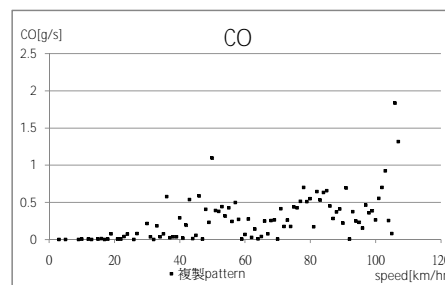
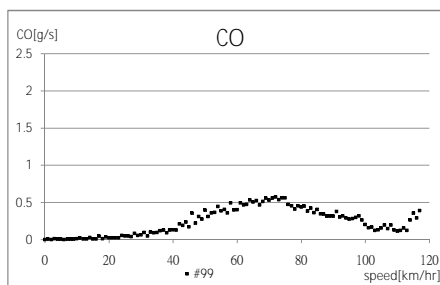
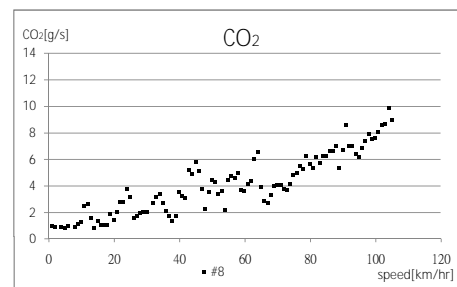
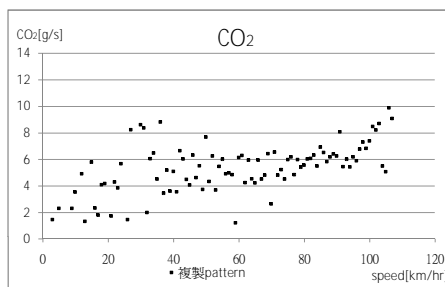
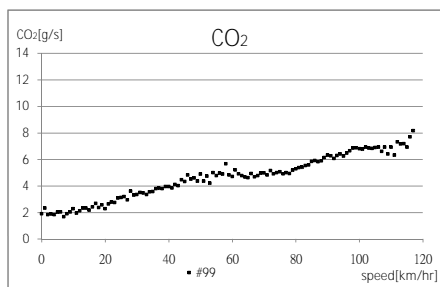
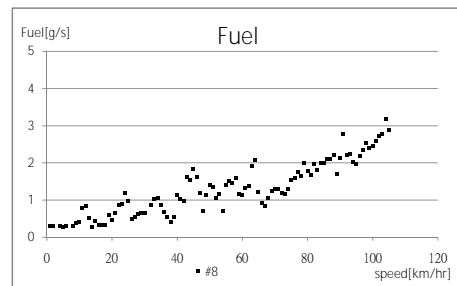
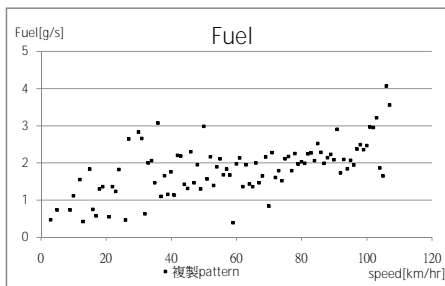
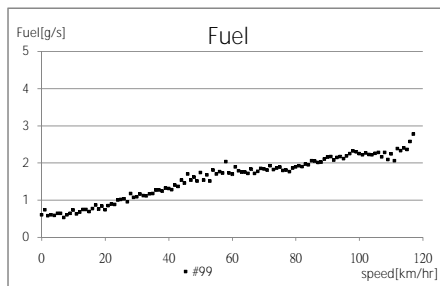
樣本數=2697

R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對 class1-0807

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=63399

樣本數=901

樣本數=2697

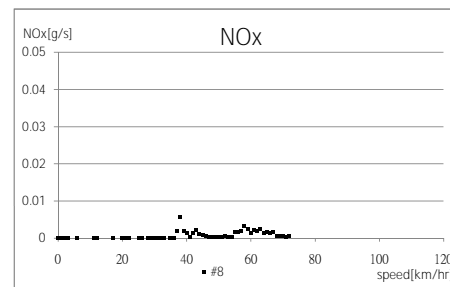
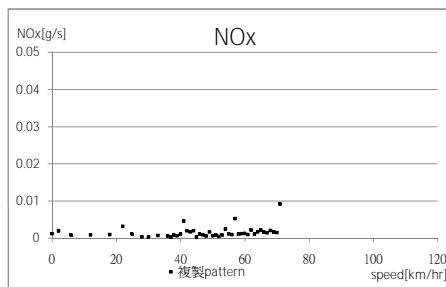
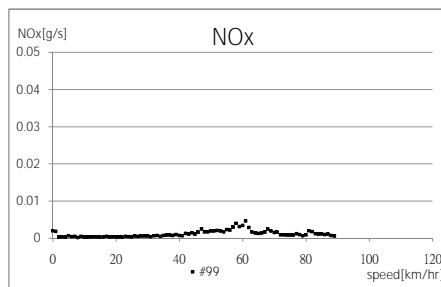
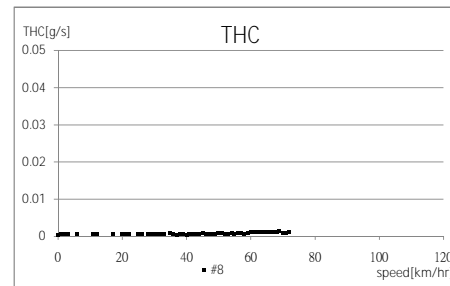
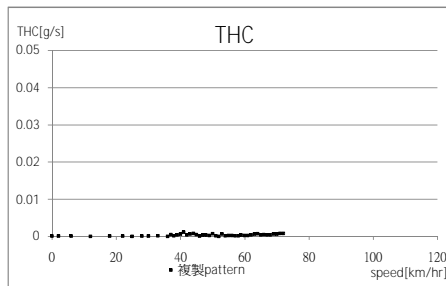
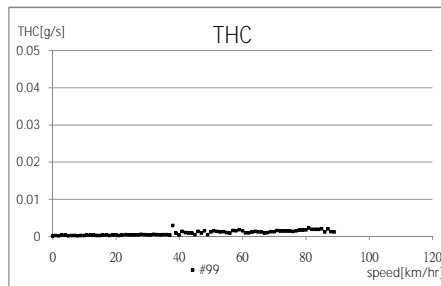
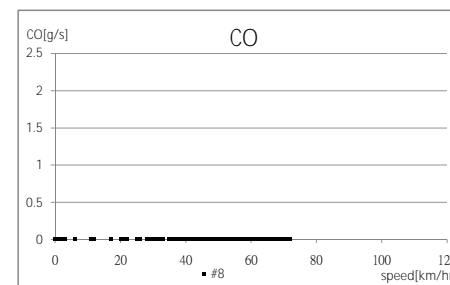
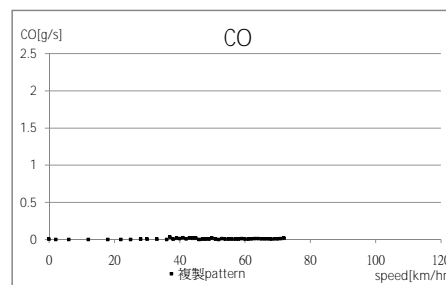
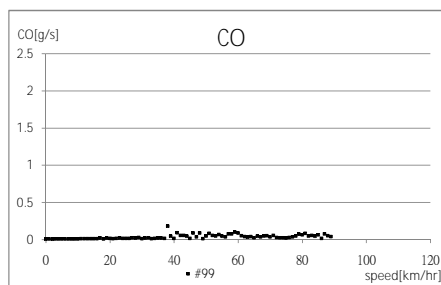
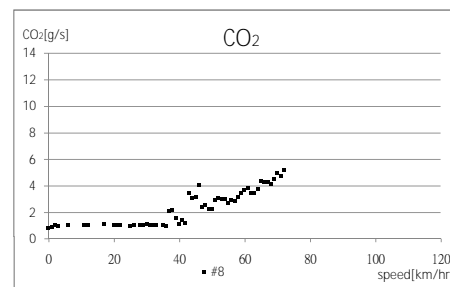
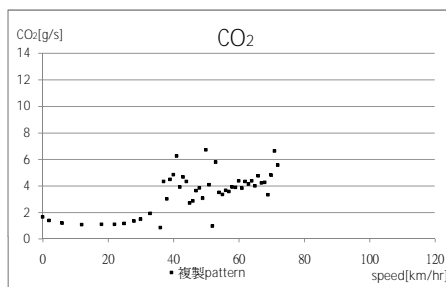
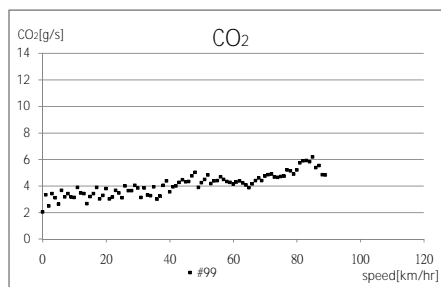
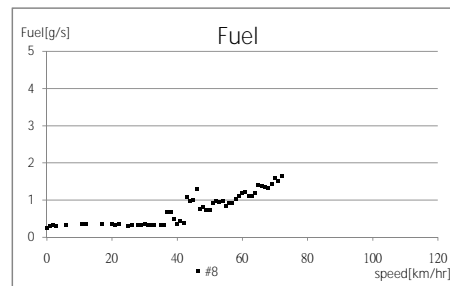
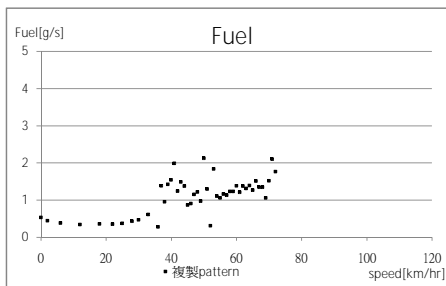
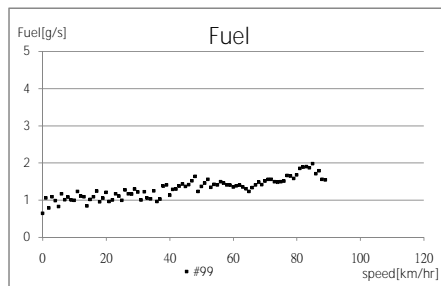
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class11-0801

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=10560

樣本數=637

樣本數=1908

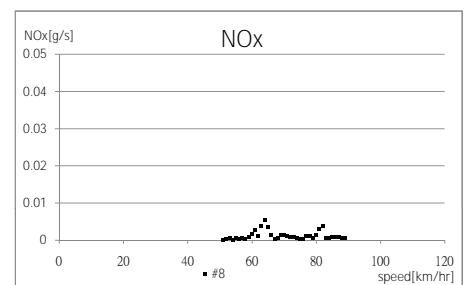
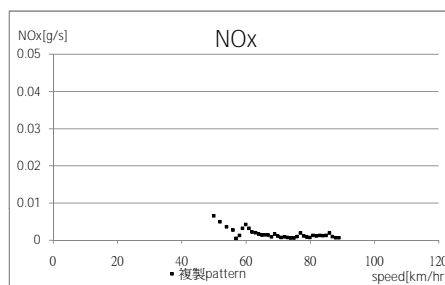
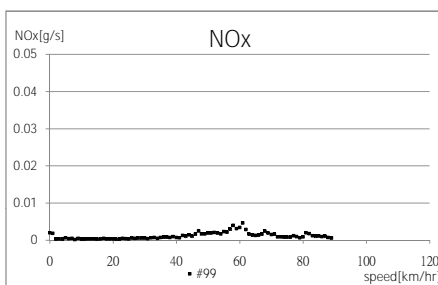
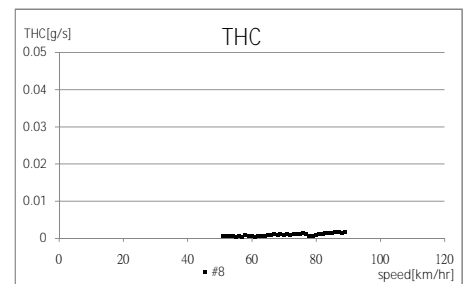
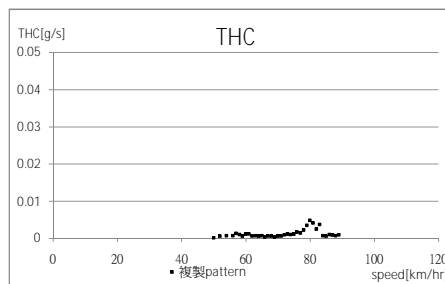
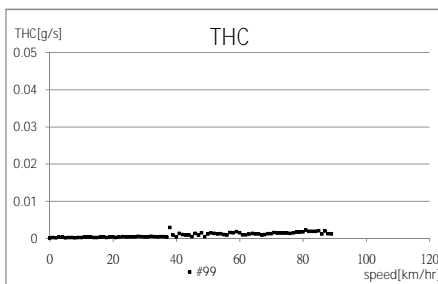
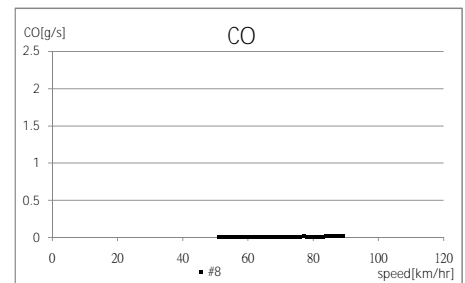
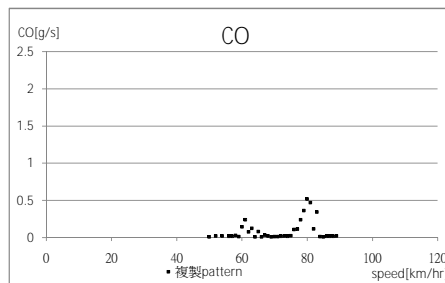
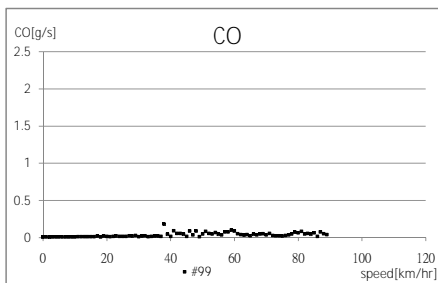
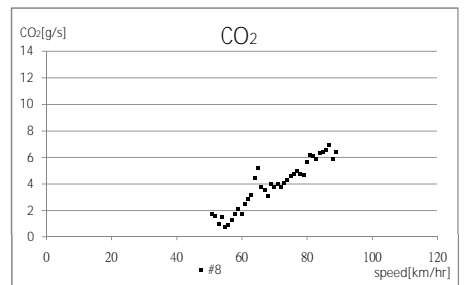
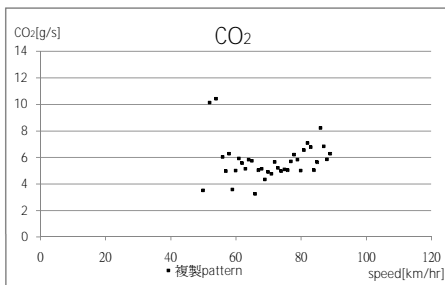
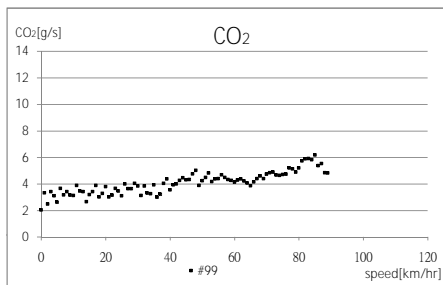
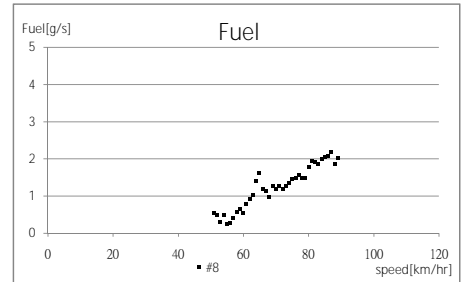
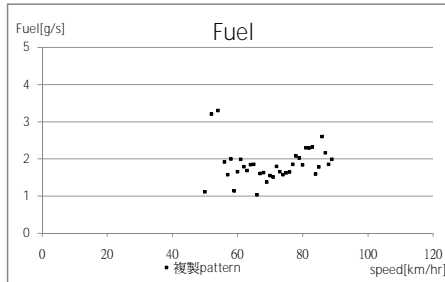
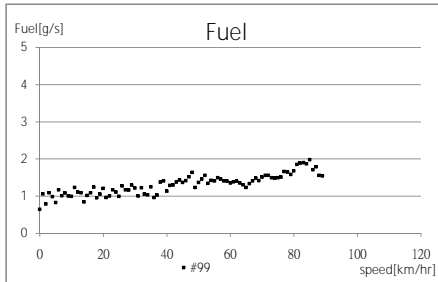
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class11-0829

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=10560

樣本數=581

樣本數=1737

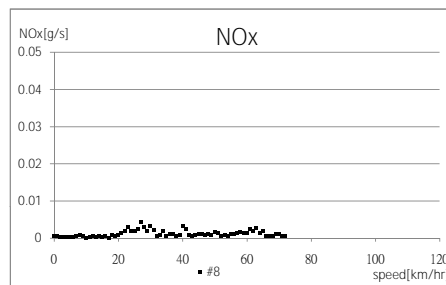
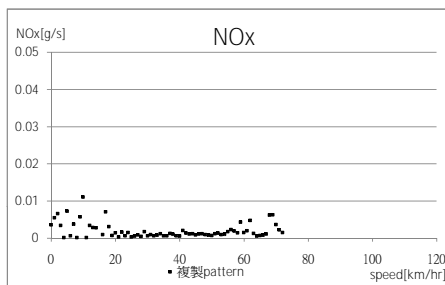
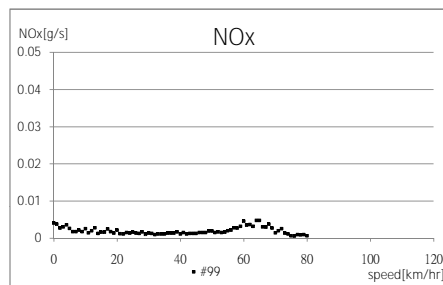
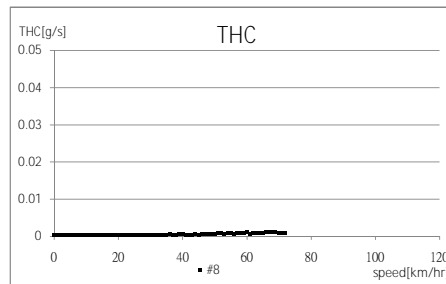
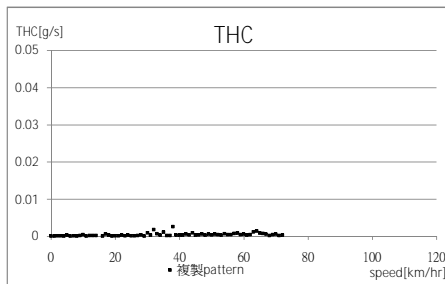
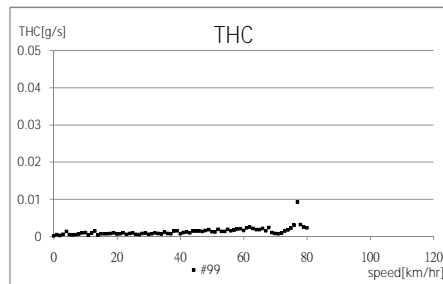
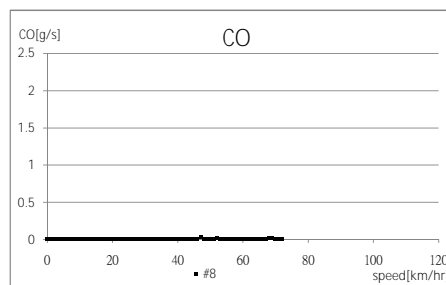
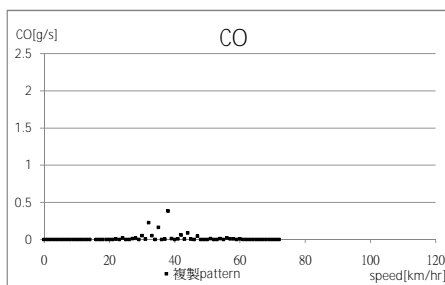
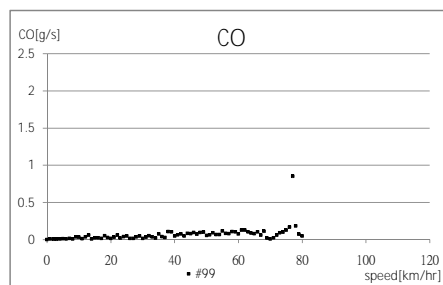
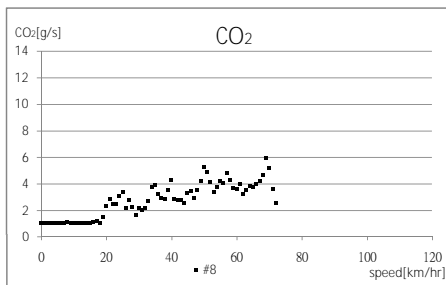
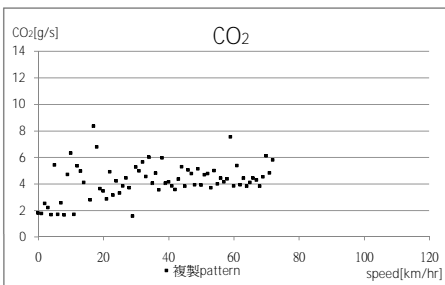
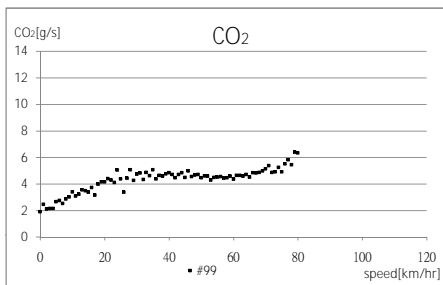
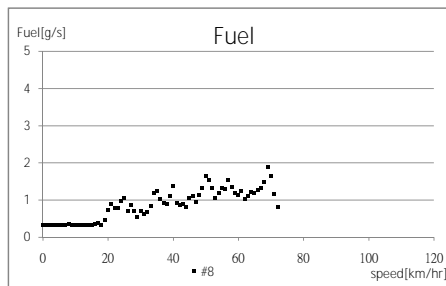
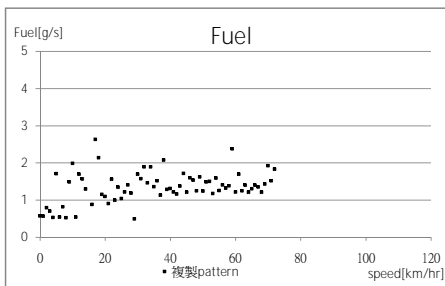
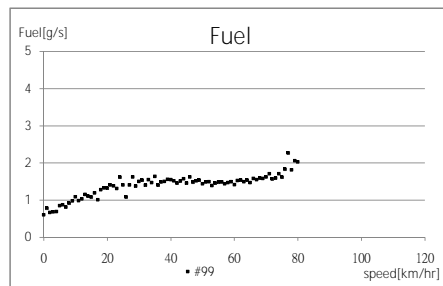
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class24-0725

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=9262

樣本數=765

樣本數=2289

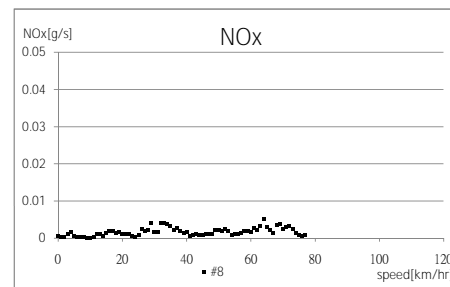
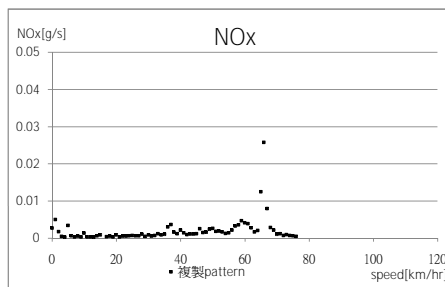
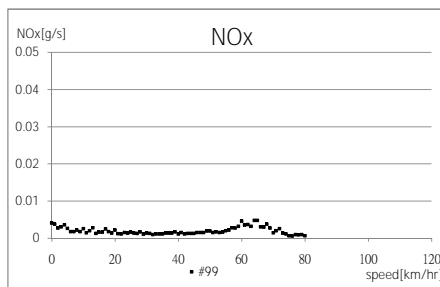
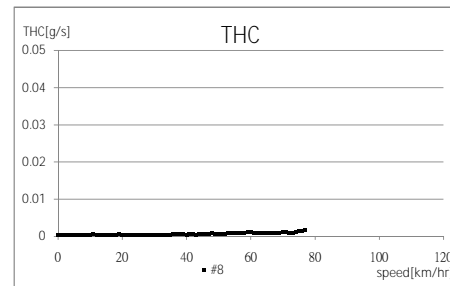
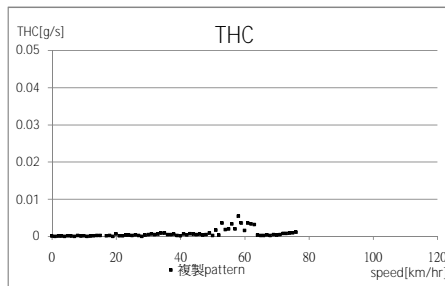
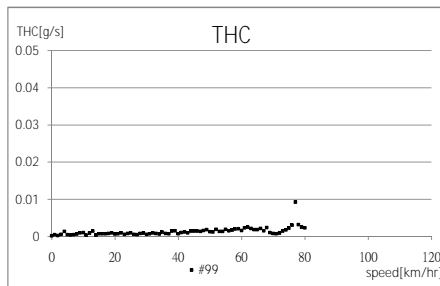
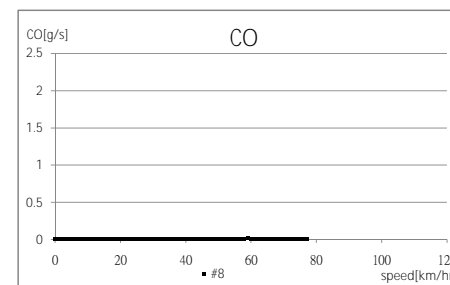
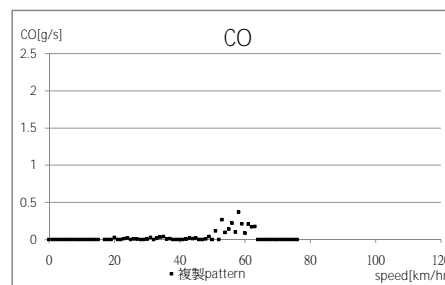
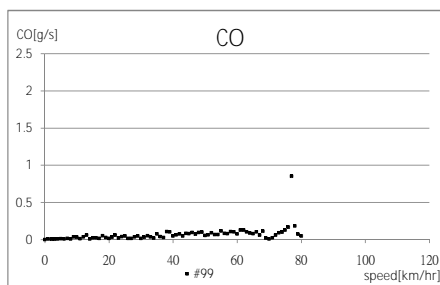
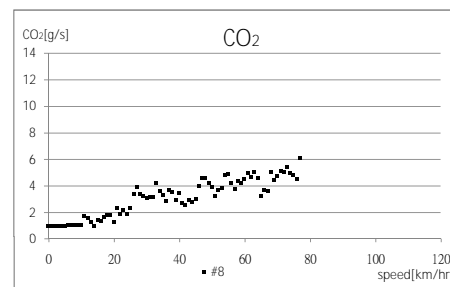
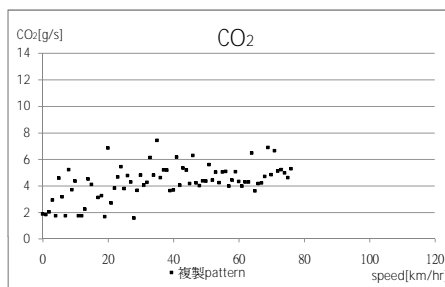
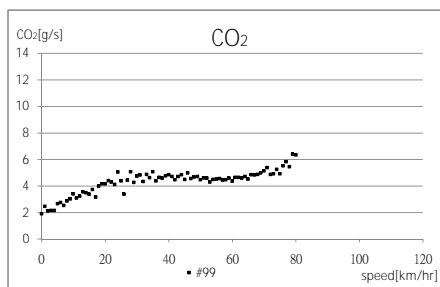
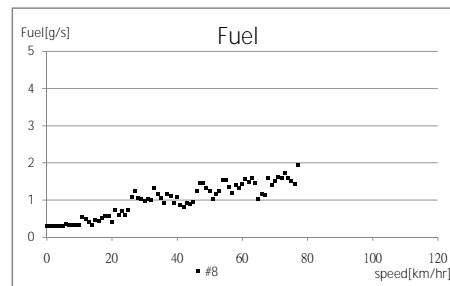
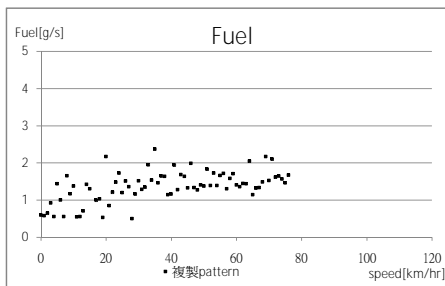
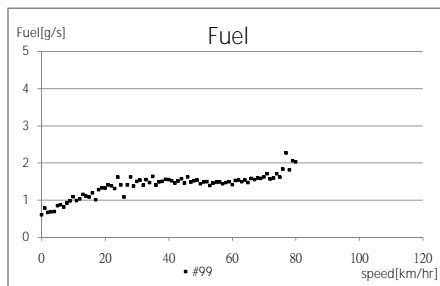
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class24-0726

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=9262

樣本數=775

樣本數=2319

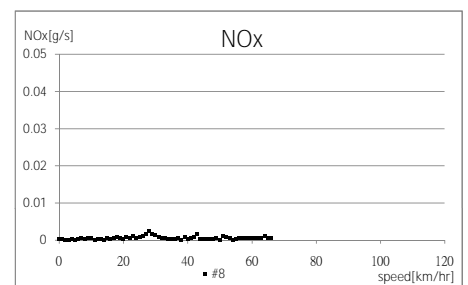
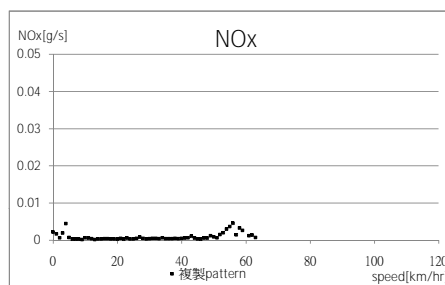
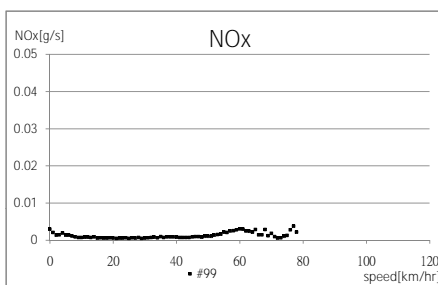
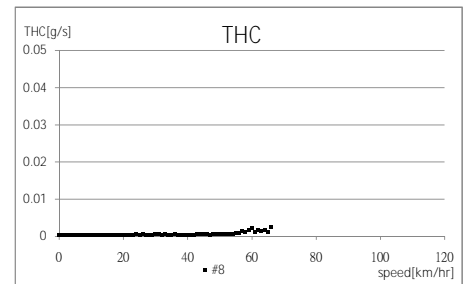
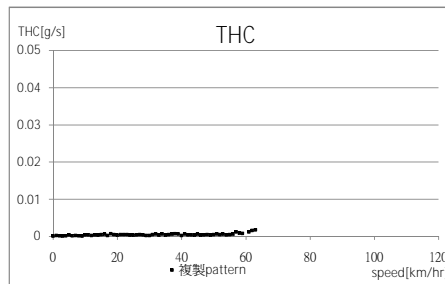
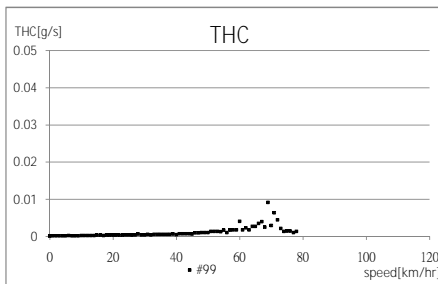
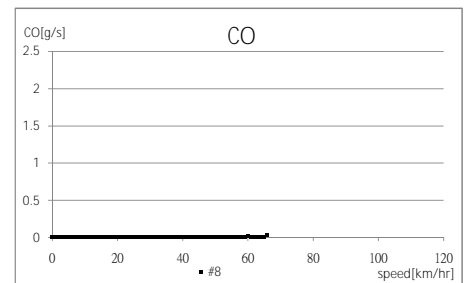
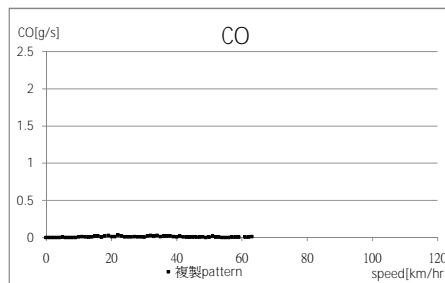
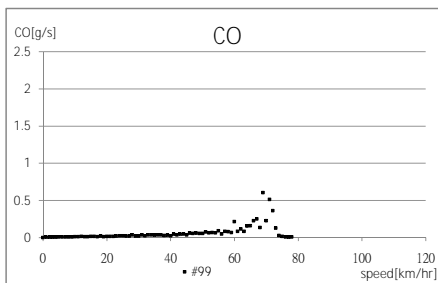
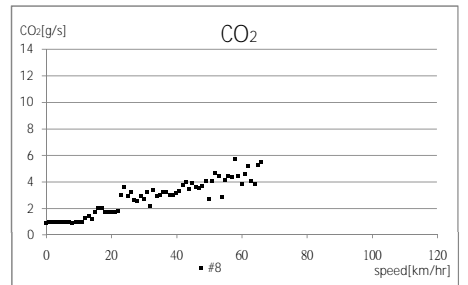
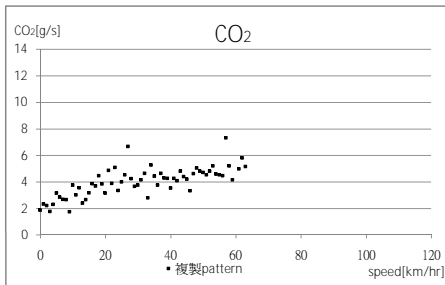
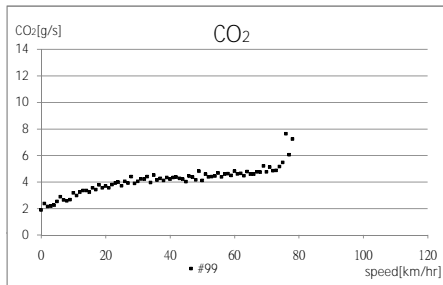
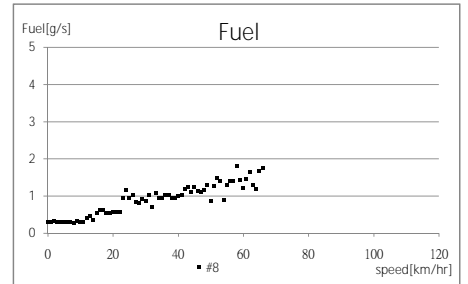
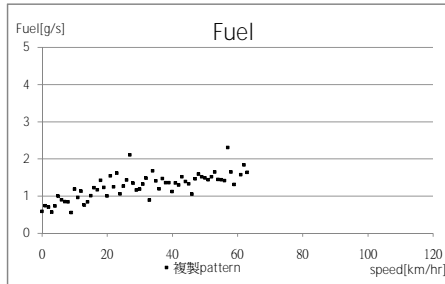
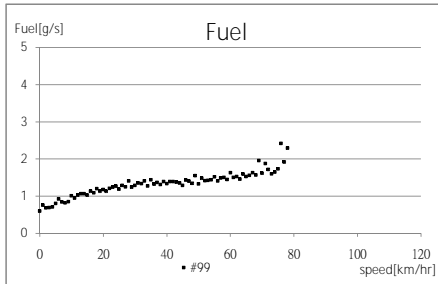
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class27-0725

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=28335

樣本數=901

樣本數=2700

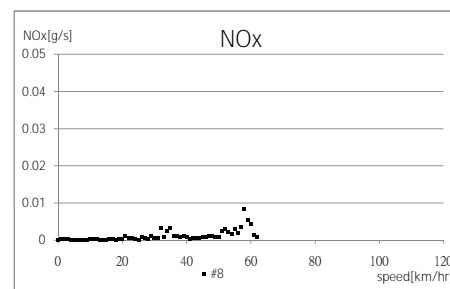
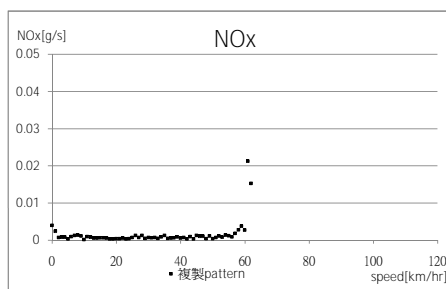
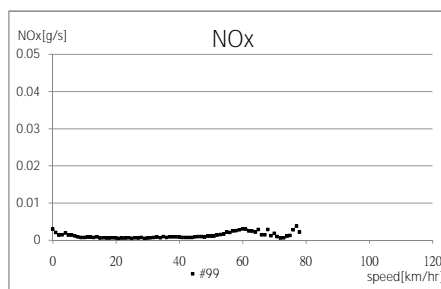
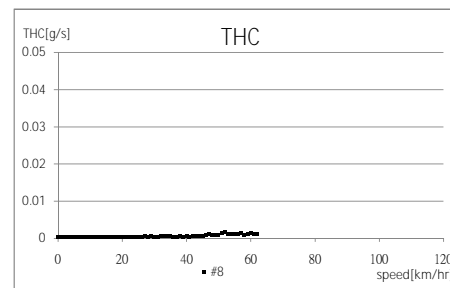
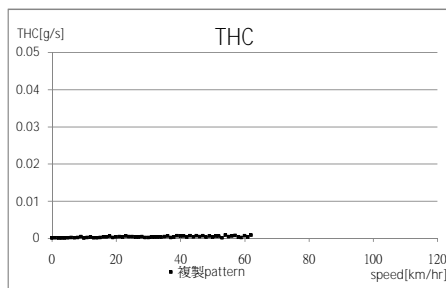
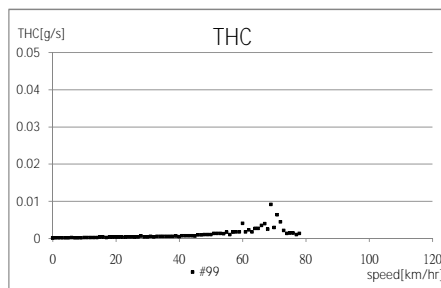
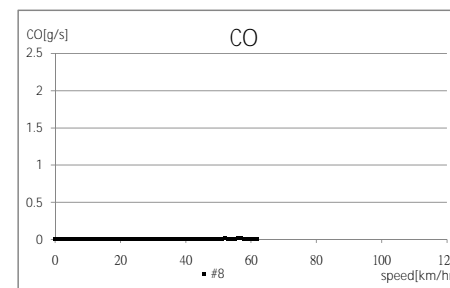
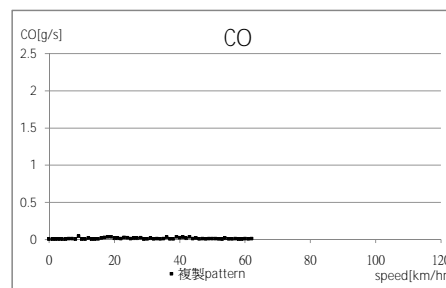
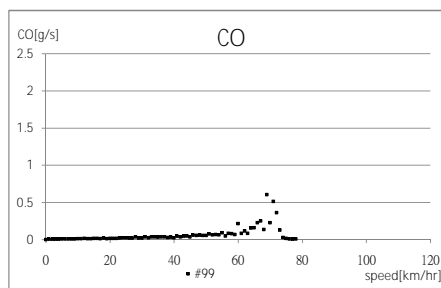
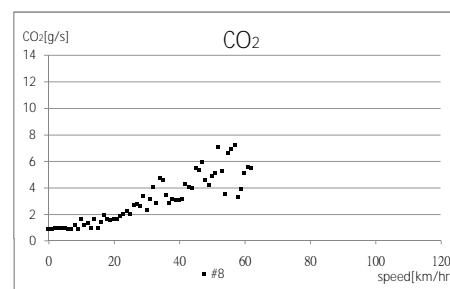
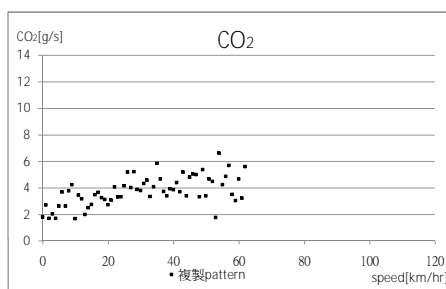
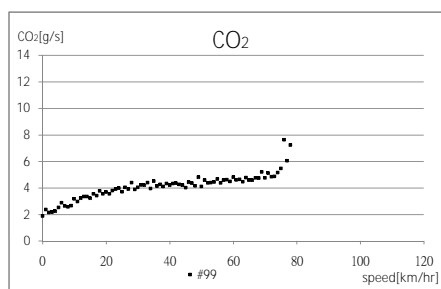
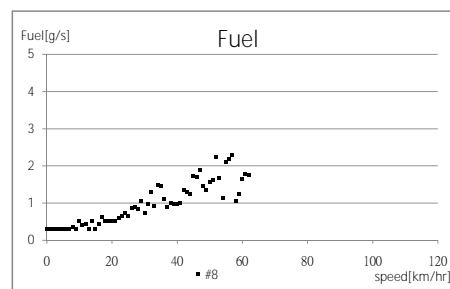
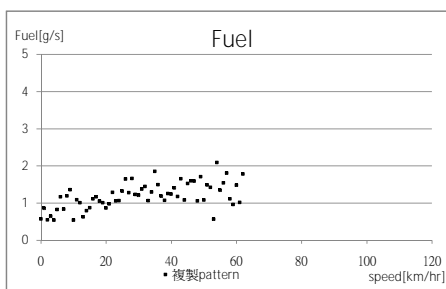
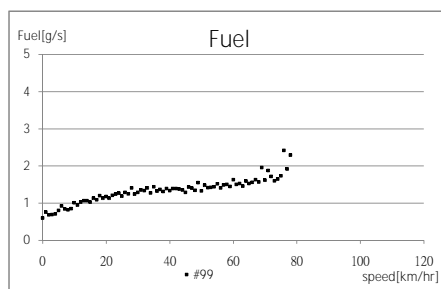
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class27-0830

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=28335

樣本數=901

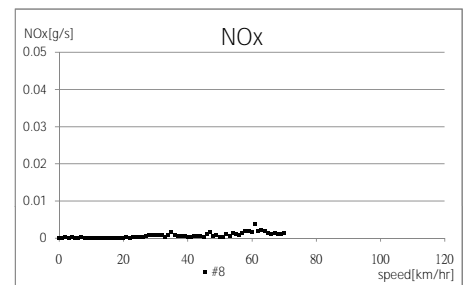
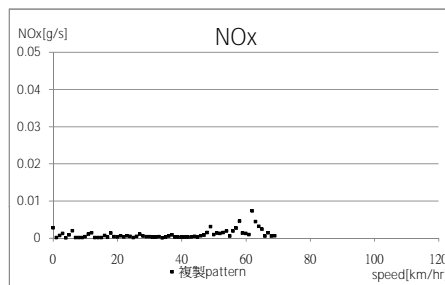
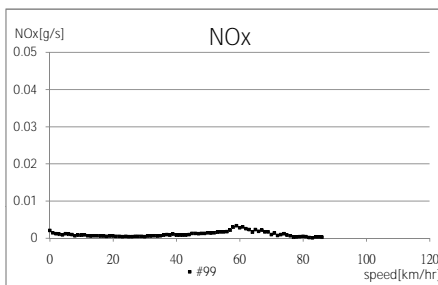
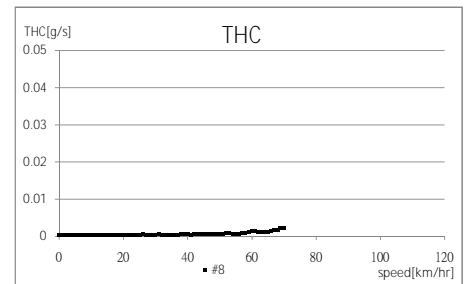
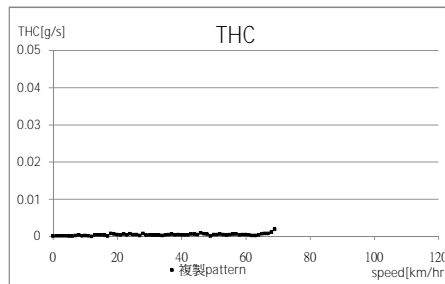
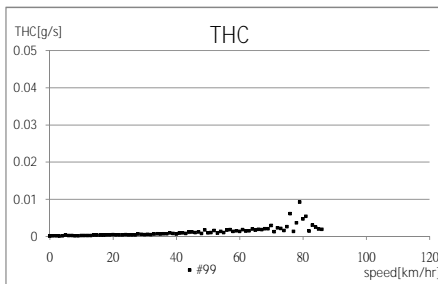
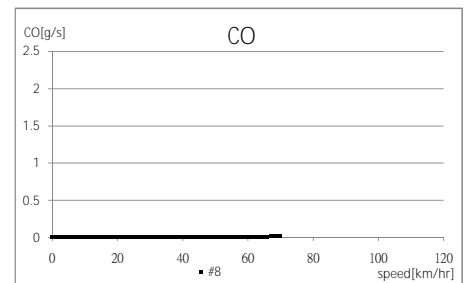
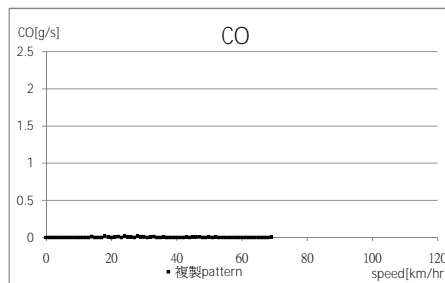
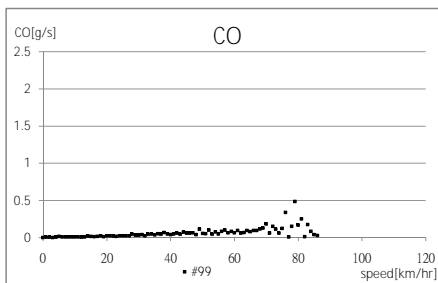
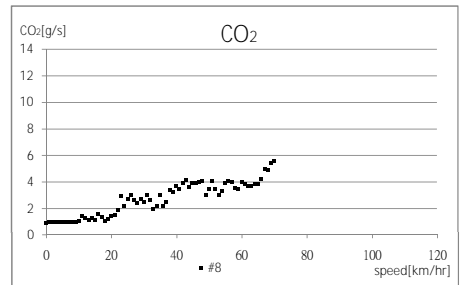
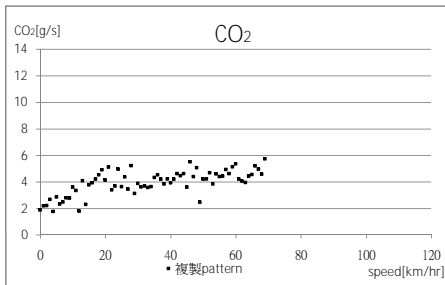
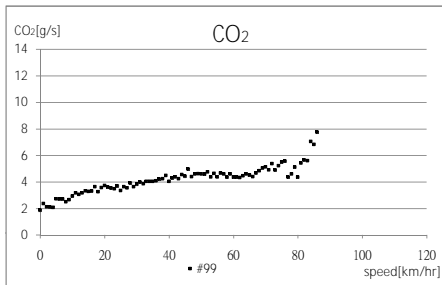
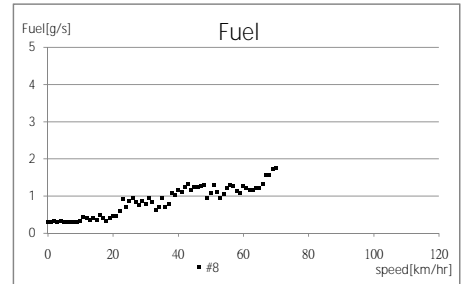
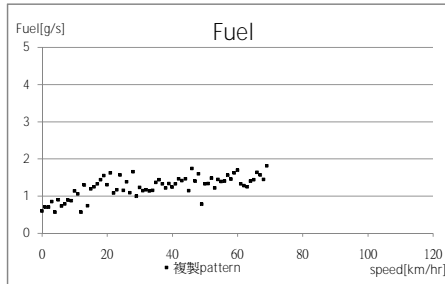
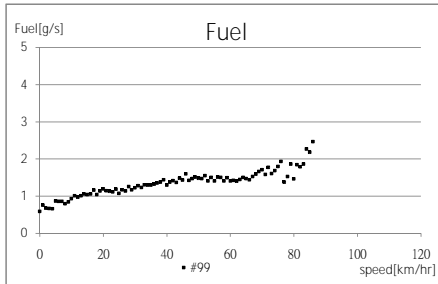
樣本數=2700

R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對 class34-0725

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=29088

樣本數=901

樣本數=2700

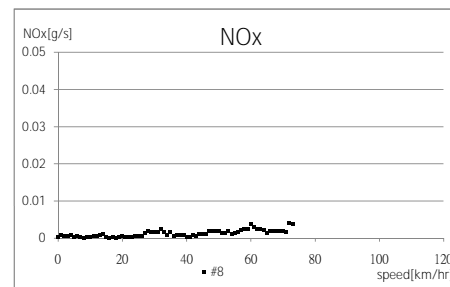
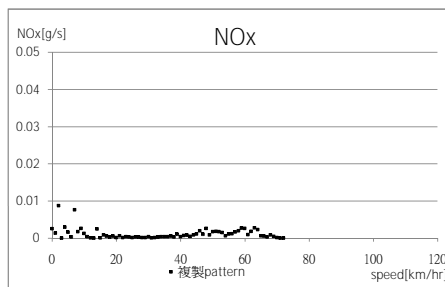
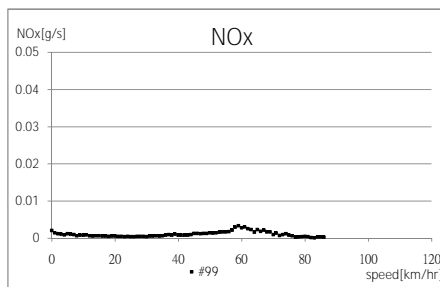
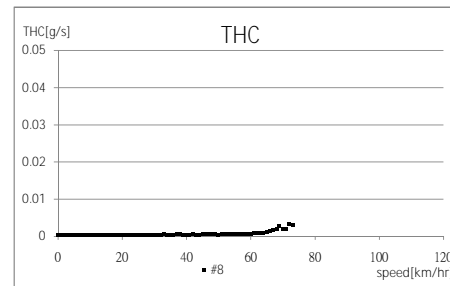
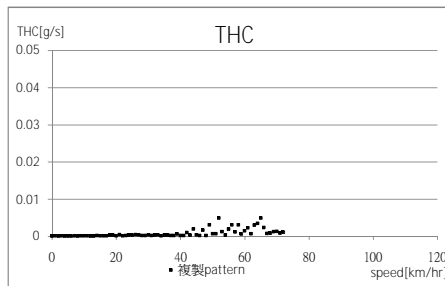
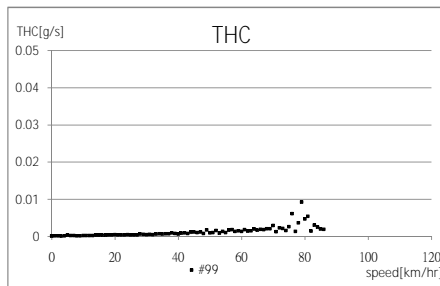
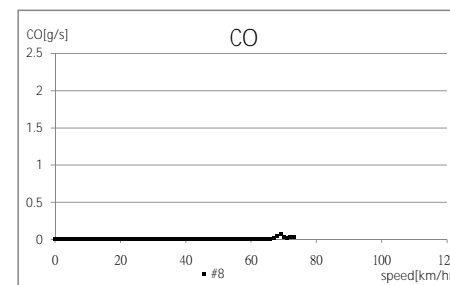
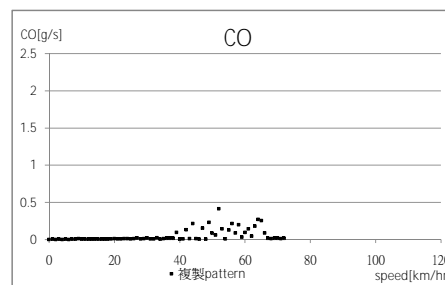
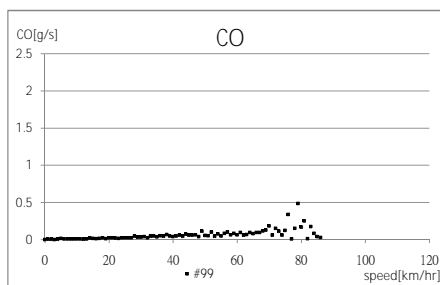
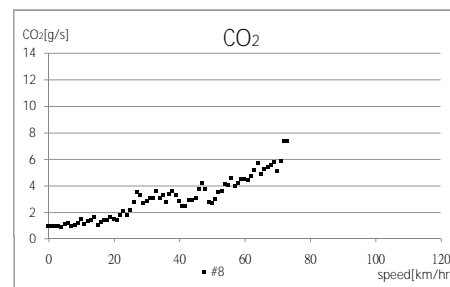
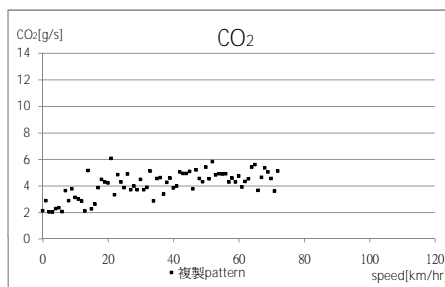
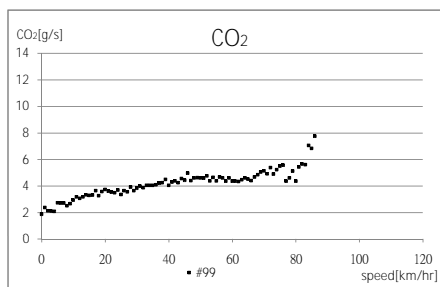
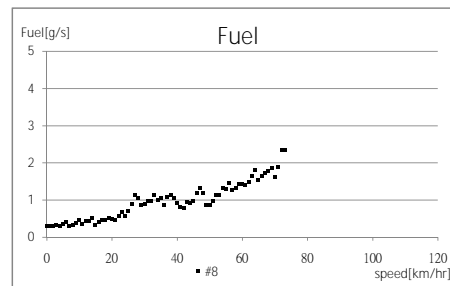
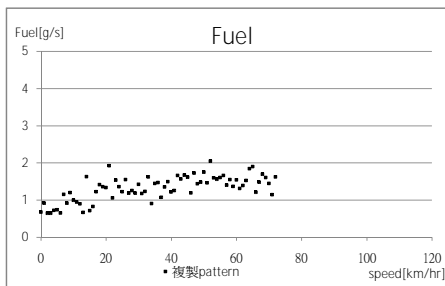
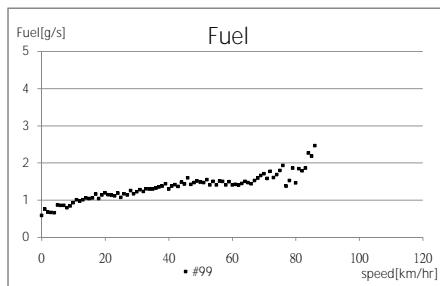
R2-C/V(#8 與#99)之N vs V 比對

class34-0808

實際路跑(#99)

複製路段(#99)

實驗室(#8)



樣本數=29088

樣本數=901

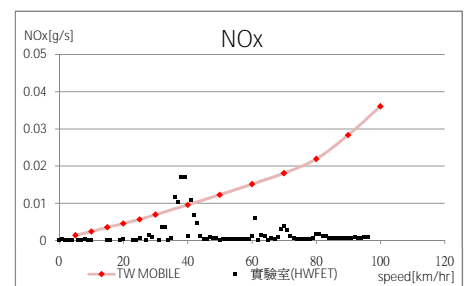
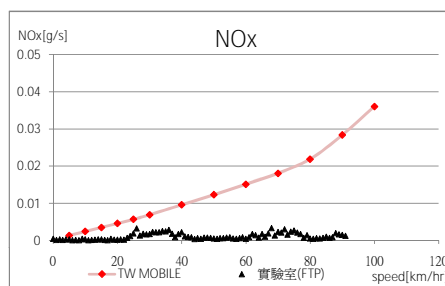
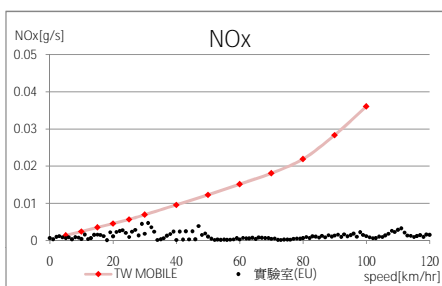
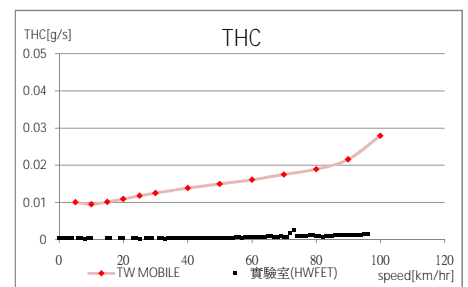
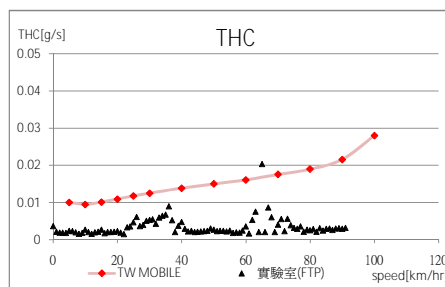
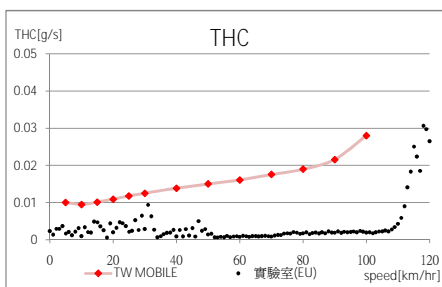
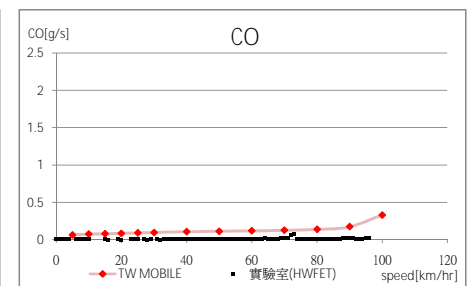
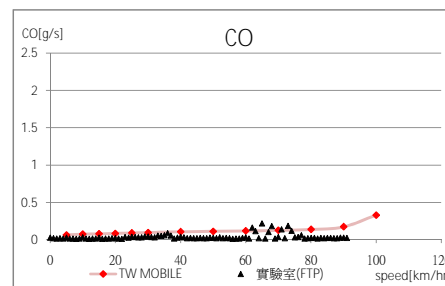
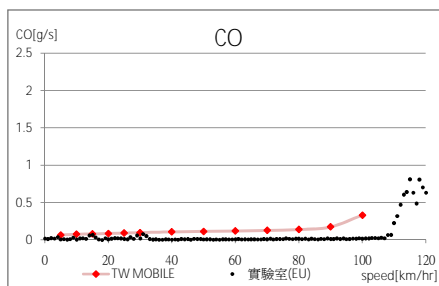
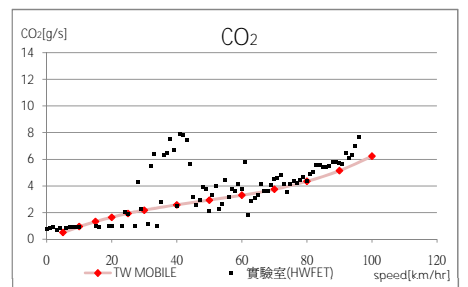
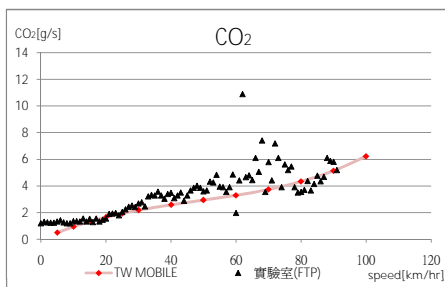
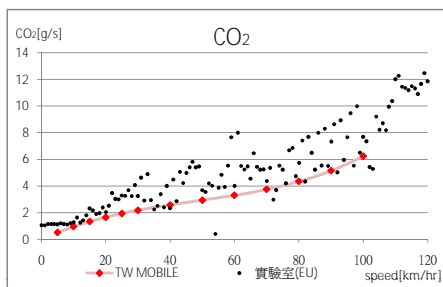
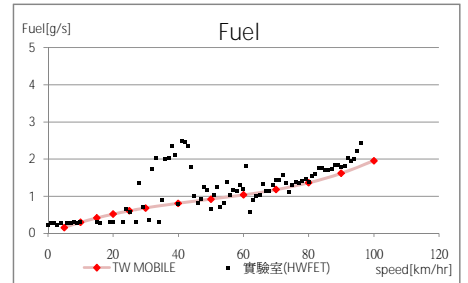
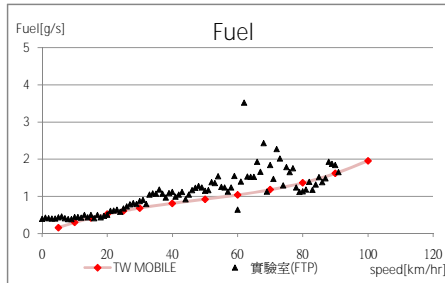
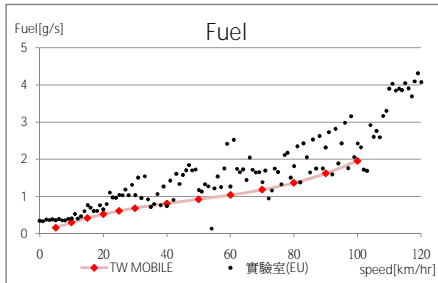
樣本數=2700

TWMOBILE 與實驗室#5(EU、FTP、HWFET)之N vs V 比對-自用小客車(平均車齡)

實驗室EU

實驗室FTP

實驗室HWFET



樣本數=3540

樣本數=7534

樣本數=2296

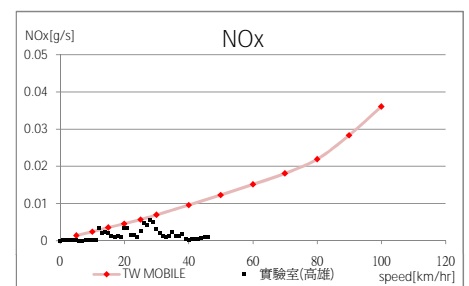
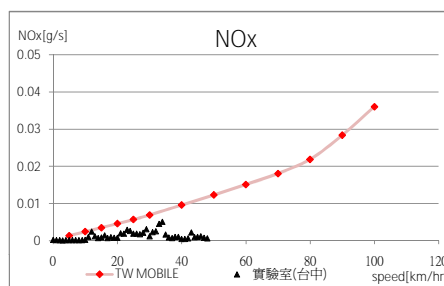
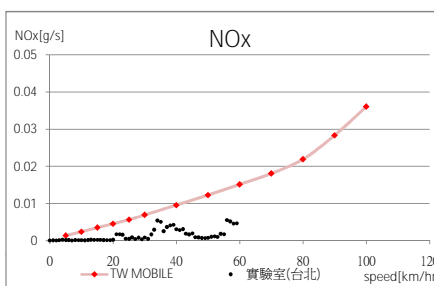
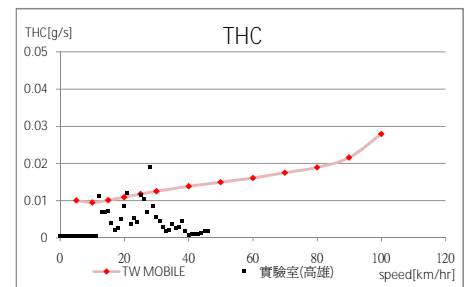
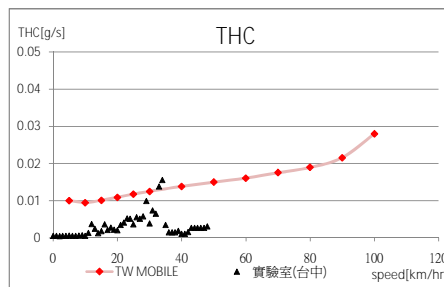
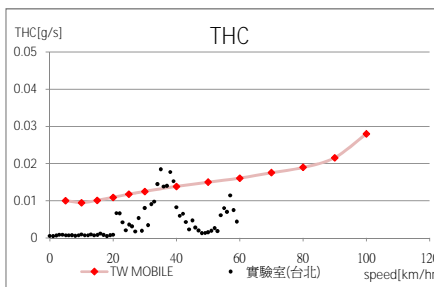
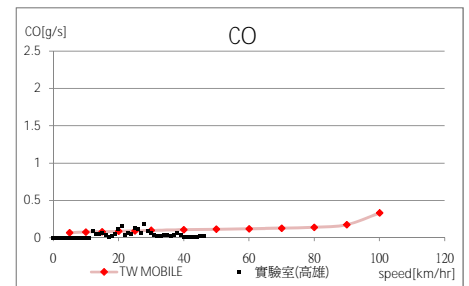
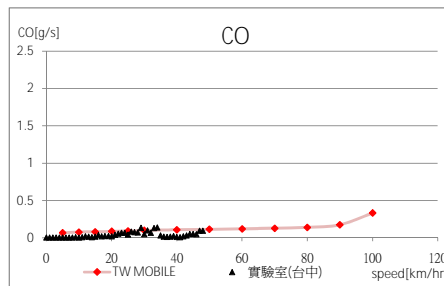
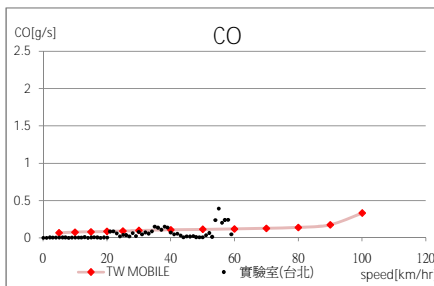
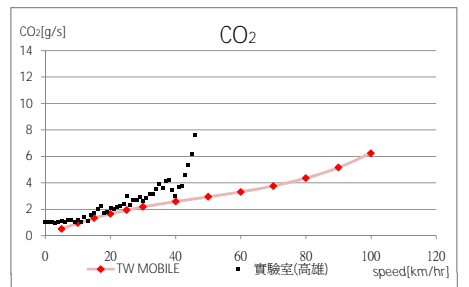
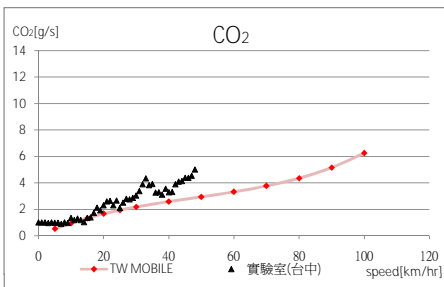
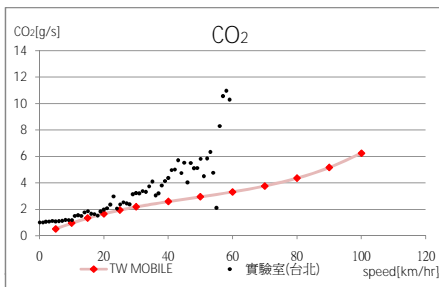
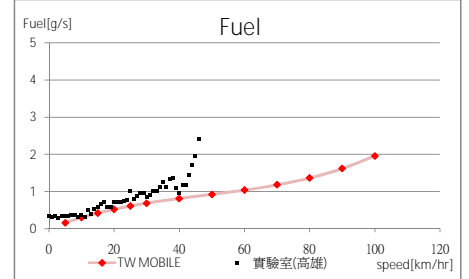
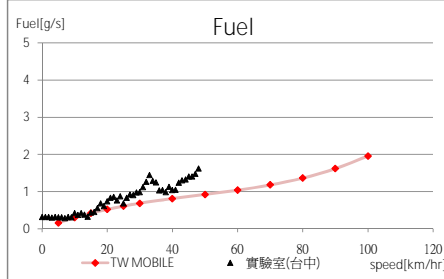
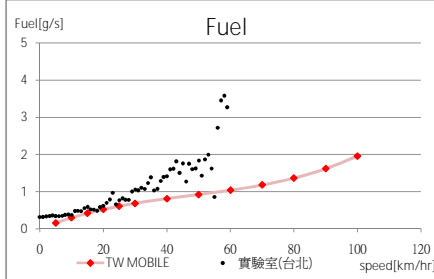
註：實驗室的fuel逐秒資料，是參考OBS的換算公式，藉由CO、CO2與THC換算而來。TW MOBILE之資料為「台北縣市自用小客車」。

TWMOBILE 與實驗室#5(台北、台中、高雄)之N vs V 比對-自用小客車(平均車齡)

實驗室(台北)

實驗室(台中)

實驗室(高雄)



樣本數=2281

樣本數=3103

樣本數=2281

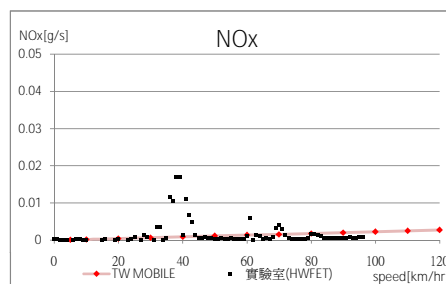
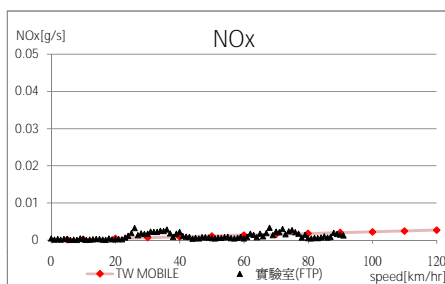
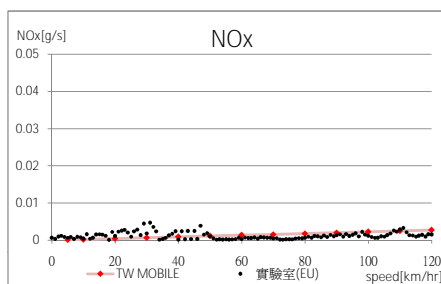
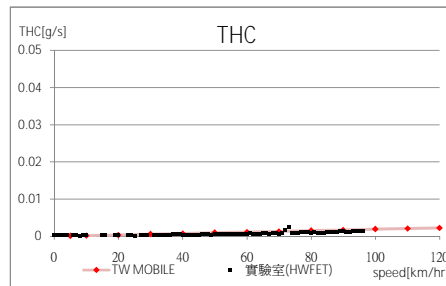
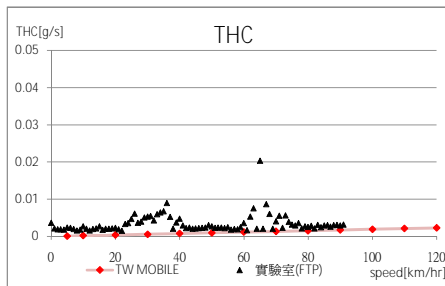
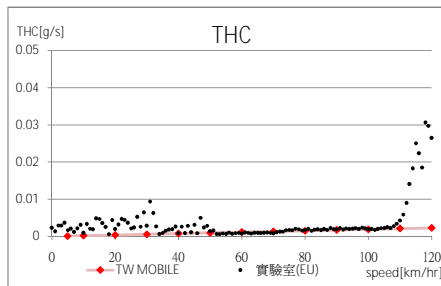
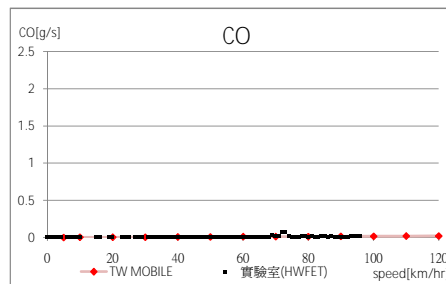
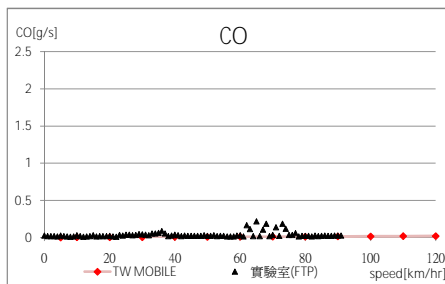
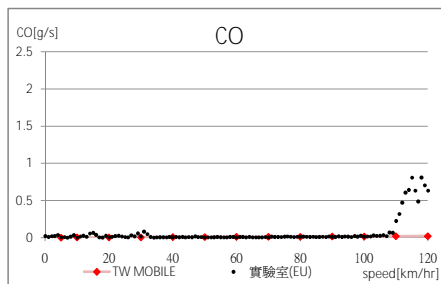
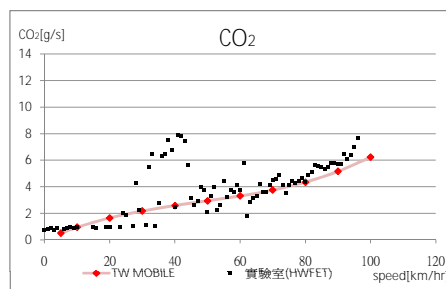
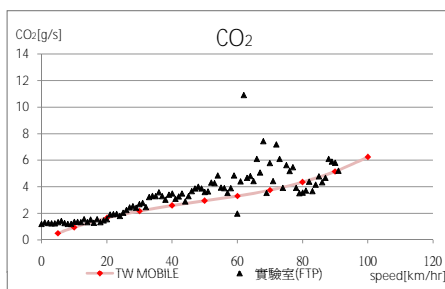
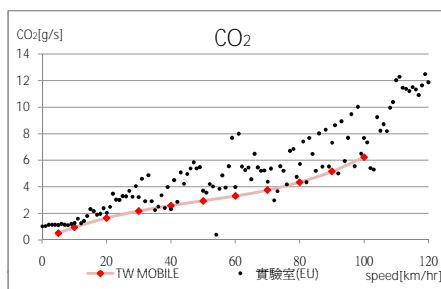
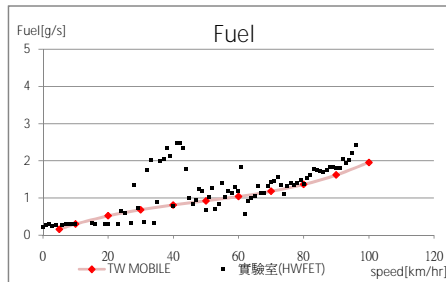
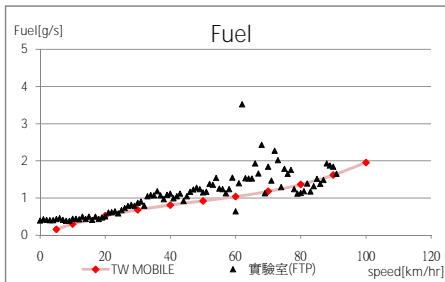
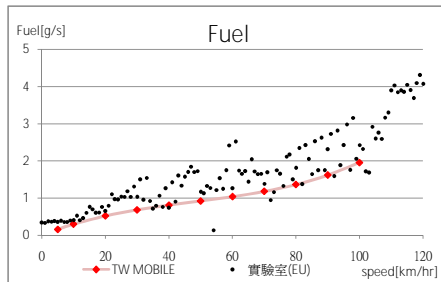
註：實驗室的fuel逐秒資料，是參考OBS的換算公式，藉由CO、CO2與THC換算而來。TW MOBILE之資料為「台北縣市自用小客車」。

TWMOBILE 與實驗室#5(EU、FTP、HWFET)之N vs V 比對-自用小客車(新車)

實驗室EU

實驗室FTP

實驗室HWFET



樣本數=3540

樣本數=7534

樣本數=2296

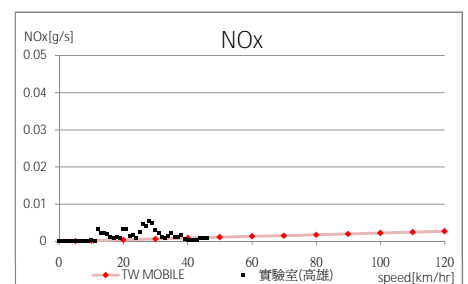
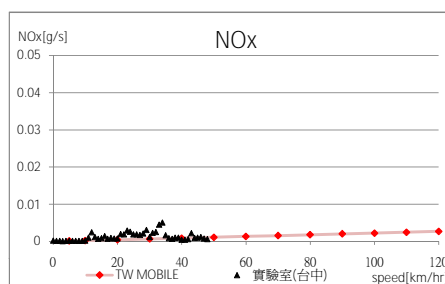
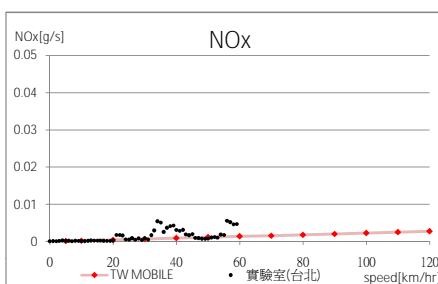
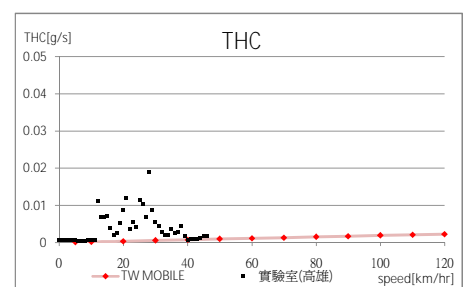
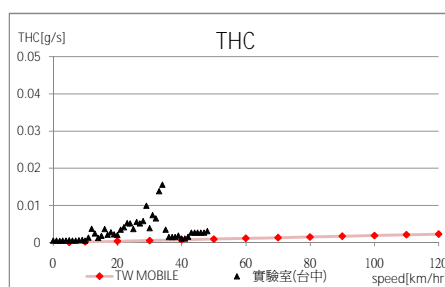
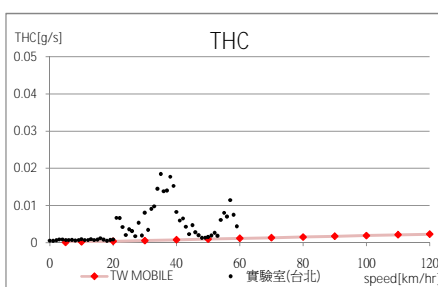
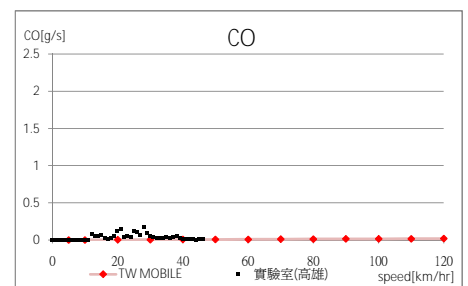
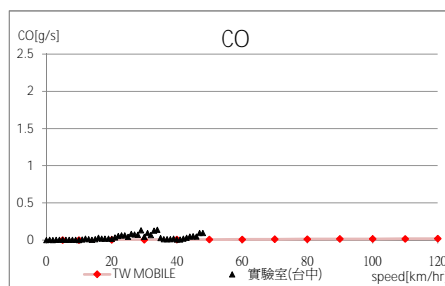
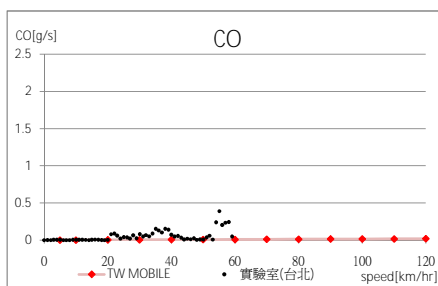
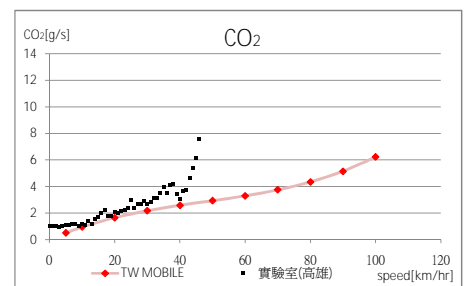
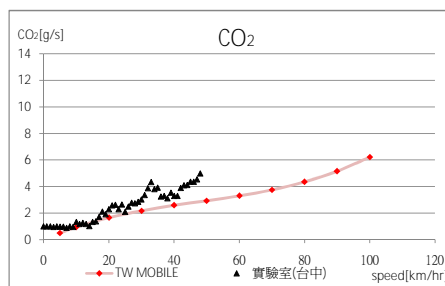
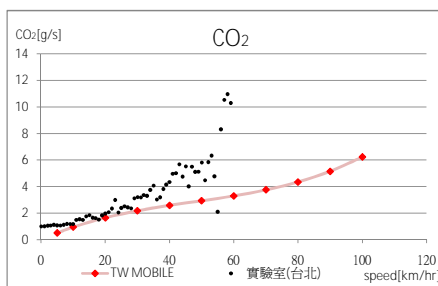
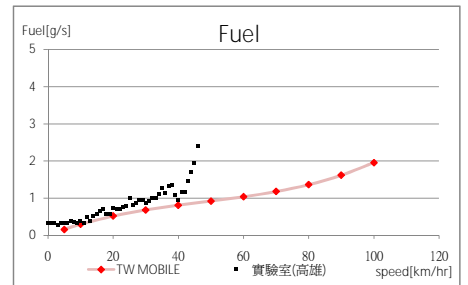
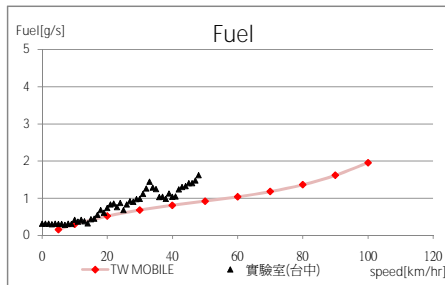
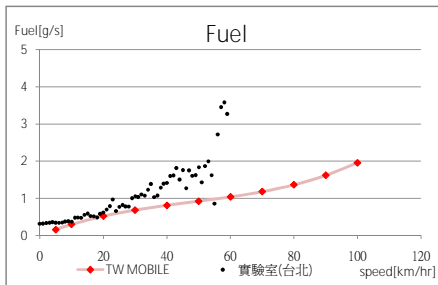
註：實驗室的fuel逐秒資料，是參考OBS的換算公式，藉由CO、CO2與THC換算而來。TW MOBILE之資料為「台北縣市自用小客車」。

TWMOBILE 與實驗室#5(台北、台中、高雄)之N vs V 比對-自用小客車(新車)

實驗室(台北)

實驗室(台中)

實驗室(高雄)



樣本數

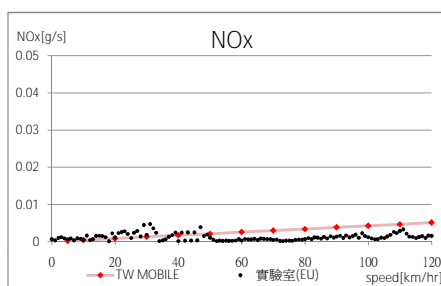
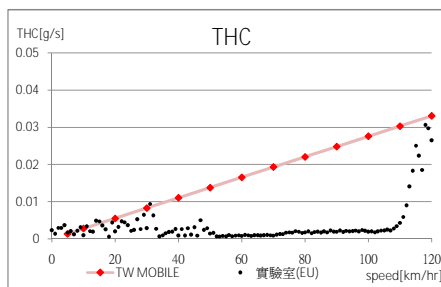
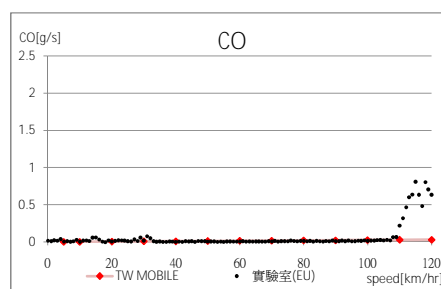
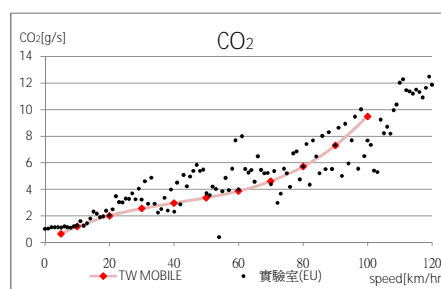
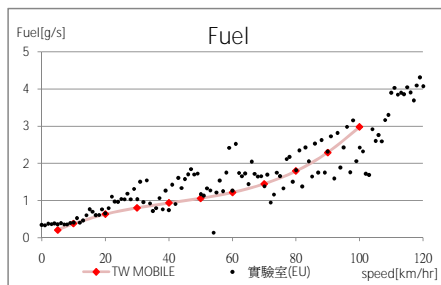
註：實驗室的fuel逐秒資料，是參考OBS的換算公式，藉由CO、CO₂與THC換算而來。TW MOBILE之資料為「台北縣市自用小客車」。

樣本數

樣本數

TWMOBILE 與實驗室#5(EU、FTP、HWFET)之N vs V 比對-汽油小貨車(新車)

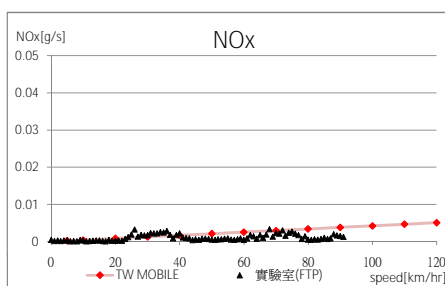
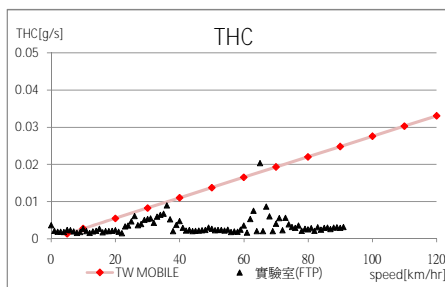
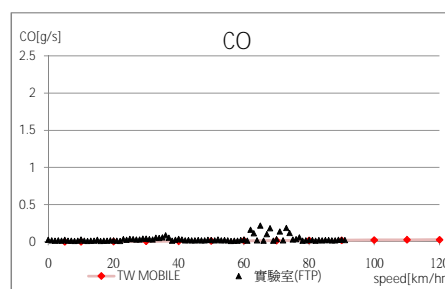
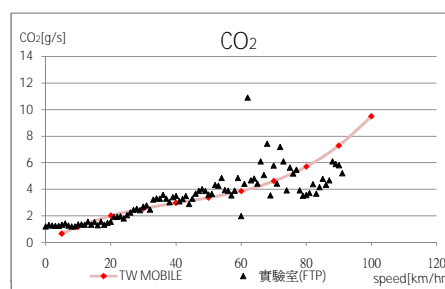
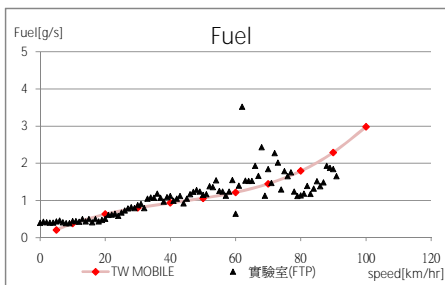
實驗室EU



樣本數=3540

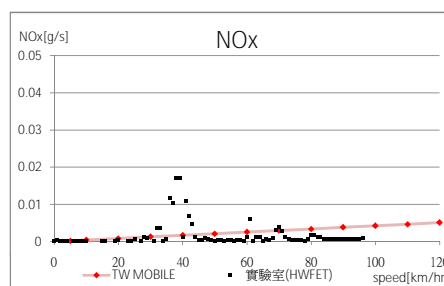
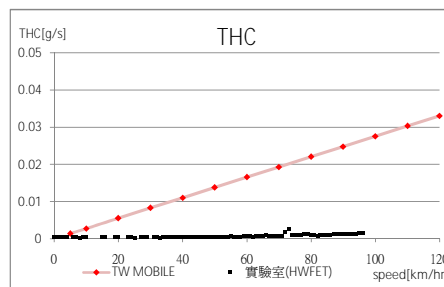
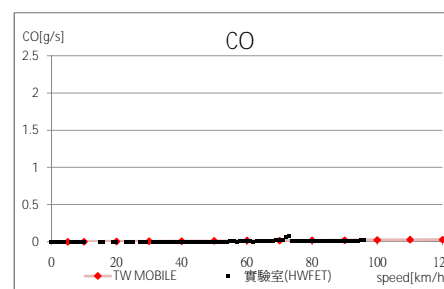
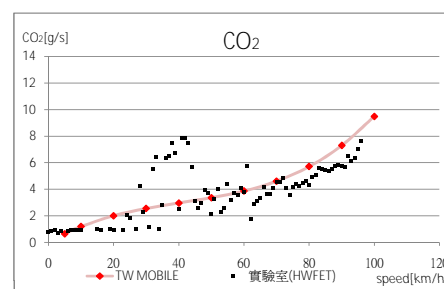
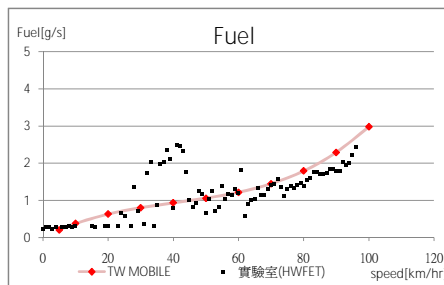
註：實驗室的fuel逐秒資料，是參考OBS的換算公式，藉由CO、CO2與THC換算而來。TW MOBILE之資料為「台北縣市汽油小貨車」。

實驗室FTP



樣本數=7534

實驗室HWFET



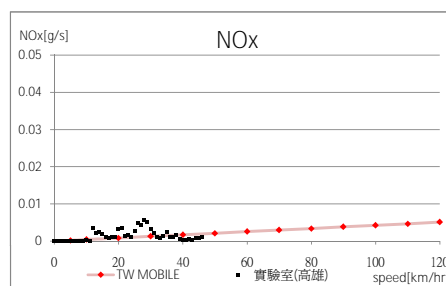
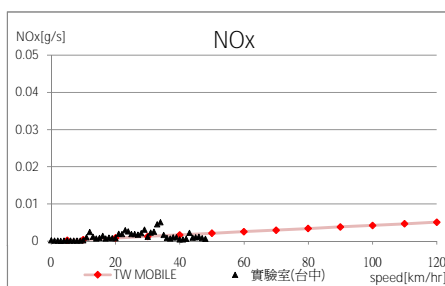
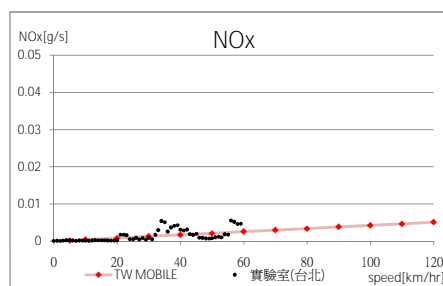
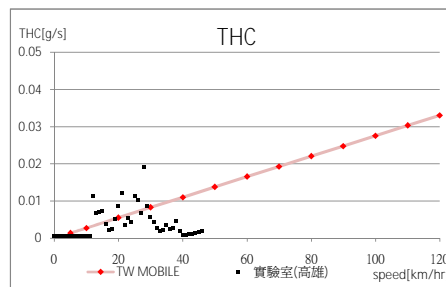
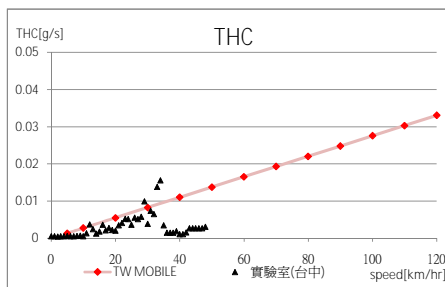
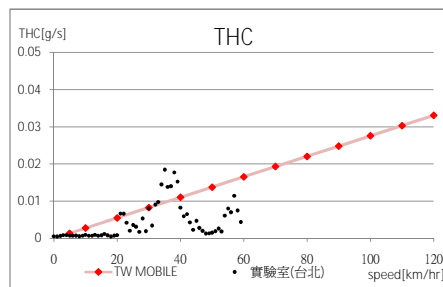
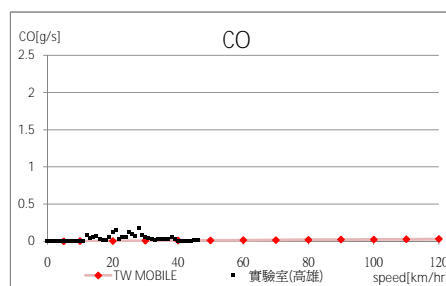
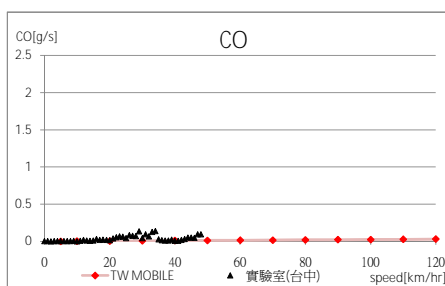
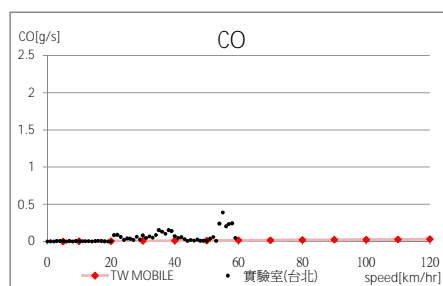
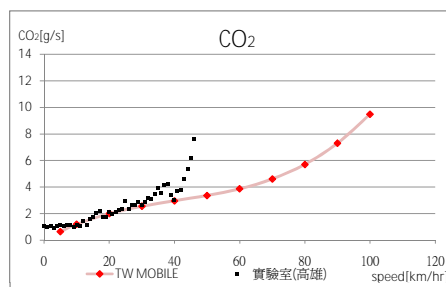
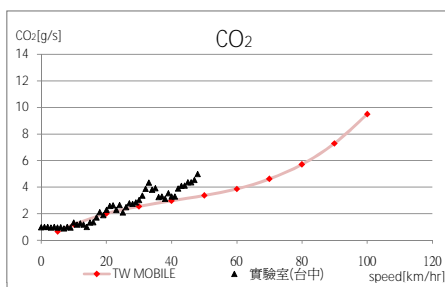
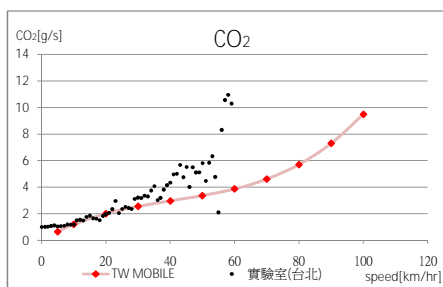
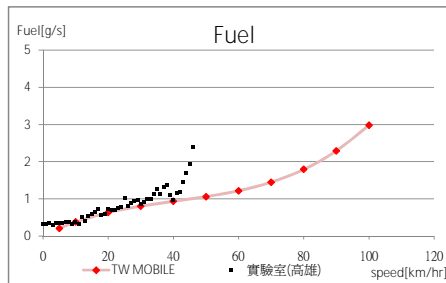
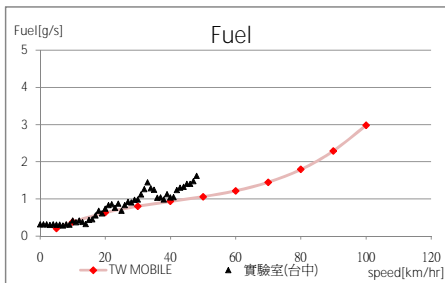
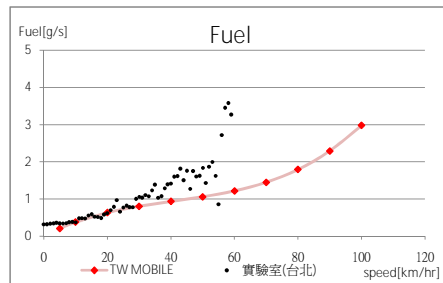
樣本數=2296

TWMOBILE 與實驗室#5(台北、台中、高雄)之N vs V 比對-汽油小貨車(新車)

實驗室(台北)

實驗室(台中)

實驗室(高雄)



樣本數=2281

樣本數=3103

樣本數=2281

註：實驗室的fuel逐秒資料，是參考OBS的換算公式，藉由CO、CO2與THC換算而來。TW MOBILE之資料為「台北縣市汽油小貨車」。

附錄 2.3

附表 2.3-1 FUEL 推估方程式

$$Fuel = a + bV + cV^2 + dV^3$$

單位：g/s

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R ²	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#5(法規)	EU	N/A	0.0634648	-0.0010817	0.0000071	0.963	119	-1.980	1.980	397.159	2.707
	t 值	-	12.487	-8.346	9.028						
	FTP	N/A	0.0305628	-0.0000028	-0.0000016	0.930	89	-1.987	1.987	397.159	2.707
	t 值	-	4.675	-0.013	-0.000						
#7(開頭燈、空調)	HWFET	N/A	0.0668135	-0.0012655	0.0000084	0.895	83	-1.989	1.989	235.634	2.715
	t 值	-	6.976	-4.215	3.705						
	EU	N/A	0.0731003	-0.0012687	0.0000081	0.963	119	-1.980	1.980	1031.450	2.681
	t 值	-	13.641	-9.283	9.749						
	FTP	N/A	0.0353314	0.0000545	-0.0000018	0.966	90	-1.987	1.987	848.852	2.706
	t 值	-	5.951	0.274	-1.141						
	HWFET	N/A	0.0522270	-0.0008295	0.0000057	0.944	87	-1.988	1.988	492.259	2.709
	t 值	-	7.882	-4.017	3.658						
#99(路跑)	class1	0.4470390	0.0257555	-0.0000928	0.0000001	0.967	114	-1.981	1.981	1116.594	2.684
	t 值	11.841	9.178	-1.661	0.388						
	class11	0.8992295	0.0124412	-0.0001346	0.0000012	0.775	86	-1.988	1.988	98.821	2.711
	t 值	16.995	2.403	-0.003	1.205						
	class24	0.5090588	0.0665017	-0.0015153	0.0000114	0.898	77	-1.991	1.991	226.509	2.723
	t 值	11.765	14.109	-11.029	10.103						
	class27	0.5669041	0.0507085	-0.0011695	0.0000098	0.912	75	-1.992	1.992	258.948	2.727
	t 值	13.177	10.549	-8.136	8.063						
	class34	0.5764446	0.0431529	-0.0008569	0.0000065	0.897	83	-1.989	1.989	241.899	2.715
	t 值	12.334	9.116	-6.677	6.594						

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R ²	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#8(複製至實驗室)	class1 t 值	N/A	0.0459764	-0.0008261	0.0000064	0.952	104	-1.983	1.983	691.664	2.692
	class11 t 值	N/A	0.0169432	-0.0001338	0.0000024	0.978	71	-1.994	1.994	1071.498	2.734
	class24 t 值	N/A	0.0446387	-0.0006255	0.0000042	0.984	75	-1.992	1.992	1514.585	2.727
	class27 t 值	N/A	0.0366835	-0.0001769	N/A	0.973	65	-1.997	1.997	1156.913	3.138
	class34 t 值	N/A	0.0503679	-0.0010934	0.0000107	0.983	71	-1.994	1.994	1338.860	2.734
#9(坡度)	0% t 值	0.1355981	0.0366130	-0.0003147	0.0000011	0.711	68	-1.995	1.995	55.764	2.740
	2% t 值	0.1293651	0.0405731	-0.0001417	-0.0000003	0.855	67	-1.996	1.996	132.189	2.742
	3% t 值	0.1329875	0.0336820	0.0004766	-0.0000075	0.868	67	-1.996	1.996	146.227	2.742
	4% t 值	0.1436707	0.0355033	0.0005545	-0.0000078	0.887	64	-1.998	1.998	168.202	2.748

附註：

網底
刪除數字
信賴度

與#9 的係數正負號相反
該係數檢定結果為不顯著
95%

附表 2.3-2 CO₂ 推估方程式

單位：g/s

$$CO_2 = a + bV + cV^2 + dV^3$$

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R ²	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#5(法規)	EU	N/A	0.1866821	-0.0029506	0.0000190	0.963	119	-1.980	1.980	1032.942	2.681
	t 值	-	11.922	-7.389	7.823						
	FTP	N/A	0.0953553	-0.0000320	-0.0000047	0.932	89	-1.987	1.987	404.485	2.707
	t 值	-	4.723	-0.047	-0.854						
#7(開頭燈、空調)	HWFET	N/A	0.2127506	-0.0040431	0.0000267	0.894	83	-1.989	1.989	233.578	2.715
	t 值	-	6.991	-4.238	3.726						
	EU	N/A	0.2157127	-0.0035007	0.0000219	0.967	119	-1.980	1.980	1177.634	2.681
	t 值	-	14.035	-8.931	9.158						
	FTP	N/A	0.1211902	-0.0002839	-0.0000018	0.963	90	-1.987	1.987	770.703	2.706
	t 值	-	6.292	-0.440	-0.353						
	HWFET	N/A	0.1661759	-0.0026472	0.0000180	0.943	87	-1.988	1.988	484.086	2.709
	t 值	-	7.882	-4.029	3.655						
#99(路跑)	class1	1.4950840	0.0782669	-0.0005800	0.0000030	0.968	114	-1.981	1.981	1141.970	2.684
	t 值	13.978	9.844	-3.664	3.359						
	class11	2.8546224	0.0377672	-0.0004373	0.0000041	0.775	86	-1.988	1.988	98.856	2.711
	t 值	17.570	2.376	-1.050	1.319						
	class24	1.6248888	0.2047332	-0.0046472	0.0000345	0.910	77	-1.991	1.991	258.408	2.723
	t 值	13.563	15.688	-12.217	11.047						
	class27	1.7379433	0.1699976	-0.0040567	0.0000335	0.893	75	-1.992	1.992	208.502	2.727
	t 值	12.386	10.842	-8.654	8.484						
	class34	1.8122277	0.1380559	-0.0028093	0.0000211	0.882	83	-1.989	1.989	206.255	2.715
	t 值	12.096	9.098	-6.829	6.702						

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R ²	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#8(複製至實驗室)	class1 t 值	N/A	0.1431540 -	-0.0025144 -5.737	0.0000192 6.300	0.958	104	-1.983	1.983	794.621	2.692
	class11 t 值	N/A	0.0533437 -	-0.0004140 -0.911	0.0000074 2.041	0.978	71	-1.994	1.994	1066.999	2.734
	class24 t 值	N/A	0.1418202 -	-0.0019966 -4.498	0.0000134 3.160	0.984	75	-1.992	1.992	1508.369	2.727
	class27 t 值	N/A	0.1165515 -	-0.0005681 -3.969	N/A -	0.973	65	-1.997	1.997	1153.578	3.138
	class34 t 值	N/A	0.1589317 -	-0.0034218 -6.548	0.0000333 6.336	0.983	71	-1.994	1.994	1345.088	2.734
#9(坡度)	0% t 值	0.4264890 1.118	0.1169517 2.495	-0.0010294 -0.668	0.0000038 0.268	0.710	68	-1.995	1.995	55.500	2.740
	2% t 值	0.4073647 1.089	0.1292388 2.859	-0.0004670 -0.316	-0.0000007 -0.052	0.854	67	-1.996	1.996	131.106	2.742
	3% t 值	0.5485463 1.359	0.0719868 1.431	0.0032355 1.930	-0.0000458 -2.909	0.850	67	-1.996	1.996	126.518	2.742
	4% t 值	0.4631851 1.036	0.1034461 1.817	0.0024222 1.257	-0.0000364 -1.989	0.860	64	-1.998	1.998	131.406	2.748
附註：		網底 刪除數字 信賴度				與#99 的係數正負號相反 該係數檢定結果為不顯著 95%					

附表 2.3-3 CO 推估方程式

CO = e^(a+bl'+cl'^2)

實驗代號	法規道路種類	A	b	c	R 平方	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#5(法規)	EU	N/A	-0.1846960	0.0015280	0.891	120	-1.980	1.980	488.859	3.072
	t 值	-	-24.912	19.397						
	FTP	N/A	-0.1538069	0.0014176	0.818	90	-1.987	1.987	202.130	3.098
	t 值	-	-12.498	8.164						
#7(開頭燈、空調)	HWFET	N/A	-0.2468291	0.0023650	0.832	84	-1.989	1.989	207.849	3.105
	t 值	-	-14.035	10.110						
	EU	N/A	-0.1744117	0.0014808	0.870	120	-1.980	1.980	401.191	3.072
	t 值	-	-23.457	18.743						
#9(路跑)	FTP	N/A	-0.1870731	0.0017331	0.754	91	-1.986	1.986	139.464	3.097
	t 值	-	-10.597	7.034						
	HWFET	N/A	-0.2635977	0.0026379	0.780	88	-1.987	1.987	156.065	3.100
	t 值	-	-13.292	10.131						
#99(路跑)	class1	N/A	-0.0665198	0.0005453	0.323	116	-1.981	1.981	27.726	3.074
	t 值	-	-5.566	4.153						
	class11	N/A	-0.1701632	0.0017130	0.744	88	-1.987	1.987	127.584	3.100
	t 值	-	-10.844	7.568						
#99(路跑)	class24	N/A	-0.1703855	0.0019778	0.691	79	-1.990	1.990	88.360	3.112
	t 值	-	-9.504	6.879						
	class27	N/A	-0.1916517	0.0022988	0.663	77	-1.991	1.991	75.761	3.115
	t 值	-	-8.898	6.489						
#99(路跑)	class34	N/A	-0.1678251	0.0018444	0.655	85	-1.988	1.988	80.635	3.104
	t 值	-	-9.310	6.855						

實驗代號	法規/道路種類	A	b	c	R 平方	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#8(複製至實驗室)	class1 t 值	N/A	-0.2387552	0.00222283	0.839	105	-1.983	1.983	272.965	3.083
	class11 t 值	N/A	-0.2438433	0.0023813	0.888	72	-1.993	1.993	284.340	3.124
	class24 t 值	N/A	-0.3360064	0.0039480	0.810	76	-1.992	1.992	161.810	3.117
	class27 t 值	N/A	-0.3959570	0.0055349	0.837	65	-1.997	1.997	166.330	3.138
	class34 t 值	N/A	-0.3651202	0.0047007	0.834	72	-1.993	1.993	181.017	3.124
#9(坡度)	0% t 值	N/A	-0.3981126	0.0051185	0.805	70	-1.994	1.994	144.166	3.128
	2% t 值	N/A	-0.3707877	0.0049240	0.807	69	-1.995	1.995	144.001	3.130
	3% t 值	N/A	-0.3510398	0.0053459	0.840	69	-1.995	1.995	180.847	3.130
	4% t 值	N/A	-0.3184762	0.0050447	0.791	66	-1.997	1.997	124.558	3.136
附註：		網底 刪除數字 信賴度								
		與#9的係數正負號相反 該係數檢定結果為不顯著 95%								

附表 2.3-4 THC 推估方程式

單位：g/s										
$THC = e^{(a+bl^l+c/l^2)}$										
實驗代號	法規道路種類	A	b	c	R 平方	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#5(法規)	EU	N/A	-0.2279167	0.0017001	0.904	120	-1.980	1.980	566.288	3.072
	FTP	N/A	-0.2524375	0.0023003	0.862	90	-1.987	1.987	281.670	3.098
	HWFET	N/A	-0.3079767	0.0027366	0.878	84	-1.989	1.989	303.101	3.105
#7(開頭燈、空調)	EU	N/A	-0.2244729	0.0016793	0.903	120	-1.980	1.980	561.393	3.072
	FTP	N/A	-0.2786935	0.0025300	0.849	91	-1.986	1.986	255.282	3.097
	HWFET	N/A	-0.3265350	0.0029600	0.864	88	-1.987	1.987	280.636	3.100
#99(路跑)	class1	N/A	-0.2159717	0.0016193	0.727	116	-1.981	1.981	154.587	3.074
	class11	N/A	-0.3458150	0.0034365	0.830	88	-1.987	1.987	214.105	3.100
	class24	N/A	-0.3603980	0.0039413	0.847	79	-1.990	1.990	219.302	3.112
	class27	N/A	-0.4100143	0.0047760	0.820	77	-1.991	1.991	175.301	3.115
	class34	N/A	-0.3606956	0.0037994	0.815	85	-1.988	1.988	187.683	3.104

實驗代號	法規/道路種類	A	b	c	R 平方	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#8(複製至實驗室)	class1	N/A	-0.3057220	0.0025827	0.868	105	-1.983	1.983	344.058	3.083
	t 值	-	-17.773	12.386						
	class11	N/A	-0.2981799	0.0027411	0.909	72	-1.993	1.993	361.614	3.124
	t 值	-	-15.502	9.968						
	class24	N/A	-0.4104681	0.0046540	0.864	76	-1.992	1.992	241.045	3.117
	t 值	-	-14.403	9.803						
#9(坡度)	class27	N/A	-0.4824718	0.0064397	0.866	65	-1.997	1.997	209.263	3.138
	t 值	-	-13.603	9.352						
	class34	N/A	-0.4432553	0.0053901	0.870	72	-1.993	1.993	241.353	3.124
	t 值	-	-14.749	10.211						
	0%	N/A	-0.4459701	0.0054501	0.861	70	-1.994	1.994	216.942	3.128
#9(坡度)	t 值	-	-13.560	9.177						
	2%	N/A	-0.4378627	0.0054362	0.862	69	-1.995	1.995	215.914	3.130
	t 值	-	-13.806	9.494						
	3%	N/A	-0.4604347	0.0062217	0.869	69	-1.995	1.995	229.766	3.130
	t 值	-	-15.763	11.631						
#9(坡度)	4%	N/A	-0.4557763	0.0062650	0.855	66	-1.997	1.997	194.986	3.136
	t 值	-	-14.498	10.754						

附註： 網底 與#99 的係數正負號相反
刪除數字 該係數檢定結果為不顯著
信賴度 95%

附表 2.3-5 NOx 推估方程式

單位：g/s

$NO_x = a + bV + cV^2 + dV^3$		法規/道路種類	a	b	c	d	R 平方	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#5(法規)	t 值	EU	N/A	0.0001119	-0.0000023	0.000000013	0.676	119	-1.980	1.980	82.859	2.681
		FTP	N/A	0.0000634	-0.0000010	0.000000005	0.712	89	-1.987	1.987	73.261	2.707
		HWFET	N/A	0.0002072	-0.0000043	0.000000023	0.294	83	-1.989	1.989	11.547	2.715
#7(開頭燈、空調)	t 值	EU	N/A	0.0000742	-0.0000014	0.000000008	0.668	119	-1.980	1.980	79.911	2.681
		FTP	N/A	0.0001035	-0.0000022	0.000000015	0.756	90	-1.987	1.987	92.744	2.706
		HWFET	N/A	0.0001910	-0.0000042	0.000000024	0.406	87	-1.988	1.988	19.797	2.709
#99(路跑)	t 值	class1	0.0011794	-0.0001048	0.0000038	-0.000000026	0.724	114	-1.981	1.981	99.521	2.684
		class11	0.0010170	-0.0001040	0.0000040	-0.000000033	0.556	86	-1.988	1.988	35.929	2.711
		class24	0.0040402	-0.0002844	0.0000082	-0.000000065	0.498	77	-1.991	1.991	25.463	2.723
		class27	0.0022036	-0.0001733	0.0000050	-0.000000036	0.558	75	-1.992	1.992	31.605	2.727
		class34	0.0017702	-0.0001606	0.0000053	-0.000000044	0.699	83	-1.989	1.989	64.221	2.715

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R 平方	自由度	t 臨界值(下)	t 臨界值(上)	F 值	F 臨界值
#8(複製至實驗室)	class1	N/A	-0.0000168	0.00000014	-0.0000000012	0.755	104	-1.983	1.983	107.009	2.692
		-	-1.495	4.402	-5.138						
	class11	N/A	-0.0000106	0.00000013	-0.0000000012	0.575	71	-1.994	1.994	32.076	2.734
		-	-0.451	1.671	-1.974						
	class24	N/A	0.0001143	-0.00000024	0.0000000015	0.832	75	-1.992	1.992	123.979	2.727
#9(坡度)		-	6.440	-3.345	2.278						
	class27	N/A	0.0000204	0.00000004	-0.0000000004	0.619	64	-1.998	1.998	34.687	2.748
		-	0.751	0.302	-0.316						
	class34	N/A	0.0000374	-0.00000008	0.0000000011	0.869	71	-1.994	1.994	156.496	2.734
		-	2.694	-1.318	1.824						
#9(坡度)	0%	0.0004183	0.0001787	-0.00000067	0.0000000068	0.130	68	-1.995	1.995	3.392	2.740
		0.560	1.948	-2.218	2.452						
	2%	0.0000070	0.0001891	-0.00000067	0.0000000069	0.261	67	-1.996	1.996	7.879	2.742
		0.010	2.298	-2.481	2.790						
	3%	0.0002010	0.0000037	0.00000014	-0.0000000021	0.218	67	-1.996	1.996	6.242	2.742
#9(坡度)		0.573	0.084	0.990	-1.529						
	4%	-0.0000299	0.0000748	-0.00000019	0.0000000015	0.121	64	-1.998	1.998	2.946	2.748
#9(坡度)		-0.099	1.953	-1.466	1.226						
	t 值										

附註：
 網底 與#99 的係數正負號相反
 刪除數字 該係數檢定結果為不顯著
 信賴度 95%

附錄 2.4 各實驗之事後比較表

附表 2.4-1 #99 之事後比較表

Dependent Variable	(I) 道路類型	(J) 道路類型	Mean Difference (I-J)
FUEL	class1	class11	.53395011788(*)
		class24	.78319140397(*)
		class27	.92986009460(*)
		class34	.78626488252(*)
	class11	class1	-.53395011788(*)
		class24	.24924128609(*)
		class27	.39590997672(*)
		class34	.25231476464(*)
	class24	class1	-.78319140397(*)
		class11	-.24924128609(*)
		class27	.14666869063(*)
		class34	0.003073478554
	class27	class1	-.92986009460(*)
		class11	-.39590997672(*)
		class24	-.14666869063(*)
		class34	-.14359521208(*)
	class34	class1	-.78626488252(*)
		class11	-.25231476464(*)
		class24	-0.003073478554
		class27	.14359521208(*)
CO2	class1	class11	1.29497111(*)
		class24	2.10458100(*)
		class27	2.53986886(*)
		class34	2.10439138(*)
	class11	class1	-1.29497111(*)
		class24	.80960989(*)
		class27	1.24489774(*)
		class34	.80942026(*)
	class24	class1	-2.10458100(*)
		class11	-.80960989(*)
		class27	.43528786(*)
		class34	-0.00018962
	class27	class1	-2.53986886(*)
		class11	-1.24489774(*)
		class24	-.43528786(*)
		class34	-.43547748(*)
	class34	class1	-2.10439138(*)
		class11	-.80942026(*)
		class24	0.00018962
		class27	.43547748(*)
CO	class1	class11	.24853315(*)
		class24	.23545198(*)
		class27	.25378585(*)
		class34	.24153003(*)
	class11	class1	-.24853315(*)
		class24	-.01308116(*)
		class27	0.00525270
		class34	-.00700312(*)
	class24	class1	-.23545198(*)

Dependent Variable	(I) 道路類型	(J) 道路類型	Mean Difference (I-J)
		class11	.01308116(*)
		class27	.01833386(*)
		class34	0.00607804
	class27	class1	-.25378585(*)
		class11	-0.00525270
		class24	-.01833386(*)
		class34	-.01225582(*)
	class34	class1	-.24153003(*)
		class11	.00700312(*)
		class24	-0.00607804
		class27	.01225582(*)
THC	class1	class11	.00254708(*)
		class24	.00281494(*)
		class27	.00323690(*)
		class34	.00300677(*)
	class11	class1	-.00254708(*)
		class24	.00026786(*)
		class27	.00068982(*)
		class34	.00045968(*)
	class24	class1	-.00281494(*)
		class11	-.00026786(*)
		class27	.00042197(*)
		class34	.00019183(*)
	class27	class1	-.00323690(*)
		class11	-.00068982(*)
		class24	-.00042197(*)
		class34	-.00023014(*)
	class34	class1	-.00300677(*)
		class11	-.00045968(*)
		class24	-.00019183(*)
		class27	.00023014(*)
NOx	class1	class11	.00105984(*)
		class24	-.00032408(*)
		class27	.00053368(*)
		class34	.00096080(*)
	class11	class1	-.00105984(*)
		class24	-.00138391(*)
		class27	-.00052616(*)
		class34	-.00009903(*)
	class24	class1	.00032408(*)
		class11	.00138391(*)
		class27	.00085775(*)
		class34	.00128488(*)
	class27	class1	-.00053368(*)
		class11	.00052616(*)
		class24	-.00085775(*)
		class34	.00042713(*)
	class34	class1	-.00096080(*)
		class11	.00009903(*)
		class24	-.00128488(*)
		class27	-.00042713(*)

註：(*)表示兩道路類型之間，油耗或污排之平均值有顯著差異。

附表 2.4-2 #5 之事後比較表

Dependent Variable	(I) 法規測試	(J) 法規測試	Mean Difference (I-J)
FUEL	EU	FTP	.21943888(*)
		HWFET	-.53445902(*)
		台北	.21010931(*)
		台中	.23521657(*)
		高雄	.27156218(*)
	FTP	EU	-.21943888(*)
		HWFET	-.75389790(*)
		台北	-0.00932957
		台中	0.01577769
		高雄	.05212330(*)
	HWFET	EU	.53445902(*)
		FTP	.75389790(*)
		台北	.74456833(*)
		台中	.76967559(*)
		高雄	.80602120(*)
	台北	EU	-.21010931(*)
		FTP	0.00932957
		HWFET	-.74456833(*)
		台中	0.02510726
		高雄	.06145287(*)
	台中	EU	-.23521657(*)
		FTP	-0.01577769
		HWFET	-.76967559(*)
		台北	-0.02510726
		高雄	0.03634561
	高雄	EU	-.27156218(*)
		FTP	-.05212330(*)
		HWFET	-.80602120(*)
		台北	-.06145287(*)
		台中	-0.03634561
CO2	EU	FTP	.69697814(*)
		HWFET	-1.72927644(*)
		台北	.67450559(*)
		台中	.74744510(*)
		高雄	.87677004(*)
	FTP	EU	-.69697814(*)
		HWFET	-2.42625458(*)
		台北	-0.02247255
		台中	0.05046697
		高雄	.17979190(*)
	HWFET	EU	1.72927644(*)
		FTP	2.42625458(*)
		台北	2.40378203(*)
		台中	2.47672154(*)
		高雄	2.60604648(*)
	台北	EU	-.67450559(*)
		FTP	0.02247255
		HWFET	-2.40378203(*)
		台中	0.07293951
		高雄	.20226445(*)

Dependent Variable	(I) 法規測試	(J) 法規測試	Mean Difference (I-J)
	台中	EU	-.74744510(*)
		FTP	-0.05046697
		HWFET	-2.47672154(*)
		台北	-0.07293951
		高雄	.12932493(*)
	高雄	EU	-.87677004(*)
		FTP	-.17979190(*)
		HWFET	-2.60604648(*)
		台北	-.20226445(*)
		台中	-.12932493(*)
CO	EU	FTP	0.00114273
		HWFET	.01615626(*)
		台北	-0.00288553
		台中	-0.00020440
		高雄	-0.00713478
	FTP	EU	-0.00114273
		HWFET	.01501353(*)
		台北	-0.00402826
		台中	-0.00134713
		高雄	-.00827752(*)
	HWFET	EU	-.01615626(*)
		FTP	-.01501353(*)
		台北	-.01904179(*)
		台中	-.01636066(*)
		高雄	-.02329105(*)
	台北	EU	0.00288553
		FTP	0.00402826
		HWFET	.01904179(*)
		台中	0.00268113
		高雄	-0.00424926
	台中	EU	0.00020440
		FTP	0.00134713
		HWFET	.01636066(*)
		台北	-0.00268113
		高雄	-0.00693038
	高雄	EU	0.00713478
		FTP	.00827752(*)
		HWFET	.02329105(*)
		台北	0.00424926
		台中	0.00693038
THC	EU	FTP	-.00051608(*)
		HWFET	.00187846(*)
		台北	-.00077935(*)
		台中	0.00004234
		高雄	-.00089195(*)
	FTP	EU	.00051608(*)
		HWFET	.00239454(*)
		台北	-0.00026327
		台中	.00055842(*)
		高雄	-0.00037587
	HWFET	EU	-.00187846(*)
		FTP	-.00239454(*)

Dependent Variable	(I) 法規測試	(J) 法規測試	Mean Difference (I-J)
		台北	-.00265781(*)
		台中	-.00183612(*)
		高雄	-.00277041(*)
	台北	EU	.00077935(*)
		FTP	0.00026327
		HWFET	.00265781(*)
		台中	.00082169(*)
		高雄	-0.00011260
	台中	EU	-0.00004234
		FTP	-.00055842(*)
		HWFET	.00183612(*)
		台北	-.00082169(*)
		高雄	-.00093429(*)
	高雄	EU	.00089195(*)
		FTP	0.00037587
		HWFET	.00277041(*)
		台北	0.00011260
		台中	.00093429(*)
NOx	EU	FTP	.00035121(*)
		HWFET	.00039096(*)
		台北	0.00016587
		台中	0.00010823
		高雄	-0.00022713
	FTP	EU	-.00035121(*)
		HWFET	0.00003975
		台北	-.00018534(*)
		台中	-.00024298(*)
		高雄	-.00057834(*)
	HWFET	EU	-.00039096(*)
		FTP	-0.00003975
		台北	-.00022509(*)
		台中	-.00028273(*)
		高雄	-.00061809(*)
	台北	EU	-0.00016587
		FTP	.00018534(*)
		HWFET	.00022509(*)
		台中	-0.00005764
		高雄	-.00039300(*)
	台中	EU	-0.00010823
		FTP	.00024298(*)
		HWFET	.00028273(*)
		台北	0.00005764
		高雄	-.00033536(*)
	高雄	EU	0.00022713
		FTP	.00057834(*)
		HWFET	.00061809(*)
		台北	.00039300(*)
		台中	.00033536(*)

註：(*)表示兩道路類型之間，油耗或污排之平均值有顯著差異。

附表 2.4-3 #7 之事後比較表

Dependent Variable	(I) 法規測試	(J) 法規測試	Mean Difference (I-J)
FUEL	EU	FTP	.18216268(*)
		HWFET	-.61275123(*)
	FTP	EU	-.18216268(*)
		HWFET	-.79491391(*)
	HWFET	EU	.61275123(*)
		FTP	.79491391(*)
CO2	EU	FTP	.55859244(*)
		HWFET	-1.96010631(*)
	FTP	EU	-.55859244(*)
		HWFET	-2.51869875(*)
	HWFET	EU	1.96010631(*)
		FTP	2.51869875(*)
CO	EU	FTP	.02645408(*)
		HWFET	.01909707(*)
	FTP	EU	-.02645408(*)
		HWFET	-.00735701(*)
	HWFET	EU	-.01909707(*)
		FTP	.00735701(*)
THC	EU	FTP	.00110699(*)
		HWFET	.00258042(*)
	FTP	EU	-.00110699(*)
		HWFET	.00147343(*)
	HWFET	EU	-.00258042(*)
		FTP	-.00147343(*)
NOx	EU	FTP	0.00012679
		HWFET	0.00013225
	FTP	EU	-0.00012679
		HWFET	0.00000546
	HWFET	EU	-0.00013225
		FTP	-0.00000546

註：(*)表示兩道路類型之間，油耗或污排之平均值有顯著差異。

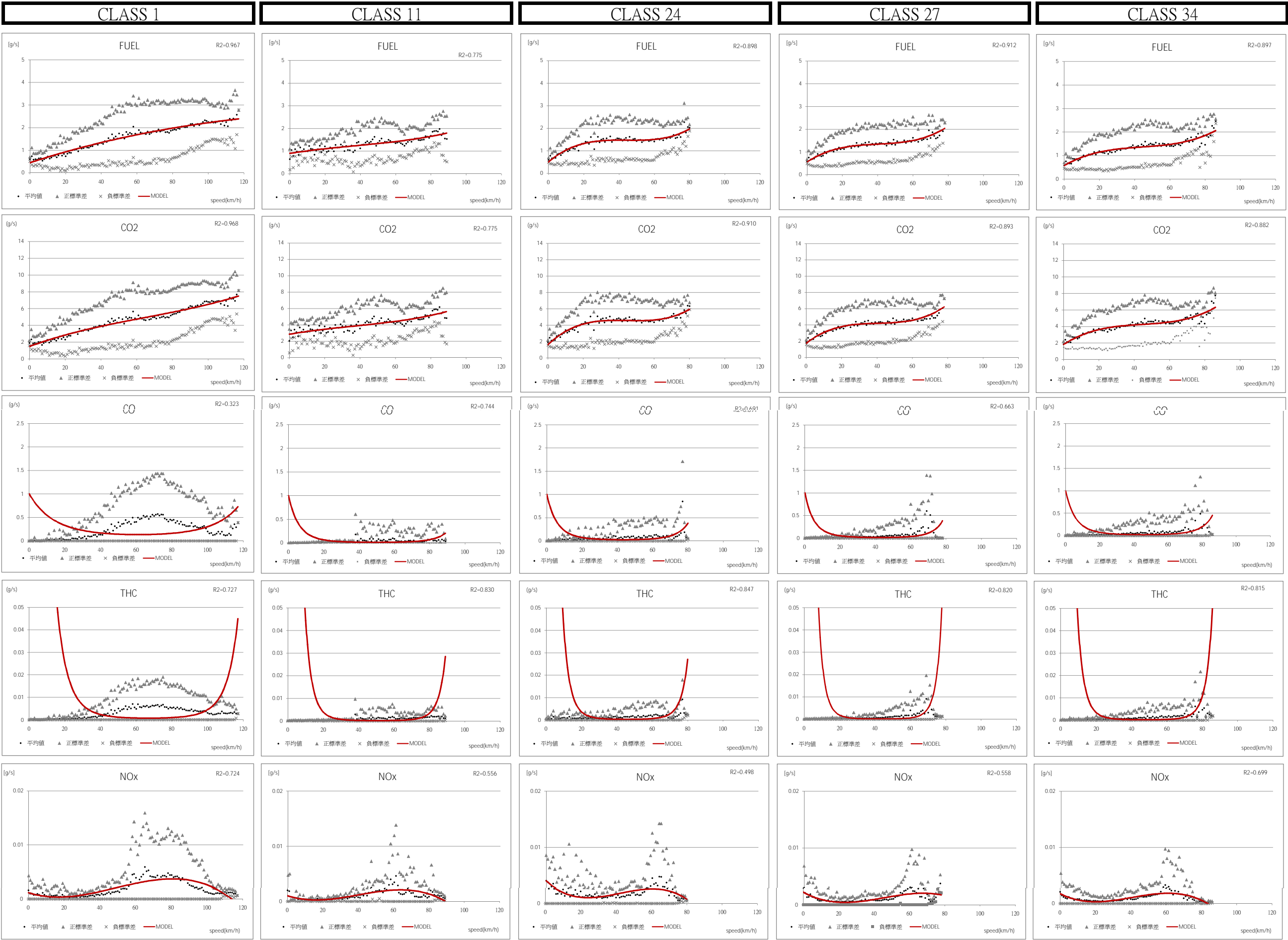
附表 2.4-4 #9 之事後比較表

Dependent Variable	(I) 道路坡度	(J) 道路坡度	Mean Difference (I-J)
FUEL	0%	2%	-.24101709(*)
		3%	-.39076864(*)
		4%	-.54482466(*)
	2%	0%	.24101709(*)
		3%	-.14975155(*)
		4%	-.30380757(*)
	3%	0%	.39076864(*)
		2%	.14975155(*)
		4%	-.15405602(*)
	4%	0%	.54482466(*)
		2%	.30380757(*)
		3%	.15405602(*)
CO2	0%	2%	-.75972832(*)
		3%	-1.10444894(*)
		4%	-1.47584999(*)
	2%	0%	.75972832(*)
		3%	-0.34472062
		4%	-.71612167(*)
	3%	0%	1.10444894(*)
		2%	0.34472062
		4%	-0.37140105
	4%	0%	1.47584999(*)
		2%	.71612167(*)
		3%	0.37140105
CO	0%	2%	-.00326970(*)
		3%	-.08354687(*)
		4%	-.15624292(*)
	2%	0%	.00326970(*)
		3%	-.08027717(*)
		4%	-.15297322(*)
	3%	0%	.08354687(*)
		2%	.08027717(*)
		4%	-.07269605(*)
	4%	0%	.15624292(*)
		2%	.15297322(*)
		3%	.07269605(*)
THC	0%	2%	-.00025800(*)
		3%	-.00179237(*)
		4%	-.00298289(*)
	2%	0%	.00025800(*)
		3%	-.00153437(*)
		4%	-.00272488(*)
	3%	0%	.00179237(*)
		2%	.00153437(*)
		4%	-.00119051(*)
	4%	0%	.00298289(*)
		2%	.00272488(*)
		3%	.00119051(*)
NOx	0%	2%	0.00008351
		3%	.00052892(*)
		4%	.00066427(*)
	2%	0%	-0.00008351
		3%	.00044541(*)

Dependent Variable	(I) 道路坡度	(J) 道路坡度	Mean Difference (I-J)
		4%	.00058076(*)
	3%	0%	-.00052892(*)
		2%	-.00044541(*)
		4%	0.00013535
	4%	0%	-.00066427(*)
		2%	-.00058076(*)
		3%	-0.00013535

註：(*)表示兩道路類型之間，油耗或污排之平均值有顯著差異。

#99 實際值 vs 模式推估值 比較圖



附錄 2.6

附表 2.6-1 專有名詞彙整表

專有名詞	英文	說明
晨峰	a.m. peak period	針對特定地點上午 12 小時之每小時交通量進行統計，交通量最大的時段稱為晨峰，該時段交通量稱為晨峰交通量
碳平衡法	C-balance	利用車輛所排出之 HC、CO 及 CO ₂ 來推算所消耗的燃油量。
冷車啟動	Cold start	車輛靜置至冷卻水溫度或機油溫度與室溫相同的狀態下啟動車輛。
劣化率	Deterioration Rate	Mobile 係數，車輛每行駛一萬公里所增加的排放量。
行車型態	Driving pattern	車輛之時間-速度變化。
底盤動力計	Dynamometer	於執行行車型態污染測試程序時，模擬行車阻力。
燃油消耗(能耗)	Fuel Consumption	泛指車輛行駛所消耗之燃油，單位表示有許多方式例如 km/l、l/100km、MPG 等。
燃油經濟性(燃油效率)	Fuel Economy	指以 km/l 單位表示之燃油消耗。
熱車啟動	Hot start	車輛行駛後熄火靜置再起動，相對於冷啟動，此時冷卻水溫度或機油溫度高於室溫。
惰轉	Idle	車輛發動引擎，車行速度為零的狀態。
昏峰	p.m. peak period	針對特定地點下午 12 小時之每小時交通量進行統計，交通量最大的時段稱為昏峰，該時段交通量稱為昏峰交通量
法定測試程序	Test procedure	指美國聯邦測試程序及歐盟指令規定之車輛污染排放測試程序。
運輸行為	transportation behavior	泛指人或貨物從出發地運輸至目的地的過程中，所發生的各種行為。
運輸需求預測模式	transportation demand forecasting model	用以描述眾多人群的旅運型態及一般人產生旅次的決策過程，其目的在於估算未來各運輸系統之需求量。
運輸規劃	transportation planning	利用系統性的分析方法，依序得知：1.運輸需求之數量、2.可滿足需求之方案、3.各方案對工程、經濟、環境、社會、政治等方面之影響及可行性、4.在全盤的綜合考慮下所應採行之方案。
車行里程	Vehicle Kilometer Travelled	車輛的已行駛里程。
零里程排放率	Zero Emission Level	Mobile 係數，新車在零里程時的排放係數。

註：以上順序照英文字母排序。

附錄 2.7 能源消耗與污染排放之表達單位差異說明

1. 相關文獻回顧

由國內外之文獻回顧結果可發現，傳統推估模式與法規測試之耗油率與排放率，大抵以「每單位距離之耗油率或排放率」(l/km 或 g/km)表示。例如，我國長期以來所使用之 Mobile-Taiwan (亦為國際通用模式)，亦是以單位距離之耗油率與排放率，來計算公路運輸部門的能源消耗和排放總量。因此，運輸模式推估之旅行距離，影響了運輸部門總能源消耗和排放總量的推估。

近年來，隨著交通活動增加、旅運需求型態的轉變，運輸系統擁擠趨勢漸形明顯。尤其在都市地區或運輸需求幹線上，尖峰時間的交通延滯，肇致龐大的能源虛耗和嚴重的空氣污染。但是以旅行距離為基礎，所計算的公路運輸部門能耗與排放量，增長情形並不顯著，難以反應現實。根據 Worsley (OECD, 2007)研究發現指出：「近年交通量增加，而造成全年度總旅行距離之成長幅度有限；相對地，所導致之平均速度下降，進而造成的總旅行時間的損失，大幅超越以旅行距離計算的幅度」。因此，傳統上以旅行距離計算公路運輸能耗、排放的方法，將無法敏感反應近年來公路運輸能耗與排放量的實際變化；尤其無法估算因交通擁擠導致行車延滯，所造成的能源消耗和排放總量。

事實上，車輛之能源消耗與排放固然與行駛距離相關；相類似地，車輛運行的時間長短和速度快慢，與能源消耗和排放量之間，也同樣存有明確的相關性。很明顯地，一定總行駛距離下，不同的平均速度，或不同的總旅行時間（平均速度相當、但平均速度的變異度有差異），公路系統的能耗與排放量亦會有顯著的差異。然而，傳統方法以延車公里為單位，估算公路車輛能耗與排放量，無法有效反映出上述的差異。即便是投入龐大資源逐年測試行車型態（driving cycle），提供以平均速度計算的調整係

數，傳統模式仍然無法有效估算能耗與排放量的變化，因其忽視了速度變異所造成的影響。

2. 搭配運輸規劃模式之運用

事實上，運輸規劃模式能夠分別以旅行時間、旅行距離為單位，量測系統的績效。有鑑於上述分析，本計畫認為：相比於以距離為計算單位（g/km），以時間為單位（g/sec）能夠敏感反應運輸系統壅塞延滯的影響，更適於估算公路運輸之能源消耗與排放總量。為了將旅行時間的概念納入，以便應用於運輸規劃模式時，能確實反映出路段速度改變對於能源消耗及排放之影響，本計畫凡述及耗油率與排放率之處，除特別註明之外，均以「每單位時間之耗油率或排放率」（g/sec）為計算標準。

3. 耗油率與排放率之表達單位差異

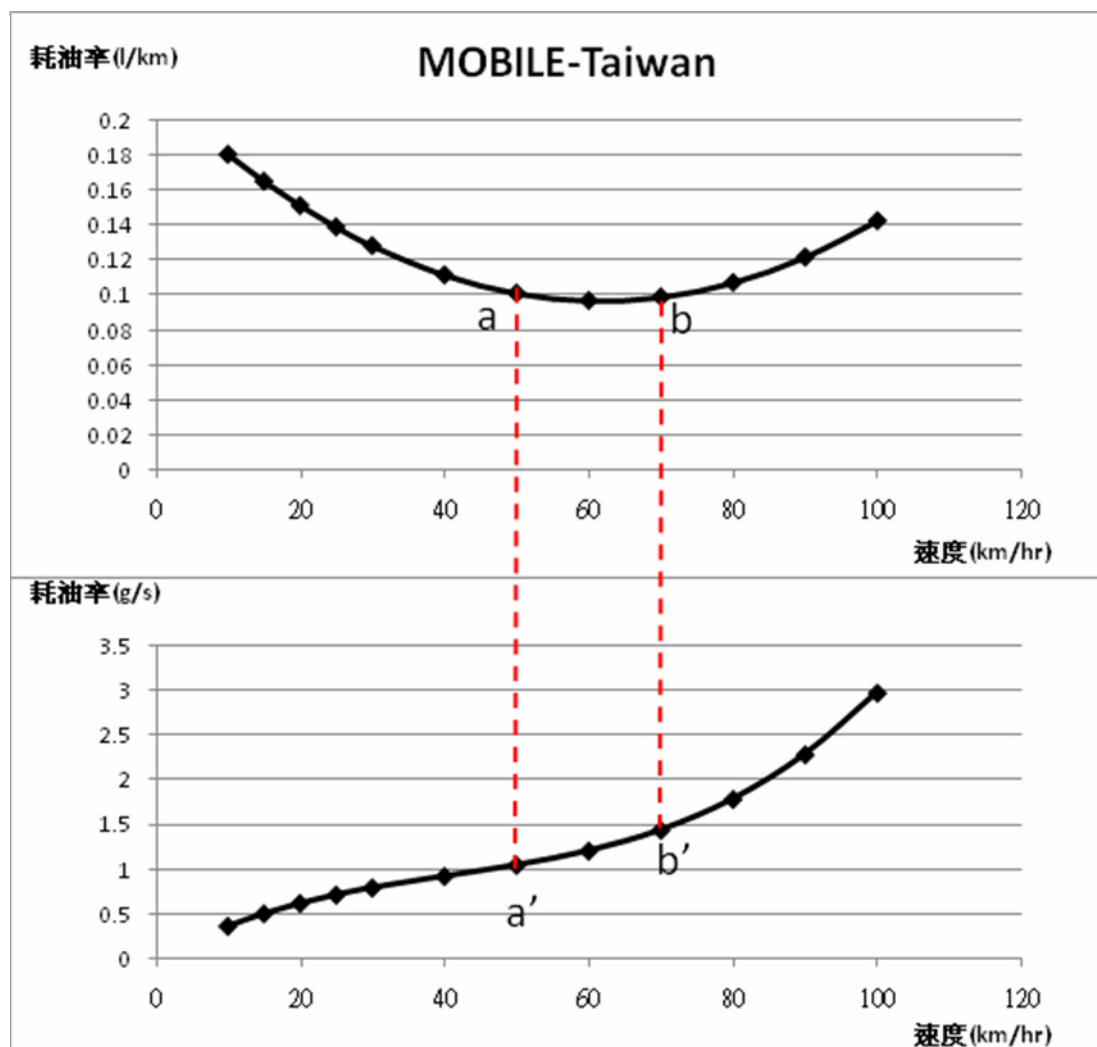
然而，耗油率與排放率之表達單位不同時，會導致其相對於速度曲線（「耗油率-速度」及「排放率-速度」）的形狀不同，進而可能造成研究成果在相互比對與判斷時的困惑與誤解。同樣採用速度為橫軸，本計畫以「單位時間的耗油率或排放率」作為縱軸，繪出之耗油率或排放率（g/sec）圖形呈現 S 形曲線。乍看之下，似乎違背一般認知的基本概念。傳統上，縱軸以「單位距離的耗油與排放率」（g/km）時，圖形呈現 U 形曲線；顯示：中速行駛（50～70 km/hr）狀態最省油、排放最低，高速與低速行駛均將增加耗油和排放量。直觀比較二圖面，很容易誤以為本計畫得到的 S 形曲線，彷彿暗示低速行駛才最省油、排放最低，背離車輛基本運行原理。事實上，由於縱軸單位不同，不可直接比對二圖形。正確的比對作法是：本計畫之 S 形曲線之切線（斜率），才能與傳統 U 形曲線概念相比對。

為避免本計畫成果與其他研究相互比較上的困惑與誤解，茲

以耗油率為例，將二種單位之圖形相互轉換比對分析，以釐清二者解讀方法與意義上的異同。至於其他數種排放量的圖形，亦可同理類推。以下首先以傳統通用 MOBILE-Taiwan 之耗油率輸出結果為例，說明兩單位間的轉換關係。其次，再將本計畫之研究成果納入，以道路實驗所調查到的各種道路之耗油率為例，比較其與 MOBILE-Taiwan 模式數據的差異。

(1)MOBILE-Taiwan 之耗油率-速度曲線

將 MOBILE-Taiwan 之耗油率輸出結果，分別根據兩種單位繪製如附圖 2.7.1 所示，上圖的縱軸單位為各個速度下之每公里耗油率(l/km)，為傳統 U 形；下圖則為每秒鐘耗油率(g/s)，為本計畫採用之 S 形。



註：參考MOBILE-Taiwan臺北縣市汽油小貨車(新車)之耗油率，與MOBILE-Taiwan之耗油率(g/s)比較圖
資料來源：本計畫

附圖 2.7.1 MOBILE-Taiwan 之 耗油率-速度曲線

①. [每單位距離之耗油率(l/km)]

上圖中，當車輛之行駛速度介於 50~70 km/hr 時，平均每公里的耗油率較低(亦即燃油經濟性較高)，因此，若車輛駕駛能將行駛速度維持在 50~70 km/hr 間時，此應為最省油的行駛方式。

②. [每單位時間之耗油率(g/s)]

此時，若將上圖的縱軸單位，改以[每單位時間之耗油率(g/s)]表示時，則耗油率隨行駛速度之變化曲線，將如下圖所示呈現平緩的 S 形。由此曲線可知，當行駛速度越低時，其平均每秒的耗油率越低；然而，這並不表示行駛速度越低越省油，我們可由下面這個例題來釐清這個觀念。

假設總行駛距離為 100 公里，甲車與乙車分別以 20 與 50 km/hr 的速度定速行駛，甲車每秒鐘的耗油率為 0.63 克，乙車則為每秒 1.06 克。若僅由此數據來判斷兩車的耗油率，看似乙車較為耗油。但由於其行駛速度較快，因此所需的總行駛時間較短(2 小時)，因此其耗油量約為 10.15 公升。相較於甲車之總行駛時間較長(5 小時)，耗油量約為 15.17 公升，乙車更為省油。此結果亦符合附圖 2.7.1 上圖的一般認知。

③. 兩單位間之轉換

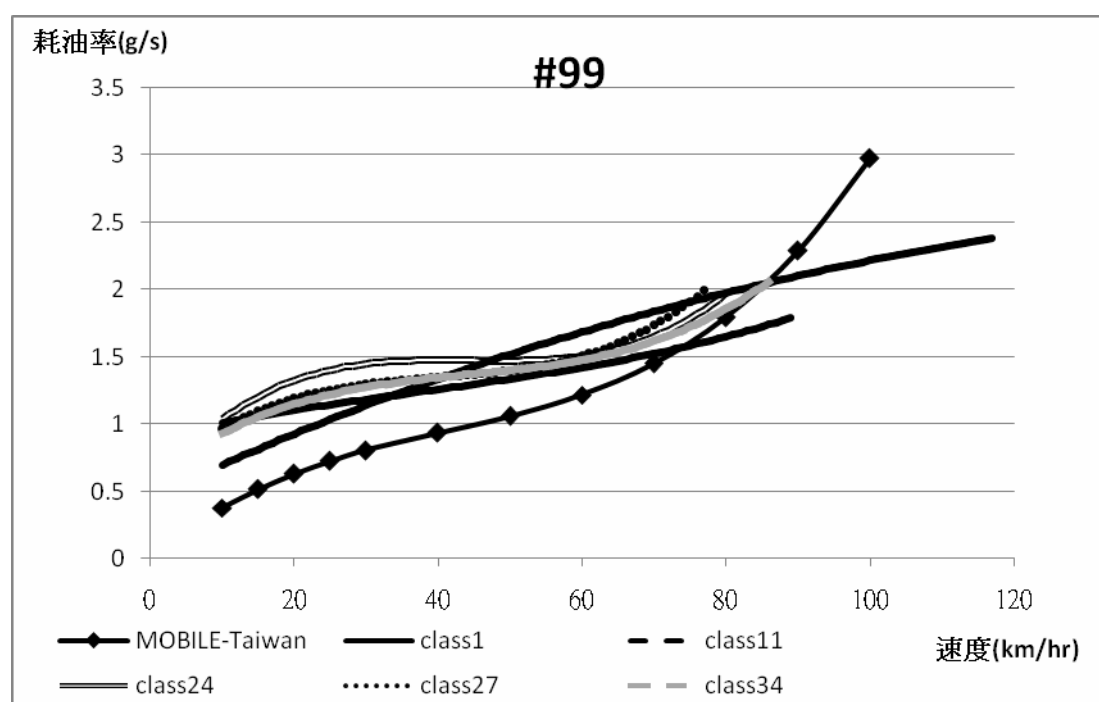
兩單位間的轉換關係，可由上下圖之曲線比對結果得知。其中，上圖的 a、b 點，即為下圖 a'與 b'點之斜率。當上圖中的數值越低時，反映於下圖中時，其曲線之斜率就越小。因此，下圖在 50~70 公里間較為平坦，兩端較為陡峭，呈現 S 形曲線。

(2) #99 各道路類型與 MOBILE-Taiwan 之耗油率曲線比對

由上述結果可知，若以每單位時間之耗油率呈現本計畫道路實驗的結果時，即可藉由該曲線之斜率，將其轉換成為傳統所認知的耗油率曲線。因此，本計畫之研究成果(附圖 2.7.2)亦可以此方式，將其轉換成為傳統的耗油率-速度曲線(附圖 2.7.3)。

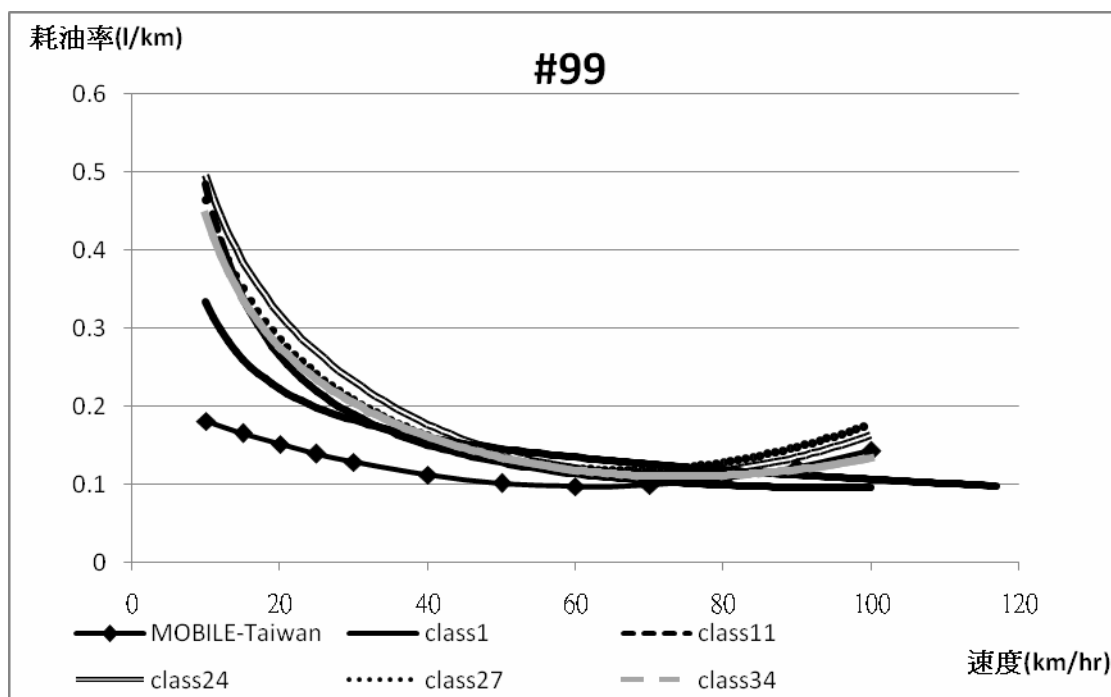
由附圖 2.7.2 可看出，本計畫之研究成果與 MOBILE-Taiwan 之曲線分布趨勢相似，但低速時耗油率略高於 MOBILE-Taiwan 之推估值，高速時則低於 MOBILE-Taiwan 之值。此外，除了 CLASS1 與 CLASS11 的曲線較為平坦之外，其他三種道路類型

的曲線，於低速與高速時，斜率變化較大，因此類似於三次多項式之曲線。因此，反映於附圖 2.7.3 時，各種道路類型之耗油率曲線亦與 MOBILE-Taiwan 相同，成 U 字型，唯平均每公里耗油率之最低處與 MOBILE-Taiwan 有些許差異，且#99 中大部分之耗油率(l/km)(除了 CLASS1 與 CLASS11 高速之外)，皆略高於 MOBILE-Taiwan 之推估值，這可能是車輛於實際道路測試時，受到外部因素(如坡度、車流量或加減速度等)之影響程度較高，因而導致本計畫實際路跑(#99)的耗油與污排推估值較高。



註：參考MOBILE-Taiwan臺北縣市汽油小貨車(新車)之耗油率。
資料來源：本計畫

附圖 2.7.2 #99 與 MOBILE-Taiwan 之耗油率(g/s)比較圖



資料來源：本計畫

附圖 2.7.3 #99 與 MOBILE-Taiwan 之 耗油率(l/km)比較圖

4. 小結

由於傳統之耗油率或(污染排放率)-速度曲線，實際應用於運輸部門時，多以單一平均速率表示，因此，當某道路類型上之總交通量增加時，雖可藉由平均速率與總行駛距離(延車公里)來顯示其對於能耗與污排之影響，但無法反應同樣平均速度下，速度變異所造成的能耗與排放差異。例如，以平均時速 60km/hr 行駛同樣距離（總旅行時間相等），但 C 車以定速 60km/hr 行駛，D 車以 20 和 80km/hr 各行駛一半距離時，二者相比應是 C 車較為省油、污染物排放量較低。然而，若依據傳統方法，依據平均速率和單位距離之耗油、排放率來作計算，二車的耗油和污排結果相當，與事實相違背。

因此，為了建構一套模式，以反映出公路系統速度差異、旅行時間差異、道路幾何特性差異，對於公路能耗與排放量的影響。本計畫採用每單位時間之耗油率(或污染排放率)，做為輸

出，藉由此對於公路系統績效（旅行速度、擁擠程度）具有敏感性的耗油與排放係數，才能在運輸系統評估模式中，提供對應的能源使用與排放量等相關數據，讓運輸決策者掌握永續性評估的相關資訊，作為方案評估的參考。

附錄 3 審查意見回覆表及簡報資料

附錄 3. 1 期中審查意見回覆表

附錄 3. 2 期末審查意見回覆表

附錄 3. 3 期末簡報書面資料

附錄 3.1

期中審查意見回覆表

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
臺北市 衛生稽查 大隊	1.機車在能耗上雖然比汽車少，但在排放方面是比汽車還高，請問研究團隊在未來有無打算針對機車部分做進一步的研究？	1.受限於車載量測設備儀器，本計畫僅能進行汽車部分的調查。	同意承辦單位處理情形
經濟部 能源局	1.簡報第 9 頁，靜態影響因素中的第四項「車齡與累積行駛里程數」，在能源消耗的部分是「正相關」，而報告書 p.57，工研院在 93 年所做的報告中是寫「沒有差異」，因此「正相關」的文獻依據為何？	1.簡報第 9 頁中的「正相關」，其資料來源為 Rakha (2003)以及 Hung and Tong(2000)等國外資料(參見期末簡報 2.6 節中，靜態影響因素第 4 點)。然而，工研院在 93 年所做的報告中是寫「沒有差異」，因此，此部分應為國內外文獻有明顯差異之處。國內外研究結論顯著不同，值得有關車輛使用與能源消耗、污染排放相關研究，針對車齡與累積行駛里程數之影響，再作進一步探討。	同意承辦單位處理情形
	2.報告書 p.131，在實驗車輛選取相關說明中表示，希望能夠選取代表國內主要車型排氣量的自用小客車。但研究團隊也許是為了考量裝置設備與儀器，而選取 7~9 人座的廂型車做為實驗車輛。其與自用小客車的車型分類、能耗都不一樣，因此不能代表小客車。建議未來可以直接以小客車改裝後做為實驗車輛。	2.本年度屬於先導型研究，著重於測試實驗設備與驗證研究概念能否順利執行，所選擇之實驗車輛在車種定義上屬小型車，但無法代表所有小客車的能耗與排放特性，將會修改報告書內容。至於能源局代表建議未來實驗車輛選擇的部分，將會與今年研究及實驗結果，於未來年度之研究規劃時，一併考量。	
行政院 環境保護 署	1.部分用字及表格內容有誤，建議更正。 (1)p.48 表 2-2-2，建議參考本署「交通工具空氣污染物排放標準」修正。 (2)p.58 柴油車排放 NO _x 較汽油引擎少？請更正。	1.用字及表格內容錯誤部分，將遵照更正，感謝指正。關於車齡與總行駛里程數與污染排放及能耗之間，並沒有直接關係之出處，主要依據工研院 93 年所執行之「使用中車輛能源效率評估及提昇研究」計畫中，以使用中商用車為實驗對象，所實際測試出之結果。	同意承辦單位處理情形

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
行政院環境保護署	(3)粒狀物過濾器建議修訂為濾煙器。 (4)p.63 表 2-3-2「廢棄」→「廢氣」。 (5)p.71 車齡與總行駛里程數與污染排放及能耗之間，並沒有直接關係？出處為何？		同意承辦單位處理情形
	2.本計畫之目的在建構將能耗與空污特性納入運輸規劃(運輸行為)評估體系，惟計畫執行內容以車輛實際道路測試為主，似乎侷限於公路運輸，對整體交通運輸規劃對能耗、空污的影響似有不足，建議說明本計畫成果的應用為何？	2.運輸規劃評估體系中涵蓋公路、軌道、海運、空運，軌道系統多為電力驅動，發電廠污染量低，空運、海運因運量低，能源消耗、空污排放量低，且運輸行為單純。但在占比最高的公路運輸上，因行駛行為對能耗、空污排放影響大，以延車公里參數推估，缺乏敏感性，無法將能耗與空污特性納入運輸規劃或政策措施方案評估之中。 本研究目的即在於藉由調查分析車輛之能耗、空污相關特性參數，建立公路運輸之能耗與排放模式。研究成果將建立整體運輸規劃模式之能耗、空污基本參數，可於運輸規劃與方案評估時，提供能耗與空污特性，以供決策參考。本計畫成果應用的範圍廣泛，例如：道路建設計畫評估、道路使用管制方案評估（如 HOV）、費收制度評估等。 有關本計畫與整體運輸規劃之關聯性、研究成果之應用等，補充說明於 1.1 節研究目的及 4.5 節運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異。	
	3.建議檢視運輸規劃評估時所需的參數，考量該等因素對空污與能耗估算的影響，並提出運輸規劃時應考量的空污與能耗因子。	3.說明於 4.4、4.5 節。	
	4.建議統一報告書內的專有名詞，如運輸需求、運輸行為等。	4.遵照辦理，感謝指正。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所綜技組 黃運貴組長	1.有關章節的編排格式建議依本所的出版品相關規定辦理。	1.遵照辦理，感謝指正。	同意承辦單位處理情形
	2.在章節名稱與內容部分，建議依簡報資料第 7 張投影片的项目順序重新修訂調整。	2.遵照辦理，將重新修訂調整。報告書中係將文獻分為「單一車輛」與「模式」兩大部分，由於大部分模式多將空污與能耗整合在一起，其中有一部分為運輸模式中所應用，請參見 3.1.2、3.1.3 節。	
	3.有關國外文獻回顧部分，如報告書 p.39、p.67，建議蒐集更多國家的資料。	3.已增加蒐集歐盟、英國、中國、日本與印度之資料，詳請參見第二章、第四章。	
	4.建議針對 p.88 第二節與 p.85 第 3.1.2 小節加以整合。	4.修訂調整後的章節請參見 4.2 節。	
	5.有關調查部分，建議清楚說明環境背景值的說明，並清楚說明在模式中如何輸入相關參數，哪些參數需被輸入。	5.道路實際量測與實驗室實驗之相關背景值說明，請參見 5.3 與 5.4 節，而本研究所建構之模式，其輸入參數為速度，相關內容請參見 6.1.2 節。	
	6.實驗調查： (1)簡報第 28 頁有關測試結果，縣道的車速數據超過速限，在測試時是否需要考量？ (2)簡報第 29 頁與報告書中的路線三說明，內容有所差異，請修正與統一。 (3)由簡報第 29 頁來看，測試路線為何出現縣道 142，是否由車測中心出發？請確認。另，台 2 乙的確切位置為何處？請說明。	6. (1)測試時係依據車流狀況駕駛，前測結果出現少數數據超過速限，可能是瞬間加速所致。正式測試時已經改善。 (2)修正統一如圖 5.3.4 所示。 (3)各測試路線均由車輛中心出發，故縣道 142 為必經路段。另，台 2 乙為誤植，已更正。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所綜技組 黃運貴組長	(4)若欲探討坡度對能耗與空污的影響，在最後定案的實驗路線中，所包含的坡度樣本數(sample)是否能滿足分析時的需求(可能不夠)?請研究團隊說明如何處理這個問題。	(4)文獻顯示坡度對於能耗與空污特性有影響，故在設計實驗路線時有此考量。唯最後定案之實驗路線，以涵蓋主要道路類型為重，本年度並未特別針對坡道取樣。但原始資料上都會特別標註經過坡度路段，如 CLASS1 之苗栗三義路段。本計畫測試時採用 GPS 於路網上定位，原擬針對坡度所產生之影響，進行差異性分析。但受限於 GPS 精確度不足，實際道路測試資料無法分析坡度的影響。經過團隊工作會議討論，改以實驗室增加坡度測試（#8）方式進行。結果請參見報告書第六章之分析。	同意承辦單位處理情形
成功大學 林佐鼎教授	<p>1.肯定基本研究架構與執行方法。</p> <p>2.報告書內容描述部分，請補充說明或更正：</p> <p>(1) p.13 表 2-1-2 中的符號所代表之意義，請說明。</p> <p>(2) p.16 中間部分之 HNTSA，請修正為 NHTSA。</p> <p>(3) p.17 中間部分之「第二階段行車型態」，請說明定義。</p> <p>(4) p.23 汽油車與柴油車輛的 model 非常接近，請確認汽、柴油 model 之間的差異理由為何。</p> <p>(5) p.44 圖 2-2-1 的資料來源，請補列。</p> <p>(6) p.58 靜態影響因素的編號應由 1 開始，請修正。</p> <p>(7) p.74 表 2-4-6，「註 2」與附註搭配不起來，請說明其意義。</p> <p>(8) p.85 與 p.90，有關模式的說明部分請修改為中文。</p> <p>(9) p.85「式 A」的標號方式，請修正統一以阿拉伯數字標示。</p>	<p>1.敬悉。</p> <p>2.遵照更正疏漏謬誤之處，感謝指正。</p> <p>(1)表中符號表示「目前已採用該行車型態執行車輛耗能測試」。</p> <p>(2)經報告書之調整與修正後，該章節已由報告書中刪除。</p> <p>(3)補充說明圖示如圖 2.1-2 所示。</p> <p>(4)汽油車與柴油車燃油消耗計算模式，係依據歐盟計算標準所列，顯示二者模式相近似，僅有 1 參數之細微差異；但因汽柴油車之 HC、CO、CO₂ 等單位公里排放量不同、且二者使用燃料密度不同，故會得出不同的燃油消耗量。</p> <p>(5)經報告書之調整與修正後，該章節已由報告書中刪除。</p> <p>(6)已修正，請參見 2.6 節。</p> <p>(7)補充說明如表 3.4-4 註解 1。</p> <p>(8)已修正，請參見 4.2.2 與 4.2.6 節。</p> <p>(9)已修正，請參見 4.2.2 節。</p>	同意承辦單位處理情形

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
成功大學 林佐鼎教授	<p>(10)p.103 第四節內容應為整個計畫的關鍵部分，但目前此節仍無法完整代表整個計畫內容，反而以簡報第 19 頁的關係圖來呈現會較為清楚，建議加以修正。</p> <p>(11)p.131 實驗車輛的選擇理由無法完全解釋所選定之實驗車輛，請修正。</p> <p>(12)p.137 請說明符號代表含意。</p> <p>(13)合約中樣本數為 15 組，但為何目前在不同的實驗路線中，累積數據部分為 15 組，部分為 16 組，請確認最後定案的樣本數。</p> <p>(14)p.144、p.146 中，定案實驗路線與簡報內容不太相符，且對於樣本數的描述不夠清楚。此外，簡報第 27 頁，請說明定案實驗路線中「多日組合、每日重複」的含意為何？</p> <p>(15)建議將名詞統一(如「國 1」修改為較正式的「國道 1 號」)。</p> <p>(16)建議最後附上參考文獻。</p>	<p>(10)運輸規劃模型中有關能源消耗、污染排放之影響因子修正如表 4.4-4。而整體之評估架構，則補充說明於 4.6 節。</p> <p>(11)實驗車選擇說明補充於 5.2.2 節。</p> <p>(12)表 4.4-3 符號說明補充於表 4.4-1。</p> <p>(13)(14)實驗執行：原先規劃之測試型態係在單一路線上來回測試，於 1 日內完成各種道路類型的取樣。但測試後發現這種構想無法取得各種道路類型之各速度樣本。再考量設備補給與人力的限制，最後定案之實驗路線，係將路線分割為 5 組，以 2~4 日為一單元，分別在 5 組路線上來回運行取樣。故稱為「多日組合、每日重複」的型態。(由原先 1 日做完整套，改為五組路線取樣完成，才做完整套)</p> <p>取樣結果：目前先以里程做基本控制，之後則依據資料可用程度做檢核，每個速度下有效樣本數至少 15 個(依合約規定之趟次)。</p> <p>(15)已修正</p> <p>(16)已修正</p>	同意承辦單位處理情形
	<p>3.簡報右下角第 21 頁中，有關實驗回收的數據結果，其中橫軸的時間，是以「秒」還是「分」為單位？若以「秒」為單位，此 15~20 分鐘的路線是否為一個 trip，為每日重複的其中一次？目前做了多少組，這些是否為一樣本而已，請說明。</p>	<p>3.該圖為以「秒」為單位。此圖形為 7/23 日的測試記錄資料中，擷取某一段連續 1,000 秒縣道 142 的資料，做為樣本呈現。當日除縣道 142 外，還包括快速道路(Class 11)、國道(Class 1)之測試資料，類似的樣本呈現如簡報第 16~21 頁。</p> <p>簡報中提供之資料為某日中取得之一組資料。實際測試時，同一類型道路至少跑 4 次(例如國道 1 號)，每趟資料擷取時間視交通狀況而有所不同，後續將再依照空間或時間，切割出適當的範圍來做資料的呈現。</p>	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
		目前已經完成全部路線的量測，但受到儀器運作不良和天候(陣雨)影響，部分資料無法採用。已經研擬補測計畫，擇期補足。報告書中將根據資料分析結果，詳盡說明。	
本所運計組 張瓊文研究員	1.關於環保署提到的問題2，目前在整體運輸系統的比重中，公路部分所占比例最高，且海、空、鐵路的能耗、空污影響估算較為單純，而公路系統最為複雜，因此才會由此部分開始研究，本研究在各方面均為創舉，所以當初在題目訂定考慮可能較不周詳，因而造成此誤解。	1.感謝委員說明。有關本計畫與整體運輸規劃之關聯性、研究成果之應用等，增補在1.1節研究目的。	同意承辦單位處理情形
	2.有關車型部分，休旅車在車種定義上仍屬小型車，因此本研究就能研究的部分先行研究，於後續年度將依研究經驗再把測試層面擴大。	2.感謝張研究員說明。後續研究車輛選擇的部分，將會與今年研究及實驗結果，於未來年度之研究規劃時，一併考量。	
	3.重點提醒： (1)建議在文獻回顧部分或綜合結論中，更具體地說明目前國內能耗、空污與運輸規劃之結構有什麼問題存在？並強調透過本研究的部分補強後，其貢獻為何？與之前的類似研究結果有何不同？ (2)p.111 表 3-5-1，車種為車輛特性的一部分，建議將「車種」納入。 (3)關於實驗最後可蒐集到之資料內容，如氣候、坡度等，以及後續之分析方法，請加以說明。	3. (1)補充說於 4.5 節運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異。 (2)已補充於表 4.4-4。 (3)各實驗之資料蒐集相關資訊，均已記錄於實驗紀錄中。今年度已於#9 中，初步分析坡度對於油耗與污排之影響，其它影響因素之分析，則可斟酌是否納入後續研究範疇中。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組 林國顯組長	1.建議可連同文獻的部分，將報告中出現的專有名詞，附於報告書後面加以說明。	1.遵照辦理，感謝指正。	同意承辦單位處理情形
	2.有關道路名稱的部分，請修正(如第4章實驗路線表格中，“縣122”應修正為“縣道122”或“縣道122線”)。	2.遵照辦理，感謝指正。	
	3.報告書的章節編排方式，請依照本所出版品格式加以修改。	3.遵照辦理，感謝指正。	
	4.國內車輛排放標準部分，應以法令規定做為參考文獻。	4.遵照辦理，感謝指正。	
	5.本研究屬於先導型研究，研究性質應為測試與驗證，因此今年度主要著重於測試路線、儀器與研究概念是否能順利執行，其目的在藉由今年的經驗來驗證實驗構想，至於各位委員及與會代表建議修改車輛選擇的部分，依今年研究及實驗結果可提出建議，若有必要可以租用車輛的方式來進行下一階段之研究。但受限於設備儀器，本計畫僅能進行汽車部分的調查。	5.感謝委員說明。有關本計畫與整體運輸規劃之關聯性、研究成果之應用等，將在報告書中再予說明。後續研究車輛選擇的部分，將會與今年研究及實驗結果，於未來年度之研究規劃時，一併考量，請參見第七章。	
	6.建議在報告書的第一章或是文獻回顧中，將本計畫之研究範圍、背景、動機與目的等，以及與各個相關計畫間的關係及本計畫的成果應用等加以說明。	6.補充說明於1.2.5節。	
	7.請研究團隊清楚說明所有參數中有哪些是分析之變數項，哪些是控制項，必須加以交代說明。	7.關於坡度部分，文獻顯示坡度對於能耗與空污特性有影響，故在設計實驗路線時有此考量。唯最後定案之實驗路線，以涵蓋主要道路類型為重，本年度並未特別針對坡道取樣。但原始資料上都會特別標註經過坡度路段，如CLASS1之苗栗三義路段。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組 林國顯組長		本計畫測試時採用 GPS 於路網上定位，原擬針對坡度所產生之影響，進行差異性分析。但受限於 GPS 精確度不足，實際道路測試資料無法分析坡度的影響。經過團隊工作會議討論，改以實驗室增加坡度測試（#8）方式進行。結果請參見報告書第六章之分析。	同意承辦單位處理情形
	8.有關實驗的測試前置作業以及後續處理過程等，請加以說明。	8.請參見 5.3 與 5.4 節。	
中興大學 望熙榮教授(書面資料)	1.期末報告時建議增加摘要，以及各項工作完成情形。	1.遵照辦理，將於期末報告定稿中補充。	同意承辦單位處理情形
	2.部分用字改正： (1) 15 頁倒數 8 行之 CFP 應為 CFR 之誤。 (2) 43 頁 OSCAR(Optimised) 應為 Optimized 之誤。 (3) 85 頁，86 頁，90 頁之英文說明請改成中文。	2.遵照更正疏漏謬誤之處，感謝指正。	
	3.現行之 FTP75 測試方式之車速有約一半是 50 km/hr，三分之一介於 50~100 km/hr，與實際之平面道路、高速公路之行車車速皆不相同，如此之行車型態來推估污染排放量是否有代表性，建議委辦單位期末時能有所說明。	3.本計畫期末時，將嘗試比對高速公路、省道、縣道等不同道路類型，與法規測試方法(FTP 及 EU)的結果異同。本計畫並非探討行車型態之代表性與適用性，委員所提建議另案討論。	
	4.Mobile 5b 中使用中車輛，尤其是機車部分的排放係數資料國內一直不是很完整。中鼎公司的 TEDS 雖有零里程排放係數及劣化率的估計值，但與實際車況間的符合性是否能於期末作一補充說明。	4.本計畫並非探討車輛劣化率等課題，委員所提建議另案討論。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
	5.實驗路線之選定（第四章第三節）能否於期末補充所選定道路車流量（或行駛里程），以及佔全台灣車流量（總行駛里程）之比例。	5.請參見表 5.3-1。	同意承辦單位處理情形
	6.請於期末報告說明本計畫與運研所另外兩項計畫的協調分工、合作情形。	6.請參見 1.2.5 節。	
本所運計組（書面資料）	1.本案收集了相當多文獻，請研究團隊提出更具體的結論（或推論），特別是在現有模式及資料結構狀況下，本研究進行相關工作之必要性分析，以利後續工作方向之釐清。	1.請參見 4.5 節。	同意承辦單位處理情形
	2.車種之影響應納入運輸規劃與能耗、空污關聯因子中。	2.請參見表 4.4-3。	
	3.本研究實驗部分非常重要，請研究團隊就本實驗過程中所有可收集到的資料項目先予敘明（含實驗環境背景資料），以利與會者瞭解本案所收集之資料並非僅有附圖所顯示之項目。	3 有關實驗設計部分說明如下： (1)實驗設計：共包含實際道路測試（#99）、實驗室的比對（#8 五種實際道路各二段 segment、#9 坡度）以及法規測試（#5 及 #7）等三個部分，並希望建立實車 vs.實驗室，以及實驗室 vs.法規之間的關係。 (2)實驗執行：原先路線規劃之測試型態係在單一路線上來回測試，並於 1 日內取樣完成。但受設備與人員的限制，後續將一條路線分割為五組，取樣方式則改為以 2~4 日在五組路線上，來回運行取樣。（由原先 1 日做完整套，改為五組路線取樣完成，才做完整套。）	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組(書面資料)		<p>(3) 可取得資料：</p> <ul style="list-style-type: none"> ●現階段取得資料包含冷啟動與熱啟動資料，以及引擎所有的performance(包含所有加減速、引擎轉速等)，但需考量其分析結果是否具有意義再將其整合至運輸模式中，例如加減速確實有影響，但若運輸模式無法反映此數據時，則對於計畫本身意義不大。 ●加減速的頻率，各實驗結果均分析其速度—加速度分佈表(SAFD)，並將加減速度因子，納為建構相關模式的考量參數。 	
	4.報告中出現許多模式之縮寫名稱，建議於附錄中，依模式應用之類別(如能耗推估模式、污排推估模式或其他分類等)，將各個模式之英文全稱列出，以利對照。	4.參見 4.2 節。	同意承辦單位處理情形
	5.報告中引用許多國外文獻之推估模式流程圖，由於影像模糊，建議譯為中文並重新繪製(如：p.87、p.89、p.92、p.105…)，以利閱讀。	5.遵照辦理重繪並盡量中譯，但部分內容係相關模式、參數縮寫，仍需以原文呈現。	
	6.第三章有關國外能耗及污染推估模式之說明，請譯為中文(如：p.85、p.86、p.90)。	6.遵照辦理盡量中譯，但部分內容係相關模式、參數縮寫，仍需以原文呈現。	
	7.報告整理之圖表，請加註資料來源。	7.遵照辦理，感謝指正。	
	8.p.58 影響車輛能耗、污排之靜動態因素的序號有誤，請重新排列。	8.遵照更正，感謝指正。	
	9.p.69提及能耗預測模式分為「理想型」及「務實型」，此兩者之差異請補充說明。	9.遵照辦理，感謝指正。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組 (書面資料)	10.p.136~137 表 4-3-1 及表 4-3-2 與 pp.113~114 表 3-5-3 及表 3-5-4 重覆，建議報告中出現一次即可。	10.道路系統分類及各類道路自由車流速率與速率流量曲線參數表保留於表 4.4-2、4.4-3，5.1 節實驗設計交代各類型道路延車公里，顯示選擇實驗路線之重要性。	同意承辦單位處理情形
	11.p.133 關於車輛配備之考量因素第 4 點寫法，請斟酌修正。	11.遵照辦理，感謝指正。	
	12.本研究回顧了許多國內外文獻，請於報告中增列參考文獻清單。	12.遵照辦理，感謝指正。	
主席結論	1.對於與會專家學者及機關代表之審查意見，請研究團隊提供回覆處理情形，並納入期末報告書中予以修正。	遵照辦理。	
	2.後續提交之期末報告書應符合本所出版品格式，並詳盡說明研究動機，釐清研究範疇。	遵照辦理。	
	3.本計畫期中審查通過，請研究團隊依合約續辦相關作業。	遵照辦理。	

附錄 3.2

期末審查意見回覆表

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
成功大學 林佐鼎教授	1. 肯定研究團隊努力認真，本年度成果豐碩。	1. 敬悉。	同意承辦單位 處理情形
	2. 報告書內容描述部分，請補充說明或更正：	2. 遵照更正疏漏謬誤之處，感謝指正。	
	(1) p.126，今年度似乎尚未進行 R5、R3 等，應說明。	(1) 圖 5.1-2 為本研究之整體實驗設計。考量本年度僅執行一部車之實驗，無法確認 #99 道路實驗結果之穩定度或普遍性，尚未分析 R5，已補充說明於 6.4 節。R3 已補充分析於 6.2.3 節。	
	(2) p.127，中間部分第 11 行，「運據」請修正為「運具」。	(2) 已修正於 5.1.1 節。	
	(3) p.128，請說明挑選道路類型之原則。	(3) 本計畫中道路實驗所選定的道路類型，係以 pcu-km、路網長度占比，以及實驗路線流暢程度為原則而挑選的。此補充說明於 5.3.1 節。	
	(4) p.146，請說明表 5.3-1 中，運量欄的單位「pcu-km」，請說明其意義或資料如何取得。	(4) 本研究的模式路網及交通量資料來源，皆來自運研所 93~96 年辦理「國家永續發展之城際運輸系統運輸需求模式研究」所建立之「臺灣地區城際運輸需求模式」，該模式已建立全臺主要公路系統路網，路網交通量資料則係利用屏柵線交通量校估完成的 94 年交通量。一般在描述運量時多使用「延車公里」為單位，但此模式路網中包含眾多車種，因此本研究將各車種延車公里，以小汽車當量(pcu)加以換算，統一使用「pcu-km」為單位。此說明補充於 5.3.1 節。	
	(5) p.168 第一行的「附件 1.2」，應改為「附件 1.3」。	(5) 修正於 5.3.3 節。	
	(6) pp.168-169，表 5.3-18 中的實驗時間，與附件中的實驗日誌標示不符，請確認。	(6) 已修正表格內容，詳見表 5.3-17「補測實驗路線-建國高架道路」。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
成功大學林佐鼎教授	<p>(7) p.189 各個「型態時間」與附件 2.1 的數據不同，請確認。</p> <p>(8) p.190，①各道路類型的合計，相關係數 100%，請刪除。②表 5.4-5 中，所選取出的複製路段，其相關係數是否真為 100%，請確認。③Class1 中，選出路段的速度分佈比例差距極大，請確認其相關係數的結果。④表 5.4-5 的註解模糊不清，請修正。</p> <p>(9) p.205 在計畫所建構的某些 model 中，其常數項=0，請說明常數項為 0 的原因，必須注意「常數項為 0」與「不放常數項」的意義是不同的。</p> <p>(10) p.208，第 2 行的「表 6.2-6」應改為「表 6.1-6」。</p> <p>(11) p.216，第 8 行、第 13 行在文字敘述上，必須做修正。圖 6.1-1 中各資料點所代表的意義為何，請說明。</p> <p>(12) p.219，建議圖型可用彩色頁顯示。</p> <p>(13) p.240，表格編號缺少 6.3-3，連同 p.239 須一併修正。</p> <p>(14) p.241，class01 與 class1 等的文字敘述應統一，請修正。</p> <p>(15) p.242，圖 6.3-1 縱軸標示錯誤，左邊應為「速度」，右邊應為「高度」，請修正。</p>	<p>(7) 已確認並修正於表 5.4-4 與附件 2.1。</p> <p>(8) 簡報資料所提供為確認之相關係數分析結果，已修正於表 5.4-5，並補充說明於 5.4.3 節。</p> <p>(9) 已於附錄 2.3 表格中，將常數項以 N/A 表示，並補充說明於 6.1.2 節。在推估方程式建構之過程中，基於以下三項考量，而採用刪除常數項(強迫 a=0)之情形。 ①維持#99/#8 推估參數正負號一致性。 ②提高判定係數。 ③提高推估參數之顯著性。</p> <p>(10) 已修正於 6.1.2 節。</p> <p>(11) ①已修正於 6.1.4 節。 ②圖 6.1-1 各資料點為通過收費站之最低速度，已加註於圖 6.1-1。</p> <p>(12) 已將圖 6.1-6 修正，以進站後 200m 內 CO 排放總量方式表示，方便解讀。</p> <p>(13) 已修正於 6.3.1 節。</p> <p>(14) 報告書中已統一修正為 CLASS1。</p> <p>(15) 已修正於 6.3.1 節。</p>	同意承辦單位處理情形

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
成功大學林佐鼎教授	<p>(16) p.243，以表 6.3-7 為例，有些圖表在內文中，並沒有加以描述與解釋，請說明。</p> <p>(17) 請由運輸規劃的角度出發，說明本計畫所得之統計結果，其所代表的意義為何。</p>	<p>(16) 該表描述與解釋，已補充說明於 6.3.1 節；其他遺漏未說明的圖表，亦經逐一補充說明，請參見第六章各節。</p> <p>(17) 已初步補充說明於第 6.4 節。由統計分析結果得知，在不同的速度下，各道路類型之能源消耗與污染排放變異數與平均值皆有顯著差異。由此可證明，本計畫於各道路類型所取得之樣本，可能來自於不同母體，亦即，各道路類型上車輛之能源消耗與污染排放，隨速度變化之樣本分布趨勢不同。因此，於運輸規劃模式中，可納入相關分析指標，以提供評估決策之參考。下一年度將以案例分析的方式，說明於運輸規劃模式中的實際應用本計畫各項研究成果之情形。</p>	同意承辦單位處理情形
	<p>(18) 附件 2.1，#8 實驗中，請說明複製路段與實驗室複製路段的差異。</p> <p>(19) 附件三的期中審查意見，林組長曾建議，有關文獻回顧部分及報告書中出現的專有名詞，以附錄方式加以說明，請研究團隊確實補充。</p>	<p>(18) 由於參考車輛中心提供的意見，每個路段在實驗室都必須複製三次，數據才能達到穩定，因此「複製路段」與「實驗室複製路段」的差異在於，實驗室複製路段為三次的總合。同時，其餘在實驗室的實驗，也都是執行三次的結果。說明文字已加註於附錄 2.1 中。</p> <p>(19) 專有名詞之說明表格，已附加於附錄 2.6。</p>	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
交通大學黃台生教授	1. 下年度計畫中預計採用的不同「車種(或車型)」，其定義為何？(是採用另一輛小客車，或是採用機車、大貨車？) 若採用另一輛小客車，則未來運用時的思考邏輯，是否與運輸規劃中的 pcu 概念相仿？	1. 下一年度的研究構想之一，即在於驗證不同車輛(小客車)，是否可維持本年度所建構的模式關係。此外，考量運輸規劃模式之設定，在各道路類型之運量推估時，乃用 pcu 的概念，將所有車種轉換成為小客車當量來估算。因此，本計畫所建構之模式，於未來應用時，亦將以 pcu 的概念為主。	同意承辦單位處理情形
	2. 計畫中所考慮到之能源消耗與污染排放影響因素非常多，但最終可能有些因素是無法在運輸規劃中運用的(例如車齡)。因此，給予後續計畫的相關意見如下： (1) 以運輸規劃作業中，能夠掌控的變數為主要考量，判斷是否要在某個變數中做的這麼細(例如是否還需增加新的道路類型)，或是判斷還需增加哪些實驗，以釐清此變數對於能源消耗與污染排放之影響(例如負坡度的部分)。 (2) 若某些變數之影響程度顯著，卻為運輸規劃中無法呈現時，則必須考慮未來在運輸規劃模式中，該如何配合，才能將該變數納入作業中。	2. 感謝委員提醒，將列入後續計畫的重要參考。 本計畫最主要探討之變數應為「道路類型」，目前除了針對五種道路類型做統計分析與比較之外，尚包括法規測試差異、開頭燈與開空調差異以及實驗室與路跑差異等分析，這些分析雖非運輸規劃作業中可掌控之變數，但為實驗室法規測試與實際路跑之間轉換過程中，必須探討之影響變數。 其中部分影響因素(如車輛特性)與運輸規劃的相關性較低，若對照相關文獻，在確認穩定後，將不再深究。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
交通大學黃台生教授	3.目前的研究結果(簡報第 28 頁與 A3 圖)是以「單位時間」之能源消耗與污染排放來呈現；然而，以往的相關研究中，均以「單位距離」之能源消耗與污染排放來呈現。此種表達方式可能會造成誤解，建議將其改為「單位距離」，以便於將此結果與運輸規劃加以連結。或未來有任何簡報機會時，建議先將研究中使用之單位說明清楚。	3.有關能本研究與一般認知之源消耗與污染排放之研究結果，二者各別以「單位時間」與「單位距離」兩種不同的單位來呈現時，其所代表的含意是不同的。二者單位間轉換結果比較說明，補充於附件 2.7。	同意承辦單位處理情形
	4.THc 與 CO 的推估方程式效果不佳，建議就理論文獻研究成果與本研究調查資料，再做進一步檢討。	4.下年度將優先檢討 THc 與 CO 之推估方程式。	
	5.研究中提及之法規測試差異、油品等影響因素，對於未來在運輸規劃作業的意義為何？應用時該考慮什麼？而上述的影響因子又該如何運用於運輸規劃作業中？	5.為確保實驗用油之一致性，以利實驗結果之計算比較，因此目前實驗用油係採購一整批中油市售 95 無鉛汽油，經中油化驗成分，儲存備用。因實驗用油即為一般市售用油，未來實驗結果的應用不需考慮油品差異影響。	
	6.肯定研究團隊用心，研究內容十分紮實。	6.敬悉。	
臺北市環保局衛生稽查大隊	1.結論與建議已述明，速度對各種污染排放具 7 成以上解釋能力，其解釋結果區分多種道路種類(CLASS)，為解釋結果之結論，是否可以簡化，以利環保單位之宣導民眾。	1. 本計畫之研究成果，主要目的在於提供運輸規劃模式之用。而受限於本年度實驗結果僅係一部車所得，尚無法確認各項關係之穩定性和普及性；目前不宜對結論做過多的簡化和宣導。但本計畫已建構之龐大資料庫，可供其他單位進行相關研究時取用。	同意承辦單位處理情形
	2.報告中多張圖面掃描後並不清晰(如儀器或地圖等)，是否可以修正改善。	2. 部分圖面可能受影印品質影響而未能清楚顯示，未來印製報告書完稿時將特別注意印刷清晰。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
經濟部 能源局	1. 本計畫係以廂式小客車做為道路實測工具，然依據能源局車輛耗能標準法規，廂式小客車與臺灣目前數量最多的轎式小客車之能耗狀況不同，爰本計畫期末報告已說明「無法代表其他車型的能耗與排放特性」，但仍應補充說明該廂式車型的代表性或佔比。	1. 本年度為先導研究，採用廂式小客車進行實驗。本車輛在 93~95 年間銷售 4,365 台，占國產車銷售總數 1,173,268 台之 0.37%。已補充說明於 5.2.2 節。 考量實驗車輛占比有限，本計畫特別著重於將各項實驗結果，與文獻相比對分析，包括能源局、環保署之研究成果等。各項分析結果顯示：本實驗車輛特性與文獻結果相當接近（或優於文獻結果），故認為本計畫成果應屬可信。 但後續年度仍應針對不同車型，確認所建構各關係式之穩定度及可普及性。	同意承辦單位 處理情形
	2. 簡報第 28 頁，不同道路類型的能源消耗與污染排放必須清楚說明，否則此結果容易會造成誤解。	2. 感謝委員提醒。有關本研究與一般認知之能源消耗與污染排放特性，二者單位間轉換結果比較說明，已補充於附件 2.7。	
	3. 實驗中所使用的油品，是如何控制其品質之一致性？	3. 目前實驗用油係採購一整批中油市售 95 無鉛汽油，經中油化驗成分，儲存備用。所有道路實驗及實驗室實驗，均採用此同一批油品，確保實驗用油之一致性，以利實驗結果之計算比較。	
本所運計組 林國顯組長	1. 本年度為先導研究，採用廂式小客車進行實驗。下年度可考慮再採用占比較高的車輛進行實驗，結果若能證實與目前建構的方程式型態相同，則可再一次確認所建構模式的穩定性。	1. 感謝委員說明。下一年度的研究構想之一，即在於驗證不同車輛，是否可維持本年度所建構的模式關係。	同意承辦單位 處理情形

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組林國顯組長	2. 本計畫為一創新性研究,研究構想即有別於以往僅以「單位距離」衡量能源消耗與污染排放的概念,而將速度的觀念放進來,考慮道路型態、旅行時間、旅行速度等因素,以較為敏感地反應不同速度下能源消耗與污染排放之差異。未來應用時,可搭配運輸需求模式之路網或 link 的旅行時間,估算能源消耗與污染排放量。	2.感謝委員說明。關於研究成果於運輸需求模式之搭配與應用部分,將於第二年度,以案例分析的方式說明其實際應用情形。	同意承辦單位處理情形
	3. 請說明簡報第 28 頁之研究成果,說明為何採用此單位[g/s],並建議列一對照表,以說明比較傳統的方法、曲線型式與本研究之初步發現。	3.感謝委員提醒。有關本研究與一般認知之能源消耗與污染排放特性,二者單位間轉換結果分析說明,已補充於附件 2.7。	
	4. 期中簡報時曾提及有國外文獻指出能源消耗與污染排放跟車速無關,請研究團隊於期末報告中,針對目前研究成果(A3 圖)與國外文獻之結果差異,加以說明。	4.該文獻為圖 2.1-4~2.1-6。文獻數據取自 FTP 行車型態測試,圖形座標縱軸單位為排放濃度(%)、橫軸為行車型態的行進時間(sec),為逐秒資料的呈現。在無法取得數據的狀況下,本計畫僅以圖面資料判讀,認為污染排放物的濃度,似乎並非與速度相關,而是與加減速相關。而本研究實驗數據初期分析逐秒之原始資料時,亦呈現類似圖形。在該研究及相關文獻啟發下,本研究曾經檢視分析了加減速與速度對於能源消耗、污染排放的影響。分析結果顯示:兩者均為能耗、污排之解釋因子。然而,基於運輸規劃模式應用上的需求,加減速難以納入程序性規劃模式;又因計算實驗資料所得之各道路等級、各速度下,車輛平均能源消耗與污染排放物的重量,以速度作為解釋變數時,模式已達一定程度之績效。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組林國顯組長		故以簡報 A3 圖呈現本研究成果，其縱軸為污染排放物重量 (g/s)，橫軸為速度 (km/hr)。由於前述文獻各項條件皆與本計畫不同，因此不宜直接與本計畫成果相比較。以上已補充說明於 6.1.1。	同意承辦單位處理情形
	5. 傳統認知中，速度介於 60~90km/hr 之間是最省油的狀態，而目前的研究成果與傳統認知差異較大，建議再經過較為深入之研究後，再下結論。	5. 感謝委員提醒。有關本研究與一般認知之能源消耗與污染排放特性，二者單位間轉換結果分析說明，已補充於附件 2.7。目前本研究僅係一部車的實驗結果，有待後續深入研究，驗證不同車輛之各項關係的穩定性後，再對研究成果做出結論。	
	6. 目前在模式建構時，有關模式的方程式，為何將 FUEL 與 CO ₂ 歸為一類，THC 與 CO 分為一類，請說明原因。	6. 有關模式類別，國外對於各種污染物，均採用同一類型的函數，來做估算。本研究主要是考量碳平衡計算能源消耗量之公式、實驗取得之逐秒資料分布趨勢與國外相關文獻之結果，而將 FUEL 與 CO ₂ 歸為一種類，THC 與 CO 分為一類，NO _x 獨立一類，分別尋找較適當的推估方程式。已補充說明於 6.1.2 節。	
	7. 請針對本期研究分析之道路類型挑選原則加以說明。	7. 本計畫中道路實驗所選定的道路類型，是以 pcu-km、路網長度占比，以及實驗路線是否流暢為原則而挑選。請參見報告 5.3.1 節。	
	8. 有關油品的差異(實驗用油與一般車輛所採用之市售用油)對於研究成果是否有顯著的影響，亦請說明。	8. 目前實驗用油係採購一整批中油市售 95 無鉛汽油，經中油化驗成分，儲存備用。所有道路實驗及實驗室實驗，均採用此同一批油品，確保實驗用油之一致性，以利實驗結果之計算比較。因實驗用油即為一般市售用油，未來實驗結果的應用不需考慮油品差異影響。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組林國顯組長	9. 坡度實驗無法進行負坡部分，建議未來可考慮採用實際道路實驗資料，分析上下坡的差異。	9.感謝委員提醒，後續研究設計將綜合考量研究進展與資源配置，盡量納入坡度影響之探討分析。	同意承辦單位處理情形
	10. 肯定研究團隊的努力與成果，研究成果非常豐碩。後續研究建議： (1)部分影響因素與運輸規劃的相關性較低，若對照相關文獻，在確認後可不再深究。 (2)部分內容具有政策意涵（例如 ETC 部分），建議後續年度的研究報告中，可考慮以專題形式分析討論，以避免報告主軸失焦。 (3)建議研究團隊考慮於下一年度運輸年會上發表論文，分享本計畫研究成果。	10. 敬悉。 (1)感謝委員提醒。 (2)感謝委員提醒。 (3)遵照辦理。	
大葉大學林啟文教授（書面意見）	1. 本計畫已初步建立車輛行駛於不同道路類型、不同道路情況，其「能耗」與「空污特性」的差異；此外，亦建立道路特性與量測之關聯性。建議於第二年度計畫能建立不同車型(款)之關聯性研究。	1.感謝委員提醒。下一年度的研究構想之一，即在於驗證不同車輛(小客車)，是否可維持本年度所建構的模式關係。	同意承辦單位處理情形
	2. 未來年度可以其他推估方程式、統計方法等，改進既有之關聯模式。	2.感謝委員提醒，下年度將優先檢討 THC 與 CO 之推估方程式。	
本所運計組蘇振維副組長 (書面意見)	1. 簡報投影片 p.22 本年期研究已考慮坡度影響，未來可再考量分析曲率對能耗、污排之影響。	1.感謝委員提醒，明年度之實驗內容將以穩定本年度所建構的模式關係為優先考量，並進一步分析影響程度較為顯著之變數(如坡度)。	同意承辦單位處理情形
	2. 簡報投影片 p.33 有關 CO、THC 曲線的配適不佳，宜再進一步檢討。	2.感謝委員提醒，下年度將優先檢討 THC 與 CO 之推估方程式。	
	3. 簡報投影片 p.28 有關 5 種道路類型之油耗、污排之比較結果，有誤導之虞，請轉換為一般人可理解之說法。	3.感謝委員提醒。有關本研究與一般認知之能源消耗與污染排放特性，二者單位間轉換結果分析說明，補充於附件 2.7。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組蘇振維副組長 (書面意見)	4. 未來可考量進行柴油車之測試分析。	4. 考量研究資源規模與模式應用的效益，本計畫以汽油小汽車為研究對象。 基於實驗執行所需耗材、控制軟體、實驗室測試設備等各項差異，有關柴油車之測試分析，建議另案進行。但可採用本研究租用之車載實驗設備，以比對汽柴油車特性差異。	同意承辦單位處理情形
本所運計組(書面意見)	1. p.2 有關本研究兩年期計畫之研究對象為國內小汽車大宗車種之敘述，建議調整其寫法(如：惟今(第 1)年期考量實驗設備之裝載，而選用非大宗車種，下一年期將選定市場上具代表性之車種)，並針對研究範圍說明清楚(如：加入「公路系統」、「公路」或「公路運輸規劃」)。	1. 已修改於 1.2 節。	同意承辦單位處理情形
	2. 第二章內容是否全為國外文獻，對照第三章內容，建議第二章章名酌予修正為「國外相關文獻回顧」，又第 2.6 節節名請適度調整(如：小結、或影響因素綜合分析)。	2. 第二章內容主要為國外文獻，章名已修正；又第 2.6 節名亦已調整修正。	
	3. p.3 中段文字敘述及序號請重新調整修正。	3. 已調整修正於 1.1.2 節。	
	4. p.39 有關 3.1 節探討影響油耗(或燃油經濟性)因素分為(1)單一車輛、及(2)運輸部門特性等兩項撰寫，內容語法不順，請修正。	4. 已修正於 3.1 節。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組(書面意見)	5. p.121 圖 4.4-3 有關車輛特性因素於運輸模式及實驗室之測試中即已包涵，因此，車輛特性應納入運輸模式及實驗室等兩項因素中，本關聯架構圖請適度調整。	5.運輸規劃模型中相關影響因子分析（參見表 4.4-4）中已將車輛因素包含於「旅運行為」類型之下。而圖 4.4-3 所列「車輛特性」為車型、車重、有無開頭燈空調等，為本研究實驗設計所包含探討的範疇，以便未來應用於運輸模式時，能夠運用法規測試資料庫之數據。以上說明已補充於 4.4.2 節。	同意承辦單位處理情形
	6. p.126 圖 5.1-2 實驗設計圖請再加強文字說明，又 R2、R3、R5、R6、R7 等各代表之意義亦請加註說明	6.補充說明於 5.1.1 節。	
	7. p.189 表 5.4.4 中區段數及各道路類型之 A、B 各代表之意義請加註說明。	7.區段數代表速度不為 0 之行車型態出現次數。區段數=1 代表測試時間內並無任何停等；區段數=2 代表測試過程中，有一段停等時間，將行車型態曲線明顯分成 2 段，依此類推。各道路類型之 A、B 代表分別代表所選出來的測試路段代號，已補充說明於表 5.4-4 註解及 5.4.3 節。	
	8. p.190 表 5.4-5 之註示不甚明確，請酌予調整修正。	8.已修改表 5.4-5 之呈現方式，並補充說明於 5.4.3 節。	
	9. p.205 倒數第 2 段有關 Class 1 之判定係數低之原因可由 N/V 圖得知，請文中註明參看附件**，又本頁最後 2 行之文字說明請再明確。	9.經報告書內容調整與修正後，該表已刪除。	
	10. p.213 最後一段有關各道路類型之油耗、污排之比較宜加註單位說明，且其結論宜重新調整，避免產生誤解。(與一般認知有落差)。	10.有關本研究與一般認知之能源消耗與污染排放特性，二者單位間轉換結果比較說明，已補充於附件 2.7。	

審查委員 或單位	審 查 意 見	承辦單位處理情形	本所主辦單位 審查意見
本所運計組 (書面意見)	11. 第 6.1.4 節有關不同收費方式之油耗、污排比較，圖文請再精確(如： pp.217~219 圖 6.1-3~6.1-7 所分析之收費站類型是否同時包括人工及 ETC？請圖文中標示清楚，又橫軸(地點)之座標亦請放大字體，以利閱讀。)	11. 已修正於 6.1.4 節。	同意承辦單位 處理情形
	12. p.234 最後 1 行有關兩兩測試法規之平均數差異，無相對應之表格數據可以參考，請補充。	12. 已補充修正於 6.2.4 節。	
主席結論	1. 對於與會專家學者及機關代表之審查意見，請研究團隊提供回覆處理情形，並納入報告中予以修正。		
	2. 本案期末報告審查原則通過，請乙方於 96 年 12 月 20 日前依規定提送報告定稿，以利辦理後續驗收事宜。		

附錄 3.3

交通部運輸研究所九十六年度合作研究計畫

能源消耗、污染排放與運輸規劃作業 關聯分析之研究^(1/2)

期末報告簡報

報告人：溫蓓章(計畫主持人)

執行團隊：中華經濟研究院
鼎漢國際工程顧問(股)公司
車輛研究測試中心

中華民國96年12月7日



簡報大綱

- ☐ 壹、計畫背景與計畫目的
- ☐ 貳、研究方法及進行步驟
- ☐ 參、本年期研究成果
- ☐ 肆、第二年期計畫執行構想建議



壹、計畫背景與計畫目的

整體運輸規劃

- 著重於不同運輸系統間之競合分析
 - 建構運輸需求模式已有充分掌握
 - 未能一併考量能源消耗、污染排放等議題
- 運輸規劃與政策評估作業中，無法評估永續發展相關之能源消耗、污染排放的關聯性

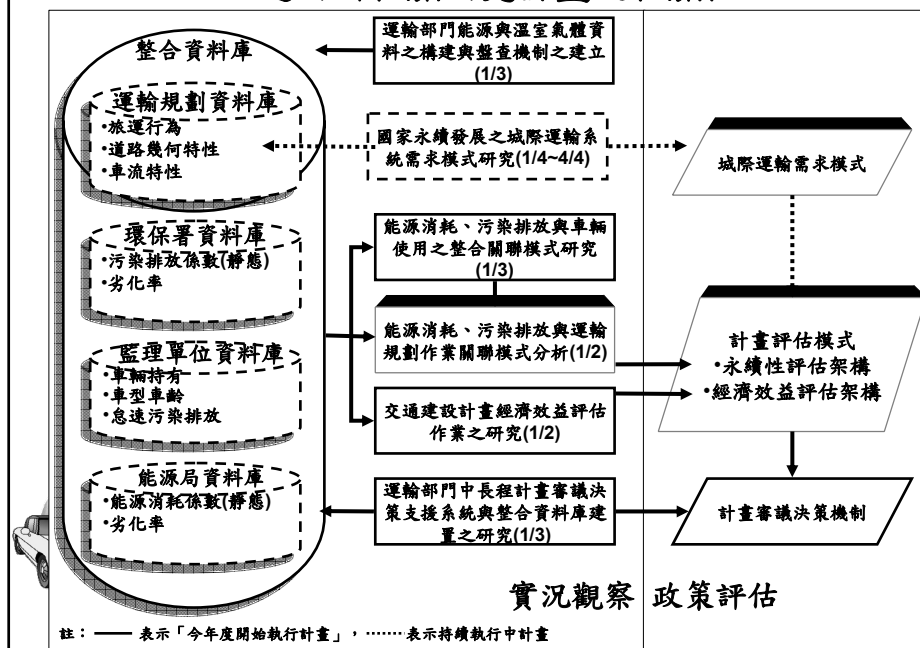
環保署與能源局相關研究

- 建立車輛能源消耗、污染排放檢測資料庫
 - 均為車輛轉轉或實驗室之測試值
- 無法用以分析車輛動態使用之能源消耗與污染排放狀況

- 由運輸規劃角度出發，建構運輸行為與能源消耗、污染排放之關聯性
- 建構一套整合性評估架構
- 將能耗、污染特性納入運輸計畫評估體系(公路系統)

3

運研所相關研究計畫之相關性



4

貳、研究方法及進行步驟

研究架構圖：96年（第一年期）

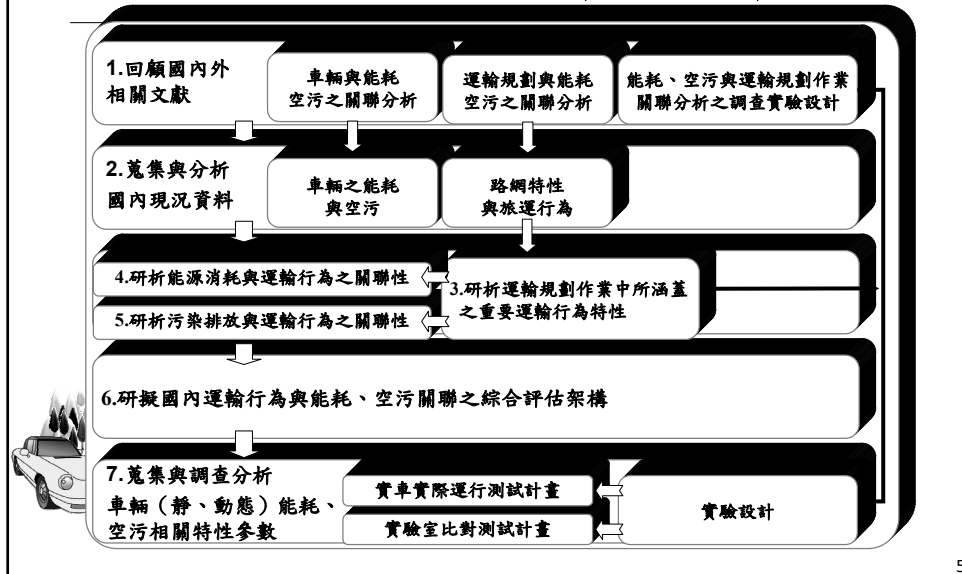


表1.3-1 工作執行進度

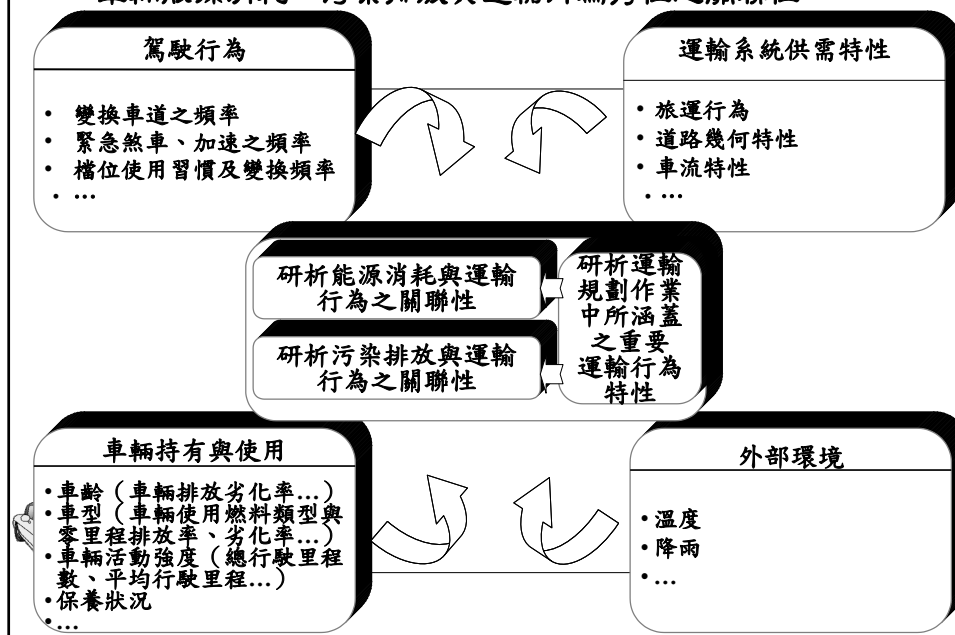
工作項目	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月
1.回顧國內外相關文獻	☉	☉	☉							
2.蒐集與分析國內現況資料	☉	☉	☉							
3.研析運輸規劃作業中所涵蓋之重要運輸行為特性		☉	☉	☉	☉	☉				
4.研析能源消耗與運輸行為之關聯性		☉	☉	☉	☉	☉				
5.研析污染排放與運輸行為之關聯性		☉	☉	☉	☉	☉				
6.研擬國內運輸行為與能耗、空污關聯之綜合評估架構			☉	☉	☉	☉	■			
7.蒐集與調查分析車輛（靜、動態）能耗、空污相關特性參數			☉	☉	☉	☉	■	■	■	■
期中期末報告						★				★
工作進度估計百分比(累積數)		5 5	15 20	15 35	15 50	20 70	10 80	12 92	5 97	3 100
預定查核點	第一次：7/28提送期中報告書, 8/10審查通過 第二次：11/28提送期末報告書初稿。 第三次：依審查會議主持人觀示之日期。 註：2月非合約期間，3月為3/13開始起算。									

參、本年期研究成果



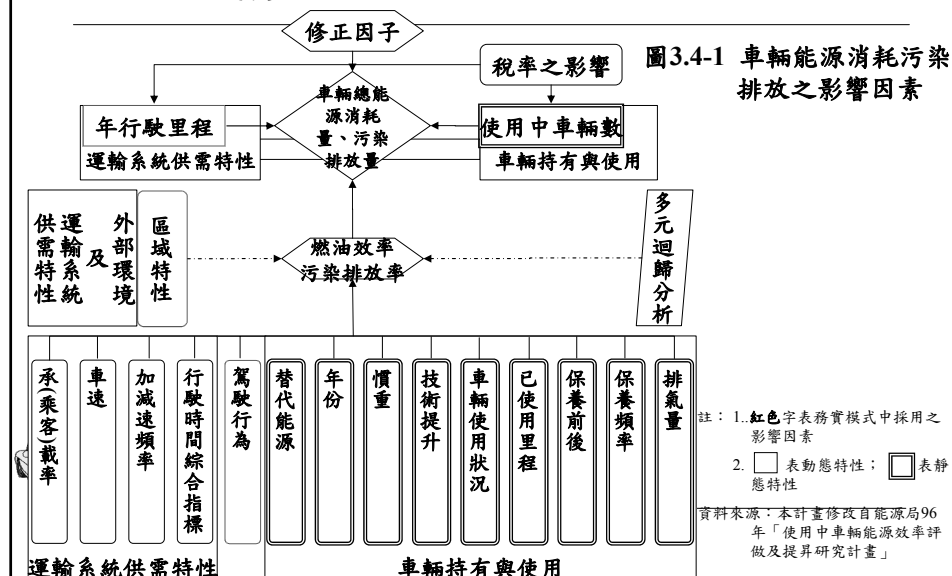
第二章、車輛與能源消耗、污染排放之文獻回顧

車輛能源消耗、污染排放與運輸行為特性之關聯性



第三章 國內相關資料之蒐集分析

車輛動靜態特性與能源消耗、污染排放之關聯分析



車輛特性對能源消耗、污染排放之關係

靜態影響因素	車輛持有與使用	影響因素	能源消耗	污染排放
		油品與新技術應用	新技術之應用影響油耗	油品影響污排種類
動態影響因素	運輸系統供需特性	引擎容量與車重	正相關	正相關
		廢氣後處理淨化裝置	N/A	可減少污排
		車齡與累積行駛里程數	正相關	正相關
		輪胎形式、胎壓	非輻射胎：能耗較低 胎壓減少：增加油耗	非輻射胎：N/A 胎壓減少：N/A
		保養前後	商用車：影響不大 小客車：無明顯差異	商用車：影響不大 小客車：減少排放
		平均速度與其速度變異程度	受速度變異程度影響	與CO ₂ 呈負相關，但隨速度變異程度影響
		瞬時速度與加減速率	正相關	除NO _x 以外，正相關
		車輛運轉狀態	啟動階段與加減速時較耗油	啟動與加減速時污排較大
		車輛載重	正相關	正相關
		交通量	正相關	正相關
外部環境	駕駛行為	道路等級	干擾程度越高越耗油	干擾程度越高污排越大
		道路設計	受坡度、鋪面與幾何設計之影響	受坡度與幾何設計之影響
		激進型駕駛行為	較耗油	CO與HC污排較高
		情轉	增加油耗	增加排放
		暖車	降低油耗	降低排放
		溫度	負相關	尾氣排放與溫度呈負相關 蒸氣排放則與溫度成正相關
		風速	正相關	N/A
		使用空調與否	使用空調時較耗油	N/A
		使用除冰裝置	使用時較耗油	N/A

資料來源：本計畫

車載量測儀器與底盤動力計之污染排放差異比較表

特性		量測方式	車載量測儀器 (實際道路測試)	底盤動力計 (實驗室測試)
燃油 經濟性 (註1)	美國小客 車(1985年)		19.8 問卷調查	24.3 EPA車隊實驗室測試平均值
	台灣 (2000年)		11.27km/l 實際道路測試	14.34km/l 實驗室測試
污染 排放物 (註2)	CO		趨於零	除低速的行車型態之外，各 行車型態的排放量皆趨於零
	HC		大	小(趨於零)
	NO _x /NO		兩者趨勢一致	兩者趨勢一致
	CO ₂		大	小

註1：本計畫整理自能源局(90年、91~93年)使用中車輛能源效率評估及提昇研究計畫。
2：本計畫整理自Boulter (2006)。

11

第四章 運輸規劃與能源消耗、污染排放整合模式之架構

國內既有推估模式探討

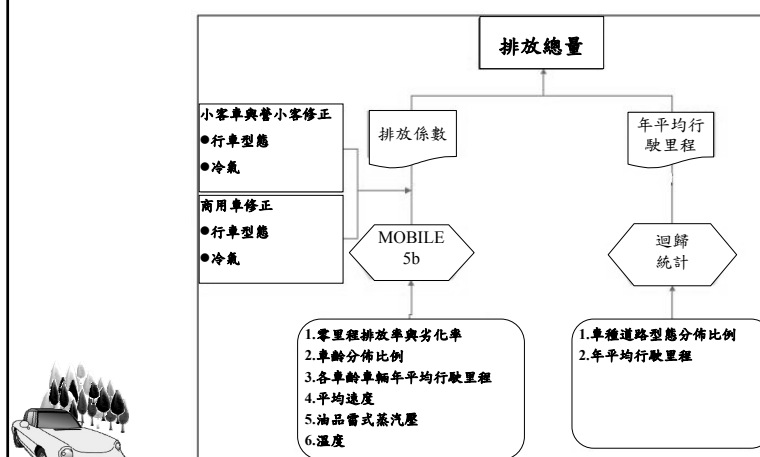


圖4.1-1 使用中汽油汽車排放量推估模式

12

表4.1-2 排放因子修正迴歸式


		迴歸式/方程式	R ²
車輛持有 使用：實車 檢測修正	CO	$EF_{CO} = 1.184 \times EF_{MOBILE_{CO}}$	-
	HC	$EF_{HC} = 0.936 \times EF_{MOBILE_{HC}}$	-
	NOx	$EF_{NOx} = 1.784 \times EF_{MOBILE_{NOx}}$	-
運輸系統 供需特性： 行車型態修正	台北行車型態	$TMD_{CO} = 1.6629 + 1.1857 \times FTP$	0.5907
		$TMD_{HC} = 0.1196 + 1.2788 \times FTP$	0.9573
		$TMD_{NOx} = 0.216 + 1.0265 \times FTP$	0.8961
	高雄行車型態	$KMD_{CO} = 1.7076 + 1.3104 \times FTP$	0.5586
		$KMD_{HC} = 0.0894 + 1.1788 \times FTP$	0.9653
		$KMD_{NOx} = 0.0533 + 1.2675 \times FTP$	0.9673
	台灣行車型態	$TWN_{CO} = 0.0179 + 1.1848 \times FTP$	0.9948
		$TWN_{HC} = 0.047 + 1.0052 \times FTP$	0.9919
		$TWN_{NOx} = 0.0311 + 1.1111 \times FTP$	0.9888
外部環境： 冷氣使用修正	CO	$EFar_{CO} = 0.1166 + 1.0909 \times EF_{OFF}$	0.5413
		$EF_{ac} = EF + 0.75 \times (EFar - EF)$	-
	HC	$EFar_{HC} = -0.0006 + 1.2561 \times EF_{OFF}$	0.5752
		$EFac = EF + 0.75 \times (EFar - EF)$	-
	NOx	$EFar_{NOx} = -0.0279 + 1.7747 \times EF_{OFF}$	0.8372
		$EFac = EF + 0.75 \times (EFar - EF)$	-


 註：EFar=使用冷氣的排放係數；EFOFF=不使用冷氣的排放係數；
 EF=原來的排放係數；EFac則為修正後的排放係數
 FTP=實驗室FTP75排放值
 EF MOBILE=Mobile排放係數
 資料來源：94年環保署「汽車污染排放總量推估模式」研究計畫

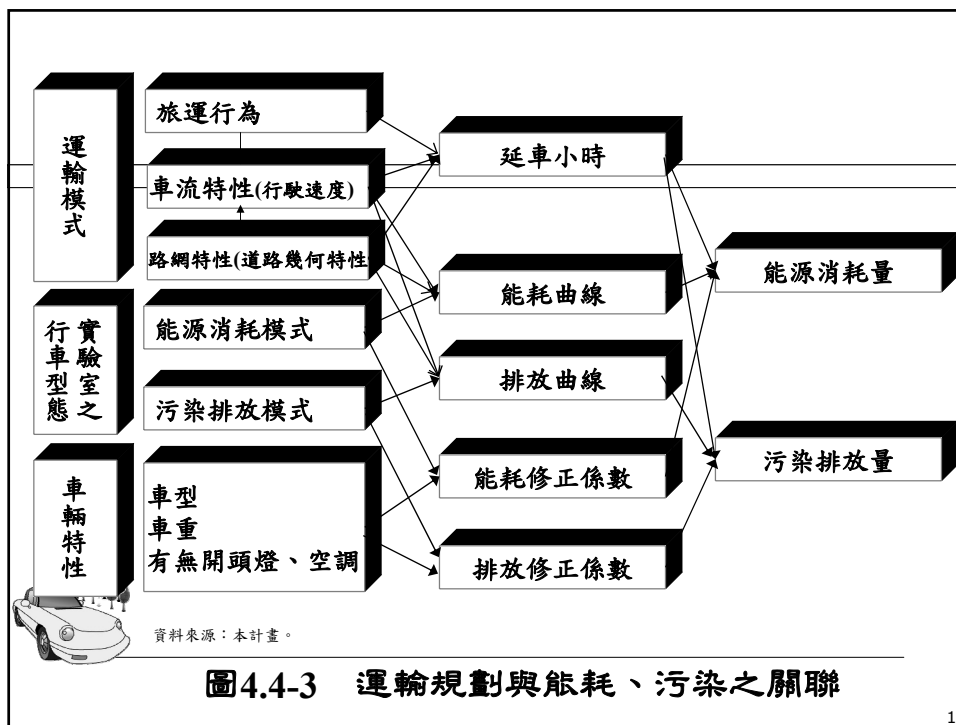
13

表4.4-4 運輸規劃模型中有關能源消耗、污染排放之影響因子

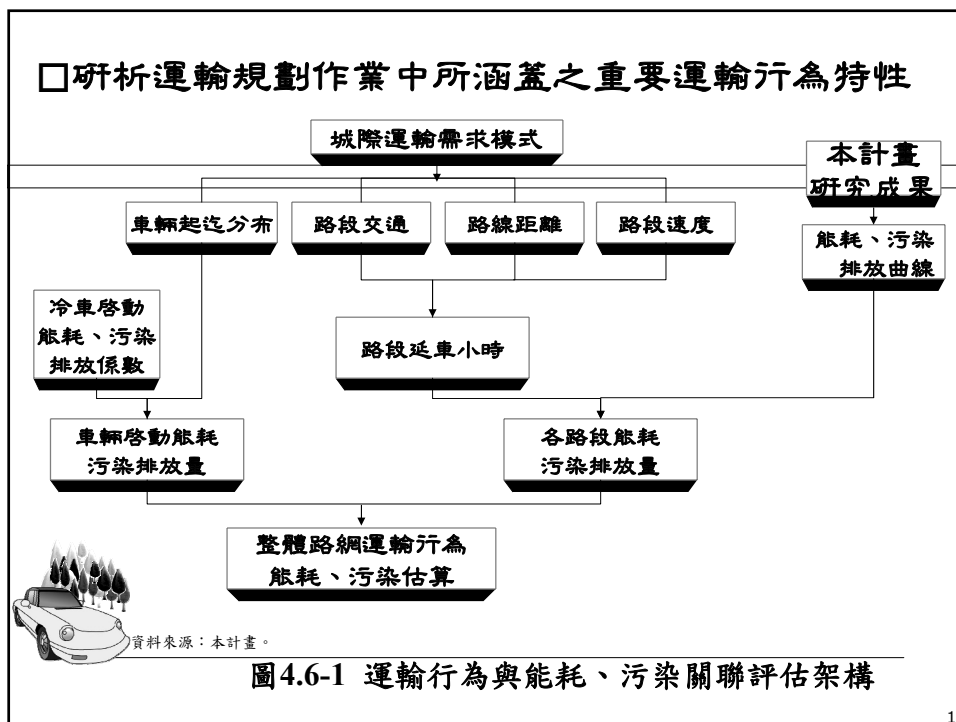
類型	運輸行為	是否為運輸需求模式之input或output
旅運行為	旅行距離	✓
	旅行時間	✓
	冷車啟動	✓
	車種	✓
路網特性	道路等級	✓
	道路設計	x
	交通量	✓
車流特性	平均行駛速度	✓
	平均加速度	x
	平均減速度	x
	加減速度變化次數	x
	停等次數比例	x
	加速時間比例	x
	減速時間比例	x
	定速行駛時間比例	x
	停等時間	x
	情轉	x


 註：x代表無法由模式輸出
 資料來源：本計畫。

14



15



16

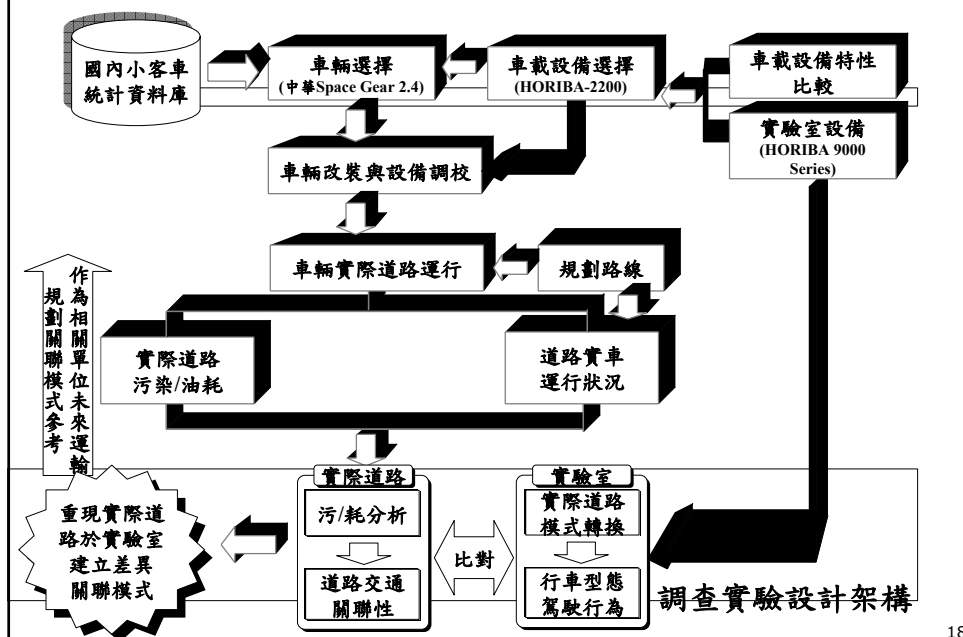
表4.5-1 運輸規劃模式與一般能耗、污染排放推估模式之差異

項目	運輸規劃模式	一般能耗、污染排放模式
分析對象	路段交通量、旅行速率	實驗室行車型態或各地區一般旅次的行車型態
能耗、污染排放參數	不同道路類型、不同旅行速率	行車型態的單一平均值
特色	反應不同道路類型、速率的能耗效率、污染排放率	大區域估算較容易，但不能反應不同類型的影響
評估應用	運輸計畫對不同道路系統、運輸系統交通量、速率影響所造成的能源消耗、污染排放之影響	依據運輸系統交通量的延車公里，以單一平均值之燃油效率或污染排放係數估算區域之能耗或污染排放量

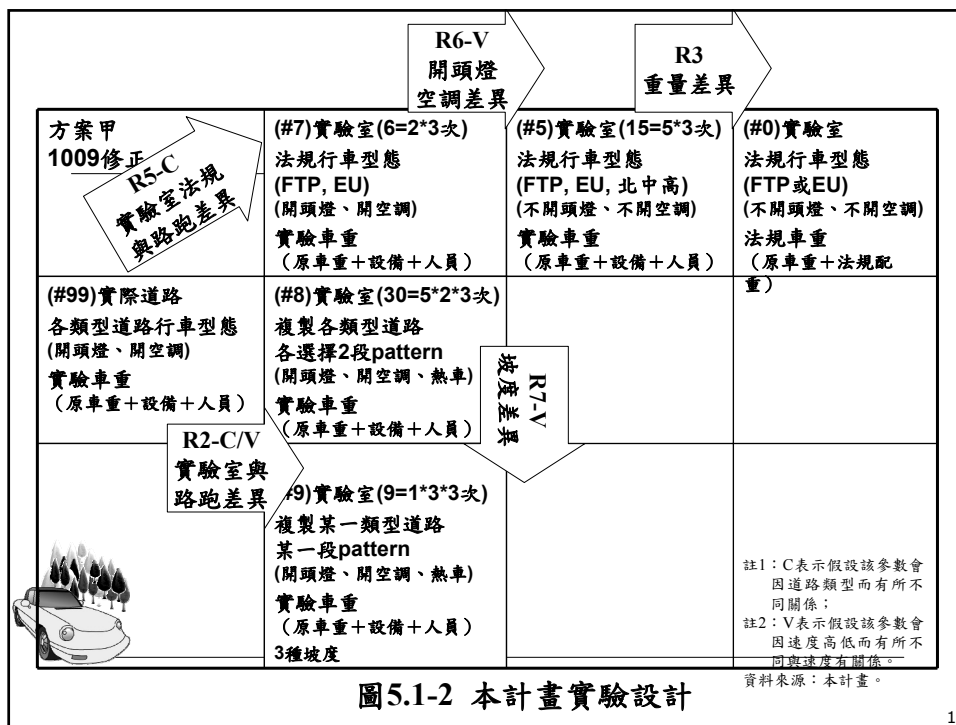
資料來源：本計畫。

17

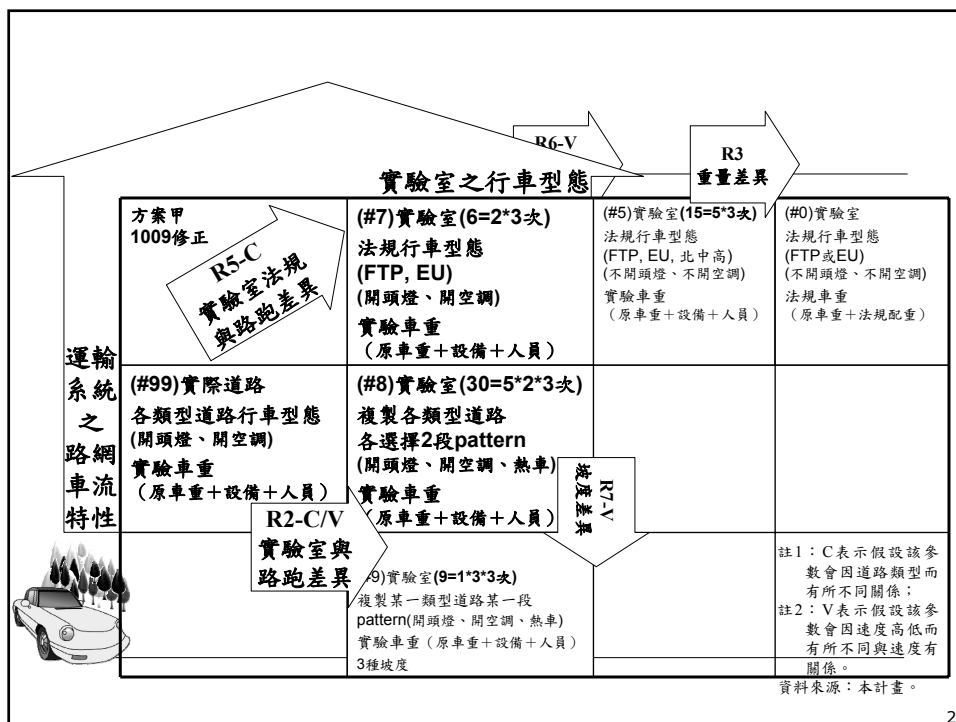
第五章 能源消耗、污染排放特性參數之蒐集與調查



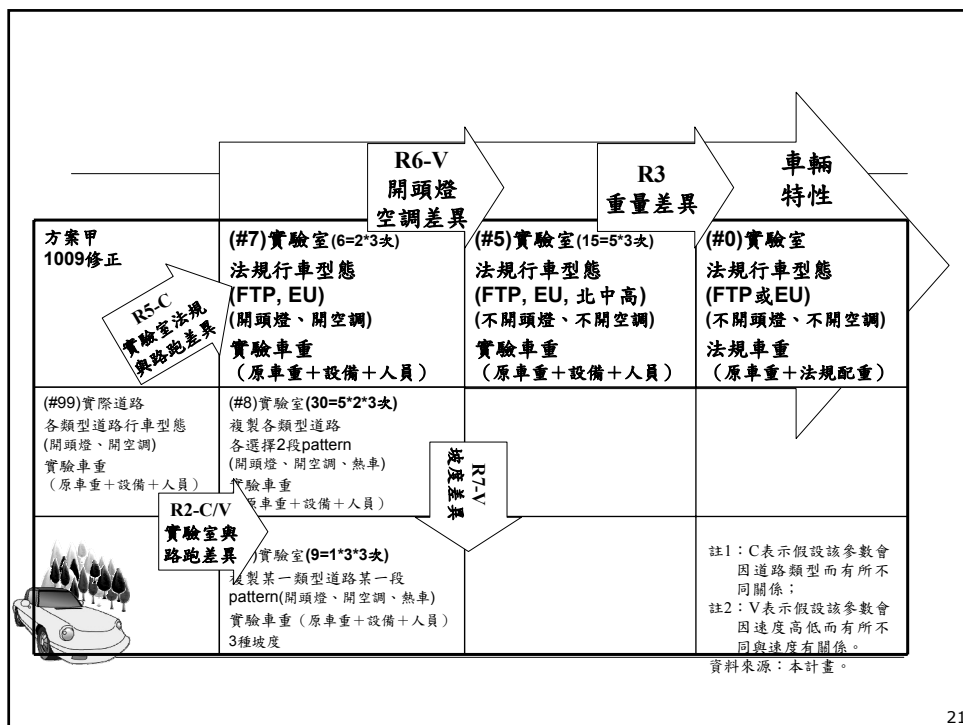
18



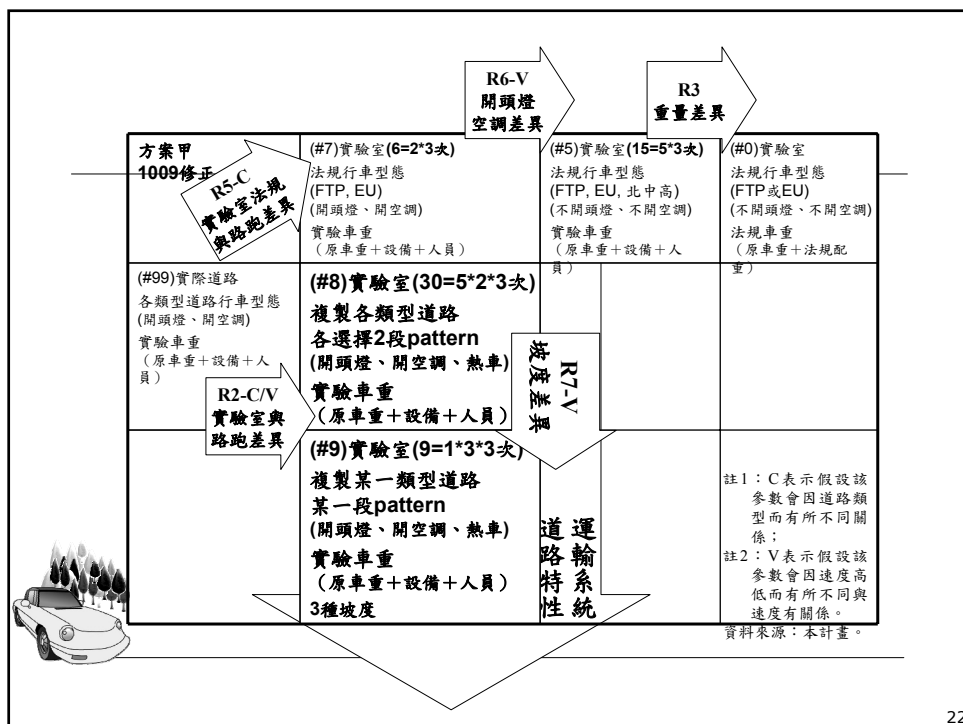
19



20



21



22

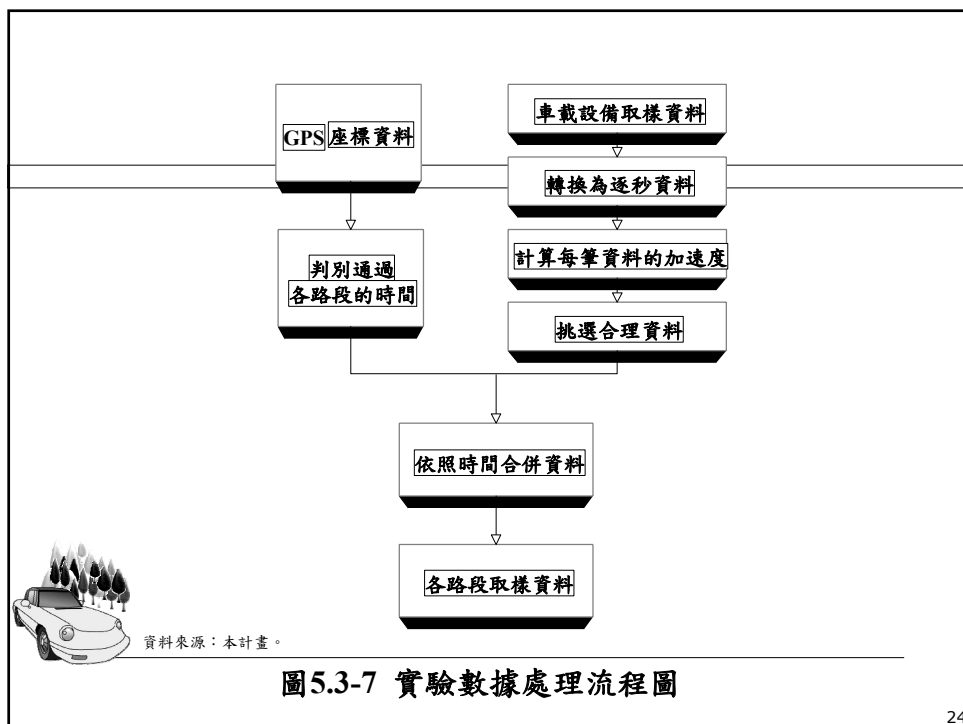
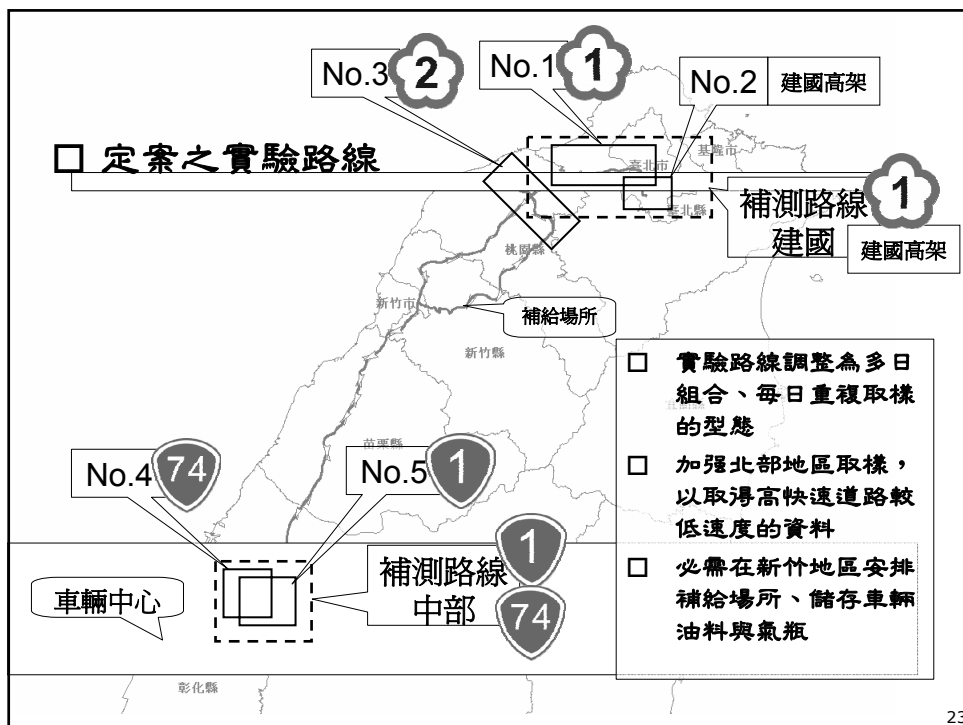


表5.3-21 道路實驗速度分佈表

速度(km/h)	道路類型/道路名稱/道路屬性(class)				
	1	11	24	27	34
	國道：限速 100~110 一般路段	快速道路： 完全進出 管制	省道： 低干擾 2車道	省道： 高干擾 2車道	縣道： 低干擾 2車道
001~010	433	173	535	1,588	1,373
011~020	1,218	398	472	1,882	2,125
021~030	1,796	362	588	2,809	3,705
031~040	2,033	248	839	3,443	4,369
041~050	1,841	398	1,284	4,120	3,952
051~060	1,757	745	1,691	2,905	4,708
061~070	2,936	1,993	1,062	1,313	3,234
071~080	5,847	5,353	230	77	473
081~090	12,576	727	2	-	41
091~100	17,015	-	-	-	-
101~110	15,752	-	-	-	-
怠速(0)	195	163	2,559	10,198	5,108
合計	63,399	10,560	9,262	28,335	29,088

資料來源：本計畫。

25

表5.4-5 選定實驗室實驗道路比對測試設計

道路 類型	路段編號	測試 代號	總時間 (秒)	速度(km/h)												相關 係數
				怠速 (0)	001~ 010	011~ 020	021~ 030	031~ 040	041~ 050	051~ 060	061~ 070	071~ 080	081~ 090	091~ 100	101~ 110	
1	國道：限速 100~110一般路段		63,399	0%	1%	2%	3%	3%	3%	3%	5%	9%	20%	27%	25%	100%
	201	A	900	1%	2%	5%	4%	2%	1%	1%	3%	3%	11%	37%	30%	92%
	429	B	900	0%	1%	2%	1%	3%	5%	7%	9%	13%	16%	26%	17%	94%
11	快速道路： 完全進出管制		10,560	2%	2%	4%	3%	2%	4%	7%	19%	51%	7%	0%	0%	
臺74線	6	A	580	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	13%	76%	9%	0%	0%	100%
	合計			0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	8%	78%	11%	0%	0%	100%
建國高 架道	1	B-1	279	0%	0%	0%	0%	0%	2%	30%	65%	2%	0%	0%	0%	96%
	15	B-2	380	14%	1%	1%	1%	5%	8%	21%	50%	0%	0%	0%	0%	96%
	1+15	B	659	8%	1%	1%	1%	3%	5%	25%	56%	1%	0%	0%	0%	97%
	合計			5%	3%	7%	7%	6%	11%	18%	42%	1%	0%	0%	0%	100%
24	省道：低干擾2車道		9,262	28%	6%	5%	6%	9%	14%	18%	11%	2%	0%	0%	0%	100%
	0725-1	A	764	23%	3%	2%	5%	6%	18%	23%	18%	1%	0%	0%	0%	93%
	726	B	774	25%	3%	4%	6%	7%	15%	19%	12%	8%	0%	0%	0%	97%
27	省道：高干擾2車道		28,335	36%	6%	7%	10%	12%	15%	10%	5%	0%	0%	0%	0%	100%
	725	A	900	42%	5%	8%	11%	15%	13%	4%	2%	0%	0%	0%	0%	98%
	830	B	900	42%	5%	7%	11%	12%	14%	8%	1%	0%	0%	0%	0%	99%
34	縣道：低干擾2車道		29,088	18%	5%	7%	13%	15%	14%	16%	11%	2%	0%	0%	0%	100%
	725	A	900	20%	4%	5%	8%	14%	15%	20%	14%	0%	0%	0%	0%	96%
	808	B	900	13%	3%	9%	10%	14%	17%	19%	15%	1%	0%	0%	0%	94%

註：所選取的路段與母體的相關係數為挑選路段方式為對某一類型道路計算所有樣本數的速度分佈，及各路段的速度分佈，選取速度分佈的相關係數較高者。

資料來源：本計畫。

26

第六章 能源消耗、污染排放特性參數之調查結果分析

附件2.1 各實驗資料樣本數統計

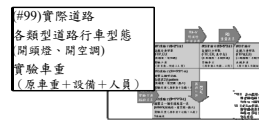
實驗編號		道路類型/道路名稱/道路屬性(class)					小計	合計
		1	11	24	27	34		
		國道：限速100~110一般路段	快速道路：完全進出管制	省道：低干擾2車道	省道：高干擾2車道	縣道：低干擾2車道		
#99	實際道路測試樣本	63,399	10,560	9,262	28,335	29,088		140,644
實驗室複製#8	複製路段一	901	581	765	901	901	4,049	
	複製路段二	901	637	775	901	901	4,115	
	實驗室複製路段一	2,697	1,737	2,289	2,700	2,700	12,123	
	實驗室複製路段二	2,697	1,908	2,319	2,700	2,700	12,324	
	小計：實驗室樣本數	5,394	3,645	4,608	5,400	5,400		24,447
實驗室測試		法規測試			都會區行車型態			合計
		EU	FTP	HWFET	台北	台中	高雄	
#5	法規測試	3,540	7,534	2,296	2,281	3,103	2,281	21,035
#7	開頭燈空調	3,540	7,534	2,296				13,370
#9	坡度實驗	0%		2%	3%	4%		合計
		897		897	897	897		2,691
總計樣本數								202,187

註：標記黃色陰影者為擷取自#99之樣本數，不列入總計樣本數之計算。

資料來源：本計畫。

27

重要結論



□ (#99) 車輛之能源消耗、污染排放特性

- 均與速度相關
- Fuel與CO₂趨勢類似，CO與THC類似
- NO_x可能需單獨處理

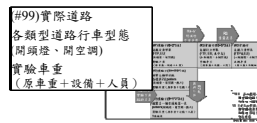
□ (#99) 道路類型對油耗、污排之影響

- 不接受同質性假說、拒絕平均值相等假說
- 除少數例外，事後比較（兩兩比較）拒絕無顯著差異假說
- 單位時間之油耗、污排高低依序為：

Class1 國道	>	Class 11 快速道路	>	Class24 省道 低干擾 2車道	>	Class34 縣道 低干擾 2車道	>	Class27 省道 高干擾 2車道
--------------	---	------------------	---	-----------------------------	---	-----------------------------	---	-----------------------------

單位：l/秒、g/秒

28



□ (#99) 建構推估方程式之考量

- 考量數據穩定性及自由度，
應用原始資料或平均後的資料來建構方程式？
- 速度之外，應否考慮加速度的影響？
- 考慮模式應用需求，何種方程式形式較為適當？
- 選擇方程式的準則：
係數方向一致性、判定係數高低、校估參數顯著性



29



□ (#99) 推估方程式

$$\text{Fuel/CO}_2 = a + bV + cV^2 + dV^3 \quad \text{式6-1/6-2}$$

其中，FUEL：該秒之燃油消耗量[g/s]

CO₂：該秒之CO₂排放量[g/s]

V：該秒之瞬時速度[km/hr]

a、b、c、d：各項之係數

實驗代號	道路種類	a	b	c	d	R ²
#99 (路跑) FUEL	class1	0.4470390	0.0257555	-0.0000928	0.0000001	0.967
	class11	0.8992295	0.0124412	-0.0001346	0.0000012	0.775
	class24	0.5090588	0.0665017	-0.0015153	0.0000114	0.898
	class27	0.5669041	0.0507085	-0.0011695	0.0000098	0.912
	class34	0.5764446	0.0431529	-0.0008569	0.0000065	0.897
實驗代號	道路種類	a	b	c	d	R ²
#99 (路跑) CO ₂	class1	1.4950840	0.0782669	-0.0005800	0.0000030	0.968
	class11	2.8546224	0.0377672	-0.0004373	0.0000041	0.775
	class24	1.6248888	0.2047332	-0.0046472	0.0000345	0.910
	class27	1.7379433	0.1699976	-0.0040567	0.0000335	0.893
	class34	1.8122277	0.1380559	-0.0028093	0.0000211	0.882

註：α = 0.05

資料來源：本計畫。

30



$$\blacksquare \text{ CO/THC} = e^{(a + bV + cV^2)} \quad \text{式6-3/6-4}$$

其中，CO：該秒之CO排放量[g/s]
THC：該秒之THC排放量[g/s]
V：該秒之瞬時速度[km/hr]
a、b、c：各項之係數

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	R ²
#99 (路跑) CO	class1	0	-0.0665198	0.0005453	0.323
	class11	0	-0.1701632	0.0017130	0.744
	class24	0	-0.1703855	0.0019778	0.691
	class27	0	-0.1916517	0.0022988	0.663
	class34	0	-0.1678251	0.0018444	0.655
實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	R ²
#99 (路跑) THC	class1	0	-0.2159717	0.0016193	0.727
	class11	0	-0.3458150	0.0034365	0.830
	class24	0	-0.3603980	0.0039413	0.847
	class27	0	-0.4100143	0.0047760	0.820
	class34	0	-0.3606956	0.0037994	0.815

註：α=0.05

資料來源：本計畫。

31



$$\blacksquare \text{ NO}_x = a + bV + cV^2 + dV^3 \quad \text{式6-5}$$

其中，NO_x：該秒之NO_x排放量[g/s]
V：該秒之瞬時速度[km/hr]
a、b、c、d：各項之係數

實驗代號	法規/道路種類	a	b	c	d	R ²
#99 (路跑) NO _x	class1	0.0011794	-0.0001048	0.0000038	-0.000000026	0.724
	class11	0.0010170	-0.0001040	0.0000040	-0.000000033	0.556
	class24	0.0040402	-0.0002844	0.0000082	-0.000000065	0.498
	class27	0.0022036	-0.0001733	0.0000050	-0.000000036	0.558
	class34	0.0017702	-0.0001606	0.0000053	-0.000000044	0.699

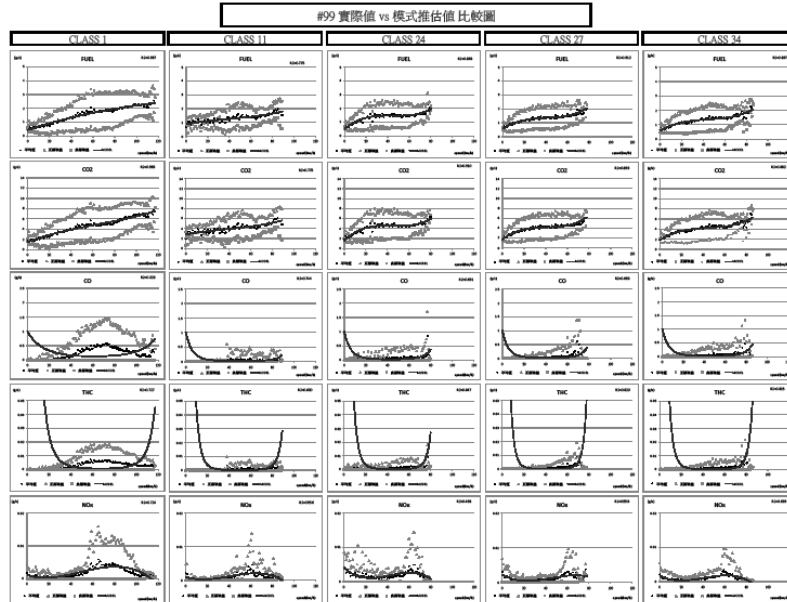
註：α=0.05

資料來源：本計畫。

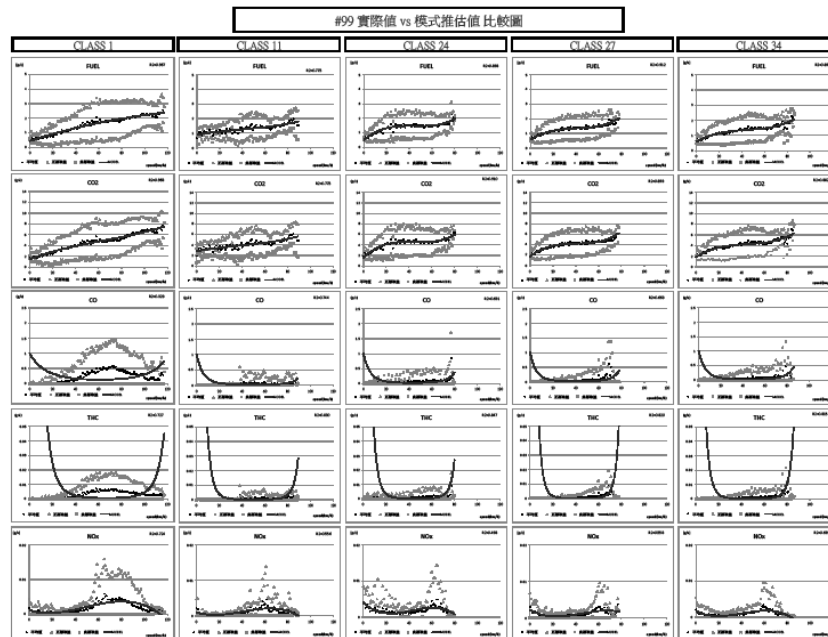


32

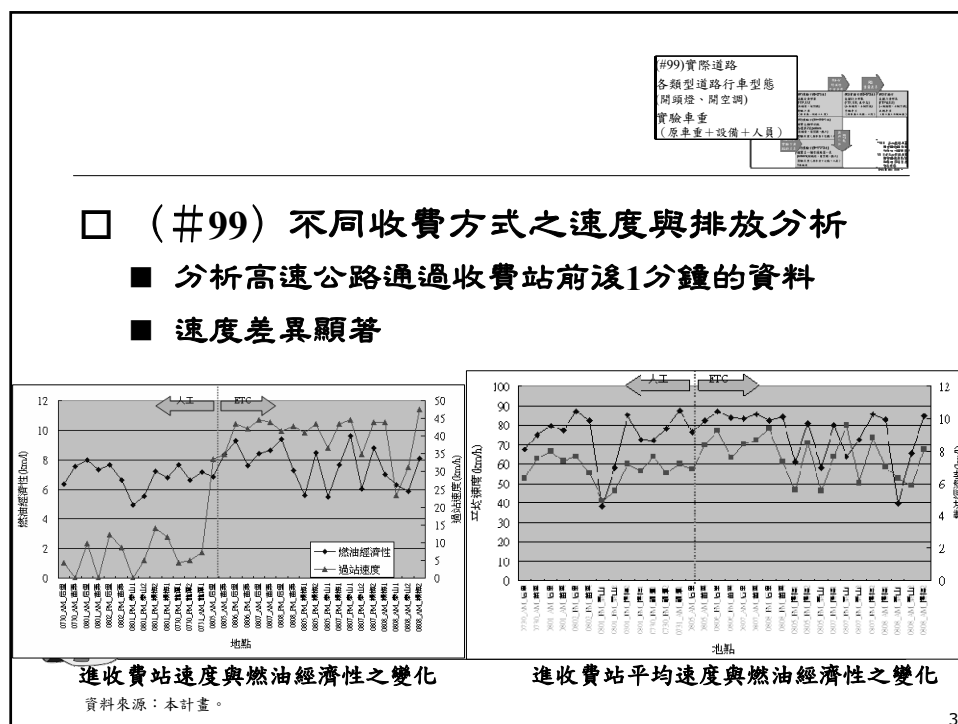
#99實際值vs模式推估值比較圖



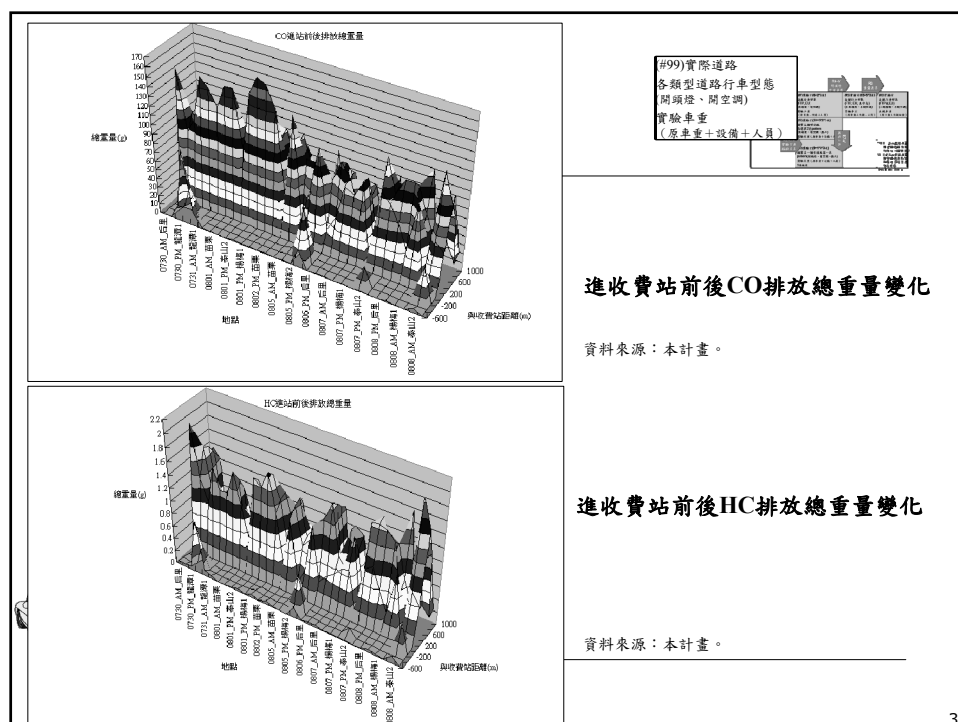
33



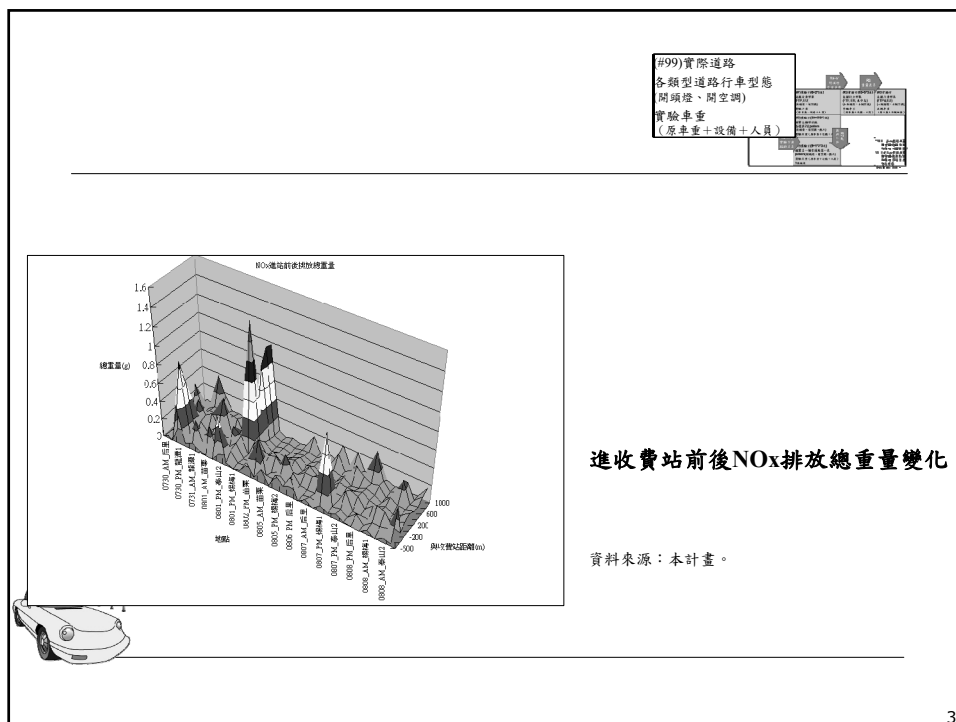
34



35



36



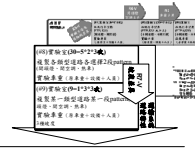
37

#99)實際道路
各類型道路行車型態
(開頭燈、開空調)
實驗車重
(原車重+設備+人員)

□（#99/#8）道路實驗與實驗室實驗之比較

- 除少數例外，道路實驗測定之能耗、污染，大於實驗室實驗（#99>#8）
- 速度越高時，道路實驗與實驗室結果越接近
- 道路實驗量測結果之變異程度，高於實驗室量測結果

38



□ (#9/#8) 坡度實驗

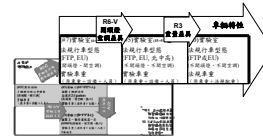
■坡度與燃油經濟性成二次曲線關係

■坡度3%後

- ◆CO排放急速增加
- ◆HC亦同但增加幅度較小
- ◆NO_x則急速減少



39



□ (#5/#7) 實驗車重下法規測試之能耗、污排特性

■國內三大都會區代表行車型態，與法規FTP/EU測試結果，有顯著差異，以HC及CO的差異最大

■本實驗車輛法規測試結果，大致符合Mobile-Taiwan汽油小貨車的新車推估曲線

■開頭燈、開空調會增加車輛能耗、污排，不同行車型態、不同污排的影響程度不一 (#7≠#5)

■開頭燈、開空調情況下，能耗、污排變異數較大 (#7>#5)



40

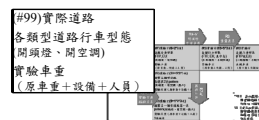
肆、第二年期計畫執行構想建議

□ 研究重點：研究進展及資源配置之綜合考量

- 針對不同車型，驗證目前所建構之關聯模式之穩定性
- 考量案例分析需求，研議是否再建立其他道路類型的關聯模式，擴大路網涵蓋占比
- 規劃實驗室實驗，挑選具關鍵性項目，優先執行
- 既有資料庫運用，在統計檢定、關聯模式方程式型態、關聯模式解釋能力等項目，探討可精進之處



41



□ 實驗車輛選擇構想

- 排氣量介於1201~1800cc之間
- 需有足夠空間架設車載設備
- 需有擷取資料所需配置

□ 道路實驗之路線設計構想

- 既有資料庫數據增補：增加Class 11之調查

■ 依據案例分析需求，研商是否增加以下道路類型之調查：

- ◆ Class 17 匝道低干擾
- ◆ Class 21 省道山區1車道
- ◆ Class 23 省道低干擾1車道
- ◆ Class 33 縣道低干擾1車道
- ◆ Class 43 鄉道低干擾1車道
- ◆ Class 53 市區道路高干擾



■ 考量實驗難易度及效益，挑選合適之道路類型優先進行

■ 考量道路長度占比、路網交通量占比高低

■ 考量實驗補給中繼站之區位

42

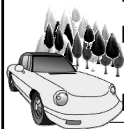


□ 實驗室實驗之設計構想

- #0法規測試（FTP/EU型態）：法規車重
- #8實際道路轉換曲線：分析不同車種的差異
- #9坡道測試：分析不同道路類型行車型態的差異

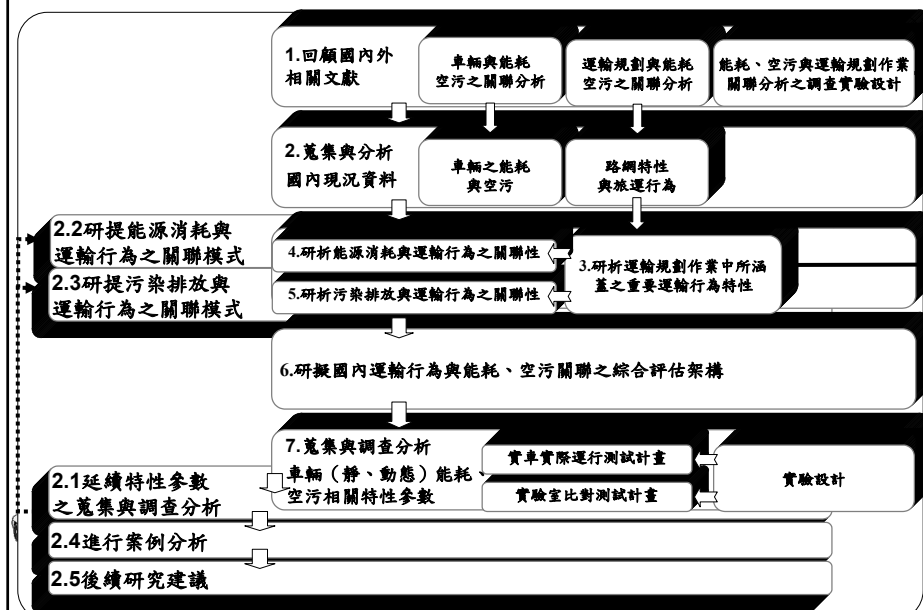
□ 關聯模式分析研究方向構想

- 推估方程式：尋找更逼近真實的油耗與污排情況
- 統計分析方式：改善因樣本數差異過大造成統計推論的不確定性
- 本計畫建構方程式與Mobile-Taiwan方程式比對
- 各實驗間方程式關係之比較（R3、R6-V、R2-C/V、R7-V）
- 求取法規測試與實際道路量測之轉換關係（R5-C）



43

全程研究架構圖：96~97年期



註：——表示第一年期表示第二年期

44

敬請指教

