



走向低碳運輸

台灣綠色燃料與載具發展前景

主編：左峻德 博士
台灣經濟研究院 編印





走向低碳運輸

台灣綠色燃料與載具發展前景



主編：左峻德 博士
台灣經濟研究院 編印

走向低碳運輸：台灣綠色燃料與載具發展前景／
左峻德主編．-- 初版．-- 台北市：台經院，民102.05
面；公分．--（迎向21世紀；17）
ISBN 978-957-793-076-7（平裝）

1. 運輸系統 2. 運輸能源 3. 綠色革命

557

102009752

〈迎向 21 世紀系列 17〉

走向低碳運輸——台灣綠色燃料與載具發展前景

主編／左峻德

副主編／陳彥豪、劉婉柔

撰述小組／左峻德、劉婉柔、吳芳瑜、譚香伶、黃慧芬、
盧思穎、吳念祺、陳彥豪、許瑜芳、葉珍伶、
李淑華、張行直、汪婉宜、邱太銘、陳士麟
（依文章先後排序）

責任總編輯／張佳桂

責任編輯／劉曉莊

責任校對／劉曉莊、許芬鈴

封面設計／豐盈美術印刷有限公司

排版印刷／豐盈美術印刷有限公司

發行人／洪德生

研究顧問／龔明鑫

法律顧問／劉孔中

出版者／財團法人台灣經濟研究院

電話／（02）2586-5000

地址／10461 台北市中山區德惠街 16-8 號 7 樓

網址／<http://www.tier.org.tw>

郵撥帳號／01124029 台灣經濟研究院

定價／450 元（優惠訊息請洽02-2586-5000轉資服中心）

ISBN：978-957-793-076-7（平裝）

出版日期／民國 102 年 5 月初版一刷

★ 著作權所有 · 侵害必究 ★

推薦序

行政院環境保護署署長

沈世宏

全球經濟蓬勃發展，帶動化石能源及自然資源的大量消耗，干擾了自然系統的碳循環，導致人類面臨全球暖化、氣候變遷的威脅，因此如何降低溫室氣體排放，發展綠色經濟，也成為目前國際社會共同關注且攸關國家永續生存發展的重要議題。

環保署從2012年起積極推動「低碳永續家園推動方案」，並以生態綠化、建築節能、設備節能、再生能源、綠色運輸、資源循環、低碳生活、防救災與調適、法律與經濟財稅工具及社會行為科學與評比工具等十大運作機能，同時引進民間與政府相關資金，成立自償性循環基金，提供擔保及誘因，鼓勵各界共同參與節能減碳設備建設及更新，為打造台灣成為樂活家園而努力。

在「綠色運輸」方面，環保署以運具電動化或使用清潔替代燃料等低碳化為推動方向，並鼓勵大眾使用公共運輸減少私人運具使用。以運具電動化為例，不論是電動大客車、電動小客車或電動機車，目前國內已有能力產製，許多縣市使用於大眾公共運輸上且成效良好。然而目前電動車與傳統引擎車輛相較，仍有價格、性能及使用方便性等問題待克服。近年來，環保署亦推動電池交換營運系統，補助建置電動機車電池交換站及交換費用，以評估電池交換系統之技術及營運可行性，並研擬電動公車推廣計畫，預計以十年時間，將國內6,000餘輛市區柴油公車全數更換為電動公車，包含慢速電動車及電動拖板車等，相信能逐步達成綠色運輸目標。





本書由我國運輸部門能源需求與二氧化碳排放現況揭開序幕，分別介紹電動汽車、電動船舶、氫能燃料電池電動機車及液體生質燃料等綠色運輸之產業發展，比較世界各國相關產業現況，提出台灣智慧化低碳城市與未來運輸系統之發展藍圖。本書論述精闢兼具深度及廣度，期藉由此提升國人對於綠色運輸之整體概念，加速我國朝向樂活家園的目標邁進。

本書序

台灣經濟研究院院長

洪德生

運輸需求為衍生性需求，伴隨著社會與經濟活動的需要而產生。過去20年來，由於國民所得、都市化與商業化程度逐漸提高，致使我國對於國內外運輸、通勤旅遊、貨物物流等需求也不斷增加，各界也愈趨關注運輸部門的能源使用及二氧化碳排放減量等議題。因此，政府近年來除了不斷投入交通建設的投資，計畫將以往的公路建設轉向綠色運輸網絡建設，亦引導民眾多加利用綠色運輸工具，如捷運、台鐵、高鐵等，以替代大量私人運具的使用，同時也積極推廣電動汽車、電動船舶、氫能燃料電池電動機車等綠色載具及生質替代燃料，以達到節能減碳的效果。此外，經濟部技術處也極力推動台灣的智慧城市及相關產業發展，減少廢氣排放，達到低碳城市的目標。

台灣經濟研究院近年來致力於電動汽車、電動船舶、氫能燃料電池電動機車、生質燃料、智慧電網等前瞻議題的研究，除了持續掌握技術和產業的最新脈動，也不斷與國內外廠商接觸，了解產業所需，並整合產、官、學、研各界，進行意見交流，以期借助各方力量，協助政府順利推展綠色運輸和智慧城市的發展。如今將多年來台經院在綠色運輸系統及智慧化低碳城市方面的努力成果彙集成冊，供各界參考。



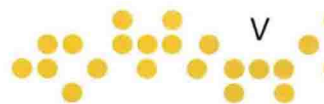
前言

台灣人口密集且都會化程度高，運輸需求量龐大，而運輸系統過去皆以私人運具（如小汽車、機車）為主流，公共運輸發展近十年來方興未艾。隨著國民所得提高與全球化時代的來臨，不論是國內運輸或是國際運輸，整體運輸需求、通勤旅遊、貨物運輸物流等都會隨之增加，雖然透過資通訊技術發展，以及良好的都會規劃可減少運輸需求量，但未來不論政策如何引導國內運輸發展，私人運具仍會占一定比例，而此部分之能耗排碳則須透過車輛技術轉型，才能有效減緩，甚至部分公共運輸（如公車）也需要採用綠色運輸車輛技術，才能進一步達成減碳目標。

在全球經濟成長面臨停滯的此刻，發展綠能產業被認為具備帶動下一波經濟成長之潛力，亦屬環境永續之經濟發展策略。以往的车辆工業中，核心技術（如內燃機）被掌握在美、歐、日各大車廠中，台灣僅能扮演非關鍵零組件生產，以及車輛組裝之角色。然而未來綠色載具技術之發展將導致關鍵技術改變，並進一步促進車輛工業市占率的變動，因此，若台灣能夠及早於低碳運輸上建立起基礎，就算無法發展整車品牌，在全球綠色載具技術供應鏈中，亦有機會扮演附加價值更高的角色，促進經濟成長。而綠色運輸亦有機會帶動台灣電子、化工及機車產業之技術轉型，倘若能順利使國內產業技術轉型與成長，並帶來獲利，將可藉助市場力量推動以加速綠色載具的普及。

基於以上目的，本書首先將分析台灣運輸部門能源需求與二氧化碳排放現況，再針對各類綠色運輸之推廣、技術與應用作介紹，以提供相關背景知識。當中選定電動汽車、電動船舶、氫能燃料電池電動機車與液體生質燃料為例，並探討國內外

重要的示範計畫；其後進行綠色運輸節能減碳效果及效益分析，評估不同節能減碳方案下之成本、可行性與效率；最後提出台灣智慧化低碳城市與未來運輸系統發展願景與藍圖。期盼透過本書，提供社會各界讀者瞭解當前綠色載具和綠色燃料的技術發展概況與潛力，並進一步透過節能減碳效果及成本效益分析來協助相關產業與單位作為未來發展策略參考，希冀有助於促進公共輿論之形成，讓綠色運輸的發展成為我國綠能產業革命的一環，使台灣順利走向低碳運輸的新前景。



目 錄

壹、台灣運輸部門能源需求與二氧化碳排放現況.....	1
貳、各類綠色運輸推廣與產業發展介紹.....	23
第一章 電動汽車.....	25
第二章 電動船舶.....	111
第三章 氢能燃料電池電動機車.....	145
第四章 液體生質燃料.....	160
參、綠色運輸節能減碳效果及效益分析.....	201
肆、台灣智慧化低碳城市與未來運輸系統發展.....	227
伍、結論與建議.....	247



表目錄

表1-1-1	近年我國各部門能源消費比例.....	4
表1-1-2	歷年運輸部門能源消費量與占比.....	5
表1-1-3	我國能源需要表.....	7
表1-1-4	歷年運輸載具能源使用分析.....	9
表1-1-5	運輸部門各載具總計能源消費表.....	10
表1-1-6	運輸部門石油產品消費表.....	10
表1-1-7	台灣機動車輛登記成長率.....	13
表1-1-8	六大部門（各部門不含電力消費）二氧化碳排放量.....	15
表1-1-9	運輸各主要部門二氧化碳直接排放量（不含電力消費）.....	16
表1-1-10	六大部門（各部門含電力消費）二氧化碳排放量.....	17
表1-1-11	運輸各主要部門二氧化碳間接排放量（含電力消費）.....	18
表1-1-12	交通客運部門能源密集度.....	20
表1-1-13	交通貨運部門能源密集度.....	21
表2-1-1	全球純電動車市場規模預測.....	27
表2-1-2	歐洲主要國家電動車獎勵措施.....	32
表2-1-3	2011年中國電動汽車產銷情況.....	37
表2-1-4	各國電動汽車推廣現況比較表.....	38
表2-1-5	各國發展電動車的優勢.....	40
表2-1-6	2012年日本重要車廠電動車開發計畫.....	43
表2-1-7	2012年美國重要車廠電動車開發計畫.....	43
表2-1-8	2012年歐洲重要車廠電動車開發計畫.....	44
表2-1-9	2012年中國重要車廠電動車開發計畫.....	45
表2-1-10	主要車廠電動車輛預計商品化時程.....	46

表2-1-11 評估電動車車用電池表現的項目	50
表2-1-12 各項充電電池之比較表	51
表2-1-13 NEC電動車充電設施的分類標準	52
表2-1-14 充電設施設置與功能對應表	53
表2-1-15 智慧電動車技術競合比較	58
表2-1-16 電動車與傳統汽車零件之比較	58
表2-1-17 2015年電動車成本結構估算	60
表2-1-18 未來電動車用電池容量與成本推估	61
表2-1-19 2009年急速充電設備價格	62
表2-1-20 一般充電／快速充電之充電器設置實例	64
表2-1-21 日本地方政府對於設置充電站的補助	65
表2-1-22 從量計價、從次計價以及會員制收費之優劣比較	68
表2-1-23 至2009年底日本公務機關電動車引進情形	70
表2-1-24 電力公司電動公務車引進之目標	70
表2-1-25 充電設施整備系統研發之相關案例	73
表2-1-26 三菱自動車示範運行計畫	75
表2-1-27 各地的急速充電器使用次數及頻率(1)	77
表2-1-28 各地的急速充電器使用次數及頻率(2)	78
表2-1-29 日本大阪府電動車示範運行規劃	83
表2-1-30 2011年部分日本電動車使用者實際充電數據	84
表2-1-31 SAVE電動車示範計畫	86
表2-1-32 法國電力公司與MINI-E試驗計畫	87
表2-1-33 史特拉斯堡插電混合車示範計畫	88



表2-1-34 中國電動車推動期程與目標規劃	90
表2-1-35 智慧電動車先導運行計畫可能應用模式	94
表2-1-36 先導運行專案計畫之補助款項目表	94
表2-1-37 國內目前執行之四案先導運行計畫現況	94
表2-1-38 國內縣市智慧電動車示範運行計畫	95
表2-1-39 台灣自小客車通勤的單趟距離	97
表2-1-40 日、美、歐的非油電混合電動車用戶在下次購車時之價值觀	97
表2-1-41 台灣汽車零件外銷金額統計表	100
表2-1-42 全球前十大零組件供應商規模	102
表2-1-43 國際Tier 1、Tier 2生產線委外現況	105
表2-2-1 綠能船舶推動與動力方式比較表	113
表2-2-2 瑞士電動船與柴油船成本比較案例一	115
表2-2-3 瑞士電動船與柴油船成本比較案例二	116
表2-2-4 2010年船舶動力來源建造數量比較表	119
表2-2-5 電力推進船舶功能類別	120
表2-2-6 長崎縣豪斯登堡遊樂園用電動船	121
表2-2-7 綠能船舶產業架構	131
表2-2-8 國內電動船舶建造實績	132
表2-2-9 大型電力推進船舶六個技術領域	134
表2-2-10 日月潭電動船舶補助新舊版本行動策略方案暨補助要點對照表	139
表2-2-11 英國電動船協會舉辦之競賽活動及紀錄	142
表2-3-1 國際燃料電池商品化技術目標	148
表2-3-2 日本山葉公司燃料電池機車	149

表2-3-3	里程與氫氣使用分析.....	156
表2-3-4	高壓儲氫罐與低壓儲氫罐於交通運輸載具應用分析.....	157
表2-3-5	燃料電池電動機車節能減碳效益	158
表2-4-1	第一代生質燃料與第二代生質燃料比較表	161
表2-4-2	生質燃料主要優點	161
表2-4-3	目前與先進生質燃料生產技術特性一覽表	162
表2-4-4	全球生質酒精生產量一覽表	163
表2-4-5	部分國家第一代生質酒精採用原料一覽表	164
表2-4-6	一般美國糖與澱粉原料來源一覽表	164
表2-4-7	酒精轉化技術路徑比較表	165
表2-4-8	生物化學路徑與熱化學路徑特性一覽表	165
表2-4-9	不同前處理技術優缺點比較表	167
表2-4-10	不同發酵程序構型優缺點比較表	167
表2-4-11	生物化學路徑程序技術與採用公司一覽表	169
表2-4-12	部分潛在合成氣利用產生酒精的微生物一覽表	170
表2-4-13	以生質柴油取代化石柴油優缺點一覽表	171
表2-4-14	全球生質柴油生產量一覽表	172
表2-4-15	部分國家生質柴油生產所採用的油脂作物原料表	172
表2-4-16	2010、2011年全球各種原料使用生質柴油生產量一覽表	173
表2-4-17	不同生質柴油生產技術比較表	174
表2-4-18	使用於均相轉酯化的鹼性觸媒一覽表	174
表2-4-19	部分生質柴油原料游離脂肪酸含量一覽表	175
表2-4-20	使用於酯化的觸媒一覽表	176



表2-4-21 Esterfip-H程序商業化應用一覽表.....	177
表2-4-22 鹼性觸媒與酵素觸媒比較表	178
表2-4-23 自植物油利用催化甲醇法與超臨界甲醇法生產生質柴油比較表	179
表2-4-24 已商業化運轉可再生柴油生產工廠一覽表	181
表2-4-25 國外已運轉或即將運轉的纖維酒精示範工廠一覽表.....	182
表2-4-26 已動工建造的纖維酒精商業化生產工廠一覽表	183
表2-4-27 我國生質柴油示範計畫一覽表.....	184
表2-4-28 生物化學路徑關鍵程序性能議題	186
表2-4-29 纖維酒精生產設施與其他設施結合實例一覽表	188
表3-1-1 我國與各國運輸部門節能減碳措施—發展綠色運輸系統	206
表3-1-2 我國與各國運輸部門節能減碳措施—加強運輸需求管理	208
表3-1-3 我國與各國運輸部門節能減碳措施—提升運輸系統運作效率	211
表3-1-4 我國與各國運輸部門節能減碳措施—提升運具能源使用效率	212
表3-1-5 我國低碳綠色運輸政策可行性探討	214
表3-1-6 各種低碳車輛效益比較.....	220
表3-1-7 運輸部門使用生質燃料、汽油柴油總成本與增值成本比較.....	220
表3-1-8 2025情境分析不同能源方案所增加的能源與減少二氧化碳衝擊 比較表.....	222
表3-1-9 永續政策綱領各行動方案節能量與二氧化碳減量情境模擬.....	223
表4-1-1 內燃機引擎與純電力驅動車輛能源使用效率比較	231
表4-1-2 單位行駛距離之能源使用全週期二氧化碳排放比較.....	231
表4-1-3 全球智慧城市示範發展類型分析表	234
表4-1-4 不同電動車的應用領域.....	240

表4-1-5	電力驅動車輛特徵分析.....	241
表4-1-6	電動車與電網整體科技發展藍圖	244



圖目錄

圖1-1-1	2010年各部門能源消費比例	5
圖1-1-2	運輸部門能源消費與占比趨勢	6
圖1-1-3	國內能源消費成長及運輸部門占比	6
圖1-1-4	歷年國內能源消費結構	7
圖1-1-5	2010年運輸部門能源消費結構	8
圖1-1-6	運輸部門石油產品消費趨勢	8
圖1-1-7	運輸部門各載具能源使用分析	9
圖1-1-8	運輸部門各載具石油產品消費趨勢	11
圖1-1-9	公共運輸與非公共運輸載具使用比以及各公共運輸載具使用率	12
圖1-1-10	台灣機動車輛登記成長率趨勢	13
圖1-1-11	我國各部門二氧化碳排放量趨勢分析	14
圖1-1-12	我國各公路運具年耗油量分析	14
圖1-1-13	我國交通運輸部門暨各子部門二氧化碳排放與年總量	15
圖1-1-14	2010年各部門二氧化碳直接排放（不含電力消費）比例	16
圖1-1-15	運輸各主要部門二氧化碳直接排放量（不含電力消費）	17
圖1-1-16	2010年各部門二氧化碳間接排放（含電力消費）比例	18
圖1-1-17	運輸各主要部門二氧化碳間接排放量（含電力消費）	19
圖2-1-1	電動車發展歷史	26
圖2-1-2	全球各種電動車銷售量預測	27
圖2-1-3	日本發展電動車優勢	28
圖2-1-4	日本「次世代電動車戰略2010」	28
圖2-1-5	日本經產省EV/PHV TOWN計畫選定都市及普及目標	29
圖2-1-6	義大利電動車發展遠景	31

圖2-1-7	2011年美國HEV車主對HEV忠誠度.....	34
圖2-1-8	2020年國際各大研究機構對PHEV市場占有率預測.....	35
圖2-1-9	2011年中國電動汽車企業銷售格局.....	37
圖2-1-10	電動車車用電池組（左）與電池模組（右）.....	48
圖2-1-11	電池系統主要效能參數之發展.....	50
圖2-1-12	德國車用電池技術發展藍圖.....	51
圖2-1-13	直流快速充電設備近照.....	52
圖2-1-14	慢速充電設備與家庭能源管理系統.....	53
圖2-1-15	電動車輛直流與交流充電介面.....	55
圖2-1-16	SAE J1772電動車輛交流充電介面.....	55
圖2-1-17	使用Combo介面及獨立介面之充電型式差異.....	56
圖2-1-18	電動車與傳統內燃引擎車構造之差異.....	57
圖2-1-19	電子零組件於車輛成本結構中的變化.....	59
圖2-1-20	傳統汽車與電動汽車成本結構比較.....	60
圖2-1-21	電動車鎳鈷錳三元素鋰電池成本下降趨勢預測.....	61
圖2-1-22	都會充電站設置架構.....	63
圖2-1-23	服務是提供移動導向的元件之一.....	67
圖2-1-24	日本電動車充電站營運規劃圖.....	69
圖2-1-25	神奈川縣「電動車普及推進協議會」組織圖.....	71
圖2-1-26	神奈川縣充電站設施分布.....	71
圖2-1-27	設置於東京市區的電池更換站.....	72
圖2-1-28	三菱自動車示範運行計畫期程與內容.....	74
圖2-1-29	五島市、新上五島町的EV租賃車之稼動台數及稼動率.....	76