目　　錄

常務理事的話

發展台灣成為自行車島　羅祥安

專題報導

1　「2013年日本國際車用電子展及電動車暨油電混合車系統技術展」展後報導　編輯部

11　中國大陸2012年1-12月摩托車產銷統計　編輯部

24　「2013年美國國際機車、沙灘車暨零配件展」展後報導　鄭育佳

36　中國大陸2012年1-12月車種別主要車廠銷售統計　編輯部

45　中南美洲汽車及零配件市場近況　編輯部

54　保加利亞汽配仰賴進口　編輯部

58　2013年『亞洲機車工業聯合會』第一次管理委員會會議　石美珠

74　2012年西歐18國乘用車車種及車型別銷售數量　編輯部

自行車專欄

92　2013年臺北國際自行車展(TAIPEI CYCLE)報導　鄭育佳

117　英國推廣自行車樂活　編輯部

120　新加坡自行車產業現況及未來發展　編輯部

智慧車輛技術專欄

124　國際車輛節能技術調查　劉達全

134　車用氮化鎵功率模組之進展簡介　彭明燦

車輛零組件技術專欄

146　車輛懸吊幾何機構設計流程簡介　楊純賓

153　淺談車輛煞車系統及安全性　蔡岳霖　藍聰義

IEK專欄

160　北美慢速電動車發展策略　謝駿璘　石育賢

會員動態

166　巨大機械工業股份有限公司簡介　編輯部

政令宣導

170　美規及電動車輛型式安全審驗補充作業規定　編輯部

活動預告

175　2014年美國國際機車、沙灘車暨零配件展　編輯部

176　2013年菲律賓國際汽機車零配件暨五金工具展　編輯部

177　2013年韓國汽車零配件展　編輯部

178　2013年印度國際工業展　編輯部

179　2014年波蘭國際汽車暨零配件展　編輯部

新聞選粹

180　汽車類　吳進昌　整理

187　機車類　石美珠　整理

192　自行車類　鄭育佳　整理

199　汽機車零組件類　邱啟棠　整理

產銷統計

205　產銷統計　邱啟棠　整理

服務 • 專業 • 效率

中華民國83年2月5日創刊

中華民國102年4月1日出刊

車輛工業

月刊

第229/230期

發 行 人：陳國榮

總 編 輯：陳明德

主　　編：黃文芳

編輯委員：李憲政、徐勝隆、石美珠
林憶苓、邱啟棠、吳進昌

執行編輯：鄭育佳

發 行 所：台灣區車輛工業同業公會

地　　址：台北市復興南路一段390號9樓之4

電　　話：(02) 2705-1101

傳　　真：(02) 2706-6440

執行製作：宏碩文化事業股份有限公司

電　　話：(02) 5599-9999

製版印刷：華剛興業有限公司

電　　話：(02) 2776-4086

出版登記：局版台誌第10813號

中華郵政北台字第4927號執照登記為雜誌交寄

訂　　價：每本N.T.250元
全年特價N.T. 2500元

郵政劃撥帳號：00017891

抬　　頭：台灣區車輛工業同業公會

網際網址：http://www.ttvma.org.tw

電子信箱：ttvma@ttvma.org.tw

國際車輛節能技術調查

◎ 劉達全

一、前言

由於石油枯竭與氣候變遷，世界各國皆推動了逐漸加嚴耗能標準的政策，車輛產業技術發展的驅動力，逐漸由降低污染排放轉向為降低油耗為主。車輛產業對節能技術的研發較過去積極許多，近五年國際產出了許多研究成果，例如美國環保署(EPA)與歐洲國際清淨運輸委員會ICCT(The international council on clean transportation)，曾委託Lotus、Ricardo與FEV等國際知名顧問公司進行相關研究，並於2012年4月於布魯塞爾舉辦之ICCT研討會發表相關結果[http://theicct.org/]。本文調查整理相關文獻，分別以技術與成本觀點說明國際近期成果，並以日本量產車輛使用的技術與油耗水準，統計分析其效果，提供國內業者參考。

二、節能技術的複雜性與效果

(1) 節能技術的複雜性：技術複雜性影響到成本、實施的穿透率，以及適合在何者尺寸車型上應用。低複雜性技術一般代表成本較低、技術較易擴散與較有機會於小型車上實施。表一是美國高速公路安全局(NHTSA)對複雜性能的調查結果 [NHTSA, "Corporate Average Fuel Economy for MY 2012-2016 Passenger Cars and Light Trucks." 2010.]。基本上低複雜性技術已普遍於量產車型使用，中度複雜性於部份廠商車型使用，高中度複雜性技術，除豐田很早即領先世界量產的全混合動力技術外，多數仍處於開發末期即將量產的階段。

表一　節能技術之複雜性調查結果

Complexity Levels of Technologies

LOW COMPLEXITY	MEDIUM COMPLEXITY	HIGH COMPLEXTIY	HIGH+ COMPLEXITY
Low friction lubes (LUB)	Combustion Restart (CBRST)	Continuously variable valve lift (CVVL)	Plug-in hybrid
Engine friction reduction (EFR)	Exhaust gas recirculation boost (EGRB)	2-mode hybrid (2MHEV)	Full electric vehicle
Intake cam phasing (ICP)	Belt integrated starter generator (BISG)	Power-split hybrid (PSHEV)	
Coupled cam phasing (CCPO) and (CCPS)	Turbocharge with downsize (TRBDS)	Crankshaft integrated starter generator (CISG)	
Dual cam phasing (DCP)	Conversion to diesel (DSLC) and (DSLT)		
Cylinder deactivation (DEACS), (DEACD), and (DEACO)	Dual clutch transmission (DCTAM)		
Discrete variable valve lift (DVVLS), (DVVLO) and (DVVLD)	Continually variable transmission (CVT)		
Stoichiometric gasoline direct injection (SGDI)	12 volt micro hybrid (MHEV)		
Conversion to DOHC with DCP (CDOHC)			
6/7/8-speed auto transmission (NAUTO)			
Improved auto transmission (IATC)			
6-speed manual transmission (6MAN)			
Improved accessories (IACC)			
Electric power steering (EPS)			
Low rolling resistance tires (ROLL)			
Low drag brakes (LDB)			
Secondary axle disconnect (SAXU/SAXL))			
Improved aerodynamics (AERO)			
Mass reduction (MS1) 1.5%			
Mass reduction (MS2) 3.5 - 8.5%			

(2) 節能技術的效果：表一的NHTSA報告亦有節能技術省油效果的潛力調查，結果如表二，數字百分比代表國際上曾對該技術節能評估值的範圍。由表二可觀察到傳統自然進氣、氣道噴射且未電動輔助的汽油引擎，經細部修正節能效果很難超過4%，超過4%以上需使用渦輪增壓(Turbo)、休缸、雙離合器自動手排(DcAMT)、起動發電機整合(ISG)、柴油引擎以及混合動力等先進技術。

表二 節能技術效果評估

Technology	Minimum	Maximum	Mean
Cylinder Deactivation on DOHC	0.00%	0.65%	0.25%
6-Speed Manual/Improved Internals	0.30%	0.70%	0.50%
Low Friction Lubricants	0.33%	0.68%	0.50%
Material Substitution (1.50%)	0.32%	0.72%	0.53%
Low Drag Brakes	0.44%	1.13%	0.75%
Secondary Axle Disconnect - Ladder Frame	0.93%	1.60%	1.25%
VVT - Coupled Cam Phasing (CCP) on OHV	0.91%	1.57%	1.25%
Continuously Variable Transmission	0.49%	2.13%	1.35%
Electric Power Steering	0.87%	2.22%	1.50%
Engine Friction Reduction	0.85%	2.14%	1.50%
Low Rolling Resistance Tires	0.88%	2.16%	1.50%
Improved Accessories	0.83%	2.10%	1.50%
Discrete Variable Valve Lift (DVVL) on OHV	0.13%	3.18%	1.50%
VVT - Intake Cam Phasing (ICP)	0.84%	2.18%	1.50%
Conversion to DOHC with DCP	0.75%	2.89%	1.75%
Discrete Variable Valve Lift (DVVL) on DOHC	0.69%	3.50%	2.00%
Improved Auto. Trans. Controls/Externals	1.32%	2.75%	2.00%
Discrete Variable Valve Lift (DVVL) on SOHC	0.63%	3.52%	2.00%
VVT - Coupled Cam Phasing (CCP) on SOHC	0.63%	3.51%	2.00%
Combustion Restart	1.36%	3.19%	2.25%

表二 節能技術效果評估（續）

Technology	Minimum	Maximum	Mean
6/7/8-Speed Auto. Trans with Improved Internals	1.08%	3.95%	2.40%
Aero Drag Reduction	1.88%	3.08%	2.50%
Stoichiometric Gasoline Direct Injection (GDI)	1.88%	3.11%	2.50%
VVT - Dual Cam Phasing (DCP)	1.82%	3.32%	2.50%
Continuously Variable Valve Lift (CVVL)	1.26%	4.04%	2.50%
12V Micro-Hybrid	1.67%	3.78%	2.60%
Cylinder Deactivation on SOHC	2.42%	3.14%	2.75%
Material Substitution (5% to 10% Cum)	2.30%	5.09%	3.73%
Exhaust Gas Recirculation (EGR) Boost	2.26%	5.15%	3.75%
Turbocharging and Downsizing	2.46%	5.50%	4.01%
Cylinder Deactivation on OHV	3.64%	5.90%	4.70%
Dual Clutch or Automated Manual Transmission	2.87%	6.46%	4.72%
Belt mounted Integrated Starter Generator	2.96%	7.01%	4.90%
2-Mode Hybrid	2.31%	8.38%	5.14%
Conversion to Diesel following TRBDS	3.69%	8.87%	6.08%
Crank mounted Integrated Starter Generator	5.44%	11.83%	8.78%
Power Split Hybrid	5.45%	13.55%	9.31%
Conversion to Diesel following CBRST	8.23%	18.73%	13.23%
Plug-in Hybrid	29.73%	65.51%	46.47%

進一步各項節能技術的詳細評價，可參考美國EPA委託Ricardo完成之分析報告[Ricardo, "Computer Simulation of Light-Duty Vehicle Technologies for Greenhouse Gas Emission Reduction in the 2020-2025 Timeframe , "EPA-420-R-11-020, 2011.]。

(3) 國內節能技術選項：由表一與表二，依據複雜性、成本以及目前量產實績，國內要達到新的提升15%節能標準，建議適合於國內實施的技術選項包括：

(a) 使用輕量化小型車：依據統計數據油耗與車重的關係式，於越輕車重越敏感，因此輕量化仍是最佳的節能技術。歐洲與日本消費者可接受小型車輛，因此有許多極省油車輛可以降低整體運輸產業耗能，臺灣地峽人稠，加上高鐵等通車，長程運輸需求實不如美、歐。因此建議應透過稅率等政策優惠，導引消費者改購小型車。

(b) Turbo+GDI引擎：傳統渦輪增壓具有提高單位引擎馬力，達到容積降低輕量化(down size)的效果，但因為增壓後容易發生爆震，因此不得不降低壓縮比及偏濃供油，抵銷了節能的效益；但如果使用缸內直噴(GDI)，由於可延遲油氣提供，並有燃料霧化降溫效果，可以讓引擎避免爆震，達到節能目的，此為歐系車廠主要節能技術發展方向之一。

(c) 提高變速系統的檔位：較多的檔位可讓引擎應用完整的動力輸出，具down size效果，亦可讓引擎持續運轉於較佳效率點，達到節能效果。目前日本低扭力車輛主流已是CVT變速，歐日高級車自排變速之檔位亦達七、八速以上，另有歐洲部份車廠開發自動手排(DcAMT)變速箱，避免扭力轉換器損失。

(d) 柴油引擎化：柴油引擎因高壓縮比與稀薄燃燒，具有6%至13%以上的節能效果，尤其長程高速公路或重型車輛等持續高輸出運轉，柴油引擎仍為最佳之節能手段。新型柴油引擎透過共軌高壓噴嘴以及後處理技術，已可達到低污染排放及小型化目標，佔據歐洲轎車50%以上市場。國內柴油規範已與歐洲同步，提供含硫10ppm以下水準，可協助車廠推廣柴油引擎。

(e) 混合動力化：混合動力仍是最有效的節能手段，但混合動力複雜性高，國際大型車廠皆努力研發期能達到豐田水準。以國內自主技術車廠而言，需較長時間進行相關技術量產研發。

三、節能技術的成本

節能技術的成本估計，由於受到原物料價格、預估產量以及智慧財產保護等因素影響變動較大，不同單位與年代的評估差異可達50%，一般建議仍是生產廠自行評估最準。

國際上最近的大規模技術成本調查，以美國EPA與ICCT曾委託FEV進行的大規模節能技術的成本分析

計畫為代表，FEV利用其具開發與生產工程經驗，建置了一份相當詳盡的估計方法，包括開發、生產、組裝、管理等成本皆仔細考慮，成果於研討會與書刊發表，例如：[EPA, "Light-Duty Technology Cost Analysis Pilot Study," EPA-420-R-09-020, 2009.]、[FEV, "Greenhouse gas reduction potential and costs of light duty vehicle technologies," ICCT International Workshop, 2012.]、[EPA, "Assessment of Fuel Economy Technologies for Light Duty Vehicles," , ISBN 978-0-309-15607-3, 2011.]、[EPA, "Light Duty Technology Cost Analysis Power Split and P2 HEV Case Studies," EPA-420-R-11-015, 2011.]等。

另外ICCT亦委託了一些著名的顧問公司，針對個別技術進行詳細的成本評估，提供明確結果，以Lotus執行的車重低減技術調查為例[Lotus, "An Assessment of Mass Reduction Opportunities for a 2017-2020 Model Year Vehicle Program," 2010.]。其報告預測未來車體乃可透過縮短車長，增加車高，乘坐空間重新安排，以及使用新的塑件材料及鋼材的連接技術，配合最佳化設計分析工具的精進。推估車體減重潛力最大約37%，目前幾乎100%鋼鐵製車殼可轉換成鋁合金、鎂合金與複合材料，鋼鐵比重降至10%；成本部份，低於10%的輕度減重可望降低成本，但超過10%以上大幅減重則成本增加甚劇，因此預計2025年實際車重降低比例估計約比2010年低8~12%。

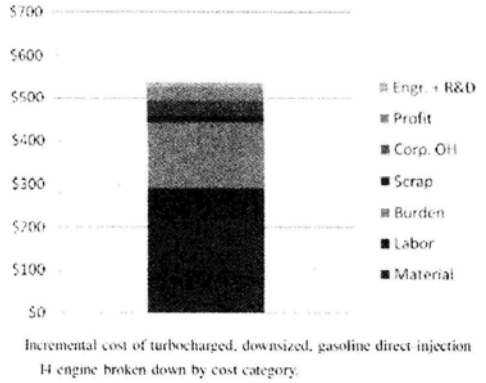
總結各節能技術成本評估文獻，可以整理出以下幾點特性：

(a) 國際車廠因生產量大，變動成本即原物料成本佔比例甚大，以福特的Turbo+GDI為例如圖1(a)，此為相當先進的技術，原物料成本仍佔四成以上。而圖1(b)為車輛使用四大原物料油（能源與塑料）、鐵、銅、鋁的近年價格波動狀況，同一年內可達兩倍，造成了成本評估定量上準確性的干擾。

(b) 若不考慮原物料成本變動因素，如圖1(c)，相同技術的成本會隨技術成熟擴散而降低，因此使用研發初期預測來估計節能成本，一般廠商考慮開發費用傾向高估，FEV的成本推估模型有針對此點改善。

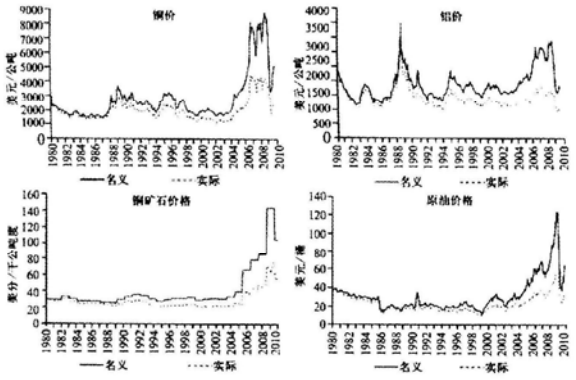
(c) 節能成本的值與車型有關，如圖1(d)，越大車輛使用相同技術成本越高，然而以減少單位油耗成本來看，越大型車輛的效果越佳，投資在已經很省油的小車上節能，往往無法由省下油費中回收購置增加成本。

(d) 研發已趨向複雜化，邊際效應漸減，如圖1(e)與(f) [TNO, "Support for the revision of Regulation (EC) No 443/2009 on CO2 emissions from cars," 2011.]，30%以內節能可望於1,000歐元（約4萬台幣）內成本達成，但更高的節能其成本與效果大約是三次方關係。因此除車輛本體外，駕駛員習慣、換用小型車輛，以及整體交通運輸建設，才是達到更高節能成效的有效方案。

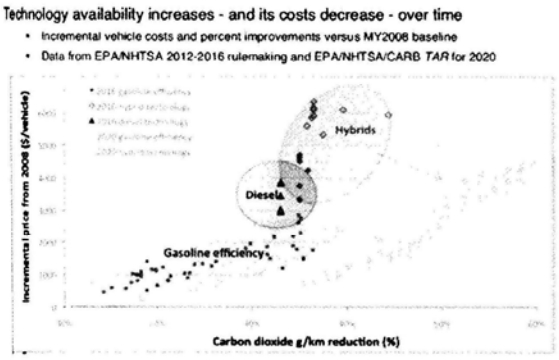


Incremental cost of turbocharged, downsized, gasoline direct-injection I4 engine broken down by cost category.

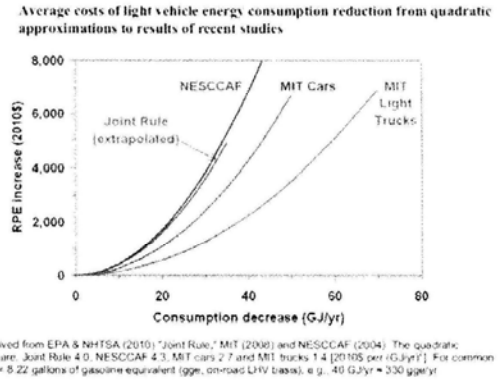
(a) 車輛零組件成本結構



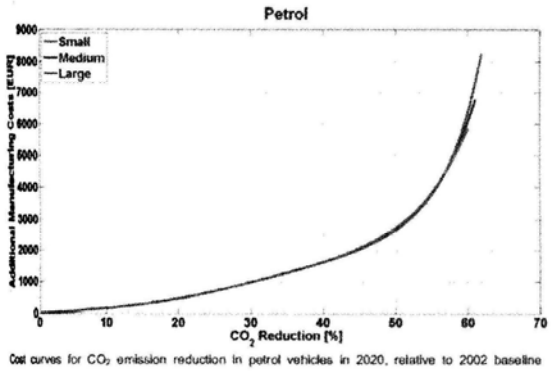
(b) 原物料價格波動狀況



(c) 節能技術成本隨年代遞減

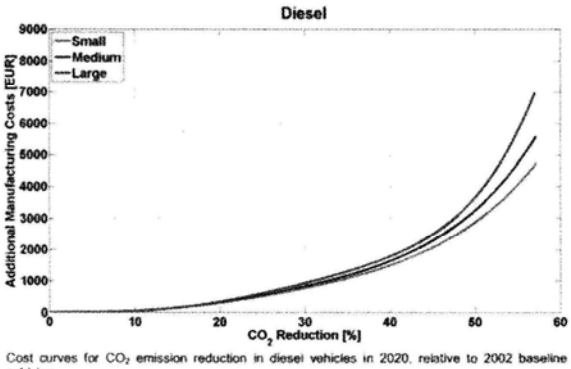


(d) 車型大小與節能效益



Cost curves for CO_2 emission reduction in petrol vehicles in 2020, relative to 2002 baseline

(e) 汽油引擎節能效果與成本



Cost curves for CO_2 emission reduction in diesel vehicles in 2020, relative to 2002 baseline vehicles.

(f) 柴油引擎節能效果與成本

圖 1　節能技術成本特性

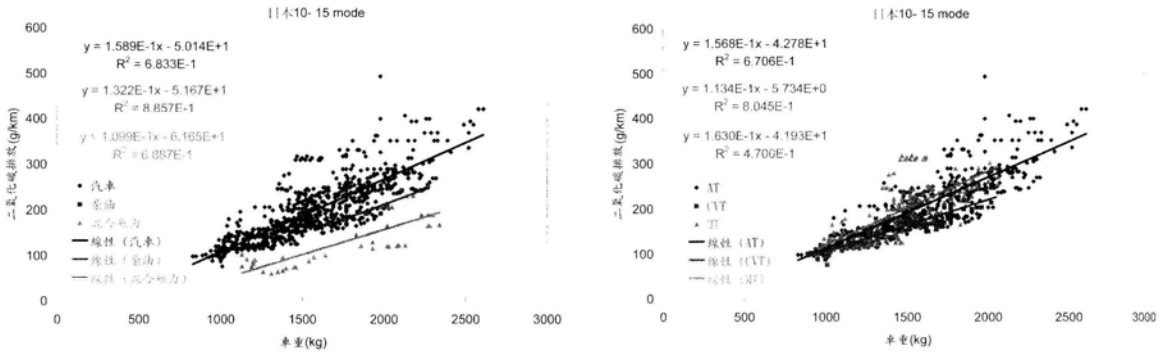
四、節能技術的效果

本節以資料庫分析方式，了解目前已實施節能技術的效果，方法是將日本國土交通省公佈之“汽車油耗一覽表”內，952種乘用車型的油耗數據與技術選項數據，進行統計分析，由於柴油能量密度較高，因此將公里/公升油耗換算成CO2/公里的二氧化碳排放量來代表節能效益。數據如下：

(a) 影響CO2排放的設計參數，前幾項為排氣量、車重、電動轉向與使用CVT。

(b) 如圖2(a)，各項節能技術仍以混合動力最為有效，其單位車重CO2排放量0.11g/kg，低於柴油車之0.13g/kg與汽油車之0.16g/kg。

(c) 圖2(b)，變速系統則CVT低於AT，單位車重CO2排放量分別是0.11 g/kg與0.16g/kg，手排變速則並未顯示較為節能，有可能日本手排是性能車設定的關係。



(a) 汽柴油與混合動力對二氧化碳排放影響　　(b) 變速系統對二氧化碳排放影響

圖 2　日本 10-15 模式車輛耗能檢定數據分析

由圖2可看出車重是主要影響油耗的因素，因此進一步分析，方法是將節能效果對車重正規化，也就是將參考車重帶入歐盟CO2排放與車重的關係式CO2(g/km)=130+(車重(kg)-1372)*0.0457，算出該車重於歐盟標準值後，再將日本測試數據除上該標準值；選取樣本數量多於15筆，可供有效變異數分析(AVONA)之技術項目比較其效果，結果彙整於圖3，複合動力、電動轉向、休缸、稀薄燃燒、可變汽門正時、惰轉停止、傳動形式(前驅>四驅>後驅)與變速形式(CVT>手排>自排)都到達了顯著水準($p<0.05$)，使用這些技術可以有效降低油耗。圖3亦提供各技術使用效果的定量比較，例如混合動力、電動轉向、惰轉休止與連續可變速系統(CVT)為十分有效的選項，可變汽門與檔位6速以上為效果較不突出的技術。

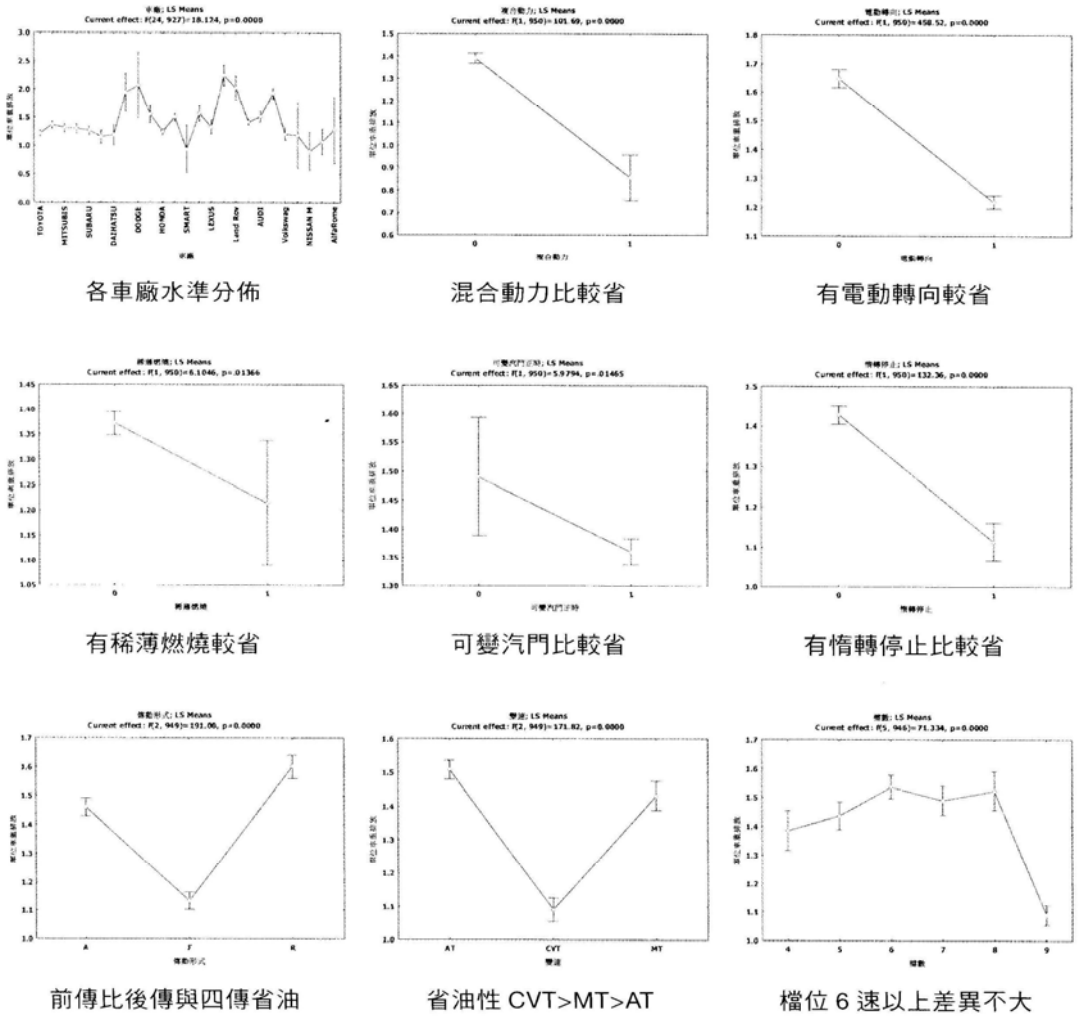


圖 3　日本汽車油耗一覽表 10-15 模式測試轎車數據統計分析結果

五、結論與心得

因篇幅所限，本文無法完整說明本次調查的結果，摘要說明結論與心得如下：

(1) 車輛耗能標準會引導車輛業界開發適合車型，因此提昇耗能標準極具正面意義。

(2) 過於高價的技術選項，例如燃料電池，或是周邊設施投資過大選項，例如氣態燃料，其發展進程應不會如過去預測樂觀（日本通產省曾預測2010 年有500 萬輛FCV），車輛節能主要還是由改進現有設計逐步發展。

(3) 汽油引擎近期節能技術發展，預測包括直接噴射引擎普及化、小型車複合動力化、大型引擎小型化（或休缸）、副件系統電控化等技術。

(4) 柴油引擎近期節能技術發展，預測包括噴射霧化性能再改善（極高壓共軌噴射等）、開發柴油引擎用複合動力系統、燃燒控制化（如均勻混合燃料壓燃HCCI引擎）等技術。

(5) 許多技術選項，例如傳統汽油引擎、車輛風阻係數等，技術發展數十年後，明顯已進入成熟期，邊際效益逐漸降低。未來車輛大幅節能（指降低二氧化碳排放），主要需依靠汽油車複合動力化、汽油引擎轉為柴油引擎、消費者改選較小較輕的車輛以及纖維素酒精等再生性燃料的技術突破。

誌謝

本文為能源局“101年車輛能源效率管理與基準提升之研究計畫”經費補助研究產出成果，特此感謝。

（本文作者任職於工業技術研究院機械與系統研究所智慧車輛組系統整合與應用部資深研究員）