

出國報告(出國類別：開會)

參加美國”SAE 2010 Powertrains, Fuels
and Lubricants Meeting “討論會

服務機關：台灣中油公司煉製研究所

姓名職稱：羅永祥 機械工程師

派赴國家：美國

出國期間：99年10月24日至10月29日

報告日期：100年1月21日

摘 要

2010 年美國自動車工程師協會(Society of Automotive Engineers, 簡稱 SAE)於美國加州聖地牙哥舉辦” SAE2010 年動力系統、燃料及潤滑劑研討會”(SAE 2010 Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting), 研討會於 99 年 10 月 25 日至 10 月 27 日共三天, 與會人員來自亞洲: 日本、印度、韓國、中國大陸及台灣等, 歐美: 美國、加拿大與歐盟各國等之政府官員、石油公司、汽車製造公司、學校單位學者及獨立研究機構等。SAE 的 2010 動力系統, 燃料和潤滑油會議, 會中發表之論文包括: (1) 燃料: 汽油, 柴油, 生質燃料和替代燃料, 添加劑, 以及潤滑劑 (2) 燃燒最佳化: 增壓 / 增壓, 低溫燃燒 (包括 HCCI 燃燒), 餘熱回收等 (3) 降低排氣污染: 催化劑, 後處理, 積污的形成, 燃燒模擬等 (4) 先進的動力系統: 燃料電池汽車的應用, 先進的電池技術, 氫內燃機, 混合動力技術 (5) 引擎尺寸縮小: 更高的引擎單位負荷與最小位移 (6) 先進的燃料噴射- 高壓和多次噴射, 噴霧技術等 (7) 閥系最佳化: 全可變氣門系統, 可變壓縮比等。

在各個領域中, 均有最新之發展, 包括氫氣之燃燒方式, 直接噴射, 分層及擴散燃燒以改進熱效率及降低氮氧化物 (NO_x) 排放; 生質柴油之微粒排放及噴嘴積污之研究; 液化石油氣之銅片腐蝕源頭; 實車行車型態對微粒排放之影響; 燃燒模擬; 機油油耗之源頭 (以放射性物法探討); 廢機油製成合成燃料及鍋爐 NSCR 技術降低柴油車 NO_x 排放物等等研究結果及最新之研究, 除其方法可應用於燃料及潤滑油之研究外, 研究結果亦可供本公司 (台灣中油公司) 生產之參考。

關鍵詞: 生質柴油, 汽油引擎, 汽油直噴, 行車型態, 微粒排放, 氫氣燃燒

目 次

一、目的	3
二、過程	3
(一) 行程概要	
(二) 研討會相關論文摘要說明	3
三、心得與建議	40

本 文

一、目的

化石燃料儲存量有限，加上新興國家之崛起，經濟成長能源需求增加，導致原油價格飆漲，曾高達每桶美金 147 元，另化石燃料之消耗產生相當多之溫室氣體二氧化碳，對地球暖化衝擊生態環境，因此，世界各國皆致力於推動替代能源及提高能源使用效率，用以取代化石燃料，降低二氧化碳排放，以減緩地球暖化，解決生態及氣候危機。替代能源包括生質能，如酒精及生質柴油、氫氣等。本次會議發表之論文一方面探討如何有效之使用替代能源於車輛引擎，一方面亦探討使用替代能源之排放影響，第三方面亦研發新型引擎以適用新能源，並對潤滑油之研發亦是討論焦點，除以新研究方法進行外，亦研發新潤滑劑以節省能源之消耗，其中更有廢機油之再生利用等，以期由各方面節省能源將低溫室氣體之排放，減緩地球暖化，此與本公司之研發目的相符，可提供相當之參考價值。

二、過程

本次會議” SAE 2010 Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting “研討會於 2010 年 10 月 25 日 ~10 月 27 日在美國加州聖地牙哥舉行，研討會場在聖地牙哥 Doubletree San Diego/Mission Valley 旅館之會議中心，近高速公路，離機場約 30 分鐘車程，交通尚稱方便，設備齊全，常作為國際研討會及會議舉辦地點。

(一) 行程概要

日期	行程	備註
99.10.24	桃園機場-美國洛杉磯-聖地牙哥	啓程
99.10.25-99.10.27	參加 SAE 2010 Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting	報到、參加研討會
99.10.28-99.10.29	聖地牙哥-美國洛杉磯--桃園機場	返程

(二) 研討會相關論文摘要說明

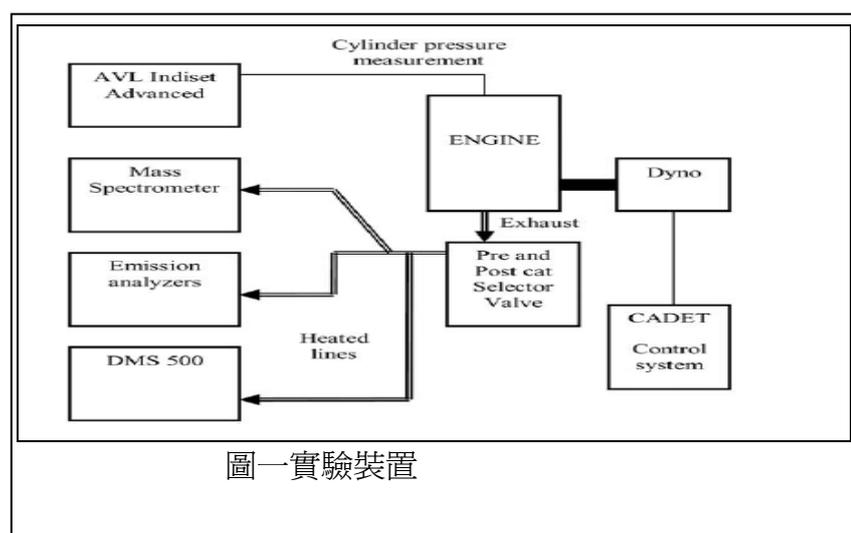
2010 年美國自動車工程師協會(Society of Automotive Engineers，簡稱 SAE)於美國加州聖地牙哥舉辦” SAE2010 年動力系統、燃料及潤滑劑研討會”（SAE 2010 Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting），研討會於 99 年 10 月 25 日至 10 月 27 日共三天，與會人員來自亞洲：日本、印度、韓國、中國大陸及台灣等，歐美：美國、加拿大與歐盟各國等之政府官員、石油公司、汽車製造公司、學校單位學者及獨立研究機構等。SAE 的 2010 動力系統，燃料和潤滑油會議，會中發表之論文包括：（1）燃料：汽油，柴油，生質燃料和替代燃料，添加劑，以及潤滑劑（2）燃燒最佳化：增壓 / 增壓，低溫燃燒（包括 HCCI 燃燒），餘熱回收等（3）降低排氣污染： 催化劑，後處理，積污的形成，燃燒模擬等（4）先進的動力系統：燃料電池汽車的應用，先進的電池技術，氫內燃機，混合動力技術（5）引擎尺寸縮小：更高的引擎單位負荷與最小位移（6）先進的燃料噴射- 高壓和多次噴射，噴霧技術等（7） 閥系最佳化：全可變氣門系統，可變壓縮比等。

茲整理部分聆聽之演講及論文摘要內容如下：

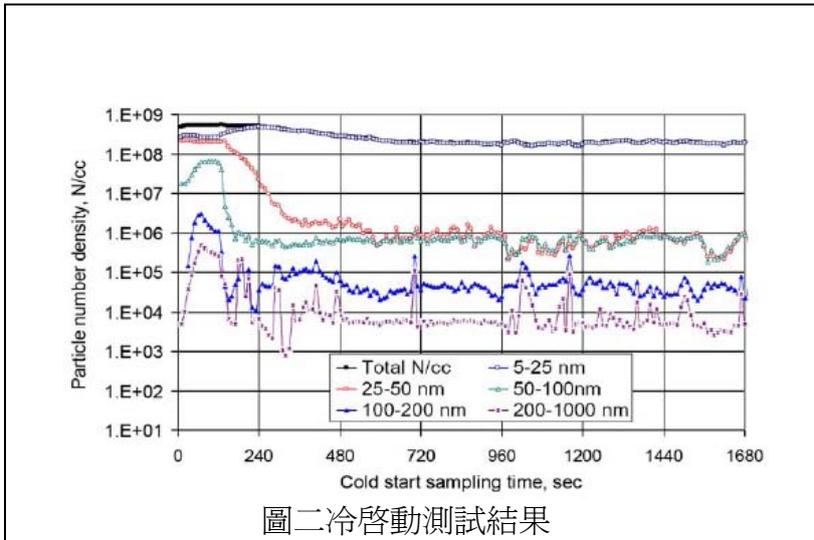
（1）冷起動時狀態下汽油直噴引擎（GDI）觸媒轉化器之作用及微粒狀物質之排放

“Particulate Matter Emissions and the Role of Catalytic Converter During Cold Start of GDI Engine”：

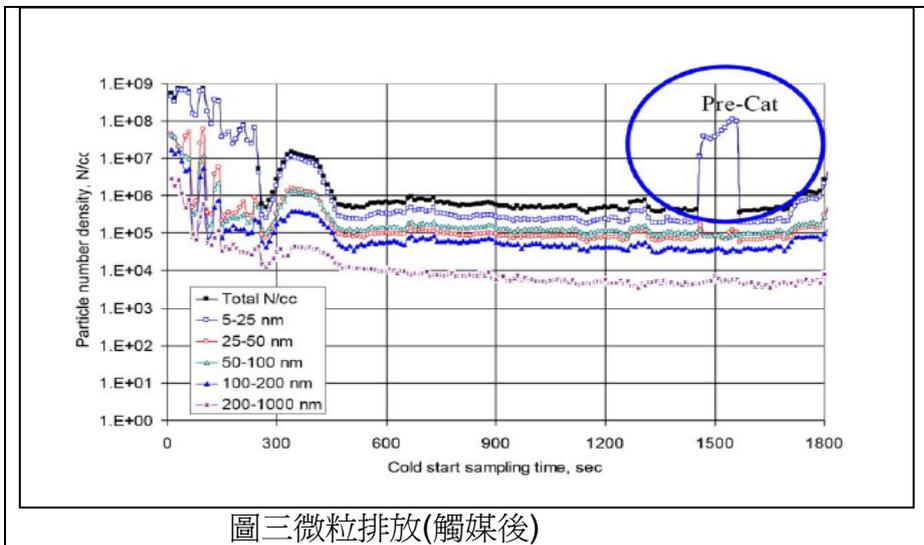
這項工作旨在研究於冷啟動和和暖車操作條件下，源自汽油直噴引擎之奈米尺度之微粒物質；及確定三相觸媒轉化器在冷啟動和和暖車操作條件下對奈米尺度微粒之作用。這項研究使用四行程，1.6 公升，順汽缸壁式汽油直接噴入、渦輪增壓及中間冷卻之引擎，配備有三相觸媒轉化器。它使用了快速的粒子譜儀以測量排氣奈米級微粒高至 1000 奈米直徑。研究顯示：約有 98%的微粒於冷啟動時，直徑低於 25 奈米；在冷啟動時微粒計數量測觸媒轉化器上游之數量為下游者之三個數量級以上；於暖車時期，在低速及低負荷之引擎運轉狀態下，在 5-25 奈米尺寸直徑之微粒，其轉化之特性和 CO 之轉化趨勢相似。



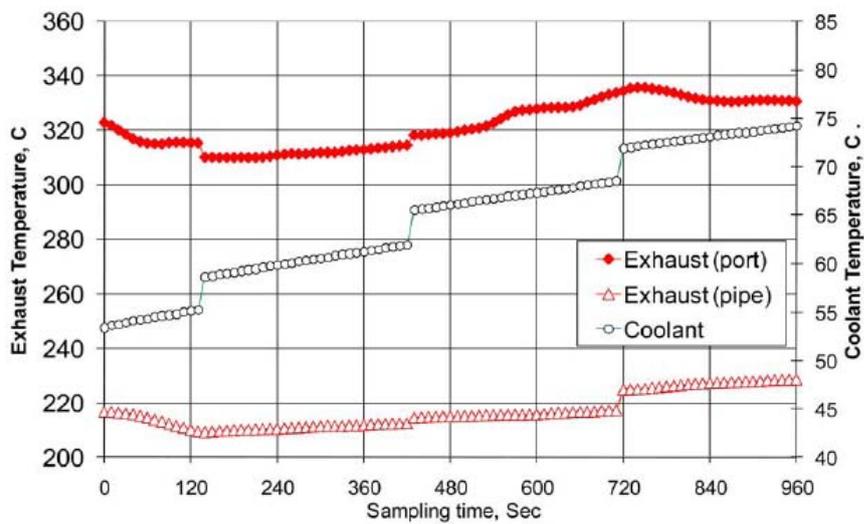
圖一實驗裝置



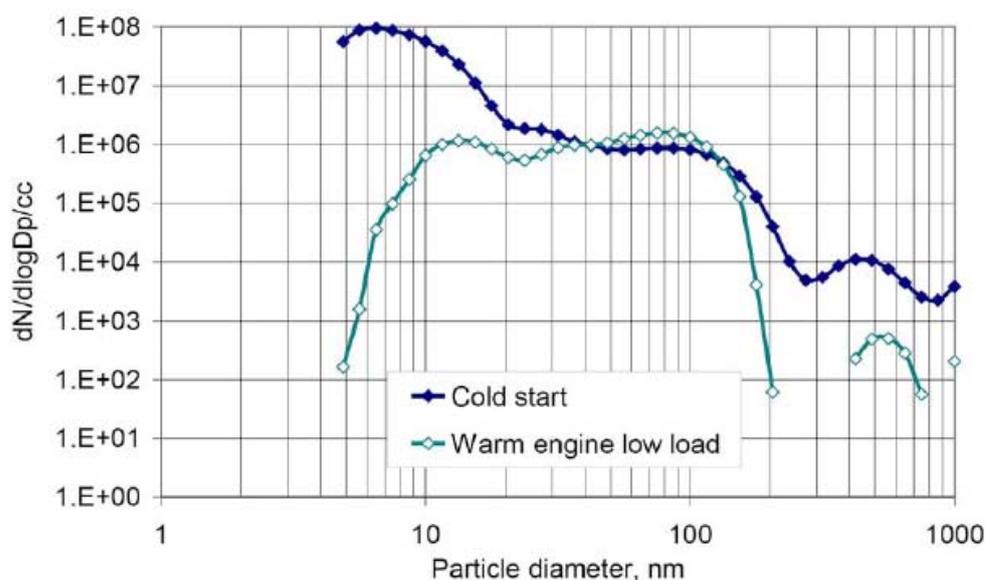
圖二冷啟動測試結果



圖三微粒排放(觸媒後)



圖四冷起動之引擎運轉溫度



圖五觸媒轉化器前之微粒分布型態

(2) 與柴油混合之不同生質燃料成分對引擎效率和排放之影響

(The Impact of Different Biofuel Components in Diesel Blends on Engine Efficiency and Emission Performance)

在德國亞琛工業大學，內燃機研究所“特製生質燃料”卓越群中，進行研究方案以便發掘未來的生質燃料在柴油混合燃料之潛力。在本文中，呈現使用目前和未來的生質燃料之熱力單缸引擎，其引擎效率和排氣之結果。

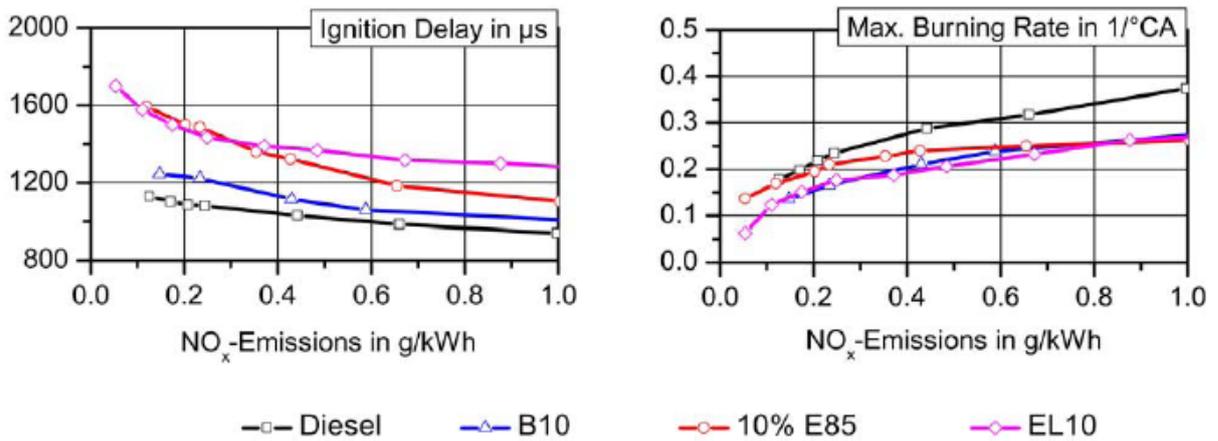
研究分為兩階段：在第一階段，進行菜籽油甲基酯（B100）的和乙醇汽油混合燃料（E85 燃料）。為了探討不同混合燃料之影響，燃料細混合物 10 vol.% 的 B100 或 E85 和 90 vol.% 標準化 EN590 柴油。由於低十六烷值，E85 不能被用於柴油引擎。

為了減少生產生質燃料過程所需的能源，未來的生質燃料將與其進料來源之生物質有相似之分子結構，因此，混合之乙基丙酸乙酯和當今之生質燃料成分做額外之比較。乙基丙酸乙酯可以很容易地從丙酸乙酯（由酸水解纖維素）獲得。先前的研究確認燃油之必要性質，如降低十六烷值，增加含氧量和低沸點，對壓縮點火之燃燒過程之影響。因此，在第二階段，探討 30 vol.% E85，和 70% vol. 柴油和癸醇比較。這兩種燃料具有相同的含氧量，但不同的十六烷值和沸點。

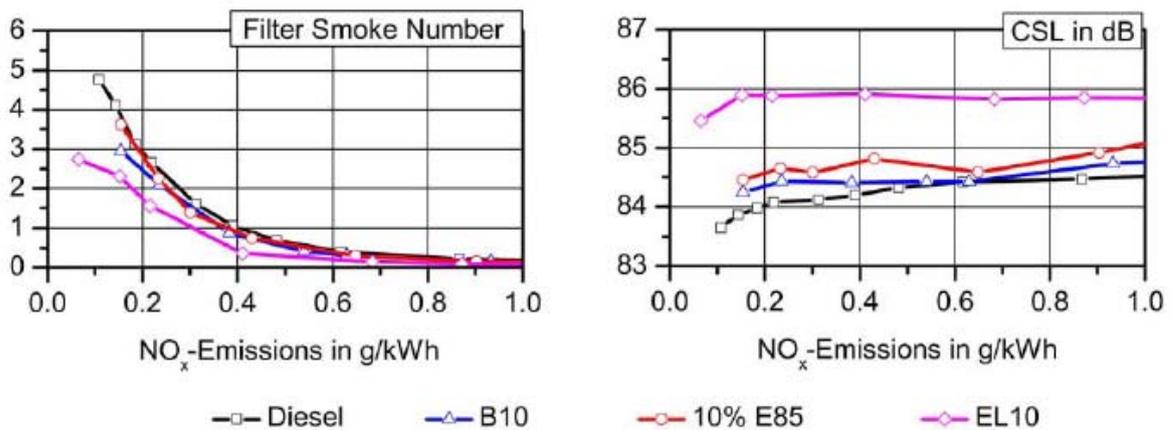
於維持一定之效率下，黑煙排放量可顯著降低達 40%，甚至僅摻混使用 10 vol.% 之生質燃料。此外，實驗結果顯示，摻混較高比例之生質燃料更具高之潛力。總體而言，低排放的微粒物提供好理由去考量生質燃料的測試，以利將來使用柴油引擎。

	Units	Engine
Emission Status	-	Euro 6
Displacement	cm ³	390
Stroke	mm	88.3
Bore diameter	mm	75
Compression ratio	-	15
Valves per cylinder	-	4
Maximum peak pressure	bar	220
Maximum injection pressure	bar	2000
Hydraulic Flow Rate (HFR)	cm ³ /30s	310
Nozzle hole diameter	μm	109
Number of spray holes	-	8
Spray Cone Angle	°	153

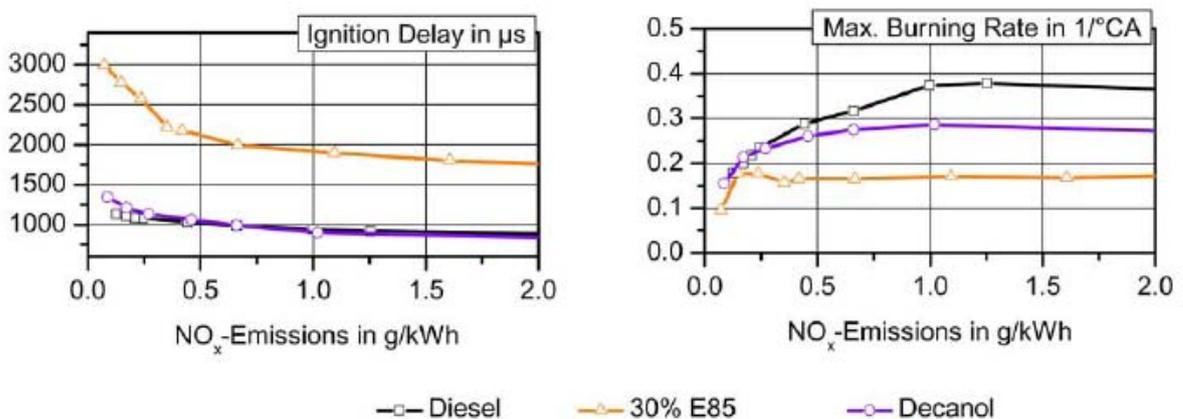
表一 研究引擎之規格



圖六 燃燒特性



圖七 微粒及氮氧化物排放與噪音



圖八 第二階段之結果

(3) 彈性燃料汽車之發展：對動力系統的設計和校準之影響

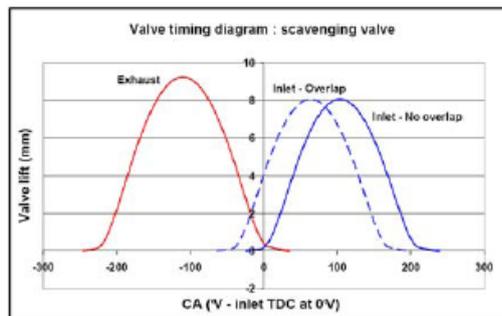
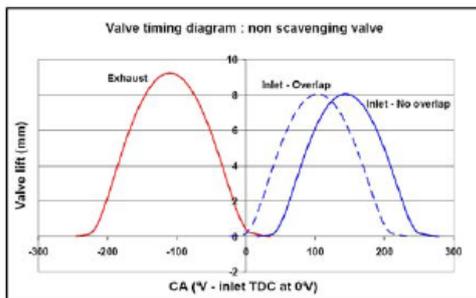
(Development of a Flex Fuel Vehicle: Impact on Powertrain's Design and Calibration)

使用乙醇混合燃料的好處眾所周知，特別是全球二氧化碳減排和性能增加。但使用乙醇作為燃料並非沒有缺點。

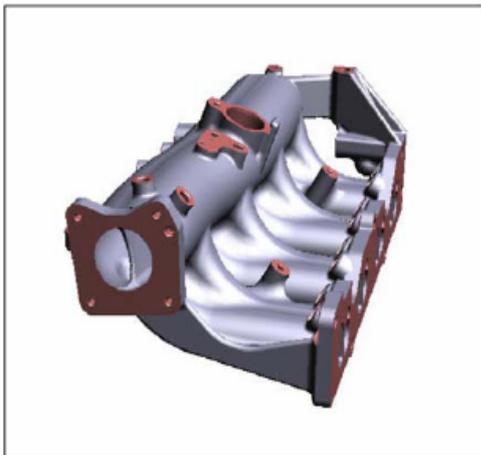
車輛冷啟動能力和自主性明顯降低。這兩個缺點最近已被 IFP 與其伙伴 VALEO 及 Cristal Union 所解決。本文將聚焦於第二個缺點之克服，因 IFP 有責任設計全彈性燃料（從 0 到 100% 的乙醇）車之動力系統，其具備兩個主要目標：減少車輛的燃料消耗和至少維持該車輛之性能。使用 MPI 內部掃氣的概念加上渦輪增壓，以及選擇適當壓縮比，IFP 達成了目標。多虧進氣歧管、進氣凸輪軸以及活塞和連桿耦合之匹配，在壓縮比 10.5，使用 95 辛烷值之無鉛汽油之 2 升引擎，於 2000rpm 和 3500rpm 之間，維持最大不變扭矩 290Nm，在 5500rpm 時有 142kW 輸出動力。但使用乙醇混合燃料時，於 2000rpm 和 3500rpm 之間，扭力達到 350nm，在 5500rpm 有 150kW 輸出動力，從 20% 至 100% 的乙醇燃料皆然。這樣的表現使得可能改變變速箱比，以減少燃油消耗。進氣凸輪軸的結合設計，可變氣門正時和壓縮比增加也提高了在部分負荷時之引擎效率。相對於標準引擎，BSFC 的改善達到 7%（在 2000rpm）和 2bar BMEP。完整的動力總成匹配和引擎控制單元現安裝在車輛和校準工作正在進行，在此試驗台的結果之基礎上。車輛試驗之結果應可在下個秋天達成。

Type	4 cylinders
Cylinder capacity	1998 cm ³
Bore x Stroke	82.7 x 93 mm
Air charge	Twin scroll turbo charger
Compression ratio	10.5 : 1
VVT	intake - 40°V amplitude
Valves / cyl.	4
Injection	Low pressure Multi Port Injection
Max. engine speed	6500 rpm
Max. torque	300Nm (RON95) / 350 Nm (E85)
Max. power	150 kW
Idle speed	750 rpm
Max. torque eng. speed	2000/2500 at 3500 rpm (E85/RON95)
Max. power eng. speed	5500 rpm

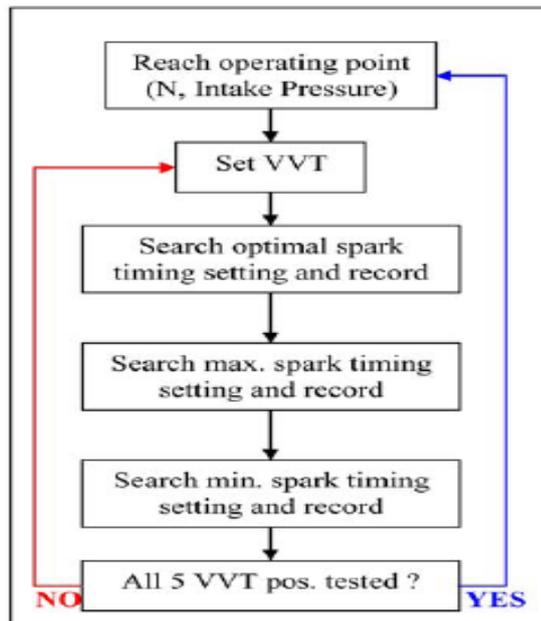
表二 引擎特性



圖九及圖十閥系時序



圖十一 進氣歧管3D圖



圖十二 測試步驟

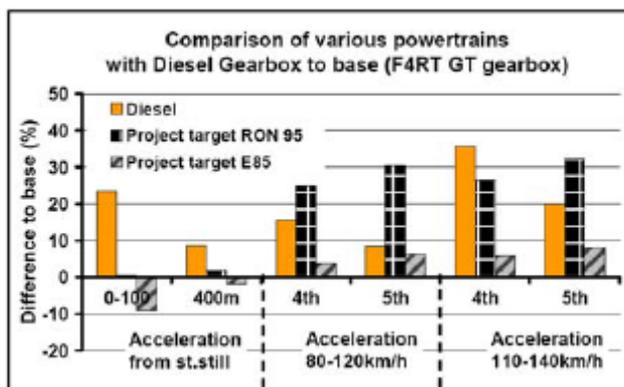


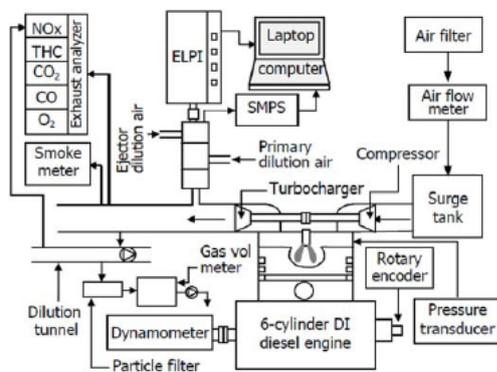
圖 十三 動態評估

(4) 燃料氧含量對使用柴油及含氧燃料摻和之引擎性能和廢氣排放，包括超微粒子之影響 (Effect of Fuel Oxygen on Engine Performance and Exhaust Emissions Including Ultrafine Particle Fueling with Diesel-Oxygenate Blends)

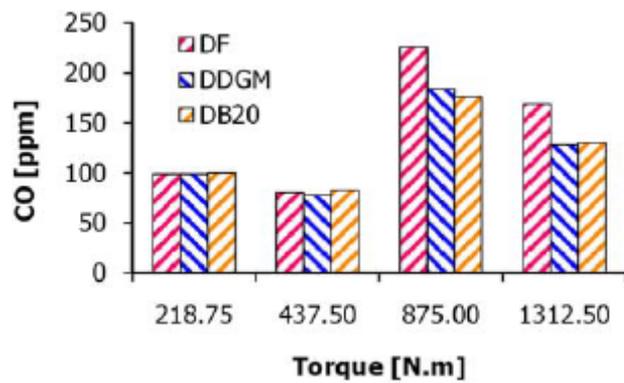
本研究利用添加兩種含氧燃料與歐洲汽車柴油燃料 (DF) 摻和燃料之四行程，6 缸，渦輪增壓直接噴射 (DI) 柴油引擎進行試驗，以研究引擎性能和廢氣排放，特別針對微細顆粒排放。在本研究中，20% 麻瘋樹生質柴油添加柴油燃料 (DF)，而 6.31% 二甘醇第二甲醚 (DGM) 被添加到柴油燃料，以維持相同含氧百分比 (2.26 wt%) 於混合燃料中。該燃料標示為 DDGM 代表 DF-DGM 摻合燃料，DB20 代表 DF 和生柴摻合燃料。微細粒子數利用掃描流動粒度儀 (SMPS) 偵測；一氧化碳 (CO)，總碳氫化合物 (THC)、黑煙、總粒狀物 (TPM) 和氮氧化物 (NO_x) 亦進行測定。結果顯示：在累積模式 (粒徑範圍 50-225 奈米)，兩種含氧混合燃料 (DDGM 和 DB20) 和 DF 相比，微細粒數明顯降低；然而，在範圍 5 至 50 奈米，DB20 之粒子數顯著提高；以重量法量測之 TPM，DDGM 和 DB20 均較低；DDGM 和 DB20 減少一氧化碳，總碳氫量和黑煙。對兩種摻合燃料，氮氧化物排放量不變或略有增加。

Engine type	Scania DC 1102
Compression ratio	18:1
Number of cylinders	06
Firing sequence	1-5-3-6-2-4
Bore	127 mm
Stroke	140 mm
Displacement volume	1773 cm ³
Maximum torque	1750 @ 1080-1500 rpm
Maximum power	280 kW @ 1800 rpm
Needle opening pressure	220 bar
Injection system	Unit injector
Size and number of holes	φ 0.216 mm x 8

表三 測試引擎規範



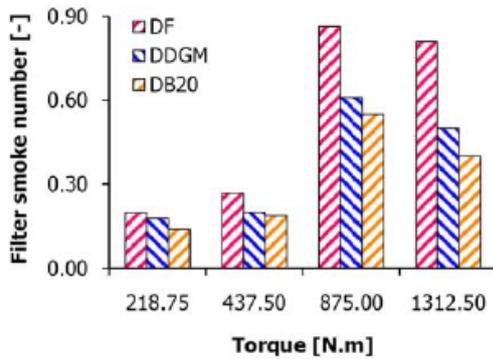
圖十四 測試裝置



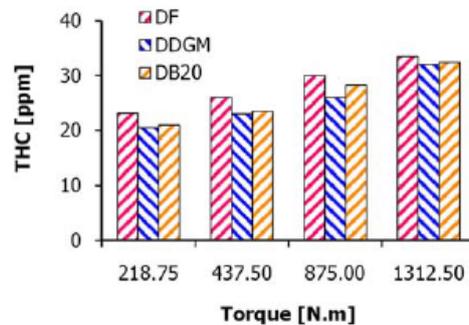
圖十五 三種燃料之CO排放

Properties	Method	Fuels			
		DF	B100	DB20	DGM
Kinematic viscosity @40°C [cSt]	EN 3104	2.56	3.70	2.77	N/A
Density @15°C [kg/m3]	EN 3675	842	879	850	945
Boiling point (BP) [°C]	ASTM D86	176-341	301-355	198-346	162 (Final BP)
Sulfur content [mg/kg]	EN 20846	2.75	1.10	1.96	0.0
Cetane number [-]	ASTM D613	49.3	52.5	N/A	126
Calorific value [MJ/kg]	ASTM D4529	42.1	37.3	41.0	24.5
CFPP [°C]	EN 116	-28.0	-8.0	-22	N/A
Carbon [% w/w]	ASTM D3176	85.9	77.0	84.0	53.73
Hydrogen [% w/w]	ASTM D3176	14.1	11.8	13.7	10.45
Oxygen [% w/w]	ASTM D3176	0.0	11.3	2.26	35.82

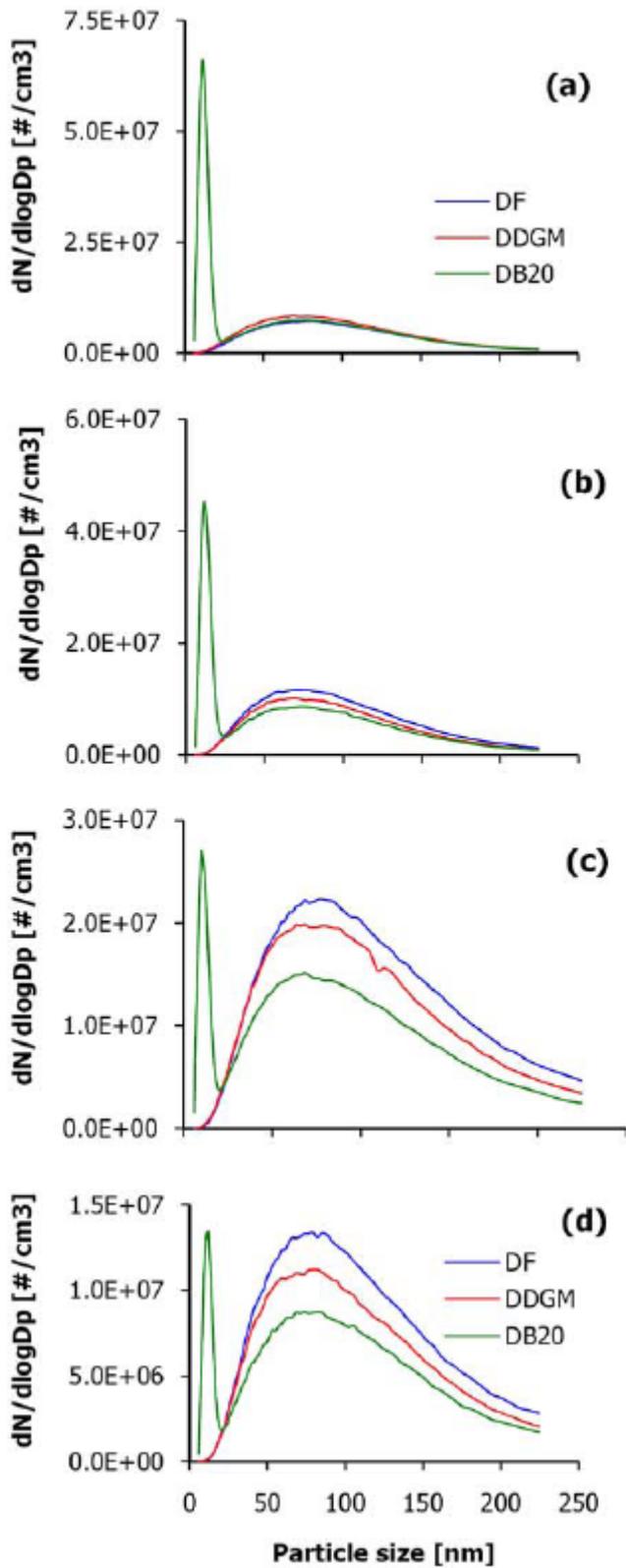
表 四 測試燃料性質



圖十六 三種燃料之黑煙排放



圖十七三種燃料之碳氫化合物排放



圖十八 三種燃料之微粒尺寸分佈

(5) 以光學法與熱力學法研究未來燃燒系統之基準燃料 (Optical and Thermodynamic

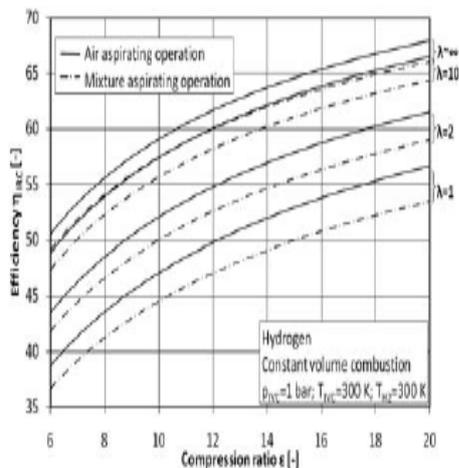
Investigations of Reference Fuels for Future Combustion Systems) 化石燃料供應的有限性和不穩定性，導致對替代和再生燃料的研究需求越來越大的和持續進行。本研究探討訂製燃料對減少引擎廢氣排放，同時保持引擎效率和可接受的噪音水平之潛在可能性。在本文中呈現柴油引擎燃燒相關之基礎結果。為了使引擎有最佳之性能，進行了一系列不同參考燃料之研究。本研究採用熱力柴油單缸研究引擎光可及之燃燒室，探討不同的物理和化學性質對排放物形成和引擎性能之基本影響。根據不同的鏈長和分子結構，燃料成份之十六烷值和沸點等有所不同。因此，不同的碳氫化合物包括正庚烷，十二烷，和異葵醇均進行了探討。為獲得未來燃料排放形成過程之知識，引擎試驗條件訂於四種部分負荷和全負荷。研究顯示：沸點上升會導致黑煙顯著提高。為了解排放形成的影響（尤其是較高黑煙形成的正十二烷），一種相當於共軌柴油噴射系統被安裝在一個燃燒室，以提供近靜態高壓和高溫條件。使用兩種不同的光學分析測量技術探討燃燒和黑煙的形成。熱反應區使用氫氧化學發光成像儀觀察。此外，累積圖像的自然黑煙的火焰光度亦可獲得。點火延遲、火焰滲透長度和非穩態上升長度亦被決定的。特別之結果顯示，在研究之部分負荷條件下，碳煙之形成和燃料的十六烷值強烈相關。在這種綜合方法研究中，熱力引擎和一個光學可及之燃燒室提供了不同的燃料性質對排放行為之潛在影響之詳盡分析。

在柴油燃燒系統中，不同的燃料性質對排放物形成之影響將被確認和討論。特別是，探討十六烷值、沸點和氧氣含量的影響。相對較高的黑煙形成之正庚烷重現於透明之燃燒室。排放行為可用以建立之火焰和液相燃料之重疊來解釋。

(6) 氫直噴式操作之燃燒系統之效率改善 (Efficiency Improved Combustion System for Hydrogen Direct Injection Operation)

本文所紀錄之研究活動，旨在提高氫氣為動力的直接噴射式引擎的效率。在最近的一次重大改變係在阿貢國家實驗室之實驗用氫單缸研究引擎提升格為新的引擎，比它的前身具有更大的壓縮比和較長的活塞行程相。燃燒室具更高的壓縮比和更有利之體積表面比，係著重於提高實驗裝置之整體效率。

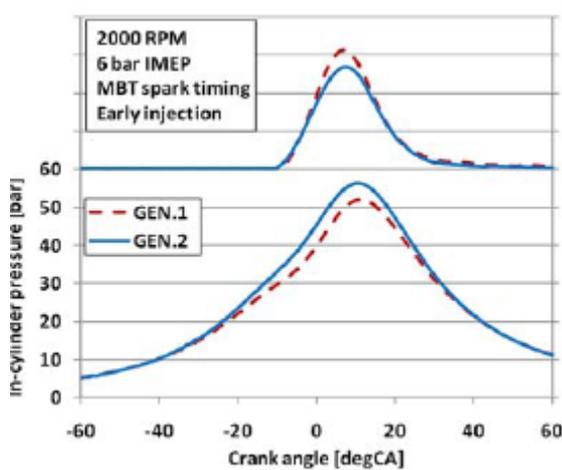
此外，新系列快動作，壓電激發之噴嘴是用於新的引擎，以提供直接噴射策略最佳化之靈活度。本研究的重點是比較在相似的引擎操作條件下，相對於基準與改善後單缸引擎之實驗數據。比較顯示，新引擎配置有高達 6% 的指示熱效率的增加。個別損失的詳細分析顯示，效率的提高主要是由於較高的理論效率以及降低汽缸壁之熱損失。隨後，改善後的引擎其燃燒相，引擎負荷及噴射起始對引擎的效率和 NO_x 排放之影響亦進行了分析。數值模擬亦進行以了解相關之物理作用，並進一步解釋實驗結果。改進後的引擎配置如增加進氣和排氣壓力及模擬渦輪增壓條件之初步測試結果，估計可達到制動熱效率 43.4%，藉由噴射戰略最佳化有進一步改善空間。



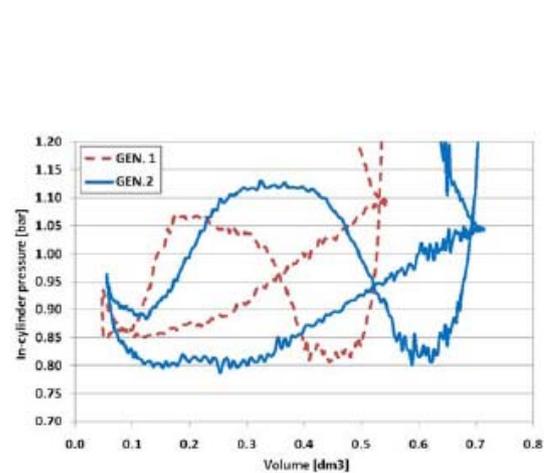
圖十九 理論之熱效率圖

Engine	GEN. 1	GEN. 2
Displacement [l]	0.5	0.66
Bore/Stroke [mm]	89/79.5	89/105.8
Bore/Stroke ratio [-]	1.12	0.84
Compression ratio [-]	11.5	12.9
Intake valve timing	IVO = 15 degCA BTDC IVC = 35 degCA ABDC	
Exhaust valve timing	EVO = 45 degCA BBDC EVC = 10 degCA ATDC	
Injector actuation	Solenoid	Piezo
Inj. pressure [bar]	100	
Injector nozzle	1 hole	5 hole

表五 引擎規格比較



圖二十 壓力與熱釋放率



圖二十一 壓力軌跡

(7) 潤滑油對軍用車輛燃料效率之影響 (Fuel Efficiency Effects of Lubricants in Military Vehicles)

美國陸軍正在設法減少燃料消耗，即使用節能潤滑劑於其地面車隊。另一個對潤滑劑之需求將包括一個全天候（極地至沙漠），節能及多功能的單一的通用動力系統潤滑劑（SCPL），且具有更長之換油里程。為量化使用於引擎和變速箱的 SCPL 型液對燃油效率的影響，目前符合 MIL - PRF - 46167D 極地機油取代符合 MIL - PRF - 2104G 15W - 40 機油和使用中之 SAE J1321 省油耗油已進行。此外，合成之 SAE 75 W - 140 齒輪油亦取代 SAE J236080W - 90 油置於車輛的車軸，進行評估。用於本研究之測試車輛為三輛 M1083A1 5 噸貨運車輛，屬中型戰術車輛系列（FMTV）。在 M1083 採用了卡特彼勒 C7 ACERT 引擎，艾里遜 MD3070PT 7 - 速自動變速器，和羅克韋爾 / 阿爾文 - 馳 7.8:1 單級速，amboid 齒輪，斜齒輪端減速車軸。每個測試部分包括車輛運轉超過 67.6 公里（42 英里），於速度當然 40.2 和 80.4 公里/小時（25 和 50 英里）。在這些速度之選擇，係具有代表性的實際軍事車輛使用中車隊式經營。每個測試部分比較其先行運行燃油消耗之基準。油耗改

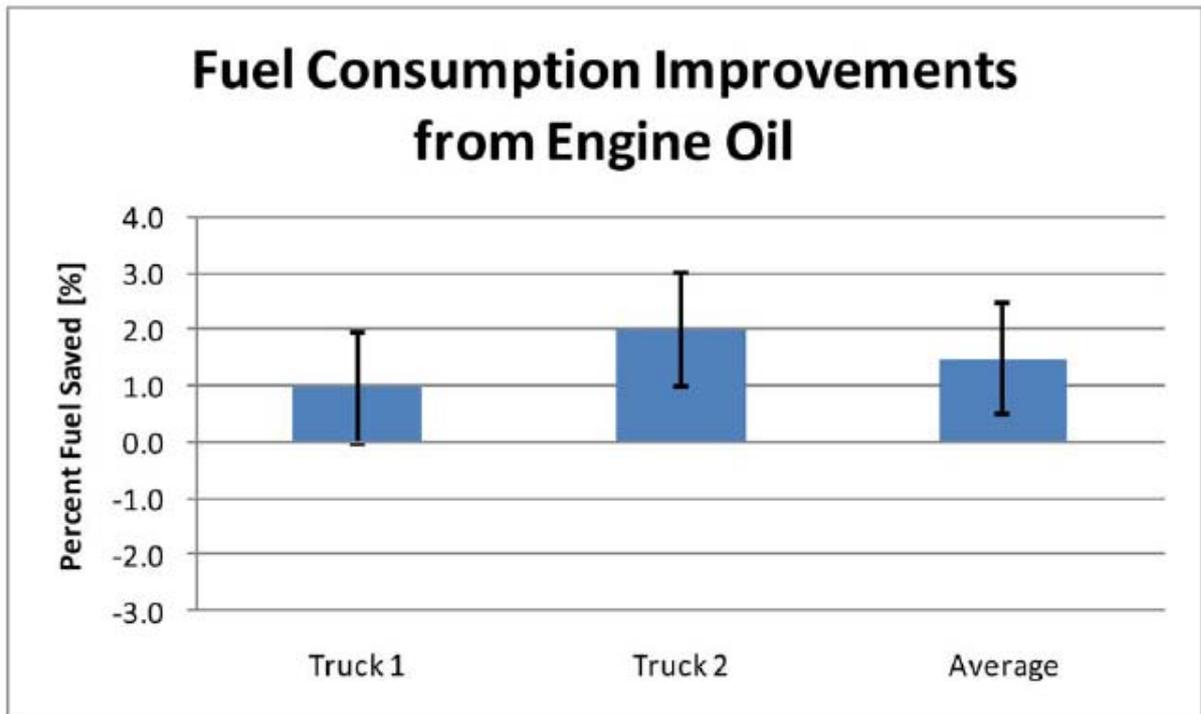
善展現係引擎和傳動測試段時之潤滑油粘度降低。



圖二十二 美軍軍車

Both Trucks Filled with Same Oil	Control Truck Fuel Consumed B1	Baseline Run 1 T/C Ratio	Baseline Segment Average T/C ratio (all T/C ratios within 2% band)	Completed J1321 Test for Candidate Fluid - Percent Fuel Saved or Fuel Consumption Improvement Based Upon Change in Segments T/C Ratios
	Test Truck Fuel Consumed B1			
	Control Truck Fuel Consumed B2	Baseline Run 2 T/C Ratio		
	Test Truck Fuel Consumed B2			
	Control Truck Fuel Consumed B3	Baseline Run 3 T/C Ratio		
	Test Truck Fuel Consumed B3			
Test Truck Filled with Candidate Oil, Baseline Truck Remains Filled with Baseline Oil	Control Truck Fuel Consumed T1	Test Run 1 T/C Ratio	Test Segment Average T/C ratio (all T/C ratios within 2% band)	
	Test Truck Fuel Consumed T1			
	Control Truck Fuel Consumed T2	Test Run 2 T/C Ratio		
	Test Truck Fuel Consumed T2			
	Control Truck Fuel Consumed T3	Test Run 2 T/C Ratio		
	Test Truck Fuel Consumed T3			

表六 SAE J1321 測試步驟



圖二十三 燃油油耗改善

(8) 採用高剪切粘度流體之液壓系統效率評估 (Evaluation of Hydraulic Efficiency Using High-Shear Viscosity Fluids)

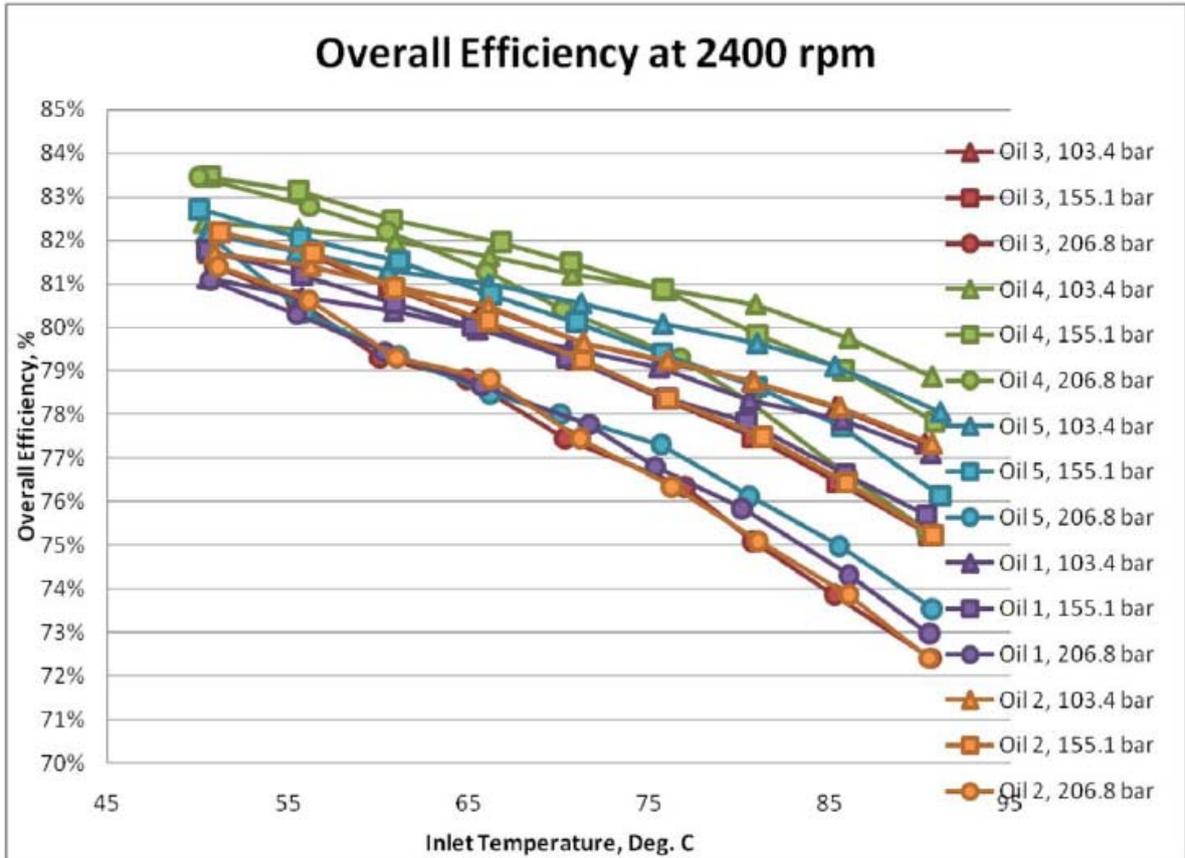
化石燃料的消耗對路上和非路上系統在經濟和環境的衝擊均是重要因素。因為燃料消耗，可直接關聯到設備的效率，在效率的獲益能降低經營成本，及節省不可再生資源。流體性能直接影響液壓系統的效率。已發展一個測量流體的影響的程度，即典型的非公路應用泵浦中，由機械動力有效地轉換為液壓動力的過程。



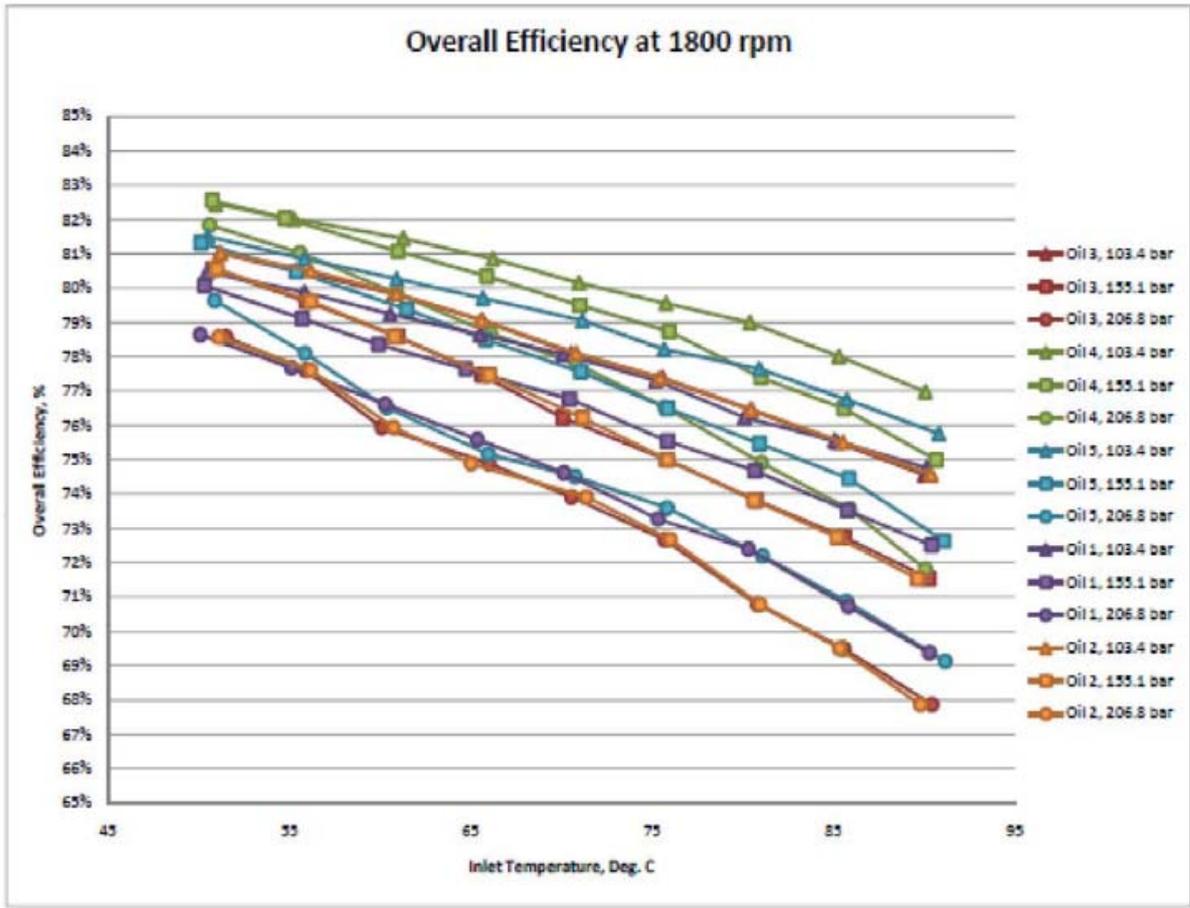
圖二十四 測試泵



圖二十五西南研究所液壓油測試設備



圖二十六 2400RPM之總體效率



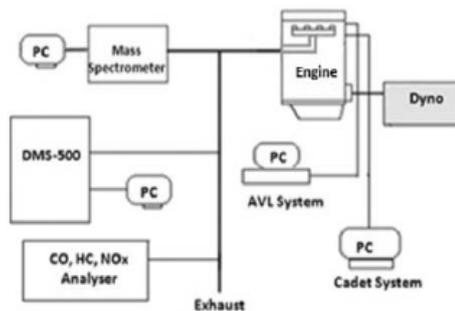
圖二十七 1800RPM之總體效率

(9) 汽油渦輪增壓中間冷卻之直噴引擎之奈米級微粒之特性 (Characteristics of Nano-Scale Particulates from Gasoline Turbo-Intercooled Direct-Injection Engine)

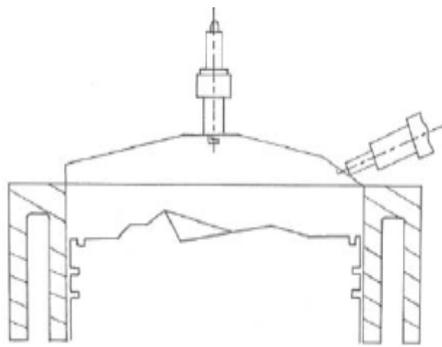
這項研究旨在確認，直接噴射火花點火(DISI)引擎內，控制微粒生成和大小分佈的因素。本研究之測試引擎使用1.6升缸壁導引DISI，具渦輪增壓，中間冷卻，直列4缸，歐盟四期引擎。排氣採樣點位於觸媒轉化器之前，即量測引擎排出廢氣。本文第一部分探討，DISI及節氣門體噴射引擎之PM數量和大小分佈的特性。第二部分探討DISI引擎燃燒特性對5nm和10nm的(核)和200奈米(積累)PM數量之影響。累積100次循環，以統計變異係數(COV)分析壓力上升最大速率(RPmax)與5nm, 10nm及200nm的總微粒數之關係。

Bore (mm)	77.0
Stroke (mm)	85.8
Displacement (cc)	1598
Compression Ratio	10.5:1
Rated Power	132kW @6000rpm
Rated Torque	240Nm @4000rpm

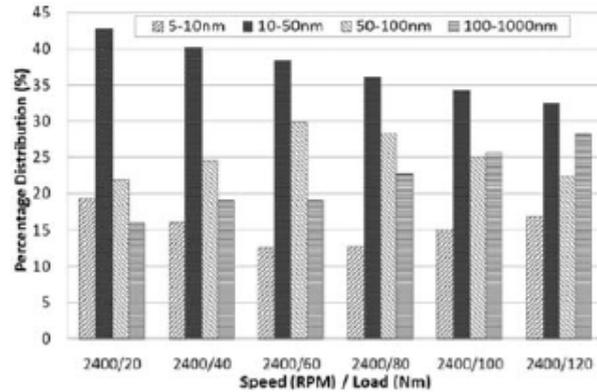
表七 測試引擎規範



圖二十八測試裝置



圖二十九 缸壁導引之直接噴射



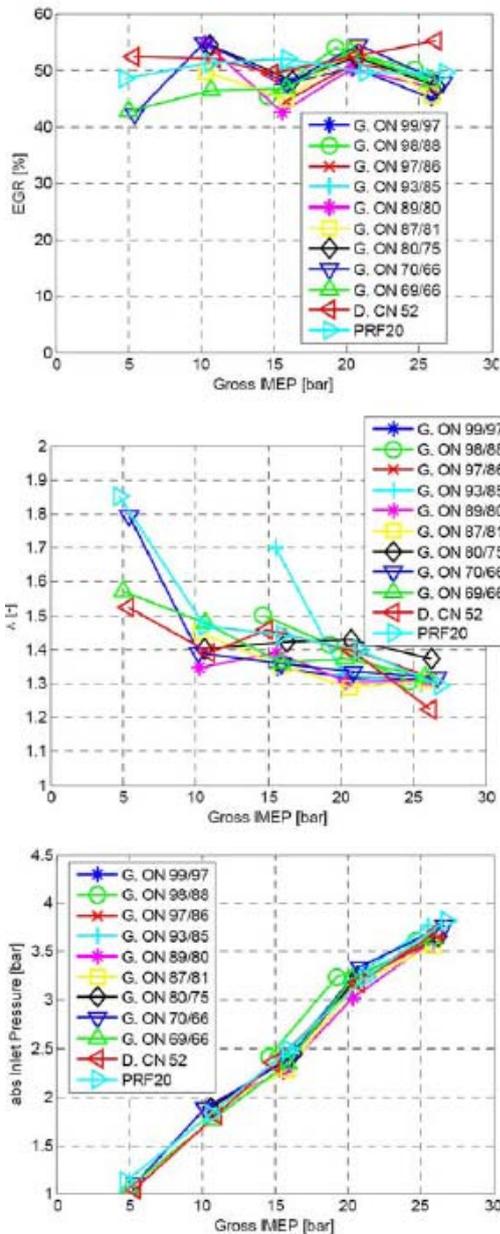
圖三十 微粒分佈圖

(10) 一種從惰轉至最大負載低排放和高效率先進的內燃機概念，使用汽油部分預混燃燒 (An Advanced Internal Combustion Engine Concept for Low Emissions and High Efficiency from Idle to Max Load Using Gasoline Partially Premixed Combustion)

一個斯堪尼亞 13 1 修改為單缸情使用九種汽油沸點範圍之燃料，但不同的辛烷值，連同 PRF20 和 MK1 柴油。十一個燃料進行測試，負載介於 5 和 26 bar IMEP 在 1250 轉以及在空轉 (2.5bar IMEP, 600 轉)。入口溫度維持在 303K 下，加壓與負荷成正比，對每種燃料，如果點燃限已達到時，即停止負荷增加。燃料辛烷值範圍分別為 93-100 和 80-89 時，發現其低負荷限為 15 和 10 bar IMEP，而燃料辛烷值 70 以下能夠使用於整個負荷範圍，包括惰轉。經過仔細挑選的增壓壓力和 EGR，在先前特定的負荷範圍內，達到指示效率 52 至 55%，而氮氧化物範圍介於 0.1 和 0.5g/kWh。在高負荷時，在最差的例中，九種汽油有 0.5 FSN 的黑煙塵，而柴油為 2.8 FSN。在論文中表明，係化學因素，而非混合，是這很大的差距之原因。進行評估兩種最好的燃料的制動參數。結果發現，黑煙低，同時在某些情況下低於歐盟第六期和 US10 法規。氮氧化物一直低於歐盟六期，在某些情況下，只有輕微超出 US10 法規。在高負荷下，估計兩種例子之制動效率大約 50%。結果全部達成在可接受水準下，保持最大壓力升高率。

	RON	MON	C	H/C	O/C	LHV [MJ/kg]	A/F stoich
FR47335CVX	99	97	7.04	2.28	0.00	44.30	15.10
FR47332CVX	98	88	6.61	2.06	0.07	39.70	13.44
FR47337CVX	97	86	7.53	1.53	0.00	42.10	14.03
FR47338CVX	89	80	7.21	1.88	0.00	43.50	14.53
FR47330CVX	87	81	7.20	1.92	0.00	43.50	14.60
FR47331CVX	93	85	6.90	1.99	0.03	41.60	14.02
FR47336CVX	70	66	7.10	2.08	0.00	43.80	14.83
FR47334CVX	69	66	7.11	1.98	0.00	43.80	14.68
FR47333CVX	80	75	7.16	1.97	0.00	43.70	14.65
PRF20	20	20	7.20	2.28	0.00	44.51	15.07
MK1	n.a.	20	n.a.	1.87	0.00	43.15	14.90

表八 測試燃料之性質



圖三十一-EGR與進氣壓力

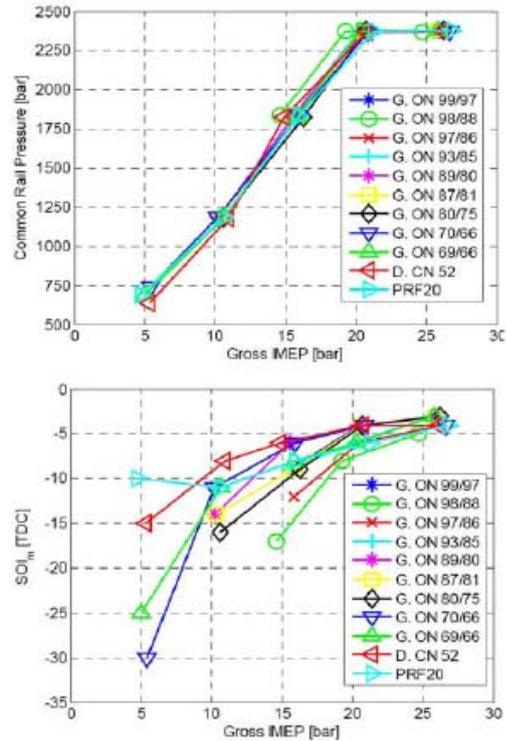


Figure 2. Common rail pressure and start of main injection as a function of load and fuel type.

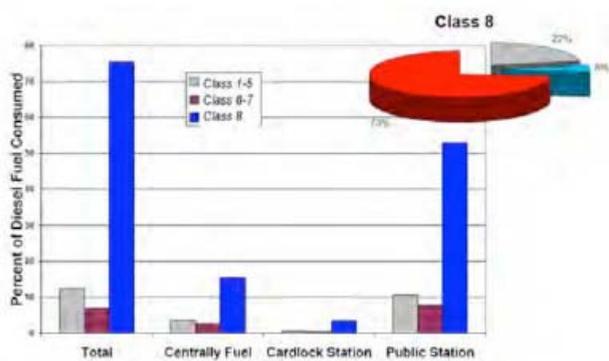
圖三十二最大缸壓及燃燒相

(11) 使用清潔，高效率引擎之酒精燃料重型車輛 (Alcohol Fueled Heavy Duty Vehicles Using Clean, High Efficiency Engines)

非石油基的液體燃料是不可避免的，以減少石油的依賴和溫室氣體的產生。增加酒精燃料以替代石油的燃料可 以下列方式達成：1) 使用於高效率的火花點火引擎，其運用重負荷以及輕負荷運轉和 2) 使用甲醇及乙醇。 甲醇是液體燃料，可以熱化學法氣化煤，天然氣，廢棄物或生質物達到最有效的生產。乙醇的生產亦可以使用此製程，但在效率較低，成本較高。煤基甲醇在中國初期有限的使用作為運輸燃料。

甲醇有可能於具燃料成本的經濟競爭力下，從天然氣生產，且實質與汽油有同樣的溫室氣體的影響。廢棄物產生之甲醇也可以是一個負擔得起的低碳燃料。在本文敘述模擬研究酒精燃料的運轉於高渦輪增壓，直接噴射，火花點火之引擎，具高壓縮比。該研究顯

示，此些引擎可比擬柴油或更有效，同時還具有降低汽車低成本，低排放和高功率之引擎優勢。酒精蒸發冷卻可抑制強烈的爆震，使得運轉功率密度（每公升馬力）高達柴油引擎之三倍，由於增加了發動機的扭矩和高轉速而得。這使得高度精簡尺寸之酒精引擎有其可能（如：A 15 升柴油引擎可能被排量 7 升或更少的 SI 引擎取代）。M85 中（約 85 % 甲醇，15% 汽油體積比）大約有 60% 的柴油燃料的熱值，於相同的燃料箱的大小。然而，從高度精簡尺寸引擎之減重基本上可以彌補增加的酒精箱 和燃料的重量，以獲得相同之動力柴油車輛。我們將討論與酒精燃料汽車運轉各種混合的汽油和酒精，增加利用餘熱額外的車上酒精重組以提高效率的可能性。三燃料（甲醇/乙醇/汽油）運轉彈性燃料亦進行了討論。



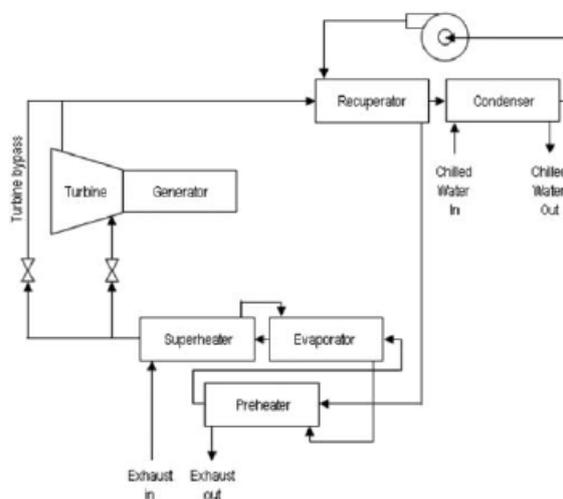
圖三十三柴油消耗百分比

		A100	B25	B50	B75	B100
Fuel energy flow rate	kJ/s	660	221	398	584	742
Diesel						
Temperature, post turbine	(K)	654	580	598	625	665
Mass flow rates	kg/s	0.41	0.24	0.35	0.44	0.48
Recoverable energy	kJ/s	38	2	10	26	50
Fraction recoverable			0.01	0.02	0.04	0.07
SI						
Temperature, post turbine	(K)	849	787	869	880	884
Mass flow rate	kg/s	0.24	0.08	0.14	0.20	0.26
Recoverable energy	kJ/s	81	21	52	77	102
Fraction recoverable		0.12	0.09	0.13	0.13	0.14

圖三十四各種燃料性質

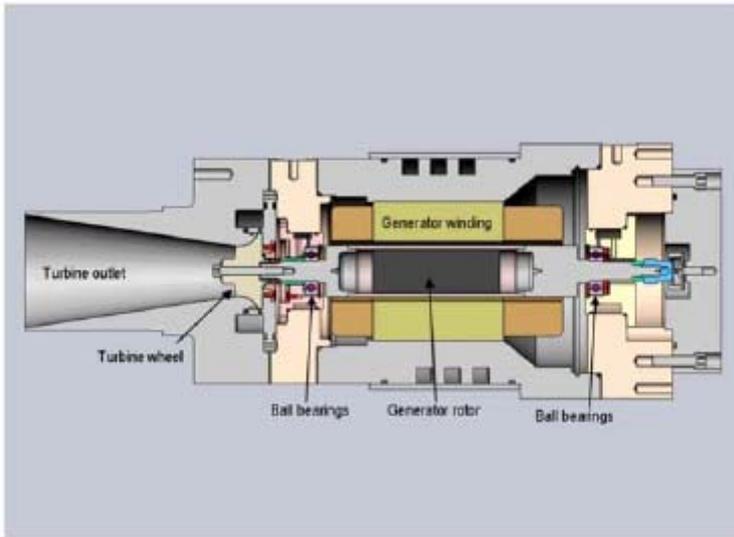
(12) 輕型柴油引擎廢熱回收系統 (A Waste Heat Recovery System for Light Duty Diesel Engines)

為了實現提出燃油經濟性的要求，引擎必須更有效地利用現有的燃料能源。無論引擎的效率有多高，仍然會有相當一部分的燃料能源排入排氣和冷卻系統。一種可行的餘熱回收技術係一種朗肯循環。這循環使用這些熱流加熱工作流體，工作流體膨脹通過渦輪產生軸功率。目前的工作所開發這種系統適用於輕型柴油引擎。這個實驗目的是要最大化引擎最高制動熱效率，組合的系統達到 45% 之效率。進行討論該系統的設計及性能實驗結果。對該系統在典型工作條件下之可能性進行評價，以確定安裝這樣一個系統於車輛中之實用性。

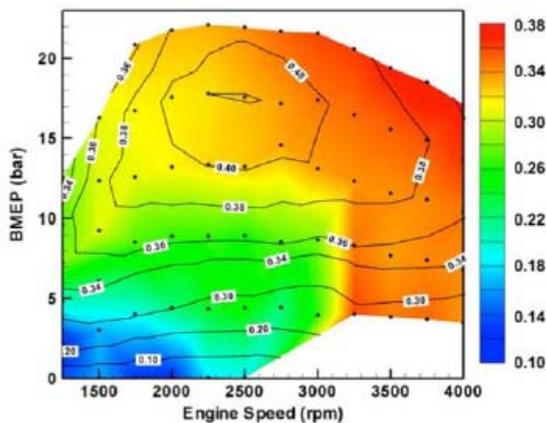


圖三十五 ORC 裝置

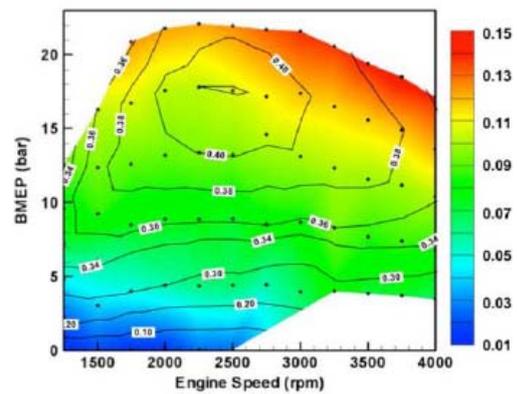
圖三十六裝置示意圖



圖三十七渦輪發電機剖面圖



圖三十八 能源圖



圖三十九 能源圖

(13) 使用在汽缸內混合汽油和柴油燃料之柴油引擎之排放特性 (Emission Characteristics of a Diesel Engine Operating with In-Cylinder Gasoline and Diesel Fuel Blending)

先進的燃燒制度，如均質進氣壓燃式 (HCCI) 和預混進氣壓縮點火 (PCCI) 可減少氮氧化物 (NO_x) 和微粒子 (PM) 的排放量。然而，這些燃燒策略往往產生更高的一氧化碳 (CO) 和碳氫化合物 (HC) 排放。此外，這些模式亦增加醛和酮排放量。在本研究中，探討使用一個反應性控制燃料之 PCCI 燃燒方式，利用汽缸內混合汽油和柴油之壓燃式引擎之排氣特性。本工作以一個 1.9 升的 4 缸柴油引擎，配備了一個孔式燃油噴射系統，以將汽油輸入引擎。該引擎運轉於 2300 轉和 4.2bar 制動平均有效壓力 (BMEP)，而汽油和柴油之比例訂於使引擎的效率最高和最低的排放。引擎排出的醛，酮和 PM 排放量亦和傳統的柴油引擎比較。採樣和分析位於排氣微型稀釋管道的下方。微粒幾何平均直徑，數量、尺寸分佈，和總數量濃度以掃描移動粒度儀 (SMPS) 量測。對於微粒質量測量時，樣本收集於聚四氟乙烯塗層之石英纖維過濾器並分析重量。氣態

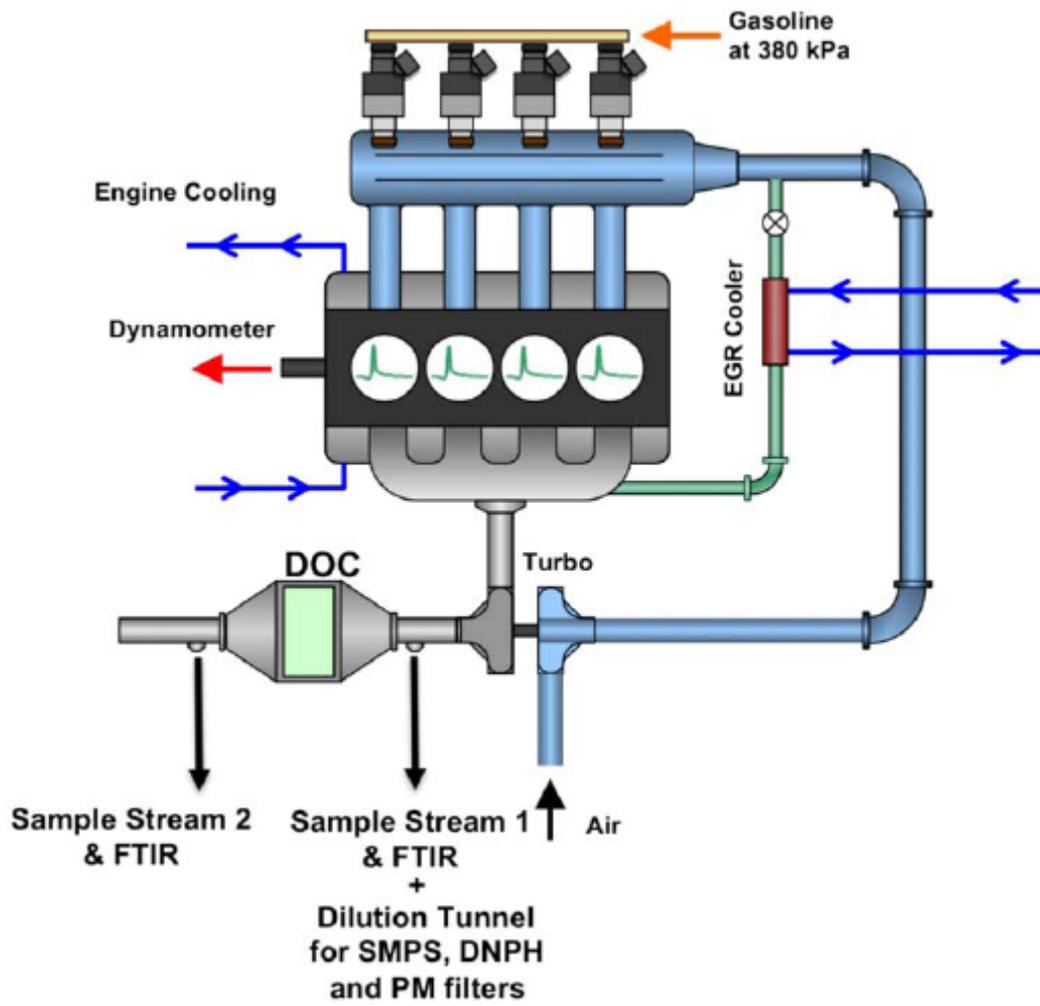
醛和酮之抽樣係使用二硝基苯肼塗層之固相萃取盒，萃取物以分析色譜 / 質譜 (LC / MS) 分析。此外，柴油氧化觸媒後之排氣亦進行測量，以探討觸媒對 CO, HC 和甲醛的破壞。

Engine Type	GM direct injection diesel engine
Number of cylinders	4
Displacement	1.9-liter
Bore x stroke	82.0 x 90.4 mm
Compression ratio	17.5
Piston Geometry	Bowl-in-Piston
Number of valves per cylinder	4
Injection System	Common Rail
Injector Location	Centrally Mounted
Rated Power	110 kW at 4000 rpm
Rated Torque	315 Nm at 2000 rpm

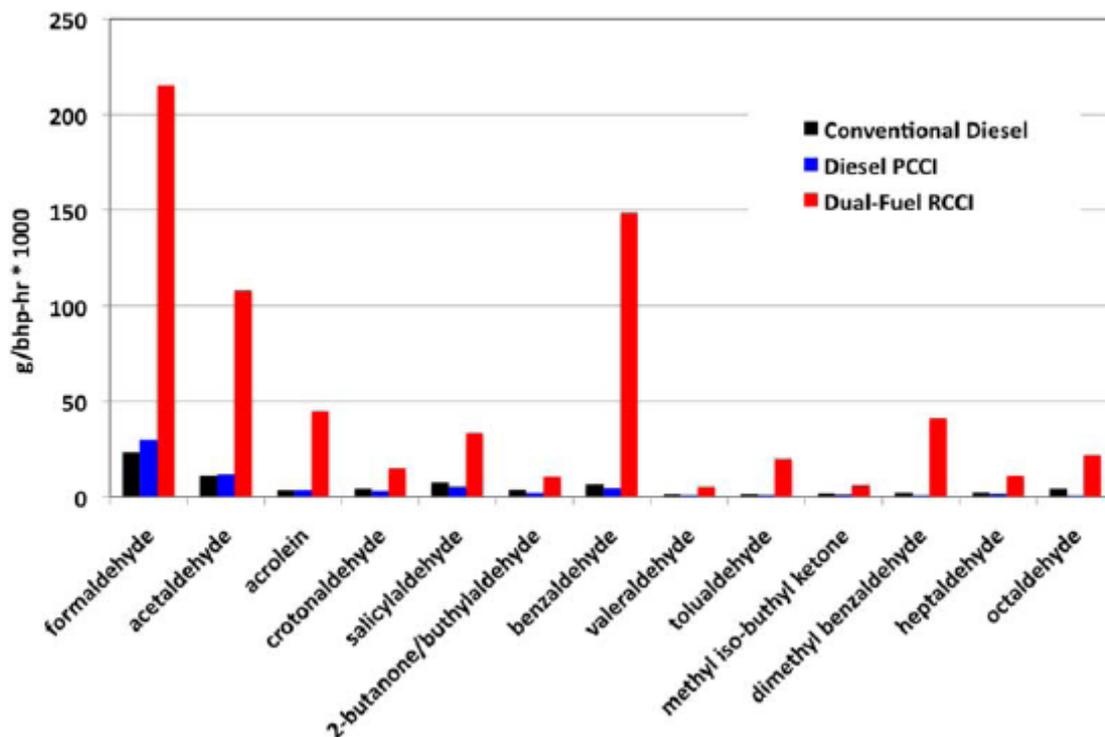
表九 引擎規格

	Conventional Diesel	Diesel PCCI	Dual-Fuel RCCI
Intake Air Flow (kg/hr)	99.81	89.35	117.52
EGR (%)	29.4	40.0	0
Diesel Flow (g/s)	1.17	1.19	0.29
Gasoline Flow (g/s)	0	0	0.87
Percent Gasoline (%)	0	0	74.8
Main Start of Injection (°BTDC)	1.7	4.7	60
Pilot Start of Injection (°BTDC)	27.5	-	-
Fuel Rail Pressure (bar)	1026	1227	500
Intake Pressure (bar)	1.20	1.20	1.22
Swirl Duty Cycle (%)	53.3	53.3	80.0
Intake Temperature (°C)	93.4	116.2	40.2
Exhaust Temperature (°C)	413.6	418.7	248.8

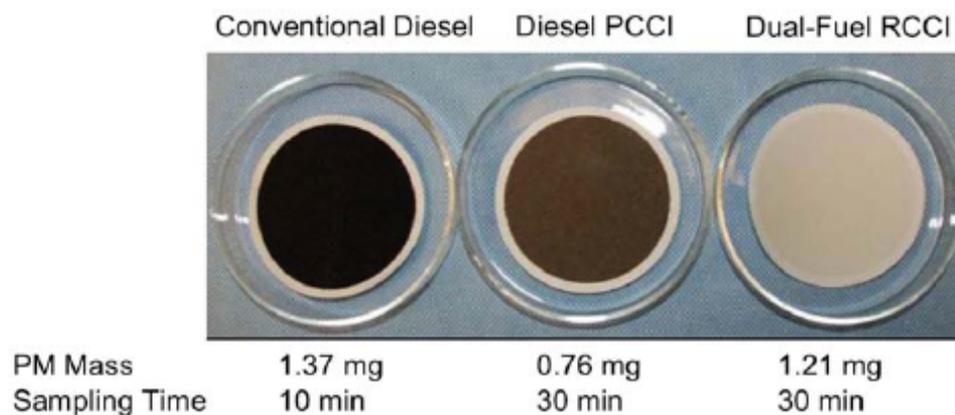
表十操作條件



圖四十測試系統圖



圖四十一引擎排放污染物



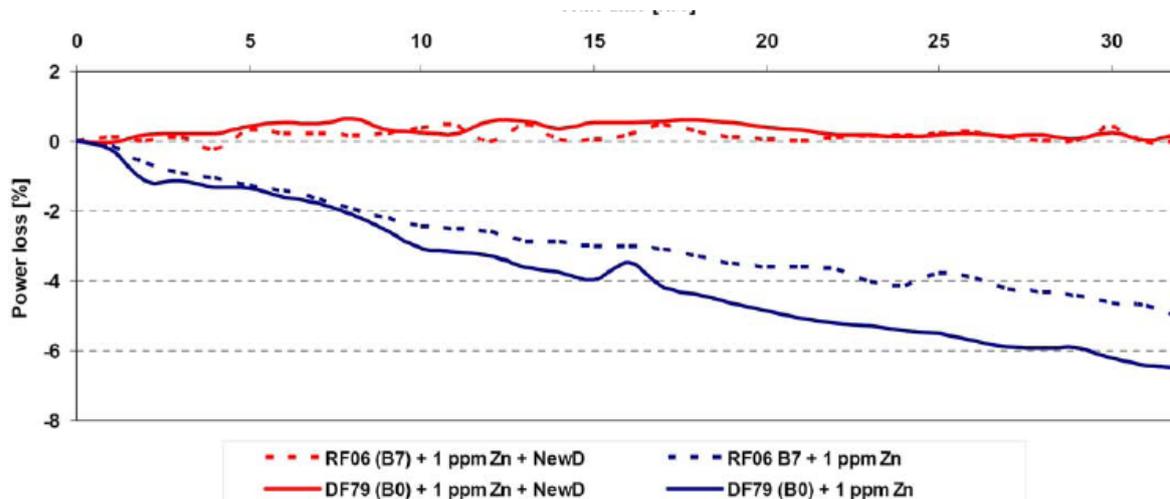
圖四十二 微粒蒐集

(14) 現代柴油機燃油噴射系統積污控制 (Deposit Control in Modern Diesel Fuel Injection Systems)

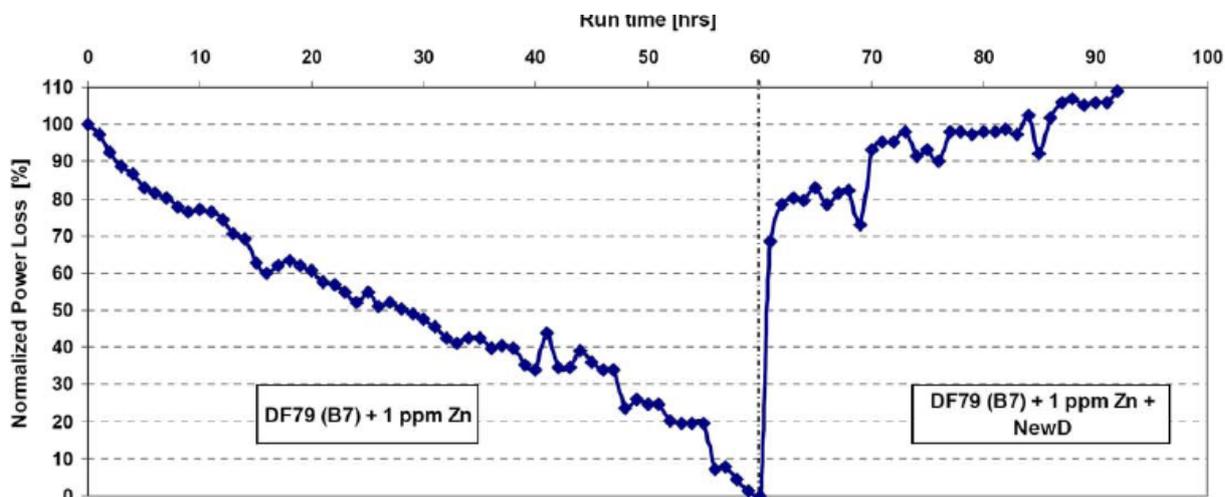
現代柴油噴射設備系統容易形成的各種積污。這些可發生在不同位置，例如在噴嘴噴孔，噴油器體內部。積污相關的問題持續增加，被發現於在兩個客車和重型車輛。這些積污的形成之機轉不僅限於一種特定的類型。

本文回顧了噴射設備系統積污形成於客車和重型車輛，使用不同之桌上引擎試驗和實車測試。歐盟 4 期和歐盟 5 型引擎被選為本計劃之測試引擎。該化石燃料的使用範圍從僅餾分燃料至含有高達 10% 的脂肪酸甲酯 (FAME)，然後用添加劑處理，以克服形成積污。有人認為，引擎的性能顯著受積污形成影響，此可能導致油耗增加，動力損失，駕駛性能差和啓動困難。

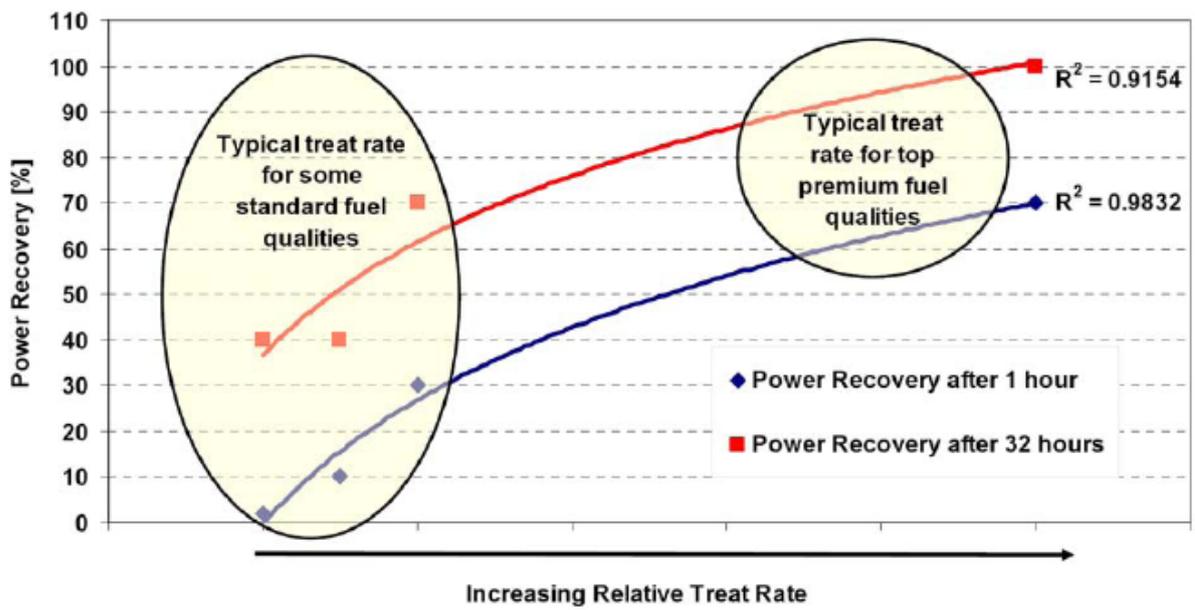
在選擇適當的燃料添加劑技術允許控制所有積污類型，無論是防止其形成或恢復引擎的性能。



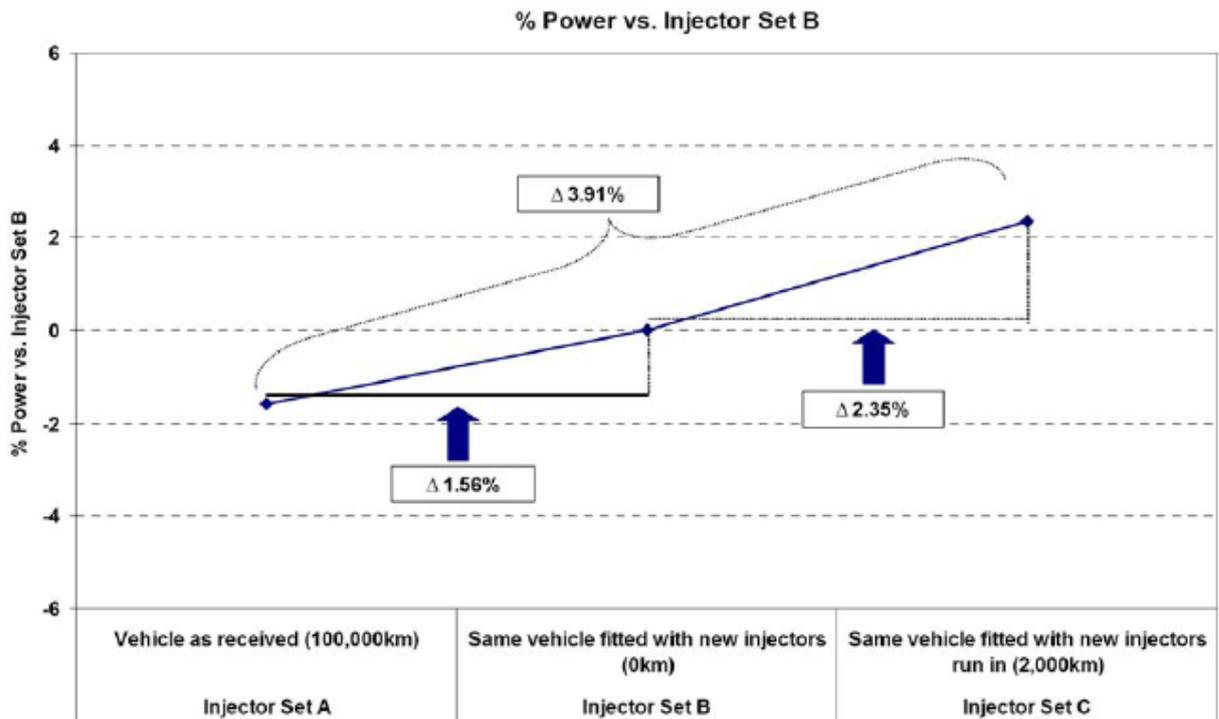
圖四十三 DW10 動力損失圖



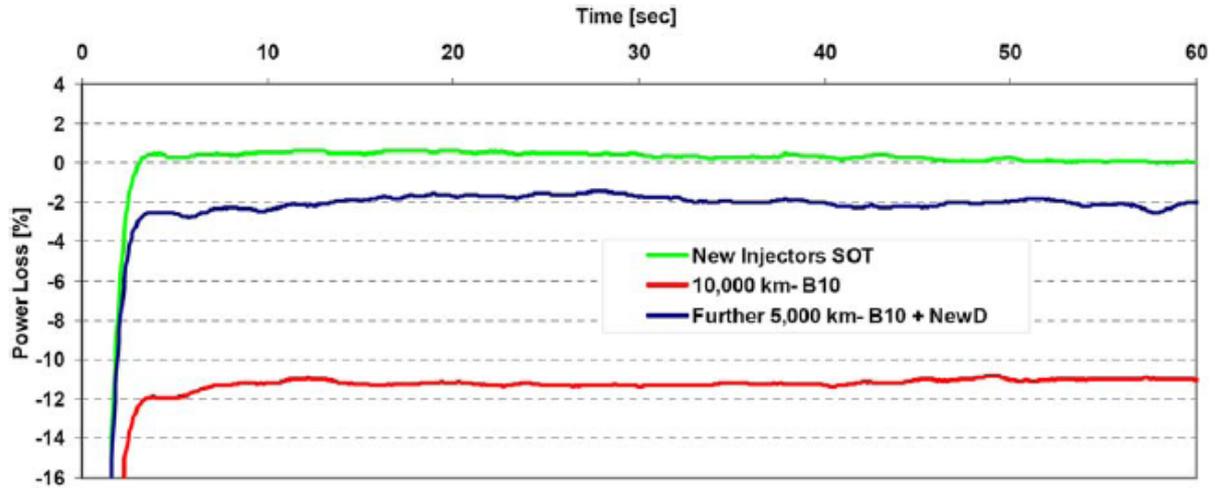
圖四十四 添加劑使動力恢復



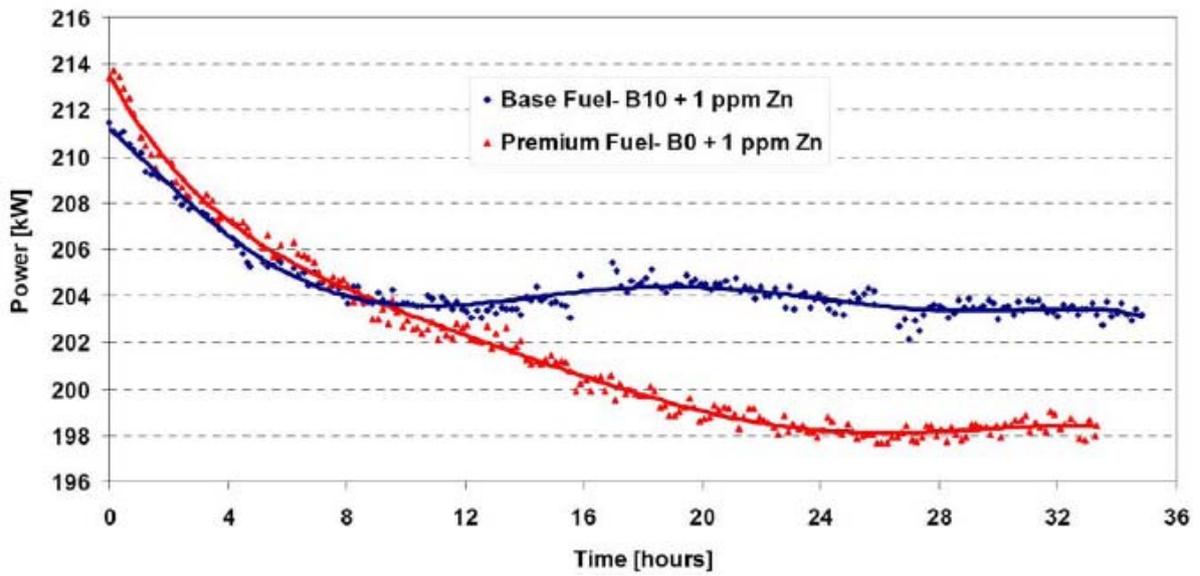
圖四十五 劑量增加之測試結果



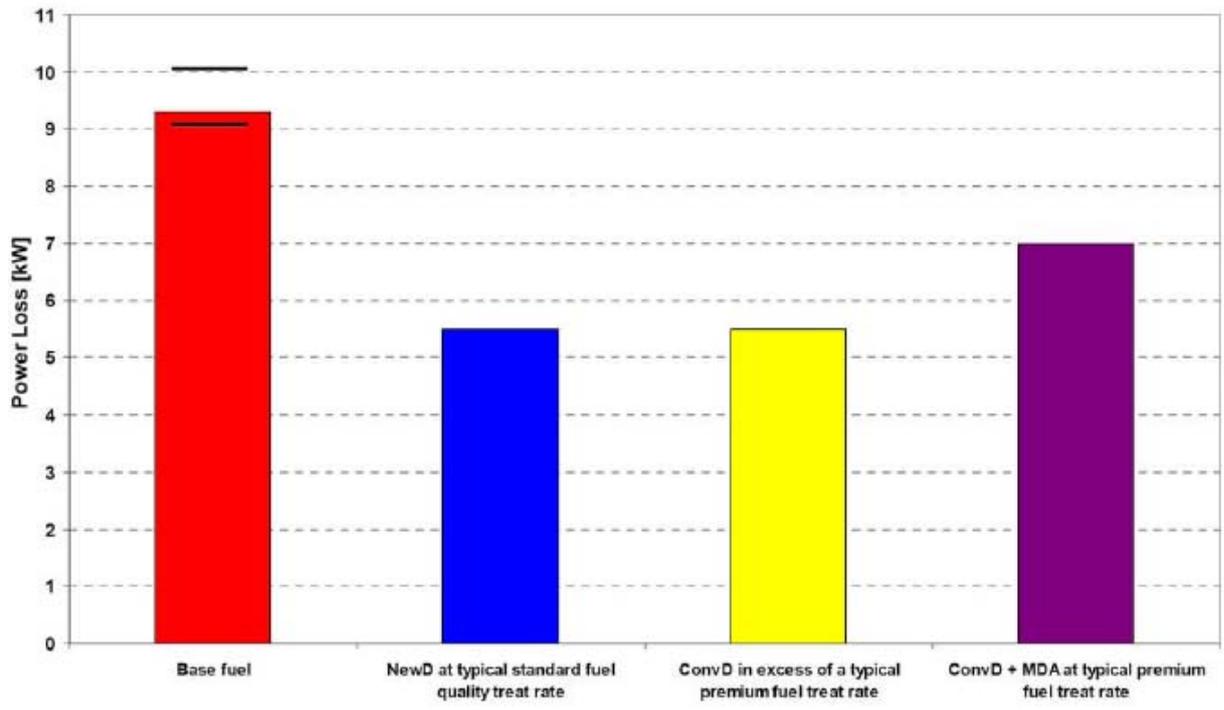
圖四十六積污對動力損失之影響



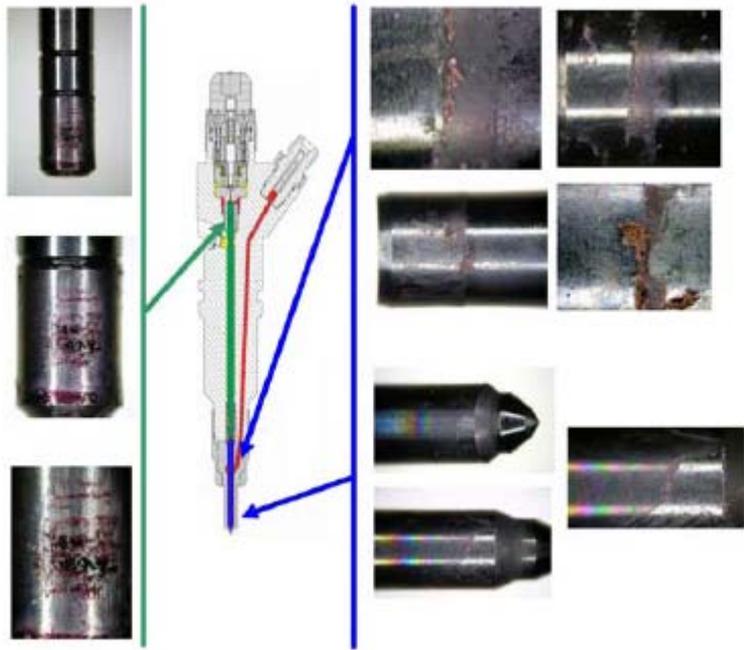
圖四十七原型33噴嘴之測試比較



圖四十八兩種歐洲燃料之比較



圖四十九 清淨添加劑之效果



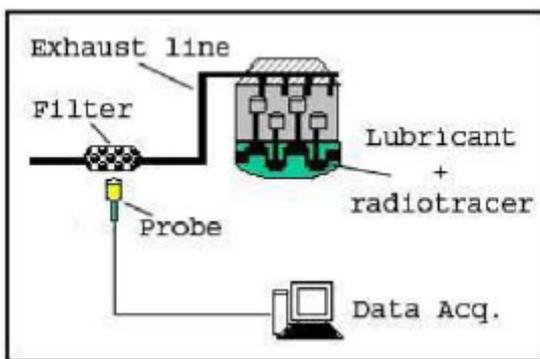
圖五十 300小時之積污



圖五十一 300小時添加新清淨添加劑之結果

(15) 現代汽油引擎機油油耗源頭，包括汽缸洩漏氣分離器和渦輪增壓器：植基於使用放射性追蹤劑之實驗研究 (Oil Consumption Sources in a Modern Gasoline Engine Including Contribution of Blow-by Separator and Turbocharger: An Experimental Study Based on the Use of Radiotracers)

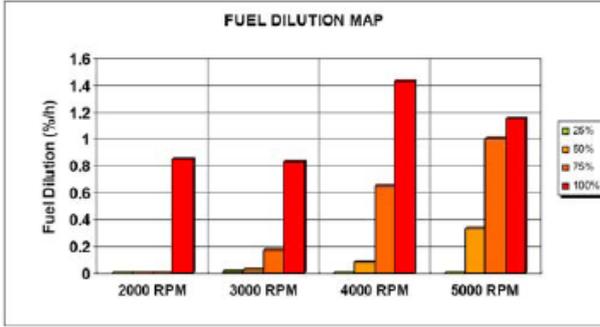
機油油耗最小化已成為現代引擎之重要課題，有必要更加了解相關的來源和機制。一個創新的方法植基使用放射性物質。本文提出了一種評估和量化機油油耗源頭之方法，在已量產之火花點火渦輪增壓引擎，於不同的速度和負荷條件下進行。一個特定的實驗裝置用來衡量各別和即時機油油耗貢獻，包括活塞環系列，洩漏氣通路及渦輪增壓器。結果顯示每一源頭之貢獻隨引擎運轉條件而不同。



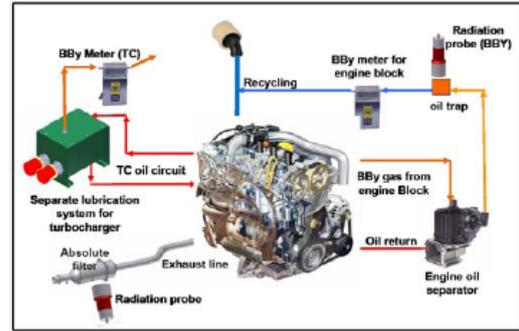
圖五十二 放射性法裝置圖



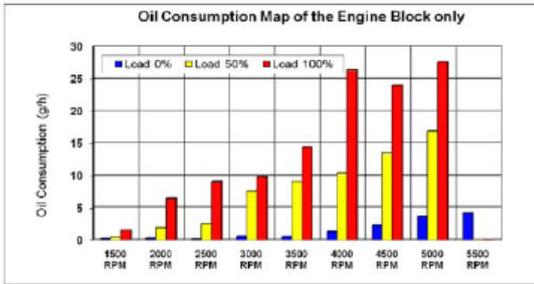
圖五十三放射性法設備圖



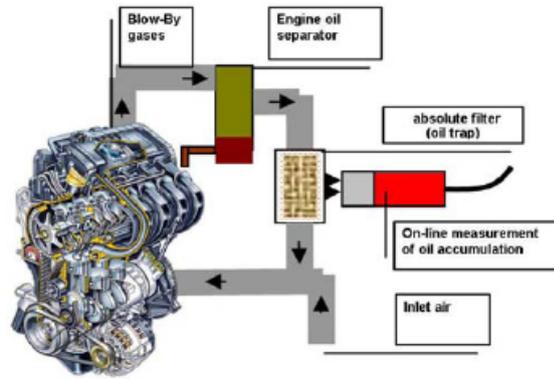
圖五十四燃油稀釋圖



圖五十五渦輪增壓設備



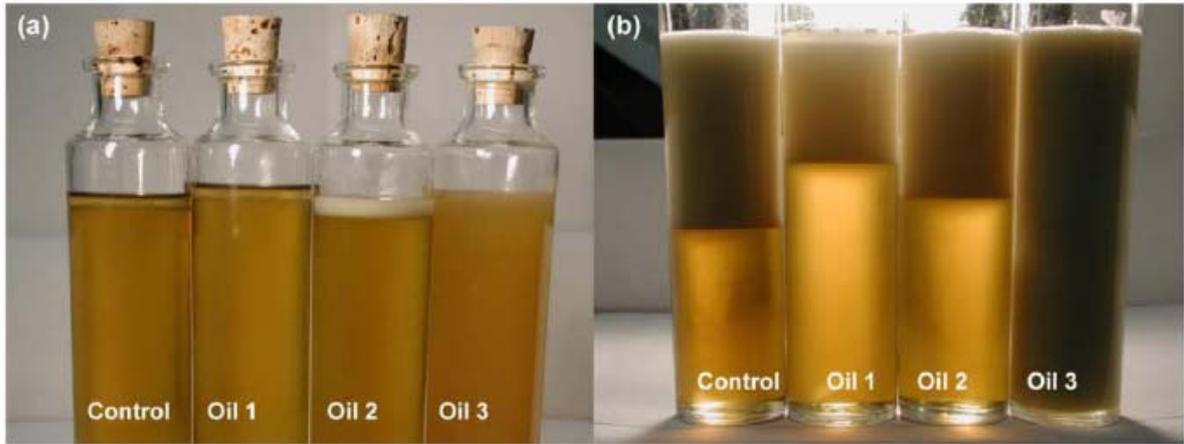
圖五十六 機油油耗圖



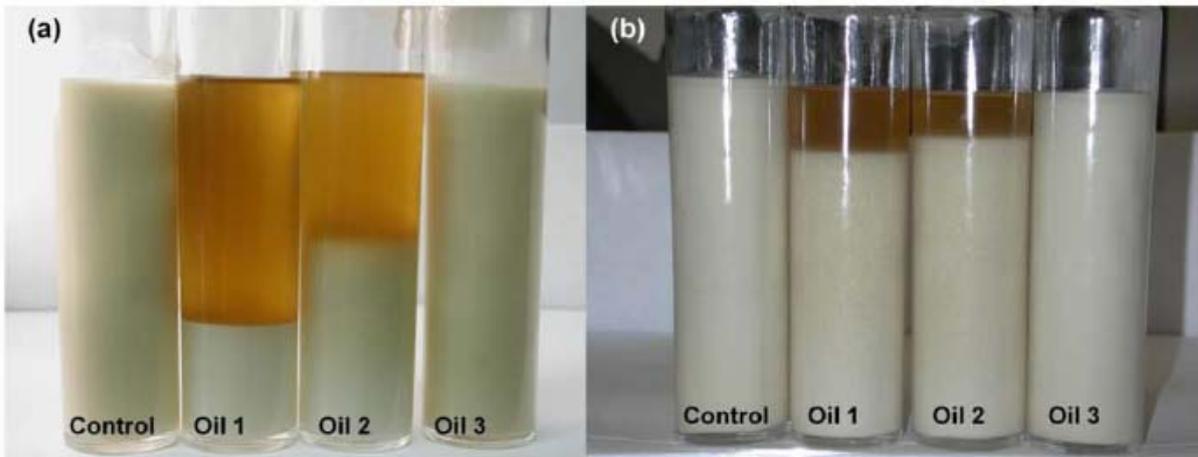
圖五十七油底殼洩漏氣分離機

(16) 黏度指數改進劑對使用 E25 和 E85 的客車引擎機油之乙醇/汽油/水乳狀液之形成之影響 (Effect of Viscosity Index Improvers in Ethanol/ Gasoline/Water Emulsions Formed with E25 and E85 in Passenger Car Motor Oils)

持續增加使用 E25 和 E85，使燃油稀釋對機油性質之影響已成為關心之焦點，值得注意的是，如此之關心係關於使用 E25 和 E85 燃料油底殼機油之乳化液形成、穩定及水稀釋對車輛冷啟動之影響。不同類型的黏度指數改進劑被評估，係針對其對乳化液形成和機油性質之影響。以 ASTM D7563 方法製備乳化液，新鮮和使用過之客車機油，以保持乳化狀態。乳化液之性質於儲存 24 小時後，在 2 種不同溫度下評估。新鮮油乳化液觀察到分成機油/汽油和乳化液（乙醇/水/機油），沒有乳化液呈現分離水相，不管機油使用那種黏度指數改進劑。以傅里葉轉換紅外光譜（FTIR）和凝膠滲透色譜法分析乳化液成份，確定乙醇和水均存在於乳化液相，而汽油和其他機油可溶解成分（含 VII）存在於兩相。當評定實車測試用過油之乳化性質（含 E85 及水），用過油形成單一乳化相，這和新油不同。用過油和新油已冷啟動模擬器和小型旋轉黏度儀測試，結果證實低溫乳化油性質和使用於配方之 VII 無關。



圖五十八 機油及酒精汽油乳化液第一種混合比



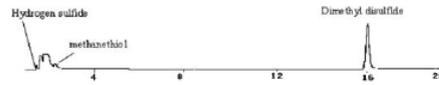
圖五十九 機油及酒精汽油乳化液第二種混合比

(17) LPG中硫化物種類與對銅片腐蝕之關係 (The Types and Relationship to Copper Strip Corrosion of Sulfides in LPG)

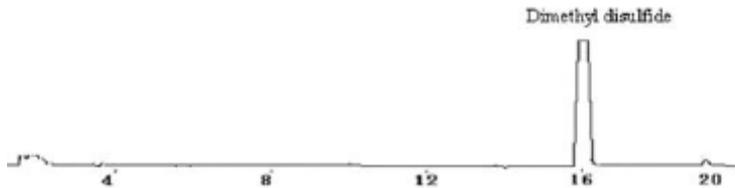
液化石油氣 (LPG) 如同液化天然氣一樣作為燃料，可用於家庭和商業用途，例如都市瓦斯及天然氣汽車。雖然來自流體床觸媒裂解 (FCC) 製程之液化石油氣之腐蝕性硫成分，在送往儲槽前已被去除，有時候，在某些煉油廠，儲存於槽內幾天之 LPG，其銅片腐蝕由通過轉變為不通過。為找出何種硫化物成分為腐蝕之來源，在通過與不通過銅片腐蝕之 LPG 中之硫化物，以分析用氣相色譜火焰光度檢測器 (GC - FPD) 分析硫種石油氣，已發現在不同的硫化物成分間之轉換法則。研究結果發現，LPG 中之硫化氫和甲硫醇造成液化石油氣銅片腐蝕檢測不通過，而他們是來自 LPG 中主要硫化物二甲基二硫 (DMDS)。溫度越高，則更高濃度的硫化氫和甲硫醇來自二甲基二硫的。

Sampling Locations	Samples	Corrosion Result
Light Ends Plant	Propylene, Liquid Hydrocarbon etc,	passed
Light Ends Plant	Raw Materia etc	passed
Light Ends Plant	Liquid Hydrocarbon etc	passed
Tank Farm a	LPG	failed
Tank Farm b	LPG	passed

表十一各種樣品測試結果



圖六十不合格樣品之分析



圖六十一合格樣品之分析

Temperature (°C) (%)	Concentrations						
	-10	15	20	25	30	35	90
H ₂ S	0.00	0.12	0.09	0.18	0.11	0.09	0.44
CH ₃ SH	0.08	11.5005	11.75	12.97	13.37	12.95	15.80
CH ₃ SCH ₃	0.02	0.28	0.41	0.42	0.49	0.61	0.76
DMDS	99.91	88.14	87.84	86.50	86.15	86.40	83.09

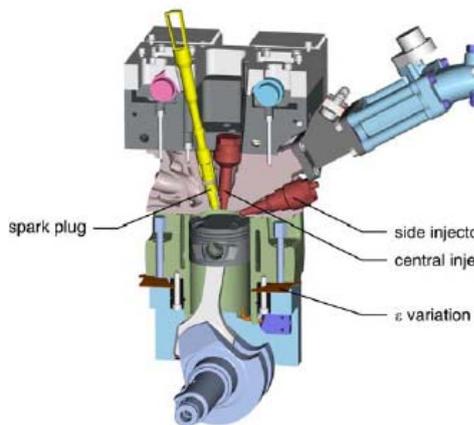
表十二 各種硫化物之轉換

(18) 應用於轎車之E85燃料直噴潛力 (Potential of E85 Direct Injection for Passenger Car Application)

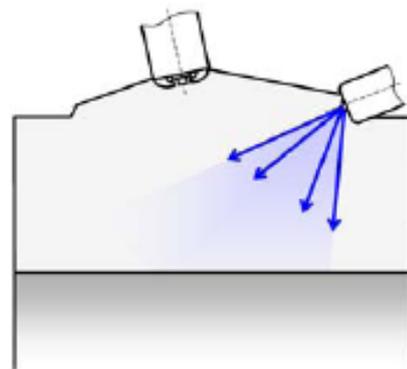
本文分析作為火花點火 (SI) 的直噴式引擎燃料之 E85 燃料 (約混合 85% (生物) 乙醇和 15% 汽油) 之潛力。這不僅涉及探討高單位功率之縮小尺寸觀念之應用, 而且亦有關於部份負荷和全負荷下之排放與效率。測量, 運轉汽油亦進行量測, 以資比較。第一階段係利用一維模擬分析兩種不同的縮小尺寸概念, 相關於渦輪增壓潛力和性能。接著, 各種有影響的參數, 如噴油位置, 噴油壓力, 壓縮比, 渦輪增壓程度等亦於單缸研究引擎上探討。在高壓直噴例中, 微粒排放量亦扮演重要角色, 因此, 使微粒數量和和微粒粒度分佈亦詳加研究。

Property	Unit	Gasoline Super Plus	Ethanol	E85
Density	kg/m ³	730 – 780	790	≈ 780 ^a
Molar mass	kg/kmol	≈ 99	46.07	≈ 52
Lower heating value	MJ/kg	42.1 ^a	26.7	29.8 ^a
Stoichiometric air requirement	kg _{air} /kg _{fuel}	14.1 ^a	9.0	9.9 ^a
Mixture calorific value (air aspirating)	MJ/m ³	3.86 ^a	3.84	3.85 ^a
Evaporation heat	kJ/kg	300 – 500	904	≈ 800
Vapor pressure	mbar	620	160	≈ 350
Boiling point/range	°C	25 – 215	78.5	n/a
Ignition limits (in λ)	–	0.4 – 1.4	0.3 – 2.1	n/a
Laminar flame speed	cm/s	≈ 40	≈ 42	n/a
RON	–	≥ 98	≈ 111	≈ 106
Mass fraction				
c	% (m/m)	84.5 ^a	52.0	58.2 ^a
h	% (m/m)	13.0 ^a	13.0	13.1 ^a
o	% (m/m)	2.5 ^a	35.0	28.7 ^a
n	mg/kg	0.8 ^a	0	n/a

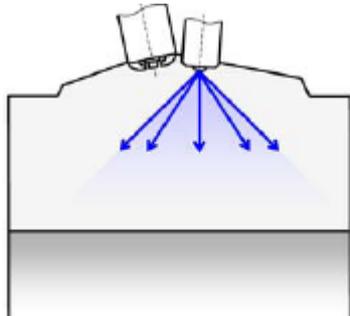
表十三各種燃料性質



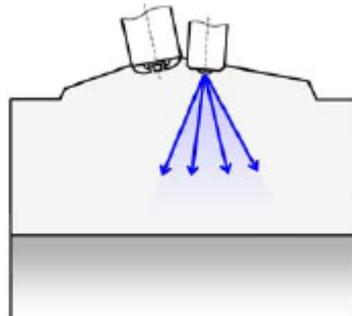
圖六十二 單缸研究引擎



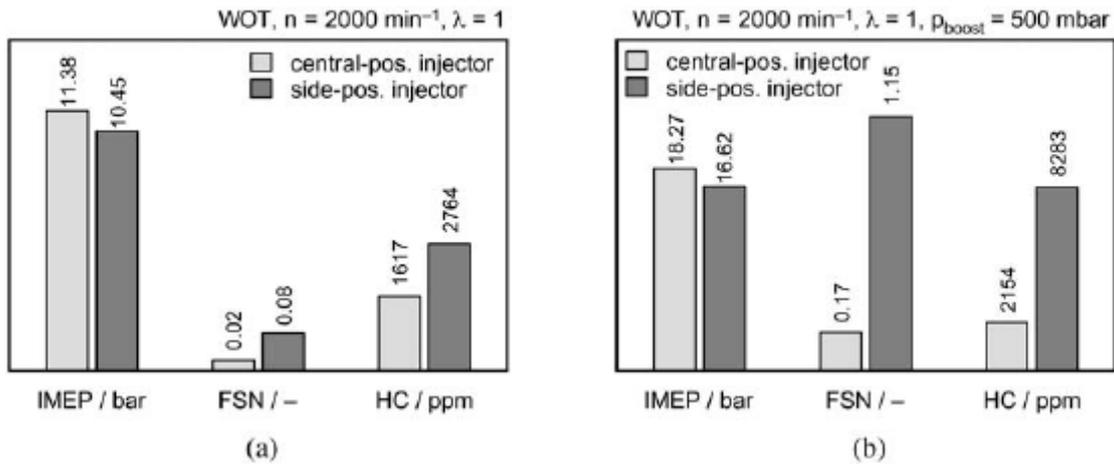
圖六十三側噴



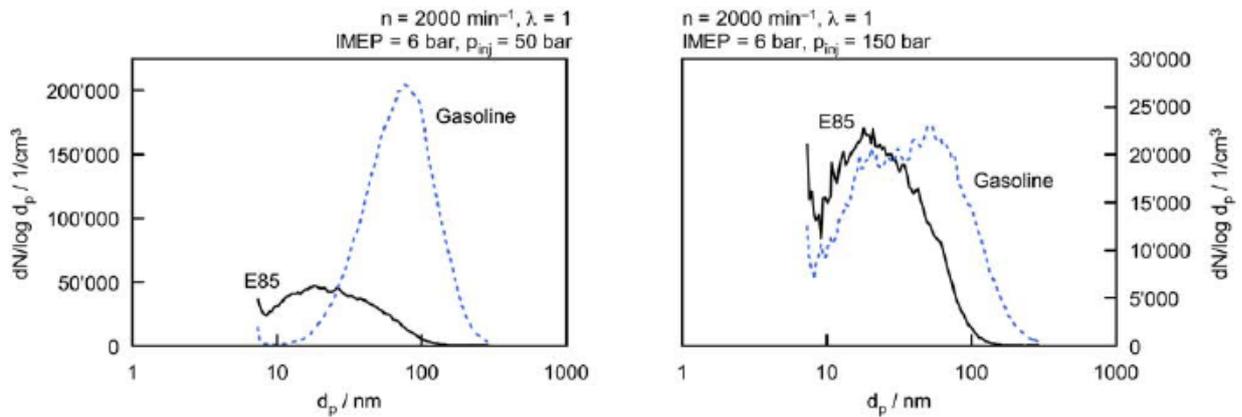
圖六十四中央噴角度 90 度



圖六十五中央噴角度 50 度



圖六十六全負荷之結果



圖六十七微粒之分佈圖

(19) 使用不同的商業可用的燃料之2009汽油直噴引擎之微粒排放 (Particle Emissions from a 2009 Gasoline Direct Injection Engine Using Different Commercially Available Fuels)

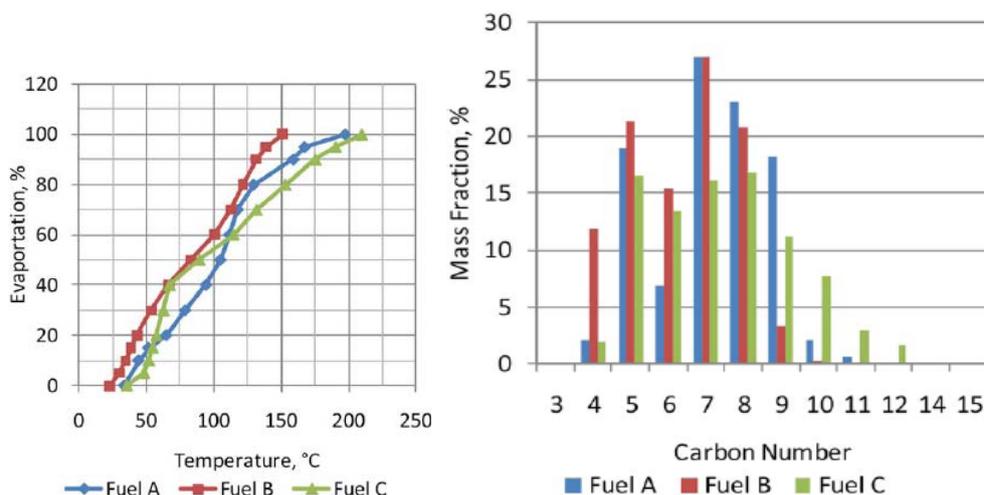
於稀釋之排氣中，量測 2009 年的車輛，備有汽油直噴引擎以及排氣三相觸媒轉化器之全部和固態粒子的質量，大小和數量。上述量測係以 FTP - 75 和 US06 行車型態進行，使用三種不同美國商用燃料，燃料 A，B 和 C。其中，燃料 B 是最具揮發性和燃料 C 是最小揮發性（含較多之低揮發性成分 C10 to C12），相對於其他兩種燃料。不同燃料的測試中，觀察到排放之微粒質量和數目有相當的不同。較高揮發性之汽油燃料 B，結果有最低總微粒（固態及揮發性）和固態微粒的質量和數量之排放。這種燃料減少百分之 62 固態微粒數量和百分之 88 煙塵，於排放量最高的冷啟動階段，在 FTP - 75 Phasel，相對於燃油 C. 燃料 B；在加速過程也是最少的微粒形成。本計劃採用同樣的燃料之免費的模擬工作中顯示：減少燃料的高沸點芳香烴和雙鍵等效值和減少黑煙排放量有良好的相關性。以 FTP - 75 行車型態測試所有燃料之總微粒質量排放，除了低揮發性燃料 C，均符合加州空氣資源局(CARB)建議之 2014 年和 2017 年低排放車第 3 期標準，引擎使用燃料 A 和 B 符合加州空氣資源局 (CARB) 2014 年低排放車第 3 期選項之固態微粒數標準，但使用燃料 C，引擎不通過此標準，使用所有之燃料亦不通過 2017 年選項之固態微粒數標準。

這提出總微粒質量標準和固態微粒數量標準之差異，後者較為嚴格。更大之差異時在於歐盟 6 期總微粒質量標準和固態微粒數量標準，雖然歐盟 6 期之標準係基於新歐盟型車行態 New European Driving Cycle (NEDC)，而非 FTP - 75。汽油直噴引擎以 FTP - 75 測試符合微粒質量標準，但不通過固態微粒標準，高達 3~10 倍之量，視不同燃料而定，這重大的超出標準係基於歐盟 6 期固態微粒數量標準而言，但其符合總微粒質量標準，此情況說明歐盟 6 期標準微粒規範肇因於固態微粒數量排放，和總微粒質量限制較少相關。本研究顯示：汽油之物理性和化學性對減少汽油直噴引擎（GDI）排放微粒扮演重要角色，另結果顯示：冷起動和加速主控微粒形成，此外，本文聚焦於使用提議之選項 CARB LEV III 和歐盟 6 期標準之固態微粒排放標準和總微粒質量排放之差異。

ASTM Method	Name	Unit	Fuel A	Fuel B	Fuel C
D5191	RVP	psi	8.97	14.7	8.96
D2622_07	sulfur	ppm	3*	80.2	19.4
D3831	Manganese	mg/l	N/A	<0.2	<0.2
D86	IBP	°C	33.9	23.0	35.3
	Evap_5	°C	N/A	29.8	48.0
	Evap_10	°C	44.4	34.7	51.6
	Evap_15	°C	51.7	38.9	54.4
	Evap_20	°C	65.0	43.2	57.4
	Evap_30	°C	78.9	53.4	62.5
	Evap_40	°C	94.4	66.9	67.0
	Evap_50	°C	105.0	83.2	89.3
	Evap_60	°C	111.7	100.4	114.4
	Evap_70	°C	117.8	112.7	131.6
	Evap_80	°C	129.4	121.6	152.9
	Evap_90	°C	158.9	131.5	175.3
	Evap_95	°C	167.2	138.6	190.6
	FBP	°C	197.2	151.0	209.8
	Recoverd	mL	98.1	98.1	98.5
	Residue	mL	0.8	0.5	0.8
	Loss	mL	1.1	1.4	0.7
D6729					
	Paraffins	% Wgt	54.809	46.224	41.647
	Aromatics	% Wgt	40.939	43.888	31.55
	Olefins	% Wgt	0.05	0.142	6.875
	Oxygenates	% Wgt	0	0	10.131

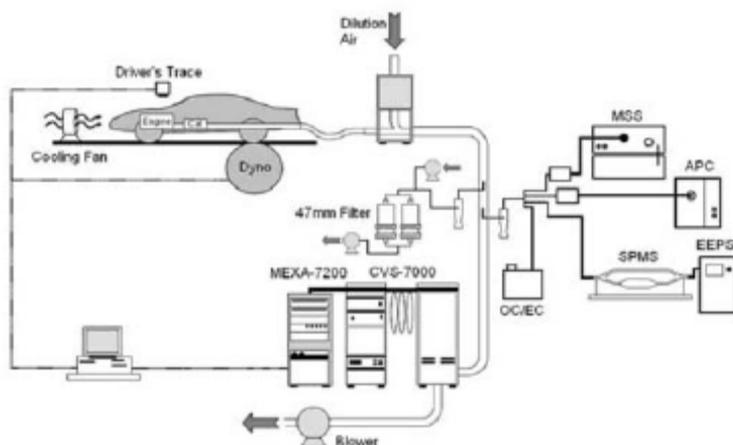
* ASTM D5453 was used

表十四 燃料性質

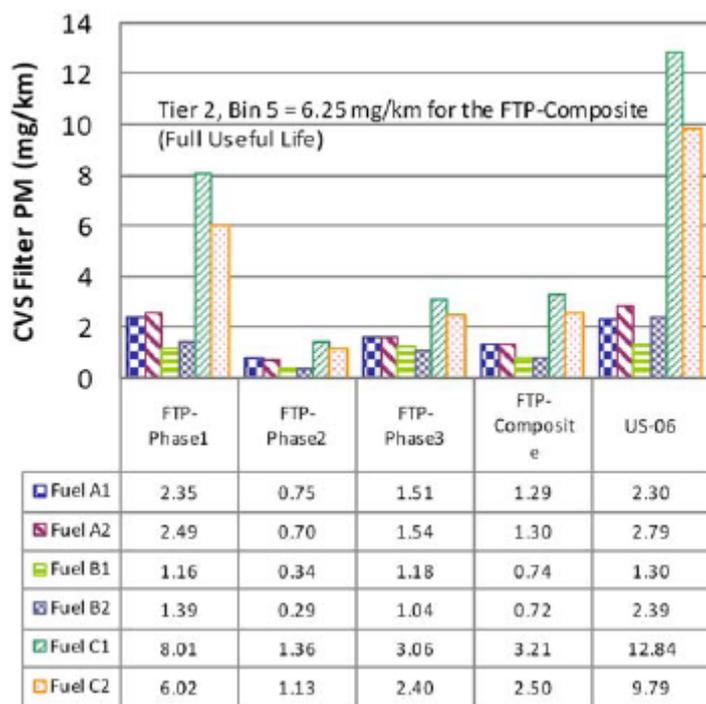


圖六十八燃料揮發性圖

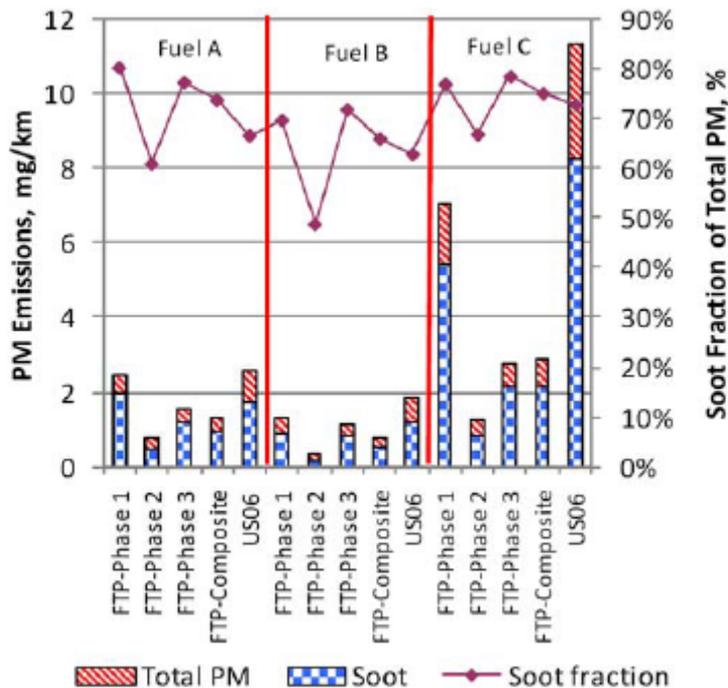
圖六十九燃料碳數目分佈



圖七十實驗裝置圖



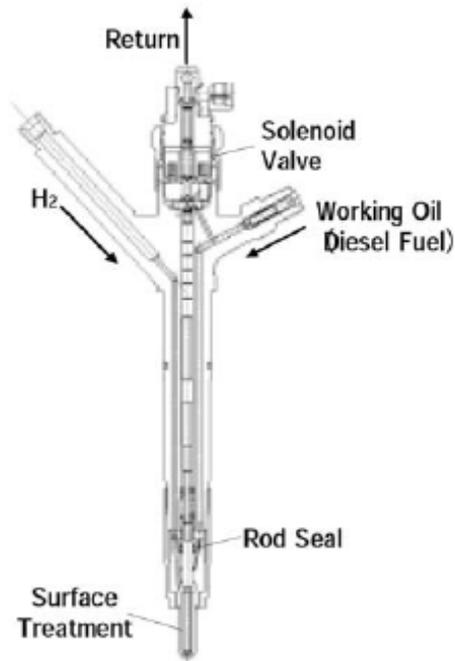
圖七十一不同燃料之微粒排放



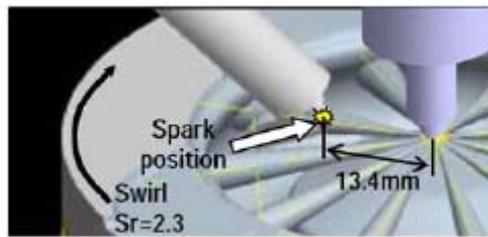
圖七十二微粒與黑煙

(20) 以高壓直噴方式達到高效率 and 低NO_x之氫氣燃燒 (High-Efficiency and Low-NO_x Hydrogen Combustion by High Pressure Direct Injection)

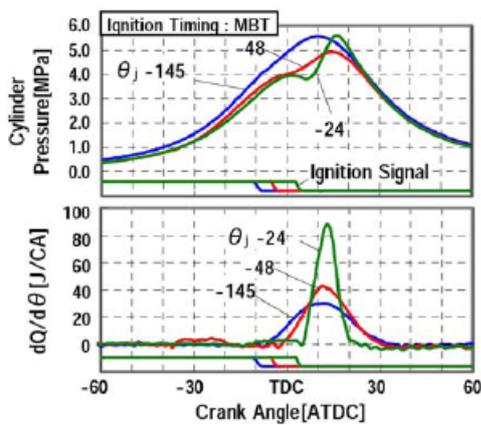
氫氣可從各種不同之再生能源製造，所以可預期在中長期之未來氫會扮演符合社會能源需求之重要角色，傳統之氫氣引擎有某些缺點：高冷卻損失致引擎低效率和不正常燃燒（回火、先燃及高速率燃燒）而限制高負荷運轉。直接噴射是克服這些缺點之有效方案，但能夠達到高效率低氮氧化物（NO_x）排放之燃燒方式尚未研究詳盡。本研究中利用原型高壓氫氣噴嘴（最大壓力 30 MPa），探討高效率低氮氧化物（NO_x）排放氫氣燃燒。實驗使用 2200CC，4 缸柴油引擎配備有中央安置之氫噴嘴，環狀（toroidal shape）燃燒室及火星塞於熾熱點火位置，此外，此引擎修改成允許氫氣供應單一汽缸。以控制噴油和點火時序，均質和分層燃燒均加以探討，此外，擴散燃燒結合使用 SI（即火花幫助擴散燃燒）亦予以探討。結果顯示：以高壓直接噴入之分層和擴散燃燒大幅改善只是熱效率約 3%，相較於傳統均質燃燒，此改善來自於（1）分層和擴散燃燒改善冷卻損失和定容程度之平衡（2）以靠近上死點（TDC）噴射提供壓力回復（recovery）效果，對熱效率有重大利益（3）當結合分層和擴散燃燒，排氣再循環（EGR）是有效的。此外，藉由抑制噴流穿透，以減少較多的冷卻損失，小型引擎可達 52% 之指示熱效率，以 CFD 和可視化之汽缸內燃燒也證實了此現象。此外，亦推導出一些有價值的知識，如廢氣再循環除濕可增加工作氣體的比熱，並提高熱效率，同時降低氮氧化物。



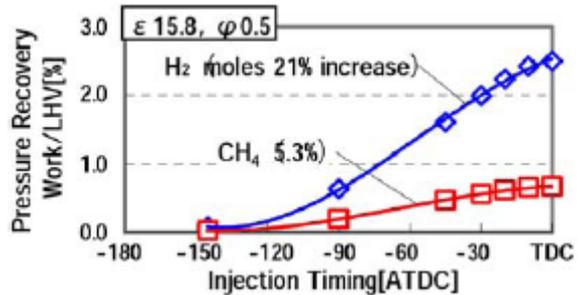
圖七十三 噴嘴剖面圖



圖七十四噴嘴之裝置



圖七十五 噴射時序與壓力圖



圖七十六 壓力恢復

三、心得與建議

1. 本次之會議包含引擎、車輛、燃料及潤滑劑，範圍廣泛，本公司僅派一員參加，無法各場次均參予，只能擇要參加，但亦收穫良多，對車輛、燃料及潤滑劑之發展有一整體概念，而先進之研發方法與設備亦可供本公司參考。
2. 生質柴油在美國已發展至 B10（即摻配 10% 之生質柴油），但柴油引擎之噴嘴積污

3. 行車型態與測試之結果關係重大，尤其在柴油引擎之微粒排放更是，關係其通過標準與否，我國應建立本身之行車型態，以實際了解車輛污染排放之現況，作為訂定政策之依據，目前本公司已逐漸建立國內行車型態，將可提供環保署及車廠測試用。
4. 氫氣之利用於車輛燃料，其燃燒方式與傳統者不同，傳統之氫氣引擎有某些缺點：高冷卻損失致引擎低效率和不正常燃燒（回火、先燃及高速率燃燒）而限制高負荷運轉，直接噴射是克服這些缺點之有效方案，建議探討氫氣之燃燒方式，以廣其應用。
5. 國內之廢機油均流入市面摻混燃料油供鍋爐燃燒，造成鍋爐爐膛積污，降低熱傳效率，因而造成鍋爐耗油，本次會議所提出之廢機油以觸媒再製成合成燃料，應是可加探討之課題。
6. 電腦燃燒模擬技術已大幅發展，除硬體之計算速度及記憶容量倍增外，先前燃料以燃料各成份（辛烷、十六完之類）當變數現已發展以燃料之分類（石蠟烴、芳香烴之類）為變數，計算次數以數量級降低，加以雲端運算漸成熟，應是發展電腦模擬之時機，如此，可降低高成本之引擎測試，快速獲得所需之結果，對燃料與潤滑油之研發有相當大之助益。
7. 因燃油經濟性及污染排放降低之考量，汽柴油之燃燒方式已互相重疊，汽油引擎之燃油直接噴射方式已漸普遍，因此，汽油引擎之微粒排放亦將形成問題，此方面之探討應加以注意其發展。