

## 出國報告（出國類別：開會）

### 參加先進燃料添加及劑會議

服務機關：台灣中油股份有限公司 煉製研究所

姓名職稱：曾振南 機械工程師

派赴國家：德國

出國期間：105年9月4日 ~ 105年9月9日

報告日期：105年10月28日

# 摘要

溫室效應造成之地球環境變化甚鉅，儲存之能源亦使用殆盡，各國皆盡力尋找替代方案，以永續性為基本原則，包括生質能源、太陽能、風能等，而低碳燃料亦為選項之一，如天然氣、LPG 等。同時亦致力於提升引擎效能、降低排放汙染，以降低對人體健康及環境生態之影響。

本次出國行程主要是前往德國 BASF 公司總部參加先進燃料及添加劑會議，了解國際上先進燃料(含生質燃料)的發展趨勢、燃料品質對引擎性能及排放汙染影響、燃料與添加劑性能在引擎與車輛測試方法發展狀況。另外，亦參訪 BASF 的引擎測試中心，以及歐洲最重要之引擎與車輛獨立測試機構(APL)。透過與會交流，蒐集歐洲對於燃料之引擎測試方法技術發展趨勢，並了解 APL 在實際道路駕駛排放測試(RDE)之發展情形與使用經驗，可作為日後油品性能測試方法與添加劑開發及規劃之參考依據。

目前各國在能源政策及法規方面所採取之措施，包括管制車輛二氧化碳之排放(如歐盟由 2015 年之 130 g/km 降至 2021 年之 95 g/km)或提升油耗標準、要求生質燃料之摻配比例、加嚴車輛排放標準。車廠亦須提升引擎效能、搭配適當之後處理系統，以為因應。而新的引擎技術可能產生新型態之積污，如柴油引擎在實施渦輪增壓、共軌供油直噴技術，產生 IDID 問題；汽油引擎為提升效能採用直噴供油，有噴射器積污問題。歐盟已於 2016 年發布 IDID 測試方法。建議對於清淨添加劑因應新的引擎積污測試方法之發展情形，應持須關注。而油品品質及性能如何因應法規之演進及車輛技術之變化做適當之調整，亦為未來研究之課題。

關鍵詞：

# 目 錄

摘要-----	2
目錄-----	3
一、 目的-----	4
二、 行程及工作內容-----	4
三、 議程及會議內容紀要(過程)-----	4
四、 實驗室設備參訪-----	21
五、 心得與建議-----	23

## 一、目的

參加本會議目的在於了解最新燃料(含生質油料)與添加劑發展趨勢、燃料品質對引擎性能及排放汙染影響、燃料與添加劑性能在引擎與車輛測試方法發展狀況，以及最新排放法規所使用之實際道路駕駛排放測試(RDE)之發展與使用經驗，藉由與相關技術人員的討論從中吸取各種油品研發經驗，有助於本公司所關注之燃料與添加劑未來的研究發展。

## 二、行程與工作內容

起迄日期	天數	工作內容
105.9.4 ~ 105.9.5	2	由桃園啓程前往法蘭克福
104.9.6	1	由法蘭克福啓程前往路德維希港(Ludwigshafen)，參加先進燃料與添加劑會議
105.9.7	1	由路德維希港前往蘭道(Landau)，參訪 APL 引擎與車輛測試研究機構
105.9.8 - 105.9.9	2	由法蘭克福起程返回桃園

## 三、議程及會議內容紀要

本次第一天會議在 BASF 總部(德國 Ludwigshafen)舉行，BASF 在 1865 年成立，至今已有一百一十五年歷史，該公司產品分屬五大事業領域：化學品(Petrochemicals、Monomers、Intermediates)、特性產品(Dispersions and Pigments、Care Chemicals、Nutrition and Health、Performance Chemicals)、功能性材料與解決方案(Catalysts、Construction Chemicals、Coatings、Performance Materials)、農業解決方案(Crop Protection)、石油與天然氣。與該公司特性產品事業，性能化學品處，燃料與潤滑劑解決方案部門討論，參與討論的包括該部門經理 Dr. Matthias Zorn 及其同事 Dr. Claudia Spang。議題如下：

- Global Fuel and Biofuel Trends. (Dr. Claudia Spang 主講)
- The effect of fuel quality on engine performance and emission.

- Requirement of modern engine technology.
- Recent development on engine test for fuel (gasoline and diesel)

當日下午參觀 BASF 之測試實驗室(Competence Center Fuels and Lubes)。

第二天則參訪位於蘭道之 APL-引擎與車輛測試研究機構。

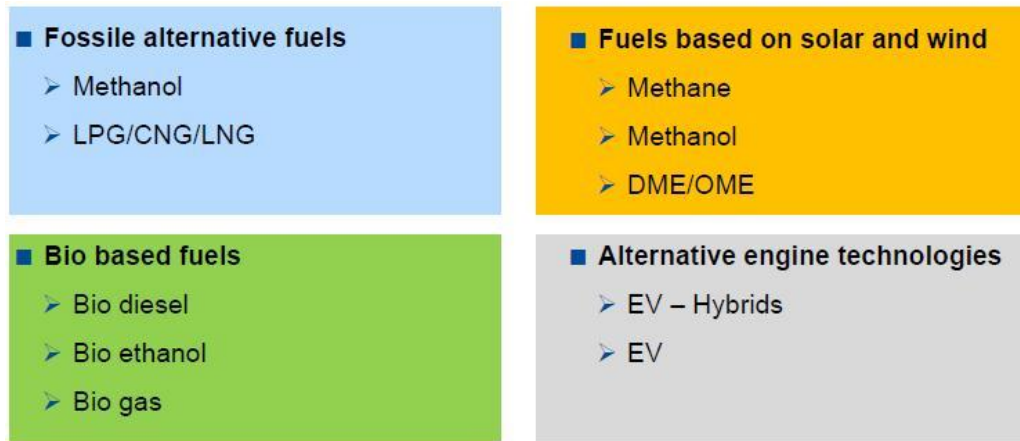
## (一) Global Fuel and Biofuel Trends (由 Dr. Claudia Spang 主講)

### 1. 替代燃料矩陣

相對於傳統車用燃料-汽柴油，替代燃料及引擎技術被視為溫室氣體減量及永續解決方案之一。替代燃料可分為四大區塊如圖一所示，

- (1) 化石替代燃料：甲醇、LPG/CNG/LNG。
- (2) 生質燃料-主要是生質酒精、生質柴油及生質氣體(biogas)。
- (3) 利用太陽能及風能生產之燃料，如甲烷、甲醇、DME(二甲醚)/OME。
  - a. 由於電能目前無法儲存，可利用白天有足夠之太陽能，或者夜間有較大之風能，將二氧化碳(來自於製程產生、海水之碳酸等)以合成氣方式製成燃料。由於其能源來自於不產生溫室排放之風能或太陽能，屬於碳中性之燃料。
  - b. 在 DME (Dimethyl Ether)之製造方面，可利用廢棄物經由製成 Biogas 再轉化成 DME。美國 Oberon Fuels 公司為北美第一家製造 DME 燃料，並獲加州認可 DME 為低碳車用燃料。此外，美國環保署亦同意這種以 biogas 製成之 DME 可納入再生燃料標準(Renewable Fuels Standard)之額度內。
  - c. 在 OME (Oxymethylene ether)方面，其結構為  $\text{CH}_3\text{O}(\text{CH}_2\text{O})_n\text{CH}_3$ ，屬於低碳高含氧物，OME 之十六烷值(Cetane Number, CN)約為 38，添加 Cetane Improver 可使 CN 提高至 46。OME 及 DME 使用在柴油引擎上可降低微粒之排放。Ford 在德國研發單位在 2015 年領導進行 DME 及 OME 之應用研究，德國政府亦贊助此項計畫。
- (4) 替代性引擎技術：油電複合車，電動車。

圖一 替代燃料或引擎技術區塊



## 2.未來燃料發展之趨勢與驅動力

- (1) 降低溫室氣體排放與 CO<sub>2</sub> 減量之法規
- (2) 能源自主性
- (3) 以礦物油基燃料之短缺及價格增高
- (4) 鄉村地區增加收入與工作機會
- (5) 氣候的變化促使對於環境更加重視
- (6) 政策之支持與充分的政策工具

參考圖二所示，主要國家有的管制二氧化碳的排放量如歐盟(由 2015 年的 130 g/km 降低至 2021 年的 95 g/km, 約降低 27%)，有的則管制車輛油耗標準如日本(由 2015 年的 16.8 km/L 提高到 20.3 km/L, 提高 20%)。雖然有不同的管制方法，但其目標亦都是要促使車廠、油公司等產業界，找出有效的手段，能提升效率，降低溫室氣體之排放。

我國環保署原參考歐盟法規，於民國 102 年 12 月 31 日(西元 2013 年)訂定小客車之二氧化碳管制標準，以車重 1423 kg 為分界線，163 g CO<sub>2</sub>/km 為參考標準。環保署統計 104 年全年小客車排放結果，二氧化碳排放已由 98 年的 191 g/km 已降至 162.48 g/km。因此，環保署在今年(105 年)依據立法院修訂之「溫室氣體減量及管理法」附帶決議(排除空氣污染防制法之管制)，廢止本項管制條文。

圖二 主要國家之車輛二氧化碳排放法規之特色

Country or Region	Target Year	Standard Type	Unadjusted Fleet Target <sup>(1)</sup>	Calculation Method	Test Cycle	Penalties
European Union	2015	CO <sub>2</sub>	130 gCO <sub>2</sub> /km	Weight-based corporate avg.	NEDC	Economical fines
	2021		95 gCO <sub>2</sub> /km			
Japan	2015	Fuel economy	16.8 km/L	Weight-based corporate avg.	JC08	Economical fines
	2020		20.3 km/L			Public proclamation
Canada	2016	CO <sub>2</sub> + other GHGs	217 gCO <sub>2</sub> /mi	FP-based corporate avg.	US combined	Economical fines
	2025 (proposed)		N/A			Sales restriction
India	(from 2016)	CO <sub>2</sub>	(130 g/km)	Weight-based corporate avg.	NED for low-powered vehicle	Not Available
	2021		113 g/km			
China	2015	Fuel consumption	6.9 L/100km	Weight-class based corporate avg.	NEDC	Economical fines
	2020 (proposed)		5 L/100km			Public proclamation
United States	2016	Fuel economy/ CO <sub>2</sub> + other GHGs	36.2 mpg or 225 gCO <sub>2</sub> /mi	FP-based corporate avg.	US combined	Economical fines
	2025		56.2 mpg or 143 gCO <sub>2</sub> /mi			Sales restriction
South Korea	2015	Fuel economy/ CO <sub>2</sub> + other GHGs	17 km/L or 140 gCO <sub>2</sub> /km	Weight-based corporate avg.	US combined	Public proclamation
Mexico	2016	Fuel economy/ CO <sub>2</sub> + other GHGs	39.3 mpg or 140 g/km	FP-based corporate avg.	US combined	Economical fines

Source: Arthur D. Little - The Automotive CO<sub>2</sub> Emissions Challenge (2014)

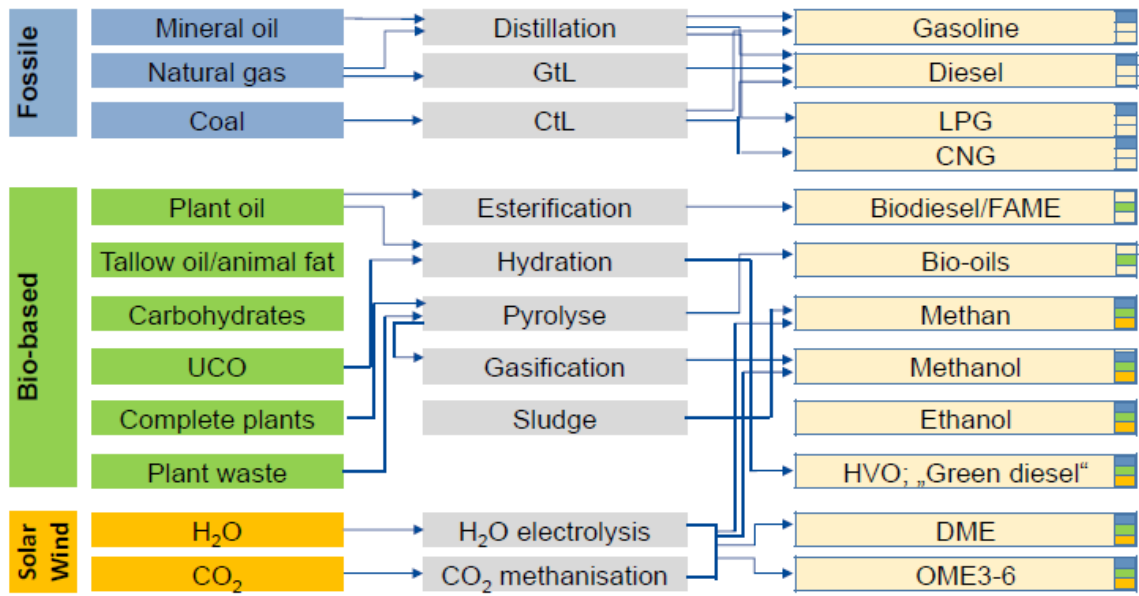
(1) Unadjusted fleet target is set considering national test cycle

### 3. 燃料概觀-由進料、製程至產品

參考圖三所示，進料至產品可分為系列三類：

- (1) 以化石原油為進料：經蒸餾等製程及摻配等流程產出 LPG、汽油或柴油等。而天然氣或煤炭亦可分別經由 GTL(Gas To Liquid)、CTL(Coal To Liquid)製成汽油或柴油等車用燃料。
- (2) 以生質物為進料：依生質物之特性而有不同之處理方式，例如植物油或動物油脂經由酯化製成生質柴油，生質物(如木屑或殘枝等植物廢棄物)亦可以高溫裂解方式(約 500°C)製成焦油，亦可再進一步氣化後處理成如甲醇之液態燃料。廢棄物亦可處理成甲烷(沼氣，天然氣)。
- (3) 以風能或太陽能發電處理二氧化碳及水以產製 DME 或 OME。

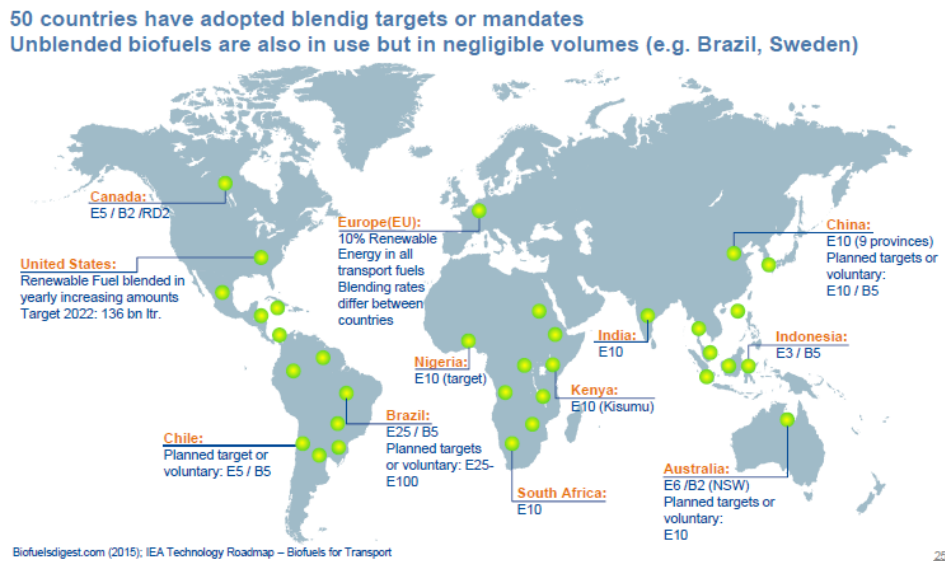
圖三 燃料由進料、製程至產品



#### 4. 主要國家生質燃料政策

依圖四所示，目前約 50 個國家採用摻配目標或強制比例摻配。例如美國每年檢討及修訂再生燃料標準(RFS)目標，以決定下一年度各再生燃料使用量，預計在 2022 年要達到 1.36 億公秉/年之目標。巴西則依情況決定在汽油中酒精摻配比例 (20% 或 25%)，目前係採用 25% 之標準。歐盟則訂定 2020 年要達到運輸燃料中有 10% 來自再生能源 (至 2016 年 9 月，歐規汽油容許加 10% 酒精，柴油容許加 7% 生質柴油。)

圖四 主要國家生質燃料摻配比例或摻配目標



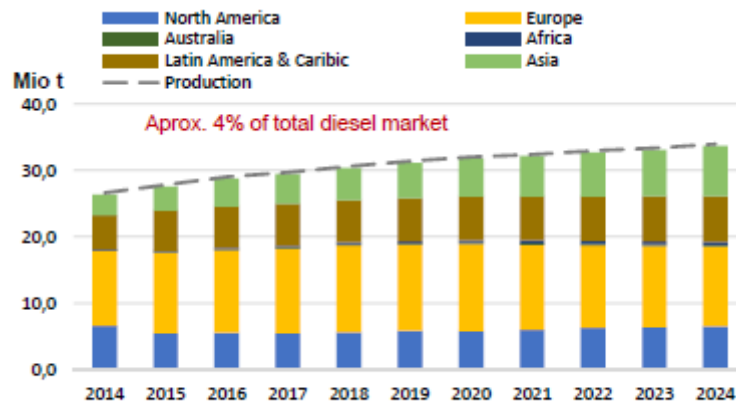


## 5. 生質柴油市場趨勢(FAME vs. HVO)

由圖五來看，全球生質柴油之市場為緩步趨升，其使用量約為柴油之 4% 左右。目前仍以歐盟為主要使用區域，亞洲則有較大之成長率。全球最大產能約 5620 萬噸，目前僅使用約 50%。主要是受到各國政策影響，未來將面臨替代技術之挑戰如氫化植物油(HVO：將植物油氫化處理，可得類似於再生柴油之產物，不含硫及芳香烴，有較高之十六烷值)。

使用生質柴油可能受環境影響而易受微生物繁殖影響，造成引擎操作問題。另外，使用較高含量之生質柴油會提高流動點，在較寒冷地區造成問題。

圖五 生質柴油市場分布及趨勢



## 6. 再生柴油市場趨勢

再生柴油在製程專利上以 Neste Oil 較為領先，全球產能約 180 萬噸，參考圖六所示，有生產能力者除了 Neste Oil 外，還有 Renewable Energy Group(REG)、Solazyme、AltAir Fuels、Diamond Green Diesel、Eni、SG Preston、Emerald Biofuels、Petrixo 及 Sinopec 等公司。市場上其使用量為生質柴油之 9%，但較高之生產成本可能限制其成長。美國及加拿大法規容許使用再生柴油，加州亦於 2015 年將氫化處理之再生柴油(HPRD，亦有稱為 HRD)視為符合低碳燃料標準(Low Carbon Fuel Standard)，Propel 公司(與 Neste Oil 合作)亦獲得許開始在北加州販售。(加州稅負補助生質柴油及再生柴油為 1 美元/加侖)

再生柴油以直鏈碳氫化合物為主，具有高十六烷值，較生質柴油有低凝固點，

低 NOx 排放之優點，能符合柴油規範要求，並受到車廠包括 Volvo、Mack、Scania 與 Mercedes-Benz 之認可使用。未來前景可期。

圖六 再生柴油(綠色柴油)生產分布圖



Source: Chemical Economics Handbook Biodiesel, PUBLISHED March 2015

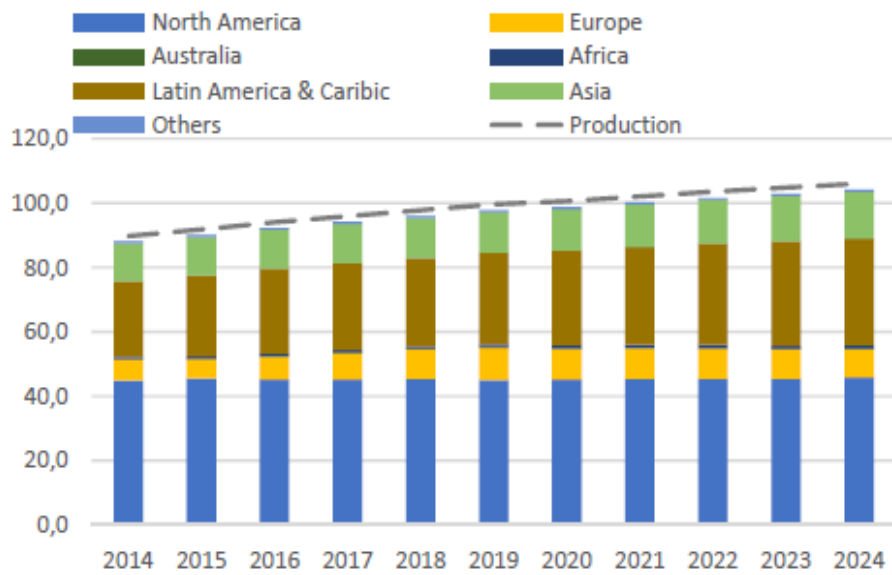
## 7. 生質酒精市場趨勢

參考圖七，主要生產及使用地區包括北美及拉丁美洲地區，其中又以美國及巴西為主。全球產能約將近 1 億噸，預期未來使用量仍會持續增加，以亞洲、歐洲及拉丁美洲增加幅度較為明顯。

在美國，酒精的產值達 440 億美元。在巴西，約有 85% 註冊新車採用彈性燃料車 (Flex-Fuel Vehicle, FFV, 車輛能適用於不同酒精與汽油的比例情況, 巴西的加油站供應酒精與汽油兩種, 供 FFV 車主自行決定其比例), 美國亦有 25% 新車為 FFV。未來，彈性燃料仍是屬於 E85 的利基市場(niche market)。

各國對於酒精的補助或稅賦優惠逐漸減少或去除，使燃油市場自行發揮其機制。

圖七 生質酒精市場分布及趨勢



## 8. 天然氣/生質氣體市場趨勢

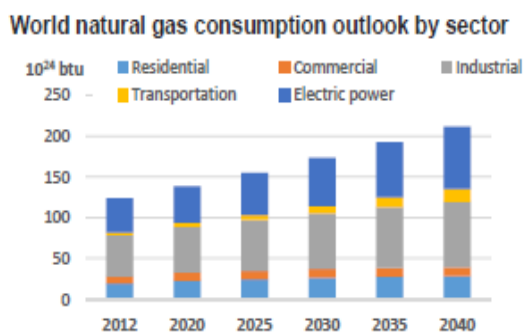
相較於汽油與柴油，天然氣(或生質氣體)有較低的碳含量，具有 CO<sub>2</sub> 減少幅度達 25%之優勢。且其抗震爆性佳，適合於增壓引擎。

參考圖八所示，天然氣主要應用以運輸部門所占最高，其次為電力部門。未來則以在電力之使用成長幅度最大（排放品質較燃煤為佳，無核廢料處理困擾及核輻射之危險，供應穩定性較水力佳）。在運輸的使用上仍持續成長(屬於低碳燃料，不含多環芳香烴，微粒排放低)

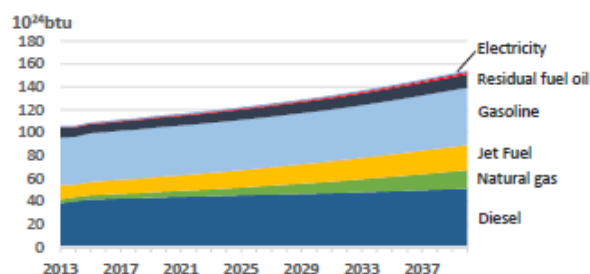
如圖九所示，天然氣未來運輸燃料之比例將由 2012 年之 2% 升高到 2014 年的 11%，但仍低於傳統燃料(汽柴油)，生質氣體之產量仍遠低於天然氣。

綜合言之，未來運輸用燃料的種類及摻混仍為多元化，各界亦將持續討論對於環境、經濟及社會層面的影響程度。預期至 2050 年，傳統燃料仍有 78% 的佔有率，車廠仍會承受到 CO<sub>2</sub> 減量的壓力，尋求 CO<sub>2</sub> 排放為中性的成份來源。

圖八 天然氣消費分布變化趨勢



圖九 燃料分布變化趨勢



Source: World Energy Outlook, 2016, global energy trends

## (二) The effect of fuel quality on engine performance and emission

### 1. 驅動燃料與車輛發展之因素

- (1)降低對氣候之影響：藉由提高引擎技術及燃料經濟性，以降低溫室氣體排放。
- (2)減少有害的排放物：降低對於人體健康及環境之負面效應。
- (3)使用替代能源：可替代及可永續的技術與燃料，包括電能(直接充電式)、複合能源(燃油與電能混合)、燃料電池(加燃料產生電能)以及替代燃料(NG、生質燃料)。

### 2. 歐盟車輛排放標準

在排放標準之制定與推行上，歐盟具領導地位。如圖十所示，燃料法規(汽油-EN 228，柴油-EN590)自 1993 年開始，演進到 2012 年的版本。相對的在引擎技術方面，汽油引擎自 PFI 技術(在進氣口噴油，可稱為間接噴射)、演變至 PFI+DISI (DISI 或稱 GDI，係指在燃燒室噴油，可稱為直接噴射)。如圖十一所示，無論是小客車或卡車，對於 NO<sub>x</sub> 或 PM 排放標準降幅相當明顯。

在車輛測試程序之發展上，如圖十二所示，目前採用的是 NEDC 行車型態 (New European Driving Cycle)，檢測法定污染物(NMHC, NO<sub>x</sub>, CO 及 PM)與 CO<sub>2</sub>。2017 年下半年將採用 WLTP 行車型態(Worldwide harmonized Light Vehicles Test Procedure)，使車輛檢測結果更能代表實際引擎運轉之範圍。而 RDE 之測試法規(RDE 為 Real Driving Emission 之簡稱)原是用來監測使用中車輛之排放狀況，2017 年亦將納入新車認證之方法。實施初期之排放管制標準為現有標準之 2.1 倍，2021 年將下降至 1.5 倍。

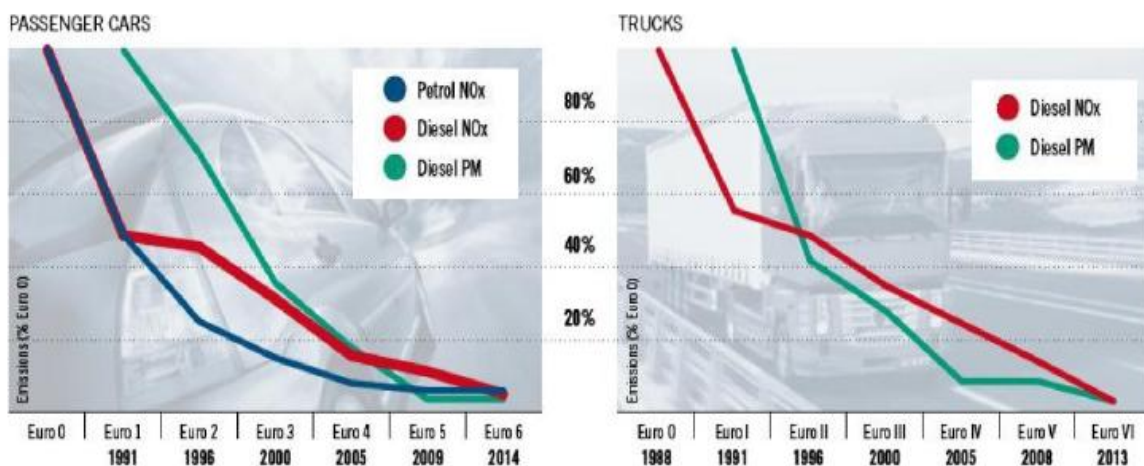
由於在 2015 年發生 VW 在柴油車上使用減效裝置(defeat device)通過實驗室之檢測，但在 RDE 道路實測 NOx 結果卻與實驗室結果大相逕庭(高 10-40 倍)。我國環保署亦委託車輛測試中心以 PEMS 設備(Portable Emission Measurement System, 簡稱 PEMS)進行 RDE 測試，結果亦較實驗室檢測值高 3 倍之多。

據了解，我國環保署亦正委託財團法人工研院及車輛測試中心，評估引入 RDE 法規之可行性。

圖十 歐盟燃料及排放法規之演變與引擎技術之進展

	past	1993	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Fuel Quality via EU directives		Gas: benzene, lead		Diesel: Sulphur		98/69/EC (emissions)		2003/17/EC		715/2007/EWG (emission)														
Emission standard						98/70/EC (fuels)		2003/30/EC (biofuels)		2009/30/EC (<= 6 -> 3 ppm)														
						Euro II		Euro III		Euro IV		Euro V		Euro VI										
						ECE R 83/03 -/04		ECE R 83/05 stage III		ECE R 83/05 stage IV														
GASOLINE																								
Fuel standard		EN228:1993		EN228:1999		EN228:2004		EN228:2009		EN228:2012														
Engine	carburettor	PFI		PFI + DISI																				
DIESEL																								
Fuel standard		EN590:1993	EN590:1996	EN590:1999	EN590:2004	EN590:2009	EN590:2013																	
Engine	IDI	IDI + DI (pump-injector)		DI (mostly CR)																				

圖十一 嚴格的排放標準導致引擎及後處理技術持續進展



Source : ACEA

圖十二 車輛測試程序之演變

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Limits		Euro 6b			Euro 6d TEMP		Euro 6d				
Test Procedure	NEDC (Emissions)				WLTP (Emissions)						
	NEDC (CO <sub>2</sub> )				WLTP (CO <sub>2</sub> )*			WLTP (CO <sub>2</sub> )**			
RDE					RDE*** (monitoring)		RDE (CF=2.1)		RDE (CF=1.5)****		
					PN RDE (CF=tbd)			PN RDE (CF=tbd)			
CO <sub>2</sub> Limits	Phase-in of 130 g/km			130 g/km			Phase-in 95 g/km		95 g/km		

\* WLTP CO<sub>2</sub> converted (CO2MPAS or double testing) to NEDC, NEDC value for compliance  
 \*\* Compliance checked against WLTP based targets  
 \*\*\* Delayed  
 \*\*\*\* CF = 1.0 + margin for measurement uncertainties, currently set to 0.6. Margin is to be evaluated annually.

Source: AVL

### 3. 車輛產業技術發展方向

可分為下列四大層面：

#### (1) 貧油燃燒：

採用直接噴射方式可將燃料霧化較細，預計可提高 5-15% 之燃油經濟性，但會增加 NO<sub>x</sub> 及微粒排放之缺點（我國汽油車六期排放法規亦將管制直噴汽車之微粒）。此外，為維持油品有良好之霧化，需維持噴嘴之清淨性，以及觸媒轉化器能維持較佳反應之情況。

#### (2) 輔助技術：

啓動/停止功能—可在煞車等候紅綠燈或怠速時停止引擎運轉，減少排放，但須有額外之電源提供車內空調使用，亦有稱為怠速自動啓閉系統)

汽缸間歇系統(cylinder deactivation)—在低負荷時，為維持引擎有效率之運

轉，避免泵能損失(pumping loss)，ECU(引擎控制單元)會暫時停止單缸或多缸之運作。

可變汽門正時(Variable Valve Timing) —變動進汽門或排氣門啓閉時間，使引擎有較佳之效率與動力表現。

渦輪增壓(Turbocharging) —利用排放之廢氣驅動渦輪對進氣壓縮，提高容積效率，可使較小排氣量引擎有較大之輸出馬力。需使用較高辛烷值之燃

料以避免爆震產生。

- (3) 複合引擎(Hybrid Engine)—電動馬達與引擎搭配使用，有效降低排放、增加油耗性能。惟燃料可能長期儲放在油箱中，燃料須有較佳之儲存穩定性。
- (4) 替代燃料—如彈性燃料車(FFV)可使用 E85。含高比例乙醇之油品其清淨劑或抗腐蝕抗氧化添加劑之劑量可能需調整。

#### 4. 車輛後處理系統發展方向

配合排放法規之修訂，後處理系統發展重點亦有所不同。例如，為降低柴油車 PM 排放，發展出柴油微粒過濾器(Diesel Particulate Filter)，而當 NO<sub>x</sub> 愈降愈低時，原有使用 EGR(廢氣再循環)技術無法有效的降低時，SCR (Selective Catalytic Reduction, 選擇性觸媒還原系統) 技術的發展及時滿足此一需求。重型柴油車大部分有加裝 SCR 系統，預期歐盟 6 期法規實施後，柴油小客車即有可能亦使用此一設備，以因應愈嚴格 NO<sub>x</sub> 管制標準之要求。

圖十三車輛後處理系統發展方向

Emissions Standard	Changes	Measures
Euro V	Particulate (PM) reduction	Diesel Particulate Filters
Euro VI	NO <sub>x</sub> Reduction	Introduction of LNT and SCR (Heavy Passenger Cars)
RDE (Step 1)	Stricter Measurements	All vehicles with NO <sub>x</sub> Aftertreatment
RDE (Step 2)	Reaching Euro VI Limits during Real Driving	

**RDE Will Require Aftertreatment Technologies**

**AdBlue® Distribution Network As A Future Challenge**



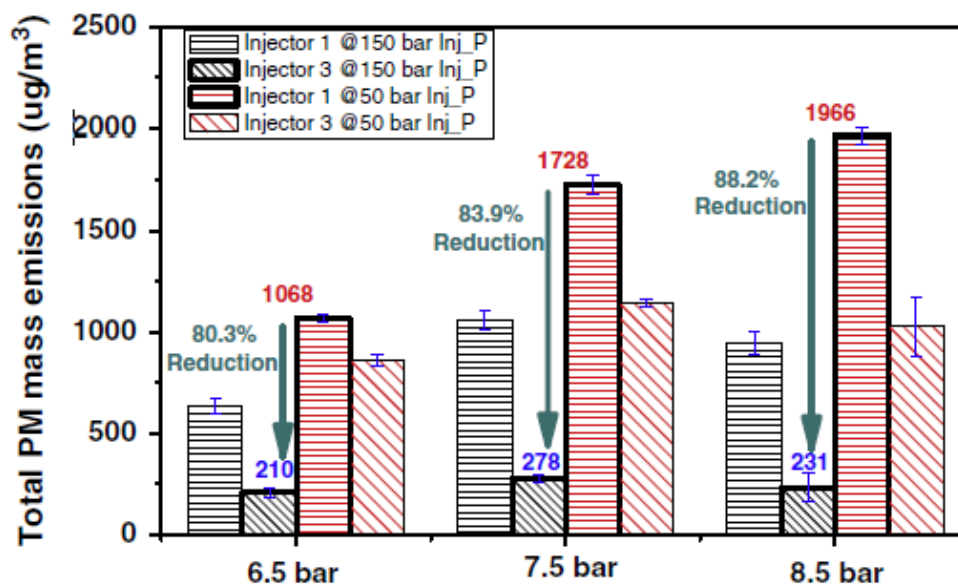
38

#### 5. 燃料及噴射系統對直噴汽油引擎(GDI)微粒排放之影響

噴射器之積污對於直噴汽油引擎之油耗及排放性能影響頗鉅。比較積污與乾淨之噴射器，在 150 bar 噴油壓力下，流量差異達 8.5%。以單缸引擎使用不同

清淨性之噴射器比較其不同噴油壓力下之 PM 排放情形，如圖十四所示。在相同噴油壓力下，清淨之噴射器有較低之 PM 排放；若提高噴油壓力，則 PM 排放將進一步降低。主要原因為噴射器之積污會對於噴嘴處之噴霧情況造成不良影響，影響 HC 及 Soot 之形成，導致 PM 排放增加。參考圖十五所示，相對於清淨之噴射器，積污噴射器隨著車輛運轉時間增加而增加。

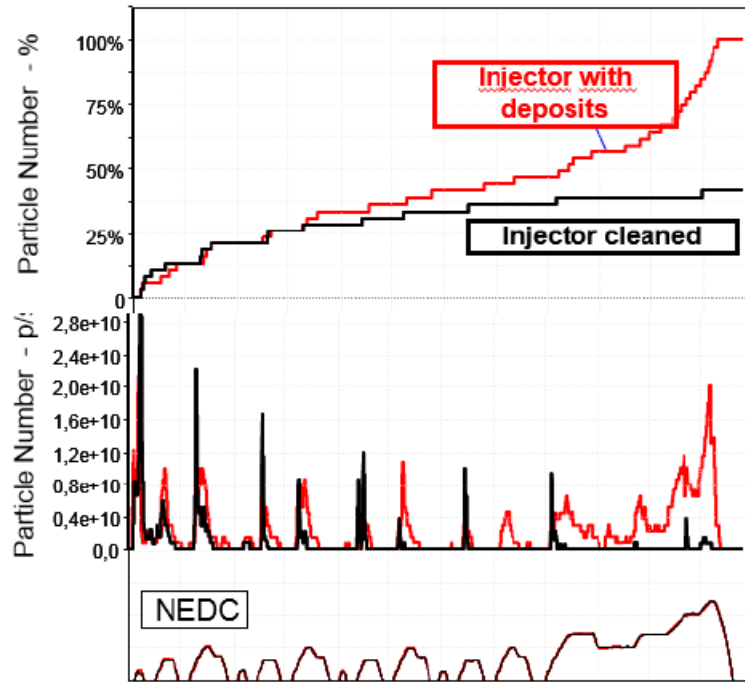
圖十四 清淨與積污之噴射器在不同噴油壓力下之 PM 比較



Source: Impact of fuel and injection system on particle emissions from a GDI engine, Applied Energy, 2014.11.(註: Injector 1 為積污之噴射器，Injector 3 為乾淨之噴射器)



圖十五 清淨與積污之噴射器在 NEDC 行車型態下之 PN 排放比較



Source: data by AVL.

### (三) Requirement of modern engine technology

1.現代的車主需求—馬力更大、更省油、可靠性高及良好的耐久性能，使得引擎及車輛具有下列一個或多個技術特色：

- (1)直噴、單/雙渦輪增壓—提高省油性及輸出馬力
- (2)廢氣再循環或 SCR—降低 NOx
- (3)降低排氣量—車輛減重、減少排放、省油
- (4)複合動力-油電
- (5)適用於不同燃料組合(汽油，酒精)
- (6)四元觸媒轉化器—傳統汽油車使用三元觸媒轉化器(TWC)以轉化 HC、CO 及 NOx 等廢氣成分，對於直噴汽油引擎而言，微粒排放亦須加以處理。整合 TWC 與微粒過濾器(PF)而成四元觸媒轉化器(FWC)。

而引擎要發揮良好之功能需要搭配--高品質的燃料、潤滑油及冷卻劑(水箱精)。

2.良好之燃料品質需求如下：

- (1)汽油：無鉛、低硫含量、低蒸氣壓(VOC 議題)、低含量的苯及芳香烴
- (2)柴油：低硫含量、低微粒來源(與芳香烴及高費點成分有關)、十六烷值高

使用適當的添加劑可使引擎較有效率之運作(較為潔淨的燃燒、低的積汙與磨損、防蝕與較佳的省油性)

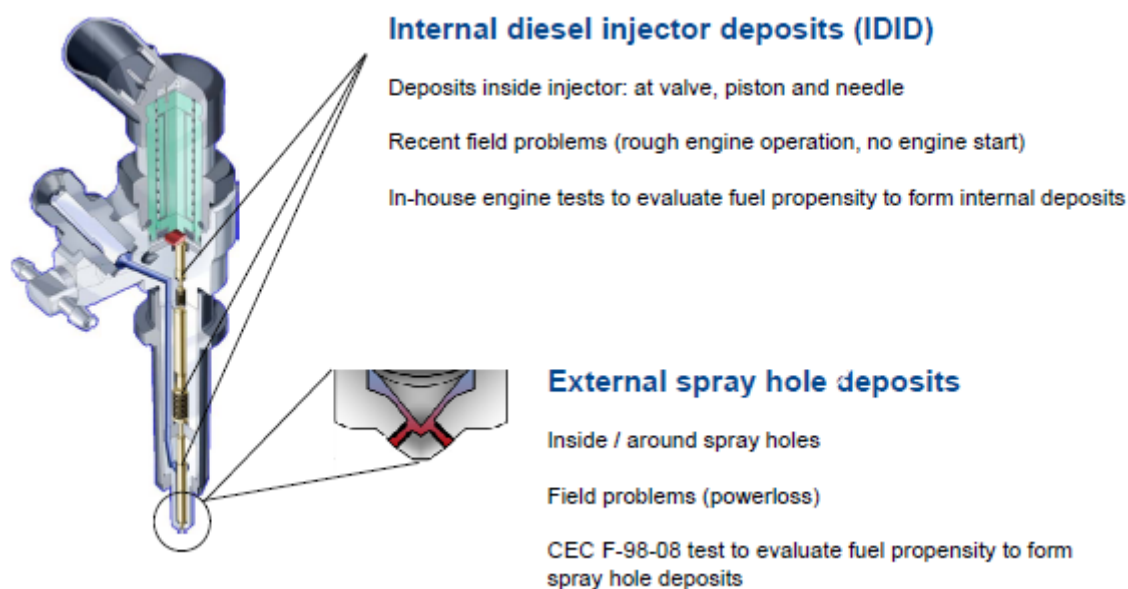
### 3.TOP Tier :

使用在美國地區之品牌，油品通過該品牌的認證，代表該油品具有高品質。主要訴求在清淨性，有八家車廠支持此一體系，包括 BMW、Mercedes-Benz、Volkswagen、Audi、Fiat Chrysler、GM、Toyota 與 Honda。通過該品牌認證的油商有 40 幾家，包括 BP、Shell、Exxon、Mobil、Esso、Chevron、Amoco、Arco、Arco、Conoco、Costco gasoline 等。

### 4.柴油引擎之積汙位置及其測試方法

柴油引擎之運作係以純空氣進入燃燒室，經壓縮後使進氣溫度升高，再將柴油直接噴入燃燒室點火燃燒，並無汽油引擎之間接噴射所產生之進氣閥積汙問題。因此，柴油引擎之積汙主要位於噴射器。積汙位置包括噴射器噴嘴處(external)及噴射器之內部(internal)，後者之積汙稱為 IDID (Internal Diesel Injector Deposit)，如圖十六所示。

圖十六 柴油引擎噴射器積汙位置



#### (1)柴油噴嘴積汙測試：

方法為歐盟之 CEC F-23-01，採用 Peugeot XUD9 1.9L 間接噴射(IDI)柴油引擎，正式測試時間為 10 小時。清淨性之評估準則為測試後量測噴

嘴之空氣流量不得比新噴嘴之流量低 85% 以上。

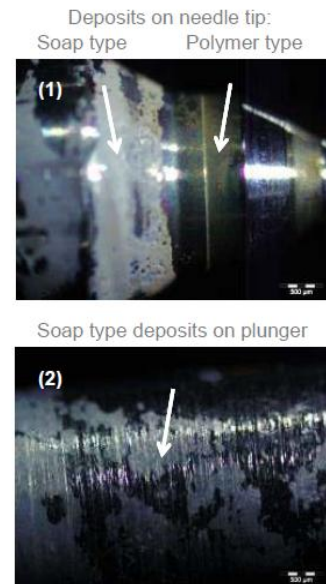
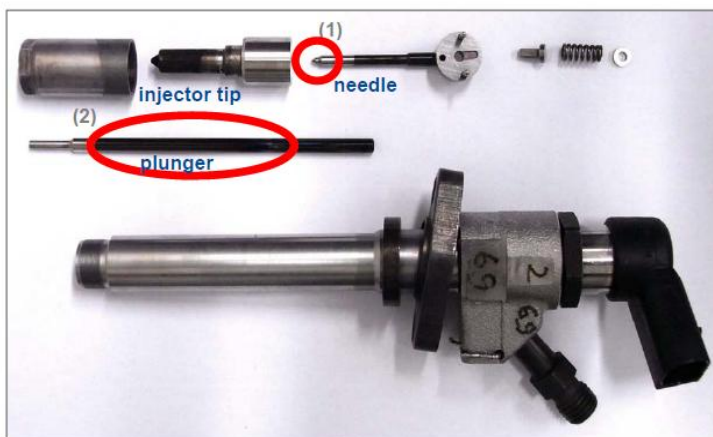
(2)柴油噴射器內部積汙(IDID)：

- a. 方法 I 為歐盟之 CEC F-98-08，採用 Peugeot DW10 2.0L 共軌(common rail) 直接噴射(DI)柴油引擎，正式測試時間為 32 小時。清淨性之評估準則為測試後量測引擎馬力不得比 0 小時測試時之馬力低 2% 以上。測試柴油需加入 1 ppm 的鋅以加速積汙的形成。此試驗所用引擎規格較貼近現行之柴油引擎技術，且要通過此測試需使用較方法 I 為高之清淨劑劑量。參考圖十七所示，以低分子量的添加劑成分 PIBSI 或鈉/十二烯基丁二酸(Dodeceny succinic acid, 腐蝕抑制劑)添加在柴油中，以 Peugeot 2.0L 直噴柴油引擎進行 CEC F-98-08 之測試，結果在噴射器尖端(tip)及柱塞(plunger)內部發現有聚合物及皂化之積污。

圖十七 在噴射器不同位置發現有聚合物及皂化之積污

**Polymer and soap type deposits found at various areas of the injector**

- Peugeot DW10 engine test (CEC F-98-08 load profile), 8 hrs. with low molecular weight PIBSI or Na / dodeceny succinic acid
- Typical deposits as found on the needle and the plunger



- b. 方法 II 為 CEC F-110-16 (S) Internal Diesel Injector Deposit Test，為 CEC 在 2016 年 5 月通過之試驗方法。所使用之引擎為 Peugeot 1997 c.c., 4 缸渦

輪增壓、共軌直噴柴油引擎。試驗需時 5 天。其試驗評估準則為試驗後引擎之啟動性是否良好(0-10 點，10 為最佳)。試驗開始時先測冷啟動性(day0)，能啟動者為 10 點，繼續 run dirty-up cycle(6 小時，每個 cycle 包括 5 min /1000 rpm / 10-15 N.m 及 25 min./3.750 rpm /110 kW phase, 共 12 cycles)，靜置 8 小時，再測啟動性(day 1)。若開始時即無法啟動則為 0 點，試驗結束。每 1 次無法啟動即扣 1 點。

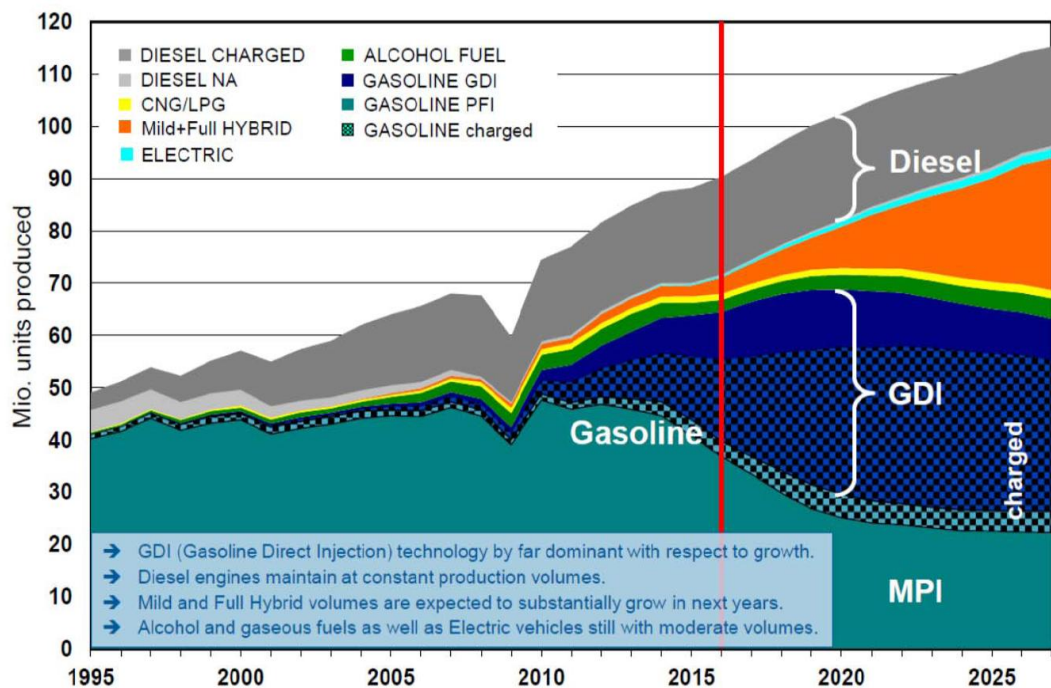
本方法用來區分燃料是否會在噴射器內部產生明顯之積污，造成引擎啟動不良之現象。目前尚未獲知原廠所認可之清淨性標準。

## 5.汽油直噴引擎

### (1)引擎技術趨勢：

由圖十八所示，依據 AVL 在 2015 年的預測，目前至 2025 年，GDI 引擎將持續成長，且占有相當之比例，柴油引擎則維持一定比例。中度及重度複合動力車--油電車、插電式油電車、增程模式電動車(電動為主，引擎作為充電用)，亦有明顯之成長。PFI 引擎則持續減少。電動車之成長則較為緩慢。

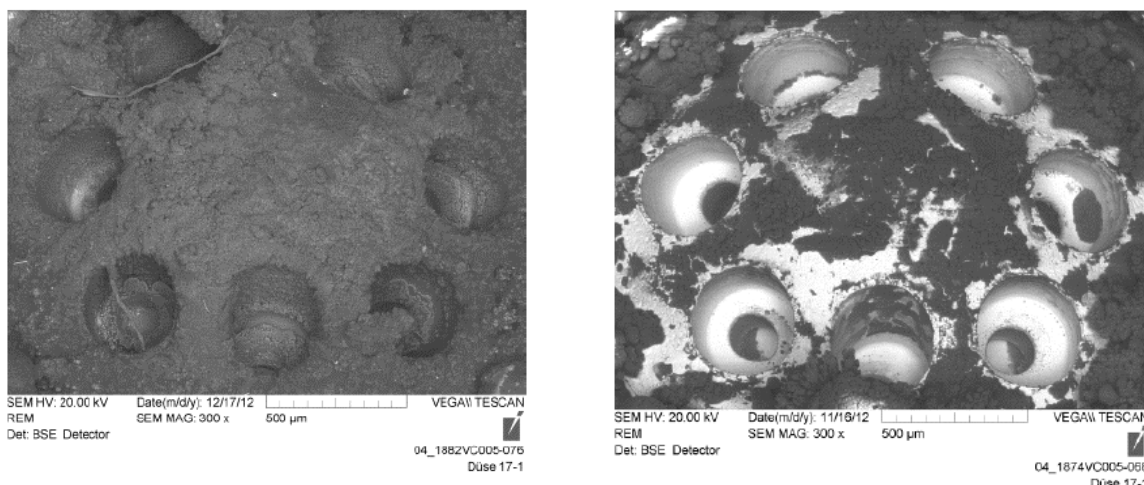
圖十八 引擎技術趨勢(1995-2025)



source: Source: IHS Q4 2015, AVL

使用在 PFI 引擎之汽油清淨劑，對於 GDI 引擎之噴嘴清淨性有可能發生性能不足之現象，由圖十九所示，GDI 引擎噴嘴積污情形，使用傳統之清淨劑(噴嘴仍有明顯積污)，右圖為適用於 GDI 引擎之清淨劑，積污明顯減少。

圖十九 GDI 噴嘴積污，左圖為使用傳統之清淨劑，右圖為適用於 GDI 引擎之清淨劑



## 四、實驗設備參訪

### (一) BASF 之 Competence Center Fuels and Lubes

該中心位於 Ludwigshafen，為 BASF 重要之油品測試單位，對於外賓之參訪管制森嚴，嚴禁拍照及攝影。該中心由 1 位經理管理，轄下有一位技術經理，幾位領班及十幾位技術人員。目前擁有 13 個引擎試驗室，能執行之測試如下：

#### 1. 汽油引擎試驗：

包括 CEC F-20-98 (M111 engine, IVD test, 汽油清淨性)、CEC F-05-93 (M102E engine IVD test, 汽油清淨性)、CEC L-053-T-95 (M111 engine, E20, Sludge, no harm test, )、CEC F-016-96 (VW Waterboxer Gasoline Engine, valve sticking)、ASTM D6201 (Ford 2.3L engine, IVD)、CEC TDG-L107 (Mercedes M271 engine, engine oil, sludge test)、GDI engine test(specified test method)

#### 2. 柴油引擎試驗：

包括 CEC F-23-01 (Peugeot XUD9 engine, injector coking)、CEC F-98-08 (Peugeot

DW10B, power loss)、CEC F-110-16 (Peugeot DW10C, IDID)

對於需要持續執行幾天之測試，該中心採取自動化之操作，夜晚無人看管，遇狀況電腦自動停止引擎運轉，若發生火災，除了內部有滅火設施，警鈴自動連線消防隊，5分鐘內趕到。如此，人力之運作較為精簡。在白天，人員主要進行試驗前之準備，試驗後之拆卸與評估等工作。

在油料準備及儲存方面，由於測試所需油品不同，包括汽油、柴油、潤滑油、生質油料及油品成分等，需個別儲存。該中心設有油品儲存區、泵浦及管線配置，測試時，再依測試需求將油料泵至測試實驗室。各管線管徑不大，因此需 Flush 之油料亦不會太多。儲存區有屋頂，可遮蔽陽光及防止淋雨，無外牆，通風良好。油料準備無須耗費太多人力。

## (二) APL 車輛測試中心 (Automobil-Prüftechnik Landau GmbH)

德國 APL 集團是歐洲最大的、中立的、獨立的、測試服務提供者，服務對象包括車輛產業、機油與燃料產業及其他供應商，可協助客戶取得國際相關行業的認證。APL 轄下有 APS-tech、IAVF(傳動技術)、MOT、IVP 與車輛測試中心等，分別位於德國境內 6 個地方，擁有 1100 員工、225 個測試平台(包括引擎、變速箱、動力系統等測試)。

車輛測試中心屬於 APL 之核心單位，位於 Landau，有 11 個部門，包括車輛排放測試實驗室、校正實驗室、車輛工場(引擎拆卸組裝及評估)、軟體發展、測試平台電子部門、引擎電子部門等。可執行包括引擎驅動系統測試、潤滑油與燃料測試、材料發展及元件磨潤研究、車輛後處理系統研究、燃燒分析、即時量測技術發展等。

APL 車輛測試中心屬於 CEC 潤滑油測試各工作小組之成員、CEC 評估監督委員會之成員。可執行 CEC 燃料與潤滑劑之相關測試方法，並領導發展各種測試方法(如 DW10、M271 Sludge test 等)。在 GDI 測試發展方面，目前尚無官方之測試版本，APL 亦努力發展“GDI injector coking test”，以測試燃料及添加劑在 GDI 引擎噴射器之 Keep clean、Clean-up 之性能，測試時間為 50 小時。

以燃燒研究為例，APL 亦探討有關 LSPI 之現象(LSPI 為低速預燃之簡稱，近期相當熱門之議題)，由潤滑劑配方、燃料組成、噴射器之設計/噴射型態、引擎操

作模式、混合物之形成等層面進行研究，並嘗試發展測試方法。另外，關於後處理裝置上，該中心亦研究有關 SCR、NO<sub>x</sub> 儲存觸媒、DPF 等裝置之最佳化。

該中心所屬之車輛測試實驗室可執行 NEDC, WLTC 等行車型態測試，亦在 RDE (Real Driving Emission, EU6 將於 2017 年 9 月實施)方面投注不少心力，以 Landau 周邊區域規劃進行 PEMS 之 RDE 測試，涵蓋氣態及粒狀污染物之量測。該中心計畫將該道路測試之引擎與車輛參數轉移至測試實驗室內，如此可避免在道路測試所遇到之塞車、氣溫變化等參數之干擾。

## 五、心得與建議

### (一)心得

- 1、因應地球溫室效應對於環境生態之影響，各國在能源政策及車輛排放法規皆有不同之因應措施。如管制二氧化碳排放標準，提升油耗性能，加嚴排放標準，採取低碳燃料標準，鼓勵或強制使用一定比例之生質能源等，我國亦將在 2019 年跟進實施歐盟 6 期排放標準。車廠對於上述政策及法規之變化，除了提升引擎性能，搭配適當之後處理系統，採用節能之技術等措施 (油電車、電動車)。生質燃料之發展除了傳統之生質柴油及酒精外，亦有其他之方向，如生質物氣化後再處理成類似於汽柴油之油料(如氫化柴油)，或者是不同之油料(如 DME 或 OME, oxymethylene ether)。有可能是未來之發展方向之一，可避免生質油料因儲存問題而使油料容易變質或氧化或受微生物影響。
- 2、依據燃料發展趨勢，低碳運輸燃料如天然氣等未來趨勢仍為緩和成長，主要是基礎設施之佈建(加氣站)不易，包括投資金額大，且土地取得不容易等問題。天然氣大致上以使用在發電及工業佔較大比例。預測短中期(至 2025 年)仍以傳統汽柴油為主。
- 3、車廠不斷在引擎技術精進，如柴油引擎之高壓共軌直噴，汽油引擎之直噴供油等，亦都會產生新的積污問題。如柴油引擎噴射器之內部積污 (IDID)、汽油引擎之噴射器積污(原為 PFI)。原有之添加劑可能無發法因

- 應此一型態之積污，諸如劑量或添加劑型態問題。目前歐盟對於柴油引擎之 IDID 問題已於 2016 年 5 月審查通過該測試方法，而直噴汽油引擎的清淨性測試仍在發展當中。未來則須持續關注清淨添加劑之發展情形。
- 4、針對歐盟將於 2017 年 9 月實施 RDE 測試法規，以偵測車輛在道路上實際排放汙染狀況。其中在氣態汙染物之量測程序已定案，但 PN(粒徑在  $2.5 \mu$  以下之微粒數)方面則仍在最後確認中(預定 2016 年底前定案)。包括 APL 等測試實驗單位亦積極投入此一系列之研究。油品成分對於車輛之道路上之氣態汙染物及微粒排放之影響值得關注，以掌握時代之需求，提供車主更潔淨之油品。而以 PEMS 設備來進行 RDE 測試，可掌握車輛排放之狀況，作為油品成分及添加劑調整或改變之有效依據。

## (二)建議

- 1、汽柴油引擎技術更新，產生新的積污問題，須持續關注清淨添加劑的發展情形，並探討未來清淨添加劑之採購規範是否調整之必要性
- 2、油品品質及性能如何因應法規之演進及車輛技術之變化做適當之調整，亦為未來研究之課題。