

出國報告（出國類別：開會）

赴新加坡拜訪 Lubrizol、Innospec 添加劑公司及 Stratas Advisor 顧問公司研討新型潤滑油規格與燃油添加劑性能技術發展現況與趨勢

服務機關：台灣中油股份有限公司 煉製研究所
姓名職稱：管培宇 機械工程師
派赴國家：新加坡
出國期間：108 年 8 月 26 日 ~ 108 年 8 月 30 日
報告日期：108 年 10 月 5 日

摘 要

為因應全球氣候變遷、汙染排放及能源枯竭等問題，各國對移動汙染源制定了嚴苛的汙染排放法規及能耗標準，這些法規及標準推動了傳統內燃機在硬體系統設計、引擎運行條件的變化，同時也影響車廠、消費者甚至是政府對燃油及潤滑油有更高的性能要求，包括燃油對引擎部件良好的清潔能力、燃燒效率提升，潤滑油改善燃油經濟性、提供抗磨損及高耐久性等。海運燃油方面，為因應國際海事組織(IMO)即將於2020年實施的船舶燃油限硫令，市場上出現了許多0.5%硫含量的調合燃油，也因此衍生出了許多油品相容性、穩定性等性能需求。為因應上述燃料及潤滑油的趨勢變化，所使用之添加劑性能與品質需要隨之調整，以提升公司燃油整體性能。

本次出國行程主要是前往新加坡拜訪全球石油及能源產業顧問公司Stratas Advisors，研討IMO 2020海運燃油相關議題，並赴Innospec添加劑公司討論CEC歐盟汽柴油添加劑性能評估技術發展現況，及前往Lubrizol公司討論最新汽柴油引擎機油規格發展趨勢。藉由拜訪兩家添加劑公司與石油問顧公司有助於未來在燃料及潤滑油品研發方向之研擬、開發與應用，並做為燃油添加劑採購規範訂定之參考與依據。

IMO船舶燃油限硫令將迫使船運公司選擇使用洗滌器或低硫燃料，而這些額外成本勢必會推動運價上漲。此外煉廠會面臨燃油混摻造成的相容性及穩定性問題，煉油廠和加油港口可能需要添加額外的燃油添加劑，這也將推動運費上漲。

目前台灣汽車市場仍以非直噴車輛佔了大宗，包含汽油PFI及柴油IDI車輛，但隨著環保排放法規的加嚴，未來汽車市場將會由缸內直噴的新型引擎所主導。CEC對GDI及TDI引擎的燃油清淨性能測試程序正在研發測試中，能含蓋直噴及非直噴車輛的複合型添加劑將成為未來趨勢。

最新ILSAC GF-6性能等級車用機油將於2020.05公告上市，就添加劑技術而言，磨擦修飾劑、抗磨劑及抗氧化劑，仍是配方開發選用重點，期能解決低速預燃(LSPI)及時規鏈條磨損問題。

目 錄

摘要-----	2
目錄-----	3
一、 目的-----	4
二、 行程與工作內容-----	4
三、 會議內容紀要(過程)-----	4
3.1 Stratas Advisors 海運燃油市場展望-----	4
3.2 Innospec 汽柴油添加劑性能評估技術發展現況-----	7
3.3 Lubrizol 新型汽油引擎機油規格發展趨勢-----	11
四、 心得與建議-----	13

一、目的

此行目的除了瞭解添加劑公司最新燃料(包含汽油、柴油與海運用油)與潤滑油(車用)添加劑發展趨勢，並蒐集最新測試技術之開發與應用資訊，例如:歐盟CEC最新發展的GDI燃油添加劑清淨性能評估方法之工況條件，以利未來在燃料及潤滑油品研發方向之研擬、開發與應用，並做為燃油添加劑採購規範訂定之參考與依據。

二、行程與工作內容

起迄日期	天數	工作內容
108.08.26	1	由桃園啟程前往新加坡
108.08.27	1	赴 Stratas Advisors 研討 IMO2020 海運燃油市場對策與展望
108.08.28	1	赴 Innospec 公司研討燃料添加劑性能評估技術發展現況
108.08.29	1	赴 Lubrizol 公司研討新型潤滑油規格發展趨勢
108.08.30	1	由新加坡搭機返回桃園

三、會議內容紀要(過程)

3.1 Stratas Advisors 海運燃油市場展望

國際海事組織 (IMO) 於 2016 年 10 月通過了一項法規，2020 年 1 月 1 號起在全球海域實行船舶燃油硫含量低於 0.5wt% 之規定，而在 SO_x 控制排放區 (SECAs) 燃油硫含量則必須低於 0.1wt%，IMO 的這項決定是基於 Stratas Advisors 對世界船舶燃油的可用性研究。IMO 的全球硫含量上限適用於所有船舶，除非使用減排技術 (ex: 廢氣控制系統) 和其他兼容的船用燃料，包括液化天然氣 (LNG)、液化石油氣 (LPG) 與甲醇以達到同等水平或更低水平排放硫氧化物。新規則將適用於所有全球海域且不會有例外。

對航運公司的影響

由於IMO 2020的船舶燃油限硫令，航運公司在降低SO_x排放的同時必須盡量減少對航運的影響，包含燃油價格、補給的難易度、投資成本等因素皆會影響航運公司的選擇。目前航運公司普遍的對應措施及優缺點如下：

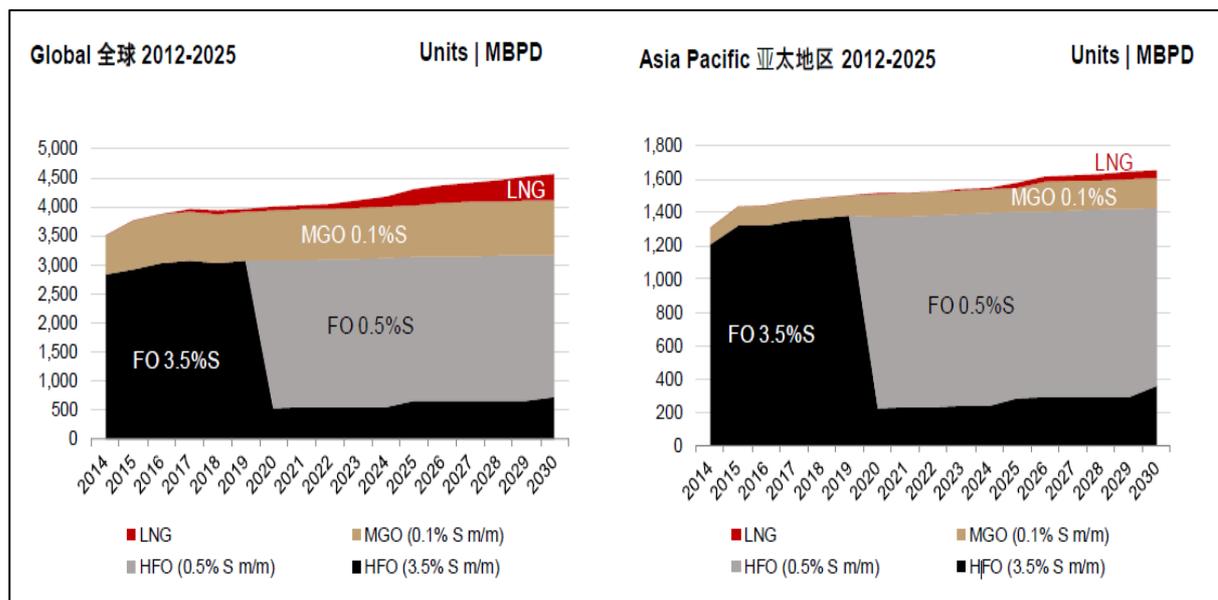
- (1) 使用0.5%低硫燃油或海運輕柴油
 - (a) 0.5%低硫燃油:可最小化操作難度和成本，但不同油品供應商調合燃料質量差異較大，只有少數供應商可穩定供應。
 - (b) 海運輕柴油:方便且用途廣泛，但價格昂貴。
- (2) Scrubber New/Retrofit：加裝船舶洗滌器，航運公司可使用更便宜的高硫燃油，若0.5%S及3.5%S燃油價差大可較快回收投資成本；但需要較大的安裝空間及首次改裝成本高，且需要對洗滌後的鹼液進行處理。
- (3) LNG New Build/Retrofit：LNG為清潔燃料，可有效減少NO_x、SO_x以及PM的排放。但設備改造費用高，且補給港口較少，但可用性在不斷提升。

越來越多的船運公司選擇安裝洗滌器並預期利用0.5%S及3.5%S燃油價差來回收成本。估計到2020年將有3,800艘船舶安裝洗滌器，並將繼續使用3.5%S燃油。

目前，洗滌器在航運公司中是首選。航運公司對洗滌器的投資越來越多，這表示他們願意繼續使用硫含量大於3.5%的高硫燃油。目前，全球船隊中只有不到1000艘船擁有洗滌器，由於洗滌器製造商的生產能力有限，因此對年度增加的期望不高。從長遠來看，以LNG為燃料的船隻的數量預計會增加，這與跨地區LNG加油港和碼頭的補給設備改善相對應。包括甲醇和LPG在內的其他船用燃料的增長比例將比LNG緩慢。根據裝有洗滌器的船舶數量，大多數航運公司仍面臨著燃油成本上漲的壓力。

2018年亞太地區的海運燃油銷耗量占了全球消耗量的45%以上，在2020年IMO限硫令執行以後預估整體需求量仍會逐年增加，而原本的3.5%S燃油需求將被0.5%S所取代並增加了許多兼容船用燃料的選擇。根據StratasAdvisors預測，0.5%S燃油在2020年後會以0.4%複合年均增長率下降，主要原因為洗滌器的技術將逐漸成熟，安裝成本降低

後會有更多的航運公司願意投資安裝。

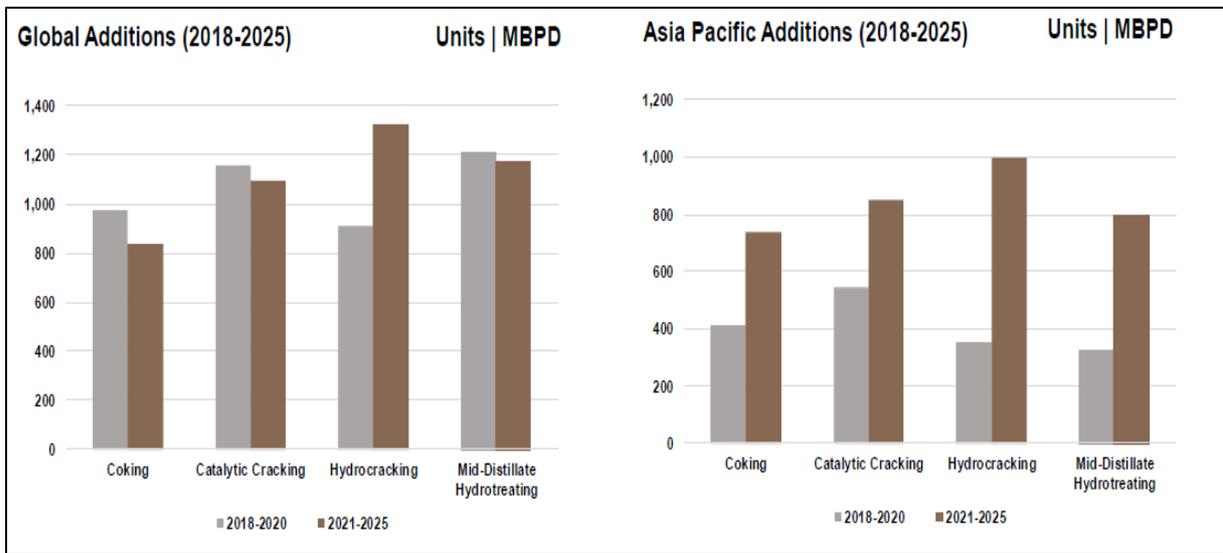


全球及亞太地區船用燃料需求

對煉油廠的影響

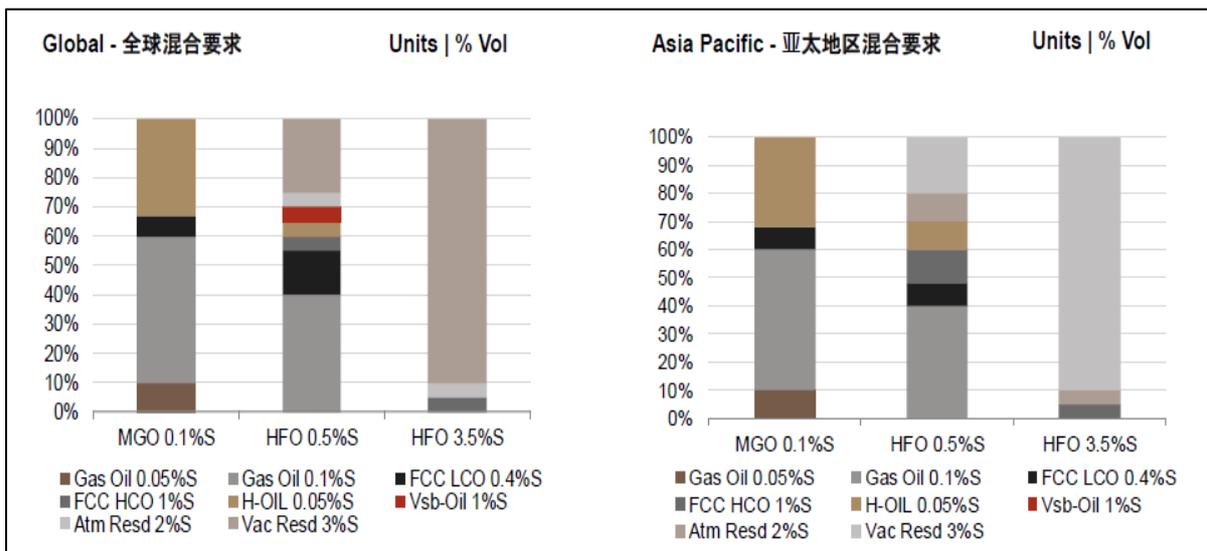
IMO 2020的新規定給煉油行業帶來機會和風險。燃油規格的變動對部分煉油廠帶來獲利的機會。由於預期所有石油產品類別的價格都會上漲，因此激勵煉油廠升級設備。強烈的價格變動也成為煉油廠生產符合IMO要求燃料的誘因。越來越多的煉油廠表示有意願升級現有的煉廠設備，改變煉油廠的加工策略以生產0.5%低硫燃油。煉油廠將根據對原油來源的選擇及燃油摻配料的生產來重新評估煉油廠的加工策略，以生產所需的船用燃料等級。

自IMO 2020法規發佈以來，越來越多的煉油廠對升級現有設備表現出興趣。亞太地區將有很大一部分煉油廠升級和增加轉換容量。從2020年到2025年，亞太地區的轉換容量預計將達到3,895 / MBPD，佔全球轉換容量增加量的62%。估計2020年至2025年期間，亞太地區的加氫處理和中間餾分加氫處理的總容量將增加1,929 / MBPD和1,122 / MBPD，分別佔全球新增容量的38%和47%。根據煉油能力擴展計劃，煉油行業可以生產足夠的0.5%S低硫燃油以滿足船用燃料需求，同時滿足其他市場的需求。



全球及亞太地區轉換容量增加

0.5%S低硫燃油摻配方面，全球及亞太地區都將對製汽油(Gas Oil)、FCC輕循環油(FCC LCO)與加氫處理油(H-Oil)的需求增加。



全球及亞太地區海運燃油摻配要求

3.2 Innospec 汽柴油添加劑性能評估技術發展現況

Innospec為一全球特用化學品公司，其主要是研發、生產與供應全球油礦、燃料及消費者市場相關產品之添加劑先進技術。本次會議主要是以本公司現行汽柴油添加劑引擎測試方法更新消息及新型車輛的添加劑性能評估技術發展為討論主軸，目的在精進本公司之添加劑採購規範及提升公司油品性能以提高市場競爭能力，並能及早規劃未來添加劑測試設備之採購及更新。

汽油引擎測試

1. 曲軸箱黑色沈積物試驗(BLACK SLUDGE TEST)

該項測試主要為證明清淨添加劑不會造成曲軸箱黑色沈積物產生。

(1) CEC L-53-T-95

(a) 在2010年代初期已過時，新的添加劑技術無法測試。

(b) 大多數客戶取消了測試，且沒有替代方法。

(c) 一些客戶轉向內部實驗室工作台測試。

(2) M271 Sludge Test (TDG-L-107)

(a) 自2010年代初開始研發，在選擇用於測試的校準油方面一直面臨挑戰。

(b) 截至2019年6月，CEC循環測試正在進行中。

(c) 主要用於測試潤滑油，非汽油清淨添加劑。

2. CEC F-20-A-98(Benz M111)-汽油進氣閥及燃燒室積汙測試

(1) 每兩年舉辦一次Round Robin。(Round Robin:可以當作確認測試發法穩定性的能力試驗。)

(2) 對M111E的參考測試至少每12個月運行一次。(以RF-02-03及RF-12-09分別作為乾淨及骯髒的參考燃料)

(3) 引擎測試零件的預計在2020年/ 2021年停止生產，整體引擎測試壽命預計在2023年結束，目前沒有任何新的IVD替代測試消息。

(4) 這將可能導致更多的GDI引擎主導汽車市場。

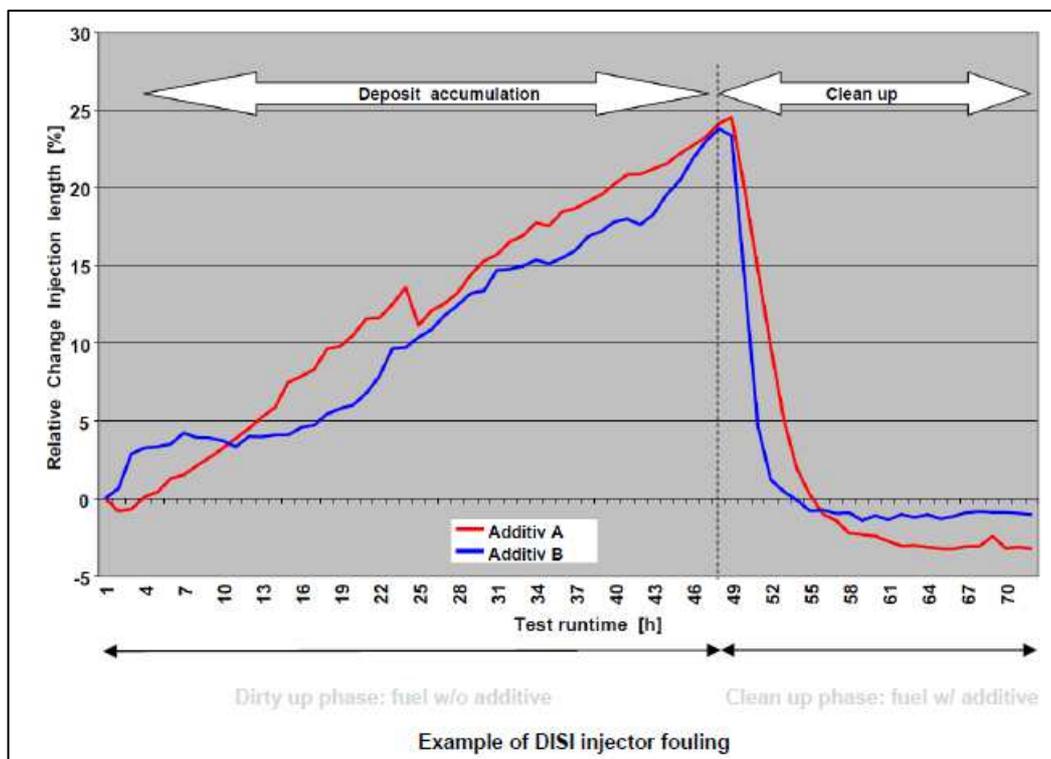
3. CEC TDG-F-113(VW EA111)缸內直噴汽油引擎(GDI)噴嘴積汙試驗

(1) 近幾年為了符合更低的二氧化碳排放法規，GDI引擎在汽油引擎市場急遽的增加。車輛通過車載燃油管理和更高的燃油壓力，從而提升燃油油滴的霧化效果，以此更精確地控制法規排放。

(2) 引擎透過含氧感知器及空氣質量流量器之數據計算油氣濃度(空燃比)並調整噴射的燃油量，這種即時調整噴射燃料被稱為短期燃料修正 (STFT)，當引

擎熄火後車輛電腦通常不記錄STFT的歷史記錄，但STFT的偏差若超過 $\pm 3\%$ 則車輛電腦將記錄此數據，如果不斷經歷這種重大變化，則將導致長期燃油修正（LTFT）。

- (3) 噴油器結垢是LTFT的常見原因，當噴嘴阻塞時霧化效果會變差，空燃比增加(混合氣濃度下降)造成有較多的氧氣未參與燃燒，此時含氧感知器監測到排氣中的氧含量較高，將信號回傳給電腦增加噴油量，如此不斷的修正造成LTFT導致引擎油耗增加、馬力下降。
- (4) 當LTFT增加25%時，故障指示燈將警告駕駛員將車輛送去維修。
- (5) 目前CEC尚未公佈完整的測試程序及細節，僅簡單說明測試需48小時的"dirty up"及24小時的"clean up"，並以噴射時間的調整率(fuel trim)及空燃比作為測試變量，若空燃比超出工作範圍則測試失敗。
- (6) CEC正持續進行第二輪的Round Robin Test，並持續調查"dirt up"參考燃料EN228的使用狀況。
- (7) 該方法的正式發佈將推遲到2020年中。



柴油引擎測試

1. CEC F-23-A-01(PSA XUD-9)-柴油噴嘴焦化測試
 - (1) 市場上有限的發動機零件估計還能再使用4-5年。
 - (2) 唯一的輕型間接噴射發動機測試。
 - (3) 主要測試噴嘴焦化（碳質）阻塞率。
 - (4) 唯一使用純淨參考燃油的引擎測試（EN590）
 - (5) 每兩年舉辦一次Round Robin。（運行RF-79-09基礎柴油，RF-96-08校正燃料和RF-78低積汙燃料）
 - (6) 在實驗室內，必須每15次測試使用RF-96-08進行引擎校準。流量損失必須為71%±4%。

2. CEC F-98-08(PSA DW10B)-直噴共軌柴油噴油嘴焦化測試
 - (1) 在工業上被廣泛使用並被接受以評估噴油嘴焦化阻塞所引起的功率損耗。
 - (2) 屬於輕型柴油高壓共軌系統，使用Continental生產的Euro 5噴油器。
 - (3) 實驗室至少每12個月使用RF-79 + 1ppm鋅進行校準。
 - (4) 2020年底將停止生產DW10B測試，目前已在2018年停止生產測試噴射器，但仍然可以購買。
 - (5) ECU（電子/發動機控制單元）：全球僅提供7個單元。
 - (6) CEC仍在審查是否需要新的替代測試方法。

3. CEC F-110-16(PSA DW10C)-柴油直噴引擎噴射器內部積汙測試
 - (1) 由於對測試精度的顧慮，在2018年中旬CEC將其從正式測試方法中退出，目前CEC正重新進行開發中。
 - (2) 評估IDID（內部柴油噴射器沉積物）的測試方法。（台灣車輛可能由於氣候溫

暖及使用B0柴油的關係，目前尚未有車廠及消費者表示車輛出現IDID問題。在氣候同樣溫暖且使用B0柴油的新加坡亦未發現有IDID問題)

3.3 Lubrizol新型汽油引擎機油規格發展趨勢

Lubrizol是運輸、工業和消費者市場的特種化學品供應商，也是國際最大的潤滑油添加劑公司，該公司在添加劑的研發和生產幾乎涵蓋了市面上所有的潤滑油添加劑和複合劑。

ILSAC GF-6新型汽油引擎機油性能

嚴苛的污染排放法規及燃油經濟性推動了傳統內燃機在硬體系統設計、引擎運行條件的變化，與此同時也因新型引擎技術的出現衍生出了新的問題，為此最新ILSAC GF-6性能等級車用機油將於2020.05公告上市，就添加劑技術而言，磨擦修飾劑、抗磨劑及抗氧化劑，仍是配方開發選用重點，期能解決低速預燃(LSPI)及時規鏈條磨損問題。

新型汽油引擎機油規格ILSAC GF-6在性能方面更加強調燃油經濟性，除此之外機油還包括以下性能要求:

- 燃油經濟性與保持燃油經濟性能
- 耐久性、清淨性及抗氧化性能
- 抗磨損性能
- 減少低速早燃(LSPI)的發生
- 減少機油空氣捲入
- 渦輪增壓器沉積物控制

Lubrizol公司研究人員告知引擎摩擦及磨耗損失約有30-40%來自於裝配不當，問題主要出現於活塞環，由於活塞環於環溝間會擾動，且活塞受作動力衝擊，致使活塞環與缸壁間潤滑趨於複雜。油電混合車於切換動力來源時油膜會受油性及引擎操作條件影響，其磨耗亦較明顯，因此選用適當抗磨損及抗氧化添加劑，有其必要性。除此之

外，燃料在汽缸燃燒後所產生的熱量，有部份不能完全轉為機械作功所需動能，此廢熱多半排至車外，則直接影響機件，引擎若散熱能力不足，將容易引起潤滑不良，加速機件磨損，並致燃料消耗過多，甚或引起爆震問題。

在低速早燃(LSPI)問題方面，由於OEM廠商為減少燃料消耗的同時提升低轉速扭力輸出，通過降低排氣量並加裝渦輪增壓來彌補動力輸出，造成引擎處於高溫高壓環境，特別是引擎在低轉速高負荷的情況下，機油與汽油混合稀釋誘發低速早燃(LSPI)現象。低速早燃(LSPI)常伴隨著強烈的爆震，可能會損壞引擎，潤滑油特性被認為是影響低速早燃(LSPI)發生頻率合強度的重要因素。ILSAC GF-6可有效降低低速早燃(LSPI)發生的機會。

四、心得與建議

(一) 心得

- 1、由於 IMO 對海運燃油硫含量的新規定，航運公司必須採取合適的對應措施，以降低 SO_x 排放並減少對航運的影響。但不管船舶使用洗滌器或低硫燃料，航運公司勢必會因燃油價格的提升及額外的後處理設備的購置成本而推動運價上漲。除此之外煉油廠和加油港口可能需要添加額外的燃油添加劑(穩定性及相容性)，這也將推動運費上漲。
- 2、目前市場上通過加氫脫硫技術精煉而成的低硫燃油佔整體市場比例低，大多數的合規低硫燃油都是經由混摻而成。煉廠會面臨燃油混摻造成的相容性及穩定性問題，而船運公司同樣會面臨因不同的油品來源混合使用所造成的相容性及穩定性的問題。目前各大添加劑公司包含 Innosepc、Infineum 等都有開發相關的添加劑產品，但由於不同油源的燃油混合使用將產生不可預期的問題，針對這些問題添加劑公司仍須進行添加劑客製化的調配才能解決。目前各大油公司及添加劑公司仍不建議來源不同的油品混合使用。
- 3、目前台灣汽油車輛市場以自然進氣的 PFI 引擎為大宗，但隨著環保排放法規的加嚴，未來汽油車市場將會由缸內直噴的 GDI 引擎所主導。本公司的汽油大宗添加劑目前仍以 PFI 引擎的 IVD 清淨效果為主軸，但隨著國內市場車輛的汰舊換新，事必會需要複合功能的新型清淨添加劑。目前煉研所已購置新型的 GDI 引擎添加劑性能評估設備，未來將隨著 CEC 測試程序的公佈進行建置，配合原有的 M111 將可涵蓋對 PFI 及 GDI 引擎的清淨性能測試。多數清淨添加劑在低劑量時可符合 PFI 引擎 IVD 之清潔效果，若同時需要對 PFI 及 GDI 引擎有清淨功能則需要調高劑量，而相對的成本也會提高。
- 4、ILSAC GF-6 可提高整個換油期的燃油經濟性，從宏觀的角度來看，除了減少車輛的燃油消耗，亦可降低二氧化碳的排放量，也幫助車輛能更容易達到排放法規的要求。除此之外，與 GF-5 標準相比，在減少低速早燃 (LSPI) 為鏈條等零件提供足夠的抗磨保護和油泥控制等方面，GF-6 標

準要求也有較大的提高。

(二) 建議

- 1、未來公司可能面臨摻配 0.5% 低硫燃油所帶來的燃油穩定性及相容性問題，建議公司可預先建立相關檢測技術以減少 IMO 2020 所帶來的衝擊。目前煉研所已著手進行相關檢測技術的資料蒐集，未來將配合公司需求與市場走向來購置合適的檢測設備。
- 2、柴油清淨添加劑性能評估技術以間接噴射(IDI)引擎的 XUD-9 與缸內直噴(DI)引擎的 DW10B 為兩大主軸。本公司大宗柴油清淨添加劑可同時符合這兩項引擎測試要求，但以 IDI 引擎的噴嘴清潔為主要的性能要求。目前台灣間接噴射柴油車佔了總大型柴油車約 4 成的比例，隨著環保署實施對一、二期大型柴油車輛的汰舊換新，市場上將出現更多的新型直噴引擎。建議公司可配合政府大型柴油車輛的淘汰時程，考慮調整大宗柴油清淨添加劑的性能規範，加強本公司超柴對直噴共軌柴油噴油嘴焦化的清淨性能(該測試用以評估噴油嘴焦化阻塞所引起的功率損耗)，讓消費者對本公司超柴馬力提升更加有感。