

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書
(出國類別：洽公)

參加亞太科技協會 / 日本亞東科技協會
第十八屆聯席會議及
日本石油學會第廿屆石油煉製技術會議

報告書

出國人：服務機關：中油總公司

職務：副總經理

姓名：謝榮輝

出國地點：日本

出國期間：89年10月16日至89年10月21日

報告日期：90年1月10日

一、出國行程

89 年 10 月 16 日離台

89 年 10 月 17-18 日：參加亞太/東亞科技協會聯席會議

89 年 10 月 19-20 日：參加日本石油學會主辦之石油煉製技術會議

89 年 10 月 21 日返台

二、亞太/東亞科技協會聯席會議

亞太科技協會及日本東亞科技協會係為促進中、日雙方之科技交流而於民國七十一年分別在我國及日本成立。依雙方之協定，每年定期輪流在我國及日本舉行聯席會議。今年為第十八屆，輪在日本東京舉行。

亞太科技協會下設十三個委員會，涵蓋：科技策略、資訊、工業、農業、教育、醫葯、經濟、電信、電子、化工、生物及環保。本次聯席會，我方是由理事長余傳韜親自帶隊，各委員會之召集人及委員總共 46 人參加。日方則在其會長前田正男率領之下，有一百人參與盛會。職係以能源委員會之委員身份參加。

聯席會議於 10 月 17 日上午在東京千代田區之私學會館舉行。首先由東亞協會之前田正男會長致歡迎詞。他回顧過去十八年來，雙方之科技交流活動已超過 150 次，人員之互動已超過 446 人次，對促進雙方之科技進步，做出了很多貢獻。今後仍當本著國家的需要、人民的福祉，更進一步的來促進科學技術之交流。而日本在過去十年遭遇到產業空洞化的問題，其間，政府與民間所採取的因應措施，有很多可供我國借鏡之處，日方很樂意與我們分享其經驗。

我方領隊，余傳韜理事長則簡單致詞，感謝日方的妥善安排與盛情招待。尤以前田會長之腳疾初癒，行動不便，仍抱病前來主持盛會，更令人感動。

我國駐日經濟文化代表處之沈國雄副處長代表羅福全處長以貴賓身份致詞，略為說明我國近年之經濟成長情形，諸如進出口之大幅成長以及國民生產毛額之增

加。而台灣高鐵之決定採用新幹線系統，可為中日關係之未來，立下一個新的里程碑。沈副處長還特別提及去年 921 地震之後，日本友人雪中送炭的情誼令我們感激莫名。

大會最後是由我國行政院科技顧問組之執行秘書王松茂以日語做專題演講，講題是：「台灣科技及經濟發展策略」。演講完後，已近中午，簡單午餐後，即開始分組討論，一方面檢討過去一年已完成及未完成之工作項目，一方面策劃明年度之交流活動。能源委員會之討論是由我方之歐陽敏盛(原委會副主任委員)及日方之下田和夫先生共同主持，我方參加者除職之外尚有謝牧謙及鄭武昆，日方則另有 7 人參加。能源委員會在 89 年度內共有 10 項工作計劃，已完成 9 項，其中邀請日籍專家來華做技術指導、或擔任主講座、或參與開會者有 5 項，派員赴日考察者有 4 項，參與人數有 72 人，大都均能按原訂計劃執行。尚未執行之一項為舉辦第十五屆中日核能安全研討會，預訂於 12 月中旬在台北舉行。

明年度之計劃，只有 6 項，逐項討論其計劃內容、預定執行日期及中、日雙方所應配合或協助之事，日方表示可以完全配合。

綜觀今年度及明年度之計劃，大都均偏重於與核能發電有關之技術交流，而在召開此會議之前，我國經濟部林部長已正式向行政院提出停建核四之建議。此事對於未來能源委員會之工作計劃產生極大之影響，故也成為此次會議討論之主題。大家咸認，今後與能源有關之技術交流，應改為以再生能源之技術開發為主軸。而核四停建之替代方案，完全以天然氣發電為主，故與會者均想瞭解本公司在天然氣之供應上能否配合得上。職乃趁此機會，先向他們介紹目前台灣的石油工業及油品市場之變化以及本公司民營化的計劃，然後才把 LNG 之目前的供應能力及未來的計劃等做了簡單的說明，並強調本公司當盡最大努力來供應足夠之 LNG 以彌補核四停建所出現的電力空缺，但也不諱言其中所隱含的一些不確定因素，諸如 LNG 接收站的擴建工程、海陸管線的鋪設工程、陸上土地之取得以及漁民或居民的抗爭等等，均有待於政府及民間之共同協助才可望克服困難，如期供應。

第二日(10月18日)上午,除了繼續昨日未討論完成之細節問題外,即開始整理會議記錄,並於下午三時舉行閉幕式,於晚間六時舉行懇親交誼酒會,即圓滿結束本次之聯席會。第三及第四日(10月19、20日)為參觀活動,職因要參加日本石油學會所舉辦之石油煉製技術會議,故不參加該項參加活動。

三、日本石油學會第20屆石油煉製技術會議

本次會議為時兩天(十月十九、廿日),總共發表十一篇論文其重點可歸類為:

- (一) 全球石油工業之情勢
- (二) 如何生產超低硫之汽油及柴油
- (三) 新技術之介紹

茲分別報告如下:

(一) 全球石油工業之情勢

1. 近程經濟情況

全球 GOP 成長率	<u>1998</u>	<u>1999</u>	<u>2000</u>
	2.3 %	2.9 %	3.7 %

預測明後年亞洲地區除日本之外的經濟成長率會比往年好,日本雖有進步,但幅度甚微,俄國則幾乎無成長。

2. 上游石油工業(探勘)之展望

- 1) 2000年全球石油需求增加1.6百萬桶/日,其中約一百萬桶由 Non-OPEC 國所生產。
- 2) 過去30年間原油價介於15~25 US\$/BBL 之時間佔了80%。故可預期未來之油價仍然在這個範圍內(按:過去數月已遠超過此上限,但最近又跌到這個範圍內)才有足夠誘因以鼓勵上游業之探勘及生產。

3. 下游石油工業(煉油)之展望

- 1) 隨著全球經濟之略見好轉，煉油業的績效也略有改進，但利潤仍然很單薄，故甚多油公司都不敢大量投資，只求能平安操作及符合政府法規即可。
- 2) 最近數年，由於韓國、泰國及印度的大量興建煉油廠，又正好遇上亞洲金融風暴，使得過剩的油品流向全球市場，影響油價也使煉油業的利潤更為減少。
- 3) 石油公司將繼續努力以降低煉油成本，追求綜效，例如 Chevron 及 Shell 即宣佈要藉著全球網路之助，以交換油品來降低其購油成本及提高生產力。

4. 經營環境

- 1) 1999 年全球油品消耗高達每日 75.3 百萬桶，比 1998 年增加 1.17 百萬桶，成長率為 1.6%，比前年之 2.6% 降低甚多。
- 2) 以全球來看，在過去 15 年中，石油佔初級能源之比率一直維持在 36~37% 之間，但在日本則高達 52%，西歐則為 43%。
- 3) 全球燃料油消耗量在過去 20 年中，由每日 17.4 百萬桶降為 10.8 百萬桶。亞太地區因為替代能源較少，成為燃料油的最大市場，其他地區之燃料油市場則受天然氣及其他的燃料之侵蝕而大為萎縮。
- 4) 全球油藏情況如下
依據 2000 年元月之最新統計：
全球已證實之油藏量為 1 兆零 200 億桶(1020 billion barrels)，其中有 2/3 在中東地區，亞太地區只佔 4.3%，OPEC 則佔了 8020 億桶(802 billion)，其中，沙烏地佔了三分之一。Non-OPEC 之中東國家約有 1390 億萬桶，只有 OPEC 總藏量之 17.3%。
- 5) 1999 年初油價跌到 10~13 US\$/BBL，是 26 年來的最低價。但在第四季即

漲 3 倍，到 2000 年 8 月，紐約原油期貨即漲到 30 U\$/BBL。雖然過去 26 年間，有 80% 的時間油價維持在 15~25U\$/BBL，未來很可能會在 22~28U\$/BBL 間游蕩。

6) 2000 年元月，全球煉油容量為 81.4 百萬桶/日，比去年增加 80 萬桶/日，其中：

北美地區	25%
亞太地區	24%
西歐	18%
其他	33%

傳統上，北美地區之煉油複雜指數較高(亦即轉化率較高)，但近年來，亞太地區也努力提高轉化率以增產白油。工業先進國(OECD)則投資於提昇油品品質以符合日益趨嚴之環保法規。

7) 全球有無數的石油公司及煉油廠，但其中的前五十名油公司之煉油容量即佔了全球之 70%。而前十四大煉油廠則佔了 40% 之全球煉量。此種偏高之百分比，隨著近年大油公司之合併，還會更高(單單在美國之內就有 160 家油公司及煉油業者，但其前 15 大煉油廠即佔了美國全國煉油量之 40%)。

8) 隨著亞洲金融風暴之消逝，中國大陸及印度之煉油產量還會繼續成長，西歐則有可能會關掉一些老廠，美國則會維持現況。但位在美國內陸之煉油廠，將面臨西部及東部海邊煉油廠之較低成本的威脅，而逼迫進行煉油業者與行銷業者之間的"垂直整合"以取代過去油公司之間的"水平整合"。

9) 以原油蒸餾之設備使用率來看，1999 年之全球平均為 81.5%，與 1998

相同。但亞太地區除日本外，平均高達 91.8%(日本為 82.3%)，蘇聯及東歐因經濟情況不佳，只有 50%。

10)大油公司未來之經營策略，將著重於上游之油氣探勘與開採，對於下游之煉油業將著重產品通路的順暢與服務品質之提昇，不再盲目的追求煉製優越(但安環及產品品質仍然不可鬆懈)。

11) 隨著全球油品市場的逐漸開放，降低成本是唯一的生存之道。

5. 日本煉油業

1)過去整整十年，日本之經濟情勢一直欠佳，煉油業在 1994 至 1998 努力達成的降低成本效益，幾乎被同時期的低迷油價所奪蝕。這種情況非僅日本如此，其他各國亦然。同時油品市場的開放想藉由提高售價以創造盈餘的作法，也幾無可能。但是在日本卻仍然有少數幾個煉油廠可以達到合理的盈餘目標。經深入研究，發現其成功之道在於這些公司從原油之採購、煉製一直到輸儲、行銷，均有他們的一套特殊作法(Operating Practices)這完全是由他們依其公司特性、文化、員工忠勤程度所創造出來的，別的油公司不一定適用。

2)近年來，日本之石油工業的經營更為困難，故曾一度流行企業合併，但其成效非常有限。一個殘酷的事實在於石油工業要想永續經營，必須關掉一些效力低的煉油廠，減少加油站數目以及裁減員工。這些都是很痛苦的抉擇，如何執行，考驗著石油業者之智慧。

3)為了環保的目的，油品(特別是汽柴油)的品質將更為嚴苛。目前已發展出來並且即將商業化之"混合引擎"(Hybrid Engine)將是"環保與經濟兼顧"的最佳方法。曾經一度倡行之"燃料電池"(Fuel Cells)，如以"井口

至車輪"(Well to Wheel)的整體觀來評估其 CO₂ 排放量及資源損耗率，則"混合引擎"遠優於"燃料電池"。

- 4)日本也有反核的問題，但也同時要考慮到 CO₂ 的排放問題，使得未來所增加的電力必須仰賴於 LNG 及汽電共生，同時由於發電機效率的提高以及為了減少長途輸送電力的損耗，將來勢必捨棄建造傳統的大型電廠，而以在各個鄉鎮興建小型電廠以供應區域性的電力為政策考量。因此，日本之油公司應積極參與海外油氣之探勘，以確保其 LNG 之來源。

(二) 如何生產超低硫之汽油及柴油

石油工業及汽車製造業在過去數年的共同努力，已使汽車排氣及引擎效率均有了長足的進步，但隨著生活品質之改善，對空氣品質的進一步要求也更為苛刻，目前幾個先進國家正在研討 2005 年時的環保法規，其中最引人注意的乃是汽柴油之含硫量，可能被要求降到 50 ppm，甚至 10 ppm 以下(已經可以稱為 Sulfur-free)，對石油工業界將是一大挑戰與難題。

1 降低柴油之硫含量的技術問題

將柴油之硫含量由過去之 0.5% 降到現今之 0.05%(500ppm)，在技術上並無困難，也是煉油界均很熟悉的技術，但是要把硫降到 5 ppm 的所謂"超低硫柴油"(Ultrn-low Sulfur Diesel 簡稱 ULSD)，就不是那麼容易的事。首先從製程上來瞭解，會影響柴油脫硫的因素有那些？一般也均能指出，計有：

- (1) 觸媒活性；(2)反應器容量；(3)反應器內部構造(特別是進料分散器)；(4)操作壓力；(5)氫氣分壓；(6)H₂S 去除；(7)操作溫度；(8)進料品質；(9)氣/油比例

其次，才考慮針對這些因素，有無可能將一座現有之柴油加氫脫硫工場 (HDS)改造成可以生產 ULSD 柴油？茲以一座設計煉量 30,000 BPSD，進料含硫量 1.2%，經反應後降為 0.05%(500ppm)之柴油 HDS 工場為例，來說明各項因素之調整或改變，所能達成之脫硫極限。

(1)改用活性較高之觸媒

這是第一步大家所能想到的絕招，但經過多年的努力，最高也只能提高 50%之活性，也只能把脫硫後之含硫量由 500 ppm 降為 285 ppm。

(2)增設循環氣之脫 H₂S 設備

此為第二招，增設 H₂ Scrubber，將 H₂S 從循環氣中脫除，減少 H₂S 在反應器內的濃度有利於脫硫反應，同時也使循環氣之分子量降低，可節省循環氣壓縮機之動力消耗，經過這一招，可使硫含量進一步降到 180 ppm。

(3)純化補充氫氣

此為第三招，由於煉油廠中用來做柴油 HDS 之補充氫氣，大都是煤組工場的副產品，其純度只 80~90%，進入循環氣系統內降為 65~80%，若能增設一套氫氣純化設備(如 PSA)可將補充氫氣之純度提高到 99.9%，循環氣中之 H₂ 純度也可提高到 90%。則藉由此氫氣分壓之增加可抑制觸媒表面焦炭之形成，無形中提高觸媒活性，使含硫量進一步降為 140 ppm，也同時因循環氣分子量之減少，同樣可收到節省壓縮機動力消耗之功效。

(4)提高觸媒末期(End-of-Run, EOR)之反應溫度

此為第四招，通常 HDS 反應器之設定 EOR 的溫度限制，並非金屬材料的考量，而是顧慮反應溫度太高，會使產品顏色變壞。如果有其他的方法可用來

改善產品的顏色,則這個 EOR 的溫度上限即可提高,相對的其初期溫度(SOR)也可提高,兩者均有助於觸媒活性之提升,使含硫量進一步降為 120 ppm。

(5)增設一座反應器

此為第五招。經過前面投資較少的四招之後,也只能降到 120 ppm,距離 ULSD 5ppm 之目標尚遠,只好考慮這第五招,其做法為增設一座與現有反應器相同的第二反應器。增設之方式可採取與現有反應器併聯操作或串連操作(視進料性質而定,如進料中含有較多之不飽和烴類會使煤床溫度大為升高,則宜採串聯以分成較多煤床,藉著驟冷氣之引入使各層煤床溫度較為均勻;若採併聯操作則較節省動力)可使含硫量降到 30ppm。

(6)縮短操作週期

假設一般柴油 HDS 之操作週期為二年,若縮短為一年,其 SOR 之溫度即可提高,觸媒活性也上升,可使含硫量降為 20ppm,此為第六招。

至此,六招使盡還是不能降到 5ppm 之目標,只好採取最後之絕招,以更大之投資建造另一套 HDS Unit 來與現有者串聯操作,形成所謂的"二階段脫硫操作"(Two-Stage Operation);或者廢棄現有者建造一座全新之 HDS Unit,其投資額約為前者之一倍。

經由製程之改善或設備的增設,固然有可能產出 5ppm 之超低硫柴油,但並非僅僅如此就可以順利的送到市場去銷售,尚有很多問題必須同時考量並設法解決。

(1)進料品質之控制必須更為嚴格,否則進料品質稍有變動,製程上的操作條件(最重要者為反應溫度)未能即時調整,即會使產品不合格而重煉,增加操作成本。

(2)產品之輸儲設備，如儲槽、管線綜管頭(Manifold)等均不容許有任何的沾污或洩漏，否則產品也會立即不合格。

(3)製程內之設備，特別是進料與反應流出物之換熱器的防漏措施必須比現時之設計更為嚴謹。假設目前允許有 1% 洩漏，未來可能只允許 0.01%，如何達到？也是一種考驗。

由以上之陳述可得到如下之結論：

(1)柴油之品質及規範勢必愈來愈嚴格，降低硫含量只是其中之一。其他之十六烷值(Cetane No.)、密度及 T95 蒸餾溫度等，也會同時被要求改善。

(2)將現有之柴油 HDS 改造以生產 ULSD 之可行性將視其原先設計之條件而定。

上述之六招及最後絕招，也可因政府環保法規之實行排程而做不同之抉擇。

(3)為了產生 ULSD，HDS 之操作條件必須非常嚴苛，反應激烈度(severity)也會很高，如此均會增加水、電、蒸汽等公用物料之消耗，其成本大為增加。

(4)煉油廠及產銷系統均大受影響。油槽的增設、氫氣的來源、觸媒的選擇、廢棄物(廢觸媒)的處置以及行銷系統的佈置等，均不可避免的要投入資金以因應，生產及銷售成本均會增加。

總之，產製 ULSD 是相當複雜也是相當昂貴的製程，各個油公司、各煉油廠，可能會有不同之作法，但與製程專利者(licensors)及觸媒製造者共同研商，應是共同可採取之作法。

2.降低汽油之硫含量的技術問題

1)汽油含硫量未來之趨勢

汽油是由多種輕質油料摻配而成，其中，主要的摻配油料有二個來源，其一

為 FCC 汽油，其二為煤組汽油。前者之含硫量高，後者甚低。目前舉世各國的汽油之含硫量約在 100~500ppm 之間，其中，有將近 85~99%的硫是來自 FCC 汽油。

過去十年，石油界為了改善空氣污染，對汽油品質已做了很多改進，例如為了降低 VOC，而要求降低 RVP；為了幫助汽油之完全燃燒而要求必須摻配含氧之油料(例如 MTBE)，凡此均已大大地增加汽油之成本。而汽車製造業為了改善其觸媒轉化器之性能及壽命，也要求汽油之含硫量必須大幅下降。西歐各國及美國均已有改善之時程如下：

歐聯	現在為 150ppm，2005 年降為 50 ppm
德國	現在為 50ppm，2003 年降為 10 ppm
美國	現在平均約 150ppm，2007 年全部降為 30 ppm

以全球來看，到了 2010 年時，可能均必須降到 10 ppm 以下，號稱所謂的"無硫汽油"(Sulfur-Free Gasoline)

2)汽油降硫的技術問題

前已述及，汽油中的硫份有 85~99%是來自 FCC 汽油，故如何降低 FCC 汽油中之硫份，成為降低汽油硫份之主要課題。

FCC 之進料為 VGO，如果 VGO 未先經過加氫脫離處理(HDS)，經 FCC 後所得到之汽油含硫量約為 1,000~2000 ppm。如先經 HDS 處理，則可降到 150 ppm 以下。雖然成本很高，但還是無法降到 30 ppm 之初期目標。要想降到 30 ppm 以下，必須加上其他的製程才有可能做到。茲分述如下：

經將 FCC 汽油來加以分餾，並分析其各個"餾份"(Fraction)之含硫量及烯烴量(Olefins)，發現輕餾份之含硫量甚低，烯烴量則甚高(烯烴為 FCC 汽油辛烷值之主要來源)；反之，重餾份則含硫量高，含烯烴量少。由

此想到若先將 FCC 汽油分餾成為"輕餾份"及"重餾份"，僅取前者來摻配汽油，即可大為降低汽油之含硫量。後者可經過加氫脫硫(HDS)處理後再摻入汽油，一則可減少 HDS 之處理量，再者也可減少烯烴飽和後的辛烷值之損失。

上述方法雖可降低汽油之硫含量至某一程度(大約 100ppm)，仍然達不到 30ppm 之目標，只好採取更為激進之方法，即將 FCC 汽油全部用加氫脫硫來處理，但如此一來，必定會損失辛烷值(因烯烴被加氫飽和之故)及消耗大量之氫氣，使汽油之製造成本大為提高。最近的發展，是從製程技術上加以改進，可以大幅降低硫含量而保護辛烷值不致受損，但卻會使汽油產率減 2~10%，因此，也不是很理想的解決方法，但也由此可見，石油工程界未來的努力方向應該是發展出一種製程，既可以將 FCC 汽油之含硫量降至 30ppm 以下，又可不損失辛烷值及損失產率，也同時不必消耗太多氫氣及公用物料，即所謂的"要馬兒好，又要馬兒不吃草"，能否實現，只有仰賴大家共同的努力。

(三)新技術介紹

在此次技術研討會中，只有 KBR 公司(Kellogg Brown & Root, Inc)介紹一種由該公司所研發出來的技術稱為"Magna Cat"，是利用磁性來分離 FCC 或 RFCC(重油裂解)之"平衡觸媒"(Equilibrium catalyst)中"年齡較長"及"含金屬較多"之觸媒，使相對"年輕"及"含金屬較少"之觸媒可以重複使用，能夠獲取相當多的好處。此技術已成功的應用在美國境內的 Ashland Canton Refinery 及在日本的 Kyokuto Petroleum Industries (KPI)。本公司高雄煉油廠有一座 FCC 工場，大林廠有一座 RFCC，桃園廠則正在興建一座 RFCC，均可引進該項技術以提昇效率及降低成本。相關資料將提供煉製部門做詳細之評估。