

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

(出國類別：其他)

新能源技術開發--

日本產學界於再生能源發展與技術研討

出國報告

服 務 機 關：中油公司綠能科技研究所

出國人職稱：環保科技組組長

姓名：周金言

出國人職稱：化學工程師

姓名：張揚狀

出 國 地 點：日本

出 國 期 間：101 年 9 月 2 日至 101 年 9 月 7 日

報 告 日 期：101 年 10 月 18 日

目次

	頁次
壹、 摘要	4
貳、 目的	6
參、 行程	7
肆、 參訪與討論	8
4.1 Tokyo Gas 公司	8
4.2 京都大學 Eguchi 教授	12
4.3 京都大學 Saka 教授	14
4.4 Daiki Axis 公司	17
伍、 心得與建議	21
陸、 附件.....	23

圖表說明

- 圖一 燃料電池熱電共生系統示意圖與 PEMFC 實體設備圖
- 圖二 2009-2011 年 PEMFC 售價、政府補助與民眾實際負擔之金額
- 圖三 東京瓦斯千住技術站與新能源屋
- 圖四 燃料電池產業鏈架構圖
- 圖五 京都大學 Eguchi 教授實驗室設備
- 圖六 SOFC 安裝廠商、製造商與安裝數量
- 圖七 京都大學 Saka 教授生質柴油研究之實驗設備
- 圖八 生質乙醇生產技術流程圖
- 圖九 Benefuel Ensel Process 固態觸媒製程技術示意圖
- 圖十 Daiki Axis 液態製程生質柴油工廠
- 圖十一 Daiki Axis 測試之固態觸媒製程: Benefuel 觸媒與 Daiki Axis 自製觸媒
- 圖十二 中油公司生質柴油經營策略(Business Model)

壹、摘要

再生能源發展為中油公司綠能科技研究所重點研發項目之一，研發內容包含生質能、氫能與燃料電池與太陽能。生質能部分，為因應政府於 105 年實施 B5 生質柴油之規劃，屆期預估將有超過 25 萬公秉生質柴油之需求，然而目前國內生質柴油廠商僅提供約 6 萬公秉之產量，基於提供穩定與高品質之生質燃料，中油公司應積極投入相關技術研發，與謹慎評估建廠之可行性規劃，故生質柴油生產技術評估為本次出國考察重點項目之一。燃料電池技術發展為另一重點考察項目，日本於 2009 年推出低溫型質子交換膜燃料電池之商品(proton exchange membrane fuel cell or polymer electrolyte membrane fuel cell, PEMFC)，並於 2011 年推出高溫型固態氧化物燃料電池(solid oxide fuel cell, SOFC)，從技術研發、產品定位與測試，到營運模式，其產品發展策略值得我們參考與學習。另外針對生物質轉化成燃料技術(biomass to liquid, BTL)與重組器產氫技術等領域，也與參訪之產學界研究單位進行技術研討，瞭解相關技術之研發進展。

本次出國考察第一站先到日本東京瓦斯(Tokyo Gas)公司。自從 2011 年 311 大地震後，日本開始改變其發電方式(關閉大部分核能電廠)與積極推展其他再生能源，而燃料電池便是推展項目之一。以天然氣(甲烷)為料源，搭配重組器產氫後供應燃料電池使用，其產生之電力可供一般住家使用，而廢熱回收則可提供家庭熱水之需求。目前 Tokyo Gas 為燃料電池設備安裝之廠商，利用原有基礎管線建設與天然氣供應商之利基，進入燃料電池之產業鏈；另外也著重於原有技術強項--重組器產氫技術與智能燃氣表(smart gas meter)，逐漸踏入燃料電池系統開發與其他相關業務之拓展。然而燃料電池系統是由其他日本大廠開發與供應(例如：松下、東芝、大阪瓦斯、豐田汽車、京瓷...等)，一旦設備出現問題時，其後續設備維修、技術服務與責任歸屬等整合性事務需待釐清與解決；另外燃料電池設備成本過高是阻礙發展的另一項重要因素，廠商推估售價在 60 萬日圓(約 23 萬台幣)時才具經濟發展之價值。

第二站到京都大學參訪江口浩一(Koichi Eguchi)教授與酒井志朗(Shiro Saka)教授。Eguchi 教授研究專長為 SOFC 材料與結構開發，及重組器產氫技術之觸媒開發；Saka 教授研究專長則是利用超臨界技術將生物質轉化成生質燃料或化學品。兩位教授皆曾參與 NEDO 國家型大計畫，除了深厚的學術研究基礎外，也與產業界有較多的互動，部分研究領域深具實用價值，其產、官、學、研合作的模式值得我們參考。

最後一站則到四國松山市的 Daiki Axis 公司進行考察，此公司擁有一座液態製程之商業量產生質柴油工廠，另外也是美國 Benefuel 固態酸觸媒製程(Ensel process)在日本試量產測試工廠的所在地。Daiki 公司為一家生質柴油製程設備供應商，除了在日本已提供多套 pilot plant 設備外，也在中國大陸建造了 3 套液態製程之生質柴油量產工廠，其製程技術可處理高雜質與高游離脂肪酸之廢食用油，後處理製程也改用添加化學試劑方式移除生質柴油中酸、鹼觸媒，避免大量水洗程序所造成之廢水問題。此外，Daiki 公司也透過伊藤忠商社(ITOCHU)，替 Benefuel 固態酸觸媒製程產製生質柴油進行試量產驗證，並已測試 4000 多小時；但 Daiki 公司也宣稱自行投入開發新型固態酸觸媒，觸媒性能比 Benefuel 更佳，目前正進行觸媒壽命測試，預計明年 4 月可完成測試報告，將可提供自有固態觸媒製程之生質柴油量產工廠。

貳、目的

隨著人民環保意識高漲與溫室效應所引發之氣候變遷，世界各國皆積極投入能源科技的研發，並推動綠色新政(green new deal)，訂定相關能源政策與推展再生能源產業，期望解決能源與環境之議題，同時兼顧國家經濟發展。台灣身處島國，天然資源有限，目前超過 98%以上之能源仰賴進口；另外台灣也是地球村成員之一，為地球永續發展目標努力責無旁貸。因此政府為提升台灣自主能源比例與能源多樣化，以及致力於京都議定書之規範，陸續推動「溫室氣體減量法」、「再生能源發展條例」與「永續能源政策綱領」等政策，實現綠能環境之目標。

目前發展之再生能源包括：風能、太陽光電、太陽熱能、生質能、地熱能、海洋能及水力能，其中台灣在生質能政策推動上較為積極與明確。以生質柴油為例，自 2008 年底開始全面實施 B1 生質柴油，2010 年底實施 B2 生質柴油，並規劃於 2016 年實施 B5 生質柴油，預估生質柴油的使用量將提升到每年 25 萬公秉以上。太陽能發展則是透過電價回收補助政策，希望達到陽光屋頂百萬座之目標；氫能與燃料電池則是針對設置 1kW 以上燃料電池系統示範運轉之國內業者進行補助，以加速國內燃料電池產品之開發及驗證。

中油公司是國營企業之能源公司，基於國家能源安全、環境保護責任與推動綠能經濟發展，對政府再生能源之推廣具指標性意義，而其相關政策執行更是責無旁貸。因此公司於今年(101 年)正式成立綠能科技研究所，除了積極推動再生能源政策與產業，更是實現成為能源公司之目標建立基石。本此出國目的係考察日本產學界於再生能源之發展現況與進行技術研討，主要內容包含生質柴油生產技術評估、燃料電池技術研發與營運模式、重組氣產氫技術與生質物轉化成燃料技術，其中生質柴油生產技術評估可提供公司未來若考慮設廠時之參考依據，而其他再生能源之技術開發則可提升本所之研發能量，並提供相關技術之研發方向與未來新創事業之可行性評估。

參、行程

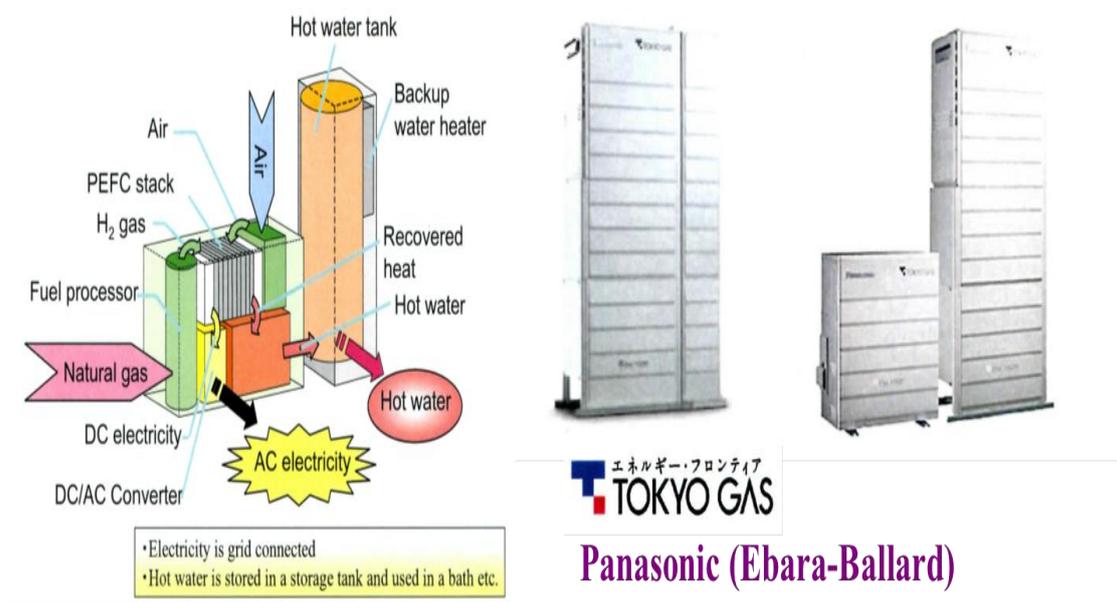
日期	詳細工作內容
101.9.2	啟程 (嘉義-桃園機場-東京成田機場)。
101.9.3	拜訪東京瓦斯，討論燃料電池(PEMFC)技術與應用；前往京都。
101.9.4	早上拜訪 Eguchi 教授，討論燃料電池(SOFC)與產氫技術； 下午拜訪 Saka 教授，討論生質柴油與生質物轉化成燃料技術。
101.9.5	移動日--前往四國愛媛縣松山市。
101.9.6	拜訪 Benefuel-Daiki Axis 公司，討論生質柴油生產技術(液態與固態 觸媒製程)；前往大阪。
101.9.7	返程 (大阪關西機場-桃園機場-嘉義)。

肆、參訪與討論

4.1 Tokyo Gas 公司

Tokyo Gas 成立於 1885 年，資本額約為日幣 1,420 億元，為日本最大的天然氣瓦斯供應商，主要客戶包含電廠、工商業用戶及一般家庭使用，年銷售量 140 億立方米，約占日本總量 1/3。

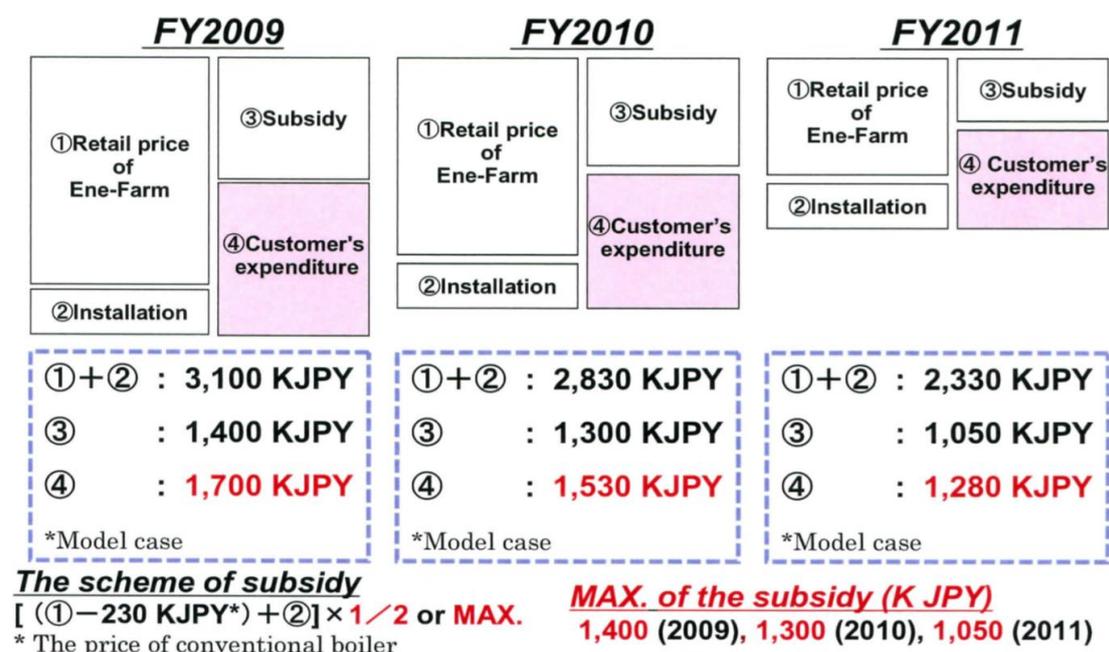
Tokyo Gas 在新能源和產業技術發展機構(NEDO，New Energy and Industrial Technology Development Organization)的補助下，取得一個 5 年期之經費開始投入薄膜重組器之研發，目標是將天然氣轉換成 99.99%以上之高純度氫氣，氫氣產率達 40Nm/h，氫氣生產能源效率超過 70%以上，以供應未來住宅式燃料電池 PEMFC 與加氫站使用。因此機緣，Tokyo Gas 也開始投入低溫型住宅式燃料電池系統(PEMFC)，其中燃料電池設備系統由松下(Panasonic)供應，Tokyo Gas 則以設備安裝廠商銷售產品。圖一顯示燃料電池熱電共生系統示意圖與 PEMFC 實體設備圖示。



圖一、燃料電池熱電共生系統示意圖與 PEMFC 實體設備圖

日本在 2009 年即開始上市住宅型 PEMFC 燃料電池系統，而在 2011 年 SOFC 也投入戰局，搶佔家用住宅燃料電池之市場，初期售價皆約在 300 日圓左右。日

本政府為積極推動燃料電池等再生能源產業，提供購買者適當的補助金，加上設備商技術改進與量產後成本下降，將有利於燃料電池系統達經濟量產之規模。以圖二為例，Tokyo Gas 於 2009 年銷售一台 PEMFC 之售價為 310 萬日幣，政府則補助 140 萬日幣；於 2011 年時，PEMFC 之售價降為 233 萬日幣，政府仍補助 105 萬日幣，因此購買民眾僅需支付 128 萬日圓即可安裝燃料電池系統，可以供應住家用電與熱水，不需再添購熱水系統。但根據研究統計，以日本一般習慣泡澡之四口家庭計算，每月約可減少家庭電費支出約 24% 左右，每年約可節省 54000 日圓。然而依其產品 10 年之使用期限估算，節省之總電費僅約 54 萬日圓，仍無法均攤其設備費用，因此僅對關注環保議題之民眾與高收入戶才會購買使用。



圖二、2009-2011 年 PEMFC 售價、政府補助與民眾實際負擔之金額

日本在 2011 年 311 大地震後，因燃料電池可作為緊急電源使用而受到關注，銷售數量明顯提升。日本政府也因體認到核能發電之潛在風險，也決定關閉大部分之核能電廠，並積極推動再生能源。此次實地參訪即發現，目前日本正大力倡導智能住宅(smart house)，其主要推動項目包含太陽能、燃料電池、蓄電系統與住宅式能源管理系統(HEMS，Home Energy Management System)。而本次行程參

訪 Tokyo Gas 在千住(senju)的技術站與參觀新能源屋(見圖三)，展示設備則包含太陽能、PEMFC、SOFC、HERM、蓄電池、氫能車與智能燃氣表(smart gas meter)。



圖三、東京瓦斯千住技術站與新能源屋

雖然日本燃料電池技術相對成熟，政府也極力推廣與補助，但燃料電池產業發展仍有諸多瓶頸待克服，下面列出幾項阻礙發展之因素：

(1) 設備售價過高：

根據業者估算，售價在 50~80 萬日圓方具競爭力，才能達到經濟量產規模；目前也有業者樂觀估算於 2016 年可達年產 10 萬台，產品售價即可達到目標售價。

(2) 系統整合與售後服務：

燃料電池系統是由日本許多大廠獨立或共同開發(例如：松下、東芝、大阪瓦斯、豐田汽車、京瓷…等)，而系統安裝多為天然氣公司。但當設備出現問題時，其後續設備維修、技術服務與責任歸屬等整合性事務需待釐清與解決，例如造成燃料電池性能下降或壽命縮短之因素包含：供氣組成是否穩定 [天

然氣供應商]、重組器與燃料電池堆性能是否正常(觸媒、封裝材料、燃料電池結構劣化...)等諸多因素 [燃料電池各元件供應商]。

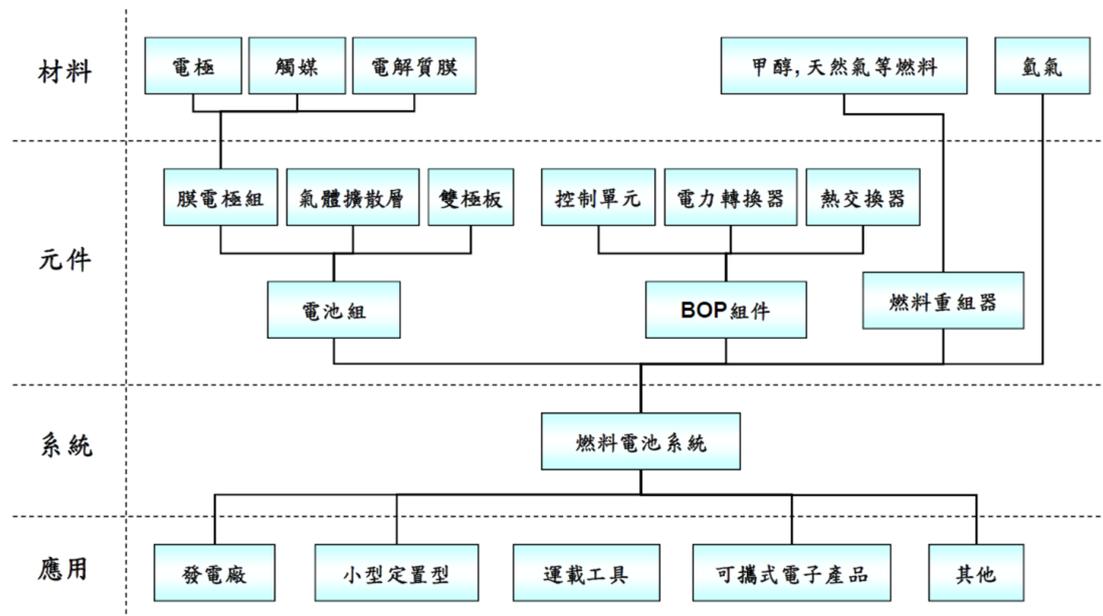
(3) 體積過大、設備過重：

燃料電池為提升效率皆會搭配熱水系統，但也大幅增加整體設備之體積與重量，因此安裝時還需施作平整之水泥基地，目前並不適合大樓住家使用。另外目前日本家用燃料電池遭遇停電時就會自動停止運轉，無法在停電時當做緊急電源使用，因此需將市電系統與燃料電池發電系統分離，才能獨立運轉。

(4) 天然氣配方組成需改變：

目前天然氣配方中會添加硫醇類物質(-SH)，只要相當低濃度的添加量就能使天然氣具有異味，方便洩漏時家庭用戶可迅速查覺。然而添加劑含有硫的組成將導致重組器與燃料電池之觸媒毒化而效能下降，燃料電池系統中雖會增設脫硫器，但濃度過高也使脫硫器壽命縮短。因此參訪之 Tokyo Gas 公司已進行天然氣配方的調整，可供應燃料電池使用，同時也須考量使用的安全性。

據瞭解，Tokyo Gas 之所以如此積極的推展氫能源燃料電池的使用，最主要是因為政府對瓦斯公司售氣的範圍與價格，均有嚴格的管制。反之，對燃料電池的銷售就沒有任何銷售區域的限制，這應該是該公司積極投入的主因。中油公司定位為能源公司，同時也是台灣最大天然氣供應商，於氫能與燃料電池之發展上為不可欠缺之一環，應積極投入相關技術之研究與開發，以利公司在此新興能源產業中具有更大之影響力。由圖四之燃料電池產業鏈架構圖觀察，初期經營策略可仿照 Tokyo Gas 公司，以天然氣供應商與燃料電池系統安裝廠商(小型家用定置型)進入此產業鏈的最上游與最下游，同時藉由重組器研發能力，逐漸進入燃料電池系統內部元件，最後再朝高技術門檻之電池組元件與材料發展。



資料來源：工研院IEK (2011/04)

圖四、燃料電池產業鏈架構圖

4.2 京都大學 Eguchi 教授

京都大學 Eguchi 教授研究專長為 SOFC 材料與結構特性分析與研發，及重組器產氫技術之觸媒開發，相關學術論文發表甚多，在 SOFC 燃料電池研發領域極具威望。Eguchi 教授目前也參與 NEDO 在 SOFC 為期 4 年(2008-2012)之研究計劃，主要研究內容是進行 SOFC 可靠度(reliability)與耐久性(durability)分析，探討造成 SOFC 劣化之機制，目標是 SOFC 耐久性測試可達 40000 小時以上，劣化率小於 0.25%/1000h，且重複啟動/關閉(升降溫操作)達 250 次以上，電池性能仍維持穩定。

本行程拜訪 Eguchi 教授除討論 SOFC 於日本目前研發現況，也一併參觀其實驗室，提供本所燃料電池研發方向與建構實驗室之參考。目前 Eguchi 實驗室中包含 5 套小型 SOFC 測試系統，測試所用之氫氣以電解水產氫設備提供，另外還有多套觸媒測試系統，主要研究重組器產氫之觸媒材料開發(見圖五)。其中值得一提的是，因參與 NEDO 計劃而與多家業者共同合資購買聚焦離子束掃描式

電子顯微鏡(FIB-SEM, Focused Ion Beam-Scanning Electron Microscope), 此設備為新開發之觀測技術, 具備非破壞性觀察 SOFC 之 3D 微結構功能, 對 SOFC 劣化機制可提出相當具體之實驗數據, 目前全日本也僅有 2 台, 每台售價約在 1 億日圓左右, 並由 Eguchi 實驗室負責設備管理, 由此可看出 Eguchi 教授在 SOFC 領域上極具權威。



圖五、京都大學 Eguchi 教授實驗室設備

與 Eguchi 教授進行 SOFC 研討時, 也才瞭解到目前燃料電池供應商多為天然氣瓦斯公司或石油大廠, 其中京都地區屬大阪瓦斯(Osaka Gas), 其發展主力以 SOFC 為主, 而 Tokyo Gas 則以 PEMFC 為主, 但兩套燃料電池系統皆有著墨。大多數燃料電池系統製造是由一家或多家共同研發, 例如 PEMFC 製造商主要有松下與東芝兩家, 而 SOFC 則有京瓷、豐田汽車、Aisin、TOTO...等多家廠商共同參與研發與生產, 僅有少數幾間廠商同時兼具燃料電池系統製造與安裝, 如 JX 與 TOTO(見圖六)。

Installer Operator	Manufacturer	Power (W)	Installation			
			FY07	FY08	FY09	FY10
Tokyo Gas	Gastar / Rinnai	700			2	
	Kyocera / Toyota / Aisin	700	3	2	4	11
	TOTO	700				1
Osaka Gas	Kyocera / Toyota / Aisin	700	20	25	35	41
	TOTO	700				2
Other utilities	Kyocera / Toyota / Aisin	700	2	3	5	6
	NGK spark plug	700				2
JX (NOC)	JX (NOC) -- LPG	700	1	2	14	27
	JX (NOC) --Kerosene	700	1	1	1	1
TOTO	TOTO	700		2	6	10
	TOTO	2kW (FY07) 8kW (FY08)	2	1		
Total			29	36	67	101

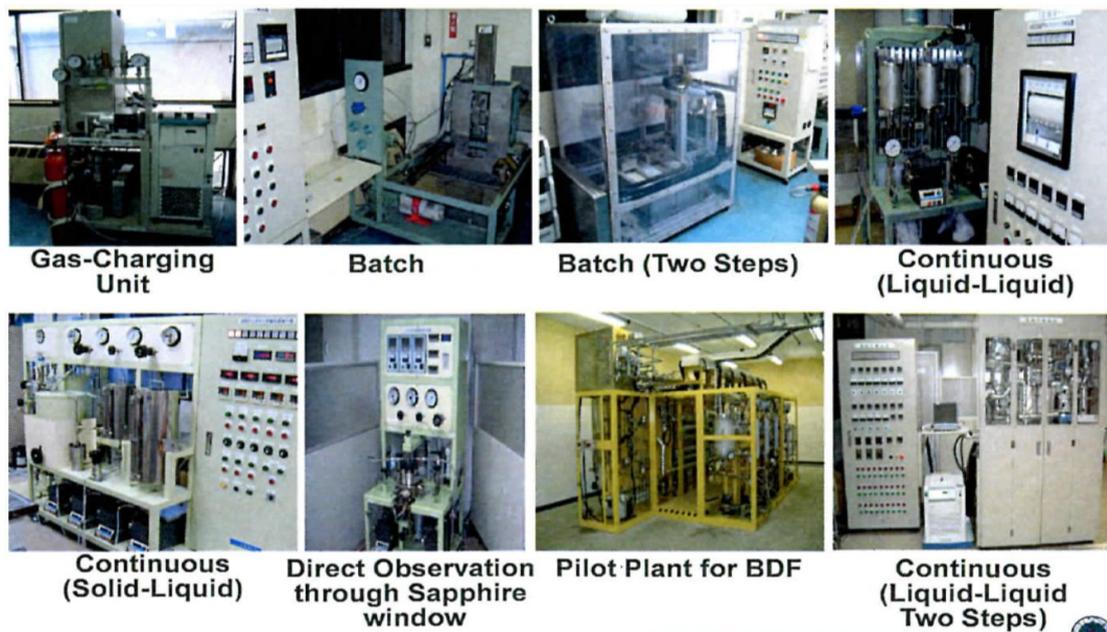
圖六、SOFC 安裝廠商、製造商與安裝數量

因 SOFC 在高溫下操作，其發電效率與熱電效率比 PEMFC 來的高，並可使用廣泛的進料源，如氫氣、天然氣、沼氣、一氧化碳...等皆可當作料源使用，然而高溫下需連續操作，即使半夜用電需求較少仍需小電量運作，導致能量浪費，且產品壽命也較有疑慮。因此 SOFC 與 PEMFC 在小型定置型燃料電池系統各有其支持廠商投入研發，未來系統穩定性與價格將是決定市場的主要因素。另外與 Eguchi 教授也討論到其重組器觸媒材料開發現況，由近幾年發表論文發現，其進料源由氣態的天然氣、沼氣轉為液態燃料(乙醇、二甲醚)，主要是因液態燃料具有較高能量密度，適合用於移動式裝置使用，如交通運輸工具...等，目前也有廠商與其接洽，並朝商業觸媒開發進行合作。

4.3 京都大學 Saka 教授

京都大學 Saka 教授研究專長是利用超臨界流體技術將生物質轉化成生質燃料或化學品。早在 2000 年 Saka 教授即獲得 NEDO 計畫之補助進行生質柴油之研究，於 2001 年第一個提出使用超臨界甲醇製程技術製備生質柴油，其優點是

不需觸媒，分離程序簡單，在短時間內達到高轉化率且適合低價油料之料源，此製程技術也因此以他姓氏命名(Saka process)；然而第一代超臨界甲醇轉酯化製程需在高溫高壓(350°C & 20MPa)下進行，除了提高生產成本，高溫也可能產生熱分解效應而降低生質柴油產率。因此於 2004 年提出第二代製程技術(Saka-Dadan Process)，此技術係利用次臨界(subcritical)水將進料油轉換為脂肪酸，再利用超臨界甲醇將脂肪酸酯化為生質柴油，製程條件可將操作溫度與壓力降為 270°C 和 7MPa；但第二段的酯化反應為可逆反應，不易提高轉化率，故以兩段超臨界甲醇酯化反應器來提高生質柴油轉化率。由文獻資料收集得知，此 NEDO 計畫包含一套 pilot plant 設備並由 Fuji City 進行生質柴油試量產測試。本次參訪目的即是要評估超臨界甲醇製程技術是否具備商業量產優勢，然而經與 Saka 教授討論後才得知，因為此計畫屬國家經費，實驗設備由政府單位接手管理與應用，因此 Saka 教授也無法提供後續相關資料。圖七則為京都大學 Saka 教授生質柴油研究之實驗設備，包含 pilot plant 設備。

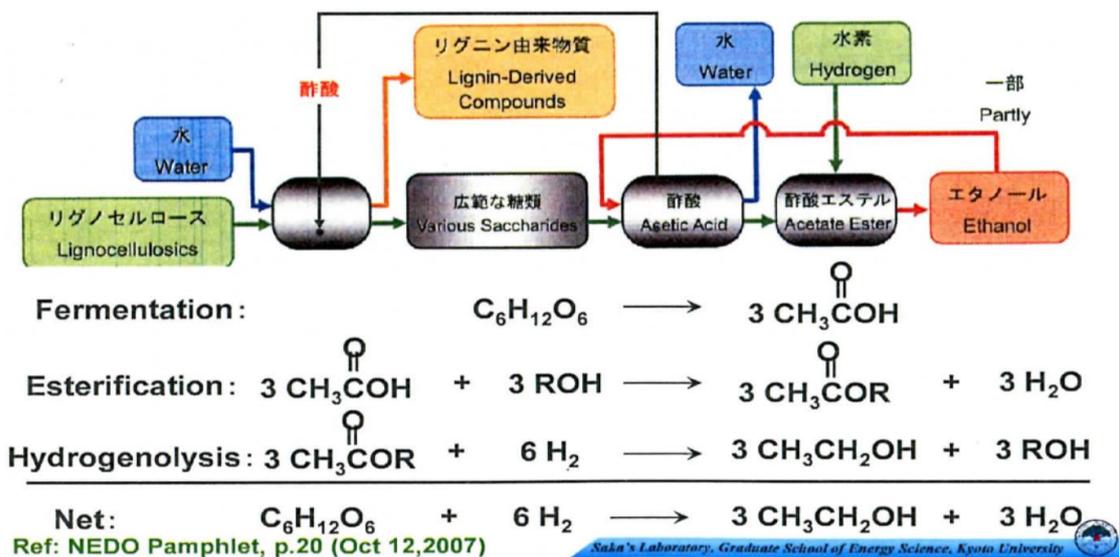


圖七、京都大學 Saka 教授生質柴油研究之實驗設備

2009 年隨著石油與原物料價格飆漲，生質柴油生產技術除了開發使用便宜料源外，提升副產物之價值也是選項之一。Saka 教授也提出以超臨界流體技術進行交換酯化反應，以醋酸甲酯(methyl acetate)為反應物，可獲得生質柴油與三乙酸甘油酯(triacetin)之副產物，此副產物可直接添加於生質柴油中，因此產率可達 105%；若分離純化，也可當高價值之增塑劑使用。但其缺點則是使用高游離脂肪酸(FFA)之進料源時，則副產物變為醋酸，若添加於生質柴油中將造成腐蝕問題。因此 Saka 教授又開發以碳酸二甲酯(dimethyl carbonate)為反應物，即使以高 FFA 之便宜油脂當作進料，也可獲得高價值碳酸甘油(glycerol carbonate)與乙二醛(glyoxal)之副產物，有利於生質柴油製程技術之商業量產。

雖然此次參訪沒有獲得生質柴油製程技術之資訊，卻意外得知 Saka 教授目前正進行 NEDO 的另一項 5 年期生質燃料計畫(2009-2013)，計畫目標包含尋找適當生質燃料之經濟作物與培育技術，以及建立生質乙醇生產技術，生質乙醇產量達每年 10~20 萬公秉，生產成本為每公升 40 日圓。目前研究結果顯示最適當之生質物為芒草(*Miscanthus sinensis*)，其纖維素含量約 40wt%，估計以 3 個半徑 6.5 公里之種植面積即可達到計畫目標。而生質乙醇生產技術則是先以熱化學法將纖維素降解，再利用醋酸發酵程序與氫化程序生產生質乙醇，此製程技術優點是選用醋酸發酵程序可避免傳統酒精發酵同時產生大量 CO₂，另外醋酸發酵可充分利用纖維素降解產物，將其轉化成醋酸，而酒精發酵只能利用 5 碳醴與 6 碳醴，因此醋酸發酵製程可提高生質乙醇的產量。圖八則為整個生質乙醇生產技術流程圖。

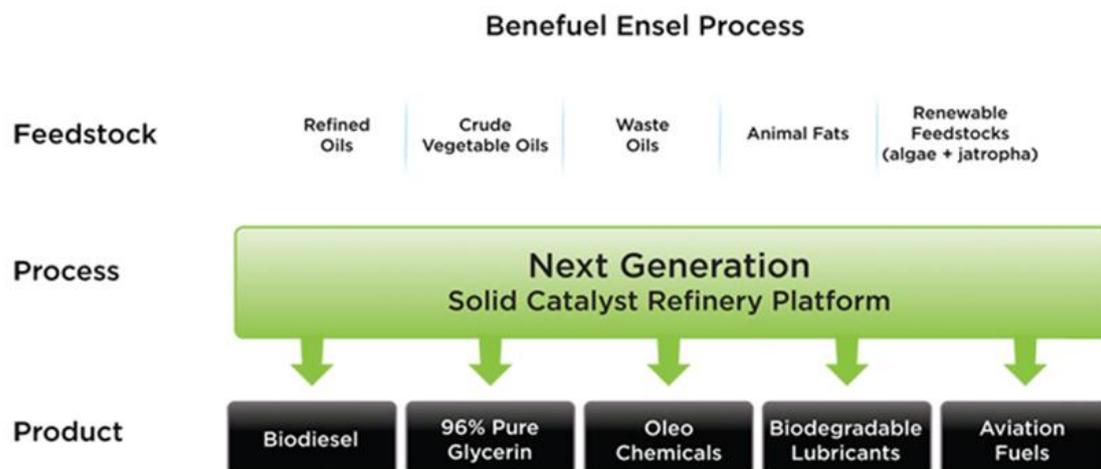
另外值得一提的是，目前全世界生質汽油使用成分有 2 種，一是生質酒精，此為台灣目前摻配方式，其獲得容易、價格較低、對環境較友善，然而酒精與汽油混合較差、容易吸水、增加儲存與輸送成本、易造成引擎腐蝕等缺點；另一選項為乙基第三丁基醴(ETBE)，係由生質乙醇與異丁烷製備而成，其性質與 MTBE 相似，辛烷值高、混合性佳、易儲存與輸送，但產量少、價格高，目前日本生質汽油便是使用 ETBE 摻配於汽油中使用。



圖八、生質乙醇生產技術流程圖

4.4 Daiki Axis 公司

本次行程考察前，主要是對 Benefuel 公司所提出之固態酸觸媒製程生產生質柴油之技術感到興趣，並得知在日本有其製程技術之試量產工廠進行測試，經由與 Benefuel 公司聯繫後，再透過其合作夥伴伊藤忠商社(ITOCHU)引領下，才進到 Daiki Axis 公司進行參訪。圖九則為 Benefuel 發展之 Ensel Process 固態觸媒製程技術示意圖，進料包含各種動、植物油脂與廢棄油脂，經由其固態觸媒製程技術可獲得生質柴油、生質潤滑油、生質航油、化學品與甘油。



圖九、Benefuel Ensel Process 固態觸媒製程技術示意圖

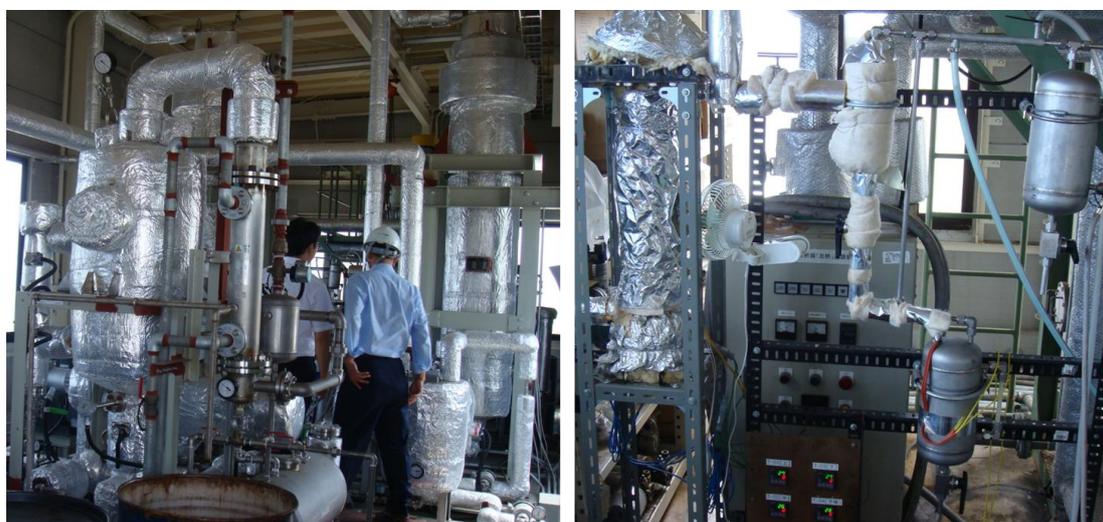
日本 Daiki 公司於 1958 年成立，創立時以水處理業務為主，2007 年開始進行廢食用油回收，2009 年投入生質柴油製程開發，並於 2011 年開始在日本販售 B5 生質柴油。目前 Daiki Axis 在四國松山市有一座年產能 20 萬公噸液態製程之生質柴油工廠(見圖十)，因料源不足與生質柴油需求不高，目前僅以 1/3 年產能進行運轉操作。



圖十、Daiki Axis 液態製程生質柴油工廠

Daiki Axis 公司除供應日本當地生質柴油，也是生質柴油設備供應商，目前已售出 82 套 pilot plant，並在中國大陸建立 3 座生質柴油工廠。其液態觸媒製程技術依進料油中 FFA 含量不同可分為鹼觸媒製程、兩段式酸/鹼觸媒製程與搭配反應蒸餾之兩段式酸/鹼觸媒製程；而後處理製程則改用添加化學試劑方式移除生質柴油中酸、鹼觸媒，避免大量水洗程序所造成之廢水問題。另外 Daiki Axis 也提供生質柴油添加劑之服務，可改善生質柴油之氧化穩定性與冷濾點等特性，使生質柴油達到國家規範之需求；也將粗甘油以簡單程序處理後作為生質鍋爐用油(bio-boiler fuel)，增加副產物粗甘油之利用價值。

此行程主要是考察 Benefuel Ensel Process 固態觸媒製程生產生質柴油(見圖十一)，其製程包含兩段式固態觸媒反應器以提高生質柴油產率，製程設備規模達年產能約 5000 公噸，每個反應器觸媒使用量為 170L，目前正進行觸媒活性測試；另外 Daiki Axis 也自行開發新型固態酸觸媒並進行 4000 小時以上測試，測試結果宣稱其開發之觸媒性能較 Benefuel 提供之觸媒更佳，其操作溫度可降到 150~180℃，目前正積極進行觸媒壽命測試，預計明年 4 月可完成測試報告。其規劃之觸媒規範將比照煉油廠觸媒，觸媒壽命至少 2 年以上，使用 1 年後需經再生程序後使用，藉時將可提供自有固態觸媒製程技術整廠輸出。



圖十一、Daiki Axis 測試之固態觸媒製程:

Benefuel 觸媒(左圖)與 Daiki Axis 自製觸媒(右圖)

目前 Daiki Axis 為日本最大的生質柴油供應商，也是日本最大的生質柴油設備製造商，同時擁有最大的生質柴油液態製程工廠與最先進之固態觸媒試量產工廠，因此具有相當豐富的經驗與 know-how，期望藉由此次參訪後能更進一步合作與交流，提升生質柴油之研發能量，特別是量產時之實務經驗。

日本目前並無強制規定使用生質柴油，而是以賦稅減免的方式鼓勵生產，使用者多為政府單位與大企業，藉以推廣生質燃料與提升企業形象。目前在四國松山市回收廢食用油成本約每公升 55 日圓，而柴油售價約在每公升 110 日圓，因

此以 Daiki Axis 目前約 7 萬公噸生質柴油產能，並無獲利空間。而京都地區是全日本推動生質柴油最積極的地方，目前京都地區已全面使用生質柴油，也是亞洲最早推廣市府公車使用生質柴油的城市，1999 年開始推動市府公車使用生質柴油，2000 年市府公車開始測試 B20 生質柴油，2006 年則開始測試 B100 生質柴油。

台灣在生質柴油推動上也相當積極，目前國內全面實施 B2 生質柴油，需求量約 10 萬公秉，並規劃於 2016 年全面實施 B5 生質柴油，預估生質柴油的使用量將提升到每年 25 萬公秉以上，已達經濟量產之規模。中油公司為國內最大油品供應商，基於提供穩定與高品質之生質柴油，應謹慎評估建廠之可行性進行規劃。本所目前已積極投入生質柴油製程技術之開發，並藉由國外考察方式瞭解生質柴油生產製程技術之發展現況，以提供完整的製程技術評估供公司參考。

伍、心得與建議

- (一) 傳統液態製程生產生質柴油，其技術發展完整，但後處理程序所衍生之大量廢水問題為其主要缺點之一，而固態觸媒製程可解決廢水問題並簡化後處理程序，因此有許多廠商積極投入固態觸媒製程研發，目前試量產測試結果顯示可達商業量產之規模並具競爭力。因此本所應積極投入固態觸媒之新製程開發，同時提供完整的製程技術評估供公司參考。
- (二) 目前生質柴油的生產成本比石化柴油貴，中油公司除了配合政府推動綠能環境，提高生質柴油摻配比例，也應確保生質柴油供應模式可符合經濟效益，方能永續發展。本所也將進料油，製程，行銷與政府稅率等因素綜合考量後，提出一完整的經營策略供公司參考(見圖十二)，其中有幾項關鍵因素說明如下：



圖十二、中油公司生質柴油經營策略(Business Model)

(1) 充足、價廉的進料油：

原料油佔生質柴油生產成本約 80%，而近年來糧食作物飆漲，生質柴油的成本也隨著食用植物油(大豆油、棕櫚油...)的價格波動；而非食用植物油(麻瘋樹籽油、油患籽油、藻油...)因培育技術尚未成熟，產量少且貨源不穩定。因此確實掌握進料油的量與價格將是關鍵因素，應提早佈局。

(2) 優秀的生質柴油生產製程：

優秀的生質柴油生產製程必須具備低操作成本、高產率與低廢棄物生成，生產之生質柴油需符合國家規範，並盡可能提高副產物之經濟價值。

(3) 政府政策：

世界各國再生能源產業鏈皆是由政府稅賦補助逐漸成形，因此國內的賦稅優惠政策將是決定生產生質柴油是否合乎投資效益的關鍵。另外整合農業與環境政策，也可促進國內農民就業機會與提升經濟作物培育技術，同時兼顧綠能環境與綠能產業之推動。

(三) 由本次參訪行程發現，燃料電池技術已逐漸成熟，目前日本燃料電池已商品化，產業鏈也逐漸成形，其中日本天然氣與石油公司皆積極投入此新興能源產業。中油公司定位為能源公司，同時也是台灣最大天然氣供應商，於氫能與燃料電池之發展上為不可欠缺之一環，應積極投入相關技術之研究與開發，以利公司在此新興能源產業中具有更大之影響力。

(四) 初期燃料電池經營策略可仿照日本 Tokyo Gas 公司，以天然氣供應商與燃料電池系統安裝廠商之角色進入此產業鏈的最上游與最下游，同時投入重組器之研發能力，逐漸進入燃料電池系統內部元件，最後再朝高技術門檻之電池組元件與材料發展。具備完整燃料電池技術能力，方能提供最佳售後服務與技術解決方案，有利公司未來投入此新興產業時更具競爭優勢。

(五) 與具權威之資深教授進行交流常可獲得較多資訊。一般參訪企業界時，常因商業機密考量，所得資訊有限；但透過參與產學整合計畫之資深教授，常可取得較多學術上與商業上之資料，因此可初步了解現在發展現狀與未來研究方向。

(六) 日本政府針對未來產業發展趨勢會選定幾項大型計畫，並藉由產、官、學、研分工、合作的模式共同投入研發，研究期程至少以 5 年為基期，甚至長達 10 年以上，整項計畫包含基礎學術研究、技術開發、產品設計，到最後產業鏈的形成。其計畫執行與合作模式值得我們參考。

陸、附件

1. Tokyo Gas 於燃料電池之研發 (Tokyo Gas 公司提供)
2. SOFC 電極微結構變化之研究 (京都大學 Eguchi 教授提供)
3. 生質能在日本與京都大學之研發現況 (京都大學 Saka 教授提供)
4. 生質柴油生產技術 (Daiki Axis 公司提供)