

出國報告（出國類別：其他）

## 參訪美國 UOP 與加拿大 ENSYN 公司瞭解生質燃料最新進展

服務機關：台灣中油股份有限公司綠能科技研究所

姓名職稱：莊浩宇（化學工程師）

謝子賢（化學工程師）

派赴國家：加拿大、美國

出國期間：105.10.02 ~ 105.10.08

報告日期：105.11.01

## 摘要

本次出國參訪於生質能源研究與生產方面相當著名的兩個公司，首先是位於加拿大 Renfrew 的 ENSYN，參訪其商業化量產生質裂解油之試驗工場；緊接著移動至位於美國 Chicago 的 UOP，參訪其製程開發研究中心。ENSYN 與 UOP 也有合作關係，共同成立了 ENVERGENT 公司，積極發展生質裂解油與相關產品的量產與應用，並嘗試將生質裂解油作為生質原料，以共進料摻煉投入現有石化 FCC 製程當中，進行生產測試。進一步與 UOP 交流生質氫化反應加氫製程 Ecofining Process(綠色柴油)、Renewable Jet Fuel Process(生質航空燃油)、FCC Pyoil Co-Processing Process(生質裂解油作為 FCC 測試)等氫化反應加氫處理與 FCC 製程技術之進展。訪問中發現歐美對於生質燃料方面特別重視，雖然生質燃料單價不如生質化學品，但燃料是需求量大且不能或缺的長期商品，產值、收益、市場壽命均大於化學品，因此歐美均以發展生質燃料作為長期經營策略，生質化學品則為輔助的短期投入項目。透過實地參訪研究中心與商業化試量產工場，吸取其從研發開始直至商業化量產的相關經驗，有效幫助本所再生能源與相關技術之研發進展，更可以幫助公司掌握最新生質燃料與相關技術之研究發展動態與全球市場方向，並可作為未來產品開發與拓展市場之參考依據。

關鍵字：生質燃料、氫化技術、熱裂解技術

# 目次

頁次

摘要	2
壹、 目的 .....	4
貳、 行程 .....	6
參、 參訪重點說明 .....	7
(一) 參訪 ENSYN 商業化量產生質裂解油之試驗工場 .....	7
(二) 參訪 UOP 製程開發研究中心 .....	13
肆、 心得與建議 .....	19

## 壹、目的

台灣中油綠能所再生能源組目前投入生質精煉製程技術開發，研究方向包含氫化反應加氫處理生產綠色柴油、綠色航空燃油，以及生質熱裂解技術生產生質裂解油，藉由本次參訪掌握最新生質燃料與相關技術之研究發展動態與全球市場方向，並進行實務上經驗交流，作為公司未來產品開發與拓展市場之參考依據。

本次拜訪 UOP 公司與 ENSYN 公司為國際知名之生質燃料技術公司與生產廠商。UOP 具備相當成熟之生質料源氫化反應加氫處理生產技術，應用於綠色柴油(Ecofining Process)、生質航空燃油(Renewable Jet Fuel Process)之商業化生產製程，部分技術移轉或授權予國外著名石油企業或新能源公司進行商業化量產使用，如義大利 Eni 集團、阿拉伯聯合大公國 Petrixo Oil & Gas、美國 Diamond 與 AltAir...等。目前 UOP 正進行生質裂解油作為 FCC 共進料測試之技術驗證(FCC Pyoil Co-Processing Process)，相關技術未來均可應用至傳統石化煉油廠，以生質物為進料進而產製環保再生的生質汽柴油，有效幫助減少碳排放。而 ENSYN 在生質熱裂解技術已有 30 多年開發經驗與實際運轉的商業化生產工廠，且與 UOP 技術合作合資共同開發生質熱裂解方面的技術。ENSYN 於生質物快速熱裂解生產生質燃料方面居世界領導地位，目前正積極在全球各地拓展此生質裂解油之燃料市場，此燃料可應用於一般加熱、生質精煉、發電或改質為運輸用燃料。

透過本次參訪 UOP 公司與 ENSYN 公司行程之內容，可為公司帶來諸多幫助與實質效益，如下列所述：

1. 了解歐美生質能源發展政策與商業公司在生質精煉製程技術創新研發之進展，可提升公司內生質能相關技術之研發能量。
2. 藉由生質能源公司闡述其創新技術開發、商業化前的技術整併與移轉、試量產驗證、及最後大量生產之商業化發展歷程，瞭解生質產品產業發展與應用之實例，可提供公司未來開創新興綠能產業之參考依據。
3. 了解目前生質燃料研發技術之進展與產業化現況，預測未來下一波技術發展

與商業化產品，可適時修正研發方向提升研發能量，並與國際接軌，掌握發展動態，預作準備，創造商機。

4. 與國際間相關產業，建立溝通橋樑與合作管道，為未來相關產業與產品鋪路，增加潛在的國際市場發展潛力。

## 貳、行程

如表一所述：

表一、行程與詳細工作內容

預定起迄日期	行程	詳細工作內容
10/02 (日)	高雄→渥太華	啟程
10/03 (一)	拜訪 ENSYN	參訪 ENSYN 的生質熱裂解工廠，討論生質熱裂解油應用
10/04 (二)	渥太華→芝加哥	移動日
10/05 (三)	拜訪 UOP	參訪 UOP 研發總部(R&D Center)與試驗工場(Pilot Plant)，討論生質氫化反應加氫製程 Ecofining Process(綠色柴油)、Renewable Jet Fuel Process(生質航空燃油)、FCC Pyoil Co-Processing Process(生質裂解油作為 FCC 共進料測試)…等先進氫化反應加氫製程與 FCC 製程之技術與應用。
10/06 (四) 10/07 (五)	芝加哥→高雄	返程

## 參、參訪重點說明

### (一) 參訪 ENSYN 商業化量產生質裂解油之試驗工場：

前往 ENSYN 參訪前，對方要求簽署保密協定(Non-disclosure agreement, NDA)，才允許前往實地參訪相關設施，以及討論技術內容，NDA 理論上具法律效益與追訴權益，因此涉及技術機密部份則無法公開，亦無法詳細說明於本出國報告中。

ENSYN 公司成立於 30 年前，公司創立的目標就是鎖定商業化量產生質燃料，然而當時生產生質燃料的成本極高，導致產品單價過高，量與價兩方面均無法與時下石化產品競爭。因此在保留原有的研發能量下，仍維持著生質燃料的長久經營策略，開始投入其他方向的短期研發策略，因此開發了煙熏香料、食品調味料、香氛原料...等單價較高、產能較小的產品。

近年來，隨著節能減碳的環保意識高漲，再生能源再度受到重視，ENSYN 原本就積極佈局生質燃料這一方面，順勢搭上這班列車，與 UOP 共同成立 ENVERGENT 公司，不僅持續研究開發，更進一步商業化量產，發展了運輸用生質燃料，打入北美市場。目前 ENSYN 已經建設有自己的生質熱裂解技術商業化生產示範廠，可穩定供應生質燃料、生質香料...等不同的產品。

本次實際參訪其示範工場，包括儲料區域、前處理設備、反應器、產品分裝管線...等，也針對 ENSYN 與中油綠能所在熱裂解技術方面的不同處，作進一步的研究交流，著實獲益匪淺，確實可以幫助改善中油綠能所目前在這方面的研究，也能夠提供未來商業化量產良好的經驗，可惜許多細節資訊，受限於 NDA 的規範，不能公開公佈，僅作重點簡述說明。

- ✓ ENSYN 製程除了使用生質料源之外，其最大特點為非常有效的管理運用製程中產生的能源，除了剛起爐達穩定的短暫時間內，需由外部供應能源，穩定運轉的過程中，完全無需使用其他能源，製程設計本身即可達到穩定能源平衡與熱平衡。
- ✓ ENSYN 對於料源管理、進料控制、產品分裝...也都有其專業的技术與經驗，

提高製程運轉的靈活性，可因應許多臨時改變的狀況，維持原製程運轉的穩定度。

- ✓ 除此之外，熱裂解製程不會產生廢棄物，能夠有效降低對環境之衝擊。
- ✓ 示範工場中也同時具備小型實驗設備，可以因應不同的進料，作反應上不同的調整，生產所需要的產品，並將相關數據放大到示範工場，直接進行商業化量產，放大技術相當成熟，且運作非常彈性迅速。
- ✓ 除了生產產品直接販售之外，ENSYN 也能夠作為研究測試的單位，進行生質燃料評估，針對客戶所提供之生質物料進行完整分析，透過 ENSYN 生產測試的相關數據，可幫助客戶瞭解該料源之經濟可行性，作為決定是否投入商業化生產的重要參考。
- ✓ ENSYN 對於所生產的生質裂解油，也擁有後續改質處理技術，可以因應顧客不同的需求，提供適當性質的油品。

ENSYN 製程技術中，有許多是中油綠能所可以效法學習的，能源平衡管理不僅可以提升整體製程的能源利用效率，更可以有效降低生產成本；進料、反應、產品的物料管理，可以幫助維持製程的彈性與穩定性，維持良好的穩定獲利；如何將小型實驗設備的經驗放大到示範工場，並持續作為製程運作的參考，是商業化量產實際運轉的重要經驗；後段產品改質技術，可以幫助生質裂解油有更多彈性的應用方向。

ENSYN 在生質燃料領域已耕耘 30 年，累積非常多寶貴的研究開發與實際操作經驗，透過多年來的經營，ENSYN 對於整體市場瞭解十分全面。ENSYN 所生產的生質裂解油可 100% 直接使用以取代燃料油，並非只是摻配使用而已，惟此燃料特性與一般燃料油特性稍微不同，需進一步處理以發揮最大效能。



圖一、ENSYN 的研發中心與示範工場入口

並與主要接待者 Director Geoffery D. Hopkins 合照



圖二、加拿大當地取得之料源



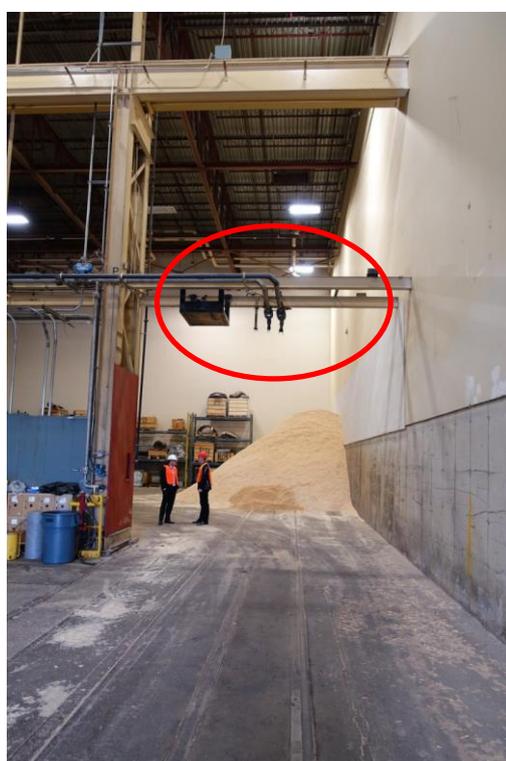
圖三、原料堆



圖四、前處理後之料槽



圖五、進料與產品(由左而右依序為原料、床砂、生質裂解油、焦炭)



圖六、供油管線



圖七、ENSYN 的 RTP 示範廠



圖八、ENSYN 專車運油至蒸汽工廠

## (二) 參訪 UOP 製程開發研究中心

UOP 與 ENSYN 有合作關係，共同創設了 ENVERGENT 公司，營運內容主要以生質熱裂解技術研究開發與相關產品之量產應用，所以參訪過程中，同時有 UOP 與 ENVERGENT 的同仁一起參與討論。前往 UOP 參訪前，UOP 透過 ENVERGENT 發送邀請函給綠能所，同時也要求簽署保密協定(Non-disclosure agreement, NDA)，才允許前往實地參訪相關設施，以及討論技術內容，NDA 理論上具法律效益與追訴權益，因此涉及技術機密部份則無法公開，亦無法詳細說明於本出國報告中。

UOP 是世界著名的製程開發權威公司，除了開發擁有許多傳統石化煉製製程技術之外，對於再生能源方面亦積極投入，並開發了許多技術將再生能源生產製程與傳統石化煉製產業互相結合，並進行商業化量產測試。UOP 於世界各地擁有許多據點，佈局美洲、歐洲、亞洲各大市場，本次參訪地點是位於芝加哥的製程研發中心，可以說是 UOP 開發策略上最重要且技術最先進的研究單位。

雖然參訪是製程研發中心並非商業化量產機構，但其歷史非常悠久且實際規模遠比想像中龐大，不同的開發項目、製程研究、觸媒研發，以及不同規劃用途的儀器設備，都分別建置於許多不同棟的建築物中。UOP 對於客戶參訪也有標準的簡介導覽流程，整體流程將近兩個小時，來往諸多不同的實驗室與建築物，由任職三十年以上的專業技術人員陪同導覽，說明 UOP 的歷史，一路參訪各個實驗室，並導覽簡介其研究內容，以及各項技術開發來由與進展狀況，感覺像是觀光一個公司一路以來的成長與輝煌。UOP 擁有的觸媒與製程的開發與改善能力自然不在話下，最著名的就是沸石觸媒(Zeolite)的相關開發應用，UOP 還特別在研發中心的客戶體驗區置放相當大型 Zeolite 模型，有燈光與旋轉展示，並有簡介影片說明其技術應用。特別說明一下小型連續式生產測試設備的部分，UOP 將設備集中於受保護管制之安全區域中，十數套自動化設備集中管理，也將各個設備的控制單元集中至控制室統一管理。同一套設備可因應不同的研究內容進行調整與變化，研究員僅需提供實驗需求、參數調整、分析要求，則會有專業的人

員進行各項調整與測試，並進行相關採樣分析作業。研究人員可線上安排實驗，並及時獲得重要的數據資訊與分析結果，各方面的分供非常精細且成熟，銜接與配合度也非常的好，效率非常驚人，值得國內研究單位好好效法。除此之外，更令人驚訝的是，同時擁有非常齊全且高水準的分析技術，各種千萬級以上的設備，各個種類同時有十數台，可因應各種不同的要求同時分析，參訪時觀察其設備數量與分析能力，應該已超越國內國立大學貴儀中心的水準，因此可以非常迅速的提供各項分析數據，很有效率的提升改善觸媒與製程上的開發需求。參訪過程中受益良多，不僅開拓了研究上的視野與想法，對於管理與行銷上，更是精實的上了一課。很可惜受限於 NDA 的要求，無法攝影錄音，不然很想把這次導覽經驗紀錄下來帶回公司，各方面確實幫助甚大。

參訪研發中心之外，特別針對台灣中油綠能所現正進行的研究項目，如 Ecofining Process(綠色柴油)、Renewable Jet Fuel Process(生質航空燃油)、FCC Pyoil Co-Processing Process(生質裂解油作為 FCC 共進料測試)...等製程技術進行交流討論。UOP 有四個不同部門，共七個人一同參與討論，獲益良多，可惜許多細節資訊，受限於 NDA 的規範，不能公開公佈，僅作重點簡述說明。

- ✓ UOP 表示，眾多節能減碳的再生能源技術當中，生質燃料是為減量最具效益的技術，主要原因是用量需求大，且生質原料取自於自然界中，可依賴生質廢棄物再利用與規劃性耕作休耕地，比起不穩定的太陽能、風能...等，生質燃料較易達到穩定供應平衡與碳平衡，且隨即可適用於運輸現狀。
- ✓ 雖然生質燃料單價不如生質化學品，但燃料是需求量大且不能或缺的長期經營穩定商品，因此歐美均以發展生質燃料作為長期經營策略，生質化學品則作為輔助，部分投入期望能短暫小量獲利。可惜 UOP 生質化學品相關部門，沒有參加此次訪問交流，未來可透過聯繫，進一步了解相關產品的技術發展與市場應用現況。
- ✓ 柴油方面的生質燃料，過去以生質柴油(脂肪酸甲酯，FAME)為最大宗，但目前加氫處理技術所生產的綠色柴油(飽和烷類，Paraffins)，油品特性佳、

性能更好、排放汙染較少，在市場上已逐漸嶄露頭角，雖然商品單價較高，但仍受到歐美高級車使用者的青睞。

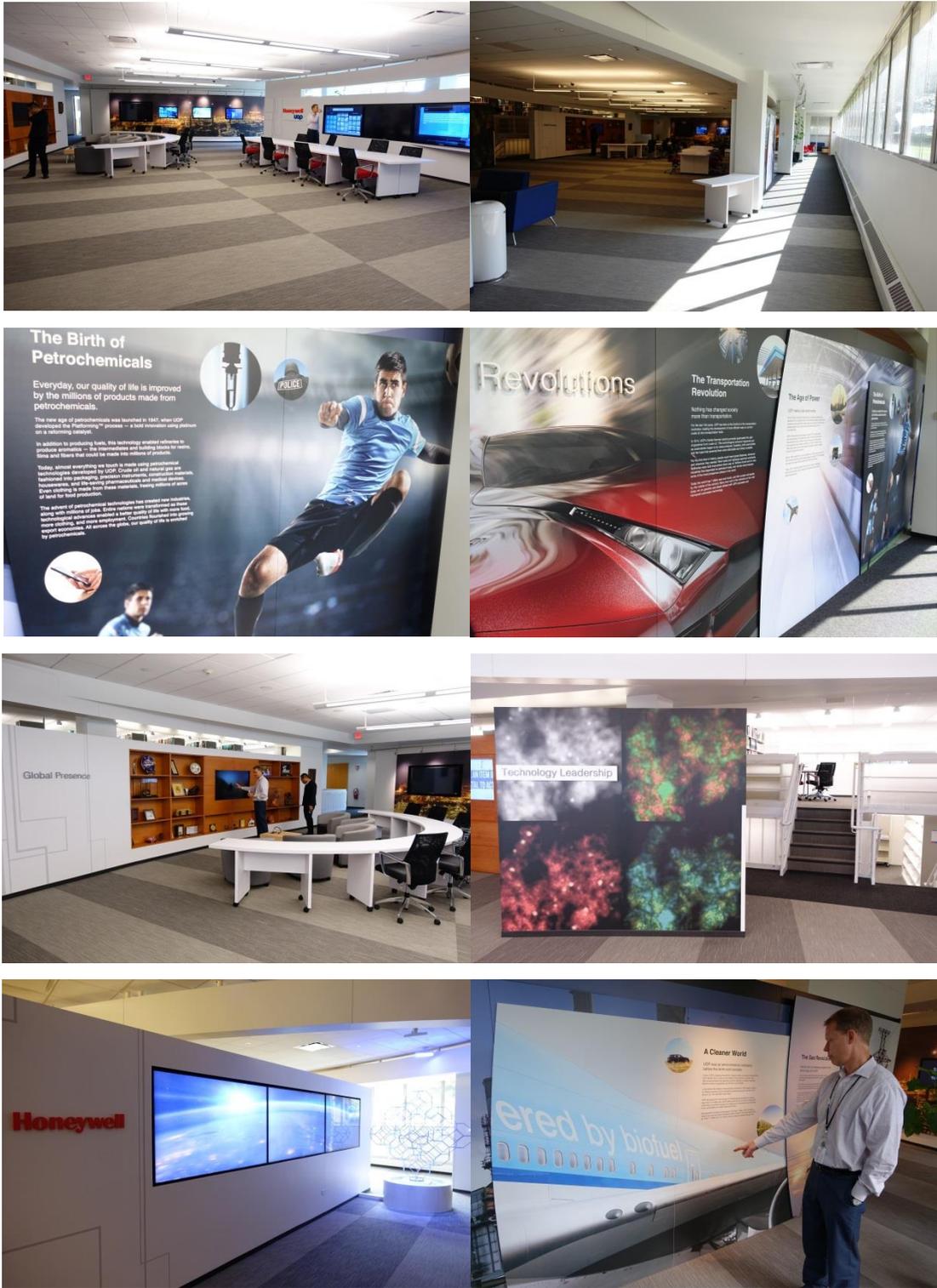
- ✓ 汽車運輸未來仍有電動車或氫燃料電池車的可能性，生質燃料勢必會受到一定程度的挑戰，但是航空運輸卻無法以電力替代燃料，因此生質航空燃油在未來是一定會大量使用的重要再生能源，加氫處理技術能進一步延伸應用至生質航空領域，也是目前國際大廠投入的重要生產技術。
- ✓ 近期國際趨勢已逐漸開始立法規定燃料需添加一定比例之生質替代燃料，並將碳排放納入成本中，國際大廠均已積極佈局生質燃料，無論是應用在汽柴油、航空燃油、燃料油、船舶用油，都已有相當成熟技術，雖然成本仍較一般石化燃料高，但考量碳排放問題及未來市場要求，相對於過去較不重視碳排放的時代而言，生質燃料近年來已開始具有其競爭力。
- ✓ UOP 說明其觸媒與製程技術最大的優勢為高信賴性的可靠度，除一般製程授權外，另有提供模組建廠，可大幅加快建廠速度，並協助客戶開發技術，迅速解決客戶製程問題。目前國際間已有數個煉製大廠採用 UOP 的 Ecofining Process 與 Renewable Jet Fuel Process，除了直接建設新廠之外，也有舊工廠延用改造的案例。
- ✓ UOP 與 ENSYN 合資公司 ENVERNGENT，主要為拓展生質熱裂解技術至北美以外之地區，目前共有 6 座商業製程，累計產出 2500 萬加崙裂解油。一般裂解油共有 3 產物，分別為裂解油約 70%、裂解氣與焦炭各約 15%，不同料源產率不一，因此需先進行評估測試，其油品氧含量約 50% 是為與化石燃料最大差異。
- ✓ 生質裂解油最大特色為將固態生質物轉為液態，使用上與運輸上較具便利性，僅將現有燃油鍋爐稍做修改即可使用，若不修改鍋爐也可透過油品改質來適用原有鍋爐系統。生質裂解油能量密度較一般固體生質物高，存放不占空間，且無粉塵問題。固態生質物應用上最大問題為能量密度低運輸費用高，生質熱裂解技術即彌補此一缺口，使得原料端與使用端可更有效連結，未來若提

高燃料排放相關汙染費用，將使得生質裂解油更具競爭力。

- ✓ FCC Pyoil Co-Processing Process 現已有實際成果，摻煉所生產之生質油品，已直接混摻於 FCC 各項產品中，性質與石化油品相同，無須更改原有燃燒器具，亦沒有使用上的困擾，但同時可兼顧再生替代燃料的減碳效益。
- ✓ UOP 表示，若中油願意移轉或投入 UOP 相關技術，UOP 也會試著協助中油獲取適合台灣的生質料源管道，期望達到供應穩定、價格穩定、獲利穩定的目標。

UOP 觸媒開發與製程技術中，有許多是中油綠能所可以效法學習的，如何傳承累積過往至今的研發經驗，相當有效率的建置、測試、分析，同時在管理與行銷上，也投入諸多心血，讓參訪者(大多為買家)能迅速了解其能力與優勢，大幅度增加了其觸媒商品與製程技術銷售移轉之可能性。將小型實驗設備的經驗放大到商業化量產製程，並持續作為製程運作的參考，是商業化量產實際運轉的重要經驗。

UOP 在生質燃料領域已投入多年研究，累積非常多寶貴的研究開發與實際操作經驗，同時也有商業化技術移轉實績，透過多年來的研究發展，UOP 對於整體市場瞭解十分全面，許多市場佈局想法值得思考消化學習。



圖九、UOP 客戶體驗中心



圖十、UOP 研究中心與消防水塔



圖十一、莊浩宇博士與主要接待者 Mr. Dan Szeezil 合照



圖十二、謝子賢博士與主要接待者 Mr. Dan Szeezil 試用 UOP 技術簡介系統

#### 肆、心得與建議

(一) 透過本次訪問兩間生質燃料的重要廠商，可以看出北美對於生質能源與相關產品的積極與重視。除了著重於生質替代燃料本身，也將產品延伸到生質化學品、生質材料、生質氣體應用上，並不會只有偏重某一方面，而是往整個 **Bioeconomy** 的方向思考。投入短期內可以獲利的高值化產品，但長期穩定市場還是必須依靠無法忽略的大量生質替代燃料，即使利潤不高，但仍是長期發展穩定獲利與政策推廣下不得不作的產品，而北美大部分的生質產業，都不會放棄生質燃料這一塊大餅。這個部分也與中油綠能所生質能相關的研究相符合，除了原有的生質柴油、綠色柴油、生質航空燃油、生質裂解油以外，綠能所亦轉向高值化的生質化學品原料發展，期望能與北美政府與企業的步伐一致，創造出短中長期穩定獲利的佈局。

(二) 台灣地小人稠，在生質能源發展上，料源一直是讓人困擾的核心問題，透過訪問期望獲得好的建議。大致分述如下：

- ✓ 台灣一直沒有自主能源，只能仰賴進口，生質料源也可以採用進口作法，和進口原油的方法相同，UOP 表示願意協助提供穩定的生質料源進口資訊。
- ✓ 除了直接進口料源之外，可考慮至料源當地設廠，歐美著名煉製廠商也有在東南亞設廠生產的案例，可以參考。
- ✓ 美國仍未放棄藻油開發，視為最具潛力料源，台灣應適合發展海藻經濟。

上述三點都是可考量的內容，應以全球經濟發展之宏觀角度，不論是石化本業或新興綠能產業，思考中油公司如何實現成為國際型的能源公司而努力。

(三) 本次訪問中發現，目前較有機會獲利的方式，大多將生質燃料與現有煉製技術相互結合，如加氫處理技術、生質裂解油 FCC 共摻煉技術...等，目的在於生產可被消費者信賴接受的油品。很慶幸中油綠能所有跟上這個趨勢，投入之加氫處理技術與生質熱裂解技術已有相當成果，目前以液態生質燃料為主，可朝高值化之生質化學品原料的改質與生產邁進，若能成熟的技術開發與製程放大測試，未來應可創造新興綠能產業。