

出國報告（出國類別：其他）

**參訪德國 Fraunhofer Institutes 於綠  
能產業研發方向與 Haldor Topsoe 公  
司於生質能之技術研發**

服務機關：中油公司綠能科技研究所

姓名職稱：張揚狀 (化學工程師)

派赴國家：德國 & 丹麥

出國期間：102.10.26 ~ 102.11.03

報告日期：102.12.12

## 摘要

本次出國考察地點包含德國 Fraunhofer Institutes 與丹麥 Haldor Topsoe 公司。前者為德國最大的研究單位，共有 60 幾個研究所，此次參訪單位為 Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB) 與 Manufacturing Engineering and Automation (IPA)，考察重點項目以綠色能源技術開發與應用為主。後者為商業觸媒供應商並提供相關製程服務，技術研討主題包含氫化植物油(Hydrotreated Vegetable Oil, HVO)製程技術產製綠色柴油與生質航空燃油，以及蒸氣重組(steam reforming) 產製合成氣與氫氣之製程技術，藉由實驗室參訪與製程技術討論，吸收其研發經驗，將有助於本所再生能源技術之研發進展。

關鍵字：綠色能源、生物科技、觸媒、氫化植物油、蒸氣重組

# 目次

	頁次
摘要	2
壹、 簡介-----	4
貳、 目的 -----	6
參、 行程 -----	7
肆、 參訪與討論 -----	8
4.1 德國 Fraunhofer Institutes -----	8
4.2 丹麥 Haldor Topsoe 公司 -----	17
伍、 心得與建議 -----	23
陸、 附件-----	24

## 壹、簡介

氣候異常與全球暖化已逐漸成為常態並發生在你我周遭身邊，如何兼顧環保議題與經濟發展已成為世界各國在政策發展上之主要課題，其中積極投入能源科技研發，推動綠色新政，訂定相關能源政策與推動綠能產業，是目前全球主要之政策綱領，並期望實現綠能環境與永續發展之目標。中油公司為全球 500 大企業之一，也是國內最大的能源公司，基於國家能源安全、環境保護責任與推動綠能經濟發展，中油公司更應積極面對國際綠能產業發展之嚴峻局勢，與國內能源政策之推動、執行。因此公司於 101 年正式成立綠能科技研究所，並發展綠色能源、綠色材料、生物科技、環保科技等核心技術，開創再生能源、高值低碳、環保節能之新興綠能產業，實現公司轉型為國際能源科技公司之目標。

本次出國考察第一站先到德國 Fraunhofer Institutes。Fraunhofer Institutes 為德國最大的研究單位，於德國境內包含 60 幾個研究所，員工超過 2 萬人，其角色類似台灣的工研院，但規模大上許多，而綠色能源技術開發與應用為研發主軸之一。此次參訪單位為 Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB) 與 Manufacturing Engineering and Automation (IPA)，此兩間研究所皆位於斯圖加特 (Stuttgart) 境內，其中與綠能產業相關之研究領域包含：工業化生物技術、奈米科技於環境與生物上之應用、微藻養殖技術與環保塗料技術。Fraunhofer Institutes 之發展多與當地大學和產業結合，例如斯圖加特為德過境內重要的汽車工業大城，賓士(Mercedes-Benz)汽車總部即設在此城市中，而 IGB 與 IPA 也將研究所設在斯圖加特大學旁，因此很多大學教授可同時兼職 Fraunhofer Institutes 的員工。學生因此有機會接受專業技能教育與實習工作，研究所負責基礎研究與技術開發，再與當地產業之需求與發展相結合，使其產、學、研間的合作相當順暢，人才不於匱乏。

第二站則參訪丹麥 Haldor Topsoe 公司，其主要業務為提供商業觸媒產品與相關製程服務，技術優勢包含合成氣、氫氣、氨水、硫酸、甲醇等生產製程。因

應全世界對生質能源的強勁需求，Haldor Topsoe 也開始投入相關製程技術與觸媒之研發；目前本所也正進行氫化植物油(Hydrotreated Vegetable Oil, HVO)製程技術開發與測試，藉由此次出國參訪直接與 Haldor Topsoe 公司進行 HVO 製程技術研討，以加速研發進展。另外，因為生質物中含有大量的氧原子，常需透過加氫處理製程改善生質燃料油品品質，而再生能源技術中氫能與燃料電池之發展，也需與產氫技術相結合；因此本次參訪也針對蒸氣重組(steam reforming)生產合成氣與氫氣之製程技術進行討論。

## 貳、目的

綠能科技研究所設定綠色能源、綠色材料、生物科技與環保科技等領域發展作為本所核心技術，並致力於開創再生能源、高值低碳、環保節能之新興綠能產業。以生質能源技術開發為例，目前以植物油作為料源之技術開發為主，如生質柴油與氫化植物油(HVO)等，近期也規劃投入生質物轉化成燃料(BTL)技術開發，並開發以微藻為料源之製程技術，中期則投入生質化學品與生質高分子之高單價產品研發，最終朝生物精煉與生物經濟之發展而努力。

本次出國考察地點包含德國 **Fraunhofer Institutes** 與丹麥 **Haldor Topsoe** 公司。出國考察目的有二項：

1. **Fraunhofer Institutes** 為德國最大的研究單位，共有 60 幾個研究所，研究領域相當廣泛，而綠色能源技術開發與應用為其重點研發主軸之一。此次參訪單位為 **Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB)**與 **Manufacturing Engineering and Automation (IPA)**，考察項目包含：工業化生物技術、奈米科技於環境與生物上之應用、微藻養殖技術與環保塗料技術。依據 **Fraunhofer Institutes** 之研發方向與綠能產業之應用，可提供本所研發規劃之參考，並適時修正研發方向與提升研發能量。
2. **Haldor Topsoe** 為商業觸媒供應商並提供相關製程服務，藉由實驗室參訪與製程技術討論，吸收其研發經驗，有助於本所再生能源技術之研發進展。

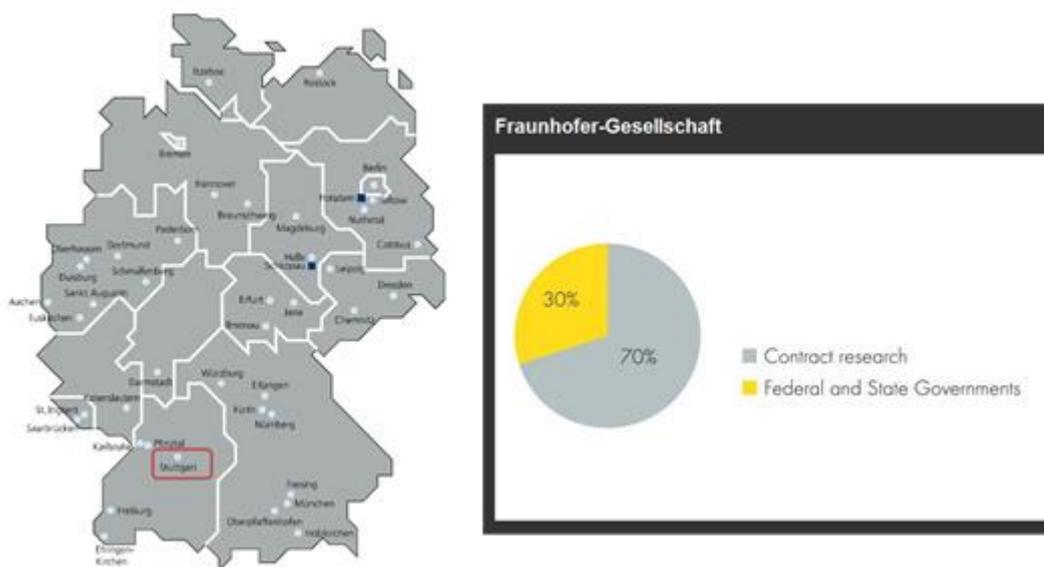
## 參、行程

日期	詳細工作內容
10/26 (六)	啟程。
10/27 (日)	法蘭克福前往史圖佳特。(移動日)
10/28 (一) ~ 10/29 (二)	拜訪 Fraunhofer Institute, 討論生質能源與微藻養殖相關技術之發展與應用。
10/30 (三)	前往丹麥。(移動日)
10/31 (四)	拜訪 Haldor Topsoe 公司, 討論 HVO 製程技術。
11/01 (五)	早上拜訪 Haldor Topsoe 公司, 討論 steam reforming 製程技術。下午返回法蘭克福。
11/02 (六) ~ 11/03 (日)	返程。

## 肆、參訪與討論

### 4.1 德國 Fraunhofer Institutes

Fraunhofer Institutes 是依據十八世紀發明家 Joseph von Fraunhofer (1787-1826)命名，於德國境內共有 66 間研究所，是目前歐洲最大的應用研究機構。Fraunhofer Institutes 的員工超過 2 萬人，主要是研究人員與工程師，去年研究經費達 19 億歐元，有七成來自於業界，三成來自於政府，其角色類似台灣的工研院，但規模大上許多(見圖一)。Fraunhofer Institutes 研究領域相當廣泛，包含：資訊與通訊技術、生命科學、微機電、界面科學、光電原件、國防安全、材料研發...等，其中一項知名的開發為數位影音資料的編碼程式 MP3。



圖一、Fraunhofer Institutes 德國境內分佈城市與研究經費

本次參訪單位是位於斯圖加特(Stuttgart)的 Interfacial Engineering and Biotechnology (IGB) 與 Manufacturing Engineering and Automation (IPA) 二間研究所，主要由市場開發部門的 Ms. Sabine Krieg 負責聯繫與安排，首先由 Ms. Krieg 介紹 IGB 組織架構與研究方向，摘要如下：

- IGB 在德國分布在 4 個地方，在 Stuttgart 的研究總部以界面工程 (interfacial engineering)與生物科技(biotechnology)為主。2012 年營業額

約 1 千 9 百萬歐元，員工 292 名，其中從事研發工作的女性佔 40% 以上。

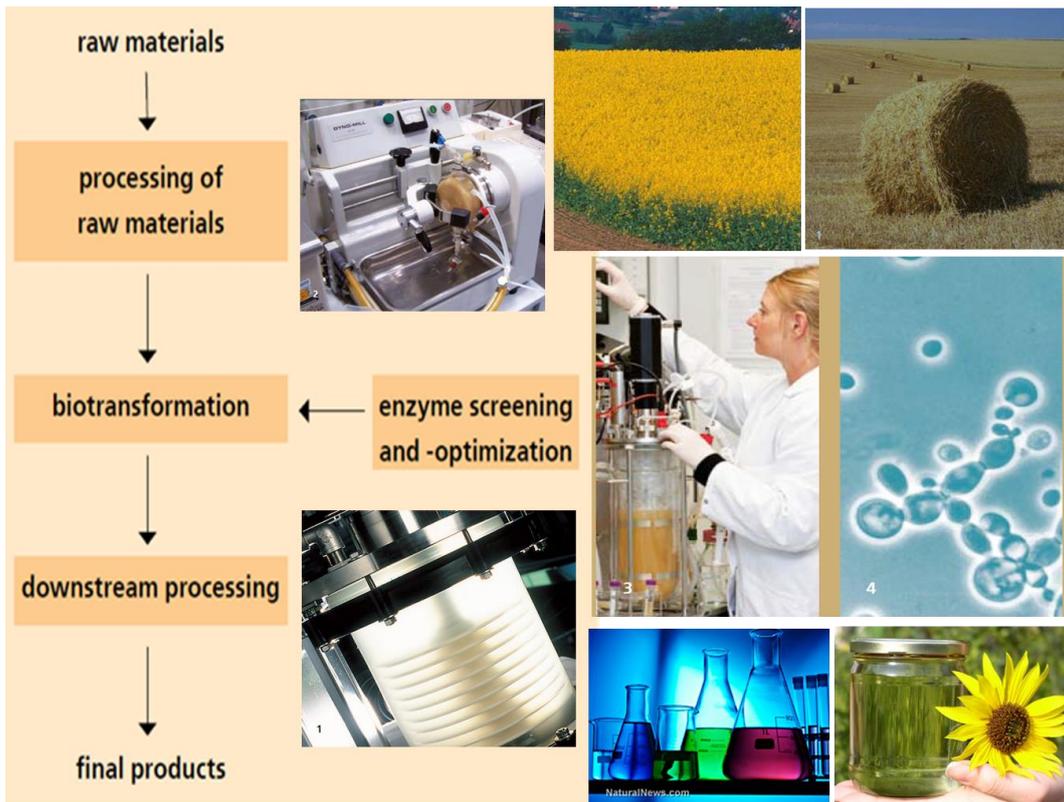
- 根據 2010 年德國 Top 100 企業排名，IGB 在許多領域皆名列前茅：Natural Science 第 3 名，Engineering 第 10 名，Computer Science 第 16 名，且在專利申請件數上排名德國的第 15 名。
- IGB 主要業務包含 Medicine、Pharmacy、Chemistry、Energy、Environment 等五大領域，其策略規劃以 bottom-up 方式(80%)進行技術與產品研發。

而主要考察項目包含：工業化生物技術、奈米科技於環境、生物與界面工程上之應用、微藻養殖技術與環保塗料技術。參訪內容敘述如下：

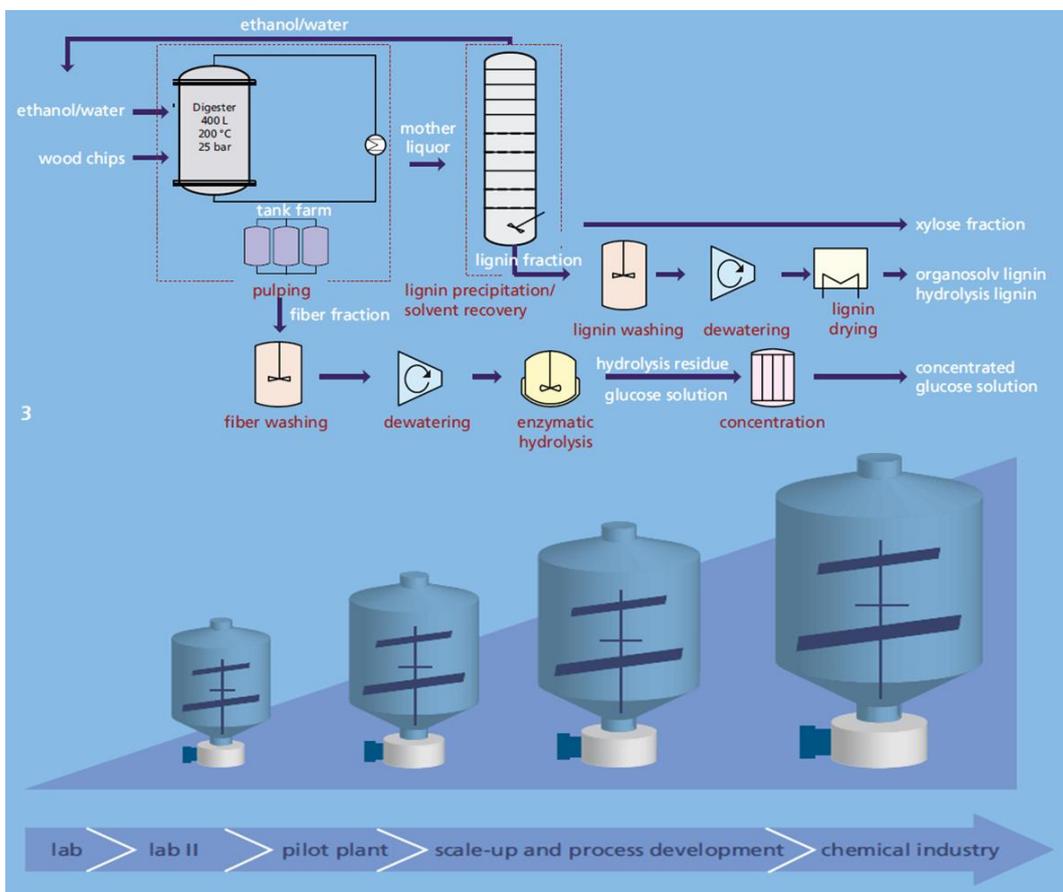
#### (一) 工業化生物技術 (industrial biotechnology)

目前全球化學品有 77% 來自於原油生產製備而成，但也有 11% 來自於可再生之原物料。然而，隨著原油價格逐漸提高，開始有化學與醫藥公司尋找可再生原物料及其製造程序進行化學品的生產。目前生產製程大致可分為二類，一種是化學觸媒(chemical-catalyst)製程，其優勢是可在單位時間內大量生產，但通常需要較高的溫度與壓力或使用有機溶劑；另一種則是生物觸媒製程，包含微生物發酵程序或生物酵素催化反應程序，雖然單位時間產量較低，但反應條件較溫和，且多是在水相溶液中進行，符合綠色製程概念。

本次參訪由 Susanne Zibek (Group Manager, Department of Molecular Biotechnology)負責簡報，摘要如下：IGB 的主要研究多聚焦於生物技術之生產製程，包含多元料源測試、料源前處理、篩選最適化之微生物與酵素、開發最佳生物轉換製程技術、與生質化學品之生產與應用，經實驗室驗證可行後再逐步進行製程放大測試，部分試量產製程則在 CBP 單位(位於德國 Leuna 所在地)進行規劃與測試 (見圖二與圖三)。

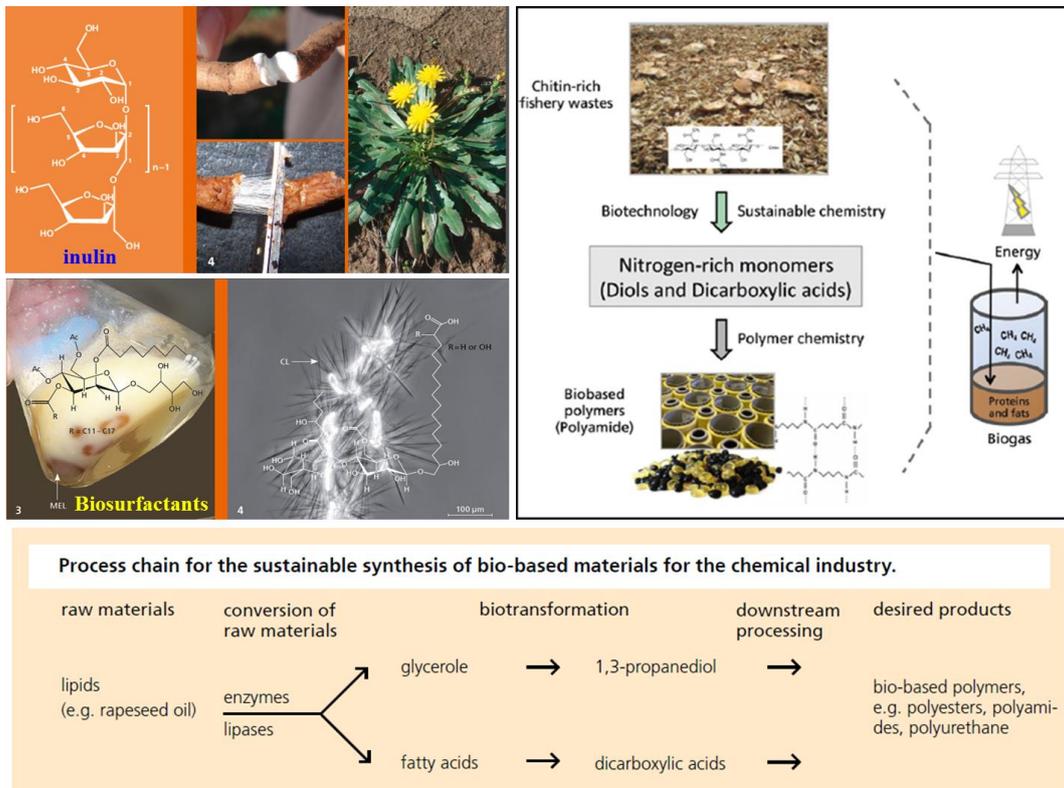


圖二、IGB 工業化生物技術流程圖



圖三、Fraunhofer Institutes 於 CBP 單位下之試量產製程規劃與測試

IGB 擁有 10 年以上生物觸媒篩選經驗，目前單位內設立了微生物與酵素之篩選中心(screen center)，提供快速新型酵素之驗證與最適化平臺，以及提供微生物培育技術與篩選策略之服務。另外也藉由生物技術著手開發生質化學品與生質高分子(見圖四)，例如：由蒲公英的根提煉出 **inulin** (蒲糖)，可作為醫藥工業中穩定劑或藥物載體使用；以乳清(whey)或澱粉為原料，開發生物反應器合成乳酸(lactic acid)；以植物油為料源，可生產生質柴油或長碳鏈二羧酸(dicarboxylic acid)，而生質柴油副產物—粗甘油，也可經生物轉換程序製備出 1,3 丙二醇，再經酸醇聚合反應合成生質高分子；另外也可由漁業廢棄物(甲殼類)中萃取出幾丁質(chitin)，再經生物技術製備含氨基之單體，最後可製備成聚醯胺纖維(polyamide fiber)。

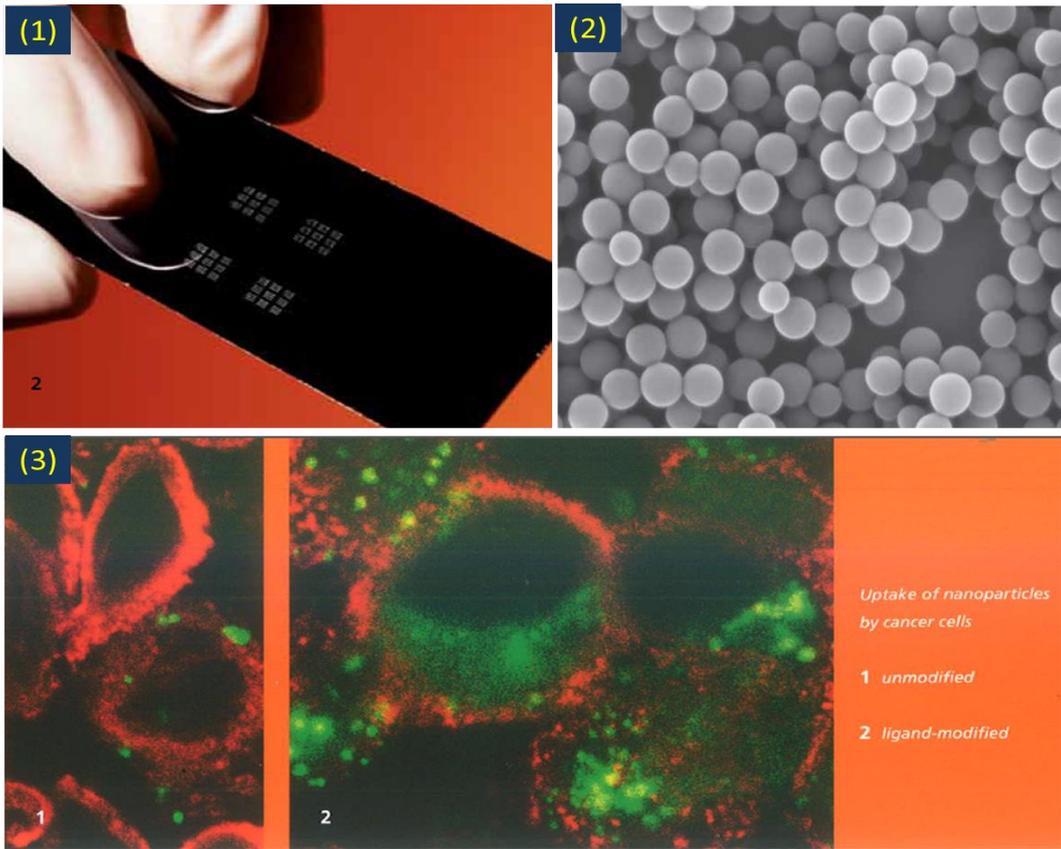


圖四、IGB 生質化學品與生質高分子之研發

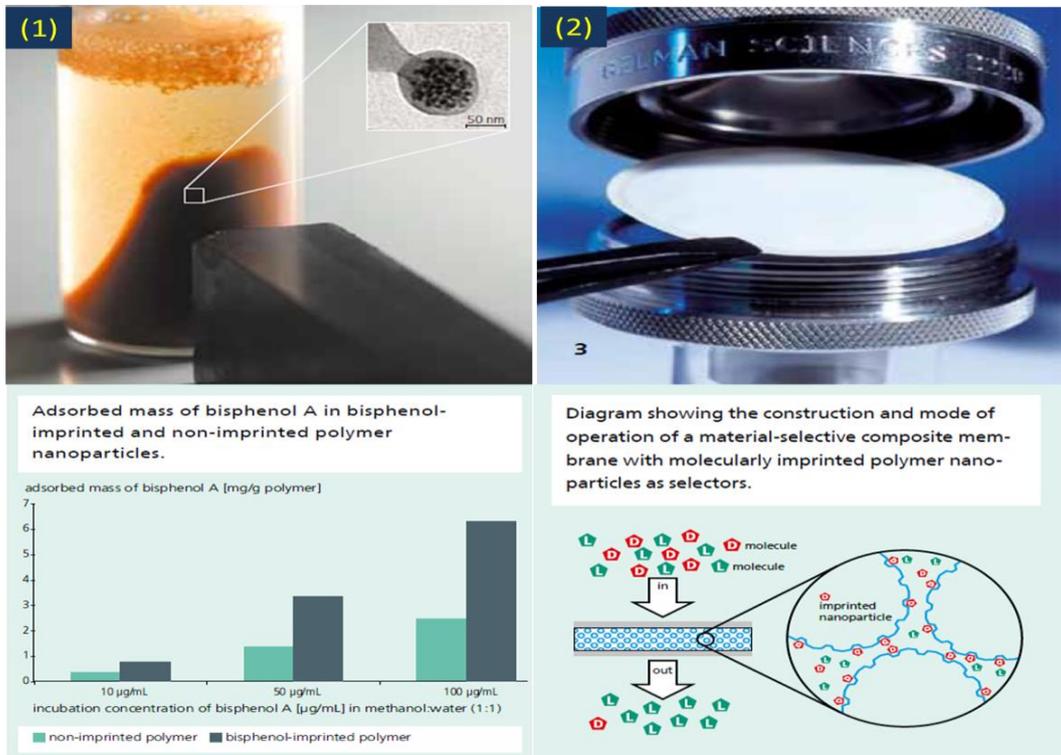
## (二) 奈米科技 (nanotechnology)

奈米材料就像是分子與塊材之間的橋樑，在奈米的世界中，隨著尺寸大小的不同，我們將發現許多不同於塊材的奇異特性，包含光、電、磁、熱、機械及化學性質等，也因奈米材料具備多重的優異特性，使其應用層面廣泛，如高表面活性與催化性可用於觸媒、感測器、化妝品等，光學特性可用於光纖電纜、顏料、雷射光、發光二極體等，電氣特性可用於電極、導電塗料、微電子元件、超導體等，磁性材料則可用於磁記錄媒體、編碼器、測速器、潤滑劑與磁致冷機等。因此，奈米技術已被視為二十一世紀的高科技產業，預估 2015 年奈米科技產值將高達 3 兆美元，而德國奈米技術位於領先地位，目前歐洲有將近一半的奈米科技產業源自於德國，其中 Fraunhofer Institutes 即為主要研究團隊之一。

本此參訪由 Dr. Michaela Mueller (Group Leader, Polymer interfaces and materials interfacial engineering and material science)簡報，摘要如下：目前 IGB 研究單位主要聚焦於與生醫技術相關之奈米技術，例如：生物晶片之製備，可進行快速、精確、低成本之生物檢驗分析；合成生物相容與生物可分解之奈米高分子粒子，並應用於抗癌藥物之載體，最後可在奈米高分子粒子表面鍵結特殊辨識分子，即可作為癌症標靶藥物，如此可減少藥劑的使用量，同時可以有效的殺死癌細胞(如圖五)。此外，也發展以奈米技術進行分離純化之應用，其主要開發技術為奈米結構之分子印刷高分子(Nano-structured molecular imprinted polymers, NanoMIPs)，將含特定結構之奈米粒子置放於高分子薄膜中，可進行高單價物質回收或特定污染物之移除；也開發磁性奈米吸附劑可磁性回收再使用(如圖六)。另外，IGB 也從事各種薄膜(films, 0.5~10m<sup>2</sup>/g)與濾膜(membranes, 0.5~60m<sup>2</sup>/g)之開發，並應用於水處理、氣體分離與醫材領域。



圖五、IGB 生醫奈米科技研究：(1)生物晶片，(2)生物可分解之奈米高分子粒子，(3)癌細胞標靶技術



圖六、IGB 分離純化之奈米科技研究：(1)磁性奈米吸附劑，(2)奈米結構分子印刷高分子(NanoMIPs)之原理與應用

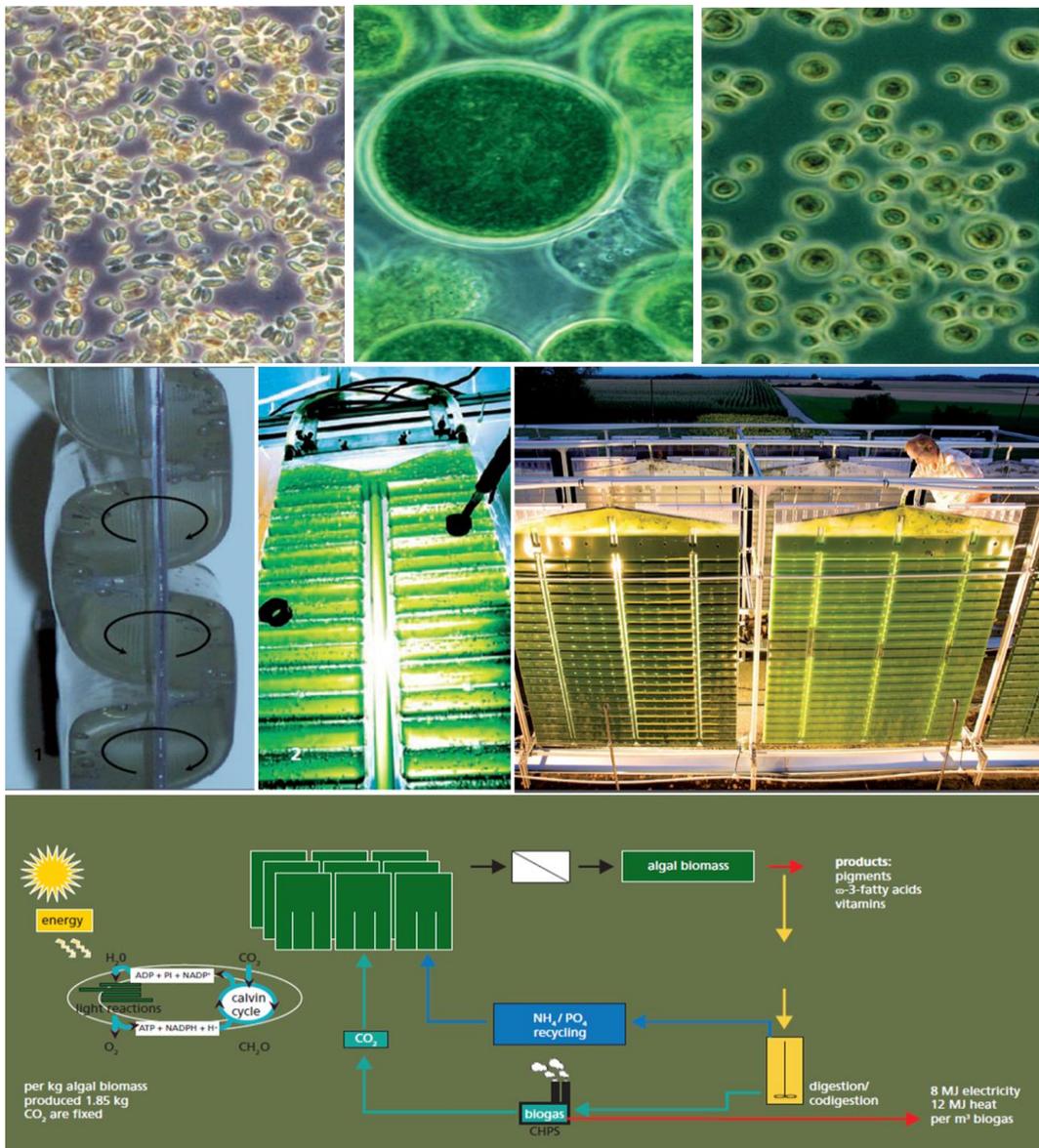
### (三) 微藻養殖技術 (microalgae)

由 Dr. Ulrike Schmid-Staiger (Group Leader, Department of Environmental Biotechnology and Bioprocess Engineering)進行簡報，摘要如下：藻類包含微藻與巨藻，已被視為下世代最具潛力之生質料源，主要優勢包含：可於海洋中養殖，不占糧食作物之耕地；微藻生長快速，約 3~6 天即可採收，且含碳量超過 50%，因此可以吸收較多的二氧化碳，有較高的固碳能力，同時單位面積可以提供較大產量，適合作為能源作物；微藻產油量高，藻油可生產生質柴油與生質航油，剩餘藻渣可做為魚產飼料或發酵生產生質酒精；微藻中含有高單價之化學品 (DHA、EPA...)，有利於微藻產業鏈之發展。而 IGB 也投入微藻相關研究，主要開發一套平板氣昇式 (flat panel airlift, FPA) 光合反應器，建立密閉式微藻養殖技術，並已取得歐盟專利 (EP 1326959)。其中 FPA 反應器是由 PE 材質所製成之平板式 S 型反應器，利用交錯的減縮斷面造成渦流，使微藻不斷地翻攪以利於獲得光源進行光合作用，如此可提供較高的光照面積，低剪切力，與增加 CO<sub>2</sub> 質傳效率；其微藻生長密度相當高，可達 1~2g/L-day。IGB 已完成 5L 與 30L 實驗室測試及 180L 小型量產測試，並以此技術成立一家公司 (Subitec GmbH)，目前以含 CO<sub>2</sub> 之事業廢氣作為碳源，正進行 1.3 m<sup>3</sup> 與 4.5 m<sup>3</sup> 之試驗工廠 (pilot plant) 進行量產測試。

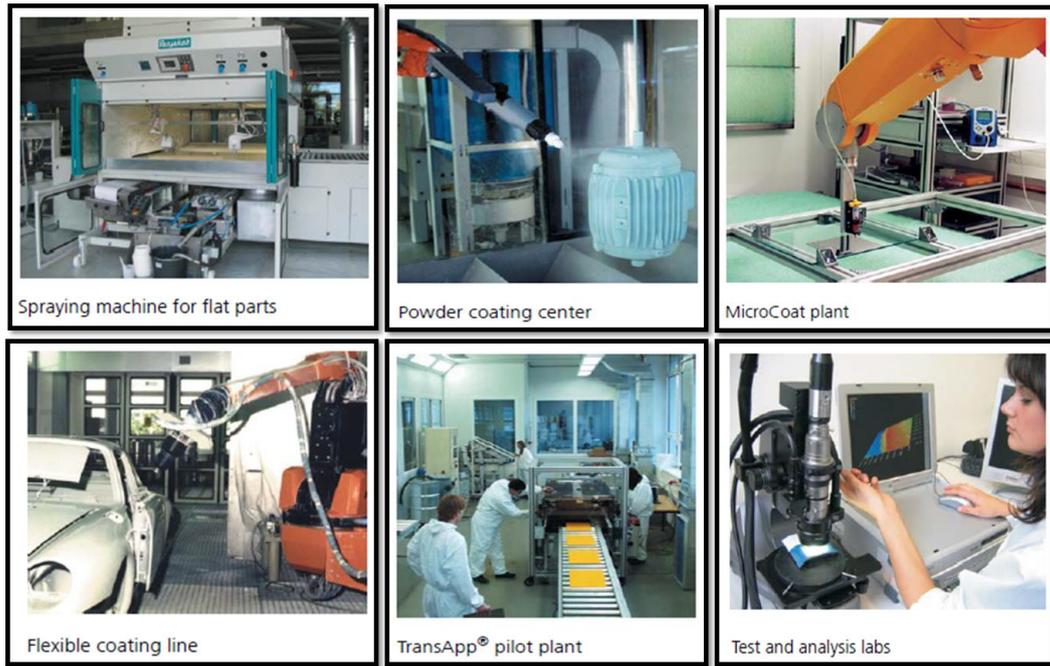
### (四) 塗料技術 (coating systems and painting technology)

本次參訪的另一個單位為 IPA 的塗料技術組，由「Coating Systems and Painting Engineering」部門主管 Dr. Michael Hilt 負責接待，以及專案經理 Dr. Irina Zvonkina。此部門已擁有 60 年以上的經驗，開發了各式各樣的噴塗程序，並與商業產品應用緊密結合，建構了完整的噴塗設備、實習工廠與分析檢測實驗室 (見圖八)，例如：不同的濕式噴塗產線、TransApp 試驗工廠、Microcoat 實習工廠、分析檢測實驗室...等，未來將同時符合學術與產業之需求，進行前瞻性創新研發與產業技術服務。IPA 因為產業技術服務相當札實，擁有種類眾多之小型生產線

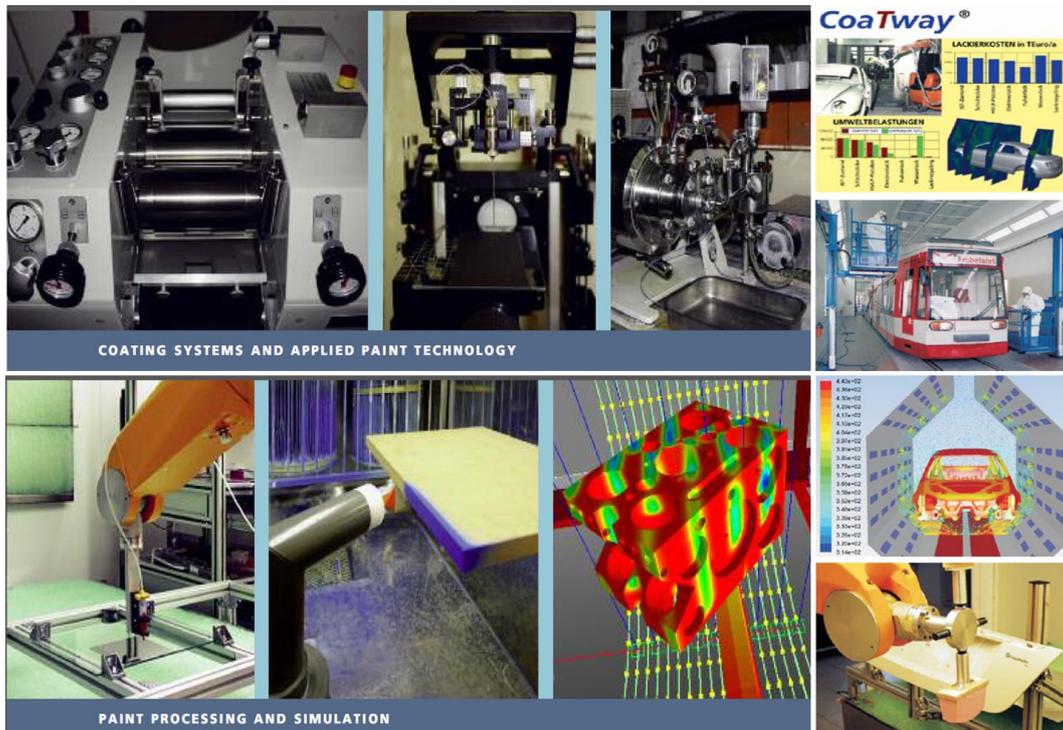
與試驗工廠，並提供當地大學學生觀摩與實習，培養業界所需人才，並與學校教授相結合，導入模擬技術與材料檢測技術等科學理論基礎，使其產、學、研間的合作相當順暢，人才不於匱乏，其中汽車產業之應用便是最成功的案例之一(如圖九)。本次參訪原本想要了解其塗料開發方向與策略，例如耐候性與耐化學性、環保隔熱之水溶性塗料…等，以提供本所塗料開發同仁參考，但接待人員主要報告內容為噴塗製程技術，對塗料研發較具保留，並說明塗料配方多由產業界研發供應，因此相關資訊收穫有限。最後圖十則為本此參訪 Franuhofer IGB 與 IPA 之合影照片。



圖七、IGB 微藻養殖技術與平板氣昇式(FPA)反應器



圖八、IPA 研究單位建構完整之噴塗設備、實習工廠與分析檢測實驗室



圖九、IPA 塗料技術與汽車產業之應用



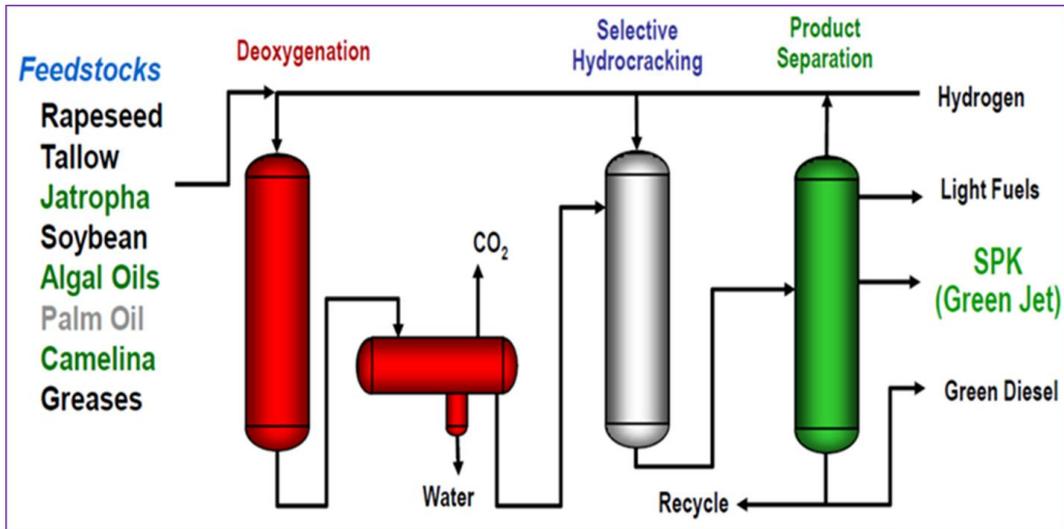
圖十、IGB(上圖)與 IPA(下圖)參訪合影照片

#### 4.2 丹麥 Haldor Topsoe 公司

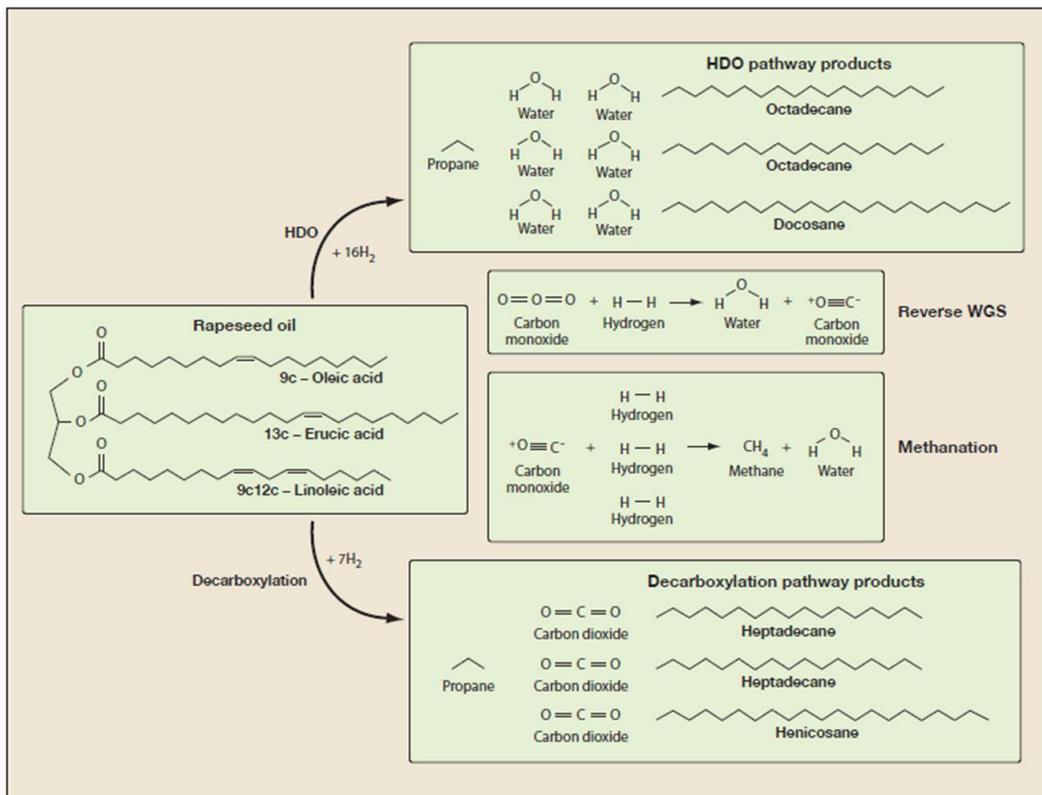
Haldor Topsoe 公司主要業務為提供商業觸媒產品與相關製程服務，其製程技術優勢包含合成氣、氫氣、氨水、硫酸、甲醇等生產製程，目前煉廠部分的加氫脫硫(HDS)工廠與蒸氣重組工廠也使用 Haldor Topsoe 公司之觸媒，其觸媒活性與製程穩定性都相當不錯。隨著全球對生質能源的需求強勁，以生植物為進料之觸媒製程技術開發，也成為 Haldor Topsoe 公司研發重點項目之一。

目前本所也正進行氫化植物油(HVO)製程技術開發與測試，主要參考 UOP 的製程技術進行綠色柴油與生質航油之產品開發，其中關鍵製程在於植物油脫氧反應生成綠色柴油，其反應機構可分為加氫脫氧(HDO)與加氫脫  $\text{CO}_2$  二種反應，後者反應所需氫氣量較少，但會同時有其他副反應發生(見圖十一與圖十二)。而 Haldor Topsoe 目前也研發了三種 HVO 製程觸媒，並命名為 TK-340、TK-351 與 HT-102243，其主要差異在於加氫脫氧反應或加氫脫  $\text{CO}_2$  反應佔比不同，例如

TK-340 觸媒對加氫脫氧反應的選擇性約 80%，而加氫脫 CO<sub>2</sub> 的反應只占 20%。因此藉由此次出國參訪機會直接與 Haldor Topsoe 公司進行 HVO 製程技術研討，將有利研發進展。



圖十一、UOP 綠色柴油與生質航油產製流程圖



圖十二、HVO 製程之綠色柴油反應機構

本次參訪由部門經理 Mr. Per Zeuthen 與兩位研發人員(Mr. Hao Yuan and Mrs. Sara Bülow Sandersen)與我們進行技術研討，內容摘要如下：本所目前以柴油與植物油同時進料之共製程(co-process)技術開發為主，反應製程不僅要脫除植物油中的氧分子，同時要進行柴油中的脫硫反應，因此目前即遭遇到合成產物硫含量偏高之結果，尚無法符合國內現行法規之要求 (< 10ppm)。另外，根據文獻收集，以 100% 植物油進料，其反應時會進行大量放熱，製程設計須做修改，因此基於工安考量尚未開始進行實驗規劃。而 Haldor Topsoe 在加氫脫氧之研究，都以 100% 生物性油脂進料為主，雖然對於混煉共製程技術沒有深入探討，但其研究員依其經驗仍給了 3 項建議：

- 1). 植物油加氫脫氧(HDO)與柴油加氫脫硫(HDS)兩者 LHSV 應分開計算，就 Haldor Topsoe 經驗而言，加氫脫氧的 LHSV-(植物油) < 5 應該都沒問題，進料流速上較不受限；然而在加氫脫硫的部分，一般操作在 LHSV-(柴油) = 1 附近，甚至更低，有時候需兩根反應器才能有效將硫含量降低至目標值。因此建議調整觸媒比例，以目前測試 10% 綠色柴油為例，即 10% 植物油+90% 柴油之進料下，可提升下層脫硫觸媒量至 85%，減少上層與中層之觸媒量(上 5%、中 10%)，如此可適當控制 LHSV-(植物油)與 LHSV-(柴油)，才能有機會一隻反應器同時進行 HDO 與 HDS 反應後，產品仍符合規範之要求。
- 2). 產品硫含量分析數值變化波動很大，可能是送測樣品中含加氫脫氧產生的水，而硫化氫容易溶解於水中，因此送測樣品中的含水量多寡，會嚴重影響分析時的結果，可能是導致硫含量數值變化波動很大的主因。因此建議樣品送分析之前，需靜滯兩天，待水相沉澱後，僅取出上方的澄清油相，並以氮氣吹除處理，盡可能降低硫化氫殘留的影響。

- 3). 100%生物性油脂加氫脫氧時雖然會大量放熱，但以實驗性質之反應器大小與目前經驗來看，其反應的放熱可直接導出，並沒有遇到過熱與副反應發生的狀況。

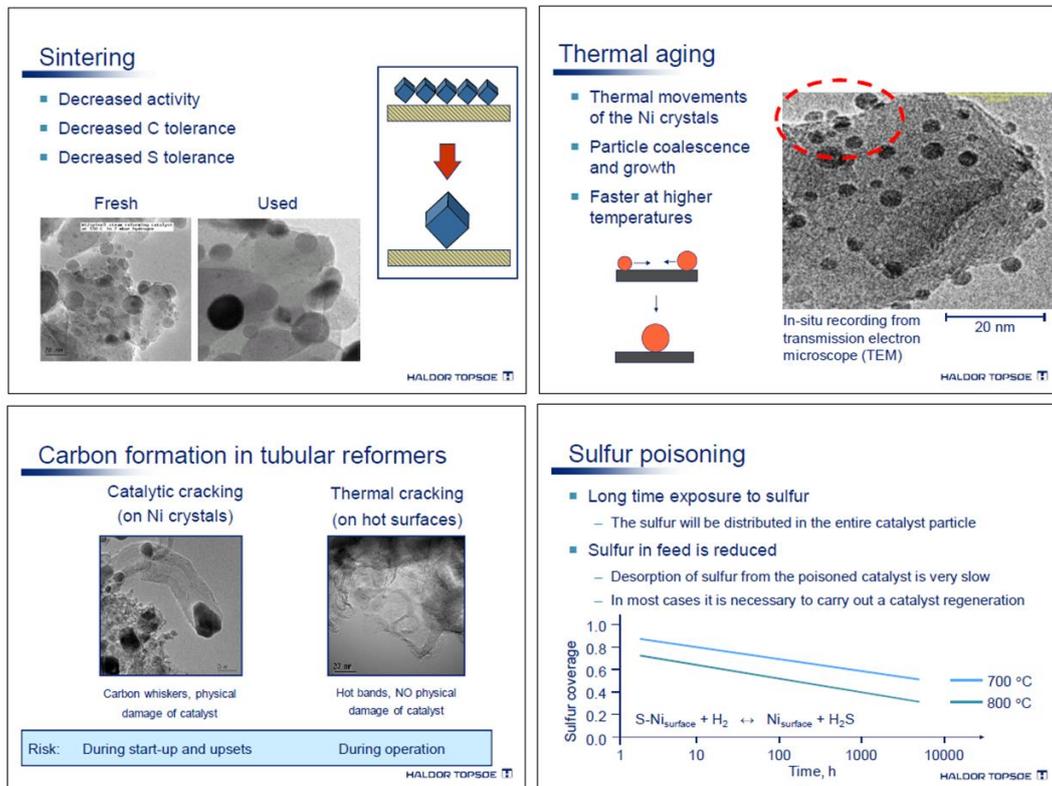
此次也參觀 Haldor Topsoe 的試驗工廠，並與本所現有實驗設備相比較。主要差異為 Haldor Topsoe 的加氫處理反應器內直徑至少 1.5 cm 以上，且長度較長 (1.2~3 m)，可提供充足路徑進行反應，反應器內含 5~7 點溫度量測可精準控制溫度；採用全自動化的運作，包括開關閥件、參數變換、取樣…等，只要將內容填入程式中，就能利用程式自動執行，所以人力上安排較為精簡，不需 24h 輪班；設有自動生產氫氣與加壓儲存的設備，可以不間斷的提供各種壓力與高純度的氫氣。但也因自動化控制，參訪時曾看到自動取樣樣品滿出來沒人處理的狀況，其研究員表示，發生任何狀況，系統會自動程式控制停機，不需要人員現場待命。

另外一個考察重點為蒸氣重組製程技術，因為生質物中含有大量的氧原子，常需透過加氫處理製程改善生質燃料油品品質，例如上述所提之 HVO 製程技術即需要大量的氫氣供應，而再生能源技術中氫能與燃料電池之發展，也需與產氫技術相結合。而 Haldor Topsoe 於蒸氣重組製程技術已有多年現場實務經驗，其研發團隊也持續進行觸媒與製程改善，本次參訪其研究員也提供簡報資料介紹相關製程技術，資料內容簡述如下：

本次參訪由業務經理 Dr. Nikola Georgiev 與兩位研發人員(Mr. Frderik André Damand and Mrs. Rikke Køhler)與我們交談並簡報相關製程技術，內容摘要如下：Haldor Topsoe 蒸氣重組超過 50 年以上之技術研發與建廠經驗，其中觸媒開發為其研發重點，而重組觸媒關鍵技術包含提高(鎳)觸媒活性、熱穩定性載體、減少積碳與毒化現象發生、觸媒形狀對反應之影響等(見圖十三)，例如：製備高分散性之鎳奈米觸媒，降低燒結程序與操作程序下鎳奈米觸媒團聚；減少硫中毒現象發生，使用保護塔(pre-column)去除進料中之含硫物質；最佳化之操作條件，減少積碳現象發生。另外，Haldor Topsoe 也提供蒸氣重組反應相關技術服務，例

如：依據客戶端使用不同進料來源 (NG、C1-C4、C5 & naphtha)，開發多種型態之觸媒，並提供最佳蒸氣重組反應之觸媒裝填方式(圖十四)；設計開發最佳觸媒裝填方式(SpiraLoad™ 技術)，穩定性高且可以減少觸媒裝填時間，並使反應操作下之壓力控制較為穩定(圖十五)。

最後，從本所綠能核心技術出發考量，詢問 Haldor Topsoe 是否有投入來自生質物進料之蒸氣重組技術研究，例如：生質醇類(甲醇、乙醇)、沼氣、Hymetane( $H_2+CH_4$ )、生質物氣化後之合成氣...等，但 Haldor Topsoe 目前進料著力於煤炭產製合成氣(大陸)或頁岩氣(美國)等市場需求技術開發為主，尚未進行生質物進料之相關研究。因此，建議本所可利用目前蒸氣重組技術基礎，專注於生質物進料之製程技術開發，並將產製之氫氣與其他再生能源技術相結合，建立 100% 綠色能源生產技術，成為本所研發特色與技術強項，並致力於產業化發展，創造綠能產業與綠色經濟。



圖十三、重組觸媒關鍵技術



圖十四、不同進料之蒸氣重組觸媒裝填建議

## SpiraLoading™

### SpiraLoading™ in Unit 1

### Comparison of SpiraLoad™ and Sockloading

	Unit 1 SpiraLoaded™	Unit 2 Sockloaded
Loading time	63 hrs	120 hrs
Adjustments	No	1/3 of the tubes needed additional vibration
Reloading	No	4 tubes

圖十五、SpiraLoad™ 觸媒裝填技術

## 伍、心得與建議

- (一) 依據 IGB 研發策略與方向，生物科技研發的基礎核心在於建立生物觸媒(微生物與酵素)的篩選平台，再依設定之目標產物篩選出最適化之生物觸媒，並進行生物反應器設計與測試。目前本所生物科技組也正規畫建立中油自己的生物觸媒篩選平台，其篩選技術包含由自然界尋找、人工誘導突變與基因改造等策略，而初期目標設定在能源作物培育技術(如：微藻、狼尾草、蓖麻樹...等)與纖維素水解酵素開發，最終產物以液態生質燃料為主。中期可朝高值化之生質化學品生產，以及生物反應器技術開發與製程放大測試，最後應可創造新興綠能產業。
- (二) 在微藻養殖技術方面，IGB 已有 17 年經驗並已開發出一套平板氣昇式(flat panel airlift, FPA)光合反應器，其技術優勢為微藻產量高(1~2g/L-day)，且正進行 1.3 m<sup>3</sup> 與 4.5 m<sup>3</sup> 之試驗工廠(pilot plant)量產測試，但缺點為建造成本昂貴。因此，微藻高值化產品開發(如 DHA、EPA...等高單價商品)為目前研發重點。因此，本所除了強化微藻養殖技術並獲取藻油外，也應投入高值化產品技術開發，方能有利於技術產業化發展。
- (三) Haldor Topsoe 尚未進行生質物進料之相關研究，建議本所可利用目前蒸氣重組技術基礎，專注於生質物進料之製程技術開發，並將產製之氫氣與其他再生能源技術相結合，建立 100%綠色能源生產技術，成為本所研發特色與技術強項，並致力於產業化發展，創造綠能產業與綠色經濟。
- (四) Haldor Topsoe 分別在加氫脫氧(HDO)與加氫脫硫(HDS)的反應製程中擁有多年研究經驗，而本所目前以柴油與植物油同時進料之共製程(co-process)技術開發為主，因此需同時面對脫除植物油中的氧分子與柴油中的硫含量低於 10 ppm 等技術問題；經聽取 Haldor Topsoe 之經驗與建議後，希望能有助於氫化植物油(HVO)製程技術之進展。未來本所也會投入 100%生物性油脂進料之製程開發，以及進一步異構化/裂解產製生質航油之技術研發。

## 陸、附件

1. IGB 與 IPA 研究方向與成果簡介 (Fraunhofer Institutes 提供)
2. 加氫處理製程設備與蒸氣重組製程技術 (Haldor Topsoe 公司提供)