

出國報告（出國類別：洽公）

# 生質能源海外布局赴東南亞洽公 出國報告

服務機關：台灣中油股份有限公司溶劑化學品事業部

姓名職稱：林永弘、化學品營運組副理

姓名職稱：徐錦萊、化學品營運組國貿經理

派赴國家：印尼、馬來西亞

出國期間：101年05月31日至101年06月06日

報告日期：101年08月01日

## 摘 要

基於政府為達到永續與綠色發展之政策目標，積極推動生質能源等再生能源的應用與發展，經濟部能源局委託工研院辦理生質能源相關技術研發與應用推廣計畫，規劃生質能源海外布局考察團，出訪東南亞地區參訪當地生質能源相關廠商與機構，探尋並了解可能的投資、合作與採購的機會。本公司為尋求生質柴油料源，探尋購買麻瘋樹油之來源，期能藉由此次參訪瞭解生質能源發展現況與找尋麻瘋樹油來源之機會。

此次參訪赴東南亞兩個國家（印尼、馬來西亞），拜訪兩個城市（三寶瓏、吉隆坡），瞭解兩種能源作物 Energy Crops（麻瘋樹、棕櫚樹）之種植，並瞭解麻瘋樹油 Jatropha Oil、棕櫚油 Palm Oil 之生產及其廢棄物（如 Jatropha Seed Shell, Palm Empty Fruit Bunch, Palm Kernel Shell, Palm Fiber 等）製成生質廢棄物燃料 Bio-Mass 之過程。拜訪之廠商有 PT Waterland International、Sime Darby Group、IOI Group、Global Green Synergy 等公司，拜會之印尼官方機構有中爪哇省投資部（CJBI），拜會之馬來西亞官方機構有馬來西亞種植及原產部（MPIC）、馬來西亞油棕局（MPOB）、馬來西亞貿易與發展協會（MATRADE）及馬來西亞工業發展局（MIDA）等。

# 目 錄

	頁數
壹、目的 .....	1
貳、參訪活動行程 .....	2
參、參訪報告 .....	8
肆、心得與建議 .....	12
伍、附錄 .....	14

## 壹、目的

因應 2015 年國內車用柴油規定必須添加生質柴油 5%，即所謂 B5 柴油，屆時國內生質柴油 B100 市場需求將達 20 萬噸，國內生質柴油之供應，除了進口 B100 之外，爲了避免生質柴油的生產與糧食競爭的問題，國內生質柴油生產廠商如承德油脂、新日化、鴻潔等公司，主要是以廢食用油作爲料源，估計國內廢食用油每年僅產生約 3 萬噸，將不足供應生產生質柴油所需。因麻瘋樹（*Jatropha Curcas*）適合生長於貧瘠土地，且其種子含油量高、有毒性不可食用，非常適合爲生質柴油之料源，公司曾經規劃於印尼種植 10 萬公頃麻瘋樹，生產麻瘋樹油（*Jatropha Oil*），後因合資廠商未能提供符合麻瘋樹種植所需土地面積條件，終止合作關係。爲尋求生質柴油料源，公司指示本事業部探尋麻瘋樹油之來源，希望藉參加生質能源海外布局考察團，找尋東南亞地區麻瘋樹油市場行情與採購麻瘋樹油可能性。彙整此次印尼、馬來西亞參訪活動計劃行程如下：

表一：印尼、馬來西亞參訪活動計劃行程

起迄日期	到達地點	工作內容
5/31（四）	台北－雅加達 雅加達－三寶瓏	台北往印尼三寶瓏交通
6/1（五）	三寶瓏	上午：拜訪印尼中爪哇省投資部 下午：拜訪 PT Waterland International 總部
6/2（六）	三寶瓏	考察 PT Waterland International 麻瘋樹農場與供應鏈體系
6/3（日）	三寶瓏－吉隆坡	印尼三寶瓏往馬來西亞吉隆坡交通
6/4（一）	吉隆坡	上午：拜訪馬來西亞投資與貿易相關單位 下午：參訪 Sime Darby 公司
6/5（二）	吉隆坡	上午：拜訪馬來西亞種植及原產部(MPIC) 及油棕局(MPOB) 下午：Global Green Synergy 公司
6/6（三）	吉隆坡－台北	馬來西亞吉隆坡往台北交通

## 貳、參訪活動行程

本次參訪行程主要係針對麻瘋樹等非食用性植物油料源及棕櫚油生產所衍生之廢棄物，如 Palm Empty Fruit Bunch、Palm Kernel Shell、Palm Fiber 及其衍生生質廢棄物燃料，如 PKS Pellet 等相關廠商及政府部門。除按預定行程外，於 6/5 上午增加參訪 IOI Group 及 6/6 上午增加參訪馬來西亞貿易與發展協會（MATRADE）與馬來西亞工業發展局（MIDA），主要考察成員及實際行程如下：

表二：印尼、馬來西亞參訪團成員

姓名	公司	部門	職稱
謝志強	工業技術研究院	產經中心能源組	經理
吳啓誠	中鋼公司	事業發展處	管理師
陳茂景	台電公司	綜合研究所化環室	組長
蔡秉富	Waterland Taiwan		負責人
章秋蓁	吉而益環保科技		經理
林永弘	台灣中油公司	溶劑化學品事業部	副理
徐錦萊	台灣中油公司	溶劑化學品事業部	國貿經理
許明晃	台灣中油公司	煉製研究所	研究員

表三：印尼、馬來西亞參訪實際行程

日期	地點	行程與拜訪機構	主要受訪人員及職稱
5/31(四)	台北－印尼三寶瓏	台北－印尼雅加達－印尼三寶瓏交通	
6/1(五) 上午	印尼三寶瓏	Central Java Board of Investment，聽取簡報，了解當地投資環境	Ir. Yuni Astuni(Chairman) Sucipto(Head of Promotion and Cooperation Division)

6/1 (五) 下午	印尼三寶瓏	Waterland International, 聽取公司簡報與意見交流	Drs. Ir. William L Nolten (Chief Executive Officer) Anil Manchanda(Business Development Director)
6/2 (六)	印尼三寶瓏	Waterland International, 參觀麻瘋樹農場、榨油工廠和生質顆粒廠, Waterland Global 間作農產品加工廠	Drs. Ir. William L Nolten (Chief Executive Officer) Anil Manchanda(Business Development Director)
6/3 (日)	印尼三寶瓏－馬來西亞吉隆坡	印尼三寶瓏－馬來西亞吉隆坡交通	
6/4 (一) 上午	馬來西亞吉隆坡	馬來西亞油棕局(Malaysia Palm Oil Board), 聽取簡報與意見交流, 參觀 Palm Oil 生產與製造模型展覽室, 了解棕櫚油製程與衍生產品	Dr. A. Kushairi Din(Deputy Director General, R&D) Dr. Lim Weng Soon (Engineering and Processing Research Director) Dr. Kalanithi Nesaretnam (Product Development and Advisory Service Division)
6/4 (一) 下午	馬來西亞吉隆坡	Sime Darby 公司 Oil Palm Plantation and Mill, 了解棕櫚產業製程與衍生生物質廢棄物應用	ABD Rahim Shuib(Principal Research Officer) Wan Hassmudin (Principal Research Officer) Yahaya (Milling Processing Unit)
6/5 (二) 上午	馬來西亞吉隆坡	馬來西亞種植及原產部 (Ministry of Plantation Industries and Commodity, MPIC), 了解 Bio-energy 及 Bio-mass 投資與貿易相關政策與規範	YB Dato Hamzah Zainudin (副部長) Dr. A. Kushairi Din(Deputy Director General, R&D) Dr. Lim Weng Soon (Engineering and Processing Research Director) 隨同前往 林明禮(駐馬來西亞台北經濟文化辦事處副代表) 黃翠娟(駐馬來西亞台北經濟文化辦事處秘書)
6/5 (二) 上午	馬來西亞吉隆坡	IOI Group, 聽取公司業務簡報了解棕櫚產業概況、棕櫚 Bio-mass 應用與未來合作之可能性	李深靜 丹斯里拿督 (集團董事主席) 李耀昇(執行董事) 黃梓焜(Senior General Manager) 周錫強(Project Manger)

6/5 (二) 下午	馬來西亞吉隆坡	Global Green Synergy，聽取業務簡報了解該公司在Bio-mass 應用技術與營業現況，討論未來合作之可能性	劉永康(Business Development Manager) Dr. 鄭涵迅(Senior Researcher) Stephen Lim (Assistant Manager) Gary S.C. Foo(Manager Director)
6/6 (三) 上午	馬來西亞吉隆坡	馬來西亞貿易與發展協會(Malaysia External Trade Development Corporation, MATRADE) 與工業發展局(Malaysia Industrial Development Authority, MIDA)，了解Bio-energy/Bio-mass 貿易與投資相關政策規範	Y. Bhg. Dato Zakaria Kamarudin (Deputy Chief Executive Officer, MATRADE) En. Ewan Latiff Wan Musa (Director of Health and Environmental Productal, MATRADE) Iszam Khail Ishak(Swnior Manager, MATRADE)
6/6 (三) 下午	馬來西亞吉隆坡 -台北	馬來西亞吉隆坡-台北 交通	

表四：印尼參訪行程及內容摘要

日期/時間	2012.06.01 09:30~11:30	公司/機構	印尼中爪哇省投資部 Central Java Board of Investment
參訪內容摘要	<p>1. 中爪哇省位於印尼爪哇島的中部，省會三寶瓏（Semarang），土地面積 325 萬公頃，人口約 3,200 萬人。中爪哇有 2 個港口，一條高速公路（Jakarta-Semarang）興建中，目前主要運輸道路多為雙向單線，路況不佳、交通壅擠，電力供應不足，郊區村落約有 25%未獲供電。</p> <p>2. 中爪哇地區農作物的種植及生質源（Biomass）加工多由農民自行處理，地點分散且個別產量不高，其生質廢棄物目前多就地燃燒或掩埋做為肥料使用。</p> <p>3. 目前在中爪哇省投資設廠之台商有 17 家，為外商投資第三位，主要是家具製造、木材生產與加工業。</p> <p>4. 中爪哇是印尼人口密度最高，也是貧窮人口比例最高的地區，主要收入來自於農漁業、畜牧業、木業與少部分的中小企業。</p>		

日期/時間	2012.06.01 13:30~ 2012.06.02 16:30	公司/機構	PT. Waterland International
參訪 內容 摘要	<p>1. CEO: Willian L Nolten, 財務長: Anil Manchanda。</p> <p>2. 該公司經營著重於能源作物的種植與管理，是目前國際上少數具有麻瘋樹生產與銷售實蹟的能源作物生產廠商，以開發生質能源為目標，提供土地租借/種植管理/生質能製造/銷售。</p> <p>3. 該公司在中爪哇地區人脈關係良好，與地主或地方政府依情況採取不同合作方式，取得合宜土地，由 Waterland 來專業經營農場管理、產品加工與銷售。該公司藉由 Joint Venture 的方式來擴大經營規模，與美國、德國、日本等許多廠家(如 Boeing)的合作案件，不僅提升了地主的土地收益，更改善當地製作農民的生活與收入，因此，政府機構對其開發計畫多能全力支持。</p> <p>4. Waterland 公司考量初期投入時有獲利較低與經營風險，採取多樣化的能源作物策略，種植的能源作物包括麻瘋樹 (Jatropha)、亞麻 (Camelina)、Nicotiana Tobacum、Manihot Esulenta 等。麻瘋樹種植後第二年即可採收麻瘋樹籽，成熟樹種 4 年後每公頃每年約可收成 4~5 噸果實，概估 3 公斤的麻瘋樹籽可以榨取 1 公升油，每年每公頃約可生產麻瘋樹油 1.5 噸。乾燥後的麻瘋樹籽，約 14%可榨取麻瘋樹油(8820kcal/kg)，其餘 86%則為果渣，當地一般多用來製成飼料或肥料。</p> <p>5. 間作技術 Intercrop 與 PDMS 管理系統：Waterland 公司表示，其中在爪哇地區可掌握開發土地約有六萬公頃。經長期研究及現場試驗改良，發展出配合土壤與氣候條件與農作物成長時程，進行麻瘋樹 (Jatropha) 與農作物的間作技術 (Intercrop)，調配長短期的種植收益以提高單位面積產值。此外，針對種植管理及產銷追蹤，發展出 PDMS (Plantation Management Data System) 管理系統，透過該系統，投資與管理者可以遠端登入，了解農場之地理分布、生產狀況、產品品質及產品出貨等實際產銷狀況，並可進行相關的統計分析。</p> <p>6. 為提高收益，Waterland 公司除在農場種植檸檬草等香料植物外，亦利用麻瘋樹或其他能源作物之廢渣產製生質固態燃料、生物肥料、生質氣體等附加產品。間作之香料農作物製成香料，藉由其企業農產品產銷體系外銷歐洲市場。</p> <p>7. 麻瘋樹油價格：Waterland 公司表示，榨取後粗麻瘋樹油 (Crude Jatropha Oil, CJO) 必須經濾除雜質及脫水，因為間作收益，麻瘋樹油成本壓低約在 70~80USD/BBL，價格貼在原油價格以上銷售，原油價格在此基準以上，就有收益。惟該公司麻瘋樹油</p>		

	屬 joint venture 公司所有，必須回售出資公司。
--	--------------------------------

表五：馬來西亞參訪行程及內容摘要

日期/時間	2012.06.04 09:30~12:00	公司/機構	馬來西亞油棕技術推廣局 MPOB
參訪內容摘要	<p>1. MPOB 主要任務協助油棕產業發展的政府機構，隸屬於 MPIC，專門研究棕油種植與產量提升、產品加工製造技術以及衍生加值利用技術之推廣。</p> <p>2. 馬來西亞政府近年來積極推動棕油產業的發展，並開始重視棕櫚生質廢棄物應用，。</p> <p>3. 馬來西亞生質柴油 2014 年希望達到全面 B5 為目標。</p>		
日期/時間	2012.06.04 13:30~14:30	公司/機構	Sime Darby 公司
參訪內容摘要	<p>1. 參觀 Sime Darby 公司棕櫚樹種植場與棕櫚油採收、交貨、檢驗、加熱熟成、脫籽、榨油生產等過程。</p> <p>2. 了解棕櫚油產業上下游垂直整合分工情形。</p>		
日期/時間	2012.06.05 09:00~11:00	公司/機構	IOI Group
參訪內容摘要	<p>1. 本次考察團新增 IOI Group 的拜訪行程，由該集團董事主席李深靜丹斯里拿督接見，IOI 集團創立於 1969 年，核心業務分佈在房地產開發、油棕樹種植及棕櫚油生產。該集團於 1980 年 7 月在吉隆坡股票交易所掛牌上市。</p> <p>2. 該集團目前為馬來西亞第三大也是民營企業第一大的棕油製造商，在馬來西亞種植的油棕樹面積超過 15.7 萬公頃，擁有 12 家榨油廠(產能約 60~100 噸/Hr)，東馬地區的產量約為西馬的 2 倍，東馬地區又以 Sabah 州為主。</p> <p>3. 在 Sabah 地區的 EFB(空果串-長纖來源)估計每年產量約為 50 萬噸。IOI 對於棕油各項產品生產均已有成熟的技術及市場，但在生質廢棄物(Fiber)這部分並沒有很好的利用。</p>		
日期/時間	2012.06.05 11:00~12:30	公司/機構	馬來西亞種植及原產部 MPIC
參訪內容摘要	<p>1. 本次會議由 MPIC 副部長 YB Dato Hamzah Zainudin 親自主持，台灣駐馬來西亞台北經濟文化辦事處林明禮副代表陪同參與。</p> <p>2. 會中 MPIC 副部長表示，目前韓國及日本廠商均積極經由各種管道在馬來西亞進行棕油生質材研發/製造的投資，台灣在此一方面的腳步明顯落後。</p> <p>3. 林副代表說明，台灣已針對生質能源及生質材的應用積極進行</p>		

	<p>研發及評估，希望 MIPC 可提供台灣廠商在馬來西亞進行開發投資所需相關資訊。</p> <p>4. 在關稅方面，MPIC 副部長表示馬來西亞為 WTO 會員國之一，就他了解目前尚未針對生質能源、生質廢棄物資源與生質燃料設定關稅。</p>		
日期/時間	2012.06.05 14:00~17:00	公司/機構	Global Green Synergy 公司
參訪內容摘要	<p>1. Global Green Synergy (簡稱 GGS)，成立於 2007 年，為油棕廢棄物加工生產與技術供應商，公司主要產品包含以棕櫚空果串 (Empty Fruit Bunch, EFB) 產製生質顆粒、長纖維產品、生質肥料、碳化 PKS 以及技術轉移等。</p> <p>2. GGS 公司在 PERAI 州(在吉隆坡北方)有 5 家棕油榨油廠，目前其針對 EFB 成立專門部門以進行更高價值的資源利用。</p> <p>3. GGS 公司表示，正與日本 NSC 合作在 PERAI 州興建一座 Pilot Plant，以長纖製造成焦炭(7000kcal/kg)，其合作模式為 NSC 提供建廠營運資金、製程技術等，GGS 提供長纖材料及作業人力，初期產量目標為 3,300 噸/年。</p>		
日期/時間	2012.06.06 09:00~11:00	公司/機構	馬來西亞貿易與發展協會 MATRADE
參訪內容摘要	<p>1. 馬來西亞貿易發展與發展協會 (Malaysia External Trade Development Corporation, MATRADE)與工業發展局(Malaysian Industrial Development Authority, MIDA)，主要推動進出口貿易發展與工業投資，協助廠商投資貿易之諮詢管道。</p> <p>2. MATRADE 及 MIDA 均表示將全力協助台灣廠商進行生質材與生質能源相關評估，並全力協調解決台灣廠商投資相關問題。</p>		

## 參、參訪報告

### 一、麻瘋樹 (Jatropha curcas) 介紹

麻瘋樹的種子含有非食用油脂類，含油率高達 30%~40% (物理壓榨法約有 26%，溶劑萃取法可以達到 35%或以上)，麻瘋樹油經加工製造可產製生物柴油 (Bio-Diesel)。麻瘋樹因可生長在乾旱或貧瘠的土壤條件，且其種子對人類和動物是有毒的，因此比較沒有與糧食作物 (Food Crops) 爭奪土地或灌溉水的問題。

麻瘋樹喜好乾熱環境的特性，被認為不會對熱帶雨林造成威脅，對於施肥及灌溉的需求不多，對環境造成的傷害也遠低於一般農業，許多熱帶國家乾燥、不適宜種植一般糧食作物的土地，若用來種植麻瘋樹的話，除了可供應生物燃料 (Bio-Fuel) 外，亦可協助這些國家的農民與經濟。

麻瘋樹被認為是最有前途的生物燃料作物 (Energy Crops) 選項之一，因為麻瘋樹油是生物燃料的重要原料。麻瘋樹油可以直接燃燒使用，也可轉換為生物柴油或航空生物燃料 (Aviation Bio-fuel)。麻瘋樹具有很強的主根系統，深入土壤發現水分和養分，可在每年僅 200~250MM 降雨量的乾旱地區存活或在各種嚴酷氣候條件下生長。麻瘋樹與任何其他作物一樣，仍需以修剪，剪裁和補充營養劑的方式積極進行干預，才能實現商業收益。良好的作物管理與施用肥料，才能生產較多且含油脂較高的種子。麻瘋樹油的產量仍取決於提供它多少有機肥或化肥、是否能有效防治昆蟲或疾病及有效的灌溉。

麻瘋樹作為生物燃料作物有許多優勢：

1. 麻瘋樹很容易生長，乾旱中可以長時間存活，但此條件下它不會生產大量麻瘋樹種子。適當照顧下麻瘋樹每公頃每年約可生產 4~5 公噸的種子。
2. 麻瘋樹生長多達 40 年，通常種植 3 年內即可採收種子。
3. 麻瘋樹種子含油多達 40%。成份分析顯示，麻瘋樹生物柴油能夠完全符合目前歐盟和美國生物柴油標準。
4. 麻瘋樹是多用途作物，麻瘋樹油可以作為化石燃料的替代能源來源。榨油後剩下的油餅，可厭氧消化生產富含甲烷的沼氣 (Bio-Gas) 供綠色發電，堆肥可生產富氮有機物作為有機肥料的原料。
5. 麻瘋樹油不含硫份，清潔燃燒而不排放致癌煙霧。過濾、除膠後麻瘋樹油可以直接使用於柴油車輛 (需稍微的引擎修改)。也可用於柴油發電機。
6. 麻瘋樹每公頃所生產生物油 (Bio-Oil) 是大豆的 4 倍，玉米的 10 倍。在合適的條件下，麻瘋樹每年每公頃生產約 1.5 公噸生物燃料。

麻瘋樹種植與採收是勞動密集的工作，需要考慮土壤調理與處理的知識，最好能與其他作物互補結合，即所謂間作（Inter-Crops）的概念，以減少蟲害和吸引授粉。單獨麻瘋樹種子的價格是無法提供農民足夠的生活條件，間作植物的收成可以補充農民收入。世界上較著名種植麻瘋樹廠商為 D1 Oil 公司，在非洲，印度約種植 15 萬公頃，Waterland 公司在印尼中爪哇地區約種植 6 萬公頃。

## 二、油棕樹（Oil Palm Tree）介紹

隨著近年來能源危機問題，各國政府開始尋找各種石油替代能源，其中生物柴油與酒精汽油是被討論最多的部份，這些替代能源大多數是以糧食作物進行製造，造成糧食供給威脅，其中在馬來西亞大量的熱帶雨林被砍伐，改種油棕樹，製造棕櫚油，被批評為破壞生態、搶奪糧食作物土地，對人類生存造成威脅，然而馬來西亞政府鼓勵人民種植油棕樹，油棕樹種植面積為全國農業用地 70%，約 450 萬公頃，每公頃約種 145 棵油棕樹，完整的產業鏈，提昇棕櫚油應用價值，創造出的財富，讓人對馬來西亞這個國家刮目相看，難怪馬來西亞人民開玩笑說：信仰阿拉的子民，阿拉給予他們財富，在中東是地下的油，在馬來西亞是空中的油。空中的油指的是棕櫚油。

棕櫚油提取自油棕籽，與大豆油是世界前二大食用油。棕櫚油亦可作為生產生質柴油的原料。馬來西亞和印尼是世界上最主要的棕櫚油生產國。棕櫚油的油脂約 10% 的多元不飽和脂肪、約 40% 的單元不飽和脂肪與 50% 的飽和脂肪混合組成。由於它高達 50% 的飽和脂肪，一般認為若飽和脂肪酸攝取過量對人體健康不利，被視為非健康物質。故棕櫚油雖是植物油的一種，但飽和脂肪含量不亞於動物脂肪，故建議少量食用。唯因其產量大，價格低廉，且製造的食品保存期長，在食品工業中被廣泛運用。

棕櫚果需 5~6 個月成熟，為紅色差不多一個李子的大小，成大串生長。具有果皮、果肉與單一種子（內核），果肉與內核富含油脂，成熟棕櫚油果串（Fresh Fruit Bunches, FFB）重達約 20 公斤。油脂從果肉（棕櫚油、食用油）和果核（棕櫚仁油，食用和製造肥皂）中提取。每公頃油棕樹年產約 10 噸果串，每 100 公斤的果串，可以提取約 22 公斤棕櫚油（Crude Palm Oil）和 1.6 公斤棕櫚仁油（Crude Palm Kernel Oil）。

棕櫚油含飽和脂肪達 50%，棕櫚仁油含飽和脂肪更達 80% 以上，高氧化穩定性與富含天然抗氧化劑，已使其常用於烹飪原料與高溫油炸。為維持高產量，油棕樹每 25 年必須翻種，育苗至開始採收則需要 3 年時間。

採收後棕櫚油果串送進棕櫚油生產工場（Palm Oil Mill），經熟成、脫果、榨油、過濾等程序生產棕櫚油及棕櫚仁油，另其廢棄物如空果串（Empty

Fruit Bunches, EFB)、果肉纖維 (Mesocarp Fiber)、果仁殼 (Palm Kernel Shell) 及工場放流水 (Palm Oil Mill Effluent, POME) 等 Bio-Mass 除可作為有機堆肥外, 尚可作為生質材料或生質能源, 故其經濟價值相當高。

### 三、麻瘋樹油與棕櫚油作為生產生質柴油原料比較

生質柴油 (Biodiesel), 是以未加工過的或使用過的植物油及動物油脂經不同的化學反應製備出來, 被認為是一種環保的生質燃料, 最普遍的製備方法是酯交換反應。由植物油或動物油脂主要成分的甘油三酯與醇 (一般是甲醇) 在催化劑存在下反應, 生成脂肪酸酯, 即為 B100 生質柴油。由於 B100 生質柴油比一般柴油粘度高, 在低溫下會降低流動性, 油脂凝結成白色黏稠狀, 稱為雲化 (Cloud), 凝結的溫度稱為雲點 (Cloud Point), 我國生質柴油標準 CNS-15072 則稱為冷濾點 (Cold Filter Plugging Point, CFPP)。石化柴油的雲點約在攝氏零下 10 度, 而 B100 生質柴油在攝氏 0 度以上時便會開始雲化, 低溫時可能有結晶現象而造成過濾器阻塞, 在濕熱環境下, 長期儲存生質柴油還可能有微生物和細菌滋生的問題, 故一般 B100 生質柴油不會直接作為燃料使用, 而是與石化柴油依一定比例混合使用, 若在石化柴油中添加 5% 生質柴油, 即為 B5 生質柴油。

如前述, 生質柴油係利用植物油或回收食用油為原料, 經過轉酯化反應 (Trans-esterification)、中和、水洗及蒸餾等純化程序生產的油品, 主要成分是脂肪酸甲酯 (Fatty Acid Methyl Ester, FAME), 轉酯化反應是三酸甘油酯與甲醇反應產出脂肪酸甲酯與甘油, 其反應如下圖所示:



脂肪酸分子結構分為下列五種, 十六個碳飽和的棕櫚酸 (Palmitic Acid)、十八個碳飽和的硬脂酸 (Stearic Acid)、一個不飽和雙鍵的油酸 (Oleic Acid)、二個不飽和雙鍵的亞麻油酸 (Linoleic Acid) 及三個不飽和雙鍵的次亞麻油酸 (Linolenic Acid), 不同成份的脂肪酸甲酯作為生質柴油在凝固點、十六烷值與氧化安定性的特性表現也不同, 飽和棕櫚酸及硬脂酸甲酯

之凝固點與十六烷值均較不飽和脂肪酸甲酯為高，不飽和程度愈高、雙鍵愈多的脂肪酸甲酯，氧化安定性愈差。

**表六：麻瘋樹與棕櫚樹脂肪酸成份比較表**

脂肪酸成份	C16:0 棕櫚酸%	C18:0 硬脂酸%	C18:1 油酸%	C18:2 亞麻油酸%	C18:3 次亞麻油酸
麻瘋樹油	14	7	42-45	30-35	<0.5
棕櫚油	44	5	37	10	<0.5

由於我國 B100 生質柴油 CNS-15072 國家標準冷濾點規範在 0°C 以下，若分別用棕櫚油與麻瘋樹油作為原料，生產生質柴油其冷濾點分別為約+10°C 與約-3°C，這也是為何各國積極投入麻瘋樹研究、種植與麻瘋樹油生產的原因。

## 肆、心得與建議

- 一、本次印尼、馬來西亞生質能源參訪行程原先希望參觀麻瘋樹農場種植與果實採收情形及麻瘋樹種子榨油與精製過程，並瞭解是否有麻瘋樹油銷售管道與市場行情，在 Waterland 公司安排下聽取簡報與花費近 4 小時路程，大馬路時一路由警察騎乘重型機車護送，浩浩蕩蕩前往參觀工廠與轉到小泥石路時一路顛顛坡坡，彷彿時空回到 4、50 年前台灣景象，終於到達農場，到農場雖看到麻瘋樹，但沒看到果實累累及農民採收果實情形，Waterland 公司表示每年 5~9 月是空果期，所以榨油工廠的機械在休養狀態，沒看到榨油情形，甚為可惜。
- 二、聽取 Waterland 公司簡報過程中，了解到該公司在印尼爪哇島利用現代科技，系統化管理與經營麻瘋樹農場情形，並以開發綠色能源，保護地球與熱帶雨林，避免地球暖化為期許，利用間作它種農作物改善契作農民生活為目標。該公司辦公室設在印尼中爪哇農業部辦公大樓內與一路警車護送的狀況，顯示該公司政商關係良好。
- 三、Waterland 公司考慮運輸成本與經濟規模，以 6,000 公頃為單位，設立榨油工廠與間作農作物處理廠。該公司以 joint venture 的方式，與國際大公司合作，利用其資金來擴大經營規模，榨油工廠生產的麻瘋樹油由合資公司取回，並保證每年每公頃有 2 公噸麻瘋樹油的收益。間作農作物如檸檬草等香料作物則由處理廠洗淨、烘乾、研磨成粉、包裝出售，增加農民收益。
- 四、Waterland 公司利用間作農產品收益，壓低麻瘋樹油產品的成本，約在 70~80USD/BBL，價格會貼在原油價格以上銷售，故原油價格在此基準以上，公司就有收益。惟該公司麻瘋樹油屬 joint venture 公司所有，必須回售出資公司。當問及價格時，Waterland 公司回覆 FOB 價格約 1,200USD/MT，以當時原油價格 85~95USD/BBL 來說，售價算是相當高。
- 五、Waterland 公司與地主或地方政府合作取得合宜土地，由 Waterland 專業經營農場管理、產品加工與銷售。Waterland 採用多樣性作物，因地制宜，食品與能源作物間作、複作，將利益分享契作農民，促進地方發展，其產品多樣化的農場與加工廠營運模式，分散價格波動的風險，可確保初期投入的營收。該公司導入產銷履歷的產銷管理制度，確保產量與產品品質，有利於投資者藉由遠端方式監控，了解公司實際的經營情況，以透明的資訊來降低投資者的風險顧慮。Waterland 策略中以整體價值鏈的獲利模式，為現有生質能源、料源單一產品的高風險提出解決方案，可作為欲投入該產業業者的省思。

- 六、麻瘋樹籽含油量雖高，但麻瘋樹油生產成本較棕櫚油高，且目前的品種容易害蟲和植物疾病，使其年產量穩定性差，仍為其隱憂，當大面積種植麻瘋樹後，有效管理、採收、運送、生產也是大學問。目前為止，麻瘋樹油生產不似棕櫚油產業煉完整、生產自動化，屬非成熟產業，如何生產自動化，提昇產能與產量，仍有待研究與突破。現階段，麻瘋樹油售價亦不似棕櫚油透明化，在沒有自有油源下，只能少量購買，價格則屬賣方市場。
- 七、麻瘋樹油除製造生質柴油外，其他可應用於生產航空燃油與潤滑油，相關產業值得本公司深入研究。在麻瘋樹油產業未成熟前，建議公司初期以研究為目的，積極尋求生質柴油各種料源，若能掌握穩定料源，再規劃於國內或國外尋求廠商代工轉脂化生產生質柴油（OEM），以充分供應國內市場。
- 八、馬來西亞政府規定 2011 年起西馬中部部份地區柴油必須添加 5%生質柴油，2014 年起則全馬來西亞地區必須使用 B5 生質柴油，而其生質柴油料源均來自棕櫚油。2010 年馬來西亞設立 4 座商業化年產 18 萬噸生質柴油工廠，芬蘭內斯特公司 2010 年在新加坡設立全世界最大年產 80 萬噸生質柴油工廠，這些料源均為馬來西亞棕櫚油。使用棕櫚油為料源的生質柴油，在 B5 條件及熱帶國家使用，似乎沒有冷濾點的問題。
- 九、此次考察過程，發現日本與韓國廠商近年來布局生質能源十分積極，例如韓國 2006 年 13 家公司投資印尼 50 萬公頃生產木材與棕櫚油、2009 年在印尼加里曼丹島(Kalimantan Island)租賃 99 年的 20 萬公頃植林，生產木材顆粒燃料。因應未來政府或企業面臨減碳的壓力與挑戰，我國應加速生物質料源的海外布局規劃。例如中鋼生質碳、中油生質柴油、台電生質顆粒燃料等對於生物質資源的需求不盡相同，或可思考國內業者整合形成投資合作策略聯盟，在產品端各取所需，分散能源作物產業於萌芽期階段之投資風險。

## 伍、附錄

附錄一：棕櫚油與棕櫚仁油脂肪酸成份比較表

脂肪酸型式	棕櫚油%	棕櫚仁油%
Caprylic Acid 辛酸 C8:0	<0.5	3
Capric Acid 癸酸 C10:0	<0.5	4
Lauric Acid 月桂酸 C12:0	<0.5	48
Myristic Acid 肉豆蔻酸 C14:0	1	16
Palmitic Acid 棕櫚酸 C16:0	44	8
Stearic Acid 硬脂酸 C18:0	5	2
Oleic Acid 油酸 C18:1	37	15
Linoleic Acid 亞麻油酸 C18:2	10	2
Linolenic Acid 次亞麻油酸 C18:3	<0.5	<0.5

附錄二：麻瘋樹油 (Jatropha oil) 性質

Property	Units	Result
Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	0.92
Free Fat Acid	%	0.9
Viscosity at 40°C	cSt	3.9
Flash point	°C	111
Sulphur content	mg/kg	2
Cetane Number	-	52
Ash content	%(m/m)	0.005
Water content	%V	0.01
Total sediment	%(m/m)	0.8
Acid value	mg KOH/g	1.65
Iodine value	gI <sub>2</sub> /100g	100
Alkali Metals (Na+K)	mg/kg	192
Phosphorus content	mg/kg	0.4
Carbon residue	%(m/m)	0.6
Cold filter plugging point	°C	-4
Sediment content	%(m/m)	<0.01
Lower calorific value	BTU/lb	17067
Silicon	mg/kg	<0.01

附錄三：我國生質柴油 B-100 國家標準 CNS-15072

品質項目	單位	規範	檢驗方法
酯含量 Ester content	%(m/m)	96.5 Min	CNS-15051
密度 15°C Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	860~900	CNS-12017 CNS-14474
黏度 40°C Viscosity at 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3.5~5.0	CNS-3390
閃點 Flash point	°C	101 Min	CNS-3574
硫含量 Sulfur content	mg/kg	10 Max	CNS-14505
殘碳量 (10%蒸餘物之含碳量) Carbon residue at 10% distillation residue	%(m/m)	0.3 Max	CNS-14477
十六烷值 Cetane Number	-	51 Min	CNS-5165
硫酸鹽灰分 Sulfated ash content	%(m/m)	0.02 Max	CNS-3576
水分 Water content	mg/kg	500 Max	CNS-4446
總污染量 Total contamination	mg/kg	24 Max	CNS-15055
銅片腐蝕性, 50°C, 3 小時 Copper strip corrosion (3 hrs at 50°C)	grade	No.1	CNS-1219
氧化穩定性 Oxidation stability, 110°C	hours	6 Min	CNS-15056
酸價 Acid value	mg KOH/g	0.5 Max	CNS-14669 CNS-14906
碘價 Iodine value	gI <sub>2</sub> /100g	120 Max	CNS-15060
次亞麻油酸甲酯 Linolenic acid Methyl Ester	%(m/m)	12 Max	CNS-15051
Polyunsaturated (≥4 Double bonds) Methyl Ester	%(m/m)	1 Max	CNS-15470
甲醇含量 Methanol content	%(m/m)	0.2 Max	CNS-8523
單甘油酯含量 Monoglyceride content	%(m/m)	0.8 Max	CNS-15018
雙甘油酯含量 Diglyceride content	%(m/m)	0.2 Max	CNS-15018
三甘油酯含量 Triglyceride content	%(m/m)	0.2 Max	CNS-15018
游離甘油含量 Free Glycerol	%(m/m)	0.02 Max	CNS-15018
總甘油含量 Total Glycerol	%(m/m)	0.25 Max	CNS-15018
第 I 族金屬 (鈉+鉀) Alkali Metals Group I (Na+K)	mg/kg	5 Max	CNS-15052 (Na) CNS-15053 (K)
第 II 族金屬 (鈣+鎂) Alkali Metals Group II (Ca+Mg)	mg/kg	5 Max	CNS-15054
磷含量 Phosphorus content	mg/kg	4 Max	CNS-15019 CNS-15058
冷濾點 Cold filter plugging point	°C	0 Max (B 級)	CNS-15061

#### 附錄四：我國車用柴油國家標準 CNS-1471

品質項目	單位	品質範圍		檢驗方法
		最小值	最大值	
十六烷指數 Cetane Number	-	48	—	CNS-12016 CNS-12761
密度 15°C Density at 15°C	kg/m <sup>3</sup>	820	845	CNS-12017 CNS-14474
銅片腐蝕性，50°C，3 小時 Copper strip corrosion (3 hrs at 50°C)	等級	—	No.1	CNS-1219
閃點（潘-馬氏閉杯式）Flash point	°C	55	—	CNS-3574
動黏度 40°C Viscosity at 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2.0	4.5	CNS-3390
殘碳量（10%蒸餾殘渣之含碳量） Carbon residue at 10% distillation residue	%(m/m)	—	0.3	CNS-3776 CNS-14477
蒸餾溫度：95%(v/v)回收溫度	°C	—	360	CNS-1218
灰分 Ash content	%(m/m)	—	0.01	CNS-3576
硫含量 <sup>(a)</sup> Sulfur content	mg/kg		10	CNS-13877 CNS-14505 CNS-14472 CNS-15461
多環芳香烴含量 <sup>(a)</sup> PAHs content	%(m/m)	—	11	CNS-15079
潤滑性，校正磨痕直徑 (1.4wsd 60°C)	μm	—	460	CNS-15074 ISO-12156-1
脂肪酸甲酯含量 <sup>(b) (c) (d)</sup> FAME content	%(v/v)	5	—	CNS-15057
水分及沉澱物 <sup>(e)</sup> Water&Sediment content	%(v/v)	—	0.05	CNS-14766
水分 <sup>(b)</sup> Water content	mg/kg	—	200	CNS-4446 ISO-12937
總污染量 <sup>(b)</sup> Total contamination	mg/kg	—	24	CNS-15055
流動點 <sup>(f)</sup> Pour point	°C	—	-3	CNS-3484 CNS-14667 CNS-14506
冷濾點 (CFPP) <sup>(b) (f)</sup> Cold filter plugging point	°C	—	-3	CNS-15061
氧化穩定性 Oxidation stability	g/m <sup>3</sup>	—	25	CNS-15078
	hours	20	—	CNS-15471 <sup>(g)</sup>

註：

(a) 硫含量、多環芳香烴含量等項目品質要求，另須符合行政院環境保護署發布之車用汽油柴油成分管制標準之規定。

- (b)未添加脂肪酸甲酯(FAME)之車用柴油非必需進行檢驗之品質項目。
- (c)脂肪酸甲酯(FAME)品質需符合 CNS15072 最新規定。
- (d)所添加脂肪酸甲酯(FAME)含量(包含摻配比率實施期程範圍及方式)需符合我國石油管理法及其相關法規最新規定。
- (e)已添加脂肪酸甲酯(FAME)之車用柴油非必需進行檢驗之品質項目。
- (f)冷濾點及流動點，已添加脂肪酸甲酯之車用柴油最少需符合其中一項之要求。
- (g)已添加 2%(v/v)以上脂肪酸甲酯(FAME)之車用柴油其氧化穩定性必需採用之檢驗法。
- (h)以上 CNS 國家標準係參閱經濟部標準檢驗局檢索系統資料。

#### 附錄五：各種植物油每公頃產率比較表

Parameter	Tobacco	Jatropha	Camelina	Rapeseed	Calophyllum
Seed yield (Mt/ha)	4	5	4	3.3	10
Seed Oil content %	39 - 41%	38 - 42%	30 - 40%	33 - 47%	45 - 60%
Oil yield (Mt/ha)*	1.1	1.4	1	1.1	3.5
Density (kg/ltr)	0.9175	0.9186	0.919	0.9115	0.944
Solidification point	-16 °C	2 °C	-15 °C	-10 °C	0 °C
Energy content kcal/kg	8820	9470	9949	9483	9224
Maturity	3 months	4-5 years	3 months	3 months	5-7 years
Type of crop	annual	perennial	annual	annual	perennial

\*Average oil yield with assumption of 10% oil left in seedcake - cold press

附錄五：各種植物油脂肪酸成份比較表

Fatty acid component	Type	Tobacco	Rapeseed	Jatropha	Camelina	Calophyllum
Caproic acid	C6:0	ND	ND	ND	ND	0.04
Caprylic acid	C8:0	ND	ND	ND	0.1	1.2
Capric acid	C10:0	ND	ND	ND	ND	1.13
Lauric acid	C12:0	ND	ND	ND	0.1	8.87
Myristic acid	C14:0	ND	ND - 0.2	0.06	0.7	3.5
Palmitic acid	C16:0	8.0 - 9.7	1.5 - 6.0	14.27	7.8	13.67
Palmitoleic acid	C16:1	0.1 - 0.2	ND - 3.0	0.89	1.0	0.25
Margaric acid	C17:0	ND	ND - 0.1	0.09	0.3	0.11
Margaroleic acid	C17:1	ND	ND - 0.1	0.04	0.1	0.04
Stearic acid	C18:0	2.4 - 3.2	0.5 - 3.1	7.44	3.0	13.88
Oleic acid	C18:1	10.6 - 12.1	8.0 - 60.0	42-45	16.8	34.88
Linoleic acid	C18:2	75.0 - 76.8	11.0 - 23.0	31-34	23.0	20.97
Linolenic acid	C18:3	0.9 - 1.4	5.0 - 13.0	0.02	31.2	0.16
Arachidic acid	C20:0	0.1	ND - 3.0	0.21	0.5	0.68
Eicosenoic acid	C20:1	0.2	3.0 - 15.0	0.08	12.0	0.17
Eicosadienoic acid	C20:2	ND	ND - 1.0	0.04	1.7	0.04
Behenic acid	C22:0	ND	ND - 2.0	0.05	0.2	0.18
Erucic acid	C22:1	ND	2.0 - 60.0	ND	2.8	0.11
Lignoceric acid	C24:0	ND	ND - 2.0	0.05	0.2	0.06