

出國報告（出國類別：其他）

參訪馬來西亞森那美企業棕櫚田、
榨油廠，與沙巴森林工業公司林
場、合板廠。

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：馬來西亞

出國期間：107.08.12 ~ 107.08.17

報告日期：107.09.10

摘要

出國參訪馬來西亞三間公司：森那美企業(Sime Darby)的棕櫚田與榨油廠；沙巴森林工業公司(Sabah Forest Industries)的林場與合板廠；Bio-Xcell 生物科技園區裡 Verdezyne 公司建置中之生質二元酸示範廠，Bio-Xcell 與 Verdezyne 要求建廠商業機密不能公佈。

森那美企業係馬來西亞最大民營棕櫚相關原料廠商，本次參訪吉隆坡附近的棕櫚田與榨油廠，種植面積約 11 萬公頃，參訪內容包含：棕櫚種植、收成、分類、集中；棕櫚油、棕櫚仁油生產、精製、運輸；廢棄物收集、再製為飼料、燃料、肥料。

沙巴森林工業公司原為國營企業，現已民營化為多國投資企業，本次參訪沙巴的林場與合板廠，種植面積約 13 萬公頃，參訪內容包含：林木配種、育苗、種植、砍伐、集中、運輸；建材、合板生產、運輸；廢棄物收集、再製為紙漿廠進料、燃料、肥料。

關鍵字：生質料源、棕櫚油、棕櫚廢油酸、廢木材、廢木屑

目次

頁次

摘要	2
壹、 目的 -----	3
貳、 過程 -----	4
參、 具體成效 -----	5
(一) 參訪森那美企業之棕櫚田與榨油廠 -----	5
(二) 參訪沙巴森林工業公司之林場與合板廠 -----	17
(三) 參訪 Bio-Xcell 生物科技園區裡 Verdezyne 公司建置中 之生質二元酸示範廠 -----	31
(四) 其他-行程中路過之馬來西亞國營 Petronas 加油站	37
肆、 心得與建議 -----	39
伍、 誌謝 -----	40

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再生柴油、生質航空燃油，以及生質熱裂解技術生產生質裂解油，並進一步產製生質酚醛樹脂、生質多孔性碳材，目前在技術上已有相當成果，但未來商業化量產仍需要穩定的生質料源。台灣屬高山環伺的海島地形，人口密度高且著重電子產業發展，受限於人力高成本與相關林木業法規限制，目前生質方面的可應用料源，僅有廢食用油與稻稈是為相對穩定料源。但其過於分散，不容易集中管理，同時收集成本太高，均相當不利於商業化生產。

藉由本次參訪馬來西亞棕櫚油與林木業兩大公司的棕櫚田、榨油廠、林場、合板廠，蒐集棕櫚廢油酸、廢木材、廢木屑…等生質料源資訊與市場情況，了解馬來西亞料源產業方面的運作狀況，找出可以切入應用的廢棄物料源資訊，透過實務上經驗交流，建立合作橋梁，期望幫助本所掌握低成本的生質料源管道與市場，同時可提供本所評估技術移轉或共同投資所需注意的內容。

本次參訪安排，不僅符合政府大力推廣廢棄物再利用的循環經濟，同時也切合政府推動的南向政策目標，相關資訊均可作為未來產品開發與拓展市場之參考依據，此外可將相關資訊提供本公司煉製事業部參考，作為未來商業化量產的重要料源參考資訊。

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
08/12 (日)	高雄 → 桃園 → 吉隆坡	啟程
08/13 (一)	森那美企業	參訪 參訪森那美企業的棕櫚田與榨油廠，了解其產業運作，討論生質料源應用可能。
08/14 (二)	吉隆坡 → 沙巴	移動日
08/15 (三)	沙巴森林工業公司	參訪 參訪沙巴森林工業公司的林場與合板廠，了解其產業運作，討論生質料源應用可能。
08/16(四)	沙巴 → 吉隆坡 Bio-Xcell	移動日與參訪 參訪 Bio-Xcell 生物科技園區中 Verdezyne 公司正在建置的生質二元酸示範廠，了解其製程應用。
08/17 (五)	吉隆坡 → 桃園 → 高雄	返程

參、具體成效

透過本次參訪行程之內容，可為公司帶來諸多幫助與實質效益，如下列所述：

- 了解生質料源產地生質料源採收應用資訊，可提升公司內生質精煉製程相關技術之研發能量，幫助掌握生質料源的來源與未來市場拓展規劃。
- 參訪棕櫚田與榨油廠，了解其整體運作流程，蒐集棕櫚油、棕櫚廢油酸實際處理情況，建立合作管道，未來若有機會進一步合作，可引進穩定的棕櫚油或低價棕櫚廢油酸，降低生質燃料的生產成本。期望未來能夠有更深一層的拓展，嘗試技術移轉或共同投資，透過綠能所研發成果，於料源產地拓展再生能源市場，也可輸送回台灣應用，抑或打入歐美生質燃料市場。
- 參訪林場與合板廠，了解其整體運作流程，蒐集廢木材、廢木屑實際處理情況，建立合作管道，若未來可能進一步合作，除了可獲得穩定供應的料源，降低生產成本之外，更期望能夠有更深一層技術移轉或共同投資的機會，透過綠能所研發成果，於料源產地拓展生質裂解油、生質酚醛樹脂...等低碳環保新興市場。
- 參訪生物科技園區中正在建置的生質二元酸示範工廠，了解生質二元酸的轉化技術與建廠資訊，學習國外建置生質示範廠的相關經驗，從規劃設計一直到實際建設狀況，可作為公司內生質精煉製程未來建置示範廠的重要參考經驗。
- 所蒐集之生質料源資訊，可提供綠能所其他單位研發參考，若有需要，亦可提供煉製事業部作為進口生質料源資訊評估。

(一) 參訪森那美企業的棕櫚田與榨油廠：

森那美企業在棕櫚相關原料產業中，是馬來西亞最大的民營廠商，經營超過百年，是歷史相當悠久的大企業。森那美經營範疇含括棕櫚產業的上、中、下游整體經濟模式：

棕櫚樹育種種植 → 棕櫚果實收成與產油(棕櫚油, Palm Oil, 簡稱 PO) → 棕櫚果仁分離產油(棕櫚仁油, Palm Kernal Oil, 簡稱 PKO) → 廢棄物再製為飼料、燃料、肥料 → 各項產品內銷外銷至食品、化妝品、化學品、農業用品、畜牧用品、生質燃料...等諸多產業。種植區、榨油廠、廢棄物再利用、運輸港口,基本上都在同一個區域中,大幅度減少運輸成本,同時也具有循環經濟的運作模式。

森那美經過百年歷練,種植棕櫚田已有相當成熟的經驗,採永續經營的規劃,以區域輪耕休耕的方式進行量產。馬來西亞四季氣溫相當穩定,一棵棕櫚樹種植約 1~2 年可以開始收成,每半年可收成一次,壽命長達 25 年。森那美栽種棕櫚田的區域含括整個馬來西亞,是馬來西亞產能第二大的企業,今年預計將在新幾內亞有新的投資案,再次拓展種植區域。透過此次大面積的擴展,馬來西亞的棕櫚油總產能估計將正式超越印尼,成為世界最大棕櫚油生產國。此次參訪的種植區域相當廣大,經過其大門入口後仍要持續開車 20 分鐘,才到達中間的準備收成的區域,開放展示實際收成果時的作業與相關介紹

採收棕櫚果實相當需要經驗與技術,長久以來均仰賴人力方式為主,本次參訪,本人有實際下去進行人工採收作業,很耗費體力,更需要經驗,確實有其專業性與難度。透過育種改良,已將原先會長得很高的棕櫚樹,逐漸改為人力使用工具可以直接觸及的高度,果實高度多低於 5 公尺內。透過豐富的經驗與判斷法則,才能斷定當下這棵樹的果實能否採收,避免採收到未成熟油脂含量偏低,或過於成熟已經開始酸敗的果實。森那美也引進了特殊品種的貓頭鷹,利用生物鏈運作特性,有效的減少鼠害,降低了農藥使用與果實腐敗或傳染病的機率。

一顆成熟果實約 20~40 公斤,人工將果實與枝幹弄斷掉在地上,枝幹則直接置於當地隨自然風化作為肥料,果實部份則利用農業機具收集,使用機械手臂夾取果實收集到小貨車後斗中,於很短的時間內送到工廠作蒸煮處理,目的係迫使棕櫚果本身的酵素失活,使其不再自行酸敗,保持果實以三酸甘油脂的成份為主,盡可能將游離脂肪酸的比例降到最低。市面上對於棕櫚油的要求有分級制度,其中所含的脂肪酸比例高低,會直接影響其售價。Standard Quality 要求小於 3.0%,

而森那美作法是當天採收務必在幾小時內送達工廠蒸煮，因此其生產之棕櫚油都能將游離脂肪酸降到 1% 以下，符合 Premium Quality 的要求，所販售的都是高單價的油品，直接供應食品、化妝品、化學品...等產業需求。

棕櫚果實採收後，經過篩選與蒸煮，然後再進入榨油製程，具有高價值的棕櫚果仁會在製程當中被另外分離出來，再送到專門針對棕櫚果仁榨油的工廠，進行棕櫚仁油的生產與精製。本次參訪的工廠就是專門進行棕櫚果仁榨油與廢棄物再製成飼料、燃料、肥料的工廠，但工廠內部屬運作機密，不給拍照。其進料是棕櫚果榨油廠所分離出來的棕櫚果仁，直接卡車載至棕櫚果仁油榨油廠，洩料在地板上，地板上有許多已設計好的管道洞口，透過管線將棕櫚果仁收集至進料儲槽預備，再分批送入產線中榨油與精製，所產製的棕櫚仁油，主要作為化妝品、化學品...等高單價的原料販售。種植區與各個不同工廠之間，距離其實很近，可直接用卡車短距離載運，減少長距離運輸的成本，而整體產線的運作，也都具有規劃設計與自動化的作業。

參觀後發現與石化廠有完全不同的思考邏輯，石化廠都盡量以一套系統放大作為量產主要考量，節省固定成本的支出，攤提所有的公用設施；但榨油廠的作法是使用小套的混合與榨油設備，但數量很多，一來可以避免放大時良率變差的情況，二來是產能較小時可以關閉部份機台，輪流運作不同機台，達到減少能源、蒸氣、用水...等消耗性支出，較具彈性且機台採購方便容易，同時產品良率甚高不受量產的影響。榨油完後的廢渣，若為棕櫚果實的殼渣，將水份較低的部份作為鍋爐燃燒用的燃料利用，水份較高的部份則作為有機堆肥，與無機肥料混摻後，回填至規劃施肥的種植區域。產線中清洗使用的水，基本上沒有太多污染，可持續作為灌溉水源，少量作為液態肥料應用。若為棕櫚果仁的渣，富含纖維素與高營養價值，森那美特別將其分離收集研磨，將其與大豆和玉米飼料摻混，製成飼料供養雞產業使用，經實驗證實可有效降低肉雞脂肪含量，提高肌肉比例，降低食用後對人體造成的負擔，森那美稱其為飼料界的全新革命。未來擬將從棕櫚果仁渣中萃取出高單價的成份，應用於醫藥領域以及生質高分子材料的原料。

整體而言，原先期望從其廢棄物中切入棕櫚廢油酸的部份，作為生產生質燃料的低價料源選項，這樣的想法在森那美企業方面較不適用。因為森那美對於棕櫚油的生產品質要求很高，油品中的游離脂肪酸大多低於 1%，已符合 **Premium Quality** 的要求，無須再花成本將其分離出來，因此棕櫚廢油酸的產量並沒有很多。若種植產區受到蟲害或汙染，作物酸敗較嚴重時，才会有較大量的棕櫚廢油酸的產生，但森那美大多作為廢棄物處理，沒有特別將其當作穩定的期貨販售。與其討論過後，森那美對於廢油酸再製應用表達具有興趣，將可透過適當傳輸管道，提供少量棕櫚油(PO)、棕櫚廢油酸(PFAD)、棕櫚仁油(PKO)、棕櫚仁廢油酸(PKFAD)作生質燃料的生產測試。森那美亦表示，若是穩定供應棕櫚油，應該沒有問題，未來可進一步考量合作，引進穩定的棕櫚油或少量低價的棕櫚廢油酸，有效降低生質燃料的生產成本。但若只針對大量的廢油酸，那麼品管較差的印尼會是比較有可能發展的區域，不過相對來說合作風險也較高，印尼政府管控制度較不完善，國際廠商相關合作失敗的案例較多。

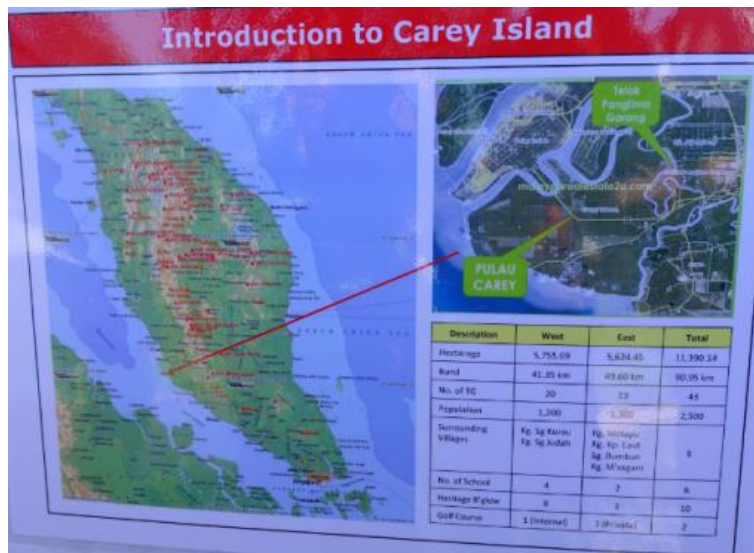
參訪過程中有許多地方被列為商業機密，無法拍照記錄與詳細說明，對方允許拍攝紀錄的相片列於下述，提供參考：



森那美企業種植園區入口與相關警示標誌。



入園時的前導車與警備車



本次參訪的果園資訊



棕櫚田一隅，樹齡約 3~5 年。



剛砍伐完準備整地的區域。



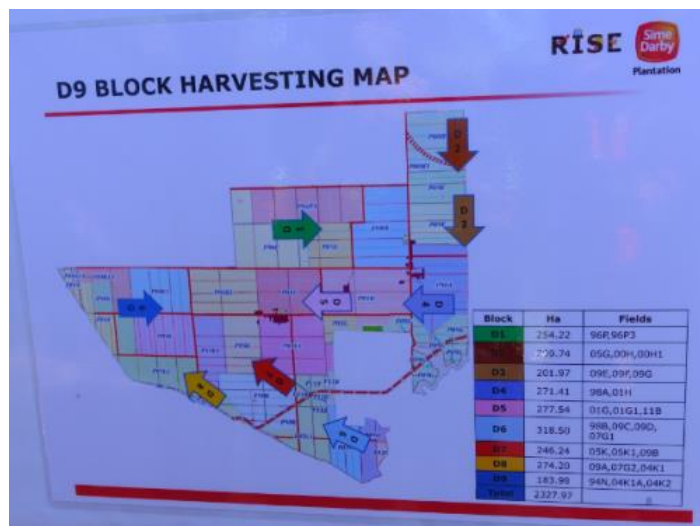
剛種植後的區域，樹齡不到半年，右方則為樹齡約 15~20 年的區域。



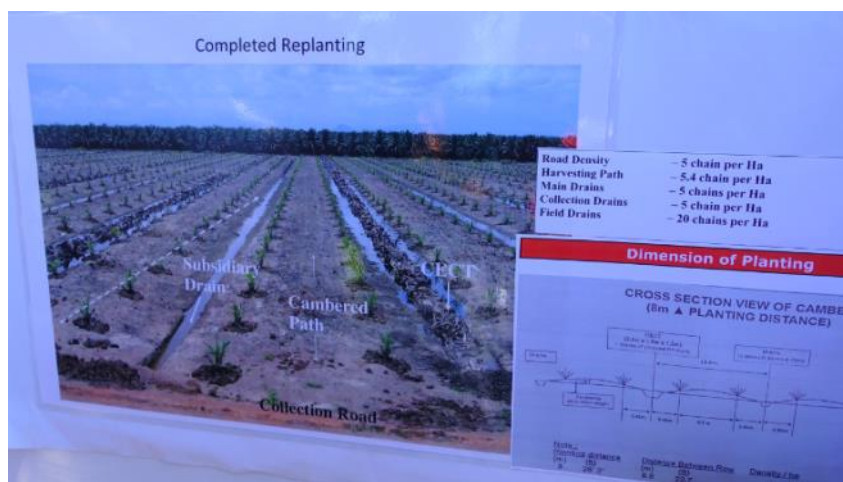
棕櫚果實樣態：未授粉到過度成熟，棕櫚果實切面，中間白色為棕櫚果仁。



採收過程簡介。



輪耕區域規劃。



種植規劃說明。



人力採收果實，枝幹直接廢棄於當地。



使用農機具收取果實，收集於後斗。



親自感受人工採收作業，以及引進捕鼠的貓頭鷹。



Developing Sustainable Futures



SIME DARBY PLANTATION

Plantation

OVERALL PROCESS FLOW



榨油製程流程說明。



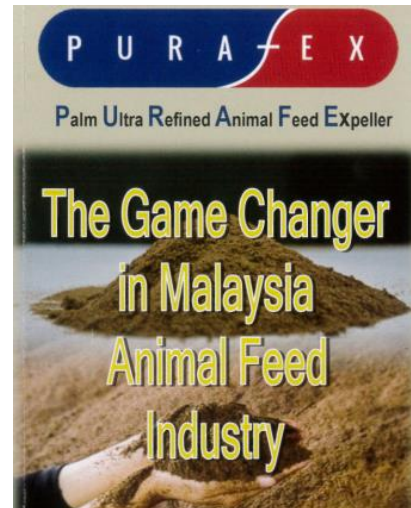
棕櫚油粗產品，Premium Quality 要求 FFA 小於 1.2%。



棕櫚殼渣廢棄物，可作為鍋爐燃料使用。



另外分離出來的棕櫚仁，可再送至棕櫚仁榨油廠製作高單價之棕櫚仁油。



棕櫚仁渣再製為飼料的流程與展示說明，號稱革命性的飼料。



PURAFEX Based Feed Vs. Commercial Feed

	PURAFEX		COMMERCIAL BROILER	
	Male	Female	Male	Female
Average Weight (kg)	2.12	1.98	2.25	2.13
Feed Intake (kg)	3.54	3.41	3.62	3.52
FCR	1.67	1.72	1.61	1.65
Duration (Days)	33	35	33	35

Source: MPOB

Analysis of Fats Content

	PURAFEX	Normal Fed
Total Fats (g/100g)	6.28	14.00
Saturated Fatty Acid (g/100g)	3.10	3.80
Monounsaturated Acid (g/100g)	2.19	5.00
Polyunsaturated Acid (g/100g)	0.99	3.00
Cholesterol (mg/100g)	26.37	88.00

實驗測試可有效減少肉雞脂肪含量。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、森那美職員，背景為棕櫚田實際採收區。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、森那美職員，背景為棕櫚園區主辦公室。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、森那美職員，背景為棕櫚仁油榨油廠。

(二) 參訪沙巴森林工業公司之林場與合板廠

沙巴森林工業公司原為國營企業，後續進化成國際投資產業，其主要產品為木建材、合板與造紙，經營範疇囊括了木材產業的上、中、下游：

林木樹種培育系統之配種與育苗 → 新開發品種之少量試種觀察 → 區域放大規劃輪流種植 → 區域規劃輪流砍伐、收集、運輸 → 製作成實木建材 → 製作成合板 → 廢木材、廢木屑送至紙廠造紙 → 產品外銷至各個國家 → 廢棄物再製為燃料、肥料。種植區、合板廠、紙廠、廢棄物再利用、運輸港口，也都集中在同一個區域中，有效減少運輸成本，具循環經濟的運作模式。

沙巴森林工業公司具備完整的森林培育系統與生產鏈，從林木配種、育苗、種植、砍伐、集中、運輸到製成產品，可依市場價格調整產品配比，森林開發同時考量環境保護與復育，與過去傳統認知只有砍伐的觀念有所不同。沙巴森林工業公司有自己的木苗培養廠，幼苗的配種由學術研究團隊負責培育，可保持木苗的品質，以維持較佳的材質、型態與生長速率，並避免蟲害。為避免未來有不可預期的疑慮發生，目前僅採用自然配種的方式運作，沙巴森林工業公司堅持不採取基因改質的改良方法。配種後的木苗，透過自動化設備大量生產，可維持一年數千萬顆的需求量，木苗在培養器內發芽後，即進行一連串的培育方法，透過控制日照、濕度，在到達一定的大小後，即可移植至所規劃種植的森林區域。

森林的移植是控制品質的關鍵，樹種的混搭、種植密度都是需要考量的問題。一般約有數種樹木混合種植，以達到較佳的生長速率並維持生物多樣性。森林種植單位為每公頃 1600 棵，種植間距為 2.5m，因此木苗廠亦以 1600 棵為一組生產，以控制相同品質。木苗移植至森林照顧一段時間後即任由其生長，大概 6~8 年左右，當樹木成長直徑約 20~25 公分、高約 8~10 公尺時，才可以進行砍伐，循環栽種達到森林永續經營的理念，與傳統認知只砍伐不培育的錯誤觀念有所不同。森林種植與砍伐需要大量人力，提供了相當多的當地就業機會，也出現居民村落隨著森林一同生活的現象。沙巴森林工業公司所擁有的森林面積相當廣大，特別設置一個木材集散區域，將周圍數十公里內砍伐後木材匯集，進行初步篩選，

將木材裁至適當大小運送至附近的工廠。木材大小雖然已很均勻，但仍有太大太小不適合的部份，若形狀過於不規則亦無法運用，淘汰下來的廢木塊則再加工作為鍋爐燃料，或是直接廢棄於當地作為自然肥料。

送至工廠的木材刨除表皮後，部份會裁切成作為實木建材的標準規格品，依不同規格長寬高都有一定尺寸，集中送至港口後直接出口，據合板廠經理表示，實木建材主要是出口至台灣為主，台灣對於實木建材的需求較多、要求也較高。除了實木建材之外，其他部份的木材則以製作合板為主，首先會先處理成長度固定、直徑差異不大的圓木條，透過機器刨成不同制式規格之薄木片，外觀良好的木片則作為外層材料使用，有破損或形狀不規則之木片，則透過人力以膠帶或熱熔膠修補成一片，置於內層使用，多層木片之間則採用豬肝色的石化酚醛樹脂壓合黏著，經烘烤乾燥後製為合板，收集批量後直接運送至港口外銷。工廠的運作方法必須視木材形狀與狀況來作調整，因此在造林培育的階段就顯得非常重要，沙巴森林工業公司經過多年來的配種與調整，培育出又高又直、直徑均勻的林木，適用於合板廠的需求。合板廠加工後產生的廢木料、廢木屑，部份集中後送到附近的造紙廠作為紙漿原料，製成紙品販售。但造紙廠進料需求量並沒有那麼龐大，所以部份的廢木料、廢木屑則是直接作為燃料使用，供應工廠鍋爐運轉，部份則作為肥料，回歸森林應用，整體運作已經有循環經濟的概念。

參觀後發現產品與廢棄物約為 2:1，而且廢棄物都已集中處理，顛覆了過去生質料源受限且不易收集的既有概念。透過良好規劃的林場與合板廠運作模式，其實廢木材、廢木屑都能夠有效系統化地被整合集中，完全適用於生質精煉製程技術的應用，大幅度減少了料源本身與收集運輸這兩項最大的成本開銷，符合了原先期望將林木廢棄物作為熱裂解技術進料的想法。沙巴森林工業表示，廢木材、廢木屑數量龐大，若是在地使用，沒有運輸的問題，應可免費提供自行取用。透過熱裂解技術的應用，將林業廢棄物轉換為具有再生環保訴求的高值化產品，幫助提昇林業之產值與經濟價值，是未來合作的好方向。可惜台灣本土目前沒有健全之森林工業，無法在地化發展相關林業高值化技術。

參訪過程中，對方允許拍攝紀錄的相片列於下述，提供參考：



沙巴森林工業公司接待中心與工廠舊照。



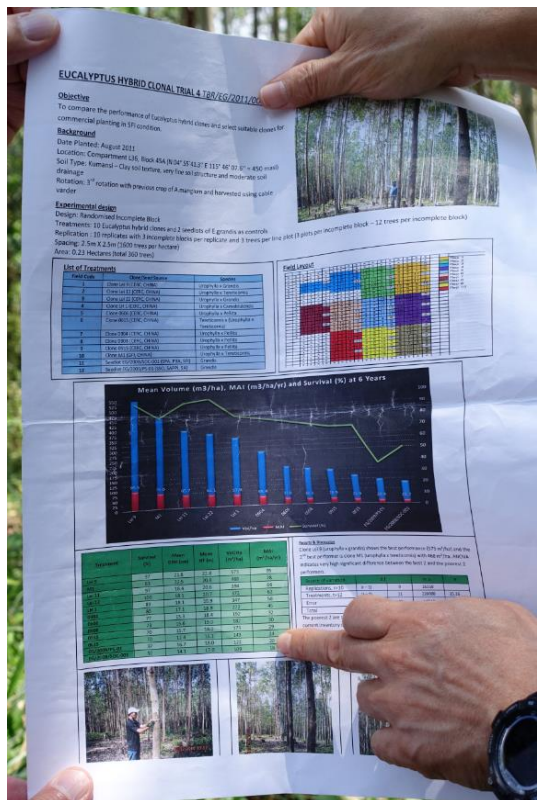
檢查哨站與森林區的產業道路。



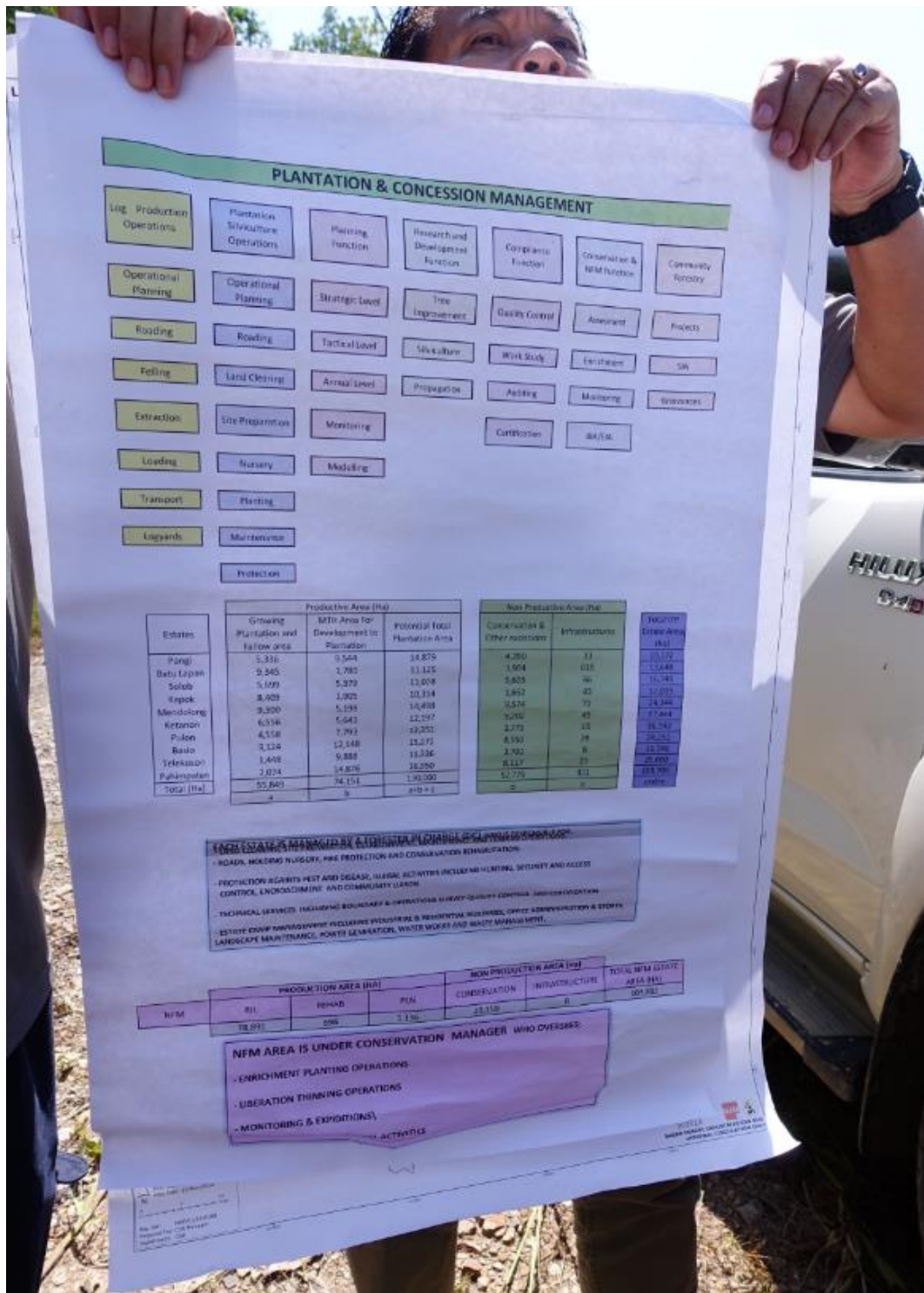
永續森林經營解說。



新品種實驗種植的試驗林場，又高又直的樹木。



本人與又高又直的新品種林木合照，新品種種植規劃說明。



沙巴森林工業公司規劃種植說明。



木材集中堆放與秤重平台。



可運送至工廠處理之木材。



木材直徑約 20~25 公分。



無法使用的廢棄物。

AVANTHA **bilt** SFI

LOG PRODUCTION

Harvesting Operations

Harvesting Operation Process (Sustainable Forest System)

- Tree Felling
- Skidding Operation
- Loading

Harvesting process (Clear Space)

- Tree Felling
- Cache Yard
- Loading

Transportation (Block to Logyard)

Logyard Operations

Logyard Operation Process

- Skidding
- Stacking
- Transporting from Logyard to Woodmill

HARVESTING OVERVIEW

- PLANTATION HARVESTING**
 - PLANTATION HARVESTING SYSTEMS
 - OPERATIONAL HARVEST PLAN
 - TRAVELLING (TRUCK LOGS, TRUCKS) & OTHER LOGS SYSTEMS
- MILD TROPICAL HARDWOOD AREA HARVESTING**
 - OPERATIONAL HARVEST PLAN
 - OPERATIONAL HARVESTING (TRUCK LOGS, TRUCKS) & OTHER LOGS SYSTEMS
- NATURAL FOREST MANAGEMENT AREA HARVESTING**
 - OPERATIONAL HARVESTING
 - OPERATIONAL HARVESTING (TRUCK LOGS, TRUCKS) & OTHER LOGS SYSTEMS

LEGAL HARVESTING LIMITATIONS

Species	Category	Harvesting Method	Limitation
...
...
...
...

- PLANTATION Forest Harvesting, Operation in High Risk Areas
- OPERATIONAL HARVESTING (TRUCK LOGS, TRUCKS) & OTHER LOGS SYSTEMS
- OPERATIONAL HARVESTING (TRUCK LOGS, TRUCKS) & OTHER LOGS SYSTEMS
- OPERATIONAL HARVESTING (TRUCK LOGS, TRUCKS) & OTHER LOGS SYSTEMS

CURRENT ACTIVE HARVESTING AREA

SFI Harvesting Contractor

- Sparks Logging Sdn. Bhd.
- Kinta Forest Sdn. Bhd.
- Sparks Timber Planting Contractor
- Concrete H&B Sdn. Bhd.
- Solid Sdn. Bhd.
- Chin Hui Transport
- M3 Enterprise
- Sparks Timber Bery

Woodyard

- Wood Construction
- Harvesting: 1000 MT/year
- Production: 1000 MT/year
- Block: Spacing: 0.1m x 0.1m x 0.1m, Construction: 0.1m x 0.1m

木材集中流程説明。



沙巴森林工業公司育種量產木苗的工廠。



合板廠裁切好的木質建材



製作合板用的木條，準備刨除樹皮。



木條利用機器裁切成木片，將完整與破損的木片分開收集。



木片送入長廊式烘箱進行乾燥處理。



使用於中間層的破損木片，需以膠帶或熱熔膠修補。



使用於外層的良好木片，厚度約 1mm。



廢木材、廢木屑集中堆放。



沙巴森林工業公司港口一隅，以及其企業總經理。



港口外有發現四艘載運天然氣的船舶，照片中拍到三艘。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、沙巴森林工業公司職員，背景為林場。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、沙巴森林工業公司職員，背景為木材。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、沙巴森林工業公司職員(左一為總經理)，背景為合板廠。

(三) 參訪 Bio-Xcell 生物科技園區裡 Verdezyne 公司建置中之生質二元酸示範廠

Bio-Xcell 是馬來西亞政府投資創立的試量產示範生物科技園區，位於馬來西亞與新加坡交界處附近，具有交通方便且金融匯集的優勢，目的係招商具研發潛力的國際企業前來進駐，將其研發技術投入試量產廠的建置與試營運。在 Bio-Xcell 園區內，可採取廠房買斷或是租用的方式，企業進駐後可直接將其研發產能擴充到試量產示範的規模。Bio-Xcell 不僅提供場地與廠房，同時還提供集中管理的商辦大樓、研發大樓、大小會議室討論室、協助各種語言翻譯的部門，以提供進駐的產業完整資源應用作為主要號召力。其中最重要的是，Bio-Xcell 還提供了各種一般廠區所需的公用設備與管線，包括供應高電壓電力、高低壓蒸氣、前處理後的冷卻水、生質物料源儲存槽、廢水處理廠、生質廢棄物收集處理廠、供已處理生質廢棄物燃燒用之鍋爐...等，企業只要提供研發能量，設計規劃建置試量產製程設備於其中即可。

目前已有多項國際企業進駐 Bio-Xcell 園區，包括印度公司投資的生技醫藥產品、南韓公司投資的化妝品、新加坡公司...等。本次所參訪正在建置中的試量產工廠係為美國 Verdezyne 生技公司所投資的項目，其主要技術為使用三酸甘油脂作為進料，利用菌株將其轉化生質二元酸，經純化分離後，可作為重要的聚合物單體，應用於高分子、紡織、塑膠...等民生工業。Verdezyne 透過與馬來西亞企業的合作，考量在地棕櫚油供應穩定且降低運輸成本的因素，於 Bio-Xcell 園區中建置一座全新的試量產示範廠，目前建置進度已達 75% 以上。

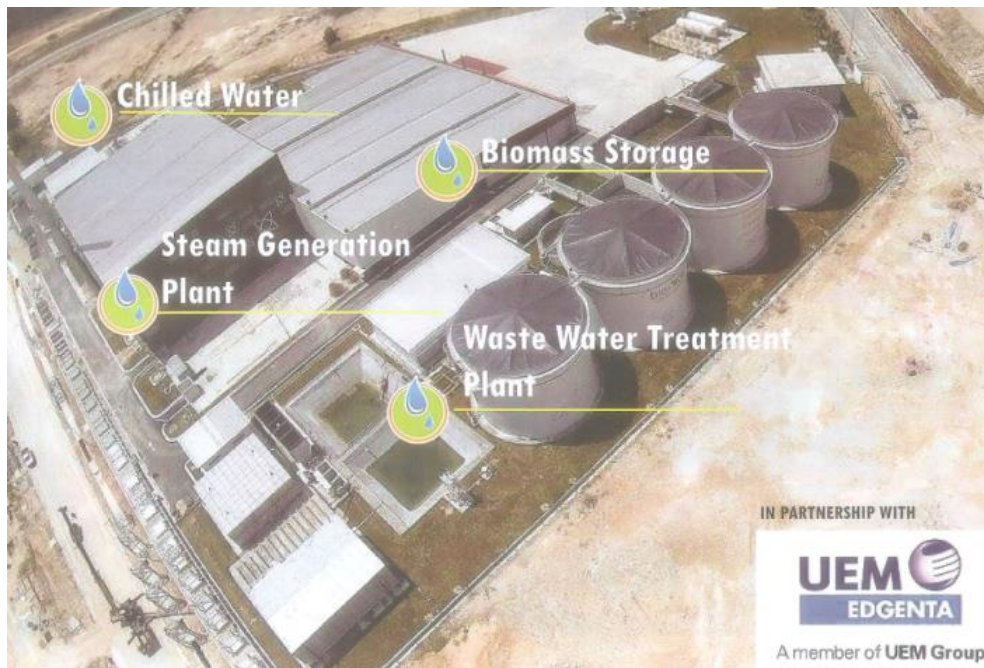
由於 Bio-Xcell 園區與 Verdezyne 公司要求，相關建廠商業機密不能公佈，因此僅能提供上述簡單說明介紹。透過此次參訪學習，第一次真正見識到國際企業是如何把研發拓展到試量產規模，非常適合作為綠能所試量產開發的經驗參考。除了原先實驗室製程產線放大之外，還必須考量諸多實際上遇到的困擾與限制，料源、水、電、氣、廢水、廢棄物...等該怎麼安排動線，與園區該如何配合規劃，不同國家的人才該如何溝通，不同技術應用該如何整合，生質精煉廠該如何穩定運作，新穎產品的未知市場該如何安排打入...等等，都是相當寶貴的經驗。



Bio-Xcell 生物科技園區位置圖。



Bio-Xcell 生物科技園區周邊交通動線。



Bio-Xcell 生物科技園區提供的公用設施與管線。



Bio-Xcell 生物科技園區提供的研發大樓、商辦大樓、會議中心。



Bio-Xcell 生物科技園區研發大樓、商辦大樓、會議中心模型。



生質廢棄物由卡車載運集中處理。



生質廢棄物集中後，以自動產線送至鍋爐作為燃料燃燒使用。



廢水處理池。



Bio-Xcell 園區提供給 Verdezyne 試量產工廠的高壓變電室。



參訪建置中工廠標示的工安要求說明。



參訪建置中工廠標示的保命需知。



Verdezyne 正在建置中的生質二元酸試量產工廠，搭架防護很確實。



合照：翰森公司林董、核研所團隊、馬來西亞官員、Bio-Xcell 職員、Verdezyne 建廠職員，背景為 Verdezyne 正在建置中的生質二元酸試量產工廠。

(四) 其他-行程中路過之馬來西亞國營 Petronas 加油站

本次參訪路程都相當遙遠，途中經過加油站，就特別紀錄一下當地的加油站狀況，提供公司參考。首先是油品的部份，Petronas 提供了 Primax 95、Primax 97、Dynamic Diesel 三種油品，其中 Dynamic Diesel 宣稱含有法規規定的 5% 生質柴油(Biodiesel, FAME)，價格標示為未稅，分別為 2.2 馬幣/公升、2.61 馬幣/公升、2.18 馬幣/公升(約台幣 16.5 元/公升、19.58 元/公升、16.35 元/公升)，Primax 95 與 Dynamic Diesel 價格相近，這是跟台灣很不一樣的地方。再來是自動化的自助加油與營業系統，完全整合在加油機台上，與台灣分開獨立的機台系統有所不同。Petronas 一樣提供了一個可供電動車充電的專用停車位，但充電樁只適用單種規格，幾次經過加油站也都沒看到電動車來充電。



自動化的自助加油與營業系統，由左至右為 Dynamic Diesel、Primax 97、Primax 95 油品價格。



電動車充電樁與專用停車位。



Petronas 加油站實況以及油罐車。

肆、心得與建議

- (一) 透過本次訪問三間與生質精煉相關的企業和廠商，了解馬來西亞不僅具有足夠的生質料源，同時持續鼓勵投入新技術開發。除了著重於傳統棕櫚油、實木建材、合板、造紙外，亦將產品延伸到生質化學品、生質材料等應用上，並積極與全球 **Bio-economy** 相關廠商合作。由於當地已具豐富料源，應用生質能源為現在進行式，並且建立生物科技園區投入長期之研發，並規劃試量產，初期雖然耗費研發成本，但配合政策扶植與國際潮流，長期發展十分具有潛力。
- (二) 目前全球生質產業，都不會放棄生質精煉這塊大餅。中油綠能所也投入相關生質能、生質材料研究開發，除了原有的生質柴油、再生柴油、生質航空燃油、生質裂解油以外，綠能所亦同時轉向高值化的生質化學品原料發展，如生物醫藥原料、生質潤滑油、生質酚醛樹脂、多孔性高性能碳材...等，期望能各國的步伐一致，創造出適應短、中、長期不同獲利需求佈局的各項生質產品。
- (三) 台灣地小人稠，一直受人質疑料源不足，透過本次訪問，明白了生質精煉技術本身其實十分具有潛力，並不受限於進料來源產地。生質料源可以採用進口作法，和進口原油的方法相同，可評估與馬來西亞業者進一步合作，依國際期貨標準訂立合約，獲得穩定足夠的生質料源，並無價格哄抬與斷料疑慮。除了直接進口料源之外，亦可評估技術移轉或共同投資，直接在當地發展，已有多間歐美著名生質精煉廠商在馬來西亞設廠生產的實際案例。
- (四) 馬來西亞國營 **Petronas** 石油集團市值是中油 2 倍以上，配合馬來西亞政府政策，提供含有 5% 生質柴油的 **Dynamic Diesel**，其價格與 **Primax 95** 相近。顯示生質柴油較高的成本已顯現在直接售價上，但當地大量的柴油車輛消費者仍然持續使用，國際潮流現況值得台灣政府思考評估，若從減碳與降低空汙的效益考量，生質燃料是再生能源中效果相當顯著的重要選項。

伍、誌謝

本出國參訪案，從規劃、聯繫、準備資料、到成行參訪，特別感謝翰森應用生技股份有限公司林董事長、以及核能科技研究所生質能研究團隊的引薦與幫忙。翰森公司、核研所、綠能所各自簽署 MOU 合作下，透過翰森公司在馬來西亞的投資關係，獲得可以參訪森那美企業(Sime Darby)棕櫚田、榨油廠，與沙巴森林工業公司(Sabah Forest Industries)林場、合板廠，以及 Bio-Xcell 生物科技園區的機會。也期望未來能進一步與馬來西亞方面建立合作橋樑，透過研發的成果，於料源產地拓展新的環保再生綠能市場。