

# 馬來西亞油棕廢棄物發展循環經濟產業的啟示

撰文/蔡如茵·吳憶茹

## 油棕廢棄物利用背景

根據聯合國開發計劃署 (United Nations Development Programme, UNDP) 發表的 MALAYSIA GENERATING RENEWABLE ENERGY FROM PALM OIL WASTES 報告指出，馬來西亞曾在 2002 年獲得 UNDP 和全球環境基金 (Global Environment Facility, GEF) 的支援，推動生物質發電與熱電共生項目 (Biomass-based Power Generation and Cogeneration Project, BIOGEN)。目標為減少燃燒化石燃料排放的溫室氣體、減少未利用生物質排放的溫室氣體、增加生物質發電與增加汽電共生發電；當時即初步提出了具循環農業的發展模型，包含熱電共生系統、沼氣發電做為廢棄物的處理模式，並提供經濟援助來實踐這些初步建設。

馬來西亞為全球第二大油棕生產及出口國，其油棕產品出口額占總商品出口額近 9%。砂勞越 (Sarawak) 位於婆羅洲北部海岸，是馬來西亞最貧窮但最多鄉村的地區；該區的棕櫚油產量佔全馬來西亞的 45%，平均每年約 850 萬噸，該州在 2010 年的油棕種植面積超過 91 萬 9,000 公頃。

馬來西亞於 2006 年通過第九大馬計畫，計畫透過建立經濟走廊來促進區域均衡發展並加速特定區域成長；其中，砂勞越的經濟主軸著重於再生能源發展，設有砂勞越再生能源經濟走廊 (Sarawak Corridor of Renewable Energy, SCORE)，期透過低廉與充足的電力吸引重工業，以及自然資源產業（例

如棕櫚油業）進駐。

為了產業發展，馬來西亞各州都致力於提供穩定的電力。所謂的油棕發電是將油棕製作成肥料後的廢棄物轉化為能源，這種方式對於盛產油棕的砂勞越而言，是一個相當好的產業。根據馬來西亞東方日報的報導，砂勞越州共有超過 40 家油棕提煉廠。優秀的發電原料除了發電效率外，必須具備量大與供應穩定等特性外，還必須考慮原料成本。就這些限制而言，油棕廢棄物是十分合適的發電原料，因為馬來西亞位處熱帶，油棕的產季沒有明顯的淡旺季之分，且因種植面積廣大，因此油棕廢棄物量大、穩定且成本低廉。

另外，就能源成本而言，過去多討論「運輸」成本上，而利用油棕發電的過程中，會收集所謂的「油棕廠廢水」，這類廢水本是藉由管線運輸大量集中（因為集中程序本身即是廢水處理過程的一環），而所收集到的油棕廢棄物經火力發電後，除可自給自足油棕廠所需電力外，多餘電力也透過電網傳輸。其中，因為管線—汙水處理管路或是電網傳輸線的建置成本都是一次性，其餘就是定期的保養與維修費用，因此，相較燃燒其他廢棄物必須以交通工具運輸大體積原料集中至一火力發電廠燃燒而言來的更經濟與環保。

根據 Rebekah 與 Daniel (2015) 發表於 Energy Strategy Reviews 的文章中指出，早期砂勞越的主要電力來源為馬來西亞國家電力公司利用柴油、煤和

天然氣所產出的電力。砂勞越每年最高的電源需求量約為 1,250 兆瓦 (MegaWatt, Mw)。砂勞越土地發展部制定的目標為，希望能在 2020 年把油棕種植地增加至 200 萬公頃，使砂勞越成為馬來西亞最大的原油棕生產州，並產出相關能源效益與就業機會，協助產業升級。砂勞越這一系列的經濟發展計劃期能吸引到 1,000 億美元的投資，其中，80% 以上的投資額將會和基礎水電建設相關。

## 政策設定與研發支持

馬來西亞對於油棕的主要發展策略：第一步，先以能源運用為發展主軸，將生物質轉換為生質再生能源；第二步，是將所產生的生質廢料轉變為其他產品，如生質肥料、生質化學品、生質顆粒和生態產品；第三步，則是將生質能源與農業結合發展；並希望能引進國際企業合作案，以促進馬來西亞國內經濟發展。茲將相關做法分述於後：

### (一) 國內政策支持

根據 2016 年馬來西亞的能源服務商情電子報，所提供的馬來西亞 ESCO 法規指出，馬來西亞國內政策支持有以下：

#### 1. 再生能源電力政策 (Feed-in-Tariff, FiT)

- (1) 設計補貼政策，以扶植國內生質燃料、沼氣、小型水電及太陽能等發電項目，推動馬來西亞再生能源發展。
- (2) 透過營業許可證的發放與管理，激勵油棕業者投入相關興建工程。
- (3) 根據 APEC 能源國際合作資訊網指出，創立永續能源發展局 (Sustainable Energy Development Authority, SEDA)，對於用電量超載的用戶，課以 2% 稅率，作為永續能源發展基金，估計每年可獲得約新台幣 24 億元，作為推動馬來西亞再生能源產業發展的基金。

#### 2. 進行綠色科技融資計畫 (Green Technology

#### Financing Scheme, GTFS)

此融資計畫規模約為新台幣 260 億元，主要目的為補貼綠色企業每年支付給金融機構利息、和企業建置綠色專案需要融資時的擔保費用 (融資金額的 60%)。GTFS 至少已經通過總值新台幣 170 億元的專案。

### (二) 強化科學技術研發

馬來西亞的油棕產量雖大，但種植地卻多處在偏僻地區，因此常無法及時掌握作物生長情況，無法頻繁密集的進入油棕園進行肥培管理，並無法及時治療可能爆發的病變。對於油棕的修剪或砍伐的廢棄物 (或稱幹質廢棄物) 也有處理不易的問題，在發展油棕廢棄物發電後，發電廢棄物如何處理也成為一個新的問題。

為了解決油棕相關的人力、交通、產量和作物質量等問題，近年，馬國政府與油棕農積極發展智慧精準農業 (Smart Precise Agriculture) 技術，以期改變農業生產模式，除了解決廢棄物處理問題，更希望將油棕業發展成為一個價值鏈封閉迴路的循環產業。根據萬年生 (2016)，在轉型成循環產業的進程中同時提升管理經營效率、提升農業附加價值，附加價值實質透過循環回饋給農民時，進而改善農民生活。相關措施包括：

#### 1. 利用科技進行生產數據管理

根據杜蕙蓉 (2017)，透過無人機空拍、地面感測器蒐集過去不易蒐集的生產數據，如肥料流失狀態、作物生長情形等，進而精準化與自動化生產管理作物流程，讓生物性資源的流動追蹤更為完整。

#### 2. 新型態生物複合物的開發

根據林淑慧 (2018)，榨油與收割後剩餘的油棕殘渣早期多以焚燒方式處理，造成空氣污染，已遭馬國政府強制禁止。近年則是使用微生物來分解油棕農業廢棄物，在廢棄物中添加有機質與微生物後製成肥料再施肥給油棕作為循環利用。此外上述生物複合肥料會附著於油棕根部，除了預防傳染病根

腐性靈芝病（靈芝根基腐病，Ganoderma root and butt rot）感染，也較能抵抗暴雨沖刷，能夠有效的降低人力補肥或給藥的頻率。這類生物複合物的開發與運用除了促進農業升級為循環產業之外，也解決了廢棄物资源化後的二次廢棄物處理問題。

### 3. 微生物分解技術的突破與應用

微生物分解技術除了應用於油棕的殘渣廢棄物處理，目前還發展出處理油棕廢水作為沼氣發電應用的用途。

#### 發展效益分析

馬來西亞發展油棕廢棄物發電除在國內解決了電力供應問題、協助經濟與社會發展外，也促成了國際性的合作，相關效益包含：

##### （一）發電效益

根據經濟部投資業務處，駐馬來西亞代表處經濟組的資訊：馬來西亞生質產業具發展潛力一文指出，馬來西亞能源委員會指出，截至 2012 年底為止，共有 64 兆瓦的能源生產自半島和沙巴（包含砂勞越）小型發電油棕廠，全國則有 1,300 家油棕發電廠。

##### （二）經濟與社會效益

越來越多的研究點出，使用農業廢棄物發電的經濟模式對於馬來西亞（尤其是砂勞越）是可行的；馬來西亞的「國家生物質能戰略」（National Biomass Strategy）預測，2020 年時，馬來西亞的油棕業將會產出約 1 億噸的固體生物質廢料；根據 Rebekah 與 Daniel (2015)，至 2020 年預計可創造 300 億馬幣（約 69.74 億美金）的產值，這些生質廢棄物發電可以在全國創造 66,000 個就業機會，減少 12% 的碳排放量，而油棕氯化廠可維持 7-17% 或更高的投資報酬率。

##### （三）跨界科學技術發展加速落實智慧農業

為了提升整體油棕產業的發展，已利用科技進

行生產數據收集與管理，例如，透過無人機空拍、地面感測器蒐集人為不易蒐集的數據，進而分析與運用。而生物複合物的開發除了解決環境問題外，也降低農民成本，並促使作物產量提升，提高農民收益。另外，微生物技術也能處理農業廢棄物，加速廢棄物再循環利用，而廢棄物再造價值則也可再次回饋到農民身上，促成當地農業轉型升級，同時落實智慧農業。

#### （四）國際合作發展

根據經濟部投資業務處駐馬來西亞代表處經濟組資訊：馬來西亞估計未來 2 年，能吸引 30 億馬幣生質產業投資額，砂勞越州的生物質再生資源公司成功與韓國煉油公司—GS Caltex 公司簽署備忘錄 (Memorandum of Understanding, MoU)，在馬國興建全球首家生產 2G (second generation) 生物丁醇 (biobutanol) 的工廠，投資額為 12 億馬幣。而馬商 Usaha Strategik 公司也和日本生質能源公司簽署出口油棕空果串顆粒 (Empty Fruit Bunch Pellet) 至日本市場合約，該項合作案在 2017 年首季啟動，首期的合約價值為 2,000 萬馬幣。馬商 Detik Aturan 公司則和 Bak Plus 公司合作，為象牙海岸和西非市場的油棕顆粒廠房提供技術合作，解決當地電源短缺問題，該合約涉及投資額 3,900 萬美元，主要用作生產油棕顆粒廠房和生質能源發電廠。

#### 政策意涵

綜整上述資料可以看見循環農業的產業發展需要：1. 以政策穩定市場，鼓勵公私合作：例如，馬來西亞政府在 2010 年 4 月通過「再生能源政策與行動計畫」，藉由小型再生能源電力計畫 (Small Renewable Energy Power Programme)、再生能源上網電價補貼計畫 (Feed-in-Tariff, FiT)、綠色技術金融機制 (Green Technology Financing Scheme) 等多項財政誘因計畫，鼓勵再生能源研發，也鼓勵公私部門合作，積極引導國內研究機構與國際研究機構建立合作關係，讓循環農業從政策、資金以及技

術等層面上獲得高度的支持。2. 透過持續科學技術發展循環式智慧農業：例如，透過「無人機進行生產數據管理」、「生物複合物」以及「微生物分解技術多方應用」等科學技術方法發展循環農業；除提升循環農業資訊透明度、加強農業資源物質應用外，也提升附加價值，解放過往集約密集的勞動力，創造了正向發展的循環產業。

## 致謝

感謝行政院農業委員會「107年農業資源循環利用策略研析應用計畫」支持研究循環農業議題。惟本文係為筆者個人觀點，不代表所服務的單位及上述計畫的研究成果。

AgBIO

蔡如茵 宇智顧問股份有限公司 研究助理  
吳憶茹 宇智顧問股份有限公司 商業分析師

## 參考文獻

1. Earth Bank of Codes and Amazon Bank of Codes (2018) From <https://www.earthbankofcodes.org/>.
2. Malaysia Generating Renewable Energy from Palm Oil Wastes, From [www.my.undp.org](http://www.my.undp.org).
3. MALAYSIA GENERATING RENEWABLE ENERGY FROM PALM OIL WASTES, UNDP, Aug. 2007. From [www.my.undp.org](http://www.my.undp.org).
4. 供應融資考驗生物質能發電發展, 東方ONLINE, 2015年1月1日, From [www.orientaldaily.com.my](http://www.orientaldaily.com.my).
5. Rebekah Shirley, Daniel Kammen, “Energy Planning and Development in Malaysian Borneo: Assessing the Benefits of Distributed Technologies versus Large Scale Energy Mega-projects”, Energy Strategy Reviews, May, 2015.
6. 馬來西亞ESCO法規, 能源服務商情電子報, 第三期, 2016. From [escoinfo.tgpf.org.tw](http://escoinfo.tgpf.org.tw).
7. APEC各會員體能源資訊分析—馬來西亞, From [apecenergy.tier.org.tw](http://apecenergy.tier.org.tw).
8. 萬年生, 台灣首家無人機 跨國搶智慧農業千億商機, 今周刊, 2016年7月28日, From [www.businesstoday.com.tw](http://www.businesstoday.com.tw).
9. 杜蕙蓉, 《類股》3大農技廠 辦海外聯合法說, 時報資訊, 工商時報, 2017年9月29日, From [tw.stock.yahoo.com](http://tw.stock.yahoo.com).
10. 林淑慧, 油棕廢棄物也能變黃金 全宇今年營運再拼新高, ETtoday財經, 2017年8月20日, From [www.ettoday.net](http://www.ettoday.net).
11. 台灣囡仔把微生物變肥料 全球胺基酸龍頭不能沒有他, ETtoday財經, 2017年8月20日, From [www.ettoday.net](http://www.ettoday.net).
12. 馬來西亞生質產業具發展潛力, 經濟部投資業務處 駐馬來西亞代表處經濟組, 2017年5月25日, From [www.dois.moea.gov.tw](http://www.dois.moea.gov.tw).
13. 將油棕生物質轉化為財富, 星洲新聞, 2018年1月30日, From [www.sinchew.com.my](http://www.sinchew.com.my).
14. 馬來西亞估計未來2年, 能吸引30億馬幣生質產業投資額, 經濟部投資業務處 駐馬來西亞代表處經濟組, From [www.dois.moea.gov.tw](http://www.dois.moea.gov.tw).