

稻草再利用 — 低碳能源稻草纖維酒精

文圖 | 邱太銘 行政院原子能委員會核能研究所副所長

使用化石燃料會排放大量二氧化碳，使得地球暖化愈來愈嚴重，連北極冰帽現在都溶成了一塊塊飄浮的碎浮冰。根據美國太空總署於 2009 年 4 月初公布有關地球暖化的最新數據指出，北極冰帽面積 30 年來已消失 40%，專家擔心再這樣惡化下去，5 年之內冰帽就會完全消失，到時候地球生態會面臨什麼樣的危機，實在讓人不敢想像。為此，各國無不積極發展低碳的再生能源，以降低溫室氣體排放及化石燃料使用。

歐洲國會於 2008 年 12 月 17 日通過氣候變遷包裹 (climate change package)，包括再生能源指令及燃料品質指令，目的在確保歐盟在 2020 年能達到其氣候目標，至少降低 20% 溫室氣體排放 (與 1990 年溫室氣體排放相比)、能源效率改善 20% 及再生能源占歐盟能源結構的比例至少 20%，即所謂的 20-20-20 目標 (Vierout and Gaupmann, 2009)。另一方面，綠能、氣候環保和經濟三大議題，在歐巴馬的施政方針裡其實環環相扣，他當選後提出「綠色產業」大計畫，大手筆撥出 1,500 億美金投入為期 10 年的綠色建設計畫，包括

生產電動車、開發再生能源、投資低排放工廠、研究新一代生質燃料…等建設，不但可大幅降低碳足跡，創造 500 萬個工作機會，更是今後美國經濟轉型，引導全球景氣走出谷底的新政主軸。

有鑑於全球氣候變遷及能源日益短缺，國內外之能源環保情勢日趨嚴峻，為推動節能減碳工作，我國第 3 次全國能源會議於 2009 年 4 月 15 - 16 日召開，為期 2 天的全體大會在與會代表踴躍發言與熱烈討論下，順利取得我國溫室氣體減量目標共識，並規劃出具體執行之策略藍圖；會議中，馬英九總統也宣示，期盼立法院能於 98 年通過再生能源條例草案，透過整合政府與民間力量，共同探討我國的永續能源政策定位，以兼顧經濟、能源與環境的永續發展，加速節能減碳之落實。

一. 我國稻草生產量

稻草是我國主要農業副產物，依據行政院農委會農糧署農糧統計資料，2005 - 2008 年我國稻作收穫面積年平均為 261,145 公頃，糙米生產量約為 1,181,300 公噸，相當於稻穀生產量為 145 萬公噸，若以每生產 1

公噸稻穀約產生 1 公噸稻草計算，1 年稻草生產量約為 145 萬公噸。

在台灣，稻草除少部分用作堆肥、菇舍建材、草繩、飼料等之外，大部分是就地燃燒，所造成之空氣污染，危害道路安全，引起車禍時有所聞，如能做為生質酒精的原料，將有環保、節約能源等多重效益。稻草的纖維素含量約為 32 - 47% 及半纖維素含量約為 19 - 27%，據評估，台灣的農業廢棄物中，最具有生產酒精

燃料潛能的就是稻草，如每年因生產稻米而產出的廢稻草都用於生產酒精燃料，理論上約可製造約 46.7 萬公秉的纖維酒精，相當於每噸（乾重）稻草約可生產 322 公升。

二. 自稻草生產纖維酒精

將木質纖維素轉化成燃料酒精或其他液體燃料的路徑有 2 種，如圖 1 所示 (Larson, 2008)，一是生物化學路徑，另一是熱化學路徑。目前能源

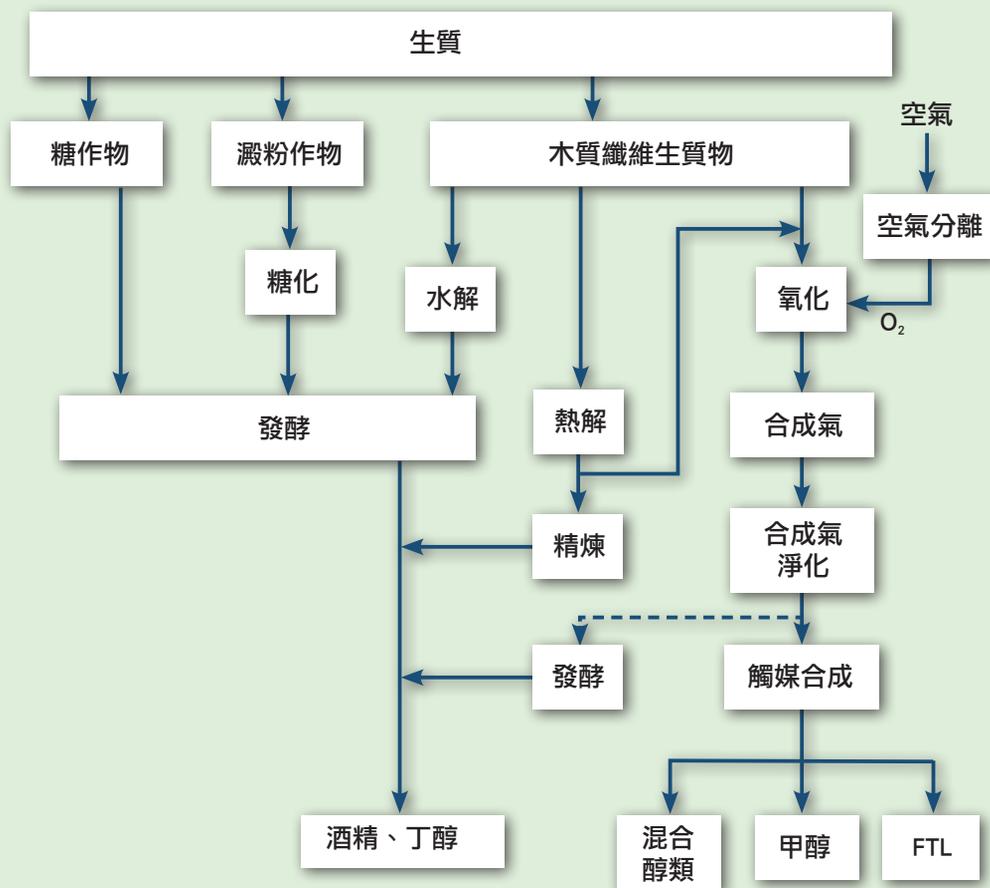


圖 1. 從生質生產液體生質燃料流程示意圖

成本只考慮內部成本，並未考慮外部成本，使得不管採用何種路徑，生產成本均偏高。纖維酒精生產有助於能源安全、降低溫室氣體排放及降低污染物排放，這些效益屬於外部成本範疇，經濟學家認為外部成本可透過稅、補助或某種管制形式加以校正 (Tyner, 2007)。

國際上目前已開始有纖維酒精公司加入研發生質酒精的生產行列，包括美國、日本、印度、泰國、中國、台灣等，都已投入先導型試驗工場與商業化示範工廠 (規劃中) 階段。

三. 國內發展概況

不讓國外專美於前，在台灣，早已有一批嗅覺靈敏的人，聞到了生質酒精的市場芳香，率先投入規劃生質酒精製造，以因應龐大的商機來到，其中，台灣纖維酒精有限公司擬投資新台幣 30 億元，規劃在彰濱工業區與屏東各建造一座纖維酒精生產工廠，2 座工廠產能各為 43,000 公秉/年，初期以多年生草本植物狼尾草為生產原料，之後再以農業廢棄物為料源。該公司採用熱化學路徑生產纖維酒精，製程採用從國外引進的 BRI 程序，先



擠壓混酸溶洗前



擠壓混酸溶洗後



熱水溶洗後



壓榨後固渣

圖 2. 稻草前處理過程中外觀變化圖

將生質物乾燥後氣化，氣化所得的合成氣經淨化後利用厭氣菌發酵產生酒精（高成炎，2008）。依據中華日報 2008 年 12 月 2 日報導，台灣纖維酒精有限公司於 2008 年 12 月 1 日借用台糖公司現有設備，實驗將牧草壓榨成渣製造酒精可行性。

再者，核能研究所則利用早期在核燃料循環所建立的化工程序技術與系統整合能力，結合台灣相關生化專業研究機構，自 2005 年開始以稻稈、蔗渣、芒草等纖維原料，研發稀酸及酵素水解之纖維轉化酒精技術。2007 年 10 月底完成每批次進料 10 公斤的纖維轉化酒精單元程序測試系統建置，成為台灣首座纖維轉化酒精的程序研發系統，計劃 2009 年即可以完成每天進料 1 公噸的量產測試系統建置。稻草經擠壓溶洗前處理程序之進出料外觀如圖 2 所示。

為發展具競爭力的纖維酒精技術，並積極與國內產學研成立研究團隊，由核研所負責前處理作業、系統整合與工程化量產技術之開發，至於酵素與發酵菌株等微生物，則與國內生物科技團隊合作開發，研發符合工程需求，且具備高效率生化程序所需之高活性酵素與發酵菌株，期能建立降低生產成本之關鍵技術。

四. 未來發展

纖維酒精未來發展趨勢包括降低成本及兼顧經濟成長與環境保護（生產成本、GHG 減量、水資源、土地利

用、生態、糧食等多元考量），其中降低成本係利用纖維酒精成本可降低的空間，而非依賴油價的上漲，兼顧經濟成長與環境保護包括料源多元化（擴大料源）、高產率（提升轉化率）及利用生物精煉技術開發副產品應用價值。

纖維酒精作為運輸替代燃料是未來趨勢，其與第一代生質酒精相比，生產技術門檻較高，牽涉到許多不同專長，生產技術的發展與建立不是單一機構可獨立完成，有賴相關機構的通力合作或國際間合作。🌱

參考文獻

1. Larson, E.D., Biofuel Production Technologies: Status, Prospects and Implications for Trade and Development, UNCTAD/DITC/TED/2007/10, United Nations Conference on Trade and Development, 2008.
2. Tyner, W.E., Policy Alternatives for the Future Biofuels Industry, Journal of Agricultural & Food Industrial Organization, Vol.5, Article 2, 2007.
3. Vierout, R, and G. Gaupmann, "New Legislation Heralds Next Era for EU Biofuels", F.O. Lichts World Ethanol & Biofuels Report, Vol.7, No.10, pp.195 - 200, February 2, 2009.
4. 高成炎，台灣生質能源發展之現狀與展望，產業升級與永續發展研討會（V），台北市科技大樓，2008。