再生能源技術之應用研發

盛中德
國立中興大學生物產業機電工程學系 教授

摘　要

能源指的是比較集中的含能物質，可直接或經轉換提供人類所需的光、熱、動力等型式能量的載能體資源，其中，再生能源則是指太陽能、生質能、風力、海洋能、地熱...等可永續利用的新能源(替代能源)。目前，太陽能的應用主要分為太陽光電能及太陽熱能兩方面，風力則主要用來發電，而生質能主要為植物經光合作用將太陽輻射能以一種生物質型式固定下來之能源，與農業關係密切，生質能的利用依型態區分，可分為氣態（氫氣與沼氣），液態（生質柴油與油精）及固態（錠型固態衍生物與直接燃燒）等，與太陽能及風力等同為未來再生能源應用發展主流，相關的應用及能源轉換技術亦漸趨成熟，亦為本文之探討重點。

一、引　言

「節能減碳」目前已成為全球性問題，過去 10 多年來，台灣的溫室氣體排放量之成長速率在世界各國中名列前茅，台灣 99%(2007 年時，今年約 99.3%)的能源需仰賴國外進口，因而「節能減碳」問題對台灣而言更形重要。隨國內社會經濟蓬勃發展，能源需求不斷增高，能源進口之依賴性不斷提高，社會經濟發展受國際能源影響之衝擊甚大。另方面，人類大量使用化石燃料，產生大量溫室氣體如 CO_2 等，進而衍生出全球氣候異常變遷等現象，嚴重危害環境生態與人的生存。因此世界各國除持續努力解決石油危機所來的能源問題外，亦全力尋找具減碳功能的替代能源(新能源)。2009 年 6 月 12 立院三讀通過再生能源條例，明定再生能源是指太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生的能源，或其他經中央主管機關認可，可永續利用的能源。而太陽能為地球能源之惟一來源，但每天大量的能源射到地球上，地球並無法完全掌控並加以利用，大約不到 0.1%，經過植物的光合作用加以吸收，這也成了主要生質能的來源，而在此過程中還必須吸收 CO_2，而這也成為固定 CO_2 最主要的方法。其它的太陽能透過各種的型式存在地球上，如颱風即為太陽能將能量存在大氣中的一種方法。實質上地球仍蘊藏著豐富的太陽能等著人去開發應用，而人類每逢能源

危機，就會想到太陽能，並積極從事太陽能的開發與利用，此一般即將太陽能歸為再生能源的一種。第一次石油危機發生在 1975 年(又稱為第一次能源危機)，此後人類努力在找替代能源，特別是再生永續能源，此階段太陽能的利用為非常熱門的題目，此狀況一直延續到 1980 年，而後由於石油價格回跌，其它能源在使用方便性及經濟性均無法與之競爭的情況下，替代能源開發與利用的研究熱度大為降低。但在第一次能源危機中，不論在新能源開發與能源利用上，農業均扮演相當積極的角色。

由於生質能源的生產具有固定碳及碳淨產出為零的功能，且有些產品具有取代石化燃油的優點，如生質酒精可部份取代石化汽油，因此一直是替代能源發展的重點。生質汽油的生產雖有所謂能源作物的發展配合，但主要的原料仍是以醣與澱粉為主，而大量的使用澱粉原料，如穀物，也間接促成糧食價格的飛漲，即所謂糧食危機，此也讓生質能源專家警覺到生質能源的發展，除以醣與澱粉為原料外，由多醣類組成的纖維素與半纖維素亦具有用來生產生質酒精的潛力。另外，台灣地小人稠，可耕地有限及糧食危機陰影籠罩下，國內生質能源的發展必須朝利用農業廢棄物的方向發展，此也是國內目前生質酒精研發的重點方向。

二、 技術回顧與目前現況

再生能源依照取代對象，可分為取代電力與取代燃料兩大類，其中太陽能及風能主要可轉換成電力加以利用，太陽熱能收集利用的技術成熟，已有的推廣成效相當可觀，生質能則主要轉換成燃料或電力，兩者取代對象包括煤、石油、天然氣及核能等。而在可見的未來，機動車輛仍然以內燃機為主要動力製造設備，配合此需求未來再生能源最好是液態，如此儲存、攜帶、搬運與使用皆很方便，因應此需求，發展液能生質能技術與產業有高度的迫切性。

(一) 太陽能

太陽能的應用可分為太陽熱能與太陽光電能兩種，在農產業上以太陽熱能的應用較為廣泛。人類很早就開始利用太陽能進行乾燥，以往的日曬法即可歸為此類，但傳統的太陽能乾燥完全靠老天爺幫忙，並無法滿足現在農業乾燥的需要，現在農業配合機械化採收與集約式栽培，傳統方法乾燥速率與效能太慢，而要提昇乾燥的速率與效能最直接的方法，便是將能源密度提高，同時將能源有效使用時間延長，以滿足使用的需要。利用太陽能烘乾糧食和農副產品，是人類在長期生產實踐中摸索出來的經驗，而且目前進一步採用太陽能糧食烘乾機。其他的應用目前已有發電、熱水、

空調、溫室和蒸氣消毒等:利用太陽能裝置的住宅，叫做「太陽能屋」，將各式集熱器裝在屋頂或牆壁上，冬天供暖氣和溫水，夏天促進室內空氣流通或供冷氣。在農業的應用上，溫室亦應用了太陽能，溫室將太陽的能量貯存在一個空間內，令植物得以在四季如春的室內生長(參考圖 1)。太陽能熱水系統屬乾淨、無污染的再生能源，對減緩能源與環境危機有極大之幫助，將太陽能儲存於水中再加以利用的方式，是目前台灣最具商品化的太陽熱能技術應用產品(熱水系統)，其應用的型式包括家用熱水器、宿舍／旅館盥洗系統、工業製程預熱系統、漁業養殖及溫水游泳池等。近年來太陽能熱水器在政府的補助推動下已有越來越多的家庭安裝使用，可見其效率已漸受肯定。



圖 1. 太陽能溫室

在農業上太陽能光電的應用仍不普遍，主要原因為太陽能發電成本高，回收年限長，一般農戶無法支應。以太陽能現今最優惠方案估算(1-10 瓩，安裝費 17 萬元/瓩，另補助 5 萬元/瓩，故成本為 12 萬元，收購價 11.1883 元/度，產電能一般介於 3.7-3.9 度/日) 11.1883× 3.95 × 365 = 16,131 元，約需 7.44 年方可回收。若農戶自用，每度電的成本在 2.5-3 元，其回收年限約為 27.4-33.3 年。

近年來有利用太陽能電池結合 LED 燈應用於植物工廠的照明，以國外的發展較為先進，在植物工廠的領域中，日本已有相當不錯的成果(參考圖 2)。植物工廠的特性是環境可控制且可依照計畫允許全年無休的穩態量產植物，但因其設施成本高(設置初期佔總生產成本 1/2 以上)，在太陽能發電技術未能達經濟效益前，其所生產的蔬果在價格上很難與當季的蔬果競爭，在歐美因嚴寒的冬季無法生產蔬菜，植物工廠所生產的蔬菜因無競爭對象，故仍有其競爭力。



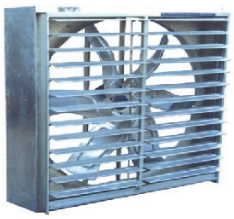
圖 2. 日本規模最大的植物工廠:日產 8,000 株、年產 300 噸

(資料來源: 臺大農業推廣通訊 雙月刊，99 年 6 月)

(二) 風力發電

風力係取之不盡且無污染的能源，無安全上之顧慮，而且容易裝設，不似其他的發電設施一般需要定期的保養維修，但主要缺點在於風力發電機組只能擇風強之處來裝設，其發電容量遠比火力發電機組之容量為小，並會因季節性的風力變化而影響其穩定度，以致僅能彌應部份電力之供應，未能大量取代燃料(石油、煤炭及核燃料)發電之方式。以目前的發電技術而言，約莫每秒 3 公尺的微風便可帶動風車的扇葉，使得發電機感應生電，台灣地區，每秒平均風速大於 5 公尺的區域總面積近乎 2,000 平方公里，風力發電機組大都設置於沿海、離島以及向風面之山峰地區，故在農業的應用上仍相當少見。

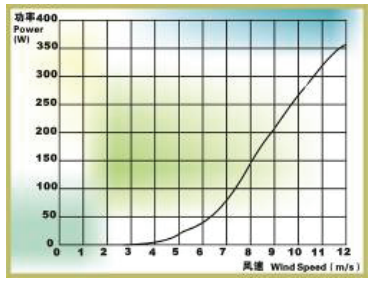
在農產業的應用上，以微型風力發電較為可行(參考圖 3)，其應用主要是結合設施(溫室、畜舍...等)之通風設備進行，基本上可提供穩定的風能供風力發電使用，此風能風量與風向皆固定，此特性優於一般多變的自然風，故其發電效能應較目前用一般自然風的為高，此系統目前以配合 LED 提供農業生產所需照明用。目前風力發電的成本比太陽能發電低很多(約 1/4-1/6)，故亦可整合太陽能光電系統來應用，以達到相輔相成的功效。



通風扇



垂直軸微風力發電機



微風力發電機效率圖

圖 3. 微風力發電機

微型風力發電之發電範圍 1-10 瓩，今年之優惠收購電價為 7.2714 元。微型風力發電設置成本：含風機、發電機與控制設備約為 102,500 元/瓩，發電效率與風速有關：10%(6m/s)，27%(8m/s)，60%(10m/s)，100%(12-20m/s)，若以最低效率來計算，農戶安裝一部微型風力發電機，每年以 300 天計約可發電 1,224 度電，若以政府優惠收購電價計約需 11.5 年回收，農戶自用則需 28 年才能回收。

(三) 生質能源

生質能亦稱綠色能源或再生能源，為植物經光合作用將太陽輻射能以一種生物質型式固定下來之能源。生質能來源及分類可概分為廢棄物及植栽兩大類，其中又以廢棄物轉化為生質能源為未來的趨勢，如英國的化學公司 INEOS 於 2008 年 7 月發佈新聞稿，標題是「汽車使用家庭垃圾為燃料將在兩年內實現」，INEOS 擁有從家庭垃圾大量生產生質酒精的技術。故改以農業廢棄物及非糧食之能源作物作為生產原料，如以農產廢棄物(如稻稈、廢木材) 的纖維生物質為原料生產的燃料級酒精就稱為「第二代生質酒精」。國內農業廢棄物的種類繁多，可概分為農產廢棄物及農業資材廢棄物等，涵蓋農業生產、畜牧場、屠宰場、養殖業、市場與農產品加工等產生之事業廢棄物。農產廢棄物多數屬生物質，台灣每年產生的農產廢棄物總量約為 2,300 萬公噸，可利用新技術轉化為生質能源。

生物質(Biomass)或「 生物質量 」，可泛指由生物產生的有機物質，係人類自然活動中產生之含碳質有機廢棄物，包含植物、農作物、微生物、藻類及動物排泄和代謝物等，可利用熱/化學、物理轉換技術轉化為生質能源(固、液、氣態)。國內生物質雖然隨處可見，但要將生物質轉化為可用能源，其先決條件為具有將這些農業副產物收集、貯藏、搬運的技術與設備，即能高效的將這些農業副產物變成工廠的原料。利用農業廢棄物不需栽種及管理成本，但其質地膨鬆，加上產期與工廠需求無法完全契合，如此收

集、運輸及貯存即成為主要的原料成本，此亦成為目前發展第二代生質能源的主要瓶頸之一及急需發展的關鍵技術。

生質能源用農業廢棄物之田間處理技術：

1. 美國玉米稈之集運作業模式與現況

玉米稈(葉)是美國主要的纖維酒精料原，每年的產量約有 12,000 萬公噸，具有每年生產最高達 5,300 萬公秉生質燃料酒精的潛能，超過美國汽油需求量的 10%。為配合年產能 20 萬公秉酒精廠的生產料源的問題，發展快速收集、處理及儲存模式為當務之急，為提昇產業的經濟效益，酒精工廠設於玉米產地。

採穗後之玉米稈多數斷裂散落於田間，相當不利於收集與運輸，於 2006 年 John Deere 公司與美國愛荷華州大合作，已開發出玉米稈、穗軸、葉及穀粒同時收集機械。美國玉米收穫期玉米粒之含水率大都在 20%以下，此時之玉米稈含水率仍偏高，故玉米收穫後將玉米稈置放於田間利用太陽能曬乾後再進行收集。收集方式則可概分為切碎壓縮塊狀綑包及圓柱型綑包兩種(參考圖 4)，一為在地切碎處理後，再壓縮綑包成方型塊包，收集後存於室內。另一則採用圓柱型綑包方式，圓柱包外包覆防水透氣塑膠材質可貯存於室外。



圖 4. 美國乾玉米稈之收集(切碎壓縮塊狀綑包或圓柱型綑包)

玉米稈的長期儲存，必需先在田間乾燥至安全儲存含水率，以避免儲存期間的變質及乾物質損失。美國玉米稈之儲存又可分為室外及室內兩種，室內儲存之乾物質平均損失約 5%，而儲存於室外之乾物質則平均損失會提高到 15%。除此外，濕玉米稈切碎後以青貯方式貯存的研究亦相當，在儲存 7 個月之乾物質損失約僅 10.9%，而青貯技術在國內已

相當成熟，但目的與美國此項試驗不同，國內的青貯主要是做為動物飼料，故於青貯前通常會添加酵素以保存其營養成份。

2. 國內纖維原料之收集與運輸現況

以國內最大綜之農業廢棄物(稻草)為例：農民認為稻草較適合先在產地處理後再運至物料集運中心，因稻草結構膨鬆，貯藏時很佔空間，且稻草長期儲存有自燃的危險，因此較適合於集中後於產地分散貯放，而不適於集中於一處儲存。農民較易接受的稻草集運方式乃由集運中心委託收集及載運(農民不負責載運)。為了節省人工及降低勞力與收集成本，對非加工製成民生用品的稻草，國內農民常使用稻草綑包機來代替人工收集稻草，參考圖 5，再利用具有吊具的貨車進行稻草綑之搬運；國內稻草飼料業者亦利用稻草綑包機收集稻草並堆放儲存，再將成綑之稻草以機器拆解、切碎及壓縮製成飼料。



圖 5. 使用綑草機收集及搬運稻草的情況

生質能源技術發展現況：

目前生質能源的型態可分為: 固態(固態衍生燃料、固化成型燃料)，易於運輸及儲存，可作為鍋爐、水泥窯的燃料。液態(生質柴油、汽油與酒精)、氣態(氫氣、CO 或甲烷)，作為引擎、發電機與燃料電池的燃料及直接燃燒以產生熱能與電力等。生物質的轉化利用型式包括:熱化學轉換、物理化學轉換及生物化學轉換等。而目前常用來將農業廢棄物轉化成替代燃料之方式

則有乾燥造粒(產製生質煤材:Green-Coal，技術門檻及產品價值較低)、熱裂解(生產生質油料+焦炭:Bio-oil + Char，技術門檻及產品價值均屬中等)及氣化重組(產出生質燃料:Bio-fuel，其技術門檻及產品價值均高)。(參考圖 6)

1. 燃燒利用

農業廢棄物燃燒利用之技術困難度較低，設備購置容易成本低，處理能力與量均大(如具重大天然災害時，可用焚化爐大量處理動物屍體)、且處理時間短，但一般小型設備使用對空氣的污染很高。農業廢棄物燃燒利用目前可分為直接利用及間接利用兩種，所需的轉換技術及應用方式如圖 7 所示。其中先將農業廢棄物轉化為不同形式的固態燃料來供應終端能源設備的燃燒利用方式，包括固態錠型衍生燃料（Refuse Derived Fuel, RDF）及固化成型燃料等，已成為主要的發展趨勢之一。固態錠型衍生燃料是將廢棄物中具有熱值的可燃物製成質地均勻、高熱值、不易腐壞、可儲存、燃燒穩定且不易產生二次汙染物及可有效提升熱能的利用效率的燃料; 固化成型燃料則將農業廢棄物壓縮為成型燃料，以提高能源密度，轉化為方便、清潔的能源形式。

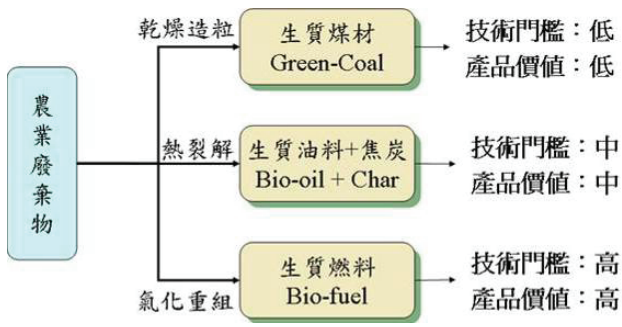


圖 6. 農業廢棄物轉化成替代燃料的方式

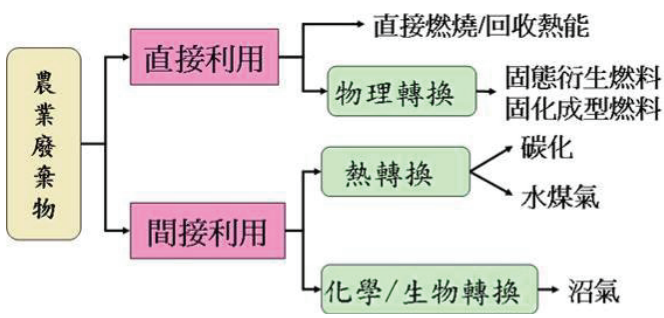


圖7. 農業廢棄物燃燒利用的方式

2. 熱裂解技術(Pyrolysis)

熱裂解是指生物質在反應爐中完全缺氧或只提供有限氧和不加催化劑條件下，高溫分解為生物碳、生物油和可燃氣的熱化學反應過程(參考圖 8)。熱裂解技術種類可分為:(1)慢速熱解（燒碳法），主要用於碳化作業，如燒木碳業，一個流程需數天;(2)常規熱解，生物質原料經數小時熱解，可得到原料重量 20%-25%的生物碳、10%-20%的生物油;(3)快速熱解，將生物質原料細碎後於快速熱解裝置中經數秒時間熱解，生物油的比率可達原料重量的 40%-60%，需要的熱量以熱解產生的部分氣體為熱源供應。

生物質快速熱裂解液化技術是目前世界可再生能源發展領域的重點，熱裂解產生的生物油已可替代柴油用於車輛、農用機械或用作燃料以供熱和發電;熱裂解所產木碳用於冶金製造業和有色金屬生產，亦可用於製造滲碳劑、黑火藥、固體潤滑劑等。生物質快速裂解技術的發展始於 20 世紀 70 年代，北美洲首先開展了這項技術的研究，80 年代初期，加拿大滑鐵盧大學研製出流化床反應器快速熱裂解技術，美國國家可再生能源研究室開發出渦動燒蝕熱裂解反應器，對該項研究起到了推進作用。目前此技術備受歐洲一些發達國家關注，許多科研機構和公司在生物質快速裂解領域中開展了研究，並開發出不同類型的快速熱裂解和閃速熱裂解反應器，但目前存在的問題為快速裂解的條件較難控制，條件控制不好對產率影響較大。國內工研院快速裂解產油技術以流體化床技術為主，可提高生物質熱傳效率，提高產油率，而油品性質近似柴油，目前正進行農業廢棄物（如蔗渣）的快速裂解研究。目前生產生物質液體燃料的技術還不夠成熟，世界相關國家正在從以下幾個方面加大研發力度:(1)提高生物質燃料產品的產出率和品質;(2)開發更經濟高效的轉化設備和技術;(3)拓展生物油應用領域的研究，開發以生物油為原料的高附加值下游產品（化學中間體等）。

3. 氣化技術(Gasification)

氣化技術是指將固體生物質於高溫下進行非催化性之部分氧化反應，將含碳物質轉化為氣態燃料之能源。氣態燃料中最主要之可燃氣體為一氧化碳（俗稱煤氣），其他氣體如氫、甲烷;另外尚有可燃性焦油、焦碳、水蒸氣及灰份等產物，可供作其他用途，如特用化學品等。氣化所生產的燃氣亦可轉化為甲醇配合燃料電池使用。(參考圖 9)

氣化技術的發展，歐洲國家以氣化技術生產柴油為主，位於德國東部德累斯頓(Dresden)地區之 Choren 公司技術已成熟，Beta 工廠 2009 年完工，年產量為 1 萬 3 千 5 百噸，產品品質可比美石化柴油及生質柴油。第二代高品質生質柴油在歐洲售價高達 4 歐元/公升。美國以氣化技術生產酒精為主， Range Fuels 為一家美國公司，由 Khosla Ventures, LLC 成立，於 2007 年獲得美國能源局的 7,600 萬美金研究經費補助，日處理量 25 噸之試驗廠已成功運轉，可利用 20 種以上非糧食之料源，如林業廢棄物、玉米桿等料源。國內工研院之氣化技術以流體化床為主，已完成一般衍生燃料、工業廢塑料及農業廢棄物等多項生質物之氣化測試，並已開發完成流體化床氣化爐之氣化程序規劃及設計等技術。

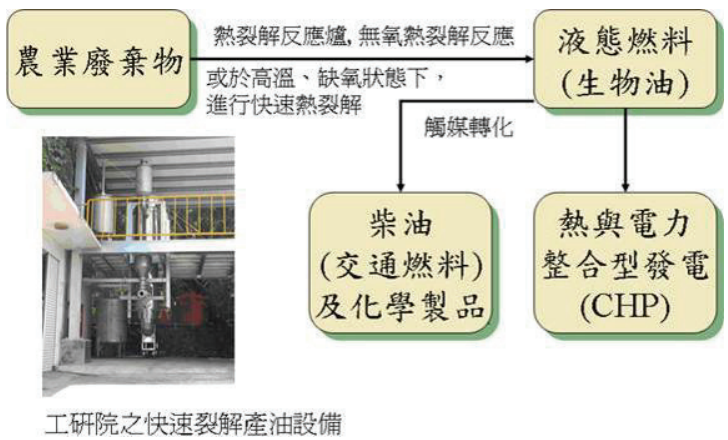


圖 8. 熱裂解技術

三、 未來世界趨勢與國內展望

太陽能的利用上仍受節季、氣候與日夜所影響，又其能源的密度不高，在這種情況下，除非利用很昂貴的聚能設備或設施，要高效能的使用太陽能有其困難度，特別是高溫及高能源密度的使用。而要提昇太陽能效能最直接的方法，便是將能源密度提高，同時將能源有效使用時間延長，以滿足使用的需要，因此歐美地區在太陽能的應用主要包括下列研究主題：

1. 太陽能的收集：主要研究內容有高效能收集板的開發，利用新的高收集效能塗料收集太陽能；利用溫室聚熱的原理，以玻璃夾層捕捉能量；盡可能利用農舍或相關設施的屋頂來增加聚熱面積。另外，也增加太陽收集板的追踪功能，提高太陽直射太陽能收集板的時間與機會。若利用更先進的真空太陽能收集管，則效能將更佳。

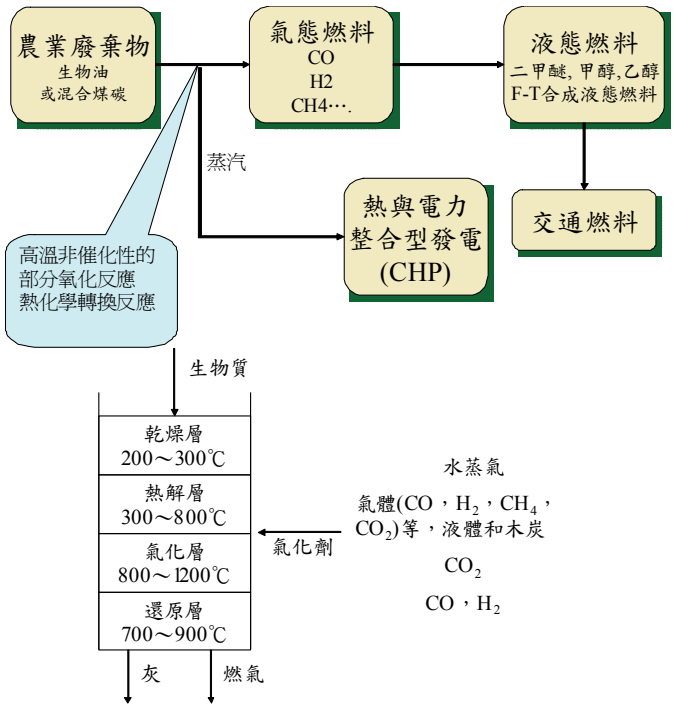


圖 9. 氣化技術及原理

2. 太陽能的貯藏：太陽能雖是一取之不盡用之不竭的能源，但它的供給受自然環境所限制，如晚上需要供給能源時卻無太陽能可用，又如下雨天缺能源時，太陽能也很弱，因此如何延長太陽能有效的使用時間，變成為太陽能研究的重要課題。已有的技術大致可分為乾式與濕式二種，乾式主要是利用熱密度高的物質進行貯熱，如地或石頭；濕式主要在利用水或滷水貯存能量，另利用水的流通性，可進一步地提昇收集效能。另方面即是以電能的方式貯存，當太陽能的發電成本與傳統電價達到平衡時(預估為 2020 年)，太陽能產業的應用範圍未來將愈來愈廣，長線的趨勢向上。德國已巧妙地將太陽能發電應用在建築上，且有效率地運用自然資源，值得各國學習，也是長線趨勢所在。
3. 太陽能的傳遞：太陽能收集與貯藏完成後，接下來的工作便是需將太陽能傳到需要的地方。目前，太陽熱能的應用大多以水及空氣作為介質，已具有相當的效率，國內太陽能應用又以太陽熱能技術之熱水系統最具商品化，應用也最廣；太陽光電能的應用上，目前太陽能電池的轉化效率仍不高(矽基半導體電池-單晶矽 29%、多晶矽 24%與非晶矽 17%)，第一代基板矽晶(Silicon Based)、第二代為薄膜(Thin Film)、第三代新觀念研發(New Concept)：有機或奈米材料，未來在轉換效率及技術不斷的提高下，太陽能光電的應用將相當具潛力。

風力發電方面，在農產業上的應用未來仍以微型風力發電較具潛力。利用集風設施提高風速的技術相當重要，可提高發電效能超過 60%，此應為未來應用的最低要求，但此條件亦只有設施能提供，自然環境要做到很困難。這部份已有研究，但尚未完全商品化。未來，若政府能考慮以適當的補助來提高使用誘因，如 50%補助(5 萬元/瓩，此為太陽能現最低的補助)，回收年限即降為 4 年，可有效提升風力發電的推廣應用。

生質能的利用目前雖然已有成熟的技術與成功的例子，但為了能與已有的能源產品相比，仍有相當的努力空間。在液態應用中之生質柴油與酒精（俗稱生質汽油）由於其具石化燃油的替代性，未來相當看好，將動植物油轉脂化生產生質柴油，技術很成熟，國內也有已商業化運轉的工廠，生產生質柴油，利用國內的休耕田生產生質柴油，有其可行生，國內也正在試驗探討中，惟國內自有油脂作物品種不多，且在不與農爭地的前提下，油脂作物的栽植研究因而暫停。利用植物澱粉生產酒精，國內外技術均成熟，商業化運轉的模式也有，而未來可能遭遇的問題在如何有效地進行田間原料生產，此包括田間收穫與處理，同時原料的貯運也必須納入考量，如水分太高，不只不利甚至無法貯藏，搬運時成本也將大幅提高，但生產能源作物又用很多能源去乾燥是否合乎效益，值得進一步地探討。但若能利用太陽能或農業發棄物的能源來乾燥，有其發展空間。又如何將植物有機廢棄物轉化為酒精也是未來相當熱門的研究主題，目前的重點在如何利用木纖維素生產酒精。固態中錠型衍生物或廢棄物的燃燒利用，技術最為成熟，雖其燃燒熱值不若煤製品，但已具替代功能。國內之能源國家型計畫已於 2009 年啟動，預計五年內要投入新台幣 300 億元的預算，太陽能、風力、生質能...等皆被規劃為子項計畫領域，而氣化技術中的觸媒合成燃油技術亦已納入 100 年計畫中，研究成果值得期待，對我國之永續能源發展有相當的助益。

四、結　語

太陽能為一種高度乾淨的能源，其能源密度雖不高，但配合有效的收集裝置，則相當適合農業使用，過去由於石化能源與電能相對的便宜，太陽能利用的經濟效益並不大，但隨著石化能源與電能的走昂趨勢，太陽能的經濟效益越來越明顯，也值得進一步地開發利用。另外，基於節省能源物資、培植太陽能及風力發電技術的觀點來考量，太陽能光電及風力發電仍有其價值。生質能源的發展，未來仍以利用農業廢棄物為原料較具經濟價值，惟農業廢棄物的密度極低，其收集、運送及貯藏所需成本遠高於穀物，以同樣用來生產酒精而言，

並不具競爭力，故農業廢棄物的減積技術為目前迫切的研究課題。固化成型燃料乃將農業廢棄物壓縮製成，此技術可將農業廢棄物之密度提高至 50 倍，相當具有開發價值。全球暖化將造成經濟成長 GDP 下降 5～20%，生質能燃燒利用可有效降低 CO_2 的排放，生質能取之不盡用之不竭，並可減少農業廢棄物造成環境污染，因而農業廢棄物資源轉化技術未來發展具有很大的潛力，而從世界各國的方展現況看，未來的發展將會以快速裂解技術及氣化技術為主。未來在推動再生能源的法規架構漸完備，立法完成後發展可期。

參考文獻

1. 方煒。2010。推動植物工廠 開創新 3C 產業。臺大農業推廣通訊 雙月刊。九十九年六月。PP.1-PP.5。
2. 盛中德。2009。農業廢棄物資源轉化發展。中興工程演講資料。
3. 盛中德、黃明仕。2009。生質能源用農業廢棄物之田間處理技術研究。第五屆兩岸能源發展研討會論文集。台南:成功大學。
4. 陳正和。2006。風力發電之應用和效益。台電月刊 527 期:PP.30-PP.33。