



作者：徐業良(2008-08-12)；推薦：徐業良(2008-08-12)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，2008年九月號，史丹福專欄。

美夢成真？第二代生質能源將垃圾變燃料

我這個年紀的人都會對電影「回到未來(Back to the future)」當中那位留著愛因斯坦髮型的瘋狂博士，把香蕉皮餵給時光車當燃料的那一幕印象深刻。

“Back to the future”是 1985 年的電影，汽車吃香蕉皮當燃料當時看起來挺誇張的，不過也多少反映了環保人的終極夢想，將人類大量製造的垃圾轉化為有用的能源。

英國的化學公司 INEOS 七月下旬發佈了一個新聞稿，受到很廣泛的重視和媒體報導，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」。

生質能源一度曾被認為是很有前途的再生能源，生質酒精從生產到燃燒，整個過程中產生的溫室效應氣體（主要是二氧化碳）淨值，比汽油燃料減少 90%，生質燃料的應用也大幅降低人們對石化材料的倚賴。汽車公司也早已經發展出引擎可以直接有效率地使用傳統石化燃料或直接使用生質燃料，在北美和歐洲，生質酒精已經取代了 10% 以上的汽油使用。

這幾年石油價格飛漲，加上因溫室氣體排放所造成氣候變遷問題越來越嚴重，世界各國也開始訂定更積極的生質能源政策，像是歐盟於 2007 年 3 月宣佈，至 2020 年時境內能源總使用量 20% 必須來自於再生能源，而所有運輸系統燃料的 10% 應該來自生質能源。隨後美國也宣佈將在未來 10 年內減少 20% 汽油消耗量，以生質燃料及其他再生能源取代。

然而生質能源最大的挑戰，是所謂「第一代」生質燃料如生質酒精與生質柴油，多半是利用高澱粉與高油脂含量的農糧作物，如大豆、甘蔗、玉米、油菜籽、向日葵等等，透過醱酵與轉酯化反應來生產，其對糧食生產的影響一直是大家關注的問題。這幾年世界性的糧食荒，許多箭頭指向生質能源剝奪了原來應該種植糧食作物的農地，畜養家畜的飼料也因而短缺，甚至有大量雨林被砍伐，轉而種植這一類「能源作物」。許多國家的生質能源政策也開始調整，認為未經審慎評估即大量生產生質燃料，將可能對環境造成更嚴重的衝擊。

大地生產的農作物到底應該是「人吃」還是「車吃」，這幾年引發了激烈的論戰。美國農業部指出，2006 年全球穀物消耗量增加 2000 萬噸，其中 1400 萬噸用作汽車所需要的燃料，只有 600 萬噸是用來填補逐漸增加中的全球糧食需求。美國玉米用作乙醇原料的消耗量呈倍數成長，在美國中西部一些盛產玉米的州，玉米供應幾乎被乙醇蒸餾廠所壟斷。2006 年美國有 5500 萬公噸的玉米用來生產乙醇，是全美玉米產量的六分之一，但是卻只滿足了 3% 的汽車燃料需求。世界最大的糖生產和輸出國巴西國內半數製糖作物收成已轉為製造乙醇的原料，也造成全球糖價大幅攀升。

簡單的說，當農作物的「食用價值」低於「燃料價值」時，市場機制自然向利潤靠攏，原本「人吃」的農作物大幅轉為「車吃」的經濟作物，導致穀價過度攀升，引爆一場汽車燃料與貧窮人口爭食的衝突，甚至可能導致政治動盪，繼而影響全球經濟。

因應這些問題，生質能源最新概念是發展所謂「第二代」的生質能源，就是希望改而以農業廢棄物及非糧食之能源作物作為生產原料，像是以農產廢棄物如稻稈、蔗渣、玉米稈，或者是木材、雜草等自然界中量大而容易種植的木質纖維生質物為原料，所生產的燃料級酒精就稱為「第二代生質酒精」。許多國家也開始大力推廣第二代生質燃料，如德國在今年四月啟用了號稱全球第一座第二代生質燃料煉製廠，預計利用木材廢料每年生產一千八百萬公升的生質柴油；國內原子能委員會核能研究所也發表過以國內農業廢棄稻稈為主要原料製造纖維酒精的技術。

INEOS 是世界第三大的化學公司，前面提到他們所發表的這項「第二代生質酒精」製造技術之所以引起廣泛重視，是其以家庭垃圾為生質酒精的生產原料，生產過程中不但不必犧牲糧食作物，反而同時有助於解決都市的大量家庭垃圾問題，一噸乾燥的廢棄物可以被轉變成大約 400 公升的乙醇。

將垃圾轉化成能源，概念上其實不是那麼難以想像。目前家庭垃圾處理方式不外是乾燥、固化之後加以掩埋，或者直接送進焚化爐焚燒。家庭垃圾中把金屬、塑膠等

成分回收之後，剩下的主要其實是可燃燒的碳化物。既然垃圾可以焚化產生能量，合不把這個能量萃取出來再做應用呢？

INEOS 的這項技術採用一個簡單的三階段程序。第一個階段是「氣化(gasification)」，倒不是將廢棄物氣化，而是將乾燥的廢棄物在適當控制的含氧環境下加熱，以產生主要由一氧化碳和氫氣混合的合成氣體。INEOS 的這項技術第一個步驟其實也有點像把垃圾送進焚化爐燃燒，但燃燒垃圾時是引進大量空氣將垃圾中的碳成分完全燃燒成二氧化碳，這個氣化的步驟則需要小心控制空氣中的含氧量，才能將廢棄物中包含大量的碳成分轉化成為一氧化碳，同時燃燒狀況也要小心控制，避免產生垃圾焚化時常見的戴奧辛或其他有毒氣體。

第一階段中產生合成氣體中的一氧化碳，包含可以作後續利用有價值的能源，經過淨化、冷卻之後，便進入關鍵的「醱酵(Fermentation)」程序。INEOS 的醱酵程序採用的是一種生物程序而非化學程序，醱酵所使用的是 INEOS 的「專利細菌」，這些細菌的功能是作為「生物催化劑(bio-catalyst)」，能夠有效率地將前述垃圾氣化產生的一氧化碳和氫氣轉化成為乙醇。INEOS 的專利細菌是天然的細菌，能夠不斷自我複製，且能夠在低溫和低壓的環境下工作，使得整個程序的成本降低許多，是這項技術能夠大量生產的關鍵。

最後一個階段則是將生產出的乙醇純化成為純度 99.7% 以上的無水乙醇，這樣的乙醇便可以直接加入汽油中供汽車行駛之用。

INEOS 這項技術目前已經在先期測試的規模得到證實，事實上這項研究已經從 1989 年開始，在美國阿肯薩斯州不到十萬人的小城 Fayetteville 進行了快二十年之久。從早期的實驗室研發，到 2003 年時正式在 Fayetteville 建立了一座測試工廠，利用小城的垃圾持續運轉了好幾年，具體證實了這項技術可以處理都市垃圾中各式各樣的物質。

在測試的規模被證實之後，這項技術下一個挑戰是將第二代生質酒精帶入商業化生產。INEOS 為此在 2008 年七月建立了“INEOS Bio”的新事業體，預期很快會宣布第一座商業生產工廠的地點，目標是迅速將這項技術擴展到全世界，計畫兩年內就可以商業化量產汽車用生質酒精。

聽起來真像是美夢成真，“Too good to be true”，INEOS 這項第二代生質酒精製造技術能夠與糧食生產完全脫勾，能夠同時減少溫室效應氣體並且處理日漸增加的垃圾問題，的確是生質能源一項重要的突破。消息一出便受到全世界主要媒體廣泛報導，

許多國家政府都很歡迎這項技術的發展，期望這項技術能夠提供價格上有競爭力、永續、可再生的燃料。

電影中的想像也許真的可以成真呢！