

美國與巴西生質能源發展政策與影響之研析

李振芳*

- 壹、緒論
- 貳、全球生質能源發展趨勢
- 參、美國生質能源政策與發展概況
- 肆、巴西生質能源政策與成效
- 伍、美國生質能源政策之影響
- 陸、美國、巴西生質酒精效益比較分析
- 柒、我國生質能源政策規劃與現況
- 捌、結論與建議

❧ 摘 要 ❧

鑒於全球石油儲量已漸枯竭，為因應全球油價高漲及溫室氣體排放減量，發展替代能源成為各國能源政策當務之急。

巴西推動生質酒精政策，經過30多年努力，達成(1)減少對進口能源依賴度達30%；(2)為國家帶來就業機會、財政收入。目前其國內超過8成的車輛引擎，同時能燃燒生質酒精、汽油、混合油。巴西並積極拓展生質酒精出口及加強國際生質酒精合作。

美國透過立法以高關稅保護及各種租稅、補助等優惠措施，推展玉米酒精大量生產與利用。生質酒精原被視為兼具促進農業發展、能源自主、環境保護與經濟成長等多重效益的綠色能源。惟發展至今負面效應逐漸浮現：

一 玉米等穀物因係全球許多低所得國家民眾主食與牲畜飼料，在全球生質能源產業快速擴張下，造成生質能源與民爭糧，經IMF、聯合國、世界銀行等國

* 作者為綜計處專門委員，獲本會97年度研究發展乙等獎；本研究為個人之觀點，不代表本會之意見。

際機構調查研究，證實生質能源係造成近年糧價高漲原因之一。

一 玉米酒精對於水、土地資源大量需求，造成環境耗損。玉米栽植過程投入肥料與農藥，造成水污染，其中肥料的氮肥殘留之氧化亞氮，亦屬溫室氣體排放源，抵銷生質能源減碳效益。

國際機構(1)OECD研究報告建議，各國決策者應停止繼續制訂以糧食作物為原料的第1代生質燃料，且強制使用的政策；(2)聯合國能源組織建議，各國決策者宜將生產生質能源所導致溫室氣體排放減至最小。

美國生質酒精因玉米原料價格上漲壓縮廠商獲利，產業發展不如預期。基於國家利益考量，美國短期應不會停止生質能源政策，惟採因應對策：(1)逐步檢討調整政策，包括國內補貼；(2)強化第2代生質能源，即纖維素酒精的研發；(3)對於國際社會將會捐助更多糧食基金。

在能源供給高度依賴進口的我國，易受國際能源情勢變遷之影響。為使我國能源自主與能源多樣性，生質酒精為政府再生能源選項之一。我國目前生質酒精發展處於小面積試種階段，惟政策全面實施前，建議(1)評估政策效益及週延建制相關配套措施；(2)整合產、學、研機構，積極研發纖維素酒精；(3)積極推動「再生能源發展條例」完成立法。

壹、緒 論

近年來，全球化石能源因新興經濟體快速發展，加速使用而逐步耗竭，國際油價持續高漲；又京都議定書於2005年2月生效後，締約國努力執行溫室氣體排放減量承諾。面對不斷攀升的油價及環保議題，各國均積極投入替代能源的研發與生產計畫。目前全球再生能源中之生質能源，已於若干國家透過政府優惠政策積極推動中。

巴西推動以甘蔗提煉生質酒精政策，自1975年推動生質酒精政策，30多年來，成功改變巴西能源使用結構，降低能源依賴與強化環境保護，並創造就業機會，為國家帶來農業發展、增加就業與財政收入等綜效，成為

各國投入生質酒精產業的仿效對象。

美國向為全球最大的玉米出口國，自2005年頒布「能源政策法案」，積極推動生質能源發展，鼓勵利用玉米提煉生質酒精。惟自美國大力發展生質能源以來，產生玉米酒精並非原先預期的減碳能源的爭議。此外，由於玉米係許多低所得國家民眾主食與牲畜飼料，美國生質能源來源以糧食作物（如玉米）為大宗，造成糧食生產的排擠效應，對全球糧價上漲與糧食供應之影響，成為全球焦點議題。

我國生質酒精整體發展策略，規劃2007年綠色公務車先行計畫、2009年都會區E3計畫及2011年全面供應E3等三階段行動方案，目前處於小面積試種的第一階段。

美、巴兩國均係全球生質能源主要生產國，發展生質能源對國內外經濟、能源與產業之影響，值得深入研析，本研究期瞭解美國與巴西生質能源發展政策對國家經濟發展、能源開發、環境永續三方面的效益，比較兩國不同料源的生質酒精生產成本、能源效益、CO₂減量效益等，提供我國生質能源政策與產業政策的建議。

貳、全球生質能源發展趨勢

一、全球能源發展趨勢

人類追求經濟發展，長期使用廉價的化石燃料(fossil fuels)，釋放出大量的溫室氣體，造成全球暖化、氣候變遷與環境污染等公害，亦使得油源漸枯竭。

近年來，全球化石能源因新興經濟體快速發展，加速使用而逐步耗竭，國際石油價格持續高漲；因應全球氣候變遷，京都議定書於2005年2月生效後，締約國承諾努力執行以CO₂為主的6種溫室氣體排放減量。面對不斷攀升的油價及環保議題，各國均積極投入替代能源的研發計畫。

根據國際能源總署2008年統計資料顯示，2006年全球能源主要來自石

油(34.2%)、煤(26.1%)、天然氣(20.7%)、生質能源(10%)與核能(6.2%)，其他能源(包含太陽能、風力、水力、地熱與潮汐等)約占2.8%。生質能源為全球第四大能源，僅次於石油、煤及天然氣，並提供開發中國家約35%的能源，為目前最廣泛使用的一種再生能源，約占世界所有再生能源應用的80%。

根據英國石油公司2008年6月統計，全球石油蘊藏量約為1.2兆桶，可使用僅剩約40-50年，天然氣僅剩約60-70年，鈾僅剩約50年。且一些產油國處於政治不穩定狀態，石油供應易受影響。又因新興經濟體經濟快速成長，石油需求劇增，致油價不斷高漲。國際原油價格由2003年第2季每桶26.49美元遞增至2008年第2季每桶121.11美元，5年來成長3.6倍。

2004年初，原油每桶為32美元，2005年則遽漲1.5倍，最近則因全球石油需求孔急，石油煉製業卻緊縮，又逢美元貶值，原油價格終於在2008年年初突破每桶100美元，4月初則漲至每桶110元，5月初更漲至每桶120美元。2008年第3季雖然油價緩降至每桶100美元以下，惟在原油儲量日漸枯竭下，可知高油價時代遲早來臨。

由於油價高漲，為確保能源來源，活化農業經濟，並顧及地球環境永續發展，世界各國均致力發展再生能源。其中，以提供車輛使用的生質能源最受重視。燃料用生質能源，即生質燃料，占總生質能源比率75%以上。生質燃料主要分為柴油車輛使用之生質柴油與汽油車使用之酒精汽油。目前全球主要生質能源生產國，如美國、巴西、中國等都積極以酒精、柴油等生質能源逐步替代汽油。

二、全球生質酒精生產概況

雖全球生質酒精年產量於2001年後始大幅成長，但2000年至2007年全球生質酒精年平均複合成長率為13%，整體產量持續成長。

根據OECD統計，2007年全球生質能源總產量為622億公升，約占全球運輸燃料消費量1.8%。其中生質酒精總產量520億公升，而生質柴油總產量102億公升，分別占全球汽油用量為4%、1%。

生質酒精以美國與巴西為主要生產國，2007年兩國合計占全球達88%，且美國產量持續超越巴西成為全球第1。全球排名依序為歐盟與中國，惟產量與美國和巴西相去甚遠。

參、美國生質能源政策與發展概況

美國係全球最大石油消費國與進口國，每年進口原油約5億多噸。為降低進口能源依賴，美國積極發展再生能源。近年來，美國因政府政策支持，生質酒精成為重點發展目標，生質酒精產業因此而蓬勃發展。

一、美國生質能源政策

2005年8月，美國頒布「能源政策法案」(EPAAct 2005)，法案基本精神在於融合三E，能源安全(Energy Safety)、經濟成長(Economic)和環境永續(Environment)等三大要素。

(一)「EPAAct 2005」法案與「10年減20」政策

美國2005年公布之「能源政策法案」，於再生燃料標準規範中，要求在汽油加入特定數量的可再生燃料逐年增加，至2012年生質燃料使用量達75億加侖；美國政府復於2007年1月宣示「10年減20」(Twenty in Ten)計畫，期10年內透過強制使用生質酒精和其他替代能源，達成減少汽油消耗量20%；至2017年可再生燃料替代燃料必須達到350億加侖，並達成自中東進口石油減少75%之目標；預計2020年生質能源占總能源使用約20%。

(二)「能源自主及安全法案」(Energy Independence and Security Act of 2007, EISA 2007)

美國2007年12月公布實施之「能源自主及安全法案」，進一步提高燃料效率標準，以降低對原油依賴。該法案在生質能源部分，將2008年推廣目標增至90億加侖，要求2022年以前，生質燃料酒精使用量增加6倍，達到年用量360億加侖，其中210億加侖須來自纖維素酒精。

(三) 生質酒精能源稅減免與補助

- 2002年農業法案中，包含生產生質酒精被視為農業環境保護行為的條款，經由此環境保護行為，農民可獲補助獎勵51美分／加侖。此項補助自2009年1月起調降為45美分／加侖。
- 2003年國會立法要求未來10年，每年在汽油中添加50億加侖生質酒精。此外，部分州政府強制境內提供添加生質酒精的混合燃料，甚至部分州政府強制公務車必須使用生質酒精混合燃料。
- 2005年能源法案，混和酒精的汽油亦享有免徵聯邦貨物稅51美分／加侖(0.14美元／公升)之優惠，2005年美國直接補貼的規模計達89億美元。
- 訂定高關稅保護國內酒精業者，燃料酒精進口關稅每加侖除課徵0.54美元之從量稅，還需外加2.5%從價稅，關稅率約達50%。

此外，各州另提供金融誘因，總計美國對生質燃料的補貼，每年達11至13億美元。

(四) 美國政府之政策支持，生質酒精產業持續發展

美國向為全球最大玉米生產國與出口國。近幾年，美國為促進能源多元化，以國內豐沛的糧食作物玉米作為能源原料，把糧食轉化為燃料。2005年起，美國在原油價格上漲、政府政策支持，帶動生質酒精需求成長等利多因素下，吸引大量資金投入生質酒精產業。

2007年，美國酒精產能增加近20億加侖，全美年平均酒精產能超過78億加侖。酒精工業從19州共110家生質酒精工廠，擴增至21州共139家，並持續增加中。2008年，估計約68家正興建或擴建中。

二、美國生質能源發展概況

近年來，美國酒精用玉米的消費增長強勁，生產生質酒精使用的玉米數量占玉米總產量的比率，由1980年僅1%遞增至2007年的17.5%。2005年起，美國生質酒精產量超越巴西，躍升為全球最大生產國。2007年美國生質酒精總產

量達265億公升，全球市占率51%，續居第1。

在生質酒精供需方面，自2003年起，美國自產供給量已無法滿足需求，因此，近年來，開始從巴西等中南美國家進口，且數量逐年增加，其中，2006年進口數量占總需求量12%。

肆、巴西生質能源政策與成效

巴西是全球使用酒精燃料的先驅，也是發展生質能源最成功的國家，而巴西推動生質酒精產業為國家帶來農業發展、增加就業與財政收入等績效，成為各國投入生質酒精產業的仿效對象。

一、巴西生質能源政策演進

(一)1990年以前，確保生質酒精供應

1973年全球發生第一次石油危機，當時巴西90%石油依賴國外進口，巴西政府為減少對石油進口依賴，著手研發酒精燃料，充分利用國內的農業資源，制定以甘蔗為主要原料的酒精燃料發展計畫。

1975年11月，巴西政府頒布國家酒精計畫，提出發展燃料酒精，政府頒布法令並授權石油公司在汽油中按一定比例添加酒精，提高酒精產量和改善酒精汽油使用性能。

巴西自1975年推動酒精汽油開始，對酒精混合汽油比例採強制作法，並逐步調高混合比例下限，由初期低於10%，調高至1983年的22%，2006年之前已達25%。2006年巴西因國內酒精供應趨緊，將下限改為20%。

巴西自1975年起實施燃料酒精免繳能源稅，是燃料酒精最重要補貼措施。自1982年起，巴西對酒精燃料汽車減徵5%的工業產品稅，部分州政府對酒精燃料汽車減徵1%的增值稅，惟在酒精燃料汽車銷售量低迷時，曾全免增值稅。巴西並通過補貼、設置配額、統購酒精，甚至運用價格和行政干預手段，鼓勵使用酒精燃料。

(二)1990以後，逐漸減少獎勵措施

- 1991年，巴西再次頒布法令，規定在全國加油站的汽油中添加20至24%的酒精。巴西聯邦法律明文規定，聯邦一級單位購、換輕型公用車時，必須使用包括酒精燃料在內的可再生燃料車。
- 巴西酒精產業過去曾因油價下跌、國營汽油公司發現海上油田、糖價上漲致補貼費用過高等因素，造成生質酒精產業發展衰退，亦迫使巴西政府取消對酒精的補貼、減稅及價格控制。
- 1997至1999年，巴西政府重整生質酒精發展計畫，分別於1997年與1999年，使含水與無水酒精價格自由化，並廢止國家石油公司獨家分配制度。
- 2001年巴西政府取消質酒精產業之補助。
- 2003年，巴西政府對酒精產業已無任何限制，政府唯一干預的是每年依據國際糖價及油價來設定無水酒精混合至汽油的比例。

二、巴西生質能源政策成功因素分析

(一)政策初期政府鼓勵發展生質酒精產業

巴西政府與民間共同投資擴大甘蔗種植面積，興建大批酒精燃料生產廠。產業發展初期，巴西政府對甘蔗提供保價收購，但該補貼政策並未持續，目前巴西生質酒精為自由市場。補貼取消之初期，生質酒精產業雖面臨嚴重萎縮，惟仍持續研發提升酒精生產技術，以降低生產成本，使巴西生質酒精得以維持國內外市場競爭力。

巴西酒精產業發展過程曾因油價下跌、國營汽油公司發現海上油田、糖價上漲，致補貼費用過高等因素，造成生質酒精產業衰退，亦迫使巴西政府取消對酒精的補貼、減稅及價格控制。目前，巴西酒精產業發展已臻成熟，產業結構亦趨完整。總計1975至1998年，巴西政府投入國家酒精計畫經費共123億美元。

(二)持續研發提升生質酒精生產技術

持續研發提升酒精生產效率的新技術，降低生產成本乃是巴西生質酒精產業成功的關鍵因素，其他因素包括：注重技術創新與綜合利用、成立巴西蔗糖技術中心、天然資源豐富及生產成本低。

三、巴西生質能源發展現況

(一) 巴西生質酒精產銷與貿易

2007年，巴西生質酒精總產量190億公升，全球市占率38%，居第2，僅次於美國。其中85%為內銷，15%外銷。

巴西是全球第一大甘蔗種植國，2007年巴西甘蔗收成達4億8,700萬噸，蔗糖產量3,073萬噸。2006年巴西甘蔗種植面積704萬公頃，產量達到4.58億噸，比2005年增長9.1%，其中2.54億噸用於榨糖，其餘2.04億噸用於生產酒精燃料，共約170億公升。

此外，巴西政府為擴大酒精燃料的生產與使用，政府建立50至100億公升的戰備生質酒精儲量，作為供應短缺時提供使用。由於巴西成功發展生質酒精，各國紛紛與巴西進行酒精貿易與合作，為巴西帶來龐大商機。巴西是全球最大生質酒精出口國，2007年，巴西酒精貿易額約300億美元，其中美巴酒精貿易所占比率最高。

(二) 巴西政府與民間持續投資生質酒精生產

為因應國際市場對酒精燃料和相關技術裝備的需求，巴西預計2012年以前，增建生質酒精生產工廠，並增加250萬公頃甘蔗種植面積，甘蔗產量將從2007年的4.87億噸增至6.27億噸。巴西政府規劃2012年以前，預計投資122億美元，新建77家酒精燃料生產廠；此外，現有生質酒精工廠之更新或擴建，約24億美元。至2013年，巴西酒精燃料的年產量將擴大至350億公升，其中出口約100億公升。

四、巴西生質能源發展政策對經濟發展之貢獻

(一) 經濟效益

- 外匯節省，由於使用酒精燃料，1976至2001年間巴西平均每天少進口20萬桶石油，計節省外匯465.5億美元，紓緩巴西外匯短缺壓力。
- 創造就業機會，巴西酒精和製糖業為巴西提供約1百萬個直接就業和50萬個間接就業機會。
- 增加農業收入，巴西生質酒精計畫促進農業和相關產業發展，截至2006年，約增加270億美元收入。
- 降低進口石油依賴，2007年，巴西能源結構中，生質能源比例高達30.9%，高於全球平均值10.5%甚多，成為巴西第2大能源來源，僅次於石油及其煉製品。

(二)人才養成

巴西發展生質酒精，兼具培育專業科技人才，促進生質酒精相關領域的科技進步。巴西藉由專業人才，掌握成熟酒精生產和提煉技術，並開發酒精汽車製造技術，建立強勁的酒精動力機械體系和完善的酒精運輸、分銷網路。

伍、美國生質能源政策之影響

一、美國生質能源發展政策對國內經濟之影響

(一)對國內經濟之預期效益

美國2007年12月公布實施之「能源自主及安全法案」，預期達到經濟效益包括：提高所得、增加聯邦稅收、促進就業及減少購油外匯支出等。

- 2008年至2022年間GDP增加1兆7,000億美元。
- 2008年至2022年間全美家庭所得增加4,360億美元。
- 至2022年可創造出110萬個新工作機會。
- 至2022年可創造出2,090億美元的聯邦稅收。

—2008年至2022年間將取代113億桶進口原油，以改善美國的能源安全，並減少8,170億美元的外購原油的美元外流。

(二)對美國汽車產業之影響

1.汽車產業燃料調整

依據2005年「國家能源政策法」，要求美國汽車業在2020年前，將汽車燃油效率提高40%。2007年12月，美國公布之「能源自主及安全法案」更進一步要求提高汽車燃油效率，降低燃油消耗。美國汽車工業必須使汽車油耗由現時的每加侖汽油行駛27.5英里，提升至2020年時新規定的35英里，相當於將耗油比率降低40%。

美國是全球汽車保有量最多的國家，2006年底達2.42億輛，占全球8.5億輛汽車保有量28%以上。為保證燃料酒精的市場供應，美國加快酒精加油站的布點建設，2006年酒精加油站成長約1/3。目前，美國境內的酒精加油站已達1千個。

2.彈性燃料車（FFV）市場成長

美國的汽車製造商配合生質燃料的推廣使用，使用高比例酒精混合汽油的彈性燃料車近年來持續成長，2006年彈性燃料車市場達到100萬輛，2007年約600萬輛。2008年約31種FFV上市，預估市場規模達75萬輛。

二、美國生質能源政策對全球糧價與糧食供應之影響

(一)全球糧價上漲情形

根據經濟學人2007年12月分析，自2005至07年，2年間食物的實質價格上漲75%，創下該指數編撰162年以來的歷史新高。根據IMF公布之國際食物價格指數自2002年1月至2008年6月上漲幅度為130%，其中自2007年1月至2008年6月上漲幅度即達56%。

(二)全球糧食價格上漲原因分析

歸納國際貨幣基金組織（IMF）與經濟學人的研析，造成糧食價格上漲的主要原因如下：

- 中國和印度經濟起飛帶動人民所得提高，中產階級興起，積極追求更高品質的飲食，對肉類和營養品需求量增加。
- 國際原油價格持續攀高，不斷刺激生質能源的產出取代石油。美國等國開始大量利用糧食作物生產生質能源，進一步導致糧食不足，玉米、黃豆等作物價格持續上漲。
- 全球氣候異常，天災頻傳，農作物欠收；世界耕地面積有限，農作物彼此競爭用地。

（三）生質能源政策對全球糧價上漲之影響程度

IMF與世界銀行於2008年4月指出：糧食價格飆升源於糧食需求遽增，約50%的需求增加與已開發國家追求生質能源有關，另國際糧食政策研究所認為：近來國際食物價格大漲，生質能源占約1/4至1/3的責任。而聯合國國際農糧組織推估：生質能源促使糧價漲升10%至15%。

（四）美國生質能源政策引起生質燃料與民爭食

自1990至2005年，人口和食用穀物的家畜數量均呈成長，刺激糧食消費量每年平均成長2千1百萬公噸。酒精蒸餾工業的大量需求，使玉米消費量於2006年激增為5千4百萬公噸，2007年則達8千1百萬公噸，一年間遽增的2千7百萬公噸額度，甚至超過全球糧食消費量的2倍。

（五）糧價上漲對全球低所得國家之影響

聯合國能源組織於2007年4月指出，生質能源產業的發展，可能引起農產品價格上漲，進而對經濟與社會造成負面影響，尤其對於食物支出占所得比率較高的貧困者影響更大，此效應已日趨顯著。

三、玉米價格上漲對美國生質酒精產業之影響

隨著玉米價格上揚，美國生質酒精工廠面臨利潤受壓縮之困境，根據愛俄華州立大學研究，美國生質酒精廠玉米損益平衡價格。廠商認為若生產收入無法支應變動成本，包括玉米、天然氣及其他原材料，將無法繼續營運；若玉米價格高達7美元/公升，將欠缺流動資金支應營運。

陸、美國、巴西生質酒精效益比較分析

本章比較分析美國與巴西生質酒精生產成本、能源效益、CO₂減量效益等，我國生質酒精能源效益的數據亦併同比較。

一、美國與巴西生質酒精生產成本比較

(一)美國玉米酒精生產成本結構

美國生質酒精生產成本中，玉米原料成本約占總成本40至60%；若玉米料源價格持續上漲，則生質酒精成本亦將隨之升高。生質酒精生產成本中另一大項是蒸餾時所需之天然氣，約占15%。

若不考慮副產品酒糟的收入，玉米價格變動直接影響生質酒精成本。若副產品酒糟的收入維持穩定，玉米價格每上漲1美元/英斗，將導致生質酒精成本每公升上漲0.07美元。

(二)巴西甘蔗酒精生產成本結構

巴西酒精生產成本包含甘蔗生產及甘蔗加工成本，其中甘蔗原料成本約占酒精總生產成本73.5%；甘蔗加工成本約占26.5%。

(三)美國與巴西生質酒精生產成本比較

以目前各國生質酒精之生產技術來看，成本最低的是以甘蔗為原料的巴西，2005至2006年甘蔗酒精每公升生產成本約為0.2至0.33美元；其次為以玉米為原料的美國，玉米酒精每公升成本約為0.25至0.54美元；根據burnquist估計，2006年成本最高的是用纖維質為原料生產酒精，每公升成本達1.4美元。

當巴西每公升生質酒精生產成本為0.20美元／公升時，主要產品E25每公升售價0.77美元，比一般汽油便宜約0.53美元，且較美國的0.25美元／公升、澳洲的糖蜜0.48美元／公升及歐盟的甜菜0.55美元／公升明顯具有價格競爭力。

二、生質酒精能源效益與CO₂減量效益

選擇能源作物最重要指標為能量產出／投入之比值，比值須大於1始具經濟效益；能源產出量和投入量兩相比較，比值愈大效益愈佳。

生質燃料的能源效益和CO₂減量的環保效益，隨料源和製程不同，變異極大。根據C.F.Runge與B.Senauer在「Foreign Affairs」的專文指出，單位生質能源所產生的能量與其所需消耗能量的比值，甘蔗酒精的能源產出／投入之比值為8和CO₂減量效益90%，較玉米酒精之比值1.25至1.35和CO₂減量效益15%至25%為佳，玉米酒精又較石油之比值0.81為佳。

根據嘉義大學教授古森本2008年撰文指出，台灣利用甘蔗生產酒精的能源產出／投入比值約2.4，較美國以玉米製造酒精的產出／投入比值略高，但較巴西以甘蔗製造酒精的比值低；但在利用纖維素含量豐富的材料或農業廢棄物來生產酒精，其比值將高達30，反映生產過程中能源投入與生產成本上的差異（見表6.1）。

表6.1 美國與巴西生質酒精之能源效益、CO₂減量效益比較

項目別	美國玉米酒精	巴西甘蔗酒精	台灣甘蔗酒精	資料來源
能源產出/ 投入比	1.25~1.35 : 1	8 : 1	n/a	Runge & Senauer, 2007
	1.3~1.8 : 1	8.3 : 1	n/a	Alfred Szwarc, 2004
	1.4 : 1	8~10 : 1	2.4 : 1	古森本, 2008
CO ₂ 減量效益	15~25%	90%	n/a	Runge & Senauer, 2007
	18~45%	85~90%	n/a	IEA, 2004

資料來源：1. Alfred Szwarc, In-Session Workshop on Mitigation, Buenos Aires.

2. Foreign Affairs, C.F. Runge & B. Senauer, 2007.

3. 古森本，生質能源作物之開發與潛力，農業生技產業季刊，2008.04.

4. n/a: not available.

三、生質酒精對環境生態的影響

生質能源原被視為具環境保護的綠色能源，惟其生產過程仍潛藏許多生態問題。學者已指出，生質酒精不似先前預估可減少CO₂排放量達1/5，反而幾乎增加2倍，對全球溫室效有害無益。

(一) 能源作物可能排擠雨林、草原等未開發資源

2008年2月科學雜誌撰文分析，雖然使用生質能源排放的CO₂比石油少。惟種植作物在天然地，如雨林、泥炭地、大草原，因儲存在天然植物的CO₂容量是大氣中的2.7倍，因此當攪動土壤，將會釋放CO₂，加上製造生質能源需要許多肥料、農藥、機械器具等消耗能源，其整體CO₂排放量將超過使用生質燃料所取代的化石燃料排放，將加深暖化。

(二) 玉米與黃豆交替耕種的自然規律遭破壞

美國玉米及黃豆耕地面積向來重疊，過去係採輪種，惟在酒精用玉米的強烈需求下，交替耕種的比例已明顯減少，若扭曲交替耕種的自然規律，土壤中的氮含量將無法合宜蓄積，進而增加不必要的氮肥施用量，造成氮肥流失(原來種大豆時可吸收)，土壤受侵蝕。

(三) 水資源供給問題浮現

美國國家科學院國家研究委員會2008年報告指出：若美國生質酒精產量持續增加，將對水質造成影嚴重影響，水源供給不足問題也將浮現。

四、環境生態破壞之疑慮

(一) 雖巴西生質酒精發展政策的成功，但並不意味巴西的蔗糖酒精會成為世界生質燃料業未來的選擇

巴西生質酒精即使只替代目前全球汽油產量的10%，亦需將巴西現有的甘蔗種植面積擴大40倍，過度擴充勢將造成環境生態破壞。此外，由於甘蔗的品種有強烈的地域性，因此，巴西的技術未必能複製到其他國家。

(二) 高效率機械化耕作將使土壤惡化

當玉米等農作物採高效率機械化耕作，大量使用化肥與農藥的結果，將使土壤惡化，喪失水分涵養功能，環境成本代價難以估算。

(三)能源作物將排擠熱帶雨林

雖然巴西否認巴西甘蔗酒精生產，與全球糧荒有關。惟根據時代雜誌報導，當美國玉米需求量大增，市場價格上揚，讓種植大豆農民改種玉米，美國大豆減產，進一步帶動巴西大豆的種植，甚至，農場將入侵亞馬遜雨林。

五、國際機構的關切

由於生質酒精破壞環境生態的疑慮，部分國家政府與國際機構亦開始關切相關問題。聯合國能源組織2007年4月建議各國決策者，應將生產生質燃料所導致溫室氣體排放減至最小；並應確保原始林、原生草原或其他有高自然價值的土地不會被變更為耕地使用。

OECD2007年9月研究報告，建議各國決策者應停止繼續制訂以第1代生質燃料的強制使用率為核心的政策目標，並以技術較中性的政策手段如碳稅等取代。

歐盟於2008年1月提出「推動使用再生性資源產製之能源指令（草案）」，明訂生質燃料之產製必須符合環境永續準則。包括生質燃料對溫室氣體減量需達35%以上；製備生質燃料之農作物料源需符合最低之良好耕作與環境條件之需求等。

六、生質能源未來展望

現階段各國生質酒精多是以糖類和澱粉為原料，屬第1代技術，目前美國和巴西商業化生產的生質酒精，均屬第1代生質能源。惟可預見第1代生質能源負面效應將逐漸擴大。要解決此一困境，第2代生質能源技術的突破，將是關鍵所在。

第2代生質酒精將以木質纖維為原料，即所謂纖維素酒精，以農業廢棄

物如麥梗、木屑、芒草、甘蔗渣等為料源，在製作過程中，主要是以酵素、微生物等生物質量分解纖維素和醣分，無需耗用化石能源驅動機械設備，且CO₂的減量效益亦佳。

柒、我國生質能源政策規劃與現況

一、我國生質酒精政策規劃

我國能源98%以上依賴進口，在國際原油供應面臨匱乏情況下，政府應亦積極尋求或開發替代能源。為使我國能源自主與能源多樣性，發展生質酒精成為政府再生能源選項之一。

(一)政策規劃

政府於2005年將生質酒精視為綠色產業之一，於同年召開之「第二次全國能源會議」決議推廣生質酒精發展與利用。我國目前尚未提出長期發展規劃及具體配套措施。為加速推廣國內生質酒精發展，經濟部於2007年2月提出「推動生質酒精執行計畫」，生質酒精分3階段執行，包括：綠色公務車先行計畫、都會區E3計畫及全國全面供應等。

(二)優惠措施

為鼓勵業者生產酒精汽油，政府提供減免優惠，包括免徵石油基金、空污費、貨物稅等，每公升減免費用7.2元，並適用促產條例等租稅減免。為鼓勵消費者，規劃加油站8站供應E3，提供每公升1元價差優惠。經濟部能源局亦正研擬價差補貼辦法，鼓勵民眾在第1、2階段採用酒精汽油。

二、我國玉米酒精與甘蔗酒精生產成本

我國若以玉米產製酒精相當困難，因玉米生產成本高，政府收購價格每公斤訂為新台幣15元，每2.69公斤玉米約產製1公升酒精，每公升酒精原料成本達40元，加上加工費用其成本必在50元以上。而甘蔗酒精生產成本相對較低，為每公升19.4至29.2元，惟與美國和巴西比較，仍屬偏高。

三、我國生質酒精產業發展

為發展生質能源，經濟部指示國營事業帶頭生產生質酒精，以降低成本並穩定國內酒精汽油供應。目前中油與台糖均已評估投入生質酒精工廠，預估未來年產量可達60萬公秉，台灣中油最快2009年即可投產，正計畫與食品界的味丹公司投資合作。

生質酒精推廣計畫優先採用國產酒精。政府擬利用全台22萬公頃休耕地，契種甘藷、甘蔗、玉米或甜高粱，農委會認為此休耕地受限於世界貿易組織規定，無法生產經濟作物，但政府每年補貼每公頃4.5萬元，若用來生產生質酒精，可有效運用農地。

政府期於2010年以前，讓國內的汽油能添加3%至5%的生質酒精，以國內一年汽油需求約1千萬公秉，初估生質酒精的需求將達30萬到50萬公秉。目前評估，到大陸或東南亞投資生質酒精，再運回國內，每公升成本為22.4元與27元，較台糖自行設廠生產生質酒精成本略高。

四、我國發展生質酒精未來政策思考

(一)我國發展生質酒精SWOT分析

我國發展生質酒精尚待建制事項，包括22萬公頃休耕地的規劃使用、研發本地適種作物及品種、建立種植能源作物至供應生質燃料之上下游完整體系、酒精發酵技術商業化生產等。此外，政府亦需考量提出促進生質酒精生產與使用相關配套措施。

(二)我國加入纖維素酒精研發

2008年，我國原子能委員會核能所發表研發成果，利用廢棄稻稈提煉酒精，目前已可用10公斤稻稈提煉出2公升酒精。提煉過程是先把稻稈、玉米稈、蔗渣等農產廢棄物打碎，由纖維素中的葡萄糖和木糖發酵為酒精。預計2009年可完成1公噸級測試系統。

由於台灣一年約丟棄150萬公噸廢棄稻稈，未來若能以廢棄稻稈產製纖

維素酒精，等於一年可有30萬公秉酒精，取代台灣一年汽油用量的3%。此外，中央研究院亦已展開纖維素酒精研究，關鍵技術已在實驗階段。因此，資源短缺的台灣結合相關研究單位，積極研發纖維素酒精確屬必要。

(三)我國糧食安全的考量

鑒於國際糧價上漲，國內糧食生產與自給程度，頗受關注。依農委會統計，2006年以價格權數計算，糧食自給率是7成；但以熱量為權數計算是3成；稻米自給率則是9成以上。台灣糧食自給率較十年前為低，如穀類自給率自1997年的53.9%，下降至2006年之44.5%，且主要是稻米的96%自給率拉高，其他穀類如小麥自給率為0，而玉米自給率則低於5%。顯示我國糧食綜合自給率仍偏低，糧食供應仍高度依賴進口。

捌、結論與建議

一、結論

在全球油價持續高漲和溫室氣體排放減量壓力下，能源供應安全、多元化與低碳能源的發展，成為各國施政重要方向。在政府政策支持下，愈來愈多國家投入生質能源產業的發展。

巴西生質酒精發展，係早在1970年代第一次石油危機下推動的政策，1975年頒布「國家酒精計畫」發展以甘蔗為主要原料的酒精燃料，以減少石油進口。巴西係以立法作為推廣酒精燃料的必要手段，通過法律保障酒精燃料、汽車生產商及消費者利益。

經過30多年努力，巴西政府推動的生質能源政策成效卓著，不僅讓巴西降低進口能源依賴，實現能源供應多元化，有助於落實減碳量，並創造就業機會，增加農業收入。巴西將積極拓展生質酒精出口及加強國際生質酒精合作。

根據巴西生質酒精政策推動過程中，值得借鑒的經驗包括：1.實行補貼政策和資金扶持；2.研發是有效推廣生質酒精的關鍵；3.立法是推廣生質

酒精的必要手段。

美國鑒於能源自給自足的程度，攸關美國重大國家利益，政府於2005年宣布「能源政策法案」，並於2007年宣布「能源自主及安全法案」，仍以立法作為推廣生質酒精之必要手段，期生質酒精年產量於2022年前增至360億加侖，約為美國運輸用液體燃料需求量的15%。

美國生質酒精發展，從料源到最終產物積極研發改良，建構完整的生質酒精產業鏈，期達成創造就業機會、提升附加價值、活絡農村經濟等經濟效益，以及減少對化石燃料依賴、降低溫室氣體排放等能源效益。

原油價格持續上漲與政府政策性支持是生質酒精產業發展的關鍵因素。美國玉米酒精原被視為具環保、減碳、替代石油燃料等效益的綠色能源，在政府補貼政策大力推展下，引發生質燃料與民爭糧的爭議，經國際貨幣基金、聯合國等國際組織調查研究，證實生質能源為全球糧價上漲的原因之一。糧價上漲導致全球低所得國家面臨糧荒的衝擊。

在全球生質酒精產業快速擴張的同時，有關穀物酒精使用大量水、土地資源，造成環境耗損的效應逐漸顯現；且料源價格上漲壓縮廠商獲利，生質酒精產業發展並不如預期。此外，巴西甘蔗酒精對環境的衝擊如入侵雨林的疑慮，亦受關注。

根據美國、巴西發展生質酒精的經驗，現階段生質酒精多是以糖類和澱粉為原料，屬第1代技術。惟第1代生質燃料負面效應將逐漸浮現。要解決此困境，仍需藉由第2代生質能源技術的突破，將是影響未來整個生質能源產業發展的關鍵。

未來幾年，美國生質酒精產業仍將高度倚賴政府的獎勵、優惠與補助等措施，以維持其與化石燃料的競爭力，並藉由強制摻配、使用的政策確保與擴大市場。美國基於國家利益考量，短期不會停止生質能源政策，但會逐步檢討調整，一方面強化第2代生質能源，即纖維素酒精的研發，並檢討國內補貼政策；同時，對於國際社會將會捐助更多糧食基金。

我國對於生質酒精發展亦提出3階段執行之規劃，包括：2007年綠色公務車先行計畫、2009年都會區E3計畫及2011年全面供應E3等。就生產成本言，國產生質酒精以甘蔗酒精單位成本相對較低，惟與美國、巴西比較，仍屬偏高；就能源產出投入比值言，國產甘蔗酒精之能源效益，仍低於巴西。

綜合而言，生質能源之開發不僅只是替代能源之開發，其中更牽涉環境永續與經濟發展因素，如何在發展過程兼顧此三方面，是我國能源政策應努力的方向。

二、建議

為因應全球油價高漲及配合國際社會溫室氣體排放減量，發展替代能源為各國能源政策當務之急。我國係海島國家，資源短缺，致進口能源依存度高達98%以上，極易遭受國際能源情勢變遷之影響。惟在國家能源安全的觀點，發展再生能源實刻不容緩。

由於生質酒精中以甘蔗酒精較具成本競爭力，且我國具備甘蔗生產之相關技術。目前我國休耕地約22公頃，可加以評估利用種植能源作物，提高農民收入，並提升我國能源自主與能源多樣性，維護能源供應安全。惟政策執行前，仍須事先進行評估，對於我國生質酒精發展政策，提出下列建議：

(一)我國宜從能源開發、經濟發展與環境永續等三方面，評估我國發展第1代生質酒精的政策效益

政府對於生質酒精的利用與產業的建構，近年來已提出相關的時程規劃與目標。目前尚處於小面積試種階段，在政策全面付諸實施前，宜從料源、產製結構、使用結構等，進一步分析能源、環境、經濟面等效益。

從能源面，確保使用能源作物製造的生質能源具淨能源效益；從環境面，評估減少碳排放和空氣污染等正面效益是否比對環境的負面影響多；從經濟面，評估整體發展的經濟效益，包括對農業部門的正面效益，以及

促進該產業發展所需提供補助對財政負擔的影響。

就生質能源生產與使用過程，評估對於糧食市場、環境品質、水土保持、生物多樣性影響。若評估確實值得推動生質能源，再進一步設立政策目標及相關配套措施，作為產業供應鏈相關投資與民眾配合使用之依據。

(二)加強纖維素酒精前瞻技術研發

由於第1代生質能源產出投入比仍偏低，根據國際生質能源發展趨勢與國內已有研發基礎下，政府應加強進行第2代纖維素酒精研發。政府宜整合相關產、學、研單位，結合原子能委員會核能研究所、中央研究院、台灣中油公司等單位，研發利用稻草與其他纖維素作物高效率生產酒精的技術，並進一步研發纖維素酒精產程體系。

(三)為推動我國未來再生能源發展，建制法規是推廣的必要作法

我國目前正積極推動「再生能源發展條例」立法，俾達到料源多元化、高產率、突破應用界面之限制、開發副產品附加價值等。行政部門宜加強與立法院溝通協調，早日完成立法程序，以建構新能源產業發展與市場開發有利環境。

(四)強化國際能源合作，確保能源進口來源

一旦我國決定發展生質酒精推廣使用，倘須自國外進口生質酒精，可仿效日本等國，於巴西等天然資源豐富國家，建立生質酒精合作生產模式，俾利國內掌握生質酒精進口來源。

(五)掌握國際糧價上漲趨勢，確保我國糧食供應安全

由於我國大豆、玉米等大宗穀物仍高度依賴進口，宜關注全球糧食價格波動與糧食短缺問題。根據歷史經驗，各農產品出口國在面對糧食短缺時，可能採取限制出口措施。因此，面臨未來全球糧食供應可能的波動，建議政府應針對糧食安全，設立監測機制，妥為因應。