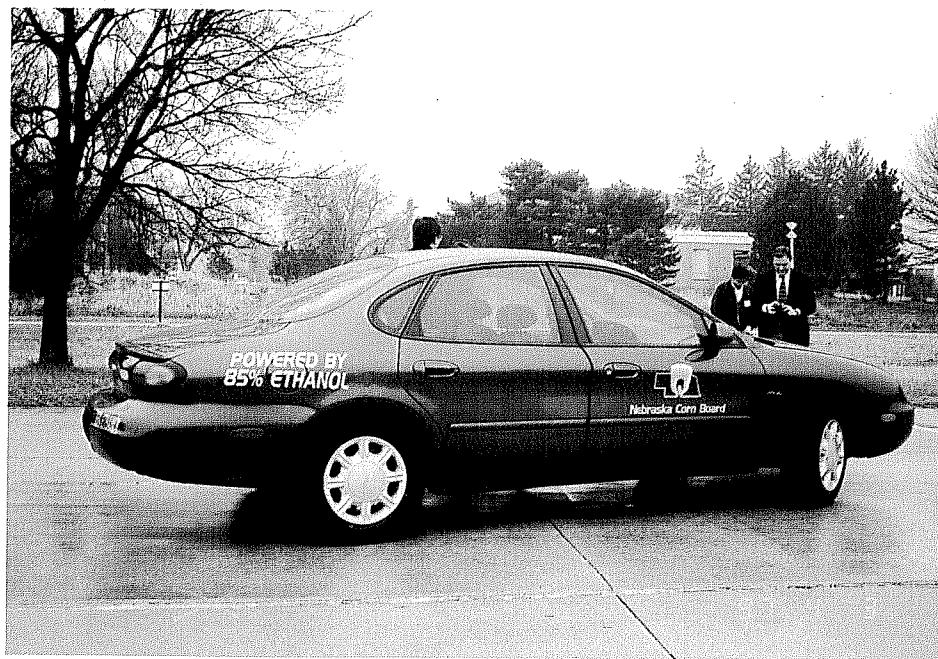


以酒精爲燃料之汽車



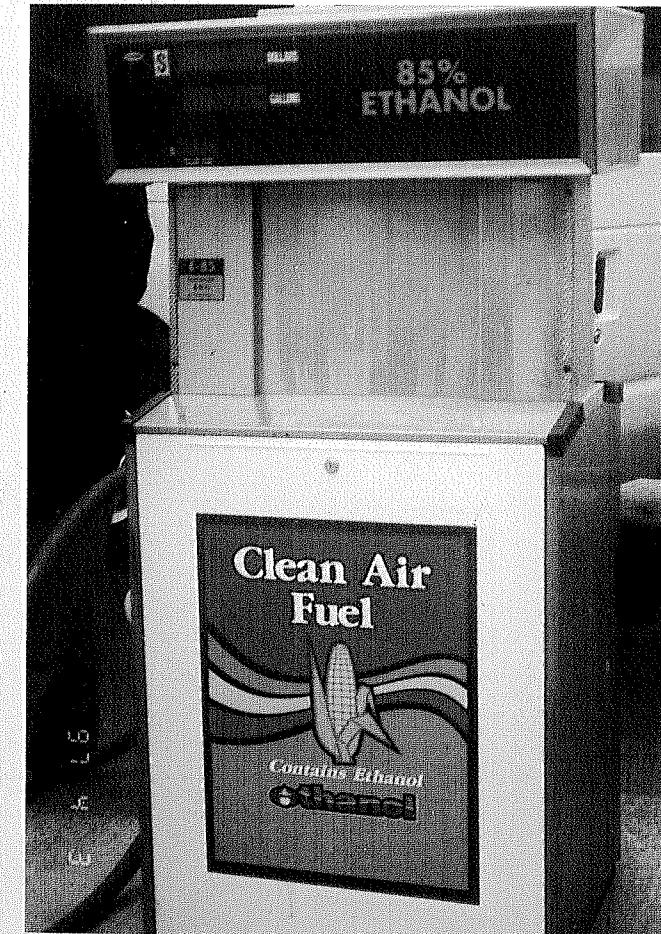
美國福特汽車公司爲配合潔淨空氣之環保訴求，推出可使用 E-85 (即 85 % 酒精與 15 % 無鉛汽油混合之燃料) 之 Taurus。圖爲該車在市面上使用的實況。



在美國密西根州的街道上所看到使用玉米酒精爲燃料的汽車。玉米酒精被號稱爲「潔淨空氣的燃料」。

潔淨的新能源——酒精汽油

CLEAN NEW ENERGY – ETHANOL



美國穀物協會

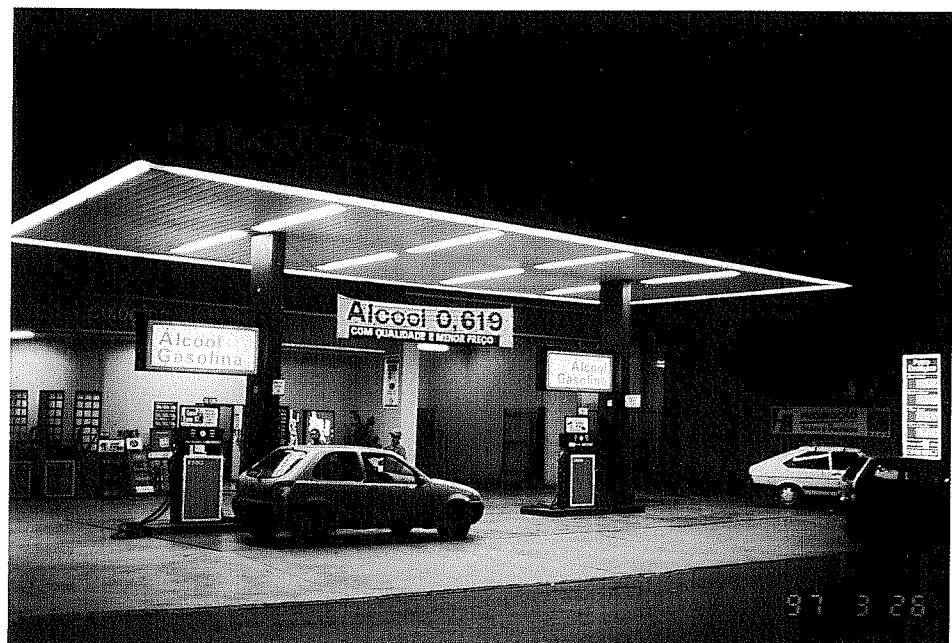
U. S. Grains Council

1998

酒精燃料已經商業化



在美國的加油站有添加 10 % 與 85 % 玉米酒精的汽油與其他油品並列銷售。



在巴西聖保羅的加油站，有酒精與汽油可供消費者選擇。

潔淨的新能源——酒精汽油

CLEAN NEW ENERGY – ETHANOL

美國穀物協會
U. S. Grains Council

1998 年 7 月

序

美國以玉米釀製酒精，並添加在汽油中當作汽車的燃料，用以減少廢氣的排放，改善都會地區空氣污染的困擾。巴西亦全面以酒精汽油當做汽車燃料，改進空氣污染的成果顯著。

美國穀物協會有鑑於此，曾於1997年3月22日至4月4日組團前往美國及巴西考察玉米酒精的生產、使用及改進空氣品質的成效。該考察團在考察期間，曾多次聚會討論，以收集思廣益之效。回國後，委由中國石油公司研發會執行秘書蔡信行博士（現任該公司民營化小組執行秘書）加以整理，並加入替代燃料及台灣現況之相關資訊，使得這一份報告更具參考價值。

本協會曾將該考察報告刊在《飼料工業》季刊上，結果各界之反應非常熱烈，可見國人對於新能源之重視及對環保與空氣品質之關心。因此本協會特地將此一考察報告集印成冊，並增添相關之圖片，以供各界參考。

本專輯所用之照片係由蔡信行博士及行政院環保署空氣品質保護及噪音管制處王美文技正提供，於此一併致謝。

目 錄

一、摘要	1
二、巴西之製糖及酒精工業	3
三、巴西之酒精汽油燃料計劃	5
四、美國車用酒精燃料使用情形	13
五、台灣替代燃料狀況	28
六、替代燃料之技術考慮	34
七、結論	41

美國穀物協會

駐台代表 林承謨

1998年7月

潔淨的新能源——酒精汽油

一、摘要

美國以玉米釀製酒精，並添加在汽油中當作汽車的燃料，用以減少廢氣的排放，改善都會地區空氣污染的困擾。巴西則以甘蔗產製酒精，亦以酒精汽油當作汽車燃料，改進空氣污染的成果非常顯著。美國穀物協會有鑑於此，於一九九七年三月廿二日至四月四日組團前往巴西及美國考察。

本次考察該二國家，瞭解其酒精製造工業、汽車燃料運銷、汽車改良配合、政府推動計畫，及環境空氣品質狀況等事項。

巴西「酒精燃料計畫」始於 1975 年，初期以 20 % 體積比率添加入汽油中，至 1980 年提高為 22 % 至今。巴西的酒精源自甘蔗，經製糖及醣酵程序製造酒精。1995-1996 年間全國酒精產量為 126 億公升（76 % 含水，24 % 無水），其中約有 97-98 % 用做汽車燃料。目前巴西在車用燃料供應上有四種，即：酒精燃料（含水純酒精）、MEG 燃料（甲醇 + 乙醇 + 汽油）、酒精汽油（22 % 酒精 + 汽油）、及柴油。

本計畫也使得巴西能夠開發了一些廣大的新地區，給成千上萬人民創造新機會及工作。使用酒精來替代石油，使得巴西增加了 152 倍的就業人口。此計畫的最初投資額為美金 110 億元，產生了約 270 億美元的外匯效益（包括進口替代）。今日巴西可以自誇全部使用「綠色燃料」，此燃料可以再生，不會造成全球溫昇，可以減少排放一氧化碳 50 %，而且汽油中全部避免添加為人們所顧慮的四乙基鉛。

目前在巴西有 4.3 百萬輛以乙醇為動力之車子，約為小客車總數之 40 %。其目前的混合酒精與汽油的消費量，一天約為 540 千桶，其中酒精大概佔一半。

美國 1997 年，酒精的需求量為 15.2 億加侖（57 億公升），直接及間接總共增加了將近 20 萬個工作機會，因為酒精副產品出口之增加及汽油與含氧燃料進口之減少，使美國貿易平衡改善，有近 20 億美元之效益。

美國國會在 1978-1980 年間通過數項能源投資之鼓勵法規，其中最重要者就是投資於從農產品（玉米、高粱等）製造酒精來當車用燃料。美國出售之汽油約 12 % 摻有酒精，添加於汽油中之酒精使用量約為 34 億公升，不及全部汽油量（約 4,410 億公升）的 1 %，添加酒精集中在美國中北部 14 州，酒精添加量為 10 %（體積比）。最普遍之 E-85 酒精車（使用 85 % 乙醇及 15 % 汽油）有雪佛蘭之 Lumina 汽車及福特的 Taurus 汽車。

二、巴西之製糖及酒精工業

巴西目前為世界上使用酒精來代替汽油最多之國家，其酒精之生產原料全部來自於甘蔗。

甘蔗之種植面積——300 萬公頃（佔已開發土地之 1 %，耕地面積之 8 %）

甘蔗之年收穫量——2 億 5,181 萬公噸（95/96）

蔗農——6 萬戶

從事甘蔗之生產事業——100 萬人

間接關——500 萬人

酒精製糖廠——350 家

蔗糖生產量——1,271 萬公噸（40 % 外銷，60 % 內銷）

酒精生產量——1,260 萬公秉（立方米）或 126 億公升

〔76 % 含水酒精（95 %），24 % 無水酒精〕（有 2 %-3 % 之酒精使用在工業上），巴西亦有進口少部份之酒精使用在汽車中。

就巴西之地理位置來區分，在巴西中南部之甘蔗收穫量為 2 億 440 萬公噸，佔全國總收成量之 81 %，蔗糖產量為 937 萬公噸，佔全國產量之 74 %，其中有 349 萬噸外銷。酒精產量有 1087 萬公秉，佔全國產量之 86 %，其中 77 % 為含水酒精，23 % 為無水酒精。

巴西並不是第一個使用酒精混入汽油之國家，早在 1959 年古巴即使用 5 % 之酒精混入汽油中使用。然而巴西卻是第一個完全使用酒精來當作燃料之國家。巴西於 1973 年開始進行酒精計劃，當初之動機並非為環保因素，而是因為石油價格之飛漲及短缺，因而發展利用酒精當作燃料來取代汽油。後來才發覺其對空氣污染有顯著之改善，

因而繼續發展下去，至今尚未無走回單純使用汽油之想法。

目前使用之狀況可分為兩種：

一為使用 95 % 純度之含水酒精（不含汽油）——約佔使用車數之 30-35 % (62 ¢ / 公升)。

另一為在汽油中添加 22 % 之無水酒精（即 gasohol）——約佔 65-70 % (76 ¢ / 公升)。

巴西汽油之 MON 為 82。含水酒精廠商之淨成本為 38 ¢ / 公升。

無水酒精則為 40 ¢ / 公升。

汽油（由巴西石油公司供應，價格一定）68 ¢ / 公升。

酒精（由酒精公司供應）57 ¢ / 公升

三、巴西之酒精汽油燃料計畫

(一)計畫之開始

巴西推動酒精（乙醇）燃料計畫已有二十多年，其目的有三，即：

- 發展儲存技術與策略
- 印證其對國家的經濟性及提高國民就業率
- 對環境之改善

此計畫開始於 1975 年，以因應第一次石油危機。在 1973 年時，巴西使用之燃料有 80 % 以上倚賴進口，所以此次石油危機嚴重地打擊了巴西。1973 至 1974 年間，巴西之購油花費一下子由六億美元跳升至二十億美元，使巴西之經濟趨於惡化，所以巴西政府決定採取計畫來替代柴油、油品、及汽油的使用。

由蔗糖製造乙醇被認為是一項替代汽油的理想途徑。為了提供進行此計畫的財源，巴西政府發動了很龐大的財務運作，申請世界銀行補助來幫助擴大甘蔗的種植、建造新處理工廠、發展鍋爐製造工業、以及增加已有工廠之產能。

由於執行此計畫的成功，使得巴西擁有了自有的技術，可以大量的使用再生燃料，不再倚賴石油的國際市場。本計畫也使得巴西能夠開發了一些廣大的新地區，給成千上萬人民創造新機會及工作。使用酒精來替代石油，使得巴西增加了 152 倍的就業人口。此計畫的最初投資額為美金 110 億元，產生了約 270 億美元外匯效益（包括進口替代）。

今日巴西可以自誇全部使用「綠色燃料」，它可以再生，不會造

成全球溫昇，可以減少排放一氧化碳 50 %，而且全部避免添加於汽油中的四乙基鉛。

此三點，為支持巴西推動此計畫的基礎，即使反對此計畫的人也認知。當失業率及環境污染問題愈嚴重，更倚賴中東地區的石油時，本計畫的重要性就更為顯著。

綠色燃料之使用分成兩類，第一種是將無水酒精摻混入汽油中。最初於 1977 年在聖保羅市摻加 20 % 酒精於汽油中，而後於 1980 年提高為 22 %，不久就推廣至全國。在 80 年代初期，就開始設計完全不使用汽油，而使用含水酒精之馬達。開頭的時候，基本上還是採用原先汽油馬達的原型，直到第二次石油危機時，製造廠商才決定發展酒精專用的引擎。1984 年，使用酒精的車輛佔了車輛生產量的 94.4 %，亦即二十輛新車中，就有十九輛是酒精車。那時候的政策是提供酒精生產者的財務誘因，將酒精與汽油造成明顯的價差。

酒精以 22 % 體積比添加到汽油，必須方便迅速，並與供應系統結合。巴西目前在各供應站設有自動控制系統，以 50 公秉為單位，以酒精 11 公秉、汽油 39 公秉的量混合，分別由二個儲槽流出後匯合，再混合後供應油灌車。

(二)巴西酒精之危機及 MEG 新燃料之使用

由於糖價自 1980 年至 1988 年來共下跌了近 50 %，導致巴西之甘蔗種植面積急劇減少。在 1989-1990 年間，酒精生產成長率曾超過消費的成長率，但到了 1990 年整個酒精生產量約短缺了 10 億公升，影響了四百多萬輛使用酒精的車子，而迫使政府尋找其他之燃料來代替酒精之使用，也影響了摻合酒精 22 % 的比例。

在尋找替代方案的專案小組成員包括政府、乙醇生產者、巴西石油公司 (Petrobras)、汽車工業、及研究機構。但此項計劃必須在兩大

前提下執行，即為汽車引擎無須作特別之調整及排放污染物不得超過使用酒精或酒精混合汽油之污染量。後來找出新之配方燃料，其組成為 33 % 之甲醇加上 60 % 之酒精，再加上 7 % 汽油（即 MEG ）。

當然，在燃料中添加了甲醇，必須注意揮發性之甲醚之溢出及燃燒後甲醛含量之增高，因為此兩種物質均對人體有相當之危害性。一般說來，甲醇濃度小於 3.44ppm 及甲醛濃度小於 24ppb，是對人體絕對安全之範圍。巴西在兩個重污染地區所測試之結果顯示，使用 MEG 燃料時，僅有約 10 % 之樣品中有測到甲醇之含量 ($> 0.15\text{ppm}$)，但其最高值僅為 0.47ppm，遠小於安全範圍之上限 3.44ppm。而甲醛之含量有 14 % 超出 24ppb 但最高值僅到達 32ppb 尚遠小於 120ppb (可能危害之範圍)。

此外，巴西亦有 GM 車廠所生產之 1.8L 及 2.0L 之酒精噴射引擎，在更換電子式氣體噴射供料系統後，也可使用壓縮天然氣 (CNG) 作為燃料。這使得有同時使用兩種燃料系統之可能，亦可作為隨機調節酒精之使用量。

到了 1985 年此時期告一段落，酒精汽車的生產量就一直下滑，由 1988 年的 88.4 % 下降至 1989 年的 61 %，再降至 1990 年的 19.9 %，到了 1996 年就只有 0.3 % 而已。然而，在 1991 年，巴西政府通過了一條法律，使出售的汽油要含 22 % 之無水酒精。

有幾個因素影響此計畫之推動。過去消費者已經習慣於酒精價格比汽油低了將近 40 %，由於近年石油價格陸續降低，巴西政府就不再有能力來補助這些價差，所以價差就減少了一半，也就是使用酒精汽油就不再如過去的省錢了。

1989 年，由於巴西某些地區發生酒精稍有不足的情形，引起對施行此計畫信心的疑慮。由於短缺延續相當長時間，使得酒精汽車無法

使用，而且，要將酒精汽車改成使用汽油又有問題。另一項負面因素是 1990 年七月，巴西政府決定降低消費者通用車輛的稅捐來刺激工業生產，使得大眾化的車輛生產增加了。1994 年賣出之 1.4 百萬輛車中有 50 % 為大眾化車。而這些製造的車都是汽油引擎。為了要使車輛規屬為大眾化車，其馬達壓縮器的容量就要減少至一公升。這種縮減，對於汽油引擎已是不容易，對醇類引擎將更形困難。所以在 1994 年，全國增加的車大都是汽油車。

另外在 1986 年，巴西政府為因應通貨膨脹，凍結了公共支出及膨大的利率，且政府主控了酒精的價格，所有的這些都對酒精的生產供應產生負面效果。

這些負面的影響顯示了當時的政治環境，縱然如此，但是使用酒精的汽車依然在製造，數量上也在成長。在巴西有 4.3 百萬輛酒精車在行駛，且有很多消費者仍然希望有更多的酒精車出現。酒精的供應不再有短缺，酒精的產量從每年 5 億公升躍升至實施酒精計畫的每年 34 億公升，到八十年代更增加到 120 億公升，此數字一直維持至目前。預估未來，即使不加建工廠，酒精產量仍將可達每年 160 億公升。

至於酒精車的數量的增加則各有各的看法，一方面取決於政府的決策，專家們認為其車輛數應為市場數之 15 %。

沒有人反對加 22 % 無水酒精於汽油中，雖然也在試用新配方汽油，但「綠色燃料」仍然是環境保護者、政策擬訂者、及新技術的發展者的最愛。

(三) 技術成就

巴西推動之酒精燃料計畫開始於 1975 年，是為了發展增產酒精的技術以便應付新燃料之需求，但不致對巴西重要的糖類生產造成負

面的影響。此計畫的目的是要利用最新的技術以及最大的生產力來生產酒精，而且價格要具有競爭力。

以新技術戰勝了這種挑戰，使巴西酒精和糖類生產都得到了利益，而且在國際市場也具有競爭力。特別是聖保羅州，成為全世界製造糖類成本最便宜的生產地方。這是因為酒精與糖都以相同的處理程序來獲得，自種植甘蔗開始至收成為止。據研究指稱，酒精的生產成本每年都在降低。在巴西中部及南部，降低了 3.2%，在東北部則降低 1.9%。

自 1979 年起巴西國家政府與聖保羅州的研究機構致力於糖類及酒精的生產技術及製程、甘蔗種植等的研究。每年投資 25 百萬美元做研究，其中 16 百萬美元來自聖保羅州的 36 個大的處理工廠，而另外的 9 百萬元則得自出售技術及專利。這些研究獲得了栽種甘蔗的新方法、培植了新品種，所以生產增加了 15-20%。新的研究則包括分子生物學、快速鑑定最有效率的甘蔗新品種。

在另一方面，加工廠也從甘蔗中萃取出更多的糖份，由以前的 89% 提高到 97%。同時，蔗渣之燃燒技術，也使聖保羅的加工廠，有 95% 以上能夠自己供應電力，除自給自足外，還有剩餘賣給電力公司。

目前的發電雖只是象徵性的，但一旦變成正式時，其電力可達 700MW，在未來十年內，電力可達 3,000MW，使電力不再是一項副產品，而且與蔗糖及酒精，並居為此業的三大產品。

這一項計畫的另一重點為發展以酒精為動力的引擎的新技術。由研究的結果獲知有一些重要的機件必須做修改以便適合酒精引擎的較高壓縮比的需求。

就在同時，仍持續有一些小問題發生。消費者多年來一直在抱怨

引擎啟動有困難、有一些機件生鏽較嚴重、以及燃料中含有雜質。所有的這些問題都獲得解決，在巴西製造的酒精動力引擎品質也不錯，另外也發展了創造出了燃料電子注入器，以消除老式化油器所產生的問題。

四社會效益——提供百萬個工作機會

對以上的這些改變，巴西人對酒精汽車有甚麼想法呢？1995 年，聖保羅州糖業及酒精工業協會曾經做過一次調查，訪問了 34 個城市裡的 1,084 人，其中有 552 人自己擁有車子，323 人為計程車司機，另有 209 人為機械修理技師。其結果為：在購買新車時，有 23.7% 選擇酒精車，而有 58.3% 選擇汽油車，另有 18% 表示無所謂。這項結果顯示市場仍需要酒精車。

在現階段的政治環境下，有 72% 的人希望增加生產酒精而不贊成進口石油；而有 74.9% 的人主張鼓勵製造酒精汽車；71.1% 的人認為提供補助或予減稅給酒精汽車者是有益處的；而有 81.7% 的人認為巴西的策略應為酒精而非汽油。

推動酒精車，有 43.5% 覺得可以比使用汽油車創造更多的就業機會；66.3% 認為對國家經濟更重要；75.9% 認為汽油車會造成更多的污染。

此項計畫施行了二十年，對「綠色燃料」投資了 117 億美元，這些幾乎都是企業界所投資。由於不要進口汽油，替國家省下了 270 億美元的外匯。

同樣重要的，此計畫創造了很多的農業企業，也對鄉村帶來了更多的活力，如巴西的東北部、中部、及南部。尤其是生產了全國酒精的 65% 以及 56% 的蔗糖的聖保羅地區，在此地區聚集了 150 個農業工業區（全國有 380 個工業區，6 萬農夫），有 1.1 萬農夫擁有 2.3

百萬公頃（或耕種面積的 13.3 %）。聖保羅 1996-97 的糖及酒精工業的收成，回收了 50 億美元。

此計畫創造了百萬個工作機會，因為蔗糖及酒精製造都需要大量人力。每一工作機會的投資約為 U\$11,000（而汽車製造業為 U\$91,000，化學及石化工業為 U\$22,000）。在這百萬員工當中就有 40 萬位蔗農被雇在聖保羅州內。40 % 屬於農村之勞工，有 95 % 擁有工作証。加上相關行業的就職者，單只在聖保羅州內，總計可達 1.2 百萬人之多。大部份的這些就職者，因為教育程度不夠，若在其他地區，將無法找到工作。製糖及酒精製造工業為巴西經濟中唯一經特別立法，要將其利潤的一部份提出來做勞工的社會福利之用。

這些工作的社會價值雖很難予以評估，但在農田工作的農人不再大量流往城市中。因此，蔗糖工業為社會製造了安定效果。

(五)清潔能源

聖保羅市，在以前的冬天裡，其污染程度很嚴重，有 90 % 的一氧化碳都是由汽車所排放出來的。這些煙霧不只會引起呼吸器官的毛病，也會對週遭的生態造成危害，例如引起地球暖化現象。

巴西目前的混合酒精與汽油的消費量，一天約為 540 千桶，其中酒精大概佔一半，也就是減少了一半的污染。一般人都承認使用酒精比使用汽油，對環境的好處較多，不管是使用含水酒精或無水酒精。因為巴西使用酒精，所以對全球氣候暖化問題毫無責任，而且也是第一個避免四乙基鉛所造成問題的國家。

除此之外，使用酒精也會減少主要污染物及活性污染物的排放量。最好的莫過於所形成的生態平衡。甘蔗，本身是一種農作物，可以吸收巴西所燃燒化石燃料所產生的碳的五分之一，亦即一年減少二氧化碳 39 百萬公噸。

加工廠的真正污染物，或廢棄物，也大量減少了。例如，蔗渣用來當燃料，濾餅用以作肥料。所以酒精創造了更綠化的能源。二十多年前，聯合國第一次之世界環境會議宣稱人與環境的關係，是國際間的一項重要事務，也是一項責任。所以如何尋求自然界的平衡，使地球不致走向萬劫不復的境地。

(六)巴西酒精之未來

在巴西，由於政府之倡導，酒精廣泛地被使用，加上國際石油市場之被壟斷，加速了酒精之推廣。為了推動酒精計畫，巴西政府與民間充分地合作，使得它對於社會、技術及環境上都獲得成功。酒精對於巴西的貢獻，一為燃料的自給自足；其次為空氣污染減少；另外是創造了極多的就業機會。雖然後來碰到危機，亦即國際油價大幅下降，但是此計畫對社會的益處極大，遠大於產品的成本。

巴西的酒精燃料計畫是巴西的一項足以誇耀世界的計畫，也是推動生質能源的一個範例。

四、美國車用酒精燃料使用情形

(一)美國玉米及酒精工業簡介

美國為世界上玉米之最大生產國，

1996 年產量——9,293,435,000 蒲式耳 (bushels)，

佔全世界產量之 41 %，

佔全世界外銷總量之 79.5 %，

全國玉米種植面積——79,487,000 英畝，

佔全國穀物種植面積之 25 %，

(依次以 Iowa 、 Illinois 、 Nebraska 、 Minnesota 及 Indiana 為前五大生產州)，

全年玉米產值——30,110,729,000 美元，

佔主要農作物產值之 35 % (1996)。

玉米除了本身可供人類食用及作為動物飼料外，其衍生性產品更是遍及食品、紡織、造紙等各工業。在美國其玉米之最大消費量是用在作為動物飼料，約有 47 億 1,100 萬蒲式耳 (50.7 %)。其次為外銷，約有 19 億蒲式耳 (20.5 %)，再接下來即為使用在生產酒精方面，約有 6 億蒲式耳 (7 %) (1996)。

翻开美國使用酒精之歷史，最早在 1876 年時即開始有設計使用酒精之鄂托引擎 (Otto Cycle)。隨後在 1908 年亦有福特廠之 Model T 引擎設計用來使用酒精或酒精混合汽油為燃料。但直至第二次世界大戰期間 (1940s)，美國才由軍方設立第一家酒精廠生產酒精。在當時為混入汽油中使用及生產合成橡膠使用。1973 年由於美國向來支持以色列，當時之石油輸出國家組織 (OPEC) 決定提高原油價格 70

%，並限制輸往美國直至以色列退出巴勒斯坦為止。此項禁令雖在 1974 年終止，但引發美國政府重新檢討其可能代替石油之燃料，以降低對進口石油之依賴性，因此而促成酒精工業之發展。在 1980 年代，美國大約建立了 165 間年產量 200 萬-20 億公升之大型酒精廠，及數十家年產量小於 200 萬公升之小型工廠。但是到了 1990 年時，這 165 間廠關到只剩下 38 間廠繼續營運。這主要之原因是由於工程技術之不夠成熟而導致設計不良及管理不善所引起。

1995 年美國之酒精需求量約為 53 億公升，預估 1997 年需求量會增加至 64 億公升而公元 2000 年更可進一步達到 76 億公升。而根據美國農業部一項調查顯示，酒精年產量在 150 億公升以下，尚不足以造成原料短缺及價格之波動。事實上，53 億公升酒精之生產量才消耗美國玉米總產量之 7 %，故 3 倍以上之酒精生產量應該是沒問題。但是值得注意的是，酒精生產時所伴隨之其他副產品，如乾磨廠之 DDGS (distillers dried grains with solubles，帶可溶物之乾磨穀)，濕磨廠之玉米麩皮 (corn gluten feed)、玉米麩蛋白 (corn gluten meal) 等，是否能消化之問題。

目前美國國內之生產公司，其年產量在 100 萬公升以上約有 37 家，而以 Archer Daniels Midland (ADM) 為最大，它擁有 4 間生產工廠，合計年產量可達 28 億 5 千萬公升。美國酒精之生產原料主要為玉米，約佔生產原料中之 90 %。其原料之處理方式可分為濕磨處理 (wet-milling) 及乾磨處理 (dry-milling) 兩種。但近年來乾磨廠已逐漸為濕磨廠所取代。

美國的車用酒精燃料源自玉米 (少部份高粱)，經濕磨或乾磨程序後再經醣酵製造酒精。1995-1996 年間，美國酒精產業情況如下：

酒精製造廠：42 家 (座落在 19 州)，

其中乾磨 24，濕磨 10，特殊設備（纖維質、乳漿、馬鈴薯）
8，

玉米等穀類使用量：6 億蒲式耳，
酒精生產量：1,500 百萬加侖（56.8 億公升）。

	生產量比例(%)	總生產量(百萬加侖/年)	工場數(%)
乾磨	38	586.2	57
濕磨	60	921.5	24
特殊設備	2	23.6	19
總計	100	1,531.3	100

玉米用來生產酒精並不會減少它供做食品的量，因為只有玉米粒的澱粉部份才被轉化為酒精，剩下的維他命、礦物質、蛋白質、及纖維素仍被製成珍貴的食品及飼料。

1 英畝玉米田（125 英斗玉米）可生產下列產品：

- 313 加侖酒精
- 1,362 磅 21% 蛋白質之玉米麩料（給家畜吃的蛋白質飼料）
- 325 磅 60% 蛋白質之玉米麩蛋白
- 189 磅玉米油。

每 1 英斗（約 23.6 公斤）的玉米含有：

- 10.9 磅玉米麩料
- 2.6 磅玉米麩蛋白
- 1.6 磅玉米油
- 17 磅二氧化碳（用於碳酸飲料）
- 31.5 磅澱粉〔可製甜料 33 磅或乙醇 2.5 加侖（約 9.4 公升）〕

【註】：乙醇之產率計算（每一英斗之穀類）

$$56 \text{ 磅之玉米} \times 0.85 = 47.6 \text{ 磅之乾穀 (15\% \text{ 水分})}$$

$$47.6 \text{ 磅乾穀} \times 70.6\% \text{ 澱粉} = 33.61 \text{ 磅之澱粉}$$

$$33.61 \text{ 磅澱粉} \times 1.11 = 37.3 \text{ 磅之葡萄糖}$$

$$37.3 \text{ 磅葡萄糖} \times 0.511 = 19.06 \text{ 磅之酒精}$$

$$19.06 \text{ 磅酒精} \div 6.6 = 2.89 \text{ 加侖之酒精 (由一英斗玉米而得)}$$

（實際之產率約為每英斗 2.5-2.6 加侖）

(二) 酒精汽油

美國中北部盛產玉米的州均致力於酒精燃料之推廣，已有 21 州的州長組成州長乙醇聯盟 (Governors' Ethanol Coalition)，由政府來推動，民間則有可再生燃料協會 (Renewable Fuels Association)、乙醇聯盟 (The Ethanol Alliance)、乾淨燃料發展聯盟 (Clean Fuels Development Coalition)、國家玉米生產者協會 (National Corn Growers Association)、及美國穀物協會 (U. S. Grains Council) 等，促使大家多利用酒精燃料。

美國國會在 1978-1980 年間通過數項能源投資之鼓勵法規，其中最重要者就是投資於從農產品（玉米、高粱等）製造酒精來當車用燃料。1990 的清淨空氣法案 (Clean Air Act，要求使用新配方汽油 reformulated gasoline, RFG) 及 1992 的國家能源政策法案的通過，增加了替代燃料許多的市場機會。含氧燃料計畫自 1992 年 11 月開始，美國 39 個一氧化碳高污染的大都會，在冬天售出的汽油必須含至少 2.7% 的氧，使汽車排氣中一氧化碳降低 15-20%，含氧燃料包括乙醇（酒精）、甲基第三丁基醚 (MTBE)、及乙基第三丁基醚 (ETBE)。

目前美國使用無水酒精混入汽油中使用，其混合之比例在各州均

有所不同，而全國之酒精添加混合比例平均為 10.82 % (1994/1995)。在一些高酒精混合比例之燃油上，如 E-85 (酒精佔 85 %)，其酒精比例也會依不同之季節而有小量調整。

至於重型車輛有使用 90 % 之乙醇 (E-90) 及全部為乙醇者 (E-100)。據估計，在十年內，將有 5 百萬輛車使用非石油的燃料。

美國目前約有 4000 輛使用 E-85 汽油 (85 % 酒精 + 15 % 汽油) 為燃料在公路上行駛，大部分是分佈在美國中西部各州。預估在 1998 年春天，數量可增加至 1 萬 6 千輛。最早在 1993 年美國通用汽車廠 (GM) 所生產之 Lumina 車種即可使用此種燃料。目前是由福特汽車廠所生產之 Taurus 車種使用此種酒精。此外尚有 E-95 (95 % 酒精 + 5 % 汽油) 及 E-93 (93 % + 酒精 + 2 % #1 煤油 + 5 % 甲醇) 之計劃在進行中，如在 Peoria 地區有 14 輛 E-93 公共汽車，在 ADM 公司有 4 輛卡車使用 E-93 燃油。還有利用在啓動時或急踩油門時，噴入酒精以代替汽油之計劃在進行中。

E-85 酒精車的特點為：

- E-85 車每加侖跑 18-20 英哩，即每公升跑 7.7-8.5 公里，與汽油車相近。
- E-85 車經設計，所有燃料系統之材質均須能抗腐蝕，解決酒精車易腐蝕的問題。
- E-85 車為燃油廣適車，它可適用 0 % 至 85 % 間任何酒精濃度的燃料，使用者加油非常方便，車內儀表隨時顯示當時車內燃料之酒精濃度，而且可隨著燃料之不同而自動調整引擎之壓縮比。
- 85 % 酒精燃料在 1996 年間售出 323 百萬加侖 (12 億公升)，大都在中北部 14 州，目前有 20 個城市設 E-85 加油站，準備

中有 40 個城市。E-85 燃料價格為每加侖 1.25-1.35 美元，亦即每公升新台幣 9.2-10 元，此售價較汽油高 0.1 美元／加侖。

(三)美國政府推動酒精混合汽油之做法

美國政府為推動使用酒精來代替汽油之使用，訂定了許多優惠之稅法給生產公司、攬配公司及販賣公司。首先在 1978 年制定了能源稅法 (Energy Tax Act)，提供了 4 美分／加侖之聯邦貨物稅減免給 10 % 以上酒精含量之混合汽油，並提供 10 % 能源投資抵減 (外加於其他投資抵減) 紿酒精生產廠。1980 年之 Crude Oil Windfall Tax Act 更將先前之 4 美分／加侖之貨物稅減免終止日期延至 1992 年 12 月 31 日，且將 10 % 之能源投資抵減終止日期延至 1985 年 12 月 31 日。除此之外，又提供了 40 美分／加侖 (190 度酒精) 及 30 美分／加侖 (150-190 度酒精) 之所得稅抵減給酒精燃料混合業者。同年之 Energy Security Act 亦提供給小型酒精工廠 (年產量小於 100 萬加侖) 建廠費用之 90 % 的信用貸款。

1982 年之 Surface Transportation Assistance Act 將汽油之貨物稅提高至 9 美分／加侖，而將原先對 10 % 以上酒精混合汽油之 4 美分／加侖之貨物稅減免提高至 5 美分／加侖，且訂定 85 % 以上之酒精混合汽油，其貨物稅完全減免 (9 美分／加侖) 。同時混合業者之所得稅減免提高至 50 美分／加侖 (190 度) 及 37.5 美分／加侖 (150-190 度) 。1984 年之 Tax Reform Act 又再度將 5 美分／加侖之減免提高至 6 美分／加侖，且混合業者之所得稅減免提高至 60 美分／加侖 (190 度) 及 45 美分／加侖 (150-190 度) 。然而 1990 年之 Omnibus Budget Reconciliation Act 却將 6 美分／加侖之減免調降至 5.4 美分／加侖，但是將終止日期延至公元 2002 年止。同年之 Clean Air Act 修正案中，命令 39 個一氧化碳排放超過標準之地區，在

1995 年以前，在冬天時必須添加含氧燃料，且要求 9 個臭氧含量超過標準之地區全年都能夠添加含氧燃料。

1992 年之 Energy Policy Act 把貨物稅減免方案延伸至酒精混合比例小於 10 % 之混合汽油，明定 7.7 % 之酒精含量可減免 4.16 美分／加侖，5.5 % 酒精含量可減免 3.08 美分／加侖。1994 年之 Favorable Internal Revenue Service Ruling 把此種貨物稅減免及所得稅抵減擴展至 ETBE 。同年美國環保署 (EPA) 制定了 Renewable Oxygen Standard (ROS) ，規定在燃料裏須含 30 % 之含氧燃料，且此種含氧燃料必須是從可再生資源所產生的，才符合 ROS 標準。然而此項標準卻在 1995 年由美國法院裁定是違憲的。

汽油經銷商付汽油稅 18.3 ¢ /gal ，而乙醇經銷商則只付 12.9 ¢ /gal 的稅，然而，這些並沒有反映在燃料的銷售上，事實上，乙醇燃料有時還比汽油貴。將乙醇添加在汽油中，用量的高點是在 1994 年，這一年處理了 533 百萬蒲式耳的玉米， 1996 年用量減少了 26 % 。雖然使用了乙醇，但並沒有減低美國對國外進口原油的倚賴程度，目前美國有 53 % 的石油倚賴進口，但在 1979 年只有 46 % 。美國國會的一個小組已議決到 2000 年時取消乙醇稅的優待，但仍有爭議，將來可能仍維持此項補助，但金額會逐漸降低，從 2000 年的 5.4 ¢ /gal ， 2001 年降為 5.3 ¢ /gal ， 2003 年為 5.2 ¢ /gal ， 2005 年再降為 5.1 ¢ /gal ，也有主張予以取消的。

四、美國使用酒精對空氣污染之影響

根據美國之調查顯示，使用酒精混合汽油為燃料，對汽車廢氣之排放品質上，可降低 CO 之排放量約 20-30 % ，

揮發性有機化合物 (VOC) 約 12 % (E-10) ，

NO_x 之排放量約 3 % (E-10) ，

有毒物質之排放量 30 % 以上。

CO 與 VOC 又被認為會造成二次污染源——臭氧產生，故降低 CO 與 VOC 之排放量亦有助於臭氧之減少。另外 PM10 物質也有改善之狀況。除此之外，有一點是非常重要的，使用玉米（可再生穀物）製成酒精再去燃燒，是一個完整之二氧化碳循環圈。根據美國農業部門 (USDA) 之調查顯示，使用酒精當燃料，約可降低 27 % 之二氧化碳，這將有助於全球溫室效應之改善。

(五) 推動酒精燃料之社會效益

由於美國自 1978 年來一直以優惠之稅率來輔助酒精，才使得酒精能夠有競爭性的取代部分之汽油。當然其中之原因除了美國政府對石油危機之意識及環境污染之改善外，還有一項很重要之因素，即為改善農業之經濟。根據一項調查顯示，在 1997 年，因酒精之生產，總共可多提供 19 萬 5 千 2 百個工作機會，並可使聯邦政府多收入約 36 億美金。

有一項由美國玉米種植協會及再生燃料協會主持之研究報告指出，如果放棄「乙醇燃料稅計畫」，在美國將使消費者每年付出 54 億元的代價，包括失業、減少收入、以及支付較高的汽油費用等。

乙醇製自穀物，包括玉米、高粱，以及其他農產廢棄物（統稱為生質物）。酒精工業提供了很多的工作機會，並提高了玉米的價格，以及增加農村之收入。美國農業部 (USDA) 估計一座 100 百萬加侖之乙醇工廠可以給社區創造了 2,250 個工作。

由 1996 至 2002 年，乙醇工業將美國經濟增加 510 億美元（ 1996 幣值）。種植穀物的農夫收入為 22 億元，因有乙醇之生產，所以每年的收入可增加 3 % 。若每一億蒲式耳的玉米用做生產酒精時，則每蒲式耳的玉米售價可增加 8-10 美分。同樣效應也發生在其它

穀物上，例如每蒲式耳小麥增加 2 美分，每蒲式耳大豆增加 10-13 美分。

由於乙醇之生產，在食品／燃料處理工業上，直接對 17 州提供了 5,800 個工作。另外，對乙醇之製造者提供的服務，間接地增加了每年 48,900 個工作。酒精工業直接付給工人工資 277 百萬美元，由這些收入刺激了消費需求，所以因酒精的生產之間接效益有 18 億美元。（表一及表二）

表一 乙醇工業對美國經濟之效益 (1996-2002 年)

巨觀經濟之影響	7 年總計
最終需求 (十億元)	\$50.9
家庭收入 (十億元)	\$12.5
直接	2.1
間接	10.4
工作機會	55,563
直接	6,668
間接	48,895
農場收入 (十億元)	\$15.6

表二 乙醇工業對年度經濟之影響 (1996-2002 年)

影 響	7 年總計 (十億元)
最終需求 (十億元)	\$7.398
個人所得稅	3.487
事業所得稅	3.911
優惠稅額	- \$3.517
總 效 益	\$3.881

今日美國所使用的能源有 50 % 以上仰賴進口，預計到 2010 年時會增加到 60 %。這些油品主要用到交通方面，石油系的汽油、柴油、及噴射機燃料佔了交通用油的 97 %。交通用的石油有 61 % 來自進口。另一方面，汽油添加劑 MTBE (甲基第三丁基醚) 的進口量亦與日俱增。由於乙醇與 MTBE 有替代性，所以使用酒精可以取代進口的石油及 MTBE，使美國的能源自給率提高。事實上，每 23.8 加侖的乙醇可替代一桶的進口石油。

美國目前汽油稅為每加侖 18.4 美分，若汽油攪配酒精時，販賣者每加侖可以減稅 5.4 美分，這項優待措施是始於 1979 年，用以振興農村之經濟，並降低倚賴進口石油的程度。國會也體認到乙醇對環境、農業、經濟、能源安全性的好處，所以決定以減稅為最簡單及最有效的鼓勵方法。聯邦的乙醇計畫每年為政府增加了 555 百萬美元的稅收，是因增加家庭及農場的收入而使賦稅增加，抵還了因獎勵之減稅部份。依據 1996 年的全國民意調查，有十分之七的人支持繼續予以乙醇的優惠。由於部份稅的減免，協助建立了很強的國內能源資源，在 1979 年時，酒精產量僅為一千萬加侖，目前酒精產量已達 15 億加侖。

美國去年玉米的收成達 220 億美元，製成了 3,500 種以上的產品供應市場，包括蠟筆至化粧品，從墨水至飲料，其中很重要的就是製成乙醇。

(六) 燃料與國家安全

美國人所使用的能源價格是全世界最低的，但是獲得這種低能源的代價卻是很高的。全世界的油藏有三分之二集中於波斯灣。據估計到了 2010 年，全世界所需之石油有 75 %，要靠阿拉伯國家。愈依賴石油進口的國家就會愈受到當地政治變化的牽制。

美國人自加油站購買汽油的價錢並不能真正代表其所付巨大的國家安全費用。為了要獲得地區之安定性，保護石油得以暢流，美國提供海軍保衛海上安全；對友好國家提供援助；介入中東戰爭；並保證一旦有需要，美國會動用軍事力量等等。同時美國也要維持一定量的策略性儲油以確保因天候或緊急調度之需要。

美國能源部估計與維護其能源安全有關的軍事費用每一年約有 350 億美元，亦即對每桶 20 美元的原油，美國的納稅人，還得另外付出 12 美元的確保及保護中東的原油供給。但其他有很多研究機構也在估算這種花費，所算出來的數據遠大於上面所敘之數據，經濟策略研究院估出每桶國外原油為 80 美元，洛磯山研究院則估每桶 106 美元，而美國會計總署 (U. S. General Accounting Office) 則高至每桶 126 美元。

由於原油蘊藏集中於中東地區，不但有政治風險，價格亦易受壟斷，據美國能源部的估算，因原油價格的被壟斷，美國在 1974-1990 年間，美國經濟每年約損失了 1,000-4,700 億美元。

美國在 1975 年建立了能源政策及儲備法，所以有了策略性儲油，政府每年約花費 3 億美元於這些儲油的運作與管理。能源計畫之比較如表三，酒精燃料之推動對國家益處更大。

表三 美國能源計畫之比較 (1975-1995 年)

	策略性儲油 (SPR)	酒精稅之減免
確保之能源量	原油 587 百萬桶—— 可煉 111 億加侖汽油	每年 15 億加侖—— 自 1975 年起總共 123 億加侖
迄今美國之投資	\$210 億	\$60 億
每年的會計影響	\$212 百萬維護費 + 購買費 \$25／桶	因為農家及企業收入增加而 增加稅收 528 百萬元／年
每加侖能源之成本	原油 \$0.87／加侖或 汽油 \$1.89／加侖	酒精 \$0.54／加侖，若從預算 而言，節省 \$0.35／加侖
工作職位	67	55,000
貿易之影響	SPR 購油為貿易負值， 原油佔 40%	每年減少 MTBE 進口 12 億，增 加酒精副產品出口 8 億
國內生產毛額增加數	0	每年 57 億

在 1970 年時，美國石油進口量佔其需求的 23 %，到了 1973 年進口比例上升至 35 %，目前更增加到 54 %，據預估，這個數字在 2010 年更會上升至 60 %。美國的消費者平均每年需花費 500 億美元於購買國外油品。

這些油品大都使用於運輸方面，美國的運輸用能源有 97 % 來自石油的汽油、柴油、或燃料油，而運輸用的石油的需求則有 61 % 倚賴進口。油品需求的成長主要為汽油，加上美國本身石油產量之減少及替代燃料的限制，使得油的進口量一直在增加。

由於很多地區經濟的快速成長，石油需求量也快速成長，預估未來 15 年內會增加 22-34 %，1995 年全球石油消費量為 69 百萬桶／天 (MMBD)，據估計到了 2010 年會另外增加 20MMBD。

若使用摻配乙醇的燃料，將可因應這種能源需求的生長，根據美

國農業部稱，「乙醇為所有液態運輸用燃料中最有能源效率者，與從玉米的種植、收成、然後製造成酒精所消耗者，效率為 125 %」。相較之下，汽油之生產，效率只有 75-80 %。

另外在汽油添加劑甲基第三丁基醚 (MTBE) 方面，美國之進口量也一直在增加，1990 年進口 30 百萬加侖，到 1995 年，進口量為 750 百萬加侖，五年內就增加了 24 倍。而且，這些進口的 70 % 亦來自沙烏地阿拉伯及其它 OPEC 國家，單只沙烏地阿拉伯，就佔 47 %，而且這比例會愈來愈大，故其風險不能等閒視之。

美國農業部估計，用同量的原油來生產 1 英熱單位 (btu) 之汽油，可以生產 8 btu 之乙醇，所以如果使用乙醇，將可以平衡 8 倍之原油需求量。

(七) 綠色汽車

美國對汽車製造廠規定有製造公司之平均燃料經濟指標 (corporate average fuel economy, CAFE)，即製造公司全年銷售之小型貨車及運動用車輛之標準為 20.7 mpg，而小客車則為 27.5mpg。如達不到此等標準，汽車製造公司即會受到罰款，若不符 CAFE，每少 0.1mpg，每車罰款 \$5.50，總計可能達數百萬元之鉅。因此，美國三大汽車製造廠，克萊斯勒、福特、及通用汽車公司都有生產使用含氫燃料（如乙醇）的汽車。

福特公司推出可轉換燃料車種 (flexible fuel versions, FFVs)，這種 FFVs 可以使用如乙醇等替代燃料。從 1990 年起，福特公司已賣出 FFV12,117 輛。該公司銷售 FFV，希望可以使該公司的年 CAFE 在標準之下。該公司預定在未來四年內賣出 250,000 輛 FFV，其策略是壓低利潤及售價來爭取顧客。

福特公司之可變燃料金牛車型 (Taurus) 汽車 (1997 FFV) 亦可以

使用 M85 燃料（混攪 85 % 甲醇及 15 % 汽油）、無鉛汽油、或此二種燃料的任何比例組成。它用一種特殊的偵測器來感知燃料組成，然後將此等訊息傳至電腦表板，然後可調整燃料之流量及點火時間以獲得最適合的性能。福特汽車公司認為 1997 年金牛 FFV 是一種先進型的車輛，可以減少形成煙霧的碳氫化合物的排放量，最高減少至 30 % (使用甲醇時)。此種車型的售價比使用汽油的同一車型要便宜 \$345。由於甲醇比汽油乾淨，所以福特公司加長了換油間隔，由 3,000 哩至 5,000 哩。

E85 (含 85 % 乙醇及 15 % 之汽油) 比中級汽油貴了 15 %。Amoco 公司也推出含 10 % 乙醇之油料，但消費者卻希望只供應在中西部幾州即可。

在 Nebraska 州，約有三分之一的汽油攪有 10 % 的乙醇。該州擁有一最大的 E-85 可變燃料車隊。E-85 為一攪配燃料，含有 85 % 之乙醇及 15 % 無鉛汽油（可增進冷天的啓動性）。Nebraska 州於 1988 年及開始以 Chevrolet Corsic 的修改車型來燃用 E-85。目前在 Nebrasak 有 56 部 Chevrolet Lumina 在行駛，它可燃用無鉛汽油或攪有 85 % 以內乙醇的汽油，它裝有一感測器探知燃料中乙醇的濃度，以便調整排放控制零件，使汽車以最佳狀況行駛。

克萊斯勒公司也效法福特公司，在 1998 年將增產 FFV，它將使一半的小貨車（約 200,000 輛）使用 E85 燃料、加 ETBE (乙基第三丁基醚) 的燃料、或兩者。這項措施已獲得乙醇工業界的讚揚。克萊斯勒公司說這種新車售價將不增加。增產乙醇燃料車可以使汽車製造廠出售更多的汽油輕便貨車。

Nebraska 州林肯市市立公車處 (Star Tran) 自 1993 年 12 月購入 4 輛酒精引擎公車，三年來測試結果：酒精公車平均每加侖跑 2 英哩

(柴油車每加侖跑 4 英哩)，酒精燃料每加侖 1.31US\$ (柴油每加侖 0.72US\$)，因此酒精公車操作費用為柴油公車的四倍。酒精車引擎壽命 100,000 英哩 (柴油車 250,000 英哩)，酒精車加速力及動力與柴油車相同。

在重型車輛燃料之考慮，酒精替代柴油之經濟因素較弱，但在都市空氣污染防治之考量因素較強。因此在替代燃料考慮上，仍以 CNG (壓縮天然氣) 為優先之對象。

英國倫敦開始有公共交通車輛使用 LPG。由於有稅負優待，歐洲國家如荷蘭，約有 50 萬輛 LPG 車，義大利約有 100 萬輛；法國也採行新的稅負獎勵，所以此類車輛數每年增加 30 %。日本東京的計程車則早已使用 LPG 為燃料。現有的汽油車可改裝換用 LPG，改裝費用約 \$800-1,500。在英國，LPG 價格約與汽油相當，但加氣站並不普及，全英國只有 100 個加氣站而已。

中國大陸為了降低空氣污染，將在北京試用燃用天然氣的車輛。中國天然氣總公司將在北京建造三座加氣站，費用約一億元。目前在中國大陸約有 4,000 輛燃用天然氣。

在台灣已推動小客車使用 LPG 為燃料，並設有數個 LPG 加氣站。目前台北市亦在推動公車試用 CNG 之計畫。

五、台灣替代燃料狀況

(一)總述

國內目前玉米絕大多數為進口，年進口量約為 598 萬 7 千噸，其中 97 % 是從美國進口。台灣玉米進口價格平均價格高於美國中西部原產地約 50 %。但如再加上一些進口處理費用，則實際購入成本高約 65 %。目前台灣有兩家玉米濕磨廠 (一家尚在建廠中)，主要是生產高果糖糖漿，並沒有製造酒廠。因為目前酒精之生產仍在管制中，只有公賣局委託台糖生產製造飲料級酒精，年產量約為 2600 萬公升，最主要用於米酒中之添加使用。台糖則使用糖蜜 (molasses) 來作為生產酒精之原料。

台灣目前石油也多仰賴進口，年進口原油量約 35 百萬公秉，而台灣本土之產量僅有 6 萬公秉。國內目前汽油之消耗量約為 8.2 百萬公秉，柴油消耗量為 6.3 百萬公秉，燃料油消耗量為 16.4 百萬公秉。轎車數量為 387 萬輛，摩托車數量為 852 萬輛，其他車輛有 81 萬輛。目前所使用之汽油中並無加入酒精，但是在無鉛汽油有加入 6-10 % 之 MTBE。國內汽車排放之現行標準為 1995 年 7 月 1 日所訂定，如表四所示。但至 1999 年 1 月 1 日則需採取新的排放標準，如表五所示。

表四 台灣現行汽車排放標準

交通工具種類			汽油及替代清潔燃料引擎汽車				
施行日期			84年7月1日				
適用情形			新車型審驗／新車檢驗			使用中車輛檢驗	
排放標準	行車型態測定	分類	轎 車	貨車及客車		—	—
			旅行車	≥ 1200cc	≤ 1200cc		
		CO(克 / 公里)	2.11	6.2	11.18		
		HC(克 / 公里)	0.255	0.50	1.06		
	惰轉狀態測定	NOx(克 / 公里)	0.62	1.43	1.43		
		CO (%)	1.0			1.2	1.2
		HC (ppm)	200			220	220

表五 台灣未來汽車排放標準

交通工具種類			汽油及替代清潔燃料引擎汽車				
施行日期			86年1月1日				
適用情形			新車型審驗／新車檢驗			使用中車輛檢驗	
排放標準	行車型態測定	分類	轎 車	貨車及客車		—	—
			旅行車	≥ 1200cc	≤ 1200cc		
		CO(克 / 公里)	2.11	3.11	6.20		
		HC(克 / 公里)	0.155	0.242	0.50		
	惰轉狀態測定	NOx(克 / 公里)	0.25	0.68	1.43		
		CO (%)	0.5			1.2	1.2
		HC (ppm)	100			220	220

(二)國內利用玉米為原料來製造酒精之成本估算（引用自台榮產業公司余泓洋先生報告資料）

目前台灣汽油之總消耗量約為 800 萬公秉，如以 10 % 之添加基準作為計算，則年需求量約為 8 億公升之燃料級酒精。生產 1 公升酒精需要 2.5 公斤玉米，故需玉米 200 萬公噸。目前台灣每年進口玉米 640 萬公噸。

若以年產 2 億公升之酒精生產廠（約 1,500MT ／日之玉米處理量）作為計算基準，則在乾磨廠中每公升酒精之生產成本約為 NT13.84 元／公升，其成本分析如表六。其中考慮到初期之技術引進及操作不純熟，故將操作成本之部分乘以 1.2 。然在濕磨廠中每公升酒精之生產成本約為 NT13.54 元／公升，其成本分析如表七。但若考慮初期發展酒精燃料時，酒精添加不大可能一下子全部使用之情況下，酒精生產廠之規模就不可能如此之大故若以年產量 5 千萬公升之酒精生產廠（日處理玉米量約 400MT ／日）來評估，則在乾磨廠之生產成本約為 NT14.84 元／公升，濕磨廠約為 NT14.81 元／公升。其中在乾磨廠中，淨原料成本佔總生產成本之 45-50 % ，而在濕磨廠中，淨原料成本約佔 38-42 % ，故原料玉米之價格及副產物之售價均對總生產成本有相當大之影響。

表六 玉米乾磨廠酒精生產成本評估（台榮產業公司余泓洋先生報告資料）

計算基準：玉米價格 4580 元／噸
 DDGS 4400 元／噸（大陸巨興集團）
 CO₂ 1884 元／噸（大陸巨興集團）

酒精年產量(公斤)	2 億		5 千萬	
	(元／公升)	(元／公升)	(元／公升)	(元／公升)
淨原料成本		6.81		6.81
操作成本		5.12		5.40
能 源	2.31		2.54	
酵素與酵母	0.44		0.44	
化 學 品	0.44		0.44	
保 養	0.50		0.50	
經常費用	0.14		0.14	
稅金與保險	0.14		0.14	
其他費用	0.08		0.08	
管 理 費	0.22		0.22	
以上小計	4.27		4.50	
安全係數	(20%)		(20%)	
折舊費用(8年攤還)		1.91		2.63
合 計		13.84		14.84

表七 玉米濕磨廠酒精生產成本評估（台榮產業公司余泓洋先生報告資料）

計算基準：玉米價格 4,580 元／噸
 玉米麩蛋白價格 13,600 元／噸
 玉米麩皮價格 4,600 元／噸
 玉米胚芽價格 4,000 元／噸
 CO₂ 1,884 元／噸（大陸巨興集團）

酒精年產量(公斤)	2 億		5 千萬	
	(元／公升)	(元／公升)	(元／公升)	(元／公升)
淨原料成本		6.81		5.62
操作成本		5.12		5.64
能 源	2.49		2.74	
酵素與酵母	0.44		0.44	
化 學 品	0.44		0.44	
保 養	0.50		0.50	
經常費用	0.14		0.14	
稅金與保險	0.14		0.14	
其他費用	0.08		0.08	
管 理 費	0.22		0.22	
以上小計	4.45		4.70	
安全係數	(20%)		(20%)	
折舊費用(8年攤還)		2.58		3.55
合 計		13.54		14.81

(三) 國內使用酒精添加於汽油中之可行性

國內持續致力於改善環境污染，特別是在空氣污染方面不餘遺力。過去數年來，曾檢討了許多汽油之替代品，包括酒精、液態石油氣(LPG)、壓縮天然氣(CNG)及電力等。評估之結果則是採用 LPG 與 CNG。當然，當初對酒精之評估（酒精成本約 NT\$20 ~ 30 / 公升）或許是以糖蜜為原料之方式生產之酒精，其成本在國內是逐漸高漲。但若改用玉米作為原料，其生產成本即可降了許多。雖然國內利用玉米來生產酒精，並無有如美國或巴西一般，有促進農業發展，改善人民生活所得之利基，但就空氣污染改善方面，卻有不少之助益。特別是這種利用可再生農作物為原料，對整個地球之二氧化碳平衡上有其益處。

台灣資源貧乏，不管是用石油或用玉米作原料，均需仰賴進口。但是若能使用酒精來代替部分之汽油，或能達到分散資源之效果。在經濟因素考量上，現在之汽油售價（約在 17-18 元）下，以酒精之生產成本（或進口燃料級酒精）來看，似乎還有生存之空間。當然，上述之成本尚不包括酒精混合汽油之成本。且值得注意的是，淨原料成本均佔總成本中相當大之比例（乾磨 50 %，濕磨 40 %），所以在淨原料價格結構劇烈波動時，亦會造成生產成本之變動。此外，現行之無鉛汽油中已添加 6-10 % 之含氧燃料 MTBE，以增加汽油之辛烷值。此部份亦可考慮利用酒精來取代，視其經濟性而定。

燃料級酒精工業在台灣是否能發展，當然必須看政府之政策而定。初期階段由於技術之不夠純熟且規模不大之條件下，生產燃料級酒精要有利潤是比較困難的。它的生存得賴政府之補助及獎勵措施。

目前美國酒精之售價約為 NT\$7.85/ 公升，而酒精之生產成本為 NT\$7.78/ 公升（乾磨）及 NT\$6.88/ 公升（濕磨），若加上折舊成本，則分別為 NT\$9.58/ 公升及 NT\$9.18/ 公升。

六、替代燃料之技術考慮

全世界的汽車公司爭相發展「綠色」汽車。為了降低其排放污染，幾種使用替代能源的汽車有：電動汽車、燃料電池馬達、燃氣車、及多種燃料汽車，各具特色，但尚沒有那一種可獨霸市場。（如表八）

表八 替代燃料車輛比較表

燃料／公司	優點	缺點
石油／電力兩用車(Toyota)	80mpg，排放降低一半	價格貴出 \$4,000 以上
動力束混用型(Power beam Hybrid)/XKF	以飛輪儲存能量；效率加倍	價格貴
燃料電池/Ballard Power System	mpg 為現有兩倍	價格貴，尚未可商業化
LPG/Shell Gas	碳排放量降低一半，由一般引擎改裝容易	價格高，改裝價 \$1,250 ~ 2,500
CNG	清潔	價格貴，需要較多的加氣站
電動引擎	無排放污染	每 50 哩就需充電，購買價高

摻加乙醇於汽油中之比例，在第二次世界大戰時，曾加至 30-50 %，巴西試驗最適比例為 22 %，美國平均則用 10 %。

摻加酒精於汽油中，汽車設計時應：

- 閥座應硬化
- 化油器要加以調整
- 點火時間要予以最適化

●燃料系統中要使用防蝕材料

其好處為壓縮比可由 7.5 提高至 10，可以提高汽車之性能。

●車速可高達 205 公里／小時

●燃料經濟性：都市區——可達 11.5 公里／公升
公路上——可達 16.6 公里／公升

使用酒精的毒性中等，其 TVL 為 1000ppm。為了安全考慮，使用時要加以變性，其危險性與其他燃料相似。火燄可目視到。萬一酒精溢灑外洩，它易於分解，對於生態之衝擊性比碳氫化合物小。

以 ETP-75 測試，排放氣中有機性揮發物中含：

碳氫化合物——97 % (重量)

乙醇——1.7 %

醛類——1.3 % (其中甲醛 55%，乙醛 44%，較高醛類 1%)

酒精供做燃料及工業使用，其規範自有不同，示如表九及表十。

表九 美國燃料酒精之規範 (High Plains Corp.)

水分：0.650 (vol %)max

(以 KF 分析法)

酸度：70ppm max (醋酸)

變性：加天然汽油 2-4.5 % (vol.)

外觀／顏色：清澈明亮，無雜質

乙醇含量：95 % min (GC)

表十 美國工業用酒精之規範 (High Plains Corp.)

Proof: 192.0min

水份：5 (vol %)max

(6 wt. %，以 KF 分析法)

加高錳酸鉀：40 分鐘 (min)

外觀：清澈明亮

乙醇含量：96 % min (GC)

成 份	最大含量 (ppm)
酸 度	5 (醋酸)
醛 類	3 (GC)
甲 醇	5
酯 類	5
正 丙 醇	5
異 丁 醇	5
正 丁 醇	5
異 戊 醇	5
更 高 醇 類	5

醇類代用燃料有甲醇及乙醇等，其主要性質列如表十一。

表十一 燃料主要性質之比較(5)

燃料性質	單位	甲 醇	乙 醇	汽 油	柴 油
比重		0.792	0.785	0.74-0.75	0.845-0.855
蒸發熱	kJ/kg	1,000	904.3	293	255
低燃燒熱	kJ/kg	20,089	26,968	43,961	42,550
體積能量	kJ/l	15,900	21,200	32,800	36,220
相等能量之 相對體積		2.27	1.69	1.10	1.00
空氣／燃料比		6.4	9.0	14.9	14.6
沸點	°C	65.6	78.3	48 (10%) 96 (50%) 171 (90%)	214 (10%) 257 (50%) 304 (90%)
RON		106	107	92-98	-
MON		92	89	84-88	-
十六烷值		3	8	8-14	40-45

根據中國石油公司煉製研究所對醇類替代燃料之研究結果，主要為：

- 在高級汽油中摻和 15 % (v/v) 的甲醇作為二行程引擎的燃料最能發揮引擎熱效率，產生較多制動馬力，此時引擎點火角度置於 30 ° BTDC (1)。
- 以 20 % 甲醇摻合煤組汽油，可理想替代作為四行程引擎燃料 (2)。
- 甲醇汽油摻加 1.5vol % 第三丁醇，可減少甲醇汽油易吸收水份而分離。以甲醇第三丁醇汽油代替高汽，可做無鉛汽油使用，

亦可減少 HC 及 CO 之排氣(3)，但 NOx 會增加(4)。

- 甲醇之 RON 高達 106，而十六烷值只有 3，故較接近汽油，較適合使用於汽油引擎。若甲醇使用於柴油引擎，須加入十六烷值增善劑到 15 vol % 以上，不合經濟效益，且機件要做大幅度之修改；甲醇熱值只有柴油的 1/2.27，燃料箱須增大兩倍以上；甲醇揮發性高，易生氣障，故不適合使用於柴油引擎。好處為可有效降低硫化合物、黑煙、微粒、及 NOx，但會增加甲醛之排放(5)。
- 乙醇摻配於汽油中可提高辛烷值及汽油中之溶水量（10 % 乙醇時其溶水量約 0.3 %）。若不改引擎之構造，依高級汽油之規格要求，其最適之摻配量為乙醇 10-15 %，乙醇含量若超過 20 % 時，引擎起動發生困難。乙醇汽油之排氣中，HC 及 CO 之含量較汽油少，但 NOx 會稍微增加。以 MTBE 替代乙醇汽油中之乙醇，亦有乙醇汽油之好處(6)。
- 汽油中之鉛在汽車引擎中經燃燒後產生氯化鉛及溴化鉛，附於氣門及氣門座上有防止磨損及高溫氧化之功能。燃燒乙醇汽車（15 % 乙醇）時，無此功能，應改良引擎材料或改進潤滑之功能。(7)

(參考資料)

1. 林正雄、楊振明，動力燃料引擎試驗——甲醇摻和汽油之二行程引擎試驗，中油公司研究及訓練中心，中華民國 65 年。
2. 楊振明，動力燃料引擎試驗——甲醇摻和汽油之四行程引擎試驗，中油公司研究及訓練中心，中華民國 66 年。
3. 蔡永德，甲醇摻和汽油為燃料、實車行駛試驗，中油公司煉製研究中心，中華民國 70 年。

4. 蔡永德，甲醇汽油之引擎性能試驗及排氣分析，中油公司煉製研究中心，中華民國 71 年。
5. 林坤海、吳澤松、曾裕峰、林正雄，柴油摻甲醇對引擎性能、排氣污染及經濟性估計，中油公司煉製研究所，中華民國 81 年。
6. 林正雄，乙醇、甲基第三丁基醚等作汽油添加劑之引擎試驗，中油公司煉製研究中心，中華民國 68 年。
7. 林正雄，乙醇汽油為燃料對氣門磨損及曲軸箱油之影響，中油公司煉製研究中心，中華民國 69 年。

酒精之使用對空氣污染之影響

使用酒精替代汽油或添加酒精於汽油中，其最大之好處即為減少排氣中一氧化碳 (CO) 及碳氫化合物 (HC) 之含量。其原因乃是因酒精本身即為一含氧燃料，又本身化學結構為簡單之原子鍵結，且能提供連續而平穩之火焰燃燒之故。汽車引擎若能供給較高之空燃比，則對 CO 及 HC 之降低有很大之助益。其次，酒精能夠代替一些鉛化合物或芳香族化合物，以作為提高辛烷值之汽油添加物。如此一來，又可使排氣中減少鉛含量及一些有毒之有機物。再者，酒精為一完全無硫之物質，添加入汽油中即可減少汽油之使用量，如此對 SO_x 之排放量亦能達到降低之效果。

此外，汽油中含有少量之硫，以至於在調整不良之汽車中，其排放廢氣經觸媒轉化器處理後，會產生 H₂S 氣體，此氣體乃具有臭雞蛋之惡臭味。若使用酒精或酒精混合汽油，即能免除或降低此一現象。巴西自 1981 年來，使用輕質汽油為燃料之汽車 (LDV) 其排放廢氣中 CO 、 HC 及 NO_x 含量之變化。很明顯的，酒精之使用大大的降低了

CO 及 HC 之排放量。但酒精之使用卻提高了醛類物質及排放。但自 1992 年，巴西訂定了醛類物質排放標準後，汽車製造廠商藉由開發減少醛類物質產生之新觸媒轉化器，而使得醛類排放量亦大大降低。值得一提的是，在巴西其乙醛／甲醛之比例高，而乙醛之毒性卻只有甲醛之 1 / 100 。但須注意的是，乙醛會參與光化學反應，而使臭氧增加。

七、結論

此次赴巴西及美國瞭解了酒精汽油製造行業、燃料運用、政府及民間推動努力、及對環境品質之改善。酒精燃料在巴西及美國使用的動機主要有二，一為經濟目的，善用自產能源以節省進口之能源外匯，並創造就業機會，促進農村繁榮，另外亦增加能源來源多元化，減少能源危機之衝擊。其次為環境保護，達到資源再生循環使用的訴求。

在石油之有限性及維護地球環境的考慮下，如何利用可再生資源為能源之來源，各國均投入相當人力與物力去開發。在能源之利用、環境與經濟均需兼顧。

對於地小人稠，車子數量又多之台灣，空氣污染防治是特別重要的，因此車輛加裝觸媒轉化器、燃料添加含氧化合物、或使用清潔燃料以降低污染量是絕對必要的。正如目前政府在推動計程車使用 LPG，公車試用 CNG，並著手推動電動機車，其目的即為改善台灣之空氣品質。以 LPG 車及 CNG 車來看，如大量使用後，其供應問題應詳加規劃，電動機車則有電池續行力及回收等問題待突破。使用酒精，若取代比例小於 20%，一般說來，車輛系統無需作重大之調整，亦無二次污染之疑慮。

利用穀物來製造酒精，其最大之缺點即是要面對與食糧之競爭，以至於造成原料成本之波動。近年來，亦有部分科學家及工程師投入開發以木質素 (lignin)、紙漿廢液及都市廢棄物等為原料來生產酒精。故可預見之未來，使用酒精作為燃料，不但可改善空氣品質，對於地球上之減廢亦有相當之幫助。

誌謝

本次承美國穀物協會之贊助及安排，以及台榮產業公司余泓洋先生提供部份成本估資資料，謹此誌謝。

美國穀物協會簡介

美國是全球最大的穀物生產地，也是最可信賴的穀物（包括玉米、高粱、與大麥）供應國，為支援海外客戶善用穀物以發展畜牧事業與穀物加工業，美國的農民與相關的農業公司乃於 1960 年相率建立這個非營利性的私立機構——美國穀物協會。總部設在華盛頓特區，並且在全球各地建立 12 所海外辦事處，經由這個工作網，目前正在 90 個以上的國家從事技術協助工作。

美國穀物協會台灣辦事處成立於 1973 年，迄今已 25 年。其主要之工作項目如下：

一、技術方案 (Technical Programs)

A. 技術資訊

本協會資助編印下述出版品：

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. 飼料工業季刊 | 2. 飼料手冊（一年一本） |
| 3. 養豬協會會刊 | 4. 養雞協會會刊 |
| 5. 塑膠資訊（可分解塑膠專欄） | 6. 技術講習會專輯 |
| 7. 外籍專家技術專輯 | 8. 玉米酒精技術專輯 |
| 9. 玉米食品專輯 | |

B. 技術指導

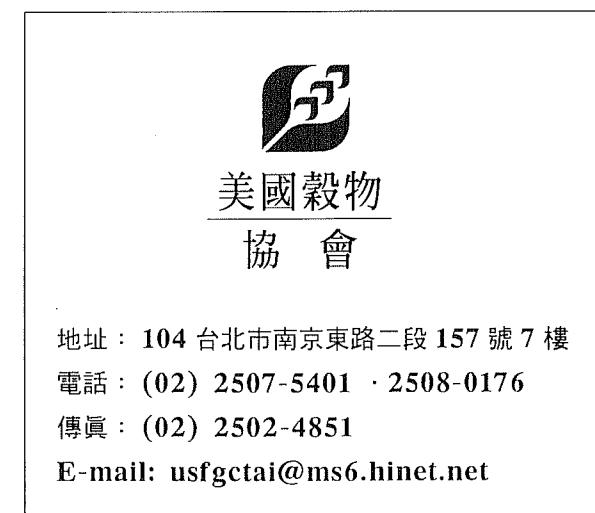
包括組團出國考察，邀請外籍專家前來我國指導，舉辦技術講習會，贊助種豬展示拍賣會等等。

二、貿易服務 (Trade Servicing)

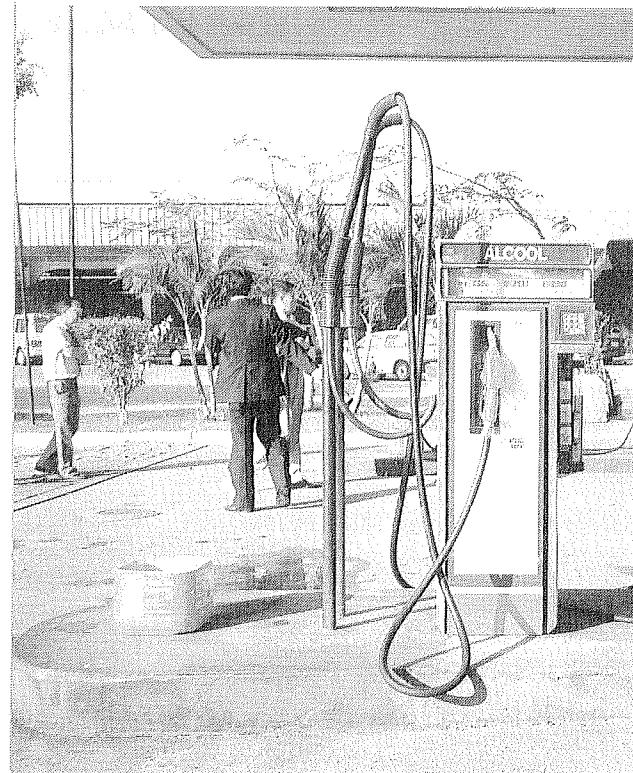
1. 出版《穀物進口商要覽》(Importer Manual)
2. 提供穀物產銷之市場訊息。
3. 安排中美雙方之業界人士或政府官員之互訪。

三、貿易政策 (Trade Policy)

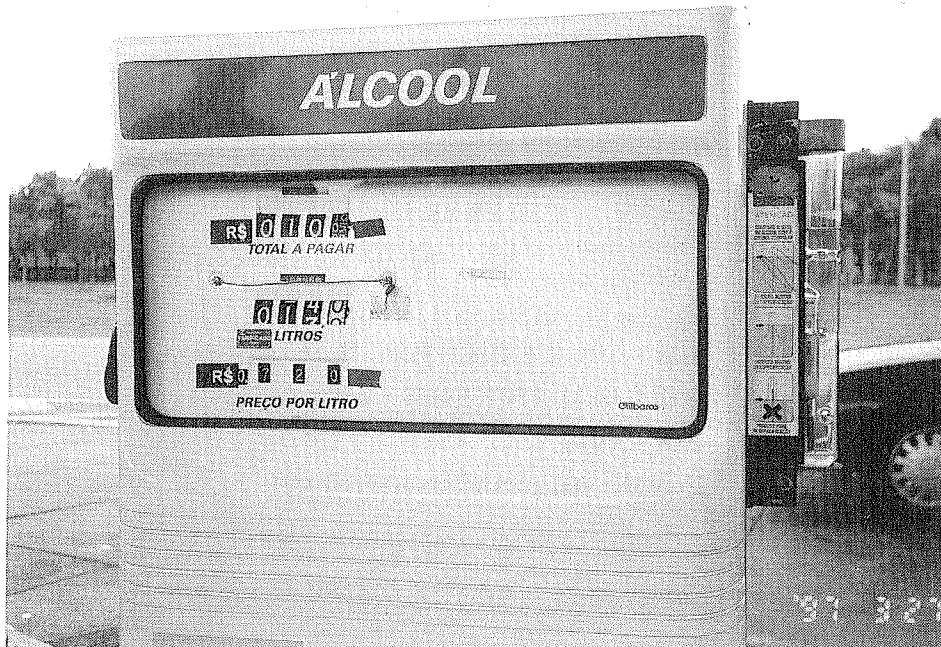
協助產、官、學各界因應因加入 WTO（前身為 GATT）所可能發生之影響及其他與穀物進口、加工有關政策之制訂與執行。



酒精加油站

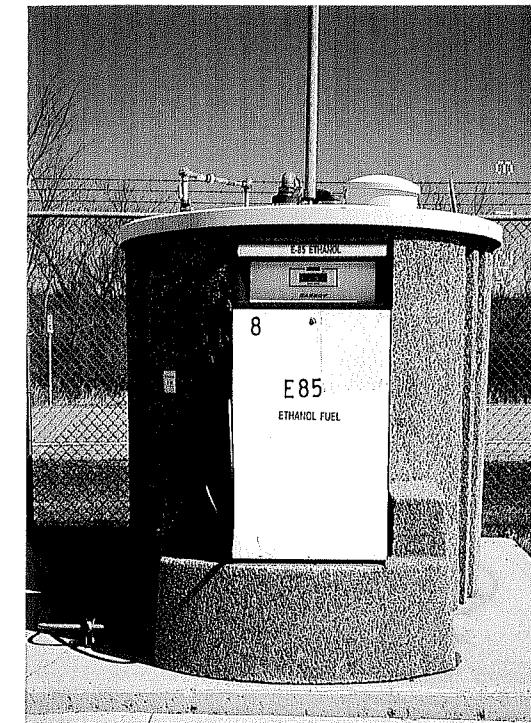


在巴西街頭之加油站都有酒精之加油設備



酒精加油槍都附有比重計（圖右），以證明酒精之純度。

公家機構重視空氣品質之改善



美國密西根州政府的公家車輛帶頭使用玉米酒精，用以提升空氣品質，並建立注重環保的良好形象。圖左為該州的公家車輛加油站裡 85 % 玉米酒精的加油設備。



美國內布拉斯加州的林肯市試著以玉米酒精當做公共汽車的燃料。雖然成本較高，但可使市區裡的空氣品質獲得改善，且讓市民瞭解公家機構之用心，是極佳的宣傳手法。此一構想頗值得台北市試辦。