

壹、 訪察背景

邁入二十世紀以來，科技的進步帶動人類經濟活動的快速發展，各種經濟活動製造出多樣產品富裕人類之生活。在生產過程當中，由於使用了大量化石能源，使得二氧化碳之排放超過自然環境之吸納，致使大氣中二氧化碳濃度增加，全球氣溫亦隨之上升，根據聯合國 1996 年氣候變化綱要公約（UNFCCC）之評估報告指出，人類活動所排年時，將比 1990 年時增加攝氏兩度，平面因而上升 50 公分，此將嚴重影響整個地球之生態環境。

基於節約化石能源，開發再生能再生態源及環境保護之考慮，各種清潔能源之科技發展在二十世紀之後期即顯得非常蓬勃。譬如，風能、太陽能、地熱、潮汐等發電技術均有著進步，不過最具發展潛力之清潔能源科技應為氫能（Hydrogen Energy）科技。特別是燃料電池（Fuel Cell）技術已趨近於商業化，很有可能成為二十一世紀最重要能源科技之一（註一）。由於燃料電池之用途非常廣泛，深受美國、區洲及日本等先進國家之重視，無論是政府支持之研究機構，還是民間之燃料電池公司，均投入相當大之經費及人力在燃料電池之相關研究上（註二）。燃料電池極有可能全面性的取代內機引擎（Internal Combustion Engine），得二十世紀成為氫能經濟的時代（Hydrogen Economy）。

台灣在此跨世紀之燃料電池研發競爭上，仍有相當幅度之落後。不過在這場科技研發競爭上，台灣不應該缺席，因為從產業發展之歷史經驗觀之，歐、美、日等先進國家均蜚有工業動力之母—內燃機之製造技術，使得汽車、飛機及產業機械等相關產業均能保有相當強之競爭力，使得包含台灣在內之開發中國家一直度於辛若追趕（Catch-up）之階段。台灣產業如果要在二十一世紀增強競爭力，那麼燃料電池技術，台灣仍可憑藉現有之產業發展優勢，在國際市場上佔有一席之地。

燃料電池技術運用在運輸工具是最近十年來汽車工業發展之趨勢，燃料電池具有零污染及態源使用效率高兩大優點，使得世界著名之汽車公司如 Daimler-Chrysler、General Motors、Ford、Toyota、Honda、Nissan、Hyundai 和 Volkswagen

均推動各種燃料電池實驗樣車，也紛紛宣佈 2005 年之前達到燃料電電動汽車商業化目標。

台灣雖然無法在汽車工業上與先進國同步競爭，但是在機車工業上顯示極強之競爭力，政府在 1998 年推動「發展電動機車行動計畫」，希望能將傳統之機車產業予以升級，提升至零污染之電動機車產業。過去三年來，政府及民間企業均投資了相當多之經費於鉛酸電池，鎳氫電池及鋰電池技術之研發上，不過仍限制於電池之重量太重、充電時間太長、行駛里程太短等技術瓶頸，無法開發出一航消費者滿意之電動機車。因此，未來台灣電機車之發方向應可朝向世界電動汽車研發之趨勢 燃料電池電動機車。

最近美國著名以強調永續發展 (sustainable development) 為主的瓊斯基金會 (W. Alton Jones Foundation) 基於亞洲環境保護之考慮，遂將燃料電池技術介紹給台灣，並請美國在台協會美亞環保聯盟 (US-AEP, American Institute in Taiwan)、美國自然資源監護委員會 (Natural Resources Defense Council)、美國燃料電池協會 (US Fuel Cell Council)、Breakthrough Technology Institute 和台灣經濟研究院共同安排此次訪查活動，訪問單位包括全世界最大的燃料電池公司 Ballard Power Systems、台灣唯一的一家燃料電公司 亞太燃料電池公司美國分公司、美國氫能科技之示範中心 Sunline Transit Agency、美國加州燃料電池夥伴聯盟 (California fuel cell Partnership) 和 Siemens Westinghouse Power Corporation。同時也拜會美國眾議員 Howard Berman、美國加州環保廳、能源廳、商務廳等政府單位。

貳、 訪察團名單

訪察團包括政府單位、研究單位、國營企業、民營企業及產業會代表共計二十三人，由環署林俊義署長擔任訪察團團長，訪察行程從民國 90 年 1 月 7 日到 1 月 13 日共計七日。訪察團詳細名單如下所示。

參、 訪察行程

訪察活動首先是拜會位於加拿大溫哥華的 Ballard Power System 公司，由該公司董事長 Kip Smith 親自接待，該公司主要以生產車輛用之燃料電池而聞名，主要股東包括 Daimler Chrysler 公司及 Ford 公司（詳見圖一）。自 1994 年 Ballard 公司即與 Daimler Chrysler 公司合作推出第一代之燃料電池實驗汽車 Necar1，1995 年推出零污染之燃料電池公共汽車，隨後經過多年之示範運行，迄今已推出第五代之燃料電池汽車 Necar5，以及第一批已商業化之燃料電池公共汽車。同時，Ballard 公司也於 1996 年開發出 250kw 發電用之大型燃料電池，以及可攜式小型燃料電池，並接受商業化之訂單（詳見附件一）

Ballard 公司目前是全世界最大之燃料電池公司，不僅與 Daimler Chrysler 公司及 Ford 公司聯合投資，也銷售燃料電池給 Honda、Volkswagen、Volvo、Nissan 和 Hyundai 等汽車公司。在發電用之燃料電池方面，Ballard 也與法國之 Alstom 公司、日本之 Matsushita 公司、Ebara 公司和 Takyō Gas 等公司合作，開發住宅用之燃料電池市場。

訪察活動的第二站是拜會位於美國洛杉磯亞太燃料電池科技公司，該公司是由創辦人楊源生於 2000 年 5 月在台灣設立，公司規模不大，但是有很強的研發能力，台灣自製的第一商燃料電池電動機車實驗車即由該公司與光陽機車公司在五個月內開發出來，並在 2000 年 11 月的國際 Fuel Cell2000 研討會中展出，深獲世界各國好評（詳見附錄一）。亞太燃料電池公司之經營目標是 2001 年 7 月開發出第三代之燃料電池實驗機車，2001 年年底完成可以量產之第四代燃料電池實驗機車，並進行示範運行，而 2002 年達到量產 10,000 輛燃料電池機車之中程目標（詳見圖二）。

訪查活動第三站是拜會位於加州棕櫚泉之 Sunline Transit Agency，該單位是世界第一個的氫能科技為主的的教育及示範基地，其中提了氫氣製造、貯存、運送及使用的各種標準設備，特別是在實際運轉之公共汽車上，展現各種氫能科技之運用，該單位展示 Hythane buses (80% CNG, 20% Hydrogen), XCELLSIS and Zbus

(zero emission fuel cell bus) (詳見附件二) 這些公共汽指負了該地區之大眾運輸工作，同時也對空氣品質維護提供了相當大之助益。經由多年使用氫氣作為運輸工具燃料之經驗，該單位認為只要依據適當之工業安全規範，氫能科技之運用是安全無慮的。

加州空氣資源署 (California Air Resources Board) 及加州燃料電池夥伴聯盟 (California Fuel Cell Partnership) 均位於加州首府 Sacramento，是本次訪查活動的最後一站。加州空氣資源署於 1990 年推動低排放車輛與清潔燃料管制規定 (Low-Emission Vehicle and Clean Fuels Regulations)，該規定要求七大汽車製造商 (福特、通用、克萊斯勒、本田、馬自達、日產及豐田) 從 1998 年開始每年生產佔總產量 2% 之零污染汽車，從 2001 年至 2002 年生產佔全部產量 5% 之零污染汽車，而 2003 年以後，則至少 10% 以上之產量需為污染汽車。

這項規定之實施，對汽車工業影響鉅大，迫使汽車工業不得不積極解決汽車排放污染物之問題。如果環保標準是要求零污染或是趨近零污染之排放標準，那麼傳統汽油引擎改善技術將面臨到極為嚴峻之挑戰，甚至是無法達到之目標。因此，汽車工業只好尋求其他清潔能源技術，譬如，太陽能電池汽車、鉛酸電池電動車、鎳氫電池電動車、汽油及力混合汽車 (hybrid car) 等。在這些汽車之示範運行當中，的確顯示出清潔能源之優點：沒有空氣污染排放物，不會製造噪音。不過這些實驗性汽車在一般市場之接受程度上顯得極為保守，最主要之原因並不是僅從成本上之考慮，而是在消費者使用方便上受到極大之限制。譬如，最先進的快速充電技術，仍需兩個小時以上方能充足電力，而且一般充電站並不普及，這對於習慣在加油站快速補充燃料之汽車駕駛而言，實在是太不方便了。因此，通用汽車公司最近推出之 EVI 電動汽車在市場上之反應並不熱烈，迫使美國加州環保單提供補助金及優惠貸款來吸引消費者。不過這種政策性之補貼作法僅是短期措施，並不能持續執行。長期而言，仍需尋求新的技術。

由於質子交換膜燃料電池具備高效能、低污染及燃料供應系統較為簡便之特性，使得國際汽車大製造商紛紛進行燃料電池汽車之研究，最著名之實驗性燃料電池汽車是由德國 Daimler-Benz 公司和加拿大 Ballard 公司共同研發出來的 Necar

系列，目前已推出第五代之車型（Necar V），Necar I 及 Necar II 分別在 1994 及 1996 年推出，燃料電池功率皆為 50KW 1 力並以純氫做為燃料，因此車上空間大部份是做為儲氫之用。Necar I 的行駛里程為 156 公里，最高速度提高至每小時 90 公里，Necar II 則可增加行駛里程至 250 公里，最高速度提高至每小時 110 公里。1997 年推出的 Necar III 則是以甲醇（methanol）做為燃料，車上另裝有重組器（reformer）以供應氫氣，由於甲醇相對於純氫而言，是較為穩定且易於儲存之燃料。因此，在 Necar I 及 II 車上佔據大商份空間之高壓儲氫即可改裝成精弓之甲醇油箱，不僅可以節省空間，也可以增加行駛里程。Necar III 可灌注 40 公升之甲醇，行駛 400 公里，並可載 4 名乘客，已與一般汽油引擎車無異。

除了 Damler-Benz-Chrysler 車廠推出之 Ncear 系列之外，Toyota Honda Mazda、Ople、Nissan、General Motors 和 Ford 汽車公也紛紛推出各種燃料電池實驗樣車，各家車廠也紛紛宣佈 2005 年之前達到燃料池電動汽車商業化之目標。

由於汽車工業對於燃料電池汽車之研發不遺餘力，使得石油公司也開始投入燃料電池所需燃料（氫氣）供應之研究。加州空氣資源署成之了一個包括汽車公司、石油公司、燃料電池公司、氣體公司、交通公司和政府相關單位組成的「加州燃料電池夥伴聯盟」（California Fuel Cell Partnership），共同為加速燃料電池汽車商業化而努力。（註三）

加州燃料電池夥伴聯盟有四項主要目標：第一；在加州道路上示範燃料電池技術運用在車輛上，第二；示範各種燃料之基礎設施技池科技之認識與了解。該聯盟目前有二十四個會員，其中包括八家汽車公司、三家石油公司、五政府部門。聯盟之組織架構包括營運小組、工作小組、對外溝通小組及環境小組，另外在工作小組下設立五個工作分組，分別是公共汽車組、燃料分組、Light Duty Team，Roadmap Team 及 Stakeholder Outreach（詳見圖三）。

加州燃料電池夥伴聯盟之經費來源分別是從政府單位及企業會員，加州空氣資源署每年提供 57 萬 6 仟美元做為該聯盟之公共事務用途，各會員每年除提供 3 萬美元之外，還各自提供展示車輛及相關設備。從 2000 年開始，執行的第一期兩

年計畫，該聯盟準備推出 20 輛示範用之轎車及公共汽車，並研擬燃料電池及燃料之標準、規格及相關制度。第二期兩年計畫（2002-2003）則展示 60 部轎車及 20 部公共汽車，而燃料使用可能採取甲醇、汽油及其他可重組成氫氣之燃料。

目前世界上對於管制車輛排放污染物之法令中，有兩項規定影響最為深遠，第一項即是加州規定之 2003 年開始所有在加州銷售汽車之廠商，必須銷售佔每年銷售量 10% 之零污染汽車（4% 為零污染，6% 為趨近於零污染）。第二項即是台灣 2000 年開始執行的每年機車廠必須銷售佔銷售額 2% 之零污染電動機車。這兩項規定的確是對空氣污染防治提供非常有效率之控制，實應繼續推動。因此，加州環保廳即與台灣環保署在維護空氣品質法案及推動零污染車輛排放之政策措施方面，相互提供協助及合作，並於 2001 年 1 月 12 日簽署『清潔車輛政策及科技合作協定』（詳件附錄二），以完成此次訪察活動（註四）。

肆、 結論與建議

燃料電池是二十一世紀最重要能源科技之一，燃料電池是一種清潔的發電裝置，具有能源使用效率高，可靠度強及獨立性高等特點。燃料電池在製造時，具備模組化之特性，即可將多個單一電池組裝成大容量之電池機組，方便運用在各類產品之中。譬如，小型僅具數瓦電力的行動電話用之燃料電池，中型機車用之數仟瓦電力機組以及大型數十萬瓦電廠使用之燃料電池機組。

在使用燃料電池系統時，可採用獨立網路或並聯網路兩種，兩種網路可相互轉換，方便電力調度與運用。大型燃料電池機組目前已有商業化之產品，雖然售價仍高於傳統之火力發電廠。但是燃料電池具有分散式電廠之優勢，不需輸配線路之設置，對於偏遠地區及自然環境特別保護地區，提供了穩定及清潔之電源，這遠非中央大型電廠所能匹配之處。

燃料電池之技術目前仍然屬於積極創新之階段，不管是從零組件材料之開發與應用，還是系統設計之整合與改進，均有相當大幅度之改善空間。同時，燃料電池之運用範圍正在不斷擴大，任何與電池及電力相關之產品，均有可能是燃料電池替代之潛在市場。譬如，使用電池為主的可攜式資訊電子產品（行動電話、筆記型電腦及數據機等），使用汽油內燃機之電動運輸工具（電動汽車、電動機車及電動自行車等）以及發電廠用之大型發電機組。因此，燃料電池產業之發展應可從燃料電池機組本身及其運用兩方面來進行，特別是在運用方面，由於新產品是搭配高附加價值之燃料電池技術，故可大幅提高新產品之市場價值。

台灣在燃料電池技術研發能力上，仍然落後先進國家一段距離，不過在這場科技研發競爭上，台灣仍有機會迎頭趕上。台灣目前在資訊電子產品下游之製造上具有世界競爭優勢，如能將此競爭優勢擴大至中、上游產品之設計及研發當中，也就是將燃料電池技術內建在講究輕薄短小之資訊電子產品當中，那麼不僅這些資訊電子產品之附加價值可以大幅提高，也可以創造燃料電池這項高科技產業之發展。

台灣自 1998 年起推動電動機車發展政策，迄今已有相當基礎。目前電動機車使用之電池多半是以鉛酸電池為主，較進步之電池則採鎳氫及鋰離子電池。這種發展經驗與美國自 1990 年起推動之電動汽車經驗極為類似。這些電池技術的確有其適用之處，但施行於機動車輛，則顯得較難滿足一般消費者之需求。所以，美國汽車製造公司自 1990 年代中期即將研發重心轉向燃料電池汽車，迄今已卓然有成。譬如：Daimler-Chrysler-Ballard 公司即已推出第五代之示範樣車 (NecarV)，並預計 2004 年達到商業化。台灣則從 1998 年由台灣經濟研究院與美國瓊斯基金會合作，邀請美國德州農工大學、內華達大學的燃料電池專家與台灣三陽工業公司於 2000 年 4 月研發出世界第一部燃料電池實驗樣車，並由亞太燃料電池公司與光陽工業公司於 2000 年 11 月研發出第二代之示範樣車。預計 2002 年燃料電池機車之商業化即可達到，較燃料電池汽車之商業化還要快速。

綜合而言，燃料電池是二十一世紀最重要之能源科技，美國、日本及歐洲國家皆投入相當多之研究經費於燃料電池之相關研究上。台灣雖然落後於先進國家之燃料電池研發水準，但台灣仍有資訊電子產品、傳統內燃機機車及電動機車之製造優勢，如果能夠善用先進之燃料電池技術內建於資訊電子產品及機車產品上面，那麼台灣仍有迎頭趕上之機會。為加速完成前述目標，研擬以下三項建議，以供參考。

(一) 政府應儘速將燃料電池產業列為國家優先發展之新興產業，並提供必之獎勵措施。

燃料電池已是美國、日本、西歐國家、韓國及中國大陸等國家列入優先發展之產業目標，這些國家的能源部門，交通部門及科技部門均編列鉅額之研發預算以支持相關研究計畫。鑒此，台灣應參考先進國家之作法，對國內最有潛力運用燃料電池技術以大幅增加附加價值之機車及資訊電子產業，予以特別研究經費之支持。

(二) 政府應擴大推動『發展電動機行動計畫』，並籌組『零污染排放機車夥伴聯盟』

行政院從 1998 年開始推動『發展電動機車行動計畫』，環保署、經濟部、交通部及國科會等部會也都擬訂相關政策措施，鼓勵民間產業投入電動機車之市場開發。不過，目前電動機車採用鉛酸電池。鎳氫電池及鋰離子電池，在趨動力、續航力及充電基礎設施建立上，無法滿足消費者需求。因此，未來台灣電動機車應與世界電動汽車發展方向趨於一致 - 燃料電池電動機車。

根據環保署及美國加州環保廳簽定之『清潔車廠政策及科技合作協定』，環保署可要求美國提供『California Fuel Cell Partnership』之實行經驗，並參考國內過去三年來發展電動機車之產業基礎，應可籌組『零污染排放機車夥伴聯盟』，加速推動燃料電池電動機車產業之發展。

(三) 政府應與民間企業共同籌組『台灣燃料電池公司』，以加速燃料電池相關技術之發展與商業化。

台灣在燃料電池相關技術研發能力上，落後美、日、歐等先進國家一段距離，為加速彌補這種技術差距，政府應可參考澳洲由公私部門聯合投資成立國家級燃料電池公司（Ceramic Fuel Cells Limited）之經驗。並以過去發展積體電路公司（台積電、聯電公司）為例，由政府率先投入經費以輔導重點科技生根於國內，再循序推動相關產業之發展。