

出國報告（出國類別：其他）

赴阿拉伯聯合大公國阿布達比市
參加「**2008**年世界未來能源高峰會議」

服務機關：行政院原子能委員會核能研究所
姓名職稱：張欽然(副研究員)、林立夫(研究員)
派赴國家：阿拉伯聯合大公國
出國期間：97年1月19日起至97年1月24日
報告日期：97年3月10日

摘要

本次出國公差是前往阿拉伯聯合大公國阿布達比市參加「2008年世界未來能源高峰會議」(World Future Energy Summit, 2008, Abu Dhabi)，本次會議於2008年1月21日至1月23日舉行，會議的主要目的是要彰顯乾淨與再生能源將逐步成為未來世界能源利用以及人類生活環境的主體，並希望藉由開發一個稱為Masdar的「碳平衡(Carbon Neutral)」新城市，做為整個概念實踐與發展的平台。因此整個會議是邀集數個重要國家的領袖或經濟與能源領導官員，以及能源工業相關的大型企業，進行綜合討論與交流。本次會議有幾場關於世界未來能源發展與策略的演說，以及各項能源與CO₂技術相關的議題討論，也同時舉辦能源展，有超過200家廠商進行各項能源產品展示。本報告將闡述參加本次會議的過程，並揭示這個會議所要傳達的與世界未來能源發展的各項重要訊息，同時也提出相關的心得與建議。

目 次

摘要	i
目次	
一、目的	1
二、過程	2
三、心得	39
四、建議事項	41

一、目的

近年來，中國大陸與印度等人口眾多國家的經濟崛起，使得全世界對各項能源的需求更加殷切，能源爭奪戰其實已經在悄悄的展開，許多國家均醒悟於國家能源安全的重要，再加上抑制二氧化碳排放的環保考量，全球各國莫不以潔淨能源與永續能源之科技與產業技術發展，為國家整體能源政策取向的重要考量。阿拉伯聯合大公國以產油而成世界富國，此次舉辦首屆「世界未來能源高峰會議」，目的的一方面是要彰顯乾淨與再生能源將逐步成為未來世界能源利用以及人類生活環境的主體，同時也藉此機會展現阿聯希望帶領世界未來能源發展的雄心。因此，會議中聚集數個重要國家的領袖或經濟與能源領導官員，以及能源工業相關的大型企業，討論各項未來能源相關的發展策略；同時也展示一個稱為 Masdar 的碳平衡新城市發展規劃，做為其帶領未來能源發展的實踐平台。由於本所近年來積極佈局與發展新能源相關的研發工作，計有高聚光太陽光電系統、中小型風機系統、纖維酒精製程、固態氧化物燃料電池、直接甲醇燃料電池、及奈米材料與發光元件等新能源相關等中央計畫及科發基金委託研發計畫之推動，同時也積極參與全國能源會議和其他國內能源政策研訂相關的議題討論。參與本次阿拉伯聯合大公國阿布達比所舉辦的「2008年世界未來能源高峰會議」，目的便是要瞭解阿布達比所揭示的 Masdar 城市開發計畫之內涵，以及掌握目前世界重要國家和大型能源企業所關切的未來能源策略規劃內容，以使本所在能源領域的研發或產業技術推廣內容上具備更確實的依循方向。

二、過程

(一) 出國行程安排

出國行程安排如下表所示：

日期	內容	備註
2008年 01/19(六)	20：25 中華航空-CI 63 直飛	機上過夜
01/20(日)	02：35 抵達 會場報到及準備會議相關資料	住宿 阿布達比 ALDIARMIN 旅館 INA ROAD P.O. BOX 44421 ABU DHABI UNITED ARAB EMIRATES
01/21(一) 至 01/22(二)	參加「世界未來能源高峰會議」	住宿 阿布達比 ALDIARMIN 旅館
01/23(三)	01/23 會議議程至 16:00 結束 隨即赴機場搭 18:40 CI-64 華航飛機返國	機上過夜
01/24(四)	06:25 返抵桃園機場	返程

阿聯大公國面積 8.2 萬平方公里，位於西南亞的阿拉伯半島東南部(請參閱圖 1)，以七個酋長部落組成，與阿曼和沙烏地阿拉伯接壤。人口約 400 萬，但其中約 160 萬為外來的勞工移民人口，外來移民中以菲律賓及印尼人為大宗。阿聯大公國的經濟以石油和天然氣出口為主，是世界第三大石油出口國，僅次於沙烏地阿拉伯和伊朗。首都阿布達比，也是境內最大部族的領地，與杜拜同為阿聯大公國兩個最富裕的部落。阿布達比距離杜拜約 110 公里，城市人口約 90 萬人，但 80% 為外國移民，阿布達比的部落酋長目前也是阿聯大公國的國王。目前前往阿布達比以華航的台北-阿布達比-維也納的直航航線最為方便，每週二、四、六自桃園機場起飛，每週一、三、五則飛返桃園機場，我國具有領事業務的商務辦事處則設在杜拜。

阿布達比治安堪稱良好，本次會議的地點在阿布達比的國家展覽中心(National

Exhibition Center)，該中心為目前阿布達比最具規模的商務展示場，距離阿布達比國際機場約 20 公里。多數旅館位於市區，距離機場約 30 公里，往來旅館與展示中心之間以搭乘計程車最為方便，一般約需 30 元阿幣(約 8.6 元美金；美金兌換阿幣目前約為 1:3.5)，但阿布達比計程車目前仍有漫天叫價的情形，搭乘前必須先講明價錢。



圖 1. 阿拉伯聯合大公國(UAE)及阿布達比(Abu Dhabi)位置圖

(二) 參加會議之內容

本次會議由 1 月 21 日至 1 月 23 日共進行三天，會議包括開幕式演說，三場主要議題演說與討論(Keynote Sessions) 及八個平行論壇(Parallel Sessions)進行專家演說與討論，包括：(1)碳營運(Carbon Management)、(2)廢棄物轉化能源、(3)太陽能、(4)潔淨運輸、(5)其他(地熱、燃料電池、海洋能)、(6)生質燃料、(7)風能、以及(8)綠色建築，以及最後的閉幕式演說。

1. 開幕式演說

開幕式參與演說的包括領袖級的貴賓阿拉伯聯合大公國王儲 *Sheikh Mohammad bin Zayed Al Nahyan*、英國查爾斯王子(以全像錄影的方式傳送演說畫面)、查爾斯王子的弟弟安德魯王子、冰島總統 *Olafur Ragnar Grimsson*、非洲吉布地共和國總統 *Ismail Omer Guelleh*、馬爾地夫總統 *Maumoon Abdul Gayoom*等，以及阿布達比未來能源公司總裁 *Sultan Ahmed Al Jaber*、聯合國前任環境計畫(UNEP)執行長 *Klaus Topfer*等。美國總統布希則已於會議前一週到訪，並參訪Masdar未來能源公司。

阿聯大公國王儲首先宣布本次會議最重要的主題為 Masdar 未來城市開發計畫(Masdar Initiative)，Masdar (阿拉伯語的意思是「源頭」(the source))將位於目前的阿布達比南方，靠近國際機場附近，目前已經在阿布達比成立一家 Masdar 未來能源公司(Masdar Future Energy Company)進行各項規劃與招商。阿國將投資 150 億美金於這個計畫上，目的就是要利用目前原油大漲所獲得的充分資金，進一步讓阿布達比在未來仍能在能源市場與能源科技發展上佔有舉足輕重的地位。Masdar 計畫包括六大軟硬體相關建設：(一)建立 Masdar 科學技術研究院(MIST) (Masdar Institute of Science and Technology)，與美國麻省理工學院合作，將是世界上第一所專注研究前瞻與永續能源科技、並提供相關碩博士學程的高級學府。；(二) 建立 Masdar 研究網路(Masdar Research Network)，提供 Masdar 科技中心與全球七個領先的科技研發單位的科學合作網路，包括：美國哥倫比亞大學、英國倫敦帝國理工學院、德國亞琛工業大學、加拿大滑鐵盧大學、日本東京工業大學、德國宇航中心(DLR)、西班牙

CIEMAT 能源研究中心；(三)建立創新與投資環境(Innovation & Investment)，做為前瞻與永續能源投資與商業化的良好環境；(四)發展特殊計畫(Special Projects)，發展資本密集的大型能源系統製造與建置；(五)發展碳營運(Carbon Management)計畫，研發與擴展多部門的溫室氣體抑低計畫；(六)建立 Masdar 城市(Masdar City)，建置與整合一個獨特的綠色國際化城市，這個城市將具備擁有世界級實驗室和研究設施的科技中心、清潔能源相關的研發企業與製造業，城市居民均將經過篩選，具備投資、開發、及商品化前瞻與永續能源研發之能力與條件。

Masdar 計畫中最重要的為 Masdar 城市，這次會議的展覽場中也展示了這個未來城市的模型。Masdar 城市規劃面積為 7 平方公里，建設面積為 6 平方公里(如圖 2 所示)，預計提供 1500 家企業、5 萬個居住人口、及 4 萬個通勤人口。Masdar 將提供這 1500 家企業與城市內規劃的能源科技研發單位重要合作機會，保證可以 100%外資及免稅，完善的智財權及法規保護等。Masdar 將於 2008 年 2 月進行破土，2009 年底全面展開計畫之執行，將建設為世界上第一座「零碳排放(Zero-Carbon)」、「零廢棄物釋出(Zero-Waste)」及「無污染車(Car-free)」的城市。預計 2016 年竣工後，Masdar 城將成為清潔與與永續能源產業與科技方面的世界領先企業和領袖的常駐地。

Masdar 的電力、空調、與熱源的主要能源來源有：使用太陽能板的太陽光電發電廠、使用拋物聚光凹槽的太陽熱能電廠、風力機、以及廢棄物轉換能源工廠。另外，太陽能海水淡化工廠將成為水源，廚房用水以及經城市污水處理廠處理過的廢水將用於灌溉城內的植物和城外的莊稼。市區周圍培育藻類、棕櫚樹與紅樹林，這些植物可供提煉生質燃料。所有傳統石化燃料運輸工具將只能到達城市的外圍，居民及訪客一律由太陽光電做為動力的捷運系統轉運至城市內各個地點。市區內每隔 100 公尺就有一個地面下的捷運站，所有貨物、廢棄物收集、以及水電通訊等基礎建設均位於地面以下，道路全以行人為設計目標。此地夏季氣溫極高，就算在蔭涼處也常超過攝氏四十度，因此市區內將有許多運河流通，部分水道只有三公尺寬，主要目的是吸收熱能，為行人提供涼意。市區內的街道採狹窄(5m 寬)及伸展(100m)的可蔽蔭構建方式，這是阿拉伯傳統街道的建築方式，提供防炎熱與沙塵的效果。城市內的建築均以東南-西北座向方位進行設計，同時有三條東南-西北座向的大型綠帶，考慮到陽光的利用與蔽蔭的最佳效果，並充分吸引沿著波斯灣穿透的涼爽海風。



圖 2. MASDAR 未來城市位置圖及規劃平面圖

2. 第一場主要議題演說與討論 (Keynote Session 1)

這一場演說與討論的主要貴賓包括阿聯大公國能源部長 *Mohamed bin Dhaen AlHamli*、美國能源部長 *Sam Bodman*、阿聯大公國環境與水源部長 *Mohammed Saeed Al Kindi*、德國環境自然保育與核能安全部長 *Matthias Machnig*、阿爾及利亞能源與礦業部長 *Chakib Khelil*、冰島工業部長 *Össur Skarphedinsson* 等國家部會首長，以及著名瑞士資產投資公司 *Credit Suisse* 的總裁 *Michael Philipp*、BP 天然氣電力公司副總裁 *Vivienne Cox*、和未來論壇 (Forum for the Future) 主編 *Jonathon Porritt* 等。這一場討論係以如何達成「低碳經濟 (Low Carbon Economy)」的策略為主軸，會議中呼籲面臨氣候變遷的全球關切議題，應該正視聯合國跨政府氣候變遷小組 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 於 2007 年所提出的四個重要論點：(1) 地球暖化 90% 是由人類造成，最主要為石化燃料的過度使用；(2) 本世紀末前，地球表面平均溫度若再上升 $2^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，將造成急遽與難以預知的全球氣候變化；(3) 2050 年前必須嚴格控制大氣中的二氧化碳濃度低於 450ppm (註：2007 年大氣中的二氧化碳濃度約為 380ppm)，否則大災難將難以避免；(4) 維持二氧化碳濃度於 450ppm 濃度而使地球表面平均溫度免於上升 2°C 的可能機率僅為 50%。因此，未來論壇主編 *Jonathon Porritt* 積極性的呼籲全球各國「低碳經濟」的概念應提前於十年內全面推動，而非一般認為的五十年；他認為「低碳經濟」應以能源效率、再生能源、碳捕捉與封存等三項為發展主體，並解釋發展碳捕捉與封存技術並非是為了石化燃料業者所提出的免死金牌，而是過渡到廣泛太陽能應用的橋樑。BP 天然氣電力公司副總裁 *Vivienne Cox* 因此趁機宣傳其將於阿布達比進行一項計畫，展示其天然氣電廠發電、產氫、及碳捕捉與封存之技術。德國環境自然保育與核能安全部長 *Matthias Machnig* 認為要符合「低碳經濟」的概念，石化燃料、核能、與太陽能將會在未來的世界能源中各佔有三分之一的地位。冰島工業部長 *Össur Skarphedinsson* 則強調其國家於水力與地熱兩項再生能源上的開發成果，99% 以上冰島的電力能源來自於水力與地熱，其中地熱的開發技術已由傳統數百公尺深的淺層地熱，逐漸進展到數公里深的熱岩型地熱，使得地熱未來開發潛能提高至目前的十倍以上；冰島政府並已實際輸出地熱技術，協助非洲國家如吉布地共和國 (Djibouti) 等進行約 100MW 的地熱開發計畫。在達成「低碳經濟」的策

略上，與會各國部長均認同國家內各能源消費部門均必須對地球暖化議題有積極回應與貢獻，具體的策略包括：(1)總量管制與交易(Cap-and-Trade)，這最適用於排放量大的事業體；(2)命令與管制(Command and Control)，這適用於排放量小的事業體；(3)碳稅(Carbon Tax)，適合於政府以碳稅收入來進行低碳經濟的各項措施；(4)低碳燃料標準(Low Carbon Fuel Standard)，促進燃料供應者、汽車製造廠、及消費者執行具體減碳行動或技術，提供積極性獎助於減碳有績效者。「低碳經濟」的實現需要政策與技術兩者同時並進，財源上的誘因是激勵潔淨能源開發和低碳工業技術發展的重要手段，因此訂定有效的市場導向的策略工具，例如歐盟積極推動的排放交易制度(EU Emission Trading Scheme)，將是有效促進「低碳經濟」科技與產業技術的方法。

3. 第二場主要議題演說與討論 (Keynote Session 2)

這一場演說與討論係以世界未來能源為主題，參加的部會首長級貴賓包括聯合國環境計畫UNEP的能源科技部門負責人*Mark Radka*、摩洛哥能礦部長*Mohamed Boutaleb*、英國原能會主席*Lady Judge*、荷蘭外貿部長*Frank Heemskerk*、挪威石油與能源部長*Liv Monica Stubholt*等，另外有美林証券(Merrill Lynch)副總裁*Martin Berg*、Total天然氣電公司總裁*Philippe Boisseau*、以及綠色和平組織執行長*Dr Gerd Leipold*等。會議中以國際能源總署IEA在2006年所做的世界能源展望(World Energy Outlook)為討論核心，在IEA的基準情境中(Reference Scenario)，假設全球各國的能源政策是依據2006年中已建構的能源政策(As Usual)，而全球人口從2004年約64億，假設以每年平均1%的速率成長，到2030年將達約81億；全球GDP平均年成長率由1980~2004的3.2%，成長至2004~2030年間的3.4%。在此情境下，全球初級能源需求將由2004年的11,200百萬公噸油當量(11.2Gtoe)增加到2030年的17,100百萬公噸油當量(17.1Gtoe)，而CO₂排放則由2004年的26,100百萬噸(26.1GT)增加到2030年的40,400百萬噸(40.4GT)。相視於我國2007年初級能源供給約為140百萬公噸當量，而CO₂排放則估計約為280百萬噸。參考圖3所示，2004年的初級能源供給結構為煤24.7%、石油 35.2%、天然氣 20.6%、核能 6.4%、水力 2.1%、生質能與廢棄物 10.5%、其他再生能源 0.5%；到了2030年的初級能源供給結構將為煤26.0%、石油 32.6%、天然氣 22.7%、核能

5.1%、水力 2.3%、生質能與廢棄物 9.6%、其他再生能源 1.7%。2004至2030年間，初級能源需求的年平均成長率約為1.6%，其中石化能源中年成長率比較高的將是天然氣與煤，在各能源類別中再生能源雖被預期有達6.6%的成長率，但所佔能源需求比率仍只有1.7%，核能則是在基準情境中年成長率最低的，僅有0.7%。然而，Total 天然氣電公司總裁 *Philippe Boisseau* 特別點出在IEA的以CO₂排放為考量的替代策略情境中(Alternative Policy Scenario)，當各國政府執行明確的CO₂排放與能源安全相連結的策略，CO₂排放可以由原先2030年基準情境的40,400百萬噸(40.4GT)，降低為34,000百萬噸(34.0GT)，如圖4所示，2030年的初級能源需求將為15,405百萬公噸油當量，比基準情境少了9.9%，所減少的1,690百萬公噸油當量約相當於目前中國的能源總需求；2015年的初級能源需求，替代情境比基準情境少了534百萬公噸油當量，約相當於目前日本的能源總需求。替代策略情境2004~2030年的初級能源需求年平均成長率為1.2%，比基準情境的1.6%趨緩。替代策略情境煤和石油的年平均成長率都趨緩，均約為0.9%，天然氣成長率為1.5%，也比基準情境的2.0%趨緩許多。替代策略情境中年平均成長率明顯增加的為核能1.6%和其他再生能源的 7.5%；若與基準情境的能源需求相比較，在2030年，核能與其他再生能源增加的幅度最為明顯，分別達24.3%和26.1%。不論依循何種情境，都必須正視石化能源依現有開採方式的蘊藏量，石油約為40年，天然氣約為40年，煤約為160年；而再生能源最大的問題目前仍在於成本與土地面積，依據 *Philippe Boisseau* 的分析，一個現代核能機組每年約產生一百億度(10TWh=10¹⁰kWh，約接近一個1200MWe核能機組的發電量)的電力，產生與此電力相當的太陽能約需50~100km²、風能約需170~250km²、生質能則約需6,500~15,000km²。由於天然氣近年來被大量用來做為石化燃料中的CO₂減量措施，由於產地、蘊藏量、與貯存容積的限制，價格將逐漸飆漲，天然氣可能會變成炙手可熱的稀有能源。多數貴賓們同意煤、太陽能、和核能會是未來能源的主流。太陽能目前發電成本仍然昂貴，必須仰賴政策上的補貼激勵其發展，太陽電池效率提升與薄膜太陽電池技術會是發展主流；煤則必須在CO₂排放交易價格與淨煤技術開發成本中力求達到平衡；這使得核能相對競爭性大大的提升。而鈾的蘊藏量目前估計為60年，應能足夠支應在第四代核反應器以及未來快滋生反應器來臨前的需求，但這種長程性的技術開發仍不能忽略。2005年全球核能的裝置容量約為368,000MW，在IEA的基準情境

中，2030年核能的裝置容量可能在416,000MW，在替代策略情境中則為519,000MW。

英國原能會主席*Lady Judge*在她的演說中明確表達英國政府已轉而支持核能發展的立場原因，包括：(1)英國已是全球第一個提出氣候變遷法案(Climate Change Bill，於2007年11月於上議院提出，2008年2月已通過上議委員會審議階段，預計2008年夏季可以由皇室簽署發佈)的國家，目標設定在2050年CO₂排放量低於1990年排放水準的60%；(2)再生能源的開發在現階段似乎難以達成政府設定目標；(3)即使節能政策有效執行，英國的電力需求每年仍以1~1.5%成長；(4)CO₂排放在過去三年仍然顯著增加。如果不轉而支持核能，能源需求與CO₂問題會迫使英國使用大量的天然氣，可能會有達80%的電力來自天然氣，這必須仰賴大量由俄羅斯輸入，有違國家能源安全。*Lady Judge*因此極力主張核能應是全球未來能源結構的一個重要選項，並且對二氧化碳減量將提供積極性的貢獻，在討論中並與世界綠色和平組織的執行長*Gerd Leipold*有很精彩的激辯。*Gerd Leipold*基本上反對核能，同時也反對碳捕捉與封存，因為他認為碳捕捉與封存可能成為石油與天然氣大公司延續其大量與更深度開採石化燃料的藉口，但他在現場並未提出解決全球顧慮能源安全與CO₂排放相連結問題的方法。

	1980	2004	2010	2015	2030	2004 - 2030*
Coal	1 785	2 773	3 354	3 666	4 441	1.8%
Oil	3 107	3 940	4 366	4 750	5 575	1.3%
Gas	1 237	2 302	2 686	3 017	3 869	2.0%
Nuclear	186	714	775	810	861	0.7%
Hydro	148	242	280	317	408	2.0%
Biomass and waste	765	1 176	1 283	1 375	1 645	1.3%
Other renewables	33	57	99	136	296	6.6%
Total	7 261	11 204	12 842	14 071	17 095	1.6%

* Average annual growth rate.

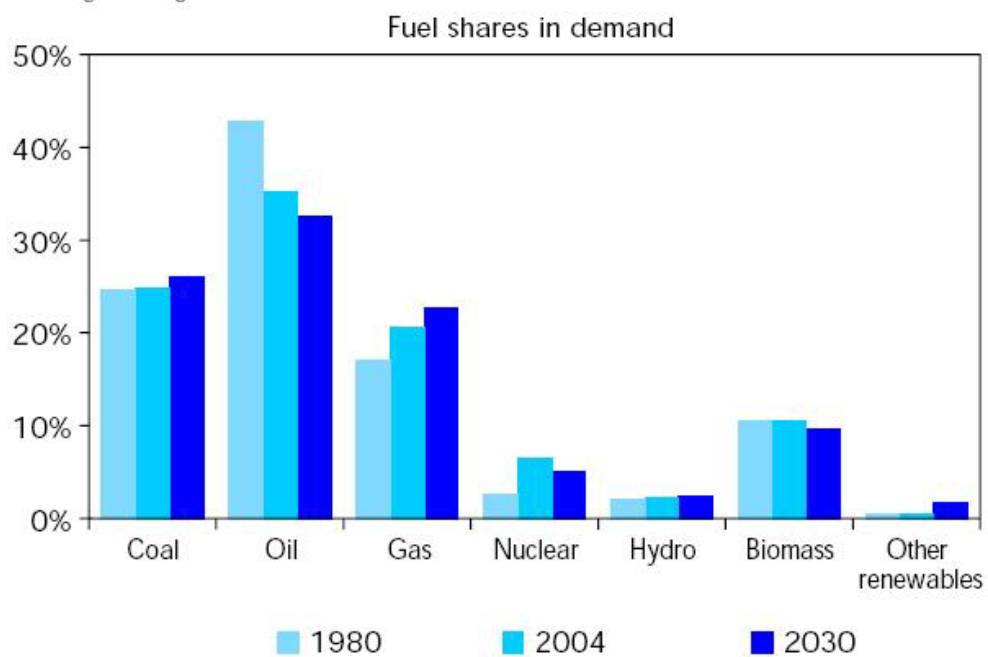
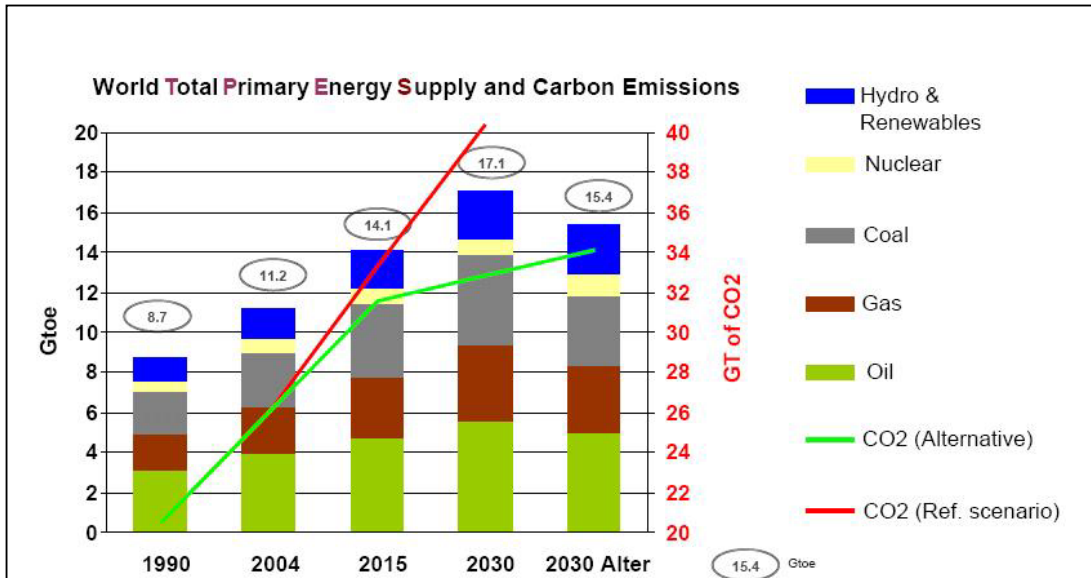


圖 3. . IEA 基準情境所預估之世界未能能源結構



	2004	2015	2030	2004-2030*	Difference from the Reference Scenario in 2030	
					Mtoe	%
Coal	2 773	3 431	3 512	0.9%	- 929	-20.9%
Oil	3 940	4 534	4 955	0.9%	- 621	-11.1%
Gas	2 302	2 877	3 370	1.5%	- 499	-12.9%
Nuclear	714	852	1 070	1.6%	209	24.3%
Hydro	242	321	422	2.2%	13	3.2%
Biomass and waste	1 176	1 374	1 703	1.4%	58	3.6%
Other renewables	57	148	373	7.5%	77	26.1%
Total	11 204	13 537	15 405	1.2%	-1 690	-9.9%

* Average annual rate of growth.

圖 4. . IEA 所預估之世界未來能源結構的替代情境與基準情境之比較

4. 第三場主要議題演說與討論 (Keynote Session 3)

這一場演說與討論參加的貴賓主要為全球能源相關的非政府組織的負責人，包括OXY油氣公司總裁*Casey Olson*、英國皇家國際事務研究院(Chatham House)資深研究員*Kirsty Hamilton*、聯合國前任環境計畫執行長 *Klaus Topfer*、世界自然基金會(WWF)One Living Planet專題研究策劃 *Jean-Paul Jeanrenaud*、世界再生能源會議(WREC；World Renewable Energy Congress)主席*Ali Sayigh*、美國節能組織(Alliance to Save Energy)總裁*Kateri Callahan*等。這一場演說與討論的重點首推世界自然基金會*Jean-Paul Jeanrenaud*所揭示的「生命行星報告(Living Planet Report)」2006年報告內容，這個報告以兩項指標反應地球生態：(1)生命行星指標(Living Planet Index)，係追蹤一千多種地球上的脊椎動物物種，藉由其於地球分佈的多樣性，而定出反應地球生態健康狀態的指標；以及(2)生態足跡指標(Ecological Footprint)，這個指標係藉由測定人類食衣住行所消耗的自然資源以及吸納人類產生的廢棄物所需的生物生產性土地 (biologically productive area) 面積大小，與給定的一定人口區域的生態承載力 (ecological capacity) 進行比較，以評估人類活動對生態系統所能養育自然資源的影響。圖5顯示了所追蹤的物種(與生命行星指標有關)在2003年時，已比1970年減少了約29%；地球的生態負擔(與生態足跡指標有關)已由1960年的約0.5成長到2003年的約1.2，可以看出在1980年代時，人類生態活動足跡已超過地球可提供的生態承載負擔。由圖6也可以看出世界主要國家養活一個人所需的生態足跡指標，全球平均約需2.2公頃/人，但生態承載力僅能提供1.8公頃/人，生態赤字達0.4公頃/人。圖6顯示出美國被評估為生態足跡指標最差的國家，因為它的生態赤字達4.8公頃/人，日本生態赤字達3.6公頃/人；生態承載力仍有相當大餘裕的國家為巴西和加拿大。依據作者查閱台灣環境資訊協會的分析，2003年台灣的生態足跡達5.1公頃/人，生態赤字達3.3公頃/人。*Jean-Paul Jeanrenaud*以圖7示意的方式表達出全球生態足跡指標的分佈情形，「虛胖」的台灣代表了實際土地面積實已不足以承載台灣的生態足跡。圖8則顯示出從1960至2003年構成全球「生態足跡指標」的各項人類活動，包括穀物生產、二氧化碳排放、漁獲及森林開發、以及核能開發與營運等數據來看，人類的生態足跡造成地球負荷最大的單一因素是因石化燃料的使用導致二氧化碳排放，佔人類活

動對地球的影響達48%。Jean-Paul Jeanrenaud因此提出對於2050年前全球能源使用與開發的呼籲，包括：(1)能源使用效率，(2)停止採伐森林，(3)加速成長再生與低CO₂排放之能源技術，(4)發展替代性燃料、能源貯存、和新的能源供應結構，(5)將含碳高的煤以含碳低的氣體取代，(6)進行碳捕捉與封存技術開發。WWF的目標是希望2020年前，全球「生態足跡指標」應降低至2000年之水準，並持續逐年降低；到2050年，則希望降到地球生態承载力容許的程度。

美國節能組織總裁Kateri Callahan接著以推動美國企業進行能源效率提升與節能為題發表演說，他提出達到此目的之四個方法：(1)新技術之研發，(2)政府激勵措施，(3)民眾教育，以及(4)設定各行業能源效率提升與節能的施行標準。美國已在廣泛的推動這四個執行方法，目前至少已經有十三個州頒佈執行能源效率實施標準EERS(Energy Efficiency Resource Standards)；至少有三十四個州頒佈執行電力需求面管理辦法(DSM；Demand-Side Management)，電力事業將藉由調節用戶端電力需求量的方式，改善電力系統的負載型態，提升電力機組的運轉效率。WREC的主席Ali Sayigh由全球電力供需、汽車燃料的使用、以及CO₂排放現況等引述了再生能源的未來發展趨勢，圖 9是世界主要國家平均每人每年消費的電力度數，中東國家接近18,000度/人/年，美國約為15,000度/人/年，歐盟國家如英國或德國約在10,000度/人/年，中國則約為3,000度/人/年。依據能源局公布我國2005年電力總消費為214,052百萬度，當年總人口數約為2270萬人，則我國平均每人每年消費的電力度數約為9430度/人/年，我國用電已接近歐盟已開發國家的水平，但相較於WREC所揭示全球再生能源的發展包括海洋能、地熱、生質能、太陽能、與風能等發電技術，尤其歐盟國家目前有計畫且開發最積極的生質能、太陽能、與風能等，我國的腳步顯然較為遲緩。聯合國前任環境計畫執行長 Klaus Topfer則發表簡短看法，回應世界自然基金會Jean-Paul Jeanrenaud所揭示的「生命行星報告」，他支持以全球的觀點來訂定未來世界能源的發展策略，尤其當面臨富國與窮國間或開發與未開發國家間可能發生的能源爭奪問題，以及生態足跡平衡所可能引起的地域性或全球性生態危機，各國政府應發展適當的能源發展策略，配合全球一致的環境保育指標，才能有效維持地球的生態承载力。

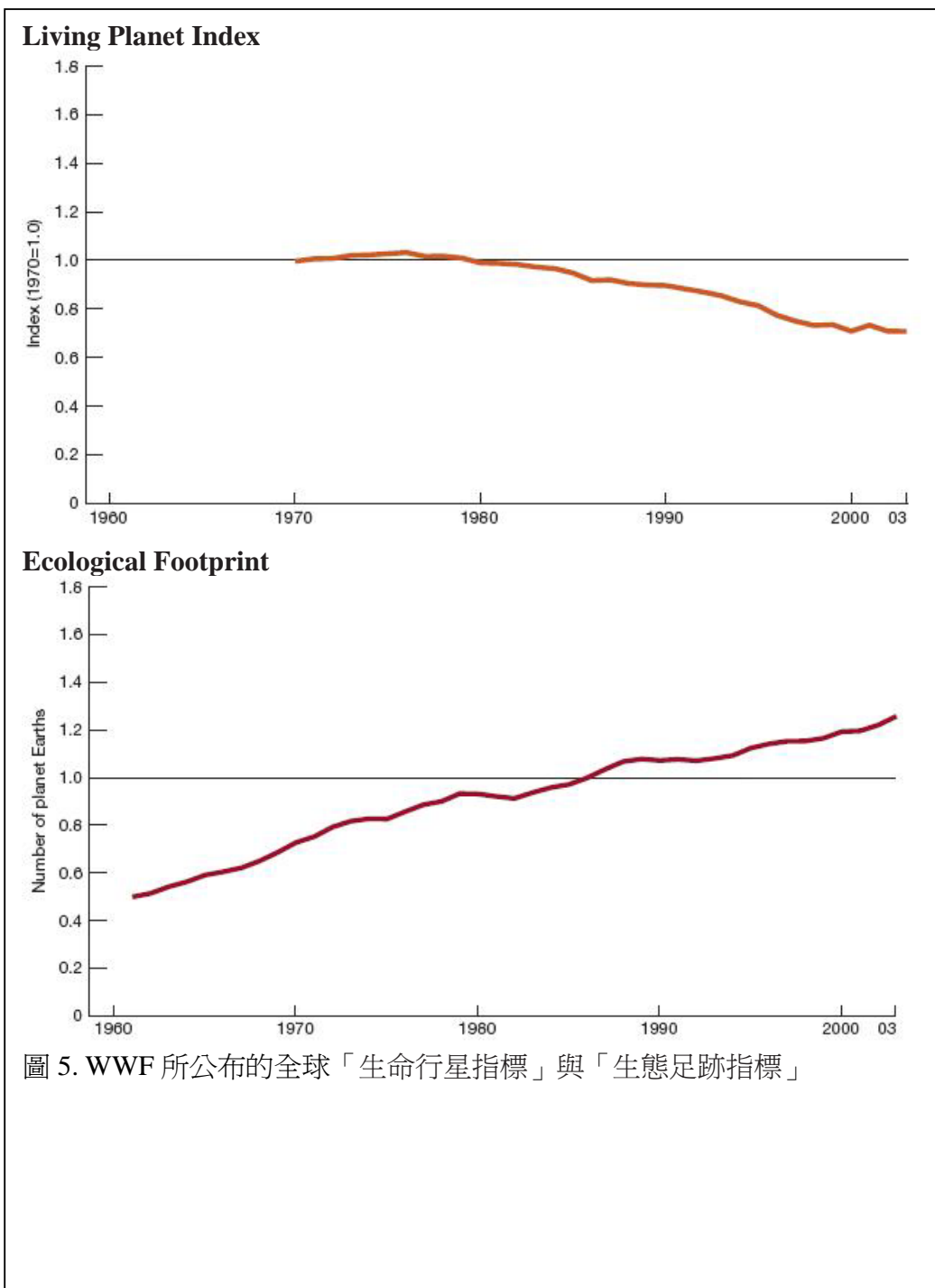


圖 5. WWF 所公布的全球「生命行星指標」與「生態足跡指標」

	Total Ecological Footprint (million 2003 gha)	Per capita Ecological Footprint (gha/person)	Biocapacity (gha/person)	Ecological reserve/deficit (-) (gha/person)
<i>World</i>	14 073	2.2	1.8	-0.4
United States of America	2 819	9.6	4.7	-4.8
China	2 152	1.6	0.8	-0.9
India	802	0.8	0.4	-0.4
Russian Federation	631	4.4	6.9	2.5
Japan	556	4.4	0.7	-3.6
Brazil	383	2.1	9.9	7.8
Germany	375	4.5	1.7	-2.8
France	339	5.6	3.0	-2.6
United Kingdom	333	5.6	1.6	-4.0
Mexico	265	2.6	1.7	-0.9
Canada	240	7.6	14.5	6.9
Italy	239	4.2	1.0	-3.1

圖 6. WWF 2006 年調查報告所公布的 2003 年各國「生態足跡指標」

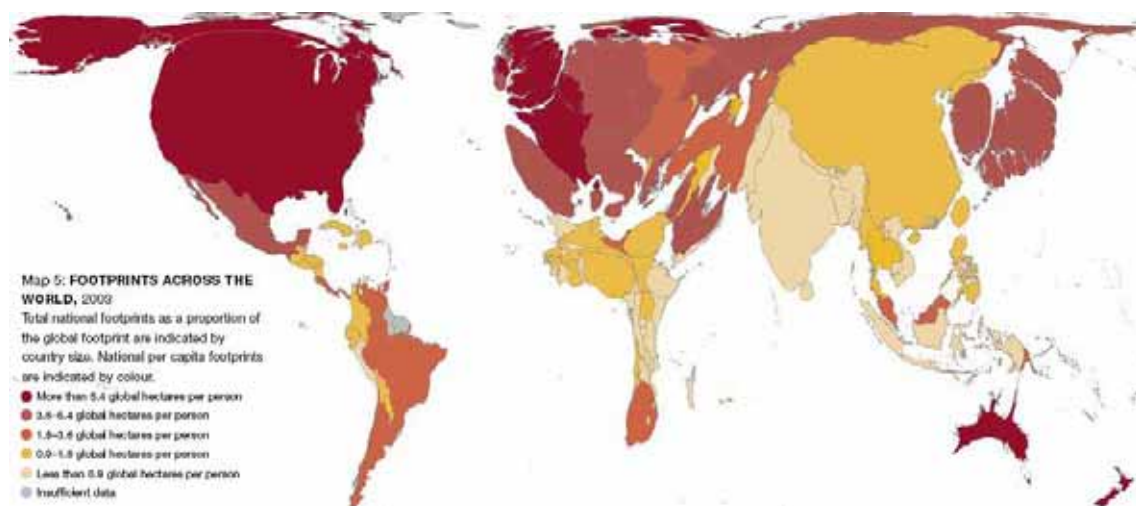


圖 7. 2003 年各國「生態足跡指標」示意圖

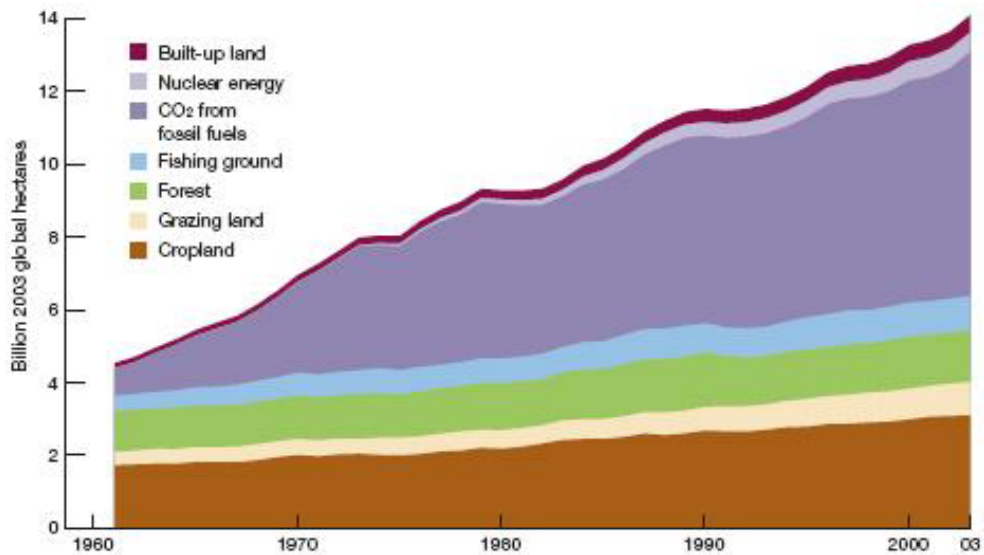


圖 8. 從 1960 至 2003 年構成全球「生態足跡指標」的各項人類活動

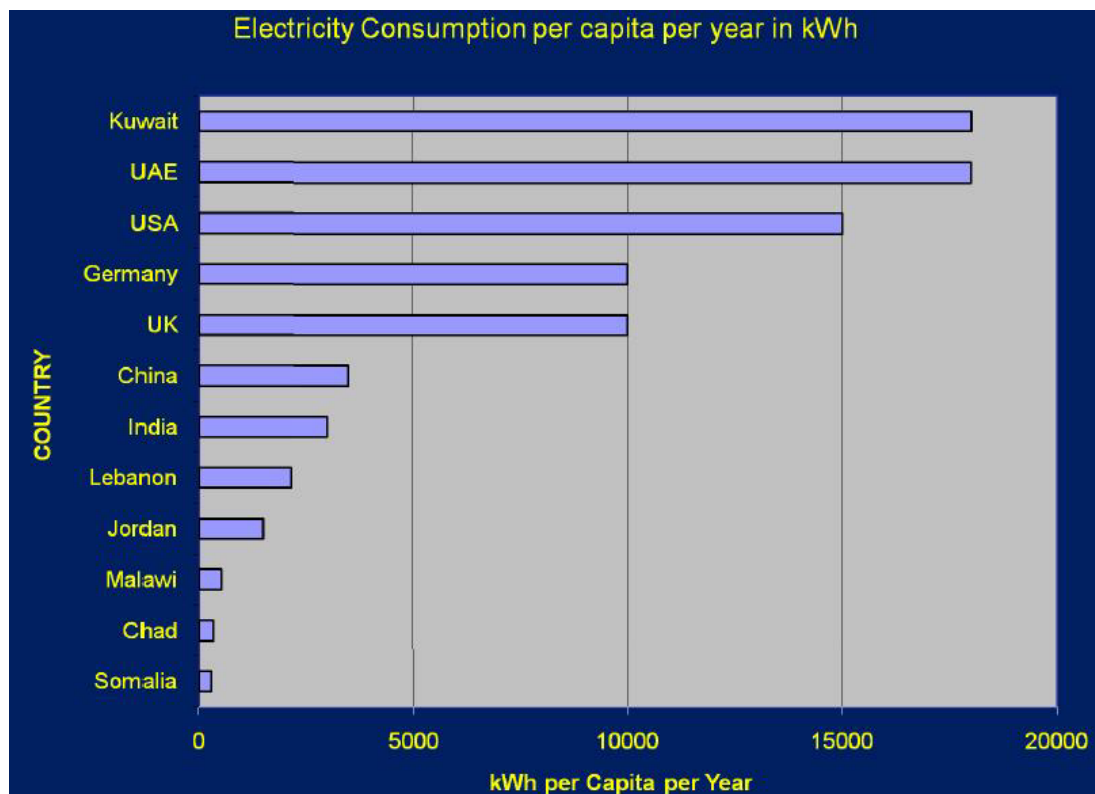


圖 9. 世界主要國家平均每人每年消費的電力度數

5. 平行論壇(Parallel Sessions)之演說與討論

除了開幕與閉幕演說，以及三場主要議題演說與討論的時段外，大會另規劃八個平行論壇(Parallel Sessions)進行專家演說與討論，這八個議題包括：(1)碳營運(Carbon Management)、(2)廢棄物轉化能源、(3)太陽能、(4)潔淨運輸、(5)其他(地熱、燃料電池、海洋能)、(6)生質燃料、(7)風能、以及(8)綠色建築。

(1) **碳營運(Carbon Management)的議題**，與會專家的討論主要有兩個重點：

(i) CO₂營運的市場與商機

依據IEA的評估，在替代策略情境中，當各國政府執行明確的CO₂排放與能源安全相連結的策略時，CO₂排放可以由原先2030年基準情境的40,400百萬噸(40.4GT)，降低為34,000百萬噸(34.0GT)，其間會有約6,000百萬噸的CO₂減量市場需求；如果要達到IPCC的450ppm大氣CO₂含量要求，更必須減至約23000百萬噸，其間將更達17,000百萬噸的市場需求。碳減量需求所反應的碳營運市場與商機，分為碳資產交易與淨碳技術產業兩部分。淨碳技術產業目前正隨著科技進程而緩步發展，但目前碳資產交易在全球國際能源及金融投資領域中卻已漸漸成形，並可能成為未來投資主流。碳資產交易目前主要為排放減量權證CERs(Certified Emission Reductions)，以及自願性減排VERs (Voluntary Emission Reductions)，由歐盟所推動的排放交易機制設定2020年的CERs目標為至少500百萬噸，VERs目標約為200百萬噸。美國雖未簽署CO₂排放協定，但已有美國USERS排放減量權證(US Compliance Emission Reductions)的提議，預估2020年的目標值至少為600百萬噸。以CERs的市場價格在2007年底約為18歐元/噸來計算，2020年前包含CERs、VERs、和USERS的碳資產交易總值可達23,400百萬歐元(234億歐元)。歐盟的碳排放交易市場已於2005年元月1日正式上路，包括能源業、鋼鐵業、水泥業及紙漿造紙業等4大產業、涵蓋歐盟12,000家企業均須加入碳排放交易；經濟合作發展組織(OECD)中的丹麥、英國、加拿大、日本、挪威、瑞士、韓國等國亦已計劃實施排放交易制度；此外大型跨國企業諸如BP、SHELL亦建立其集團內部的排放交易，位於美國芝加哥的排放交易中心(CCX)則是一個提供北美地區企業自願

性參與的機構。目前各類型大規模碳基金陸續成立，已形成碳資產金融投資熱潮，並透過歐盟、美國、亞洲各地溫室氣體交易所進行交易，使得碳資產投資價值儼然已超過黃金、石油。

(ii) CO₂的捕捉與封存(CCS)以及CO₂油氣激產(Enhanced Oil Recovery)技術

一般相信當CO₂排放交易的價格漲到25~30歐元/噸時，隨著各項應用的更加廣泛，CCS在經濟上將更為可行。CCS的技術其實早在1996年起，便在北海由挪威Statoil公司經營的Sleipner海上油氣田平台進行了成功的示範，Sleipner所產天然氣含有約9.5%之CO₂，在供應市場之前必須予以脫除。為免支付龐大碳稅，Statoil於1996年首度嘗試將所脫除之CO₂注入位於該油氣層上方的地下鹽水層，水層深度約三千英尺，厚度200~300公尺，估計可儲存CO₂約600,000百萬噸，目前每年成功注入海底岩盤達一百萬噸。Statoil公司更與BP油氣公司、Sonatrach油氣公司合資在2004年已於阿爾及利亞的 In-Salah油氣田(約4~9%之CO₂含量)開始另一CO₂捕捉與封存示範計畫，目標為其輸往歐洲的天然氣CO₂含量必須小於0.3%，同時每年注入地底1.2百萬噸。Sleipner計畫的成功激起美國、加拿大、荷蘭、德國、澳洲等多國更加積極進行不同規模的地下封存計畫之規劃。與CCS技術同時發展同時受到能源界重視的為CO₂-EOR(CO₂油氣激產)技術，自1972年於美國德州首度使用。其工作原理為將CO₂打入油層後，CO₂一方面和原油混合，減少其黏性，也就是增加其流動速度，從而增加開採速度，另一方面亦能維持儲油層的壓力，並推擠原油向開採井靠近，因此增加開採量。而注入所需的CO₂其來源多來自天然生成的或鄰近純化天然氣後捕集得的CO₂，但隨著遠程管線鋪設及自發電廠捕集CO₂技術的發展，CO₂來源將更多來自人為排放。2000年，美國能源部結合15個其他政府組織與研究機構合力構建一條長達204英里的CO₂加壓管線，從位於美國北達科塔州至位於加拿大薩克斯其萬省的Weyburn油田，使用CO₂-EOR注入，期望可以延長油田的開採生命25年，並在未來30年內增加130百萬桶的原油產量。這個會議上也宣告阿布達比將於2008年底完成四個CO₂-EOR計畫的規劃案，估計每年注入CO₂於地底6~8百萬噸。這個會議上也宣告阿布達比將於2008年底完成四個CO₂-EOR計畫的規劃案，估計每年注入

CO₂於地底6~8百萬噸。

(2)廢棄物轉化能源的議題

與會專家的討論重點包括有畜牧業廢棄物與都市廢棄物之能源轉換，畜牧業廢棄物轉化可能包括動物糞便燃燒，動物屍體油脂轉化柴油，厭氧分解轉化糞便、雜草、其及他廢棄物為甲烷等。與會貴賓以巴基斯坦Landhi地方的大型養牛場為例，該場每天產生牛隻糞便約7,200噸，未規劃能源轉換前，牛隻廢便污染河川或任意棄置，經過轉換後糞便可以充分利用，提供200,000立方米的沼氣，其中65%為可燃性甲烷，可產生相當於25MW的電力容量，轉換過程的固體廢棄物和液體廢棄物可提供每天約1,400噸的有機堆肥及可供水耕作物養分的液體肥料。這也相當於每年約1百萬噸的CO₂減量效益，以及減少2.5百萬噸的畜養廢水排入河川。另一位貴賓則提出南非Zabalgabi地區的大型都市固體廢棄物能源轉換工廠，其宣稱的Syner System新型轉換程序，將燃氣程序與都市固體廢棄物焚化程序結合，使得固體廢棄物焚化程序的效大大提升，比同樣處理量的一般垃圾焚化發電廠多出87%的電能轉換效益，每年預計處理都市固體廢棄物25萬噸，其廢棄物的年發電度數達179百萬度，發電效益約相當於716度/噸。若比較依據環保署統計的台灣地區目前約有20個大型垃圾焚化發電廠，總發電容量約584MW，2005年平均每日處理約5共60萬噸垃圾，年平均處理量約共560萬噸，年平均發電量2,852百萬度，發電效益約相當於509度/噸。可見得Syner系統確實具有比較高的都市固體廢棄物能源轉換效率。

(3)太陽能的議題

這個議題討論的重點主要以大型集中式太陽能發電系統CSP為主，太陽光電PV系統討論則甚少，討論的重點有兩項：

(i) **美國西南四州的太陽能發電計畫**，美國西南部包括亞利桑納州(AZ)、加州(CA)、內華達州(NV)、以及新墨西哥州(NM)等四州州長所組成的西南州長聯誼會WGA於2004年六月宣布在2015年前，西南四州將裝置達30GW的清潔能源電力，其中並至少有1,000MW來自集光式太陽能發電CSP(Concentraing Solar Power)。這個1,000MW CSP計畫在同年11月獲得美國能源部認同，並宣布將撥款分擔這個計畫的開發費用。目前四個州的電力裝置容量約為83.5GW，2012年前

預計再增加37GW，但其中約87%規畫來自天然氣。西南四州目前非限制區而無土地利用且斜度1度之內的土地，可裝置太陽能系統的面積超過32,000平方英哩，太陽能潛能超過4000GW(註：美國目前的總電力裝置容量約1,100GW)，裝置1,000MW的CSP約需7.7平方英哩的土地。美國加州南部Mojave沙漠地區，早在1990年代便已有約354MW裝置容量的拋物面槽型(Parabolic Trough)CSP電力系統在運轉，稱為Solar Energy Generating Systems (SEGS)，是目前全球最大的太陽發電系統，其太陽光強度聚焦達30~100倍，中心接收管溫度超過 400°C，接收管內的油性流體吸熱後於蒸汽產生器內進行熱交換，而產生蒸汽推動汽渦輪機發電。SEGS利用槽型集熱器以及天然氣發電形成混合型發電系統，當太陽光無法照射時，仍能持續產生電力的系統。最近商業運轉的的大型CSP發電為位於內華達州的64MW Nevada Solar One計畫(2007年6月商轉)，如圖12(左)所示，使用拋物面槽型太陽集熱發電系統。Nevada Solar One 用了760個拋物面反射槽，共含18萬個鏡面，可供給約1萬4千個家庭的電力。

- (ii) **全球商轉型集光式太陽能發電CSP的發展趨勢**，如圖11所示，美國最早於1984~1991年間開啓了商轉型CSP太陽能電廠的建置計畫，由354MW的SEGS系統開始，而後過了約16年，才又有64MW 的Nevada Solar One商轉型CSP電廠完成。這期間在歐洲發展最積極的首推西班牙，於2007年完成PS10集中反射塔型太陽能系統(如圖12所示)，發電容量 11MW，使用624個地面反射鏡，每面反射鏡120平方米，將陽光集中反射至中央的一個115米高塔上，加熱高塔上的高熱容融鹽(Molten Salt)吸熱流體後儲存於儲存槽，並應電力調度需求，輸出高熱含融鹽至蒸汽產生器，以推動汽輪機發電。2008年七月西班牙預計商轉Andasol-1拋物面槽型太陽集熱發電系統，發電容量 50MW，如圖12(右)所示，並具有以融鹽儲能的七小時的儲能裝置。西班牙的Puertollano計畫以及另一個Andasol-2計畫容量也都各是50MW，各預計2008年底及2009年3月運轉。西班牙已立下2010年將有12%的初級能源來自再生能源的目標，其中至少有400MW的太陽能發電，其長程的CSP太陽能發電裝置容量目標為1,950MW。商轉型CSP太陽能電廠的發展趨勢以槽型集熱器和集中反射塔型兩種系統為主流，目前更發展出熱融鹽儲存做為穩定電力調度的機制，同時輔以天然氣燃燒形成複式循環發電以提升效

率。集中反射塔型目前又有稱為「光束下射(Beam Down)」的新型設計，不再需要浪費能源將融鹽流體加壓打至中央高塔上而接收太陽熱，而是地面反射鏡集中太陽光至中央塔，中央塔再將光束集中下射至地面融鹽流體流經的接收體。

State	Solar Capacity (MW)	Land Area (Sq Mi)
AZ	1,652,000	12,790
CA	742,305	5,750
NV	619,410	4,790
NM	1,119,000	9,157
Total	4,132,715	32,487

The table and map represent land that has no primary use today, exclude land with slope > 1%, and do not count sensitive lands.

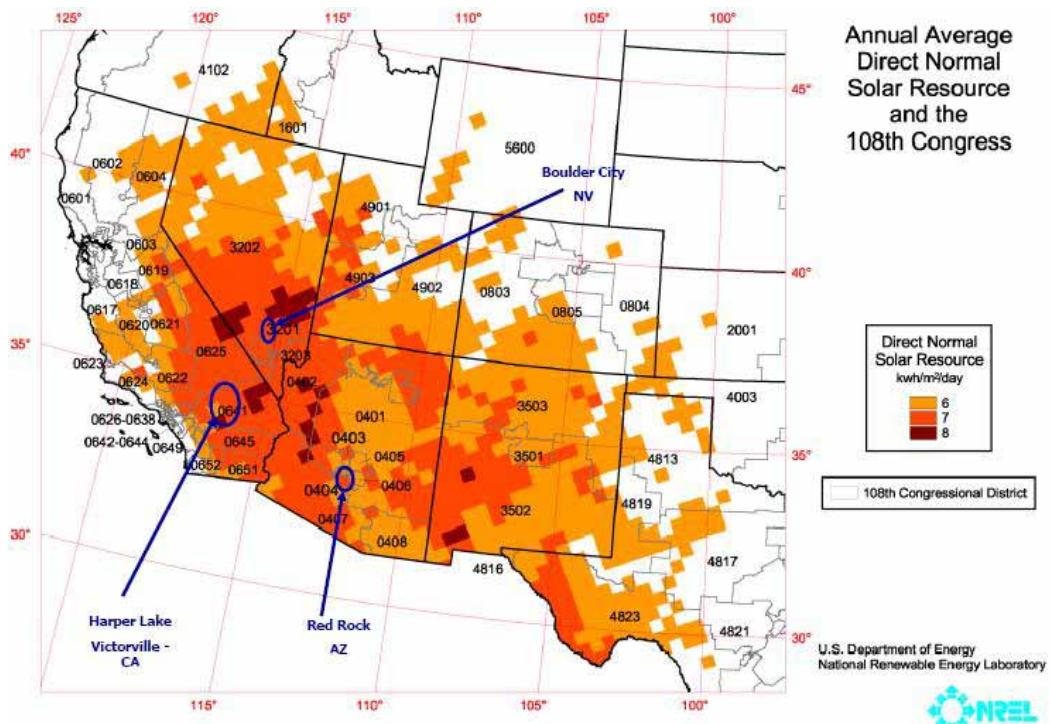


圖 10. 美國西南四州的太陽能潛能

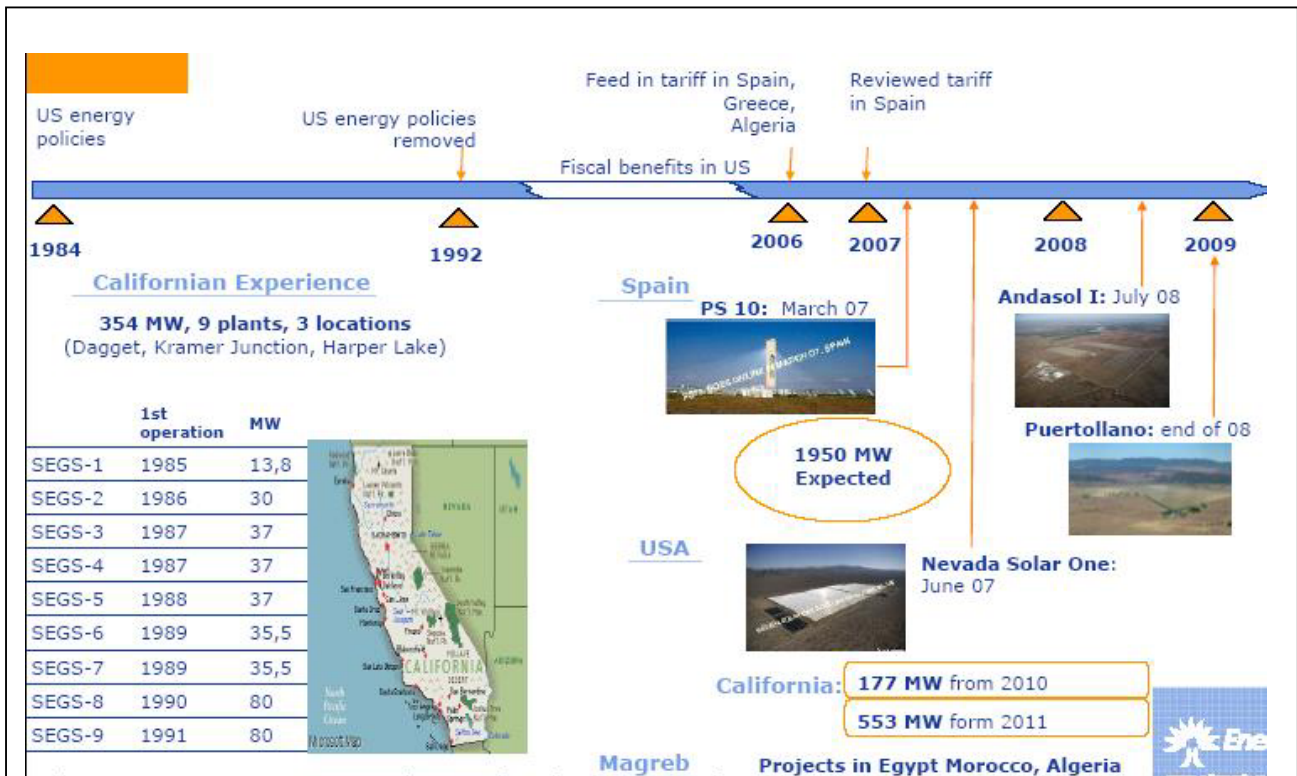


圖 11. 全球大型集光式太陽能發電 CSP 系統的發展趨勢



圖 12. 2007~2008 年初商轉的兩座集光式太陽能發電系統
美國內華達州 64MW Nevada Solar One 槽型太陽集熱發電系統(左) 以及
西班牙 11MW PS10 集中反射塔型太陽集熱發電系統(右)

(4)潔淨運輸的議題

這場討論主要分為航空與陸地運輸兩部分，探討其對CO₂排放之影響與對策，包括：

- (i) **航空運輸對CO₂排放的影響**，航空運輸產生的CO₂，目前佔全球CO₂總排放量2%，佔全球交通運輸部門CO₂排放量的12%。航空運輸在歐盟佔CO₂排放的3%，在美國佔CO₂排放11%。國際航空運輸協會IATA(International Air Transport Association)設定目標，希望在2020年減低至目前排放的50%，IATA的總裁Giovanni Bisignani 甚至希望航空運輸能在2050年達到零排放的目標。以生質作物為原料，經Fischer Tropsch程序合成燃油技術所製成的合成燃油以及氫化處理蔬菜油所製成的生質燃油等被認為是減低航空燃料碳排放的發展目標，Shell石油公司及日本Nippon石油公司正在積極進行這些技術的開發。因應CO₂排放問題，波音與空中巴士飛機製造廠也正積極改良更有效率的飛機引擎或翼片浮力設計，某些航空公司甚至已推出「旅客自願」加入「碳抵銷」計畫，透過以現金或里程抵減的方式，由旅客自行購買飛行時所產生的二氧化碳排放量，未來投入購買「飛行碳排放權」，投入減少排放的努力。
- (ii) **陸地運輸對CO₂排放的影響**，陸地運輸尤其是指汽車之CO₂排放目標，歐盟汽車製造協會EAMA原先的自願減量目標設定為2008年達到140gCO₂/km之目標，但到2008年初，歐盟境內銷售的新車平均排放量仍達163gCO₂/km，很明顯由於目標的難以達成，目前已修訂為在2012~2015年間達到130gCO₂/km，而2020年則達到95gCO₂/km的目標；美國的目標則為2016年達到127gCO₂/km。圖13顯示出若干汽車類型的排放測量數據，可以看出高馬力的車種，其CO₂排放與目標值130gCO₂/km相去甚遠，低馬力的小型車則可以接近目標值，而柴油車與油電混合車則已能低於排放目標值。一般而言目前一公升汽油產生約2.3kg的CO₂，則符合130gCO₂/km的汽車，其油耗指數必須高於每公升17.7公里，約相當於每加侖44英哩(MPG)；若要符合2020年95gCO₂/km的目標，油耗指數必須高於每公升24公里，約相當於60MPG。因此，減低汽車CO₂排放的方法為(a)提升引擎與傳動系統的效率、(b)加強汽車輕量化與低滾動阻抗的設計技術、(c)

抑制私人大型或高馬力車種的普遍使用、以及(d)改變汽車燃料為低碳燃料。從汽車推進系統的觀點，低碳汽車甚至零碳汽車的發展里程應該從目前的內燃式引擎與傳動系統的效率提升、油電混合車(包括隨插充電式油電混合車)、一般燃料電池電動車、然後進展到氫氣燃料電池車。從燃料系統的觀點，應該從目前的汽油或少許添加的酒精汽油或生質柴油、高生質燃料添加比例的汽柴油(E85或B90)、傳統或進步型電池(鋰電池)、進展到全氫燃料系統。目前美國各大車廠均與其NREL國家實驗室合作，設計全氫燃料電池針對約100多種車型進行各項測試；跨國的合作則有丹麥與加拿大的CanDan計畫，希望在2012年達到超過1000量氫氣燃料電池車與其氫氣供給設施之試運轉。

Porsche Cayenne 4.8lt	(385bhp):	358 g/km = +175%
Mercedes-Benz S-Class 500	(383bhp):	279 g/km = +115%
Lotus Elise R 1.8 l	(190bhp):	208 g/km = +60 %
Toyota Avensis 2.0lt	(145bhp):	191 g/km = +47%
Fiat Grande Punto 1.4 lt	(77bhp):	139 g/km = + 7%
Ford Fiesta 1.6 l DuraTorq diesel (90 bhp):		116 g/km = -11%
Toyota Prius 1.5 l gasoline / electric hybrid (76 bhp):		104 g/km = -20%

圖 13. 歐洲汽車製造商協會 ACEA 對若干廠牌汽車 CO2 排放之測試
(建議排放目標值 130gCO2/km)

(5) 其他(地熱、燃料電池、海洋能)能源議題

這場討論並不如預期廣泛，參加來賓僅有兩位提出與海洋能和地熱有關的論述。首先是美國一家稱為CTC (Current to Current)公司的總裁Manfred Kuehnle宣稱該已發展成功，具有商轉實力的新型水下發電機SPG(Submersible Power Generator)，可利用洋流、河流、及任何大型水道上的水流或者潮流進行水下發電。SPG如圖13所示，可以錨定漂浮於海水深處，類似像潛艇一樣，具方向舵可以隨時使得SPG對準海流方向，其兩具渦輪葉片，共可產生10MW的發電容量。SPG已經在獲得英屬百慕達的訂單，2007年底已經安裝進行測試。目前該公司也積極向巴西與阿聯大公國推銷，

鎖定在巴西北方海域和亞瑪遜河口以及波斯灣荷莫茲海峽出口處，流速具潛力的區域。全球洋流能量具備發電潛能的區域如圖14所示，台灣與澎湖間的海峽區域以及東部綠島與蘭嶼外海的黑潮流域，都是洋流發電極有潛力的地區。國際地熱協會前任主席John W. Lund接著介紹全球地熱的發展趨勢，圖15顯示全球重要地熱潛能分佈帶，集中於地殼板塊斷裂帶或板塊隱沒的上方。傳統的地熱發電取得方式是以引出數百公尺深的水蒸汽(需經由汽水分離器)或蒸汽進行發電，發電後經冷凝過的水則通常再注回地底，以保持地下水資源。世界地熱發電裝置容量2007年保守估計已達9,700MWe，前五名依次為美國(2,600MWe)、菲律賓(2,000MWe)、印尼(1,000MWe)、墨西哥(950MWe)、義大利(810MWe)。直接以地熱水做為溫泉、工業熱源或冷暖氣熱泵應用等最多的五個裝置容量國家依次為美國(9,000MWt)、瑞典(3,840MWe)、中國(3,700MWe)、冰島(1,850MWe)、土耳其(1,500MWe)。以傳統方式可開發的地熱發電潛能全球約為35,000~72,000MWe，目前深入地底3~5公里深度開採的地熱技術，稱為熱岩型(Hot Rock)地熱，某些保守評估認為至少可以增加全球地熱發電潛能約兩倍左右，至約65,000~138,000MWe，但樂觀之評估認為可以增加潛能達十倍左右。歐洲四個國家已自1986年起就在法國阿爾薩斯省的Soultz-sous-Forêts合作進行深達5公里的熱岩型地熱發電開發計畫，預計在2008年底可以達到6MWe的展示規模；而澳洲在其Cooper Basin地區也在進行深4~5公里的熱岩型地熱發電開發，預計在2010年可達40MWe的規模。相視於台灣地熱發電之發展，依據台電的資料以目前之技術，其潛能約為745MWe。台電曾經於宜蘭地區設置清水試驗電廠，發電量 3 MW，至1995年因井壁碳酸鈣結垢問題，終致不敷成本而關閉。目前政府將採BOT對外招商，預計近年即可重新啓用。我國位處世界公認最好的地熱潛能帶，但過去對地熱發電的開發並不積極，世界上卻有如冰島之類的國家，充分利用其地熱與水力蘊藏潛能，將全國推向近乎電力裝置容量100%為再生能源的境界。地熱乃屬可靠的基載能源，新近發展的熱岩型開發技術更可以增加地熱潛能開發為目前技術的十倍以上，我國在尋求更多自主能源時，應積極建立進步型地熱開採及其發電技術，以充分把握這項可貴的資源。

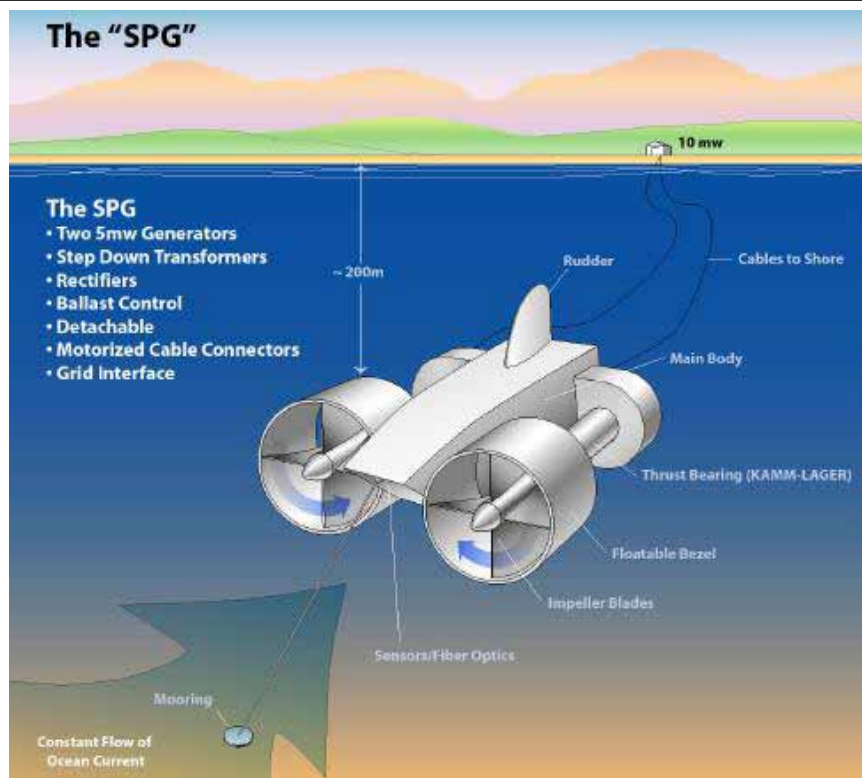


圖 13 CTC 公司發展的新型水下發電機 SPG

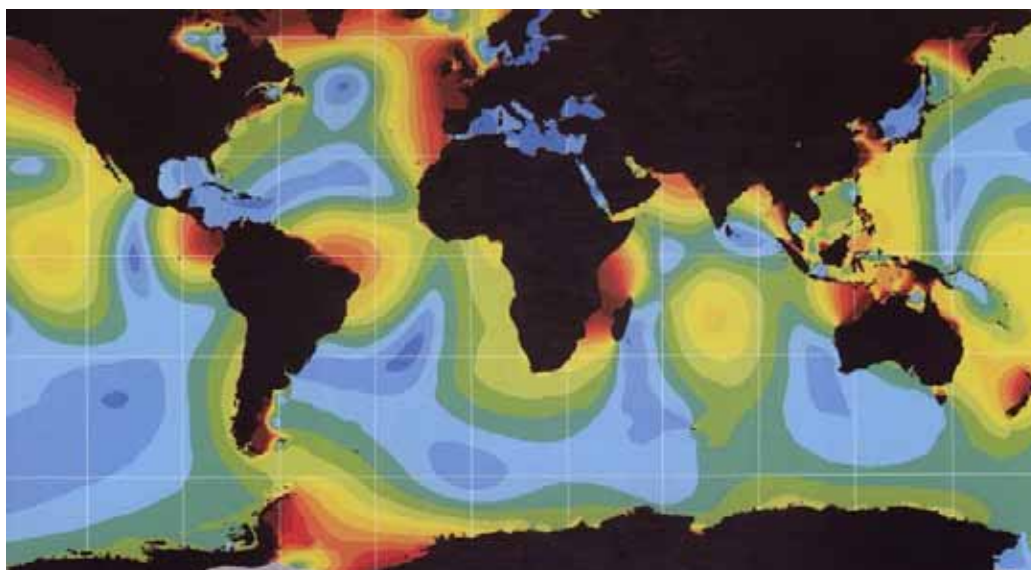
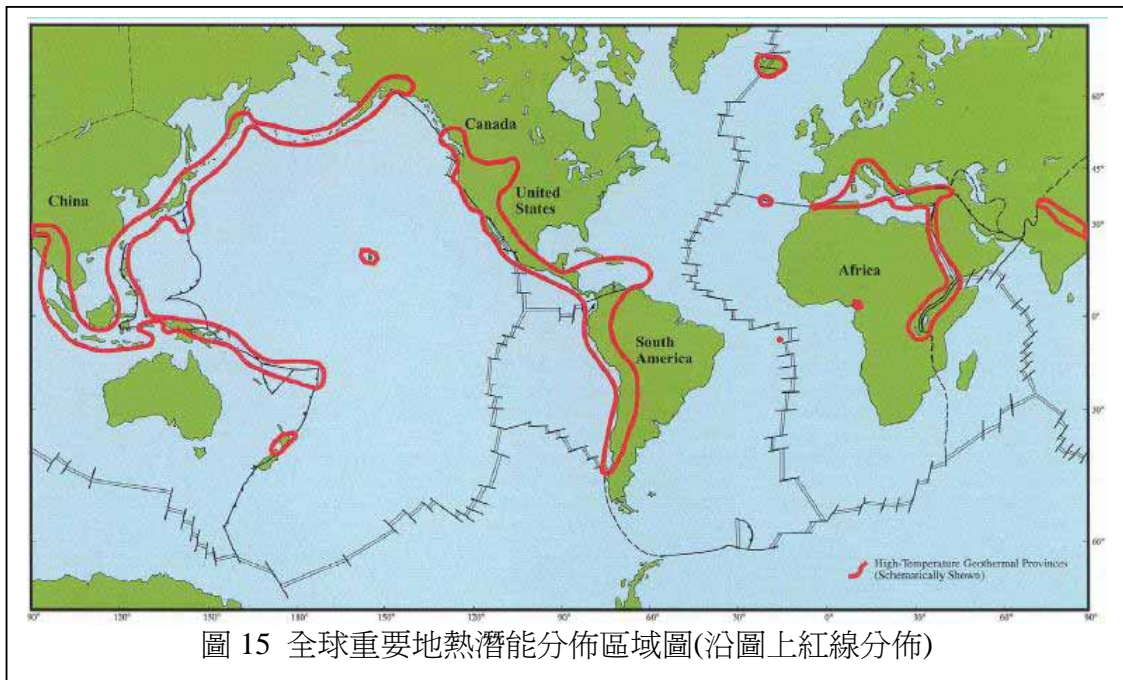


圖 14 全球洋流流速分佈圖(愈接近紅色代表洋流流速極佳區域)



(6)生質燃料的議題

這場討論所針對的生質燃料係以運輸部門的燃料為考慮對象，而不包含電力或工業與家用等部門，內容可以歸納為三個主題：

- (i) **運輸部門生質燃料的未來發展**，圖 16 顯示 IEA 未來能源評估關於替代策略情境中的運輸部門能源需求，在 2004 年時，運輸部門能源需求為 1,969Mtoe(百萬噸油當量)，CO₂ 排放 5,289Mt(百萬噸)，與圖 3 所示的 2004 年全球能源需求 11,204Mtoe 以及圖 3 所示的 CO₂ 排放 26,100Mt 相比，運輸部門佔能源需求 17.6%，佔 CO₂ 排放 20.3%。道路運輸佔運輸部門能源需求的 79.6%。IEA 替代策略情境評估，在改善運輸工具燃料系統效率、增加使用其他形式(如電力)的動力車輛、增加生質燃料使用等實施策略下，2030 年的運輸部門能源需求約為 2,800 百萬噸油當量，會比基準情境(沒有積極改善作為)的運輸部門節省了約 9.9%，相當於節省 300 百萬噸油當量，約相當於每天節省 7.6 百萬桶的石油產能，這是目前伊朗和阿聯大公國的產能總和。圖 17 顯示生質燃料在 2005 年的全球產量約為 20Mtoe，佔運輸部門能源<1%，約相當於每天 643 千桶，相當

於每年 37,316 百萬公升(365x643x1000x159 升/桶)。生質酒精佔 85.4%，主要產國為巴西和美國；生質柴油佔 14.6%，主要來自歐盟。著名的生質燃料 Abengoa Bioenergy 能源公司在會場上公布 2007 年生質燃料的全球產能已達約每年 60,000 百萬公升，並預期到 2015 年將達 135,000 百萬公升，其中生質酒精佔約 80%，生質柴油佔約 20%。

- (ii) **生質柴油與生質酒精的技術發展**，歐盟希望在 2020 年達成 20%的運輸部門能源來自於生質燃料，主力發展以油性生質作物轉脂化方法產生生質柴油為主，但也以小麥和大麥生產生質酒精。Choren 能源公司預估歐盟 2020 年生質柴油可以達到原預期目標 34 百萬噸(相視於 2005 年約 7 百萬噸)，並宣傳其發展的 BTL(Biomass to Liquid)新一代生質燃料程序，以林木和農作廢棄物、生物油、甚至混合煤炭等做為原料，以氣化和氫裂解過程產生的 FT-液體燃料 (Fischer-Tropsch Liquid Fuel)，目前 2008 年 廠約可產生每年 15,000 噸，2013 年的商轉廠可達每年 300,000 噸。印度的能源研究所 TERI 在會場中則宣布其已成功栽種一種源自於中美洲的 *Jatropha* 灌木類籽生油性作物，有極大的脂類轉化潛能與量產優勢；另外也發表其研發的促進生質作物生長環境的 Mycorrhiza 真菌所調配的營養劑。Abengoa Bioenergy 能源公司在會場上則是發表其纖維素轉化酒精之技術，包括氣化與發酵轉化為乙醇，Abengoa Bioenergy 在巴西、美國、和西班牙目前生質酒精產能的三大市場均有生產工廠運轉中，其原料包括大小麥稈、玉米乾草、穀類植物與其廢棄物等。

	2004	2015	2030	2004-2030 (%)*	Change in 2030 (%)**
Total energy (Mtoe)	1 969	2 354	2 804	1.4	-9.9
Road (Mtoe)	1 567	1 841	2 159	1.2	-11.2
Aviation (Mtoe)	238	316	419	2.2	-7.6
Other (Mtoe)	165	197	226	1.2	-0.2
CO₂ emissions (Mt)	5 289	6 265	7 336	1.3	-11.0

* Annual average growth rate. ** Compared with the Reference Scenario.

圖 16. IEA 未來能源評估關於替代策略情境中的運輸部門能源需求

	Ethanol		Biodiesel		Total	
	Mtoe	kb/d	Mtoe	kb/d	Mtoe	kb/d
United States	7.50	254	0.22	5	7.72	259
Canada	0.12	4	0.00	0	0.12	4
European Union	0.48	16	2.53	56	3.01	72
Brazil	8.17	277	0.05	1	8.22	278
China	0.51	17	negligible		0.51	17
India	0.15	5	negligible		0.15	5
World	17.07	579	2.91	64	19.98	643

圖 17. IEA 評估全球 2005 年的生質燃料生產情形

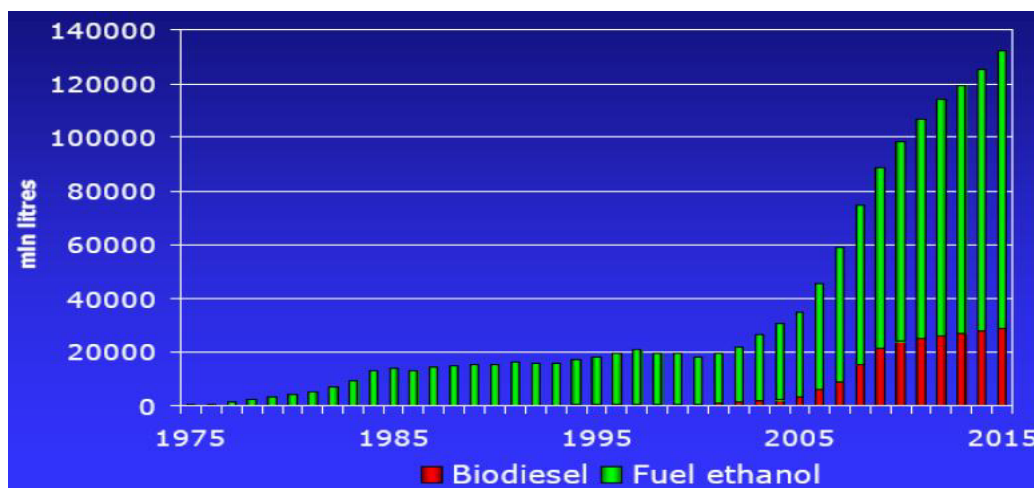


圖 18. ABENGOA BIOENERGY 公布生質燃料全球產能的現況與未來評估

(7)風能的議題

這場討論主要為全球風能會議GWEC執行長Steve Sawyer報告全球風能發展現況與趨勢，圖19顯示1995~2006年全球風能累計安裝容量，2006年已達74,000MMW，依據最新統計2007年則已達94,000MW，2007年一年的成長率達27%。圖20為2006年全球前十大累計風能裝置容量國家，前五名依次為德國(20,622MW)、西班牙(11,615MW)、美國(11,603MW)、印度(6,270MW)、丹麥(3,136MW)。中國則以2,604MW居第六位，中國在2005年排名第八位，那時的累計容量為1,260MW，亦即2006一年間中國裝置了1,344MW的風機。2007年的新排名前五名為德國(22,247MW)、美國(16,818MW)、西班牙(15,145MW)、印度(8,000MW)、中國(6,050MW)，美國與中國是2007年間風能急速成長的國家，中國2007年一年間裝置了3,446MW容量。台灣在2007年的風機累計裝置容量為282MW，排名世界第23位。GWEC預測2020年的全球風能裝置容量將累計至230,000MW(保守)~1,072,000MW(樂觀)之間，風能在全世界電力網的滲透度為2.7%(保守)~12.1%(樂觀)之間，以樂觀估計所評估的風能抑低CO₂排放量可達到每年1,500百萬噸。瑞典Vattenfall風能公司開發部執行長Goran Dandanel則報告其公司在離岸風田上的發展，瑞典Vattenfall為僅次於丹麥DONG Energy的離岸風田開發公司，Vattenfall在北海共五處地點已運轉約317MW的離岸風田(佔目前全球離岸風田市場約30%)，DONG Energy則為364MW。Vattenfall目前正在規劃一處更大型離岸風田計畫，位於瑞典南方32公里及德國北方30公里海上的Kriegers flak區域，該區域年平均風速9.6m/s，總裝置容量約640MW，建造期間為2010~2016，總共將超過120座風機，每座風機為5~7MW。這個計畫面臨的最大挑戰在於該地的海域施工上的難度比北海其他區域高，5~7MW的離岸風機目前仍在測試接階段、施工與各項零組件價格目前均浮動劇烈。依據Vattenfall公司的分析，輸電至鄰近各國考慮的目前電價分別為英國0.14歐元/度(約5.6元台幣/度)，德國0.085歐元/度(約5.6元台幣/度)，丹麥0.067歐元/度(約2.7元台幣/度)，瑞典0.045歐元/度(約1.8元台幣/度)，因此認為其離岸投資平衡點至少要在0.10歐元/度(約4元台幣/度)。另一家風能開發公司Airtricity也發表其於風田建設上的實績，於全球包括英格蘭、愛爾蘭與美國地區已運轉經

營約637MW風田，另有約471MW在建設中。Airtricity公司提出一個歐洲離岸風田超級網絡的構想，希望將目前與未來在歐洲北海以及英吉利海峽等建置的離岸風田全數連結成電力網絡。它也提出在中東地區開發風力，同時以風電提供海水淡化電力的分析，生產1000公升淡水約需五度電，以每小時產生淡水1,500立方米而可以提供10,000人口飲用而言，約需7.5M的風能裝置容量。以中東地區的水需要量及風能電力的便宜，Airtricity認為這是中東地區發展風能的好契機。



(8)綠色建築

這個討論的綠色建築著重在大型的綠能高樓建築以及未來都市的建築規劃，尤其是指「碳平衡(Carbon Neutral)」城市與建築。美國EDAW都市景觀規劃公司公布其對世界各大都市的分析，認為都市發展在人均CO₂排放以及人均能源消費指數而言，均比鄉村地區來得優越。美國非都市地區的人均能源消費為8.9噸油當量/年/人，都市化程度最高的人均能源消費則僅為3.0噸油當量/年/人；每戶每年的CO₂排放在鄉村平均為20噸，在都市地區則為9噸；每戶平均電力容量需求，鄉村平均為2.5kW，在都市地區則為1.5kW。幾個著名城市平均每人每年的能源消費為阿布達比(45萬居民，密度每平方公里4,700人)6.8噸油當量，倫敦(750萬居民，密度每平方公里4,760人)3.8噸油當量，紐約市(820萬居民，密度每平方公里9,880人)3.0噸油當量。EDAW因此認為都市人口密度帶來的好處在於(i)人均能源消費減少，(ii)人均物質消費減少，(iii)人均CO₂排放減少，(iv)人們易於取得各項便利設施，(v)經濟活動機會增加；但相對的必須有系統化的設施與能源管理，以及完善公共設施和服務品質。EDAW的觀念也正是目前超高樓建築物發展的主要論述點與方向。超高樓建築物在人口集中以及設施管理上正有如一個高密度城市，可以提供上述五項與能源、排放、以及經濟活動力相關的好處，因此，高樓建築在節能設計與綠能使用上已逐漸是現代建築設計上的主流。WSP能源公司便以傳統中東建築物多具備通風塔(Wind Tower)或者捕風塔(Wind Catcher)的概念為例，說明城市設計與高樓建築均必須建立自然通風的設計概念，擅用牆壁與風塔做為自然風道，如圖21所示，因此本次會議的Masdar城市與市內建築均將採用這樣的設計概念。高樓建築在綠能利用及碳平衡設計上，最重要的一例為巴林(Bahrain)首都麥納瑪的世貿中心，如圖22所示，由世界頂級設計公司Atkins和它的丹麥合作夥伴Ramboll及Norwin共同組成設計與開發團隊，預計於2008年初完工，位於其大樓的3座直徑29公尺的風葉，其所產生的電力足以供應2棟50層辦公大樓需求量的10-15%；預估每年可以提供1100-1300千瓩小時的潔淨電力。這三座龐大的225千瓦的渦輪機，是在2007年3月完成安裝於橫跨在2棟大樓間的3座橋上。除了風力渦輪機之外，巴林世貿中心還具體融合了其他幾項特色，以試圖減少潛在的碳足跡，包括熱回收系

統、可開闔的窗戶讓空氣流通、灰水回收、由太陽光電供電的戶外照明，以及建築物外部正面玻璃的遮光效果。另一個例子，也是Atkins公司正在為杜拜國際財務中心(Dubai International Financial Center)設計的「光能屋(Light House)」計畫，如圖23所示，大樓共規劃為66層樓，容納4,000人辦公及2,000個停車位，高度總共400米，設計目標在減少水消耗達35~40%，減少能源用量達65%。大樓的能源10%來自再生能源，係在建築物頂部裝置三部各225kW，直徑29米的風力發電機，及在建築物身上安裝大約4000塊太陽能電板。

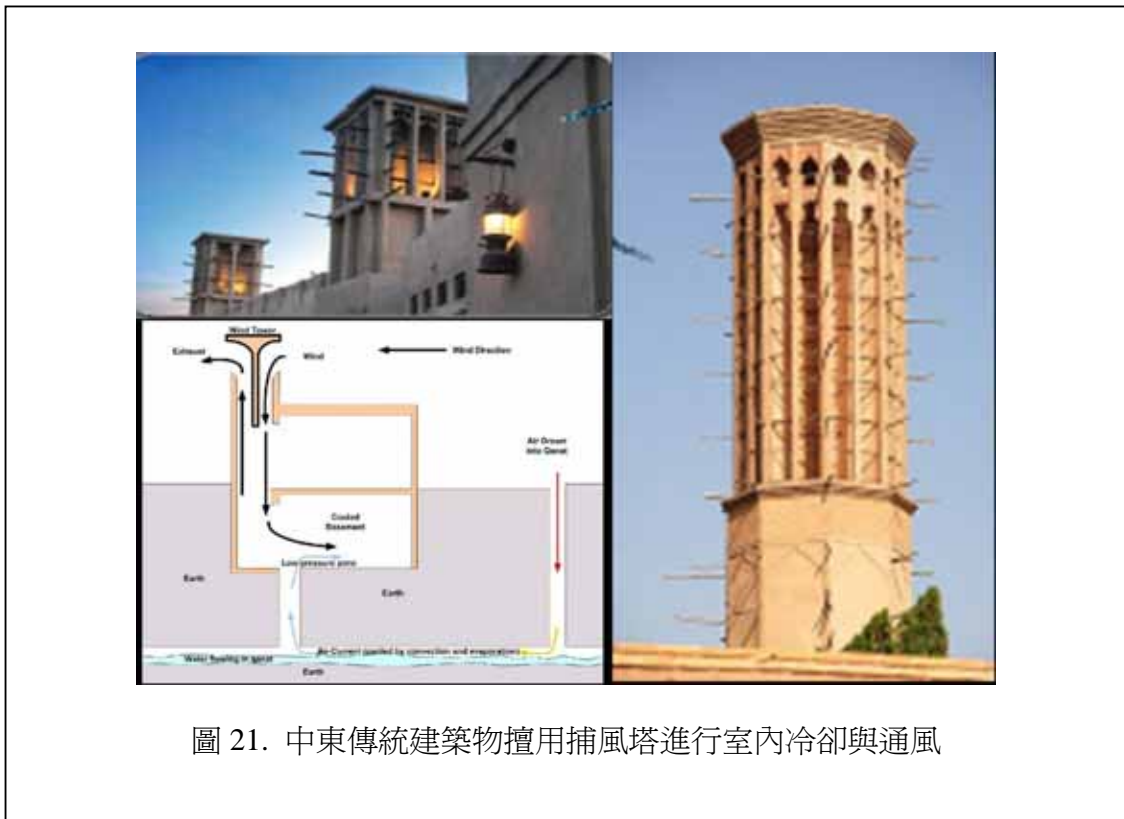


圖 21. 中東傳統建築物擅用捕風塔進行室內冷卻與通風

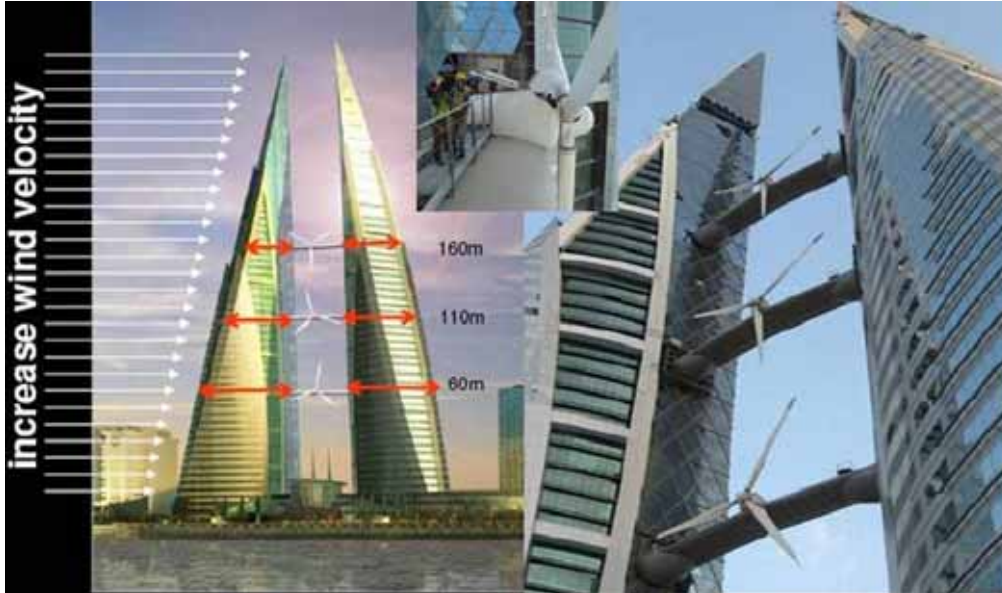


圖 22. 巴林(Bahrain)首都麥納瑪的世貿中心(預計 2008 年間完工)



圖 23. 設計中的杜拜國際財務中心(Bubai International Financial Center)

6. 閉幕式演說討論(Closing Keynote)

閉幕式演說是由英國著名的建築設計公司**Foster + Partners**創辦人Load Foster進行關於未來永續型建築的演說，他舉中國未來都市人口集中為例，歐洲在1800到2000年的兩百年內，人口都市集中化的比例由約10%進展到約60%，而中國依目前的發展趨勢，卻可能從1950年到2050年的一百年，就可以達到同樣比例的進展。同樣的情形可能發生在印度或巴西等。以全球能源消費比例住宅：交通：工業為 44:34:22而言，建築與城市的設計關係著未來世界能源運用的效率，因此，從環保與能源利用的觀點，他提出永續型建築與城市設計的三層次理念。最基層應該是擅用方位和建築形式，然後輔以深度的自然通風，這是最經濟的獲得環保與能源優勢的方法。其次則是利用被動式的遮蔭或可驅動的窗簾等，最後但也是最花錢的才是利用太陽能或熱回收系統等主動裝置來達到環保與能源的目標。Load Foster所設計位於倫敦市區內的俗稱「小黃瓜」(The Gherkin)的「瑞士再保險總部大樓」(Swiss Re Headquarters)建築，如圖25所示，2004年四月啓用，為180公尺高的40層辦公大樓。這棟大樓有自然採光，並充分利用樓層間的通風道形成自然通風與方位上的被動式太陽熱效應造成冬暖夏涼的結果，其整體節能的效果比同等級大樓達50%以上。Load Foster最後也回歸本次會議的主體Masdar城市，以圖26表達Masdar城市符合世界未來能源利用的設計理念，以傳統的建構方式Masdar城市可能要每年排放110萬噸的CO₂，擅用具能源效率的城市與建築設計、使用再生能源設施、廢棄物回收與轉化為能源、以及使用電動與太陽能為動力的交通工具，期能使Masdar城市達成碳平衡未來城市之理想。

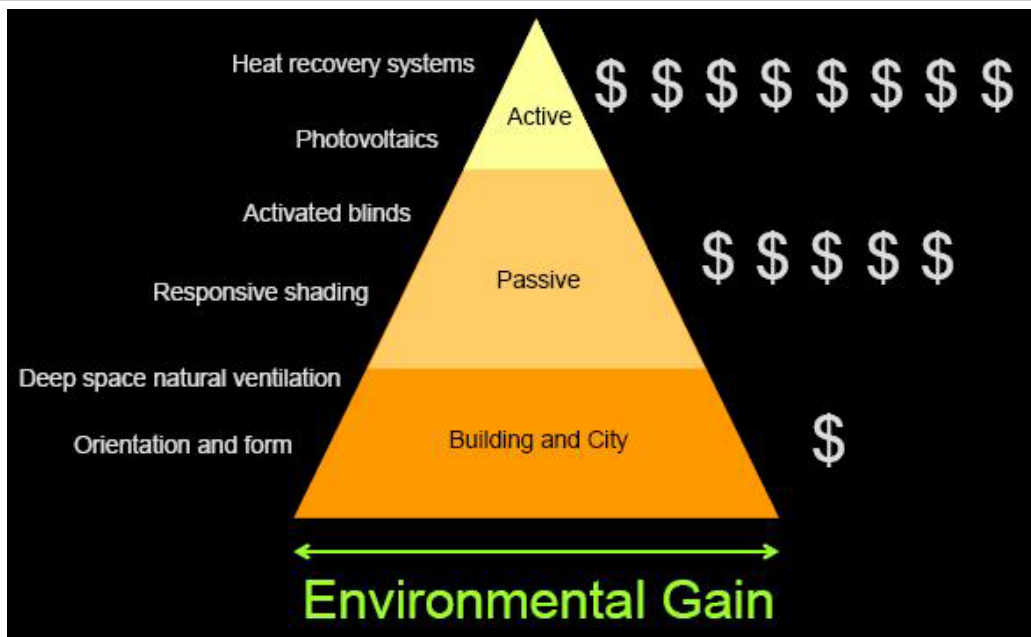


圖 24. 英國著名建築設計公司 Foster + Partners 關於未來建築城市建設的三層理念



圖 25. Foster + Partners 公司所設計著名的位於倫敦市區的「瑞士再保險總部大樓」

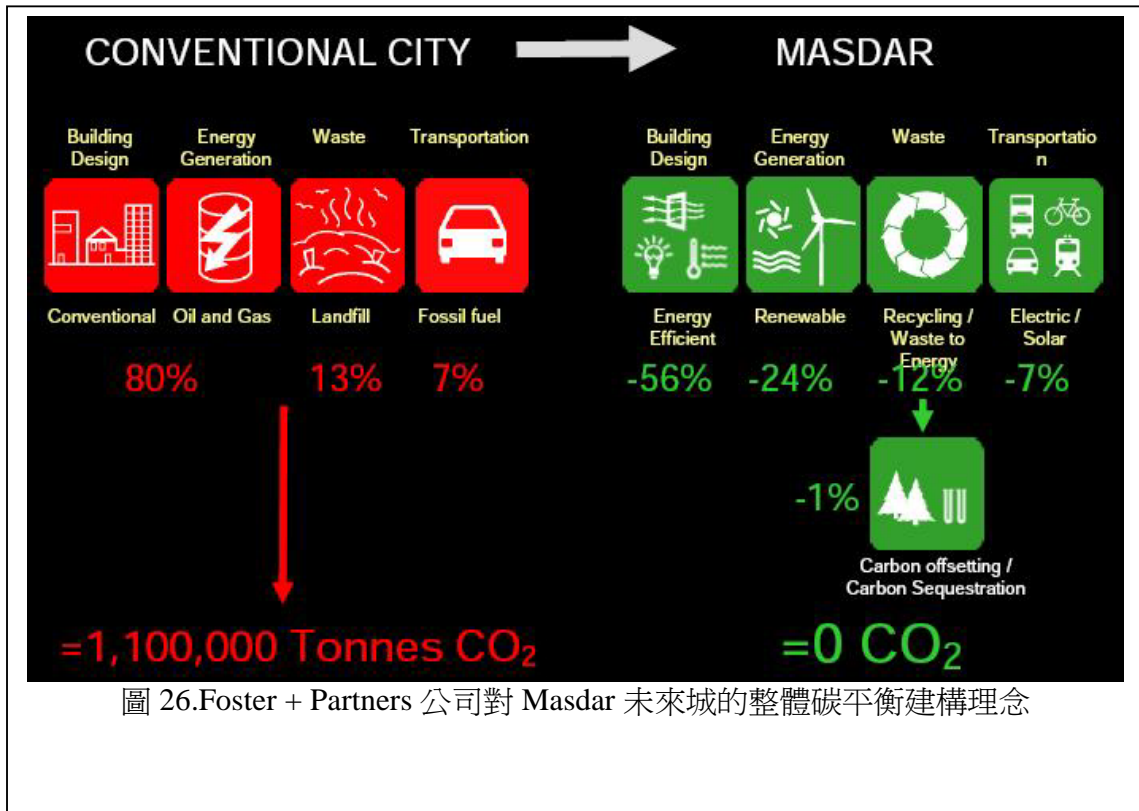


圖 26.Foster + Partners 公司對 Masdar 未來城的整體碳平衡建構理念

三、心得

本次出國公差參與這項能源高峰會議，有下列數點感想：

1. 這個會議由阿聯大公國的阿布達比發起，頗有與最近積極發展人工島觀光的杜拜相競爭之意味。阿布達比與杜拜同屬阿國中最富裕的兩個邦，但阿布達比更是富產石油，因此以開發未來潔淨能源城市 Masdar 做為投入本國資金及吸引外國技術為訴求，以杜拜十年間便能有那樣的開發成就，阿布達比的 Masdar 計畫對全球能源科技界與投資者確實有足夠的潛力與吸引力。
2. 阿聯大功國其實不管在石油開採或先進能源技術，一直都是仰賴美、英等技術人力，因此 Masdar 計畫不只是一個能源投資發展平台而已，在整個計畫內容中還包括 Masdar 科學技術研究院(MIST)、Masdar 研究網路、投資環境、與發展大型能源系統等吸引先進技術投入的規劃，同時也有提升其國家整體技術人力素質並紮根的意涵在裡面。
3. 本次會議我國有兩家小廠商參展，一家為開發 LED 光源街燈的公司，另一家則為與國外合資但總部於台灣的建築能源與廢棄物處理整體設計與開發公司。中國大陸則是有龐大的代表團，甚至有以國家為名義的整體參展攤位，主要以建築式太陽光能與熱能系統的公司為主。中國大陸的產品層次並不高，但因為國家實力，在會場上也極受重視。議程上的數個演講，並經常聽到演講者提到赴中國大陸進行各項能源科技與產業合作的內容。尤其中國在未來能源消費、長期能源合約、整體市場潛力、與 CO2 排放上，均是會場上各個討論議題中被認為對未來世界能源的發展佔有舉足輕重的地位。
4. Masdar 未來城市將以太陽能為其潔淨能源主體，包括太陽光電與太陽熱，太陽能的產業與科技發展在這個會議中被相當的重視，由於阿聯甚至整個波斯灣區域陽光十分充足，可以預見太陽能系統可能在這裡蓬勃的發展。
5. 由於阿聯大公國富產石油，總人口含外來勞工移民僅約 4 百萬人，目前平

均年 CO2 排放量卻達 76 百萬公噸，CO2 人均排放值在世界排名相當的高。因此本次會議參加的許多石油公司與專家均倡議於中東地區利用現有或廢棄油坑進行碳捕捉與貯存(CCS)之技術研發。其中一項以 CCS 配合強化石油產能的新技術(CCS for Enhanced Oil Recovery)被提及，目前阿聯已在規劃利用興建一座 400MW 燃氣電廠(約佔 5%的阿聯電力容量)，將所排放 CO2 注入油坑，除了封存 CO2 外，也同時能增加石油產能的研發案。因此本次會議中也顯見全球幾個大石油公司利用這次會議展示其於 CCS 技術上的研發成果與規劃，期能抑低中東地區 CO2 人均排放值，又同時維持其石油產能。

6. 未來城市必須搭配未來的建築，與 Masdar 計畫類似的，是展覽會場上也談論到的英國工程顧問公司 Arup 在中國長江口的崇明島東灘正在進行 Dongtan 計畫，目標也是搭配整體建築與環境設計，建構一個碳平衡的生態城市。會場上也可見英國及日本等設計師為波灣國家設計了許多未來超高型綠色建築，強調其能源使用效率的優越性。因此節能且能夠充分運用自然能源的一般綠色建築，以及具同樣功效的超高型綠色建築設計也是這個會議上的另一重點。
7. 核能在這個會議上雖未被充分且完整的討論，但英國原能會主席 Lady Judge 在第二天的議程中極力主張核能應是未來能源結構的一個重要選項，並且對二氧化碳減量將提供積極性的貢獻，在討論中並與世界綠色和平組織的執行長 Gerd Leipold 有很精彩的激辯。另外，在本次會議其他數位專家對為來能源策略的演說上，已可看得出來在國家能源安全、經濟發展、與 CO2 問題無法單一切割的情形下，核能在世界未來能源結構仍是難以或缺，而且已可預見其成長趨勢。

四、建議事項

爰於上述感想，並有下列數點建議：

1. 本次會議所提出的 Masdar 計畫代表波灣國家挾其富裕資金，希望由產油輸出國轉化為能源科技輸出國的積極構想。我國能源科技與產業界不能不重視這樣的發展趨勢。因此應積極以國家的力量協助產業界，參與這個地區的活動，增加能見度，以展示我國產品設計的多樣性與競爭力。
2. 能源技術與產業的發展逐漸與 CO₂ 排放與交易的問題形成密不可分的關係，而且這些投資與可能的損益都有經濟規模龐大與技術路程長遠的特性，我國在整體能源與 CO₂ 策略上，應該積極針對我國本土的能源需求、潛能開發、以及市場特性，提出類似阿布達比 Masdar 之類的吸引國際目光的旗艦型計畫，才能有積極導引新的投資與技術輸入之成效。
3. CO₂ 排放交易是將未來一個融合技術與商業的新事業，歐盟及其他先進國家均已陸續針對排放進行管制以及可交易規範的研訂與其市場開發，我國目前雖非京都議定書簽約國，但勢必難抑此項潮流，因此必須注意碳營運已成為龐大的市場與產業發展可趁的商機，應及早在能源與產業體質與技術上做相對的因應。
4. 碳平衡的城市開發以及超高型綠色建築已成為未來城市設計的重點，我國未來的超高型建築設計或者新城鎮開發也必須重視這項技術趨勢，方能在碳減量、能源使用效率、以及與節能建築相關的產業開發等與世界同步。
5. 從這次會議可以看出專家們對於石化燃料中的煤、核能、與太陽能將成為未來世界長期穩定供應的能源有一致的共識，因此氣化複循環淨煤發電技術，及其過程中的 CO₂ 捕捉與封存，以及 CO₂ 再利用，會成為未來重要的能源技術發展項目。美、英等國石油公司已在中東佈局以碳捕捉與封存(CCS)將 CO₂ 注入油坑以加強油產量(EOR)的技術(CCS+EOR 技術)，我國在發電、石化、鋼鐵、以及探勘等技術均有一定之技術能力，宜及早結合國內及國外團隊，爭取中東或其他產油地區合作開發 CCS+EOR 市場。

6. 我國位處世界公認最好的地熱潛能帶，但過去對地熱發電的開發並不積極，世界上卻有如冰島之類的國家，充分利用其地熱與水力蘊藏潛能，將全國推向近乎電力裝置容量 100% 為再生能源的境界。地熱乃屬可靠的基載能源，新近發展的熱岩型開發技術更可以增加地熱潛能開發為目前技術的十倍以上，建議我國在尋求更多自主能源時，應積極建立地熱開採及其發電技術，以充分把握這項可貴的資源。
7. 太陽能會是波灣地區新能源發展的主力，我國的太陽能廠商的技術能力並不亞於中國大陸，應該積極進行這個區域的推展。尤以本所的高聚光太陽光電系統已具備產業化的能力，並在系統效率上已有一定的競爭力，本次會議中日本 Sharp 公司也展示了類似的系統，因此本所應當結合本國合作廠商，積極於這個區域進行參展或尋求與當地公司進行合作，以大力開發這個地區的市場。
8. 核能在國家能源安全、經濟發展、與 CO₂ 問題上已顯見將提供積極性的貢獻，這個會議雖未充分討論核能，但就在這個會議之前一週，阿布達比與法國 Total、Areva、以及 Suez 三家公司組成的集團簽訂了建造兩座第三代核能機組的意願書，該交易總值將達 88 億美金。顯見阿布達比在推動潔淨與永續能源發展上，並未忘記核能於其工業電力與海水淡化電力需求上的殷切，及可能在未來城市使用再生能源上扮演穩定基載的重要性。由於核能復甦已見端倪，針對本所在我國核能發展上的角色，建議由兩方面考量：
(1) 若國內核能裝置容量規劃未來可能達工業經濟規模的情景下，則本所可以整合國內工業界，規劃發展全面的核工業技術；
(2) 在國內未來核能裝置容量規畫仍屬有限的情景下，則應以核能運轉安全為主導方向，尤其類似日本新瀉地震所引發的長期性電廠停機之類的安全事件，本所應戮力提供相關的技術服務與技術開發。