

出國報告（出國類別：其他）

赴歐洲參訪核能及能源相關機構

服務機關：核能研究所

姓名職稱：馬殷邦

李海光

派赴國家：歐洲(奧地利、捷克、法國、比利時)

出國期間：99年6月12日~99年6月24日

報告日期：99年8月18日

摘要

原子能委員會蔡主任委員為增進我國與國際原子能總署（IAEA）有關保防視察業務之溝通，並與歐洲國家核能機構間，就核能安全管制、放射性廢棄物管理及核能技術發展議題進行經驗交流，率綜合計畫處饒大衛處長、核能研究所馬殷邦所長、李海光組長及放射性物料管理局劉文忠組長，一行五人自 99 年 6 月 12 日至 24 日訪問歐洲核能機構。

此行參訪單位包括與核子保防議題有關的國際原子能總署、駐奧地利台北代表處及捷克奧地利中國文化研究所；與核能安全管制議題有關的單位包括捷克及法國核能安全署；與放射性廢棄物管理議題有關的包括捷克及法國放射性廢棄物處置專責機構；與核能技術發展議題有關的單位包括捷克國家科學研究院電漿物理實驗室、法國原子能署、歐盟能源總署能源政策規範與更新能源推廣處及比利時核能研究中心等。

訪問期間廣泛的與奧地利、法國、捷克及歐盟等國家或組織官員，以及我國駐奧地利台北代表處、駐捷克台北代表處、駐法國台北代表處及駐歐盟與比利時台北代表處等人員，就我國、經濟合作暨發展組織核能署、歐盟及歐洲國家的核能政策、核能安全管制、放射性廢棄物管理及核能技術發展等深入交換意見。另蔡主任委員接受捷克當地媒體的訪問，說明我國核能發展，以加強兩國未來合作的關係。

歐盟為抑減二氧化碳排放的對策，提出務實的核能政策，導引歐洲非核家園政策國家的重新選擇核能。歐洲國家的管制安全機構的定位及功能均極健全，並不斷強化組織獨立、專業、嚴謹及透明的基本信念。歐洲國家高放射性廢棄物處置計畫已有初步之進展，並致力以合作夥伴模式，推展射性廢棄物最終處置設施的選址作業。在研究發展上除推展新一代核能機組及核產業標準化，亦積極投入新能源的研究。本次訪問除加強我國與受訪歐洲核能機構之合作關係外，歐洲國家核能發展的經驗極具參考價值。

目 次

	頁碼
一、目的	1
二、過程	4
三、心得	25
四、建議事項	31
五、參訪照片	32
六、附錄	39
一、附件1：歐盟核能政策及歐洲非核家園國家核能政策的轉變	
二、附件2：推動高強度放射性廢棄物地質處置	
三、附件3：放射性廢物管理設施選址與開發的合作夥伴模式	

一、目的

從 2005 年京都議定書生效，以及 2009 年丹麥哥本哈根全球氣候變遷大會召開後，全球暖化和溫室氣體排放減量的議題已經是世界各國政府重要的施政核心。我國自有能源非常缺乏，能源進口的比例已超過 99%，由近年來的能源消耗在初級能源的供給面來看，化石能源的所占比例高達九成；而在發電能源的所占比例，化石能源也高達七成。我國二氧化碳人均排放量在全世界排名第 16，亞洲排名第一，尤其是近十年二氧化碳排放的年增率是世界第三，亞洲第一。

因此現階段能源政策最大的挑戰，在於必須兼顧到國家的能源安全和二氧化碳的減量。因應國際間未來對減碳目標的規範，以及可能導致對外貿易上的衝擊，各國採行策略也都是大同小異，不外乎節約能源或提升能源效率，調整能源配比提高低碳能源比例。近年來政府大力推動節能減碳政策，97 年 6 月訂定「永續能源政策綱領」，揭示「促進能源多元化，提高低碳能源比重，並將核能作為無碳能源的選項之一；發電系統中低碳能源所占比例由 40%增加至 2025 年的 55%以上」，並擬定二氧化碳減量目標為「於 2016 年至 2020 年回到 2008 年排放量，並於 2025 年回到 2000 年排放量」。因此，我國未來的能源供應採多元化策略，再生能源也是政府現階段能源開發重點之一，可以提高自產能源比例，但是再生能源仍有其限制，尚無法全面取代其他能源。為確保能源的供應穩定，維持經濟的持續發展及維護國家安全的考量，核能仍將為無碳能源的重要選項，繼續採用核能發電仍有其必要性。

若進一步觀察核能在未來能源政策的定位，從國際能源署 2008 年發表的世界能源展望及近兩年世界各國發表的能源政策來看，歐美幾個在過去早期積極發展核能，但近一、二十年發展停滯的國家，均已重新考慮新建核能電廠，尤其過去提出非核或廢核政策的歐洲國家，也陸續修正方向，將核能列為無碳能源的選項。

國內過往因施行非核家園政策，但歐洲施行非核家園政策的國家，已經把核能列為潔淨能源，國內如何提高民眾對核能的接受度，仍有極大的努力空間；而民眾對核能發展的兩大疑慮，為核能安全及放射性廢棄物的管理，行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)為國內核能的主管機關，主要是負核能安全管制的責任，除加強確保核能安全及妥善放射廢棄物的管理外，如何有效化解民眾對核能的疑慮亦是重要的課

題。為掌握歐洲地區核能政策發展的最近脈動，尋求國際合作與技術交流機會，促使國內核能應用安全穩健的發展，本次蔡主任委員率團訪問歐洲核能機構的主要目的如下：

1. 訪問國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency, IAEA)、駐奧地利台北代表處及奧地利中國文化研究所：該署為國際間核能和平用途的最高推廣與監督機關，該署經由我國、美國的三邊協定，執行防止核武擴散的核子保防及採購延伸倡議工作。我國因政治因素不能加入成為會員國，使得有關其他核能及放射性廢棄物管理等安全有關的資訊及活動不能參與，因此有必要積極發展更密切的合作關係，亦賴駐奧地利台北代表處及奧地利各界人士的支持和協助等，均是本次歐洲訪問的重要任務。
2. 訪問駐捷克台北代表處、捷克國家核能安全署(State Office of Nuclear Safety, SONS)、放射性廢棄物處置專責機構(Radioactive Waste Repository Authority, RAWRA)及國家科學研究院電漿物理實驗，並接受捷克媒體的訪問：捷克於蘇聯共產時代即有很好的重工業基礎，亦致力於核能工業的發展，1989 年民主化後，工業發展為國家重心之一，尤與我國的電腦產業的合作非常密切。捷克的電力與我國相近，總發電量的 30%來自核能，另約 60%來自燃煤發電，民主化後曾一度宣布停止核能機組的興建，但除持續完成原興建中的核能機組外，最近決定再興建二部 1000 MWe 的核能機組，來減低對燃煤發電的依賴。因此，蔡主任委員率團除訪問捷克國家核能安全及放射性廢棄物處置專責機構，進行安全管制及放射性廢棄物管理經驗交流外，亦與捷克核能產業官員及業界人士會晤，並安排接受當地媒體的訪問，以加強未來合作關係。另亦參訪捷克國家科學研究院電漿物理實驗室，了解歐洲對核融合技術的最近發展。
3. 訪問駐法國台北代表處、法國原子能署(French Atomic Energy Commission, CEA)、放射性廢棄物處置專責機構(The National Radioactive Waste Management Agency, ANDRA)、核能安全主管機構(Autorite de Surete Nucleaire, ASN)：法國從 70 年代的石油危機後，即選擇發展核能做為自主能源，目前法國全世界第二大核能發電國，僅次於美國；且其核能發電比率約佔 80 %為全世界第一。因此，

法國核能安全主管署具有核能安全管制的長期經驗，值得國內中央組織再造後的核能安全管制署組織特性及發展的參考。另放射性廢棄物處置專責機構具放射性廢棄物管理的成功經驗，可做為國內是否成立放射性廢棄物處置專責機構之參考。另法國原子能署為因應氣候變遷問題，最近亦轉型積極進行太陽能及燃料電池等替代能源技術之研究發展，並更名為法國原子能及替代能源署 (French Atomic Energy and Alternative Energies Commission, CEA)，其研究發展的重點及方向值得核能研究參考。

4. 訪問駐歐盟兼駐比利時台北代表處、歐盟能源總署能源政策規範與更新能源推廣處、比利時核能研究中心：歐洲聯盟（簡稱歐盟）是根據 1992 年簽署的歐洲聯盟條約，當時只有 6 個成員國，現擁有 27 個會員國。歐盟是最有力的國際組織之一，所有成員國均為民主制的國家，在貿易、農業、金融等方面趨近於一個統一的聯邦國家，而在內政、國防、外交等其他方面則類似一個獨立國家所組成的同盟。因為歐盟不必直接面對個別國家的政黨或民意，故在各項決策較有周延及長遠的考量空間，因此歐盟制定之能源政策，除可做歐洲世界各國之指引，對其他國家亦具有參考價值，另歐洲非核國家的轉變動向亦值得我國關注。本次除訪問歐洲能源署之外，亦同時安排參訪歐盟總所在國之比利時核能研究中心，了解新近核能技術第 4 代核能反應器相關之研究發展。

二、過程

蔡主任委員為增進我國與國際原子能總署（IAEA）有關保防視察業務之溝通，並與歐洲國家核能機構間，就核能安全管制、放射性廢棄物管理及核能技術發展議題進行經驗交流，率綜合計畫處饒大衛處長、核能研究所馬殷邦所長、李海光組長及放射性物料管理局劉文忠組長，一行五人自 99 年 6 月 12 日至 24 日訪問歐洲核能機構訪問，詳細行程如下：

日期(星期)	地點	活動內容
99.06.12 (六)	台北→奧地利(維也納)	去程
99.06.13 (日)	奧地利(維也納)	抵達奧地利(維也納)
99.06.14 (一)	奧地利(維也納)	訪問駐奧地利台北代表處及奧地利中國文化研究所
99.06.15 (二)	奧地利(維也納)	訪問國際原子能總署 (IAEA)
99.06.16 (三)	奧地利(維也納)→捷克(布拉格)	轉往捷克(布拉格) 訪問駐捷克台北代表處
99.06.17 (四)	捷克(布拉格)	訪問捷克國家核能安全署(SONS)、 放射性廢棄物處置專責機構 (SURA)及國家科學研究院電漿物理實驗室 蔡主任委員接受權利報記者專訪
99.06.18 (五)	捷克(布拉格)→法國(巴黎)	轉往法國(巴黎) 訪問駐法國台北代表處
99.06.19 (六)～ 99.06.20 (日)	法國(巴黎)	週末資料整理
99.06.21 (一)	法國(巴黎)→ 比利時(布魯塞爾)	訪問法國原子能署(CEA)、放射性廢棄物處置專責機構(ANDRA)、核能安全主管機構(ASN)
99.06.22 (二)	比利時(布魯塞爾)	訪問駐歐盟兼駐比利時台北代表處、 歐盟能源總署能源政策規範與更新能源推廣處、比利時核能研究中心
99.06.23 (三)	布魯塞爾→法蘭克福→台北	自布魯塞爾經法蘭克福啟程返回台北
99.06.24 (四)	抵台北	回程

(一) 訪問駐奧地利台北代表處

6月14日蔡主任委員率訪問團人員，由本會派駐國際原子能總署洪煥仁秘書陪同，拜訪駐奧地利台北代表處陳建軍代表，就促進原子能委員會與國際原子能總署間之合作議題進行會談。

蔡主任委員表示，本會除持續配合國際原子能總署，執行核子保防物料視察作業，最近亦請經濟部配合舉辦採購延伸倡議，以強化國際反恐有關之防止核武擴散作業。另我國雖非國際原子能總署之會員國，亦參照其所提聯合公約，提出核能及用過核子燃料及放射性廢棄物兩份國家報告書，以確保我國之核能安全及放射性廢棄物管理，能符合國際原子能總署之安全規定。惟因我國非國際原子能總署之會員國，該署舉辦之各項會議或技術研討會因而未能參加，另亦希望能以觀察員身分出席核能安全與放射性廢棄物國家報告之會員國審查會議，藉由同儕相互審視，以期維持核能及放射性廢棄物管理的高安全水準，但亦均未能如願。本會在個人出國前曾就本項議題召開會議進行研討，初步構想是化被動為主動，例如最近國際原子能總署Yukiya Amano署長，提出應提升輻射在醫療之服務造福人類。本會近年來在放射醫療的品保作業上有很好的成效，或可協助國際原子能總署，推動在貧窮落後國家建立癌症治療，如提供部分設備及技術等，以強化本會與國際原子能總署之合作關係。

陳代表表示，早期在駐奧地利台北代表處基層服務時，即曾負責對國際原子能總署之聯絡工作，對於該項工作之重要性非常了解。國際原子能總署基本上提倡原子能的和平用途，提供核能及放射性廢棄物管理等安全有關之建議，以協助核能國家確保其核能及放射性廢棄物管理安全，自美國911事件後，該署對反恐有關之核子保防工作特別重視，目前我國保防視察方面均依該署有關規定辦理，並亦積極配合辦理採購延伸倡議活動等，均有充份的了解。原子能總署目前有152個會員，依該署成立章程規定，會員需為主權國家，其運作主要是由五大核武國家主導，且中國大陸近年來積極發展核能興建核能電廠，故其在國際原子能總署的地位日漸提升，相對的亦壓縮我國在國際原子能總署的活動空間，國內若採取化被動為主的作為，應有助於改善現況，代表處一定會積極配合推行。

雙方並就我國與美國及國際原子能總署三方保防協議的後續發展方向充分交換意見，並認為我國在國際原子能總署的活動，受中國大陸態度影響極大，未來國內宜加強與大陸核能之技術交流，進而逐步化解歧見。

(二) 訪問奧地利中國文化研究所

6月15日蔡主任委員率訪問團人員，由駐奧地利台北代表處陳建軍代表及本會派駐國際原子能總署洪煥仁秘書陪同，出席奧地利中國文化研究所溫克勒教授，於維也納 Imperial Hotel 舉辦之晚宴，就核能在國家能源政策之角色為議題會談。另奧方與會人士包括奧國人民黨國會黨團副主席 Mr. Amon，奧國外交部亞洲司長 Dr. Zimburg 及奧國外交部公使 Dr. Winkler-Hermaden 等。

溫克勒教授及奧方與會人士表示，奧地利因為天然資源豐富，掌握自主能源佔有很大優勢。再生能源有很高比例，佔整體能源供應接近 30%，其中 2/3 以上電力供應來自水力發電，是歐洲利用水力發電比例最高的國家之一。風力發電於近年大力推展，並已在許多地區高地上設置中小型風力發電廠，供農村與較偏遠地方使用，太陽能發電也在補助地方電力的規劃之中，所以奧地利的能源發展政策以潔淨能源為主。

蔡主任委員表示，我國目前在能源政策制定上，已在 2008 年提出「永續能源政策綱領」的「節能減碳」政策目標，不僅因應世界潮流，更是面對影響我國發展的挑戰所必須採取的行動。目前我國的二氧化碳年排放量全世界排名第 22 位，人均排名則在前三名之內，對將來發展有不利影響。在國家發展政策上除了產業結構外，能源結構也需要調整，核能在其中可以扮演極為重要的角色，對於能源安全、降低碳排放，都有積極正面的效果。

蔡主任委員亦表示，我國 99% 以上能源是進口而來，基於能源安全的需求，以及分散能源、降低風險、符合經濟效益、減輕環境負擔的考慮，故採用核能作為能源之一。原子能委員會為核能領域事務的主管機關，對核能安全運用有管制的責任。基於核能之安全穩健發展，有必要尋求國際合作與技術交流機會。國際間核能和平用途的最高推廣

與監督機關，雖然因政治因素，我國不能加入成爲會員國，但仍需發展密切的合作關係。因國際原子能總署總部正位於奧國維也納，蔡主任委員特請與會的奧方人士，支持並協助我方拓展與國際原子能總署的合作關係。

(三) 訪問國際原子能總署

6月15日蔡主任委員率訪問團人員，由駐奧地利台北代表處陳建軍代表及本會派駐國際原子能總署洪煥仁秘書陪同，拜訪國際原子能總署代理保防副署長 Dr. Marzo。

蔡主委向 Marzo 代理副署長表示，對渠自擔任總署與我國核子保防工作負責主管以來，所給予各項協助的謝意，例如在 2009 年親自至我國首次共同主持雙邊保防工作協調會議，順利舉行並獲得具體結果，顯示 Marzo 代理副署長關心與我國保防業務進行狀況，也重視總署與我方關係之增進。另外，主動協助我方申請參加 INMM(Institute of Nuclear Material Management)活動成爲會員；也協助我國爭取加入總署的 RANET(Response Assistance Network)。希望 Marzo 代理副署長在目前合作的基礎之上，繼續支持我國，除了保防業務之外，開拓更多核能相關議題之合作。

Marzo 代理副署長強調，自從上任就發現總署與我國關係的特殊，但不理解爲何核子保防與核能安全等技術性議題在總署之內，會受到政治考量如此深的影響，也認爲不合常理。在我國關心的名稱問題上，也常向其他官員了解，目前文件上所使用我方的名稱，是根據何種協議或協定？結果沒有人能答得出來。Marzo 代理副署長建議，與總署的互動，可以從申請參加非總署主辦的會議與活動著手，例如在他國舉辦的技術性訓練，我國可申請參加，或作爲觀察員，只要有了開始，就增加了互動的機會。

我方提出希望與總署的合作延伸至保防以外的核能議題，並非單方面希望獲得總署資源。因目前我國在許多方面都有國際一流的水準，也發展獨特且據經濟效益，易於推廣的技術，可協助總署推動開發中國家發展原子能應用，以改善生活品質的工作。例如總署長 Mr. Amano 上任時強調發展治療癌症的核醫藥技術，我國也有豐富經驗；若有機會，願意與總署討論分享。

Marzo 代理副署長表示與我國駐奧代表處連絡辦公室互動良好，雙方合作，需要長時間經營，逐步改善。對於我方與總署增加互動的期待，認為還須進一步建立互信。中國大陸的影響已逐漸了解，若有機會遇到中國大陸代表團人員，會代為反應我方在技術層面參與總署活動的期待，視對方反應再與我方研究。

(四) 訪問駐捷克台北代表處

6月16日蔡主任委員率訪問團人員，由駐捷克台北代表處科技組謝水龍組長陪同，參加代表處代理館長陳執中秘書所設之晚宴，就我國捷克核能技術發展合作會談，與會之人員包括駐捷克台北代表處經濟組何元圭經組長、科技組林惠珍秘書及白蓮娜助理等。

蔡主任委員表示，為因應大氣溫室效應及全球氣候變遷，無碳或低碳能源已成為世界各國共同追求之目標。尤其我國缺乏自產能源，人口密度又高，發展低碳能源對於能源安全與環境永續發展實屬重要。核能具有能量密度高、供應來源穩定、運輸儲存便利、安全存量高等優點，可視為準自產之能源。核能發電時並不會排放二氧化碳，即使考慮燃料循環及建廠等電廠壽命週期之間接二氧化碳的排放，其每發一度電所排放之二氧化碳約為 29 克，與再生能源中之風力發電相當。目前增加低碳能源之比例已列為國家之既定政策，行政院於 2008 年 6 月訂定「永續能源政策綱領」，揭示「發電系統中，低碳能源占比將由 40%增加為 2025 年的 55%」；同年 8 月再通過「能源安全策略報告」，明確說明將自產再生能源與準自產核能由 2007 年之 9%提高至 2025 年之 18%；並擬定二氧化碳減量目標為由 2025 年回到 2000 年之排放量。目前核能發電約提供我國 20%的電力，對於達成減碳目標、提昇能源安全及輔助國內經濟發展具有重要之貢獻。

蔡主任委員亦表示，核能發電將是國內不得不採取的能源選項，將積極參與國際合作，藉以強化國家的核能技術發展，捷克在蘇聯時代即已推展核能發展，且有非常好的重工業基礎，捷克的核能電廠即由捷克 VSB 及 Skoda Praha 兩家公司負責建造，值得國內發展核能產業之借鏡，為我國與捷克可加強合作之項目。

陳代理館長表示，捷克早期為捷克斯洛伐克原為社會主義共和國，在 1989 年發生的天鵝絨革命(Velvet Revolution)後，更名為捷克和斯洛伐克聯邦共和國。1992 年捷克和斯洛伐克聯邦共和國解體，並於 1993 年 1 月 1 日起成為捷克共和國及斯洛伐克共和國兩個獨立的國家。近年來積極發展工業，捷克自 1998 年開始對投資製造業者提供投資優惠，由於捷克位居最接近西歐主要消費國地利之便，可提供良好及相對便宜之勞工，加上配合迅速交貨之要求，成為與我國的電腦業界進軍歐洲市場的主要基地，如我國的電腦大廠鴻海、大同、華碩等在捷克設廠組裝電腦，使捷克擠身生產電腦產品等高科技產品國家之列。國內在捷克的大量投資，使得捷克為歐洲國家中對我國最友好的國家之一，因此，在此基礎推展兩國的核能技術發展合作具有事半功倍的效果。

基本上雙方認為，兩國均為注重工業化的國家，核能規模相近，亦同為新進的民主政體，在電力結構挑戰及民眾對核能的接受度亦有雷同之處，值得進一步增進合作分享經驗，以促進核能對國家長期發展之貢獻。

(五) 訪問捷克國家核能安全署(State Office of Nuclear Safety, SONS)

6 月 17 日蔡主任委員率訪問團人員，由駐捷克台北代表處科技組謝水龍組長等陪同，訪問捷克國家核能安全署，與捷克核能安全署署長 Ms. Drabova 與副署長 Mr. Brandejs 等人會談。署長 Ms. Drabova 親自簡報捷克核能安全管制現況，我方則由饒大衛處長簡報我國的核能管制現況。

捷克共有二個核能電廠 Dukovany 及 Temelin 6 部 PWR 機組，裝置容量為 3.6 GWe，佔捷克總發電量的 30%，另約 60%來自燃煤發電。捷克電力公司除採行提升發電功率外，亦積極準備於 Temelin 電廠再興建 2 部 1000MWe 的 PWR 機組，並已完成環評，正進行招標作業。捷克核能安全署為二級政府單位直接隸屬於總理府，署長由總理直接任命。捷克核能安全署的現有人力計有 200 人，其職掌包括核能電廠、輻射防護、放射性廢棄物、環境輻射監測及緊急應變計畫，與本會管制部份之業務幾近完全相同。

捷克核能安全署亦如我國積極推動輻射醫療品質作業，另對我國提升民眾參與及緊

急應變作業表示值得有借鏡之處。雙方共同對二國之電力結構、核能發展、核能安全管制有如孿生兄弟般相似稱奇，基於兩國核能發展環境所面對的挑戰亦為相近，期待能進一步加強技術合作交換經驗，強化核能安全發展之基礎，以對雙方的國家節能減碳政策目標做出積極貢獻。

(六) 訪問捷克放射性廢棄物處置專責機構(Radioactive Waste Repository Authority , RAWRA)

6月17日上午蔡主任委員率訪問團人員，由駐捷克台北代表處科技組謝水龍組長等陪同，訪問捷克放射性廢棄物處置專責機構，與該專責機構之總經理 Mr. Duda 及國際事務部經理 Mr. Kaplan 等人會談，並由總經理 Mr. Duda 親自簡報捷克放射性廢棄物處置現況，我方則由劉文忠組長簡報我國放射性廢棄物之挑戰。

捷克放射性廢棄物處置專責機構是依據捷克 1997 年之原子能和平用途及游離輻射法於 1997 年 6 月成立。董事會由經貿部、財政及環境部 3 位官方代表，民間 4 位及廢料產生者 4 位代表共 10 人組成，並設總經理負責執行專責機構各項業務。

捷克放射性廢棄物處置專責機構負責人員共約 40 人，年度經費約 1 億捷克幣(1.5 億新台幣)，業務部門包括低放處置設施之運轉、財務規劃、高放處置、安全評估與申照、技術支援、公眾溝通及秘書等。

捷克目前共有 4 座低放射性廢棄物處置設施，其中 Hostím、Richard 及 Batrstvi 三處為同位素應用、研究用設施除役及鈾礦渣等廢棄物處置場設施。Dukovany 為核能電廠產生的低放射性廢棄物處置設施，由於捷克核能機組均為 PWR 所產生之廢料較少，該處置場為一淺地掩埋設施於 1995 開始運轉，設計容量 55,000 立方米(約 27.5 萬 55 加侖桶)，預估可容納捷克現有核能機組運轉及除役所產生的低放廢棄物。

捷克用過核燃料管理政策目前並不打算進行再處理，但若經評估經濟與安全具有可行性時，亦不排除此一可能。捷克對用過核子燃料採行乾式貯存策略。Dukovany 核能電廠的用過核子燃料乾式貯存設施已於 2006 年開始運轉，貯存容量為 600 公噸，另 Temelin

核能電廠亦於 2009 年開始興建，預定於 2010(今)年開始運轉。

捷克於 2004 年已完成用過核子燃料處置技術可行報告，並請原子能委員會完成同儕審查。但選址計畫於 2004 年宣布 8 個候選場址後，遭受地方居民的強烈反對而宣告暫停，預定 2015 年重新辦理選址作業，2050 年開始興建，2065 年開始運轉。

捷克對於我國用過核子燃料處置技術可行性英文摘要報告、後端基金運作與年度預算、技術人員交流及選址回饋措施等議題，請我方人員進一步說明；我國則對捷克放射性廢棄物處置專責機構之成立與運作及區域合作處置等議題提出請教；雙方就上述議題深入交換意見，並期待在未來能進一步進行技術交流及合作研究，以順利推展放射性廢棄物最終處置計畫。

(七) 參訪捷克國家科學研究院電漿物理研究所

參訪團在駐捷克科技組謝水龍組長及通譯白蓮娜小姐陪同下，重點參訪捷克國家科學研究院電漿物理研究所(the Plasma Physics Institute of the Czech Sciences Academy)之 TOKAMAK Compass 裝置，國家科學研究院電漿物理研究所所長 Petr Křenek 親自接待。

TOKAMAK 一詞來自俄文字首縮寫，其意義為由磁性線圈環繞之環形室。TOKAMAK 為一巨大的磁性容器，使用非常強力的磁場，以使核子能於熱又完全離子化的氣體或電漿中結合一起，此為研究核融合能源的計畫。核融合反應的優點為不會產生污染環境之物質，其燃料源，在海水中蘊藏十分豐富，可說是取之不盡，用之不竭。同時與核分裂反應之核電廠不同，不會產生高階廢料，科學家們希望經由該計畫能創造出一種能替代石油的安全且清潔，取之不盡的能源供應。

TOKAMAK 係於 1950 年代由蘇俄物理學家 Igor Tamm and Andrei Sakharov 所發明。捷克自 1970 年代起，即運用由蘇俄所發展的較小型 TOKAMAK Castor 進行相關研究工作。捷克 TOKAMAK Compass 係由英國贈送，於 2007 年 10 月運至捷克國家科學研究院電漿物理研究所，並於 2009 年 2 月 19 日開始運轉。英國贈送之 TOKAMAK Compass 價值約 5 億捷克幣克朗(Crowns) (美金 1 元約等於=22.9 克朗，2009 年)，而英國則以新的較

大的 TOKAMAK Mast 取代之。TOKAMAK Compass 在捷克的裝機費用約為 3~4 億捷克幣克朗(Crowns)。

有關融合核研究，在歐洲是由歐洲原子能委員會(European Atomic Energy Community, Euratom)主導協同研究，捷克參與此委員會已有十年。歐洲在推動潔淨能源方面不遺餘力，國際核融合實驗反應爐計畫 ITER (International Thermonuclear Experiment Reactor) 法國 Cadarache 與日本六所村預定場址之爭，在 2005 年塵埃落定，將場址決定在法國 Cadarache。參與 ITER 國際科技合作計畫案的 7 國(歐盟(45%)、美、中、日、俄、印、韓(各 9%))於 2006 年 11 月 21 日在法國巴黎訂定協議書，成立 ITER 國際組織，負責核融合反應器建造、運轉及退役等所有項目，而捷克則為歐盟參與成員之一。

核融合此一潔淨能源前瞻創新科技之發展，歐盟已投入大量資源與時日進行長期之基礎研究，我國可藉由積極參與國際社會之協同研發，以掌握未來潔淨能源之能源科技，確保我國能源安全。

(八) 訪問捷克貿易工業部投資局

6 月 17 日蔡主任委員率訪問團人員，由駐捷克台北代表處代理館長陳執中秘書、科技組謝水龍組長等陪同，宴請捷克貿易工業部投資局局長 Mrs. Rudysarova，與會之人員包括捷克總理府部長級資深顧問 Mr. Kalas、投資局局長資深顧問 Mr. Lebl、核能安全署署長 Ms. Drábová、副署長 Mr. Brandejs、捷克電力公司研究發展部 Mr. František Pazdera (R&D CEZ)、捷克科技大學副校長 Mr. Petráček，捷克核能研究所所長 Mr. Horák 及捷克放射性廢棄物處置專責機構國際事務部經理 Mr. Kaplan 等。

蔡主任委員表示，經由這二天的訪問，更了解兩國均為注重工業化的國家，核能規模相近，電力結構及民眾對核能的接受度的挑戰亦有雷同之處；在核能安全管制上，兩國均積極推動輻射醫療品質作業，提升民眾參與及加強緊急應變作業等，在放射性廢棄物處置的選址，均有必要提升民眾的接受度，有如孿生兄弟般。基於兩國核能發展環境所面對的挑戰亦為相近，期待能進一步加強經驗交流及技術合作，以強化雙方核能發

展基礎，對節能減碳做出積極貢獻。

捷克方面由總理府部長級資深顧問 Mr. Kalas 代表致意，除歡迎訪問團的到訪，對於我國長期協助捷克發展電腦產業表達感謝，捷克在電力供應上，為因應大氣溫室效應及全球氣候變遷，無碳或低碳能源已是必然需要面對的重大課題，核能發電和產業在捷克已有相當的基礎，亦期經由經驗分享及技術合作，促進核能對國家長期發展之貢獻。

雙方與會人員分別與對口單位人員，就當天訪問研討議題及推展雙方人員及技術交流進一步交換意見。

(九) 訪問駐法國台北代表處

原子能委員會蔡主任委員一行五人於 6 月 18 日下午，由原能會除派駐在巴黎的經濟合作暨發展組織核能署(Organization for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency,以下簡稱 OECD/NEA)羅偉華秘書陪同，拜會駐法國台北代表處。該代表處位於巴黎第七區鄰近塞納河，與奧賽美術館僅距離一條街約百公尺，是棟古色古香的建築，建於 18 世紀，建築本身就是一個古蹟。首先映入眼簾的是二幅顯著的台北 101 大樓照片看板，高掛在代表處大門的二旁牆上，看板上寫著「台灣歡迎你」，非常醒目，很有文宣效果。

駐法國代表呂慶龍博士親自接待，呂代表擁有巴黎第七大學博士學位，曾擔任我國外交部發言人及駐海地代表，為人親切、平易近人，且非常健談。呂代表向蔡主任委員簡報有關駐法國代表處在法國所進行的外交、僑務、科技及文化等工作之推展情形以及其工作理念。呂代表熟記兩國間的各項經貿資訊，隨時可舉出台灣各項電子產品、蘭花以及法國酒類、皮件等經貿數據，以強調兩國密切的關係。為了提升台灣在法國之知名度，呂代表有獨特的行銷理念和方法，只要有適當公開場合皆主動上台行銷台灣各項產品或文化特色，促進兩國的友誼，追求雙贏合作的關係。

駐法國台北代表處在一個偶然的機會中，呂代表同意無償出借代表處正門庭院給日劇「交響情人夢」作為場景，只要求該劇在適當地方註明該場景是駐法國台北代表處，

後來日劇「交響情人夢」爆紅，因此常有日本影迷前往代表館大門口駐足參訪，同時可看到門前介紹台灣的海報，達到宣傳中華民國的目的，這種三贏的方法，充份展現呂代表的外交長才。

蔡主任委員表示，為因應大氣溫室效應及全球氣候變遷，核能發電將是國內不得不採取的能源選項。目前國內最困難的地方在於如何提升民眾對核能的接受度，呂代表的外交行銷理念及方法中有許多值得學習的地方，並希望有機會進步向呂代表請益。

蔡主任委員接著表示，法國從 70 年代的石油危機後，即選擇發展核能做為自主能源，目前法國全世界第二大核能發電國，僅次於美國；且其核能發電比率約佔 80 %，為世界第一。因此，法國在核能安全管制及放射性廢棄物管理及研究發展的長期經驗，值得國內中央組織再造後各核能有關組織功能及發展的參考。法國與美國及日本為世界三大核能技術輸出國，我國與美國經由每年召開台美民用核能合作會議，與日本方面，每年召開台日核能安全研討會及台日核能安全管制資訊交流會議，針對重要的核能安全議題，進行經驗交流以強化國內核能安全，在法國方面，原能會除派駐在巴黎的經濟合作暨發展組織核能署 OECD/NEA 人員，就近了解法國核能技術發展外，亦值得參考我國與美國和日本的合作模式，與法國的核能安全署、原子能署及放射廢棄物專責機構，進一步建立定期技術交流合作關係。蔡主任委員除感謝呂代表撥冗全程陪同訪問團在法國的拜訪行程，並請呂代表大力協助推展我國與法國的核能技術交流合作關係，亦請羅偉華秘書與駐法國台北代表處隨時保持密切的互動。

呂代表亦表示，目前台法科技合作頗為頻繁，代表處科技組也努力推展各種科技合作案。原子能委員會駐外人員羅偉華秘書雖非直屬外交部，然而同屬執行國際科技合作工作，因此與代表處科技組多有互動，外交部駐法國台北代表處也經常提供外交聯繫及行政支援，盡力協助我國與法國的核能技術交流合作關係。

另羅偉華秘書亦就 OECD/NEA 的放射性廢棄物管理委員會(Radioactive Waste Management Committee, RWMC)對推動高強度放射性廢棄物地質處置、在放射性廢物管理設施之選址與開發的合作夥伴模式等，說明該署在放射性廢棄物管理的新近發展與訪問

團研討。

(十) 訪問法國原子能署(CEA)

訪問法國原子能及替代能源署(CEA, the French Atomic Energy and Alternative Energies Commission)

法國原子能及替代能源署(CEA)由 Vice Chairman Mr. Hervé Bernard, 國際事務部副處長 Mr. Daniel Iracane 及東亞事務經理 Mr. Patrick Blanc-Tranchant 等人出席會談，我方由李海光組長簡報核研所在核能、放射性廢棄物處理/處置、核醫藥物、電漿應用、新/再生能源之研究發展現況。

2009 年 12 月法國原子能委員會更名爲法國原子能及替代能源署(French Atomic Energy and Alternative Energies Commission以下簡稱CEA)，其在能源(包括核能及新/再生能源)、資訊暨健康科技、國防安全等三大領域中具有重要的研發革新地位。目前CEA 之人力約 15,618 人，年度預算爲 35 億歐元(約 1,400億新台幣)。

我方建議在本年下半年(9 月- 12 月)在台灣舉辦台法雙方研討會，時間及議題我方保持彈性並尊重 CEA 的決定。但 CEA 表示端賴其決策後再議。

法國原子能署(CEA)歡迎我國參加其在 Marcoule 的研究用反應器國際合作計畫，俾充分利用 CEA 之核能資源，加強雙方在核能及核醫藥物方面之研究。我方表示將評估參與該國際合作計畫之可行性。

雙方同意繼續簽署合作協議，CEA 國際處希望能與原委會討論再訂定，亦期待經由建立舉辦台法雙方研討會在核能、核醫藥物、新/再生能源之研究經驗的交流，俾確定具體合作項目並加強未來雙方之合作關係。

有關辦理台法雙方研討會事宜，我方之聯絡窗口爲核能研究所馬所長殷邦，法方之聯絡窗口爲 CEA 國際事務部副處長 Mr. Daniel Iracane。

(十一) 訪問法國放射性廢棄物處置專責機構(The National Radioactive Waste Management Agency, ANDRA)

6月21日蔡主任委員率訪問團人員，由駐法國台北代表處呂慶龍代表、科技組李菁菁秘書及本會駐國際合作開發組織核能署羅偉華秘書陪同，訪問法國國家核能安全主管機構。法國放射性廢棄物管理局國際事務部處長 Dr. Ouzounian 及經理 Mr. Tison 等人出席會談，並由 Dr. Ouzounian 親自簡報法國放射性廢棄物管理局現況、職掌及使命，我方則由劉文忠組長簡報我國放射性廢棄物之挑戰。

法國低放射性廢棄物處置相當順利，1969年啓用的La Manche處置場，已於1994年貯滿封閉，共處置527,000 m³ 放射性廢棄物，並自2003年開始處置場長期監管之工作。法國另於1992年啓用新建之l' Aube處置場，總容量為1,000,000 m³ 可使用60年。2003年開始啓用位於Morvillies處置場低微強度的放射性廢棄物，主要是來自核設施除役所產生之放射性廢棄物，無論半化期長短，通常其活度濃度介於1~100 Bq/g，總容量為750,000 ton 或650,000 m³，每年接收24,000 ton廢棄物，預計可營運30年。

ANDRA 依法國核能安全局在1991年發布基本安全規章(RFS) III.2.f，深地層處置場址準則，初步決定選擇沉積岩(Sedimentary rock) 及花崗岩(Granite)為調查區域。ANDRA1994~1996年進行三個地下研究實驗室志願場址之調查，調查的目的是確認地質是否合適建立地下研究實驗室，其中Meuse/Haute-Marne(以下簡稱Meuse)與Gard 縣場址之母岩為泥岩(黏土)層，Vienne 縣場址母岩則為花崗岩。法國政府由於地質上之缺點，已放棄Gard 與Vienne 兩個場址，並於1998年12月9日同意ANDRA在法國東部的Meuse 場址，興建泥岩層之地下研究實驗室。但花崗岩場址則需另找其他實驗場址，或與國外花崗岩場址進行合作研究計畫。法國預定於2015年著手興建高放射性廢棄物處置場，2025年開始運轉。

法國早期高放射性廢棄物處置場選址工作，由於缺乏民眾接受度，而被迫停止。國會於1991年接手通過所謂的廢料法(N91-1381 法案)規定，廢棄物之管理應確保民眾健康、保護環境及避免後代子孫不當的負擔，深地層處置應考量反轉(Reversibility)操作之

可行性，並成立廢棄物管理專責機構(ANDRA)負責廢棄物之處置工作，並受法國工業、研究和環境三個部會共同監督。

ANDRA 負責建造及營運低、中強度及極低放射性廢棄物處置場，執行高放射性廢棄物處置場址之調查研究，建造地下實驗室及評估深層地質處置再取出操作，建立全國放射性廢棄物資料庫，以及提供民眾可檢驗的資訊。ANDRA 的成立主要是彰顯法國政府負責安全處置放射性廢棄物的決心，並經由成功展示處置的可行性，取得民眾對國家發展核能計畫之支持。目前 ANDRA 之人力約 400 人，年度預算為 1 億 2100 萬歐元(約 50 億)，其中 6 千萬歐元(約 25 億)為高放處置之研究調查經費。

法國原子能署負責高放射性廢棄物轉化(Transmutation)、分離(Partition)、固化包裝(Conditioning)及長期貯存之研究。分離轉化之研究應結合第四代新型核電廠之發展，並於 2020 年建造先導性設施。法國原子能署預定於 2012 年提出技術可行性報告，並選定後續研究發展方向。用過核子燃料之輸入僅限於再處理及研究，禁止外國廢棄物在法國境內處置。

ANDRA 和 CEA 的研究應接受研究部的監督及指導，並由核能安全管制機構(ASN)及核能安全及輻射防護研究所(IRSN)負責審查。成立國家放射性廢棄物審查委員會(以下簡稱 CNE)，成員包括國內外之專家學者，負責審核 ANDRA 和 CEA 的研究成果，並於 2005 年底在國會舉行公聽會，藉以訂定新的放射性廢棄物法案。

ANDRA 於 2005 年完成 15 年來的高放射性廢棄物深地層處置研究和 CEA 報告，經 CNE、ASN 及 IRSN 和 NEA 的審查，並舉辦全國公聽會及採納國會科學技術專家建議後，由工業、環境及研究三個部會共同草擬 2006 年放射性廢棄物法草案，國會於今年 6 月 28 日通過此放射性物質及廢棄物長期管理法(Act 2006-739)。

依法國 2006 法案之規定，放射性物質及廢棄物長期管理計畫應每三年送國會審查。長期管理計畫應包括可行管理方案之選擇，貯存及處置設施需求預估，以及新設定管理方案之研究目標及時程。並確定放射性物質及廢棄物之管理原則如下：減少其放射性及數量，未固化或處置之放射性物質或廢棄物應於特定設施加以安全貯存，不適合地表或

淺地層處置之廢棄物應予以深地層處置。

高放射性廢棄物深地層處置的建造申請應經地下實驗室的驗證，並應確保 100 年之反轉操作之可行性，並經全國公開討論。擴大國家廢棄物審查委員會(CNE)參與成員，應增加國際專家及人文領域人士，其審查報告應送國會並加以公告。建造申請應取得國家廢棄物審查委員會、核能安全局及地方監督委員會審查意見，合同全國討論及地方諮詢結果，送交參、眾兩院之相關委員會議決。成立放射性廢棄物處置設施及調查場址之地方及監督委員會，主席由相關地方省議會之議長任命官員擔任，該委員會得舉行公聽會或進行必要之調查評估。

廢棄物產生者對廢棄物處置的費用負有最終責任，放射性廢棄物處置費用依產生者和 ANDRA 訂定契約支付，核設施並應支付深地層處置研究調查及地方發展基金所需之稅金。對於無主的放射性廢棄物由國家委由 ANDRA 負責。2008 年訂定用過射源處置辦法，並選定氫的貯存方案，2009 年選定天然放射性物質衍生廢棄物之管理方案，並於 2013 年開始處置石墨及衍生廢棄物。

我方向 ANDRA 就低放廢棄物處置設施及高放選址之民眾溝通經驗提出請教，ANDRA 表示 ANDRA 的負責人通常由國會議員兼任，比較容易了解地方民眾之心聲和需求，是故溝通上能有事半功倍的效果。另依 2006 年核物料安全資訊透明法案(2006-686)規定，任何重大核設施的興建必須先舉行國家公聽會，應有助於安全疑慮之釐清。

法國La Manche低放射性廢棄物處置場曾發氫(H^3)外釋事件，我方請ANDRA說明該事作。ANDRA表示此為該處置早期之事件，1976 年間曾於處置場附近之溪流偵測到 H^3 核種，但其濃度僅略高於環境背景值，並遠低於民眾飲用水標準值，不會對地方民眾之健康造成不良之風險。事後已對處置方式進行改善，並持續進行環環監測至今，以確保處置場之安全。

我方亦就法國分離轉化之現階段研究請 ANDRA 表示意見。ANDRA 表示分離轉化之研究，應結合第四代新型核電廠之發展，並由 CEA 負責主導。CEA 預定於 2012 年提出技術可行性報告，並選定後續研究發展方向，於 2020 年建造先導性設施。

(十二) 訪問法國核能安全委員會(Autorite de Surete Nucleaire, ASN)

6月21日蔡主任委員率訪問團人員，由駐法國台北代表處呂慶龍代表、科技組李菁菁秘書及羅偉華秘書陪同，訪問法國國家核能安全委員會。ASN由兩位委員 Mr. Gouze 及 Mr. Sanson 及執行長 Mr. Niel 等人出席會談，並由其執行長 Mr. Niel 簡報法國核能安全及輻射防護管制、歐洲壓水式反應爐(EPR)核電廠興建管制作業及核電廠設計評估國際合作計畫等；我方則由饒大衛處長簡報我國的核能管制現況。

法國有59部機組裝置容量共63.3GWe，為全世界第二大核能發電國，僅次於美國；惟其核能發電比率佔約80%為世界第一。法國從70年代的能源進口國，至今法國已成為世界最大的淨電力輸出國。因此電力為法國第四大輸出項目，每年可賺30億歐元。法國電力公司(EDF)將其總發電量的15%出口至鄰近各國，成為世界第一的電力出口國。

法國在經濟合作開發組織的30個加盟國家中，為第四大能源消耗國，但法國每人的二氧化碳排放量卻是第24名，主要是大部分電力來源為核能發電之故；同時核能發電也在法國自給能源規劃中扮演重要角色，使其能源自給率高達50%。核能年發電量自1990年起歷經14年，成長了43%。法國認為核能為重要的能源供應安全之基礎。

法國2005年通過的能源法，除明確宣示積極持續支持再生能源發展外，亦指出為提供穩定的生產電力及減少溫室氣體排放量，法國能源政策法仍維持核能的選擇架構。

法國政府於2002年決議合併核設施安全局(DSIN)、健康總局(DSN)之輻射部門、游離輻射防護局(OPRI)之輻防管制部門及人造放射性元素跨部委員會(CIREA)成立ASN；由工業部、環境部和衛生部共同督導。

2006年6月13日國會通過「核物質安全及透明法」(Loi a la transparence at a la securite en matiere nucleaire)，促使安全主管機關更加獨立。ASN由五個委員組成，其中三位委員包括主任委員由總統任命，另二位分別由參眾兩院任命。ASN的基本信念為獨立、專業、嚴謹及透明。

ASN的主要職掌包括研擬規範、審照核照、安全檢查、緊急應變、資訊透明等，除設在

巴黎之總部外，另在八個地區成立分署。總署下設核能電廠、核安設備、工業應用及運輸、研究設施及廢棄物、輻射防護、環境監測及緊急應變、國際事務及公眾溝通等部門。

ASN現有人員約 430 人，年度預算約 6500 萬歐元(26 億新台幣)，另編列 8000 萬歐元(32 億新台幣)預算，提供協助ASN執行安全評估工作之輻射及核能安全研究機構(Institute for Radiation Protection and Nuclear Safety, IRSN)，IRSN參與此項工作之人力約 400 人。

法國全力發展核能起因於 1974 年第一次能源危機，由於法國缺乏化石燃料，只有自主的核能才可確保國家安全與能源安全。1999 年，法國國會首度對能源政策再評估，體認到法國缺乏自主能源、溫室氣體減排國家目標與完善處理核廢料能力，再度肯定核能中流砥柱的地位。2005 年，法國制訂能源政策與能源安全指引，核能仍是法國能源的心臟。法國於 2006 年在 Flamanville 核能電廠，投資興建號發電容量為 1650MWe 之 EPR(European Pressurized Reactor)新型機組。

2009 年 1 月法國總統宣布於 Penly 核能電廠，興建第二座 EPR 機組。預計法國未來將以每年一部興建以替代原舊機組，啟動新一波建廠計畫，因此未來法國可能將興建多達 40 座同型第三代的 EPR 機組或第四代機組，以長保法國之國家競爭力。

ASN 積極參與核能安全管制機關的國際合作計畫，目前與芬蘭、加拿大、中國、日本、美國及韓國等成立國際 EPR 及 AP1000 新型機組的設計審查計畫，除提升新型機組的安全外，亦有利於縮短安全審查之期程，提升核能發電之經濟競爭力。該計畫重要安全議題之 EPR、AP1000、數位 IC 控制、安全規範、檢查等專案工作小組，並將成立資料庫分享經驗。

雙方除就安全管制經驗深入交換經驗外，亦期待經由雙方安全管制機構的交流及合作，強化核能安全基石，並促進兩國核能健全發展。

(十三) 訪問駐歐盟兼駐比利時台北代表處

6 月 22 日蔡主任委員率訪問團人員，由駐歐盟兼駐比利時台北代表處科技組曾東澤組長、蔡玲琳秘書及廖立文先生陪同，拜訪駐歐盟兼駐比利時台北代表處林永樂代表。

近年來政府大力推動節能減碳政策，在發電系統中低碳能源所占比例由 40%增加至 2025 年的 55%以上，並擬定二氧化碳減量目標為於 2016 年至 2020 年回到 2008 年排放量，並於 2025 年回到 2000 年排放量。因此，為確保能源的供應穩定，維持經濟的持續發展及維護國家安全的考量，核能仍將為無碳能源的重要選項，繼續採用核能發電仍有其必要性。國內過往因施行非核家園政策，但歐洲施行非核家園政策的國家，已經把核能列為潔淨能源，為掌握歐洲地區核能政策發展的最近脈動，尋求國際合作與技術交流機會，促使國內核能應用安全穩健的發展，是本次訪問歐洲核能機構的主要目的，並請林代表能協助國內有關單位，加強推展與歐洲核能國家的合作關係。

林代表表示，歐盟為一區域共同體，其決策不必直接面對各別國家的政黨或民意，故能較有周延及長遠的考量空間，因此歐盟制定之能源政策及歐洲國家的核能動向，對國內的核能政策極具參考價值。另本代表處科技組曾東澤組長為核能背景，有長期核能相關的經驗和研究，對於加強推展與歐洲核能國家的合作關係必是駕輕就熟，代表處亦會全力的協助。

蔡主任委員拜會林代表後，曾組長除向蔡主任委員說明有關歐盟 FP7(Seventh Framework Programme)研究發展計畫的最近發展外，科技組亦就歐盟及歐洲非核家園國家核能政策轉變情形與訪問團成員進行研討。

(十四) 訪問歐盟能源總署能源政策規範與再生能源推廣處

參訪團於 6 月 21 日抵達布魯塞爾，22 日與歐盟及比利時核能研究機構進行一日交流，訪問日程如下：上午訪團分組，由駐處科技組蔡玲琳秘書陪同核研所馬殷邦所長和李海光組長參訪歐盟能源總署，會晤能源政策規範與再生能源推廣處處長 Mr. Hans van Steen。曾東澤組長陪同蔡主委暨綜計處饒大衛處長和物管局劉文忠組長一行拜會代表處；中午全團成員與研究總署 EURATOM 能源研究協調處處長 Dr. Angel Perez-Sainz 及相關人員進行工作午餐及意見交流；下午參訪位於 Mol 之比利時核能研究中心 (SCK.CEN)，聽取該所簡介 GUINEVERE 與 MYRRHA 兩項專案簡報與進行意見交流。

參訪歐盟能源總署能源政策規範與再生能源推廣處，能源政策與推廣處處長 Mr. Hans van Steen 表示，歐盟發展再生能源目的係爲了歐盟之永續發展(包括確保能源供應與二氧化碳減量)及歐盟競爭力。歐盟目標如下：

- 2020 年，27 個會員國，應共同達成，總體能源之 20%，使用再生能源之目標(目前爲 8.5%)。總體能源包含電力、大眾運輸、家庭取暖等。生質能源(Bio-mass)是發展的重點(包括生質酒精與生質柴油)。
- 2020 年以前，10%交通運輸用能源必須爲生質燃料。
- 再生能源包括：風能、太陽能、生質能；但核能不列入再生能源。以法國爲例，2020 年，總體能源之 23%必須爲再生能源。進口再生能源爲歐盟所贊許。
- 歐盟各會員國應於本 2010 年 6 月底前，完成提送各國的國家方案(National plan)，並於 2010 年底前完成立法。此方案應說明國家目標及如何達成現況與 2020 年目標之差距。

歐盟以生質燃料爲發展重點，已明確列入歐盟指令(Directive)。對我國而言，歐盟市場需求已明朗化，宜加速相關研發與商業化之進度，並加速技轉，以協助國內產業拓展歐盟商機。

與歐盟之國際合作，可透過國科會正推動中之歐盟 FP-7 國際合作方案，整合國內學研機構研發資源，共同參與歐盟 FP-7 方案，以積極參與國際社群，建立多方國際網絡，增進對我國之友好關係。

(十五)訪問比利時核能研究中心

參訪團參訪位於 Mol 之比利時核能研究中心 (SCK.CEN)，由科技組曾東澤組長、及廖立文先生陪同。SCK/CEN 所長 Prof. Dr. Eric van Walle 親自簡報說明，與會的有 Hamid Aït Abderrahim 教授(Advanced Nuclear System manager)、N Leo Sannen 教授(Nuclear

Material Science Manager)等，並由 Dr. Anatoly Kochetkov (scientific collaborator)導覽說明。

MYRRHA: 多功能高科技應用混合型研究用核反應爐 (Multi-purpose hybrid research reactor for high-tech applications)計畫的功能目標，一方面要運用質變 (Transmutation)的特性來降低核能發電與核醫療產生核廢棄物的放射性及毒性，另一方面要將核廢棄物中可再利用的放射性同位素，以安全的方法重新置入反應爐回收利用。

在材料研究方面，MYRRHA具有很強的中子射源可應用於PWR、BWR和新一代核反應器(Fast reactor、HTGR)，以及反應器的核燃料和材料研究。前端的材料研究，包括新鋼材和其它材料在輻射照射下的效果測量和評價。

在醫療方面，MYRRHA將有助於確保醫療用放射性同位素之供應。目前(2010年)在比利時核能研究中心的研究反應器(BR2, the Belgian Reactor 2)所生產的放射性同位素占有全球放射性同位素生產總量的 25%。透過建立此一新的研究基礎建設來取代即將屆齡 40 年的BR2。

計畫負責人為比利時核能研究中心的 Director-General Dr. Eric van Walle，計畫始於 1997 年，預定 2015 年開始進行工程建設，2022-2023 年全面運轉。2010/3/4比利時總理 Yves Leterme正式宣布支持MYRRHA開發計畫。經費(來自政府與自行融資)：總經費為 9 億 6 千萬歐元，比利時政府預算將負擔 40%的開發費用，以五年(2010-2014)的時間分段補助，其餘 60%款項則由比利時核能研究所成立國際共同融資財團對外籌款。

OECD-NEA日前審議通過的MYRRHA開發計畫以及未來的核反應爐原型 GUINEVERE，均係先透過經濟合作與開發組織(OECD)所屬之專業機構核能署(NEA)，邀請國際核能專家及核安專家聯合審議通過(“Independent evaluation of the MYRRHA project”, by MYRRHA International Review Team, OECD 2009)，再由比利時核能研究中心送交比國聯邦政府進入政治協商後，才順利通過如此高額の執行預算。

歐洲研究基礎建設政策論壇(The European Strategy Forum on Research Infrastructures, ESFRI)之能源分組主席亦宣布 MYRRHA 已經獲選，並將推薦給 ESFRI 執行委員會，把它列入 2010 年優先名單。

計畫內之加速器驅動系統(ADS)，將成為歐洲加速器驅動系統之質變^{*}實驗示範(XT-ADS)的基礎，並產生質子和中子俾提供各種研發工作之應用。此系統具有一個質子加速器提供質子光束功率為 1.5MW 600 MeV - 2.5 mA (或 350 MeV - 5 mA 質子光束)至液態鉛-鉍(Lead-bismuth)分裂目標，並陸續在以鉛-鉍冷卻之次臨界快中子核反應爐核心結合。其次臨界核反應爐核心由 183 channel的六角形晶格組成，其中 60 個channel裝有含 35wt%濃縮鈾的MOX基本燃料棒組並以三角對稱方位配置安放。眾多的額外channel允許靈活管理MYRRHA作為一個實驗用設備之需要。在初始期間將以 0.95%的射源增殖係數(次臨界)進行運轉，總功率約 60 MW。(註：XT-ADS: 加速器驅動系統之質變實驗示範設施 (eXperimental demonstration of Transmutation in ADS))

比利時核能研究機構以研發支持核能發展之目標明確，MYRRHA 計畫即係針對第四代核電廠系統(Gen-IV)之材料及核燃料進行研究規劃。

我國發展第四代核電廠系統，須先建立材料及核燃料技術體系，在國內欠缺研究用核子反應爐情況下，宜加強國際合作，透過國際研究設施，加強相關第四代核電廠系統工程知識體系之建立，以有效支援第四代核電廠系統之評估與引進。

三、心得

本次訪問行程雖然非常緊湊，但經原能會綜計處國際科、原能會駐外人員及外交部各地代表處的大力協助，訪問團均能與受訪單位人員充份研討或交換意見，綜合歸納本次參訪結果的心得如下：

1. 歐盟為抑減二氧化碳排放的對策，提出務實的核能政策，導引歐洲非核家園政策國家的重新選擇核能(附件 1)，值得國內在制定或推行能源政策之參考。歐盟於 2002 年正式簽署京都議定書(Kyoto Protocol)後，即針對歐盟的能源需求及政策進行研究，並於 2003 年公布的外部能源計畫(ExternE)報告指出，經由主要能源的外部成本分析最新結論顯示，核能還是成本最低的主流能源。歐盟能源委員會在 2004 至 2006 年間不斷指出，核能在能源安全與供應，能協助歐盟符合京都協定的規定歐盟國家必須將核能列為各國發電的重要選項，核能是歐洲最大的無碳能源。

歐盟主席 Barroso 在 2007 年初率能源委員會主席 Piebalgs 及環保委員會主席 Dimas 共同在布魯塞爾，公佈的歐洲能源政策評估(European Commission's Strategic Energy Review)報告，認為未來歐洲能源政策，在歐盟抑減二氧化碳排放的對策中，基本上把核能視為「零溫室氣體排放能源」，應增建新核電機組與現有電廠延壽，以減低依賴進口電力。

歐洲議會於 2007 以壓倒性比數採納支持名為傳統能源及能源技術 (Conventional Energy Sources and Energy Technology)的報告，在表決時，以 509 票贊成、153 票反對、30 票棄權獲得絕大多數歐洲議會議員的認同。該報告明確指出，如果歐盟想要滿足其中程基本能源需求，就不可能偏廢核能。因此，歐盟的核能政策，已奠定民意基礎，做為歐洲國家重新選擇核能做為抑減二氧化碳排放的對策。

2. 歐洲非核家園國的核能政策紛紛轉向。自發生三哩島及蘇聯車諾比爾事故後，歐洲反核運動逐日成長，自 1980 年代起瑞典、義大利、英國、比利時及德國等，相繼開始推行非核家園政策，在 2000 年左右西歐國家的反核氛圍達到頂峰。但

歐盟於 2002 年正式簽署京都議定書(Kyoto Protocol)，及近年來化石燃料價格的大幅上漲，歐洲非核家園國家的核能政策紛紛轉向(附件 1)，值得曾推行非核家園的我國參考，分述如下：

- (1) 英國是先進國家中對全球氣候變遷態度最積極的國家，不只在內閣中設立「能源與氣候變遷部」，還於 2008 年設置獨立的「氣候變遷委員會」，並於同年 11 月底完成世界首部 2008 年氣候變遷法，制定世界首例「碳排放預算」制度。為達成各項排放減量目標，英國政府規劃一系列減量方案，明確建議在 2020 年前必須商轉 3 部核能新機組，其淨容量為 4,800 MWe，在 2030 年時核能發電比重應達 34 - 40%以上。有鑑於此，首相布萊爾 (Tony Blair) 在 2004 年宣佈政府考慮新建核能機組，並於 2006 年展開制訂國家新能源政策的民意諮詢，透過理性辯論使民眾充分了解核能重要性，所以很快獲得多數國人與國會議員支持，歐陸大電力公司也紛紛表態積極競逐這塊龐大市場。
- (2) 瑞典為世界首位宣佈廢核政策國家，長期執政的社民黨先於 1980 年主導廢核公投，旋於 1984 年於核子活動法明文禁止興建新機組，並設定在 2010 年關閉境內所有核電廠的廢核時間表。2006 年 9 月瑞典大選後，新的聯合政府，先在 2007 年 3 月擱置廢核政策，並 2009 年 2 月新版能源政策白皮書中，直言：「目前氣候變遷才是環境問題焦點，核能在可見的未來還是瑞典電力供應中重要的一環。」瑞典聯合政府進一步在 2010 年 2 月正式提出核子活動法第 5.a 條修正案，刪除禁核條款，允許興建新核能電廠。雖然這項法案還是設有「只在現有廠址興建、以取代現有營運中機組為主，且機組總數不超過 10 部」等限制條件，如果這項法案獲得國會通過，瑞典廢核政策從此走入歷史。
- (3) 比利時政府於 1999 年起推行非核家園政策，在 2003 年元月通過法案，禁止興建新電廠、並將現有電廠營運壽命限制在 40 年，但法案中還是為核能留下一線生機，規定只要該國政府認為比例時的能源供應安全受到威脅，該國電力與天然氣管制局就可以否決禁核法案。比利時 2007 年 6 月時大選後，新

總理Leterme為客觀評估核能價值，特別成立 2030 能源委員會，研議該國長期的能源政策。委員會於 2007 年 6 月 22 日發表 2030 比利時能源挑戰。報告指稱目前奉行的非核家園政策，在考量後京都議定時代的嚴格排放限制、目前又缺乏碳捕獲與儲存技術情況下，貿然於 2025 年實施非核家園政策，其代價將極為昂貴，且必然嚴重擾亂我們的經濟發展。因此，Leterme總理表示新政府將審慎考慮報告的各項建議，並說明必須確保國家能源供應安全，因此必須推動核電廠延壽計畫。

- (4) 德國於 1998 年推行非核家園政策，德國政府在 2000 年與電力公司達成協議，把德國核能機組的營運壽命限制在 32 年，但也容許老舊電廠可將發電量配額轉移給新機組使用。德國首相梅克爾於 2005 年 10 月組成新政府，重新檢討非核政策，德國首相梅克爾於 2006 年 10 月表明，雖然她的聯合政府迫於政治現實可能執行這項政策，但只因為過去的協定就必須關閉核電廠，是一項明顯的錯誤，不僅要求為非核政策翻案，還要延長德國現有核電廠的營運壽限，德國需要核電廠來達成京都議定書，承諾溫室氣體減量的目標。」梅克爾保證只要德國的核電廠能安全營運，就不會要求關閉任何一座核電廠。
- (5) 義大利深受 1986 年蘇聯車諾比爾事故發生之影響，反核意識高漲，1987 年義大利在國家能源政策中，即明定非核家園政策，並自當年起逐步停止核能電廠營運、1990 年起開始除役，成為世界上第一個真正廢核的國家。義大利 2006 年選出新總理 Berlusconi，積極推動核能的計畫，2008 年 11 月與 2009 年 5 月，下議院與上議院分別通過廢止 1987 年廢核公投議案，該國廢核政策正式走入歷史。2009 年 2 月，義大利內閣會議研定核能授權法，內容包括新電廠廠址選擇、當地民意諮詢與放射性廢棄物管理等。義大利規劃興建 10 部核能機組，在 2030 年達到核能供電 25%的目標。目前法國電力(EdF)已與義大利國營電力公司(ENEL)簽訂協議，計畫從 2013 年起興建至少 4 部 EPR 機組。

3. 歐洲支持核能做為降低二氧化碳排放的能源之民意上升。歐盟官方民意調查機構(Eurobarometer)在 2008 年以全歐 27 國民眾為對象，進行大規模核能民意調查，結果顯示歐盟地區支持核能民意絕對值較 3 年前成長 7%，而相對成長率則為 15%。這項大規模民調，範圍橫跨歐盟全境 27 國，受訪民眾高達 26,750 位。結果顯示歐洲民眾有 44%支持核能，45%民眾反對，從歷年調查結果分析，支持核能的民意每次都有長足進步。這項調查顯示民眾對於核能支持原因，主要是降低二氧化碳排放（62%）、分散能源供應，確保能源安全（64%）與降低對於石油依賴（63%），顯示民眾對於核能給予正面而明確的評價。

Eurobarometer 也進行另一項名為「放射性廢棄物處理的態度」的民調，發現民眾主要還是憂慮放射性廢棄物能否安全處置，如果能為放射性廢棄物找到永久且安全的解決之道，立刻就有 39%民眾轉而支持核能。根據統計，約有 78%的民眾認為所有放射性廢棄物都非常危險，甚至有 72%的全體民眾傾向於認為沒有可以安全處置放射性廢棄物的良方。因此要扭轉一般民眾對於放射性廢棄物不能安全處置的成見，不僅歐洲核能國家，亦將是我國放射性廢棄物最終處置選址作業的一項重大挑戰。

4. 歐洲國家大力推展高放射性廢棄物處置計畫已有很好的進展。法國放射性廢棄物專責機構 ANDRA 於 2005 年底彙整 15 年研發心得及 Bure 泥岩地下實驗室成果，向政府提出 Dossier 2005 報告。2006 年六月國會通過法案，規定 ANDRA 後續廢棄物管理方向，預定 2025 年啓用深層地質處置場。另外芬蘭國會在 2001 年 5 月授權政府在 Okilouto 進行深層地質最終處置場的建造與後續的相關工作，處置母岩調查對象為結晶岩，芬蘭放射性廢棄物專責機構 POSIVA，預定最終處置設施預定於 2010 年動工興建，2020 年正式使用。瑞典放射性廢棄物專責機構 SKB 於 2009 年選定 Forsmark 為最終處置場址，準備開始向瑞典核能安全署(SKI)提出處置場建造執照申請。根據 SKB 規劃，將於 2013 年首先建立地下實驗室，並從 2015 年開始興建處置場，預計在 2023 年開始營運。歐洲其他核能國家亦積極推動高放射性廢棄物處置計畫，但因在選址的問題上，尚欠缺民

意的支持而延遲，如捷克、英國、瑞士、荷蘭、西班牙及比利時等，這些國家若未採行用過核子燃料再處理策略者，亦如同我國積極進行用過核子燃料中期貯存計畫。

5. 高放射性廢棄物地質處置深具具有可行性。經濟合作暨發展組織核能署所屬之放射性廢棄物管理委員會於 2008 年發表共同聲明：推動高強度放射性廢棄物地質處置 (附件 2)，值得供國內推展用過核子燃料最終處置之參考。該共同聲明認為地質處置系統對高強度長半化期放射性廢棄物，能提供長久的安全保護，其主要的概念是善用地質與工程材料之特性，建立多重且多樣的安全障壁，使得地質處置系統能以互補方式，實現設施的長久安全功能。該共同聲明指出地質處置在技術上是可行的已是全球性的科學共識，此可由下列事實得到證實：

- (1)經由地表調查、地下試驗、示範性試驗與設施，對不同地質組成或工程材料，進行廣泛實驗而累積所得的驗證數據;

- (2)可靠的模擬技術能力;

- (3)其他放射性廢棄物之地下處置設施的運轉經驗;

- (4)地質處置場址如芬蘭、瑞典等之設施安全評估所獲得的進展等。

因此，不論從安全與道德的角度，或是從已獲得的技術資訊來看，更基於當代人的責任，地質處置計畫是值得且必要立即著手推動。

6. 放射性廢棄物最終處置設施的選址作業宜加強合作夥伴模式：世界各國長期以來，放射性廢棄物設施的選址工作，一直因場址社區與開發者的衝突而延誤，場址地區的居民經常因所關切的問題和利益，未得到妥善處理而堅決反對。經濟合作暨發展組織核能署於 2010 年 3 月發表的研究經近 10 年之研究報告(附件 3)顯示，選址有關機關(構)已逐步捨棄傳統的「決定、宣布和防衛」，改採「參與、互動和合作」的新模式，值得國內低放射性廢棄物處置設施選址作業之參考。

這種模式促使設施開發者與場址社區，發展新的合作夥伴模式，場址社區所關切的議題，能夠有效的提出來討論並加以處理，進而相互理解和學習，並創造對當地社區及其周邊區域的加值解決方案。合作夥伴模式在放射性廢棄物管理策略上的應用，已日益產生正面的效果。當地社區參與決策的主要機制如下：

- (1) 自願參與：係指社區表達參與設施開發的意願，例如，對位於其地區內的場址，是否適合建造放射性廢棄物管理設施，參與決策過程。這種意願的表達，通常是經由廢棄物管理機構或中央政府的邀請，再由社區的行政或民意機構回應。
- (2) 行使否決權：係指社區在整個進程的一定時間內，保留有選擇退出的權利。在一些國家否決權的行使是受法律保障的權利，但亦可依據利害者之間的非正式協議加以規範。

合作夥伴模式之效益，因場址社區代表參與設施開發和福利政策的制定，將可獲得對當地社區及附近地區的加值解決方案。合作夥伴模式的社區成員，得到新的發展技能及知識就是增加社會資本，建立當地社區非對抗性的處理機制，有效處理可能造成緊張的新議題，當有些議題具有造成分化社區的威脅時，合作夥伴模式可以做出可信任的裁判以平息局勢。設施開發者及其他參與的機構，可扮演負責任的放射性廢棄物管理者，以及關心社區福祉的鄰居的角色，以自我提昇並建立正面形象。監督合作夥伴模式運作的中央或地方政府機關，也經由落實政策而發揮其效能。

7. 法國La Manche低放射性廢棄物處置場曾發生氫(H^3)外釋事件獲得澄清。國內環保人士曾對該事件提出關切，訪問團特請ANDRA就該事件說明。ANDRA表示此為該處置早期之事件，1976年間曾於處置場附近之溪流偵測到 H^3 核種，但其濃度僅略高於環境背景值，並遠低於民眾飲用水標準值，不會對地方民眾之健康造成不良之風險。事後已對處置方式進行改善，並持續進行環環監測至今，以確保處置場之安全。

四、建議事項

1. **推展核能發電計畫以確保節能減碳政策目標之達成：**捷克計有二個核能電廠 Dukovany 及 Temelin 共 6 部 PWR 機組，裝置容量為 3.6 GWe，佔捷克總發電量的 30%，另約 60%來自燃煤發電。捷克電力公司積極準備於 Temelin 電廠再興建 2 部 1000MWe 的 PWR 機組，以有效減低二氧化碳之排放。法國 2005 年通過的能源法，除明確宣示積極持續支持再生能源發展外，亦指出為提供穩定的生產電力及減少溫室氣體排放量，法國能源政策法仍維持核能的選擇架構。法國於 2006 年在 Flamanville 核能電廠，投資興建號發電容量為 1650MWe 之 EPR(European Pressurized Reactor)新型機組。2009 年 1 月法國總統宣布於 Penly 核能電廠，興建第二座-3 號機 EPR 機組。預計法國未來將以每年一部興建以替代原舊機組，啟動新一波建廠計畫，因此未來法國可能將興建多達 40 座同型第三代的 EPR 機組或第四代機組，以長保法國之國家競爭力。歐盟為抑減二氧化碳排放的對策，提出務實的核能政策，導引歐洲非核家園政策國家的重新選擇核能，值得國內在制定或推行能源政策之參考，以確保節能減碳政策目標之達成。
2. **加速生質燃料研發與技轉，以協助國內產業拓展歐盟商機：**歐盟以生質燃料為發展重點，已明確列入歐盟指令(Directive)。對我國而言，歐盟市場需求已明朗化，宜加速相關研發與商業化之進度，並加速技轉，以協助國內產業拓展歐盟商機。
3. **加強國際合作，建立第四代核電廠系統工程知識體系，以有效支援第四代核電廠系統之評估與引進：**我國發展第四代核電廠系統，須先建立材料及核燃料技術體系，在國內欠缺研究用核子反應爐情況下，宜加強國際合作，透過國際研究設施，加強相關第四代核電廠系統工程知識體系之建立，以有效支援第四代核電廠系統之評估與引進。

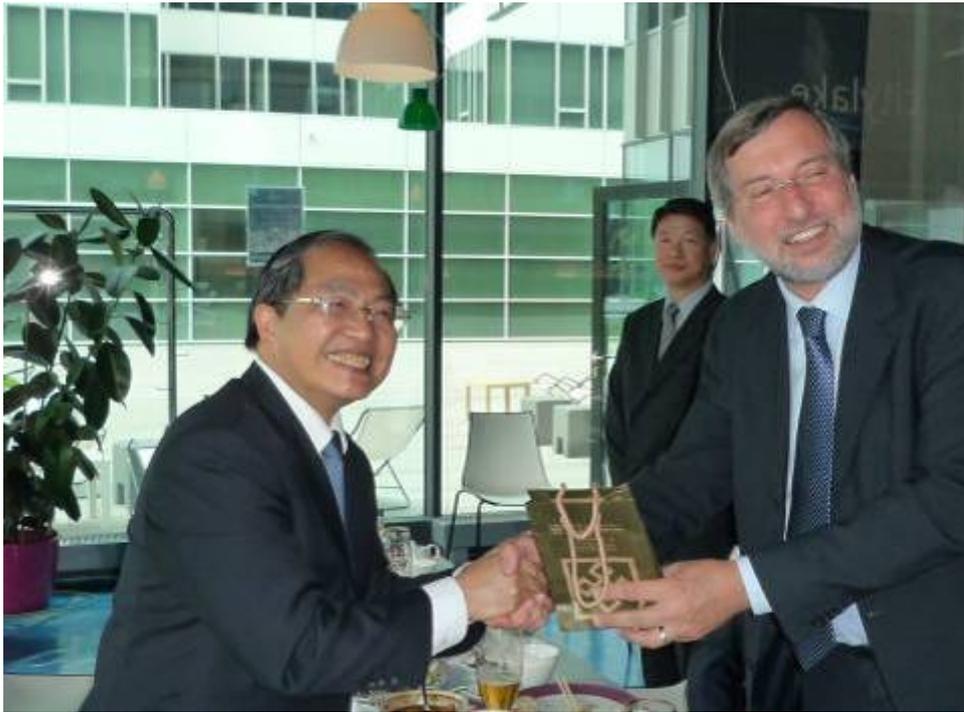
五、參訪照片



蔡主委拜會駐奧地利台北代表處合影



蔡主委拜會奧地利中國文化研究所溫克勒教授及奧國官員、國會議員代表合影



蔡主委拜會國際原子能總署代理保防副署長 Dr. Marzo



蔡主委訪問捷克國家核能安全署合影



蔡主委訪問捷克放射性廢棄物處置專責機構合影



蔡主委參訪捷克國家科學研究院電漿物理研究所合影



蔡主委拜會駐法國台北代表處合影



蔡主委訪問法國原子能署合影



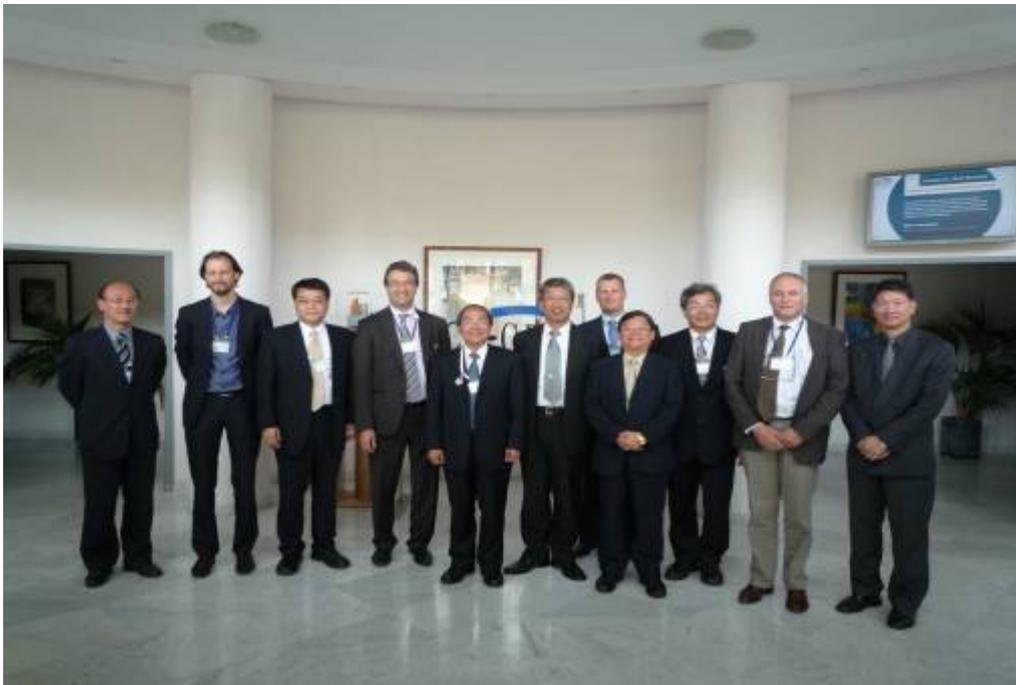
蔡主委訪問法國放射性廢棄物處置專責機構合影



蔡主委訪問法國核能安全主管機構合影



蔡主委拜會駐歐盟兼駐比利時台北代表處合影



蔡主委訪問比利時核能研究中心合影



訪團訪問歐盟能源總署會晤能源政策規範與再生能源推廣處。

歐盟核能政策及歐洲非核家園國家核能政策的轉變

歐洲國家擁有雄厚核能科技與工業實力，德國、法國、英國、俄羅斯與義大利等國核能工業發軔極早，可與美國並駕齊驅。1980 年代前歐洲核電發展順利快速，80%以上營運中機組都在此段時間商轉，但自發生三哩島及蘇聯車諾比爾事故後，歐洲核電發展趨緩，反核運動逐日成長，1980 年代起瑞典、義大利、英國、比利時及德國等，相繼開始推行非核家園政策，在 2000 年左右西歐國家的反核氛圍達到頂峰。近年來歐洲核能工業開始展現復甦態勢，歐洲國家重新擁抱核能的主要原因說明如下：

1. 歐盟於 2002 年正式簽署京都議定書(Kyoto Protocol)，並志願承諾減少 8%的排放量。儘管多年大力發展再生能源並成立全球首例碳交易機制，但實際減碳績效卻乏善可陳，使各國開始重新評估最大潔淨能源-核能的價值。
2. 國際化石能源價格從 2003 年起節節攀高，石油在 2008 年中達到 147 美元/桶歷史高價，國際經濟不堪負荷因而重創。火力電廠雖有建廠成本較低優勢，但燃料價格波動過劇與長期增高趨勢，反而成爲營運沉重負擔。反觀核能發電，雖有建廠成本偏高因素，但因燃料佔營運成本甚低，成爲長期價格最穩定的基載電力。
3. 北海油/氣田確定蘊藏量從 1999 年開始逐年下滑，2008 年已不及全盛期的 2/3，但同期消費量卻增加 19%，專家預估 15 年內即將耗竭。未來從俄羅斯進口天然氣佔消費比例從 2009 年的 24%將暴增至 2030 年的 70%。從 2005 年起每年都發生的俄羅斯-烏克蘭天然氣事件，才使歐洲國家驚覺深度依賴天然氣、能源命脈受制於人的無奈與能源安全的重要性，決心重新擁抱核能。

因此，歐盟爲抑減二氧化碳排放的對策，提出務實的核能政策，導引歐洲非核家園政策國家的重新選擇核能，而曾推行非核家園歐洲國家的核能政策變化，亦分別說明如下：

一、 歐盟

歐盟於 2002 年正式簽署京都議定書(Kyoto Protocol)後，即針對歐盟的能源需求及政策進行研究，並於 2003 年公布的外部能源計畫(ExternE)研究報告指出，經由主要能源的外部成本分析最新結論顯示，核能還是成本最低的主流能源。歐盟主導的 ExternE 計畫，是全球研究能源使用對於環境衝擊與人類健康危害最嚴謹的跨國計畫，主張「對環境傷害最大的能源，例如煤炭與石油課以重稅；鼓勵使用影響環境最輕微的能源，例如核能與風力。」根據該研究報告最新結論，核能發電的外部成本約為 0.26 ~0.6 歐分/度電（0.13~0.22 台幣/度），與風力相當；但是天然氣發電外部成本則為 1 ~3 歐分/度電（0.44~1.32 台幣/度）、燃煤發電外部成本則為 3~ 8 歐分/度電（1.32~3.62 台幣/度）。

歐盟執委會副主席兼能源委員會主席 Palacio 女士，在 2004 年 6 月 16 日召開的歐洲原子能協會(European Atomic Forum, Foratom)大會中指出，核能在能源安全與供應，能協助歐盟符合京都協定的規定。Palacio 女士說，只要核能維持其高度安全性，而且放射性廢料能永久處理，核能將越來越受重視。

歐盟能源委員會主席 Piebalgs 在 2006 年應邀於在挪威召開的「北方海洋近海會議」(Offshore Northern Seas Conference)上發表演說，明確指出，目前歐盟境內有 13 個會員國有核能發電廠，還要有更多國家享用核電。因此歐盟國家必須將核能列為各國發電的重要選項，核能是歐洲最大的無碳能源」。

2007 年初歐盟主席 Barroso、能源委員會主席 Piebalgs 及環保委員會主席 Dimas 共同在布魯塞爾公佈的歐洲能源政策評估(European Commission's Strategic Energy Review)官方報告中，一致高度肯定核能的貢獻，並認為未來歐洲能源政策，應增建新核電機組與現有電廠延壽，以減低依賴進口電力。該報告並指出歐盟能源政策的核心目標，就是在 2020 年減少 20%的溫室氣體排放，並將目前以經濟為目的的能源政策，導正為符合永續發展、保持經濟競爭力與能源供應安全等多目標的能源政策。至於核能，歐盟尊重各別會員國的決定，是否繼續發展。但也強調：目前在歐盟 27 個會員國中，有 152 座核電廠正在營運，並供應 30%電力的事實。如果某些會員國堅持非核政策，可能減少核能供電

的比例。「為滿足日益成長的能源需求、減少對於進口能源的依賴，應該考慮投資新建核電廠或進行機組延壽。」強化核能發電是減少二氧化碳排放的重要選項，對於緩和全球氣候變遷有舉足輕重的地位。在歐盟抑減二氧化碳排放的對策中，基本上把核能視為『零溫室氣體排放能源』。

歐洲議會於 2007 以壓倒性比數採納支持名為傳統能源及能源技術 (Conventional Energy Sources and Energy Technology)的報告。報告明確指出，如果歐盟想要滿足其中程基本能源需求，就不可能偏廢核能。在表決時，以 509 票贊成、153 票反對、30 票棄權獲得絕大多數歐洲議會議員的認同。該報告確認核能是大部分歐盟會員國能源供應組合中的關鍵成分，供應全歐盟 1/3 的電力。歐洲議會會員國認為：「如果歐洲想要滿足中程基本能源需求，就不可能偏非核家園能。」而且「核能是歐洲最大的低碳能源，放棄核能將使歐洲不可能達成對抗氣候變遷所設定的溫室氣體抑減目標。」

如果根據現在的趨勢預估，在 2030 年歐洲對進口能源的依賴度將高達 65%。因此，報告分析天然氣與石油的供應的不確定性，將因地緣政治風險與全球能源需求快速成長而急遽增加。歐盟能源部長 Piebalgs 明確表示：「如果不使用核能，我們達成對抗氣候變遷目標將困難重重！」歐洲原子能協會(Foratom) 則表示：這項報告廣為歐盟議員採納，其意義格外重大。因為它是第一次為「核能是歐洲最大的低碳能源」明確地背書。

歐洲議會 56 位議員所組成的跨黨派小組在 2007 年發表聲明，呼籲歐盟儘快發展包括新世代反應器在內的能源科技，並維持核能在歐盟區裡的地位與發展。另一方面，由 56 位歐盟議會議員所組成的跨黨派小組連署一項聲明，呼籲歐盟保持核能，並發展為未來低碳能源的關鍵組成。聲明強調：最適化地利用現有核能容量、並興建新核電廠，以因應未來明顯的電力需求成長。聲明也強調所有低碳能源技術在未來都用得到。

歐盟能源委員會主席 Piebalgs 於 2008 年讚揚核能對於抑減歐洲國家溫室氣體排放的卓越貢獻，更呼籲各國廣泛投資，以更換歐洲國家日漸老化的核能機組。Piebalgs 主席在 4 月 15 日於布魯塞爾舉行的歐洲核能協會 (European Nuclear Assembly) 發表演說時強調：我相信核能將是歐盟新能源組合中的核心要角，它對於能源政策三要素具有決定性

的貢獻，不僅是永續發展、減少排放，還有助於穩定能源供應安全。他強調：在我們對抗氣候變遷、維護能源安全的問題上，核能有關鍵貢獻，但需要強化歐盟會員國關於核能安全、核子保防與核廢料處理等領域之間的合作。他的論點回應了先前歐盟會員國應該在管制作為上更緊密協調合作的呼籲。

歐盟能源委員會主席 Piebalgs 主席特別強調俄羅斯石油供應已達歷史高峰的消息，將震撼歐洲的能源供應安全。「我們已經認知未來油價只會越來越高，今天的供需不平衡將成為油價高漲的原因。」他強調核能的最大優勢在於供應穩定可靠，且價格波動遠低於其他化石燃料。

他說歐洲需要更多投資來替換日益老化的核電機組，其中許多機組將在 2030 年之前達到營運壽限。新投資對於維持核電廠的安全與保全極為重要，為了核能工業的長久發展著想，應該提高民眾信心與政治接受程度。Piebalgs 主席再度強調對於核能安全的關注、核廢料處理與資訊透明化，這些都是提升民眾接受程度的重要因素。他說明委員會最新的計畫，包括成立核能安全與廢料處理高階團體（High Level Group on Nuclear Safety and Waste Management）、歐洲核能協進會（European Nuclear Energy Forum）與核能技術永續發展平台（Sustainable Nuclear Energy Technology Platform, SNE-TP）等。

歐盟官方民意調查機構(Eurobarometer)在 2008 年以全歐 27 國民眾為對象，進行大規模核能民意調查，結果顯示在過去 3 年間，歐盟地區支持核能民意絕對值成長 7%（相對成長率為 15%）。

這項大規模民調，範圍橫跨歐盟全境 27 國，受訪民眾高達 26,750 位。結果顯示歐洲民眾有 44%支持核能，45%民眾反對，這是十年來支持與反對這最旗鼓相當、難分軒輊的一次結果。但是從歷年調查結果分析，支持核能的民意每次都有長足進步。上一次類似民調舉行於 2005 年，當時支持核能的民眾只有 37%、反對者卻高達 55%，3 年間民意消長的趨勢，頗堪玩味。目前全歐有 15 國家、146 座核電廠，供應 30%電力。

這項調查顯示民眾對於核能支持原因，主要是降低二氧化碳排放（62%）、分散能源供應，確保能源安全（64%）與降低對於石油依賴（63%）。顯示民眾對於核能給予

正面而明確的評價。Eurobarometer 也進行另一項名為「放射性廢棄物處理的態度」的民調，發現民眾主要還是憂慮放射性廢棄物能否安全處置，如果能為放射性廢棄物找到永久且安全的解決之道，立刻就有 39% 民眾轉而支持核能。根據統計，約有 78% 的民眾認為所有放射性廢棄物都非常危險，甚至有 72% 的全體民眾傾向於認為沒有可以安全處置放射性廢棄物的良方。因此要扭轉一般民眾對於放射性廢棄物不能安全處置的成見，仍是歐洲核能國家和世界其他核能國家的一項大挑戰。這項民調中亦發現有越來越多的歐洲民眾希望全歐能夠更緊密結合，並制定超越國家的統一政策。91% 民眾認為歐盟應該監督各國放射性廢棄物處理政策與執行實務，90% 民眾贊同在歐盟區內制定一套可以協同各國的放射性廢棄物處理方法。

2008 年 11 月歐盟公佈其第二版能源策略評估報告 (Strategic Energy Review) 為確保歐洲能源供給安全提出一項廣泛的能源套餐，做為氣候變遷計畫的藍圖。這份評估報告特別強調，在未來 10-20 年，歐洲大部份的核能機組都將到原先的設計壽限（40 年），屆時核能佔全系統發電比例將急遽下降，如果未能立即投資興建新機組的話。決定將舊機組延壽或投資新機組，對於達成歐洲二氧化碳減量目標有極重要的貢獻。核能是歐盟建議的能源組合中關鍵的一環，歐盟也修訂 2007 年核能發展計畫 (2007 Nuclear Illustrative Programme, PINC)，申明未來新建的機組必須使用最新科技，以確保核能安全的最高標準，更應該簡化與協調現存於歐盟會員國間複雜各異的執照要求與審查程序。歐盟報告明確表示：「在歐盟邁向低碳經濟與降低對外來能源依存的過程中，核能扮演了關鍵性的角色。」但是，「是否在能源組合中包括核能，端視各會員國政策與態度而定。」然而，「無論如何，政策性決定核能及再生能源在發電系統中的投資配比，應該盡速確立，因為在 2020 年代早期，全歐三分之二的電力應該由低碳能源產生。」歐盟警告：「這項對於發電容量與配比的政策性投資抉擇，將會直接影響未來歐盟數十年的二氧化碳排放、經濟競爭力與能源供應的安危。」

2009 年 6 月歐盟執行委員會最近正式實施關於歐盟核能安全架構的新版核能安全指令 (Nuclear Safety Directive)。這項指令是依據核能安全公約 (Convention on Nuclear Safety) 中所明訂的義務，及國際原子能總署所制訂的安全基準而來。事實上，歐盟會員國早已

密切觀察這項新國際標準的動向，而相管法令規定也遠比這項標準更嚴格，但每個會員國還是可以根據國內實際狀況，進行小規模調整。

這項新安全指令立法對於決定不使用核能的歐盟會員國特別有利，因為他們有法律基礎來確定使用核電鄰國的核能安全。但可能的效應卻是加強歐陸民眾對於核能的信心。核能供應歐盟國家將近 30%的電力，而法國靠著向鄰國輸出大量核電而成爲歐洲核能霸主。

歐盟執行委員會於 2008 底通過這項新安全指令的修正提案。這項指令回應歐盟公民普遍認爲有必要訂定適用於全歐盟的強制性核電廠營運立法規範，以確保其安全。這項指令不僅對歐盟境內核能設施安全性，訂定基本的義務及一般性原則，也冀望能提升各會員國相關主管單位在此一範疇的地位。

儘管核設施營運潛存跨國界的風險，然而會員國間對於建立標準化安全規範所做的努力，至今仍非常貧乏。近年來由於核能重獲各國重視，更需要訂定歐盟層次的共同規範，以支持各會員國提升核能安全所做的努力。歐盟能源署長 Piebalgs 指出：「這項指令除有利於歐盟公民安全，也同時提供法律的確定性。會員國在核能安全系統上，將會有一個共同的參照架構，但也保有採取更嚴格管制標準的權利。」

這項指令目的在於維護並持續改善核能安全，制訂歐盟的核能安全管制規則，並強化各國主管單位的角色，內容包括各會員國針對核安要求的立法及管制架構所規範的層面，如核能設施設計、選址、建造、維護、營運，到除役等。

新指令也完全尊重各國對於是否使用核能的決定權。新指令依循歐盟「基層優先原則」(subsidiarity principle)，除希望提升各會員國主管機關對核安管理的地位，也希望提高獨立性及資源來完成各項任務。未來也將以「歐洲核能安全管制小組」(European Nuclear Safety Regulator Group, ENSREG) 作爲各國核能安全與放射性廢棄物管理主管機關的聯絡窗口。

由歐洲核能業界所組成的歐洲原子能協會 (Foratom) 對新指令的頒行表示歡迎與一貫的支持態度。該組織聲明：泛歐盟核能安全框架是進一步確保調和全歐所有核設施安

全標準的關鍵因素。這項指令生效後，就成為各會員國的國內法，而被各國主管機關認可的核設施營運者就被納入管制範疇。任何營運者在歐盟國家違反這項指令，等同違反母國的國內法。這項指令具有約束力，可使歐盟執行委員會處罰任何一個安全標準低於這項指令的國家或團體。

二、 英國

英國是世界核能科技先進國家之一，1956 年全球首座民用核能電廠商轉即為英國的 Calder Hall，並由此發展完整的核能工業體系。全盛時期英國曾有 45 座核能機組，總容量 14,390 MWe，但早期機組從 1990 年代逐步除役後，目前僅剩 19 部機組，總容量 11,035 MWe，供應全英 22% 的電力需求。英國早年維持「強大完整核能工業」的政策目標非常清晰，但 1989 年保守黨執政開始推動國營事業民營化政策，雖然核電廠仍屬國營的英國核燃料公司 (British Nuclear Fuels Ltd, BNFL)，並由英國能源公司 (British Energy Group plc) 負責營運，但因缺乏民間資金挹注，在 1995 年 Sizewell 電廠商轉後，當年發表的核能政策白皮書中即申明不再由公部門投資興建新機組。

該國老舊的核能機組逐步除役之後，供電缺口只能仰賴天然氣發電與進口電力填補。目前該國燃氣發電比例高達 38%，雖然仰仗北海天然氣田的供應，英國天然氣自給率還能維持 80-90%，但隨著近年北海氣田快速耗竭，英國悲觀預估 2025 年時，80-90% 的天然氣將依賴進口（主要來自俄羅斯與裏海地區），屆時昂貴的燃氣將大幅提升發電成本。另一方面，如果在 2020 年前沒有積極行動，該國核電容量將驟降為 3,061 MWe，嚴重影響能源安全與電力經濟。

英國是先進國家中對全球氣候變遷態度最積極的國家，不只在內閣中設立「能源與氣候變遷部」，還於 2008 年設置獨立的「氣候變遷委員會」(Committee on Climate Change, CCC)，向政府提供符合國家氣候變遷目標的專業諮詢，並於同年 11 月底完成世界首部 2008 年氣候變遷法(Climate Change Act 2008)，並在 2009 年 4 月共同制定世界首例「碳排放預算」制度。

英國具有完整的碳排放減量政策，並制訂近、中與長程明確目標。近程方面，英國

制定未來 15 年的「碳排放國家限額」，規定必須在 2012、2017 與 2022 年分別達成相較於 1990 年減少 22%、28%與 34%的排放目標。在中、長期方面，將在 2030 與 2050 年分別達成減量 50%與 80%極富挑戰性的目標。

為達成各項排放減量目標，英國政府規劃一系列減量方案，明確建議在 2020 年前必須商轉 3 部核能新機組，其淨容量為 4,800 MWe，在 2030 年時核能發電比重應達 34 - 40%以上。有鑑於此，首相布萊爾在 2004 年宣佈政府考慮新建核能機組，並於 2006 年展開制訂國家新能源政策的民意諮詢，新政策雖對核能延續「政府不介入也不限制核能機組興建，交由市場機制決定」的中立開放態度，但透過開放電力市場與加速建廠執照審查速度鼓勵民間投資。由於事先規劃周詳綿密，透過理性辯論使民眾充分了解核能重要性，所以很快獲得多數國人與國會議員支持，歐陸大電力公司也紛紛表態積極競逐這塊龐大市場。

三、 瑞典

瑞典目前擁有 3 座核電廠 10 部核能機組，總淨容量 9,399 MWe，2008 年核能發電量 613 億度，供應該國 42%的電力需求，僅次於水力發電的 47%。瑞典為是世界核能先進國家。但儘管瑞典擁有先進核能技術，但亦是世界首位宣佈非核家園政策國家。瑞典長期執政的社民黨先於 1980 年主導非核家園公投，旋於 1984 年於核子活動法(The Nuclear Activity Act)明文禁止興建新機組，並設定在 2010 年關閉境內所有核電廠的非核家園時間表。但迫於現實壓力，在 1997 年政府與業者達成的協議中，卻保留了大部分核電廠。僅在 1999、2005 年在鄰國丹麥壓力下，先後關閉境內最老舊、距丹麥邊境僅數十公里的 Barsebäck 電廠第 1、2 號機，損失 1,200 MWe 容量。但是技術能力深厚的瑞典核能業界，透過多次機組功率升級，增加了 1,150 MWe，完全彌補先前關廠所損失的容量。

2006 年 9 月瑞典大選後，社民黨下台由自民黨組成新的聯合政府，為避免政治衝擊，執政聯盟有第一任內暫不規劃興建新機組的默契，只先在 2007 年 3 月擱置非核家園政策。但 2009 年 2 月新版能源政策白皮書中，直言：「目前氣候變遷才是環境問題焦點，核能在可見的未來還是瑞典電力供應中重要的一環。」這份能源政策白皮書還宣示 2050

年瑞典達到零溫室氣體淨排放的遠程目標，更明白宣示廢止非核政策：「我國正式廢止非核家園政策，禁止興建新核電廠的法案也同時廢止。」並宣佈「當現有機組繼續營運至其經濟壽命終點後，政府將逐步核准興建替代機組的建廠執照。」但現階段政府不會對核能業界提供直接或間接的協助。

瑞典聯合政府在 2010 年 2 月正式提出核子活動法第 5.a 條修正案，刪除禁核條款，允許興建新核能電廠。雖然這項法案還是設有「只在現有廠址興建、以取代現有營運中機組為主，且機組總數不超過 10 部」等限制條件，但改變 30 年的非核家園政策已屬難能可貴。如果這項法案獲得國會通過，瑞典非核家園政策從此走入歷史。

核能與水力是瑞典兩大電力支柱，兩者供電比例約為 50% 與 45%。然而兩種低碳能源的開發都因為偏執的環保意識而受阻，瑞典立法禁止開發河川水力與新設核電廠。但在新能源政策下，儘管仍然禁止開發水力發電，卻允許發展新核電廠及複循環發電、風力及其他再生能源。

四、 比利時

比利時目前擁有 2 座核電廠 7 部核能機組，總容量 5,943 MWe，其中 Doel 電廠有 4 部壓水式機組、Tihange 電廠則有 3 部壓水式機組，供應該國約 50% 的電力需求，從 1994 年起，各機組致力於提升功率，目前已共提升 219 MWe 容量。

比利時政府於 1999 年起推動非核家園政策，成立「電力生產方式與能源部門重組分析委員會」，並提出報告建議在 2020 年徹底非核家園，並以行政命令方式將機組營運壽限縮短至 40 年不得延長、立法限制用過燃料再處理。但該委員會在 2000 年報告中卻又態度大轉變，認為核能發電對於比利時極為重要，建議應該進一步發展。儘管該委員會的報告前後結論迥異，但國會仍在 2003 年元月通過法案，禁止興建新電廠、並將現有電廠營運壽命限制在 40 年，2015 年時，該國現有較早興建的 Doel 核電廠 1、2 號機與 Tihange 核電廠 1 號機都，將屆期強制關廠。但非核家園政策畢竟難敵現實壓力，法案中還是為核能留下一線生機，規定只要該國政府認為比例時的能源供應安全受到威脅，該國電力與天然氣管制局就可以否決禁核法案。

比利時 2007 年 6 月時大選後，新政府認為非核家園政策不切實際，於是停止非核

家園政策氛圍已逐漸醞釀。比利時總理 Leterme 為客觀評估核能價值，特別成立 2030 能源委員會，研議 2030 年的比利時能源政策，以確立該國長期的能源政策。委員會於 2007 年 6 月 22 日發表 2030 比利時能源挑戰，提出多項具體建議。報告指稱目前奉行的非核家園政策，在考量後京都議定時代的嚴格排放限制、目前又缺乏碳捕獲與儲存技術情況下，貿然於 2025 年實施非核家園政策，其代價將極為昂貴，且必然嚴重擾亂我們的經濟發展。報告亦補充說明，廢除這麼大量穩定又低廉的基載電力，將無可避免的導致電價上漲，並認為非核家園等於扼殺比利時最經濟有效的減少二氧化碳排放途徑與減少進口能源依賴的國家能源安全保障。因此，Leterme 總理表示新政府將審慎考慮報告的各項建議，並說明必須確保國家能源供應安全，因此必須推動核電廠延壽計畫。

能源與氣候部在 2009 年 10 月發表 2020 與 2030 年比利時理想能源組合(Quel mix énergétique idéal pour la Belgique :Analyse aux horizons 2020 et 2030, GEMIX)能源政策白皮書，強調除非能源效率提升到相當程度、且再生能源供應穩定，否則在 2025 年前，比利時沒有非核家園的客觀條件。比利時政府向歐盟承諾在 2020 年削減 15%的能源消耗，並設定再生能源供應 13%能源需求。但 GEMIX 報告卻發現，即使前述 2 項目標都達到了，2025 年比利時還是需要所有現有核能機組，支持擴張核能，以確保國家能源安全、避免二氧化碳排放、平穩能源價格，並保護家家戶戶都用得起電力與維持國家工商業的競爭力。GEMIX 將在 2019 年進行再評估，並敦促政府再將核能電廠營運壽限延長到 2035 年之後，認為延長現有核能電廠營運期限，可使核電廠業主以公平價格，大規模投資再生能源與提高能源效率，也可促使業主在開發節能與環境新科技與核廢料處理，建立具有企圖心的研究計畫。

五、 德國

德國核能電廠供應全國近 3 分之 1 的電力，但 1998 年大選後成立的聯合政府，受制於綠黨籍環境部長 Trittin 的杯葛而採行非核家園政策。德國政府在 2000 年與電力公司達成協議，把德國核能機組的營運壽命限制在 32 年，但也容許老舊電廠可將發電量配額轉移給新機組使用。目前已相繼於 2004 年與 2005 年關閉 Stade 電廠與 Obrigheim 電廠各 1 座機組，其餘機組將最遲在 2015 年完全關閉。

執全球學術界牛耳的德國物理學會於 2005 年 11 月在 1990-2020 德國的氣候保護與能源政策的報告中表示，核能對於德國二氧化碳減量的貢獻超過 35%，假如德國持續非核政策，到 2020 年時將會每年增加 5,400 萬至 6,100 萬噸的二氧化碳排放；反之，假如現有核電廠能夠持續營運，每年就可以減少 5,100 萬至 5,800 萬噸的排放。可以預見的是，如果缺少核能，德國不可能彌補其間每年近 5,500 萬噸二氧化碳排放的缺口。

德國首相梅克爾於 2005 年 10 月組成新政府，同年 12 月新內閣的經濟與技術部長 Glos 指稱，核能應該在未來電力供應扮演重要角色，並強調德國需要穩定經濟的電力，要求政府重新檢討非核政策。2006 年 1 月德國核能協會會長 Gueldner 表示，核能是經濟、可靠而且友善環境的能源；而且供應德國一半的全天候基載電力。其卓越的經濟性與科技優勢，應該成為德國未來能源組合的重要選項。Gueldner 進一步表示：根據現有技術與需求，鈾足可供全球至少使用 200 年；而且即使鈾價上漲，增加的發電成本也不會超過 5%，相對於其他化石燃料的成本變動，根本微不足道。更重要的是，鈾礦大多掌握在「政治穩定國家」，如加拿大、澳洲等，成為能源安全極重要的穩定因素。

德國首相梅克爾於 2006 年 10 月表明，雖然她的聯合政府迫於政治現實可能執行這項政策，但只因為過去的協定就必須關閉核電廠，是一項明顯的錯誤，不僅要求為非核政策翻案，還要延長德國現有核電廠的營運壽限，德國需要核電廠來達成京都議定書，承諾溫室氣體減量的目標。」梅克爾保證只要德國的核電廠能安全營運，就不會要求關閉任何一座核電廠。

德國經濟與技術部長 Glos 在 2008 年 9 月於慕尼黑舉行的第三屆德國能源會議，呼籲延長該國所有核能電廠營運壽限。他強調德國應該要有新的能源政策來滿足能源需求、削減溫室氣體排放，並且對於經濟發展沒有負面影響。基於下列 3 項原因，能源將是未來的關鍵問題：

1. 能源價格日漸上漲，每加一次油，駕駛人就會被提醒一次；而且一般用戶接到電費帳單時，也會察覺到。
2. 全球暖化是一項嚴重的威脅，如果不採取斷然措施，它終將嚴重危害我們的環境

與經濟。

3. 德國不能認為能源一直供應無缺，需要確保能源供應安全，而且不能只靠幾種能源與幾個能源供應國而已。

德國經濟與技術部長 Glos 繼續表示，延長現有核能機組的營運期限，意味著提供長期低價而且安全又友善環境的電力，更重要的是，延壽是簡單又物超所值的積極作為。他提出許多支持核能的論點也強調，核能發電應視為一項通往其他夠廉價能源科技的橋樑，任何只用意識形態爭議的人，都無視於我們在能源供應上所面臨的嚴峻挑戰。

六、 義大利

義大利是近代原子科技與核能發電的先驅，也是世界唯一真正曾經放棄核電的先進國家。1930 年代羅馬大學已是國際原子科學發軔重鎮，1960 年代初期，義大利成為世界最早擁有核電廠國家之一，而且容量名列非核武國家前茅。該國原有 4 座核電廠，合計 1.5GWe，1980 年代該國曾計劃大幅擴展核電容量，如果這些計劃順利推動，義大利核能發電總容量將達 10,486 MWe。但 1986 年蘇聯車諾比爾事故發生，義大利深受影響，反核意識高漲。1987 年義大利舉行反核公投，同年 11 月出爐的國家能源政策中，即明定非核家園政策，並自當年起逐步停止核能電廠營運、1990 年起開始除役，成為世界上第一個真正非核家園的國家。

義大利 20 年來為非核家園政策付出慘痛高的代價，為彌補電力缺口，被迫向國外輸入 17% 的電力，主要來源仍是法國的核能。義大利極度仰賴進口電力，並致力發展昂貴的燃氣發電，使該國成為歐洲電價最高的國家，相當於全歐平均電價 1.6 倍，法國電價 3 倍、瑞典 4 倍，估計該國歷年非核家園的直接與間接損失高達 500 億歐元。

義大利 2006 年選出新總理 Berlusconi，積極推動核能的計畫，2008 年 11 月與 2009 年 5 月，下議院與上議院分別通過廢止 1987 年非核家園公投議案，該國非核家園政策正式走入歷史。2009 年 2 月，義大利內閣會議起草核能授權法(Nuclear Delegate Law)，內容包括新電廠廠址選擇、當地民意諮詢與放射性廢棄物管理等：

1. 新電廠址選擇技術規範，需考量人口、社會-經濟議題、地震活動風險與水文地質環境等因素。且廠址必須由中央與區域政府（義大利全國分爲 20 個區域）共同選定，還必須慎重考量候選廠址所在市議會意見。
2. 核能電廠與核燃料設施屬於特殊授權設施，必須取得環境許可才能建廠。
3. 儘速完成核能發展白皮書與核能安全署的組織架構。並由新成立的核能安全署制訂放射性廢棄物管理法規。
4. 規定新電廠未來的稅收分配原則，電廠周圍 40 公里、核燃料設施周邊 20 公里內的鄉鎮都可以分享大餅。其中 10%撥給省政府（義大利有 110 個省）、55%撥給廠址所在市級行政單位、35%撥給設施鄰近的市級行政單位。這些稅收未來有 40%撥給公家單位，剩餘 60%則以退稅方式直接回饋當地民眾。

義大利規劃興建 10 部核能機組，在 2030 年達到核能供電 25%的目標。目前法國電力公司已與義大利國營電力公司(ENEL)簽訂協議，計畫從 2013 年起興建至少 4 部歐洲壓水式機組(EPR)。

推動高強度放射性廢棄物地質處置

經濟合作暨發展組織核能署放射性廢棄物管理委員會之共同聲明

經濟合作暨發展組織核能署 (Organization for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, 以下簡稱 OECD/NEA) 所屬之放射性廢棄物管理委員會 (Radioactive Waste Management Committee, 以下簡稱 RWMC), 是一個集合產、官、學、研從事放射性物料及其廢棄物管理的資深人士所組成之委員會, 由於 RWMC 的廣泛代表性及厚實的技術背景, 使得 RWMC 能夠扮演專業的角色, 協助 OECD 會員國面對放射性物料及其廢棄物管理的相關議題。

RWMC 在先前的共同聲明裡, 已說明地質處置的環境、世代正義及其技術的可行性, 並針對相關的方法論、政策、決策過程等方面提出建議, 更累積了許多實際經驗。RWMC 針對為何地質處置仍然作為高放射性廢棄物的合適處置方式, 目前地質處置現況、實施面的挑戰與機會, 以及未來之展望等, 提出以下共同的想法:

1. 高強度長半化期放射性廢棄物適於地質處置的理由

核燃料循環的各個階段以及放射性同位素在醫、農、工、研甚至於國防的應用上, 產生放射性廢棄物是無可避免的。這些廢棄物必須加以安全管理, 以保障人類健康及保護環境品質。用過核燃料或用過核燃料再處理產生之高強度放射性廢棄物, 因含有長半化期的放射性廢棄物, 必須加以安全處置, 使其與人類生活環境隔離數萬年。

各國對核能利用之發展或有不同, 但針對已產生或預計產生的高強度長半化期放射性廢棄物存量, 尋求一種安全且可接受的處置方法, 是大家共同的認知。

地質處置系統對高強度長半化期放射性廢棄物, 能提供長久的安全保護, 其主要的概念是善用地質與工程材料之特性, 建立多重且多樣的安全障壁, 使得地質處置系統能以互補方式, 實現設施的長久安全功能。

地質處置在技術上是可行的已是全球性的科學共識，此可由下列事實得到證實：

- (1) 經由地表調查、地下試驗、示範性試驗與設施，對不同地質組成或工程材料，進行廣泛實驗而累積所得的驗證數據;
- (2) 可靠的模擬技術能力;
- (3) 其他放射性廢棄物之地下處置設施的運轉經驗;
- (4) 地質處置場址如芬蘭、瑞典之設施安全評估所獲得的進展等。

經過挑選地層只要與設施設計、配置及工程障壁等做適當的匹配，地質處置系統可在多種的地質條件下施行。

2.OECD 會員國對地質處置的立場

OECD 的有些國家經由公眾及利益相關者的建設性的參與，地質處置已被接受為高放射性廢棄物的長期管理的解決方法。因此部份國家在地質處置工作上已有相當的進展，但在推動過程遭遇困難或阻礙之國家，地質處置仍然被保留做為主要方案。

國際原子能總署的「用過核燃料安全管理及放射性廢棄物安全管理聯合公約」及國際輻射防護委員會的輻射安全建議，提供各國安全管制機構在共同的架構指引下建立安全標準，足以有效監督對地質處置的推動。

最佳的地質處置計畫的推動，應建立一個可以持續學習，並有高度願意採納因技術精進及社會發展所衍生需求的策略。

選址的關鍵步驟充滿政治與社會挑戰性，目前成功案例顯示，開放透明的程序，並有充份的調和時間，建立具有彈性、可調整協商模式，讓利害關係者能實質地參與決策，是最有利的選址策略。

地質處置計畫推動時道德方面的考慮相當重要，此應包括對當代及未來世代的公平性考量。縱因文化、社會及地理的差異，導致各國推動地質處置的方法與途徑

會有所不同，但確保安全的共同目標凌駕在一切方法與途徑之上。

3.地質處置執行面的挑戰與機會

OECD 有些國家的高放射性廢棄物處置的決策者、安全管制者及執行者已越來越意識到只有工程技術界對地質處置安全有信心，尚不足以獲得公眾的信心與接受。

國家需要一個被廣泛接受的處置策略是大家的共識。策略中不只應交待建造地質處置設施之技術問題，同時應提出體系架構與途徑，讓決策者與關心的大眾有時間和方法進行了解與對話，並對各種方案加以評估，以判斷設施開發者的執行方案並經安全管制者獨立審查後，是否提供足夠程度的安全信心。

在某些國家確保「可逆性」及「再取出性」，列為放射性廢棄物管理的重要策略。通常「可逆性」指地質處置計畫將分階段執行，每一階段之選項與決定權保持開放，因此在特定的條件下，該處置計畫仍可彈性調整；而「再取出性」是指可以回轉處置步驟取出廢棄物。各國應有效澄清「可逆性」及「再取出性」之確切意涵及所扮演的角色，並確保「可逆性」及「再取出性」不會損及地質處置系統之長期安全性。

地質處置技術發展及計畫執行需數十年來完成，因此，在執行的期間內有機會調整執行方案或採行最新技術，但相對伴隨的挑戰則是：如何長期維持中央與地方政府的支持、如何維持必要的基礎建設、與確保知識保存與傳承所需的人力資源。

地質處置計畫執行期間太長，分段決策是相對重要也是可取的做法。分段決策除允許持續的研究與學習機會外，並可經由建設性的關係建立社會大眾的信心，以及發展與受影響區域的建設性關係。但伴隨而來的挑戰則是：如何維持這些進展與關係，如何整合各項發展及保持前進的動能。

4.地質處置發展的期望

經驗的累積與知識的傳承確實有助於計畫推展，因此國際合作研究計畫的經驗分

享及心得交流應該繼續進行。

國家採行「等待觀望(wait and see)」策略，延遲地質處置工作之推展，無疑地將會相對提高放射性廢棄物的安全考量和管理成本。採行地表或近地表貯存與深層地質處置相比，隨著貯存時間拉長將更容易受天然事件或恐怖份子之威脅。基於世代正義，地質處置是為當代人的責任，且應該予以執行之。

5.結語

地質處置系統可提供高放射性廢棄物處置的長期安全，並在無需長期持續的監測、維護及監管的條件下，達成人類安全及環境品質的要求。地質處置在技術上已為可行，且能加以調整適合不同的地質條件。目前地質處置系統已被世界各國採用做為高放射性廢棄物的解決方案，強化利害關係者的合作參與，以保證將社會要求納入考量。不論從安全與道德的角度，或是從已獲得的技術資訊來看，更基於當代人的責任，地質處置計畫是值得且必要加以立即著手推動。

放射性廢物管理設施選址與開發的合作夥伴模式

長期以來，放射性廢棄物設施的選址工作，一直因場址社區與開發者的衝突而延誤，場址地區的居民經常因所關切的問題和利益，未得到妥善處理而堅決反對。對此，選址有關機關(構)已逐步捨棄傳統的「決定、宣布和防衛」，改採「參與、互動和合作」的新模式。經濟合作暨發展組織核能署(Organization for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency,以下簡稱 OECD/NEA)於 2010 年 3 月發表的研究結果顯示，這種新模式促使設施開發者與場址社區，發展新的合作夥伴模式，場址社區所關切的議題，能夠有效的提出來討論並加以處理，進而相互理解和學習，並創造對當地社區及其周邊區域的加值解決方案。合作夥伴模式在放射性廢棄物管理策略上的應用，已日益產生正面的效果。

1.合作夥伴的關鍵要素在於提高當地居民對影響社區未來決策的參與權

合作夥伴模式是一種結合場址社區與設施開發者的集體的工作關係，從地方到中央各有關政府機關，也必須直接或間接地參與，其他機構也可以參與發揮作用，促使合作夥伴模式所做的決定或建議，能得到政府決策高層的適切考量，增進當地社區居民對合作夥伴模式的信心。

合作夥伴模式可採永久或臨時性工作組織或是專家座談會等運作方式，產出的結果可以是設計方案或是對民意或行政機關的建議等，這些運作可經由具有法律約束力的協定，或是經由比較非正式的協議予以設定。合作夥伴模式的做法有助於提高決策之透明度及可靠性，更重要的是代表一個決心，就是對可能影響他們未來的決策，賦予當地社區參與的權力。

2.賦予當地社區決策參與權力的方式

合作夥伴模式的組成和任務可以是多樣性的，通常合作夥伴模式是透過以下的運作方式提升當地社區的決策參與：

- (1)取得、評估和傳播設施有關的資訊；
- (2)諮詢專家的意見或選擇自己建立評估所需之專業知識；
- (3)提出基礎建設、設施設計有關之建議，供設施開發者採行；
- (4)設計福利措施，改善社區短期與長期的社會、經濟發展；
- (5)研提建議供高層決策機關考量；
- (6)隨時掌握管制機關、設施開發者及其顧問機構等執行研究的最新狀況；
- (7)監督參與夥伴的表現，並確認其可信度。

3.合作夥伴模式方法和傳統資訊傳播與意見諮詢之差異

資訊傳播與意見諮詢是傳統決策方法的法定步驟，但這並不保證當地公民所關切的問題和想法，將會如他們所認為合宜的方式被採納。在合作夥伴模式裡，決策權力將透過公民與設施開發者及其他有關機關(構)的談判重新分配，並同意他們共享相關的規劃和決策活動。

傳統的意見諮詢主要的議題為受影響者是否接受開發者所提出的解決方案，但在合作夥伴模式，將可由公民在開發解決方案、規劃與決策中扮演適切的角色，經由合作夥伴模式工作組織的商議，持續對基礎建設規劃、設施建造及社區經濟發展措施，進行意見交流及談判。合作夥伴模式的社區不再只是被動的接受主動參與者各項決策。

4.合作夥伴模式維持運作的回饋措施

資助社區參與業務費用，雇用所需的行政、技術支援人力及專家，如科學家、律師等，此將有助於受影響的社區實質參與各項共同合作的議題。另附加的社會福利和財政支援，有助於解決設施對當地帶來的影響。通常財政資源可協助社區短期的發展，並改善社區長期的生活品質。這些措施強調的是社區志願為國家提供重要服務的尊嚴回饋。

5. 當地社區參與決策的主要機制

- (1) 自願參與：係指社區表達參與設施開發的意願，例如，對位於其地區內的場址，是否適合建造放射性廢棄物管理設施，參與決策過程。這種意願的表達，通常是經由廢棄物管理機構或中央政府的邀請，再由社區的行政或民意機構回應。
- (2) 行使否決權：係指社區在整個進程的一定時間內，保留有選擇退出的權利。在一些國家否決權的行使是受法律保障的權利，但亦可依據利害者之間的非正式協議加以規範。
- (3) 自願參與及行使否決權機制，在欠缺法律或政治規則或是合適場址較少的國家，在施行上比較困難。

6. 合作夥伴模式的效益

場址社區代表參與設施開發和福利政策的制定，將可獲得對當地社區及附近地區的加值解決方案。合作夥伴模式的社區成員，得到新的發展技能及知識就是增加社會資本，建立當地社區非對抗性的處理機制，有效處理可能造成緊張的新議題，當有些議題具有造成分化社區的威脅時，合作夥伴模式可以做出可信任的裁判以平息局勢。設施開發者及其他參與的機構，可扮演負責任的放射性廢棄物管理者，以及關心社區福祉的鄰居的角色，以自我提昇並建立正面形象。監督合作夥伴模式運作的中央或地方政府機關，也經由落實政策而發揮其效能。

7. 結語

放射性廢棄物管理設施在選址方面，包含許多階段並需不同的方法來處理。通常在開發機構和場址社區間，建立實質可行的合作關係是必要的。合作夥伴模式可實現設施開發者和當地社區共存共榮的理想，亦提供當地社區公平與實質參與決策的機制並確實有助於在地方性的監測、財政支持和社區發展等措施達成協議。