

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：其他_參訪)

赴歐洲參訪環境工程學門領域院校及研究機構

服務機關：國科會工程處

出國人職稱：副研究員

姓名：程弘

出國地點：歐洲

出國期間：2009/11/8~2009/11/21

報告時間：2010/1/6

赴歐洲參訪環境工程學門領域院校及研究機構

出席團員：國科會工程處環境工程學門承辦人 程弘副研究員
國立清華大學生醫工程與環境科學系 董瑞安教授
國立成功大學環境工程學系 王鴻博教授
國立中山大學環境工程研究所 高志明教授
國立中央大學環境工程研究所 張木彬教授

一、參訪目的

全球能源供應日漸枯竭與價格巨幅變動及全球化的趨勢，使得環境保護的思維及重點方向在最近幾年也有很大的改變，新能源的開發利用及全球氣候環境變遷造成不同的環境壓力，也促使許多環境政策/管理及新穎環境技術的開發，以因應不同的環境議題。歐盟為因應環境的改變，也於第七期科研架構(7th Framework Programme, FP7)針對環境議題提出與全球環境變遷及能源環境相關的計畫。此次學門組團赴歐參訪的目的在於瞭解歐盟在這些議題上的政策思維與新穎處理技術的發展與策略應用，並期盼能實際瞭解歐盟在綠能(如風能，生質能)、新穎處理技術、環境變異對土地變遷與生態影響、CO₂ 捕捉貯存及環境奈米技術的發展，同時希望能有機會與歐洲重點大學及研究機構建立國際合作關係。

二、參訪經過

此次環境工程學門參訪團由學門召集人國立中央大學環境工程研究所張木彬教授帶領，訪團成員包括國立成功大學環境工程學系王鴻博教授、國立中山大學環境工程研究所高志明教授、國立清華大學生醫工程與環境科學系董瑞安教授以及國科會環境工程學門承辦人程弘副研究員。在 12 天的行程中共拜會了德國、法國、比利時、荷蘭及丹麥等五國 15 個研究機構行程可謂緊湊充實，詳如表 1 所列。

表 1 歐州參訪行程

日期	拜會單位	接待人員
11/9(一)	慕尼黑工業大學 Lehrstuhl und Laboratorien für Siedlungswasserwirtschaft	Harald Horn 教授
11/10(二)	慕尼黑工業大學水化學研究所	Reinhard Niessner 教授
11/11(三)	1. 德國研究基金會(DFG) 2. Max-Planck-Institute für Kohlenforschung	Kathrin Winkler 博士 Wolfgang Schmidt 博士及 Regina Palkovits 博士
11/12(四)	德國 Forschungszentrum Julich 1. Institute of Energy Research 2. Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere - Agrosphere (ICG4)	Sven Uhlenbruck 博士 Peter Burauel 博士

	3. Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere – Troposphere (ICG2)	Andreas Hofzumahaus 博士
11/13(五)	法國 國家科學研究院 (CNRS) Laboratory biogeochemistry and ecology of continental environments (BIOEMCO)	Luc Abbadie 教授
11/14(六)	法國 Universite de Technologie de Troyes	Gelles Lerondel 教授
11/15(日)	法國巴黎 下水道工程	--
11/16(一)	法國能源環境署(ADEME) 國際事務部	Philippe MASSET 組長及 Jean-Claude Oppeneau 專員
11/17(二)	EU Research, 氣候變遷與環境風險部(Climatic Change & Environmental Risks)	Elisabeth Lipiatou 博士
11/18(三)	TNO, CATO2 部門	Jan Brouwer 博士
11/19(四)	1. 丹麥能源署(Danish Energy Agency) 2. 丹麥工業大學 (Technical University of Denmark, DTU) (1) 環境工程系 (2) EU Support Unit	Ander Hojgaard Kristensen 博士 Karsten Arnbjerg-Nielsen 教授 Lone Falsig Hansen 教授及 Claus Henrik Andersen 教授

11 月 8 日 出發

參訪團一行五人於 11 月 8 日晚上搭乘華航班機直飛德國法蘭克福機場。

11 月 9 日 慕尼黑工業大學 (Technische Universitat Muchen,TUM)

參訪團與駐德科技組彭雙俊組長會合後(11 月 9 日清晨)，隨即前往慕尼黑工業大學 (Technische Universitat Muchen, TUM) 的 Lehrstuhl und Laboratorien fur Siedlungswasserwirtschaft 拜會 Harald Horn 教授。在拜會過程中，Horn 教授除進行該系所的簡介說明外，也針對其個人之研究領域及具體成果進行介紹，Horn 教授提到該研究所為相當年輕的系所，成立至今才第四年，由土木工程及地質相關領域教授組成，主要的研究領域為水處理(water)及交通運輸(transportation)，次領域專長則為地理規劃

(geographical plan)及地理資訊(Geo-information)，研究生必須擇一主專長搭配另一次專長，日後將加入與都市(Urban)相關的領域作為學生的專業領域之一。另學門召集人張木彬教授也針對目前國科會環境工程學門的研究領域重點、國內環境政策、與學門的發展現況進行報告，雙方並針對兩國環境工程的特色進行討論。會後一行人隨同 Horn 教授進行實驗室參觀，並針對生物膜(biofilm)、薄膜生物反應技術(membrane bioreactor, MBR)及硝化-脫硝技術等三個主題進行實際的瞭解。

11 月 10 日 慕尼黑工業大學水化學研究所(Institute of Hydrochemistry)

11 月 10 日的行程主要拜會慕尼黑工業大學的水化學研究所(Institute of Hydrochemistry)及 Reinhard Niessner 教授，水化學研究所成立於 1951 年，主要的目的在於解決溫泉中的水質問題，演化至今以開發新穎分析技術以快速準確分析與定量環境及食品中毒性化學物質及微生物為重點研究方向。全所共分為五大領域：(1)生物分析技術(Bioanalytics)，(2)生物分離與微陣列技術(Bioseparation and microarray technology)，(3)水文地質(hydrogeology)，(4)奈米顆粒(nanoparticles)及(5)雷射光譜(Laser spectroscopy)，研究主軸以分析技術為體，化學物質之環境流佈為用，希望能將所開發的新穎分析技術應用於水體、土壤環境及大氣化學之實務，領域雖多，但均相當有特色。其中串聯這些研究領域最重要的人物為 R. Niessner 教授。Niessner 教授為慕尼黑工業大學重量級的教授，不僅為國際知名教授，擔任許多國際知名期刊的主編及編輯，同時身兼慕尼黑工業大學六項重要的行政職務。會中除由 Niessner 教授簡介水化學實驗所的緣起與目前的研究發展重點外，也邀請該所五大主題的負責教授前來說明各領域的發展重點，其中除水文地質的負責教授 T. Baumann 因臨時有事不在所內，改由博士班學生代為報告外，其餘各組的負責教授都親自出席報告該組的研究現況，顯示對本參訪團的重視。而參訪團除由張教授報告國內環境工程學門的研究領域重點與發展現況外，各參訪教授也分別簡介近幾年的研究成果。另 Niessner 教授也邀請 Bavarian Research Alliance 的 Dr. Panteleimon Panagiotou 博士前來說明德國巴伐利亞邦(Bavaria)進行歐盟七期科研架構(FP7)申請的細節，會後則由學門召集人及科技組彭組長致贈 Niessner 教授禮物，中午則由駐德科技組宴請雙方出席的教授，希冀能促成實質的雙邊學術合作關係。一行人在結束慕尼黑工業大學的參訪後，隨即搭乘火車前往波昂準備後續的參訪活動。

11 月 11 日 國科會駐德科技組、德國研究基金會 (Deutsche Forschungsgemeinschaft, German Research Foundation, DFG)、Max-Planck-Institute (MPI) fur Kohlenforschung

11 月 11 日在波昂的參訪活動相當緊湊，參訪團一行人於早上先行拜會國科會駐德科技組，由彭組長說明駐德科技組的任務與發展的過程，並參觀駐德科技組辦公室。之後前往德國研究基金會 (Deutsche Forschungsgemeinschaft, German Research Foundation, DFG)參訪，由負責化學及程序工程(chemistry and Process Engineering)部門的 Dr. Kathrin Winkler 負責接待，會中雙方先進行自我介紹，之後由張教授介紹國內環工學門的研究領域重點與發展現況，Winkler 博士則說明 DFG 對研究計畫申請與審查的程序與流程。會中雙方也提到將盡力促成與環境及能源相關的雙邊討論會或研討會，讓雙方的學者能更有機會進行國際合作。下午則驅車前往位於 Muelheim an der Ruhr 的 Max-Planck-Institute (MPI) fur Kohlenforschung 研究所拜會 Ferdi Schuth 教授。Ferd Schuth 教授也是國際知名教授，除擔任國際知名期刊 Chemistry of Materials 的編輯外，也擔任德國研究基金會(DFG)的副主席。拜會當天由於 F. Schuth 教授受邀擔任該邦政府所舉辦活動的大會貴賓，因此改由該研究團隊的 Wolfgang Schmidt 及 Regina Palkovits 博士負責接待。會中除由 Wolfgang Schmidt 博士說明 Kohlenforschung 研究所的發展過程外，也由 Regina Palkovits 博士報告該實驗室最近進行與能源及環境相關的研究。Kohlenforschung 研究所成立於 1914 年，最早以煤碳相關的研究為主，因此也稱為煤碳研究所，隨著德國境內煤礦產量銳減，第二任所長將該所的研究領域重點轉移至以新穎催化劑開發應用為主，時至今已成為國際上從事觸媒催化及異相反應相關研究相當著名的研究所。MPI 在德國共有 81 個研究所，32,000 個工作人員，均以基礎研究為主，此研究所由於觸媒的開發與應用相當成功，因此除基礎研究外，也擁有相當多專利。全所共有 350 人，每年之研究經費高達 1.3 億歐元，其中僅有 50%來自政府部門的補助，有 35%則是利息滋生所得（主要是專利的權利金），其他 15%則由其他經費而來，與其他 MPI 研究所有 80-90%經費由政府資助有相當大的不同。

瞭解煤碳研究所的發展歷史與現況後，隨即由 Regina Palkovits 博士針對目前進行中與能源及環境相關的 3 個研究計畫，包括：纖維素在離子液體中的水解、纖維素的氫化反應及利用生物聚合物進行醣類化合物脫水反應進行簡介，學門召集人則針對國科會環境工程學門的研究領域重點、國內環境政策、與學門的發展現況進行報告，會後雙方針對環境與能源的發展趨勢，國際合作與短期研究人員交流的可能性進行討論，並參觀

實驗室，最後則由學門召集人張木彬教授致贈小禮物給 Wolfgang Schmidt 及 Regina Palkovits 博士。

MPI 的實驗室規劃與實驗設備相當完整，所有的實驗室位於一樓，使用半開放空間設計，採光與空間利用相當有效率，辦公室則在二樓，實驗室的負責人在二樓走廊即能看到一樓實驗室研究進行的現況，對於就近掌控研究進度與研究品質相當有利。另所有與高壓相關的實驗則移至另一棟獨立的實驗室進行，每個高壓實驗均有獨立空間，並以厚不銹鋼板進行三面隔間，天花板則使用較脆弱的有機材質，一旦發生意外，壓力可由天花板釋放出來，不會影響到同一樓層的平面構造，對於實驗室的安全設計相當用心與注重，值得參考。

11 月 12 日 德國 Forschungszentrum Julich

11 月 12 日的行程主要以參訪德國 Julich 研究中心為主，Julich 距離最近主要車站約 30 公里，地處偏遠，Julich 相當重視此次訪問，派一小型巴士接送我們一行六人含駐德國科會組長彭雙俊博士，使得訪問過程，積極有效。

此次參訪由彭組長與董教授事前妥善安排，針對能源及環境議題共拜訪 Julich 之能源研究所(Institute of Energy Research)與化學及動態地質研究所(Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere, ICG)之農業圈(Agrosphere, ICG4)及對流層圈(Troposphere, ICG2)等三個研究所。早上約 9:30 抵達 IEF-2，由 Dr. Sven Uhlenbruck 接待，介紹 IEF-2 研發中之新型 SOFC (solid oxide fuel cells)、薄膜太陽能電池(thin-film solar cells)、高溫陶瓷塗佈、與電漿改質材料(應用於核融合零件)等技術。另外，也說明高溫陶瓷薄膜材料應用於 CO₂ 分離(separation/capture)，尤其利用於貢獻 40%以上 CO₂ 排放之傳統化石燃料電廠，更具 CO₂ 減量與提升電廠效率之功能。

Dr. Uhlenbruck 認為 IEF 之燃料電池技術將在 2015 年前，提供重要電力比率，為因應高速發展需求與應用，該研究團隊也與 Shell、Siemens、Saint-Gobain、及 Jungheinrich (特殊汽車製造業)合作研發實用燃料電池。另外，IEF 也發展高溫 SOFC，於 600~800°C 之溫度下，效率超過 50%，並且企圖在大型系統獲得 70%效率，電池老化問題也有信心在短期內解決。在低成本薄膜太陽能電池技術發展方面，則採非晶(amorphous)、微晶(microcrystalline)、與 Ga 合金等三層 Si 組合以有效吸收太陽光譜能源，此種設計可應用於玻璃、金屬曲面，也具可繞性。實驗室與製程之參觀可以更深入了解 IEF 之技術與設計概念，Dr. Uhlenbruck 也詳細說明 SOFC、plasma-induced coating、高溫陶瓷塗佈材料

劣化測試等程序，我們受益良多，也深刻體會此種無私展示技術之態度，或許是他們維持科技優勢與領先之主要動力。

Julich 研究中心的 Prof. Dr. Harald Bolt 學術地位崇高，熟悉台灣，也非常友善，除了請吃午餐，也介紹 Julich 發展尖端、跨領域科技以解決人類健康、能源、與環境重大問題及挑戰為主要目標，尤其搭配其物理與超級電腦關鍵技術優勢，使其在長程、基礎與多元之科技研發貢獻與應用，聞名歐美。Julich 研究人力約 4400 人，其中，研究員 1278 人；PhD 學生 377 人；技工職員 1460 人；實習生 348 人；及來自 50 幾個國家之訪問學者超過 800 人。Julich 之年度研究經費約 3.6 億歐元(其中 90%由德國政府提供)，是歐盟最大研究中心之一。Julich 之健康研究比較重視老化衍生疾病診斷技術(例如：MRI)發展；在提供可靠、環境友善、可負擔、及可安心之能源方面，Julich 也致力於發展太陽能電池(photovoltaics)、燃料電池(fuel cells)、核融合、及改善發電廠技術；應用所掌握全世界最大之超級電腦，Julich 之全球氣候變遷與環境污染偵測與模擬研究成效更加精確與有效。參訪團長張教授先介紹成員，並且說明參訪目的及台灣 NSC 環工學門之環境、工安與能源之重要研究議題及績效，用餐時，除邀請 Prof. Bolt 來台灣訪問，也針對參與 FP-7 研究合作及研究生短期研究等事務交換意見，尤其，Julich 之國際合作推動負責人(Mr. Guenter Lincks)也參與討論，使議事實質化，餐後交換禮物，氣氛更加融絡。

下午參訪 ICG2 與 ICG4，自 1994 年起 ICG2 利用簽署合作協議之歐洲航空客機(airbus in-service EU aircraft)攜帶偵測器追蹤大氣中水蒸氣(water vapor)與 ozone 濃度，為更了解其他傳輸現象，自 2001 年起以新穎偵測器追蹤大氣中 NO_x 與 CO 濃度，所獲重要數據顯示 ozone 分佈受氣候變遷與人類活動之影響以及水蒸氣濃度與雲層形成之關係。可自動校正與遠端遙控空載氣體偵測器也持續發展。另也建置數個大型大氣模擬器(簡稱 SAPHIR (Simulation of Atmospheric PHotochemistry In a large Reaction chamber)) (圖 1) 以分析模擬大氣中複雜之空污氣態分子與懸浮微粒所涉及之光化學反應，SAPHIR 長約 20 m，由雙層 Teflon 構築，可讓 UV 光穿過以進行化學反應。在可控制與高再現性之條件下，深入探討大氣化學、物理反應，尤其搭配較複雜模式與空載氣體偵測器所獲數據，使結果更加精確。

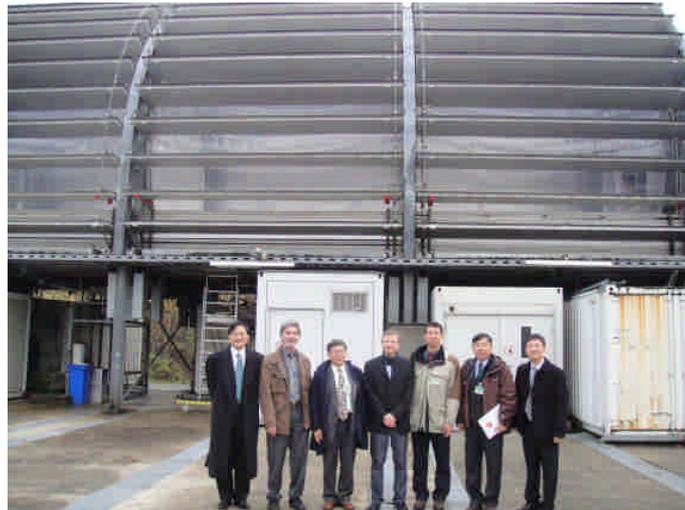


圖 1 SAPHIR (Simulation of Atmospheric PHotochemistry In a large Reaction chamber)，前排為 Dr. Andreas Hofzumahaus 與同事及參訪團成員。

ICG-4 副主任 Dr. Peter Burauel 先說明其主要研究工作是探討土壤、地下水之傳輸與反應現象以建置永續生態系統，透過監測(real time observation of structure, stability and reactivity of organic carbon in soils)、分析(含同位素法)、及模擬(combining remote sensing, soil-plant studies, and hydro-geophysical methods for modeling terrestrial systems and soil water and carbon)等方法深入了解農業生態與土壤、地下水之生化反應，並且建立有效管理模式。ICG-4 研究人員也建置 Lysimeter 圓柱體(圖 2)，其中填滿環境土壤，也在柱體佈置分析儀器，在可控制條件下栽培植物，以進行長期偵測、分析、模擬污染物、肥料、殺蟲劑、與其他物質(例如：抗生素)在土壤之分佈、傳輸(含進入地下水)、降解、與生化反應。



圖 2 Lysimeter 是一填滿環境土壤之圓柱體，在柱體佈置分析儀器，在可控制條件下栽培植物與施用殺蟲劑，以偵測、分析、模擬污染物在土壤之分佈、傳輸、與生化反應。
11 月 13 日 法國國家科學院(CNRS)

參訪團第一個造訪的法國單位為位於巴黎之第七大學校園內的 Laboratory Biogeochemistry and ecology of continental environments (BIOEMCO)，BIOEMCO 為法國國家

科學院(CNRS)的實驗室之一，於 2007 年成立，今年才進入第三年。本次訪問 BIOEMCO 事宜係由駐法代表處科技組安排，秘書孫可書先生開車帶領赴約。Prof. Luc Abbadie 接待訪問團，並且說明 BIOEMCO 之任務是探討動態 ecosystems 與 agrosystems，以利開發環境科學與管理及生態工程新技術。主要研究目標含四項：(1) 建立新永續生態系統；(2)設計新生物方法以減少或壓制污染，並且強化生態系統之貢獻；(3)挽救瀕臨絕種物種；及(4)有效整合生態工程。BIOEMCO 實驗室之研究人員約 80 人包括：土壤、化學、生態、植物病理、以及同位素與實驗生物科學家，研究經費之 1/3 由 CNRS 提供；其餘由大學資助。參訪團長張教授也介紹成員，並且說明參訪目的及台灣 NSC 環工學門之環境、工安與能源之重要研究議題及績效，在與 Prof. Luc Abbadie 及 BIOEMCO 國際合作推展負責人交換可能合作事務，贈送禮物後，隨即參觀實驗室，實驗設備雖非一流，但相當完整，研究人員也非常用心。

11 月 14 日 Universite de Technologie de Troyes (UTT)

董教授與法國 Universite de Technologie de Troyes (UTT)的 Gelles Lerondel 教授正洽談國際合作與學生互訪的相關事宜，因此 11/14 日的行程主要安排與 G. Lerondel 教授的會面與討論。G. Lerondel 教授為 UTT Charles Delaunary 研究所的教授，該研究所隸屬於法國國家科學研究院(CNRS)，下轄 6 個實驗室，Lerondel 教授的專長為凝態物理及光學，負責光子晶體與奈米光學(Photonics and nanooptics)及奈米製程(nanofabrication)兩個實驗室。董教授與 G. Lerondel 教授的認識主要是由於雙方共同擔任國科會與法國在台協會(FIT)的「台法前鋒科學論壇」(France-Taiwan Frontiers of Science, FTFoS)雙邊會議的規劃委員(Planning Group Member, PGM)，董教授隸屬於應用科學組，而 G. Lerondel 教授則為物理科學組的 PGM。由於雙方均進行光子晶體的相關研究，因此在擔任 PGM 的 2 年期間，雙方針對奈米光子晶體的製備，量測與應用有相當多的討論。董教授的應用端主要為奈米生醫診斷與治療的應用，而 Lerondel 教授主要以光學量測技術見長，因此雙方主要討論奈米光子晶體的應用潛力與博士班研究生交流的可能性，初步的協議為董教授的博士班研究生可先申請法國在台協會的獎學金至法國進行一年的研究，之後配合國科會千里馬計畫再申請一年的出國研究機會，盡量以 2 年的時間完成奈米光子晶體的製備與光學量測應用。

11 月 15 日 巴黎下水道工程參訪

傳送 3 公里距離僅需 3 分鐘。這方式過去是最快的，可在傳真這麼發達的現代化社會，法國人仍保留著此一古老方式。

巴黎的地下排水系統基本是順著城市的道路修建的，也就是說每條道路下面都有一條與之平行的排水溝，整個排水系統就像是一個完整的人體。它通過四通八達的供水管道向城市的每家每戶輸送自來水；緊挨著供水管道的是同樣粗的排水管道，負責將各種生活污水運出巴黎。巴黎地下排水系統的管理同樣給人留下深刻的印象，每段排水道都有名字，它的名字與上面的路名是相對應的。養護工人可以沿著陰溝兩邊人行窄道到達任何地方。排水道的養護方法基本沿用 100 多年前貝爾格朗發明的辦法。排水道的大部分管段的流速大於每秒 0.3 米，但仍然有大量的泥沙進入排水道。這是因為巴黎的供水系統分為飲用水和非飲用水，非飲用水主要用於沖洗馬路、澆花。污水中所含的泥沙如果不清除，會造成排水道堵塞。因此排水道中配備了清砂船，大的十幾米長，幾個人合力操作。船體整個鋼鐵結構，像拖船一樣扁平；小的清砂船 1 米多長，單人操縱。另外，在斷面比較寬、流速比較慢的陰溝裏放置了直徑約 1 米，外表像木酒桶，由木條拼成的巨大木球。它看來簡單但符合流體力學原理，木球的放入使水流寬度變窄，壓力增大，流速加快，便沖走了沉積物。大木球在主幹道走，漂流 17 公里的距離要花 7 天的時間。



圖四 巴黎下水道做的非常完善，每一個下水道牆上也有路名及門牌號碼，都是直接對照路面上的路名和門牌號碼，所以如果哪家的水管有問題，只要報出地址，下水道工人就會直接至住戶下方的下水道，去查看發生什麼事。



圖五 巴黎下水道博物館內展示用來清理和保持下水道暢通的工具。右圖之圓球把 M 字型的兩個洞塞住，讓水位升高水壓變大，便可清除沉澱在水道的垃圾)

巴黎市政府在保留 19 世紀殘存物清除技術的同時，近年來也積極採用新技術工法，包括虹吸管、高壓水柱和處理砂石的專業卡車等，同時大量使用現代化技術管理排水道，包括以地理資訊系統定期觀察地下水管道狀況、追蹤是否達到需要清除的程度、每年固定對各段管道作兩次檢驗、並建立資料庫，以便在訂定管道系統維護政策時之參考。

在橫穿市區的塞納河河底，有 7 條自動虹吸通道，它們將城南的廢水引到城北。巴黎市區有 26,000 個下水道蓋口，其中 18,000 個是可以進人的。為確保大眾衛生的安全，巴黎市政府最近決定推行全面更換含鉛管道的計畫，以避免金屬鉛滲進水中。巴黎總共有 1,300 多名下水道維護工，他們負責清掃坑道，修理管道，尋找迷失在下水道中的人，搶救掉進排水道中的人，也負責滅鼠、監管淨化站等工作。是清潔工也是導遊，他們身著綠色工作服，頭髮整齊油亮，彬彬有禮的態度不亞於博物館的導遊。保持排水系統的清潔與正常運轉是一件非常辛苦的事，地下排水系統的工作人員大都是世代從事這項工作，由於勞動量極大，很多人到 50 歲時就因為各種疾病而不得不退休。當然，高工作強度就意味著高收入，因此還是有不少人願意從事這項工作。工作人員另一項重要的任務就是尋找各類遺失物品，包括犯罪凶器和人們不小心掉落在排水道裏的貴重物品。每年工作人員都會接到大約 3,000 通這類求助電話，而尋找到失物的機率高達 80%。在這裏工作的人們都盡可能的接種各類疫苗，工作時穿著特製的長靴。由於爆炸性氣體很容易在排水道內聚集，他們工作時攜帶著氣體偵測儀，以確保最大的安全度。

巴黎老城本身就是以挖取地下的石頭建造起來的。四通八達的地鐵、縱橫交錯的地下排水道、大面積的地下商城、停車場、隧道、地窖、各種管線以及古代遺棄的礦穴，使得巴黎的地下快被掏空了。從這個意義上來說，“巴黎的歷史在地下”似乎並不為過。巴黎地下空間的利用是一種由來已久的實踐歷程。如今，地下空間也是巴黎文化與創意的聚集之處，並成為推動城市發展的中堅力量，諸如電影院、酒吧、水族館、閉路電視等大眾娛樂設施都紛紛到地下世界安營紮寨。而巴黎下水道這項偉大的傑作，既是工程技術與法國文化的結合，也是現代巴黎作為“魅力之都”的有機組成部分。“巴黎下水道博物館”如今成了巴黎所有旅行指南推薦的必遊景點之一。巴黎下水道博物館，由於直接利用下水道空間提供參觀，參觀時仍可聞到隱約飄散的水溝氣味。但展示設備相當完整，例如羅馬時代的下水管、調節水位的裝置、清理污泥的設備，及現在塞納河的監控機制等。一百多年前，奧斯曼整建巴黎時，任命工程師貝爾格宏設計雙向的供水系統，首次分開處理飲用水和非飲用水，並建造了長達 600 公里的下水道網絡。下水道十分寬敞，足可供人行走、工作，也成為雨果名作《悲慘世界》中的場景之一。隨著水道網路日益延伸，目前全長已達 2,100 公里，不僅處理廢水淤泥，還收納運水管線、電信纜線、天然氣管線等，達到當初「全部導進下水道」的目標。地面上的巴黎，因此免於電線分割視野，廢水處理後，還能清洗街道。為了減少污水直接排放進塞納河，改善水質，巴黎市政府正持續更新、強化下水道系統。

中古世紀前，巴黎的飲水大多取自塞納河，廢水則直接傾倒在田野或未鋪砌的道路上，最後滲透至塞納河。西元 1200 左右，菲利浦·奧古斯都為巴黎鋪路，在中間設了一條廢水排水管。1370 年，當時的巴黎行政官雨果·奧布歐在蒙馬特路建造地下石牆的污水管，將廢水收集運送到梅利蒙唐溪，但廢水依然露天排放。路易十四王朝時代，在河畔建造環狀下水道，Bievre 河被用來當作塞納河左岸的污水管。拿破崙一世時代，建立了巴黎第一個地下污水管網，有 30 公里長。

1850 年浩斯曼男爵及工程師尤金·貝爾格蘭設計了巴黎現今的下水道及給水系統。1878 年完成雙重給水系統(一邊供應飲用水，一邊供應其他用水)及約 600 公里的污水管線。貝爾格蘭在廢水收集上的新觀念完全被接受：將廢水排放到巴黎的下游。

為了執行這個概念，巴黎建立了污水管線。大部分的污水管線都依據地心引力運作，只有一些低地必須建立抽水站。每一條街都有自己的污水管，貝爾格蘭設計的污水管大到足以容納飲用水的主幹管。此外，工人也可以在污水管裡行走及工作。這項重要的計畫於 1894 年立法執行，使所有生活污水都能經由污水管排放。貝爾格蘭的繼承者

繼續巴黎的污水管線系統建設，從 1914 年至 1977 年，新增了至少 1000 公里的污水管。現在它有 2100 公里的隧道，其中包含飲用水及非飲用水主幹管，通信電纜，氣體管線…等，每天可收集 120 萬立方公尺的廢水，每年有 1 萬 5 千立方公尺的固體廢物被取出丟棄。

一次大戰結束時，5000 公頃的污水範圍已不足以保護塞納河。1935 年市政府通過污水處理計畫，設計能滿足 50 年需求的計畫，這是工業廢水處理的開始。其目標是將巴黎所有的廢水經由流放管網送到 Achere 處理廠。從那時起，Achere 處理廠持續成長。1970 年末期，它是歐洲最大的污水處理廠，每日實際處理量大於 200 萬立方公尺。此計畫不斷更新，包括：Acheres 及 Noicy-le-Grand 設備現代化，於 Volenton 興建新處理廠，及 Colombes 實驗站的擴展。1991 年巴黎市長提出的現代化計畫其目標在於：減少未經處理的污水直接排放至塞納河，以保護塞納河不受暴雨洪流所帶來的污染傷害、補強既設管線、使管網運作更完善。這個計畫前五年花費 1 億 5200 萬歐元，內容包括：1.維護受損的舊管網 2.修復抽水站 3.安裝計量儀器及自動化流量管制系統 4.改善固體廢物及砂礫之處理 5.發展電腦化管網管理系。

走入巴黎的地下深處，發現一座“地下之城”。雨果·奧布爾等待走廊位於 quai d' Orsay 之下，與塞納河平行。旅程由 Turgot 走廊開始，它是 Bievre 主幹管的一段；Bievre 主幹管從 Concorde 橋開始到 Alma 橋。在這裡你會注意到一組管線，看起來像是“巴黎的神經系統”。在走廊的末端，你會看到一座沖洗機，用來清洗管線。離開 Turgot 走廊之後，接著轉入 Bruneseau 走廊。首先看看“清洗船”，那是一個往返於管線間的清洗裝置，只有 5 公噸。接下來沿著主蓄水池走，主蓄水池可以攔截廢水中的固體廢棄物，其上的打撈船可將固體廢棄物打撈搬走。最後，在走廊末端的人行橋稍作停留，你會發現 rue Cognac-Jay 底下的次幹管及導入低層主幹管的流放出口，它從 Bercy 橋開始與塞納河平行。經過 Duleau 走道，上樓梯以前，花一點時間看看 Bosquet 主幹管，它流經 Bosquet 大道至 Ecole Militaire，即艾菲爾鐵塔附近。巴黎下水道博物館從貝爾格蘭走廊的樓梯頂端開始，在 Bosquet 攔砂池上方，你會看到“水循環歷程”及本世紀巴黎生態平衡戰的故事。穿越時光，回到 Lutetia 時代，接著漫遊於中古世紀及文藝復興時期，仔細觀察拿破崙一世統治下的巴黎，1914 年、1960 年代、及更多時代的巴黎，在每個時代會看到巴黎的發展、飲用水供應規則、污水處理科技、污水運輸及處理、城市的生態狀態。在貝爾格蘭走廊遙遠的末端，旅程進入 Adolphe Mille 走廊；右手邊有雨水溢流排放站和小火車頭，用來拉動砂礫清除車；左手邊，有一座舊幫浦、還有裝

有清洗池的次幹管複製品。接著進入一個大房間，這是南方放流管的起點，也是左岸污水渠道的一部分，引導污水流入在 Acheres 的塞納河污水處理廠。在這個房間裡，你可以看到現在和未來的巴黎，博物館的多媒體影片介紹有 7 支，每支的播映時間大約一分鐘，可以選擇自己想看的介紹影片，會讓參觀者對下水道的運作有更深入的瞭解。



圖六 參訪團團長張木彬教授及成員高志明教授攝於博物館內。



圖七 博物館內之解說人員。

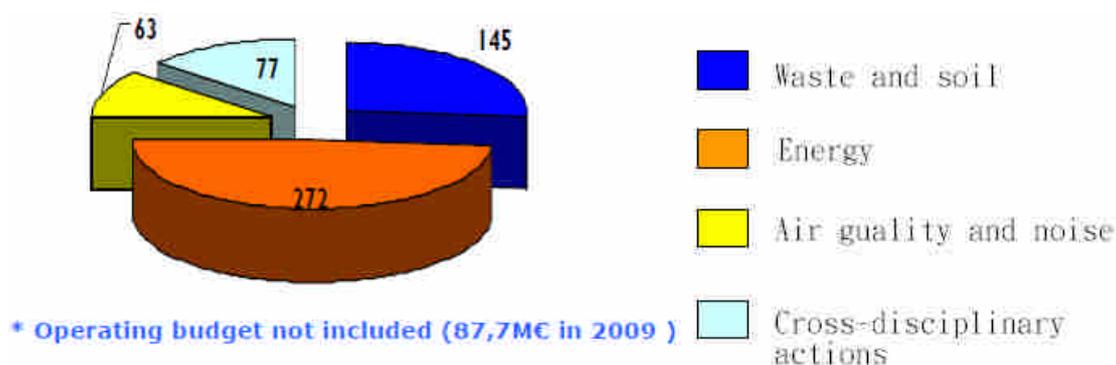
11 月 16 日 法國環境與能源管理署參訪 Agency For Environment and Energy Management (ADEME)

參訪問團成員於 11 月 16 日至法國環境與能源管理署(ADEME)訪問。由 ADEME 國際處處長 Mr. Philippe Masset 及 Mr. Andre Yatchinovsky 介紹 ADEME 之環境研究計畫。

法國的環境與能源管理署-ADEME (French Agency for the Environment and Energy Management) 創立於 1992 年，是融合了廢棄物管理、空氣品質與能源管理的一個公共機構，總成員約 900 人。在 ADEME 的聯合監督下，各分部分別負責：生態 (Ecology)、能源 (Energy)、永續發展 (Sustainable Development)、海洋 (Sea)、綠色技術 (Green Technologies) 和氣候變化 (Climate change) 之 negotiations(MEEDDM)，此外還包括了研究以及高等教育 (MESR)。

ADEME 的專業知識即為主要資源，主要以四大目標構成：(1) 通過擴展工業部門和成本 (研究、統計等) 之創新與技術的知識，達到獲取知識之目標；(2) 透過不斷的溝通、報告、教育和培訓，達到信服與動員之目標；(3) 透過法國政府、地方當局、企業、家庭等直接或間接傳播諮詢服務，達到通知之目標；(4) 通過配套行動與展示項目的資金，達到幫助決策執行實現之目標。

ADEME 於 2009 年的行動總預算為 557 萬歐元，預算分配如圖八，其行動範圍如表二與圖九所示，包括廢棄物與污染土壤之管理、可再生能源、空氣污染與噪音，以及橫向活動 (能源效率指標、環境管理、通訊等)。此外，2009 年再增加 319 萬歐元，實行 Grenelle 措施：熱基金 (Heat fund)、廢棄物基金、展示基金，但不包含行政經費。



圖八 2009 年 ADEME 之預算分配圖 (單位：million 歐元)

表二 ADEME 之行動範圍

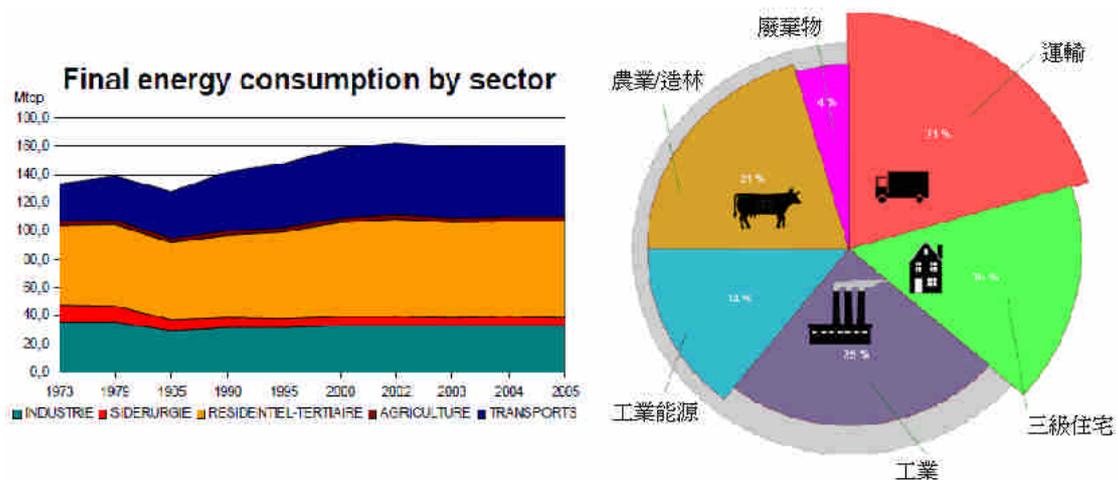
廢棄物與污染土壤之管理	(1) 防止廢棄物產生：減少家庭與企業廢棄物的產生。 (2) 廢棄物管理與處置：建立收集與處理管道，並著重材料與能源回收。 (3) 污染場址管理與土壤污染：受污染場址的健康管理與環境影響及促進工業污染土壤（industrial brownfields）的再利用。	
可再生能源	(1) 能源效率：使現有、新的建築節能，減少能源消耗，溫室氣體排放。 (2) 可再生能源與原生材料：加速發展再生熱能與電力，開發生物資源。	
空氣污染與噪音	(1) 控制環境空氣品質與空氣污染的影響：協助發展並傳達室內與環境空氣品質的知識，鼓勵製造計量工具且對當日情況作評分。 (2) 減少排放空氣污染物：幫助公家機關制定政策、談判策略及減少污染物的排放。 (3) 減少噪音污染：協助制定方法與建立資料庫，以評估噪音的不良影響。	
能源效率	制定能源效率指標。	
橫向活動	環境管理	(1)生態設計(2)推廣環境管理法(3)以地方環境問題橫向活動 為核心做城市規劃、國土開發及基礎措施。
	通訊	廣告活動、網站、會議等。



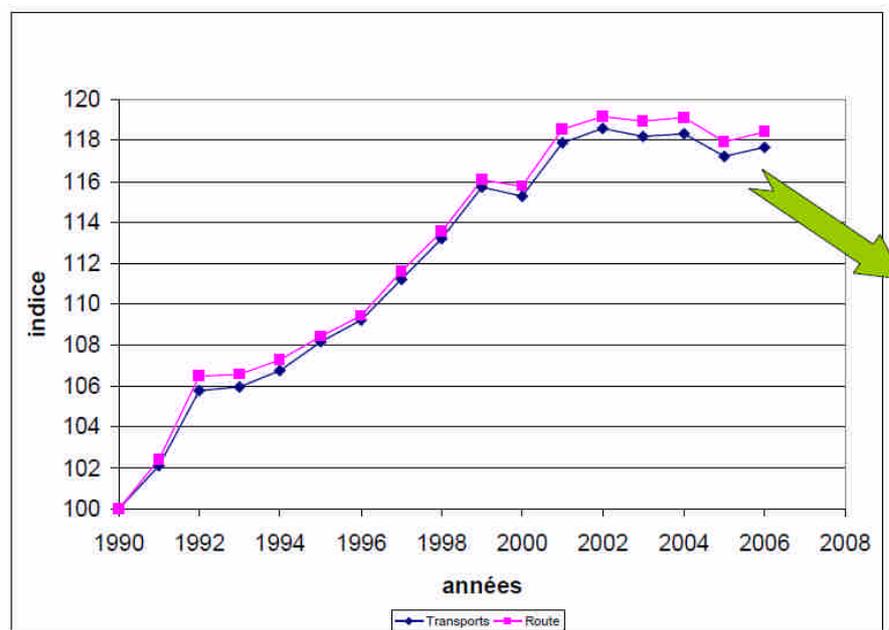
圖九 ADEME 活動範圍整體圖

法國目標於 2020 年將提升 20% 的能源效率，並且將有 20% 的可再生能源應用於能源混合，此外，法國的溫室氣體（GHG）與 1900 年的溫室氣體排放量相比較，將減少 20%。

統計顯示法國於 1990-2005 年間，溫室氣體排放量約增加了 18%，值得注意的是建築與交通為溫室氣體的兩大排放源（圖十、圖十一），因此為達到節能減碳 2005 年提出了能源交易計畫（Energy Trading Scheme, ETS），期望於 2020 年的能源消耗量降低 20%，估計為 35 萬噸。而混合消耗的再生能源約佔 23%，估計為 16-36 萬噸。



圖十 法國溫室氣體排放量統計（1990-2005 年）



圖十一 運輸業之二氧化碳排放量（1990-2005 年）

Grenelle de l'environnement 由政府、議會和地方、工會、非政府環保團體之組成，探討的議題為氣候變化、生物多樣性、經濟與研究等。

對應法國溫室氣體兩大排放源，Grenelle 提出初步規劃。建築物方面，Grenelle 投入能量消耗總量的 44%（71 萬噸）、國家溫室氣體排放量之 20%，訂定目標為 2020 年的建築物之能量消耗減少 40%，並提出 2012 年新建築物能量消耗為 50 kWh/m²，2020 年的新建築為 15 kWh/m²，而現有的建築物消耗量減少了 38%，由 240 降至 150kWh/m²。此外，尚有行動之規劃如：減少白熾燈泡、熱量管理、能源調查分析、稅收抵免、零利率貸款、建築物整修，例如將公共建築物翻新整修（約 120 萬 m²）將減少能量消耗 40%及溫室氣體排放量 50%或新建標籤、HEQ 建築、energy-info-points。

Grenelle 估計在 2020 年，交通道路運輸的市場額度會由 14%提升至 25%，因此於交通方面投入了能量消耗總量之 31%、國家溫室氣體排放之 27%。期望於 2020 年由 176 gCO₂/km 降至 130g CO₂/km，並且發展生物燃料。表三為鼓勵交通運輸所估算的投資金額及規劃。

表三 交通運輸之投資金額與規劃

交通運輸 (Freight transport)	
加強道路交通	Ecodriving, non-stop toll 於 2011 年將於每公里徵收生態稅。
鼓勵鐵路運輸	增加投資為 4 萬€/年。
鼓勵河流運輸	投資 4 billion €/年。
鼓勵海上運輸	港口之發展能力估計為道路的 5-10%。
客運運輸 (Passenger transports)	
航空運輸	降低能源消耗為每公里 50%。
長途鐵路運輸	增加 2000km 的高速線路並定義 2500km。
整體的城市交通	300-1800km 由 TCSP 投資 2.5billion。
公路運輸	在 2020 年由 176 g CO ₂ /km (fleet average) 降至 130 g CO ₂ /km。

由 ADEME 管理熱再生基金，並於今年投資 150 萬€運用於生質能、地熱能、太陽能、區域供熱等，估計至 2020 年時，再生能源將增加 20 萬噸（表四）。而再生能源涵蓋生物質能 (Biomass) (生物燃料、熱能、電力產量) 及風力發電。

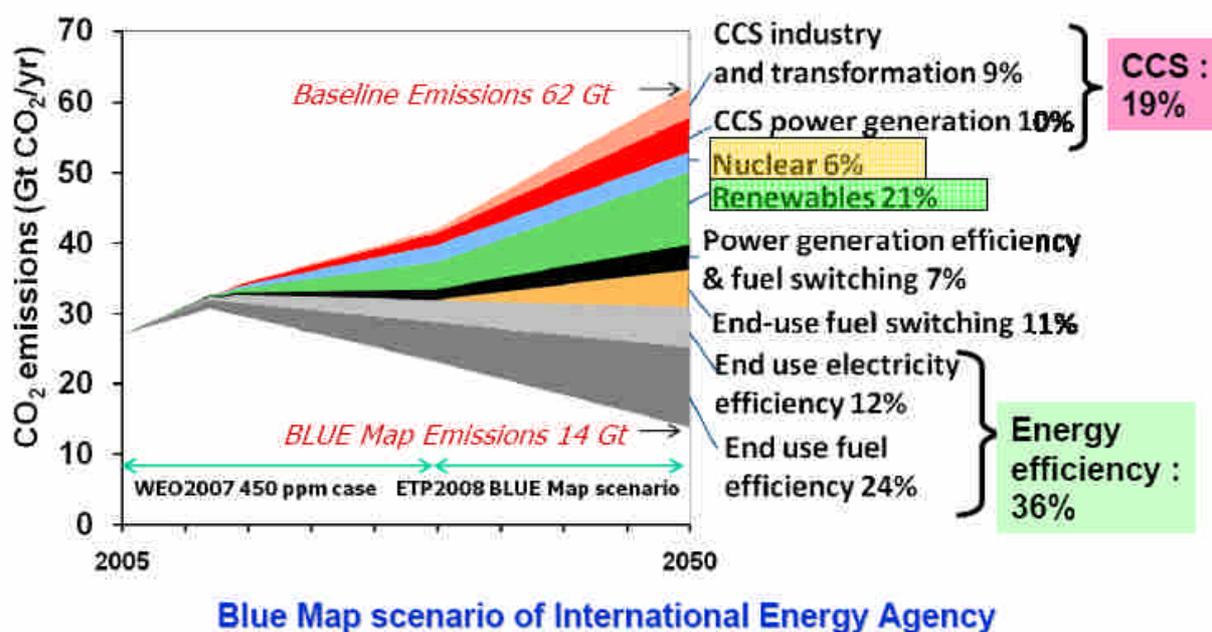
表四 能源產量及可再生能源產量之推估

	2006	2020	額外之 可再生能源產量
熱能產量	9662 ktoe	19732 ktoe	+ 10070 ktoe
電力產量	5629 ktoe	12860 ktoe	+ 7231 ktoe
生物燃料	680 ktoe	4000 ktoe	+ 3320 ktoe
Total	15971 ktoe	36592 ktoe	+ 20621 ktoe

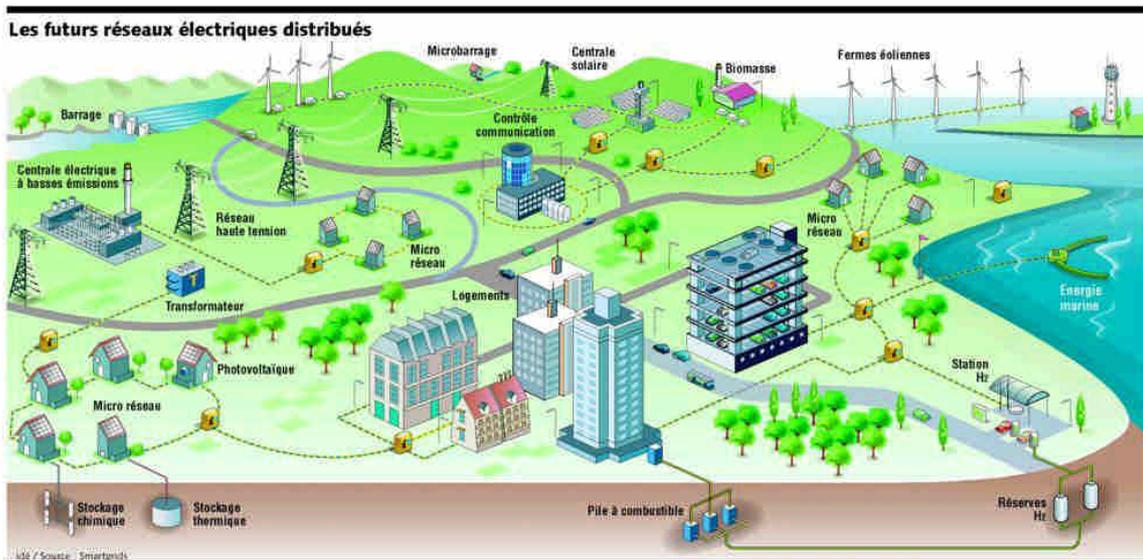
產業界的排放權交易機制是指國家藉由歐盟委員會批准的國家分配方案（National Allocation Plan）分配排放額度給企業，大致分為六大產業，分別是能源、水泥業、玻璃業、鐵金屬業、礦業、造漿業。此排放額度於西元 2005-2012 年間幾乎是免費的，但由 2013 年開始徵收費用，徵收費用方式如：2013 年為 20%、2020 年為 70%、2027 年為 100%...，其中有 300 萬的額度提供給清潔技術之發展(CCS demonstrators, RES)。

廢棄物減量方面，預計未來的 5 年每人每年將減少產生 5kg 的家庭垃圾，並且增加廢棄物回收處理（2004 年為 24%、2012 年為 35%、2015 年為 45%），最後再創立一個 Grenelle “廢棄物資金（wastes funds）”投資於社區。

法國將於 2050 年挑戰 “Factor 4”（圖十二），並將基金設立於法國 ADEME (400 M€ /4 years)，提供給再生能源、CCS、低排放運輸、零排放建築、智慧型電網（Smart grids）等運用。而法國新能源技術之研究重點有九項：運輸工具、建築物效率與永續城市、收集並儲存二氧化碳（儲存於含水層收集技術方案）、發展太陽能（Photovoltaic）、生質能源與生物燃料、智慧型電網（圖十三）與儲能、發展高效率製程之生態技術、Marine energy 以及燃料電池。



圖十二 國際能源總署之 Factor 4



圖十三 未來智慧型電網 (Smart grids) 之藍圖

新能源建築技術研究包含開發超薄絕緣材料、電制變色窗 (Electrochroms windows)、變相材料 (Phase changing materials)、太陽能保護之智能雙門面，此外也發展建築與可再生能源一體化，使建築物成為低耗能建築再結合太陽能系統，最終成為“零能源住宅 (Zero Energy Homes)” (圖十四)。而在車輛新技術方面也有初步構想及開發，如低碳車輛、混合動力汽車插座、Michelin 的電氣車的車輪 (圖十五)。



圖十四 能源建築新技術之研究與規劃



圖十五 車輛新技術之開發 (左為混合動力汽車插座，右為 Michelin 電氣車車輪)



圖十六 ADEME 國際處處長 Mr. Philippe Masset (左一)及 Mr. Andre Yatchinovsky 介紹 ADEME 之環境研究計畫。



圖十七 訪問團團長張木彬教授介紹國科會之環工學門研究成果。



圖十八 訪問團團長張木彬教授致贈紀念品給 ADEME 研究員 Mr. Jean Claude Oppeneau。

11 月 17 日 參訪歐盟委員會 (European Commission)

參訪團成員及國科會駐歐盟科技組曾東澤組長於 11 月 17 日至 European Commission 之氣候變遷及環境風險研究中心訪問，由該中心主任 Dr. Elisabeth Lipiatou 及研究員 Dr. Panteleimon Panagiotou 接待，並詳細介紹歐盟之環保議題相關研究。

歐盟委員會規劃之環保議題涵蓋氣候變遷、自然危害、環境衛生、天然資源管理、生物多樣性、海洋環境、城市土地利用、文化遺產、地球監測、評估發展、環保技術等十一大項。編列預算為 € 1,890 million (2007 - 2013)，目標在於平衡日益增加的自然和人為壓力，對環境和資源需要協調一致的做法。如氣候變化需要更多理解和適當處理，並確定無害環境技術，以提高我們管理自然和人為的資源。這些活動涉及政策需要，如可持續發展影響評估歐盟的政策和後續行動京都和後京都氣候變化之行動為持續管理環境和資源，需要更多學科和綜合研究，以推動氣候、生物圈、生態系統和人類活動之間的相互作用，將有助於開發新的環境技術、工具和服務。

歐盟的立場為加強國際市場的環保技術將有助於永續發展，並使商業機會提高競爭力，同時保護我們的文化和自然遺產。將特別注意給予供水和衛生技術，社會經濟方面將影響世界的發展和引進市場的應用。

Research for the environment contributes to sustainable growth

The environment is essential to sustainable economic growth and social well-being, and Europe is implementing an ambitious set of policies to foster a more sustainable world. The *Climate and energy package* is a clear example of the EU's willingness to lead the fight against climate change and work towards international action on the issue. Specifically, the EU is also promoting environmental preservation along with the drive for growth and jobs.

Despite these ongoing efforts, more action is needed to set us on the path towards a low-carbon, sustainable future. EU environmental research is at the forefront of efforts to address upcoming challenges. A multidisciplinary, integrated research approach will allow the identification of solutions that respect the environment, are economically feasible and socially acceptable. The results of this research will contribute to the economic recovery of Europe.

Don't miss out on this unique opportunity!

Find out more – visit our websites

Looking for an overview with EU environmental research?
Go to our website at:
http://ec.europa.eu/research/environment/index_en.cfm

Want to stay up to date on environmental research issues?
Subscribe to our newsletter *EU Research for the Environment*, available at:
http://ec.europa.eu/research/environment/index_en.cfm?pg=newsletter

Interested in applying for funding?
Check our open calls on Cordis:
<http://cordis.europa.eu/lp7/environment>

More questions? Get in touch with the Research Enquiry Service:
<http://ec.europa.eu/research/enquiries>

National Contact Points – your local guides to FP7
Take advantage of the existing network of National Contact Points (NCPs). Each Member State and Associated Country has nominated an NCP to provide you with guidance on funding applications and help you identify project partners.

To find your local NCP, go to:
http://cordis.europa.eu/lp7/environment/ncp_en.html

The environment is changing

Environmental concerns have been growing in recent years, and we must act now to create a sustainable and environmentally friendly Europe. Researchers are identifying problems and developing solutions to help us tackle the biggest environmental threats of the 21st century. Environmental research provides a world of opportunities – come and join the growing number of researchers working on EU funded projects!

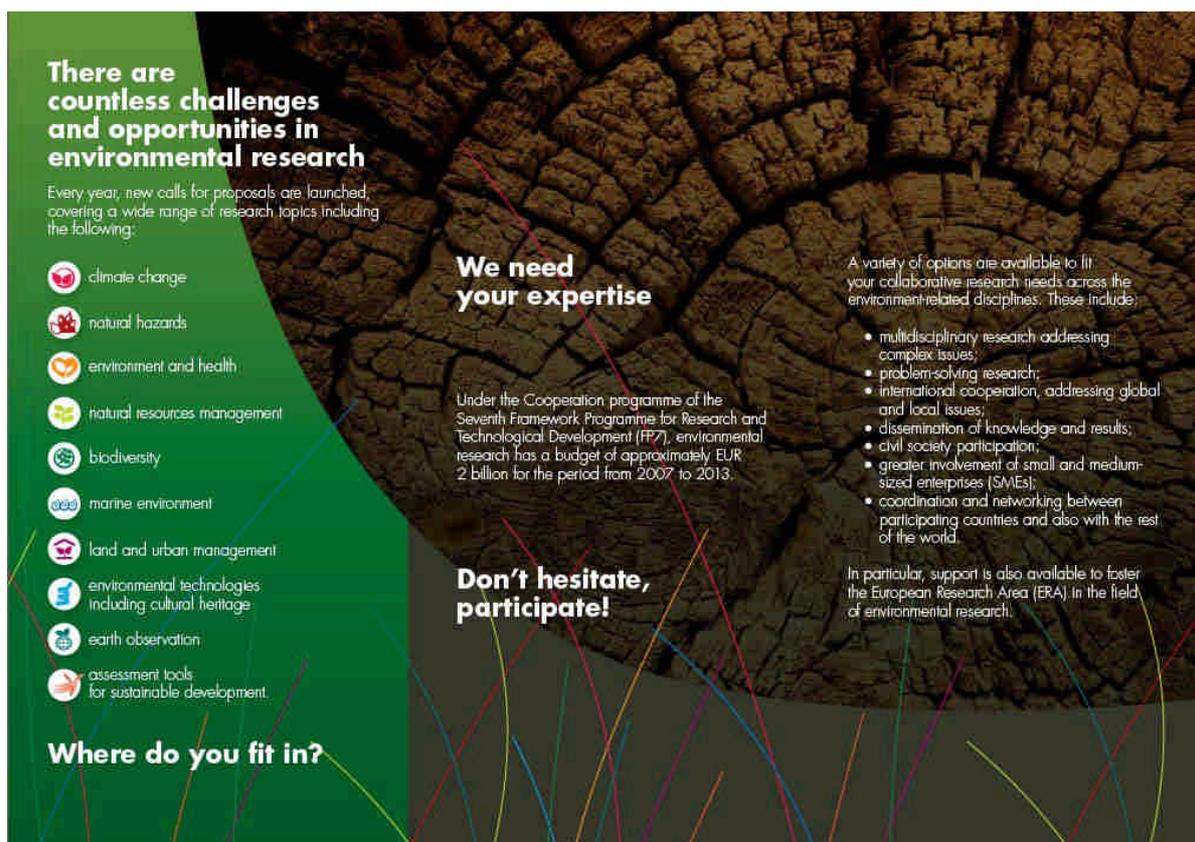
European research is reacting

RESEARCH POLICY

EUROPEAN COMMISSION
European Research Area

EUROPEAN COMMISSION
RESEARCH POLICY

圖十九 European Commission 之環保研究領域。



圖二十 European Commission 之環保研究領域。

European Commission 之環境保護目標包括以下各項：

1. 歐盟考慮禁止在公共場所室內全面禁菸，終止二手菸菸害。
2. 歐盟執行委員會八國高峰會於二〇〇七年六月優先研商氣候變遷議題。
3. 歐盟執行委員會要求德國制訂行車速限，減少全球暖化。
4. 歐盟鼓勵企業參與維護地球生態系統。
5. 義大利遵守歐盟再生能源規定，加倍設置風力能源設施。
6. 莫斯科受歐盟啟發，引進非基因改造食物的標籤制度。
7. 歐盟贊助宏都拉斯三百五十萬美元，將太陽能引進低收入社區。
8. 歐盟立法通過所有歐盟國家的傳媒禁止刊登菸草廣告。
9. 聯合國發布氣候報告後，歐盟允諾更努力減低排碳量。
10. 歐盟執委會資助加納利理工學院，發展再生能源計畫。
11. 新效能的高速火車使歐洲鐵路系統大幅提高服務品質。
12. 歐盟力邀商業團體，維護生物多樣性並拯救地球。
13. 有效遏止溫室氣體排放，從現在起，凡是進出歐盟境內機場的飛機，一律加入歐盟碳交易計畫。
14. 歐盟會員國於二〇一〇年前，百分之二十二能源取得必須來自再生性能源。
15. 歐盟議會最近推薦一系列前瞻性措施，直接影響鄉鎮發展計畫。
16. 歐盟主辦綠色能源全球獎，推廣綠色能源。

17. 歐盟設立更高的鑑定標準，預防各海域船隻，以及前往歐洲港口的船隻排放污染物質。
18. 歐盟執委會計畫於二〇五〇年前，減少境內發電廠和民宅五成的排放。
19. 歐盟提高汽車碳排放準則，並提供製造商減稅優惠。
20. 歐盟成員國支持節源策略，減少碳排放。
21. 歐盟實施規定，要求電子製造商免費處理消費者的廢棄貨品。
22. 歐盟發起第一個永續能源週。
23. 歐盟新化學品政策規定，三萬項日常用品應採用環保成分製造，從肥皂到嬰兒食品都包括在內。
24. 歐盟在二〇〇九年前，將全面改用省電燈泡，減少溫室氣體排放。
25. 歐盟二十七個成員國矢志於二〇二〇年前，達成採用兩成環保能源，並減少兩成碳排放量。
26. 歐盟計畫於二〇五〇年前，全面改變能源消耗型態，減少一半的排碳量。
27. 歐盟計畫投資一萬二千億美元，於往後二十五年發展再生能源。
28. 歐洲成爲因應氣候變遷的世界領袖。



European Commission 之環境保護計畫緣起於消費者的消費行爲對於環境產生負面衝擊，採購綠色產品則能降低此種衝擊。但消費者能否做出明智之綠色採購決策，取決於其取得易了解、具關聯性與公信力環境資訊之難易程度。因此歐盟於 1992 年成立環保標章計畫，以提供此種資訊給消費者。該計畫涵蓋之產品範圍在 1992 年計畫剛推出時包括服務業之外的所有消費產品(食物、飲料及醫藥除外)，但 2000 年歐盟修訂通過的環保標章法規則開始將服務業納入給予標章之範圍。組織結構歐盟環保標章計畫的組織結構包括兩個層級，在歐盟方面是主管機關歐盟執行委員會(European Commission)及由各會員國執行團體、環保團體、消費者團體、產業團體/協會、中小企業、商業等團體代表所組成的歐盟環保標章委員會(European Union Eco-labeling Board, EUEB)，主要負責產品規格標準之制定；在國家層級方面則是由各國執行團體(Competent Body) 實際負責標章頒發與驗證業務之執行。目前參與歐盟環保標章計畫的各國執行團體計有奧地利、比利時、丹麥、芬蘭、法國、德國、希臘、冰島、愛爾蘭、義大利、盧森堡、荷蘭、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、英國等十七國家的團體。計畫特點與其他國家的環保標章計畫相較，歐盟環保標章計畫具有下列特點：

1. 適用全部歐盟國家：廠商獲准使用之標章可以適用於歐盟國家的 15 個會員國及挪威與冰島和列芝敦士登(Liechtenstein)等國境內。
2. 具選擇性：通常制定規格標準之限制是使市面產品至多僅有較好的 30%合格。
3. 志願性：廠商可以選擇志願參加，不具強制性。
4. 透明性：規格標準之研擬過程皆公開徵求各利害相關團體之參與及磋商。

5.規格標準制定採用生命週期考量(LCC)。

計畫業務歐盟環保標章計畫之執行業務，主要可分為綠色採購政策發展與推廣、產品規格標準研擬及環保標章之頒發/驗證等三項。該計畫之執行內容則由事前通過之工作計畫來規範。

歐盟環保之相關規範

- 1.能源生態設計、公路沿海航行權、汽油蒸汽排放、農藥市場批准權以及農藥使用上述五個環境法已清除了最終立法障礙，獲得了部長級議會的批准，為最後生效鋪路。
- 2.修訂後的生態設計指令將現有的能源設計法規從用能產品擴展至與能源有關產品。窗戶、絕緣材料以及淋浴噴頭都屬於與能源有關的新產品，必須符合在歐盟市場自由流通的綠色設計要求。
- 3.委員會同時批准法規修訂農藥市場認可規則以及農藥可持續利用指令，並於今年 1 月獲得歐洲議會批准。
- 4.委員會今年三月份與歐洲議會議員批准了公路沿海航行權法規。修訂後法規明確了何時貨物運輸者可以在另一個歐盟國家運輸貨物。
- 5.最後一個法規涉及減少加油站揮發性有機化合物的排量指令。該法規要求所有大型加油站從 2019 年開始安裝蒸氣回收系統。

歐盟近期消息

歐盟委員會主席巴羅佐 2009 年 11 月 3 日在華盛頓宣佈，預計在 12 月召開的哥本哈根聯合國氣候變化大會上，各方不可能就應對氣候變化問題達成一項全面的國際協定，但達成框架協定的可能性仍然存在。巴羅佐當天在與美國總統奧巴馬會談前對媒體說，“我們將不可能在哥本哈根達成類似《京都議定書》那樣的協定，時間已經來不及了”。不過巴羅佐認為，各方仍有可能達成囊括已開發國家和開發中國家各自義務的框架協定，這樣的協定應該包括已開發國家減少溫室氣體排放的時間表以及開發中國家採取哪些行動應對氣候變化。巴羅佐說，在國際氣候變化談判桌上，以美國和歐盟成員國為代表的發達國家需要明確自己的減排數量以及給予發展中國家多少資金援助；歐盟對奧巴馬上任以來在氣候變化問題上的立場表示歡迎，但美國在哥本哈根會議上的立場還需要進一步觀察。歐盟委員會估計，在 2020 年之前，開發中國家每年可能需要 1500 億美元用於適應氣候變化、減少溫室氣體排放。巴羅佐表示，歐盟願意“公平地分擔”這一款項，但這項援助將與發展中國家執行的國家減排計畫有關。歐盟是已開發國家中對氣候變化談判比較積極的集團。歐盟提出到 2020 年在 1990 年的基礎上減排 20%，並表示如果其他各方態度積極，願將減排幅度提高到 30%。不過，這與開發中國家和國際環保組織向已開發國家提出的減排目標仍相去甚遠。美國是全球人均溫室氣體排放量最大的國家。奧巴馬上任以來一直強調將氣候變化問題作為任內優先解決的問題之一。但美國立法部門在哥本哈根大會前通過氣候法案的可能性很小，這將對國際氣候變化談判產生不利影響，美國也面臨國際社會越來越大的壓力。



圖二十一 訪問團成員與 European Commission 之氣候變遷及環境風險研究中心主任 Dr. Elisabeth Lipiatou (左二)及研究員 Dr. Panteleimon Panagiotou(左三)合影。左五為國科會駐歐盟科技組曾東澤組長。



圖二十二 訪問團團長張木彬教授致贈紀念品給 Dr. Elisabeth Lipiatou 及 Dr. Panteleimon Panagiotou。

11 月 18 日 TNO

清晨參訪團由旅館搭計程車前往位於荷蘭 Utrecht 之 TNO 進行拜會、參訪，隨行者尚有駐歐盟科學組組長曾東澤博士及駐荷蘭經濟組童本中組長與許志明秘書，TNO 成立迄今已有 75 年，研究人力達五千餘人，係荷蘭最大的應用科技研究院，其研究層面甚廣，涵蓋 Public Safety, Defense, Healthy Living, Food, Work Participation and Ageing, Construction and Spatial Development, Living with Water, Energy, Natural and Built Environment, High-Tech System, Processing and Materials 等重要研究項目，今日安排會面的是該院負責 CATO2 (CO₂ Afvang, Transport en Opslag, 英文為 CO₂ Capture, transport and storage 之意)之計畫總主持人 Jan Brouwer 博士及負責碳儲存技術開發之專家 Frank Van Bergen，由其兩人之簡報及後續之討論中發現 CATO₂ 已是第二期計畫(phase II)，目前有包括 Shell 等 35 家大型跨國與荷蘭本土之企業參與，計畫分五年執行，總經費達 9 千萬歐元，由工業界及荷蘭政府各負擔一半，第二期計畫之主要目標係建立模型廠(pilot plant)，第三期計畫(2015 - 2020)則為大型示範(major demonstration)希冀在第四期計畫(2020 年後)將計畫成果推廣至全球進行商業化應用。荷蘭由於面積並不大，目前發展的碳儲存(carbon storage)地點除陸地之煤礦層及廢棄天然氣井外，在海域(off-shore)上可能儲存場所方面亦積極開發評估，並獲致具體成效。除了積極發展碳捕捉技術及碳儲存場址外，另外，CATO2 研究團隊也積極對大眾宣導碳捕捉儲存的重要性以期獲得公眾的支持並展開相關立法工作的準備，隨後參訪團團長也就國科會環工學門近年的研究重點、研究能量及國家的環境保護政策作簡報，並互相討論交換心得。荷蘭與我國之人口及土地面積相近，工業化程度也相去不遠，但本次之拜會讓參訪團深深感覺到荷蘭在溫室氣體捕捉及儲存方面的研究已大步向前邁進，較國內領先了一大步，我們也應集中力量，發展一些適合於我們的使用的碳捕捉及儲存技術，為對抗地球暖化工作做出積極的貢獻。中午 12 時半許結束 TNO 參訪行程，搭車前往 Utrecht 火車站用餐後搭乘火車至阿姆斯特丹轉飛機前往此行的最後一站—丹麥哥本哈根市，入住位於火車站邊之 Astoria 旅店，晚上由駐丹麥代表處陳國璜代表接待，與參訪團全體成員共進晚餐，陪同者尚有經濟組高振愷組長及吳怡真秘書。

11 月 19 日 丹麥能源局、丹麥工業大學

早上由高振愷、曾組長及吳秘書陪同前往丹麥能源局(Danish Energy Authority)拜會，由處長 Anders Hojarrd Kristensen 接待，並簡報“Energy Policy in Denmark”，就丹麥政府因應能源短缺及未來之地球暖化挑戰所制定採行之能源政策作了清楚的敘述；Energy Authority 隸屬氣候與能源部(Ministry of Climate and Energy)主要有四大任務，包括 Energy Supply, Energy Resources, Energy Efficiency and Economics 及 Climate Change and Energy。丹麥屬非核國家，一九八〇年代即確定該國之能源政策中不以發展核能為選項，目前主要之能源供應來源包括石油、天然氣、煤及再生能源，其中尤以風能之發展最值得借鏡，2008 年之數據顯示該國之風能裝置總容量達 3200 MW，風力發電佔了全國發電量之 20%，相較於國內之風力發電裝置容量 250 MW (2008 年經濟部能源局數據)，高了許多，而其風力發電機全球之市場佔有率亦達 30%。另外，該國為力行能源節約，多

年來一直厲行高電價、高油價及高污染稅政策。舉例而言，該國平均每度電價 40 美分，每公升汽油售價 2 美元，皆較國內高了許多，甚至連該國產量豐富的天然氣售價每立方公尺亦高達 1.5 美元，而全國五百多萬人口，汽車總數 2 百多萬輛，但 2009 年預估全國徵收之汽車綠色稅(Green tax on cars)達 46 億美金，全國徵收之碳稅亦達 10 億美金。丹麥於再生能源開發及採行高油電價格及高污染稅之經驗及政策，頗值得地狹人稠，能源高度仰賴進口的我們多學習借鏡。

十時半許結束能源局之參訪後即驅車前往 DTU (Technical University of Denmark)參觀訪問，由研發長 Soren Hellener 接待並做校務簡報，DTU 係丹麥首屈一指之科技大學，甚至在歐洲也擁有很高的學術地位，學生六千餘人，教職員工及研究人員共 2130 人，2008 年之研究總經費達四億七千萬歐元，下設 24 個系及研究中心，碩士以上學程皆採英文授課，研究生中外國學生之比例達一半之多，教授陣容中也有比例甚高的國際知名學者，國際化程度高，值得國內學校在邁向國際化的浪潮中參考學習，接著由環境工程系 Karsten Arnbjerg - Nielsen 教授介紹該系之研究現況及發展重點，該系有 29 位教師及來自全球 18 國的 50 位博士班學生，每年發表之 SCI 論文達七十篇，年度研究經費達 1000 餘萬歐元，其中 40% 來自政府，其餘則來自工業界，研究重點為 Urban Water Engineering, Environmental Chemistry and Microbiology, Water Resources Engineering 及 Residual Resources Engineering 等四大重點，值得一提的是為因應全球氣候變遷議題，該系也將 Climate Change & Environment, CCS (Carbon capture and storage), Urban Water Management 及 Remote Sensing 列為當前跨領域研究之重點。隨後，該校能源中心副主任 Birte Rogen 教授也針對 Center for Energy Technology at DTU 作了詳細的報告，基本上該中心並非一個實體單位而是透過網路聯結將全校具能源研究專長之教授及研究人員串聯在一起進行能源方面的技術開發及策略研究，該中心設定之研究重點涵蓋 Wind energy system, wind turbine, Bioenergy, thermal gasification, H₂ conversion & storage, fuel cells, solar energy, Building energy 及 Meteorology 等能源議題，由於能源是屬跨領域學科，並不適合單獨成立系所，DTU 藉由 networking 方式整合學校之研究人力及資源以進行能源研究之方式也值得國內借鏡。由 DTU 之參訪行程中發現丹麥雖只是人口不足 600 萬的小國家，但其在環境及能源議題方面的研究投入卻相當積極，大學之國際化程度也很高，值得學習，在經過熱烈的討論及雙方互贈紀念品後於下午 3 時許半結束了 DTU 的參訪，也完成了此次的訪歐行程。

11 月 20 日 回程

清晨三時五十分全體團員搭乘計程車前往哥本哈根機場搭機轉法蘭克福機場接華航 CI062 班機返國。

三、參訪心得與建議

1. 此次在德國的參訪活動包括慕尼黑工業大學，Max-Planck-Institute (MPI)研究所及國家實驗室(Juelich 研究中心)層級的學術機構，也拜會了負責德國學術研究計畫申請與審查的行政單位(DFG)，參訪的層面相當廣且深入。一般而言，德國各大學及學術研究機構的發展均相當均衡，且多以基礎研究為主，並各具特色。在所參訪的幾個機構中，可發現各單位由接待、簡報到實驗室參觀，均相當有制度且有效率，而不管是基礎研究還是應用工程範疇，各實驗室的空間規劃均相當寬敞，儀器設備雖多，但有條不紊，管理相當容易。各實驗室也相當重視配管工程，不管水處理實驗室，分析化學實驗室，還是催化反應實驗室，所有的氣體鋼瓶均統一集中於鐵櫃中，並以配管方式將氣體送至各實驗桌或需要的地方，再以流量調節器讓使用者選擇使用的氣體與控制流量，不僅大幅提高實驗室的安全性，也增加實驗操作的便利性與實驗空間。另值得一提的是各研究機構實驗桌面與地板均相當清潔，操作者實驗結束後即會將器材隨手歸位，並整理乾淨，下班後則有清潔人員清潔地板及清空廢棄物，使實驗室常保持在清潔狀態，不僅使實驗室的管理容易，也可避免實驗器材的交叉污染，對提昇研究成果的品質有正面的意義。

德國的研究計畫申請流程與國內情形頗為類似，DFG 以資助優質學術發展及促進國際合作為主，所扮演的角色與國內的國科會相當類似，其經費來源有 60%來自聯邦政府，40%則來自於德國 18 個邦政府，2007 年共有 22 億歐元的研究經費，其中以資助研究計畫(individual grant)及 coordinated program 的 6 億 3500 萬及 11 億 8300 萬為大宗，另也補助國際合作(2400 萬歐元)及年輕學者計畫 (1 億 3600 萬)。DFG 目前共有 48 個評審委員會，研究人員可以隨時提出計畫，且經費的額度與使用相當具有彈性，由計畫提出到審查結束通知申請人平均所需的時間為 5.5 個月，與國內的計畫申請情況類似。

2. 不同於國內有環境工程領域學系及研究所，德國的環境工程相關領域雖然相當傑出，但各大學裡卻沒有環境工程相關的系所，反倒是各領域均有學者進行與環境領域相關的研究。例如慕尼黑工業大學 Horn 教授提到，德國在給水工程、廢水處理及廢棄物處理相關領域的研究主要以土木工程學門為主，空氣污染則是機械工程的範疇，近十年來雖略有改變，但變化不大。但不管那個領域的研究，多數的研究都是以基礎科學研究為主，應用科學研究為輔，並特別強調研究主題的新穎性與不可取代性。例如 Horn 教授的研究特別著重於生物膜內生物相的細部結構變化特性，並著眼於發展

未來 5-10 年內可實廠應用的生物膜重要科技技術；Niessner 教授則強調所開發的分析技術必須具備新穎性，尙未有相關研究及能快速檢測實際環境與食品樣品中化學物質含量的新方法；Schuth 教授實驗室則以開發新穎催化劑，以改善現有化學/化工製程及創造新應用領域為研究軸；Julich 研究中心的研究更以貼近實際環境條件的大尺度設備進行基礎研究為主要考量，相關的實驗設計與設備規模令人驚豔。此類的研究通常在於培養基礎研究人才，並創造研究成果的價值性，並不在乎短期研究的成效。例如 Niessner 教授實驗室以兩年的時間開發一個可用於檢測抗生素的抗體；Peter BuraueI 博士以七年的時間來瞭解多氯聯苯在短期降解與長期反應間的異同。這些反應均是基礎卻極為重要的研究，但在國內卻鮮少有人願意花如此長的時間進行類似的研究，相對的也讓研究成果與學術貢獻度受到影響。

3. 尋求國際合作是一項相當重要且能提昇研究視野與能量的作法。歐盟自 1984 年開始進行第一期科研架構計畫(Framework Programme, FP1)以來，至 2007 年已執行至第七期的計畫(FP7)。第五期及第六期的計畫均以 4 年 137-175 億歐元的規模進行科研架構計畫，至第七期開始，將以每年增加 40%預算經費的方式，以 7 年的時間(2007-2013 年)投資 505 億歐元，補助歐盟國家及開發中國家執行科技計畫，藉以提昇歐盟體系的研究與科技應用能量，強化歐盟的創新研發能力，並提供歐盟會員國旗下產官學界研發經費及平台服務。巴伐利亞邦政府為協助該邦學術機構申請 FP 計畫，也成立巴伐利亞研究聯盟(Bavarian Research Alliance)，協助各學術機構提出計畫書，以提高 FP 計畫的通過率。長久以來，歐洲地區各相關實驗室間也培養出很好的合作關係，確實也提昇了研究成果的品質與價值。國科會國合處的統計資料也顯示，進行國際合作所發表的文章，平均被引用的次數遠高於單一實驗室的研究成果，顯見國際合作的重要性。國內在國際合作上長久以來偏重美國及亞洲地區，對歐洲的合作顯得單薄。歐洲地區如德國與法國雖無直接的環境工程相關科系，但環境相關的研究作得相當出色，國內如能建立與歐洲地區著名實驗室的合作關係，藉以串連歐洲地區實驗室長久建立的合作網路，將能使國內環境相關領域的研究能量大幅提昇。
4. 歐洲地區由於有歐盟科研架構計畫 (Framework Programme, FP)提供平台及經費，因此各實驗室間的國際合作相當頻繁且有相當好的成效。歐盟科研計畫雖提供相當多經費進行基礎與應用科學的發展與技術開發，但主要以補助歐盟會員國及發展中國家(ICPC)研究經費為主，原則上不補助台灣地區學者的研究經費，且台灣學者無法自行申請 FP 計畫，必須參與歐盟國家之研究團隊，共同參與計畫。國科會為強化國

內研究人員與歐盟會員國的專家學者進行科技合作，特與歐盟資訊社會總署(DG-IST)簽署雙邊協議，鼓勵台灣研究團隊參與 FP 計畫，並由國科會補助成功參與計畫學者之研究費用。環境工程學門將掌握此次參訪機會，配合國科會的國際合作政策，強化與歐洲地區國家的實質合作，並達到爭取 FP7 的參與機會。

5. 在歐盟第七期科技架構的規劃中，環境（包含氣候變遷）議題的研究內容主要著重於「藉由人類對生物圈(biosphere)、生態系統(ecological system)及人類活動(human activity)三者間交互作用(interaction)知識的更精進，來促進自然及人為環境與相關資源的永續管理經營，並期能發展出新穎的科技、工具及服務，以強化全球環境議題的整體重要性」。在此理念下及因應目前全球環境變遷的嚴峻考驗，FP7 的研究重點著重於氣候的預測，生態、海洋及地球環境系統的變遷，及開發能即時對環境刺激物(environmental stressor)及風險進行監測、預防及遷移的技術，以能維護人體健康及自然與人為環境的永續。在此次的參訪中，許多實驗室的研究，包括慕尼黑工業大學的 Horn 教授、Niessner 教授；Julich 研究中心的 Peter Burauel 博士；以及法國 CNRS 的 Luc Abbadie 教授均有機會進行與 FP7 環境議題相關的國際合作。
6. 此次參訪的實驗室與研究單位均強調基礎研究，並已逐漸跳脫傳統環境污染物的處理技術開發，而是以較宏觀的角度來進行環境議題的基礎研究。巴黎為 600 萬人口國際都市，每日產生約 150 萬噸污水，貝爾格蘭早於 150 年前已規劃建設完成，目前 Acheres 處理廠為日處理量 200 萬噸二級處理廠，如此才能建構巴黎成為國際有名都市及塞納河迷人風光。若以以高雄市為例，高雄目前人口約 152 萬人，污水量每日約 75 萬噸，已為巴黎日污水量一半，高雄要建構為海洋都市與世界接軌，一方面要加速污水下水道建設期程，同時應儘早建立二級處理處理廠，以更積極作法確保附近水域及海域環境。相較於巴黎下水道博物館規模及其建設歷史，高雄市之污水下水道系統及污水下水道展示館僅為開始，展望未來，高雄市污水下水道尚有大幅精進成長空間。未來台灣應加速家戶接管為確保都市環境衛生，提昇城市形象不二法門，巴黎因及早規劃建設污水下水道系統，迄今仍為國際有名觀光大城，台灣各大城市若要建立永續健康都市，一定要在污水下水道系統建設方面積極迎頭趕上。此外，基於處理成本之考量，歐洲大陸法國之污水處理廠多朝大型化、大區域集中處理發展，如此不但處理成本降低，資金運用較具彈性，且才有處理產物之回收，如中水道之水可以作為工業之冷卻水，或公園綠地之灌溉用水，更因此可以獎勵民間投資之方式來辦理污水處理廠。

7. 長久以來國內環境工程領域學者的研究議題多侷限於傳統污染物之排放及管末處理技術研發，面對迅速變遷的自然與人文環境，此種作法已無法因應時代潮流，相對而言，此次參訪之歐洲各重點大學及重要之研究機構在環境方面的研究有更寬廣的視野，舉凡再生能源之開發利用，綠色生產概念之引進，二氧化碳捕捉、運輸、儲存乃至於市場交易，氣候變遷成因及調適，污染物之快速偵測技術、傳輸、宿命、健康風險評估、大氣、地下水及土壤污染監控新穎之污染物控制技術如奈米技術、電漿、觸媒之開發應用，污染物之遙測技術及智慧電網之開發等皆可成為新環工領域之研究重點。而在國際化方面，DTU 大幅引進優秀之外籍教師及外籍研究生並在研究所全面採行英文授課，全面建立英語化的學習環境等作法也值得國內大學在推廣國際化時之參考。