

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：考察)

「環境工程」赴德國考察報告

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：德國

出國期間：2001/10/08~2001/10/21

報告時間：2001/12/18

行政院研考會／省(市)研考會 編號欄
G14 / C09006509

## 一、前言

此次承蒙國科會資助，於民國 90 年 10 月 8 日至 90 年 10 月 21 日期間，隨團參訪德國四所大學、一座醫療事業廢棄物收集系統、兩座淨水廠、一座研究中心（含兩座焚化爐）、以及參加第二屆世界水質年會，收穫豐碩。

此行不僅對德國風土民情及教育制度建立基本了解，同時針對廢棄物收集清運及焚化處理、高級自來水淨水處理程序、生物技術、自來水管線維護、土壤及地下水污染防治、流域水資源管理、及河川生態復育工法等專業領域進行觀摩，以下依參訪次序分項說明之。

## 二、哥廷根大學 (10 月 8 日)

10 月 8 號國科會環工學門赴德國考察團一行前往哥廷根大學 (The Georg-Augst-University Goettingen) 所屬的醫學中心參觀廢棄物清除轉運系統。首先由哥廷根大學公關部門的 Mr. Raimund Brietzke 接待，在由負責醫院廢棄物清運的主管 Mr. Uwe Haasper 簡報哥廷根大學醫院的廢棄物清運系統，並帶領參觀。

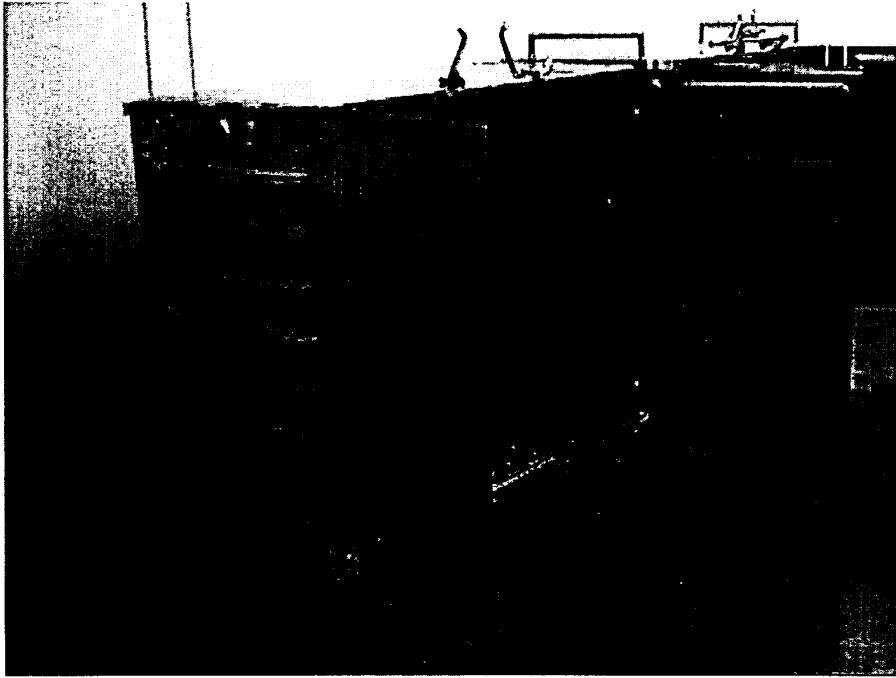
哥廷根市位於德國下薩克森邦(Niedersachsen)南部，北有漢諾威市(Hannover)，西南方有黑森邦(Hessen)的卡塞爾市(Kassel)。自 14 世紀以後，哥廷根市成為漢撒同盟(Hansa)下的商業都市，發展至今，已是下薩克森邦南部的文化與經濟中心。哥廷根市以童話"天鵝公主"聞名的大學城，著名的童話作家格林兄弟(Jacob and Wilhelm Grimm)曾經在哥廷根大學編輯德語辭典。哥廷根市大約有 13 萬人口，其中，約 2500 人直接受聘於哥廷根大學擔任教學研究工作，另有 8000 名人員在哥廷根大學工作(其中，約 5000 人在哥廷根大學的醫學中心工作)。

哥廷根大學係一國際著名的大學，18 世紀，Otto Wallach，Adolf Windaus 與 Walter Nernst 獲頒諾貝爾化學獎，19 世紀上葉，James Franck 與 Max Born 獲頒諾貝爾物理獎，Richard Courant 則獲頒諾貝爾數學獎，Robert Koch 獲頒諾貝爾醫學獎，後來，該校的學者與研究人員亦陸續獲頒多種著名獎項。隨著市代的演變，哥廷根大學已發展成為一個綜合大學，涵蓋神學、法律、醫學、哲學、數學、物理、化學、生物、地質、森林、農業、經濟、社會科學及教育領域(國內中興大學環境工程學系李季眉教授畢業哥廷根大學生物系)。目前有超過 500 個教授及 30000 左右之學。雖然哥廷根大學的學術單位僅"森林與環境管理系"直接標

明與生態/環境相關，主要著重經濟管理、土地規劃、景觀設計、及資源保育；事實上，"生物系"及"化學系"...等皆有在進行與環境科學、工程及管理相關之研究。另外，三個國家級馬克思普朗克研究中心（主攻生物化學、流體力學、太空物理等領域）亦設在該市。

哥廷根大學醫院雖建於 1960 年代，目前仍是德國的大醫院之一，有 1460 個病床，每年服務超過 48000 個病人，其中，約一半係門診病患。除了靠著 6800 人（包括：醫師、護士、技術員、行政人員...等）提供完善的健康照顧外，哥廷根大學醫院更具有德國第一套全自動化病歷運送系統，提高行政效率，並直接/間接提供快速完善的醫療品質。

有鑒於大學醫院全自動化病歷運送系統的成功，哥廷根大學醫院乃於 1977 年耗資 2500 萬馬克興建醫院內部廢棄物全自動化輸送系統（長達 4.5 公里），採全自動、中央監控、及最佳化排程管理，用來運送醫院產生的各種廢棄物。據悉，哥廷根大學醫院每日產生約 2200 個子車的廢棄物（每個子車尺寸：1m 長×0.6m 寬×1m 高；可裝 180 公斤廢棄物），其中，廢棄物大致區分為三類：(1)一般廢棄物(可用的子車有 584 個)，(2)廚餘（可用的子車有 283 個，見照片一），(3)危害性廢棄物（可用子車有 241 個，見照片二）。裝載危害性廢棄物的子車具密閉性，使用過後，亦加清洗。哥廷根大學醫院內部廢棄物全自動化輸送系統的操作（程序控制由德國著名的 AEG 公司設計）方式與功能性（可上下及左右轉彎輸送，且不會使子車之內容物掉落與外洩，見照片三及照片四）令人讚嘆，絕對值得國內相關單位效法採用。經由此廢棄物運送的各種廢棄物，則進一步加以焚化、掩埋與回收。其中，手術截肢...等（約 20 公噸/年）加以焚化；手術房衣服、手套...等（約 620 公噸/年）及一般廢棄物（約 1025 公噸/年）加以掩埋；紙類（約 482 公噸/年）、玻璃（約 115 公噸/年）、塑膠、廚餘...（約 12 公噸/年）及金屬（約 37 公噸/年）則加以回收外售。



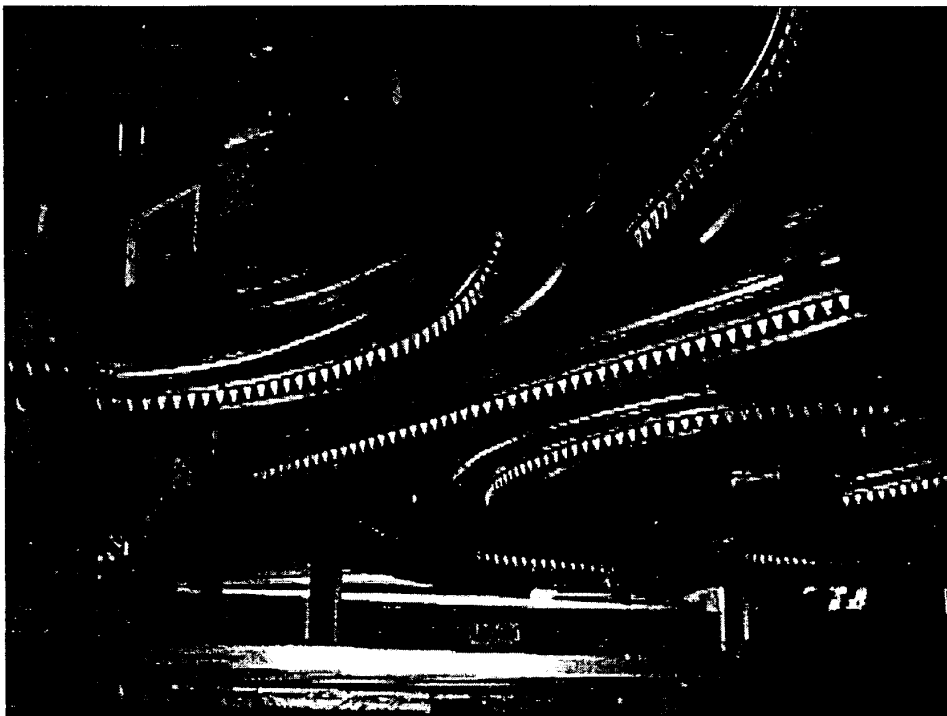
照片一 哥廷根大學醫院之廚餘用子車



照片二 哥廷根大學醫院之危害性廢棄物用子車



照片三 哥廷根大學醫院之廢棄物清運系統(一)



照片四 哥廷根大學醫院之廢棄物清運系統(二)

### 三、卡塞爾大學 (10 月 9 日)

此行第二站參訪卡塞爾 (Kassel) 大學土木系之水利組，該組分水力水文、水工結構、及污水處理三個方向發展，其水工實驗室規模龐大，擁有全套之實驗室水循環使用系統，研究課題豐富，首先參觀之項目為柔性魚梯之設計，利用大型循環渠道以柔性塑膠集束裝置取代傳統之鋼筋混凝土魚梯可以降低魚群在高度湍流環境中之壓力；第二項研究課題是利用回收塑膠製成新型透水磚，以增加人行道之透水率；第三項研究課題是改良污水氧化塘，由完全混合式改為穩流式，以增加污水停留時間，並以散氣管曝氣以增加污水分解效果；第四項研究課題是地下水鹽化現象之模型實驗分析，並進行模式驗證。

### 四、斯圖加特大學 (10 月 11 日)

本站參觀德國之工業城斯圖加特 (Stuttgart)，並參訪斯圖加特大學，由於斯圖加特接近萊茵河地區，過去曾有不少有害事業廢棄物

任意傾倒之事件，故著名之巴塞爾公約即在附近之巴塞爾市 (Basel) 簽訂，為了整治土壤及地下水污染，德方在斯圖加特大學水力工程學院成立一大型之研究中心 — Research Facility for Subsurface Remediation (VEGAS)，法方則在史特勞斯堡大學 (Strassburg) 成立了 IFARE 研究中心進行類似之研究。美國方面則亦有類似研究中心，稱為 LEAP。VEGAS 研究中心主要以土壤及地下水復育技術 (包括物理、化學及生物復育) 為重點之研究重鎮，該中心目前之研究重心放在地下水中 D-NAPLs (重非液相液體化合物) 如石化碳氫化合物，三氯乙烯及四氯乙烯之復育技術研發與應用。最近該中心利用 Alcohol mixture technique，亦即添加定比例之乙醇及丙醇混合液於地下水中，可提高水中 NAPLs 之溶解度及去除率。此外，在 VEGAS 研究中心具有多座土壤及地下水污染場址之模場試驗規模，分別進行有關污染物如石化碳氫化合物或含氮有機污染物在土壤中之傳輸及散佈之研究，並用示蹤劑追蹤污染物在土壤及地下水中之移動狀況，做為復育成果追蹤及監測之參考。

VEGAS 研究中心之規模甚為驚人，該中心擁有數座全尺度模型用於模擬洩漏之油品在地下中之擴散行為；研究對象可劃分為不飽和區及飽和區；在飽和區中，對於 LNAPL 問題採用表面強化復育工法 (Surface Enhanced)，對於 DNAPL 問題採用酒精灌洗法 (Alcohol Flooding)，即把酒精混合物 (54% propane, 23%

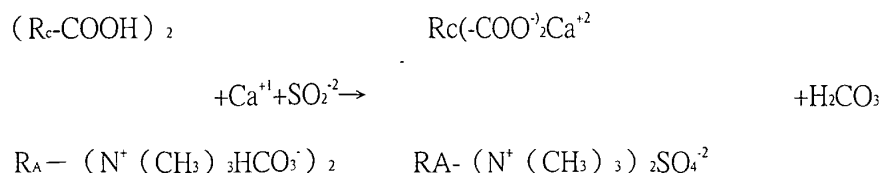
Hexane, and 23%water)當成介面活性劑；在不飽和區中，則採用氣體抽除法(Vapor Extraction)；不論是在何區，實驗結果均需經數學模式之驗證。

## 五、自來水廠(I) (10月10日)

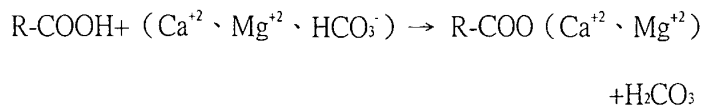
參觀 Muehlbach 自來水軟化廠(在斯圖加特附近地區)，有三分之二之自來水源來自於地下水，另外三分之二則自河川中抽取，故對於森林之涵養及地下水之保育不遺餘力，全區共建有九十九個原水儲槽，二十五個抽水井中十六個正常運轉，九個備用，由於此區地下水中含硬度之問題，故處理廠僅需設置離子交換器，處理策略為將地下水中硬度由 600ppm 降到 300-400ppm 左右，再與硬度僅 100ppm 之河水混合，使得自來水供水時之硬度為 250ppm 左右。在漢諾地區，除了硬度外還有腐植酸之問題，故在離子交換器後增設薄膜過濾。此自來水廠之技術關鍵在離子交換樹脂，研究人員選用了兩種樹脂，分別為  $R_c-(COOH)_2$  及  $R_A-(N^+(CH_3)_3HCO_3)_2$ 。這兩種樹脂可以混合以混床式來設計，也剛好均可以同時用碳酸再生。該廠出水時有加 UV 消毒後再送出。

本廠自 1973 年成立，長期抽取高硬度(600mg/l)地下水，直到 1985 年經由 Dr. Hoell 協助，建立無污泥、可再生的軟化廠，操作迄今逾 15 年，皆達成當初設計理想。以下再將背景說明簡述如下：

1. 本廠成立於 1973 年供應 45,000 人，每年供水 2.3MT。
2. 部份水源(39 l/s)來自南邊 430km 外的湖泊，有 11 座加壓抽水站；另本地開設 16 口井，供應 160 l/s。
3. 井水中含 600mg/l 硬度及 90mg/l  $NO_3^-$ ，在 1985 年設立樹脂軟化換廠，目標為硬度 240mg/l 及  $NO_3^-$  50mg/l。
4. 地面水源硬度為 120 mg/l。
5. 樹脂軟化流程(CARIX)。
6. 原理：Partial Demineralization (CARIX process)



### Additional Softening



### 7. 利用 CO<sub>2</sub> 再生

樹脂 Cation : Weekly acidic, methacrylic acid groups

Anions : Strongly basic, type I, acrylic

總之，

1. 本軟化廠：無污泥、無添加藥劑、操作簡單、無複雜程序。
2. 本省南部高硬度淨水廠應可採用本廠處理流程，作部份軟化程序，可確保用戶飲水安全性。
3. 處理後水不加氯，直接供應用戶，十分安全。

Bad Rappenau 之自來水廠自西元 1985 年以後，對飲用水之水質改善採 CARIX process。亦即利用離子交換原理(Ion exchange process)將飲用水中之硬水 CaCO<sub>3</sub>及 SO<sub>4</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub>分別吸附後，降低水中之硬度與陰離子濃度，進一步再以添加 R.COOH 軟化劑及濾膜技術去除水中之 Ca<sup>+</sup>、Mg<sup>++</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 甚至腐植質(humic substances)，使得水中形成高量之 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>，藉著 H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>解離為 H<sup>+</sup>及高濃度 CO<sub>2</sub>之作用，達到抑制水中細菌生長，獲得優良之飲用水質。目前此套技術已有五廠運轉中，尚有六十一廠正建造中。

## 六、卡斯魯爾大學 (10 月 11 日)

大學擁有堅強之水化學 (Water Chemistry)、有機質分析 (Refractory Organic Substances)、及水處理 (Water Treatment) 研究陣容，水化學研究重點在自污染之土壤中移除重金屬、農藥分析、游泳池中消毒副產物、及黏土中膠體之特性分析。其化學分析實驗室規劃良好，研究生甚致可以自行改裝一套 TOC 實驗儀，使其變成一套線上自動偵測之 TOC 採樣監測設備。水處理之研究重點為光催化、薄膜技術、微生物之毒性測試、及生物處理中碳及氮之平衡效果。有機質分析則強調有機酸之分析及研究。

本日考察之行程安排為參觀德國卡斯魯爾 (Karlsruhe) 大學之化學及製程工



程系 (Department of Chemical and Process Engineering) 之水化學及環境分析研究室。該校成立於西之 1825 年，有 300 位教授及副教授、約 4,000 位研究及行政人員、以及約 15,000 位各級學生，分屬 12 個學系以及 123 個研究中心 (Research Institutes)。該校全年預算經費約為 4 億馬克，並擁有八個由德國聯邦政府補助之卓越研究中心 (Centers of Excellence in Research)。該系曾經在 1992 年舉辦世界化學工程大會 (World Congress of Chemical Engineering)，為德國化學工程領域最負盛名之學府之一，目前該系有 18 位教授及副教授、15 位講師、145 位研究及行政人員、以及約 700 位各級學生，分別在以下六個研究中心進行研究探討：

- Chemical Reaction Engineering
- Engineering Thermodynamics and Refrigeration
- Food Processing Engineering
- Mechanical Process Engineering and Mechanics
- Thermal Process Engineering
- Engier-Bunte-Institute

而水化學及環境分析研究組 (Water Chemistry Division) 即為 Engier-Bunte-Institute 之一部分，目前是由在水環境研究領域深具國際聲望的 Dr. Fritz H. Frimmel (近年曾至台灣訪問) 負責領導，有 24 位研究人員、8 位技術人員、及 6 位行政人員。該研究組之研究設備相當完善，包括多種模場操作設備：臭氧及光化學相關之高級氧化程序、薄膜程序、生物程序、及土壤復育等處理操作單元；而有關水質及土壤相關之各種精密分析設備更是相當完備，並不斷更新。該研究組執行的研究計畫大都由德國聯邦及各級地方政府單位資助，亦有部分研究計畫由產業界和歐盟 (European Commission) 組織支持。該研究組與國際相關研究單位之互動亦相當積極，組內經常有來自於世界各國的交換研究人員參與相關合作研究計畫。該研究組目前執行之主要研究主題包括以下幾項：

1. 水體中重金屬成分分佈與自然有機物質之關連性探討：自然水體中重金屬成分會與與其中所含之自然有機物質 (Natural organic matter, NOM) 發生錯合反應，進而影響重金屬成分在環境中的分佈及傳輸行為。該研究組以層析方式 (Size exclusion chromatography, SEC) 分析 NOM 之研究成果顯示，重金屬成分錯合之程度受自然有機物質官能基及分子量影響。

2. 酚類成分與水體中溶解性有機物質之吸著現象探討：污染成分在水體中與溶解性有機物質（Dissolved organic matter, DOM）發生之吸著現象，嚴重影響其在自然水體的分佈及傳輸行為。該研究組以固相微萃取方式（Solid phase microextraction, SPME）分析酚類成分與 DOM 之吸著常數，研究成果顯示，不同酚類成分與水體中溶解性有機物質之吸著常數可以實驗結果建立經驗關係模式（Quantitative structure / activity relationship models, QSAR）來推估。
3. 廢棄醫療藥品生物可分解性之探討：廢棄或使用後之醫療藥品流入自然水體後，可能造成不同之環境影響。該研究組以固相萃取方式之層析質譜儀（Solid phase extraction gas chromatography and iontrap mass spectrometer, SPE-GC/ITD-MS）分析以不同好氧或厭氧生物處理技術處理幾種代表性廢棄醫療藥品之可行性，研究成果顯示，好氧性生物膜反應系統之處理效果較佳。未來該研究組可能採取其他不同之分析方式（如 LC/MS），持續廢水生物系統處理廢棄醫療藥品之探討。
4. 以層析方式探討黏土吸附自然水體中自然有機物質之現象：水體中污染成分會與附著在黏土上之自然有機物質（Natural organic matter, NOM）發生吸附現象，嚴重影響其在自然水體的分佈及傳輸行為。該研究組以層析方式（Size exclusion chromatography, SEC）分析水體中污染成分與附著在黏土上之腐植質發生吸附現象，成果顯示污染成分錯合之程度受自然有機物質和黏土特性之影響，自然有機物質之存在可能會增加污染物的累積，也可能會加速污染物的釋放。
5. 以薄膜分離技術去除地表水體中自然有機物質之探討：水體中自然有機物質（NOM）之存在，被認為是鹵仿和其他致癌物質的前驅物，會嚴重影響自來水處理的效果。該研究組以超細薄膜（Nanofiltration and ultrafiltration）方式模場實驗三處地表水源中自然有機物質之去除，成果顯示 NF 膜的分離效果相當良好且操作穩定，而 UF 膜的分離效果則視 NOM 的種類而定。
6. 污染土壤中砷穩定化之現地探討：土壤中砷污染之發生，可能是因為過去農藥的使用或是工業污染的結果。該研究組延續過去針對土壤中砷污染之研究，現地實驗以添加三價鐵離子形成氫氧化鐵的方式，固定土壤中的砷離子，研究成果顯示固定效果相當良好，但是操作成本仍然太高。

## 七、自來水廠(II) (10月11日)

本日第二站參訪 Stadtwerke Karlsruhe 淨水廠，該廠亦以地下水為水源，其特色為水源中含有高量之鐵、錳，需採用曝氣技術氧化去除之，然後再採過濾後由幫浦打入供水管網，傳統之曝氣技術易使氣泡溶入水中，使附近居民覺得口感不佳，該廠技術人員則採用了一套新曝氣技術，使水以高速穿過屈折之細管束，以達曝氣後氣泡不易溶入水中；另外值得一提的是該廠之水力設計概念完整，在處理程序與連接供水管網之幫浦之間有完整之預防水槌作用之裝置。全廠均採全自動化設計，中央控制室僅需一人操作即可。茲將背景說明再簡述如下：

一：本廠抽取地下水做為水源，因此 該區劃出四區作為管制。

第一區最近取水井，第四區則最遠，分別公告禁止污染之行爲。

二：本廠處理流程

20 口井→接觸曝氣氧化→過濾→清水池→配水系統

水井深度達 52M

總之，

1. 本廠無消毒設施，水質十分良好。
2. 全部處理設備皆置於室內，十分衛生。
3. 接觸曝氣設備十分獨到，為了避免氣泡跑到配水系統，作了流程調整，成效卓著。

## 八、卡斯魯爾國家級研究中心 (10月12日)

10月12日考察團人員來到 Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) GmbH 訪問，FZK 研究機構係德國在第二次世界大戰前的核能研究單位，戰後轉型偏重於能源與環境相關研究，近幾年來，環境相關的研究計畫與經費比重逐年增加。據了解，德國政府提供研究經費給 FZK 僅指示進行能源與環境相關研究，並不限制特定的研究計畫。此次，考察團人員首先拜訪 FZK 所屬之 Institute for Technical Chemistry 底下的 Water Technology and Geotechnology 部門（主管:Prof. Dr. Rolf Nuesch），此部門現有 18 位學術研究人員（包括 3 位教授及 3 位講師）、13 位技術人員及大約 10 位化工相關的學徒。在此部門進行研究的博士生現有 9 位（化學、化工、礦物工程）及 3~5 位碩士生（化學及化工）。

水技術暨地質技術部門底下又分為四個組：( I )水技術及水化學組( 主管：Prof. Dr.-Ing. habil. W. H. Hoell ) ，( II)地球化學組( 主管：Prof. Dr. R. Koster ) ，( III)技術礦物學組( 主管：Dr. P. Stemmermann )，(IV) 環境微生物學組( 主管：Priv.-Doz. Dr. U. Obst ) 。目前，( I )水技術及水化學組底下有四個研究小組：(1)地表水及地下水保護技術小組，由 Dr. D. Donnert 帶領，進行下列研究：(a) Mobilization/immobilization of heavy metals from/on sediments，development of active barrier systems，(b) Phosphorous removal from waste water by crystallization and sorption processes；(2)化學氧化小組，由 Dr. E. Gilbert 帶領，進行下列研究：(a) Photocatalytic oxidation by means of  $TiO_2$  and Ozone，(b) Application of ultrasound for oxidation of organic contaminants，(c) Combined flocculation/adsorption/chemical oxidation in drinking water treatment；(3)磁選小組，由 Dr.-Ing. M. Franzreb 帶領，進行下列研究：(a) Elimination of phosphorus and heavy metals from waste waters using high gradient magnetic separation (HGMS) and open gradient magnetic separation (OGMS) (見照片五) ，(b) Application of magnetically fixed fluidized beds in water technology and biotechnology；(4)吸持程序小組，由 Prof. Dr.-Ing. habil. W.H. Holl 帶領，進行下列研究：(a) Development of non-polluting and selective exchange and sorption processes for the removal of inorganic contaminants from water and wastewater, application of conventional exchangers and novel magnetic micro-resins，(b) Separation of mixtures of heavy metal salts by parametric pumping，(c) Fundamentals of ion exchange (equilibria, kinetics, column performance) 。

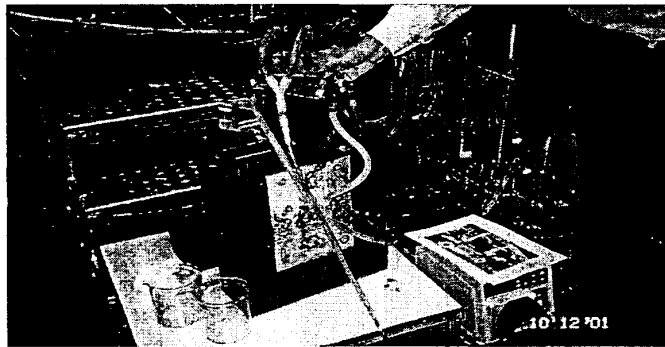
( II )地球化學組底下有二個研究小組：(1)技術殘餘物化學小組，由 Dr. T. Bundschuh 帶領，進行下列研究：(a) Mobilization of heavy metals and of organic compounds from incineration slags and ashes，(b) Investigations on the sorption of heavy metals onto mineral phases，(c) Further development of geochemical models for the prediction of the mobility of hazardous substances，(d) Performance of additives in construction materials；(2)受污染固體之整治小組，由 Dr. E. Gilbert 帶領，進行下列研究：(a) Development of concepts for in-situ immobilization of underground contaminants (Enhanced natural attenuation) ，(b) Oxidation of organic compounds during the remediation of contaminated solids，(c) In-situ treatment of organically contaminated groundwater，(d) Redox reaction remediation based on the oxidation of  $Fe^0$  。

( III )技術礦物學組底下有四個研究小組：(1)環境礦物學小組，由 Dr. J. Gottlicher 帶領，主要

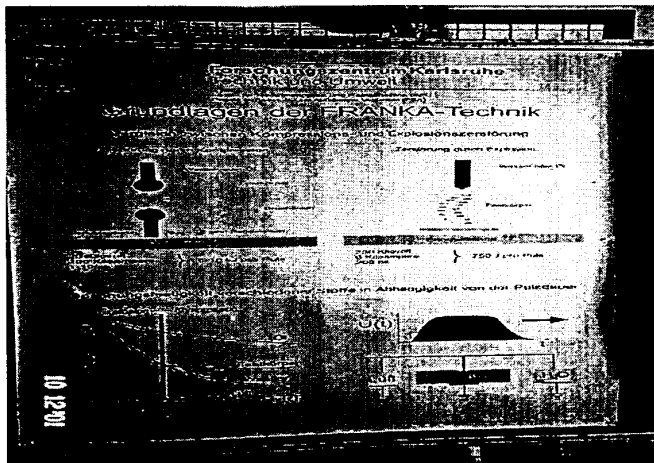
進行的研究為 Sulfur cycle in open pit areas, identification of minerals and their conversions ; (2)技術殘餘物礦物學小組，由 Dr. P. Stemmermann 帶領，主要進行的研究為 Decomposition of spent concrete into its components by means of the FRANKA technology (見照片六至照片九) ; (3)營建材料小組，由 Dr. G. Beuchle 帶領，主要進行的研究為 Surface analyses of materials by means of environmental scanning electron microscopy ; (4)奈礦物學小組，由 Dr. P. Weidler 帶領，主要進行的研究為 Development of iron-based nanostructures and microparticles。(IV)環境為生物學組底下有三個研究小組：(1)降解/毒物學小組，由 Dipl.-Biol. P. Krolla-Sidenstein 帶領，進行下列研究：(a) Ecotoxicology of aquatic unicellular organisms , (b) Microbiological enzyme activities , (c) Biotransformation ; (2)生物化學小組，由 Dr. Brenner-Weiss 帶領，進行下列研究：(a) Bio-organic mass spectroscopy , (b) Bioresponse-linked instrumental analysis ; (3)微生物/分子生物學小組，由 Dr. Schwartz 帶領，進行下列研究：(a) Molecular biology , (b) Biofilms , (c) Resistance genes , (d) Taxonomic and functional genomics 。

參訪 Institute for Technical Chemistry 底下的 Water Technology and Geotechnology 部門，聽取簡報與參觀相關實驗設備後，接著，考察團一行前往 Institute for Technical Chemistry 底下的 Thermal Waste Treatment 部門（主管： Prof. Dr.-Ing. H. Seifert）參觀一座一般廢棄物焚化模型廠（TAMARA）及一座特殊廢棄物（事業廢棄物）焚化模型廠（THERESA）。TAMARA 係屬傾斜式機械爐床（見照片十），長 3.2m，寬 0.8m，傾斜度 8°，處理能力 150-300Kg/h，基本上，TAMARA 主要組成為(1)燃燒爐，(2)鍋爐（可產生 0.5MW 熱能），(3)預冷器（調整煙道氣至 180°C 左右），(4)袋濾式集塵器（有 36 個鐵氟龍濾袋，每個有效面積 40m<sup>2</sup>），(5)濕式洗滌系統（包括一個陶瓷冷卻器及兩個文氏洗滌器，去除 Hg 的洗滌液 pH<1，去除 SO<sub>2</sub>的洗滌液 pH=7），(6)吸附槽（截面積 4m<sup>2</sup>，內有 150 mm 厚的褐煤爐床，操作溫度 90°C 左右）。TAMARA 除了煙道氣之監測外，另設有非常完善的操作數據收集系統，可同時監測紀錄約 500 個數據，包括：進料質量、氣體流速、溫度、壓力、pH 值、煙道氣各種氣體濃度……等（見照片十一及照片十二）。至於事業廢棄物焚化模型廠 THERESA，除了廢棄物儲存及進料系統外，主要係由(1) 旋轉窯(長度 4.8m，內徑 1.4m，傾斜度 0.5-3°，轉速 0.1-3rpm，焚化溫度 800~1200°C；燃燒殘渣可以固態或熔融態排出)（見照片十三），(2)後燃燒室(氣體溫度高達 1300°C，停留時間 2.5 秒)，(3)鍋爐（可產生 40bar 及 250°C 的飽和蒸

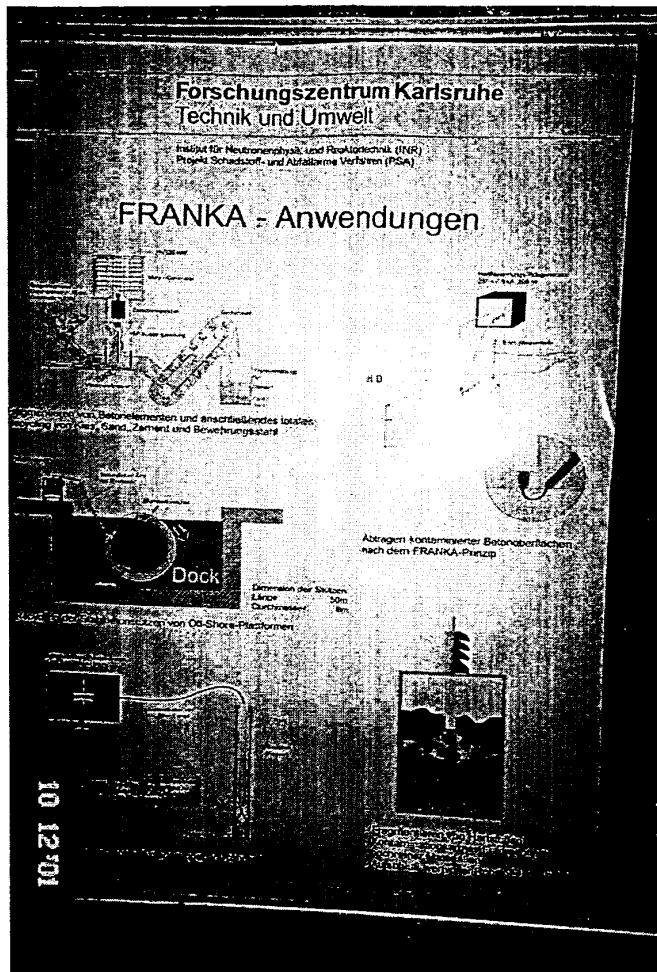
氣壓)，(4)半乾式噴霧洗煙器，(噴入消石灰及活性炭以去除戴奧辛及汞)，(5)袋濾式集塵器，(6)二階段式濕式洗滌系統(第一階段操作在酸性 pH，用以去除氯化氫及殘餘的汞；第二階段操作在中性 pH，用以去除 SO<sub>x</sub>；此二階段的出流水合併收集並調整至中性 pH 後，再送至半乾式噴霧洗煙器)，(7)選擇性觸媒還原去氮氧化物系統(煙道氣加熱至 330°C 後，加入氨水，用以消滅氮氧化物)。THERESA 可被用來進行下列研究：(1) Integrative process streamlining, (2) Component improvement, (3) Advanced design tools, (4) Process control optimization。照片十四顯示焚化熔融殘渣黏在旋轉窯下端出口，造成停機維修，值得注意。



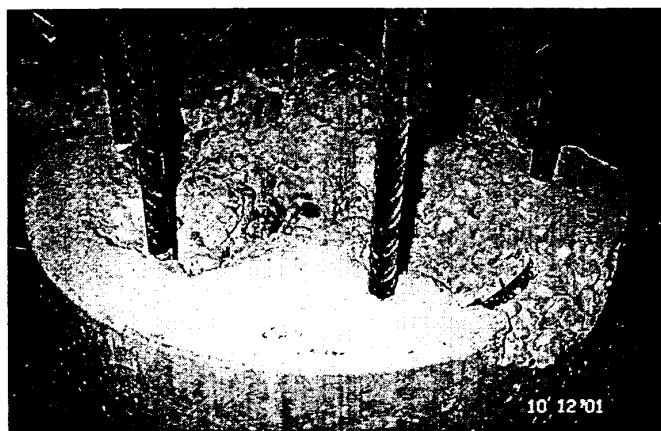
照片五 FZK 磁選小組之磁力分選設備



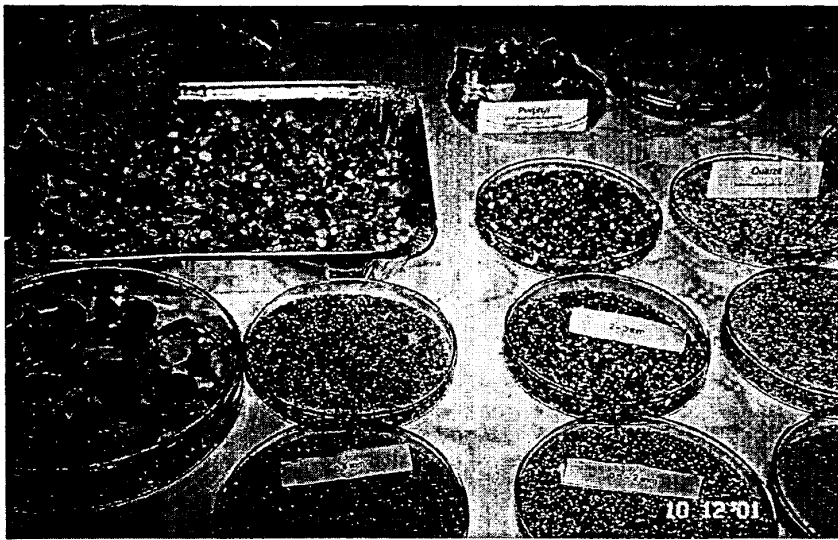
照片六 FZK 的 FRANKA 技術原理說明(一)



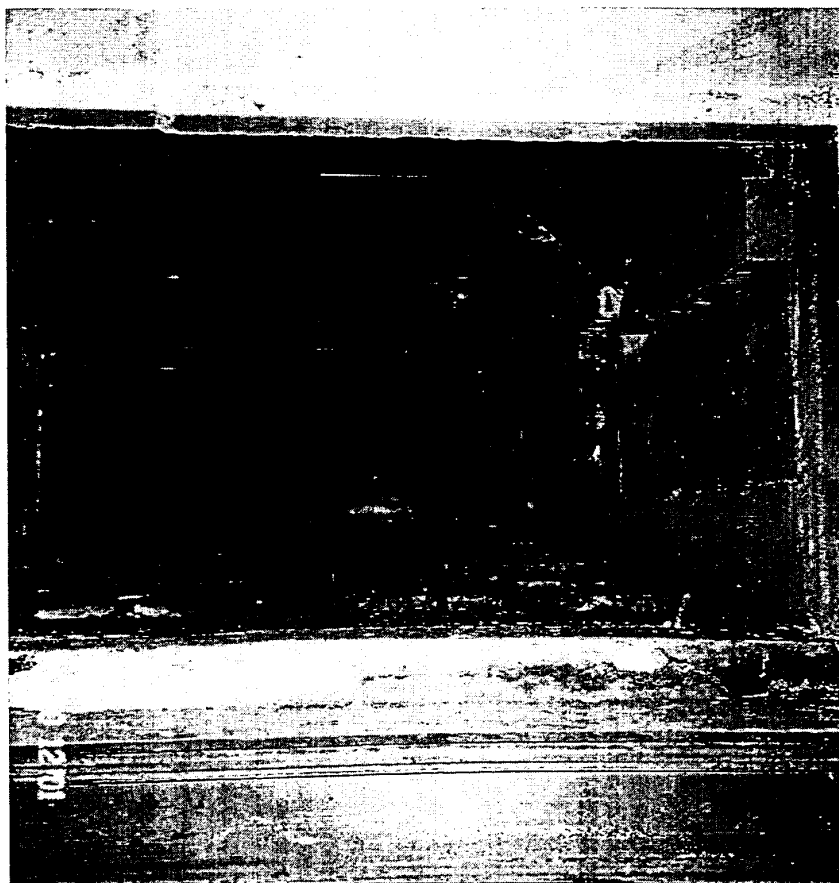
照片七 FZK 的 FRANKA 技術原理說明(二)



照片八 FZK 的 FRANKA 技術處理前之鋼筋混凝土



照片九 FZK 的 FRANKA 技術處理後之鋼筋混凝土組成份

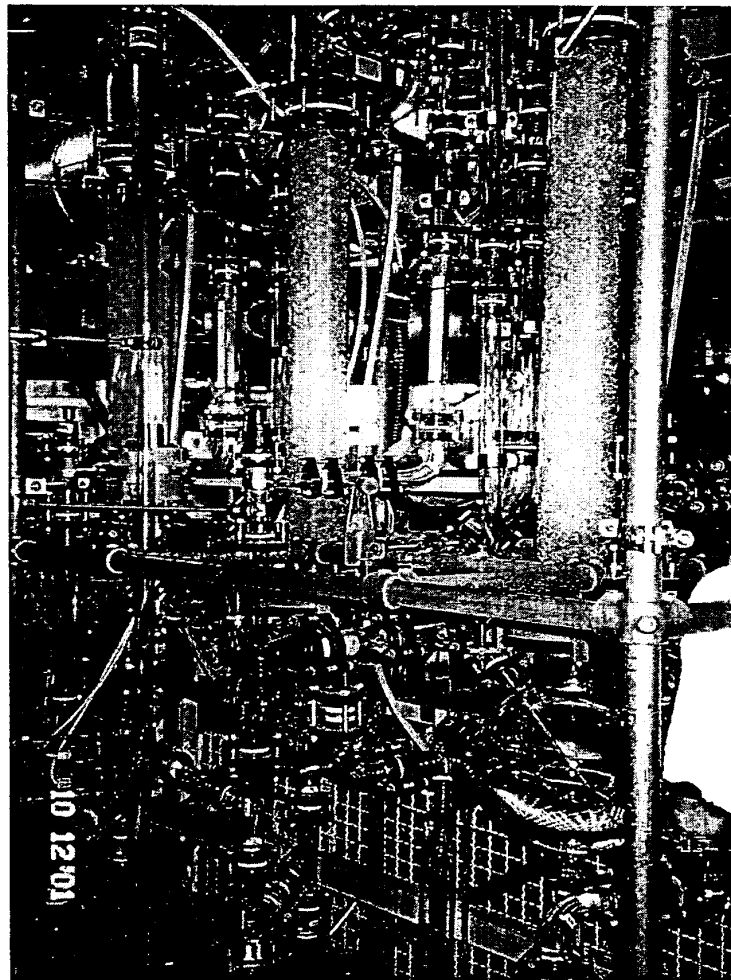


照片十 FZK 的一般廢棄物焚化爐(TAMARA)之傾斜式機械爐床

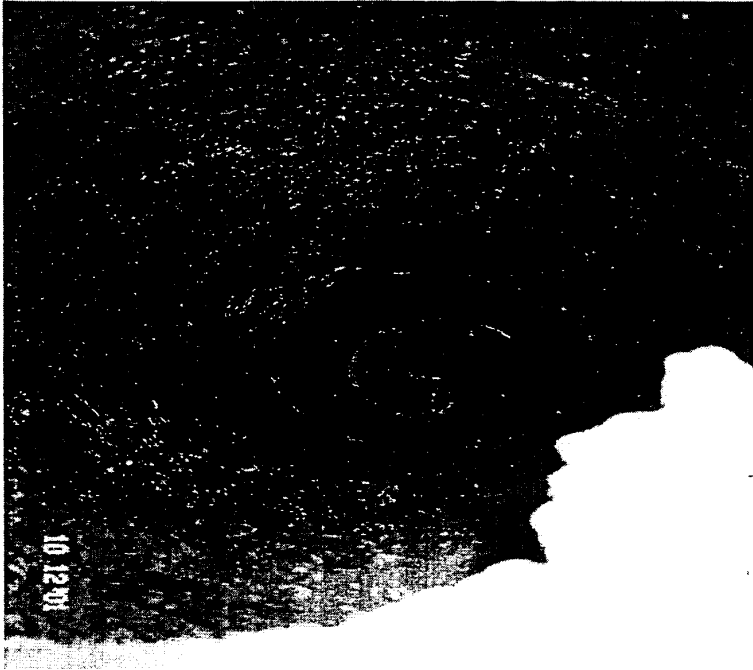




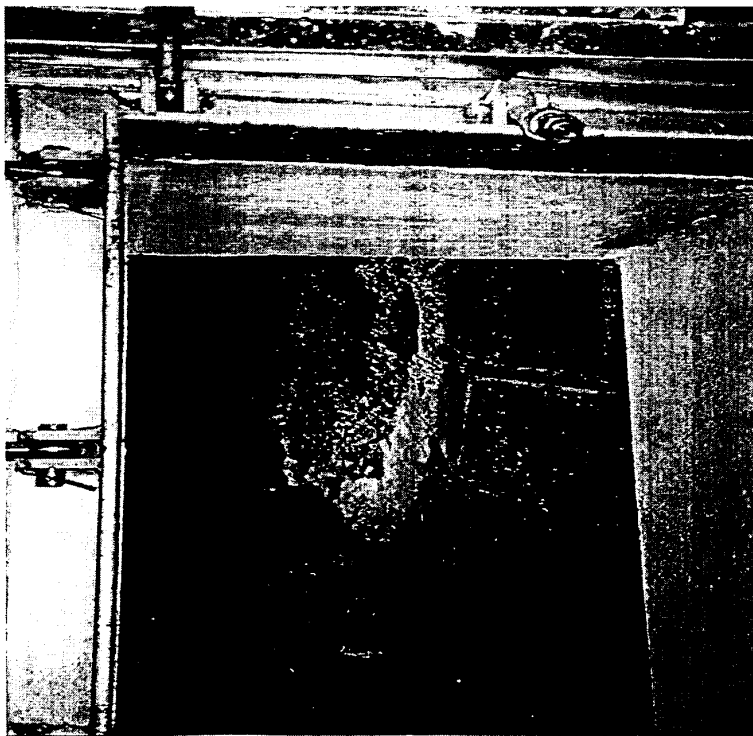
照片十一 FZK 的一般廢棄物焚化爐(TAMARA)之監測設備(一)



照片十二 FZK 的一般廢棄物焚化爐(TAMARA)之監測設備(二)



照片十三 FZK 的事業廢棄物焚化爐(THERESA)之旋轉窯爐



照片十四 FZK 的事業廢棄物焚化爐(THERESA)旋轉窯出口熔渣不當殘留

## 九、國際水協會(IWA) 2001 年國家代表會議

國際水協會(International Water Association, IWA)2001 年國家代表會議(Board Meeting)已於 10 月 11-14 在德國柏林市的 Grand Hyatt Hotel 舉行，11 日全天及 12 日上午為 IWA 國家代表會議，12 日下午及 13 日為科技與技術委員會(STC)及管理與政策委員會(MPC)聯合會議及 IWA 基金會會議，13 日晚上安排在通訊博物館(Museum of communication)舉行 Presidents' Dinner, 14 日全天則為柏林市參觀，包括搭乘德國傳統風味的火車，以及乘觀光遊艇從 Wansee 湖至柏林的市中心 Jannowitz Brücke。15 日至 19 日則為第二屆世界水會議(IWA 2<sup>nd</sup> World Water Congress)。

### (一)、IWA 新任會長及副會長選舉

IWA 目前共有 57 個國家或地區擁有 National members, 受到美國與阿富汗戰爭的影響，這次出席的僅有 37 個會員國，我國由筆者與劉秘書長家堯(代表葉宣顯教授)、謝副總經理啓男出席參加。國家代表會議主席 P. E. Odendaal 首先歡迎各國代表出席此次 IWA Board Meeting，在通過議程與巴黎會議記錄後，第一個重頭戲便是選舉新任的會長及副會長。會長候選人僅有日本 Norihito (Ken) Tambo 教授，很順利的鼓掌通過。副會長有四名候選人，依序為(1)澳洲的 David Garman 博士(也是下屆 Melbourne 大會的主席)，(2)西班牙的 Joan Ras 先生(為西班牙最大水器材公司 AGBAR 的執行長)，(3)英國的 Michael Rouse 博士(為英國水研究中心 WRC 資深研究員)，(4)匈牙利的 Laszlo Somlyody 教授(為 Budapest 大學衛生與環境工程系教授兼主任，也是現任 IWA 副會長)。

副會長的投票，每個會員國僅有一個投票權，採用投票機投票，並分成三輪進行。第一輪可投選兩人，並將得票數最少的先予以淘汰，結果是西班牙的 Joan Ras 先生票數最低。第二輪仍可投選兩人，選出得票數最多的兩人當選副會長，結果是英國的 Michael Rouse 博士與匈牙利的 Laszlo Somlyody 教授當選副會長。第三輪僅可投選一人，票數領先的為第一副會長，結果兩人分獲 17 票，平分秋色，現任會長 P. E. Odendaal 裁示兩人輪流擔任一年的第一副會長，不再進行投票了。

### (二)、2006 年 IWA 世界會議地點選舉

上次巴黎 IWA 國家代表會議曾決定 2006 年 IWA 世界會議地點應在東亞地區，之後計有中國、日本、馬來西亞與越南四國有興趣主辦，但越南隨即退出競選

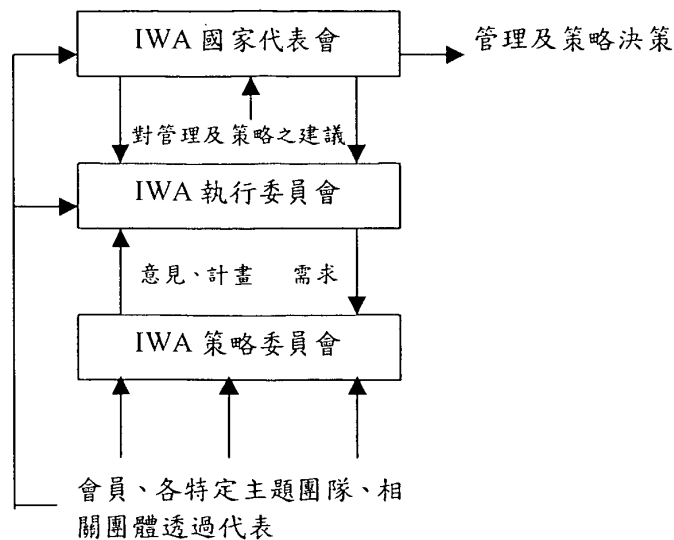
，經 IWA 執行長 T. Milburn 博士分別拜訪有意主辦的北京市、北海道市及吉隆坡市，最後選擇了北京市與北海道市參加最後的決選，兩市也分別提出計畫書與財務計畫。IWA 就兩市爭取 2006 年主辦的條件列出 11 項比較，包括：主辦世界大會的能力、當地可能參加的人員、地點對海外參加者的吸引力、會議中心的容量與設備、簽證需求、住宿條件、技術參觀設施、地點航班之方便性、對 IWA 財務貢獻(約 10 萬英鎊)、執行長實地訪問、費用等。

由於執行長的結論加入了日本曾主辦 3 次 IWA 世界大會(IAWQ1964 及 1990 年大會，1978 年 IWSA 大會)，北京將主辦 2008 年奧運，以及近年來國際的「中國熱」，中國大陸最後以 24 票對 12 票獲得 2006 年 IWA 世界會議之主辦權。

### (三)、策略委員會(Strategic Council)的成立

這次國家代表會議在 IWA 組織結構上做了重大改變，其改革的動機源自於：(1)學會及會員快速成長與發展所需，(2)各特定主題團隊(Specialist Group)審議委員會之建議，(3)執行委員會之仔細考量與背書。執委會先提出策略委員會的目標、角色、成員、任期、功能等構想，經國家代表會議討論，交付 STC 與 MPC 核心小組，在 12 日下午訂出詳細內容與成員遴選辦法，在 10 月 13 日經 STC 及 MPC 聯合會議通過之。

圖一為新的策略委員會與 IWA 國家代表會、IWA 執委會及會員等之關係圖。策略委員會將由 50 個特定主題團隊選出 12 名代表，各相關團體代表 12 名，並再由低收入國家約 5 名所組成。特定主題團隊之委員候選人必須為各特定主題團隊主席(Leader)或由其推薦之人選，候選人先經所有特定主題團隊主席之投票，選出得票最高的 9 名當選為策略委員會委員，審議委員會(Review committee)考量選出者之代表性，再由其餘的候選人中推薦若干名參考名單，最後由執委會決定 12 名委員(包括得票最高的 9 名委員)。



圖一 策略委員會在 IWA 組織之角色

各相關團體(包括研究機構、器材廠商、政府管理人員、顧問公司人員、設備供應廠商、工業界及其他)的代表，候選人應先將資料寄給審議委員會，經審議委員會推薦 15 名或以上名單給執委會，再由執委會決定 12 名策略委員會委員。低收入國家代表主要考量他們沒有錢繳會費，無法成為會員國，但確有需要經國際水協會組織改善其水環境者，因此主要係由 IWA 基金會及執委會經通盤考量後，最多選出 5 名策略委員會委員。

未來策略委員會的任務則為：

- 1 導引策略計畫以提昇各項會議與議程之品質。
- 2 提供執行委員會之意見與建議。
- 3 刺激與提昇各特定主題團隊活動與其之合作。
- 4 刺激與提昇各相關團體新的活動及與 IWA 其他組織之連繫。
- 5 刺激與提昇 IWA 策略議程。
- 6 加強與出版委員會及 IWA 基金會之合作。
- 7 審議政策與各組織文件資料。

策略委員會將於 2002 年元月底前正式完成選舉與聘任，並隨即展開工作。

#### (四)、IWA 新執行委員會成員

此次柏林世界水會議之後，將由日本 Tambo 教授擔任新會長，並組織新的執行委員會，成員包括：

- 1.會長：Ken Tambo
- 2.副會長：Michael Rouse (Melbourne 世界水會議後兼財務長)
- 3.副會長：Laszlo Somlyady (兼 STC 主席，策略委員會成立後兼 SC 主席)
- 4.財務長：Peter Scherer (擔任至 Melbourne 世界水會議止)
- 5.前會長：Piet Odendaal (負責 IWA 組織之整合與發展)
- 6.前會長：Vincent Bath (擔任 IWA 基金會主席)
- 7.世界會議主席：David Garman (Melbourne 世界水會議)
- 8.世界會議主席：Ali Fassi Fihri (Melbourne 後至 Marrakesh 世界水會議)
- 9.Jerry Gilbert：擔任 MPC 主席至 SC 成立止。
- 10.Mogens Henze：擔任出版委員會主席
- 11.執行長：Tony Milburn

#### (五)、IWA 2002 年計畫

IWA 執委會希望 2002 年提出一個較完整的 IWA 五年計畫，包括策略計畫、事業計畫、運作計畫及財務計畫，並每兩年檢討一次。有關策略計畫方面主要有 11 項主要目標及 21 項初步行動方案(Initiatives)：

##### 1.策略計畫目標：

- (1) 提供現有各類會員所需具附加價值之產品與服務。
- (2) 以具附加價值之各項活動吸引「失連會員」。
- (3) 以各項支持活動與初步行動方案提供協會組織與成員之溝通與橋樑。
- (4) 與國家委員會與區域分會合作設立及執行 IWA 議程。
- (5) 持續吸收新會員與培訓領導人。
- (6) 尋求新財源與機構支持以提昇水及環境資源之管理。
- (7) 爭取認同 IWA 為水界最優秀之國際協會。
- (8) 建立協會內最有效率之通訊方法。
- (9) 在 IWA 內部培養能滿足會員個人需求之企業精神與合作環境之文化。

(10) 建立與外部組織、協會有效與適當之合作關係。

(11) 確保協會資源有效率之經營管理。

## 2.初步行動方案：

(1) 建立 IWA 知識網路(knowledge Network)。

(2) 發行會員通訊以加強會員對各項活動之瞭解。

(3) 除雙年會與各特定主題研討會外，每年舉辦一至二次”International Leading Edge”會議，加強新科技在永續與整合城市水管理之應用。

(4) 依事業、管理及研究等之需要，主辦”International Leading Edge”研習會。

(5) 推展與強化青年專家之研究計畫。

(6) 成立 IWA 各獎項計畫。

(7) 發展對會員之專業仲介服務。

(8) 加強 IWA 倫敦總部對現有會員計畫及活動之支持；強化會員 renew 服務以減少失連會員人數，特別是對顧問公司、設備器材廠商及工業界之會員，輔導其成立相關小組推展活動。

(9) 在 IWA 內部成立有關管理與相關同業之會員小組。

(10) 選擇性地增加其他會員部門，特別是一些關鍵部門。

(11) 開始及完整 IWAHQ 策略計畫，包括運用最佳實作計畫於城市水管理，緊急應變計畫，先進國家或發展國家之最佳實作個案等。

(12) 延續 IWA 基金會策略計畫，提供對低收入國家之供水服務。

(13) 加強與相關國際協會與機構之親密夥伴關係。

(14) 探討對協會基金、代表權及與其他組織結盟之支持可能性。

(15) 推動整合性永續議題至 IWA 未來之活動中。

(16) 營造 IWA 家族之個人認同與歸屬感。

(17) 樹立 IWA 專業形象與公共行銷與通訊之管道。

(18) 開拓未來發展與增加 IWA 會員之活動。

(19) 檢討與更新國家委員會與地區分會之角色與責任。

(20) 在倫敦總部建立內部網路系統以加強內在資料管理及通訊之暢通。

(21) 成立國際水器材領導人論壇及年度會議。

#### (六)、會員及會費

IWA 目前有繳 2001 年會費的會員共 5774 個，其中包括國家會員 57 個，團體會員 424 個，個人會員 4900 人，退休人員會員 65 人，學生會員 285 人，名譽會員 43 人。雖然時有降低國家會員與個人會員會費之建議，但 IWA 執委會分析 2002 年之總收入預算 2,123,000 英鎊，其中會費收入為 850,000 英鎊，總支出預算為 2,113,500 英鎊。要壯大協會及發展更多之會務活動與基金會支援計畫，會費收入仍是相當重要的，而且現在對會員的收費，相對地也對會員有許多優待(如表一)，因此反而建議：

1. 團體及個人會員：依 IWA 營運費用及物價之提昇，建議在 2002 年增加 5%。
2. 會員期刊費用：2002 年調整為：
  - (1) Water Science and Technology: 調整 10%(從 65 英鎊提高為 72 英鎊)。
  - (2) Water Science and Technology-Water Supply: 調整 5%(從 85 英鎊提高為 90 英鎊)。
  - (3) Journal of Hydroinformatics: 調整 5%(從 55 英鎊調整為 58 英鎊)。
  - (4) Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA: 調整 33%(從 55 英鎊提高為 73 英鎊，主要是從一年 6 期增加為 8 期)。
  - (5) Water Research: 調整 25%(從 50 英鎊提高為 62.5 英鎊，主要為從一年 12 期增加為 18 期)。
  - (6) 由電子傳送之期刊，除 Water Research 調整為 60 英鎊外，其餘仍維持不變。
3. 國家會員會費：維持不變，但該國若每增一名團體會員，可以減少國家會員會費 250 英鎊。因此，祇要參加 IWA 之團體會員夠多，國家會員會費甚至可降至零。

這項建議案也獲得國家代表會議出席人員之一致通過。



表一、IWA 個人與團體會員之權益

種類	2001 會費 (英鎊)	標準權益			折扣權益			其他期刊權益	
		Water 21	Year book	參與 5 個 特定主題 團隊	期刊及 電子傳 送折扣	IWA 書 籍 25% 折扣	IWA 會 議註冊 費折扣	第一份 電子期刊 50%折扣	一份 IWA 期刊免費
個人會員	32	☞	☞	☞	☞	☞	☞		
學生會員	16	☞	☞	☞	☞	☞	☞	☞	
退休人員	16	☞	☞	☞	☞	☞	☞		
榮譽會員	免費	☞	☞	☞		☞	☞		視需求
團體會員 *	578	10 份	☞	可參加 10 個	☞	☞	☞		除 Water Research 外

\*另有刊登 Water 21 及 Yearbook 廣告之折扣。

#### (七)、榮譽與獎章

國家代表會議此次通過頒發之榮譽與獎章有：

- 1.IWA 青年獎章：Dr. Lin Wang (中國)
- 2.IWA 傑出服務獎章：Prof. Vladimir Novotny (美國)
- 3.IWA 水管理科技傑出貢獻獎：Dr. S. William McCoy (美國)

#### (八)、下次會議時間

下次國家代表會議召開時間為 2002 年 4 月 4-6 日，在 Melbourne 會議(4 月 7-11 日)的前一星期。

#### (九)、結語

此次 IWA 國家代表會議顯示，IWA 新成立的策略委員會將扮演相當重要的角色，同時也希望大幅增加政府管理階層及廠商工業界的個人會員人數，以及團體會員數量，我國應積極考慮推薦適當人選參與策略委員會，並鼓勵自來水與下水道事業單位人員參與成爲 IWA 個人會員，及邀請業界參與成爲團體會員，以繼續壯大我國在 IWA 各項國際會議之聲譽。

#### 十、世界水質年會(10 月 15 日-20 日)

IWA 2<sup>nd</sup> World Water Congress 係國際水協會(International Water Association)二年一屆的國際學術研討會，第一屆在法國巴黎舉行，第二屆(本屆)則于 2001 年 10 月 15-19 日假德國柏林國際會議中心舉行。本屆會議內容分爲八大議題：(1) 整

合性水資源管理 (Integrated Water Resources Management) , (2) 供水管理與效率評估 (Water Services Management and Efficiency) , (3) 配水系統與污水收集系統 (Water Distribution and Sewage Collection Systems) , (4) 給水與污水之消毒 (Water and Wastewater Disinfection) , (5) 自來水處理新型技術 (Drinking Treatment : State of the Art and Advanced Techniques) , (6) 污水處理新型技術 (Wastewater Treatment : State of the Art and Advanced Techniques) , (7) 污泥處理 (Sludge Management and Related Legislation) , (8) 法令標準及監測 (Health Standards and Monitoring) 。

整合性水資源管理討論了集水區經營管理、模式及決策支援系統、污染傳輸及擴散、水資源管理之效率；供水管理與效率評估討論了管理組織之重組、管理效能之提昇、及教育訓練；配水系統與污水收集系統討論了漏水預防與管理、供水系統之重整、下水道系統之重整、配水管網之水質、及室內配水設備；給水與污水之消毒討論了消毒副產物之控制與移除、給水及廢水處理與消毒、及配水管網之消毒；自來水處理新型技術討論了給水與污水中之污染物、自來水中之微粒分離技術、自來水廠之大尺度實驗分析、自來水模廠實驗、及自來水廠薄膜技術；污水處理新型技術討論了微生物與微粒分離、工業廢水物理化學處理、生物脫氮與廢水處理、廢水處理脫氮與脫磷、厭氧處理、營養鹽去除與物理化學處理、廢水處理程序設計、小型廢水處理廠、及經濟分析與永續發展；污泥處理討論了重金屬之去除、回收再利用、及殺菌；法令標準及監測討論了水質監測與緊急應變、生物監測、飲用水之病菌調查、病菌檢驗方法、環境中之病菌。

### 第一議題：整合性水資源管理

由於人口的急速增加，顯現出自然資源的有限，特別是水資源與生活更是息息相關。目前全世界在永續經營 (Sustainable Management) 的目標下，企圖以各種方式監測、控制、模擬以及管理與水相關的各種資訊。事實上，水資源的經營管理涉及許多層面，本研討會此議題包括 1.1 都市排水系統的維護、管制與監測 (Urban Drainage and Diffuse Pollution) ; 1.2 發展各種評估方法 (Assessment Methodologies) ; 1.3 個案研究 (Case Studies) ; 1.4 建立模式與決策系統 (Modelling and Decision Support Systems) ; 1.5 都市排水 (Urban Drainage) ; 1.6 污染源控制 (Diffuse Pollution) ; 1.7 如何達到水的有效利用 (Water Efficiency) ; 1.8 如何利用公眾的力量促進民眾參與 (Leadership and Public Participation) ; 以及 1.9 水的再利用 (Water Reuse) : 將使用過的廢水再生利用於其他非飲用的目標 (如灌溉

等)。

J. Marsalek (Canada)及 B. Chocat (France) 指出目前全世界均面臨城鄉差距愈來愈大，人口集中於都市，都市排水系統與緊鄰城市的集水區管理 (Watershed Management) 對於大眾的生命財產更是關係密切。因此，各國政府皆大力支持各種與水資源相關的研究，如 IWA 曾調查 18 個國家對於都市暴雨的經營 (Survey of Urban Stormwater Management, 簡稱 SWM)，並將整理為都市暴雨經營報告書。H. Bode (Germany) 以德國為例，利用水庫動態操作、都市暴雨經營、污染控制以及預警系統，探討先進的溪流管理政策的重要性。

在評估方法方面，I. Zimoch (Poland) 應用 RAEP 模式評估優養化對水庫供水系統的影響；G. Pyke (USA) 以集水區處理模式 (Watershed Treatment Model, 簡稱 WTM) 以及 Water Treatment Plant Model (簡稱 WTP) 評估集水區中點源與非點源污染，並以成本效益分析最佳管理作業 (BMPs) 的效能，發現土地利用變遷確實會影響水對污染源的負荷量，而流域面積與 WTP 的大小決定 BMPs 的效能。此外，F. Haakh (Germany) 認為要永續經營水資源，則應解決各種水的需求、農業與生態間各種衝突，要解決這些衝突則需對土地利用重新規劃。而 Haakh 亦以多瑙河保護區的規劃為例，評估土地利用重分配的發展，並探討各種方案包括如何減少硝酸鹽類與降低土地利用密度等。

最後，水資源的經營管理不應僅止於專家模式的建立，亦應重視社會上各種公共團體所建構的制度，包括正式的 (formal) 立法機構、司法機構與行政機構等，以及非正式的 (informal) 層面，如文化、宗教與種族特點等。隨著快速的都市化、經濟自由化以及其他的轉變，導致非正式的組織在各種規劃扮演愈來愈重要的角色。O. Varis (Finland) 探討各種非正式組織 (即 NGOs) 利用公眾意識、基層活動以及各種參與方式，在水部門所造成的影響力。P. Garin (France) 以法國南方為例，探討公共事務上，專家評估與公共諮詢如何導入水政策的決定。K. Iwasada (Japan) 以荷蘭與日本為例作比較分析，發現歐洲與日本對生態政策上，以不同的技術但相似的政策取向，達到典範的轉移，其皆將民參與列入永續發展的重要因子。因此，利用公眾意識的提升與民眾參與的力量，對水資源的經營管理將是不容忽視的課題。

## 第二議題：供水管理與效率評估

供水管理與效率評估 (water services management and efficiency) 討論了 (i) 管理組

織之重組(managing for efficiency: featuring international report and performance assessment)、(ii)管理效能之提昇(restructuring water services organizations: including economic and social aspects)、及(iii)教育訓練(human resources development: training and education)。管理組織之重組特別針對自來水廠及污水處理廠基線測試(benchmarking)的原則、方法、程序評估、及方案檢討進行技術性、經濟性、及有效性之探討；並運用各種國際公認之評量指標(performance index)及自動化設備來執行基線測試。在管理效能之提昇方面討論了自來水及污水處理設施在中歐及東歐之民營化衝擊，由經營管理組織之潛力、可塑性、動機、市場機會、及領導者之能力均為評估準則；印度和南非之學者也分別討論了該國之應用實例，其中特別關注之議題為民營化後之公營及民營單位之競合關係，而全球化之引想也列入討論。教育訓練方面特別介紹中歐透過自由化後得到國際間自來水及污水處理技術及知識之轉移，以及小型社區應扮演之角色。

### 第三議題：配水系統與污水收集系統

配水系統與污水收集系統(water distribution and sewerage collection system)討論了(i)漏水預防與管理(water loss management)、(ii)供水系統之重整(rehabilitation of water system)、(iii)下水道系統之重整(rehabilitation of sewer system)、(iv)配水管網之水質(water quality distribution)、及(v)室內配水設備(on-line system)。漏水預防與管理討論了大型配水管網之可靠度分析，主幹管之風險評估，配水管網之診斷及測漏技術，西班牙之學者特別介紹了該國之近程及中長程漏水管理政策，澳大利亞學者則介紹了馬來西亞無收費用水量之減少情形，供水系統之重整討論中德國學者各種重整方案之成本效益分析，以及自來水及污水管網之生 捷克學者則介紹了 SUPSYS 決策支援系統之發展及應用，而英國學者則使用地理資訊系統輔助重整方案技行評估。下水道系統之重整首先由德國學者討論以電腦輔助挑選下水道重整技術，並介紹了該國之超音波流量計之開發及應用；而柏林下水道之重整方案亦受到重視。配水管網之水質中日本學者討論了不鏽鋼管生物結垢與腐蝕之情形，以及各種除購之際術語使用經驗；法國學者介紹了該國之介紹了該國之可用於偵測配水管網生物結垢之紅外線偵測器(Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared (ATR/FT-IR) spectroscopy)；澳大利亞學者則介紹了氯在銅製配水管網中結垢與腐蝕之影響；並對生物結垢之情形提各種比較基準。室內配水設備的討論中墨西哥之學者首先小型社區之自來水廠(floc blanket clarification plant)之運轉效率，水表之結垢與家用水塔之清潔問題也被熱烈討論。

## 第四議題：給水與污水之消毒

### 4.1 淨水及污水消毒技術

計有四篇論文，分別探討：

- ◆ 污水加氯消毒生成 Nitrosamine 之控制機制。(美國)
- ◆ 利用過濾去除水中 Cryptosporidium Parvum。
- ◆ 利用 Multiwave Berson 燈照明抑制微生物生長技術。(荷蘭)
- ◆ 去除活性碳濾床出水中 Nematoda 之方法。(日本)

### 4.2 淨水及污水消毒技術

本節共計八篇論文：

- ◆ 美國中西部三處利用河岸過濾 RBF (River band filtration) 改善水質的研究。(美國)
- ◆ 都市污水處理後加氯消毒之 THM 生成潛能。(希臘)
- ◆ 飲用水中消毒副產物及前驅物質之變化。(中國)
- ◆ 高污染廢水之前加氯技術。(以色列)
- ◆ 河川飲用水源利用 Peracetic 或 Sodium Hypochlorite 消毒生成致癌性消毒副產物之探討。(意大利)
- ◆ 廢水回收之各種高級消毒副產物系統比較。(巴賽隆納)
- ◆ 毒性風險評估在巴黎近郊：從健康觀點探討 Cryptosporidium Parvum 及 Bromate。(法國)
- ◆ 利用 O<sub>3</sub>破壞 Helminth Eggs (Ascaris suum) – 第二階段。(墨西哥)

### 4.3 配水管網內之消毒技術

共計六篇論文：

- ◆ 不藉消毒抑制生物在老舊配水管系統生長之技術。(德國)
- ◆ 藉 DOC 變化探討配水系統中消毒穩定特性。(法國)
- ◆ 就地檢測微生物數量以模擬飲用水配水系統。(丹麥)
- ◆ 配水系統中低餘氯量對細菌數之影響。(德國)
- ◆ 利用 Effluent Quality Manager Program 預估最低加氯量。(加拿大)
- ◆ 評估 Magnetic Ion Exchange (MIEX) 及 ALUM 處理對於消毒副產物及細菌再生長。(澳大利亞)

- ◆ 利用全球策略以改善配水系統生物及化學性特質以 Medellin-Colombia 爲例。  
○ (法國)

## 第五議題：自來水處理新型技術

### 5.1 飲用水中微量污染物去除

本節共有八篇論文：

- ◆ 飲用水及放流污水中有機物之結構性新探討(法國)。
- ◆ 全球性飲用水質提升策略(南非)。
- ◆ 創新性生物膜技術去除 nitrate 及農藥成份(日本)。
- ◆ 水中 carbamazepine:抗拒臭氧處理 algae 衍生之環境毒害(義大利)。
- ◆ 建立系統分析評估飲水處理體系 - 集中物化處理配合地區性薄膜過濾(瑞典)。
- ◆ 利用 UV 及 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>降解製藥廢水(義大利)。
- ◆ 利用活性碳濾床 Sequential 厭氧/好氧程序以生物分解含氮之碳氫化合物(德國)。
- ◆ 利用稀釋 poly (acrylic acid)凝劑及其錯化合物去除水中 Cu (II), Cd (II),Ni (II)及 Pb (II) (法國)。

### 5.2 顆粒分離及飲用水處理

共有八篇論文：

- ◆ 過濾中造成顆粒貫穿特性探討 (英國)
- ◆ 在溶解空氣浮除(DAF)模廠中流動結構及其影響分離 MBBR (Moving Bio-bed Reactor)floc 特性 (瑞典)
- ◆ 探討天然水中懸浮顆粒利用 Fe (III)鹽去除之機制 (德國)
- ◆ 最佳過濾機制中氧化物之角色探討 (美國)
- ◆ 在微酸及中性下，鋁-腐質酸膠羽之去除結構特性 (英國)
- ◆ 利用 polysilicato-Iron 凝劑前之模廠試驗 (日本)
- ◆ 利用 回流式 DAF 去除 Cryptosporidium (美國)
- ◆ 量測水中氣泡粒徑之方法(韓國)

### 5.3 實廠之淨水程序

共計八篇論文：

- 利用薄膜 Micro filtration 實廠處理湖泊中含有 Cryptosporidium 之原水。
- 以百分率方法分析危害 Cryptosporidium 數值 (英國)。
- 實廠操作 ultrafiltration process (法國)。
- 風力驅動逆滲透 (RO)海水淡化廠之實驗 (美國,夏威夷)。
- 以預先覆膜 (Pre-coating)技術改善 ultra filtration 操作 (荷蘭)。
- 利用 Ultra filtration Membrane 技術去除飲用水中 Cryptosporidium (英國)。
- 在偏遠 Scottish 社區利用 Nanofiltration 去除水中色度 (英國)。
- 小用戶鄉村供水永續經營策略 (南非)。

#### 5.4 模廠及小型試驗之飲用水處理技術

本節共有七篇論文：

- 在高濃度粉狀活性炭薄膜生物反應槽中於低溫下進行 Ammonia Oxidation(日本)。
- 利用生物膜前處理以降低 Microfiltration Membrane 之 Fouling 問題(日本)。
- 利用創新離子交換生物薄膜法去除水中 Nitrate(葡萄牙)。
- 在生物活性炭濾床中去除 Perchlorate 之各項操作及水質特性探討(美國)。
- 浸水式薄膜去除水中臭與味之探討(美國)。
- 測定質量經驗特性對於天然有機物(NOM)在不同的 UF(Ultrafiltration)及 NF(Nanofiltration)過濾程序。
- 利用薄膜生物反應槽去除 Methyl 1-tert-butyl ether 之降解(美國)。

#### 5.5 地下水處理

本節共有 8 篇論文：

- 去除含鐵淨水廠中覆蓋砂之特性(荷蘭)。
- 利用連續培養實驗探討 Ethanol 在 BTEX 生物分解反應動力特性(美國)。
- 利用 Iron Hydroxides 去除 Arsenic,產生強化腐蝕性鐵鹽(德國)。
- 在 Hollono-Fiber Membrane Biofilm Reactor 中利用 Perchlorate 作為脫硝之探源(美國)。
- 利用 Manipulation 的 Co-Metabolic Processes 改善 MTBE 生物處理的可靠性(美國)。
- 探討以 Cast Iron 降低污染性(美國)。

- 改善 UV 光譜以偵測天然水體中之 Nitrate(日本)。
- 以 Fenton 法同時去除地下水含鐵及微量有機物(荷蘭)。

#### 5.6 砷之去除

本節共有四篇論文：

- 低成本去除飲用水中砷之技術：以 Ferric Chloride 鹽及 Aucm 為例(日本)。
- 以 GEM 程序去除 Arsenic (德國)。
- 地下水以 Granular Ferric Media 去除 Arsenic (德國)。
- 整合評估砷之去除技術(德國)。

#### 5.7 創新薄膜技術

本節共有四篇論文

- 大型模廠處理湖泊原水配合薄膜監控系統(德國)。
- 評估各種薄膜處理技術(UF 及 MF)(加拿大)。
- 新式浸水式薄膜過濾法(加拿大)。
- 以 Air Flush 作為水及空氣配送體系之探討(荷蘭)。

### 第六議題：污水處理新型技術組

- 1.微生物及顆粒分離(Microbiology and particle removal)：包括幾種廢水生物處理反應器之應用與模擬，以及以混凝沈澱或過濾方式去除水中微粒之研究。
- 2.物化處理與工業廢水處理(Physical-chemical treatment and industrial wastewater treatment)：這部分之討論有八篇論文，包括幾種廢水高級氧化處理技術(包括觸媒臭氧化及 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)之應用，以及以吸附或生物方式去除工業廢水中污染物之研究。
- 3.以生物處理方式去除廢水中之養分-程序控制(Biological nutrition removal from wastewater-process control)：這部分之討論有八篇論文，包括以生物處理方式去除廢水中養分之幾種線上監測及程序控制技術之應用，以及生物處理技術最適化之研究。
- 4.以生物處理方式去除廢水中之養分 (Biological nutrition removal from wastewater)：這部分之討論有八篇論文，包括幾種以生物處理方式去除廢水中之養分處理技術(包括懸浮及固定生物膜技術)之應用。



- 5.厭氧處理(Anaerobic treatment)：這部分之討論有四篇論文，包括以厭氧生物處理方式去除廢水中污染物之程序啓動(start up)及最適化研究。
- 6.以物化處理方式去除廢水中之養分及薄膜程序 (Physical and chemical techniques for nutrition removal from wastewater and membrane processes)：這部分之討論有八篇論文，包括幾種薄膜程序在都市及含氮磷廢水處理方面之應用，以及以混凝沈澱或生物方式去除工業廢水中污染物之研究。
- 7.永續性衛生技術(Sustainable sanitation)：這部分之討論有八篇論文，討論之議題較為複雜，包括幾項都市廢水回收再利用處理技術之系統模擬研究及應用案例。
- 8.廢水處理之程序控制(Process control in wastewater treatment)：這部分之討論有八篇論文，包括廢水處理技術之幾種線上監測及程序控制技術之應用，以及處理技術最適化之研究。
- 9.發展中經濟體之相關議題及適切技術(Developing economies - issues and appropriate technologies)：這部分之討論有四篇論文，包括介紹適合發展中經濟體運用之廢水處理技術，以及技術最適化決策之研究。
10. 小型廢水處理廠(Small wastewater treatment plants)：這部分之討論有四篇論文，包括介紹幾座位於不同國家之小型廢水處理廠之設計操作案例。

除了以上之分組論文以口頭方式發表之外，另外還有兩百多篇的論文以海報方式發表，可見有關於廢水新穎及高級處理技術之發展，的確是最近研究的重要方向。由論文發表之議題可以發現廢水處理技術的發展方向，除了新程序開發、模擬及應用(如吸收吸附，薄膜，高級氧化，混凝沈澱等)之外，已經逐漸重視到程序之監測，控制及操作等更實際之議題。而參與研討之人員，除了來自學術界之教授學者外，也有許多來自產業界、工程界之專家，以更務實之角度參與討論。由於國內環境工程教育過去對相關部分之訓練較不足，以致於程序之監控操作等（尤其是程序控制方面），一直是國內環境工程界在設計方面較弱的部分。國外對相關議題之重視，可提供國內學術界及工程界之參考。

## 第七議題：污泥處理

在本研討會中，"污泥處理"議題共有 28 篇論文發表，其中，口頭發表部份為 16 篇(包括一篇 International Report 及一篇 Special Contribution)，壁報發表部份

為 12 篇。以作者的國籍而言，德國作者共發表 7 篇(最多)，韓國作者共發表 3 篇(第二)，英國與瑞典作者各發表 2 篇(第三)，其餘國家的作者包括(香港與台灣)皆僅發表 1 篇論文。大體上，本議題可再細分為二大類：(1)污泥管理、策略及政策，(2)污泥處理程序。其中，屬於第一大類的論文與報告共 8 篇，其餘 20 篇論文大致可歸類為污泥處理及其相關之模式或檢測。

"Sludge Management and Related Legislation" (International Report) 的內容特別著眼於歐盟及部份東歐國家的污泥在農業上的再利用，同時比較部分亞洲國家、美國、南非及澳洲的污泥管理方式，並分別探討相關的立法及未來管理趨勢。"Biosolids Management Drivers"(Special Contribution)則在介紹美國環保法規對於 Biosolids 的管理。若污泥的處置方式是掩埋，則受到 40 CFR Part 258 聯邦法規之管制；若污泥的處理方式為地面棄置、地面利用或焚化，則受到 40 CFR Part 503 聯邦法規之管制。本文主要針對受到受到 40 CFR Part 503 管制的污泥，探討為何臭味與一般民眾的認知會成為非法規面的約束力，且即將據此修法，同時討論可能影響法規遠期修正的一些因子。"Sewage Sludge Perception"一文亦有類似的探討，討論英國下水道污泥的農業上再利用以及民眾對此的認知如何影響相關法規之修正。"Economical and Useful Disposal of Drinking Sludges : A Duty of the New European Legislation"一文則針對飲用水混凝及軟化處理所產生的污泥，說明此類污泥已不再被允許棄置於河川，由於此類污泥之物化特性目前雖可應用於陸地當作肥料及土壤改良劑，但目前歐盟國家的法規已減少此類污泥之陸地應用，本文介紹 EC Directive 目前對此應用方式的修法考量與進度。另有二篇論文介紹如何進行永續污泥管理，包括：(1)區域性地規劃興建中央污泥處理廠，以便回收其中的磷份製成磷酸鹽；(2)污泥經厭氧消化所產生之氣體及焚化所產生之蒸氣可用於蒸氣渦輪發電，部份的電力可作為污泥乾燥用，至於污泥蒸氣冷凝的釋放熱，則用於厭氧消化槽之加熱。

在"污泥處理程序"相關的論文方面，各國的作者亦提出不少新穎的處理方式以及研究新發現。香港科技大學提出，利用核種沉澱法(Nucleated Precipitation Process)可將人工合成的工業廢水中大約一半的六價鉻與銅、鎳、鋅等重金屬共同去除。韓國的作者則發現，利用臭氧前處理下水道污泥，在 5 天內可提高污泥之生物降解率達 2~3 倍以上。德國的作者亦發表利用臭氧處理部份的迴流污泥，模廠試驗結果顯示，可減少污泥量達 20~30%。捷克的作者則介紹實廠利用適熱菌厭氧消化污泥的成果，發現其處理能力及產生之氣體量皆較大，且氣體內之

H<sub>2</sub>S 及其他有害物質亦少。新加坡的作者則發表如何利用工業廢水污泥及海洋底泥製作抗壓強度達 31.0~38.5N/mm<sup>2</sup>的混凝土材料。巴西的作者則發表將原先應用於下水道污泥處理的 Low Temperature Conversion (LTC)程序成功地在實驗室中將含鉻的皮革廢水污泥轉化產製油及煤焦，其中，油佔 30wt%、煤焦佔 50wt%。LTC 程序不但可將污泥體積減至 10%，亦可將原始污泥中之鉻濃度由 49.02mg/L 降至 1.5mg/L(溶出濃度)。葡萄牙作者則發表如何將地下海地區製造橄欖油及酒的殘渣與下水道污泥成功地在加熱式消化槽處理，並將處理過之廢棄物如何應用於農業及森林用地。我國的作者(吳志超教授)則發表明礬污泥的膠凝物破碎試驗結果並提出一相關之數學模式加以描述，在超過特定的膠體強度後，即使污泥受到脫水之剪應力作用，其膠凝物亦不會破碎。西班牙的作者則發表利用自動螢光顯微鏡觀測適熱菌厭氧消化槽中的甲烷菌菌落數並探討其與甲烷產量之關係。韓國的作者則發現，利用加熱與機械的前處理方式較鹼化或超音波前處理方式更可有效提高廢活性污泥在適熱菌好氧消化槽中之降解效率。德國的作者則報導在厭氧過量污泥消化時，活性污泥停留時間對於氣體產量之影響，當污泥停留時間增長時，污泥分解效率及氣體產量將隨之降低。此外，墨西哥作者亦報導工業廢水及都市廢水污泥的熱解(300°C 及 700°C；20 分鐘及 70 分鐘)，合成的油品與 6 號燃料油相當。

綜而言之，上述不論是污泥的管理策略、管制法規、立法/修法方向、處理技術與發現...等皆可作為國內主管機關未來永續污泥管理的借鏡，同時，亦可提供國內相關研究之參考。

## 第八議題：法令標準及監測

本議題共有來自世界各國之論文 126 篇。其中 43 篇為口頭報告 83 篇為壁報論文。本主題下又分：1.水質監測與污染意外 (water quality monitoring and pollution accidents)；2.生物監測與危害性污染物 (biomonitoring and emerging pollutants)；3.飲用水病原菌及微生物監測 (pathogen in drinking water&microbial surveillance)；4.水媒病原菌 (Cryptosporidium)；5. Cryptosporidium 鑑定法及一般微生物學 (Cryptosporidium methods and general microbiology)；6.病原菌在環境中之行為 (pathogen behaviour in the environment) 六個子題。第一子題內容主要提出利用 CEB receptor model 監測遭染整、印刷電路板廢水污染之水體、河川污染診斷系統 (river pollution diagnostic system, RPDs) 進行水體生物監測，risk-modeling 早期預警系統

或 faecal coliform 污染預警系統監測污染物意外事件。第二子題主要討論危害性污染物如 n-Nitrosodimethylamine (NDMA) 含氮廢水中之形成機制、醫療活性物質 (Pharmaceutically active compounds, PhACs) 在廢水中之命運及去除方法、PCB 在底泥中之分解、PAH 在人工細胞膜 Liposome 之吸附及生物累積之評估。第三子題主要討論 Coxsackie B 病毒在飲用水中之感染風險評估、腸內病毒 (enteric viruses), E. coli 157:H7 及 Shiga toxin2 自水中及人體中之分離與特徵鑑定。其中芬蘭的 von Bonsdorff C.H.等人提出利用 Genome-based sensitive detection methods 檢測家庭污水中之腸內病毒及原生動物含量做為衛生風險評估之依據,發現家庭污水中之病毒數目與標準監測細菌指標大腸桿菌菌數或噬菌體數目並無正相關。Giardia 胞囊 Cryptosporidium 卵胞囊 (oocyst) 在十個水樣中僅檢測到一個。第四子題全部討論目前最熱門之水媒病原原生動物 *Cryptosporidium* 之風險性評估危害及去除方法,澳洲 Roser, D 等人曾利用各種方法檢測飲用水及環境水體之 *Cryptosporidium* 及 *Giardia* 之 oocyst 數目發現上述兩種病原原生動物之最高回收率分別為 45 與 66%及 63 與 81%。英國 Cartwright R.與 Cokbourne, J.發現旅館游泳池中之 *Cryptosporidium* 感染途徑係來自游泳者攜帶 *Cryptosporidium* oocyst 感染所致。多位學者亦曾利用過濾法 (filtration) 去除水中之 *Cryptosporidium* 效果佳。美國之 Clancy J.L.等人發現當紫外線在 20mJ.cm<sup>2</sup> 照射水中 *Cryptosporidium parvum* 之 oocyst, 能夠有效抑制其活性。此外澳洲之 Blasdall S.等人曾利用 PCR-PAGE 技術鑑定來自不同地區之 *C. parvum*。第五子題繼續探討 *Cryptosporidium* 及其他水中病原菌利用 recombinant fluorescent 哺乳類動物細胞監測水中毒物質之生物毒性,其靈敏度比傳統之細菌生物感應系統高出 2~50 倍。德國學者 Erbes M.等人曾以免疫毒性測定 (immuno-toxicity test) 評估飲用水中污染物對免疫力不全患者之健康危害性。日本 Goda Y.等人利用 ELISA 技術檢測環境荷爾蒙 17-beta-estradiol, 17-alfa-ethy nylestradiol 等在環境中之含量,其靈敏度可達 50ng/l 之範圍。捷克之 Bogdana Vujic 等人曾利用數學模式調查 DDTs 在水生生態系統中之生物累積及生物顯聚現象。有關污染物及病原菌去除技術論文亦有三十多篇,污染物包括重金屬、農藥、醫療物質等光分解、物理吸附及生物分解等技術、病原菌去除方面包括利用加氯及紫外線照射可顯著去除水中 *Cryptosporidium* 及 oocysts 之存活率。日本學者 Morita S.等人亦發現水中 *Cryptosporidium parvum* 經 1.0mJ/cm<sup>2</sup> 之紫外線及伽瑪射線照射後 (10°C 下), *Cryptosporidium parvum* 對動物之感染機率顯著降低。此外英國的 Nichols R.A.B.等人利用 PCR-RFLP semi-quantitative analysis 檢測飲用

水中低濃度 *Cryptosporidium* 之 oocyst 含量，瑞典學者 Westrell, T. 發現 *Cryptosporidium* 在水中之感染性取決於此原生動物之形狀大小而不是混濁度。英國之 Julia Dilks 發現會引起肺部疾病之 *Legionella* 細菌在空調系統中傳播，若藉由高密度濾網及監測系統，可減低病原菌感染之機率。法國 Lepeuple A.S. 等人原菌之鑑定及去除策略。法國之 Guillot 與 Fontain 利用分子生物技術 Immunomagnetic- separation-PCR 及現場-PCR 技術監測及定量水體中 *Cryptosporidium parvum*，其他各國學者分別利用核酸探針技術(Nucleic acid extraction method)及 PCR 技術監測水中 *Cryptosporidium* 或 ICP protozoan method 監測水中之 *Giardia* 及 *Cryptosporidium*。法國之 Maux 與 Schwartzbrod 利用 RT-PCR 技術測定水中 *Giardia* cyst 之活性。此外，某些學者致力於其他水媒病原菌如 *Aeromonias*, *Acinetobacter*, *Aureobacterium*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Moraxella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Tsukamurella* 及 *Vibrio spp* 及 *Helicobacter pylori* 在飲用水中之活性及細胞毒性。第六子題主要討論病原菌在環境中之行爲，德國之 Hagendorf C. 等人曾將家庭污水置於兩種不同型態之人工濕地(artificial wetland)，一個爲垂直流之溫床，另一爲同時具有垂直及水偶流之之溫床，結果發現後者對家庭污水中之病原菌如 *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Yersinia* 及 enteropathogenic *E.doli* 均達 99.999% 之去除率。以色列 Armon, R. 等人進行污水處理後之放流水進行田間施灌，一爲表面施灌，另一爲地下施灌，結果發現在土壤 0~90 公分上層之 *Cryptosporidium* oocysts 約在每直土壤 0~640 個之間。

八十三篇壁報論文中，有十篇論文與 *Cryptosporidium* 在水中之檢測與去除有關，生物毒性監測技術方面亦有十二篇，包括利用 Random Amplified Polymorphic DNA technique (RAPD) *Escherichia coli* 菌株，將該菌之 DNA 片藉由 PCR 放大技術即可明確鑑該菌株。Lepeuple 氏比較利用直接螢光標誌技術 (direct fluorescent labeling technique) 及雷射掃描(laser scanning) 檢測及定量水中之細菌(包括大腸桿菌)，遠比傳統之 Coliform test, R2A plate method 及 CTC staining method 來得迅速又精確。

綜合上述論文內容，今年 IWA 研討會中第八議題項目下主要探討水媒病原菌 (尤其 *Cryptosporidium*) 在環境中之存活、感染，監測及去除策略，同時藉由最新之生物科技如 DNA 核酸探針、PCR 聚合鏈鎖反應，EILSA 等技術進行環境生物監測及生物毒性評估，對飲用水中毒性物質及病原菌發揮預警作用及維護人類健康與安全上貢獻匪淺。

系統識別號:C09006509

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 37 含附件: 否

報告名稱:

赴德考察環境工程研究及技術發展現況

主辦機關:

行政院國家科學委員會

聯絡人/電話:

/

出國人員:

程弘 行政院國家科學委員會 工程處 副研究員

出國類別: 考察

出國地區: 德國

出國期間: 民國 90 年 10 月 09 日 - 民國 90 年 10 月 21 日

報告日期: 民國 90 年 12 月 18 日

分類號/目: G14/環境工程 G14/環境工程

關鍵詞: 環境工程

內容摘要: 本次組團赴德考察環境工程研究及技術發展現況，及出席2001 IWA World Water Congress，其主要目的在於了解德國在政府部門、研究單位及學校對環境工程的政策及研究趨勢，作為國科會工程處環工學門未來規劃研究方向之參考，同時希冀可以加強雙邊的研究合作與學術交流。本次參訪日期自九十年十月九日至十月二十一日止，共計十三天，成員包括台大環工所駱尚廉教授、台灣科技大學化工系顧洋教授、成大環工系高銘木教授、東海環科系張鎮南教授、中山環工所楊金鐘教授、成大環工系張乃斌教授、台北科技大學土木系林鎮洋教授及國科會工程處程弘副研究員等八人。本團依行程安排完成考察，不管是在考察項目、出席研討會、抑或是討論內容，均是相當深入，獲益良多。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網