

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

赴歐洲考察環境工程研究及技術發展

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2217-E-038-001-

執行期間：93年03月20日至93年06月19日

執行單位：臺北醫學大學生化學科

計畫主持人：張怡怡

計畫參與人員：黃志彬、蔣本基、李季眉、胡苔莉、程弘

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 94 年 6 月 8 日

93 年度國科會環境工程學門考察報告

93 年度國科會環境工程學門考察團以訪問國際間研究相關水及廢水處理技術之學校為主，本次考察團成員之基本資料如表 1 所列，考察行程如表 2，並且針對考察過程及重要事項以考察順序先後及單位分別加以敘述於後。

表 1 考察團成員之基本資料

姓名	職稱	服務單位	專 長
黃志彬	教授	交通大學環工所	水及廢水污泥之處理及再利用
蔣本基	教授	臺灣大學環工所	自來水、生活廢水與工業廢水之臭氧處理
張怡怡	教授	台北醫學大學醫學系	飲用水中消毒副產物監測與控制
李季眉	教授	中興大學環工系	環境微生物分析及應用
胡苔莉	教授	逢甲大學環工系	環境微生物分析及應用
程 弘	副研究員	國科會工程處	環境工程學領域之研究計畫管理

表 2 考察團行程

日 期	行 程 及 參 訪 單 位
2004/3/28	台北 - 英國倫敦
2004/3/29	Visit The School of Water Science, Cranfield University Cranfield, Bedford, MK43 0AL England T: +44 (0)1234 751122 F: +44 (0)1234 751806
2004/3/30	Visit Dept. of Environmental Engineering University of Surrey
2004/3/31	Visit Dept. of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, SW7 2AZ Tel: (020) 7594 8014
2004/4/1	英國倫敦 - 德國法蘭克福 Visit Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) GmbH Institute for Technical Chemistry Water Technology and Geotechnology
2004/4/2	Center for Water Technology and the German Association of Gas and Water Works, DVGW – Technologiezentrum Wasser, Germany
2004/4/3	德國法蘭克福 - 台北
2004/4/4	抵達台北

一、The School of Water Science, Cranfield University

本團一行六人於第一天赴位於倫敦郊外約 50 KM 處之 Cranfield 大學水科學學院，由學院院長 Prof. Tom Stephenson 親自率 7-8 位院內教授及博士級研究員接待本團，首先由院長 Prof. Tom Stephenson 對該校及水科學學作介紹，他首先提到該校因受到是西歐針對策略上及應用性研究、發展與設計的最大學術研究中心之一，特點是幾乎整個以研究生為中心，由 Cranfield, Silsoe 及 Shrivvenham(科學皇家軍事學院)三個學院所組成。學生人數比例分別為 65 %、10 % 及 22 %。我們所拜訪的 School of Water Science 水科學學院位於 Cranfield 校區，為英國唯一以水科學為主之教學及研究單位，此在世界上亦相當少見，由於本次訪問主題為水環境，故此單位即列入本團首要拜訪之對象。

這些特點的跡象來自工業上支持的工程計畫，顯著的比例都交由學生來進行；在 Cranfield 進行研究他們得到專業上的助力，並且在教學品質評估上達到「優秀」分級，Prof. Stephenson 也強調，他們每年在研究經費上已超越 Imperial College（本團第三天之訪問對象），名列全英首位，其在研究發展上之策略及成果，令我們印象深刻。

至於教學方面，學生一般以小團體教學，以允許與專家學者有較親近的互動。個人與小組性的計畫都是我們研究生工作的重要特徵，產生今日工業上視為需求的轉移技術，並且提供工作經驗於實際工業問題上。將來學生得以進入優秀的機構，其能夠開創目標不只是知識的推進，也有提供產業競爭力條件的研究：例如，於奈米技術上提供新式的潔淨室，新的研究設備於精密機械製造，水科學開發近代全新的研究室以及近期建立的塗層技術中心。

教學活動也包含國際性規模，例如，與歐洲已發展主動連結。這些牽涉到聯合的雙學位課程與法國一些重要的 *écoles* 及在西班牙和比利時主導的大學，其與歐洲其他鼓勵年輕研究員進入 Cranfield 申請學位的大學作連結。

未來雙邊合作之可行作法包括：

- (一) 資深及資淺學者的休假 (3-12 個月)。
- (二) 主要學生 (clevening schoolship)。
- (三) 論文計畫配置在台灣 (4 個月)。
- (四) 聯合研究。
- (五) 國際會議或研討會。

二、Surrey 大學環境健康工程中心(Center for Environmental Health Engineering, CEHE)

英國 Surrey 大學位於距倫敦中心西南方 30 哩的 Guildford 鎮上，校園風景優美，其中的環境健康工程中心(以下簡稱 CEHE)是世界衛生組織(WHO)指定的水質和人類健康保護的中心 (Center for the protection of water quality and human health) 在教學方面此中心有水與環境工程的 MSc、PG Diploma 及 PhD 的學程；在研究方面此中心透過世界衛生組織、泛美健康組織

(the Pan-American Health Organization , PAHO) 及其在秘魯的區域性衛生工程研究中心 (CEPIS-PAHO)) 及救濟組織 (如 OXFAM, MSF)，支持協助至少 45 個國家的研究、諮詢及訓練計畫。此外與英國及歐洲自來水事業單位維持強的研究及發展接觸。CEHE 中心主任 Professor Barry Lloyd 親自為我們介紹該中心的主題 (Themes)、目標 (Objectives)、工作項目 (ctivities) 及有關水方面的研究方向(Research specializations in the water cycle)，分述如下：

(一) 主題：水、健康、環境。

(二) 目標：環境技術及方法的發展、評估及應用以確保永續發展。

(三) 工作項目：研究、MSc, PhD 的訓練、國際性的顧問及發展工作。

(四) 研究方向：

1.水處理(Water Treatment)：

(1) 新混凝劑及消毒劑的發展及應用。

(2) 發展災難時的緊急用水處理系統 (與 OXFAM 合作)：主要採用多階段過濾法及混凝/過濾方法，多階段技術的發展包括：a.問題鑑定 - 找出處理廠的缺失；b.目標 - 符合 WHO 標準；c.模廠設計及操作評估；d.整廠建造及評估；e.複製。

2.廢水處理 (Wastewater Treatment)：

(1) 污泥中之重金屬問題 (如鉛)

(2) 廢水廠的操作評估方法：a.系統選擇；b.事先診斷；c.深入實廠評估；d.結果與分析；e.設計改變及再建造。目前進行的工作包括建造及評估以數學模擬的設計以避免在墨西哥及南英國廢水穩定池(stabilization pond)的不良操作。

3.集水區的監視 (Catchment surveillance):

CEHE 已利用地理資訊系統 (GIS) 遙感探測 (remote sensing) 及生物偵測 (biological monitoring) 完成在加勒比海及南英國的江河流域 (river basin) 的涵蓋多種學科的研究計畫，產生了集水區的監視系統以提供災害鑑定及資源管理的科學基礎。進行的步驟為：(1) 脆弱性分析 (vulnerability analysis)；(2) 土地利用分析；(3) 政策發展。次集水區 (Sub-catchment) 依脆弱性分類為：未分類、低脆弱性、中等脆弱性、高脆弱性、極脆弱性。在極脆弱性的次集水區內放棄引入水。土地利用分析則包括種植香蕉、植物覆蓋、種植其他果樹、造林等等。

4.污染防治 (Pollution control):

包括污染土壤的復育技術，有害廢棄物的固化/穩定技術，處理有問題放流水的先進技術。

5.水體之水力及水質電腦模擬 (Computational hydraulic & water quality modelling of water bodies):

Hydro-1D、Hydro-2D、Hydro-3D 應用於亞洲、非洲、美洲、英國等 30 個以上的國家。以 Hydro-3D 利用實際計算的噬菌體數目與模擬的噬菌體數目校正廢水穩定池的水力停留時間。利用噬菌體的好處是，噬菌體的濃度可以有很大的範圍，若使用染料，則濃度變化只限於小範圍，而且噬菌體不會被吸附。

下半段的節目是由三位博士班學生進行報告 (CEHE-RCPEH Joint Research Seminar)，由 Dr. Jia-Qian Jiang 主持。

(一) Jutta Eggers：地下水的復育 - 多環芳香族化合物 (polynuclear aromatic hydrocarbons, PAH) 及氯乙烯 (Vinyl chloride) 污染。(此為和德國卡斯魯爾市市政府工務局合作計畫)

(二) Sylvain Bertrabd：緊急用水 (Water in Emergencies)

(三) Onesmus Mwabonje：水及廢水處理磷的去除及回收 (Phosphorus Removal and Recovery in Water and Wastewater)

在自然水體及廢水的磷主要以無機磷如 orthophosphate 及 polyphosphate 存在，都市廢水磷含量增加是由家庭及工業廢水兩方面來的，家庭廢水中的磷約有 30 - 50 % 是來自人類的廢物，其餘 50 - 70 % 是來自含磷的清潔劑。肥料工業及商業洗衣系統是工業廢水中磷的主要來源。排放到天然水體的放流水中的大量磷長期以來被認為是引起藻華及優養化作用的原因，在藻類原生質中氮、磷、碳的摩爾比約為 15 : 1 : 105，若其中任何一種元素低於此比值，則會限制藻類生長，如此可以推論少量的磷可引起大量藻類生長，且其去除對於避免優養化作用比氮的去除有效。為達此目的將研究「液態 - 液態離子交換」以及「加強混凝方法 (Calcite,Apetite)」去除及回收磷，由廢水回收磷將使世界磷循環永續利用。

最後中心主任 Prof. Lioyd 及 Dr, Jiang 親切地陪同我們穿過校園步行到火車站，結束一天的參觀訪問。

三、Imperial College (London) (倫敦帝國學院)

位於倫敦市中心的帝國學院 (Imperial College) 成立於 1907 年，與皇家科學院 (Royal College of Science) 市立吉爾德學院 (Guilds College) 及皇家礦物學院 (Royal School of Mines) 合併而成，以科學及技術為主之學校。分別在 1988 年及 1995 年又與聖瑪麗醫學院及國立心肺研究所合併。目前的帝國醫學學院 (ICSM, Imperial College School of Medicine) 位於聖瑪麗及皇家布頓校區，係 1997 年 8 月 1 日與 Charing Cross of Westminster 醫學院及皇家醫學院研究所合併而成；醫學院又再度於 2000 年 8 月與皇家醫學研究所 (Royal Postgraduate Medical School) 及 Kennedy 研究所合併成在 Wye 完整的醫學學院，同時也加入以農學為主的 Wye 學院，以至於有帝國科學、技術及醫學學院 (Imperial College of Science, Technology and Medicine) 為倫敦大學 (University of London) 之一部分，但係獨立自主的學院。最近又合併入企業管理之領域，增加商學院 (Business School)，其實帝國學院已儼然具大學之規模。

該學院中以工程為主的學院，包括航空工程、生物工程、化學工程及科技、土木及環境工程、資訊工程、地球科學及工程、電子及電機工程、材料科學與機械工程等九系，提供大學課程，當然也有提供所謂的研究所的課程與學位。學院主要之研究經費除政府、學校自行編列之研究經費外，就是由業界提

供。此行造訪該學院分別為於兩棟建築物的土木及環境工程學系及化學工程與科技系參與環境研究之教授。

土木及環境工程系教授 Dr. Graham 親自接待，土木及環境工程學系中之環境工程研究（簡稱為 EWRE, Environmental Water Research Engineering），主要進行幾個方向：（一）Water cycle management for new development；（二）Water resource of hydrology；（三）Urban water 主要探討 water supply 及 treatment；（四）Solid waste management。學系之研究經費由業界如自來水公司，近幾年來也逐漸減少。目前該系有關環境研究方向大致為：（一）基礎處理機制（fundamental treatment mechanisms）；（二）新材料（new materials）；（三）新方法程序之開發及評估（process innovations and evaluation）；（四）處理程序之模式建立及模擬（process modeling and simulation）。

Dr. Graham 個人最近幾年完成的研究成果在飲用水處理方面主要探討利用聚合混凝劑之混凝處理，如 polyferric sulfate 及 polyaluminum sulfate 等混凝劑之研究。還有電混凝程序（electrocoagulation process）及臭氧促進混凝與過濾作用（ozone enhanced coagulation-filtration）。英國因多雨，沒有缺水的問題，在自來水處理方面他們認為有機物質是主要去除之因子，而非顆粒性物質。有關電混凝程序中，他們發現在電極上形成氫氣，若能收集 H_2 則也是一種能源再利用之優點。英國雖然沒有缺水的問題，但是其水質極硬，有關自來水水質之研究相當多。

Dr. Graham 在廢水處理研究主要著重於薄膜生物反應器（MBR, membrane bioreactors），開發利用新的薄膜材質設計反應器，以及利用 MBR 處理高濃度之含氮廢水。他設計了一個 MBR 具有 280 天之污泥齡，仍有效地去除廢水之有機物。因 MBR 為一種十分精實的處理方法，可以放在小的空間中，對於地少人稠的英國來說十分具有吸引力。台灣也有類似的背景，有關 MBR 之開發值得繼續探討，因為它不但可解決空間問題，也是一種具高有機負荷之處理方法。有關新材質之開發部份，他找到新薄膜為具有 $12\ \mu\text{m}$ 孔隙大小的材質，而有關膜的型式（type of membrane）與微生物生長之關係尚待研究。除了 MBR 之研究以外，他還探討利用臭氧處理經過處理後之排放水，希望經 O_3 處理過的排放水利用 Microtox 評估其毒性後，可以再利用。

由於此行程是了解歐洲在環境工程與科學方面之發展及可能之合作題目，Dr. Graham 提出與他們可能進行合作的方向為：

(一) 在自來水處理方面：

1. 利用超音波及氧化作用處理原水中的藻類。
2. 慢砂濾之作用機制及模式建立。
3. 顆粒濾床（或材質）去除顆粒之探討及模式建立。
4. 已與美國加州大學合作探討生物活性碳顆粒（GAC）之作用機制。
5. 與香港科技大學合作探討土壤復育中表面活性劑促進 UV 及 O₃ 處理之程序。

(二) 在自來水配水系統方面：有二個研究計畫均已與英國其他大學合作：

1. 配水系統中水質之探討如腐蝕及微生物問題。
2. HAAs 在配水系統中的形成。

英國政府目前也是鼓勵大家一起合作，不但可以資源合併，同時也可以防止研究計畫之重複執行，造成經費之浪費。

化學工程與科技系中拜訪 Dr. David Stuckey，他在廢水處理方面研究處理程序，包括動力學、熱力學、質量傳輸及反應槽中養份之供給及利用分子生物技術探針（16s rRNA）以了解處理槽中之微生物生態。

Dr. Stuckey 主要利用類似 MBR 之處理程序如 Anaerobic Baffled Reactor（ABR）處理各式廢水，包括進料強度（450-30000 mg COD/L）、溫度（35-10℃）、水力負荷，有機負荷之變動，NO₃⁻及 SO₄²⁻之去除，重金屬之去除及在反應器中各種營養階層之生物之探討，同時也利用分生技術探討以 ABR 處理食品添加色素（tartrazine）廢水中族群之變化情形。

除了處理廢水之程序探討外，Dr. Stuckey 也特別由蛋白質化學之角度了解經過生物處理過之廢水中是否有一些溶解性之生物產物（SMP, soluble microbial product）存在，它們是否會造成環境的二次污染，或這些溶解性的微生物產物是否屬於變異劑（mutagens）造成環境問題，Dr. Stuckey 做了一系列之探討，這些問題倒是台灣研究中較沒有接觸的部分。目前該研究室仍持續探討利用 GC-MS 及 MALDI-TOF 方法以分析鑑定在排放水中的有機物如 furans、phthalate 與 naphthalene 等之存在。

該研究室除了探討 ARB 以外，也利用 AMB (Aerated membrane biofilms) 之方式處理石化廢水及染料廢水，係將薄膜反應器從內部供應空氣，讓好氧微生物在薄膜上形成生物膜，調節空氣之流量，使得生物膜由好氧變成無氧最後呈厭氧狀態，這種生物膜對石化廢水之脫氯 (dechlorination) 及芳香族化合物之開環 (ring opening) 作用十分有效。實驗室最近剛整修完，狹小的空間中各種模型有條不紊在進行實驗，目前 Dr. Stuckey 的學生中有三位中國學生均來自台灣，一位剛畢業獲得博士學位，擬去美國工作。一位是由逢甲大學環科系畢業，在交大環工所得碩士後，再以教育部公費之留學生。第三位則是任教於台灣某科技大學的老師，由學校支助至帝國學院進修，三位都是從事環境污染研究，在他鄉相遇備感親切。

此次參訪感覺上英國十分重視程序工程 (process engineering)，雖然不同的系但是研究的核心都是朝小型密實 (compact) 高效能 (high performance) 處理的程序。台灣也是地小人稠之情形，廢水之處理也可以英國為借鏡而朝此方向發展。

四、 Forschungszentrum Karlsruhe and Water Technology Center, Karlsruhe

(一) 德國/Karlsruhe 研究中心簡介：

Karlsruhe 研究中心 (Forschungszentrum Karlsruhe) 為德國國立研究中心協會 (Helmholtz Association of National Research Centers) 之一員，原本的研究經費大都由聯邦政府及地方政府單位補助 (少部分研究經費由工業界提供)，研究成功的技術再移轉給業界，最近政府計畫的執行模式剛剛變動，須經過計畫審查機制 (與我們目前的科專運作機制類似)，該中心認為是一次大變革。Karlsruhe 研究中心研究範圍分為五大領域：Structure of Matter (經費佔 9 %)，Earth and Environment (經費佔 31 %)，Health (經費佔 12 %)，Energy (經費佔 26 %)，and Key Technologies (經費佔 22 %)，總共又分為 23 個研究所 (Institute)。以 2003 年為例，總經費為 361 百萬歐元，其中政府計畫經費為 235 百萬歐元，整個研究中心共有 3584 個研究人員，其中 2299 人為正式員工，675 人為合作計畫 (3rd party fund) 所臨時聘請的人員，542 人為學生及博士後研究員。

在 Earth and Environment 領域中，又分為永續發展與技術（Sustainability and Technology）及大氣與氣候（Atmosphere and Climate）兩大研究計畫，永續發展有五個研究主題：

- 1.protection and processing of water
- 2.carbon management
- 3.energy production from and recycling of waste
- 4.building materials flows
- 5.systems analysis

其中與本研究室最相關的研究主題為水處理，主要是在化學技術研究所（Institute for Technical Chemistry, ITC）中的 Water Technology and Water Chemistry Division 部門中執行，此次主要目的即是拜訪該部門主管 Professor Höll，他同時任教於 University of Karlsruhe。該研究中心由於有多位研究人員同時在附近的 University of Karlsruhe 及 University of Stuttgart 任教，因此有相當多學生在此進行研究工作，同時國際合作單位（如台大環工所）及業界也會派員來此，因此具有產學研整合的功效，相當於結合工研院與學校的功能。Professor Höll 曾應邀至台大環工所教授短期課程，台大環工所也派遣博士班研究生或博士後研究員至該研究中心接受三個月以上的訓練。

目前該部門有三大研究方向：

- 1.Water and sediment management
 - (1) Phosphate recovery by crystallization
 - (2) Sediment remediation（包括加 H_2O_2 、零價鐵粒子、復合鐵粒子進行反應）
 - (3) Sediment capping
- 2.Treatment of recyclable industrial wastewater treatment
 - (1) Filtration of magnetic microparticle
 - (2) Biosorbent and magnetic biosorbent
 - (3) Biocatalysis

這些技術亦可用於胺基酸等生化物質的回收。

3. Drinking water treatment

- (1) Heavy metal removal
- (2) F and As removal
- (3) Magnetic zeolite sorbent
- (4) Magnetic ion exchange (與澳洲 CSI 研究機構合作)
- (5) Magnetic EDI (electrodeionization)

最後一項乃是利用目前已商業化的 EDI 結合該研究所的特長-磁場來提高處理效率，目前剛開始裝置實驗設備中。

(二) Water Technology Center, Karlsruhe 簡介：

Water Technology Center (Technologiezentrum Wasser, TZW) 共有 160 個人員，為德國自來水及天然氣協會 (German Gas and Water Work Association, DVGW) 研究及服務中心。DVGW 成立於 1859 年，為非營利組織，至 2001 年為止，共有 3,000 多個團體會員 (包括政府及民間單位) 及 9,000 多個個人會員。成大環工系林財富教授曾派遣一名博士班研究生來此進行 6 個月左右的實驗，此國際合作也是透過 Karlsruhe 研究中心 Professor Höll 的幫助促成的。

TZW 的服務範圍包括：1.法規及標準之制定；2.測試分析及認證；3.研究與開發；4.人員訓練；5.資訊提供及技術移轉。

TZW 的預算 5 % 來自於 DVGW 之補助，30 % 來自德國政府，DVGW 及歐盟的研究計畫，65 % 來自各自來水公司的合作研究計畫。TZW 共有 7 個部門，其研究內容簡述如下：

1. Technology

- (1) Adsorption
- (2) Disinfection and oxidation
- (3) Membranes
- (4) Particles counting and removal
- (5) Water hardening and softening
- (6) Distribution and water quality

2. Analysis

- (1) Investigation and monitoring of raw water and drinking water
- (2) Pesticides and metabolites
- (3) Pharmaceuticals and endocrine disruptors(環境賀爾蒙)
- (4) Polar organic micropollutant (sulfonate, synthetic complexing agent, MTBE (甲基第三乙基醚) ..)

3. Microbiology

- (1) Microbiological analysis
- (2) Special method for evaluating microbial growth
- (3) Microorganism problem
- (4) Disinfection
- (5) Toxicity test (Microtox, algae, daphnia)

4. Ground water and soil

- (1) Soil testing
- (2) Groundwater treatment
- (3) Groundwater modeling
- (4) Control of groundwater quality
- (5) Demonstration and remediation project

5. Remediation

- (1) Bioremediation
- (2) Determination of biodegradation potential
- (3) Optimization of biodegradation processes
- (4) Rehabilitation of contaminated sites

6. Corrosion

- (1) Corrosion stability of material (pH, calcite saturation, salt concentration, corrosion inhibitors)
- (2) Propagation of microorganisms on material

7. Materials and equipment certification

(三) 研究成果 (代表作)

1. New Type of High Gradient Magnetic Separator for Use in Waste Water Treatment (Matthias Franzreb, Percy Kampeis, Klaus-Peter Juengse and Wolfgang H. Höll)
2. Production of Magnetite-bearing Copper Hydroxide Floccs for Eliminating Copper from Waste Water (Markus Franz, Percy Kampeis, Matthias Franzreb, and Siegfried H. Eberle)
3. Mass Transfer Rates in a Liquid Magnetically Stabilized Fluidized Bed of Magnetic Ion-exchange Particles (R. Hausmann, C. Hoffmann, M. Franzreb and W. H. Höll)
4. Phosphate Removal by High-Gradient Magnetic filtration Using Permanent Magnets (Matthias Franzreb and Wolfgang H. Höll)
5. New Design of High-Gradient Magnetic Separators Using Permanent Magnets (Matthias Franzreb)
6. Liquid-phase Mass Transfer of Magnetic Ion Exchangers in Magnetically Influenced Fluidized Beds (M. Franzreb, R. Hausmann, C. Hoffmann and W. H. Höll)
7. High Gradient Magnetic Separation Versus Expanded Bed Adsorption: A First Principle Comparison (Jürgenn J. Hubbuch, Dennis B. Matthiesen, Timothy J. Hobley and Owen R. T. Thomas)
8. A Novel High-Gradient Magnetic Separatot (HGMS) Design for Biotech Applications (C. Hoffmann, M. Franzreb and W. H. Höll)
9. Magnetic Filters on Duty for Cleaner Metallic Surgaces (Matthias Franzreb, Uwe Habich and Gerhard Resch)
10. A Novel Repulsive-Mode High Gradient Magnetic Separator – I. Design and Experimental Results (Christian Hoffmann and Matthias Franzreb)
11. A Novel Repulsive-Mode High Gradient Magnetic Separator – II. Separation Modwl (Christian Hoffmann and Matthias Franzreb)
12. Liquid-Phase Mass Transfer of Magnetic Ion Exchangers in Magnetically Influenced Fluidized Beds (R. Hausmann, C. Reichert, M. Franzreb, W. H. Höll)
13. Development and Application of Magnetic Micro Ion Exchangers for Heavy Metal Removal By Complexation (Thomas Dahlke, Matthias Franzreb and Wolfgang H. Höll)
14. MIEX Resin Water Treatment Process (Marin Slunjski, Keith Cedee and John Tattersall)

15. Development and Application of Magnetic Micro Sorbents for Removal of Undesirable Ionic Contaminants from Waters (T. Dahlke, S. Holzinger, Y. H. Chen M. Franzreb, W. H. Höll, R. J. Eldridge and H. van Nguyen)
16. Use of a Magnetic Ion Exchange Resin to Improve DBP Precursor Removal and Reduce Coagulant Usage at Lee County's Olga Wtp. (Michael Bourke, Tery Champlin, John Perella, Cory Topham and Jake Blattman)
17. Hydrogen Peroxide as Oxidation agent in Combination with Flocculation in Drinking Water Treatment (Forschungszentrum Karlsruhe)
18. Open Gradient Magnetic Separator for Removal of Heavy Metals from Waste Water Based on a Cryogen Free Superconducting 5 T Magnet (Matthias Franzreb, Klaus-Peter Juengst and Wolfgang H. Höll)
19. Closing of Water Cycles (Wolfgang H. Höll and Martin Jekel)
20. Application of the surface complex formation model to ion exchange equilibria Part V. Adsorption of heavy metal salts onto weakly basic anion exchangers. (Cornelia Stohr, Jurgen Horst and Wolfgang H. Holl)

(四) 未來研究重點 (水研究領域)

1. 發展關閉小型水體循環的方法

(1) 估計和分類個別污染水流，估計再利用污染水體所需純化的程度，並發展整合式管制策略。

(2) 研究消除污染物的健全系統，並估計其成本效益。包含：

- a. vacuum-stripping / "cold" oxidation
- b. selective dehalogenation of organic halogen compounds
- c. combination activated carbon / membrane processes
- d. combination activated carbon / coagulation
- e. combination coagulation / chemical oxidation
- f. precipitation / sorption / membrane processes
- g. sorption / redox processes / bioprocesses
- h. combination of chemical oxidation / biological treatment

(3) 發展分離和轉換有害成分的概念和健全的程序，並估計其成本效益。包含：

- a. chemical and biological oxidation
- b. cold plasma methods
- c. redox processes
- d. pre-elimination of metals
- e. catalytic dehalogenation of organic halogen compounds

2. 消毒再循環用水

(1) 發展以最低有害消毒產品來消毒水體的管制策略。包含：

- a. combination ozone / biological treatment
- b. UV / biological treatment
- c. advanced oxidation processes
- d. electrochemical disinfection

(2) 發展不產生重大環境衝擊的消毒混濁水體的安全系統。包含：

- a. combination oxidation / biological filtration
- b. advanced oxidation processes / filtration
- c. electrochemical disinfection

3. 恢復 / 移除組成物質

(1) 以不同種類污染水體進行實驗，並估計其結果。包含：

- a. precipitation / crystallization
- b. biological P elimination
- c. P-Recovery from sludge and sludge ashes

(2) 以種類和濃度來分類貴重金屬，藉實驗證明選擇有效的移除方法，並估計其成本效益。包含：

- a. organic ion exchange
- b. biosorbents
- c. inorganic sorbents

(3) 分類貴重有機組成，藉實驗測試選擇有效移除和純化的方法，並估計其成本效益。包含：

- a. adsorption onto activated carbon
- b. adsorption onto other carbonaceous sorbents
- c. adsorption onto polymeric and oxide adsorbents

4. 包含表面水的大型水循環：

- (1) 發展針對降低為處理水體消費，估計各種可能性，並發展管制策略。
- (2) 發展收集、處理和使用降雨水的管理系統。

(五) 未來國際合作研究方向

為生產高純度水發展新的科技：

- 1. 發展具有選擇性的吸收劑，來增強 MIX 和薄膜分離的效果。
- 2. 分別以 GC/MS 或 LC/M 和奈米粒子計數器來鑑定和描述微小污染物和奈米粒子。
- 3. 自污染水體中分離特殊 NOMs、重金屬、顆粒、海藻和毒素。
- 4. 發展 HGMS、MIX 和薄膜程序的機制和模式。
- 5. 發展有系統的方法來估計根據實驗室和實場研究所選擇程序的執行成效。

五、結語

此次考察我們訪問了英、德兩國，以在水處理技術研究方面為主之大學系所及研究中心。這兩個國家的學術單位其國際化的程度相當深入及紮實，其在國際間研究人員之交流學習為學術研究提昇之關鍵要素。同時經此次參訪，我們深刻地瞭解到，在整個研究規劃方面，除了研究方法、內容以外，研究題目也應該要有國際視野，例如：磷循環。我們在研究規劃上，始終重視氮之循環，而不重視磷之循環，因此，我們不能等到國外已做了相關研究，研讀國外期刊論文後才發現其重要性，故要在國際間有即時性之直接交流才能立即地掌握國際脈動及最新研究方向。

考察團成員也在行程完成以後，將考察中所得訊息及心得帶回國內各學校及研究機構，並積極規劃各方與國外研究單位作直接聯繫及學術交流，以期望

我們的研究方向及技術均能與各先進國家同步。目前我們也已正與此次訪問單位做密切的聯繫，希望往後能做學術上的直接交流，如和德國 Karlsruhe 研究中心方面聯繫組成國際研究合作團隊。

此次考察成果豐碩！非常感謝國科會提供了相關經費，讓考察團成員能夠以最迅速及直接的方式瞭解了國際間水處理相關的新資訊並提供給國內各學術、研究單位參考，提昇了國內的研究國際化視野。