

壹、前言

台灣地區近年來經濟成長快速，社會結構急驟變化，生活品質要求提昇，加上養殖業及工業蓬勃發展，各標的用水需求激增；由於地表水源開發日益困難，於是取用方便且成本低廉之地下水源遂成為各標的用水競相開發之對象。然而由於缺乏足夠的地下水地質、水文、水質等資訊，地下水之開發利用到目前為止都無法進行有系統之規劃，遑論管理與經營。

台灣本島地下水之主要含水層為未膠結而鬆散之沖積層，包括平原、沿海地區、河谷、台地等地區，其成分以礫石、砂粒、泥質為主。台灣本島總面積三萬平方公里中之一萬平方公里範圍有重要地下水層之分布，所佔比例約達總面積之30%。台灣地區地下水之年補注量約為四十億立方公尺，但年抽水量卻達七十億立方公尺，主要用途依序為養殖用水、農業用水、工業用水及生活用水。每年超抽地下水約三十億立方公尺（超出本省所有水庫之有效容量），是造成地層下陷之主要原因。地下水超抽會導致地層失去支撐力而造成地層下陷，事後之補救工作包括地下水超抽管制及地下水補注等，均只能治標（防止地層持續下陷）而無法治本（無法恢復地層下陷土地）。

由於台灣西南及宜蘭沿海地區因大量超抽地下水之結果，導致

地層下陷嚴重、海水倒灌及土壤鹽化等災害比比皆是，政府遂於七十五年開始重視及整體規劃，並於八十四年由行政院核定「地層下陷防治執行方案」，已於去（八十九）年完成初步成果，後續之執行方案正報院核定中；另於八十五年獲行政院核定通過「台灣地區地下水觀測網整體計畫」，將台灣九個地下水區併同恆春平原及澎湖本島建立完整之地下水水文監測系統，全部工作預計分二期共十七年建立完成。同時於八十五年核定通過「台灣省地下水水質監測站網設置實施計畫」，預計於九十一年底完成全部 4 3 1 口監測井之設置，對於全省區域性地下水水質之監測將有具體之改善成果。

歷年來政府雖對地層下陷防治之工作投入大筆經費，惟目前之執行成效並不理想；為維護國土資源並防止災害持續擴大，整體且有系統之保育利用與經營管理地下水資源，以達成地下水資源之永續利用，應為當前之迫切要務。未來應朝地下水整體規劃利用、地面水與地下水聯合運用、土地整體規劃復育使用、積極輔導用水產業、加強地下水補注及規劃其他替代水源、改善養殖技術、加強地下水管理取締及地下水污染防治等方向繼續努力；同時中央政府應督導與協調地方政府積極辦理，共同推動，才有可能澈底改善地層下陷之防治工作。

貳、行程

6月16日(星期六) 往程 (台灣台北→英國雪菲爾)

6月17日(星期日) 往程 (台灣台北→英國雪菲爾)

6月18日(星期一) 出席 2001年第三屆地下水質國際研討會

6月19日(星期二) 出席 2001年第三屆地下水質國際研討會

6月20日(星期三) 出席 2001年第三屆地下水質國際研討會

6月21日(星期四) 出席 2001年第三屆地下水質國際研討會

6月22日(星期五) 返程 (英國雪菲爾→台灣台北)

6月23日(星期六) 返程 (英國雪菲爾→台灣台北)

參、會議背景

第三屆地下質國際研討會主要係針對地下水質污染之管理進行廣泛且深入之研討，管理部分包括地下水環境與地質、土壤等重建成功與失敗之案例檢討；研發技術部分則包括地下水層之削減、地下水污染防治及土壤與地下水生物降解研究工具之創新技術、分析方法與模式應用等。

地下水管理是目前本局積極推動之施政目標，配合地下水觀測網計畫之建置、水文觀測現代化、地下水質之監測及全國地下水井之調查與管理等施政措施之推動，與世界各國學者專家共同討論與分享地下水管理之經驗與成果，提出解決地下水管理所遭遇之各項困難及因應對策，除可適時宣揚我國之水資源政策外，並可促進國際間水資源之技術合作與交流。

肆、會議紀要

一、In-situ Remediation：Chemical Oxidation and Surface Flushing

當現地土壤遭受污染時，目前的處理對策有二：

1. 表土（地表下 50cm 的土壤）及高濃度污染之地下水必須經處理後才可回填或回灌污染場址，主要考量因素為經濟效應及處理效率的考量。
2. 表土以下部分的土壤則大多利用回灌化學藥劑或利用微生物自然分解污染物的特性，期待藉由時間的累積來換取污染物濃度的降低，本階段由於污染範圍廣，但污染物濃度甚低，故取決於經濟成本為主要考慮範疇。

由於目前土壤的污染可概括為三個領域：

1. 油品污染：性質複雜並容易被土壤吸附住，且污染油品與水很難相溶，這一個特性影響了化學處理或微生物處理的效率，故在處理前，必須利用介面活性劑或乳化劑與油品間的作用，使污染油品變成乳化狀態，容易溶於水中，方可進行化學處理或微生物處理程序。
2. 溶劑污染：目前溶劑污染大多研究含氯溶劑，因為含氯的化學物質毒性較高，以三氯乙烯（TCE）、四氯乙烯

(PCE) 及四氯甲烷的研究最多，因為它們是工業上非常有效的去油污劑及清潔劑，其特性為易揮發性，故在現地處理過程，時常由於開挖導致溶劑由土壤及地下水中溢散到空氣的二次污染問題，故特別需注意其現地處理設施對此部分收集處理的考量，由於含氯溶劑毒性甚高，使用微生物處理程序效率很低，但卻最經濟有效，目前有研究顯示，可將水蒸氣打入污染場址中，將溶劑吹出後收集處理，效果甚佳。

3. 重金屬污染：土壤及地下水污染中最令人頭痛的問題，因為現地處理不易，且隨時間的累積，重金屬比水重的特性，會致使污染物不斷往下滲漏，擴大污染範圍，而無機重金屬會由土壤中微生物的生化反應，轉變成有機型態，有機型態的重金屬毒性為無機型態重金屬的數十到數百倍之多。

Sequential chemical and biological degradation of jet fuel

(利用連續化學及生物處理方式降解噴射機燃料油污染)

飛機燃料油是性質較為單純的油品，故比較容易被處理，本文

應注意的重點在於所使用的處理程序為何？效率是否很高？化學藥劑是否會有殘留問題？化學物質對微生物是否會造成毒性？

Surfactant enhanced aquifer remediation: application of mathematical models in the design and evaluation of a pilot test

(介面活性劑促進水體污染復育：應用數學模式作為實驗模場試驗的設計與評估依據)

Determination of soil oxidant demand for in-situ permanganate flushing: a comparison of three methods (現地土壤氧化劑-高錳酸鹽處理需求量的決定：三個比較方法)

Kinetics of permanganate oxidation of chlorinated thylenes (高錳酸鹽氧化含氯乙烯化合物的動力學探討)

Investigations of surfactant removal of coal tar contaminants from manufactured gas works soil (利用介面活性劑於清理柏油污染土壤之研究)

對於土壤中的有機污染物可藉由強化學氧化劑的化學反應，將有機物氧化成最終產物-二氧化碳排放到空氣中，高錳酸鹽、雙氧水（過氧化氫）零價金屬（如零價鐵、零價鋅等）等藥劑即具備此種特性。

二、Late morning session-生物復育

Strategies for in-situ bioremediation of chlorinated solvent

contamination of groundwater

(受含氯溶劑污染之地下水生物復育策略之探討)

Plume control using bioaugmentation with halo-respiring microorganisms (利用微生物生物擴大效應控制污染範圍)

In-situ treatment of MTBE-contaminated groundwater at two sites in California (加州兩現地處理 MTBE 污染地下水)

The use of electrokinetics as a tool to investigate bioavailability (利用電化學動力學為工具探討生物可利用性)

1. 土壤污染通常涉及的範圍很廣，最好的處理方式即是利用土壤中現存的微生物對有機物進行分解作用，此即是生物復育的精神，但利用微生物處理的速率很低，尤其遇到毒性非常高的污染物（如含氯有機物）和難分解物質（如油品）時，微生物處理的效率更低，此時則必須加入人工工法以加速微生物分解效率，例如在污染現地上添加經馴養的微生物，降低微生物適應毒性物質的時間，並增加微生物對毒性物質的耐受力，或在污染土壤中添加容易分解的有機物，使微生物先利用易分解有機物以累積能量，再去分解難分解有機物。
2. 微生物的分解反應仍脫離不了化學反應基本，即是氧化還原反應，亦是電子供應者與電子接受者間的作用，故利用電化

學角度可以探討電子供應者與電子接受者間的作用，相對的也就可以模擬現地的生化反應是否可以發生。

三、Early afternoon-現地試驗

Polymer mats for reactive/sorptive barrier remediation of diverse contaminants in groundwater(以聚合物編織物為反應/吸收牆填充物整治不同污染特性地下水)

Bimetallic nanoparticles for environmental remediation
(應用雙金屬微顆粒於環境復育)

In-situ chemical oxidation of a chlorinated groundwater plume using the Isotec process(使用 Isotec 程序評估現含氯地下水污染區地化學氧化反應)

Performance assessment of the phased remediation of a former gas manufacturing plant(早期氣體製造廠復育狀態工作評估)

Geochemical effects from in-situ groundwater treatment methods:design considerations

(現地地下水處理方法中的地化效應：設計考慮參數)

1. 目前對於深層地下水污染的整治方式可分為三種：

a. 低污染濃度地下水：由土壤中微生物的自淨作用將地下水

中污染物分解乾淨，但須時較久，必要時需如上述方式，加入人為工法協助微生物加速污染物的分解。

- b. 污染物濃度高但範圍不大：可將地下水抽出後，經水處理程序將污染物處理後，在補助回地下水體中。
- c. 污染物濃度高且範圍大：可在地下水污染範圍的下游處建立整治牆，即是在污染地下水流向的下游處，開挖一個雙面可透水界面的牆面，牆裡填充微生物或化學藥劑，當地下水流過整治牆時，污染物即被牆裡的化學藥劑或微生物所吸附分解，故流出去的地下水則已經變成乾淨的地下水，至於牆裡的化學藥劑或微生物必須時常監測，以的之微生物的活性如何及是否該更換或補充化學藥劑。但地質中的地球化學效應對整體的處理結果會有一定程度的影響，故必須對處理現地的地化效應有所瞭解，並在設計整治牆時加以考慮。

四、Early morning session-土壤特性分析：追蹤劑的分配

Integrating geophysical and tracer test data for accurate solute transport modeling in heterogeneous porous media(利用整體地球物理理論及追蹤實驗資料精準確認溶解污染物在異質多孔介

質中的傳輸模式)

Interpreting tracer data to forecast remedial performance(利用追蹤劑檢測資料作為復育工作預報資料之研究)

Nature gradient partitioning and interfacial tracer tests for NAPL source zone characterization at a former gasification plant
(早期氣體製造廠之 NAPL 污染源地區的自然梯度分配及含水層追蹤實驗)

A new method for quantifying contaminant flux at hazardous waste sites(利用新方法定量有害廢棄物儲存場之污染通量)

A scooping study of the use of artificial colloid to detect extremely low concentration pollutants from groundwaters
(利用人工膠體偵測地下水中微量污染之研究)

1. 現地污染處理評估的第一個步驟即是對污染現地的污染範圍及污染物種類必須先行調查，方能決定採用何種整治策略，故在前置作業的調查落實與否會直接影響後續污染處理的費用及成效。土壤或地下水的污染有一個特性，即是污染會順著地下水流傳輸污染物，所以在偵測地下水流方向及流速方面，目前多採用在地下水中放入高濃度但對自然無害的追蹤劑方式來進行量測，這些追蹤劑可以是高導電度鹽類

(如氯化鉀)及放射性物質(如¹⁵N)等物質。

2. NAPL (non-aqueous phase liquids 非水溶性液體) 例如：汽油、煤油或重油等，其中 NAPL 又可分為 LNAPL (light non-aqueous phase liquids) 和 DNAPL (dense non-aqueous phase liquids)，此類研究之所以複雜，在於土壤-水-空氣三個介面間之質量傳輸現象非常難模擬。另外地質狀況均質性不一的特性，更將物質傳輸過程複雜化。

五、Late morning session-土壤特性分析：生物和水文地質

Spatial variability of rates and electron acceptors for intrinsic and enhanced bioremediation of petroleum hydrocarbons in a sandy aquifer (以空間變化率與電子接受者觀點探討促進生物復育石油碳氫化合物污染之砂質含水層)

Are bioassays useful tools to assess redox processes and biodegradation?

(探討利用生物鑑定工具評估氧化還原和生物分解反應)

生物復育的主角是微生物，而微生物的活潑性直接影響復育的速率，目前的分子生物技術已經可以藉由快速量測微生物體內的某種 DNA 或分解酵素作為判定污染現地土壤理微生物的活性或生長曲線。

Investigation of landfill leachate contamination of groundwater using stable isotopes(利用穩定的同位素於垃圾儲存場滲漏污染地下水的研究)

Hydrogeological characterization and natural attenuation of a LNAPL plume at a tidally influenced site(在潮汐影響地區的水文地質特性及自然稀釋對 LNAPL 污染範圍的影響)

六、Early afternoon session-流動與傳輸模式

DNAPL migration through interbedded clay-sand deposits (DNAPL 在黏土-砂地層間的傳輸)

Solute transport in flow fields influenced by decimeter-scale preferential flow paths: implications for groundwater remediation (流體流動路徑以分米尺度探討流場對溶解誤傳輸的影響：關於地下水復育)

Natural attenuation in heterogeneous aquifers: combined affect of biodegradation and rate-limited mass transfer(不同水體的自然稀釋作用：結合影響生物分解及速率限制的質量傳輸)

Multicomponent reactive transport modeling of nature attenuation at the FourAshes Research site, UK (模擬主要傳輸因子對 FourAshes 地區自然稀釋的影響)

Travel-time based model of bioremediation using circulation well
(模擬利用循環井的生物復育過程)

七、Early morning session- 污染物自然稀釋：程序

Management of groundwater contamination by using natural and engineered bioreactive zone(利用自然與工程生物反應區管理地下水污染之研究)

Attenuation processes in the Vejen landfill leachate plume-a revisit in the field Vejen(掩埋場滲漏區的稀釋程序：現地回顧)

Reactivity of chemical reductants as a function of redox zonation
(化學還原劑在氧化還原帶的作用)

Assessing biotic and abiotic contributions to chlorinated solvent transformation in iron reducing and sulfidogenic environments
(鐵還原與硫酸還原環境評估生物及非生物對含氯溶劑轉換過程的貢獻)

地下水還原環境在水體中部銅化合物的分佈情形，有著不同的還原力，例如還原力而言：錳還原>鐵還原>硫酸還原>硝酸還原>

Natural restoration of heavy metal contaminated soils: The role of interfacial processes(重金屬污染土壤的自然復原：介面反應過

程扮演的角色)

八、Late morning 污染物自然稀釋：未飽和區

Analysis of the impact of subsurface contaminant plumes on stream water quality under nature and managed conditions.

(自然及經人為管理後河川對地下水污染區的衝擊分析)

Role of ionization state in bacterial uptake and soil sorption of agrochemicals(離子化狀態在細菌攝食和土壤吸附農用化學物時所扮演的角色)

Modelling the seasonal variation of bioavailability of residual NPAL in the vadose zone(地下水位線以上地區之季節變化對生物可利用性 NPAL 的模式推導)

Natural attenuation of volatile hydrocarbons in the unsaturated zone and shallow groundwater plume: scenario-specific modeling and laboratory experiments

(非飽和地區和淺層地下水區之揮發性碳氫化合物自然稀釋作用之研究：實驗是實驗和特殊模式發展)

九、Early afternoon 污染物自然稀釋：應用

Natural attenuation applications in Europe

(歐洲自然稀釋應用研究)

Evaluating natural attenuation in a controlled field experiment by mass balances, flux fences and snapshots: a comparison of results

(以質量平衡、通量及照相評估控制區域的自然稀釋作用)

Natural attenuation of pharmaceuticals (藥物的自然稀釋作用)

Four ashes: a microbiological perspective

(以微生物觀點透視四種飛灰)

A microbiology and molecular biology study of the Portadown(N. Ireland) gasworks site

(以微生物及分子生物觀點研究 Portadown 煤氣廠址)

十、Early morning 反應構造物：零價鐵

Long-term performance of granular iron permeable reactive barriers (長期觀測顆粒鐵滲透性整治牆的反應)

A chemical perspective on the design, performance and enhancement of iron walls

(以化學特性分析零價鐵整治牆的設計與反應作用)

Coupled in-situ reactors using FeO and activated carbon for the remediation of complex contaminant mixtures in groundwater

(利用氧化現地利用鐵和活性碳的雙槽反應槽整治地下水中的複雜污染混合物)

Numerical modeling of the simultaneous degradation of TCE and cis-DCE by zero-valent iron

(以數值模式模擬零價鐵降解三氯乙烯和二路乙烯之反應)

SAFIRA? Reactive permeable barrier approach 反應滲透牆

十一、Late morning 反應構造物：生物

Monitored natural attenuation and in-situ reactive barrier approaches for groundwater contaminated by petroleum hydrocarbons(對受石油碳氫化合物污染之地下水的自然稀釋與現地反應結構物的監測調查)

Feasibility study of a “Biological Fence” at an industrial site(NOBIS)(工業區利用生物牆處理污染物的可行性評估)

Removal technique for arsenic from groundwater by utilizing geochemical options? An innovative low cost remediation (利用地化特性去除地下水中砷的技術)

An experimental geochemical barrier at Aznalcollar (Aznalcollar 的實驗性地球化學的整治結構物)

十二、Early afternoon 整體技術研討

Technology integration for contaminated site remediation:cleanup goals and performance criteria

(污染場址整體技術探討:清除目標及作業準則)

RAM:a software tool for probabilistic assessment of the risk to groundwater resources by contaminated land(利用軟體(RAM)對受污染土地地下水資源進行可能性風險評估)

Natural attenuation of actinides in unsaturated/ saturated zones, Los Alamos, New Mexico, US(美國新墨西哥州 Los Alamos 地區飽和及非飽和地區自然稀釋放射性物質之研究)

Time-scale issues in the remediation of pervasively-contaminated ground waters at abandoned mines

(以時間尺度探討早先受污染地下水之整治)

Protecting”Living Water”: involving Western Australian aboriginal communities in the management of groundwater quality issues

(保護生命之水：關於澳大利亞西部原住民部落的地下水水質管理方式) ,

伍、結語

純淨之地下水是大自然最珍貴的資源，地下水資源之優點包括其水質及水量相對較穩定，且取得方便又費用低廉，故早為先民所使用；但地下水並非取之不盡，用之不竭之水資源，如不當超抽利用將導致海水入侵、地層下陷、海堤逐年降低、地下水污染、地質與土壤惡化、河流改道及地面與地下結構沉陷與損壞等諸多不良後遺症，沿海雲彰嘉屏等地區每逢水必淹之夢魘即為其明顯之例。根據統計，台灣地區地層下陷總面積約達一、九〇〇平方公里，相當於七個台北市面積，佔台灣平原總面積一一、〇〇〇平方公里之17%，地層下陷之結果造成國土嚴重流失，影響程度頗大。目前政府雖已將台灣部分地區列為地下水管制區，並訂定管制辦法，嚴格管制地下水超抽，但除了台北盆地之管制較具成效外，其他地區之改善狀況並不理想。

地下水管理要有成效，絕不能僅靠單純之管制取締違法抽用地下水，必須先瞭解地下水超抽形成之原因及管制之難題，通盤考量用水標的事業之存在與發展緣起，及其對水源之需求情形；並全面對於用水事業、土地使用及地下水之抽用等整體檢討其合法與合理性，採取適當配套及管制措施，方能奏效。策略上，地下水之管理應採導禁兼施、知行併進之原則推動；方法上，則應採標本兼治之

方式執行。

(一) 地下水之開發利用應妥善規劃與管理，以免地下水環境日漸惡化

主管機關對於地下水之開發與保育，應詳細調查掌握地下水文資訊，妥為整體規劃開發利用，以供合法使用地下水之遵循。日後對於地下水之管制與違法水井之取締，亦能落實有效，以免助長違法，嚴重破壞地下水環境。

推動土地復育利用示範計畫，澈底推廣改變土地利用型態。

現有水井應進行全面普查，以充分掌握地下水利用現況及分布。

建立地下水觀測站網及監測系統，加速了解並長期追蹤地下水之動態。

劃分地下水可抽用區、不可抽用區、補注區及水質等級、可抽用安全水量等。

統籌規劃工業用水專管供水系統。

訂定地面水與地下水聯合運用原則。

加強研究實施人工補注地下水及其他替代水源。

採取地下水補注區土地保育措施，涵養水源水量，及防

治補注區與抽汲區之水質污染。

繼續排水工程與河海堤加強改善措施，以強化其防洪排水功能。

(二) 用水事業應善加輔導管理

部分用水標的事業之興辦與經營，並未考量水源之供需條件，各目的事業主管機關均應本於權責對各該事業善加管理，不應任令其違法事業經營，不予規範取締，以免危害水土資源之保育與合理使用。

(三) 管制法令不盡周延，應檢討修法

「地下水管制辦法」對於地下水管制區採單向、絕對性之嚴格管制規定，在產業仍未受適當輔導管理而繼續存在下，大部分取水均擅自抽用地下水，反而無法納入有效管制；故宜因應地下水文資訊漸趨完整及區域發展情形等因素，秉持週延、合理、可行、有效之原則，修訂地下水管制等有關法令，方能落實管制成效，避免法令形同具文，無法執行。

(四) 地方執行能力欠佳，應配合增加經費及人力

各縣市政府或直轄市主辦之地下水管制執行工作人員多屬兼辦，人力及經費不足，導致管制執行績效不佳。

(五) 民眾守法觀念不足，宜加強宣導違法抽水危害國土保安之嚴重性，警惕全民共同防範

民眾以個人私利貽害社會公益之不當，致罔顧大眾生命財產安全及國土保安、濫肆抽水，違法鑿井取水極為普遍。

(六) 部分鑿井業協助違法抽水，宜加強鑿井業之管理

鑿井業協助用水人鑿設未經核准興辦之水井，使違法抽水更為猖獗。

(七) 地下水位與水質監測系統應加強配合

可節省地質調查、監測井開鑿、資訊系統規劃、建置及未來之營運管理費用及人力。

(八) 成立合稽查執行小組，查處違法抽水，並予以斷電停抽

由地方政府分別成立「聯合稽查執行小組」落實執行取締違法工作，並應請台電公司在主管機關取締水井時配合斷電，另依電業法有關規定積極取締竊電及違規用電情事。

(九) 徵收地下水水權費

落實使用者付費原則，合理反映成本，並可達以價制量之目的。

陸、建議事項

- 一、 了解學習地下水資源管理及相關科技之最新趨勢，尤其在水質、水量之污染觀測、調查、分析與模式應用等方面，充分交換心得，吸取經驗，促進國際合作與交流，並可作為日後水利施政之借鏡參考。
- 二、 未來應加強水文基本資料之調查、蒐集及觀測現代化與本土化。水文觀測基本資料是一切水利工程規劃設計及河川防洪整治之基礎，唯有良好的觀測儀器、觀測技術方法與研發，才能獲得正確的觀測資料，提供即時、便捷及精確的水文資訊服務；同時還必需配合周全的水文技術規範，才能使各項水利工程規劃設計獲得統合，消除現存因規劃設計不當所造成之災害及經濟損失。
- 三、 地下水污染防治策略
研擬訂定「環境保護基本法」，建立水環境保育制度，各級政府應主動積極採取各種必要措施，落實保護水資源，限制地下水超限利用，地層下陷及海岸侵蝕。
 - 1 . 地下水污染防治法制化
目前「水污染防治法」中尚欠缺地下水污染治之管理等具體相關規範，包括如何預防地下水污染、污染調查、防治設施管理及各標的地下水水質使用標準之公告訂定等，必須加速修訂以水利污染防治工作之推動。至於罰則部分，則應嚴懲重罰，以加強國土保安之必要性。
 - 2 . 預防重於治療，發揮預警作用

地下水除了超抽問題外，更嚴重者為遭受污染之問題。基本上，地下水遭受污染後，並無治療之良方，只有依賴其本身之自淨能力。一般而言，不只短期（三、五年）或長期（三、五十年）可以改善，甚至不知何時會產生鹽化、重金屬及化學病毒等水質污染不利之後遺症，如過去造成台南地區的烏腳病即為一例。故應配合「土壤及地下水污染整治法」，及早訂定地下水污染整治規範，污染處理緊急應變及地下污染管制等相關規定，而實際之作法則包括加強重大污染源之事前管制及稽查、污染源之控制及周延之應變計畫等。

柒、附件：會議議程

| ⊕ | | | | | |
|-------|-------------------------|--|---|---|--|
| 9.00 | Early morning session | In-situ Remediation: Chemical Oxidation and Surfactant Flushing Keynote: Michael Barcelona Keynote: Linda Abriola | Characterisation: Partitioning Tracers Keynote: Alain Dassargues Keynote: Carl Enfield | Natural Attenuation: Processes Keynote: Huub Rijnaarts Keynote: Thomas Christensen | Reactive Barriers: Zero Valent Fe Keynote: Bob Gillham Keynote: Paul Tratnyek |
| 11.30 | Late morning session | In-situ Remediation: Bioremediation Keynote: Perry McCarty | Characterisation: Biological and Hydrogeological Keynote: Patrick Hohener | Natural Attenuation: Unsaturated Zone Keynote: Ed Sudicky | Reactive Barriers: Biological Keynote: Jim Barker |
| 1.00 | Lunch | | | | |
| 2.00 | Early afternoon session | In-situ Remediation: Field Scale Trials Keynote: Greg Davis | Flow and Transport Modelling Keynote: Bernard Kueper Keynote: Chunmiao Zheng | Natural Attenuation: Applications Keynote: Georg Teutsch | Integrated Technologies and Decision Making Keynote: Suresh Rao and Carl Enfield |
| 4.00 | Poster session | ✓ | ✓ | ✓ | ✗ |
| | Evening | Debate | SIREN project launch | Conference dinner | |

Monday 18 June

Early morning session: In-situ Remediation: Chemical Oxidation and Surfactant Flushing

- ❖ **M.Barcelona, G.Xie, *University of Michigan, US***
Sequential chemical and biological degradation of jet fuel
- ❖ **L.Abriola, C.Drummond, L.Lemke, K.Rathfelder, *University of Michigan, US***
Surfactant enhanced aquifer remediation: application of mathematical models in the design and evaluation of a pilot test
- ❖ **G.Hoag, K.Huang, A.Dahmani, *University of Connecticut, US***
Determination of soil oxidant demand for in-situ permanganate flushing: a comparison of three methods
- ❖ **F.Schwartz, Y.Seol, *Ohio State University US*, E.Yan, *Argonne National Laboratory, US***
Kinetics of permanganate oxidation of chlorinated ethylenes
- ❖ **S.Leharne, *University of Greenwich, UK***
Investigations of surfactant facilitated removal of coal tar contaminants from manufactured gas works soils

Late morning session: In-situ Remediation: Bioremediation

- ❖ **P.McCarty, *Stanford University, US***
Strategies for in-situ bioremediation of chlorinated solvent contamination of groundwater
- ❖ **P.Adriaens, M.Barcelona, *University of Michigan*, B.Fathepure, *Oklahoma State University*, R.Hickey, *EFX Systems*, J.Lendvay, *University of San Francisco*, F.Loeffler, *Georgia Tech*, E.Petrovskis, *HIS Geotrans*, J.Tiedje, *Michigan State University, US***
Plume control using bioaugmentation with halorespiring microorganisms
- ❖ **D.Mackay, R.Wilson, M.Einarson, C.Naas, *University of Waterloo, Canada*, K.Scow, A.Smith, D.Gandhi, K.Hristova, B.Watanabe, *University of California US***
In-situ treatment of MTBE-contaminated groundwater at two sites in California
- ❖ **S.Jackman, C.Knowles, *University of Oxford, UK***
The use of electrokinetics as a tool to investigate bioavailability

Early afternoon session: In-situ Remediation: Field Scale Trials

- ❖ **Greg Davis, B.Patterson, *CSIRO, Australia*, A.McKinley, *University of Western Australia***
Polymer mats for reactive/sorptive barrier remediation of diverse contaminants in groundwater

- ❖ **W.Zhang**, *Lehigh University, Pennsylvania, US*
Bimetallic nanoparticles for environmental remediation
- ❖ **R.Greenberg, T.Andrews, P.Kakarla**, *InSitu Oxidative Technologies, US*
In-situ chemical oxidation of a chlorinated groundwater plume using the Isotec process
- ❖ **Butler, H.Wheater**, *Imperial College, UK*, **A.Shields, J.Bell**, *Komex Clarke Bond, UK*, **A.Jones, J.Mason, S.Smith**, *Kings College, London*
Performance assessment of the phased remediation of a former gas manufacturing plant
- ❖ **S.Warner, D.Sorel**, *Geomatrix Consultants, California, US*
Geochemical effects from in-situ groundwater treatment methods: design considerations

Tuesday 19 June

Early morning session: Characterisation: Partitioning Tracers

- ❖ **Dassargues, S.Brouyere, C.Rentier**, *University of Liege, Belgium*
Integrating geophysical and tracer test data for accurate solute transport modelling in heterogeneous porous media
- ❖ **C.Enfield, L.Wood**, *US Environmental Protection Agency*, **M.Brooks, M.Annable**, *University of Florida, US*
Interpreting tracer data to forecast remedial performance
- ❖ **M.Piepenbrink, T.Ptak, P.Grathwohl**, *University of Tuebingen, Germany*
Natural gradient partitioning and interfacial tracer tests for NAPL source zone characterisation at a former gasification plant
- ❖ **K.Hatfield, M.Annable**, *University of Florida, US*, **S.Rao**, *Purdue University, US*
A new method for quantifying contaminant flux at hazardous waste sites
- ❖ **U.Kleinert, K.Stagg, J.Tellam, J.Lloyd**, *University of Birmingham, UK*
A scoping study of the use of artificial colloids to detect extremely low concentration pollutants from groundwaters

Late morning session: Characterisation: Biological and Hydrogeological

- ❖ **P.Hohener, D.Werner, C.Balsiger, G.Pasteris** *EPFL Lausanne, Switzerland*
Occurrence and fate of chlorofluorocarbon plumes in groundwater
- ❖ **H-J.Albrechtsen, P.Pedersen, L.Ludvigsen**, *Technical University of Denmark*

Are bioassays useful tools to assess redox processes and biodegradation?

- ❖ **A.Lancaster, K.Hiscock, P.Dennis**, *University of East Anglia, UK*
Investigation of landfill leachate contamination of groundwater using stable isotopes
- ❖ **L.Hardy, J.Driedger**, *Morrow Environmental Consultants Inc, Canada*, **L.Launen**, *Rutgers University, US*
Hydrogeological characterisation and natural attenuation of a LNAPL plume at a tidally influenced site

Early afternoon session: Flow and Transport Modelling

- ❖ **B.Kueper, D.Reynolds**, *Queens University, Kingston, Ontario, Canada*
DNAPL migration through interbedded clay-sand deposits
- ❖ **C.Zheng**, *University of Alabama, US*, **S.Gorelick**, *Stanford University, US*
Solute transport in flow fields influenced by decimeter-scale preferential flow paths: implications for groundwater remediation
- ❖ **S.Berglund, V.Cvetkovic**, *KTH, Stockholm, Sweden*, **R.Haggerty**, *Oregon State University*
Natural attenuation in heterogeneous aquifers: combined affect of biodegradation and rate-limited mass transfer
- ❖ **U.Mayer**, *The University of British Columbia, Canada*, **S.Benner**, *Stanford University, US*, **E.Frind**, *University of Waterloo, Canada*, **S.Thornton, D.Lerner**, *University of Sheffield, UK*
Multicomponent reactive transport modelling of natural attenuation at the Four Ashes Research site, UK
- ❖ **O.Cirpka**, *Stuttgart University, Germany*, **P.Kitanidis**, *Stanford University, US*
Travel-time based model of bioremediation using circulation wells

Evening Workshop: [launch of SIREN](#), a national site for natural attenuation research

Wednesday 20 June

Early morning session: Natural Attenuation: Processes.

- ❖ **H.Rijnaarts**, *TNO Environment, Energy and Process Innovation, Netherlands*
Management of groundwater contamination by using natural and engineered bioreactive zones
- ❖ **T.Christensen, A.Baun, L.Ask, A.Ledin, P.Bjerg**, *Technical University of Denmark*
Attenuation processes in the Vejen landfill leachate plume ?a revisit in the field
- ❖ **E.Weber, J.Kenneke, L.Hoferkamp**, *US Environmental Protection Agency*
Reactivity of chemical reductants as a function of redox zonation
- ❖ **M.McCormick, K.Skubal, K.Hayes, P.Adriaens**, *University of Michigan, US*
Assessing biotic and abiotic contributions to chlorinated solvent transformation in iron reducing and sulfidogenic environments
- ❖ **N.Nikolaidis**, *University of Connecticut, US*
Natural restoration of heavy metal contaminated soils: the role of interfacial processes

Late morning session: Natural Attenuation: Unsaturated Zone

- ❖ **E.Sudicky, J.Keizer, J.Jones**, *University of Waterloo, Canada*
Analysis of the impact of subsurface contaminant plumes on stream water quality under natural and managed conditions
- ❖ **J. Sims, R.Hultgren, A.Cupples, R.Hudson**, *University of Illinois, US*
Role of ionization state in bacterial uptake and soil sorption of agrochemicals
- ❖ **A.Keller, P.Holden, A.Wilson**, *Bren School of Environmental Science, University of California, US*
Modelling the seasonal variation of bioavailability of residual NAPL in the vadose zone
- ❖ **P.Grathwohl, I.Klenk, U.Maier, S.Reckhorn**, *University of Tuebingen, Germany*
Natural attenuation of volatile hydrocarbons in the unsaturated zone and shallow groundwater plumes: scenario-specific modelling and laboratory experiments

Early afternoon session: Natural Attenuation: Applications

- ❖ **G.Teutsch**, *University of Tuebingen, Germany*
Natural attenuation applications in Europe
- ❖ **J.Devlin, J.Barker**, *University of Waterloo, Canada*, **M.McMaster**, *GeoSyntec Consultants, Guelph, Canada*
Evaluating natural attenuation in a controlled field experiment by mass balances, flux fences and snapshots: a comparison of results
- ❖ **T. Scheytt, M.Leidig, T.Heberer**, *Technical University of Berlin, Germany*
Natural attenuation of pharmaceuticals

- ❖ **R.Pickup**, *Institute of Freshwater Ecology, Windermere, UK*, **S.Thornton, D.Lerner**, *University of Sheffield, UK*
Four Ashes: a microbiological perspective
- ❖ **V.Irvine, M.Larkin**, *QUESTOR, Queens University of Belfast, UK*
A microbiology and molecular biology study of the Portadown (N.Ireland) gasworks site

Thursday 21 June

Early morning session: Reactive Barriers: Zero Valent Fe

- ❖ **R.Gillham**, *University of Waterloo, Canada*
Long-term performance of granular iron permeable reactive barriers
- ❖ **P.Tratnyek**, *Oregon Graduate Institute, US*
A chemical perspective on the design, performance and enhancement of iron walls
- ❖ **R.Koeber, D.Schaefer, M.Ebert, A.Dahmke**, *University of Kiel, Germany*
Coupled in-situ reactors using FeO and activated carbon for the remediation of complex contaminant mixtures in groundwater
- ❖ **D.Schaefer, R.Koeber, M.Ebert, A.Dahmke**, *University of Kiel, Germany*
Numerical modelling of the simultaneous degradation of TCE and *cis*-DCE by zero-valent iron
- ❖ **P.Merkel, H.Weiss, G.Teutsch**, *University of Tuebingen Germany*, **M.Schirmer**, *UFZ Leipzig-Halle, Germany*
SAFIRA ?reactive permeable barrier approach

Late morning session: Reactive Barriers: Biological

- ❖ **J.Barker**, *University of Waterloo, Canada*
Monitored natural attenuation and in-situ reactive barrier approaches for groundwater contaminated by petroleum hydrocarbons
- ❖ **T.Praamstra**, *IWACO, Netherlands*
Feasibility study of a "Biological Fence" at an industrial site (NOBIS)
- ❖ **R.Bhattacharyya, J.Jana, D.Chatterjee**, *University of Kalyani, Bengal, India*, **S.de Dalal**, *River Research Institute, Bengal*, **G.Jacks**, *KTH Stockholm, Sweden*
Removal technique for arsenic from groundwater by utilizing geochemical options ?an innovative low cost remediation

- ❖ **J.Carrera, J.Bolzicco, A.Alcollea, C.Ayora, J.de Pablo**, *Polytechnic University of Catalonia, Barcelona, Spain*
An experimental geochemical barrier at Aznalcollar

Early afternoon session: Integrated Technologies and Decision Making

- ❖ **S.Rao**, *Purdue University, US*, **C.Enfield**, *US Environmental Protection Agency*
Technology integration for contaminated site remediation: cleanup goals and performance criteria
- ❖ **J.Whittaker, K.Stagg, A.Herbert, M.Fermor**, *Environmental Simulations International, UK*
RAM: a software tool for probabilistic assessment of the risk to groundwater resources by contaminated land
- ❖ **P.Longmire, D.Counce**, *Los Alamos National Laboratory, US*
Natural attenuation of actinides in unsaturated/saturated zones, Los Alamos, New Mexico, US
- ❖ **P.Younger**, *University of Newcastle, UK*, **S.Banwart**, *University of Sheffield, UK*
Time-scale issues in the remediation of pervasively-contaminated ground waters at abandoned mines
- ❖ **S. Appleyard**, *Water & Rivers Commission, Australia*, **K.MacIntyre, B.Dobson**, *MacIntyre Dobson & Associates, Australia*
Protecting "Living Water": involving Western Australian aboriginal communities in the management of groundwater quality issues