

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

## 第五屆土壤污染與修復國際會議 (SoilRem 2016)出國報告

研提人單位：台灣電力公司環境保護處

職稱：處長

姓名：蔡顯修

參訪期間：2016年09月23日-27日

報告日期：2016年10月28日

(本報告請檢送1式3份)

## 政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

### 壹、交流活動基本資料

一、活動名稱：第五屆土壤污染與修復國際會議(SoliRem 2016)

二、活動日期：2016 年 9 月 24~26 日

三、主辦（或接待）單位：中國科學院南京土壤研究所

四、報告撰寫人服務單位：台灣電力公司環境保護處

### 貳、活動（會議）重點

一、活動性質

二、活動內容

三、遭遇之問題

四、我方因應方法及效果

五、心得及建議

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請  
備查。

職 蔡處長 顯修

105 年 10 月 28 日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：第五屆土壤污染與修復國際會議(SoilRem 2016)出國報告

頁數 19 含附件：☐是 ☒否

出國計畫主辦機關：環境保護處 / 聯絡人：莊家春 / 電話：23667215

出國人員姓名：蔡顯修 / 服務機關：台電 / 單位：環境保護處 / 職稱：處長 / 電話：02\_23667200

出國類別：☐1 考察 ☐2 進修 ☐3 研究 ☐4 實習 ☒5 其他

出國期間：2016 年 09 月 23 日-27 日

出國地區：中國大陸杭州

報告日期：2016 年 10 月 28 日

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

1. 我國對於土壤與地下水環境污染的管理歷經十幾年的施行時間，相關產業蓬勃發展，污染整治技術與歐美先進國家接軌。
2. 中國大陸為在各地開展場地環境狀況調查、風險評估、修復治理提供技術指導和支援，推進土壤和地下水污染防治法律法規體系建設提供基礎支撐，自2016年5月28日起實施「土壤污染防治行動計畫」(簡稱「土十條」)是為了切實加強土壤污染防治，逐步改善土壤環境品質而制定的法規。
3. 「土十條」預期將帶動引進世界各先進國家優秀之土水產業、整治技術、專業經驗。期藉由參加本次國際會議，了解世界各國專家之成功經驗及最新技術之據以應用於本公司土壤污染整治及預防工作上。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

## 政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

### 壹、交流活動基本資料

一、活動名稱：第五屆土壤污染與修復國際會議(SoliRem 2016)

二、活動日期：2016年9月24~26日

三、主辦（或接待）單位：中國科學院南京土壤研究所

四、報告撰寫人服務單位：台灣電力公司環境保護處

### 貳、活動（會議）重點

#### 一、活動性質

土壤污染已經成為全球性環境問題，如何安全、可持續利用和管理污染土壤已經成為政府、學術界和業界共同關注的熱點話題。土壤污染與修復國際會議創始於2000年，目前已分別在杭州（2000年）、南京（2004和2008年）和煙臺（2012年）成功舉辦了四屆，第五屆土壤污染與修復國際會議於2016年9月24~26日在杭州之江飯店召開。

本屆會議由中國科學院南京土壤研究所承辦，協辦單位包含國際土壤聯合會、浙江大學、中國科學院煙臺海岸帶研究所、北京建工環境修復股份有限公司、日本國立農業環境技術研究所、英國洛桑研究所、韓國江原國立大學韓國生物炭研究中心、環境保護部環境規劃院、中國科學院土壤環境與污染修復重點實驗室、中國科學院海岸帶環境過程與生態修復重點實驗室等單位。

會議主題包含新興污染物的環境行為、污染土壤與場地的生態與人體健康風險評估、土壤與地下水環境基準與標準、污染土壤與場地風險管理、土壤和地下水環境監測與修復相關基礎研究、技術研發以及工程應用、土壤污染物介面過程與污染物生物有效性、農業土壤污染削減修復和農作物安全生產、工

業場地/礦區土壤污染控制與修復、土壤地下水污染檢測或早期預警系統與資訊管理、土壤品質法規政策與土壤修復融資等。本屆會議為科技工作者、工程師、諮詢顧問、政府管理人員、學生等提供了一個交流平臺，展示最新的研究成果，交流有關污染土壤、沉積物、地下水和工業場地可持續利用、管理和修復的最新進展。會議主題包括新興污染物的環境行為、污染土壤和場地的生態與人體健康風險評估、土壤和場地監測與修復相關的基礎研究、技術研發和現場應用等。

## 二、活動內容

### (一)會議議程

9月24日

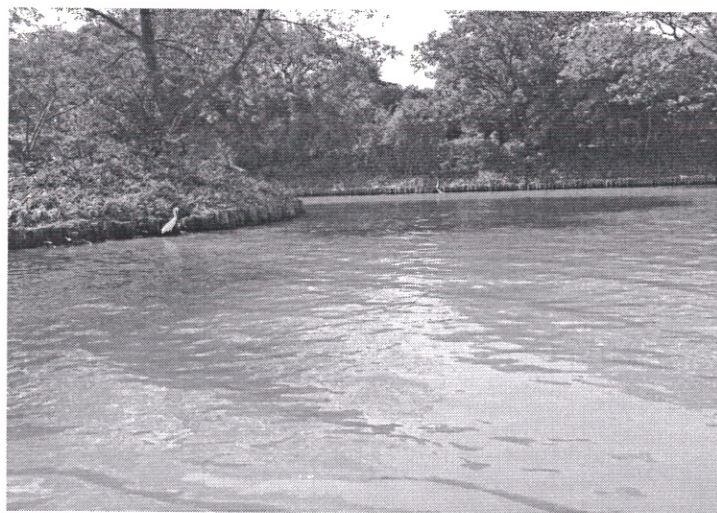
| 時間          | 工作概要                |
|-------------|---------------------|
| 10:00~12:00 | 國際會議代表報到作業及註冊辦理     |
| 14:00~18:00 | 國際會議技術培訓與專業考察(西溪濕地) |

濕地廣泛分佈在世界各地，擁有豐富的野生動植物資源，既是陸地上的天然蓄水庫，又是眾多野生動植物，特別是珍稀水禽的繁殖和越冬地，在蓄洪防旱、調節氣候、控制土壤侵蝕、促淤造陸、降解環境污染等方面起著極其重要的作用。

西溪國家濕地公園又名西溪濕地，位於浙江省杭州市西部，西溪濕地佔地總面積為11.5平方公里，分為東部濕地生態保護培育區、中部濕地生態旅遊休閒區和西部濕地生態景觀復育區。目前開放讓遊客參觀的區域大約有3.5平方公里。西溪濕地中有70%的面積是水域，包含河港、池塘、湖泊與沼澤等地型，其間分佈著分支的小河、魚鱗狀的池塘，擁有豐富的自然生態資源，是集文化濕地、城市濕地與農耕濕地為一體的罕見濕地，故有杭州之肺的美稱。近年來在杭州市政府的整治與保護之下，已形成一個具有生態保護、教育意義、休閒旅遊等功能的國家濕地公園，並於2009年獲得國際濕地公約組織的認可，列入國際重要濕地名錄中。

西溪之重，重在生態，為加強生態保護，在濕地內設置了費家塘、蝦龍灘、朝天暮漾、包家埭和合建港五大生態保護區和生態恢復區。入口處設濕地科普展示館，濕地還包括鄰接濕地的河湖沿岸、沿海區域以及位於濕地內的島嶼，或低潮時水深超過6米的海水水體。

杭州濕地植物園總占地約55公頃，是以西溪富有特色的基塘系統、河流灘渚等生態多樣性中的濕地植物的展示，以及全國範圍內水生、濕生植物的收集、栽培和展覽為主要內容，以休閒遊覽、科研科普教育、水生植物的配植示範和引種繁育為主要功能的濕地植物園。目前共培育濕地植物600多種，其中喬木100餘種，濕生灌木地被近250種，挺水植物150餘種，漂浮植物30餘種，浮葉植物50餘種，沉水植物30餘種。



深潭口環保體驗中心位於公園的深潭口附近，占地面積近3萬平方米，由西溪濕地水質自動監測站、環境空氣品質自動監測站、生態氣象站、水迴圈實驗站、池塘淨化系統實驗站、開放實驗室、標本室、閱覽室等7部分組成。

西溪濕地水質自動監測站主要由自動採水系統、預處理系統和水質參數線上自動檢測系統、資料獲取處理和網路傳輸系統等組成，監測指標包括pH、溶氧、水溫、濁度、電導度、氨氮、高錳酸鉀指數、總有機碳、總氮和總磷。

西溪國家濕地公園內已鑑定的昆蟲標本有480種，分屬於15目、133科、417屬，其中鱗翅目種數最多，其他各目種數依此為鞘翅目、半翅目、蜻蜓目、同翅目、膜翅目、直翅目、雙翅目、等翅目、脈翅目、螳螂目、蜚蠊目、革翅目、竹節蟲目和纓翅目等。西溪國家濕地公園記錄有爬行類3目8科15種西溪濕地共有爬行類3目8科15種，其中黑眉錦蛇屬於浙江省重點保護動物。

#### 9月25日

| 時間          | 議題                | 講者            | 主持人                 |
|-------------|-------------------|---------------|---------------------|
| 09:00~10:00 | 開幕式               | 駱永明研究員        |                     |
| 10:00~10:30 | 中國土壤污染與修復研究進展與展望  | 駱永明研究員        | Lee Newman 教授與陳尊賢教授 |
| 10:30~11:00 | 把生物有效性降低作為修復策略    | Ravi Naidu 教授 |                     |
| 11:00~11:30 | 有機污染土壤緩解與修復       | 朱利中教授         |                     |
| 11:30~12:00 | 中國工業污染場地修復十年回顧與展望 | 高艷麗女士         |                     |

9月25日

|             | 三樓報告廳                           | 201 會議室                                        | 202 會議室                                                  | 301 會議室                              |
|-------------|---------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 時間          | 專題 1: 工業污染場地修復法律法規、政策及市場發展和模式探討 | 專題 2: 修復材料                                     | 專題 3: 土壤污染物的環境行為                                         | 專題 4: 重金屬型態和生物有效性                    |
| 主持人         | 林玉鎖 研究員 & 李書鵬先生                 | 陳夢舫 研究員 & Miroslav Cernik 教授                   | Susan Tandy 博士 & 呂劍 研究員                                  | 崔言山 教授 & 顧雪元 博士                      |
| 13:20-13:30 | 駱永明/開幕式發言                       |                                                |                                                          |                                      |
| 13:30-14:00 | 林玉鎖 研究員 / 中國土壤環境保護 20 年取得的積極進展  | Miroslav Cernik 教授 / 奈米材料在土壤和水體修復中的應用          | Susan Tandy 博士 / 射擊場土壤中的銻--瑞士的一個環境問題                     | 崔言山 教授 / 利用人體腸道微生物進行土壤砷代謝的體外評價       |
| 14:00-14:20 | 孫寧 研究員 / 重金屬污染防治十二五總結與十三五展望     | 陳友媛 博士 / mZVI 顆粒在含鹽地下水中的老化動力學和機制: 氫氣產生和光譜/微觀證據 | Martin Urik 博士 / 生物誘導錳鐵氧化物中銻的流失--自染土壤食腐者的生物轉化對有毒金屬移動性的貢獻 | 顧雪元 博士 / 多表面型態模型在土壤重金屬分配及生物有效性預測中的應用 |
| 14:20-14:40 | 高勝達 先生 / 土壤修復產業的發展趨勢和投融資體系      | Petr Kvapil 博士 / 通過電場增強零價鐵對污染場地的修復             | 呂劍 研究員 / 再生水灌溉下土壤-植物系統中新興污染物的去向                          | 潘云雨 博士 / 多表面模型在土壤微量元素分配及型態分析中的應用     |
| 14:40-15:00 | 黃沈發 先生 / 土壤環境保護在上海快速城市化過程中的探索實踐 | Tomoyuki Makino 研究員 / 不同的鐵材料對土壤中砷的溶出及反應肌理的影響   | 張瑞昌 博士 / 可溶性有機質對高鹽條件下飽和多孔介質中二氧化鈦奈米顆粒遷移的影響                | 朱亮 博士 / 物理化學和微生物對乙醇汽油混合物的影響          |
| 15:00-15:20 | 周在江 先生 / 深化污染場地環境管理助力生態文明建設     | 胡志豪 博士 / 奈米零價鐵對地下水中全氟化合物的還原降解                  | 吳國鐘 博士 / 我們是否可以利用分子模型來模擬石油污染土壤中的老化過程?                    | -                                    |
| 15:20-15:40 | 茶歇 (一樓中廳)                       |                                                |                                                          |                                      |

9月25日

|             | 三樓報告廳                                          | 201 會議室                                                          | 202 會議室                                                | 301 會議室                                               |
|-------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 時間          | 專題 5: 場地調查與<br>風險損害評估及修<br>復標準                 | 專題 6: 基於風險的<br>土地管理                                              | 專題 3(Cont): 土壤<br>污染物的環境行為                             | 專題 7: 海岸帶污染<br>與修復                                    |
| 主持人         | 姜林 研究員 &<br>於方 研究員                             | Tomoyuki Makino<br>研究員 &<br>堯一俊 博士                               | 王芳 研究員 &<br>劉新剛 教授                                     | 黃銘洪 教授 &<br>駱永明 研究員                                   |
| 15:40-16:10 | 郭觀林 研究員 /<br>中國污染場地環境<br>風險管理                  | Tomoyuki Makino<br>研究員 / 日本重<br>金屬污染風險管理                         | 王芳 研究員 / 土<br>壤中多環芳烴的微<br>生物降解過程                       | 黃銘洪 教授 / 香<br>港海岸管理存在的<br>新興問題--持久性<br>的有毒物質          |
| 16:10-16:30 | 姜林 研究員 / 中<br>國棕地健康風險評<br>估方法的進展               | 王國慶 博士 / 利<br>用田間試驗中成對<br>的土壤-水稻數據<br>進行土壤污染風險<br>篩選值推導的初步<br>研究 | 劉新剛 教授 / 活<br>性炭和生物質炭對<br>水和沉積物中自由<br>溶解態農藥濃度的<br>效果評價 | 吳紀華 教授 / 黃<br>河口溼地石油污染<br>對土壤微生物及線<br>蟲群落的影響          |
| 16:30-16:50 | 於方 研究員 / 土<br>壤和地下水污染中<br>的環境損害評估方<br>法        | 宋靜 博士 / 中國<br>農田土壤的環境基<br>準值和標準的推導                               | 沈超峰 博士 / 厭<br>氧稻田土壤中多氯<br>聯苯的生物脫氯                      | 李連禎 博士 / 利<br>用掃描離子選擇電<br>極技術確定濕地植<br>物根表面的金屬離<br>子通量 |
| 16:50-17:10 | 沈東升 教授 / 毒<br>理和浸出試驗在場<br>地風險評估和修復<br>驗收過程中的啟示 | 堯一俊 博士 / 中<br>國蒸氣入侵風險評<br>估: 一種基於模型<br>的策略                       | Lee Newman 博士<br>/ 除草劑中安全劑<br>對玉米鎳吸收和毒<br>性的影響         | 李遠 博士 / 黃河<br>三角洲土壤剖面紅<br>色黏土層的存在對<br>重金屬積累的影響        |
| 17:10-17:30 | 夏天翔 研究員 /<br>中國鋼鐵綜合企業<br>初步場地環境評估              | Paul Nathanail 教<br>授 / 基於社會經<br>濟考量的土壤篩選<br>值制定                 | 劉興華 博士 / 不<br>同土地類型下土壤<br>顆粒態有機質對土<br>霉素的吸附            | 周倩 女士 / 典型<br>濱海溼地土壤和沉<br>積物中的微塑料和<br>汞含量             |
| 17:30-18:20 | 展板 1 (一樓中廳)                                    |                                                                  |                                                        |                                                       |
| 18:30-21:00 | 歡迎晚宴                                           |                                                                  |                                                        |                                                       |

9月26日

|             | 三樓報告廳                                          | 201 會議室                                  | 202 會議室                                              | 301 會議室                                       |
|-------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 時間          | 專題 8：工業污染場地管理與修復(I)                            | 專題 9：有機污染的生物修復                           | 專題 10：生物質炭在土壤修復中的應用                                  | 專題 11：同步輻射裝置的應用                               |
| 主持人         | 張文輝 先生 & Roger Brewer 博士                       | Jason White 教授 & 羅春玲 研究員                 | Yong Sik Ok 教授 & 孫紅文 教授                              | 張麗娟 研究員 & 王玉軍 研究員                             |
| 08:30-09:00 | John Bierschenk 先生 / 原位和桩基熱脫附技術研究進展及其在場地修復中的應用 | Jason White 教授 / 內生真菌在持久性農藥的植物修復過程中產生的作用 | Markus Puschenreiter 博士 / 生物質炭對重金屬的固化作用：兩年的溫室與田間試驗結果 | 張麗娟 研究員 / 掃描透射 X 射線顯微鏡及其在環境科學中的應用             |
| 09:00-09:20 | 吳宗道 先生 / 台灣加油站污染場地土壤和地下水的保護與管理                 | 王紅旗 教授 / 石油煙污染土壤微生物修復跨膜運輸理論與偕同修復技術       | 孫紅文 教授 / 生物質炭在污染農田修復中的應用                             | 王玉軍 研究員 / 土壤鋅的吸附機制:通過 Wien 效應測定和 EXAFS 手段深入研究 |
| 09:20-09:40 | Wan Hyup Kang 博士 / 重金屬土壤淋洗在韓國的應用               | 吳蔓莉 博士 / 中國西北黃土區的石油污染土壤生物修復：影響因素和生物影響    | Yong Sik Ok 教授 / 蔬菜廢棄物和松球生物炭對污染土壤中微生物群落和重金屬固化的影響     | 張麗麗 研究員 / 硬 X 射線的顯微光束線及其在環境科學中的應用             |
| 09:40-10:00 | 李書鵬 先生 / 多技術聯用修復鋼鐵冶煉企業污染場地                     | 蔣建東 教授 / 微生物分解代謝化學除草劑以及除草劑污染場地的生物修復      | 王海龍 教授 / 生物質炭固定土壤污染物                                 | 章海波 博士 / 基於同步輻射的 X 射線分析富含風化鉻礦石土壤中不同粒徑中鉻的形態    |
| 10:00-10:20 | 魏麗 女士 / 阻隔技術在土壤地下水修復中的應用及案例研究                  | 羅春玲 研究員 / 電子垃圾污染土壤的風險評估與植物修復研究           | 唐翔宇 研究員 / 生物質炭在紫色土耕地土壤質量提高和有機污染控制方面的應用               | 李立平 教授 / 污染土壤中的鉛固定以及同步加速器分析                   |
| 10:20-10:40 | 茶歇（一樓中廳）                                       |                                          |                                                      |                                               |

9月26日

|             | 三樓報告廳                                                  | 201 會議室                                          | 202 會議室                                    | 301 會議室                                   |
|-------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 時間          | 專題 8(cont.): 工業污染場地管理與修復(II)                           | 專題 12: 重金屬污染場地的穩定化                               | 專題 13: 重金屬污染農田土壤的穩定化                       | 專題 14: 生態恢復和生物能源                          |
| 主持人         | John Bierschenk 先生 & 斯克誠 博士                            | Michel Mench 教授 & 曹心德 教授                         | 陳尊賢 教授 & 潘响亮 教授                            | Nicholas Dickinson 教授 & N.V.M. Prasad 教授  |
| 10:40-11:10 | 張文輝 先生 / 基於動態平衡基質的土壤/水/空氣環境系統中有機物的現場修復技術研究             | Michel Mench 教授 / 木材保存點銅污染土壤生物炭、堆肥和鐵砂單獨或聯合修復盆栽試驗 | 陳尊賢 教授 / 土壤改良劑和水分管理對台灣污染土壤上水稻體內全量鎘以及砷型態的影響 | Nicholas Dickinson 教授 / 新西蘭山區土壤的農業改良和生態恢復 |
| 11:10-11:30 | 斯克誠 博士 / 極限土壤氣相抽提技術                                    | 曹心德 教授 / 磷酸鹽、碳酸鹽和硅酸鹽對土壤中重金屬的固定: 機制和應用            | Marta Pogrzeba 博士 / 重污染區化學穩定劑的使用來減輕重金屬和砷污染 | N.V.M. Prasad 教授 / 巴西含鈾地區復墾的對策和植物方法       |
| 11:30-11:50 | 涂震江 先生 / 採用整治序列方案修復含氯污染場地案例分析                          | 王濤 先生 / 奈米硫化鐵在固定土壤中六價鉻的應用                        | 潘响亮 教授 / 基於生物礦化的土壤重金屬污染修復                  | 楊如意 教授 / 物種間相互作用在重金屬污染土壤修復中的作用            |
| 11:50-12:10 | 袁松虎 教授 / 一個一直被忽略的貢獻: 由 Fe(II) 氧化所產生的烴基自由基影響地下環境中污染物的轉化 | -                                                | 賀前鋒 博士 / 耕地土壤的修復技術和第三方管理模式介紹               | -                                         |

9月26日

|             | 三樓報告廳                                  | 201 會議室                                          | 202 會議室                                                                           | 301 會議室                                                                                     |
|-------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 時間          | 專題 15：<br>地下水修復                        | 專題 16：<br>土壤淋洗技術                                 | 專題 17：<br>重金屬污染農田<br>土壤的植物修復<br>技術                                                | 專題 18：<br>大型污染場地管理                                                                          |
| 主持人         | 陳有鑑 博士 &<br>馬駿 博士                      | 吳啟堂 教授 &<br>曹海雷 博士                               | 吳龍華 研究員<br>&<br>王建旭 博士                                                            | 侯德義 教授 &<br>Piet Seuntjens 教<br>授                                                           |
| 13:30-14:00 | 錢林波 博士 / 滲<br>透性反應牆在稀<br>土尾礦壩的中試       | 吳啟堂 教授 / 中<br>國南方酸性農田<br>土壤的重金屬污<br>染修復進展        | 吳龍華 研究員 /<br>中國農田土壤重金<br>屬污染修復進展                                                  | Piet Seuntjens 教<br>授 / 比利時冶煉<br>廠附近由於歷史排<br>放造成水體和土壤<br>鋅鎘污染狀況評估<br>和修復措施評價                |
| 14:00-14:20 | 姜永海 博士 / 地<br>下水多級強化技<br>術研究與應用        | 林忠兵 博士 / 利<br>用 5 種淋洗劑提取<br>污染土壤中的鎘              | Barbara Zeeb 教授<br>/ 新型低成本修復<br>技術在重金屬污染<br>農田土壤上的應用<br>(Carolina Dahmer<br>女士匯報) | 侯德義 教授 / 污<br>染土壤的持續修復                                                                      |
| 14:20-14:40 | 陳有鑑 博士 / 工<br>業污染場地修復<br>中地下水模型的<br>應用 | 關卓 女士 / 表面<br>活性劑沖洗對柴<br>油污染紫色土的<br>影響           | 王建旭 博士 / 汞<br>污染土壤的植物吸<br>取修復研究                                                   | Ingeborg Joris 博<br>士 / Metaler --一種<br>對中國環境中重金屬<br>污染的應急響應系統<br>(Piet Seuntjens 教授<br>匯報) |
| 14:40-15:00 | 馬駿 博士 / 中國<br>地下水修復市場的<br>現狀和發展趨勢      | 曹海雷 博士 / 汞<br>污染土壤採用低<br>溫微波輔助解吸<br>快速去污         | 沈鋒 博士 / 陝西<br>省丰縣重金屬污染<br>土壤植物修復工程<br>實踐                                          | 張紅振 博士 / 中<br>國綠色可持續修復<br>的實踐和大型污染<br>場地的風險管理                                               |
| 15:00-15:20 | 吳勇 博士 / 地下<br>水污染捕獲區的<br>分析            | 靳強 博士 / 結合<br>點位能量分布對沉澱<br>物進行 Langmuir 誤<br>差分析 | -                                                                                 | Johan Gemoets 博<br>士 / 甘油和植物<br>油在高流速含水層<br>中原位鋅的生物沉<br>澱作用                                 |
| 15:20-16:20 | 展板 2 (一樓中廳)                            |                                                  |                                                                                   |                                                                                             |
| 16:20-16:40 | 茶歇 (一樓中廳)                              |                                                  |                                                                                   |                                                                                             |

9月26日

全體會議 2 (三樓報告廳)

主持人：Jason White 教授

|             |                                        |
|-------------|----------------------------------------|
| 16:40-17:10 | Roger Brewer 博士 / 土壤污染特徵與修復：美國三十年的經驗教訓 |
| 17:10-17:40 | 陳夢舫 研究員 / 污染場地土壤與地下水風險管控與修復技術          |
| 17:40-18:10 | 頒獎儀式和會議閉幕<br>主持人：徐建明 教授                |
|             | 頒獎嘉賓：Alan Baker 教授 & 高艷麗 女士            |
|             | 閉幕發言：駱永明 研究員                           |



開幕式

## (二)重要會議摘述

### 1.中國大陸土壤污染與修復研究進展與展望(駱永明研究員)

土壤污染的探討主要是科學、技術及管理問題，從宏觀的污染特徵至微觀的界面過程，可分為多尺度土壤污染特徵及評價、土壤污染過程型態及有效性、土壤污染風險、控制修復及監測。初步探討中國大陸土壤背景及污染現況，從數字來看，全國土壤總超標率16.1%，其中重度污染點為比例為1.1%，重污染企業及周邊土壤超標點位為36.3%，耕地點位超標率19.4%，固體廢棄物集中處理外置場地土壤超標點位21.3%，土壤鎘超標率7%，其中鎘重度污染點位比例為0.5%。

而在土壤及地下水污染修復的技術研發與工程示範，涵蓋了生物、物理、化學性的問題，在石化、化工、農藥等複合性的污染場地中，採用的技術包含固化、穩定化、梯度淋洗、低溫等離子體、熱解析、自由相抽提、熱脫附、生物降解等；在金屬礦及煤礦礦區的場址中，多採用植物吸取、穩定原位、生態修復、酸化控制等技術；在高含油或高鹽鹼的油田中，會採用連續脫附、原油回收、物化修復等；而農地一般面臨的多為鎘、銅、汞、砷等複合性污染，會採用物化穩定、超級積累植物吸取、低積累阻隔、生態調控、原位耕作等方式。

目前中國大陸國內的修復技術儲備尚不足，且科技支撐力度不夠。以研究起步的時間來看，國際土壤污染相關的論文、專利，起步時間為1982年，而中國大陸為1992年；國際在1997年到達技術成熟、1998年到達產業化，中國大陸則尚未達到技術成熟及產業化，與國際間差距有15年左右。國際相關專利始於20世紀80年末，經過10餘年，已經形成完整的修復技術體系。中國大陸土壤污染專利發展是從20世紀末期、21世紀初期開始，技

術發展程度不均，且尚未形成技術體系，與發達國家存在相當大的距離。例如，國外首次提出封裝填埋、焚燒技術專利為1970年，中國大陸則為1990~2000年。中國大陸國家研發計畫對土壤修復技術研發的資助，2001~2005年時以零散性的方式資助，總計不到1000萬元人民幣，2006~2008年開始以重點計畫資助，總額增加至7~8千萬人民幣，2009~2011年到達9千萬人民幣，今年由國家專項資助，應可達5億人民幣。



## 2. 中國大陸工業污染場地修復十年回顧與展望(高艷麗女士)

從2004年宋家庄事件爆發後，各地陸續爆發污染事件，法規也開始零星發布，2008年起可為萌芽覺醒階段，在面對各地污染事件頻發的情況下，產業開始集中，政策開始密集規劃，2015年起則以政策驅動為主，產業雛型已然成形，制度陸續完善、路線清晰的情況下，需求得以釋放。

環保產業在2000年產值約為0.17萬億，2015年則成長到4.55萬億，而環境修復產業發展情況，2000年時為0.051萬億，2015年則為1.36萬億，但在全球環境產業發

達國家中，土壤修復產業所佔環保產業的市場比例高達30%。歐洲地區，2007年歐盟27國的土壤保護及修復、地下水與地表水治理的環保支出，分別佔公共和產業環保投資的8%和6%，然中國大陸土壤修復產業產值尚不及環保產業總產值的1%，後續預估土壤修復產業單位及人員增長的情況，2016年產業單位數將可到達1000家，從業人員將可到達12000員。近10年產業發展速度加快，企業與人數遽增，且產業集團強勢進入土壤污染領域，也將使得競爭格局重構，產業集中度下降。從產業鏈的面向來看，2012和2013年土壤修復產業單位以工程類與諮詢類的單位為主，2015年起，諮詢類、研發類、設備類的單位是土壤修復從業單位中的數量前三名，顯示對於前期調查資訊更加重視，環評、研發、檢測、監測、設備單位進入環境修復領域，顯見產業結構不斷優化。

近10年來，媒體認知的發展可分為三個階段，第一階段為獵奇，報導土壤污染事件，描繪修復行業面貌、營利模式和企業利潤是主要關注點，帶有獵奇味道。代表文章有「毒地之上安住廣廈萬千?」、「毒地淨化千億神秘生意」、「毒地潛伏」。第二階段係為接地氣，報導土壤修復項目、企業，關注修復項目的流程、技術、成本等情況。關注更務實，更接地氣。代表文章有「土壤不能受之重」、「土壤污染修復之難:沒抵沒標沒錢」。第三階段開始有責任感，觀察土壤修復行業發展過程，關注運營模式。而政府認知，從單向通知、指導意見，再到全國性的行動方案和立法，頂層設計不斷完善。2004年原國家環保總局「關於切實做好企業搬遷過程中環境污染防治工作的通知」，提出要保障維護人員安全和生產建設活動，防止污染事故，尚未上升到保護土壤環境安全的高度。2008年環境保護部「關於加強土壤污染防治工作的意見」，首次系統提出土壤污染防治的指導思想、基本原則、主要目標、重點領域和工作措施。2014年新修訂的環境保護法明確規定「國家建立土壤環

境調查、監測、評估和修復制度」。2016年5月「土壤污染防治行動計畫」(土十條)提出合理目標和期限。

講者認為未來應為更完善的、更開放的、更公開的、更科學的、更先進的綠色修復時代，環境修復領域，作為美麗國家夢的重要踐行者，作為國家戰略新興產業的重要板塊，也作為推動露宿可持續發展的重要支撐。中國大陸環境修復市場在未來的10年，將是蓬勃發展的10年，講者建議要與海內外的相關人員，參與環境修復的技術創新，推動產業發展，以實現可持續發展的綠色國家。

未來展望可從政策、格局、行動來看，資源環境瓶頸與公眾環境覺醒，會倒逼環保法規和監管發力，產業法規政策標準體系完善，將使制度機制理順、規則確立。而上市企業、大資本的強勢進入，會改變商業模式和行業格局，而跨界競爭與合作會成為趨勢，新的產業生態鏈形成並固化。而產業集中度下降，企業規模和業務分化，大型企業會力爭實現產業鍊全覆蓋，中小型企業則追求專精，各自打造核心競爭力和品牌優勢。講者認為中國大陸國內產業應將國際技術引進來，海濤修復技術成為潮流，讓中國大陸國內產業可以走出去，逐鹿世界修復市場。



### 3. 特大型城市快速轉型發展中，土壤環境保護的探索與實踐（黃沈發先生）

上海自然土壤特徵，母質起源於古河道的沖積和切割，土層深厚，自地表以下約75~100公尺範圍內主要是第四紀的鬆散沉積物。從上海地區的西部、中部、東部及長江口島嶼的土壤，主要分為水稻土、潮土、濱海鹽土、黃棕壤等4個土壤類型。

上海近30年土壤污染累積變化，在重金屬Cd和Hg的累積影響顯著，郊區平均累積變化率分別達到47%和28%，中心城區則超過了150%。六六六和DDT在土壤環境中得到較好的降解，現狀含量相比1980年分別降低了95%和79%。多環芳香烴呈較快持續累積態勢，大型交通幹道兩側顯著高於其他地區。而典型城市土壤污染問題包含城市擴張不斷蠶食侵害農田土壤，導致農田數量減少、質量下降，而長期工業發展對土壤造成深刻影響，工業源的影響途徑有大氣沉降、廢水和廢渣無序排放、跑冒滴漏，工業污染物大部分為多環芳烴、汞、鎘、鉛、有機溶劑、砷、鉻、銅、鋅等，石化工業污染的特

徵多為呈現成片、總體上的污染特徵。

上海環境科學研究院用於上海城市場地環境健康風險評估的技術、方法研究，包含有上海城市化土壤和淺層地下水風險評估方法研究、基於控規的上海土地利用類型研究(敏感和非敏感)、基於土地利用的最大化暴露場景(MES)研究、評估體系配套參數值的本地化校正、風險控制值調整確定。場地環境調查技術包含二維地電阻影像剖面法RIP、薄膜介面探測MIP、透地雷達GPR、X射線螢光技術XRF。上海城市快速發展，若干特大型工業密集區的用地功能相繼轉型。由於特大型工業區域歷史悠久，行業繁多，因此區域場地中大量遺留的污染物形成了面狀或帶狀的污染羽，呈現重金屬吸附、有機物共溶、LNAPL和DNAPL污染物交錯分布的局面。薄膜介面探測(MIP)耦合多種探測儀(FID\PID\ECD\EC)聯用技術是特大型場地污染現場調查技術的一項突破，是偵勘揭示地下污染狀況的有效快速的現代化關鍵技術，此技術在桃浦智慧城場址調查勘探時大面積應用。而場址環境健康風險評估技術，經過十多年的研究和發展，上海環境科學研究院根據上海特大型城市轉型發展的特徵，研發了基於居住用地、綠化公園、教育用地、商業用地、工業用地和市政用地等不同暴露場景下的風險評估分析模型、篩選值及其具有上海市區域特徵的關鍵參數取值及概念化場地分析模型(CSM)。

在2004~2013年間，歷經上海世博會園區污染土壤修復，上海世博園區區域面積為4.28平方公里，原為江南造船廠、上鋼三廠、農藥廠、助劑廠、華綸印染廠、南市電廠等百年老廠。主要污染物為重金屬、TPH、PAHs等，運用了選位修復、土壤穩定/固化、生物堆等技術，工程量達20萬方土壤。在上海寶山區的南大地區場地，調查評估與治理修復作業是從2014年開始，迄今仍在進行中，區域面積為6.29平方公里，場地原為工業區，千餘家化工、皮革、電鍍等中小型工業企業。主要污染物

有重金屬、多環芳香烴、雙(2-氯乙基)醚、TPH、苯等。採用的是土壤化學淋洗、高級氧化等修復技術。在2010~2012年間，進行上海迪士尼場地調查及修復作業，區域面積為7平方公里，原場地上有數百家中小企業，涉及印染、紡織、設備製造、化工等多個行業，其他為村落、農田。主要污染物有重金屬、多環芳香烴、石油烴、苯系物、二硫化碳、四甲基脲、四甲基硫脲。採用穩定固化、生物堆異位修復、高級氧化、氣相抽提等修復技術。一期和二期的總工程量為6萬方。

為了解潛在污染場地，上海環境科學研究院針對工業企業場地、危化倉儲場地、廢物處置場地、加油站場地設計了排查入庫流程，先透過統計調查，以及污染源普查、專項調查、環評資料、工業企業名錄、結構調整項目等成果集成，可針對場地基礎狀況進行普查，並產出場地清單，將利用行業特徵污染解析、污染物排放遷移、關注污染物識別進行潛在污染場地篩查，並將引用已開展的治理修復工程、土壤或地下水專項調查相關成果，加上現場監測進行驗證，相關資料亦將入庫作為分級分類管理，訂定控制名錄。排查入庫作業中，運用了科技工具，包含現場移動端潛在污染場地信息採集系統，以及基於GIS的潛在污染場地數據庫管理系統。



### 三、遭遇之問題

無

### 四、我方因應方法及效果

無

### 五、心得及建議

(一)自民國 89 年『土壤與地下水污染整治法』的公布施行代表我國對於土壤與地下水環境污染的管理邁入新的一頁，污染整治技術與歐美先進國家接軌，並已累積許多成功經驗，相關產業蓬勃發展，我國無論在管理制度及在地整治技術已於亞洲居先進地位，更積極與中國大陸、日韓和東南亞各國交流，掌握亞洲土水整治市場脈動。目前，中國土壤污染防治存在污染基數不明、法律法規及標準體系尚

未健全、監管能力薄弱、科技與技術支撐不足等問題，中國大陸為在各地開展場地環境狀況調查、風險評估、修復治理提供技術指導和支援，推進土壤和地下水污染防治法律法規體系建設提供基礎支撐，自2016年5月28日起實施「土壤污染防治行動計畫」(簡稱「土十條」)是為了切實加強土壤污染防治，逐步改善土壤環境品質而制定的法規。

(二)中國大陸將陸續啟動全國土壤污染狀況調查，以查明重金屬、化學物質及其他有毒污染物重點區域，全面掌握土壤污染狀況和變化趨勢，以管理、監管、修復等手段治理土壤污染問題，以期到2020年，受污染耕地治理與修復面積達到1000萬畝，使受污染耕地安全利用率達到90%左右，污染地塊安全利用率達到90%以上；到2030年，受污染耕地安全利用率達到95%以上，污染地塊安全利用率達到95%以上。

(三)中國大陸「土十條」也提出了建設監測網絡、加大科技支撐力度等任務措施，如規定各地要根據工礦企業分佈和污染排放情況，確定土壤環境重點監管企業名單，列入名單的企業每年要自行對其用地進行土壤環境監測，結果向社會公開，也為實現科學治土奠定堅實基礎。透過整合各類科技資源，加強土壤污染防治基礎和應用研究，加大適用技術推廣力度，加快成果轉化應用，推動土壤污染防治產業發展，「土十條」還鼓勵通過政府和社會資本合作模式，帶動更多社會資本參與土壤污染防治，預計將吸引更多最新技術及設備進駐中國大陸。

(四)地下水及土壤污染是接續水污染及空氣污染後近年來另一受到關切的問題，也是必須面對的事實，由於土壤具有不易覺察的特點，一旦發覺污染，距離污染發生初期已有段時日，而土壤污染的整治更是耗時費事，且成本極大。本公司歷經十幾年的土污潛勢調查及污染場址的發現，並進行場址列管與整治，已逐步降低污染場址對於環境與民眾之衝擊性。中國大陸「土十條」預期將帶動引進世界各先進國家優秀之土水產業、整治技術、專業經驗。本公司期藉由參加本

次國際會議，了解世界各國專家的成功經驗及最新技術，據以應用於本公司土壤污染整治及預防工作上。

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請備查。

職 蔡 顯 修

105 年 10 月 28 日