

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書

(出國類別：考察)

赴美考察廢水回收及廢棄物處理技術報告書

出國人： 服務機關：中油公司總公司
職務：工安環保處組長
姓名：葉佳昭
出國地點：美國
出國期間：89年11月26日至12月9日
報告日期：90年3月1日

赴美考察廢水回收及廢棄物處理技術 報告書摘要

赴美考察行程包括：

1. 俄亥俄州首府 Columbus 城拜訪 Battelle Memorial Institute
2. 舊金山東部 Walnut Creek 拜訪 Environmental Resource Management (ERM) 公司
3. 洛杉磯南端 Clemente 拜訪 Regenesis 公司
4. 前往 Port Hueneme 海軍營建中心參訪遭廢棄物污染場地處理情況。

針對國外廢水回收及廢棄物處理技術與目前運作之差異提出心得及建議事項 1. 訂定場址(地質、水文)特性及污染場址評估標準程序 2. 培養具整合概念之專業人員 3. 加強 Geoprobe 工具之應用 4. 建議 ORC 氧釋放劑之應用研究 5. 含氯有機溶劑，仍是以 Pumping and Treat 為處理方式 6. 整治操作自動化、加強風險評估訓練及依嚴重度之差異訂定整治策略。

目 次

一、目的.....	3
二、過程.....	3
三、心得.....	5
四、建議.....	10

一、目的：

- (1) 考察美國對污染土壤廢棄之處理、廢水回收及地下水、土壤整治技術發展趨勢，研擬本公司相關技術之發展策略及方向。
- (2) 地下水、土壤污染整治為整合鑽探、地質、水文、化工、生物等不同專業背景技術之工作，藉參觀訪問工地，以了解現地整治實務經驗及國外專業技術公司之管理程序以提昇污染整治成效。

二、過程：

- (1) 89/11/28 前往俄亥俄州首府 Columbus 城拜訪

Battelle Memorial Institute，該機構為一非營利組織擁有約 7500 名科學家、工程師等專家遍佈美國及歐洲，協助工業界及政府開發新技術及產品。服務範圍涵蓋能源、環保、健康、國家安全及運輸等項目，年收入約十億美元。

該機構安排壹天議程如下：

8:10 - 8:45 Introduction

8:45 - 10:00 Site Characterization/Tour to

Computer Lab (Neeraj and James Hicks)

10:00 – 10:45 Risk Assessment (Mark Kelley)

10:45 - 11:30 Bioremediation (Andrea Lessen)

1:30 – 2:15 Battelle Tour (Stacy Durst)

2:15 – 3:15 Air Sparging (Keith Fields)

3:15 – 4:15 Bioslurping (Abe Chen and Chris
Coonfare)

4:15 – 4:30 Wrap up

(2) 89/11/30 前往舊金山東部 Walnut Creek 城拜訪

Environmental Resource Management (ERM) 公司;

12/1 前往 Sancremento 實地參訪受廢棄溶劑污染場地
之處理。

(3) 89/12/5 前往洛杉磯南端城鎮 Clemente 拜訪

Regenesis 公司, 進一步了解 ORC 及 HRC 於後期污染
處理技術之應用。

(4) 89/12/6 前往 Port Hueneme 海軍營建中心參訪遭廢棄

物污染場地處理情況。

三、心得：

(1) 現地污染廢棄物(土壤)之場地特性

場地特性之重要性：

場址現況調查評估為整治計畫之首要工作，其主要目標如下：

1. 場址之地質及水文
2. 場址污染物之特性
3. 場址地表下污染物質分佈濃度及範圍
4. 瞭解及預測污染物質於地表下傳輸之路徑
5. 確認及評估對公共健康和環境之實際及潛在傷害

其中 1. 『場址之地質及水文資料』為最基本項目，其詳實及良窳對其他項目及後續整體成效影響甚鉅，故美國加州法規指定必須經具證照(地質、水文地質、工程地質或土木工程)之專業人員簽證，傳統之環境影響評估人員不具此工作資格。上述之專業人員亦須對污染物之物理與化學特性及傳輸模式有所認知方能確實掌握現況。

國內對各廢棄物整治場址並未訂有場址特性調查規範及品質控管，以致於同一污染場址經常有補充資料甚至一再重新調查之情況，訂定標準之場址(地質、水文)特性程序及污染場址評估程序，應可解決此問題；建議本公司各整治計畫可參考美國 National

Water Well Association 訂定之 RCRA Ground Water Monitoring Technical Enforcement Guidance Document 文件為執行依據

(2) 整合概念之專業人員：

污染物處理之程序涵蓋地質、水文、鑽探、化驗分析、污染物傳輸、化工單元操作、微生物學等不同背景之專業人員，由於涉及專業領域廣泛，不同專業工作間之銜接及對整體目標之認知，將影響整體工作成效，專案經理主持人須具宏觀專業知識及經驗以整合、領導工作團隊。目前公司內進行整治工作之特點為：

1. 各階段專業領域仍於摸索階段，報告不夠專業，參考及採用性低。
2. 缺乏具經驗之專業經理人，工作不易整合。

建議：引進國外污染整治專業公司之軟硬體及控管制度；對各專業加強訓練，成立專業小組負責整合公司內各單位之土壤、地下水污染整治工作。

(3) Geoprobe 工具之應用：

受廢棄物污染場址污染調查，一般需鑽井以取得地質、水文、污染分析等資料，為降低成本針對淺層污染調查已發展移動式多功能鑽機，其設計除了傳統鑽井及利用擠壓方式快速取得地層土樣、土壤氣體分析等基本功能外另可提供即時測井，獲取縱深污

染物濃度分佈、地層導電度，配合資料庫可分析出土壤分類、土壤強度、對砂層相對密度、地層壓力等資料，若配合 3D 軟體更可迅速獲得地下結構及污染範圍全貌。

建議：本公司已購有移動式鑽機兩套，目前僅用於鑽鑿監測井或整治井，應研究增添有關井程污染物縱深濃度分析、地層資料自動 Logging 等應用功能之附屬設備，以充分發揮現有設備及加強污染處理工作。

(4) ORC、HRC 等氧化劑於後期處理之應用：配合自然降解更能顯現其效益，其對 MTBE 亦具處理能力。

大自然中普遍存有石油系列等有機物，微生物已演化出據以為生之機制，由於土壤中不乏微生物，有機性污染物經一定長時間後終會分解為無形，此為自然降減之依據。惟考量污染物對環境及人員健康之風險，須儘快階段性予以清除，例如抽除浮油，至於後續較經濟之程序有賴生物處理，如何激發微生物大量繁殖以分解污染物為生物處理之成敗關鍵，傳統係將空氣或過氧化物注入地層促成好氧環境以提高生化反應，此一來需長期消耗動力且地層亦非均勻易產生短路聚集之現象，再者生化反應速率一般較慢不易消受高速之供氧，因此有 ORC 氧氣釋放劑、HRC 氫氣釋放劑等生化反應所需之電子接受劑問世。

ORC 又稱氧釋放劑，由氧化鎂與磷酸根離子形成之結晶化合物，氧化鎂遇水將迅速釋放出氧，藉磷酸根離子嵌入結晶內可防止水與氧化鎂連續反應，達成緩慢釋出氧之目的，反應期可長達半年至一年。釋放出之氧將使水中含氧量達到飽和，隨地下水流擴散至污染地層；它可以泥漿之形態直接灌注入高污染區，亦可建構穿透式泥漿溝以攔阻污染物往下游擴散，其應用已獲得美國 EPA 認可，使用之個案也超過五千案例。其優點為不須操作維護及無動力成本，適合使用於第二階段之污染整治，反應速率遠高於自然降減，可縮短關場時程，減少長期操作及監測費用。

(5) 廢水回收：

Pumping and Treat 為早期對受污染地下水、土壤整治之傳統方式，其效果取決於地層對污染物吸附之能力，一般而言靠水流沖洗土壤中污染物，既費時且耗動力殊不經濟，對石油系列具吸附性之污染物已被土壤氣體抽除法、空氣注入吹驅法及生物處理等方式取代，但對比重較水高之含氯有機溶劑，因去除及分解不易仍是以 Pumping and Treat 法為主要處理方式。上述程序產生之廢水必須處理方可回收再利用或排放，處理方式主要靠空氣吹驅 (air stripping) 可將揮發性有機物驅除，含揮發性有機物之氣體送入尾氣處理設備焚燒以後排放，水則視當地水體標準、再利用

之目標(如回注)、成本等因素直接排放或進一步化學混凝、活性炭吸附等程序處理，以符合法規；一般而言此類回收技術已很成熟，主要考量為成本因素。

(6) 其他：

1. 污染現地整治之操作已趨向全自動化，現場只保留 1 至 2 位維護及不定期巡查之人員，同時透過網路經由電腦監控，人力非常精簡。

2. 廢棄物(土壤)處理標準：採經風險評估後設定之目標已為美國 EPA 及各州政府認可之標準作業模式。國內規定處理標準之法規雖尚未公告，但預期將引用相同模式，應早日培養風險評估專業人員。

3. MTBE：

早於 1970，MTBE 即已被用於含氧汽油添加劑，由於可促進完全燃燒且可降低排氣中之致癌物質(苯)含量，以改善市區空氣品質，因而為最重要之汽油添加劑，據估計可減低百萬分之 60 (人一生)之致癌率；MTBE 為水溶性，一旦滲入地層將隨地下水流成長條帶狀迅速擴散，較不易被生物分解，目前雖尚未被列為致癌物質，但其對環境潛在之危害已引起注意並廣泛研究，據研究報告 ORC、

HRC 等氧化劑對 MTBE 已證實其有效處理能力。

4. 對有多處污染來源之場址須評定優先處理順序：

為確保有限資源之利用及避免交互污染，對擁有多處污染源之廠區，須依污染之嚴重度評定優先整治次序。

四、建議：(詳見三、心得)

(1) 現地污染廢棄物之場地特性

建議訂定場址特性調查規範及品質控管程序(可參考美國 National Water Well Association 訂定之 RCRA Ground Water Monitoring Technical Enforcement Guidance Document 文件)

(2) 整合概念之專業人員：

建議引進國外污染整治專業公司之軟硬體及控管制度；對各專業加強訓練，成立專業小組負責整合公司內各單位之土壤、地下水污染整治工作。

(3) Geoprobe 工具之應用：

研究增添有關井程污染物縱深濃度分析、地層資料自動 Logging 等應用功能之附屬設備，以充分發揮現有設備及加強污染處理工作。

(4) 其他：

依污染之嚴重度評定優先整治次序、污染現地整治之操作自動化、ORC 氧化劑於後期處理之應用研究、培養風險評估專業人員等。