

109 年 07-08 月號			<雙月刊>
-------------------	---	--	-------

環境工程技師公會會訊

- ◎ 發行人：范綱智
- ◎ 發行所：台灣省環境工程技師公會 (<http://www.tpeea.org.tw>)
- ◎ 協助策劃：中華民國環境工程技師公會全國聯合會
- ◎ 編輯：台灣省環境工程技師公會學術委員會
- ◎ 主編：王凱中
- ◎ 發行地址：台北市長安西路342號4樓之1
- ◎ 電話：02-25550353
- ◎ 傳真：02-25591853

本期要目

	頁次
■ 主編的話	2
■ 會務報告	4
■ 重要法令	5
■ 行政院公共工程委員會核備 109 年 07 至 08 月訓練積分課程表	8
■ 環保訊息	10
■ 論述園地	13
1. 不明廢棄物非法棄置場址調查實例分享-黃冠穎、陳妍樺、王凱中	13
2. 強效型複合金屬氧化電極整治技術分享 -袁菁、陳彥圻、張高僑、薛宇翔、王凱中	30
■ 徵稿啟事	47
■ 各公會會員大會、理監事會會議紀錄	48

主編的話

各位技師先進大家好，環保署近 5 年來各地環保機關通力合作完成全台 71 處非法棄置場址廢棄物移除工作，但廢棄物非法棄置新聞案件仍屢見不鮮，造成各地非法棄置場址污染土壤及地下水嚴重污染，危害民眾健康及周圍環境。另隨者國內污染場址日益增加，土壤及地下水污染問題已成為國內一項重大的新興污染問題，污染整治執行的過程亦會同時產出許多問題，包含污染物的二次污染、環境足跡的大量排放、水資源的消耗、廢棄物的產出等，整治過程中須考量對於工作人員、附近居民的生活干擾與健康影響，整治技術選擇與精進逐漸成為重要課題。

本期摘錄兩篇專文，分別與非法棄置場址調查與土壤及地下水領域有關。

第一篇邀請捷博科技股份有限公司工作團隊，提供「不明廢棄物非法棄置場址調查實例分享」專文。為能有效清理不明廢棄物非法棄置場址，有賴於完整且有系統地場址調查程序，以確實掌握污染情形。此篇文章以不明廢棄物非法棄置場址進行調查實例，分享非法棄置場址的調查程序，藉由調查結果評估污染嚴重程度、污染體積及範圍推估等，製作調查結果評估報告，作為清理規劃或管理作為重要參考依據。

第二篇邀請國立高雄大學土木與環境工程學系袁菁特聘教授，提供「強效型複合金屬氧化電極整治技術分享」專文。國內土壤整治技術經過多年發展，大部分整治方向皆是以現地方式處理，然現地方式處理常受限於土壤基本性質及地下水流向因素，導致無法確實控制及掌握污染團之流向、處理效果不佳等情形。近年電動技術以改良電極的方式使技術提升，利用電極上特殊的金屬之催化能力，輔助氧化劑使其產生自由基，將可有效降解有機污染物，以克服地質傳輸及氧化能力之不足。本文探討油品主要污染物苯及乙苯以強效型複合金屬氧化電極進行整治之試驗分享與探討，推動電動工法的整治技術。

會務報告

1. 109 度常年會費繳費通知及記事本已於 108 年 10 月 24 日寄出，敬請尚未繳納 109 年度常年會費(金額 4,000 元)的會員儘速繳納。公會帳戶(戶名：台灣省環境工程技師公會)如下：
 - (1) 郵局劃撥帳號：18091292
 - (2) 銀行匯款資料：台灣企銀(050) 營業部 01012241581
2. 會員若有更動執業資料、受聘公司、地址、電話、Email…等相關資料，煩請告知公會以便及時修改檔案。

會員大會



重要法令

行政規則公告

1. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 2 日環署空字第 1090041519 號公告，署八十二年十月二十二日環署空字第四八六八八號公告「蒙特婁議定書部份列管化學品為易致空氣污染物質」自即日停止適用。
2. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 4 日環署空字第 1090040703E 號令，訂定「空氣品質嚴重惡化採取緊急防制措施期間電業調整燃氣用量核可程序辦法」。
3. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 9 日環署廢字第 1090039401 號令，修正「行政院環境保護署再生資源回收再利用促進委員會組織規程」第四條、第十條。
4. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 10 日環署空字第 1090042635 號令，修正「公私場所違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則」，名稱並修正為「公私場所固定污染源違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則」。
5. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 10 日環署授檢字第 1091003065 號公告，預告訂定「空氣中環氧乙烷檢測方法－吸附管採樣／氣相層析電子捕捉偵測器法 (NIEA A759.10B)」草案。
6. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 11 日環署空字第 1090042687 號令，修正「改造或汰換鍋爐補助辦法」。
7. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 29 日環署基字第 1090047236 號另，修正「應回收廢棄物責任業者管理辦法」。
8. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 29 日環署空字第 1090048156 號公告，預告修正「國際環保公約管制之易致空氣污染物質」草案。
9. 行政院環境保護署中華民國 109 年 6 月 30 日環署綜字第 1090048864 號公告，預告修正「行政院環境保護署環境影響評估審查委員會組織規程」第 4 條、第 11 條草案。
10. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 1 日環署訓字第 1098000346D 號令，修正「環境保護專責及技術人員訓練管理辦法」部分條文。
11. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 1 日環署水字第 1090047939 號公告，修正「水污染防治法事業分類及定義」公告事項第一項附件，除另定生效日期者外，自即日生效。
12. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 2 日環署授檢字第 1091003379 號公告，預告訂定「排放管道中半揮發性有機物檢測方法－氣相層析／串聯式質譜儀法 (NIEA A812.70B)」草案。

13. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 3 日環署空字第 1090048749 號令，修正「柴油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法」第五條之一及第五條附錄一、第七條附錄二。
14. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 6 日環署廢字第 1090050460 號公告，預告修正「事業自行清除處理事業廢棄物許可管理辦法」草案。
15. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 8 日環署空字第 1090049925 號令，修正「鍋爐空氣污染物排放標準」第二條、第四條之一、第六條。
16. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 9 日環署空字第 1090051868 號公告，預告修正「空氣品質標準」草案。
17. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 10 日環署空字第 1090047341 號令，訂定「三級防制區既存固定污染源應削減污染物排放量準則」。
18. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 10 日環署空字第 1090051026 號公告，修正「固定污染源最佳可行控制技術」，並自即日生效。
19. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 13 日環署化字第 1098000364 號公告，預告訂定「列管關注化學物質及其運作管理事項」草案。
20. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 15 日環署授檢字第 1091003750 號公告，預告訂定「排放管道中氮氣之檢測方法—靛酚法 (NIEA A408.72A)」草案。
21. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 15 日環署授檢字第 1091003749 號公告，預告廢止「排放管道中氮氣之檢測方法—靛酚法 (NIEA A408.71A)」。
22. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 20 日環署管字第 1090051052 號令，修正「行政院環境保護署公害糾紛督導處理小組組織規程」部分條文。
23. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 20 日環署空字第 1090054924 號公告，停止適用「石油焦為易致空氣污染之物質」，自即日生效。
24. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 21 日環署授檢字第 1091003837 號公告，預告訂定「排放管道中三氯甲苯檢測方法—正己烷吸收／氣相層析質譜儀法 (NIEA A760.70B)」草案。
25. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 22 日環署授檢字第 1091003915 號公告，預告訂定「排放管道中氯丁二烯等氣態有機物檢測方法—採樣袋採樣／氣相層析電子捕捉偵測法 (NIEA A761.70B)」草案。
26. 行政院環境保護署中華民國 109 年 7 月 27 日環署空字第 1090055378 號令，修正「移動污染源空氣污染物排放標準」第三條、第五條。

行政院公共工程委員會核備 109 年 07 至 08 月訓練積分課程表

*本項課程表係轉達工程會核備之積分課程資訊，細節請技師先進洽詢主辦單位

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
1	InSAR 在臺灣地質災害監測的展望與挑戰	2020/08/06 ~ 2020/08/06	台灣世曦工程顧問股份有限公司	聯絡人：丁裕興 電話：02-87973567-8840 信箱：ting0204@ceci.com.tw
2	鋼筋探測技術與應用	2020/08/06 ~ 2020/08/06	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0918-597-057 信箱：Anthony.tsai@hilti.com
3	美國建廠經驗分享	2020/08/07 ~ 2020/08/07	台北市化學技師公會	聯絡人：詹憶婷 電話：02-28339999#38999 信箱：tina.chan@ctci.com
4	綠建築推廣講習會中部場	2020/08/07 ~ 2020/08/07	社團法人台灣綠建築發展協會	聯絡人：陳志豪 電話：02-8667-6111#181 信箱：heroyohoho@gmail.com
5	智慧居家實例參訪觀摩會<人性化整合介面>	2020/08/11 ~ 2020/08/11	財團法人台灣建築中心	聯絡人：黃姿嬈 電話：(02)29300575#620 信箱：vedette@tabc.org.tw
6	第十屆第二次會員大會暨《土壤及地下水污染調查與整治之新穎技術及實務案例》研討會	2020/08/12 ~ 2020/08/12	社團法人台灣土壤及地下水環境保護協會	聯絡人：林小姐 電話：07-6051016 信箱：tasgep@gmail.com
7	「鐵公路氣候變遷調適與科技輔助應用」教育訓練	2020/08/13 ~ 2020/08/13	鼎漢國際工程顧問股份有限公司	聯絡人：任雅婷 電話：(02)2748-8822#621 信箱：krisjen@thi.com.tw
8	GRMC 系列 4-混凝土配比設計實務	2020/08/13 ~ 2020/08/13	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：胡小姐 電話：02-89195094 信箱：vicky@tcrci.org.tw
9	智慧居家實例參訪觀摩會<全齡樂活空間>	2020/08/14 ~ 2020/08/14	財團法人台灣建築中心	聯絡人：黃姿嬈 電話：(02)29300575#620 信箱：vedette@tabc.org.tw
10	全樹冠移植知識與技術研習會	2020/08/14 ~ 2020/08/14	台灣綠化植栽技術協會	聯絡人：林宜庭 電話：0965136925 信箱：itree001@gmail.com
11	既有住宅社區導入智慧化改善指引講習會-台北場	2020/08/14 ~ 2020/08/14	工業技術研究院產業學院	聯絡人：張綾珂 電話： 信箱：lingkochang@itri.org.tw
12	綠建築推廣講習會南部場	2020/08/14 ~ 2020/08/14	社團法人台灣綠建築發展協會	聯絡人：陳志豪 電話：02-8667-6111#181 信箱：heroyohoho@gmail.com
13	既有住宅社區導入智慧化改善指引講習會-台中場	2020/08/18 ~ 2020/08/18	工業技術研究院產業學院	聯絡人：張綾珂 電話：03-5913797 信箱：lingkochang@itri.org.tw

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
14	智慧科技的應用	2020/08/18 ~ 2020/08/18	社團法人中國工程師學會	聯絡人：李宥萱 電話：23925128 信箱：shane@cie.org.tw
15	智慧居家實例參訪觀摩會<生理監測與解決方案>	2020/08/18 ~ 2020/08/18	財團法人台灣建築中心	聯絡人：黃姿嬭 電話：(02)29300575#620 信箱：vedette@tabc.org.tw
16	大地工程系列-深開挖工程與建築物保護分析設計實務	2020/08/20 ~ 2020/08/20	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：楊小姐 電話：02-89195033 信箱：cindy.yang@tcricri.org.tw
17	綠建築評定小組成員教育訓練	2020/08/20 ~ 2020/08/21	國立成功大學	聯絡人：羅子雯 電話：0911911558 信箱：s8619731@gmail.com
18	WELL AP 國際健康建築專業顧問師輔導認證培訓班	2020/08/20 ~ 2020/08/21	財團法人成大研究發展基金會	聯絡人：郭小姐或林先生 電話：06-2008030 信箱：capc2010@gmail.com
19	既有住宅社區導入智慧化改善指引講習會-高雄場	2020/08/21 ~ 2020/08/21	工業技術研究院產業學院	聯絡人：張綾珂 電話：03-5913797 信箱：lingkochang@itri.org.tw
20	智慧居家實例參訪觀摩會 AI 監控運用	2020/08/21 ~ 2020/08/21	財團法人台灣建築中心	聯絡人：黃姿嬭 電話：29300575 信箱：vedette@tabc.org.tw
21	科學化修剪技術研習會	2020/08/21 ~ 2020/08/21	台灣綠化植栽技術協會	聯絡人：林宜庭 電話：0965136925 信箱：itree001@gmail.com
22	機電工程系列-給排水衛生設備工程施工要點實務	2020/08/21 ~ 2020/08/21	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：楊小姐 電話：02-89195033 信箱：cindy.yang@tcricri.org.tw
23	智慧化居住空間 DIY 設計應用工作坊基礎班	2020/08/24 ~ 2020/08/24	財團法人台灣建築中心	聯絡人：黃姿嬭 電話：29300575 信箱：vedette@tabc.org.tw
24	結構工程系列-建築物漏水鑑定及驗屋點交實務	2020/08/26 ~ 2020/08/26	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：楊小姐 電話：02-89195033 信箱：cindy.yang@tcricri.org.tw
25	智慧化居住空間 DIY 設計應用工作坊進階班	2020/08/26 ~ 2020/08/26	財團法人台灣建築中心	聯絡人：黃姿嬭 電話：29300575 信箱：vedette@tabc.org.tw
26	109 年度臺南市土污法 8、9 條公告事業污染預防宣導會	2020/08/27 ~ 2020/08/27	中環科技事業股份有限公司	聯絡人：賴英吉 電話：06-2686751#337 信箱：yingchi0306@gmail.com

序號	課程名稱	課程時間	主辦單位	聯絡電話
27	瀝青混凝土鋪面厚度設計暨如何精進施工品質	2020/08/28 ~ 2020/08/28	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：陳小姐 電話：02-89195032 信箱：chenmmnu@tcri.org.tw
28	執業相關法令及規劃設計監造階段工程技術專題	2020/08/28 ~ 2020/08/28	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
29	政府採購全生命週期概論	2020/08/28 ~ 2020/08/28	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
30	工程倫理	2020/08/28 ~ 2020/08/28	行政院公共工程委員會	聯絡人：吳仁瑜 電話：02-8789-7612 信箱：allie7738@mail.pcc.gov.tw
31	都市計畫審查程序研討會	2020/08/29 ~ 2020/08/29	財團法人台灣法學基金會	聯絡人：劉文珍 電話：0225170137 信箱：service@twlawfdn.org
32	橋梁施工新思維、金門大橋新工法及新技術挑戰研討會 「本課程有採用視訊教學」	2020/08/29 ~ 2020/08/29	台灣省土木技師公會	聯絡人：楊如玉 電話：02-89613968#143 信箱：rachel@twce.org.tw
33	工程法務系列-公共工程辦理採購刑事責任分析及檢調約談實務解析	2020/08/31 ~ 2020/08/31	財團法人台灣營建研究院	聯絡人：陳小姐 電話：02-89195032 信箱：chenmmnu@tcri.org.tw
34	鋼結構塗裝檢查員訓練班	2020/09/08 ~ 2020/09/10	中華民國防蝕工程學會	聯絡人：吳慧真 電話：8273-1575 信箱：anticorr@seed.net.tw

環保訊息 (資料來源：行政院環境保護署)

- 109/05/13【**環保署預告修正「水污染防治法事業分類及定義」**】
環保署於 109 年 5 月 13 日預告修正「水污染防治法事業分類及定義」公告事項第 1 項附件，業別 64. (2)「貯油場」及 (5)「作業環境內設置貯存設施，貯存水污染防治法第 33 條第 1 項經中央主管機關公告指定物質，其設施容積合計達 200 公升以上之事業」之定義、適用條件及施行日期。
- 109/05/14【**環保署預告「毒性化學物質危害預防及應變計畫作業辦法」修正草案**】
環保署依 108 年 1 月 16 日修正公布之「毒性及關注化學物質管理法」第 35 條規定，配合修正「毒性化學物質危害預防及應變計畫作業辦法」，爰擬具本修正草案。
- 109/05/14【**環保署預告訂定「毒性及關注化學物質專業應變人員管理辦法」草案**】
環保署依 108 年 1 月 16 日修正公布之「毒性及關注化學物質管理法」(以下稱本法)第 37 條第 3 項規定，爰擬具本辦法草案
- 109/05/19【**配合法規修正與國際公約，預告修正「列管毒性化學物質及其運作管理事項」部分公告事項**】
因應聯合國持久性有機污染物斯德哥爾摩公約(以下稱斯德哥爾摩公約)新增列大克蠊等列管制事項，環保署預告大克蠊為毒性化學物質，並修正現行列管毒性化學物質全氟辛酸、全氟辛烷磺醯氟、全氟辛烷磺酸、全氟辛烷磺酸鋰鹽及多溴二苯醚管理規定，以強化我國毒性化學物質管理。
- 109/06/03【**針對監察院糾正全國 84 萬輛柴油車 3 年未定檢 環保署提出回應**】
柴油車之管理，環保署從未懈怠，雖然定檢執行方式尚未與交通部達成共識，但一直積極採取多元管理措施來改善空氣污染問題，包含老舊車輛汰換、調修，加嚴新車排放標準符合歐盟最新標準、道路疑似高污染車輛經環保機關目視或民眾陳情通知到檢等，各項措施均為確保車輛污染排放符合管制標準，因此近 6 年統計各縣市環保局柴油車檢測資料顯示，全國不合格率由 103 年 6.1% 下降至 108 年 4.2%，同期民眾陳情烏賊車件數亦由 3,142 件下降至 1,240 件，顯示柴油車黑煙排放已逐年改善。

- 109/06/06【**焚化廠進入整改期 環保署全力協助地方解決垃圾問題**】
全臺 24 座垃圾焚化廠未來 5 年有半數陸續進入整改期，環保署表示，除積極推動區域合作垃圾調度外，將持續積極輔導協助地方政府，強化暫置措施(如垃圾打包作業)及籌建自有處理設施，以解決焚化廠整改期的垃圾處理缺口。
- 109/06/09【**環保署預告「噪音管制區劃定作業準則」修正草案**】
環保署為持續保護民眾居住生活安寧，參考近年實務經驗及各界陳情反映事項，整體檢討修正現行各地方政府依噪音管制法規定劃定各類噪音管制區之劃分原則，俾利地方政府定期檢討所轄各行政區劃設之噪音管制區有所依循。
- 109/06/11【**環保署公布 108 年環境用藥查核成果 呼籲網路廣告「藥」有照**】
環保署化學局為保障消費者選用合法安全有效的環境用藥，每年訂定「環境用藥查核計畫」函請各地方政府環保局執行。108 年環保機關查核環境用藥廣告、標示、偽藥及抽驗有效成分含量共計 3 萬 7,247 件，合格率 99%。其中，環境用藥廣告 9,409 件，違法網路廣告 152 件(如附件 1)，處分金額共新臺幣 469 萬元整，違法樣態大多數是民眾無照在電商通路平臺廣告販售日本進口的防蚊掛片。標示查核 2 萬 7,379 件，不合格計 290 件；抽驗 137 件環境用藥有效成分含量，均合格。查獲未經查驗登記偽造環境用藥 32 件，其中 10 件經檢驗含有環保署公告禁止含有成分且為斯德哥爾摩公約列管的持久性有機污染物化學物質「滅蟻樂」(如附件 2)；上述不合格商品均已依環境用藥管理法裁處並要求限期下架改善。
- 109/06/30【**臺中地區空品改善 中火不是唯一答案**】
環保署表示，關於中火 2 號機重啟案，臺中市政府先操作成影響民眾健康的違法污染，再錯誤援引法條加以裁罰，實屬不妥！實際上臺中市環保局早在 108 年 12 月就先錯誤引用空污法，進而廢止中火 2、3 號機操作許可，迫使環保署本於空污法中央主管機關立場，不得已於 109 年 2 月 25 日撤銷環保局該違法廢止案，所以，操作許可廢止案既然已遭撤銷，自應回到展延審查狀態，臺中市環保局應依空污法相關規定繼續完成展延審查，方屬適法。而在完成展延准駁前，中火依空污法規定得依原許可證內容繼續操作。

- 109/07/01【**環保署發布修正「環境保護專責及技術人員訓練管理辦法」部分條文**】
- 環保署因應毒性化學物質管理法於 108 年 1 月 16 日修正公布，其名稱修正為毒性及關注化學物質管理法，且將於 109 年 1 月 16 日施行。配合毒性及關注化學物質管理法新增關注化學物質，該法第 29 條明文關注化學物質運用相關規定準用該法第 18 條，修正環境保護專責人員及技術人員訓練管理辦法部分條文，以落實規範關注化學物質準用毒性化學物質專業技術管理人員之規定。
- 109/07/01【**環保署公告修正「水污染防治法事業分類及定義」**】
- 環保署於 109 年 7 月 1 日公告修正「水污染防治法事業分類及定義」公告事項第 1 項附件，業別 64. (2) 貯油場自 110 年 1 月 1 日納入同業別 (5) 貯存設施管理；業別 64 (5) 名稱修正為貯存設施，納入地上、地下貯槽及貯存容器之管理，生效日期延後自 110 年 1 月 1 日生效。
- 109/07/03【**環保署修正發布「柴油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法」**】
- 「柴油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法」於 91 年 9 月 11 日訂定發布後，迄今經歷 4 次修正，本次修正係考量柴油汽車國際產銷型態，簡化其認證程序，爰新增第 5 條之 1 及附錄 1 之 1 規定。
- 109/07/08【**環保署修正發布「鍋爐空氣污染物排放標準」**】
- 因應部分業者目前改善鍋爐空氣污染物排放的時程及實際狀況，多為反映遭遇陳抗事故、蒸汽或氣體燃料管線施工工期較長，或氣體燃料供氣作業較長等不可抗力因素之影響，以及對於備用鍋爐適用之空氣污染排放標準疑慮，爰修正「鍋爐空氣污染物排放標準」增訂展延改善期限之規定，亦明確規範備用鍋爐之空氣污染物排放標準管理方式，以減少業者於鍋爐改善推動困難上之衝擊。
- 109/07/09【**環保署預告修正事業自行清除處理事業廢棄物許可管理辦法**】
- 為符合事業廢棄物管理實務運作情形，考量事業自行處理事業廢棄物許可與事業廢棄物清理計畫書的審查要件及應記載事項多有重複，環保署於 9 日預告修正「事業自行清除處理事業廢棄物許可管理辦法」草案簡化相關程序。

論述園地

不明廢棄物非法棄置場址調查實例分享

捷博科技股份有限公司專案經理 黃冠穎
捷博科技股份有限公司專案經理 陳妍樺
捷博科技股份有限公司環工技師 王凱中

摘要

自民國 83 年起國內陸續發現非法棄置場址，造成環境生態的衝擊與民眾健康的威脅，引起民眾及主管機關高度關切，經由統計目前國內非法棄置場址列管案件場數為 131 處。目前國內非法棄置場址調查程序經過多年發展，已有一套完整程序，本文將以高雄市大坪頂某不明廢棄物非法棄置場址進行調查之實例，分享與探討非法棄置場址的調查程序。

於進行場址廢棄物現場調查作業時，第一階段進入環境場址評估程序，場址環境評估的目的，是為了解該區域之作業環境或使用現況，並進一步瞭解污染潛勢。彙整背景資料、現場勘查與人員訪談結果，於完成環境場址評估程序後，經由評估人員專業判斷，進行第二階段污染調查規劃；經由第二階段污染調查規劃，執行現場污染調查採樣檢測工作，最終彙整場址環境評估成果及所有的採樣分析結果，進行污染嚴重程度的描述，進一步評估污染嚴重的程度，進行污染體積及範圍推估等，製作調查結果評估，以作為清理規劃或管理作為之重要參考依據。

【關鍵字】：1. 不明廢棄物 2. 非法棄置場址 3. 環境場址評估 4. 污染調查規劃

一、前言

自民國 83 年於高雄縣大樹鄉發生桶裝廢棄物造成一死一傷事件後，為國內對非法棄置場址重視之開端，國內陸續發現台北縣三鶯橋下及高雄縣荖濃溪河床遭到棄置大量不明桶裝及散裝廢棄物，造成相當大的環境生態的衝擊與民眾健康的威脅，亦引起民眾及主管機關高度關切。

環保署為有效掌握非法棄置場址的危害情況，於民國 87 年由廢管處初步建立非法棄置場址調查及危害評估之原則與方法；同時要求各縣

市政府提報境內非法棄置場址資料。經由環保署廢棄物非法棄置案件管理系統(簡稱 IDMS 系統)截至 109 年 6 月底統計，國內非法棄置場址列管案件場數為 131 處。

高雄市大坪頂是非法棄置事業廢棄物場址密集的地區，其之所以成為國內非法棄置事業廢棄物密集地區是因其位於小港區與林園區、大寮區接壤的地帶，地形屬丘陵且部分區域地形陡峭人煙罕至，周圍又緊鄰大發、臨海、林園等工業區。本篇文章將以高雄市大坪頂某非法棄置場址為例，介紹非法棄置場址之調查。

二、場址污染調查作業流程

國外在進行污染場址調查作業時均採取階段性調查流程(如美國 ASTM 之環境場址評估(Environment Site Assessment, ESA) Phase I、Phase II 及 Phase III 程序，以確認污染的潛勢及範圍；美國環保署亦針對不同類型之場址擬定調查作業流程如圖 1 所示。

目前國內在執行場址污染調查作業，則係參考「土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法」內所附之「場址環境評估法」及「網格法」，進行場址之調查評估作業，調查作業流程如圖 2 所示，調查作業流程可區分為「場址現勘評估」及「採樣檢測作業」等 2 個主要階段。

(一) 環境場址評估

於進行場址廢棄物現場調查作業時，首先進入環境場址評估程序(Environmental Site Assessment, 以下簡稱 ESA 程序)，場址環境評估的目的，是為了解該區域之作業環境或使用現況，並進一步瞭解污染潛勢。

ESA 程序重點工作項目為進行資料蒐集與審閱、現場勘查及人員訪談作業，事先對場址背景做一評估及瞭解，初步掌握可能之棄置範圍，再依評估結果據以規劃佈點位置及選擇適當之調查工具技術，執行第二階段(Phase II)之採樣分析。以下針對資料蒐集與審閱、現場勘查及人員訪談等三階段執行要點進行說明，說明如后。

General Environmental Cleanup Steps	CSM Life Cycle	Best Management Practices		CERCLA - Superfund	RCRA	Brownfields	UST	VCUP Varies by State	IRP/ERP	MMRP
		SPP	DWS/RTMT							
SITE ASSESSMENT	Preliminary CSM	Conceptual	↓	Preliminary Assessment (PA)	Facility Assessment (RFA)	Phase I Environmental Site Assessment (ESA)	Initial Site Characterization	PA	PA	PA
	Baseline CSM			National Priorities List (NPL)	No Further Remedial Action Planned (NFRAP)			Initial Response	SI	SI
SITE INVESTIGATION AND ALTERNATIVES EVALUATION	Characterization CSM Stage	↓	↓	Remedial Investigation/ Feasibility Study (RI/FS)	Facility Investigation (RFI)	Phase II ESA	SI	RI/FS	RI/FS	RI/FS
REMEDY SELECTION	Design CSM Stage			Removal Actions - Emergency/ Time Critical/Non-Time-Critical	Proposed Plan	Record of Decision (ROD)	Statement of Basis (SB)	Remedial Action Plan (RAP)	Corrective Action Plan (CAP)	ROD
REMEDY IMPLEMENTATION	Remediation/ Mitigation CSM Stage	↓	↓	Remedial Design (RD)	Corrective Measure Implementation (CMI)	Cleanup and Development	Corrective Action - Low-impact site cleanup - Risk-based remediation - Generic remedies - Soil matrix cleanup	RD	RD	RD
POST-CONSTRUCTION ACTIVITIES	Post-Remedy CSM Stage			Operational & Functional Period	Operation & Maintenance (O&M)	Long term monitoring (LTM)	Optimization	Long Term Response Action (Fund-lead ground/water/surface water restoration)	O&M	LTM
SITE COMPLETION		Quantitative	↓	Construction Complete (CC)	Certification of Completion	CC	No Further Action (NFA)	CC	Response Complete (RC)	RC
				Preliminary or Final Close Out Report (PCOR/FCOR)	Corrective Action Complete with Controls or without Controls	Property Management			NFA	NFA
				Site Completion - FCOR	Site Deletion					
				O&M as appropriate						

Abbreviations:
 SPP = Systematic Project Planning
 DWS = Dynamic Work Strategies
 RTMT = Real Time Measurement Technologies

CERCLA = Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act
 RCRA = Resource Conservation and Recovery Act

UST = Underground Storage Tanks
 VCUP = Voluntarily Clean Up Programs

IRP/ERP = Installation Restoration Program/ Environmental Restoration Program
 MMRP = Military Munitions Response Program

資料來源：USEPA Environmental Cleanup Best Management Practices : Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model . (2011)

圖 1 美國各類型場址調查及整治流程比較圖

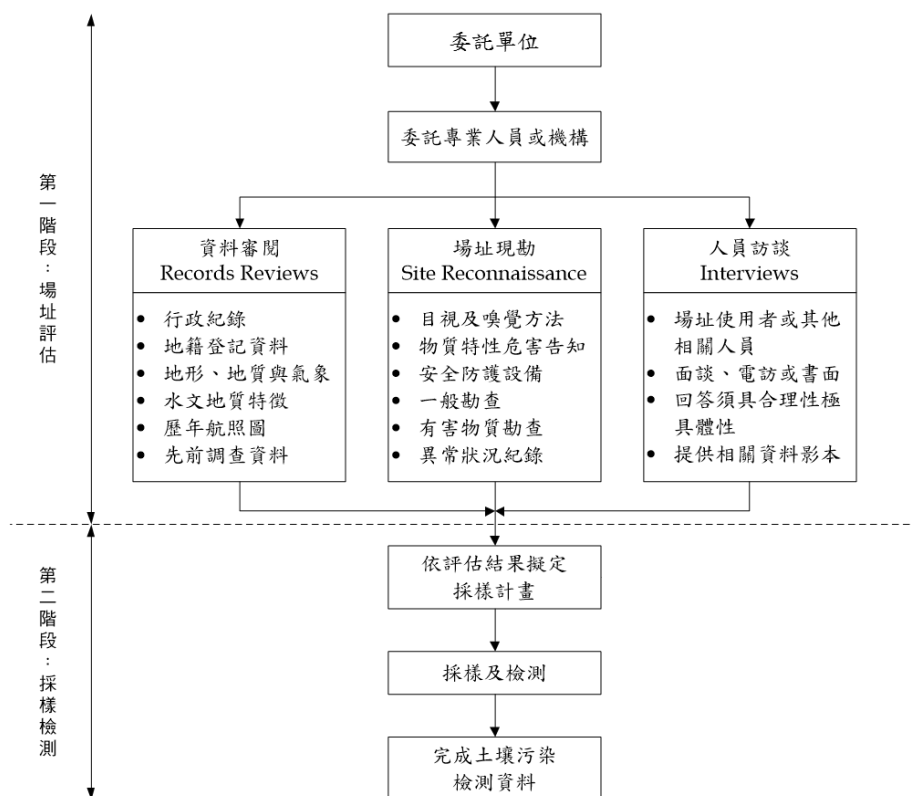


圖 2 污染調查作業流程

1. 資料審閱 (Records Review)

資料審閱的目的，係瞭解場址過去及現今的使用期間、使用狀況等，由採納政府機構資料為優先，蒐集的資料中，場區配置圖為必要，另蒐集相關地表水文地質、氣象、地形圖、工安環保相關許可、場址列管紀錄、或先前的調查評估報告報告等，必要時可以由歷年航照圖、地政機關、稅務機關、產權登記紀錄、土地使用分區等等進行更進一步的資料蒐集。

蒐集完畢紀錄資料，應審視資料紀錄是否具備合理性，且注意資料更新情形，以避免取得不正確或過時的資料，資料可分為三大類別，為政府環境紀錄、實質環境及歷史紀錄三大類別，後續於場址現勘及人員訪談時，交互進行查證比對。

2. 場址現勘 (Site Reconnaissance)

場址現勘的目的，主要為蒐集場址的現況資料。現場勘查時應盡可能包含場址內部及外部，除非受環境或障礙物所阻礙，任何場址內的結構物皆應納入勘查動線。所有勘查過程應詳細記錄並拍照存證，於勘查紀錄中說明現場環境概況，如場址目前使用狀況、場址過去使用情形、比鄰場址使用現況、建築物之座落位置、現場水體分布，勘查時天候狀況等。

3. 人員訪談 (Interviews)

場址人員訪談是執行場址污染調查前評估污染潛勢區之重要工作之一，雖然場址人員對於問題可能採取閃躲或迴避之態度，但是經由對場址所有權人、使用人、工作人員之交叉訪談中，往往會由不一致或矛盾之回答中獲得寶貴資料。

訪談的對象為現在與過去之土地所有人、使用者、鄰近居民、其他熟悉場址狀況者，另可對政府機關執行人員進行訪查，而訪談的形式涵蓋面談、電訪及書面，且紀錄受訪者之姓名、職位、相關年資、與場址關聯性、及聯絡方式等資料。同時應該儘可能詢問目標場址土地所有人、主要管理人以及使用人是否知悉有關之民事、刑事或行政訴訟。

受訪者須具體且合理地，就所知範圍回答問題，其對答案不確定或不知道，仍視為訪談程序已完成；確認受訪者是否知悉所蒐集的相關紀錄，或有其他記錄文件，請受訪者予以提供文件紀錄影本。透過人員訪談可比對是否與蒐集資料相符，協助確定或排除可能污染的潛勢環境狀況，必要時可進行第二次以上的訪談，以完備場址評估所需之資料，

(二) 污染調查規劃

完成環境場址評估程序後，蒐集背景資料、現場勘查與人員訪談結果，經由評估人員專業判斷。污染調查規劃需考慮到場址限制，事先判斷會妨礙採樣的障礙，例如鬆軟的土質、險峻的斜坡和已知的地下結構物如管線或建物、設施之基礎等。檢視所有蒐集到的資訊及觀察到的環境條件，以確認場址特性及鄰近地區狀況，進而決定採樣佈點、採樣方式及研擬場址污染採樣調查規劃。

目前常見之採樣規劃方式包含：主觀判斷採樣、簡單隨機採樣、分區採樣、系統網格採樣、應變叢集採樣及混合採樣等六種，各採樣規劃方式特性彙整如表 1。採樣規劃方式應藉由現有資料檢視判斷予以擇定，並針對工作內容與調查場址特性，利用不同採樣設計之適用性，規劃適當的採樣點、現場篩測工具、採樣工具和檢測分析方法。

(三) 調查成果評估

當污染調查工作結束後，彙整場址環境評估成果及所有的採樣分析結果，進行污染嚴重程度的描述。依據污染調查結果進行場址污染範圍及濃度分布評析，進一步評估污染嚴重的程度，進行污染體積及範圍推估等，製作調查結果評估，以作為後續清理規劃或管理作為之重要參考依據。

表 1 採樣規劃方式特性彙整

採樣規劃方式	特性說明
主觀判斷採樣	(1) 專業判斷採樣點 (2) 不意進行統計分析 (3) 常搭配機率式規劃方法
簡單隨機採樣	(1) 畫分相同大小網格，依亂數表選擇採樣點 (2) 適用場址均質性高的地方 (3) 摒除了大部分先前對於場址的調查結論，可能造成資源的浪費
分區採樣	(1) 畫分均質網格區域，依區域大小分配採樣點數 (2) 降低場址不均質之影響
系統網格採樣	(1) 畫分網格並於節點或網格內採樣 (2) 適用於污染潛勢不明或污染範圍大的場址 (3) 網格的形式可以是正方形、長方形、三角形或是放射狀
應變叢集採樣	(1) 先畫分大網格並進行採樣，依結果選擇網格切割成小網格進行細部調查 (2) 適用於描繪污染團範圍 (3) 較適合搭配經濟且快速的分析方法
混合採樣	(1) 將多處樣品點樣品混合易喪失濃度分佈資訊 (2) 常與其他規劃方式合用 (3) 需注意混合過程的安全性與干擾

三、不明廢棄物非法棄置場址調查實例探討

本文探討之場址地理位置位於大坪頂南端，鳳山水庫西側一帶，藉由本區域歷年航空基本相片圖並進行地籍套繪比對，以瞭解調查區域地形地貌之變化，依據比對結果圈選出可能廢棄物棄置範圍，初步判斷遭棄置範圍之土地面積約為 91,904 平方公尺。為確定實際污染範圍及污染程度，故辦理廢棄物調查以瞭解實際情形。

1. 環境場址評估結果

整個調查作業依循污染調查程序，先進行環境場址評估，評估作業內容場址勘查、地方耆老訪談及細部資料蒐集等，相關資料包括場址地圖、廢棄物特性初步研判、地形特性、地理資料庫、航照圖、周圍人口數量、地下水井及地表逕流等。

彙整過去區域調查結果顯示，該區域主要廢棄物類型以造粒集塵灰、爐渣(石)、污泥及營建混合物為大宗(如圖 3)，另與地方耆老訪談，推測於民國 80 年至 85 年期間遭不肖業者傾倒事業廢棄物。

由於調查範圍面積達 9 公頃，為能更有效率完成調查工作，就歷年航照圖進行高層變化比對，藉由高程變化之差異性進行工作分區，場址可概分為 5 個區域(如圖 4)，比對結果顯示歷次高程變化中，乙、丙區高程變化較大；甲、丁區皆有高程增加之現象，航照圖高程比對變化情形彙整於表 2。

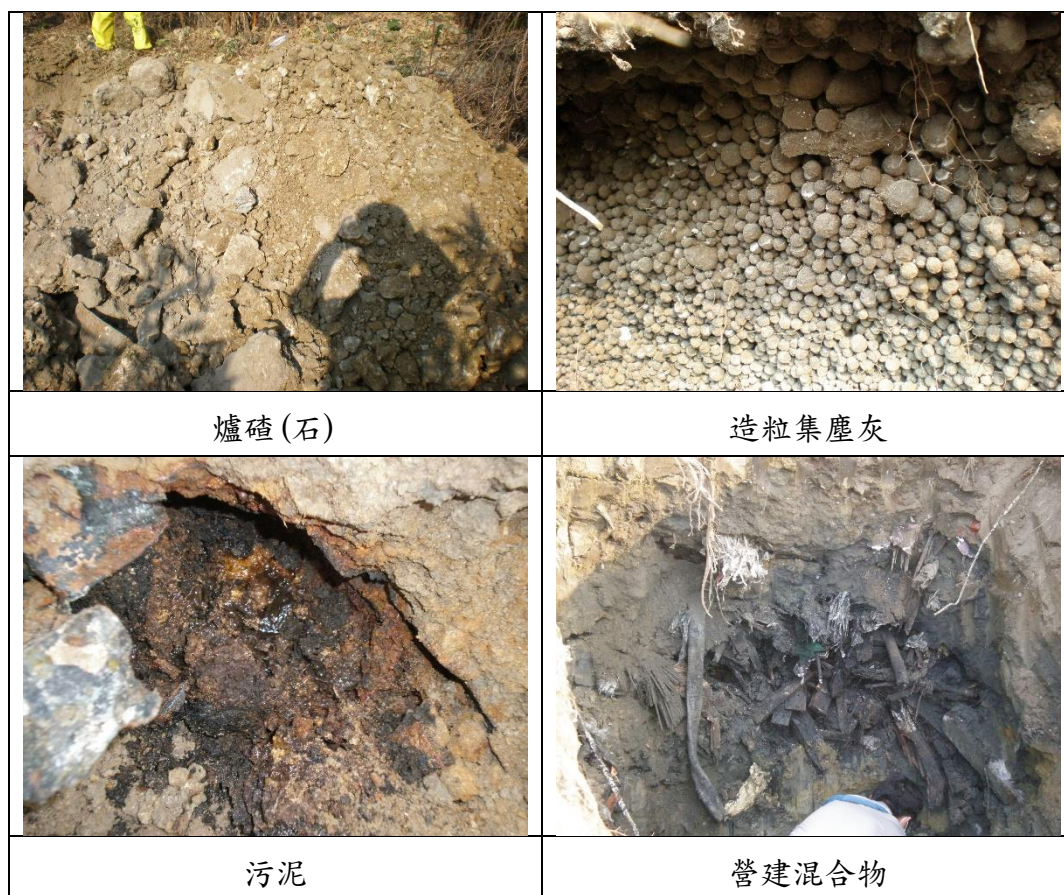


圖 3 調查區域主要廢棄物類型



圖 4 場址高程變化分區

表 2 航照圖高程比對變化情形

高程 (m)	民國 65 年	民國 71 年	民國 77 年	民國 86 年	變化 最大值
甲區	20~30	15~20	15~25	15~30	+0~+5
乙區	25~30	20~30	20~30	25~49	+5~+19
丙區	28~50	25~50	25~50	40~47	-3~+15
丁區	20~51.6	20~40	20~35	18~38	-2~+3
戊區	20~50	20~40	20~40	15~40	-5~0

延續工作分區結果再進行污染潛勢分區，彙整訪談紀錄、場址勘查紀錄及過去調查結果等重要資訊進行，概分為「確認污染區域」、「確定未污染區域」、「疑似污染區域」及「疑似未污染區域」等 4 類污染潛勢分區，污染潛勢分區結果如圖 5。經由環境場址評估程序，完成污染潛勢分區劃分，同時推測棄置深度可能達到 20 公尺之深，可有效作為後續採樣規劃設計參考依據。

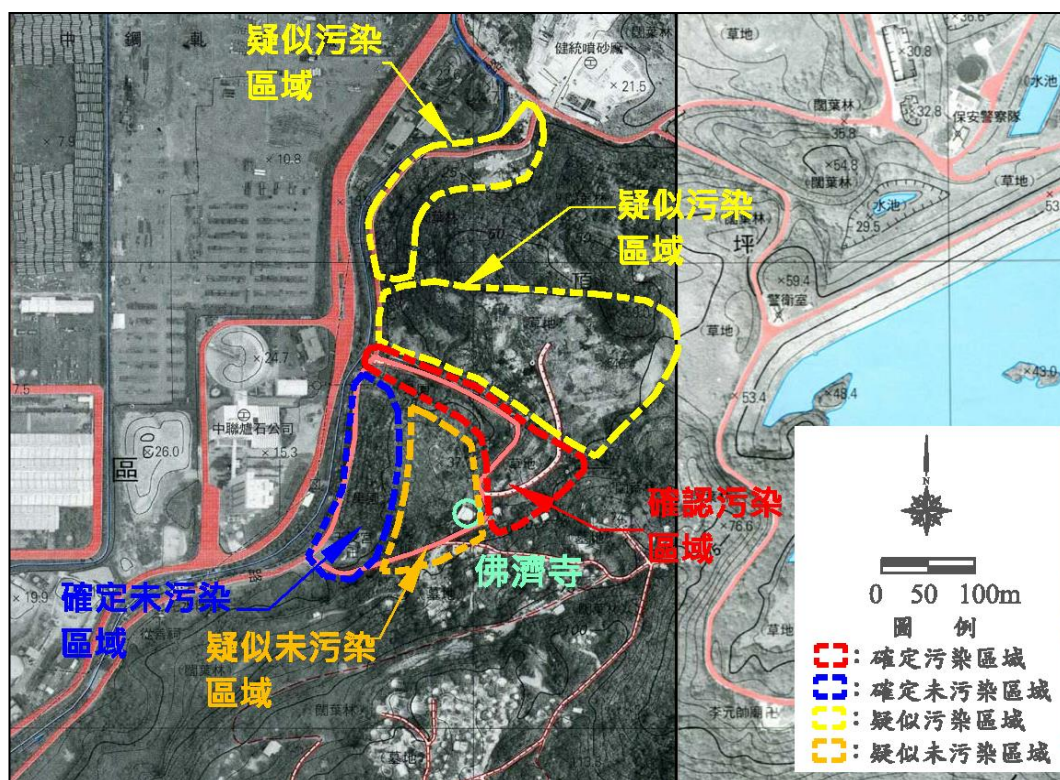


圖 5 場址污染潛勢分區

2. 污染調查採樣規劃

(1) 採樣機具設備

有鑑於場址內廢棄物棄置深度最深可能達到 20 公尺之深，因此調查工作將分為 2 階段進行，第一階段係採開挖調查，第二階段則係採用鑽探調查。

開挖調查方式優點，藉由所挖掘之坑洞或斷面可目視各類污染物分佈及外觀，且易採集特定樣品；但受限於機具動能，開挖調查深度約略至地表下 5~6 公尺不等。鑽探調查方式之優點，調查深度可達地表下 20 公尺或是更深，較不受深度之影響；但較無法明確辨別污染物分佈及外觀，無法採集特定樣品。

國內常見鑽探調查方式為直接貫入、鑽堡及薄管或劈管取樣，各鑽探調查方式都有其優缺點(如表 3)。直接貫入之優點為藉由連續取樣以了解各深度廢棄物掩埋分佈狀況，但此法之缺點為遇大粒徑之磚塊、水泥塊、爐石塊等廢棄物則無法取得代表性樣品；而鑽堡則是利用鑽桿鑽至預定深度之過程中，由高壓空氣吹出之鑽屑研判廢棄物之組成。

(2) 調查點規劃

非法棄置場址之廢棄物大部分為隨意棄置掩埋，並無固定規則可循，且其廢棄物分布差異極大，本工作廢棄物調查評估重點在於廢棄物類別、位置分佈及數量，以能具體規劃後續廢棄物清理工作及管理作為。調查點規劃方式則係採用系統網格法及主觀判斷法等 2 種方式搭配使用，依各場址形狀及面積大小，選取合適之網格大小以系統網格法先行套繪；再依據現場情形及專業人員經驗，再以主觀判斷進行佈點規劃作業。

(3) 檢驗項目及現場篩測

現場採樣及檢測工作皆係由環檢所認證之環境檢驗測定機構辦理，並依據環檢所公告之最新方法執行。

依據過去大坪頂特定區其他非法棄置場址調查結果顯示，該區域內主要廢棄物種類係以爐渣(石)、集塵灰、污泥、營建廢棄物..等廢棄物為大宗，亦有場址曾填埋有機溶劑廢棄物。因此，場址之樣品檢測項目包含廢棄物重金屬溶出試驗、廢棄物有機污染物溶出試驗及廢棄物戴奧辛...等。

由於樣品檢測數量有限，挑選具代表性之樣品進行分析就甚為重要，屬於無機性樣品以 X 射線螢光光譜儀(X-ray fluorescence, XRF)進行篩測，屬於有機性樣品則以光離子偵測器/火焰離子偵測器(PID/FID)進行篩測，針對採集樣品快速完成篩測，作為送實驗室分析樣品挑選依據。

表 3 鑽探調查方式優缺點彙整

工具名稱	使用說明	優點	缺點
直接貫入 (Direct-push)	利用油壓、機械或人力等方式，將鑽桿壓入至預定深度後。	快速、可連續取樣、深度估算準確度高。	若不使用連續取樣，無法了解各深度廢棄物狀況。動力有限，對於含塑橡膠、木材、磚、水泥塊等之廢棄物不適用，且深度有限。
鑽堡 (Air Rotary)	利用油壓動力，以旋轉方式鑽至預定深度，鑽屑由高壓空氣吹出。	快速，可由鑽屑研判廢棄物組成，動力大，適用於含水泥、磚、或塑膠製品之廢棄物。	成本較高、精度不如油壓小鑽機。
薄管或劈管取樣 (Thin Tube, Split-spoon)	內徑 2 吋之內可拆解之中空鋼管，內裝塑膠或金屬製薄管，直接壓入讓樣品進入薄管。	可取得未擾動之樣品，完整性佳。	遇磚、水泥塊等直徑大於 2 吋，或是具彈性（塑橡膠）無法切斷之廢棄物，則無法取樣。

3. 開挖及鑽探採樣結果

開挖調查部分共計開挖 74 個孔，採集 227 組樣品；鑽探調查鑽探 70 孔，其中直接貫入鑽探 47 孔，鑽堡鑽探採樣 23 孔，總進尺為 606 公尺，採集 433 組樣品。依地上物或廢棄物分布特性分為 A 區至 E 區，廢棄物特性分布分區如圖 6，繪製鑽探柱狀圖及廢棄物掩埋 3D 圖，以圖面化方式瞭解廢棄物掩埋分布情形(如圖 7 及圖 8)。各分區調查情形摘要說明如下：

- (1) A 區：A 區主要為柏油道路、墓地、寺廟(天文宮或佛濟寺)等，無法以挖土機開挖之區域，後續安排鑽探採樣進行廢棄物掩埋確認。鑽探採樣作業以直接貫入執行採樣作業，鑽探結果發現並無明顯廢棄物。
- (2) B 區：經開挖調查發現 0 至 4 公尺無明顯廢棄物，質地多為乾燥、棕或棕灰色坩土質砂，後續安排鑽探確認 4 公尺以下之是否有廢棄物掩埋。鑽探採樣作業以直接貫入執行採樣作業，鑽探結果顯示為棕灰色、坩土質砂，無明顯廢棄物，與開挖點土壤質地相符無異常。
- (3) C 區：廢棄物為沿本場址進場道路東側棄置，呈狹長型分布，經開挖採樣發現廢棄物主要分布於地表下 0 至 1 公尺處，後

續以鑽探採樣加強確認廢棄物掩埋深度。鑽探採樣作業以直接貫入執行採樣作業，確認廢棄物埋埋深度為地表下 0.5 至 2.5 公尺不等。主要廢棄物類別為疑似集塵灰、造粒集塵灰、爐石及建築廢棄物等。

(4) D 區：經開挖確認其埋埋深度約為 3 至 4 公尺以下不等，後續以鑽探採樣加強確認廢棄物掩埋深度。鑽探採樣作業以直接貫入採樣配合鑽堡鑽探採樣，道路旁高程較低者廢棄物分布深度約於 2 至 5 公尺不等，但因道路主要由廢棄物建構而成，廢棄物掩埋深度最深達 13.5 公尺。廢棄物型態主要為疑似爐石(渣)、集塵灰、及太空袋等廢棄物。

(5) E 區：為主要廢棄物埋埋區域，此區域高程變化甚鉅，最高達約 20 公尺，由於開挖採樣至 4 公尺仍未達原生土層，後續安排鑽探採樣作業。鑽探採樣作業以鑽堡進行鑽探採樣作業，掩埋深度最深達地表下約 24 公尺。主要廢棄物類別繁多，除有疑似爐石、集塵灰外，尚有廢塑膠、太空袋、破損鐵桶、疑似鋁渣、污泥及生活廢棄物等。

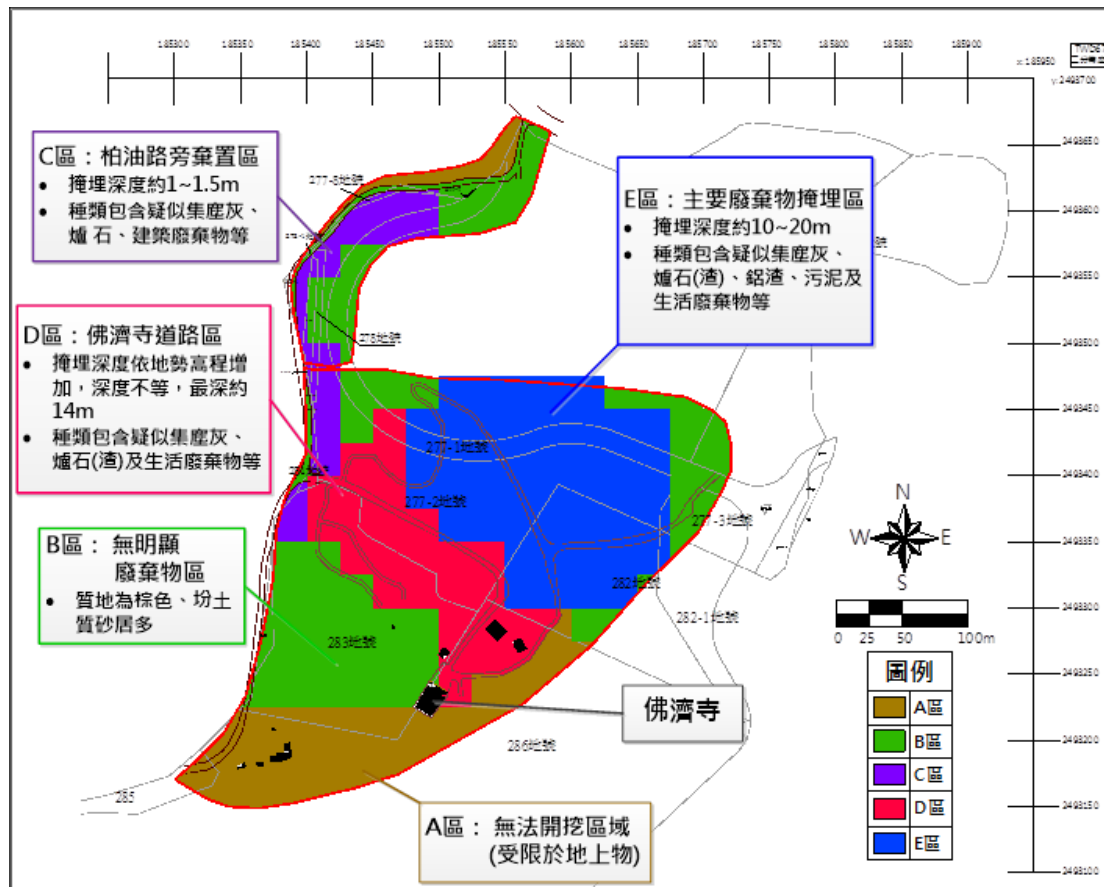


圖 6 廢棄物特性分布分區

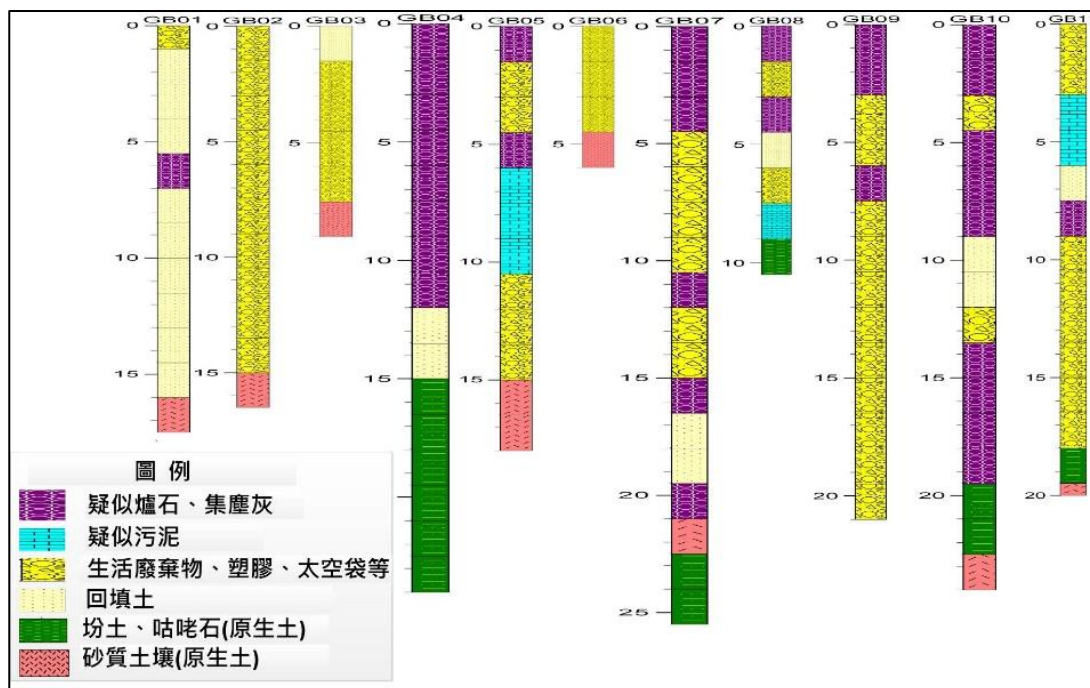


圖 7 鑽探柱狀圖

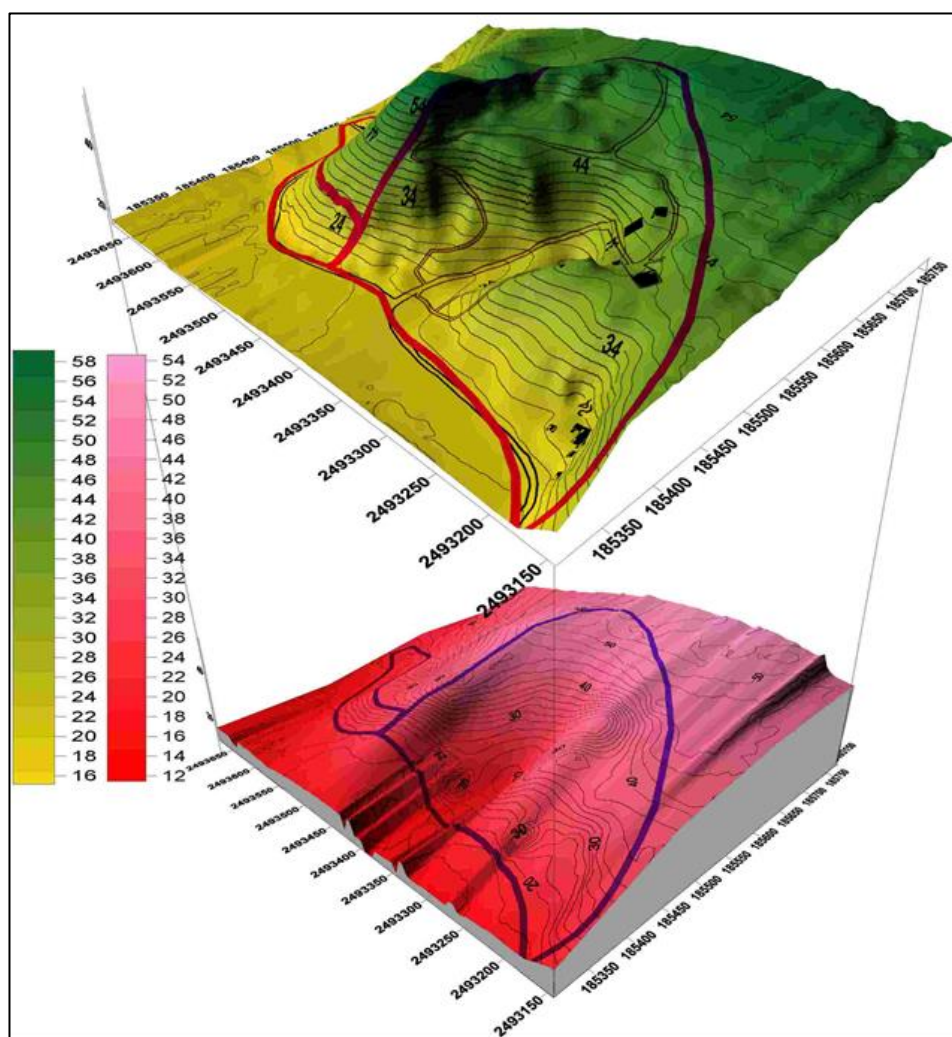


圖 8 3D 廢棄物掩埋底面圖

4. 樣品檢測分析結果

- (1) 90 組重金屬溶出試驗分析結果中，其中 25 組樣品超過重金屬溶出試驗標準，主要超標項目為總鉛、總銅及總鎘，對應其廢棄物類別主要為疑似集塵灰、爐渣及造粒集塵灰等。總鉛檢測值最高達 97.4 mg/L(標準值 5.0 mg/L)、總銅檢測值最高達 86.9 mg/L(標準值 15.0 mg/L)、總鎘檢測值最高達 6.96 mg/L(標準值 1.0 mg/L)。
- (2) 20 組廢棄物有機污染物溶出試驗分析結果，無超過溶出標準之樣品。
- (3) 20 組戴奧辛毒性當量試驗分析結果，有 3 組超過總毒性當量標準。對應其廢棄物類別主要為疑似集塵灰及造粒集塵灰。戴奧辛檢測值最高達 3.53 ng I-TEQ/g (標準值 1.0 ng I-TEQ/g)。

5. 廢棄物數量估算

廢棄物數量估算，推估原則配合網格調查規劃，以採樣網格為推估單位，並配合歷史航照圖資料比對、現場地形地貌判斷等。以測量資料及數位地籍圖套繪 Auto CAD 軟體，計算各網格區塊面積及各地號所佔面積，各網格面積與預訂挖掘深度之乘積則為該網格廢棄物數量，各區之網格加總，則求得各區廢棄物填埋數量。

整體考量後續清理，將廢棄物分類為 4 大類別，針對發現廢棄物之 3 區估算其廢棄物種類類別、各類別廢棄物數量：

- (1) C 區廢棄物總估算體積為 8,000 立方公尺，各類廢棄物估算體積為：
一般事業廢棄物約為 3,538 立方公尺，營建混合物約為 990 立方公尺，有害事業廢棄物約為 3,292 立方公尺，而衍生廢棄物約為 180 立方公尺。
- (2) D 區廢棄物總估算體積為 57,300 立方公尺，各類廢棄物估算體積為：
一般事業廢棄物約為 22,500 立方公尺，營建混合物約為 5,240 立方公尺，有害事業廢棄物約為 21,572 立方公尺，而衍生廢棄物約為 7,988 立方公尺。
- (3) E 區廢棄物總估算體積為 281,150 立方公尺，各類廢棄物估算體積為：
有害事業廢棄物約為 137,266 立方公尺，一般事業廢棄物約為

102,926 立方公尺，營建混合物約為 21,058 立方公尺，衍生廢棄物約為 19,900 立方公尺。

綜合上述 3 區廢棄物數量估算，廢棄物總體積數量估算可達 346,450 立方公尺，其中有害事業廢棄物約為 162,130 立方公尺 (47%)，一般事業廢棄物約為 128,964 立方公尺 (37%)，營建混合物約為 27,288 立方公尺 (8%)，衍生廢棄物約為 28,068 立方公尺 (8%)。廢棄物總重量推估約 62 萬公噸，其中一般事業廢棄物佔 23 萬公噸、營建混合物約 5 萬公噸、有害事業廢棄物佔 31 萬公噸、衍生廢棄物佔 3 萬公噸。

6. 後續管制策略

後續管制策略評估關鍵因子，包含經濟面、環境面、技術面等 3 個面向。就經濟面而言，經由現場調查結果顯示廢棄物總重量估計約 62 萬公噸，單就廢棄物處理總經費初略估算至少需 70 餘億元，對於財政支出及經費籌措確實為一大難題，且限制區域經濟的發展，致周遭土地貶值。就環境面而言，部分區域廢棄物分布，鄰近柏油道路及排水渠道，污染物傳輸擴散可能危及人類健康及環境。同時易成為治安死角，吸引犯罪者及非法活動，造成區域生活品質受損，形成警力和消防等公共資源的壓力。就技術面而言，國內目前對於有害事業廢棄物或一般事業廢棄物的處理技術多係採用固化、安定化或掩埋等，該些技術目前已相當成熟，但實際可收受處理量對於本場址龐大數量仍顯不足，且現場廢棄物係屬於混雜狀況，須再經由前處理程序，使其廢棄物符合進場處理標準。

綜合考量各面向及場址廢棄物污染特性，提出以下相關可行管制策略：

- (1) 由於本場址地處偏僻地區且含有有害事業廢棄物，可於場址邊界設置有效阻隔措施及警告標示，避免民眾進入場址直接接觸危及健康及可能持續被棄置廢棄物。同時可配合相關計畫進行定期巡查或協調相關單位不定期巡查等作為，適時掌握場址變化。
- (2) 在尚未妥善完成廢棄物清理規劃及執行清理工作前，進行適當之地工技術，以降低入滲水與廢棄物接觸，降低入滲率，阻隔地下水污染潛勢。由於場址內部分區域基礎承载力不佳且抗剪能力差，可選用柔性工法來作為主要治理之方法，為避免表面徑流水滲入地層造

成二次污染，於低窪處設置縱橫向截水草溝，並於溝底以皂土毯或不透水布作為隔離。另部分區域屬邊坡穩定性不佳，易造成崩塌，故規劃原則為加強護坡，達穩定邊坡及植生綠化之效果，以兼顧生態之加勁護坡來鞏固坡面增加整體穩定性。

四、結論與建議

依據本文非法棄置場址調查，調查起始係藉由第一階段之資料蒐集與審閱、現場勘查及人員訪談作業等，對場址背景先做一評估及瞭解，初步掌握可能之棄置範圍及進行污染潛勢分區。延伸至第二階段調查規劃方面，係藉由第一階段評估結果進行妥善規劃，包含調查點如何配置、調查工具選擇、現場快速篩測儀器、現場調查查人員裝備及現場環境安全偵測等；最終，彙整第一階段場址評估成果及第二階段調查作業成果，製作一完整調查成果評估報告，以供未來清理規劃或管制管理作為一重要參考依據。以上各階段工作及成果，即為環境場址評估程序 (ESA 程序) 之調查精神，依循各階段執行重點，可有效分配整體調查資源以達到最大調查評估效益。

隨著科技的日新月異非法棄置場址調查技術也不斷推陳出新，近年來許多非法棄置場址之調查，於執行現場調查工作前，利用地球物理探勘技術(如：地電阻影像法、透地雷達法及感應電磁法)或衛星遙測技術，掌握非法棄置場址空間分布特性及地下環境特徵變化，建立高潛勢污染可能棄置之區域，提升非法棄置場址調查的時效。

廢棄物處理規劃上，除了目前技術純熟的固化法、安定化法或掩埋法等技術外，應考量廢棄物如何資源化處理使其能夠再利用；且多數非法棄置場址之廢棄物很難藉由外觀特性加以判定，建議可透過廢棄物鑑別技術如：掃描電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM) 或 X 光繞射分析 (X-ray diffraction analysis, XRD) 等物理或化學分析技術，確認廢棄物種類及其特性，進一步評估廢棄物再利用可能性，達到循環經濟並有效減輕廢棄物處理費用及環境負擔。

五、參考文獻

1. ASTM E1527-00 Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase 1 Environmental Site Assessment Process。
2. ASTM E1528-00 Standard Practice for Environmental Site Assessments: Transaction Screen Process。
3. ASTM E1903-97 Standard Guide for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process。
4. USEPA Environmental Cleanup Best Management Practices : Effective Use of the Project Life Cycle Conceptual Site Model . (2011)。
5. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染場址調查作業參考指引總則，104 年。
6. 行政院環境保護署，土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法，100 年。
7. 行政院環境保護署，有害事業廢棄物認定標準，民國 90 年 3 月 7 日公告。
8. 高雄市政府環境保護局，高雄市山邊路佛濟寺旁非法棄置事業廢棄物場址緊急調查計畫(期末報告)，100 年。

強效型複合金屬氧化電極整治技術分享

國立高雄大學土木與環境工程學系特聘教授 袁菁
國立高雄大學土木與環境工程學系研究生 陳彥圻
捷博科技股份有限公司專案經理 張高僑
國立高雄大學土木與環境工程學系研究生 薛宇翔
捷博科技股份有限公司環工技師 王凱中

摘要

現今國內土壤整治技術經過多年發展，大部分整治方向皆是以現地方式處理，然現地方式處理常受限於土壤基本性質及地下水流向因素，導致無法確實控制及掌握污染團之流向、處理效果不佳等情形。

電動力技術可利用電極之導電性使電流移動土壤及地下水中的污染物，用以強化污染物之方向性，且近年電動力以改良電極的方式使技術提升，利用電極上特殊的金屬之催化能力，輔助氧化劑使其產生自由基，將可有效降解有機污染物，以克服地質傳輸及氧化能力之不足。

由於氧化電極整治技術仍未被廣泛應用，因此將以本文探討油品主要污染物苯及乙苯以強效型複合金屬氧化電極進行整治之試驗分享與探討，推動電動力工法的整治技術。

本技術係以實驗室管柱模擬污染 2 維傳輸狀況，探討不同濃度 (0-2 mM) 之氧化劑 PMS 及不同電位坡降 (0.5-2 V/cm) 對苯/乙苯污染土壤之處理效果，並分析反應完成後陽極及陰極之污染物濃度，以表示其污染物降解能力，結果顯示不論苯或乙苯等污染物去除效率均可達 70% 以上。

【關鍵字】：1. 電動力 2. 氧化電極 3. 電化學地質氧化 4. 油品污染整治

一、前言

國內土壤/地下水除污技術日益成熟，漸漸建立本土操作參數，惟部分污染場址目前整治成效有限，各項技術皆受土壤基本性質及地下水流向等限制，於整治過程中仍可能產生污染團控制不易等問題，追根究柢其主要原因可歸納為包含無法確實控制及掌握污染團之流向、處理效果不佳、生物/化學試劑無法有效與污染團反應及無法有效進行現地處理。

傳統電動力技術是利用電極之導電性使電流移動土壤及地下水中的污染物，用以脫水及去除重金屬。近年電動力以改良電極的方式使技術提升，與化學氧化法結合，稱為電化學地質氧化技術，該技術除了保有傳統電動力傳輸的特性外，利用電極上特殊的金屬之催化能力，輔助氧化劑使其產生自由基，將可有效降解有機污染物，以克服地質傳輸及氧化能力之不足。

二、文獻回顧

(一) 電動力機制

電動力基本原理係將陰陽電極置於待處理之污染場址中，施加適當大小之直流電壓或電流後，藉由陰、陽電極間生成之電場作用，驅使帶正電荷之離子被吸引至負極（陰極）；相反地，帶負電荷之離子則向正極（陽極）移動；此外，溶解性非離子物種亦可藉由電滲透流之傳輸，引導土壤中電解質溶液移動，進而達到去除土壤中污染物之目的，歸納其對於污染整治具有以下幾點特點：

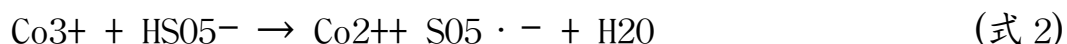
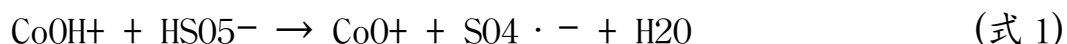
1. 可針對低滲透性土壤污染物進行處理。
2. 可進行污染物流向的控制。
3. 可做現地處理。

(二) 鈷鐵複合金屬電極之氧化降解機制

目前在土壤及地下水現地化學氧化整治技術上，常以過硫酸根自由基作為高級氧化技術之基礎，其具有以下特點：

1. 具有高的氧化還原電位， $E_0 = 2.5-3.1 \text{ V}$ 。
2. 過硫酸根自由基之半衰期較氫氧自由基長。
3. 過硫酸根能迅速降解有機污染物，其速率常數介於 $10^7-10^{10} \text{ M}^{-1}/\text{s}$ 。

許多文獻指出 CoOH^+ 為最有效催化過硫酸氫鉀 (Peroxomonosulfate, PMS) 之物種，其催化過程如圖 3.1 所示反應式如式 (1)、(2)，主要藉由 Co^{2+} 、 CoOH^+ 、 CoO^+ 、 Co^{3+} 等四項產物間的電子轉移催化過硫酸鹽，惟 Co^{2+} 和硫酸根自由基反應產生之 Co^{3+} 會抑制催化反應進行。



而為了防止鈷於催化過程中之抑制反應發生，許多文獻使用鈷鐵複合金屬 (CoFe₂O₄) 作為 PMS 氧化系統之催化劑，將 CoFe₂O₄ 晶格中 O 被氧化為 O₂，並同時將鈷還原成 Co²⁺，另一方面，溶液中的 O₂ 將補充以使 CoFe₂O₄ 催化劑活性得以維持，避免產生抑制反應，相關機制如圖 1。

此外，使用 CoFe₂O₄ 電極亦可透過零價鐵釋出兩個電子形成二價鐵，電子和氧氣反應形成過氧化氫 (H₂O₂)，再由過氧化氫和二價鐵反應產生氫氧自由基進而降解污染物。

三、實驗步驟及成果

本實驗利用 Co-Fe/Al 複合金屬氧化電極作為陽極，不鏽鋼電極作為陰極，並進行二維管柱之地質氧化實驗，實驗系統示意如圖 2，探討不同濃度 (0-2 mM) 之氧化劑 PMS 及不同電位坡降 (0.5-2 V/cm) 對苯/甲苯污染土壤之處理效果，相關步驟如下：

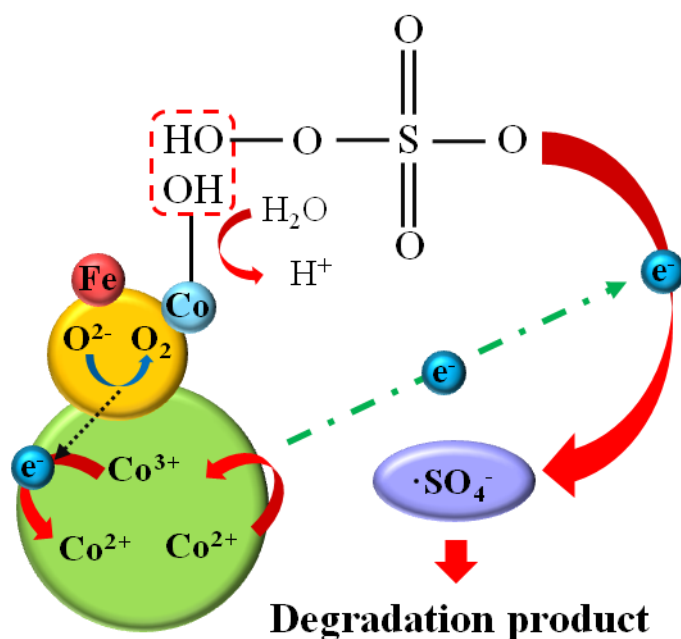


圖 1 CoFe₂O₄ 催化系統

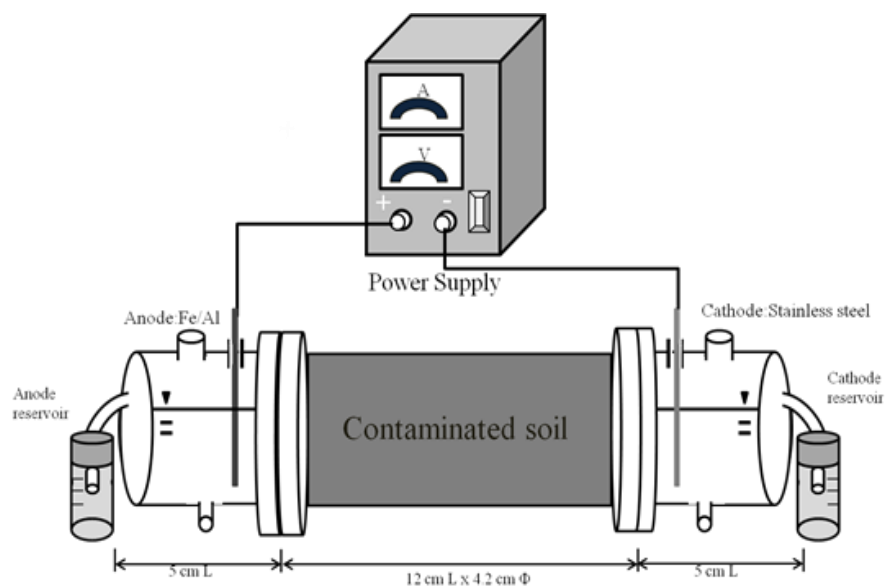


圖 2 模組實驗系統示意圖

1. 配置濃度為 320-450 mg/kg 之苯/乙苯污染土壤；
2. 將土壤填入二維管柱/三維試模中；
3. 加入適量之 PMS，使其濃度介於 0-2 mM；
4. 將 Co-Fe/Al 複合金屬氧化電極置於陽極，不鏽鋼電極置於陰極；
5. 通以 0.5-2 V/cm 之電流；
6. 將處理完畢之苯/乙苯污染土壤與適當水量混合並量測 pH 值。
7. 將 5 g 土壤放入 40 mL 棕色瓶中，以 Purge & Trap 將土壤中揮發有機物(苯及乙苯)曝至氣相層析儀中分析。

本實驗濃度設定為 320-450 mg/kg 之間，二維管柱實驗天數為 5 天，經處理後之土壤下架切片 (A-H，共八段) 分析，處理效率彙整於表 1 所示；然電動力之電滲透流機制使電動力技術具有控制污染物方向之特性，其土壤中部分污染物也藉由電滲透流從土壤帶離槽體往陽、陰兩極移動，而陽、陰極槽液中之總有機碳 (TOC)、苯及乙苯濃度彙整於表 2，由陽極至陰極之污染物殘留濃度分佈圖如圖 3~8。

實驗結果以添加 0.5 mM PMS 下苯/乙苯之土體殘留濃度，經實驗天數 5 天苯/乙苯之殘留濃度分別為 125.22 及 95.02 mg/kg，處理效率為 71.91% 及 71.0% 最好，惟此實驗組於操作 36 小時後發現於陽極端緩慢產

生乳化物質，推測因此實驗組有低 PMS 氧化劑濃度，但其具有較高之電位坡降 (2 V/cm)，不易生成較濃稠狀之乳化物而阻礙自由基於土體內之移動，使其具有最高之降解效率。

表 1 電化學地質氧化管柱試驗處理效率表

Test No.	Oxidants /Dosage (mM)	Potential Gradient (V/cm)	Duration (days)	Benzene remove rate (%)	Ethylbenzene remove rate (%)
C1	PMS/0	2	5	83.83	45.92
C2	PMS/0.5	0.5	5	50.97	24.26
C3	PMS/0.5	1	5	49.28	14.63
C4	PMS/0.5	2	5	71.91	71.0
C5	PMS/0.75	2	5	82.8	30.8
C6	PMS/1	2	5	54.22	22.35

表 2 陽、陰極槽液中之總有機碳、苯及乙苯濃度表

Test No.	Oxidants /Dosage (mM)	Potential Gradient (V/cm)	Duration (days)	Anode(mg/L)			Cathode(mg/L)		
				TOC	Benzene	Ethylbenzene	TOC	Benzene	Ethylbenzene
C1	PMS/0	2	5	9.68	69.39	46.03	387.2	14.76	12.73
C2	PMS/0.5	0.5	5	367.9	48.62	30.59	271.5	77.07	33.58
C3	PMS/0.5	1	5	913.7	37.18	20.0	1733.8	10.96	3.72
C4	PMS/0.5	2	5	395.4	144.72	27.07	2426.8	9.33	2.84
C5	PMS/0.75	2	5	141.4	73.59	72.96	1971.3	35.81	19.24
C6	PMS/1	2	5	272.4	67.7	34.31	5591.2	10.0	4.97

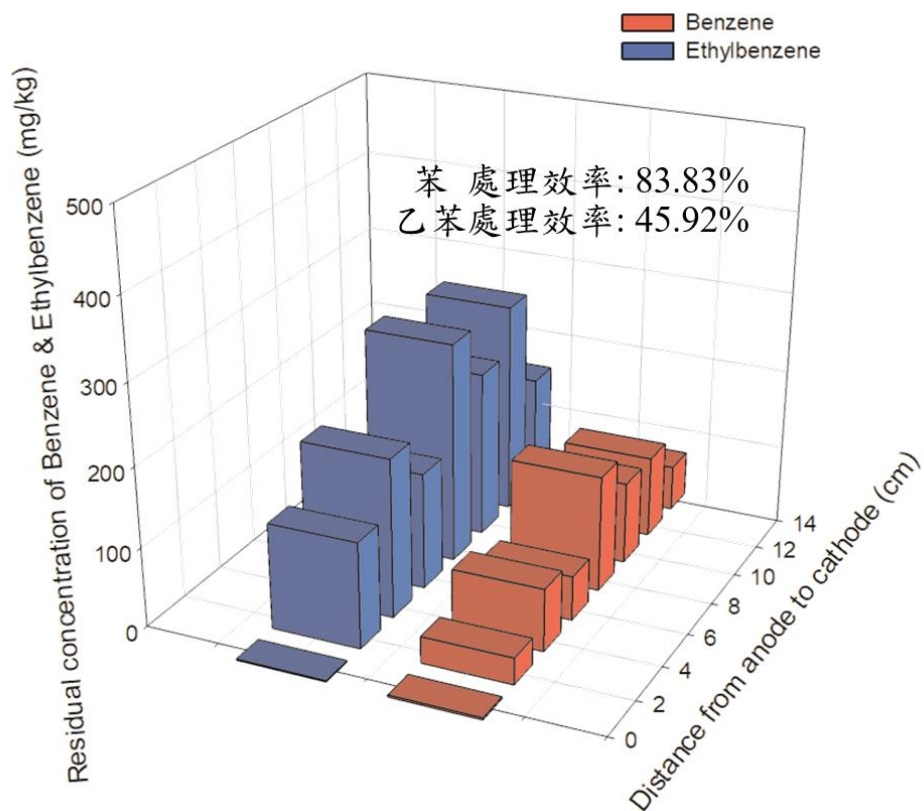


圖 3 C1 參數苯/乙苯二維管柱試驗殘留濃度分佈圖

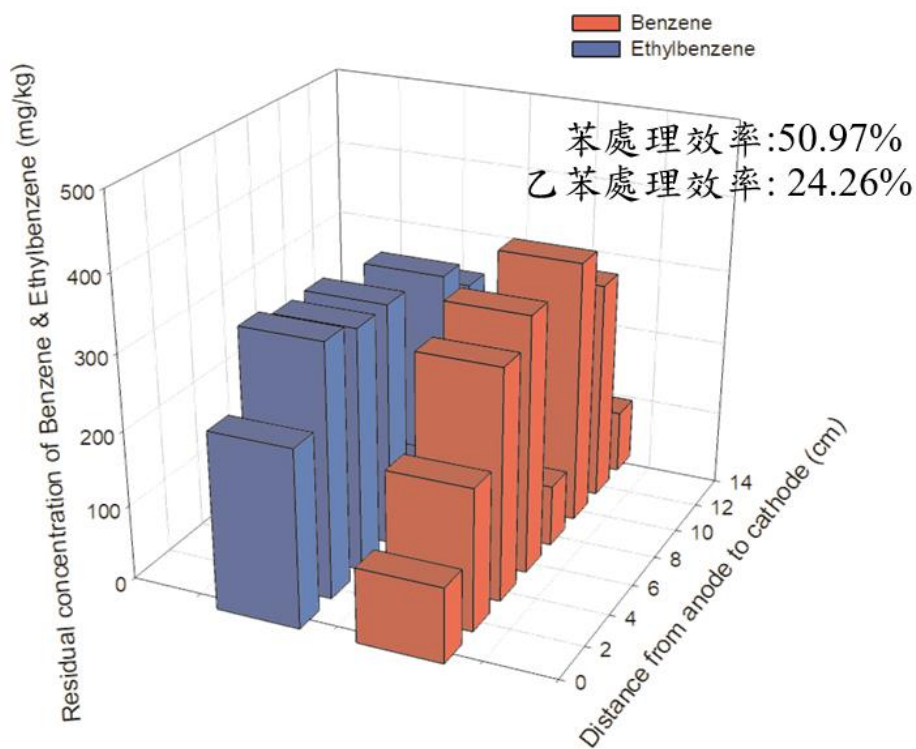


圖 4 C2 參數苯/乙苯二維管柱試驗殘留濃度分佈圖

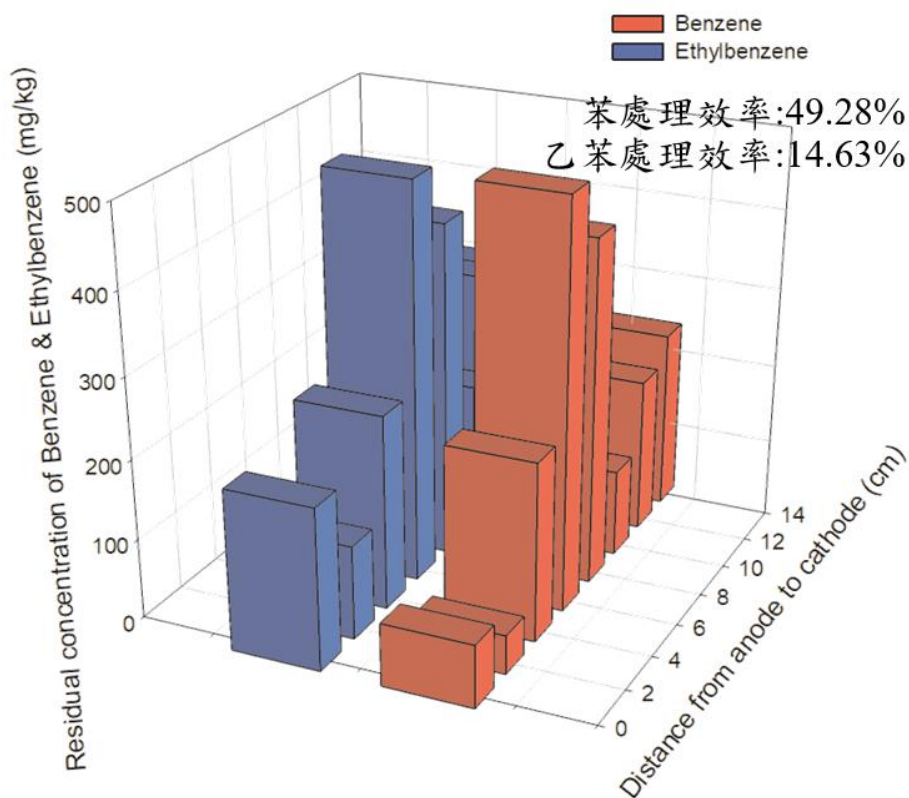


圖 5 C3 參數苯/乙苯二維管柱試驗殘留濃度分佈圖

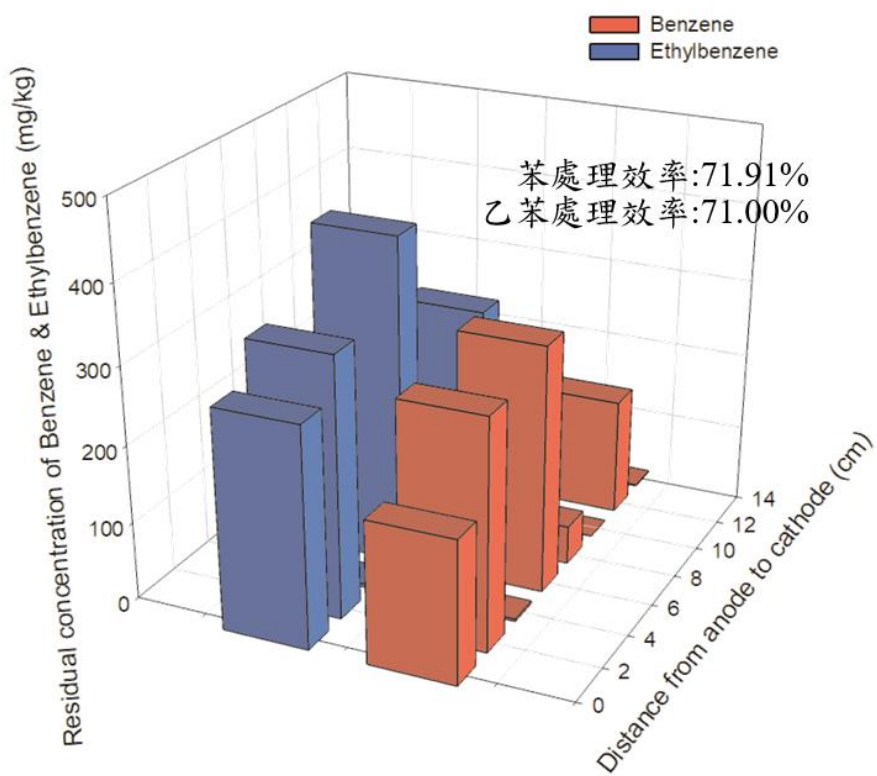


圖 6 C4 參數苯/乙苯二維管柱試驗殘留濃度分佈圖

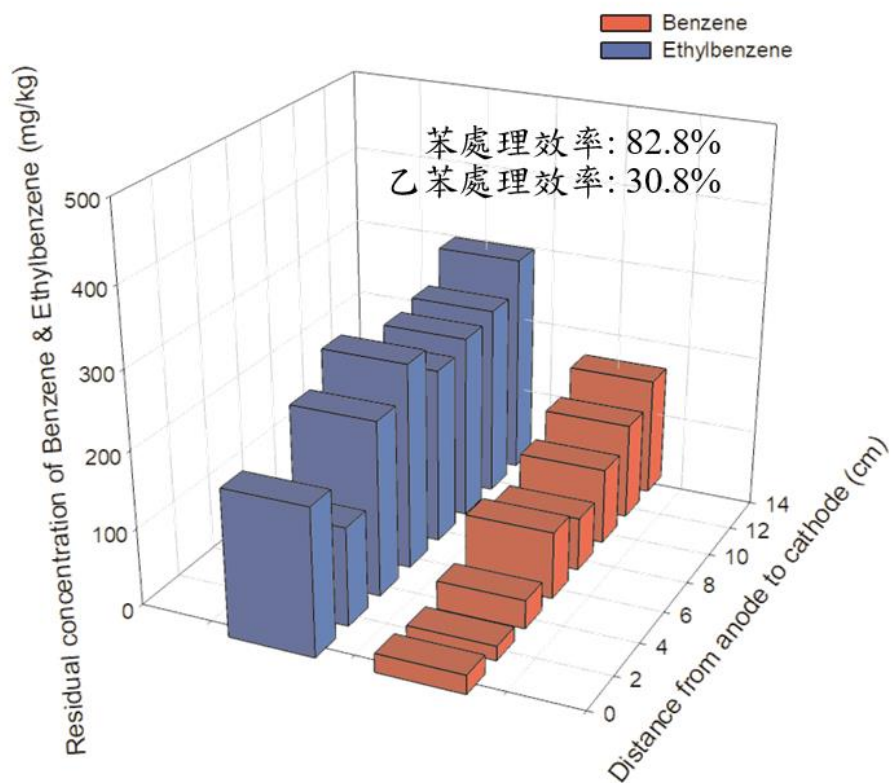


圖 7 C5 參數苯/乙苯二維管柱試驗殘留濃度分佈圖

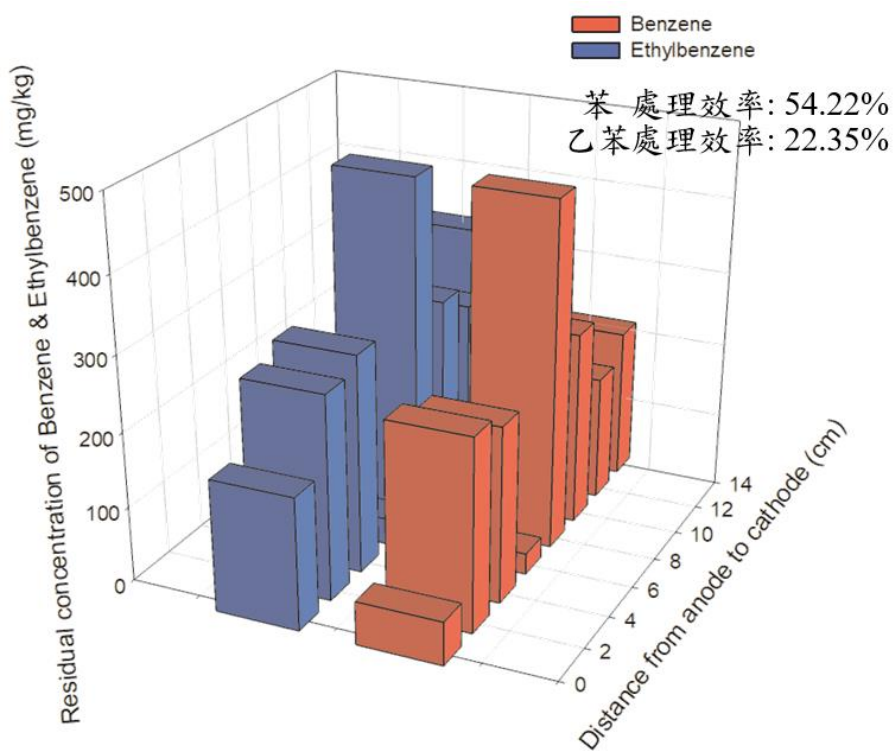


圖 8 C6 參數苯/乙苯二維管柱試驗殘留濃度分佈圖

四、結論與建議

- (一) 管柱試驗於添加 0.5 mM PMS、經實驗天數 5 天時，比較施予 2 V/cm 電位坡降試驗組，發現苯/乙苯之土體殘留濃度分別為 125.22 及 95.02 mg/kg，處理效率為 71.91%及 71.0%；由數據顯示，添加低濃度(0.5 mM)之 PMS 氧化劑，配合較高之電流或電位波降(2 V/cm)，具有較高處理效率。
- (二) 管柱試驗中發現，隨添加不同濃度 PMS 及不同電位坡降之試驗組，其產生之 PMS 乳化物時間及濃稠度皆不同，但隨著乳化物之產生，勢必影響該試驗組之處理效率；由礦化率數據顯示，越濃稠之乳化物其含有之總有機碳濃度較高。
- (三) 可透過電動力配合污染範圍進行方向性之污染改善，除添加 PMS 可增加苯及乙苯之污染去除外，因電動力產生之自由基亦可降低污染物之濃度。
- (四) 本次為實驗室發展技術，然現場應用之相關設備操作及維護須仰賴機電相關專業領域人員執行，非環境工程專業可獨立進行，因此需有更多方面經驗嘗試進行運轉之改善，因此亦產生整治效益與預先評估有較大落差的情況發生。

五、參考文獻

1. Hu, P. (2016) Cobalt-catalyzed sulfate radical-based advanced oxidation: A review on heterogeneous catalysts and applications. *Appl. Catal. B-Environ.* 181, 103-117.
2. Keenan, C. R. and Sedlak, D. L. (2008) Ligand-Enhanced Reactive Oxidant Generation by Nanoparticulate Zero-Valent Iron and Oxygen. *Environ. Sci. Technol.* 42, 6936-6941.
3. Matheson, L. J. and Tratnyek, P. G. (1994) Reductive Dehalogenation of Chlorinated Methanes by Iron Metal. *Environ. Sci. Technol.* 28, 2045-2053.
4. Polcaro, A. M., Vacca, A., Mascia, M. and Palmas, S. (2007) Electrokinetic removal of 2,6-dichlorophenol and diuron from

- kaolinite and humic acid-clay system. *J. Hazard Mater.* 148, 505-512.
5. Ren, Y. Lin, L. Ma, J. Yang, J. Feng, J. Fan, Z. (2015) Sulfate radicals induced from peroxymonosulfate by magnetic ferrosinell MFe_2O_4 ($M = Co, Cu, Mn, \text{ and } Zn$) as heterogeneous catalysts in the water. *Appl. Catal. B.* 165, 572-578.
6. Yen, C.H. (2011) Application of persulfate to remediate petroleum hydrocarbon-contaminated soil: Feasibility and comparison with common oxidants. *J. Hazard. Mater.* 186, 2097-2102.

徵稿啟事

- 一、本會會訊提供會員及專家學者發表環境領域新知、技術與專業經驗等。
- 二、專題稿件以環境相關理論與實務、環境法規、環境保護理念之論述為原則，採技術報導或論文等撰寫形式皆可，文長以 8000 字以內為原則，所附圖表或照片應清晰，稿件禁止以公司集體智慧，有著作權、業主版權疑問或抄襲複製等情事，以免觸法。
- 三、會訊以雙月刊週期出版，出版日期為奇數月 10 日，投稿稿件須於出版日之 15 日以前，以電子檔案寄(送)抵公會。
- 四、專題稿件稿酬之文字單價為每字新台幣 2 元，原創照片與圖表單價為每幀新台幣 500 元，每篇稿酬以新台幣 12,000 元為上限；特殊專文之稿酬另案處理。
- 五、本會負有以下權利與義務：(一) 專題稿件之審閱。(二) 提供審閱意見請撰稿者修改或回覆。(三) 決定專題稿件刊登與否。專題稿件之審閱及審閱意見之提供，必要時得請相關專長之專家學者擔任。
- 六、會訊為專業交流之發佈管道。具名撰稿者刊登之稿件內容，不代表本會的意見或立場。具名撰稿者應遵守智慧財產權等相關法令，以及無條件負擔因其稿件內容刊登所衍生之責任。

各公會會員大會、理監事會會議紀錄

中華民國環境工程技師公會全國聯合會

第 10 屆第 1 次會員代表大會會議紀錄

壹、時間：中華民國 109 年 7 月 4 日上午 10 時

貳、地點：淡江大學台北校園 403 教室

(台北市大安區金華街 199 巷 5 號)

參、列席指導：無

肆、出席人員：應到 47 人，出席 33 人，委託 10 人

伍、主席致詞：(略)

陸、提案討論：

提案 1 · 提案人：理事會

案由：108 年度收支決算表(如附件一)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 2 · 提案人：理事會

案由：108 年度資產負債表(如附件二)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 3 · 提案人：理事會

案由：108 年度現金出納表(如附件三)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 4 · 提案人：理事會

案由：108 年度基金收支表(如附件四)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 5 · 提案人：理事會

案由：109 年度收支預算表(如附件五)，提請審議。

大會決議：照案通過。

柒、理監事選舉

一、選舉方式：採無記名投票，理事可圈選至多 15 人，監事可圈選至多 5 人。

二、選舉過程：理事選舉由陳冠霖唱票、林威安計票、曾寶山常務監事監票。

監事選舉由黃啟明唱票、王朝民計票、曾寶山常務監事監票。

理事選舉開出 41 張選票，有效票 41 張；監事選舉開出 41 張選票，有效票 41 張。

三、選舉結果：

當選理事：楊基振 41 票、姚宗岳 41 票、黃啟明 41 票、林玉青 40 票、

王凱中 40 票、林清洲 40 票、高信福 39 票、曾寶山 39 票、

張天益 39 票、范綱智 38 票、周奮興 33 票、范振國 32 票、

徐永郎 32 票、林永欽 31 票、許甫豪 31 票，共 15 人。

候補理事：陳冠霖 5 票、尹可倫 2 票。

當選監事：林威安 40 票、王朝民 39 票、劉劍輝 39 票、蕭友琳 35 票、

黃義雄 34 票，共 5 人。

候補監事：賴以賢 7 票。

捌、散會

台灣省環境工程技師公會

第 11 屆第 3 次會員大會會議紀錄

壹、時間：中華民國 109 年 7 月 4 日下午 1 時

貳、地點：淡江大學台北校園 中正紀念堂

(台北市大安區金華街 199 巷 5 號)

參、列席指導：(無)

肆、出席人員：應到 470 人，實到 254 人

(親自出席 243 人，委託出席 11 人)

伍、主席致詞：(略)

陸、研討會：廢棄物衍生燃料之特性、應用與展望

柒、提案討論

提案 1 · 提案人：理事會

案由：108 年度收支決算表(如附件一)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 2 · 提案人：理事會

案由：108 年度資產負債表(如附件二)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 3 · 提案人：理事會

案由：108 年度現金出納表(如附件三)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 4 · 提案人：理事會

案由：108 年度基金收支表(如附件四)，提請審議。

大會決議：照案通過。

提案 5 · 提案人：理事會

案由：107、108 年度財產目錄(如附件五)，提請審議。

大會決議：修正後通過。

提案 6 · 提案人：理事會

案由：109 年度收支預算表(如附件六)，提請審議。

大會決議：照案通過。

捌、臨時動議

提案 · 提案人：陳俊明技師 連署人：林傳鑑技師

案由：積極參與熱門社會環境保護議題，以善盡環工專業社會責任。

辦法：

1. 初期找出認同理念環工技師組成專業團隊，並出錢出力長期耕耘。(無怨無悔付出)
2. 當環工技師專業公信力建立後，可主動爭取高品質高價格的專業計畫執行(享受付出成果)應積極鼓環工技師參與，並給長遠的夢想→好的薪資與優良的社會名譽。(形成優良傳統)

大會決議：交由理監事會提案討論。

玖、散會