

110 年
07-08 月號



〈雙月刊〉

環境工程技師公會會訊

- ◎ 發行人：楊基振
 ◎ 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：曾寶山
 ◎ 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	3
■ 重要法令	4
■ 行政院公共工程委員會核備 110 年 07 至 08 月訓練積分課程表	8
■ 環保訊息	9
■ 論述園地	12
1. 土壤及地下水污染的環境鑑識及案例解析-陳士賢	12
2. AERMOD 在臺灣應用之實務探討-曠永銓	39
■ 徵稿啟事	56
■ 各公會會員大會、理監事會會議紀錄	57

主編的話

近期疫情嚴峻，尚祈各位技師在執業與家庭都能保重、兼顧及周全，儘量減少不必要的人與人的接觸，開會採視訊方式等，只盼望大伙都能安然渡過。建議技師們趁疫情期間，儘量多充實新知提升環工技術、知識與實力，尤其多花些時間詳閱本期公會會刊的技術文章，肯定必有斬獲。

本次學術園地，特請國立高雄師範大學生物科技系(所)暨社團法人台灣土壤及地下水環境保護協會理事長 陳士賢教授，熱心分享「土壤及地下水污染的環境鑑識及案例解析」的大作，前文彙整主要鑑識技術外，並提供土壤及地下水污染最常發生之農地受工廠污染、加油站及含氯有機溶劑污染，以實務案例說明部分土污事件溯源舉證的難度，也更能深刻解運用指紋圖譜等先進鑑識技術的重要性與必要性，方能因應各種土污染特別難釐清的案件。續以石油污染的案例說明，鞭辟入裡的觀點分享如何依據石油油品的辨識流程，應用圖譜辨識技術、層析圖、可能的風化評估、GC/MS，以及各式生物特徵比對分析下，對於可能污染石油業者的運行行為與污染結果間，提供強烈的污染證據證明，是否有明確的因果關係。尤其對於從事執行土壤污染場址控制計畫書簽證及土水污染鑑定作業等技師們，提供寶貴的專業知識與經驗，相當感謝陳老師無私的分享。

第二篇為環興科技股份有限公司總工程師曠永銓技師撰寫「AERMOD 在臺灣應用之實務探討」文章，目前國內進行環境影響說明書空氣污染模擬模式雖 ISC3 為主，惟美國環保與氣象界所發展 AERMOD 模式用以替代 ISC3 模式，至少已經有 20 年之久，尤其應用於複雜地形條件下，AERMOD 與觀測值更為接近，ISC3 模式顯然高出觀測值很多。隨著國內環保意識的普及，環保法規的完備，「審查」時因模式模擬結果不通過的情形越來越少，太過保守反而不符合實際，因此環保署歷年來也持續發包委託計畫(環保署 2010~2019)，思考本土化與取代 ISC3 的可能性，目前該「系統」程式自 2018 年陸續建立，並自 2020 開始服務中原大學環工所、臺大環工所、陽明大學環衛所研究生教學，迄今持續運轉。文中就 AERMOD 模擬範圍、接受點密度、氣象檔案之前處理、地形檔案之前處理、沉降議題、建築物議題精闢實務分享。

時值夏暑，希望 Cov-19 病毒肆虐可以趨緩，早日條件解封，使大家重見天日，恢復往昔正常生活、工作與娛樂，祝各位技師及家人早日可接種到好的疫苗，闔家平安。

會務報告

1. 110 度常年會費繳費通知已於 109 年 10 月 30 日 Email 寄出，敬請尚未繳納 110 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。

重要法令

行政規則公告

1. 行政院環境保護署中華民國 110 年 4 月 30 日環署訓字第 1108100076 號函，修正「模範環境保護專責及技術人員遴選要點」，自即日生效。
2. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 7 日環署空字第 1101049548 號令，修正「加油站油氣回收設施管理辦法」第 7 條、第 8 條、第 8 條之 1 條文。
3. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 13 日環署授檢字第 1101002416 號公告，預告廢止「水中半揮發性有機化合物檢測方法—氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.54B)」。
4. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 13 日環署授檢字第 1101002434 號公告，預告「水中半揮發性有機化合物檢測方法—氣相層析質譜儀法 (NIEA W801.55B)」草案。
5. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 14 日環署督字第 1101055153 號函，「行政院環境保護署接受民間捐款鼓勵檢舉重大水質污染及事業廢棄物污染案件專案執行要點」，自即日停止適用。
6. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 18 日環署基字第 1101057879A 號公告，修正「廢照明光源處理效能、回收清除處理補貼費率及補貼費發放對象」自 110 年 7 月 1 日生效。
7. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 19 日公告環署授檢字第 1101002587 號公告，預告「空氣中多氯聯苯等有機化合物檢測方法—氣相層析串聯式質譜儀法 (NIEA A816.10B)」草案。
8. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 20 日環署廢字第 1101061361 號函，「限制水銀體溫計輸入及販賣稽查作業原則」自即日停止適用。
9. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 20 日環署水字第 1101056462 號公告，預告「水污染防治基金收支保管及運用辦法」第 7 條、第 9 條、第 11 條修正草案。
10. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 24 日環署化字第 1108200542 號公告，預告「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」修正草案。
11. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 25 日環署土字第 1101057181 號令，訂定「污染場址分區改善及土地利用作業原則」，並自即日生效。
12. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 26 日環署基字第 1101057710 號公告，修正「應回收廢乾電池回收清除處理補貼費率」自 110 年 7 月 1 日生效。

13. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 27 日環署基字第 1101055235 號函，訂定「行政院環境保護署獎勵民眾檢舉應回收廢棄物稽核認證團體實施要點」自即日起生效。
14. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 27 日環署基字第 1101055235A 號函，「行政院環境保護署稽核認證團體監督會受理檢舉案作業要點」自即日起停止適用。
15. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 28 日環署授檢字第 1101002775 號公告，預告「排放管道中氰化氫檢測方法—分光光度法(NIEA A428.72C)」草案。
16. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 28 日環署授檢字第 1101002776 號公告，預告廢止「排放管道中氰化氫檢測方法—分光光度法(NIEA A428.71C)」。
17. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 31 日環署水字第 1101056819 號令，修正「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第四十四條、第四十九條之一、第七十一條。
18. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 31 日環署水字第 1101059481 號令，修正「水污染防治措施計畫及許可申請審查管理辦法」第 3 條。
19. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 31 日環署水字第 1101056998 號令，修正「違反水污染防治法罰鍰額度裁罰準則」第二條附表一至附表三。
20. 行政院環境保護署中華民國 110 年 5 月 31 日環署土字第 1101064302 號公告，預告「土壤及地下水污染整治費收費辦法」第 9 條之 1、第 14 條及第 10 條附表 3 修正草案。
21. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 3 日環署授檢字第 1101002974 號公告，預告「排放管道中三氯甲苯等氣態有機化合物檢測方法—正己烷吸收／氣相層析質譜儀法(NIEA A760.71B)」草案。
22. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 3 日環署授檢字第 1101002975 號公告，預告廢止「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)」。
23. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 4 日環署督字第 1101069914 號函，修正「清潔人員職業安全衛生促進小組設置要點」第 3、4 點，自即日起生效。
24. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 4 日環署基字第 1101068039 號公告，修正「應回收廢容器回收清除處理補貼費率」。
25. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 15 日環署授檢字第 1101003026 號公告，預告廢止「事業廢棄物檢測方法總則(NIEA R101.02C)」。

26. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 15 日環署授檢字第 1101003023 號公告，預告「事業廢棄物檢測方法總則 (NIEA R101.03C)」草案。
27. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 16 日環署授檢字第 1101003162 號公告，預告廢止「空氣中氯氣及溴氣之檢測方法－離子層析電導度法(NIEA A425.70C)」。
28. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 16 日環署授檢字第 1101003161 號公告，預告「空氣中氯氣及溴氣之檢測方法－離子層析儀／電導度偵測器法 (NIEA A425.71C)」草案。
29. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 21 日環署基字第 1101057666 號公告，訂定「應設置紙餐具回收設施之販賣業者範圍、設施設置、規格及其他應遵行事項」，並自中華民國一百一十年十月一日起生效。
30. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 21 日環署督字第 1101070412 號令，修正「台灣中油股份有限公司三輕更新擴產計畫環境影響評估監督委員會設置要點」第四點，並自即日起生效。
31. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 21 日環署授檢字第 1101003285 號公告，預告「餐飲業集氣罩流速測量方法 (NIEA A105.10B)」草案。
32. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 23 日環署管字第 1101078433 號函，修正「行政院環境保護署綠色消費暨環境保護產品推動使用作業要點」第 5、7、21 點條文，自即日起生效。
33. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 23 日環署土字第 1101076899 號公告，預告「防止貯存系統污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法」部分條文修正草案。
34. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 25 日環署授檢字第 1101003282 號公告，預告「水中氰化物檢測方法－線上分解／蒸餾（或氣體擴散）／氣泡分隔式流動分析法 (NIEA W466.50B)」草案。
35. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 25 日環署授檢字第 1101003315 號公告，預告「水中總磷檢測方法－線上消化／氣泡分隔式流動分析法(NIEA W467.50B)」草案。
36. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 25 日環署授檢字第 1101003295 號公告，預告「空氣中氟化氫檢測方法－試劑水吸收／離子層析儀電導度偵測器法 (NIEA A457.10B)」草案。
37. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 25 日環署授檢字第 1101003348 號公告，預告「水中總氮檢測方法－線上消化／鎘還原／流動分析法 (NIEA W439.51B)」草案。

38. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 25 日環署授檢字第 1101003347 號公告，預告廢止「水中總氮之流動注入分析法－線上 UV／過氧焦硫酸消化氧化法（NIEA W439.50C）」。
39. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 29 日環署空字第 1101079351 號令，修正「固定污染源空氣污染物排放標準」第三條、第五條、第八條及第二條附表一、附表二。
40. 行政院環境保護署中華民國 110 年 6 月 29 日環署空字第 1101080028 號令，修正「鉛二次冶煉廠空氣污染物排放標準」第七條、第八條及第五條附表。

行政院公共工程委員會核備 110 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	有機物的分析技術 (一)	2021/07/09 ~ 2021/07/09	社團法人中華民國環境分析學會	聯絡人：陳萱如 電話：(03) 422-8621 信箱：ceas@ms22.hinet.net
2	工程法務系列-展延工期索賠探討與案例解析	2021/07/09 ~ 2021/07/09	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@tcri.org.tw
3	臺南市鹽水污水下水道系統促參計畫委託履約管理機構專業服務案-挑戰與心得(本課程不對外開放報名)	2021/07/15 ~ 2021/07/15	亞新工程顧問股份有限公司	聯絡人：洪雅琪 電話：02-26961555*6403 信箱：iris.hung@maconsultants.com
4	WELL AP 國際健康建築專業顧問線上輔導班(本課程採用網路教學)	2021/07/19 ~ 2021/07/20	綠矩整合有限公司	聯絡人：吳依蓁 電話：04 3701 3619 信箱：jennywu@greenmatrixes.com
5	Mobileye 於道路駕駛輔助系統介紹及設施管理應用	2021/07/20 ~ 2021/07/20	財團法人中華顧問工程司	聯絡人：劉崑玉 電話：87325567*1219 信箱：kunyu@ceci.org.tw
6	公告事業污染預防宣導會(本課程有採用視訊或網路教學)	2021/07/23 ~ 2021/07/23	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
7	開裂混凝土對於固定設計的影響暨 PE 軟體案例討論	2021/07/27 ~ 2021/07/27	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com
8	開裂混凝土對於固定設計的影響暨 PE 軟體案例討論	2021/07/29 ~ 2021/07/29	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com
9	防疫集合住宅結合建築同層排水工研習班	2021/08/05 ~ 2021/08/06	社團法人台灣衛浴文化協會	聯絡人：劉玉玟 電話：02-25110712 信箱：ttaservice2018@gmail.com
10	WELL AP	2021/08/12 ~ 2021/08/13	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：capc_pt@capc.org.tw
11	被動式防火材料技術與應用	2021/08/24 ~ 2021/08/24	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com
12	被動式防火材料技術與應用	2021/08/26 ~ 2021/08/26	喜利得股份有限公司	聯絡人：蔡尚錡 電話：0939188530 信箱：anthony.tsai@hilti.com

環保訊息(資料來源：行政院環境保護署)

➤ 110/05/21 **【環保署預告「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」部分條文修正草案】**

環保署為嚴謹管理廢棄物清除機構清運廢棄物實際運作情形、強化處理機構產出資源化產品品質及最終流向管理、配合現行實務運作調整廢棄物清除及處理機構管理方式，預告「公民營廢棄物清除處理機構許可管理辦法」(以下簡稱本辦法)部分條文修正草案。

➤ 110/05/25 **【多元整治 互利多贏 環保署發布「污染場址分區改善及土地利用作業原則」】**

環保署為加速污染場址改善，促使責任主體積極投入污染改善工作，訂定「污染場址分區改善及土地利用作業原則」，明定分期分區作業方式，規範完成污染改善之區域得以分區先行利用，並將利用收益持續投入改善作業之機制，確保污染土地受到積極改善與管理，提升環境品質。

➤ 110/05/31 **【環保署修正發布「水污染防治措施計畫及許可申請審查管理辦法」、「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」及「違反水污染防治法罰鍰額度裁罰準則」】**

環保署為完備貯存系統管制，修正發布「水污染防治措施計畫及許可申請審查管理辦法」、「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」及「違反水污染防治法罰鍰額度裁罰準則」。

環保署說明，上述規定修正係配合「水污染防治法事業分類及定義」、「防止貯存系統污染地下水體設施及監測設備設置管理辦法」(以下簡稱貯存系統管理辦法)及「水污染防治法第三十三條第一項公告指定之物質」等修正，修正重點主要將原規定中「貯油場」修正為「貯存系統」，並明確貯存系統貯存依水污染防治法第 33 條第 1 項經中央主管機關公告指定物質者，應依貯存系統管理辦法辦理，同時依貯存系統之類別併予增列相關違規態樣及裁罰適用之審酌點數。

➤ 110/06/03 **【環保署提出安心防疫便民措施】**

環保署主動盤點相關環保管制規定，提出安心防疫便民措施，協助業者度過嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情期間的衝擊。

中央流行疫情指揮中心於 110 年 5 月 19 日提昇全國疫情警戒至第三級，各地同步加嚴、加大防疫限制，除了對國人生活作息造成一定程度的影響外，業者也可能因無法順利完成相關環保規定，如環保許可證照屆期的展延、定期檢測申報無法執行或查驗作業無法現

勘等等，嚴重影響業者的權益。因此，環保署提出安心防疫便民措施，將於近日內以公函通知各地環保局及相關產業公會配合辦理。

➤ 110/06/08【**污染改善有成 環保署公告解除列管 110 年第 1 例土壤污染暨非法棄置複合性整治場址列管**】

環保署為確保全國土壤及地下水環境永續安全，於臺南市仁德區 1 處閒置土地調查發現土壤受重金屬「銅」、「鉛」、「鎘」、「鋅」及「鎳」污染，且有非法掩埋廢棄物情事。經臺南市政府環境保護局嚴格監督完成廢棄物清理及污染整治工作，如期回復土地環境。

➤ 110/06/16【**安心防疫 110 年第 1 期水污費申繳期限至 7 月底延長至 10 月底**】

配合中央流行疫情指揮中心日前宣布全國疫情警戒提升至第三級，環保署表示，110 年第 1 期（1 月～6 月）水污染防治費（以下簡稱水污費）的申報繳費期限，自今（110）年 7 月底延長至 10 月底，提供徵收對象較為充裕的申繳作業期間。

➤ 110/06/16【**環保署署長、歐盟環境總署副總署長、歐洲議會議員共同開場「歐盟綠色新政：臺歐循環經濟合作前景」線上研討會**】

臺灣駐歐盟兼駐比利時代表處與歐盟亞洲研究所(European Institute for Asian Studies, EIAS)協力舉辦「歐盟綠色新政：臺歐盟循環經濟合作前景」線上研討會已於本(110)年 6 月 16 日臺北時間下午 5 時圓滿落幕，本次線上研討會邀請環保署張子敬署長、歐盟環境總署副總署長 Joanna DRAKE 女士及歐洲議會議員 Alexandr VONDRA 先生共同開場致詞，同時由循環臺灣基金會黃育徵董事長主持，並邀請歐盟環境總署循環經濟及綠色成長司司長 Kestutis SADAUSKAS 先生、環保署廢管處賴瑩瑩處長及明基材料公司陳建志董事長等貴賓共同與談，就「歐盟綠色新政：新循環經濟行動方案」、「臺灣循環經濟推動與做法:以塑膠為例」，以及「產業推動循環經濟綠色轉型」進行真誠對話與意見交流，成果豐碩。

➤ 110/06/29【**考量新冠肺炎疫情影響，環保署預告修正「餐飲業空氣污染防制設施管理辦法」草案**】

因應嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情影響，環保署於 110 年 6 月 29 日預告「餐飲業空氣污染防制設施管理辦法」(下稱管理辦法)第 4 條及第 7 條修正草案，將新設列管餐飲業應符合管理辦法規定之期限延後至 111 年 1 月 1 日起實施，並新增集氣系統因特殊設計未能與規範相符者，得向直轄市、縣(市)主管機關申請採取替代方案，經同意後始得執行。

- 110/06/29 【**環保署預告「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」修正草案**】
「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」自 106 年修正公布後，由於大環境空品已有改善，因此環保署參考地方政府應變實務上的需要，以及納入大區域空品應變需要上風處縣市共同協力應變的考量，檢討修正該辦法，以加強應變成效。
- 110/06/30 【**安心防疫 地下儲槽系統業者監測延期至年底**】
中央流行疫情指揮中心日前宣布全國疫情警戒提升至第三級，為配合全民防疫，減少民眾外出及降低感染風險，環保署表示，地下儲槽系統業者相關監測之辦理期限，可延至今(110)年底前完成，今年 9 月申報則延後至明(111)年 1 月一併進行申報。
- 110/06/30 【**環保署加強技師簽證查核 嚴格把關簽證品質**】
為確保污染防制每個小細節都能做到最好，環保署依據 108 年修訂「環境工程技師簽證查核標準作業程序」新制，對環工技師過往所做簽證展開加嚴查核，以求環工技師發揮專業能力與素質協助列管事業，確保污染防治（制）設施發揮功能。新制不但重新檢討缺失認定標準，並對屢犯缺失之技師增加查核比例，查核結果缺失過多者，更將面臨加嚴查核、最重停業等懲處。
- 110/06/30 【**自行妥處新措施 污染預防新觀念 環保署預告修正「土壤及地下水污染整治費收費辦法」**】
環保署為控管土壤及地下水污染，鼓勵事業自行處理事業廢棄物及強化退費獎勵措施，預告修正「土壤及地下水污染整治費收費辦法」（下稱收費辦法）第 9 條之 1、第 14 條及第 10 條附表 3 草案，歡迎社會各界提供意見。
- 110/07/01 【**環保署修正發布室內空氣品質檢驗測定管理辦法**】
環保署於 110 年 7 月 1 日修正發布「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」，名稱並修正為「公告場所室內空氣品質檢驗測定管理辦法」。環保署表示，為提升公私場所室內空氣品質管理，本辦法配合建立自主管理及導入自動連續監測設施的運用，修正本辦法，並自發布後施行。

論述園地

土壤及地下水污染的環境鑑識及案例解析

陳士賢

國立高雄師範大學生物科技系(所)教授
台灣土壤及下水環境保護協會理事長

E-mail: cschen@nknknu.edu.tw

一、前言

自 2000 年「土壤及地下水污染整治法」(簡稱土污法)公布實施，二十年來環保署陸續展開包括農地、加油站、運作中及廢棄工廠、航空站、及軍事場址等各類型場地調查與查證工作，公告了許多污染控制及整治場址，加上與地方政府針對土污法及相關政策加強宣導，使各事業對土壤及地下水環境保護的觀念與日增進。

隨著調查項目與污染物的多樣性，對於土壤及地下水污染來源的判斷與責任釐清越來越重要且困難，土壤作為最終受體污染，當發現地下水超過管制標準，因污染物伴隨地下水具移動性，常甚難界定污染來源，無法符合土污法第十二條第二項「...土壤污染或地下水污染來源明確...應公告為土壤、地下水污染控制場址」規定，造成場址在行政管制上的困難。對於受調查事業單位而言，由於環保單位無法提出污染來源不明確證據，以及無法明定污染行為人，故遭受更多的質疑及污染行為人迴避心態，進而提起訴願或訴訟，造成行政機關須提出更多的污染事實、證據及專業評估報告來證明污染之關聯性，故對更深入專業之環境鑑識工作產生需求。

環境鑑識技術發展的目標，就是提出有效、可被採納、且可靠的證據，成為判定污染行為人的佐證及依據，工作主軸在於如何使用有效的鑑識工具，首先必須應用專業採樣，採集具備證據能力的現場各種環境介質樣品(土壤、地下水、底泥、廢棄物、空氣、水、或原物料)，藉由實驗室之分析儀器，搭配專業知識(如瞭解土壤及地下水污染物宿命及傳輸、產品製程等)，尋求可能的特殊之指紋，再搭配相關統計判定，以判識環境介質樣品與疑似污染行為人使用、生產或廢棄之化學物質、廢水或廢棄物間之因果關係。

由於地下環境存在土壤、水文及地質環境之異質性，各事業單位其原物料、產品製程之不同及衍生廢棄物之歧異，均可能造成污染物分布之複雜性，也更凸顯現階段污染糾紛、污染來源界定及污染行為人認定之困難，筆者於 2014 至 2017 年曾協助環保署「土壤及地下水整治基金管理委員會」

規劃成立土壤及地下水鑑識中心或鑑識小組之可行性，並探討影響柴油污染衰變因子及建構診斷比值對應時間序列變化之迴歸推估模式，並以多處公告之污染加油站驗證油品污染時間洩漏模式，並曾執行多起污染事件判釋，本文將介紹如何應用環境鑑識技術在油品造成的土壤及地下水污染判釋，以及案例探討，作為專業人員參考。

二、污染溯源之重要性

污染溯源除使用環保署公告之污染檢測標準分析方法外，亦須利用環境指紋圖譜、污染物成分分析及同位素分析等技術，有時須搭配客製化分析條件及儀器進行鑑識，目前常用環境鑑識技術如表 1 所示。我國環境鑑識技術發展已二十餘年，自 1994 年起環保署開始執行一系列環境鑑識相關計畫，針對廢棄物逐步建立相關指紋資料檔及污染物指紋檢索系統(工研院，1994；2003；2004a；2004b；2005a；2005b；2006；2007)。

近幾年來對土壤及地下水污染環境鑑識之需求，主要為農地污染行為人追查、油品指紋圖譜資料庫建立及加油站石化油品污染責任釐清(陳等，2013；陳及郭，2014；陳等，2016；2017)、地下水含氯有機溶劑污染來源追查等(許等，2015；2016)，及土壤鉛污染來源等，茲彙整相關案例提出說明。

1. 追查污染農地之污染行為人

臺中市后里區墩北段、民富段及文化段等地段部份農地土壤於 2003 年至 2005 年間，發現部分土壤重金屬如鎘、鋅等含量超出土壤污染管制標準，而被公告為控制場址；其後於 2006 年至 2011 年，仍偶有部份地號其農地土壤重金屬如鎘、鋅等含量超出土壤污染監測標準。稻作方面自 2004 年起至 2011 年間皆陸續檢測出稻米含鎘量超出食品衛生管理法—食米重金屬限量標準(0.4 mg/kg)，其中不乏經過控制場址公告，且經污染改善而解除列管之地號。而該地區民眾多年來持續向環保局陳情，其農地土壤或農作物生長可能遭受鄰近某些工廠之逸散污染或原物料堆置場揚塵的影響。因此 2012 年環保署執行「臺中、雲林地區農地作物含重金屬鎘污染成因調查及查證計畫」(高及涂，2013)，冀望藉由該計畫建立該區域的背景資料，串連各種環境介質相關性，釐清可能的污染來源與傳輸途徑，以確保農地土壤品質與農作物的食用安全。依據調查成果，該計畫建議事項如下：

表 1 環境鑑識技術彙整

鑑識技術			說明
油 品	層級分析法		針對原油洩漏之鑑定提供系統性及邏輯性流程
	指紋鑑定之指標參數	指紋圖譜之鑑別	未解析的複雜混合物(unresolved complex mixture, UCM)之指紋判別，UCM 成分與分子結構亦是未來環境鑑識發展之重要領域
		碳數範圍	以油品碳數範圍辨識污染種類及評估造成之環境衝擊
		碳優指數	直鏈碳氫化合物奇數碳總合與偶數碳總合之比值，以鑑別油品來源
		風化指標	利用特定偶數直鏈碳氫化合物總合比值作為判斷
	指標化合物比值分析(化學指紋與生物標誌指紋分析)	類異戊二烯分析	可依 Pr/Ph 比值分析風化環境或油品來源，或以 n-C ₁₇ /pristane、n-C ₁₈ /phytane 比值辨識風化程度
		芳香烴化合物比值分析	可利用多環芳香烴分佈或特定多環芳香烴化合物比值判別油品風化程度或來源
		生物標誌化合物分析	生物標誌化合物具有來源特徵、生物穩定性及不議風化之特性，可用於油品來源鑑識
	煉製油品添加劑特性		依據政府油品添加劑政策，作為洩漏年代判定之參考依據
	石油卟啉(petroporphyrin)分析		石油卟啉類似生物標誌化合物，可應用於油品來源鑑識
非油 品	含氯有機物	化學指紋分析	針對其添加物成份或特徵物質的濃度比例或比值進行比對，直接或間接研判環境中的污染來源。或可對含氯有機物於環境中之降解產物比例推測洩漏年代或污染來源
		物種穩定同位素分析	可應用於產源特徵分析、同位素分餾現象分析及生物降解評估
		環境污染植物鑑識	可應用於有機物污染範圍調查、溯源及定年
	重金屬	X-射線分析技術	可應用於毒性化學物質重金屬類物種鑑識、污泥樣品之結晶性及晶相結構
		穩定同位素技術	可分析鉛、汞、鎘、鉻、鋅、銅、砷等重金屬

- (1). 后里地區墩北段農地土壤遭受鎘、鋅污染的原因與后里圳二支線沿線渠道的底泥污染有關，污染源頭與 A 鋼鐵廠內后里圳一支線 12 給水與暫存池有關，為預防污染廢水持續排放或溢流情形，造成下游農地污染的機會，建議應儘速將該廠暫存池連接至后里圳第二支線的出口加以封閉，以杜絕周邊渠道及農地再次遭受污染。
- (2). A 鋼鐵廠逕流廢水排水道有排入后里圳二支線情形，故含有高量重金屬的粉塵會藉由雨排水而排入后里圳二支線，建議加強 A 鋼鐵廠區排水道或雨排管線通路稽查作業，並建議廠區雨水及逕流廢水排水道應納入污水處理廠進行處理。
- (3). A 鋼鐵廠廠區內的粉塵曾經空氣傳輸而影響周邊環境，故建議加強 A 鋼鐵廠內部的空污防制設備，並於廠區周圍設置圍籬或防風林以有效隔絕廠區粉塵擴散之情形。另外建議防風林所堆積之粉塵應定期清除，避免降雨或風吹掉落至農田而造成污染。
- (4). 由於后里地區現今灌排系統仍尚未分離(A 鋼鐵廠放流水為專管接至月眉排水道排放)，建議后里地區工廠放流水可參考 A 鋼鐵廠專管獨立排放之方式，以隔絕廢水排入灌溉渠道，導致下游農田引灌後造成污染。

經過多種傳輸介質調查成果，認定污染后里地區農地之主要污染來源為 A 鋼鐵廠，後續環保單位亦要求 A 鋼鐵廠負起污染改善之責任，並且針對 A 鋼鐵廠進行求償，但在該計畫中面對 A 鋼鐵廠提出主張造成農地污染之物質並非全部都是由該鋼鐵廠貢獻，而關於責任比例問題則尚無法釐清。

2. 加油站油品污染責任釐清

自加油站開放民營以來，國內加油站數量已達 2,481 家(經濟部能源局，2021)，但加油站經營主體更換頻繁，於經營主體轉換過程中，若發現地下環境污染時，儘管國內油品來自兩大供應商，卻往往造成污染責任無法釐清，並衍生許多法律訴訟之爭議案件。

筆者針對國內中油(CPC)及台塑(FOR)各等級汽油(辛烷值 92 至 98 及酒精汽油 E3)、柴油油品(包括傳統柴油及生質柴油 B1)及航空燃油(Jet A-1 及 JP-8)評估在平衡及非平衡狀態下，各種油品中目標污染物溶解於地下水分配行為及污染潛勢的探討，對國內主要油品之物理及化學性質有充分之掌握，了解油品之碳數分布範圍、推估分子量及密度，並建立國內兩大汽油供應商各油品層析圖譜資訊(Chen et al., 2008a; 2008b; Chen et al., 2015; Tien et al., 2015)。

2011 年環保署執行之「加油站土壤及地下水污染調查計畫(第六期)(甲)」(董等, 2011), 發現交通部高速公路局(簡稱高公局)轄區苗栗交流道加油站、泰安服務區北上加油站、泰安服務區南下加油站、員林交流道加油站、及斗南交流道站發生污染, 由於多數高公局管轄加油站站齡超過 30 年以上, 營運主體定期更替, 歷經由中油公司移轉至台塑石油公司再移轉回中油公司, 依傳統調查無法判定污染時序及行為人, 故造成中油公司與台塑石油之爭議, 導致污染整治工作延宕, 為釐清污染行為人化解爭議, 兩家公司曾委託台灣土壤及地下水環境保護協會(以下稱土水協會)協助進行污染鑑識工作。

由於目前台灣油品污染鑑識缺乏公正第三方, 往往污染爭議發生後, 無法即時可委託專業單位進行鑑識工作, 造成地方環保局行政管制及整治期程延宕, 在 2012 至 2020 年間高公局轄區中山高速公路加油站, 包括楠梓交流道、岡山交流道、麻豆交流道、新營交流道、嘉義交流道、湖口服務區、及南崁交流道加油站, 福爾摩沙高速公路加油站, 包括關廟服務區、東山服務區、清水服務區, 面臨營運主體定期更替, 經辦理土壤及地下水污染調查, 亦發現部分站區土壤及地下水已受污染, 由檢測結果無法判定污染時間, 未來勢必會持續需要污染鑑識工作。然國內已利用環境鑑識技術建立新鮮油品指紋圖譜, 但對於油品洩漏後在地下環境因風化作用造成組成份、化學指紋圖譜、生物指標指紋及來源特徵之改變仍在建立中。

3. 含氯有機溶劑污染來源不明

臺南市 B 公司為 1993 年停業之廢棄工廠, 2010 年經環保局調查發現地下水三氯乙烯濃度超過管制標準 20 倍以上, 於 2010 年公告為控制場址, 並於 2011 年由環保署公告為整治場址, 然因 B 公司不服臺南市地下水污染控制場址之公告處分及環保署之訴願決定, 遂向高雄高等行政法院提起行政訴訟, 經判決原處分均需撤銷, 而臺南市政府不服上開判決向最高行政法院提起上訴, 2013 年終經判決駁回, 因最高行政法院認為臺南市政府提供之調查資料, 無法確實證明地下水中之三氯乙烯污染物來自 B 公司產出, 同時將 B 公司周遭工廠排除污染可能, 而間接推論地下水污染來源為 B 公司, 所列調查事實不符合土污法第 12 條污染來源明確, 不僅有違證據法則, 且理由自相矛盾, 故判決臺南市政府上訴駁回。故臺南市政府及環保署於 2013 年依法院判決書撤銷控制及整治場址之公告。

2013 年環保署曾執行「應用環境鑑識技術調查含氯碳氫化合物污染場址之污染來源計畫」(許等, 2015), 針對 B 公司場址進行特定物種之穩定同位素分析(compound-specific isotope analysis, CSIA)方法, 應用三

氯乙烯的碳、氯同位素，依照 Rayleigh 關係式成功鑑識 B 公司場內及場外的三氯乙烯為同一污染來源，且順利在 B 公司之 2087 地號調查到土壤三氯乙烯濃度超過管制標準，並且在土壤採樣點 S01 位置深度 8.5 公尺的土壤，以染色劑方法作 DNAPL 存在測試，發現有多處呈現紅色染色反應，證實有 DNAPL 的存在，提供地下水污染來源的明確證據。

臺南市政府環境保護局於 2015 年至 2017 年執行 B 公司北側區域地下水污染範圍調查計畫(臺南市環境保護局，2017)，跳脫以往著重在追查高濃度污染來源的方式，先由 B 公司廠外北側區域往北往外調查，利用執行至 20 公尺深的薄膜介面探測(membrane interface probe, MIP)結合電子捕捉偵測器(electron capture detector, ECD)調查，迅速掌握 ECD 完全無訊號的邊界，證實 8~9 公尺的土壤三氯乙烯濃度大於土壤污染管制標準 60 mg/kg。除此之外土壤採樣更於 2087 地號 S03 點位 8.0~8.5 公尺的樣品目視可見不溶於水的殘留態重非水相液體(dense nonaqueous phase liquid, DNAPL)存在，以檢知管測試證實有三氯乙烯、1,2-二氯乙烷等成分，直接證實 2087 地號確實有 DNAPL 純相。

基於 MIP 3D 圖像清楚的判斷出污染滲漏位置及傳輸途徑，後續於 19 口簡易井調查，全廠區 19 口監測井調查及 8 點土壤採樣調查，不僅釐清土壤及地下水污染範圍，更證明三氯乙烯及 1,2-二氯乙烷皆是從 2087 地號 D00457 監測井區域為中心往外濃度遞減，很明顯是同源污染模式，並認為 1,2-二氯乙烷並不是一個獨立污染來源，應是三氯乙烯的不純物，以此佐證三氯乙烯及 1,2-二氯乙烷是同源污染。

該計畫使用 MIP 調查、簡易井調查、監測井調查、土壤調查及同位素鑑識調查，五種調查方式結果均呈現以 2087 地號為最高濃度或污染來源的趨勢，加上 B 公司廠區 3 公尺內的淺層土壤有多處檢出三氯乙烯檢出及 1,2-二氯乙烷成份，因此研判本場址確實有使用過三氯乙烯並造成地表滲漏污染。

在污染行為人追查部分，於 2016 年 1 月意外從臺南地方法院八十八年度重訴字第一九七號民事判決，發現 B 公司於 1994 年歇業後將廠區租賃給 C 公司進行家用電器製造，C 公司於 1997 年 3 月 9 日凌晨發生火災，後續賠償 B 公司 1,300 萬元正。由於歷年環保署及環保局調查報告，從未陳述 B 公司曾將廠區租賃給 C 公司使用。因此臺南縣政府雖然於 2010 年 10 月 20 日回文 B 公司，初步排除 B 公司與場址地下水檢出三氯乙烯污染物之直接關聯性，但未曾評估及排除 C 公司營運期間造成污染的關連性。由於環保署 EMS 系統未列管到 C 公司，因此無 C 公司的廠區平面圖、製程

流程圖及使用原物料，僅能查詢相關報告進行污染潛勢研判。C 公司登記的電熱器具製造業、電扇製造業及其他家用電器製造業有共同的「塗裝單元」製程，因此可能會使用到「脫脂劑」，在當時三氯乙烯的主要排放行業為金屬製品製造業(50%)，其次是電子器材製造業(35%)及表面塗裝業(8%)，排放特性以溶劑清洗製程及表面塗裝製程排氣為主。基於上述有關 C 公司製程與使用原物料報告，研判 C 公司極有可能使用三氯乙烯作為脫脂劑。

基於 B 公司與 C 公司製程污染特性研判，C 公司極有可能使用到三氯乙烯，加上 1997 年 3 月 9 日火災是 C 公司運作時發生，因此本場址較有可能是 C 公司運作時造成污染。但是 C 公司於 1997 年火災後即停工，公司於 1998 年停業，工廠登記於 1999 年被公告廢止，因此目前無任書面資料可以直接證明 C 公司確實有使用過三氯乙烯等溶劑而造成本場址的土壤及地下水污染。2016 年 12 月 1 日高雄高等行政法院駁回 B 公司所提不服環保署訴願決定之訴訟(公告為控制場址)，2017 年 11 月 16 日最高行政法院將 B 公司所提上訴駁回。

有鑒於此，未來環保機關將面臨因污染來源而造成舉證不足，場址公告處分屢遭判決撤銷，恐會造成骨牌效應。惟目前除油品鑑識技術發展較成熟，部分污染較複雜之場址鑑識結果仍待加強，未來需更大量之資源及專業人士投入，建立鑑識方法及體系，以滿足市場之需求。

三、如何應用環境鑑識技術進行判釋油品造成的土壤及地下水污染

石油或煉製油品之組成，主要包括飽和烴、芳香烴、含氮、硫、氧等極性化合物、瀝青質等。其中飽和烴含正烷烴(n-paraffin)、側鏈烷烴(branch paraffin)、環烷烴(cyclic paraffin)、生物標誌化合物(terpanes、steranes 等)。在國內油品市場自由化後，可能造成環境污染的油品，包含原油、汽油、航空燃油、柴油、燃料油及潤滑油等。油品鑑識流程如圖 1 所示。

由於各種油品具碳數分布範圍的差異性，在受風化作用下，漏油鑑定的分析方法，選用氣相層析儀火焰離子化偵測器 (gas chromatograph/flame ionization detector, GC-FID)、氣相層析質譜儀 (gas chromatograph/mass spectrometer, GC-MS) 和其它技術，可作詳細組成成分分析。油品分析完後解析化學指紋、生物標誌化合物指紋，以及應用半定量方式計算比值，用於鑑定的診斷比值，主要是能夠反映出不同

油品間的差異，並且在環境中較為穩定，且受到微生物分解或風化反應影響較小。篩選出試用之特徵因子比值。以下將針對油品污染使用之鑑識方法，包括石油碳氫化合物分析、指標化合物比值分析、煉製油品添加劑特性作一簡要介紹。

石油碳氫化合物分析其一為揮發性成份 (volatile organic compounds, VOCs)，其二為半揮發性 (semivolatile organic compounds, SVOCs) 及重質成份，前述兩類的總和即為總石油碳氫化合物 (total petroleum hydrocarbons, TPH)，它的分析結果可以窺知碳氫化合物之全貌，是最基本的化學指紋圖譜，也可以定出個別成份的含量，求取 pristane (2, 6, 10, 14-tetramethylpentadecane, Pr) 及 phytane (2, 6, 10, 14-tetra methyl hexadecane, Ph) 等標誌化合物的比值。TPH 指標包含包含圖譜鑑別、碳數範圍、碳優指數 (carbon preference index, CPI)、風化指標 (weathering Index, WI)。

指標化合物比值分析包括以下各項：

- (1) 特徵化合物類異戊二烯分析：中端分餾燃料油中普遍缺乏高沸點的 terpanes 與 steranes 標誌化合物，因此 C_{13} - C_{20} 範圍內的類異戊二烯已廣泛地應用於環境法醫鑑識，其中 pristane /phytane 為常見的診斷比值 (diagnostic ratio)，其比值依據油源不同而有所差異，通常範圍大約介於 0.8 至 3.0 之間 (Wang and Stout, 2008)。
- (2) 芳香烴化合物比值之分析：可使用辨識多環芳香烴分佈模式，多數多環芳香烴化合物比飽和碳氫化合物以及揮發性 alkylbenzene 更耐風化，因此可利用多環芳香烴當作分類碳氫化合物的指紋，其中環數的增加耐風化的能力越強，風化作用對 PAHs 將會造成不同的影響。亦可使用特定多環芳香烴化合物比值，利用烷基化多環芳香烴同系物的雙比值，其中以 C_2D/C_2P (C_2 -dibenzothiophenes/ C_2 -phenanthrenes) 對比 C_3D/C_3P (C_3 -dibenzothiophenes/ C_3 -phenanthrenes) 判別出石油產物來源之差異性。
- (3) 生物標誌化合物之分析：油品中所含的生物標誌化合物如 terpanes 和 steranes 具有來源穩定、不易受生物分解及其他風化作用影響等特性，因此指紋相對分布與特徵因子對比技術，廣為應用於油污染源的鑑別上，經由對比方法，找出污染者或可能的污染者，為有效的來源鑑定方法之一。

提煉產品常含有添加劑亦可用於來源識別，汽油使用甲基第三丁基醚 (methyl tert-butyl ether, MTBE) 或其他類似的含氧添加劑，為汽油中最主要的成份之一，因此常在汽油洩漏的污染場址中發現 MTBE，而 MTBE 具有高水溶性、低辛醇-水分配係數值 (K_{ow})、移動速度快及生物不易分解等特性，故總是位於污染團的最前端。

油品鑑識指標種類甚多，包括飽和烴、多環芳香烴、生物標誌化合物之特徵因子比值以及其豐富度，但鑑識往往受鑑識人員經驗的侷限，為了改善此侷限，且避免耗時又費力的鑑識方法，可將油品或洩漏樣品進行指紋的統計分析，應用分析方法中的相對偏差 (standard deviation) 發展出重覆性限法 (repeatability limit)。

四、案例研究

D 石油公司具有多座位於台中港區之油品儲槽 (如圖 2 所示)，進行油品外銷事業，在 2013 年 10 月 24 日因人員未確認 T-13 儲油槽人孔是否上鎖，即以 T-13 儲油槽儲放油品，造成柴油經人孔洩漏至油槽區防溢堤內，當時輸入至 T-13 儲油槽約 1,217 公噸，雖將油品回收輸送到儲槽存放，其中經由環狀水溝回收至油水分離池洩漏之油品估計約 700 公噸，人員進行清理油污作業，但已造成地下環境污染。

2013 年 12 月 7 日台中市環保局採樣 335-18 (部份) 地號內 S01 及 S02，土壤中總石油碳氫化合物 (TPH) 含量分別為 20,400 mg/kg 及 45,600 mg/kg，超過土壤污染管制標準，因此於 2014 年 4 月 1 日公告為土壤污染控制場址。2014 年 11 月 26 日台中市環保局調查本場址 B00345 監測井之地下水總石油碳氫化合物 (TPH) 為 10.1 mg/L，超過地下水污染管制標準，因此在 2015 年 3 月公告為地下水污染控制場址，D 石油公司向保險公司申請理賠，由於保險公司透過某國際公證公司，首先認定柴油不含苯，因此地下水中測得之苯不應源自柴油洩漏，同時認定防溢堤內北側外洩之柴油，並未隨地下水往防溢堤南側及東南側擴散，因此不會傳輸至距離防溢堤外東南側外數十公尺遠，因此南側 W02 地下水監測井測得苯 0.208 mg/L 應非本次事件造成。



圖 2 場址基本資料

D 石油公司為了釐清該項議題，於 2016 年 1 月委託本實驗室進行鑑識工作，各項工作如下：

1. 碳氫化合物指紋分布模式比對分析

以 GC/MS 進行分析 D 石油公司提供之三個地下水樣品 (A03、W02、及 WS07)，地下水採樣位置如圖 3 所示，比較三個地下水樣品中的碳氫化合物層析分布之模式，結果如圖 4，經由檢視分析層析圖譜，由圖譜樣態 (total ion chromatogram, TIC) 及化合物種類，初步研判所分析樣品應為受油品污染夾帶油花之地下水。

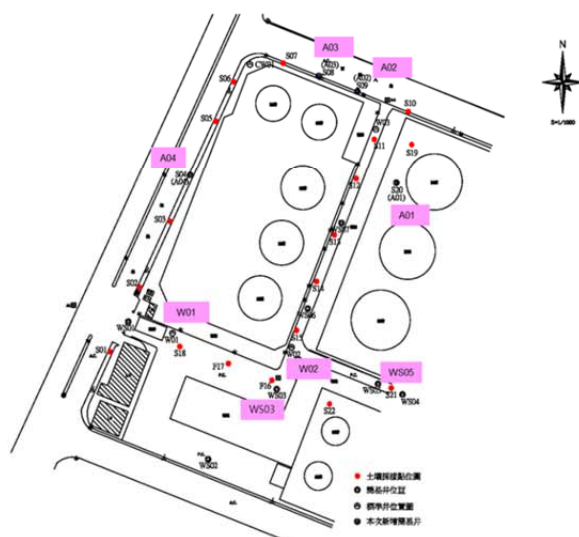


圖 3 場址地下水監測井

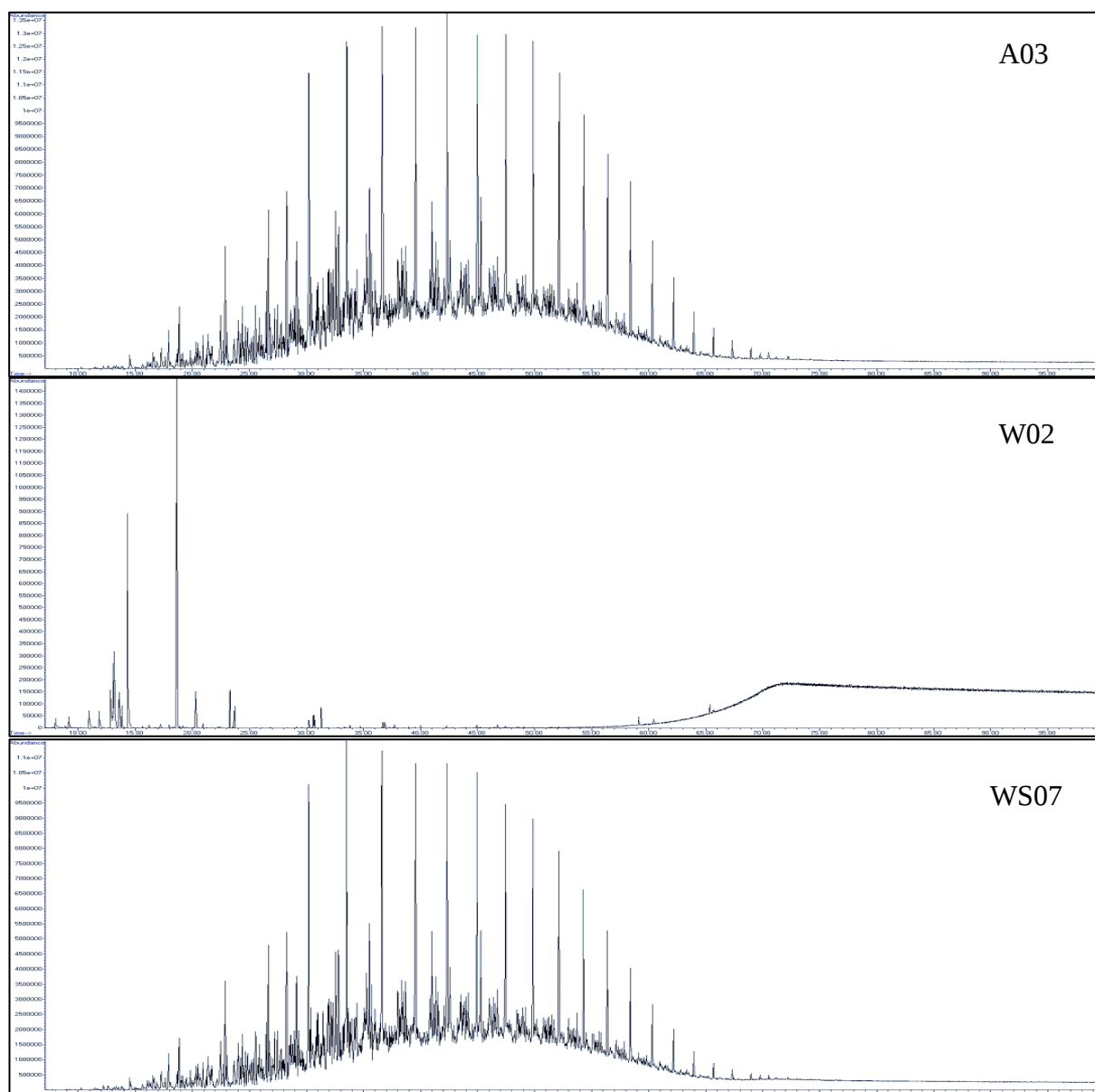


圖 4. 地下水樣品之 GC-MS (TIC) 圖譜

地下水樣品經過 VOCs 及 SVOCs 分析其中化合物種類，由表 2 顯示樣品 A03 及 WS07 皆未偵測到 methyl tert butyl ether (MTBE) 甲基第三丁基醚，MTBE 為汽油添加劑，具高水溶解度 (50000 mg/L)，容易出現在汽油洩漏場址的污染團前端，因此 A03 及 WS07 樣品應非為汽油污染。另外水樣樣品圖譜波峰顯示含有雙苯環以上的芳香族化合物，A03 及 WS07 樣品與柴油在地下水之溶解態碳氫化合物分布在圖譜上較為相似，因此推斷 A03 及 WS07 樣品為受柴油污染，但因經過可能的風化及傳輸作用，部分溶解態化合物可能已有損失之情形。

表 2. 地下水樣品所含各項化合物濃度

	MDL(mg/L)	A03 (mg/L)	W02 (mg/L)	WS07(mg/L)
MTBE	0.007	ND	ND	ND
Benzene	0.07	ND	ND	0.40
Toluene	0.04	ND	ND	0.87
Ethylbenzene	0.06	0.81	ND	31.0
m+p-Xylene	0.06	2.43	ND	21.7
o-Xylene	0.07	1.91	ND	13.7
n-Propylbenzene	0.61	2.90	ND	39.6
1,2,4-Trimethylbenzene	0.22	6.01	ND	24.0
1,3,5-Trimethylbenzene	0.19	25.9	ND	127
Naphthalene	0.07	79.4	ND	48.6
Acenaphthylene	0.07	0.65	ND	0.34
Acenaphthene	0.07	155	ND	47.9
Fluorene	0.08	7.75	ND	8.40
Phenanthrene	0.08	75.7	0.10	7.21
Anthracene	0.07	75.2	0.10	84.8
Fluoranthene	0.07	2.76	<MDL	3.47
Pyrene	0.07	52.9	<MDL	4.19
Benzo[a]anthracene	0.06	0.07	<MDL	0.34
Chrysene	0.09	0.57	<MDL	0.47
Benzo[b]fluoranthene	0.13	0.03	<MDL	<MDL
Benzo[k]fluoranthene	0.13	0.40	<MDL	<MDL
Benzo[a]pyrene	0.04	0.87	<MDL	<MDL
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.05	0.46	ND	<MDL
Dibenzo[a,h]anthracene	0.07	<MDL	ND	<MDL
Benzo[ghi]perylene	0.06	<MDL	ND	<MDL

而 W02 之樣品樣品經過 VOCs 及 SVOCs 分析，並無偵測到多種化合物，僅測到 phenanthrene 及 anthracene，此兩多環芳香族碳氫化合物亦屬於柴油組成分，至於是否與 A03 及 WS07 樣品來自同一污染源，需要有更多水文地質資訊，依目前資訊無法判定。

D 石油公司亦提供 T-13 油槽原始油品、樣品浮油 (WS07 上層浮油) 及台塑石化外銷柴油進行分析，T-13 油槽儲存之原始油品、樣品浮油 (WS07 上層浮油) 及外銷柴油等三個油品其碳氫化合物層析圖譜分布之模式，如圖 5 所示，經由檢視 TIC 層析圖譜，由圖譜樣態及碳數組成範圍初步研判樣品浮油與油槽原始油品非常類似。

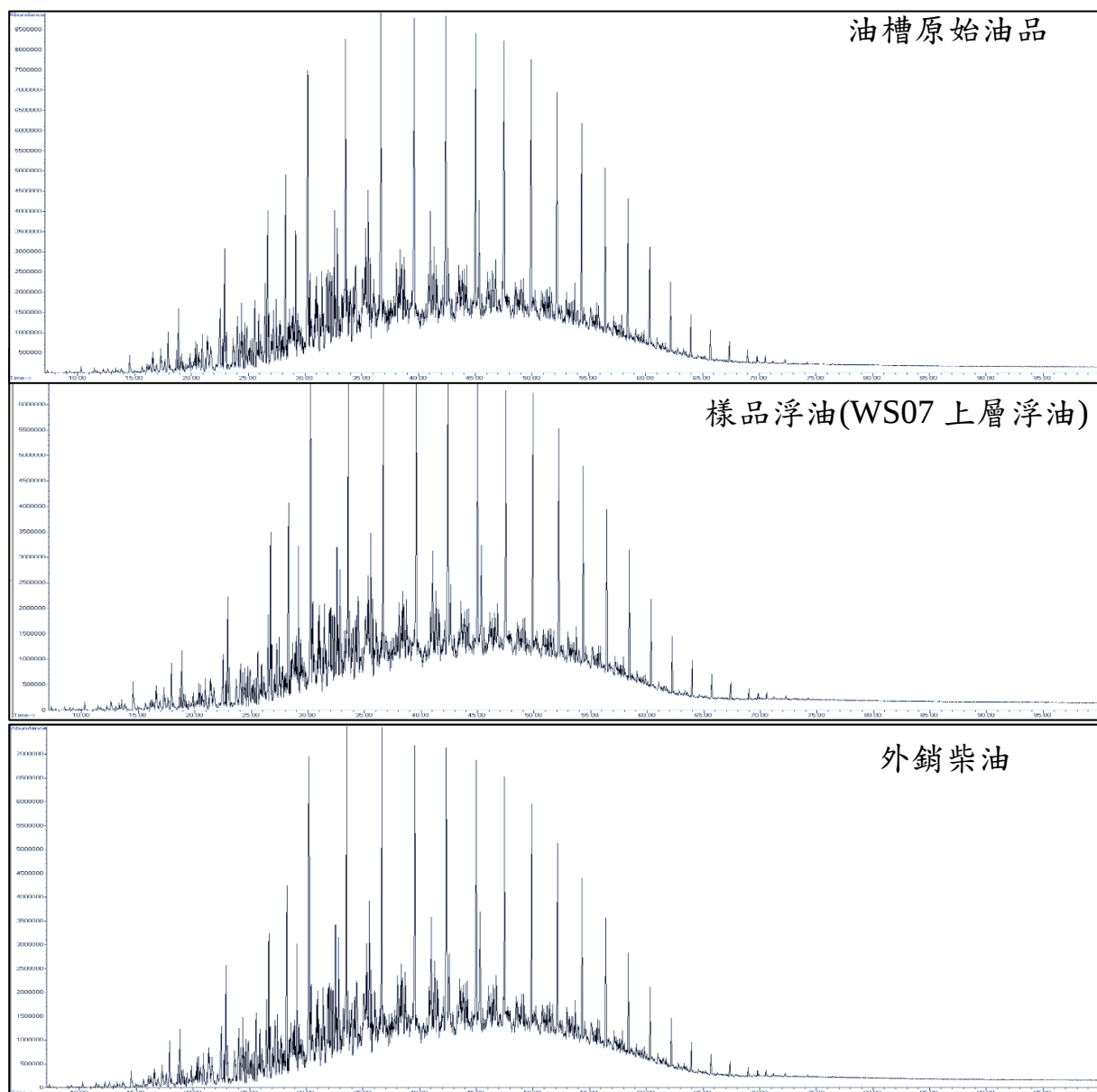


圖 5. 油槽原始油品(來自油槽)、樣品浮油(WS07 上層浮油)及外銷柴油 GC-MS(TIC) 圖譜

由於三個油品樣品非屬汽油類產品，其 VOCs 組成成分比重並不高，但為了瞭解其中 benzene、toluene、ethylbenzene 及 xylene (BTEX) 含量，進行 BTEX 分析，其檢測結果如表 3 所示。三個樣品中樣品浮油及台塑外銷柴油均檢測到 benzene、toluene、ethylbenzene 及 xylene，樣品浮油其 BTEX 濃度均較外銷柴油為低，推測為經過洩漏後因揮發作用造成部分 BTEX 損失，綜合圖譜及 BTEX 含量分析，樣品浮油(WS07 上層浮油)及外銷柴油可能為同源產物。

至於油槽原始油品檢測到 ethylbenzene 及 xylene，但無檢測到 benzene 及 toluene，由此推論為油槽原始油品因已置於儲槽一段時間，由於 benzene 及 toluene 在外銷柴油中含量甚少，故揮發及逸散程度較高之化合物如 benzene 及 toluene 可能已揮發，故未偵測到。

表 3. 柴油樣品所含 BTEX 化合物濃度

	MDL (mg/L)	油槽原始油品 (mg/L)	浮油 (mg/L)	外銷柴油(mg/L)
Benzene	0.007	ND	0.50	6.08
Toluene	0.04	ND	1.10	53.0
Ethylbenzene	0.06	166	51.3	51.3
m+p-Xylene	0.06	134	40.5	69.3
o-Xylene	0.07	122	29.5	98.0

2 標誌化合物分布模式比對分析

進一步以 GC/MS 分析地下水樣品 (A03、W02、及 WS07)，透過萃取了解樣品中標誌化合物分布模式，針對一系列較不易受風化作用影響之化合物進行分析判釋，所分析化合物如表 4 所列。結果顯示地下水樣品 A03 及 WS07 中含有標誌化合物 bicyclic sesquiterpanes，如圖 6 所示，該系列化合物多存在於柴油及重質燃油中，且在樣品 A03 及 WS07 中皆含有 diterpanes，此系列化合物不易於汽油中測得，因此推測 A03 及 WS07 應為柴油污染。

進一步比較地下水樣品之 naphthalene 系列指紋對比圖，如圖 7 所示，可以發現出現在 A03 及 WS07 之 naphthalene 及 alkylated naphthalene 化合物種類類似，而依據圖 8 所示，可以發現出現在 A03 及 WS07 之 phenanthrene 及 alkylated phenanthrene 化合物種類也類似，綜合各特徵及標誌化合物顯示於圖 9，由於在樣品 A03 及 WS07 中皆含有 diterpanes，可以發現 A03 及 WS07 兩個水樣應受柴油污染，且來自同一污染源污染所致。

由於 bicyclic sesquiterpanes、naphthalene、烷基化 naphthalene、phenanthrene 及烷基化 phenanthrene 等特徵化合物其水溶解度均較低，因此當其在油品含量很低時則在地下水會不易偵測到，而這些特徵化合物在 W02 多數未偵測到，研判有可能該區域水體未受油品嚴重污染，或污染物已遷移至地下水下方處，甚至在微量污染情況下部分污染物已進行降解，由於 W02 之樣品並無偵測到多種化合物，僅測到 phenanthrene 及 anthracene，此兩化合物亦屬柴油組成分，至於其是否與 A03 及 WS07 樣品來自同一污染源，依目前資訊無法判定。

表 4. 各項標誌化合物

Code	Compounds	<i>m/z</i> ratio
BS	Bicyclic sesquiterpanes	123
C ₀ -N	naphthalene	128
C ₁ -N	C ₁ -naphthalene	142
C ₂ -N	C ₂ -naphthalene	156
C ₃ -N	C ₃ -naphthalene	170
C ₀ -P	phenanthrene	178
C ₁ -P	C ₁ -phenanthrene	192
C ₂ -P	C ₂ -phenanthrene	206
C ₃ -P	C ₃ -phenanthrene	220
-	<i>n</i> -alkane	85
-	Acyclicisoprenoids	113
-	<i>n</i> -alkylcyclohexanes	83
-	C ₄ -alkylbenzenes	134
-	Diterpanes	191
-	Regularsteranes	217

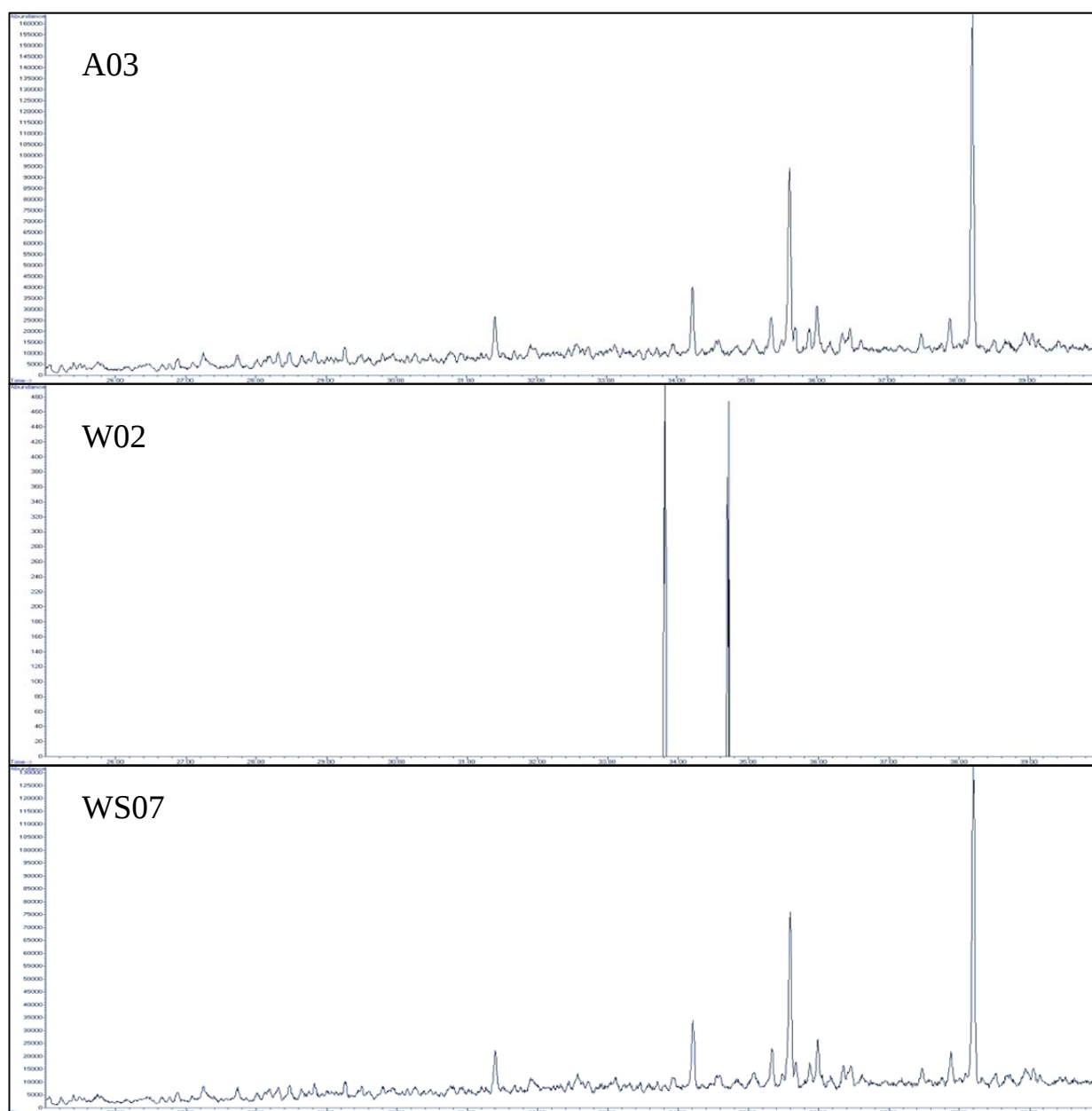


圖 6. 地下水樣品之 bicyclic sesquiterpanes 圖譜 ($m/z=123$)

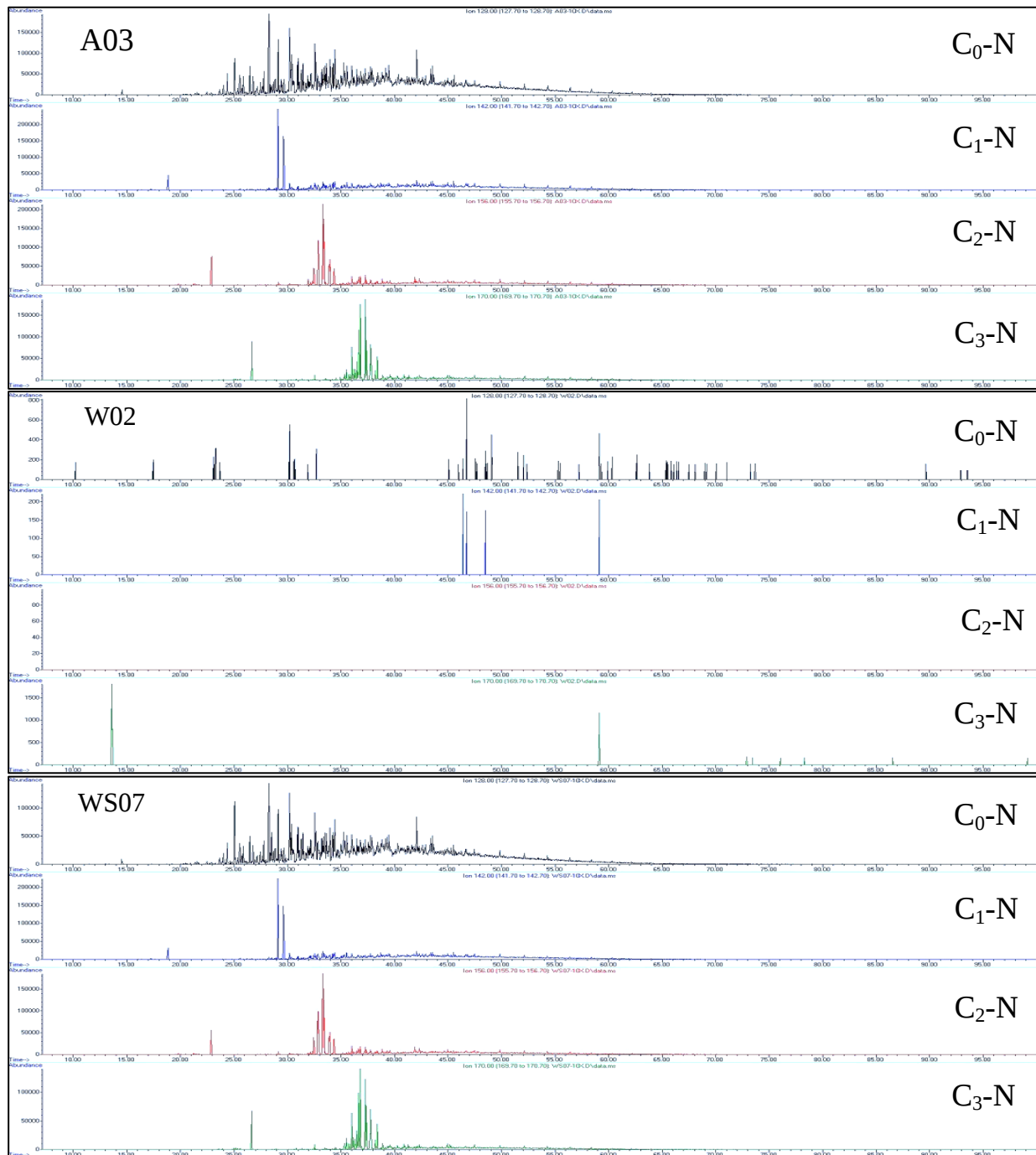


圖 7. 地下水樣品之 naphthalene 系列指紋對比圖 ($m/z=128, 142, 156, 170$)

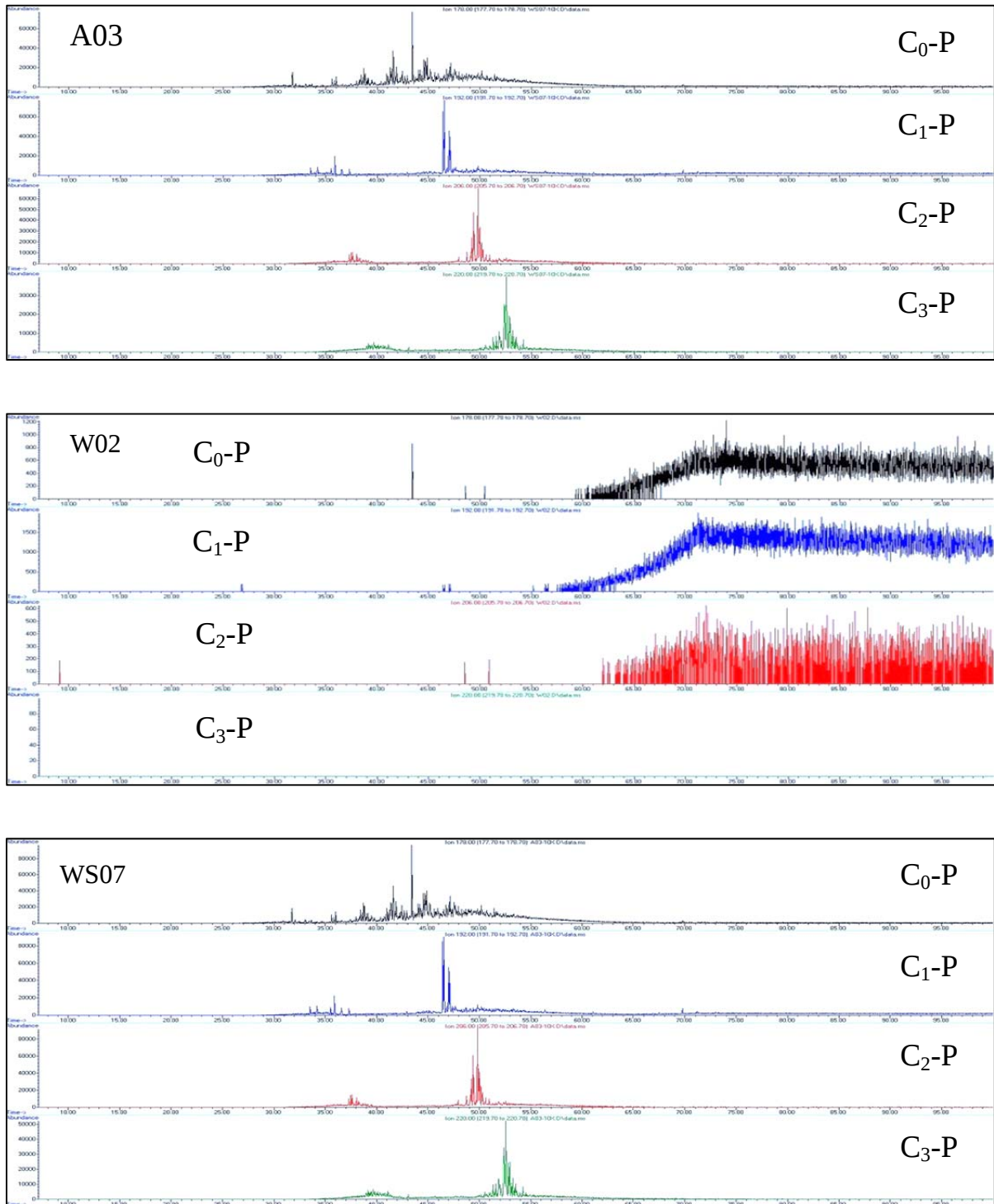


圖 8. 地下水樣品之 phenanthrene 系列指紋對比圖 ($m/z=178, 192, 206, 220$)

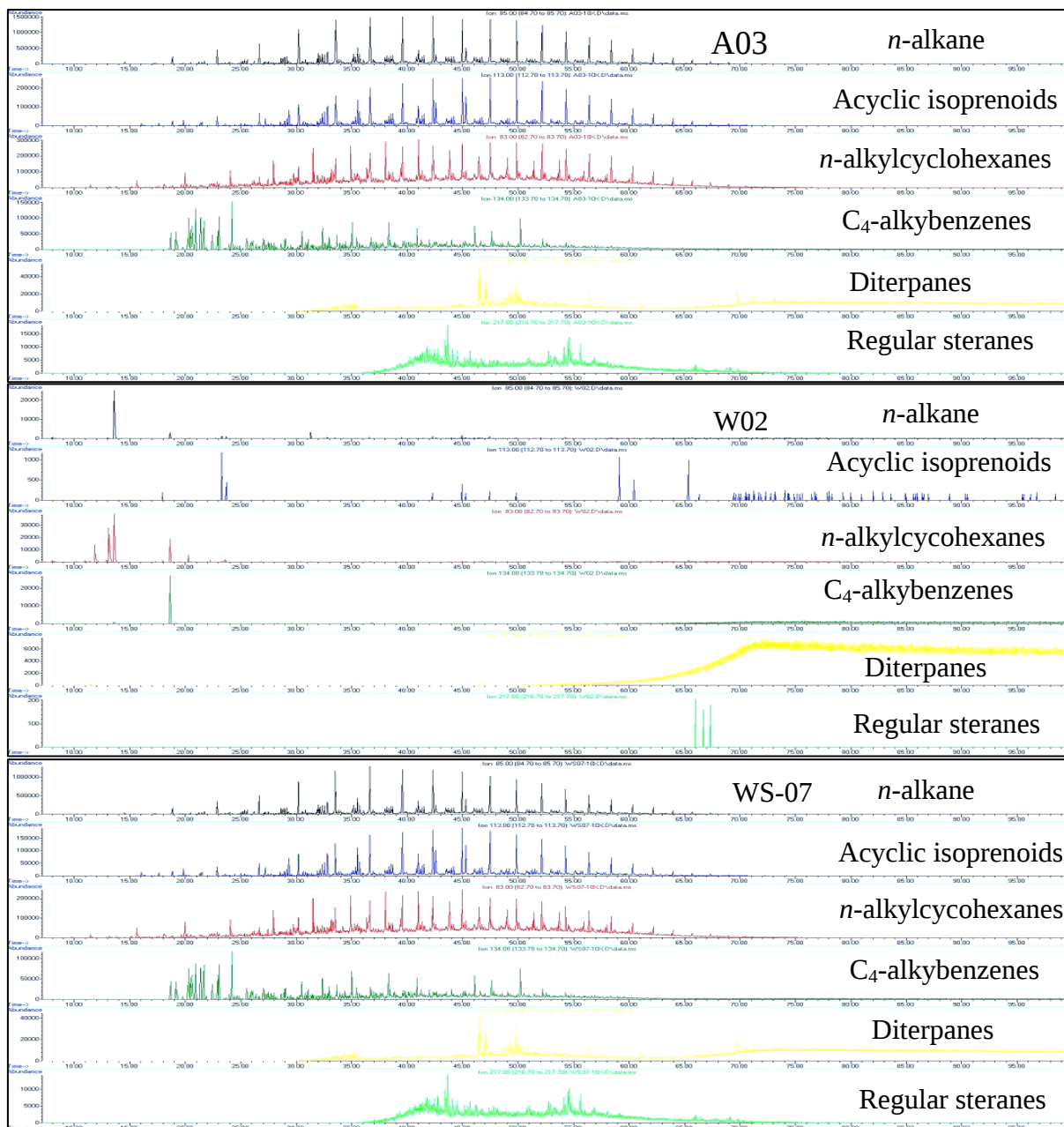


圖 9. 地下水樣品之特徵化合物指紋對比圖 ($m/z = 85, 113, 83, 134, 191, 217$)

在三種油品樣品之圖譜皆含有 bicyclic sesquiterpanes，如圖 10 所示，進一步比較地下水樣品之 naphthalene 系列指紋對比圖，如圖 11 所示，可以發現出現在三種油品樣品之 naphthalene 及 alkylated naphthalene 化合物種類類似，而依據圖 12 所示，可以發現三種油品樣品之 phenanthrene 及 alkylated phenanthrene 化合物種類也類似，綜合各特徵及標誌化合物顯示於圖 13，由此可以判斷 T-13 油槽原始油品、樣品浮油 (WS07 上層浮油) 及台塑石化外銷柴油此三種油品樣品非常類似，應來自同一來源。

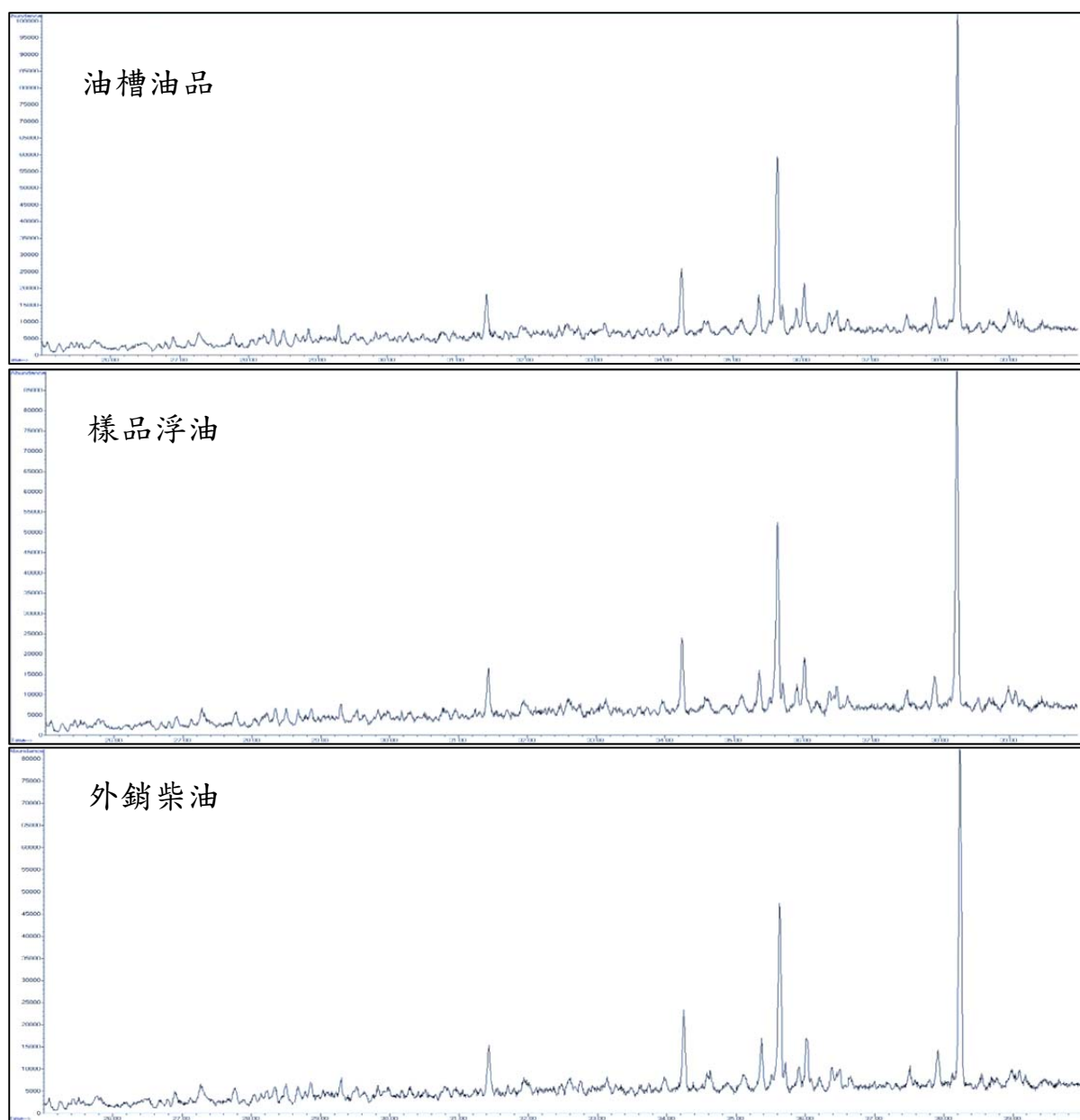


圖 10. 油品之 bicyclic sesquiterpanes 圖譜 ($m/z=123$)

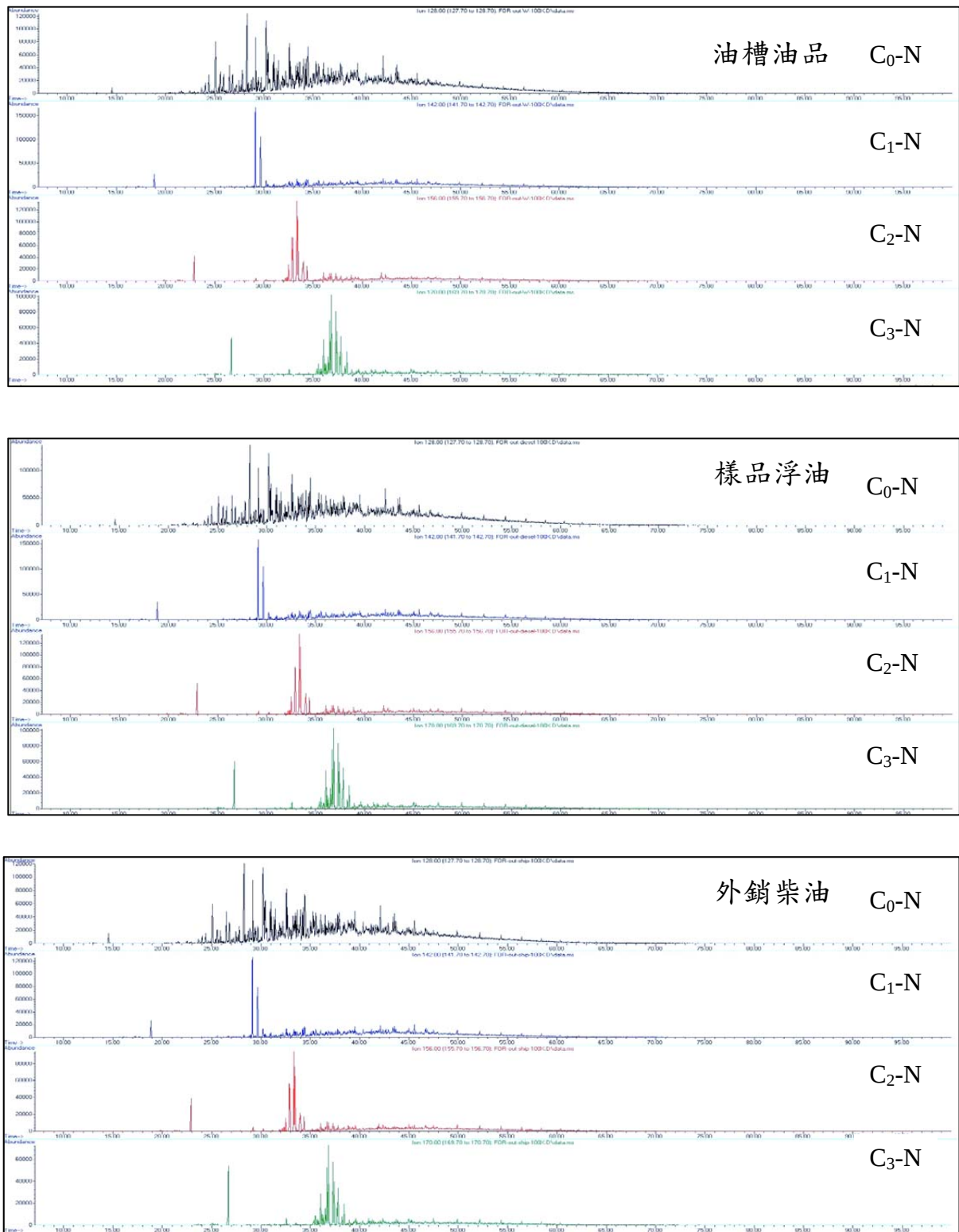


圖 11. 油品之 naphthalene 系列指紋對比圖 ($m/z = 128, 142, 156, 170$)

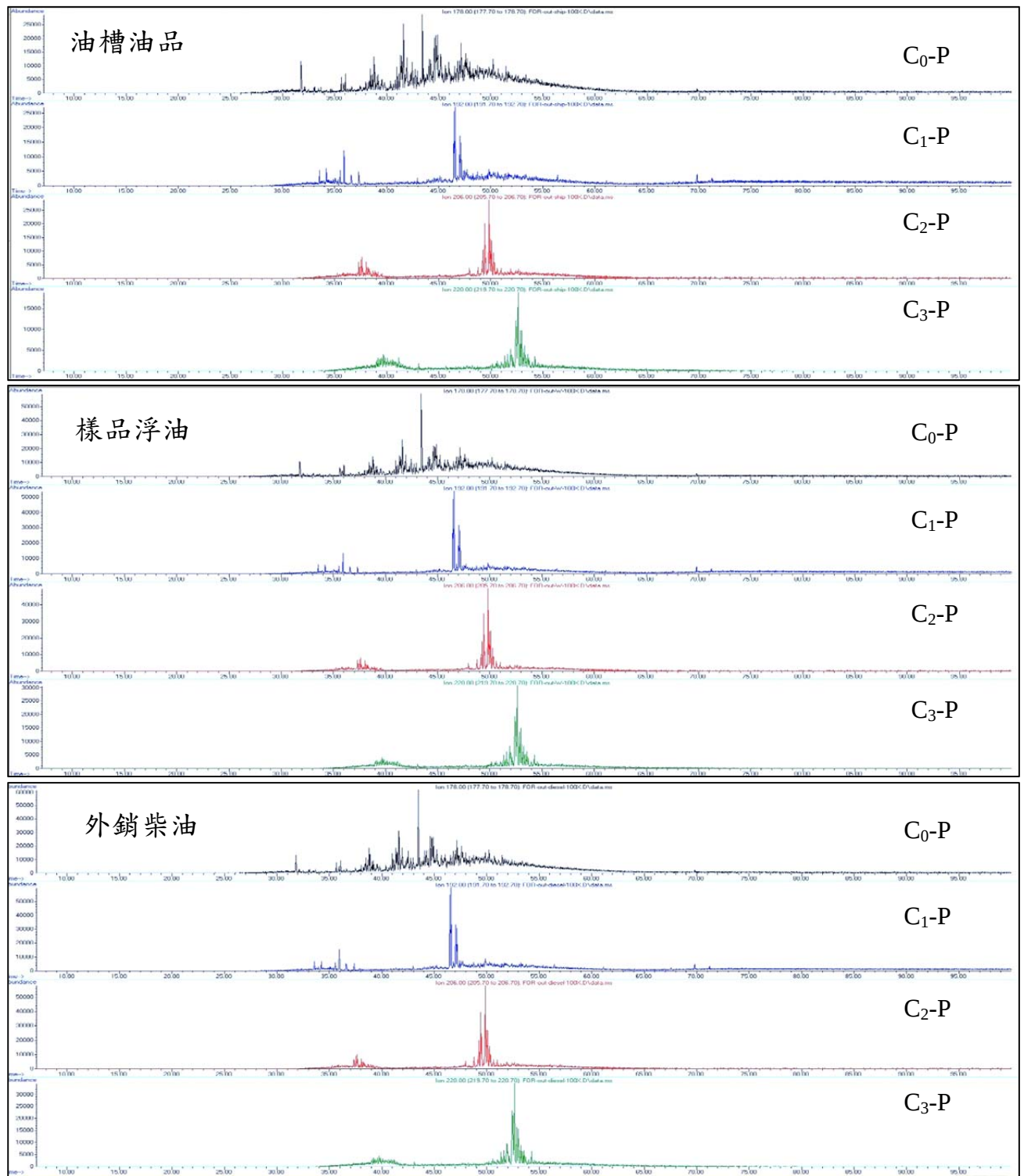


圖 12. 油品之 phenanthrene 系列指紋對比圖 ($m/z=178, 192, 206, 220$)

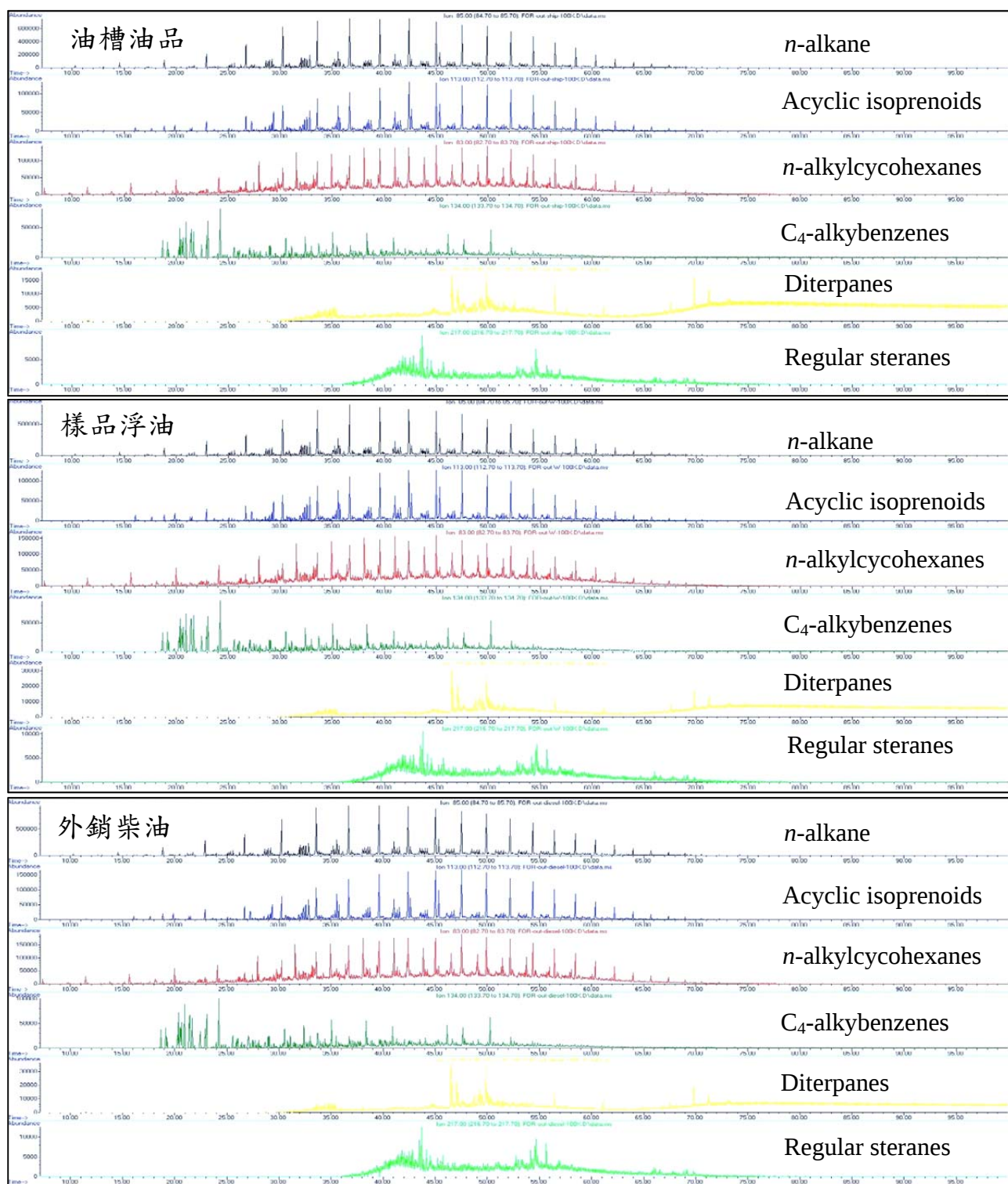


圖 13. 油品之特徵化合物指紋對比圖 ($m/z = 85, 113, 83, 134, 191, 217$)

3 特徵因子比值分析

由於中端分餾燃料油中普遍缺乏高沸點的 terpanes 與 steranes 標誌化合物，因此 C₁₃-C₂₀ 範圍內的類異戊二烯已廣泛地應用於環境鑑識中，其中 pristane/phytane 為常見的診斷比值 (diagnostic ratio)，其比值依據油源不同可能會有所差異，另外也選擇抗風化能力較佳之烷基化 naphthalene 以及烷基化 phenanthrene 作為特徵比值，比較三個地下水樣品結果如表 5 所示，其樣品 W02 因污染濃度低，部分特徵因子則無法測得。

地下水樣品 A03 其 Pristane/Phytane 比值為 0.48，而 MNR 比值為 1.82。樣品 W02 中其 Pristane/Phytane 比值為 0.39。樣品 WS07 中其 Pristane/Phytane 比值為 0.43，而其 MNR 比值為 1.80，結果顯示，A03 及 WS07 在 MNR、MPR、MPI 1 及 MPI 2 比值非常接近，故兩者為同一污染物的可能性很高，W02 測得化合物較少，因此一系列之特徵因子較少，綜合碳氫化合物指紋分布模式比對分析、標誌化合物分布模式比對分析及特徵因子比值分析，研判所分析地下水樣品應為受油品污染，且 A03 及 WS07 應為來自同一污染源 (同一種油品)。三種油品樣品非常類似，應為來自同一來源。

表 5. 地下水樣品各項特徵因子比值

	A03	W02	WS07
Pristane/Phytane	0.48	0.39	0.43
C ₁₇ /Pristane	5.33	3.60	5.04
C ₁₈ /Phytane	2.45	2.13	2.05
MNR ^a	1.58	-	1.55
MPR ^b	1.82	-	1.80
MPI 1 ^c	1.35	-	1.31
MPI 2 ^d	1.40	-	1.39

$$^a\text{MNR} = \frac{2\text{-MN}}{1\text{-MN}}$$

$$^b\text{MPR} = \frac{2\text{-MP}}{1\text{-MP}}$$

$$^c\text{MPI 1} = \frac{1.5(2\text{-MP} + 3\text{-MP})}{\text{P} + 1\text{-MP} + 9\text{-MP}}$$

$$^d\text{MPI 2} = \frac{3(2\text{-MP})}{\text{P} + 1\text{-MP} + 9\text{-MP}}$$

五、結語

地下環境污染鑑識工作往往需抽絲剝繭，依賴物理性、化學性、甚至生物性分析方法，由於油品污染的樣態因水文地質條件、油品種類不同、洩漏年代長短有顯著差異，也對鑑識之物理、化學、及生物參數造成不同程度影響，場址基本資料之完整性益顯其重要性，因此能獲得較完整場址環境參數，特別是水文地質資料之完整性，與污染證據保全，輔以污染物宿命及傳輸之研判，如此對於鑑識工作可減少重啟調查之時程浪費。

參考文獻

1. 工研院能源與環境研究所 (1994) 事業廢棄物指紋建檔技術建立研究報告。EPA-83-E2S4-01-07，行政院環保署，台北。
2. 工研院能源與環境研究所 (2003) 環境污染物指紋資料庫建置綱要計畫。EPA-92-1061-02-03，行政院環保署，台北。
3. 工研院能源與環境研究所 (2004a) 鋼鐵冶煉業集塵灰之指紋技術建置計畫。EPA-93-1603-02-01，行政院環保署，台北。
4. 工研院能源與環境研究所 (2004b) 重大污染源指紋建檔計畫。EPA-93-E3S4-02-03，行政院環保署，台北。
5. 工研院能源與環境研究所 (2005a) 工業園區環境(污泥及河川底泥)中特殊污染物調查分析研究。EPA-94-E2S4-02-03，行政院環保署，台北。
6. 工研院能源與環境研究所 (2005b) 環境污染物指紋資料庫之建置。EPA-94-1401-02-01，行政院環保署，台北。
7. 工研院能源與環境研究所 (2006) 毒性化學物質重金屬類物種鑑識技術研究計劃1/2。EPA-95-E3S3-02-01，行政院環保署，台北。
8. 工研院能源與環境研究所 (2007) 毒性化學物質重金屬類物種鑑識技術研究計劃2/2。EPA-96-E3S3-02-01，行政院環保署。台北。
9. 工業技術研究院綠能所 (2012) 污泥行業別現況調查與鑑識技術開發研究。EPA-101-E3S3-02-01，行政院環保署，台北。
10. 邱士容 (2013) 應用環境法醫技術於油品污染場址指紋鑑定之研究，國立高雄師範大學生物科技系碩士論文，高雄。
11. 范康登，張尊國，王智澤，林書羽，鄭百佑，董上銘，李澤明 (2010) 營運中含鉛製程事業之土壤污染潛勢調查計畫。EPA-98-GA102-03-A069，行政院環保署，台北。
12. 陳士賢、劉文堯、郭淑清 (2013) 發展環境法醫技術於油品污染場址污染源鑑定。102年土壤及地下水污染整治基金補助研究及模場試驗專案計畫報告，行政院環保署，台北。

13. 陳士賢、郭淑清 (2014) 汽油污染場址之化學指紋鑑定研究，103年土壤及地下水污染整治基金補助研究及模場試驗專案計畫報告，行政院環保署，台北。
14. 陳士賢、田倩蓉、洪瑋濃、夏安宙、王炳南 (2016) 污染場址環境鑑識中心規劃與柴油污染衰變因子分析計畫，EPA-103-GA13-03-A257，行政院環境保護署。
15. 陳士賢、田倩蓉、夏安宙、王炳南 (2017) 土壤及地下水污染鑑識技術發展與推估模式驗證計畫，EPA-105-GA03-03-A283，行政院環境保護署。
16. 高靖閔、涂良君 (2013) 臺中、雲林地區農地作物含重金屬鎘污染成因調查及查證計畫。EPA-101-GA13-03-A270，行政院環保署，台北
17. 經濟部能源局，(2021) 加油站經營實體統計表
<https://www2.moeaboe.gov.tw/oil102/oil2017/A04/A0409/report.asp>
18. 董上銘、廖珮瑜、蔡艾迪、郭淑清、劉瑞文 (2011) 加油站土壤及地下水污染調查計畫(第六期)(甲)。EPA-99-G102-03-A179，行政院環保署，台北。
19. 許心蘭、劉沛宏、方孟德、卓坤慶、王耀銘、劉文堯、陳俞瑾 (2015) 應用環境鑑識技術調查含氯碳氫化合物污染場址之污染來源計畫，EPA-102-GA13-03-A261，行政院環保署，台北。
20. 許心蘭、劉沛宏、方孟德、李佳珮、陳俞瑾、黃文宏、曾素媛、劉文堯、廖珮瑜、郭正翔 (2016)，含氯碳氫污染物環境鑑識技術建置與應用計畫，EPA-104-G13-03-A266，行政院環境保護署，臺北。
21. 臺南市政府環境保護局 (2017) 臺南市安定區安定段北側區域地下水污染範圍調查計畫，臺南。
22. Chen, C. S., Lai, Y.-W., and Tien, C.-J. (2008) Partitioning of Aromatic and Oxygenated Constituents into Water from Regular and Ethanol-blended Gasolines, *Environmental Pollution*, 156(3):988-996.
23. Chen, C. S., Lai, Y.-W., and Tien, C.-J. (2008) Partitioning of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons into Water from Biodiesel Fuel Mixtures, *Environmental Chemistry*, 5:435-444.
24. Chen, C. S., Shu, Y.-Y., Wu, S.-H., and Tien, C.-J. (2015) Assessing soil and groundwater contamination from biofuel spills, *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(3):533-542.
25. Tien, C.-J., Shu, Y.-Y., Ciou, S.-R., and Chen, C. S. (2015) Partitioning of aromatic constituents into water from jet fuels, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 69:153-162.

AERMOD 在臺灣應用之實務探討

環興科技股份有限公司 總工程師 曠永銓

一、前言

美國環保與氣象界發展 AERMOD 模式用以替代 ISC3 模式，至少已經有 20 年的歷史，不論在垂直擴散的處理、地形效應的考量、沉降、以及建築物效應方面，都納入了當代重要的科學進展。美國方面模式比較研究顯示，平坦地形條件下，AERMOD 模擬結果較 ISC3 略高一些，ISC3 短期結果略高，複雜地形條件下二者差異較大，AERMOD 與觀測值較為接近，ISC3 模式顯然高出觀測值很多。

國內自 2007 年以來也至少有 60 篇以上的學位論文研究(詳見附表及網站資訊)，其實學術界對模式的特性與應用並不陌生。技術顧問機構也不乏應用的案例(如曠與許 2005)。然而不論在法規面、或實際環境影響評估(下略以 EIA)、健康風險評估(下略以 HRA)、污染源設置許可、等審查過程(下略以「審查」)，環保署目前都還沒有跟進的作為，在該署空氣品質評估技術規範，或者是空氣品質模式規範(下簡稱「規範」)與環保署模式支援中心網站(下簡稱「模式中心」)，都還是維持在 ISC3 版本，主要的理由在於 ISC3 在複雜地形個案的應用中，有其保守的特性，而臺灣地區山地佔 60%以上，該署認定此舉有利環境保護之公益。

隨著國內環保意識的普及，環保法規的完備，「審查」時因模式模擬結果不通過的情形越來越少，太過保守反而不符合實際。因此環保署歷年來也持續發包委託計畫(環保署 2010~2019)，思考本土化與取代 ISC3 的可能性。

本文除回顧 AERMOD 在臺灣應用遭遇之困難、未來在「審查」時可能之爭議、並以自建之教學系統(<http://114.32.164.198/aermods.html>，下簡稱「系統」)，提供廣泛之模擬經驗，以供業界參考，甚或自行測試以快速累積模式經驗。該「系統」程式自 2018 年陸續建立，並自 2020 開始服務中原大學環工所、臺大環工所、陽明大學環衛所研究生教學，迄今持續運轉。

以下就模擬範圍、接受點密度、氣象檔案之前處理、地形檔案之前處理、沉降議題、建築物議題等依序討論。

二、模擬範圍與接受點密度

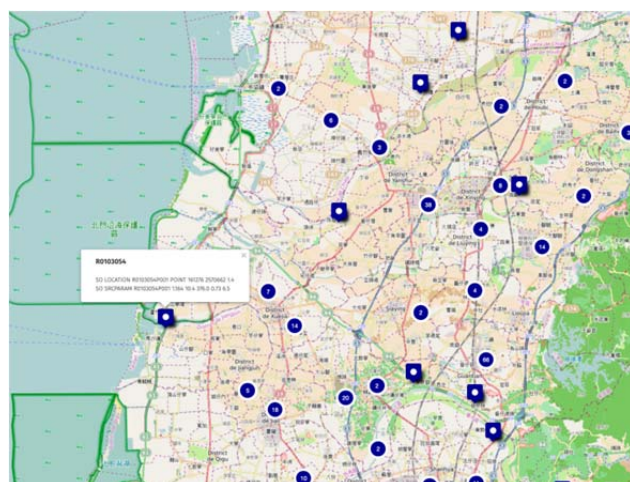
由於 AERMOD 基本上仍然為一高斯模式，因此其應用範圍在空間上是否能夠保持「均質」(homogeneous)、在時間上是否能被認定為「假穩定」(pseudo steady state)，符合這 2 項條件方能算是有效的應用，然個案之煙囪排放條件、位置之地形與氣象條件都有差異，為具體討論此 2 條件之符合與否，本文將 TEDS10 中點源數據陳列於 umap 動態地形圖之上，便於查詢如圖 1 所示。

(一) 空間範圍

依據圖 1 臺灣地區目前的工廠大多座落在平地範圍，山地雖然也有被列管的飯店民宿，但畢竟屬於小污染源，重大污染源因有溫排水、物資運輸需求，大多在濱海地區、港區。



(1) 臺灣本島範圍之點源家數



(2) 個別工廠點源排放條件 (ISC3/AERMOD 排放格式)

圖 1 臺灣地區點源之分布與其煙道條件

內容下載自環保署 TEDS10.0 資料庫，然部分煙道條件不合理處，如座標、高度、溫度、內徑等都經品質管制修正。點源參數中之座標系統採 TWD97，以維持直角座標系統。
http://umap.openstreetmap.fr/zh/map/teds10-point-data-pm25_594438#9/23.3789/121.0219

按照過去 ISC3 的模式限制，要求空間範圍以不超過 50Km 為範圍。在臺灣地區除了濱海地區可以超過 20Km 範圍以外，其餘地區很難在 20Km 內仍然可以保持風場、溫度場乃至於大氣擴散的各項特性「均質」之狀態。複雜地形條件下超過 3~5Km 之模擬範圍應該都難以維持其「均質」的特性，此點會在氣象前處理的解析度問題內進一步探討。

由於「均質」大氣在水平方向沒有速度的梯度，按照連續方程式此時將不會有垂直速度的梯度，因地面垂直速度為 0，因此亦即不會有垂直速度。

圖 2 將 2020 年中央氣象局 (CWB) 模擬全臺近地層垂直速度結果，進行均方根計算 (以 cm/s 表示) 如圖 2 所示，相對而言，彰化以南的西部縣市，垂直速度年均方根值約在 1cm/s 以下，是最能符合「均質」條件地區，臺中與桃竹苗地區垂直速度 1~2cm/s，略能符合「均質」條件，相對山區海拔越高、坡度越陡峭，越不符合「均質」條件，應避免使用 AERMOD，幸而對照圖 1 這些地區，目前並沒有污染源設置。各縣市範圍內「均質」程度亦有差異，建議後續還需按縣市垂直速度分布、地形、污染源座落情況詳細界定，避免模式的誤用。

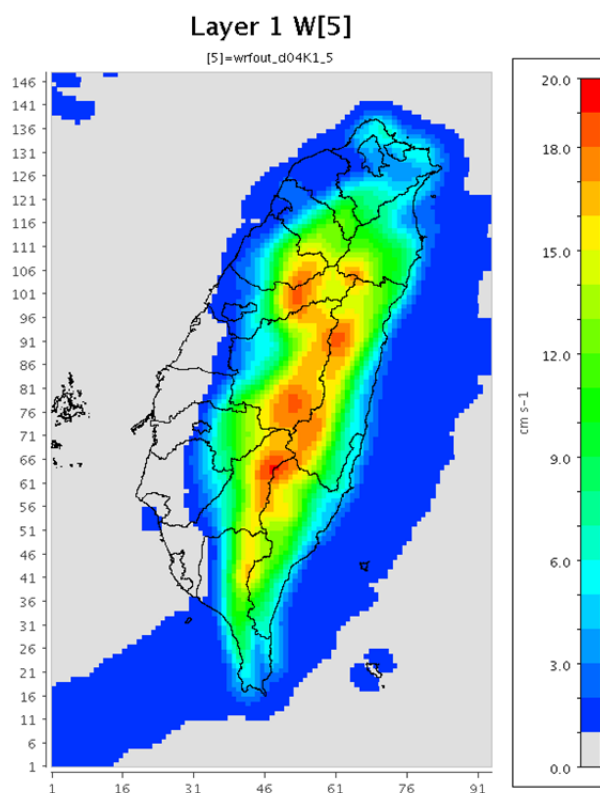
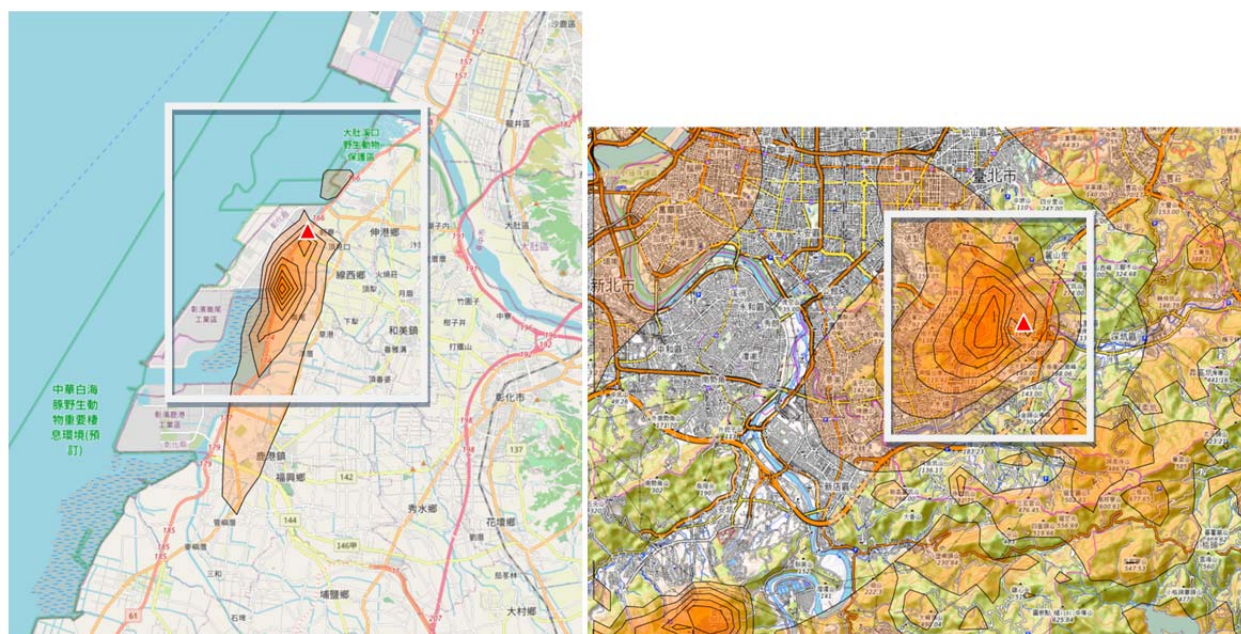


圖 2 2020 CWB WRF 近地層垂直速度均方根值之分布

資料來源：中央氣象局 opendata

[\\$i=00~84](https://opendata.cwb.gov.tw/fileapi/opendata/MIC/M-A0064-0$i.grb2)

除了模式本身的「均質」條件限制之外，「規範」也要求模擬範圍要能夠正常顯示污染源所造成最大濃度，模擬範圍會等於污染源到最大落地濃度距離的 4 倍，就此一實務要求而言，濱海地區風速強勁，搭配較高的煙囪高度，經常使最大濃度發生在污染源下游數 Km 之外。相對而言，內地、臺北、臺中等盆地地形範圍內、或較低的煙囪，風速就會較低，太大的範圍就顯得不實際，模式使用者經常必須嘗試錯誤，以求得最合適的模擬範圍。如圖 3「系統」自動設定模擬範圍與其年均值結果範例。



(a) 濱海地區污染源案例

(b) 盆地地形污染源案例

圖 3「系統」模擬濱海及盆地內污染源之模擬範圍與年均值結果(示意圖)

三角形為污染源位置。白色框為合理的模擬範圍。

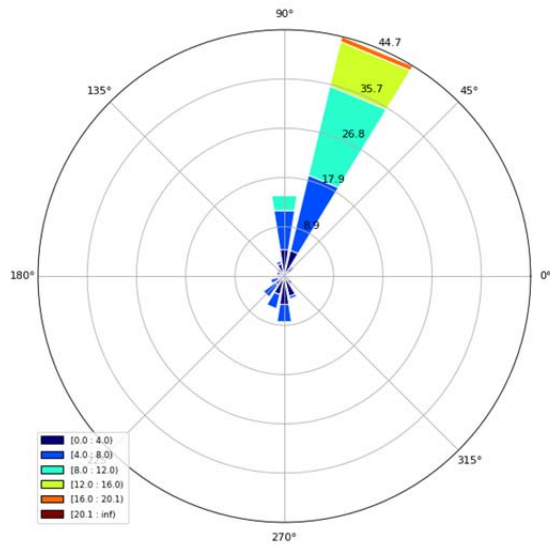
AERMOD 遠端計算服務，作業網址 <http://114.32.164.198/AERMOD.html>

圖中濱海案例較為單純，污染源及最大濃度之間的距離約 3.8Km 取 4Km，其他並沒有其他的落地煙流，模擬範圍取 16Km 應屬合理。

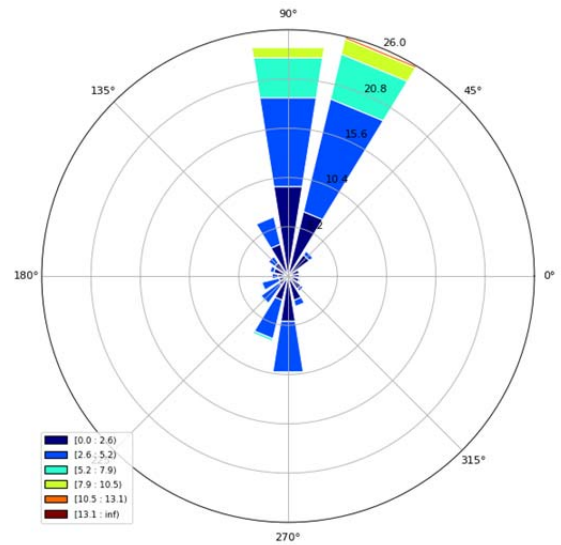
臺北盆地個案除了污染源附近的最大濃度煙流之外，距離污染源僅 0.7Km，在周邊山地也造成次高濃度，如果只限制在 4 倍距離約 3Km 雖確實可以呈現最大濃度，但建議可以取大一些，以顯示完整煙流形狀為宜。

就此空間範圍此一項目而言，AERMOD 與 ISC3 並沒有太大的差異。但 AERMOD 可以順利接受氣象模式的成果，任何地方均能有代表性的氣象數據(詳後述)，過去執行 ISC3 時，受到臺灣地區氣象站空間分布的限制，模擬範圍勉強納入測站而做不必要的擴張，這種不符合邏輯的設定將不會(必)再有了。

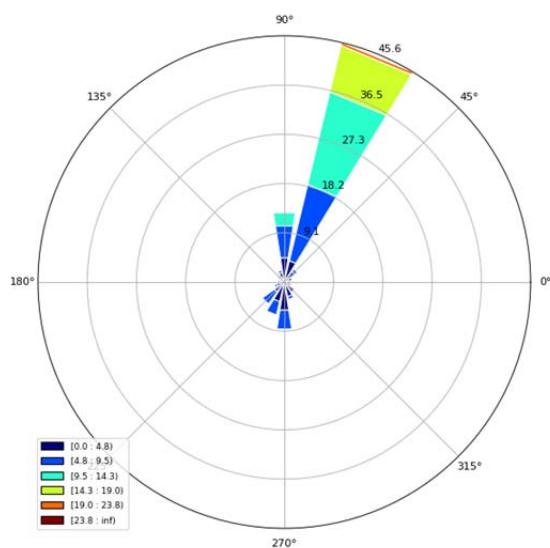
圖 4 模擬濃度乃採圖 3(a) 污染源所在地(範圍中心點)之 WRF 模式做為代表性氣象值，另在範圍陸方 3 個角落，也同時顯示 WRF 之地面風全年風花圖進行比較。



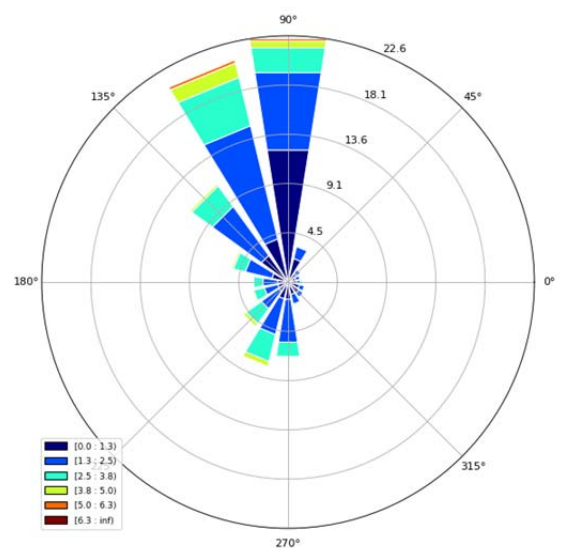
(a) 污染源所在地



(b) 圖 3(a) 東北角



(c) 圖 3(a) 西南角

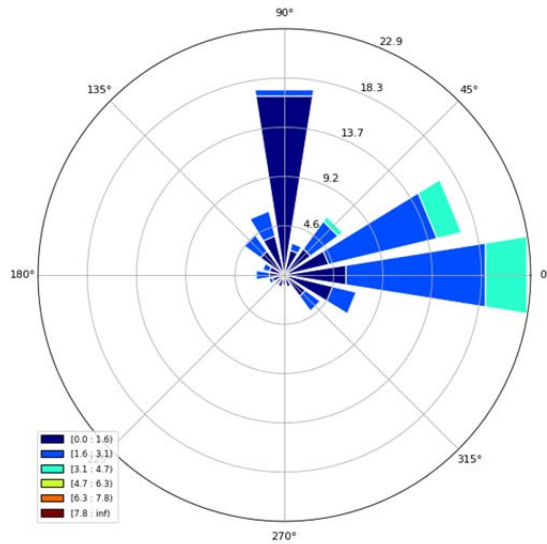


(d) 圖 3(a) 東南角

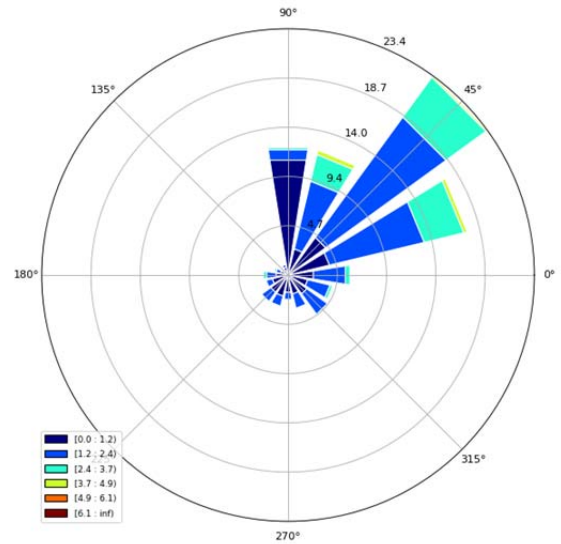
圖 4 濱海污染源及角落 2020 年 CWB WRF 地面風花圖

由圖可以發現，濱海地區地勢平坦、地表粗略度大略相同，中心點與西南之風花圖彼此較為類似，然其東方內陸情況還是差異很大。

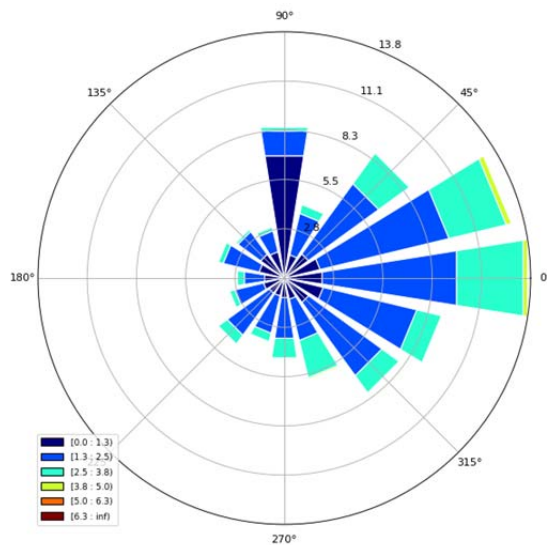
盆地個案角落之風花圖如圖 5 所示，如以外圍較大模擬範圍，四圍風花圖與中心點有較大的差異，具有東西方向明顯的梯度，「均質」之假設條件不復存在，必須縮小模擬範圍至圖 3 白色框為宜。



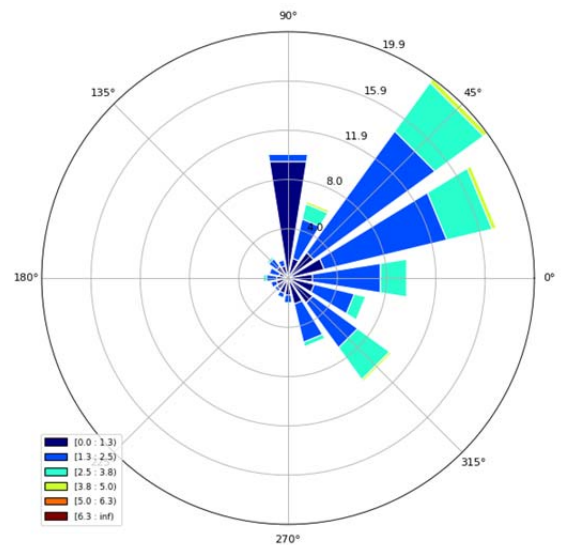
(a) 圖 3(b) 西北角



(b) 圖 3(b) 東北角



(c) 圖 3(b) 西南角



(d) 污染源所在地

圖 5 盆地污染源及角落 2020 年 CWB WRF 風花圖

(二) 時間範圍

目前「模式中心」提供氣象檔案的時間範圍為一年一個檔案、每檔案都是逐時，這是可以符合「假穩定」條件的。回顧過去的 AERMOD 研究報告之應用，還沒有發現時間間距是低於小時的。

使用者如果要進行長時間的健康風險評估，可以進行跨年的模擬再予以平均。AERMOD 可以在一次的作業內就完成這項工作，這點讓使用者十分方便。

在 CALM HOURS 的處理上，AERMOD 與 ISC3 有相同的邏輯，這點也不必特別擔心，只要確認選擇法規選項即可。

(三) 接受點密度

接受點密度除了影響模式計算時間之外，也與等值圖圖面的解析度有關，「規範」要求以 5 倍於排放源高度設定，最大不得大於 500m，這些規定是上限值。由於計算機的進步，解析度高於「規範」要求並非難事。

在地形檔案中是有水平解析度的下限值的，一般公開之數值地形資料解析度約 20~40m，因為低於此範圍內沒有數據，只是內插，並沒有提供額外訊息，因此高於此解析度也是沒有必要的。

過去至少有 7 篇學生論文將 AERMOD 應用在都會區線源的模擬，遇到了模式解析度設定問題，雖然這不是許可審查所關心的，但是環評也可能會遇到此一情況。新版 AERMOD 是有納入 CALINE 模組(非法規使用)，有能力應用在線源的模擬，但在接受點的設計上，太密集的間距會遭遇到建築物、道路等都市地上物的干擾，該視為複雜地形處理之，還是平坦地形忽略之？如果是網格化的接受點，建議還是規避比較好，或者更換其他可以模擬街谷效應的模式，而不必使用 AERMOD。

三、氣象檔案之前處理

目前 ISC3 所需之氣象檔案已在「模式中心」網站提供，並持續新增最近年代之資料。該中心提供檔案以氣象局測站為主，雖有空間含括範圍不足、致使應用上難以符合模式「均質」基本假設之困境，但長久以來也實際擔負模式標準化的責任。

(一) WRF+MMIF 方案

AERMOD 的氣象檔案內容項目比 ISC3 多，無法再像過去單以氣象局之觀測數據即可計算，一般可以經由現地高低塔長期觀測數據利用 AERMET 程式進行轉換，或可由大氣動力模式如 MM5 或 WRF 模擬結果經 MMIF 讀取。臺灣地區除了少數台電電廠有短期的高低塔觀測，其他污染源大多只有簡易的氣象數據，並不足夠。

所幸目前包括學術單位與技術顧問機構已有不少 WRF 之執行經驗，政府 opendata 資料亦每日提供中央氣象局 WRF 模式 3 Km 解析度之模擬結果，可以使用 MMIF 程式進行轉檔。

(二) 使用 WRF+MMIF 之好處包括：

- WRF 可由官方提供，具有一定程度之品質，
- 模擬範圍涵蓋整個臺灣地區與外島，解析度達 3Km，在一般 AERMOD 模擬範圍內可以有許多選項，足以進行敏感性分析。
- opendata 網站不足之時間亦可向氣象局價購，不必擔心數據不足困難。
- 地面參數如土地使用、粗糙度、反照率、蒸散比等，可以與氣象局 WRF 之設定取得一致，有助於模式標準化。
- 模擬準確度有一定水準
- MMIF 程式由美國環保署提供並持續維護，可以確保正確轉檔，
- MMIF 輸出文字檔可以進行品質確認
- MMIF 除了輸出 AERMOD 所需之地面與高空，也輸出 AERMET 模擬所需檔案，使用者可以自行補充執行 AERMET 程式

「系統」目前已經完成 2016~2020 年點源所在位置的 WRF 轉檔，其結果檔案之連結位置亦陳列於 umap 網站上可供使用者點選下載，如圖 6 所示。

圖 6 中可見即使是平地範圍，也並布滿計算網格，這是因為河川地、水體、農地、鹽田等，目前並無工廠開發，未來可能也不能開發。

倘若新污染源所在地不屬於既有已轉檔網格，「系統」亦提供遠端計算服務，只需提供含有污染源經緯度之 KML 檔案，或直接提供 mmif.inp 控制檔，「系統」會執行 2020 年氣象局 WRF 輸出檔之轉檔計算。

(三) WRF+MMIF 轉檔的正確性檢討

最主要影響煙流模擬結果的氣象要素是風速、風向。圖 7 為 2020 年 CWB WRF 模擬地面風速風向與環保署測站之比較，比較之統計指標參考「規範」指定氣象模式之性能評估項目。採用環保署測站是因為 CWB 並不會使用該等測站數據進行同化分析納入 WRF 中，具有獨立性。

由表中可以顯示，各月份大都能達成性能評估符合度在 60%以上之「規範」要求，12 月份風速的總體誤差 (OB)，WRF 預報仍有高估的趨勢，該月份其他項目平均尚能超過 60%的符合度。

四、地形檔案之前處理

按照「規範」的定義，當煙流高度低於周圍地形高度，則必須啟動複雜

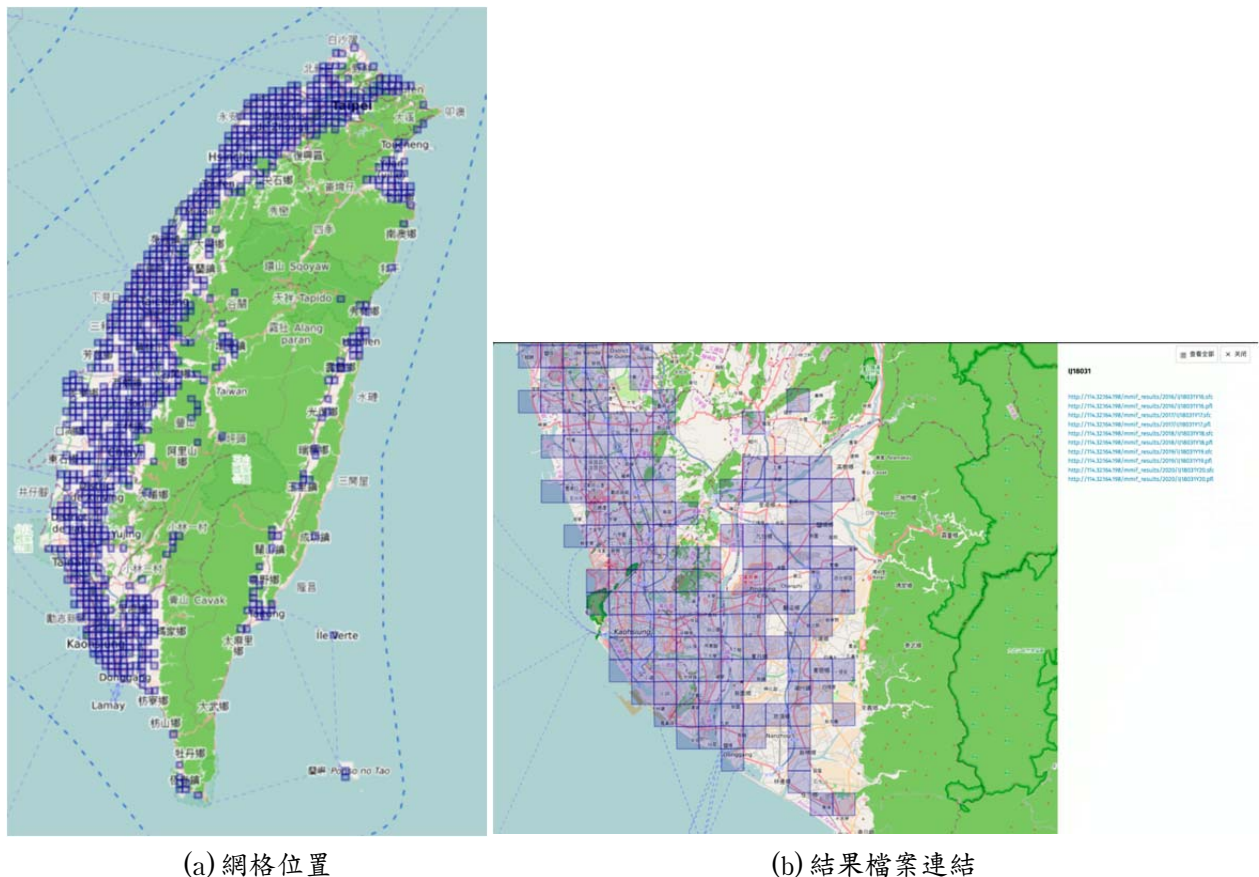


圖 6 點源所在網格 MMIF 轉檔結果

mmif 遠端執行系統，作業網址 <http://114.32.164.198/mmif.html>

地圖查詢 http://umap.openstreetmap.fr/zh/map/3km_590688#8/23.712/122.009

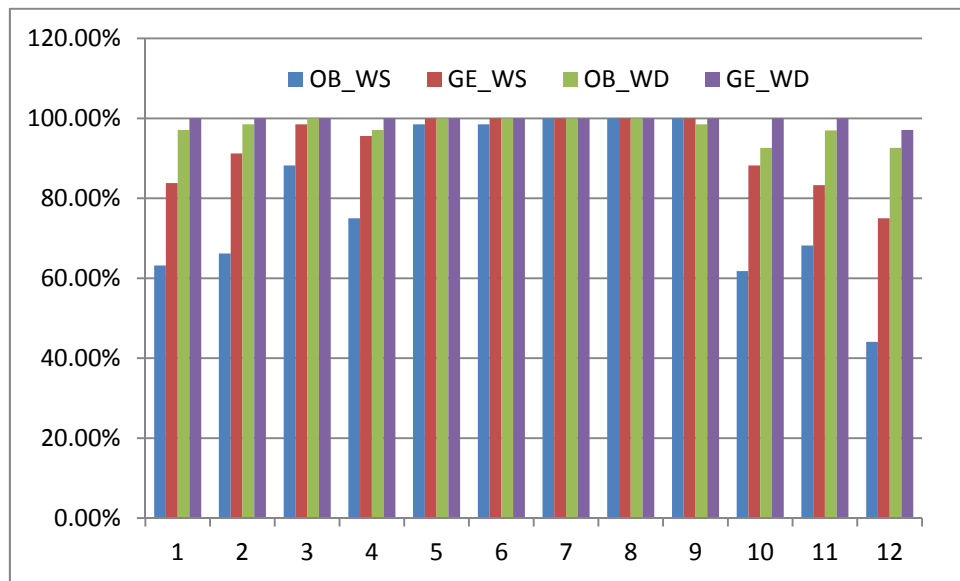


圖 7 CWB WRF 模擬測站風速風向之性能評估符合度

地形機制，照此規定，臺灣地區大多數點源都位於複雜地形之中。然而過去「模式中心」對 ISC3 並沒有提出標準化檔案或作法，主要因為個案的煙囪、煙流高度不一、解析度不同、模擬範圍也有異，實務上無法標準化。複雜地形條件下 AERMOD 所需要的「山丘高」(Hill Height 污染源附近代表性高地之高度)可以使用其地形前處理程式 AERMAP，相較氣象部分已經有許多相關研究與作業化系統，地形受到到關切並不多，該程式可以說是整體系統中最為複雜的部分。早期因國內數位地形資料尚未開放、即使已有前處理程式，仍因轉檔不易，大多採取自行撰寫程式取代 AERMAP（如曠與許 2005、環保署 2009、林 2010），曠與許 2005 過去提出 ISC3 及 AERMOD 在全臺各地之計算結果比較，確能證實 ISC3 在複雜地形條件下較 AERMOD 高估。林 2010 以台中電廠周邊測站測值證實 AERMOD 的濃度分布較 ISCST3 更符合觀測。

近年來因為國內外數值地形資料漸漸開放、工作站上也公開許多轉檔程式 (gdal_translate)，AERMAP 的技術瓶頸已不復存在。有關 AERMAP 的運作過程可以參考崑山科技大學蔡德明教授提供之網頁說明。蔡教授建議一次轉換臺灣全島數值地形數據 (Digital Terrain Model DTM)，再視 AERMOD 需要範圍進行計算，經比較測試，這個策略並沒有較快，因為一般 AERMOD 模擬範圍有限，臺灣大多地區又是山地，因此計算上不如每次下載以污染源為中心之少量、足夠 DTM 數據 (儲存於「系統」備用)、按照實際需要進行轉換，再進行 AERMAP 計算，會比較有效率。

圖 8 為「系統」計算現有點源位置(1Km 解析度)為中心，周圍複雜地形檔案之計算結果，同樣以連結方式陳列於 umap 網站。選擇以 1Km 為解析度，而不是每一家工廠都計算一遍，主要是因為大多個案模擬範圍都會大於 1Km，對於污染源是否位於範圍中心尚能允許部分誤差，倘若真的誤差太大，使用者也可以應用「系統」AERMAP 功能自行調整範圍與解析度，引用已經下載之 DTM 數據，重新進行計算。

AERMAP 計算結果中的 REC 檔案，內容即為模擬範圍之地形高及「山丘高」，以包括檔(include file)之形式，用以進行複雜地形之設定。除此之外，計算結果尚包括表 1 所示檔案。

五、建築物議題

BPPI 前處理在 ISC3 時代就存在了，AERMOD 也繼續延用 BPPI(PRIME 版本)，使用者可以自訂座標系統簡單點出建築物頂點與煙囪位置、輸入高度、高程至控制檔，程式就會計算 ISC3 或 AERMOD 所需的建築物參數。

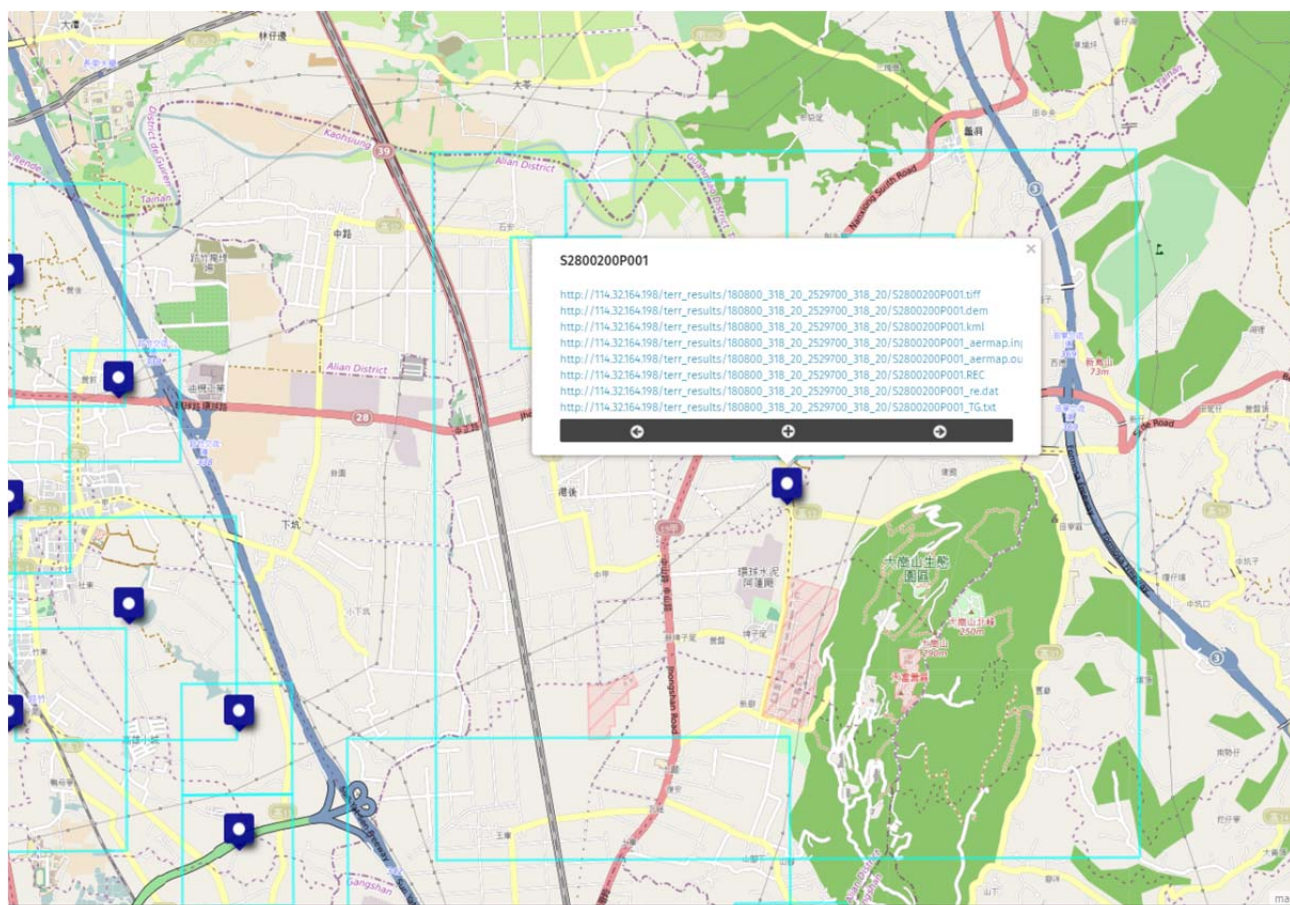


圖 8 點源所在網格之 AERMAP 執行結果(umap 與連結範例)

淺藍色框線為 AERMAP/AERMOD 接受點網格範圍，深藍色標記為點源位置(1Km 解析度)儲存網址：
http://umap.openstreetmap.fr/zh/map/twnlxl-aermap-results_593832#8/23.685/121.278

表 1 AERMAP 前處理之成果檔案

檔案(副檔名)	內容用途
tiff 檔	下載之 DTM 數據，可供 GIS 進一步處理或繪圖。
KML 檔	進行 DTM 數據之等值線繪製
DEM 檔	DEM 為美國 USGS 之常用格式，為 AERMAP 輸入 DTM 檔案指定格式之一。
aermap.inp	AERMAP 主控檔
aermap.out	AERMAP 螢幕輸出內容
re.dat	接受點座標及高程(ISC3 格式)
TG.TXT	ISC3 地形包括檔
REC 檔	AERMOD 地形包括檔

煙流模式的地形處理，遠端作業網址 <http://114.32.164.198/terrain.html>

過去在「審查」時這一部分因沒有顯示軟體，只看文字檔可以說是完全空白，無從確認。國外有技術機構(AEREarth)提供免費圖形顯示服務，然而是 UTM 系統且不接受臺灣之 51 區。

因應此一情況，「系統」提供了遠端計算服務，在該系統數位版點入前述位置與高度產生 KML 檔案之後，直接進入「系統」進行 BPIP-PRIME 計算，或自建控制檔交由「系統」計算，也可以由系統解讀控制檔，反寫成 KML 檔案，以利繪圖顯示。除了建築物之外，「系統」亦會解讀污染源之空間形態，將其寫成 KML 檔案。貼在 OpenTopoMap 如圖 9 所示。

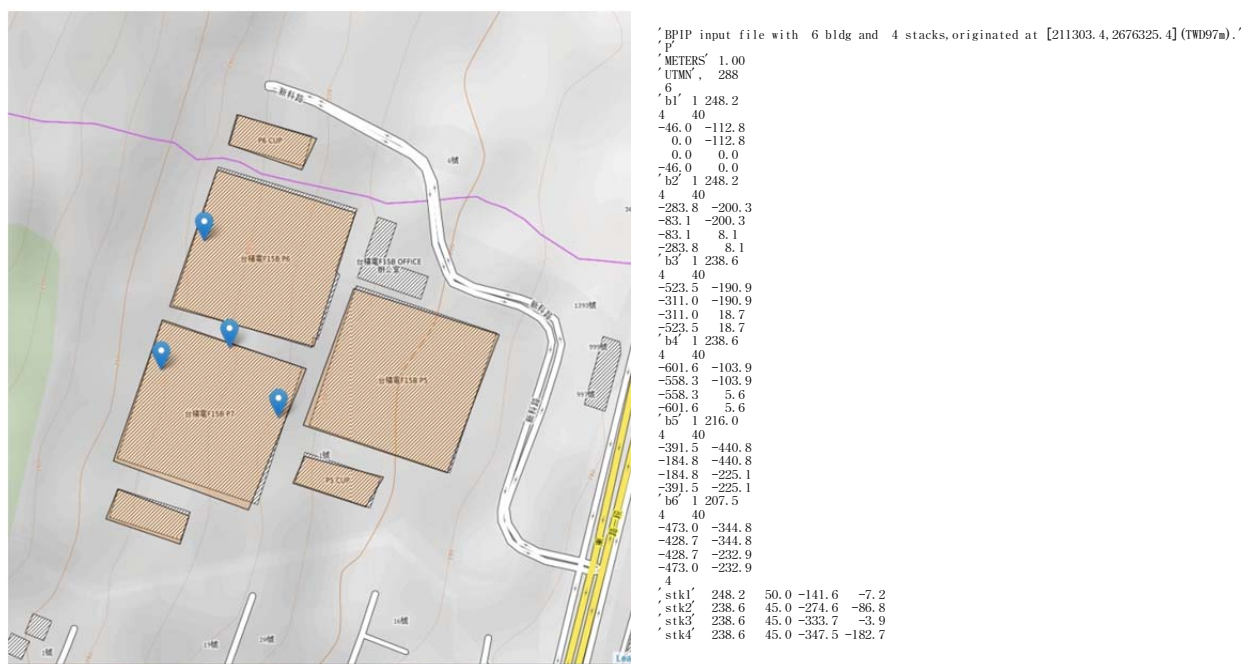


圖 9 建築物與污染源空間設定之圖面確認範例

橙色底為輸入座標所對應之空間位置。藍色汽球為煙囪位置(假想)。底圖為 OpenTopoMap

六、後處理臭氧限制法 (OLM Ozone Limiting Method) 議題

2019 年 9 月 17 日環保署加嚴了 NO_2 的小時濃度標準至 0.1ppm，這使得過去以 NO_x 濃度當成 NO_2 的作法顯得太過保守，需考慮實際大氣的轉化能力。簡言之此法乃以最接近測站之 O_3 實際值，做為 NO 增量轉化成 NO_2 之最大值，加上原來排放中 NO_2 所造成之增量，即為最後增量評估結果。

AERMOD 具有內設之 OLM 模組，按照美國空品模式指引，可以分階使用季均值為代表、或鄰近測站實際小時值檔案輸入模式，模式計算時就考量 OLM，不必後處理。「系統」為同時服務 ISC3 及 AERMOD，仍採取後處理作法，執行模式時須指定輸出逐時 NO_x 檔案 (OU POSTFILE) 以利後處理。

進入「系統」之 OLM 有 2 個方式，一者不必指定，AERMOD 模擬 NO_x 時「系統」直接進行後處理。一者使用者也可以提供自行模擬之 NO_x 逐時輸出檔案(或壓縮檔)，讓「系統」進行後處理。「系統」會由現行環保署測站中找出最近的 3 個測站，針對模擬的時間找出對應小時的 O₃ 與 NO₂ 監測值，處理結果如表 2 所示。

表 2 OLM 後處理之成果檔案(北高雄案例)

類別	檔案名稱	檔案內容
模式逐時輸出檔	N02HR-MAX.dat	ISC3/AERMOD 輸出之逐時 NO _x 值
修正後之逐時增量值	N02HR-MAX_rep.txt	修正後的最大值資訊
	N02HR-MAX_nanzi.dat	以楠梓站 O ₃ 修正
	N02HR-MAX_qiaotou.dat	以橋頭站 O ₃ 修正
	N02HR-MAX_renwu.dat	以仁武站 O ₃ 修正
測站逐時測值	N0203nanzi2018010120181231.csv	2018 年楠梓站 N0203
	N0203qiaotou2018010120181231.csv	2018 年橋頭站站 N0203
	N0203renwu2018010120181231.csv	2018 年仁武站 N0203
逐時測值時序圖	N0203@20180101nanzi.png	2018 年楠梓站 N0203
	N0203@20180101qiaotou.png	2018 年橋頭站 N0203
	N0203@20180101renwu.png	2018 年仁武站 N0203

煙流模式 NO_x 逐時結果之臭氧限制法後處理，遠端作業網址 <http://114.32.164.198/OLM.html>

七、結語：遠端計算之必要性

本文彙整並探討了 AERMOD 在國內的模擬經驗，以及在模擬範圍、解析度、氣象、地形與建築物等條件方面的議題，以供未來模式標準化相關討論之參考依據。

- 在氣象方面，本文提出以 WRF+MMIF 流程，應為目前最容易標準化、充分代表性、並與中央氣象局作業完全結合的作法。
- 地形方面，因數值地形數據普及化，作業流程瓶頸已經不復存在，建議還是使用 AERMAP，並儘量減少模擬範圍。

雖然這些前置作業具有一定程度的技術性，經由顯示軟體的查核確認，足以掌握其正確性與品質，在「審查」時能以達成最佳的溝通。

隨著模式的升級與複雜化、程式計算的專業化，個人電腦即可執行之 ISC3 時代已經過去，需要在計算資源、支援專業、標準化檔案儲存空間等，都能大型化、集中化，此處也以運轉中之教學系統經驗，建議主管機關可以思考建置遠端計算系統之必要性，以快速提升評估的準確性、透明度、使 AERMOD 能正式應用在各項審查程序之中。

八、致謝

感謝輔英科大副校長林清和教授提供 MMIF 與 AERMAP 意見。感謝中興工程集團提供 WRF 及地形等背景數據與計算資源。感謝教學過程所有參與學生、研究生之意見。

參考文獻

1. 行政院環保署 (2003) 模式模擬規範附錄一高斯擴散模式使用規範.pdf 民國92 年 12 月 25 日(舊版)
2. 曠永銓. 許珮蓓 (2005) AERMOD 煙流模式在臺灣地區之應用研究 中興工程, Vol 88, pp. 55-62
3. 行政院環保署 (2009) 空氣品質模式技術及對策支援計畫, EPA-98-FA11-03-A229
4. VBird (2019) AERMOD - AERMAP 地形與受體 <https://linux.vbird.org/enve/aermap-op.php>
5. 行政院環保署 (2019) 建置AERMOD本土化模式及空品模式審驗制度專案工作計畫108A047

附表 臺灣地區應用 AERMOD 之學位論文一覽表

類別	研究生	論文名稱	指導教授	學位類別	校院名稱	系所名稱	出版年
HRA	何書毅	<u>以大氣擴散模式探討都會區內民眾之平均壽命與醫療支出-以台北市西門町徒步區為例</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2008
逸散源	張榮樺	<u>應用 AERMOD 進行臭氣擴散之研究-以北台灣某製藥廠為例</u>	陳孝行	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2008
HRA	賴旻韓	<u>新竹科學園區砷空氣污染之空間性影響及風險評估</u>	高正忠	碩士	國立交通大學	環境工程系所	2008
AERMET	謝宏益	<u>擴散模式 ISC 與 AERMOD 之比較</u>	望熙榮	碩士	國立中興大學	環境工程學系所	2008
HRA	曹心雯	<u>室內外空氣污染總暴露導致之壽命增減與醫療支出-以校區、社區及行政區為例</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2009
HRA	楊祖慧	<u>評估都會地區居民之懸浮微粒及氮氧化物的暴露狀況：比較 ISC3、AERMOD 及土地利用迴歸模式的預測結果</u>	吳章甫	碩士	國立臺灣大學	環境衛生研究所	2009
來源分析	盧彥勳	<u>大氣中微粒污染與重金屬成分之模擬與分析</u>	張鎮南	碩士	東海大學	環境科學與工程學系	2009
HRA	江家豪	<u>地下停車場室內空氣品質與暴露健康效應之研究</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2010
地形	林志柏	<u>應用 AERMOD 模式於台灣之複雜地形之探討</u>	鄭福田	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2010
IAQ	金宏一	<u>應用空氣監測及擴散模式評估室外空氣污染物滲入室內導致居民平均壽命與醫療支出增減</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2010
逸散源	謝宗成	<u>農廢燃燒對嘉南地區空氣品質影響</u>	吳義林	碩士	國立成功大學	環境工程學系碩博士班	2010
逸散源	蘇月娥	<u>新竹科學園區空氣污染物排放總量管制策略之探討</u>	李俊福	碩士	國立中央大學	環境工程研究所	2010
來源分析	李傑民	<u>受體模式 PMF 對污染源定向性研究</u>	望熙榮	碩士	國立中興大學	環境工程學系所	2011

類別	研究生	論文名稱	指導教授	學位類別	校院名稱	系所名稱	出版年
HRA	蔡岳奇	高科技園區有害空氣污染情境分析及綜合風險評估	高正忠	碩士	國立交通大學	環境工程研究所	2011
HRA	俞菰維	桃園地區固定污染源重金屬鉛排放值模擬及其健康風險評估	王玉純	碩士	中原大學	土木工程研究所	2012
IAQ	洪緯廷	一氧化碳空氣品質無線監測系統之建構暨室內濃度預測模型	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2012
逸散源	翁嘉陽	使用開徑式傳立葉轉換紅外線光譜儀及逆演算空氣擴散模式定位逸散源之方法驗證	吳章甫	碩士	國立臺灣大學	環境衛生研究所	2012
逸散源	劉漢琪	AERMOD 與 ISCST3 應用於國內空氣污染物面源排放模擬之比較研究	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2012
HRA	王婉如	台灣北部地區大氣中戴奧辛/呋喃之監測與擴散模擬	李文智	碩士	國立成功大學	環境工程學系碩博士班	2013
HRA	吳孟鴻	台灣減碳策略下電力業之健康共同效益評估	馬鴻文	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2013
HRA	林幸萱	工業區有害空氣污染物之排放與健康風險成本效益評估-以新北市為例	闕蓓德	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2013
AERMET	林勁妤	以渦度相關法驗證潛熱通量估算式並應用於 AERMOD 中改善包溫比的決定	張能復	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2013
HRA	陳正彬	石化工業區空氣中揮發性有機物模式模擬比較及健康風險評估	袁中新	碩士	國立中山大學	環境工程研究所	2013
AERMET	陳厚任	環境風場對核能電廠污染源排放之影響 -以臺北都會區為例	楊宏宇	碩士	中華科技大學	土木防災工程研究所在職專班	2013
IAQ	楊仲謹	懸浮微粒空氣品質無線監測系統之建構暨室內濃度預測模型	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2013
AERMET	楊馥境	可感熱通量對大氣穩定度應用在空氣品質模式之影響	張能復	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2013
HRA	廖浩佑	石化工業區面源與都市交通線源非甲烷碳氫化合物對居民的健康風險比較	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2013
策略	王御安	空氣資源整合效益模型評估空氣污染減量效益之性別差異	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境規劃與管理研究所	2014
車輛	田湘薇	臺南都會區車輛使用酒精汽油排放有害空氣污染物之影響研究	蔡俊鴻	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2014
HRA	施怡瑄	戴奧辛及汞減量之共同效益分析：以能源政策為例	曾昭衡	博士	國立臺北科技大學	工程科技研究所	2014
車輛	黃慈閔	推動酒精汽油策略對都會區有害空氣污染物改善之研究	蔡俊鴻	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2014
HRA	施年璿	核能發電替代情境之健康損失探討	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2015
策略	張哲鈞	建立空氣污染地圖之分析、預測與預警機制以臺北市為例	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2015
逸散源	陳美霞	以開徑式傳立葉轉換紅外光譜儀(OP-FTIR)鑑定石化工業區揮發性有機物來源及逸散排放量推估	袁中新	博士	國立中山大學	環境工程研究所	2015
車輛	蔡欣汝	應用 AERMOD 模式分析都會區汽油車使用酒精汽油排放有機毒性空氣污染物之空間分布特性	蔡俊鴻	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2015
HRA	鄭文彥	台灣東部地區某水泥窯廠汞排放自動連續監測及流佈模擬研究	席行正 曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2015
HRA	古瑋庭	都會工業區有害空氣污染物排放特徵暨暴露風險評估研究	蔡俊鴻	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2016
逸散源	林旻叡	利用 ISCST3 模式解析半導體封裝製程 VOCs 與異味污染物排放對區域性之影響	陳康興	碩士	國立中山大學	環境工程研究所	2016
逸散源	邱庭煊	以多元迴歸法建立濁水溪河川揚塵排放率之研究	林文印	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2016
AERMET	邱晉威	台灣南部地區實測與推估混合層高度之比較分析	林清和	碩士	輔英科技大學	環境工程與科學系碩士班	2016
策略	范雅婷	建置樹木對污染物的淨化量之空氣污染地圖—以臺	曾昭衡	碩士	國立臺北科	環境工程與	2016

類別	研究生	論文名稱	指導教授	學位類別	校院名稱	系所名稱	出版年
		<u>北市五區為例</u>			技大學	管理研究所	
逸散源	陳茂雄	<u>高雄港空氣污染排放對於港區周圍地區空氣品質之影響分析</u>	林清和	碩士	輔英科技大學	環境工程與科學系碩士班	2016
HRA	游雅婷	<u>北臺灣地區移動污染源細懸浮微粒空間濃度與族群健康風險評估</u>	王玉純	碩士	中原大學	生物環境工程研究所	2016
策略	廖偵佑	<u>總量管制與空氣品質改善之探討研究 —以高雄市電力業為例</u>	林清和	碩士	輔英科技大學	環境工程與科學系碩士班	2016
逸散源	王躍霖	<u>高雄市某工業區揮發性有機物及二甲基硫之異味調查分析</u>	陳康興	碩士	國立中山大學	環境工程研究所	2017
HRA	李俊毅	<u>高雄地區揮發性有害空氣污染物排放及大氣濃度特性分析</u>	蔡俊鴻	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2017
逸散源	林志忠	<u>鄰近大型原料儲存場之工業區周界空氣中總懸浮微粒特性研究</u>	林聖倫	碩士	正修科技大學	營建工程研究所	2017
HRA	陳以婷	<u>AERMOD 進行台南都會區鉛鉛膠之擴散模擬及探討健康風險評估</u>	林素貞	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2017
HRA	黃靜菽	<u>燃油火力發電廠排放空氣污染物之健康風險評估-以金門電廠為例</u>	林清和	碩士	輔英科技大學	環境工程與科學系碩士班	2017
來源分析	潘柏翰	<u>混合型空氣品質模式在 PM2.5 源解析上之設計與應用</u>	賴信志	碩士	長榮大學	資訊管理學系(所)	2017
策略	簡汝嬪	<u>高雄市細懸浮微粒之減量成本與防制策略</u>	吳義林	碩士	國立成功大學	環境工程學系	2017
逸散源	沈政宏	<u>鄰近港口原料貯存區之周界大氣懸浮微粒(PM10)特徵季變化</u>	林聖倫 李彥儀	碩士	正修科技大學	營建工程研究所	2018
逸散源	高慧榮	<u>重工業與交通密集混和區內之開放式原料貯存場逸散對周界大氣細懸浮微粒(PM2.5)特性影響</u>	林聖倫	碩士	正修科技大學	營建工程研究所	2018
HRA	葉輔根	<u>路邊環境空氣污染物與車輛排放相關性分析及健康損失評估</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2018
車輛	江佳芸	<u>電動車政策與能源政策之環境綜效評估</u>	馬鴻文	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2019
AERMET	李哲璋	<u>大氣垂直剖面氣象參數對於 AERMOD 模式模擬結果之影響 - 以雲林離島工業區為例</u>	林清和	碩士	輔英科技大學	環境工程與科學系碩士班	2019
HRA	董安然	<u>大氣環境之細懸浮微粒(PM2.5)長期暴露之健康風險分析-以桃園市、臺中市與高雄市為例</u>	王玉純	碩士	中原大學	環境工程學系	2019
HRA	丁玉苓	<u>半導體封裝及測試性工業區有害空氣污染物健康風險評估-以楠梓加工出口區為例</u>	林清和	碩士	輔英科技大學	環境工程與科學系碩士班	2020
HRA	陳思萍	<u>燃煤電廠與當地居民之健康損失分佈及電費附徵空氣污染費之探討</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2020
車輛	陳炤璞	<u>空氣品質維護區之移動源污染減量策略</u>	關蓓德	碩士	國立臺灣大學	環境工程學研究所	2020
HRA	曾冠樺	<u>應用微型感測器建立空氣污染地圖之時空分析、健康效益與預警機制</u>	曾昭衡	碩士	國立臺北科技大學	環境工程與管理研究所	2020

搜尋排序互動表格 http://114.32.164.198/AERMOD_review.html

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

無

台灣省環境工程技師公會

無