

出國報告（出國類別：其他）

參加 2017 年國家環境監測研討會

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：張富傑環境技術師

派赴國家：美國

出國期間：106 年 8 月 5 日至 106 年 8 月 13 日

報告日期：106 年 10 月 26 日

摘要

國家環境監測研討會(National Environmental Monitoring Conference, NEMC)是北美最大的環境分析研討會，由 TNI (The NELAC Institute)主辦。該研討會提供產官學界進行合作與訊息交流，並有全美各州政府或民眾需要知道的該國環保署未來政策方向與資訊，及監測機構分享新穎監測方法的經驗，與未來美國環境管制與政策的討論平台等內容。

環境檢測為發現環境問題的第一步，而環境問題與關切污染物種類則會因國家政策與產業發展活動而相關，本研討會有檢測/監測/鑑識技術、科學溝通及新興議題等主題，為美國國內制定環境檢測方法的重要交流會議，藉由參加本次會議，可參考該國管理新興污染物的方式，做為未來國內評估關切污染物的方式。

目次

壹、目的	1
貳、參加會議過程	2
參、研討會會議內容	4
肆、心得及建議	15

壹、目的

國家環境監測研討會(National Environmental Monitoring Conference, NEMC)是北美最大的環境分析研討會，由 TNI (The NELAC Institute)主辦，每年約 500-600 人與會。主辦單位 TNI 前身是美國環保署所屬的組織 NELAC (National Environmental Laboratory Accreditation Conference)，主要任務為建立環境檢測的認證體系與方法，2006 年獨立出來成立非營利組織 TNI，接受美國環保署(U.S.EPA)委託繼續負責原 NELAC 的任務，並且每年舉辦一次 NEMC 會議。該會議主要提供產官學界合作與訊息交流的平台，並有全美各州政府或民眾需要知道的該國環保署未來政策方向與資訊，及監測機構分享新穎監測方法的經驗，與未來美國環境管制與政策的討論平台等內容，為兼具國家較高層級政策說明與科學技術交流的環境領域研討會。

國內環境法規與管制項目已有多年基礎，但隨著工業發展日新月異，針對新興污染物是否應納入管制或優先進行了解，會因產業發展的方向，而與其他國家有所不同。國外的關切污染物項目具有參考性，但藉由該研討會可了解國外評估管制過程的嚴謹方式，並應用在為國內未來執行上的參考，故本次參加 NEMC 研討會的目的，分別有了解美國於環境管制與檢測方法制定的過程與產學界互動的方式及該國目前環境監測檢測技術進展與環境議題。

貳、參加會議過程

一、本次行程

日期		地點		說明
月	日	起	訖	
8	5-6	臺北	美國	啟程，出發至美國華盛頓特區。
8	7	美國		參加研討會第1天議程。研討會開幕由獲得本年度環境檢測貢獻之講者分享其建立檢測方法之歷程，接續參與議題會議，本日參與主題為環境污染監測轉變。
8	8	美國		參加研討會第2天議程，本日參與主題為環境中多氟烷基物質 (polyfluoroalkyl substance, PFAS) 檢測，並參加當日下午新穎檢測技術發表會，分別有前處理快速化、干擾去除效率提升、分析步驟簡便化等分享内容。
8	9	美國		參加研討會第3天議程，本日參與主題為科學溝通，上午由3位講者就該主題進行專題演講，下午參加針對科學數據成本投入與其所造成影響力間不對等之議題會議。
8	10	美國		參加研討會第4天議程，本日參與主題為國家政策衍伸之環境問題探討，包括節能、節水及能源開發政策等所可能帶來之環境問題及污染物偵測有效性。並於下午時段，以海報論文發表本署「利用污染物穩定同位素特徵鑑定污染來源關聯性之實際案例」。
8	11	美國		參加研討會第5天議程，本日參與主題為鑑識化學，包含有未知物之鑑識、場址污染來源鑑識及化學武器鑑識等議題會議。
8	12-13	美國	臺北	返程，回到臺北。

二、本署參加人員

姓名	服務單位	職稱
張富傑	行政院環境保護署土壤及地下水污染 整治基管理會	環境技術師
許心蘭	財團法人工業技術研究院	資深研究員

參、研討會會議內容

一、議程及活動

本次研討會於 8 月 7 日開始至 8 月 11 日，共舉行 4 天半，該會議包含 TNI 的組織委員會議，參加研討會的人員亦可至該會議進行了解。NEMC 研討會與 TNI 組織委員會議兩者又合稱為環境測量研討會(Environmental Measurement Symposium)，前者為環境檢測監測方法的技術研討，主要係學術界與儀器設備廠商發表技術研究成果，會議內容包含主題演講(keynote speech)、多個平行的專題討論(parallel sessions)、儀器廠商技術與海報發表；後者為 TNI 幹事與美國各級環保官方代表，檢討環境檢測認證與標準方法，並與檢測機構業者進行雙向溝通獲取回饋意見。研討會會議與活動的時間表細節如表一，以下分研討會內容與海報發表等兩大類說明活動內容。

表一、會議議程與活動時間表

時間	上午主題/活動	下午主題/活動
8/7 (一)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主題演講：年度環境檢測貢獻獎得主 Dr. Andy Eaton 分享 40 年檢測方法的建立 ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境檢測與監測(一) ✓ 公告方法更新與討論 ✓ 飲用水議題 ✓ 光學 ICP 分析的去干擾技術 	<ul style="list-style-type: none"> ● TNI：U.S.EPA 環境實驗室顧問委員會(ELAB)會議 ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境檢測與監測(二) ✓ 水污染監測新方法 ✓ 實驗室現代化
8/8 (二)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主題演講：視覺化之科學溝通 ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 樣品前處理技術 ✓ 環境中 PFA 物質鑑定(一) ✓ 民眾與科學 ✓ 環境監測方法有效性 	<ul style="list-style-type: none"> ● TNI：21 世紀檢測方法建立論壇 ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境中 PFA 物質鑑定(二) ✓ 科學溝通 ● 儀器商技術發表
8/9 (三)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主題演講：科學溝通之信息傳達 ● 主題演講：科學溝通中說故事的魅力 ● 主題演講：科學溝通之網路無國界 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境檢測與監測(三) ✓ 數據管理與應用 ✓ 實驗室認證系統的挑戰
8/10 (四)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主題演講：能源與水資源保育下的環境新問題-自來水生菌滋長 ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 空氣污染量測(一) ✓ 微生物檢測 ✓ 開採油頁岩衍伸之環境議題 	<ul style="list-style-type: none"> ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 有機化學 ✓ 空氣污染量測(二) ✓ 數據品質 ✓ 採樣、量測與感測技術 ✓ 克服傳統障礙的創新方法 ● 海報展示
8/11 (五)	<ul style="list-style-type: none"> ● 主題演講：應用 HRMS 鑑定未知的污染物 ● 平行專題討論： <ul style="list-style-type: none"> ✓ 環境鑑識化學 ✓ 重金屬與其氧化態之分析 ✓ 未知物鑑定技術 	會議結束

二、會議主題內容

本次研討會議的主題可分為四大類，包含 TNI 組織委員會議、檢測/監測/鑑識技術、科學溝通、新興議題等，各類主題的重點歸納如后。

(一) TNI 組織委員會議

美國環境保護署(U.S.EPA)環境實驗室顧問委員會(ELAB)每年委託 TNI 辦理 NEMC 研討會，並於會議中進行組織委員會議，徵求產業與官方環境實驗室對於 NELAC 的意見，以完備該署制定的檢測方法。組織委員會議召集的成員包括環境實驗室業協會、學術界、環境公益組織、聯邦及地方政府與環境實驗室機構等，各領域至少有一個代表成員，其討論過程皆公開，提供民眾可共同參與。會議中各環境檢測機構與行政單位對於公告的檢測方法會進行方法缺陷進行討論，細至其方法品保品管(QA/QC)也都可提出改善建議，與會者於會議過程皆踴躍討論，讓此會議召開具有謀求檢測標準方法與實際檢測過程的平衡點。



圖 1、TNI 組織委員會議討論過程

(二) 檢測/監測/鑑識技術

檢測部分，新興污染物與未知物的分析是本次研討會發表及討論的重點，此次發表最多的新興污染物是多氟烷基物質 (PFAS)，這類有機化合物具有耐化學降解與耐熱性能，故近五十多年間廣泛使用在多種工業應用和消費產品中，現已普遍存在環境中。多氟烷基物質具有持久及生物累積的特性，對人體和動物有潛在的毒性，目前歐盟、美國等世界多國已管制或禁用全氟辛酸(PFOA)和全氟辛烷磺酸(PFOS)，取而代之的是其他種類多氟烷基物質，但對於替代的其它多氟烷基物質的環境宿命和毒性研究資料甚少，又或缺乏標準分析方法。為因應前述情形，目前分析方法的開發工作，分別為研究樣品製備方法提高回收率，使用液相層析串聯質譜儀(LC-MS/MS)分析 PFOA 與 PFOS 等明確標的物，也有研究評估其他分析設備的可行性，如 Orbitrap 液相層析質譜儀 (Orbitrap LC-MS)，該設備具有質量高解析度 (high resolution accurate mass, HRAM)，其定量上偵測極限及對未知物的偵測能力皆優於 LC-MS。

在未知物的鑑定方面，則是應要跳脫傳統使用的特定目標分析方法(targeted analytical method)，因傳統方法受限於質譜資料庫或標準品可取得性，對於未知物的辨識度極低。對於具辨識未

知物潛力的分析方法，可使用高解析質譜儀或 Orbitrap 高解析質譜儀等分析設備，再結合數據處理及歷史文獻等，有助於識別出環境中新興污染物。

LC-HRMS: An emerging technique for “helping contaminants emerge”

LC-MS strategies for characterization of organic contaminants			
Screening technique:	Targeted	Suspect	Non-target
Question:	Are compounds x, y, & z present in this sample?	Which compounds of a defined list are present in this sample?	Which compounds are present in this sample?
Compound Types:	Known-knowns	Known-unknowns	Known-unknowns & unknown-unknowns



圖片來源:摘自 Duke 大學教授 P. Lee Ferguson 簡報

圖 2、未知污染物(unknown-unknowns)與現有技術(known-knowns/unknowns)差異

監測部分，因應大數據新潮流，以自動監測方式取代人力檢測已成為目前趨勢，且其數據亦能為行政管理有增值效果，如美國加州橙縣(Orange County)位在美國幾個主要河川流域的上游，有監測水域污染物的管理責任，該縣利用自動監測數據提供即時的污染資訊，除利於行政管理外，並為環境保護部門的各項研究提供高品質的監測數據。

鑑識部分，美國殼牌公司發表了一個油品污染場址的責任鑑識案例，除了美國殼牌公司外，該場址疑似有其他污染者，故該公

司藉由多種調查工具與環境鑑識工具，如高解析場址地質調查工具、雷射誘導螢光測定(laser-induced fluorescence, LIF)、蘇丹紅染色劑(Sudan Red)等、總硫與總有機鉛分析、化學指紋、診斷比值等多項判識，經由交叉比對，最後多項證據顯示確實有其他污染者，這些證據後續作為與環境保護部門談判協商和法律訴訟的依據。

另一個鑑識相關的研究是多環芳香烴(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)的來源鑑識。PAH 主要來源有 3 大類，分別為植物產生(biogenic)、石油產品(petrogenic)及燃燒產生(pyrogenic)等，並以後兩者為最多。雖然不同來源具有其特定的化學指紋特徵，但會受到風化改變，導致使用標準指紋技術來判識其不同來源或貢獻比例極具挑戰性。由於風化導致的特徵改變有其特定模式，在主成分分析(PCA)上呈現一特徵曲線，目前研究顯示可結合主成分分析的特徵曲線與受體模式(Receptor Modeling)，量化評估風化程度不同的 PAH 為同一來源的可能性。



圖 3、殼牌公司某油品洩漏污染場址之環境鑑識案例

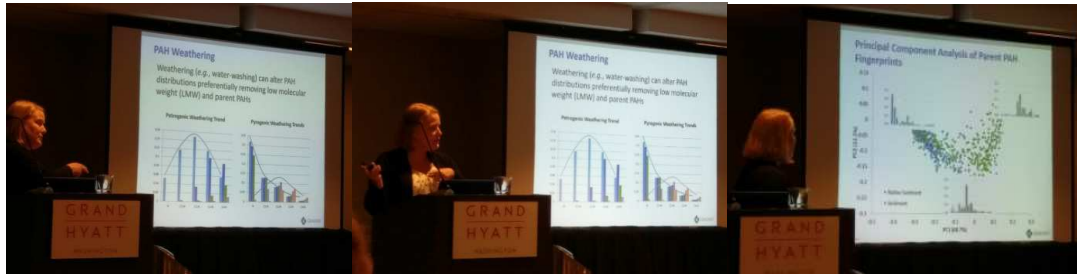


圖 4、Gradient 公司負責環境鑑識的 Caroline Tuit 博士講述如何在風化影響下進行 PAH 來源鑑識

(三) 科學溝通

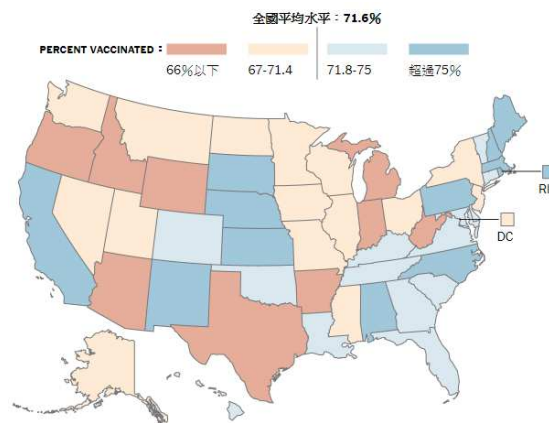
在過去 10 年，美國僅有約 28% 的民眾對於科學訊息有接受能力，但根據密西根普查(Michigan Survey)研究顯示，超過半數美國人口想多了解科學，尤其是科學能對人類帶來的好處，這個比例近年來已大幅增長。這樣的趨勢亦有優缺點，優點是科學意識抬頭有助於提升大眾在看待事物的理性與邏輯，但若無適當進行科學溝通，反而造成大眾質疑科學成果與效益。圖為美國今年發生的反科學社會事件，因麻疹疫苗與自閉症有關的傳聞，美國有 9 個州幼童接種完整疫苗（白喉，破傷風，百日咳，小兒麻痺症，麻疹，腮腺炎，B 型肝炎）的比例小於 2/3，德州甚至允許家長以簽署聲明書方式免除幼童接種疫苗，儘管有科學證據證明傳聞的謬誤，但因該國總統在推特(Twitter)上的發言支持傳聞，導致科學不被大眾所信

任。類似事件還有國家科學委員會主席質疑頂尖科學雜誌 Science 的客觀性，以及美國環境保護署漠視過去 30 年間的氣候變遷研究結果等，凸顯在該國科學結果並未被大眾與行政決策層級人員正確理解，以至易面臨挑戰。



圖片來源:摘自加州州立大學教授 Alexandra Chrystal 的報告

圖 5、美國今年(2017)初有關科學受到質疑的事件報導



圖片來源:美國疾病控制和預防中心

圖 6、美國疫苗接種比例

本次研討會的專題演講有一半都與科學溝通議題相關，顯示美國對於科學溝通的主題極為重視。綜合多位演講者的建議，良好的科學溝通有三大要點，其一為避免艱深的專業術語，溝通首要重點

在於讓傳達的訊息內容能讓聽者正確接收，因此，需要思考誰是科學信息的利益相關者，對他們而言信息價值為何，及能否理解信息傳達的內容，盡可能的使用不易誤解的用詞；其二，以圖表等易於明瞭的視覺輔助傳達概念，視覺呈現是讓民眾了解觀念；其三，以講故事的方式貫串，並以有趣、易理解及令人難忘的敘述方式來說明，若需要進一步解釋科學的內涵時，以教導的心態使聽者理解，而不是以權威者的態度讓聽者覺得被強迫接受。



圖 7、大會中講述科學溝通的數場主題演講，左上為 TNI 的 Earl Hansen，右上為加州大學教授 Lisa Leombruni，左下為故事專欄作家 Liz Neeley，右下為 USEPA 科學指導辦公室的 Lara Phelps

(四) 新興議題

美國為了推行節約能源與用水，調降冬天自來水的加熱溫度，用水量也大幅降低，因此水管中的水多是停滯狀態，且水溫不足以殺菌，導致自來水裡菌落數大幅增長，大樓或大廈裡的問題尤其嚴重。研究顯示，大量的細菌在水龍頭開啟後幾秒內流出，然因感應式水龍頭的普及化，民眾的用水習慣是水龍頭開啟前即準備洗手，因此於洗手過程成為嚴重的微生物暴露來源。為了讓省水節能的綠建築能夠兼顧微生物控制，可利用措施進行改善，譬如選擇傳統的水龍頭，打開之後讓水流動一陣子之後再使用，或是減少水龍頭的個數，以提升每個管線的水流量。

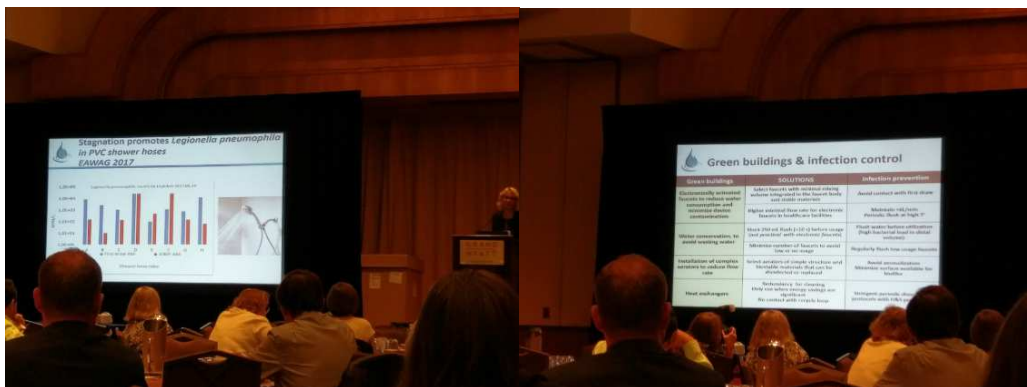


圖 8、Polytechnique Montreal 大學教授 Michele Prevost 說明節能節水的環境問題

三、本署海報發表

本次研討會本署與財團法人工業技術研究院共同以國內污染場址進行鑑識調查為案例進行發表，該場址歷經多年的污染調查，已知地下水污染至地下百米的深度，範圍遍及中港溪北及南岸，其污染物種類有

10種，該場址的污染來源數量及其污染物種類為何，都是需要釐清污染責任的關鍵。經本署委託財團法人工業技術研究院利用穩定同位素於該場址進行鑑識，透過多種污染物的穩定同位素特徵進行比對，以碳與氮穩定同位素特徵來釐清污染來源關聯性。

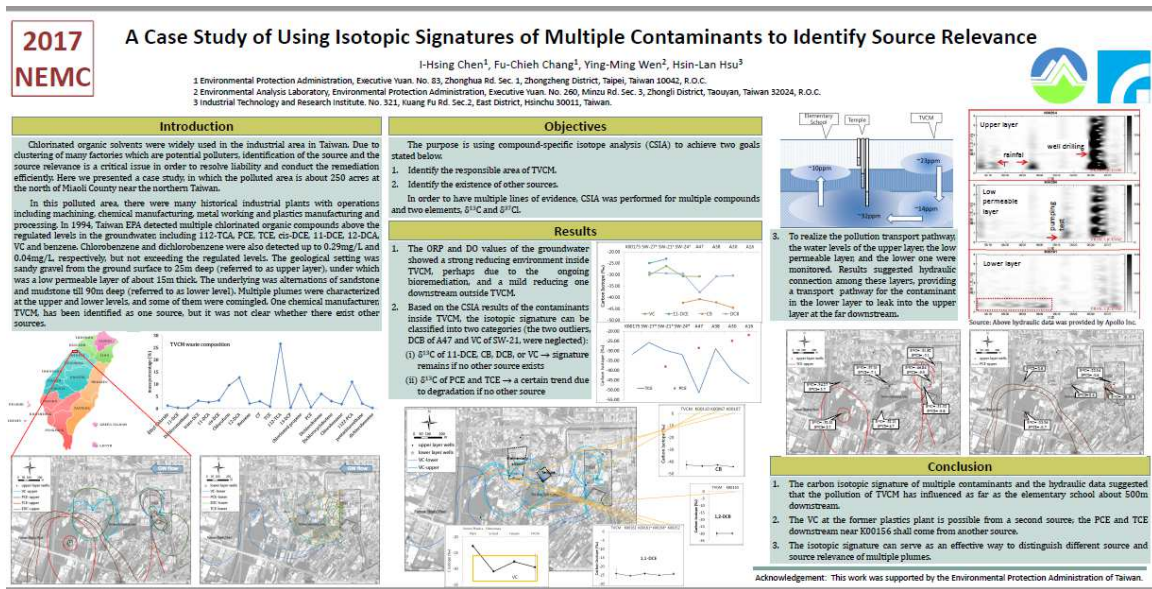
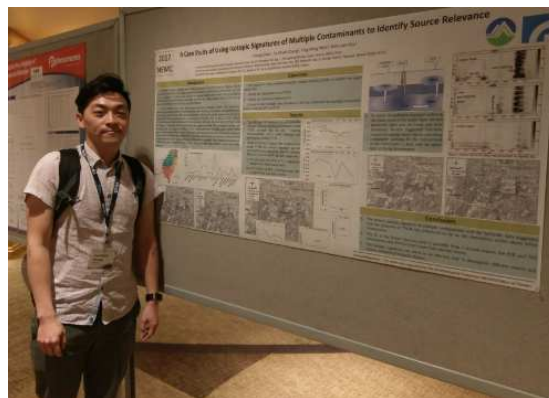


圖 9、本署發表之海報



圖一、當日海報發表情形

肆、心得及建議

本次研討會參與美國產官學界針對該國制定管制項目與檢測技術的討論過程，發現學界主要研究為新穎的未知污染物鑑定技術開發，而檢測設備需要精進的地方，則作為業界後續研究發展的目標，其檢測成果則是提供給官方做後續健康或生態風險評估的參考，此種具效率且高度專業的分工系統，值得國內未來推動污染物管制的參考，本次研討會議的心得及建議如下：

一、心得

- (一) 因應大數據新潮流，以自動監測方式取代人力檢測已成為目前趨勢，且其數據亦能為行政管理有增值效果。如美國加州橙縣(Orange County)位在美国幾個主要河川流域的上游，有監測水域污染物的管理責任，該縣利用自動監測數據提供即時的污染資訊，除利於行政管理外，並為環境保護部門的各項研究提供高品質的監測數據。
- (二) 多氟烷基物質(PFAS)普遍存在環境中，這類有機化合物具有耐化學降解與耐熱性能，故近五十多年間廣泛使用在多種工業應用和消費產品中。然多氟烷基物質具有持久及生物累積的特性，對人體和動物有潛在的毒性。目前歐盟、美國等世界多國已管制或禁用全氟辛酸(PFOA)和全氟辛烷磺酸(PFOS)，取而代之的是其他種類多氟烷基物質，但對於替代的其它多氟烷基物質的環境宿命和毒性研究資料甚少，又或缺乏標準分析

方法。為因應前述情形，目前分析方法的開發工作，分別為研究樣品製備方法提高回收率，使用液相層析串聯質譜儀(LC-MS/MS)分析設備，應用於 PFOA 與 PFOS 等明確標的物；研究其他分析設備的可行性，如 Orbitrap 液相層析質譜儀(Orbitrap LC-MS)，該設備具有質量高解析度 (high resolution accurate mass, HRAM) ，其定量上偵測極限及對未知物的偵測能力皆優於 LC-MS 。

(三) 本次研討會對於科學溝通的主題極為重視，因美國許多檢測機構主要為服務公眾，故良好的科學溝通，有利於民眾了解，亦有利於科學家的研究發展。其建議方式為視覺呈現搭配故事敘述，視覺呈現是讓民眾了解觀念，並以有趣、易理解及令人難忘的敘述方式來說明。另建立有效的科學溝通，應該需要思考誰是科學信息的利益相關者，對他們而言信息價值為何，及能否理解信息傳達的內容。

(四) 對於新興污染物或未知物的鑑定應要跳脫傳統使用的特定目標分析方法(targeted analytical method)，因傳統方法受限於質譜資料庫或標準品可取得性，對於未知物的辨識度極低。對於具辨識未知物潛力的分析方法，可使用高解析質譜儀或 Orbitrap 高解析質譜儀等分析設備，再結合數據處理及歷史文獻等，有助於識別出環境中新興污染物。

(五) 多環芳香烴(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)主要來源有 3 大類，分別為植物產生(biogenic)、石油產品(petrogenic)及燃燒產生(pyrogenic)

等，並以後兩者為最多。雖然不同來源具有其特定的化學指紋特徵，但會受到風化改變，導致使用標準指紋技術來判識其不同來源或貢獻比例極具挑戰性。由於風化導致的特徵改變有其特定模式，在主成分分析(PCA)上呈現一特徵曲線，目前研究顯示可結合主成分分析的特徵曲線與受體模式(Receptor Modeling)，量化評估風化程度不同的 PAH 為同一來源的可能性。

(六) 美國某油品污染場址，除了美國殼牌公司外，疑有其他污染者，故該公司藉由多種調查工具與環境鑑識工具，如高解析場址地質調查工具、雷射誘導螢光測定(laser-induced fluorescence, LIF)、蘇丹紅染色劑(Sudan Red)等，進行純相、總硫與總有機鉛分析、化學指紋、診斷比值等判識，提出多種污染源為各自存在的證據，作為與環境保護部門談判協商和法律訴訟的依據。

二、建議

- (一) 環境檢測為發現環境問題的第一步，而環境問題與關切污染物種類則會因國家政策與產業發展活動而相關。本研討會為美國國內制定環境檢測方法的重要交流會議，建議可參考美國制定新興關切污染物的方式，評估國內未來的關切污染物。
- (二) 目前有許多科學工具可應用於環境鑑識，除特殊的鑑識分析工具外，場址調查工具也具有關鍵代表性，尤其高解析的場址調查工具，可建構細

部的污染場址概念模型。若能有多種不同且各自成立的鑑識與場址調查結果，可提升污染鑑識結果的可信度，建議在環境鑑識技術的未來發展，應同時精進場址調查工具。

- (三) 由於美國民眾感受不到國家投入大量經費發展科學的效益，使得美國學術界開始注意科學溝通的重要性，並投入相關訓練。本署常有因管理污染場址而需要與民眾進行溝通，如何有效傳達管制目的係為達保護環境及民眾利益，需仰賴有效的溝通方式，建議未來在污染場址的管理與管制上，應加強與民眾溝通及提供參與管道，以減少民眾誤解。