

出國報告（出國類別：國際會議）

參加 2015 年環境污染鑑識會議

服務機關：行政院環境保護署環境檢驗所

姓名職稱：楊喜男科長

派赴國家：加拿大

出國期間：104 年 08 月 01 日至 08 月 08 日

報告日期：104 年 9 月 18 日

摘要

環境污染已成為多年來國人重視之問題。過去由於儀器檢測之限制，許多污染物並無法測得，而造成許多污染成因鑑識產生落差，而這問題近年來一直受到國際各國所重視。本次參加之 2015 年環境污染鑑識會議，針對上述之問題，各國專家就個人研究領域提供最新成果，提會報告供與會者參考及討論。2015 年環境污染鑑識會議是一個非常大型年度的研討會，其討論的內容包含所有鑑識相關的領域，包括法律及統計，化學、生物及物理鑑識及被動式採樣等 3 大議題。

環境鑑識常作為法院訴訟證據，因此如何以最簡單及正確方式提供鑑識報告，使訴訟獲勝機會較高，應也需列入環境鑑識相關技術養成範疇。設限數據如低於偵測極限等對於風險評估上提供提供很有用之資訊，但此類數據如應用於化學鑑識時，則採取數據進行分析，才不會造成鑑識判定時之作出錯誤結論。

自然富有特定化合物放射性碳分析等化學分析可偵測是否有石油碳氫化合物及微生物分解物產生，適合作為石油碳氫化合物或烷烴之鑑識，有助於污染場址管理及整治。穩定同位素汞及鉛等可分辨出自礦區或是背景區之土壤侵蝕及大地沉降等鑑識。生物鑑識如水中病毒及藻毒快速極準確鑑定及分析，開發敏感生物指標如基因、蛋白質及代謝物等之分析，藉由環境毒理基礎進行危害評估，可作為預警系統及後續公害鑑識。持續出現於環境中之戴奧辛及呋喃如非 2,3,7,8-Cl 戴奧辛及呋喃異構物較適合作為樹皮鑑識分析之用。物理性污染源鑑識之顯微鏡包括偏光顯微鏡、掃描式電子顯微鏡搭配能量散射光儀、傅立葉變換紅外顯微鏡、共軛焦拉曼光譜及穿透式電子顯微鏡搭配能量散射光儀及特定區域電子繞射等，其可作為污染土壤、表面沉積物、建築物和街區之不同顆粒類型分析，應用於污染源之鑑識。

被動式採樣模擬生物進行污染物長時間連續採樣，除應用於標定目標污染物鑑識外，本會議亦有學者應用於非標定污染物及穩定同位素之污染源鑑識，此外，此技術除應用於水質鑑識外，亦可用於空氣之連續採樣，並配合致畸性及細胞毒性之健康危害評估之整套完整系統，可供空氣污染物之風險監控。

目 次

壹、目的-----	1
貳、過程-----	2~3
參、心得-----	4~30
肆、建議-----	31
附件一 大會相片-----	32
附件二 大會資訊及議程-----	33~36

壹、目的

環境污染已成為多年來國人重視之問題，面臨環境污染釐清責任歸屬時，過去由於儀器檢測及分析技術之限制，難以突破。但近年來，歐美各國積極發展環境鑑識相關技術，已有相當大之突破。國內目前因應世界潮流，對於環境鑑識技術也投入相當多之資源，期能達到與世界同步。環境污染鑑識會議(Internation network of environmental forensics, INEF)是環境鑑識之年度全球技術研討會，會議中各國專家會就個人研究之突破技術進行論文發表及討論，可即時獲取相關經驗，對於國內環境鑑識提昇大有幫助。

基於此，104 年本所派職參加 2015 年環境污染鑑識會議，於加拿大多倫多皇后學院會議中心舉辦的研討會，利用參與此研討會之機會，蒐集相關研究主題及分析技術，作為未來本所發展檢測及鑑識技術之前瞻性規劃。也藉由參與國際會議研討會，瞭解目前各國污染鑑識及檢測技術開發現況，學習如何使用現有儀器設備對環境污染物檢測及鑑識，以及對污染源追蹤做更準確的評估，有助本所鑑識及檢測技術之提升。

貳、過程

一、行程紀要

2015 年環境污染鑑識會議(Internation network of environmental forensics, INEF 2015)於 2015 年在加拿大多倫多皇后學院之 Isabel Bader Theatre 舉行，會期自 08 月 03 日至 08 月 6 日，共計 4 日。

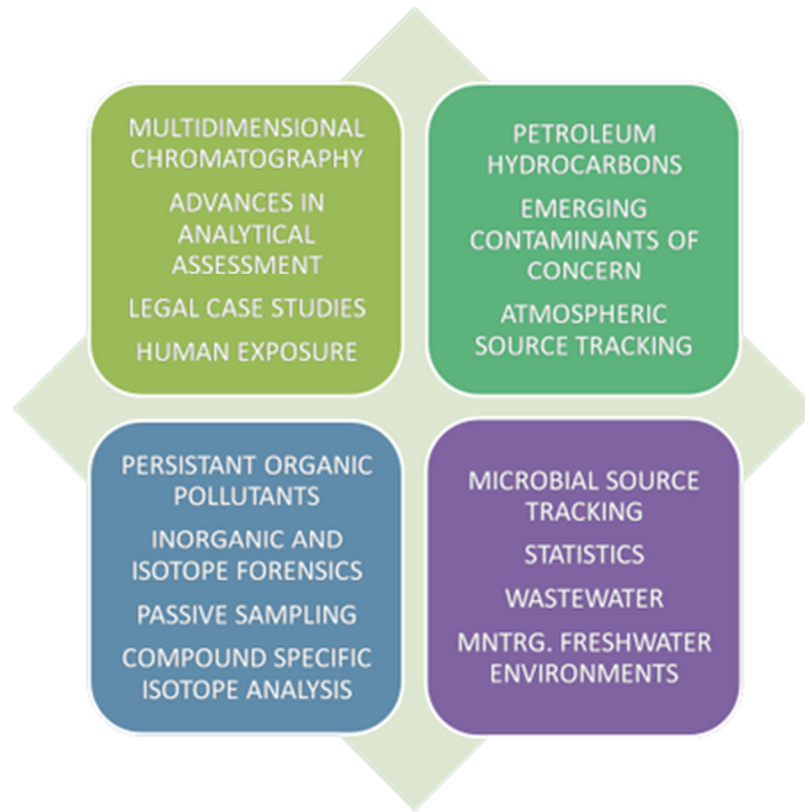
日期	地點	工作說明
104 年 08 月 01-02 日	桃園國際機場至加拿大多倫多	啟程
103 年 08 月 3-6 日	加拿大多倫多皇后學院	出席 2015 年環境污染鑑識會議
103 年 08 月 07-08 日	加拿大多倫多至桃園國際機場	返程

二、會議紀要

本次會議採分組、分類的方式同時進行，包括短期技術研討會(Short courses Workshops)、大會演講、分組演講、壁報論文報告、廠商儀器展示等項同時進行，相片如附件一。8 月 3 日進行短期技術研討會，8 月 4 日至 6 日為大會會議研討會，內容包括 3 篇大會演講、82 篇口頭論文報告和 16 篇壁報論文，口頭論文分別於 2 間會議室同時進行，進行方式使用 Power Point 進行 15 分鐘簡報，然後 5 分鐘提問，壁報展示同時於大會議廳共同展示，整體而言，大會安排流程緊湊而順暢，議程及論文題目如附件二。

三、本次會議論文內容及涵蓋主題

會議涵蓋廣泛共有 15 項專題包括檢測技術開發、污染追蹤、被動式採樣、案例、暴露風險評估、新興污染物、統計及特定化合物同位素分析等如下圖。



會議 16 場議題如下：

- SESSION 1: MULTIDIMENSIONAL CHROMATOGRAPHY (多維層析法)
- SESSION 2: MICROBIAL SOURCE TRACKING(微生物污染源追蹤)
- SESSION 3: PASSIVE SAMPLING (被動式採樣)
- SESSION 4: WASTEWATER (廢水)
- SESSION 5: HUMAN EXPOSURE (人體暴露)
- SESSION 6: MONITORING FRESHWATER ENVIRONMENTS(淡水環境監測)
- SESSION 7: PETROLEUM HYDROCARBONS (石油碳氫化合物)
- SESSION 8: LEGAL CASE STUDIES (法律案例探討)
- SESSION 9: EMERGING CONTAMINANTS OF CONCERN 1 (新興污染物 1)
- SESSION 10: ATMOSPHERIC SOURCE TRACKING (大氣污染源追蹤)
- SESSION 11: EMERGING CONTAMINANTS OF CONCERN 2(新興污染物 2)
- SESSION 12: INORGANIC AND ISOTOPE FORENSICS (無機物及放射鑑識)
- SESSION 13: PERSISTANT ORGANIC POLLUTANTS (持久性污染物)
- SESSION 14: STATISTICS (統計)
- SESSION 15: ADVANCES IN ANALYTICAL ASSESSMENT (分析數據評估之進展)
- SESSION 16: COMPOUND SPECIFIC ISOTOPE ANALYSIS (特定化合物同位素分析)

參、心得

本次參加於加拿大多倫多皇后學院舉辦的2015年環境污染鑑識會議(INEF 2015)，演講大會論文報告演說及規劃程序相當緊湊精彩，分為大會演講、口頭論文報告和壁報論文，礙於時間及場次安排僅能擇自己有興趣之主題參加聽講，無法一一參與各場次之精采演說，心得內容包括1篇大會演講、11篇口頭論文及5篇3壁報論文，內容如下：

一、大會演講-環境案件訴訟

3篇大會演講包括油污鑑識、環境案件訴訟及NMR顯微鏡之環境分析技術。其中環境案件訴訟與未來之環境鑑識相關極高，摘述內容供未來環境鑑識案件之參考。

演講講者 Marc McAree 為目前於多倫多從事環境法律訴訟之律師如圖1。環境法律訴訟範圍涵蓋科學、工程、環境法等。由於彼此間互有衝突，因而產生訴訟。環境律師需借助於專家解決環境技術及環境法間之差異。環境案件事實只有一個且無法遮蓋，其技術面包括環境鑑識、監測調查、特定化合物同位素分析等等如圖2。技術面挑戰對手是否都報告及試驗都合理，而法律面律師需知道自己之缺點並且進行模擬交叉詢答，以圖、相片及地圖等較易呈現方式如圖3，使證據更有力、簡單及創新，給予審判者易懂且印象深刻，而有利於訴訟獲勝。因此，未來本所環境鑑識如作為法院訴訟證據時，應可作為參考，因如同愛因斯坦所說懂的遊戲規則者，訴訟獲勝機會較會比別人高如圖4。



圖1. 環境法律訴訟講題及講者

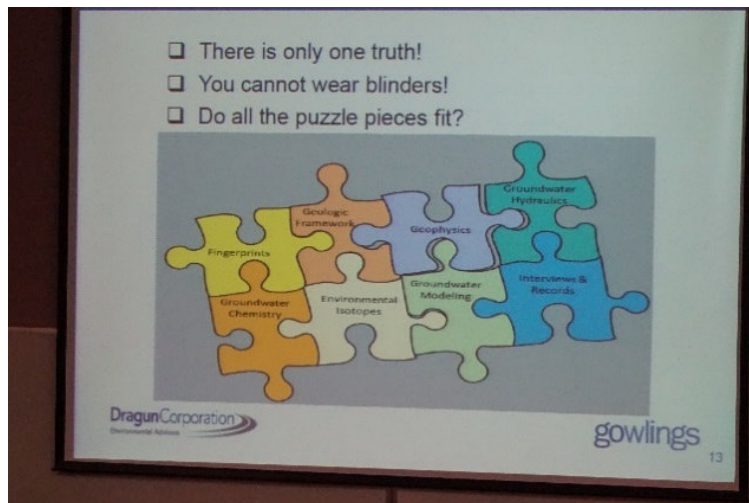


圖 2. 環境法律訴訟內涵

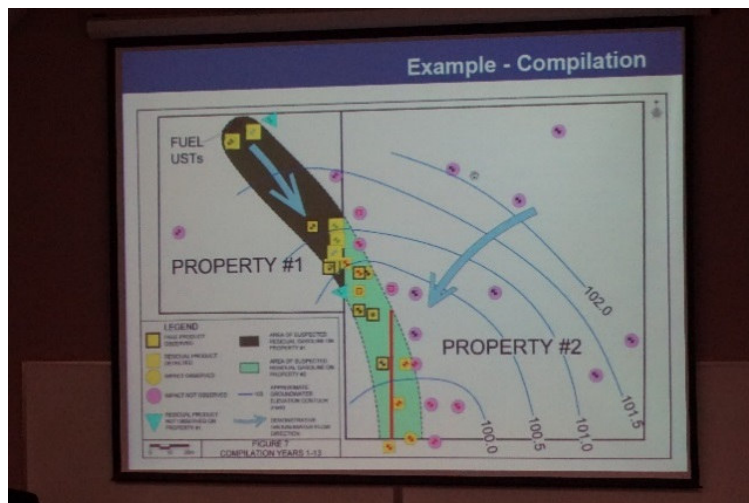


圖 3. 有利證據呈現方式

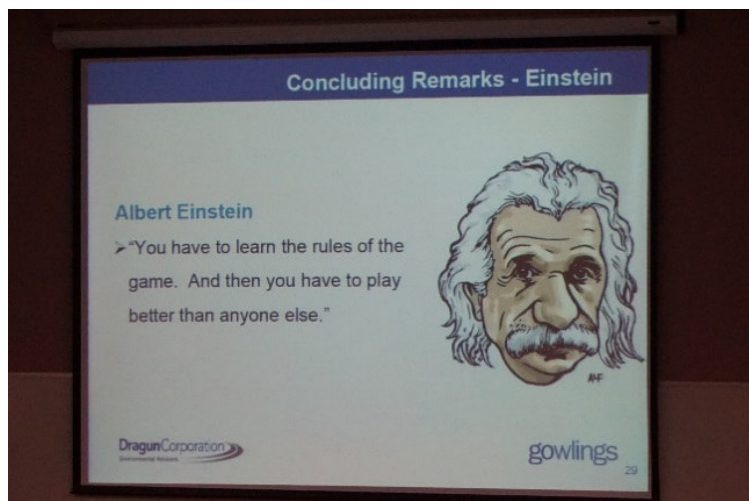


圖 4. 環境法律訴訟技巧優勢

二、口頭論文報告

(一) MODIFIED qPCR FOR ENUMERATION OF INFECTIOUS BACTERIOPHAGE

Nicole MCLELLAN*, Hung LEE and Marc HABASH

School of Environmental Sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada *Presenting Author: nmclella@uwaterloo.ca

發展水中感染性腸道病毒之快速檢測有助於風險管理及決策。本研究探討以單疊氮丙啶(propidium monoazide, PMA)前處理後，再以定量聚合酶連鎖反應(Quantitative real time polymerase Chain Reaction, qPCR)，進行分離及檢測經不同消毒過程後腸道病毒替代表之 MS2 嗜菌體含量，PMA 可與遺傳物質如 DNA 及 RNA 等接合，經光處理後，抑制 qPCR 反應(圖 5)。因此經 PMA 處理後可以降低非活性病毒之反應，可得較正確具活性病毒之含量。長片段如大於 500 nt 之 qPCR (Long amplicon qPCR, LA-qPCR) (e.g. targets >500 nt) 會減少完整經 UV 光照射後變成斷裂之不具活性之嗜菌體測定量。結果與傳統培養後病毒斑檢測法相較，顯示結合 PMA 及 LA-qPCR 檢測法，可準確估算出經氯及 UV 處理後之具活性 MS2 嗜菌體含量而不會高估。如 PMALA-qPCR 使用 624 或 1031 核酸增殖產物可準確 UV 處理後具感染性 MS2 嗜菌體含量 (圖 6)，因此 PMA-LA- qPCR 可穩確評估消毒對於病毒之效果，未來可實際應用於環境腸道病毒之消毒成效分析。本所曾開發過水中腸病毒之檢測，但檢測結果並無法判定是具活性或不具活性之病毒，所以常會高估其風險，本研究可供未來進行水中病毒準確定量之參考。

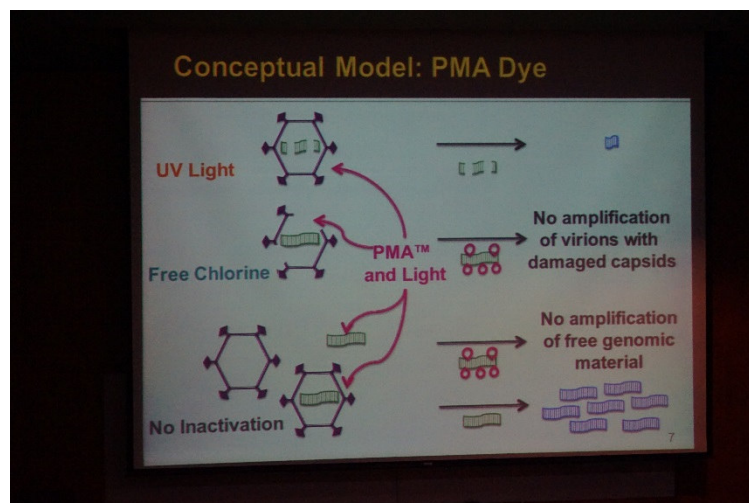


圖 5、PMA 前處理抑制，經光處理後抑制 qPCR 反應

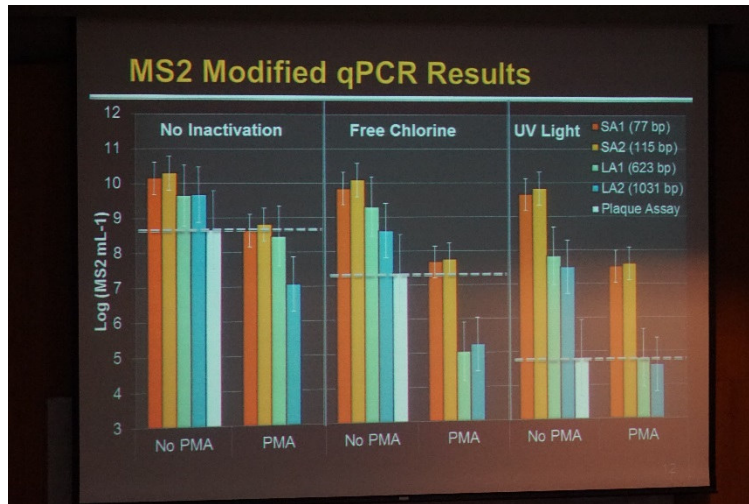


圖 6、使用不同核酸增殖產物及是否 PMA 前處理，UV 消毒後感染性 MS2 嗜菌體含量

(二) EVALUATION OF ALKYLATED PAH PATTERNS FOR SITE CHARACTERIZING USING LDPE PASSIVE SAMPLERS

Heather L. LORD¹ * Terry OBAL¹ Stephanie NABESS²

¹ Maxxam Analytics, Mississauga, ON, Canada

² Stantec Consulting Ltd, Victoria, BC, Canada

*Presenting Author: hlord@maxxam.ca

被動式採樣設備常被用於水中多環芳香烴 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH) 之定性及定量分析上，最先採用是半透性採樣膜設備 (Semipermeable membrane devices, SPMD) 及低密度聚乙烯 (Low-density polyethylene, LDPE) 被動式採樣膜。但此些方法少用於烷基化多環芳香烴之採樣，最主要原因可能是缺少水與被動採樣膜內物質之分配常數 (partition coefficients) 等相關資料。過去相關研究只提供被動膜採集烷基化多環芳香烴之總含量，但最近研究已針對其 LDPE 分配常數進行系統性探討，可分析出不同烷基化多環芳香烴之個別含量。本研究探討使否可藉由一組烷基化多環芳香烴準確追蹤出場址污染源，這是過去主動式分析是無法得知。本團隊前一研究已可開發方法足以降低偵測，達到可判定污染源之偵測極限。不同厚度之 LDPE 膜內含不同表現參考物 (performance reference compounds, PRC)，並實際應用於場址周遭七處採樣點之檢測 (圖 7)。不同採樣點因地下水移動不同，地下表層水之被動膜放置深度並不相同，每次放置 30 天，並連續重覆進行 3 個月。結果顯示因

較主動式採樣之偵測極限低，因此可清楚得知原多環芳香烴在地下水層之季節及空間變化，烷基化多環芳香烴異構物水中含量與多環芳香烴具相關性，因此可提供是污染源來自石油衍生物而非燃燒產物。風化後不同烷基化多環芳香烴異組成有助鑑識出其污染源(圖8)。本所目前仍持續進行被動式採樣技術之開發及驗證，參考本研究之成果，應可運用於多環芳香烴之污染源追蹤。

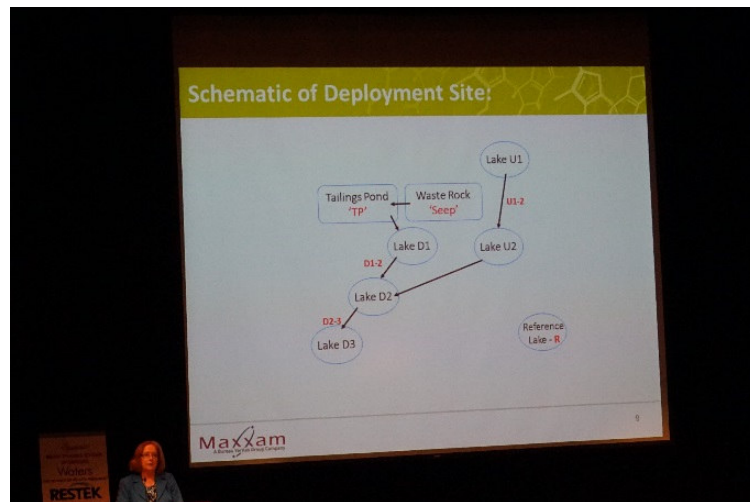


圖 7、監測場址位置

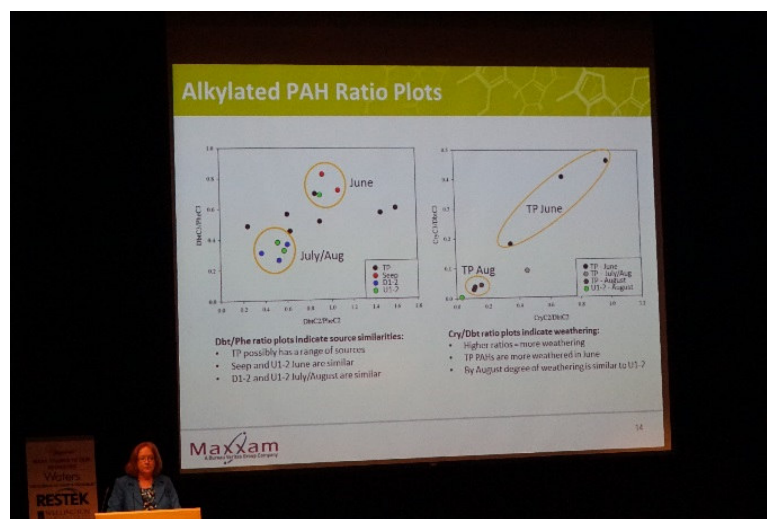


圖 8、風化後不同烷基化多環芳香烴異組成有助鑑識出其污染源

(三) TARGETED AND NON-TARGETED ANALYSIS OF HALOGENATED ORGANIC CONTAMINANTS IN THE LAURENTIAN GREAT LAKES USING PASSIVE SAMPLING AND HIGH RESOLUTION MASS SPECTROMETRY

Matthew ROBSON^{1,2*}, Miren PENA-ABAURREA², Li SHEN², Steve JENKINS², Patrick CROZIER², Karl JOBST², Paul HELM², Eric REINER², Karen MACPHERSON², Gordia MACINNIS³, Chris MARVIN³ and Ian BRINDLE¹

¹Department of Chemistry, Brock University, St. Catharines, Canada

²Ontario ministry of the Environment, Toronto, Canada,

³Environment Canada, Burlington, Canada

*Presenting Author: Matthew.Robson@ontario.ca

被動式採樣器適合檢測表水之含鹵化有機污染物(Halogenated Organic Contaminants, HOCs)，並且亦可用於長時間鹵化阻燃劑(Halogenated flame retardants, HFRs)如多溴二苯醚(Polybrominated diphenylethers, PBDEs)及四溴雙酚 A (Tetrabromobisphenol A, TBBPA)等之監測(圖 9)。本研究利用低密度聚乙烯被動式採樣計應用於勞倫森大湖之加拿大側受都會區影響、背景區沿岸及溪流之大範圍傳統及新開發取代型鹵化阻燃劑之監測，樣品同實分析非標的污染物如新開發或未列入常監測之鹵化有機污染物。標的物以 Liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS)及 Gas chromatography high resolution mass spectrometry (GC-HRMS) 分析，非標的物以 Two dimensional (GCxGC)-HRMS 檢測。結果顯示被動式採樣樣品中可檢測出許多種鹵化阻燃劑包括 HBCD、PBDEs、1,2-bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane (BTBPE)、hexachlorocyclopentadienyldibromocyclooctane (HCDBCO), and bis(2-ethyl-hexyl) tetrabromophthalate (TBPH)。受都會區影響檢測最高，而這些主要污染源來至都會廢水(圖 10)。此外，以可驗出數種非標的之鹵化有機污染物(圖 11)。結果說明使用被動採樣器適合應用五大湖區之非標的污染物之監測。非標的污染物是近年來國內重視議題之一，本研究之被動式採樣降低偵測極限及 Two dimensional (GCxGC)-HRMS 之技術開發，對於非標的污染物種類及含量檢測應有助益。

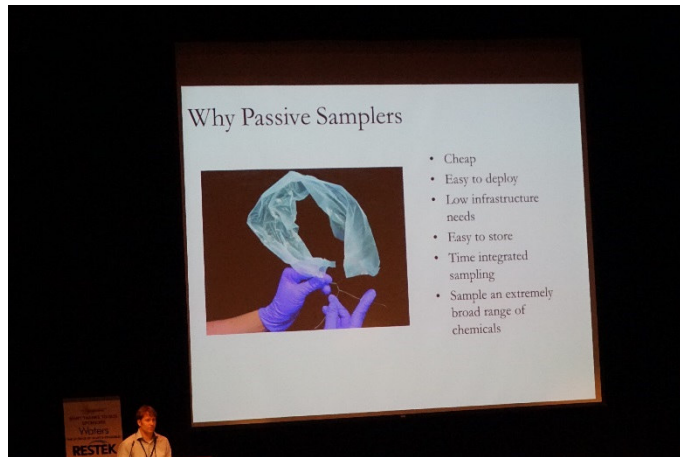


圖 9、被動式採樣器優點

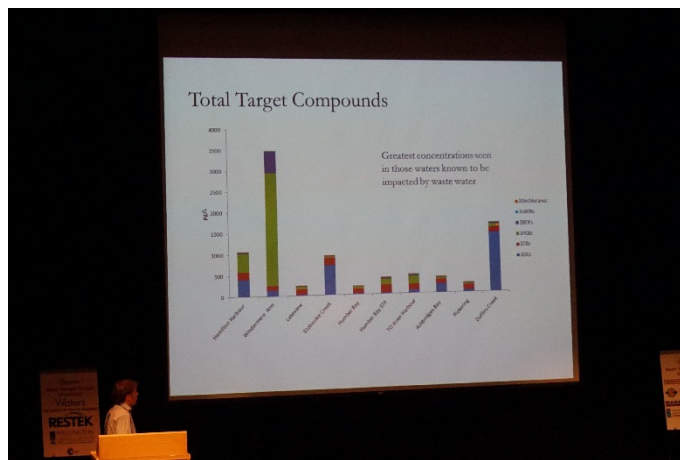


圖 10、被動式採樣器檢測出之標的污染物

Analyte	No. of Hits	Retention Time (min)	Elemental Composition	Mass Error (ppm)	Potential Structure	Potential Usage or Source
1	9	277.8651	C7H8O2CD	8.6	Phenanthrene	Degradation product of 2,4,6-Trichlorophenol (TCP) hydrolysis/fragment
2	8	389.8743	C14H12O5	N/A	Para-chlorophenol	Degradation product of Polychlorinated Biphenyls (PCBs)
3	8	303.9661	C14H10O3CD	2.44	Endrin-TCDFE	Degradation product of 2,4,6-Trichlorophenol (TCP) hydrolysis/fragment
4	8	441.7321	C18H16O6	7.3	Triphenylene	Degradation product of Polychlorinated Biphenyls (PCBs)
5	7	322.8677	C12H10O2	16	Phenanthrene	Degradation product of Polychlorinated Biphenyls (PCBs)
6	6	231.974	C9H8O2CD	8.8	Dibenzofuran	Degradation product of 2,4,6-Trichlorophenol (TCP) hydrolysis/fragment
7	6	325.9677	C12H10O2	N/A	Phenanthrene	Degradation product of 2,4,6-Trichlorophenol (TCP) hydrolysis/fragment
8	4	325.9677	C12H10O2	N/A	Phenanthrene	Degradation product of 2,4,6-Trichlorophenol (TCP) hydrolysis/fragment
9	3	263.9111	C10H14	16.7	Terminology	Polychlorinated biphenyls (PCBs), used in various applications, including electrical insulation in transformers.
10	2	193.953	C10H12	5.9	Indenylidene	Polychlorinated biphenyls (PCBs), used in various applications, including electrical insulation in transformers.

圖 11、被動式採樣器檢測出之非標的污染物

(四) USING TARGETED METABOLOMICS TO FINGERPRINT MULTI- ORGANISM RESPONSES TO GREAT LAKES SEDIMENT, EFFLUENT AND SURFACE WATER EXPOSURES

Bharat CHANDRAMOULI¹, Trudy WATSON-LEUNG², Sonya KLEYWEGT², Paul HELM², Jim SHERRY³, Denina SIMMONS³, John COSGROVE³

¹AXYS Analytical Services, Ltd, Sidney, BC, Canada

²Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON Canada

³Environment Canada, Burlington, ON, Canada

*Presenting Author: bharat@axys.com

南安大略省之五大湖區受到多點源包括廢水處理場之各種污染物如金屬、農藥、藥物、個人保健產品，及其他種類內分泌干擾物質等污染。由於化學品種類多及分解物變異高，使得保護人體健康之監測昂貴且無法完整。但藉由敏感指標生物之多位階生物影響如基因、蛋白質及代謝物等之監測，可有效評估污染源之危害，適合作為預警系統。代謝物組學 (metabolomics) 是在後基因組學時代興起的一門跨領域學科，其主要目標是定量的研究生命體對外界刺激、病理生理變化、以及本身基因突變而產生的其體內代謝物水平的多元動態反應(圖 12)。其中指標生物代謝物之改變模式是具潛力作為鑑識特性分析，藉由代謝物含量分析可瞭解其影響。本研究分析 fathead minnow、虹鱒及蜉蝣幼生於實驗室中暴露於放流水、底泥及表水之代謝物組變化量，並作為危害評估指標。以 Hamilton 港區內之 2 處廢水處理場(Woodward and Dundas) 排出之處理後放流水、Lake Ontario 及 Lake Erie 表水、Hamilton 港底泥樣品進行虹鱒、fathead minnow 幼魚及蜉蝣幼生暴露 48 小時 (10 重覆)之測試。以 LCMS/MS and FI-MS/MS 平台分析 217 種代謝物組包括氨基酸、生物胺、己糖總量、脂肪酸、膽酸、酰基肉鹼，鞘磷脂，和甘油磷脂等之含量，並以多變數分析其差異性，並探討與水中參數及污染物量之相關性，初步結果顯示虹鱒肝臟及蜉蝣幼生之代謝物組與對照組有明顯差異。虹鱒 200 種代謝組中有 40 多種明顯受到 Woodward 放流水影響，且與水中污染物濃度相關。而蜉蝣幼生有同樣現象，受底泥影響遠大於表水(圖 13)，且其 PCA 分析具明顯差異(圖 14)。

代謝物組學常用於疾病診斷、醫藥研製開發、營養食品科學、毒理學、環境學，植物學等與人類健康護理密切相關的領域等，如肝功能以 GOP 及 GTP 酵素作為指標。環境毒理領域可採醫學之現有資料庫，再加以確認，找出真正適合作為環境污染物之生物指標。

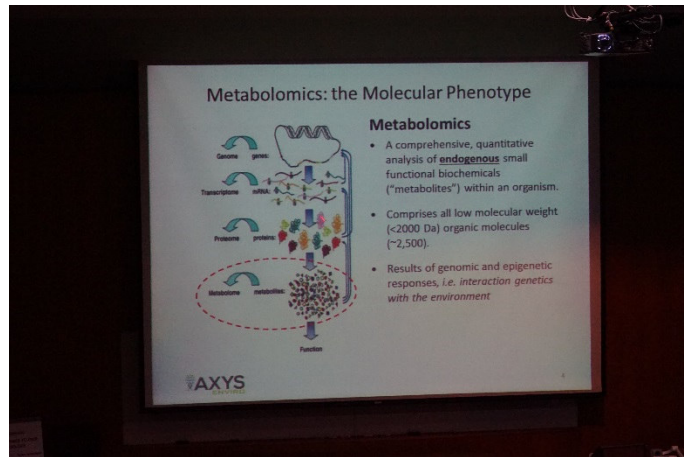


圖 12、代謝物組學之定義

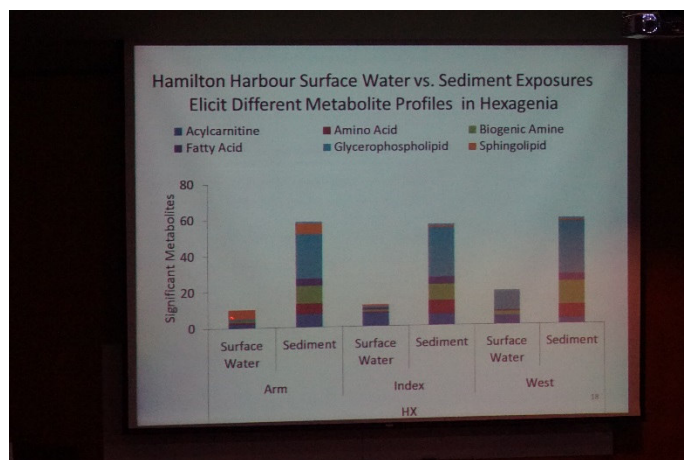


圖 13、暴露於表水及底泥之代謝物組學各參數含量

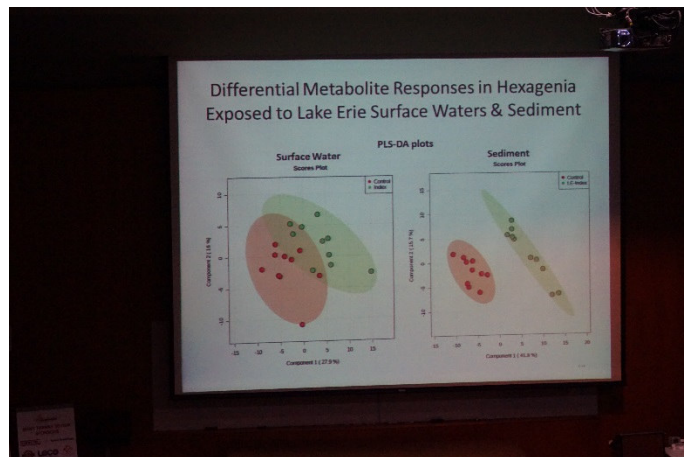


圖 14、暴露於表水及底泥之代謝物組學各參數 PCA 分析

(五) TOXICITY MAPPING USING PASSIVE AIR SAMPLING FOR POLYCYCLIC AROMATIC COMPOUNDS

Narumol JARIYASOPIT^{1*}, Sabina HALAPPANAVAR², Tom HARNER¹

¹Air Quality Processes Research Section, Environment Canada, Toronto, Ontario, M3H 5T4

Canada

²Environmental and Radiation Health Sciences Directorate, Health Canada,
Ottawa, Ontario

K1A 0K9, Canada

*Presenting Author: narumol.jariyasopit@ec.gc.ca

經燃燒及石化源產品之多環芳香化合物(Polycyclic aromatic compounds, PACs)無所不在並且可能是致癌及致畸物。污染源排出多環芳香化合物後，部分會與大氣中氧化物反應而轉變成極性更高之多環芳香烴物種包括硝化多環芳香烴 (NPAHs)及氧化多環芳香烴(OPAHs)，而這些衍生物比多環芳香烴更具致癌性。吸入多環芳香可能會有導致肺癌及其他健康之風險。因此如何應用被動式採樣監測進行毒性評估建構危害地圖是本研究重點。研究期間為 2014 年 4 月至 5 月，監測幾處加拿大空氣測站中之 PACs、NPAHs 及 OPAHs。毒性評估係以細菌 (Salmonella strain TA98)突變法進行是否具代謝活性，A549 肺細胞進行細胞毒性測試。不同空氣測站之多環芳烴和多環芳香烴衍生物含量與致畸及細胞毒性相關聯。此外，比較兩種包括傳統式(Conventional passive air sampler, PAS)及乾式沉降(Passive dry deposition sampler, PAS-DD)之泡棉 (Polyurethane foam, PUF)盤狀被動式採樣器之效能。相同採樣位置進行兩種不同採樣器採樣(圖 14 及 15)，結果顯示放 PAS-DD 可採集較多顆粒結合態之 PAHs，而致畸性及細胞毒性也較高(圖 16)。本研究另一重點是以毒性地圖補足濃度地圖之危害評估資料，毒性地圖係為包括已知及未知具毒性之所有化學物之危害評估，因此對於人體健康及野生動物危害風險較為可信。本所已開發不同細胞株之毒性檢測技術，未來可配合空氣風險地圖評估時毒性測試之所需。

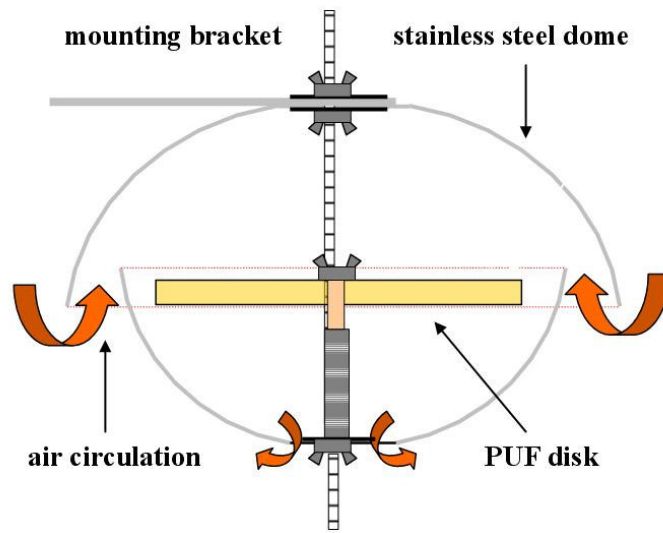


圖 14、傳統被動式採樣器

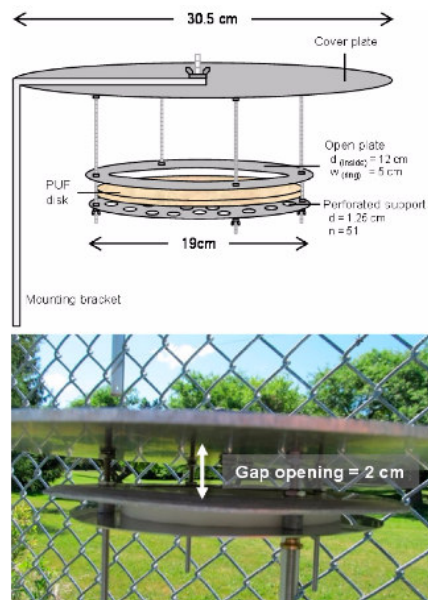


圖 15、乾式沉降被動式採樣器

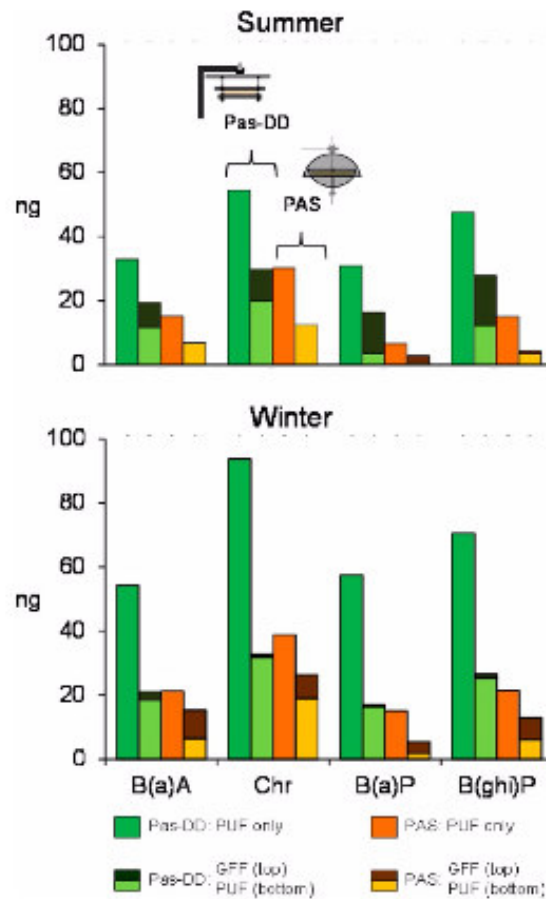


圖 16、PAS-DD(PUF)可採集較多顆粒結合態之 PAHs

(六) ENVIRONMENTAL FORENSIC MICROSCOPY: SOURCE DETERMINATION OF FUGITIVE PARTICULATES

Richard S. BROWN*

MVA Scientific Consultants, 3300 Breckinridge Blvd., Ste. 400, Duluth, GA 30096

*Presenting Author: rbrown@mva-inc.com

顯微鏡可作為污染土壤、表面沉積物、建築物和街區之不同顆粒類型分析之用，應用於顆粒污染源之鑑識。鑑識需要之顯微鏡包括偏光顯微鏡(Polarized light microscopy, PLM)、掃描式電子顯微鏡搭配能量散射光儀(Scanning electron microscopy-energy dispersive x-ray spectrometry, SEM-EDS)、傅立葉變換紅外顯微鏡(Fourier transform infrared microspectroscopy, FTIR)、共軛焦拉曼光譜(Confocal Raman microscopy, CRM)及穿透式電子顯微鏡搭配能量散射光儀及特定區域電子繞射(Transmission electron microscopy coupled

with EDS and selected area electron diffraction, SAED)。這技術實際應用世界貿易中心灰塵，黑色物質如煤煙、煤炭、焦炭、炭及碳黑，粉塵，飛灰，以及其他天然和人造微粒。案例證實應用顯微鏡分析顆粒特性、顆粒鑑識及污染源判定之確實具成效(圖 16)。本研究可供本所已購置之傅立葉變換紅外顯微鏡及預定購買之 SEM-EDX 應用之參考。

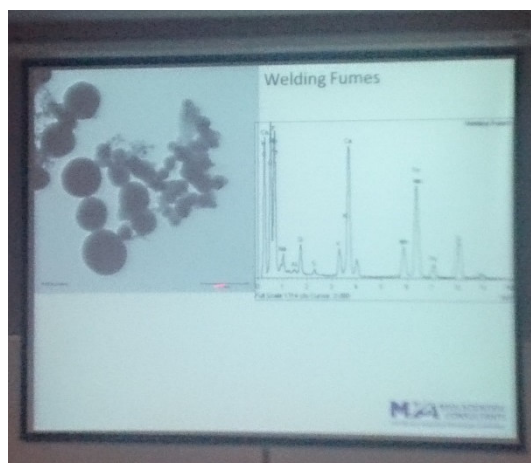


圖 16、焊接煙塵 SEM-EDX 結果

(七) NATURAL ABUNDANCE RADIOCARBON ANALYSIS AS A TRACER OF PETROLEUM HYDROCARBON SOURCES AND BIODEGRADATION

Greg F SLATER*

School of Geography and Earth Sciences, McMaster University, 1280 Main Street West, Hamilton Ontario

*Presenting Author: gslater@mcmaster.ca

石油碳氫化合物及其分解物來源及整治評估長面臨許多挑戰。特別是石油污染場址之某些污染物是自然背景環境同樣會存在，所已無法評估潛在人為之影響程度。此外，某些石油碳氫化合物整治案例中，因為外來污染物濃度未知及反應速度慢，且會於各環境介質移動，造成整治效果難以評估。自然富有特定化合物放射性碳分析(Natural Abundance Compound Specific Radiocarbon Analysis, CSRA)可作為有效之鑑識工具，解決上述之挑戰。其原理為利用石油碳氫化合物是經數百萬年所形成，如圖 17 所示，其含極少量 ^{14}C ($\Delta^{14}\text{C} = -1000\text{‰}$)，而最近經固定自然有機質時，含較多量之 ^{14}C ($\Delta^{14}\text{C} = 50\text{‰}$)。這差異可作為自然富有

之示蹤物，其最低可偵測分辨石油碳氫化合物中只含 4% 自然有機質之解析度。本研究團隊最近應用 CSRA 去鑑識北安特略省皇家島 Siskiwit 湖中底泥 Isle Royale 之多環芳香烴是來自森林火災或是石化燃料燃燒所沉降。同樣應用於陸域來源之烴烴中哪些是源自工業活動。亦應用 CSRA 限縮偵測是否有石油碳氫化合物及分解物產生，如於 Baratara 灣出現墨西哥灣深水地平線溢油經長時間分解後之產物，而這些為微生物之分解產物，並由微生物 80%細胞膜脂肪之碳來自溢油之證據，證實微生物分解式造成石油碳氫化合物質量減少之主因。因此，CSRA 適合作為石油碳氫化合物或烴烴之鑑識工具，有助於污染場址管理及整治。 ^{14}C 屬於特定化合物同位素之一，國內外均積極開發本技術作為碳氫化合物污染之追蹤鑑識。

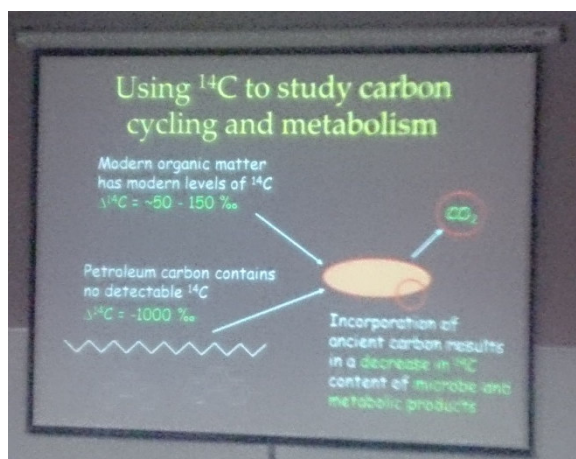


圖 17、石油 ^{14}C 含量極低但新有機質含量較高

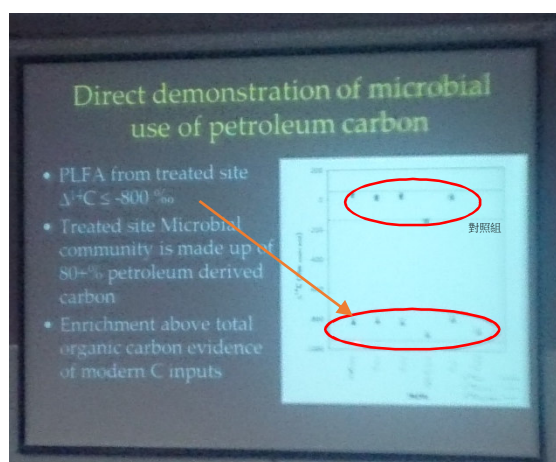


圖 18、微生物 80%細胞膜脂肪之碳來自溢油

(八) EXPLOITING STABLE Hg ISOTOPES TO DIFFERENTIATE BETWEEN Hg

SOURCES: GOLD MINING VS. LAND USE CHANGE

Bridget BERGQUIST*

Department of Earth Sciences, University of Toronto, 22 Russell St.,
Toronto Ontario

*Presenting Author: bergquist@es.utoronto.ca

開發國家之人工及小型金礦開採(Artisanal and small-scale gold mining, ASGM)常以汞提煉金，因此造成該水域生態河川受到汞污染。如何分辨汞污染源是 ASGM 或是其他如土地開發侵蝕等，這議題具挑戰及爭議性。本研究利用穩定同位素汞進行南美洲 2 處水域生態調查包括巴西 Amapá 人工開採礦區下游之 Amazonian 水生生態系及厄瓜多 Portovelo-Zaruma 大礦區下游之 Puyango-Tumbes 河川生態系(圖 19)。以多接收器感應耦合電漿質譜儀(Multiple collector ICP-MS)之分析結果發現巴西 Amapá 下游河川汞增加非來自礦區，而是土地開發土壤侵蝕所造成。雖然土壤被視為全球汞循環最終沉降處，但本研究發現土地過度開發破壞汞儲存庫而對於生態系統產成危害。相反地，厄瓜多案例證明河川汞主要污染源來自礦區開發，並且，可成功追蹤出污染源是大礦區中哪一區域(圖 20)。同位素汞證實距離 Portovelo-Zaruma 之 120 公里下游處汞及其他金屬都明顯增加。此技術可分辨出汞是來自礦區或是背景區之土壤侵蝕及大地沉降，但是仍無法區分是屬於那一類型礦區。但如配合其他毒性金屬之檢測，就可能可區分出。由於水中汞大多與顆粒與膠體接合，因此傳送過程並不會轉變，因此污染源釋出時為顆粒與膠體接合態時，就可藉由此技術鑑識。

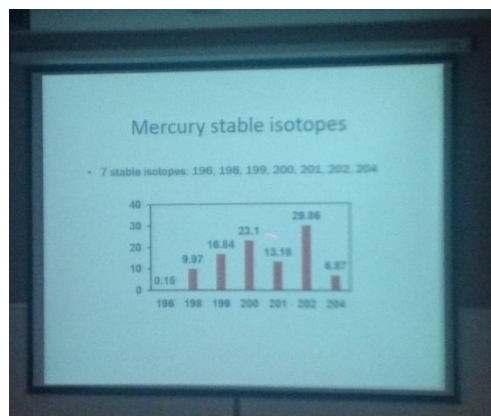


圖 19、七種穩定同位素汞於自然環境之比例

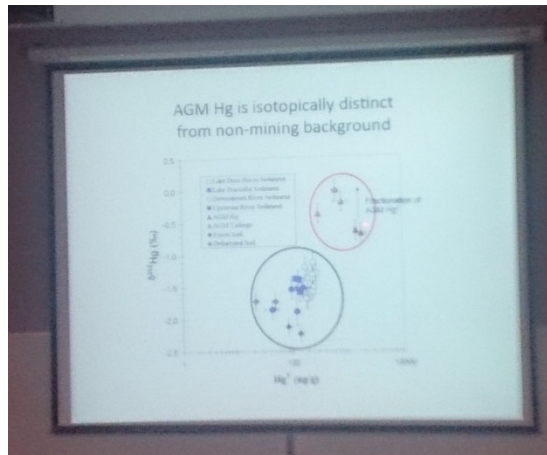


圖 20、人工採金礦區汞 202 佔 7 種穩定同位素之比率與背景區有明顯差異

(九) SOURCE APPORTIONMENT WITH STABLE ISOTOPES OF LEAD

Stephen MUDGE*

Exponent, The Lenz/Hornbeam Pk, Harrogate HG2 8RE

*Presenting Author: smudge@exponent.com

鉛具有四種穩定同位素可作為污染源之追蹤。本研究實例分別採傳統穩定同位素比值及 PCA 分析。其中一例為英國發現 1 處河川水質及底泥鉛均超過環境品質標準，結果發現水中鉛污染源與底泥不同(圖 21)。而此處於 17 世紀是鉛開採礦區，經營時間為 1850 至 1919。其間 1977 年至 1978 年曾疑似流出 43 噸鉛排至河川，因此造成該河域被評估為具風險而需進一步評估是否整治，為此，本研究進行河川主流之底泥污染源鑑識，利用穩定同位素鉛進行分析，開發出一套地球化學求證系統，而追蹤出其可疑污染源(圖 22)。另一例為東南亞之非法傾倒場址案例，場址主要污染物是二次熔煉鋁渣，經整治後，後續監測應用穩定鉛同位素技術去檢測該區域土壤並鑑定有其他來自電鍍污泥之污染物。



圖 21、由 207/204Pb 相對於 206/204Pb 比值發現水中鉛污染源與底泥不同

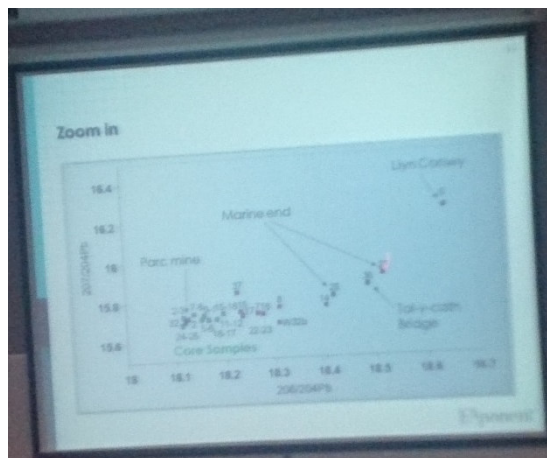


圖 22、底泥 207/204Pb 相對於 206/204Pb 比值可區分不同污染源

(十) CHLORINATED DIOXINS AND FURANS IN TREE BARK FROM AN INDUSTRIALIZED AREA AT SAUGET, IL USA

Mark HERMANSON*

Hermanson & Associates LLC, Minneapolis, MN 55419 USA

*Presenting Author: markhermanson@me.com

本研究分析美國伊利諾伊州近 Sauget 之高密度工業區周遭 27 棵樹樹皮中戴奧辛含量。樹生命期中之樹皮可作為大氣被動式採樣設備，其檢測結果可反映樹木成長過程中戴奧辛沉降至土壤後釋放至大氣之含量，不同樹齡樹皮之總 PCDD 及 4 氯至 8 氯 PCDF 異構物相對圖，結果高濃度樣品出現於 20 年以下樹木(圖 23)。分析包括 7 種 2,3,7,8- Cl substituted dioxin、10 種 furans congeners 及類似物如四氯至八氯戴奧辛及呋喃。所有樣品之 2,3,7,8 氯戴奧辛之變異數為 32，而 2,3,7,8-Cl 呋喃則為 39，但戴奧辛含量較呋喃高。雖然濃度有異，但所有樣

品之異構物型態非常相似，同樣都為典型為氧化態或是八氯戴奧辛分解後之 2,3,7,8 四氯、五氯及六氯戴奧辛異構物。呋喃與戴奧辛組成類似，但含量較 OCDD 少。新燃燒源之典型形態為含較高量 2,3,7,8-TCDF 及 2,3,7,8-TCDD，在本研究並未發現。計算 17 支 2,3,7,8-Cl 戴奧辛及呋喃異構物之比例時，只有 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD 及 1,2,3,4,6,7,8- HpCDF、OCDD 及 OCDF 高於 15% (圖 24)，顯示 non-2,3,7,8-Cl 異構物佔非七氯及八氯異構物之主要成分，由於 2,3,7,8-Cl 異構物之毒性當量最大，顯示其對人體毒性最高，由於其量很低，因此無法作為戴奧辛及呋喃之代表性物種，因此此也無法作為污染源之追蹤。本研究結果說明非七氯及八氯異構物中 2,3,7,8-Cl substituted 戴奧辛及呋喃異構物不會持續或大量出現於工業區空氣中。毒性當量系統並不適用於如樹皮等非生物性樣品，因此，持續出現於環境中之戴奧辛及呋喃如非 2,3,7,8-Cl 戴奧辛及呋喃異構物較適合作為鑑識分析之用。

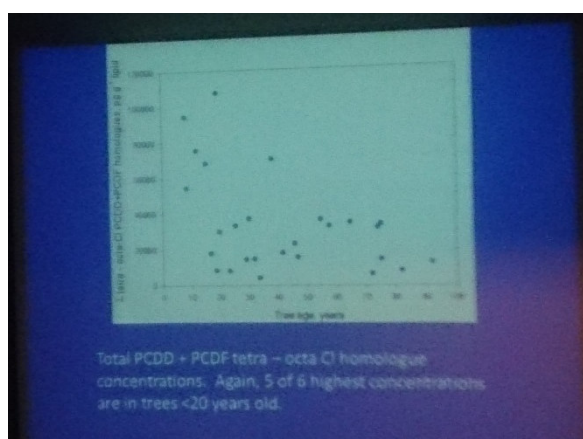


圖 23、不同樹齡樹皮之總 PCDD 及 4 氯至 8 氯 PCDF 異構物相對圖

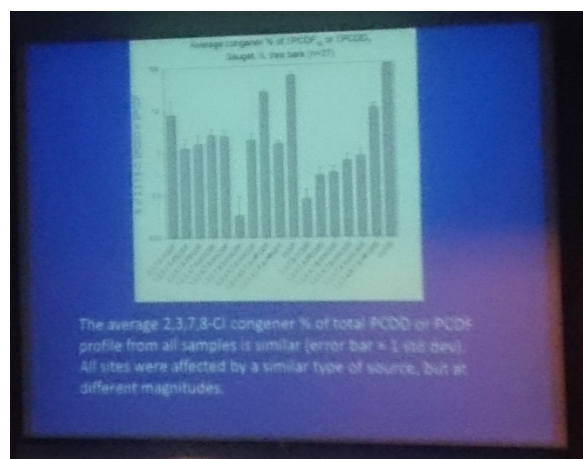


圖 24、2,3,7,8-Cl 戴奧辛及呋喃異構物所佔百分比及圖譜相似

(十一) **COMPOUND SPECIFIC ISOTOPE ANALYSIS AT THE SEDIMENT – WATER INTERFACE**

Elodie PASSEPORT^{1,2,3*}, Richard LANDIS⁴, Katrina CHU¹, Georges LACRAMPE-COULOUME¹, Edward J. LUTZ⁵, E. Erin MACK⁵, Kathryn WEST⁶, and Barbara SHERWOOD LOLLAR¹

¹Department of Earth Sciences, University of Toronto, Toronto, Canada

²Department of Civil Engineering, University of Toronto, Toronto, Canada

³Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto, Toronto, Canada

⁴E.I. DuPont de Nemours and Company, Wilmington, DE, USA

⁵DuPont Corporate Remediation Group, Wilmington, DE, USA

⁶AECOM, Newark, DE, USA

*Presenting Author: elodie.passeport@utoronto.ca

特定化合物同位素分析(Compound Specific Isotope Analysis, CSIA) 可被用於追蹤污染物自然整治及確認分解途徑。CSIA 目前已廣用於地下水之污染物追蹤，但僅有少數應用於底泥及表水，底泥污染物可被底棲生物攝食並藉由食物網而對整個水與生態造成威脅。本研究應用 CSIA 於底泥中苯、一氯苯 (MCB) 和 1,2-二氯苯 (1,2-DCB) 之污染源追蹤調查。底泥特性因底泥及水介面之氧化還原電位迅速變化而改變，此改變會影響污染物去除之機制。為瞭解濃度及穩定同位素於底泥不同深度之垂直變化，可精密區分不同深度之採樣有其必要性。被動式採樣 “peeper” 應用於採集污染場址跨底泥及水層介面之孔隙水。Peeper 為垂直每 4 公分隔一室，共 11 室之採樣設備，每一室適合一支 40 毫升 VOC 瓶，瓶內充滿未含污染物之試劑水，而瓶口為 polysulfone 膜(圖 25)。本研究先在實驗室進行模擬試驗，確認污染物擴散進入及吸附於 polysulfone 膜時，不同質量同位素不會消失。經 10 至 14 天污染物濃度內外可以維持穩定，最終穩定碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 之改變小於 0.5‰(圖 26)。之後，將 “peeper” 放置美國新紐澤西州底泥已受污染之運河，近形 3 處不同採樣點 4 週之測試，表水及底泥上方 6 公分均無法測得苯及一氯苯，並且底泥由底層至表層明顯減少，但卻有大量 ^{13}C ，此外，微量苯可在最底層 6 公分處偵測到，且 $\delta^{13}\text{C}$ 減少值高於一氯苯。此結果顯示，底泥一氯苯正進行還原脫氯反應。

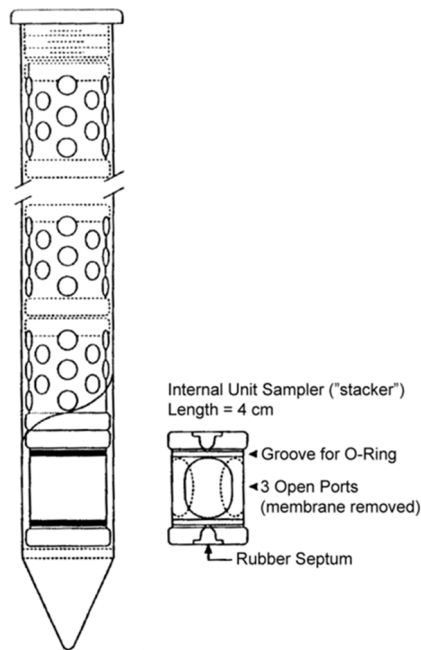


圖 25、Peepers 構造圖

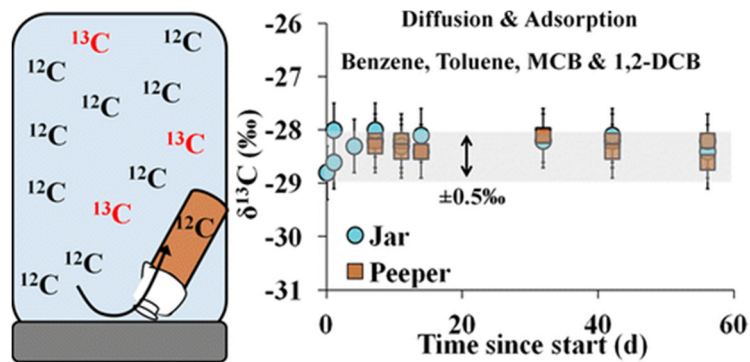


圖 26、進出 Peepers 之穩定碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 之改變小於 0.5‰

三、壁報論文

(一) TESTING THE USE OF FLUID IMAGING TO ANALYZE ALGAL BLOOMS

Michelle PALMER^{1*}, Maryam TABATABAET², Kaoru UTSUMI¹, and Jennifer WINTER¹

¹ Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, 125 Resources Road, Toronto ON M9P3V6

² Toronto ON

*Presenting Author: michelle.palmer@ontario.ca

水質藻華問題是多倫多市最近 20 年遭遇之難題。由於發生頻率增加使得水質品質變差如破壞美觀、阻礙水處理設施、降低娛樂用途，甚至特定毒藻會造成健康危害。多倫多環境及氣候變遷部與學術界及業界合作開發藻華檢測系統包括

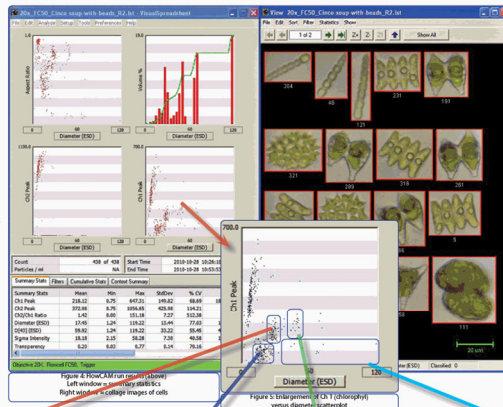
產毒藻類種類及數量。過去以顯微鏡檢測費時費工，成效不佳。本壁報成果開發利用藻類顆粒影像之流式細胞儀技術及統計辨識系統，分析藻類大小、形狀及螢光以作為種類鑑定及數量分析，此成效遠高於傳統方法(如圖 5)。

本研究成果中毒藻屬於單細胞紅藻，而國內水庫常形成藻華現象的藻種為藍綠藻類(cyanobacteria)、綠藻類(green algae)、渦鞭毛藻類(dinoflagellates)和金藻類(golden-brown algae)等。這些藻類分別在不同水庫和不同季節形成藻華現象，其中最常出現，造成的問題也最嚴重的首推藍綠藻類，而以微囊藻屬(Microcystis)、魚腥藻屬(Anabaena)、束絲藻屬(Aphanizomenon)、柱胞藻屬(Cylindrospermopsis)和顫藻屬(Oscillatoria)等佔絕大多數。其中微囊藻屬團狀藍綠藻，由於流式細胞儀之偵測需單細胞排序一一讀取訊號，未來如何應用本所現有之此設備進行團狀毒藻分析，應朝如何將團狀結構打散成單一細胞之前處理來改良。另一問題是國內水庫之毒藻均生活於表面，與本研究之毒藻生存環境不同，因此，未來進行危害評估時，需先釐清兩者間差異，才能避免誤判。除流式細胞儀外，本所曾利用定量聚合連鎖反應檢測微囊藻體中產毒功能基因段含量，推估微囊藻個數，作為微囊藻快速檢測技術，並與顯微鏡鏡檢方式比較，二方法相關性高，所以定量聚合連鎖反應亦可突破耗時的檢測技術瓶頸，取代傳統顯微鏡鏡檢。此外，定量聚合連鎖反應可以一次處理大量樣品數，但其最大缺點是無法連續監控。連續監控水域中藻類量是有其必要性，藻華發生係因水環境中物理因子、化學因子、和生物因子等一起作用的結果，主要是營養鹽(化學因子)等污染物流入水庫，這些污染物質在水庫經由溫度、光度、水體水文等物理因子的交互作用，再加上各種水生物的參與，因而造就有利於某些藻類大量滋長的環境，意即藻華事件常常難以掌握，直至藻華面積擴大或魚類大量死亡，才驚覺藻華發生，此時可能已錯過緊急調整飲用水處理流程的時機，針堆此問題本所已發展連續監測水中葉綠素 a 預警系統，成效良好，但如未來如解決流式細胞儀團狀監測之難題時，直接將水源樣品連續導入流式細胞儀進行直接毒藻量之監測，是可未來可開發之方向。

accommodate a much wider range of particle size (up to 2,000µm) than other instruments.

When each image of the FDI is acquired, the VisualSpreadsheet® software thresholds each cell from the background, and only stores images of the cells themselves as individual images within a "collage". Each image has indeed to it up to 40 different measurements which are made from the cell image as it is acquired. These measurements fall into several categories: "morphological" measurements such as diameter, length, width, perimeter, circularity, etc.; "gravimetric" measurements such as intensity, transparency, color information, etc.; and "spectral" measurements such as peak area and width measurements from the signals collected in the two channels of fluorescence. The morphological measurements are ones that might be normally made by using a digital camera on a microscope, with the difference being that the measurements are being made on a moving stream of particles as opposed to a static microscope slide. This means that FlowCam can acquire and measure thousands of particles per minute, thereby collecting far more data automatically, yielding higher statistical significance.

The unique advantage of FlowCam is that it relies primarily on "morphological and gray-scale discrimination" of algal cells as opposed to "spectral discrimination" typical of a flow cytometer. However, because of the fluorescence capabilities of FlowCam, spectral data can be used along with the morphological data to further discriminate algal cells. This overcomes a significant limitation of flow cytometers, which only have a single morphological measurement, relative size (usually expressed as Equivalent Spherical Diameter, or ESD) derived from the forward-scatter signal. In addition to this simple morphological measurement, the flow cytometer can only characterize cells based upon their "spectral signature", by collecting fluorescence signals in different

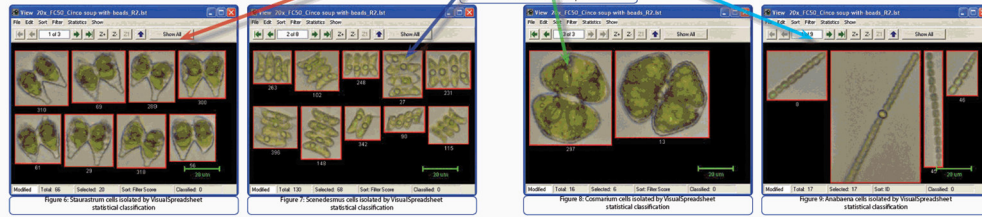


narrow wavelength "bands" to approximate a continuous electromagnetic spectrum as might be collected by a spectrometer.

Example
A sample of mixed algae cultures was run through FlowCam to demonstrate how the instrument and software use both "morphological" and "spectral" processing to characterize algae. The system was run in "Fluorescence Trigger" mode, whereby the camera is only triggered to grab an image when a fluorescence event occurs upon laser excitation. In a sparse sample, typical of ocean or lake water, this insures that all particles of interest (living algae) are captured, while non-fluorescing particles such as detritus or sediment pass without being captured. For non-fluorescing organisms (heterotrophs) and other particles, FlowCam can also use "Scatter Trigger" mode concurrently with Fluorescence Trigger.

Figure 4 shows the result of a FlowCam run with this sample. The left side window shows summary statistics, histograms and scatterplots, while the right hand window shows cell images in a collage window, which can be viewed interactively, filtered, and classified by the VisualSpreadsheet software.

The VisualSpreadsheet statistical pattern recognition capability is then used to automatically classify the different types of microorganisms found in the sample. This is done by creating "libraries" of cell images of a particular taxa and storing them (libraries only have to be built once, they may be reused many times over). When the pattern recognition is invoked, the software performs an "n-dimensional" (where "n" is the number of different measurements being considered, up to 40 total) statistical analysis of each particle image to determine which library class (if any) is closest to the particle being analyzed.



Harmful Algae Bloom Species (紅藻)

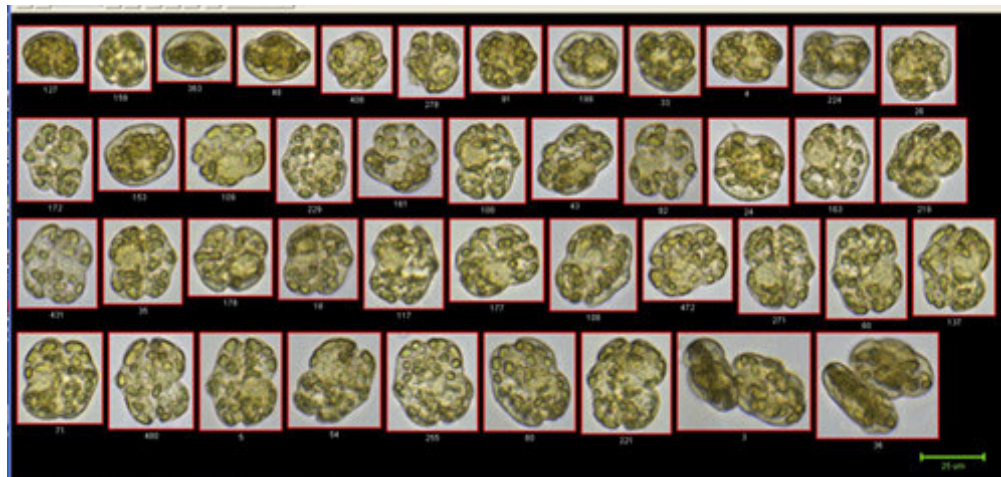


圖 5、流式細胞儀技術進行藻類種類鑑定及數量分析

(二) THERMAL DEBROMINATION PRODUCTS OF DECABDE

Shenglan JIA^{1*}, Karl JOBST², and Min HU¹

¹State Key Joint Laboratory for Environmental Simulation & Pollution Control, College of Environmental Sciences and Engineering, Peking University, Beijing

²Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, Etobicoke, ON, Canada

*Presenting Author: jiashenglan@pku.edu.cn

天然及人為如經光解、火災及廢棄物熱處理產生之十溴二苯醚脫溴產物是近年環境污染物研究之重點。最近四類低溴數之多溴二苯醚已被列為斯德哥爾摩

公約管制之持久性有機污染物。而中國大陸之電子產品廢棄物經熱處理產生之非多溴二苯醚化合物及低溴數之多溴二苯醚成為環境重要問題，經由非法回收行為造成環境污染高達 30 年之久。本壁報探討十溴二苯醚商品經由熱處理產生之非多溴二苯醚及低溴數之多溴二苯醚形成機制，在實驗室模擬商用十溴二苯醚及電子廢棄物如電腦、空調塑料外殼、印刷電路板及汽車配件等進行熱處理，結果發現兩者均會有毒之非多溴二苯醚化合物及低溴數多溴二苯醚，且溫度越高產物越多。又出現氫供給者及減少鐵含量時，會加速脫溴反應。本研究成果可提供電子廢棄物如進行熱處理時之最佳條件參考，以降低有毒副產物之產生(圖 6)。

本所目前已建置 PBDEs 檢測技術，相關低溴數多溴二苯醚毒性可作為探討之方向。國內最近的研究也指出垃圾焚化廠的底渣跟飛灰都存在高濃度的多溴二苯醚，其中主要為十溴二苯醚，特別是底渣含有高濃度的十溴二苯醚，其表示在垃圾焚化的高溫燃燒中，十溴二苯醚並無法有效完全破壞分解，可見十溴二苯醚是非常穩定的化學物質。當然最近也有很多學者專家在研究如何降解處理環境中的多溴二苯醚，特別是十溴二苯醚，目前可見的方法有光降解處理（結合奈米二氧化鈦等）、化學氧化處理（結合奈米零價鐵等）或生物處理等，事實上在降解十溴二苯醚的過程中，主要是進行脫溴的機制，因此其降解後產物將會轉化成八溴二苯醚或五溴二苯醚之類，其反而對人體更有毒害風險，因為溴數越少的溴化物其毒性反而提高。多溴二苯醚的毒性，目前在國際癌症研究署歸類為 Group 3；美國環境保護署歸類為 Group C；也就是說基於人類證據無資料及動物證據有限，而在台灣環保署也已公告多溴二苯醚為第四類毒性化學物質，目前台灣有進口使用的多溴二苯醚只有十溴二苯醚。最近幾年因為多溴二苯醚太過熱門，相對國際研究其毒性的專家學者也非常多，當然也就發現多溴二苯醚最主要的毒性反應來自於具有荷爾蒙特性，此種物質會干擾內分泌系統，作為雄性激素、黃體激素和雌激素的結抗劑或促效劑等，在長時間吸入高濃度暴露的情形下，確實會對人體有影響，所以進一步促使世界各國開始針對其使用量進行管制。

Debromination Products of Commercial DecaBDE Under Thermal Treatment

Shenglan Jia¹, Jianxin Hu^{1*}

¹ Peking University, College of Environmental Sciences and Engineering, Beijing, CHINA

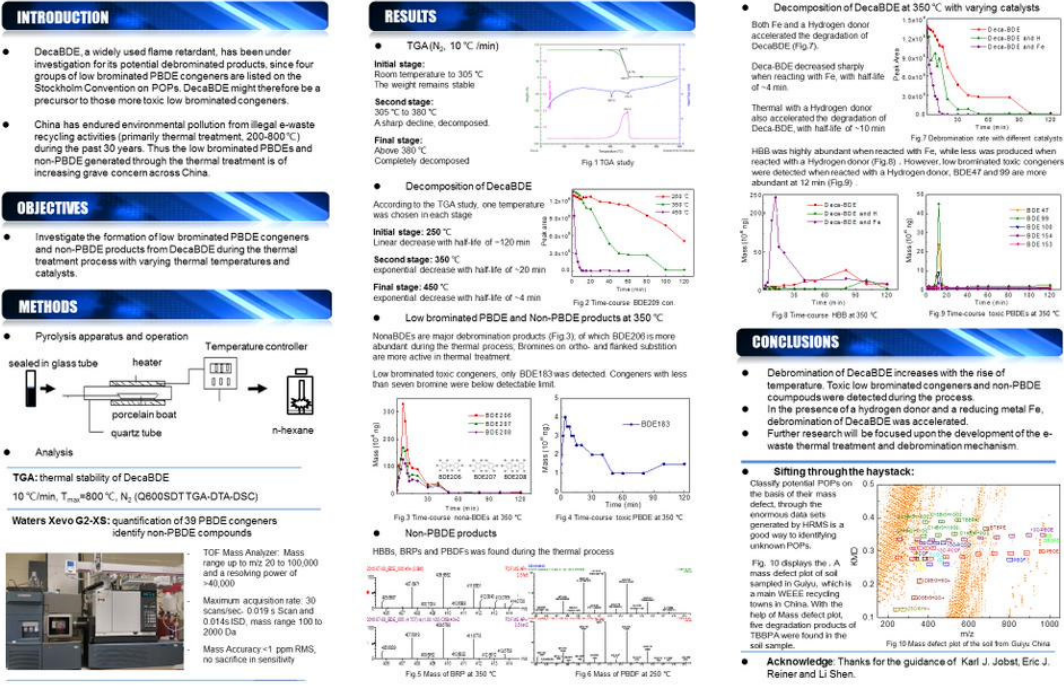


圖 6、本壁報全文

(三) VALIDATION OF A REAL-TIME PCR METHOD FOR THE DETECTION OF ADENOVIRUS IN ONTARIO GROUNDWATER

Yasmeen VINCENT* and Marc HABASH

School of Environmental Sciences, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada

*Presenting Author: yvincent@uoguelph.ca

人類的腺病毒 (HAdV) 約有 57 種血清型，佔兒童 5%到 10%及大多數成年人的上呼吸道感染的成因。由於傳統以水中糞便細菌作為腸道病毒指標之關聯性並不佳。其中人類的腺病毒已有學者建議可作為人類糞便污染水質之替代病毒指標。腺病毒含量很多且耐 UV 及高溫，可長時間存活於淡海水環境。本壁報目的是開發可偵測水中腺病毒之效能佳及特異高定量聚合酶連鎖反應(Quantitative real time polymerase Chain Reaction, qPCR)，並同時訂出最佳過濾及濃縮前處理步驟。於分生等級試劑水中添加 HAdV strain 40 (HAdV40)進行測試，結果添加 2.68x10⁴ genome copies 之 Long interspersed elements (L-1)回收率為 94.47% ± 63.13，添加 2.68x10⁶ genome copies 之回收率為 4.26% ± 0.88，添加 2.68x10⁸ genome copies 之回收率為 0.93% ± 0.29。於兩個不同地下水水源之水中添加

9.9x10⁵ genome copies L⁻¹，三重覆結果發現回收率分別為 2.28% ± 1.45 and 55.92% ± 95.74。此結果顯示不同水源之回收率變異極大。進行 South-Western Ontario 不同位置之地下水實際樣品檢測，結果顯示 10 件樣品(180 至 1,800 公升)中有 9 件驗出人類的腺病毒，但由於水中均有抑制物質使得 4 件樣品無法定量，本方法經由過濾及濃縮前處理步驟，可成功偵測水中 HAdV40 and 41，因此此方法在克服定量問題前，可作為快速定性偵測出水中人類的腺病毒。

目前多年前曾建置水中腸病毒之建測技術開發，當時遇到之問題與本研究相似。首先問題是需採集大量之水樣，這對於後續處理需費大量人工進行過濾及濃縮，且會影響回收率，後續解決之方法可使用連續離心濃縮儀並搭配可吸附病毒之離心杯。其次，水中並病毒檢測試檢測其核酸量再推估其病毒量，但此方式無法評估是否屬是活的或死的病毒，因此估計量誤差很大。最後，qPCR 如要反應效能佳才足以達到定量之功效，但水中才含有抑制物使得反應並無法達到百分之一百，因此，如何先行去除干擾物質亦是本技術最大之瓶頸。

(四) WHERE DID THAT SALT AND THAT METHANE COME FROM? METHODS AND EXAMPLES DISCRIMINATING BETWEEN SOURCES

Matt VANDERKOOY* and David REYNOLDS
Geosyntec Consultants, Guelph Ontario

*Presenting Author: mvanderkooy@geosyntec.com

表水中鹽分及甲烷含量增加過多時，對於人類及生態系統都會造成危害。追查兩者之污染源是場址有效復育及管控最重要之一環。鹽度飆高影響飲用供水、農作物產量及自然棲地。甲烷提高會影響飲用供水及建築物中揮發物提高，而有導致火災之風險。過去加拿大有時會發現兩者會同時異常，可提供污染源之最佳證據，其中鹽分來源可利用化學鑑識及放射物特徵推測如以氯與鈉之比值可鑑別來自海水或是深層地質鹵水鹽，穩定同位素分析如 δD , $\delta^{18}O$, $\delta^{37}Cl$, $\delta^{81}Br$, and $\delta^{87}Sr/^{86}Sr$ 亦有助於鑑識。甲烷可藉由多組溶解性碳氫比率及放射物特徵推測如熱生成氣體中長鏈氣體如乙烷，丙烷和丁烷與甲烷比值遠高於生物產生氣體。除此之外，甲烷中之 δD - $\delta^{13}C$ 特徵物可藉由不同生物性甲烷生成途徑如

CO₂ 還原及醋酸發酵而區分。本壁報藉由案例探討發現地質化學及放射物方法，可分辨出鹽分及甲烷氣體之不同來源。本成果說明此技術可提供作為證據之優點、需求及注意事項，對於鑑識是相當可信及說服性。

特定化合物同位素分析是本次會議重點之一。目前本技術在國內屬於新技術，相關研究不多，較完整之研究如本署補助至財團法人工業技術研究院進行「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」，其利用穩定同位素分析方法並應用於解決含氯碳氫化合物污染場址之污染來源判識解讀或釐清污染責任。計畫成果包含擬定場址之污染來源的判識作業參考指引、對含氯碳氫污染分析方法、發展包含碳、氯、氫等三種穩定同位素分析技術、對土壤及地下水中常見四氯乙烯、三氯乙烯與氯乙烯等三種污染物進行穩定同位素特徵研究，並進一步針對國內廠家生產氯乙烯之廢水、有機廢液與原物料進行特徵比較與資料庫之整建。特定化合物同位素分析對於未來發展環境鑑識調查應有所助益，值得研究開發。

(五) CAUTIONS ON THE TREATMENT OF NON-DETECT RESULTS FOR ENVIRONMENTAL FORENSICS

Mihai ALDEA¹, Melanie EDWARDS¹, Jaana PIETARI^{2*}, and Paul BOEHM²

¹Exponent, Bellevue, WA;

²Exponent, Maynard, MA

*Presenting Author: jpietari@exponent.com

一般公共衛生調查上，可能會產生設限數據(censored data)如含無分析值，其發生的可能原因包括到觀察截止時都沒有事件發生、觀察個體失去追蹤及觀察個體主動退出研究。設限數據對於風險評估上提供提供很有用之資訊，但此類數據如應用於化學鑑識時之影響並不清楚。化學分析之設限數據如低於偵測極限等，常以數值如偵測極限值、1/2 偵測極限值或 0 取代時，雖非真實數據但仍能進行統計分析。Farnham 等人於電腦模擬研究中發現 20%以下數據為設限數據時，進行主成分分析(PCA)及集群分析(clustering methods)會導致錯誤之結論。本壁報以野外研究及模擬數據，探討設限數據對於化學鑑識進行多變異分析之影響，結果發現套用 PCA 之設限數據(censored data)及以取代數據(uncensored data)

方法分別進行分析，結果發現前者會造成鑑識判定時之錯誤結論(如圖 7)。

現行國內分析低於偵測極限數值常以 1/2 偵測極限值取代進行分析，但依本研究結論發現過多此類數據，仍可能會造成成因分析時之誤判，因此，如何提升各鑑識相關化合物之分析技術，以降低偵測極限而減少設限數據數量，應有其必要。

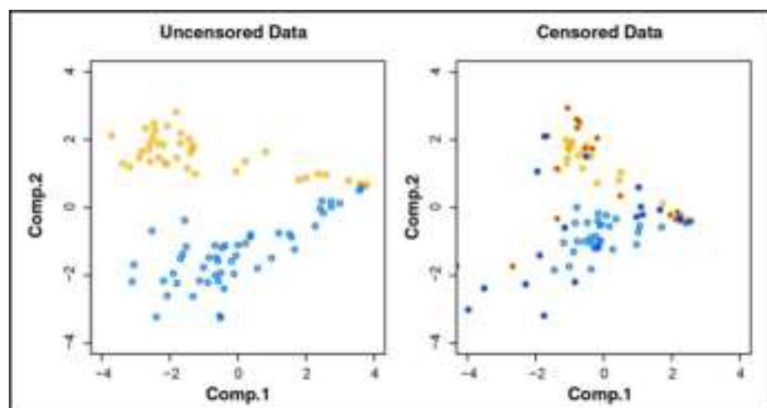


圖7、Censored data及Uncensored data之PCA分析結果比較

肆、建議

- 一、 污染者須對污染案件負責是不變之事實，而如何找出肇事者並提供強而有力之證據，是歐美各國積極發展環境鑑識相關技術之主要目的。由於目前歐美先進國家在此領域已有相當大之突破，國內應順從世界潮流，注重環境鑑識領域並相對投入相關資源。此外，多與各國專家技術交流，是技術提升之最佳方式。其中參加國際會議如本次與會之環境污染鑑識會議(Internation network of environmental forensics, INEF)等，或是邀請專家至國內演講及技術轉移等，藉助各領域專家之寶貴經驗及專才，如此才能達到與世界接軌之目標。
- 二、 環境鑑識應涵蓋包括法律、統計，化學、生物、物理及採樣等領域。未來本所因應政府組織改造，成立環境鑑識組，其組織架構只涵蓋化學、生物、物理及採樣四大領域，技術也跟隨各國專家腳步精進中，但對於法律及統計兩大領域，建議可與國內相關專家共同合作，互相吸取經驗及專業知識，以夥伴共贏方式經營，如此對於國內環境鑑識應有極大助益。

附件一 大會相片



大會場所-Isabel Bader Theatre



與會人員團體照



**FORUM FOR
SCIENTISTS, ENVIRONMENTAL CONSULTANTS,
REGULATORS AND ATTORNEYS**



**Victoria College, Toronto, Canada
August 3rd to August 6th 2015**

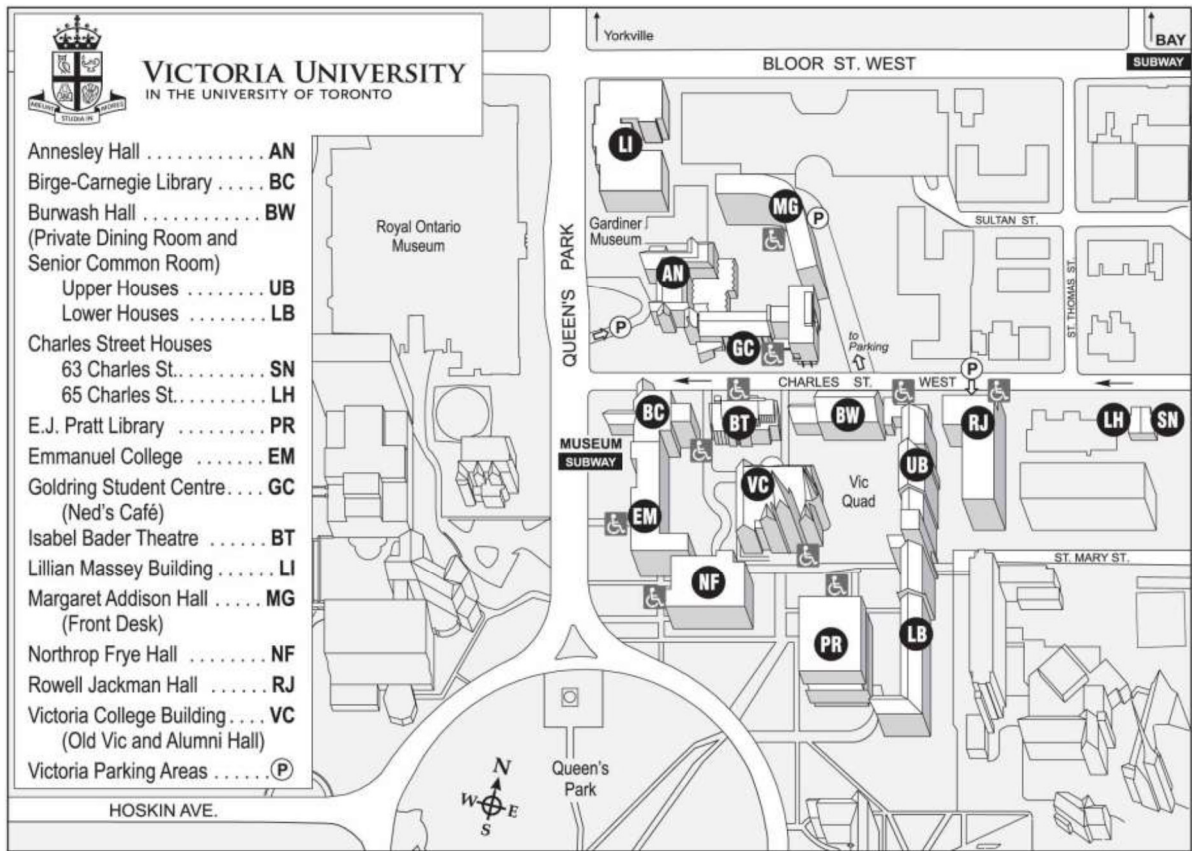
www.rsc.org/inef



大會場址:



View across Victoria College



Victoria University Campus Map

大會議程:

大會口頭報告論文 82 篇

TUESDAY, August 4, 2015	
REGISTRATION	
8:00-9:00	Welcome and Introduction Eric Reiner, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change (Isabel Bader Theater)
9:00-9:10	Where did all the oil go? Stephen Mudge, Exponent, Harrogate, UK (Isabel Bader Theater)
9:10-10:00	COFFEE/REFRESHMENT BREAK
BREAK OUT PLENARY SESSIONS	
ISABEL BADER THEATRE (BT)	
Session 1: Multidimensional chromatography Moderator – David Merson	
10:30-10:50	Environmental and Biological Forensics: Stepping into the Next Dimension (Dunbert Challenge in Ligonston) Donald Patterson, Exponent, GA, USA
10:50-11:10	Identifying organic contaminants in e-waste by GC-GC-HRT Jonathan Byer, LECO Corporation MI, USA
11:10-11:30	A Q-TOF mass spectrometer coupled with GCxGC using APCI: towards a universal mass spectrometry-based system for environmental analysis Karl Jobst, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
11:30-11:50	Characterization of mixed-halogen dioxins and furans in fire debris using GCXGC-TOFMS and APGC-TQS Frank Dorman, The Pennsylvania State University, PA, USA
11:50-12:10	Comprehensive two-dimensional gas chromatography for routine analysis – a powerful tool for identifying non-targeted and other environmental contaminants Alina Muscala, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
12:10-12:30	River water quality monitoring by passive sampling and GCxGC-TOF MS Laura McGregor, Markes International Ltd, Llanissan, RCT, UK
NORTHROP FRYE BUILDING (NF003)	
Session 2: Microbial source tracking Moderator – Ann-Marie Irwin Abbey & Susan Weir	
	Fecal source tracking using Bacteroides genetic marker detection by qPCR Ann-Marie Irwin Abbey, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
	Exploring the utility and limitations of environmental DNA for aquatic monitoring Kristyne Wozney, Ontario Ministry of Natural Resources and Forestry, ON, Canada
	Using host-specificity of a waterborne pathogen to identify contaminant sources and human health risk Jasit Thomas, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
	Simultaneous detection of selected enteric viruses in water samples by multiplex quantitative PCR Dae-Young Lee, University of Guelph, ON, Canada
	Modified qPCR for Enumeration of Infectious Bacteriophage Nicole McLellan, University of Guelph, ON, Canada
LUNCH	
ISABEL BADER THEATRE (BT)	
Session 3: Passive sampling Moderator – Mike Fowler	
13:30-13:50	New possibilities for targeted and untargeted contaminant analysis in environmental samples Dwain Cardona, Thermo Fisher Scientific, TX, USA
13:50-14:10	Evaluation of Alkylated PAH Patterns for Site Characterizing Using LDPE Passive Samplers Heather L. Lord, Maxxam Analytics, ON, Canada
14:10-14:30	Passive monitoring – A guide to sorbent tube sampling for EPA Method 325 Nicola Watson, Markes International, Inc., OH, USA
14:30-14:50	Targeted and Non-Targeted Analysis of Halogenated Organic Contaminants in the Great Lakes Using Passive Sampling Matthew Robson, Brock University, ON, Canada
14:50-15:10	Stability of Polycyclic Aromatic Compounds in Polyurethane Foam-type Passive Air Samplers over O3 Exposure Narumol Jarjaysri, Environment Canada, ON, Canada
NORTHROP FRYE BUILDING (NF003)	
Session 4: Wastewater Moderator – Terry Onal	
	Monitoring community use of illicit drugs by analyzing municipal wastewater Viviane Yargem, McGill University, QC, Canada
	Artificial Sweeteners to Source Contamination from Municipal Wastewater Chris D. Metcalfe, Trent University, ON, Canada
	PCB Contamination in an Aseptic-Coated Storm Sewer: An Environmental and Materials Investigation Eileen M. Skelly, Fraze Full Spectrum Analytical Consultants, NY, USA
	Occurrence of polybrominated diphenyl ethers in landfills and river sediments Olufemi Adefunwa, University of Kwazulu Natal, Durban, South Africa
	Assessment of the potential impact of natural gas extraction on well water quality in the Barnett shale of north Texas Kevin Schug, The University of Texas, Arlington TX, USA
COFFEE/REFRESHMENT BREAK	
ISABEL BADER THEATRE (BT)	
Session 5: Human Exposure Moderator – Donald Patterson	
15:40-16:00	Investigation of Firefighter Exposure to Woodsmoke Jonathan Bloomfield, McMaster University, ON, Canada
16:00-16:20	Associations between estimated dietary intake and maternal urinary bisphenol A (BPA) and BPA-alternatives in a Canadian birth cohort Jinying Liu, University of Alberta, AB, Canada
16:20-16:40	A quick-check chemical testing process for personal safety Clifford L. Holland, Spill Management Inc, ON, Canada
16:40-17:00	Comprehensive Urine Metabolite Profiling for Assessing the Impacts of Wood Smoke Exposures in Firefighters Nadine Wellington, McMaster University, ON, Canada
17:00-17:20	Source apportionment of PBDEs, OH-BDEs, and MeO-BDEs in humans around the globe Deena Buzyn, University at Buffalo, NY, USA
NORTHROP FRYE BUILDING (NF003)	
Session 6: Monitoring freshwater environments Moderator – Nadine Benoit	
	2,4,6,8-Tetrachlorodibenzothiophene in the Newark Bay Estuary Robert Parera, Maroon & Associates, Inc., PA, USA
	Quantification of Cr(VI) at ultra-trace levels in water samples Stefanie Maderler, University of Toronto, ON, Canada
	Nutrient content of algal tissue as an indicator of nutrient enrichment in aquatic ecosystems Michelle F. Eworn, Forensicscopy, ON, Canada
	Use and Usefulness of Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) to Screen for Microcystins and Other Algal Toxins in Drinking Water Jaspal Parmar, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
	Using targeted metabolomics to fingerprint multi-organism responses to great lakes sediment, effluent and surface water exposures John Cosgrove, Environment Canada, ON, Canada
POSTER SESSION (Isabel Bader Theater)	
DINOSAUR SOCIAL (Royal Ontario Museum)	

WEDNESDAY, August 5, 2015	
REGISTRATION	
8:00-9:00	Experts in Environmental Litigation Marc McAtree, Williams & Shier Environmental Lawyers LLP, (Isabel Bader Theater)
9:00-10:00	COFFEE/REFRESHMENT BREAK
BREAK OUT PLENARY SESSIONS	
ISABEL BADER THEATRE (BT)	
Session 7: Polycyclic hydrocarbons Moderator – Xavier Ortiz	
10:30-10:50	Using geochemical data as a forensic tool in petroleum-release mode analysis Gill Oudijk, Thermo Technology, Inc. NJ, USA
10:50-11:10	Resolution of suspected tank release of diesel fuel using sequenparase biomarkers Jun Liu, AECOM, CA, USA
11:10-11:30	The history of hydrocarbon analysis: whence has forensic geochemical hydrocarbon fingerprinting come Michael J. Wade, Wade Research Inc., MA, USA
11:30-11:50	Gas chromatographic evidence and co-mingled distillate weathering indices of multiple diesel fuel spills at a single site Michael J. Wade, Wade Research Inc., MA, USA
11:50-12:10	The C&L Method: its Applicability 20 Years Later Mehran Schilt, Maxxam Analytics, ON, Canada
12:10-12:30	Trends in ratios and patterns in pyrogenic PAH sources David M. Mauro, META Environmental, Inc., MA, USA
EMMANUEL COLLEGE (EM001)	
Session 8: Legal case studies Moderator – Erik Wiersma	
	How would Albert Einstein do as a forensic expert? The Art of Effectively Communicating Complex Information Michael Sklash, Drgm Corporation, and Nathalie Mullins, Gowling Lafleur Henderson LLP, ON, Canada
	Back to the past: site history reconstruction in legal proceedings (cases from Belgium) Piet Schrooten, ERM, Brussels, Belgium
	Mitigation as part of prosecution in an illegal dumping case Jean-Francois David, Compagnie des Experts de Justice en Environnement, Paris, France
	Right to a healthy environment: a key point for legal decision related with eviction of asylum seekers Jean-Francois David, Compagnie des Experts de Justice en Environnement, Paris, France
	Natural Resource Damages Forensics Allen Kasper, Kasper & Whiteley, LA, USA
	Establishment and study of the compensation techniques on marine ecosystem damage in China Zhenhui Gao, National Oceanic Administration, Qingdao, China
LUNCH	
ISABEL BADER THEATRE (BT)	
Session 9: Emerging contaminants of concern 1 Moderator – Karl Jobst	
13:30-13:50	Non-targeted Discovery of New Per-/Poly-Fluoroalkyl Substances (PFASs) in a Chinese WWTP Sample by HPLC-Orbitrap-MS/MS Yanna Liu, University of Alberta, AB, Canada
13:50-14:10	Determination of Hindered Phenol Antioxidants and Benzotriazole UV Stabilizers in the Environment by Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Zhe LU, Environment Canada, ON, Canada
14:10-14:30	Analytical characteristics and determination of novel brominated flame retardants (NBFRs) in Osprey eggs with APGC-MS/MS Dawei Geng, Orebro University, Orebro, Sweden
14:30-14:50	Identification and Occurrence of Dechlorane Flame Retardants in Great Lakes Sediment and their Accumulation in Fish Li Shen, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
14:50-15:10	Analysis of Mixed Halogenated Dioxins by Negative Ion Atmospheric Pressure Chemical Ionization: Implications for Structure Analysis and Environmental Forensics Sujan Fernando, McMaster University, ON, Canada
EMMANUEL COLLEGE (EM001)	
Session 10: Atmospheric source tracking Moderator – Matthew Robson	
	Sources affecting chemical composition of particles in the eastern black sea basin Iker Balciyar, Middle East Technical University, Ankara, Turkey
	Elevated Mercury in Soils - Impacts of Historical Air Emissions (1897-1991) from a Chlor-Alkali Plant (CAP) Gary T Hunt, TRC Environmental Corporation, MA, USA
	Chemometric investigation of full scan membrane introduction mass spectrometric data for discrimination of contaminated air samples Larissa C. Richards, Nanaimo, BC, Canada
	Calculating dust emissions from a source using dust monitoring, dust characterisation and weather data John Bruce, University of Portsmouth, Portsmouth, UK
COFFEE/REFRESHMENT BREAK	
ISABEL BADER THEATRE (BT)	
Session 11: Emerging contaminants of concern 2 Moderator – Matthew Robson	
15:40-16:00	Environmental Health and Safety in Aircraft Cabin: Forensic Facts and Challenges Jean-Christophe Balouet, Environment International, Orrovy, France
16:00-16:20	Ion Mobility Enhanced Separation of Poly-Halogenated Dioxins and Furans in Controlled Burn Samples Lucren Mullin Waters Corporation, Milford, MA, USA
16:20-16:40	Identification of Emerging Environmental Pollutants using High Resolution LC-MS/MS Andre Schreiber, SCIEEX, ON, Canada
16:40-17:00	Identifying Recycled, Hazardous Electronic Waste in Mass-produced Consumer Products Through Non-Destructive Spectroscopy Jeff Geisler, Ecology Center, MI, USA
17:00-17:20	Applications of Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry in environmental analysis Xavier Ortiz Almirall, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
EMMANUEL COLLEGE (EM001)	
Session 12: Inorganic and isotope Forensics Moderator – Stefanie Maderler	
	Delineating sources of salt contamination in litigation matters using geochemical fingerprinting techniques Matt Vanderkooy, Geosyntec Consultants, ON, Canada
	Environmental Forensic Microscopy: Source Determination of Fugitive Particulates Richard S. Brown, MVA Scientific Consultants, GA, USA
	Natural Abundance Radioisotope Analysis as a Tracer of Petroleum Hydrocarbon Sources and Biodegradation Greg F Slater, McMaster University, ON, Canada
	Exploiting stable Hg isotopes to differentiate between Hg Sources: Gold mining vs. land use change Bridget Bergquist, University of Toronto, ON, Canada
	Source apportionment with stable isotopes of lead Stephen Mudge, Exponent, Harrogate, UK
POSTER SESSION (Isabel Bader Theater)	
TERRACE DINNER FOLLOWED BY PUB CRAWL (The Maddison)	

THURSDAY, August 6, 2015

8:00-9:00		REGISTRATION
9:00-10:00	From Molecular Structure to Global Processes: NMR Spectroscopy in Environmental-Analytical Chemistry André Simpson, University of Toronto, ON, Canada (Northrop Frye Building)	
10:00-10:30	COFFEE/REFRESHMENT BREAK	
BREAK OUT PLENARY SESSIONS		
	NORTHROP FRYE BUILDING (NF003) Session 13: Persistent Organic Pollutants Moderator – David Merson	EMMANUEL COLLEGE (EM001) Session 14: Statistics Moderator – Sri Chandhuri
10:30-10:50	Persistent Organic Pollutants in Tree Bark Angela A. Peverly, Indiana University, IN, USA	"Outliers" in univariate statistical fingerprinting Michael J. Bock, Ramboll Environ, Portland, ME, USA
10:50-11:10	Dioxin Characterization of Suspended Sediment and Evidence of Natural Recovery Following Sediment Remediation Lisa Richman, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada	An Historical Perspective on Principal Components Analysis and Factor Analysis in Environmental Forensics Glenn Johnson, University of Utah, Salt Lake City, UT, USA
11:10-11:30	Chlorinated dioxins and furans in tree bark from an industrialized area at Sangset, IL, USA Mark Hermanson, Hermanson & Associates LLC, MN, USA	Use of geochemical modeling and multivariate statistics in order to understand the flow of acid rock drainage from an abandoned mining site Mattias Bäckström, Örebro University, Örebro, Sweden
11:30-11:50	Exposure assessment of estrogenic effects and aryl hydrocarbon receptor agonists in Three Gorges Reservoir, China using SPMD-based virtual organisms Jingqian Wang, Chinese Academy of Sciences, Wuhan, China	Application of Ensemble Environmental Forensics to PAH Source Attribution Jasna Petric, Exponent, Inc., Maynard, MA, USA
11:50-12:10	A Quantitative LC-MS/MS Study of the Partitioning, Transport, and Fate of Pesticide Residues on Soil Heather Gamble, IONICS Mass Spectrometry Group, Inc. ON, Canada	Three steps for conducting an effective analytical method equivalency Mountspha Oke, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada
12:10-13:10	LUNCH	
	NORTHROP FRYE BUILDING (NF003) Session 15: Advances in analytical assessment Moderator – Karl Jobst	EMMANUEL COLLEGE (EM001) Session 16: Compound specific isotope analysis Moderator – Silvia Mancini
13:10-13:30	The determination of nonylphenol and nonylphenol ethoxylates in water by liquid chromatography tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) Holly Lee, Ontario Ministry of the Environment and Climate Change, ON, Canada	Environmental molecular diagnostic tools Yi Wang, Pace CSLA Center of Excellence, PA, USA
13:30-13:50	Cylindrical Time Capsules: Probing our Environmental Legacy with Greater Chronographic Resolution Michael Easterling, Bruker Corporation, 40 Manning Road Manning Park Billerica, MA, 01821, USA	Compound Specific Isotope Analysis at the sediment – water interface Elodie Passerot, University of Toronto, ON, Canada
13:50-14:10	Chromium in reductive high-temperature conversion improves the accuracy of organic hydrogen stable isotope ratios Marius Gellere, Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany	Use of two-dimensional (2D) compound specific isotope analysis (CSIA) to source benzene impacts in groundwater Natalie Simpson, Dillon Consulting Limited, ON, Canada
14:10-14:30	Exploring the potential to fingerprint naphthenic acids using GC×GC-TOFMS David T. Bowman, McMaster University, ON, Canada	Application of CSIA to Understand Sources and Biodegradation of Benzene and Chlorobenzenes Silvia Mancini, Geosyntec Consultants Inc., ON, Canada
14:30-14:50	Concurrent Solvent Recondensation – Large Volume Splitless Injection to Avoid Discrimination in GC Analyses of Environmental Forensics Samples Jack Cochran, Restek, Bellefonte, USA	Stable carbon isotope analysis of chlorofluorocarbons in contaminated groundwater - a method to explore degradation Axel Horst, Dept. of Earth Sciences, University of Toronto, ON, Canada
15:00-15:20	Closing remarks and presentation of the student awards (Northrop Frye Hall)	

大會壁報論文 16 篇

Andrei Starostine	Identification of Chlordecone Decay Products in Soil.
Suh-Huey Wu	Source Identification of Diesel Fuels Using Diagnostic Ratios of Source-specific Marker Compounds with Principal Component Analysis
Shunji Hashimoto	Selective and comprehensive analysis of organohalogenes by GC×GC-HRTOFMS
Stephanie Turnbull	First Step for on-line Position Specific Stable Isotope Analysis: On-line Collection and Concentration of Compounds of Interest from Complex Environmental Samples
Michelle Palmer	Testing the use of fluid imaging to analyze algal blooms
Lauren Mullin	Determination of AFFF Components Using a Multivariate Analysis Approach Following LC-QToF MS Analysis
Laura McGregor	Fast analysis of TO-15/TO-17 air toxics and beyond in urban air using TD-GC-TOF MS
Paulina Piotrowski	Characterization of hydraulic fracturing fluids using GC×GC – HRT
Lisa D'Agostino	Tandem Mass Spectrometry and Mass Defects for the Identification of AFFF Fluorinated Surfactants and Biodegradation Products
Melanie Edwards	Cautions on the Treatment of Non-Detect Results for Environmental Forensics
Ingrid Ericson Jogsten	Development of a master of chemistry in environmental forensics – a collaboration between Örebro University and industry
Rebecca Gordon	The removal of biological and chemical contaminants from water by capacitive deionization
Shenglan Jia	Thermal debromination products of deca-BDE
Yasmeen Vincent	Validation of a Real-time PCR method for the detection of Adenovirus in Ontario groundwater
Wei-Nung Hung	Application of Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography with Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC/2GC-TOFMS) for Oil Spill Environmental Forensics
David Bowman	Exploring the Potential to Fingerprint Naphthenic Acids using Comprehensive Two-Dimensional Gas Chromatography-Time-of-Flight Mass Spectrometry (GC×GC/TOFMS)