

出國報告(出國類別：國際研討會)

參加「第 39 屆國際鹵化持久性有機污染物－戴奧辛研討會」報告

服務機關：行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

姓名職稱：曾昭銘 副研究員

派赴國家：日本京都

出國期間：108 年 8 月 25 日至 108 年 8 月 30 日

報告日期：108 年 11 月 25 日

摘 要

今年 (2019)第 39 屆「國際鹵化持久性有機污染物－戴奧辛研討會 (39rd International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants－Dioxin2019)」於國立京都國際會館 (Kyoto International Conference Center) 舉行，會期自 8 月 25 日至 8 月 30 日，共計 6 日。本屆研討會有超過 30 個國家的科研人員發表 600 篇短篇及延伸形式的摘要(short and extended abstracts)，其中 272 篇宣讀論文涵蓋 42 個議題，分五個會場同步進行，壁報論文展示則有 328 篇。本次研討會之議題除了斯德哥爾摩公約關注的持久性有機污染物(POPs)，如:PCDD/F，PCB 及 PBDE 外，全氟化物(Perfluorinated compounds, PFCs).及短鏈氯化石蠟(SCCPs)的分析監測篇數也都各有五分之一強的發表篇數，除了分析技術的開發優化，對於這些 POPs 在環境、農業及食品中之調查及暴露量評估、毒理與流行病學研究、以及容許限量值的重新評估、快速篩檢技術，以及透過海洋塑膠微粒與大氣顆粒的轉移途徑，都有研究發表。此次在研討會的贊助廠商，主要以標準品供應商、質譜分析儀器及自動化前處理設備為主。

本次會議還參加周邊的研討會，如日吉株式會社針對戴奧辛生物篩檢技及環境污染物處理的技術研討會，也藉著地利之便參訪島津儀器公司的儀器生產線及大健康研發中心，實地瞭解諾貝爾獎得主田中耕一從事科研開發的工作環境，及該公司對於跨入生醫檢測的成果及願景，乃本次出國會議中印象最深刻的行程。

關鍵詞：戴奧辛呋喃(PCDD/F)、多氯聯苯(PCB)、多溴聯苯醚(PBDE)、短鏈氯化石蠟(SCCPs)、全氟化物(Perfluorinated compounds, PFCs)、溴化阻燃劑(brominated flame retardant, BFR)、氣相層析串聯質譜儀 (GC/MSMS)

目 次

摘要

壹、目的..... 4

貳、過程..... 5

叁、心得..... 13

肆、建議.....16

附錄一：議程

附錄二：發表論文摘要

壹、目的

自 2001 年國際間簽署斯德哥爾摩公約起，全球希冀努力共同控制並解決有機氯農藥、戴奧辛呋喃及多氯聯苯引起的環境問題，該公約最初關注的標的為有 12 種化學物質，迄今已增加到涵蓋溴化物及氟化等 26 種化學物質，並於 2015 年 5 月在斯德哥爾摩公約締約方大會第七次會議召開時列入公約。為了讓我國在此議題上能接軌國際趨勢，瞭解各國在分析技術、調查監測、風險評估及污染管制的新知，復以本所戴奧辛實驗室因應邊境檢驗大閘蟹樣品而建立精進的檢測方法，藉由此研討會張貼發表壁報論文「Application of Automatic Clean-up System Coupled with GC/MSMS for Rapid Screening of Dioxin-Like Compounds in Chinese mitten crabs」，由於該方法建立在歐盟最新認可的氣相層析串聯質譜儀原則，因此同時張貼另篇論文「Assessment of GC/MSMS Applied as the Screening Method for TEQ of Dioxin-Like compounds in Food and Feed」以補充論述本所引進 Shimadzu GCMS-TQ8050 建立戴奧辛多氯聯苯的儀器分析參數，檢測多種食品及飼料，並列出不同樣品基質以高解析氣相層析質譜儀(HRGCMS)與氣相層析串聯質譜儀(GC/MSMS)測得總毒性當量的結果比對，期以向國際專家學者分享最新結果，同時透過會議的宣讀論文及壁報論文，進一步掌握國際間在持久性有機污染物分析的樣品前處理自動化設備及分析質譜儀的研究進展。

貳、過程

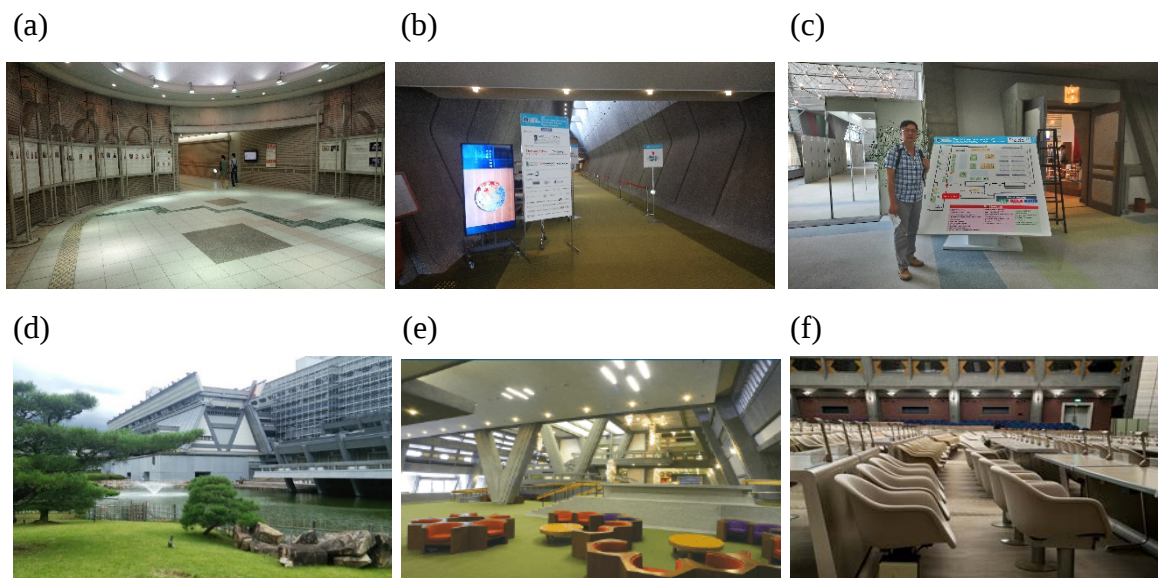
一、行程紀要

第 39 屆含鹵持久性有機污染物國際研討會（39rd The International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants）於日本國立京都國際會館（Kyoto International Conference Center）舉行，會議時間為 2019 年 8 月 25 日至 8 月 30 日共計 6 日（如表一所示）詳細議程參見附件一。

日期	地點	行程
8/24	啟程	自桃園國際機場至日本關西機場 搭乘新幹線至京都住宿
8/25	京都大學聯合會	參加日吉株式會社舉辦的 戴奧辛生物篩檢技術研討會
8/26	京都國際會議中心	參加開幕典禮、大會演說、 分組演說及迎賓晚宴
8/27		聆聽大會分組演說及參觀壁報論文
8/28	島津製作所	參加大會演說及分組演說 參觀島津儀器公司及大健康研發中心
8/29	京都國際會議中心	聆聽分組研討會演說及 解說本所發表的兩篇壁報論文
8/30		參加大會演說、結論會議及閉幕典禮
8/31	返程	自日本關西機場至桃園國際機場

不同於許多國際研討會在國際大飯店舉辦，本屆會場位於國立京都國際會館（Kyoto International Conference Center），該會館是日本第一個由國家設立的會議設施，在全球環境議題上具有舉足輕重的地位，眾所熟知規範溫室氣體排放量的《京都議定書》即 1997 年在此簽立訂約，後續多次重要國際會議也在

此舉辦，筆者在會議前一天即前往探路，從市區搭地鐵約莫二十分鐘可抵達，整個會場被寶池公園伴著花木扶疏的山水風光，會館主體是個兼具現代與傳統特色的建築，可作為國內在舉辦類似規模的國際研討會之參考。



圖一、本次會議場地:(a)地鐵京都國際會館站展示重要的環境學者，(b)會館報到處的長廊入口，(c)海報展示前的布置廳，(d)京都國際會館外觀，(e)會館內部一隅，(f)會館演講廳。

二、議程主題

本次會議計有來自超過 30 個國家地區的專家學者、政府官員及研究生約 700 多人與會，壁報論文約 328 篇及 272 篇口頭報告呈現，在 26 日至 30 日上午都有一場大會講演(Plenary Lectures)，五場的講題摘述如下：

PL1: The AhR: A Major Player in Cancer Aggression and Immune Checkpoint Regulation

身為波士頓大學環境健康、病理學及實驗醫學教授的Sherr博士，也同時是NIH超級基金支助的研究計畫主任及乳腺癌基金會研究計畫聯盟的主任。過去他著重研究AhR在免疫細胞發育和腫瘤發生中的作用，尤其是關於AhR在免疫抑制性免疫細胞的功能產生和作用。他的實驗室證明了芳香烴會損害形

成抗體形成細胞所需的骨髓細胞功能。這些細胞對於抵抗病毒和細菌的免疫保護至關重要。這項工作在Sherr博士關於淋巴細胞發育的個體發育的研究生研究中得到了驗證。近年來，他的實驗室也專注於引發和維持乳腺癌的分子機制，以及環境化學物質對這些過程的影響，實驗室發現，稱為芳烴受體（AhR）的細胞蛋白受體在人類乳腺癌的發生和發展產生重要作用。部分結果解釋了環境化學暴露與乳腺癌風險之間的關係，但最重要的是，有些結果顯示，即使在沒有環境化學物質的情況下，AhR也會驅動人類乳腺癌細胞侵襲甚至可能轉移。這些觀察結果導致了AhR抑製劑的發展，該抑製劑可阻斷AhR活性並防止腫瘤細胞侵入。因此，實驗室的近期目標之一是開發有效的AhR抑製劑，用來作為新穎的標靶治療劑以治療所有乳腺癌，尤其是用於治療「三陰性」或對化療耐藥的乳腺癌。有趣的是，初步研究表明這些AhR抑製劑可用於治療其他幾種癌細胞。Sherr博士實驗室的新研究領域是分析AhR在血球細胞發育中的作用，從環境科學和醫學科學的角度來看，這些研究都極為重要，目前的研究結果顯示，AhR在血球細胞正常發育中扮演重要角色，常見的環境污染物可能會通過乾擾AhR信號傳導而改變正常血球細胞發育的可能性。

PL2: Hazardous chemicals in marine plastics and their threat to marine organisms

在這個講題中，東京農業技術大學的Hideshige Takada教授，說明持久性有機污染物如何透過海洋微粒對人體形成一種新的暴露途徑，雖然說各種大小的海洋生物都會攝取海洋塑料和微塑料，但最近有調查發現貝類和魚類也會攝取微塑料（<5毫米），再透過營養傳遞而加速了塑料在整個海洋生態系統的擴散。微塑料可能對海洋生物及人類造成物理傷害及化學威脅，由於許多塑料會添加多種化合物（Yamashita等人，2018），例如：增塑劑、紫外線穩定劑、抗氧化劑及阻燃劑以保持其性能。親水性添加劑會保留在塑料和微塑料中

(Yeo等人, 在本次會議上)所在的海洋環境, 但塑料和微塑料所吸收並累積的持久性有機污染物(POPs)因為其疏水特性, 所以不會被周圍的海水吸收。

「國際顆粒觀察」組織(IPW; <http://www.pelletwatch.org/>)持續發布世界各地海灘上微量塑料中累積的POPs, 一項重要的發現是, 高持久性有機污染物的微塑料偶而會在偏遠地區檢測, 這意味著微塑料將POPs攜帶到偏低地區背景污染。這是由於持久性有機污染物在塑料中的吸附/分解速度較慢以及不可降解塑料的性質。海洋生物食入塑料中的有害化學物質會轉移並將其積累在組織中, 從浸出實驗(Tanaka等, 2015), 飼餵實驗(Teuten等人, 2009年), 暴露實驗(Wardrop等人, 2016年)和現場觀察(Yamashita等, 2011; Tanaka等, 2013)都可驗證這些生物效應。儘管塑料中的添加劑因為其疏水性, 不大可能從塑料產品浸滲到食品或飲料, 而對人體造成明顯暴露危害。但是, 當塑料在海洋環境中破碎成較小的碎片, 而被海洋生物攝入後, 它們可能與消化道的油性成分接觸, 且添加劑可能會浸到消化液中, 轉移並積累在生物組織中。這是塑料添加劑對於海洋生物及最終食用海鮮人類, 所提供的一種新暴露途徑。

在評估與攝入塑料接觸化學物質相關的風險時, 需要與該區的生物背景值進行比較。例如在傳統工業區, PCB污染值就很高, 因此由塑料作為媒介的暴露或許可以忽略, 而在偏僻的海灘背景污染低, 若大量塑料滯留, 透過塑料作為媒介的暴露就很明顯, 在本次會議中Mizukawa等人就有相關發表。此外, 塑料可能是此類添加劑的重要途徑, 即使未被放大到高階生物, 例如海鳥攝入塑料而累積高量的溴化二苯醚在體內, 就是一個典型的例子(Tanaka等, 2013), 微塑料最初漂浮在海面上, 但其中一些在深水腐蝕之後會沉入海底, 接著會有生物膜附著在微塑料上(Zettler等人, 2013), 這就為微塑料提供了沉降力。在底部沉積物中可以檢測到微塑料(例如Matsuguma等, 2017), 由於密度低, 微塑料可以很容易透過再懸浮與橫向運輸而擴大分布範圍。也由於塑料對於疏水化合物, 包括底部沉積物中的傳統持久性有機污染物, 具有

很高的親和力。因此，微塑料可能會轉移殘留的持久性有機污染物，並可能延長傳統污染的時間。未來在研究海洋中微塑料的動態運輸議題中，應進一步探討環境因子對持久性有機污染物的媒介作用。

PL3: Modelling persistent organic pollutants: mechanistically linking chemical production to human exposure and health effects

加拿大多倫多大學物理與環境科學系的Frank Wania 教授，在演講中簡要回顧持久性有機污染物環境宿命模型的發展歷史，尤其是如何將單一化合物的宿命過程量化提供整合模式系統所用，以連接化合物生成量對人類和野生生物可能發生的生物效應。對持久性有機污染物的暴露進行模式建構的動機有很多種，包括風險評估和管理，支持生物監測和流行病學調查，辨別出有高度化學品暴露風險的人口族群。Wania 教授特別強調持久性有機污染物採用綜合建模策略的好處，特別是考慮排放和暴露之間的滯留時間，以及主要暴露途徑隨時間的改變。如果化學物質的使用和排放情境，暴露因素，或環境隨著時間的推移，可以通過相關過程的機械式推導，就能夠量化出食物鏈頂端生物的污染物暴露量隨時間的變化值。研究的例子包括某種化學物質的禁止生產和使用，世代間飲食習慣的改變，人口或氣候變化。當中呈現出他們建立整合式模型過程中所克服的挑戰，雖然想保持模式建立的簡單化及簡約性，但坦言整個建構過程確實極為複雜。

PL4: Human Biomonitoring and Exposomics of Legacy and Emerging Chemicals

比利時Antwerp大學的毒理中心教授Adrian COVACI博士，透過已建立的人體生物監測模式，評估許多化學品的暴露，包括持久性有機污染物（POPs）。這種方法可被參採制定法規措施，依照人口的時間趨勢及已知化合物的濃度參考值和範圍，他們選定250-300種已知的持久性和非持久性化學品。但隨著越來越多的化學藥品進入市場，人們越來越需要估算暴露於這些新興污染物。

質譜的最新進展已經能檢測到並確定新出現的污染物或其代謝產物的篩選技術。分析方法包括：目標物篩選、疑似物篩檢和非目標的高分辨率質譜（HRMS）篩選。使用這類高階工具，可以充分利用識別特定生活方式的暴露特徵，亦即不同化合物可能關連到特定的行為模式。

此外，使用HRMS篩查技術可應用於人類生物監測與暴露的方法。理論上，一種暴露的方法包括了所有潛在的暴露對健康的重要性，無論它們是來自外源性（例如污染物、飲食或藥物），還是內源性（例如激素、人體和微生物的代謝產物）。由於生物檢體中化學物質的含量，可反映出暴露的廣泛性（暴露後產生的生物標誌物），也揭示暴露的後果（生物標誌物的效應），因此藉由生物暴露的表徵總體監測(exposomic biomonitoring)，是一種獲取個人暴露資料的有效方法，將這個模式納入傳統的生物監測方法，提供改善暴露評估的模式，過去常規方法只能通過測量幾百種目標化學藥品，且著重在較易降解的化合物，瞭解每天暴露於成千上萬種廣泛的關聯研究（EWAS）中的化學物質和暴露的後果，及來自非目標分析的豐富數據集，為找出健康危害提供一條途徑，然而迄今對於這些暴露，尚未有嚴謹的討論，應該制定更準確的預防措施，以防止暴露環境新材料和新產品中的新興污染物。

PL5: Dioxin and health effects in Vietnamese

從 1961 年到 1972 年，美軍大約灑下 7400 萬公升噴灑落葉劑以摧毀北越的森林冠層和農作物，由於落葉劑的「橙劑」配方中含有氯化苯氧基除草劑作為有效成分，更重要的是，大多數脫葉劑都含有劇毒的副產物二苯並戴奧辛呋喃（PCDD / Fs）和多氯聯苯。越南自然資源與環境部的長官 Minh 指出在越南戰爭期間噴灑的 PCDD / F 總量為毒性當量（TEQ）在 366 至 1223 公斤之間，相當於全球戴奧辛呋喃（PCDD / Fs）產量 140 公斤/年。今天存在的橙劑戴奧辛熱點是美國軍區儲存的橙劑洩漏溢出，因此導致土壤中 PCDD / Fs 的污染增加。到目前為止，峴港和富貓兩個主要熱點的污

染土壤已通過「滲透熱解吸」和「安全填埋」。據紀錄，約 112.5 萬公頃土地被噴灑一次落葉劑，此外 0.382、0.136、0.048 和 0.019 百萬公頃被分別噴灑了 2、3、4 及大於 5 次，造成大片土地的葉子植被和草叢廣泛消失。已知 PCDD / Fs 可通過不同的熱過程（例如廢物焚化，冶金生產，水泥生產，燃煤電廠和工鍋爐）。另外，越南對戴奧辛及相關化學物質的無控制燃燒，也積極持續關注。在這種情況下，露天焚燒城市廢物和對金屬電子廢物進行熱處理恢復令人擔憂。在這項研究中，越南最近對上述污染物中戴奧辛的污染和排放的研究結果彙整重要的來源，以提供對環境當前狀態的評估越南 PCDD / Fs 的污染和來源。

歸納本次的發表主題可發現，無論是戴奧辛呋喃或多氯聯苯的分析監測，在數量上都較過去幾年有減少的趨勢，顯見在此類化合物的控制上，已有長足的成效，以至於有部分學者開始倡議降低現行食品飼料的最高容許限量。其中德國學者 Malisch R 在其講演中提到在 2018 年 11 月 20 日由歐洲食品安全局（EFSA）首次公佈的食品飼料中戴奧辛和多氯聯苯對人類和動物健康的風險審查報告，建議將每周可容忍的新攝入量（TWI）設定為 2 pg/kg bw/week，較先前設定的歐盟可接受攝入量低七倍，且過去認為危害最大的 PCB126 之毒性可能被高估了，預期 EFSA 將針對戴奧辛的 MRL 降低限量值，但這涉及個別國家實驗室的分析能力，包含篩檢方法的檢出極限須能達到新制定值得檢出要求，此議題的發展需要持續關注。

而與本所此次發表題目較有相關者，乃有中國學者利用 PTV GC/MSMS 以增加五倍的進樣量來提高檢測感度，應用在奶蛋魚等樣品，其與 GC/HRMS 的分析結果相當一致，惟與本所發表內容不同處在於進樣量的高低，固然提高分析物可確保所有的同源物濃度能與高解析質譜數值相近，然而基於篩檢目的，本所在不增加進樣量的情況下，測得樣品毒性當量濃度即足以達到初篩標準，且可避免大樣進量造成儀器維護頻度的增加，另一位戴奧辛年會的常客，比利時學

者 Jean-François Focant，本次也口頭發表一篇「Confirmatory measurement of PCDD/Fs and (n)dl-PCBs in food/feed using a new short collision cell triple quadrupole GC-MS/MS system」，他採用的三段式質譜儀 Jeol (Tokyo, Japan) JMS-TQ4000GC 也是搭配 PTV inlet，然而進樣量(2~4 μ L) 不若前述中國學者多(5 μ L)，且其質譜儀特點為配備鈦離子化腔室和新穎的極短碰撞區，通過非常窄的脈衝累積和噴射離子，可以極小化背景雜訊並改寫訊號累積時間以達到更靈敏的選擇反應監測模式 (SRM)。由此看來，本所在以 GC/MSMS 在食品飼料的分析技術及基質比對結果，具有相當的參考價值，從 JF Focant 及其他人士在海報張貼會場首日就來瀏覽並索取資料，可知在環境分析領域已相當成熟的 GC/MSMS，當被應用在食品分析範疇，仍有相當程度的挑戰及問題待克服，所幸，在本次發表的大閘蟹基質，由於戴奧辛及多氯聯苯同源物濃度相對於其他生物基質的背景濃度來得高許多，因此採用 GC/MSMS 分析相當穩定且與公告方法結果相當一致。在解說海報的過程，尚有東京都健康安全研究院食品化學部檢驗官員、臺灣大學食安所袁子軒助理教授及俄羅斯科學研究院的檢驗部門副主任的 Andrey 博士共同交流意見。

叁、心得

由此次會議發表的海報及口頭論文議題，可看出全氟辛烷磺化物的分析監測篇數將近有五分之一強，另一個篇數也有五分之一強的重要議題就是短鏈氯化石蠟(SCCPs)，由於分子式可組成為數眾多的同源物，因此有很多篇海報在探討如何更有效分析這類 Paraffins 化學物質，國內在全氟辛烷磺化物的分析技術及環境調查已知有許多成果發表，然而在 SCCPs 的分析技術及調查成果相對投入較少，尤其在食物鏈的含量累積調查研究值得主管機關開始重視。

本次京都會議之行，印象最為深刻之處，莫過於參訪日本島津公司的生產基地，同行者包含成功大學李俊璋教授、張偉翔博士、陳秀玲教授，陽明大學紀凱獻所長、張榮偉副教授及中原大學江政傑博士等學者，環保署劉廣尉科長以及義美公司的檢驗室張士強主任，日本島津的工程師田中耕一即為 2002 年諾貝爾化學獎得主，田中本人卻僅低調地在他的實驗室專注工作，而不願接見外界訪客，不難理解何以僅有學士學位的他，能獲得眾多博士級教授學者一生追求的殊榮，持續專注的研發，正是科技不斷前進的動力。在訪廠過程，透過導覽解說也瞭解到日本島津的儀器價格為何相對於其他歐美廠牌更具競爭優勢，主要原因之一在於他們會在精密零件組裝過程中，設計出較為簡易卻有相同效能的流程，例如以組合式帳幕取代高規格防塵室。整個工廠除了零件組裝外，有更多空間用來陳列建廠歷史說明、共同合作實驗室、儀器展示室、且在休息沙發區有許多人文哲社會設計類的書籍，旨在導入跨領域思維激發員工產出新的儀器應用設計，看得出日本島津公司期許自家公司不只是一家儀器生產公司，更多時候是想發揚島津最早將 X 射線應用在健康照護上的光榮歷史，目前正在積極與日本研究型醫院合作研發，希望透過代謝組體學，能篩檢出癌前病變的小分子微量痕跡。從這點來思考本所的發展，我們擁有極高的質譜分析量能，在分子生物領域的研發上也具有優異的發展，更遑論動物試驗及田區試驗的經驗均有世界認證的品質，未來若能整合各實驗室間的研究專業，整合開創

出以高階質譜分析應用在植物病蟲害前期的診斷，相信可開創出植物醫學的精準診療。

(g)



(h)



(i)



(j)



圖(g):參訪日本島津的同行學者專家，(h)展示腦功能掃描診斷系統，(i)可遙控上機分析的概念實驗室，(j)展示島津發展歷史的大廳。

藉由這次研討會多面向的議題講演及海報展示，除了掌握國際間在持久性有機污染物的關注趨勢外，也看到一些新式或改良的自動化前處理儀器，成功大學李俊璋教授此行率團發表四篇有關國人取食的暴露風險評估，從此次大會發表數量增加不少的全氟辛烷化合物及短鏈氯化石蠟的議題來看，未來政府應正視並投入資源以關注此類化學物質在環境流布、農業監測及取食評估的風險，並鼓勵產官學實驗室間的合作，藉由學術單位建立方法，政府實驗室先期監測，再開放民間實驗室參與風險評估的檢驗項目，如此分工合作的架構，當可減少政府檢驗負擔，並藉由民間廣大的檢驗量能，建立更全面的食安監測網。本次是個人十年來第三次參加戴奧辛國際研討會，不同於過去戰戰兢兢的針對各個

演講議題的細節都希望能擷取，此次試著以較寬廣的角度來瞭解發展趨勢，並藉由他國實驗室的最新技術發展，定位本所分析技術的實力並檢視前瞻開發方向，而此行更重要的發現多是來自會場中或會場外的交流，無論是與國內學者同行參訪過程的意見交換，或與日本官方檢驗官員及儀器廠商技術代表的交談，都能從中發覺未來值得投入開發的議題或是開展合作計畫，也因此獲得更多的視野及契機，循此，將來我們可藉由科研合作在國際交流上取得更多機會及資源。

肆、建議事項

1. 建請我國科技計畫能整合產官學量能，針對重要的新興化學物染物在環境流布、食品監測及取食風險上，由上而下徵求跨部會及民間參與的整合型計畫，避免零散式計畫重複，減少資源浪費。
2. 為了能更有效利用我國科技經費，建議加強大學院校及政府試驗單位之間的合作，仿照日本島津的共同育成實驗室，結合學術機構堅強的實驗設計及整合能力，官方研究單位如本所的硬體資源及研究經費，透過兩者間的共同開發合作，當可開展出更多具有原創性的研究成果。
3. 近來政府強化南向交流，以戴奧辛檢驗而言，有些東南亞國家的檢驗需求係透過商業實驗室快遞交寄至歐洲實驗室分析，我國相對更具有距離及量能優勢，建議未來能在南向交流項目上增列檢驗合作，除了協助友國建立食安間監測網絡，也可為國內檢驗實驗室開拓新市場，實為雙贏政策。