

「含鹵素持久性有機污染物」研究概況介紹

徐慈鴻、李貽華

前 言

持久性有機污染物(Persistent Organic Pollutants，簡稱 POPs)具有不易分解與生物累積性，對人體與環境產生危害影響；並具有蚱蜢效應(Grasshopper Effect)，能經由不斷蒸發及沈降，藉由空氣、水及生物個體而傳遞至遠距離之非排放源地區，連北極、南極地區純淨的生物棲息地亦難倖免；是一屬於全球性的問題，國際間皆相當重視。

1999 年比利時發生乳、蛋食品受戴奧辛污染事件，引起全球極度的恐懼；2005 年我國發生彰化縣線西鄉及伸港鄉鴨蛋戴奧辛含量偏高事件，及 2006 年台北縣林口及八里的羊肉戴奧辛含量偏高事件，除對農友造成莫大損失，並導致消費者對國產農畜水產品之食用安全性產生疑慮。為維護我國農、畜及水產品的衛生安全，本所於民國 95~97 年間奉農委會指派分別成立戴奧辛生物快速篩檢實驗室及化學分析實驗室，協助監測農、水、畜產品中的戴奧辛等持久性有機污染物的含量。為瞭解國際間有關持久性有機污染物研究之最新趨勢，包括 POPs 的檢測分析技術、生態及毒理研究、污染事件的探討、相關法規及允許限值的訂定等，筆者參與 2009 年於中國舉辦的「第 29 屆含鹵素國際戴奧辛持久性有機污染物國際研討會—戴奧辛 2009」，希望經研討會議，將研究成果透過論文及壁報展示與其他國家相關領域之研究人員進行學術交流，瞭解其他國家面臨農水畜產品戴奧辛污染事件時的危機處理經驗及後續補救措施，為使相關領域研究人員了解「持久性有機污染物」之研究概況，本文將「含鹵素持久性有機污染物國際研討會」的相關資料及研究範疇概述如下。

含鹵素持久性有機污染物國際研討會 (國際戴奧辛研討會)簡介

國際戴奧辛研討會 (The International Dioxin Symposium) 始自 1980 年，除了 1983 年未舉行會議之外，每年在主辦國家舉辦為期一週的會議，參與研討會的研究人員從早期 600~800 人逐漸增加，至目前約有 800~1000 人；自 1990 年起，每年在研討會中所發表的論文(short papers)則匯集成論文集「Organohalogen Compounds」及光碟，提供各界查詢參考；隨著對持久性有機污染物之關注，國際戴奧辛研討會會議名稱自 2006 年起改為「含鹵素持久性有機污染物國際研討會—戴奧辛 20XX」(International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants - Dioxin 20XX)，同樣以「Dioxin 20XX」為簡稱。戴奧辛研討會所探討的主題涵蓋：含鹵素持久性有機污染物(POPs)的分析及環境化學(analytical and environmental chemistry)、分子生物學(molecular biology)、人體健康(human health)、風險評估(risk assessment)及風險管理(risk management)等領域；關於國際戴奧辛研討會的相關資訊可參考「Dioxin 20XX - International Dioxin Symposium Website」網站，見(圖 1.)，該網站提供年度開會訊息外，也提供論文集「Organohalogen Compounds」文章的查詢及下載。



圖1. 戴奧辛國際研討會網站。

<http://www.dioxin20xx.org/index.html>

2010 年第 30 屆「含鹵素持久性有機污染物國際研討會－戴奧辛 2010」(30th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin 2010)) 的開會地點為美國德州聖安東尼，關於此次研討會的會議議程及主題(Scientific Program Topics)可由 Dioxin2010 網站(<http://www.dioxin2010.org/>)直接得到充分訊息；而 2011~2013 年的戴奧辛國際研討會依序由比利時、澳洲及南韓等國主辦。我國公部門以環保署及衛生署所屬研究單位同仁自民國 81 年(1992)起陸續參與戴奧辛國際研討會(見表 1)。

表 1. 戴奧辛監測業務相關單位參與戴奧辛國際研討會的情形

民國	會議名稱	地點	環保署 (人)	衛生署 (人)
81 年	第 12 屆戴奧辛國際研討會及參觀考察學術(Dioxin 1992)	芬蘭	—	2
84 年	第 15 屆國際有機污染物與戴奧辛年會報告(Dioxin 1995)	加拿大	1	—
85 年	第 16 屆國際有機污染物與戴奧辛會議(Dioxin 1996)	荷蘭	1	—
87 年	第 18 屆國際有機污染物與戴奧辛研討會(Dioxin 1998)	瑞典	1	—
91 年	第 22 屆國際鹵化環境有機污染物及持久性有機污染物暨 2002 年戴奧辛研討會(Dioxin 2002)	韓國	1	—
94 年	第 25 屆國際含氯及不易分解有機污染物年會及研討會 (Dioxin 2005)	加拿大	—	1
95 年	第 26 屆國際鹵化持久性有機污染物－戴奧辛研討會(Dioxin 2006)	挪威	—	1
96 年	第 27 屆 2007 年國際有機污染物戴奧辛研討會(Dioxin 2007)	日本	1	1
97 年	第 28 屆 2008 年國際有機污染物戴奧辛研討會(Dioxin 2008)	英國	1	—

—：未參加。

(資料來源：公務出國報告資訊網)

「第 29 屆含鹵素持久性有機污染物國際研討會」研討重點

含鹵素持久性有機污染物涵蓋的化合物種類包括有多氯二聯苯戴奧辛 (PCDDs, polychlorinated dibenzo-p-dioxins)、多氯二聯苯呋喃 (PCDFs, polychlorinated dibenzofurans)、多氯聯苯 (PCBs, polychlorinated biphenyls)、多環芳香烴化合物 (PAHs, polycyclic aromatic hydrocarbons)、多溴聯苯醚 (PBDEs, polybrominated diphenyl ethers)、四溴雙酚 A (TBBPA, tetrabromobisphenol A)、六溴環十二烷 (HBCDs, hexabromocyclododecanes)、全氟碳化物 (PFCs, perfluoroalkyl chemicals) 及有機氯農藥 (OCPs, organochlorine pesticides) 等，見(圖 2.)；其中多溴聯苯醚、四溴雙酚 A 及六溴環十二烷屬於溴化阻燃劑類化合物 (Brominated Flame Retardants)，而全氟碳化物則包括有全氟辛烷磺酸 (PFOS, perfluorooctanesulfonic acid) 及全氟辛酸 (PFOA, perfluorooctanoic acid)。

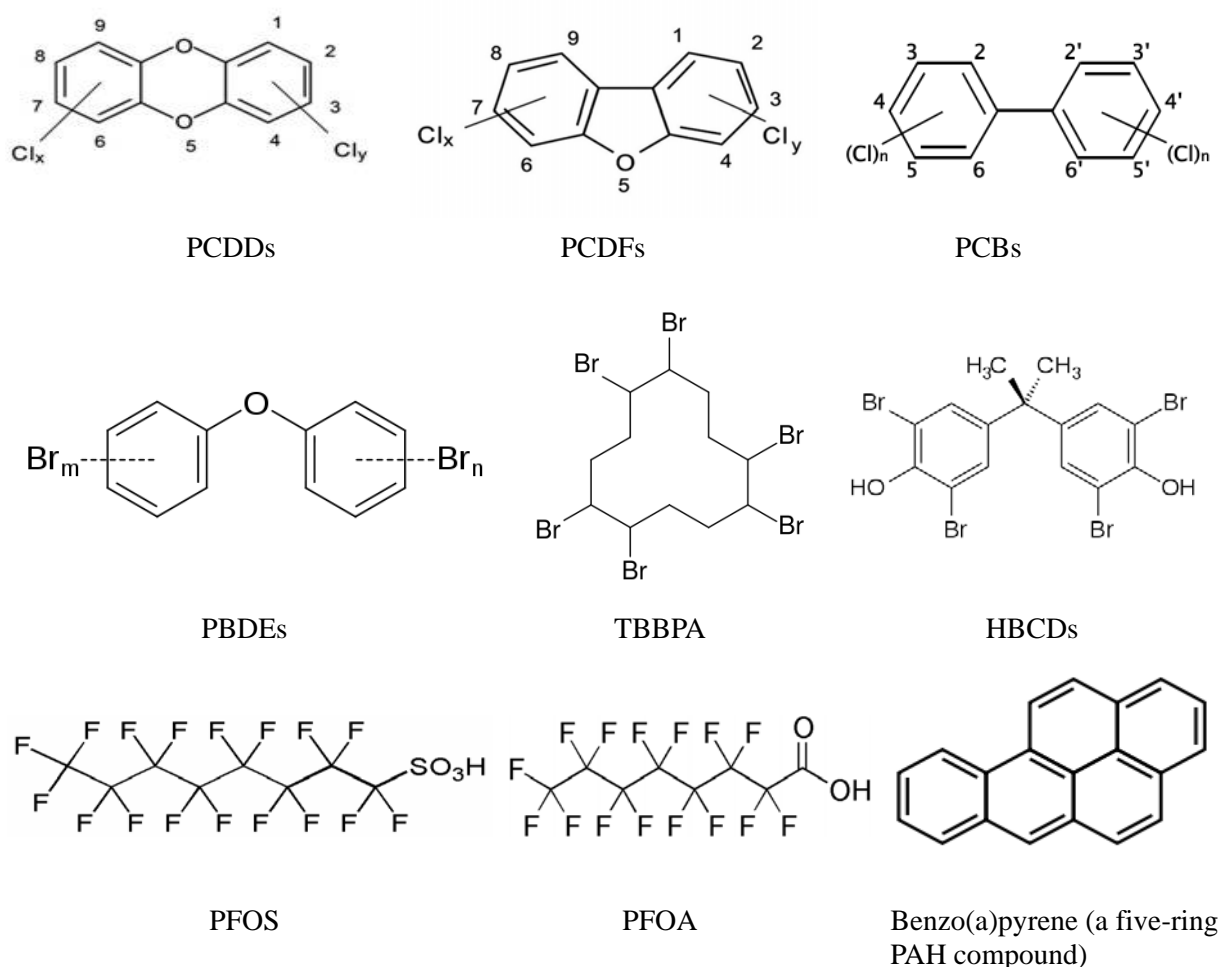


圖 2. 含鹵素持久性有機污染物之結構。

「29 屆含鹵素持久性有機污染物國際研討會」共有來自四十多個國家八百多位專家學者與會，計發表論文 700 篇（口頭宣讀論文 263 篇及壁報展示論文 437 篇，實際收錄於本屆 2009 Organohalogen Compounds 刊物之全文計有 656 篇），本次研討會主題探討含鹵素持久性有機污染物的分析(Analysis)、環境中的含量及流佈情形(Environment levels and fate)、人體及環境的暴露情形(Exposure -human and environmental exposure)、食品－飼料安全及飲用水(Food and feed safety, drinking water)、毒理及暴露評估(Toxicology & Risk Assessment)、來源－形成及控制措施(Sources, formation and control measures)、控制技術及政策(Control technologies and policies)、熱點問題及相關領域(Hot issues and related areas)等共八大主題，各主題下另細分有 4~8 項子題如下：

I. Analysis

- ◆ Sampling: strategy, theory and practice
- ◆ New instrumental techniques for POPs analysis
- ◆ High speed bioassay, screening techniques and methods
- ◆ Quality assurance and quality control (QA/QC)
- ◆ Sample preparation and clean up
- ◆ Analysis of BFRs, PFCs and other emerging contaminants– Analytical approaches and new developments

II. Environment levels and fate

- ◆ BFRs, PFCs and other emerging contaminants– environmental levels, distributions and transformation
- ◆ Global fate & long range transport
- ◆ POPs in soil and sediments (levels and processes)
- ◆ POPs in air & indoor atmospheres (levels and processes)
- ◆ POPs in marine mammals: levels, effects, trends
- ◆ POPs monitoring in polar areas and high plateau
- ◆ Temporal Trends and Spatial Variation of POPs

III. Exposure (human and environmental exposure)

- ◆ POPs in humans (pattern, levels and trends)
- ◆ Environmental exposure of POPs
- ◆ Industrial, occupational, and indoor exposure

- ◆ BFRs, PFCs and other POPs: public health and exposure

IV. Food and feed safety, drinking water

- ◆ POPs in food and feed (levels and trends)
- ◆ Food contamination sources and transport
- ◆ Decontamination and cooking process
- ◆ Dietary intake of POPs
- ◆ POPs in drinking water
- ◆ Food regulations and guideline (legal and other measures)

V. Toxicology & Risk Assessment

- ◆ The AhR and mechanisms of toxicity
- ◆ Field studies and ecotoxicology
- ◆ Toxicology of dioxins, PCBs and other POPs
- ◆ Dioxins and risk assessment
- ◆ Cancer risk and dioxin exposure estimated from serum evaluation
- ◆ Epidemiology of POPs
- ◆ Neurotoxicity, reproduction and immunotoxicity of POPs
- ◆ Integrating Toxicology and Epidemiology for Risk Assessment

VI. Sources, formation and control measures

- ◆ Metallurgy process
- ◆ Source control technologies
- ◆ Laboratory and field studies of formation and sources
- ◆ Incineration and thermal processes
- ◆ Non-thermal sources

VII. Control technologies and policies

- ◆ Destruction and degradation technologies
- ◆ Catalysis & photolysis
- ◆ Nanomaterials and related technologies
- ◆ Remediation & elimination
- ◆ Environmental consulting and regulations
- ◆ Environmental policy and management

VIII. Hot issues and related areas

- ◆ Emerging POPs and new development
- ◆ Chiral Xenobiotics and natural Halogenated Compounds
- ◆ Asia (Vietnam et al) and other regional contamination of dioxins and POPs
- ◆ Identification of unresolved complex mixtures (UCMs)
- ◆ Dioxin Exposure study
- ◆ All other unmentioned topics

本屆研討會所發表的論文中，以探討 POPs 在「環境中的含量及流佈情形」(Environment levels and fate)主題所發表的相關論文篇數最多，顯示此一主題為全球關注的重點；其次為探討 POPs「分析」(Analysis) 主題。各主題論文發表篇數見圖 3。

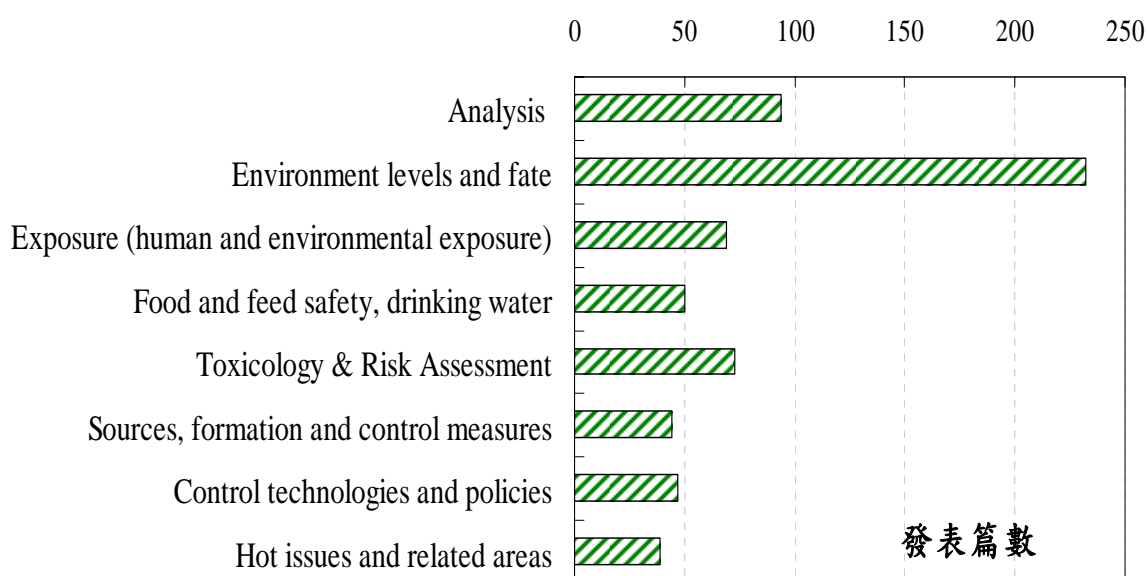


圖 3. 第 29 屆戴奧辛國際研討會相關主題的論文發表篇數。

我國研究人員在本次會議中發表 18 篇研究論文，其論文題目及所屬主題見表 2，研究的範疇以探討含鹵素持久性有機污染物的環境的含量及流佈情形 (Environment levels and fate) 的主題下有 6 篇文章發表，其次在探討人體及環境的暴露情形 (Exposure - human and environmental exposure) 的主題下有 5 篇文章發表，其他主題下亦有 1~2 篇文章發表，顯見本國在持久性有機污染物之研究方向符合國際趨勢。

表 2. 我國研究單位在「29 屆含鹵素持久性有機污染物國際研討會」的發表著作

主題：Analysis	發表單位
An efficient and green cleanup system for analysis of Dioxin/Furans, dioxin-like PCBs and PBDEs	環境檢驗所
主題：Environment levels and fate	
Characteristics of PCDD/Fs and PCBs in ambient air and dust around industrial parks at coast and inland area	清華大學
Microbial degradation of nonylphenol (NP) in river sediment	東吳大學
The dioxin inventory of wastewater discharges in Taiwan	工研院 清華大學
Distribution and source of polybrominated diphenyl ethers in Taiwan indoor environment	清華大學
Levels of PCDDs, PCDFs, dioxin-like PCBs, and PBDEs in fish samples from rivers and estuaries in Taiwan	環境檢驗所
Transformation processes, possible sources and sink of PCDD/Fs in a reservoir in northern Taiwan	中研院 中央大學
主題：Exposure (human and environmental exposure)	
Analysis of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in various aqueous samples in Taiwan	環境檢驗所 中央大學
Current levels of PBDEs in breast milk from southern Taiwan estimation of their correlations with women's age, education level, and occupational exposure	屏東科技大學 屏東醫院
Bioactive dose of dioxin-like compounds in blood samples of A population exposed to chemical waste of a PCPs factory in Taiwan	國衛院 Hiyoshi 公司
Exposure assessment of polybrominated diphenyl ether for electronics recycling workers (blood) in Taiwan	陽明大學 中山醫大
Associations between PCDD/Fs, PCBs, OCPs and PBDEs in breast milk and thyroid, growth, and steroid sex hormones	屏東科技大學 國衛院
主題：Food and feed safety, drinking water	
Determination of PCDDs/DFs and dioxin-like PCBs in egg and fish feed samples in Taiwan by the DR CALUX® bioassay	藥毒所

表 2. 我國研究單位在「29 屆含鹵素持久性有機污染物國際研討會」的發表著作(續)

主題：Sources, formation and control measures	發表單位
Reduction of dioxin emissions from copper smelting plant for sludge recycling	中央大學
Characteristics of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polybrominated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PBDD/Fs) in the bottom and fly ashes of municipal solid waste incinerators	正修科技大學 成功大學 高雄第一科技大學
主題：Toxicology & Risk Assessment	
Health risk assessment of human exposure to fugitive dust during soil excavation in a dioxins and mercury contaminated site	高雄第一科技大學
Joint Effects of phthalate exposure and serum paraoxonase (PON1) activity on estrogen-dependent diseases in Taiwanese women	國衛院 中國醫大 高雄醫大
主題：Control technologies and policies	
The control strategies for POPs in Taiwan	環境保護署

食物及飼料中持久性有機污染物的監控

本所目前之研究重點為水畜產品及飼料中持久性有機污染物之檢測，因此將此主題列為本次研討會主要參與之重點。食品及飼料中持久性有機污染物的含量及監控一直是最被關注的重點，目前在食品及飼料中被監控的持久性有機污染物主要包括戴奧辛類化合物 17 種(7 種的 PCDDs 及 10 種 PCDFs)及 12 種類戴奧辛多氯聯苯(dl-PCBs)；在本次研討會中大會邀請德國學者 Fürst Peter 進行專題演講，指出在歐盟對於食物及飼料中戴奧辛類化合物及類戴奧辛多氯聯苯化合物的管制主要依據 3 個重要支柱(three pillars)，包括最大限值(Maximum level)、預警值(Action level)及目標限值(Target level)，食物及飼料中的戴奧辛類及類戴奧辛多氯聯苯的最大限值可參考 REGULATION (EC) No 1881/2006 及 Directive 2002/32/EC 文件，預警值可參考 Recommendation 2006/88/EC (Food) 及 Directive 2002/32/EC (Feed)，至於目標值應該是在 2008 年訂定，但目前仍未有相關規範明列食品及飼料的目標值數據。

Fürst Peter 專題演講中，回顧過去 10 年發生的重大戴奧辛污染食物事件如(表 3.)，並針對幾件重大的食品及飼料的戴奧辛污染事件說明其影響，包括有 1998 年巴西出口的動物飼料使用了被戴奧辛污染的柑橘果泥球，導致在牛奶中檢測出高濃度的戴奧辛含量，歐盟並禁止近 90,000 噸(市值約達 10 million 美元)的巴西柑橘果泥球的進口。1999 年在比利時發生的動物飼料遭工業廢油污染致使動物類食品包括雞肉、雞蛋及豬肉中發現高量的戴奧辛，導致該國禽畜養殖場受到極大衝擊及幾十億的歐元損失。2007 年在瑞士發現自印度進口作為食品添加劑的 guar gum 檢出含有高量的戴奧辛，追蹤發現該批 guar gum 被五氯酚(PCP, pentachlorophenol)所污染，而五氯酚所含污染物即是戴奧辛，導致幾百公噸的食品遭到銷毀。2008 年愛爾蘭豬肉的戴奧辛污染事件影響所及的國家多，對愛爾蘭國內經濟的衝擊也非常大，該污染事件發生的原因是由於做為飼料原料的生麵包團(raw baker's dough)在烘乾過程中使用回收油，而回收油被 PCBs 污染致使乾燥後的麵包團含有高量的多氯二聯苯呔喃(PCDFs)，該污染事件威脅到愛爾蘭國內近 20 billion 歐元的食品工業，造成國內豬肉加工廠關門及勞工失業。回顧這些重要的污染事件顯示出食品及飼料的戴奧辛污染所造成的影響層面擴及全球；因此對於食品及飼料的戴奧辛監控流程 (monitoring program) 仍需持續強化。

表 3. 1998~2008 年間重大戴奧辛污染事件

年份	重大戴奧辛污染事件
1998	Brazilian citrus pulp pellets
1999	Belgian PCB/dioxin incident
1999	Caolinitic clay as anti-caking agent
1999	Drying of grass meal
2000	Pentachlorophenol in Choline chloride
2002	"Carbosan copper" as feed additive
2004	Caolinitic clay in potato pulp
2005	Hydrochloric acid for gelatine production
2007	Guar gum from India
2008	Italian buffalo mozzarella
2008	Zinc oxide in Chilean pork
2008	Irish pork

2008 年發生 3 件極受關注的戴奧辛污染事件，除愛爾蘭的豬肉戴奧辛污染事件起因於做為飼料原料的生麵包團遭污染外；還有 2008 年在義大利的乳酪戴奧辛污染事件及智利的豬肉戴奧辛污染事件；智利的豬肉戴奧辛污染事件是由於添加於飼料的氧化鋅(zinc oxide)被戴奧辛污染所導致，義大利的乳酪戴奧辛污染事件是因製造乳酪的水牛牛奶受戴奧辛污染，對於造成牛奶污染的原因並未確切指明，但推測可能是牛隻食用的草料(forage)受戴奧辛污染。本次研討會中，此三個事件發生國皆由該國政府單位或相關研究機構提出報告和與會研究人員共同交換經驗，包括探討事件發生的始末、事件發生對食品安全及經濟衝擊的危機處理、事件發生過後的檢討補救措施及控管策略，值得參考。

本所在本研討會中發表壁報論文「Determination of PCDDs/DFs and dioxin-like PCBs in egg and fish feed samples in Taiwan by the DR CALUX® Bioassay」，利用 DR CALUX® 生物快速篩檢法進行鰻魚(eel)、鱸魚(seabass)及吳郭魚(tilapia)養殖飼料戴奧辛及多氯聯苯的篩檢，結果顯示飼料中的戴奧辛及多氯聯苯的含量都低於歐盟限值，目前我國飼料中的戴奧辛和多氯聯苯的含量標準，是以歐盟對飼料的規範為依據，如何根據國內農、水、畜的養殖狀況，針對飼料、飼料原料、飼料添加物等訂定適當戴奧辛及多氯聯苯含量限值正積極進行中；此外，由於需要監控的水、畜產品基質種類相當多，本所結合生物快速篩檢法及 HRGC/MS 化學分析法可建立有效率農、水、畜產品中戴奧辛及多氯聯苯含量監測體系。

結 語

「含鹵素國際戴奧辛持久性有機污染物國際研討會—戴奧辛 20XX」所探討的主題涵蓋極廣，包括：分析及環境化學、分子生物學(molecular biology)、人體健康、風險評估及風險管理等領域，經由此會議可瞭解其他國家在持久性有機污染物之最新研究方向與所面臨之問題，可與其他國家相關領域之研究人員進行學術研究交流，並切磋分析技術，由各國案例之介紹，更可瞭解其他國家面臨農水畜產品戴奧辛污染事件時的危機處理經驗及後續補救措施，作為借鏡。

參考文獻

1. 行政院環境保護署。2009。「持久性有機污染物斯德哥爾摩公約國家實施計畫」。
2. WHO. 2009. Dioxins and their effects on human health.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/index.html>
3. Dioxin 20XX. 2009. International Dioxin Symposium Website.
<http://www.dioxin20xx.org/>
4. 公務出國報告資訊網。2009。
http://open.nat.gov.tw/OpenFront/report/report_main.jsp。
5. 第 29 屆鹵素持久性有機污染物國際研討會論文集。
6. Dioxin 2009 Website. <http://www.dioxin2009.org/>
7. Dioxin 2010. Website. <http://www.dioxin2010.org/>