

出國報告（出國類別：開會）

## 參加 2018 年美國工業衛生研討會 暨展覽會

服務機關：勞動部勞動及職業安全衛生研究所

姓名職稱：鄭乃云 副研究員

派赴國家：美國費城

出國期間：107 年 5 月 17 日至 5 月 26 日

報告日期：107 年 8 月 16 日

# 摘要

本次行程主要為參加「2018年美國工業衛生研討會暨展覽會」，會議期間發表2篇研究論文「手術人員對於電刀煙霧中揮發性有機物質之暴露危害調查(Exposure to VOCs in Electrosurgical Smoke Resulting from Surgeries)」及「台灣1-溴丙烷作業勞工暴露評估及建立容許暴露標準建議值研究(Exposure Assessment of 1-Bromopropane Workers and Recommended Exposure Limit in Taiwan)」。本次大會於5月19日至5月24日止為期6天，共計有來自全世界各個地區超過100個國家1500位專家學者參加本次的盛會；本次大會知壁報論文即論壇演講共計超過500篇以上之論文發表，且逾200個展覽單位進行儀器展示或技術發表。

針對本次參加國際研討會之所見及心得，發現化學性等之暴露危害及採樣分析技術等傳統職業安全衛生議題仍受重視，部分研究已將職業衛生融合新技術，包含運用感測與傳輸技術、大數據分析等新技術進行作業環境危害辨識及評估，以應用及解決職業安全衛生議題。本報告也分別就研討會期間收集到的職場暴露危害、職業衛生管理、採樣分析技術及職場健康等各領域研究議題，以及參觀儀器展示內容提出心得及建議。

關鍵字：國際研討會、職業衛生、監測技術

# 目 錄

摘要 .....	i
目 錄 .....	ii
第一章 出國目的 .....	1
第二章 過程 .....	3
第三章 參加研討會心得 .....	5
第一節 論文發表心得 .....	5
第二節 專題報告交流心得 .....	7
第三節 展覽心得 .....	12
第四章 建議 .....	17
附錄 發表論文摘要 .....	19

# 圖目錄

圖 1 本所論文發表「手術人員對於電刀煙霧中揮發性有機物質之暴露危害調查」.....	5
圖 2 本所論文發表「台灣 1-溴丙烷作業勞工暴露評估及建立容許暴露標準建議值研究」 .....	6
圖 3 Helmet-CAM 技術及勞工配戴照片 .....	9
圖 4 感測元件組成圖.....	10
圖 5 低成本污染物感測器.....	11
圖 6 Bsi 公司之職業安全衛生之巨量資料運算中心.....	12
圖 7 智慧環境感測器發表會 .....	13
圖 8 Casella 公司發表之新型採樣泵產品 .....	13
圖 9 Casella 公司即時監測產品 .....	14
圖 10 Industrial Scientific 公司發表現場實時監控產品 .....	15
圖 11 研討會及展覽會場.....	16

# 第一章 出國目的

## 一、研究領域背景說明

近年來工業快速發展，工業製程上使用之原料、化學品日趨複雜化及多樣化，且科技進步引發產業製程較過去傳統工業已有大幅變化，使得職場安全衛生之確保更顯重要；另一方面也顯示了職場安全科技的研發、安衛專業人才的質與量、乃至於經營管理階層對職業安全衛生確保之認知等，均有提升之空間。

另外因新興化學物質之普遍使用，勞工及作業環境潛在危害不斷增加，像 1-溴丙烷為近年來工業上新興使用之化學物質，因 1-溴丙烷具有與三氯乙烯相似之物理性及清洗效力，且其物化特性屬於對環境相對友善之有機溶劑，為目前工業上普遍使用之清洗溶劑。我國於 2013 年出現首例高爾夫球頭清洗作業勞工因暴露 3-10 個月之高濃度 1-溴丙烷，導致週邊神經病變之症狀。本所依據廠區實地訪查、作業環境暴露調查、流行病學調查、毒理學研究等實證結果，提出適合我國之 1-溴丙烷容許濃度建議標準 (REL)，並增列「職業性溴丙烷中毒認定參考指引」。化學性暴露危害一直是工業衛生重視之議題，除工業上常見之化學物質，未來新興化學物質仍持續於工業間盛行，如何兼顧經濟發展、環保及勞工職場健康將為未來國內外專家學者關心之議題。

另一方面，除於廠區內作業之勞工有較高頻率暴露化學物質外，對於特殊服務業人員亦可能有化學暴露危害，本次發表研究即是以醫療院所手術人員之電刀煙霧暴露危害進行探討。醫護人員之職場健康為國際間關注之議題，過去大多著重於輪班或職場壓力進行調查，但近年研究有逐漸針對醫護人員之化學暴露危害進行探討，特別是手術電刀煙霧暴露之潛在危害逐漸受重視，故透過研究發表，分享我國對於手術電刀煙霧之採樣分析方法及調查結果，藉由學術交流，瞭解國際間對此議題之作法及改善策略，做為我國訂定相關改善方案之參考。

## 二、參加國際研討會議之必要性

本會議每年定期舉辦，由於美國工業衛生師 (Certified Industrial Hygienist, CIH) 採持續認證方式，工業衛生專業人員須持續透過工業衛生實務、在相關技術或專業委員會服務、發表論文、參與教育計畫或課程、教學及會議發表、考試等方式不斷更新與獲得專業知識，取得足夠之認證點數，才能獲得專業技能的持續認可。這些作法不僅對提升各別人員能力有所幫助，亦有鼓勵參與各類活動之意味，因此，美國工業衛

生師及相關安全衛生人員有很高的比例與意願參加此盛會。

透過國際學術研討會議及參觀國際展覽會之交流及分享，獲取工業衛生新知與技術，掌握國際間職業衛生之最新研究與發展動態，將專業知識及觀念帶進國內，作為研究選題之參考依據，並可提升我國在有害物監測工具與工業衛生改善技術精進，提升國內職場環境水準，降低職業病的發生，保障勞工職場健康。本會議聚集各國職安衛領域專家學者，除觀摩各國對於職業安全衛生之最近研究成果外，會場上之交流亦為本次出國之重要目的，透過詢問及意見交換，為研究帶來新的啟發，且瞭解國外研究趨勢。另儀器商會透過此盛會展示最新的監測技術或文件，因此透過參加此會議，主動瞭解國外儀器商最新之技術及應用，提供我國職業安全衛生監測技術之精進。藉由觀摩與請益來自世界各地與會學者與專家之研究心得與經驗分享，參加本會議有助於提升研究能力與視野。

## 第二章 過程

本次會議從 5 月 19 日起至 5 月 24 日止，在美國費城舉行。本次行程於 5 月 17 日晚間從台北出發，於 5 月 18 日上午 7 時抵達美國費城。因為台灣與美國費城之間並無直達航班須經洛杉磯轉機，且有 12 個小時的時差，旅程時間超過 21 小時。並於 5 月 25 日由費城國際機場離開美國，於 5 月 26 日飛抵國門。本次大會「美國工業衛生研討會暨展覽會(American Industrial Health conference & exhibition, AIHce)」是由美國工業衛生學會(American Industrial Hygiene Association, AIHA)及美國政府工業衛生師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)共同主辦，為全球職業安全衛生相關人員汲取新知及交換經驗之一大盛會。經大會統計，本次參與人員來自各界，除學術教育單位外，產業界之工業安全衛生師、產品及諮詢服務公司研發部門、安全衛生技術人員、政府官員、實驗室人員、甚至軍方研究單位，共超過 1500 人與會。而本次會議發表壁報論文投稿超過 300 篇，從中篩選出 66 篇於會場中發表；論壇演講逾 200 篇，演講主題相當多元，包含暴露危害調查結果、創新採樣分析技術、職業衛生管理及立法等理論、技術及實務應用層面，因此，可以從中瞭解美國或與會其他國家工業衛生法規最新的變革、背景及立意，當然，更可藉此了解各大學及研究單位最新的研究方向及發現。

目前手機已相當普及，主辦單位也對此會議設計手機應用程式提供與會人員下載，所有會議議程、教育訓練課程及演講議題與場次均透過手機進行查詢，讓大家針對有興趣之主題進行聆聽與學習，會議資料可隨時於手機進行瀏覽及查詢，相當科技化與具便利性。大會形式分為：

- 一、 壁報看板：投稿之研究報告製作成海報展示。
- 二、 專題報告：討論主題涵蓋職業衛生暴露評估(化學性、物理性、生物性)、採樣分析技術、奈米科技、職業衛生管理、人因工程、職場健康等。
- 三、 會員大會：由主辦單位邀請學者專家或官員發表演講及座談，本次大會主軸設定在風險溝通、高效管理及高齡化社會對勞工安全衛生管理之衝擊。
- 四、 圓桌會議：由主持人詢問，職業衛生師圍聚於圓桌上針對該議題進行討會，且將部分工業衛生師之意見彙整成冊提供給各界參考。

此外，大會安排儀器、個人防護具、書局展覽區，除提供儀器廠商展示各項新型安全衛生監測工具及防護設備，AIHA、ACGIH 及 NIOSH 於會場展示與發售最新職業安全衛生規範及書籍，共計逾 200 個展示攤位。於會議空檔時間，大會安排部分攤位進行職場紓壓瑜珈及健康飲食教學，並歡迎與會人員進行體驗。

另本次大會有安排實地參訪，參訪內容包含：醫療機構之健康照護、汙水處理廠及分析實驗室(分析項目包含石綿、微生物、工業衛生、放射物質、環境化學、食品檢測、空氣有害物等)，但本次受限於經費並未參加。本次出席會議主要以出席暴露評估、採樣分析技術及職場健康等相關專題報告為主，出席心得彙整於後。



### 第三章 參加研討會心得

#### 第一節 論文發表心得

此次研討會發表本所研究成果論文「手術人員對於電刀煙霧中揮發性有機物質之暴露危害調查(Exposure to VOCs in Electrosurgical Smoke Resulting from Surgeries)」。在手術人員對於電刀煙霧暴露危害部分，因國際上已有多篇研究針對電刀煙霧進行探討，本篇研究首次透過採集手術人員之呼氣樣本，並進行物質比對評估對電刀煙霧之暴露情形，故本次於會場中有部分人員對發表之內容及研究方法感興趣。參考國際上發表之文獻，許多電刀煙霧採樣仍使用採樣管或直讀式儀器進行電刀使用過程之有害物採集，且僅進行傳統電刀之暴露量測，但目前手術型態多元，內視鏡等更精細之手術型態已逐漸成為主流，故本研究也比較不同手術型態及使用不同電刀之暴露差異。

海報展示期間，提問者主要針對此研究的採樣方式感到特別，因此針對此部分做較詳細之說明。本研究透過手術人員之呼氣樣本分析結果顯示，除電刀煙霧之揮發性有機物質暴露之外，亦可已能存在麻醉劑之暴露風險，提問者也相當讚同本研究使用不同之採樣方式進行電刀煙霧暴露調查研究。透過本次國際會議，本所運用創新採樣方式進行電刀煙霧採集，並掌握手術人員之暴露危害趨勢，各國學者踴躍發問，顯示本所與以往不同之採樣方式與研究成果於國際間受到矚目，充分達到學術交流之目的。(如圖 1 所示；論文發表內容詳見附錄)

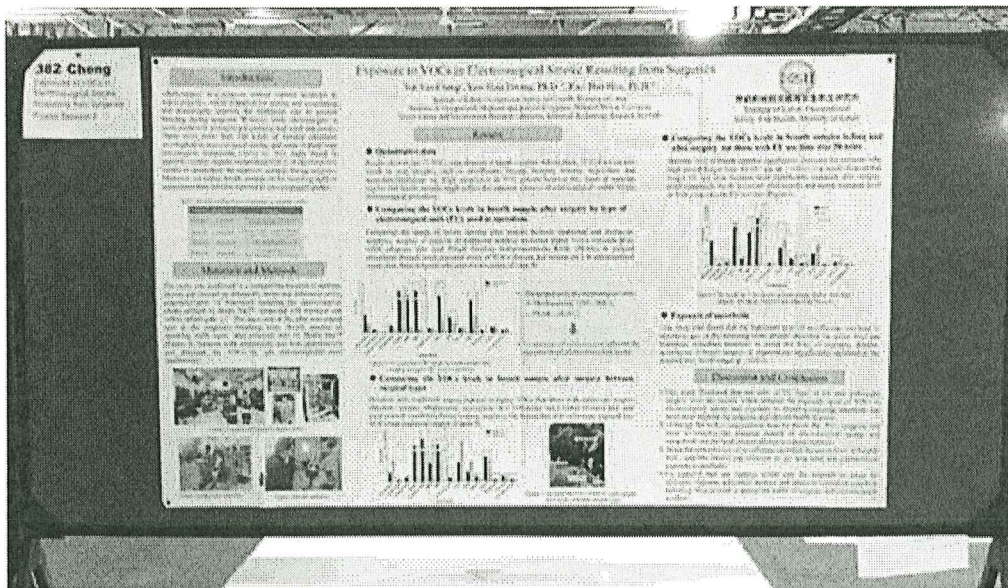


圖 1 本所論文發表「手術人員對於電刀煙霧中揮發性有機物質之暴露危害調查」

本所發表之另一篇論文為「台灣 1-溴丙烷作業勞工暴露評估及建立容許暴露標準建議值研究(Exposure Assessment of 1-Bromopropane Workers and Recommended Exposure Limit in Taiwan)」。有鑑於我國於 2013 年初現首例高爾夫球頭清洗作業勞工因暴露 3-10 個月之高濃度 1-溴丙烷，導致週邊神經病變之症狀。本所依據廠區實地訪查、作業環境暴露調查、流行病學調查、毒理學研究等實證結果，提出適合我國之 1-溴丙烷容許濃度建議標準(REL)，並增列「職業性溴丙烷中毒認定參考指引」，本次研討會主要呈現本所針對 1-溴丙烷之職場暴露調查、乃至於容許濃度標準訂定與職業病參考指引建立之完整研究成果。海報展示期間，提問者詢問之內容主要針對我國 1-溴丙烷之用途及用量、勞工作業內容及防護方式等。我國自出現 1-溴丙烷職業病案例後，即著手針對我國使用廠家進行作業環境調查，建立本土化之 1-溴丙烷暴露資料，且針對作業環境中常用之手套進行 1-溴丙烷破出試驗，提供勞工於作業過程選用合適之防護手套，降低皮膚暴露危害，我國「勞工作業場所容許暴露標準」已新增溴丙烷在空氣中容許暴露標準（8 小時）為 0.5ppm。藉由本次會議之研究論文發表，將我國新興職業病案例之暴露調查到建立該化學物質之作業場所容許濃度標準之過程進行分享，且透過與會人員之提問與交流，瞭解國際間對於新興化學物質之暴露調查方式，我國之職業病案例及容許濃度標準之建立過程，可提供國際間作為參考範例。(如圖 2 所示；論文發表內容詳見附錄)

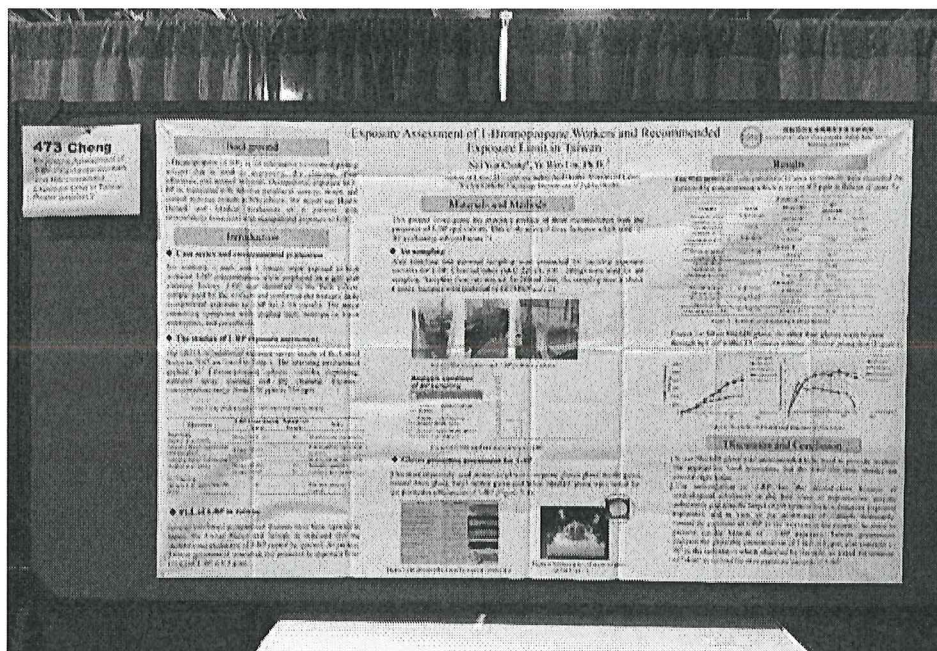


圖 2 本所論文發表「台灣 1-溴丙烷作業勞工暴露評估及建立容許暴露標準建議值研究」

## 第二節 專題報告交流心得

### 一、職業危害暴露評估

#### 1. 石綿暴露危害

演講主題針對美國石綿暴露引起之健康效應、環境監測、職業病案例、消費產引的歷史演進以及行政管理面之介紹。美國目前尚未對石綿全面禁用，民眾於生活中亦常接觸到含石綿的物質，如蠟筆、煞車零件、沙灘車零件等，某些族群之作業勞工有更高之機率暴露到石綿，如石綿礦工及製造勞工、船舶工人及建築工人(尤其在建築物翻新與拆除工程期間)。美國疾病預防管制中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)調查發現 1979 年至 2003 年間工地使用之石棉數量雖下降，但於 2003 年的暴露調查結果顯示，建築業所採集到之空氣樣本中，有 20% 超過職業安全與健康管理局(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)所訂之容許濃度標準。美國目前對於「混雜石綿的物質」(asbestos-containing materials, ACM)相當重視，以滑石粉為例，滑石粉是可合法使用之工業原料，但因滑石礦與石綿礦時常出自同一礦源，滑石的開採與製造過程很容易受石綿污染，國際職業醫學報告即曾指出，含滑石粉的化妝品被石綿污染，因而造成石綿相關癌症之案例。美國目前仍允許石棉繼續用於某些產品之製造及輸入，這些含石綿之產品對美國勞工及民眾具潛在風險，因此目前美國已致力相關立法來明確界定禁止生產、製造、銷售及進口含有添加石綿之產品，以降低造成之風險。

我國已公告於 2018 年 7 月 1 日全面禁用石綿，不過，混雜石綿的物質除了化妝品之外，也包括耐火陶瓷品、磁磚、隔間板等，仍可能是重要的石綿污染源。我國含石綿物質的拆除與廢棄物處理作業，是造成石綿暴露的重要來源。我國可參考國際作法，政府相關部門應對含石綿物質作辨識、標示、登錄、管理、資訊揭露，並在拆除與廢棄物處理過程，對勞工與民眾做好保護。

#### 2. 甲醛暴露危害

本篇研究主要為透過大樣本之暴露數據收集，證實強化地板之甲醛釋放量是否符合標準。美國明文規定，如產品中甲醛濃度釋出濃度高於 40 $\mu\text{g}$ /天之平均日劑量，必須明確標示含有此種致癌物質。美國於 2015 年展開一項自發性研究，民眾可提出申請，研究單位會指導如何進行樣本採集，並提供分析調查結果，本研究使用被動式採樣器進行甲醛採集，共計超過 2 萬戶居民參與調查研究，分析結果顯示並未超出美國所訂

之規範。本研究透過全面性的宣傳、工作人員積極號召及詳細解說，居民參加情況較預期踴躍，透過政府鼓勵及提供完整專業之分析結果，讓民眾提高參與意願，並取得大樣本之暴露調查數據，為本研究最突出之亮點。透過本研究成果分享，除更瞭解被動式採樣器因具備方便性、便宜以及使用容易，未來可普遍應用於長時間之暴露實態掌握外，對於選取研究對象也有所收穫。研究對象之量(樣本數)與質(適當對象)為影響研究結果之重要關鍵，透過本篇所用之研究方法，對於未來研究應如何取得大量且具代表性意義之暴露數據資料有更深之看法，另研究如切中勞工或民眾所關切之議題，且透過研究人員之專業講解及宣導，受測對象參與意願將大幅提高。

### 3. 新型採樣分析技術心得

因應聯網、傳輸及感測等技術之成熟與普及，對於有害物即時監測之感測器開發與研究越來越多，本次會議在採樣分析技術方面，已有多篇專題報告針對粉塵、揮發性有機物、室內空氣品質等進行即時監測工具之開發，有些更已結合場域及教育訓練進行全面性之技術推廣。本次特別參加與此議題有關之專題報告，主要針對新型採樣分析技術進行研究成果發表及交流，並展示已發展之職場危害即時監測技術以及可偵測環境污染物開發低成本之感測元件，以下針對其內容進行說明。

#### (1) 具備即時影像及環境監測安全帽

此篇研究主要展示美國國家職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)與礦場營運公司 Unimin 合作開發具備即時影像及環境監測之 Helmet-CAM 技術(圖 3)，此技術為專為採礦業勞工設計的粉塵暴露評估工具。由於吸入性二氧化矽粉塵等造成之矽肺症仍為全球重視之職業衛生及職場健康議題，對抗矽肺病的一個重大挑戰仍然是無法確定工作場所中可吸入二氧化矽暴露的程度。Helmet-CAM 技術所使用到的設備包含一組微型輕型攝影機、一套可讀取粉塵濃度之即時監測裝置以及分析軟體。微型攝影機連接到勞工配戴之安全帽上，於作業期間同時紀錄工作任務、勞工動作及作業現場狀況；而粉塵監測裝置可於特定時間間隔讀取粉塵暴露量，並將工作影像及粉塵暴露數據後續載入應用程式進行合併計算，以確實瞭解作業勞工粉塵暴露實態，以及辨識何項工作任務為造成暴露量提高之主要原因，進而訂定適當之控制措施降低勞工暴露危害。

Helmet-CAM 為相對簡單且便宜之設備與使用技術，該技術提供了快速且經過驗證的方法來掌握勞工粉塵暴露實態與辨識主要暴露危害，透過簡易之評估工具解決礦場勞工之粉塵暴露問題，並依據科學數據訂定改善及預防措施，有效降低粉塵

暴露危害。

另一方面，此項技術已有美國礦產公司引進使用，作為員工教育訓練的工具，並納入工廠管理的績效評估的一部分，意為必須使用此技術來評估勞工作業危害的風險。Helmet-Cam 技術成功辨識粉塵暴露量及工作任務之關聯，NIOSH 未來也會將相關技術擴展到其他化學、物理或生物製劑的監測，並持續更新應用程式，以同時進行多個影像與污染物數據之比對，對風險評估來說會是一大進步。

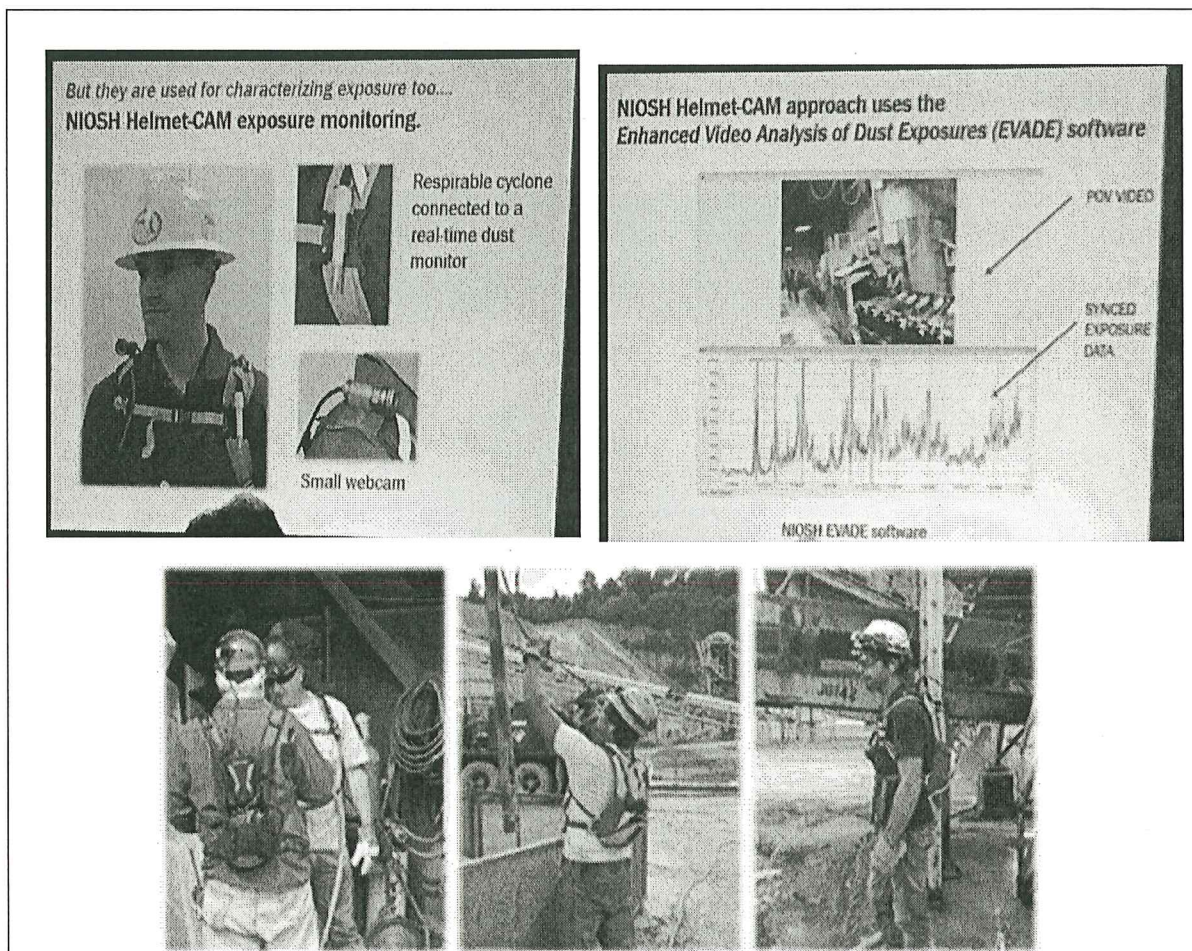


圖 3 Helmet-CAM 技術及勞工配戴照片

## (2)環境危害即時監測工具

此次會議有數片專題報告為環境危害即時監測工具之建置成果發表，且會議中使用台灣環保署之空氣品質監測為範例，因佈署大量的環境測站，因此可得到大量長時間的空氣品質監測數據，並以視覺化方式標示危害程度，顯見我國於環境空氣品質監測之成果與應用受國際矚目。本次報告內容主要為發展一氧化碳、二氧化氮、濕度與溫度之即時監測 Sensor(如圖 4)，並分享感測器傳輸與校準、數據資料庫之設計、數據管理、分析與視覺化系統之建置過程，另外也透過宣導，鼓勵有目的的使用即時感測器並帶動變革。但報告中亦提到目前即時感測器仍有技術限制與待解決之問題，包含

應用場域的溫溼度條件會影響感測結果，以及感測物質的相互干擾等。

近幾年技術發展快速，微型化、傳輸及感測等其他技術進步為市場帶來了許多低成本 (<2500 美元) 之感測器，且可廣泛用於量測環境中之汙染物質。雖然感測效果仍須進一步精進，且感測器尚無法取代傳統檢測方法或技術發展成熟之直讀式儀器，但這些微型感測器之發展將為環境空氣品質監測乃至個人健康評估等應用，提供新的機會。未來可針對感測器之準確度、穩定性進行改進，並構建手持式移動 PM<sub>2.5</sub> 顯示器，以評估評估環境和室內空氣品質，並開發應用程式及數據視覺化呈現工具，依據科學結果量身訂定合適之改進策略。

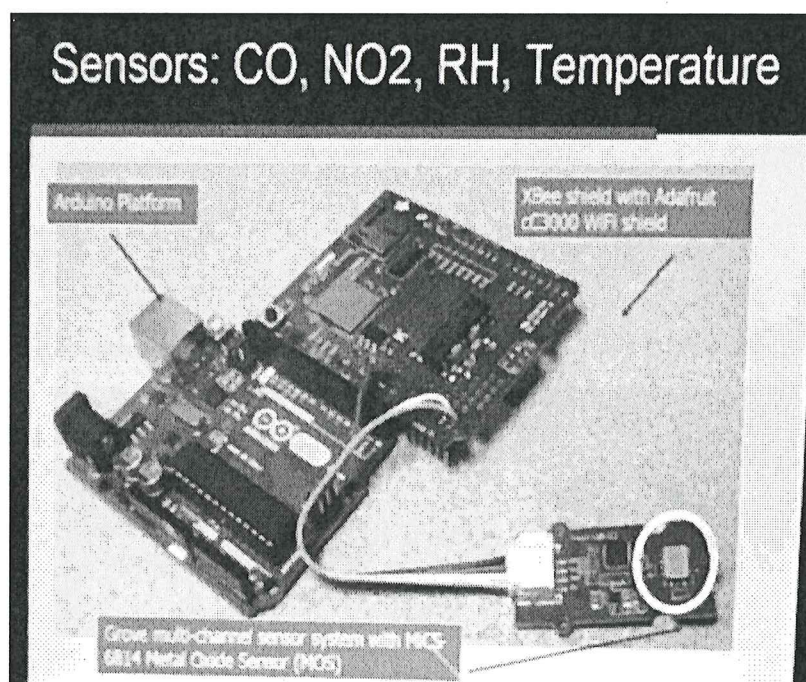


圖 4 感測元件組成圖

### (3) 低成本有害物即時感測元件

本會議在創新採樣分析技術上為開發低成本之有害物感測技術，考量民眾及勞工逐漸重視空氣品質與作業環境中吸入性危害之議題，雖目前傳統空氣中有害物之採樣分析結果準確，但往往分析過程繁瑣且價格昂貴，因此透過低成本感測元件之發展，可快速獲得感測結果，方便監測且節省時間成本，增加資料量及數據可利用性，並且可找出時間與濃度關係，進一步進行暴露評估。

此報告主要進行低成本感測器與一般儀器設備之準確性比較，並透過實驗證實低成本感測器之數據是可靠的。目前已發展 3 款型號之感測器供選擇，並可量測 6 種不同的汙染物，分別為一氧化碳、揮發性有機化合物、二氧化碳、二氧化硫、PM<sub>2.5</sub>、二

氧化氮(如圖 5)，另外也建立雲端服務平台，包含即時監控污染物濃度、查詢歷史資數據、收集與共享其他感測器之監測數據，而在數據呈現方式以圖形化分析為主，並可搭配手機應用程式使用。



圖 5 低成本污染物感測器

#### 4.職業安全衛生之巨量資料運算中心心得

本會議邀請 Bsi 公司發表了該公司在職業衛生的新議題：建立職業衛生的巨量資料運算中心。該公司協助政府單位或企業建立職場安全或工業衛生所需之資料庫，如噪音、化學物質濃度、有毒物質等數據資料，經過長期監測所獲得之巨量資料，進一步加以運算分析，轉化成有用之趨勢圖表或統計資料，提供企業擬定改善策略之用。會議中亦提出建構巨量資料運算中心須具備之設備(如圖 4)，且為避免主機長時間運作過熱等問題，針對空間配置規劃等提出說明，另數據運算中心亦存在職業衛生潛在危害及風險，包含機器運轉時之噪音、用電安全、冷卻水系統微生物孳生及除菌劑之化學品暴露、人員搬提重物之人因工程問題等，這些議題在存在著許多伺服器等機器設備之巨量資料運算中心，顯見實驗室分析人員在進行專業數據分析及資料探勘之同時，仍應其注意工作場所間之潛在危害。

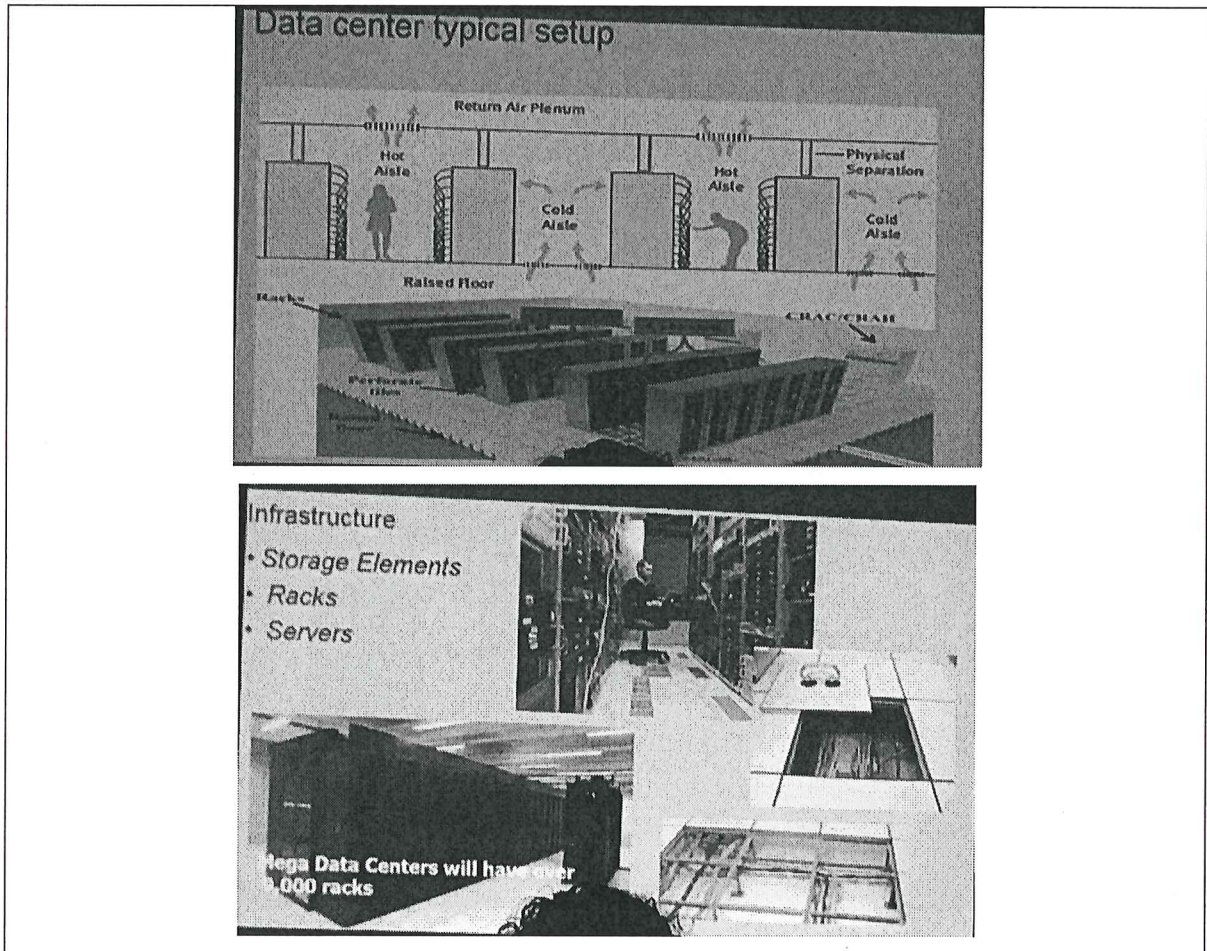


圖 6 Bsi 公司之職業安全衛生之巨量資料運算中心

### 第三節 展覽會心得

這次在展覽會約有 240 家廠商，儀器展覽及技術發表會除以往採樣分析工具及方法之些微更新，較大不同處為因應聯網與感測技術的快速發展，已有多家廠商開發智慧感測裝置及運算系統平台之產品，主要為強調感測結果可即時掌握，並透過手機等裝置將警示訊息提供給現場作業勞工。以下針對相關產品進行說明。

#### 一、智慧環境感測器發表會

本次會議 SGS 公司發表該公司新的監測技術：Smart Sense。可偵測物質包含：揮發性有機物、粉塵濃度、臭氧、二氧化氮等其他污染物，並可偵測溫度、壓力和濕度。(如圖 7)。本技術可智慧感測物質濃度，可透過手機啟動採樣裝置，並將採樣紀錄與結果透過 Smart Sense 進行數據傳輸。目前此技術已成功於廠區進行感測測試，且在展示過程也示範感測與傳輸技術給現場與會人員體驗。



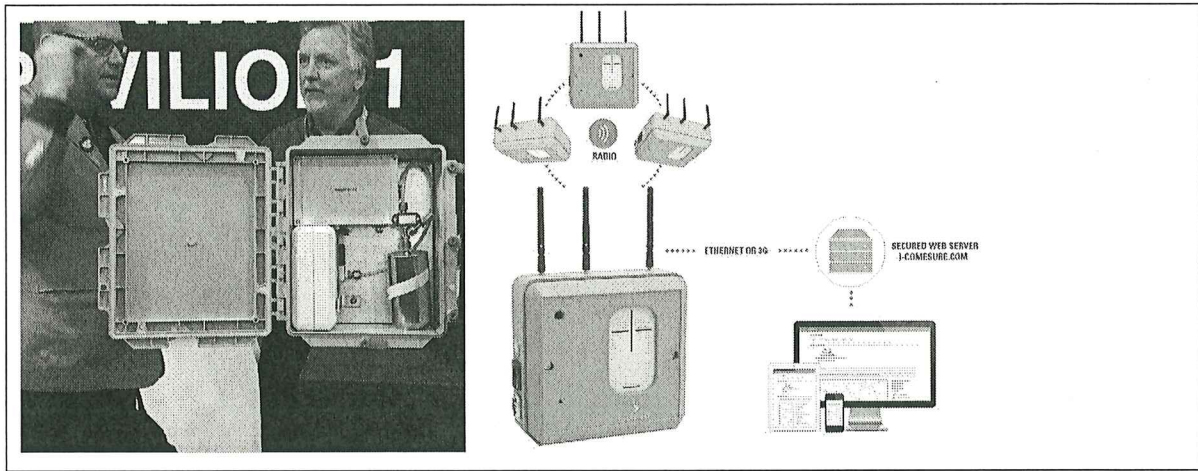


圖 7 智慧環境感測器發表會

## 二、採樣泵智慧紀錄與噪音監測展示

工業衛生使用採樣泵來採集作業場所空氣中有害物質，傳統採樣泵於採樣期不定時確認是否穩定運轉，避免採樣流率改變或停止而影響採樣結果。Casella 公司發表之新型採樣泵增加聯網傳輸技術，透過其開發之手機應用程式，可遠端操作採樣泵及完成數據結果之傳輸，無須打擾配戴採樣泵之人員(如圖)。採樣人員可在勞工身上即時查看採樣泵之採樣流率是否正常，並可從手機、平板或電腦啟動、停止甚至暫停採樣泵，該應用程式本身還可主動將採樣數據以電子郵件方式寄送相關人員，數據內容包含日期、時間、採樣流率及採樣量。此新型採樣泵可避免採樣期間打擾配戴採樣器之勞工，以遠端監控方式確認泵之運作情形，提升採樣之準確性。



圖 8 Casella 公司發表之新型採樣泵產品

另外 Casella 亦發表一款個人噪音劑量計 dBadge2(如圖 9),此產品具備藍芽傳輸功能以及運動感測器,故此產品可記錄勞工的作業活動,進一步評估各作業活動所暴露之噪音危害,藉以進行有效之防護措施。



圖 9 Casella 公司即時監測產品

### 三、勞工安全遠端監控裝置

本次展覽會 Industrial Scientific 公司發表一款勞工安全遠端監控裝置 iNet Now(如圖 10)。此裝置可進行環境危害之即時監控(目前為氣體感測),當勞工處於有害氣體濃度過高的環境,或者勞工所處環境有需警戒注意處,此設備可立即透過手機警報或電子郵件發送到被指定聯絡人,另外此產品具備即時地圖與定位顯示出勞工的狀態及位置,減少手動登記流程之作業時間,當緊急情況發生時,觸發自動警報,現場工作人員可即時疏散。另外在傳輸方面,此產品使用相容性較大之無線傳輸組合,因此相較以往更容易掌握不同區域之氣體感測裝置及場域監視器的狀態。

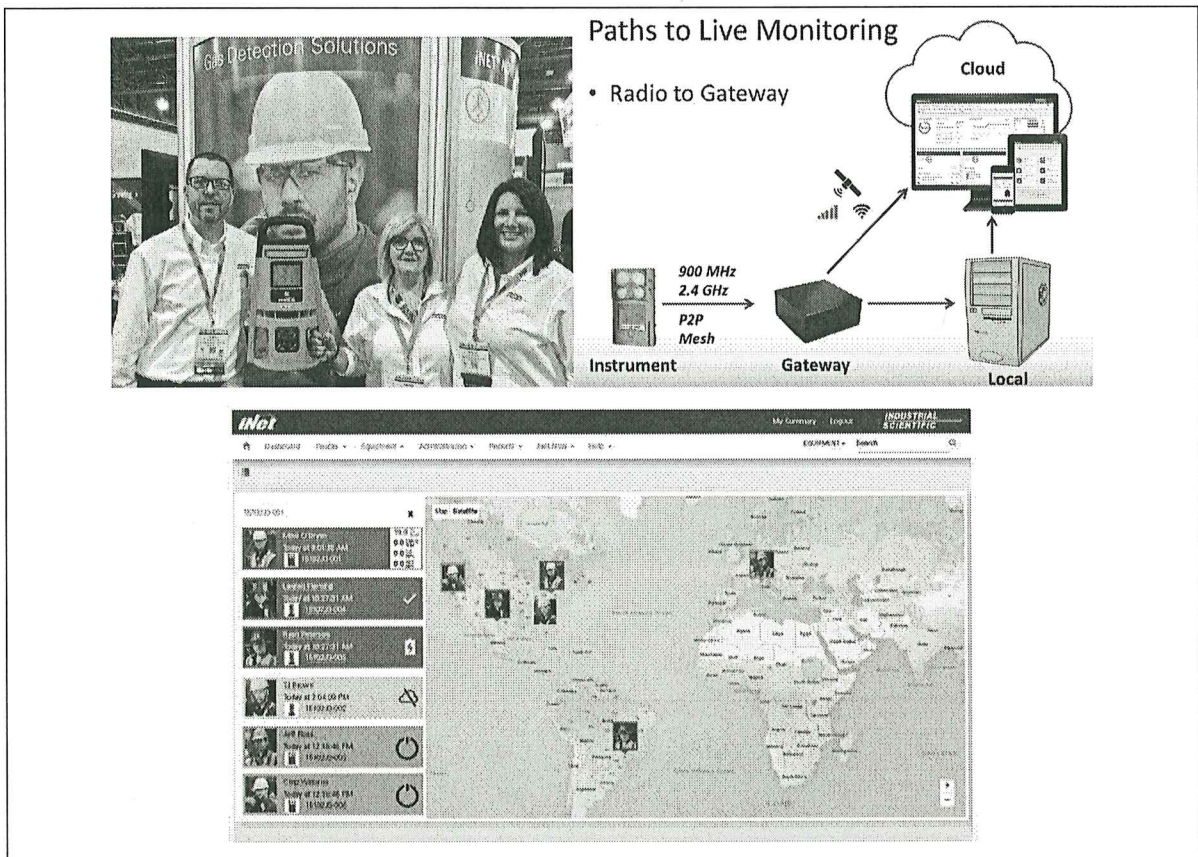


圖 10 Industrial Scientific 公司發表現場實時監控產品

依據參與會議的心得，發現本次會議主軸雖仍聚焦於職業暴露危害調查之技術與調查成果之交流，但從部分研究議題發表與展覽會可發現，採樣分析亦逐漸期待獲得即時暴露數據，以及立即回饋予現場作業人員或管理人員，因此本次專題報告中亦有一主題專門針對創新採樣分析技術進行成果分享與交流，國際間也有不少學者及儀器廠商在發展符合工業衛生之即時監測技術。但目前感測技術之準確度與干擾等問題仍待克服，因此目前國際間的作法仍以傳統採樣分析技術為主，但仍努力發展新的環境監測工具，並可積極與企業合作，透過結合適當場域進行技術開發，達到雙贏的局面。透過本次會議之成果交流，獲得了國際上較新的職業衛生資訊，提供本所未來研究發展的重要參考資訊，因此，本所派員參加此次會議，對於本所具有相當的價值與重要性。研討會及展覽會場如圖 11。



圖 11 研討會及展覽會場

## 第四章 建議

- 一、美國工業衛生研討會暨展覽會為每年全球工業衛生相關人員共襄盛舉之一大盛會，透過此研討會可接觸到專業學者、產業界之工業安全衛生師、產品公司技術研發人員以及政府官員等，研討會亦無論是議程、場地、論壇內容、廠商攤位、教育訓練課程、實地參訪行程等均精心安排。主辦單位事前建立官方 APP，將研討會各項資訊細節及各場報告簡要內容均置於 APP 中，供與會人員於手機進行查詢，且 APP 可將有興趣之專題報告排入行事曆並設定提醒。對於初次參加本會議者，主辦單位亦安排會場導覽人員針對場地及會議進行流程提供詳盡解說，使參加者快速熟悉動線及流程。我國在工業衛生及職業衛生之研究專業度不亞於國外，但對於舉辦國際學術研討會之經驗不足，未來對於國際會議之舉行，除政府部門須積極籌備外，可結合具職業安全衛生專業之民間組織合作，在專題論壇部分亦可積極邀請國外與會專業人士就其研究成果進行其研究成果分享及交流。另會議內容 e 化與無紙化已為目前研討會趨勢，未來我國舉辦職業安全衛生相關研討會議亦可參考此方式辦理，讓參與者能有效快速的掌握會議資訊。
- 二、在聆聽演講及論文發表時發現，多篇研究均應用大量危害暴露資料進行進一步研究，顯見建立大數據資料庫已是未來研究趨勢。此趨勢將帶動採樣技術的變革，過去傳統採樣方式僅能採集有限之樣本數，且分析亦耗費較多時間與人力，較難取得大量之暴露資料。本次會議已有多篇研究與儀器商發表之產品，其採樣方式已導入即時感測技術與傳輸技術，除可取得有害物之即時監測數據，且同步傳輸至後台提供決策與應用，但以目前感測技術大多應用於室內空氣品質之量測，對於特定有害物質之監測技術尚待精進，且仍有準確度與干擾等問題存在。有鑑於目前感測技術與聯網技術進步相當快，我國亦已著手發展職業安全衛生與物聯網技術之跨域應用研究，並引進國外已發展成熟之感測元件與傳輸元件，透過技術整合並導入工業衛生之採樣分析技術，發展適合於作業場所

使用之即時感測元件，此技術整合需與資通訊專業團隊合作進行。透過本會議之研究成果交流，我國對於職業安全衛生結合物聯網之應用符合國際趨勢，且低成本之感測技術亦為業界所需，因此未來仍須針對感測元件之可靠度進行持續測試與改進。透過本次會議內容，可瞭解國際間對於工業衛生之感測與聯網技術之發展趨勢，並提供我國作為研究執行上之參考。

三、美國國家職業安全衛生研究所與民間企業合作，共同發展適合礦場作業勞工之粉塵即時暴露評估技術，由政府單位提供技術及研發支援，民間企業提供場域，以該公司為範本，開發適合該產業所需之技術。以 NIOSH 與礦產公司合作開發之 Helmet-Cam 技術為例，該技術可掌握勞工粉塵暴露實態以及作業場所需明確改善的區域，其他公司亦參考此成功案例，引進此技術作為公司之績效指標。有鑑於國外的作法，研究計畫中相關技術的建立皆須呼應產業實際需求並解決其問題，因此未來在進行發展職業安全衛生相關技術建立時，可效仿此案例，建立研究型示範場域模式，在符合法令規定的情況下，建立產官學合作機制，結合政府與民間企業資源，將開發之技術成功導入示範場域，透過企業間觀摩等推廣方式，帶動該產業之職場環境之提升。

四、本次會議部分議題為有害物即時感測技術之發展，研究除著重於技術發展外，針對工業衛生人員之教育訓練亦同步進行。我國目前職業安全衛生與物聯網結合之相關感測技術已逐步發展中，對於教育訓練部分除技術面之操作教學外，應可增加知識面的部分。知識面為建構物聯網與職業安全衛生跨域教育訓練課程，透過以職能導向為基準的課程設計及系統化的訓練，以能提升職安衛人員物聯網相關知識，使其瞭解物聯網在職業安全衛生管理的應用，以及可以得到的益處，以有效的預防意外地發生以及降低意外造成的損傷。

## 附錄 發表論文摘要

### **Exposure to VOCs in Electrosurgical Smoke Resulting from Surgeries**

Nai Yun Cheng<sup>1</sup>, Yaw-Huei Hwang, Ph.D. <sup>2</sup>, Ruei Hao Hhie, Ph.D. <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institute of Labor, Occupational Safety And Health, Ministry of Labor

<sup>2</sup>Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, National Taiwan University

<sup>3</sup>Green Energy and Environment Research Laboratoy, Industrial Technology Research Institute

#### **Introduction:**

Electrosurgery is a common clinical medical technique in many surgeries, which is applied for cutting and coagulating and dramatically improve the traditional way to prevent bleeding during surgeries. However, when electrosurgery is used, tissue will pyrolysis and produces bad smell and smoke. There were more than 150 kinds of harmful chemicals investigated in electrosurgical smoke, and some of them were carcinogenic compounds. This study intend to quantify volatile organic compounds(VOCs) in electrocautery smoke to assessment the exposure scenario during surgeries.

#### **Methods:**

This study was conducted in a metropolitan hospital of northern Taiwan and focused on orthopedic, breast and abdominal cavity surgeries. Stationary sampling for electrosurgical smoke utilized 1L Bottle Vac™, connected with restrictor and Teflon tube. The open end of the tube was placed next to the surgeon's breathing zone. Breath samples of operating staffs were also collected with 1L Bottle Vac™. Samples were qualitatively and semi-quantitatively and analyzed for VOCs by GC/MS.

#### **Results:**

High compliance in VOC species between two types of samples implies that breath samples might reflect the exposure scenario of electrosurgical smoke during electrosurgical procedures. Benzene level in breath samples significantly increased for surgeons who experienced longer time for EU use ( $p = 0.031$ ). Comparing the results of breath samples after surgery between traditional and endoscopy surgeries, samples of surgeons of traditional surgeries presented higher VOCs (benzene and toluene etc.) exposure level, while surgeons who used Pulsed Electron Avalanche Knife (PEAK) in surgical procedures showed lower exposure levels of VOCs (hexane and toluene etc.) in electrosurgical smoke than those surgeons who used electrocautery. On the other hand, this study also found that the maximum level of sevoflurane, one kind of anesthetic gas, in the operating room already exceeded the action level and warranted immediate measures to lower this kind of exposure. Besides, sevoflurane in breath samples of surgeons also significantly increased as the surgical time lasted longer ( $p = 0.011$ ).

#### **Conclusions:**

Although the VOCs concentration were far below the PEL, surgeons still have to concern the potential hazard of electrosurgical smoke and correctively use the local suction devices to reduce exposure

**Keywords:** electrosurgical smoke exposure, volatile organic compound, anesthetic, breath sampling

# Exposure Assessment of 1-Bromopropane Workers and Recommended Exposure Limit in Taiwan

Nai Yun Cheng<sup>1</sup>, Yu Wen Lin, Ph.D. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Labor, Occupational Safety And Health, Ministry of Labor

<sup>2</sup>Fu Jen Catholic University Department of Public Health

## Introduction:

1-Bromopropane (1-BP) is an alternative to ozone-depleting solvent that is used in degreasing, dry cleaning, spray adhesives, and aerosol solvents. Occupational exposure to 1-BP is associated with adverse peripheral sensory, motor, and central nervous system (CNS) effects. We report our Health Hazard and Medical Evaluation of 6 patients with neurotoxicity associated with occupational exposure to 1-BP.

## Methods:

This project investigated the exposure profiles of three manufacturers with the processes of 1-BP applications. This study selected three factories which used 1-BP as cleaning solvent. Area sampling and personal sampling were conducted for realizing exposure scenario for 1-BP. Charcoal tubes (SKC 226-01, 100 / 50mg) were used for air sampling. Sampling flow rate was set for 200 mL/min, the sampling time is about 6 hours. Samples were analyzed by GC/MS. Five most commonly used protective gloves - neoprene gloves glove, nitrile glove, natural latex glove, butyl rubber glove and Silver Shield® glove were tested for the protective efficiencies of 1-BP.

## Results:

The distributions of the sampling results of the three manufacturers were estimated. The 95th percentile concentrations of area samples air were exceeded the permissible concentration in the international. Five most commonly used protective gloves - neoprene gloves glove, nitrile glove, natural latex glove, butyl rubber glove and Silver Shield® glove were tested for the protective efficiencies of 1-BP. Except for Silver Shield® glove, the other four gloves were broken through by 1-BP within 15 minutes without effective protection. Silver Shield® glove was recommended to be used to provide workers the appropriate hand protection, but the total use time should not exceed eight hours.

## Conclusions:

1. Silver Shield® glove was recommended to be used to provide workers the appropriate hand protection, but the total use time should not exceed eight hours.
2. The investigation of 1-BP has the second-class hazards of toxicological substances in the first class of reproductive toxicity substances and specific target organ system toxic substances (repeated exposure), and in view of the occurrence of multiple neuropathy caused by exposure of 1-BP to six workers in the country. In order to prevent similar hazards of 1-BP exposure, Taiwan government increase the allowable concentration of 1-BP: 0.5 ppm; also consider 1-BP as the substances which absorbed by the skin, so added the notation of "skin" to remind the skin exposure hazards of 1-BP.

**Keywords:** 1-bromopropane, personal exposure measurement, exposure control.