

出國報告（出國類別：其他-參加國際研討會）

赴美國參加國際縱火調查協會年會

服務機關：內政部消防署

姓名職稱：陳紫竹 科員

派赴國家/地區：美國

出國期間：108年4月13日至4月21日

報告日期：108年7月19日

摘要

國際縱火調查協會(International Association of Arson Investigators , IAAI)於 2019 年 4 月 14 日至 4 月 19 日假美國佛羅里達州傑克遜維爾市君悅酒店(Hyatt hotel)會議中心舉辦 2019 年年會及訓練研討會，本次年會計有美國、英國、法國、墨西哥、加拿大、西班牙、澳洲、義大利等國家之火災原因調查鑑定專業人員出席與會，並邀請具火災調查專業之專家學者發表新知、技術與案例探討。本次訓練研討會共分為 A、B、C、D 等會場分別辦理，其中有 16 小時由縱火防制保險委員會(Insurance Committee for Arson Control，簡稱 ICAC)辦理的火災財損紀錄與調查、16 小時車輛火災調查、6 小時船舶火災調查及 8 小時的案例分享等，本次訓練研討會主要集中在交通工具火災之調查、火災財損紀錄與調查及案例分享，會議內容精彩豐富；然而本次會議不同於去年，無 32 小時之火災調查基礎課程，在過去訓練研討會均由依照個人喜好自行前往旁聽，但本次部分課程採事先報名制，如未報名者則無法參加。

本署由火災調查組科員陳紫竹出席本次年會及為期 6 日的訓練研討會，希冀從中汲取火災調查專業技術新知，並藉由參加本次國際活動，與世界各地火災調查人員經驗交流，以其經驗與研討會新知來強化本國火災調查專業知識與技能。

目錄

壹、目的	4
貳、過程	5
參、心得	10
一、 電氣基礎概論	10
二、 火焰噴射流的認識與調查.....	11
三、 提倡火災調查員健康和安全的改善.....	14
四、 通風條件對室內火流型態的影響.....	16
五、 海事火災案件調查.....	20
肆、建議	22

壹、目的

國際縱火調查協會(International Association of Arson Investigators , IAAI)為全球最大火災調查組織，該會於西元 1949 年在美國肯塔基州成立，透過提供教育、培訓、專業研究、認證等方式，致力於提升縱火和爆炸調查專業人員之專業能力，該協會至今已成為國際間最大火災原因調查專業組織，在其發展下共有 70 個分會遍布全球，全球正式會員約有 9000 多人，該協會固定於每年 4 至 5 月期間舉辦為期 6 天的年會與訓練研討會，選舉下屆主席、副主席及委員代表，並由相關領域專業或技術人員發表研究成果、新技術、案例等火災調查相關資訊，致力於提升火災調查人員專業能力，並透過會員之間的經驗交流來促進火災調查技術發展，本署每年亦派員參與該盛事，希望透過參加本次活動，除獲得最新火災調查專業知識、技術外，更能與其他國家火災調查專業人員經驗交流，以強化我國火災調查技術，並與國際接軌。

貳、過程

2019 年國際縱火調查協會第 70 屆年會與訓練研討會於 108 年 4 月 14 日至 4 月 19 日在美國佛羅里達州傑克遜維爾市的君悅酒店會議中心舉行，於 4 月 14 日下午 4 時開始報到，本次計有美國、英國、法國、墨西哥、加拿大、西班牙、澳洲、義大利等國家之火災原因調查鑑定專業人員出席與會，會議期間有年會開幕典禮、新任主席選舉及訓練研討會等，並於 108 年 4 月 19 日閉幕。

本署出席人員陳紫竹於 108 年 4 月 13 日於桃園國際機場搭機出發經美國休士頓國際機場轉機前往會議地點，於當地時間 108 年 4 月 14 日上午 12 時抵達傑克遜維爾國際機場，遂搭乘計程車前往傑克遜維爾市的君悅酒店辦理住宿相關事宜，並於下午 4 時辦理會員報到事宜(如圖 1)，領取手冊、識別證、教材等與本次年會相關物品。接續參與 108 年 4 月 15 日至 4 月 19 日之年會開幕典禮、晚宴及訓練研討會等，108 年 4 月 19 日於訓練研討會結束後遂由佛羅里達州傑克遜維爾國際機場經美國休士頓國際機場轉機返回桃園國際機場，於 108 年 4 月 21 日上午 6 時左右抵達。

本次年會於 108 年 4 月 15 日上午 8 時開始舉行開幕儀式(如圖 2)，由現任主席 Bumper Moylan 致歡迎詞後逐一介紹與會貴賓，經貴賓簡單致詞後，即開始追思過往對協會或火災調查工作有特殊貢獻的已故會員，以簡單又隆重的方式來祝福已故會員，開幕儀式結束後由 1 名退役的黑鷹直升機女駕駛進行專題演講，本次訓練研討會正式於 108 年 4 月 15 日下午 1 時 30 分開始，期間於 108 年 4 月 17 日上午 7 時到 4 月 18 日下午 1 時舉辦 1 個廠商博覽會(如圖 3、圖 4)，每日議程內容如下：

日期	教室	時段	主題
4/15	A.B.C.D	0800-1000	開幕式
	A	1300-1700	消防安全設備於法院上應用
	B		火流型態與導體通電融痕分析
	C		以工程與火災調查之思考邏輯探討船舶火災調查
	D		電氣基礎理論
4/16	A	0800-1200	天然氣案件調查
		1300-1700	案例分享-2 件重大縱火案件談跨單位合作
	B	0800-1200	透過談話筆錄強化火災調查之證據蒐集
		1300-1700	年度會議
	C	0800-1000	EUOs 介紹(ICAC 課程)
		1015-1200	區劃科學之定位與分析 (ICAC 課程)
		1300-1700	利用連結設備及社群媒體進行調查(ICAC 課程)
	D	0800-1700	火災動力學
4/17	A	0930-1130	提倡火災調查員健康和安全的改善
		1230-1430	車輛電氣系統與高溫表面之火源
		1500-1700	通風條件對室內火流型態的影響
	B	0830-0930	美國消防學院介紹

日期	教室	時段	主題	
4/17	B	1000-1200	植物油類自然發火	
		1300-1500	證物辨識、採證及保存技術	
		1500-1700	火災調查路線圖	
	C	0800-1700	財損報告製作(ICAC 課程)	
	D	0800-1700	車輛火災調查(第 1 天)	
4/18	A	0800-1000	爆炸與炸彈	
		1015-1200	海事火災案件	
		1300-1700	火焰噴射流的認識與調查	
	B	0800-1000	死亡火災調查的關鍵	
		1015-1200	案例分享-自殺、兇殺	
		1300-1700	當縱火成為謀殺工具，以柴郡縱火案件分享	
	C	0800-1000	我們是否做對了？	
		1015-1200	植被火災相關的火流樣態	
		1300-1500	田野調查	
		1515-1700	火災行為學	
	D	0800-1700	車輛火災調查(第 2 天)	
	4/19	A	0800-1200	銅線導體熔珠分析為電氣火災調查的新科技 或迷思
		C		證物採集技術員考試
D		起火點與原因分析		



圖 1.報到



圖 2.開幕典禮



圖 3.廠商博覽會一覽



圖 4.廠商博覽會攤位

參、心得

火災現場調查為一門極需經驗累積的專業技術，要從一個殘破不堪的火災現場找出與起火原因有關的蛛絲馬跡，不僅要了解火災學、流體力學、攝影技術、電氣理論、化學理論等多種專業知識外，更要從受燒後的災害現場內部地板、隔間、傢俱、門、裝潢、天花板等與室外燒損狀況，從其碳化、燒失、變色、火流、龜裂等燒損情形進行比較，進而分析研判其起火處所，並於起火處所挖掘尋找相關物證，輔以關係人之訪談筆錄，經過多重考驗論證才得以客觀合理推斷出起火處所、起火原因及發生過程。

本次訓練研討會主講人均為國際火災調查學術及實務界頗負盛名之學者或火災調查人員，如 Jason McPherson、Robert Schaal、Jeff Pauley、Peter Mansi、Stephen Rinaldi、Daniel Madrzykowski……等人，以下僅將部分專題研討內容心得摘要分述如下：

一、電氣基礎概論

本訓練研討會主要讓參訓人員能了解基本電氣術語、辨識常見電氣故障成因、家中常見的電氣系統、物品以及潛藏引發火災的電氣因素，主講人為由縱火調查協會電學專家 Jason McPherson 授課，講師曾擔任國際專業工程師、美國 17 個州的專業工程師、法學電氣工程師、爆炸火災調查員，並強調調查人員確定起火原因如果為電氣因素，應知道其發生在什麼位置、什麼電氣因素，並說明如何發生、如何引燃可燃物及燃燒的先後順序，並必須將其其他可能因素排除才得以斷定。

造成電氣故障的成因有短路、接地(漏電)、過負載或過流、接觸不良、中性線斷線、高阻抗連接、電弧火花等因素，在如果最後研判火災為電氣因素時應謹守以下原則：

(一) 現場紀錄：

紀錄現場所有資料，如火災現場外觀、內部受燒後的火流痕跡、電器使用情形、電力系統配置狀況、電力系統有無正常供電、家具擺放位置、門窗開關情形等相關資訊，可佐證起火處所位置。

(二) 進行訪談：

訪談之目的為了解現場財物狀況、建築物結構、內部隔間位置、裝潢材質、火災發生前有無發生異常狀況等與火災現場有關之資料，其對象為與火災現場有關人員，如報案者、使用者、屋主、維修人員等，其相關資料應列入火災原因調查記錄，以釐清關係人與火災的關聯性。

(三) 證據蒐集：

經現場的各空間火流痕跡，研判出起火處所位置，並於起火處採集與蒐集與火災現場成因有關之物證(電氣、促燃劑或其他)，以驗證起火原因、起火處的分析研判。

(四) 利用火災現場調查技能與知識，以科學方式驗證分析研判結果：

經火災現場勘查後，依現場受燒損程度、火流痕跡辨識起火處所，並於起火處所發現電氣(短路)痕跡，且排除各種可能起火因素，並可說明電氣痕跡(短路)由何種因素而造成、發生後的著火經過、著火物質與火勢延燒的時序等與火災因果關係。

二、 火焰噴射流的認識與調查

NFPA 期刊於 2017 年 9 月 1 日發表火焰噴射流科學，說明為什麼一個裝有易燃性液體的容器遇到火源時會如同噴燈一樣將火焰噴射出來，而且這些事件為什麼會層出不窮？本次訓練研討會中藉 2010 年密西根州調查人員控訴 1 名父親謀殺其女兒案件，案件狀況如下：

(一) 時間：2010 年 9 月 19 日

(二) 地點：密西根州紐黑文 1 住宅戶外

(三) 現場概況：一對父女在戶外活動，女兒在和狗遊戲，父親在旁邊的火盆生火，生火期間發生火災，鄰居發現後立即報案。

(四) 傷亡情形：父親的臉、手、胸、腿及脖子有二度灼傷；女兒衣物燒失，全身 95% 二、三度灼傷，送醫不治。

(五) 訪談筆錄：父親表示當時想要讓火盆的火燒快一點，就拿著僅剩 1/4 容量的柴油容器從火盆上往下倒，突然間就看到四處都是火，當下手足失

措；鄰居表示聽到尖叫聲後在其家內廚房看到 1 個人身陷在 10 呎的火球內，便立即報案。

因法官因無明確事證可控訴該名父親謀殺其女兒，最後請菸酒武器爆炸調查局(ATF)的消防研究實驗室(FRL)進行相關實驗，實際模擬現場狀況，將裝有不同容量的汽油、柴油及汽柴混和油進行 17 次實驗，並發現實驗中 100% 含量的汽油與混和油都有火焰噴射流的狀況。

經過實驗室實驗後發現，火焰噴射流發生因素為裝有閃火點低於室溫易燃性液體的容器且容量僅未達 1/4，於傾倒過程中，容器內部產生負壓將空氣吸入，當可燃性蒸氣與空氣混和達到燃燒上下界限時(如圖 5)，如遇外部火源，其火勢經由傾倒的可燃性液體表面蒸氣延燒至容器內部，燃燒過程中因容器內屬半密閉空間，其燃燒所產生之壓力將內部氣體、可燃性液體往開口方向宣洩，隨著可燃性液體噴射出開口後，其蒸氣與空氣混和燃燒，故發生時會有四處都是火焰的狀況，噴射過程不會超過 1 秒鐘，而且火焰噴射流的距離取決於容器液體的容量(如圖 6 至圖 8)。

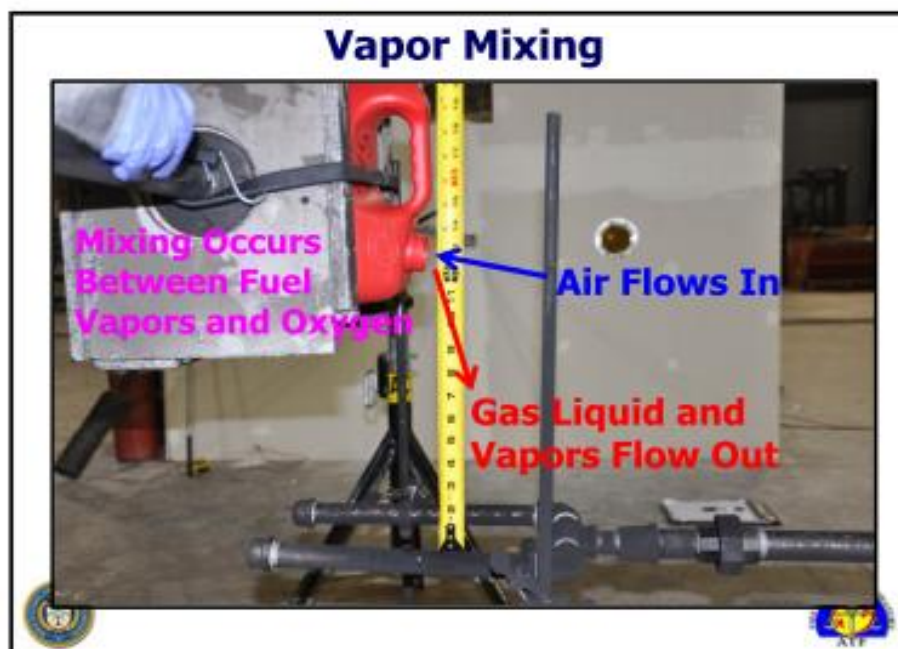


圖 5 可燃性蒸氣混和示意圖(汽油與可燃性蒸氣流出，空氣進入容器內)

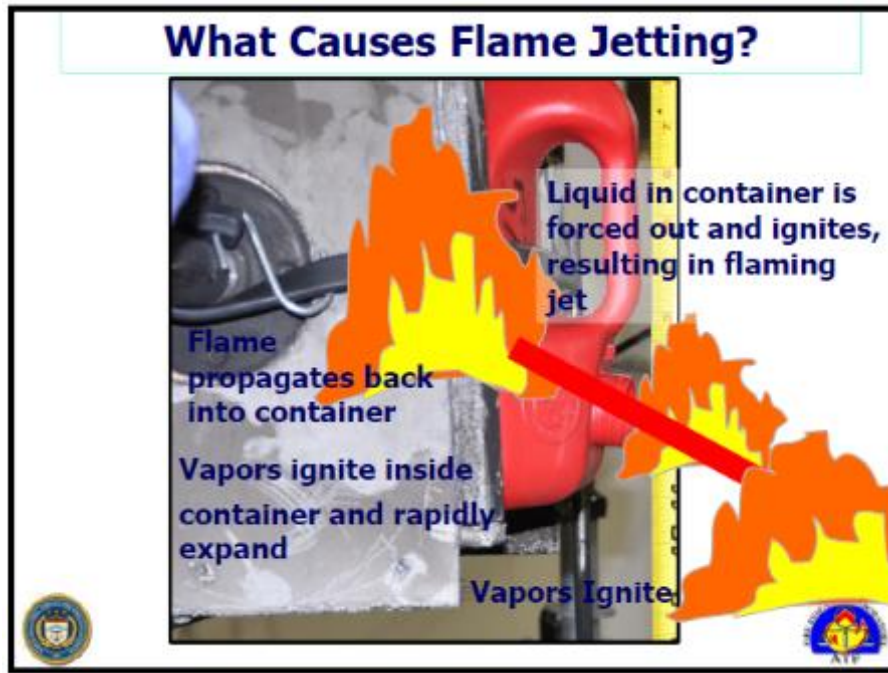


圖 6 火焰噴射流示意圖(火焰沿外部點燃容器內部的混和氣體後產生火焰噴射流)

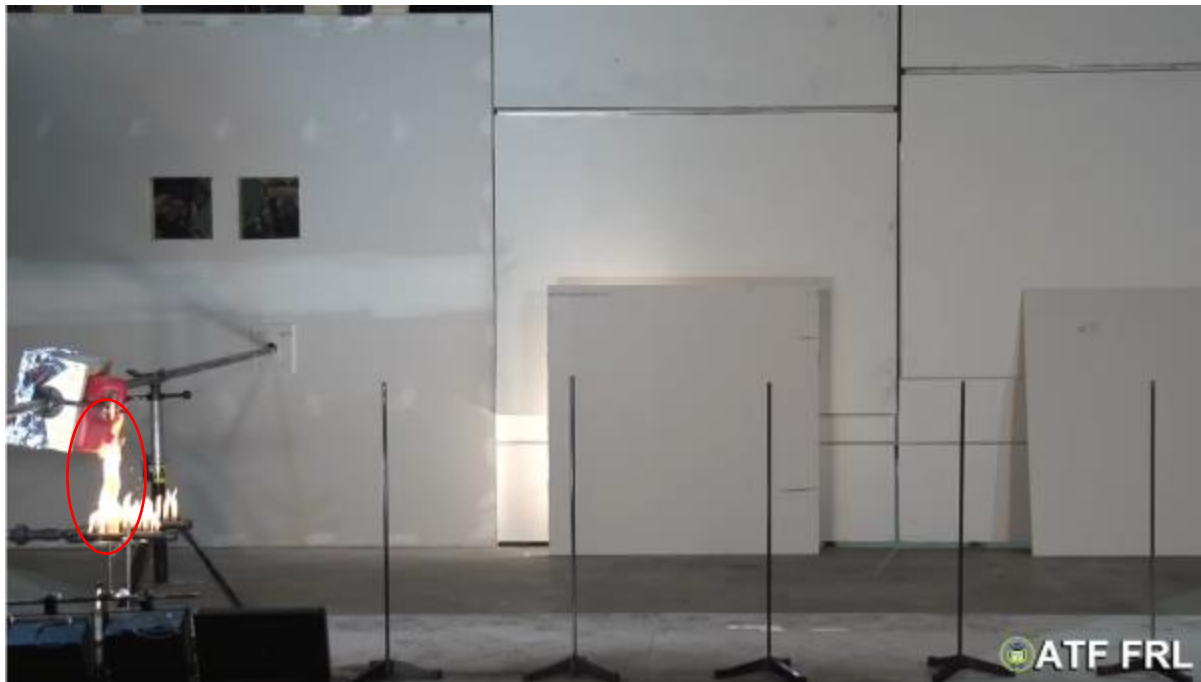


圖 7 消防研究實驗室實際實驗結果，火焰沿倒出來的易燃液體進入容器

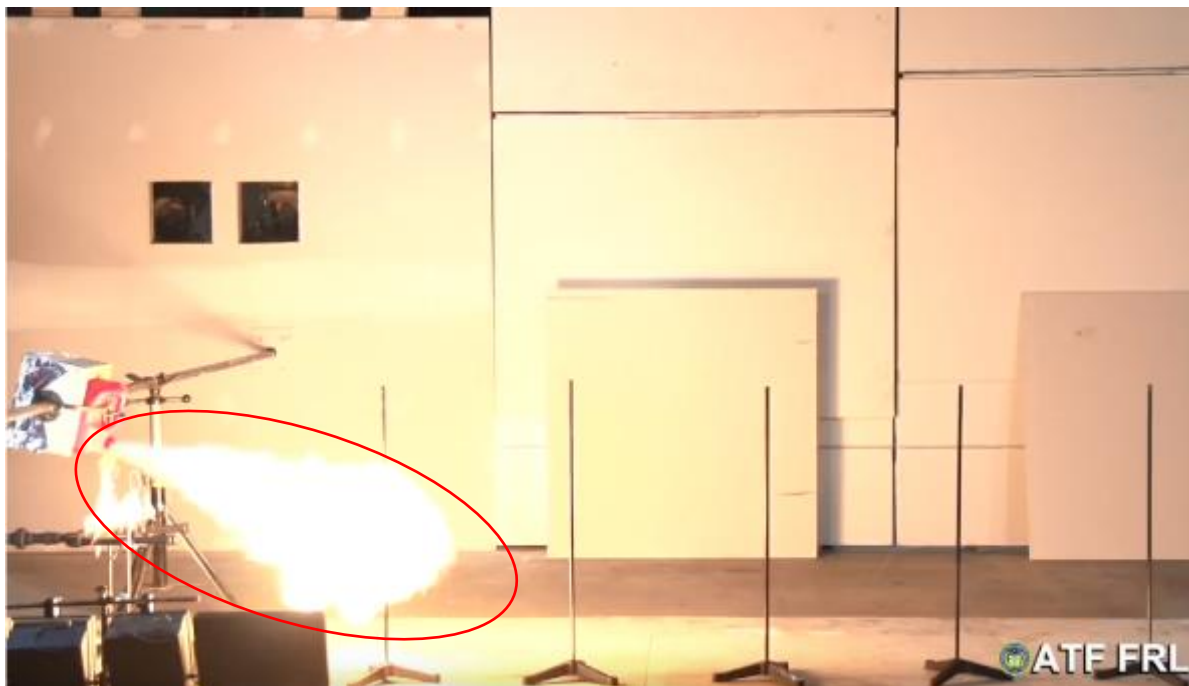


圖 8 消防研究實驗室實際實驗結果，容器內部混和氣體燃燒並將易燃液體噴出

三、 提倡火災調查員健康和安全的改善

提倡火災調查員健康和安全的改善主講人為 Jeff Pauley，他曾為佛吉尼亞州的消防局局長，目前在 EFI Global 公司擔任火災調查人員，還是國際縱火調查協會(IAAD)的健康與安全委員會的主席，致力於建構消防人員能再工作期間能健康跟安全，且為縱火調查協會 2016 年「消防人員健康基準調查」與 2018 年「火災調查員安全與健康」的主要作者。

火災調查人員所勘查的現場，常會面臨各種危害，美國火災調查人員的健康跟安全往往是整個消防調查界中最受忽視的培訓領域之一，鮮少有組織認為這是一個優先事項，其所遭遇的危害因子如下：

(一) 環境造成的物理性危害：

現場環境因火災後造成的物理危害有滑倒、跌倒、受困、穿刺傷、倒塌或墜落，然而會造成這些危害不外乎因火災後建築物結構內部物品受燒後結構不穩、天候因素、尖銳物品、勘查人員身體狀況不佳、勘查時的粗心大意等因素造成。

(二) 生物性的危害：

生物性危害都可能出現在任何火災現場，如遭昆蟲、動物咬傷及接觸到

有毒植物。

(三) 毒性物質的危害：

毒性物質最常見的就是火災現場的濃煙，濃煙中不外乎都含有機蒸氣、酸性氣體、一氧化碳(CO)、懸浮粒子等，然而濃煙所含的毒性成份往往會因燃燒的材質、溫度、現場氧氣含量與通風條件而有所不同，但這些東西往往都是火災調查人員會遇到的。

然而火災調查人員勘查現場常遇到以上危害，其受危害程度取決於現場毒性氣體濃度、勘查時間長短、勘查路線及個人體質，勘查期間大多透過皮膚、呼吸接觸到有害物質，這些危害會造成調查人員直接性或慢性傷害，然而慢性危害的潛伏期通常都介於 10 至 40 年期，身為火災調查人員應該需要保護自己未來免於遭遇到以上危害。

為避免以上危害因子而導致直接性或慢性傷害，火災調查人員於進行火災現場勘查時應注意對各項危害的防範，依現場環境使用適當的個人防護器具(Personal Protective Equipment,簡稱 P.P.E.)並制定適當勘察計畫，保持最佳身心狀況進行勘查以避免意外發生，另勘查時應有 2 人以上前往勘查，以互相照應。

除了勘查前與勘查期間應注意個人防護裝備(P.P.E.)外，會議中強調在火災現場勘查結束後更應加注意，如果所使用的個人防護裝備不是拋棄式的，應有專門清洗個人防護裝備之空間或請專業廠商清潔、清洗身體避免有害物質殘留，切忌將具有潛在危險因子的物品帶回家(如勘查服、勘查鞋、勘查褲、勘查器具等)危害家人。

四、通風條件對室內火流型態的影響

通風條件對室內火流型態的影響是由 Daniel Madrzykowski 授課，他是消防安全研究所(UL FSRI)的研究工程師，在他的整個職業生涯中，他在多個領域發表火災調查相關研究，包括：消防員死亡案件、日本神戶震後火災、科威特油田大火、夜總會大火以及芝加哥庫克縣政府大樓大火等。他擁有坎特伯雷大學的消防工程博士學位，還是美國消防協會(NFPA)、國際縱火調查協會(IAAD)和消防工程師學會(SFPE)的成員，並協助審查、編撰幾個國家消防學校的火災動力學課程。

本訓練研討會以通風控制燃燒及重複燃燒實驗來驗證通風條件及重複實驗對於火流型態的影響，為了解不同通風條件及重複實驗的火流型態，測量、監控燃燒實驗的各項數據，最後利用火災動力學去分析研判各個燃燒實驗的火流型態。實驗場景為平房建築物，內部隔間分為 3 間臥室(其中 1 間臥室為開放式格局)、客廳、廚房、餐廳，且內部配置的家具、位置都相同(如圖 8)，火源、燃燒時間相同，並將起火處設定在客廳沙發，實驗 1、2 室內開口(窗戶、門)全數緊閉，實驗 3、4 僅將客廳大門打開，並監控客廳起火時天花板之溫度，並於實驗前製作燃燒火流模擬示意圖(如圖 9、圖 10)，實驗後發現有將客廳大門打開的實驗 3、4 客廳溫度較實驗 1、2 高(如圖 11)，實驗 1、2 客廳的沙發部分燒失且天花板僅受燒煙燻，實驗 3、4 沙發則大半燒失僅剩骨架且天花板受燒變白(如圖 12)。

由上述實驗可發現到，當室內空間通風開口關閉時(實驗 1、2)，火勢從成長期到最盛期期間，因室內空間的氧含量不足造成不完全燃燒，導致現場溫度開始從 800 度驟降至 200 度左右，現場受燒損程度較輕微；相較於室內空間通風開口打開時，因開口提供燃燒所需的氧氣，火勢從成長期到最盛期後，其溫度 1000 度僅降至 800 度左右，且燒損程度較未有通風口的實驗嚴重，並從實驗上歸出以下結論：

- (一) 通風條件增加會導致火勢變強且燃燒的時間會變得更長，災損亦會增加。

- (二) 火災現場起火處所的研判，應將現場的通風條件列入考量。
- (三) 起火處與通風口的相對位置會影響到火勢的延燒方向。
- (四) 如果起火處離通風口太遠，閃燃前與閃燃後的火流痕跡不會有太大的改變。



圖 8.實驗現場配置圖



圖 9. 實驗 1、2 模擬燃燒火流示意圖(客廳大門關閉)



圖 10. 實驗 3、4 模擬燃燒火流示意圖(客廳大門打開)

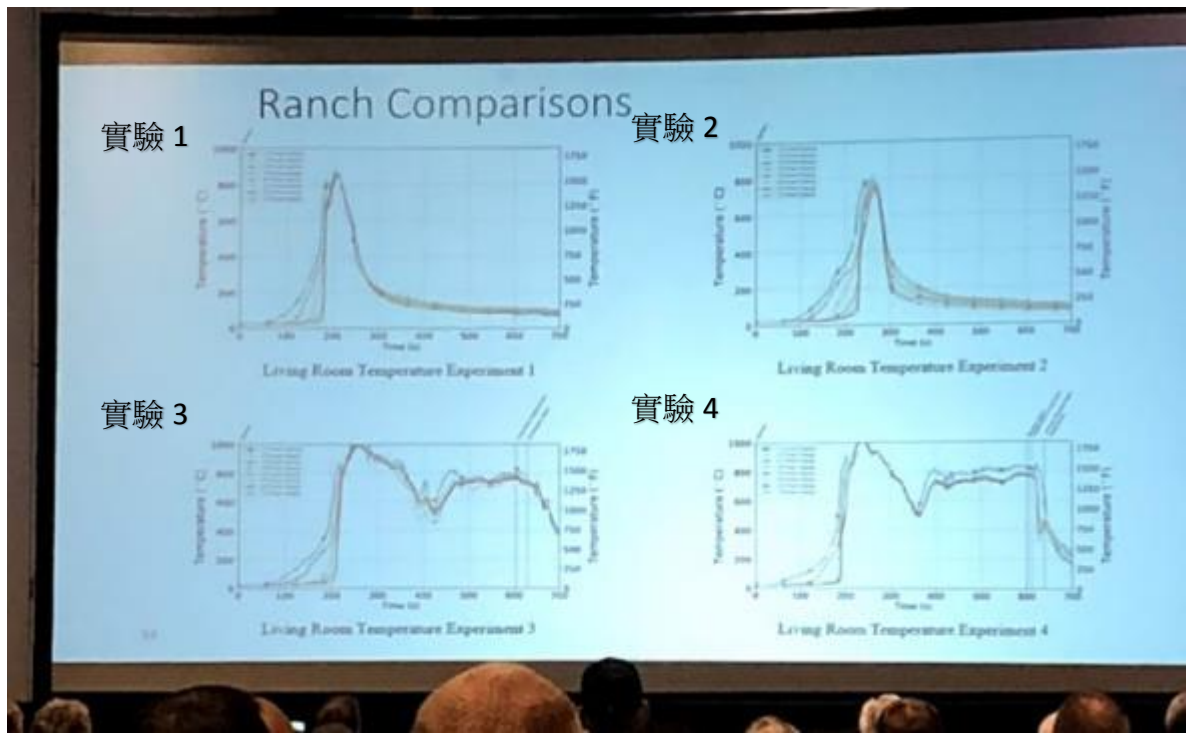


圖 11.燃燒時客廳溫度示意圖

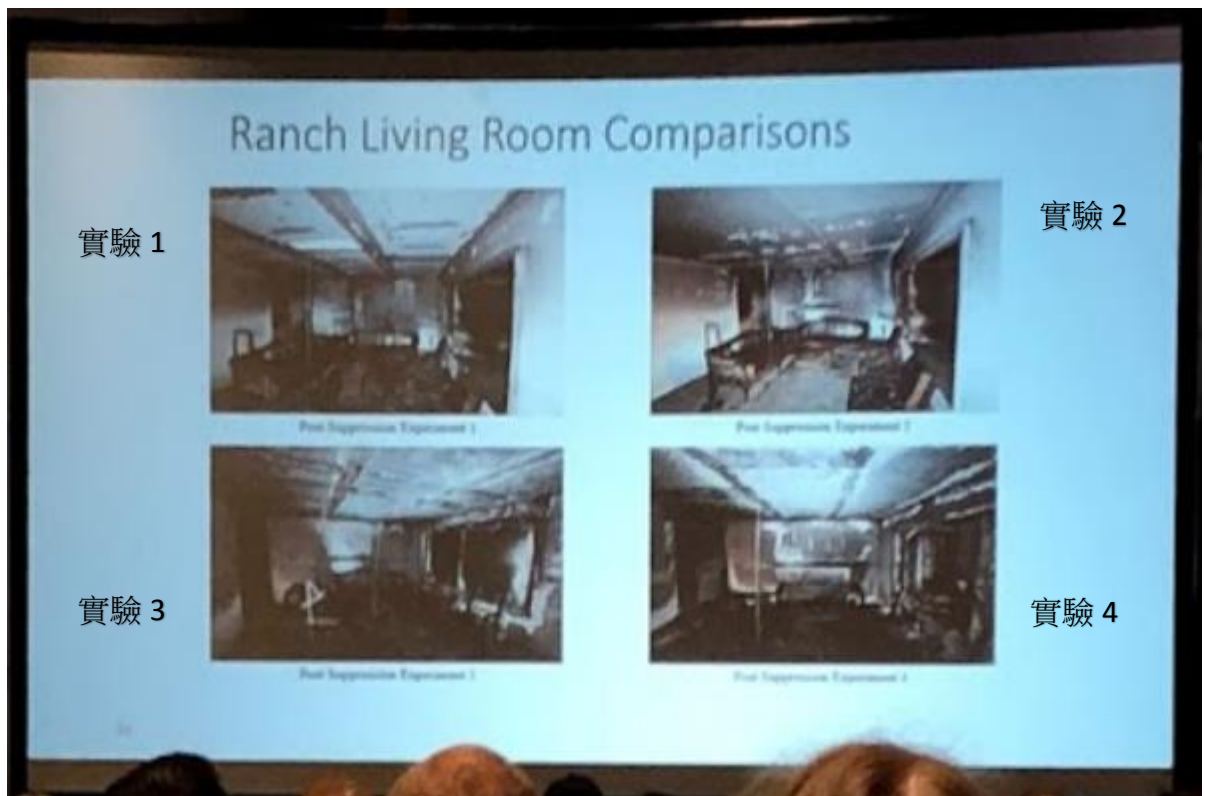


圖 12.燃燒實驗後客廳受燒情形

五、 海事火災案件調查

海事火災案件調查主講人為 Kenneth J. Weinbrecht，他是 AMS、CMS、ASA、CMI 的首席海事案件調查家，其調查領域涉及船舶建設和所有的海事案件調查並從業超過 30 年，他目前是美國國家消防協會（NFPA）的動力器械安全委員會、美國評估師協會及國際海事調查員協會的成員，說明 NFPA 針對船艇、碼頭、建築物和維修設施都設有標準，如 NFPA301(商船使用安全標準)、NFPA302(遊輪消防安全標準)、NFPA303(碼頭防火安全標準)、NFPA306(船舶危害氣體控制標準)、NFPA307(船舶、碼頭營造消防安全標準)、NFPA312(船舶施工、改造、修理及鋪設期間防火安全標準)供學員參考。

透過統計 2009 年至 2013 年船艇火災的起火原因(如圖 13)，發現其中以電氣因素為最高，佔所有船艇火災的 55%，又以直流電造成的火災為最高(占 43%)，並針對船艇火災調查提出以下勘查時應注意事項：

- (一) 燃油系統：燃油系統為供應發電機、引擎，使用油品有汽油或柴油，火災勘查時應了解燃油系統的供給路徑，以分辨燃油系統與起火原因有無關聯性。
- (二) 引擎系統：目前船艇所使用的引擎的能源有汽油、柴油、電力，依據船艇設計，其引擎位置有在船體內部或外部，因汽油、柴油及電力引擎的運作方式不同，故在勘察時應了解引擎的運作模式，在勘查時應將其列入考量。
- (三) 船體、內部隔間結構：現今船艇主體大多使用玻璃纖維建造，較少使用木材製作，部分噸數較高的船艇會使用鋼或鋁來建造(如軍艦、貨輪等)，內部隔間材質都為輕質木板，因玻璃纖維與木質隔間材質不同，兩者的火流型態對火災調查時的影響甚鉅，故在勘察時應將其列入考量。
- (四) 電氣系統：船艇電氣系統主要由發電機提供或使用碼頭充電站的電源，其電氣系統分為直流(DC)與交流(AC)電，供船艇內、引擎、充電電池、冷氣等相關電氣產品使用，在火災勘察時於現場發現通電(短路)痕跡應了解火災前發電機有無運作、有無使用碼頭充電站電源、船上冷氣有無運作、天候因素及有無人員使用電氣產品，將相關因素列入考量，以分析研判起火原因是否為電氣因素。

Fire Statistics

Boat US Marine Claims Files

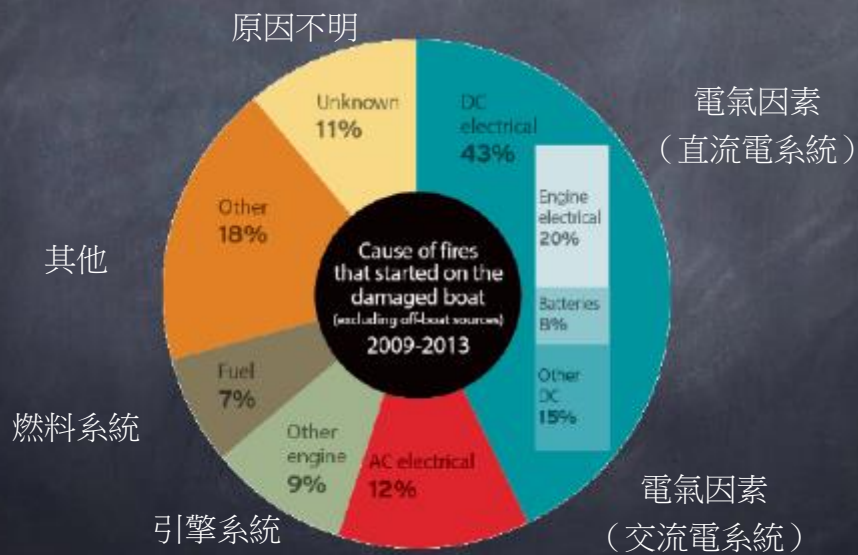


圖 13.2009 年至 213 年船舶火災起火原因分析圖

肆、建議

為提升國內火災調查能力及與國際火災調查人員經驗交流，本署為國際縱火調查協會會員，每年編列預算派員參加年會及其辦理之訓練研討會，經由多年來參加年會及訓練研討會之心得建議，對國內火災調查技術之提升有相當之助益，就本次訓練研討會之心得建議如下：

一、 將本次會議所得新知納入火災原因調查訓練內容

為強化全國各消防機關現職火調人員專業知能，每年均會辦理火災原因調查鑑定在職講習班，並要求現職火災調查人員應參加訓練，為讓火災調查在職人員學習國外新知，擬將本次所得相關新知納入講習班編排課程參考，以強化在職人員專業能力。

二、 持續派員參加國際縱火調查協會年會及研討會，以期與國際接軌並汲取新知

火災原因調查為消防政策制定的重要依據，且火災調查是門需要經驗累積與交流，進而從中不斷學習、研究的專業技術，且國際縱火調查協會每年年會及研討會發表新資訊、技術、規範、案例或研究心得，為能持續接受新知並與其他國家火災調查人員經驗交流，建議廣續編列參加國際縱火調查協會年會之預算。