

出國報告（出國類別：開會）

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：技士吳靜茹

派赴國家：美國

出國期間：99年5月16日至99年5月23日

報告日期：99年8月4日

摘 要

2010 年國際縱火調查協會（International Association of Arson Investigation, IAAI）第 61 屆年會於 2010 年 5 月 17 日至 5 月 21 日在美國佛羅里達州奧蘭多市溫德姆奧蘭多度假村會議中心舉辦，計有美國、加拿大、英國、愛爾蘭、紐西蘭、澳洲、義大利及台灣等國家 450 多名會員共同參與盛會，年會內容涵蓋開幕典禮、新任主席選舉及研討會等，並於 5 月 21 日圓滿閉幕。研討會各場演講之主題題材新盈、內容精采豐富，並由具火災調查工作經驗豐富之學者、專家及資深火災調查人員發表創新研發、技術、法律規範增修及實驗研究報告之心得；有鑑於此，本屆年會本署派員前往參與研討會，希冀汲取年會中之新知及技巧並與各國會員面對面深入共同研討議題及促進經驗交流，以推展本國火災調查技能更具國際化及世界觀。

目 次

摘 要	2
目 次.....	3
壹、 目的.....	4
貳、 過程.....	5
參、 心得.....	10
一、 香菸點燃汽油（油氣）實驗.....	11
二、 車輛火災調查.....	12
三、 可燃性液體-汽油特性研究.....	21
四、 卡弟薩克船火災案件分析.....	24
五、 西城堡公寓火災案件	31
肆、 建議.....	37

壹、 目的

國際縱火調查協會正式於 1951 年成立於美國肯塔基州，初始成立宗旨為強化火災調查相關人員間之技術切磋及交流，隨著協會業務推展及世界各地會員陸續加入，進而逐年於美國各州，世界各國如加拿大、英國、紐西蘭、澳洲及義大利等成立支部，係現今國際間縱火調查領域中最大的組織團體，為發揚成立宗旨該會辦理各類火災調查教育訓練班，蒐集彙整火災調查新技能及相關實驗研究心得，隨時留意有關法令之增修，不時協尋提供火災調查人員有興趣及案件研判分析所需之訊息，另邀請調查領域之專家與學者將創新資訊、技術、法律規範增修及研究報告心得等發表於每一屆之年會中，除提供參加學員最新知能外，甚至分享尚未對外公開發表之研究中心得；有鑑於此，本屆年會本署派吳員前往參與盛會，希冀汲取年會之新知及技巧並透過與各國會員面對面深入共同探討議題及經驗交流，以強化本國火災調查技能更具前瞻性及國際化。

貳、 過程

2010 年國際縱火調查協會 (International Association of Arson Investigation, IAAI) 第 61 屆年會於 2010 年 5 月 17 日至 5 月 21 日在美國佛羅里達州奧蘭多市舉辦，計有美國、加拿大、英國、愛爾蘭、紐西蘭、澳洲、義大利及台灣等國家 450 多名會員參加，年會共進行 5 天，內容包含開幕典禮、新任主席選舉及研討會等，並於 5 月 21 日圓滿閉幕。

本署出席人員吳靜茹於 5 月 16 日凌晨 (星期日) 於桃園中正國際機場搭機出發前往會議地點，並於當地時間 5 月 16 日上午 8 時抵達美國佛羅里達州奧蘭多機場隨即搭車前往舉辦年會之旅館，並於當日下午到達國際縱火調查年會會場 (溫德姆奧蘭多度假村會議中心) 辦理辦到程序並同時領取會議文件與識別證等相關資料，隨即在會場會晤辦理本次縱火調查年會之美國奧蘭多支部承辦單位與人員並與來自其他各國年會會員進行火災調查鑑定技術之面對面交流。5 月 17 日一早於參與第 61 屆年會開幕典禮後，參加接續之研討會各式演講至 5 月 21 日，會議結束後搭機返國並於 5 月 23 日抵達。

5 月 17 日上午 8 時舉行開幕典禮，儀式在蘇格蘭風笛聲中揭開序幕，接著由奧蘭多支部之 IAAI 會員高舉會旗帶領下，依序是消防搶救與救護器具及相關人員緩緩進場，到達定位後全體人員高唱國歌後典禮正式開始，首先由 IAAI President Robert J. Schaal 致歡迎詞及說明本屆縱火調查年會之主要目的，係希冀透過會議中講述優良訓練、良好教育及研發經驗，與來自國內、國外具豐富火災調查經驗之參訓學員彼此相互交流分享經驗及知識；以提昇每個人之火災調查鑑定知能。接著主席介紹今年度當選對縱火調查領域有特殊貢獻之殊榮人員及本次研討會各場次之演講者，並接著進行下屆年會主席候選人之政見發表，同時由會員於典禮結束後進行網路或直接投票方式選舉下屆主席 (照片 1)。接著由副主席帶領與會人員針對 2009 年在紐約、俄亥俄州、亞利桑那州、佛羅里達州及密蘇里州等支部 IAAI 會員執行公務時，不幸因公殉職之人員，進行默哀及祈福。最後典禮在主席致詞歡迎來自非美國地區之會員及掌聲中結束並同時揭開年會研討會之課程序幕，正式於 5 月 17 日 10 時開始，研討會每日在同一時間安排於 4 個不同之會議室 A、B、C 及 D 中分別進行不同之主題演講 (照片 2)，然研討會期間 4 個會議室 A、B、C 及 D 每日課程內容及摘要如下：

會議室 A

日期	時間	內容（主題及摘要）
5/17	08:00~10:00	年會開幕典禮
5/17	10:00~12:00	主題：縱火致消防人員死亡之案件分析。 摘要：縱火調查小組由周圍跡證抽絲剝繭顯露之跡象，使縱火者因設計縱火致消防人員死亡之案件，得已判決死刑。
5/17	13:00~15:00	主題：建築物結構對火流延燒之影響。 摘要：各式不同之建築物結構影響火流延燒方向，另消防人員在意外倒塌前如何預警減少危險。
5/17	15:00~17:00	主題：縱火斑點圖協助調查分析 摘要：透過 6 件連續縱火案件研判分析下次可能之縱火目標及縱火者習性。
5/18	08:00~12:00	主題：科倫比亞化學工廠火災及爆炸分析。 摘要：重大化學工廠燃燒爆炸後，經由火災調查、環境保護、工業安全衛生及化學等專家組成一組織團隊進行緊急危害處理及復原工作，並因處理得宜，一年後工廠產值不減反增且獲得附近民眾之認同。
5/18	13:00~17:00	年會會議
5/19	08:00~12:00	主題：西城堡公寓火災案件分析 摘要：2007 年發生於柯羅里多州西城堡公寓火災案，該公寓 3 層樓高 130 間公寓，案件中造成 2 人致死，調查由當地消防單位及 ATF 共同聯合調查，並利用訪談調查、技術分析、電腦模擬及全尺寸模擬試驗釐清調查結果。
5/19	13:00~17:00	主題：火災調查人員勘查現場之安全防護措施。 摘要：人們在火災中因吸入大量濃煙致死約佔 70~75%，然火災現場產生之大量熱及濃煙，甚至滅火後仍然存在，是以，火災調查人員在進行現場勘查時如何有效做好個人安全防護是一件非常重要的事。
5/20	08:00~12:00	主題：火災原因調查模擬試驗儀器介紹及縮小試驗。 摘要：利用相關儀器模擬復原現場或縮小尺寸實驗，協助並釐清案件起火原因之研判分析。
5/20	13:00~17:00	主題：烹調器具火災案件調查。 摘要：爐台火災通常延燒引起常見之廚房火災，本演講主要介紹爐台之設計、結構、表面元件及控制方式；透過實驗結果與真實案件進行比較分析。
5/21	08:00~12:00	主題：卡弟薩克船火災案件分析。 摘要：本案係英國倫敦 2007 年最多人探討也堪稱這幾年

		來最大的火災案件，由多個單位調查及實驗歷經 14 多個月共同研討分析。
--	--	-------------------------------------

會議室 B

日期	時間	內容（主題及摘要）
5/17	08:00~10:00	年會開幕典禮
5/17	10:00~12:00	主題：香菸點燃汽油（油氣）實驗。 摘要：透過實驗證實－香菸不慎掉落地上是否真能引燃已潑灑在地上之汽油或油氣？
5/17	13:00~17:00	主題：通訊系統協助火災調查。 摘要：如何利用關係人（嫌疑人、目擊證人、配偶或其他關係人）提供之報案資訊協助案件調查。
5/18	08:00~12:00	主題：調查鑑定書製作注意要領。 摘要：不論是刑事或民事訴訟案件調查後製作之調查鑑定書，若無法清晰明確闡述及邏輯性說服檢察官，則該類報告經常容易面臨再審情事，所以必須特別注意製作調查鑑定書之相關要件。
5/18	13:00~17:00	年會會議
5/19	08:00~17:00	主題：電氣火災調查要領 摘要：火災形成之特性及引起電氣起火之相關要件，另講述內容涵蓋基本電學、歐姆定律、電路及電力系統，再說明電力如何供電至家中及相關元件如插座、漏電斷路器及配電盤介紹等；最後為其所造成之危害說明。
5/20	08:00~17:00	主題：刑事數位攝影技術要領。 摘要：刑事現場如何有效拍攝呈現需要之影像及證物是勘查現場中非常重要的一環；本課程涵蓋從數位拍攝基本技巧到高階技術，內容自曝光、佈局、孔徑大小到數位資料之保存。
5/21	08:00~12:00	主題：閃燃效應及火災型態介紹。 摘要：閃燃及閃燃前之火災型態透過試驗觀察到許多不同。

會議室 C

日期	時間	內容（主題及摘要）
5/17	08:00~10:00	年會開幕典禮
5/17	10:00~12:00	主題：偵訊及調查殺人案件之方法。

		摘要：偵查人員 Hyatt 如何棄而不捨透過偵訊調查破獲多起殺人案件之經過。
5/17	13:00~17:00	主題：可燃性液體-汽油特性研究。 摘要：利用假人模擬及復原案發現場嫌疑犯如何使用汽油製造縱火燃燒及爆炸殺人致死，以協助定罪。
5/18	08:00~12:00	主題：考古應用於火災致死案件調查。 摘要：採集人類遺體及人工產物利用考古方式分析協助火災現場之調查。
5/18	13:00~17:00	年會會議
5/19	08:00~12:00	主題：休旅車火災調查要領。 摘要：休旅車具有其獨特性，其主要結構及功能有別與一般汽車，了解該類車輛之結構，以及起火時目擊證人之證詞、車輛保養紀錄及有無回收訊息，均是調查時需注意之事項。
5/19	13:00~17:00	主題：汽車火災調查要領。 摘要：車輛起火係可能因縱火、電子設備或機械故障、甚至漏油等因素所造成，如何調查研判真正的原因是本次講述的重點。
5/20	08:00~17:00	主題：船舶火災調查要領。 摘要：船舶火災調查從 NFPA921 之 2008 年修正版中獨立成一個章節開始，就知道該類火災案件有逐漸增加之趨勢。
5/21	08:00~12:00	主題：瓦斯管線洩漏調查要領 摘要：瓦斯管線中氣體燃料可能因氣體管線接管故障洩漏或不鏽鋼管故障毀損，於曝露之流動電流或雷擊產生之火花而點燃起火。

會議室 D

日期	時間	內容
5/17	08:00~10:00	年會開幕典禮
5/17	10:00~17:00	火災調查研討
5/18	08:00~12:00	NFPA921 應用、科學方法、火災特性、通風狀態、點火方式、合成材料之影響、火災型態、跡證採集、致死火災之案例分析、個人履歷填寫、NFPA1033 及問題解析。
5/18	13:00~17:00	
5/19	08:00~12:00	
5/19	13:00~17:00	
5/20	08:00~12:00	
5/20	13:00~17:00	



照片 1：2010 年第 61 屆國際縱火調查年會開幕典禮



照片 2：同一日會議室 A、B、C 及 D 中進行不同之主題演講。

參、心得

研討會中各場次演說之主題題材新盈、內容充實豐富，且各專題主講人均為具有至少 30 年火災調查工作經驗之學者、專家及資深火災調查人員，如由著有火災調查基本科學理論書籍「火災學」及「火災現象概要」之美國馬里蘭州火災預防工程系 James G. Quimtiere 教授主講”火災原因調查模擬試驗儀器介紹及案例縮小試驗”，擔任 NFPA 及 ASTM 之技術委員及著有 NFPA921、Kirk’ s 火災調查及 Kirk’ s 起火源手冊等之 Christopher Bloom 講授”車輛火災調查要領”，以及 ATF(美國菸酒槍枝管制藥品局之榮譽退休人員)Jack Malooly 講授”香菸點燃汽油(油氣)實驗”等，本次年會之演討會涵蓋範圍廣泛且多元化，依其主題及內容可歸類分成調查技巧、專業技術、實驗研究分析、案例分析及火災原因調查基礎課程等五大類，其分類如下：

◎ 調查技巧：

建築物結構對火流延燒之影響、縱火斑點圖協助調查分析、調查鑑定書製作注意要領、電氣火災調查要領、休旅車火災調查要領、汽車火災調查要領、火災調查人員勘查現場之安全防護措施、烹調器具火災案件調查、刑事數位攝影技術要領、船舶火災調查要領及瓦斯管線洩漏調查要領。

◎專業技術：

通訊系統協助火災調查、偵訊及調查殺人案件之方法、閃燃效應及火災型態介紹以及考古應用於火災致死案件調查。

◎實驗研究分析：

香菸點燃汽油(油氣)實驗、可燃性液體-汽油特性研究、火災原因調查模擬試驗儀器介紹及案例縮小試驗。

◎案例分析

縱火致消防人員死亡之案件分析、科倫比亞化學工廠火災及爆炸分析、西城

堡公寓火災案件分析及卡弟薩克船火災案件分析。

◎火災原因調查基礎課程

NFPA921 應用、科學方法、火災特性、通風狀態、著火方式、合成材料之影響、火災型態、跡證採集、致死火災之案例分析、個人履歷填寫、NFPA1033 及問題解析。

每一類組及每一單場演講主題均有其獨特性及吸引力，雖相互間無絕對隸屬關係但卻有其相對關連性存在，惟受限於研討會時間及場次之安排，僅能選擇對國內火災原因調查較有助益及目前較為欠缺之題材，希冀強化現行火災原因調查之專業技術及知能。以下為本次研討會心得分別摘述如下：

一、 香菸點燃汽油（油氣）實驗

（一）前言

法院上常有人提出香菸可直接點燃或因身上沾有汽油接觸而起燃受傷；然針對此控訴至目前為止查閱許多資料均未有提起香菸可點燃汽油油氣之案例，但亦未有相關之實驗證明香菸不能點燃汽油之試驗，於是著手進行該項試驗。

（二）文獻搜尋及實驗設定

首先，香菸欲點燃汽油燃燒可能面臨之因素有：汽油燃燒相關特性、香菸本身特性、燃燒後產生氣體、香菸悶燒中溫度、延遲點火時間、香煙與汽油接觸時間、點火所需最低能量、空氣對流造成之影響、香菸表面灰燼厚度之影響，表面結構及隔離/冷卻距離。

（三）實驗結果

依據上述相關因素經實驗及相關數據取得，汽油之自燃溫度 246°C、燃燒範圍為 1~6%、閃燃溫度為-43°C；而一支市售香菸約莫 10 公分，當點燃後間斷抽吸及完全停止抽吸其悶燒狀態下固體表面溫度及氣體溫度之變化情形如表 1；實驗設計延遲點火時間為 2~4 秒；直接接觸時間至少 1 秒；流速不可太大，因香煙

本身火源接觸面小，如流速太大則汽油產生之蒸氣因流動無法續積足夠能量點燃；香菸本身因悶燒所形成之保護層隔離傳導效果，通常 2 mm 的灰燼厚度就具有隔離作用；另香菸燃燒後產生之氣體，如有二氧化碳在香菸表面上則該接觸位置上氧氣濃度可能低於 10% 以下，上述原因均是後續實驗中香菸是否點燃汽油主要參考因素。

點燃後	固體（溫度，°C）	氣體（溫度，°C）
間斷抽吸悶燒狀態	900~950（最高 1200°C）	850
停止抽吸悶燒狀態	700~850	700~850

表 1：香菸點燃時後間斷抽吸及完全停止抽吸其悶燒狀態下固體表面溫度及氣體溫度之變化情形。

實驗材料使用各種市售常見品牌的香煙及各式無鉛汽油，汽油又分為混合蒸發過及新鮮汽油，另器具還有自製機械抽煙機設備；設定實驗室之溫度、風速及溼度後，設計情境一為香菸點燃抽吸後直接丟入油盤中，情境二為將汽油淋在假人身上之衣服，蒸發 3 秒後，香菸點燃抽吸後直接丟在衣服上，第二階段則用抽煙機直接將香煙接觸衣服，經過共計約 2000 多支之香煙試驗後，沒有 1 次成功，結論為香煙要點燃汽油或汽油蒸汽是高度不可能發生。

二、 車輛火災調查

(一) 前言

美國每年約有 330,000 件車輛火災案，佔火災總件數之 20%，佔全國火災人員傷亡數的 17%，財物損失 13%，而案件中有 17% 是因縱火所造成的，足見該類案件火災調查工作之重要性，然如何有效率之調查車輛起火原因，當然是依據具有科學背景之 NFPA921 為最佳及最快速之解決方案。而依據 NFPA 921 之科學調查方法可分成六大程序如下：

1. 定義目標：研判標的物起火原因。

2. 蒐集資料：包含火災現場之燃燒狀態、火災行爲、標的物上之相關痕跡及有關紀錄報告。
3. 分析資料：鑑定分析標的物上殘存之痕跡來源。
4. 擬定假設：依據現場情形歸納各種可能之起火原因。
5. 測試假設：經分析試驗推論可能原因。
6. 選定假設：排除其他不可能之原因並推定最終起火原因。

(二) 車輛調查步驟

1. 燃燒痕跡勘查

車輛火災起火處通常有可能是燃燒最嚴重的地方，但千萬不可僅認定最嚴重燒損的部份即是起火位置。首先，將車輛分隔成 5 個空間包含車體表面、車身底盤、車內乘坐空間、引擎箱以及行李箱、臥舖或貨物箱，並比較各空間之間相對燃燒受損情形。每 1 個空間之燃燒痕跡均提供研判指標，而這些痕跡現象包含燃燒範圍大小、目視受燒程度燒損狀態、火災前各空間原來受損情形、機械設備受損狀態等，並觀察及查詢是否有發現下列現象，如蓄意破壞之痕跡、火災前曾經有相關故障引火之情形、液體洩漏之痕跡及零件被偷或更換之相關紀錄。

在比較這 5 個空間之燃燒狀態後，有關條件分析研判哪一個空間或範圍之燃燒毀損狀態最明確，則可將起火處範圍縮至最小，再用羅盤針定位法簡化位置之描述，同時評估起火處附近所有燃料來源、引火源及火災發生或過程中可能之起火原因，歸納分析去除導致起火可能性低之起火源及燃料來源，再應用測試假設方法排除不可能引起火災之原因及去除無法通過假設測試之起火原因。

上述之起火原因若經測試確認後至少有 1 個以上原因符合時，則必須從新再測試或加入新的收集資料再重新測試。若經歷測試假設後，最後之選定或推定結果，仍至少有 1 個以上之起火原因，則研判該案件之起火原因爲不明。

另需注意於綜合起火處及起火原因之研判過程中，與熱能（引火源）、燃料（第 1 個被引火源點燃之燃料）及反應機構（結合熱能及燃料之反應機構且使該反應繼續發生並持續延燒之過程）至火災案件發生有著絕對之因果關係。

2. 調查要領

第 1 步，先留意周圍環境，有無監視系統，起火時間、燃燒位置、一周中哪一天起火、車輛本身安全防護系統、先確認現場車輛之各種狀況後再進行訪談。

第 2 步，勘查時，先觀察車輛外觀之燃燒情形，判定燒損最嚴重範圍，確定其受燒後強度高低，當外殼金屬氧化至泛白則表示該處火災時溫度較高，相對若外殼氧化僅脫漆或藏青色，則表示該處火災時溫度較低。有可燃性液體其燃燒痕跡分布則隨地心引力方向延伸；當有 2 處不連貫之燃燒起火處時，亦可能來自潑灑可燃性液體所造成。觀察外觀之同時並需注意車體和噴漆殘存之情形、車門和車窗的之開關位置、車牌受燒情形、登錄車牌號碼及所有人，窗戶上的標誌、燃燒形狀及車窗是否有膠帶，以釐清是否有故意縱火詐領保險金之情形。

第 3 步，若為引擎起火，先確認引擎是否為完整無缺之實用狀態，確定最嚴重之起火部位，起火處有無流體痕跡，電子系統或充電系統是否有故障，該引擎是新的或者有缺少某些零件。

第 4 步，若為車身底盤起火，則須注意確認該部分是否為完整無缺之實用狀態，確定有無蜘蛛網、油漬或漏油痕跡，另燃燒後損壞情形，建築物之水平狀況及車底盤有無變形等。

第 5 步，車內乘座部分，是否完整？有無受燒痕跡？音響、喇叭或其他有價值物品是否有被偷情形，煙灰缸及點火器是否正常，門鎖旋鈕位置都是需要注意之事項。有一案例為現場勘查車輛外觀並未有明顯之燒損痕跡或煙燻情形，僅窗戶邊或門把前有輕微燻黃現象，而車內呈現完全之黃色煙薰狀態，後座中間位置上有明顯燒損痕跡，該起火處清理後發現炭化痕跡深且範圍不大，受燒物質其碳化情形非常嚴重；車門上控制鈕之上鎖痕跡，說明該車起火前車輛門窗應為關閉狀態，依據上述之種種痕跡及現象，研判應為悶燒煙燻起火。勘查鑑定分析後證實車主 2 小時前，從外地開車返家途中，打開窗戶抽菸，致大量煙灰掉落後座之衣物上，到家後停車關閉車窗且未察覺有任何異狀，致悶燒後起火燃燒（照片 3-12）。



照片 3、4：車子之前、後窗戶均有明顯之黃色煙燻痕跡。



照片 5、6：左前側窗戶及左前側門把旁均有輕微之黃色煙燻痕跡。



照片 7~9：整台車內部均為黃色煙燻痕跡；從車門鎖火災時為上鎖狀態，說明當時車門係關閉狀態。



照片 10~12：後座中間有明顯燒損跡象，清理現場後發現起火處炭化痕跡非常深且受燒物質碳化非常嚴重。

第 6 步，確認行李箱內之個人物品明細，與車輛有關之容器、零件、地板軟墊及備用輪胎與千斤頂確定其是否存在及燃燒情形。

第 7 步，蒐集相關資料是調查重要程序之一，但通常是在勘查現場已判定起火處和起火原因之後。資料來源從保險公司、駕駛人及相關單位，內容分成三類，第一類車輛本身之基本資料包含車輛歷史紀錄、購買日期、新的或是二手車、購買時之里程數、起火時間、車子各項保固資料、貸款及付款情形；第二類維修及保固資料，包含最近維修記錄、先前之維修記錄、有關該進行維修但未修之部分，及描述起火前車輛之行駛狀態；第三類現場訪談資料，起火前車輛是停駛或行進中，請駕駛人仔細描述起火前之情形，以協助研判起火原因；如果可能請車輛專家提供可能之起火原因或請駕駛人說明可能之起火原因。

3. 起火原因研判

車輛起火原因主要分為 3 類：縱火、意外及原因不明（無法研判或經最後分析結果起火原因至少 1 個以上所引起）。然因下列特性影響車輛之燃燒情形，是以，增加研判上之困難性；分析時需注意這些特性所衍生之影響，第一，車輛本身材質，因車內泡棉非常容易燃燒及延燒與建築物之隔間裝潢材質不同。第二，熱能與燃料來源具有關聯性，如汽油潑灑在地上則火勢方向從下往上延燒。第三，車輛會移動，若停在土堆上或小土丘上且未將輪胎打斜靠邊停放，則一旦起火很可能向下滑動。第四，氣候因素，尤其是停放在室外之車輛，風速、風向都是影響火流延燒及嚴重燒損之主因。有關縱火或意外造成起火之調查及研判分別說明如下：

（1）車輛起火原因－意外

意外引起車輛起火原因之定義，即「起火原因與火災發生之關係，非期待的、預知的或預謀的結果」；可能來自燃料系統、電子系統、潤滑油系統及摩擦熱之故障及人為疏失所造成的。雖然意外引起汽車火災件數占 83%，然仍必須注意這些案件是否有可能是故意縱火所製造之假象，透過蒐集有關資料（車主維修紀錄、甚至賣出車商有關該車輛之歷史紀錄）、相關單位（國道高速公路總局、監理站）及網站（確認有無回收紀錄）做進一步之釐清及確認。

意外起火之原因可能來自電子系統、充電系統、燃料系統、潤滑油系統、車上點煙器與摩擦加熱系統之故障及齧齒目動物之咬傷。然若為電子系統故障之特徵為火災發展速度緩慢、大多數保險絲斷掉、小電線有被燃燒和分開之傾向、起火前有發生前兆、市場有該項零件之銷售紀錄及特殊之起火位置。而若是該系統機械裝置故障則可能之原因為損壞電線、銜接處電線鬆脫、銜接處損壞腐蝕、不良或瑕疵地線、過電流損失、尺寸太小電線（容易過電流）、磨損（機械老舊或過度使用）、腐蝕（如生鏽）及齧齒目動物之咬損。充電系統主要是指電池、交流發電機、電壓調整器、電線及電纜等。該系統是當引擎不動時唯一仍有電力部分是電池。

燃料系統上常見之問題為引擎洩漏或橡膠製品因長期受熱、內壓、汽油接觸及環境曝曬而自然分解，而該系統之起火速度快且火勢發展快速。燃料系統中之機械故障則可能來自軟管破損、螺絲鉗銜接處、內部壓力過大、軟管因受熱及老舊而劣化、更換新汽油或者齧齒科之咬傷。

潤滑油系統故障則可能有下述現象，如剛開始有白色煙產生、油氣沒有點燃直到車輛停駛前或在停駛 10 分鐘後油氣仍可以點燃；常因車子停駛後，風扇也跟著停止，是以，原大量產生之蒸氣蓄積無法排除，亦無法繼續降溫，通常約 10 分鐘後起火燃燒；而其一般起火程序為，先聽到雜音後、開始有白煙產生，停車後約 10 分鐘左右後起火（但必需先排除有無碰撞痕跡）；然而其機械裝置因連接處之棉墊因長期受熱劣化，或者螺絲或火星塞鬆落而有洩漏產生；或因洩露在軟管或軟管銜接處，再者因填充過量潤滑油溢出等主要故障因素。

摩擦系統之故障，多因洩氣的輪胎摩擦力太大而引起火災，可由已洩氣之輪胎痕跡、爆胎情形或起火位置等現象，判定該原因引起火災之可能性較大。至於齧齒科動物所引起之火災，在於注意起火處附近之軟管或電線是否有齧齒科動物留下之齒痕。有關車上點煙器及菸，從 2004 年起全美有 49 州販賣自行熄滅之香菸，該類香煙盒上印有“FSC”或“RFP”電腦條碼，然就一般非 FSC 產品（如雪茄菸、大麻菸或煙斗），其悶燒時間可長達約 5 分鐘，是以，必須注意該類香菸可燃部份是否包裝完善。

（2）車輛起火原因－縱火

縱火的定義，「係蓄意的、故意的或不顧一切的引起火災，甚至爆炸」。然就縱火研判之具備條件，除現場必須具有明顯之縱火跡象、其他]意外引起火災的原因均可以排除外，並同時應確認嫌疑犯有縱火之動機與目的。縱火動機可分為直接或間接原因，直接原因為車輛或零件為瑕疵品、財力問題，該修而尚未維修部分，車輛里程數太高致販售價格過低，或者已經無法販賣等。間接動機則是報復、怨恨、青少年幫派惡意破壞、縱火狂、社會問題及為隱藏犯罪行為等原因。

除上述之縱火現象、其他起火原因排除及嫌疑人確有動機外，同時還需考量的因素有火災發生時之時間（一周中哪一天及確切時間）及車輛停放位置，火災前車主是否有正在行駛，或剛停駛不久或是已停放很久，有無多處起火處，車輛是否遭惡意破壞或假裝惡意破壞，車門、車窗火災時的開關狀態，有無任何零件被移走或更換。

在美國常見用於車輛縱火的物質有汽油、紙張、食品、香菸延遲裝置、乾毛巾、蠟製紙張等，是以多留意現場是否有該類物質殘留之痕跡或碳化物。而鑑定分析過程中須注意事項，若研判使用可燃性液體潑灑在車體表面上，多留意液體因重力作用向下流動之特殊痕跡；確認是否為一般意外事故不容易發生之起火位置，並觀察分析嫌疑犯是否可能有此縱火動機。另有關車輛調查中相關跡證之採集及封緘之法令規定及操作程序，與建築物起火案件相同均是依據 NFPA921 之相關規範執行，相關條款可能因轄區範圍不同而有些微差異，然仍依聯邦規定為圭臬。

(三) 資料庫建立

為驗證及強化分析案件之根據並建立相關資料庫以供日後查詢參酌，利用前述常見用於車輛縱火之物質進行模擬實驗，第一個試驗為將汽油直接潑灑在車體引擎蓋及行李箱上後，用明火點燃，不到 1 分鐘，火勢延著汽油流動方向往下延燒同時引起地上之汽油油氣一併燃燒，致火勢猛烈亦不斷產生大量黑煙（照片 13、14），俟滅火後觀察其燃燒後痕跡，潑灑之引擎蓋上方中間位置金屬脫色及氧化現象相對其他位置較為嚴重，而汽油延著左側車門方向流下至左下方輪胎處，除有液體向下延燒痕跡外，同時該處車體有明顯金屬氧化至泛白之殘留痕跡，另一處後方行李箱車蓋上方及左邊往下方輪胎處亦有與前述相同之燃燒痕跡（照片 15~18），然車頂外殼部分無金屬受燒後之氧化或脫漆等現象，僅有輕微

之煙燻現象（照片 19）。



照片 13、14：實驗之汽車及燃燒後火勢從下往上延燒劇烈亦產生大量黑煙。



照片 15~18：整輛車之左側、下向延燒至輪胎、引擎蓋及行李箱蓋燃燒後痕跡。



照片 19：車頂無金屬受燒後之氧化或脫漆等狀態，僅有輕微之煙燻現象。

第二個縱火試驗，點火源則改為點燃後之香菸棄置於駕駛座沙發座椅上，關閉車門及車窗後，在密閉空間狀態下，車內空氣量逐漸不足，然亦因無流通之空氣對流，熱量蓄積不易逸散，致蓄積熱大於逸散熱而產生悶燒現象，不久車內有微弱火光及白煙從車窗上緣漸漸冒出，當車門打開時整輛車及瞬間陷入火海（如照片 20~22）。



照片 20~22：點燃香煙置於駕駛座沙發上，同時關閉車門及車窗，不久車內有火光及白煙冒出，打開車門後即激烈燃燒。

最後試驗，則採用平時大家都非常喜愛及常吃之高熱量零食－洋芋片作為點火時之第一個可燃物，點燃整包洋芋片後，火勢馬上延燒至放置之駕駛座坐墊，在空氣量及可燃物足夠狀態下，馬上引發劇烈燃燒並產生大量灰黑色的煙（照片 23、24）。



照片 23、24：點燃洋芋片在空氣量及可燃物足夠狀態下，馬上引發劇烈燃燒並產生大量灰黑煙。

三、 可燃性液體-汽油特性研究

(一) 前言

案由為一英國半獨立式房子（僅一邊與其他房子相連）發生火災並引發爆燃現象，同時造成 4 人死亡，火災發生時，有目擊證人看見有 1 人衣服受傷離開現場，根據搜尋現場跡證及證人提供相關資訊，追蹤至嫌疑犯家中搜出受燒衣服、摩托車頭罩、手套及鞋子，並觀察有下列現象，受燒之聚酯耐隆衣服前面右下角熔化，衣服後面正中央下方位置亦有一處受燒熔痕跡；褲子為棉質牛仔褲巨觀下無任何受燒及變化，然經顯微觀察有輕微熔融狀態，鞋子右腳右前端外觀有燒熔現象。

為協助陪審團更加明確釐清引起火災發生之狀況及起火後衍生之燃燒現象，進行實驗利用假人模擬復原案發現場嫌疑犯如何點燃汽油製造縱火燃燒及爆炸殺人致死，以協助定罪。

(二) 實驗過程

因汽油本身易燃及易爆之特性是以進行點燃汽油之燃燒實驗中，須特別注意實驗過程之安全考量及燃燒後可能導致爆炸之危險性。據此全尺寸模擬實驗中使用所需之汽油量必須控制適當，以避免發生危險，同時更可進一步推斷案件中，該現場嫌疑犯使用之汽油量多寡。

依據摘錄自 GOLF 公司之無鉛高級汽油物質安全資料表上之相關特性資料，汽油之比重（Specific Gravity, SG）為 0.70~0.76，蒸氣密度（Volume Density, VD）為 3.0~4.0，燃燒範圍為 1.4~7.6%。

假設汽油潑灑後，未有任何殘存於其他吸附介質或滲透進入水泥塊中，則藉由汽油揮發後之蒸氣體積計算公式為，

$$\text{汽油蒸氣體積 (m}^3\text{)} = 0.85 \times \text{SG} / \text{VD} \dots\dots\dots (1)$$

以 1 公升汽油代入公式 (1) 計算，

$$\text{未風化汽油；汽油蒸氣體積 (m}^3\text{)} = 0.85 \times 0.76 / 3.0 = 0.215 \text{ m}^3$$

$$\text{已風化汽油；汽油蒸氣體積 (m}^3\text{)} = 0.85 \times 0.70 / 4.0 = 0.148 \text{ m}^3$$

假設汽油完全蒸發不殘留時，不論是未風化或已風化汽油揮發後其蒸氣體積與液體容量成正比關係，如下圖 1：

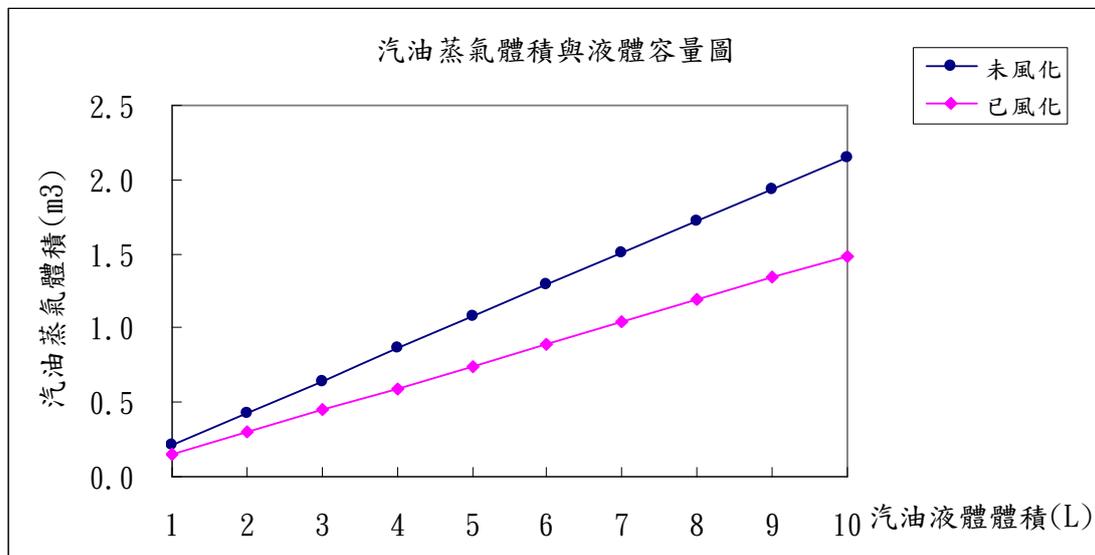


圖 1：未風化及已風化汽油揮發後體積與液體容量關係。

而 1 公升未風化及已風化之汽油，依據燃燒範圍上、下限值，計算環境中需多少之空氣混合量才能引起燃燒，

$$\text{下限爲 } 0.215 / 0.014 = 15.35 \text{ m}^3 \text{ ; } 0.148 / 0.014 = 10.57 \text{ m}^3$$

上限為 $0.215/0.076=2.82 \text{ m}^3$; $0.148/0.076=1.947 \text{ m}^3$

1 公升汽油潑灑後產生可燃性蒸氣與在 $1.947\sim 15.35 \text{ m}^3$ 空間中之空氣混合可能起火甚至爆炸。若 10 公升汽油燃燒爆炸所需混合空氣量之估算值範圍則在 $19.47\sim 153.5 \text{ m}^3$ 。如圖 2。

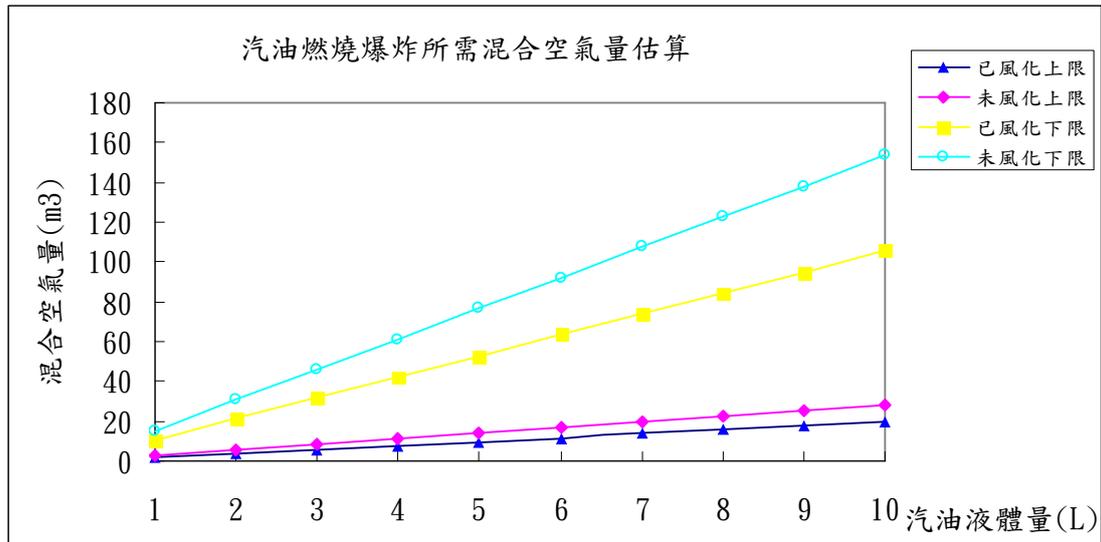


圖 2：汽油燃燒爆炸所需空氣量與液體容量之關係。

根據上述計算方式案發現場之客廳為一 4m 長，4m 寬及 2.5m 高，體積 40 m^3 ，用該數據模擬一全尺寸試驗，現場用約 5~10 公升汽油，潑灑在地面上後經過數分鐘後，將假人穿著與現場搜集之相同材質衣褲及相關配備，側面站立放置於右側出口處約 1 公尺及 2 公尺處，發現點火燃燒後確有爆燃現象發生且熱空氣及火煙亦均由該處衝出，假人身上之衣服及鞋子均有與上述相同燃燒痕跡發現。

(三) 結論

法院審理過程中，同時透過相關商店閉路電視之錄影紀錄發現嫌疑人確實曾於案發前至該店購買一般英國人常用於裝置汽油容量約 10 公升之塑膠容器，經容量之汽油經估算亦確有爆炸之可能性，且在假人進行全尺寸模擬試驗中，燃燒後假人身上殘留之相似痕跡，以及蒐集有關跡證及現場勘查結果，提供陪審團及法官案件判決更明確之參考；是以，該案最後裁決此縱火者為 1 級謀殺，判處 35 年刑責且不得假釋。

四、 卡弟薩克船火災案件分析

(一) 案件背景

卡弟薩克船是 1869 年開始下水執行任務，1954 年停駛後以乾式船塢方式停放在倫敦格林威治的泰晤士河，1998 年船體鐵架結構部分已明顯嚴重腐蝕，如不處理則 10 年內將會毀損至不安全狀態，擁有該船之信託公司決定重建該船為全世界唯一僅存之茶快速帆船餐廳，並計畫訂於 2006 年 10 月開工，預計 2008 年完工；為供現場參訪旅客可隨時了解修復之情形，並自 2007 年 4 月起至 2008 年 9 月止在船舶毗鄰設一臨時展覽館，架設網路攝影實地播放當下之工程進行狀態。然火災案件發生時間，2007 年 5 月 21 日上午 4:47 正值該船進行重建工程之時期。

(二) 案發情形

2007 年 5 月 21 日上午 04:47:56 倫敦消防局接獲現場其中 1 位值班警衛報案電話；同時滅火後從附近停車場之數位閉路電視上收錄到船上出火時間為比接獲報案時間早 7 秒之 04:47:49，經過約 3 分鐘後整條船即陷入火海中，顯示出火後延燒之速度非常快。

(三) 調查過程

倫敦與紐約同是一人口密集之現代化都市，倫敦居住人口約 8 百萬人，然白天有多達 1 千 3 百萬人在城市中活動，為有效達到城市消防安全之目標，設有 114 個消防隊，5500 位消防人員，其中有 26 名全職之火災調查人員；倫敦每年約有 40000 件火災，其中約 3000 件重大火災案件之調查分析工作則由全職火災調查人員負責並製作火災原因調查鑑定書。卡弟薩克船火災案為英國倫敦近幾年來最大的火災案件之一，是以由警察局之犯罪重案組、消防局之火災調查組及刑事鑑識中心等單位近 40 人歷經近 14 個月溝通分析及共同探討，分層負責整個案件之現場調查、訪談紀錄、模擬實驗及數據資料分析。

蒐集及初步彙整火災現場之有關資料如下：在船隻正對面之地下停車場，火災發生前有一輛汽車駕離且駕駛人未見到任何異狀；現場兩處警衛室整個晚上分

別有派值班警衛駐守，而查看警衛工作日誌、訪談相關證人並透過閉路電視連續攝影資訊顯示，觀察火災起火位置在下層甲板之船尾樓梯附近，且快速延燒至整艘船。進入現場勘查調查分析後，發現根據現場工作結束時間與火災發生時間之差距，似乎可以排除起火原因是來自工作場所之機械操作不慎過熱或隨地丟棄煙蒂等，同時現場無入侵異狀也無有效直接跡證可證明起火原因是蓄意造成。另在起火處附近有許多的電線和設備均有熔痕，為進一步確認及釐清電器設備是否為起火原因，由警察單位帶回保管及分析。

在甲板船尾樓梯附近採回之 3 處電氣跡證，如圖 3 及照片 25 中，紅色標示處 1、2 及 3 分別為工業真空吸塵器、日光燈電源線與塑膠連結盒及日光燈燈座，勘查後發現火災時仍均為使用中之供電狀態，且部分有嚴重燒損現象，有些接頭及導體部份亦有熔融及氧化情形。然各標示處燃燒後痕跡分別為：標示 3，整座之日光燈座黃色塑膠外殼比其他船上之日光燈外殼燻黑更為嚴重，同時日光燈座上電流安定器之導體線圈外層上有局部熔化燒損情形，並造成相鄰線圈產生受損凹陷刻痕（如照片 26-29）；另標示 2 為一斷裂約 2.2 米長之彎曲電纜線，其一端原為供應日光燈電源，另一端接頭連結塑膠連結盒上，電線上局部連結現象好似焊接在一起，該連結部分無脆裂、嚴重氧化或金屬熔化情形，基本上應為電弧造成之局部熔痕（如照片 30~31）。標示 1 為工業真空吸塵器，在其附近船身內部擺滿易燃之木製三夾板（如照片 32），且連接在由變壓器供應 32 安培電流插座上；受燒後金屬外殼嚴重燒損、設備內部金屬軸之外層過濾布已完全燒失，僅殘存少量混凝土、底部有些已受燒之熱固性塑膠物質及上方留有再凝結硬化之鉛塊。該吸塵器有 3 個馬達，開關為串聯式，每 1 個馬達由 2 個線圈組成，若無任何明顯之燃燒跡證殘存，則很困難判定是哪 1 個馬達所引起，從照片中觀察到其中 1 個馬達線圈上有熔化現象且相鄰之不鏽鋼層間電線有局部非常嚴重之熔化情形（照片 33）。

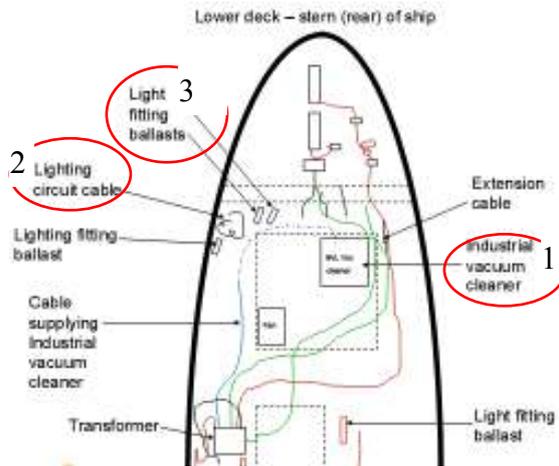


圖 3 及照片 25：3 個電器設備相關位置圖及燃燒後狀態。



照片 26：日光燈電流安定器導體線圈。



照片 27：線圈有局部熔化燒損情形。



照片 28：相鄰線圈產生受損凹陷刻痕。



照片 29：刻痕之顯微巨觀。



照片 30：在船尾較低層甲板上採集到之日光燈電源線上巨觀分析下發現有弧光受損現象。



照片 31：日光燈電源線於實體顯微鏡分析方法下發現通電痕。



照片 32：火災前下層船尾端附近之位置圖，標示 1 為三夾板，標示 2 為工業真空吸塵器及標示 3 為船尾端之樓梯。



照片 33：馬達線圈上相鄰之層間電線局部有非常嚴重之熔化情形。

(四) 實驗結果

為釐清起火原因分別進行「日光燈座外殼及塑膠連結盒之明火直接燃燒試驗」及「真空吸塵器使用模擬試驗」，第一個試驗結果，燈座外殼用拋棄式打火機及蠟燭等明火持續在不同位置燃燒起火 3 分鐘後，均在火源移開時仍有黑煙產生約 20 秒後即自行熄火；而塑膠連接盒外殼加熱 3 分鐘後，移開火源後持續延燒較長約 30 秒後亦自行熄滅，持續加熱 6 分鐘後燒穿外殼，再繼續加熱至 10 分鐘後移開火源後亦自行熄火。該試驗說明上述裝備如果沒有持續加熱之火源，似無法引起火勢繼續燃燒。

吸塵器試驗部分購置與船上使用之同型真空吸塵器，該設備之功能用於塵土、廢料及液體之吸入收集，並有 1 保護裝置，在設備過熱、過濾布需更換或維修及馬達故障時，均會改成手動模式，是以操作手冊之使用注意事項中有規定工作環境不可超過 40°C，連續使用不可超過 15~20 分鐘。試驗過程中分別用 4 支熱電偶偵測馬達線圈附近、吸塵器內部廢棄物收集區及吸塵器最上方塑膠蓋之溫度，以及實驗空間之室溫。第 1 次試驗，將 3 個馬達全部打開，操作約 30 分鐘後測得在馬達線圈附近溫度為 36°C，持續操作使用溫度有些微上升但均未操過 50°C。第 2 次試驗，加裝連接 1 直徑 50 mm，長 10M 之軟管，操作 30 分鐘後溫度亦未超過 60°C。第 3 次試驗，摹擬正常使用操作吸入混凝土渣且部份吸入路徑有阻塞，約 20 分鐘後軟管末端幾乎完全阻塞並持續操作 1 小時，則測得最高溫度達 98°C，當阻塞清除時溫度則急速下降。試驗增加外來扭力改變馬達上之做功，則馬達線圈上溫度快速上升至 80°C，增加扭力在溫度可高達至 330°C。

2008 年 07 月 01 日針對火災現場摹擬一樣狀態，連接同一相同提供 32 安培電流插座之變壓器，約莫 30 分鐘後測得室溫及塑膠蓋上之溫度分別為 36°C 及 38°C，吸塵器內部為 80°C，經過 4 小時 20 分鐘，開始聽到雜音且電流從原 16 安培急速上昇至 30 安培以上，不到 20 秒後開始有煙冒出，煙濃度逐漸加深，電流高達 130 安培，當溫度一下降時即迅速下降至 60 安培，20 秒後續降至 2 安培，當下電流保護裝置並無啓動，溫度達 315°C。當開始起火後，經過 3 分鐘陸續有小體積受燒物掉落，15 分鐘後大部分塑膠材質均起火，經過 27 分鐘燃燒後吸塵器上方之塑膠物質燃燒掉落在地面上（如照片 33-36 及圖 4）。



照片 33：經過 4 小時 20 分鐘後聽到雜音，現場已開始冒煙。



照片 34：約再經過 7 分鐘後有出火情形。



照片 35：經過 4 小時 40 分鐘後吸塵器上蓋整個燃燒起火。



照片 36：最後上蓋之塑膠燒熔物掉落引起地上之可燃物延燒。

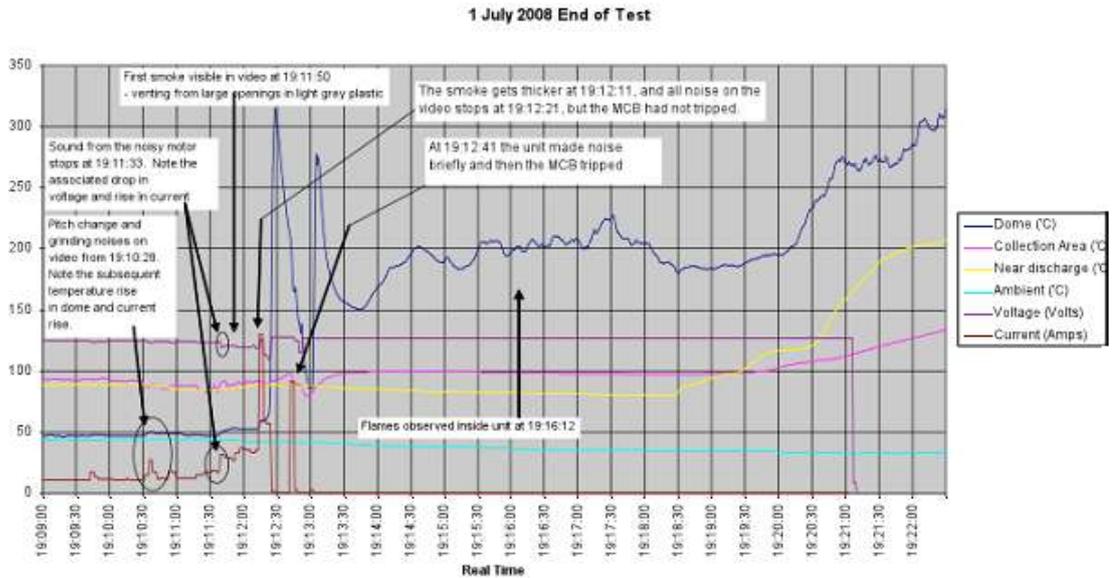


圖 4：吸塵器試驗過程中室溫、廢料收集區、馬達線圈及吸塵器上蓋之溫度以及電流、電壓變化情形。

(五) 結論

從閉路電視全程錄影、目擊證人筆錄訪談資料，火災現場勘查其燃燒後痕跡及延燒狀況，研判起火處在下層甲板之船尾樓梯附近。根據現場工作結束時間為 2007 年 5 月 18 日（星期五）與火災發生時間 5 月 21 日清晨之差距，及現場白天及夜晚均有保全人員及閉路電視監控下，因可排除起火原因是來自現場人員不慎丟棄煙蒂所引起，同時也無有效跡證可證明起火原因是蓄意造成，然電器試驗雖無法直接完全證明起火原因為真空吸塵器，但從訪談紀錄中發現該吸塵器在 2006 年 10 月曾更換馬達，且火災一星期前亦曾有操作人員使用後忘記關閉電源至整夜均在開啓狀態之紀錄，而且火災發生時真空吸塵器之插頭仍在插座上且最後 1 位使用該器具的人亦確定離開時，開關在開的位置上，是以該吸塵器整個週末均在開啓狀態；透過實驗亦證明當無溫度超過保護裝置時，真空吸塵器可能為一起火源。據此，該案結束調查後英國健康安全署公告，基於安全考量下要求該吸塵器之進口商及義大利製造商必須符合健康安全署之有關法令規定，同時當年夏天該署檢查員針對該產品之主要承包商場所進行產品重複檢查及火災預防宣導工作。

五、 西城堡公寓火災案件

2007 年 1 月 16 日凌晨發生在東猶他街西城堡三層樓之複合式公寓火災案，每 1 層樓計 45 戶，共計 135 戶住家，燃燒後造成 2 人在公寓中罹難，13 名住戶及 6 名消防人員在搶救及滅火中受傷及 100 多人無家可歸之嚴重災情，亦是科羅拉多州普林斯市有史以來最大的一場火災（如照片 37）。



照片 37：燃燒後鳥瞰圖。



圖 6：公寓內每 1 層樓之住戶分佈。

在接獲第 1 通 911 報案電話時，羅拉多州普林斯市消防局立刻派員前往火災現場進行滅火、搜救任務，同時火災調查人員執行調查工作，然因涉及人員死亡，當地警察局亦隨後介入共同調查，惟本案件為當地歷年來最大之火災案件，調查工作深具困難性及複雜性，為釐清起火處及起火原因之調查，申請美國菸酒槍枝爆炸局（Bureau of Alcohol, Tobacco, Firearms and Explosives，ATF）之國家應變小組（National Response Team，NRT）支援協助。

NRT 自 1978 年成立至 2010 年 4 月 19 日止，共處理美國及國際間重大火災原因及爆炸物調查案件計 696 件，如 1993 年世貿雙子星大樓爆炸案、1996 年亞特蘭大奧林匹克爆炸案及 2001 年五角大廈之恐怖攻擊等。該單位負責支援調查案件損失在 1 百萬美金以上、當地非常特殊重大案件或屬於跨州案件等，且申請支援之單位無需支付任何費用。全美目前計有 3 組應變小組，每個小組之基本成員至少有督導長、組長、9 位資深火災調查人員、6 位資深工程科學家、化學家及縱火偵查犬管理師。負責指揮事故現場，確認整棟建築物之狀態、公共事業受損及人員受傷之情形並進行相關之調查分析工作，安全維護、刑事繪圖、照相攝影、跡證採集、訪談紀錄、資料收集及重型機具之操作。

西城堡公寓火災案係該市歷年最重大、最艱難及最複雜之案件，是以，經由地方 ATF 分部申請 NRT 支援。本案應變小組有 22 位成員參與調查分析工作，為釐清及確認案件有關背景及資料收集彙整，同時請求相關單位及人員協助支援，計有多位繪圖人員、縱火促燃劑/爆炸物偵查犬、機械技術人員、地形及心理剖析師、法醫及金融人員、電腦調查分析專家、電氣工程師、公共諮詢人員及工業技術調查等，以及當地消防局之 10 位火災調查人員及 69 位消防人員共同調查。

火災現場歷經 11 個多小時才控制，現場因為一老舊建築物、內部具有大量可燃性物質，且無加裝任何消防安全滅火設備，建築結構也沒有 1 小時之耐熱規範，聯通每一翼側之木質門也無防火功能，造成現場劇烈燃燒，延燒甚久，燒損非常嚴重，也增加調查之複雜性及困難性。整棟大樓分成西、西北、中間、南及西南 5 區，及 A、B、C（下、中、上）三層樓，透過勘查燃燒後現場，拍攝 1000 多張照片及 100 多捲錄影帶、比較倒塌狀態、燃燒情形、延燒痕跡及罹難者位置（門牌 C5&C19），依據上述狀態很明顯樓層 C、B 均較樓層 A 為嚴重（如照片

38~41)，是以判定樓層 A 為延燒；在應變小組依據現場與相關單位收集之有關資訊及火災現場火流延燒痕跡研判起火處為 B19，然現場其他單位參與人員有持不同意見，認為是應在同一位置不同樓層之 C19；為強化及確認研判起火處之正確性，決議透過 ATF「消防研究實驗室」進行模擬試驗，該實驗室主要任務為支持火災調查之決議事項、進行科學應用研究、培訓及教育調查人員，完善案件調查和起訴程序及建立一個火災調查研究數據資料庫。然在提供支援調查案件之分析項目有點火源計算分析實驗、火流延燒試驗、火災相關特性試驗及熱量分析、模擬及重建煙霧移動型式、模擬及重現時間建置以及火災預防系統如撒水頭、偵測器及安全系統之作動分析。

The Building



照片 38：鳥瞰整棟公寓西、西北、中間、南及西南 5 區之燃燒情形。



照片 39~41：樓層 C、B 及 A 之倒塌及燃燒現象。



照片 42~44：公寓北翼之樓層 C、B 及 A 之燃燒狀態。

然勘查現場最主要影響 B19 及 C19 向上或向下延燒為其斜對面之樓梯；根據火災基本理論，什麼因素最易影響火勢延燒，是強風？還是通風系統？或是一高大建築物燃燒後所造成之溫度梯度差，通風限制條件下悶燒至燒穿地板等因素均會造成燃燒後殘留痕跡之差異導致研判增加困難性。據此，在模擬該公寓北翼全尺寸燃燒實驗，過程中將實驗條件盡可能調整及使用與原建築物中相同之裝潢材質及狀態，是以利用實驗室之化學微物分析及熱量實驗計算結果，找出相同材質之地毯、隔間等，模擬建構同一模式之公寓。

實驗 1，將汽油直接倒在 C19 公寓門前，點火後火勢並未向下延燒，經過 126 秒後，樓層 C 整各被火勢吞沒，樓層 B 仍維持室溫沒有任何煙產生（如照片 45、46）。

實驗 2：同樣將汽油直接倒在 B19 公寓門前，點火後 30 秒內火勢沿著樓梯向上竄燒，樓層 C&B 均有火焰，257 秒後則完全被火勢吞沒，（如照片 47、48）。



照片 45、46：到汽油在 C19 公寓前即燃燒後情形。



照片 47、48：汽油直接倒在 B19&B20 公寓前及燃燒後情形。

縱火偵查犬在火災現場協助採集有關跡證(照片 49~51)送實驗室鑑定分析，結果在公寓 B-19 & B-20 前採集之證物編號 36，檢出有汽油類促燃劑。火災現場勘查從出動觀察火災、燒毀強度、延燒路徑、火流方向及 200 多名證人訪談紀錄，以及相關跡證送驗分析結果，進一步確認起火處為公寓 B-19 前。

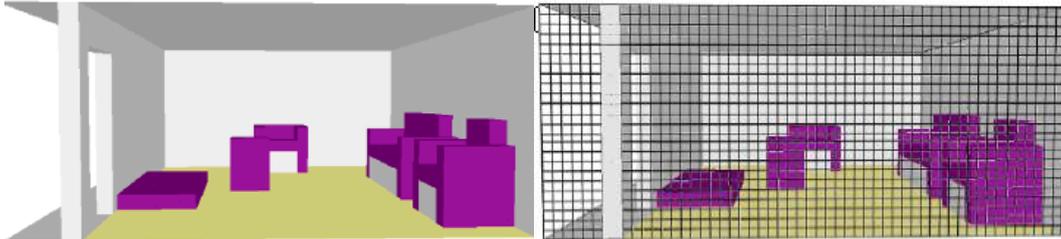


照片 49~51：縱火偵查犬在相關地區協助採集證物位置。

實驗過程中建築物結構及內部相關物質均模擬與當時火災現場相同，然進行全尺寸再現試驗時仍有其限制性存在，如氣流是否相同，氧氣量多寡，窗戶是否開啓、風勢及風向及燃燒當時火勢是更大或較小，均會影響整棟建築物之燃燒情形。是以，為強化、證明及建立資料庫透過本案進行 3-D 電腦火災模擬系統，該系統係利用流體動力學之計算方法預測質量、能量、動量和物件在 3-D 空間中之運動模式，而計算方式係將模型切割成小單位再利用公式轉換每 1 個步驟。每空間中的每 1 個小網格單位均須經過 3-D 的流體動力計算（如照片 52、53），實驗模擬 25 種情境，包含現場有無風之差別、從樓層 B 及樓層 C 之起火造成之燃燒狀態差異、窗戶破壞與否、不同之內部和外部門形式，火勢從 1/2 至 2 倍大小。

經過長達近 2 年漫長及艱辛之調查過程，綜合 238 名關係人之證詞、現場勘

查調查情形、全尺寸模擬燃燒實驗結果 及 3-D 電腦火災模擬系統之計算執行結果，起火處確實從樓層 B 之北翼，起火原因為縱火。該結果提供 2009 年 1 月 2 日陪審團裁定該縱火者因使用大量促燃劑隨著大量可燃性材料和通風良好之走廊及樓梯間，導致 2 人死亡及多人無家可歸，被指控 1 級謀殺，判處 2 個無期徒刑及 72 年有期徒刑。



照片 52、53：3-D 電腦火災模擬系統之計算單位。

肆、 建議

參加本年度第 61 屆國際縱火調查年會，除汲取國外火災調查領域之新知及技術，甚至分享專家學家尙未對外公開發表之實驗研究心得報告，相關之研討會心得已在前章節詳述敘明，對強化國內火災調查技能，有其一定之效果。然在年會中與其他國家專家、學者及資深火災調查人員面對面深入交流探討中，彙整之建設性意見，如在法院當任專家證人出庭時，尤其是交互詰問下，切記主動積極爭取數分鐘之案件陳述，不要淪為僅回答是或否之被動狀態；火災調查人員在勘查現場時，不論任何情形均隨時注意自身之安全防護；特殊重大火災為釐清起火原因時應不受時間限制，透過再現實驗及相關科學方法證實，如無切確之唯一起火原因時仍應判定原因不明。另有建議提供參考，希冀能全面提升現有火災調查技術。

（一） 建置車輛火災燃燒痕跡資料庫

本署自 95 年起蒐集國內外資料建置國內首座火災調查教育訓練用之模擬燃燒貨櫃，96 年則進行火災模擬實驗建置資料庫，並於 97 及 98 年 2 年辦理提升「火災原因調查鑑定訓練效能」中程計畫。期望藉由火災模擬實驗提升火災調查教能訓練效能的效益，共計培訓 2 期火災原因調查鑑定訓練班生力軍及 5 梯次火災原因調查鑑定在職講習班複訊，以達全面提升火災調查效能。然火災發生之除建築物外亦有車輛火災，國內目前多藉昔日經驗及相關資料進行起火原因之研判，有鑒於本次研討會中車輛火災調查之演講中，除提供有關案例外亦建置汽車火災模擬燃燒資料庫，以協助相關日後案例之研判；另本署原定之「火災原因調查鑑定訓練二年計畫」明（100）年度之教育訓練即以汽車火災調查為主題，建議明年搭配模擬燃燒車輛火災，除建置資料庫同時提昇教育訓練之目的，達事半功倍之成效。

（二） 強化國際縱火調查年會功效

冀能與世界各國火災原因調查鑑定專家、學家及資深火災調查人員面對面接觸及吸取新知，本署每年均派員前往參加盛會，期望與國際接軌。然因該研討會之主題題材新穎、內容豐富精采及最新研究心得，涵蓋範圍廣又多，有鑑於此，

大會才會安排於同一時間有四場不同主題之演講同時進行，魚與熊掌無法兼得狀況下，本署之與會人員，均僅能挑選一主題，然因演講主題涉及調查不公開或最新研究，通常大會尊重主講者之相關考量，甚至參加人員也不提供相關資料參考，只有聆聽該場演講之學員能聽取最新資訊及心得報告。因無相關資料可供參酌下，僅能由與會人員於演講中自行摘錄投影片資料或記載聆聽之演講內容；據此，參加人員於年會結束後，祇有參加聽講之 1/4 主題能有相關心得，卻無法汲取全盤之最新訊息，然火災原因調查鑑定分析研判是透過經驗交流與知識累積，若能多派員參加研討會，則能於同一時間分別聽取不同主題之演講，吸收更多新知之領域，以提升國際縱火調查年會對國內現有火災調查技術之成效。