

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：康智堯 技士

派赴國家/地區：美國

出國期間：112年4月22日至4月30日

報告日期：112年7月17日

## 摘要

國際縱火調查協會(International Association of Arson Investigators, IAAI)為國際火災調查之專業性協會，該協會於 2023 年 4 月 23 日至 4 月 28 日假美國北卡羅來納州切羅基縣(Cherokee, NC)哈拉斯切羅基酒店(Harrahs Cherokee Hotel)會議中心舉辦 2023 年第 74 屆年會研討會，本次年會計有美國、英國、墨西哥、加拿大、澳洲等共 13 國、超過 750 名火災原因調查鑑定專業人員出席與會，世界各地之火災調查人員匯聚於此分享及交流火災新知。

本屆年會亦邀請具火災調查專業之專家及學者與研討會分享其研究或專業知識、技術，並向與會人員分享各類火災案例與研析；另年會期間於會場外設有火災調查裝備器材展覽會，計 20 餘家火災調查裝備器材、技術研發廠商參展，展示最新研發火災調查應用器材、火調鑑識技術研究成果，對於火災調查工作之助益可提供我國火災調查人員參考。

本署由火災調查組葉金梅科長及康智堯技士出席本次年會及為期 5 日的研討會議，從研討會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，同時於第 5 日上午參加 IAAI 舉辦之證物採集技術人員(Evidence Collection Technician, ECT)證照考試，並順利獲取火災調查人員國際證照。

# 目錄

<b>壹、目的</b> .....	<b>4</b>
一、前言.....	4
二、參加目的.....	4
<b>貳、過程</b> .....	<b>5</b>
一、人員與行程.....	5
二、年會研討會及展覽會.....	7
<b>參、心得</b> .....	<b>14</b>
一、研討會課程心得.....	14
1. 複雜性火災調查-聚焦於電氣系統.....	14
2. 丁烷大麻油火災調查.....	18
3. 「無影無蹤地消失」教師學院的男學生焚燒案例研究.....	21
4. NFPA 1321 火災調查單位之指引.....	24
二、證物採集技術人員考試心得.....	26
<b>肆、建議</b> .....	<b>31</b>

# 壹、目的

## 一、前言

IAAI(International Association of Arson Investigators, IAAI)自 1949 年於美國肯塔基州成立以來，一直是為各國承認之國際火災調查專業協會，目前 IAAI 在全球擁有 80 餘個分會、超過 10,000 名會員，成員來自公部門及私部門之消防、火災調查人員及火災預防、縱火防制等相關人員，IAAI 為世界各地的火災調查人員提供培訓、研究和技術資源，辦理各類認證、研討會及學術講習，致力於提升縱火及火災調查人員專業能力。

## 二、參加目的

本次參加之 2023 年年會研討會便是 IAAI 辦理之年度國際性大型火災調查學術分享暨討論會議，年會研討會每年約於 4 月間舉辦，包含禮拜日之預先報到日共計有 6 日，研討會期間，火災調查相關領域的從業人員和專業技術人員於此發表有關研究成果、新火災調查技術和火災調查案例分享等相關資訊及課程，以研討會議的形式提升在場火災調查人員的專業能力，此外，通過課間休息、午餐及晚餐等時間使與會會員之間的經驗得以互相交流，分享不同州、不同國家的火災調查制度及經驗。

本署每年都會派員參與年度年會研討會，期望獲得最新的火災調查專業知識和技術，並與其他國家的火災調查專業人員進行經驗交流，本次更是繼 109 年新型冠狀病毒疫情後，首次前往參與該盛會，除了更新火災調查相關專業技術知識外，更能與各國火災調查人員互相交流，同時於會場外之火災調查裝備器材展覽會可觀摩最新之火災調查裝備器材，瞭解國外值得學習及應用之最新火災調查技術及設備。

另本次規劃於研討會第 5 日上午參加 IAAI 於會場舉辦之證物採集技術人員(Evidence Collection Technician, ECT)證照考試，考試內容為術科測驗，模擬採集火災案件現場會殘存之火場證物，又該證照為 IAAI 認證之國際性證照，順利考取 ECT 證照將有助於提升火災調查人員火災調查採證技術，確保採證能力與國際接軌。

## 貳、過程

### 一、人員與行程

(一)出國成員：本次由康智堯技士自桃園機場搭機前往美國洛杉磯機場後，轉機至美國喬治亞州亞特蘭大機場，並於亞特蘭大機場與提前至美國參訪華盛頓之葉金梅科長會合後，租車前往北卡羅來納州切羅基縣，參加 2023 年第 74 屆國際縱火調查協會年會。

(二)行程規劃：本次行程自 112 年 4 月 22 日至 30 日止，共計 9 日，詳細行程如下表：

日期	地點	行程概要	內容
4 月 22 日 星期六 (第 1 天)	桃園機場- 美國	搭機前往美國	1. 23:55(台灣時間)起飛前往美國 2. 20:50(當地時間)抵達美國洛杉磯國際機場 3. 23:59 轉機前往亞特蘭大機場
4 月 23 日 星期日 (第 2 天)	亞特蘭大- 切羅基縣	租車前往會場 地點	1. 07:15 抵達亞特蘭大機場 與葉金梅科長會合 2. 10:00 租車前往北卡羅來納州切羅基縣 3. 14:00 抵達切羅基縣年會會場
4 月 24 日 星期一 (第 3 天)	切羅基縣	會場報到 開幕式 研討會	1. 06:30-08:00 會場報到 2. 08:00-10:00 開幕式 3. 10:00-12:00 研討會專題演講 4. 13:00-17:00 研討會專題演講

4月25日 星期二 (第4天)	切羅基縣	研討會	08:00-17:00 研討會專題演講
4月26日 星期三 (第5天)	切羅基縣	研討會 火調展覽會	1. 08:00-17:00 研討會專題演講 2. 火災調查裝備器材展覽會
4月27日 星期四 (第6天)	切羅基縣	研討會 火調展覽會	1. 08:00-17:00 研討會專題演講 2. 火災調查裝備器材展覽會
4月28日 星期五 (第7天)	切羅基縣 -亞特蘭大 -洛杉磯	IAAI-ECT 考試 返程	1. 08:00-12:00 證物採集技術員考試 2. 13:00 開車返回亞特蘭大機場 3. 18:11 搭機前往洛杉磯機場 4. 20:10 抵達洛杉磯機場
4月29日 星期六 (第8天)	美國- 桃園機場	返程	00:05 搭機返回桃園機場
4月30日 星期日 (第9天)	美國- 桃園機場	返程	05:00(台灣時間)抵達桃園機場

## 二、年會研討會及展覽會

### (一)年會報到及開幕

本次 IAAI 年會舉辦地點位於美國北卡羅來納州切羅基縣(Cherokee, North Carolina)哈拉斯切羅基酒店(Harrah's Cherokee Hotel)會議中心，距離亞特蘭大機場開車約 3 小時車程的切羅基縣被群山環繞，為印地安人切羅基族文化園區，哈拉斯切羅基酒店更是當地重要的住宿及活動舉辦地點，年會開幕當日上午 6 時 30 分至 8 時為參加者報到時間，參加者報到時將獲得年會紀念品及參加名牌。

年會的開幕儀式於 112 年 4 月 24 日上午 8 時假會議中心舉行，由主持人逐一介紹與會貴賓並請貴賓簡單致詞，後續邀請現任主席 Randy Watson 致歡迎詞，Randy Watson 感謝來自世界各地的火災調查人員同聚於此參加盛會，並期許大家都能在為期 5 天的研討會中收穫良多。



圖 1 開幕典禮

隨後會場以莊嚴而隆重的方式追思已故會員，這些已故會員過去對 IAAI 甚至是火災調查工作上之特殊貢獻，受現場火災調查人員所尊崇，開幕儀式在當地傳統的管樂器演奏聲中順利落幕，休息片刻後便於開幕會議中心進行首日的研討會課程。

## (二)年會研討會

年會研討會課程內容相當多元，每日均有 2 至 3 個課程同時進行，參加人員可以自行選擇課程，其中 3 號廳固定為火災調查基礎知識，係為整週課程，提供初任火災調查人員學習基礎火災原理及火災調查相關知識，每日課程內容整理如下表：

日期	教室	時段	主題
4/24 (一)	會議中心	10:00-12:00	複雜性火災調查-聚焦於電氣系統
		13:00-17:00	
	3 號廳	10:00-12:00	火災調查基礎知識-整週課程
		13:00-17:00	
4/25 (二)	1 號廳	08:00-10:00	丁烷大麻油火災調查
		10:15-12:00	火災調查照相要領
	2 號廳	08:00-12:00	1995 年布里斯林街火災: 27 年後的案例總結
		13:00-17:00	透過火災識別行動者及動機
3 號廳	08:00-17:00	火災調查基礎知識-整週課程	
4/26 (三)	1 號廳	08:00-10:00	調查為了利益的縱火案件
		10:30-12:00	火災安全研究-研究所之研究
		13:00-17:00	透過火災識別行動者及動機(重複)
	2 號廳	08:00-10:00	火災調查中的數位取證
		10:30-12:00	經由測試識別 Wi-Fi(智慧)插頭潛在 和有關聯的資料
		13:00-14:30	NFPA 1321 火災調查組織標準
		15:00-17:00	為燃燒而生-為利益而縱火
	3 號廳	08:00-17:00	火災調查基礎知識-整週課程



日期	教室	時段	主題
4/27 (四)	1 號廳	08:00-12:00	槍枝及火災原因
		13:00-15:00	瞭解燃料燃氣系統標準及指令
		15:15-17:00	「無影無蹤地消失」 教師學院的男學生焚燒案例研究
	2 號廳	08:00-10:00	學生研究海報展示
		10:00-12:00	NFA 介紹及更新
		13:00-17:00	兒童和青少年火災訪談的注意事項
3 號廳	08:00-17:00	火災調查基礎知識-整週課程	
4/28 (五)	1 號廳	08:00-12:00	野火調查-林中漫步
	2 號廳		嫌疑人訪談技巧-加強縱火和爆炸物 案件的起訴力度
	3 號廳		火災調查基礎知識-整週課程
	101-102 號廳		證物採集技術人員考試

### (三)火災調查展覽會

為了使火災調查人員能夠更有效率且全面地完成調查工作，各項專業工作所使用的器材、方法和技能不斷進步和提升，因此，各個廠商都會針對火災調查工作開發各式各樣的器材和工具，以期望在火災調查工作時支援火災調查人員。

本次年會第 3 天及第 4 天(4/26、4/27)，IAAI 在研討會場外設置了火災調查展覽會，邀請各個火災調查器材設備廠商和實驗室擺設攤位，以向參加研討會的火災調查人員介紹他們的產品，或是展示其實驗室之研究內容。



圖 2 展覽會展示廠商



圖 3 展覽會現場

現場計有 23 家火災調查裝備器材、技術研發廠商參展，其中 L-TRON 公司的 OSC360 環景攝影設備可以快速且輕鬆地捕捉 360 度球形環景照片並呈現火災現場。

OSCR360 是由硬體及軟體 2 部分組成的多用途系統，分別為 360 度環景相機套件和電腦桌面軟體，環景相機套件能在 4 秒至 10 秒內拍攝火災場景的 360 度相片，然後立即在 OSC360 平板電腦上查看拍攝完成的環景照片，並可將環景照片同步到桌面軟體來創建虛擬火場環景場景。

欲拍攝火災現場場景的照片，可使用 OSCR 從火場外部記錄整個火災區域，並逐步進入火場內，360 度環景照片可以看到燃燒模式以及火勢如何移動，而且還能在全黑、充滿煙灰、潮濕、滴水的環境以及狹小、狹窄的空間中捕捉 360 度環景圖像。



圖 4 OSCR360 環景相機本體

後製部分，經由桌面軟體可以將文字證據內容添加到 360 度環景照片場景中，添加的內容包括數位單反照片、起源點、潛在的促燃劑，以及在火場逐層清理挖掘時發現的任何證據，甚至可以疊加現有的平面圖，以及影像、音檔等等內容，完全依據案例的個案特殊情況進行自由的後製還景場景。

使用 OSCR360 軟體可以帶領縱火調查人員，甚至是執法人員、證人、法官等火災相關人員經由虛擬的環景照片進入、穿越火災現場，瞭解火場內部情形，桌面軟體還可以搭配 360 度環景圖像中的 GPS 數據，當面對火災燃燒後現場殘跡、看起來都一樣受燒的牆壁時，觀看的人可以經由 GPS 定位觀看照片的所在位置，對於非火災調查人員需要觀看火災現場時，協助建立其空間及方向感。

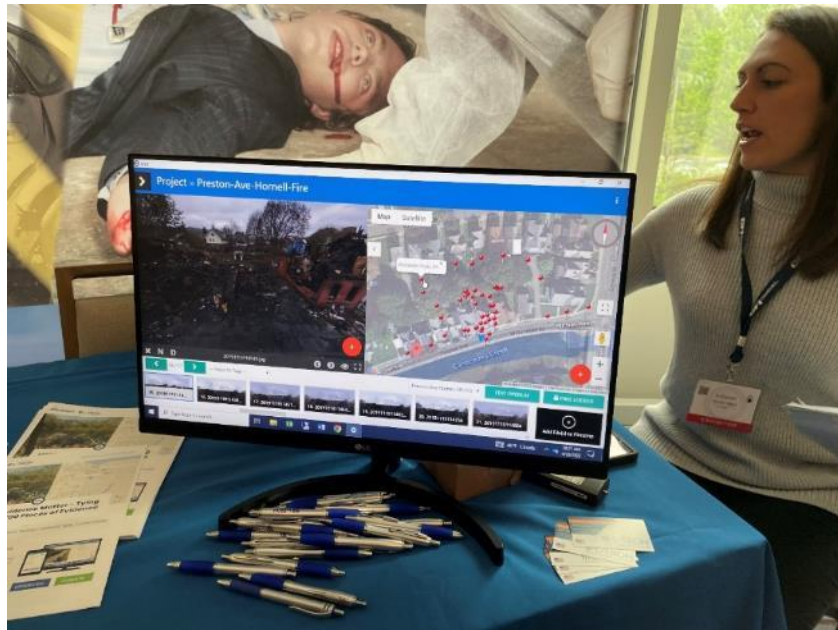


圖 5 OSCAR360 桌面軟體展示

本署業於去年購置國內廠商之 360 度環景照相機，並實際用於紀錄重大火災案件現場，另亦於辦理火災原因調查鑑定訓練班時，拍攝火災模擬燃燒貨櫃內部燃燒痕跡及相關跡證等，運用最新技術與國際火災調查人員比肩而行。

現場洽詢 L-TRON 公司現場人員，OSCAR360 優點在於提供硬體及軟體的套裝買斷選項，本署目前購置之 360 度環景相機拍攝後，照片需經由廠商雲端處理才能觀看環景場景，且該雲端套件為年費制，無法於自有電腦進行照片之編輯；另 OSCAR360 軟體附加之編輯功能相當豐富，自訂程度高，且可安裝於自有電腦中，相較之下方便許多，惟訪價 OSCAR360 基本套裝價格為美金 1 萬 1,000 元起跳，視搭配的配件、軟體功能及其他需求工具而定，如未來有相關預算，可考量購入該環景相機設備，協助我國火災調查人員火場鑑識及相關教育訓練使用。

現場除了廠商的展覽以外，IAAI 學生會員(IAAI Student Members)Haley Wright 亦在展覽會展示其研究內容「機動車輛燃料於高溫表面引火之研究(Hot Surface Ignition of Motor Vehicle Fuels)」，研究討論到高溫表面引火可能發生在引擎室內(如排氣歧管)，引擎室內的高溫表面在正常發動期間可以達到甚至超過燃料的自燃溫度，尤其是當引擎運行而通風受到限制時(例如發生車禍)，就會發生這種情況。

該實驗通過測試汽油和柴油的自燃溫度，是否達到高溫表面引火的可能，結果顯示正常運作的機動車輛內部的工作溫度是可能造成高溫表面引火，在車輛火災中需要確認火災的引火源時，對於火災調查人員在勘查時會有參考價值。但實驗仍需要更進一步的評估數據對機動車輛中其他常見可燃性液體的通用性，並測試更廣泛的溫度範圍，以及更大尺度的高溫表面實驗以貼近實際機動車輛的情形。

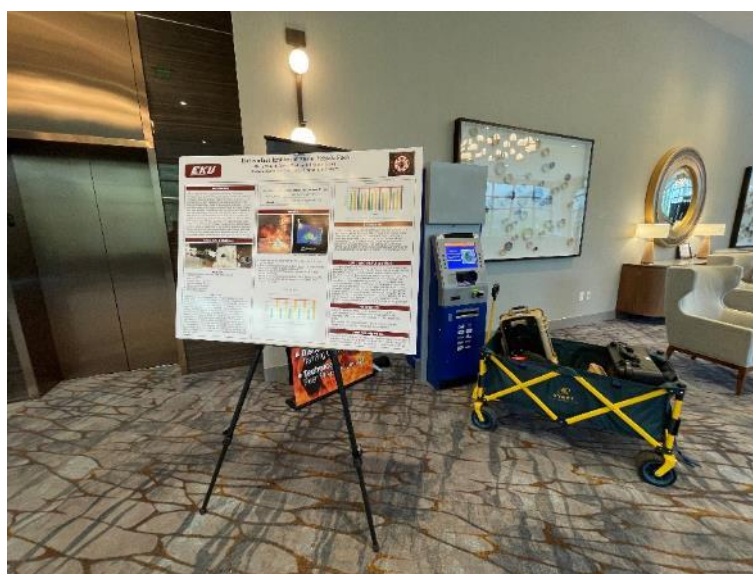


圖 6 IAAI 學生會員研究展示板

### Hot Surface Ignition of Motor Vehicle Fuels

Haley Wright, Trevor Borth and Brittney Brown  
Eastern Kentucky University, Richmond, KY 40475

---

#### Introduction

Motor vehicle fires often present different fuel loads compared to that of a fire occurring in a one-family dwelling. Vehicular fires also present different means of ignition. Hot surface ignition can happen on the heated surfaces of the engine compartment, such as the exhaust manifold. The hot surfaces inside of the engine compartment can reach typical fuel auto ignition temperatures during normal operations, as well as increase beyond those auto ignition temperatures. This can occur when ventilation becomes limited while the engine is operating, such as when involved in a car accident. This experiment will test gasoline and diesel through spray application, within their respective auto ignition temperature range in order to determine if hot surface ignition is possible. Experimental data from similar studies have shown that hot surface ignition temperatures for ignitable liquids may be noticeably greater than accepted auto ignition temperatures.

Ignitable Liquid	Autoignition Temperature Range
Diesel Fuel	489-500 °F (254-260 °C)
Gasoline	660-850 °F (350-460 °C)

---

#### Materials & Methods

**Materials**

- Heating element/ conduction plate (coffee maker)
- Thermal Couple
- Clamp meter
- VARSAC voltage regulator
- Thermal imaging camera
- Ceramic wool insulation
- Spray bottle (gasoline)
- Spray bottle (diesel)

**Methods**

Temperature was controlled by the voltage regulator and the clamp meter measured the current in amperes. The temperature of the conduction plate was measured and recorded by a single thermal couple located under the center of the plate. Temperature uniformity was confirmed by a thermal imaging camera. The heating element was placed on top of ceramic wool insulation. Since diesel has a narrow auto ignition temperature range as stated in Table 26.3.1 of NFPA 921 Guide for Fire and Explosion Investigations, 2021, this experiment utilized 25°C as the fuel test temperature. 350°C, 404°C and 460°C were tested during the trials for gasoline. Each trial consisted of spraying the specific fuel on the conduction plate, checking for ignition, waiting for the fuel to completely evaporate, and repeating the test. Six per trial. Each spray for diesel was on average .76g and gasoline was on average .63g per spray.

#### Results

**Results**

- Diesel fuel did not ignite from the hot surface within its auto ignition range.
- After reviewing similar studies, it was found that diesel ignited from a hot surface at approximately 482°C.
- Diesel fuel ignited from hot surface ignition at 482°C five consecutive times.
- Gasoline did not ignite on the hot surface at 350°C or 404°C.
- Gasoline ignited from hot surface ignition at 460°C five consecutive trials.

#### Discussion

During testing, diesel did not ignite from the hot surface in the auto ignition range. However, after reviewing the similar study, Evaluation of the Ignition of Diesel Fuels on Hot Surfaces, it found that diesel fuel dripped onto a hot surface would ignite around 500 °C. In this experiment, the conduction plate was heated to 482°C and the diesel fuel applied by spray bottle ignited five consecutive times. Gasoline ignited within the range of its auto ignition temperature at 460°C five consecutive times.

---

#### Conclusion & Future Work

This data suggests that hot surface ignition is possible within the temperature ranges found inside of a motor vehicle during normal operations. This is especially true for special circumstances such as when ventilation becomes limited while the engine is operating, like in an accident. This information could prove useful to fire investigators when determining possible ignition sources for a motor vehicle fire. Further testing is still needed to evaluate the applicability of the data for other common ignitable liquids found in motor vehicles, as well as test a wider range of temperatures. Future experiments would benefit from a larger scale hot ignition surface in order to replicate the surfaces found in motor vehicles. The study would also benefit from further research into the specific ranges of temperatures found in the engine compartments of motor vehicles.

#### References

Shaw, A., Epling, W., McKenna, C., & Wickman, B. (2009). Evaluation of the ignition of diesel fuels on Hot Surfaces. Fire Technology, 46(2), 407-423. <https://doi.org/10.1007/s10694-009-9088-4>

National Fire Protection Association. (2021). Chapter 26 Motor Vehicle Fires. In NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigations.

---

#### Acknowledgments

We would like to thank Adam Holloway from Travelers for the initial research idea, as well as the faculty & staff from the Ashland Fire Science Building here at ECU for allowing us to perform the study.

圖 7 IAAI 學生會員研究內容

## 參、心得

### 一、研討會課程心得

因課程眾多，研討會課程心得僅就部分課程研討內容，摘要分項說明如下：

#### 1. 複雜性火災調查-聚焦於電氣系統

電氣火災調查一直是所有火災調查工作中相當重要的一環，而對於電線熔痕的鑑定又在電氣火災調查中佔有舉足輕重的地位，本課程聚焦於電氣系統、火災動力學、金相材料分析、電氣鑑定歷史等，分由不同的講師進行演講。

複雜性火災調查在 NFPA921 火災與爆炸調查指南(Guide for Fire and Explosion Investigations)中第 28 章有所著墨，複雜性火災包含各種規模、範圍或持續時間而複雜的火災情況，如涉及傷亡、高層建築火災、大型綜合大樓或多幢建築物、工業廠房或商業大樓的火災及爆炸等情況，這些複雜性火災需要火災調查人員經由各種火災學知識、現場勘察及實驗室鑑定來確認火災原因。

本次演講聚焦於電氣火災的調查鑑定，其中 Neal Hank 主講電氣系統的材料分析，包含電氣火災的銅導線熔痕分析，在實驗室使用之分析設備除了常見的光學、實體顯微鏡及金相分析外，也會使用到 X 光機、電子掃描顯微鏡-能量發散光譜儀(Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, SEM/EDS)等，甚至是斷層掃描儀(Computed Tomography, CT)來進行電氣產品的結構分析。

常見的金相分析係用做評估金屬材料結構的專門技術，特別是用來描述電線熔痕非常有用，但金相分析是不可逆的破壞性分析，鑲埋及研磨過程中會破壞導線證物外觀結構。金相分析觀察的是金屬的結晶組成，其中也可以觀察到晶界(Grain Boundary)，晶界會隨著材料在不同的環境條件下變化，尤其受到溫度影響時，若金屬材料超過其熔點會發生熔化現象，而冷卻後會重新固化結晶，形成火災現場常見到的熔痕，另外不同的兩個金屬材質會在特定的比例及溫度下同時熔化，而出現共晶現象(eutectic melting)，火災現場常見的共晶為銅鋁共晶，其共晶溫度為 550°C。

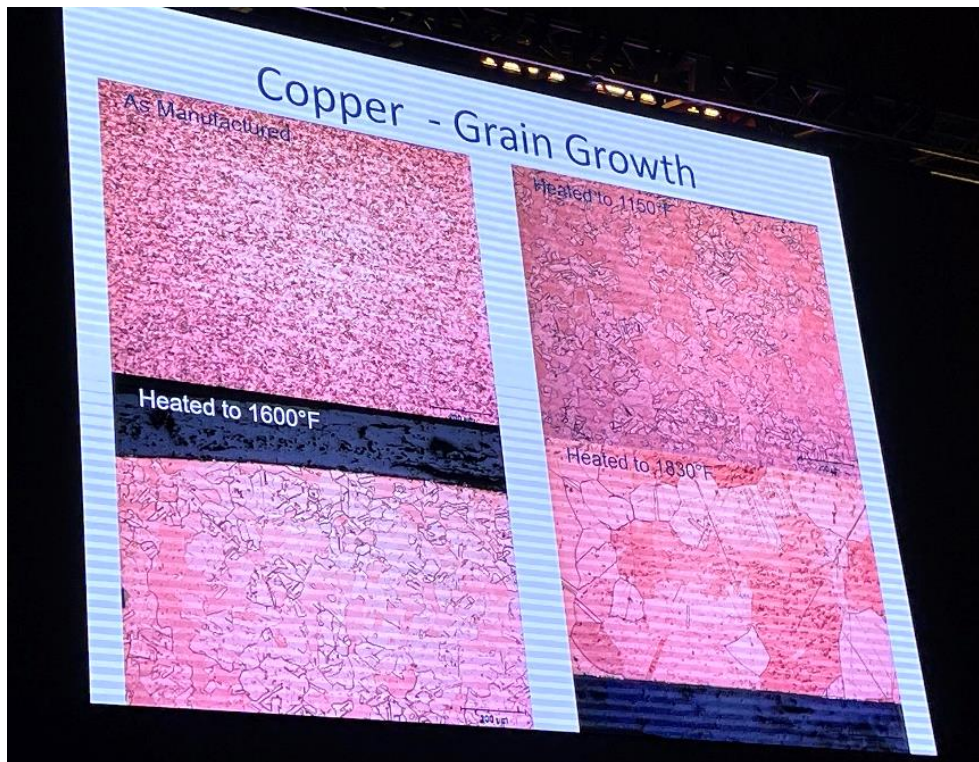


圖 8 晶界在不同溫度的成長情形

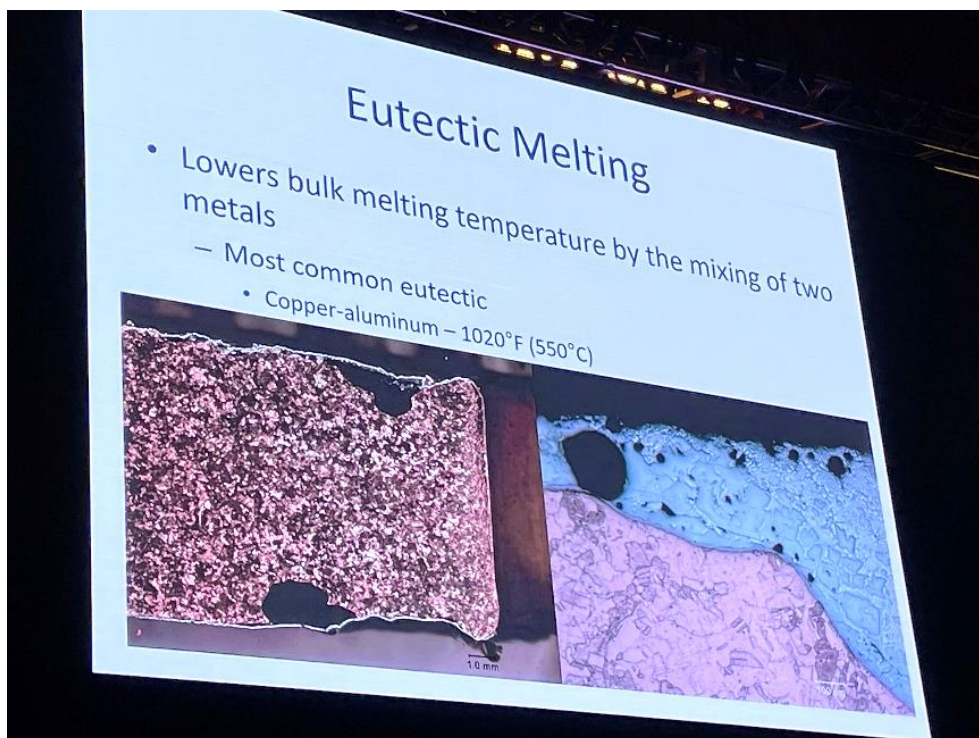


圖 9 共晶現象

課程中也講解有關銅質導線的通電痕及熱熔痕差異，NFPA921(9.11.1)有列舉出有關電氣因素引起的熔痕與受火災高熱產生的熔痕特徵：

- 電弧熔痕特徵

- (1)在熔化與未熔化區域間有明顯的界線
- (2)熔痕具有圓球及光滑的形狀
- (3)局部的接觸點
- (4)辨識在相對導體之熔化對應區域
- (5)局部擴大的晶粒尺寸
- (6)重新固化的波紋
- (7)在熔化區域外可看見銅導體拉製的線條
- (8)局部化的圓形凹陷
- (9)在一個有限的區域內有小的熔珠及熔痕
- (10)觀察橫切面內部有較多的氣孔

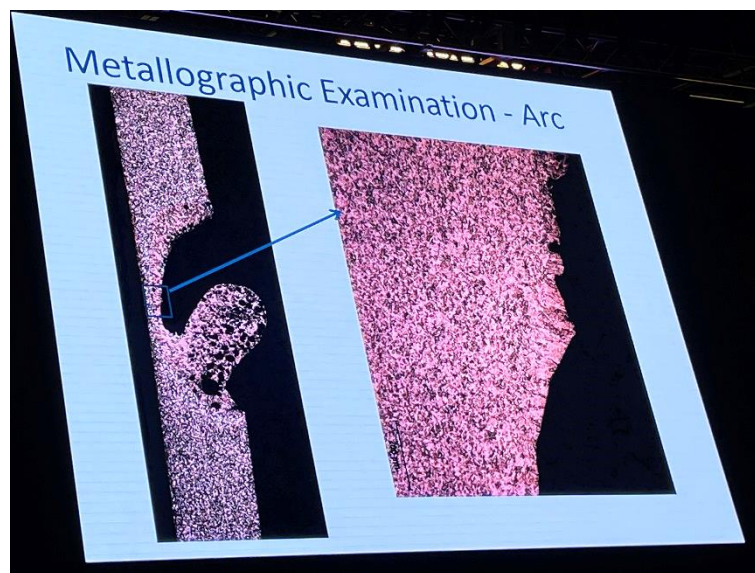


圖 10 金相分析-電弧熔痕

- 火燒熔痕特徵

- (1)可見到重力對燒熔金屬的影響
- (2)大範圍的燒熔區域與未熔化部分無明顯的界線
- (3)導體漸進式的縮小(假設這不是機械性的損壞)
- (4)觀察橫切面內部較少的氣孔



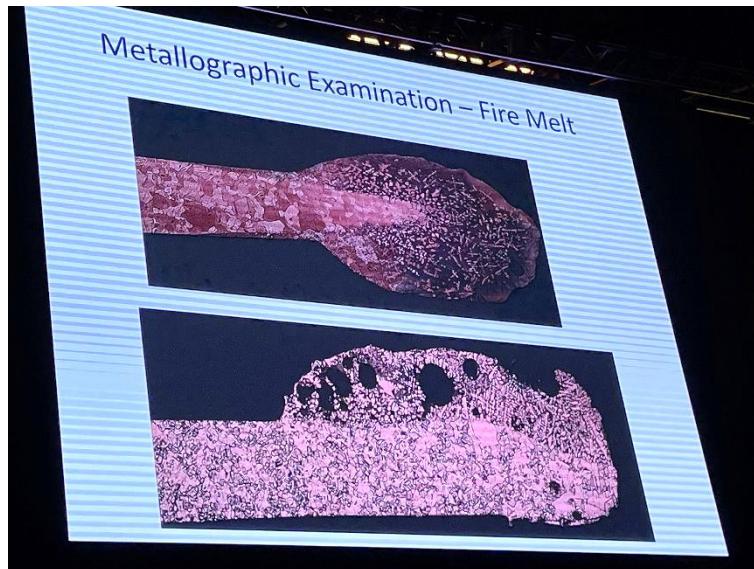


圖 11 金相分析-火燒熔痕

除了這些特徵外，講師還以 SEM 設備分析，觀察熔痕的微觀特徵，可見到電弧產生的熔痕與導體間確實有明確的界線存在，這個界線也是來自於熔痕部分導體受到電弧的高溫影響產生熔化，改變其結晶型態，導體本身則是保持著原本的晶型，另外熔痕的部位也有大量的細小氣孔在其中。

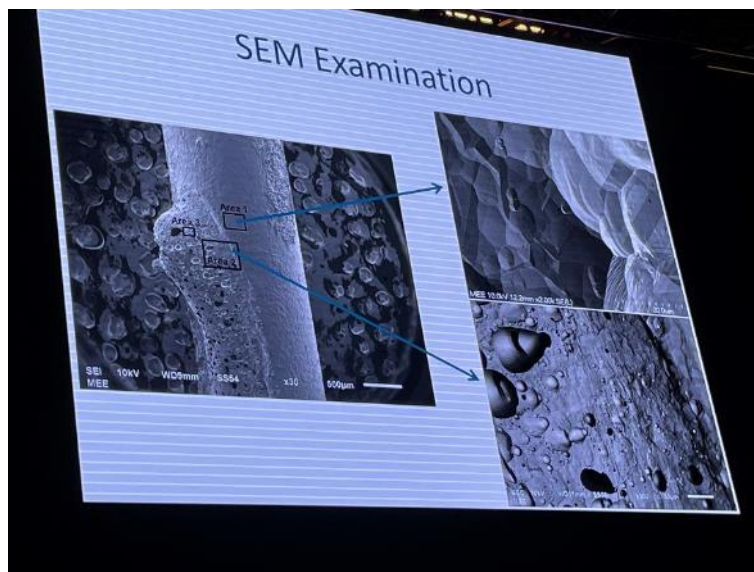


圖 12 SEM 分析電弧熔痕

另外也有以 X 光及斷層掃描設備對於導線進行分析的實例，各項儀器設備都能協助鑑定人員更有把握的判斷熔痕的種類，本署火災證物鑑定實驗室除了斷層掃描設備尚未購置外，其他儀器設備也都與國外實驗室並駕齊驅，用於鑑定電氣火災之熔痕區別及電器產品的損壞特徵分析等工作。

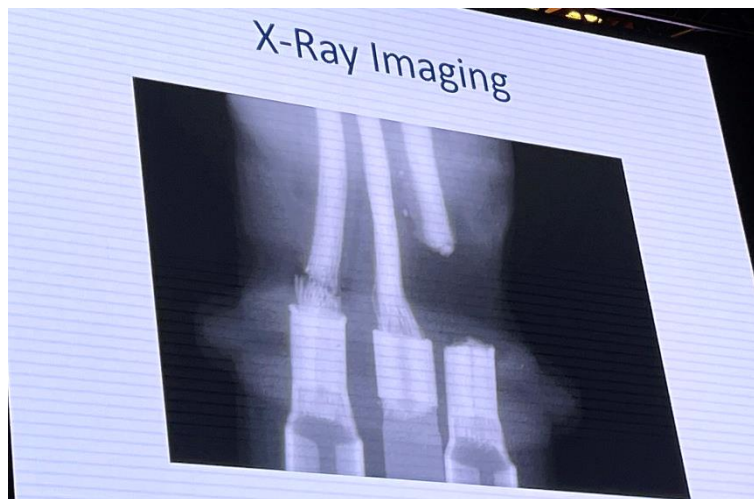


圖 13 X 光分析圖

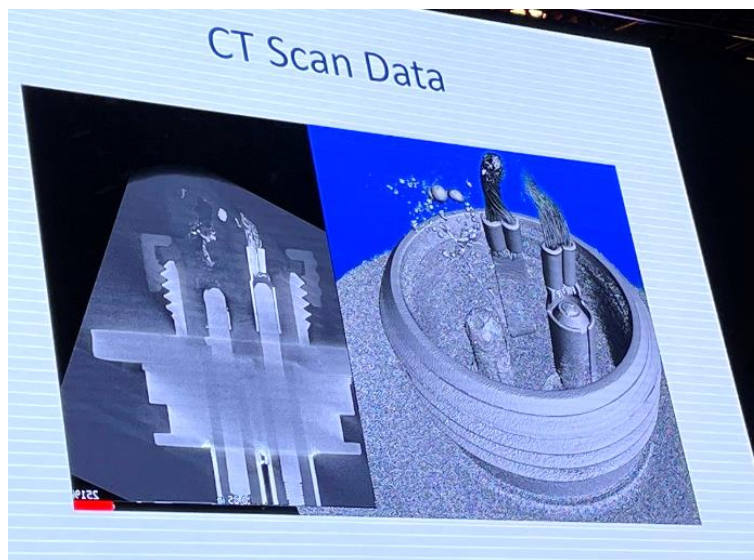


圖 14 CT 掃描資料

## 2. 丁烷大麻油火災調查

吸食大麻在美國某些州是合法的，但持有大麻在多數州還是限制性或完全違法，而丁烷大麻油(Butane Hash Oil, BHO)因為製造容易，成為許多人私自製造的產品，但因製造過程會使用大量丁烷，極易在製造過程中引火造成爆炸。

BHO 是從大麻葉萃取製造含有 THC 產品的最後產物(THC 是大麻中的精神活性物質，會使人興奮)，經過濃縮萃取後的大麻油會含有高達 80%的 THC，成為吸食大麻人員的喜愛毒販私製 BHO 時會利用丁烷灌入塞滿大麻葉的玻璃管中，後端產生的萃取液再乾燥後可得，BHO 成品為黃色半透明蠟狀固體。



圖 15 BHO 成品

私自製造 BHO 時除了大麻葉原料外，還需要一個玻璃、金屬或塑膠管作為萃取管 (Tube)，一端接上丁烷，另一端就可以萃取出 BHO，而丁烷的來源最易取得的便是丁烷瓦斯罐，甚至有毒販自製批量生產架，同時使用多組瓦斯罐及萃取管進行萃取。



圖 16 批量私製生產 BHO

丁烷為無色無味氣體，其爆炸下限濃度很低，若丁烷於室內空間洩漏相當容易達到爆炸下限，遇到任何火花等引火源便會引燃甚至產生氣爆，而本次演講之重點便是因為私製 BHO 的萃取過程中可能會讓丁烷外洩，且因為抽菸或其他火源引燃丁烷造成易燃氣體氣爆現象。



圖 17 毒販抽菸引燃週圍丁烷氣體

因為多起氣爆案件現場均發現現場有大量的丁烷瓦斯罐空罐，有時也可以發現完整的管狀物，雖說現場人員可能故意誤導火災調查人員，顧左右而言他，但這些不尋常的跡證讓火災調查人員起疑，且更詳細勘察現場，最終發現藏匿的大麻葉等原料，才瞭解到私製 BHO 引發火災的危險。



圖 18 火災現場大量丁烷瓦斯空罐

我國因大麻為管制品，極少見到此類因萃取 BHO 造成之火災，但有因製毒引起火災之案例發生，對於製毒過程造成火災之調查方式可參考 BHO 火災案例，調查並歸納現場可疑物品，並且推測其引火(爆)之可能性，除了能更有效率、更明確地確認火災原因外，也能第一時間通知警方等相關單位到場協處製毒之犯罪情事。

### 3. 「無影無蹤地消失」教師學院的男學生焚燒案例研究

本課程藉由重新討論並設計燃燒實驗，並對焚燒多具屍體所需燃料的數量進行深入分析，以應證是否一夜之間能把 40 多人焚燒殆盡，消失的無影無蹤。

2014 年 9 月 26 日，墨西哥瓜納華托州伊瓜拉發生了一起事件，43 名阿約提納巴 (Ayotzinapa) 農村教師學院的男學生在被強行綁架後失蹤。自從這起事件發生以來，一個問題仍然待解答：根據被捕嫌犯所描述的情況，是否可能將 43 具屍體堆放在石頭柴堆上焚燒？

在此之前 Dr. Jose Torero 有做過相關的燃燒實驗並提出該案的研究報告，大致上是說明這麼多具屍體要在山林中的垃圾掩埋場燃燒殆盡，根據現場週圍的植被、垃圾受燒情形，沒有大規模焚燒的跡象，甚至無法確定實際發生的火災是否具有足夠的規模來焚燒一個或多個屍體，但後續的火災專家小組調查結果卻持有相反的意見。

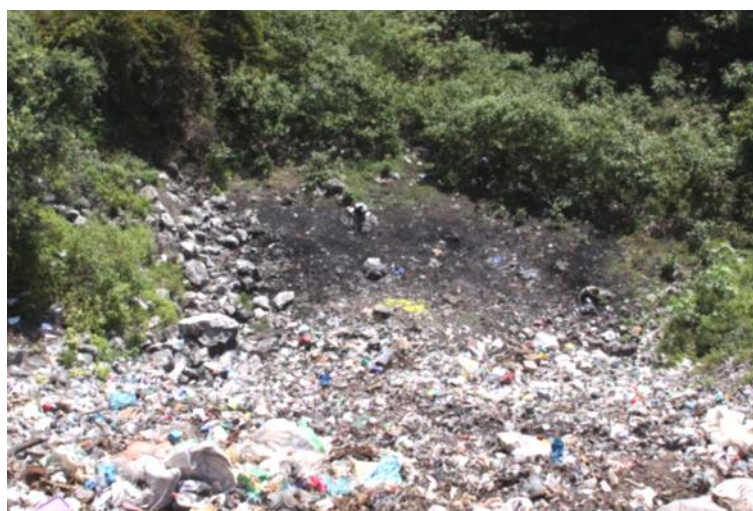


圖 19 案發地點之垃圾掩埋場

#### 本案的關鍵問題

- 人體能否使用普通可燃物質(如垃圾掩埋場發現的物質)被完全燒成灰燼?
- 如果人體可以使用普通可燃物質被燒成灰燼，燃燒一具屍體需要多少這種材料?  
燃燒多具屍體需要多少?
- 應該進行哪些測試來確認或駁斥在開放空間上燃燒人體的假設?
- 從科學上來說，將 43 具屍體燒成那種程度的灰燼是可能的嗎?

灰燼(Ash)是什麼，在火葬場中，高達 1000°C 以上的高溫能將人體的組織燃燒，剩下來的骨骼碎片可以稱為灰燼，剩下的骨頭被去除並粉碎以形成我們更為熟悉的火化遺體骨灰，所以可以解釋成，火葬場的骨灰就是鍛燒加工後的骨頭碎片。



圖 20 火葬場未經處理的骨灰

實驗團隊為了實驗究竟人類屍體在戶外堆疊燃燒後，是否有辦法真的成為具體意義上的灰燼，他們找來了真的人類屍體與豬隻的屍體進行燃燒實驗，發現經過長時間的焚燒後，人體本身也會成為燃料，人體本身除了骨骼外，多數為可燃性的成分，例如皮膚、骨骼、內臟及脂肪等，進行燃燒的結果，確實有可能將人體燒成骨灰。

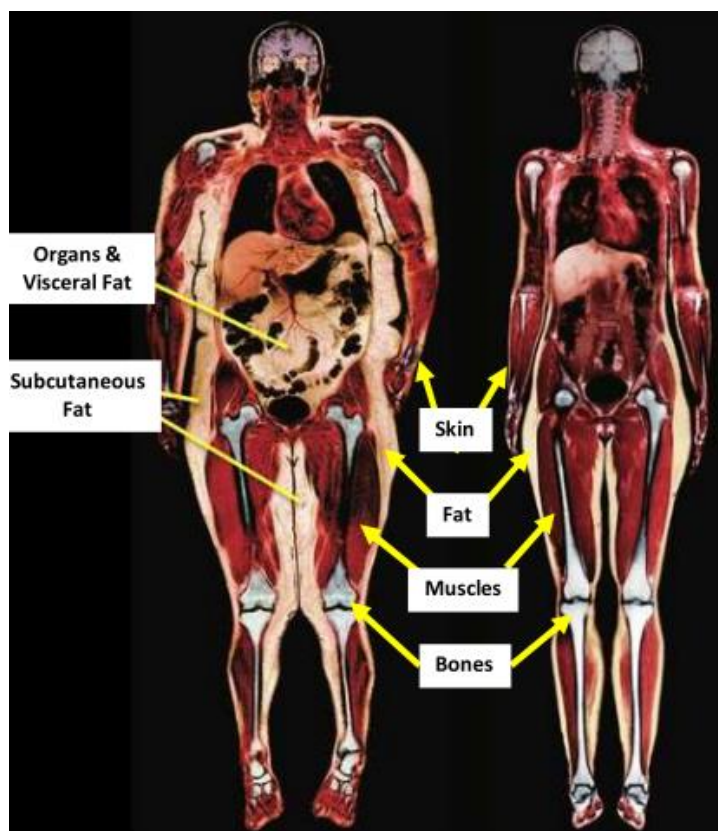


圖 21 人體組織結構

有關人類屍體的 5 次戶外火葬焚燒測試結果，發現人體焚燒特點如下：

- 人體本身可以是火災中的重要燃料補給包。
- 不同層的組織燃燒的情況因各種因素而有不同，例如不同的分層組織包含皮膚、皮下脂肪、肌肉、器官、骨骼和牙齒；皮下脂肪在吸收性材料（衣服、木材和易燃碎片）中被吸收和燃燒時，就可以當作燃料源；火災期間身體的不同動作例如受燒後因肌肉作用成為拳擊手姿勢。
- 當外部材料為木材、輪胎、可燃液體、衣服織物、或其他可燃材料和火災碎片，人體就可以作為外部燃燒時的燃料。
- 地面燃燒與地面以上燃燒的差異-直接鋪設在地面上等於需要更長的持續時間和更多的燃料來煨燒成為灰燼，如果升高至地面以上(如放置堆疊的木頭上)等於更有效的焚燒，因為火焰和熱量更均勻地分佈在身體的更多表面。
- 主動添加額外的燃料、壓碎、再添加燃料、攪拌和粉碎易碎的煨燒後的骨頭牙齒，可以達到成為“灰燼”的效果。

整個實驗的結果說明，將 43 具屍體一夜之間燒成灰燼是可能的，只要有效的架高，並與燃燒材料堆放，人體本身就可以視為燃料來焚燒，甚至過程中再加入額外的燃料，並在最後進行物理性的粉碎，很有可能可以得到所謂的灰燼。而之前的 Dr. Jose Torero 提出的報告也因為其不嚴謹的內容，使其不得不改口說該報告僅為參考用，但對於這些失蹤學生的家屬來說，Dr. Jose Torero 的報告卻讓他們誤抱著希望，認為學生還活著只是失蹤了而已，但實情卻很可能如同被捕嫌犯所述，43 具屍體已於一夜之間燒成灰燼。

整個實驗過程最讓本人訝異的是，實驗方真的找來人體屍體進行焚燒實驗，這在我國應該相當不容易，而且也因為真實尺度的燃燒實驗，方能公正客觀的去印證人體本身可以成為燃料的事實，甚至對於例如與豬隻脂肪比例影響燃燒情形的分析，都能由實際燃燒屍體來獲得相當寶貴的資料，這種實事求是的精神，相當令人敬佩，也希望我國火災調查能往這個方向邁進。

#### 4. NFPA 1321 火災調查單位之指引

NFPA 將訂定一個新的火災調查規範-火災調查單位指引(Fire Investigation Units)，本課程由 IAAI 主席 Randy Watson 主講，課程中預告 NFPA 正在撰擬有關「火災調查單位」的指引 NFPA 1321，該指引與 NFPA 921(調查技術)及 NFPA 1033(調查人員)相互關聯，指引內容包含公部門及私部門之火災調查單位應符合之人員、編制、教育訓練及預算等。



圖 22 NFPA 1321 與 NFPA 921、NFPA 1033

#### **NFPA 1321 大綱(目前為止)**

- 第 1 章-管理
- 第 2 章-參考出版物
- 第 3 章-定義
- 第 4 章-管理系統要求
- 第 5 章-外部資源，設施和設備
- 第 6 章-健康與安全
- 第 7 章-教育，培訓和認證
- 第 8 章-文檔和報告
- 附錄

#### **NFPA 1321 重點摘陳如下**

火災調查單位應有建立、結構、運營和管理有關的最低要求標準，如果火災調查單位屬於母公司組織（例如消防部門）和已經建立本文檔中概述的最低要求的政策，則火災調查單位應遵循這些要求，另 NFPA 1321 適用於公部門及私部門的火災調查單位。

對於火災調查技巧的定義參照至 NFPA 921 火災及爆炸調查指南(Guide for Fire and Explosion Investigations)，而對於火災調查人員的定義則參照至 NFPA 1033 火災調查人員專業資格標準(Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator)。



火災調查單位應建立、實施和維護適合其活動範圍的管理系統，並記錄其政策、系統，程序，準則和指示，以確保火災調查質量，另應為所有人員管理、記錄保留以及標準化實踐和方法制定書面政策和程序，火災調查單位也要編列相關預算，以推行火災調查工作，並應制定有關何時以及如何調查需求超過可用人力和專業知識時，尋求其他資源的政策。

應建立健康和 safety 計劃，火災調查單位內成員應擁有適用於其規定職責的個人防護裝備，另對於車輛、實驗室或工作場所的安全也須完整建立。對於教育訓練的依據為 NFPA 1033，火災調查單位的人員應接受火災和爆炸調查領域的教育和培訓，故須建立教育和培訓程序，確保滿足 NFPA 1033 中列出的要求，管理層應要求人員通過繼續教育來維持其各自學科的認證（或專業資格）。

Randy Watson 表示 NFPA 1321 初稿已經出版，二稿將於 2023 年 10 月發布，而正式文件將於 2024 年第一季出版，相關資料均可以至 NFPA 網站上免費瀏覽，而於課程結束後也會同葉金梅科長向主席 Randy Watson 交流火災調查單位規範的架構及應用，並一起於現場合影留念。



圖 22 本署同仁與 IAAI 主席合影

## 二、證物採集技術人員考試心得

### • 概述

在美國等多數歐美國家，因火災現場的調查工作不僅僅為公部門所執行，更有私人火災調查機構接案調查，為了規範火災調查人員且確保採集的火災證物，具有足夠的公信力並可供後續火災實驗室進行鑑定，對於現場採證的程序進行標準化的規範，IAAI 便提供了一個認證的管道，證物採集技術人員(Evidence Collection Technician, ECT)證照可確保火災調查人員於採證時都能夠符合一定的作業程序，此證照並被國際火災調查人員共同認可。

IAAI-ECT 實作考試每年於美國不同地點舉辦多次測驗，又年會研討會期間 IAAI 會同時辦理一場實作考試，提供國外火災調查同仁於參加年會時可以併同參加考試。為參考先進西方國家的做法，並將出國效益最大化，規劃於本次年會期間參加證照考試，並學習借鏡 IAAI 考試之火災證物採證方式及做法。

### • 資格

IAAI 有明定在參加 ECT 實作考試前，必須於申請考試前 5 年內具備以下資格(時間計至考前 1 個月)，並提供申請書後方能至現場進行實作考試：

1. 從事火災調查相關工作至少 18 個月之經驗。
2. 參與 12 項以上的證物採集，並有文件佐證。
3. 完成至少 29 小時的線上課程時數，包括 CFITrainer.Net®的以下必修課程，並取得 70 分以上分數通過線上測驗：

序號	線上課程名稱	時數
1	DNA	3
2	紀錄事件	4
3	火災調查人員倫理	3
4	實驗室鑑定	4

5	證物介紹	4
6	NFPA 1033 與你的職業	2
7	火災現場的證物	4
8	NFPA921 與 1033 的關係及實際應用	2
9	火災爆炸調查的科學方法	3
合計		<b>29</b>

- **參加考試內容**

當日上午 8 時抵達參測地點，現場約有 20 名受測者，主考官 Casandra Jones 先在考場外集合大家確認人數，並說明實作考試內容及注意事項，並於進入考場時領取應考文件，實作考試為術科測驗，所有採證考試內容均來自 IAAI-CFITrainer.Net® 網站內的示範教學影片及文件。

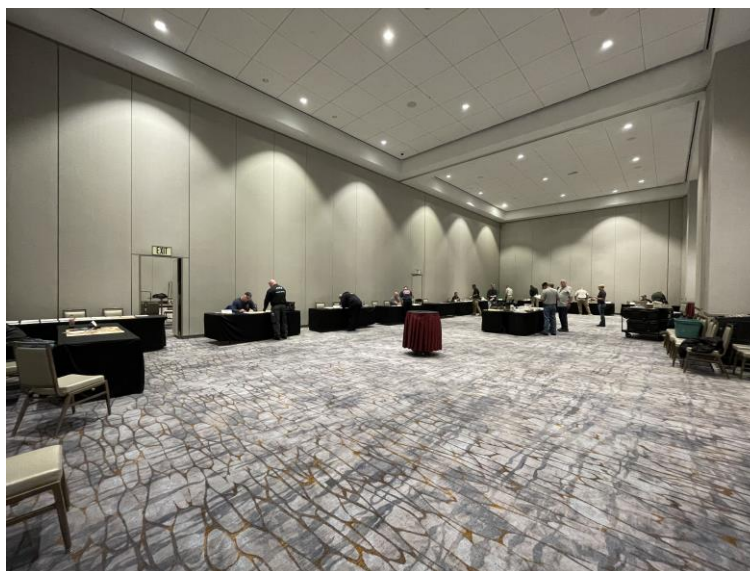


圖 23 考場內環境

考場內共有 10 個考試站點位於考場周圍，每個考試站點都會有 1 個監考官負責監考、評分及試後講解，而考場中央為採證工具區，放置有採證工具包(內含各式採證工具器材)、採證耗材(如手套、信封、封條及證物袋等)，各考試站點使用的工具都須於各站點考試開始後自行拿取。



圖 24 採證工具區(左 1 為主考官 Casandra Jones)

受測人員須通過所有站點的證物考試，每種證物都有其不同之採證重點，如 10 項證物有 1 項被判定不合格，則無法通過考試取得證照。本次各站點證物採集試題如下：

站別	測驗項目	站別	測驗項目
第 1 站	可動物品上的血漬	第 2 站	燒焦或浸濕的文件
第 3 站	可動物品上的指紋	第 4 站	易燃液體-踢腳板
第 5 站	易燃液體-木地板	第 6 站	易燃液體-地毯
第 7 站	物質上的單一纖維	第 8 站	土壤
第 9 站	菸蒂	第 10 站	紙上的壓痕

實際參加考試時，站點考官會宣達考試情境及需採證之證物項目內容，單項考試操作時間為 15 分鐘，並詢問有無其他問題後便開始計時，開始計時後，受測人員須至採證工具區自行決定須拿取使用的器材及物品應測，考試時必須實際操作證物採集過程(採集、裝入容器、封緘、文件紀錄以及保存運送等)，並搭配口述向考官說明採證注意事項，完成後，考官會說明採集過程有無不足或可加強處，並告知是否通過該站點考試。

因受測人數大於考試站點數，故各站點考試後須至場外等待候測，引導人員會看各站點考試情形及人員受測情形安排人員進入考場，候測的人員可利用該時段於考場外複習尚未測驗之項目內容。



圖 25 考試等待區

各站點考官測驗後會記錄該站點考試通過與否(PASS/FAIL)，若有站點未通過(FAIL)還可以有 1 次重考機會(RETEST)。

Station	Assessment Description	Pass	Fail	Evaluator Initials
# 1	Blood spatter from a moveable object			
Retest				
# 2	Charred or wet docs			
Retest				
# 3	Fingerprint from a moveable object			
Retest				
# 4	Ignitable liquid baseboard melting	✓		AKJ
Retest				
# 5	Ignitable liquid wood flooring			
Retest				
# 6	Ignitable liquid from carpeting	✓		EP
Retest				
# 7	Single fiber on substrate	✓		WJL
Retest				
# 8	Soil			
Retest				
# 9	Cigarettes			
Retest				
# 10	Impressions on paper			
Retest				
# 11				
Retest				

PLEASE RETURN THIS FORM TO THE EVALUATOR AT FINAL STATION.

圖 26 受測評分表

全部計 10 個站點均通過後須繳交受測評分表單給主考官，主考官審閱確認無誤後便會告知考試合格，同時主考官現場會給予合格的證物採集技術人員標章及紀念貼紙，證書後續將以郵件寄達。本人與葉金梅科長亦於現場逐站測驗，依序通過所有站點採證考試後，順利取得 IAAI-ECT 證照。



圖 27 IAAI-ECT 認證標章及紀念貼紙

## 肆、建議

本署為國際縱火調查協會會員，除了 109 年至 111 年因新型冠狀病毒疫情影響暫停出國計畫外，每年均編列預算派員參加該協會舉辦之年會及研討會，前往美國當地與各國火災調查人員互相交流，並於研討會中汲取火災調查新知及案例內容，對於強化我國火災調查技術有莫大之益處，參與本次年會之建議內容如下：

### 一、未來各年度持續派員參加國際縱火調查協會年會

本次年會期間，我國代表葉金梅科長及康智堯技士與 IAAI 主席 Randy Watson 以及與會火災調查人員有良好的火災調查經驗交流，並於早午餐敘期間有機會了解其他國家或州的火災調查及消防人員體制，並邀請他們日後有空可以來臺交流火災調查技術及旅遊，為我國建立了一次良好的國民外交。

火災調查是需要通過經驗的累積和交流來不斷提升的，在國際縱火調查協會年會研討會上，火災調查各領域的專家講授了創新技術、資訊和案例研討等課程，讓我們有機會在短時間內吸收各種不同類型的火災調查經驗和觀點，從而提升自身的火災調查知識。因此，建議賡續編列預算參加國際縱火調查協會年會，持續派遣人員前往美國更新火災調查知識，並與國際火災調查人員進行交流，從而強化我國火災調查的專業性。

### 二、規劃將本次年會研討會內容參酌納入本署火災調查訓練班課程

為了加強全國各消防機關現職火調人員的專業知識和能力，本署每年都會舉辦火災原因調查鑑定在職講習班，要求在職的火災調查人員參加短期的訓練課程，為了讓這些在職人員能學習國外的最新知識，規劃將本次於國際縱火調查協會年會期間所吸收到的火災調查相關新知，納入在職講習班的課程編排參考，以加強我國火災調查人員的專業能力。

透過在職講習班這類內部培訓的機會，除了火災調查新知的分享外，還可以進行國外案例的研究和討論，深入瞭解不同國家的火災調查工作實踐情形，並希望能借鏡國外火災調查的成功經驗，學習國外的火災調查技術和知識，從而提升我國火災調查人員的專業素養和火場分析能力。

這樣的內部培訓將提供一個寶貴的機會，讓我們的在職火災調查人員能夠以另一種方式與國外專家進行交流，並深入研究真實案例，這將有助於他們更全面地理解火災調查的最佳實踐和最新技術，通過提升我國火災調查的專業能力，我們能更好地應對各種火災調查挑戰，並為保障公眾的生命財產安全作出更大的貢獻。

### 三、加強火災調查科技設備器材以協助火災調查工作

本次於年會的展覽會現場讓我們見識到了許多科技設備器材，這些設備對於協助火災調查工作起到了重要的作用。特別是 OSCR360 環景攝影設備，相較於本署目前使用的 360 度環景相機設備，OSCR360 不僅提供更多更豐富的實用功能，還具有完全買斷的優勢，代表我們能夠完全擁有和掌控這項技術，這對於火災調查刑事偵查工作流程和保密性具有重要意義。

恰逢本署正在制定有關火災調查裝備器材的購置計畫，因此，購置如上述先進的火災調查科技設備供火災調查人員使用，將在火災調查現場勘察期間提供更強大的工具，幫助火災調查人員更有效地收集、保存和分析現場資訊，有助於更準確地確定火災的發展過程以及起火原因，同時更讓我國火災調查領域能持在領先地位。