

公務出國或赴大陸地區報告（出國類別：考察）

參訪美國刑事實驗室及
參加美國鑑識科學學會年會考察報告

服務機關：臺中市政府警察局

姓名職稱：翁嘉臻警務員、花霈誼巡官

派赴國家：美國

出國期間：114年2月11日至114年2月25日

報告日期：114年5月20日

目錄

壹、摘要	2
貳、出國人員名單	3
參、目的	4
肆、過程	5
伍、心得	31
陸、建議	33

壹、摘要

美國刑事鑑識技術發展成熟，廣為人知，其司法系統對鑑識專家證人的資格審查與證據品質有極高要求，並擁有豐富的研究資源，對全球鑑識制度具有深遠影響。我國目前多採行美國標準，為強化鑑識實務工作能力並吸收新知，我們此次赴美參加 2025 年美國鑑識科學學會年會（Annual Conference of the American Academy of Forensic Sciences, AAFS），同時參訪紐約聖約翰大學司法學院、約翰杰刑事司法學院、紐約市警察局刑事實驗室及馬里蘭州蒙郡警察局刑事實驗室，以深入了解當前美國鑑識制度及實務運作。

此次參訪及研討會內容涵蓋各類證物處理流程，鑑定書樣式等，觀摩美國刑事鑑識實驗室作業流程及其法律適用，並了解最新鑑識器材的研發與應用。鑑識科學為應用法科學，強調證據的合法性、正當性與科學性，其結果須經法律程序審查與檢驗。透過此次研習，我們獲得以下具體建議事項：一、落實鑑識科學專業訓練；二、強化現場勘察技能及證物監管鏈流程；三、持續派員參與國際研習或是邀請國外專家來臺授課交流，提升本局鑑識能量與國際接軌能力。

貳、出國人員名單：

臺中市政府警察局刑事鑑識中心警務員翁嘉臻、巡官花霽誼。

參、目的：

隨著網路普及與科技進步，犯罪型態日益多元，使得司法單位查緝犯罪與破案難度大幅提高。面對新興犯罪的挑戰，刑事鑑識人員除了需要熟悉相關法規、嚴守司法程序正義外，更應深入理解科學原理及其在鑑識作業中的應用，同時也需具備在法庭上清楚說明勘察與鑑驗過程之能力。

此外，因應我國刑事訴訟法修正及國民法官制度之施行，刑事審判不再僅限於職業法官專業判斷，可能會有更多元背景的國民法官參與其中，專家證人在法庭上的表達能力與證據科學的明確性，可能會直接影響判決結果。故刑事鑑識人員更需不斷汲取國內外先進知識與實務經驗，以提升專業能力與表達能力，確保證據在審判中具備應有之證據能力及良好的證明力。

為精進本局鑑識人員之專業知識與實務工作能力，並強化與國際接軌，我們赴美參加美國鑑識科學學會（AAFS）舉辦之年度研討會，並實地參訪美國知名司法學府及警察鑑識單位，包括聖約翰大學司法學院、約翰杰刑事司法學院、紐約市警察局與馬里蘭州蒙郡警察局刑事實驗室等地。藉由參加研討會及參訪教學及實務單位，深入了解美國鑑識制度與最新技術應用，吸取其制度優勢與實務經驗，進而提升本局鑑識作業品質與國際合作能力。

肆、過程

一、出國期間行程概述

- (一) 114 年 2 月 12 日至 14 日參訪紐約聖約翰大學司法學院、紐約市警察局實驗室及約翰杰司法學院。
- (二) 114 年 2 月 18 日參訪馬里蘭州蒙郡警察局刑事實驗室。
- (三) 114 年 2 月 19 至 22 日參加美國鑑識科學學會於巴爾的摩舉辦之年度研討會。

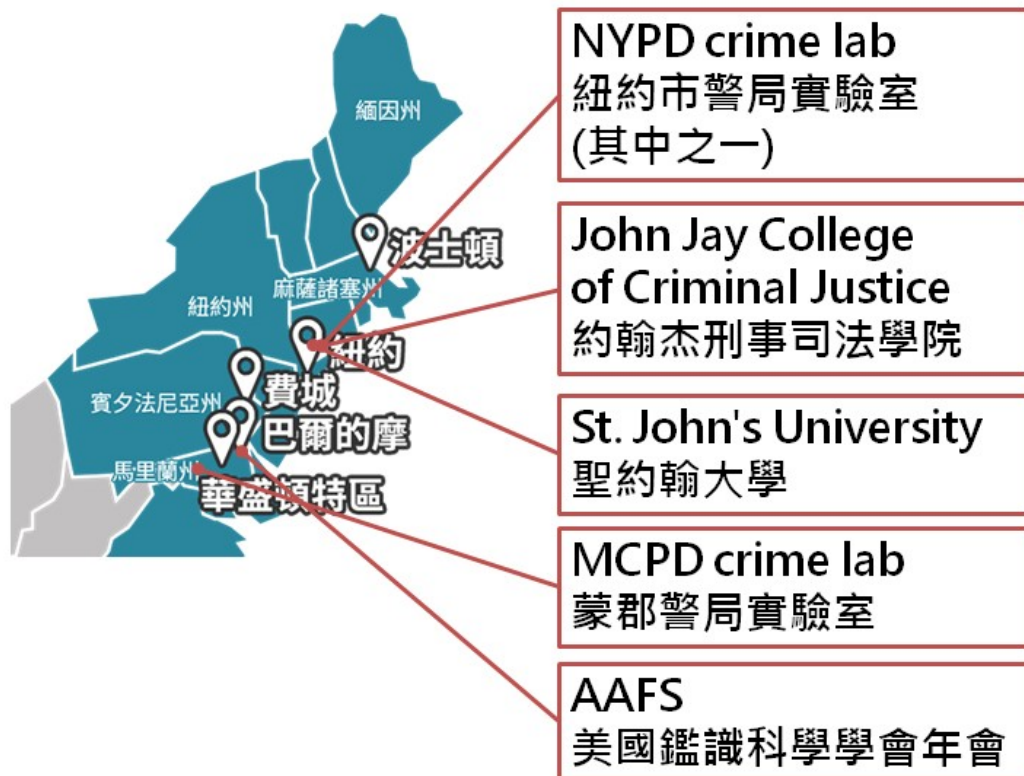


圖 1：本次行程示意圖。

二、學術單位參訪行程

(一) 聖約翰大學司法學院

聖約翰大學位於美國紐約市皇后區，專精於刑事司法、法律研究、國土安全與公共服務等領域之高等教育。學院課程設計強調理論與實務並行，融合法律、犯罪學與執法實務，培育具備專業倫理與實務操作能力的司法與國土安全專業人才。

該校設有一個國土安全模擬實驗室，專門用於支援國土安全與刑事司法領域的教學與研究。承蒙兩位任教於該單位的警大校友協助，我們得以參訪其模擬實驗室並觀察實際運作情形，實驗室提供真實模擬的虛擬實境環境，可模擬各種大規模災難事件，包括自然災害（如洪水、野火、颶風）、人為災難（如恐怖攻擊、空難）、公共安全事件（如有害物質釋放）等，讓學生能在理論學習之外，透過實際操作進行決策訓練，培養在壓力下的應變能力，訓練他們危機處理中的決策能力與信心。

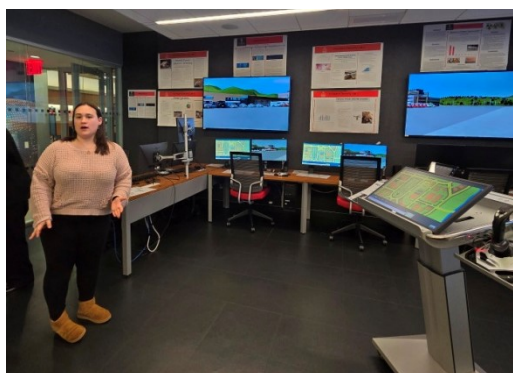


圖 2：工作人員展示模擬實驗室模擬實境功能。



圖 3：鑑識科學實驗室一隅

(二) 約翰杰司法學院

約翰杰司法學院隸屬於紐約市立大學系統，位於紐約市中心曼哈頓區，擁有專業的鑑識實驗室及模擬法庭，為美國著名的刑事司法學府，許多畢業生投入執法單位、法律、公共政策及國土安全等領域工作，是一個實務與研究並重的教學單位。

該校之鑑識科學課程在美國極具聲譽，提供從學士到碩士的完整學術訓練，結合理論與實務，培養學生在鑑識科學實驗室、研究機構及相關領域的專業能力。此次參訪安排與 DNA 分析領域的權威 Mechthild Prinz 教授進行交流。Prinz 教授曾於德國科隆的法醫機構及紐約市首席法醫辦公室擔任要職，她目前研究主要著重於改善不同種類證物上 DNA 的採證與萃取方式，以提升微量 DNA 的回收率。我們除了參觀鑑識科學系的各項實驗室設施外，Prinz 教授也現場示範如何利用實驗室耗材設備，對紙張進行 DNA 採證操作。此次交流不僅增進了對 DNA 採證萃取技術的進一步了解，也體會到有時無需仰賴昂貴的專用設備，靈活運用實驗室現有資源，亦能有效達成證據採集之需求與目標。



圖 4：Prinz 教授示範如何用自製設備採取紙張上 DNA。

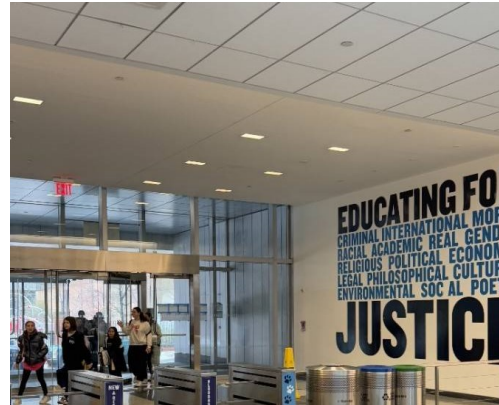


圖 5：約翰杰司法學院一隅。

三、警察局刑事實驗室參訪行程

(一)紐約市警察局實驗室

紐約市警察局是美國規模最大的地方警察機構，負責紐約市五大區的治安維護，擁有超過三萬名警員。其下設有多個專業部門，其中鑑識科學部門工作範圍涵蓋現場採證到實驗室分析，扮演蒐證與科學辦案的重要角色。該部門負責：犯罪現場證據採集與保存、指紋分析、槍彈與彈道分析比對、文件與圖像分析、毒物與化學分析、DNA 鑑定等。



圖 6：紐約市警局轄下 5 大區。



圖 7：紐約市警局鑑識部門。

我們此次參訪位於皇后區牙買加的紐約市警察局鑑識實驗室，重點在於了解證物自現場送達鑑識部門後的處理流程。該部門對訪客管理相當嚴格。所有訪客須於一樓門禁區外出示護照進行查驗與登記，並列印含有個人資料及照片之訪客識別貼紙貼於胸前，始得進入大樓。離開時，該貼紙須繳回，且期間不得對貼紙進行拍照。

行程中我們參觀了收案部門、槍彈鑑識、指紋比對及毒物分析等實驗室，深入認識各類證物如何在收案後分送至不同部門以及鑑定、報告方式，並與現場人員進行交流。較為可惜的是，紐約市多數刑事案件中涉及的 DNA 鑑定並非由警局進行，而是由紐約市首席法醫辦公室（Office of Chief Medical Examiner, OCME）負責，故本次未能一窺 DNA 分析的實際運作。在鑑識部門中，證物的收案流程是整體鑑識作業的第一步。警方將現場蒐集的證物送至實驗室，由專責的收案人員負責接收與登錄。此流程包括身分核對、文件確認、證物外觀檢查、條碼編碼及分類建檔，並建立完整的電子記錄，確保後續的可追溯性。證物隨後依性質（毒品、指紋、槍彈或是 DNA 等）分流至對應實驗室處理，從收案開始，每一次的證物移動都會有簽收紀錄，確保證物監管不中斷，具備法庭證據能力。

由於收案作業程序繁複，加上案件量龐大，實驗室通常將收案時間安排在深夜進行，一方面人員能較為專注處理收案工作，減少白天行政與業務干擾；另一方面，夜間交通順暢，也有利於證物運送與流程進行。根據該單位提供數據，該實驗室每年約處理 74,000 件案件，其中包含槍枝鑑定約 11,000 件，DNA 鑑定約 26,000 件以及毒品分析約 37,000 件，顯示其鑑識能量與案件規模皆屬全美前列。

此外我們觀察到在槍枝證物封緘方面，實驗室使用封緘加熱器完成封緘後，封口處會留下所屬單位名稱的壓痕，具有識別與防偽功能。另外，每一處封口的騎縫處都必須由經手人親筆簽名。此外，封緘後的證物會依據性質分類儲存於指定空間，如冷藏區、證物室儲藏櫃或武器安全櫃中，除了同步登錄於證物監管鏈系統中外，同時受門禁與監控系統管理。至於證物儲存空間，所有證物櫃的底部都使用膠帶封起，防止小型證物掉入櫃底造成遺失；櫃子側面亦加裝塑膠網格封閉，目的同樣是防止證物滑落或滾落至難以察覺的位置，進而提升證物保存的安全性。



圖 8：證物櫃側面加裝塑膠網格，底部則以膠帶封閉。



圖 9：專責收案人員解說中。

指紋實驗室主要負責指紋的增顯與比對工作，專業鑑定人員跟我們介紹多種常用的指紋增顯技術，以因應不同現場情境與證物型態。實驗室使用 AFIS (Automated Fingerprint Identification System) 指紋比對系統連接全市案件比對資料庫，大幅提升搜尋與比對速度，有效縮短鑑定時間。然而，儘管系統可提供初步比對結果，所有鑑定仍須由人工進行最終確認，以確保準確性並避免誤判。

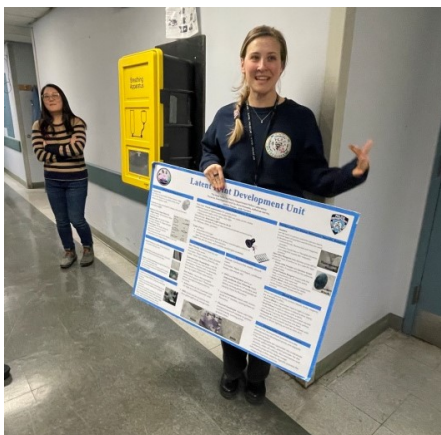


圖 10：指紋鑑定人員簡介中。

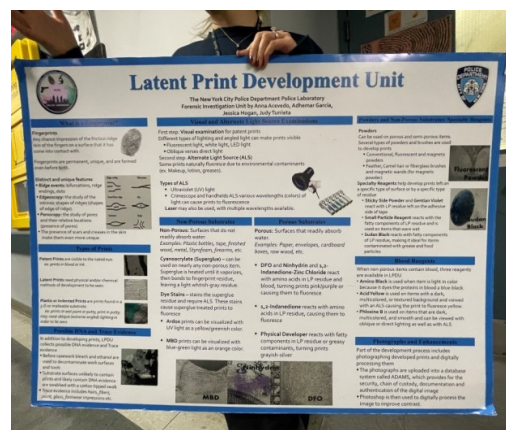


圖 11：採取潛伏指紋的各種方法。

毒物實驗室主要負責鑑定各類毒品及不明粉末狀物質。參訪過程中，我們觀察到其分析流程通常由初步的呈色試驗開始，用以判斷樣本是否可能含有毒品成分。接著，鑑定人員會使用氣相層析質譜儀（GC-MS）等儀器進行進一步的成分分析，並依據結果撰寫正式報告，提供給偵辦單位與檢察官作為參考依據。

此外，實驗室相當重視品質管理，每日早上皆由專責人員執行儀器性能監控測試，確認設備運作正常，方可進行當日的證物鑑定，確保檢驗結果的準確性與可靠性。



圖 12：毒物鑑定人員簡介中。



圖 13：GC-MS 儀器簡介與展示。

槍彈鑑識實驗室負責處理各類槍枝彈殼證物。鑑定人員會使用自動化彈殼比對系統（IBIS，Integrated Ballistics Identification System），將彈殼上各種痕跡特徵與資料庫中的紀錄進行比對，以確認是否與其他案件有關聯。我們除了參觀專門進行槍枝試射實驗室的水箱外，還在現場看到多把具歷

史意義與鑑識價值的槍枝收藏，例如約翰·藍儂遭槍擊案件所使用之手槍等。這些收藏不僅可作為訓練與教學之用，也反映出城市中非法武器類型的多樣化與演變趨勢。



圖 14：鑑定人員簡介中。



圖 15：回收彈頭所使用之水箱。

(二)馬里蘭州蒙郡警察局刑事實驗室

蒙郡警察局的刑事實驗室隸屬於鑑識科學與證物管理部門（Forensic Science and Evidence Management Division, FSEMD），位於馬里蘭州蓋瑟斯堡市，主要負責各類證物的鑑定，支援郡內各項刑事調查工作。刑事實驗室設有多個專業單位，涵蓋現場採證、數位鑑識、槍彈鑑識、DNA 鑑定、毒品分析及指紋比對等領域。鑒於時間限制，此次參訪重點著重於紐約行程中未能參觀的 DNA 實驗室部分。DNA 實驗室隸屬於刑事鑑識生物學單位（Forensic Biology Unit），目前配置有 8 位案件承辦人員、1 位技術主管與 1 位實驗室主管。人員的訓練期依照其原

有學經歷背景不同，時間從 8 週至 2 年不等。在 DNA 型別鑑定方面，實驗室僅進行體染色體分析；若遇到男女比例超過 1:20 的樣本，則會委由 BODE 實驗室進行 Y 染色體分析。自 2021 年起，該單位也導入 STRmix 軟體，輔助處理混合型 DNA 樣本的判讀，目前鑑定書可出具達 3 人混合型之結果。此外，該實驗室未實施遺傳族譜學（Genetic Genealogy）之分析，惟遇有特殊或重大案件須進行該分析以提高破案機會時，仍會委由具備相關技術能力之外部實驗室協助辦理。

案件處理流程方面，自承辦人接手案件後，平均約需 1 至 2 個月可完成並出具報告，每位承辦人每輪處理約十件案件，待完成後再由主管分派下一輪案件。然而，因案件數量龐大，每個案件自進入實驗室到分派給承辦人，可能需等待 6 至 7 個月的時間，令人印象深刻。在 DNA 資料庫比對方面，根據線上使用者數目不同，處理時間有所差異。於州政府 DNA 資料庫（State DNA Index System, SDIS）進行 DNA 資料庫型別比對時，並未規定所需輸入型別之最低基因位數量，重點在於該型別所計算出之隨機相符機率是否足夠支持；但若要上傳至全國 DNA 資料庫（National DNA Index System, NDIS），該型別則需至少具備核心 13 組 STR 基因位（原 CODIS 13）中的 8 組，方可進行比

對。關於鑑定報告的格式，該實驗室不會在正式報告中列出 DNA 型別，也不附上圖譜或照片，僅列出比對結果，但所有檢測數據皆會上傳至實驗室資訊管理系統，以供查閱與保存。

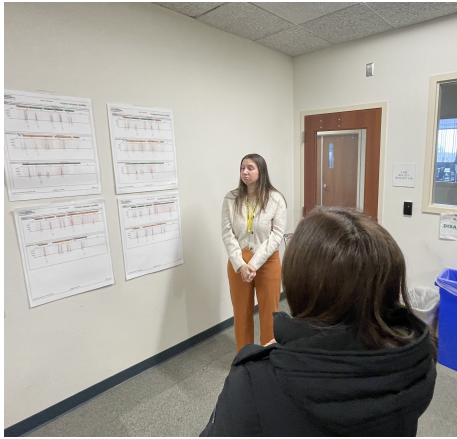


圖 16：DNA 鑑定人員簡介中。

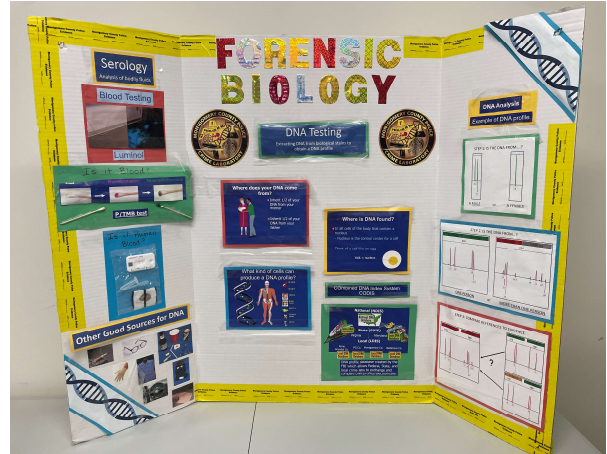


圖 17：刑事鑑識生物學簡介海報。

四、美國鑑識科學學會研討會參訪行程

美國刑事鑑識科學學會（American Academy of Forensic Sciences, AAFS）是全球最具影響力的鑑識科學組織之一，成立於 1948 年，致力於推動鑑識科學的研究、教育與實務發展。今年 2 月，AAFS 在馬里蘭州巴爾的摩會議中心舉辦第 77 屆之年度研討會。我們有幸參與此次會議，對於國際間最新科技在鑑識之應用與未來發展，有更深入且全面的認識。

本屆年會共吸引來自全球五十餘國、逾三千名鑑識科學專業人士參與，涵蓋十二個專業領域，包括法醫人類學、刑事鑑識學、鑑識法學、數位與多媒體科學、工程與應用科學、法醫護理學、

毒物學、病理學、法醫牙科學、精神病學與行為科學、文書鑑定及一般科學等，充分展現該學會在跨領域專業交流上的廣度與深度。

本次會議以「TECHNOLOGY: A Tool for Transformation or Tyranny? (科技：轉型的工具還是專制的利器?)」為主題，針對人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 技術的快速演進，深入探討其對鑑識科學可能帶來的衝擊，議題內容廣泛且具啟發性。

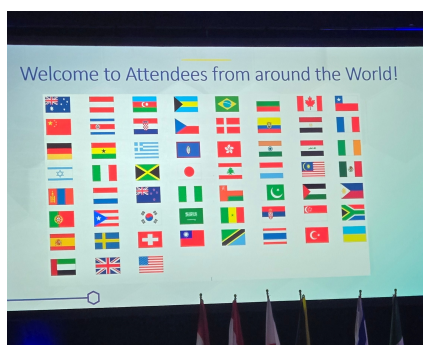


圖 18：大會使用各國國旗歡迎與會者。



圖 19：我們與同事於會場合影。

大會開幕專題演講由 Michael Rogers 主講，他是暢銷書作家、科技創新先驅與國際知名的未來趨勢專家，曾擔任《紐約時報》駐站未來趨勢顧問。他創立的顧問公司「Practical Futurist」（實用未來學）曾為多家知名跨國企業提供諮詢服務，客戶涵蓋 FedEx、波音、微軟（Microsoft）與輝瑞（Pfizer）等。他同時

也是國際知名的演講者與媒體來賓。此次演講中，他深入剖析 AI 技術如何助長網路犯罪、偽造語音與虛構數位身分，同時也探討 AI 於犯罪調查與日常應用中的潛力與挑戰。

技術應用一直是推動鑑識科學持續進展的重要力量。自早期指紋比對問世以來，至現今廣泛應用的 DNA 鑑定，各項工具與方法的演進顯著提升了鑑識工作的準確性與效率。隨著人工智慧等新興科技的發展，技術革新的潛力進一步擴大。AI 於資料分析、模式辨識與預測等方面展現出高度應用價值，已成為鑑識科學領域中極具潛力之輔助工具。

然而，技術進步亦非毫無代價。如本次年會主題所揭示，科技既可為「轉型之工具」，亦可能淪為「專制之利器」。科技本身並不具備道德判斷能力，其社會影響完全取決於使用者之意圖與運用方式。AI 系統依賴複雜演算法與大量資料模型進行運算，然此類模型之透明度與可解釋性仍有待提升。若初始設計不當，或訓練資料存在偏誤，AI 將可能以更快的速度重複傳遞錯誤資訊，造成判斷偏差。

此外，AI 決策過程之不透明性，亦可能限制鑑識專家與法律專業人士對其結果之驗證與理解。「黑箱」效應若未妥善處理，將對司法判決的公正性構成潛在風險。因此，法醫鑑識領域之科

技應用，應建構於明確之倫理原則與規範架構之上，確保其運用符合法律、公平與責任原則。唯有強化技術系統之透明性、安全性與可監督性，方能在確保創新效益的同時，有效控管潛在風險，促進司法公正與社會信任。



圖 20：專題演講。

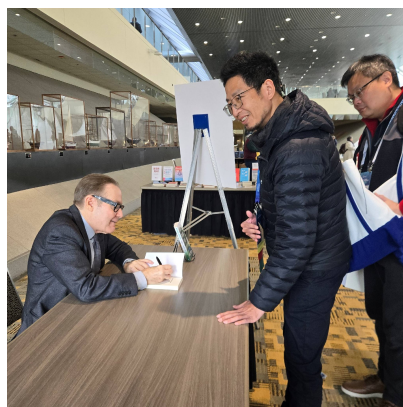


圖 21：專題演講講座簽書會。

本次研討會之口頭報告與壁報發表數量龐大，涵蓋眾多領域與主題，因時間與資源限制，僅能就我們較感興趣且實際參與之部分場次進行整理與說明如下：

(一)美國國家標準技術研究院（NIST）對 DNA 混合樣本之研究：

John Butler 博士是鑑識 DNA 領域的國際權威，著有多本廣為引用的 DNA 鑑定教科書，長年被視為此領域的重要教材。目前，他任職於美國國家標準暨技術研究院（NIST），擔任資深研究員，專精於 DNA 鑑定技術及其標準作業程序之研究與制定。在

本次會議中，Butler 博士重點介紹了近年來 NIST 發佈的 3 份報告，有助於 DNA 標準化判讀並減少人為因素的影響。

1、DNA 混合樣本研判：NIST 科學基礎評析報告

為系統性文獻探討，針對目前使用的 DNA 混合樣本判讀方式進行全面性評估，包含 STR 資料分析、統計模型（如似然比計算）、軟體工具運用（如 STRmix、EuroForMix 等）及其背後的科學依據，但在實際應用上仍需進一步標準化以及驗證。

2、刑事鑑識 DNA 圖譜研判：人為因素評估報告

這份報告重點在人為因素對於 DNA 結果判讀過程中的影響，包括鑑定人員的先入為主、訓練差異以及來自決策層壓力等。NIST 透過訪談與觀察研究指出，即使是同樣的實驗結果，不同鑑定人員仍可能產生不同的結論，進而影響司法判決。報告最終提出一系列改進建議，包括能力試驗、實驗室間比對以及標準化圖譜判讀流程等措施。

3、認識 DNA 混合樣本：對非專業人士的解說

這份報告重點在幫助律師、法官以及國民法官等非專業人士理解 DNA 混合樣本的基本概念與限制。內容以生活化語言解釋何為混合樣本、似然比的意義以及解讀不確定性，讓司法

實務工作者在面對 DNA 鑑定書時，能有更客觀與合理的判讀依據。

(二)使用 TrueAllele®解讀彈殼上微量 DNA 混合樣本：

在美國，每年約有 20 萬枚彈殼從各類犯罪現場中被回收。然而，研究指出，彈殼經過射擊後會導致上面的 DNA 裂解，顯著降低獲得可判讀 DNA 圖譜的機會，使得想透過 DNA 鑑定判斷曾接觸過彈殼的人面臨極大挑戰。本研究旨在針對不同類型的彈殼找出最適合的 DNA 採證方法，研究團隊使用 5 種不同的 DNA 採證方式，對 7 種不同材質的彈殼進行採樣，共產出 910 筆樣本資料，這些結果分別使用人工判讀方式和 TrueAllele® 軟體進行分析，同時比較兩者在處理微量 DNA 樣本及混合型上的表現。於 910 個樣本與標準檢體的比對中，人工判讀 DNA 圖譜僅得到 205 筆相符結果；相較之下，使用 TrueAllele®軟體分析，則可得到 351 筆相符結果，顯著提升了 DNA 圖譜的判讀能力。此外，TrueAllele®軟體更在 138 個樣本中發現了未被人工解讀辨識出來的未知 DNA 貢獻者，顯示其在混合樣本判讀上的優勢。在採證方法方面，效果最佳的是使用兩隻棉棒進行採樣（「濕－濕法」或「濕－乾法」），而使用刮取、浸泡以及超音波震盪處

理的方式則相對效果較差。至於彈殼材質，鋁製與鋼製彈殼較容易採得 DNA，而銅製彈殼的 DNA 保存與回收效果則相對不佳。

(三)評估警方主導的監禁替代機制並提出更完善的危機應對模式：

近年來，隨著社會對精神疾病認識的提升，精神疾病患者在司法系統中的比例逐漸上升。這些個體多數並非因犯罪本身遭逮捕，而是因無法控制的情境因素所導致的行為問題。警方在第一線執法時，常需面對因精神健康問題、情緒失控、藥物濫用或人格障礙等因素所造成的危機事件，這類情境已成為執法工作的重要挑戰。

為此，麻州透過監禁替代計畫(Jail Diversion Programs, JDPs)導入多種以科學為基礎的應對模式，包括警員與心理健康專業人員共同出勤的「共同出勤模式」(Co-Response Model)與「危機介入小組」(Crisis Intervention Teams, CIT)，目的在於將陷入行為危機的個體自司法系統分流至適當的心理健​​康治療與康復服務中。

本研究針對麻州 165 個 JDP 單位於 2023 年 5 月至 12 月間的執行資料進行分析。計畫類型包括危機介入小組模式、共同出勤模式以及混合型應對策略。研究採用描述性統計分析各類 JDP 運作類型，並結合機器學習與人工智慧技術，建構一套以罪名

嚴重性、精神健康狀況、藥物使用史及事件特性為變項的分流預測模型。

研究共分析 21,964 起事件，其中 3,324 涉及犯罪行為並符合分流條件。結果顯示，86%的案件成功分流至醫療單位，且初次接觸者及較輕微犯行者最有可能獲得分流，有效的去激化技巧及現場支持（例如家屬介入），對分流成功具正面影響，然而於非上班時段發生的案件，則有較高的逮捕機率。

本研究指出，欲有效推行符合倫理原則的監禁替代機制，需同時納入個體與事件脈絡的多層次考量。強化警方在危機應對現場的倫理判斷力，應提供更完善的訓練與資源，協助在公共安全與個人福祉間取得平衡。

此外，研究建議發展更具前瞻性的危機應對方式，超越傳統警政框架，整合行為科學、警察與鑑識心理學、鑑識護理學等多領域資源。特別是引入鑑識護理的觀點，有助於提供更完整的個案理解與應對策略，進一步強化精神疾病「去犯罪化」的實務應用與政策導向。目前臺灣尚未有類似的鑑識護理學概念，值得借鏡學習。

(四)應用光致發光鉛檢測（PL-Pb）射擊殘跡之新技術並利用可視化雲圖呈現：

於我國刑事偵辦實務中，槍擊痕跡鑑定主要標的是無機槍擊痕跡物質；鑑定方法以掃描式電子顯微鏡/X 射線能量譜分析法（SEM/EDS）為主，部分則輔以鉛銅呈色試驗判定彈孔。雖然我國在槍擊痕跡的採樣鑑定上已建立成熟的操作程序，並符合國際標準，但相關鑑定實驗室所出具的鑑定結論，在刑事訴訟程序中仍存在爭議。主要爭議包括鑑定方法的可信度、不同鑑定人對結果的判斷歧異、以及鑑定結論的不同詮釋等。

在本次會議中，一種名為光致發光鉛檢測（PL-Pb）的新技術引起了與會者的高度關注。這項技術基於鉛塵與鈣鈦礦半導體的化學反應，通過紫外線照射產生明亮綠光，進而建立了一種高靈敏度和高解析度的射擊殘跡（Gunshot Residue, GSR）檢測方法。該技術的理論基礎在於鈣鈦礦半導體的光致發光特性，發光強度和波長與鉛離子的濃度和分佈密切相關。透過精確測量這些參數，PL-Pb 技術可以快速檢測和定量分析射擊殘跡。

PL-Pb 技術在鑑識科學中的應用具有顯著的優勢。首先，這項技術能夠檢測射擊人手上的微量射擊殘跡，即使在清洗後仍能有效檢測。其次，它能從現場跳彈痕跡、彈孔和燃燒煙霧中檢測 GSR，並重現 GSR 分布模式，用於射擊距離重建。這些優勢使

PL-Pb 技術可用來快速鑑定可疑射擊人，並提供可靠的證據分析手段。

與傳統的射擊殘跡檢測方法（如鈉羅丹酸鹽法）相比，PL-Pb 技術具有更高的靈敏度、解析度、即時性、耐清洗性、可視化及定量分析能力。這些優勢使得 PL-Pb 技術在鑑識科學領域，尤其是 GSR 檢測和分析方面，展現出更高的實用性和可靠性。通過圖像化射擊殘跡的分佈，該技術不僅提供更直觀的證據，還能克服傳統分析方法的侷限性。在犯罪現場，調查人員可以藉由這項技術快速篩檢嫌疑人的手部、衣物和鞋子是否有射擊殘跡，進一步確定其是否接觸過槍枝，從而縮小調查範圍，可有效節省時間和資源。PL-Pb 技術以全新方式進行射擊的檢測與分析，提升了鑑識科學的證據呈現與解讀能力，惟仍須考量可能造成偽陽性的相關議題。該方法具應用潛力，隨著技術的持續推廣與應用，未來有機會作為犯罪現場調查與司法鑑定的輔助選項，對案件偵辦或許能帶來實質助益。



圖 22：Kendra Adelberg 專題演講，探討光致發光鉛檢測（PL-Pb）的新技術之原理及偵檢 GSR 之優勢。

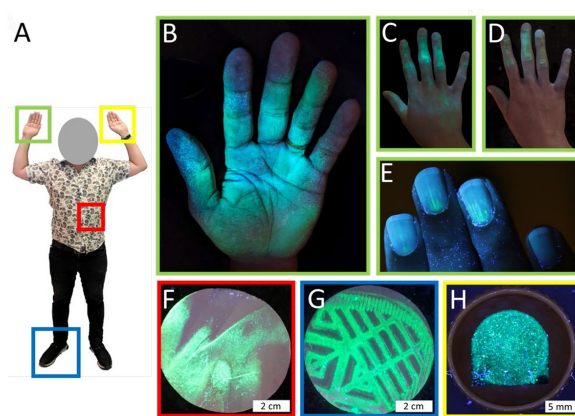


圖 23：光致發光鉛（PL-Pb）具有極高的靈敏度。實驗中，對清洗多次的手部、二次轉移，仍可通過光致發光檢測到 GSR 的鉛粉。

(五)對賓州中學的電子菸產品進行綜合藥物分析

本篇作者針對賓州高中生遭沒收的電子菸產品進行深入分析，指出電子菸中所添加的違禁藥物種類不斷變化，導致管制困難，並強調應加強即時監測與管控機制，以提高大眾對電子菸潛在健康危害的認知。

電子菸產品常含有尼古丁、大麻、調味劑、香料及其他化學物質。近年來，電子菸透過具有吸引力的口味設計與時尚包裝進行行銷，致使其於青少年族群中的使用率快速攀升。儘管美國聯邦法規定購買電子菸產品者須年滿 21 歲，近期研究顯示，約有 43% 的 15 至 20 歲之電子菸使用者，是透過加油站、便利商店及電子菸專賣店等零售渠道取得相關產品。

鑑識科學研究與教育中心 The Center for Forensic Science Research and Education (CFSRE)自 2019 年起，持續蒐集賓州西部地區高中所沒收之電子菸產品，並以氣相層析質譜儀(Gas Chromatograph/Mass Spectrometry, GC/MS)進行化學成分分析。至 2023 年止，累計取得 416 項電子菸檢體，並對其中 210 項樣本進行 GC/MS 分析，以鑑定化學物質組成與潛在風險成分。在分析的 210 件電子菸檢體中，結果顯示有 65%含尼古丁成分，其中 81%同時檢出甘油，此為常見的電子菸添加劑。此外，產品中亦檢出多種用以調味的添加劑，顯示市場品牌間競相推出特殊口味以吸引年輕消費者。例如，在 2023 年收集的檢體中，ELFBAR 為第二常見的品牌，在其中 45 件含尼古丁的電子菸檢體中，即含有多達 31 種不同風味。

然而，該研究亦突顯出電子菸產品缺乏即時成分追蹤與有效控管的問題。在 2023 年所檢驗的樣本中，有 29%檢出與大麻相關之成分，包括 delta-9-THC、delta-8-THC、CBN 及 CBD。值得注意的是，在這些含大麻成分的商品中，有 43%為拋棄式單次使用的電子菸，相較之下，2022 年僅有 1 件拋棄式單次使用之電子菸檢出大麻成分，顯示此類商品中的大麻使用呈快速上升趨勢。隨著拋棄式電子菸的市占率持續提高，其與傳統尼古丁產

品間的界線日漸模糊，進一步造成鑑別電子菸類型及控管內容物成分的挑戰。這一現象也突顯出對於電子菸產品進行即時監測與分類管理的迫切需求。

本篇研究最後強調：對各式的電子菸進行全面成分檢測並公開其分析結果，對於維護公共健康及消費者的權益至關重要，由於每款電子菸產品所含成分不一，唯有掌握其實際成分與使用方式，方能有效進行風險評估與健康教育，減少因摻雜未知物質或毒性成分過量所導致的潛在危害。此外，透過建立成分資料庫並提供具體數據，也有助於政府機關強化監管作為，提升市場管理效率，並遏止不法或危害性產品流通。



圖 24：尼古丁類煙油外觀



圖 25：大麻類煙油外觀

(六)唾液中濫用藥物分析之樣本前處理方法之比較

在毒理學與藥物濫用篩檢領域中，生物體液分析為關鍵步驟，傳統以血液與尿液為「黃金標準」檢體，然而，血液採集具侵入性而尿液採集對第一線執法人員造成不便。相較之下，唾液檢體因採集方式簡便且不具侵入性，使得唾液中的濫用藥物

(Drugs of Abuse, DOA) 分析逐漸成為藥物濫用篩檢的替代選項。儘管如此，唾液檢測在實務應用上仍面臨諸多挑戰。

本研究針對唾液樣本中多種濫用藥物及新興影響精神物質 (Novel Psychoactive Substances, NPS) 進行分析，並比較不同樣本前處理技術之優缺點。分析方法採用液相層析串聯質譜 (LC-MS/MS)，總分析時間為 10 分鐘。研究中將目標分析物、唾液與 Quantisal 緩衝液之混合液作為待測檢體，分別採用三種樣本前處理技術：鹽輔助液-液相萃取 (Salt-Assisted Liquid-Liquid Extraction, SALLE)、支撐液-液相萃取 (Supported Liquid Extraction, SLE) 與稀釋後直接注射 (Dilute-and-Shoot)，再進行完整定量分析。

本研究共分析 68 種常見濫用藥物與新興毒品，包括鴉片類、興奮劑、苯二氮平類以及部分新興影響精神物質。結果顯示，鹽輔助液-液相萃取技術 (SALLE) 對大多數分析物表現最佳。採用 SALLE 處理後，68 種分析物均通過準確度與精確度測試，且未觀察到明顯的基質效應。支撐液-液相萃取對多數分析物亦展現良好表現，惟分析物本身的理化特性（如極性）可能影響萃取效率，導致成分殘留於萃尿管中，進而降低回收率。稀釋後直接注射技術則雖具操作簡便與低成本優勢，但無法有效去除

緩衝液中的界面活性劑，易產生基質效應，影響準確性與再現性，導致多數分析物無法成功檢測。此外，在檢測低濃度標準樣本（Low QC，5ng/mL）時，SALLE 與 SLE 均具備良好靈敏度，而稀釋-注射法則較為不足。

綜上所述可得知，鹽輔助液-液相萃取在準確性、靈敏度及基質效應控制方面表現最佳，為唾液中濫用藥物分析較佳的前處理方式。透過本次了解不同樣本前處理方式的優缺點，也更體會到該技術在整體分析流程中扮演的重要角色，未來當唾液檢測之相關法規與檢測閾值訂定完善後，將有助於唾液檢測技術更廣泛地應用於毒品防制領域。

(七)美國緝毒局對即時直接分析質譜法技術之標準化與應用：

即時直接分析質譜法技術（Direct Analysis in Real Time-Mass Spectrometry, DART-MS）是一種環境電離技術（Ambient Ionization Technique），研究人員在無需進行樣本前處理或層析分離的情況下，直接對固體、液體或氣體樣本進行質譜分析。自 2005 年問世以來，已廣泛應用於毒品、油墨、火藥殘留與爆裂物分析等鑑識相關領域，具備快速分析與針對新興影響精神物質初步鑑別的顯著優勢。然而，受限於設備成本高昂、維護需求高與操作門檻較高等因素，該技術在鑑識實驗室的實

際推廣與普及仍面臨挑戰。美國緝毒局（Drug Enforcement Administration, DEA）推動了一項為期多年的多階段標準化計畫。該計畫採用結合液相層析(Liquid Chromatography)與 DART triple quadrupole MS 系統，優化分析流程於 12 秒內完成，並導入 NIST 2020 MS/MS 資料庫進行圖譜驗證。經維吉尼亞州實驗室建立標準操作流程(SOP)後，配發 8 套儀器設備至：紐約、馬里蘭、佛羅里達、伊利諾州、德州、加州（兩處）以及 DEA 培訓學院等地之鑑識化學實驗室使用，同時針對鑑定人員實施完整訓練課程，涵蓋理論、實作、資料處理與儀器維護，完成技術的標準化與實務推廣。此舉提升了新興毒品篩檢效率與實驗室應變能力。此外，每個實驗室均培訓具備技術能力的「DART-MS 代表」，負責後續人員的教育訓練及能力測試。

在臺灣，陽明交通大學的研究團隊曾利用 DART-MS 技術，成功偵測液態非法藥物，如甲基安非他命（Methamphetamine）、K 他命（Ketamine）、硝甲西洋（Nimetazepam）等，並建立了相關的質譜資料庫。然而誠如本篇研究所述，DART-MS 涉及高昂的儀器成本、維護需求及人員訓練門檻，因此實施推廣仍有挑戰。未來我們若能結合標準化作業流程與完整訓練機制，DART-MS 將有機會在鑑識實務中發揮更大效益。

伍、心得：

在本次赴美參訪過程中，我們有機會深入接觸鑑識科學的不同面向，從學術研究、實務操作到國際研討交流，收穫豐富。

首先於學術單位的參訪中，我們前往了聖約翰大學司法學院與約翰杰司法學院，兩校皆為美國在鑑識科學領域具代表性的高等教育機構。透過交流及實地導覽，了解其課程設計、研究方向與實驗設施，尤其是如何結合理論與實務，培養鑑識專業人才。

接續行程中，參訪了紐約市警局及馬里蘭州蒙郡刑事實驗室，對於了解美國執法機構的鑑識實務運作有極大助益。紐約市警察局具備完整的證物處理系統，從收案、分類、分析到證物保管流程皆展現高度制度化與專業化，對證物保存細節尤為重視，突顯其維護證據完整性與法庭證明力的嚴謹態度，甚具學習價值。

在蒙郡警察局，我們觀察其 DNA 實驗室的運作，包括案件分派機制、STRmix 系統的應用及 DNA 資料庫上傳標準。儘管人力資源有限，該單位仍展現出良好的案件處理效率與靈活的外部協作模式。整體參訪經驗進一步深化了對鑑識科學在刑事司法系統中所扮演關鍵角色的認識。

最後，美國鑑識科學學會年度研討會提供了許多跨領域的討論平臺，與來自不同國家的專業人士互動，讓我們受益匪淺。討論主題涵蓋多個鑑識科學領域，包括 DNA 鑑定技術的進展與實務挑戰、制度與標準

的制定過程、毒物分析策略、人工智慧於影像處理中的應用，以及新興的鑑識護理學概念。會中不僅聚焦於科技的更新，也強調跨領域整合與政策實踐的連結。DNA 相關討論中，不僅涵蓋 STRmix 在混合型樣本分析中的實務應用與限制，也探討了遺傳族譜學（Genetic Genealogy）於冷案偵破中的潛力與倫理爭議。毒物分析領域，除了傳統的毒品定性定量方法，研討會亦介紹針對新興毒品與不明物質的篩檢策略，包括非靶向性分析與快篩工具在現場應變的應用，顯示出實驗室與現場操作日益接軌的趨勢。

AI 與數位鑑識應用方面，則著重於如何透過機器學習與電腦視覺技術，自動化處理影像證據、提升物證分類效率，甚至進行現場圖像重建。這些技術的使用不僅改善處理速度，更對提升辦案精準度具有實質助益，也使鑑識科學向智慧化邁進。

整體而言，研討會內容兼具學術深度與實務應用，提供了豐富的資訊，特別在科技與人文、倫理之間的平衡思維上，對我們未來從事鑑識工作具有深遠啟發。

陸、建議：

本次赴美參訪涵蓋學術機構、刑事實驗室與國際研討會，整體過程提供我方深入觀察美國在鑑識科學教育、執法實務與制度建構上的豐富經驗。建議本局可定期派員赴國外研習，持續接軌國際鑑識新知與實務操作。除可強化專業能力外，亦有助於返國後對單位內部技術與制度升級之推動。

在證物監管鏈流程方面，建議本局可考慮升級封緘設備，使其具備封緘同時同步列印封緘單位縮寫之功能，以提升證物識別與管理效率，同時評估導入電子化證物管理系統之可行性，以確保證據收集、保存與移交過程之完整性與可追溯性。在現場勘察技能方面，建議本局持續辦理辦理各類型教育訓練，讓鑑識人員能不斷更新技術，熟悉最新標準。

另外未來出國研習之地點可多元規劃，不僅限於美國。以本次觀察所得，雖美國在許多鑑識科學居於領先地位，惟歐洲各國在犯罪偵查科技發展上亦具獨特優勢。例如英國即率先發展刑事步態分析與影像重建技術，並將社區監視系統與鑑識資訊結合，用於降低犯罪率與提升破案效率。建議未來可評估納入英國、德國、荷蘭、北歐等歐洲國家，甚至新加坡等亞洲地區，做為多元研習選項，以拓展人員國際視野與技術應用面向。

或是在預算有限情況下，亦可考慮邀請國際講師來臺授課作為替代方案。與國外研習相比，邀請講師來臺的最大優勢是能以有限預算訓練更多人員，尤其當有特定鑑識技術（如新興毒品偵測、混合型 DNA 解讀、AI 輔助影像鑑識等）或重大制度改革議題時，更應善用這種方式，針對全局或區域內關鍵單位進行整體訓練。

綜上所述，面對國際鑑識技術日新月異與實務需求日益提升之現況，本局若能建立制度化的國際研習機制，並兼顧預算效益與人力培訓廣度，將有助於鑑識工作朝向更具前瞻性與專業化方向邁進。