

九十二年公務人員出國專題研究報告

題目：火災現場證物鑑定技術

服務機關：臺北市政府消防局

出國人：職 稱：調查員

姓 名：何思佳

出國地區：美國

出國期間：92.08.16 至 92.11.9

報告日期：93.1.15

系統識別號

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：火災現場證物鑑定技術

頁數 51

含附件：是否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話

行政院人事行政局／趙君平／02-23799298

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話

何思佳／臺北市政府消防局／火災調查科／調查員／
02-27963869

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：92.08.16 至 92.11.9 出國地區：美國

報告日期：93.1.15

分類號／目

關鍵詞：

火災現場證物、促燃劑分析、固相微萃取法、實驗室認證
內容摘要：(二百至三百字)

為提昇本局火災證物鑑定技術之公信力，第一階段在美國阿拉巴馬大學化學系研習，學習火災現場調查採證的重要要領並學習最新發展之「固相微萃取法」(SPME)萃取火場殘跡內之促燃劑成分；第二階段至刑事鑑識中心促燃劑實驗室實習，學習並了解國外政府單位之實際運作情形；第三階段為觀摩實習，為期十四日，主要是參加美國刑事實驗室認證協會(ASCLD)為有意認證之實驗室舉辦之工作坊及年會。另外於年會結束後，參訪附近已通過認證之實驗室，實際體驗認證實驗室之軟硬體設備及人員配置。本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

(<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、 研究目的.....	1
貳、 研究過程.....	2
參、 研習內容.....	3
一、 火災現場鑑定技術研究.....	3
二、 市立警察局刑事鑑識中心實習.....	16
三、 ASCLD 認證工作坊.....	23
四、 認證實驗室參訪情形.....	26
肆、 國內外火災調查及刑事實驗室之比較.....	30
伍、 結論與建議.....	33
附件一、 出國相關照片	

壹、研究目的

在民主自由的國家中，政府為保障人民權益，必須積極改革創新。本著此種精神，台北市政府消防局早在民國八十六年即在火災調查科下成立鑑識實驗室，以加強本市火災調查原因鑑定之能力。科學日新月異，對火災現場鑑識技術也推陳出新，這幾年在本局同仁的努力下，實驗室規模雖不大，但促燃劑的分析鑑定卻也到達一定之水準。火災現場勘查與鑑定是一門艱難的課程，尤其少部分的案子所有跡證幾乎全部燒光光，採證研判困難。因此為提昇本市火災原因調查之能力，為民眾找尋真正的火災原因，藉由這個機會赴美學習新的火災證物鑑定技術並至美國國家級刑事鑑識實驗室實習，以實際了解國外實驗室運作情形。同時為因應世界潮流社會趨勢，實驗室認證是公認提高鑑定公信力最佳的方式。利用此次研習機會參加世界認證組織 ASCLD 之訓練，汲取美國認證實驗室之經驗與優點，以了解如何申請並通過認證，藉以提昇本局火災現場證物（促燃劑分析部分）的證據力。我國自九十二年九月一日起實施新制刑事訴訟法「改良式當事人進行主義」後，專家鑑定在整個訴訟中所扮演的角色即非常重要。無論是站在政府或人民的立場，鑑定單位均應提供公正確實的鑑定結果以釐清事實真相。如何讓證據會說話並且說的話能讓社會大眾信服，即是此行最重要的目的。

貳、研究過程

本次赴美研習行程共分三階段：第一階段為火災現場證物鑑定技術研究，在阿拉巴馬大學化學系 Dr. Wolfgang Bertsch 實驗室研習，指導火災現場調查採證的重要要領並學習最新發展之「固相微萃取法」(SPME) 萃取火場殘跡內之促燃劑成分，以真實火場所採集之樣品進行分析，經由互相討論的方式了解研判原理及一些實務上遇到的困難。研習期間旁聽研究所「層析原理」課程，對於氣相層析質譜法之原理有更進一部之了解。最後由 Dr. Wolfgang Bertsch 設計一連串模擬燃燒試驗，了解火災現場常見之高分子物質干擾情形，以減少因誤判的情形發生。第二階段為刑事鑑識實驗室實習，至市立警察局附屬刑事鑑識中心之促燃劑分析實驗室實習，除學習並了解國外政府單位之實際運作情形外，由於該實驗室亦已通過國家認證，因此將在該實驗室所觀察到優缺點紀錄下來，提供本局實驗室改進參考依據。第三階段為觀摩實習，為期十四日。主要是參加美國刑事實驗室認證協會 (ASCLD) 為有意認證之實驗室舉辦之學習工作坊及年會。另外於年會結束後，參訪附近已通過認證之實驗室，實際體驗認證實驗室之軟硬體設備及人員配置情形。

參、研習內容

一、火災現場證物鑑定技術研究

此次研習地點在美國南方阿拉巴馬州阿拉巴馬大學化學系，該系的 Dr. Bertsch 在縱火殘跡分析領域內是非常著名的專家，發表過很多有關促燃劑分析的著作。該實驗室亦接受外界委託鑑定火災現場殘跡，委託機關以私人保險公司居多，從佛羅里達州、田納西州、甚至遠至加州的都有。該實驗室所使用的儀器為 HP 5890A GC 及 5970A MASS，另一台為 HP 的 GCD。雖儀器型式屬舊型且已使用逾十數年，然因保養得當，儀器仍非常耐用且分析結果仍然不錯。該儀器與本局所使用之儀器係屬同一家公司出產，在軟體操作及方式大同小異，因此並無使用上之困難。

(一) 火災調查

所謂火災調查簡單的說就是從調查人員到達現場圍起現場封鎖線、現場勘查及採證、證物鑑析，到最後研判該火源是人為的或是自然造成的，典型的火災調查程序如圖一。一般將火災原因調查分為二部分，一是火災現場勘查，一是證物鑑定。現場調查是最重要的，而證物鑑定只是佐證整個火場調查的結果，惟有在起火處所研判正確時，所採集的證物經實驗分析的結果才具證據力，因此在火災現場調查人員之現場勘查工作亦必須警慎小心。找到了起火處所，接下來如何確定證物完整性又是另一重要課題。首先採集證物時必須遵守嚴格之監督鏈控制（即證物採證移送單 custody），美國物質測試協會針對證物的採證流程有詳細規定於 ASTM 86082 中，火場證物亦包含在內。

一般而言，只要是火災現場的殘跡及任何有可能引火的裝置等都是火場證物，當然如延遲起火的時間裝置或是火場中的燃燒痕跡都是。採證時需切記將所有證物在採證前均需先拍照並繪製相關位置圖以示說明，同時於採證完畢後再照一張。因一般促燃劑揮發性高且容易因環境變化造成逸失，故必須盡速採證並密封於容器內，採證容器的種類中以金屬鐵罐為最佳。採證的位置也是很重要的，

以液體促燃劑為例，液體有往低處流或滲入縫隙的特性，因此採證時可照此要領採集低窪處或地板縫隙。

火場殘跡是指火災後現場遺留的東西，所謂促燃劑亦指我們一般所謂的易燃液體，其中以汽油是最容易取得、最常用的、揮發速度快的縱火工具。在美國檢出促燃劑成分中約有七成為汽油。火災現場不像刑案現場容易保存，因為破壞火場的變數很多，除了熊熊烈火會將所有物品付之一炬外，其實火場中搶救所用的水，對水溶性之促燃劑（例如酒精、丙酮等）具有強大的破壞力，不過相對的對於石油系的促燃劑卻有防止揮發的效用。而選擇採集證物種類也是另一項學問，例如地毯比木頭更容易吸附易燃液體，因此若在起火處發現有地毯成分，檢出促燃劑的機率會增加。但是由於居家用品中很多屬於石油系高分子聚合物的東西（地毯也是其中一種），在火場高溫下會發生熱裂解反應導致在鑑定分析上會有一些困難。因此實驗室必須多收集一些常見促燃劑建立一比對用資料庫，如此才可減少誤判的情形發生。

當證物採集完成後就是污染是最容易發生的時候，在運送及儲存過程中務必將採證容器密封好。若在情況允許，最好採集相關空白對照組，如此可避免因基質（一些家用高分子裂解產物）污染造成誤判的情形發生。無論如何，火場調查人員不應有先入為主的觀念，在火災全面調查及綜合所有資訊，在排除所有自然因素或意外造成的可能性後，再往縱火的方向調查。若一旦確定疑似為縱火案件，這個時候所採集的證物分析鑑定結果對研判為人為縱火就具有強而有力的證據力。

有一點需強調的，即使證物分析後並未發現促燃劑成分，卻並不代表這不是縱火案件。未檢出促燃劑的原因主要有下列三種：1.採證處所並無促燃劑或並未使用促燃劑縱火（打火機或火柴直接點燃易燃物）；2.促燃劑已完全燃燒殆盡；3.殘留的促燃劑量太低而其他干擾太高。同樣的道理，即使證物內檢出含有促燃劑成分，亦不完全確定為故意縱火，有時是因為延燒到裝有易燃液體容器破裂所造成。因此所有鑑定結果均必須配合現場勘查才能得到最合理的結果，二者是相

輔相成的，因此現場調查的其他部分（如燃燒狀況等）還是很重要的。

（二）最佳樣品處理方法

雖然縱火不是什麼新興的犯罪方式，自古以來就有這類犯罪可循，然縱火劑的分析雖經多年的發展卻仍是一件艱難的工作。尤其如何從燃燒非常嚴重的、不知為何物的一堆殘跡內找出促燃劑的線索，所選擇的樣品處理方法是很重要的。一般縱火劑樣品的處理方式有蒸餾法、靜態頂空法、動態頂空法、液相萃取法及最新發展的固相微萃取法。

1. 蒸餾法：利用各成分沸點的不同而會於不同的溫度下分別被蒸餾出，因為其回收效率不佳，目前此法已漸漸被淘汰而改用它種方法，然對於水溶性的促燃劑（尤其酒精、丙酮等），此法卻是最適合的方法。
2. 靜態頂空法：將證物置於密閉容器內待其自然或加熱促使有機成分揮發成氣態，除可直接抽取揮發氣體注入層析儀分析外，亦可配合活性碳吸附劑吸附，再將所吸附的物質利用熱脫附或溶劑萃取的方式脫附注入層析儀分析。目前這也是最常用於促燃劑分析的方法之一。
3. 動態頂空法：與靜態頂空法是類似的方式，但多了一個馬達強迫將揮發有機氣體通過吸附劑讓其吸附，又稱吹捕法（purge and trap），最後也是以上述相同的方式脫附注入層析儀分析。
4. 液相萃取法：利用同類相溶的特性，有機溶劑可將殘跡中的石油系促燃劑萃取出來，雖萃取效果不錯，但需耗費大量溶劑，廢液處理不當容易造成環境污染，因此使用的人也越來越少。
5. 固相微萃取法（SPME）：此法因同時具備高回收效率，可重複使用及不需使用有機溶劑脫附等優點。SPME所使用的萃取纖維有許多種，針對不同碳數範圍的物質有不同之吸附力：Polyacrylate (PA)、Carbowax/Divinyl-benzene (CW/ DVB)、Polydimethylsiloxane (PDMS)、Divinylbenzene /Polydimethylsiloxane (carboxen/PDMS)、Carboxen/ Divinylbenzene /Polydimethylsiloxane (carboxen/DVB/PDMS)。經實驗發現，其中 carboxen/PDMS 所能吸附的碳數

範圍最為廣泛，雖仍無法完全涵蓋所有石油系促燃劑之碳數範圍，但對於第一類至第四類促燃劑，卻有著極佳的萃取效果，因此該實驗室選擇使用這種樣品處理方法分析。

(三) 水溶性促燃劑分析

在實務分析時，若遇酒精、醇類或酮類這些水溶性促燃劑時，這類水溶性的促燃劑分析上有二個問題需要克服：因為火場多使用水柱灌救，經大量水的沖刷稀釋且該類物質之揮發性很高，因此在證物收集採證上有其困難度在。同時由於此類溶劑多屬極性物質，因此一般針對石油系促燃劑所使用的非極性層析管柱並不大適用，其滯留時間短又易造成波峰拖尾的情形，容易影響偵測極限值所以分析不易。分析火場殘跡內水溶性的縱火促燃劑是困難度很高的，在一般實驗室內也很少將此類縱火劑列為固定的分析項目，目前仍多以石油系促燃劑為主要分析目標。曾有美國某州實驗室統計過約佔3%以上之縱火殘跡內含有醇類成分，瑞士的統計數字更嚇人，約超過10%的殘跡內含有乙醇和丙酮，但沒有人可以確認這些成分就是用來縱火所使用的促燃劑。例如說甲醇很可能是木材的熱裂解產物，乙醇來自碳水化合物糖或麵粉等的發酵過程等。再加上要將這類物質從性質相近的水中分離中來，卻又是另一大挑戰。

其實針對水溶性物質最佳的分離濃縮方法就是水蒸氣蒸餾法，但其回收效率不佳，因此現在已鮮少人使用。Dr. Bertsch 為解決這個問題，設計了一種結合固相微萃取法及水蒸氣蒸餾法的裝置，除了甲醇回收率仍不佳外，其餘均可以成功的鑑定出乙醇和丙酮（偵測極限分別為10ppb, 1ppm）。當然目前僅在實驗室測試階段，而現場證物適用與否，其實端視採證人員是否有效採集到含有該類促燃劑的殘跡。若有採集到該類證物，檢出乙醇、丙酮亦非難事。

(四) 層析及質譜原理

1. 層析概述：

層析是利用固液相對物質不同吸附特性而達到混合物分離的效果。一般而言，層析的移動相主要有二種：固相及液相。雖然目前有研究利用所謂超臨界流

體作為移動相，但應用上仍僅限於樣品置備前處理部分。故目前還是以氣相層析儀（GC）及液相層析儀（LC）為化學分離儀器的大宗。氣相層析儀比液相層析儀廣泛使用之原因有三：分析速度快；設備價格便宜及分離後產物容易偵測。由於氣相層析儀的移動相必須為氣態，必須將待分析物質加熱氣化，因此條件是該分析物必須為熱穩定物質或是經衍生後熱穩定物質（例如尿液中濫用藥物之檢測），而像炸藥這類熱不穩定物就較適合以液相層析儀分析。

2. 影響層析之因素：

層析分離的效果好不好，可由所得到之分離圖譜波峰是否對稱陡峭（sharp）及解析度（resolution）高低看得出來，若波峰太平緩（broad）常發生電腦無法積分（視為一支波峰）或二種以上成分部分重疊之情形。以分析促燃劑為例，為得到最佳的層析效果，可從溫度、吸附靜相及改為分流狀態注入法這三方面著手。

- (1) 溫度：一般而言氣相層析儀是依其分子量及沸點高低依序分離出，個別成分經由層析管柱流出時屬於一種高斯曲線分佈，因此可在層析圖譜上看到一個個在不同時間流出的波峰。在層析過程中以升溫的方式迫使流洩速度加快，該成分流出的時間較集中，因此波峰亦趨於對稱陡峭，加溫同時可減少分析所需時間。總之在分析時妥善使用升溫程式，通常可使整個層析得到更佳的结果。
- (2) 吸附靜相：層析管柱的吸附靜相有許多類型，從非極性、輕微極性到中高極性的吸附靜相都有，雖各家廠商型號表示方式不同，但都有出產相同性質的管柱。針對不同的分離標的物必須選擇適合的管柱靜相。以促燃劑而言，大部分為石油系產物，其中多數又屬於非極性之碳氫化合物，因此選擇非極性的管柱（HP-1 或同級品）或微極性（HP-5 或同級品）可得到最佳的層析圖譜。
- (3) 分流狀態：樣品進入層析管柱的方式，同樣會影響到層析圖譜的優劣。尤其在分析物量太大時，圖譜中各成分的波峰常發生有拖尾（tailing）的情形，因此所謂分流方式注入法是在所有氣化樣品進入層析管柱前先將部分

排出儀器，只注入固定比例的樣品進入管柱分析。由於促燃劑的證物形式多為火場殘跡燒熔物，無論是利用何種吸附方法，只要加熱後揮發成氣態的有機成分量一定都很高，因此使用分流注射分析是比較好的方式之一。

3. 影響層析的參數：

影響層析效率的因子很多，其中管柱及移動相的選擇佔了很重要的地位。下述二者都是層析的重要參數。

(1) 理論板高及理論板數：理論板數是以管柱長度除以理論板高而得，二者有反比關係。管柱的理論板高與物質的垂直擴散與質量轉換間的阻力有關，理論板高與載流氣體的成分與流速有關，由實驗得知，不同的氣體在不同的速度時會得到不同的板高。簡單來說，理論板數越高，表示該管柱之層析分離效果越佳，比較三種常來作為載流氣體的氦氣、氮氣及氬氣，發現氬氣是流速最低可得到最高板數的。但因氬氣具易燃易爆的危險性，且在連接質譜時抽真空困難，因此退而求其次，現在實驗室均多以氮氣作為載流氣體分析。

(2) 解析度：加長管柱長度、減小管柱內徑、增加吸附靜相膜厚度，可以提高層析的板數，同時也是提高管柱的解析度的方式。這也是為什麼近年使用填充管柱的人已漸漸減少，取而代之的毛細管柱是目前層析的主力。然而加長管柱長度除了會增加整個分析時間外，同時也會使層析圖譜的低沸點物質解析度變差，因此如何拿捏其中輕重，端視其分析標之物之需求。以促燃劑分析為例，30 公尺、0.25 毫米內徑、內膜厚 0.25 厘米的毛細管柱是最常見的。

4. 質譜原理：常見促燃劑的質譜有下列特性

(1) 各類促燃劑質譜特徵成分表

促燃劑類別	碳數範圍	特徵成分 (*量多；*量少)			
		烷類	芳香環類	環石蠟系	萘

輕石油系 (LPD)	C4-C11	√ *	√	√	×
汽油	C4-C12	√	√ *	√	√
中石油系 (MPD)	C8-C12	√ *	√	√	不一定
煤油	C9-C16	√ *	√	√	√
重石油系 (HPD)	C10-C23	√ *	√	√	√
含氧溶劑	不一定	√ *	√	√	√
異石蠟系產物	不一定	√ *	×	× *	×
正烷類	C8-C18	√ *	×	×	×
芳香環類溶劑	不一定	×	√ *	×	不一定
萘酚石蠟系產物	C8-C16	√ *	×	√ *	×

(2) 而各類特徵成分之特徵荷質比離子如下表

特徵成分	特徵荷質比離子
烷類	43, 57, 71, 85.....
芳香環類	91, 105, 119.....
環石蠟系	55, 69, 83.....
萘	128, 142, 156.....

利用以上二表，若有未知樣品可依其萃取該項特徵荷質比離子，再以萃取離子層析圖 (EIC) 與標準促燃劑比對之。所有證物的比對即是利用上述這種原理設計 marco 程式來得到鑑析結果。在美國有些中石油系促燃劑也含有芳香環類成分，會得到與汽油相似的圖譜，在研判上必須多加小心警慎。

(五) 固相微萃取法研究：

本次實驗研究主題為該實驗室目前主要使用之萃取方法為固相微萃取法 (SPME)。這種萃取方法已經經美國物質測試協會認可為 2002 年最新之標準分析促燃劑方法 (ASTM E2154)。它的原理是利用一類似注射針的東西，針頭內藏有一支吸附纖維，該纖維屬特殊成分，能對不同碳數範圍之有機物具有吸附

性，利用加溫的方式，將縱火殘跡內中低沸點物質揮發成氣態，這些揮發物質會吸附在該纖維上，待達吸附飽和後將纖維取出，最後再將該針頭以高溫約 200 度以上的方式注入氣相層析質譜儀內熱脫附分析，將吸附於其上的有機物質脫附下來，該吸附針外觀結構如圖二所示。

簡單敘述該實驗室之火災證物處理流程：證物及其證物監督清單(custody)經由郵寄至該單位，由實驗人員簽收後，待證物鑑析完畢後一併寄回。樣品為配合該萃取方法，均要求以金屬罐採集並封緘良好。首先將蓋子打開，檢視罐內證物是否與清單所列之內容物相同。若與標示敘述相符且證物無異狀，可先檢查罐內是否有足夠空間能讓火場殘跡內之有機成分揮發，若證物裝盛太滿，可取出一些殘跡置於另一罐內；若仍有適當空間則保持原狀，並換上鑽有小洞(足夠讓萃取針插入的大小)的金屬罐蓋，並將金屬罐置於加熱板上加熱。一邊加熱一邊讓萃取針置於固定架上，使針頭可插入蓋上的小洞內，同時伸出針內的吸附纖維，持續加熱至約 70 至 80°C 左右，吸附約 10 分鐘後，將針內的纖維收回針頭內，並將針抽離金屬罐，同時將證物罐蓋換回原蓋並重新封緘，將證物罐置於旁邊待其冷卻至室溫後重新壓緊密封，而萃取針就直接注入 GC/MS 手動分析，熱脫附約 20 秒即可將萃取針抽出，萃取成分經儀器程式 marco 自動比對分析列出結果，最後再由鑑定人員判讀是否含有促燃劑成分。

以 SPME 萃取火場殘跡中的促燃劑有下列優點：1.可減少有機溶劑的使用量，避免造成環境污染；2.不需經過長時間吸附，可節省分析時間；3.萃取纖維經完全熱脫附後可重複使用，減少成本；4.吸附有機物質碳數範圍大，可包含大部分之促燃劑成分。但由於吸附纖維能吸附的有機物質有限，因此在促燃劑濃度偏低但現場其他干擾卻很強時，會有無法偵測到促燃劑的情形發生。基於環保考量及快速方便等優點，這種萃取方式是值得推廣使用的。

(六) 實際火場樣品分析

將火場殘跡(由保險公司自火災現場採集)開封後檢視證物形式，依 SPME 萃取法作前處理，實際分析真實樣品，一般促燃劑之研判步驟如圖三。經由 macro

所得實驗結果圖四所示。macro 是一種電腦程式，目的將證物經 GC/MS 所得到的總層析離子圖譜 (TIC) 分別自動以萃取離子層析圖 (EIC)，與不同的促燃劑或干擾物之 EIC 以上下對照的方式比較其相似或相異處。舉例來說，萃取離子 m/z 為 71 的 EIC (圖四之左二) 為煤油的特殊分布圖，萃取離子 m/z 為 69 的 EIC (圖四之左四) 是支鏈烷類的特殊分布圖，而萃取離子 m/z 為 120 的 EIC (圖四之右七) 則是汽油的特徵成分，因此綜合證物之 EIC 與其他 EIC 比較後之結果，可直接明確得到分析結果。

舉例來說，圖五與圖六分別為未檢出促燃劑及檢出汽油的案例，圖五證物之所有 EIC 與促燃劑標準品之 EIC 經逐一比對後均不相似，且並未有訊號太弱或干擾太多之情形發生，因此研判該證物未檢出促燃劑成分。圖五證物之 m/z 為 71 (圖六之左三) 的 EIC 排除與煤油之 EIC (圖六之左二)、油燈燃料之 EIC (圖六之左六) 及中石油系之 EIC (圖六之左八) 相似，但其餘汽油之特徵離子諸如 m/z 為 105、120、134 及 148 (圖六之右六、右七、左九及右九)，均與汽油標準品之 EIC (圖六之右八、左十及右十) 相同，因此綜合研判該證物檢出汽油類促燃劑成分。

一般而言當證物第一次分析結果顯示促燃劑濃度很弱時，會再重作一次確定，以避免因為吸附纖維或其他因素造成的污染。因此在證物分析發現其濃度過高，都會在下次分析之前再打一次空白樣品以確認並未殘留。第一次吸附濃度太低時，可加長第二次吸附的時間並提高吸附溫度 (但溫度不可超過 100°C ，因該吸附纖維吸附力在溫度太高時會下降)，如此就可得到強度較強的層析圖，也較容易確認有無促燃劑的存在。SPME 在樣品萃取時若溫度太高，在高溫狀態下低沸點物質早已揮發光，且與吸附纖維的吸附力較差，因此會發生漏失低沸點的化合物的情形。同理可證，在低溫時萃取亦會因為高沸點揮發物質揮發性低，而無法得到良好的萃取效果。

美國的房屋大都是屬於木造並屋內都鋪有地毯，因此木頭及地毯是最常見的火場證物。大多數的木柴類證物無法檢出促燃劑成分，這是因為木炭本身的吸

附力很強，雖很容易會吸附促燃劑，但在萃取時卻又不易從木炭中抓出來。地毯也是吸附力極佳的材質，但地毯本身的成分經火災熱裂解產生大量的 styrene，methyl-styrene 及少量的 n-alkylbenzene，naphthalene，1-methylnaphthalene 卻都會干擾分析結果，因此在研判結果時必須非常謹慎。以圖七為例，該證物為地毯燒熔物，乍看之下有點像汽油的總層析圖譜，但經由 macro 比對後，即可明確得到該證物並未含有石油系促燃劑。高分子物質熱裂解會同時檢出大量甲苯 (toluene) 和甲基苯 (styrene)，有些會形成如圖八類似煤油柴油連續有規則直鏈烷 (山型) 的圖形，但在每支主要成分旁必定伴隨著一支烯類及雙烯類，且無支鏈烷。另外實務中發現中石油系與異石蠟系產物雖沸點相近，但中石油系主成分為正烷類，異石蠟系產物主成分卻為支鏈烷類，最特別的是中石油系有微量芳香族成分，利用這一些由經驗累積而得小技巧來就可以減低誤判的情形發生。

(七) 汽油不同揮發度比較實驗

約七成左右的縱火案例都是使用汽油引火，汽油的燃燒擴散速度快，不像煤油及柴油因沸點高需加熱一些時間先氣化才會點燃，汽油為芳香環類的混合物，在美國汽油由於品牌眾多，雖各廠商出產之高、中及一般級汽油成分略有差異，但主要成分均相同。汽油內的七大芳香環族群分別為：甲基苯 (1 支)、二取代基苯 (3 支)、三取代基苯 (6~7 支)、四取代基苯、萘 (1 支)、甲基萘 (2 支) 及二取代基萘 (3 支) 等。因此本實驗以汽油為樣本，對不同揮發度汽油的各成分滯留時間及芳香環各族群比例分布作一研究探討。

分別針對揮發度 40%、80% 及 98% 三種揮發度進行實驗，所得層析圖譜如圖九至圖十一。圖上分別標示積分後之滯留時間及計算後之各芳香族異構物成分比例。由圖九至圖十一比較可發現，揮發度高之汽油低沸點物質，例如甲基苯及二取代基苯濃度會降低，甚至揮發度 98% 時已看不到這二類的波峰出現，取而代之的是高沸點的芳香環類化合物成分出現在圖譜的後段。而每一族群內各成分之比例亦會隨者揮發度的不同而有些微改變，整個層析圖有向後移動趨勢，40% 與 98% 看起來不甚相似，因此若能收集完整的不同揮發度汽油圖譜將有助於

辨識汽油這類促燃劑。雖然本實驗是使用手動注射，但不同揮發度各成分之滯留時間卻未有太大的改變，事實上以萘為例，滯留時間分別為 8.580 分、8.578 分、8.598 分，標準偏差約為 1.1%。

(八) 煤油與中石油系促燃劑之異同

在促燃劑的分類上煤油與中石油系分屬不同類，由圖十二及十三可看出二者有機成分滯留時間不同，但乍看下均屬於圖形均為”山”型，且主成分均為直鏈烷類，非常相似。煤油的碳數分布從 C9 到 C16，而中石油系從 C8 到 C12。因中石油系促燃劑不只單一種類，圖譜的變異性極大，該例只是其中一種，其實由於二種均是在石油裂解過程中製成，因此成分多有相似，所以在研判中石油系或是煤油時還是必須非常小心謹慎。

(九) 舊案討論

圖十四、十五為一件十幾年前的教堂火災案之儀器分析圖譜，可看出這二個圖譜的干擾均非常嚴重，由於當時流行的分析儀器只有氣相層析儀，比對方式是以標準品的層析圖譜與證物圖譜相比較研判其異同。由於木造房屋損毀嚴重。雖證物及圖譜電腦檔案均早已遺失，僅留下圖譜紙本，該案經訴訟多年，審理法院為慎重起見請 Dr. Bertsch 協助提供專業意見並重新檢視這些圖譜研判是否有促燃劑存在。

因該案所剩資料不多，為就現有的資訊研判，還是回歸以前比對滯留時間的方式。首先找出以同樣條件下注入汽油各特徵成分之標準品，積分出滯留時間，接下來列出圖十四、十五所有可辨別出積分時間的成分逐一比對，找出汽油之特徵成分，並計算每群芳香族間之波峰面積比例是否與已知之比例相近。利用這種方式最後研判圖十四應無汽油及煤油成分；而圖十五則有汽油成分。

(十) GCD 及 HP 5890 & MS 5970 靈敏度比較

對微物分析而言，儀器的偵測靈敏度是很重要的。靈敏度越好就可以偵測到越低濃度的物質。本實驗就二者之靈敏度作一比較，看新型儀器 (GCD) 是否比舊式儀器 (HP 5890 & MS 5970) 具有較佳的結果。

一般而言靈敏度的比較是看儀器的雜訊訊號比 (s/n)，注入相同量的同一種物質 (MPD) 至二台不同的儀器，分別得層析圖譜圖十六、十七。取最高的波峰成分比較之，並以目視法得到訊號及雜訊的積分面積相除而得。經計算發現 GCD 的 s/n 為 369；HP 5890 & MS 5970 的 s/n 為 758，所以新式儀器的靈敏度不一定比舊儀器好，只要保養得當一樣可以達到很好的分析結果。目前市面上的新式氣相層析儀器電腦均有自動計算 s/n 的功能，不需以目視法粗估，可得到更準確的計算結果。

(十一) 新技術：二維氣相層析儀(Two dimensional Gas Chromatography)

氣相層析質譜儀的應用在這幾年幾乎已發展到頂峰，尤其是應用於鑑識科學領域內，但是對於火災現場這類經過燃燒後成分複雜的混合物，即使使用氣相層析儀分析，仍舊有很大改善的空間。因此 Dr. Bertsch 將另一種技術試圖應用於火場殘跡的鑑定上，這種分析技術就是二維氣相層析儀。

其實該項技術與氣相層析質譜儀是同時期萌芽的，但有興趣研究的實驗室不多且進展不大，因此沒有像氣相層析質譜儀技術那麼普遍。然經過多年的努力 1991 年在 J. B. Phillips 先生的研究下，終於發展出一套適用性極高的二維氣相層析儀。有人會有疑問，既然促燃劑的分析並不需要將所有成分分離出來，氣相層析質譜儀就可以確認成份的話，為什麼還要發展這種加強層析能力的工具？其實這二種儀器間並不互相衝突，反而對層析圖譜的解釋具有相輔相成的功用。

何謂二維氣相層析儀？簡單的說就是連接二種不同的層析管柱，將分析物經過第一次層析後，再利用不同性質的層析管柱作另一次分析。二維層析在薄層層析中很常見，一片薄層層析片，在 X 軸方向分離後，接著再往 Y 軸方向分離成分，二維氣相層析儀也是相同的原理，簡單的圖示如圖十八，基本上與一般所見的氣相層析儀相似，只是多了一個連接二個管柱的調節器，而該儀器所要突破的難關，就是這個連接二管柱的調節器。

其實換個角度看，氣相層析質譜儀也可視算是另類的二維層析法，第一次先將成分大致分離，第二維將同一時間到達質譜儀的成分再觀察其質量特徵碎

片，而氣相層析質譜儀已成功的連接二種不同功能性質的儀器，故大大提高了他的實用性，而二維氣相層析儀就是被限制在這，不過現在最新的技術已經可以解決這個問題了。

一般而言，通常連接的二管柱是分屬不同特性的分離管柱的，而且以互補的特性為最佳。例如第一支管柱為非極性管柱，第二支就使用極性管柱，如此一來利用其不同的特性，將混合物分離得清清楚楚。同時由於在第一支管柱分離出的依序流出的成分，都會經過調節器的冷凝濃縮聚焦再急速升溫加熱注入第二支層析管柱內繼續分離，因此不但分析物的函容量(capacity)增加，相對的靈敏度亦大大的提升。

每個分離後成分因聚焦會使得層析圖譜的波峰非常對稱並陡峭，故若能使用這種分法分析種類複雜的石油系促燃劑，實為一大福音。圖十九是一成功分離的汽油樣品的層析圖譜，從圖上可見單單一汽油就含有數十種以上的成分，一般若混合物成分繁多，為達到更佳分離效果就必須拉長分析時間，而二維層析可使用短型的第二段管柱，便可有效率的縮短分析時間。

至於最後偵檢器的選擇，除了以往層析儀最常使用的火焰離子偵測器(FID)外，電子捕捉偵測器(ECD)對於汽油的芳香環類化合物也是一種好選擇。當然，若能再接上質譜儀更是最佳組合，但受限於一般質譜儀之掃描速度太慢無法及時收集訊號，不過最新發展的有快速掃描功能之飛行時間質譜儀(TOF)，因掃描速度快因此非常適合連接二維層析儀，然因成本過高，目前尚未發展成商業產品。二維層析儀其實在石油工業上的應用潛能無限，因此用在促燃劑的分析上也是頗有發展性，可繼續深入研究探討。

(十二) 模擬燃燒實驗

本實驗準備美國一般火場中最常見的基質：地毯、木頭及泡棉，進行一系列的模擬燃燒試驗。控制不同的變因，觀察這些變因對燃燒結果的影響。

1. 有氧燃燒與缺氧燃燒：將三種基質裁成小塊分別裝入鐵罐內，另一罐為三種混合，分別以蓋上鐵蓋及不蓋的方式加熱固定時間（五分鐘），觀察其燃燒狀

況及分析結果。其中若為缺氧燃燒（蓋上鐵蓋），則加熱多只造成基質軟化、縮小或變黑，並不會燒起來。但若在開放空間下，氧氣供應充足，地毯及泡棉很快就著火並燒光，木頭著火較慢但仍會燃燒。經氣相層析質譜分析，其中只要含有地毯的基質燃燒後總層析圖譜都很複雜，但經由 macro 程式比對後，仍可清楚排除含有促燃劑。

2. 火流方向（從下往上與從旁邊）：將三種基質裁成小塊分別裝入鐵罐內，分別以底部及側面加熱鐵罐，因火焰燃燒仍是從下往上，因此即使從旁邊加熱能燒到基質的面積仍非常有限，故燃燒相同時間從底部加熱者均燃燒較嚴重，相對的總離子層析圖亦較複雜。

（十三）儀器偵測極限

促燃劑分析屬於定性分析，沒有所謂低限值的要求，雖然儀器的偵測極限在定性分析時不像定量分析那麼重要，但無論如何若能知道儀器對待測物的感度最低極限，在前處理方法的選用上可提供許多參考訊息。因汽油為混合物成分繁多，無法一一針對各成分比較之。本實驗以地毯、木頭及泡棉混合置於四個鐵罐內，分別滴入 0.2uL、0.4uL、1uL、1.4uL 汽油，以萃取實際火災現場證物的方式處理該樣品，所得四個層析圖如圖二十，發現若以 SPME 萃取，對汽油的偵測極限約 1uL。另外以注射針將相同量汽油注入海綿內部萃取，發現其總層析圖譜與滴入汽油之圖譜強度相同。

二、市立警察局刑事鑑識中心實習

（一）中心簡介

該市市立警察局刑事鑑識中心位於市中心附近的一棟五層大樓內，除一樓入口有警衛管制出入人士外，其餘各層分別為：地下室槍彈鑑定組、二樓現場勘查組、三及四樓微物鑑定組（包含油漆、射擊殘跡、爆裂物及促燃劑等）、四樓指紋鑑定組、五樓毒物鑑定組（包含血液中酒精濃度）及管制藥品鑑定組。其中僅現場勘查組、槍彈鑑定組及指紋組內電腦比對指紋人員依法規定必須為警察人員外，其餘均為外僱人員，專職分析鑑定工作。該鑑識中心之所有鑑定組均於

1999年通過ASCLD之實驗室認證，故本次見習除學習美國公家機關促燃劑之分析方法技術外，並觀摩該實驗室之硬體軟體設備，以為未來本局實驗室改進參考之用。

(二) 鑑定業務流程

無論是分局或是總局現場勘查人員所採集之證物，該中心統一由五樓收發室接受市內各項刑事案件證物，並先儲存於專用證物室內，每日早晨通知各組組長至五樓領取證物並簽收，再由各組組長攜回證物至各組分案給各個承辦人。各案件承辦人於證物鑑驗完畢後，必須自行將證物送至五樓收發處由收發人員送至證物室儲存，每次的證物轉移均由證物收受人簽名押時間以示負責，若該證物需進行另一種鑑定方式，則由收發人員通知另一組至五樓領取證物繼續鑑驗，基本上促燃劑鑑析是屬於優先鑑驗的項目。

(三) 門禁管制及實驗室安全

在一樓入口有警察人員嚴格管制出入人員，工作人員及來賓均需佩帶識別證方可進入，同時來賓進入實驗室必須由內部工作人員陪同才可在實驗室間行動。除此之外每層樓層均有二道門禁管制，第一道門禁後為行政類辦公室，第二道門禁後為各類實驗室。除實驗室管理者外，非該樓層鑑定人員無法通過門禁進入該層實驗室，由此可知門禁管制在實驗室管理上是非常重要的。另外實驗室的安全設備，例如：滅火器、緊急救生設備、沖洗設備及廢氣廢液處理系統等均是必備之條件之一，並定期更換檢修。此外，每年均有為鑑定人員安排實驗室安全課程(防毒面具之使用方式及檢驗證物時之注意事項等)，以確保人員安全。

(四) 工作人員及訓練

為了提昇鑑識品質及工作之專業性，實驗室之分析人員均需具備專業背景(至少科學領域學士學歷)，其中多數人為相關學系(刑事鑑識系)畢業，新進人員必須接受為期一年的專業訓練方可獨立簽署鑑定報告，訓練期間之鑑定報告則由另一有經驗的鑑定人員再次確定簽名背書。訓練期滿仍必須通過考試才可成為正式鑑定人員。每年亦會定期舉辦相關鑑定技術課程(各種儀器原理課程等)，

以增進新知並維持應有之鑑定水準。以今年為例，為加強微物及管制藥品鑑析同仁對分析質譜的判讀，特別於十月十三日至十五日邀請專家講授質譜原理及應用，並於課後舉行測驗，通過測驗者授與合格證書。另外還有每年一度的實驗室安全講習，邀請專職作業場所安全衛生人員檢查個人使用之防毒面具是否仍適用，播放實驗室安全影片、教導工作人員在處理生物樣品時如何防止疾病傳染，並填寫實驗室人員健康紀錄表等，對保障實驗室安全助益頗多。

(五) 促燃劑實驗室

促燃劑之分析鑑定是附屬於微物跡證之下，有獨立之縱火劑實驗室，該實驗室原編制有三人，因其中二人支援其他組目前只剩一人專司縱火劑鑑定，分析用儀器氣相層析質譜儀共五台，其中二台為一般鑑定分析證物用、一台專為研究用、另二台使用年限已到目前未使用。據瞭解該市促燃劑鑑定之案件數約每月二十件左右，然目前結案所需日數卻均超過二十八天。該實驗室內設置一暫時證物儲藏室（有上鎖，僅促燃劑鑑定人員持有該室鑰匙），所有未鑑定、鑑定中及鑑定完畢之證物分別儲存於不同之證物儲存櫃內，待完全鑑驗完畢後再交還五樓收發室。

收到證物時首先檢視封緘是否完備，表單是否齊全，並記錄證物情形於證物初步檢視表。所有分析步驟均依照標準作業程序進行，分析時若有任何特殊狀況均記錄於表內。為避免不同證物間互相污染，均使用可拋棄式器材，所有拆封及封緘動作均在該處簽名以示負責，分析儀器 GC-MS 每日均調機一次並以空白溶劑測試，結果正常時才可繼續分析證物樣品；同時定期（約每週一次）分析已知汽油樣品，已確認儀器處於正常狀態。鑑定結果出爐後將結果及證物形式等資料記載於促燃劑鑑定統計表內，以利實驗室工作統計作業用。

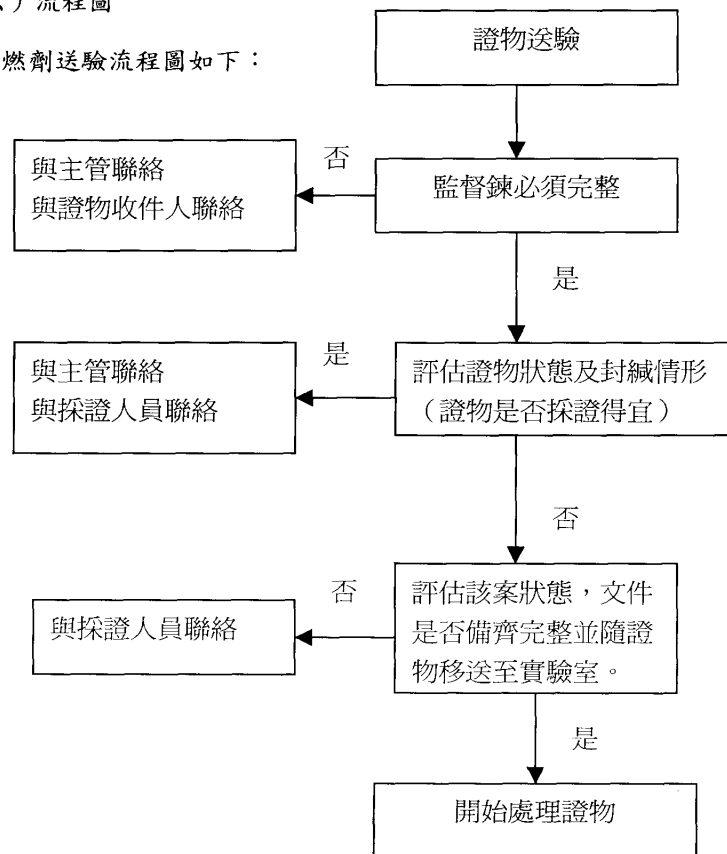
該實驗室之鑑定步驟所使用吸附材質為活性碳條（其所使用為裸露之碳條以綁線之迴紋針夾住並懸掛於證物袋內吸附，本局所使用為有鐵弗龍包覆防水之 DFLEX）以 80°C 吸附十五小時後，再將活性碳置於樣品瓶內萃取後不取出直接上機分析。一般針對縱火劑的分析多是以比對火場殘跡與促燃劑標準品是否相

同，該實驗室所收集之標準品非常多，各類廠牌之汽油幾乎均有收集，並有專門之儲藏櫃儲放。另外若現場所採之證物樣品為液態，該實驗室均先收集該液態樣品至小型樣品罐內儲存，並將多餘之液體倒至廢液桶內，一方面保存少量證物並建檔，另一方面避免液態證物於長期證物儲存時潛在的危險性。

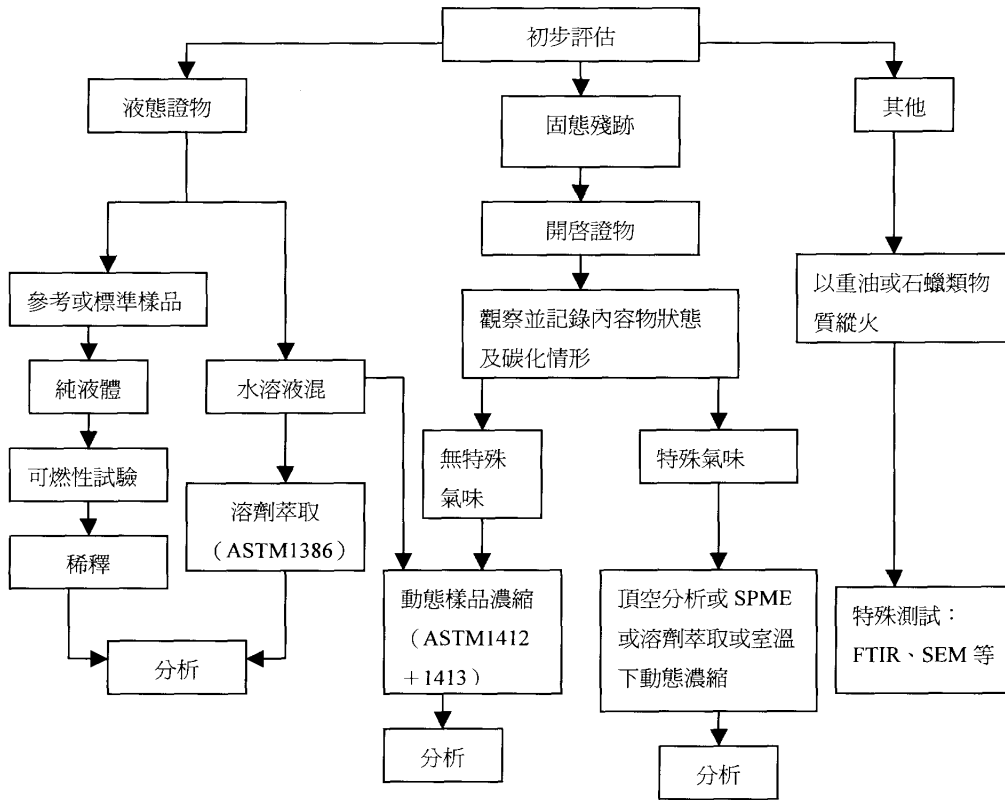
證物經氣相層析質譜儀分析所得之實驗結果，經電腦軟體所寫程式 macro 對常見之促燃劑：汽油、煤油、中石油系、酒精等標準品及干擾物塑膠燒熔物的特徵離子作萃取離子層析圖之比對。列印出之總離子層析圖及與標準品圖譜比對資料再經第二次人工目視比對的方式確認結果。若實驗結果證物含有不常見之成分，實驗室內有相關參考書籍可供查詢，將查詢結果影印並附於鑑定報告內。現場調查人員僅拿到鑑定報告結果，其餘圖譜及相關資料均由鑑識人員自行存檔於辦公室內的檔案櫃內，若日後需要上法庭作證時，可直接調出檔案參考。

(六) 流程圖

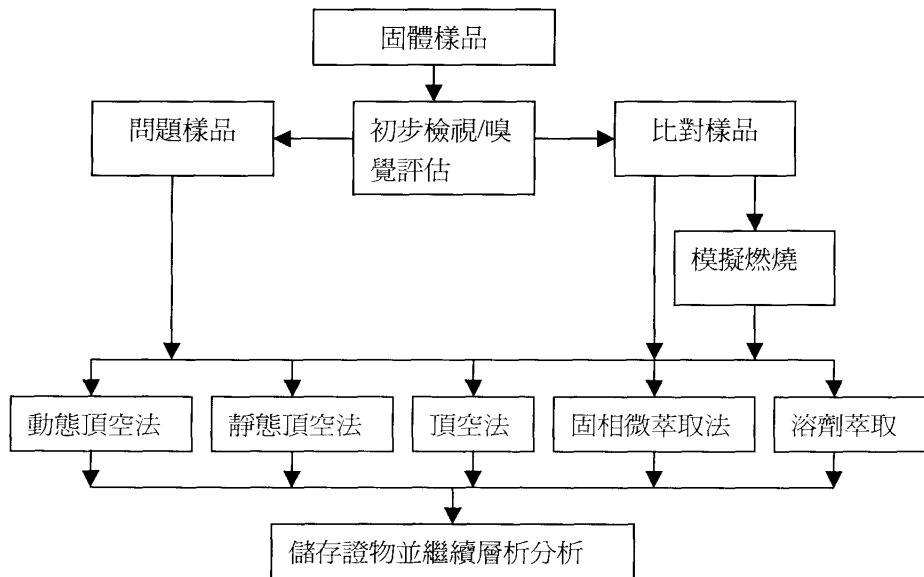
1. 促燃劑送驗流程圖如下：



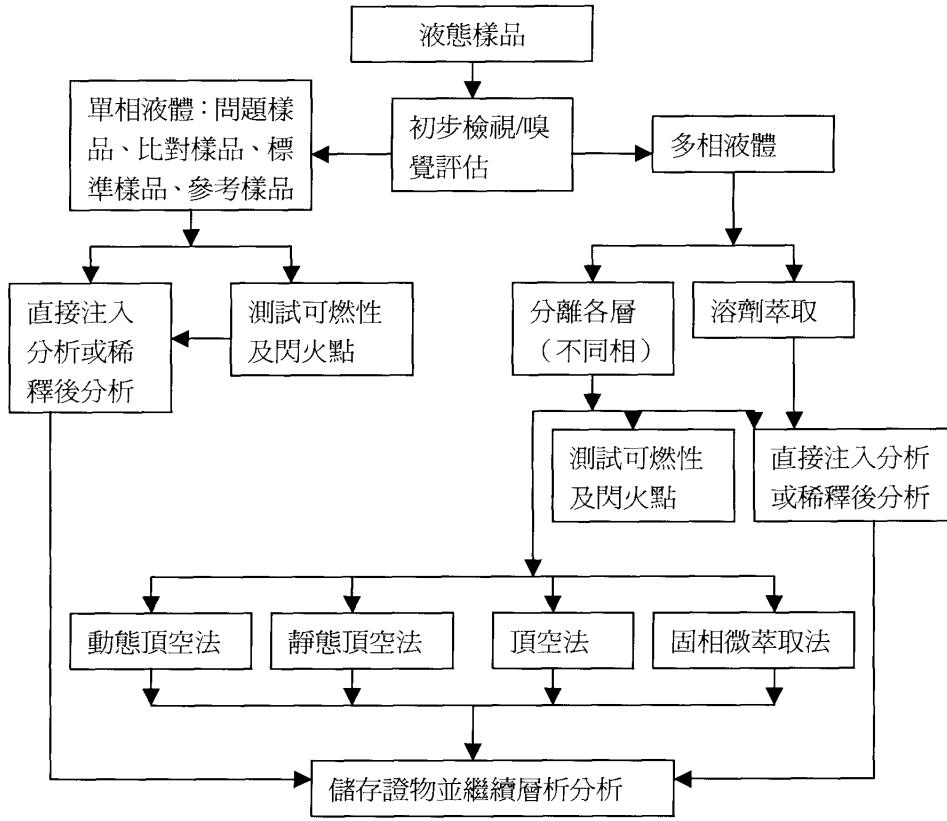
2. 不同形式證物處理流程圖：



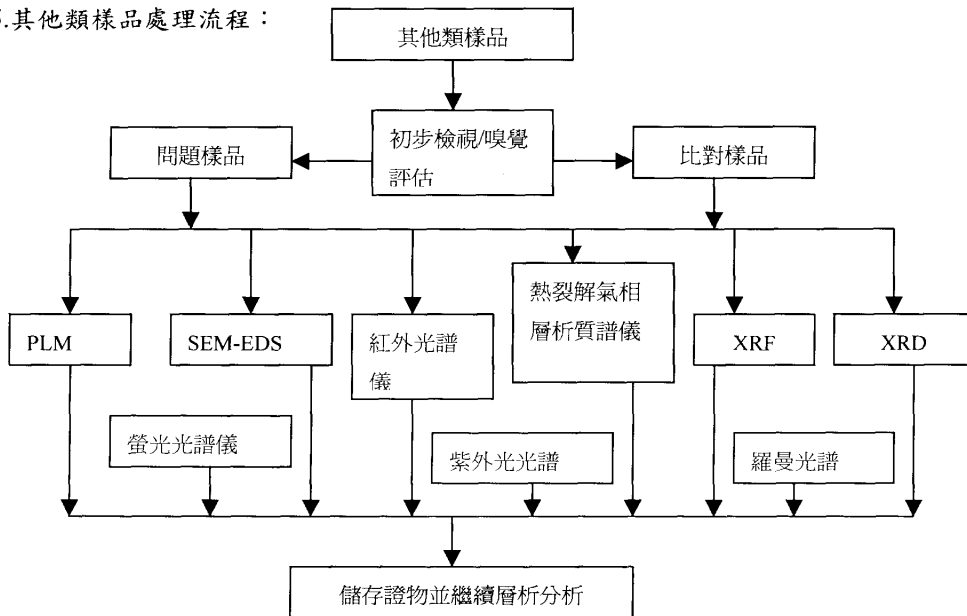
3. 固態樣品處理流程：



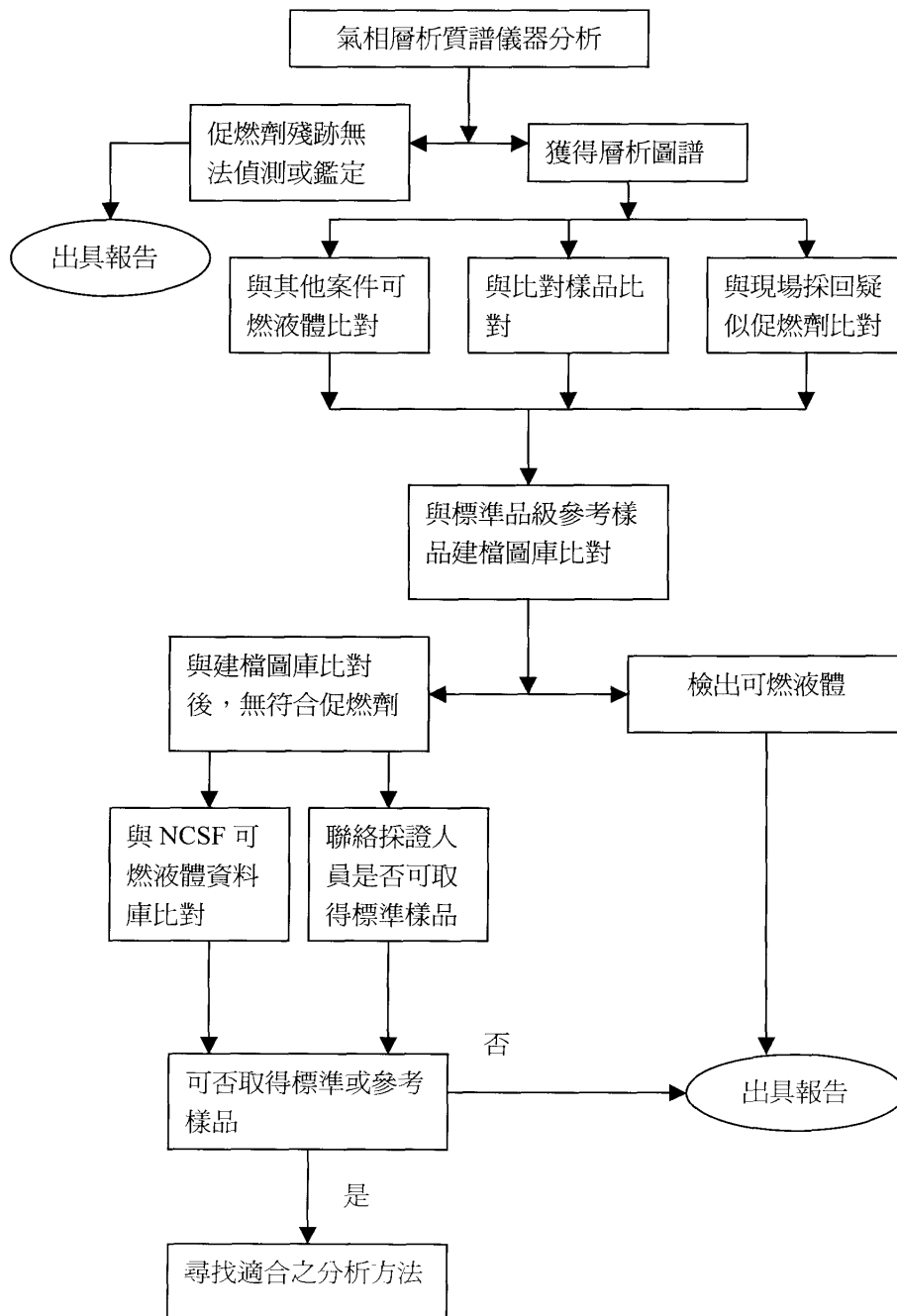
4.液態樣品處理流程：



5.其他類樣品處理流程：



6. 氣相層析質譜圖比對流程：



(七) 證物儲存

證物在所有分析完成後，各類證物之儲存均由五樓收回集中儲存於四樓大

型證物室，依行政區不同分開儲存，證物保留至該案審理終結後或案件追溯期結束(大多十五年)即可集中銷毀。此外對於其他證物室規格並無非常嚴格之規定，例如對實驗室之溫度及溼度並無硬性規定，僅要求生物檢體必須儲存於冰箱內。但對於出入管制仍非常嚴格，只有五樓專職證物管理人員才可進出。

三、ASCLD 認證工作坊

(一) 美國實驗室認證協會 (ASCLD) 簡介

ASCLD 是一專門針對刑事鑑識實驗室認證之機構，以提昇美國刑事鑑識實驗室之鑑定品質為目標，依循 ISO 17025 的內容制定一套適合刑事實驗室的評鑑標準，該認證機構在聯邦政府的協助下於西元 1973 年開始成立。為協助更多刑事鑑識實驗室了解認證的好處進而加入認證之行列，ASCLD 於每年會員大會之前，由該協會教育訓練委員會為國內外有意認證之實驗室舉辦為期二天的認證工作坊，主要參加人員以實驗室之管理階層為主。

國內自民國九十二年九月一日刑事訴訟新制實施後，刑事訴訟由傳統的「職權主義」轉型為「改良式當事人進行主義」，在此新制下，專家鑑定如何協助法院發現真實、維護當事人訴訟權益，成為嚴肅課題。由於鑑定人之專業基礎是否受可受信賴是該鑑定結果是否為法院接受的重要依據，而判斷準則大致如下：該鑑定人之技術、理論或經驗是否受到其他人或機構之認可；該鑑定人之技術、理論或經驗是否受到同業之批評；該鑑定人之技術、理論或經驗是否符合標準作業流程；該鑑定人之技術、理論或經驗是否在該領域廣泛使用及其正確率為何。對於一個經過認證過的實驗室，以上這四個標準均在其認證規範下，因此推動實驗室認證以因應「改良式當事人進行主義」是勢在必行的社會趨勢。

(二) 認證工作坊

工作坊主要以一對一的方式進行課程，基本上以一位指導員（已通過認證之實驗室主管）從旁協助一位學員並隨時解答疑惑。該協會透過會前問卷的方式，替學員尋找性質大小相似的已認證實驗室，以指導員自身的經驗盡力協助學員並提供相關意見。工作坊亦安排許多課程，例如介紹該認證實驗協會、實驗室

領導者的心理特質以及如何才能達到有效的實驗室管理等心理課程。另外針對一些學員會前問卷所提出的相關認證問題提出解答，相對也提出一些問題請學員與指導員互相討論找到正確答案，最後再由講員解說。在良好的互動下讓學員能更進一步了解認證的過程、目標及方法。

為了能持續監督並鼓勵學員朝認證目標邁進，其中工作坊的最後一堂課是由指導員協助學員製作一完整之認證計畫，經由一天半的談話中指導員了解學員所欠缺的、需補強的，並依其實驗室之大小、能力及鑑定項目作評估，最後訂定出有時間表的認證計劃。期望在學員及指導員共同努力下，能依照該表按部就班循序漸進，最後達成認證的目的。

(三) 指導員

經由 ASCLD 之前任主席 Ms. Karen Irish 的居中牽線，在佛州 Largo 一間專作促燃劑及管制藥品的刑事鑑識實驗室主任 Ms. Rata Newman 答應做本局實驗室的指導員。Ms. Newman 從事刑事鑑識業務已經十幾年，經驗閱歷非常豐富。該實驗室（含主管在內）只有八位員工，在美國屬於非常小型的實驗室且鑑驗項目僅二項業務非常單純，在 ASCLD 的會員中算是與本局之規模與目的最為相近，為了更了解該認證實驗室的硬體設備及實際運作情形，因此於研討會結束後前往該實驗室參觀。

(四) 認證計劃

本局實驗室計劃認證項目只有促燃劑分析乙項，鑑識股人員僅二人，且目前有經費設備不足的問題，另外由於本局實驗室不在美國本土，加上文化語言上有差異等，故 Ms. Newman 根據這些特性為本局訂定下列認證計劃：

次序	完成事項	完成時間	備註
1	費用評估	01/31/2004	
2	認證標準要領評估（哪些項目需改	07/31/2004	

	善，哪些已做到)		
3	完成評估報告並爭取經費	09/01/2004	
4	製作品質管理手冊(所有文件均包含在內)	10/01/2006	
5	再次確認是否符合認證標準要領	06/2006	
6	執行校正行動	12/2006	
7	提出認證申請	12/2006	

1. 費用評估：與該協會負責認證委員會 Mr. Ralph Keaton 聯絡，告知本實驗室目前狀況及鑑定項目，由其評估認證乙次所需費用為何。經以電子郵件詢問結果，即使本局僅對單項認證，仍需二名認證人員前來（但其中一名可來自亞洲國家，如此可減少機票支出），因此概估約需美金 2500 至 3000 元左右。
2. 認證標準要領評估：針對 ASCLD 協會所規定認證實驗室必須達到目標，哪些項目需改善，哪些已做到。為符合認證要求，實驗室軟硬體部分若需改善，請廠商評估所需經費。ASCLD/LAB 共有 142 項認證要領，其中 76 項為必要要件（100% 必須達成），會對於實驗室鑑識結果或證物之完整性有直接影響。46 項為重要要件（70% 可達成），是實驗室整體品質之重要標準。20 項為期望要件（50% 可達成），可以提昇實驗室之專業性。
3. 綜合 1、2 項下經費及評估報告，向本局長官報告其評估結果，經由會議討論或由長官裁示是否參加認證。若有意參加認證，計畫於九十四年預算中提報該項經費。
4. 製作品質管理手冊：Ms Newman 以本科鑑識股實際從事化學分析人數二人，加上股長（管理者）共三名人力進行評估，每人分別撰寫手冊不同部分並分配不同任務，需耗時二年。同時補強實驗室設備及文件使其符合 ASCLD 之認證要領之要求。
5. 再次確認是否符合認證標準要領：在手冊及軟硬體設備完成後，由管理者逐

條再次檢查實驗室內容是否都合乎認證要領。

6. 執行校正行動：若發生有項目不符合認證要領時，執行校正行動（記載於手冊內），直到所有項目完全符合為止。
7. 提出認證申請：在實驗室品質保證主管的認可後（認證所需文件及設備均準備就緒），向 ASCLD 提出申請並寄出所有審查文件接受審查。

（五）參加後感想

ASCLD 長期致力推動刑事鑑識實驗室認證，經過這些年的新增修訂，對於認證實驗室的要求也越來越趨於完善，這些要求是確保鑑定品質最好的保證書。因此在國內 NCLA（中華民國實驗室認證協會）尚未對刑事鑑識領域有較明確的制度規範的情況下，參加該協會認證是不錯的選擇。同時旅美刑事鑑識專家劉瑞厚教授也建議，因該組織認證制度較國內完善且認證結果被世界各國所認同，因此希望本局以參加國外認證為目標。由於本局參加過該協會之工作坊後，ASCLD 將長期持續輔導本局實驗室以通過認證。但以本局實驗室而言，目前仍有許多問題有待克服。例如最大的問題就是本局所有文件到底以中文或是英文繕寫？若以英文書寫是否就失去讓分析人員便於查閱的意義，畢竟文件是寫給真正作實驗的人看的。其實無論本局有沒有認證，希望在實驗室部分能做到有效管理而不只是流於形式的核章而已。

四、認證實驗室參訪情形

旅美刑事鑑識專家李昌鈺博士日前回國曾提及，由於台灣目前並未參與世界認證體系，故若發生有涉外案件時，台灣刑事實驗室所做出之鑑定結果將可能不會被西方國家所採信，其結果是損害國家整體形象。同時，台灣加入世界貿易組織（WTO）之後，國外實驗室均可來台灣開店，這些實驗室均是通過世界認證的實驗室，若發生鑑定結果與政府單位不同調時，整個台灣的司法制度都要面臨嚴厲的挑戰。國際間的現代化刑事鑑識實驗是透過品質管制（在檢驗過程中，為使數據符合需求標準之例行作業程序），來達成品質保證（為確保檢驗數據可靠性之整體作業系統）。藉由公正、客觀及獨立之第三者進行實驗室認證，以提

昇實驗室技術能力及品質水準，進而達成鑑定結果能國際間互相認可。因此藉由此次觀摩實習機會到通過認證的實驗室參觀，汲取前人經驗以改善目前本局實驗室的缺失。

(一) 州立刑事鑑識中心

州立刑事鑑識中心位於首府郊區，為一屋齡約五年的獨立式三層樓建築物，當初即是為了能符合認證條件才遷移至此，以方便各項認證要求硬體設備的規劃與建立。與之前實習時所至之市立刑事鑑識中心一樣，該中心一進門便有警衛管制，出入均需通行證，若有訪客必須換證並由內部人員引導方可進入，參觀人員不可照相以避免實驗室機密外洩。鑑識中心接受該州州內之所有刑事證物，證物之收件與發還均在一樓大門入口，如此可減少閒雜人士進入實驗室的機會。

該中心鑑定項目有 DNA、微物跡證（包含油漆、射擊殘跡、促燃劑等）、驗槍、照相、毒物、管制藥品、指紋等。因應業務特性，實驗室之鑑定人員除驗槍與指紋外都不是屬於警察人員，每間實驗室除在該實驗室工作人員可刷卡進出外，其餘實驗室人員均無法自由進入。實驗室內個人有自己的「證物暫時儲存櫃」，若證物尚未鑑定完畢鑑定人員卻必須暫時離開時，可將證物暫時鎖在個人櫃內，以避免證物遭到破壞或污染。另外鑑定人員依規定必須穿著實驗衣，有些實驗室需配戴口罩及防護眼鏡（接觸生物檢體及化學藥品者），若需長期接近輻射性儀器，亦必須佩帶輻射計量偵測器，每週回收乙次檢測接受輻射是否有超過安全計量，以維護鑑定人員健康。

由於該中心屬中央級實驗室（類似國內刑事警察局鑑識科及消防署災害調查組鑑識科），當證物鑑驗完畢後，立即通知送驗單位前來領回鑑定結果及證物，故並無證物如何儲存這些問題。該棟建築之地下室目前暫時規劃為儲物室並建有大型冷凍庫，一旦同時收到大型或大量證物時，可作為臨時儲存處所之用，例如冷凍庫內目前儲存了 911 事件之大量身份不明遺骸。

該 DNA 實驗室分為二組，一為罪犯建檔組，另一為證物鑑析組。罪犯建檔組是將已知的罪犯（尤其是性侵害罪犯）的 DNA 建檔，就像是指紋建檔，可提

供未來警察在犯罪偵查的偵辦方向。管制藥品及促燃劑分析均是使用 HP 系列的儀器，與本局及之前參訪過之實驗室相同，使用者均認為該廠牌儀器具有便於操作及維護簡單等優點。為了減少底片的浪費，同時因數位相片具有傳輸方便的優點，該實驗室統一以數位照相機紀錄證物，據解說人員告知該州法院承認數位相片與傳統式相片同樣具有證據力。

（二）佛州 Pinellas 郡刑事鑑識實驗室

該實驗室位於佛羅里達州 Tampa 北方約 10 公里左右的一個小城市 Largo，也是一間新建約二年的獨棟建築物，鄰近該郡警察總局。該棟建築物內除 Pinellas 實驗室外，另外還有一間法醫實驗室及一間毒物實驗室，雖均屬於刑事鑑識的範疇，然卻為各自獨立運作的私人機構且均通過認證。該實驗室並不屬於政府單位，故所有鑑定人員均不具公務人員身分，據了解該實驗室與郡警察局及消防單位以簽約方式協助鑑定，雖該實驗室不屬於政府單位，但該實驗室通過認證，因此鑑定結果在法院仍多能為法官所接受。

該實驗室有一間專門儲存證物鑑定文件的儲藏室，分析人員待證物鑑定完畢後將證物鑑定結果、相關文書資料及參考資料彙整成冊，分門別類依時間先後依序排列於鐵架上，如此可便於查閱。實驗室內亦規劃有小型圖書館，內藏有多本近年來刑事鑑識相關期刊、書籍，以方便分析人員查詢資料。另外所有品管品保相關文件及標準操作手冊均集中存放於特定書櫃內，以利同仁隨時參考翻閱。

該實驗室目前只分析促燃劑及管制藥品，故實驗室亦主要分為二大部分。與其他認證實驗室較不同的地方是辦公室與實驗室均以實牆分隔開，實驗人員進出實驗室時需先通過一間潔淨室，在潔淨室中先經消毒清潔過後方可進出，以避免實驗室物質污染外界。同時實驗室內前處理台及儀器分析室也是分開的，每個分析人員均有自己的操作實驗桌、自行配製的化學藥品及暫時證物儲藏櫃等。值得一提的是，該實驗室目前雖無肢體障礙的實驗人員，卻預先設立了為他們量身定做的無障礙實驗空間。

該實驗室的鑑定人員均獨立作業，所分析之證物均由專人統一檢查簽收後，

再分配給各個分析人員鑑定，待鑑定完畢後亦交由還給同一人，儲放於證物室內，最後再由專人通知送驗人來領取。故整個鑑定工作是完全獨立超然的。帶我參觀實驗室的 Diana 是一位剛進該實驗室的新成員，據她所說即使之前她也曾在州立的刑事實驗室工作過很長的一段時間，到了新的實驗室仍需要重新再訓練。目前他已通過管制藥品鑑驗的測驗，可正式承辦該項鑑定工作，但促燃劑分析部分，仍在實習階段，由此可見認證實驗室對人員品質的要求是非常嚴格的，也難怪實驗室認證被大家認為是鑑識品質的保證書。

肆、國內外火災調查及刑事實驗室之比較

一、美國

美國地大物博幅員廣大，各州政府均獨立作業，因此各州對火災調查及刑事實驗室的制度就有很大的差異。以筆者實習的地方為例，火災調查該項業務屬於消防局業務，但若牽涉到兇殺案時，警察局就會介入調查。該市的火災調查人員集中辦公，在勤務調度上非常有彈性。當調查人員懷疑該火災之原因可能為縱火時，才會採集證物鑑定是否含促燃劑，故無論是消防人員或警察單位所採集之證物，均集中送警察局所屬刑事鑑識實驗室鑑驗，如此一來可達到資源共享且減少重複鑑驗的目的。同時，美國的火場調查人員是可以抓縱火犯係具有警察權的，對案件調查的連貫性及後續處理上能達到較佳的效果。

實驗室之鑑識人員除警察專業部分（槍彈）及有機密性、牽涉個人隱私（電腦指紋比對）外，均不是警消人員，而是以具有專業物理化學或鑑識科學背景人員為主。實驗室分析為一獨立超然作業系統，不會因現場勘查人員一些先入為主的觀念影響分析結果。因美國實施專家證人制度已經一段時間了，因此實驗室主管只負責監督及管理，並不為分析人員所出具之鑑定結果負責，而是分析人員自己對該報告負責。

然而由於消警分屬不同單位，警察鑑識單位只能以”建議”的方式請火場調查人員在現場採證時多加注意（尤其是包裝封緘上的問題），實際上卻沒有強制力可以約束他們，因此若收到促燃劑證物包裝不合格或採證錯誤的情形發生，分析人員在收到該類證物時，只能於證物外觀檢視表內紀錄違規情形，以茲證明。

各州政府對於州內的各地方刑事鑑識實驗室負有監督及輔導的責任，以紐約州為例，州政府下有設立一財團法人機構，專門協助地方建立刑事實驗室並推動認證制度，所需相關費用也是由該機構經向中央政府申請補助或經由企業募款等方式取得。如此可達到整個州內鑑識資源分布平均且一致，同時減少地方政府因自行發展或經費不足，導致一州多制多頭馬車的情形發生。

至於實驗室分析人員在鑑析證物時，均非常嚴格遵守標準作業流程之規定，依照流程按部就班完成工作。專職分析人員因工作具特殊專業性之故，是不用處理警察局內相關公文，而有專門處理公文之人員處理，因此可減少因其他雜事而造成鑑識工作延宕的情形。另外對證物鑑定時程並無期限要求，沒有時間壓力讓鑑定人員可盡全力找尋相關資料及標準品分析，以加強該鑑定結果的證據力。

二、國內

國內較具規模及制度之刑事實驗室有刑事警察局鑑識科及法務部調查局地六處，北高二市相繼成立刑事鑑識中心後，鑑識中心亦設有一些小型實驗室。消防署火災調查組下目前設有一實驗室，接受全國消防單位委託鑑定之火災證物。台北市政府於八十六年消防局改制後成立小型實驗室，目前可針對促燃劑及電線熔痕方面作初步鑑識，以提供現場調查人員原因調查之參考。以本市為例，一般若發生牽涉刑案之火災案件，消防調查人員均會會同警察鑑識人員至現場勘查。但證物卻是各採各的，並分別送刑事局及本局實驗室鑑驗。但消防局之火災案件調查報告最後仍需函送移請警察局偵辦，如此一來似乎有重複鑑驗之疑慮。同時本局對縱火案件無偵辦權，仍需由警察單位主導偵辦。

目前國內警消單位從事鑑識工作人員多為警察大學畢業，少數由高普考招募。容易招致懷疑是否有球員兼裁判的偏頗情形，但就現實面而言，警察大學也是唯一設有專門刑事鑑識學系的學校，因此為了解決人民這一層疑慮，刑事警察局及消防署也計劃朝刑事實驗室認證為目標，由公正第三者機構監督實驗室的公正性。在社會風氣越來越開放下，政府單位的鑑定結果不再是獨一無二，也不再是不可攻破。相反的，越來越多人會挑戰政府單位的鑑定結果，若公務員再不進步，將會被社會大眾所遺棄。

以本局為例，火場調查人員分別配置於各大隊，期望能隨大隊出勤時於第一時間抵達火場，以掌握最新資訊，局本部火災調查科除站在支援及監督的立場，並承辦成災以上的案件。因調查人員人力分散，遇重大火警或多件火警時會

有調配上的問題，同時由於大隊火調人員常駐大隊，與火調科的互動相當有限，因此在溝通協調上亦出現許多問題。本局有自己的實驗室，在證物鑑析部分相較於其他縣市可以盡快將結果告知現場調查人員，以便快速掌握起火處所及原因之研判，且若發現在採證上有任何問題，也能立即要求調查人員配合改善。

本局有意參加實驗室認證以提昇火災鑑定的公信力，但因國內尚無專門針對刑事實驗室認證之機構，對這方面仍處於萌芽階段。加上地方財政困難，可能無法在經費上給予適時的協助。目前中央單位對認證這方面也沒有訂定一個較明確方向可讓地方依循，因此地方單位若有意願參與認證的就只能自力救濟走一步算一步。

國內的鑑識人員無論是現場勘查或是實驗室分析人員大多為警消人員，因此除了專業勘查或實驗分析工作外，仍需兼辦其他業務。國內民權日益高漲，法官在審理案件時也越來越重視科學證據，因此送驗的案子有慢慢增加的趨勢。其實國內的現場勘查及實驗室鑑定均已達一定的水準，但仍有進步的空間，這是需要大家共同努力的。以往火災調查鑑定在消防的領域裡雖沒有佔有重要的地位，但相信日後證物鑑定分析的結果，必定扮演舉足輕重的角色。

伍、結論與建議

此次出國研習三個月，在這期間內至阿拉巴馬大學學習並熟練新發展之固相微萃取法，至市立鑑識實驗室吸取地方對促燃劑分析經驗，最後參加 ASCLD 研討會以了解實驗室認證的制度與過程。綜合這三個月的心得與感想，提出下列結論與建議供本局參考。

一、使用 SPME 法處理火場促燃劑證物

與本局目前使用之靜態頂空法相較，二者均為 ASTM 所公告之標準方法。由於 SPME 沒有使用有機溶劑萃取，故不需考慮有機廢液處理的問題，同時因為萃取纖維經加熱脫附後可重複使用，所以可降低分析證物之成本。使用 SPME 從萃取到上機分析時間總共約一小時左右（光靜態頂空就需加熱十五小時），因此建議可進行一系列本土促燃劑之適用性評估後，若確定該方法靈敏度不錯且重複使用不會相互干擾時，日後處理緊急案件可優先以 SPME 法來處理證物。

二、嚴格遵守火災現場調查要領

火災現場勘查的困難度比一般刑事案件大的多，經過高溫燃燒及高壓水柱或泡沫滅火的破壞後，要從一片凌亂的現場找到蛛絲馬跡本就是很不容易的事。為了將現場的狀態真實的紀錄下來，現場調查人員必須嚴格執行消防署頒定之調查要領，並配合本局經火災調查鑑定委員會審查過之採證要領，讓整個勘查及採證的過程標準化，藉此提昇火場調查的公信力。同時若能將所有火災調查人員回復集中辦公，以團隊的方式處理案件，各司己職互助合作，而不是一人單打獨鬥，如此管理階層也易於監督基層調查人員執行情形，並直接糾正錯誤。

三、進行實驗室分析步驟標準化

為了讓實驗室分析流程清楚透明，應就實驗室需求著手撰寫實驗室分析標準流程，同時參考美國認證實驗室做法，擷取適合本局使用的部分去蕪存菁，最後經審核修改後確實執行，所有表單均需完整紀錄並設有專櫃保存，使整個證物分析均有跡可循。至於有關於證物儲存的問題，建議可依法隨案移送警察單位存

放或自行建立證物室儲存之，以符合標準作業流程對證物之要求。

四、推動實驗室合併或實驗室認證

由於政府財政困難本局經費緊縮，因此可參考國外作法將火場相關促燃劑證物送交警察鑑識單位分析，一方面達到資源共享減少公帑浪費，另一方面現在社會對刑事鑑識非常重視，因此也較有機會由中央政府協助購置最新最好的儀器，新儀器新方法也許能提供越多的資訊給調查人員。再者，縱火案件原就有賴警察消防共同配合，若仍舊各自表述而不能一致對外時，對警察或消防都不是一件好事。

參加實驗室認證對提昇實驗室鑑識品質也有很大的助益。但就目前本局實驗室人力而言僅一人負責促燃劑分析，單單就品質管制部分就不符合要求（分析人員至少二人，可互相覆閱分析結果）。而本局實驗室目前並無門禁管制且缺少實驗室安全設備，在修建及增購實驗室設備也需要經費支援，若在經費人力許可下，可朝向實驗室認證目標努力。由於國內 NCLA 尚未對鑑識領域認證，因此建議直接尋求國外公正機構的認證向國際化邁進。據了解參加該會工作坊後若本局仍有意願認證，ASCLD 也將會持續提供輔導及協助。

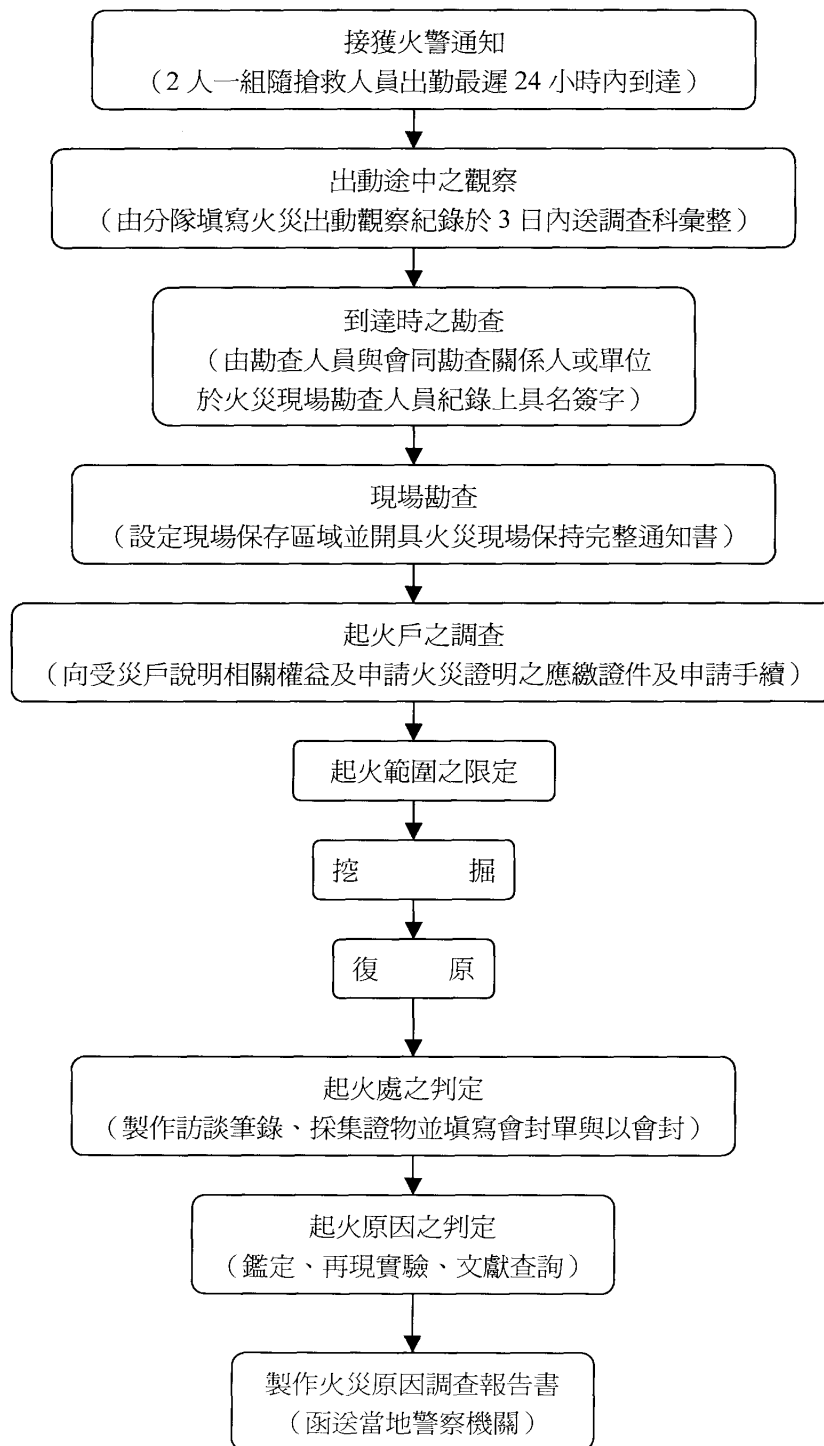
五、人員訓練

美國對無論是調查人員或實驗室分析人員的教育訓練是非常注重的，無論是有關工作安全、證物安全或是鑑識新知都會定期邀請專家授課。本局每年均會針對新進人員舉辦火災原因調查研習班，但內容較侷限於火場調查部分，建議可將訓練內容擴大並鼓勵火災調查同仁有興趣多以公假到外面聽課（例如電學、機械、土木學等），以充實這方面的知識，對火災原因的研判多些參考依據。

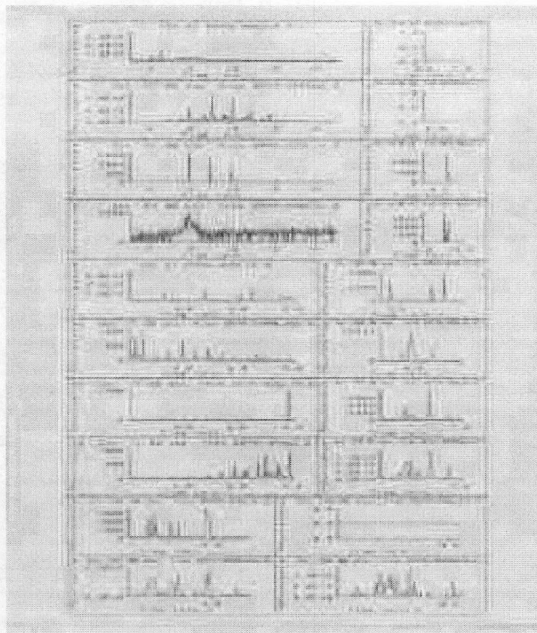
六、增加實驗室功能

美國及日本是我國學習消防的重點國家，但二個國家對實驗室設置的目的卻不大相同。目前美國的刑事鑑識實驗室與本國較為相似，只針對促燃劑進行鑑析，鑑定結果僅提供警察案件偵查之參考。在日本，以東京消防廳為例，下設有東京消防科學研究所，針對「民眾生活安全之研究」、「災害活動效率化安全化研

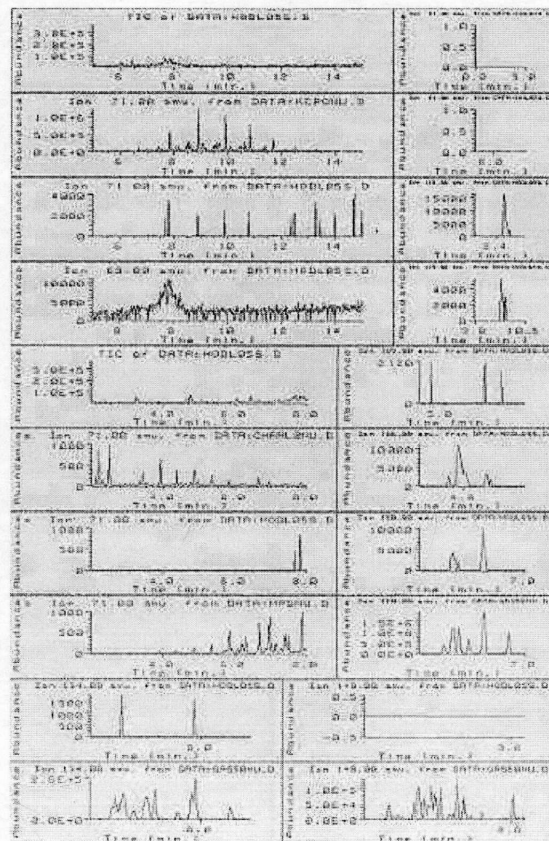
究」、「災害實態分析」、「火災鑑定及各種試驗」等研究。日本實驗室設置的目的，不單只是火場證物的鑑析，同時還針對各項火源作研究，尤其是對電器設備這方面，以提供民眾一個安全的環境。火災調查的目的應為提供火災預防之用，因此若實驗室能提供有關火源、電器產品安全等相關資訊，藉此督促製造商注意並改善，相信火災發生及人員傷亡損失必定會日漸減少。



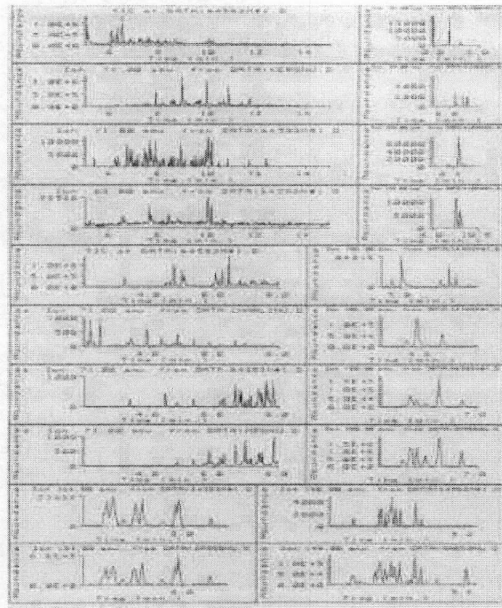
圖一、典型火災調查程序圖



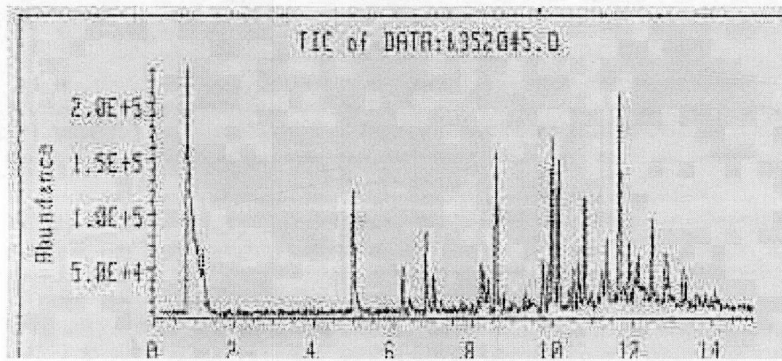
圖四、marco 程式結果



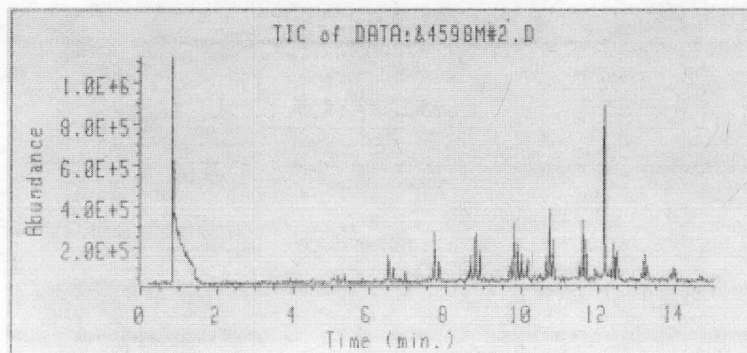
圖五、未檢出促燃劑案例
marco 程式結果



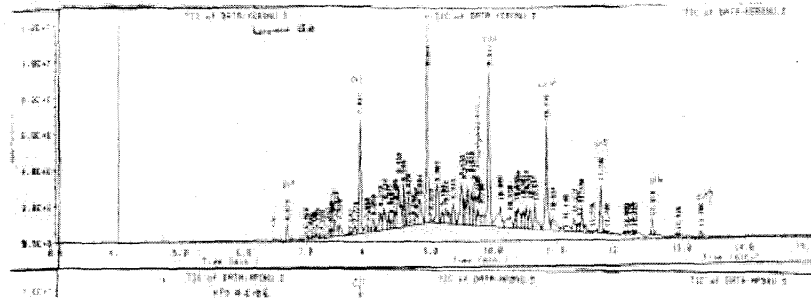
圖六、檢出促燃劑案例 marco
程式結果



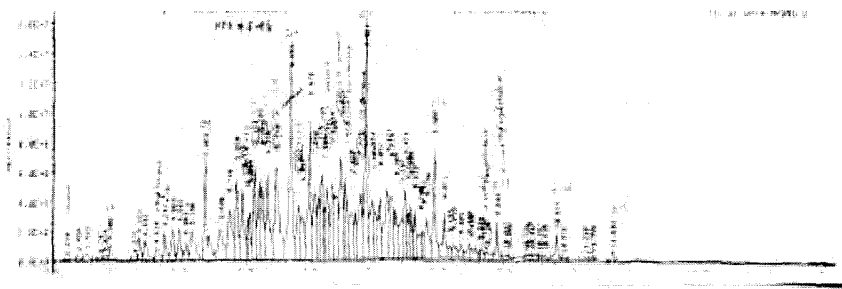
圖七、地毯燒熔物總離子層析圖



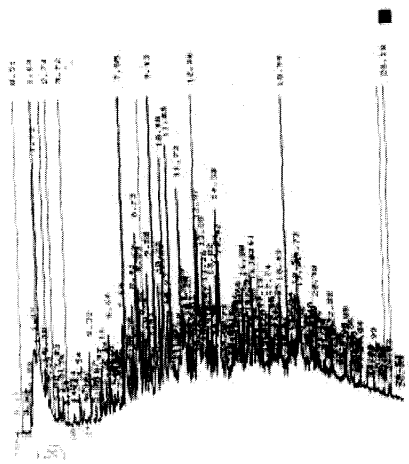
圖八、高分子產物連續有規則之烷類分布



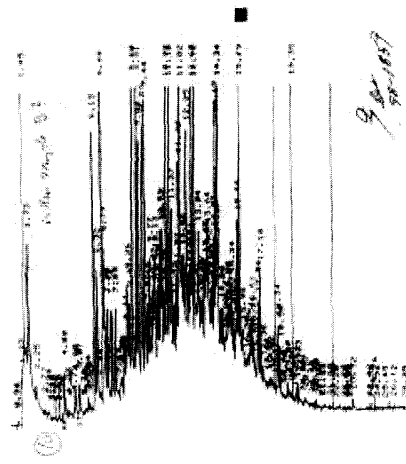
圖十二、煤油之總離子層析圖



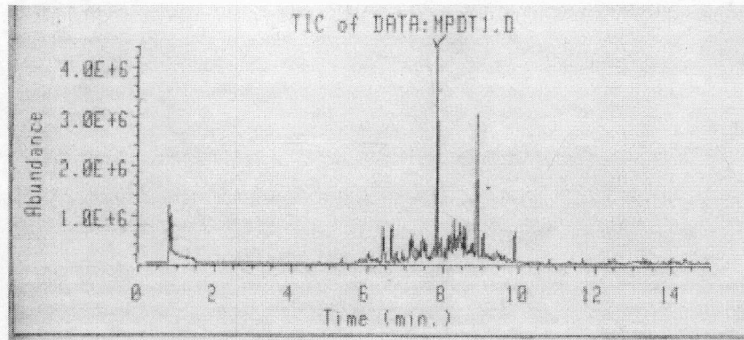
圖十三、中石油系之總離子層析圖



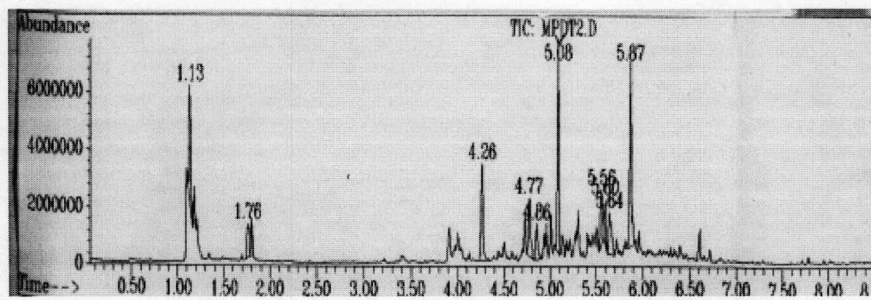
圖十四、教堂火警案氣相層析圖
譜之一



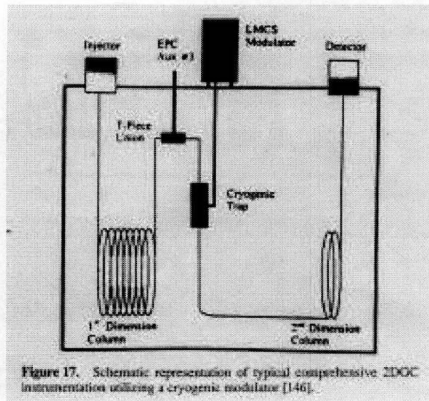
圖十五、教堂火警案氣相層析圖
譜之二



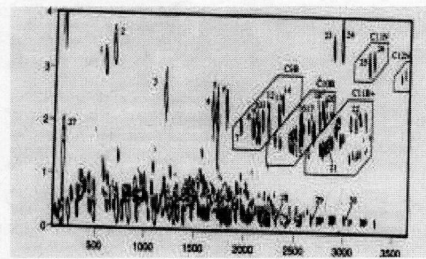
圖十六、HP 5890GC / 5970MS 靈敏度測試圖譜



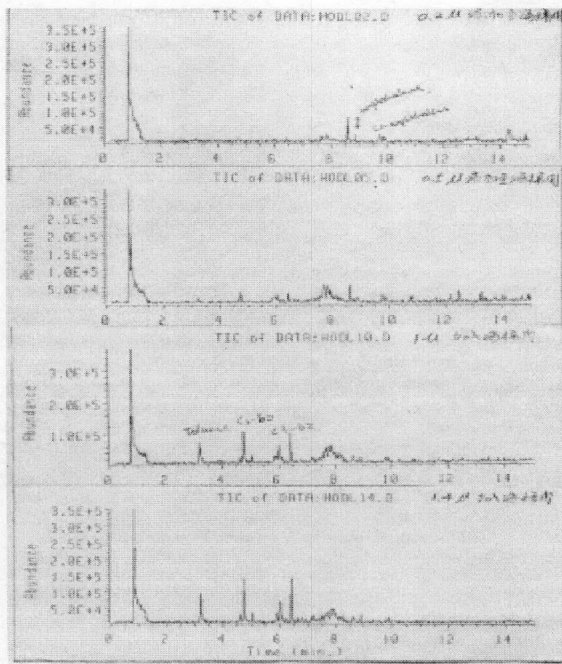
圖十七、HP GCD 靈敏度測試圖譜



圖十八、二維氣相層析儀示意圖

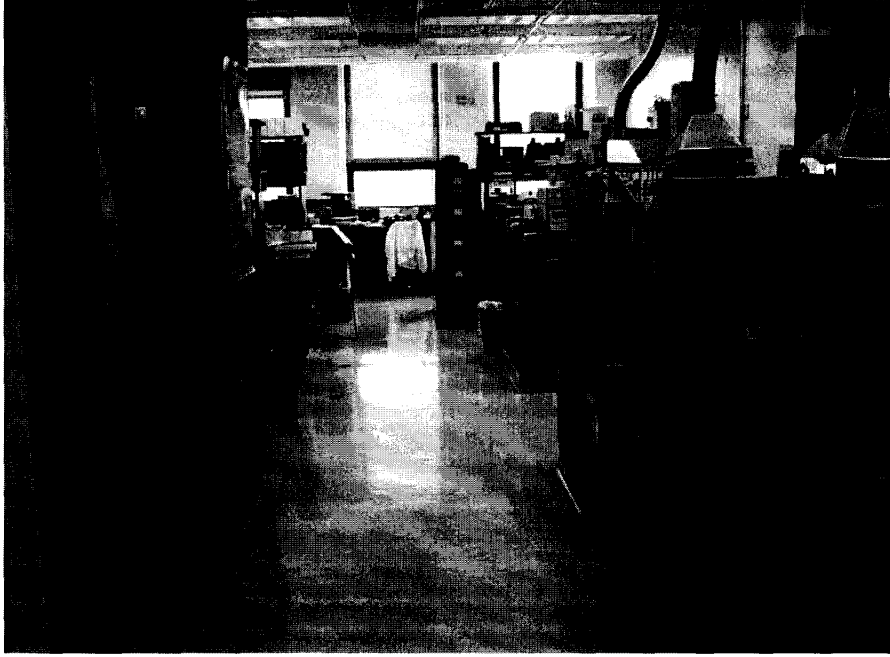


圖十九、汽油二維氣相層析儀層析圖譜



圖二十、由上而下分別為
0.2uL、0.4uL、
1uL、1.4uL 汽油
層析總離子圖譜

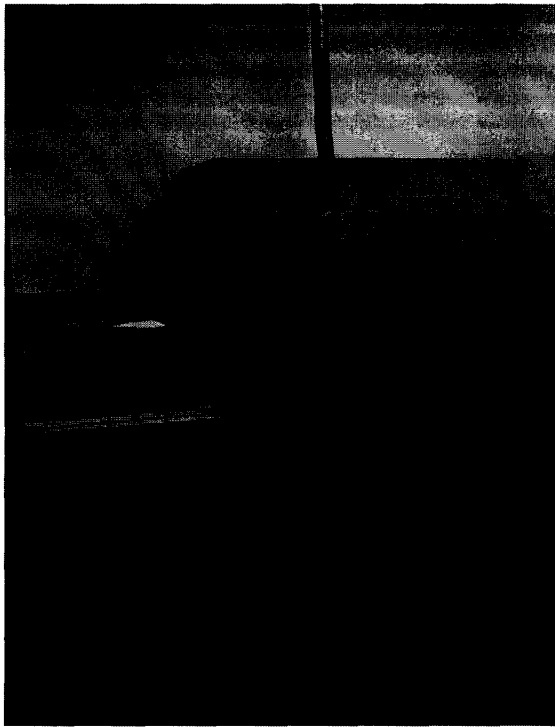
附件一 出國相關照片



市立刑事鑑識中心促燃劑實驗室

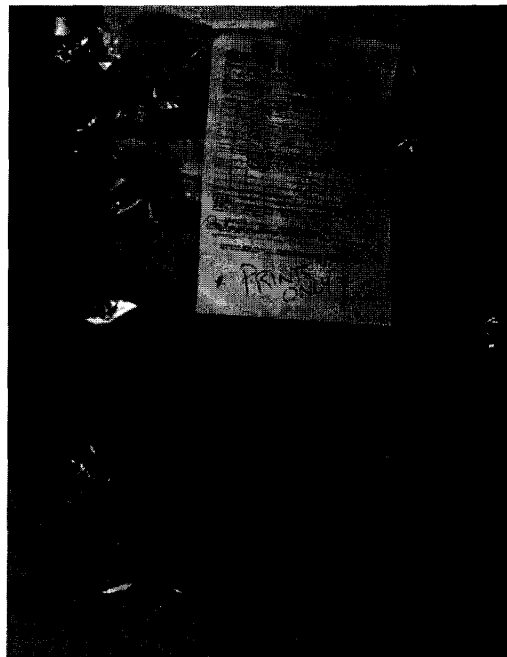
促燃劑暫時證物儲存室(上鎖)

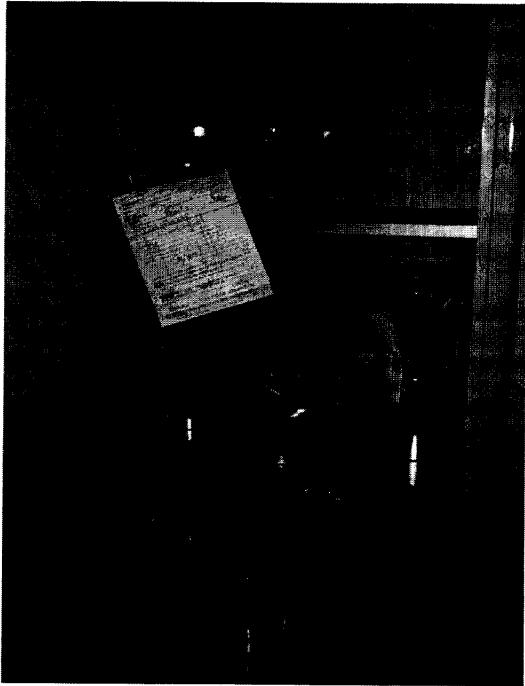




促燃劑證物暫時儲存用鐵櫃

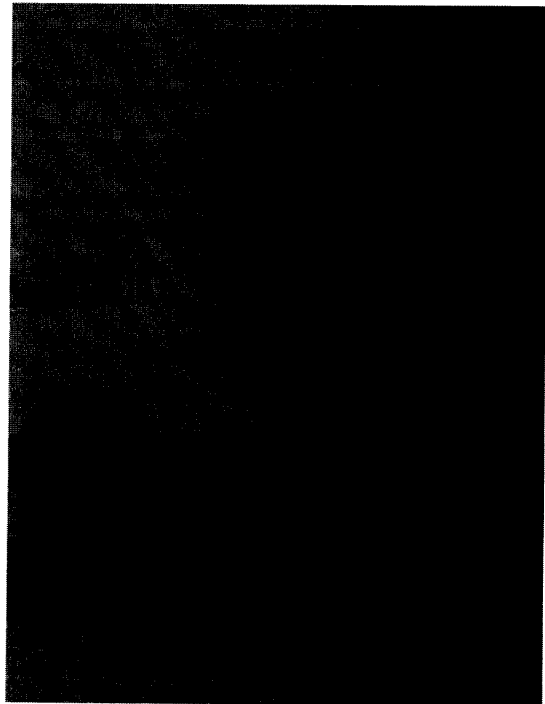
送驗促燃劑證物包裝及封緘情形





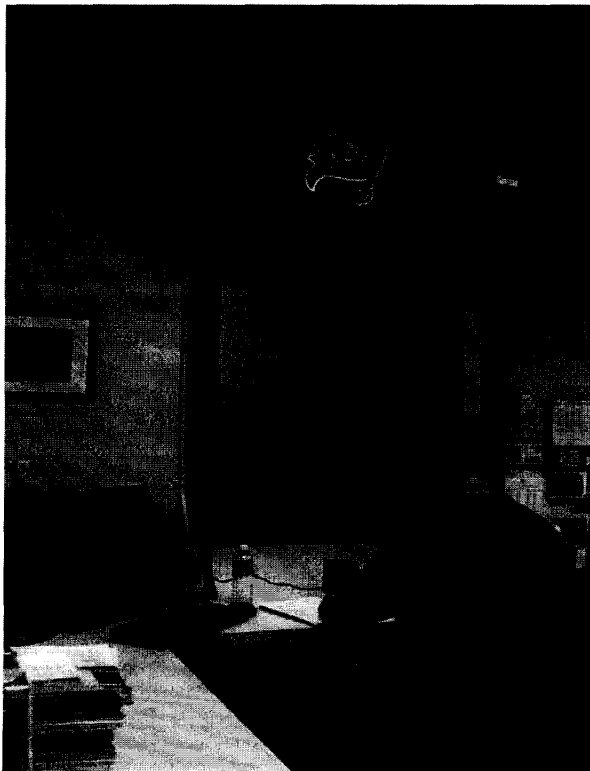
送驗促燃劑證物儲存於證物櫃內

市立刑事鑑識中心實驗室安全
設備

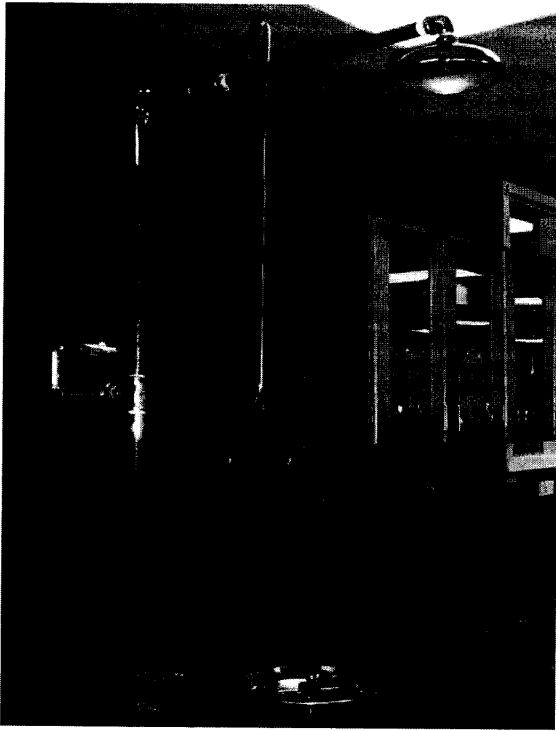




佛州 Pinellas 實驗室案件檔案儲存室

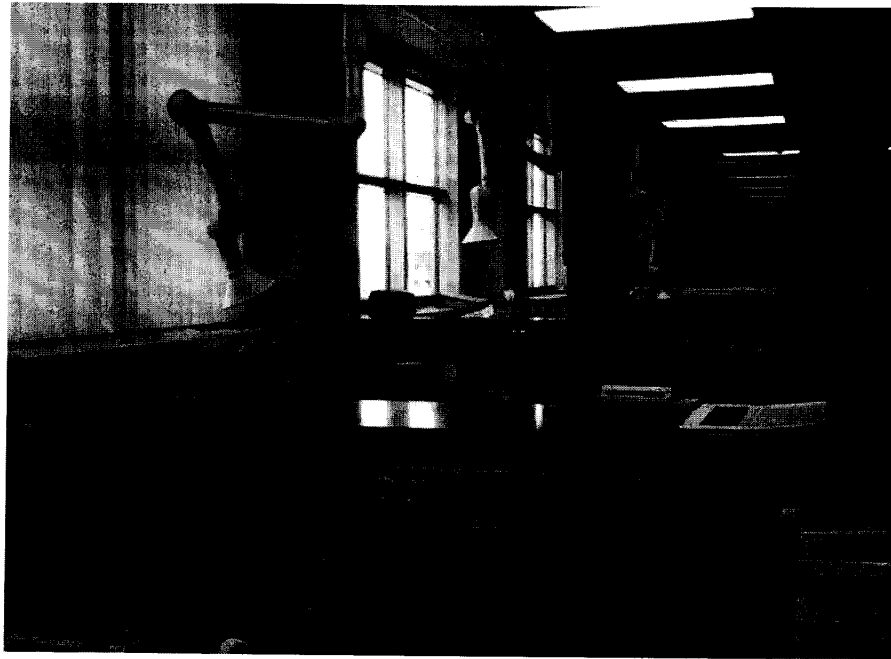


佛州 Pinellas 實驗室證物收
件專用窗口



佛州 Pinellas 實驗室安全設

備：緊急沖洗器



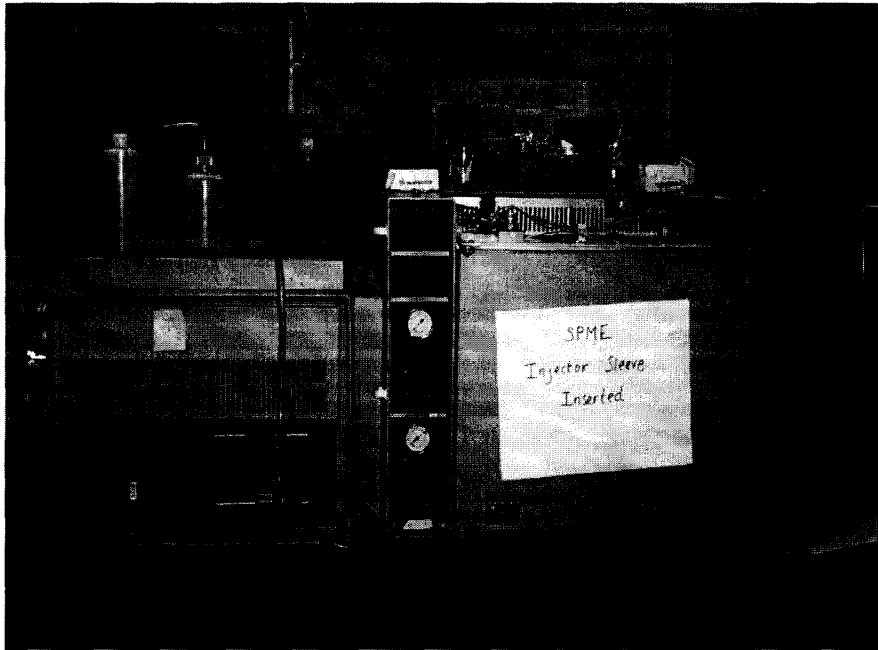
佛州 Pinellas 實驗室個人專用前處理實驗桌



佛州 Pinellas 實驗室專為肢體障礙人員所設計之無障礙空間



佛州 Pinellas 實驗室之化學試劑藥品專用儲藏室



Dr. Bertsch 所使用之 HP 5890 GC & 5970 MS



Dr. Bertsch 所使用之 GCD