

科技部補助

大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* ***** ***** *
* 計 畫 *
* : 拜香燃燒之刺激性單元羧酸即時偵測研究 *
* 名 稱 *
* ***** ***** *

執行計畫學生： 許閔揚
學生計畫編號： NSC 102-2815-C-041-008-E
研究期間： 102年07月01日至103年02月28日止，計8個月
指導教授： 蔡瀛逸

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學環境資源管理系(含碩士班)

中華民國

103年06月24日

摘要

本研究利用濕式固氣分離器，配合離子層析儀進行採樣分析，以減少利用傳統 Denuder 採樣之人為誤差與時間，研究中，先在自製燃燒室，採集台灣與泰國拜香樣品，以瞭解不同拜香在即時偵測成果之表現，而後在廟宇中即時偵測祭祀活動，之單元羧酸濃度，廟宇採樣期間的五天之中，有一天為元宵節(節慶日)，分析出的濃度也為五天中最高，經濕式固氣分離器萃取出之樣品中，平均濃度為 0.26 ppmv，在其他日期中之醋酸濃度平均為 0.07 ~ 0.19 ppmv，相較之下均低於元宵節當天。

關鍵字：單元羧酸；即時偵測；拜香燃煙

目錄

第一章 前言	1
1-1 研究緣起	1
1-2 研究目的	1
第二章 文獻回顧	3
2-1 拜香文化	3
2-2 拜香的健康危害	3
2-3 拜香材料改質	5
2-4 傳統固氣分離器(Denuder)與濕式固氣分離器差異	6
第三章 研究方法	7
3-1 氣膠暨大氣環境氣體採樣系統設定	7
3-2 燃燒室採樣	7
3-3 廟宇實地採樣	8
3-4 樣品分析	10
3-5 方法偵測極限	10
3-6 空氣中醋酸、甲酸濃度計算	11
第四章 刺激性單元羧酸即時偵測研究成果	13
4-1 自製燃燒室拜香採樣結果	13
4-2 廟宇祭祀活動	17
第五章 結論與建議	22

5-1 結論.....	22
5-2 建議.....	22
第六章 參考文獻.....	23

圖目錄

圖 1 台南大天后宮配置圖.....	9
圖 2 刺激性單元羧酸即時偵測研究分析儀器連結示意圖.....	12
圖 3 台灣拜香醋酸即時偵測研究結果.....	14
圖 4 台灣拜香甲酸即時偵測研究結果.....	14
圖 5 泰國拜香醋酸即時偵測研究結果.....	15
圖 6 泰國拜香甲酸即時偵測研究結果.....	15
圖 7 台灣拜香醋酸、甲酸即時偵測研究結果比較.....	16
圖 8 泰國拜香醋酸、甲酸即時偵測研究結果比較.....	16
圖 9 2014/2/12 醋酸即時偵測研究結果.....	19
圖 10 2014/2/13 醋酸即時偵測研究結果.....	19
圖 11 2014/2/14 醋酸即時偵測研究結果.....	20
圖 12 2014/2/15 醋酸即時偵測研究結果.....	20
圖 13 2014/2/16 醋酸即時偵測研究結果.....	21

表目錄

表 1 拜香基本資料.....	8
表 2 方法偵測極限.....	10
表 3 空氣中醋酸、甲酸濃度計算方法.....	11
表 4 拜香燃燒時醋甲酸最高濃度表.....	13
表 5 五日廟宇祭祀活動之單元羧酸比較表.....	18

一、前言

1-1 研究緣起

依內政部 102 年「101 年底宗教寺廟、教會(堂)概況的統計」報告中，我國登記有案之宗教類別計有 27 種，其中寺廟類以道教、佛教為主，教會(堂)類以基督教、天主教為主，以有拿香祭拜的宗教來說，國內登記有案之寺廟計 1 萬 2,026 座，近 5 年來計增加 375 座或 3.2%，按宗教別分，以道教寺廟占 78.3% 最多，佛教寺廟占 19.5% 次之，各縣市以臺南市、高雄市及屏東縣均超過 1 千座，根據研究對於 360 戶抽樣研究調查報告顯示，38.5% 的民眾每天燒香，36% 每逢初一、十五，23.5% 民眾從不燒香，足以證明拜香為國人一非常重要消耗品。

拜香燃燒產生的羧酸中，以 acetic acid、formic acid、glutaric acid、succinic acid 佔最大量(許 2010)，其中的醋酸、甲酸等羧酸對於我們的皮膚、眼、鼻等敏感部位具有刺激感，並且為空氣污染物之一(空氣污染防制法)，且暴露過量會造成支氣管發炎、肺積水、灼傷、吐血、腎損害、結膜炎、牙齒琺瑯質糜爛等(勞動部職業安全衛生署)，在廟宇焚香祭拜時，除了對於祈求內心的安定外，也應需要去重視拜香燃煙所產生的物質，對人體健康危害影響。

1-2 研究目的

拜香是國內民眾敬拜、祭祀先祖、神明的重要媒介之一，拜香燃燒所排放出的燃煙當中，根據研究其平均值中位數粒徑為 262nm(楊 2006)，其粒徑小於 PM_{2.5} 甚多，且氣狀羧酸中最豐富的成分為 acetic acid(吳 2011)，廣大的信徒吸入後更會對於健康造成危害，先前的拜香相關研究大多著墨於其燃燒後產生的細懸浮微粒、PAHs、重金屬等研究，而本研究著重在一樣會對人體健康造成危害的醋酸與甲酸上面，依照環境保護署對於單元羧酸的採樣分析方式，醋酸方面，是利用 1mL 88-95% 甲酸萃取 60 分鐘後，利用氣相層析儀搭配火焰離子偵測器分析醋酸(NIOSH 1603)，甲酸方面，是利用 10mL 去離子水萃取 5 分鐘後，以離子層析儀

搭配電導偵測器分析甲酸(NIOSH 2011)，以此兩種標準方法分析醋酸與甲酸，會耗費許多的時間，而濕式固氣分離器對於酸性氣體的反應時間為 10 分鐘(Ku et al., 2010)，故此研究利用濕式固氣分離器連接離子層析儀方式，即時偵測拜香燃燒後所產生之氣狀單元羧酸濃度，以節省時間達到即時偵測目的。

二、文獻回顧

2-1 社會文化

華人自古以來在民俗活動中，對於焚香有著強烈的依賴，張(2003)指出藉由拜香的燃燒，可以刺激宗教信仰者的視覺，藉由香煙飄飄向上，以及凝聚成各種不特定形狀的景象，作為神聖與人的中間介物質，激發信仰者心嚮神仙世界的願望，使其降福、解厄，林(2006)指出民俗技藝活動、傳統工藝報刊中皆可得知製香被歸納民間工藝，尤其在純手工的年代，製香的確可稱為工藝，自古以來，「香」作為神靈與人溝通的媒介物與非祭祀場合如吟詩助興、靜坐冥想、清淨環境、薰香醫療等多樣功能，香本身便是頗具設計感的物品，兼具煙、火、香氣三種特色，趙(2011)研究新港香藝文化園區發現，新港香藝文化園區善用政府相關政策補助計畫，加強異業結盟之合作關係，促進產業發展，並加強營造園區空間氣氛，提供遊客愉悅的參觀體驗場所，塑造文化創意產業及特色休閒產業的旅遊環境。

拜香近年來已不再是以單純的祭拜為導向，而是演變為一種文創產業，藉由拜香的歷史以及文化，使國人更加瞭解拜香的用意及用途，也是挹注傳統拜香產業的一種新風貌。

2-2 拜香的健康危害

燃燒拜香後所產出的某些化學物質，會對於人體造成危害，其中的多環芳香烴化合物最多人研究，黃(2013)研究新山香、沉香、料香三種拜香指出固相 PAHs 排放係數以沉香最高，其次為新山香、最低者為料香，其值依序為 8.90 ± 1.11 、 8.17 ± 0.78 、 $4.51 \pm 0.43 \mu\text{g/g-incense}$ ，Lung et al. (2003)所研究的兩種拜香，拜香 A 的懸浮微粒與 PAHs 產生率 $561 \mu\text{g/min}$ 、 $0.56 \mu\text{g/min}$ ，拜香 B 的懸浮微粒與 PAHs 產生率 $661 \mu\text{g/min}$ 、 $0.46 \mu\text{g/min}$ ，陳(2012)研究三種拜香，香 A 排放之 PAHs 濃度範圍介於 $0.6-138.8 \mu\text{g/m}^3$ 之間，香 B 排放之 PAHs 濃度範圍介於 $0.1-508.4 \mu\text{g/m}^3$ 之間，香 C 排放之 PAHs 濃度範圍介於 $0.4-280.7 \mu\text{g/m}^3$ 之間，吳(2011)指出於環

境相對溼度 21.3-90.5 %與環境風速 0.16-0.48 m/s 條件範圍內，高相對溼度與低風速環境條件下，燃燒拜香會產生較低的多環芳香煙排放因子，研究中發現老鼠在懷孕期間餵食大量的 PAHs 會導致本身及後代的不孕，而這些後代也有很高的機率在出生時產生缺陷或是體重不足，但目前不知道在人類身上是否會有同樣的效應，動物實驗也發現不管是短期或長期的暴露 PAHs 會造成皮膚、體液及免疫系統的傷害，但這些傷害並沒有在人類身上發現(ATSDR)，縱使在人體尚未發現危害證據，但是 PAHs 的危害人須注意。

金屬方面，蔡(2013)研究指出，焚燒沉香、檀香、傳統金紙及環保金紙所排放廢氣中大氣中總氣態汞(total gaseous mercury; TGM)濃度分別為 460.93、662.42、11623.10 及 4065.12 ng/m³；而顆粒態汞(particulate mercury; Hgp)濃度則分別為 95.91、135.07、52.20 及 18.03 ng/m³，陳(2012)分析結果顯示，重金屬主要以錳、鐵、鋅、鋁、錫所佔之比例較高，而在拜香中總含量上最高為香 A (20120.3 mg/kg)，其次為香 B (15828.1 mg/kg)，最低為香 C (10955.2 mg/kg)，結果顯示銅分別為香 A (26.7 mg/kg)、香 B (24.0 mg/kg)、香 C (67.2 mg/kg)；而鉛含量分別為香 A (15.7 mg/kg)、香 B (10.2 mg/kg)、香 C (12.6 mg/kg)。

丁香酚與醣類類方面，林(2012)研究臺灣市售、泰國市售、實驗室自製等三種不同拜香，比較各類拜香中丁香酚類的濃度，致過敏性的 eugenol 和 trans-isoeugenol，在照光與燃燒即收的平均比值分別為 0.47、0.44，在暗室與燃燒即收的平均比值分別為 0.59、0.65，發現共同的趨勢為照光與燃燒即收比值較暗室與燃燒即收比值為低，顯示 eugenol 和 trans-isoeugenol 在照光後其致過敏性的風險較低，陳(2009)研究拜香與金紙三種脫水醣類分佈方面，Levoglucosan 佔總脫水醣類 80~90%，Levoglucosan 與拜香燃燒微粒質量濃度有最佳相關性，許(2010)研究四種拜香，燃煙微粒中 Levoglucosan 佔總脫水醣類 80.3~91.0%，是所有已分析的拜香燃煙樣品物種中最豐富的化合物，關於脫水醣類之研究皆以 Levoglucosan 最為豐富。

羧酸方面，吳(2011)研究共 11 種拜香，其中羧酸最豐富的成分為 acetic acid，比較 acetic acid/formic acid 質量比率(A/F ratio)介於 1.93 ~ 5.38，為不同拜香生質燃燒的有機物種比率特徵，Tsai et al. (2010)研究共四種拜香在有機酸部份，拜香燃煙主要排放 formic acid 和 acetic acid，二者佔已鑑別的有機酸總量 37.9-64.4%。

2-3 材料改質

拜香材料改質現行的研究，接主旨在於燃燒拜香時，能減少其所排放出的 PAHs、懸浮微粒、有機物等，楊(2005)在研究九種拜香燃煙中發現，在製造過程中適度的增加拜香成分中重金屬成分，如 Ca、Al、Fe、Mg 及 K，可有效減少燃燒拜香時懸浮微粒的產生量，最常用來降低成本之添加劑碳酸鈣(CaCO₃)，在製造拜香時，添加 Ca 含量由 0.5%增加至 5%時，可有效將燃燒拜香時之懸浮微粒產生量減少約一半，若 Ca 含量由 0.5%增加至 2.0%時，約可降低 PAHs 產生量 15-30%，林(2012) 研究國人最常用之新山香及老山香、料香及沉香粉，發現添加 30%之牡蠣殼、蜆殼，PAHs 分別降低達 21%、20%及總毒性當量(Total-BaPeq) 排放係數分別降低達 37%、21%，黃(2011)研究針對料香、新山香、老山香、沉香添加四種市售炭材(竹炭、備長炭、木炭、活性炭)，研究結果顯示，添加炭材於拜香成分中，將增加拜香之燃燒速率、減少懸浮微粒、固相多環芳香烴化合物(P-PAHs)及總毒性當量(Total-BaPeq)之排放，林(2009)研究結果顯示添加 30% 之 CaCO₃ 拜香於拜香燃燒排空氣污染物物理特徵及化學特性方面，使拜香燃煙中之懸浮微粒、總放多環芳香烴化合物(Total-PAHs)及總毒性當量(Total-BaPeq)排放係數分別降低約達 43%、24%及 25%，而添加 30% 之 nano-CaCO₃ 拜香則分別降低約達 59%、31%及 31%，許(2006)研究發現生物酵素對懸浮微粒減量效果不明顯，但添加生物酵素有助於在粒徑 0.56-1.00 μm 處大幅度減量而使得 total S-PAHs 減量許多。

一拜香添加 Ca、Al、Fe、Mg 及 K 等不助燃之金屬物質，其排放出的 PAHs、懸浮微粒、有機物、總毒性當量等皆會減少，如將各研究技術結果轉移至業界，

即可對於廟宇環境有大大的改善。

2-4 傳統固氣分離器(Denuder)與濕式固氣分離器差異

傳統固氣分離器(Denuder)分為兩種，一為同心圓狀，二為蜂巢狀，在其設計方面，同心圓狀是利用直圓柱管作成，蜂巢狀固氣分離器，其中有一直徑為4.7公分，高度為3.8公分的圓柱體，內含212個內徑為0.2公分的六角形玻璃管，且整個蜂巢套管為一體成型的玻璃構造物，如此可避免氣態污染物的沉積損失，並有鐵弗龍材質被覆於內部表面及採樣口，以減少採樣氣體的損失量(Sioutas et al., 1996)，因蜂巢式固氣分離器表面積遠比同心圓狀固氣分離器大，固其收集酸性及鹼性氣體的容量，也比同心圓狀固氣分離器收集量為大(Koutrakis et al., 1993)，但因兩種不同形式之固氣分離器內部皆為玻璃所製造組合而成之圓柱體，故經碰撞後會造成損害，以致固氣分離器內部氣體吸收因裂損而失效，且固氣分離器再採樣前需要塗佈 1% 碳酸鉀與 1% 甘油的塗佈液，以吸附酸性氣體，採樣結束後，也須將吸附液手工萃取出，過程耗時且費力。

濕式固氣分離器由兩片玻璃平板並塗佈組成 TiO_2 而成，利用純水做成吸收液，吸收液由上而下流經平板表面後會形成一層水膜，而氣體在平板間由下往上流動而被吸收，多孔型玻璃平板塗敷 TiO_2 再照射 UV 光，林(2006)進行氣體吸收效率實驗後發現，當氣體流量為 5 L/min、7 L/min、10 L/min 時，吸收液流量為 1 mL/min，氣體吸收效率分別為 $105.36\% \pm 9.06\%$ 、 $96.76\% \pm 1.57\%$ 、 $90.33\% \pm 4.63\%$ ，顯示氣體吸收效率在流量為 5 L/min 時已達到 100%，濕式固氣分離器除要補充純水外，並不需要做萃取之動作，與傳統固氣分離器相較之下，有省時、省力、減少變因等優點。

三、研究方法

3-1 濕式固氣分離器

傳統固氣分離器(Denuder)在其設計方面，有同心圓狀與蜂巢狀兩種，蜂巢狀Denuder為改良同心圓Denuder對於陰離子吸附的誤差、干擾改良而成，但皆因本身材質問題，碰撞後Denuder極易損傷斷裂毀損，進而造成氣態離子吸附不完全，因此本研究利用濕式固氣分離器(JUSUN, Denuder Sampling System, Model 9100, PPWD)進行採樣，濕式固氣分離器共有兩個平板，每個平板吸收表面長為150 mm，寬為75 mm，面積為112.5 cm²，兩平板間隙為4 mm，每個平板的去離子水吸收液流量為1 mL/min，採樣時間為5分鐘，氣體流量為5 L/min，而吸收表面為多孔玻璃板製成，其表面塗敷奈米二氧化鈦(TiO₂)，再經UV光照射，以增加潤濕性，奈米TiO₂凝膠擁有附著性良好、不易脫落的特性，當蒸餾水自分離器上方水槽注入後，會沿吸收表面溢流而下，均勻擴散於整個玻璃表面形成水膜，而濕式固氣分離器對於酸性氣體的反應時間為10分鐘(Ku et al., 2010)，林(2006)進行氣體吸收效率實驗後發現，當氣體流量為5 L/min、7 L/min、10 L/min時，吸收液流量為1 mL/min，氣體吸收效率分別為105.36% ± 9.06%、96.76% ± 1.57%、90.33% ± 4.63%，顯示氣體吸收效率在流量為5 L/min時已達到100%，並利用此濕式固氣分離器系統連結離子層析儀(IC)，以即時採取樣品分析的方式，進行氣膠樣本於溶液中的濃度分析，減少傳統氣固分離器(Denuder)萃取的時間以及採樣之干擾污染，連續式Denuder採樣系統抽氣的流率設定為5 L/min，利用此流率抽去樣本，並使用蠕動幫浦將樣本打入離子層析儀中，為了避免多餘的樣本洩流出來，而造成抽氣幫浦故障，故將蠕動幫浦速率設定為7 rpm，以避免故障產生。

3-2 燃燒室採樣

燃燒室採樣部分，將一支拜香置入燃燒室當中(1 m×0.5 m×0.65 m)的支撐器上點燃，在燃燒前，啟動濕式固氣分離器進行採樣(吸收液流量 2 mL/min，抽氣

流率設定為 5 L/min，蠕動幫浦速率設定為 7 rpm)，以離子層析儀分析燃燒室中之背景值，經過 35 分鐘後點燃拜香，分析拜香燃燒時的單元羧酸濃度，於拜香燃燒結束後，持續採集樣品分析 3 小時，研究單元羧酸濃度下降之程度，兩次採樣分析中，第一次使用台灣拜香進行分析，第二次使用泰國拜香進行分析(圖 1 為刺激性單元羧酸即時偵測研究分析儀器連結示意圖)。

表 1 拜香基本資料

	台灣拜香	泰國拜香
拜香長度	39.2 ± 0.2cm	27.8 ± 0.3 cm
香腳長度	10.7 ± 0.2cm	12.8 ± 0.4 cm
拜香寬度	0.46 ± 0.05 cm	0.37 ± 0.08cm
燃燒淨重(香全中-香腳重)	2.483 ± 0.4g	1.524 ± 0.8 g

3-3 廟宇採樣

採樣地點設定為台南最具盛名的祀典台南大天后宮，採樣口設置於觀音殿的香爐邊，採樣時間，為每日上午八點廟方工作人員開始作業時開始採樣，至晚上六點人少時結束採樣，總共採五天，且其中一天為節慶日(元宵節)，觀察廟宇中非慶日與節慶日之間單元羧酸的差異，選定祀典台南大天后宮的原因為下：

- (1) 祀典大天后宮是台灣本島最古老的官方媽祖廟。
- (2) 祀典大天后宮的建制格局與規模，在台灣保留明代官府建築者，僅此一處。
- (3) 祀典大天后宮是台灣媽祖廟中唯一在清初就由朝廷列入祀典，屢獲清朝歷代皇帝頒賜御匾。

(4) 祀典大天后宮的春祈秋報祭儀源遠流長，從未間斷。

(5) 台灣各地媽祖廟不少是從祀典大天后宮分香、分靈，或者是早在清代就定期、不定期前來進香、朝晉。

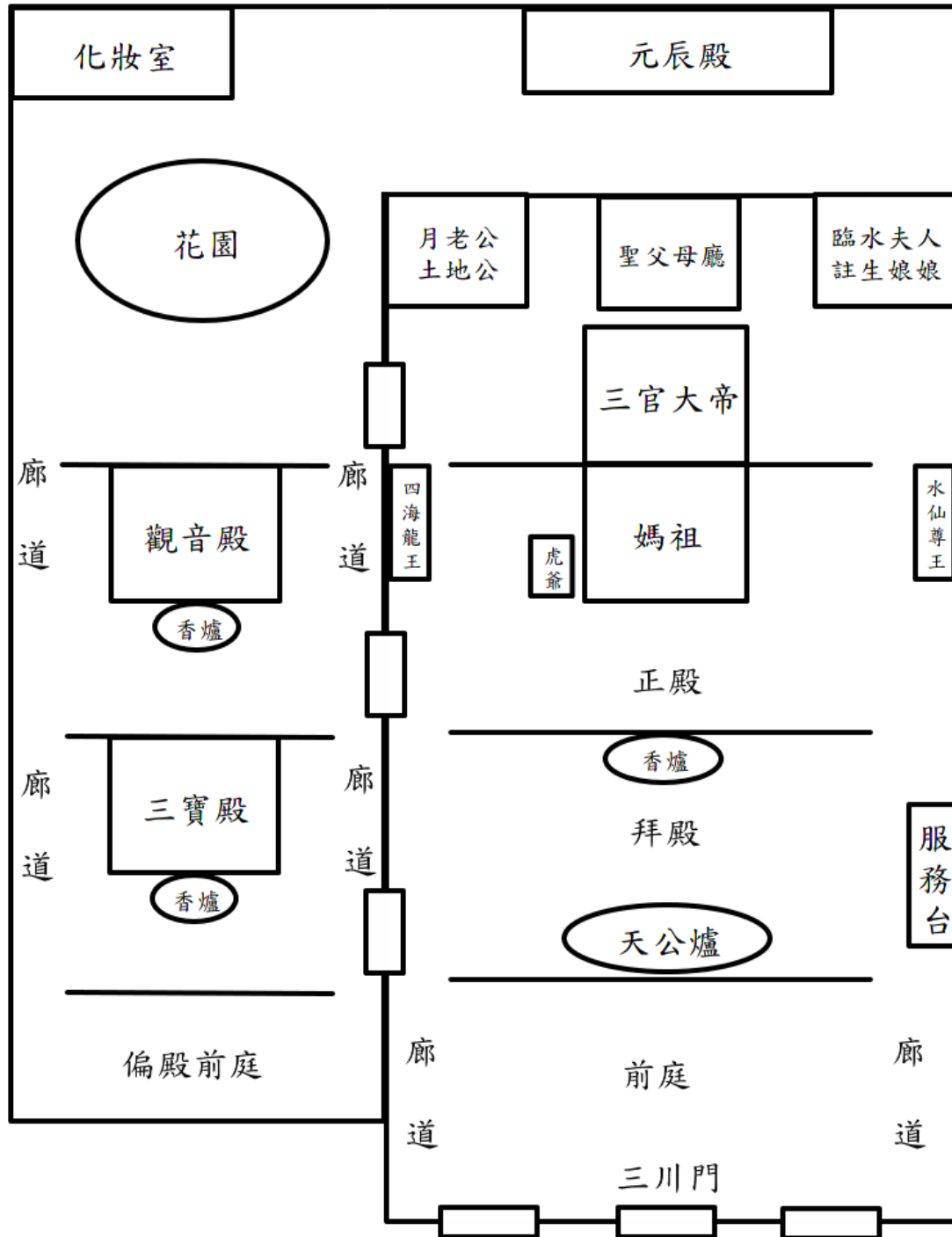


圖 1 台南大天后宮配置圖

3-4 樣品分析

單元羧酸之分析條件如下：

IC 型號：Dionex ICS-1000

Column：Ion Pac AS11, AG11 (4mm)

Flow rate：1mL min⁻¹

Injecting volume：250 μL

Detection：Suppressed conductivity (ASRS 300 4mm)

Eluent：1 mM NaOH

Analytes：Acetic acid、Formic acid

3-5 方法偵測極限

本實驗之方法偵測極限，參考環保署環環境檢驗所之標準方法(NIEA-PA107)，利用標準溶液配製五個相同濃度的待測樣品，以儀器重複測定五次值之標準偏差(s)的3倍濃度，即為MDL值。

表 2 方法偵測極限

	醋酸	甲酸
配置濃度	1 ppm	1 ppm
次數		
1	1.03 ppm	1.07 ppm
2	0.92 ppm	0.91 ppm
3	0.97 ppm	0.96 ppm
4	1.02 ppm	1.06 ppm
5	1.00 ppm	1.03 ppm
SD	0.04 ppm	0.06 ppm
MDL	0.12 ppm	0.18 ppm

3-6 空氣中醋酸、甲酸濃度計算

離子層析儀所分析出的濃度與實際空氣中之濃度是有差異的，所以要利用表準氣體公式回推至實際之空氣中濃度，本實驗使用進氣流率為 5 L/min，進入濕式固氣分離器進行萃取，再利用 2 mL/min 之吸收液進樣至離子層析儀進行分析，空氣中醋酸溶至水中，解離成 $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ ，然而甲酸溶至水中，解離成 $\text{HCO}_2^- + \text{H}^+$ 形式，在計算時要將解離的氫鍵回推，即醋酸： $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 / \text{CH}_3\text{CO}_2^- = 1.02$ ，甲酸： $\text{CH}_2\text{O}_2 / \text{HCO}_2^- = 1.02$ ，於醋酸、甲酸計算時各乘回比例，計算算式如表 3 所示。

表 3 空氣中醋酸、甲酸濃度計算方法

ppm (液體)	ppmv (大氣)	M	g/mole	M ⁻	g/mole	Ratio	
1	0.166	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	60.06	CH_3COO^-	59.06	$\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$	1.02
1	0.217	CH_2O_2	46.0	HCO_2^-	45.0	$\text{CH}_2\text{O}_2 / \text{HCO}_2^-$	1.02
吸收液= 2 (mL/min)		T (K) =298		P (Pa) =101325			
Gas flow rate= 5 (L/min)		R=8.314					

$$\text{空氣中濃度 ppmv} = \text{IC 濃度(ppm)} \times \frac{2}{5} \times \frac{T \times R}{P \times \text{待測物分子量}} \times \text{Ratio} \times 1000$$

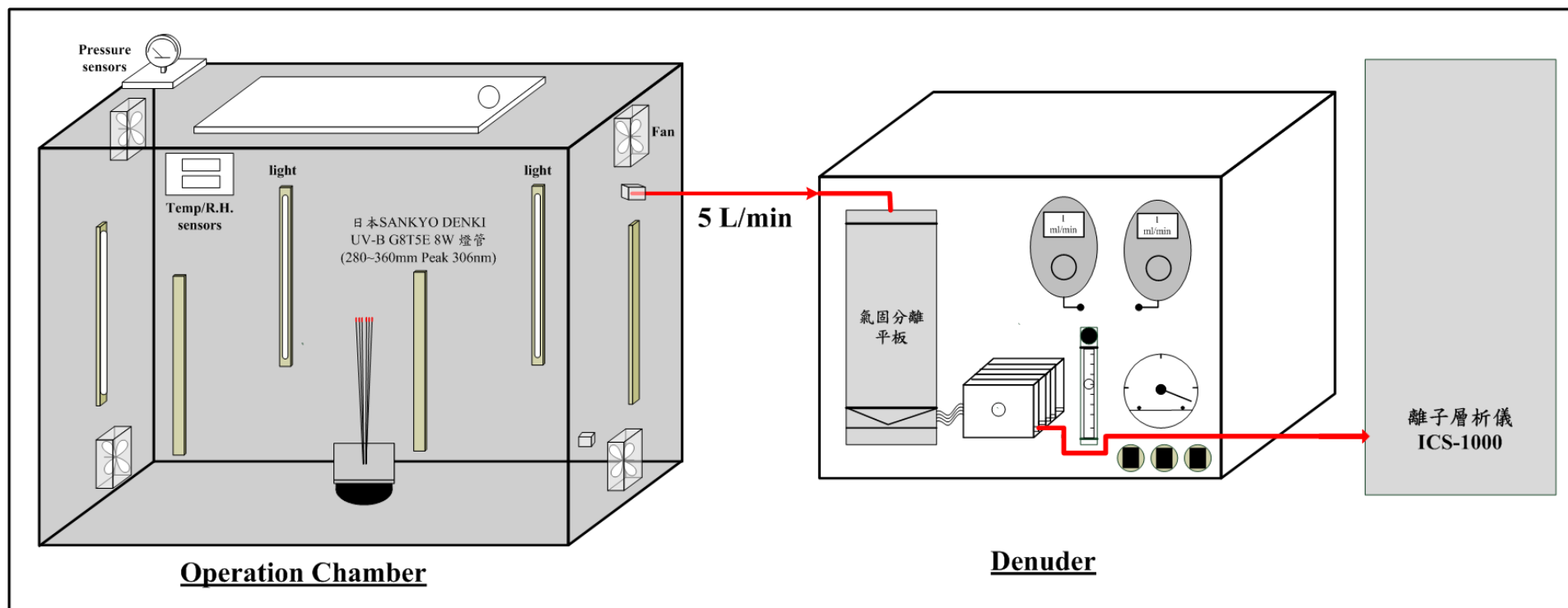


圖 2 刺激性單元羧酸即時偵測研究分析儀器連結示意圖

四、單元羧酸即時偵測研究成果

4-1 自製燃燒室拜香採樣結果

自製燃燒室拜香採樣，選用台灣與泰國共兩種拜香作為研究，在拜香燃燒時，先行採集 35 分鐘之燃燒室空白濃度，採集完空白後開始點燃拜香持續分析，為了使燃燒室中之醋酸、甲酸穩定下來，研究中等待拜香燃燒結束後繼續採集三小時，以收集更完善之研究數據(表 1 拜香基本資料)。

台灣拜香在燃燒室中所採集的樣本，醋酸最高濃度達 2.50 ppm，而甲酸方面最高濃度達 1.64 ppm，泰國拜香之醋酸最高濃度達 2.70 ppm，而甲酸方面最高濃度達 1.74 ppm，由以上濃度可見，相同採樣條件下，泰國拜香之醋酸、甲酸濃度，皆高於台灣拜香之濃度，研究中可發現醋酸與甲酸之排放趨勢一致，台灣拜香以及泰國拜香皆在燃燒後 15 分鐘，醋酸、甲酸之濃度短時間內大幅增加至最高峰(圖 2 至圖 7 台灣與泰國拜香醋酸、甲酸即時偵測研究結果)。

表 4 拜香燃燒時醋甲酸最高濃度表

	台灣拜香	泰國拜香
燃燒時間	85 min	45 min
最高醋酸濃度(A)	2.50 ppmv	2.70 ppmv
最高甲酸濃度(F)	1.64 ppmv	1.74 ppmv
A/F	1.52	1.55

台灣拜香 醋酸

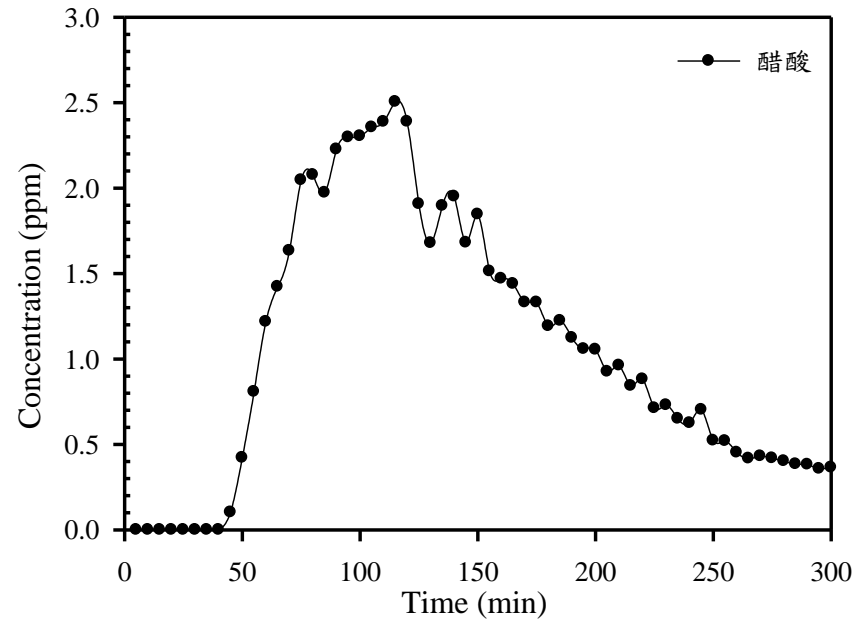


圖 3 台灣拜香醋酸即時偵測研究結果

台灣拜香 甲酸

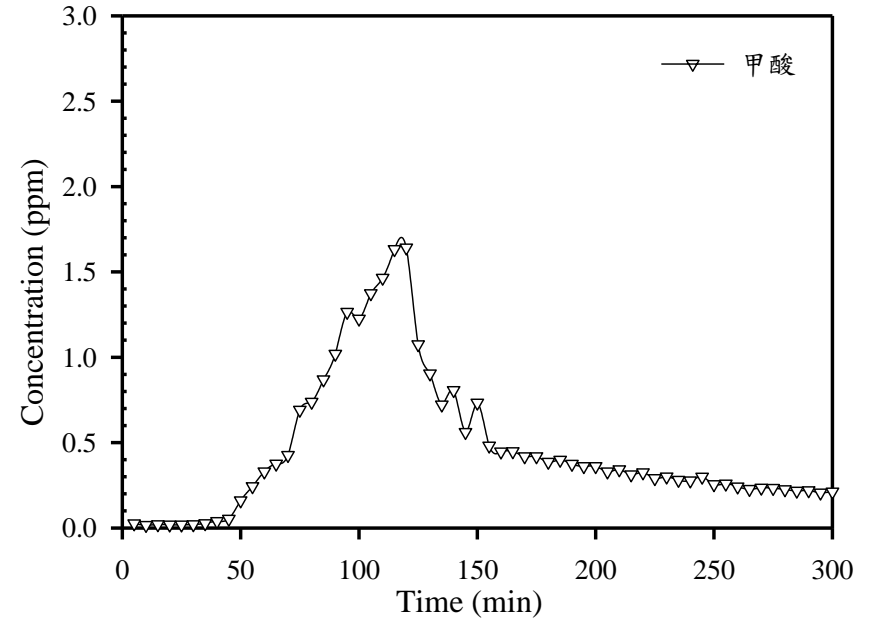


圖 4 台灣拜香甲酸即時偵測研究結果

泰國拜香 醋酸

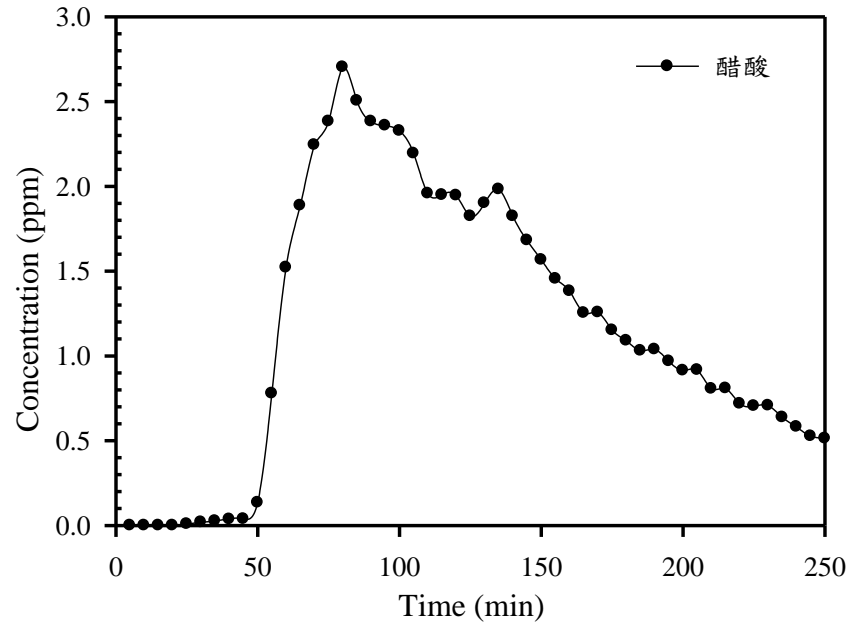


圖 5 泰國拜香醋酸即時偵測研究結果

泰國拜香 甲酸

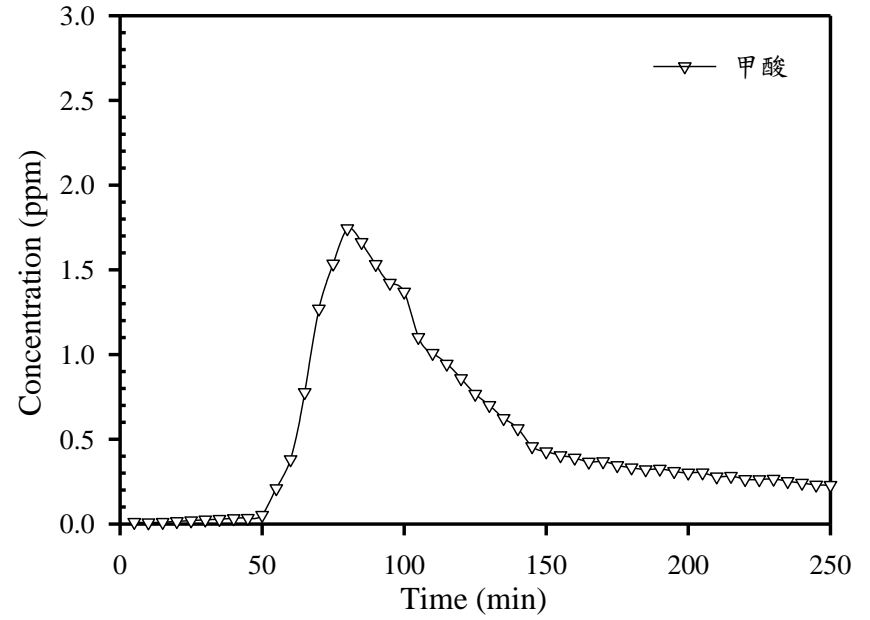


圖 6 泰國拜香甲酸即時偵測研究結果

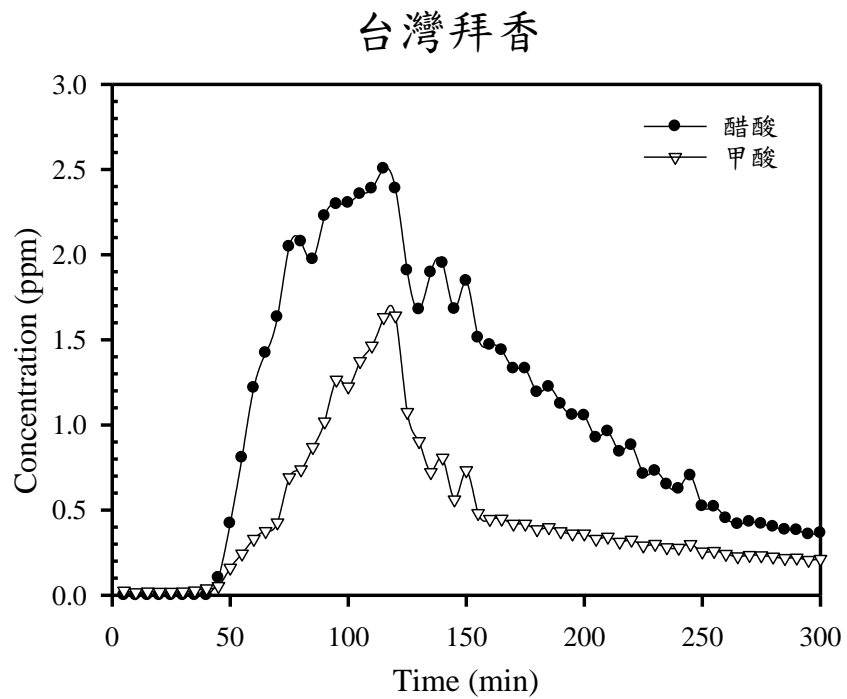


圖 7 台灣拜香醋酸、甲酸即時偵測研究結果比較

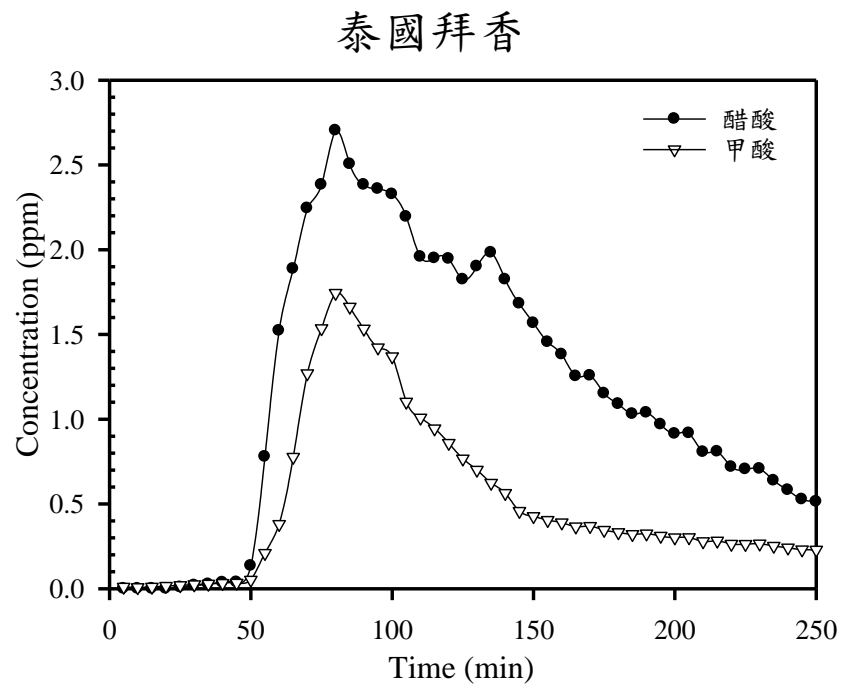


圖 8 泰國拜香醋酸、甲酸即時偵測研究結果比較

4-2 廟宇祭祀活動

廟宇祭祀活動採樣，於廟中進行五天之採樣，五天之中，有四天為非節慶日，一天為節慶日，以區分非節慶日與節慶日之間，廟宇環境中醋酸、甲酸之差異，此次採樣並未分析到甲酸，其原因需要另外做討論。

研究採集日期為 2014 年 2 月 12 日至 2014 年 2 月 16 日共五日，當中 2014 年 2 月 14 日為元宵節(節慶日)，圖 9 為 2 月 12 日即時偵測研究，當天最高濃度出現在 10 點 15 分為 0.93 ppmv，這時有一團進香客進香，中午也有不少人來上香，所以致使當下以及中午時分濃度升高，圖 10 為 2 月 13 日即時偵測研究，當天最高濃度出現在 8 點 30 分為 0.76 ppmv，由於是平日加上當天只有少數遊客前來上香，所以除了 8 點 30 分外，其他時段濃度均低，圖 11 為 2 月 14 日即時偵測研究，當天最高濃度為 0.99 ppmv，這天為元宵節，元宵節也是國人俗稱的小過年，這天晚上是農曆新年的第一個月圓之夜，一早廟方人員即開始焚香誦經，在當天也有不少的進香團與信眾，故可看出 2 月 14 日元宵節醋酸平均濃度 0.26 ppmv，是整個採樣期程中最高濃度，圖 12 為 2 月 15 日即時偵測研究，當天最高濃度出現在 12 點 15 分為 0.85 ppmv，另外再 10 點 15 分、16 點 00 分濃度皆有兩個高值，當天這三個時段為星期六遊客最多時，圖 13 為 2 月 16 日即時偵測研究，當天最高濃度出現在 8 點 00 分為 0.80 ppmv，一早即有進香團進香，所以濃度在 8 點時呈現最高值。

表 5 五日廟宇祭祀活動之單元羧酸比較表

	醋酸濃度		甲酸濃度	
	最高	平均	最高	平均
2 月 12 日	0.93 ppmv	0.19 ppmv	ND.	ND.
2 月 13 日	0.76 ppmv	0.07 ppmv	ND.	ND.
2 月 14 日	0.99 ppmv	0.26 ppmv	ND.	ND.
2 月 15 日	0.85 ppmv	0.17 ppmv	ND.	ND.
2 月 16 日	0.80 ppmv	0.11 ppmv	ND.	ND.

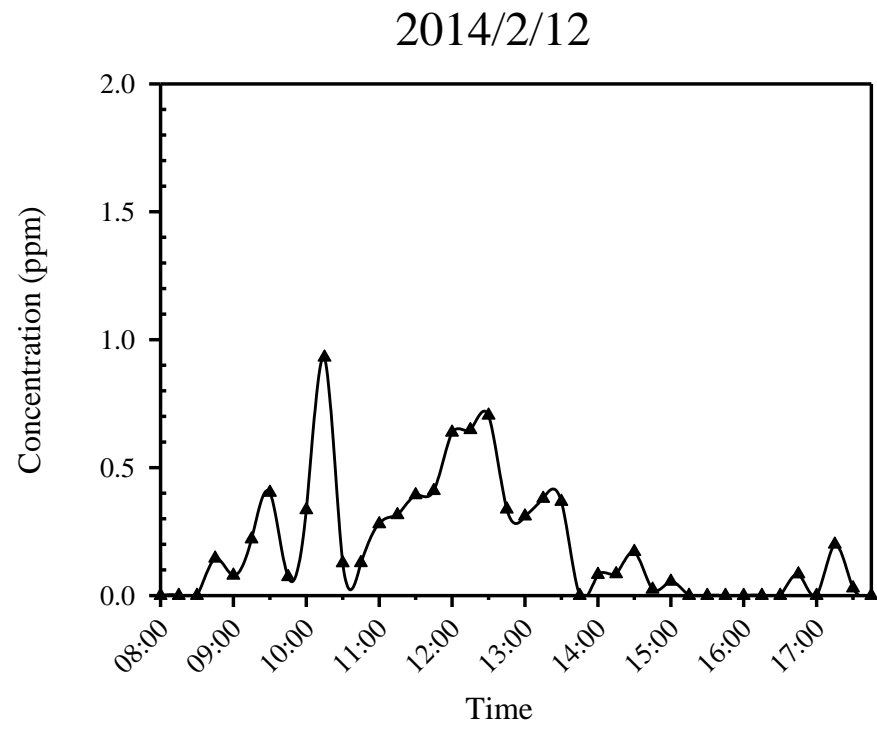


圖 9 2014/2/12 醋酸即時偵測研究結果

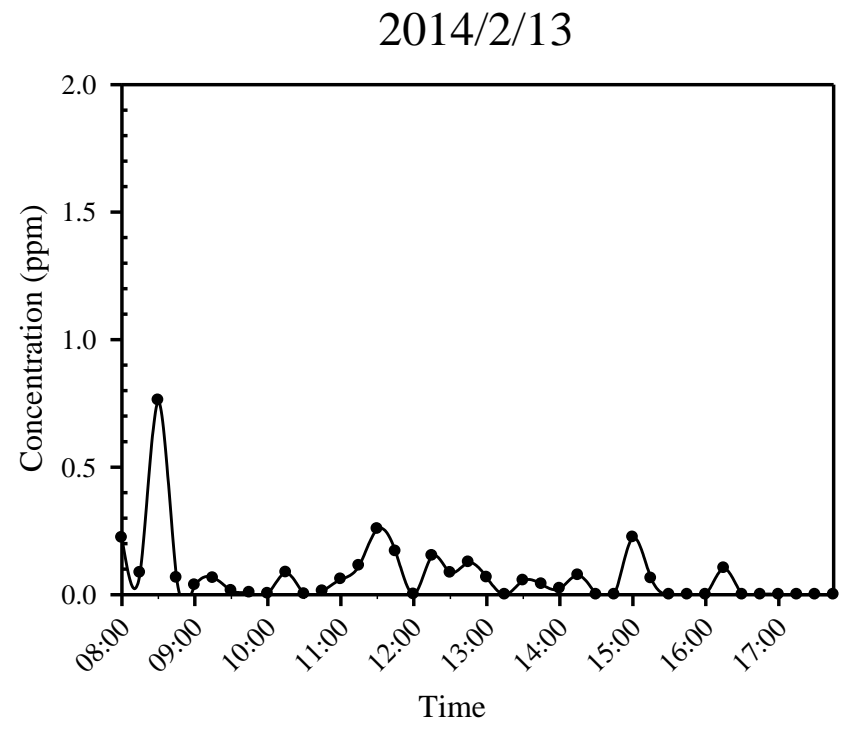


圖 10 2014/2/13 醋酸即時偵測研究結果

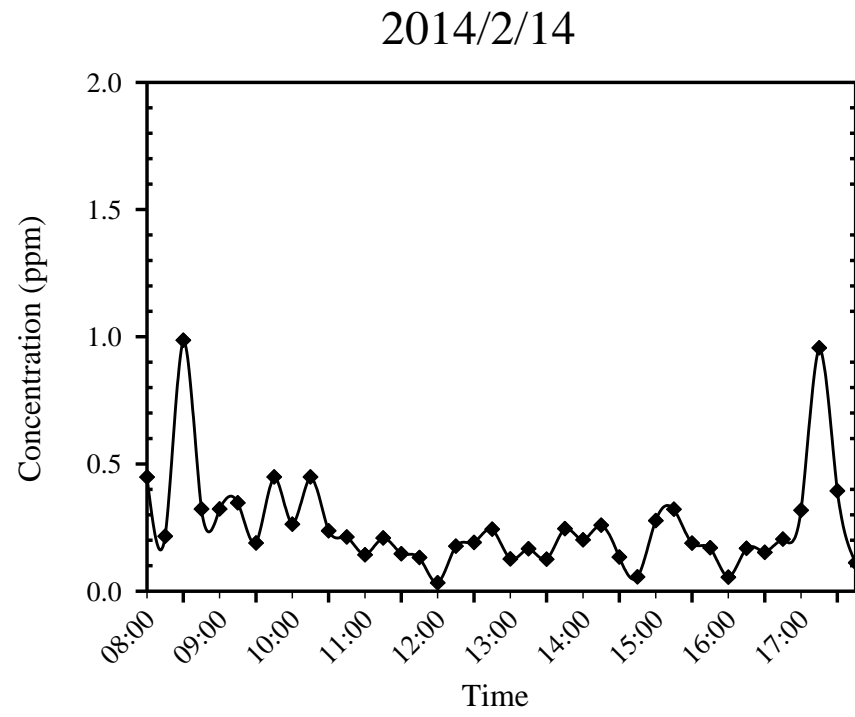


圖 11 2014/2/14 醋酸即時偵測研究結果

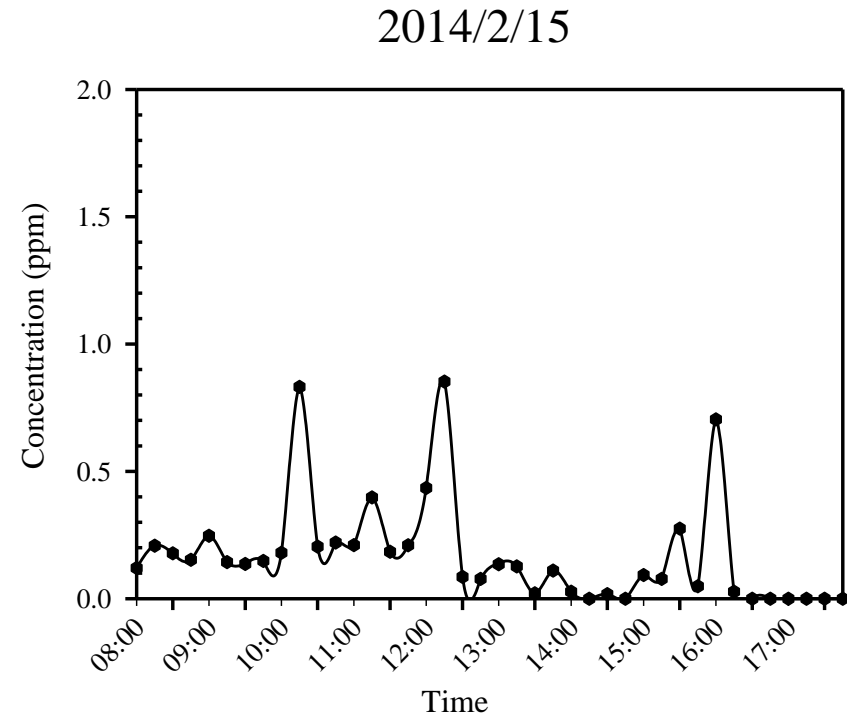


圖 12 2014/2/15 醋酸即時偵測研究結果

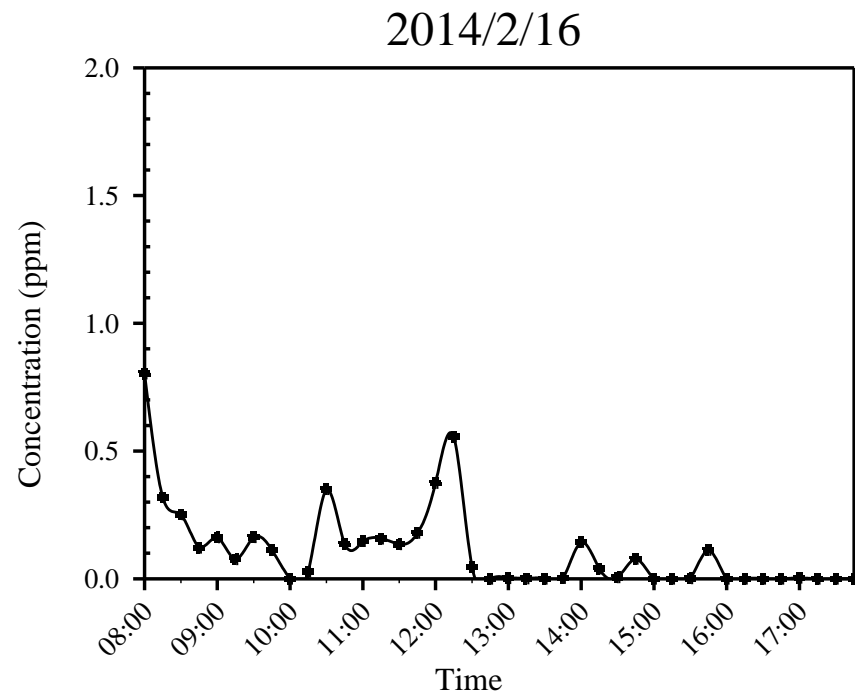


圖 13 2014/2/16 醋酸即時偵測研究結果

五、結論與建議

5-1 結論

本研究利用即時偵測方式，分析拜香中之單元羧酸，在自製燃燒室中採樣分析的結果，在拜香燃燒時，台灣拜香的醋酸與甲酸濃度皆向上攀升至最高的 2.50 ppmv、1.64 ppmv，泰國拜香的醋酸與甲酸濃度皆向上攀升至最高的 2.70ppmv、1.74 ppmv，兩種拜香之醋酸、甲酸最高濃度比皆在 2 上下，等待拜香燃燒結束後，醋酸與甲酸濃度開始下降至穩定值，時間與濃度上呈現良好的表現，於廟宇中採樣分析的結果，雖未分析到甲酸，但是醋酸方面，濃度隨著拜香數量的增加而增加，在元宵節當天醋酸濃度最高到達 0.99 ppmv，本研究利用濕式固氣分離器連接離子層析儀進行即時分析方式，免去利用傳統固氣分離器採樣所需要的冗長塗佈、萃取時間，達到即時偵測目的。

5-2 建議

- (1) 大多數廟宇對於採樣作業，都抱持著懷疑的態度，採樣前必須妥善溝通，以建立互信關係。
- (2) 採樣裝置於廟宇中的位置不可太過顯眼，廟方著重於信眾之權益，盡可能不在廟宇中軸線上採樣，但中軸線上之香爐數量最多，在整體廟宇採樣也最具代表性，對於未來廟宇研究是必須克服的一點。
- (3) 根據依空氣污染防制法第二十條第二項規定，醋酸與甲酸為空氣污染物，暴露過量會對於我們的皮膚、眼、鼻等敏感部位具有刺激感，但是室內空氣品質管理法中並未規範到單元羧酸方面，更長時間的研究。

六、參考文獻

- Koutrakis, P., Sloutas, C., Ferguson, S.T., Wolfson, J.M., 1992. Development and evaluation of a glass honeycomb denuder/filter pack system to Collect Atmospheric Gases and Particles. *Environmental Science & Technology* 27, 2497-2501.
- Sloutas, C., Wang, P.Y., Ferguson, S.T., Koutrakis, P., 1996. Laboratory and field evaluation of an improved glass honeycomb denuder/filter pack sampler. *Atmospheric Environment* 30, 885-895.
- Tsai, Y.I., Wu, P.-L., Hsu, Y.-T., Yang, C.-R., 2010. Anhydrosugar and sugar alcohol organic markers associated with carboxylic acids in particulate matter from incense burning. *Atmospheric Environment* 44, 3708-3718.
- Ku, Y.P., Yang, C., Lin, G.Y., Tsai, C.J., 2010. An Online Parallel-Plate Wet Denuder System for Monitoring Acetic Acid Gas. *Aerosol and Air Quality Research*, 10: 479-488.
- 吳俊傑,「拜香燃煙所產生之微粒相與氣相多環芳香烴排放特性」,元培科技大學,碩士論文,2011。
- 吳信慶,「拜香燃煙之有機指標特徵及數目參數研究」,嘉南藥理科技大學,碩士論文,2011。
- 林育陞,「香使用文化的意義變遷與特徵」,朝陽科技大學,碩士論文,2006。
- 林炎德,「添加碳酸鈣及奈米碳酸鈣對燃燒拜香產生空氣污染物之影響」,嘉南藥理科技大學,碩士論文,2009。
- 林冠宇,「一個吸收氣體的平板式濕式分離器」,國立交通大學,碩士論文,2006。

林建佑，「添加牡蠣殼及蜆殼廢棄物進行低毒性拜香之研發」，嘉南藥理科技大學，碩士論文，2013。

林嘉彬，「拜香燃煙中丁香酚類之光化機制特性變異」，嘉南藥理科技大學，碩士論文，2012。

張梅雅，「佛道經典中的行香文化」，國立政治大學，碩士論文，2003。

許中駿，「添加金屬鹽類與生物酵素對拜香燃煙特徵及基因毒性之影響」，國立成功大學，碩士論文，2006。

許郁婷，「傳統拜香燃煙之有機酸及脫水醣類特性研究」，嘉南藥理科技大學，碩士論文，2010。

陳宜慧，「室內拜香燃燒脫水醣排放特徵與空氣清淨效率之研究」，雲林科技大學，碩士論文，2009。

陳貞孜，「燃燒金紙、拜香產生空氣污染物之評估」，嘉南藥理科技大學，碩士論文，2012。

黃泓鈞，「拜香燃煙中多環芳香烴與重金屬污染物之生物毒性研究」，國立成功大學，碩士論文，2013。

黃勝啟，「添加炭材對於拜香燃煙特性之影響」，嘉南藥理科技大學，碩士論文，2011。

楊奇儒，「低污染拜香研發：拜香主要成分對拜香燃煙特徵之影響」，國立成功大學，博士論文，2006。

趙淑君，「文化創意導入傳統產業行銷策略之研究—以新港香藝文化園區為例」，康寧大學，碩士論文，2011。

蔡政男，「拜香燃煙中 PAHs 與 Nitro-PAHs 之基因毒性探討」，國立成功大學，碩

士論文，2005。

蔡政謀，「台灣寺廟拜香及金紙焚燒排放含汞污染物之室內外環境日夜變化及排放係數量測」，國立中山大學，碩士論文，2013。