

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科(二)

第二名

082911

阿嬤的心願-多功能燒香拜拜神器

學校名稱：新北市淡水區竹圍國民小學

作者： 小六 簡賀頡 小六 張可杰 小五 廖長墨 小五 曹語歲	指導老師： 陳建興 張翠萍
---	-------------------------

關鍵詞：懸浮微粒、空氣清淨機、燒香拜拜

阿嬤的心願-多功能燒香拜拜神器

摘要

本研究自製模型屋、自製空氣清淨機、自製燒香拜拜神器，線香在拜拜神器內燃燒隔絕外部對流以降低污染物對室內影響，利用空氣品質檢測器，檢測 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀，共6項濃度變化。實驗結果如下：49%民眾有燒香，燒香是重要祭拜儀式。燒香與汽機車污染物濃度不同，且差異很大。拜拜神器清淨速率：TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀線香燃燒完後，大約清淨2分鐘達到室內空氣品質標準，線香支數：可以清除燃燒3支香的污染物，建議燒1支香主要是 HEPA 過濾網更換成本較高。過濾網耐用度：每燃燒50支香後，平均濃度 CO 增加43.57PPM、CO₂增加94.83PPM、HCHO 增加 0.045PPM、TVOC 增加0.53PPM、PM_{2.5}增加9.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、PM₁₀增加13.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。成本：燃燒200支香計算每支香燒香成本4元。

壹、研究動機

阿嬤每天都要燒香拜拜，祈求神明祖先保佑一家大小平安，阿嬤說：燒香有那麼嚴重嗎？我燒了70年的香，也沒有得肺病，外面的汽機車排放的廢氣才嚴重，每次走到大馬路，公車經過排放廢氣才讓人不舒服。要燒香嗎？這是很多人討論的問題，過度限制，祭祀文化會消失，傳統製香工藝與產業沒落，相關的產業人員失業問題。相關研究報告，燒香、燒金紙和汽機車廢氣、工業污染物相同，會產生懸浮微粒 PM_{2.5}是真的嗎？我們很懷疑，不同的燃燒物質，會產生相同濃度的污染物嗎？根據專家研究：台灣一年燃燒三千公噸的線香，產生空氣污染物等於兩萬輛車的排放量，真的有那麼嚴重嗎？我們想:是否有可以保存燒香文化，又可以降低環境污染問題的好方法，所以我們想利用家中、學校現有的材料，設計出燒香拜拜清淨機，在燒香所產生的污染物，還未飄散及擴散前，就將污染物利用自製大型空氣清淨機，將污染物清除，達到零排放污染物的效果，完成阿嬤每天燒香拜拜的心願。

貳、研究目的

- 一、了解社區家庭中燒香的使用情況。
- 二、研究不同環境下空氣污染物的差異。
- 三、研究不同線香空氣污染的差異。
- 四、研究不同燃燒物空氣污染物濃度的差異。
- 五、利用現有的材料製作空氣清淨系統。
- 六、製作燒香專用拜拜神器應用於生活中。
- 七、訪問製香業者了解製香的過程與成分。

參、文獻探討與擬定研究方向

一、燒香的宗教意義

表 1 燒香的宗教意義分析表

燒香宗教意義相關研究	我們的感想
民眾到廟宇去『燒香敬神』，是很多民間宗教『信仰者』，幾乎都會做的儀式行為，更是一種獨特的文化，有著一份特殊的情感，洪睿遠（2018）。	民眾燒香敬神是一種台灣特殊的祭祀文化。
實施禁香封爐並呼籲信眾使用意念心香祭祀神明，成為眾廟之中的特殊案例。由於「環保宮廟」概念涉及祭祀物質與祭拜儀式的改良與變更，連帶的影響著漢人社會文化的傳統觀念，蘇倍筠（2019）。	現在禁香、封爐對於台灣民俗文化有嚴重影響，要找到環保與文化共存重要的方法。
燒香民間信仰特色，透過香向祖先與鬼神傳達心中的祈願，香在信仰中扮演人與鬼神之間的橋梁，對於使用「香」衍生「香火觀」傳承意志，重視「香火」的延續，其方式是藉由不斷綿延子嗣的方式達成，顧惟婷（2012）。	燒香是一種人與神、祖先溝通的方式，有綿延子嗣意涵。

二、燃燒線香對空氣品質與人體影響相關研究

表 2 燃燒線香對空氣品質與人體影響相關研究分析表

燃燒線香對空氣品質的影響相關研究	我們的感想
拜香等製造業者，無論是在肺功能異常盛行率上或在肺通氣功能減損上，均較一般民眾明顯嚴重（楊俊郎，1989）。	30 幾年前研究報告就說明，拜香製造業者工作很辛苦，要珍惜用香。
拜香燃燒後所產生之微粒，微粒粒徑分布範圍主要在 $0.1 \mu m \sim 0.4 \mu m$ 之間，比例佔總數目濃度的 88.4-89.2%（吳信慶，2011）。	懸浮微粒主要分布在 $0.1 \sim 0.4 \mu m$ 最多，小粒徑的微粒數量比例很高。
燃燒線香所產生的氣相空氣污染物，包括：一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物、氨、乙烯、甲烷、多種揮發性、半揮發性有機化合物等（楊慈定，2014）。	燒香會產生很多我們不知的物質，因此要監測多種空氣污染物濃度變化。
當 PM2.5 到達 $35 - 45 \mu g / m^3$ ，增加全病因的急診、住院、死亡風險、心血管疾病的死亡風險，以及呼吸道疾病的急診風險（行政院環境保護署，2017）。	PM2.5 對身體的健康影響很大，要注意 PM2.5 濃度變化。

參考王歆甯（2022）製表

三、科展相關研究

表 3 科展相關研究分析表

科展相關研究	我們的感想
減香、環保香、強制排煙系統，降低線香污染物，有顯著效果（李祐慶等，2014）。	環保香與強制對流對 PM2.5、HCHO、TVOC 有降低的效果。
燃香應注意空氣流通，良好的通風環境方能避免污染物；選用燃煙污染物種類少的香種（吳虹瑩等，2015）。	回家告訴阿嬤，燒香時開啟門窗。
N95 口罩防護 PM2.5 的效率最好（王宏齡等，2016）。	跟神明、祖先祈願，帶著口罩祖先認得出來嗎？
室內植物以粉黛葉、彩葉椒草等表面具凹凸構造者對 PM2.5	記得要在室內種些植物可以

下降率較佳（李益先等，2018）	提升室內空氣品質。
奈米 TiO ₂ 塗佈在建材上，發現奈米 TiO ₂ 確實可以達到分解 PM2.5 效率，達到降低 PM2.5 濃度的目標（胡歆等，2018）。	奈米 TiO ₂ 塗料是什麼東西？好像高科技材料？
盡量控制燃燒時間，不宜過長（李鎧家等，2020）。	線香燃燒時間縮短，所以跟神明、祖先祈願要快點。
自製小型空氣清淨機對空氣污染物 PM2.5，清除效率佳（吳恩好等，2019）	空氣清淨機對空氣污染物 PM2.5 有降低的效果。
日本原裝 SHARP 清淨機 HEPA 濾網的耐用效率最佳，3M 立體汽車靜電濾網表現亦佳居次（吳恩好等，2020）。	貴的濾網果然有效，上網查閱（好像買不起）。

參考 2022 年王歆甯製表

四、室內空氣品質標準

（一）空氣污染指標 表 7 室內空氣品質標準規定表（資料來源行政院環境保護署）

污染物	觀測時間	濃度標準
二氧化碳 (CO ₂)	八小時值	1000ppm (體積濃度百萬分之一)
一氧化碳 (CO)	八小時值	9ppm (體積濃度百萬分之一)
甲醛 (HCHO)	一小時值	0.08ppm (體積濃度百萬分之一)
總揮發性有機化合物 TVOC	一小時值	0.56ppm (體積濃度百萬分之一)
粒徑小於等於 10 μm 懸浮微粒 PM10	二十四小時值	75 μg/m ³ (微克/立方公尺)
粒徑小於等於 2.5 μm 懸浮微粒 PM2.5	二十四小時值	35 μg/m ³ (微克/立方公尺)

五、本研究與科展相關的差異 表 5 本研究與科展相關的差異分析表

科展作品	探討問題	檢測工具	檢測污染物	我們學會了
拜拜的煙「掰掰」 李祐慶等（2014）	減香、環保香、 強制排煙系統， 對線香污染物	自製光學流明 檢測器，濃煙警 報器	濃煙濃度	可以利用自製濃 度檢測器。
「霾害」不「霾」 怨呂昕亮等（2017）	家用空氣清淨機 對空氣污染物	PM2.5 檢測器、 CO ₂ 檢測器	PM2.5、CO ₂	家用空氣清淨機 可以降低污染物 濃度
Mini 清新立大功 吳恩好等（2019）	自製小型空氣清 淨機對空氣污染 物	自製 PM2.5 檢 測器	PM2.5	自己做的空氣清 淨機也可以降低 空氣污染物
燒好香，有保 庇？！ 李鎧家等（2020）	減香、環保香、 空氣強制對流對 線香污染物	檢測 HCHO、 TVOC、PM2.5， 貝爾斯坦試驗	甲醛、TVOC、 PM2.5	強制對流，可以 降低空氣污染物
仿真電子貢香（大 葉大學發明展）	利用 LED 模擬線 香	無	無檢測污染物	仿真電子貢香有 欺騙神明、祖先 的行為。
我們的研究： 多功能燒香拜拜神 器。	強力空氣清淨 機，清除燒香時 空氣污染物。	懸浮微粒檢 測、TVOC、 HCHO、CO ₂ 、 CO 檢測器。	TVOC、 HCHO、CO、 CO ₂ 、PM10、 PM2.5	想研究出超級燒 香專用空氣過濾 器

六、擬定研究方向

我們想探討燒香文化，燒香對於環境與人體的影響問題，這是一個兩難問題，閱讀相關研究發現，大部分針對 PM2.5、PM10 懸浮微粒濃度進行研究。依據環保署室內空氣品質標準，有六項 PM2.5、PM10、CO、CO₂、TVOC、HCHO。對於燃燒線香所產生的 CO、CO₂、TVOC、HCHO、PM2.5、PM10、懸浮微粒濃度與數量，對空氣品質影響相關研究不多，因此想研究線香燃燒時 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 濃度變化對室內空氣品質的影響。

相關文獻減少香支的使用量，增加空氣對流，利用空氣清淨機都可以有效的降低燒香時對於空氣品質的影響，有相關的研究利用電子香模擬線香，我們認為有欺騙神明、祖先，是不可取的作法，我們想設計一台燒香專用的空氣清淨機，污染物經過 HEPA、活性炭過濾網，降低室內燒香時的污染物，達到空氣品質標準。

肆、研究器材設備

一、實驗器材：1.台灣製造一般香 3 種，台灣製造環保香 6 種。2. HEPA 過濾網厚度 2.5cm、長 30cm×30cm 寬 5 片、活性炭濾網寬 15cm×75cm 4 片。3.木心板 4×8 尺 1 片、三夾板 4×8 尺厚 0.9cm 一片。4.木條寬 3cm×厚度 2cm×長度 120cm 30 支。5.透明膠布 3 尺 6 尺 1 張。6.金紙數張。7.蠟燭直徑 1.5cm 長度 20cm 數支。8.螺絲釘 1.5 吋 200 支。9.白膠 1 公升 1 包。

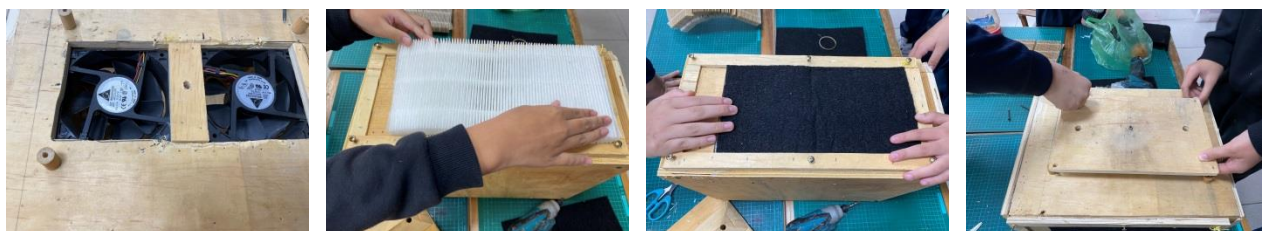
二、實驗設備：1.電子空氣檢測器 2 個（檢測 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10）。2.空壓機 2HP、氣動釘槍 F50、F30。3.通風扇 12 吋 1 台。4.相機 CANON70D、鏡頭 15~85mm、相機腳架。5.強力電扇 1.6 A 12 V 12 cm、4000 轉 2 台，速度控制器 2 個，變壓器 12V2A 2 台。6.小型線鋸（力山 2300A）。7.電動螺絲起子。8.大型空氣清淨機一台（H 牌）。9.小型空氣清淨機一台。10.機車一輛。

三、自製實驗模型屋：高 120 cm、寬 75 cm、深度 75 cm。體積為 0.675 m³。



開工了！先打造一個超大的實驗模型高 120cm、寬 75cm、深度 75cm，作為實驗的空間。

四、自製空氣清淨機



五、自製多功能燒香拜拜神器（第一代）



伍、研究設計與結果

一、研究有多少人還在燒香拜拜

首先要知道現代社會中燒香拜拜祈福儀式，在生活中的重要性與人口、年齡、燒香拜拜的次數與頻率。我們學區將近 80% 的居民為外來移入人口，無大型宮廟，有中小型土地公廟數座，為當地居民信仰中心，本校師生共計 1 千 1 百多位，加上社區的民眾，調查對象為本校學生家長、教師、社區民眾作為問卷調查的樣本。

（一）研究方法

針對本校學生家長、教師、社區鄰居進行問卷調查，問卷發出 1200 張，回收 852 張，有效問卷 790 張。

（二）調查結果

1. 宗教信仰分布：佛教 203 人，道教 244 人，基督教 101 人，天主教 14 人，回教 3 人，其他 225 人。本學區家長、教師、社區民眾，主要信仰為道教與佛教為主，佔比 56%，道教絕大部分有燒香，佛教大部分會燒香。
2. 燒香家人分布：祖父母 162 人，父母 320 人，配偶 89 人，子女 63 人，兄弟姊妹 91 人，其他 257 人。燒香的家人以祖父母、父母為主，年紀較長的家人。
3. 燒香地點分布：廟宇 306 人，家中 293 人，室外 120 人，其他 312 人。燒香的地點與家中廟宇最多，約佔比 58%，室內燒香居多。
4. 燒香頻率分布：每天 132 人，經常 87 人，偶爾 170 人，很少 172 人，沒有 229 人。每天、經常、偶爾燒香的人數約佔百分比 49.3%，約有一半的人數燒香祭祀的祈福儀式。

二、都是燒香惹的禍嗎？尋找空氣品質最差的地方

關渡宮祭拜要燒香，行天宮祭拜不燒香，很多人說不燒香的行天宮空氣品質比較好，是真的嗎？地熱谷溫泉泡腳，地熱谷味道臭臭的，空氣品質有問題嗎？媽媽煮菜時的油煙會影響身體健康嗎？所以我們想了解，在不同的環境下空氣污染物的種類與濃度，會有差異嗎？燒香真的如相關研究報告所述，比汽機車的排放污染濃度更高嗎？

（一）實驗設計

1. 檢測附近的廟宇、關渡宮有燒香、行天宮忠義廟無燒香、省道 2 號道路旁學校校內、學區社

區、大屯公園、北投地熱谷、老梅海邊、大型賣場、媽媽煮飯時的空氣品質。

2. 檢測10分鐘的空氣品質 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10濃度變化5次求平均值。

(二) 實驗結果

表2-1不同場所空氣品質檢測統計表

地區	CO	CO ₂	TVOC	HCHO	PM2.5	PM10	監測器 AQI
1.關渡宮大廳	4.8	653.2	0.0	0.0066	9.92	17.62	2
2.關渡宮香爐旁	4.4	635.4	0.0	0.0068	12.66	17.44	2
3.關渡宮宮前廣場	3.0	710.4	0.0	0.0092	7.64	13.94	2
4.大度路口	157.6	1617.8	3.76	0.1868	14.68	22.72	6
5.大度路中段	131.4	908.4	3.4	0.178	13.12	18.66	5
6.行天宮外圍	1.8	494.8	0.0	0.0022	1.58	2.68	2
7.行天宮內	1.4	505	0.0	0.0016	1.58	2.34	2
8.行天宮中庭	1.0	504.6	0.0	0.0018	1.68	2.34	2
9.北投地熱谷	257.4	1366.0	4.1	0.1542	3.6	5.96	5
10.便利商店	136.8	1417.4	2.82	0.1704	4.96	6.92	4
11.大馬路旁	156.8	1437.6	2.92	0.1772	19.38	26.64	5
12.大屯公園	0.0	493	0.0	0.0014	0.54	0.96	1
13.大賣場地下室	228.6	1343.2	4.06	0.2752	5.4	7.68	5
15.大賣場一樓	255.8	1256.2	5.86	0.348	0.76	1.26	6
16.大賣場二樓	266.4	1360.6	5.8	0.394	14.34	20.12	6
17.老梅海邊	0.0	499.6	0.0	0.0016	0.68	1.32	2
18.教室	5.6	554.8	0.2	0.006	8.74	14.12	2
19.媽媽煮菜時	280.6	1693.6	5.74	0.4262	17.6	26.4	6

備註：紅色字體表示超過室內空氣品質標準

(三) 實驗結果分析

1. 媽媽真偉大：分析檢測報告後，廚房空氣污染濃度 CO、CO₂、TVOC、HCHO 最高。

2. 賣場、馬路旁、地熱谷空氣品質都超標：大度路口、地熱谷公園、大賣場污染物 CO、CO₂、TVOC、HCHO 濃度很高，建議到大賣場買東西，時間不要待太久。

3. 上山下海空氣佳：空氣品質最佳的是大屯公園無污染，有時間要到山上呼吸新鮮空氣。

4. 宮廟有無燒香空氣品質的差異

(1) 意外發現，有燒香的關渡宮空氣品質，竟然與沒燒香的行天宮空氣品質差異不大，監測器 AQI 均為2級優良，跟教室相近。

(2) 關渡宮沒有禁香，為何空氣品質這麼好，靠近香爐發現，香爐藏有秘密設計，在香爐的內側周圍有多孔狀的排氣口（圖2-5），利用快速對流的方式，迅速將線香燃燒時的污染物排出宮外，因此宮內空氣品質與周圍環境背景值相近，我們發現燒香時用對方法可以降低燒香時污染物濃度，達到空氣品質標準。



圖2-5關渡宮香爐藏有貓膩你看出來了嗎？

三、研究燒哪一種香最好？

我們要做燒香拜拜神器，一定要用好的香，市面上90%香品都不好，我使用的是台灣製的線香，有經過認證。我們查了相關資料發現，台灣環保香降低線香污染物，有顯著效果，李祐慶等（2014）。我們在網路上購買台灣製作10種不同的線香，進行研究。

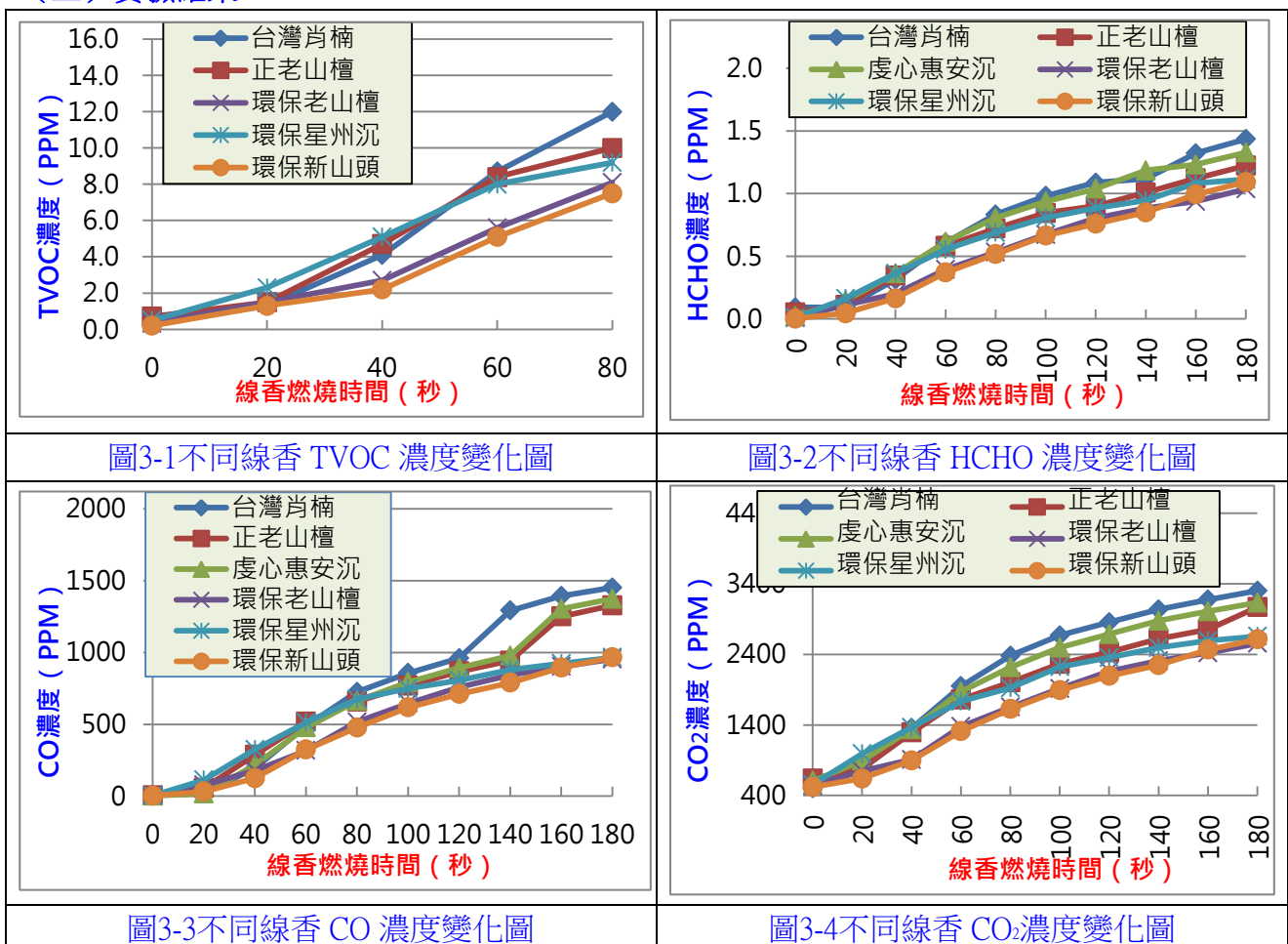
(一) 實驗設計

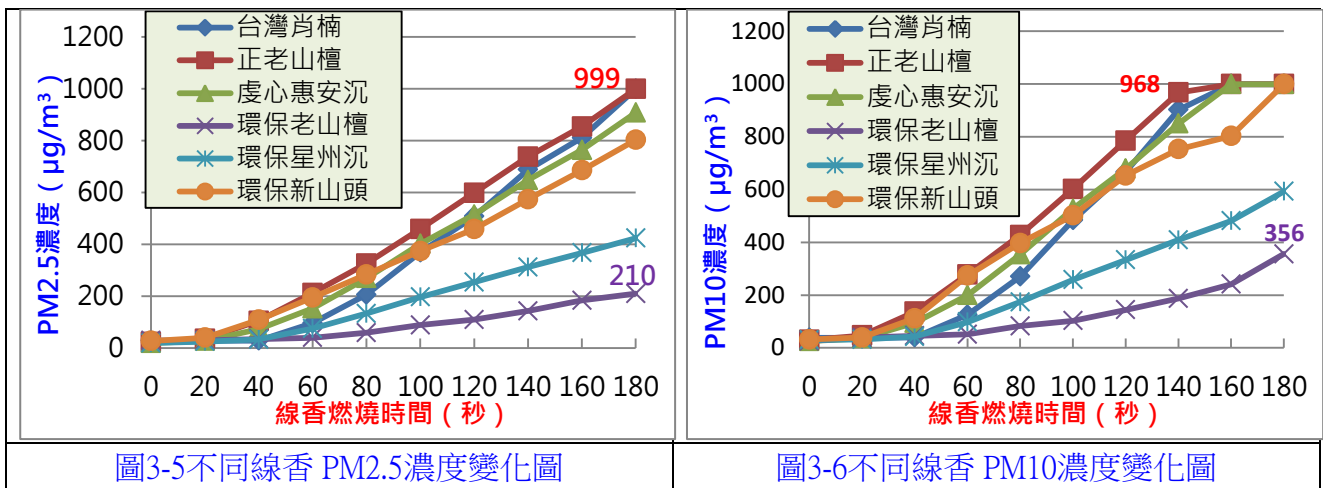
- 1.利用自製模型屋體積0.675立方公尺，作為線香燃燒實驗的空間。
- 2.點燃1支線香，放入模型屋內，用照相的方式，每20秒記錄1次污染物濃度，燃燒時間180秒，觀察污染物濃度的變化。
- 3.實驗完成後，將模型屋內的污染物，完全排出後，再進行下一次線香實驗。
- 4.實驗完後，將所拍攝的照片在電腦開啟圖檔，放大照片，記錄實驗結果。

(二) 變因設計

- 1.操作變因：不同的線香台灣肖楠、正老山檀、虔心惠安沉（線香直徑 2.8 ± 0.1 mm）、環保老山檀、環保星州沉、環保新山頭（線香直徑 2.2 ± 0.1 mm）。
- 2.控制變因：燃燒時間180秒，空氣品質監測器放置在下方高度10cm，內置3.7V 小電扇增加對流效果，出口風速3.2公尺/秒。

(三) 實驗結果





(四) 實驗結果分析

- 1.線香線徑大小差異大：由圖3-1~3-6實驗發現，線徑較小（線徑為 2.2 ± 0.1 mm），的環保香 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 污染物濃度，確實比一般香低很多，因線香線徑較細，燃燒的香粉較少，污染物產生量較少，所以污染物濃度較低。
- 2.不同的環保香有差異：由圖3-1~3-6實驗發現，環保香 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 污染物濃度，以環保老山檀、環保新山頭污染物濃度較少，有明顯的差異。
- 3.環保香 PM2.5、PM10 污染物濃度只有一般香 1 / 3 ~ 1 / 5：由圖3-5~3-6實驗發現，環保香 PM2.5、PM10 污染物濃度，以環保老山檀污染物濃度最低，與其他線香比較，環保老山檀 PM2.5 污染物濃度大約是正老山檀的 1 / 5，環保老山檀 PM10 污染物濃度大約是正老山檀的 1 / 3 有非常大的差異。線香的粗細，燃燒後排出的污染物有很大的差異。

四、研究誰是烏賊王

隔壁的鄰居都一直在討論，燒香的空氣品質問題，是燒香的污染物比較多，還是汽機車的污染物比較多，還是燒金紙比較多，大家都吵個不停，我們實驗看看，汽機車、燒香、燒金紙哪一種所產生的汙染物最多？汙染物的種類與濃度的差異。

(一) 實驗設計

- 1.利用自製模型屋體積0.675立方公尺，作為燃燒實驗的空間。
- 2.將燃燒的物品放入自製模型屋，燃燒20秒後，取出燃燒物品，並觀察 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 濃度上升情況，待污染物濃度顯示最大值時，立即記錄污染物最大濃度。
- 3.機車為光陽150 cc，在怠速的情況下，利用4.0 cm 空氣管，接在排氣管出口，將機車排放之廢氣引入自製模型屋。
- 4.燃燒金紙大小10cm×10cm，燃燒時間20秒。蠟燭直徑為1.5 cm，長度20 cm。線香為一般線香。
- 5.實驗完成後，將模型屋內的汙染物，完全排出後，再進行下一種線香實驗。
- 6.每一種汙染物實驗3次，記錄 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 濃度，求平均值。

(二) 變因設計

- 1.操作變因：不同的東西燃燒，蠟燭、線香、金紙與機車排放的氣體。
- 2.控制變因：污染體積0.675立方公尺，燃燒時間20秒。內置3.7 V 小電扇增加對流效果，出口風速3.2公尺/秒。

(三) 實驗結果

表4-1燃燒不同物質污染物濃度統計表

燃燒物品 \ 污染物	TVOC (PPM)	HCHO (PPM)	CO (PPM)	CO ₂ (PPM)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	監測器 AQI
線香	0.090	1.6	121	905	51	73	4
金紙	1.975	26.4	1777	4312	999	999	6
蠟燭	0.059	0.8	38	632	22.1	33.7	3
機車廢氣	1.893	27.3	3362	4653	6.8	10.3	6

(四) 實驗結果分析

- 1.氣體污染物機車第一名：由表4-1燃燒不同物質污染物濃度發現，TVOC、HCHO、CO、CO₂以機車最高。小小1張10cm x10cm 金紙，燃燒10秒鐘，PM2.5、PM10濃度非常的高，幾乎達到檢測器的最大值。線香與蠟燭較低，但 TVOC、HCHO 也超過室內空氣品質標準。
- 2.懸浮微粒金紙第一名：由表5-1燃燒不同物質污染物濃度發現，PM2.5、PM10濃度，小小1張10cmx10cm 金紙，燃燒10秒鐘達到監測器的最大值，空氣污染程非常驚人。PM2.5、PM10濃度最低的是機車廢氣，我們初步判斷應該是機車有加裝空氣過濾器的因素，所以 PM2.5、PM10濃度較低。
- 3.不同的物質不同濃度的污染物：由實驗發現，燒香主要的污染物為懸浮微粒 PM2.5、PM10，汽機車的污染物為 TVOC、HCHO、CO、CO₂，兩者差異很大，兩者燃燒不同的物質，會產生不同濃度的污染物。

五、設計燒香專用空氣過濾器有效嗎？

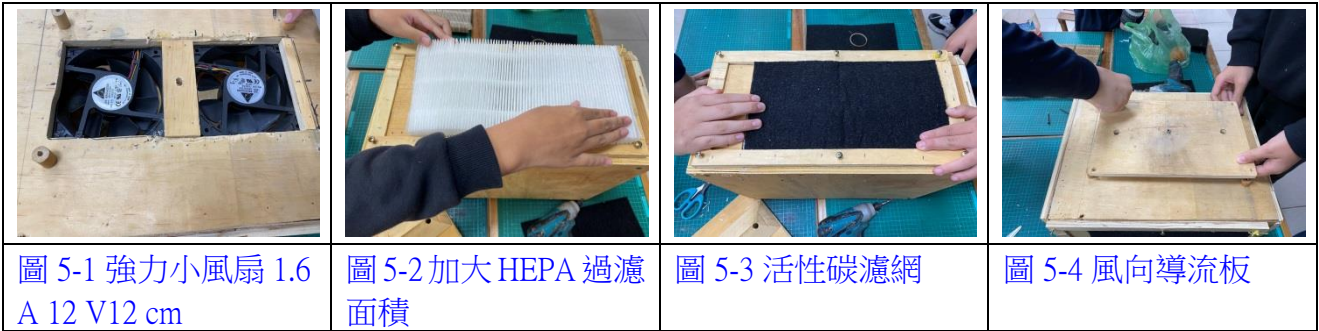
首先我們設計燒香專用的空氣過濾器，利用家中現有的材料，並到學校的自然科教室教具室尋寶，找找看是否有可以使用的器材設備，經過組裝後可以成為簡易的空氣濾淨系統。

(一) 自製強力空氣清淨機的清淨效率

自製強力空氣清淨機，依據空氣清淨機的原理，設計製作強力空氣清淨機。過濾型空氣清淨機構造簡單，主要分成 3 部分，強力通風扇、空氣濾網、控制元件組成。因為燒香所排出的污染物，主要有懸浮微粒為主，我們也參考學長的研究 TVOC、HCHO 不容易清除，我們做了加強版的空氣清淨機。

- 1.加強風速，購買強力小風扇 1.6 A 12 V12 cm (如圖 5-1)、4000 轉超大風量電扇 2 個，小風扇最大風速 7.6 m/s。
- 2.加大 HEPA 過濾面積增加到 1500cm² (如圖 5-2)。
- 3.加活性炭濾網 (如圖

5-3)，藉此增加過濾效率。4.風向導流板（如圖 5-4）。



(二) 實驗設計

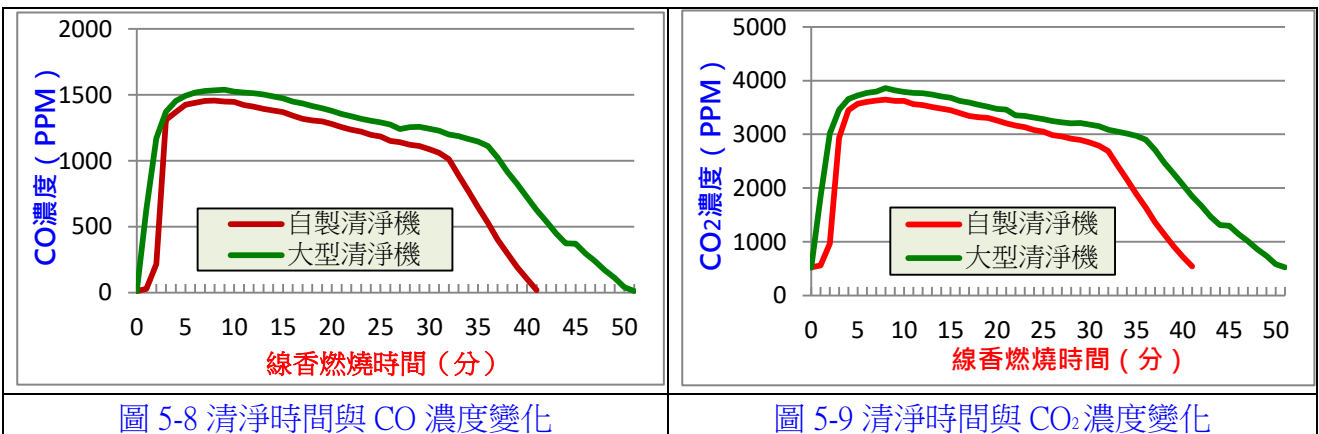
- 1.自製強力空氣清淨機真的管用嗎？燃燒 1 支線香，讓污染物不斷的產生，實驗自製強力空氣清淨機對空氣污染物清淨效率。
- 2.操作變因：市售大型空氣清淨機（圖 5-6）與自製強力空氣清淨機（如圖 5-7），清除線香污染物比較。
- 3.控制變因：自製強力空氣清淨機與市售大型空氣清淨機都將風量開到最大，線香為環保香老山檀，線徑 2.2 ± 0.1 mm、線香燃燒長度 $250\text{mm} \pm 2$ mm。實驗空間自製模型屋體積 0.675 立方公尺，溫度（ $17 \sim 21^\circ\text{C}$ ），濕度（85%）。



(三) 實驗步驟

- 1.開啟自製強力空氣清淨機，電壓 12V，出口風速 7.4m/sec，將點燃的線香放入就開始計時。
- 2.每 1 分鐘拍攝實驗記錄一次，TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 濃度，直到實驗模型內空氣品質達到室內空氣品質標準，相同實驗做 3 次求平均。

(四) 實驗結果



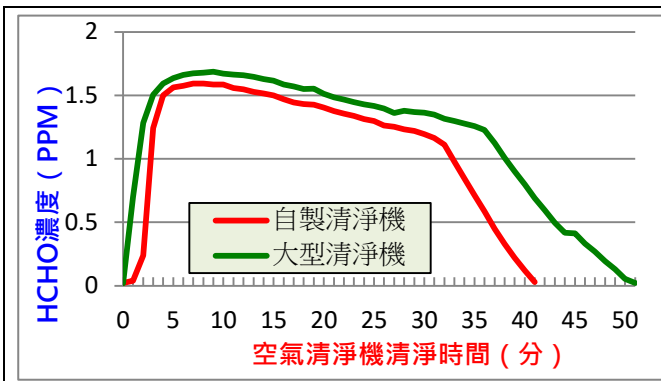


圖 5-10 清淨時間與 HCHO 濃度變化

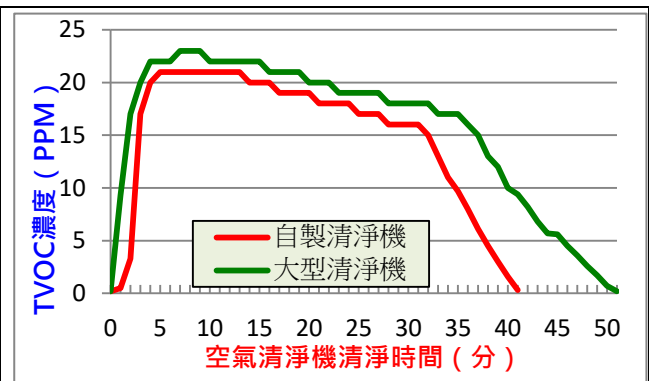


圖 5-11 清淨時間與 TVOC 濃度變化

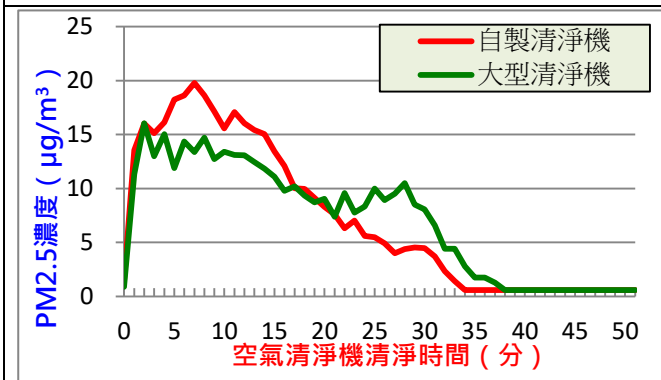


圖 5-12 清淨時間與 PM2.5 濃度變化

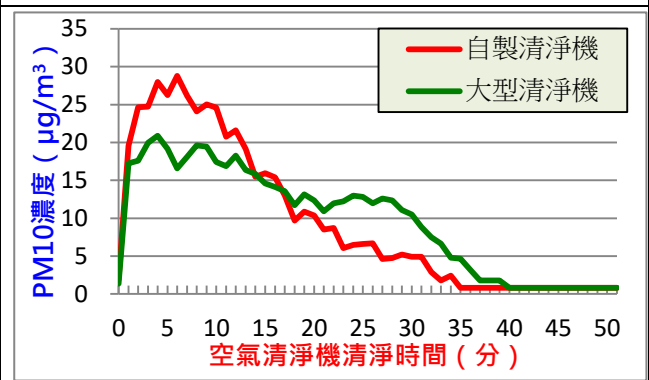


圖 5-13 清淨時間與 PM10 濃度變化

(五) 實驗結果分析

1. 空氣型態的污染物 TVOC、HCHO、CO、CO₂

由圖 5-8、5-9、5-10、5-11 發現，空氣清淨機清淨時間污染物濃度變化圖可以分為 3 個階段。

- (1) **第一階段燃燒線香污染物急速上升段：**清淨時間（0~9 分鐘），污染物濃度快速上升，TVOC、HCHO、CO、CO₂ 這 4 種空氣型態的污染物，線香燃燒 7~9 分鐘後濃度達到最高後慢慢下降。
- (2) **第二階段緩慢清淨段：**清淨時間（10 分鐘~線香燃燒完）這時空氣清淨機清淨速率大於污染物的產生速率，污染物濃度慢慢下降。
- (3) **第三階段線香燃燒完後快速清淨段：**線香燃燒完後污染物不再產生，清淨的速率加快，自製空氣清淨機大約 8 分鐘清淨達到環境背景值，大型空氣清淨機大約 10 分鐘清淨到環境背景值。
- (4) **實驗結果總結：**自製的強力空氣清淨機對 TVOC、HCHO、CO、CO₂ 這 4 種空氣型態的清淨速率略優於大型空氣清淨機。
- (5) 圖 5-11 清淨時間與 TVOC 濃度變化，第二階段緩慢清淨段有階梯狀的下降曲線，是因為 TVOC 檢測器，只有 2 位數，濃度超過 10 以上只能整數顯示，造成統計圖特殊情況。

2. 懸浮微粒型態的污染物 PM2.5、PM10

自製強力空氣清淨機線香大約在 35 分鐘燃燒完，大型空氣清淨機線香在 33 分鐘燃燒完。線香燃燒完後污染物不再產生，兩種空氣清淨機都可在 1 分鐘，將實驗模型內的懸浮微粒 PM2.5、

PM10，清淨到室內空氣品質標準。

六、製作多功能拜拜神器

我們想:如果將線香燃燒侷限在密閉的小空間下，祭拜的祖先、神明放在內部，並與外界完全隔離，燒香時的污染物都在內部，祭拜祖先、神明看見香煙霧與亮光，祭拜者與燒香時的污染物完全隔離，不會收到燒香污染物的影響如(圖 6-1)。我們設計製作了燒香拜拜神器，長度 65 公分、寬度 49 公分、高度 59 公分的「燒香拜拜神器」，適合我家神桌的大小，內部放置自製強力空氣清淨機如(圖 6-2)。

(一) 自製多功能燒香拜拜神器

一柱香燒盡為半個時辰，即一個小時。1 尺 3 吋線香燃燒時間約 50-60 分鐘(尚讚香業)。我們測試在自製拜拜神器內部燃燒線香 5 次，時間為 56~58 分鐘，平均約為 57 分鐘。因流錐與導流箱的設計，空氣清淨機的氣流對線香燃燒的速度影響有限，並加快空氣清淨速率。

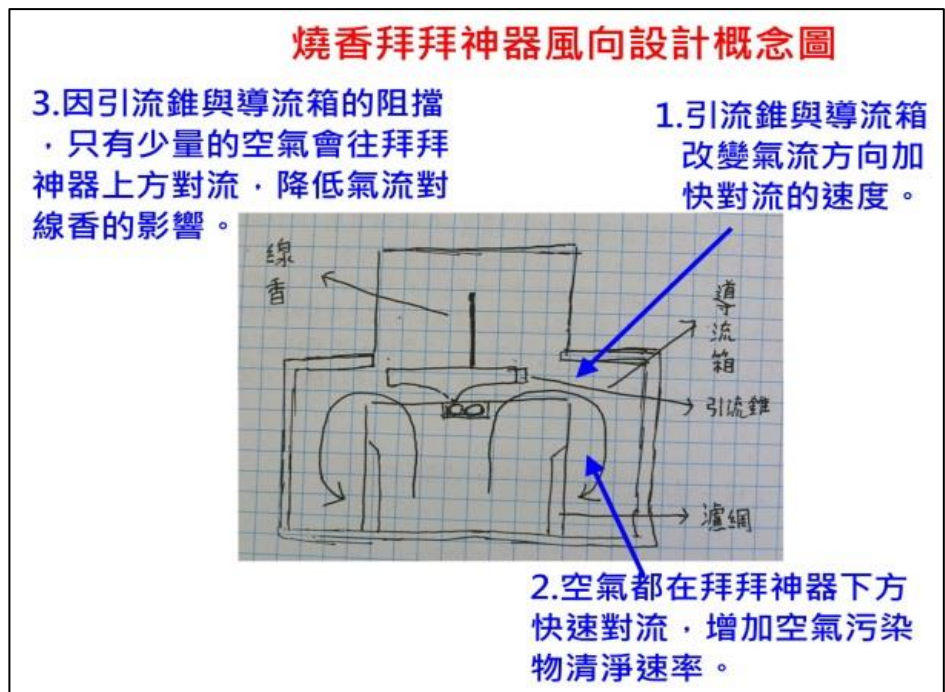


圖 6-1 拜拜神器風向設計概念圖

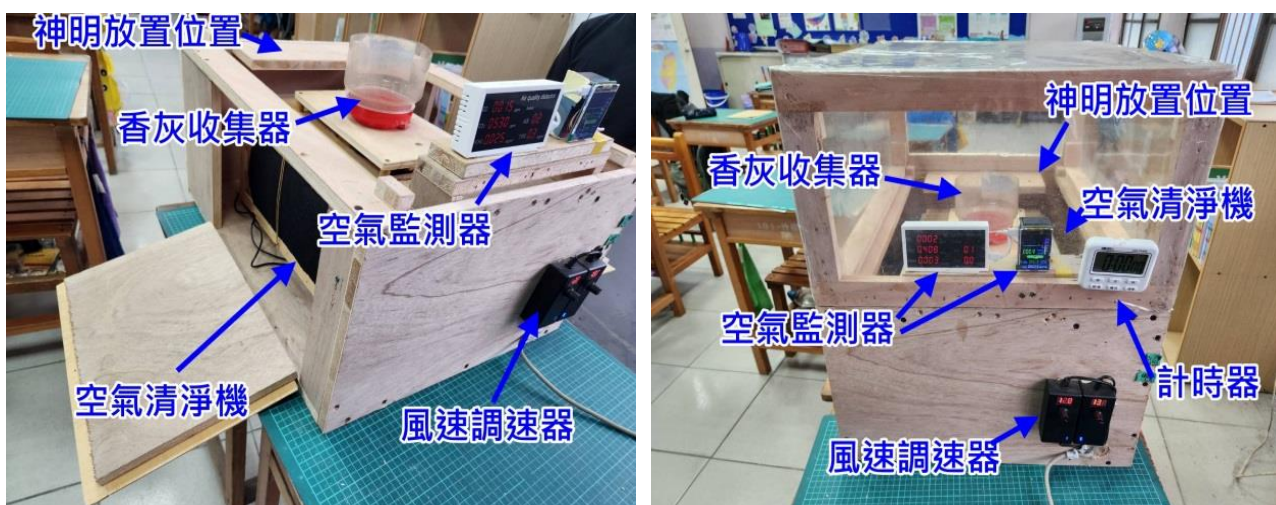


圖 6-2 拜拜神器完成圖說

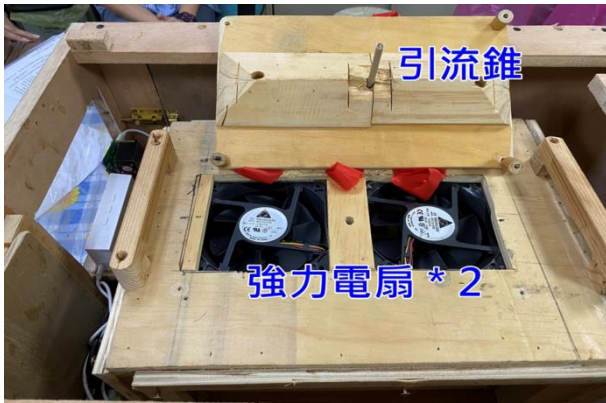


圖 6-3 引流錐與強力電扇



圖 6-4 導流箱與氣流方向

七、研究燒香數量對於清淨效果的影響

家中祭拜神明、祖先或到宮廟拜拜時神明，**一般都要燒3支香祭祀**，我們設計的「**燒香拜拜神器**」能夠清除3支燃燒線香的污染物嗎？

(一) 實驗設計

1. 利用自製燒香專用「燒香拜拜神器」體積0.195立方公尺，作為燃燒實驗的空間。
2. 插上點燃線香開始計時，每隔1分鐘拍照1次記錄 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10 濃度，直到「燒香拜拜神器」內部的污染物達到室外的空氣品質背景值。
3. 燃燒線香時，在拜拜神器外部的上方，放置空氣品質監測器，監測外部的空氣品質，觀察「燒香拜拜神器」內的污染物是否有外溢出來，影響外部的空氣品質。
4. 燃燒1支香與燃燒3支香各實驗3次，求 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM2.5、PM10濃度平均值。

(二) 變因設計

1. 操作變因：**自製的空氣清淨機對燃燒1支香與燃燒3支香的污染物濃度變化。**
2. 控制變因；電壓12V 出口風速6.4m/sec。線香環保老山檀，線香直徑2.2±0.1cm，燃燒長度**281mm±2mm**，室內溫度22.7℃，濕度75%，自製「燒香拜拜神器」。

(三) 實驗結果

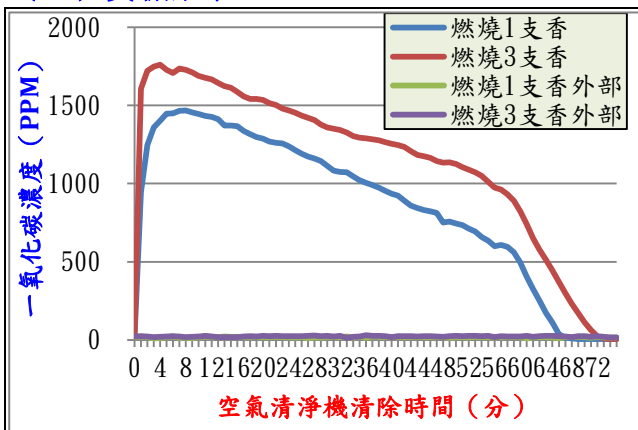


圖 7-1 清淨時間與 CO 度變化

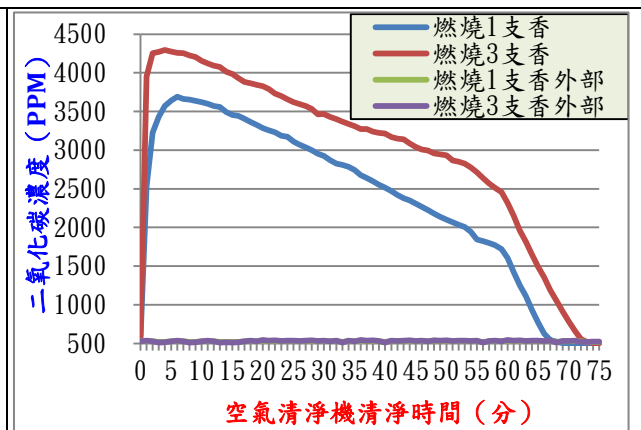


圖 7-2 清淨時間與 CO₂濃度變化

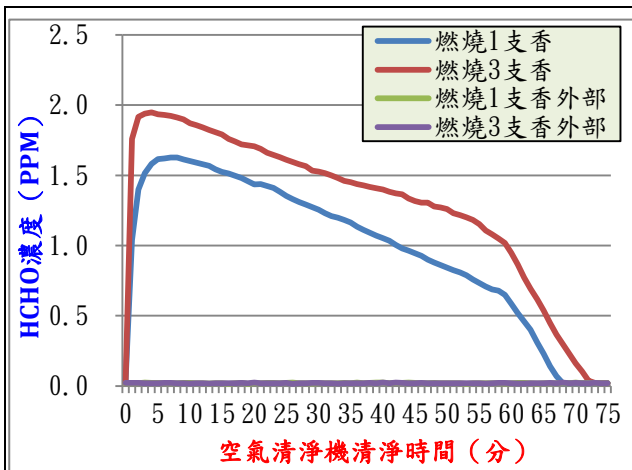


圖 7-3 清淨時間與 HCHO 濃度變化

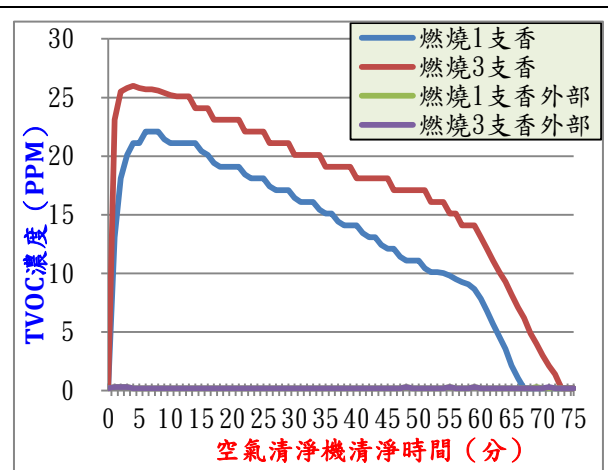


圖 7-4 清淨時間與 TVOC 濃度變化

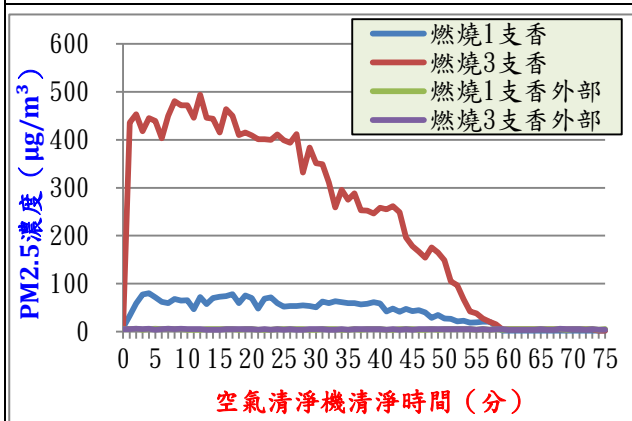


圖 7-5 清淨時間與 PM2.5 濃度變化

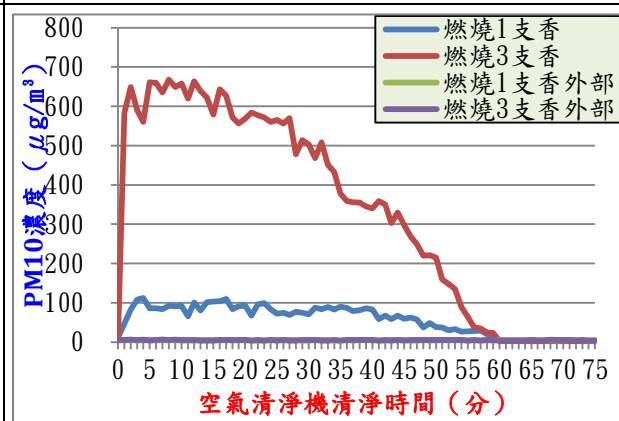


圖 7-6 清淨時間與 PM10 濃度變化

(四) 實驗結果分析

1. 空氣型態的污染物 TVOC、HCHO、CO、CO₂

(1) 由圖 7-1、7-2、7-3、7-4 發現，燃燒 3 支香比燃燒 1 支香的污染物 TVOC、HCHO、CO、CO₂ 濃度高出約 15~20%，並沒有因線香燃燒支數增加 3 倍，污染物增加 3 倍的情況，「燒香拜拜神器」，清淨空氣型態的污染物速率很好，可同時燃燒 3 支香。

(2) 在燒香拜拜神器外側，檢測外部空氣品質 TVOC、HCHO、CO、CO₂ 濃度沒有升高現象。

2. 懸浮微粒型態的污染物 PM2.5、PM10

(1) 由圖 7-5、7-6 發現，燃燒 3 支香比燃燒 1 支香的污染物 PM2.5、PM10 濃度，污染物濃度最高點時，高出約 6 倍。

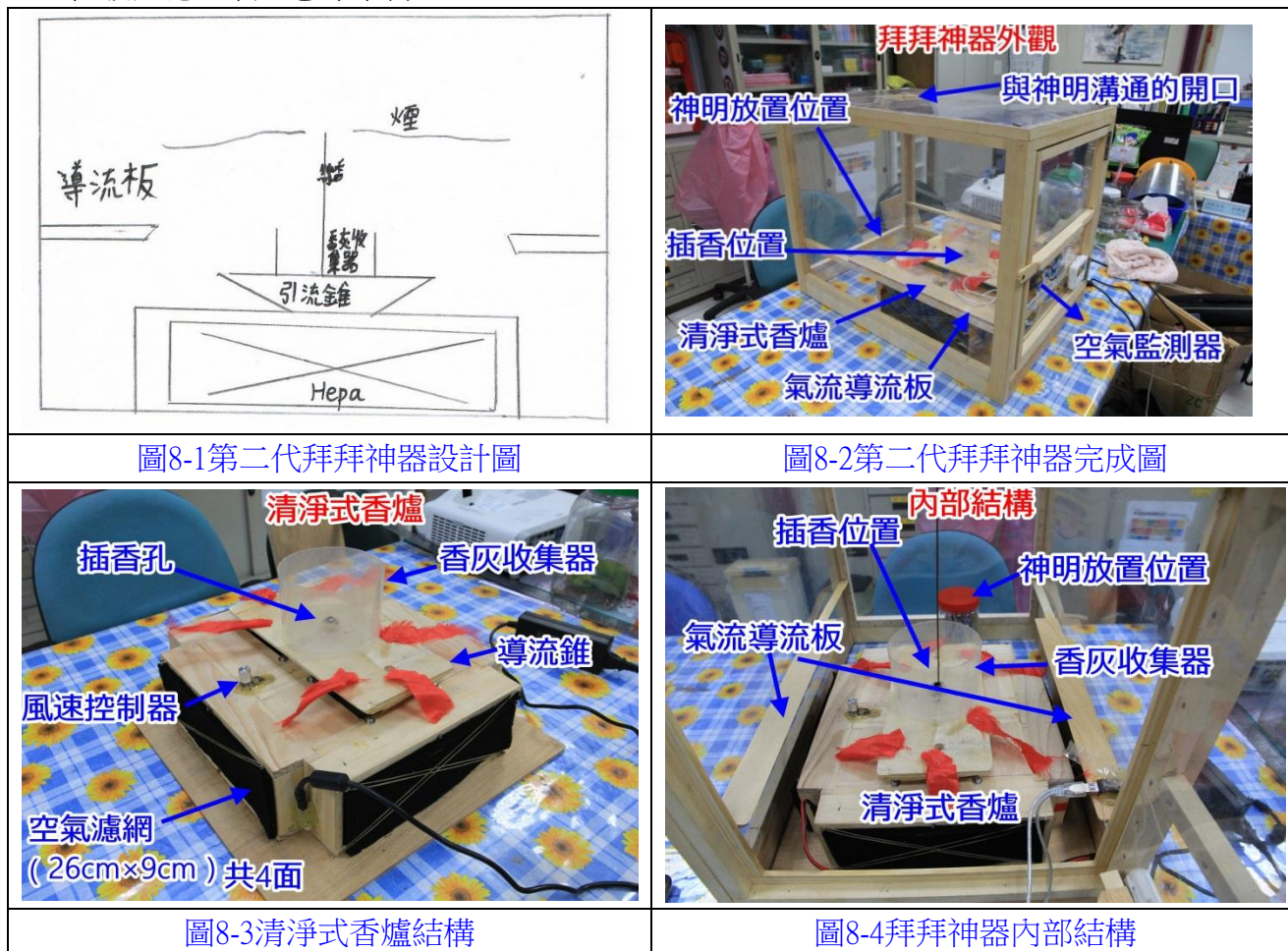
(2) 線香燃燒完後，燃燒 3 支香與燃燒 1 支香的污染物 PM2.5、PM10 濃度，都能在 1 分鐘清淨，達到室內空氣品質標準。

八、研究提升拜拜神器可行性

由研究七發現，我們設計製作的拜拜神器，可以迅速的清除燃燒線香的汙燃物，但是體積有點大，且外觀缺乏設計感，所以我們進一步的改良，提升空氣型態污染物的清淨速率，縮小體積，美化外觀，提升實用性。

經過多次的修改設計圖與老師的建議，並請學校志工的協助，在學校志工家中的木工工作室進行製作，完成作品後進行多次的修改，完成的自製拜拜神器作品如（圖8-1~8-4）。

1. 拜拜神器外觀參數：高55cm 寬48cm 長68cm，可以直接放在神桌上。
2. 清淨式香爐參數：高15cm（大約是一般香爐高度）寬35cm 長38cm，出口最大風速約6.4m/sec。
3. 4片 26 cm×8cm 厚度4cm，H13的 HEPA 過濾網濾網孔隙為0.3微米，過濾懸浮微粒，用厚度1.0cm 活性炭過濾空氣型態汙染物。



九、研究拜拜神器二代與第一代清淨效率比較

利用煙霧實驗拜拜神器二代清淨效率，由於燒香所產生的汙染物，幾乎是看不見的，拜拜神器內的氣流流動方向也無法看見，所以我們想利用消防演練的煙霧實驗器進行實驗，借用學校的煙霧實驗器，將煙霧打入拜拜神器內部，觀察拜拜神器內的空氣流動方向，並實驗拜拜神器的空氣清淨能力。

（一）實驗設計

1. 將拜拜神器開啟最大風速。
2. 將煙霧實驗器所產生的煙霧打入拜拜神器內部5秒如（圖9-1）。
3. 觀察拜拜神器內部的空氣流動方向，並測量拜拜神器完全清除煙霧的時間共5次。



圖9-1煙霧打入拜拜神器內5秒

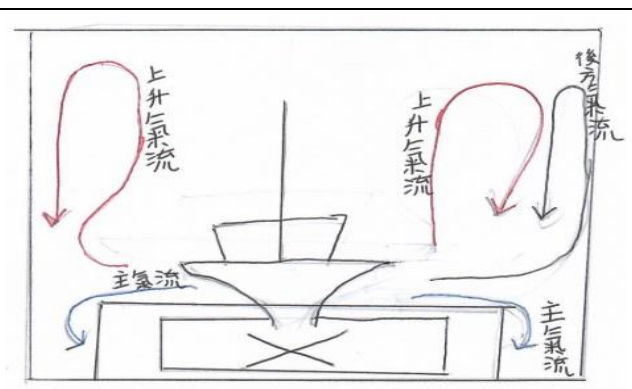


圖9-2拜拜神器空氣流動

(二) 實驗結果

1. 拜拜神器的平均清淨時間為16.2秒。拜拜神器的空氣流動方向如（圖9-2）。

(三) 第二代拜拜神器清淨效率有比較好嗎？

1. 實驗步驟：與研究七相同。

2. 變因設計

(1) 操作變因：第一代與第二代拜拜神器清淨效率比較。

(2) 控制變因；電壓12V 出口風速6.4m/sec。線香環保老山檀，線香直徑 2.2 ± 0.1 cm，燃燒長度 $281 \text{mm} \pm 2 \text{mm}$ ，室內溫度 25.3°C ，濕度63%。

3. 實驗結果

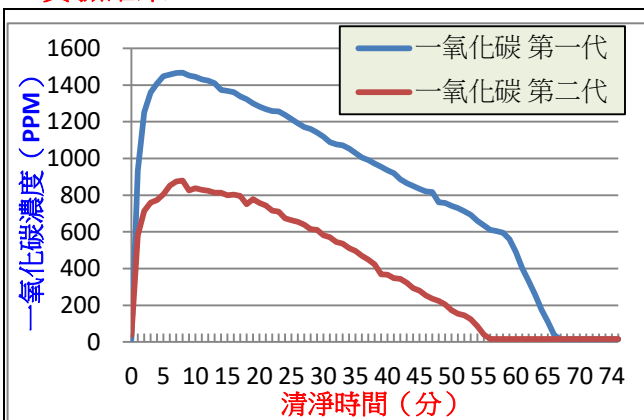


圖9-4第一代與第二代 CO 濃度比較

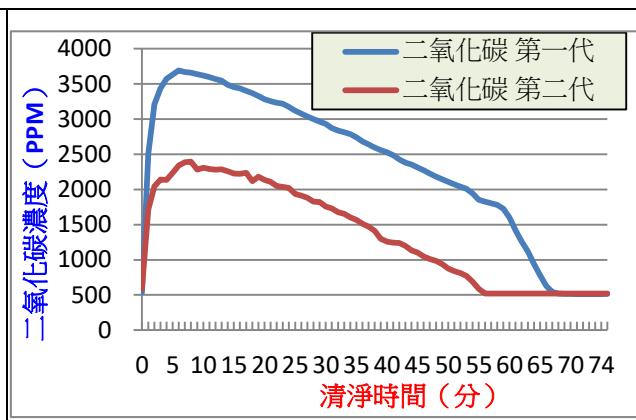


圖9-5第一代與第二代 CO₂濃度比較

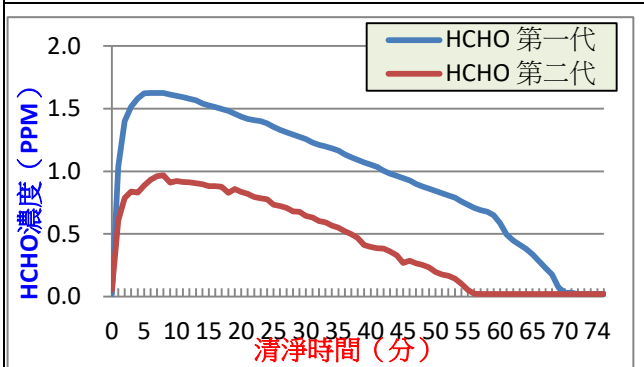


圖9-6第一代與第二代 HCHO 濃度比較

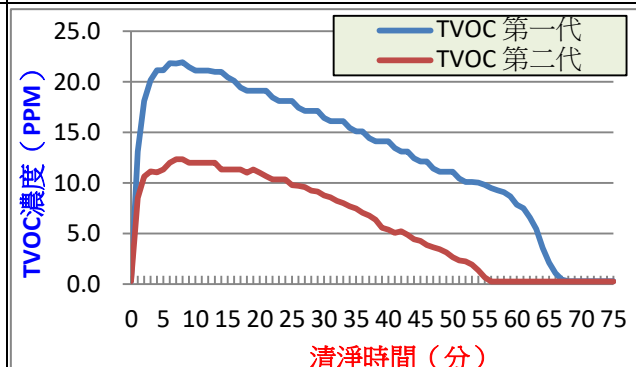


圖9-7第一代與第二代 TVOC 濃度比較

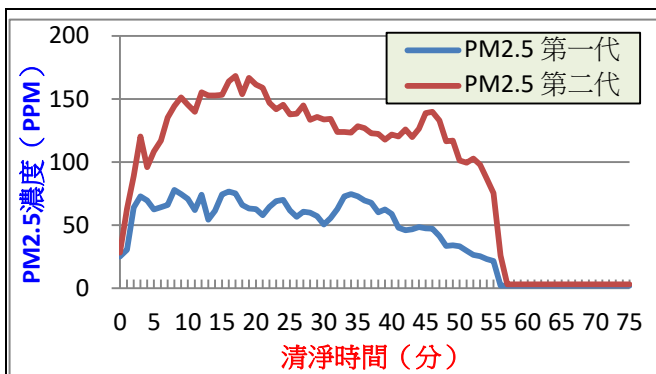


圖9-8第一代與第二代 PM2.5濃度比較

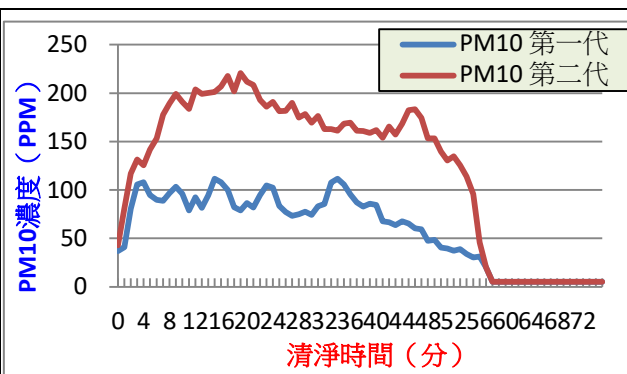


圖9-9第一代與第二代 PM10濃度比較

4.實驗結果分析

表9-1第一代與第二代污染物濃度比較表

代別 污染物項目	第二代 最高濃度	第一代 最高濃度	第二代/ 第一代	第二代 平均濃度	第一代 平均濃度	第二代/ 第一代
CO (PPM)	879	1468	0.60	400	851	0.47
CO ₂ (PPM)	2393	3692	0.65	1361	2346	0.58
HCHO (PPM)	0.961	1.626	0.59	0.443	0.972	0.46
TVOC (PPM)	12.3	21.9	0.56	5.93	12.8	0.46
PM2.5 (μg/m ³)	168	78	2.15	125	55	2.27
PM10 (μg/m ³)	220	111	1.98	159	75	2.11
清淨時間 (分)	56	66	減少 10	56	66	減少 10

- (1) 平均濃度第二代比第一代：空氣型態 CO、CO₂、HCHO、TVOC 可降低約40~45% 污染物濃度，懸浮微粒污染物 PM2.5、PM10濃度約增加1倍。
- (2) 最高濃度第二代比第一代：空氣型態 CO、CO₂、HCHO、TVOC 可降低約42~54% 污染物濃度，懸浮微粒污染物 PM2.5、PM10濃度約增加1.2倍。
- (3) 清淨時間：線香燃燒完後，第二代拜拜神器在2分鐘可將拜拜神器內部污染物清淨到環境背景值，第一代清淨8~10分鐘將拜拜神器內部污染物清淨到環境背景值。

十、研究不同風速的清淨效率

我們首先實驗空氣清淨機的風力大小與空氣清淨機的清淨速率有關嗎？風力越大時空氣經過濾網的速度越快，過濾的空氣越多，但是風速越快時，懸浮微粒經過 HEPA 過濾速度越快，對懸浮微粒應該有效，但是空氣型態的污染物 CO、CO₂、HCHO、TVOC，風速越大時經過活性碳的速度也越快，會影響活性碳的吸附能力嗎？會影響清淨機的清淨效率嗎？

(一) 實驗設計：與研究七相同

(二) 變因設計

1.操作變因：出口風速6.4m/sec，出口風速4.4m/sec。

2.控制變因：，線香環保老山檀，線香直徑2.2±0.1cm，燃燒長度281mm±1mm 室內溫度26.3℃，濕度74%，自製空氣清淨機，燒香拜拜神器體積0.179立方公尺。

(三) 實驗結果

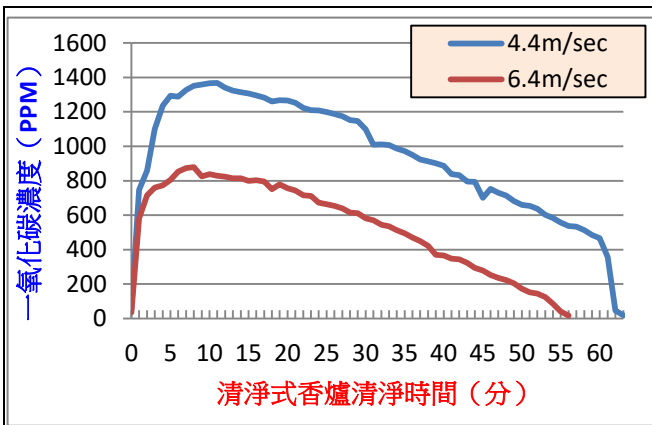


圖10-1不同風速 CO 濃度變化

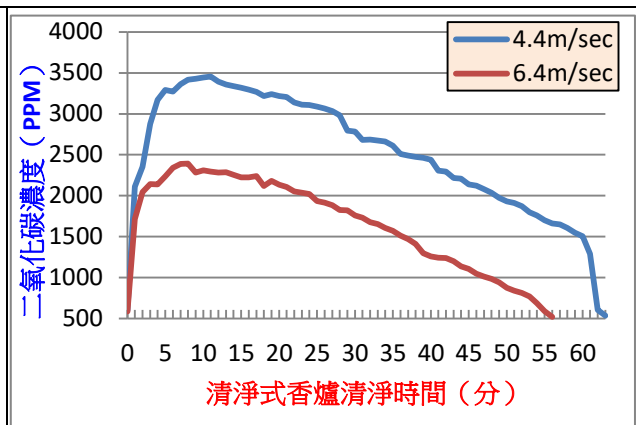


圖10-2不同風速 CO₂濃度變化

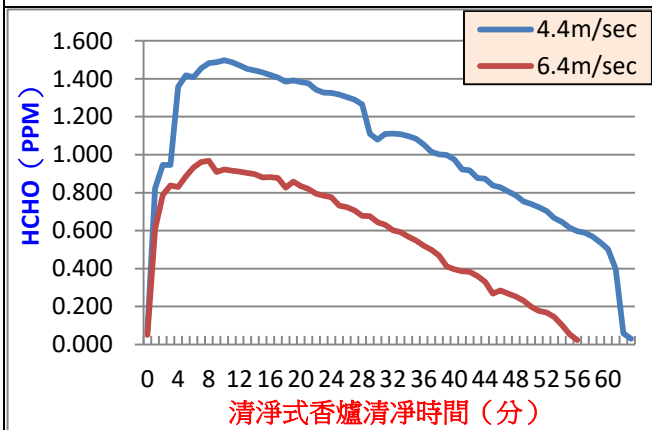


圖10-3不同風速 HCHO 濃度變化

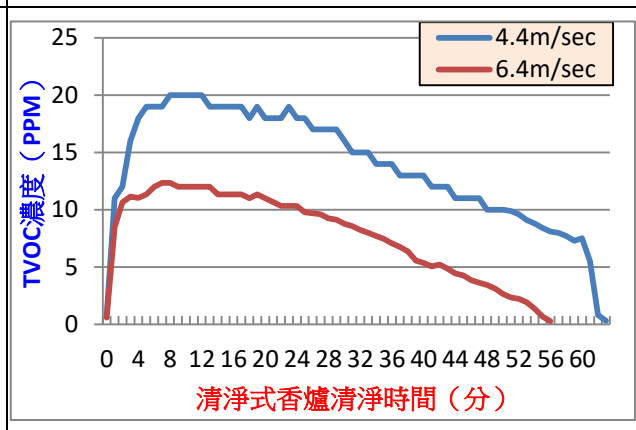


圖10-4不同風速 TVOC 濃度變化

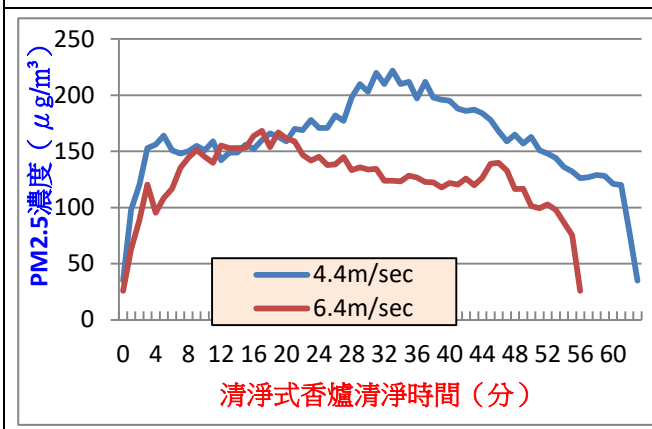


圖10-5不同風速 PM2.5濃度變化

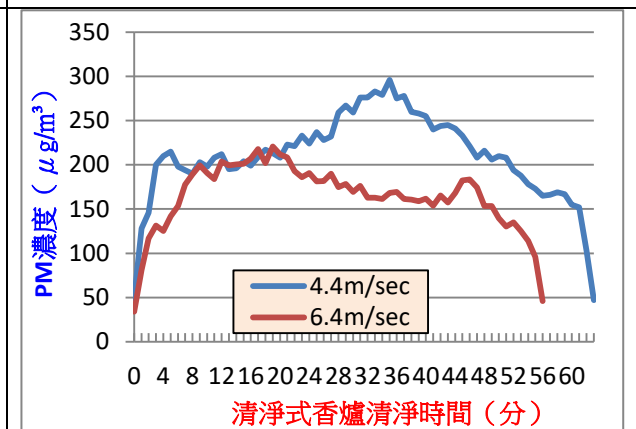


圖10-6不同風速 PM10濃度變化

4.實驗結果分析

風速	風速	風速	4.4m/sec	風速	風速	4.4m/sec
污染物項目	4.4m/sec	6.4m/sec	/6.4m/sec	4.4m/sec	6.4m/sec	/6.4m/sec
	最高濃度	最高濃度		平均濃度	平均濃度	
CO (PPM)	1368	803	1.70	637	535	1.19
CO ₂ (PPM)	3444	2238	1.54	2518	1655	1.52
HCHO (PPM)	1.488	0.967	1.54	1.022	0.59	1.73
TVOC (PPM)	20.32	12.32	1.65	13.74	7.84	1.75
PM2.5 (µg/m ³)	222	146	1.52	160	125	1.28
PM10 (µg/m ³)	296	183	1.62	210	164	1.28
清淨時間 (分)	63	56	增加 7	63	56	增加 7

- (1) 最高濃度風速4.4m/sec 比風速6.4m/sec ，大約會增加50~70%的污染物濃度。
- (2) 平均濃度風速4.4m/sec 比風速6.4m/sec ，CO₂、HCHO、TVOC 大約會增加52~75%的污染物濃度，CO、PM_{2.5}、PM₁₀大約會增加20~30%的污染物濃度。
- (3) 清淨時間：線香燃燒時間約55分鐘，線香燃燒完後，風速6.4m/sec 在1分鐘可將拜拜神器內部污染物清淨到環境背景值，4.4m/sec 清靜8分鐘將拜拜神器內部污染物清淨到環境背景值。

十一、研究空氣濾網耐用度

如果每天要燒1柱香，自製「燒香拜拜神器」過濾網至少要使用6個月以上，才覺得划算，6個月大約要燒200支香以上才有實用的價值。二片 26 cm×18cm 厚度4cm HEPA 過濾網濾網孔隙為0.3微米，過濾懸浮微粒，用厚度1.0cm 活性炭過濾空氣型態污染物。

(一) 實驗設計

- 1.空氣濾網耐用度測試，每次燒10支香，要燒20次，共計燒200支香。
- 2.全新沒有燒過香、第50支香、第100支香、第150支香、第200支香後，每次燃燒1支香進行實驗3次，求 TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀濃度平均值。
- 3.每燒完50支線香更換活性炭濾網，以免影響實驗結果。
- 4.其他與實驗七相同。

(二) 變因設計

- 1.操作變因：耐用度測試，全新沒有燒過香、第50支香、第100支香、第150支香、第200支香。
- 2.控制變因；電壓12V 出口風速6.4m/sec。線香環保老山檀，線香直徑2.2±0.1mm，燃燒長度 281mm±2mm 室內溫度25.7℃，濕度75%，自製「燒香拜拜神器」體積0.179立方公尺。

(三) 實驗結果

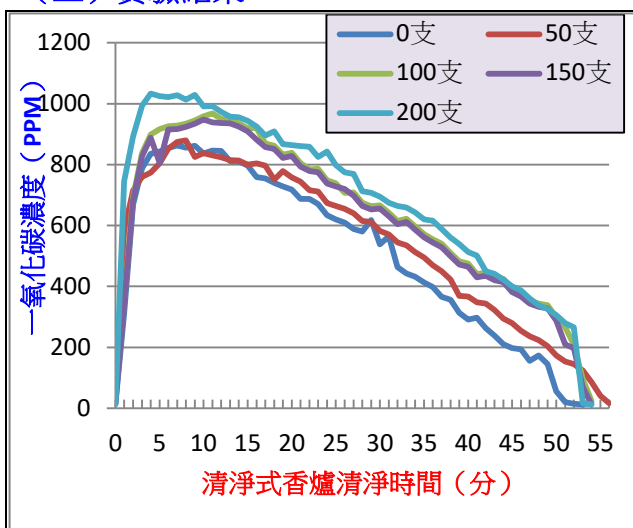


圖11-1 燒香支數 CO 濃度變化

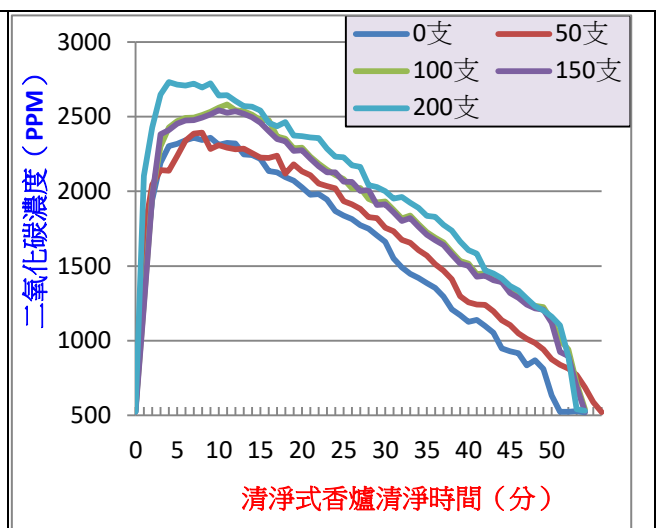


圖11-2 燒香支數 CO₂ 濃度變化

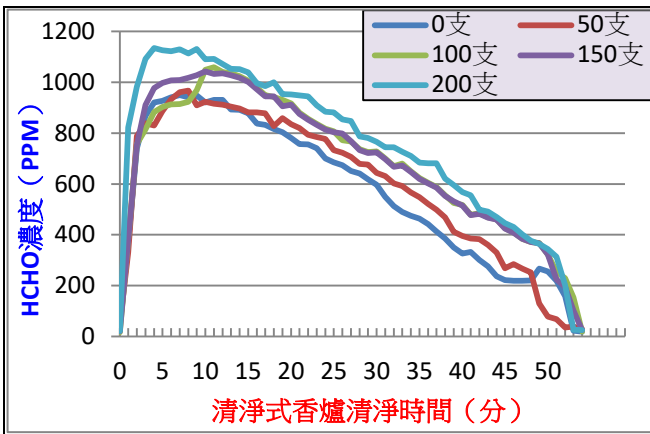


圖11-3燒香支數 HCHO 濃度變化

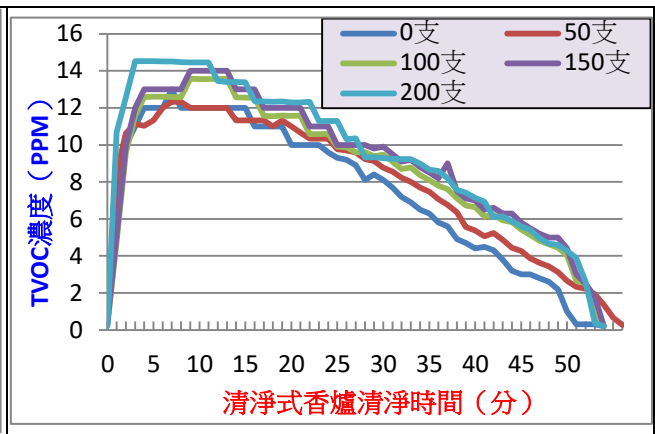


圖11-4燒香支數 TVOC 濃度變化

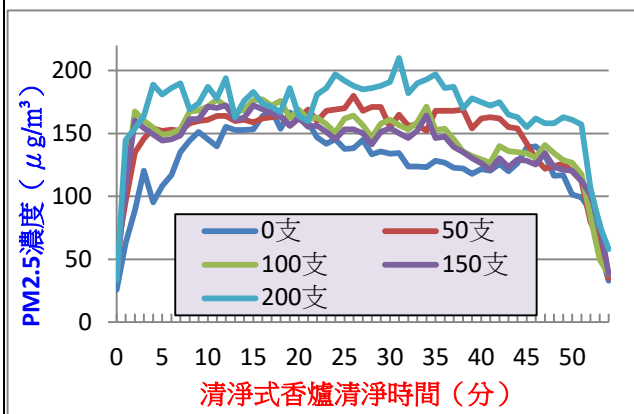


圖11-5燒香支數 PM2.5濃度變化

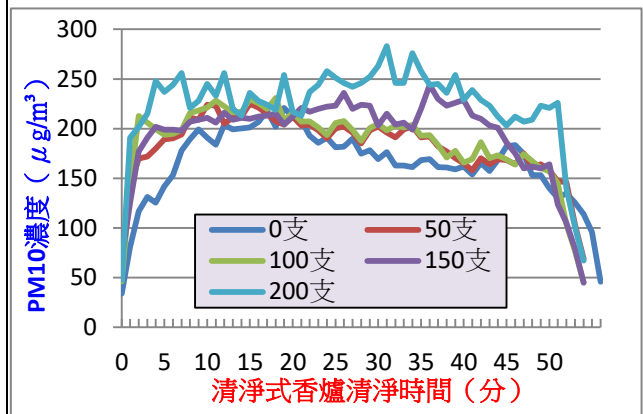


圖11-6燒香支數 PM10濃度變化

(四) 實驗結果分析

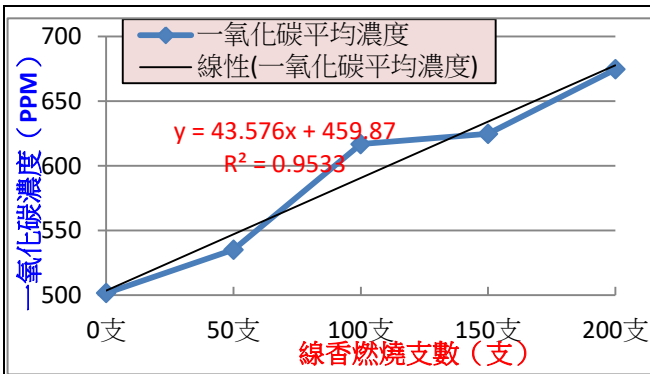


圖11-7燒香支數與 CO 平均濃度變化

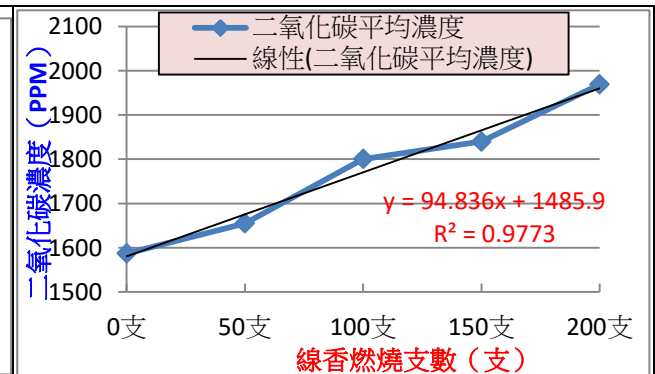


圖11-8燒香支數與 CO₂平均濃度變化

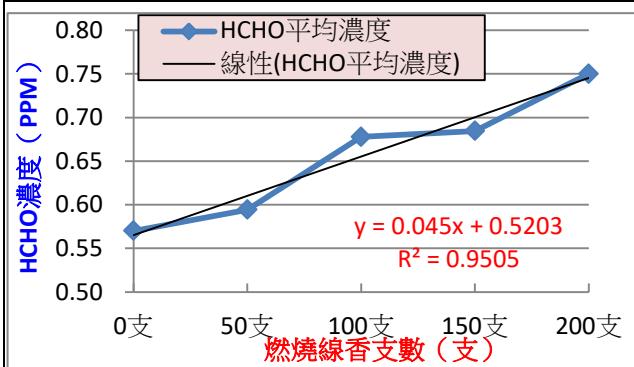


圖11-9燒香支數與 HCHO 平均濃度變化

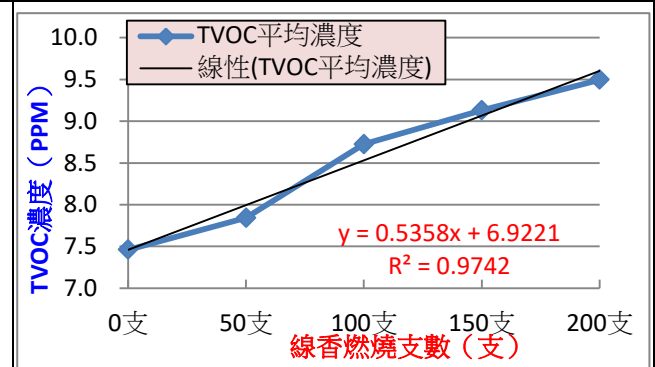


圖11-10燒香支數與 TVOC 平均濃度變化

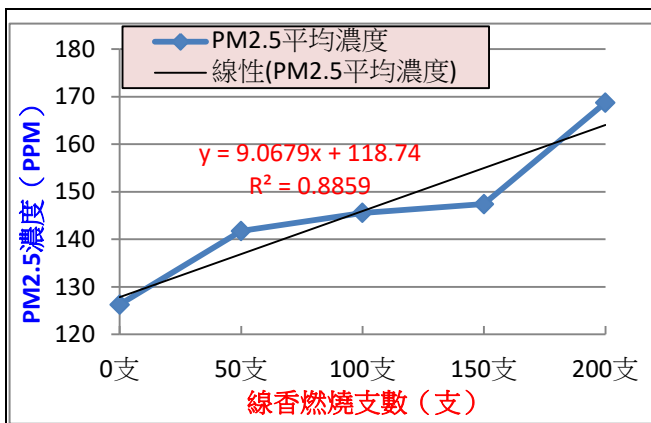


圖11-11燒香支數與 PM2.5平均濃度變化

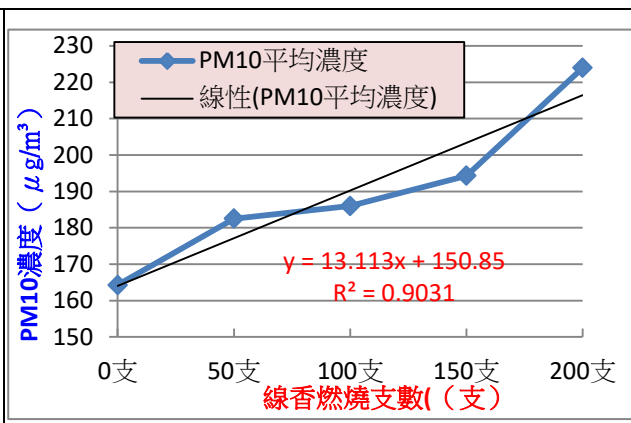


圖11-12燒香支數與 PM10平均濃度變化

1.由圖11-7~11-12,發現,每燃燒50支香後, CO 濃度增加43.57PPM、CO₂濃度增加94.83PPM、HCHO 濃度增加0.045PPM、TVOC 濃度增加0.538PPM、PM2.5濃度增加9.06 µg/m³、PM10濃度增加13.11 µg/m³。

2.我們製作的拜拜神器可以燒200支香,燒香時污染物外洩現象很低,我們測試在密閉空間(學校的小辦公室)體積約92立方公尺,進行燃燒線香的實驗,再請對於線香味道最敏感的老師3位,聞一聞燃燒線香味道,是否聞起來不舒服?實驗結果,3位老師答案皆是聞不太出來

十二、把拜拜神器放在神桌上實際測試

我們把拜拜神器帶回家中,進行實際應用於生活中。

(一) 實驗設計

- 1.拜拜神器實際應用於生活中,家中的神明廳大約長約5公尺寬4公尺高2.4公尺(如圖12-1),在神明廳利用拜拜神器燒香1柱香3次(如圖12-3),檢測拜拜神器內部與神明廳的污染物濃度變化。
- 2.其他與實驗七相同。
- 3.更換全新的活性炭、HEPA 濾網,進行測試。
- 4.控制變因:電壓12V 出口風速6.4m/sec。環保星洲沉、環保新山頭,線香直徑2.2±0.1 mm,燃燒長度281mm±4mm 室內溫度26°C 濕度60%,自製燒香拜拜神器體積0.179立方公尺。

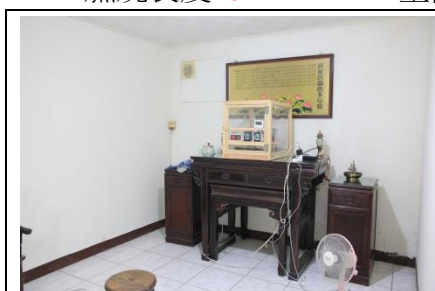


圖12-1家中的神明廳

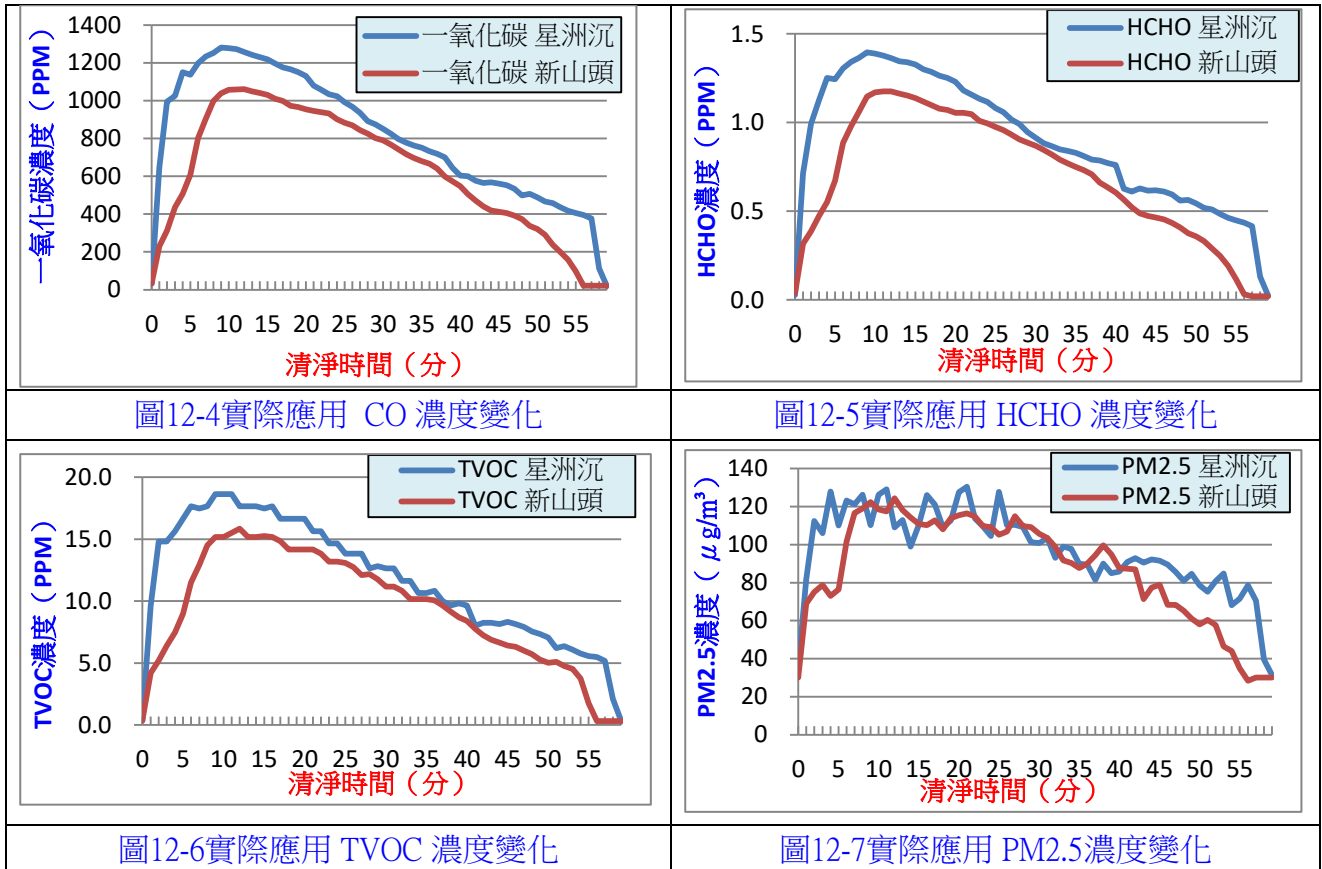


圖12-2清淨式香爐放在神桌上



圖12-3拜拜神器燒香測試

(二) 實驗結果



(三) 實驗結果分析

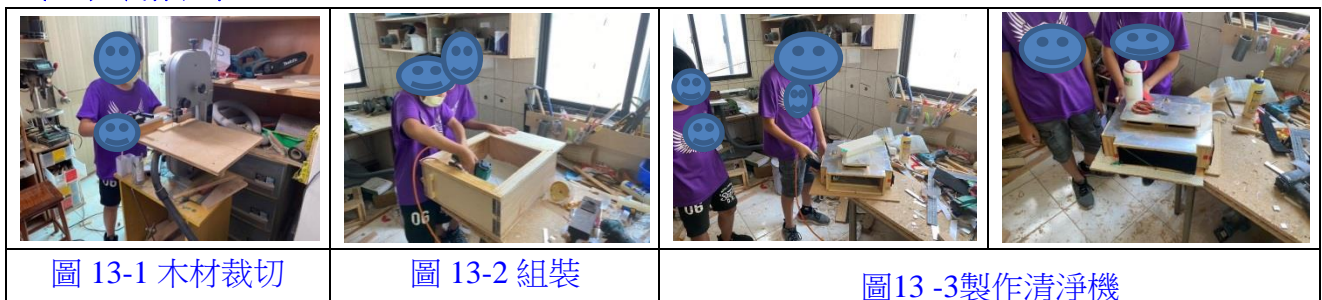
- 1.由圖12-4~12-7，實際應用污染物 TVOC、HCHO、CO、PM2.5與研究十一實驗結果相似，表示我們製作的拜拜神器，可以實際應用在生活中。
- 2.由圖12-4~12-7，燃燒環保星洲沉、環保新山頭發現污染物濃度變化有明顯的差異，不同的香種成分有差異，所以燃燒產生的污染物濃度也會不同。

十三、研究設計第三代新型態神桌

(一) 製作第三代拜拜神器

我們在想如果將拜拜神器與神桌結合，將拜拜神器裝設在神桌的內部，與神桌的桌面平齊，看不見清淨機，把香爐放在清淨機上方，由外觀上看起來與一般的神桌相同，這樣的設計與原來的神桌大致相同，燒香民眾應該比較容易接受。

(二) 製作過程



(三) 製作完成圖說

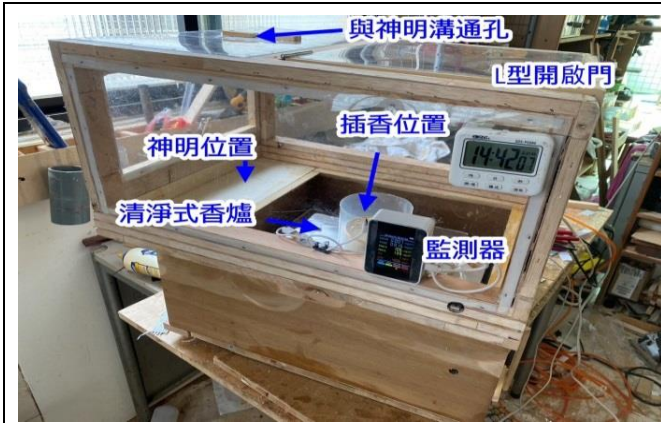


圖13-4拜拜神器外觀說明

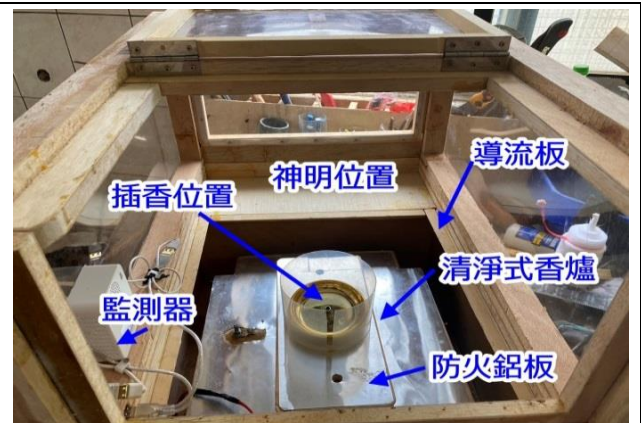


圖13-5第三代拜拜神器內部

(四) 實際測試

1. 實驗設計：與研究七相同

2. 變因設計

(1) 操作變因：燃燒1支香與3支香的污染物濃度

(2) 控制變因：線香環保新山頭，線香直徑 $2.2 \pm 0.1 \text{ cm}$ ，燃燒長度 $281 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ 室內溫度 $27.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ，濕度63%，自製空氣清淨機，燒香拜拜神器體積 0.179 立方公尺 。

3. 實驗結果

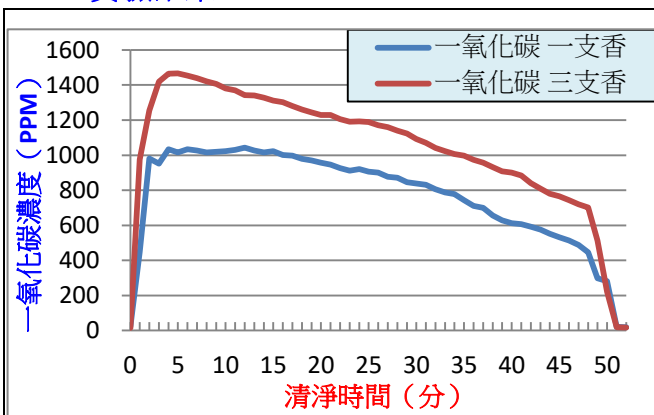


圖 13-6 清淨時間與 CO 濃度變化

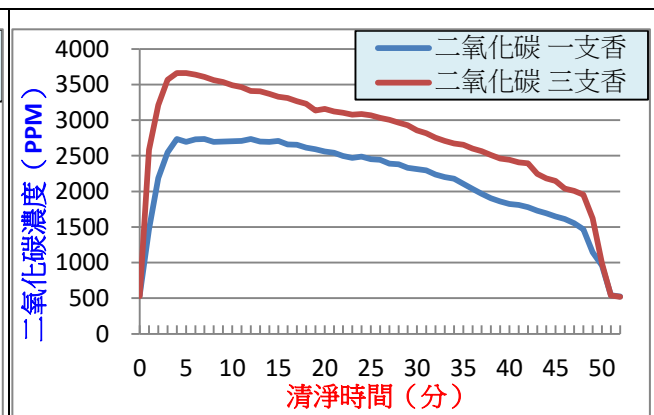


圖 13-7 清淨時間與 CO₂濃度變化

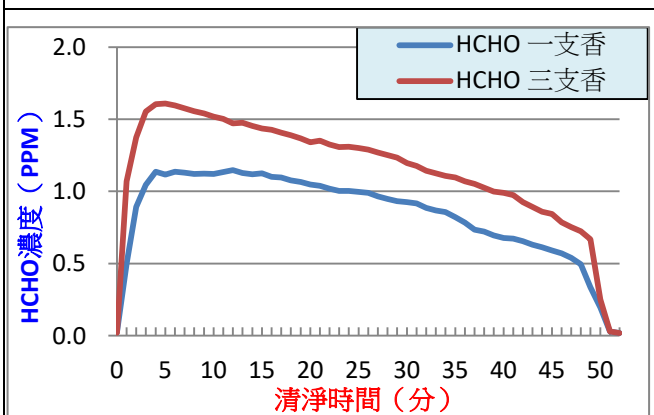


圖 13-8 清淨時間與 HCHO 濃度變化

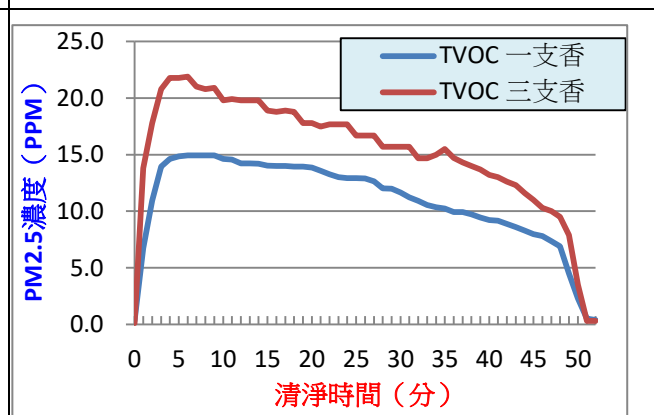


圖 13-9 清淨時間與 TVOC 濃度變化

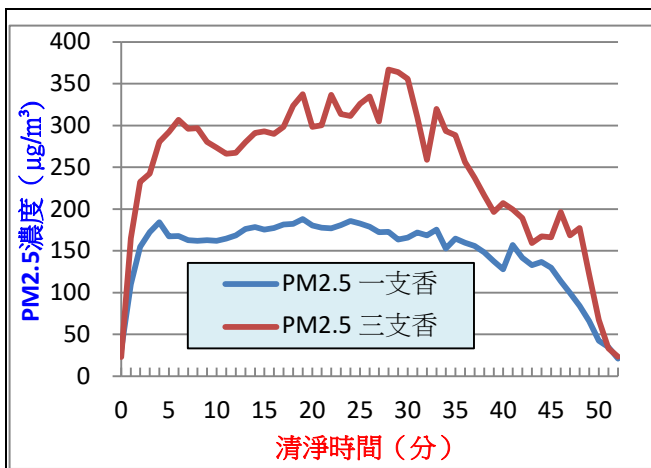


圖 13-10 清淨時間與 PM2.5 濃度變化

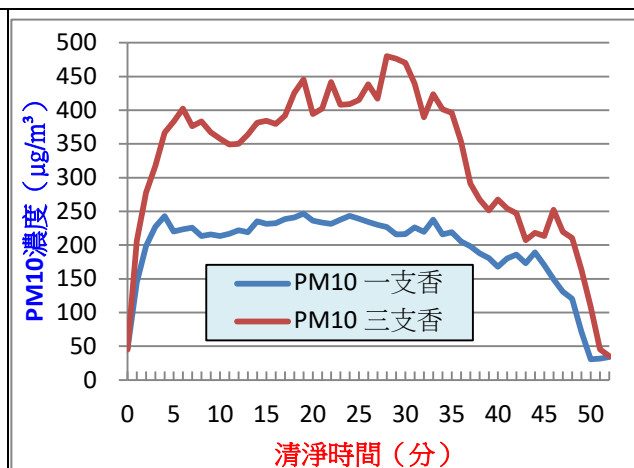


圖 13-11 清淨時間與 PM10 濃度變化

4. 實驗結果分析

表 13-1 燃燒 3 支香與 1 支香污染濃度比較表

線香支數 污染物項目	平均濃度 三支香	平均濃度 一支香	三支香/ 一支香	最高濃度 三支香	最高濃度 一支香	三支香/ 一支香
CO (PPM)	1042	769	1.36	1467	1043	1.41
CO ₂ (PPM)	2747	2146	1.28	3087	2486	1.24
HCHO (PPM)	1.144	0.839	1.36	1.608	1.147	1.40
TVOC (PPM)	15.2	10.9	1.39	21.9	14.9	1.47
PM2.5 (µg/m ³)	249	149	1.67	3667	188	1.95
PM10 (µg/m ³)	328	195	1.68	480	246	1.95
清淨時間 (分)	52	52	1	52	52	1

- (1) 由表13-1發現，燃燒3支香，空氣型態的污染物大約增加1.3~1.4倍，沒有因為燃燒3支香污染物濃度增加3倍，可見第三代拜拜神器對氣型態的污染物，清淨效率比第一代更佳。
- (2) 燃燒3支香懸浮微粒型態污染物，平均大約增加1.67倍，最高濃度大約增加1.95倍，沒有因為燃燒3支香污染物濃度增加3倍，可見第三代拜拜神器對污染物，懸浮微粒清淨效率比第一代好很多。
- (3) 清淨時間皆為52分鐘，沒有因燃燒3支香污染物濃度增加，清淨時間增加的現象。
- (4) 燃燒3支香與1支香，拜拜神器皆可在2~3分鐘，將污染物清淨到室內空氣品質標準。

十四、訪問製香業者了解製香的過程與成分

我們購買線香的製香業，訪談時間：112年6月9日，訪談地點：宜蘭中型製香業，第二代接手經營，實體與網路販售，以網路為主。

訪談主要內容：

- (一) 請問製香主要成分？A：香粉、楠仔粉（黏著劑）、竹籤。

- (二) 請問有助燃劑嗎？A：相關的業者有加硝酸鉀。
- (三) 請問貴公司有加硝酸鉀嗎？A：我們調整木材的油質與粉末的比例，增加助燃的效果。
- (四) 請問政府減香對你們經營與收入有影響嗎？A：剛開始政府減香時，是有影響的，但我們改變經營方式，透過網路行銷，因為製香師傅大部分年紀很大，手工製香很辛苦，沒有人願意傳承，大部分改為機器生產，降低成本，品質更穩定現在銷售情況還不錯。
- (五) 請問線香長度一定要 13 台吋嗎？台灣的線香一般是 13 台吋，我們也有做長度約 20 公分的，線香的長度會因為地區、宗教不同會有差異，不一定是 13 台吋。
- (六) 請問線香主要的樹種有哪些？A：大部分有三種沉香、檀香、肖楠。

陸、討論

一、討論有多少人還在拜拜燒香拜拜

- (一) 本學區主要信仰：道教與佛教為主佔比 56% 這些民眾燒香祭拜的可能最高，其他信仰佔比 28%，難道是信奉回教嗎？台灣的回教徒人數不多，我們猜測可能是無固定信仰，或無明確宗教信仰的民眾，這些民眾會燒香嗎？
- (二) 燒香的家人：祖父母、父母為主，年紀較長的家人為主。
- (三) 燒香地點：家中廟宇最多，約佔比 58%，燒香以室內燒香居多。
- (四) 燒香頻率：沒有約佔比 50.7%，經常燒香人數約佔比 49.3%，約有一半的民眾有燒香儀式。
- (五) 本社區約有一半民眾有燒香，燒香對於現代社會中是很重要的祭拜儀式。
顧惟婷(2012)。

二、討論燒香惹的禍嗎？尋找空氣品質最差的地方

- (一) 空氣品質最差的是媽媽煮飯的時候，煮飯油煙與賣場空氣品質所產生污染物都超過空氣品質標準好多倍，大馬路、超商、地熱谷、空氣品質也不好。
- (二) 意外發現有燒香的關渡宮與無燒香的行天宮空氣品質都是優等，差異不大，關渡宮做好通風環境，加上空氣清淨機的運作，一樣有良好的空氣品質，吳虹瑩等（2015），李祐慶等（2014）研究結果相同。

三、討論燒哪一種香最好？

- (一) 本次研究所有的香品，皆是台灣手工香，燒起來比較安心，發現台灣的香品貴一點，但所產生的污染物較低、氣味也比較好，王歆甯（2022）。
- (二) 環保香線徑比較小約 $2.2 \pm 1\text{mm}$ ，燃燒的木粉比較少，所以產生的污染物濃度比較低，李鎧家等（2020）。
- (四) 燒香時建議使用線徑較小的台灣環保香會比較好。

四、討論誰是烏賊王

(一) 燒香時人近距離的接觸污染物，受到污染物的影響較大，燒香一般在室內空間，空氣對流不佳，濃度不斷上升，對身體影響較大，如果有良好的通風環境與空氣過濾系統，燒香是絕對安全的，不要以訛傳訛，都是燒香的錯。

(三) 燒香主要燃燒的是木材的粉末，汽機車燃燒石油，2種成分不一樣的物質，所產生的污染物濃度不同，而且差異很大。

五、討論設計燒香用空氣過濾器有效嗎？

(一) 空氣型態的污染物 TVOC、HCHO、CO、CO₂ 濃度變化分為 3 個階段，(1) 第一階段燃燒線香污染物急速上升段。(2) 第二階段緩慢清淨段。(3) 第三階段線香燃燒完後快速清淨段：自製空氣清淨機大約 8 分鐘清淨達到室內空氣品質標準，大型空氣清淨機大約 10 分鐘清淨達到室內空氣品質標準。

(二) 懸浮微粒型態的污染物 PM_{2.5}、PM₁₀

HEPA 過濾網對於 PM_{2.5}、PM₁₀，線香燃燒完後污染物不再產生污染物，兩種空氣清淨機都可在 1 分鐘，將實驗模型的懸浮微粒 PM_{2.5}、PM₁₀，清淨到室內空氣品質標準。

六、討論製作多功能拜拜神器

(一) 流錐與導流箱的設計，空氣清淨機的氣流並加快空氣清淨速率。

(二) 流錐與導流箱的設計，大部分的氣流在拜拜神氣的下方，只有少部分的氣流向上對流對線，將線香的污染物流動至下方，加上自製燒香爐外罩以降低氣流對香燃燒的速度的影響，所以清淨效率佳。

七、討論燒香數量對於清淨效果的影響

(一) 空氣型態的污染物 TVOC、HCHO、CO、CO₂：燃燒 3 支香比燃燒 1 支香的污染物 TVOC、HCHO、CO、CO₂ 濃度高出約 15~20%，我們製作的「燒香拜拜神器」清淨速率，對付燃燒 3 支香的污染物沒問題，檢測外部污染物沒有升高與外溢現象。

(二) 懸浮微粒型態的污染物 PM_{2.5}、PM₁₀：燃燒 3 支香比燃燒 1 支香的污染物 PM_{2.5}、PM₁₀ 濃度最高時，高出約 6 倍，表示「燒香拜拜神器」清淨速率，可以完全清除 PM_{2.5}、PM₁₀，但是也已經到達極限。檢測外部的 PM_{2.5}、PM₁₀，沒有升高與外溢現象。

(三) 我們將線香的數量不斷增加 4、5、6 支線香，外部 PM_{2.5}、PM₁₀ 污染物沒有升高與外溢現象，到了一次燒 7 支線香，外部 PM_{2.5}、PM₁₀ 污染物濃度才有外溢與升高。

(四) 「燒香拜拜神器」，可以清除燃燒 3 支香的污染物沒問題，但我們建議燒 1 支香，主要是 HEPA 過濾網更換成本太高。

八、討論拜拜神器二代提升可行性

我們將空氣清淨機與香爐結合，做成清淨式香爐，高 15cm (大約是一般香爐高度) 寬 35cm 長 38cm，出口最大風速約 6.4m/sec。使用 4 片 26 cm×9cm 厚度 4cm HEPA 過濾網濾網孔隙為

0.3微米，過濾懸浮微粒 HEPA 濾材經美國 IEST-RP-CC021.2 測試標準，用厚度1.0cm 活性碳過濾空氣型態污染物。

- (一) 厚度1.0cm 活性碳過濾空氣型態污染物，清淨空氣型態的污染物更有效率。
- (二) 因清淨機體積減小，過濾面積減少45%，所以 HEPA 過濾網加厚到4cm 以提高懸浮微粒過濾效率。
- (三) 將外側的導流箱與外罩結合，組合元件由3個元件變為2個元件。

九、討論拜拜神器二代清淨效率與第一代比較

- (一) 空氣型態 CO、CO₂、HCHO、TVOC：平均與最大濃度第二代比第一代可降低約40~45% 污染物濃度，清淨效率有明顯的提升。這是活性碳厚度增加40%，所清除的速率增加。
- (二) 懸浮微粒污染物 PM_{2.5}、PM₁₀：平均濃度懸浮微粒污染物 PM_{2.5}、PM₁₀濃度約增加1倍，最大濃度第二代比第一代高，懸浮微粒污染物 PM_{2.5}、PM₁₀濃度約增加1.2倍。這是 HEPA 過濾面積減少45%，所清除的速率降低。
- (三) 拜拜神器內部污染物清淨到環境背景清淨時間：第二代拜拜神器比第一代減少8~10分鐘。第二代燒香完後，立即清除完畢第一代則需要再8~10分鐘清除完。

十、討論不同風速的清淨效率

由於空氣流動的速度降低，通過濾網的空氣量減少，清淨效率有明顯的降低，但因為風速降低，拜拜神器內部噪音降低約8分貝在降低風速的情況下，空氣型態污染物濃度增加50~70%的污染物濃度。懸浮微粒會增加20~30%濃度，清淨時間增加約8分鐘。

十一、討論 HEPA 空氣濾網耐用度

因為 HEPA 過濾網價格較高，我們使用的 HEPA 過濾網厚度4cm、長度26cm、寬度18cm 每片259元需要2片，活性碳濾網寬度30cm、長度120cm 每片280元，我們研究發現空氣清淨機最大費用在濾網，濾網的耐用度很重要。

- (一) 研究結果每燃燒50支香後，CO 濃度增加43.57PPM、CO₂濃度增加94.83PPM、HCHO 濃度增加0.045PPM、TVOC 濃度增加0.538PPM、PM_{2.5}濃度增加9.06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、PM₁₀濃度增加13.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，增加的濃度不高，HEPA 空氣濾網耐用度可以過濾300支環保香沒問題。
- (二) 成本分析：HEPA 濾網2片518元，活性碳濾網280元，共計798元，使用200支線香，每支香使用成本約4元。

十二、討論把拜拜神器放在神桌上實際測試

- (一) 實際應用在家中的神明廳，神明廳為密閉空間，污染物 TVOC、HCHO、CO、PM_{2.5} 與內部的污染物變化研究十一實驗結果相近，神明廳室內的污染物濃度也沒有上升的

現象，我們製作的拜拜神器，確實可以應用在生活中。

- (二) 不同的香種成分有差異，所以燃燒產生的污染物濃度也會不同，不同線香成分的差異需要進一步訪談製香業。

十三、討論第三代新型態神桌清淨效率

表13-2不同代別拜拜神器最高與平均濃度比較表

拜拜神器代別 污染物項目	第一代 最高濃度	第二代 最高濃度	第三代 最高濃度	第一代 平均濃度	第二代 平均濃度	第三代 平均濃度
CO (PPM)	1468	879	1043	851	400	769
CO ₂ (PPM)	3692	2393	2486	2346	1361	2146
HCHO (PPM)	1.626	0.961	1.147	0.972	0.443	0.839
TVOC (PPM)	21.9	12.3	14.9	12.8	5.93	10.9
PM _{2.5} (μg/m ³)	78	168	188	55	125	149
PM ₁₀ (μg/m ³)	111	220	246	75	159	195

- (一) 由表13-2發現，第一代拜拜神器在清淨懸浮微粒清淨效率最佳，其原因為第一代拜拜神器 HEPA 過濾網為第二代的2倍，所以對懸浮微粒的清淨速率較佳。
- (二) 第二代拜拜神器對於空氣型態的污染物清淨效果較佳，其原因用的活性碳厚度由0.6cm 提升的1.0cm，活性碳厚度增加，對於空氣型態的污染物清淨速率增加。
- (三) 第三代拜拜神器在最高濃度與最高濃度高於第二代，利用煙霧實驗發現，第三代拜拜神器的空氣清淨機下降，造成拜拜神器上方的空氣對流速率變慢，所以清淨效率降低，我們可以将導流錐縮小或導流板縮小，增加拜拜神器上方的空氣流動速率。

柒、結論

一、有多少人還在拜拜燒香

拜拜燒香以年紀較長的家人為主，地點:家中、廟宇、室內燒香居多，燒香頻率，經常燒香拜拜人數約佔比率有一半的民眾有燒香儀式。本社區約一半民眾有燒香，燒香對於現代社會中是很重要的祭拜儀式。

二、都是燒香惹的禍嗎？尋找空氣品質最差的地方

- (一) 第一名為媽媽煮飯時，其次大賣場、大馬路、超商、地熱谷、空氣品質都不佳。
- (二) 密閉空間如果空氣流動不足，會造成污染物堆積作用，濃度較高，開放空間污染物，通風良好可以降低污染物濃度。
- (三) 關渡宮做好通風環境，加上空氣清淨機的運作，一樣有良好的空氣品質。

三、燒哪一種香最好：建議使用線徑較小的台灣製環保香較好，是台灣的喔！不要買錯。

四、誰是烏賊王：燒香主要燃燒木材粉末，汽機車燃燒石油，2種成分不一樣的物質，產生的污染物不同，且差異很大，燒香污染物以懸浮微粒為主，汽機車燃燒石油以空氣型態污染物為主。

五、自製第一代燒香用空氣過濾器

- (一) 空氣型態的污染物：線香燃燒完後自製空氣清淨機大約8分鐘清淨達到室內空氣品質標準，大型空氣清淨機大約 10 分鐘清淨達到室內空氣品質標準。
- (二) 懸浮微粒：HEPA 過濾網對於 PM2.5、PM10，線香燃燒完後污染物不再產生，兩種空氣清淨機都可在1分鐘，將實驗模型的懸浮微粒 PM2.5、PM10，清淨到室內空氣品質標準，清淨能力非常強大。

六、製作多功能拜拜神器特別設計

流錐與導流箱的設計，空氣清淨機的氣流並加快空氣清淨速率，大部分的氣流在拜拜神氣的下方快速的流動，少部分的氣流向上對流動，並將線香的污染物流動至下方，加上自製燒香爐外罩以降低氣流對香燃燒的速度的影響清淨效率佳。

七、燒香數量對於清淨效果的影響：線香的數量增加到了一次燒 7 支線香，外部 PM2.5、PM10 污染物濃度才有外溢與升高。可清除燃燒 3 支香的污染物，建議燒 1 支香，主要是 HEPA過濾網更換成本較高。

八、拜拜神器二代提升可行性：活性炭厚度1.0cm 過濾空氣型態污染物，可以降低約50%空氣型態的污染物。HEPA 過濾網加厚到4cm 以提高懸浮微粒過濾效率。將外側的導流箱與外罩結合，組合元件由3個元件變為2個元件。線香燃燒完後，過1分鐘清除到環境背景值，清淨效率有效的提升很多。

九、拜拜神器二代清淨效率與第一代比較

- (一) 空氣型態CO、CO₂、HCHO、TVOC：平均與最大濃度第二代比第一代可降低約40~45%污染物濃度，清淨效率有明顯的提升。
- (二) 懸浮微粒污染物 PM2.5、PM10：HEPA 過濾面積減少45%，所清除的速率降低，懸浮微粒污染物 PM2.5、PM10濃度約增加1.2倍。清淨時間：第二代拜拜神器比第一代減少 8~10分鐘。

十、不同風速的清淨效率：由於空氣流動的速度降低，通過濾網的空氣量減少，清淨效率有明顯的降低，但因為風速降低，拜拜神器內部噪音降低。

十一、HEPA 空氣濾網耐用：HEPA 空氣濾網耐用度可以過濾300支環保香沒問題，以使用200支線香計算，每支香使用成本約4元，每天花4元買你的身體健康，神明祖先保佑。

十二、第二代拜拜神器放在神桌上實際測試：實際應用在家中的神明廳，神明廳為密閉空間，污染物 TVOC、HCHO、CO、PM2.5與內部的污染物變化實驗結果相近，密閉神明廳室內的污染物濃度也沒有上升的現象，我們製作的拜拜神器，確實可以應用在生活中。

十三、第三代新型神桌的可行性

我們設計新型的神桌，把拜拜神器與神桌結合，下沉式的清淨式香爐，外觀與神桌相近，觀上差異只差有35公分高的空氣對流罩，在拜拜神器上方設計與神明溝通的開口，並在內部鋪設防火棉，避免火災發生。

十四、製香的過程與成分：手工製香已經很少，現在以機器製作為主，品質提高，成本降低。政府減香活動對製香業是有影響，但是製香業如在做製作方式，行銷方法，提升香品品質，製香業在台灣祭拜儀式的環境背景下，一樣可以闖出一片天空。

捌、參考文獻

- 一、女大生發明「香爐空氣清淨機」獲創意商品設計金獎
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20200102003434-260405?chdtv>
- 二、吳虹瑩（2015）。拜香燃煙排放之污染物質及健康危害探討。
- 三、吳信慶（2011）。拜香燃煙之有機指標特徵及數目參數研究。嘉南藥理科技大學環境工程與科學系暨研究所學術論文
- 四、林育陞（2006）。香使用文化的意義變遷與特徵。朝陽科技大學設計研究所碩士論文。
- 五、洪睿遠（2018）。『燒香敬神』行為文化之研究。輔仁大學宗教學系學術論文。
- 六、徐慈雅（2006）。燒香暴露與婦女慢性支氣管炎之相關性研究。高雄醫學大學職業安全衛生研究所碩士班學術論文。
- 七、張梅雅（2003）。佛道教的行香文化。政治大學宗教研究所碩士論文。
- 八、國立成功大學環境工程學系（2006）。95 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」成果完整報告。行政院環境保護署、國科會。上網日期：2016 年 6 月 30 日。取自：
<https://www.epa.gov.tw/Page/E855BCAF37C64ABB>。
- 九、莊政翰（2010）。燒香對居家佛堂室內空氣品質的影響。大仁科技大學環境管理研究所學術論文。
- 十、湯智雅、張宸睿、王宥中、李鎧家（2020）。燒好香，有保庇？！。2020 全國中小學科展作品。
- 十一、楊俊郎（1989）。台灣省拜香及相關製造業勞工呼吸道疾病與肺部異常之調查研究。國防醫學院公共衛生研究所院學術論文。
- 十二、楊慈定（2014）。拜香燃煙所產生的空氣污染物、健康危害與其控制策略。『環保資訊』月刊第 197 期。
- 十三、蘇倍筠（2019）。從台北市區大型宮廟燒香減量現象論「環保宮廟」概念之下祭儀形式的變遷。國立交通大學社會與文化研究所學術論文。
- 十四、謝旻宏（2009）。南台灣著名廟宇室內外 CO、CO₂ 及 O₃ 氣體污染物濃度之探討。大仁科技大學環境管理研究所。
- 十五、蘇敬傑（2009）。祭拜活動對廟宇室內外空氣微粒濃度及特性之影響。大仁科技大學環境管理研究所學術論文。
- 十六、顧惟婷（2012）。臺灣漢人信仰中用香與香火觀之解析。國立臺北大學民俗藝術研究所學術論文。

【評語】 082911

1. 作者試著製作多功能燒香神器，期望降低室內拜拜產生的空氣污染問題。測試結果發現，第二代清淨效果最好，於 2 分鐘內即可達到空氣品質標準。
2. 作者主要探討了燒香空間內的污染物變化，排氣端雖有加過濾裝置，但建議也能探討排氣端的污染物變化，尤其是在
 - a. 改變出口風速時，高風速有可能造成過濾效果變差，出口污染物濃度上升。
 - b. 研究耐用度時，或許外部在更早的時間就會有污染物外洩的現象。
3. 調查不同場域的空氣品質，頗為用心。並進一步分析改良空氣濾淨成品，手作及實驗設計能力，值得嘉許。
4. 實驗數據分析之表現佳。
5. 建議增設自動開啟及關閉過濾器的感應，增加實用性能。
6. 具實用性的開發價值。創新概念宜加強。

作品海報

阿嬤的心願

多功能燒香拜拜神器

摘要

本研究自製模型屋、自製空氣清淨機、自製燒香拜拜神器，線香在拜拜神器內燃燒隔絕外部對流以降低汙染物對室內影響，利用空氣品質檢測器，檢測TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀，共6項濃度變化。實驗結果如下：49%民眾有燒香，燒香是重要祭拜儀式。燒香與汽機車汙染物濃度不同，且差異很大。拜拜神器清淨速率：TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀線香燃燒完後，大約清淨2分鐘達到室內空氣品質標準，線香支數：可以清除燃燒3支香的汙染物，建議燒1支香主要是HEPA過濾網更換成本較高。過濾網耐用度：每燃燒50支香後，每燃燒50支香後，CO、CO₂濃度、HCHO（甲醛）、TVOC（總揮發性有機化合物）、PM_{2.5}、PM₁₀濃度大約增加4~5%。成本：燃燒200支香計算每支香過濾網成本約4元。

壹、研究動機

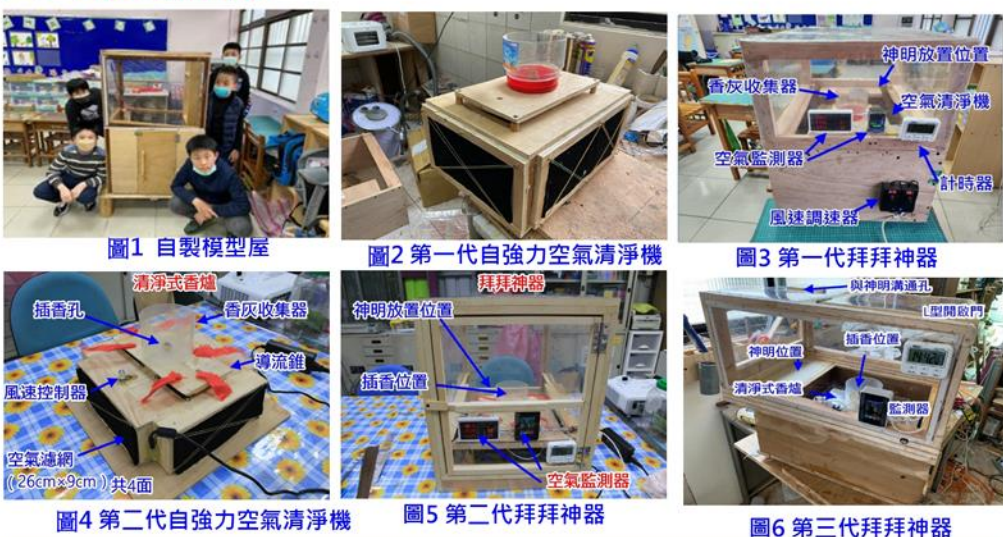
- 一、阿嬤每天都要燒香拜拜，燒香有那麼嚴重嗎？
- 二、台灣每年燃燒的線香，產生空氣汙染物等於兩萬輛車的排放量是真的嗎？
- 三、可以燒香又不排放汙染物的方法嗎？

貳、研究目的

- 一、了解社區家庭中燒香的使用情況。
- 二、訪問製香業者了解製香的過程與成分。
- 三、研究不同環境下空氣汙染物的差異。
- 四、研究不同線香空氣汙染的差異。
- 五、研究不同燃燒物空氣汙染物濃度的差異。
- 六、利用現有的材料製作空氣清淨系統。
- 七、製作燒香專用拜拜神器應用於生活中。

參、研究設備與器材

- 一、實驗器材：1.台灣製造一般香3種、台灣製造環保香6種。2. HEPA過濾網厚度2.5cm、長30cm×30cm寬10、活性炭濾網寬15cm×75cm 8片。3.木心板4×8尺1片、三夾板4×8尺厚0.9cm一片。4.木條寬3cm×厚度2cm×長度120cm 30支。5.透明膠布3尺6尺1張。6.金紙數張。7.蠟燭直徑1.5cm長度20cm數支。8.螺絲釘1.5吋 200支。9.白膠1公升1包。
- 二、實驗設備：1.電子空氣檢測器2個（檢測TVOC、HCHO、CO、CO₂、PM_{2.5}、PM₁₀）。2.空壓機2HP、氣動釘槍F50、F30。3.通風扇12吋1台。4.相機CANON70D、鏡頭15~85mm、相機腳架。5.強力電扇1.6 A 12 V 12 cm、4000轉2台、速度控制器2個、變壓器12V2A 2台。6.小型線鋸（力山2300A）。7.電動螺絲起子。8.大型空氣清淨機一台（H牌）。9.小型空氣清淨機一台。10.機車一輛。
- 三、自製實驗設備



肆、研究方法與結果

實驗一~四實驗結果

- （一）有多少人還在燒香拜拜：有效問卷790張，經常燒香的人數約佔百分比49.3%以中老年人居多。
- （二）空氣品質最差的地方：媽媽煮飯時最差；賣場、馬路旁、地熱谷空氣品質嚴重超標。有燒香的關渡宮（圖2-1、2-2）與沒燒香的行天宮空氣品質一樣好。



- （三）燒哪一種香最好：台灣製線徑小環保香，因沒有加化學助燃劑，汙染物濃度較低。
- （四）誰是烏賊王：氣體汙染物機車第一名。懸浮微粒金紙第一名。不同的物質燃燒有不同濃度汙染物，燒香與汽機車汙染物不同。

五、訪問製香業者

訪談主要內容：

- （一）請問製香主要成分？A：香粉、楠仔粉（黏著劑）、竹籤。
- （二）請問有助燃劑嗎？A：相關的業者有加硝酸鉀。
- （三）請問貴公司有加硝酸鉀嗎？A：我們調整木材的油質與粉末的比例，增加助燃的效果。
- （四）請問政府減香對你們經營與收入有影響嗎？A：剛開始政府減香時有影響的，但我們改變經營方式，透過網路行銷，因為製香師傅大部分年紀很大，手工製香很辛苦沒有人願意傳承，大部分改為機器生產，降低成本，品質更穩定現在銷售情況還不錯。
- （五）請問線香長度一定要13吋嗎？A：台灣的線香一般是13吋，我們也有做長度約20公分的，線香的長度會因為地區、宗教不同會有差異，不一定是13吋。
- （六）請問線香主要的香粉有哪些？A：大部有三種沉香、檀香、肖楠。

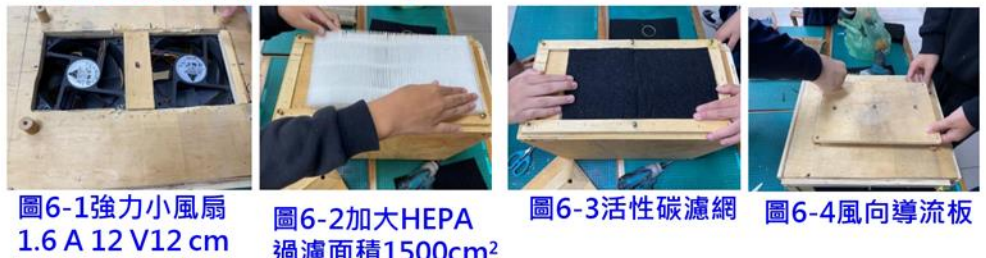
（二）訪問結果分析

- 1.線香主要成分為，竹籤、木粉（香粉）、楠仔皮（黏劑），在不加其他化學助燃劑成分下，可以燃燒。
- 2.線香的長度並不是固定的，會因區域與習俗有差異。
- 3.香粉主要有三種檀香、沉香、肖楠。
- 4.建議所有的香品應該標示成分，並做汙染物測試，讓消費者知道。
- 5.手工製香已經很少，現在以機器製作為主，品質提高，成本降低。
- 6.政府減香活動對製香業是有影響，但是製香業如在做製作方式，行銷方法，品牌建立，提升香品品質，製香業在台灣祭拜儀式的環境背景下，一樣可以闖出一片天空。

實驗六（自製強力空氣清淨機）

（一）製作強力空氣清淨機

- 1.加強風速，購買強力小風扇1.6 A 12 V 12 cm（如圖6-1）、4000轉超大風量電扇2個，小風扇最大風速7.6 m/s。
- 2.加大HEPA過濾面積增加到1500cm²（如圖6-2）。
- 3.加活性炭濾網（如圖6-3），藉此增加過濾效率。
- 4.風向導流板（如圖6-4）。

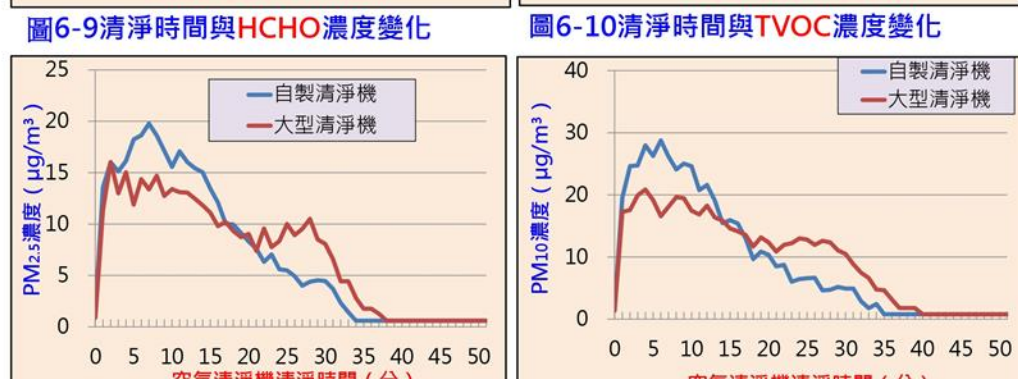
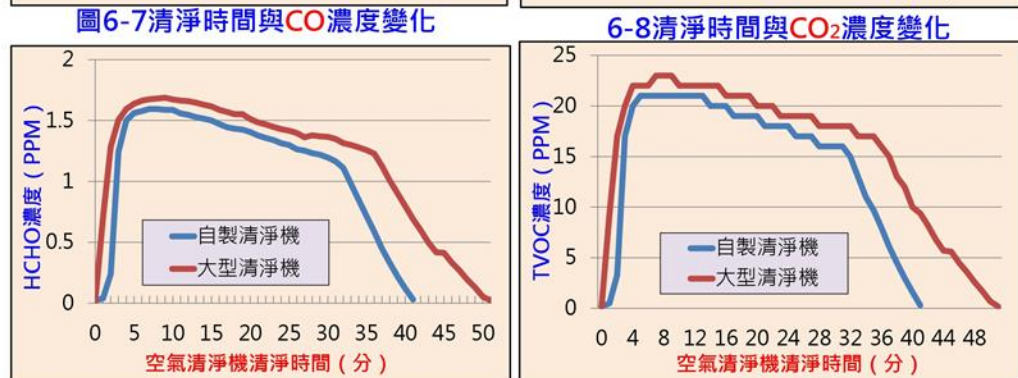
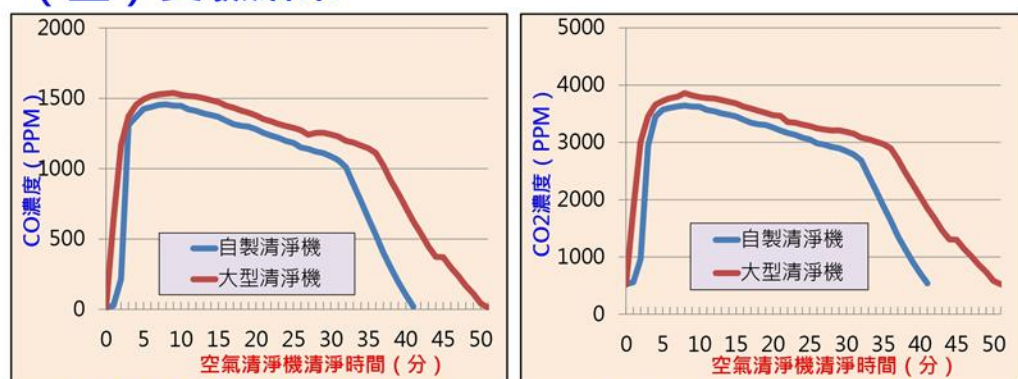


（二）實驗設計

- 1.操縱變因：自製強力空氣清淨機（圖6-5）市售大型空氣清淨機圖6-6）
- 2.控制變因：線香為環保香老山檀，實驗自製模型屋體積0.675立方公尺。



（三）實驗結果



- 1.由圖6-7~6-10，空氣型態的汙染物：自製的強力空氣清淨機的汙染物濃度少10%，清淨時間減少8分鐘。
- 2.由圖6-11~6-12，懸浮微粒型態的汙染物PM_{2.5}、PM₁₀：自製空氣清淨機與大型空氣清淨機清淨速率相當，對懸浮微粒型態的汙染物清淨效率極佳，線香燃燒完後皆可在1分鐘清除完汙染物。

七、製作燒香拜拜神器

把自製空氣清淨機放在密閉的箱子，線香在箱子裡面燃燒，利用空氣清淨機，清淨線香的污染物，真的可以完全清淨線香燃燒的汙染物嗎？

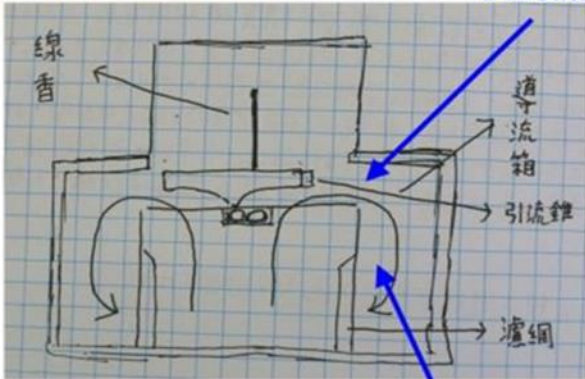


我們設計製作了燒香拜拜神器，長度65公分、寬度49公分、高度59公分的「燒香拜拜神器」，適合家中神桌的大小，內部放置自製強力空氣清淨機。

燒香拜拜神器風向設計概念圖

3.因引流錐與導流箱的阻擋，只有少量的空氣會往拜拜神器上方對流，降低氣流對線香的影響。

1.引流錐與導流箱改變氣流方向加快對流的速度。



2.空氣都在拜拜神器下方快速對流，增加空氣汙染物清淨速率。

圖7-1拜拜神器風向設計概念圖

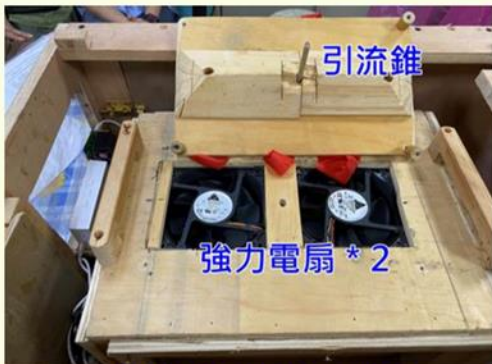


圖7-2引流錐與強力電扇

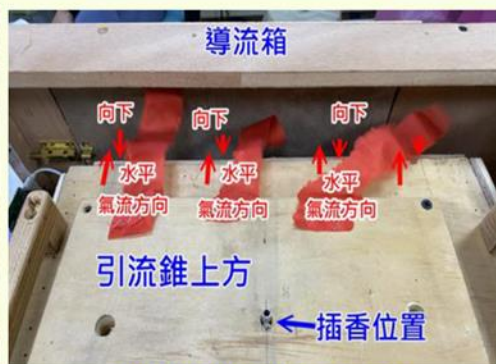


圖7-3導流箱與氣流方向

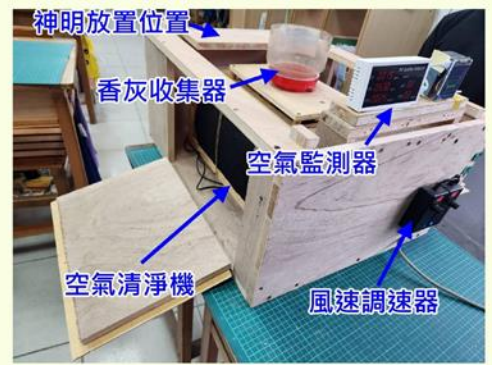


圖7-4拜拜神器完成圖說圖

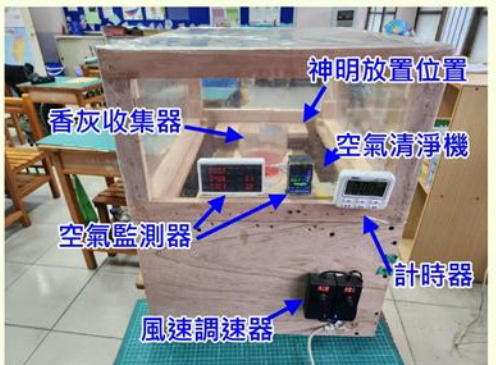


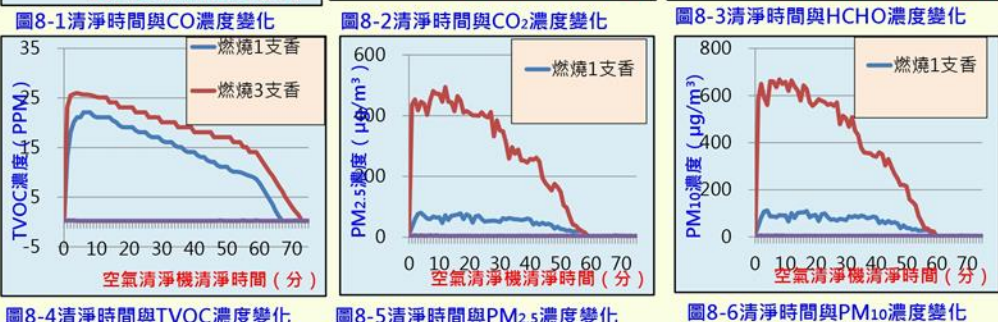
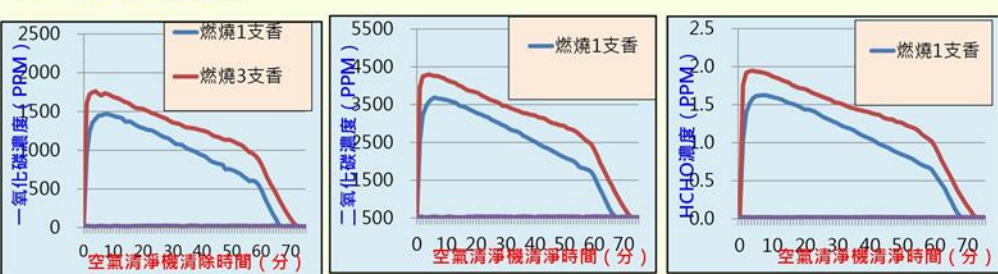
圖7-4拜拜神器完成圖說圖

八、研究燒香數量對於清淨效果的影響

(一) 實驗設計

家中祭拜神明、祖先很多或到宮廟拜拜時神明也很多，都要燒3支香祭祀才夠誠意，能夠清除3支燃燒線香的汙染物嗎？

(二) 實驗結果



(三) 實驗結果分析

1.由圖8-1、8-2、8-3、8-4發現，燃燒3支香比燃燒1支香的汙染物TVOC、HCHO、CO、CO₂濃度高出約15~20%，並沒有因線香燃燒支數增加3倍，汙染物增加3倍的情況，「燒香拜拜神器」，清淨空氣型態的汙染物速率很好，可同時燃燒3支香。

2.由圖8-5、8-6發現，燃燒3支香比燃燒1支香的汙染物PM_{2.5}、PM₁₀濃度，汙染物濃度最高點時，高出約6倍。線香燃燒完後，燃燒3支香與燃燒1支香的汙染物PM_{2.5}、PM₁₀濃度，都能在1分鐘清淨，達到室內空氣品質標準。

九、研究提升拜拜神器可行性

(一) 提升的項目

- 外觀改變：高48cm寬48cm長66cm，可以直接放在神桌上。
- 體積縮小：高15cm（大約是一般香爐高度）寬35cm長38cm。
- 過濾網提升：4片26cm×8cm厚度4cm，H13的HEPA過濾網濾網孔隙為0.3微米，過濾懸浮，用厚度1.0cm 活性碳過濾。

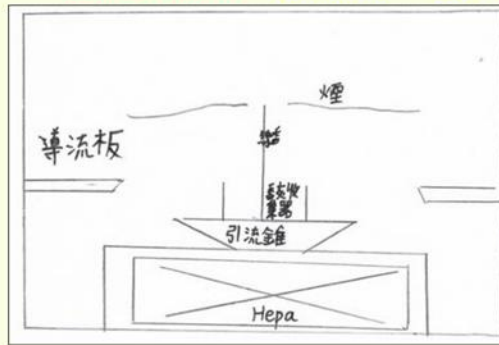


圖9-1第二代拜拜神器設計圖



圖9-2第二代拜拜神器完成圖

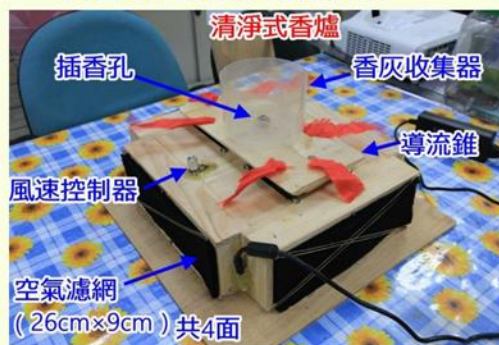


圖9-3清淨式香爐結構

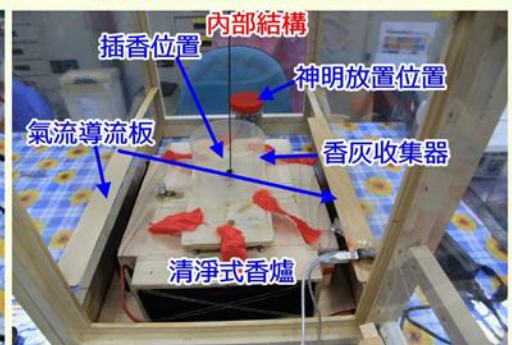


圖9-4第二代拜拜神器內部圖

十、第二代與第一代清淨效率比較

(一) 煙霧實驗



圖10-1煙霧打入拜拜神器內5秒

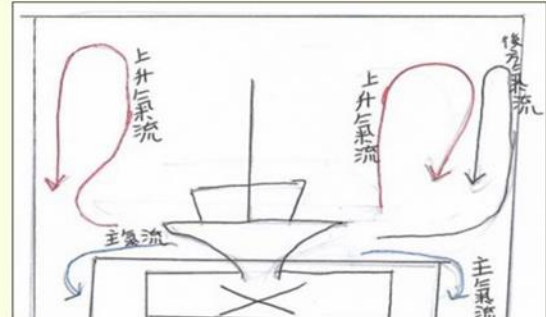
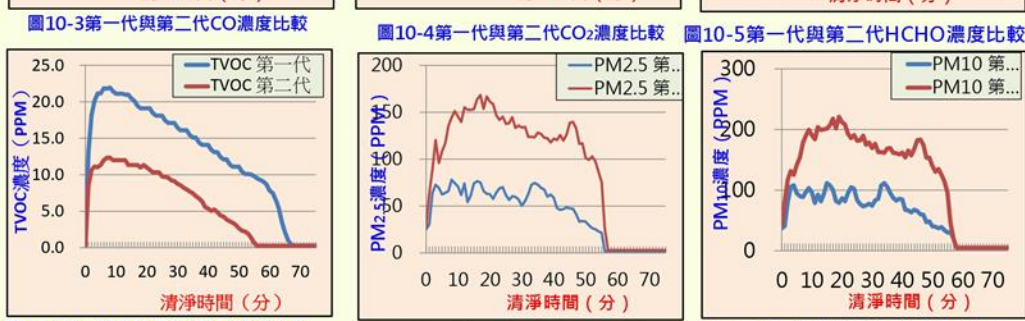
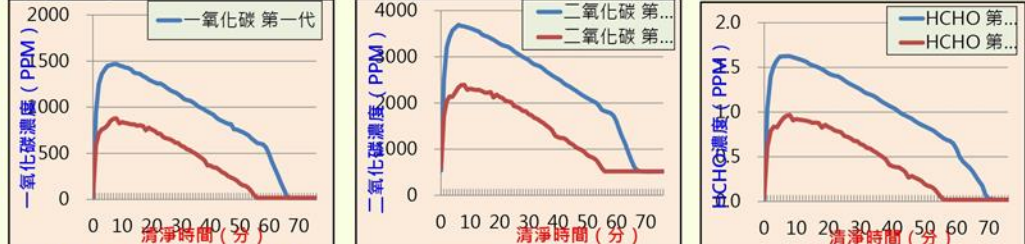


圖10-2拜拜神器空氣流動圖

實驗結果：拜拜神器的平均清淨時間為16.2秒。

(三) 實驗結果



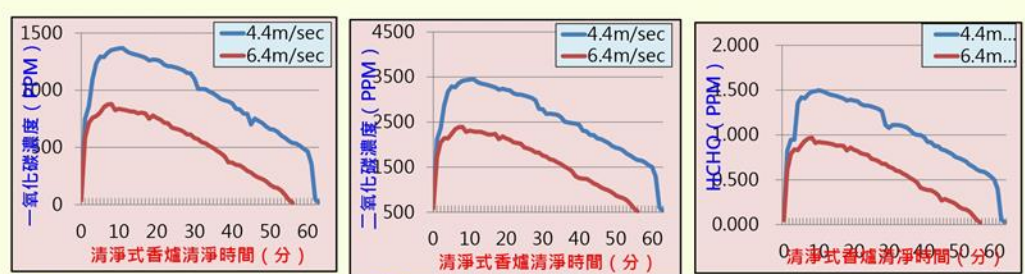
- 平均濃度：第二代空氣型態CO、CO₂、HCHO、TVOC可降低約45% 汙染物濃度，但懸浮微粒汙染物PM_{2.5}、PM₁₀濃度約增加68%。
- 拜拜神器內部汙染物清淨到空氣品質標準：第二代拜拜神器在2分鐘，第一代清淨8~10分鐘。

十一、研究不同風速的清淨效率

(一) 實驗設計

- 操縱變因：出口風速6.4m/sec，出口風速4.4m/sec。
- 控制變因：線香環保老山檀，線香直徑2.2±0.1cm，燃燒長度281mm±1mm 室內溫度26.3℃，濕度74%，自製空氣清淨機，燒香拜拜神器體積0.179立方公尺

(二) 實驗結果



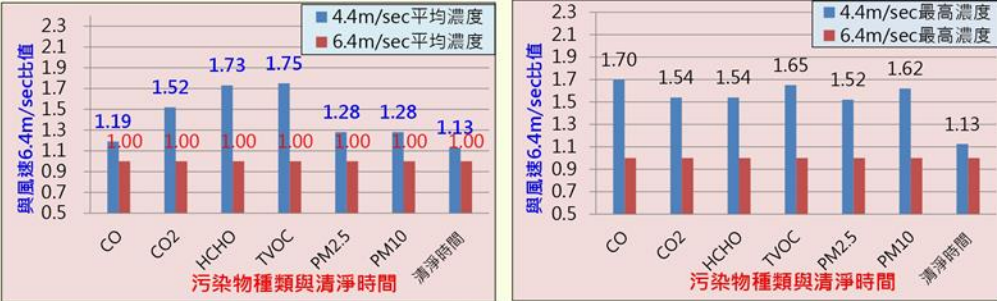


圖11-7不同風速與平均濃度比較

圖11-8不同風速與最高濃度比較

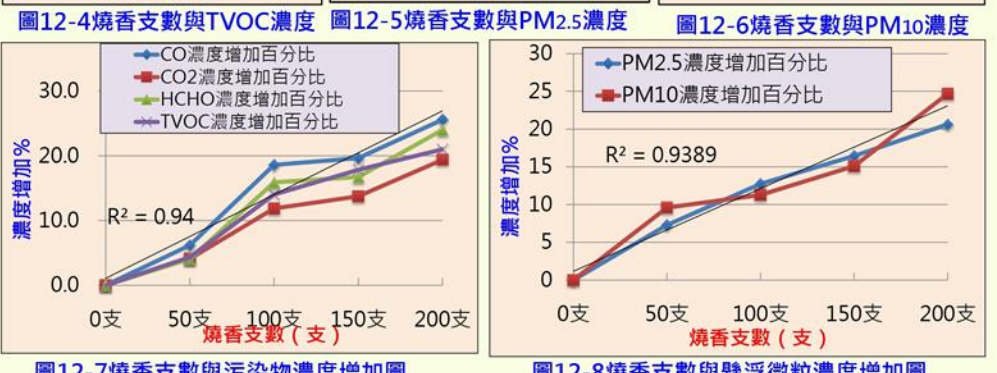
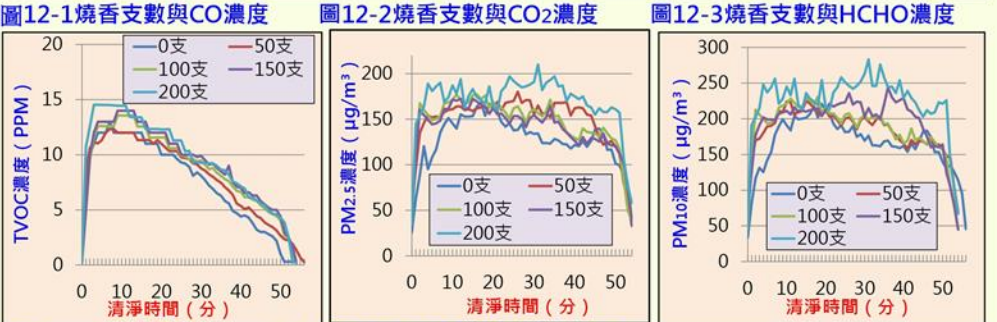
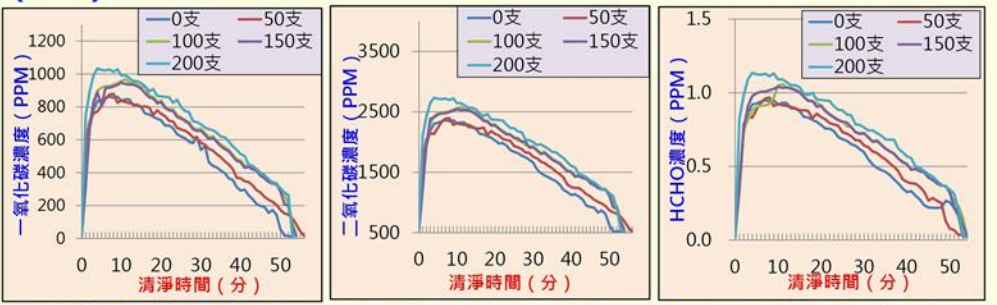
- 1.最高濃度：風速4.4m/sec，大約會增加 52~72%的污染物濃度。
- 2.平均濃度：風速4.4m/sec 空氣型態污染物，大約會增加 19~75%，M2.5、PM10污染物濃度大約會增加28%。
- 3.清淨時間4.4m/sec清淨8分鐘完成內部，增加7分鐘。

十二、研究空氣濾網耐用度

(一) 實驗設計

操作變因：耐用度測試，全新沒有燒過香、第50支香、第100支香、第150支香、第200支香

(二) 實驗結果



過濾網耐用度：每燃燒50支香後，CO、CO₂濃度、HCHO（甲醛）、TVOC（總揮發性有機化合物）、PM_{2.5}、PM₁₀濃度大約增加4~5%。但是清淨速率沒有太大的改變，清淨速率沒有明顯下降。

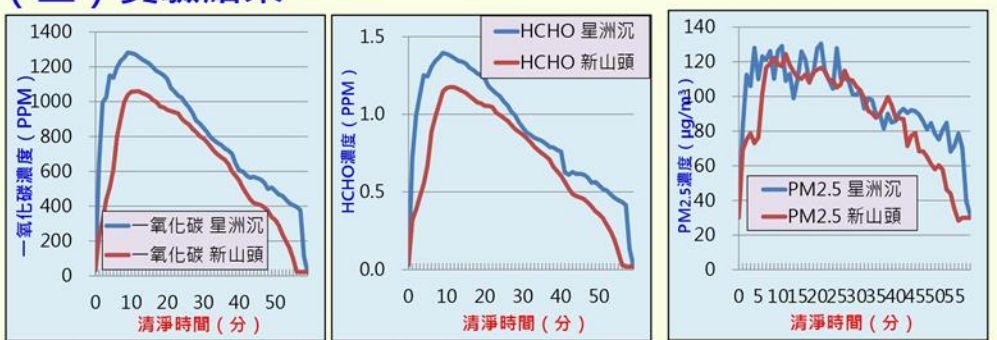
十三、拜拜神器在神桌上實際測試

(一) 實驗設計

拜拜神器實際應用於生活中，家中的神明廳大約長約5公尺寬4公尺高2.4公尺，體積48立方公尺。



(二) 實驗結果



- 1.由圖13-4~13-6，實際應用污染物HCHO、CO、PM_{2.5}與研究十二實驗結果相似，我們製作的拜拜神器，可以實際應用在生活中。
- 2.由圖13-4~13-6，燃燒環保星洲沉、環保新山頭發現污染物濃度變化有明顯的差異，不同的香種成分有差異，所以燃燒產生的污染物濃度也會不同。

十四、研究設計第三代新型態神桌

我們在想如果將拜拜神器與神桌結合，將拜拜神器裝設在神桌的內部，與神桌的桌面平齊，看不見清淨機，把香爐放在清淨機上方，由外觀上看起來與一般的神桌相同，這樣的設計與原來的的神桌大致相同，燒香民眾應該比較容易接受。

(一) 製作過程

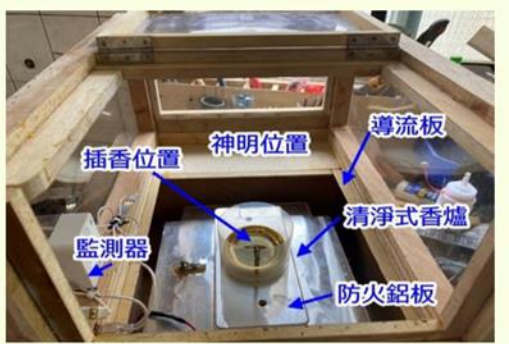


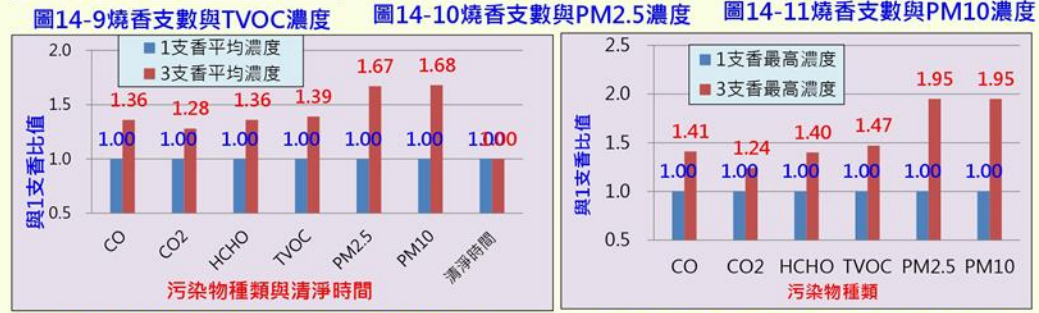
圖14-4第三代拜拜神器外觀說明

圖14-5第三代拜拜神器內部

(二) 實驗設計

第三代拜拜神器可以同時燃燒3支香嗎？燃燒1支環保新山頭線香與燃燒3支環保新山頭線香比較濃度變化。

(三) 實驗結果



- 1.由14-6~14-13發現，燃燒3支香，空氣型態的污染物濃度大約增加36~68%，沒有因為燃燒3支香污染物濃度增加3倍，第三代拜拜神器對氣型態的污染物清淨效率比第一代更佳。
- 2.燃燒3支香懸浮微粒型態污染物，平均濃度大約增加36~67%，最高濃度大約增加41~95%，沒有因為燃燒3支香污染物濃度增加3倍。
- 3.清淨時間皆為52分鐘沒有因燃燒3支香污染物濃度增加，清淨時間增加的現象。燃燒3支香與1支香，線香燃燒完後拜拜神器皆可在2~3分鐘，將污染物清淨到室內空氣品質標準。

(四) 三代的拜拜神器清淨效能比較



- (一) 由圖14-14、14-15發現，第一代拜拜神器在清淨懸浮微粒清淨效率最佳，其原因為第一代拜拜神器HEPA過濾網為第二代的2倍，所以對懸浮微粒的清淨速率較佳。
- (二) 第二代拜拜神器對於空氣型態的污染物清淨效果較佳，其原因用的活性炭厚度由0.6cm提升的1.0cm，活性炭厚度增加，對於空氣型態的污染物清淨速率增加。
- (三) 第三代拜拜神器在最高濃度與第二代相近，因為清淨機下沉到神桌內部，所以噪音較低。

伍、結論

- 一、燒香拜拜是重要的祭拜儀式，只要做好通風設備與空過濾系統，燒香對身體的影響很小。
- 二、汽機車與燃燒線香污染物不同。台灣的製香在製作方式，行銷方法，提升香品品質，增加產業的競爭力。
- 三、可以清淨3支線香燃燒的污染物，線香燃燒完後2~3分鐘，將拜拜神器內部污染物清除完。HEPA空氣濾網耐用度，燃燒200支線香計算，每支香使用成本約4元。
- 四、拜拜神器與新型態神桌，體積小可以直接放置於神桌上或桌上，適合小家庭使用。經過實際測試可以使用在封閉的房子，但是建議燒香時開啟門窗，保持通風。

陸、參考文獻

- 一、女大生發明「香爐空氣清淨機」獲創意商品設計金獎 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/2020012003434-260405?chdtv>。
- 二、吳虹瑩 (2015)。拜香燃燒排放之污染物質及健康危害探討。
- 三、吳信慶 (2011)。拜香燃燒之有機指標特徵及數目參數研究。嘉南藥理科技大學環境工程與科學系暨研究所學術論文。
- 四、林育陞 (2006)。香使用文化的意義變遷與特徵。朝陽科技大學設計研究所碩士論文。
- 五、洪慈雅 (2018)。「燒香敬神」行為文化之研究。輔仁大學宗教學系學術論文。
- 六、徐慧雅 (2006)。燒香暴露與婦女慢性支氣管炎之相關性研究。高雄醫學大學職業安全衛生研究所碩士班學術論文。
- 七、張梅雅 (2003)。佛教的香文化。政治大學宗教研究所碩士論文。
- 八、國立成功大學環境工程學系 (2006)。95年度「環保署/國科會空污防制科合作計畫」成果完整報告。行政院環境保護署、國科會。上網日期：2016年6月30日。取自：<https://www.epa.gov.tw/Page/E855B5CAF37C64ABB>。
- 九、莊政翰 (2010)。燒香對居家佛堂室內空氣品質的影響。大仁科技大學環境管理研究所學術論文。
- 十、湯智雅、張宸睿、王宥中、李鑑家 (2020)。燒好香，有保庇？！。2020全國中小學科展作品。
- 十一、楊俊郎 (1989)。台灣省拜香及相關製造業勞工呼吸道疾病與肺部異常之調查研究。國防醫學院公共衛生研究所學術論文。
- 十二、楊慈定 (2014)。拜香燃燒所產生的空氣污染、健康危害與其控制策略。『環保資訊』月刊第197期。
- 十三、蘇倍筠 (2019)。從台北市區大型宮廟燒香減量現象論「環保宮廟」概念之下祭儀形式的變遷。國立交通大學社會與文化研究所學術論文。
- 十四、謝奕宏 (2009)。南台灣著名廟宇室內外CO、CO₂及O₃氣體污染濃度之探討。大仁科技大學環境管理研究所。
- 十五、蘇敬傑 (2009)。祭拜活動對廟宇室內外空氣微粒濃度及特性之影響。大仁科技大學環境管理研究所學術論文。
- 十六、顧惟婷 (2012)。臺灣漢人信仰中香與香火之解析。國立臺北大學民俗藝術研究所學術論文。