

2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：傳統信仰的健康儀式--測空品做好香

一、摘要

為探究燒香對室內空氣品質的影響，我們使用雷射切割機切割壓克力板，製作一個兩層樓，帶有門窗及樓梯的模型屋，並裝入空氣品質監測器，監測 HCHO、TVOC、PM2.5、CO、CO₂ 等主要污染物的濃度變化。

測試的香品分別為自製的原木香(共 10 種)、市售線香(傳統香及環保香各 4 種)，另外使用污染較嚴重的香來測試不同的燒香環境，包含開門窗、擺放不同的植物(共 5 種)，使用市售空氣清淨商品(3 種)，探討對於室內空氣品質改善的效果。

實測結果燃燒自製原木香產生的 HCHO 及 TVOC 大多較市售傳統香低，PM2.5 及 CO₂ 則與香的粗細有顯著相關。改變燃燒環境的部分，打開門窗對於室內空氣品質的改善效果佳，而擺放植物以及市售空氣清淨商品，也有可觀察到的成效。

數據顯示燒香造成的空氣污染雖然有可以減少的方式，但無法完全消除，因此過渡時期雖然有改善的做法，最終還是希望全民祭祀不燒香。

二、探究題目與動機

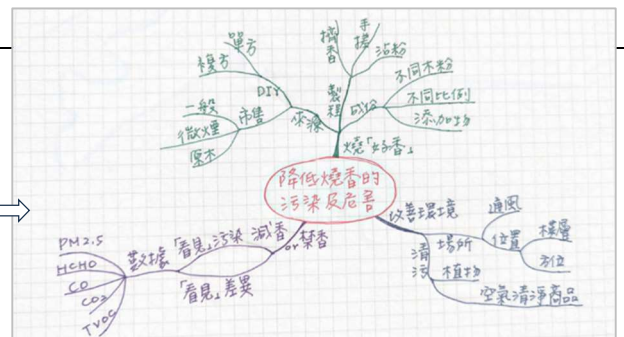
- 雖然在環保意識逐漸進步的時代提倡祭祀「不燒香」、「以功代香」等，許多宮廟也主動封爐、減香或禁香，但我們發現身邊許多年長者仍無法改變常年的習慣，也難以捨棄信仰中的儀式感。而我們希望在觀念轉變的過渡時期，能用科學的方式，探究「各種香品的原料對於空氣品質的影響」，試圖找出最符合「環境永續」與「人本健康」的製作方式。
- 為減少實作過程中造成的環境污染及浪費，我們學習雷射切割技術，以壓克力板「自製模型屋」，並學習「製香」技巧，適量製作不同原料的線香進行實驗。另外對於各種廣為流傳的「空氣清淨」方式，也進行模擬與測試，了解其對於各種空氣污染物是否能達到淨化效果。

三、探究目的與假設

探究目的：

找出能「減少燒香造成之危害」的方式。

問題發想與確認如圖所示，以心智圖呈現：

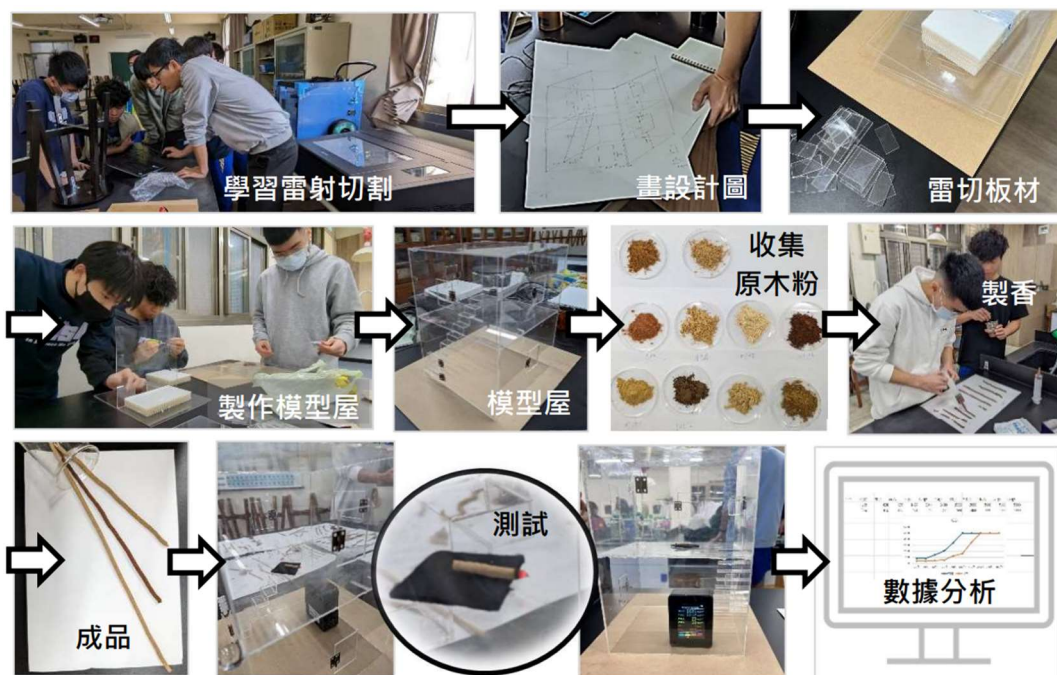
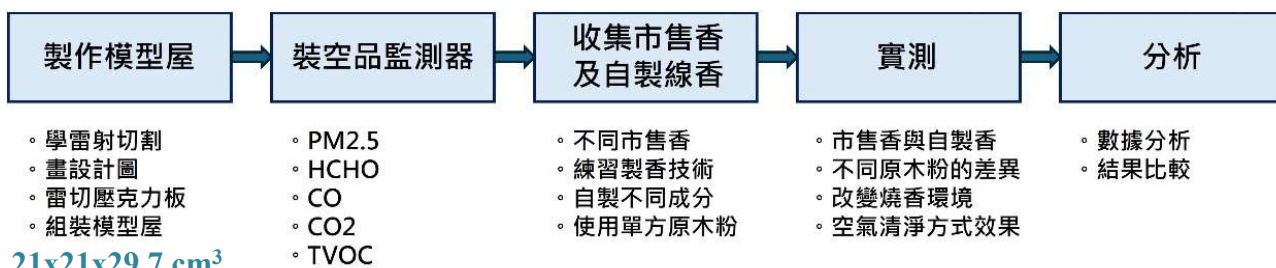


假設：

- 自製「純天然原木香」，對於室內空氣品質的危害較輕微。
- 不同成分的香，燃燒過程放出的污染物，種類及多寡都會有所不同。
- 市售香品中「環保微煙」香造成的空氣污染物較少。
- 擺放植物或是空氣清淨商品，對於空氣品質能有所助益。

四、探究方法與驗證步驟

1. 探究過程



2. 測試材料

(1) 原木粉：(購自「原木香」網站)



(2) 市售香：



不同樹種散發出來的獨特氣味，是愛木者選擇木製品的理由之一，當代也有許多運用木製作香粉、萃取精油等木質香氛產業。但環境變遷下，全球公民減碳固碳是共同責任，我們認為將原木砍伐製成香來燃燒不但沒有固碳還增加碳排放。

(取自國立自然科學博物館特展：材？不材？--木的故事)

(3) 製香成品

原木粉	產地	外觀	氣味	成品
印尼黏粉 (天然楠樹皮粉)	印尼		雜味少	用於塑形 與木粉 1:4
臺灣檜木香粉	臺灣		懷舊木屋香氣	
日本檜木香粉	日本		檸檬、香茅香氣	
肖楠香粉	越南		厚重香甜	
野生新山檀香粉	澳洲		柑橘類酸甜氣味	
百年柏香粉	中國		香甜、柔和舒緩	
寮國香杉粉	寮國		國術清涼藥膏味	
東非老山頭檀香粉	非洲		溫潤奶香	
甜土沉香粉	印尼		溫和平順微甜	
古崖柏香粉	中國		涼感清香	
印尼沉水降真香粉	印尼		濃厚小茴香味	

原木粉購自「原木香」官網，下圖為臺灣檜木香粉介紹：




臺灣紅檜是臺灣特有種植物，生長在海拔 1,000 公尺至 2,600 公尺間，許多神木多是紅檜。為臺灣近年來重要本土針葉林造林樹種之一，木材細緻帶有香氣，是很受歡迎的木材，常用於傢俱、建築、器具、雕刻等。

(取自國立自然科學博物館特展：材？不材？--木的故事)

在瀏覽特展中「愛之森」系列，了解臺灣林業與自然保育之後，更認同這些樹木應留存於森林，而不是拿來製香燃燒。

(4) 測試植物

黃金葛	蘆薈	虎尾蘭	吊蘭	袖珍椰子
				

(5) 測試商品

高效除醛 活性炭	備長炭	錳碳二合一
		

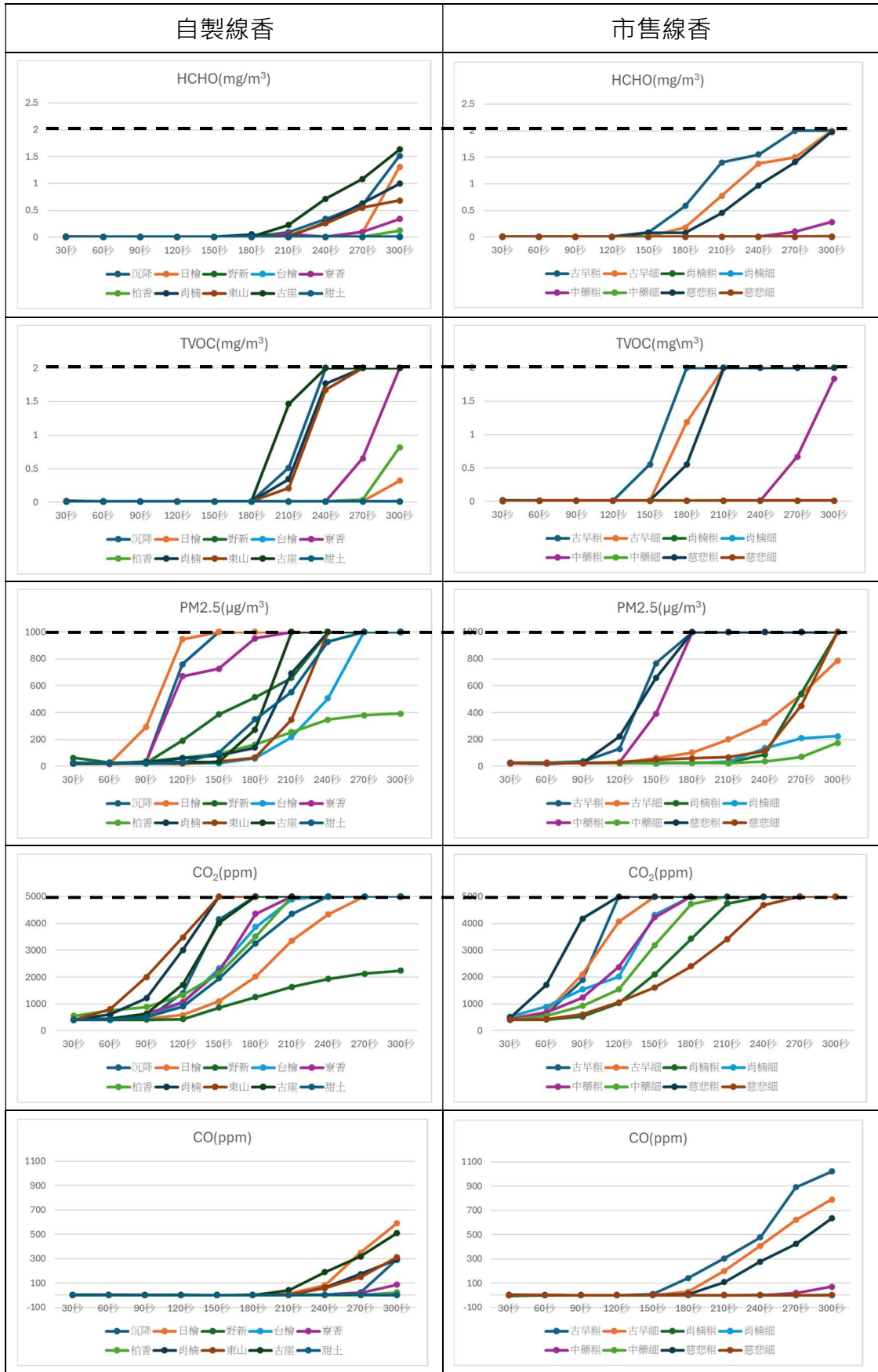
3. 測試方法

確認模型屋中的空氣品質數值正常，將測試的香裁切 3cm 後點燃，依每次實驗設計之環境配置門窗、擺放植物或商品等，每 30 秒記錄 1 次數值，共測試 5 分鐘。燒香位置為 2 樓中央，空氣品質偵測器擺放於 1 樓，每次測試完畢開啟門窗直到數值恢復正常。

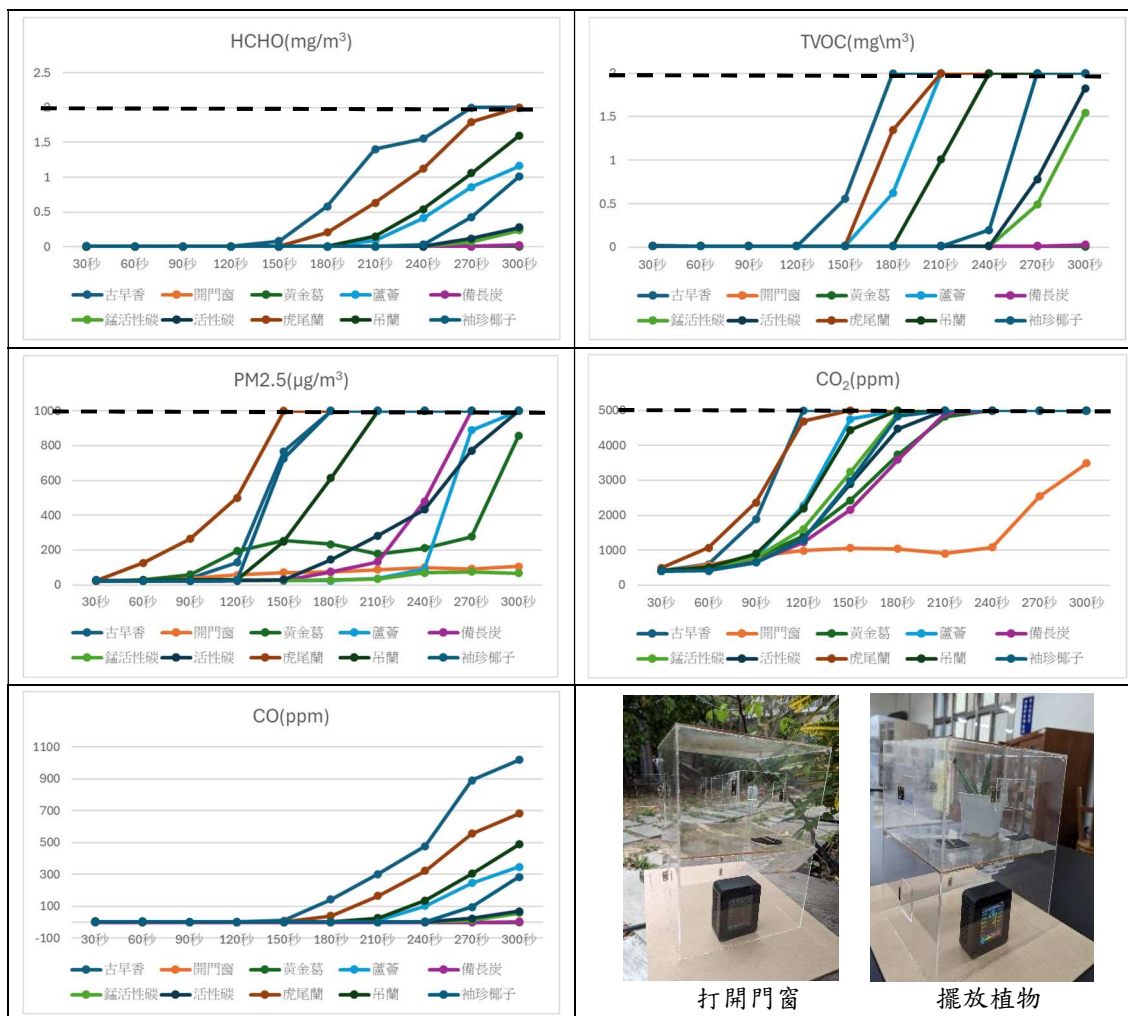


4. 數據整理

----- 為儀器偵測上限



以實測結果汙染較嚴重的「傳統古早味料香」來進行下列比較：
 密閉燒香、開門窗燒香、放入植物(黃金葛、蘆薈、虎尾蘭、吊蘭、袖珍椰子)、
 放入市售商品(取 5.5g 的 除醛活性炭、備長炭、錳碳二合一)



五、結論與生活應用

1. 結果討論

(1) HCHO(甲醛)

- 自製線香大多約在 3 分鐘左右開始偵測到甲醛。本次測試除了野生新山檀香、臺灣檜木、東非老山頭檀香、甜土沉香等 4 種原料之外，其餘自製香隨燃燒時間，甲醛均有明顯的增加。
- 市售香的部分，除肖楠料香之外，燃燒均有甲醛釋放，且與香的粗細有顯著關聯，同品牌同氣味僅粗細不同的線香，粗的釋放甲醛較多、較快。其中又以古早味線香釋放的甲醛較嚴重，5 分鐘之內即超過儀器偵測上限。
- 原先認為使用原木粉自製線香，不會有釋出甲醛的問題。但經過實測，這些「無添加」的香在燃燒一段時間後仍會產生甲醛。於是我們查詢相關文獻，在「林業試驗所森林利用組」的專題論述「木材燃燒面面觀」中，提到「由微觀的觀點來看，高分子的燃燒是由氫自由基 H·與氫氧自由基 OH·所引發的自由基連鎖反應。經過這些反應後，高分子的碳鏈逐漸縮短，進一步轉為甲醛、一氧化碳和氫氣等，最後更燃燒生成二氧化碳與水蒸氣」。因此我們了解到甲醛是木料燃燒過程常見的產物，即使原木也無法避免。

(2) TVOC(總揮發性有機化合物)

- 自製線香有一半在 5 分鐘內超過儀器偵測上限，其餘也有少量增加。我們發現這些快速釋放 TVOC 的自製香，燃燒時都有很明顯的煙，也燃燒的比較快。在本次測試中，野生新山檀香、臺灣檜木、甜土沉香等，TVOC 汙染較低。
- 燃燒市售香，實測 TVOC 的濃度與香的粗細仍密切相關，同品牌同氣味僅粗細不同的線香，粗的明顯較嚴重。其中又以古早味線香釋出濃度最高。
- 燒香是室內 TVOC 的來源之一，而燃燒燃料或木料都會產生 TVOC，因此即便是無毒無添加的原木，燃燒仍然會產生毒害。

(3) PM2.5(粒徑 ≤ 2.5 微米的懸浮微粒)

- 自製香除了百年柏香粉製成的線香外，其餘均在 2.5~4.5 分鐘超過儀器偵測上限，印尼沉水降真香、日本檜木、寮國香杉等最為嚴重。
- 市售香的部分，PM2.5 與香的粗細有顯著相關，粗的香 PM2.5 增加非常快速，尚楠粗香相對較低，但仍在 4.5 分鐘內超過偵測上限。
- 在 PM2.5 的實測結果中，自製香的汙染程度較市售「細」香嚴重很多，細香在燃燒過程中的煙量也明顯較少，同樣時間內燃燒的長度相近，因此越粗的香燃燒的原料越多，產生的 PM2.5 就越多。

(4) CO₂(二氧化碳)及 CO(一氧化碳)

- 燃燒木料必然產生 CO₂，當室內氧氣不足，便會不完全燒產生 CO。自製香與市售香皆然，是原本可預期的結果。
- 觀察現象與數據，香的粗細是主要影響因素，慈悲甘露香粗枝是所有樣品中香徑最大的，CO₂ 的產生也最快，而同材質的慈悲甘露香細枝，CO₂ 的增加速率就有很大的差異。

(5) 改變燒香環境

- 通風的環境(打開模型屋門窗)燒香，對於室內空氣品質的改善效果最好，甲醛、TVOC 及 CO 的數值較燒香前均無增加，PM2.5 及 CO₂ 也有明顯改善，較密閉時減少很多。
- 擺放植物的部分，我們選擇查詢資料中最常被提及的幾種盆栽。黃金葛的效果較明顯，甲醛、TVOC 及 CO 的數值較燒香前均無增加，PM2.5 及 CO₂ 也減少許多，其次為袖珍椰子，而擺放其他植物也有改善。另外，擺放植物的效果，均不如打開門窗。
- 除了植物種類之外，我們放入的黃金葛及袖珍椰子，葉子較為茂密，蘆薈則只有少數幾片，因此也有可能是受到植物表面積大小的影響。
- 擺放三種不同的碳商品，備長炭對於吸收甲醛、TVOC 的效果最佳，錳碳二合一的商品則對於 PM2.5 有最好的效果，三種碳商品實測均有作用。

2. 生活應用

若年長者堅持燒香、供煙等儀式，無法改變觀念時，除了以空氣品質監測器來讓他們「看見」汙染之外，也可以先從自製細而短的香，選用如臺灣檜木這種汙染較輕微且本地生產的原料，適量燃燒再漸漸減量做漸進式的改變。此外會造成室內空氣汙染的不只有燒香，因此這個模式也可利用於探究其他行為對空氣品質的影響，如煮食方式、清潔用品、殺蟲劑、菸害、裝潢材質等等。

參考資料

1. 林業試驗所森林利用組專題論述：木材燃燒面面觀(作者:黃清吟)
2. 環境部室內植物淨化空氣網站：<https://freshair.moenv.gov.tw/houseplant/index.asp>
3. 國立自然科學博物館特展：材？不材？--木的故事(第三特展室)
特展網站：<https://web3.nmns.edu.tw/Exhibits/113/the-story-of-wood/index.html>