

裝訂線

屏東縣第 62 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國小組

作品名稱：瀘化校園

關 鍵 詞：PM2.5、空氣汙染、microbit

裝訂線

編號：A5011

裝訂線

摘要

空污，是潛伏在民眾生活中的隱形殺手，它涵蓋室內污染源與室外污染源，對全民的健康造成威脅。去年我們結論是校園內空氣品質會受到附近居民活動影響而造成差異。今年我們利用去年結論來找尋如何改善校園空氣品質，本實驗研究結果有以下幾點：(一)疫情二級警戒、三級警戒和未發布二級警戒前，PM2.5 數值差 6 倍多。(二) PM2.5 與風向有關，順、逆風時教務處內 PM2.5 數值差距也可達 6 倍。(三)我們學校因固定污染源是對面廟宇內的金爐及香爐的煙，所以能將教務處上風區長期關窗且下風區開窗，為最佳。(四)若能將紗窗改成有過濾效果的濾網，或加裝抽風電扇也可大大降低 PM2.5 數值。(五) 教務處內種植虎尾蘭也有降低 PM2.5 的效果。

目錄

壹、前言	P.1
貳、研究設備及器材	P.3
參、研究過程或方法	P.5
肆、研究結果	P.15
伍、討論	P.25
陸、結論	P.27
柒、參考資料及其他	P.28

壹、 前言

研究動機

去年我們做了「灰濛濛的校園-風向的空氣汙染對校園空氣品質的影響」，結論是校園內空氣品質會受到附近居民活動影響而造成差異，其讓 PM2.5 濃度升高的主要原因有廟宇燃燒金紙、居民焚燒垃圾等。今年我們想要利用研究出來的數據來濾化校園，讓學校中的師生，都能呼吸新鮮空氣。去年因應本土疫情持續嚴峻而停課，我們也利用空氣盒子中的 PM2.5 數值來做個大數據比較，看看疫情警戒第三級、第二級和疫情前是否有顯著差異性。

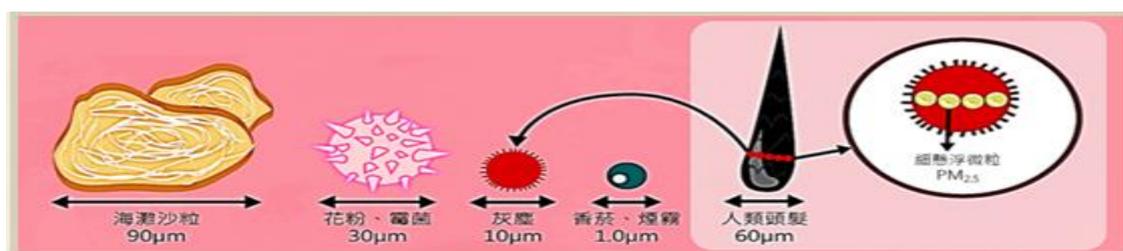
研究目的

- 一、探討校園內空氣污染源數值，針對疫情二級警戒、三級警戒，是否有差異性。
- 二、探究運用 thinkcad 繪圖軟體與雷射切割機進行設計繪製產出實驗模擬場域-等比例尺寸教務處縮小小屋精準性的影響。
- 三、探討運用雷射型 PM 2.5 粉塵感測器模組與物聯網晶片自動偵測與紀錄廟宇焚香對學校教務處空氣品質(PM2.5)的影響。
- 四、探討風的「方向」，針對順風、逆風及開窗方向是否對 PM2.5 有影響。。
- 五、探討風的「對流」，區分為有無開窗或加裝紗窗濾網、增加抽風風扇、擺放綠色植物對室內空氣品質的影響

文獻回顧

大氣懸浮這些微粒大致可依粒徑(懸浮微粒有大小不同的粒子直徑簡稱粒徑)，大小分成 3 類，分別是超細粒徑顆粒(小於 0.1 微米)、細粒徑顆粒(0.1 至 2.5 微米)，以及粗粒徑顆粒(2.5 至 10 微米)。小於 2.5 微米的懸浮微粒對人體健康的影響最大。PM2.5 直徑不到髮絲粗細的 1/28，非常微細可穿透肺部氣泡，並直接進入血管中隨著血液循環全身，故對人體及生態所造成之影響是不容忽視的。PM2.5 會導致哮喘、肺癌、心血管疾病、先天性疾病等。根據世界衛生組織的報告，空污在 2016 年造成全球城市和農村地區約 420 萬人過早死亡。早在 1996 年哈佛大學的研

究（The Harvard Six Cities Study）就顯示，PM2.5 是導致人類非意外死亡的主因之一，特別是老年人，每天會增加 1.5% 死亡風險。近 3 年在中國所進行的研究則發現，PM2.5 濃度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，就會增加 1.4% 左右的肺阻塞（下呼吸道慢性發炎）急診病患；研究還發現，不管是懸浮微粒或是氣狀污染物，對女性健康的衝擊，明顯比男性還大；一份美國的研究更指出，女性長期暴露在過高的 PM2.5 濃度下，罹患乳癌的機率是一般的 5 倍！



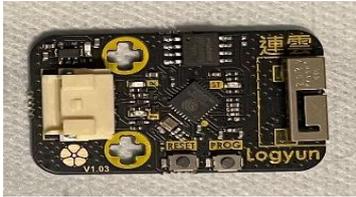
細懸浮微粒粒徑說明圖形

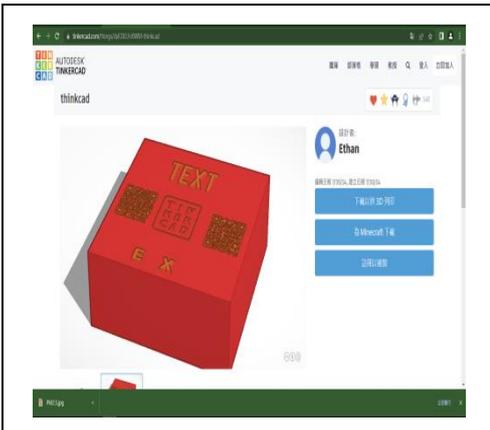
空氣 PM2.5 濃度與健康影響

空氣PM2.5濃度與健康影響 (國家室內空氣品質PM2.5標準為 $<35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

PM2.5濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0 - 15	15 - 35	35	35 - 54	54 - 150	150 - 250	250 - 500
對健康影響	非常乾淨	乾淨	國家室內空氣品質標準	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康	危害
一般民眾活動建議	空氣品質極良好，污染程度極低或無污染。	空氣品質符合標準	國家室內空氣品質PM2.5標準	可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯。	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。

貳、 研究設備及器材

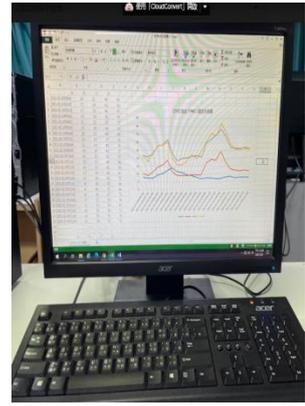
		
<p>PMS5003 G5 雷射型 PM 2.5 粉塵感測器模組</p>	<p>Logyun 連雲 Wi-Fi 模組</p>	<p>OLED 模組</p>
		
<p>Microbit 晶片</p>	<p>MbitBot Lite 擴充晶片組</p>	<p>DHT11 溫溼度模組</p>
		
<p>FLUX 雷射切割機</p>	<p>5V 風扇</p>	<p>繼電器</p>



thinkcad 繪圖軟體



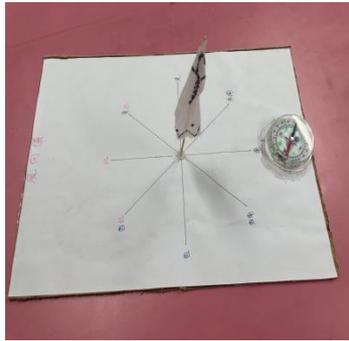
空氣盒子



電腦



空氣濾網



自製風向標



PM2.5 測量機器



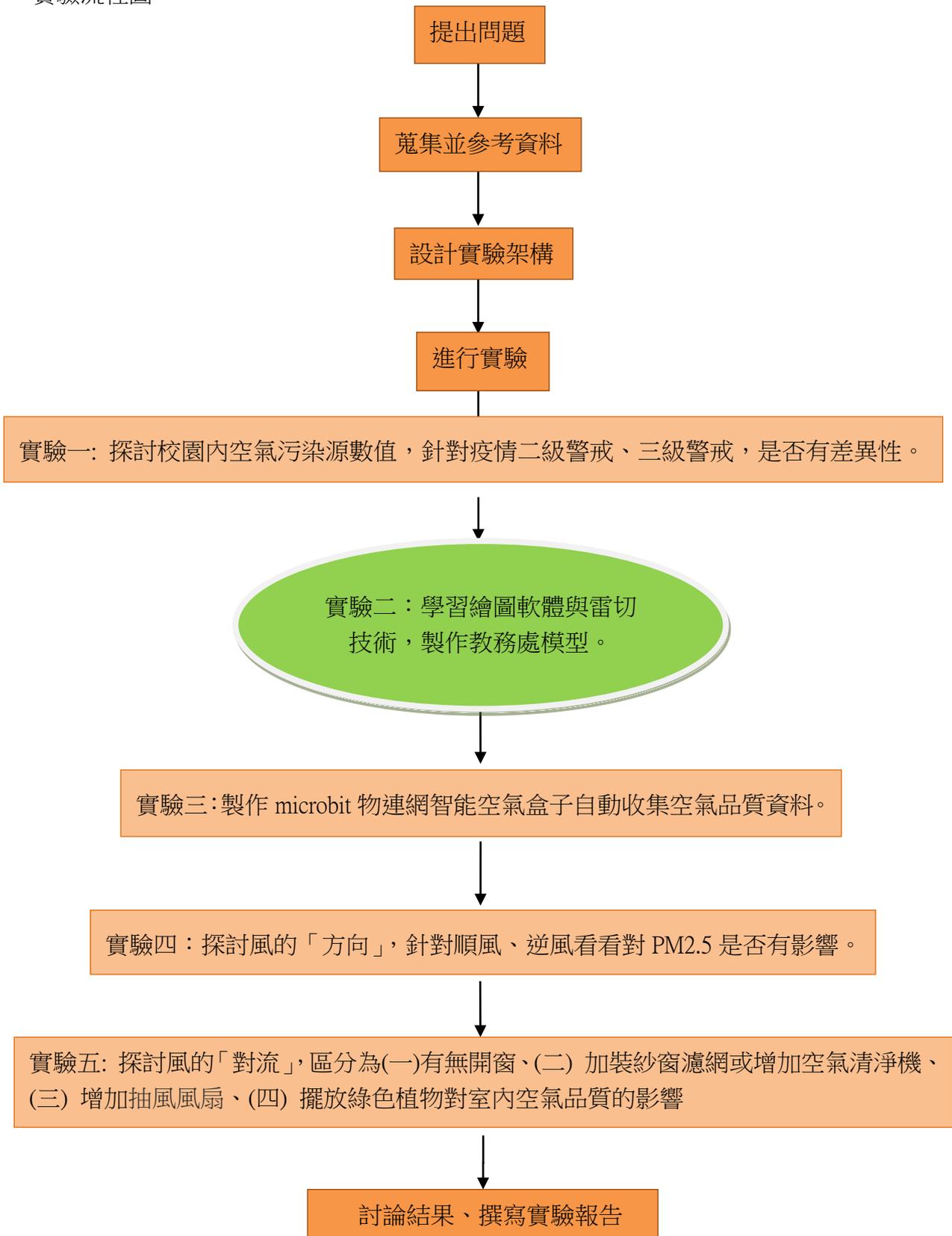
風速計



虎尾蘭盆栽

參、研究過程或方法

一、實驗流程圖



二、實驗步驟

(一) 實驗一: 探討校園內空氣污染源數值，針對疫情二級警戒、三級警戒，是否有差異性。

1.目的: 去年我們推論校園內空氣品質，受到附近居民活動影響而造成差異，所以今年我們想探究疫情前後，對校園空氣品質是否有差異性

2.操作變因: 校園內的空氣盒子數值，在2021年疫情級二級警戒(3~5月)、疫情三級警戒(2021年6月)及二級警戒(2021年9月)比較

3.應變變因: PM2.5

4.實驗方法: 我們將校園內空氣盒子(08BEAC252958)在 2021 年 3~5 月的數值，與疫情三級警戒(2021 年 6 月)及二級警戒(2021 年 9 月)來做比較並分析。

◎「**第三級 管制期**」警戒期間全國性應變措施:

(1).宗教集會活動**全面暫停辦理**，宗教場所暫不開放民眾進入。

(2).全國各級學校**停止**到校上課。

◎「**第二級 警戒期**」警戒期間全國性應變措施:

(1).宗教場所開放民眾進入、宗教集會活動開放辦理(但基於防疫考量，仍不得辦理具聯誼與社交性質之餐宴)，可容留人數以室內以每人至少 2.25 平方公尺計算，原則最多 50 人。在此規模以下之宗教場所及宗教集會活動主辦單位免提報防疫計畫。

(2).全國各級學校**恢復**到校上課。



圖1 學校教務處與廟宇街景圖

(二) 實驗二：探究運用thinkcad繪圖軟體與雷射切割機進行設計繪製產出實驗模擬場域-等比例尺寸教務處縮小小屋精準性的影響。

實驗方法：

1. 實驗模擬場域-等比例尺寸教務處縮小小屋繪圖設計: (1)先量測教務處實際長寬及窗戶長寬，先計算出需要縮小多少的比例。(2)利用手機內的測距儀，量測教務處到對面福德宮的距離。(3)先用手繪出底稿。(如圖 2-1~2-2)

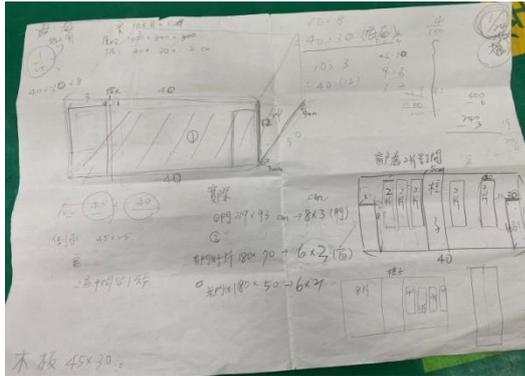


圖 2-1 縮小教務處小屋手稿

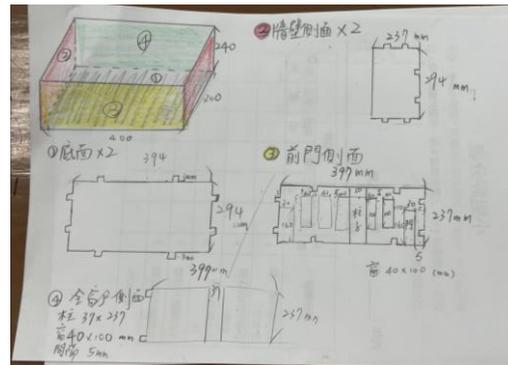


圖 2-2 縮小教務處小屋手稿

2. 利用 thinkcad 繪圖軟體畫出縮教務處模型: (1)靠近走廊牆門、窗開孔與卡榫設計、(2)面向校門牆窗開孔與卡榫設計、(3)地板、天花板卡榫設計、(4)二扇門開關設計、(5)壓克力窗滑軌開窗設計，並轉成 SVG 檔匯出 (如圖 2-3~2-6)。

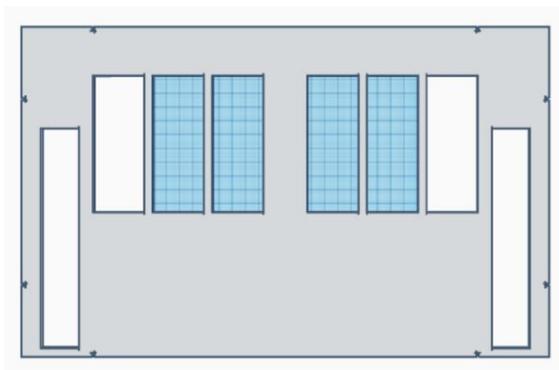


圖 2-3 走廊牆門

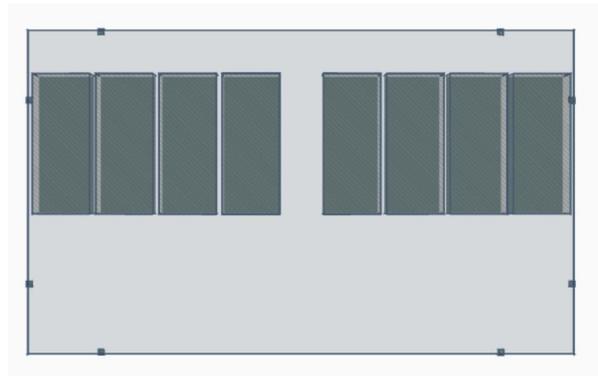


圖 2-4 面向校門牆

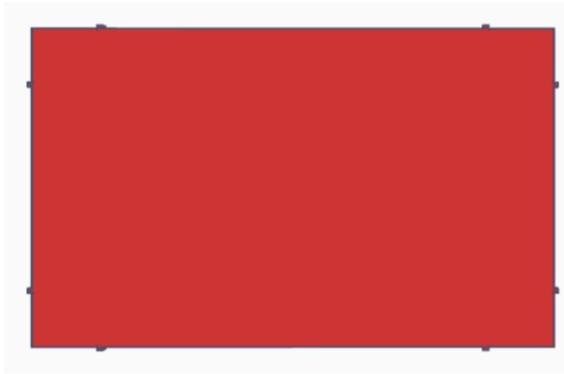


圖 2-5 地板、天花板

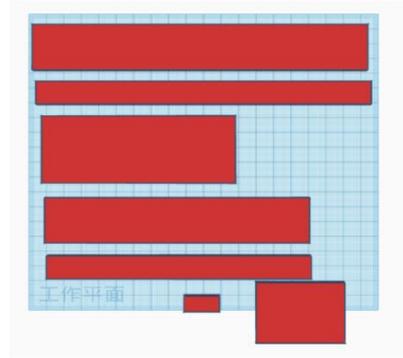


圖 2-6 壓克力窗和門

3. 利用 FLUX 雷射機軟體 Beamo，將 thinkcad 繪好之 SVG 圖，轉成雷射圖層(圖 2-7)，並設定雷射 3mm 木板之功率 55%、速度 7 (圖 2-8)並運用 FLUX Beamo box PROxo 雷射機將各面牆與門窗的木板和壓克力雷射出來(圖 2-9~2-10)。

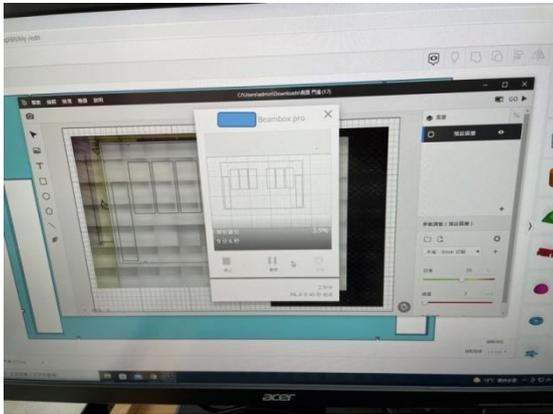


圖 2-7 雷射機軟體 Beamo



圖 2-8 雷射機雷射



圖 2-9 雷射縮小小屋成品



圖 2-10 雷射縮小小屋成品

(三) 實驗三：探討運用雷射型 PM 2.5 粉塵感測器模組與物聯網晶片自動偵測與紀錄廟宇焚香對學校教務處空氣品質(PM2.5)的影響。

1.實驗方法：

(1).智能PM2.5自動偵測紀錄設備:

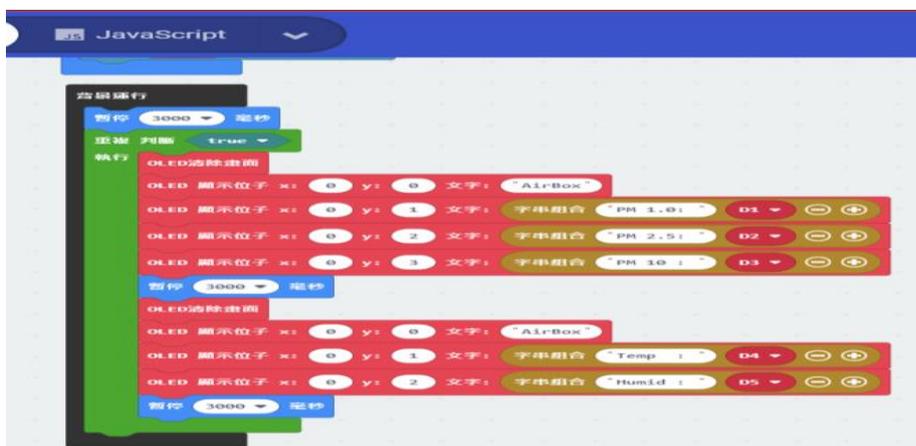
5G AI時代，大數據是非常重要的一環，藉由學校學過的microbit課程，運用 PMS5003 G5 雷射型 PM 2.5 粉塵感測器模組與Wi-Fi 模組Logyun 連雲晶片自動偵測與紀錄將資料上傳至Google 試算表，並即時顯示在1.3吋OLED 顯示螢幕上，達到萬物物聯智慧科學家的目的，省下大量等待時間與紀錄遺漏的缺點，並且擁有巨量的PM2.5實驗數據，讓我們更能精確地掌握學校空氣品質的變化。

2.程式部分:

(1).設定 OLED、PMS3003、LED 初始化程式



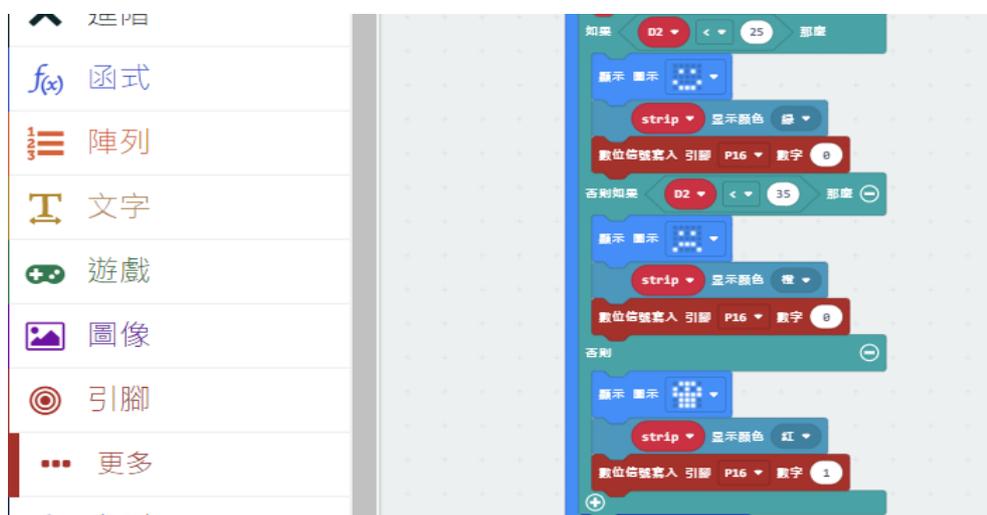
(2).背景運行程式中，設定 OLED 清除螢幕畫面並在(X,Y)共 4 列顯示文字 AirBox、PM1.0、PM2.5、PM10，並在 3 秒後清除畫面螢幕，並在(X,Y)共 4 列顯示文字 AirBox、Temp、Humid，OLED 即會在螢幕中顯示 PM1.0、PM2.5、PM10、Temp、Humid 的文字與數值。



(3).利用迴圈重複無限次，設定腳位 P2、P1 連接 PMS3003RX、TX 並讀取數值，並設定變數 D1 為取得 PMS3003 PM1.0 資料、變數 D2 為取得 PMS3003 PM2.5 資料、變數 D3 為取得 PMS3003 PM10 資料、變數 D4 為取得 DHT11 溫溼度模組 P8 腳位讀取溫度資料、變數 D5 為取得 DHT11 溫溼度模組 P8 腳位讀取濕度資料。



(4).設定程式如果變數 D2 數值小於 25 顯示笑臉圖樣、LED 燈帶顯示綠燈、數位腳位 16 繼電器為 0 關閉、5V 風扇電路斷路，若是變數 D2 數值小於 35 大於 25 顯示哭臉圖樣、LED 燈帶顯示橙燈、數位腳位 16 繼電器為 0 關閉、5V 風扇電路斷路，若是變數 D2 數值大於 35 顯示骷髏頭圖樣、LED 燈帶顯示紅燈、數位腳位 16 繼電器為 1 啟動、5V 風扇電路通路。



(5).Wi-Fi 模組 Logyun 連雲晶片 RX 在 P13 腳位、TX 在 P14 腳位，並將 Wi-Fi 名稱與密碼填入，並將 Google 試算表開啟共用編輯連結，將 Google 試算表金鑰填入，設定試算表第一欄填入變數 D1(PM1.0)數值、第二欄填入變數 D2(PM2.5)數值、第三欄填入變數 D3(PM10)數值、第四欄填入變數 D4(Temp)數值、第五欄填入變數 D5(Humid)數值



(6). Google 試算表

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
5966	2022/03/04 10:17:56	25	39	46	27	70			
5967	2022/03/04 10:18:04	26	39	48	27	70			
5968	2022/03/04 10:18:12	27	40	49	27	70			
5969	2022/03/04 10:18:19	26	39	49	27	70			
5970	2022/03/04 10:18:34	26	40	50	27	70			
5971	2022/03/04 10:18:48	27	42	49	27	70			
5972	2022/03/04 10:18:56	27	43	51	27	70			
5973	2022/03/04 10:19:10	27	41	50	27	70			
5974	2022/03/04 10:19:16	28	40	49	27	70			
5975	2022/03/04 10:19:23	28	40	47	27	70			
5976	2022/03/04 10:19:31	28	43	52	27	70			
5977	2022/03/04 10:19:38	28	43	52	27	70			
5978	2022/03/04 10:19:45	26	41	48	27	70			
5979	2022/03/04 10:19:52	27	41	49	27	70			
5980	2022/03/04 10:20:00	28	42	49	27	70			
5981	2022/03/04 10:20:09	28	42	50	27	70			
5982	2022/03/04 10:20:16	28	42	49	27	70			
5983	2022/03/04 10:20:23	28	42	49	27	70			
5984	2022/03/04 10:20:31	28	43	51	27	70			
5985	2022/03/04 10:20:38	28	43	50	27	70			
5986	2022/03/04 10:20:46	28	42	50	27	70			
5987	2022/03/04 10:20:58	28	42	50	27	70			
5988	2022/03/04 10:21:05	27	42	50	27	70			
5989	2022/03/04 10:21:12	27	43	50	27	70			
5990	2022/03/04 10:21:20	27	41	49	27	70			
5991	2022/03/04 10:21:27	28	41	49	27	70			
5992	2022/03/04 10:21:34	28	42	50	27	70			
5993	2022/03/04 10:21:41	28	43	52	27	70			
5994	2022/03/04 10:21:49	28	43	52	27	70			
5995	2022/03/04 10:21:56	28	43	52	27	70			

瞭解不同環境及人為因素對學校教務處PM2.5的影響

(四) 實驗四：探討風的「方向」，針對順風、逆風及開窗方向是否對PM2.5有影響。

實驗4-1

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值，是否因風向而有所改變。

2. 操作變因: 順風、逆風

3. 應變變因: PM2.5數值

4. 實驗方法：

(1). 將教務處模型擺在坐南朝北方，空氣小屋放置於模型外部，測量其當時的PM2.5數值。

(2). 點香12支(市售一小包內的量)，測量當地吹西風時是順風，反之則為逆風，將香放置於順風及逆風處，距離教務處模型1.75公尺，時間計時二分鐘，每組三重複。觀察空氣小屋PM2.5數值的高低。

(3) 我們將順逆風的PM2.5數值分別做圖比較。

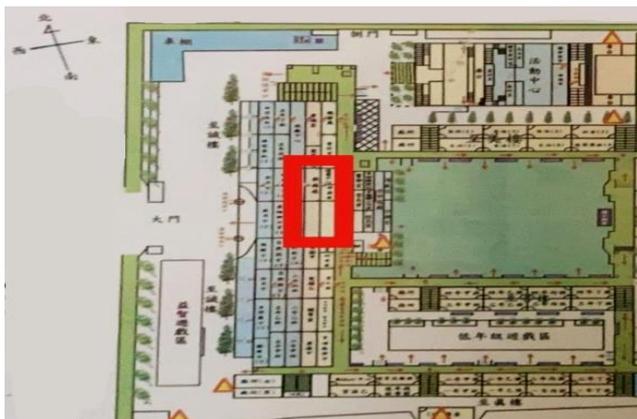


圖3-1 學校教務處平面圖



圖3-2 學校教務處3D圖



圖3-3 將香放置於順風處



圖3-4 濾網實驗

實驗4-2

1. 目的: 模擬教務處內的PM2.5數值，是否因窗戶開關有所改變。
2. 操作變因: 全關窗、全開窗、上風區關窗且下風區開窗
3. 應變變因: PM2.5數值
4. 實驗方法：
 - (1). 將教務處模型擺在坐南朝北方，空氣小屋放置於模型內部，測量其當時的PM2.5數值。
 - (2). 點香12支(市售一小包內的量)，將香放置於距離教務處模型西方1.75公尺處，將教務處模型分為全關窗、全開窗、上風區關窗且下風區開窗共三組，時間計時三分鐘，每組三重複。觀察空氣小屋PM2.5數值的高低。

(3) 我們再將全關窗、全開窗、上風區關窗且下風區開窗的PM2.5數值分別做圖比較分析。

(五) 實驗五: 探討風的「對流」, 區分為有無開窗或加裝紗窗濾網、增加抽風風扇、擺放綠色植物對室內空氣品質的影響

實驗5-1

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值, 是否因加裝紗窗濾網而有所改變。

2. 操作變因: 加裝紗窗濾網

3. 應變變因: PM2.5數值

4. 實驗方法:

(1). 將教務處模型擺在坐南朝北方, 空氣小屋放置於模型內部, 測量其當時的PM2.5數值。

(2). 點香12支(市售一小包內的量), 分別將窗戶「全打開+濾網」、「全關閉+濾網」、「上風區關窗且下風區開窗+濾網」測量其當時的PM2.5數值, 時間計時三分鐘, 每組三重複。觀察空氣小屋PM2.5數值的高低。

(3) 我們將此三組的PM2.5數值分別做圖比較。

實驗5-2

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值, 是否因加裝風扇而有所改變。

2. 操作變因: 加裝抽風風扇

3. 應變變因: PM2.5數值

4. 實驗方法:

(1). 將教務處模型擺在坐南朝北方, 空氣小屋放置於模型內部, 測量其當時的PM2.5數值。

(2). 點香12支(市售一小包內的量), 分別將窗戶「窗全打開+抽風風扇」、「於逆風時全關閉窗戶+抽風風扇」、「於順風時全關閉窗戶+抽風風扇」、「上風區關窗且下風區開窗+抽風風扇」測量其當時的PM2.5數值, 時間計時三分鐘, 每組三重複。觀察空氣小屋PM2.5數值的高低。

(3) 我們將此四組的PM2.5數值分別做圖比較。

實驗5-3

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值，是否因擺放綠色植物而有所改變。
2. 操作變因: 擺放綠色植物
3. 應變變因: PM2.5數值
4. 實驗方法：
 - (1). **兩邊窗戶全開**，模型屋內擺放五盆虎尾蘭盆栽，室內利用空氣小屋監測PM2.5值。
 - (2). **兩邊窗戶全關**，模型屋內擺放五盆虎尾蘭盆栽，室內利用空氣小屋監測PM2.5值，室外利用空氣盒子監測PM2.5值，監測兩個小時。
 - (3) 我們將此二組的PM2.5數值分別做圖比較。



圖4-1兩邊窗戶全關&空氣盒子

肆、 研究結果

一、 瞭解疫情二級、三級警戒，對校園空氣品質是否有差異性。

(一) 實驗一

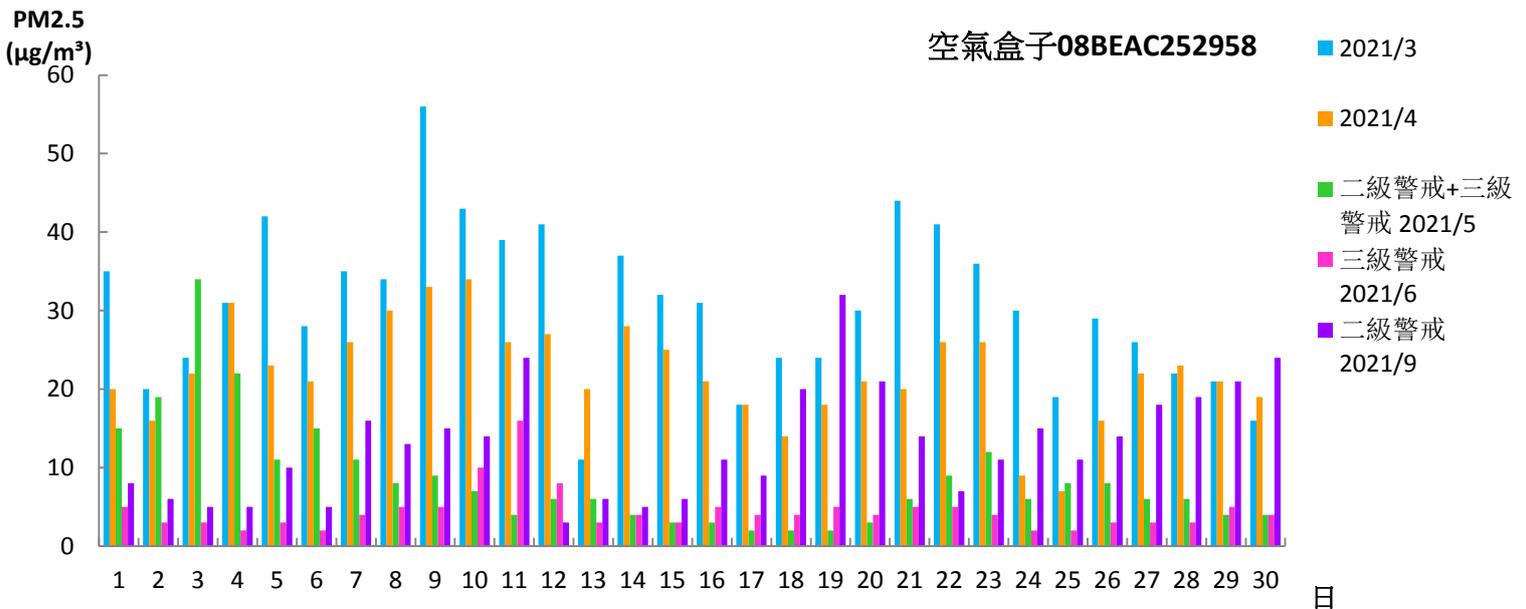
1. 目的: 探討校園內空氣污染源數值，針對疫情二級警戒、三級警戒，是否有差異性。

單位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

表一 疫情二級警戒、三級警戒的校園 PM2.5

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2021/3	35	20	24	31	42	28	35	34	56	43	39	41	11	37	32	31	18	24	24	30	44	41	36	30	19	29	26	22	21	16
一級警戒 2021/4	20	16	22	31	23	21	26	31	33	34	26	27	20	28	25	21	18	14	18	21	20	26	26	9	7	16	22	23	21	19
二級警戒+三級警戒 2021/5	15	19	34	22	11	15	11	8	9	7	4	6	6	4	3	3	2	2	2	3	6	9	12	6	8	8	6	6	4	4
三級警戒 2021/6	5	3	3	2	3	2	4	5	5	10	16	8	3	4	3	5	4	4	5	4	5	5	4	2	2	3	3	3	5	4
二級警戒 2021/9	8	6	5	5	10	5	16	13	15	16	24	3	6	5	6	11	9	20	32	21	14	7	11	15	11	14	18	19	21	24

	2021/3	2021/4	二級警戒+三級警戒 2021/5	三級警戒 2021/6	二級警戒 2021/9
平均 PM2.5 單位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.6	22.1	8.5	4.5	13



2. 結果:

(1). 全國疫情警戒的確造成PM2.5數值下降，2021年3~4月PM2.5平均數值分別為30.6及

22.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而2021年5~6月因二級警戒及三級警戒後分別為8.5及4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，尤其在2021年6月三級警戒後PM2.5平均數值相較於2021年3月平均數值30.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降約 6倍多，我們推論PM2.5與對人為活動相關。

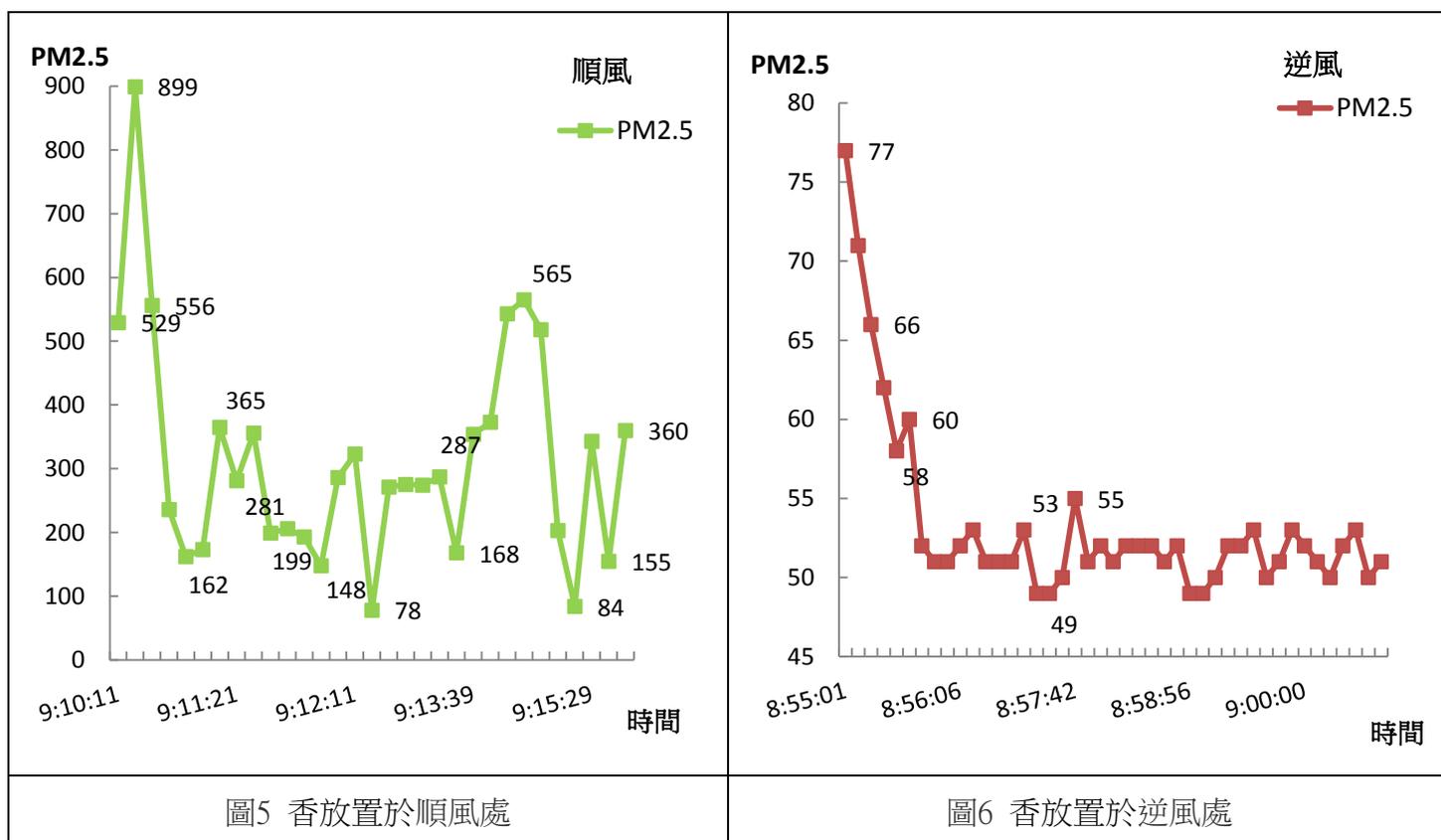
- (2). 2021年清明連假相對於4月份來說，PM2.5數值算高，我們推論與掃墓活動會燃燒金紙有關。2021年中秋連假相對於9月份來說，有急遽升高，我們推論與人為活動烤肉有關。
- (3). 因此我們進一步以學校對面福德宮焚燒金紙及燒香拜拜與我們校園的空氣品質來做探究。

二、 瞭解不同環境及人為因素對學校教務處PM2.5的影響。

實驗四：探討風的「方向」，針對順風、逆風及開窗方向是否對PM2.5有影響。

(一) 實驗4-1

1. 目的:模擬教務處的PM2.5數值，是否因風向有改變。



2. 結果

- (1). 若將香放置於順風處，PM2.5因為受順風影響，所以擴散較快量測到PM2.5數值會較高，PM2.5濃度 平均數值為 $315 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，
- (2). 空氣小屋在燒香逆風時，PM2.5因為受逆風影響，所以擴散較慢PM2.5濃度，平均數值為 $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- (3)順逆風時，PM2.5差異大，高達約6倍。

(二) 實驗4-2

1. 目的: 模擬教務處內的PM2.5數值，是否因窗戶開關有所改變。

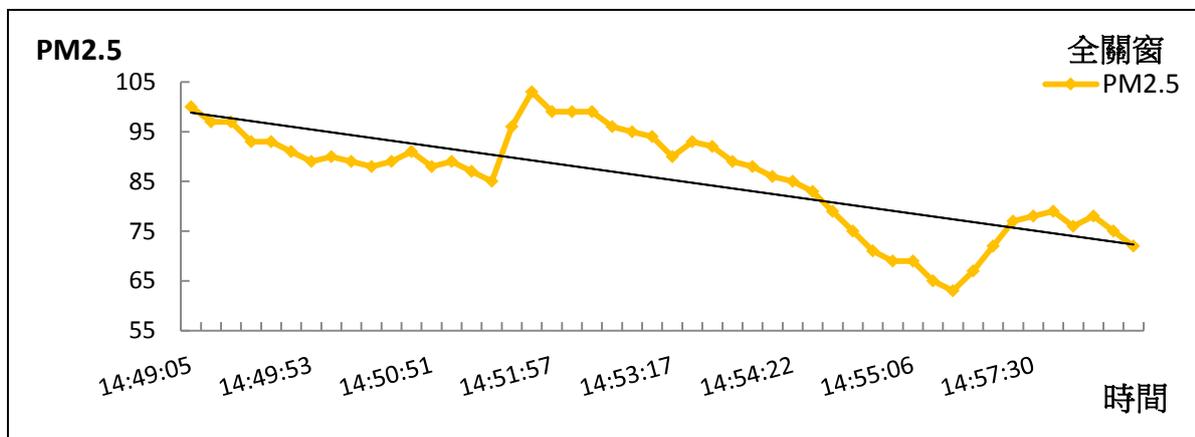


圖7 教務處模型 全關窗

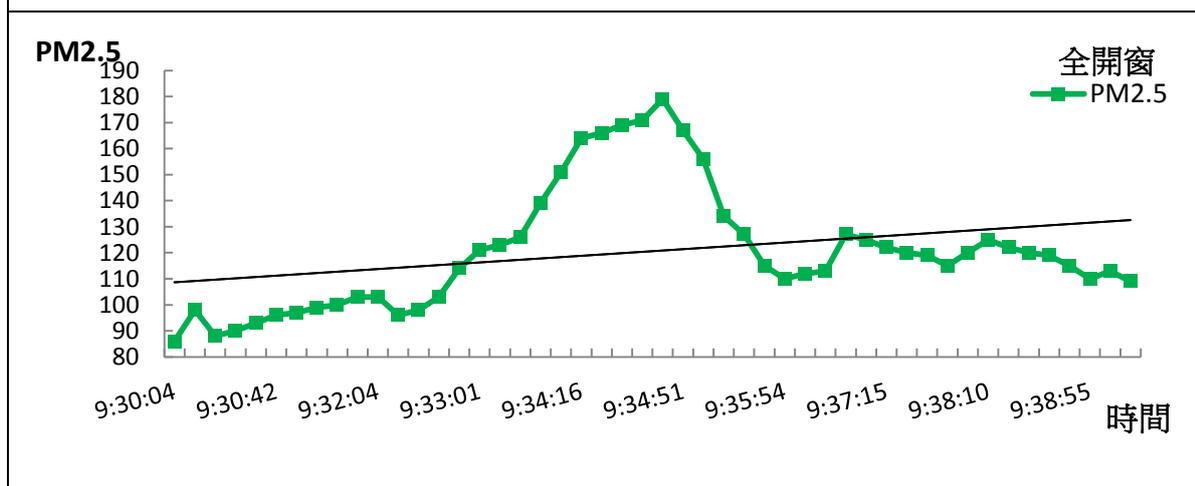
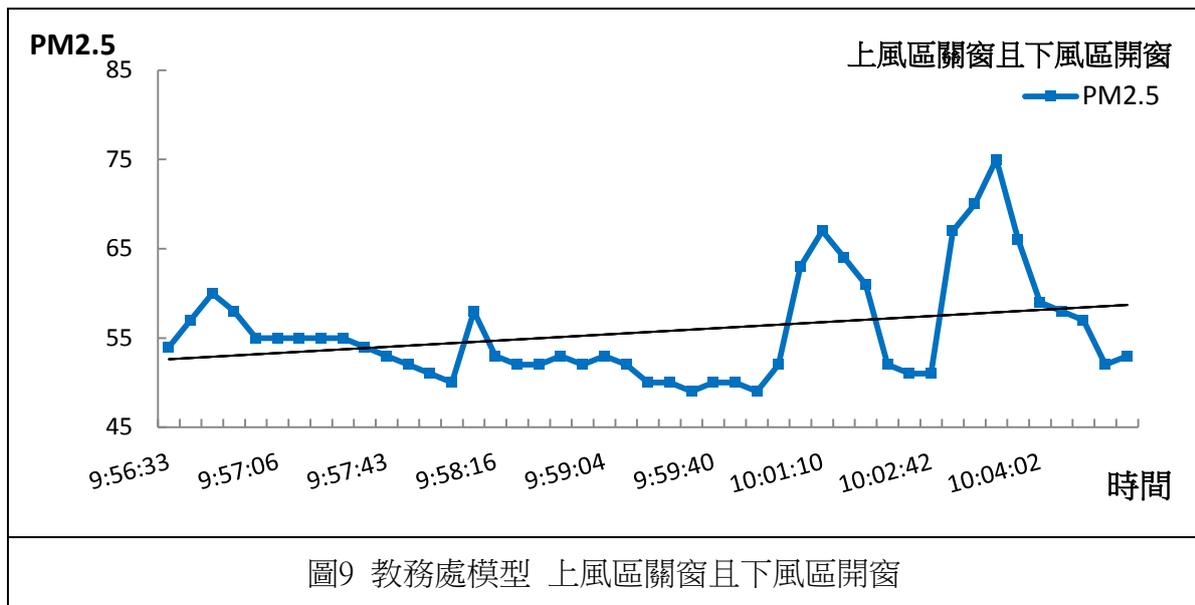


圖8 教務處模型 全開窗



2. 結果

- (1). 模擬教務處上風區全關窗，發現PM2.5有逐漸下降，大約從 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降至 $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，從趨勢圖分析PM2.5濃度有逐漸下降。上風區全關窗PM2.5數值平均約為 $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- (2). 模擬教務處上風區全開窗，發現PM2.5有逐漸上升，大約從 $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升至 $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 再下降至 $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 區間，從趨勢圖分析PM2.5濃度有逐漸上升。上風區全開窗PM2.5數值平均約為 $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- (3). 模擬教務處上風區關窗且下風區開窗，發現PM2.5有逐漸上升，大約從 $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 起起落落至 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，再下降 $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 左右，從趨勢圖分析PM2.5濃度有緩慢上升。而若將上風區關窗且下風區開窗，PM2.5數值平均約為 $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

實驗五: 探討風的「對流」，區分為加裝紗窗濾網、增加風扇、擺放綠色植物對室內空氣品質的影響

(一)實驗5-1

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值，是否因加裝紗窗濾網而有所改變。

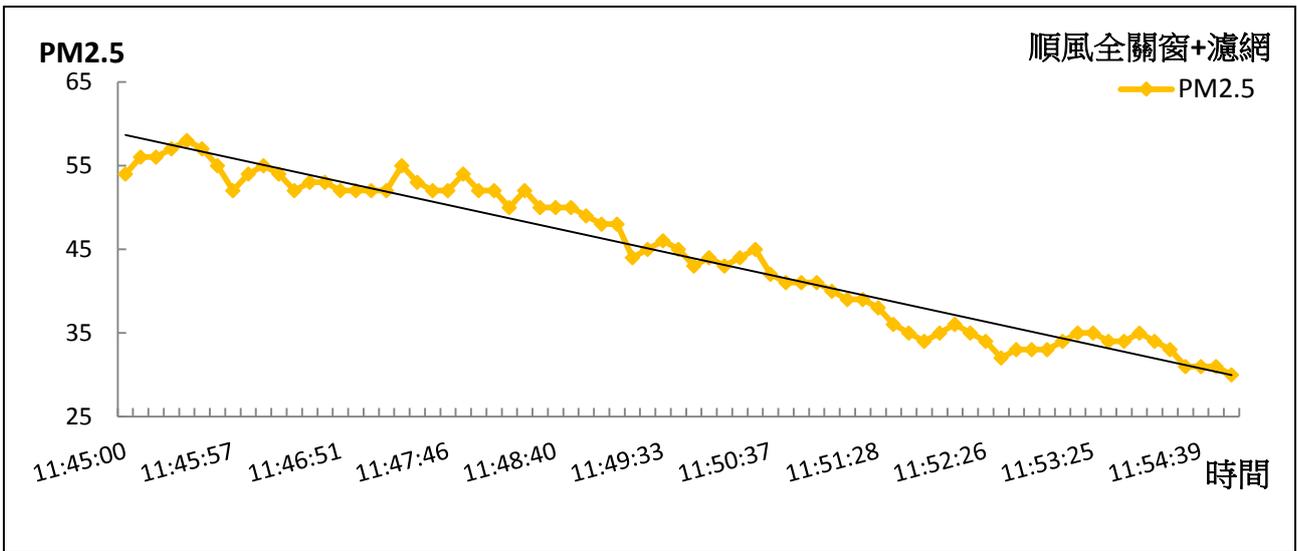


圖10 教務處模型 順風全關窗且加裝紗窗濾網

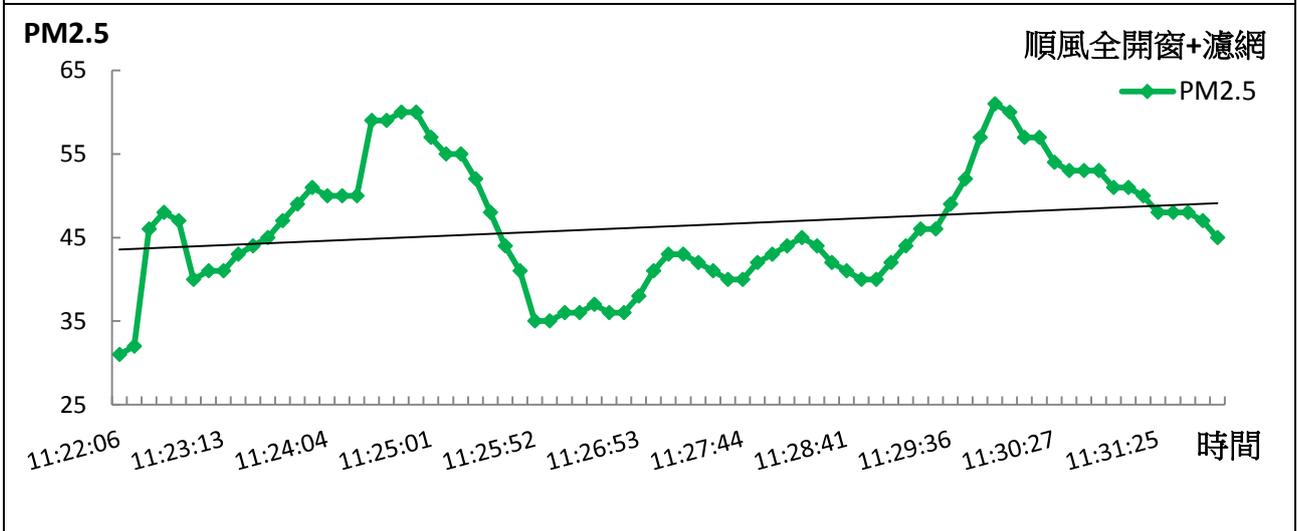


圖11 教務處模型 順風全開窗且加裝紗窗濾網

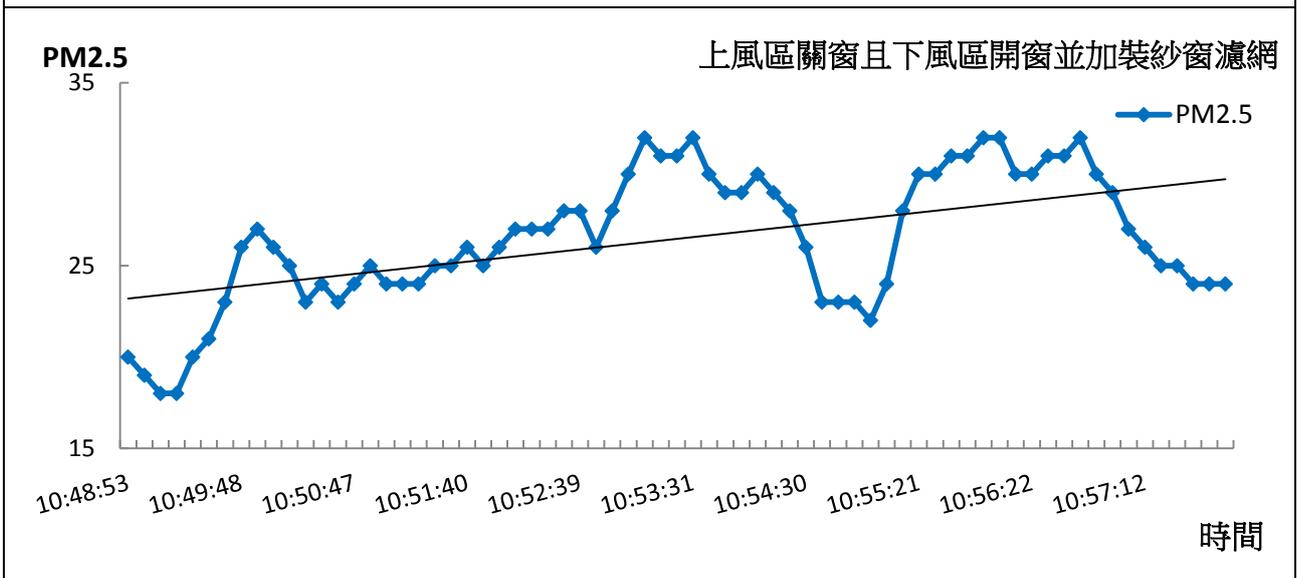


圖12 教務處模型 上風區關窗且下風區開窗並加裝紗窗濾網

2. 結果

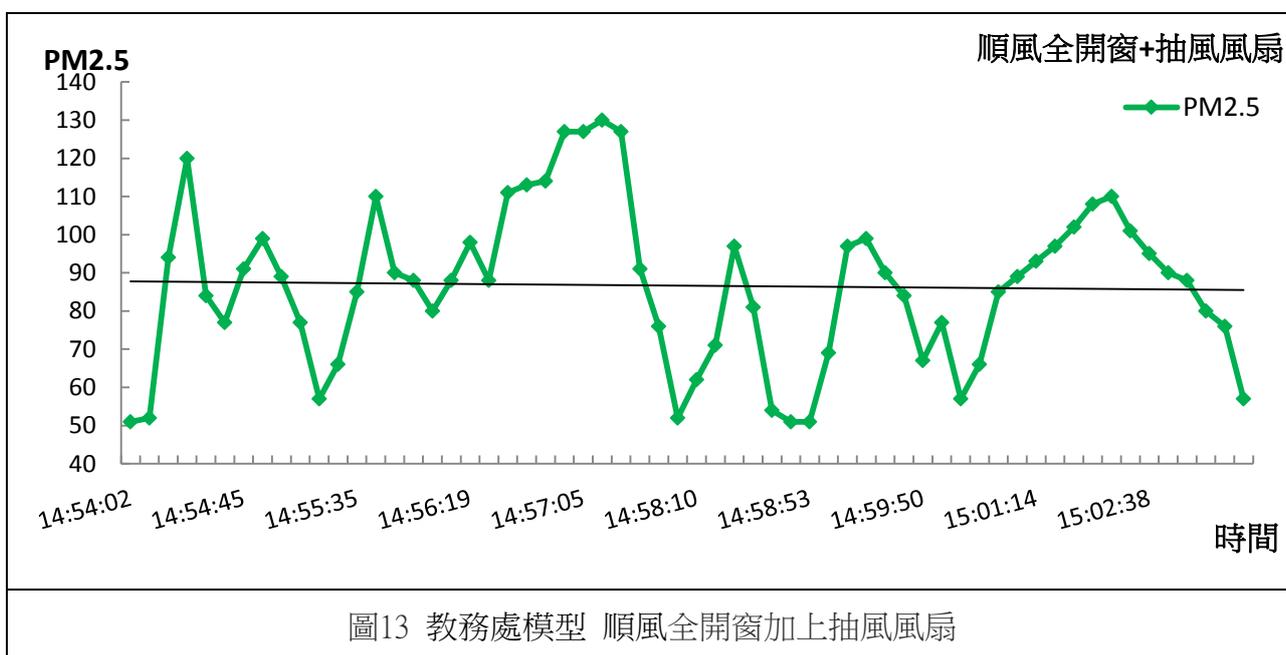
(1). 模擬教務處順風全關窗且加裝紗窗濾網，發現PM2.5有顯著下降，大約最高值 $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降至 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，從趨勢圖分析PM2.5濃度有大幅顯著下降。順風全關窗且加裝紗窗濾網PM2.5數值平均約為 $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(2). 模擬教務處順風全開窗且加裝紗窗濾網，發現PM2.5有稍微上升，大約從 $30\sim 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升至 $50\sim 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 再下降至 $35\sim 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 區間，從趨勢圖分析PM2.5濃度有緩慢上升。順風全開窗且加裝紗窗濾網PM2.5數值平均約為 $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(3). 模擬教務處上風區關窗且下風區開窗並加裝紗窗濾網，發現PM2.5有緩慢上升，大約從 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 起起落落介於 $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 區間，從趨勢圖分析PM2.5濃度有緩慢上升。上風區關窗且下風區開窗並加裝紗窗濾網，PM2.5數值平均約為 $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

實驗5-2

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值，是否因加裝抽風風扇而有所改變。



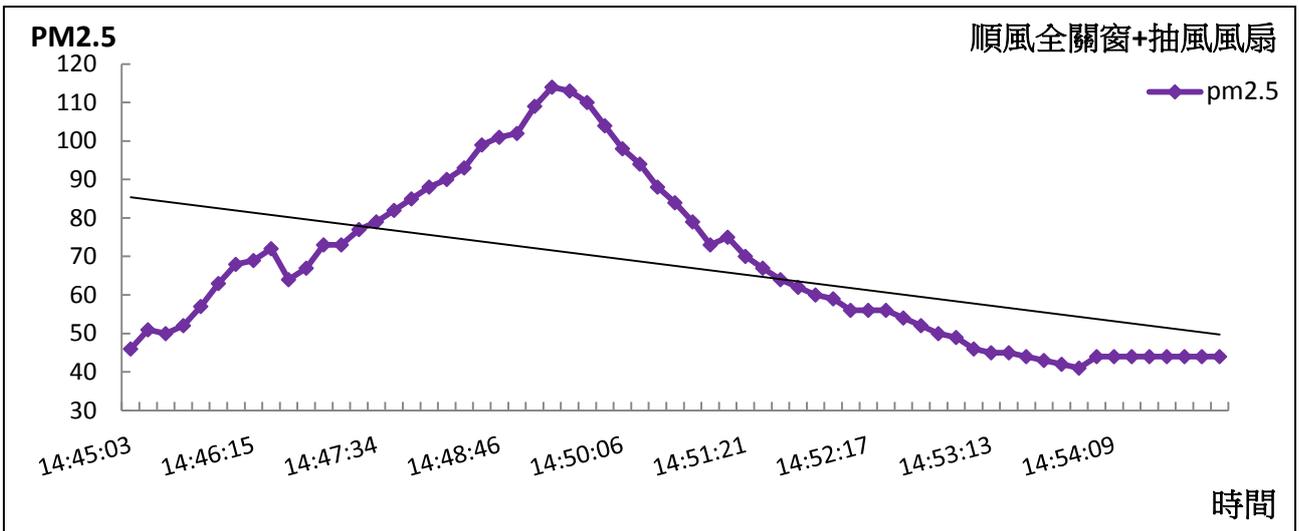


圖14 教務處模型 順風全關窗加上抽風風扇

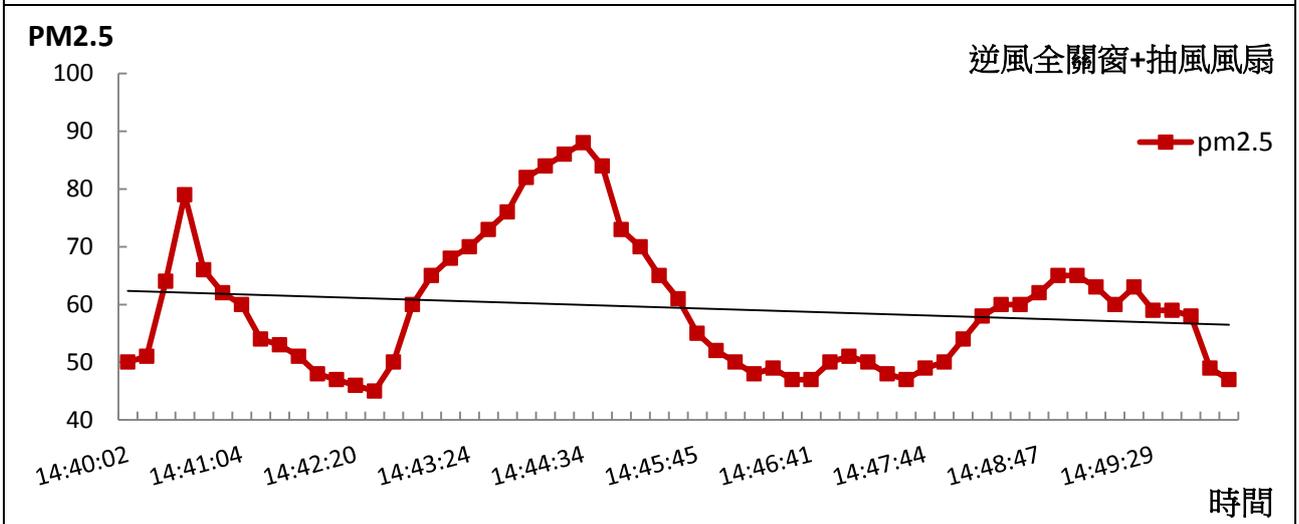


圖15 教務處模型 逆風全關窗加上抽風風扇

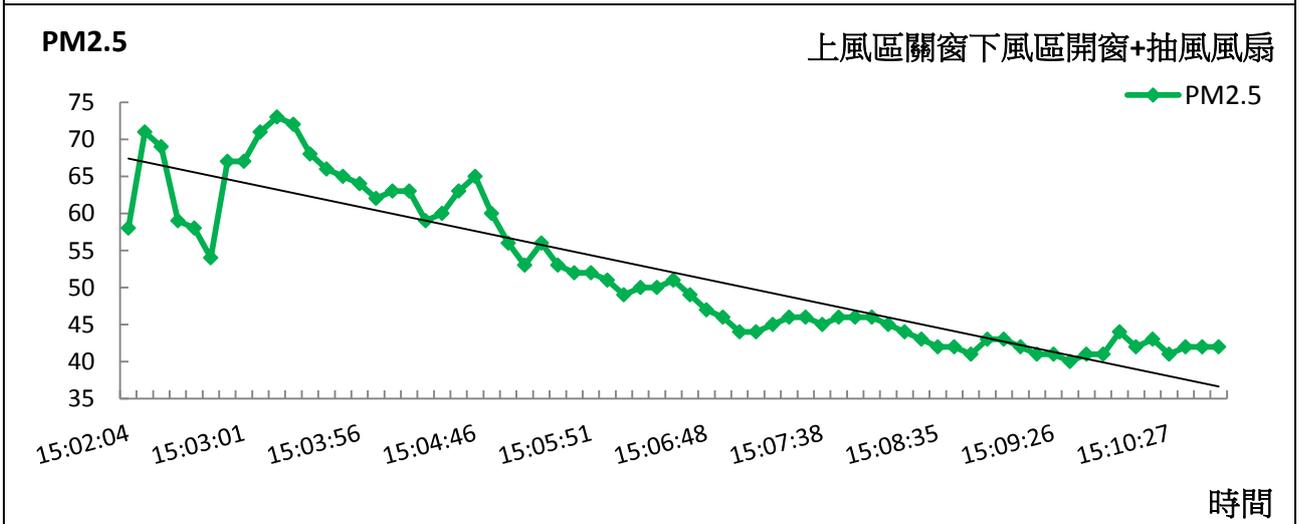


圖16 教務處模型 上風區關窗下風區開窗並加上抽風風扇

2. 結果

- (1). 模擬教務處順風全開窗加上抽風風扇，發現PM2.5值起起落落，最高值 $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 而最低值也有 $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，從趨勢圖分析PM2.5濃度趨於平穩。順風全開窗加上抽風風扇PM2.5數值平均約為 $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- (2). 模擬教務處順風全關窗加上抽風風扇，發現PM2.5值慢慢增加後又再降低，到達最高值 $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 後又再降低 $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，從趨勢圖分析PM2.5濃度趨於下降。順風全關窗加上抽風風扇PM2.5數值平均約為 $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- (3). 模擬教務處逆風全關窗加上抽風風扇，發現PM2.5值起起落落，最高值 $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 而最低值也有 $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，從趨勢圖分析PM2.5濃度趨於平穩。逆風全關窗加上抽風風扇PM2.5數值平均約為 $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。
- (4). 模擬教務處上風區關窗下風區開窗加上抽風風扇，發現PM2.5有下降，大約從 $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 慢慢趨於 $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 區間，從趨勢圖分析PM2.5濃度下降。順風關窗逆風開窗加上抽風風扇，PM2.5數值平均約為 $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

實驗5-3

1. 目的: 模擬教務處的PM2.5數值，是否因擺放綠色植物而有所改變。

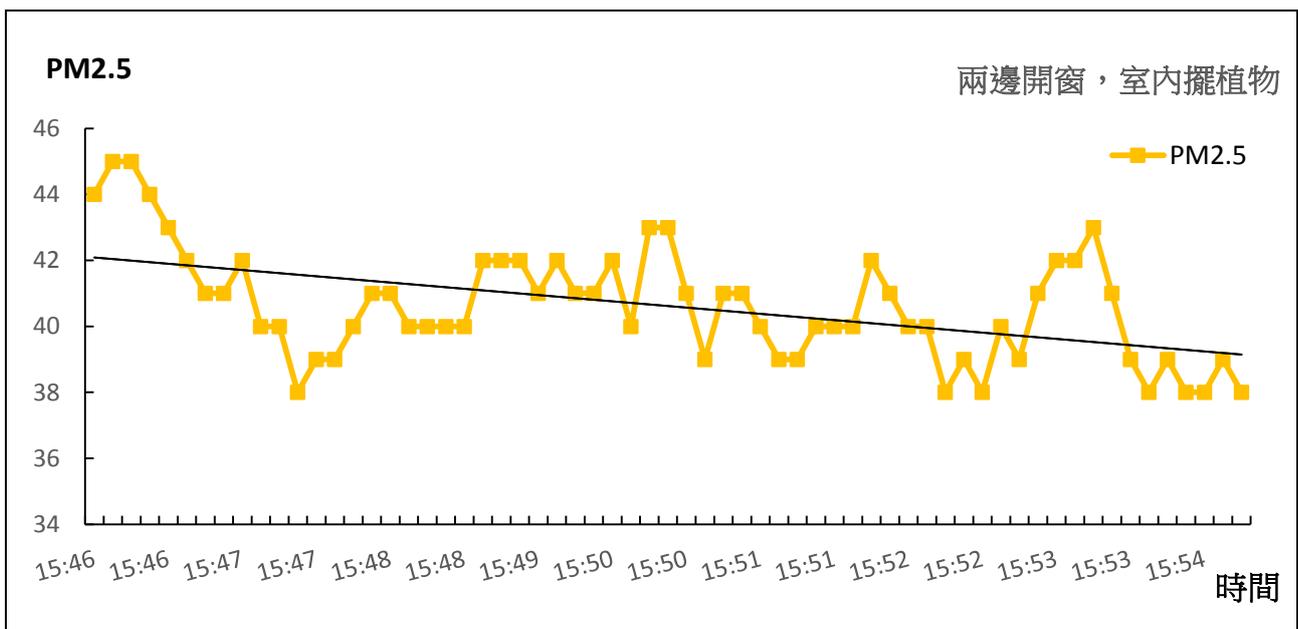


圖17 教務處模型 順風兩邊開窗，室內擺植物

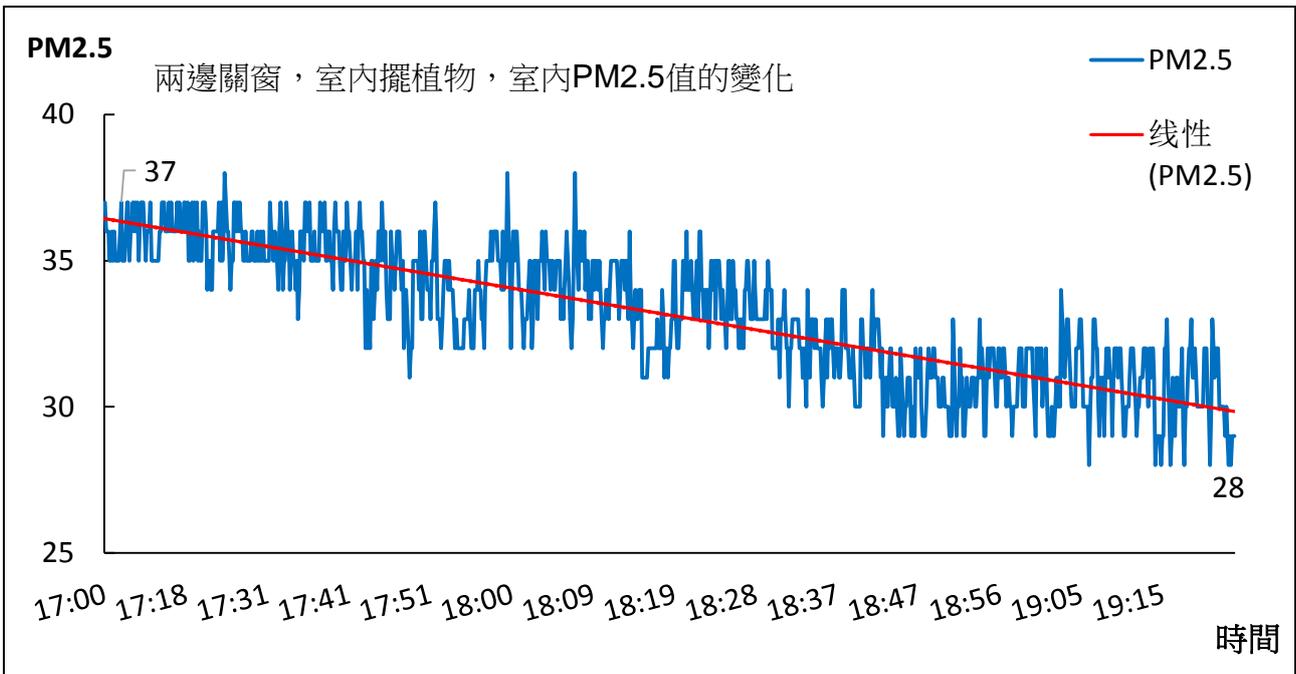


圖18 教務處模型 兩邊關窗，室內擺植物，室內PM2.5值的變化

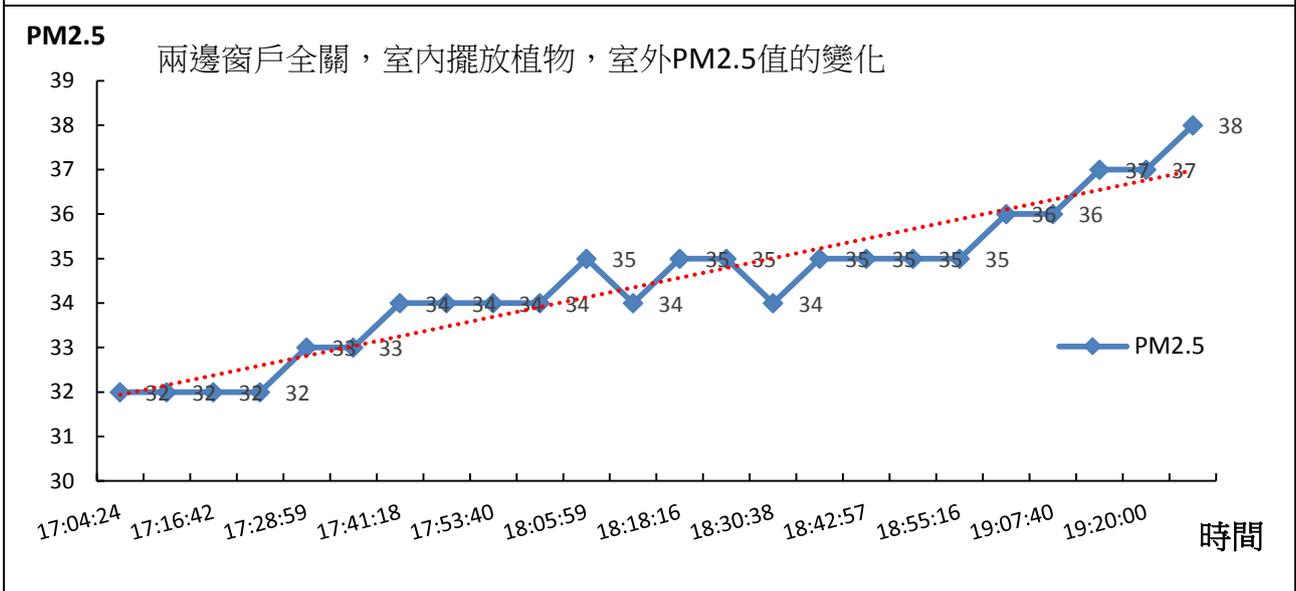


圖19 教務處模型 順風兩邊窗戶全關，室內擺放植物，室外PM2.5值的變化

2. 結果

- (1). 模擬教務處**兩邊開窗**，在教務處模型屋內擺放植物，發現PM2.5有逐漸下降，大約從 $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降至 $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，下降大約 $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，PM2.5濃度平均 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。從趨勢圖分析PM2.5濃度有逐漸下降。
- (2). 模擬教務處**兩邊關窗**，在教務處模型屋內擺放植物，發現室內PM2.5有逐漸下降，大約

從 $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降至 $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，下降 $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，監測兩個小時之數據顯示PM2.5濃度平均約 $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(4). 模擬教務處**兩邊關窗**，在教務處模型屋內擺放植物，監測兩個小時看**室外**空氣品質，發現PM2.5值逐漸上升，大約從 $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上升至 $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，上升 $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。監測兩個小時之數據顯示，PM2.5濃度平均約 $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

伍、 討論

- 一、2016 年，在經濟合作暨發展組織（OECD）公布的環境品質指標排名中，臺灣在「空氣污染」一項幾近墊底，39 國中排名第 37 名。空氣中 PM2.5 的平均濃度越高，導致肺癌、中風、缺血性心臟病相對風險上升。根據環保署的監測數字，臺灣 PM2.5 的平均濃度超過 WHO 規範的兩倍。所以 PM2.5 已經引起我們的重視與關注。實驗一因為疫情關係，我們去年在三級警戒後停止上課，而宗教集會活動**全面暫停辦理**，宗教場所暫不開放民眾進入，我們探討去年 2021 年 3~5 月的數值，與疫情三級警戒(2021 年 6 月)及二級警戒(2021 年 9 月)來做比較並分析，得知 PM2.5 的確會因為人為活動造成不同影響。2021 年清明連假相對於 4 月份來說，PM2.5 數值算高，我們推論與掃墓活動會燃燒金紙有關。2021 年中秋連假相對於 9 月份來說，有急遽升高，我們推論與人為活動烤肉有關。而 2021 年 5~6 月因二級警戒及三級警戒後分別為 8.5 及 $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，我們推論與學生停止上課，而宗教集會活動**全面暫停辦理**有關。因此我們進一步以學校對面的福德宮焚燒金紙及燒香拜拜與我們校園的空氣品質來研究。
- 二、空氣中的污染物往往伴隨著風移動，若污染物在順風處，所以能帶走更多的污染物越多，在學校教務處內量測到的空氣品質就越糟，反之，若污染物在逆風處，會擴散較慢，污染物則更容易留在原地，使得當地空氣品質較糟，但在學校教務處內量測到的空氣品質就較佳，順逆風時，學校教務處 PM2.5 差異高達 6 倍，所以對面宮廟的金紙及香也連帶影響了教務處的空氣品質變化。
- 三、若污染物在上風區，比較教務處上風區關窗且下風區開窗、教務處全部關閉窗戶與教務處全部開窗戶，比較三者的 PM2.5 值，依序為教務處全部開窗戶>全部關閉窗戶>上風區關窗且下風區開窗，所以教務處應長期在靠近道路邊關窗且走廊邊開窗，減少校園空氣品質的汙染。
- 四、濾網過濾的原理：一般來說的空氣清淨機所使用的清潔空氣方式，最常使用的就是濾網過濾空氣中的物質。而這次實驗我們使用靜電空氣濾網是以靜電濾淨原理，空氣濾網吸附空氣中帶電的微粒達到清潔空氣的目的。由實驗得知 PM2.5 值，依序為教務處順風全開窗並加裝紗窗濾網>全關窗且加裝紗窗濾網>上風區關窗且下風區開窗且加裝紗窗濾網，若能在教務處窗戶上加裝濾網必能大大改善校園空氣品質的汙染。

五、風扇能有助於帶走更多的污染物，由實驗得知 PM2.5 值，教務處 順風全開窗加上抽風風扇> 順風全關窗加上抽風風扇> 逆風全關窗加上抽風風扇> 上風區關窗下風區開窗加上抽風風扇，所以教務處應長期在靠近道路邊關窗且走廊邊開窗，若能增加教務處抽風風扇尤佳。

六、虎尾蘭被公認為天然的「空氣清道夫」，在約 3.3 坪大小的房間內，能吸收空氣中 80% 以上的有害氣體（如苯、甲醛和三氯乙烯）和重金屬微粒；夜晚時吸收大量二氧化碳，釋放氧氣，同時產生比一般植物高出 30 倍以上的負離子，能促進人體的新陳代謝、活化細胞功能，抑制細菌和黴菌的生長。若將虎尾蘭種植於教務處內部，兩邊窗戶皆開窗，發現 PM2.5 有逐漸下降。若將教務處兩邊關窗，虎尾蘭種植於教務處內部，監測兩個小時之**室內**數據顯示 PM2.5 濃度平均下降約 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而同時間監測兩個小時看**室外**空氣品質，發現 PM2.5 值逐漸上升，所以驗證虎尾蘭可當天然的「空氣清道夫」。

陸、 結論

一、校園內空氣污染源數值和學校對面的福德宮焚燒金紙及燒香拜拜有正相關，因為疫情關係，我們剛好比較二級警戒及三級警戒後的 PM2.5，發現學生停止上課及宗教集會活動全面暫停辦理後，大大降低 PM2.5，但我們無法讓廟宇停止燒香及焚燒紙錢，所以我們利用此機會來改善教務處內的空氣品質。

二、PM2.5 與風向有關，順風時教務處內 PM2.5 偏高，因教務處和宮廟中間無遮蔽物，所以空氣品質差，建議教務處長期將面對廟宇的窗戶關閉。

三、因固定污染源是廟宇內的金爐及香爐，而教務處面對道路處是上風區，面對走廊是下風區，由實驗後得知，讓教務處上風區長期關窗且下風區開窗，形成教務處內的空氣對流，較能降低廟宇對學校的空氣污染。

四、若將教務處內的紗窗改成有過濾效果的濾網，並且維持教務處上風區長期關窗且下風區開窗，這樣必能大大降低 PM2.5。若成本考量，學校無法全面改善紗窗，那我們可以加裝抽風風扇，這樣也可以達到我們想要的效果。

五、室內植栽也是另一項選擇，可選擇有空氣清道夫之稱的虎尾蘭，它生長特性是枝葉向上發展、不外擴，兼顧美觀及放鬆心情，更能輕輕鬆鬆打造富含「空氣清淨」的首選。

柒、 參考資料及其他

一、全國空氣品質指標(2021 年 1 月 30 日)，網址：<https://airtw.epa.gov.tw>

二、關於 PM2.5 你必知的 3 大面向(2021 年 1 月 30 日)，網址：

<https://www.medpartner.club/pm25-air-pollution-introduction/>

三、「紫爆」不助我! ，56 屆科展作品

四、南投細懸浮微粒觀測及探討，58 屆科展作品

五、「塵室」獵人-植物滯塵量的研究，58 屆科展作品

六、懸浮微粒 維基百科。

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%AD%90>

七、【霧霾真相】揭開 PM2.5 的真面目 對人體危害如此大。2013-12-09。

<http://www.ntdtv.com/xtr/b5/2013/12/10/a1021047.html>

八、張雄風(2021 年 2 月 24 日)◦台南高雄空氣品質亮紅燈 夜間西半部易有局部霧◦中央社◦

取自 <https://www.cna.com.tw/news/ahel/202102240063.aspx>

九、民生公共物聯網 Civil IoT Taiwan 空氣品質相關資料集

https://ci.taiwan.gov.tw/dsp/dataset_air.aspx

十、室內種虎尾蘭 吸收逾 8 成有害氣體！

<https://health.businessweekly.com.tw/AArticle.aspx?id=ARTL000114495>