

彰化縣 107 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書（封面）

作品編號： 22019

組別：
 國小組
 數學類
 國中組
 自然與生活科技類
 人文社會類

作品名稱：P 掛. 上陣

◎封面切勿出現校名、作者、校長及指導者姓名，違者不予評審並退件。

彰化縣 107 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書

第一階段 研究訓練階段（由教師撰寫）

壹、近二年學校獨立研究課程之規劃

1. 學習獨立研究概念與研究方法、練習研究方法與步驟、激盪有興趣之主題。
2. 著手進行獨立研究資料蒐集、整理、分析、統整與撰寫。
3. 文獻閱讀與報告。
4. 修改研究報告成果、PPT 製作、訓練口頭報告、省思與分享。

貳、學校如何提供該生獨立研究訓練

1. 從解決問題概念切入，讓學生了解獨立研究的意義與目的，並了解研究方法與步驟，以備往後的研究所需。
2. 給予學生針對某研究的方法了解研究步驟。協助學生理解研究方法的運用，排除對繁瑣過程的恐懼。
3. 以討論的方式激盪學生有興趣的主題，並引導學生聚焦於可行方向，讓學生對廣泛的興趣聚焦於明確的主題。
4. 引導學生提出可討論的問題及欲達成的目的。讓學生針對感興趣的主題蒐集資料、整理資料、分析資料，對能統整相關的資訊，以符合研究目的與問題。
5. 研究內文進行撰寫。老師是提供協助的引導者，學生是整個研究的主角，給予學生對學習負責的機會。
6. 完成研究報告後，學生學習製作簡報 PPT，並學習如何對自己的研究報告做口頭報告，訓練口頭表達能力。
7. 最後，回顧獨立研究的過程，做省思與心得分享。

第二階段 獨立研究階段

壹、研究動機

秋、冬是空氣物染較嚴重的季節，平面媒體報導：根據環保署空氣品質監測網上午 10 時最新數據顯示，彰化、員林測站測得 PM2.5（細懸浮微粒）指標達到紫爆「非常高」等級，建議一般民眾如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。敏感性族群、有心臟、呼吸道及心血管的成人、孩童以及老年人也要特別留意。

校園中，教育處亦要求學校每日定期擺放空氣汙染相關旗幟於校園中，提供戶外課程上課的師生做參考。因為 PM2.5 紫爆，所以我們最喜愛的戶外課得移進室內上課，同學們的內心都充滿哀怨，因此我們想透過研究來解決因空氣紫爆而必須犧牲戶外課的方法。

貳、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

一、擬定正式計畫

(一) 歷年空氣污染資料與降雨資料取得方式：

1. 由行政院環境環保署空氣品質監測網取得空氣污染物濃度資料。
2. 由行政院中央氣象局取得台灣各地歷年降雨資料。
3. 資料分析探討：利用 Excel 整理成所需的圖表資料，並嘗試作出結論與推導解釋。

(二) 泰仕 PM2.5 檢測器校正

1. 選擇二林測站 PM2.5 濃度第 1、5、10 級時進行檢測器濃度校正。



2. 以小時平均濃度進行迴歸校正，結果如上左圖，兩者相關性非常高。

二、擬定研究問題

1. 生活中 PM2.5 實測。

2. 降水對 MP2.5 有影響嗎？
3. 口罩可以擋下 MP2.5 嗎？
4. 空氣清淨機有用嗎？
5. 自製集塵設備實測對 PM2.5 的影響。

三、擬定工作進度表

	十月			十一月			十二月			一月			二月		
文獻探討															
擬訂計畫															
擬定問題															
紀錄發現															
進行實驗															
撰寫報告															

四、研究設備與器材

			
泰仕 PM2.5 檢測器	奶粉罐	熱熔膠、槍	活性炭口罩
			
外科口罩	N95 口罩	複式顯微鏡	導管
			
抽氣馬達(最高輸出氣壓 15 PSI)	電扇(去葉片)	PVC 管	紙箱
			
水霧器	直流電源供應器	H 牌醫療級空氣清淨機	HEPA 空氣清淨機濾心

五、研究流程



參、彙整相關文獻

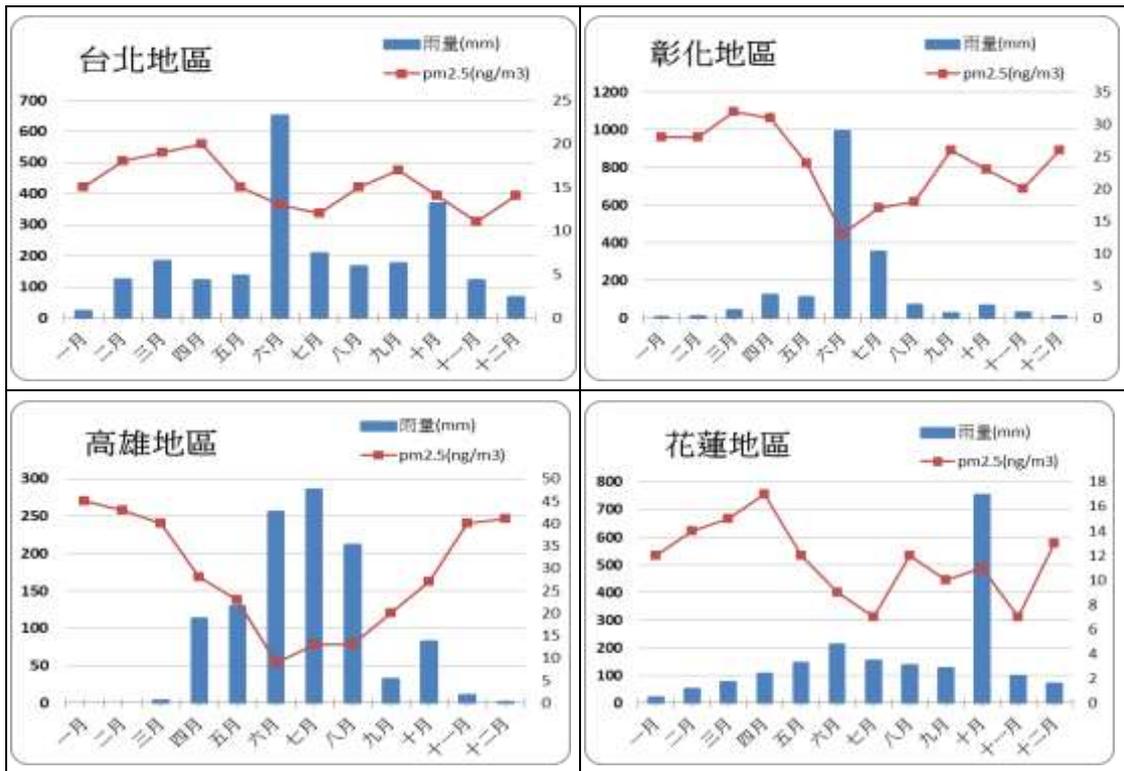
空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(PM)。粒徑大小有別：大於 $100\ \mu\text{m}$ 的粒子稱為總懸浮微粒(TSP)，大小約為海灘沙粒，可懸浮於空氣中；小於 $10\ \mu\text{m}$ 的粒子稱為懸浮微粒(PM_{10})，大小約為沙子直徑的 $1/10$ ，容易通過鼻腔的鼻毛與彎道到達喉嚨；粒徑 $2.5\sim 10\ \mu\text{m}$ 的粒子稱為粗懸浮微粒($\text{PM}_{2.5-10}$)，大小約為頭髮直徑的 $1/8\sim 1/20$ 大小，可以被吸入並附著於人體的呼吸系統；小於或等於 2.5 微米(μm)的粒子，就稱為 $\text{PM}_{2.5}$ ，通稱細懸浮微粒，單位以微克/立方公尺($\mu\text{g}/\text{m}^3$)表示，它的直徑不到人的頭髮絲粗細的 $1/28$ ，非常微細且可穿透肺部氣泡，並直接進入血管中隨著血液循環到達全身，故對人體及生態所造成的影響是不容忽視的。

肆、資料分析

一、降水與 $\text{PM}_{2.5}$ 的關係

由行政院環境環保署空氣品質監測網及中央氣象局網頁取得2017年台灣四區空氣指標觀測站分佈地點的資料與歷年空氣污染物濃度

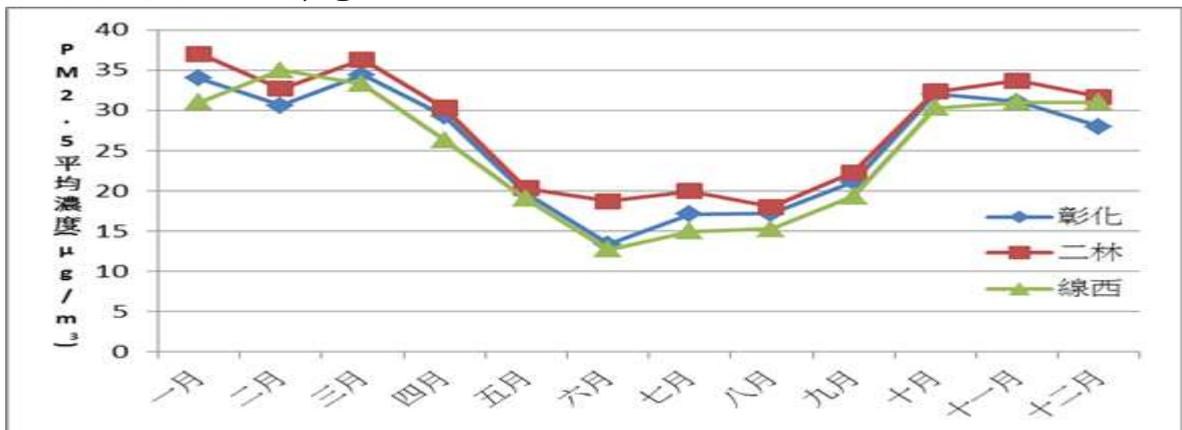
資料及降雨資料進行 PM2.5 與向水關係的影響，結果如下圖所示。



我們發現四個區域的月降雨量愈高，月平均 PM2.5 濃度愈低。

二、不同季節 PM2.5 的變化

彰化地區彰化、線西、二林近三年 PM2.5 月平均濃度變化如下圖，我們發現二林測站近三年的 PM2.5 月平均濃度為 $27.8 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，均高於彰化及線西測站 (25.7 、 $24.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)，而線西與二林皆位於西部沿海地區，受境外移入污染源影響應會較接近，推測二林測站的高濃度可能受工業污染影響較大。以季節性來看，我們亦發現近三年彰化地區 10 月~4 月的 PM2.5 月平均濃度為 $32.0 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，5~9 月的 PM2.5 月平均濃度為 $17.9 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，相差約 2 倍。



三、自製靜電集塵設備對PM2.5的影響

我們觀察到電扇使用一段期間，葉片上都會卡一層灰塵，原因是因為風扇轉動時，與空氣摩擦而帶電(靜電)，在空氣中的灰塵、PM2.5等被靜電力所吸引，進而葉片上自然會堆積灰塵了！

伍、研究結果與討論

一、生活中PM2.5進行實際量測

(一)在家就安全嗎？

以泰仕PM2.5檢測器進行實測，先測量環境之背景值，接著進行密閉客廳、臥房、廚房的監測，每隔十分鐘讀取數值一次進行數據分析，結果如表5.1。

實驗日期：106年11月15日。二林測站當日PM2.5平均濃度 $43.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。



進行戶外背景值測量

進行客廳、臥房與廚房的PM2.5數值測量

表5.1 客廳、臥房、廚房PM2.5濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	10min	20min	30min	40min	50min	60min	平均
背景值	62	64	62	60	59	58	60.8
客廳	74	77	83	82	76	68	76.7
臥室	87	78	93	85	72	78	82.2
廚房炒菜中 (開抽油煙機)	67	70	64	63	67	70	66.8

由圖5.1可知，在PM2.5達紅色警戒，背景值為 $60.8(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，家中臥房及客廳皆高於環境背景值，分別為 82.2 、 $76.7(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，推測這現象應與過度裝潢、油漆、家具及建材中甲醛、揮發性有機物衍生形成PM2.5有關，若此時打開窗戶讓室內外空氣流通，再加上室內存在的污染源，那麼此時待在室內就不見得更安全了。

此外，我們也對媽媽煮菜時PM2.5的濃度做偵測，在開抽油煙機的情況下，煮菜時PM2.5濃度亦升高約9%，這應與使用燃料、煎炸用油的貢獻有關。

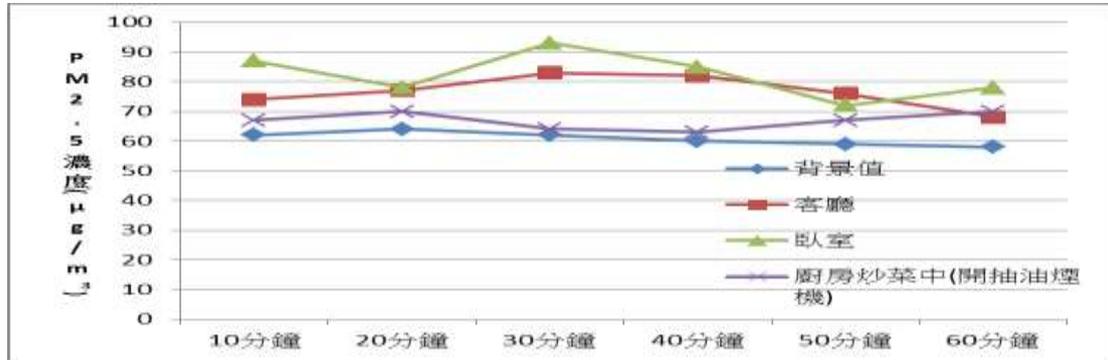
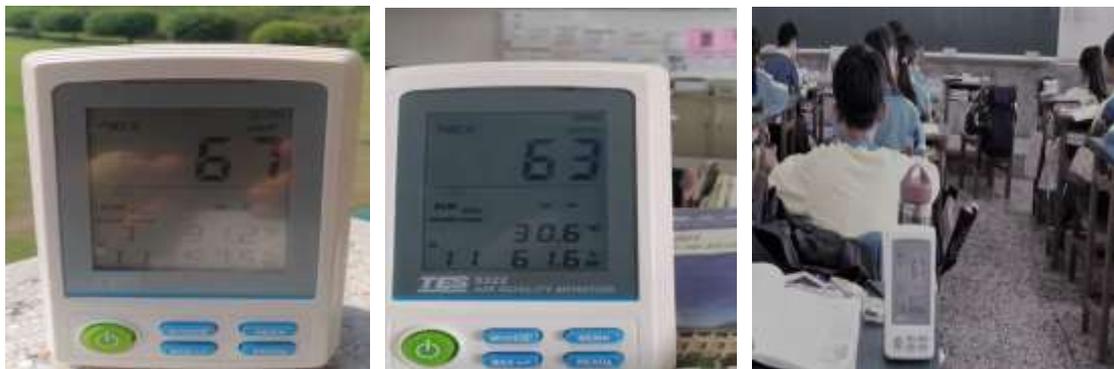


圖 5.1 家中不同區域PM2.5實測結果

(二)紅色警戒應該避免上戶外課嗎?

我們最期待上體育、童軍等戶外課，但每每看到學務處前的紅旗，同學們的心就冷了一半，因為學校常會因為空氣品質不良，建議老師把教學現場移至室內，因此我們想測試看看當PM2.5濃度達紅色警戒時，室內外的差別，結果如表5.2。

實驗日期:106年10月19日。二林測站白天PM2.5平均濃度:57.9 µg/m³



進行戶外背景值量測

辦公室監測

教室內數值監測

表 5.2 校園中PM2.5濃度實測(µg/m³)

時間	10min	20min	30min	40min	50min	60min	平均
背景值(校內操場)	67	65	65	63	59	68	64.5
辦公室內	63	68	70	72	65	73	68.5
教室內	67	66	67	64	61	63	64.7

如圖 5.2 所示，我們發現在教室窗戶打開的情況下，教室內與操場

PM2.5 濃度分別為 64.5、64.7($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，並無明顯的差別。所以之後請不要以紅色旗子禁止我們上戶外課了，但還是得避免劇烈運動，減少 PM2.5 進入血液循環中。

但是，我們發現了一件有趣的事，我們同時對辦公室的 PM2.5 濃度做檢測，發現同時期的 PM2.5 濃度比操場高出約 6%，可能是辦公場所所有複印機、印表機、油印機，這也同樣是 PM2.5 的一個主要來源。

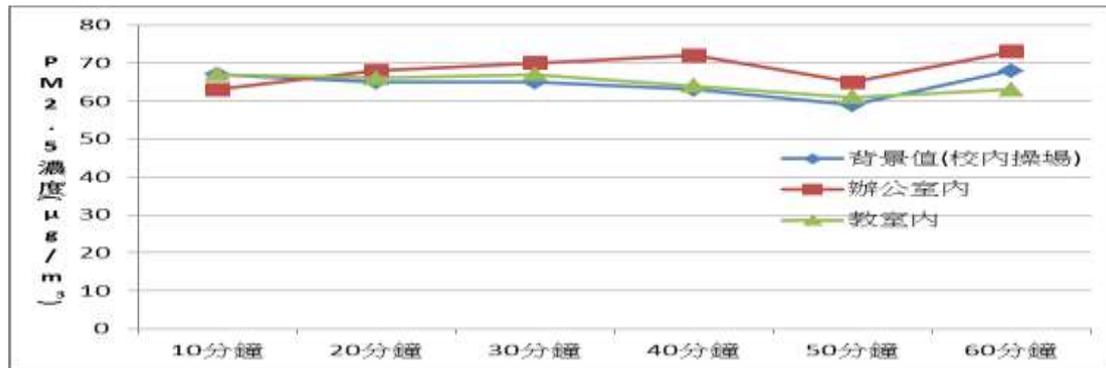


圖 5.2 校園 PM2.5 實測結果

(三) 寺廟、加油站、道路、汽車排放廢氣進行 PM2.5 實測

根據學者調查，台灣的 PM2.5 國內原生性、衍生性及境外移入各占 1/3，而國內原生性又以道路揚塵 37% 最高，其次為工業 23%、機動車輛 23%。此外，廟宇為國人的信仰中心，而燒香及燒金紙產生的大量煙塵是否真如媒體報導中恐怖，也是我們想要知道的。故本研究將對寺廟、加油站、道路、麵粉專賣店、汽車排放廢氣進行 PM2.5 實測，結果如表 5.3~表 5.6。



汽車熄火時進行背景值量測(107年2月3日) 啟動汽車引擎進行 PM2.5 檢測

表 5.3 汽車排放廢氣 PM2.5 濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

量測時間	1min	2min	3min	4min	5min	6min	平均
背景值(車熄火)	6	6	6	6	6	6	6.0
排氣管口	12	11	11	12	11	11	11.3

我們使用老師的汽車 T 牌 2014 出廠(2000c. c)進行排氣 PM2.5 檢測，結果如表 5.3。檢測前 PM2.5 環境背景濃度為 6 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，啟動引擎後測量 6 分鐘 PM2.5 平均濃度為 11.3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，濃度增加了 2 倍，可見汽機車等需石化燃料的污染源對 PM2.5 的貢獻量也不容忽視。加油站、路口、廟宇、麵粉專賣店及廟宇 PM2.5 濃度實測結果如表 5.4~5.6。



路口 PM2.5 濃度實測(107年2月7日)



廟宇 PM2.5 濃度實測(有天窗)



麵粉專賣店 PM2.5 濃度實測



加油站 PM2.5 濃度實測



廟宇外香爐距離 4m 之 PM2.5 實測



廟宇外香爐距離 0m 之 PM2.5 實測

表 5.4 加油站 PM2.5 濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

量測時間	10min	20min	30min	40min	50min	60min	平均
背景值(加油站 10M 外)	28	26	27	29	28	27	27.5
加油島	24	26	26	24	25	24	24.8

表 5.5 路口、廟宇、麵粉專賣店 PM2.5 濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

量測時間	10min	20min	30min	40min	50min	60min	平均
背景值	71	70	69	65	70	71	69.3
廟宇平常日(離香爐 2m)	77	91	106	99	85	82	90.0
十字路口	74	78	79	76	75	74	76.0
麵粉專賣店	68	67	73	70	68	63	68.2

表 5.6 廟宇外香爐 PM2.5 與距離濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

廟宇外香爐距離	10m	8m	6m	4m	2m	0m
PM2.5 濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	72	74	80	89	106	217

距離加油站 10m 大馬路上監測 PM2.5 濃度後發現，PM2.5 的小時平均濃度為 $27.5(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，而在加油島實際測量 PM2.5 小時平均濃度為 $24.8(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，如圖 5.3。雖然差異性不大，但油品中苯、甲苯等苯類化合物及其它碳氫化合物，除了是 PM2.5 的前驅物，本身對人體會造成對肝、腎、肺及中樞神經等危害，這點不容忽視。

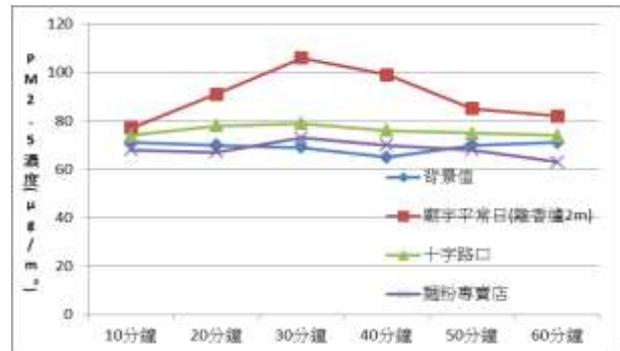
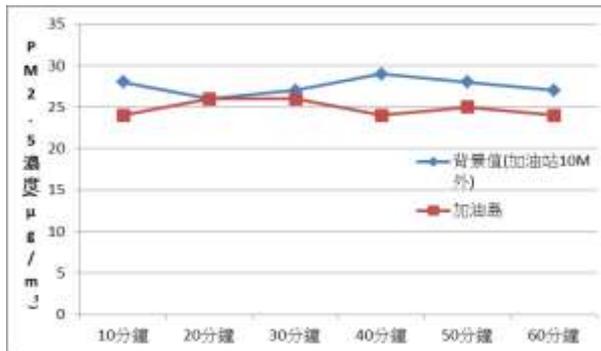


圖 5.3 加油站內與站外 10m 處 PM2.5 濃度 圖 5.4 十字路口、廟宇、麵粉專賣店 PM2.5 濃度

鄉鎮主要幹道十字路口、廟宇、麵粉專賣店 PM2.5 濃度實測結果如圖 5.4，實驗當日校園操場 PM2.5 一小時平均濃度為 $69.3(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，麵粉專賣店因為不是研磨工廠，測出來的濃度與背景濃度相差不大，而上班時間上午 7 點半至八點半主要幹道的 PM2.5 濃度為 $76.0(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，高出約 10%；廟宇 PM2.5 的檢測結果會隨著通風度有所差異，我們進行實驗廟宇的金爐上有天窗，可以增加氣體的交換，實驗當日參拜人潮不多，實驗結果也隨著煙柱有所變動，PM2.5 一小時的平均濃度為 $90.0(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，比背景值高出 30%，可見線香燃燒會產生極大的煙塵。

香爐距離與 PM2.5 的關係如圖 5.5，實驗當日的背景濃度為 $69(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ，我們針對平日媽祖廟戶外天公爐進行不同距離 PM2.5 的量測，發現在距離 10 公尺外，濃度與背景值相差不大，距離 8m、6m、4m、2m 濃度依序增加了 7%、16%、29%、53%，若將檢測器置於距離香爐 0m 處進行檢測，發現 PM2.5 濃度增為 $217\mu\text{g}/\text{m}^3$ 為背景值的 3.14 倍。

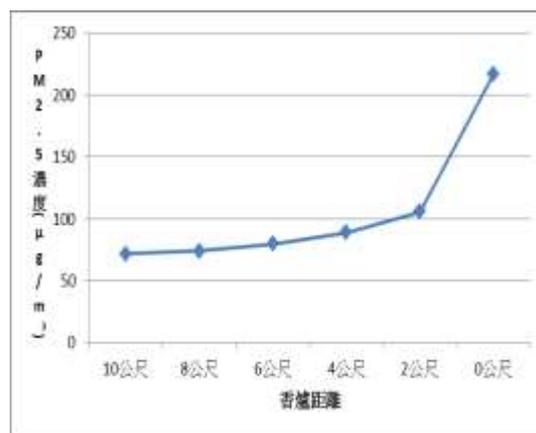


圖 5.5 香爐距離與 PM2.5 的關係

二、降水真的能降低 PM2.5 濃度嗎？

由環保署 PM2.5 監測數據與氣象局降雨資料進行比對後，我們發現降雨量高的月份其 PM2.5 監測數據都下降，因此本研究利用水霧器在實驗室中觀察 PM2.5 濃度變化，實驗步驟如下：

1. 在封閉實驗室中燃燒線香，待 PM2.5 濃度穩定後記錄背景值(當日環境背景值過低)。
2. 將水霧器打開 30 分鐘，讓水霧與 PM2.5 接觸。
3. 關閉水霧器，等待 10 分鐘。
4. 每隔兩分鐘讀取 PM2.5 濃度數值一次。



在實驗室燃燒線香提高 PM2.5 濃度，讓水霧器運轉 30 分鐘後，紀錄 PM2.5 濃度。

表 5.7 水霧器噴灑 30 分鐘後 PM2.5 濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

量測時間	2min	4min	6min	8min	10min	12min	平均
背景值(燃燒一根線香後)	32	31	32	30	32	32	31.5
水霧器噴灑 30 分鐘後	30	31	26	27	29	26	28.2

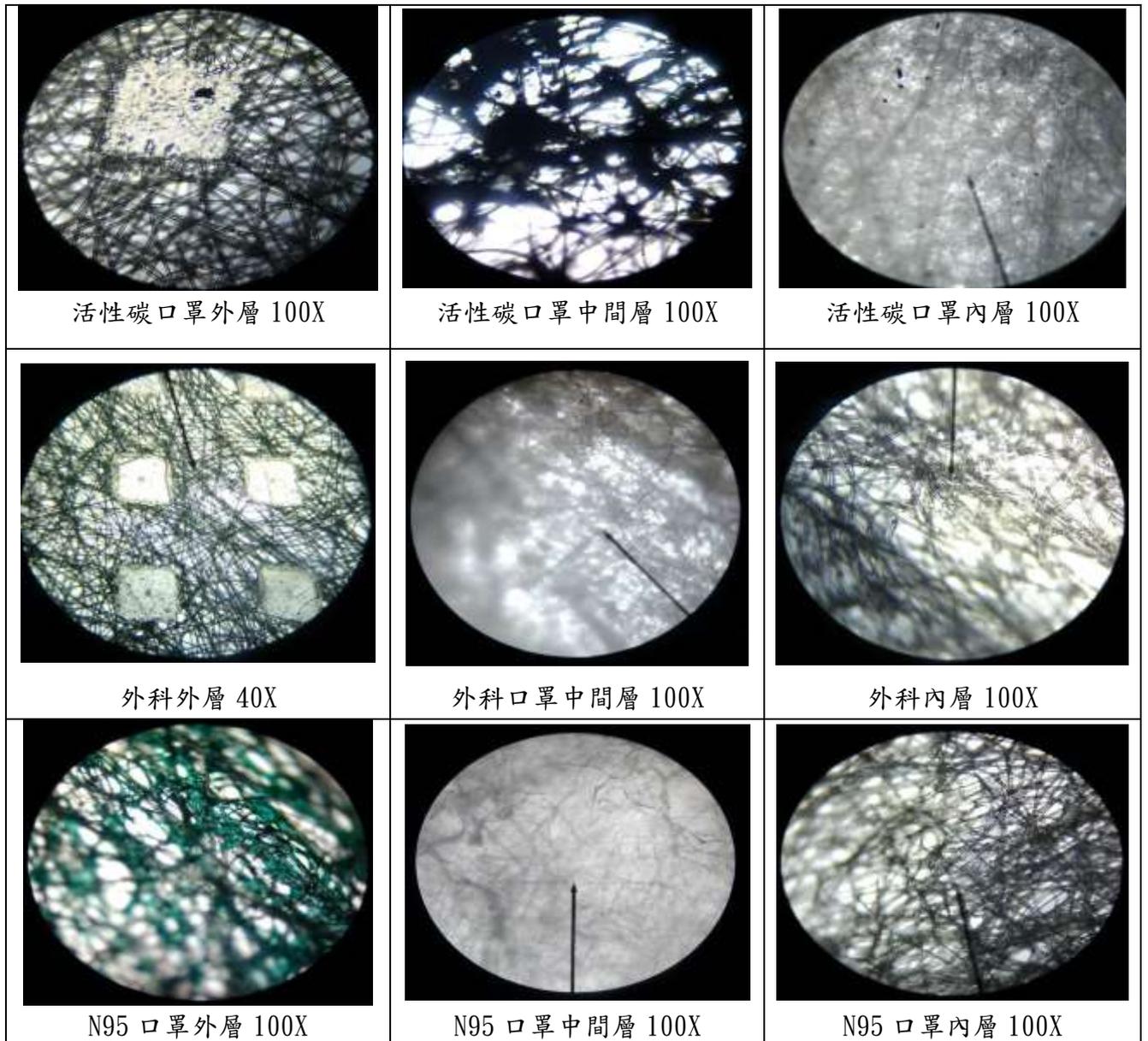
噴灑水霧實驗時我們發現無法直接做檢測，因為泰仕 PM2.5 檢測器是利用雷射光進行懸浮微粒估算，水霧噴灑時，檢測器會把水霧分子當

成是 PM2.5 致使檢測濃度超過偵測極限 $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，因此我們為了使測試結果不受影響，在水霧噴灑完畢後 30 分鐘才進行量測。密閉實驗室的背景平均濃度為 $31.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，水霧噴灑後的平均濃度為 $28.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，降低了 10.5%。

三、市售口罩能阻擋 PM2.5 嗎？

PM2.5 是指懸浮微粒粒徑小於 $2.5 \mu\text{m}$ ，而市售的口罩纖維孔隙若能低於 $2.5 \mu\text{m}$ ，便能有效阻擋 PM2.5 進入呼吸系統，本研究將探討外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩對 PM2.5 的過濾效能，並藉由複式顯微鏡觀察外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩不同層纖維孔隙大小。

(一)外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩在複式顯微鏡下的纖維



(二)外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩在複式顯微鏡下的纖維孔隙大小推算如表 5.8。

表 5.8 外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩在複式顯微鏡下的纖維孔隙大小推算 (μm)

			取樣一	取樣二	取樣三	阻擋範圍
活性炭 口罩	外層	最大孔隙	100	110	80	80~110
		最小孔隙	10	20	25	10~25
	中間層	最大孔隙	50	60	87.5	50~87.5
		最小孔隙	10	10	10	10.0
	內層	最大孔隙	30	20	37.5	29~37.5
		最小孔隙	10	5	12.5	5~12.5
外科口罩	外層	最大孔隙	1000	400	625	400~1000
		最小孔隙	10	10	20	10~20
	中間層	最大孔隙	200	9	250	9~250
		最小孔隙	5	5	1.25	1.25~5
	內層	最大孔隙	250	50	137.5	50~137.5
		最小孔隙	10	10	12.5	10~12.5
N95 口罩	外層	最大孔隙	50	40	50	40~50
		最小孔隙	10	10	10	10.0
	中間層	最大孔隙	由多層纖維所組成，纖維厚、密度高，複式顯微鏡在 400 倍下仍無法清楚觀察孔隙大小。			
		最小孔隙	由多層纖維所組成，纖維厚、密度高，複式顯微鏡在 400 倍下仍無法清楚觀察孔隙大小。			
	內層	最大孔隙	60	10	40	10~60
		最小孔隙	10	5	10	5~10

口罩孔隙估算實驗中，我們發現外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩都由三層纖維堆疊而成，其中 N95 口罩中間層更由多層纖維堆疊而成，無法用複式顯微鏡看出孔隙大小。觀察中我們發現活性炭口罩外層與內層的最大孔隙 80~110、20~37.5 μm ，應可有效阻擋飛沫粒徑(約 100 μm)，中間層最小孔隙為 10 μm ，應可阻擋部分 PM10，但對於 PM2.5 阻擋能力應較差。外科口罩外層與內層的最大孔隙 400~1000、50~137.5 μm ，對於飛沫的阻擋能力不及活性炭口罩，但中間層最小孔隙為 1.25~5 μm ，對於配戴者及外界病原飛沫阻擋能力高，PM2.5 的阻擋能力也較活性炭口罩高很多。N95 口罩的內、外層孔隙範圍約在 5~60 μm ，能有效阻隔飛沫，中間層的纖維密度高且厚，雖難估算孔隙，但推測過濾 PM2.5 能力應屬於三者中最佳。

(三) 外科口罩、活性炭口罩及 N95 口罩對 PM2.5 的過濾效能

由於口罩孔隙觀察是以分層為主，因此我們對外科口罩、活性碳口罩及 N95 口罩對 PM2.5 的過濾效能，進行實驗模擬測試。實驗步驟如下：

1. 在封閉實驗室中燃燒線香，待 PM2.5 濃度穩定後記錄背景值(當日環境背景值過低)。
2. 將口罩固定於密閉容器中，將容器接上抽氣馬達，使容器內壓力低於外界壓力，讓外界氣體流經口罩進入容器內。
3. 讀取容器內 PM2.5 數值。



外科口罩測試

活性碳口罩測試

N95 口罩測試

表 5.9 外科口罩、活性碳口罩及 N95 口罩對 PM2.5 的過濾效能測試($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

量測時間	2min	4min	6min	8min	10min	12min	平均
背景值	115	136	122	128	135	145	130.1
外科口罩	81	71	72	66	62	66	69.7
活性碳口罩	90	85	105	90	74	70	85.7
N95 口罩	48	46	47	43	40	42	44.3

實驗結果如表 5.9。我們分別使用外科口罩、活性碳口罩及 N95 口罩對 PM2.5 平均濃度為 $130.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 進行過濾測試，結果如圖 5.6。PM2.5 經外科口罩、活性碳口罩及 N95 口罩過濾後平均濃度分別為 69.7、85.7、 $44.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，阻擋能力與背景值相比分別降低了 46%、34%及 66%，以 N95 口罩阻擋能力最佳。

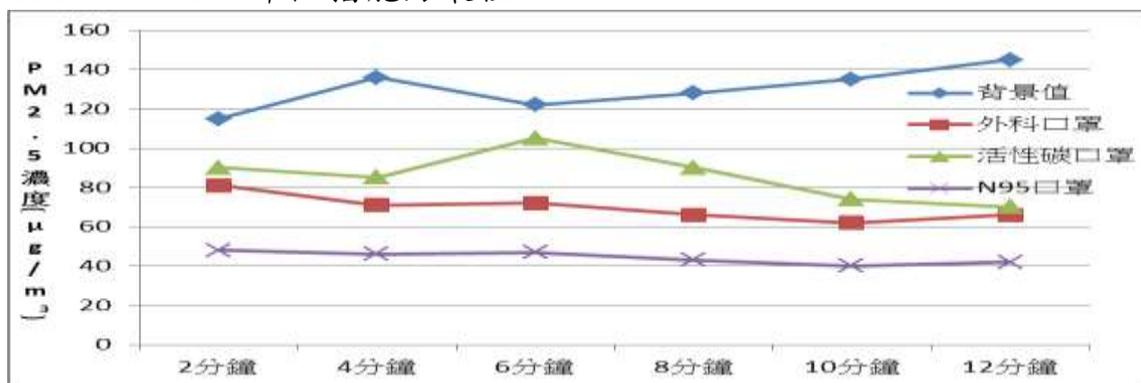


圖 5.6 外科口罩、活性碳口罩及 N95 口罩對 PM2.5 的過濾效能

四、對付 PM2.5，空氣清淨機有用嗎？

空氣汙染嚴重，有學校呼籲學生戴口罩、減少戶外活動，XX 中學則斥資 300 萬元，添購 76 台空氣清淨機，讓學生在教室內享受好空氣(聯合報 20170207)。然而空氣清淨機真的有用嗎?我們針對 H 牌醫療級空氣清淨機進行 PM2.5 檢測，結果如表 5.10。

1. 首先進行室內 PM2.5 背景值量測，實驗日期 107 年 1 月 5 日。
2. 開啟 5 年沒換濾心的 H 牌醫療級空氣清淨機進行 PM2.5 檢測。
3. 更換 HEPA 級濾心及濾紙後，進行 PM2.5 檢測。



H 牌醫療級空氣清淨機 使用五年沒換的濾心 更換新的濾心後重新檢測

表 5.10 使用空氣清淨機後 PM2.5 的濃度實測($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

量測時間	10min	20min	30min	40min	50min	60min	平均
背景值	82	89	96	95	92	93	91.2
H 牌空氣清淨機(未換濾心)	145	153	147	166	159	151	153.5
H 牌空氣清淨機(新濾心)	37	34	33	30	28	34	32.7

空氣清淨機淨化室內 PM2.5 結果如圖 5.7，我們發現 5 年沒換濾心的空氣清淨機將使室內空氣品質更加惡化，PM2.5 濃度比背景值增加了 68%。換上全新的 HEPA 級濾心後，PM2.5 濃度比背景值降低了 2.8 倍。

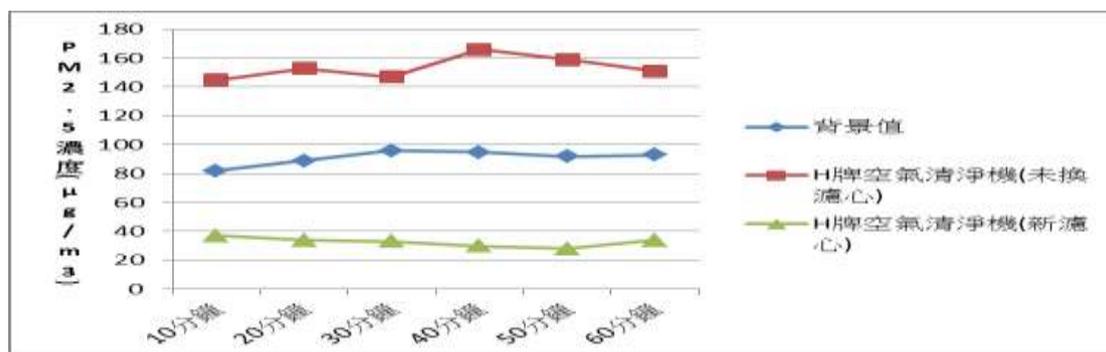


圖 5.7 空氣清淨機過濾 PM2.5 結果

五、自製集塵設備探討對 PM2.5 的影響

由文獻可知靜電集塵、水霧及過濾方式對 PM2.5 的去除力都有些許效果，本研究結合三種處理方式，探討自製集塵設備對 PM2.5 的影響，結果如表 5.11。

實驗製作流程如下：

1. 把紙箱裁出一個小長方形，並把 N95、活性炭、外科口罩由外而內依序貼在洞口上。
2. 在洞口對面的下方割一個小洞，以便觀察是先放入紙箱內的 PM2.5 檢測器。
3. 啟動水霧器、自製集塵器進行前處理。
4. 啟動馬達，使箱子內的壓力低於外界壓力，外界經水霧及靜電集塵後的空氣，經處理後再依序通過活性炭口罩、外科口罩及 N95 口罩後流經箱內，紀錄實驗數據。



黏貼口罩



置入檢測器

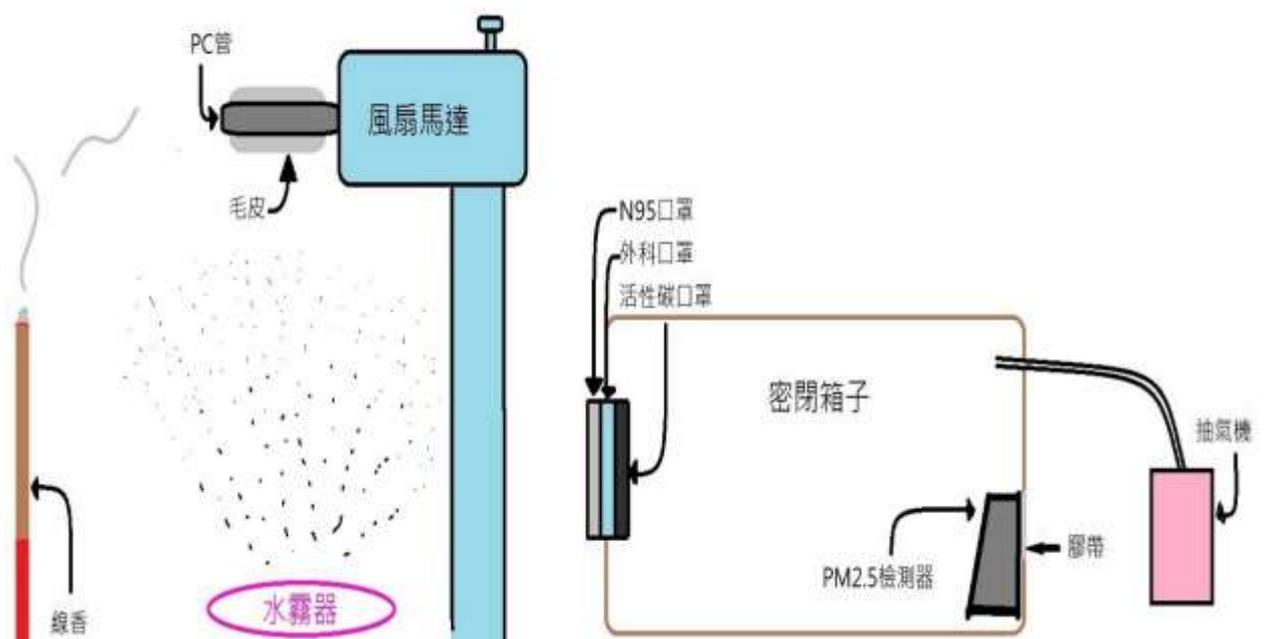


用馬達降低箱內氣體壓力



箱外靜電集塵

我們使用線香當污染源，串聯水霧、靜電集塵及口罩過濾等設備，整體實驗設計如下：



1. 把線香點燃，放入錐形瓶中固定位置。
2. 在密閉空間充滿煙，且 PM2.5 數值穩定。
3. 開啟水霧裝置。
4. 開啟風扇轉動摩擦毛皮產生靜電集塵。
5. 開啟抽氣機降低箱內壓力，讓空氣流入紙箱，觀察紙箱中 PM2.5 數值的變化

表 5.18 自製集塵器去除 PM2.5 能力

時間(分鐘)	0	12	16	22	28	34	40	60
PM2.5 數值變化($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	82	59	49	39	26	13	8	7

結合靜電集塵、水霧及三種口罩過濾方式，自製集塵器去除 PM2.5 能力結果如圖 5.8，我們發現處理 40 分鐘即可讓 PM2.5 數值從 82.0 降低至 $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，去除效率高達 90%。

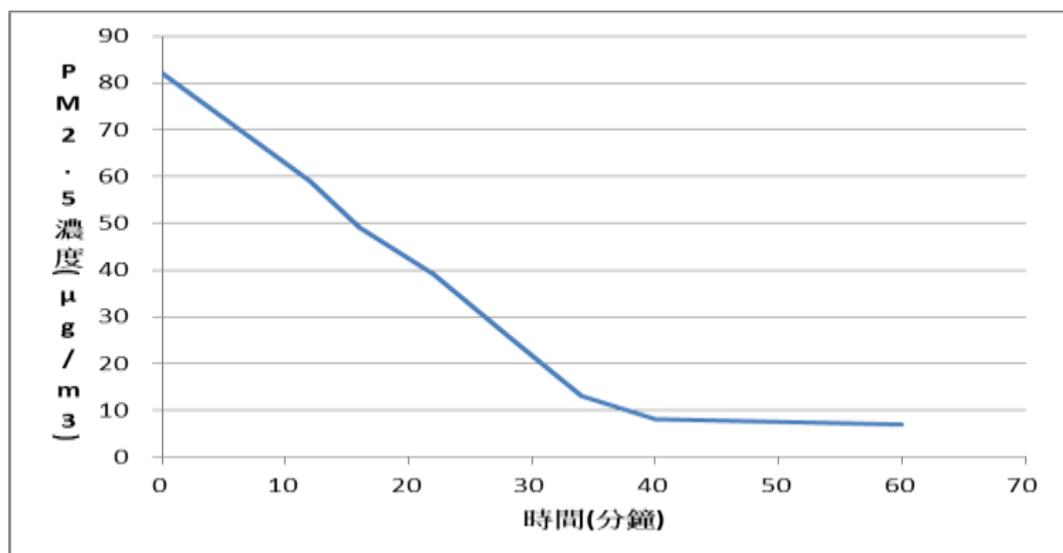


圖 5.8 自製集塵器去除 PM2.5 實驗結果

自製集塵器去除 PM2.5 實驗中，我們本來將箱子開一個洞，把 PC 管放入摩擦毛皮，但在摩擦的過程中會產生許多毛絮，PM2.5 數值不減反增。所以我們把這個裝置改成在箱外，在別處先進行摩擦後再移至實驗室集塵，一樣可以檢測出自製集塵器的效果。

陸、評鑑與檢討

一、研究結論

- (一)家中臥室、客廳若過度裝潢，將導致 PM2.5 濃度比環境高的趨勢，本研究實測點的確使用大量石材與木材，PM2.5 濃度比戶外高出約 25%。
- (二)近年來，女性肺腺癌的比例偏高，本研究實測廚房炒菜產生的 PM2.5 濃度高出背景值 9%，對身體造成的負擔不容忽視。
- (三)當 PM2.5 濃度出現紅色旗幟時，我們發現通風良好的教室與戶外濃度幾乎沒有差別，所以還是可以讓學生上戶外課，但應避免劇烈運動導致 PM2.5 加速進入人體循環系統中。同時期我們發現辦公室的 PM2.5 濃度比操場高出約 6%，所以請老師們保重身體。
- (四)加油站 PM2.5 濃度實測雖與路口差異不大，但油品中苯、甲苯等苯類化合物及其它碳氫化合物，除了是 PM2.5 的前驅物，本身對人體會造成對肝、腎、肺及中樞神經等危害，這點不容忽視。
- (五)上班時間道路 PM2.5 濃度、平常日廟宇 PM2.5 濃度實測結果，分別比背景濃度高出約 10%及 30%。其中廟宇濃度也隨與香爐距離不同有所變化，距離 8m、6m、4m、2m 濃度依序增加了 7%、16%、29%、53%，若將檢測器置於距離香爐 0m 處進行檢測，發現 PM2.5 濃度為 $217 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 為背景值的 3.14 倍。
- (六)水霧噴灑後的平均濃度為 $28.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，比噴灑前 $31.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 降低了 10.5%，推測水霧能讓細懸浮微粒吸收水分膨脹而沉降下來。
- (七)口罩孔隙觀察推測，若要避免飛沫傳染只要佩戴外科口罩、活性炭口罩即可，但若要避免吸入過多 PM2.5，建議以 N95 口罩為主，外科口罩為輔。
- (八)口罩皆以三層堆疊而成，研究中外科口罩、活性炭口罩、N95 口罩分別使 PM2.5 濃度降低了 46%、34%及 66%，其中以 N95 口罩阻擋能力最佳。
- (九)5 年沒換濾心的空氣清淨機將使室內空氣品質更加惡化，PM2.5 濃度比背景值增加了 68%，換上全新的 HEPA 級濾心後，PM2.5 濃

度比背景值降低了 2.8 倍。

- (十) PM2.5 去除能力以空氣清淨機(HEPA 級濾紙)及 N95 口罩最佳，其次為外科口罩、活性碳口罩、靜電集塵等。但配戴 N95 口罩時，易有呼吸困難的感覺，而空氣清淨機也有耗電功率高、每年需固定換濾心等缺點，故推薦大家可以自製靜電集塵設備去除 PM2.5。
- (十一) PM2.5 去除能力以自製集塵器可去除 90%的 PM2.5 效果最佳，其次為空氣清淨機(HEPA 級濾紙)及 N95 口罩等。

二、研究心得

PM2.5 是現代一個和生活息息相關的重要課題，食物可以一個禮拜不吃，但空氣無法一天不吸，可是卻很少人注意到：我們吸入的空氣是否乾淨？深入研究 PM2.5 過後，我們才明白 PM2.5 的危害以及影響。過程中，我們到各地去做實際測量、蒐集了各式各樣的資料、做了許多有趣的實驗，有時候會因找不到合適的材料而傷透腦筋，有時候會因實驗結果不理想而絞盡腦汁，甚至會因去他地做實驗而犧牲得來不易的假期。雖然過程十分艱辛，但大家依然樂此不疲、互相鼓勵、分工合作，一起度過難關，並從中受益良多。希望藉由我們的研究，可以幫助更多人對 PM2.5 的了解，並且做好適當的防範，將空氣污染對人體不良的影響降到最低。

三、未來展望

我們這次研究的內容包括三個層面：生活中各地點 PM2.5 實測，雨量、降水對 PM2.5 的影響，以及口罩、空氣清淨機、自製靜電集塵設備對 PM2.5 的阻隔功效。因為地球的生態系統是開放而環環相扣的，希望未來承接研究 PM2.5 的團隊，能在此研究結果上進一步以「系統性」的移除 PM2.5 危害，以及「預防性」的防止 PM2.5 散入空氣中進行研究。如：改良房子的紗窗紗門、設計透氣性高又低孔隙的口罩、自製環保電池驅動靜電集塵器，觀察是否能提高 PM2.5 的阻隔功效？利用降水先讓 PM2.5 「塵埃落定」，再加入植物的吸附研究，系統性強化地球的生態運作，讓這些微塵不因乾燥而再次「張揚」？或是利

用電能生磁、通電半導體……等原理，在火力發電廠或大量工業廢氣的排放孔設置金屬網或其他材質濾網，利用磁性或電子相斥性，防範未然讓 PM2.5 在逸入空氣前就被收集並加以處理。如此對人們及生態就能有更大的裨益。

柒、參考資料

1. 環保署空氣品質監測網●歷年監測資料下載●取自

<http://taqm.epa.gov.tw/pm25/tw/default.aspx>

2. 中央氣象局●氣候●氣候統計●月平均●雨量●取自

http://www.cwb.gov.tw/V7/climate/monthlyMean/Taiwan_precp.htm

3. 靜電產生器●周鑑恆(2011)●科學教育月刊第 350 期●取自

https://www.google.com.tw/#q=%E9%9D%9C%E9%9B%BB%E7%94%A2%E7%94%9F%E5%99%A8%*

4. 空氣汙染擴散！中部多處 PM2.5 紫爆(2016 年 10 月 20 日)●自由電子報●取自

<http://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/1861797>