

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 地球科學科

**第三名**

030505

**隱形殺手-PM<sub>2.5</sub>**

學校名稱：臺中市立大道國民中學

作者：  國一 李益先  國一 李柏叡  國一 陳澤樂	指導老師：  李祥菁  李易儒
---	-----------------------------

關鍵詞：PM<sub>2.5</sub>、細懸浮微粒、空氣盒子

## 摘要

空氣污染是目前最緊迫的環境問題之一。而 PM<sub>2.5</sub> 的相關研究更說明了其對人體的危害，這引起了我們高度的好奇心。依據環保署過去 3 年資料分析發現臺灣 PM<sub>2.5</sub> 南部>中部>東部，夏季的 PM<sub>2.5</sub> 較低。晴天 PM<sub>2.5</sub> 高於雨天。透過定時擷取空氣盒子臺中市 PM<sub>2.5</sub> 值資料分析發現地形會影響 PM<sub>2.5</sub> 值的遷移與濃度分布：盆地區>海線區>山區，另海線區與盆地區一天中 PM<sub>2.5</sub> 最低是在 15 時、18~24 時最高；但山線區此現象不明顯。令人訝異的是工業區與非工業區的 PM<sub>2.5</sub> 無明顯差異！實地測量學校的 PM<sub>2.5</sub> 發現：校門口>其他區域>教室。廟宇、吸菸室、炒菜烤肉時，都會產生大量 PM<sub>2.5</sub>。若想預防 PM<sub>2.5</sub> 可選擇口罩、負離子機，但不同品牌效果差異大。室內植物以粉黛葉、彩葉椒草等表面具凹凸構造者 PM<sub>2.5</sub> 下降率較佳！

## 壹、研究動機

近年來空氣品質一直是大家關注的問題，學校會掛空氣品質的旗幟，讓我們知道現在的適不適合戶外活動。網路上也有許多關於 PM<sub>2.5</sub> 的網站，但大家不會特別去研究 PM<sub>2.5</sub> 的變化，媒體新聞說大陸冷氣團和天氣狀況會影響懸浮粒子的濃度，看著臺中市常常灰灰的天空，那我們要如何防治？最簡單的戴口罩，但我們戴的口罩有用嗎？那些植物對降低懸浮粒子比較有效？哪種空氣清淨機比較有效？哪種天氣較適合出門？我們是否可以證實這些疑惑，得到解答？

## 貳、研究目的

- 一、 瞭解 2014-2016 年臺灣各地的 PM<sub>2.5</sub> 變化情形
- 二、 瞭解不同環境及人為因素對臺中地區 PM<sub>2.5</sub> 的影響
- 三、 瞭解特定地區(學校、廚房...)與節慶對 PM<sub>2.5</sub> 的影響
- 四、 瞭解不同口罩、植物、負離子機對預防 PM<sub>2.5</sub> 的效果

## 參、研究設備及器材

- 一、 器材：PM<sub>2.5</sub> 測量機器、膠帶、4 公升及 5 公升透明塑膠桶、16 公升透明塑膠桶（裁開瓶口）、剪刀、線香、膠帶。



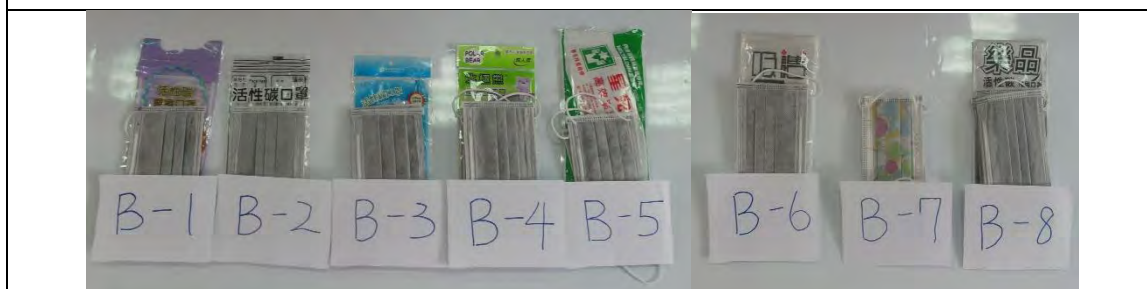
- 二、 口罩：

1. 外科口罩（北極熊、環保媽媽、永猷、吸護、摩戴舒、健康天使、3M、樂品）。

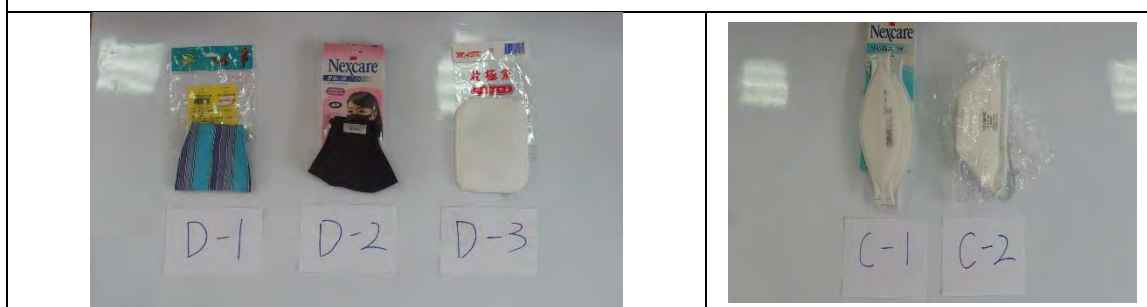
2. 活性碳口罩（康匠、順易利、戴康北極熊、星兒、吸護、舒潔、樂品）。
3. 布口罩（日昇、3M、北極熊）。
4. N95 口罩（3M、UNIAIR）。



一般外科口罩(北極熊 永猷 環保媽媽吸護摩戴舒)



活性碳口罩



布口罩

N95

- 三、 植物種類：萬年青、粉黛葉、螃蟹蘭、山蘇、黃金葛、袖珍椰子、秋海棠、彩葉椒草、觀賞鳳梨、多肉植物。



			
多肉植物	黃金葛	袖珍椰子	
			
秋海棠	螃蟹蘭	萬年青	粉黛葉

- 一、 空氣清淨機檢測設備及負離子機：Car Oxygen Ber & Char ger、CAR IONLC PURLFLER、XTREME、SHARP。

	
自製負離子機（空氣清淨機）檢測設備	車用負離子機

## 肆、研究架構

- 一、 認識 PM<sub>2.5</sub>

(一) 定義：PM<sub>2.5</sub>為懸浮顆粒或稱懸浮粒子（particulate matter）的縮寫，泛指懸浮在空氣中的固體顆粒或液滴，顆粒微小甚至肉眼難以辨識。當直徑小於或等於 2.5μm 的懸浮粒子稱為細懸浮粒子或稱 PM<sub>2.5</sub>。因體積較小故此懸浮粒子能夠在大氣中停留很長時間，並可隨呼吸進入生物體內，積聚在氣管或肺中，影響身體健康。(參考資料[5])

(二) 來源[4]

依來源分	自然界產出	火山爆發、地殼岩石等
	人類產出	石化燃料及工業排放、移動源廢氣等燃燒行為。
依性質分	原生性 PM <sub>2.5</sub>	直接從自然與人為活動所排放，在大氣環境中未經化學反應的微粒一如天然的海鹽飛沫、營建工地粉塵、車行揚塵及工廠直接排放。
	衍生性 PM <sub>2.5</sub>	自然與人為活動排放到大氣環境中的化學物質經過太陽光照或其他化學反應後生成一如燃煤、燃油及燃氣電廠、煉鋼廠、石化相關產業工廠、機動車輛、船舶、建物塗料、農業施肥、禽畜排泄及生活污水等。

(三) 分級：我國 PM<sub>2.5</sub> 指標參採英國每日空氣品質指標(Daily Air Quality Index, DAQI)的細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)預警濃度分級，將指標區分為 10 級並以顏色示警。透過環保署提供及時監測資料有助於民眾瞭解空氣品質並做為民眾活動建議參考，目前臺中地區環保署設置有 5 個一般觀測站可提供監測資料供民眾參考。

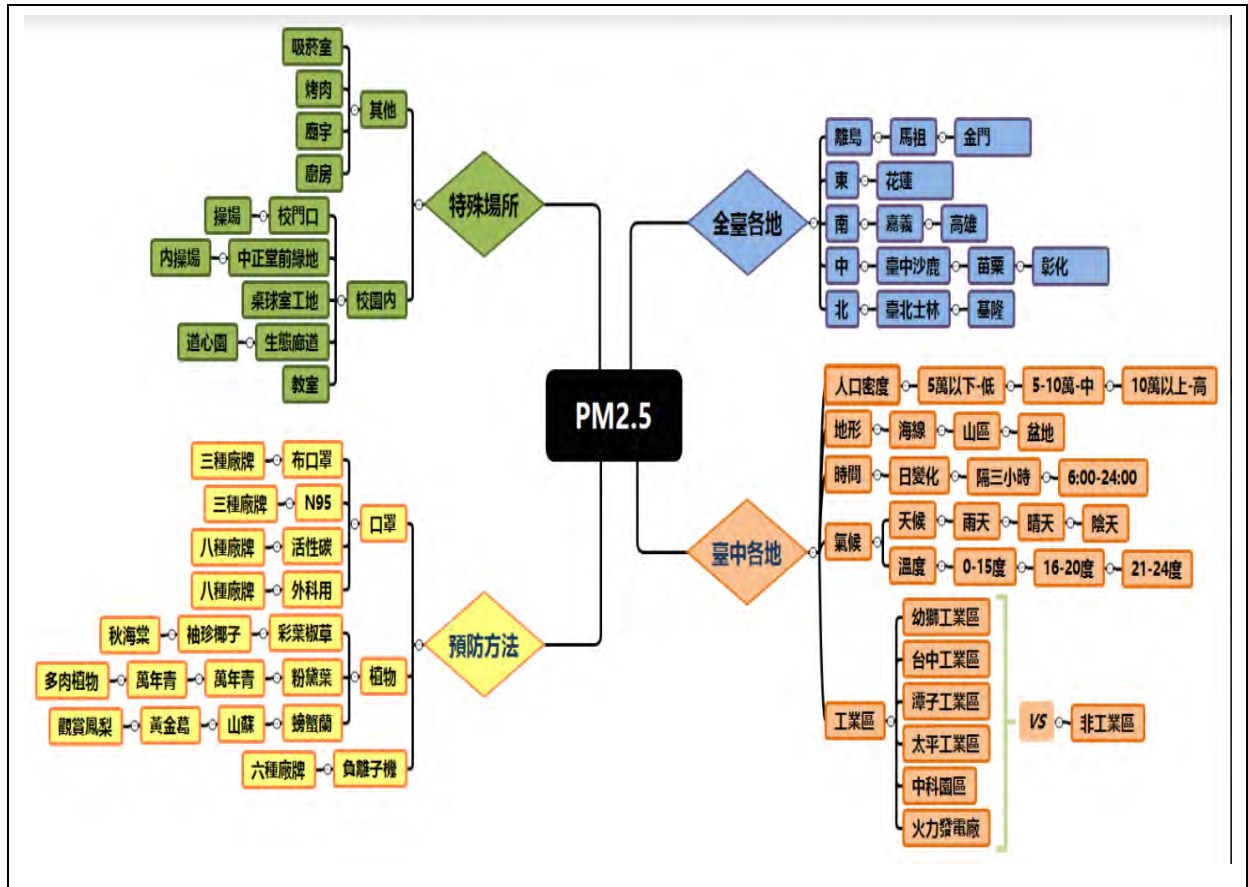
細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)指標對照表與活動建議 [5]

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
PM <sub>2.5</sub> 濃度(μg/m <sup>3</sup> )	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	≥70
活動建議	一般民眾					敏感性族群				
1-3 級	正常戶外活動。					正常戶外活動。				
4-6 級	正常戶外活動。					有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到癥狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。				
7-9 級	任何人如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。					1.有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2.老年人應減少體力消耗。 3.具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。				



10 級	任何人如果有不適，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。	<p>1.有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。</p> <p>2.具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。</p>
------	---	--

## 二、研究架構



## 伍、研究過程及方法

### 一、瞭解 2014-2016 年臺灣各地的 PM<sub>2.5</sub> 變化情形

#### (一) 實驗 1-1 :

1. 目的：解 2014-2016 年臺灣各地的 PM<sub>2.5</sub> 變化情形
2. 操作變因：2014 年-2016 年、臺灣不同地區
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值
4. 實驗方法：

(1) 從臺灣北、中、南、東部及離島，我們選擇了基隆、臺北士林、苗栗、臺中沙鹿、

彰化、嘉義、高雄、花蓮、金門、馬祖共 10 個地點。

(2) 我們上環保署空氣品質監測網[3]，點選細懸浮微粒查詢，記錄從 2014 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日每日不同地區 PM<sub>2.5</sub> 的數值。

(3) 將各地每日 0:00~23:00 中每個整點的 PM<sub>2.5</sub> 值共 24 個進行平均後得到 PM<sub>2.5</sub> 的日平均值。

(4) 將每月的 PM<sub>2.5</sub> 日平均值算平均後得到月平均，再將 PM<sub>2.5</sub> 的月平均值繪製成圖表比較。

行政院環境保護署  
Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (Taiwan)

## 細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)

質監測網\細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)\自動監測\即時值查詢

即時值查詢 月平均值查詢

一、本署所有監測儀器均有嚴格之品保作業程序以維持資料之準確性與可靠性。惟為縮短上網時間，本網頁查詢之即時資料(包含PM<sub>2.5</sub>原始值及PM<sub>2.5</sub>)尚未通過本署最後品保程序，如需完成品保程序資料請以本署正式發佈之季報、年報為準。

二、PM<sub>2.5</sub>原始值係監測儀器產出的原始值，PM<sub>2.5</sub>值係參考前一年監測站迴歸式(關係式)計算得之校正數據。**2015年全國細懸浮微粒自動監測站關係式(點選下載)**，歷史細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)迴歸式查詢，**1. 選擇地點**

三、本網站資料僅供一般參考，使用時須瞭解儀器特性、區域環境等因素，**2. 選擇 PM2.5 及起訖日期**未經本署同意或不當引用本網站資料而引起的任何損失，本署概不負責。

四、對於本網頁提供之監測資料，如有任何建議請洽 環保局。

五、# 表示儀器檢核為無效值；\* 表示程式檢核為無效值；x 表示人工檢核無效資料；ND 未檢出(表天數)。

六、測站選單配合Ctrl可個別多選，配合Shift鍵可連續多選。**3. 匯出資料**(按克/立方公尺)。

測站：新竹市新竹  
臺中市大里  
臺中市西屯  
臺中市沙鹿

測項：PM<sub>2.5</sub>

查詢即時值  
匯出成Excel檔  
匯出成OpenDocument(odt)檔

開始日期：2017/01/07  
結束日期：2017/02/06

年月(監測時間)：2017/01，測站：沙鹿，測項：PM<sub>2.5</sub> (μg/m<sup>3</sup>)

日期	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/07	16	14	16	15	10	27	42	48	50	35	20	18	18	21	21	28	35	35	36	43	50	46	49	47
01/08	28	19	21	17	10	10	17	18	24	30	29	29	25	23	23	23	23	18	18	22	24	22	13	12
01/09	10	16	10	14	13	12	14	18	14	13	19	21	21	27	23	23	30	24	19	21	21	21	23	24

## 二、瞭解不同環境及人為因素對臺中地區 PM<sub>2.5</sub> 的影響

### (一) 實驗 2-1：

1. 目的：瞭解 PM<sub>2.5</sub> 是否會隨天氣(陰晴雨)不同而有所變化(以臺中地區為例)
2. 操作變因：不同天氣(雨天、陰天、晴天)
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值
4. 實驗方法

(1) 從 2016 年 12/1 至 2017 年 1/31 日，我們每日記下了學校所在地的天氣情形。總計過去 62 日中有雨天 5 天、陰天 27 天及晴天 30 天。

(2) 同時我們上環保署網站查詢每日時臺中地區(大里、西屯、沙鹿、忠明及豐原)整點



的 PM<sub>2.5</sub> 的數值，登記下來後將查詢到的 PM<sub>2.5</sub> 值下載登記後取平均後為當日 PM<sub>2.5</sub> 的數值。

(3) 我們將不同天氣（晴天、雨天、陰天）的 PM<sub>2.5</sub> 值做平均後進行比較。

## (二) 實驗 2-2：

1. 目的：瞭解 PM<sub>2.5</sub> 是否會隨溫度不同而有所變化（以臺中地區為例）

2. 操作變因：大里、西屯、沙鹿、忠明及豐原地區每日均溫

3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值

4. 實驗方法

(1) 從 2016 年 12/1 至 2017 年 1/31 日，同時我們上環保署網站查詢每日時臺中地區（大里、西屯、沙鹿、忠明及豐原）00：00-23：00 整點的 PM<sub>2.5</sub> 的數值，登記下來後將此 24 個數值取平均後為當日 PM<sub>2.5</sub> 的數值。

(2) 同時我們也登記了每日臺中地區每日最高溫與最低溫度。將高溫與最低溫平均後為每日均溫。

(3) 從 2016 年 12/1 至 2017 年 1/31 日，總計過去 62 日中有 0~15.9 度共 2 天、16~20 度共 22 天、21~24 度共 38 天。

(4) 我們將這些天內的數值做平均後比較溫度高低與 PM<sub>2.5</sub> 的關係。

## (三) 實驗 2-3：

1. 目的：瞭解 PM<sub>2.5</sub> 是否會隨一日不同時間（早中晚）而有所變化（以臺中地區為例）

2. 操作變因：每日不同時間（6 時、9 時、中午 12 時、下午 3 時、6 時、9 時、12 時）

3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值

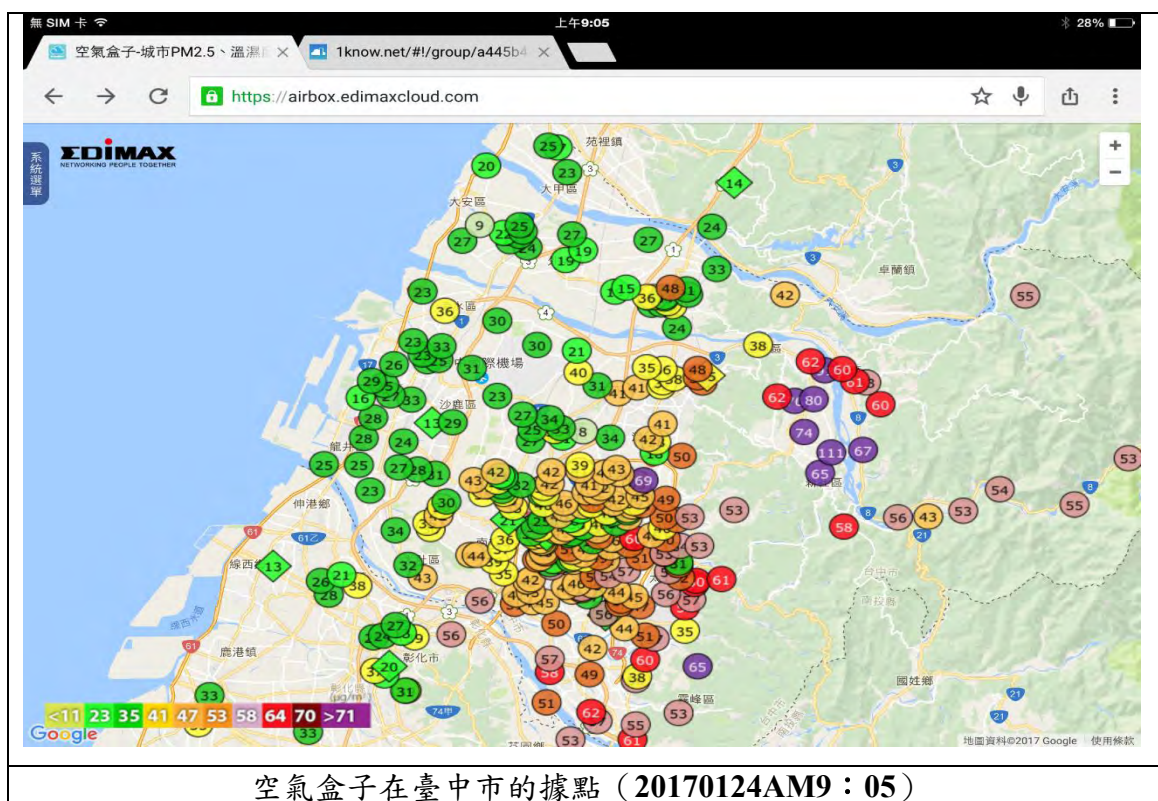
4. 實驗方法

(1) 我們在查詢環保署的 PM<sub>2.5</sub> 資料時發現臺中地區僅有 5 個一般觀測站，我們覺得如果 5 個觀測站的 PM<sub>2.5</sub> 值就代表整的臺中市或 1 個沙鹿區觀測站的數值來代表海線地區的數值並無法實際反應整個海線的狀況，因此我們思考如何獲得大數據來客觀分析臺中市 PM<sub>2.5</sub> 的變化值，後來我們發現有一個即時空氣品質監測 AirBox 空氣盒子（<https://airbox.edimaxcloud.com/>）的計畫，臺中市在 2016 年 11 月份開始參與，在臺中市的所有國小裝設空氣盒子即時偵測 PM<sub>2.5</sub> 值，因此我們決定每天定時利用電腦截圖記錄臺中市每日 PM<sub>2.5</sub> 的變化來探討臺中市 PM<sub>2.5</sub> 區域特性！

(2) 從 2017 年 1 月 5 日至 2017 年 2 月 4 日，我們每日每隔三小時利用臺中地區空氣盒子

查詢，上午 6 時、9 時、中午 12 時、下午 3 時、6 時、9 時、12 時中 PM<sub>2.5</sub> 的數值並利用手機或電腦截圖。

- (3) 全市各時間點空氣盒子數值中取至少 85 個數值取平均值為該時間的 PM<sub>2.5</sub> 值。
- (4) 我們將 6:00-24:00(每隔 3 小時)(的數值做平均後繪出臺中地區的 PM<sub>2.5</sub> 日變化圖。
- (5) 我們選定的區域為海線（沙鹿梧棲清水）、大甲區、龍井區（火力發電廠）、幼獅工業區、外埔大安區、大肚區、太平工業區、中科園區、臺中工業區、南屯區、西屯區、北屯區、潭子工業區、新社區、東勢區、霧峰區、豐原區，共 17 區。

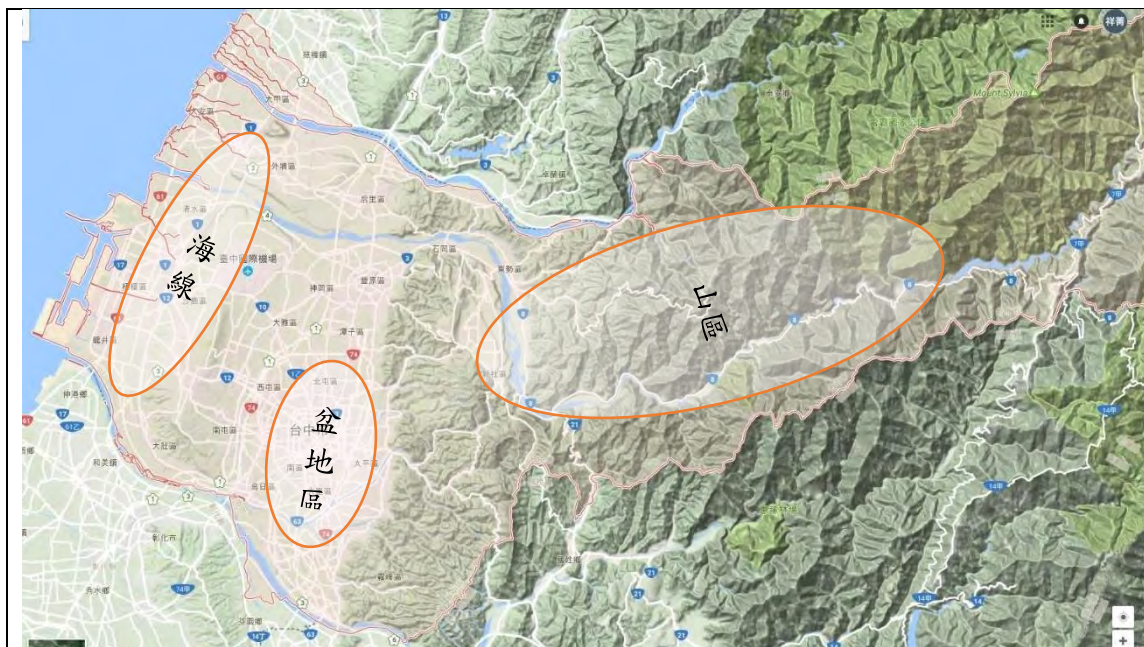


#### (四) 實驗 2-4：

1. 目的：瞭解地形是否會影響一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的變化（以臺中地區為例）
2. 操作變因：臺中市地形
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值
4. 實驗方法
  - (1) 將臺中市依照地形分成三區：沿海地區（海線：大甲梧棲沙鹿龍井）、山區（新社東勢及和平區）及盆地（原臺中市）
  - (2) 從 2017 年 1/5 至 2017 年 2/4 日，我們每日利用空氣盒子每隔三小時（上午 6 時、9 時、中午 12 時、下午 3 時、6 時、9 時及 12 時）查詢，臺中地區 PM<sub>2.5</sub> 的數值並利用

手機或電腦截圖。

- (3) 每一區於每一時間點至少選取 20 個數值後取平均值作為該區每日該時段的 PM<sub>2.5</sub> 值。
- (4) 將 2017 年 1/5 至 2017 年 2/4 日每日同一時間點的數值取平均值即可繪出臺中不同地形對一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的影響



臺中市地形分成三大區：海線地區、盆地區、及山區（地圖來源 google map）

#### (五) 實驗 2-5：

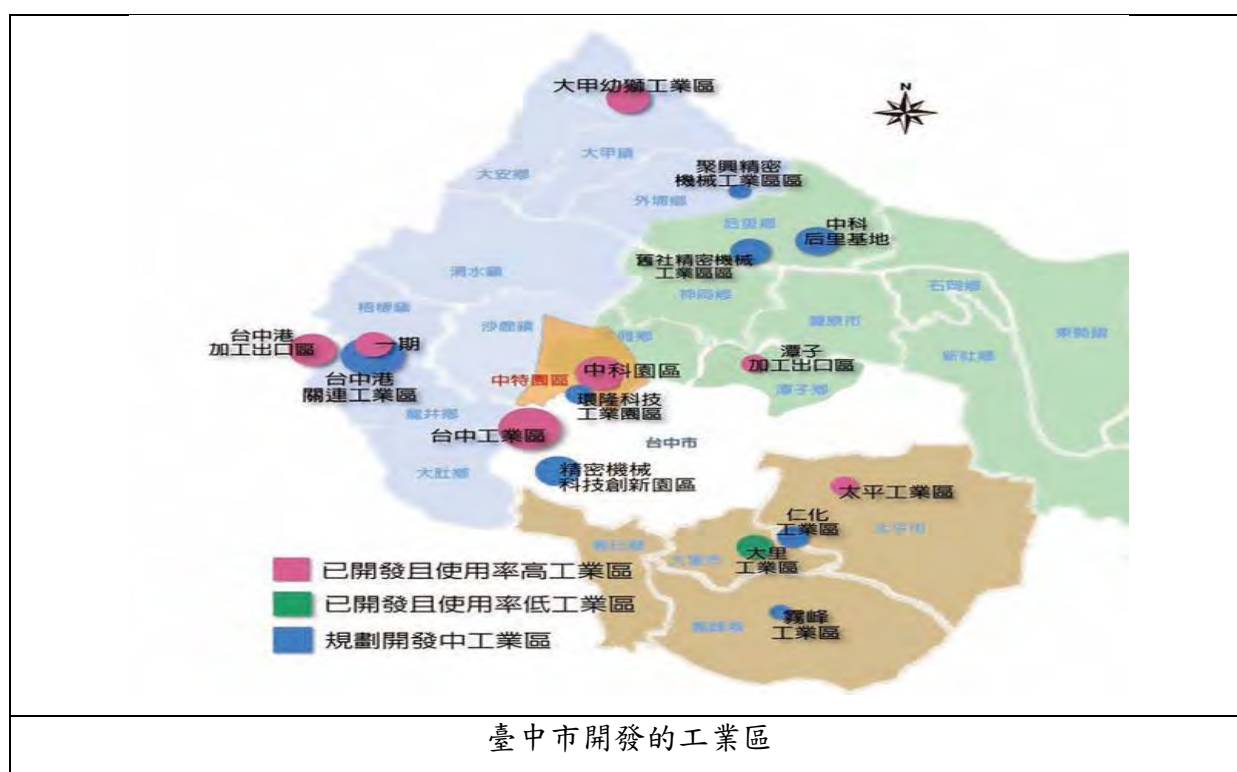
1. 目的：瞭解人口密度是否影響一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的變化（以臺中地區為例）
2. 操作變因：人口密度
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值
4. 實驗方法
  - (1) 從 2017 年 1/5 至 2017 年 2/4 日，我們每日利用空氣盒子查詢每隔三小時 6 時、9 時、中午 12 時、下午 3 時、6 時、9 時及 12 時臺中地區 PM<sub>2.5</sub> 的數值並利用手機或電腦截圖。
  - (2) 我們先上網查詢 106 年一月份臺中市人口統計表，依人口密度三區塊：

人口 10 萬人以上	潭子區、西區、南區、北區、南屯區、豐原區、太平區、大里區、西屯區、北屯區
人口 5-10 萬人	東勢區、后里區、大肚區、梧棲區、霧峰區、神岡區、烏





- (2) 紀錄工業區的數值與非工業區的 PM<sub>2.5</sub> 值。
- (3) 將 2017 年 1/5 至 2017 年 2/4 日每日同一時間點的數值取平均值即可繪出工業區或加工區對臺中一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的影響。



### 三、瞭解特定地區(學校、廚房...)與節慶對 PM<sub>2.5</sub> 的影響

#### (一) 實驗 3-1：

1. 目的：實際測量 PM<sub>2.5</sub> 值，瞭解學校周遭環境 PM<sub>2.5</sub> 的變化情形。
2. 操作變因：學校周遭不同環境（校門口、教室、操場、生態廊道、中正堂前綠地(停車場旁樹下)、道心園、內操場）
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值
4. 環保署及空氣盒子計畫的資料，並沒有本校所在地區的監測資料。所以我們也很想實際瞭解學校各環境的 PM<sub>2.5</sub> 值，希望能作為同學在學校活動建議參考。
5. 實驗方法
  - (1) 我們在網路上買了幾臺 PM<sub>2.5</sub> 的檢測儀器
  - (2) 為了配合我們的作息，從 106 年 1 月 5 日至 2 月 4 日我們每天 7 時至 8 時測量了學校各個環境的 PM<sub>2.5</sub> 值。
  - (3) 我們選定了校門口（適逢上學時間）、教室、操場、生態廊道、中正堂前綠地、道心



園等地區。

(4) 同時我們也比較了環保署公告沙鹿、忠明、西屯、地區的上午 7 時 PM<sub>2.5</sub> 值。

	
校門口	操場
	
生態廊道	中正堂前綠地
	
內操場	道心園

## (二) 實驗 3-2

1. 目的：瞭解慶典活動（除夕拜天公）與特定場合（廚房、烤肉、吸菸室）對 PM<sub>2.5</sub> 的影響
2. 操作變因：慶典及特殊場所
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值

#### 4. 實驗方法

- (1) 拜天公（玉皇大帝）是我國每年的傳統節日除夕凌晨的活動，通常拜完天公後還要施放鞭炮，有時還會施放煙火。我們將利用空氣盒子截取除夕凌晨拜完天公後臺中市的PM<sub>2.5</sub>值至少 85 個點後取平均。
- (2) 同時測量住家附近一般廟宇（瑞安宮）及人氣廟宇（清水紫雲巖）的PM<sub>2.5</sub>值。
- (3) 另外，測量特定場合（廚房、烤肉、吸菸室）M<sub>2.5</sub>值，每個地點測量三次。

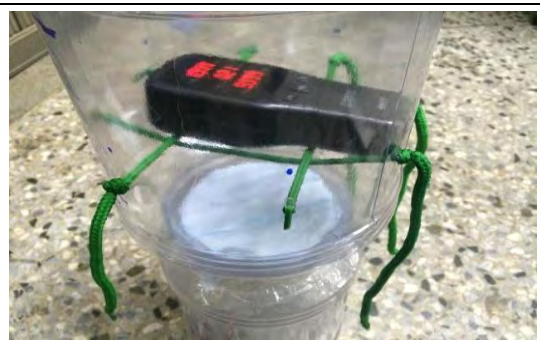
### 四、瞭解不同口罩、植物、負離子機對降低PM<sub>2.5</sub>的效果

#### (一) 實驗 4-1

1. 目的：瞭解不同廠牌及類型口罩對降低PM<sub>2.5</sub>的效果影響
2. 操作變因：不同廠牌及類型口罩
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub>值
4. 實驗方法
  - (1) 在 4L 透明塑膠桶，桶身穿一個洞，在開口套上口罩。
  - (2) 再準備一個 6L 塑膠桶，把 PM<sub>2.5</sub> 測量機器放進去。
  - (3) 再將 6L 塑膠桶蓋到 4L 塑膠桶上後測量桶中 PM<sub>2.5</sub> 的起始值。
  - (4) 將線香點燃，插入桶身的小孔，靜置 3 分鐘，利用熱對流方式讓熱氣上升帶動 PM<sub>2.5</sub> 上升通過口罩，再將線香拿出，靜置 1 分鐘後登記上方 6L 桶中 PM<sub>2.5</sub> 機器測數值是否改變。
  - (5) 每種口罩重複操作三次。
  - (6) 另準備沒有灌煙的空桶進行本實驗 3 次，作為對照組。



以口罩封住下方桶子開口





蓋上有 PM<sub>2.5</sub> 測量機的桶子測量起始值



	
<p>線香灌煙 3min，利用熱對流讓 PM<sub>2.5</sub> 上升</p>	<p>灌菸 3 分鐘、靜置 1 分鐘後觀察數據</p>



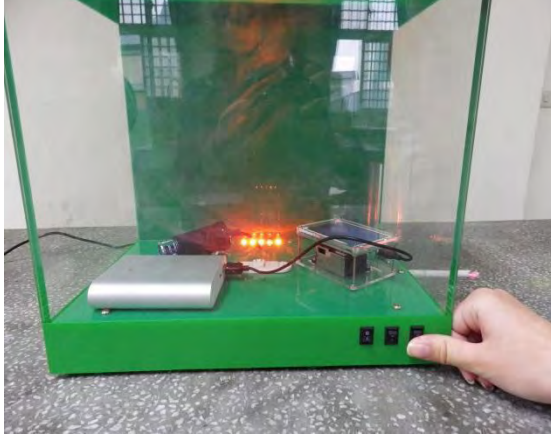
## (二) 實驗 4-2

1. 目的：瞭解不同室內植物對降低 PM<sub>2.5</sub> 的效果影響
2. 操作變因：不同室內植物。
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值。
4. 實驗方法
  - (1) 把透明塑膠空桶至於採光良好之處。
  - (2) 將植物及 PM<sub>2.5</sub> 測量機器置入空桶內。
  - (3) 上午 8 點登記開始值，8 小時後至下午 4 點再登記數值，查看室內植物是否可降低 PM<sub>2.5</sub>。
  - (4) 另準備沒有植物的空桶進行本實驗 3 次，作為對照組。
  - (5) 取植物葉片約 1cm<sup>2</sup> 放置於複式顯微鏡下，觀察植物表皮細胞外是否有細毛或特殊結構來吸附 PM<sub>2.5</sub>。

	
<p>植物(袖珍椰子)降低 PM<sub>2.5</sub> 值實驗操作</p>	<p>植物(彩葉椒草)降低 PM<sub>2.5</sub> 值實驗操作</p>

(二) 實驗 4-3：

1. 目的：瞭解不同廠牌負離子機對降低 PM<sub>2.5</sub> 的效果影響
2. 操作變因：不同廠牌負離子機
3. 應變變因：PM<sub>2.5</sub> 值
4. 實驗方法
  - (1) 將 PM<sub>2.5</sub> 的測量機器放入負離子機檢測設備內(負離子檢測設備維自製)
  - (2) 將紙捲點燃，打開吸菸開關，設備會將紙捲燃燒的煙吸入檢測設備內 3 秒。
  - (3) 我們發現，紙捲 3 秒產生的煙會使 PM<sub>2.5</sub> 值超過 999，已超過 PM<sub>2.5</sub> 的測量機器的最大值，我們改用線香控制 PM<sub>2.5</sub> 的值在 999 以下
  - (4) 登記還沒有開負離子機的 PM<sub>2.5</sub> 數值
  - (5) 啟動負離子機，等待 30 分鐘，記錄負離子機是否可以降低 PM<sub>2.5</sub> 值

	
將 PM <sub>2.5</sub> 機器放入設備內	將紙捲點燃
	<p>1.紙捲已超過 PM<sub>2.5</sub> 的測量機器的最大值，我們改用線香控制 PM<sub>2.5</sub> 的值在 1000 以下</p> <p>2.負離子檢測設備為自製，按鍵由右至左分別可吸入煙塵、燈光照射確認煙霧吸入及負離子機電源啟動)</p>
打開吸菸開關	

## 陸、研究結果

### 一、瞭解 2014-2016 年臺灣各地的 PM<sub>2.5</sub> 變化情形

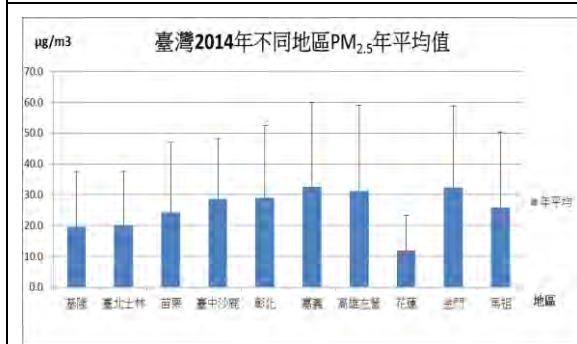
#### (一) 實驗一

##### 1. 目的：瞭解 2014-2016 年臺灣各地的 PM<sub>2.5</sub> 變化情形

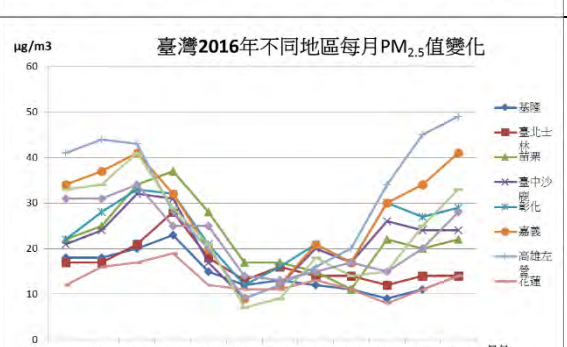
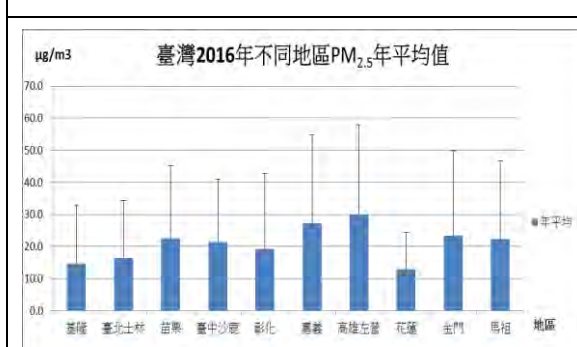
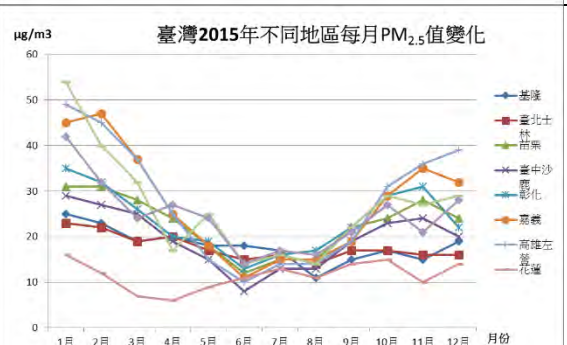
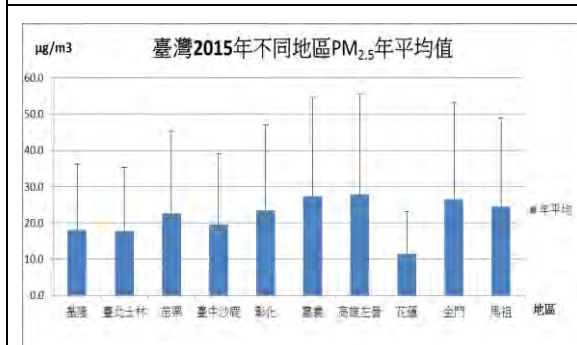
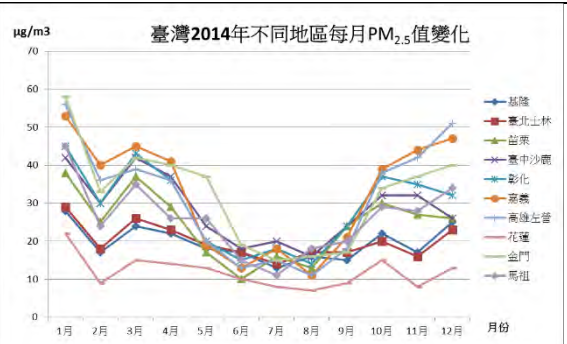
單位：μg/m<sup>3</sup>

年份/PM <sub>2.5</sub> 地點	基隆	臺北士林	苗栗	臺中沙鹿	彰化	嘉義	高雄	花蓮	金門	馬祖
2014	19.5	19.9	24.3	28.6	29.1	32.6	31.3	11.9	32.3	25.9
2015	18.1	17.7	22.7	19.6	23.5	27.3	27.8	11.5	26.6	24.4
2016	14.7	16.5	22.5	21.4	19.2	27.3	30.1	12.9	23.3	22.3

圖一 2014-2016 臺灣各地 PM<sub>2.5</sub> 的變化情形



圖二 2014-2016 臺灣各地 1-12 月 PM<sub>2.5</sub> 的變化情形





## 2. 結果：

- (1) PM<sub>2.5</sub>的確在臺灣造成不同影響，所選擇得 10 個地點中 PM<sub>2.5</sub> 由高至低依序為：高雄、嘉義、彰化、金門、苗栗、馬祖、臺中、臺北士林、基隆及花蓮。
- (2) 若以區域觀察；但是本島高雄、台南等南部地區 PM<sub>2.5</sub> 居全國之冠。東部地區的 PM<sub>2.5</sub> 值低於西部各地區。臺中地區的 PM<sub>2.5</sub> 值高於東部地區，但卻略低於西部其他地區。
- (3) 一年當中以 6-9 月的 PM<sub>2.5</sub> 值較低，冬季 12-3 月較高，因此我們進一步以**冬季 12-2 月** 進行**臺中市**的 PM<sub>2.5</sub> 遷移改變的研究。

## 二、瞭解不同環境及人為因素對臺中地區 PM<sub>2.5</sub> 的影響

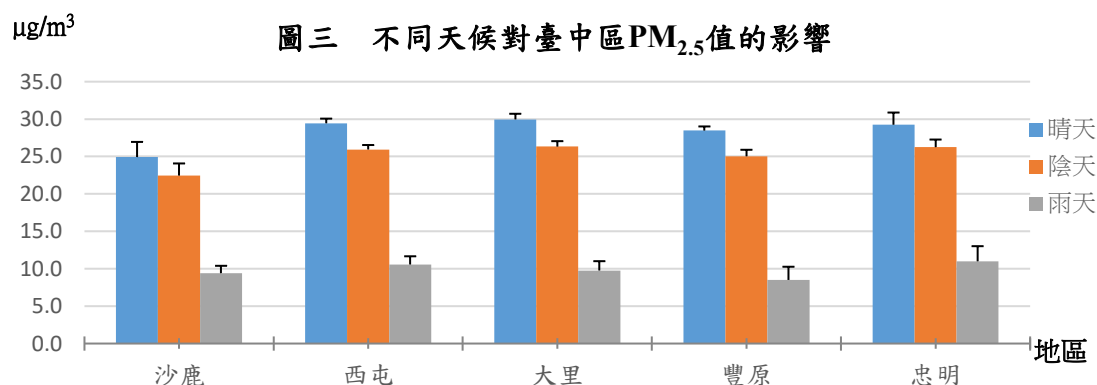
### (一) 實驗 2-1

1. 目的：瞭解 PM<sub>2.5</sub> 是否會隨天氣（陰晴雨）不同而有所變化（以臺中地區為例）

表二 不同天候對臺中區 PM<sub>2.5</sub> 值的影響

單位：μg/m<sup>3</sup>

天候	天數	沙鹿	西屯	大里	豐原	忠明
晴天	30 天	24.9	29.4	30.0	28.5	29.2
陰天	27 天	22.4	25.9	26.3	25.0	26.3
雨天	5 天	9.4	10.6	9.8	8.5	11.0



## 2. 結果：

- (1) 在臺中地區冬季 PM<sub>2.5</sub> 的值會隨著天氣而有所不同。
- (2) 通常在雨天時，PM<sub>2.5</sub> 的值較低，晴天較高且與陰天差異不大。

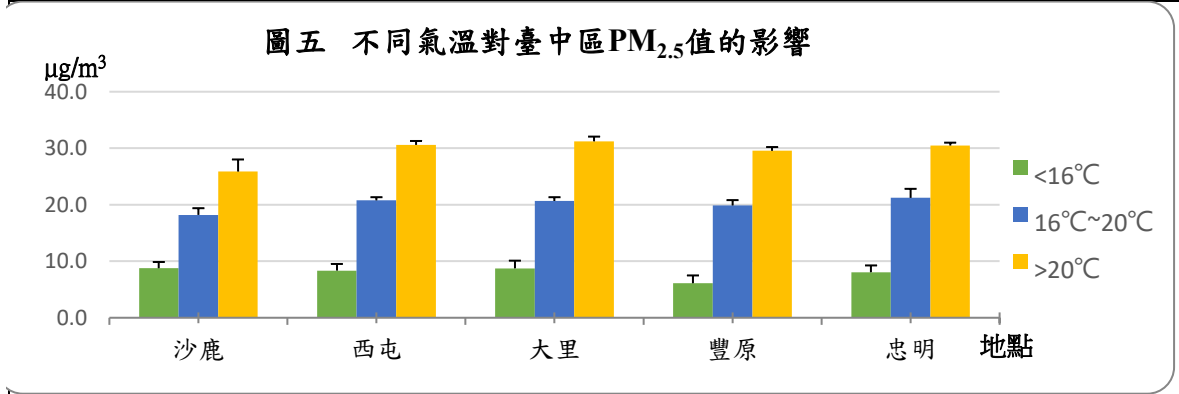
### (二) 實驗 2-2

1. 目的：瞭解 PM<sub>2.5</sub> 是否會隨溫度不同而有所變化（以臺中地區為例）

單位：μg/m<sup>3</sup>

溫度	沙鹿	西屯	大里	豐原	忠明
低於 16 度（共計 2 天）	8.8	8.4	8.7	6.1	8.1

16~20度 (共計 22 天)	18.2	20.8	20.7	19.9	21.2
高於 20 度 (共計 38 天)	25.9	30.6	31.2	29.5	30.5



## 2. 結果：

- (1)在冬季時忠明、西屯、大里、沙鹿及豐原地區的溫度越高，PM<sub>2.5</sub>的值越高，溫度越低，則 PM<sub>2.5</sub> 值就越低。
- (2)數值最低的兩天正好是下雨的天氣，所以 PM<sub>2.5</sub> 值低也可能是下雨的關係，但是整體來看氣度 16-20°C 的 PM<sub>2.5</sub> 值低於氣溫 20°C 以上的 PM<sub>2.5</sub> 值。顯示今年冬季臺中的的 PM<sub>2.5</sub> 值與氣溫有正相關的現象。

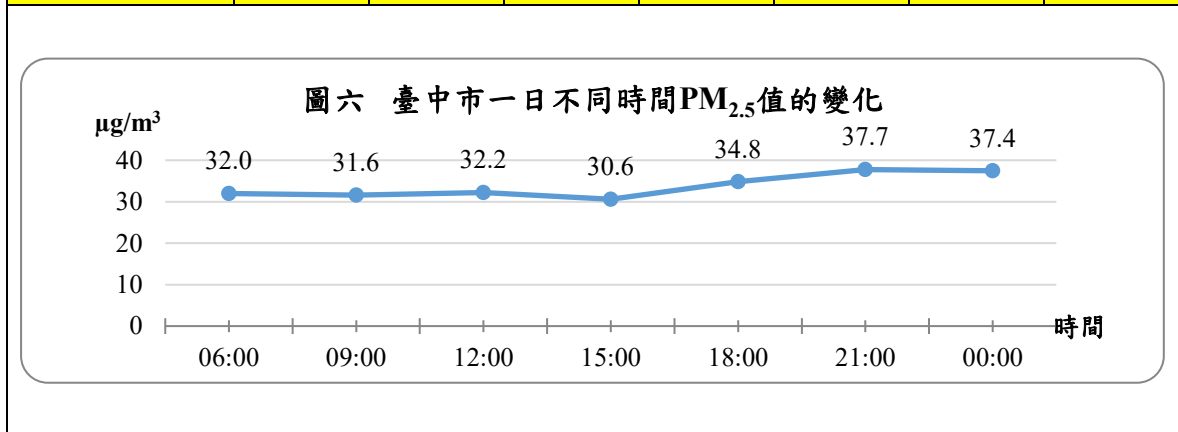
## (三)實驗 2-3

1. 目的：瞭解 PM<sub>2.5</sub> 是否隨一日不同時間（早中晚）而有所變化（以臺中地區為例）

單位：µg/m<sup>3</sup>

地點/PM <sub>2.5</sub> /時間	6：00	9：00	12：00	15：00	18：00	21：00	24：00
沙鹿梧棲清水	32.8	32.0	32.1	29.5	33.8	35.9	37.4
大甲	32.0	31.7	30.1	29.5	35.5	35.0	34.6
火力發電廠	34.1	33.0	32.9	29.8	32.8	36.9	39.3
幼獅工業區	29.3	29.6	27.9	26.2	30.5	34.4	37.4
外埔大安	33.1	32.2	32.4	30.1	35.2	38.7	40.2
大肚區	32.3	31.7	31.1	29.0	33.5	36.2	37.8
太平工業區	33.1	32.0	31.1	29.5	35.9	37.3	35.7
中科	22.6	21.7	27.2	30.4	31.8	33.2	30.9
臺中工業區	27.9	27.8	27.9	28.8	32.4	35.5	32.8
南屯區	35.0	34.4	35.0	32.4	37.1	41.9	41.2

西屯區	36.5	35.1	35.5	33.5	39.1	38.9	39.9
北屯區	29.1	29.0	28.9	29.0	34.2	36.1	36.7
潭子工業區	28.3	28.5	28.5	27.9	31.2	32.9	32.3
新社區	31.3	31.3	31.1	32.3	36.6	40.9	36.6
東勢區	34.8	33.2	36.5	27.9	32.5	36.4	38.7
霧峰區	36.3	35.4	32.4	29.8	36.5	41.0	45.2
豐原區	36.7	39.2	40.1	35.0	35.4	41.0	42.1
平均	32.0	31.6	32.2	30.6	34.8	37.7	37.4



2. 結果：

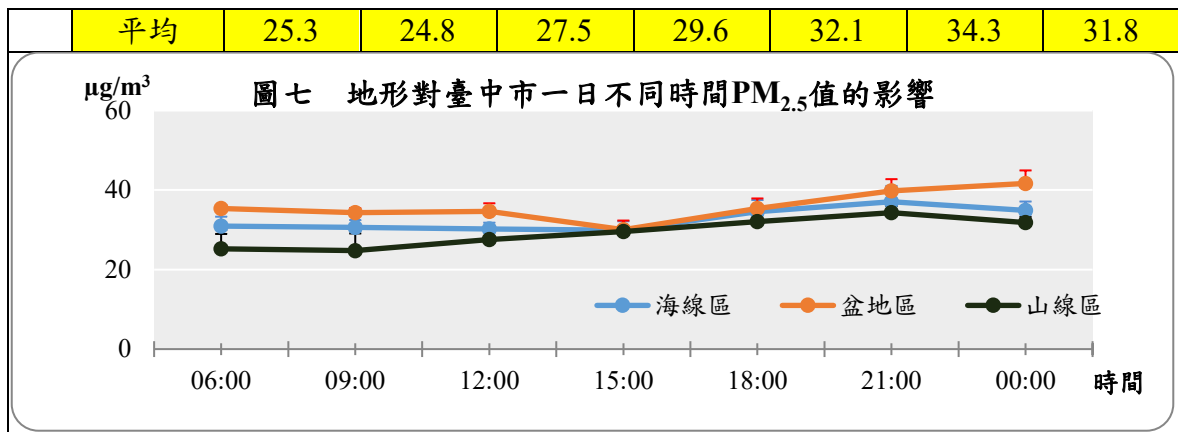
(1)一天中，PM<sub>2.5</sub>值最低的時候是在下午3點。晚上6時到12點是PM<sub>2.5</sub>值較高的時候。

(四) 實驗 2-4

1. 目的：瞭解地形是否會影響一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的變化（以臺中地區為例）

單位：µg/m<sup>3</sup>

地點/PM <sub>2.5</sub> /時間		06:00	09:00	12:00	15:00	18:00	21:00	00:00
海線區	沙鹿	33.1	32.0	31.1	29.5	35.9	37.3	35.7
	大甲	31.3	31.3	31.1	32.3	36.6	40.9	36.6
	外埔	28.3	28.5	28.5	27.9	31.2	32.9	32.3
	平均	30.9	30.6	30.2	29.9	34.5	37.1	34.9
盆地區	南屯區	34.8	33.2	36.5	27.9	32.5	36.4	38.7
	西屯區	36.3	35.4	32.4	29.8	36.5	41.0	45.2
	北屯區	35.0	34.4	35.0	32.4	37.1	41.9	41.2
	平均	35.4	34.3	34.6	30.0	35.4	39.8	41.7
山區	新社	22.6	21.7	27.2	30.4	31.8	33.2	30.9
	東勢	27.9	27.8	27.9	28.8	32.4	35.5	32.8



2. 結果：

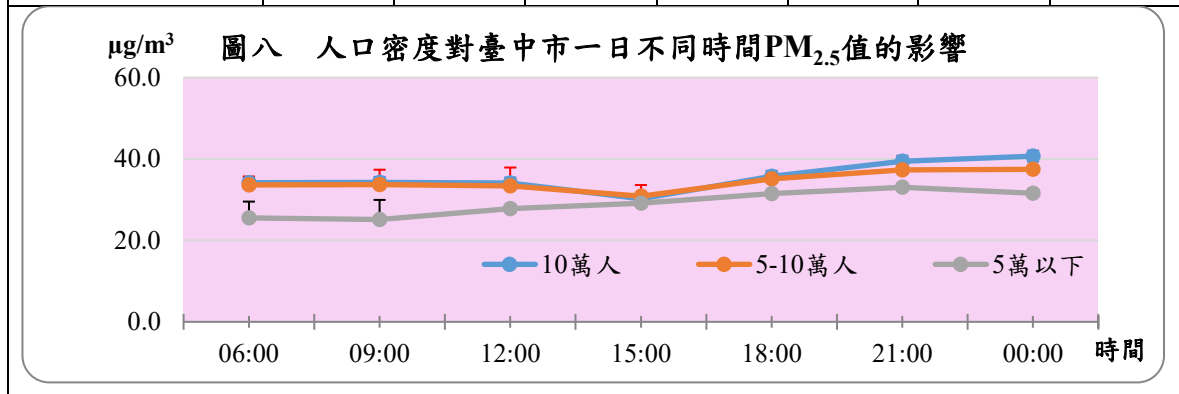
- (1) 臺中市的 PM<sub>2.5</sub> 數值：盆地區（原臺中市）>海線>山線
- (2) 盆地區與海線區，PM<sub>2.5</sub> 值最低的時候是在 15：00；山線區在上午 9：00 以後 PM<sub>2.5</sub> 值有持續升高趨勢
- (3) 所有得區域在下午 6 時開始，到晚上 12 時，都是 PM<sub>2.5</sub> 值較高的時候。故現代人喜歡夜騎或夜跑，就臺中市各區的 PM<sub>2.5</sub> 值變化來看，山線應在早上進行戶外活動；海線區應選 12 點-3 點；盆地區應選擇下午 3 點左右。

(五) 實驗 2-5

1. 目的：瞭解人口密度是否影響一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的變化（以臺中地區為例）

單位：µg/m<sup>3</sup>

人口/時間	06：00	09：00	12：00	15：00	18：00	21：00	00：00
10 萬人以上 (豐原西屯北屯)	34.2	34.2	34.1	30.2	35.7	39.5	40.7
5-10 萬人 (霧峰沙鹿清水)	33.6	33.7	33.4	30.9	35.1	37.3	37.5
5 萬以下 (大安外埔新社)	25.5	25.1	27.8	29.1	31.5	33.0	31.6



2. 結果：

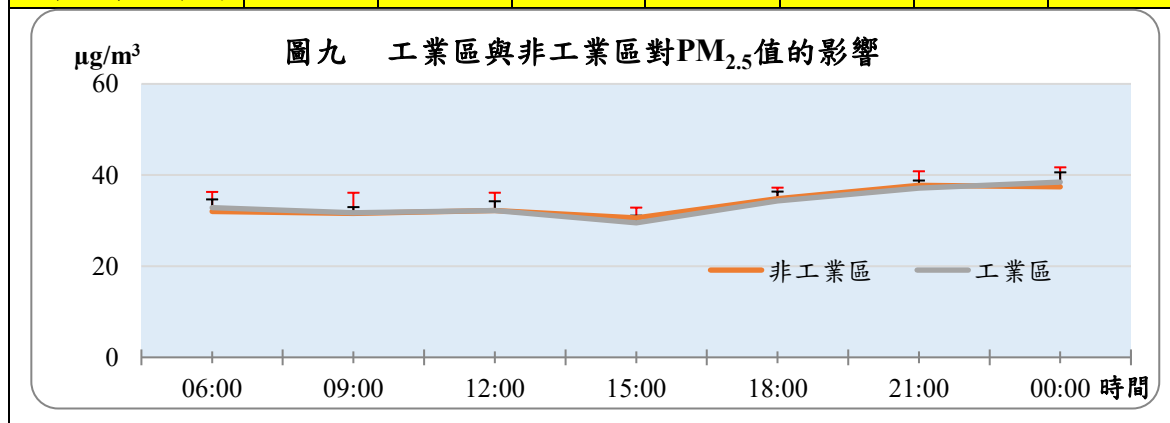
- (1) 人口對於 PM<sub>2.5</sub> 值還是有影響，但是當人口數量達到一定數量差異就不大了
- (2) 盆地區與海線區，PM<sub>2.5</sub> 值最低的時候是在 15：00；山線區在上午 9：00 以後 PM<sub>2.5</sub> 值有持續升高趨勢
- (3) 所有的區域在下午 6 時開始，到晚上 12 時，都是 PM<sub>2.5</sub> 值較高的時候。

(六) 實驗 2-6

1. 目的：瞭解工業區是否影響一日不同時間 PM<sub>2.5</sub> 值的變化（以臺中地區為例）

單位：μg/m<sup>3</sup>

時間	06：00	09：00	12：00	15：00	18：00	21：00	00：00
火力發電廠	32.8	32.0	32.1	29.5	33.8	35.9	37.4
幼獅工業區	32.0	31.7	30.1	29.5	35.5	35.0	34.6
太平工業區	34.1	33.0	32.9	29.8	32.8	36.9	39.3
臺中工業區	29.3	29.6	27.9	26.2	30.5	34.4	37.4
潭子工業區	33.1	32.2	32.4	30.1	35.2	38.7	40.2
中科園區	32.3	31.7	31.1	29.0	33.5	36.2	37.8
<b>工業區平均</b>	<b>33.1</b>	<b>32.0</b>	<b>31.1</b>	<b>29.5</b>	<b>35.9</b>	<b>37.3</b>	<b>35.7</b>
沙鹿梧棲清水	22.6	21.7	27.2	30.4	31.8	33.2	30.9
新社區	27.9	27.8	27.9	28.8	32.4	35.5	32.8
東勢區	35.0	34.4	35.0	32.4	37.1	41.9	41.2
北屯區	36.5	35.1	35.5	33.5	39.1	38.9	39.9
大肚區	29.1	29.0	28.9	29.0	34.2	36.1	36.7
豐原區	28.3	28.5	28.5	27.9	31.2	32.9	32.3
外埔大安	31.3	31.3	31.1	32.3	36.6	40.9	36.6
大甲	34.8	33.2	36.5	27.9	32.5	36.4	38.7
南屯區	36.3	35.4	32.4	29.8	36.5	41.0	45.2
西屯區	36.7	39.2	40.1	35.0	35.4	41.0	42.1
霧峰區	32.0	31.6	32.2	30.6	34.8	37.7	37.4
<b>非工業區平均</b>	<b>32.8</b>	<b>32.0</b>	<b>32.1</b>	<b>29.5</b>	<b>33.8</b>	<b>35.9</b>	<b>37.4</b>



2. 結果：

- (1) 臺中市的 PM<sub>2.5</sub> 數值工業區與非業區的數值無明顯差異。



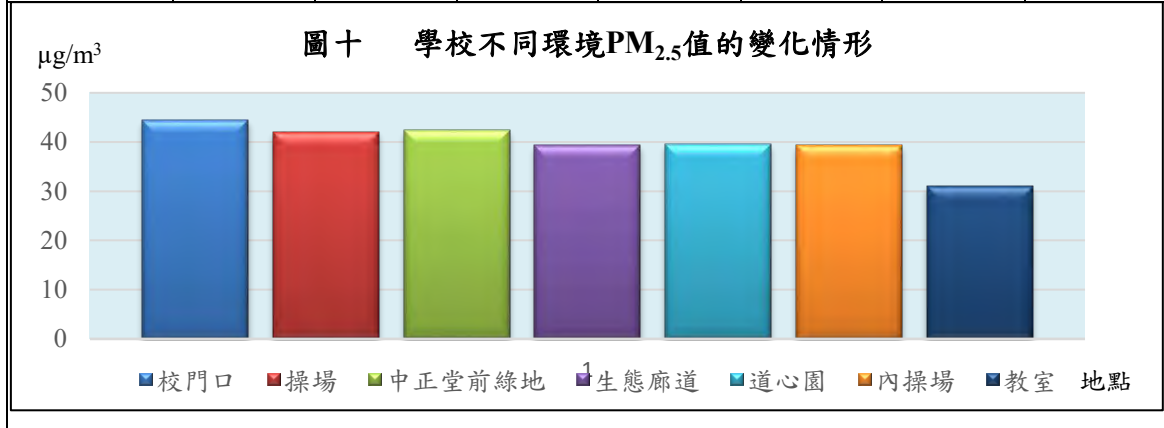
### 三、瞭解特定地區(學校、廚房...)與節慶對 PM2.5 的影響

#### (一) 實驗 3-1

1. 目的：實際測量學校周遭環境 PM<sub>2.5</sub> 值的變化情形

單位：μg/m<sup>3</sup>

地點	校門口	操場	中正堂前綠地	生態廊道	道心園	內操場	教室
PM <sub>2.5</sub>	44.4	42.0	42.3	39.3	39.5	39.4	30.9



2. 結果：

- (1) 本校 PM<sub>2.5</sub> 的值：校門>校園其他場所>植物密度較高的生態廊道>教室
- (2) 本校 PM<sub>2.5</sub> 值比較接近忠明與西屯觀測站，且略高於忠明與西屯觀測站的值。
- (3) 教室的 PM<sub>2.5</sub> 值最低，此外因生態廊道 PM<sub>2.5</sub> 值較低且生態廊道的植物數量最多，因此我們懷疑植物可能會降低 PM<sub>2.5</sub>。

#### (二) 實驗 3-2

1. 目的：社區慶典活動與特定場合對 PM<sub>2.5</sub> 的影響

單位：μg/m<sup>3</sup>

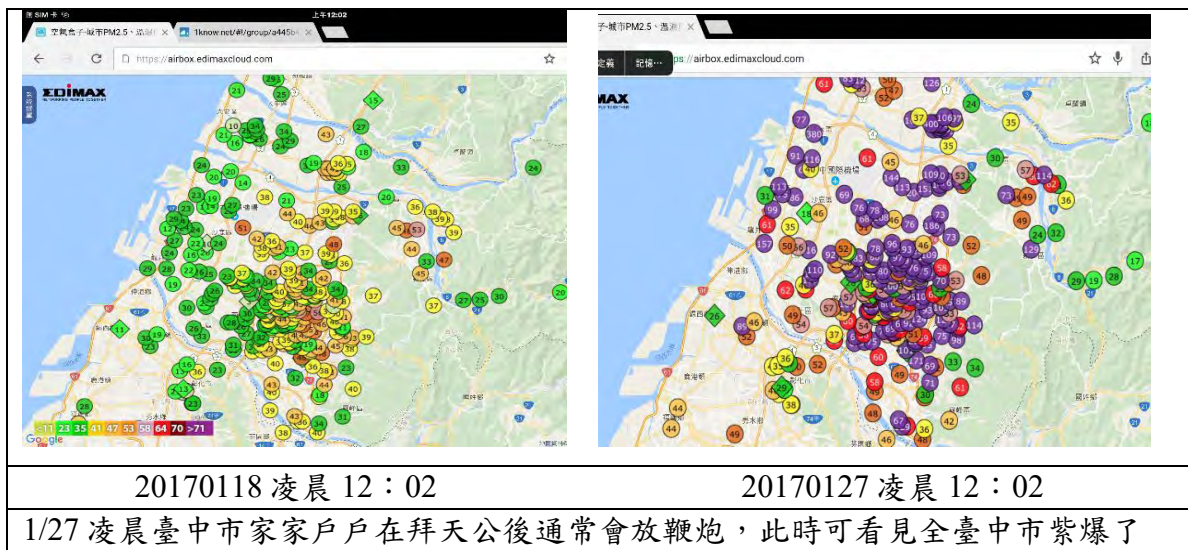
慶典或廟宇	自家佛堂 (燒 2 支香)	大肚瑞安宮	清水紫雲巖	除夕拜天公
第一次	238	101	671	全臺中市平均
第二次	144	137	672	
第三次	156	89	超過 999 (不計算)	
平均	179.0	109	671.5	85.5

特定場合	吸菸室	廚房炒菜	烤肉
第一次	對 PM <sub>2.5</sub> 機吐菸 732	161	128
第二次	128	178	66
第三次	197	109	198
平均	352.3	149.3	130.6

2. 結果：

- (1) 從實驗 3-1 中知道學校操場的平均 PM<sub>2.5</sub> 值是 36 左右。

- (2) 在社區重要慶典，廟宇 PM<sub>2.5</sub> 值是學校平日的 2~18 倍之高。吸菸室的 PM<sub>2.5</sub> 值是學校平日的 10 倍之高。 廚房炒菜及烤肉時的 PM<sub>2.5</sub> 值是學校平日的 3-4 倍之高



#### 四、瞭解不同口罩、植物、負離子機對預防 PM<sub>2.5</sub> 的效果

##### (一) 實驗 4-1

1. 目的：不同廠牌及類型口罩對降低 PM<sub>2.5</sub> 的效果影響

單位：μg/m<sup>3</sup>

口罩種類	品牌	編號	第一次			第二次			第三次		
			開始	4分鐘後	改變值	開始	4分鐘後	改變值	開始	4分鐘後	改變值
一般外科 (醫療用)	北○○	A-1	13	13	0	59	39	-20	20	24	4
	環保○	A-2	32	46	14	26	21	-5	71	67	-4
	永○	A-3	46	42	-4	3	1	-2	8	20	12
	吸○	A-4	32	24	-8	25	18	-7	27	13	-14
	摩○	A-5	9	4	-5	9	6	-3	8	4	-4
	健康○	A-6	8	7	-1	10	8	-2	28	17	-11
	3○	A-7	20	7	-13	19	8	-11	17	8	-9
	樂○	A-8	16	6	-10	27	12	-15	28	15	-13
活性炭	康○	B-1	115	81	-34	24	12	-12	30	20	-10
	順○○	B-2	34	23	-11	45	34	-11	31	19	-12
	戴○	B-3	156	129	-27	9	9	0	15	11	-4
	北○○	B-4	21	16	-5	16	17	1	19	51	32
	星○	B-5	31	20	-11	16	9	-7	29	17	-12

	吸○	B-6	12	12	0	27	15	-12	21	12	-9
	舒○	B-7	16	13	-3	24	11	-13	17	6	-11
	樂○	B-8	17	8	-9	25	20	-5	18	10	-8
N95	3○	C-1	20	17	-3	20	17	-3	21	18	-3
	UNI○○	C-2	12	9	-3	13	7	-6	19	13	-6
布口罩	日○	D-1	32	60	28	38	85	47	114	144	30
	3○	D-2	46	52	6	56	38	-18	46	39	-7
	北○○	D-3	22	81	59	16	24	8	19	388	369

## 2. 結果：

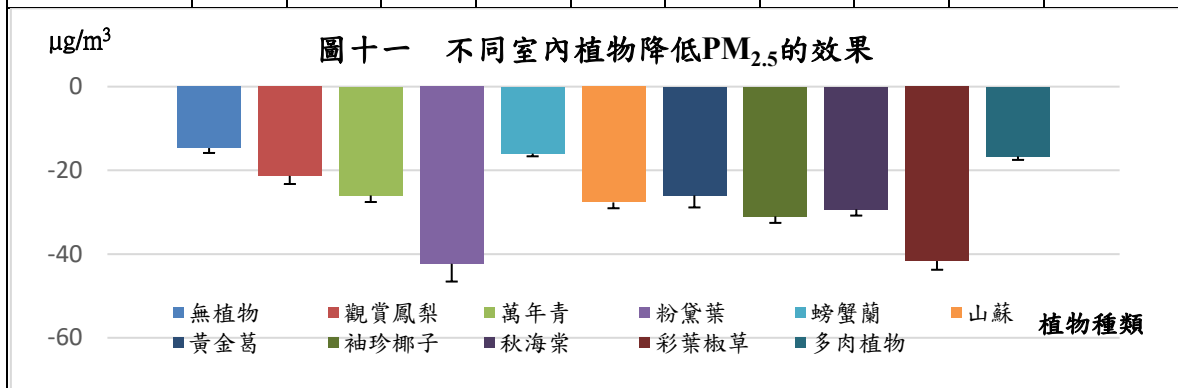
- (1) 對照組的空桶幾乎一點燃香，PM<sub>2.5</sub>值立刻超過 999，超出機器偵測極限。
- (2) 我們發現在密閉容器中 PM<sub>2.5</sub>的值會有些許下降，這在我們直接拿塑膠桶罩住機器時都有這樣的發現。
- (3) 顏色標示部分表示前後 PM<sub>2.5</sub>值有上升，說明 PM<sub>2.5</sub>可以穿過口罩，表示這些口罩無法阻擋 PM<sub>2.5</sub>
- (4) 結果發現:所有醫療口罩、大部分活性碳口罩及 N95 口罩則都可有效阻擋 PM<sub>2.5</sub>。2 種布口罩、1 種活性碳口罩無法有效阻擋 PM<sub>2.5</sub>。

## (二) 實驗 4-2

1. 目的：不同室內植物對降低 PM<sub>2.5</sub>的效果影響 單位：μg/m<sup>3</sup>

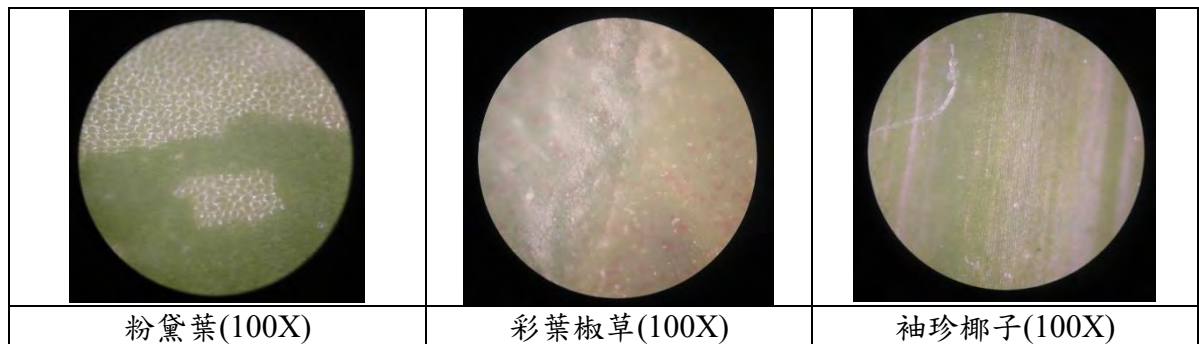
種類/PM <sub>2.5</sub> /時間	第一次			第二次			第三次			下降平均
	開始	8小時後	改變值	開始	8小時後	改變值	開始	8小時後	改變值	
無植物	44	32	-12	36	21	-15	54	37	-17	-14.67
觀賞鳳梨	25	13	-12	17	7	-10	67	25	-42	-21.33
萬年青	100	50	-50	70	55	-15	60	47	-13	-26.00
粉黛葉	68	7	-61	68	34	-34	68	36	-32	-42.33
螃蟹蘭	37	18	-19	24	11	-13	39	23	-16	-16.00
山蘇	70	32	-38	24	11	-13	74	42	-32	-27.67
黃金葛	100	80	-20	75	20	-55	50	47	-3	-26.00
袖珍椰子	55	17	-38	60	22	-38	36	19	-17	-31.00
秋海棠	80	60	-20	75	9	15	47	45	-2	-29.33

彩葉椒草	47	1	-46	40	7	-33	24	21	-3	-41.67
多肉植物	56	6	-50	42	5	-37	45	3	-42	-16.67



## 2. 結果：

- (1) 所有植物 8 小時後 PM<sub>2.5</sub> 值均下降，且下降值大部分高於對照組，說明植物是可以降低 PM<sub>2.5</sub>。但多肉植物、螃蟹蘭下降數值僅比對照組好一點，所以如果要以植物降 PM<sub>2.5</sub> 值較不建議以此兩種植物，因降低 PM<sub>2.5</sub> 值得效果不顯著。
- (2) 從實驗看出降低 PM<sub>2.5</sub> 值最好的是粉黛葉、其次依序是彩葉椒草、袖珍椰子。
- (3) 以顯微鏡觀察這三種植物表面發現這三種植物表皮外的角質有細微的突起構造，相較於多肉植物覆滿細毛，單位面積內有更密集的凹凸網狀結構，我們認為此微細構造越密集，可攔截 PM<sub>2.5</sub> 值效果越佳，而非肉眼見的細毛多吸附效果就佳。



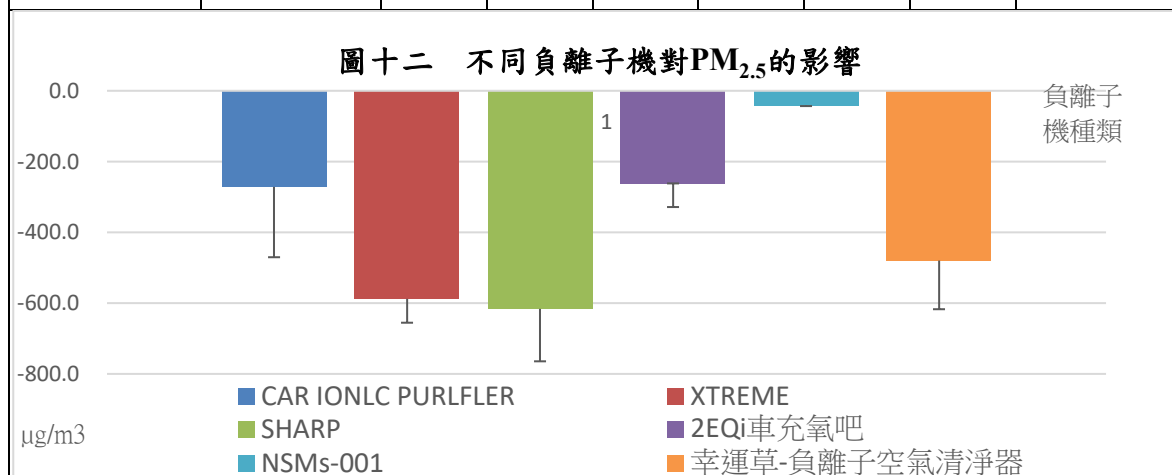
## (三) 實驗 4-3

1. 目的：不同廠牌負離子機對降低 PM<sub>2.5</sub> 的效果影響

單位：µg/m<sup>3</sup>

品牌種類	時間/重複	1	2	3	4	5	6	平均改變
CAR IONLC PURLFLER	開始	990	920	764	850	464	759	-271.5
	30 分鐘後	687	798	67	698	267	601	
	改變值	-303	-122	-697	-152	-197	-158	
XTREME	開始	515	668	589	596	495	764	-587.8

	30 分鐘後	0	9	0	2	2	87	
	改變值	-515	-659	-589	-594	-493	-677	
SHARP	開始	324	702	615	792	865	782	-616.2
	30 分鐘後	4	90	0	112	53	124	
	改變值	-320	-612	-615	-680	-812	-658	
2EQi 車充 氧吧	開始	216	245	412	833	521	305	-262.7
	30 分鐘後	17	0	23	574	230	112	
	改變值	-199	-245	-389	-259	-291	-193	
NSMS-001	開始	615	495	411	576	766	715	-42.2
	30 分鐘後	460	448	377	681	760	599	
	改變值	-155	-47	-34	105	-6	-116	
幸運草-負 離子空氣清 淨器	開始	765	440	500	605	415	680	-479.7
	30 分鐘後	82	145	103	60	52	85	
	改變值	-683	-295	-397	-545	-363	-595	



2. 結果：

(1) 負離子機都可以降低 PM<sub>2.5</sub>，但不同廠牌的負離子機效果有很大差異

## 柒、討論

一、空氣污染已成為許多國家最緊迫的環境問題之一。而細粒 PM<sub>2.5</sub> 懸浮微粒數據的調查研究，可以防止人們長時間的暴露及深化大氣懸浮微粒的科學研究。近幾年來，因工業化與都市化結果，使得煙霧事件劇增，引起民眾與科學研究學者等的重視與關注。實驗 1-1 依據環保署 2014-2016 年資料分析，探討臺灣地區 PM<sub>2.5</sub> 平均含量之區域特性，得知 PM<sub>2.5</sub> 的確在臺灣造成不同影響，所選擇的 10 個地點中 PM<sub>2.5</sub> 由高至低依序



為：高雄、嘉義、彰化、金門、苗栗、馬祖、臺中、臺北士林、基隆及花蓮。若以區域觀察；本島高雄、台南等南部地區 PM<sub>2.5</sub> 值居全國之冠。推測其原因為南部地區為產業類型為重工業或石化工業，屬於高懸浮微粒排放之產業。再者臺灣南部年降雨天數少，缺乏降雨將懸浮粒子沉降故空汙較為嚴重。東部地區的 PM<sub>2.5</sub> 值為全國最低，主因應為東部為農業縣，工業化程度低，且西部人口稠密處產生的 PM<sub>2.5</sub> 會被中央山脈阻隔不易遷移至東部，故東部為全國 PM<sub>2.5</sub> 最低區域。

二、臺灣不同季節各地的 PM<sub>2.5</sub> 也有不同變化趨勢，一年當中以 6-9 月為台灣的雨季，隨著旺盛的對流及降雨，空氣污染物會降至地面，因此 PM<sub>2.5</sub> 值較低；冬季 12-3 月是台灣的乾季，降雨量少，污染物不易沉降，加上冬季逆溫層效應較明顯，故 PM<sub>2.5</sub> 值也較高。由於冬季的 PM<sub>2.5</sub> 值對台灣全年空氣品質影響甚巨，因此我們進一步以冬季進行臺中市的研究，想要更了解臺中地區 PM<sub>2.5</sub> 的遷移狀況。

(一)根據實驗 2-1 發現，雨天時，PM<sub>2.5</sub> 的值較低；晴天時，PM<sub>2.5</sub> 的值會較高，我們認為雨水會讓 PM<sub>2.5</sub> 下沉，所以預防霾害觀點來看，雨天出門比較不會受到 PM<sub>2.5</sub> 的傷害。

(二)許多研究顯示寒流來襲時，大陸冷氣團會帶來空汙，PM<sub>2.5</sub> 值會超高。但我們的實驗 2-2 結果顯示：2016 年 12 月-2017 年 1 月冬季臺中地區氣溫越高，PM<sub>2.5</sub> 就越高；氣溫越低 PM<sub>2.5</sub> 就越低，其 PM<sub>2.5</sub> 量與高溫成正相關，根據氣象局資料顯示此期間發布寒流特報時，環保署資料公布的 PM<sub>2.5</sub> 值並沒有紫爆！去年冬季月均溫 18.9-20.4°C，前年 2014.12 月-2015.01 月為 19.6-16.8°C，大前年 2014.12 月-2015.01 月為 17.1-17.1°C，顯示去年冬季均溫較歷年高，細懸浮微粒藉由大陸冷氣團等強烈大氣環流帶來機率較低，因此無明顯臺中全區隨寒流來襲而全區紫爆現象。所以污染源應為本地產生再經大氣環境擴散，而擴散條件需再深入探討。

(三)由實驗 2-3 可看出一天之中，PM<sub>2.5</sub> 值最低的時候是在下午 3 點。晚上 6 時到 12 點是 PM<sub>2.5</sub> 值較高的時候。晚上 6 時到 12 點是 PM<sub>2.5</sub> 值較高的原因，我們認為可能是因為受到人類活動的關係與地形條件特性造成 PM<sub>2.5</sub> 的遷移速度不同導致。

(四)臺中區的地形可分成三區，分別為海線區、盆地區與山線區，此三區除地形不同外，產業型態與人口密度也有所不同。由實驗 2-4 發現，臺中市的 PM<sub>2.5</sub> 數值：盆地區（原臺中市）>海線>山線。我們推測因為山區有較多植物，人口密度較低，人為活動較少故 PM<sub>2.5</sub> 值相對較低。盆地區為原臺中市區，人口密集，商業活動頻繁，加上有盆地區較容易產生逆溫層的現象，故 PM<sub>2.5</sub> 較高。

(五)仔細觀察臺中三區的 PM<sub>2.5</sub> 值日變化發現地形會影響 PM<sub>2.5</sub> 值的遷移與濃度分布

1. **盆地**地區的 PM<sub>2.5</sub> 值每日上午後持續下降至下午 3 點最低之後就持續上升到夜間 12 點。

白天太陽出來後，隨著地表溫度漸提高，熱對流旺盛，空氣污染物上升，地表污染物漸漸減少，故 PM<sub>2.5</sub> 值逐漸下降。到了下午 3 點後隨者氣溫逐漸下降，盆地地區的逆溫效應逐漸明顯，加上盆地地區為市區人口密度高、汽機車密度較高區域故 PM<sub>2.5</sub> 值就持續增高，空氣品質差！

2. **海線**地區上午變化趨勢類似盆地，隨著太陽升起，溫度升高 PM<sub>2.5</sub> 值下降，至下午 3 點降至最低，機著隨著人為活動累積 PM<sub>2.5</sub>，加上氣溫逐漸下降，對流減緩則 PM<sub>2.5</sub> 值上升。但，到了晚上 9 點以後因海線區這遮蔽較少，海陸空氣對流，又非盆地地形故逆溫層現象較容易打破，加上人為活動干擾也不如盆地地區頻繁，故 PM<sub>2.5</sub> 值會下降了。

3. **山線**區則是隨著日間人類活動逐漸累積懸浮微粒，故 PM<sub>2.5</sub> 值是線性緩慢上升，到夜間 9 點以後逐漸下降。

(六)一般人會認為在工業區常會釋放廢氣所以周圍環境的 PM<sub>2.5</sub> 值會較高，但是我們實驗 2-6 的結果卻顯示工業區周圍的 PM<sub>2.5</sub> 值與其他非工業區無明顯差異。我們認為因為 PM<sub>2.5</sub> 值會隨氣流擴散，且臺灣許多地區住商混合區，許多小型工廠混於住宅區，加上地區的產業類型不像南部工業重鎮為高懸浮微粒排的產業，因此 PM<sub>2.5</sub> 值在臺中地區工業區與非工業區間並無明顯差異！

三、實驗 3-1 中得知在學校不同地區，PM<sub>2.5</sub> 值也會因微環境不同有所不同，本校 PM<sub>2.5</sub> 的值：校門>校園其他場所>植物密度較高的生態廊道>教室。推論校門口 PM<sub>2.5</sub> 值高是因校門位於主要幹道台 1 線旁，實測時間屬家長接送子女上學時段，車輛往來頻繁故 PM<sub>2.5</sub> 值較高。教室內 PM<sub>2.5</sub> 值最低，因此當室外紫爆時，減少室外活動是必要的。且查詢資料後發現本校的 PM<sub>2.5</sub> 值較接近忠明監測站的資料，但是本校的 PM<sub>2.5</sub> 值略高於忠明、西屯監測站。

(一)已知與人體呼吸道與許多疾病發生有關，實驗 3-2 與實驗 3-3 證明在社區重要慶典，廟宇 PM<sub>2.5</sub> 值是學校平日的 2~18 倍之高。吸菸室的 PM<sub>2.5</sub> 值是學校平日的 10 倍之高。廚房炒菜及烤肉時的 PM<sub>2.5</sub> 值是學校平日的 3-4 倍之高。因此要避免 PM<sub>2.5</sub> 值影響呼吸道健康應儘量生活中需要接觸這些特定場所。

(二)我們也發現同樣是晚間 12:00 在大家拜拜及施放煙火的小年夜全台有紫爆的現象，另外廟宇及家庭祭祖焚香時 PM<sub>2.5</sub> 值也會紫爆，所以應該思考節慶活動，煙火施放是否應

該有相關管制，以免空氣品質過差。

#### 四、要預防 PM<sub>2.5</sub> 通常有以下措施

- (一) 在戶外如果要預防 PM<sub>2.5</sub> 危害，戴口罩是個很便利的方法，除了布口罩外，其餘種類的口罩幾乎都可阻隔 PM<sub>2.5</sub>，所以當 PM<sub>2.5</sub> 高時戴口罩是不錯的方法。
- (二) 在室內較簡便的方法降低 PM<sub>2.5</sub> 方式或許可以考慮一些室內植物，雖然植物無法透過光合作用等化學方式降低 PM<sub>2.5</sub> 值。但我們從實驗 4-2 中得知粉黛葉、彩葉椒草、袖珍椰子等都可明顯降低 PM<sub>2.5</sub> 值。顯微鏡觀察這三种植物表面發現這三种植物表皮外的角質有細微的突起構造，相較於多肉植物覆滿細毛，單位面積內有更密集的凹凸，我們認為因此微細構造越密集，所以實驗時 PM<sub>2.5</sub> 下降較為明顯。
- (三) 在室內如果要預防 PM<sub>2.5</sub> 危害，可以考慮負離子機。當河水從高山上衝瀉而下，擊打到瀑潭周圍的岩石或水面時，激起大量的水花，就可能產生許多負離子，負離子會吸納空氣中的塵埃、惡臭等細小污染物，隨後附著在樹木、岩石或溶入潭水中，可達到淨化空氣的作用，這是種大自然的自淨作用。負離子型空氣清淨機則利用強靜電場使空氣中的分子電離出自由電子，能與空氣中的氧分子結合成負氧離子，負離子會吸納空氣中的微塵與細小污染物，隨後附著在牆壁、或棉被上，因此一定程度上降低了空氣中顆粒物濃度[8]，但被去除的空氣中的灰塵依舊存在於室內，當然也存在被重新揚起，形成二次污染的可能。實驗 4-3 我們隨機所挑的幾種車用負離子機都有降低 PM<sub>2.5</sub> 功效，且彼此功效差距甚大。雖然負離子機確實可降低 PM<sub>2.5</sub> 值，但此類技術在產生空氣負離子的同時，可能伴生臭氧，如果過量將可能危害人身健康。也就說雖然負離子技術可降 PM<sub>2.5</sub> 值但是可能不屬於真正意義上的空氣淨化。
- (四) 無論是利用室內植物吸附、戴口罩或利用負離子機降低 PM<sub>2.5</sub>，皆為消極的預防方式，我們的研究發現大家日常的活動是 PM<sub>2.5</sub> 值最重要的來源之一，要思考如何從每個人做到**源頭減量**，才是真正對抗**隱形殺手-PM<sub>2.5</sub>** 的治本之道!

## 捌、結論

- 一、依據環保署 2014-2016 年資料分析，探討臺灣地區 PM<sub>2.5</sub> 平均含量之區域特性，結果顯示南部最高，依次為中部、北部、東部；且晴天高於雨天。
- 二、2016 年 12 月至 2017 年 1 月冬季臺中地區之 PM<sub>2.5</sub> 平均含量與高溫成正相關，而去年冬

季均溫較歷年為高，故境外移入之細懸浮微粒比重亦較低，應為境內產生，而污染源擴散條件需再深入探討。

- 三、以即時空氣品質監測之 AirBox 空氣盒子 2017 年 1-2 月的資料，探討臺中市 PM<sub>2.5</sub> 區域特性，結果顯示區域地形會影響 PM<sub>2.5</sub> 的遷移，且濃度分布以盆地區最高，海線區次之、山區最低。另海線區與盆地區一天中 PM<sub>2.5</sub> 最低時在 15 時，最高則在 18 時~24 時；但山線區無此現象。
- 四、臺中市工業區與非工業區的 PM<sub>2.5</sub> 值無明顯差異，推論顯示臺中工業區產業別特性較無懸浮微粒高排放工業。
- 五、以模型模式探討防護 PM<sub>2.5</sub> 之市售產品，成果得知效能差異甚大。且無論是利用室內植物吸附、戴口罩或利用負離子機降低 PM<sub>2.5</sub>，皆屬消極預防，境內產生的 PM<sub>2.5</sub> 是影響臺中地區冬季(201612-201701)最重要的因素，要思考**人人如何做到源頭減量，才是真正對抗隱形殺手-PM<sub>2.5</sub> 的根本方法!**

## 玖、參考資料

- 一、國中自然課本。翰林版。第六冊。
- 二、中央氣象局。中央氣象局。<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>。
- 三、細懸浮微粒。行政院環境保護署。<http://taqm.epa.gov.tw/pm25/tw/default.aspx>。
- 四、空氣品質監測網。環境保護署。[https://air.epa.gov.tw/Public/suspended\\_particles.aspx](https://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx)
- 五、空氣盒子。<https://airbox.edimaxcloud.com/>。
- 六、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 PM<sub>2.5</sub> 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、負離子發生器真能除 PM<sub>2.5</sub>?。2016-10-25。壹讀。<https://read01.com/6ROkEA.html>。
- 九、什么时段、什么季节 PM<sub>2.5</sub> 浓度最高? 2014-5-22。  
<http://www.pm25.com/news/212.html>。
- 十、植物淨化前驅物質、吸附 PM<sub>2.5</sub> 效果。2015-12-06。  
<http://health.ettoday.net/news/606993>。

## 【評語】 030505

利用環保署培訓資料以及空氣盒子之量測對台中市 PM2.5 的時空分布有深入之分析，並做解釋，也討論防護之方法。未來進一步可加強氣象因子之分析以強化物理解釋。

作品海報



# 摘要

空氣污染是目前最緊迫的環境問題之一。而PM<sub>2.5</sub>的相關研究更說明了其對人體的危害，這引起了我們高度的好奇心。依據環保署過去3年資料分析發現臺灣PM<sub>2.5</sub>南部>中部>東部，夏季的PM<sub>2.5</sub>較低。晴天PM<sub>2.5</sub>高於雨天。透過定時擷取空氣盒子臺中市冬季PM<sub>2.5</sub>值資料分析發現地形會影響PM<sub>2.5</sub>值的遷移與濃度分布：盆地區>海線區>山線區，另海線區與盆地區一天中PM<sub>2.5</sub>最低是在15時、18~24時最高；但山線區此現象不明顯。令人訝異的是工業區與非工業區的PM<sub>2.5</sub>無明顯差異!實地測量學校的PM<sub>2.5</sub>發現：校門口>其他區域>教室。廟宇、吸菸室、炒菜烤肉時，都會產生大量PM<sub>2.5</sub>。若想預防PM<sub>2.5</sub>可選擇口罩、負離子機，但不同品牌效果差異大。室內植物以粉黛葉、彩葉椒草等表面具凹凸構造者PM<sub>2.5</sub>下降率較佳!

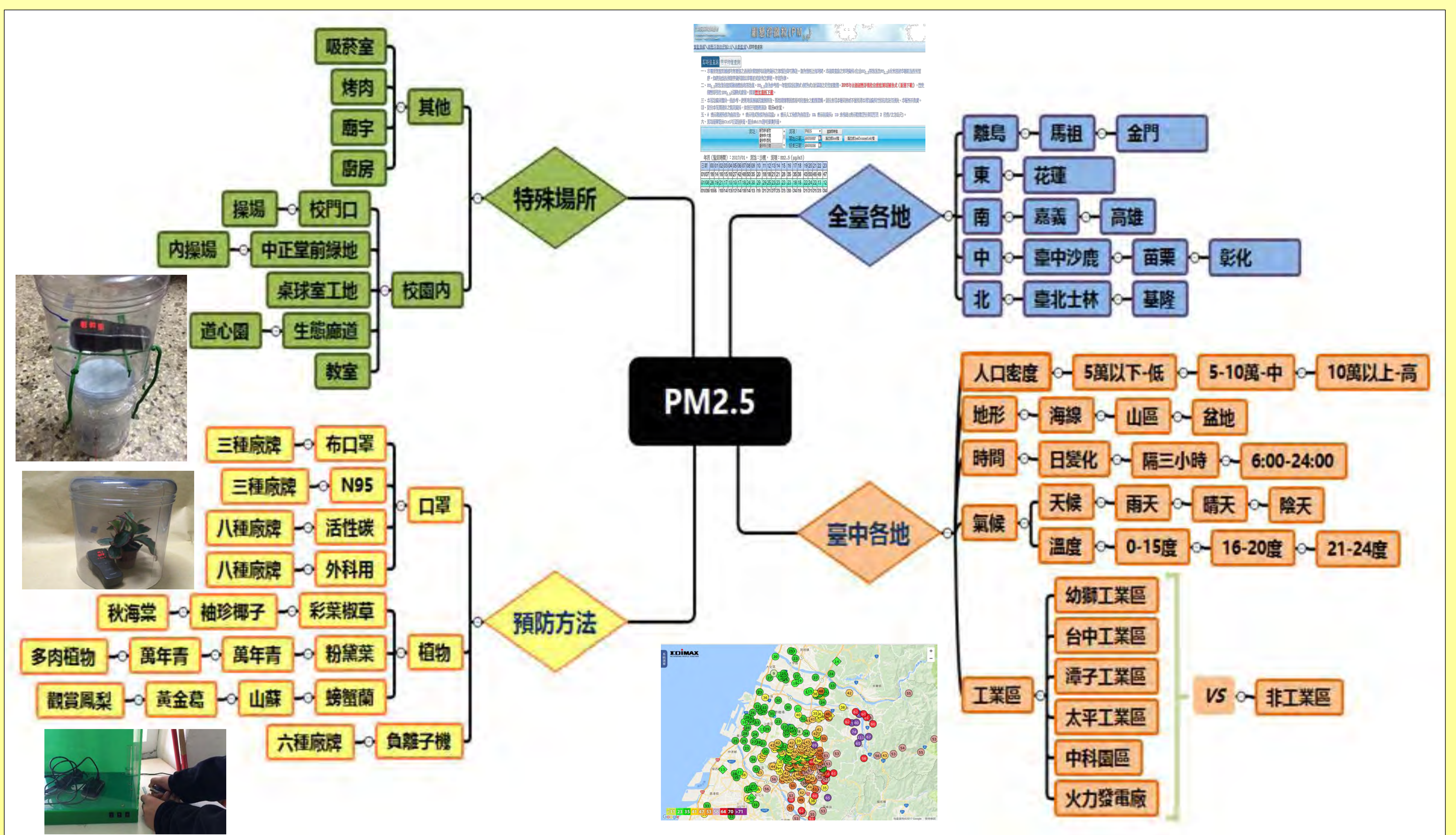
## 壹、研究動機

近年來空氣品質一直是大家關注的問題，學校會掛空氣品質的旗幟，網路上也有許多關於PM<sub>2.5</sub>的網站，但大家不會特別去研究PM<sub>2.5</sub>的變化，媒體新聞說大陸冷氣團和天氣狀況會影響懸浮粒子的濃度，那我們要如何防治？最簡單的戴口罩，但你戴的口罩有用嗎？那些植物對降低懸浮粒子比較有效？哪種空氣清淨機比較有效？哪種天氣較適合出門？我們是否可以證實這些疑惑，得到解答？

## 貳、研究目的

- 一、瞭解2014-2016年臺灣各地的PM<sub>2.5</sub>變化情形
- 二、瞭解不同因素對臺中地區PM<sub>2.5</sub>的影響
- 三、瞭解特定地區(學校、廚房...)與節慶對PM<sub>2.5</sub>的影響
- 四、瞭解不同口罩、植物、負離子機對預防PM<sub>2.5</sub>的效果

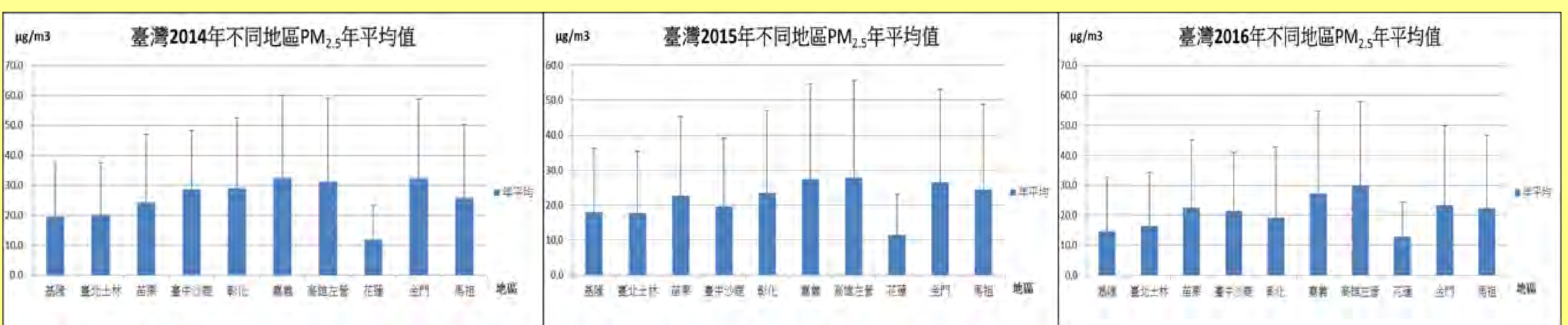
## 參、研究架構與方法



圖一 研究架構及方法

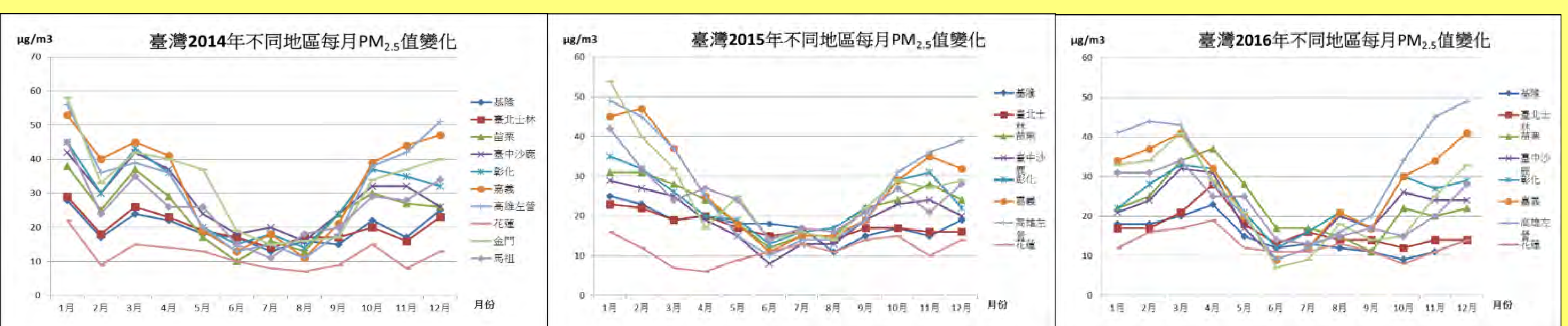
## 肆、研究結果

- 一、瞭解PM<sub>2.5</sub>對台灣不同地區是否造成不同影響



圖二 2014-2016台灣不同地區PM<sub>2.5</sub>的年平均值

(實驗1-1)

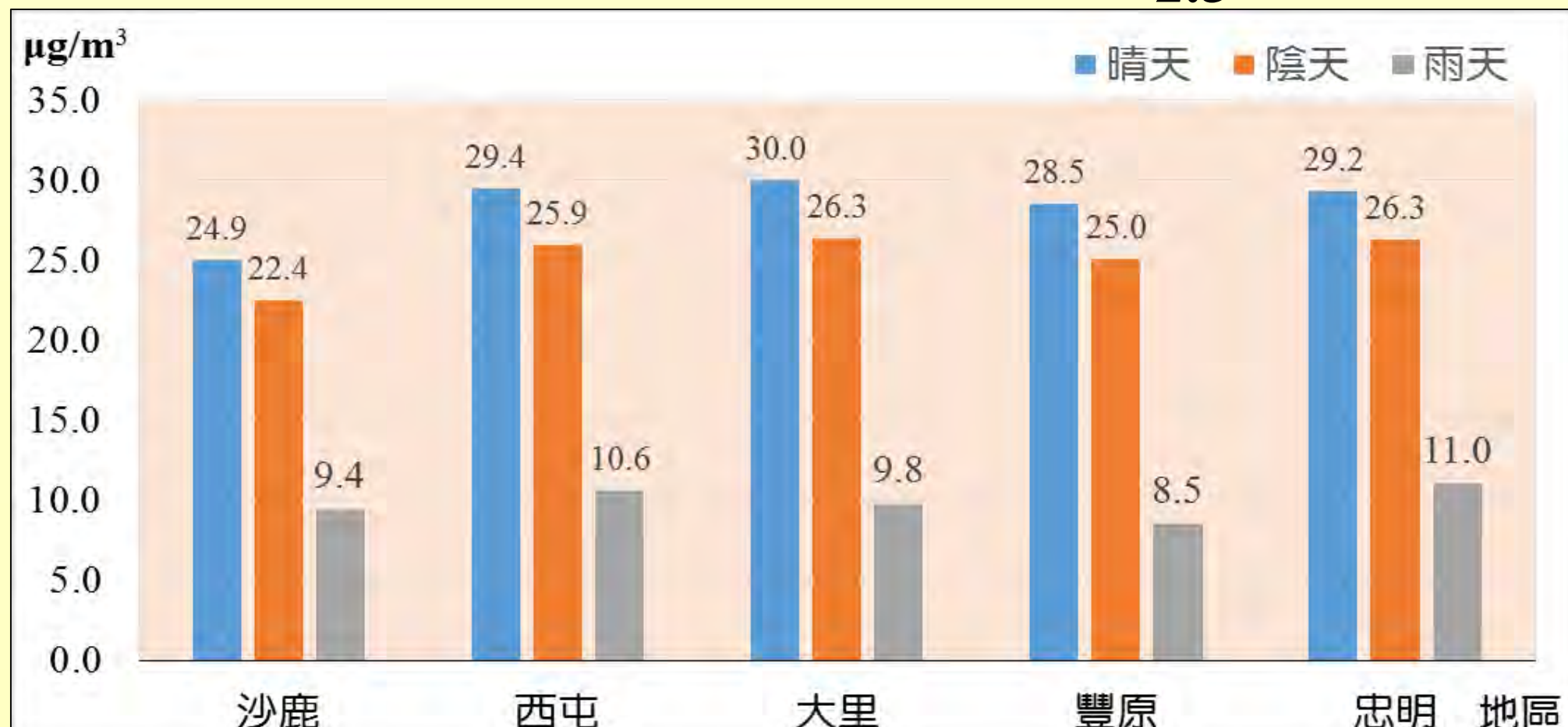


圖三 2014-2016台灣不同地區PM<sub>2.5</sub>的月變化

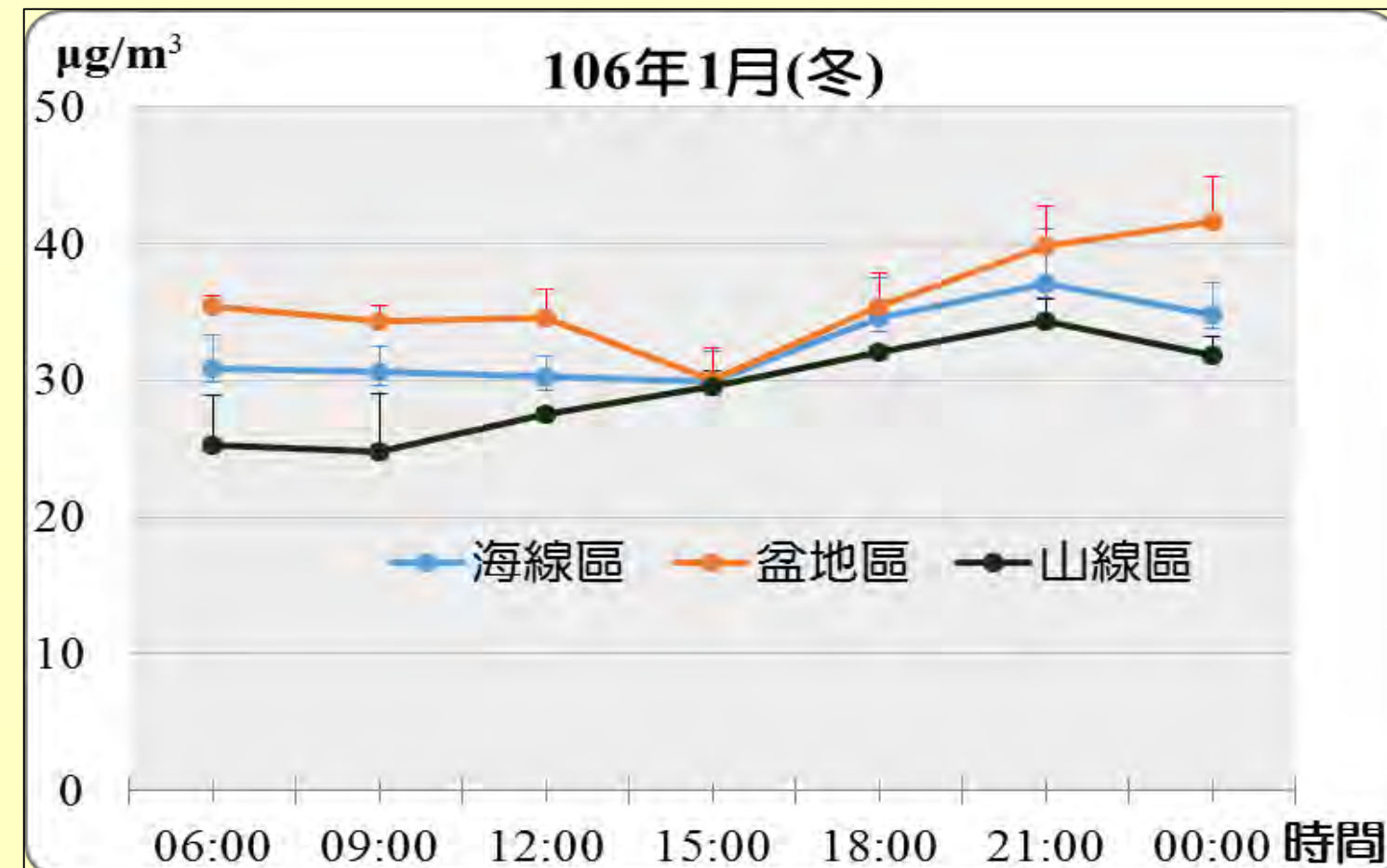
(實驗1-2)



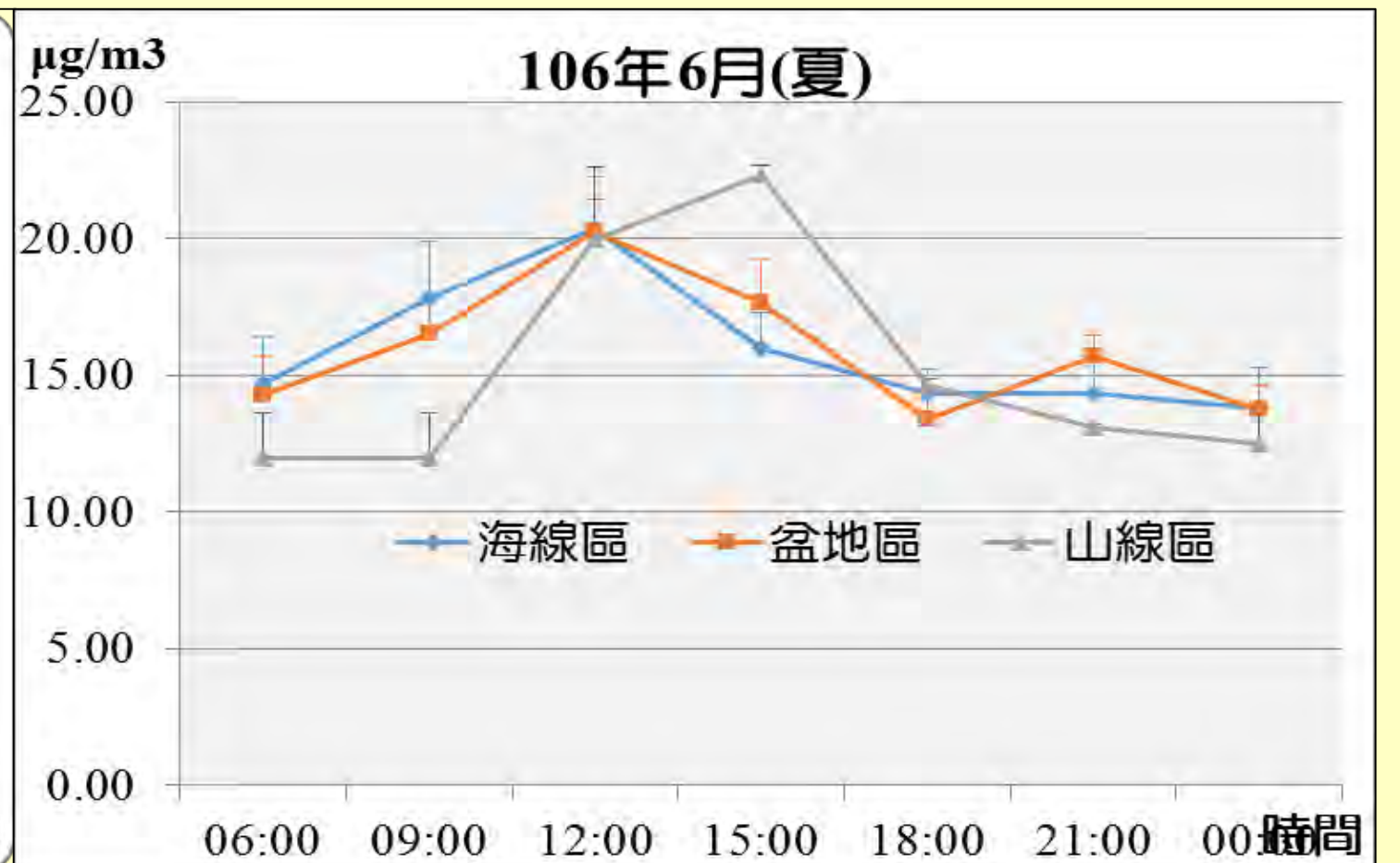
## 二、瞭解不同因素對臺中地區PM<sub>2.5</sub>的影響



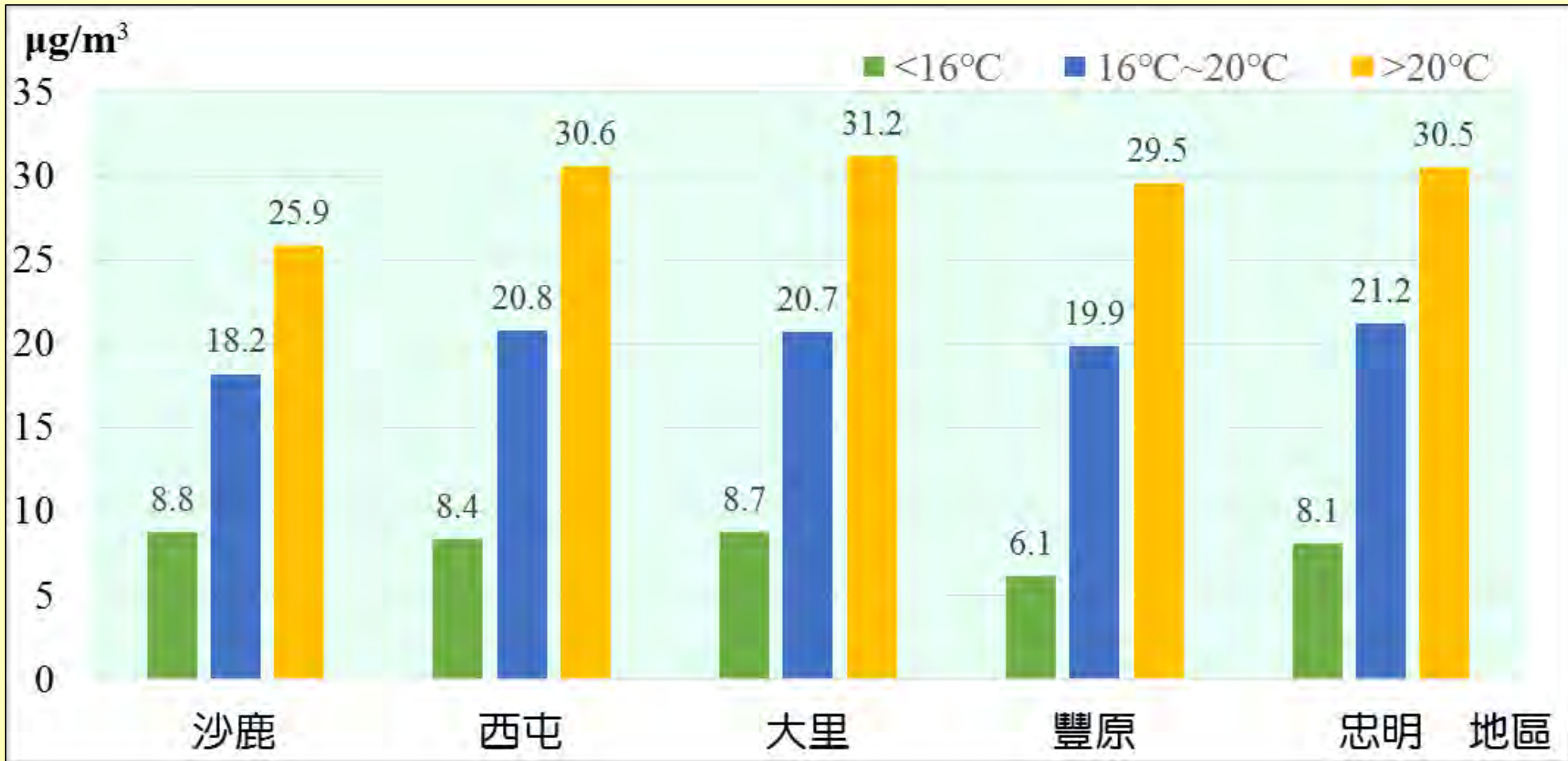
圖四 天氣對臺中市不同地區PM<sub>2.5</sub>的影響 (實驗2-1)



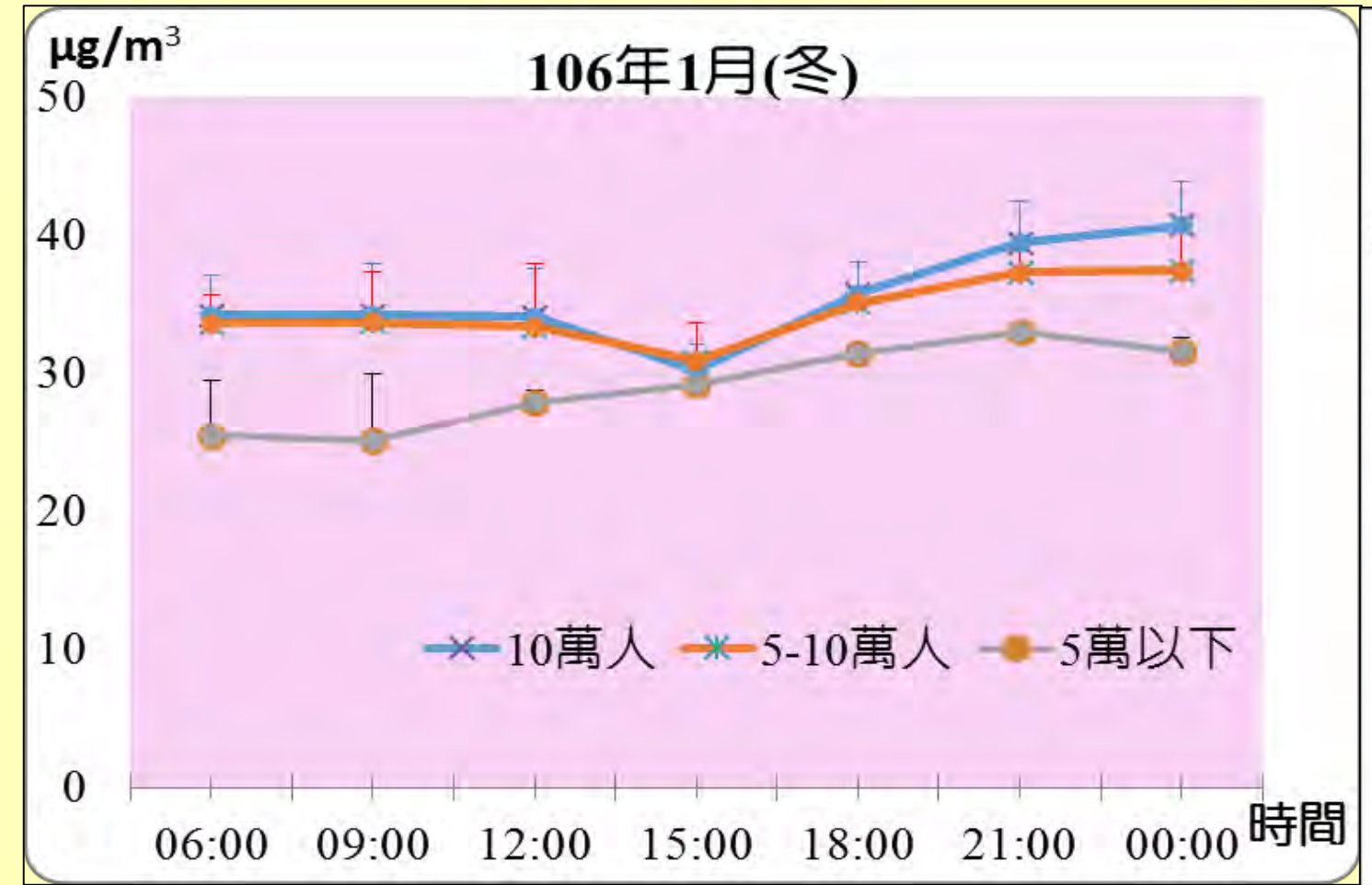
圖七 臺中市地形對106年1月與6月PM<sub>2.5</sub>日變化的影響 (實驗2-4)



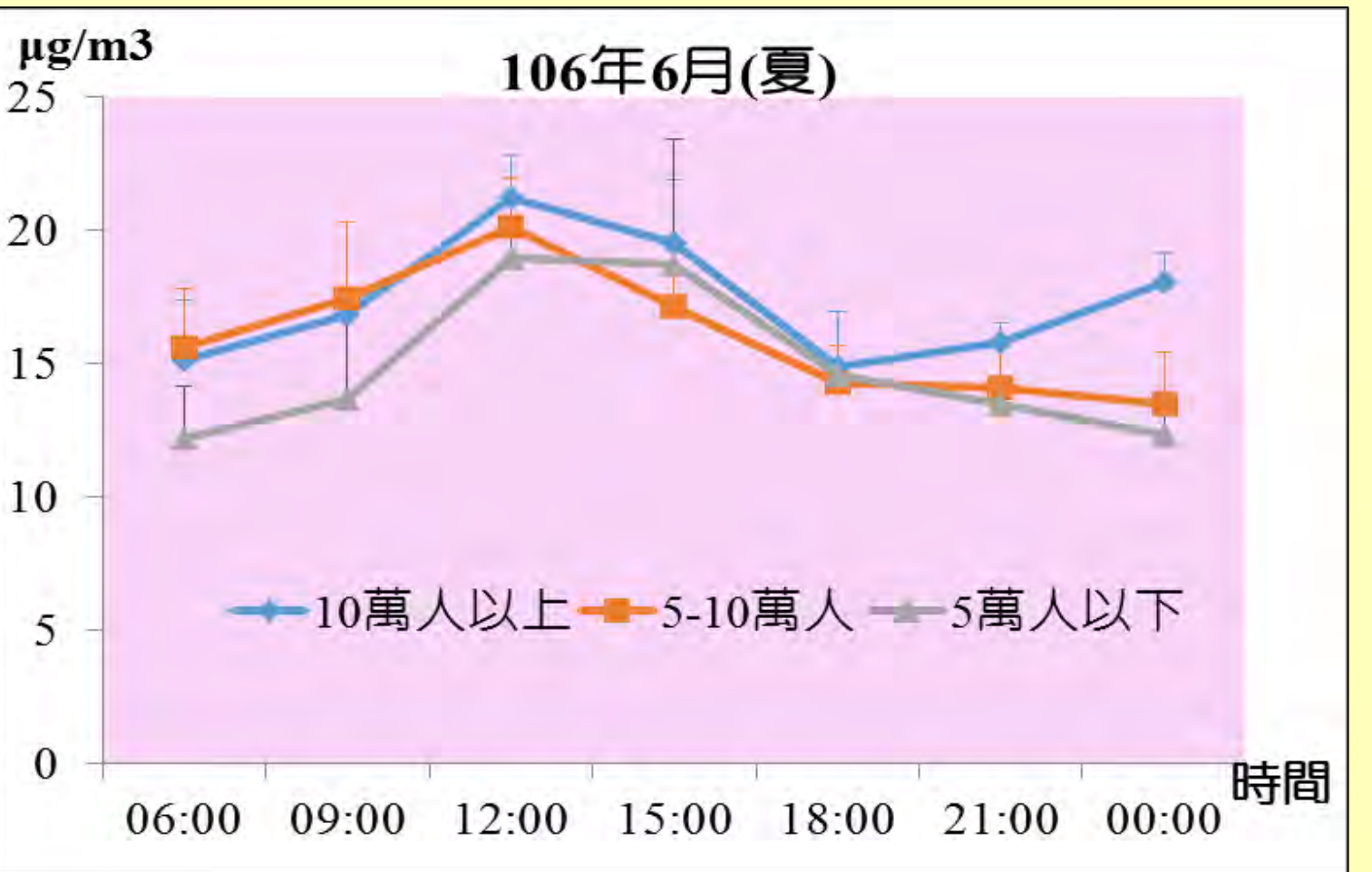
(實驗2-4)



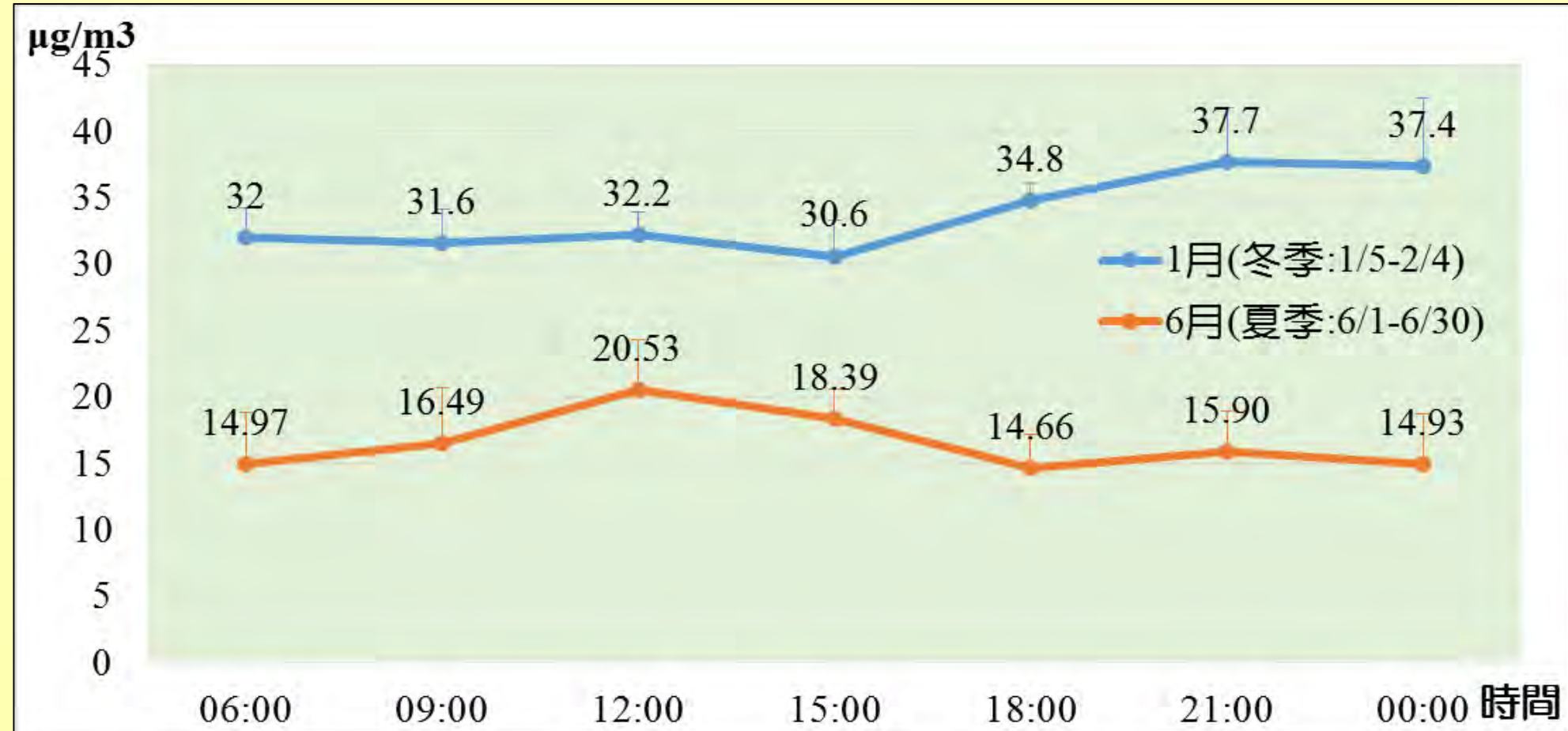
圖五 氣溫對臺中市不同地區PM<sub>2.5</sub>的影響 (實驗2-2)



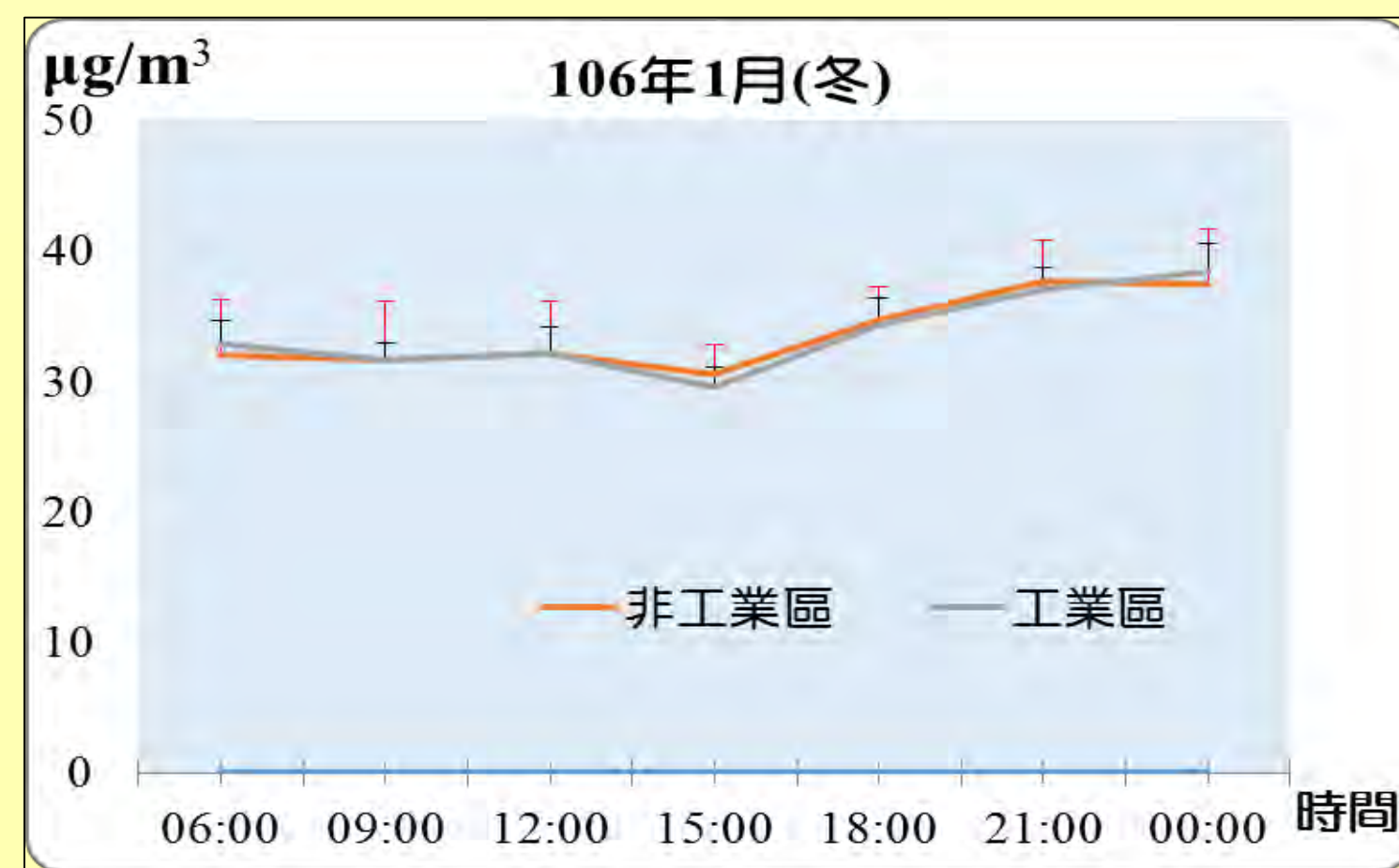
圖八 臺中市人口數量對106年1月與6月PM<sub>2.5</sub>日變化的影響 (實驗2-5)



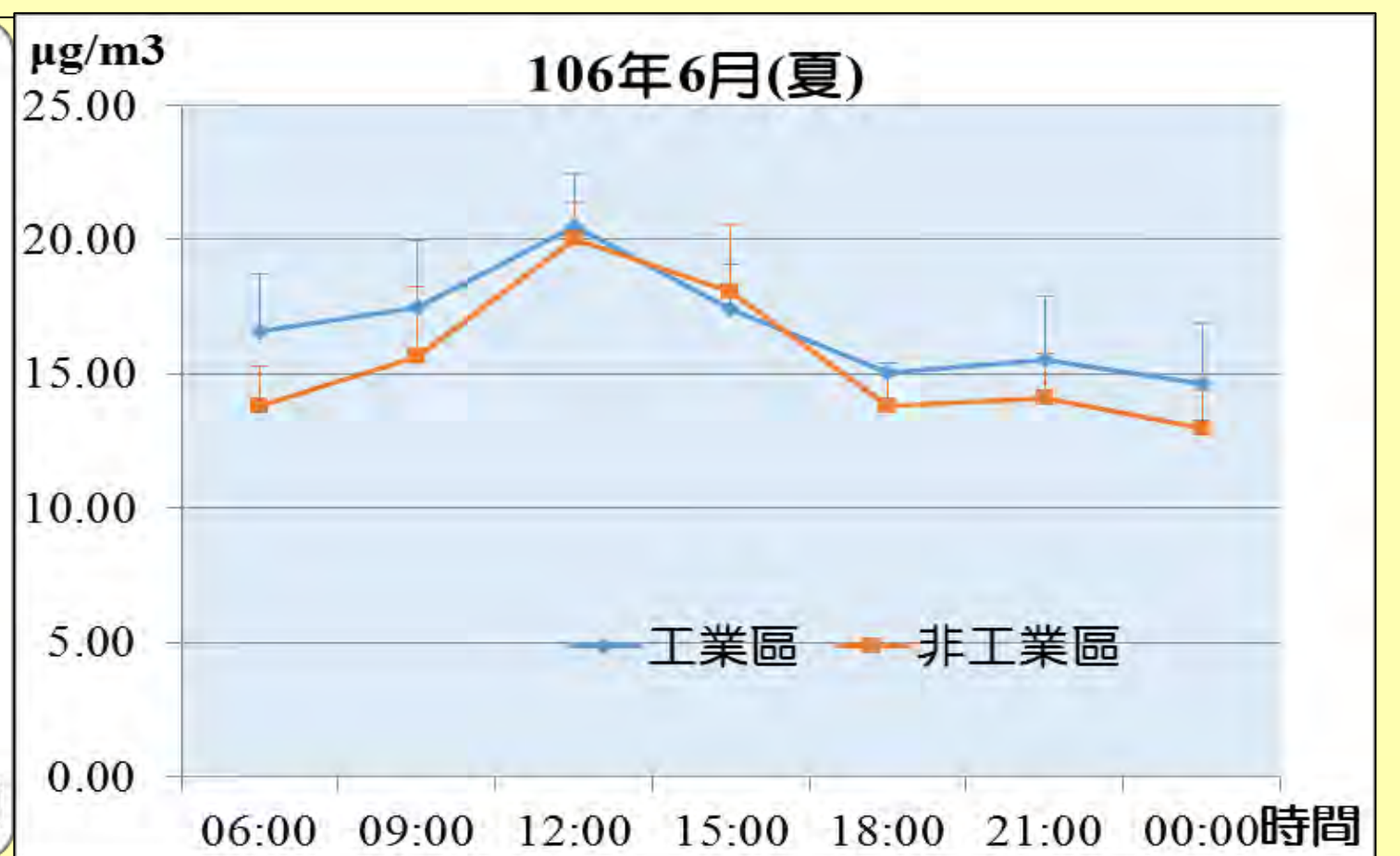
(實驗2-5)



圖六 臺中市106年1月(冬季)與6月(夏季)PM<sub>2.5</sub>日變化 (實驗2-3)



圖九 臺中市工業區和非工業區對106年1月與6月PM<sub>2.5</sub>日變化的影響 (實驗2-6)



(實驗2-6)

## 三、瞭解特定地區與節慶對PM<sub>2.5</sub>的影響



圖十 學校不同地區的PM<sub>2.5</sub>差異 (實驗3-1)

表一 特殊宗教慶典活動區域對PM<sub>2.5</sub>的影響 (實驗3-2)

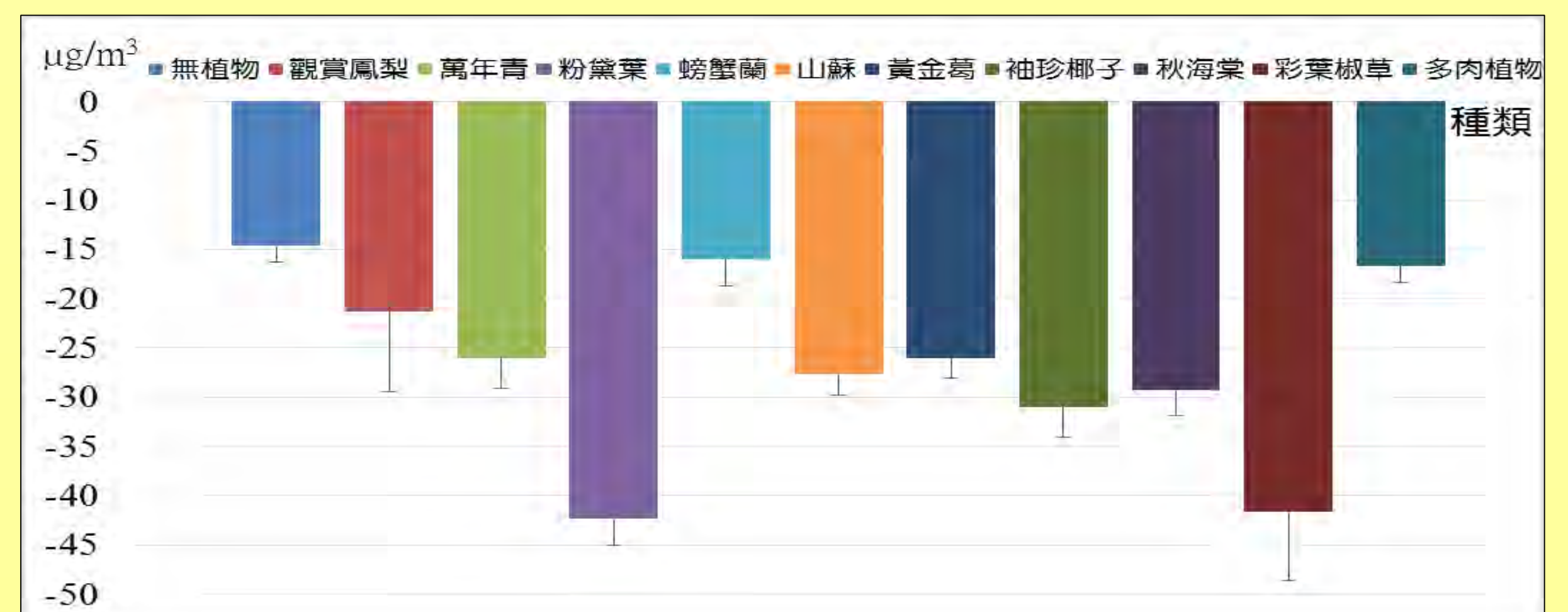
慶典或廟宇	自家佛堂 (燒2支香)	大肚瑞安宮	清水紫雲巖	除夕拜天公
第一次	238	101	671	全臺中市平均
第二次	144		672	
第三次	156		超過999 (不計算)	
平均	179	101	672	85.5

(實驗3-2)

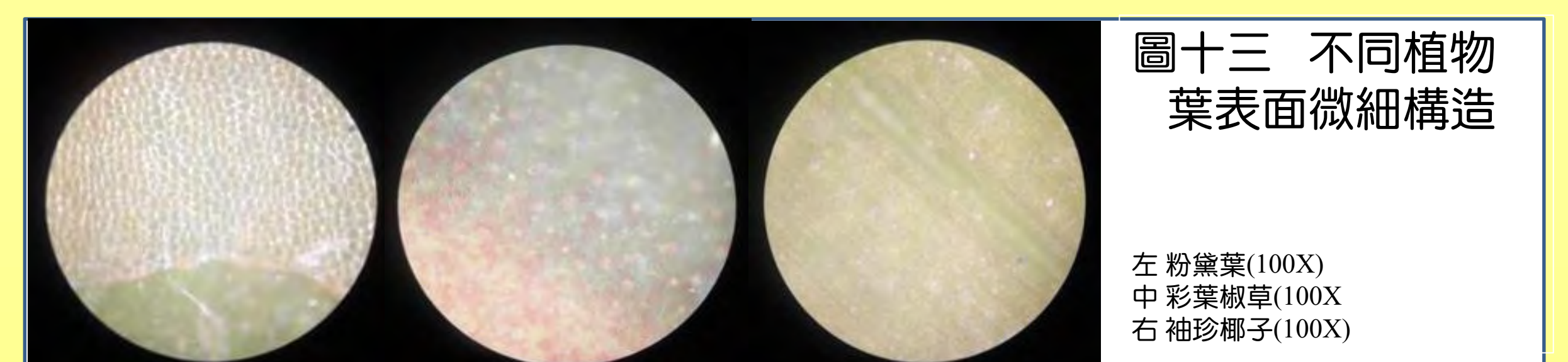
## 四、瞭解不同口罩、植物、負離子機對降低PM<sub>2.5</sub>的效果

表三 不同廠牌及類型口罩降低PM<sub>2.5</sub>的效果影響 (實驗4-1)

口罩種類	廠牌	編號	第一次			第二次			第三次		
			開始	4分鐘後	改變值	開始	4分鐘後	改變值	開始	4分鐘後	改變值
一般外科醫療用	北○○	A-1	13	13	0	59	39	-20	20	24	4
	環保○	A-2	32	46	14	26	21	-5	71	67	-4
	永○	A-3	46	42	-4	3	1	-2	8	20	12
	吸○	A-4	32	24	-8	25	18	-7	27	13	-14
	摩○	A-5	9	4	-5	9	6	-3	8	4	-4
	健康○	A-6	8	7	-1	10	8	-2	28	17	-11
	3○	A-7	20	7	-13	19	8	-11	17	8	-9
	樂○	A-8	16	6	-10	27	12	-15	28	15	-13
活性碳	康○	B-1	115	81	-34	24	12	-12	30	20	-10
	順○○	B-2	34	23	-11	45	34	-11	31	19	-12
	戴○	B-3	156	129	-27	9	9	0	15	11	-4
	北○○	B-4	21	16	-5	16	17	1	19	51	32
	星○	B-5	31	20	-11	16	9	-7	29	17	-12
	吸○	B-6	12	12	0	27	15	-12	21	12	-9
	舒○	B-7	16	13	-3	24	11	-13	17	6	-11
	樂○	B-8	17	8	-9	25	20	-5	18	10	-8
N95	3○	C-1	20	17	-3	20	17	-3	21	18	-3
	UNI○○	C-2	12	9	-3	13	7	-6	19	13	-6
布口罩	日○	D-1	32	60	28	38	85	47	114	144	30
	3○	D-2	46	52	6	56	38	-18	46	39	-7
	北○○	D-3	22	81	59	16	24	8	19	388	369

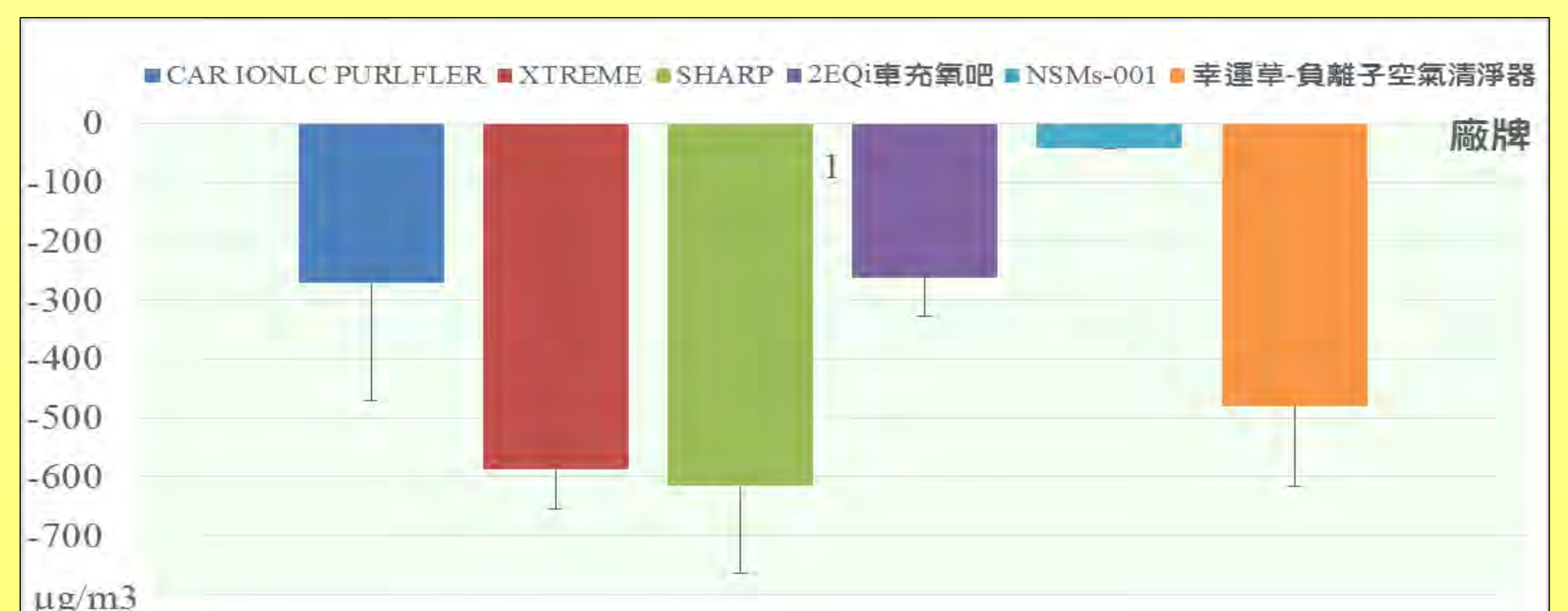


圖十一 不同室內植物降低PM<sub>2.5</sub>的效果 (實驗4-2)



圖十三 不同植物葉表面微細構造

左 粉黛葉(100X)  
中 彩葉椒草(100X)  
右 袖珍椰子(100X)



圖十二 不同負離子機降低PM<sub>2.5</sub>的效果 (實驗4-3)

## 伍、討論

一、實驗1-1:PM<sub>2.5</sub>的確在臺灣造成不同影響。高雄、嘉義等南部地區PM<sub>2.5</sub>值居全國之冠。推測其原因為南部地區為產業類型為重工業或石化工業，屬於高懸浮微粒排放之產業。再者臺灣南部年降雨天數少，缺乏降雨將懸浮粒子沉降故空汙較為嚴重。東部地區的PM<sub>2.5</sub>值為全國最低，主因應為東部為農業縣，工業化程度低，且因中央山脈阻隔PM<sub>2.5</sub>不易遷移至東部，PM<sub>2.5</sub>最低。



二、不同季節的PM<sub>2.5</sub>也有不同，6-9月為雨季，隨著旺盛的對流及降雨，空氣污染物會降至地面，因此PM<sub>2.5</sub>值較低；12-3月是台灣的乾季，降雨量少，污染物不易沉降，加上冬季逆溫效應較明顯，故PM<sub>2.5</sub>值較高。由於冬季的PM<sub>2.5</sub>值對台灣全年空氣品質影響甚鉅，因此我們進一步以冬季為主進行臺中市的研究，想要更了解臺中地區PM<sub>2.5</sub>的遷移狀況。

(一)根據實驗2-1發現，雨天時，PM<sub>2.5</sub>的值較低；晴天時，PM<sub>2.5</sub>的值會較高。

(二)研究顯示寒流來襲時大陸冷氣團會帶來空汙故PM<sub>2.5</sub>值超高。實驗2-2結果卻顯示：2016年12月-2017年1月冬季臺中地區氣溫與PM<sub>2.5</sub>量成正相關，根據中央氣象局資料顯示此期間發布寒流特報時，環保署資料公布的PM<sub>2.5</sub>值也沒有紫爆!經查去年冬季月均溫18.9-20.4°C，前年2015.12-2016.01為19.6-16.8°C，大前年2014.12-2015.01為17.1-17.1°C，顯示去年冬季均溫較歷年高，細懸浮微粒藉由大陸冷氣團等強烈大氣環流帶來機率較低，因此無明顯臺中全區隨寒流來襲而全區紫爆現象。

(三)由實驗2-3顯示106年1月(冬季)臺中區PM<sub>2.5</sub>的日變化最低點是在下午3點。晚上6-12點PM<sub>2.5</sub>值較高。我們認為可能是因為受到人類活動的關係與地形條件特性造成PM<sub>2.5</sub>的遷移速度不同導致。另106年6月台中區的PM<sub>2.5</sub>值則在下午6點最低(與冬季不同)，其主因應為臺中106年6月午後雷陣雨多落於下午3點到6點間所致。

(四)由實驗2-4發現，臺中市的PM<sub>2.5</sub>數值：盆地區(原臺中市)>海線>山線。我們推測因為山區有較多植物，人口密度較低，人為活動較少故PM<sub>2.5</sub>值相對較低。盆地區為原臺中市區，人口密集，商業活動頻繁，加上有盆地區較容易產生逆溫的現象，故PM<sub>2.5</sub>較高。

(五)一般認為工業區常會釋放廢氣故周圍的PM<sub>2.5</sub>值應較高，但是實驗2-6結果卻顯示工業區周圍的PM<sub>2.5</sub>值與其他非工業區無明顯差異!顯示臺中工業區產業別特性較無懸浮微粒高排放工業。

三、實驗3-1顯示校園PM<sub>2.5</sub>值會因微環境而變化，本校PM<sub>2.5</sub>的值：校門>校園其他場所>教室。原因應是校門位於主要幹道台1線旁，實測時間為上學時段，車輛往來頻繁故PM<sub>2.5</sub>值較高。教室內PM<sub>2.5</sub>值最低，故紫爆時應減少室外活動來降低PM<sub>2.5</sub>的傷害。

四、我們也發現同樣是晚間12:00在大家拜拜及燃放煙火的小年夜全台有紫爆的現象，另外廟宇及家庭祭祖焚香時PM<sub>2.5</sub>值也會紫爆，所以應該思考節慶活動，煙火燃放是否應該有相關管制，以免空氣品質過差。

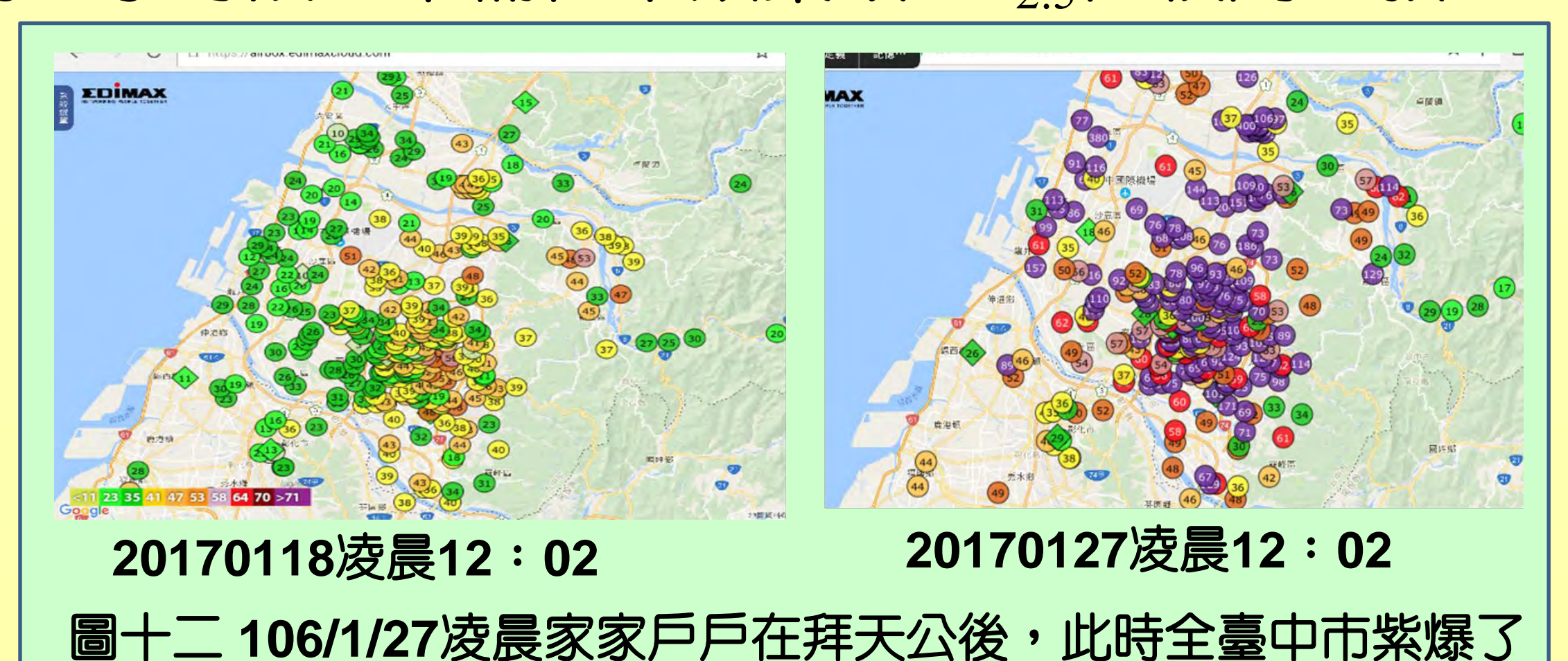
五、要預防或降低PM<sub>2.5</sub>通常有以下措施:

(一)在戶外降低PM<sub>2.5</sub>危害，戴口罩是個很便利的方法，除了布口罩外，其餘種類的口罩幾乎都可阻隔PM<sub>2.5</sub>。

(二)在室內較簡便的方法降低PM<sub>2.5</sub>方式或許可以考慮一些室內植物，雖然植物無法透過光合作用等化學方式降低PM<sub>2.5</sub>值。但我們從實驗4-2中得知粉黛葉、彩葉椒草、袖珍椰子等都可明顯降低PM<sub>2.5</sub>值。顯微鏡觀察這三種植物表面發現這三種植物表皮外的角質有細微的突起構造，相較於多肉植物覆滿細毛，單位面積內有更密集的凹凸，我們認為因具此微細構造，故實驗時PM<sub>2.5</sub>下降較為明顯。

(三)負離子會吸納空氣中的塵埃、惡臭等細小汙染物，隨後附著在樹木、岩石或溶入潭水中，達到淨化空氣的作用，這是種大自然的自淨作用。負離子型空氣清淨機則利用強靜電場使空氣中的分子電離出自由電子，與空氣中的氧分子結合成負氧離子，負離子會吸納空氣中的微塵與細小汙染物，隨後附著在牆壁、或棉被上，因此一定程度上降低了空氣中顆粒物濃度[8]，但被去除的空氣中的灰塵依舊存在於室內，當然也存在被重新揚起，形成二次污染的可能。實驗4-3我們隨機所挑的幾種車用負離子機都有降低PM<sub>2.5</sub>功效，且彼此功效差距甚大。雖然負離子機確實可降低PM<sub>2.5</sub>值，但此類技術在產生空氣負離子的同時，可能伴生臭氧，如果過量將可能危害人身健康。也就是說雖然負離子技術可降PM<sub>2.5</sub>值但是可能不屬於真正意義上的空氣淨化。

(四)無論是利用室內植物吸附、戴口罩或利用負離子機降低PM<sub>2.5</sub>，皆為消極的預防方式，我們的研究發現大家日常的活動是PM<sub>2.5</sub>值最重要的來源之一，要思考如何從每個人做到源頭減量，才是真正對抗隱形殺手-PM<sub>2.5</sub>的治本之道!



## 陸、結論

- 一、臺灣地區PM<sub>2.5</sub>濃度具區域特性：南部最高，依次為中部、北部、東部。
- 二、氣候條件為影響臺中區PM<sub>2.5</sub>的重要因素：冬季高於夏季、晴天高於雨天。且2016年12月至2017年1月冬季臺中地區之PM<sub>2.5</sub>平均含量與高溫成正相關，而去年冬季均溫較歷年為高，故2017年1月境外移入之細懸浮微粒比重亦較低，應為境內產生。
- 三、地形會影響臺中區PM<sub>2.5</sub>遷移：盆地區、海線區與山線區之日變化有區域差異。整體濃度分布以盆地區最高，海線區次之、山區最低。
- 四、臺中市冬季全區PM<sub>2.5</sub>濃度日變化於下午3時最低，晚間6時~12時最高；6月夏季因午後雷陣雨，故18時最低。
- 五、臺中市工業區與非工業區PM<sub>2.5</sub>值無明顯差異：特殊場所與寺廟等地PM<sub>2.5</sub>值會飆高，顯示人類活動為影響PM<sub>2.5</sub>濃度之重要因素之一。
- 六、以模型模式探討防護PM<sub>2.5</sub>之市售產品，成果得知效能差異甚大。且無論是利用室內植物吸附、戴口罩或利用負離子機降低PM<sub>2.5</sub>，皆屬消極預防，要思考人人如何做到源頭減量，才是真正對抗隱形殺手-PM<sub>2.5</sub>的根本方法!

一、國中自然課本。翰林版。第六冊。二、中央氣象局。<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>。

三、細懸浮微粒。行政院環境保護署。<http://taqm.epa.gov.tw/pm25/tw/default.aspx>。

四、空氣品質監測網。環境保護署。[https://air.epa.gov.tw/Public/suspended\\_particles.aspx](https://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx)

五、空氣盒子。<https://airbox.edimaxcloud.com/>。

六、維基百科。<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%AD%90>。

七、揭開PM<sub>2.5</sub>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、負離子發生器真能除PM<sub>2.5</sub>?。2016-10-25。壹讀。<https://read01.com/6ROkEA.html>。

九、什么时段、什么季节PM<sub>2.5</sub>浓度最高?2014-5-22。<http://www.pm25.com/news/212.html>。

十、植物淨化前驅物質、吸附PM<sub>2.5</sub>效果。2015-12-06。<http://health.ettoday.net/news/606993>。

## 柒、參考資料