

中華民國第 59 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

**移動"塵寶"~PM2.5 影響因子初探-以鄰近屏東縣
測站為例**

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者： 國二 陳昱潔 國二 張凝真 國二 郭書嫻	指導老師： 沈 驗 范杏旻
---	-----------------------------

關鍵詞：PM2.5、細懸浮微粒、降解率

摘要

針對PM2.5的研究，我們透過氣象數據分析和實地測量及實驗，發現：

- 一、近三年PM2.5濃度，以潮州最高，恆春最低，工業區的大寮和林園並沒有比較高。
- 二、一年中，12-3月PM2.5較高，5-6月較低。
- 三、一天中，PM2.5在21:00到隔天12:00較高，12:00~18:00較低，適合戶外活動。
- 四、溫度和風速在夏秋時對PM2.5影響較明顯；吹東北風時PM2.5最高，東南風最低；雨量和降雨天數對PM2.5影響大，濕度影響小。
- 五、實際測量發現PM2.5超高的是吸菸區、燒烤區、香爐、二行程機車；校園內則是工地和打掃時間的PM2.5最多。
- 六、減少吸入PM2.5的有效方法是：選擇5-6月及下午從事戶外活動、拜拜時離香爐至少4公尺、離吸菸區和燒烤攤販至少2公尺、加速淘汰二行程機車、種植分枝多的植物和多噴水等。



壹、研究動機

近年來空污問題嚴重，空氣品質一直是大家關注的問題，報章雜誌上也經常出現關於PM2.5影響呼吸道的報導，而且已被WHO列為致癌物，在生物課時老師提到人類和環境的關係時，人類的生活如工廠和汽機車排放的廢氣是空污的主因，隨著季風、天氣狀況，高屏地區的PM2.5問題一直困擾著我們，而學校也會掛置空氣品質旗幟來作為警示學生們從事戶外活動的參考，因此我們希望了解PM2.5在一年中各月份及一天中的分布狀況，探討影響PM2.5的天氣因子並且找到降低PM2.5的方法來改善我們生活環境的空氣品質。此外有研究指出有些植物的葉子可以有效地降低PM2.5的量，我們也好奇：植物的枝條是否可以降低PM2.5呢？而降低的效率又是否會因枝條排列形狀而有所不同？因此我們便分析氣象資料，期待找到影響PM2.5的天氣因子，也設計了相關實驗，希望可以解決我們的疑問。

貳、研究目的

一、探討104-106年鄰近屏東縣監測站PM2.5的變化情形

- (一). 比較五個監測站三年來PM2.5逐年變化情形
- (二). 比較五個監測站三年來PM2.5逐月變化情形
- (三). 比較五個監測站三年來四季中一天內PM2.5變化情形

二、探討不同的天氣條件對屏東監測站PM2.5的影響

- (一). 探討溫度對PM2.5影響
- (二). 探討風向對PM2.5影響
- (三). 探討風速對PM2.5影響
- (四). 探討濕度對PM2.5影響

三、探討屏東監測站雨量、降雨天數和PM2.5的關係

- (一). 探討雨量對PM2.5影響
- (二). 探討降雨天數對PM2.5影響

四、探討PM2.5和其他空氣汙染源的關係

- (一). 探討PM2.5和PM10的關係
- (二). 探討PM2.5和NO₂的關係
- (三). 探討PM2.5和NO_x的關係
- (四). 探討PM2.5和CO的關係

五、探討校園內PM2.5在不同的時間、地點和天氣的差異

- (一). 比較校園內不同地點PM2.5的差異
- (二). 比較一天中，校園內不同地點PM2.5隨時間的變化情形
- (三). 比較晴天和雨天時，校園內不同地點PM2.5的差異

六、探討在特殊的地點PM2.5的差異以及距離對降低PM2.5的影響

- (一). 比較各種特殊地點對PM2.5的影響
- (二). 比較離污染源不同距離PM2.5的差異

七、探討植物的枝條和噴水情形對降低PM2.5的效果

- (一). 比較植物枝條平行走向的寬度降低PM2.5的效果
- (二). 比較植物枝條的數目降低PM2.5的效果
- (三). 比較植物枝條有無噴水降低PM2.5的效果
- (四). 比較相同空間(小)有無噴水降低PM2.5的效果
- (五). 比較教室空間(大)有無噴水降低PM2.5的效果

◎文獻探討與名詞解釋

一、認識 PM2.5

(一). 定義:

PM2.5為懸浮顆粒或稱懸浮粒子 (particulate matter) 的縮寫，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 $2.5\mu\text{m}$ 的懸浮粒子稱為細懸浮粒子或稱PM2.5。因體積較小故能夠在大氣中停留很長時間，可隨呼吸進入生物體內，積聚在氣管或肺中，影響身體健康。

(二). 來源:

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PM2.5	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PM2.5	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). 監測PM2.5的方法

1. 簡易空氣盒子:

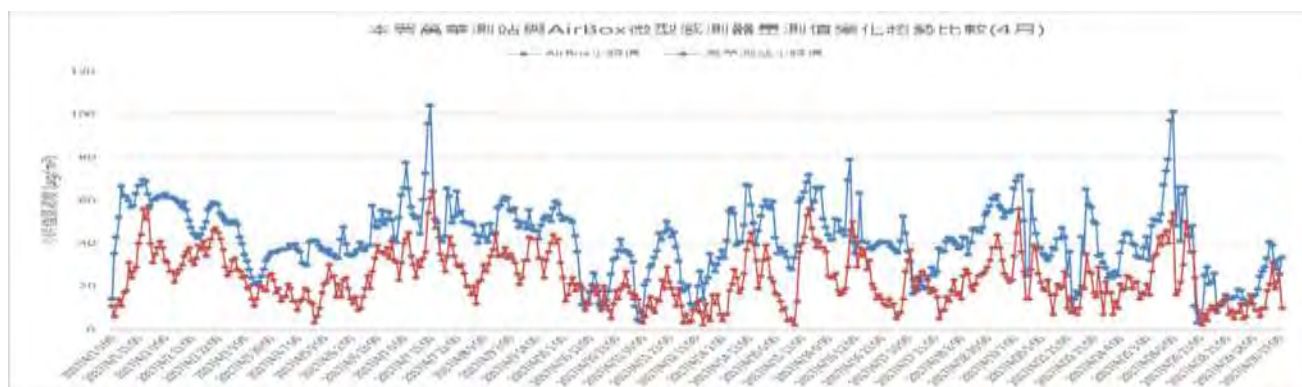
簡易感測器將空氣中微粒導入光學散射原理的感測區域，在未經粒徑篩選方式下，以光學方式（光散射原理）量測不同粒徑微粒數量，再經轉換為PM_{2.5}質量濃度。

2. 環保署

本署標準空氣品質監測站用來測定PM_{2.5}的儀器分成手動及自動二種，手動監測係由採樣人員使用調理過的濾紙到測站進行24小時採樣，再將濾紙送回實

驗室，在控制的溫濕度條件下，進行**稱重後計算濃度**。國際上一般會使用手動監測的結果作為空氣品質是否符合標準的判定依據，我國空氣品質標準亦明訂採手動監測結果判定空氣品質是否符合標準。然而，手動監測經過嚴謹的實驗室分析程序，需要2至3週才能完成，在空氣品質出現變異時，不能提供民眾預警。因此空氣品質監測需要使用自動連續監測，一般為採樣1小時後量測1小時濃度，可以立即提供預警或預報之需。

3. 環保署和簡易空氣盒子，在相同的氣象、污染時空條件，比較感測器與標準測站數據的差異。經過比對，空氣盒子與本署測還站106年3月至6月監測數據，**兩者對區域空氣品質的污染物濃度變化具有相同向量的趨勢反應，濃度變化趨勢類似，濃度值一起變高或變低(如下圖)**。



(四). PM2.5的分級

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
PM2.5 濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
一般民眾 活動建議	正常戶外活動。			正常戶外活動。			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 。			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 。
敏感性族群 活動建議	正常戶外活動。			有心臟、呼吸道及血管疾病的成人與孩童感受到癢狀時，應考慮減少體力消耗， 特別是減少戶外活動 。			1. 有心臟、呼吸道及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. 具有 氣喘 的人可能需增加使用吸入劑的頻率。			1. 有心臟、呼吸道及血管的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是 避免戶外活動 。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。

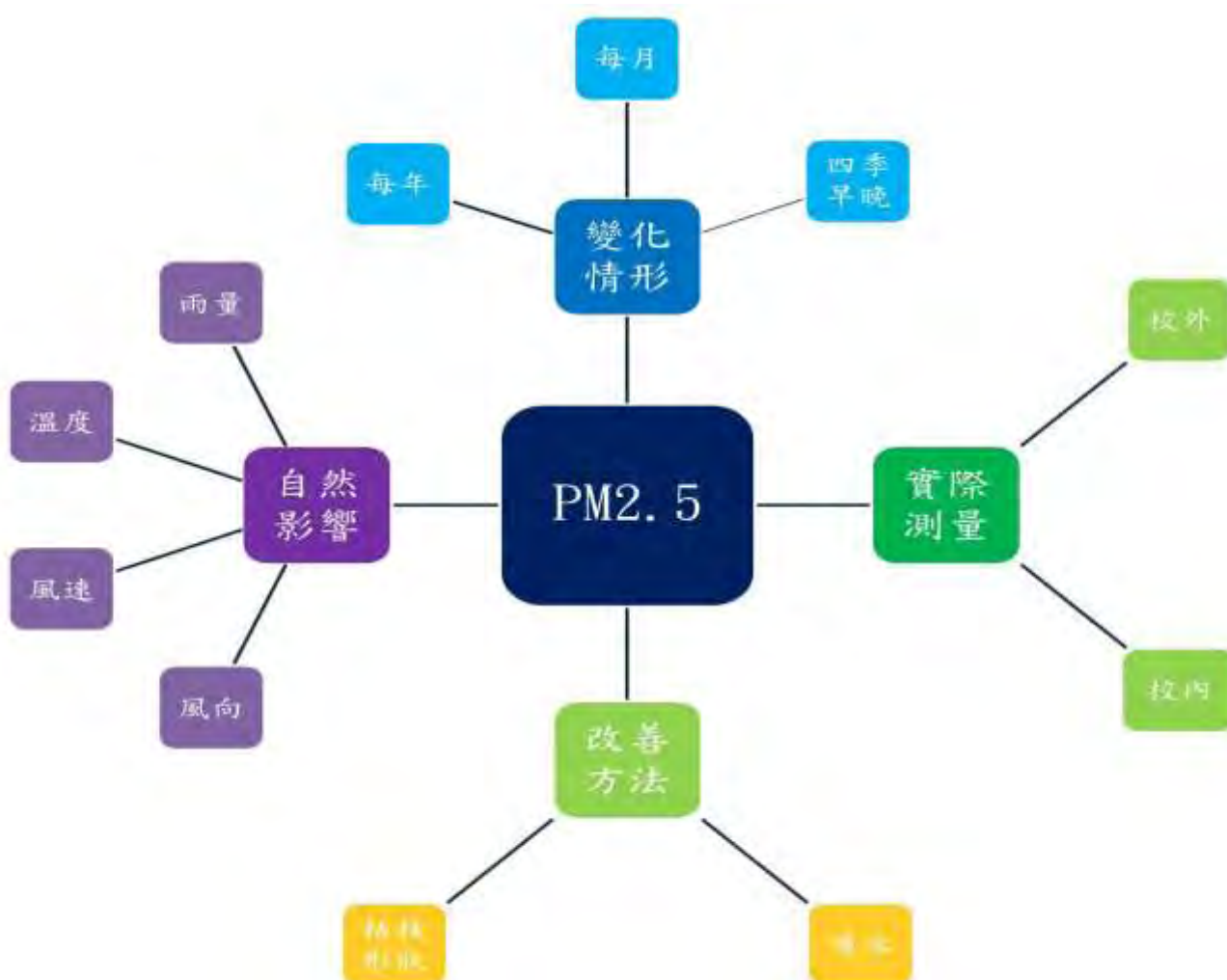
二、風向

方位	中心角度	角度範圍	方位	中心角度	角度範圍
北	0	348.76-11.25	南	180	168.76-191.25
北北東	22.5	11.26-33.75	南南西	202.5	191.26-213.75
東北	45	33.76-56.25	西南	225	213.76-236.25
東北東	67.5	56.26-78.75	西南西	247.5	236.26-258.75
東	90	78.76-101.25	西	270	258.76-281.25
東南東	112.5	101.26-123.75	西北西	292.5	281.26-303.75
東南	135	123.76-146.25	西北	315	303.76-326.25
南南東	157.5	146.26-168.75	北北西	337.5	326.26-348.75






三、降解率

本實驗將降解率定義為： $(原污染量 - 剩餘污染量) / 原污染量 * 100\%$ ，降解率為降低 PM2.5 效率的指標，降解率高，降低 PM2.5 的效率越好。

四、研究架構



參、研究器材及場地

線香	打火機	噴水器	熱熔膠
塑膠盒	溫度計	溼度計	熱熔膠槍
保鮮膜	量筒	美工刀	計時器
樹枝(平行-細)	樹枝(平行-寬)	樹枝(分枝-4)	樹枝(分枝-2)
			
			
研究器材		PM2.5測量儀	
			
操場	教室	工地大樓	燒香拜拜
			
熱帶農業博覽會	廚房炒菜	燒烤	安平老街

肆、研究過程及方法

一、探討104-106年鄰近屏東縣監測站PM2.5的變化情形

(一)實驗1-1: 比較五個監測站三年來PM2.5逐年變化情形

1. 從屏東附近區域，我們選擇了高雄市大寮區、林園區、屏東縣屏東市、恆春鎮、潮州鎮共5個地點做分析(如右圖)。
2. 上環保署空氣品質監測網，點選細懸浮微粒查詢，記錄從104年1月1日到107年1月6日每日不同地區PM2.5的數值。
3. 將每年PM2.5值平均後做比較。



(二)實驗1-2: 比較五個監測站三年來PM2.5逐月變化情形

1. 方法同實驗1-1步驟(1)(2)，將每月PM2.5值平均後做比較。

(三)實驗1-3: 比較五個監測站三年來四季中一天內PM2.5變化情形

1. 方法同實驗1-1步驟(1)(2)，以每年春分、夏至、秋分、冬至前後各15天為一季，進行平均後比較每季中平均每天0：00至23：00，PM2.5值的變化。

二、探討不同的天氣條件對屏東監測站PM2.5的影響

方法同實驗1-1步驟(1)(2)，下載104到106每日不同地區溫度、風向、風速和濕度的變化，依序與PM2.5的變化關係做比較分析。

(一)實驗2-1: 探討溫度對PM2.5影響

1. 比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和溫度的關係

(二)實驗2-2: 探討風向對PM2.5影響

1. 比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和風向的關係

(三)實驗2-3: 探討風速對PM2.5影響

1. 比較屏東監測站三年來PM2.5的變化風速的關係

(四)實驗2-4: 探討濕度對PM2.5影響

1. 比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和濕度的關係

三、探討屏東監測站雨量、降雨天數和PM2.5的關係

方法同實驗1-1步驟(1)(2)，下載104到106每日不同地區雨量、降雨天數。

(一). 實驗3-1: 比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和雨量的關係

(二). 實驗3-2: 比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和降雨天數的關係

四、探討PM2.5和其他空氣汙染源的關係

方法同實驗1-1步驟(1)(2)，下載104到106每日不同地區PM10、NO₂、NO_x、CO的量。

- (一). 實驗4-1:比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和PM10的關係
- (二). 實驗4-2:比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和NO₂的關係
- (三). 實驗4-3:比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和NO_x的關係
- (四). 實驗4-4:比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和CO的關係

五、探討校園內PM2.5在不同的時間、地點和天氣的差異

(一)實驗5-1: 比較校園內**不同地點**PM2.5的差異

1. 選定校園三個地區，工地、教室及操場，如右圖：
2. 每個地點挑選三個鄰近的地方，於每節下課測量其PM2.5的值，並平均之。(教室為擦完黑板後一分鐘開始測量)
3. 連續測量兩週，紀錄並繪成圖表與測站值比較之。



(二)實驗5-2: 比較**一天**中，校園內不同地點PM2.5隨時間的變化情形

1. 方法如實驗4-1，分析每個地點一天中每節下課時間PM2.5的變化。

(三)實驗5-3: 比較**晴天和雨天**時，校園內不同地點PM2.5的差異

1. 在上述實驗中，選定PM2.5較高的三個地區(工地、教室、操場)
2. 於晴天及雨天各三天重複實驗4-1的(2)(3)步驟。
3. 將資料統計後並繪成圖表分析。

六、探討在特殊的地點PM2.5的差異以及距離對降低PM2.5的影響

(一). 實驗6-1:比較各種**特殊地點**對PM2.5的影響

1. 選定人潮較多或可能製造比較多PM2.5的地點十個，分別是屏東熱帶農業博覽會、廟宇(台南天后宮)、燒烤攤販(屏東夜市)、年貨大街(三鳳中街)、廚房、安平老街、十字路口、教室、工地、吸菸處及兩種機車，分別為二行程機車、環保機車等。
2. 實際測量不同地區和機車產生的PM2.5值10次，記錄並平均後製作成圖表作比較。

(二). 實驗6-2:比較離汙染源不同距離PM2.5的差異

1. 根據實驗6-1的結果選取PM2.5較高的四個汙染源:廟宇的香爐、燒烤攤販、抽菸的位置、二行程機車等
2. 實際測量離上述地點1公尺、2公尺、3公尺、4公尺、5公尺等不同位置的PM2.5值10次，記錄並平均之，製作成圖表作比較。

七、探討植物的枝條和噴水情形對降低PM2.5的效果

(一)實驗7-1:比較植物枝條的數目降低PM2.5的效果

1. 將點燃的線香置入裝有PM2.5儀器的透明盒中3秒後取出，並密封，待污染量降至600(微克/立方公尺)。
2. 將分枝2根及4根的枝條分別放入容器中(如右圖)，計時9分鐘(含)後每30秒紀錄一次，記錄到11分鐘為止，共紀錄5次。
3. 重複(1)(2)步驟3次。
4. 紀錄並根據污染量和降解率(PM2.5減少的百分率)做分析及比較。



分枝(2)



分枝(4)

平行(寬)

平行(細)

(二)實驗7-2:比較植物枝條平行走向的寬度降低PM2.5的效果

1. 步驟同實驗5-1，操作變因改為枝條的寬度(枝條寬、細)，如右圖。

(三)實驗7-3:比較植物枝條有無噴水降低PM2.5的效果

1. 步驟同實驗5-1，操作變因改為枝條有無噴水。

(四)實驗7-4:比較相同空間(小)有無噴水降低PM2.5的效果

1. 將點燃的線香置入裝有PM2.5儀器的透明盒中3秒後取出，並密封，待污染量降至900(微克/立方公尺)。
2. 噴50c.c的水至容器中，計時2分鐘(含)後，每2分鐘紀錄一次，記錄到20分鐘為止，共10次，根據污染量和降解率做分析及比較。

(五)實驗7-5:比較教室空間(大)有無噴水降低PM2.5的效果

1. 將空教室門窗關好，點燃22根線香10分鐘後，每30秒鐘紀錄一次，記錄到15分鐘為止，共30次(對照組)。
2. 噴500c.c的水至教室中，計時2分鐘(含)後，每30秒鐘紀錄一次，記錄到15分鐘為止，共30次(實驗組)，根據污染量和降解率做分析及比較。

伍、研究結果與討論

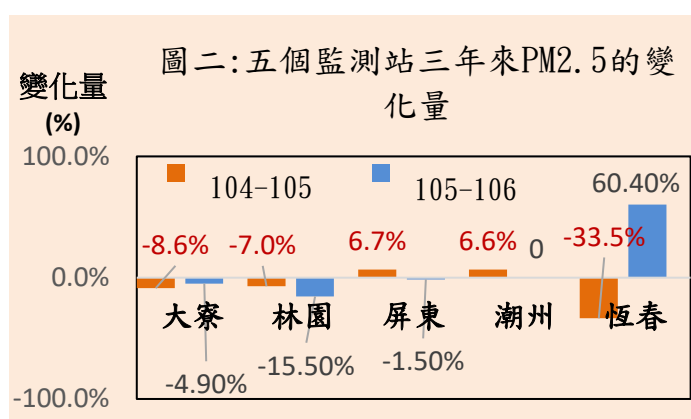
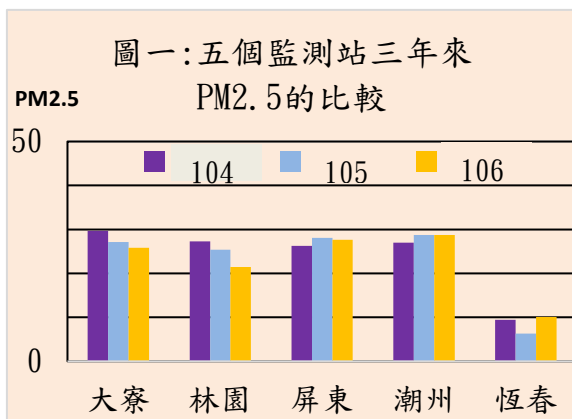
一、探討104-106年鄰近屏東縣監測站PM2.5的變化情形

(一). 實驗1-1: 比較五個監測站三年來PM2.5逐年變化情形

屏東的氣象觀測站有屏東、潮州和恆春三個，但屏東市鄰近高雄的大寮和林園工業區，因此我們也比較高雄這兩個區域，希望對屏東地區PM2.5的來源、分布和變化能有更深入的了解，這五個地區PM2.5三年來的變化如下列圖表所示：

表一：104-106年屏東附近五個監測站三年來PM2.5逐年變化情形 單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

監測站	大寮	林園	屏東	潮州	恆春
104	29.66	27.31	26.28	27.00	9.45
105	27.11	25.41	28.05	28.77	6.28
106	25.79	21.47	27.62	28.77	10.07
平均	27.52	24.73	27.32	28.18	8.60
104~105變化量(%)	-8.6%	-7.0%	+6.7%	+6.6%	-33.5%
105~106變化量(%)	-4.9%	-15.5%	-1.5%	0	+60.4%



【結果與討論】

1. 三年平均PM2.5值比較由大到小為**潮州**>大寮>屏東>林園>**恆春**(表一)。
2. **屏東和潮州是農業區**，長久以來空氣污染的情況竟與大寮、林園等石化工業區差不多，**甚至有時還比較嚴重**，可見影響空氣污染的因素除了工廠、焚化爐(右圖)外，天氣因素的**風向、雨量、風速、溫度也是重要的因子**，所以我們進行進一步的探討。
3. 由圖一、二得知，三年來大寮及林園的PM2.5有改善，尤其是**林園**，而**潮州和屏東並無改善**，推測屏東潮州地區的污染源受風向的影響，由高雄工業區及**炭頂焚化爐**吹入的成分**很大**。
4. 由圖一、二得知**恆春鎮**PM2.5值比起其他地區明顯少了很多，PM2.5的變化量也最大，推測恆春沒有工業區，高雄和屏北工業區的污染源在秋末到春初時，受落山風、夏天的西南季風、颱風及雨量的影響，被吹散且未滯留於當地，所以空氣品質是南台灣中最好的。

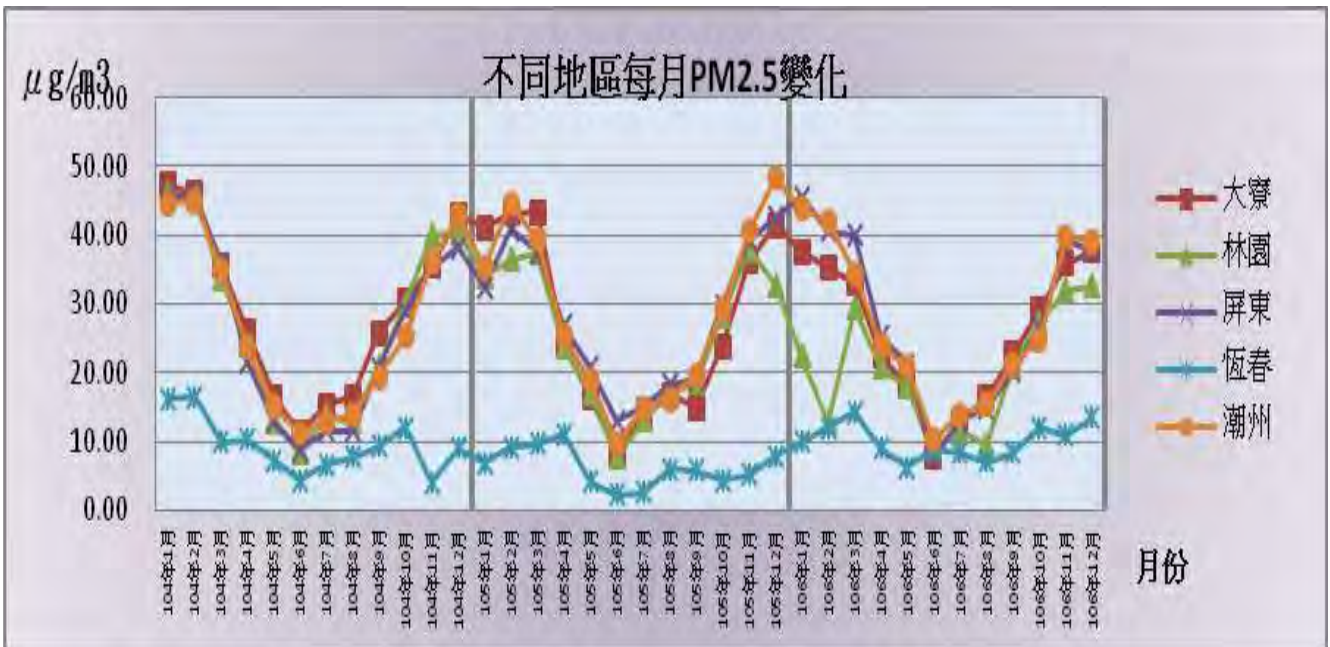


(二). 實驗1-2:比較五個監測站三年來PM2.5逐月變化情形

我們比較了三年來這五個地區總體PM2.5的年變化情形，接著分析每個月的變化情形，結果如下表二：

表二：五個監測站三年來PM2.5逐月變化情形

104年						105年						106年					
月份	大寮	林園	屏東	恆春	潮州	月份	大寮	林園	屏東	恆春	潮州	月份	大寮	林園	屏東	恆春	潮州
1	47.40	46.05	45.94	16.25	44.60	1	41.10	34.04	32.52	6.89	35.39	1	37.57	22.41	45.56	10.05	43.87
2	46.04	45.51	45.24	16.49	44.89	2	43.23	36.52	40.77	9.24	44.64	2	35.13	12.79	40.62	12.02	42.14
3	35.60	33.62	36.05	10.01	34.81	3	43.36	37.51	37.61	9.71	39.44	3	33.19	29.39	39.95	14.28	34.45
4	25.99	23.95	21.54	10.27	23.64	4	24.08	23.74	26.96	11.04	25.30	4	22.51	20.83	25.36	9.04	24.08
5	16.53	13.05	12.82	7.19	15.06	5	16.49	17.13	20.85	4.26	18.85	5	18.21	17.96	21.34	6.32	20.84
6	11.22	8.40	8.88	4.45	11.25	6	8.16	7.77	12.98	2.36	9.85	6	7.88	9.41	7.68	8.89	10.36
7	15.32	13.75	11.52	6.61	12.93	7	13.66	13.20	14.95	2.57	14.76	7	13.06	11.45	12.99	8.32	13.99
8	16.58	12.88	11.62	7.80	13.84	8	16.79	17.15	18.32	5.91	16.19	8	16.42	9.53	14.90	7.06	15.40
9	25.77	20.99	20.72	9.32	19.42	9	14.98	18.64	19.03	5.77	19.75	9	22.68	21.05	20.14	8.34	21.30
10	30.38	29.92	29.04	12.10	25.36	10	23.88	28.42	29.96	4.40	29.08	10	29.13	27.43	26.52	11.97	24.87
11	35.51	39.94	35.14	4.08	36.22	11	36.24	38.00	39.35	5.21	40.61	11	35.84	32.01	39.12	10.86	39.83
12	42.83	40.52	38.16	9.03	42.83	12	41.50	32.83	42.53	7.91	48.35	12	37.80	32.61	37.80	13.43	39.15

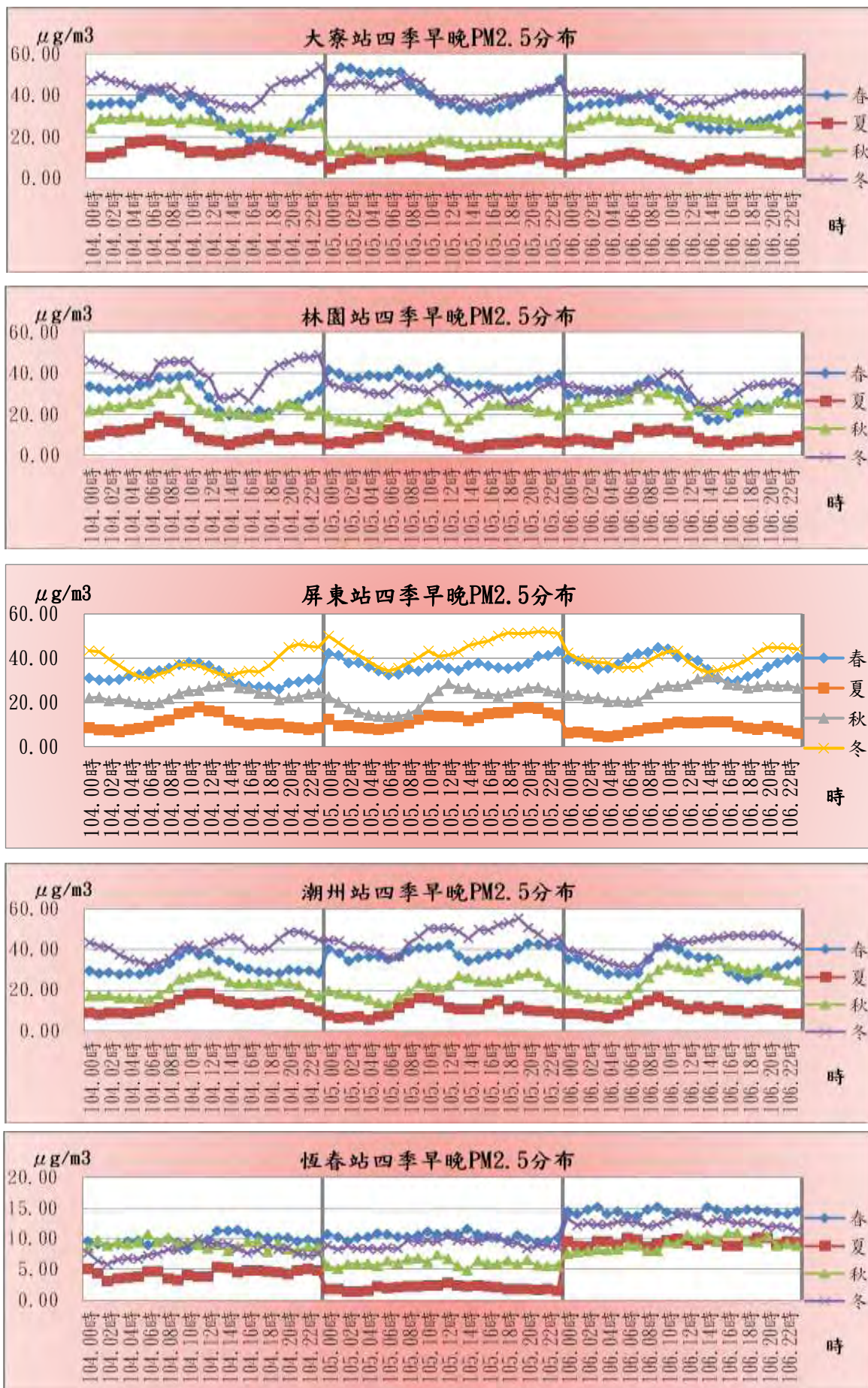


圖三：五個監測站三年來每個月PM2.5的變化情形

【結果與討論】：

1. 由上圖可知，五個測站的PM2.5值大致都成**春冬多，夏秋少**的趨勢。
2. 11~3月PM2.5都是**中度污染等級**，其中12、1月最嚴重。4~10月PM2.5都是**低污染等級**，在6月時的PM2.5值最少，是最適合從事戶外活動的月份。
3. 恆春鎮的PM2.5值變化不大，但夏秋二季依然比春冬二季的PM2.5值還要少。
4. 4月開始下春雨、梅雨、接著吹西南季風和颱風直到10月，因此受到風向和雨量的影響，PM2.5量很低。11月東北季風增強，西南部進入沒雨期，高氣壓使得境內污染無法擴散，導致PM2.5的量居高不下。
5. PM2.5的量受季節的影響會隨月份有週期性的變化，而PM2.5一天內的變化是否也有週期性呢？我們將在下一個實驗作分析。

(三)實驗1-3: 比較五個監測站三年來四季中一天內PM2.5變化情形



圖四: 五個監測站三年來四季中一天內PM2.5變化情形

【結果與討論】：

這五個地區一天中PM2.5的變化很接近，春冬時，大約晚上到隔天12:00處於中度污染狀態，推測這與工業區排放污染物的時間及晚上吹海風(使污染物無法往海洋擴散)有關，各地嚴重的時間，大寮(3:00-7:00)和林園(5:00-9:00)比較早，潮州(9:00-11:00)和屏東(6:00~12:00)比較晚，推測林園、大寮靠近海邊，沒有高山遮蔽，污染源快到快走，屏東有山屏蔽，污染較晚到達，又離海較遠，污染擴散較慢，持續較久，難怪高雄的石化工業區大都設在海邊(污染容易擴散)。

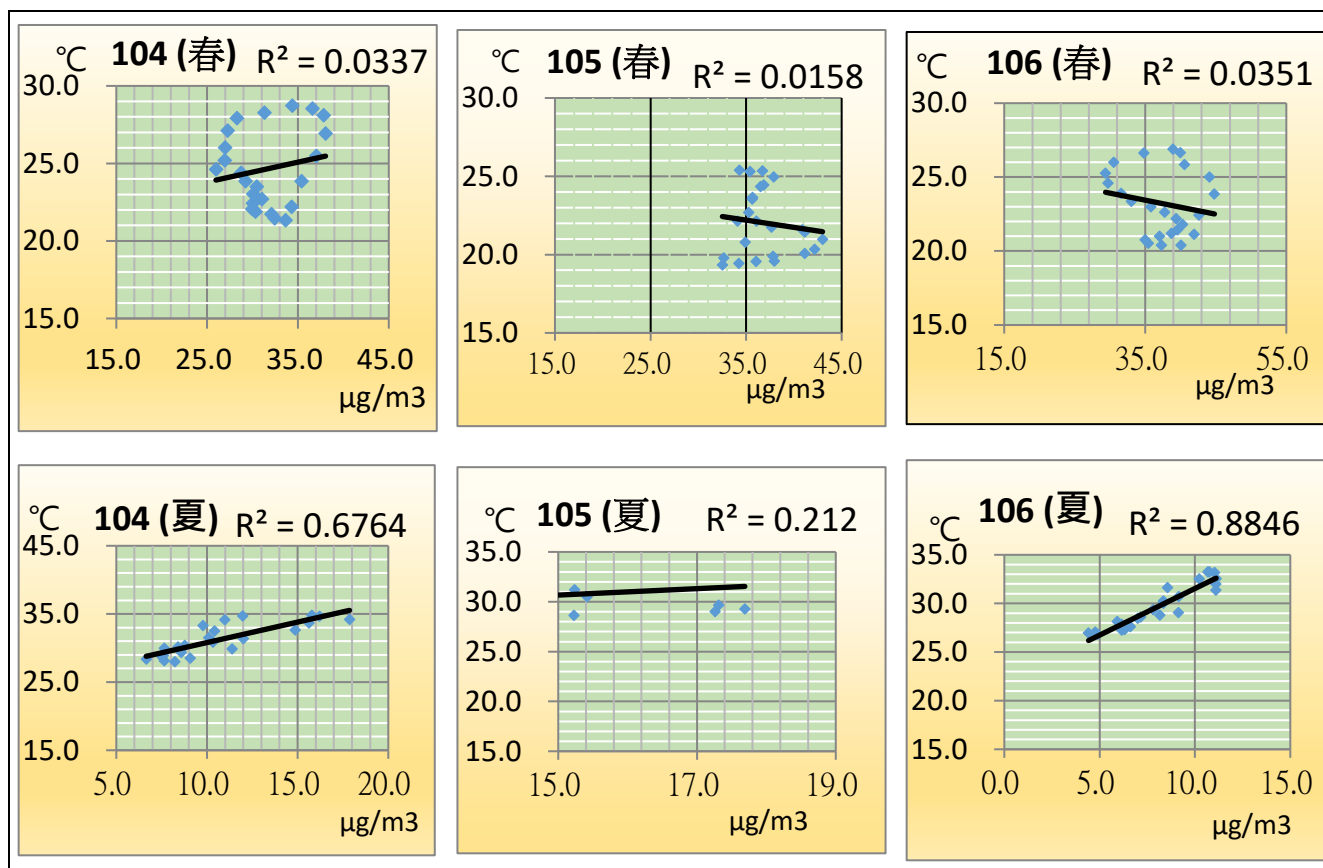
各地下午PM2.5較低，可能是陸風影響，將污染物吹向海洋，所以PM2.5就下降了。綜合以上分析，適合戶外活動的時間約在中午12:00~下午6:00。

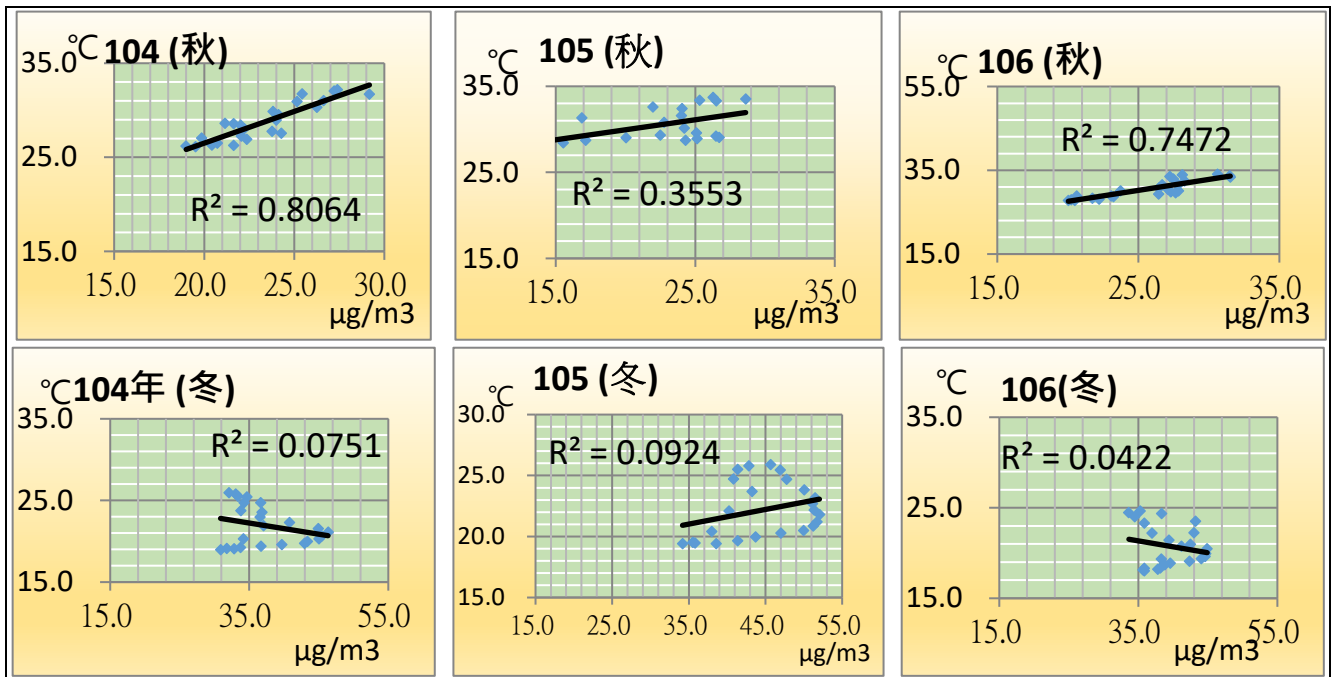
二、探討不同的天氣條件對屏東監測站PM2.5的影響

從第一個實驗的分析，發現PM2.5每月每天具有週期性的變化，可見PM2.5的量除了受氣候(季風、梅雨、颱風...)影響外，還可能受許多天氣因子(氣溫、風向、風速、雨量)的影響，我們分析各種天氣條件對五個測站PM2.5的影響，結果大同小異，於是我們以屏東市監測站為例，來呈現天氣條件對PM2.5的影響，以下是我們分析的結果：

(一). 實驗2-1: 探討溫度對PM2.5影響

我們知道溫度會影響分子的運動，所以溫度高是否PM2.5擴散快，比較不會累積，使PM2.5的量下降呢?我們以屏東市觀測站為例，分析三年來溫度的變化和PM2.5的關係，整理如圖五。





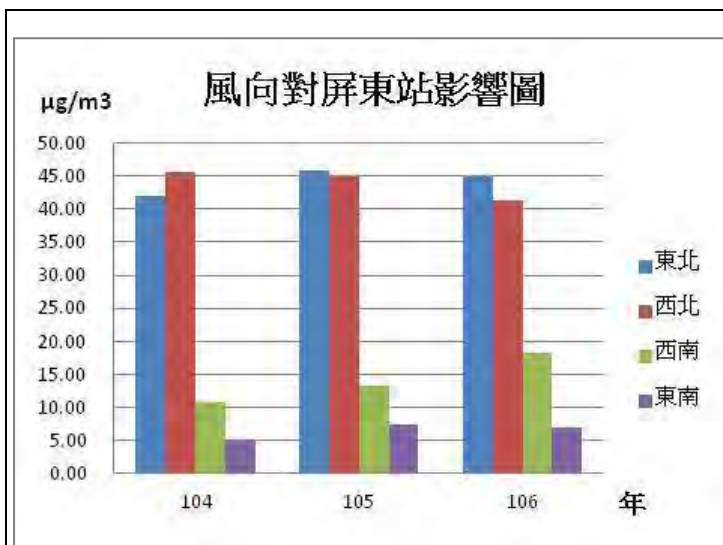
圖五：屏東監測站三年來PM2.5的變化和溫度的關係

【結果與討論】：

1. 由表三溫度和PM2.5的迴歸線性分析發現在屏東地區，春冬兩季溫度和PM2.5的相關性很低，但夏秋兩季溫度和PM2.5的相關性高。
2. PM2.5低的季節(夏秋)，其和溫度相關性高，溫度高，PM2.5也偏高；PM2.5高的季節(春冬)，其和溫度相關性低。
3. 推測溫度高時PM2.5的粒子運動速度較快，PM2.5較容易擴散，因此工業區的高污染容易影響到屏東地區的PM2.5。

(二). 實驗2-2: 探討風向對PM2.5影響

風向會帶來工業區的污染，而且有助於PM2.5的擴散，不同的風向屏東測站PM2.5的影響如何呢?請看下面圖六的分析：



圖六：屏東觀測站三年來風向的變化和PM2.5的關係

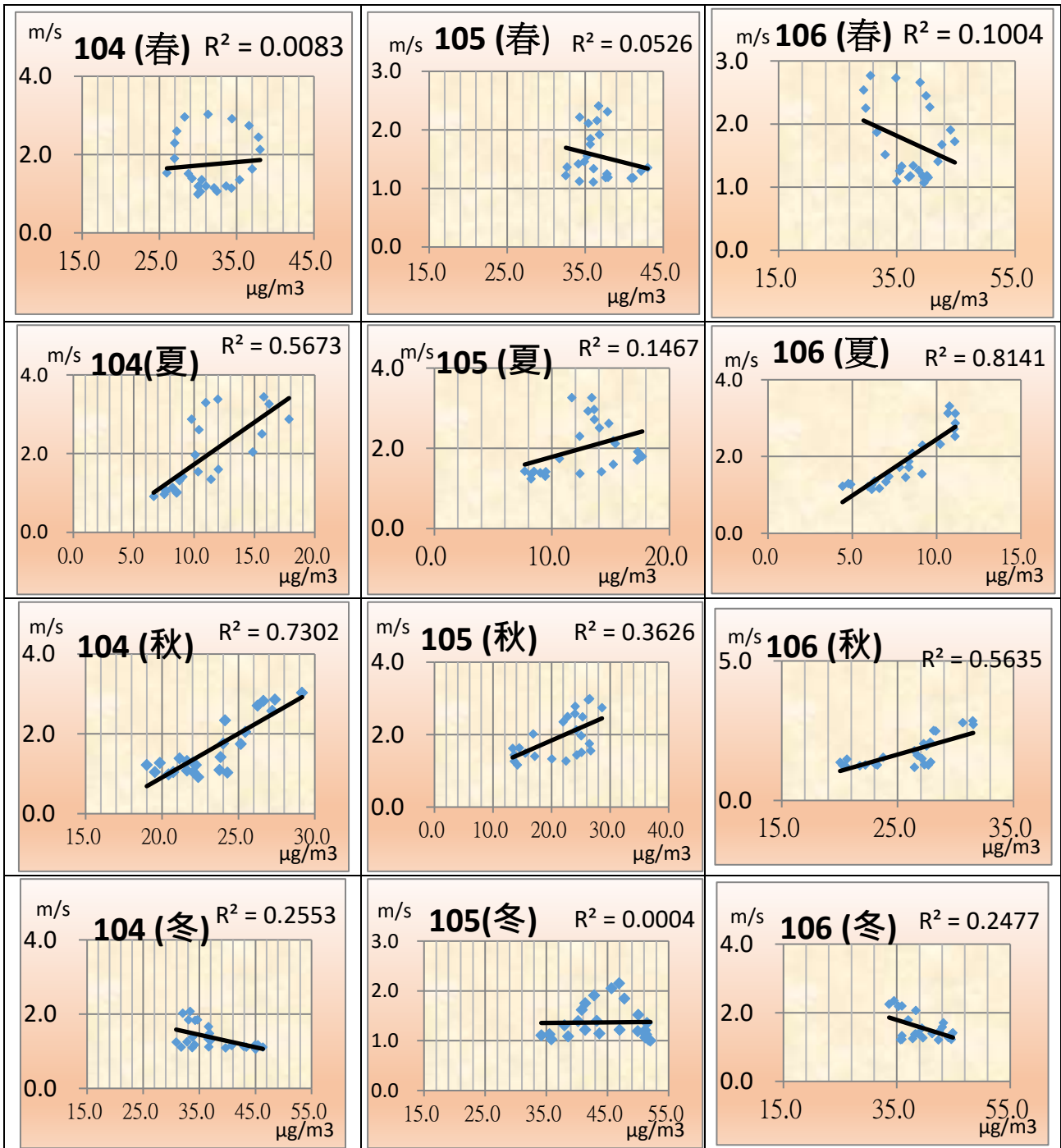
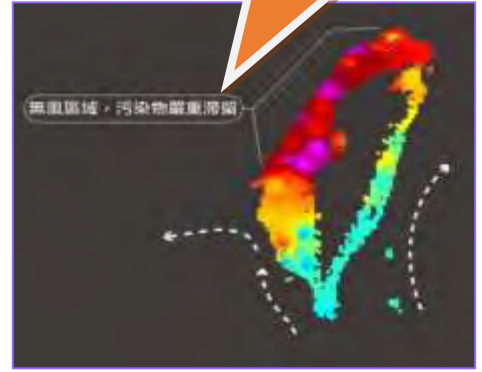
【結果與討論】：

1. 根據圖六得知，當風向從北方吹來時，PM2.5值較高；反之，當風從南方吹來時，PM2.5值則較低。
2. PM2.5由大到小的風向為：
東北>西北>西南>東南。
3. 東南風則從海上來又沒有經過石化工業區，所以東南風帶來的PM2.5較西南風少(西南方有高雄工業區)。
4. 屏東地區東北風受中央山脈的阻擋，境外污染雖少但工業區和焚化爐的污染也散不掉，因此PM2.5和西北風差不多，所以地形也是影響PM2.5的重要因子。

風速和 PM2.5 的關係

(三). 實驗2-3: 探討風速對PM2.5的影響

由右圖可發現風速可能影響PM2.5的滯留時間，也會影響PM2.5的擴散，那風速與PM2.5的關係又如何呢？我們仍以屏東測站為例，分析三年來風速與PM2.5的關係，結果如圖七：



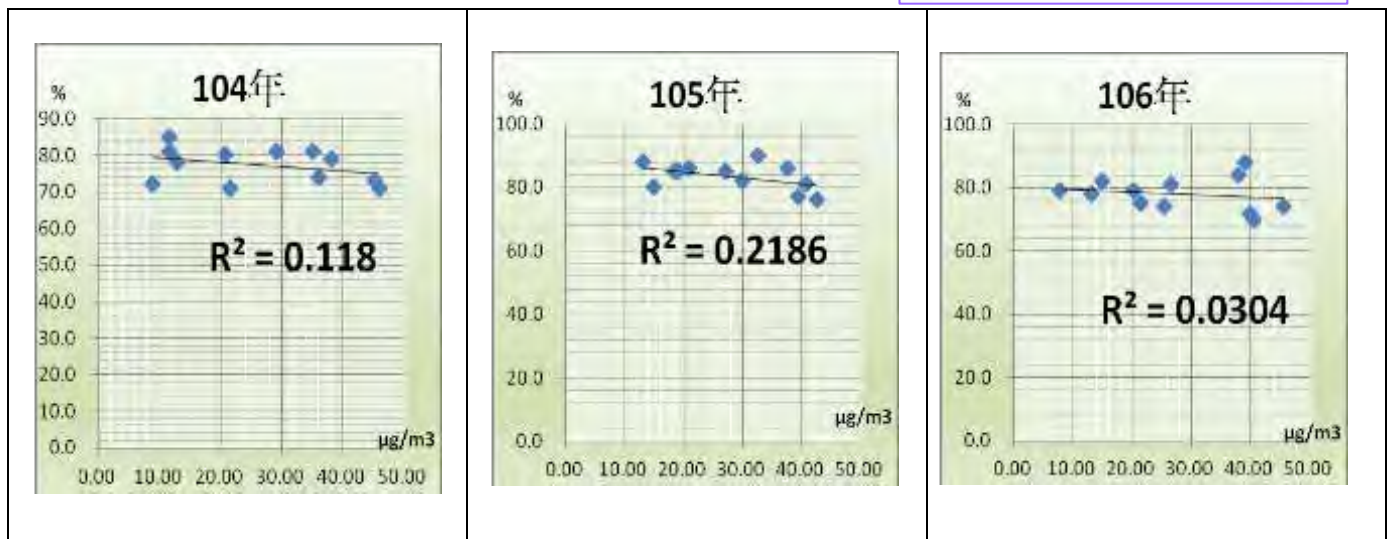
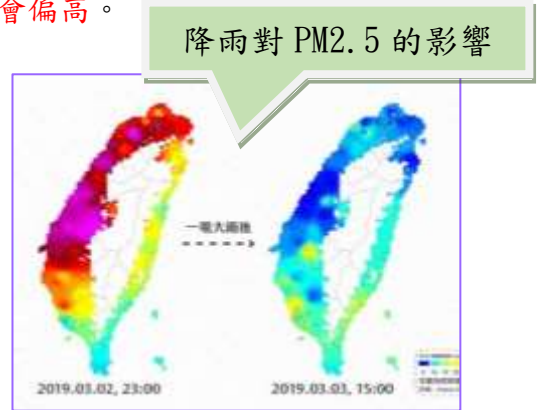
圖七：比較屏東監測站三年來PM2.5的變化和風速的關係

【結果與討論】：

1. 由圖七風速和PM2.5的迴歸線性分析發現在屏東地區，春冬兩季風速和PM2.5的相關性很低，但夏秋兩季風速和PM2.5的相關性高。
2. PM2.5低的季節(夏秋)，風速高，PM2.5也偏高；PM2.5高的季節(春冬)，PM2.5和風速相關性低。
3. 推測當風速快時，工業區及焚化爐的污染物配合風向容易隨著風移動到屏東地區，在加上中央山脈的阻擋，污染物無法擴散出去，因此PM2.5會偏高。

(四). 實驗2-4: 探討濕度對PM2.5的影響

灑水是用來減低空氣中的灰塵常用的方法，濕度大和下雨可能對PM2.5的影響較大，如右圖也發現一場大雨後PM2.5明顯下降很多，因此溼度和PM2.5的關係如何呢？以屏東測站為例，分析濕度與PM2.5的關係，結果如圖八：



圖八: 屏東測站三年來濕度的變化和PM2.5的關係

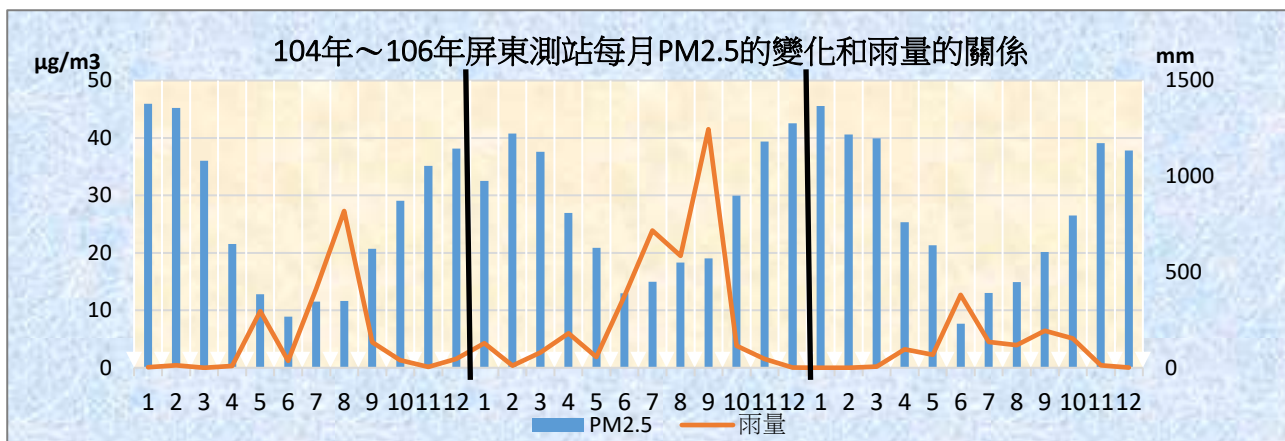
【結果與討論】：

1. 由圖八可知在屏東地區，濕度對PM2.5的變化影響不大。
2. 我們分析發現濕度的變化和PM2.5的關係不明顯，那是否有其他降水因素影響PM2.5呢？因此我們做了第三個實驗分析雨量、降雨天數對PM2.5的影響。

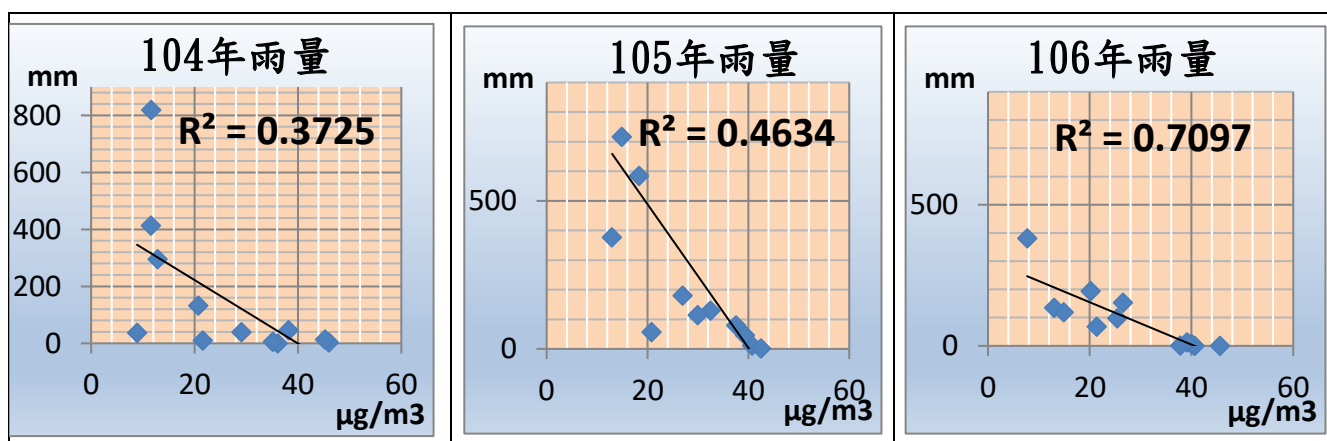
三、探討屏東監測站雨量、降雨天數和PM2.5的關係

雨量、降雨天數對PM2.5的影響隨地點的變動不大，所以我們仍以屏東市為例來分析這三年來它們的關係。

(一). 實驗3-1: 比較屏東測站每月PM2.5的變化和雨量的關係



圖九：104~106屏東測站每月PM2.5和雨量的變化關係

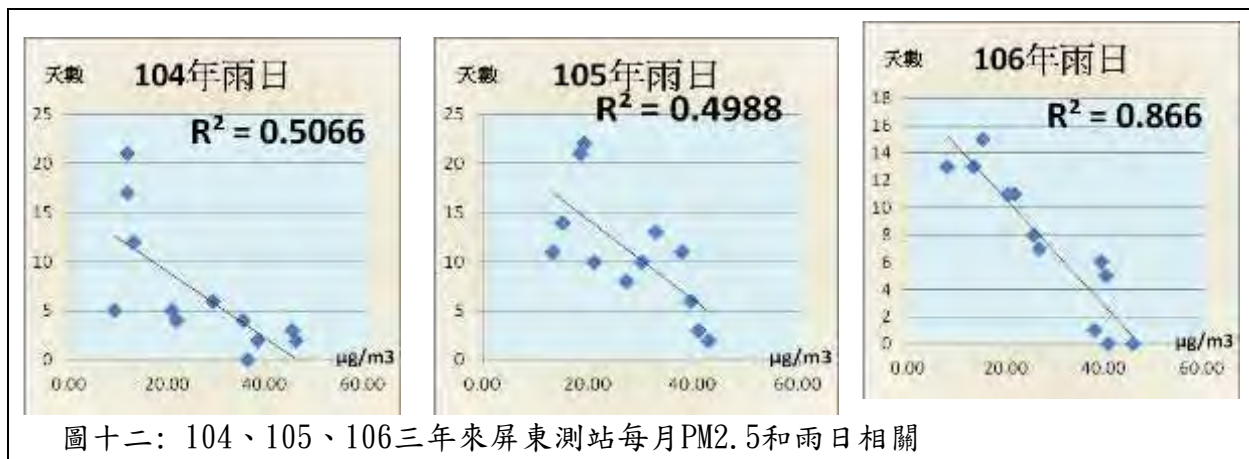


圖十：104、105、106三年來屏東測站每月PM2.5和雨量的變化關係

(二). 實驗3-2: 比較屏東測站每月PM2.5的變化和降雨天數的關係



圖十一：104~106屏東測站每月PM2.5和雨量的變化關係



圖十二：104、105、106三年來屏東測站每月PM2.5和雨日相關

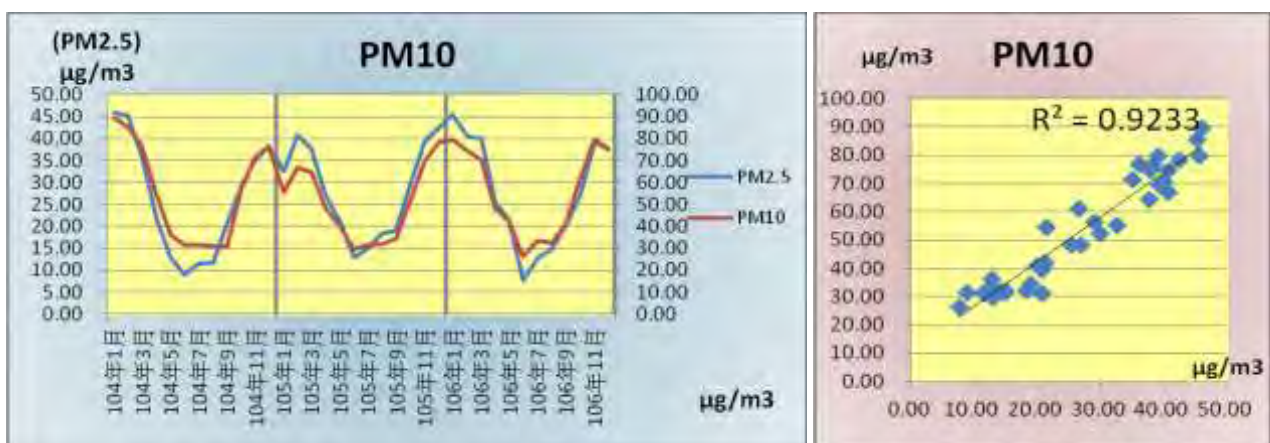
【結果與討論】

1. 由圖九發現雨量多時(10月到隔年四月)，PM2.5是低的；雨量少時，PM2.5則較高，做雨量和PM2.5的迴歸分析(圖十)，兩者之間的變化有相反的趨勢，尤其是106年最明顯。
2. 由圖十一發現106年1月~2月沒有降雨，PM2.5是三年來最高，降雨天數較多的7~9月，PM2.5是低的；做降雨天數和PM2.5的迴歸分析(圖十二)，兩者之間的變化也有相反的趨勢，也是106年最明顯。
3. 將雨量和降雨天數進行比較，發現降雨天數比雨量對PM2.5影響更大。推測降雨天數的分布比降雨量的多寡更能影響PM2.5的降解情形。
4. 我們都知道下雨空氣品質會變好，影響的因子有濕度、雨量和降雨天數，數據分析發現濕度對PM2.5影響最小，雨量和雨日都有降解PM2.5的作用，雨日降解效果比雨量大一些。

四、探討PM2.5和其他空氣污染源的關係

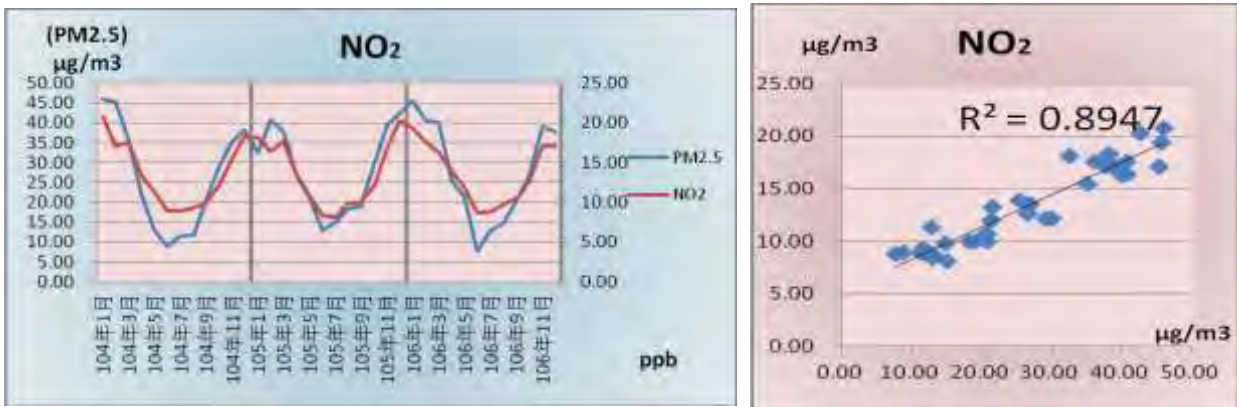
影響空氣品質的因子有許多，如PM10、NO₂、NO_x、CO...等，我們想分析其它空氣污染物是否和PM2.5有關係?希望藉由PM2.5來推測其他污染物的濃度，我們以屏東市為例來分析這三年來它們的關係。

(一). 實驗4-1: 比較屏東監測站每月PM2.5的變化和PM10的關係



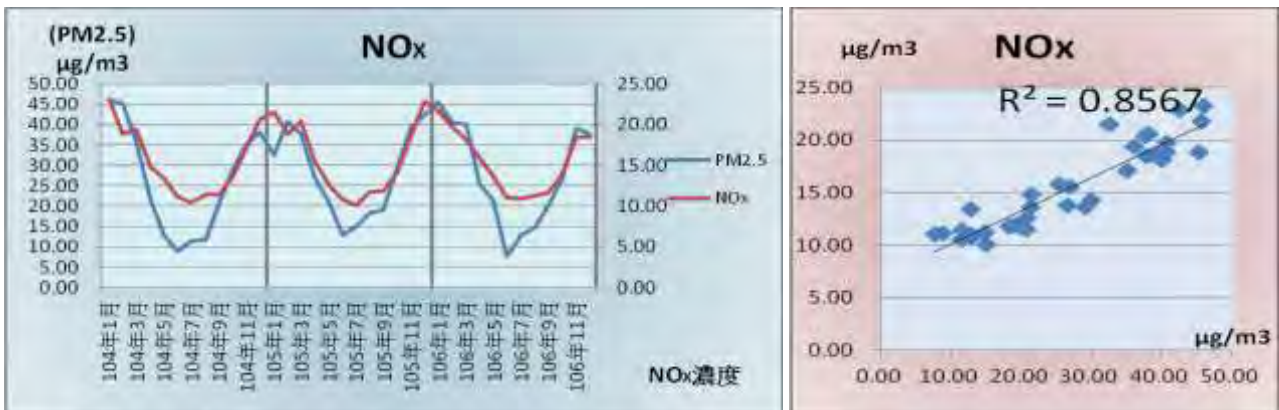
圖十三：104~106屏東測站每月PM2.5和PM10的變化曲線(左圖)和迴歸關係圖(右圖)

(二). 實驗4-2: 比較屏東監測站每月PM2.5的變化和NO₂的關係



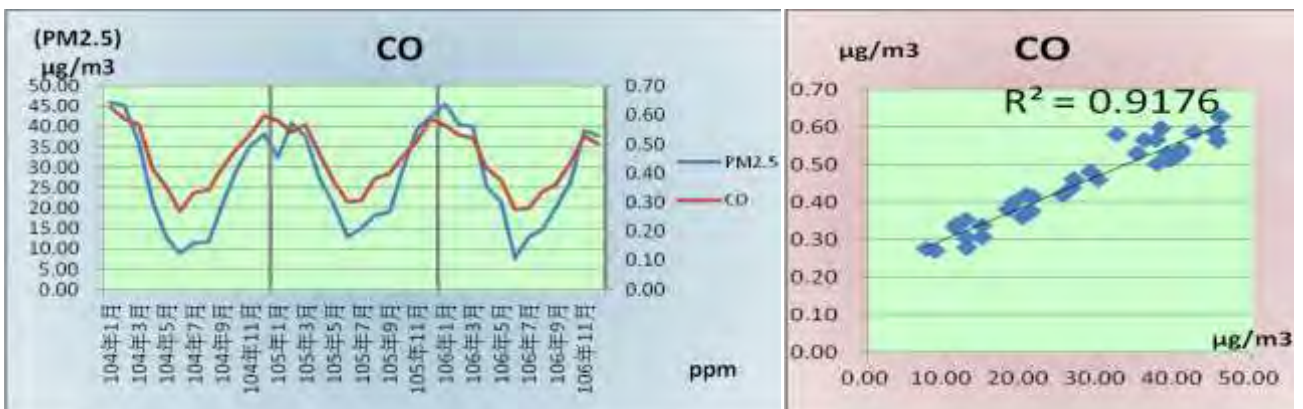
圖十四：104~106屏東測站每月PM2.5和NO₂變化曲線(左圖)和迴歸關係圖(右圖)

(三). 實驗4-3: 比較屏東監測站每月PM2.5的變化和NO_x的關係



圖十五：104~106屏東測站每月PM2.5和NO_x變化曲線(左圖)和迴歸關係圖(右圖)

(四). 實驗4-4: 比較屏東測站每月PM2.5的變化和CO關係



圖十六：104~106屏東測站每月PM2.5和CO相關變化曲線(左圖)和迴歸關係圖(右圖)

【結果與討論】

1. 分析PM2.5和PM10(圖十三)、NO₂(圖十四)、NO_x(圖十五)、CO(圖十六)的關係發現他們變化趨勢很一致，做迴歸進行比較，發現四者與PM2.5的相關性很高。
2. 根據實驗結果，可參考PM2.5的高低來推測其他污染物(PM10、NO₂、NO_x、CO)的濃度，可以提早作防範。

五、探討校園內PM2.5在不同的時間、地點和天氣的差異

校園是同學們活動的主要場所，一天約有10小時在學校，學校PM2.5的變化情形是很需要注意的，於是我們比較了不同的地點、時間和天氣對PM2.5濃度的影響。

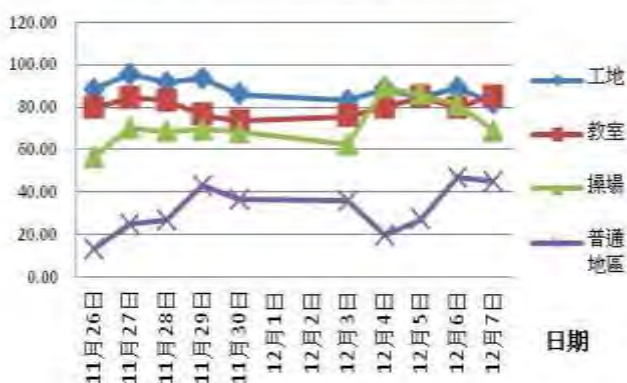
(一)實驗5-1：比較校園內不同地點PM2.5的差異

學校這段時間正好在進行磁磚的防震修復工程，經常看到灰塵飛揚的情形，除了噪音外，PM2.5的增加量更是我們所想要了解的，於是我們選了工地、教室和操場來做PM2.5的比較，結果如下：

表三：校園不同地區PM2.5量的比較(單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

日期	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/03	12/04	12/05	12/06	12/07
工地	88.57	95.43	91.43	93.71	86.14	83.29	88.71	84.29	89.14	82.00
教室	79.60	84.40	83.10	76.40	73.40	75.70	79.90	84.90	79.90	85.30
操場	56.73	70.29	68.54	69.61	68.07	62.33	89.29	86.14	81.43	68.86
觀測站	13.08	24.88	26.96	43.04	36.71	36.00	19.76	27.04	46.63	45.00

校園內不同地區比較表(日期)



圖十七：校園不同地區PM2.5量的比較

【結果與討論】：

1. 由表三及圖十七發現校園內各個地方的PM2.5值皆比觀測站高，可見校園內學生活動時，會增加PM2.5的量。
2. PM2.5值的大小：**工地**>教室>操場>觀測站。
3. 在教室擦黑板時，PM2.5會增加；工地在進行磁磚維修作業，常會揚起許多灰塵，導致PM2.5的增加；操場雖有學生運動，但學校會定時澆水，加上草地和樹木的降解作用，所以是學校PM2.5較低的區域。
4. 建議同學下課時間應離開教室走一走，而且不要靠近工地。

(二)實驗5-2: 比較校園內不同地點一天中PM2.5變化情形

在一天之中，校園內PM2.5的變化情形又如何呢?觀測結果如下表:

表四:校園不同地區一天中PM2.5量的比較表(單位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

節數	1	2	3	4	5	6	7
工地	82.10	86.60	94.10	89.30	94.10	92.50	79.20
教室	79.80	67.30	85.30	88.60	78.00	79.70	83.10
操場	64.04	63.76	79.85	85.14	74.60	67.49	70.02
觀測站	30.10	28.00	33.30	37.70	38.40	37.44	38.33



圖十八:校園不同地區一天中PM2.5量的變化情形

【結果與討論】:

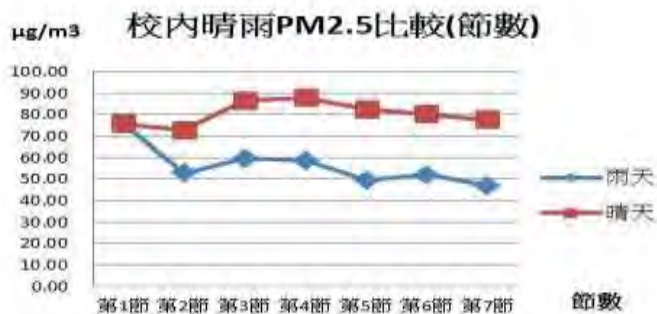
1. 由表四和圖十八發現教室和操場在第一節(剛打掃完)及第四節下課(吃完飯的打掃時間)的PM2.5最高，可見打掃是增加校園PM2.5很重要的因素。
2. 第三節下課PM2.5開始增加，可能是抬便當的集體擾動所造成。
3. 工地的PM2.5值在中午和第七節下課時最低，則是因為休息停工的緣故。

(三)實驗5-3: 比較校園內晴天、雨天的PM2.5差異

由氣象資料分析得知雨量可以有效降解PM2.5的量，於是我們測量晴天和雨天時，校園的PM2.5的變化情形，結果如下表:

表五:校園在晴天和雨天時一天中PM2.5變化量的比較表(單位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	第1節	第2節	第3節	第4節	第5節	第6節	第7節
雨天	75.50	52.50	59.33	58.33	49.33	51.67	46.67
晴天	75.31	72.55	86.42	87.68	82.23	79.90	77.44



圖十九:校園在晴天和雨天時一天中PM2.5變化情形

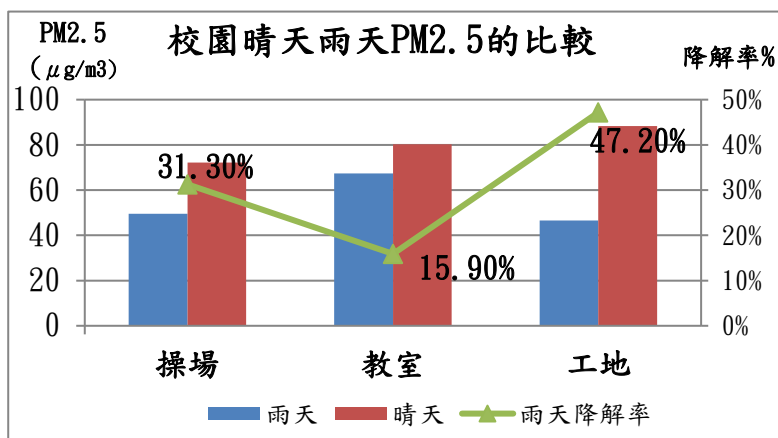
【結果與討論】:

1. 根據表五及圖十九可以發現，晴天的PM2.5明顯比雨天的PM2.5高。
2. PM2.5最高的時候都是出現在第三節~第四節。
3. 雨天時上午的PM2.5比下午高，這與屏東觀測站測到每天PM2.5的變化類似。所以在校園內PM2.5的變化也會受大環境的影響。

在校園三個地點也都是雨天的PM2.5比較低(如下圖表)，即使是教室，雖然在室內，可能因雨量造成濕度大的關係，PM2.5的量也低很多。

表六：校園在晴天和雨天PM2.5的比較表
(單位：μg/m3)

	操場	教室	工地
雨天	49.57	67.43	46.60
晴天	72.13	80.26	88.27
雨天降解率(%)	31.3%	15.9%	47.2%



圖二十：校園在雨天時PM2.5降解情形

【結果與討論】：

1. 根據表六及圖二十可以發現，三個地點都是雨天的PM2.5明顯比晴天的PM2.5低。
2. 雨天時操場降31.3%，教室降15.9%，工地降47.2%，下雨對PM2.5的降解非常明顯，尤其是工地，所以校園經常灑水可以有效降低PM2.5的濃度。
3. 晴天時，工地的PM2.5最高；雨天時，教室的PM2.5最多，可能是擦黑板造成的，所以改善粉筆或板擦的品質在避免吸入過多的PM2.5上是很重要的。

六、探討特殊地點PM2.5高低和距離對PM2.5的影響

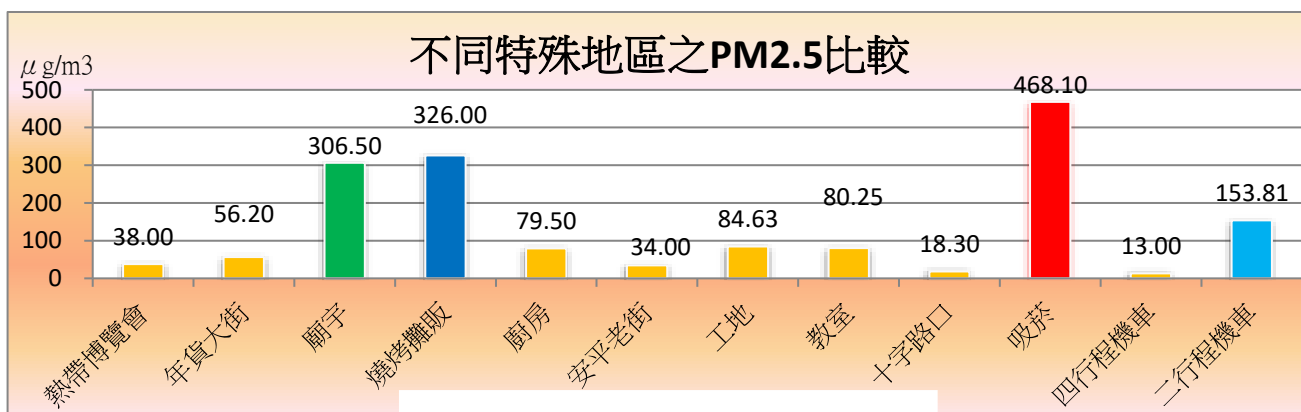
日常生活中我們常接觸的地點，其PM2.5的濃度又如何呢？距離污染源幾公尺才能有效降低PM2.5，減緩其對身體健康的影響？

(一). 實驗6-1: 探討各種特定地點PM2.5的高低

選定人潮較多或可能製造比較多PM2.5的地點十個及兩種機車，測量其PM2.5的值及產生PM2.5的量，結果如下表：

表七：各種特定地點及兩種機車PM2.5的量 (單位：μg/m3)

地區	熱帶博覽會	年貨大街	廟宇	燒烤攤販	廚房	安平老街	工地	教室	十字路口	吸菸區域	四行程機車	二行程機車
PM2.5	38.00	56.20	306.5	326.0	79.5	34.00	84.63	80.25	18.30	468.1	13.00	153.8



圖二十一：各種特定地點PM2.5的量

【結果與討論】

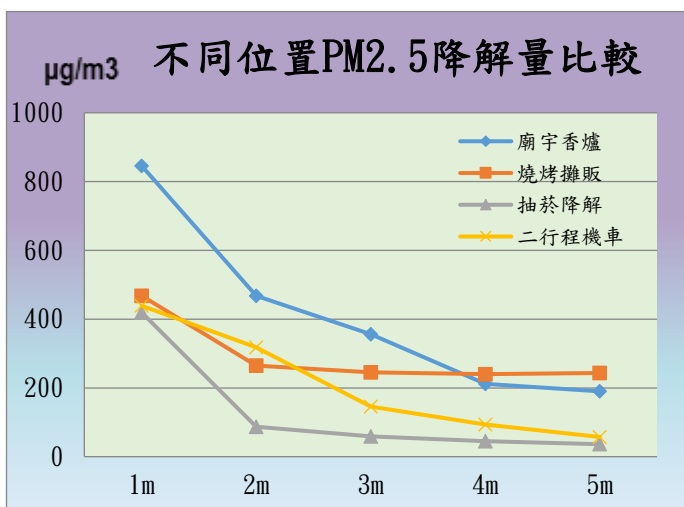
1. 由表七和圖二十一得知，吸菸區域附近的PM2.5值是最高的，四行程機車的PM2.5值則是最低的。
2. PM2.5的數值由多到少為：**吸菸區域**>**燒烤攤販**>廟宇>二行程機車>工地>教室>廚房>年貨大街>熱帶博覽會>老街>**十字路口**>**四行程機車**。
3. 不斷產生汙染源的地方PM2.5都特別高，燒烤不斷的燒炭、廟宇不斷的燒香、廚房不斷的烹調，都屬於重度汙染區，人潮多的地方PM2.5也會增加許多，如年貨大街。
4. 測量發現二手菸及二行程機車的PM2.5都很高，所以公共場所禁菸及淘汰二行程機車的政策，希望政府能徹底執行。繁忙的十字路口PM2.5沒有預測來的高，反而很低，這可能歸功要歸功於二行程機車的減少及每年固定的車量排氣檢查有關，所以好的政策可以改善環境，保障人民的健康。

(二). 實驗6-2: 比較離汙染源不同距離PM2.5的差異

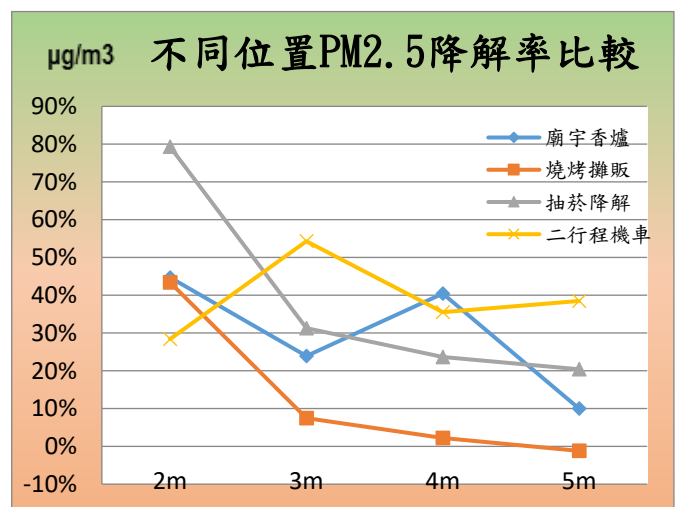
由上面的實驗發現**廟宇的香爐、燒烤攤販、抽菸的位置、二行程機車**PM2.5最多，那要離這些地方多遠才不會受到PM2.5的影響呢?以下是我們測試的結果:

【表八】距離對PM2.5降解率的影響(單位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

距離	廟宇香爐		燒烤攤販		抽菸降解		二行程機車	
	PM2.5 值	降解率	PM2.5 值	降解率	PM2.5 值	降解率	PM2.5 值	降解率
1m	846		468		419.33		439	
2m	468	44.70%	265	43.40%	86.75	79.30%	318.25	28.40%
3m	356	23.90%	245	7.50%	59.3	31.30%	145.75	54.30%
4m	212	40.40%	240	2.20%	45.33	23.70%	93.5	35.50%
5m	190	10.00%	243	-1.20%	36.25	20.40%	57.25	38.50%



圖二十二: 各種特定地點 PM2.5 的降解量



圖二十三: 各種特定地點 PM2.5 的降解率

【結果與討論】：

1. 由表八和圖二十二發現 PM2.5 降解的速度在 1m 到 2m 間最快，離香爐和燒烤攤販 2m 處，降解率將近一半（44.7%和 43.4%），抽菸區則接近 80%(圖二十三)。
2. 離開香爐超過 4 公尺、燒烤攤販 2 公尺、抽菸區 2 公尺、二行程機車 4 公尺，可將 PM2.5 的影響降低到一定程度。

七、探討植物的枝條和噴水情形對降低PM2.5的效果

曾經在報章雜誌中看過，植物能夠有效降解PM2.5，但並不是每個人都擅長園藝，因此我們想探討枯枝是否也能有效降解PM2.5呢？我們運用竹筷子模擬枯枝進行實驗。

（一）實驗7-1：比較植物枝條的數目降低PM2.5的效果

許多實驗都證實植物有降低PM2.5的作用，但枝條的數目會不會對PM2.5降解效果有影響呢？我們用竹筷子模擬樹枝製作兩種不同枝條數目的樹枝，比較其降解PM2.5的效果，結果如下：

【結果與討論】：

1. 由圖二十四得知，相同走向的枝條對PM2.5值的影響會因為枝條分枝數目而有差異。
2. 枝條分枝多的降解PM2.5的效果較佳，枝條分枝少的效果較差。



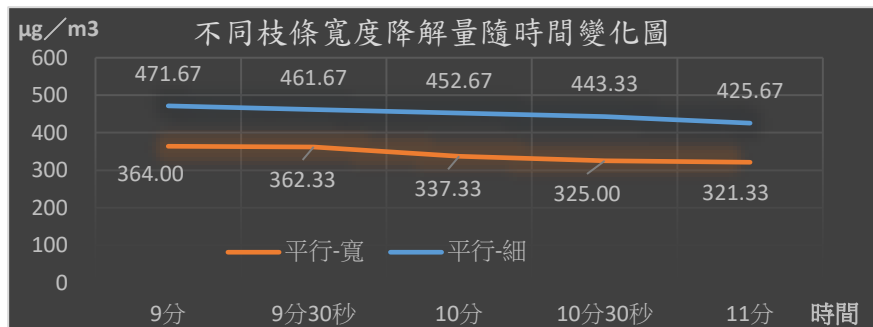
【圖二十四】不同枝條分枝數目降解程度比較

（二）實驗7-2：比較植物枝條平行走向的寬度降低PM2.5的效果

由實驗7-1發現枝條數多，降解PM2.5的效果較好，那枝條的形狀是圓形或扁平會影響其降解效果嗎？結果如下：

【結果與討論】：

1. 由圖二十五得知，相同走向的枝條對PM2.5值的影響會因為枝條寬度而有所差異。
2. 枝條寬的效果較佳(下降較快)，枝條細的效果較差(下降較慢)。



【圖二十五】不同枝條寬度降解程度比較

(三)實驗7-3:比較植物枝條有無噴水降低PM2.5的效果

由前面實驗的分析，濕度是降解PM2.5的好方法，那噴濕後的枝條是否也會提高其降解效果呢?結果如下:

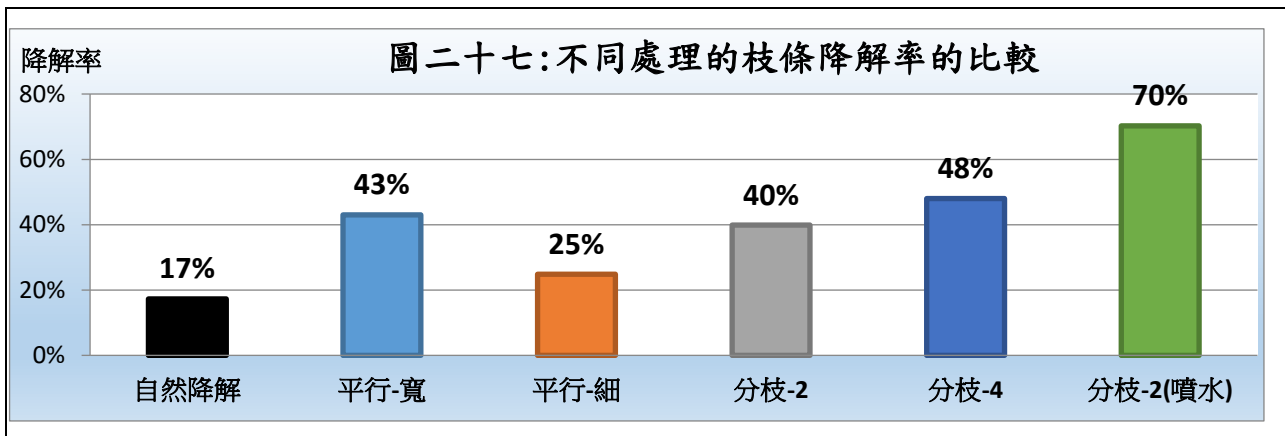
【結果與討論】：

1. 由圖二十六得知，相同走向及枝條數目的枝條對PM2.5值的影響會因為有無噴水而有所差異。
2. 枝條潮濕的效果較佳，枝條乾燥的效果較差。



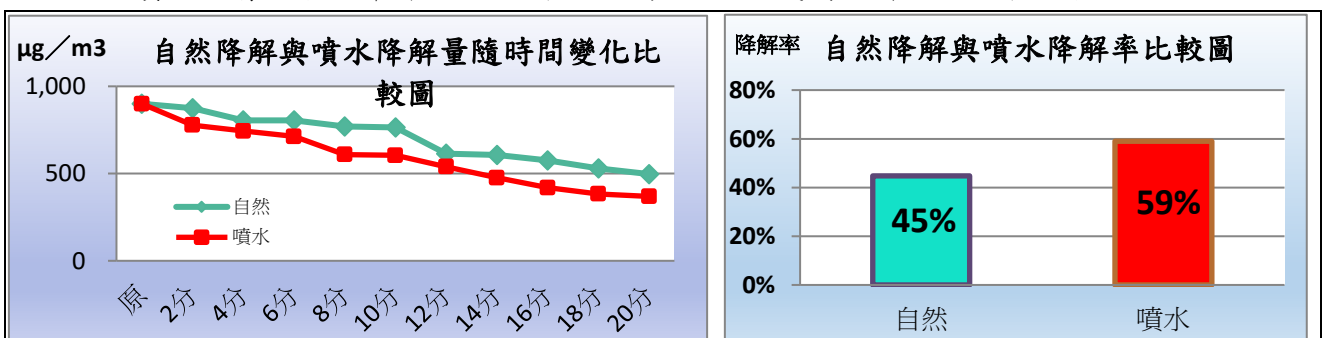
【圖二十六】相同枝條有無噴水降解程度比較

綜合以上三個實驗，將三種不同處理的樹枝對PM2.5的降解率整理如下圖二十七，發現樹枝分枝多、形狀寬扁和噴水可以有效的提高PM2.5的降解率(都比自然降解率高)，其中噴水的效果特別好，降解率可達70%，分枝-4達48%，平行-寬也有43%的降解效果。



(四)實驗7-4:比較相同空間(小)有無噴水降低PM2.5的效果

噴水經過上述實驗可以有效的降解PM2.5的量，那麼在沒有植物枝條的空間，只有噴水的情形下，降解PM2.5效果又如何呢?經過我們的研究，結果如下:



【圖二十八】相同空間(小)自然與噴水降解程度比較，左圖降解量，右圖降解率

【結果與討論】：

1. 由圖二十八得知，PM2.5的量會因為有無噴水而有所差異。
2. 噴水降低PM2.5的效果比乾燥的佳，**噴水降解率為59%，乾燥的降解率為45%**。
3. 建議在可以噴水的空間多噴水、不能噴水的地方可以種植植物並噴水在植物表面、在不適合種植物的地方也可擺一些弄濕的枝條，都可以幫助降解PM2.5的量。

(五). 實驗7-5: 比較教室空間(大)有無噴水降低PM2.5的效果

實驗7-4是在小盒子中進行，結果發現噴水降解PM2.5的效果很好，我們由實驗5-1的測量也發現教室的PM2.5很高，如果把空間放大成教室來做實驗，噴水是否也能有很好的降解PM2.5的效果呢?實驗結果如下:



圖二十九:教室中 PM2.5 在噴水和自然狀況下降解情形隨時間改變情形的比較



【圖三十】教室內自然與噴水降解程度比較，左圖降解量，右圖降解率

【結果與討論】：

1. 由圖二十九得知，噴水降解的速度比較快(曲線斜度大)，效果比自然降解好。
2. 由圖三十得知噴水降解的效果(降解量58.08)較自然降解(24.25)的效果好。**噴水的降解率為(20.16%)>自然降解的降解率(8.37%)**。
3. 因此建議教室在擦黑板時可噴一些水霧，來降低PM2.5的量。
4. 在大空間(教室)的降解率沒有小空間好，可能是噴水量和教室的空間大小的比例沒有達到最佳效果的黃金比例，因此多大的空間應噴多少水，希望將來有時間可以再做更多的實驗來找到答案。

陸、結論

一、探討104-106年鄰近屏東縣監測站PM2.5的變化情形

(一). 實驗1-1: 比較五個監測站三年來PM2.5逐年變化情形

- 三年平均PM2.5值比較由大到小為潮州>大寮>屏東>林園>恆春
- 屏東和潮州是農業區，空氣汙染的情況竟與大寮、林園等石化工業區差不多，有時還比較嚴重，而且三年來大寮及林園的PM2.5已有改善，尤其是林園，而潮州和屏東並無改善，可見屏東潮州地區的汙染源受風向和地形的影響，由高雄工業區及炭頂焚化爐吹入，很難擴散出去，造成空氣品質不佳。
- 恆春鎮的PM2.5值比起其他地區明顯少了很多，PM2.5的變化量也最大，推測恆春沒有工業區，高雄和屏北工業區的汙染源在秋末到春初時，受落山風、夏天的西南季風、颱風及雨量的影響，被吹散且未滯留於當地，所以空氣品質是南台灣中最好的。

(二). 實驗1-2: 比較五個監測站三年來PM2.5逐月變化情形

- 五個監測站大致上變化差不多，11~3月PM2.5為中度汙染等級，其中12、1月最嚴重。4~10月PM2.5是低汙染等級，其中6月的PM2.5最少，是最適合從事戶外活動的月份。
- 4月開始下春雨、梅雨、接著吹西南季風和颱風直到10月，因此受到風向、風速和雨量的影響，PM2.5量很低。11月東北季風增強，西南部進入沒雨期，高氣壓使得境內汙染無法擴散，導致PM2.5的量居高不下。
- PM2.5的量受季節的影響會隨月份有週期性的變化。

(三). 實驗1-3: 比較五個監測站三年來四季中一天內PM2.5變化情形

- 這五個地區一天中PM2.5的變化很接近，春冬時，大約晚上到隔天12:00處於中度汙染狀態，推測這與工業區排放汙染物的時間可能有關。
- 各地嚴重的時間，大寮(3:00-7:00)和林園(5:00-9:00)比較早，潮州(9:00-11:00)和屏東(6:00-12:00)比較晚，推測林園、大寮靠近海邊，沒有高山遮蔽，晚上吹陸風，所以汙染源會很快散去，屏東有山屏蔽，汙染較晚到達，又離海較遠，汙染擴散較慢，持續較久。綜合以上分析，適合戶外活動的時間約在中午12:00~下午6:00，而火力發電廠雖適合蓋在海邊，但應該考慮風向的因素，調整其運作時間，不要以鄰為禍。

二、探討不同的天氣條件對屏東監測站PM2.5的影響

- 溫度: 春冬兩季溫度和PM2.5的相關性很低，但夏秋兩季溫度和PM2.5的相關性高，也就是溫度高，PM2.5也偏高，溫度高時PM2.5的粒子運動速度較快，PM2.5較容易擴散，因此工業區的汙染源容易影響到屏東地區的PM2.5。

- **風向**:影響PM2.5的風向由大到小為：**東北>西北>西南>東南**，東北風從大陸來，帶來的PM2.5比從海上來的東南風高。屏東地區東北風受**中央山脈**的阻擋，影響和西北風差不多，到恆春地區，中央山脈擋不到東北風，所以恆春地區東北風的影響比西北風大很多。所以**地形**也是影響PM2.5的重要因子。
- **風速**:夏秋時，風速高，汙染物容易隨著風移動到屏東地區，PM2.5也偏高；春冬時風速和PM2.5相關性低。
- **濕度**:濕度對PM2.5的變化影響不大。

三、探討屏東監測站雨量、降雨天數和PM2.5的關係

- 雨量和降雨天數對PM2.5的影響較濕度來的大，雨量和降雨天數多的7、8月，PM2.5較低，雨量和降雨天數少的12-3月，PM2.5則較高。
- 降雨天數對PM2.5的影響較濕度和雨量來的大。

四、探討PM2.5和其他空氣汙染源的關係

- 將PM2.5和PM10、NO₂、NO_x、CO等汙染物進行濃度相關分析，發現PM2.5和這四種濃度的變化趨勢很接近。可用PM2.5的高低做參考，來判斷其他汙染物(PM10、NO₂、NO_x、CO)的濃度變化，所以PM2.5高的時候，其他汙染物也可能很高喔。

五、探討校園內PM2.5在不同的時間、地點和天氣的差異

- 校內不同地方PM2.5比較：**工地>教室>操場**。
- 工地在進行磁磚維修作業，常會揚起許多灰塵，導致PM2.5的增加；在教室擦黑板時，PM2.5會增加；操場雖有學生運動，但學校會定時澆水，加上草地和樹木的降解作用，所以是學校PM2.5較低的區域。
- 校內PM2.5平均較高的時間是**第4節(打掃)**和第3節(抬便當)，午睡時PM2.5最低。
- 晴天的PM2.5值明顯高於雨天。
- 晴天時，工地的PM2.5最高；雨天時，教室的PM2.5最多，可能是擦黑板造成的，所以**改善粉筆或板擦的品質在避免吸入過多的PM2.5上是很重要的**。

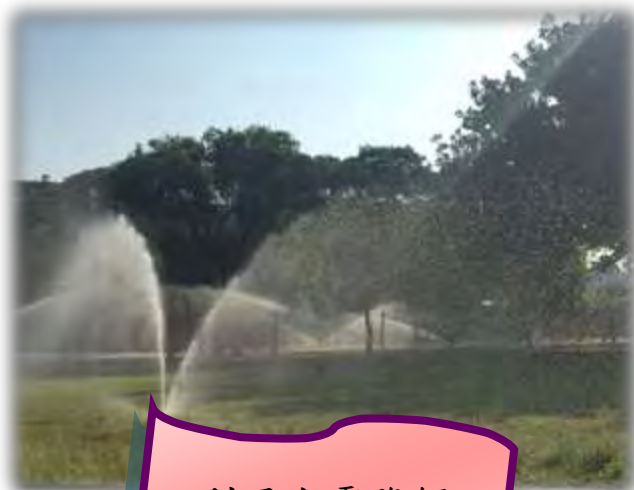
六、探討在特殊的地點PM2.5的差異以及距離對降低PM2.5的影響

- 吸菸區域附近的PM2.5值是最高的，四行程機車的PM2.5最低。
- PM2.5由多到少為：**吸菸區域>燒烤攤販>廟宇>二行程機車>工地>教室>廚房>年貨大街>熱帶博覽會>老街>十字路口 >四行程機車**。

- 不斷產生汙染源的地方PM2.5都特別高，燒烤不斷的燒炭、廟宇不斷的燒香、廚房不斷的烹調，都屬於重度汙染區，人潮多的地方PM2.5也會增加許多，如年貨大街。
- 二手菸及二行程機車製造的PM2.5都很高，所以公共場所禁菸及淘汰二行程機車的政策，需要被徹底執行。繁忙的十字路口PM2.5反而很低，這要歸功於二行程機車的減少及每年固定的車量排氣檢查，所以好的政策可以改善環境，保障人民的健康。
- PM2.5 降解的速度在 1m 到 2m 間最快，離香爐和燒烤攤販 2m 處，降解率將近一半 (44.7%和 43.4%)，抽菸區則接近 80%。
- 離開香爐超過 4 公尺、燒烤攤販 2 公尺、抽菸區 2 公尺、二行程機車 4 公尺，可將 PM2.5 的影響降低到一定程度。

七、探討植物的枝條和噴水情形對降低PM2.5的效果

- 樹枝分枝多、形狀寬扁和噴水可以有效的提高PM2.5的降解率，其中噴水的效果特別好，降解率可達70%，分枝-4達48%，平行-寬也有43%的降解效果。
- 小空間:噴水降解率為59%，乾燥的降解率為45%，建議在可以噴水的空間多噴水、不能噴水的地方可以種植植物並噴水在植物表面、在不適合種植物的地方也可擺一些弄濕的枝條，都可以幫助降解PM2.5的量。
- 教室:噴水降解的效果(降解量58.08)較自然降解(24.25)的效果好。噴水的降解率為(20.16%)>自然降解的降解率(8.37%)。
- 因此建議教室在擦黑板時可噴一些水霧，來降低PM2.5的量。



利用水霧降解



利用植物降解

柒、參考資料

1. 行政院環保署網站<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>。
2. 國中自然課本。翰林版。第二冊和第六冊。
3. 維基百科<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%AD%90>。
4. 【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>。
5. 什麼時段、什麼季節 PM2.5 濃度最高？2014-5-22。
<http://www.pm25.com/news/212.html>。
6. 中華民國第56屆中小學科展 煙煙一息 探討大氣穩定度與煙流及PM2.5擴散之關係。
7. 中華民國第57屆中小學科展中小學科展 隱形殺手-PM2.5。
8. 中華民國第58屆中小學科展 南投細懸浮微粒觀測及探討。

【評語】 030505

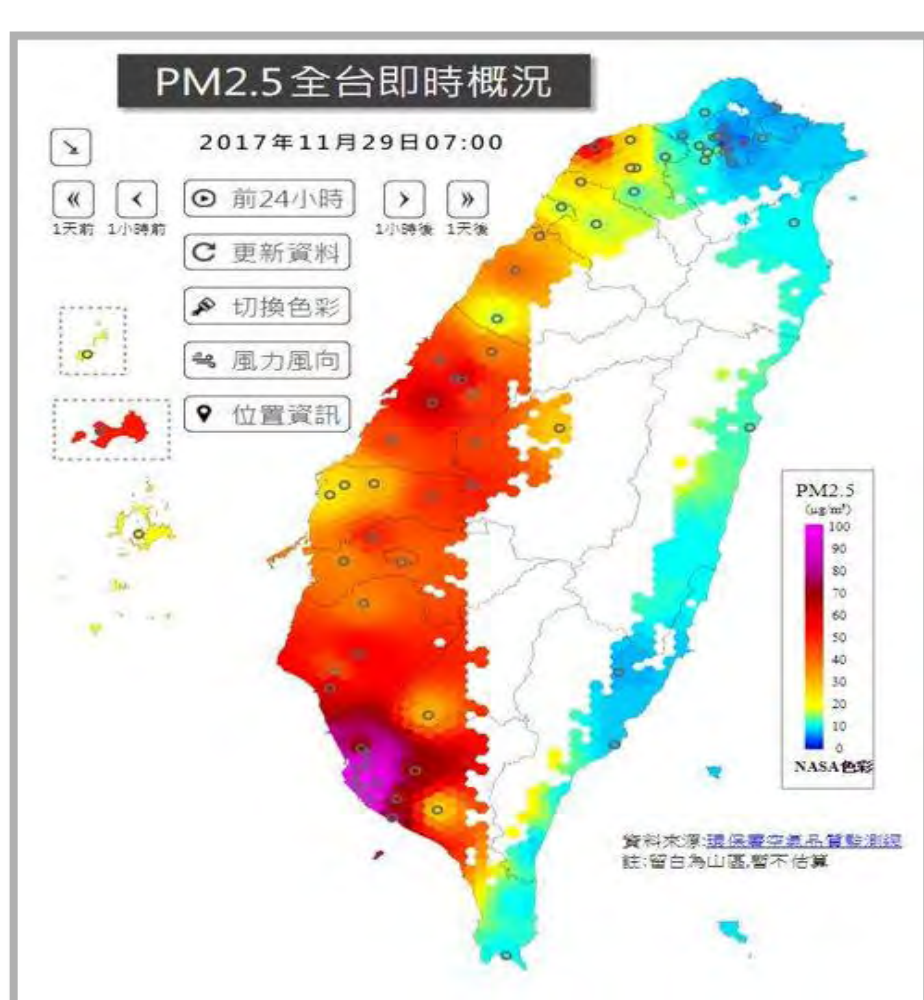
主題吸引人，能夠對所處環境進行觀察，思考問題，擬定研究題目。資料收集完整，通過分析氣象與空品資料，得出頗為具體的結果。對懸浮細微粒分布的季節變化以及其與其它污染物之關係有淺顯易懂的分析。圖表呈現方式還有改善空間，其它可能對本研究有影響因子，可以加強文獻參考資料收集並進行討論。

摘要

針對PM2.5的研究，我們透過氣象數據分析和實地測量及實驗，發現：

- 一、近三年PM2.5濃度，以潮州最高，恆春最低，工業區的大寮和林園並沒有比較高。
- 二、一年中，12-3月PM2.5較高，5-6月較低。
- 三、一天中，PM2.5在21:00到隔天12:00較高，12:00~18:00較低，適合戶外活動。
- 四、溫度和風速在夏秋時對PM2.5影響較明顯；吹東北風時PM2.5最高，東南風最低；雨量和降雨天數對PM2.5影響大，濕度影響小。
- 五、實際測量發現PM2.5超有的是吸菸區、燒烤區、香爐、二行程機車；校園內則是工地和打掃時間的PM2.5最多。
- 六、減少吸入PM2.5的有效方法是：選擇5-6月及下午從事戶外活動、拜拜時離香爐至少4公尺、離吸菸區和燒烤攤販至少2公尺、加速淘汰二行程機車、種植分枝多的植物和多噴水等。

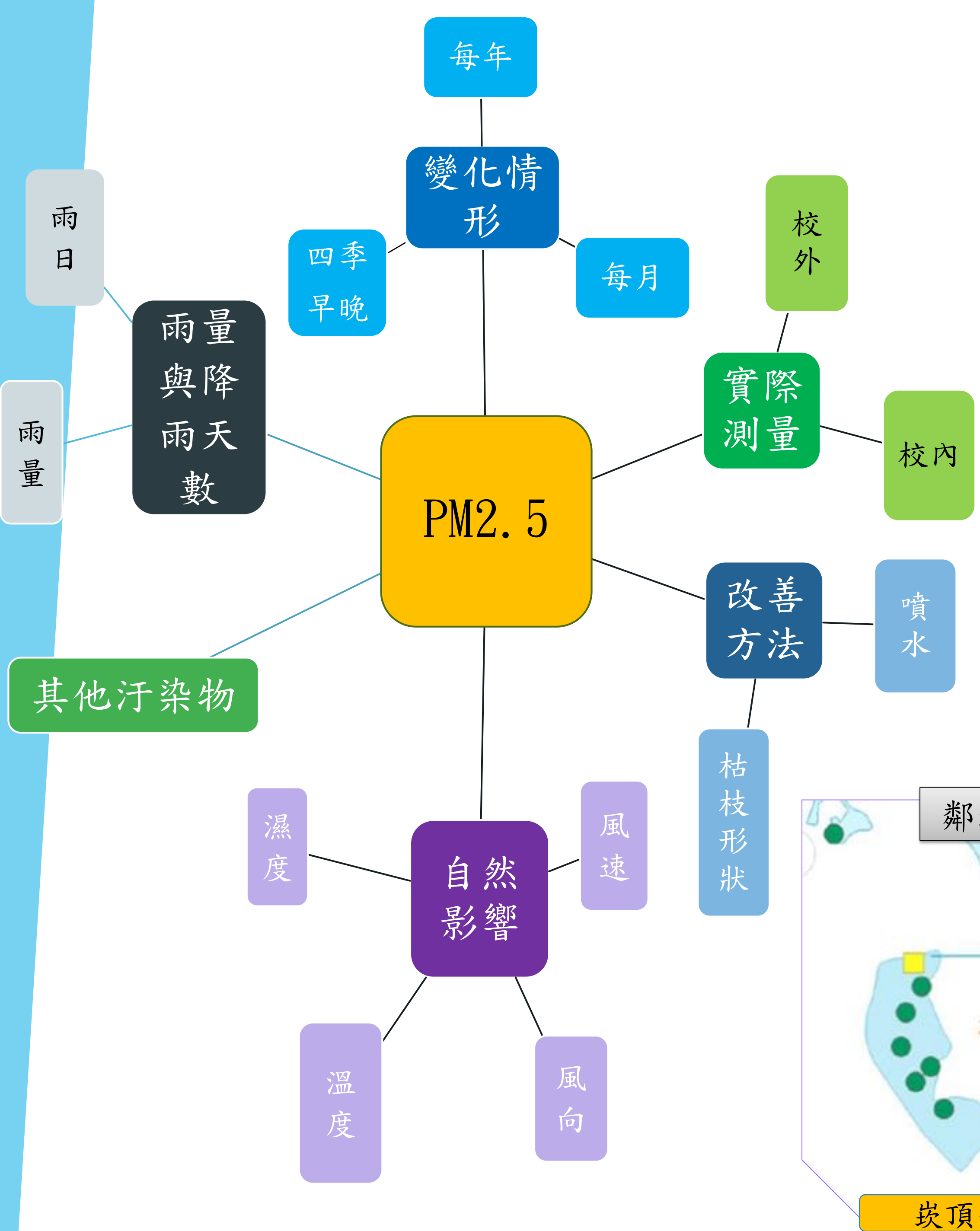
動機



出門前，先了解空氣品質狀況。



研究目的、過程及方法



研究器材

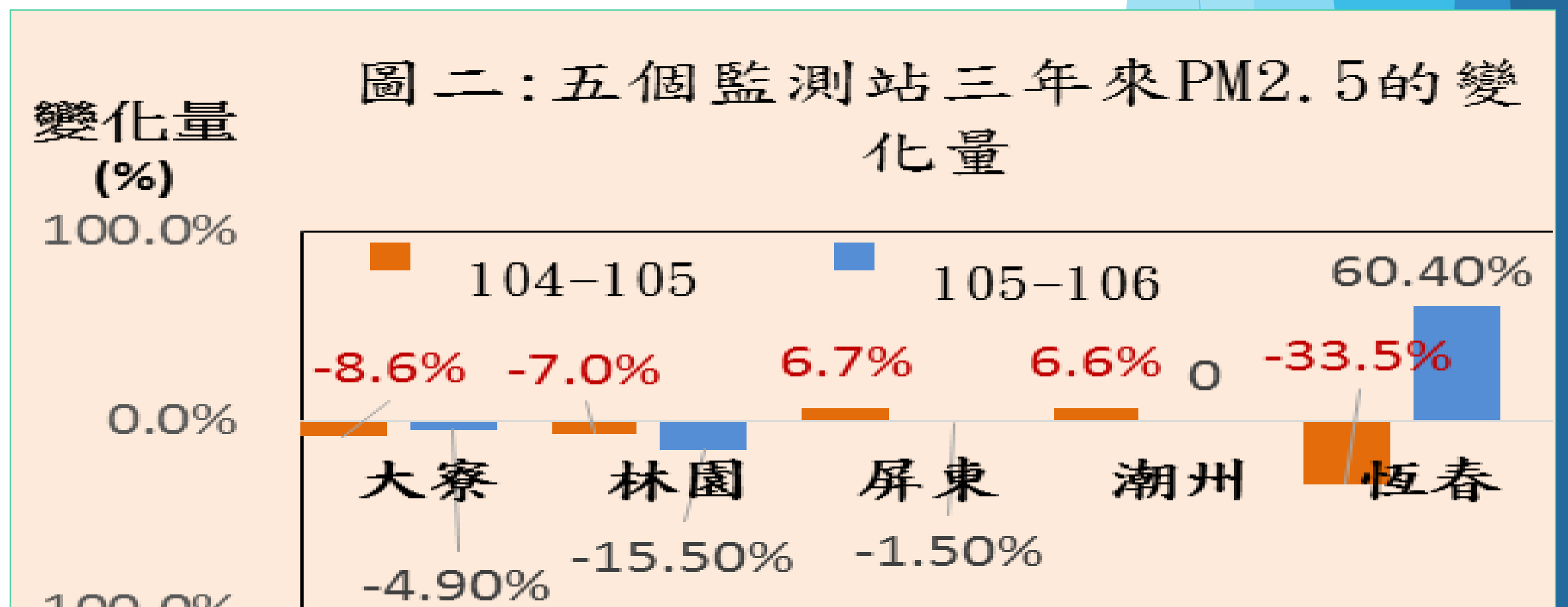
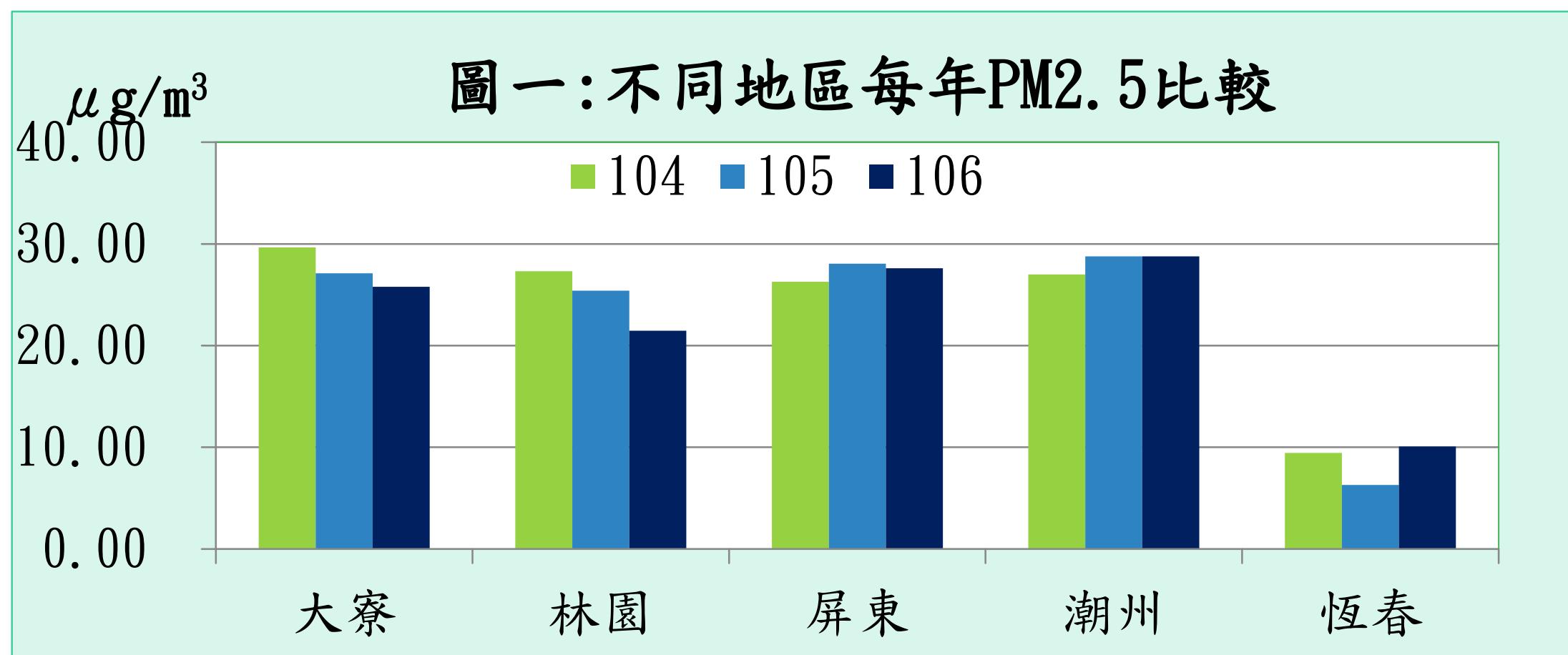
線香	打火機	噴水器	熱熔膠
塑膠盒	溫度計	溼度計	熱熔膠槍
保鮮膜	量筒	美工刀	計時器
樹枝(平行-細)	樹枝(平行-寬)	樹枝(分枝-4)	樹枝(分枝-2)



研究結果與討論

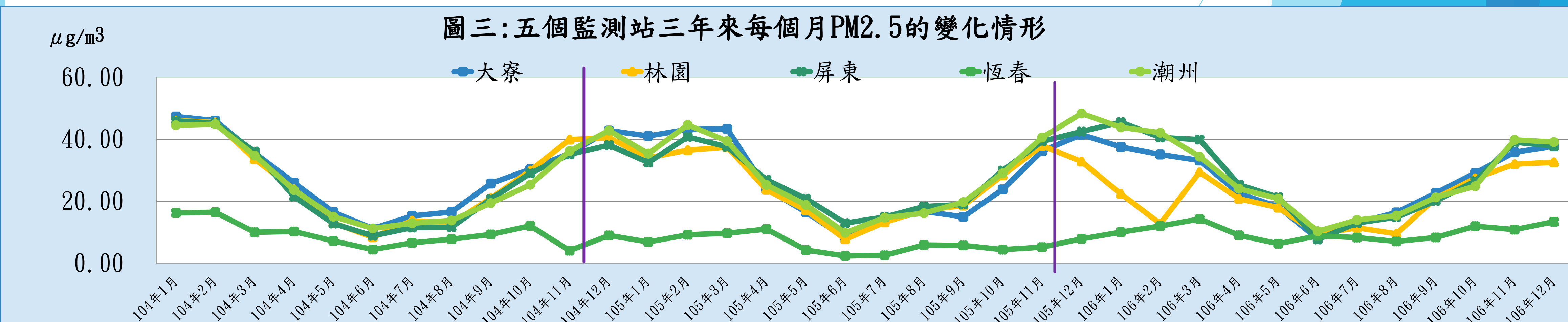
一、探討104-106年鄰近屏東縣監測站(大寮、林園、屏東、潮州、恆春)PM2.5的變化情形

* 實驗1-1: 比較五個監測站三年來PM2.5 逐年 變化情形



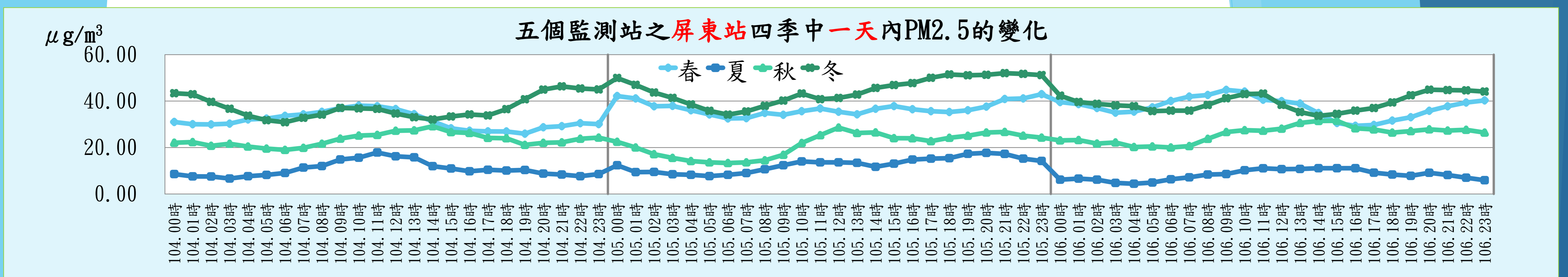
1. 五個監測站最近三年平均PM2.5值由大到小為潮州>大寮>屏東>林園>恆春(圖一)。
2. 屏東和潮州是農業區，長久以來空氣污染的情況竟與大寮、林園等石化工業區差不多，甚至有時還比較嚴重，可見影響空氣污染的因素除了工廠、焚化爐(右上圖)外，天氣因素的風向、雨量、風速、溫度也是重要的因子，所以我們將進行進一步的探討。
3. 由圖一、二得知，三年來大寮及林園的PM2.5有改善，尤其是林園，而潮州和屏東並無改善，推測屏東潮州地區的污染源受風向的影響，由高雄工業區及炭頂焚化爐吹入的成分很大。
4. 由圖一、二得知恆春鎮PM2.5值比起其他地區明顯少了很多，PM2.5的變化量最大，推測恆春沒有工業區，高雄和屏北工業區的污染源在秋末到春初時的落山風、夏天的西南季風、颱風及雨量的影響下，被吹散且未滯留於當地，所以空氣品質是南台灣中最好的。

* 實驗1-2: 比較五個監測站三年來PM2.5 逐月 變化情形



1. 由圖三可知，五個測站的PM2.5值大致都成冬春多，夏秋少的趨勢。
2. 11~3月PM2.5都是中度污染等級，其中12、1月最嚴重。4~10月PM2.5都是低污染，在6月時的PM2.5值最少，是最適合從事戶外活動的月份。
3. PM2.5的量受季節的影響會隨月份有週期性的變化，恆春鎮的PM2.5值變化不大，但夏秋二季依然比春冬季的PM2.5值還要少。
4. 4月開始下春雨、梅雨、接著吹西南季風和颱風直到10月，因此受到風向和降雨的影響，PM2.5量很低。11月東北季風增強，西南部進入沒雨期，高氣壓使得境內污染無法擴散，導致PM2.5的量居高不下。

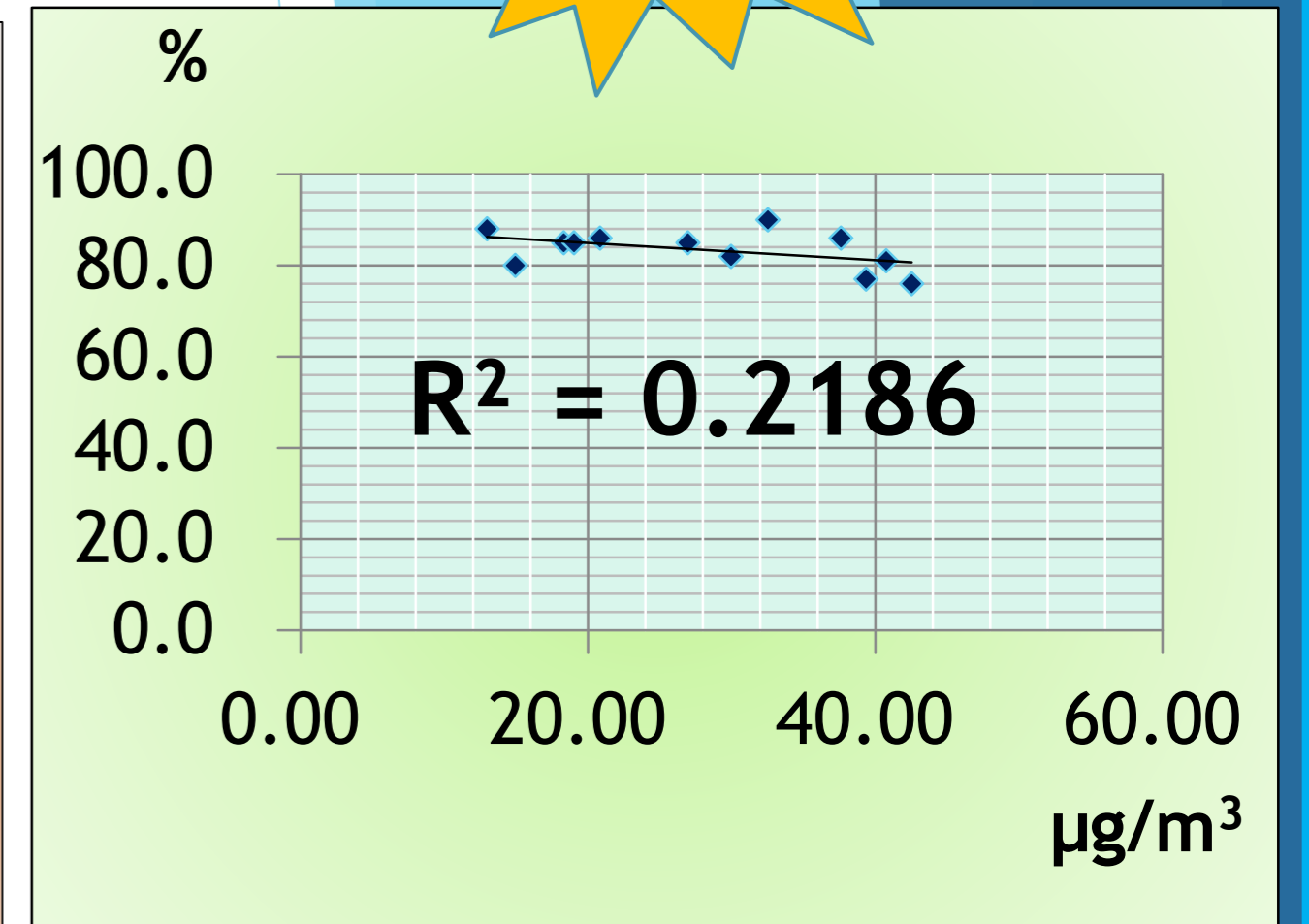
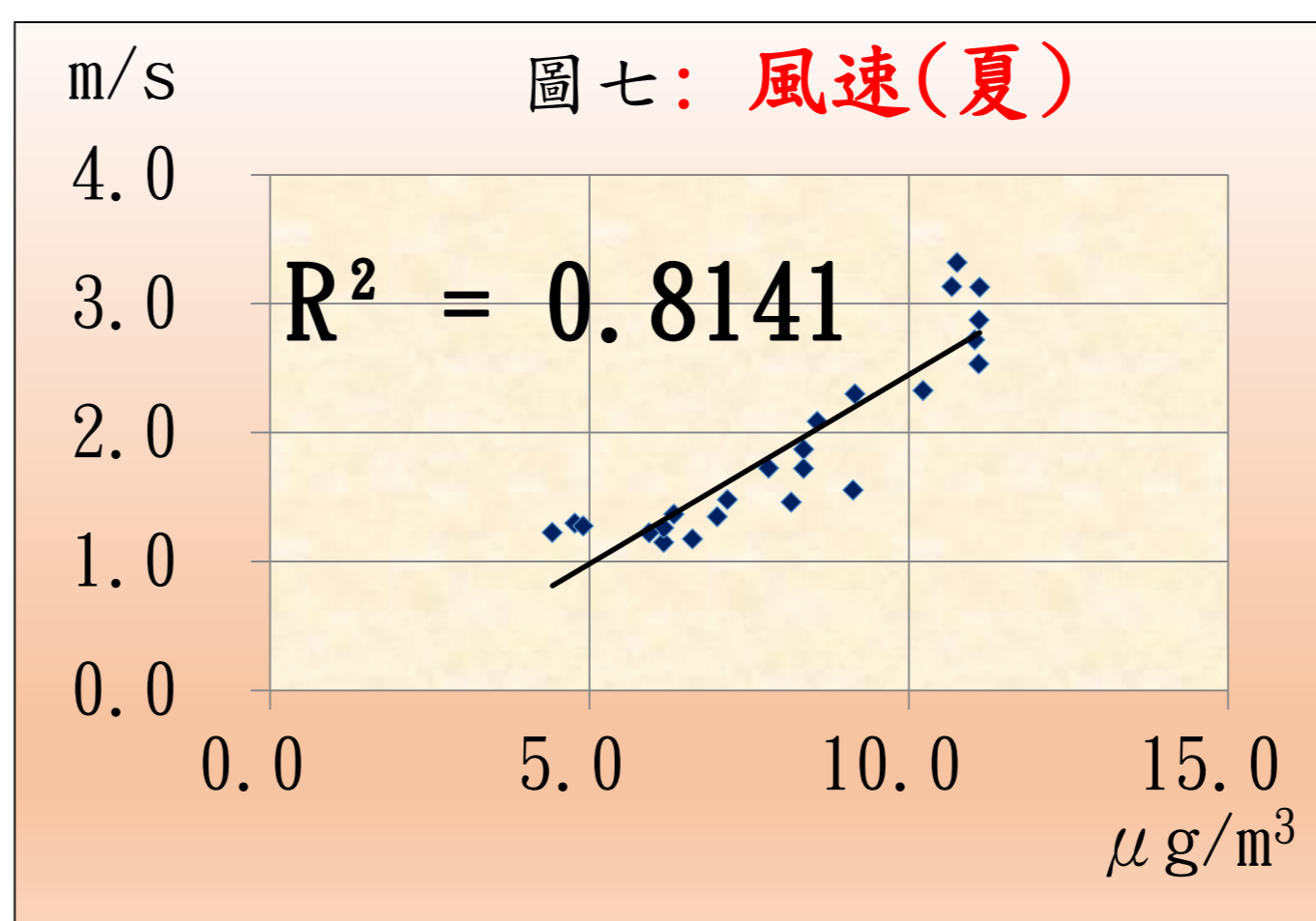
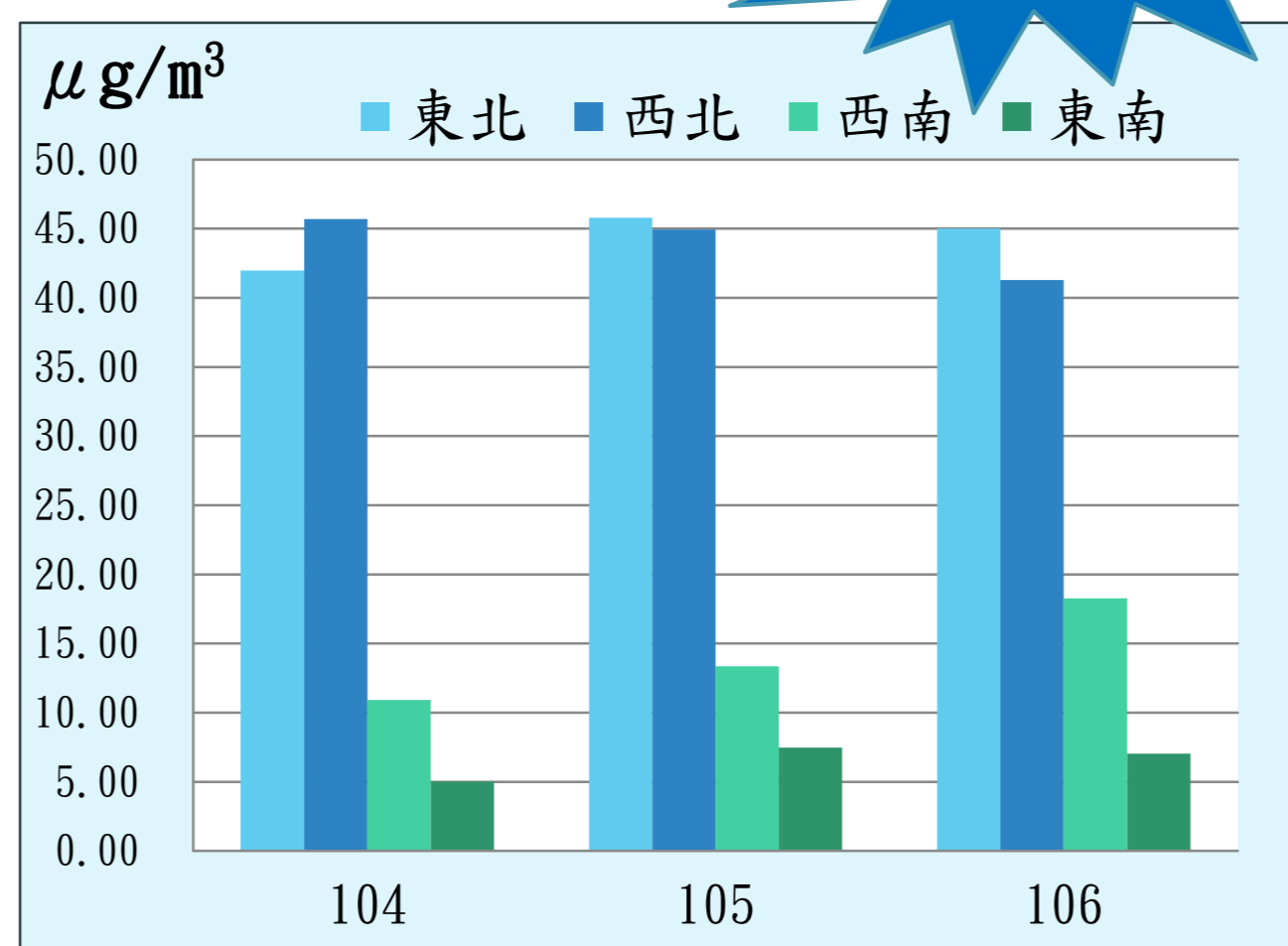
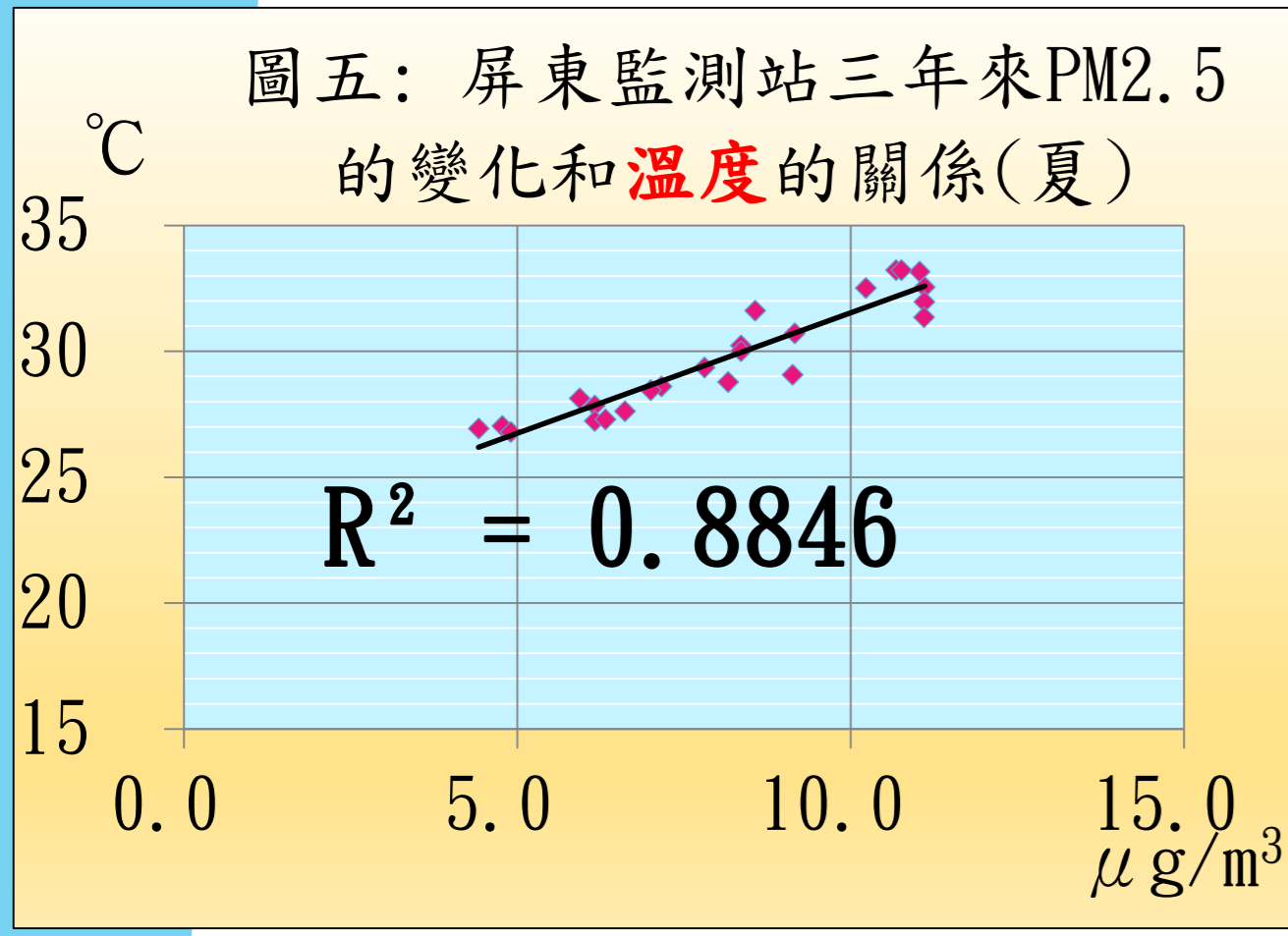
*實驗1-3: 比較五個監測站(屏東、潮州、恆春、大寮、林園)三年來四季中一天內PM2.5變化情形



▶ 這五個地區一天中PM2.5的變化很接近, 春冬時, 大約晚上到隔天12:00處於中度污染狀態, 推測是因為氣流的關係, 導致污染物不易擴散。
 ▶ 各地污染較嚴重的時間, 大寮(3:00-7:00)和林園(5:00-9:00)比較早, 潮州(9:00-11:00)和屏東(6:00-12:00)比較晚, 可能與風向有關。

二、探討不同的天氣條件對屏東監測站PM2.5的影響

*實驗2-1-2-4: 探討溫度、風向、風速、濕度對PM2.5影響



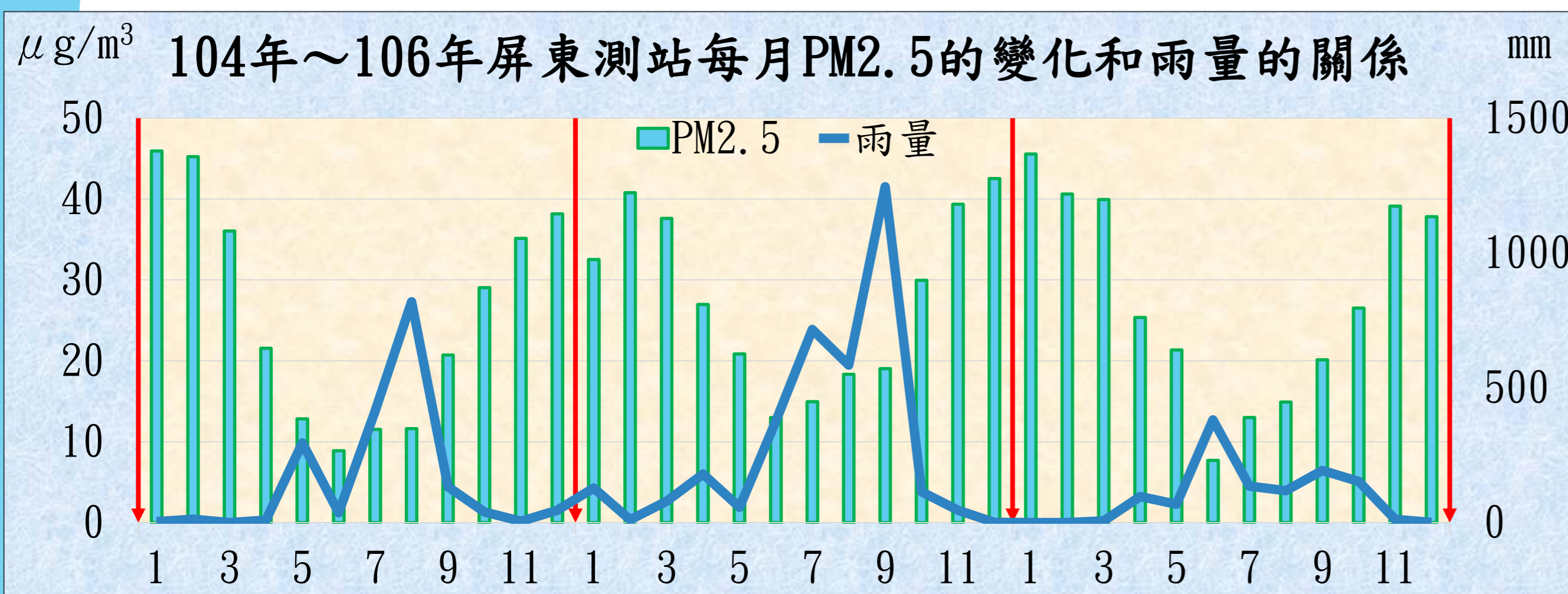
風向

濕度

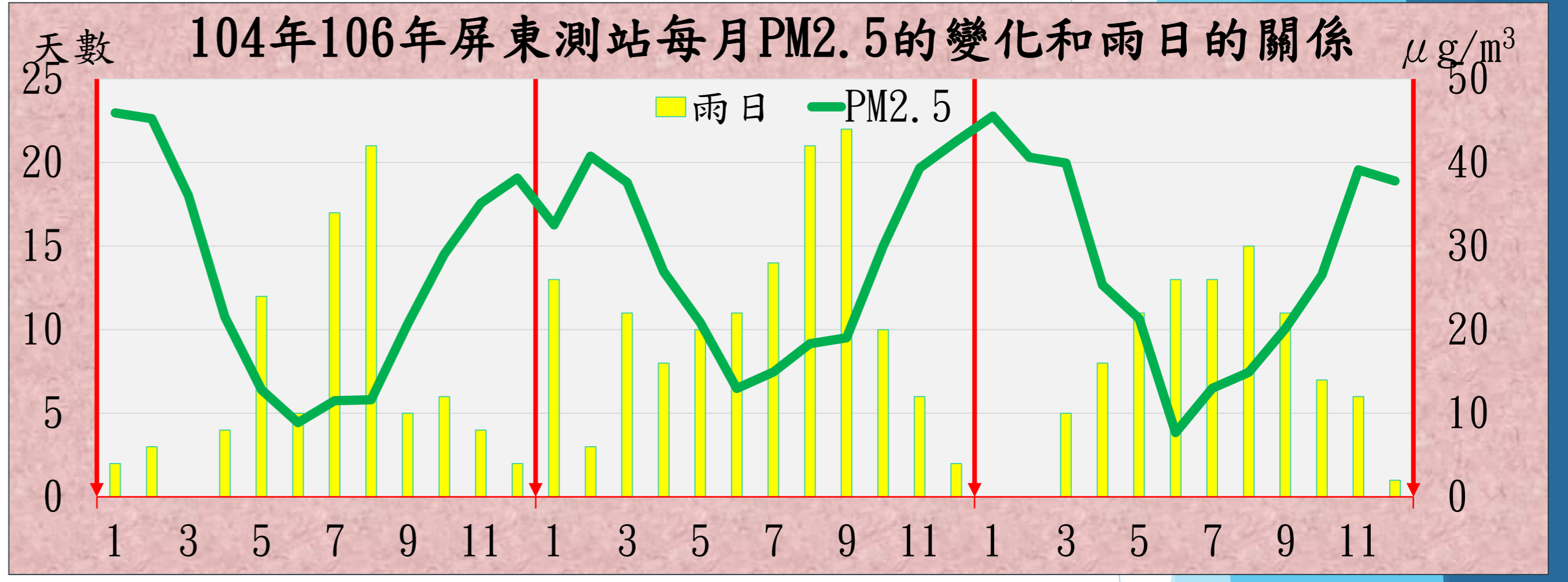
1. 溫度: 春冬兩季溫度和PM2.5的相關性很低, 但夏秋兩季溫度和PM2.5的相關性高。推測溫度高時PM2.5的粒子運動速度較快, PM2.5較容易擴散, 因此工業區的高污染容易隨風向和風速影響到屏東地區。
2. 風向: 風向從北方吹來時, PM2.5值較高; 反之, 當風從南方吹來時, PM2.5值則較低。東南風則從海上來又沒有經過石化工業區, 所以東南風帶來的PM2.5較西南風少(西南方有高雄工業區)屏東地區東北風受中央山脈的阻擋, 境外污染雖少但來自工業區和焚化爐的污染也散不掉, 因此PM2.5和西北風差不多, 所以地形也是影響PM2.5的重要因子。
3. 風速: 春冬兩季風速和PM2.5的相關性很低, 但夏秋兩季風速和PM2.5的相關性高。PM2.5低的季節(夏秋), 風速高, PM2.5也偏高
4. 濕度: 對PM2.5的變化影響不大

三、探討屏東監測站雨量、降雨天數和PM2.5的關係

*實驗3-1-3-2: 探討探討雨量、降雨天數對PM2.5影響

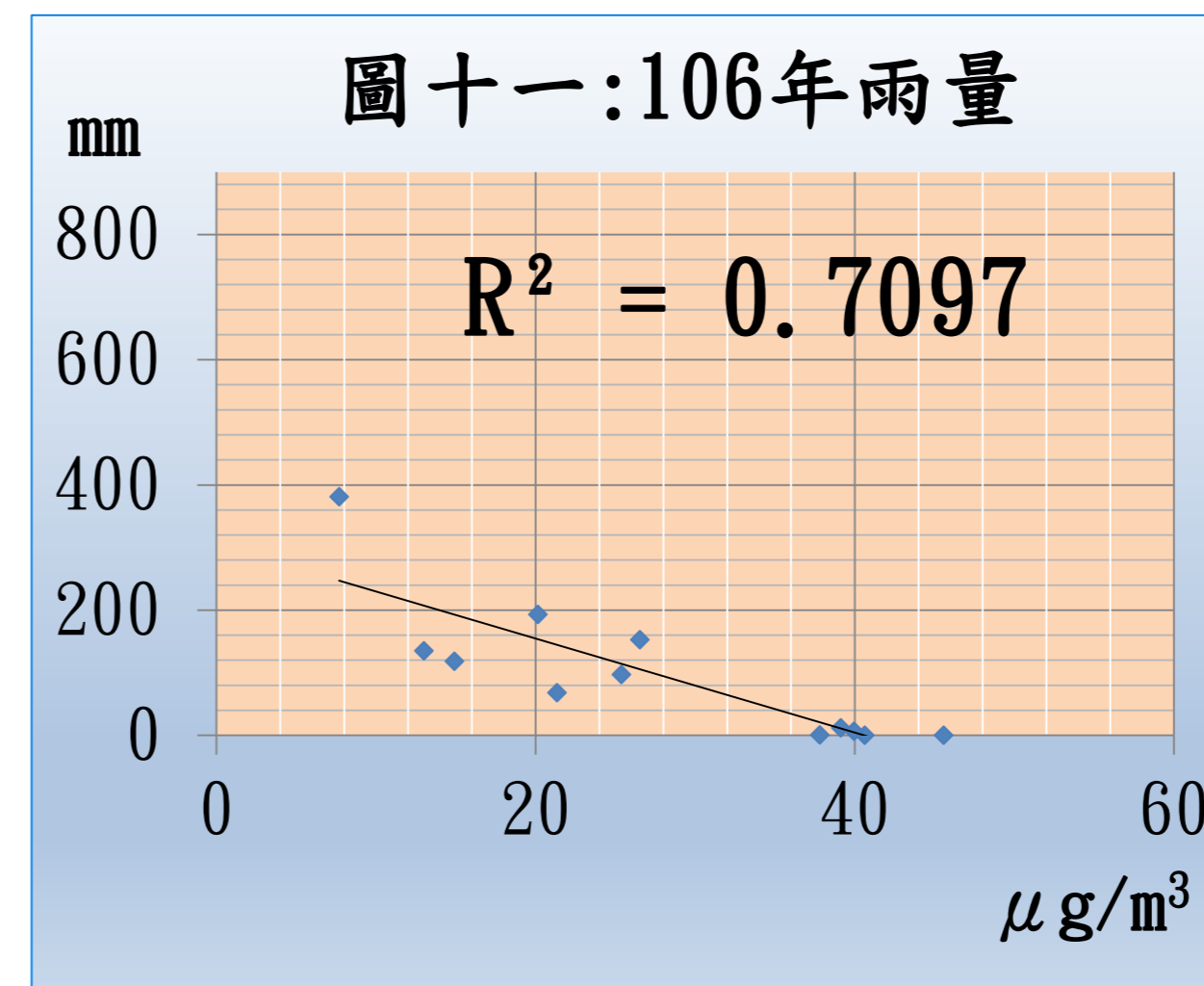


圖九: 104-106屏東測站每月雨量和PM2.5的變化的關係

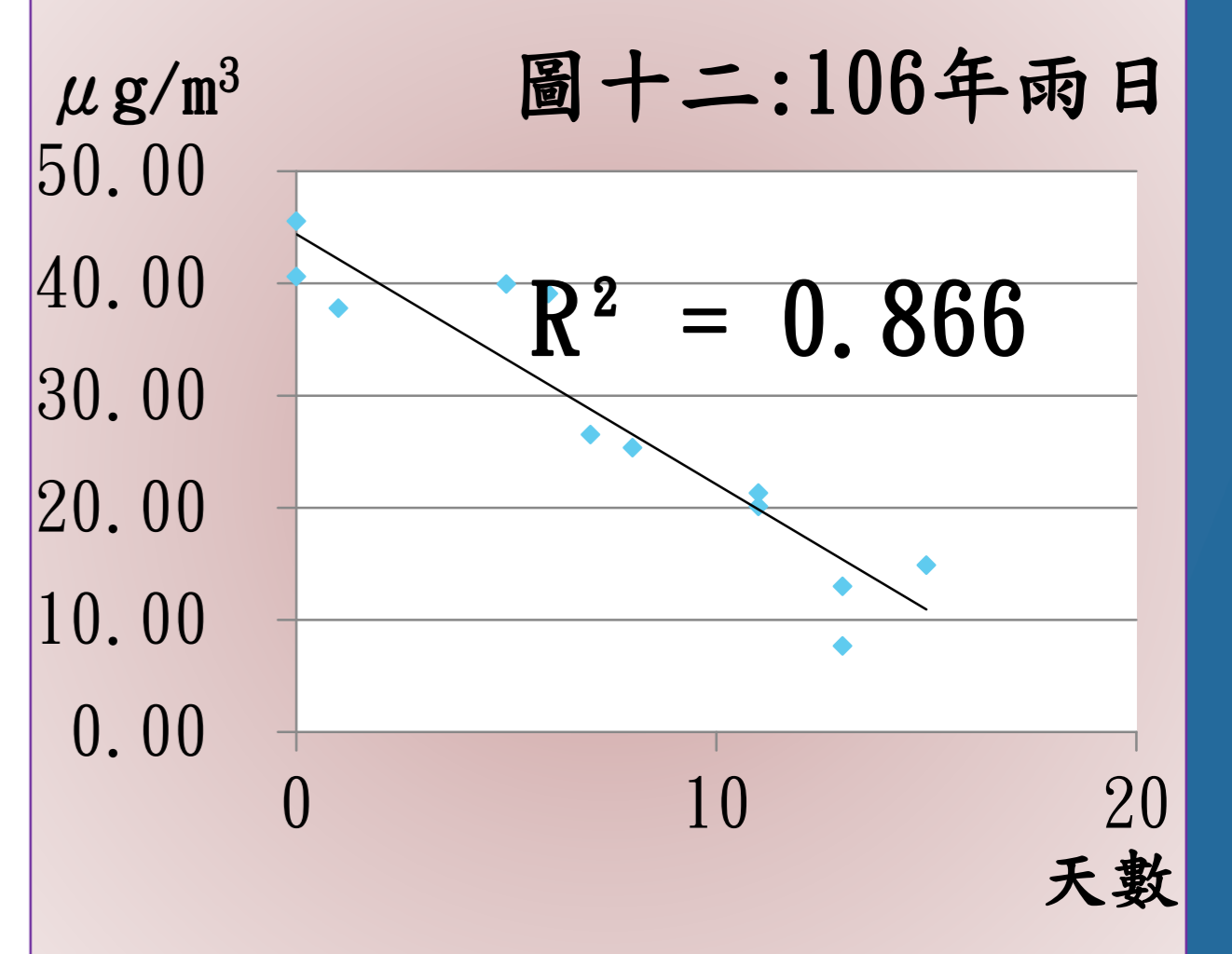


圖十: 104-106屏東測站每月雨日和PM2.5的變化的關係

1. 由圖九發現雨量多時(10月到隔年四月), PM2.5是低的; 雨量少時, PM2.5則較高, 做雨量和PM2.5的迴歸分析(圖十一), 兩者之間的變化有相反的趨勢。
2. 由圖十發現106年1月~2月沒有降雨, PM2.5是三年來最高, 降雨天數較多的7~9月, PM2.5是低的; 做降雨天數和PM2.5的迴歸分析(圖十二), 兩者之間的變化也有相反的趨勢。
3. 將雨量和降雨天數進行比較, 發現降雨天數比雨量對PM2.5影響更大。
4. 我們都知道下雨空氣品質會變好, 影響的因子有濕度、雨量和降雨天數, 數據分析發現濕度對PM2.5影響最小, 雨量和雨日都有降解PM2.5的作用, 雨日降解效果比雨量好一些。



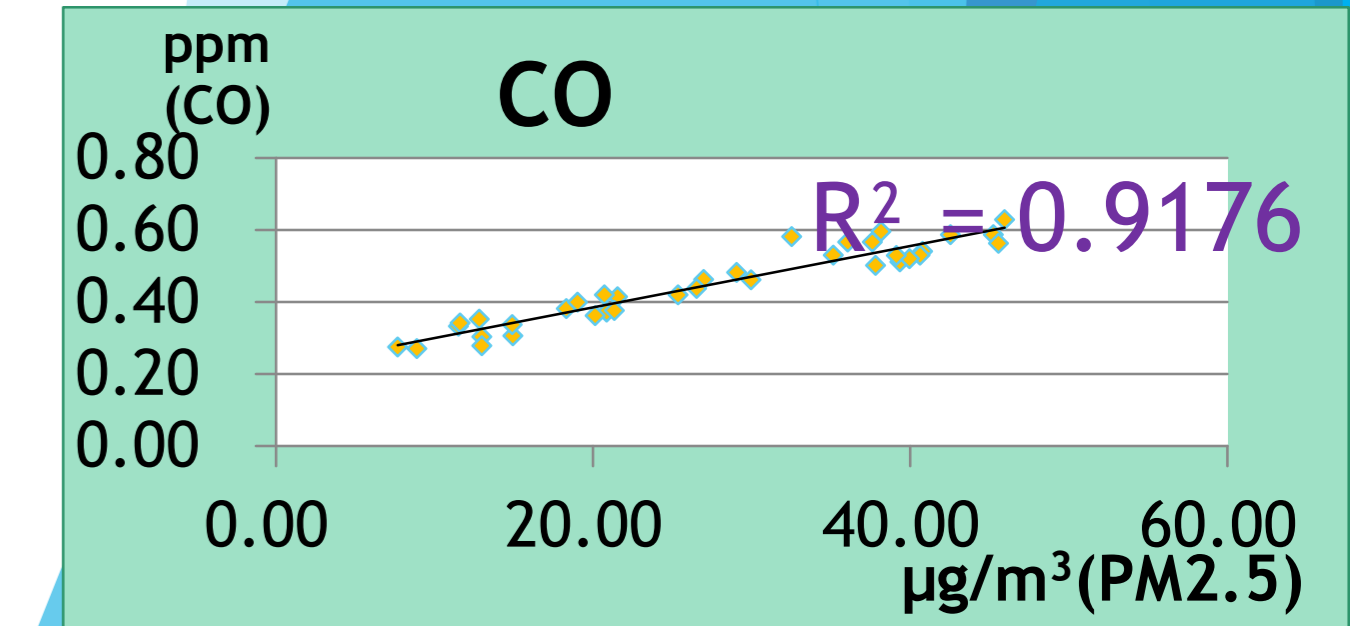
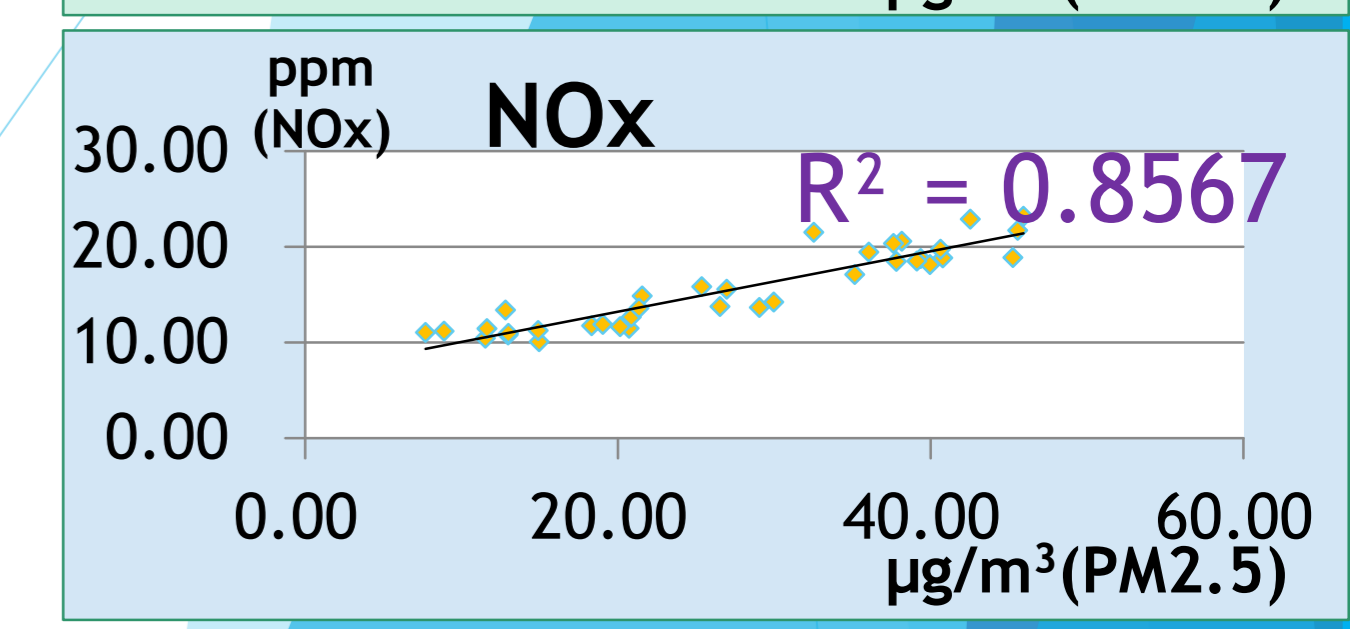
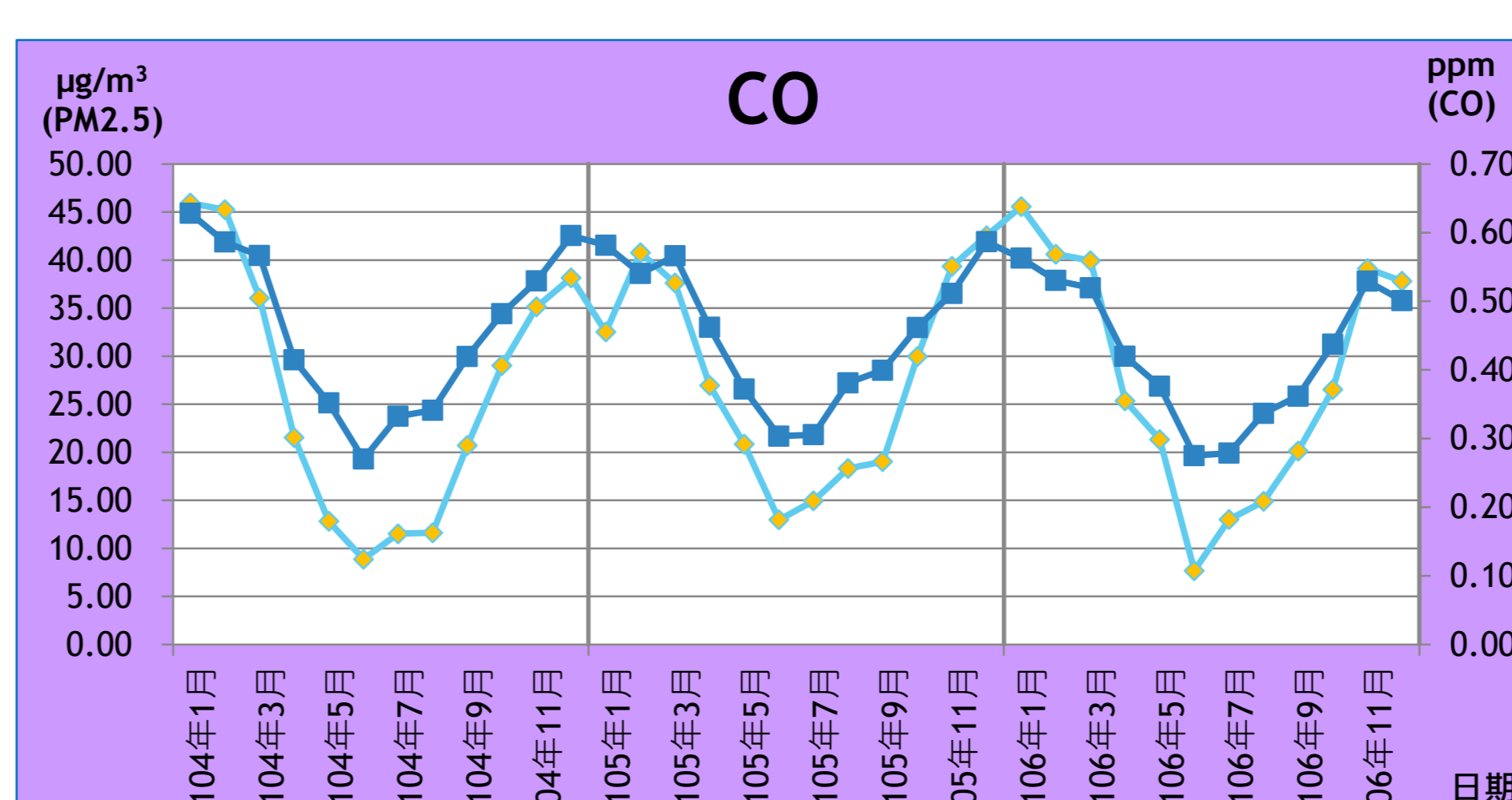
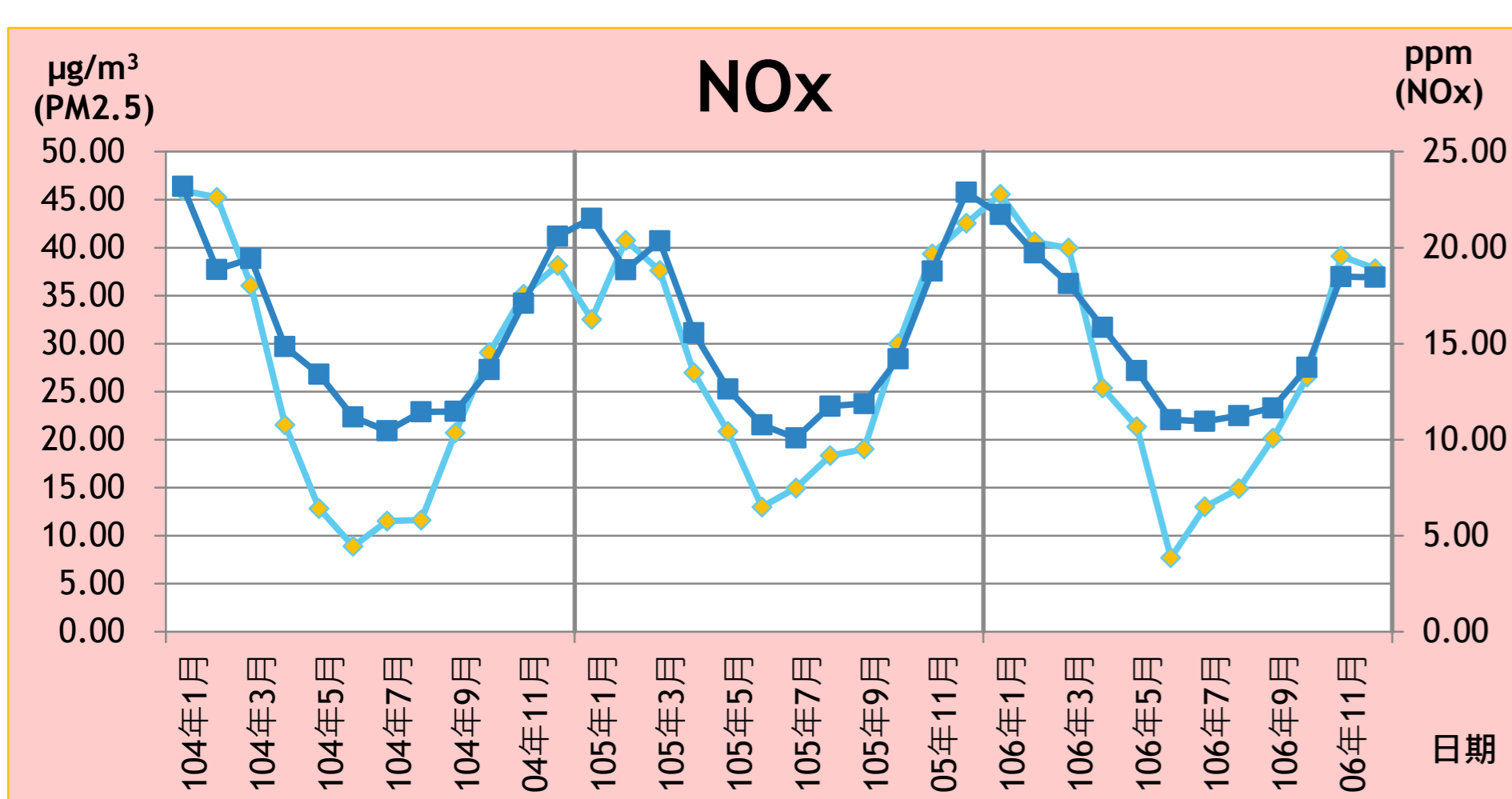
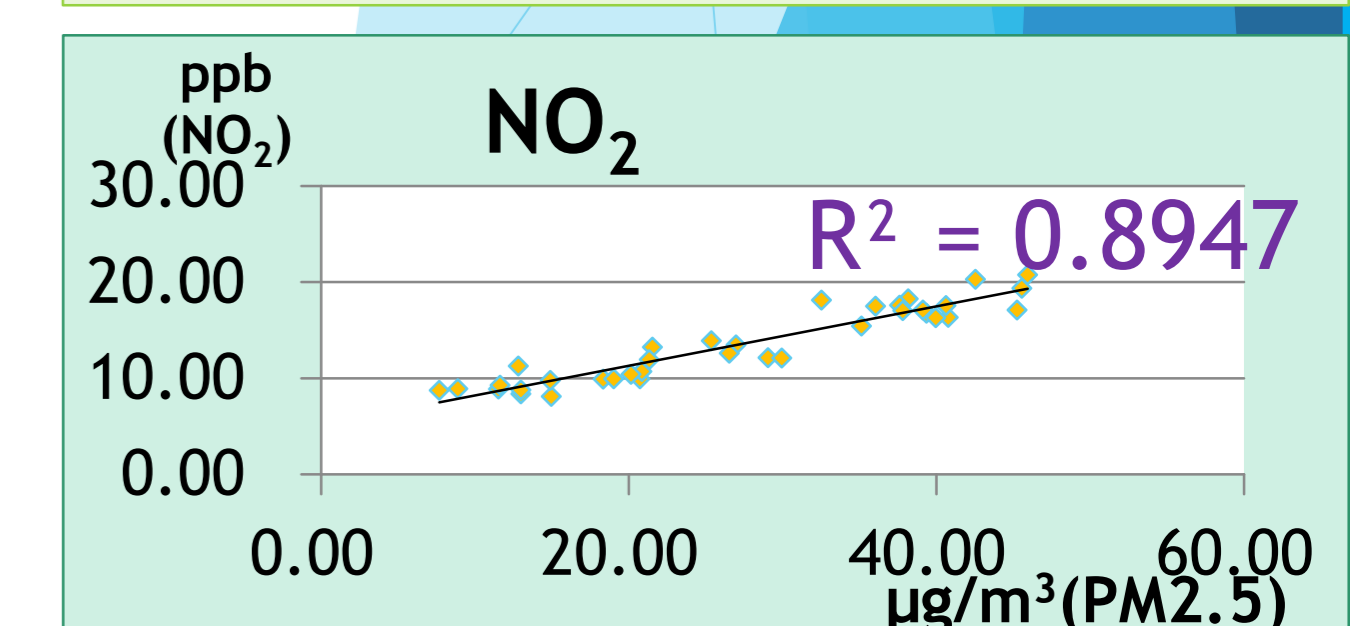
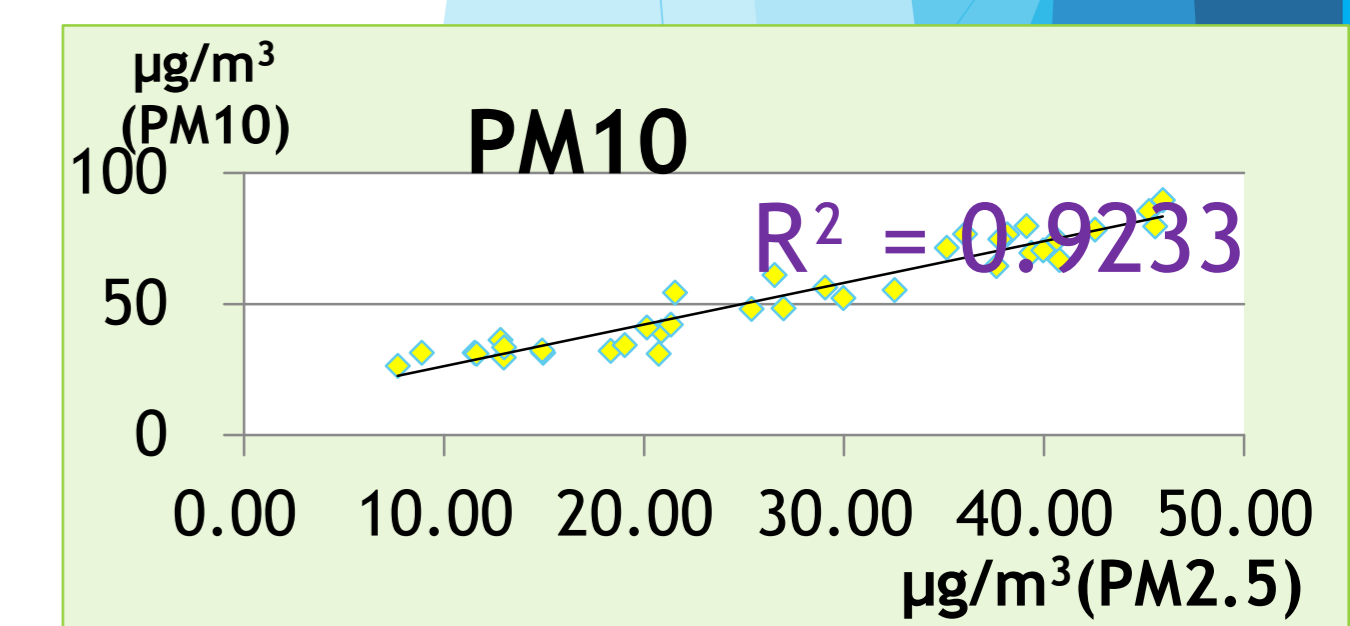
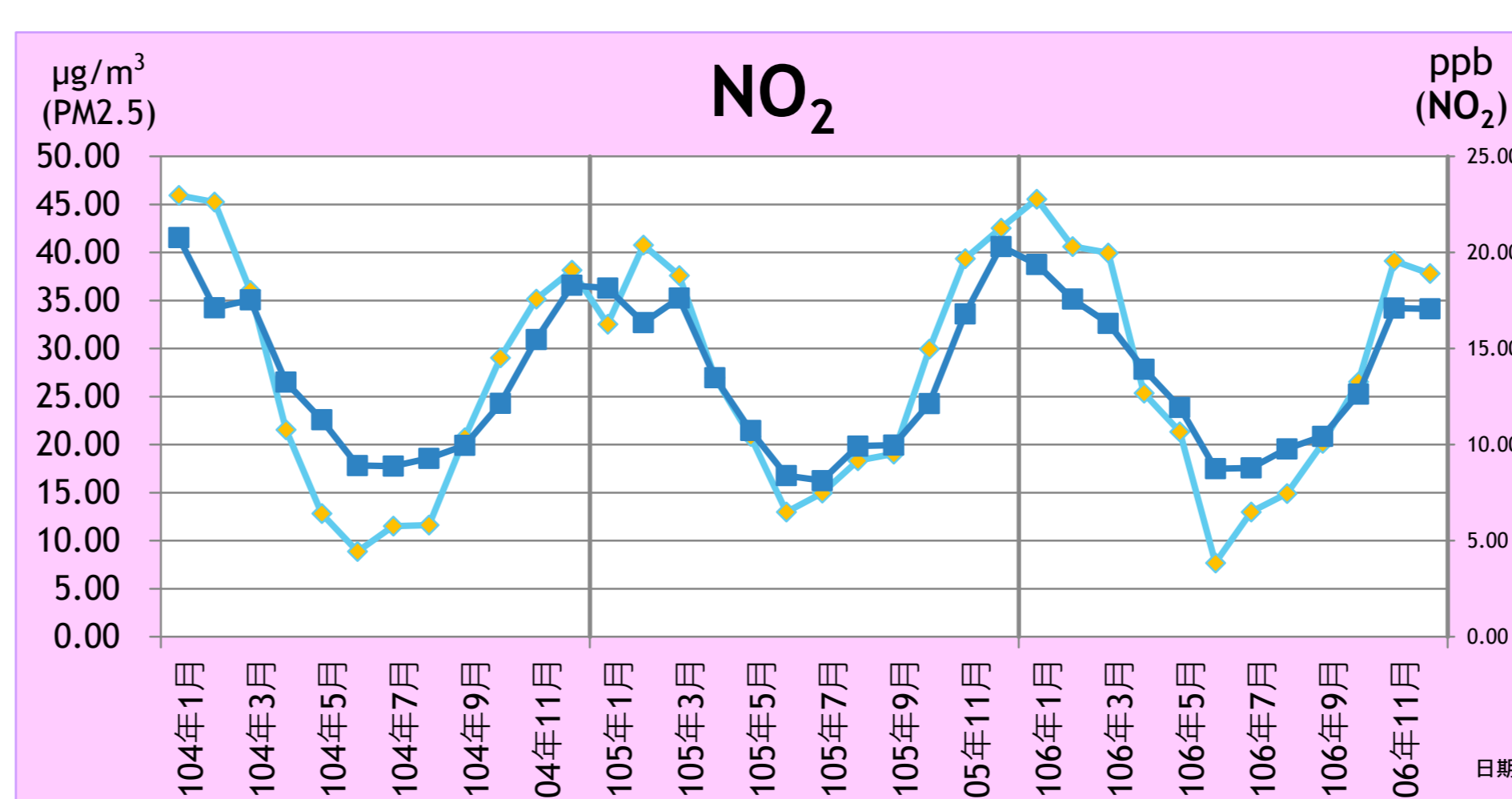
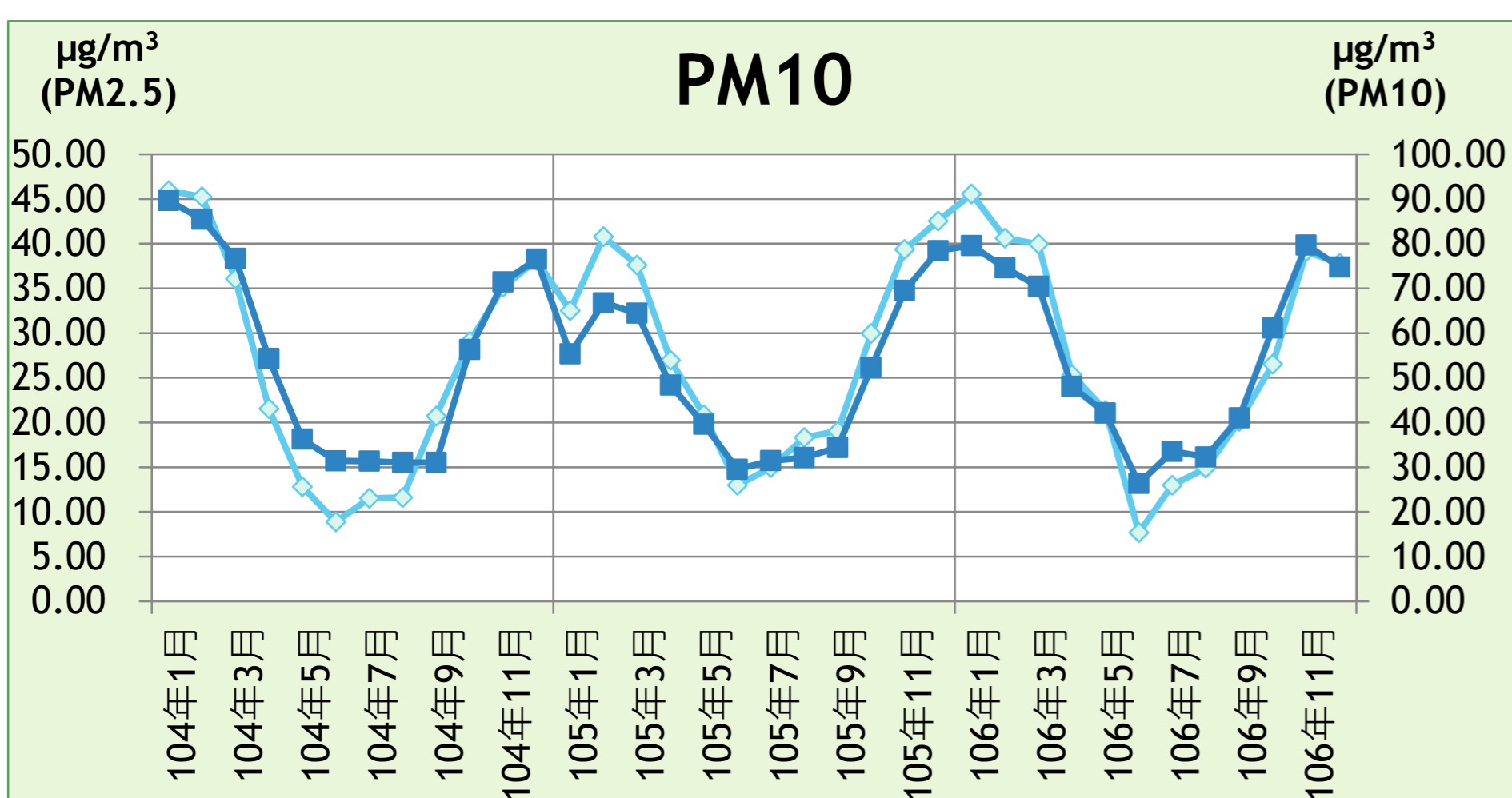
圖十一: 106年雨量



圖十二: 106年雨日

四、探討PM2.5和其他空氣污染源的關係

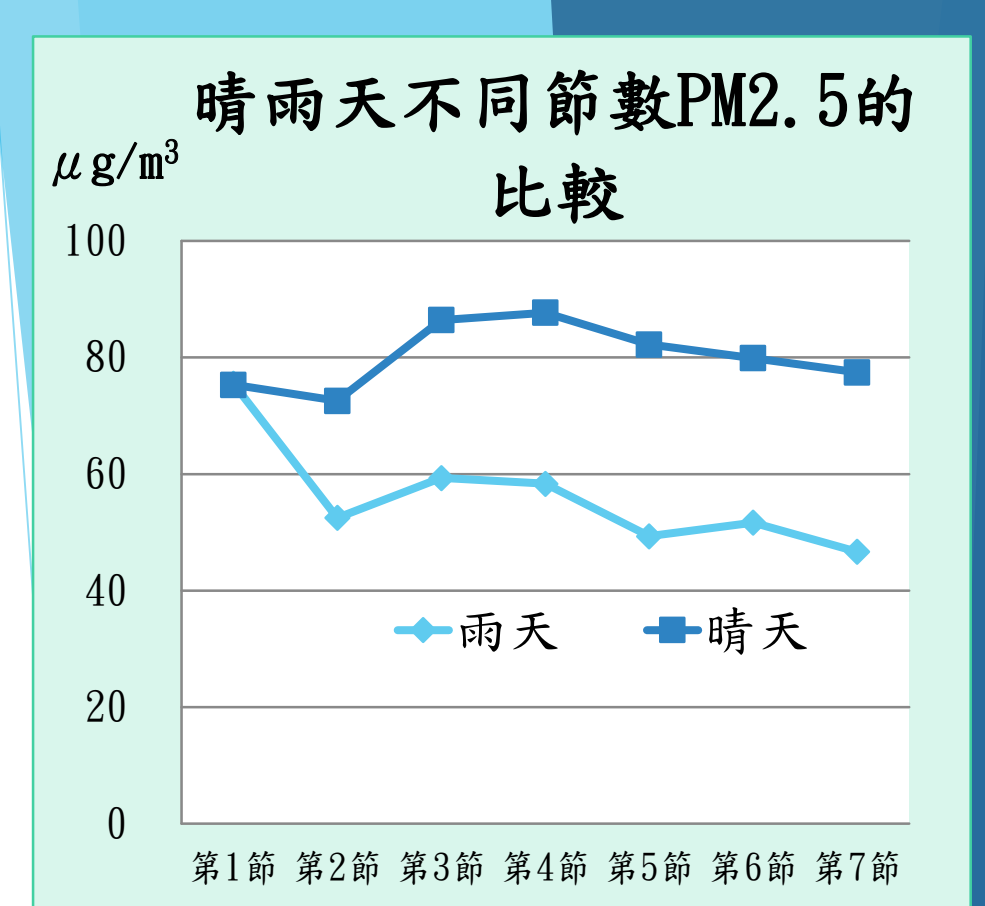
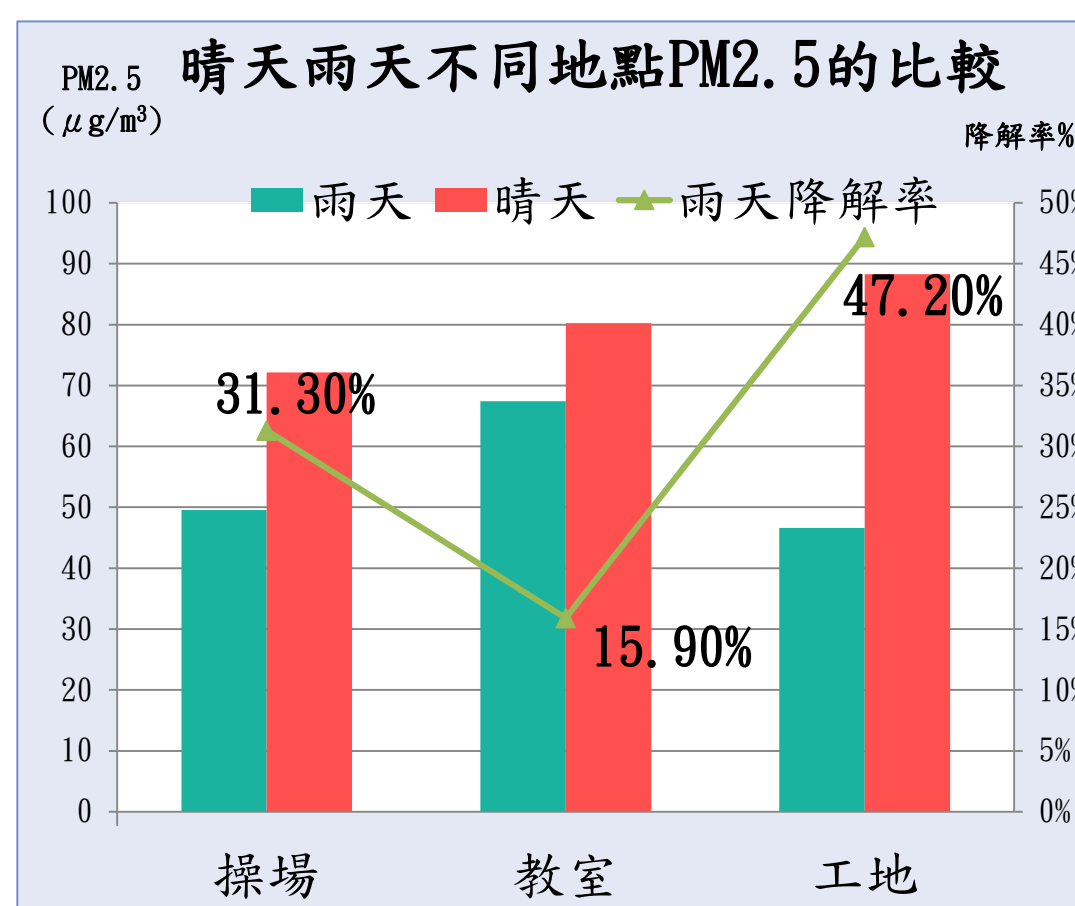
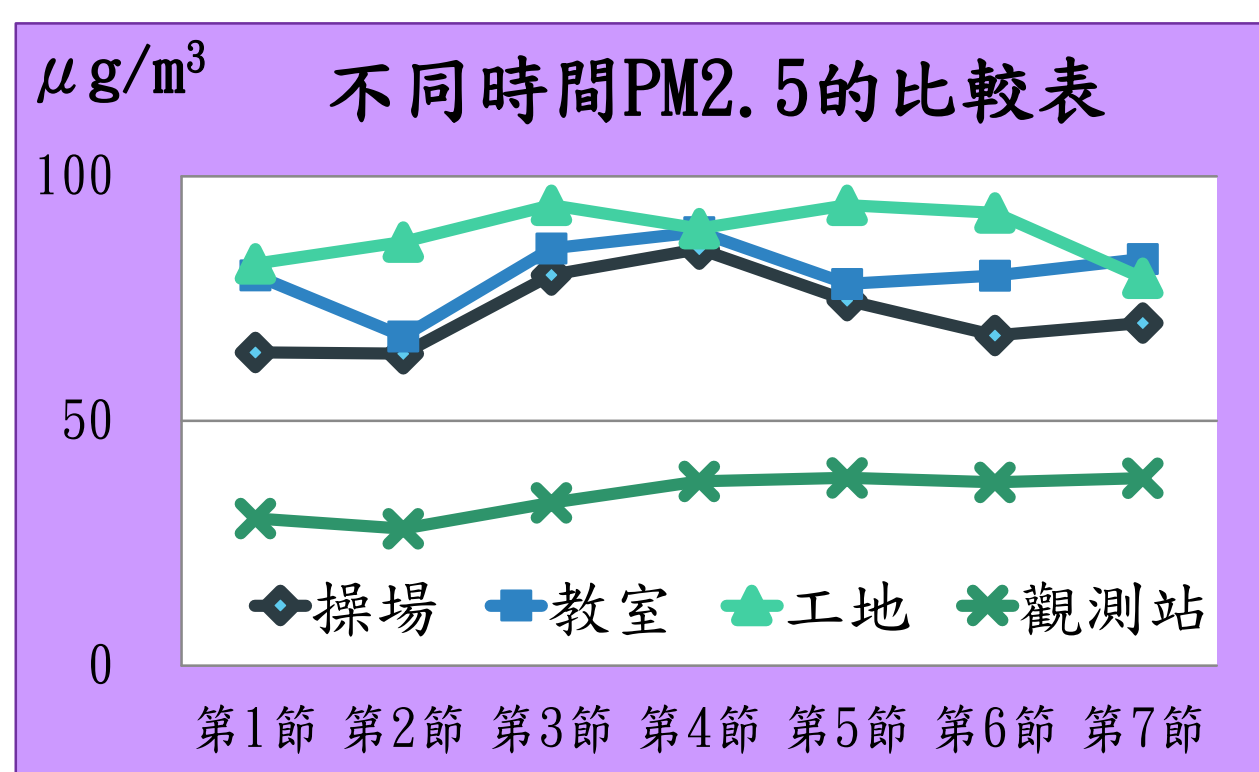
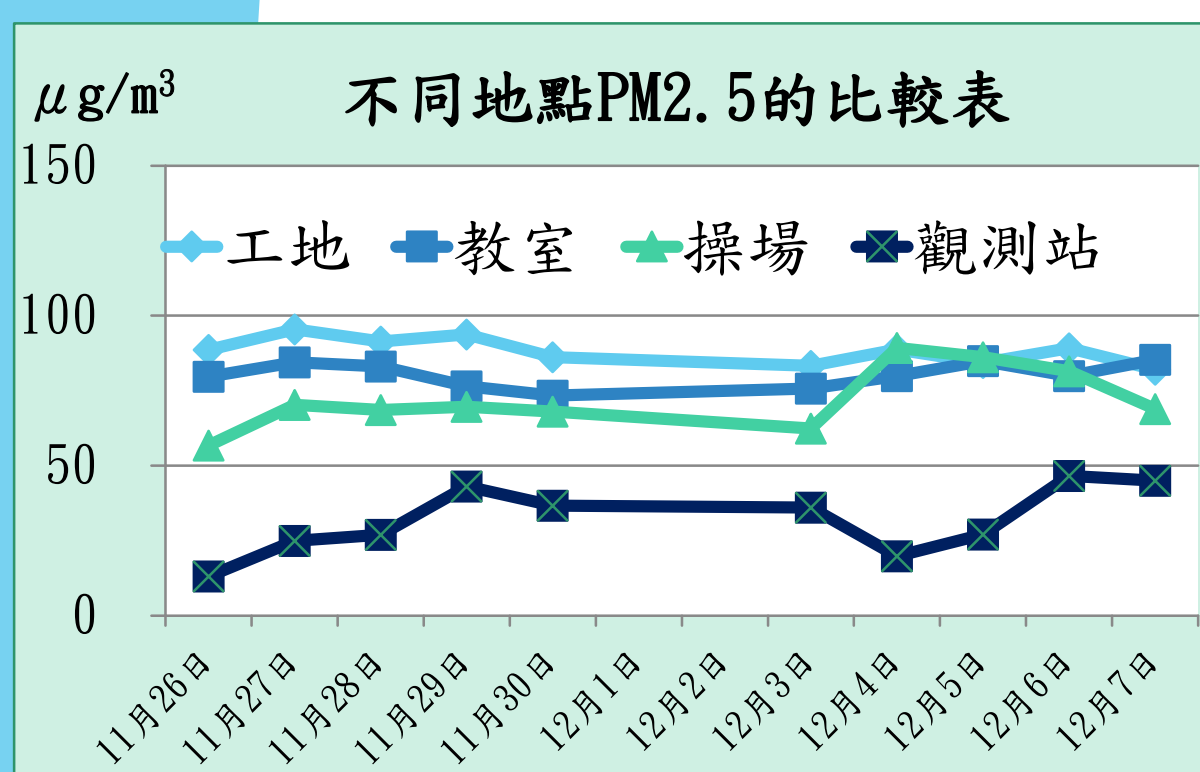
實驗4-1-4-4: 比較屏東監測站每月PM10、NO₂、NO_x、CO和PM2.5的變化的關係



1. 分析PM2.5和PM10、NO₂、NO_x、CO(以圖十三為例)的關係發現他們變化趨勢很一致, 做迴歸進行比較, 發現四者與PM2.5的相關性很高。
2. 根據實驗結果, 可參考PM2.5的高低來推測其他污染物(PM10、NO₂、NO_x、CO)的濃度, 可以提早作防範。

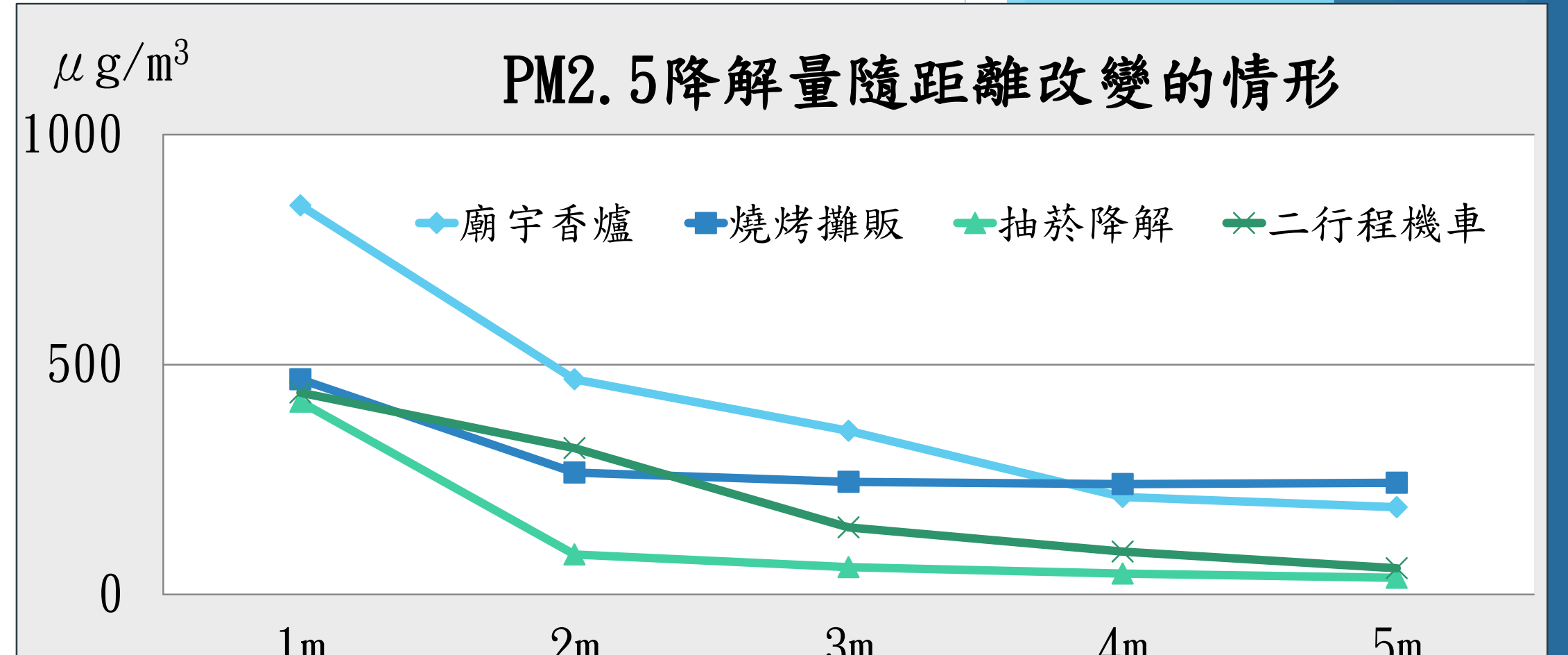
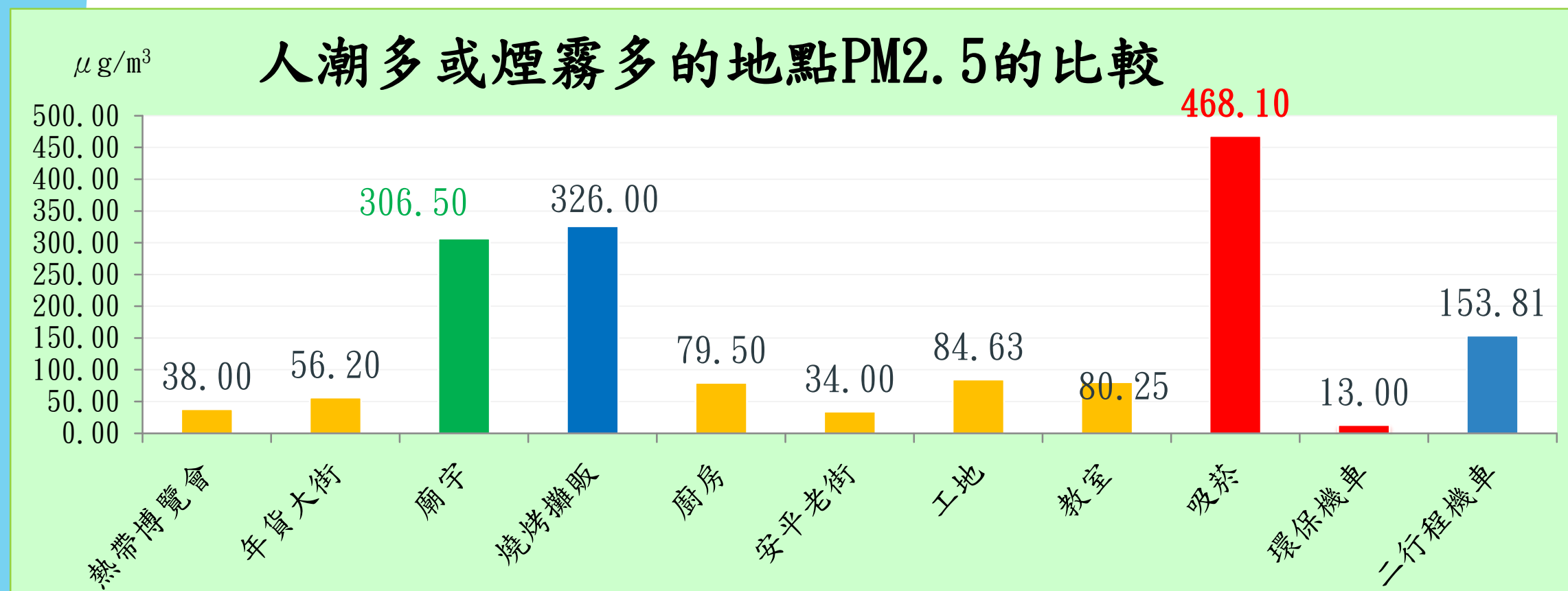
五、探討校園內PM2.5在不同的地點、時間和天氣的差異

* 實驗5-1-5-3: 比較校園內不同地點、時間和天氣PM2.5的差異



- 校內不同地方PM2.5比較：**工地>教室>操場**。
- 工地在進行磁磚維修作業，常有揚塵，PM2.5增加；教室擦黑板，PM2.5會增加；學校操場會定時澆水，減少揚塵向上飄散。
- 校內PM2.5平均較高的時間是**第4節(打掃)**和第3節(抬便當)，午睡時PM2.5最低。
- 晴天的PM2.5值明顯高於雨天**。晴天時，工地的PM2.5最高；雨天時，教室的PM2.5最多，可能是擦黑板造成的，所以改善粉筆或板擦的品質在避免吸入過多的PM2.5上是很重要的。

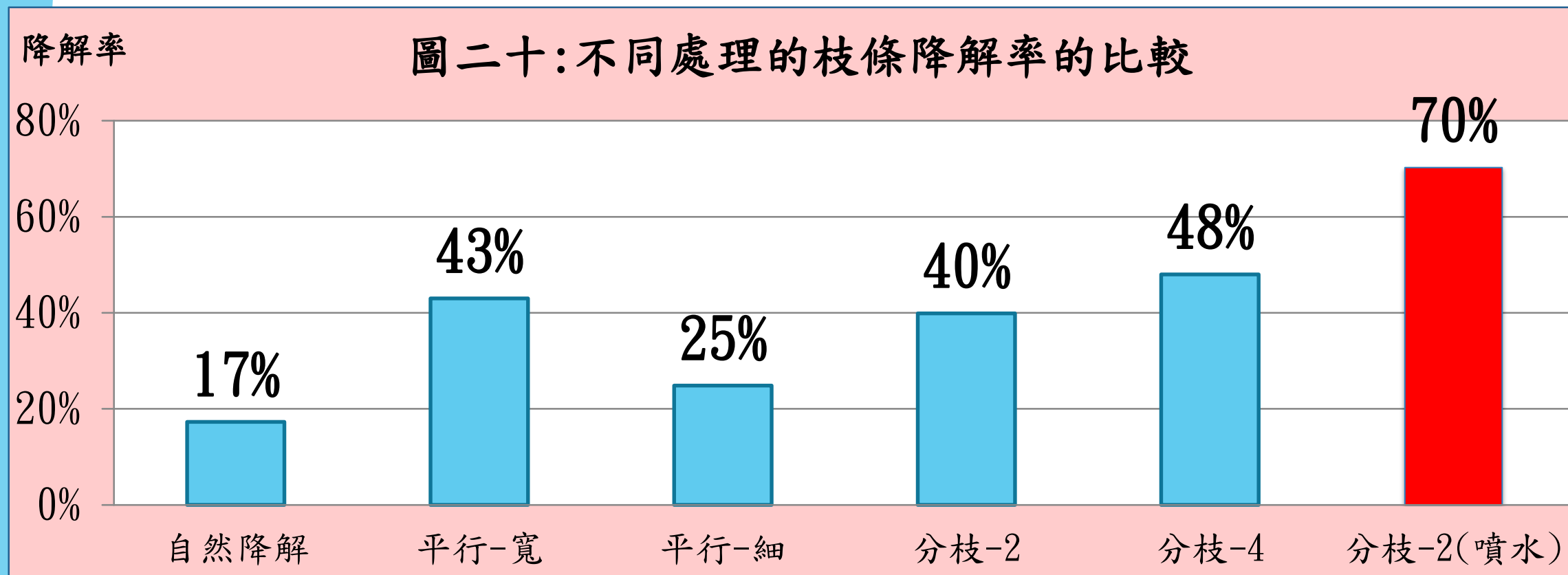
六、探討在廟宇、夜市、吸菸處、、、等人潮多或煙霧多的地點PM2.5的差異以及距離對降低PM2.5的影響



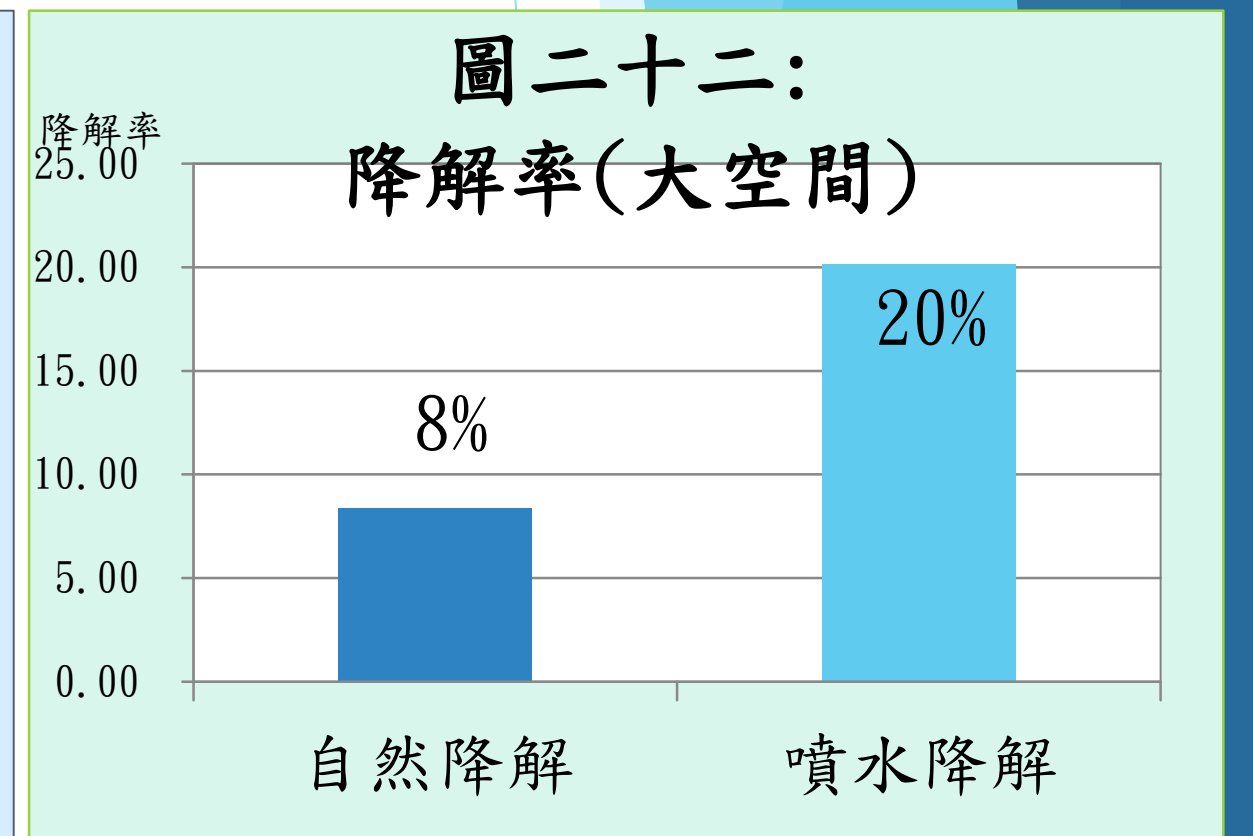
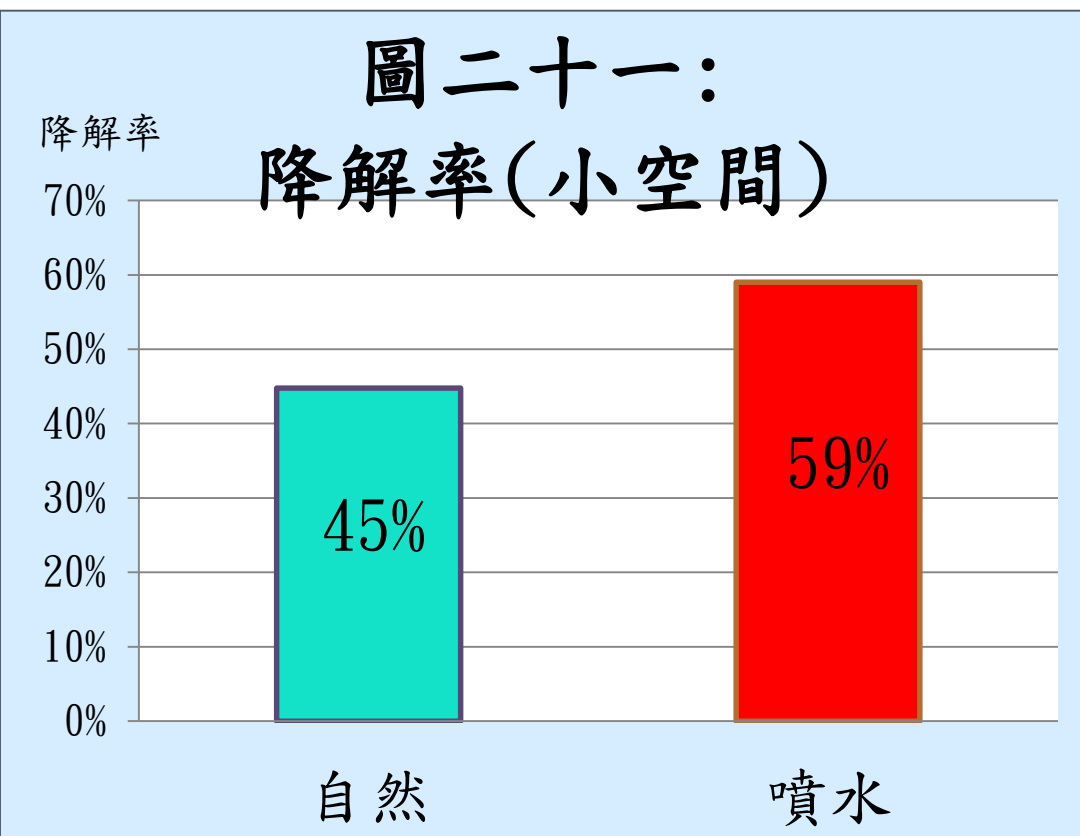
- PM2.5較多的前四名為：**吸菸區域>燒烤攤販>廟宇>二行程機車**。
 - 燒烤攤販、廟宇、廚房，都屬於重度污染區，可知**燃燒**現象會增加PM2.5；人潮多的地方PM2.5也會增加許多，如年貨大街。
 - 測量發現二手菸及二行程機車的PM2.5都很高，所以公共場所禁菸及淘汰二行程機車的政策，希望政府能徹底執行，以保障人民的健康。
- PM2.5降解的速度在**1m到2m間最快**，離香爐和燒烤攤販2m處，降解率將近一半(44.7%和43.4%)，抽菸區則接近80。
 - 離開香爐超過4公尺、燒烤攤販2公尺、抽菸區2公尺、二行程機車4公尺，可將PM2.5的影響降低到一定程度。

七、探討植物的枝條和噴水情形對降低PM2.5的效果

* 實驗7-1-7-3: 比較枝條的數目、寬度、有無噴水降低PM2.5的效果



* 實驗7-4-7-5: 比較有無噴水降低PM2.5的效果



- 樹枝分枝多、形狀寬扁和噴水可以有效的提高PM2.5的降解率(都比自然降解率高)，其中**噴水的效果特別好**，降解率可達70%，分枝-4達48%，平行-寬也有43%的降解效果。
- 建議教室在擦黑板時可噴一些水霧，來降低PM2.5的量。

◆ 研究結果與討論

一、探討104-106年鄰近屏東縣監測站PM2.5的變化情形

- 屏東和潮州的污染源受風向和地形的影響，由高雄工業區及炭頂焚化爐方向吹入，很難擴散出去，造成空氣品質不佳。
- 恆春鎮沒有工業區，高雄和屏北工業區的污染源在秋末到春初時，受落山風、夏天的西南季風、颱風及雨量的影響，易被吹散且不會滯留於當地，所以空氣品質是**南台灣中最好的**，可做為其他地區是否有污染的對照。
- 11~3月PM2.5為中度污染等級，其中**12、1月最嚴重**。4~10月PM2.5是低污染等級，其中**6月的PM2.5最少**，是最適合從事戶外活動的月份。
- PM2.5的量受季節的影響會隨月份有週期性的變化，一天二十四小時也有類似週期性的，下午比早上少。
- 春冬時，大約晚上到隔天12:00處於中度污染狀態，這與工業區排放污染物的時間可能有關，又因夜晚氣流沉降，污染物無法排除，直到太陽升起，污染物因氣溫上升，隨氣流漸漸擴散，到下午污染狀態可減到最低。

二、探討不同的天氣條件對屏東監測站PM2.5的影響

- 溫度: **夏秋兩季溫度和PM2.5的相關性高**。
- 風向: **吹北風時PM2.5污染>吹南風時**。
- 風速: **夏秋時和PM2.5相關性高**。濕度: 濕度和PM2.5相關性低。

三、探討屏東監測站雨量、降雨天數和PM2.5的關係

- 濕度對PM2.5影響最小，**雨量和降雨天數都有明顯降解PM2.5的作用**，降雨天數降解效果比雨量大一些。

四、探討PM2.5和其他空氣污染源的關係

- PM2.5和PM10、NO₂、NO_x、CO的變化趨勢很一致，做迴歸進行比較，發現這四者與PM2.5的相關性很高，也就是**當PM2.5高的時候，其他污染物濃度也可能很高**。

五、探討校園內PM2.5在不同的時間、地點和天氣的差異

- 校內不同地點PM2.5比較：**工地>教室>操場**，時間是: 第4節(打掃)和第3節(抬便當)最多，午休最低，天氣是:**晴天>雨天**
- 校園常有揚塵，建議學校定時澆水，改善粉筆或板擦的品質再加上草地和樹木的沉降作用，可以有效減少揚塵。

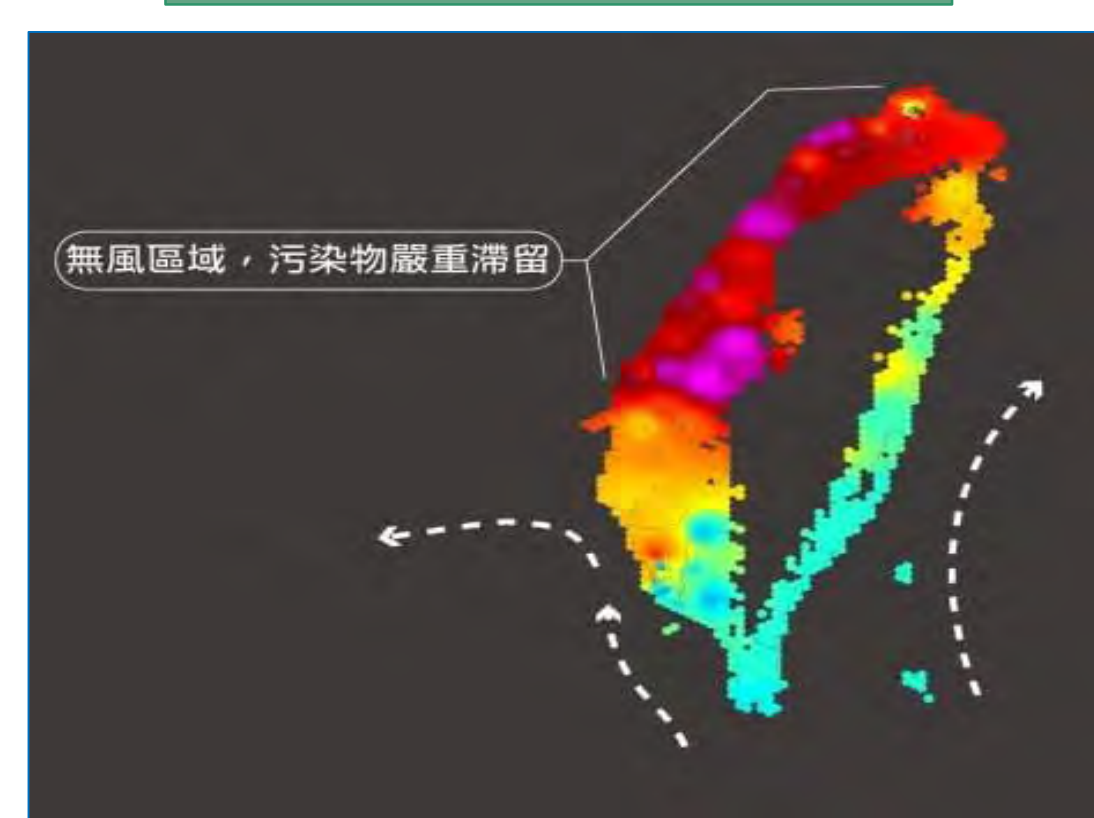
六、探討在廟宇、夜市、吸菸處、、、等人潮多或煙霧多的地點PM2.5的差異以及距離對降低PM2.5的影響

- PM2.5較多的前四名為：**吸菸區域>燒烤攤販>廟宇>二行程機車**。可知**燃燒**現象會增加PM2.5；人潮多的地方PM2.5也會增加許多
- PM2.5降解的速度在**1m到2m間最快**，離開香爐超過4公尺、燒烤攤販2公尺、抽菸區2公尺、二行程機車4公尺，可降低PM2.5的影響。

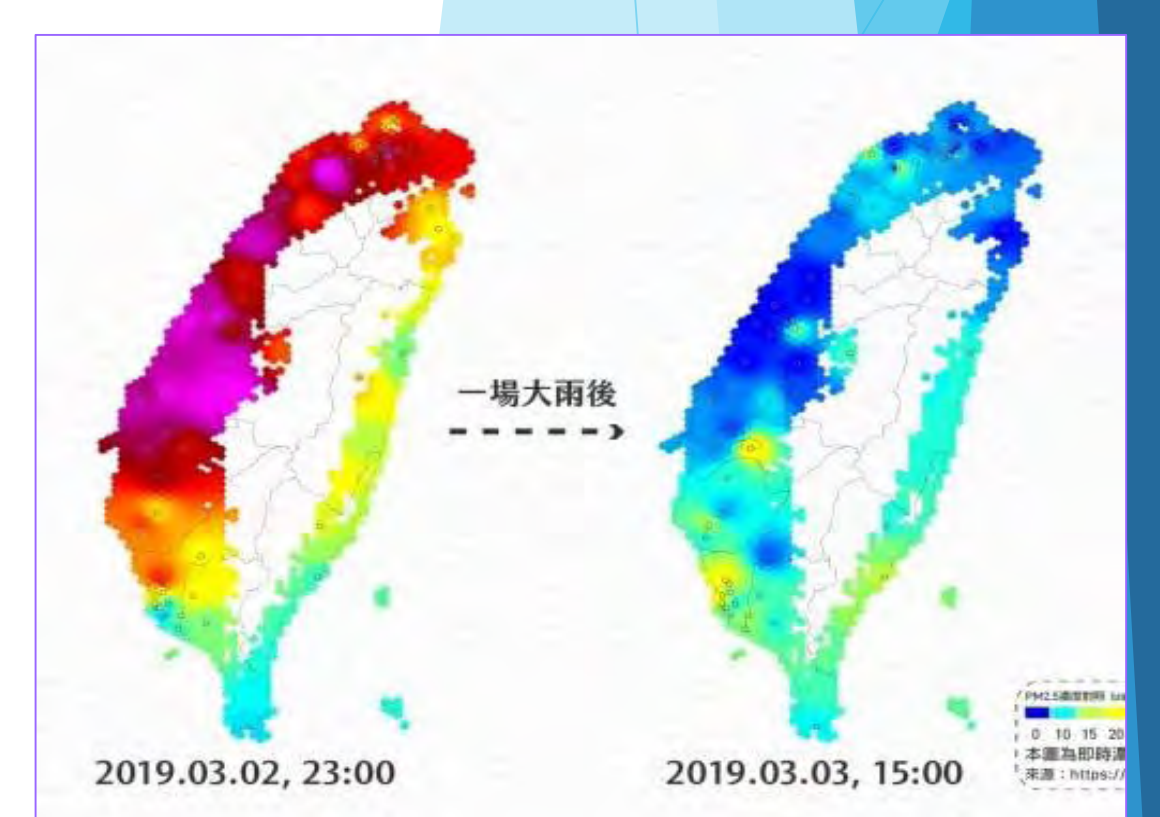
七、探討植物的枝條和噴水情形對降低PM2.5的效果

- 樹枝分枝多、形狀寬扁和噴水可以有效的提高PM2.5的降解率，其中**噴水的效果特別好**，降解率可達70%，分枝-4達48%，平行-寬也有43%的降解效果。

風速對PM2.5的影響



雨量對PM2.5的影響



◆ 參考資料

- 行政院環保署網站<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>。
- 國中自然課本。翰林版。第二冊和第六冊。
- 中華民國第56屆中小學科展 煙煙一息 探討大氣穩定度與煙流及PM2.5擴散之關係。
- 中華民國第57屆中小學科展 中小學科展 隱形殺手-PM2.5。
- 中華民國第58屆中小學科展 南投細懸浮微粒觀測及探討。

噴水沉降灰塵



植物具有沉降灰塵的作用

