

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

030511

隱形殺手—埋伏在空氣中的有毒微粒

學校名稱：南投縣立宏仁國民中學

作者： 國一 林敬峰 國一 石瑋宸 國一 劉加安	指導老師： 鄭君達 張惠運
---	-----------------------------

關鍵詞：空氣汙染、懸浮微粒、PM2.5

摘 要

空氣中的污染物是由煙塵、二氧化硫、碳氧化物、氮氧化物、碳氫化合物等所組成，藉著大氣圈、水圈、岩石圈、生物圈的交互作用，循環移動，還會隨著空氣熱對流產生上升、下沉及移動的狀況。

雨季時，空氣污染物會隨著雨水沉降至地面，導致空氣品質良好；乾季時，降雨量少，污染物不易沉降，則空氣品質差。白天溫度高、熱對流旺盛，空氣污染物易上升，地表污染物少，晚上，氣溫降低，冷空氣下降，有害物質也跟著下沉，則空氣品質差。

近年埔里因降雨量少，懸浮微粒不易沉降至地面，再加上盆地地形，污染物不易逸散，導致空氣品質越來越糟。所以，在現今空氣污染嚴重的時代，外出的最佳時機，就是在下雨後或是下午 2 點到 4 點間。

壹、研究動機

說起空氣污染，大多數的人應該都會想到臺北、高雄等人口集中或工商業發達的大都會地區，但曾經好空氣充溢、位在臺灣中心點的埔里，現在的空氣卻也沒有比這些大都會地區的品質佳，懸浮粒子濃度高、空氣污染著實嚴重。埔里曾以擁有好山好水而聞名於全台灣，但現在卻從「好空氣」變成「壞空氣」，實在讓人感到失望與疑惑。根據行政院環保署的統計，從 1997 年到 2013 年，埔里的空氣品質持續惡化，有時候甚至到達已不適合出外進行戶外活動的嚴重程度。

埔里既非人口集中的大都會，也非工商業發達的重鎮，那為何空氣品質仍同樣糟糕呢？這引發了我們的好奇心，為什麼埔里空氣會有這麼多的污染物呢？這些空氣污染物的來源為何？而埔里的地理位置、地形與空氣品質具有什麼樣的關係？甚至也想探討不同的季節、不同的時間點，空氣污染程度有什麼樣的變化，並設法探究其原因。

貳、研究目的

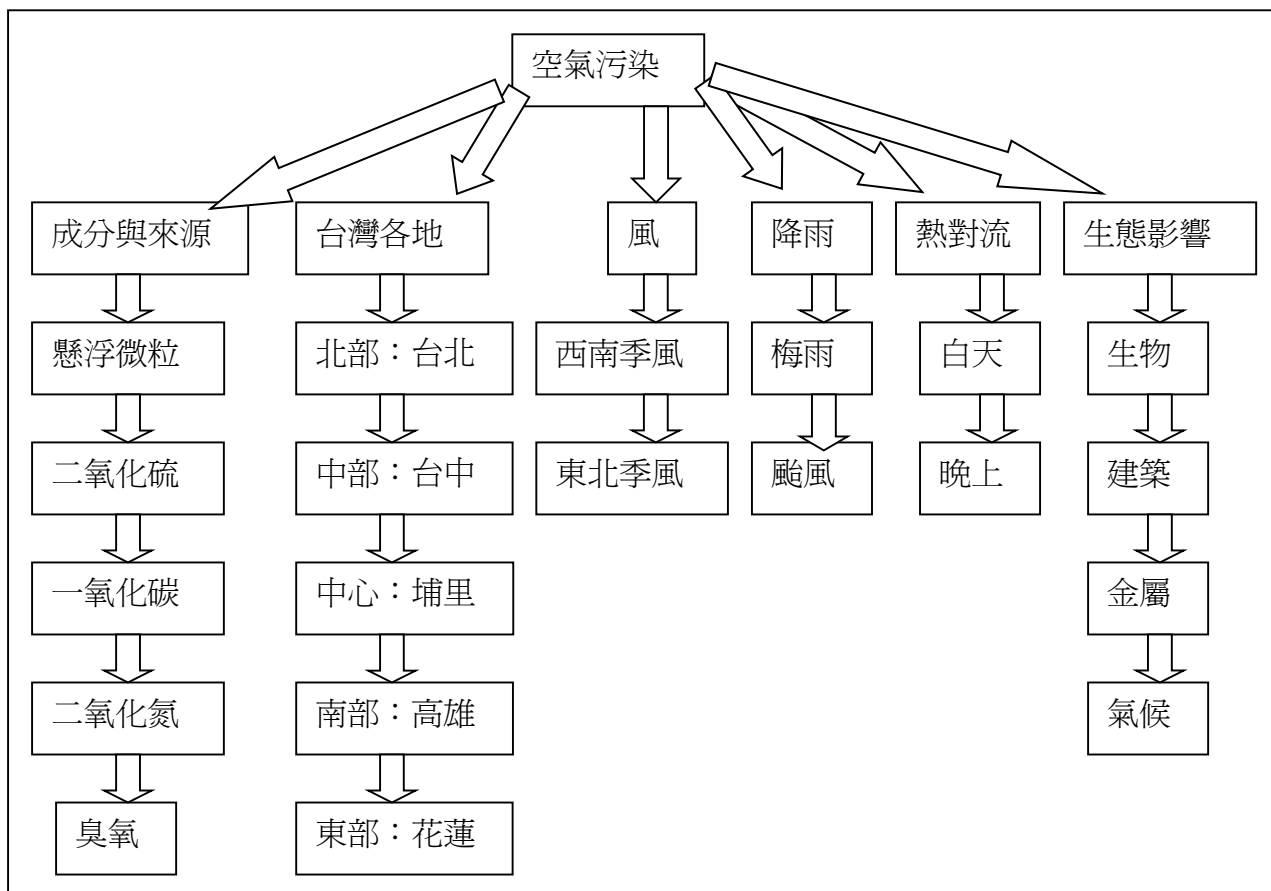
- 一、探討空氣污染的成分、來源與影響。
- 二、探討空氣污染對人體的影響。
- 三、探討降雨對空氣中懸浮微粒的影響。
- 四、探討空氣流動－風（季風）對空氣中懸浮微粒的影響。
- 五、探討熱對流－白天、晚上對空氣中懸浮微粒的影響。
- 六、探討埔里鎮近年來空氣品質的變化狀況。

參、研究設備及器材

- 一、設備：筆記型電腦、數位相機、網際網路。
- 二、軟體：Excel、Word。

肆、研究架構與步驟

一、研究架構：



二、空氣指標觀測站名稱地點：

觀測站名稱	地點
南投：埔里	埔里鎮西安路一段 193 號
台中：大里	台中市大里區大新街 36 號
台北：士林	台北市北投區文林北路 155 號
高雄：鳳山	高雄市鳳山區曹公路 6 號
花蓮：花蓮	花蓮市中正路 210 號

三、研究步驟：

(一)、歷年空氣污染資料與降雨資料取得方式：

- 1、由行政院環境保護署空氣品質監測網取得台灣各地空氣指標觀測站分佈地點資料，與歷年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。

- (二)、討論選擇欲比較之台灣各地區代表觀測站與欲比較之年月份降雨量資料：
- 1、選擇台灣北部、中部、南部、東部各區某一代表性空氣指標觀測站與埔里站，作為相互比較之資料來源。
 - 2、選擇某一空氣污染物濃度，作為研究比較之目標。
 - 3、選擇某一年月份、時間點之空氣污染物濃度，作為探究討論之資料。
 - 4、配合空氣污染物資料，找尋相同某一年月份、相同地點之降雨等氣象資料。
- (三)、資料分析探討：
- 1、從選擇的資料紀錄中，挑選符合欲探討的數據資料。
 - 2、將所挑選出的數據資料，利用電腦程式整理成所需的圖表資料。
 - 3、探究分析圖表資料所顯示之狀況，並嘗試作出結論與推導解釋。

伍、實驗結果與討論

一、探討空氣污染的成分、來源與影響。

- (一)、空氣汙染是指存在空氣中的懸浮微粒、二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、一氧化碳 (CO) 及臭氧 (O₃) 等物質，其濃度達到足以對人體造成危害之程度。空氣污染的來源可分為自然形成與人為造成。自然形成的有火山活動、沙漠地區的沙塵暴、動物排出的有毒氣體等。而人為造成的則有工廠排放廢棄、使用內燃機的交通工具、揮發性溶劑、燃燒金紙、蚊香及二手菸等。
- (二)、台灣空氣污染指標 (Pollutant Standards Index) 簡稱 PSI，是空氣污染情況的一項指標，由中華民國行政院環境保護署於 1993 年擴充測站後推出，目標乃藉由本測站系統監控全台灣所有的空氣品質並加以通報改善。指數根據 5 種空氣污染物 (二氧化氮、二氧化硫、臭氧、一氧化碳、懸浮微粒) 的濃度，轉化為一個由 0 至 500 的單一數字，並按照指數高低而劃分為良好、普通、不良、非常不良和有害五種級別。

表 5-1-1、空氣中的總懸浮微粒及類別：

微粒類別	定義
懸浮微粒	指粒徑在十微米 (10 μm) 以下之粒子，又稱PM10
落塵	粒徑超過10 μm，能因重力逐漸落下而引起公眾厭惡之物質
金屬燻煙及其化合物	含金屬或其化合物之微粒
黑煙	以碳粒為主要成份的暗灰色或黑色的煙
酸霧	含硫酸、硝酸、磷酸、鹽酸等酸性有毒之煙霧
油煙	含碳氫化合物之煙霧

- 1、懸浮微粒即是粒徑小於10微米的灰塵，可經由呼吸道進入肺部，容易造成呼吸道傷害。最近數年中國大陸的沙塵暴會造成大量的懸浮微粒飄在空中，也會隨著大氣的流動飄移至台灣，對台灣的空氣品質與民眾健康造成很大的影響。

表 5-1-2、懸浮粒子的粒徑大小說明：

粒徑 (μm)	粒徑大小說明
<100	總懸浮微粒 (TSP)，約為海灘沙粒大小，可懸浮於空氣中。
<10	懸浮微粒 (PM10) 為沙子直徑的 1/10，容易通過鼻腔之鼻毛與彎道到達喉嚨。
2.5~10	粗懸浮微粒 (PM2.5) 約為頭髮直徑的 1/8~1/20。
<2.5	細懸浮微粒 (PM2.5) 頭髮直徑的 1/28，可穿透肺部氣泡，直接進入血管中隨著血液循環全身。

- 2、**二氧化硫 (SO₂) 為大氣主要污染物，占污染物含量百分之九十五。**二氧化硫溶於水會形成亞硫酸 (H₂SO₃) 呈酸性，是酸雨的主要成分之一，會侵蝕建築與損傷農作物，而與眼睛接觸時，會造成紅腫和疼痛。
- 3、**二氧化氮 (NO₂)，是工業合成生產的中間產物，也是一個嚴重的大氣污染物。**二氧化氮的主要來源是機動車輛、火力發電廠、有機物質燃燒、化學工廠的製程等，都會伴隨著二氧化氮的產生。而二氧化氮是一種高毒性物質，接觸濃度高時可能致命，濃度低時則會危害肺部組織。
- 4、**一氧化碳 (CO) 是無色、無臭、無味、易燃且含有劇毒的氣體，**其來源是火山噴發、石化燃料燃燒、沼氣、雷電、交通工具等。因一氧化碳與紅血球的結合率比氧氣高了兩百倍，所以當人體吸入大量的一氧化碳時，因一氧化碳與紅血球的結合，導致氧氣輸送量大幅降低，所以減少了血液中的含氧量，會對人體造成許多不良的影響，俗稱一氧化碳中毒。若一氧化碳中毒，會有頭痛、頭暈、噁心、嘔吐、疲勞和虛弱，嚴重者則會造成昏厥或死亡。
- 5、**臭氧 (O₃) 為臭氧層的基本成分，其來源可分為自然臭氧及環境臭氧，**自然臭氧集中在平流層底部，就是俗稱的臭氧層，臭氧在吸收紫外線時會分解成氧氣分子與氧原子，而氧原子和氧分子在適當條件下結合可再成為臭氧，讓臭氧達成平衡狀況。而環境臭氧來源有交通工具、石油的儲藏運輸、各種溶劑、不完全燃燒的煤或木頭等若暴露在 0.1~1ppm 的臭氧下，會刺激呼吸道、造成眼睛疼痛，傷害肺部組織，嚴重時會導致肺部出血而死亡。

表 5-1-3、空氣污染成分其來源與對人體之影響。

成分	來源	對人體的傷害
懸浮微粒 pm2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	工業製程、發電設備、交通工具、土壤、花粉等	減緩血液中氧氣與二氧化碳交換的速度，造成呼吸短促、心臟衰竭。
二氧化硫 (SO ₂) (ppb)	火力發電廠、交通運輸等	刺激呼吸系統，導致呼吸困難
二氧化氮 (NO ₂) (ppb)	機動車輛、火力電廠、燃燒、化學工廠的製程等	接觸濃度高時可能致命，濃度低時則會危害肺部組織。
一氧化碳 CO (ppm)	火山、燃燒、沼氣、雷電、交通工具等	一氧化碳中毒。嚴重時導致昏厥或死亡。
臭氧 (O ₃) (ppb)	交通工具、石油的儲藏運輸、各種溶劑、不完全燃燒的煤或木頭等	會刺激呼吸、眼睛疼痛，傷害肺部組織，嚴重時會導致肺部出血而死亡。

二、空氣污染對生物與環境的影響：

1、對人類的影響：

- (1)、**顆粒狀的污染物，濃度太高、量太多或毒性太強時，足以使呼吸系統器官功能失效或影響其他器官的正常功能，造成身體不適，長期在不良空氣品質影響下極有可能產生呼吸道慢性病變。**因此，呼吸系統功能不好的人，對空氣污染的影響較常人來得顯著。同時，煙塵存在造成的能見度降低，而臭味造成身心的不適感，也會對日常生活造成很大的影響與不便。
- (2)、**許多研究已證實懸浮粒子會對呼吸系統和心血管系統造成傷害，導致哮喘、肺癌、心血管疾病、出生缺陷和過早死亡；小於10微米的懸浮粒子（PM10），可以穿透這些屏障進入支氣管和肺泡。小於2.5微米的懸浮粒子：細懸浮粒子（PM2.5），比表面積（物質單位質量所具有的表面積）大於PM10，更易吸附有毒害的物質，發表於《美國醫學會雜誌》的一項研究表明，PM2.5會導致動脈斑塊沉積，引發血管炎症和動脈粥樣硬化，最終導致心臟病或其他心血管問題，這項始於1982年的研究證實，當空氣中PM2.5的濃度長期高於 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，就會帶來死亡風險的上升。濃度每增加 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，總的死亡風險會上升4%，心肺疾病帶來的死亡風險上升6%，肺癌帶來的死亡風險上升8%。此外，PM2.5極易吸附多環芳烴等有機污染物和重金屬，使導致癌症、畸形、突變的機率明顯升高。**

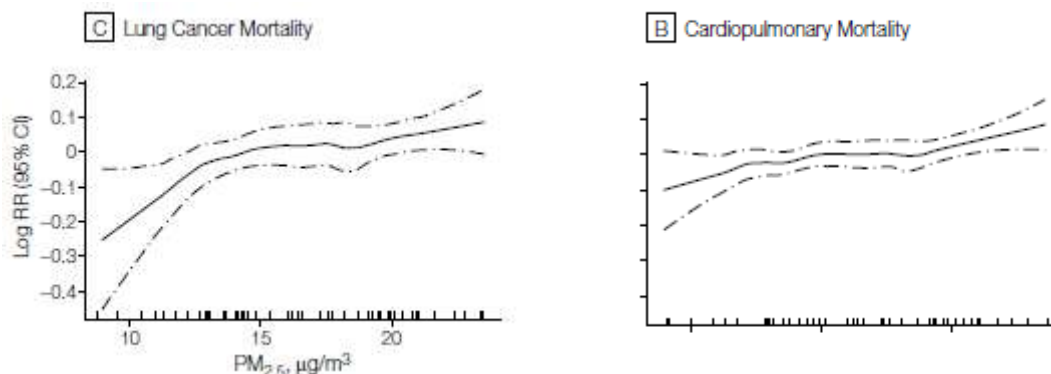


圖5-1-1、PM_{2.5}與肺癌人數比例折線圖 圖5-1-2、PM_{2.5}與突變人數比例折線圖

圖5-1-1、圖5-1-2：y軸為風險比率，x軸為每平方公里細懸浮微粒的濃度，由上圖可知罹患肺部及心血管疾病的風險會隨著懸浮微粒的濃度提高而增加。

- 2、**對植物的影響**二氧化硫可輕易地影響果實的生長，造成植物葉子組織破壞而產生枯黃、掉落、捲葉等病態。對植物最具毒性的氣體如二氧化硫、臭氧、氟化氫、乙烯、氯化氫、氯氣、氨氣等。
- 3、**對金屬、建材與建築物的影響**：**硫氧化物、氮氧化物與某些空氣污染物可使金屬腐蝕生鏽，其他如電線、鐵軌、橋樑、屋頂等亦會受到影響，產生褪色或變質現象，並減少使用壽命。**而二氧化碳會侵蝕石灰石，臭氧會使橡膠脆化斷裂，氮氧化物則會使顏料褪色，二氧化硫對許多金屬有腐蝕作用，並氣態之二氧化硫會進入大理石建材之內部和大理石反應後，變成固態之硫酸鈣產生膨脹，而使建築物產生裂縫，這種現象加劇了文化古蹟之損壞，增加保養修護工作之困難。
- 4、**對氣候的影響**：譬如二氧化碳造成大氣層散熱量減少，使地球表面溫度上升，形成「**溫室效應**」。而對氣候的影響還會形成連鎖效應，因為氣候也會連帶影響很多層面，舉「**酸雨**」為例：**硫氧化物、氮氧化物造成了「酸雨」現象，而酸雨造成的現象會有：**

- (1)、酸雨會降低湖水的 pH 值，使湖底沈澱的有害金屬溶解，導致貝類死亡，破壞生態。
- (2)、滴落在森林的酸雨，會造成土壤酸化，並且會妨害樹葉之新陳代謝，抑制樹木的生長，使樹木枯死。
- (3)、酸雨會腐蝕大理石和金屬，所以住宅、橋樑和許多歷史遺跡等常因此受到損害。
- (4)、酸雨使存在於土壤、岩石中的金屬元素溶出，流入河川或湖泊，影響魚、貝類、水生植物及以河川湖水灌溉的作物。由此看來，只是空氣污染成分之中的硫氧化物、氮氧化物便可造成生物、環境、建築、生態等各方面的損壞，所以，我們可以說空氣污染不只是大氣層中增加一些讓我們生活不便與不舒適的污染物，它還會藉著大氣的流動與水圈、岩石圈的交互作用，進而影響到整個我們所居住的地球。

表 5-1-4、空氣污染指標表

空氣汙染指標	0~50	51~100	101~199	200~299	> 300
對健康的影響	良好	普通	不良	非常不良	有害
狀態色塊					
人體健康影響	無害	對敏感族群有害	對敏感族群有輕微傷害	對敏感族群有嚴重傷害	對敏感族群有嚴重傷害，減低一般民眾的活動力

表 5-1-5、空氣汙染指標等級示意圖

PSI 值	PM10	SO2	CO	O3	NO2
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	ppm	ppb	ppb
50	50	30	4.5	60	-
100	150	140	9	120	-
200	350	300	15	200	600
300	420	600	30	400	1200
400	500	800	40	500	1600
500	600	1000	50	600	2000

表 5-1-6、PM2.5 濃度等級戶外活動指標圖

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	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、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到症狀時，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。		1、有心臟、呼吸道及心血管的成人與孩童，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。	

三、探討降雨對空氣中懸浮微粒的影響。

(一)、「蒸發－凝結－降水」為水循環的程序，其中有一個「降水」的程序。降水時，空氣中的各種氣體與懸浮粒子會溶解或吸附於水滴中，或與冰雹、雪形成凝結核再降落於地表，所以可以藉由降水的過程，來使空氣中的懸浮粒子與有害氣體濃度降低。而台灣的降雨主要集中於 4、5 月的梅雨季與 7、8、9 月的颱風。

- 1、梅雨:梅雨是東亞地區獨特的天氣現象。時間約在每年 5、6 月。由於夏季盛行西南季風，冬季盛行東北季風，在春夏交接之際，當東北季風逐漸減弱時，源自於南方熱帶海洋的西南季風逐漸增強、並向北推進，此時勢力相當的冷暖氣團便會在華南至台灣一帶交會，形成一道滯留鋒和寬廣雲帶，再慢慢往北移動，出現一段長達三十多天降雨時期，此鋒面會帶來大量的滯留雨，因滯留鋒移動緩慢，並可往返移動，造成長時間的陰雨連綿。
- 2、颱風：颱風是發生於熱帶洋面上的氣旋（熱帶性低氣壓），在北半球近地面的風呈逆時針方轉動，南半球則為順時針方向旋轉，西太平洋暖海區是颱風生成的溫床，每年約有 26 個颱風生成，主要發生在 7 月至 9 月，又以 8 月最多。台灣正位於西北太平洋移動路徑上，每年平均有 34 個颱風會侵襲臺灣，同樣是 8 月的颱風最多，7 月至 9 月的發生頻率最高，約佔全年總數的 75% 以上。

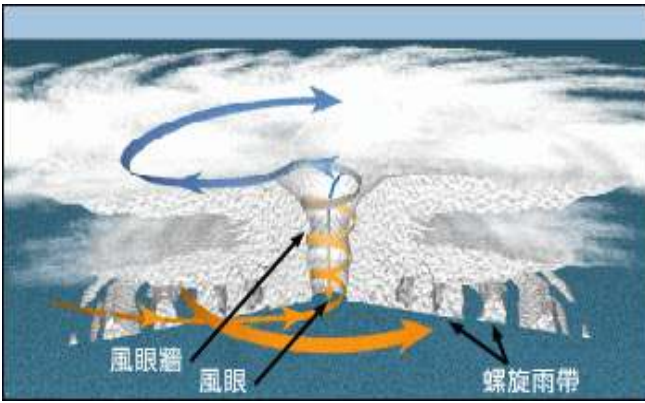


圖 5-2-1、颱風結構示意圖

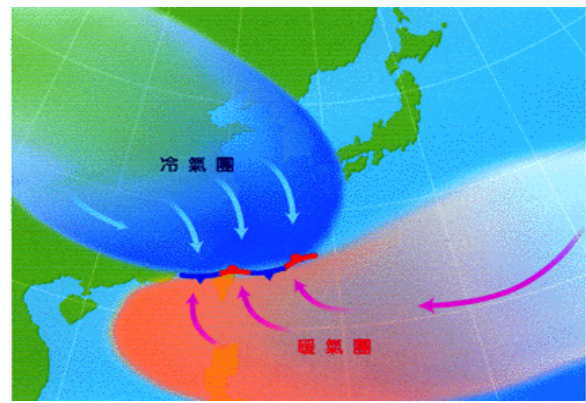


圖 5-2-2、梅雨鋒面示意圖

3、2006—2014 年台灣各地月平均降雨量與懸浮粒子 (PM10) 之關係 (數據資料如附錄)

(1)、2006—2014 年高雄月平均降雨量與懸浮粒子 (PM10) 關係折線圖

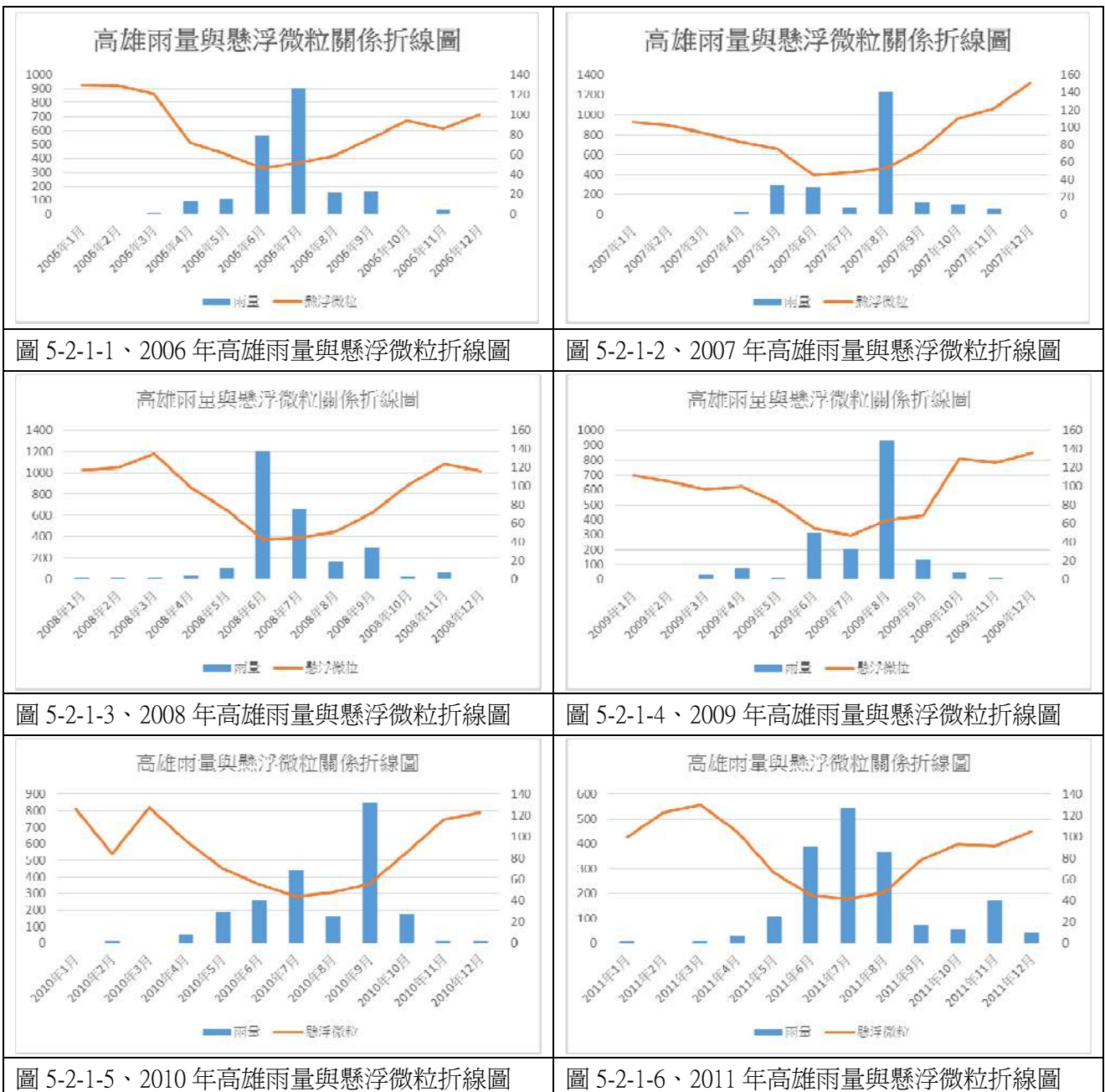


圖 5-2-1-1、2006 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-1-2、2007 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-1-3、2008 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-1-4、2009 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-1-5、2010 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-1-6、2011 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-1-7、2012 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

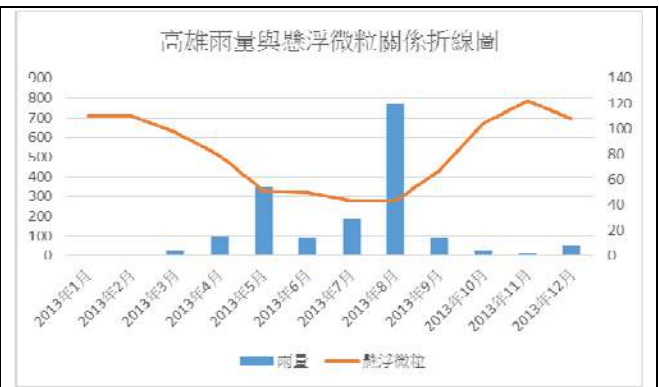


圖 5-2-1-8、2013 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-1-9、2014 年高雄雨量與懸浮微粒折線圖

由以上折線圖可看出，位於台灣西南部的高雄市為夏雨冬乾的氣候，所以在 7、8、9 月時，颱風來臨帶來大量豪雨，此時懸浮微粒跟著降雨落至地表，所以空氣中懸浮微粒濃度會於 7、8、9 月降低。且高雄有中國鋼鐵公司為首的鋼鐵業；台灣中油公司為中心的石化業；獨一無二的台灣造船公司的造船業；以及臨海工業區、高雄加工出口區、楠梓加工出口區、林園工業區、大發工業區、鳳山工業區、仁大工業區、永安工業區、高雄科學園區等多個工業區，使高雄市成為台灣重工業的中心，更是工商業經濟繁榮都市，然而相對的也讓高雄市成為台灣地區空氣品質污染十分嚴重的區域。平時空氣汙染十分嚴重，但是在降雨時，數值可由一百以上降低至五十以下，相差十分懸殊。

(2)、2006—2014 年台北月平均降雨量與懸浮微粒 (PM10) 關係折線圖



圖 5-2-2-1、2006 年台北雨量與懸浮微粒折線圖

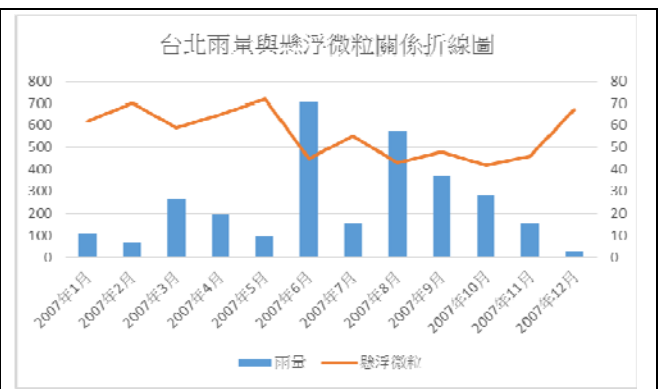


圖 5-2-2-2、2007 年台北雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-2-3、2008 年台北雨量與懸浮微粒折線圖

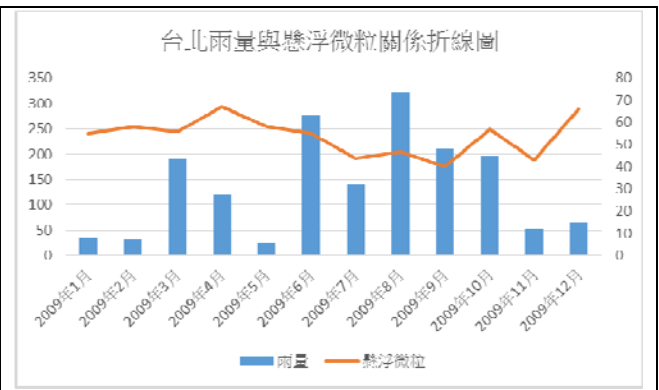


圖 5-2-2-4、2009 年台北雨量與懸浮微粒折線圖

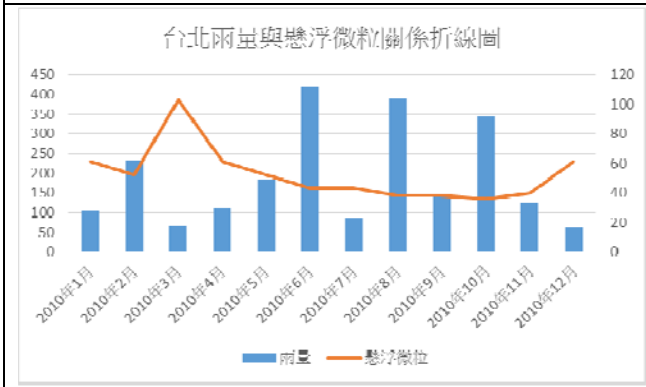


圖 5-2-2-5、2010 年台北雨量與懸浮微粒折線圖

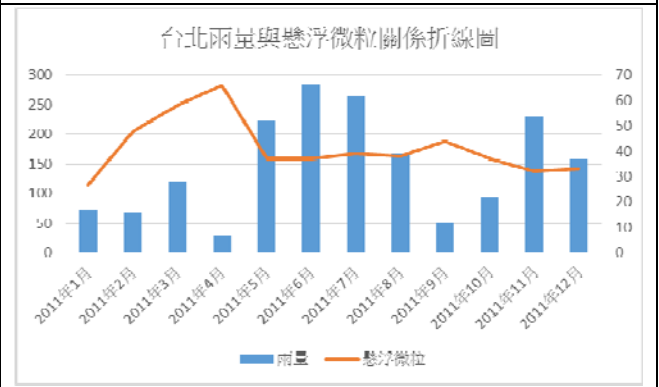


圖 5-2-2-6、2011 年台北雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-2-7、2012 年台北雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-2-8、2013 年台北雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-2-9、2014 年台北雨量與懸浮微粒折線圖

春季裡西伯利亞、蒙古的冷空氣甚強且頻頻南下，和來自南中國海且北上的暖濕空氣在長江流域及臺灣地區相會，形成鋒面且成雲致雨。又因為鋒面常滯留在臺灣上空，久久不去，致使台北陰雨不斷，偶而還出現雷雨天氣。尤其在清明節前後，都有一段陰雨綿綿的日子，

所以說「清明時節雨紛紛」正是台北的寫照。

台北市夏季午後的雷陣雨，就是赫赫有名的西北雨。這種西北雨是夏季西南氣流沿著淡水河口進到台北盆地東南方，再沿著新店、松山一帶的山嶺爬升，再加上日曬增溫引起熱力對流作用，所產生的雷雨。

所以，台北春末夏初有滯留峰所帶來的梅雨；夏天有西南季風引起的雷陣雨；冬天有東北季風吹送的海洋濕氣，導致台北形成幾乎全年有雨的氣候，讓空氣中的懸浮微粒等有害物質很容易隨雨水而沉澱，故台北並非我們所想的－擁有髒空氣的都市。

(3)、2006－2014 年台中月平均降雨量與懸浮粒子 (PM10) 關係折線圖

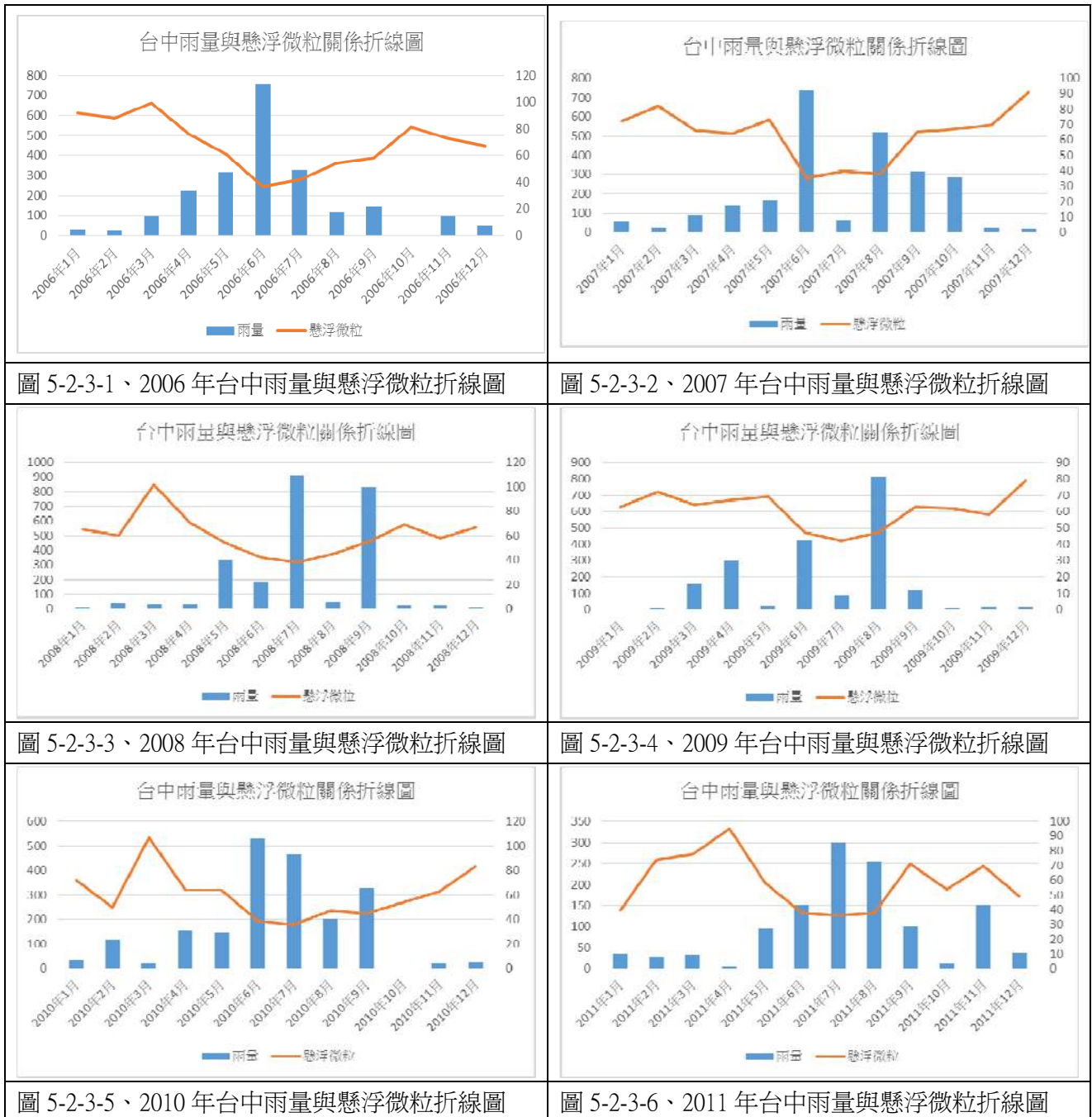


圖 5-2-3-1、2006 年台中雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-3-2、2007 年台中雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-3-3、2008 年台中雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-3-4、2009 年台中雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-3-5、2010 年台中雨量與懸浮微粒折線圖

圖 5-2-3-6、2011 年台中雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-3-7、2012 年台中雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-3-8、2013 年台中雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-3-9、2014 年台中雨量與懸浮微粒折線圖

台中的雨量大多集中在 5 到 8 月，此時因颱風來襲，沖刷了空氣中大部分的懸浮微粒；其他月份時，雨量都在近乎 0 的位置，同時懸浮微粒的數值也跟著飆高，冬季和夏季的數值有著顯著的差別。

(4)、2006－2014 年花蓮月平均降雨量與懸浮粒子 (PM10) 關係折線圖



圖 5-2-4-1、2006 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-4-2、2007 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-4-3、2008 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖

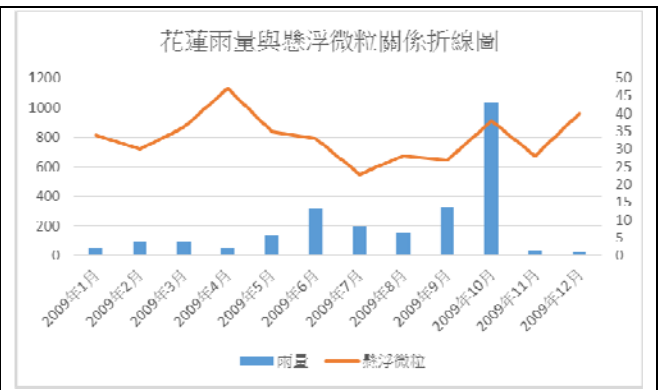


圖 5-2-4-4、2009 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-4-5、2010 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-4-6、2011 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-4-7、2012 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-4-8、2013 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖



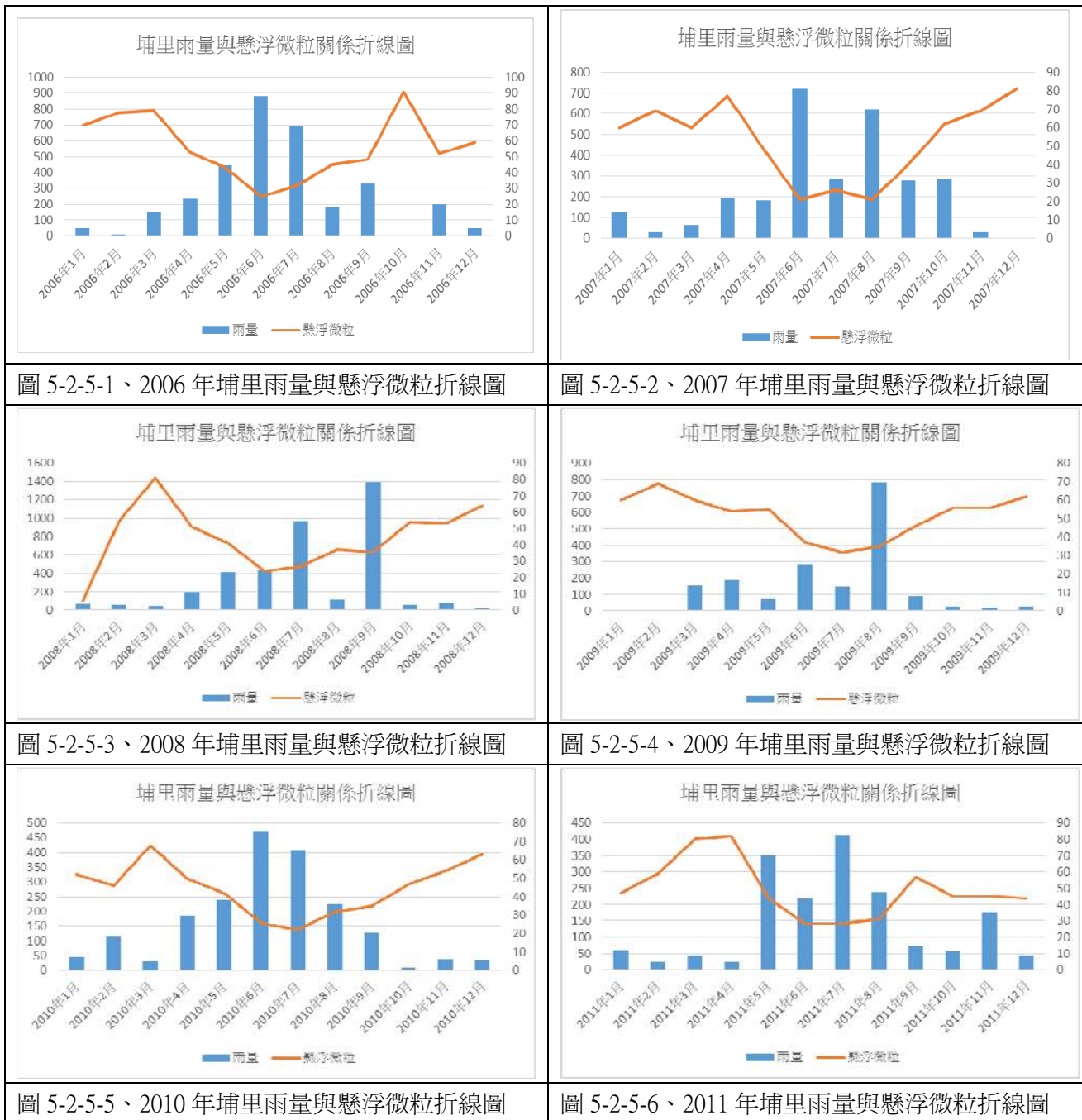
圖 5-2-4-9、2014 年花蓮雨量與懸浮微粒折線圖

冬季時，東北季風從太平洋帶來大量的濕冷水氣，使花蓮少有旱季，降水充沛；夏季盛行暖濕的西南季風，多半被中央山脈攔阻，花蓮地區受到季風和太平洋氣旋影響，更常常是颱風過境時的第一站，因此降雨穩定，年雨量約兩千毫米，可說是相當充足；雨季長達兩百

六十多天，屬於多雨的氣候。

由此可知，花蓮的空氣汙染情形比較不嚴重的有幾點：有中央山脈阻擋，位於台灣西部的有害物質不容易通過；降雨和台北一樣十分充沛，有害物質較容易沉澱；花蓮開發較慢，交通也較不便，工業排放較低，故空氣汙染的程度也會較輕微。

(5)、2006—2014 年埔里月平均降雨量與懸浮粒子 (PM10) 關係折線圖



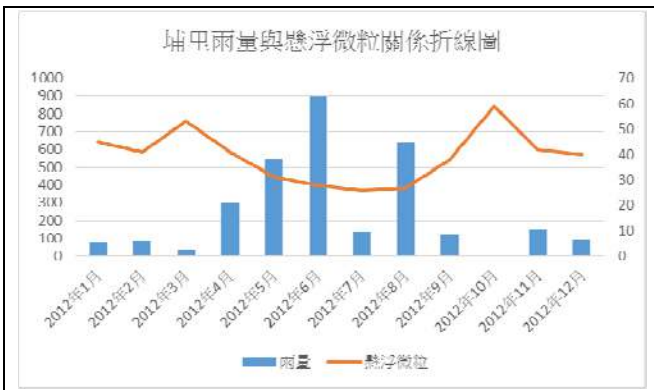


圖 5-2-5-7、2012 年埔里雨量與懸浮微粒折線圖

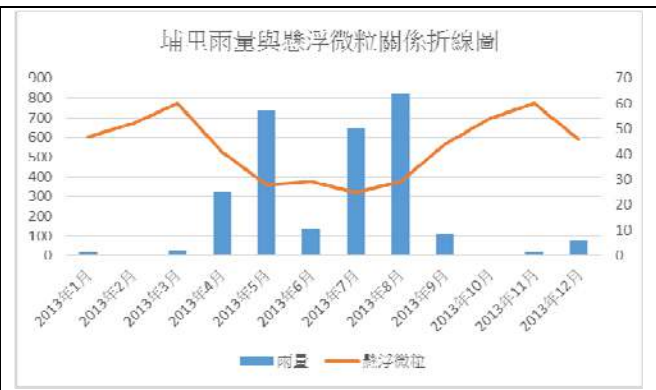


圖 5-2-5-8、2013 年埔里雨量與懸浮微粒折線圖



圖 5-2-5-9、2014 年埔里雨量與懸浮微粒折線圖

埔里位居台灣的中心點，而降雨量也十分適中，年平均雨量為 2,120 公厘，全年降雨的日數約為 149 日，以 6 月份最多，月平均雨量達 437 公厘，11 月份則是雨量最少的月份，月平均雨量只有 16 公厘，所以可以發現埔里的夏季雨季，其懸浮粒子的濃度較低，但雨量較少的月份，其懸浮粒子的濃度就變高了。

四、探討季風對空氣中懸浮微粒的影響。

夏季時因陸地吸熱、散熱較海洋快，暖空氣容易膨脹上升，形成密度小、重量輕的低氣壓，相對在印度洋和太平洋上形成高氣壓。而空氣的流動—風是由高氣壓吹向低氣壓，所以夏季季風由海洋吹往陸地，在台灣以吹西南季風為主，暖溼為夏季的氣候特徵。夏季的西南季風為台灣全島帶來大量的雨量，以西南部最多。冬天時，位於高緯度的西伯利亞和蒙古的陸地較海洋冷，冷空氣向下沉，使地面空氣壓力增加，形成高氣壓，海洋則形成低氣壓。故冬季時，風由中國內陸吹向海洋，即為冬季季風，在台灣則以吹東北季風為主。東北季風為台灣北部，尤以基隆、宜蘭一帶迎風山坡帶來豐沛的雨量，西南部因受中央山脈的阻擋而進入乾季，總之，台灣深受季風季節和風向影響，雖然台灣總雨量並不少，年平均達 2150 mm，但在時空分配上並不平均。

每年秋季後，高壓在寒冷的歐亞大陸上發展，寒冷而乾燥的空氣自大陸向海洋流出，一直到遠離陸地抵達洋面之後，吸收較多的水份。在大陸東岸，北緯 30 度以南地區，東北風盛行（風強而頻率高）稱為東北季風。冬天，大陸高氣壓南下，伴隨前緣的冷鋒面通過東海到達台灣附近海域時，即帶來東北季風，其風力常相當強勁。台灣北部及東北部在受東北季風影響的季節裏，經常呈現陰霾有小雨的天氣。

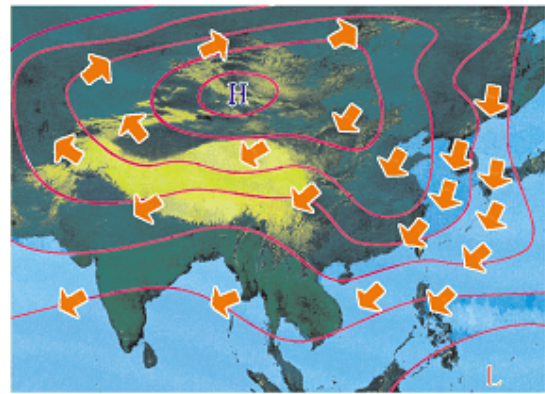
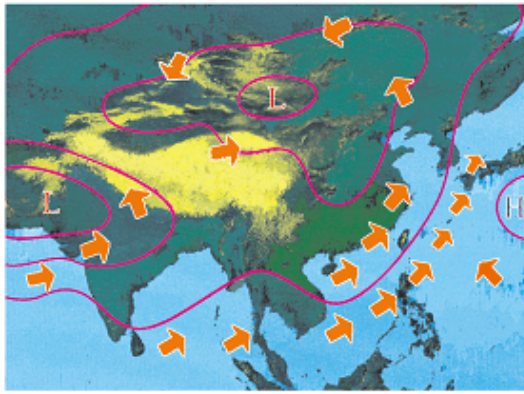


圖 5-3-1、夏季盛行季風風向示意圖

圖 5-3-2、冬季盛行季風風向示意圖

冬季時，則是在西伯利亞一帶形成的熱帶性高氣壓，讓空氣中的空污物質往台灣南部移動，但冬季溫度較低，熱對流不夠旺盛，有害物質在較接近地面的地區，且冬季的台灣是較乾燥的，故冬季空氣會比夏季糟糕。

夏季時受西南季風影響，整個台灣都籠罩在季風區內，再加上颱風所帶來的降雨量影響，可以發現台灣夏季的空氣品質比冬季佳。但位於台灣正中央的埔里，冬季的東北季風會把北部的有害物質帶進埔里，夏季的西南季風則把嘉義、彰化地區的有害物質帶進埔里。雖然有降雨使懸浮微粒沉降，但卻受夏冬季風吹拂攜帶的南北有害物質的影響，導致埔里的空氣品質不佳。

五、探討熱對流—白天、晚上對空氣中懸浮微粒的影響。

在台灣，夏季時的西南季風由在太平洋形成的熱帶性高氣壓從南部往北帶，同時夏季溫較高，早上時熱對流較旺盛，空氣中的有害物質便上升，晚上時，氣溫較低，冷空氣下降，有害物質也跟著下降，但夏季降雨機率較高，有害物質較容易沉降，故夏季的空氣品質會較冬季好些。

由於冬季北方降水較少，氣候乾燥，颱風天氣較少，光照較弱，日照時間短，逆溫層時間久，且溫度較低，大氣對流不活躍等不利於空氣中污染物質擴散的因素較多，使空氣污染程度相對較重。夏季由於太陽輻射很強，大氣對流活動旺盛，逆溫層的生成存在時間縮短，且降雨天氣較多，降雨量很大，對污染物質清除作用明顯，使空氣污染程度相對減輕。

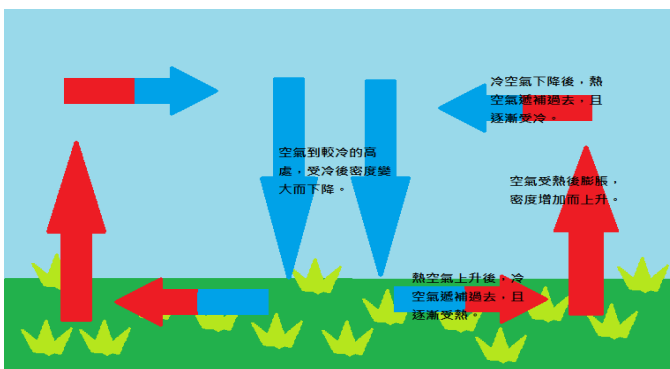


圖 5-4-1、熱對流循環示意圖

從下列折線圖可以看出，一天中懸浮微粒最低時間是在 13 時到 14 時之間。正午時，陽光直射地面，是地面受熱最多的時刻，但卻不是溫度最高的時候，這是由於地面受熱要經過一段時間以後，才會完全將熱傳到空氣裡，所以要到了下午 2 時左右，溫度才會升到最高點。到了晚上，地面急速的放出熱，所以入夜到清晨破曉之間，溫度會降得很低，直到太陽東升，大地又開始吸熱，溫度才會慢慢回升。

圖 5-4-1、2013/2014 一月/六月第一週台灣各地 24 小時懸浮粒子 (PM2.5/PM10) 濃度折線圖

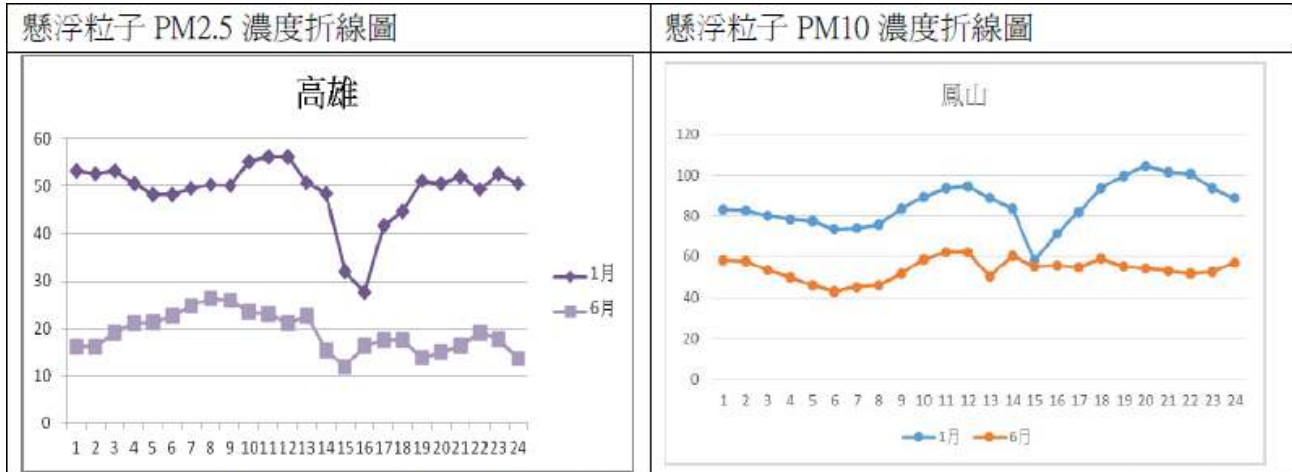


圖 5-4-1-1-1、2013 一月/六月第一週高雄 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

圖 5-4-1-2-1、2013 一月/六月第一週高雄 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

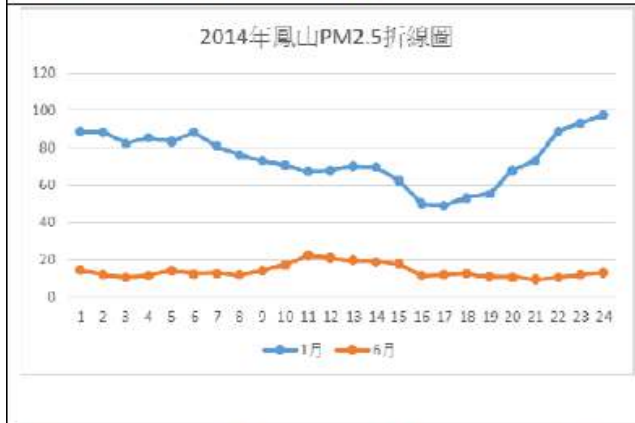


圖 5-4-1-1-2、2014 一月/六月第一週高雄 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

圖 5-4-1-2-2、2014 一月/六月第一週高雄 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

一天之中，溫度最高的時候是在下午 2 點到 3 點之間，這時溫度升高，熱對流旺盛，空氣中的懸浮微粒也隨著對流往上升。從圖中可看出，在 13 時時懸浮微粒數值開始下降，然後再 15、16 時降到最低點，然後又慢慢爬升。

這張圖，很明顯的，1 月溫度較高，6 月溫度較低，而 6 月懸浮微粒較多，1 月懸浮微粒在下午 3 點的時候最少，因為那時候的氣溫最高；下午 8 點的時候，懸浮微粒最多，原因很簡單，就是那時候溫度較低。

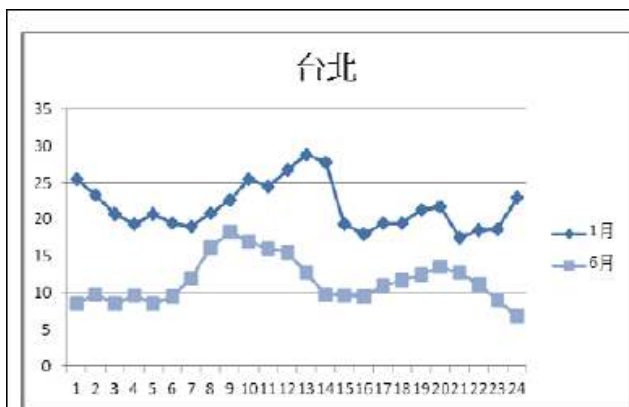


圖 5-4-1-1-3、2013 一月/六月第一週台北 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

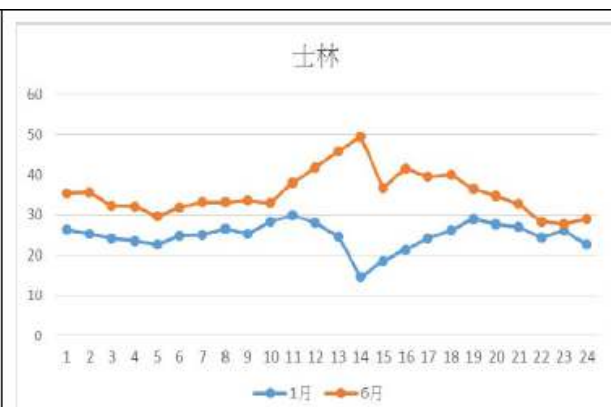


圖 5-4-1-2-3、2013 一月/六月第一週台北 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

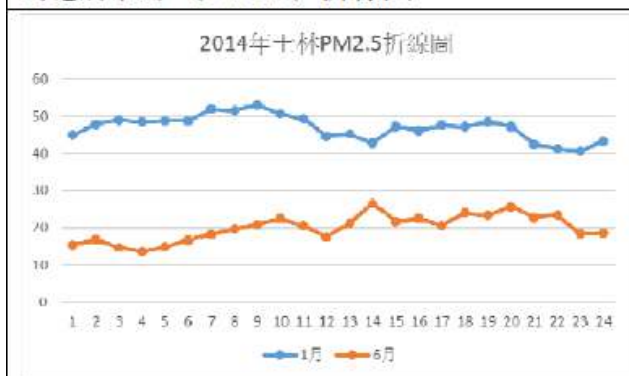


圖 5-4-1-1-4、2014 一月/六月第一週台北 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

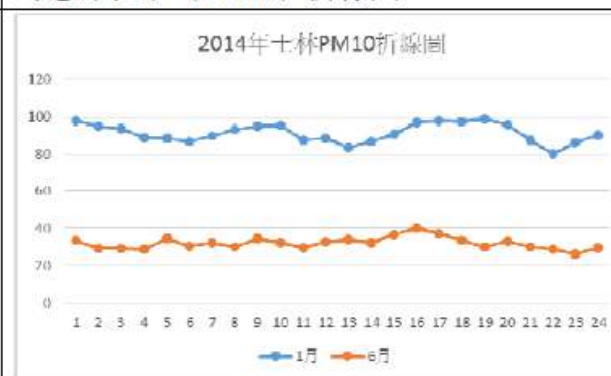


圖 5-4-1-2-4、2014 一月/六月第一週台北 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

因三月到五月為春季，六月到九月為夏季，所以六月溫度較一月溫度高。六月的懸浮微粒也就比一月的懸浮微粒來的低許多。

由上圖可知，一月跟六月都是從大約 7 點時，懸浮微粒開始上升，這是因為此時是上班的尖峰時刻，汽、機車的流量增加，廢氣在空氣中流動。9 點多時，懸浮微粒才開始下降。但是，很明顯的，一月的懸浮微粒只持續了一個小時便又開始上升，原因是因為溫度又下降了；而六月卻持續下降到下午 2 點，確實證明了夏天的太陽是不容小覷的，熱對流強烈。到了晚上 9 點時，又開始出現差異：一月漸漸升高，空氣品質變差；六月逐漸降低，空氣品質變佳。

一月和六月的凌晨一點到早上八點的折線呈現平行的狀態，溫度沒有太大的變化。之後，一月的懸浮微粒開始升高，然後下降，溫度降低後又升高；六月的懸浮微粒下降後又上升，代表溫度可能上升後又下降。



圖 5-4-1-1-5、2013 一月/六月第一週花蓮 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖



圖 5-4-1-2-5、2013 一月/六月第一週花蓮 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

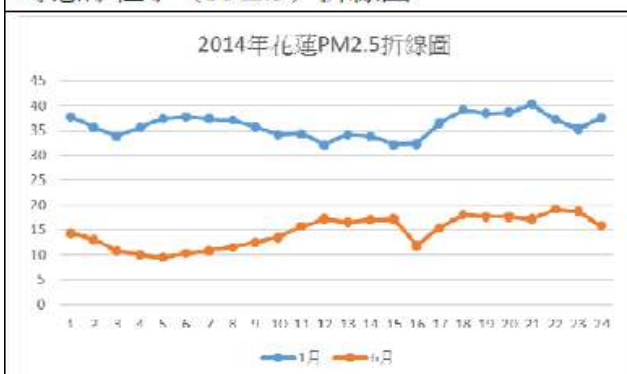


圖 5-4-1-1-6、2014 一月/六月第一週花蓮 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

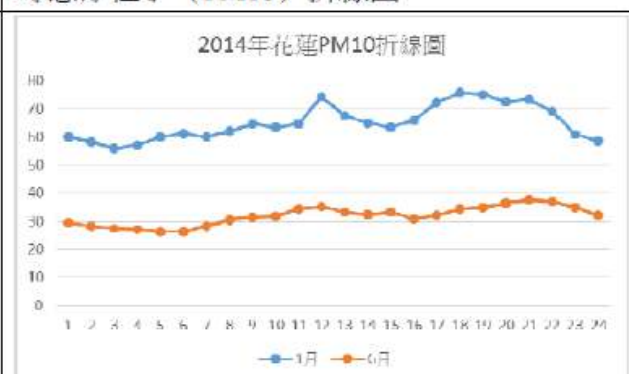


圖 5-4-1-2-6、2014 一月/六月第一週花蓮 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

一月：在 7 時到 8 時這個小時內，懸浮微粒突然從 12 升高到 16 以上，主要是受到汽、機車排放的廢氣所影響。9 點之後，懸浮微粒一直維持在 12 到 14 之間直到晚上 12 點。

六月：懸浮微粒從凌晨 1 時持續下降至下午 4 時，雖有三次微微升高，但並不明顯。下午 4 時至 9 時，可能是因為是下班尖峰時刻，所以又升高了不少。

因為有中央山脈的阻隔，所以受到外界空氣污染的機會較少。冬天（1 月）東北季風帶來了大量降雨，所以懸浮微粒也沒有較高，跟六月的沒有差很多。唯一有差的，就是在晚上 6 點到 8 點的時候，突然有了較大的差異，因為那時候較涼爽，又有風，故懸浮微粒有下降的趨勢。之後就沒有太大的變化了。



圖 5-4-1-1-7、2013 一月/六月第一週台中 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

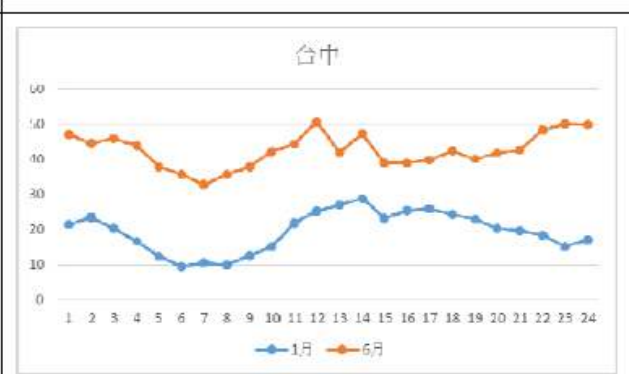


圖 5-4-1-2-7、2013 一月/六月第一週台中 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

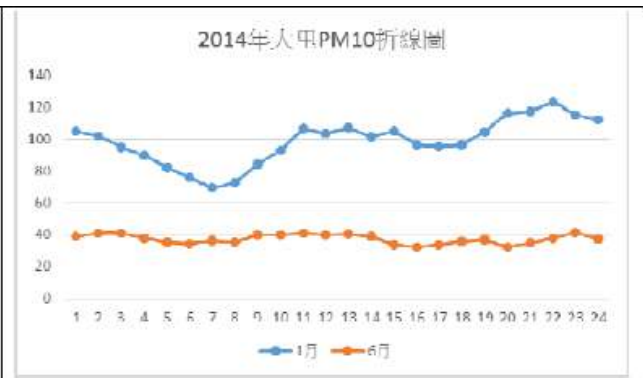
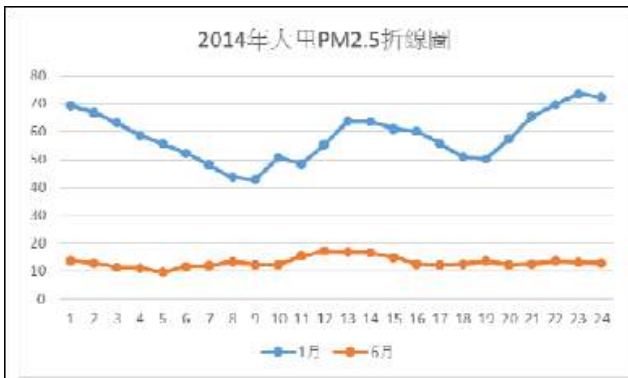


圖 5-4-1-1-8、2014 一月/六月第一週台中 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

圖 5-4-1-2-8、2014 一月/六月第一週台中 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

由於夏天有颱風，帶來大量降雨，所以溫度較低。再者，夏季與秋初時期，台灣主要受太平洋副熱帶高壓及西南季風之影響，南部地區因西南季風而有較大之風速，且午後雷陣雨對流旺盛，所以空氣品質普遍較佳。

此圖清楚表現出一月和六月溫度之間的差異對懸浮微粒的影響。兩條折線的起伏大致上相同，只有在最後一個小時出現不同。一月開始微微上升，原因是溫度升高了；六月保持在五十左右的數值，溫度沒有明顯升高或降低。

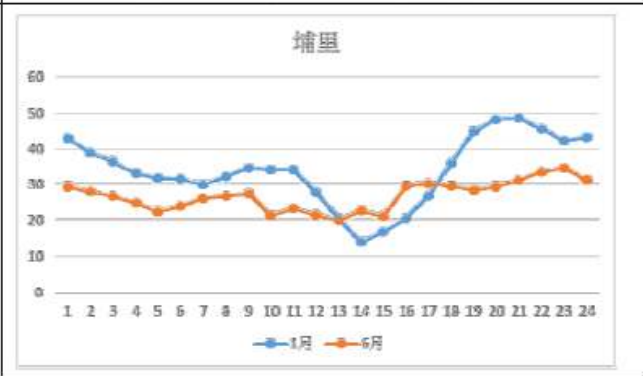
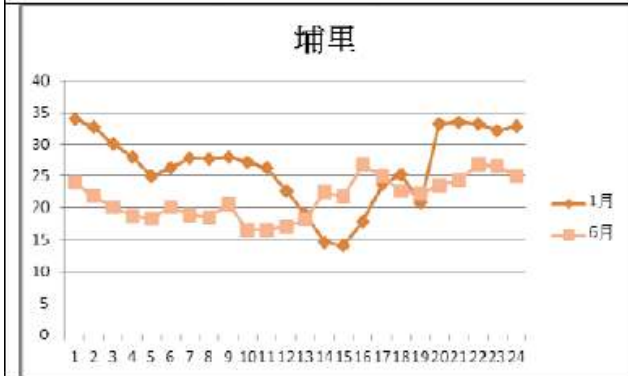


圖 5-4-1-1-9、2013 一月/六月第一週埔里 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

圖 5-4-1-2-9、2013 一月/六月第一週埔里 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

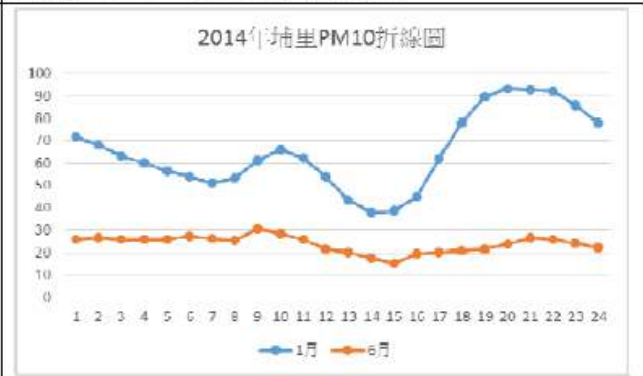
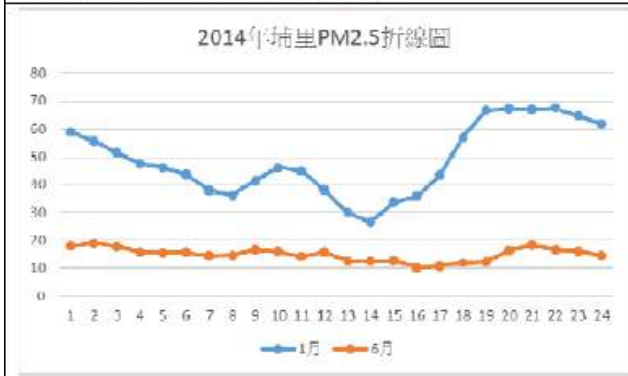


圖 5-4-1-1-10、2014 一月/六月第一週埔里 24 小時懸浮粒子 (PM2.5) 折線圖

圖 5-4-1-2-10、2014 一月/六月第一週埔里 24 小時懸浮粒子 (PM10) 折線圖

一月懸浮微粒在凌晨 1 時到早上 11 時以及晚上 9 時到 12 時的這兩段時間，都比六月的來的高，只有在下午 2 點到 4 點時，懸浮微粒數值有明顯下降，因為當時是溫度最高的時段。

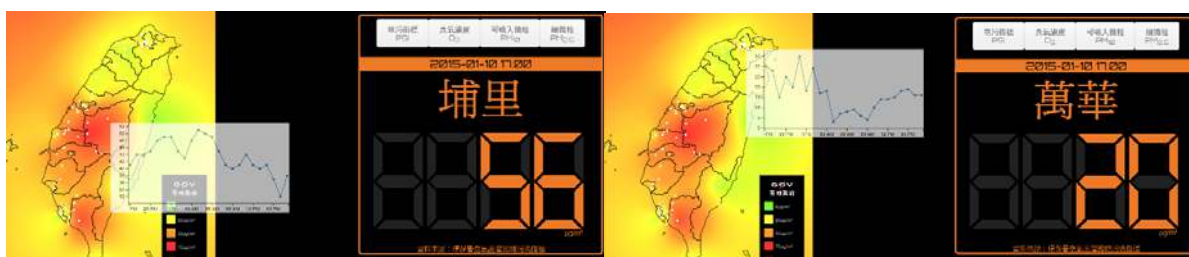
埔里的懸浮微粒數值的最高點都是在晚上 9 點到 10 點之間，最低點在 1 點到 3 點之間。1 月時呈現明顯的 U 型狀態，與空氣溫度成相反趨勢。

六、探討埔里鎮近年來空氣品質的變化狀況。

2015年1月18日15時20分在埔里虎頭山山頂，往西南方拍攝到的天空被一片灰色的霧霾所籠罩，雖然當天的天氣晴朗、萬里無雲、豔陽高照，但天空看起來還是霧濛濛、灰沉沉的樣子。(如下圖)



在即時的空氣品質監測 (<http://env.gov.tw/air/>) 網站上，可以明顯的看出，同一時間的埔里的空氣污染數值比眾所周知的大都會（臺北）還要來的嚴重。



我們查詢資料後推測可能是因為，台灣北部地區全年有雨，空氣中的有害物質較容易隨雨水而沉降。而在南部高雄、台南等地，則是開放的平原地形，有害物質較容易被風帶走。但埔里是封閉型的盆地，埔里的農地常常燃燒茭白筍殼，又是觀光重鎮，汽機車流量大，加上埔里是盆地地形，夏天對流旺盛時還有把空氣污染物質散出的可能，但冬天時氣溫下降，熱對流不夠旺盛，空氣汙染情形就嚴重很多。

表 5-2-5、季節季風對台灣各地懸浮粒子沉澱機率之關係表

地區	臺北	台中	埔里	高雄、臺南	花蓮、臺東
地形	盆地	盆地	盆地	平原	山地
夏季對流	高	高	高	高	高
冬季對流	低	低	低	低	低
夏季季風帶入	低	高	高	高	低
冬季季風帶入	高	低	高	低	高
降雨	全年有雨	夏雨冬乾	夏雨冬乾	夏雨冬乾	全年有雨
懸浮粒子沉澱 機率	高	低	低	低	高
空氣污染程度	低	高	高	低	低

陸、結論

- 一、空氣污染指標 (PSI) 的五種物質為：二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、一氧化碳 (CO) 及臭氧 (O₃)、懸浮微粒 (PM_{2.5}) 等物質。二氧化氮會刺激呼吸系統，導致呼吸困難；一氧化碳中毒時，嚴重會導致昏厥或死亡；臭氧會刺激呼吸、造成眼睛疼痛，傷害肺部組織，嚴重時會導致肺部出血而死亡；懸浮微粒會減緩血液中氧氣與二氧化碳交換的速度，造成呼吸短促、心臟衰竭；二氧化氮濃度高時可能致命，濃度低時會危害肺部組織。
- 二、當水以冰雹、水、雪等型態降落是地表時，會把空中的懸浮微粒帶至地表。降雨量越多，越能改善空氣品質，所已在梅雨的 3、4 月和颱風的 7、8 月的空氣品質會較好。春季時期，台灣主要為滯留鋒面及華南雲雨帶東移之天氣型態。若滯留鋒面徘徊於台灣，造成連續性降水，則各地空氣皆相當良好；但若滯留鋒面徘徊於東海附近，造成台灣各地皆少降雨、風速小、則空氣品質皆會較差。
- 三、東北季風：冬季吹東北季風時，使空氣品質原本就不錯的北部與東部地區空氣品質益佳。西南季風：夏季吹送西南季風，使中南部地區的空氣品質呈現好轉的趨勢。
- 四、懸浮微粒會隨著空氣流動，當溫度較高，空氣膨脹上升時，也會把懸浮微粒一起帶上去；當溫度較低，空氣收縮下降時，也會把懸浮微粒一起帶下來。因此夏季溫較高，白天時熱對流較旺盛，空氣中的有害物質便上升，晚上時，氣溫較低，冷空氣下降，有害物質也跟著下降。且夏季降雨機率較高，有害物質容易沉降，故夏季的空氣品質會較冬季佳。
- 五、近年來，埔里因缺水，降雨量少，懸浮微粒不易下沉致地表，在加上是盆地地形，懸浮微粒不易散出，導致空氣品質越來越糟，尤其是在在晚間時，空氣品質時常亮紅燈，到達不適合出門的程度。
- 六、從上面的研究中，可看出空氣中懸浮微粒的多寡受到降水，對流的影響。當降雨時，懸浮微粒會隨著落下的雨水降落致地表；而當氣溫升高時，對流旺盛，懸浮在空中的懸浮微粒便往上爬升。所以，在現今空氣污染嚴重的時代，出門的最佳時機，就是在下雨後或是下午 2 點到 4 點之間了。

柒、參考資料

- 一、參考資料：
 - 1、郭重吉、江武雄、吳天芳、張惠博、張文華 (2013)：台灣的天氣、空氣污染。國中自然與生活科技，(第六冊第四章)。台南。南一文教。
 - 2、林英智、李清勝、黃能堂、張永達、蔡尙芳 (2013)：梅雨與颱風空氣污染。國中自然與生活科技，(第六冊第四章)。台北。康軒文教。
 - 3、環保署-空氣品質保護及噪音管制處 http://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx
 - 4、季風的影響 <http://163.32.129.3/elearning/94weather/003/3002.htm>
 - 5、中央氣象局-常識 <http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/announce/announce.htm>
 - 6、空污指標 <http://env.gov.tw/air/>
 - 7、台北的天氣 http://w4.ctps.tp.edu.tw/country/geo/geo_b/geo_b_02.htm
 - 8、行政院環境保護署空氣品質監測網 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>
 - 9、何謂空氣中的懸浮微粒? <http://1999.tainan.gov.tw/FAQ.aspx?FKnowledgeID=4813>
 - 10、空氣品質監測簡介 <http://edw.epa.gov.tw/topicAir.aspx>

【評語】 030511

優點：

閱讀資料之整理頗為完整。

缺點：

1. 「實驗結果與討論」之第一、二、四項僅為閱讀資料之整理，不應納為作品之「實驗結果」。
2. 觀測資料分析的呈現在 A)站點之選取、B)物理量間之變因控制、C)數據結果之解讀，皆顯現相當之主觀選擇性，欠缺說服力。
3. 「探討埔里鎮近年來空氣品質的變化狀況」僅呈現空氣品質狀況，過於潦草。討論中僅提及「查詢資料」即進行結論，不符科學精神。

建議改進事項：

作品所使用之軟體 excel 具備簡易之統計計算功能，作為觀測資料分析之輔助工具，或有助益。