

影響嘉義地區空氣汙染與能見度的相關因子之探討

摘 要

嘉義氣象站位於平原上，日夜溫差大輻射冷卻，易形成輻射霧。但研究期間可能是暖冬僅出現 4 次輻射霧與 1 次平流霧，輻射霧因太陽一出來霧就散，能見度會變好，空氣品質也不錯。平流霧會造成空氣品質(AQI)不良，能見度變差。造成能見度不佳與空氣品質不良，最主要汙染源是 PM2.5，其次是臭氧 8 小時濃度。在 2018 年 PM2.5 濃度超標的天數與霾害的天數有一致趨勢，而臭氧 8 小時濃度則無。

嘉義是中部以北空氣品質最糟縣市之一，僅次於斗六，因位於山脈的背風處之山腳下，東北季風盛行的季節(10 月至 4 月)，汙染源易進難出造成嘉義地區的空氣品質不良，能見度亦不好，形成霾害。雨季(5 月至 9 月)，能見度較佳，空氣品質也較好。

關 鍵 詞：能見度、空氣品質、PM2.5 濃度

壹、 研究動機

我發現冬天嘉義的空氣品質不好，能見度也不好，遠處的建築物及山脈常常都是看不清楚，天空灰濛濛覺得很納悶，到底是空氣品質不良所造成能見度不好？還是能見度不好造成空氣品質不良？所以去找老師對此問題做一個科學研究，受到好奇心的驅使，想找出其原因。

1

貳、 研究目的

- 一、 探討影響能見度的因子為何？
- 二、 探討輻射霧與逆溫層的成因。
- 三、 探討造成空氣品質不良的主要汙染源有哪些？
- 四、 探討 PM2.5 與霾害是否有季節性的差異。
- 五、 探討影響嘉義空氣品質不良的因素。

參、 研究設備及器材

- 1.氣壓計
- 2.溫度計
3. 溼度計
- 4.數位相機
- 5.望遠鏡
- 6.密封帶
- 7.磚塊
- 8.燒杯
- 9.冰塊
- 10.手機

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

霧的出現根據國際上的定義，能見度小於 1 公里的叫霧 (Fog)，水平能見度不足一公里時，氣象站觀測員會記錄有「霧」，水平能見度介於一公里至十公里之間則記錄有「輕霧」或稱「靄」(Mist) 現象。

(一) 霧的成因

霧是由浮游在空中的小水滴或冰晶組成的水凝結物，因此應從造成水氣凝結條件中尋找它的成因。大氣中水氣達到飽和的原因不外乎兩個：一是由於蒸發，增加了大氣中的水氣；另一是由於空氣自身的冷卻達到露點溫度。對於霧來說冷卻更重要。當空氣中有凝結核時，飽和空氣如繼續有水氣增加或繼續冷卻，便會發生凝結。凝結的水滴如使水平能見度降低到一公里以內時，霧就形成了。另外，過大的風速和強烈的擾動不利於霧的生成。因此，地面水氣含量大、微風、大氣結構穩定及逆溫層的存在，有利於霧的生成。

(二) 霧的種類

要讓環境相對濕度升高而成霧的可能機制有幾種，氣象上就根據這些機制將霧加以分類，例如在微風而無雲的夜晚至清晨，地表由於輻射冷卻快速降溫而形成「輻射霧」，以及離島與沿岸地區春季暖濕空氣被風吹拂到冷海面，冷暖空氣混合所產生的「平流霧」，以及「上坡霧」和「鋒面霧」等四種，分述如下。

1 輻射霧

是因空氣透過地面輻射冷卻氣溫達相對溫度，水氣達到飽和而形成，主要發生在²晴朗、微風、近地面及水氣比較充沛的清晨，這種霧一般濃度較小，經太陽照射增溫後，上午多會消失。但是有適當強度的交流，使冷卻作用伸展到一定的高度，又不影響下層空氣的充份冷卻，才是最利於輻射霧的形成。台灣冬季中南部清晨最常見（如圖 4-1~4-2），特別是嘉南平原更明顯。



圖 4-1 輻射霧（清晨）



圖 4-2 輻射霧

2 平流霧

當溫暖潮濕的空氣經過較冷的陸面或水面時，低層的空气將熱傳輸給地表面，使空氣中的水氣達到飽和而凝結成的霧，這種平流霧多發生於海洋上，只要有適當的風向、風速，霧就能持續很久，每年 2-4 月在金門沿海一帶常可出現此種平流霧。一天之中任何時刻均可出現或消失，一般是冬春多，中南部較常出現在湖面上，陸地較少

出現（如圖 4-3~4-4）。



圖 4-3 平流霧（仁義潭）



圖 4-4 平流霧示意圖（映月橋）

3. 上坡霧

流動的潮濕空氣過山，沿山坡上升，隨高度升高溫度降低而使空氣中的水氣達到飽和而凝結成的霧，在遠處看這種在山坡上即凝成霧，稱為『上坡霧』亦稱雲（如圖 4-5）。潮濕空氣必須穩定，山坡坡度必須較小，否則形成對流，霧就難以形成（如圖 4-6）。台灣夏季由於熱對流非常旺盛，午後山區易形成霧。

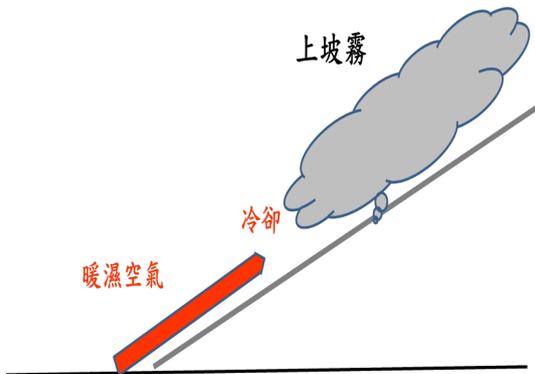


圖 4-5 上坡霧示意圖



圖 4-6 上坡霧（石棹）

4. 鋒面霧

經常發生在冷、暖空氣交界的鋒面附近，鋒前鋒後均有，但以暖鋒附近居多。鋒前霧是由於鋒面上面暖空氣雲層中的雨滴落入地面冷空氣內，經蒸發，使空氣達到過飽而凝結形成；而鋒後霧則由暖濕空氣移至原來被暖鋒前冷空氣佔據過的地區，經冷卻達到過飽和而形成的。台灣冬季冷鋒面南下時，會產生鋒前霧，一般北部居多。

(三) 霾的成因

霾(haze) 在氣象上是指懸浮於空氣中之塵埃或鹽類等非吸水性固體微粒，由於其質點極為細微，致肉眼無法辨識。霾在大氣中多呈乳白色，惟對遠地明亮之背景，則成黃色或橘紅色；反之，對較陰暗之背景，則顯示淡藍色，此乃霾質點所產生之光學效應所致，亦即光線被霾質點散射之緣故。霾是氣象觀測作業中的一種大氣現象，稱為塵象 (lithometeors)，會造成視線不良，若相對溼度小於 75%，水平能見度小於 10 公里，稱為霾（如圖 4-7），若相對濕度大於 75%，水平能見度小於 10 公里，表示輕霧（如圖 4-8）。嘉義地區秋冬季節清晨易產生逆溫層(氣溫上高下低)，溫差像蓋房子一樣罩住地面，其白天汙染物在地面聚集，因而產生霾。



圖 4-7 霾（傍晚）



圖 4-8 輕霧（清晨）

(四)能見度

當氣溫達到或接近露點溫度時，空氣裡的水氣才可以凝結生成霧。由於並不是隨時隨地都有可能達到此條件，因此霧的出現和季節、氣候、地形與發生地的地理位置往往有很大的連結。霧主要是由液態水所組成，但是霧並不是透明的。研究期間發現最容易造成低能見度為秋冬季大陸冷高壓籠罩之天氣型態，PM2.5 濃度越大對能見度惡化有最明顯之關係。

(五) 空氣品質

空氣品質指標是指 Air Quality Index (以下簡稱 AQI)的定義為依據監測資料將當日空氣中臭氧(O₃)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、懸浮微粒(PM₁₀)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)及二氧化氮(NO₂)濃度等數值，以其對人體健康的影響程度，分別換算出不同污染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值(AQI)(詳見附件一)。

(六)氣象條件對空氣污染的影響

能見度是目標物的能見距離，是指觀測目標物時，能從背景上分辨出目標物輪廓的⁴最大距離，能見度也是氣象觀測項目之一，近 10 年來，因能見度過低而造成的重大交通事故屢有發生。氣象條件對 PM2.5 濃度變化的影響，逆溫層會是關鍵作用。通常情況下，氣溫隨著海拔升高而降低，下層空氣較熱，上層空氣較冷，冷空氣重會下沉，熱空氣輕會上浮，就形成了對流。但在某些時候，比如秋冬季夜間，因為地面溫度急劇降低，導致貼近地面的下層大氣溫度很低，上層空氣降溫沒那麼快，反而溫度比下層高，發生「氣溫的逆轉」現象。這種下冷上熱的逆溫層結一旦形成，空氣無法上下對流，污染物就很難擴散。冬季地面對於大氣是冷源，尤其是夜間輻射冷卻降溫明顯，近地面的大氣溫度比上層大氣溫度低，造成大氣層結穩定，空氣無法上下對流，污染物積聚就很難擴散。夏季則相反，地面對於大氣是熱源，大氣垂直運動活躍，加上氣旋活動頻繁，就不易出現逆溫現象。

二、實驗觀測：模擬逆溫層的形成

清晨輻射冷卻效應，易造成逆溫層，故我們在實驗室模擬逆溫層的形成。在實驗室準備溫度計、燒杯、磚塊、冰塊、量杯及密封袋，利用午休時間做逆溫層的研究。首先將密封袋在實驗室內裝滿空氣，測量當時氣溫及相對濕度，放在浸水的磚塊上，然後將冰塊放入塑膠桶內，降低磚塊的溫度，直到密封袋或量杯的空氣開始起霧，記錄當時水溫，學生實際觀測起霧共 72 次，僅 12 次密封袋的底層出現霧(如表 4-1)，另外 60 次無起霧的現象，實驗發現密封袋下層直接與冰涼的磚塊直接接觸溫度較低，密封袋上層的空气較熱，水溫與空氣溫度相差約 15.4℃左右，當相對溼度較大超過 70%，密封袋的底層會有一點點霧形成，形成逆溫層。

表 4-1 實驗觀測記錄表

日期	時間	室溫(°C)	水溫(°C)	溫差(°C)	相對濕度(%)	氣壓	結果(有沒有霧)	日期	時間	室溫(°C)	水溫(°C)	溫差(°C)	相對濕度(%)	氣壓	結果(有沒有霧)
8/16	09:30	28.9	9.9	19	75	1003	密封袋底層有霧	10/17	13:10	28.7	13	15.7	67	1010	無
8/28	09:20	24.4	10	14.4	90	1008	密封袋底層有霧	10/19	13:00	29.6	14.7	14.9	64	1016	無
8/30	13:00	28	12	16	76	1011	密封袋底層有霧	10/22	13:10	30.7	14	16.7	55	1014	無
9/7	13:10	31.2	13.3	17.9	73	1006	密封袋底層有霧	10/23	13:10	30.5	13.4	17.1	59	1015	無
9/11	13:10	30.3	11	19.3	72	1008	密封袋底層有霧	10/24	13:10	30.2	13.3	16.9	63	1015	無
10/12	13:10	24.6	13	11.6	78	1016	密封袋底層有霧	10/26	13:10	30.7	13	17.7	58	1015	無
11/2	13:00	25.4	10	15.4	74	1013	密封袋底層有霧	10/29	13:20	27.6	13	14.6	49	1011	無
11/7	13:20	28.5	9	19.5	72	1016	密封袋底層有霧	10/30	13:10	30.1	12	18.1	48	1010	無
11/12	13:40	26.4	12	14.4	74	1012	密封袋底層有霧	10/31	13:20	26	13	13	67	1012	無
11/26	13:40	20.2	7.4	12.8	82	1018	密封袋底層有霧	11/5	13:30	30.8	12.7	18.1	63	1014	無
11/28	13:00	23	9.6	13.4	79	1018	密封袋底層有霧	11/6	13:30	30.6	14.8	15.8	62	1016	無
12/10	13:40	23.6	13	10.6	72	1015	密封袋底層有霧	11/8	13:30	30.9	10.8	20.1	56	1015	無
平均				15.4	76.4			11/13	13:30	29.1	12.5	16.6	58	1011	無
8/7	14:22	33.2	10	23.2	64	1003	無	11/14	13:30	28.9	11	17.9	56	1013	無
8/9	14:50	33.1	8	25.1	62	1004	無	11/15	13:30	29	11	18	57	1014	無
8/13	09:10	30.7	12.5	18.2	68	999.3	無	11/16	13:40	28.3	13.6	14.7	65	1014	無
8/17	09:10	30.8	12	18.8	70	1001	無	11/19	13:10	28.5	13	15.5	62	1015	無
8/22	09:52	30.3	10	20.3	74	1000	無	11/20	13:10	27.3	10.5	16.8	60	1015	無
8/29	11:00	26.3	8.5	17.8	81	1008	無	11/22	13:20	26.7	9.2	17.5	53	1016	無
8/31	13:10	29.7	15.5	14.2	68	1012	無	11/23	13:30	26.7	9	17.7	55	1017	無
9/3	13:10	32.8	17.8	15	60	1006	無	11/29	13:30	27.2	10	17.2	58	1019	無
9/4	13:00	32.7	15	17.7	67	1004	無	11/30	13:10	28.3	13.5	14.8	56	1018	無
9/5	13:10	33	15	18	68	1005	無	12/3	13:20	29.8	12.8	17	44	1015	無
9/6	13:10	33.9	18	15.9	64	1005	無	12/4	13:20	30.7	11.5	19.2	48	1015	無
9/10	13:10	31.9	10	21.9	65	1007	無	12/5	13:30	29.7	14.1	15.6	56	1013	無
9/12	13:10	32	13	19	69	1009	無	12/6	13:30	31.3	15.5	15.8	53	1013	無
9/13	13:10	33.2	8	25.2	69	1009	無	12/11	13:20	25.4	11.9	13.5	67	1015	無
9/14	13:10	33.3	12.5	20.8	67	1006	無	12/12	13:40	20.8	10	10.8	62	1020	無
9/17	13:10	36.8	10	26.8	42	1010	無	12/13	13:10	25.2	10.6	14.6	59	1021	無
9/19	13:10	32.6	10	22.6	64	1011	無	12/17	13:30	24	11.8	12.2	45	1019	無
9/20	13:20	32.5	8.5	24	60	1010	無	12/18	13:30	25.6	11	14.6	50	1019	無
9/21	13:10	33.7	12	21.7	56	1011	無	12/19	13:30	25.2	10.3	14.9	51	1018	無
9/25	13:10	32.6	10.5	22.1	61	1005	無	12/20	13:10	29	11	18	29	1015	無
10/3	13:10	30.2	13	17.2	46	1012	無	12/21	13:10	28.1	10.5	17.6	50	1015	無
10/4	13:10	28.3	12	16.3	60	1009	無	12/24	13:10	25.7	12.5	13.2	60	1014	無
10/15	13:10	31.6	13	18.6	59	1012	無	12/26	13:30	27.3	12.8	14.5	63	1010	無
10/16	13:10	31.5	15	16.5	64	1011	無	平均				56.3			

由於輻射冷卻清晨接近地面易形成逆溫層，有助於霧的產生。因為去年是暖冬，秋冬一直高溫不下，中午的實驗室氣溫太高，相對溼度也較低，實驗的結果有 60 次密封袋底層無起霧的現象，卻是不如預期。高溫、溼度小，可能是密封袋底層無起霧的原因。

三、實作觀測：觀測空氣品質與氣象因子

我們從 107 年 6 月份至 12 月底利用上午、中午及放學時間觀察 AQI 與氣象觀測因子紀錄表，每次觀測紀錄項目有有氣溫、相對濕度、氣壓、風速、風向、能見度、AQI、細懸浮微粒(PM2.5)及利用望遠鏡觀看遠處的建築物或山，共紀錄 381 筆資料，其中空氣品質不良(是指 AQI>100)共 29 筆資料(如表 4-2)，觀察結果發現 AQI>100 主要發生在秋冬季節(9-12 月)共 28 筆，而夏季 AQI>100 僅有 1 次。夏季 7 月 16 日這一次發生在上午，因清晨輻射冷卻，相對濕度為 81%，能見度 5 公里，是輕霧型所造成的空氣品質不良(AQI

為 136) ，氣壓為 1004.6 百帕，風速 1 級，是屬於高壓籠罩的天氣型態，不利於空氣對流易造成空氣品質不良。

表 4-2 2018 年學生觀測紀錄表(AQI>100 與氣象觀測)

日期	時間	風速	風向	氣壓	氣溫	濕度	能見度	天氣	AQI	細懸浮微粒	遠山
7/16	上午	1	東北	1004.6	29.8	81%	5	晴	136	中	△
9/12	下午	1	南南東	1008.9	29.1	75%	10	多雲	107	中	○
10/1	上午	0	靜風	1013.1	25.9	73%	8	晴有霧	135	中	△
10/1	下午	2	西北	1010.7	30.6	51%	15	晴有霾	117	低	×
10/2	上午	1	北	1014.4	24.5	77%	8	多雲有霧	124	低	△
10/2	中午	1	西北	1013.4	30.3	59%	8	晴	127	中	△
10/2	下午	2	北北西	1011.8	29.1	54%	15	晴	109	中	△
10/5	下午	2	北北西	1008.2	28.6	56%	20	晴	101	中	△
10/23	中午	2	北	1015.8	29.3	63%	10	晴	110	低	△
10/24	上午	2	北	1017	22	95%	1.5	陰有霾	122	高	×
	中午	1	西北西	1016.2	29.6	67%	4	陰有霾	152	高	△
	下午	2	西北	1014.5	27.9	68%	10	陰	139	高	×
10/30	中午	1	西北	1011.3	29.7	50%	10	晴	114	中	△
10/31	中午	1	北北西	1012.2	26.8	65%	10	陰	115	中	△
11/6	中午	1	西南西	1016.8	29.4	66%	5	晴有霾	130	高	△
11/6	下午	1	西北西	1015.2	29.3	67%	10	晴	144	高	△
11/7	上午	1	西	1018.8	22.7	100%	0.3	有霧	169	非常高	×
	中午	1	西北	1016.9	28.2	72%	2.5	多雲有霾	167	非常高	×
	下午	1	西北	1015.3	27.9	73%	10	晴	163	非常高	×
11/8	上午	1	東北東	1017.1	24.5	89%	3	晴有霧	157	高	×
11/8	中午	1	西北	1016.2	29.3	65%	5	晴有霾	160	非常高	×
11/8	下午	1	北北西	1014.4	30	62%	10	晴	149	高	×
11/13	上午	1	北	1014.2	21.4	95%	4	晴有霧	127	低	×
11/20	中午	2	西南	1016.5	27.5	61%	15	無觀測	149	低	△
12/3	下午	1	北北西	1014.6	28.5	41%	13	晴	102	中	△
12/9	上午	0	靜風	1017.4	23.4	93%	5	晴有霧	131	低	△
12/9	中午	1	西南西	1016.5	28.9	65%	15	晴有霧	151	非常高	×
12/12	中午	1	西北	1012.7	28	65%	15	陰有霾	134	中	△
12/12	下午	2	北	1011.9	25.8	73%	12	陰有霾	128	中	×
12/13	上午	1	北	1014.2	21.4	95%	4	晴有霧	127	低	×

× 表示看不清楚遠山 ;△ 表示遠山有點模糊 ;○ 表示可看清楚遠山

由於時間與儀器上無法作長期的觀測，於是至嘉義氣象站索取資料並上網查詢嘉義市空氣污染品質的資料，以便探討出其真正原因。秋冬季節造成空氣品質不良(共 28 筆)的原因為，其氣壓平均值為 1014，風速 1 級，屬於高壓籠罩的天氣型態不利於空氣對流。其中上午空氣品質不良共 8 筆(表 4-2)，因清晨嘉義氣象站周圍空曠無建築物，又加上微風(風速 2 級以下)，有利於夜間輻射冷卻，使得清晨的相對濕度偏高，除了 11 月 7 日是起霧型，其餘大都為是輕霧造成空氣品質不良。而中、下午空氣品質不良共 20 筆，相對濕度偏低，氣壓偏高，風速很低(2 級以下)，不利於空氣對流，是霾造成空氣品質不良。其中 11 月 7 日的 AQI 高達 167 為觀測期間的最高峰，出現紅害等級，對所有族群皆有害。由環保署的監測逐時資料顯示 11 月 6 日晚上點嘉義測站 PM2.5 與 PM10 觀測值均達到最大 127(超標 3.6 倍)與 185 超出標準值非常多(如表 4-3)，一直到 11 月 7 日下午 3 點仍測到 PM2.5 高達 100，PM2.5 濃度超標持續十幾個小時，造成十一月七日一整個白天 AQI>150，出現紅害，PM2.5 濃度持續居高不下的原因，需再做更詳細的氣象分析如後。

表 4-3 2018 年 11 月 6 日及 7 日嘉義測站空汙因子和氣象因子逐時資料

日期	因子	項目時	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11/6	空汙因子	PM2.5	19	36	36	31	38	38	38	43	43	55	56	56	58	59	無測值	59	40	27	27	27	52	99	127	117
		PM10	61	70	86	97	95	98	96	99	88	98	85	82	80	90	89	69	62	66	73	102	145	181	185	169
	氣象因子	能見度	-	-	-	-	-	2	-	-	3	4	-	5	-	-	5	-	-	10	-	-	4	4	-	-
		氣溫	23	23.3	23.3	23.1	22.9	23.2	23.4	24.4	26.7	27	28.4	29.4	30.4	30.4	30.5	29.3	27	25.3	24.7	23.8	23.9	23.3	23.1	22.5
		露點溫度	22.7	22.8	22.7	22.2	21.8	20.7	22.2	22.7	23	23.2	23.1	22.7	23	22.4	22.7	22.4	22.2	21.8	21.7	22.1	22.2	22.3	22.3	22.3
		相對溼度	89	91	91	91	92	92	93	92	76	75	70	66	62	63	62	67	72	84	89	92	92	94	95	95
		風速	1.5	1.8	0.1	1.9	0.1	0	0.7	1.6	1.6	1.8	1.6	1.6	1.7	1.6	1.9	1.1	1	0.4	1.9	1	0	1.4	1.1	0
		最大風速	2.2	3	2.6	3.2	2.8	1.9	1.7	2.9	3	4.5	3.7	3.9	4.6	3.9	4.4	4	3.4	2.8	3	2.4	1.9	2	1.9	1.7
		風向	240	160	0	240	0	0	110	60	190	250	200	250	270	300	280	290	300	300	350	20	0	290	270	0
日期	因子	項目時	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11/7	空汙因子	PM2.5	100	100	98	88	88	91	91	73	77	78	78	95	101	101	100	100	87	87	62	46	46	46	55	66
		PM10	150	141	143	158	158	133	109	100	124	138	157	153	156	145	140	125	102	78	66	78	83	95	100	119
	氣象因子	能見度	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.3	0.4	-	2.5	-	-	4	-	-	10	-	-	5	4	-	-
		氣溫	23	22.9	23	22.4	22.1	21.5	22.2	22.7	23	23.2	26.1	28.2	28.6	29	29	27.9	26.1	24.3	23.4	23.1	23.2	23.3	23.3	23.4
		露點溫度	22.7	22.8	22.7	22.2	21.8	20.7	22.2	22.7	23	23.2	23.1	22.7	23	22.4	22.7	22.4	22.2	21.8	21.7	22.1	22.2	22.3	22.3	22.3
		相對溼度	98	99	98	99	98	95	100	100	100	100	84	72	72	68	69	73	80	88	91	92	94	94	94	94
		風速	0.5	0.1	0.9	1	0.1	0	0.3	0.3	1.3	1	1.1	1.6	1.6	1.1	1.9	1.6	1.2	0.1	0.1	0.4	0.7	1.8	0.9	0.1
		最大風速	1.6	1.7	1.9	2	1.7	1.6	1.6	1.7	3.2	3.2	3	3.7	4.6	4.2	5.2	4.8	4.2	3	2	2.4	2.5	3.9	3.3	2.6
		風向	280	0	40	90	0	0	300	260	350	10	30	310	320	360	340	320	320	0	0	330	350	10	20	0

本研究整理 資料來源：行政院環境保護署與交通部中央氣象局

11 月 6 日的氣象資料，氣溫從白天 30.5°C 的最高溫一路下降至 23°C (如表 4-3)，11 月 6 日晚上 72 點以後相對溼度偏高(超過 90%)，風向偏北風。導致 11 月 7 日 6 時至 9 時相對溼度達到 100%，清晨能見度降至 0.3 米，風向吹偏西北風，水氣持續從台灣海上吹向陸地，風速不大(低於 2m/s)，研判可能是平流霧久久未散使得空氣不易擴散，造成整個白天空氣品質不佳，出現紅害，中午 12 點時 PM2.5 達到最大 101，而 PM10 也高達 156，能見度 4km，相對溼度偏低(72%)，是霾害造成空氣品質出現紅害的原因之一。而清晨 7、8 點的能見度最低為 0.3，相對溼度為 100%，是清晨起霧所造成能見度不佳，但 PM2.5 為 77 和 PM10 為 124，並非當日的最高值，故霾害造成空氣品質不良比清晨起霧(能見度最差)來得大。

伍、研究結果

根據我們去年 6 月份一直持續觀測至 12 月底，嘉義地區在乾季(10-4 月份)，能見度不佳時(小於 10 公里以內)皆看不清楚遠處，到底是霧或霾害空氣品質不好所造成。但雨季(5 月至 9 月) 能見度較佳，空氣品質也較好。我們就蒐集到氣象資料及 AQI 相關資料，做出以下分析：

一、分析 2018 年嘉義氣象站的氣象資料

(一)最低能見度

嘉義氣象站的能見度是以人工觀測為主，每日觀測時段為 5 時、8 時、9 時、11 時、14 時、17 時、20 時和 21 時共 8 次，因每日 8 次的平均值並不能代表每日（24 小時）平均值，故本研究找出每日能見度出現最低時的時間，希望能找出影響能見度的因素。整理 2018 年嘉義地區能見度統計 2018 年嘉義區分霧與霾(如表 6-1)，2018 年嘉義地區起霧僅 5 天數，出現霾的天數高達 190 天，顯示去年嘉義地區能見度不佳，視線不好天空灰濛濛看不清楚，大部份是出現在水氣較小的白天，相對濕度較低，故判斷為霾或輕霧為主，但更詳細的氣象資料會在後面分析。

統計 2018 年嘉義測站全年逐日最低能見度(如表 6-2)，能見度小於 10 公里以下的日數，5 月至 9 月(雨季)平均日數較少，能見度較好，其餘月份均超過 20 日，平均能見度皆小於 10 公里（如圖 6-1），特別是乾季（10 月~4 月）平均能見度更低，皆不足 8 公里，顯示這個季節能見度不好，遠處均看不清楚。而 12 月能見度偏高為 8.4 的原因可能是去年暖冬所造成。

表 6-1 2018 年嘉義地區每月最低能見度

年分	月份	起霧天數	霧或霾天數	小計
2018	1	1	21	22
	2	0	22	22
	3	0	20	20
	4	0	16	16
	5	0	9	9
	6	0	15	15
	7	0	6	6
	8	0	12	12
	9	0	10	10
	10	0	24	24
	11	3	23	26
	12	1	13	14
	總計	5	190	195

霧: 能見度<1 公里 霾: 能見度 1~10 公里

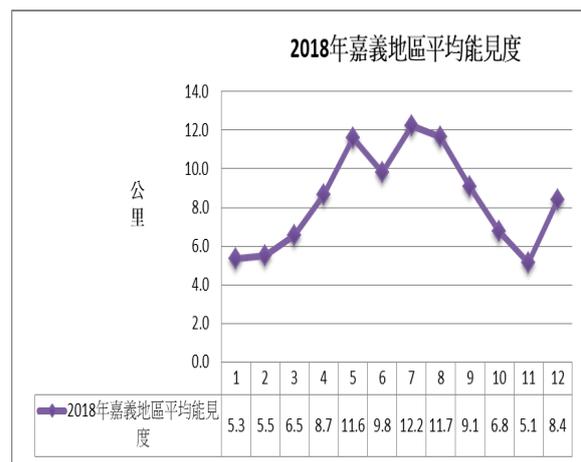


圖 6-1 2018 年嘉義地區平均能見度

表 6-2 2018 年嘉義地區全年逐日最低能見度統計表

單位：公里

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	10	4	6	8	6	5	6	20	8	8	10	1.5
2	5	4	1.5	10	15	10	2	15	12	6	5	4
3	0.8	7	1.5	12	10	5	12	17	12	12	0.1	0.1
4	2	15	5	7	6	8	15	20	10	12	2.5	12
5	2.5	15	12	8	10	25	20	20	10	12	0.2	8
6	1.5	15	10	8	15	20	15	12	10	6	2	8
7	3	4	10	10	20	4	20	10	5	4	0.3	10
8	5	4	6	10	5	14	20	12	1.5	6	3	12
9	3	1.5	8	18	4	7	10	6	10	3	4	10
10	10	0.8	10	12	10	12	10	12	10	3	4	6
11	15	8	10	15	10	2	15	10	4	8	4	5
12	15	10	5	15	4	8	12	8	6	10	3	12
13	12	6	6	15	5	10	10	2	3	6	3	10
14	6	1.5	8	12	10	3	15	6	6	10	8	10
15	6	12	3	10	30	10	5	15	4	3	6	10
16	4	8	6	7	20	4	3	15	10	5	4	10
17	5	3	6	4	20	15	8	18	12	5	3	10
18	4	3	2.5	5	12	5	12	30	6	4	6	10
19	1.5	5	3	6	12	2	12	18	8	4	5	8
20	3	1.2	3	6	5	2	10	8	12	8	10	10
21	1.5	4	10	6	10	4	12	2	12	10	6	4
22	3	3	10	6	5	15	8	6	10	5	3	2
23	8	5	10	10	8	15	12	2	10	6	10	2.5
24	4	4	10	12	6	17	10	1.5	10	1.5	10	12
25	10	1.5	10	10	10	17	15	3	10	4	6	5
26	6	6	6	5	30	13	10	20	12	4	10	6
27	10	4	4	4	12	6	15	2	12	5	6	10
28	2	1.5	4	4	15	6	15	3	12	12	3	12
29	3		4	4	12	25	20	12	15	10	7	12
30	4		6	6	15	10	15	25	10	8	4	12
31	4		10		15		20	15		6		13
平均能見度	5.3	5.5	6.5	8.7	11.6	9.8	12.2	11.7	9.1	6.8	5.1	8.4
<10 公里天數	22	22	20	16	9	15	6	12	10	24	25	14

資料來源：交通部中央氣象局

註：紅色數字代表能見度小於 10 公里以下

(二)統計 2018 年嘉義地區起霧(能見度<1 公里)的氣象資料

將 2018 年嘉義地區起霧僅 5 天，做進一步的各項的氣象分析(如表 6-3)，得到以下結論：

1. 輻射霧：由表 6-3 中判定 1 月 3 日、11 月 3 日、11 月 5 日和 12 月 3 日起霧的這四天都是因為輻射冷卻清晨所形成的輻射霧，太陽一出來霧就散，能見度就變好了，空氣品質也不錯。

2. 平流霧：11 月 7 日的霧，從清五晨點起霧一直延續到十點後，霧才漸漸散去。由表 6-3 得知最大陣風僅為 1.7m/s 並不大，降水量為 0，風向從西北風轉為西風，當溫暖潮濕的空氣經過較冷的陸面，霧不容易散去研判為平流霧。當天霧就一直延續到十點 (相對濕度為 100%)後，能見度不佳，空氣品質不良，中午的 AQI 為 167 出現紅害 (如表 5-2)，PM2.5 濃度超標為 78(標準為 35)，下午的 AQI 仍是紅害(163)，故平流霧會造成空氣不易擴散，PM2.5 濃度超標(100 以上)，使得 AQI 不良，能見度變差之可能原因。

表 6-3 2018 年嘉義地區起霧(能見度<1 公里)的氣象資料統計表

2018年	觀測時間	測站氣壓	氣溫	露點溫度	相對溼度	風速	風向	最大陣風	降水量	能見度	PM2.5	學生觀測
日期	(hour)	(hPa)	(°C)	(°C)	(%)	(m/s)	(360度)	(m/s)	(mm)	(km)	ppb	AQI
1月3日	5	1015.2	16.8	16.8	100	1.3	150	2.8	0.0	0.8	44	-
	8	1016.8	17.6	17.2	98	2.0	130	2.9	0.0	2.0	49	-
	9	1017.2	19.6	17.6	88	0.8	150	3.0	0.0	3.0	54	-
11月3日	5	1011.3	20.7	19.6	93	0.0	0	1.2	0.0	0.1	17	-
	8	1012.8	22.6	22.1	97	1.7	20	3.0	0.0	2.0	39	-
	9	1013.2	24.9	23.8	94	2.0	10	3.7	0.0	5.0	53	-
11月5日	5	1012.3	21.9	20.7	93	0.0	0	1.8	0.0	0.2	26	83
	8	1013.8	22.6	21.9	96	1.6	20	2.7	0.0	1.5	43	-
	9	1014.4	25.1	24.2	95	0.7	350	3.3	0.0	5.0	47	-
11月7日	5	1013.5	22.1	21.8	98	0.1	0	1.7	0.0	0.4	91	169
	8	1015.4	22.7	22.7	100	0.3	260	1.7	0.0	0.3	77	-
	9	1015.9	23.0	23.0	100	1.3	350	3.2	0.0	0.4	78	-
	14	1014.6	26.1	23.1	84	1.1	30	3.0	0.0	2.5	78	167
12月3日	5	1013.2	16.4	15.6	95	0.5	40	1.6	0.0	0.1	26	-
	8	1014.8	18.7	18.7	100	0.0	0	2.0	0.0	12.0	14	-
	9	1015.3	21.9	17.9	78	0.5	300	1.9	0.0	10.0	20	-

資料來源：交通部中央氣象局

(三)平均氣溫度

2018 年嘉義地區平均氣溫度 (如圖 6-2)，5 月至 9 月(雨季)平均氣溫均高於 28°C 以上，10 月至 4 月(乾季)平均氣溫略低，較有利於輻射冷卻效應清晨易產生霧。

(四)海平面平均氣壓

2018 年嘉義地區平均海平面氣壓 (如圖 6-3)，顯示 5 月至 9 月(雨季)平均氣壓偏低約 1003 百帕，10 月至 4 月(乾季)平均氣壓偏高大於約 1013 百帕，這個季節是屬於高壓籠罩天氣型態不利於空氣擴散。

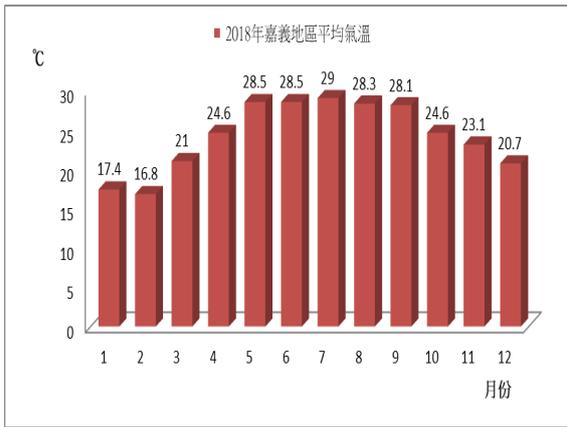


圖 6-2 2018 年嘉義地區平均氣溫

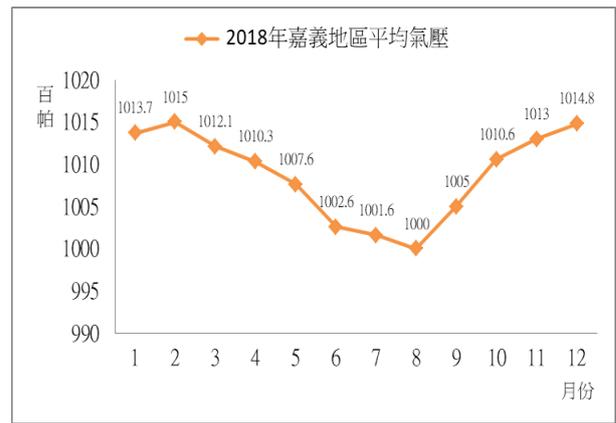


圖 6-3 2018 年嘉義地區平均海平面氣壓

(五)平均相對溼度

2018 年嘉義地區平均相對溼度 (如圖 6-4)，春夏兩季平均相對溼度大於全年平均值 77.3，其中 11 月 1 月和 2 月的相對濕度超過 80%，較有利於輻射霧的行成。

(六)平均風速 (每日 24 小時內測得風速的總平均值)

2018 年嘉義地區平均風速 (如圖 6-5)，夏季 (6 月~8 月) 平均風程較小 (約 1.4m/s)，其他季節較大 (約 1.7 m/s)，平均風速 1~2 m/s 易產生霾。

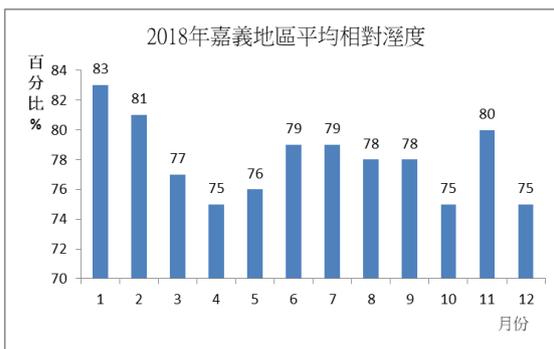


圖 6-4 2018 年嘉義地區平均相對溼度



圖 6-5 2018 年嘉義地區平均風速

(七)累計降雨量

2018 年嘉義地區雨量分析 (如圖 6-6)，雨量集中在 5 月至 9 月為梅雨季和颱風季，8 月份累積降雨量最高達 858.5 毫米，下雨天是造成能見度不佳 (表 6-1) 的原因。而 10 至 4 月 (乾季) 雨量較少，是因秋冬季節嘉義市位於東北季風山脈的背風面，水氣被山脈阻擋故雨水較少，而下雨大部份是由鋒面所造成，下雨天數及雨量皆不多。另外再統計嘉義地區 30 年 (1980-2010 年) 平均降雨量分析 (如圖 6-7)，顯示降雨的趨勢與 2018 年是一致，雨量高峰期出現在雨季 (5 月至 9 月)，而 10 至 4 月是中南部的乾季枯水期雨量偏低。

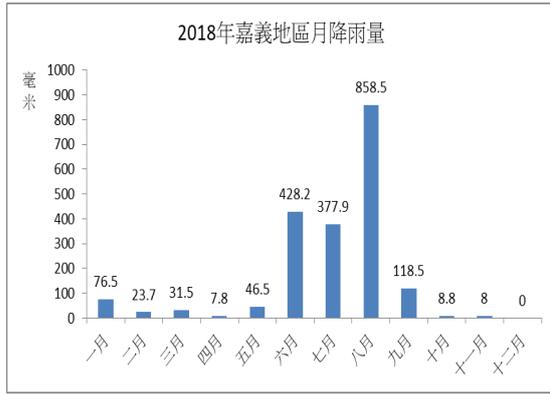


圖 6-6 2018 年嘉義地區每月累計降雨量

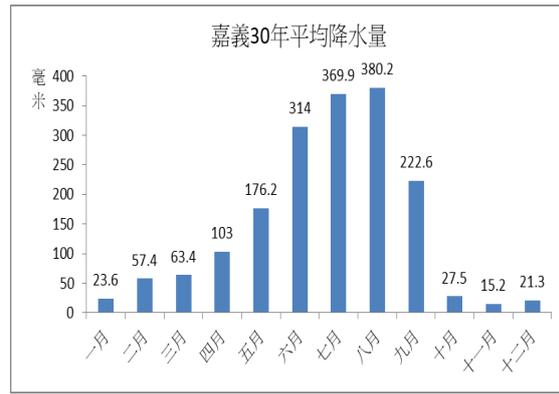


圖 6-7 1980-2010 年嘉義地區 30 年平均降雨量

二、分析空氣品質資料分析

(一)空氣品質

嘉義市設有一座空氣品質自動監測站及一處人工監測站，監測項目分別包括粒狀污染物、氣態污染物、落塵量、總懸浮微粒、鉛、硫酸鹽、硝酸鹽、氯鹽以及正己烷抽出物等。懸浮微粒(PM10)係指粒徑在 10 微米以下之粒子，主要來源包括道路揚塵、車輛排放廢氣、露天燃燒、營建施工以及農地耕作等或由空氣污染物轉化成之二次污染物，由於粒徑微小，能深入人體肺部深處，容易加身對呼吸系統之危害。其中車輛所排放之粒狀污染物主要來自柴油車排放黑煙和機車排放藍白煙，除使人產生厭惡的感覺，並且粒徑一微米左右的微粒容易吸入，除了會刺激呼吸系統並蓄積在肺部，長期下來會造成慢性呼吸疾病。此外懸浮微粒會加重支氣管炎、哮喘症、循環系統疾病及流行性感胃等病症，吸附於粒狀污染物上之碳氫化合物吸入人體後容易致癌。

12

(二)2016 年至 2018 年嘉義地區 AQI 不良日數統計分析

統計 2016 年至 2018 年嘉義地區空氣品質 AQI 不良日數季節分析(如表 6-4)，雨季 5 月至 9 月 AQI 不良日數平均值偏低(小於 7)，乾季(10 月至 4 月)AQI 不良日數平均值偏高均超過 10 日以上(如圖 6-8)，與月累計降雨量分布呈現負相關，雨季降雨量越多空氣品質越好(AQI 不良日較少)，乾季降雨量越少空氣品質越差，值得後續觀察。

表 6-4 2016-2018 年嘉義 AQI 不良日數統計表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	小計
2016年	8	14	23	9	8	0	1	8	7	12	13	22	125
2017年	18	19	23	16	8	0	0	0	9	12	10	13	128
2018年	11	15	14	11	2	4	1	0	1	19	10	5	93
小計	37	48	60	36	18	4	2	8	17	43	33	40	346
平均	12	16	20	12	6	1	1	3	6	14	11	13	115

資料來源：行政院環境保護署

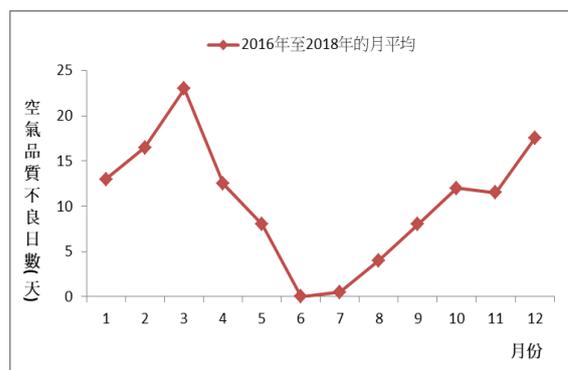


圖 6-8 2016 年至 2018 年 AQI 不良日數的月平均

(三)分析 2016 年至 2018 年嘉義地區 AQI 不良日數之主要污染源

統計 2016 年至 2018 年嘉義地區 AQI 不良日數之主要污染源(如表 6-5)，由資料顯示，造成嘉義地區 AQI 不良主要污染源為 PM2.5 和臭氧 8 小時，其他的指標污染物別(含懸浮微粒 PM10)並不是造成嘉義地區 AQI 不良的污染源，近三年 AQI 不良之平均

日數為 115 日，汙染源為 PM2.5 有 87 日；汙染源為臭氧 8 小時有 28 日。

統計 2018 年月份嘉義 AQI 不良日數與指標汙染物別日數（如表 6-6），主要汙染源 PM2.5 和臭氧 8 小時出現的季節月分，5 月至 9 月(雨季)之 PM2.5 日數接近為 0，其他月份 PM2.5 之不良日數較大，可能的原因 10 月至 4 月偏高之原因可能這個季節是乾季，中南部的雨量較少（圖 6-6），冬天主要受大陸冷高壓的影響造成空氣對流不良、平均風程為 1.8m/s（圖 6-5），所以造成冬天空氣品質較差。

表 6-5 2016-2018 年嘉義 AQI 不良日數與指標汙染物別日數

西元年	AQI大於100日數	指標汙染物別日數						
		臭氧8小時	臭氧	細懸浮微粒(PM2.5)	懸浮微粒(PM10)	一氧化碳	二氧化硫	二氧化氮
2016	125	25	0	100	0	0	0	0
2017	128	29	0	99	0	0	0	0
2018	93	31	0	62	0	0	0	0
小計	346	85	0	261	0	0	0	0
平均	115	28	0	87	0	0	0	0

資料來源：行政院環境保護署

表 6-6 2018 年月份嘉義地區 AQI 不良日數與指標汙染物別日數

2018年月份	AQI大於100日數	指標汙染物別日數						
		臭氧8小時	臭氧	細懸浮微粒(PM2.5)	懸浮微粒(PM10)	一氧化碳	二氧化硫	二氧化氮
1	11	0	0	11	0	0	0	0
2	15	0	0	15	0	0	0	0
3	14	3	0	11	0	0	0	0
4	11	3	0	8	0	0	0	0
5	2	1	0	1	0	0	0	0
6	4	4	0	0	0	0	0	0
7	1	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	0	0	0	0	0	0
10	19	17	0	2	0	0	0	0
11	10	2	0	8	0	0	0	0
12	5	0	0	5	0	0	0	0
小計	93	31	0	62	0	0	0	0

資料來源：行政院環境保護署

(四)分析 2018 年嘉義地區 AQI 汙染源(PM2.5、O3、PM10)

1.PM2.5(細懸浮微粒)

根據「空氣汙染防制法施行細則」第二條各項空氣汙染物之空氣品質標準規定如下：細懸浮微粒(PM2.5)日平均值 $PM_{2.5}=35 \mu g/m^3$ ，故 $PM_{2.5}>35$ 就是超標。統計 2018 年嘉義地區 $PM_{2.5}>35$ 發生的天數（如表 6-7），5 月至 9 月(雨季) $PM_{2.5}>35$ 發生的天數較少，10 月至 4 月(乾季) $PM_{2.5}>35$ 發生的天數較高，2018 年嘉義地區 $PM_{2.5}>35$ 發生時間出現在白天的時段較多(如表 6-8，表 6-9)。2018 年逐月 $PM_{2.5}$ 超標的天數(如圖 6-9)，顯示雨季發生的天數較少，乾季發生的天數較高，我們發現之前的研究霾與 $PM_{2.5}$ 也有此結論，在此比較此兩種霾與 $PM_{2.5}$ 的關係(如圖 6-10)，結果顯示 2018 年在雨季霾與 $PM_{2.5}$ 兩者天數都較少，而在乾季兩者都較高，此結論又與 $PM_{2.5}$ 超標的天數的研究結果不謀而合。顯示造成霾害主要是由 $PM_{2.5}$ 的汙染源所造成。

表 6-7 2018 年嘉義地區 PM2.5>35 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)的天數

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	60	61	53		46				53		67
2	56	42	86	48		37				51		52
3	116	61	98	47	54	38					53	48
4	95		60	49	58	50					60	
5	42			60						42	47	48
6	53	47		38	36					51	127	46
7		74	47	38		51				52	101	
8		53								38	77	
9	43	93	49				36			47	83	
10	41	99	44		42		38			49	55	
11	37	47	43	47	41						66	36
12	49	59	65		49	37			41	39	63	
13	43	56	61			44			48		55	48
14	37	96	89		36	49			42	49	37	47
15	49	54	65				60		63	47	43	41
16	63	59	56	43			63		40		68	80
17	90	64	54	46			38			42	55	65
18	95	63	66	55						49	43	54
19	52	58	67	41						43	38	47
20	83	78	36	52						42		40
21	83	53		50	42					41	43	54
22	56	43	44	53	53				50	46	44	87
23	49	59	49	38					51	48	37	61
24	58	72	37		41					74	37	
25	36	77	48	50						44	38	38
26	39	42	62	65						60		
27	46	80	62	49						51		
28	46	92	72	56								
29			64	54	42					40	49	
30	43		65	43						52	62	
31	44		46							52		
次數	28	26	27	22	11	8	5	0	7	25	24	18

資料來源：行政院環境保護署

表 6-8 2018 年嘉義地區 PM2.5>35 發生時間(hr)

日\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11	18	0	22		10				4		21
2	18	0	23	0		12				5		11
3	22	12	6	23	23	10					9	0
4	12		14	6	5	15					12	
5	7			11						23	11	17
6	20	22		9	2					20	22	22
7		16	13	16		13				11	12	
8		16								8	10	
9	20	23	17				13			14	10	
10	23	0	4		14		1			23	15	
11	18	19	11	16	10						20	14
12	21	23	23		11	14			14	19	1	
13	9	23	0			7			21		2	15
14	17	8	16		10	9			14	22	15	10
15	18	21	16				19		15	7	21	13
16	20	11	20	13			15		13		12	11
17	23	4	14	21			9			14	11	20
18	0	21	22	10						22	15	22
19	0	11	0	22						0	3	22
20	16	9	10	20						12		19
21	7	1		10	12					23	9	19
22	1	13	23	9	11				23	11	4	20
23	12	21	11	6					1	8	19	11
24	15	2	18		10					9	17	
25	16	10	21	19						10	17	11
26	6	12	17	11						11		
27	18	22	8	7						7		
28	11	4	9	7								
29			12	9	10					3	20	
30	18		16	9						11	20	
31	15		9							7		

14

表 6-9 2018 年嘉義地區 PM2.5>35 逐時次數統計表

項目時	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
累計次數	5	3	2	5	2	4	7	4	13	13	22	13	10	8	8	10	6	6	6	10	8	12	14	10
累計次數百分比	2.5%	1.5%	1.0%	2.5%	1.0%	2.0%	3.5%	2.0%	6.5%	6.5%	10.9%	6.5%	5.0%	4.0%	4.0%	5.0%	3.0%	3.0%	3.0%	5.0%	4.0%	6.0%	7.0%	5.0%

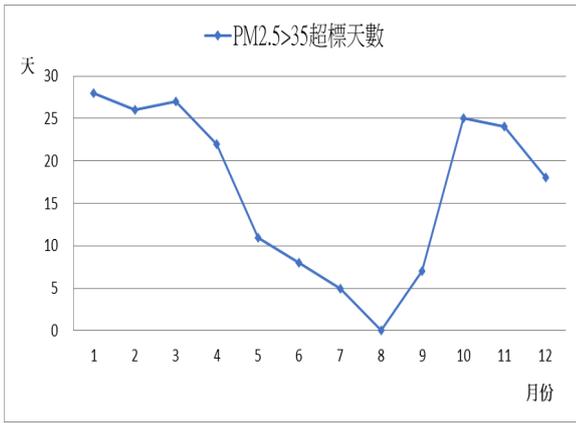


圖 6-9 2018 年逐月 PM2.5>35 的天數

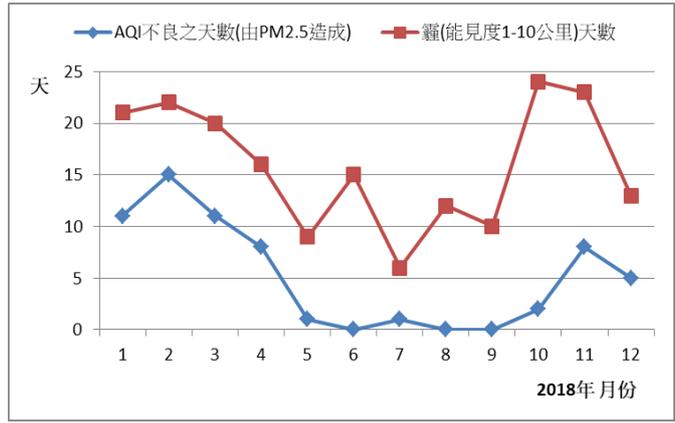


圖 6-10 2018 年霾與 AQI 不良 (PM2.5 造成) 之天數

2. 臭氧(O₃)

分析 2018 年月份嘉義 AQI 不良日數中臭氧 8 小時濃度超標出現在 10 月有 17 天是 2018 年最多的月份，統計嘉義地區 2018 年 10 月逐時臭氧濃度(如表 6-10)，分析 10 月臭氧 8 小時濃度最高的時段落在在 9 時至 17 時的時段，此時是白天正是太陽最大時，中午最高溫超過 27°C，均風速為 1.7m/s 屬於弱風(如圖 6-5)，造成該月出現臭氧 8 小時濃度超標地天數高達 17 天。

表 6-10 嘉義地區 2018 年 10 月逐時臭氧濃度(ppb)

日期\時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	8小時平均	最高氣溫
2018/10/01	28	19	17	15	6	11	15	38	72	86	87	96	101	102	99	84	65	59	49	43	39	45	40	25	91	31.5
2018/10/02	36	32	29	11	11	12	27	34	43	57	80	90	89	95	93	74	64	48	46	41	38	40	35	31	80	30.2
2018/10/03	24	20	20	13	11	13	18	21	41	54	73	84	89	91	72	59	48	40	32	25	22	24	30	28	71	30.2
2018/10/04	28	25	20	27	30	30	29	41	52	60	65	67	61	58	57	55	52	52	49	50	50	54	45	30		
2018/10/05	51	51	52	48	44	37	40	55	69	80	88	92	91	89	82	88	81	74	68	68	61	32	31	41	86	29.4
2018/10/06	33	43	35	49	37	33	45	56	65	81	90	103	110	104	108	97	82	67	45	32	35	37	34	34	97	30.6
2018/10/07	22	15	17	18	16	13	18	34	54	74	85	89	91	96	87	76	67	55	46	41	38	31	25	25	83	30.7
2018/10/08	26	23	21	17	12	8	19	33	56	64	78	86	83	79	76	59	44	33	24	19	21	20	15	26	73	31.1
2018/10/09	12	11	10	7	7	5	11	29	51	72	85	88	86	85	81	65	59	49	35	46	36	37	36	13	78	30.9
2018/10/10	29	24	17	19	8	8	16	30	48	56	66	74	75	78	74	69	60	51	44	34	34	31	29	30		
2018/10/11	33	30	32	34	41	35	37	38	45	50	57	68	73	58	52	39	33	30	27	23	20	20	21	30		
2018/10/12	22	22	20	19	13	13	13	13	10	15	23	30	38	44	40	34	26	12	8	9	10	10	8	20		
2018/10/13	9	10	6	4	4	5	9	12	17	29	45	55	58	64	61	57	46	43	34	28	22	15	14	6.3		
2018/10/14	5	7	10	12	11	8	24	40	58	71	76	83	92	89	90	78	63	47	37	36	28	19	21	11	80	31.4
2018/10/15	14	14	11	8	9	12	12	17	34	52	69	84	81	71	65	53	38	26	26	23	13	16	21	17		
2018/10/16	25	21	18	18	17	10	18	39	52	55	71	71	70	52	52	45	41	34	25	24	24	19	19	26		
2018/10/17	20	12	16	21	16	14	14	22	34	50	56	65	74	68	42	36	29	21	23	22	29	24	22	19		
2018/10/18	22	21	19	15	12	10	12	17	29	42	64	73	77	85	83	67	52	40	29	21	14	12	8	29		
2018/10/19	10	7	4	2	13	26	13	30	40	51	58	66	75	91	90	73	47	32	26	26	23	23	20	13		
2018/10/20	14	8	5	10	4	4	10	23	30	50	73	85	84	84	79	69	57	40	29	25	21	20	18	18	73	29.1
2018/10/21	9	7	8	8	4	5	10	18	37	62	73	79	82	83	78	71	59	52	46	22	13	19	16	15	73	30.1
2018/10/22	11	15	16	16	7	6	19	26	47	64	71	75	83	85	87	82	66	54	49	41	44	47	42	8.9	77	29.5
2018/10/23	26	22	18	20	15	11	15	26	44	52	64	74	71	67	68	53	41	38	34	32	25	22	19	35		
2018/10/24	15	14	13	13	9	7	6	16	29	56	73	75	78	80	75	54	43	30	17	16	10	11	10	13		
2018/10/25	3	3	1	1	4	2	5	22	47	66	80	84	88	94	88	73	52	39	28	21	13	9	5	5.3	78	30.2
2018/10/26	7	8	13	18	20	18	19	19	49	69	78	75	80	77	70	56	43	41	36	34	29	20	17	5.5		
2018/10/27	7	9	6	3	4	5	10	24	44	65	80	87	90	86	86	80	69	58	47	41	38	39	30	13	80	28.5
2018/10/28	29	25	23	24	28	23	22	26	37	51	61	73	77	82	76	71	68	59	53	50	42	36	35	29	71	27.2
2018/10/29	23	21	16	11	8	6	11	23	36	60	72	80	84	87	84	70	63	52	40	37	32	24	17	29	75	27.4
2018/10/30	11	10	17	11	5	11	16	26	41	79	95	104	108	107	106	85	59	37	28	25	24	22	16	13	93	29.2
2018/10/31	11	12	8	13	9	3	7	11	25	37	54	66	71	63	45	33	24	19	17	14	18	23	24	13		
平均	16	15	14	14	12	11	14	24	38	54	66	74	78	77	72	61	49	39	32	27	24	22	20	18		

資料來源：行政院環境保護署

分析 2018 全年逐時臭氧平均濃度(如圖 6-11)，2018 全年臭氧平均濃度最高的時段為 9 時至 18 時均超過 30ppb，綜觀上述，臭氧 8 小時濃度與 PM2.5 濃度最高時均出現在白天(如表 6-14)，造成空氣品質 AQI 出現不良，主要污染源有 PM2.5 和臭氧 8 小時濃度出現在白天的百分比皆超過 60%(如圖 6-12)，顯示白天比晚上較易形成霾害造成空氣不良(AQI>100)，亦是白天能見度不佳的主要原因。

綜上所述，統計 2018 年嘉義地區造成霾害與主要污染源(PM2.5 和臭氧 8 小時濃度)之天數(如圖 6-13)，從圖中可看出 PM2.5 超標的天數與霾害的天數在全年的趨勢一致；而臭氧 8 小時濃度全年的趨勢與霾害的天數較不一致。

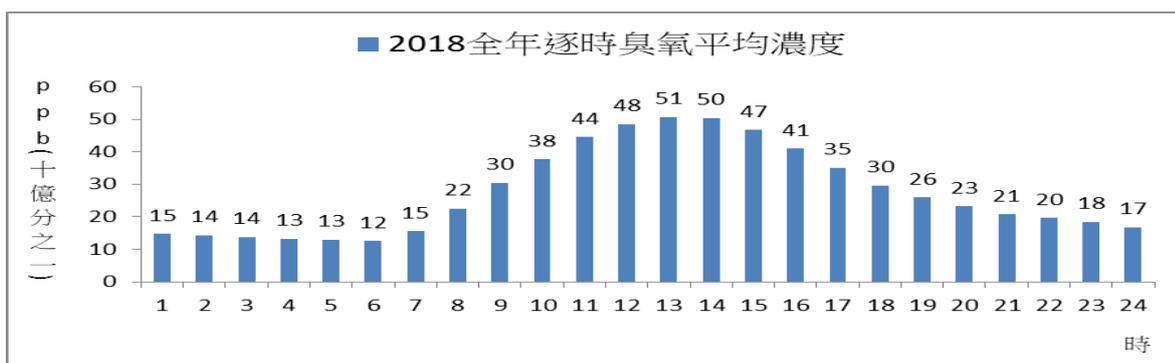


圖 6-11 2018 全年逐時臭氧平均濃度

表 6-14 2018 年嘉義地區 PM2.5 最大值和臭氧濃度逐時統計表

項目時	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PM2.5逐時最大值發生次數	7	5	4	7	3	9	17	9	21	30	29	20	22	19	17	15	12	14	15	20	17	17	19	17
2018年逐時臭氧平均濃度	15	14	14	13	13	12	15	22	30	38	44	48	51	50	47	41	35	30	26	23	21	20	18	17
PM2.5逐時最大次數百分比	1.9%	1.4%	1.1%	1.9%	0.8%	2.5%	4.7%	2.5%	5.8%	8.2%	7.9%	5.5%	6.0%	5.2%	4.7%	4.1%	3.3%	3.8%	4.1%	5.5%	4.7%	4.7%	5.2%	4.7%
全年逐時臭氧平均濃度百分比	2.2%	2.2%	2.1%	2.0%	2.0%	1.9%	2.4%	3.4%	4.6%	5.7%	6.8%	7.4%	7.7%	7.6%	7.1%	6.2%	5.3%	4.5%	3.9%	3.5%	3.1%	3.0%	2.8%	2.6%

16

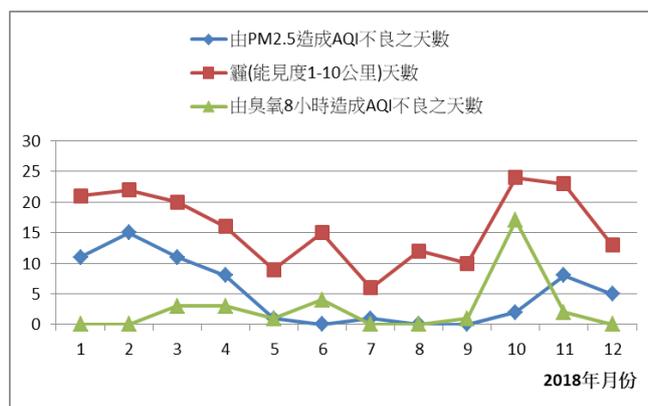


圖 6-12 2018 年 PM2.5 和臭氧濃度白天和晚上百分比

圖 6-13 2018 年嘉義地區造成霾害與主要污染源之天數

3. PM10

統計 2018 年嘉義地區每日最大值 PM10 和 PM10 最大值發生時間表(表 6-11 和表 6-12)，從資料顯示 PM10 每日最大值出現時段白天晚上都有，不像 PM2.5 最大值是出現在白天較多，故 PM10 造成空氣品質不良並不明顯。由 2018 年 PM10 全年逐時濃度資料發現 PM10 超標 (PM>135)為 32 天(如表 6-11)，其中最大值出現在 10 月 27 日 16 時高達 248，當時最大風速高達 10m/s(如表 6-13)，吹起揚塵造成懸浮微粒(PM10)的濃度飆升的原因，相對溼度 54%，但 PM2.5 觀測值為 30 並未超標，顯示風速太大時 PM2.5 的濃度並未增加，且當時能見度度為 10 公里，

並未出現 AQI 不良的警訊(當日 PM10 值最大為 248)，顯示 PM10 濃度並不是 AQI 主要污染源。

從表 6-7 知 PM2.5 最大值(127)出現在 11 月 6 日晚上 22 時，而 PM10 為次大值(185)(如表 5-3)，相對溼度 95%，風速(1.1m/s)不大，最大風速(1.9m/s)也不大，當時能見度為 4 公里，形成霾害，學生當天下午觀測到 AQI 為 144)(如表 5-2)，空氣品質不良故可推論出主要是由 PM2.5 造成，而非 PM10。

小結：

- 1.造成 AQI 出現不良，造成霾害主要是由 PM2.5 的污染源所造成，而不是 PM10。
2. PM2.5 超標的天數與霾害的天數在 2018 年的趨勢是一致，在雨季發生的天數較少，乾季發生的天數較高；而臭氧 8 小時濃度全年的趨勢與霾害的天數並不一致。
- 3.影響 PM2.5 濃度與風速無關，即使風速不大，亦能使 PM2.5(127)出現超過標準 3 倍多。

表 6-11 2018 年嘉義地區每日最大 PM10 最大值

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	96	89	98	101	60	95	39	49	53	120	54	126
2	136	64	128	103	48	102	29	34	36	103	78	99
3	163	104	167	93	137	84	36	38	39	115	90	90
4	130	40	94	80	112	94	37	36	52	134	88	53
5	67	50	77	91	84	52	41	39	40	69	100	99
6	54	83	88	131	88	60	43	59	57	109	185	101
7	46	108	106	156	53	78	39	48	42	100	158	114
8	65	75	64	96	38	65	37	55	35	85	133	79
9	48	127	123	66	53	85	48	49	50	86	128	51
10	59	146	86	61	108	68	61	52	54	101	94	57
11	94	115	70	87	100	71	43	56	63	63	111	63
12	106	164	111	59	97	69	45	66	66	63	118	51
13	81	138	93	44	74	82	58	51	81	53	108	78
14	61	164	115	52	57	80	59	31	79	66	104	99
15	97	81	102	85	43	93	89	40	92	74	98	87
16	117	110	91	115	54	66	100	44	60	83	130	96
17	162	117	88	82	45	36	59	36	51	65	99	121
18	149	114	107	89	50	49	48	32	55	113	96	108
19	104	94	100	86	45	28	47	29	57	89	91	105
20	127	114	48	99	41	26	45	40	48	103	80	69
21	127	109	52	103	69	69	48	29	55	80	108	118
22	101	66	91	88	93	54	56	61	72	72	89	169
23	100	107	112	68	69	41	53	46	67	72	57	136
24	114	119	94	61	89	37	45	28	95	111	68	76
25	92	124	93	116	52	51	37	29	127	91	107	89
26	172	100	111	138	39	42	48	34	89	95	47	63
27	86	126	10	100	48	50	46	35	121	248	76	90
28	75	147	104	102	48	43	38	18	78	112	65	138
29	47		92	91	48	49	40	25	99	124	105	91
30	73		110	82	38	40	34	32	101	114	112	73
31	61		96		51		48	57		97		46
次數	8	7	2	3	1	0	0	0	1	2	4	4

註:紅色字體代表 PM10 超過標準值和時間

表 6-12 2018 年嘉義地區每日 PM10 最大值發生時間(hr)

日/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	18	15	1	23	14	17	3	1	11	19	17	20
2	15	0	22	1	5	16	5	12	27	11	21	23
3	21	13	2	19	14	4	13	7	13	17	9	20
4	12	0	13	9	8	10	5	22	19	16	11	19
5	0	20	23	5	0	2	4	15	13	15	9	16
6	19	21	18	23	1	17	4	13	12	21	22	10
7	23	16	19	0	20	13	20	0	13	18	3	15
8	8	20	1	6	18	19	23	11	22	18	1	16
9	18	22	18	20	23	22	21	20	15	13	11	15
10	16	0	2	22	21	0	19	17	15	20	20	23
11	18	19	11	16	0	19	15	12	22	0	22	7
12	18	20	22	1	5	4	13	15	14	16	0	15
13	20	20	22	19	1	21	19	0	8	22	16	1
14	21	8	20	14	9	7	14	3	16	22	17	16
15	15	20	11	15	2	16	23	23	14	16	9	11
16	20	20	19	15	15	9	1	0	15	15	11	0
17	21	2	11	20	17	19	2	2	15	14	10	17
18	1	21	22	9	9	11	1	8	19	20	23	20
19	1	10	9	20	8	18	1	13	22	18	0	20
20	12	10	11	21	8	14	7	15	19	17	11	20
21	5	2	17	8	22	13	15	0	22	23	7	22
22	1	13	16	8	17	8	4	7	21	9	4	21
23	16	22	20	8	22	2	6	12	1	9	13	4
24	16	13	21	23	4	4	11	15	17	7	14	15
25	17	1	21	21	9	4	7	21	17	23	17	15
26	17	16	22	17	23	13	1	21	18	23	20	14
27	20	20	17	9	20	14	9	1	17	16	18	16
28	5	6	9	8	9	3	10	19	17	17	20	15
29	16		11	7	9	5	3	1	3	17	20	15
30	18		16	9	14	5	11	19	19	19	20	18
31	11		16		12		23	22		7		16

資料來源：行政院環境保護署

表 6-13 2018 年 10 月 27 日 PM10 與 PM2.5 及其他氣象逐時資料

時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PM10	77	68	72	71	76	72	72	69	72	78	79	99	120	184	228	248	205	157	132	112	105	89	84	84
PM2.5	39	47	40	39	41	41	51	43	49	38	47	43	48	48	34	30	32	47	47	46	36	29	23	42
能見度	-	-	-	-	6	-	-	5	10	-	10	-	-	12	-	-	10	-	-	12	10	-	-	-
氣溫	21	21	21	21	21	21	22	24	26	27	29	29	30	28	27	26	24	22	21	20	19	19	19	19
露點溫度	19	19	19	19	20	19	20	22	20	19	19	18	18	16	15	16	15	14	14	13	14	13	13	13
相對溼度	87	87	88	90	91	89	92	89	69	62	56	52	50	48	48	54	57	59	62	64	70	69	69	70
風速	0	0	0	0	0	1	1	3	3	2.9	2.6	3.8	3.5	4	4.5	2.5	2.9	2.2	2	1.1	0.7	0.9	2.1	1.1
風向	0	0	0	0	0	20	##	10	##	20	350	350	360	340	360	340	360	360	350	350	310	360	10	30
最大風速	2	0	1	1	2	2	2	4	6	5.7	5.8	7.7	8.5	8.5	10	10	8.3	6.2	5.5	4.7	3.2	3.2	4.5	4

資料來源：行政院環境保護署

(五)分析台灣中部以北地區的 AQI

從空氣品質觀測站所得數據，發現最近三年嘉義是中部以北空氣品質最糟縣市之一，僅次於斗六，嘉義的 AQI 大於 100 之不良日數高達 115.3 天，僅次於斗六 118 天(如表 6-15)。本研究發現嘉義與斗六兩地之相同處：(一)污染源相同：為西邊有麥寮六輕的火力發電與石化廠、西北邊有台中火力發電廠。(二)地理位置相同：秋冬季節盛行東北季風，嘉義和斗六皆位於山脈的背風處之山腳下，風速小微粒較易進來，卻不容易出不去，造成空氣品質不良(林宜潔等，2014)。而苗栗、台中、彰化、南投等地近三年 AQI 之不良日皆少於 90 天，擴散條件好微粒較容易出去。

統計分析 2018 年台灣地區每月 AQI 大於 100 日數之統計表(如表 6-16)，結果顯示¹⁸北部和中部的空氣品質在 5 月至 9 月的 AQI 之不良日均較低，而 10 月至 4 月中部 AQI 之不良日均偏高。因此本研究以嘉義為主，探討空氣品質不良的主要指標污染源，並從文獻找尋影響污染源濃度的可能因子，以環保署空氣品質監測網所提供的數據作為分析對象，分析嘉義的 AQI 主要污染源為 PM2.5 和 O3，次要污染源為 PM10(如表 6-5，表 6-6)。從氣象局的資料中得知去年是暖冬，高溫、東北季風和雨量少等因素的影響，造成 PM2.5 濃度與臭氧 8 小時濃度偏高，使得嘉義地區的 AQI 不良出現在 10 月至 4 月(乾季)之主要原因。

表 6-15 近三年 AQI 大於 100 日數

區域	站名\年	2016	2017	2018	平均
北部	基隆	23	18	19	20.0
	板橋	51	27	27	35.0
	松山	33	25	18	25.3
	桃園	45	35	15	31.7
	新竹	38	30	38	35.3
中部	苗栗	64	35	43	47.3
	西屯	84	67	71	74.0
	彰化	78	71	69	72.7
	南投	109	85	52	82.0
	斗六	120	119	115	118.0
	嘉義	125	128	93	115.3

資料來源：行政院環境保護署

表 6-16 2018 年台灣地區每月 AQI 大於 100 日數

區域	站名\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
北部	基隆	0	1	1	5	4	2	2	0	0	4	0	0	19
	板橋	0	5	5	5	2	3	0	0	3	1	2	1	27
	松山	0	1	3	4	4	3	0	0	1	1	1	0	18
	桃園	0	1	4	3	0	2	0	0	0	1	2	2	15
	新竹	1	8	7	8	0	2	0	0	2	2	2	6	38
中部	苗栗	3	6	9	9	0	2	2	0	3	2	3	4	43
	西屯	3	6	13	14	1	7	4	1	1	10	7	4	71
	彰化	4	9	11	12	1	1	2	0	5	14	7	3	69
	南投	5	8	8	9	2	2	2	0	1	5	8	2	52
	斗六	7	11	19	16	7	9	1	1	2	22	12	8	115
	嘉義	11	15	14	11	2	4	1	0	1	19	10	5	93

資料來源：行政院環境保護署

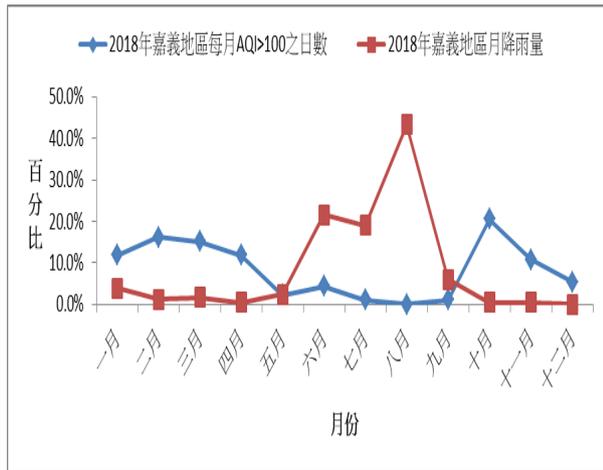
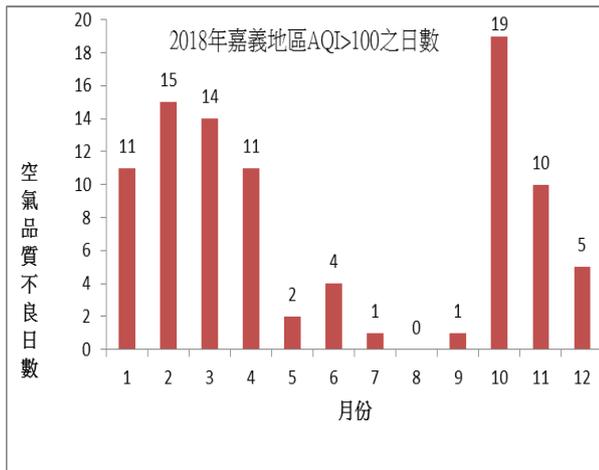


圖 6-11 2018 年嘉義 AQI>100 平均不良日數

圖 6-12 2018 年嘉義月降雨量與 AQI 不良日數百分比

綜上所述，再將 2018 年嘉義地區月降雨量與 AQI 不良日數重新整理畫出其出現月份的百分比圖（如圖 6-12），AQI 不良日數與月降雨量呈現負相關，5 月至 9 月(雨季)AQI 不良日數越小，而雨季降雨量就越大。反之，10 月至 4 月(乾季)AQI 不良日數越大，降雨量越小。

2018 年嘉義地區造成霾害與主要污染源(如表 6-15)，分析 2018 年嘉義地區造成霾害(能見度 1-10 公里)，其高峰期出現在 10-4 月平均超過 20 天，而 5-9 月霾害的天數較少，此趨勢與 PM2.5 造成空氣不良是一致的(如圖 6-10)，故我們推論造成空氣品質不良主要是 PM2.5，亦會造能見度不佳造成霾害。而臭氧 8 小時濃度並沒有上述的趨勢，僅 10 月出現 17 天，其他月份臭氧 8 小時濃度並沒有超標，但唯一與 PM2.5 相同的是污染的時段主要是白天。

19

表 6-17 2018 年嘉義地區造成霾害與主要污染源(PM2.5 和臭氧 8 小時)統計表

霾害項目 \ 2018年月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
霾(能見度1-10公里)天數	21	22	20	16	9	15	6	12	10	24	23	13
由PM2.5造成AQI不良之天數	11	15	11	8	1	0	1	0	0	2	8	5
由臭氧8小時造成AQI不良之天數	0	0	3	3	1	4	0	0	1	17	2	0

陸、討論

綜合以上的研究，討論分成二部分：實作部分和資料分析部分。

一、實作部分

(一) 學生模擬逆溫層實驗部分得到以下結論：

- 1.當氣溫高，相對濕度小，不利於輻射冷射，逆溫層不易形成，密封袋並未出現霧之現象。
- 2.當氣溫略高濕度較大，較有利於輻射冷射會形成逆溫層，密封袋與磚塊之底部接觸部有微霧之出現。

(二) 學生觀測部分

從 2018 年 7 月至十二月底，共紀錄 127 天 381 筆氣象與 AQI 之觀測資料，其中 352 筆空氣品質良好(AQI<100)，而 29 筆紀錄到 AQI>100，空氣品質出現橘色以上之警示，其中僅一筆出現在七月(夏季)，其餘 28 筆都發生秋冬季節，造成空氣品質不良的原因為，其氣壓平均值為 1014，風速 1 級，屬於高壓籠罩的東北季風盛行天氣型態，嘉義位於東北季風背風處不利於空氣擴散。其中 AQI 觀測到極大值是出現在十一月七日上、中、下午三個時段，AQI 皆大於 160 以上(如表 5-2)，又比對 PM2.5 和 PM10，能見度等資料，顯示 11 月 6 日晚上 10 點嘉義測站 PM2.5 與 PM10 觀測值均達到最大 127(超標 3.6 倍)與 185 超出標準值非常多(如表 5-3)，一直到 11 月 7 日下午 3 點仍測到 PM2.5 高達 100，主要是因為平流霧持續十幾個小時，造成 PM2.5 濃度超標，AQI 出現紅害最主要原因。

二、資料分析部分

1. 霧 (能見度<1Km)

分析 2018 年嘉義氣象站人工觀測能見度之資料發現，清晨出現起霧的天數僅五天(如表 6-2)，其中四天為輻射霧(如表 6-3)，太陽一出來霧就散，能見度就變好了。另一天(11 月 7 日)為平流霧，當天霧就一直延續到十點後，能見度不佳，空氣品質不良 AQI 為 167 出現紅害 (如表 6-3)，PM2.5 濃度超標為 78(標準為 35)，下午空氣品質仍是紅害(163)，PM2.5 濃度上升至 100 以上，故平流霧會造成空氣品質不良，能見度變差，而輻射霧則無。出現起霧的天數較少，可能原因是因為 2018 年是暖冬，白天氣溫高，濕度小，較不利於輻射冷卻(冷卻時間短)，逆溫不易形成，夜晚冷卻溫度未達露點溫度，相對濕度未達到 100%較不容易起霧，此結論與學生的逆溫層實驗有相同結果。

2. 霾害(能見度 1~10K)

分析 2018 年嘉義氣象站人工觀測能見度(1~10K)之資料發現輕霧成霾的天數高達 190 天(如表 6-2)，大部份是出現在水氣較小的白天，相對濕度較低，故判斷為霾為主。行政院環境保護署 2018 年嘉義測站 AQI 大於 100 日數(不良日數)為 93 天(如表 6-6)，空氣品質不良之污染源主要是 PM2.5 有 62 天和臭氧(8 小時濃度)有 31 天。統計分析 PM2.5 和臭氧濃度最大值百分比每日高峰出現在白天(如表 6-14)，污染源 PM2.5 和臭氧最大值百分比結雙雙都出現在白天超過六成(如圖 6-12)，是造成 AQI 不良的主要原因。

3. 主要污染源分析

(1) PM2.5

PM2.5 是造成空氣品質不良之最主要的影響因子，從 2018 年 PM2.5 全年逐時發現最大濃度在白天的比率為 61.6%，出現在白天的比率較高。而白天氣溫高，濕度小，風速小，在乾季(10 月至 4 月)嘉義位於東北季風隻被風處，細懸浮微粒較不容易擴散。

2018 年逐月 PM2.5 超標的天數(如圖 6-9) ,顯示雨季(5 月至 9 月) 發生的天數較少,乾季發生的天數較高,我們發現之前的研究霾與 PM2.5 也有此結論,在此比較此兩種霾與 PM2.5 的關係(如圖 6-10),結果顯示 2018 年霾與 PM2.5 在雨季兩者天數都較少,而在乾季兩者的天數也都較高,此結論又與 PM2.5 超標的天數的研究結果不謀而合。顯示造成霾害主要是由 PM2.5 的污染源所造成。

(2) 臭氧

由 2018 年臭氧平均濃度全年均未超過標準,但臭氧 8 小時濃度在 10 月份出現 17 次超標(如表 6-10),研究分析可能是去年 2018 年是暖冬,嘉義 10 月高溫仍超過 30°C,高溫使得白天臭氧濃度持續 8 小時升高,但太陽一下山,臭氧濃度又迅速下降,而使得臭氧日平均濃度為超標的原因。

綜上所述,統計 2018 年嘉義地區造成霾害與主要污染源(PM2.5 和臭氧 8 小時濃度)之天數(如圖 6-13),從圖中可看出 PM2.5 超標的天數與霾害的天數在全年的趨勢一致:而臭氧 8 小時濃度全年的趨勢與霾害的天數較不一致。

(3)PM10

由 2018 年 PM10 全年逐時濃度資料發現 PM10 超標(PM>135)為 32 天(如表 6-11),其中最大值出現在 10 月 27 日 16 時高達 248,當時最大風速高達 10m/s(如表 6-13),吹起揚塵造成懸浮微粒(PM10)的濃度飆升的原因,相對溼度 54%,但 PM2.5 觀測值為 30 並未超標,顯示風速太大時 PM2.5 的濃度並未增加。當時但能見度為 10 公里,並未出現空氣品質不良的警訊(當日 PM10 值最大為 248),顯示 PM10 濃度並不是空氣品質之污染源。

4. 台灣中部以北地區每月 AQI 大於 100 日數

21

統計分析 2018 年台灣中部以北地區每月 AQI 大於 100 日數之統計表(如表 6-16),結果顯示台灣中部以北地區的空气品質在雨季 (5 月至 9 月)的 AQI 之不良日均較低,而乾季(10 月至 4 月)中部 AQI 之不良日均偏高。因此本研究以嘉義為主,探討空氣品質不良的主要指標污染源,並從文獻找尋影響污染源濃度的可能因子,以環保署空氣品質監測網所提供的數據作為分析對象,分析嘉義的 AQI 污染源主要以 PM2.5 和 O3 為主,而 PM10 並不是造成 AQI 不良之污染源 (如表 6-5,表 6-6)。從氣象局的資料中得知去年是暖冬,高溫、東北季風和雨量少等因素的影響,造成 PM2.5 濃度與臭氧 8 小時濃度偏高,使得嘉義地区的空氣品質不良出現在乾季之主要原因。

柒、結論

一、結論

嘉義地區根據氣象站的資料得知嘉義位於嘉南平原上，從 10 月至 4 月 (乾季)能見度均小於六公里，常出現霾害，造成空氣品質不良，經分析可能的原因如下：

- (一) 影響能見度的因子中分成空汙因子和氣象因子兩種：空汙因子為 PM2.5 濃度有關；氣象因子有輻射冷卻時間長，相對濕度越大，風速微風等則能見度越低。
- (二) 2018 年嘉義氣象站人工觀測能見度之資料發現，清晨出現起霧的天數僅五天，可能原因是因為 2018 年是暖冬，白天氣溫高，濕度小，較不利於輻射冷卻(冷卻時間短)，逆溫不易形成。與學生模擬逆溫層輻射冷卻的實驗得到相同結論(不易起霧)。
- (三) 平流霧易造成 AQI 不良，能見度變差，PM2.5 濃度超標。輻射霧因太陽一出來霧就散，能見度會變好了，空氣品質也不錯。
- (四) 造成嘉義地區空氣品質不良的最主要污染源是 PM2.5，其次是臭氧 8 小時濃度。2018 年 PM2.5 超標的天數與霾害的天數的趨勢一致，而臭氧 8 小時濃度則無。
- (五) 霾害最主要是由 PM2.5 所造成，在雨季(5 月至 9 月)發生的天數較少，乾季(10 月至 4 月)發生的天數較高。
- (六) 研究最近三年空氣品質，嘉義是中部以北 AQI 最糟縣市之一，僅次於斗六。主要污染源為西邊有麥寮六輕的火力發電與石化廠、西北邊有台中火力發電廠為主。因秋冬季節盛行東北季風，嘉義和斗六皆位於山脈的背風處之山腳下，風速小微粒較易進來，卻不容易出不去，造成空氣品質不良。

22

二、展望

由於我們觀測的時間較短，蒐集到氣象資料也較少，無法做更深更廣的研究，若時間上允許的話，可以做南、北部的比較及氣候的分析。這幾個月的科展研究，讓我們深深知道做研究是一件辛苦的工作，須每日持續不停觀測與研究，才能有一點小小的結果。希望未來有人能持續作更長久的研究。

目前氣象局中南部仍無高空氣溫測量的資料，所以對逆溫層的判斷也只是以其他氣象資料加以研判分析。若往後有高空的氣象資料及周圍環境污染源監測資料更能瞭解影響空氣品質主要污染源，便可對霾害做進一步研究報告。

捌、參考文獻及其他

1. 高級中學地球科學(第三冊)，國立編譯館出版， 55~56。
2. 國民中學自然與生活科技(二上)，南一書局， 136~139；148~153。
3. 國民中學自然與生活科技(三下)，南一書局， 97~105。
4. 游丕若(2002)。雲的奧秘-台灣篇，人人， 96~105。
5. 戚啟勳(1989)。航海氣象學，國立編譯館， 113~118。
6. 林宜潔，張嘉儀和邱靜娥 (2014)。微粒濃度與空氣品質因子自動監測資料之關係探討—以雲林斗六地區為例。雲林科技大學工業工程與管理學系研究所。

附件一

即時空氣品質指標 (AQI) 計算方式如下：

各測項即時濃度依下列公式計算後，再對應下表得出 O_3 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 CO 、 SO_2 、 NO_2 等 6 個測項之即時副指標值，再取出其中最大值為即時空氣品質指標，該最大值測項即為指標污染物：

$O_{3,8hr}$ ：取最近連續 8 小時移動平均值（例如今日上午 10 點發布的 O_3 的 8 小時濃度平均值，是取今日上午 2 點至上午 9 點監測數據的平均值。）

O_3 ：取即時濃度值

$PM_{2.5}$ ： $0.5 \times$ 前 12 小時平均 + $0.5 \times$ 前 4 小時平均（前 4 小時 2 筆有效，前 12 小時 6 筆有效）

PM_{10} ： $0.5 \times$ 前 12 小時平均 + $0.5 \times$ 前 4 小時平均（前 4 小時 2 筆有效，前 12 小時 6 筆有效）

CO ：取最近連續 8 小時移動平均值（例如今日上午 10 點發布的 CO 的 8 小時濃度平均值，是取今日上午 2 點至上午 9 點監測數據的平均值。）

SO_2 ：取即時濃度值

$SO_{2,24hr}$ ：取最近連續 24 小時濃度平均值（例如今日上午 10 點發布的 SO_2 的 24 小時濃度²³平均值，是取前 1 天上午 10 點至今日上午 9 點監測數據的平均值。）

NO_2 ：取即時濃度值

$PM_{2.5}$ 移動平均值有效位數為小數點以下第 1 位，會取到小數點以下第 2 位採四捨五入方式進位， O_3 的 8 小時移動平均值及 PM_{10} 移動平均值有效位數為整數位，會取到小數點以下第 1 位，採四捨五入方式進位。