

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

佳作

030507

煙煙一息

~探討大氣穩定度與煙流及 PM2.5 擴散之關係

學校名稱：桃園市立桃園國民中學

作者： 國一 許容珮 國一 謝宜均 國一 田昀懿	指導老師： 許啟群
---	------------------

關鍵詞：大氣穩定度、pm2.5、煙流

摘要：

經過數據整理與分析，我們發現：中國南下氣流對北台灣懸浮微粒數值影響明顯，且觀察者較難以藉由溫度及濕度得知懸浮微粒數值高低，而若風向為來自中國東北方位，或風速因氣流由中國吹拂來台而上升，懸浮微粒數值議會受影響而提高。另外，煙流可簡單判斷地面的大氣穩定度狀況，但需要間隔小的時間差。

壹、研究動機

近年來，地球環境問題層出不窮，尤其是最近關於空氣品質的疑慮，更是使得人心惶惶。嚴重的霧霾不僅影響著生活的環境，更威脅至人類的健康。隨著近代工業科技急速的進步與發展，環繞於便利先進生活的人們，也難以避免過量使用地球資源，以及過度破壞地球環境的反撲。而現今，面對中國以高速發展的工業化企業型態，改變經濟狀況，懸浮微粒的大量產生經由大氣活動，帶以飄散至其他地方旋繞、積留。我們好奇究竟這微小到肉眼無法看見，但卻實在影響著生活能見度、環境品質的隱形殺手，在不同大氣條件下，積留、飄散的情形及其濃度、分布的影響。到底大氣的不同因素是如何改變 pm2.5 狀態的？藉由觀察與實驗，希望我們能深入探討理解其奧妙。

貳、研究目的

- 一、探討煙流形狀與大氣穩定度以及懸浮微粒分布之相關性。
- 二、探討在不同環境溫度的大氣狀態下，pm2.5 分布的情形。
- 三、探討在不同環境濕度的大氣狀態下，pm2.5 分布的情形。
- 四、探討在不同空氣風向的大氣狀態下，pm2.5 分布的情形。
- 五、探討在不同空氣風速的大氣狀態下，pm2.5 分布的情形。

參、研究設備與器材

硬體 相關 設備	縮時攝影機	主要 查詢 資源	交通部中央氣象局探空氣球數據網
	電腦及其相關設備		行政院環保署空氣品質監測網
	主題相關書籍資源		科技部高瞻自然科學教學資源平台

肆、研究過程與方法

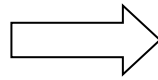
一、預期研究方法

(一)、利用新北市板橋測站每日早上 8 時的探空氣球資料蒐集當日的近地面溫度、濕度、風向、風速等環境概況，並輔以過去新聞氣象預報資訊作為根據，去探討桃園、大園、林口汙染物測站及萬里、觀音兩個背景站的汙染物分布與短期天氣現象的關係。

(二)、利用縮時攝影技術，每十分鐘拍攝一張煙囪之煙流照片，探討其形狀與大氣穩定度的關係，並判斷是否與探空資料所繪出的大氣穩定度分布吻合，希望藉此找出煙流與汙染物擴散的相關性。

二、架設縮時攝影機

欲明瞭項目〈架設原因〉
1. 周遭環境概況
2. 工廠廢氣排放情形
3. 工廠排放煙流形狀
4. 煙流反映大氣穩定度之可能性



架設地點	經國國中
架設高度	約 15 公尺〈5 樓〉
拍攝時間	2015/12/19 ~2016/1/20
拍攝目標	煉油廠

三、搜尋相關資料

資訊內容	大氣穩定度資訊	懸浮微粒分布情形資訊
資訊來源	交通部中央氣象局探空氣球數據網	行政院環保署空氣品質監測網
資訊項目	1. 氣溫高低 2. 空氣濕度 3. 風向方位 4. 流動風速	1. 萬里懸浮微粒含量 2. 觀音懸浮微粒含量 3. 大園懸浮微粒含量 4. 桃園懸浮微粒含量 5. 林口懸浮微粒含量

四、相關文獻資料

〈一〉大氣穩定度

對流層中，溫度隨高度遞減，稱為溫度直減率。氣塊受外力而運動，運動過程中不與環境交換熱能，為絕熱過程。當空氣塊以絕熱過程垂直上升，周遭環境氣壓減低，會使空氣塊體積膨脹，溫度下降。反之，空氣塊以絕熱過程垂直下降時，周圍氣壓升高，體積被壓縮，溫度上升。當空氣塊上升後，若溫度比周圍環境低，氣塊的密度比環境大氣的密度大，若無其他機制影響，此氣塊便不會繼續上升，而回到原來的位置，大氣呈現穩定狀況；若空氣塊的溫度比周圍環境高，則密度較小的空氣塊因浮力而繼續上升，即為不穩定大氣，氣塊會持續降溫，使水氣達飽和成雲，可能形成降水；若空氣塊溫度與環境相同，則密度相同，氣塊走到那便停在那，為中性大氣。因此，大氣層之氣塊經移動後，有回復原位之傾向為「穩定」，有遠離原位之趨勢為「不穩定」，若該氣塊既不回復原位，也不繼續遠離，則為「中性穩定」。

1. 穩定大氣

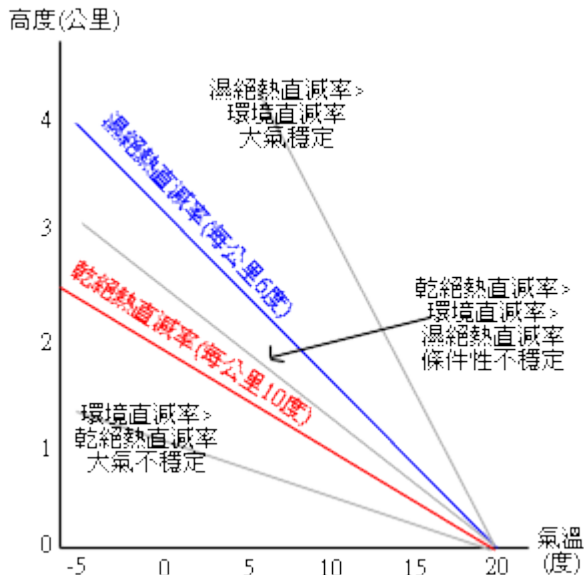
如果氣溫的縱向分佈限制了空氣的垂直運動，就稱為「穩定大氣」，當較輕的空氣在較重的空氣上面時，就會有這種情形。在相同壓力下，溫度較高的空氣密度較小，若上方空氣比下方暖，稱為逆溫，此時大氣非常穩定。在穩定大氣的情況下，假設有一氣塊因某種原因上升時，無論上升至什麼高度，都會覺得自己比周圍空氣冷而重，因此必須降回原來的高度；相反來說，當它下降時，一定會感到自己比周圍空氣暖而輕，故上升到原來的高度。因為氣塊經常保持原來的高度，所以便稱為穩定大氣。

2. 不穩定大氣

如果大氣情況能幫助空氣垂直方向運動，就稱為「不穩定大氣」，即是較重的空氣在較輕的空氣上面。在這情況下，假設有一塊空氣因為某種原因上升時，無論上升至什麼高度，都會覺得自己比周圍空氣暖而輕，因此會繼續上升；相反來說，當它下降時，一定會感到自己比周圍空氣暖而輕，所以會繼續下降。

3.條件性不穩定

當環境（大氣）溫度直減率小於絕熱直減率時，大氣就趨於穩定；假如環境直減率大於絕熱直減率時，大氣就變得不穩定。由於飽和空氣和未飽和空氣的直減率不同，當環境直減率小於濕絕熱直減率時，大氣必定屬於穩定；環境直減率大於乾絕熱直減率時，大氣必定屬於不穩定（如下圖）。假如環境直減率介於濕絕熱直減率及乾絕熱直減率時，這種情況稱為條件性不穩定（conditionally stable）。在這情況下，未飽和空氣會變得穩定，但飽和空氣則仍然不穩定。



〈二〉煙流〈煙羽〉

煙羽從工廠煙囪中連續排放出來的煙體，外形呈羽毛狀，因而得名。煙羽可被看作是由無數個時間間隔為無限短暫的、依次排放的煙團所組成；煙團各部分的運動速率不同。

1.運動速率

煙囪一開始排放，每個煙團就向下風方向移動。排放物的量，通常用排放率(千克/時或克/秒)表示；排放物在下風方向的分佈，一般用排放期間的平均濃度(毫克/米)表示。

2.空間分布

煙羽又稱煙雲(smoke cloud)、煙流(smoke plume)。從煙囪中連續排放到大氣中的煙氣流。由於菸羽各部分的運動速度不同，因而其外形也千變萬化。不同的煙羽形狀表示污染物濃度的空間分佈不同。它與大氣湍流、大氣穩定度、地形地物、排放參數等有密切的關係。

3.幾何型態

從煙囪中連續排放出來的煙體。因外形呈羽毛狀而得名。排放物的量通常用排放率（千克/時或克/秒）表示；排放物在下風方向的分佈，一般用排放期間的平均濃度（毫克/米³）表示。通過示踪煙羽的擴散實驗或實際觀察，可以看到煙羽外形是與天氣情況和大氣湍流狀況密切相關的。

如果粗略地將大氣穩定度劃分為不穩定、中性和穩定3種，則煙羽的幾何型態可概括為如圖所示的a、b、c、d、e5種。圖右邊定性地畫出污染源下風方向某一截面處垂直穿過煙軸

中心的平均濃度廓線，示意出煙羽的幾何形態和濃度沿垂直方向分佈的關係，在大氣湍流強度近似均勻的情況下，濃度分佈曲線相對於煙羽軸是對稱的，符合正態分佈(見圖 a、b、c)；相反則是非正態分佈(見圖 d、e)。

a.扇形：俯視這種煙羽，外形呈扇形。扇形煙羽多出現在晴朗夜間或早晨，當低層風小、氣溫自下向上增高、大氣處於穩定狀態時。在這種情況下，煙羽只能在穩定氣層內緩慢地向兩側擴散。扇形煙羽內部的污染物濃度很高，當遇到山地、丘陵或高大建築物時，污染物還會下沉，造成地面污染。

b.漫煙形(熏煙形)：漫煙形煙羽多出現在日出後輻射逆溫被破壞時。此時，煙軸之上有逆溫層，而煙軸之下至地面間氣層不穩定，因而煙羽上升擴散到一定程度就受到逆溫層的阻擋，使垂直擴散空間僅局限於地面至逆溫層底之間。在這種情況下，如果低層風小，則大氣稀釋能力就更低，高濃度的煙羽會迅速擴展到地面，造成地面的嚴重污染。煙霧事件大都是在這種情況下發生的。

c.環鏈形：這種煙羽曲折呈環鏈狀，在水平和垂直方向上擺動劇烈，容易分裂而消散，並隨著與煙囪距離的增大，污染物濃度迅速降低。這種煙羽多出現在午後低層大氣不穩定、湍流發展強烈，在晴朗的夏天午後為常見。

b.錐形：這種煙羽的形狀像一個有水平軸的錐體，煙羽體外形清晰。錐形煙羽多出現在陰天、風速較大、低層大氣處於中性平衡時，或在早晚大氣溫度層結轉換的過渡時刻(從穩定過渡到不穩定，或從不穩定過渡到穩定)。此時，近地面氣層裡的煙羽常沿主導風向流動，呈錐形擴散。錐形煙羽從煙囪到達地面的距離比環鏈形煙羽長。

e.屋脊形(上升形)：這種煙羽多出現在傍晚，當煙軸之下至地面間氣層穩定而煙軸之上氣層不穩定時，煙羽則在上面不穩定氣層中沿主導風向流動，呈屋脊形擴散。屋脊形煙羽體的下邊邊緣清晰，煙氣濃密；而煙羽體上邊稀疏，甚至出現不連續的碎片。

〈三〉懸浮微粒〈PM_{2.5}〉

〈1〉懸浮微粒簡介

空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒，懸浮微粒大小有別，小於或等於 2.5 微米的粒子，就稱為 PM_{2.5}，通稱細懸浮微粒，單位以微克/立方公尺($\mu\text{g}/\text{m}^3$)表示，它的直徑還不到人的頭髮絲粗細的 1/28，非常微細可穿透肺部氣泡，並直接進入血管中隨著血液循環全身，故對人體及生態所造成之影響是不容忽視的。

粒徑(μm)	粒徑大小說明
<100	總懸浮微粒(TSP)，約為海灘沙粒，可懸浮於空氣中。
<10	懸浮微粒(PM ₁₀)，約為沙子直徑的 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(PM _{2.5-10})，約頭髮直徑的 1/8~1/20 大小，能被附著於人體的呼吸系統
<2.5	細懸浮微粒(PM _{2.5})，約頭髮直徑的 1/28，可穿透肺泡，隨著血液循環全身。

〈2〉生成與來源

PM2.5 來源可分為原生性及衍生性，皆可能由自然界或人為產生。原生性細懸浮微粒係指被排放到大氣時即為 PM2.5 的粒狀物，該成分主要乃由物理破碎或一次污染排放所產生，原生性氣膠主要的化學組成份與來源分別為海鹽飛沫、裸露地表經由風力作用所揚起的灰塵微粒、鍋爐及機動車輛之燃燒排放，而衍生性細懸浮微粒則係指被釋出之非 PM2.5 之化學物質(稱為前驅物，可能為固體、液體或氣體)，在大氣環境中經過一連串極其複雜的化學變化與光化反應後成為 PM2.5 的微粒，主要為硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽，以上污染來源均除本地污染外，亦受到境外長程傳輸污染之影響。

依來源區分	自然界產出	火山爆發、地殼岩石等。
	人類行為產出	石化燃料及工業排放、移動源廢氣等燃燒行為。
依性質區分	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—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—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。

〈3〉懸浮微粒數值計算方法、標準以及建議活動

即時細懸浮微粒數值計算公式為「0.5*前 12 小時平均+0.5*前 4 小時平均」

低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
正常戶外活動			正常戶外活動			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			

二、資料蒐尋說明


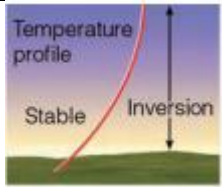


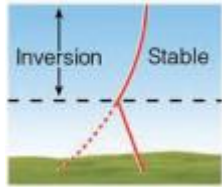


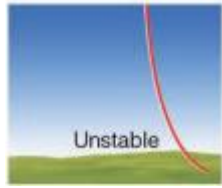


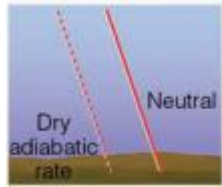


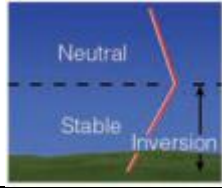

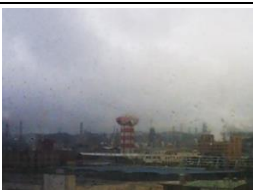
1. PM2.5 測站地區選擇條件〈地點相對位置圖如下〉

萬里	因為此區於東季易受東北風吹拂，故可藉此觀察源於中國的懸浮微粒情形。
觀音	因為此區並非工業區，在無工廠排放廢氣情形下，可做為與其他地點比較之用。
大園	因為此區並非工業區，在無工廠排放廢氣情形下，可做為與其他地點比較之用。
桃園	因為此區並非工廠密集地，亦非空氣品質極為良好之處，故可與他地進行比較。
林口	因為此區為工業區，工廠排放廢氣量大，故可作為當地懸浮微粒汙染比較之用。

2.煙囪形狀觀察說明

於經國國中 5 樓架設縮時攝影機，拍攝以每 10 分鐘一張照片串成的影片，經過比對及分析判斷煙流形狀之代號，並平均 1 小時內之數據做為比較。每一個時間點均有兩個煙流觀察，故以與另外一個煙流進行比較，亦可增加數據之精確、完整性。

下頁為煙流形狀判斷比對說明表：

代號	煙流圖像與特徵描述	實際概況	對應之大氣穩定度
a	 煙囪口至煙流末端為平直向狀	實際未曾見過此情況	
b	 自煙囪口以斜狀三角型散下		
c	 類似符號 ~ 的波浪狀		
d	 上下兩端斜向延伸的拉長三角形		
e	 底部水平頂端上揚的拉長三角形		
f	非以上圖像情形者，大多為直線向上飄散、不規則形、分散飄漫或類似蕈狀的狀況，偶有以倒三角形大面積分布之情形		
dsx	因天候狀況或霧霾影響導致視野不清，無法判斷之情形		

3.各即時懸浮微粒測站、縮時攝影機及煉油工廠相對位置標示圖〈上方為北方〉



4.中國及台灣相對位置圖及季風吹拂特性
因冬季吹拂北風，氣流經中國向東南方迴繞移動，此時源於中國的污染空氣變容易伴隨著氣流侵襲台灣。



伍、研究結果

1.2015/12/01~2016/1/20 桃園、林口、大園、觀音、萬里 pm2.5 濃度隨時間與空間之分布

(1)資料已放在報告最後(附錄 A)中，我們從資料圖表挑出最特別的四個個案作深入探討，這四組個案的日期分別為: 2015/12/15~16、2015/12/24、2015/12/31~2016/1/1、2016/1/19。

(2)四組個案當中，第二組 2015/12/24 的分布最為特殊，只有林口與桃園兩地區於早上 8~12 時有汙染物濃度變高的現象，可能是地區性的局部汙染所造成。

(3)其餘三組個案，我們都可以從汙染物開始增加與結束的時間發現到汙染物應該有由北往南傳輸的現象，推測可能與東北季風的吹拂有關。

2. 2015 年 12 月和 2016 年 1 月探空資料中的垂直溫度分布

(1)圖表已放在報告末端的(附錄 B)，資料點依序為 1~124 號，因為氣象局每天分別於台灣時間上午 8 時及晚上 8 時施放探空氣球，故 12 月和 1 月共計 62 日，而每天施放兩次則會有 $62 \times 2 = 124$ 筆資料，編號 1 為 12/1 早上 8 時、編號 2 為 12/1 晚上 8 時、編號 3 為 12/2 早上 8 時...以此類推。

(2)上面第 1.點所挑出的四組個案日期，分別以前後各加一天的方式於圖中用黑線框起。

(3)第一組個案 2015/12/15~16，高空有逆溫現象。

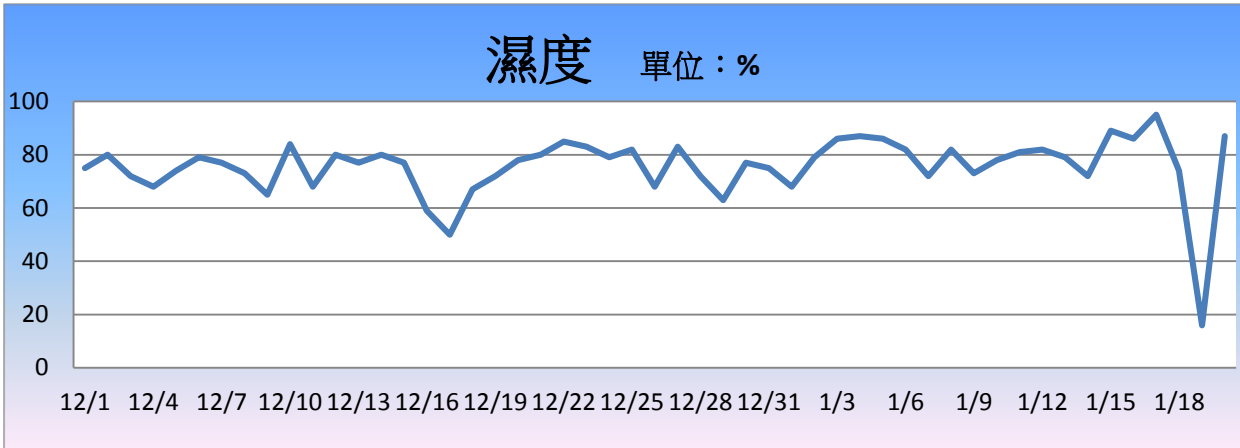
(4)第二組個案 2015/12/24，高空沒有明顯逆溫現象。

(5)第三組個案 2015/12/31~2016/1/1，高空有逆溫現象。

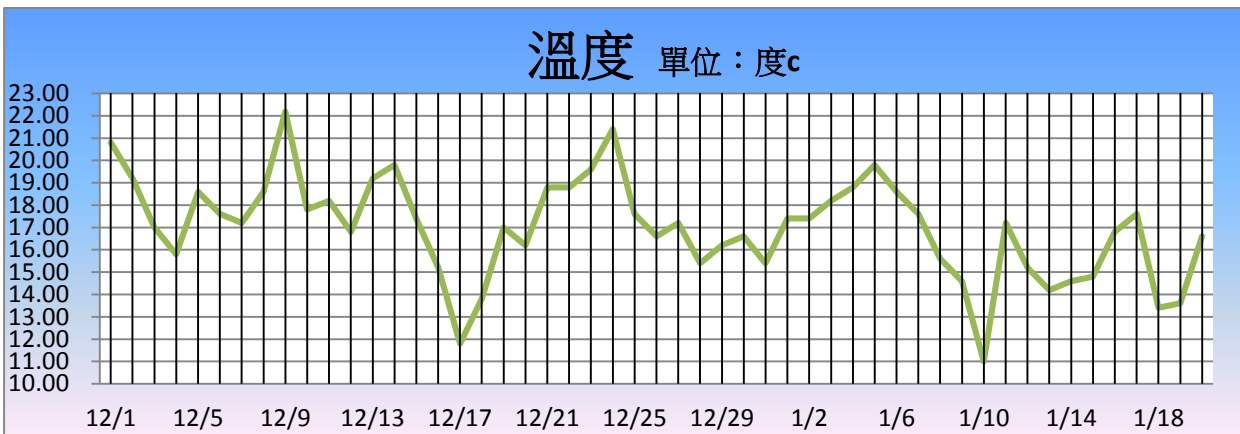
(6)第四組個案 2016/1/19，高空有逆溫現象。

(7)一般而言認為逆溫層的出現會使汙染物不易擴散，而搭配前一項的汙染物擴散討論我們也發現，唯獨 2015/12/24 的個案沒有逆溫現象，且汙染物也沒有明顯的水平方向的擴散，應該可以確定與東北季風或鋒面的影響無關。

3. 2015/12/01~2016/1/20 海拔 9 公尺濕度趨勢



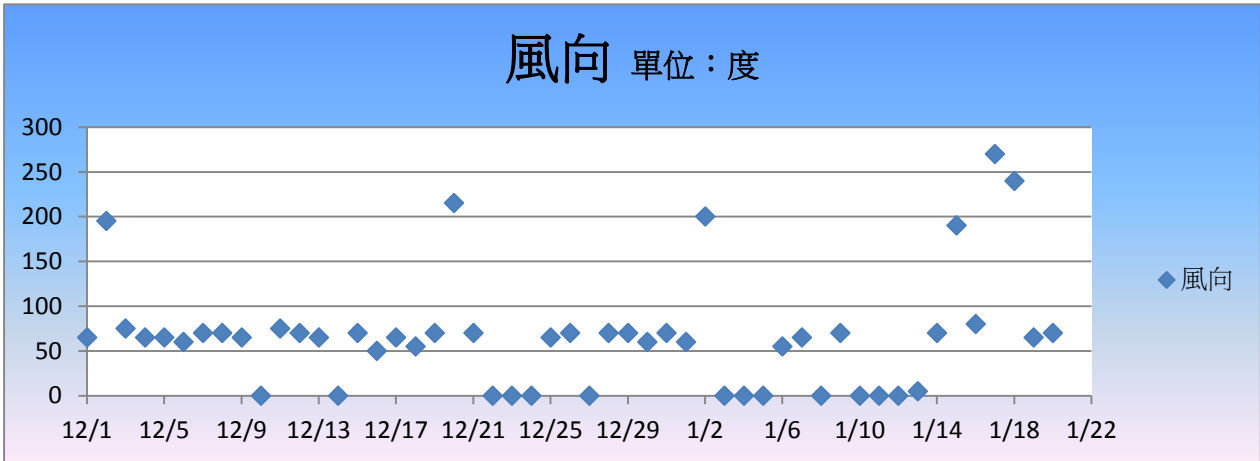
4. 2015/12/01~2016/1/20 海拔 9 公尺溫度趨勢



5. 2015/12/01~2016/1/20 海拔 9 公尺風速趨勢

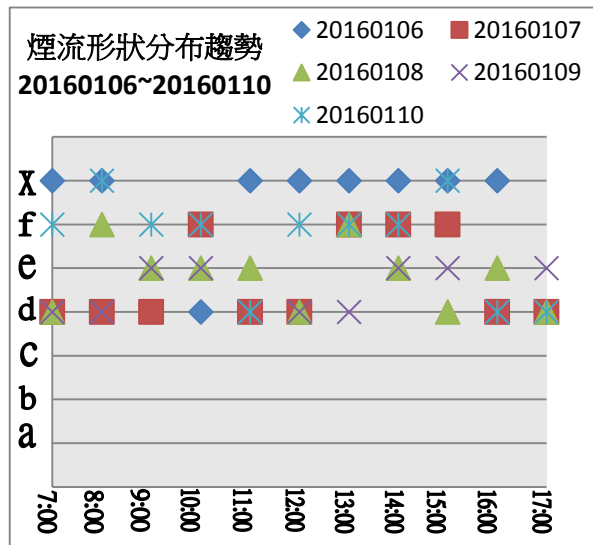
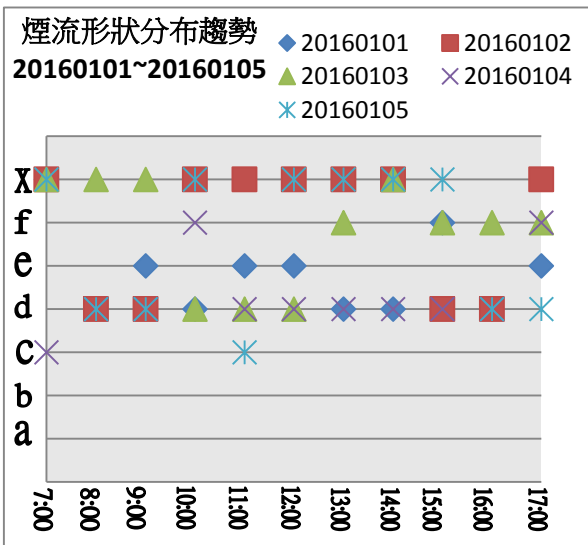
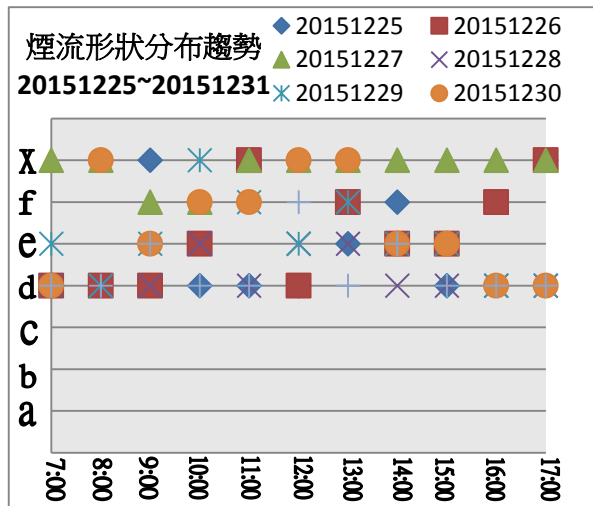
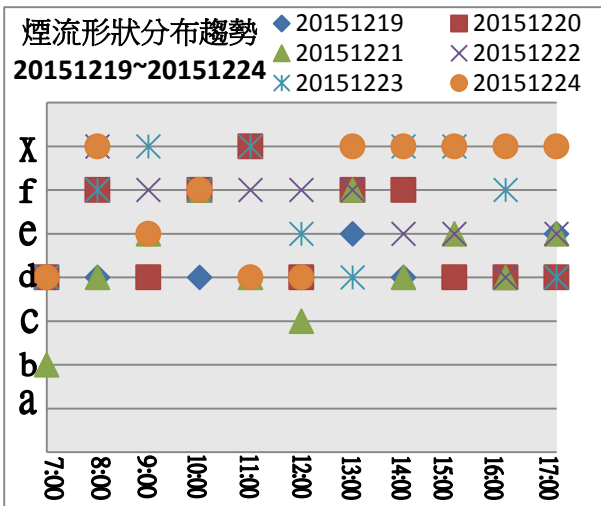


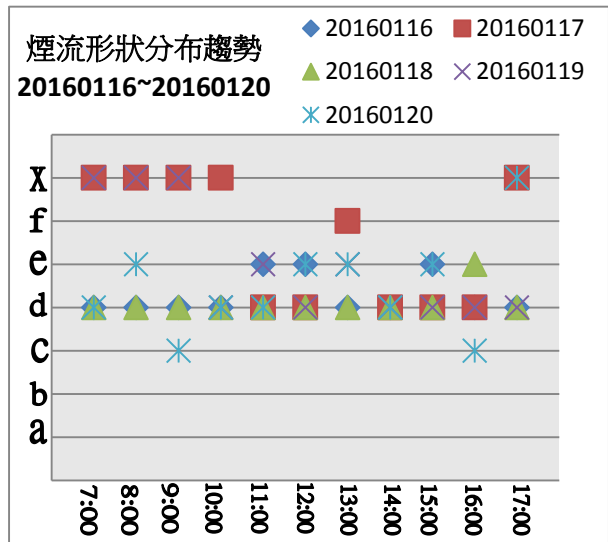
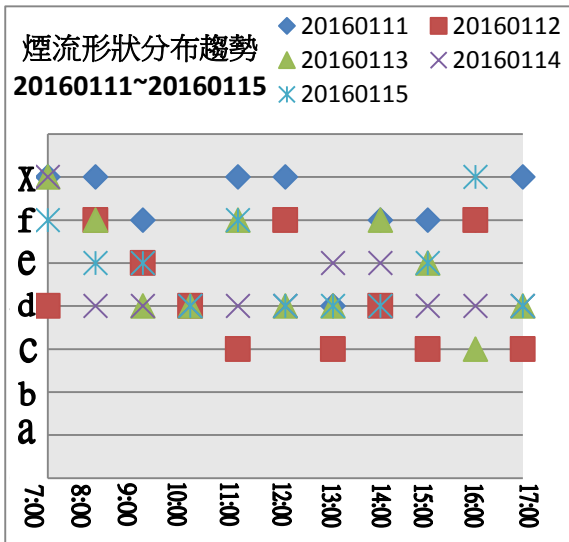
6. 2015/12/01~2016/1/20 海拔 9 公尺風向趨勢



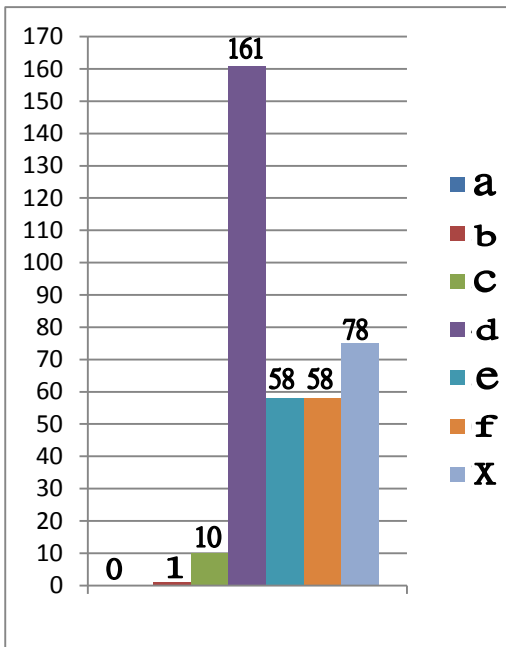
7. 2015/12/19~2016/1/20 煙囪煙流形狀

(1) 各日煙囪煙流形狀散布圖





〈2〉煙窗煙流形狀總數長條圖〈單位：個〉



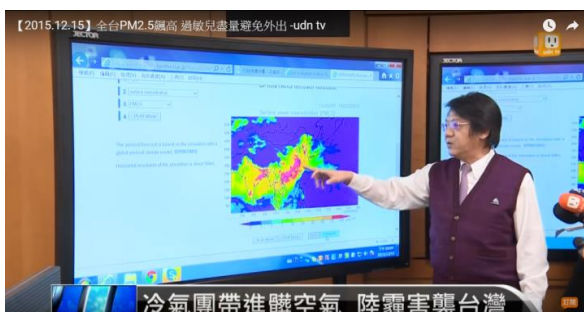
陸、討論

一、懸浮微粒異常數值及大眾媒體報導資訊比對

根據大眾媒體新聞資訊，尋找懸浮微粒查詢時間日期內之報導，參考懸浮微粒數值竄升原因。

1.2015/12/15~2015/12/16

時刻		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20151215	萬里	23	20	15	15	18	26	39	49	57	67	75	74	71	NA	83	81	94	##	86	73	76	82	75	70
	林口	15	19	17	10	12	21	25	33	47	60	66	69	68	70	75	73	79	90	91	85	79	77	71	71
	桃園	11	10	6	4	4	6	11	21	23	29	36	49	56	57	61	60	68	66	73	77	80	82	83	92
	大園	26	21	21	17	21	21	25	44	58	70	70	72	78	75	76	72	81	87	89	88	81	80	74	76
	觀音	17	17	17	18	17	19	22	30	38	49	47	51	51	48	44	44	44	46	51	51	62	71	81	80
20151216	萬里	66	71	76	73	73	71	73	76	73	70	65	68	74	74	73	71	57	43	32	23	24	25	25	29
	林口	75	75	77	78	75	68	68	73	72	65	60	64	71	76	77	82	79	59	37	27	25	23	24	27
	桃園	85	91	88	93	82	73	73	77	83	91	78	79	73	84	82	90	92	77	65	42	39	25	26	29
	大園	69	66	66	69	70	64	64	62	67	61	62	60	68	72	70	75	72	65	48	33	28	24	25	28
	觀音	70	70	62	61	57	47	37	36	44	38	46	47	48	57	64	66	67	67	65	62	58	50	46	40



資料及畫面來源：udn 新聞台

新聞提出因素：汙染空氣伴隨著冷氣團，從北京〈500 微克〉開始，一路往南，經過長江流域，一路提升區域懸浮微粒之數值。12/15 下午抵達北台灣，使數值竄升。

大眾媒體報導資訊與查詢探空氣球數值比對

日期 項目	溫度	濕度	風向	風速
	攝氏〈度 C〉	%	角度	哩/小時
20151215	17.4	77	70	6
20151216	15.2	59	50	4
平均值	16.9	75.6	66.2	3.7
判斷結果	將項目數值與平均值比較，溫度數值在懸浮微粒濃度極高情形下，與平均值數值差異不大。	將項目數值與平均值比較，濕度數值在兩天之間差異稍大，並無明確規律穩定特性。	此季節不論為平均值或項目數值，方向多為東北方，符合汙染空氣隨氣流由中國南下之說法。	將項目數值與平均值比較，風速數值較平均值稍快，判斷為南下氣流運動所致。

2.2015/12/24

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
20151224	萬里	13	14	13	13	15	16	13	18	19	18	28	27	20	18	16	7	3	9	5	2	3	2	3	5
	林口	23	22	27	30	31	32	33	44	56	64	52	43	41	26	14	7	7	10	16	13	7	10	17	14
	桃園	11	12	18	17	25	25	28	31	49	58	64	49	46	33	32	25	18	8	7	9	13	13	11	14
	大園	18	17	21	23	25	24	24	20	24	29	34	32	23	20	NA	25	23	17	21	16	10	4	4	7
	觀音	17	17	22	22	20	24	17	14	13	13	11	NA	NA	22	19	22	19	21	23	19	16	14	14	12



資料及畫面來源：年代新聞

新聞提出因素：因為吹拂東北風之緣故，東南部空氣品質偏差，西部懸浮微粒進入紅色警戒。〈資料顯示中南部空氣汙染嚴重，與查詢數值比對，應為汙染擴散至北部〉

大眾媒體報導資訊與查詢探空氣球數值比對

項目	日期	溫度	濕度	風向	風速
		攝氏〈度C〉	%	角度	哩/小時
	20151224	21.4	79	0	0
	平均值	16.9	75.6	66.2	3.7
判斷結果		將項目數值與平均值比較，溫度數值在懸浮微粒濃度極高情形下，較平均值高。	將項目數值與平均值比較，濕度數值在懸浮微粒數值及高情形下，較平均值稍高。	此數值因風速為0，故為無風情形。	此數值因為為0，故為無風情形。

3.2015/12/31~2016/01/01

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
20151231	萬里	11	9	8	8	7	11	14	16	18	20	28	41	48	53	54	51	50	61	69	68	66	60	55	51
	林口	8	9	10	8	5	7	9	10	17	21	30	42	48	56	59	64	66	65	70	76	73	72	66	58
	桃園	9	5	6	9	6	7	12	14	18	14	17	23	34	49	60	68	73	72	72	69	73	73	73	65
	大園	12	13	15	10	4	5	13	18	18	18	26	34	41	50	55	61	58	58	65	68	73	68	65	60
	觀音	11	9	8	8	8	8	9	11	11	14	19	22	29	36	40	47	53	58	65	69	71	71	68	68
20150101	萬里	46	40	34	35	34	32	30	27	25	25	22	22	25	27	31	32	33	30	24	19	16	16	17	18
	林口	52	49	43	36	34	34	30	30	28	22	24	25	22	23	25	27	28	25	20	22	24	26	29	26
	桃園	56	50	51	46	41	36	29	29	25	25	28	29	24	27	23	32	28	27	27	25	25	29	25	30
	大園	58	55	51	38	29	23	31	31	32	31	26	21	18	24	29	28	31	34	34	37	36	40	45	44
	觀音	24	26	21	24	27	19	19	16	18	18	15	16	12	14	14	10	14	11	12	9	7	7	8	8



資料及畫面來源：民視新聞

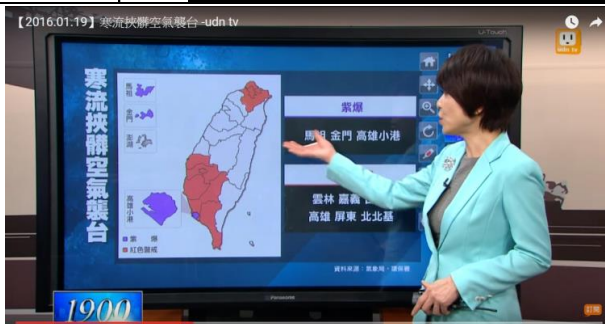
新聞提出因素：中國南下的污染物減少之後，北部懸浮微粒已有減緩之情況，但中南部及其他地區因東北風較弱，故污染物不容易擴散，狀況仍待改善。〈查詢資料之北部數值推測為未完全擴散導致數值依然偏高〉

大眾媒體報導資訊與查詢探空氣球數值比對

日期 項目	溫度	濕度	風向	風速
	攝氏〈度C〉	%	角度	哩/小時
20151231	15.4	75	70	6
20160101	17.4	68	60	6
平均值	16.9	75.6	66.2	3.7
判斷結果	項目數值與平均值差異不大，於平均水準左右。	項目數值變化幅度稍大，但皆較平均數值低。	風向皆為東北風，與新聞描述之「中國南下污染物」內容相吻合。	項目數值較平均數值高出許多，風速較快。

4.2016/01/19

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
20150119	萬里	55	57	61	62	67	68	62	58	59	56	51	53	NA	NA	45	41	36	35	33	35	32	21	17	17
	林口	57	58	62	65	63	67	70	70	65	61	61	67	70	58	43	30	30	37	35	35	31	28	28	
	桃園	47	56	56	56	56	56	66	64	68	68	59	58	53	60	61	64	64	51	41	34	34	*	*	23
	大園	50	50	61	61	65	68	70	73	64	65	62	63	65	64	65	57	56	53	46	38	35	26	26	19
	觀音	55	59	62	67	72	73	74	74	73	77	77	76	75	76	76	72	67	66	66	61	58	50	44	43



資料及畫面來源：udn 新聞台

新聞提出因素：髒空氣伴隨強烈冷氣團來襲台灣，導致北部空氣品質變差，而南部則是本地污染物所累積導致的。

大眾媒體報導資訊與查詢探空氣球數值比對

日期 項目	溫度	濕度	風向	風速
	攝氏〈度C〉	%	角度	哩/小時
20160119	13.6	16	65	6
平均值	16.9	75.6	66.2	3.7
判斷結果	項目數值較平均數值高出3度左右。	數值較平均值低非常多，但高度190公尺時濕度為85，推測為資料誤差。	風向為東北風，與新聞資訊之南下氣流相吻合。	項目數值較平均數值高出許多。

柒、結論

一、溫度與懸浮微粒數值相關性

1.數值比較發現：

- 〈1〉垂直方向上的溫度分布會影響大氣穩定度，而懸浮粒子濃度高的個案當中多有逆溫現象出現在高空。
- 〈2〉東北季風來臨時，帶來寒冷的空氣，溫度有下降趨勢；同時，東北季風帶來髒空氣，汙染物隨之上升。

2.數值比較結果：

- 〈1〉垂直方向的溫度變化可能是影響懸浮粒子濃度的因素之一。
- 〈2〉溫度、懸浮微粒數值與東北季風成因果關係，因此，雖然溫度與懸浮微粒數值不會相牽連，卻會在相近時期發生數值升降相關性。

二、濕度與懸浮微粒數值相關性

1.數值比較發現：

相近濕度情形之下，懸浮微粒數值有高有低

2.數值比較結果：

濕度與懸浮微粒數值相關性不大

三、風向與懸浮微粒數值相關性

1.數值比較發現：

- 〈1〉因為冬季，風向數值多為東北風
- 〈2〉吹拂東北風的日期雖非全數為高數值日期，但高數值日期皆吹拂東北風。
- 〈3〉從汙染物擴散的時空關係，會發現部分個案有由北而南傳輸的現象。

2.數值比較結果：

- 〈1〉整合新聞媒體資訊推斷，當有來自中國之東北方向氣流時，汙染物易隨氣流侵襲台灣。
- 〈2〉於冬季時節中，吹拂東北風時懸浮微粒數值升高機率較其他風向高。

四、風速與懸浮微粒數值相關性

1.數值比較發現：

懸浮微粒數值較高之日期風速亦較其他日期稍高。

2.數值比較結果：

當風速因有來自中國之氣流南下而升高時，懸浮微粒數值會升高。

五、煙囪煙流與大氣穩定度相關性

1.資料比較發現：

- 〈1〉實驗的煙囪形狀多變，出現大量不符合標準形狀〈a~e〉的狀況。
- 〈2〉扣除非標準狀況的 f 形與 x 形，d 形出現的頻率遠高於其他出現的頻率，次多的是 e 形，以及少數 c 形和極少數 b 形，全程則完全未出現 a 形。
- 〈3〉依據相關書籍的論述，煙囪形狀出現頻率會與大氣狀態出現規律的相關性，但這次實驗的結果卻非如此。如：出現相同煙流形狀時，各日的大氣狀態都不一；而在出現相同大氣條件的情形下，出現的煙流形狀也不相同。

2.資料比較結果：

逆溫層的高度明顯高於煙囪的高度，因此理論上應該無法藉由煙流形狀去判斷大氣穩定度。

六、煙囪煙流與污染物濃度相關性

1. 資料比較發現：

- 〈1〉 12/31 和 1/19 這兩天污染物濃度高，而煙囪的類型也可看出 d 型偏高
- 〈2〉 其他 d 型比例偏高的日子，有時卻不會有污染物偏高的現象，甚至偏低 (如: 1/4)

2. 資料比較結果：

煙囪煙流的形狀跟污染物濃度分布的相關性較不顯著，難以彼此推斷。

七、結論

1. 影響北台灣懸浮微粒數值之要素除了本地廢氣排放，亦會受中國南下氣流影響。
2. 溫度與懸浮微粒數值不會相牽連，卻會在相近時期發生數值升降相關性。
3. 觀察者較難以藉由濕度得知懸浮微粒數值高低。
4. 若氣流為來自中國之東北方向，懸浮微粒數值較易受其影響而升高。
5. 若因吹拂中國南下的氣流而提升風速，懸浮微粒數值亦會隨之上升。
6. 從探空氣球分析逆溫層，會發現逆溫層位置偏高，煙囪高度明顯不及逆溫層高度，因此從本實驗的觀察上應該無法明確歸納出煙流形狀與大氣穩定度的關聯。
7. 影響污染物傳輸的因素包含了水平方向的風速及風向，也包含垂直方向的大氣穩定度狀態，因此難以藉由單一煙流型態去判斷污染物傳輸。

捌、參考資料及其他
(附錄 A)

2015/12/1~2016/1/20 之污染物時空分布，橫軸為時刻，每日之縱軸依序為：萬里、林口、桃園、大園、觀音，依照空間上的分布位置，由北而南、由內陸到海邊排列，目的是為了觀察其污染物在水平方向上的傳輸情形。

		時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
20151201	萬里	11	12	10	8	9	13	11	10	9	11	13	8	12	13	13	13	10	6	5	6	7	7	3	3	
	林口	10	10	14	13	13	12	19	16	19	22	14	9	16	11	NA	16	17	18	15	10	10	13	14	14	
	桃園	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	NA	x	2	5	8	15	15	15	6	4	4	8	7	
	大園	9	14	10	12	10	9	12	11	16	18	19	15	11	12	10	8	8	12	15	16	12	13	15	10	
	觀音	17	15	11	11	11	11	10	13	14	15	17	16	17	17	17	17	14	13	11	13	17	17	18	20	19
20151202	萬里	4	2	2	2	2	3	4	6	7	9	11	6	2	5	12	18	19	19	16	15	21	27	32	28	
	林口	12	10	8	10	15	14	20	23	24	28	25	14	12	17	20	22	21	19	23	23	18	20	28	34	
	桃園	10	10	12	8	7	11	12	19	17	23	19	19	18	16	19	20	23	26	21	17	12	16	25	26	
	大園	7	6	11	15	12	12	9	17	18	22	15	15	18	20	17	19	20	23	22	25	21	18	14	25	
	觀音	20	22	19	16	14	14	13	14	12	11	10	9	12	12	14	13	13	15	17	18	17	18	20	23	
20151203	萬里	21	23	22	16	14	14	25	36	36	32	37	42	39	36	32	31	33	33	33	29	28	25	24	28	
	林口	32	24	18	11	10	11	12	21	21	23	33	35	36	37	33	29	36	36	28	28	30	32	28	24	
	桃園	26	13	11	11	11	13	5	7	6	25	32	34	35	38	42	30	31	37	31	33	23	28	23	25	
	大園	24	20	14	16	21	19	25	22	29	31	37	33	25	34	35	34	34	29	36	29	29	26	18	21	
	觀音	24	24	21	19	17	16	13	12	15	17	20	22	27	30	34	37	37	42	44	46	45	44	41	38	
20151204	萬里	26	24	24	22	20	23	20	16	16	15	17	13	13	20	23	22	23	23	22	21	19	15	14	13	
	林口	24	23	22	21	21	19	20	19	17	22	23	18	12	15	16	17	20	22	23	24	21	21	23	18	
	桃園	23	22	20	16	18	15	23	14	20	18	25	23	16	9	13	20	26	26	27	23	19	17	13	16	
	大園	19	25	22	17	19	20	22	21	20	NA	NA	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	觀音	37	29	26	24	22	21	20	17	17	17	17	18	17	NA	NA	17	20	24	24	25	24	22	25	24	
20151205	萬里	12	12	10	13	14	13	13	13	16	15	12	9	9	7	5	3	3	7	7	3	3	7	5	2	
	林口	13	15	12	9	12	12	12	12	10	12	13	9	8	9	7	8	10	7	8	10	11	15	13	5	
	桃園	13	18	10	12	11	19	13	13	5	7	7	9	5	7	5	5	7	13	17	19	14	12	7	3	
	大園	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	觀音	21	18	17	14	15	13	11	12	13	15	13	13	13	13	14	11	13	10	10	11	10	16	14	14	
20151206	萬里	2	3	2	2	4	4	2	3	6	7	7	3	7	4	2	9	9	8	12	12	10	15	19	17	
	林口	0	2	5	3	5	4	2	6	10	10	6	3	4	7	7	7	9	10	10	11	13	16	19	16	
	桃園	6	1	2	1	5	5	4	0	0	4	4	7	3	3	3	5	7	5	2	2	2	2	1	3	
	大園	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*	*	*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*	
	觀音	11	11	10	8	10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20151207	萬里	20	21	20	22	21	20	25	26	27	25	15	12	12	9	12	13	10	11	12	8	8	8	6	9	
	林口	13	17	18	20	20	16	17	22	24	23	22	21	19	NA	12	15	16	13	14	13	10	10	12	11	
	桃園	6	9	10	11	16	17	16	11	14	25	NA	25	21	12	19	10	17	8	14	6	10	5	5	3	
	大園	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	*	*	*	*	*	*	*	
	觀音	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	NA	NA	2	2	2	4	3	4	4	3	4	4	4	4	
20151208	萬里	7	4	10	12	NA	NA	NA	NA	11	13	13	12	9	9	12	10	9	9	7	6	6	11	11	6	
	林口	10	7	8	8	6	6	9	10	8	9	11	13	10	9	12	15	15	12	9	7	7	8	9	6	
	桃園	9	12	14	7	7	8	6	8	7	10	3	7	6	8	3	6	6	8	10	9	9	1	3	5	
	大園	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	15	11	9	6	8	11	12	15	13	9	12	9	
	觀音	5	5	6	7	6	9	10	10	8	8	8	7	7	NA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

20151209	萬里	5	3	4	6	5	5	6	7	10	11	11	13	12	NA	8	9	8	8	8	6	7	7	2	2
	林口	5	5	6	10	8	6	9	10	11	14	14	18	18	16	14	9	7	6	8	12	12	10	9	10
	桃園	9	11	7	6	5	7	9	7	5	1	1	2	11	13	12	6	4	6	16	20	27	15	9	4
	大園	12	5	6	4	5	10	17	11	16	15	22	19	17	18	12	16	11	17	21	26	25	16	8	8
	觀音	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20151210	萬里	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	4	3	2	2	2	2	3	2	4	7	5	4	
	林口	12	12	9	6	0	0	0	1	4	10	14	13	12	10	5	6	9	10	15	14	15	18	13	13
	桃園	11	15	21	20	21	8	3	0	0	5	7	7	6	3	4	4	2	10	6	13	10	15	12	12
	大園	10	9	7	5	5	8	4	4	8	13	17	13	8	9	8	12	10	11	10	15	15	21	17	24
	觀音	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20151211	萬里	4	3	4	9	13	11	10	12	13	13	14	20	23	25	23	16	18	19	19	20	21	18	15	16
	林口	15	13	7	5	8	9	9	9	10	10	12	18	19	25	28	30	25	21	22	20	20	17	15	18
	桃園	14	19	14	6	1	5	5	8	3	7	14	20	19	11	18	31	39	30	21	22	25	25	20	15
	大園	20	18	8	4	6	8	7	8	9	13	9	17	21	26	24	18	21	21	24	25	20	20	17	17
	觀音	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	NA	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20151212	萬里	19	22	22	21	22	21	16	21	23	21	19	16	15	14	14	14	13	13	15	16	19	15	13	16
	林口	15	14	15	15	15	13	15	15	16	19	22	22	20	14	12	13	17	22	20	18	18	16	17	17
	桃園	18	17	27	21	17	9	9	12	11	11	14	15	18	12	19	17	18	17	16	18	9	11	8	16
	大園	20	19	25	23	25	21	21	17	17	14	12	13	17	19	17	12	11	12	23	23	21	11	11	12
	觀音	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20151213	萬里	13	12	12	13	14	13	13	15	18	17	21	21	16	17	20	17	13	13	12	14	14	10	8	11
	林口	18	18	16	18	16	13	17	21	21	17	14	14	18	18	16	17	16	16	20	21	20	20	22	20
	桃園	14	17	15	13	16	12	*	18	21	25	18	25	12	15	8	15	12	9	10	15	16	17	18	17
	大園	18	16	16	8	12	8	15	14	20	22	21	22	20	21	18	18	15	17	15	21	19	23	19	14
	觀音	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
20151214	萬里	12	7	7	9	7	6	11	11	11	12	9	12	14	12	NA	13	13	16	13	13	18	17	19	22
	林口	17	17	16	19	14	8	9	11	12	12	12	11	13	13	NA	*	21	14	14	15	12	10	12	13
	桃園	14	17	15	13	16	12	*	18	21	25	18	25	12	15	8	15	12	9	10	15	16	17	18	17
	大園	11	11	17	21	17	17	21	18	15	14	NA	14	15	9	12	10	8	12	11	12	14	18	23	22
	觀音	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	NA	22	21	21	22	24	23	23	23
20151215	萬里	23	20	15	15	18	26	39	49	57	67	75	74	71	NA	83	81	94	##	86	73	76	82	75	70
	林口	15	19	17	10	12	21	25	33	47	60	66	69	68	70	75	73	79	90	91	85	79	77	71	71
	桃園	11	10	6	4	4	6	11	21	23	29	36	49	56	57	61	60	68	66	73	77	80	82	83	92
	大園	26	21	21	17	21	21	25	44	58	70	70	72	78	75	76	72	81	87	89	88	81	80	74	76
	觀音	17	17	17	18	17	19	22	30	38	49	47	51	51	48	44	44	44	46	51	51	62	71	81	80
20151216	萬里	66	71	76	73	73	71	73	76	73	70	65	68	74	74	73	71	57	43	32	23	24	25	25	29
	林口	75	75	77	78	75	68	68	73	72	65	60	64	71	76	77	82	79	59	37	27	25	23	24	27
	桃園	85	91	88	93	82	73	73	77	83	91	78	79	73	84	82	90	92	77	65	42	39	25	26	29
	大園	69	66	66	69	70	64	64	62	67	61	62	60	68	72	70	75	72	65	48	33	28	24	25	28
	觀音	70	70	62	61	57	47	37	36	44	38	46	47	48	57	64	66	67	67	65	62	58	50	46	40
20151217	萬里	33	33	31	35	42	38	36	37	30	24	23	28	29	27	25	20	19	22	19	19	21	22	24	17
	林口	30	29	29	34	40	36	31	29	24	24	26	23	27	29	24	19	19	16	14	15	14	15	15	12
	桃園	26	29	29	31	35	32	39	34	32	28	26	27	24	32	32	32	24	20	21	19	14	11	14	18
	大園	35	33	30	31	34	37	36	39	34	26	22	24	26	29	31	31	26	21	21	14	18	14	25	18
	觀音	32	30	29	24	25	31	27	27	30	28	27	28	24	17	20	18	17	16	15	17	17	16	16	16

20151218	萬里	15	21	20	17	15	13	11	9	10	10	6	4	4	6	3	3	8	8	5	4	4	3	6	3
	林口	12	17	16	15	17	17	17	13	11	12	11	10	8	8	8	7	10	7	6	3	5	8	6	8
	桃園	22	17	17	14	18	22	19	14	8	13	9	7	0	5	5	9	4	4	2	2	11	9	8	3
	大園	22	17	22	17	18	16	17	18	17	15	11	12	16	19	17	14	8	10	12	13	15	10	14	7
	觀音	16	15	17	15	17	17	17	16	15	15	13	14	11	12	11	11	12	13	12	11	10	8	8	7
20151219	萬里	2	6	6	6	7	7	7	7	7	7	6	9	8	8	8	7	10	9	9	6	2	3	5	
	林口	4	1	3	5	4	3	3	4	5	4	8	9	9	7	4	7	10	7	3	7	11	10	5	4
	桃園	3	3	4	4	6	6	9	6	3	5	8	6	5	3	6	12	12	16	11	16	13	12	7	6
	大園	10	8	9	8	4	7	4	9	9	12	7	8	11	16	12	12	14	15	16	11	12	9	10	8
	觀音	8	7	9	8	8	9	11	11	10	9	11	11	11	14	13	11	11	12	8	10	9	8	11	11
20151220	萬里	8	6	3	5	3	2	2	2	3	2	3	4	2	3	4	2	2	7	20	35	38	33	28	20
	林口	4	6	8	9	5	3	5	5	5	4	6	8	9	10	10	15	33	38	32	36	45	48	53	52
	桃園	6	9	7	6	6	7	10	13	19	21	13	18	13	24	20	26	34	36	41	35	44	47	51	53
	大園	8	8	6	9	8	8	12	14	25	28	31	28	28	27	31	29	30	25	28	25	23	17	14	15
	觀音	9	9	9	9	9	6	4	15	16	17	17	20	24	28	28	21	24	22	24	22	17	15	15	12
20151221	萬里	14	14	13	13	13	14	14	16	21	22	20	20	21	19	16	16	14	13	11	10	13	12	9	11
	林口	40	29	25	26	25	25	25	28	31	29	25	26	30	33	29	25	26	29	23	17	14	10	11	15
	桃園	52	43	30	23	18	19	19	20	25	28	31	20	24	23	29	29	26	29	17	18	6	16	9	12
	大園	17	18	23	18	22	23	24	23	18	19	23	22	23	17	17	11	14	17	14	11	5	10	8	11
	觀音	11	11	13	13	17	17	18	17	20	20	21	19	16	17	19	18	17	16	14	14	15	13	11	11
20151222	萬里	13	10	9	11	11	9	7	8	14	19	16	13	11	13	14	8	3	8	13	13	13	15	17	22
	林口	17	18	24	33	37	35	31	36	42	35	22	18	15	NA	NA	21	22	34	46	45	45	47	44	35
	桃園	10	15	16	21	25	31	30	33	44	46	NA	34	25	19	25	30	28	36	36	46	38	43	39	37
	大園	10	8	11	12	17	15	21	25	34	28	24	17	17	17	17	20	17	18	21	28	30	29	32	30
	觀音	11	14	11	12	12	11	*	x	x	*	*	*	NA	NA	*	15	15	12	10	12	14	14	18	16
20151223	萬里	25	26	24	21	15	10	12	14	13	12	10	NA	14	10	8	11	11	11	13	11	10	8	8	12
	林口	34	33	27	26	22	23	27	28	29	34	33	27	29	28	24	22	20	22	27	28	25	20	18	23
	桃園	38	30	30	20	20	23	25	35	33	38	34	28	26	25	27	23	25	24	28	20	23	18	18	9
	大園	32	23	22	19	*	19	15	11	25	29	34	21	25	23	26	24	23	19	15	9	14	20	29	25
	觀音	17	18	19	17	16	19	14	17	14	17	18	18	17	18	19	17	17	12	10	10	11	5	11	17
20151224	萬里	13	14	13	13	15	16	13	18	19	18	28	27	20	18	16	7	3	9	5	2	3	2	3	5
	林口	23	22	27	30	31	32	33	44	56	64	52	43	41	26	14	7	7	10	16	13	7	10	17	14
	桃園	11	12	18	17	25	25	28	31	49	58	64	49	46	33	32	25	18	8	7	9	13	13	11	14
	大園	18	17	21	23	25	24	24	20	24	29	34	32	23	20	NA	25	23	17	21	16	10	4	4	7
	觀音	17	17	22	22	20	24	17	14	13	13	11	NA	NA	22	19	22	19	21	23	19	16	14	14	12
20151225	萬里	3	4	4	2	3	4	2	2	2	6	7	4	4	4	10	14	16	16	17	22	25	25	28	37
	林口	7	7	8	3	4	7	7	8	7	8	10	10	10	17	20	19	20	20	20	20	22	28	32	33
	桃園	12	10	5	2	1	0	0	0	1	6	5	5	1	NA	0	0	10	12	18	14	21	19	20	*
	大園	4	4	5	8	12	12	8	7	8	10	NA	9	8	5	5	7	13	17	19	23	26	29	28	31
	觀音	12	11	11	11	10	7	11	9	10	10	10	10	9	11	7	8	10	11	8	8	8	7	7	11
20151226	萬里	37	36	41	40	36	33	33	31	31	32	34	38	37	36	34	36	40	42	40	39	40	33	24	28
	林口	35	36	38	36	36	36	31	30	34	39	40	43	45	43	41	40	39	45	47	45	44	41	44	44
	桃園	27	31	27	18	26	26	32	24	31	41	42	38	33	37	46	46	50	49	46	40	41	49	49	41
	大園	29	34	33	40	34	39	34	34	30	31	34	33	36	34	40	34	33	31	34	38	41	39	43	38
	觀音	11	10	10	10	10	9	10	6	8	8	14	14	13	13	16	14	16	16	10	16	22	27	30	30

20151227	萬里	33	33	31	27	28	28	24	18	13	11	11	10	13	17	11	13	16	13	15	16	18	23	23	23
	林口	41	42	41	38	35	26	17	11	14	16	15	12	9	8	10	13	13	11	10	11	16	20	22	19
	桃園	38	38	51	52	49	36	21	20	15	*	13	16	15	15	11	7	4	2	3	14	12	14	9	20
	大園	41	34	36	34	39	38	36	25	23	21	23	16	11	5	9	12	13	14	13	17	20	21	25	18
	觀音	30	30	31	31	24	24	24	24	17	18	20	14	15	10	8	8	10	10	6	6	10	11	10	10
20151228	萬里	24	21	17	17	18	26	31	30	34	30	17	13	19	24	30	29	28	27	22	22	24	23	23	24
	林口	14	22	24	18	16	14	19	30	35	33	29	20	16	20	NA	29	28	22	19	23	23	20	19	23
	桃園	25	*	*	16	19	12	12	15	20	29	27	NA	19	12	17	25	26	25	24	23	24	25	18	16
	大園	19	19	21	21	16	18	21	25	29	28	25	22	19	25	25	NA	32	32	29	24	25	20	18	13
	觀音	8	11	11	13	11	11	18	18	17	14	17	NA	NA	29	18	17	21	23	22	22	21	19	19	21
20151229	萬里	21	21	20	20	21	21	22	18	16	18	20	17	17	21	NA	36	27	17	19	20	17	17	17	15
	林口	22	17	19	18	17	16	15	19	23	21	21	22	19	19	22	22	22	22	22	24	25	25	19	20
	桃園	18	22	19	16	20	20	18	16	24	24	25	17	20	18	25	25	30	24	25	27	25	24	8	18
	大園	18	22	22	20	19	20	21	21	23	25	25	25	21	21	18	12	12	19	21	21	23	26	27	22
	觀音	20	19	19	20	22	23	24	27	28	27	27	NA	25	24	24	25	21	18	19	18	19	21	18	17
20151230	萬里	13	13	16	16	14	13	10	10	10	11	10	9	12	6	2	9	9	4	4	7	7	7	9	8
	林口	23	NA	10	11	12	10	9	6	6	10	11	14	10	8	9	10	10	5	8	11	6	6	9	8
	桃園	17	25	19	*	19	*	13	8	9	8	8	3	4	6	5	5	10	10	14	8	9	5	11	10
	大園	21	18	19	18	19	17	13	13	15	14	8	13	12	14	7	12	18	16	17	12	15	14	15	13
	觀音	18	19	18	19	18	17	18	16	17	14	NA	20	11	12	11	11	12	13	12	13	13	12	12	11
20151231	萬里	11	9	8	8	7	11	14	16	18	20	28	41	48	53	54	51	50	61	69	68	66	60	55	51
	林口	8	9	10	8	5	7	9	10	17	21	30	42	48	56	59	64	66	65	70	76	73	72	66	58
	桃園	9	5	6	9	6	7	12	14	18	14	17	23	34	49	60	68	73	72	72	69	73	73	73	65
	大園	12	13	15	10	4	5	13	18	18	18	26	34	41	50	55	61	58	58	65	68	73	68	65	60
	觀音	11	9	8	8	8	8	9	11	11	14	19	22	29	36	40	47	53	58	65	69	71	71	68	68

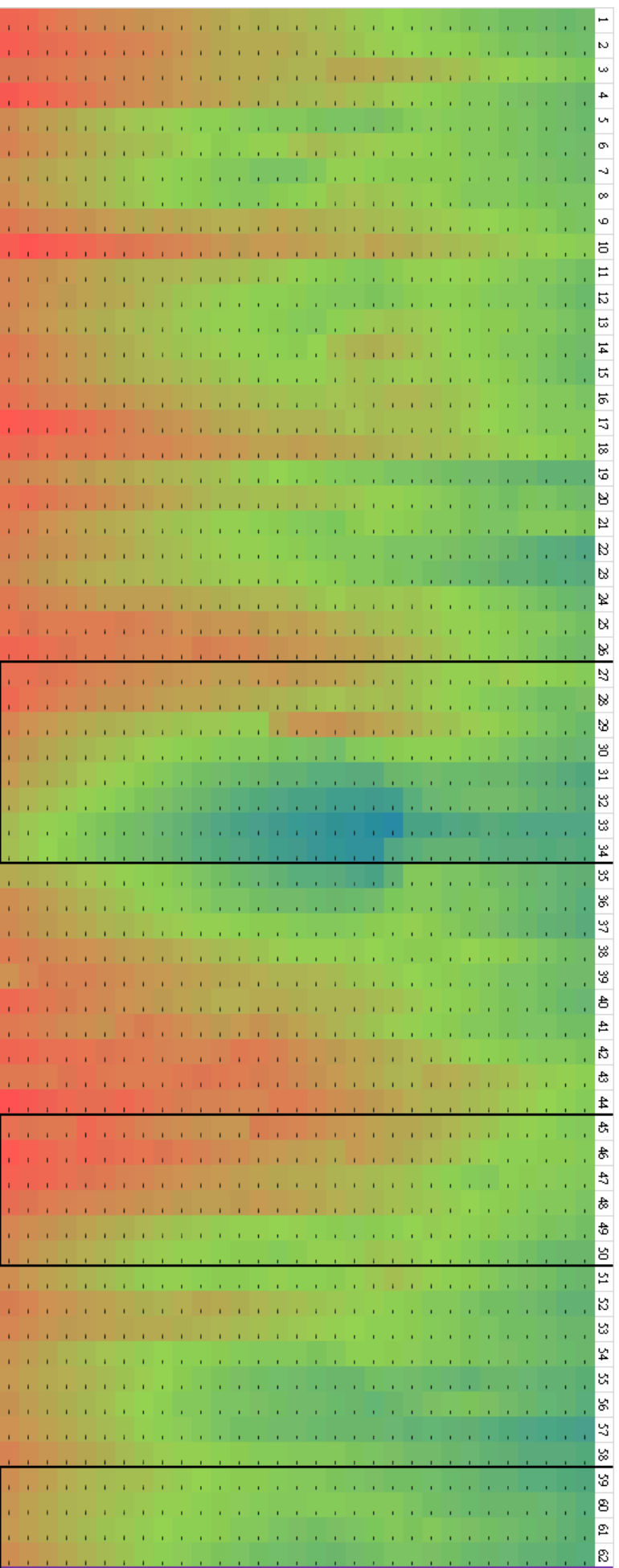
20150101	萬里	46	40	34	35	34	32	30	27	25	25	22	22	25	27	31	32	33	30	24	19	16	16	17	18
	林口	52	49	43	36	34	34	30	30	28	22	24	25	22	23	25	27	28	25	20	22	24	26	29	26
	桃園	56	50	51	46	41	36	29	29	25	25	28	29	24	27	23	32	28	27	27	25	25	29	25	30
	大園	58	55	51	38	29	23	31	31	32	31	26	21	18	24	29	28	31	34	34	37	36	40	45	44
	觀音	24	26	21	24	27	19	19	16	18	18	15	16	12	14	14	10	14	11	12	9	7	7	8	8
20150102	萬里	16	17	16	14	16	16	16	17	18	21	25	26	28	34	35	35	37	36	36	39	40	40	37	32
	林口	25	27	29	26	25	25	27	27	29	29	31	35	41	46	42	44	49	60	65	63	57	52	53	51
	桃園	28	35	34	33	33	20	17	20	27	35	35	34	41	43	43	57	56	60	60	57	65	65	68	72
	大園	45	34	30	30	28	32	28	29	33	36	41	42	37	44	42	51	44	53	58	59	53	42	39	34
	觀音	43	43	39	39	37	36	34	31	32	34	34	35	36	37	39	43	44	45	51	50	52	51	53	52
20150103	萬里	31	27	25	24	22	22	23	24	25	25	25	25	25	26	22	15	9	11	12	10	6	2	2	3
	林口	45	35	27	23	25	25	25	29	27	28	36	37	28	25	19	12	14	21	23	17	11	12	14	11
	桃園	68	62	62	52	32	32	30	30	46	37	37	42	32	31	31	20	20	14	12	12	12	8	8	8
	大園	39	39	38	36	37	37	34	30	26	35	42	42	41	33	34	27	26	27	20	26	21	17	10	11
	觀音	49	48	43	44	41	41	39	38	39	38	39	38	37	38	37	35	33	29	29	28	28	24	22	21
20150104	萬里	6	8	4	2	2	2	4	2	3	4	2	4	6	6	9	12	16	16	15	17	23	25	25	23
	林口	7	9	9	9	10	12	14	17	20	26	32	39	37	27	25	32	37	35	38	45	46	40	35	29
	桃園	9	9	4	7	7	9	9	11	17	27	33	33	25	19	15	23	23	28	25	25	31	37	37	41
	大園	39	39	38	36	37	37	34	30	26	35	42	42	41	33	34	27	26	27	20	26	21	17	10	11
	觀音	19	17	16	14	11	11	12	13	15	17	17	16	16	18	22	25	31	34	36	38	42	43	44	41

20150105	萬里	21	25	29	22	16	16	16	13	8	6	9	15	16	16	17	14	10	6	9	14	8	6	7	8
	林口	25	23	22	*	16	12	14	18	19	22	28	31	29	25	18	21	24	17	12	13	16	16	17	19
	桃園	36	30	29	33	33	31	26	20	22	16	19	25	25	38	41	33	31	31	25	24	24	16	14	10
	大園	#	NA	NA	39	18	21	20	23	26	34	38	29	*	24	32	28	26	24	18	14	11	11	11	8
	觀音	37	34	31	32	29	28	24	27	31	33	33	29	31	32	32	27	23	22	20	21	18	16	15	13
20150106	萬里	9	8	6	8	8	3	5	7	2	2	3	5	5	5	11	15	14	15	15	13	13	15	16	16
	林口	20	19	15	12	9	11	10	4	3	4	7	6	10	14	14	14	16	18	17	17	14	13	14	15
	桃園	8	8	5	8	9	9	10	10	9	9	11	NA	11	9	9	9	7	11	9	8	8	5	9	9
	大園	11	13	13	2	3	9	8	5	-1	5	3	6	2	10	9	11	13	13	17	17	19	20	21	16
	觀音	13	10	11	10	9	10	8	9	8	7	7	6	7	7	9	10	9	10	11	14	15	15	14	14
20150107	萬里	16	19	17	18	20	22	23	25	25	27	23	20	24	*	33	32	29	28	25	25	25	26	23	21
	林口	14	14	14	18	21	25	25	23	24	25	26	25	23	21	22	25	28	29	30	39	35	25	25	26
	桃園	11	11	9	6	6	4	12	20	28	24	24	23	20	23	25	25	25	25	22	22	27	27	29	31
	大園	14	15	20	20	22	26	29	27	29	28	29	28	30	30	NA	38	45	35	31	22	25	26	28	27
	觀音	17	17	18	18	20	24	#	NA	NA	NA	24	21	21	26	23	24	27	29	28	31	33	31	34	35
20150108	萬里	22	19	15	17	21	22	22	23	23	24	28	33	31	27	27	28	28	29	29	27	25	22	22	19
	林口	25	23	23	20	19	23	24	25	24	27	33	32	33	30	28	31	34	30	29	27	25	24	20	14
	桃園	25	22	22	20	15	15	20	23	31	27	27	32	22	28	22	34	34	30	32	20	20	11	10	10
	大園	26	27	26	31	26	26	25	26	34	31	33	33	33	29	29	29	28	28	33	33	28	24	20	21
	觀音	34	31	29	28	28	28	27	27	24	27	31	28	29	31	31	29	35	35	37	36	35	33	29	31
20150109	萬里	16	19	21	24	24	24	22	21	22	20	16	17	19	21	24	25	25	23	20	20	19	18	18	20
	林口	16	19	17	19	18	19	19	17	19	22	23	26	27	25	24	24	26	29	29	27	30	29	25	24
	桃園	19	23	23	23	23	23	23	24	22	20	20	22	22	22	29	29	26	23	23	23	31	31	26	28
	大園	18	19	17	17	18	18	20	26	24	20	15	26	33	38	30	30	26	30	26	28	26	24	24	24
	觀音	28	24	22	21	22	21	22	23	25	25	24	26	24	27	28	28	27	32	32	33	35	33	35	34
20150110	萬里	19	20	21	22	20	20	19	16	18	17	16	15	14	15	14	16	20	18	13	12	14	13	10	10
	林口	22	23	25	21	18	20	22	25	29	29	30	31	30	27	28	29	35	34	31	30	28	28	25	22
	桃園	21	21	21	25	28	26	23	25	30	30	39	39	36	25	25	26	30	26	26	29	29	26	25	21
	大園	25	26	25	25	23	30	27	26	28	36	41	37	28	24	22	18	20	13	16	12	18	14	20	11
	觀音	34	31	33	32	32	34	35	34	45	45	44	46	43	40	36	36	22	21	17	15	16	15	17	17
20150111	萬里	16	16	11	7	7	6	5	7	7	8	5	2	3	5	5	4	4	4	6	7	3	2	4	8
	林口	19	17	11	10	10	6	5	10	13	9	14	16	7	NA	NA	NA	7	5	6	9	9	14	14	9
	桃園	21	18	18	13	4	1	4	4	6	8	8	8	8	7	9	10	10	9	2	2	x	3	3	3
	大園	16	10	11	4	3	2	8	8	11	11	14	11	5	9	6	6	-1	4	4	8	11	13	13	10
	觀音	16	17	20	19	16	16	16	14	14	14	11	11	11	13	11	12	11	8	12	13	16	14	15	16
20150112	萬里	10	6	5	7	8	11	10	11	13	12	12	12	11	13	NA	16	19	22	23	25	25	21	16	12
	林口	14	15	11	8	10	11	9	6	7	14	NA	14	14	14	18	18	14	16	19	19	12	13	15	12
	桃園	3	1	7	6	9	9	9	13	13	10	9	9	11	8	NA	11	9	9	17	15	15	17	18	18
	大園	17	17	20	14	17	16	11	6	5	10	14	11	9	6	15	15	13	13	14	19	16	18	17	16
	觀音	19	19	16	15	15	17	16	14	13	13	12	12	10	8	7	10	10	11	14	15	16	19	21	20
20150113	萬里	10	10	13	16	15	11	12	15	16	11	11	15	16	16	12	10	13	15	17	18	22	24	25	30
	林口	9	9	9	10	12	13	13	10	15	19	15	11	14	18	14	14	14	15	19	19	22	24	25	25
	桃園	18	15	9	8	8	7	5	2	2	8	9	12	12	4	9	9	15	14	14	18	16	23	25	30
	大園	13	8	7	10	19	15	16	9	17	17	16	18	11	13	8	13	14	19	17	21	19	23	21	27
	觀音	20	20	17	15	16	13	12	12	12	11	14	14	15	17	17	16	19	23	19	20	21	22	25	26

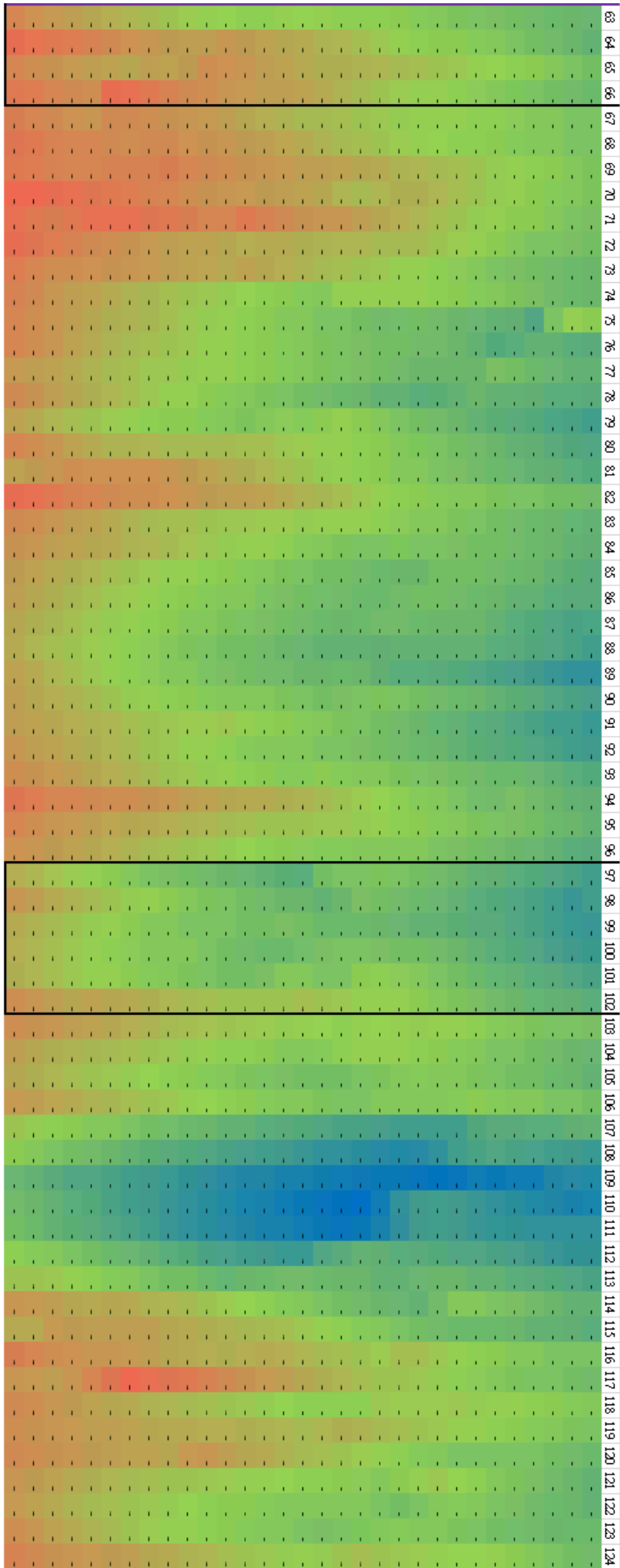
20150114	萬里	28	26	29	33	38	36	36	40	41	41	40	39	40	41	38	37	37	33	32	33	33	35	33	32
	林口	28	29	28	26	25	33	39	40	42	43	41	40	41	46	45	42	40	35	32	33	35	38	41	40
	桃園	24	19	22	22	25	25	34	34	42	44	49	46	47	41	41	46	41	45	40	38	41	41	43	39
	大園	31	28	29	33	38	39	31	33	39	49	57	54	52	43	40	38	37	37	39	43	42	42	48	44
	觀音	26	24	28	32	33	37	39	41	43	47	48	49	50	51	48	50	51	50	51	47	47	45	48	46
20150115	萬里	34	37	35	35	36	33	37	36	32	33	36	35	33	30	29	29	30	29	24	18	22	25	22	21
	林口	39	40	40	39	42	45	38	37	41	43	44	42	40	39	37	38	36	33	30	22	21	25	29	30
	桃園	38	36	36	41	41	43	43	29	41	41	59	48	46	41	37	41	41	43	43	43	39	34	29	27
	大園	49	42	54	51	57	45	45	46	51	47	41	41	42	39	NA	NA	27	26	26	35	27	26	27	34
	觀音	48	47	48	51	55	55	58	55	52	51	52	NA	51	46	45	38	43	41	41	39	38	40	38	41
20150116	萬里	16	12	11	8	11	9	8	10	9	8	10	11	7	7	8	9	9	10	14	12	9	9	8	8
	林口	27	20	18	16	13	16	16	15	15	16	17	20	19	14	14	14	12	11	11	11	9	10	12	9
	桃園	29	29	25	25	17	17	17	12	13	7	7	9	9	10	9	9	5	5	9	10	21	13	17	5
	大園	34	28	19	16	11	12	7	11	11	12	10	11	16	*	11	5	7	12	19	11	10	5	11	11
	觀音	35	35	33	31	28	23	22	19	17	16	15	13	14	16	14	14	14	15	14	16	15	12	13	13
20150117	萬里	6	2	2	5	7	5	8	12	16	9	6	8	6	4	4	4	5	6	8	8	7	7	8	13
	林口	9	14	14	16	18	17	19	15	10	9	8	9	8	7	8	11	12	9	9	9	6	7	9	10
	桃園	12	14	15	15	9	14	16	26	23	22	16	16	9	6	3	5	5	5	2	1	1	8	9	14
	大園	11	12	15	17	18	26	22	27	26	23	20	9	11	2	9	10	11	9	10	11	8	3	2	4
	觀音	14	13	15	13	15	19	21	22	23	24	22	21	19	17	13	11	7	8	7	11	10	8	9	9
20150118	萬里	11	9	12	15	21	21	22	30	30	31	33	32	35	39	35	31	33	33	32	29	39	50	50	52
	林口	9	7	12	18	19	21	24	24	25	26	27	32	35	NA	NA	39	35	36	36	35	37	46	51	55
	桃園	11	10	8	8	7	16	14	23	18	29	NA	27	24	20	23	32	36	37	41	36	40	37	45	47
	大園	7	10	5	4	5	19	25	26	26	23	28	28	35	NA	46	44	43	43	44	43	36	49	52	54
	觀音	6	9	12	11	10	13	15	16	20	21	NA	29	34	37	41	46	46	48	49	47	48	49	50	52
20150119	萬里	55	57	61	62	67	68	62	58	59	56	51	53	NA	NA	45	41	36	35	33	35	32	21	17	17
	林口	57	58	62	65	63	67	70	70	70	65	61	61	67	70	58	43	30	30	37	35	35	31	28	28
	桃園	47	56	56	56	56	56	66	64	68	68	59	58	53	60	61	64	64	51	41	34	34	*	*	23
	大園	50	50	61	61	65	68	70	73	64	65	62	63	65	64	65	57	56	53	46	38	35	26	26	19
	觀音	55	59	62	67	72	73	74	74	73	77	77	76	75	76	76	72	67	66	66	61	58	50	44	43
20151220	萬里	20	23	23	22	19	12	9	11	12	13	8	7	12	10	8	8	7	5	3	2	4	6	5	4
	林口	24	26	21	24	27	19	19	16	18	18	15	16	12	14	14	10	14	11	12	9	7	7	8	8
	桃園	17	16	26	20	25	25	15	19	11	11	13	10	9	12	9	11	11	4	8	7	7	8	5	0
	大園	30	25	26	23	19	19	16	17	11	8	8	13	12	11	11	14	17	9	3	6	7	11	5	6
	觀音	42	35	29	27	24	23	23	22	23	20	19	19	18	16	14	12	12	12	11	10	11	10	11	12

附錄B

橫軸為探空資料依照時間排列之編號，而由於每天施放兩次探空氣球，因此12月和1月總共有124筆資料，依序編號1為12/1早上8:00、編號2為12/1晚上8:00、編號3為12/2早上8:00...以此類推。



附錄B-1 2015年12月探空資料的垂直溫度分布



附錄B-2 2016年1月探空資料的垂直溫度分布

參考資料

1. <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?s=%E5%A4%A7%E6%B0%A3%E7%A9%A9%E5%AE%9A%E5%BA%A6>
2. <http://baike.baidu.com/view/365683.htm>
3. http://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx
4. <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/fpmi.aspx>
5. https://www.youtube.com/watch?v=GiScos_xOac
6. <http://weather.uwyo.edu/upperair/seasia.html>
7. <http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm>
8. <http://taqm.epa.gov.tw/pm25/tw/PM25A.aspx>
9. http://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx
10. http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?page_id=17980

【評語】 030507

這是一篇相當好的作品，作者利用探空資料分析大氣穩定度以及實景照相煙流的特徵，探討大氣擴散作用如何影響臺灣北部地區 PM2.5 濃度分布情形，資料運用分析技巧成熟，結論也很好，然而，若是在論文的題目予以稍做更動，更能貼切本文的內容。譬如改為「探討大氣擴散過程對於 PM2.5 濃度分布的影響：大氣穩定度與煙流特徵」更為貼切。