

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 地球與行星科學科

(鄉土)教材獎

051905

雲彰投空氣品質分析

學校名稱：雲林縣立斗南高級中學

作者： 高二 張以臻 高二 許威勝	指導老師： 古哲瑋
-------------------------	--------------

關鍵詞：PM2.5、IDW、天氣系統

## 摘要

此研究利用 2016 年~2020 年 EPA 空氣監測網資料，將日平均 PM2.5 濃度  $\geq 35.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  且雲彰投地區 5 個以上的測站超標時定義為「超標日」，將持續超過兩日定義為「長事件」，否則為「短事件」。利用 QGIS 將超標日 PM2.5 日平均數值進行空間推估，使用 IDW 製成 PM2.5 濃度圖，利用天氣圖、風場圖、探空圖判讀發生超標事件的天氣系統以及大氣條件。因台灣中部位處背風側，受地形產生風速微弱之情形，造成污染物累積且不易擴散；再者，逆溫現象更使得地面空氣穩定，致使 PM2.5 濃度提高。最後將 2016 年~2020 超標日數據統合成盒狀圖，並與 EPA 所提供的近十年污染物趨勢變化圖做對比，EPA 雖有降低趨勢，但超標日的 PM2.5 濃度卻較無顯著變化，因此在如何去降低污染濃度成為未來改善空氣品質的重要一環。

## 壹、前言

近年來台灣對於環境污染的意識逐漸提升，可以透過行政院環境保護署（EPA）空氣品質監測網（<https://airtw.epa.gov.tw/>）得知台灣各地區逐時的空氣品質情形。進一步討論可發現空氣污染容易受到多種因素影響，其中懸浮微粒依其來源可分為原生性（primary）及衍生性（secondary）兩類（翁叔平，2013），故不論是人為或是天氣系統因素，皆有密不可分的關係。根據空氣品質監測網對於 PM2.5 的定義為：「係指微粒氣動粒徑小於 2.5 微米，單位以微克／立方公尺（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）表示之，由於 PM2.5 較 PM10 更容易深入人體肺部，對健康影響更大，若細微粒又附著其他污染物，將更加深呼吸系統之危害。」台灣公衛學生聯合會（2022）也指出：「長期吸入或暴露在高濃度 PM2.5 的環境下可能會引起過敏、氣喘、心血管疾病和提高死亡的風險。」並根據報導中的台灣健康空氣行動聯盟於 2020 年以統計出雲林 PM2.5 年均值及日均值監測資料中，可看見雲林縣過去 8 年，有 7 年都是全台空品最差的縣市。也可從圖表中看見 2013 年~2020 年，前 7 名包括有雲林、南投、彰化等中南部地區也是空氣品質較為嚴重污染的縣市（李蘇俊，2021）。盧本翔（2017）曾利用反距離權重法（Inverse Distance Weighting, IDW）將觀測數據轉換為密度圖，將台中空氣污染情形進行分析與可視化，此外在賴銘峰（2010）及張晏菁等人（2019）亦在降水分布及建立 PM2.5 濃度平均值連續分布資料使用。因測站密度不足及距離分布不均，皆使用此方法製作內插圖及等高線圖，推估污染範圍及情形。

## 貳、研究動機

根據 EPA 空氣品質監測網所提供的監測數據，可以發現台灣中南部約莫在 10 月至隔年 3、4 月 PM2.5 濃度會有較明顯的超標現象 ( $\geq 35.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )，具有明顯的季節性變化，因此在不同的季節上勢必有不同的天氣系統影響，是故對以下兩點感到興趣：

- 一、天氣系統及大氣環境是否對空氣品質造成影響？
- 二、近幾年來的空氣品質是否有明顯的變化？

## 參、研究目的

- 一、探討天氣系統與大氣環境對於 PM2.5 濃度變化的影響。
- 二、討論 2016 年~2020 年 PM2.5 濃度的變化趨勢。

## 肆、研究過程及方法

### 一、蒐集資料：

- (一) EPA 空氣品質監測網 (<https://airtw.epa.gov.tw/>) 取得雲彰投等地區空氣品質測站觀測數據資料。
- (二) 中國文化大學大氣科學系大氣水文研究資料庫 (<https://dbar.pccu.edu.tw/member/SiteBlock.aspx>) 取得 SSL 東亞地面分析圖及風場圖、馬公探空圖。
- (三) 觀測資料查詢系統 CODiS (<https://e-service.cwb.gov.tw/HistoryDataQuery/>) 取得各測站的風速、風向等觀測資料。
- (四) 政府資料開放平台 (<https://data.gov.tw/>) 取得各縣市圖資。
- (五) 環境品質資料庫 (<https://ienv.epa.gov.tw/ngis>) 取得空氣品質測站位置料。

### 二、篩選分類：

- (一) 篩選雲彰投地區 10 個標準測站的 PM2.5 監測資料，濾除不符合 EPA 標準監測作業的資料並計算 PM2.5 濃度的日平均數值，當濃度數值  $\geq 35.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (EPA 定義為對敏感族群不健康) 且區域內有 5 個測站以上皆超標時才將其定義為超標日。
- (二) 根據翁叔平等 (2013) 針對高高屏地區細懸浮微粒的典型事件定義為約持續 36 小時。因此將超標日分類為長、短事件，超標日持續兩天以上的事件為「長事件」，若僅持續一天則為「短事件」。

三、空間推估：製作超標日空間推估圖及等值線，以推估空氣汙染時各測站影響程度。而本次研究範圍擴及嘉義縣市，主要目的為使 PM2.5 濃度圖具有更多參考範圍，以利分析。

- (一) 考量空氣品質監測站佈點不密集，參考文獻九處理 PM2.5 資料方法，以距離反比加權法 (Inverse Distance Weighting, IDW) 建立空間分布連續的 PM2.5 資料。
- (二) 參考 (文獻十) 的方式，利用距離反比權重法中未知點的資料性質，做出超標日的內插圖及等高線，推估影響範圍。

四、天氣系統及大氣環境判讀：

- (一) 天氣圖及風場圖：利用 EPA 空氣品質監測網所提供的天氣系統分類資料，針對超標日天氣圖及風場圖 (SSL 衛星) 進行人工辨識，針對影響空氣品質的天氣系統進行分類。
- (二) 探空圖：利用探空圖進行判讀大氣環境「逆溫」的現象 (涂建翊，2004)。
- (三) 風速表：以斗六測站為例，利用逐時風速資料與空氣品質測站逐時 PM2.5 濃度資料進行比對。

五、統計圖表：將 PM2.5 數值進行統計分析，以 Excel 製作統計資料的盒狀圖，以此呈現出 10 個測站當年的標準差 (Q1、Q3)、最大值、最小值、中位數、算數平均數，統計出 2016 年至 2020 年的 PM2.5 濃度的變化趨勢，並與 EPA 空氣品質監測網所公布的斗六測站近 10 年趨勢圖進行比對。

## 伍、成果與討論

影響空氣品質不佳的自然因素有很多，例如天氣系統、風向、地形、逆溫、風速等。經由蒐集的觀測資料進行整理分析與歸納，可得到以下初步的成果與討論。

### 一、天氣系統、大氣環境與 PM2.5 濃度的關係：

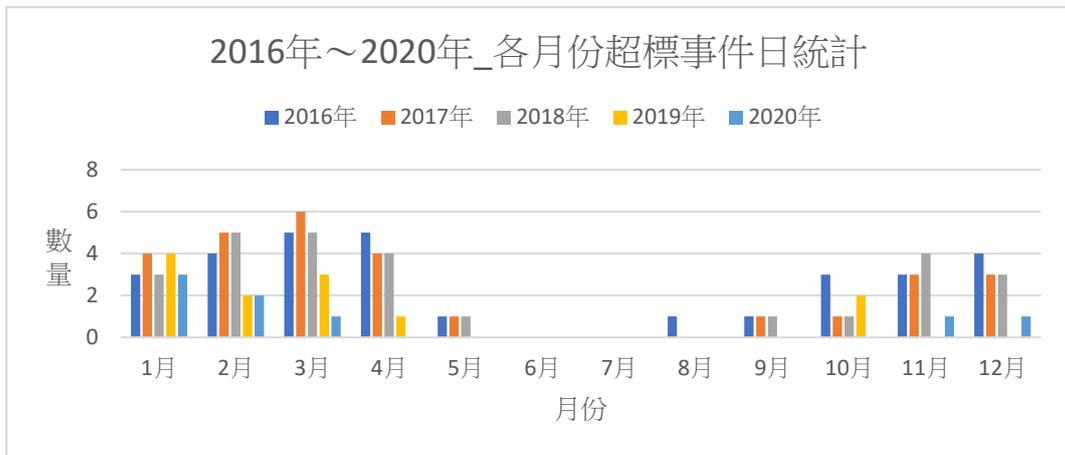
#### (一) PM2.5 濃度超標頻率

根據（表一）的統計 2016 年～2020 年的觀測數據，顯示 PM2.5 濃度超標頻率最高的季節為冬季至隔年春季（11 月至隔年 4 月），夏季則是較少發生，總和次數最多的月份是 3 月，具有很顯著的季節變化趨勢。

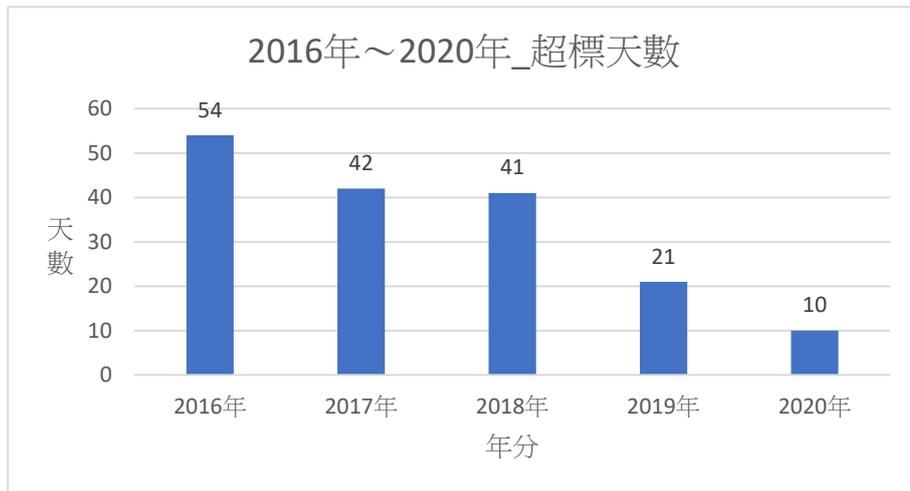
月份	長事件次數	短事件次數	總和次數
1 月	8	9	17
2 月	7	10	17
3 月	10	10	20
4 月	6	8	14
5 月	0	3	3
8 月	0	1	1
9 月	1	2	3
10 月	2	5	7
11 月	6	5	11
12 月	5	6	11

表一、2016 年～2020 年超標事件次數統計表

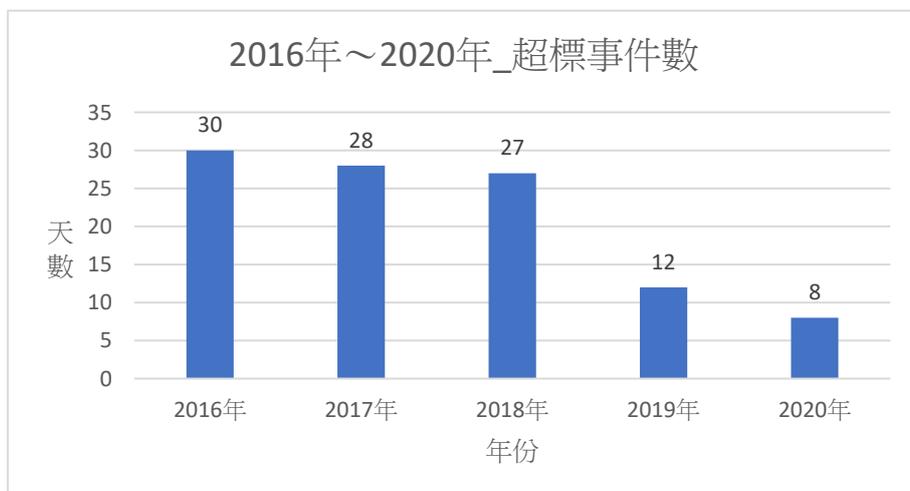
其次根據（圖一）的統計結果可發現 2016 年～2020 年的超標天數（圖二）與事件數量（圖三）呈現逐年減少的趨勢，得知台灣近年來 PM2.5 超標事件數已有減少的現象。



圖一、五年內的各月份事件數量



圖二、五年內的超標天數



圖三、五年內的事件數量

(二) 天氣系統分類統計：

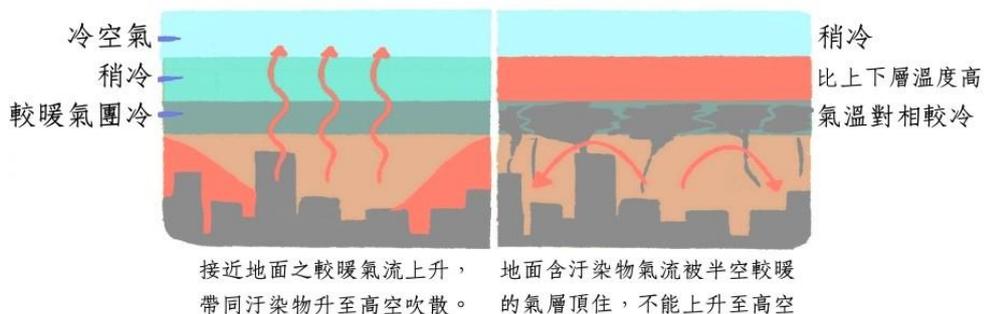
根據（表二）的結果，所有事件發生的天氣系統中，受高壓迴流影響事件的頻率最高。第二是高壓東移，第三是高壓南下／冷高壓影響／東北季風。發生頻率較高的高壓迴流，其伴隨的東南風也是所有事件裡出現頻率最高的風向，顯示東南風造成雲彰投地區背風環境確實與 PM2.5 濃度有顯著的相關性。從（圖十）及（圖十五）可得知，當風從台灣東側吹往西側時會出現兩種現象：一種情形是「風遇到地形繞流後，在臺灣海峽上產生一背風渦旋，背風渦旋可能將原已擴散至海面上的污染物又再度帶往陸地，易使局部地區空氣污染物濃度上升。」（EPA 空氣品質監測網，2022），導致空氣品質變差；另一種情形則是風越過中央山脈，在中部地區形成沉降氣流亦造成 PM2.5 濃度的增高。

天氣系統	數量	風向	數量
高壓迴流	58	東南風	58
高壓東移	51	偏東風	51
高壓南下/冷高壓影響/東北季風	38	東北風	37
		偏北風	1
其他	26	其他	26

表二、天氣系統與風向的次數統計表

(三) 大氣逆溫現象

可由空氣汙染概念圖解（文獻六）中（<https://reurl.cc/nEj2a6>）提到：「上暖下冷的垂直大氣結構，也就是常聽到的『逆溫層』現象；在逆溫層中，地面含污染物氣流被半空較暖的氣層頂住，導致大氣的垂直移動能力受限制，污染物因此無法向上傳送，污染物擴散不出去，就造成空氣品質不佳的狀況。」（圖四）。根據統計，在 2016 年～2020 年的 168 個超標日中除了有 3 日無探空圖外，其餘 165 個事件皆有發生逆溫，顯示大氣逆溫現象造成污染物難以擴散造成 PM2.5 濃度提升有明顯的因果關係。

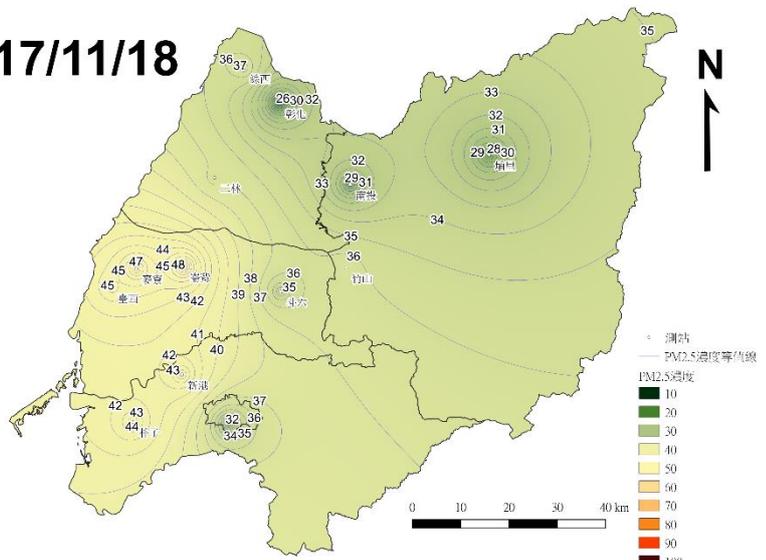
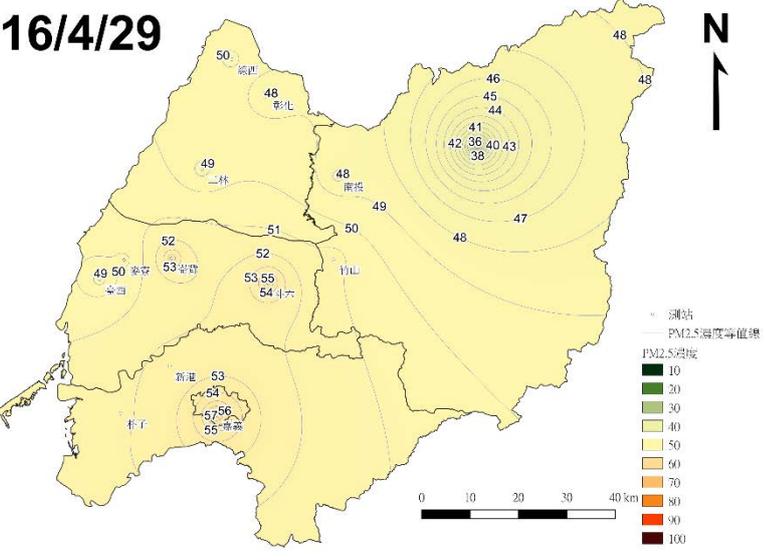


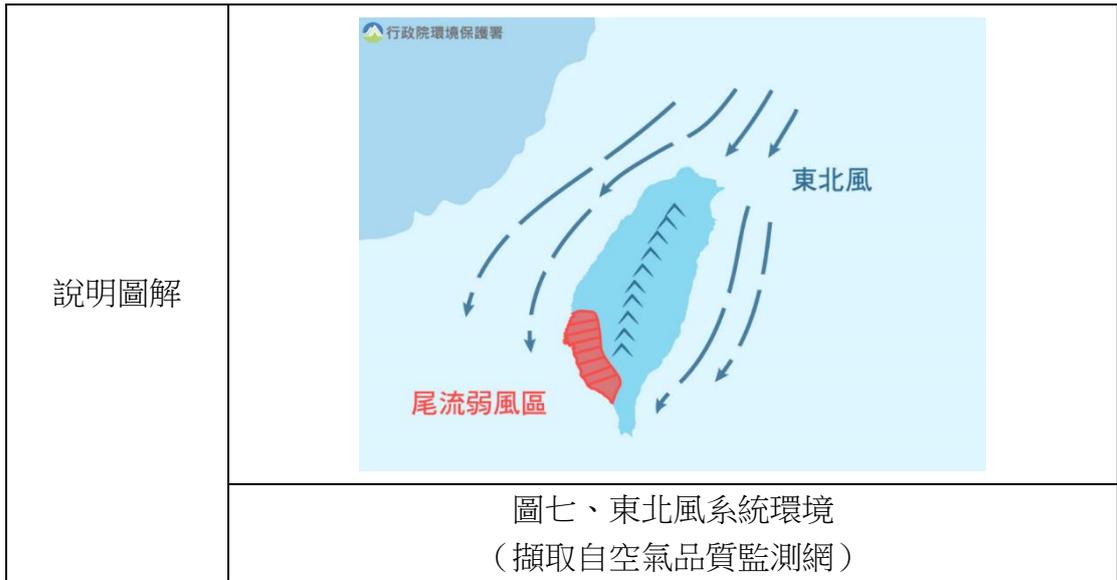
圖四、逆溫層圖解（擷取自空氣汙染概念圖解）

二、超標事件日討論：

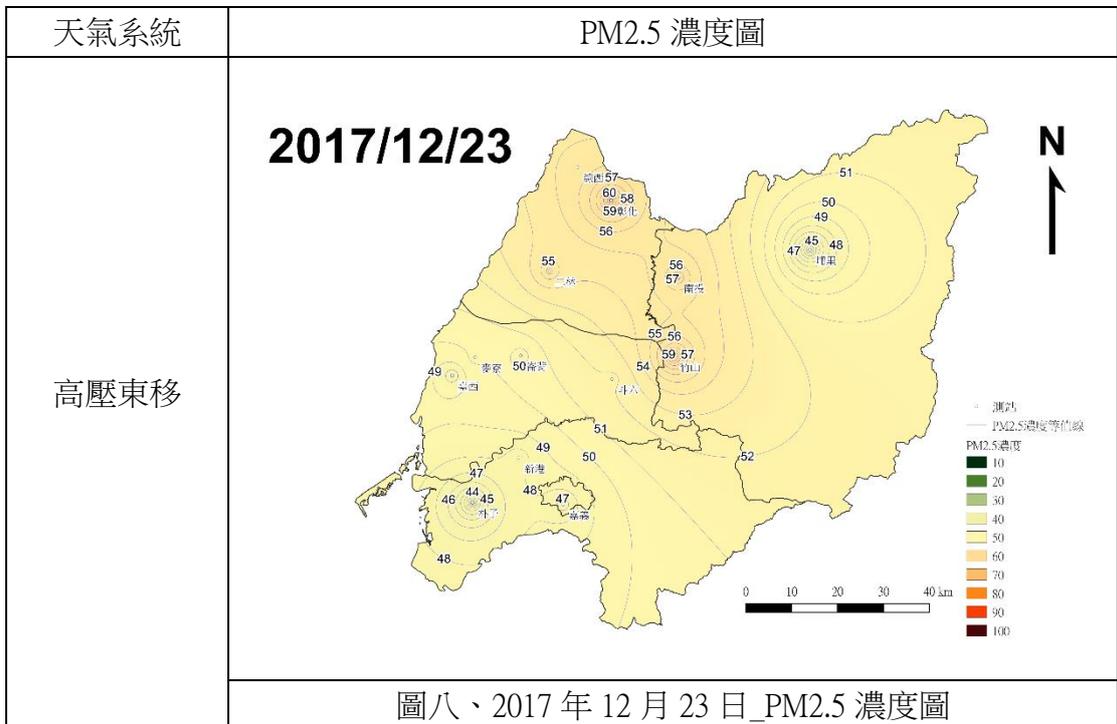
以下超標事件日主要針對發生空氣污染頻率最高的天氣系統與利用 QGIS 推估所得的 PM2.5 濃度圖的探討。依據 EPA 空氣品質監測網的天氣系統作為標準。首先是高壓南下／冷高壓影響／東北季風，（圖七）中當風向為東北風時污染物易累積於下風處，可從（圖五）中看見中部西南方污染較為嚴重。

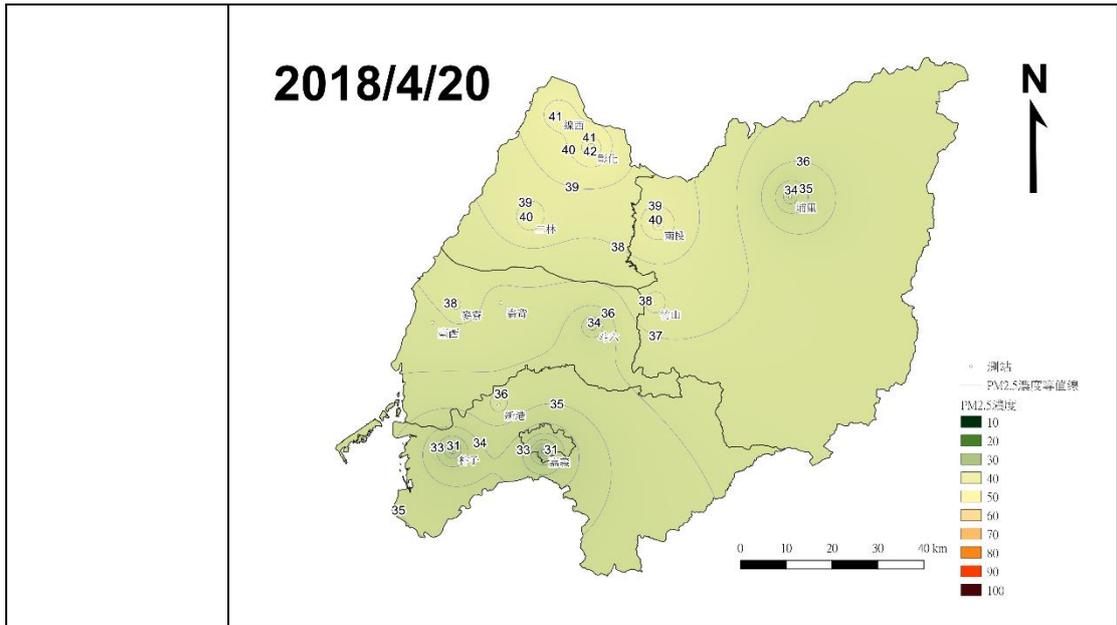
高壓出海主要風向為東北風，從（圖六）中也可看見與高壓南下／冷高壓影響／東北季風同樣的污染範圍，因位處於下風處，造成雲林、嘉義地區的污染較嚴重。

天氣系統	PM2.5 濃度圖
<p>高壓南下/冷高壓影響/東北季風</p>	<p><b>2017/11/18</b></p>  <p>圖五、2017年11月18日_PM2.5 濃度圖</p>
<p>高壓出海</p>	<p><b>2016/4/29</b></p>  <p>圖六、2016年4月29日_PM2.5 濃度圖</p>



高壓東移主要風向為偏東風，從（圖八）和（圖九）中可看見竹山、彰化測站附近汙染情形較嚴重。因為偏東風吹向台灣時，因地形因素會造成兩種現象（圖十）：沉降氣流、渦旋，由以上內容可得知當高壓東移及逆溫情形發生時，汙染物不易擴散。從天氣系統統計表（表二）中也可看見，有大量超標日的超標的天氣系統因素為高壓東移，與高壓迴流所影響的事件數量不相上下。



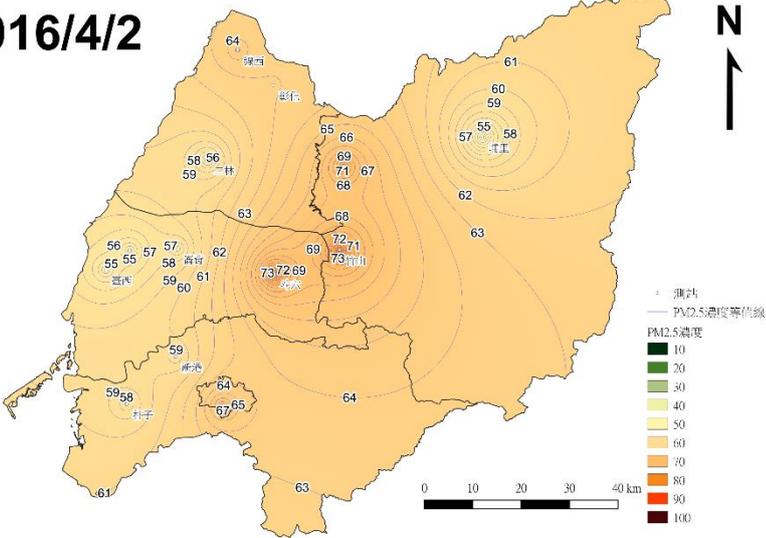
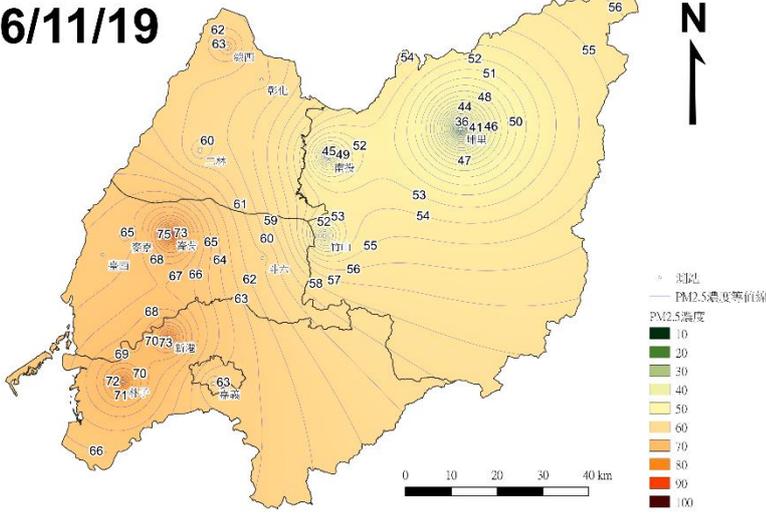


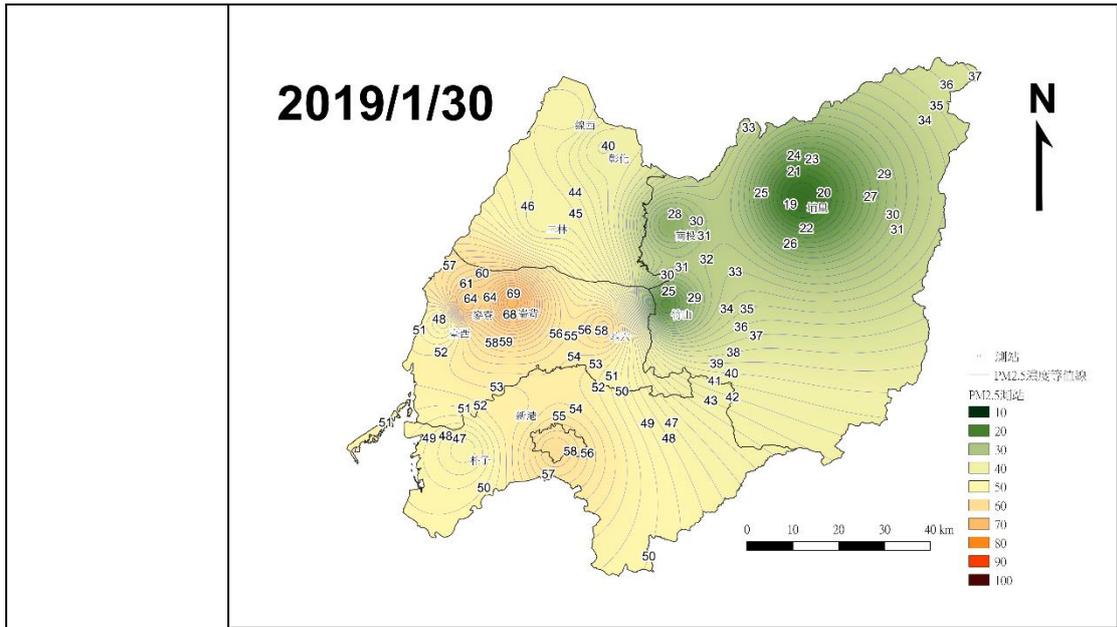
圖九、2018年4月20日\_PM2.5濃度圖



圖十、偏東風系統環境  
(擷取自空氣品質監測網)

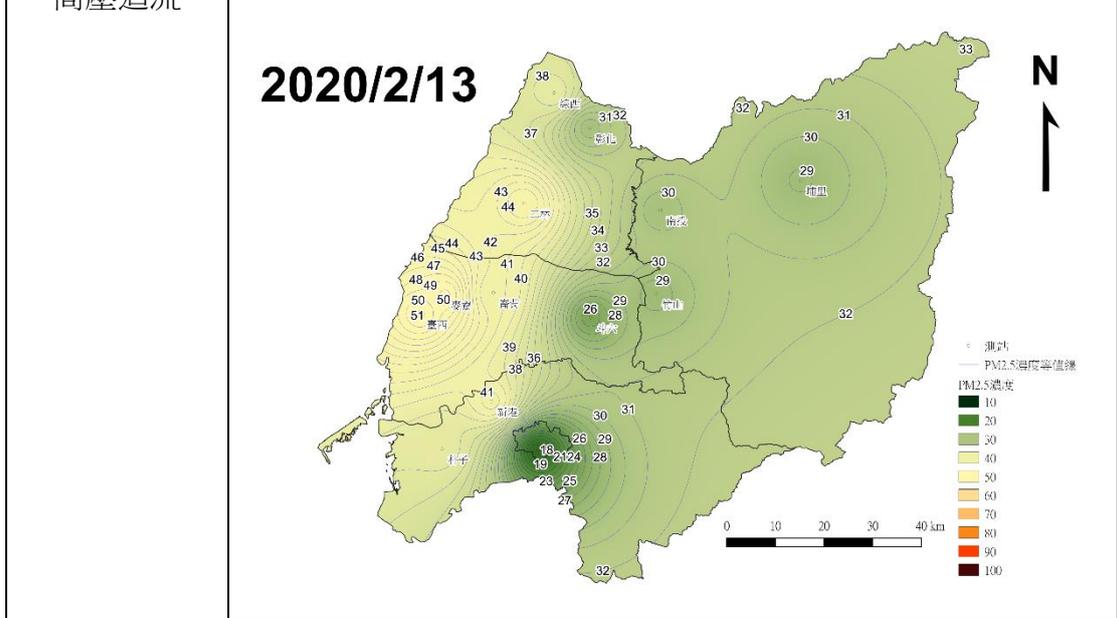
高壓迴流則主要風向為東南風，在（圖十一）～（圖十四）中近西部麓山帶的地區以及沿海平原區域有相對濃度較高的情形，除了受到背風側的下風處影響以及地形累積外，也可從（圖十五）得知東南風在遇到地形繞流後會在台灣海峽上產生局部環流，使得擴散不利，汙染物濃度上升。

天氣系統	PM2.5 濃度圖
	<p data-bbox="502 577 699 631"><b>2016/4/2</b></p>  <p data-bbox="628 1155 1187 1196">圖十一、2016年4月2日_PM2.5 濃度圖</p>
高壓迴流	<p data-bbox="478 1258 721 1312"><b>2016/11/19</b></p>  <p data-bbox="612 1832 1203 1872">圖十二、2016年11月19日_PM2.5 濃度圖</p>



高壓迴流

圖十三、2019年1月30日\_PM2.5 濃度圖



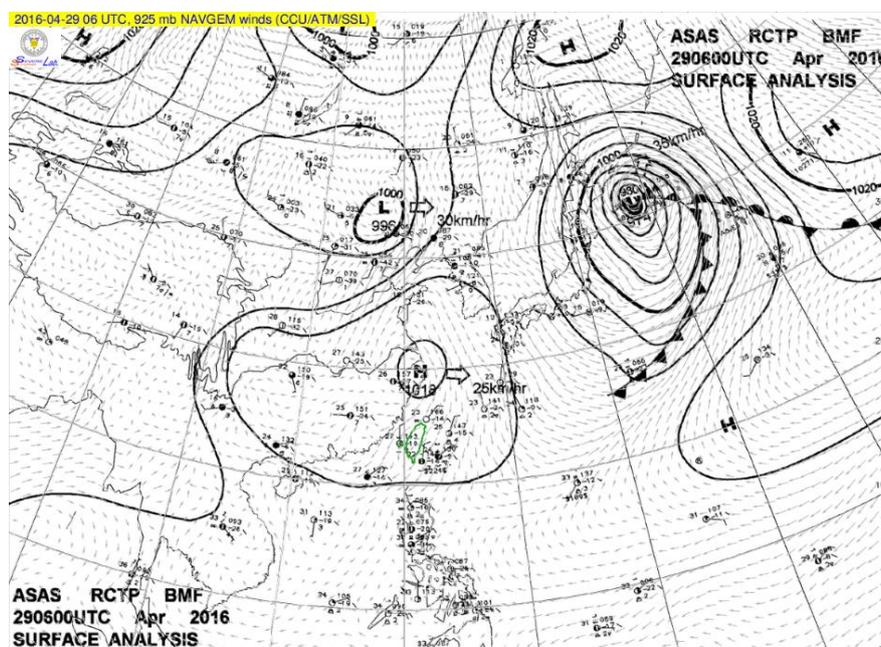
圖十四、2020年2月13日\_PM2.5 濃度圖

說明圖解	 <p>The diagram, titled "擴散條件不佳" (Poor dispersion conditions), illustrates the Southeast Wind System Environment. It shows the island of Taiwan with a red hatched area on its eastern coast. Arrows indicate wind directions: "南南東風" (South-southeast wind) from the southwest, "東南風" (Southeast wind) from the east, and "局部環流" (Local circulation) as circular arrows around the island. The diagram is attributed to the "行政院環境保護署" (Executive Yuan Environmental Protection Agency).</p>
	圖十五、東南風系統環境 (擷取自空氣品質監測網)

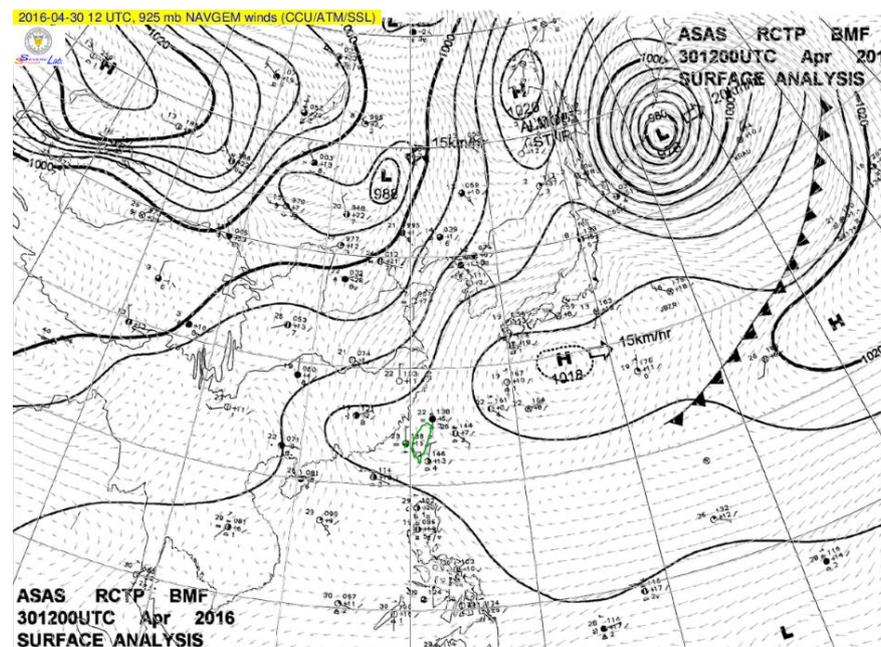
### 三、分析 2016 年~2020 年各年汙染最嚴重超標事件日

以五年的各年超標最嚴重的五天，針對超標日的 PM2.5 濃度以及逐時的風速圖進行比對。

(一) 事件一：2016 年 4 月 29 日到 4 月 30 日為長事件，從(圖十六)及(圖十七)主要影響的天氣系統為高壓出海以及高壓東移，風向由東北風轉為偏東風，4 月 30 日為 2016 年汙染最嚴重的超標日，日平均數據約為  $79.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。



圖十六、2016 年 4 月 29 日\_ SSL - 東亞地面分析圖+風場 (高壓出海)  
(自大氣水文資料庫)



圖十七、2016 年 4 月 30 日\_ SSL - 東亞地面分析圖+風場 (高壓東移)  
(自大氣水文資料庫)

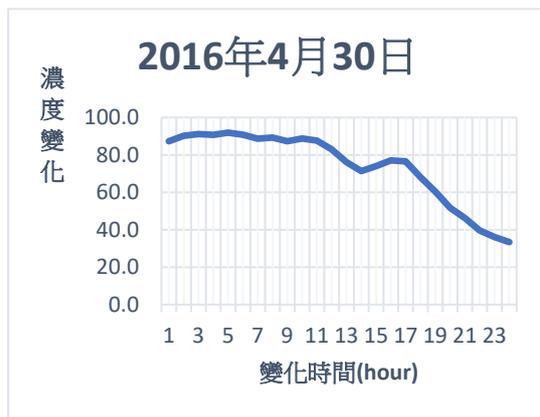
可從兩日的日平均數據（圖十八）、（圖二十）中見到從高壓出海到高壓東移的污染物濃度數據有明顯提升，從整理過後的風速數據中得知這兩天的風速皆較弱（圖十九）、（圖二十一），地形阻擋導致污染物無法順利擴散且當天有發生逆溫情形（圖二十三），進而形成嚴重的污染事件。



圖十八、2016年4月29日\_日平均趨勢變化圖



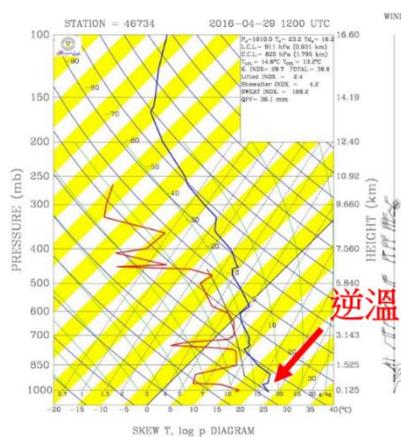
圖十九、2016年4月29日\_風速變化



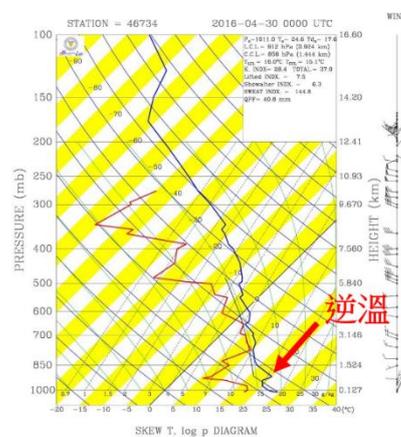
圖二十、2016年4月30日\_日平均趨勢變化圖



圖二十一、2016年4月30日\_風速變化

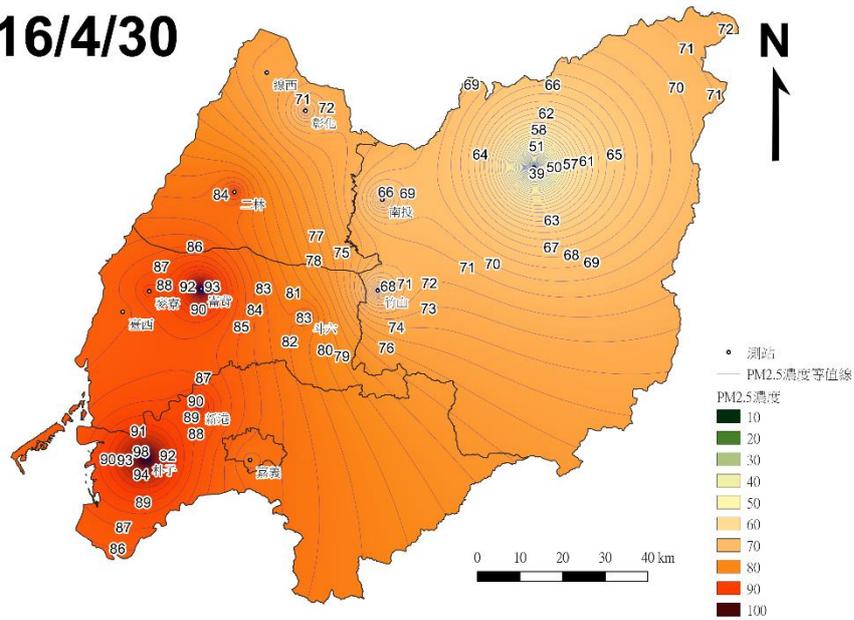


圖二十二、2016年4月29日\_探空圖  
(自大氣水文資料庫)



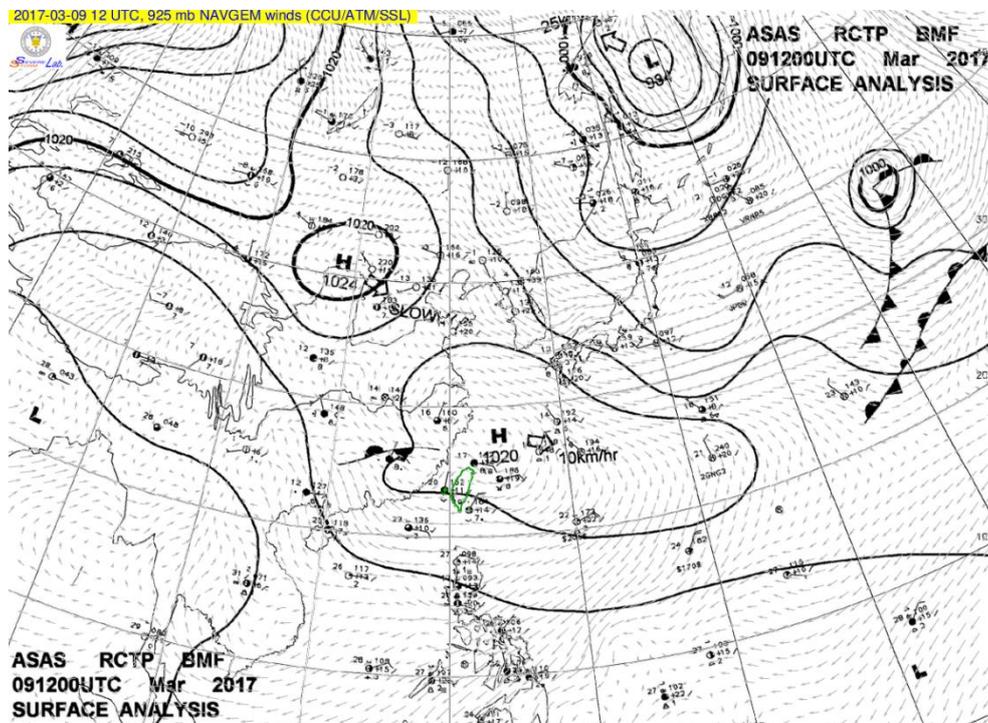
圖二十三、2016年4月30日\_探空圖  
(自大氣水文資料庫)

2016/4/30

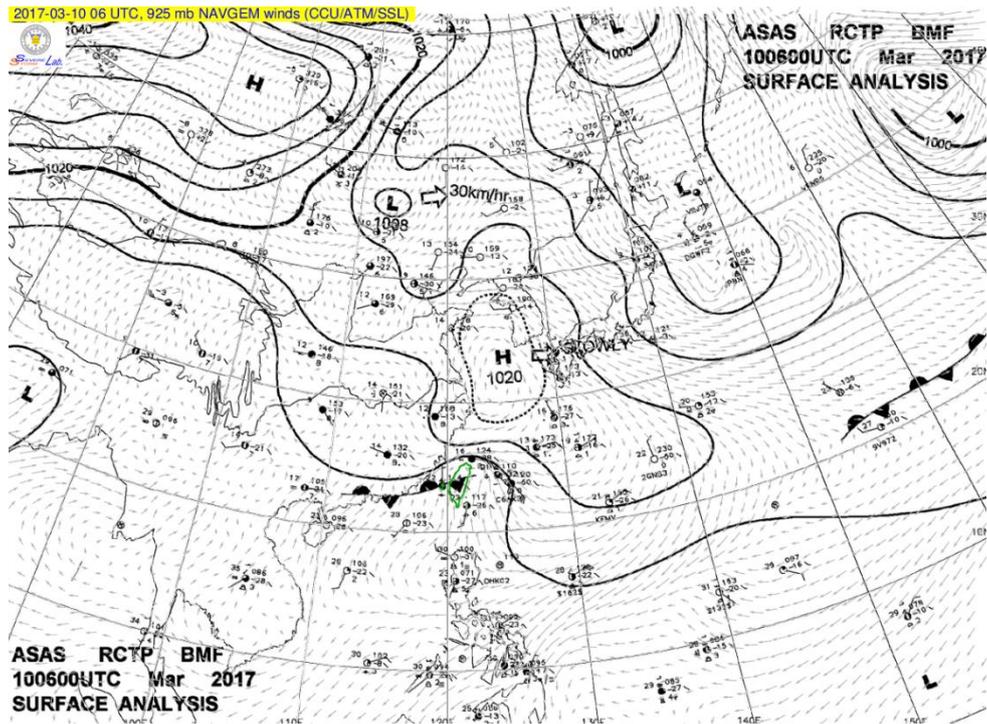


圖二十四、2016年4月30日\_PM2.5濃度圖

(二) 事件二：2017年3月9日(圖二十五)到3月10日(圖二十六)為長事件，主要影響的天氣系統為高壓東移，主要風向為偏東風。3月10日為2017年汙染最嚴重的超標日，其日平均數據約為  $62.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。



圖二十五、2017年3月9日\_SSL-東亞地面分析圖+風場(高壓東移)  
(自大氣水文資料庫)



圖二十六、2017年3月10日 SSL-東亞地面分析圖+風場（背風條件擴散不佳）  
（自大氣水文資料庫）

第一日上午風速較微弱（圖二十八），汙染物逐漸累積在中部地區，於下午一點開始超標。從（圖二十九）可見，到下午兩點前汙染物濃度持續提升，因風速較弱緣故（圖三十），導致中部地區因背風而擴散條件不佳。雖3月10日有滯留鋒形成，理論上若發生降雨，將有可能使空氣品質出現轉佳跡象，但台灣中部地區當日並無降雨（北、東、南皆有）（圖三十三）、（圖三十四）。根據3月10日的24小時汙染物濃度變化得知上午的汙染物濃度最嚴重，當日也有逆溫層形成的影響（圖三十一）、（圖三十二），汙染物無法順利擴散，進而形成較為嚴重的汙染事件。



圖二十七、2017年3月9日\_日平均趨勢變化圖



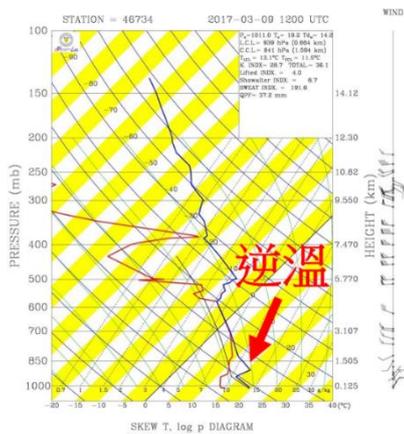
圖二十八、2017年3月9日\_風速變化



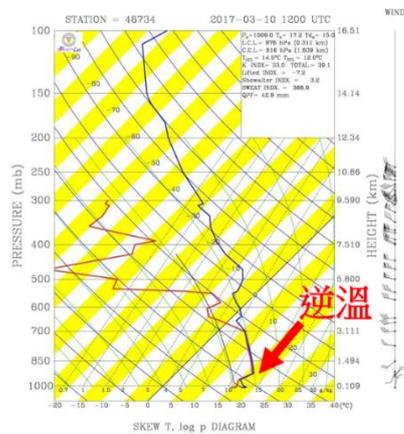
圖二十九、2017年3月10日\_日平均趨勢變化圖



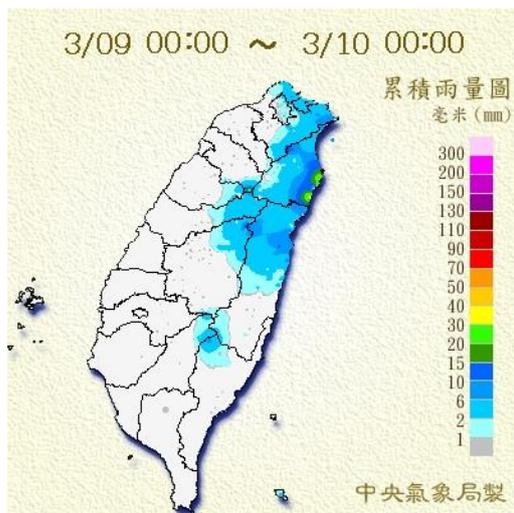
圖三十、2017年3月10日\_風速變化



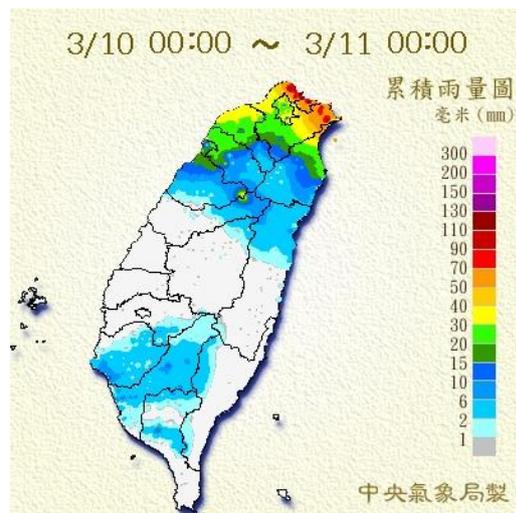
圖三十一、2017年3月9日\_探空圖  
(自大氣水文資料庫)



圖三十二、2017年3月10日\_探空圖  
(自大氣水文資料庫)

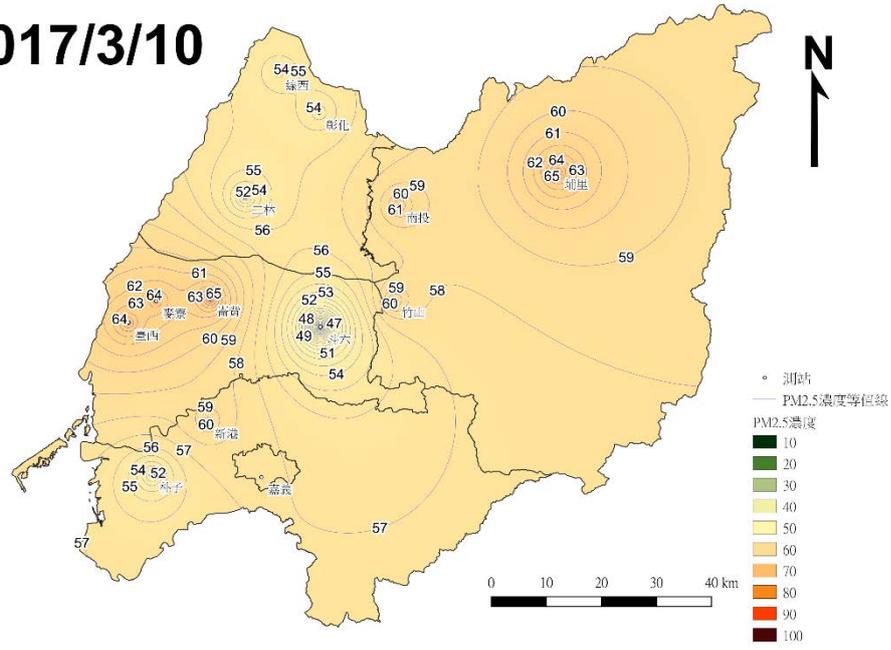


圖三十三、2017年3月9日\_  
累積雨量圖  
(自大氣水文資料庫)



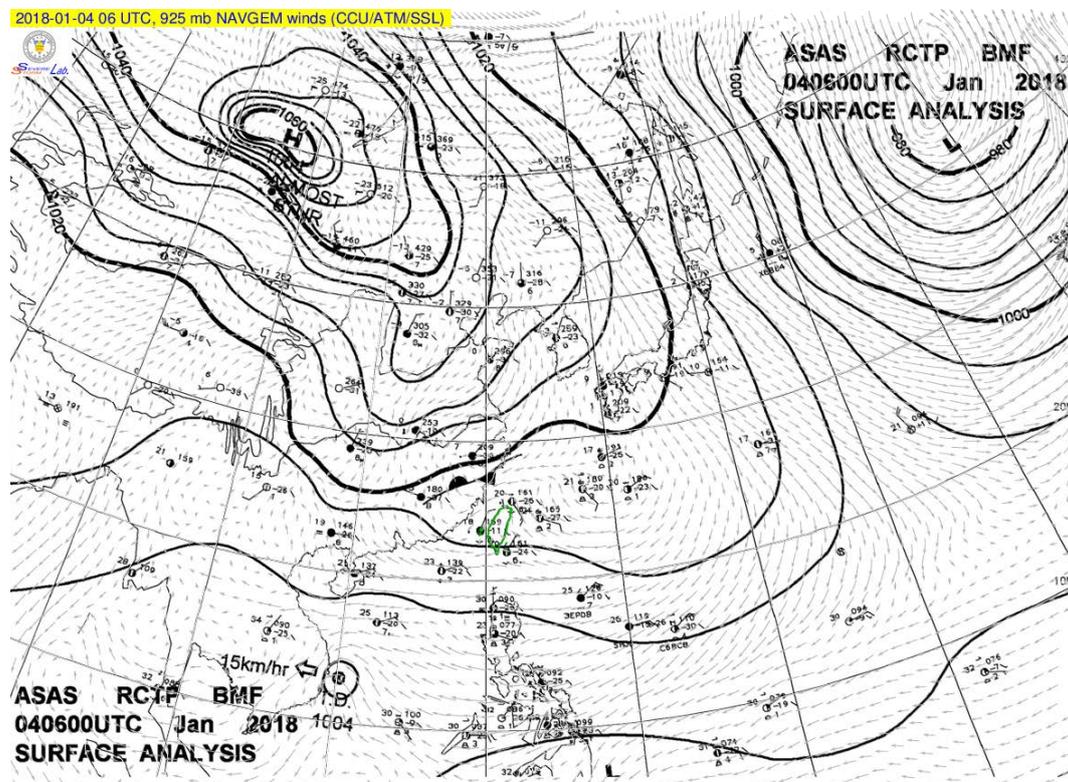
圖三十四、2017年3月10日\_  
累積雨量圖  
(自大氣水文資料庫)

2017/3/10



圖三十五、2017年3月10日\_PM2.5濃度圖

(三) 事件三：2018 年 1 月 4 日（圖三十六）為短事件，主要影響的天氣系統為高壓東移，風向為偏東風，1 月 4 日為 2018 年汙染最嚴重的超標日，其日平均數據約為  $57.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。



圖三十六、2018 年 1 月 4 日 SSL - 東亞地面分析圖+風場（高壓東移）  
（自大氣水文資料庫）

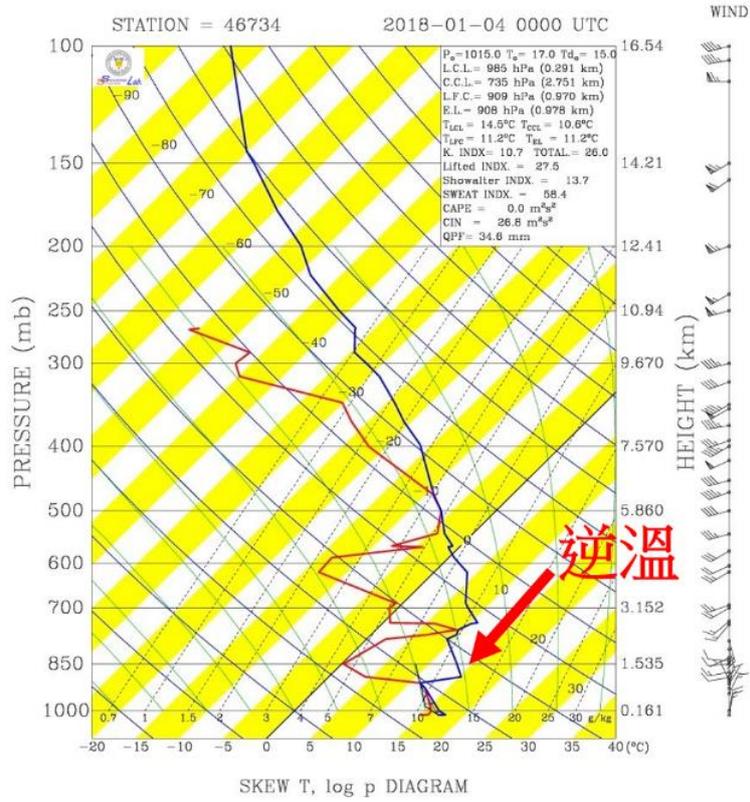
當日上午風速較微弱（圖三十八），根據（圖三十七）當日數據變化數據得知上午 10 點為汙染嚴重時期。當日背風因素，有逆溫層影響（圖三十九），故汙染物集中在中部地區無法順利擴散。



圖三十七、2018 年 1 月 4 日\_  
日平均趨勢變化圖

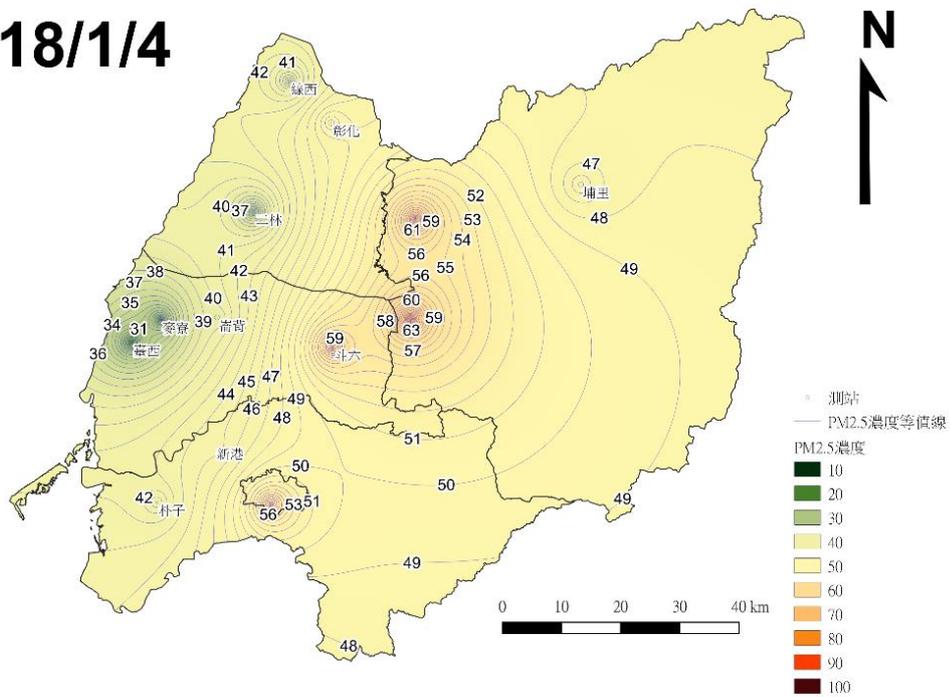


圖三十八、2018 年 1 月 4 日\_  
風速變化



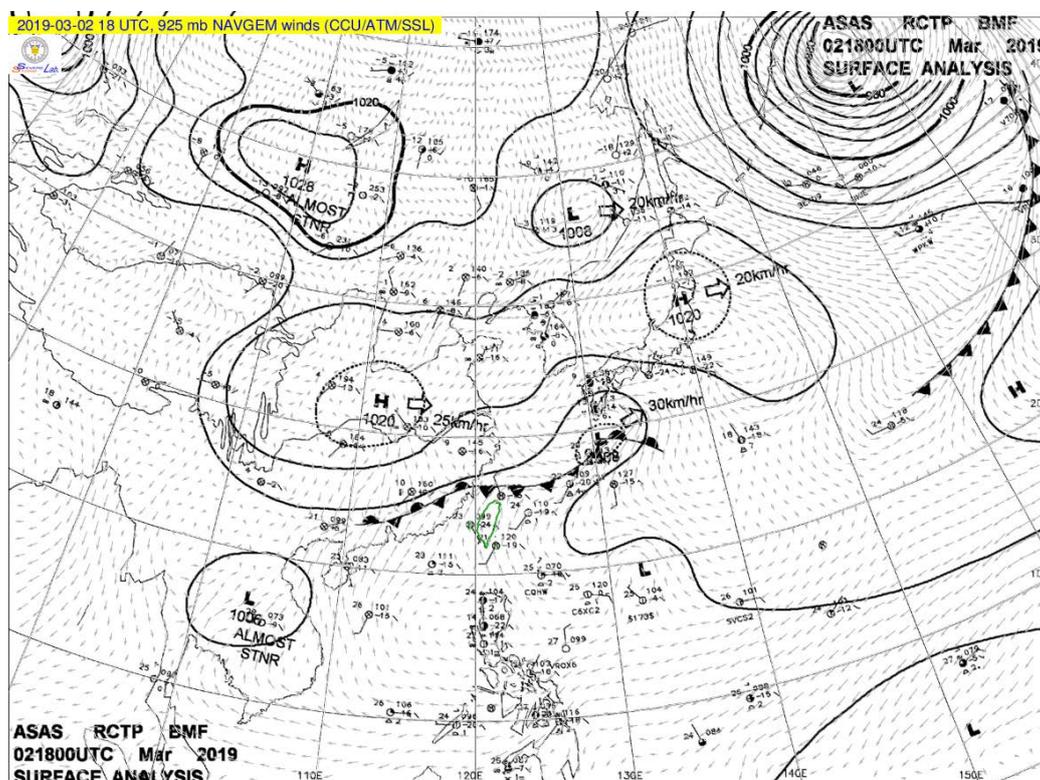
圖三十九、2018年1月4日\_探空圖  
(自大氣水文資料庫)

2018/1/4



圖四十、2018年1月4日\_PM2.5 濃度圖

(四) 事件四：2019年3月2日(圖四十一)為短事件，主要影響的天氣系統為高壓迴流，風向為東南風，根據判讀資料，3月2日為2019年汙染最嚴重的超標日，其日平均數據約為 $59.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。



圖四十一、2019年3月2日\_SSL - 東亞地面分析圖+風場(高壓迴流)  
(自大氣水文資料庫)

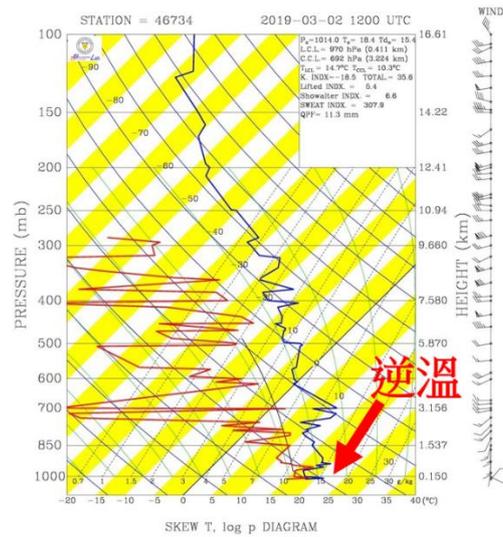
當日風速較微弱(圖四十三)，根據當日數據變化可看見汙染物濃度至上午1點過後開始進入超標階段，當日亦有發生逆溫現象(圖四十四)。當日背風因素，風速較微弱，導致汙染物累積於大氣中，汙染物無法順利擴散，導致嚴重超標。



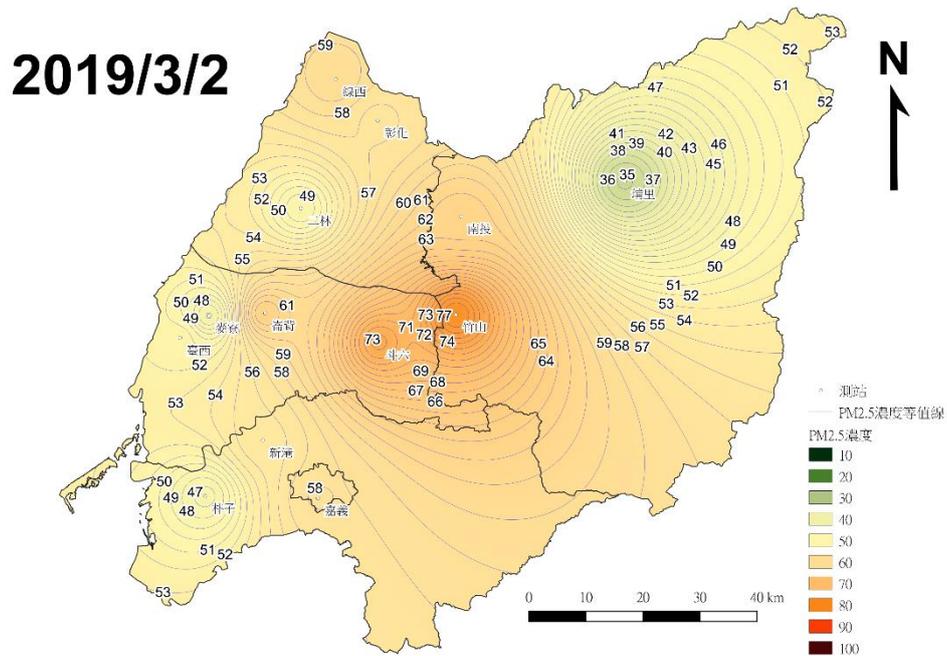
圖四十二、2019年3月2日\_日平均趨勢變化圖



圖四十三、2019年3月2日\_風速變化

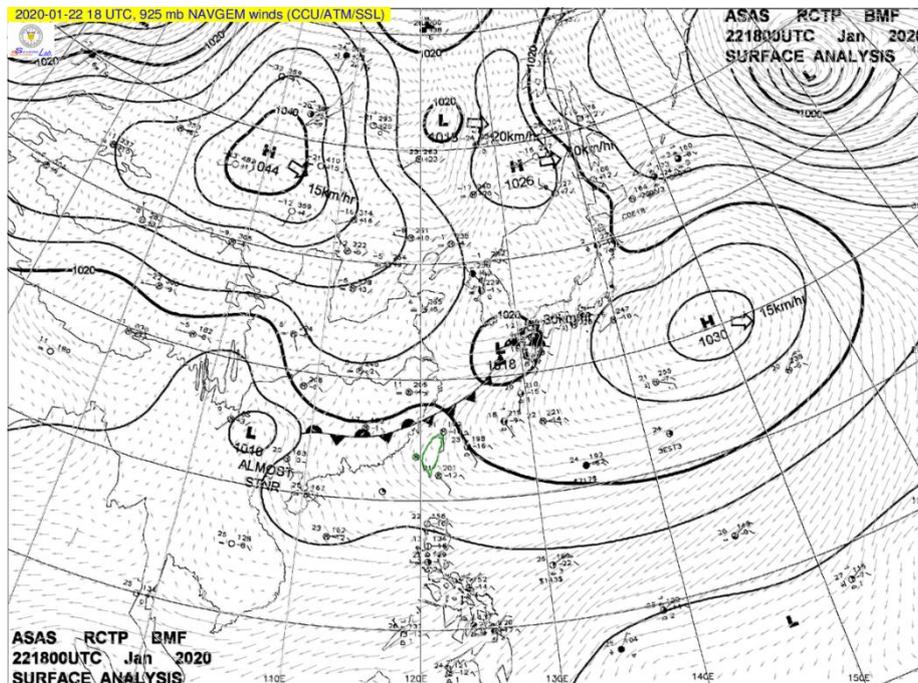


圖四十四、2019年3月2日探空圖  
(自大氣水文資料庫)

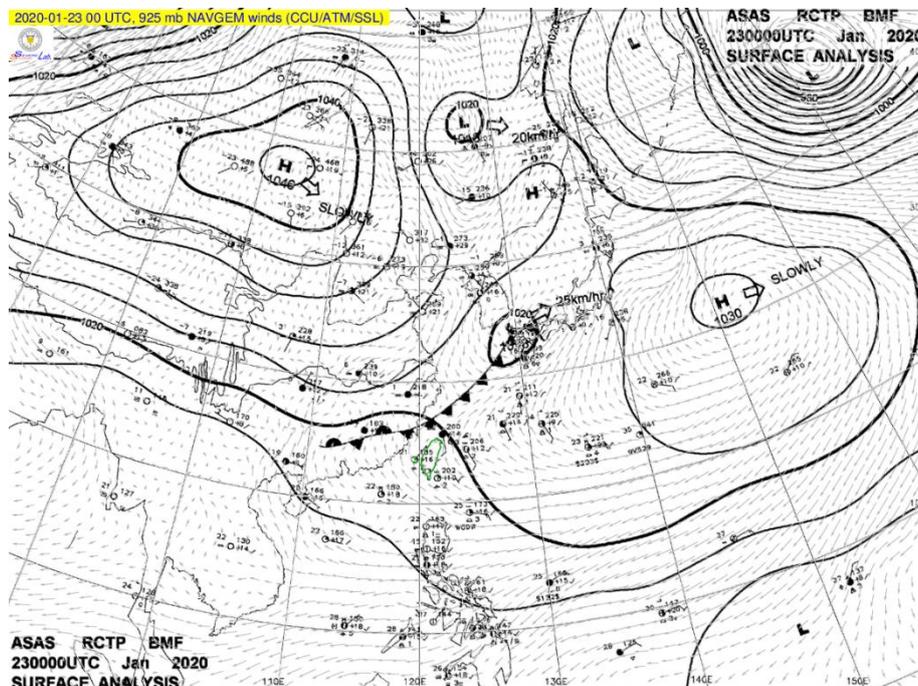


圖四十五、2019年3月2日<sub>PM2.5</sub>濃度圖

(五) 事件五：2020年1月22日(圖四十六)到1月23日(圖四十七)為長事件，其兩日主要影響的天氣系統為高壓迴流，風向為東南風，其中根據統計的資料，1月23日為2020年汙染最嚴重的超標日，其日平均數據約為 $47.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。



圖四十六、2020年1月22日\_SSL - 東亞地面分析圖+風場(高壓迴流)  
(自大氣水文資料庫)



圖四十七、2020年1月23日\_SSL - 東亞地面分析圖+風場(高壓迴流)  
(自大氣水文資料庫)

從（圖四十八）日平均趨勢變化圖中見到1月22日自16點開始污染物濃度升高，配合（圖四十九）當日風速圖可看見17點開始風速轉為較弱。直至隔日（圖五十）日平均趨勢變化圖可見約9到10點前為止，污染物依舊維持超標嚴重狀態，（圖五十一）風速圖可見於10點前依舊為風速較弱狀態。當日中部位於背風地區，發生逆溫狀況（圖五十二）、（圖五十三），污染物累積於大氣中導致污染物影響空氣品質。



圖四十八、2020年1月22日\_日平均趨勢變化圖



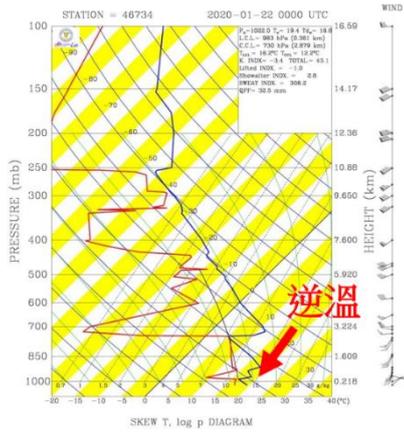
圖四十九、2020年1月22日\_風速變化



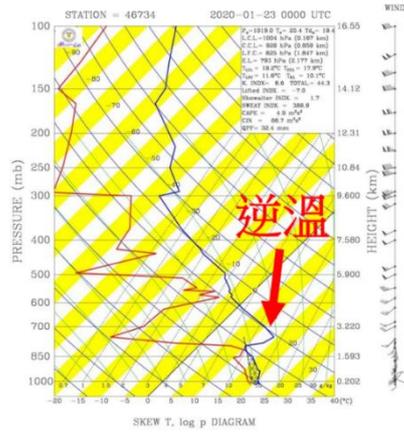
圖五十、2020年1月23日\_日平均趨勢變化圖



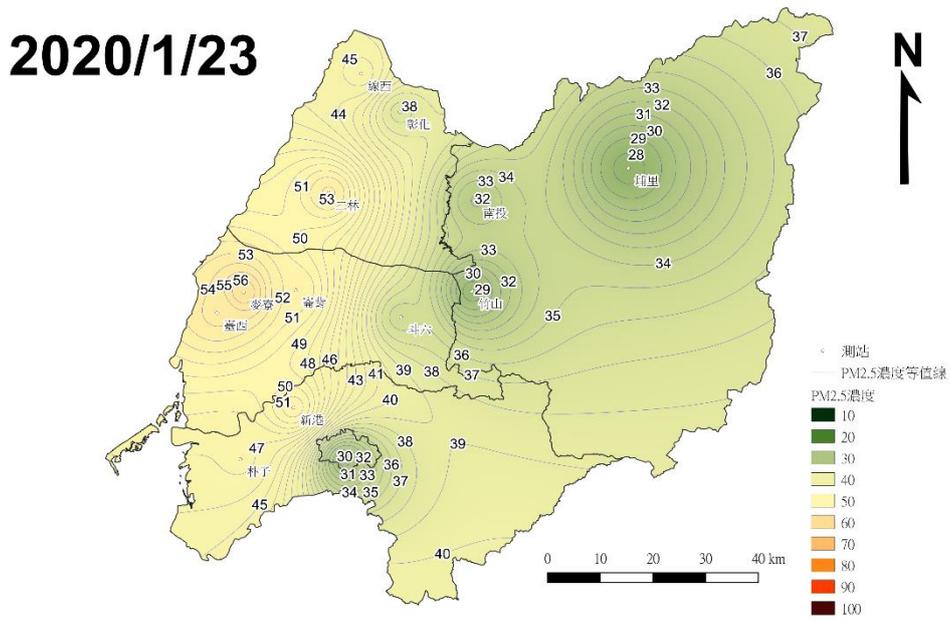
圖五十一、2020年1月23日\_風速變化



圖五十二、2020年1月22日\_探空圖  
 (自大氣水文資料庫)



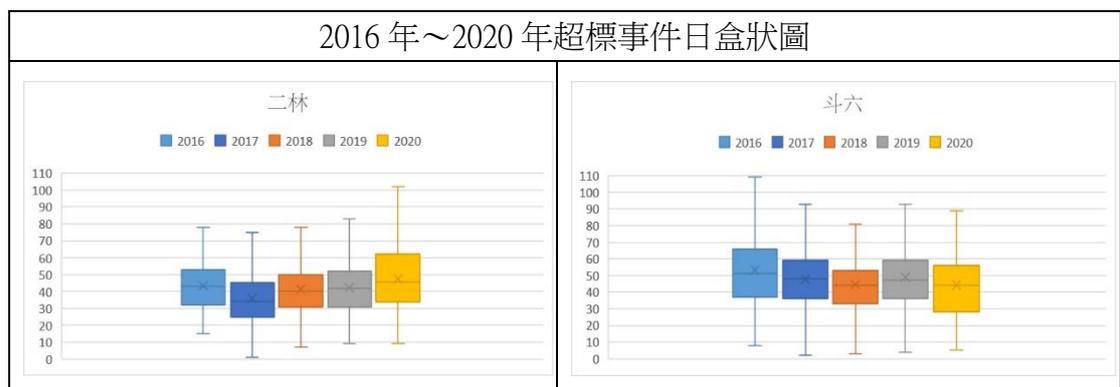
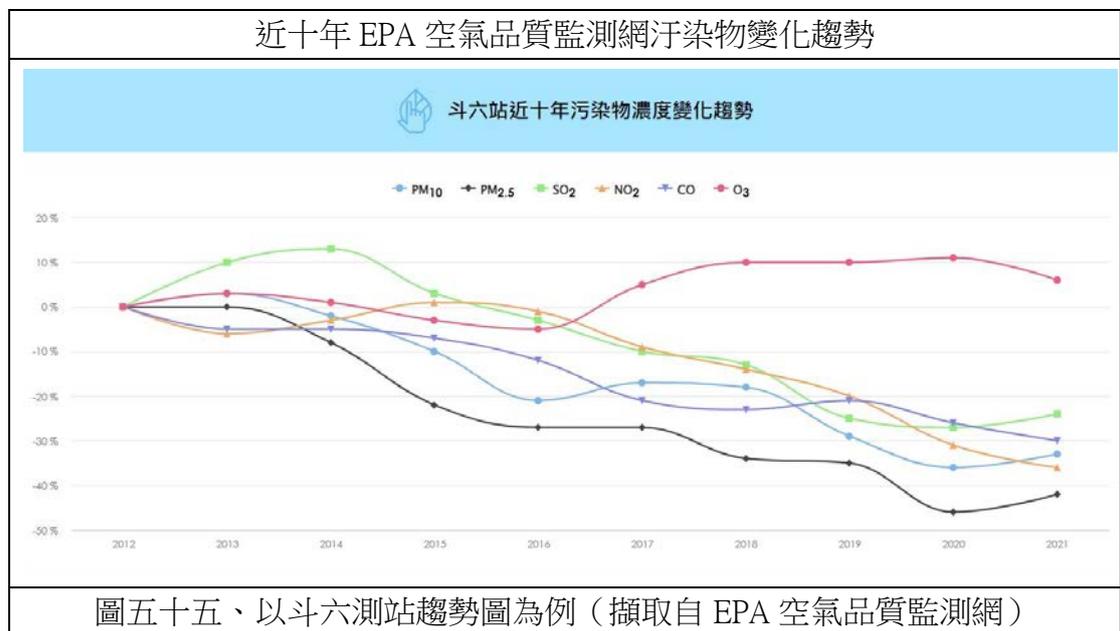
圖五十三、2020年1月23日\_探空圖  
 (自大氣水文資料庫)



圖五十四、2020年1月23日\_PM2.5 濃度圖

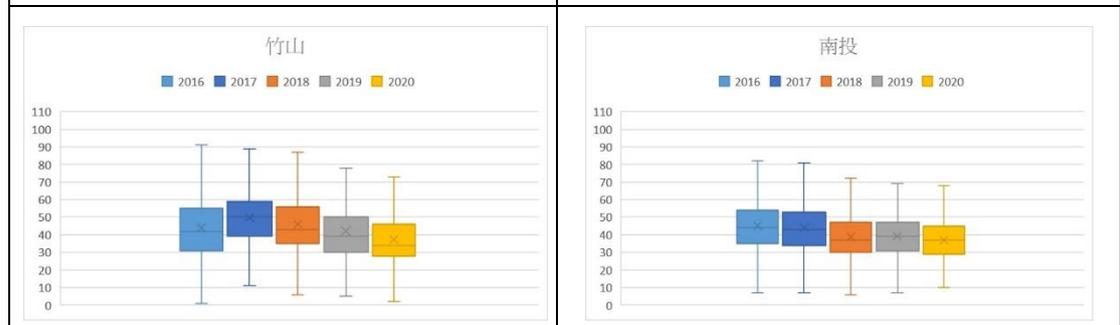
四、2016 年～2020 年 PM2.5 濃度變化：

以 EPA 空氣品質監測網公布的（圖五十五）斗六測站近 10 年汙染物濃度變化趨勢圖及根據 2016 年～2020 年 PM2.5 超標事件日所製作的盒狀圖（圖五十六）～（圖六十五）進行比對。



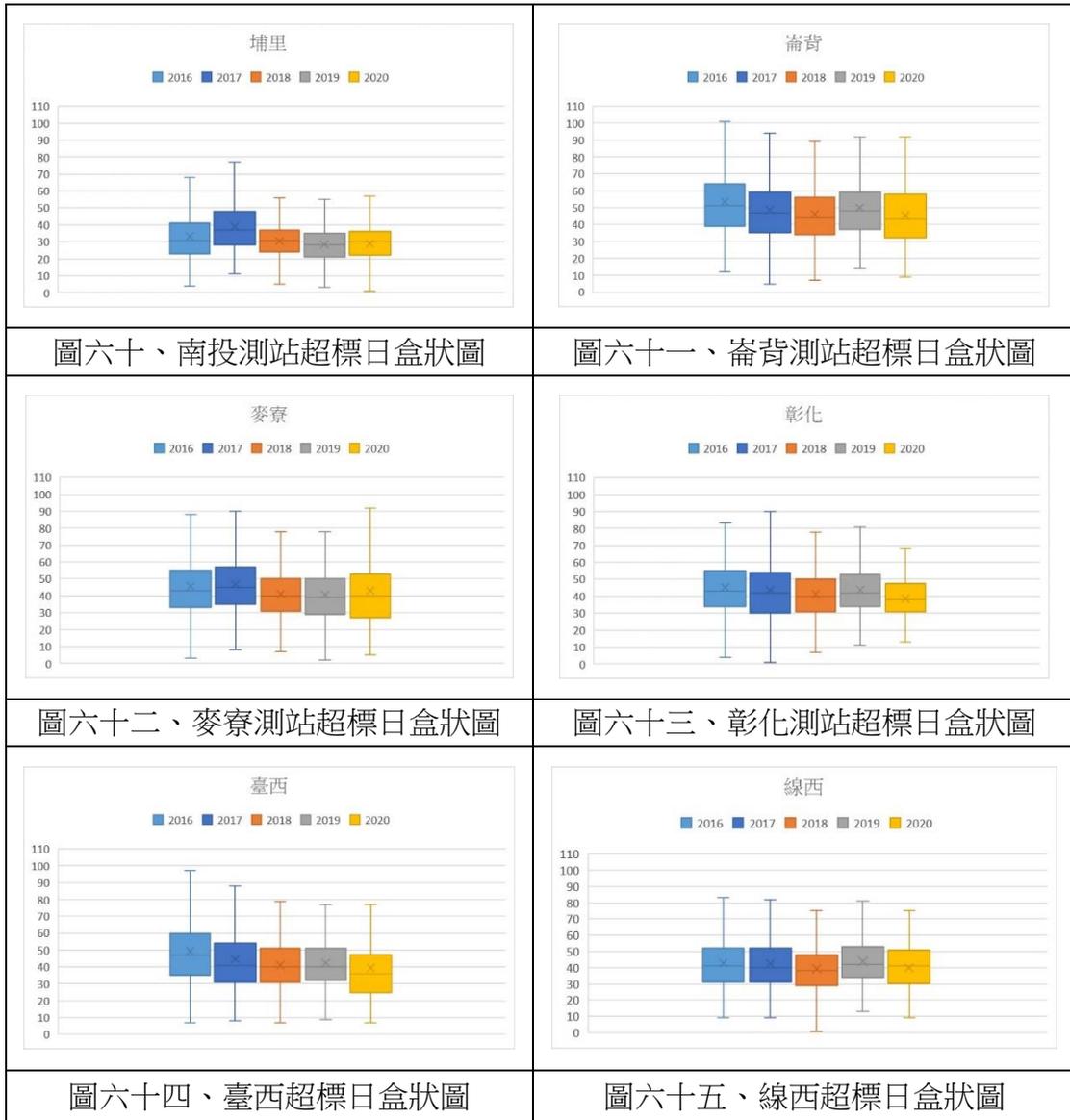
圖五十六、二林測站超標日盒狀圖

圖五十七、斗六測站超標日盒狀圖



圖五十八、竹山測站超標日盒狀圖

圖五十九、南投測站超標日盒狀圖



由 EPA 空氣品質監測網提供的近十年各項污染物濃度數值變化，圖中黑色線條為 PM2.5 趨勢線，在 2016 年~2020 年間的 PM2.5 濃度年平均的年成長率皆為負成長，顯示 PM2.5 濃度的年平均正逐年下降；由 2016 年~2020 年所有超標日的日平均製作出的盒狀圖，卻觀察到各測站歷年 PM2.5 濃度各項統計資料並無明顯的變化趨勢。由以上兩者比較得知雖然 PM2.5 濃度在年平均持續下降，但是在超標事件日發生時 PM2.5 濃度並沒有顯著的下降趨勢，顯示在污染超標日中污染程度並無顯著減緩的趨勢。

## 陸、結論

根據 2016 年～2020 年期間的天氣圖，顯示雲彰投地區大氣中的 PM2.5 濃度容易受到天氣系統的影響，特別是高壓迴流、高壓東移、高壓南下/冷高壓影響/東北季風等，這些天氣系統會讓雲彰投地區位處於背風或弱風的環境，致使污染物逐漸累積 PM2.5 濃度升高。再者，超標事件日根據探空圖幾乎都具有逆溫的條件，致使大氣近地面的空氣相對穩定，不易讓污染物得以擴散，進而提高了 PM2.5 的濃度。此外在超標事件日中，若地面風速有顯著的增加時，則 PM2.5 的濃度常見到相對應的降低，因此風速的大小亦是影響雲彰投地區污染物擴散的重要因子。

綜觀 2016 年～2020 年的超標事件日統計圖表，可以發現無論在超標日數量或超標事件數量皆逐年遞減，大體上也與 EPA 空氣品質監測網的歷年 PM2.5 濃度的變化趨勢相符；然而，在超標日的盒狀圖中顯示的超標事件日的 PM2.5 濃度並無明顯的變化，也就表示在超標日中其污染的程度並沒有顯著的改善。總體來看，PM2.5 的年度總量確實有顯著的下降，但在超標日上仍然需要後續的改善措施才能真的去降低污染的嚴重程度。

此研究仍屬於使用較為單一的角度對空氣污染進行分析歸納，惟需要後續更全面的方式才能致使空氣污染的議題上能夠釐清更多的因果關係，如污染源的關係；各式污染物的形成機轉等，或是利用衛星影像多波段方式處理污染物空間分布以及氣膠特性分析等研究方法，綜合以上才能更加深入且較為完整的討論。

## 柒、參考文獻

- 一、空氣品質監測網 (2022)。 <https://airtw.epa.gov.tw/>。
- 二、翁叔平、郭乃文、呂珮雯 (2013)。高高屏地區細懸浮微粒 (PM2.5) 污染事件的綜觀環境分析。大氣科學, 41 (1), 41-63。
- 三、臺灣公衛學生聯合會 (2022 年 1 月 20 日)。科普小學堂 | 空氣中的危害—細懸浮微粒 PM2.5。 <https://reurl.cc/LpZvqx>。
- 四、李蘇竣 (2021)。霾害、致癌物全台之最? 公布 2020 年 PM2.5 監測:「這縣市」連 7 年奪空污冠軍。ESG 永續台灣—今周刊。 <https://reurl.cc/yQ45A1>。
- 五、盧本翔 (2017)。應用 R 語言套件於空氣汙染之分散式時空資料分析。東海大學資訊工程研究所: 碩士論文。
- 六、賴銘峰 (2010)。應用 GIS 於集水區降雨空間特性之研究—以陳有蘭溪為例。朝陽科技大學營建工程研究所: 碩士論文。
- 七、張晏菁、徐逸祥、林峰正 (2019)。應用空間迴歸模式探討都市綠地、PM2.5 與地表溫度之關聯。航測及遙測, 24 (1), 25-34。
- 八、大氣水文研究資料庫 (2022)。 <https://dbar.pccu.edu.tw/>。
- 九、觀測資料查詢 (CODiS) (2022)。 <https://reurl.cc/l94qbq>。
- 十、政府資料開放平台 (2022)。 <https://data.gov.tw/>。
- 十一、環境品質資料庫 (2022)。 <https://ienv.epa.gov.tw/ngis>。
- 十二、涂建翊 (Jien-Yi Tu) (2004)。斜溫圖基本教材。文化大學大氣科學系。
- 十三、環境資訊研究中心 (2021)。「紫爆免驚, 來認識正確的空汙污染及行動」系列教材教具。 <https://reurl.cc/nEj2a6>。

## 【評語】 051905

本研究探討台灣空 PM2.5 空汙比較嚴重地區(主要在雲彰投地區)，利用相關網站氣象數據資料，來分析空汙超標的事件，包括事件持續時間長短、天氣系統/大氣環境的影響等，來了解空汙的發生機制及影響程度，極富鄉土探究精神。報告撰寫非常的完整，本研究收集了多項氣象資料數據，做了不少相關性的分析，是一種典型的數據分析的科學研究。在空汙事件的探討上，做了幾個很有科學性的分析，是個很不錯的科學專題研究。建議針對特別問題深入研究，強化自己研究之發現與亮點。

## 作品簡報



# 雲彰投地區空氣品質分析

# 壹、前言

- 近年來台灣對於環境汙染的意識逐漸提升，可透過空氣品質監測網得知台灣各地區逐時的空氣品質情形。進一步討論可發現空氣汙染容易受到多種因素影響，其中懸浮微粒依其來源可分為原生性(primary)及衍生性(secondary)兩類(翁叔平，2013)，故不論是人為或是天氣系統因素，皆有密不可分的關係。
- 根據空氣品質監測網對於PM2.5的定義為：「係指微粒氣動粒徑小於2.5微米，單位以微克／立方公尺( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )表示之，由於PM2.5較PM10更容易深入人體肺部，對健康影響更大，若細微粒又附著其他污染物，將更加深呼吸系統之危害。」台灣公衛學生聯合會(2022)也指出：「長期吸入或暴露在高濃度PM2.5的環境下可能會引起過敏、氣喘、心血管疾病和提高死亡的風險。」
- 根據報導中的台灣健康空氣行動聯盟於2020年以統計出雲林PM2.5年均值及日均值監測資料中，可看見雲林縣過去8年，有7年都是全台空品最差的縣市。李蘇俊(2021)指出2013年～2020年，前7名包括有雲林、南投、彰化等中南部地區也是空氣品質較為嚴重汙染的縣市。
- 盧本翔(2017)、賴銘峰(2010)及張晏菁等人(2019)皆在研究中使用距離反比加權法(IDW)進行空間推估，其考量空氣品質監測站佈點不密集，以IDW建立空間分布連續的PM2.5資料。主要利用IDW中未知點的資料性質，做出超標日的內插圖及等高線，推估影響範圍。

# 貳、研究方法

## 一、蒐集資料

- (一) 雲彰投等地區空氣品質測站觀測數據資料
- (二) SSL東亞地面分析圖及風場圖、馬公探空圖
- (三) 斗六測站的風速、風向等觀測資料
- (四) 各縣市圖資、空氣品質測站位置資料

## 二、篩選分類

- (一) 濃度數值 $\geq 35.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，且區域內有5個測站以上皆超標時定義為超標日（不包含錯誤值）。
- (二) 根據文獻定義發想，超標事件持續兩天以上的事件為「長事件」，一天內則為「短事件」。

三、空間推估：製作超標日之空間推估圖及等值線，以推估空氣汙染時地區影響程度。

## 四、天氣系統及大氣環境判讀

- (一) 天氣圖及風場圖：進行人工辨識，個別分類影響空氣品質的天氣系統。
- (二) 探空圖：判讀「逆溫」的現象。
- (三) 風速表：逐時風速資料與超標日逐時PM2.5濃度進行比對。

五、統計圖表：製作統計資料盒狀圖，呈現出10個測站當年的標準差、五年內的PM2.5濃度的變化趨勢，並與EPA環境監測網近10年PM2.5濃度趨勢圖進行比對。

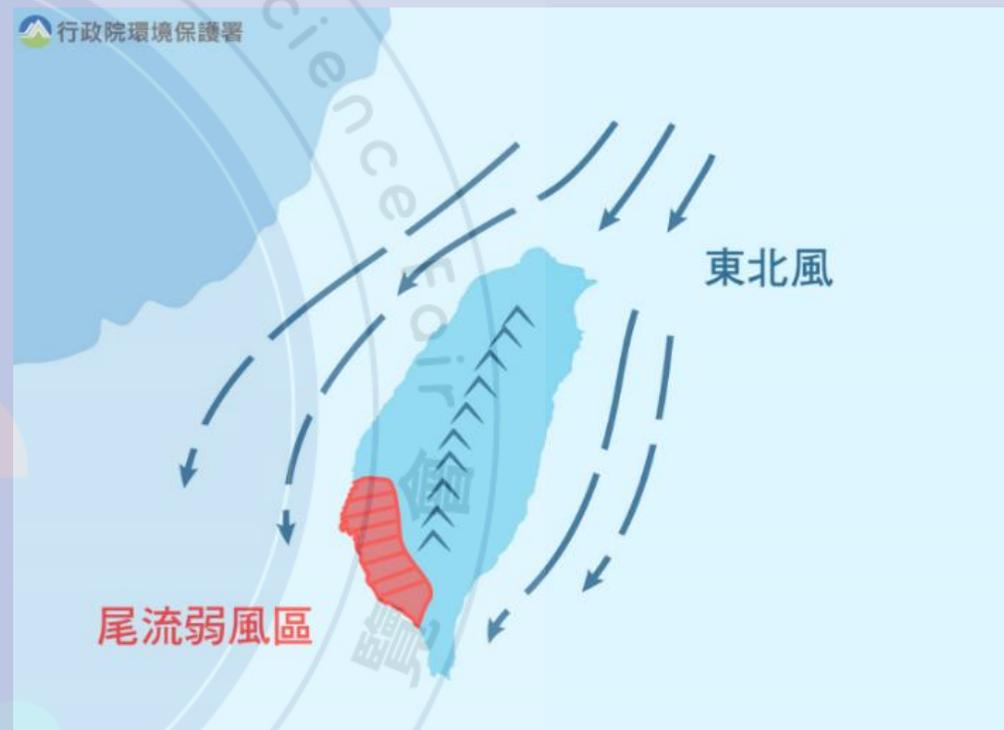
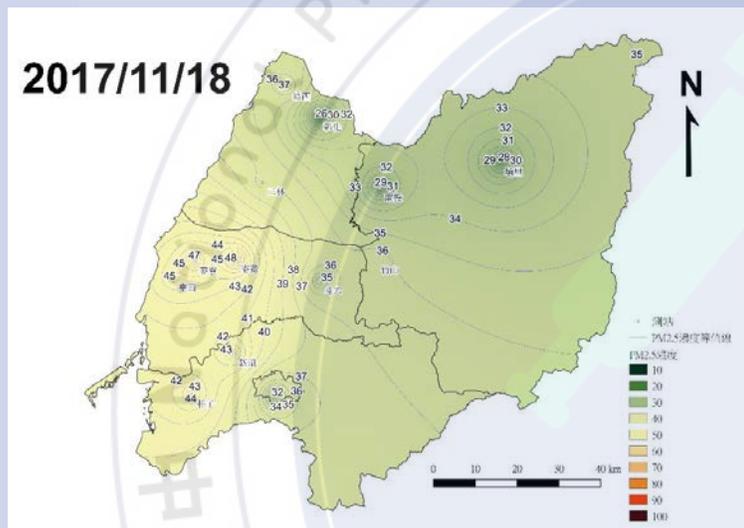
# 參、研究結果與解釋

## 一. 天氣系統

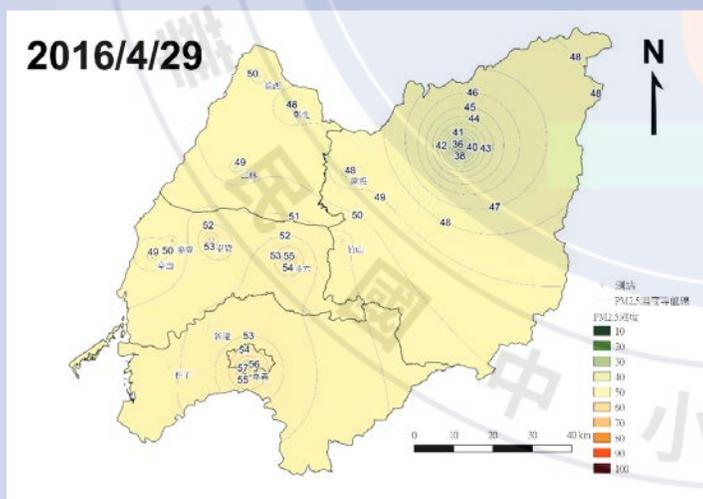
## PM2.5濃度推估圖

## 圖解說明

高壓南下/  
冷高壓影響/  
東北季風

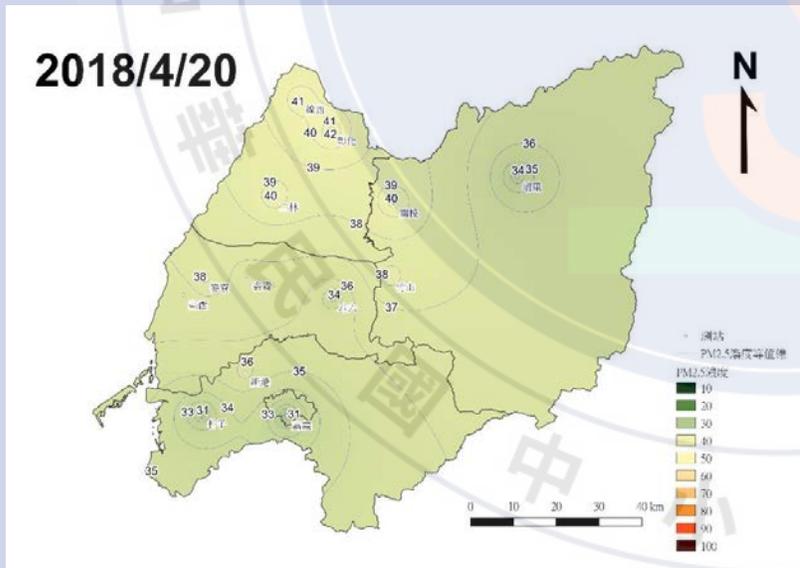
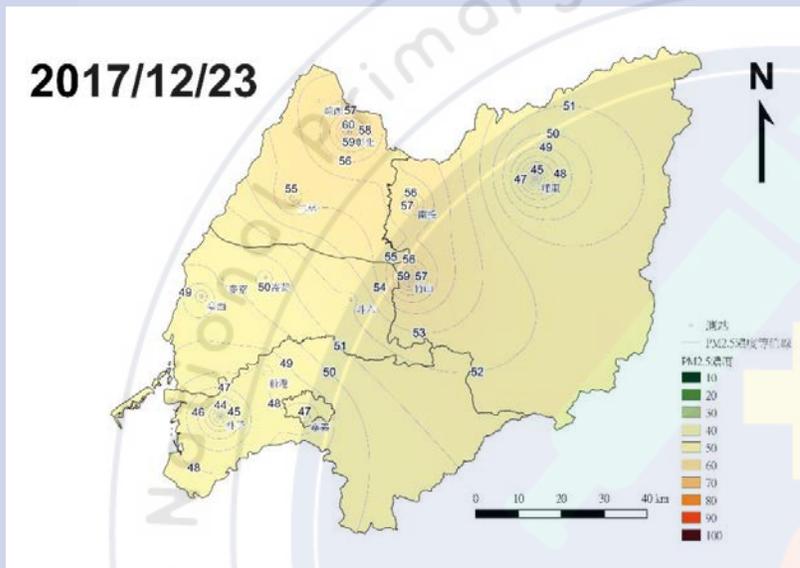


高壓出海

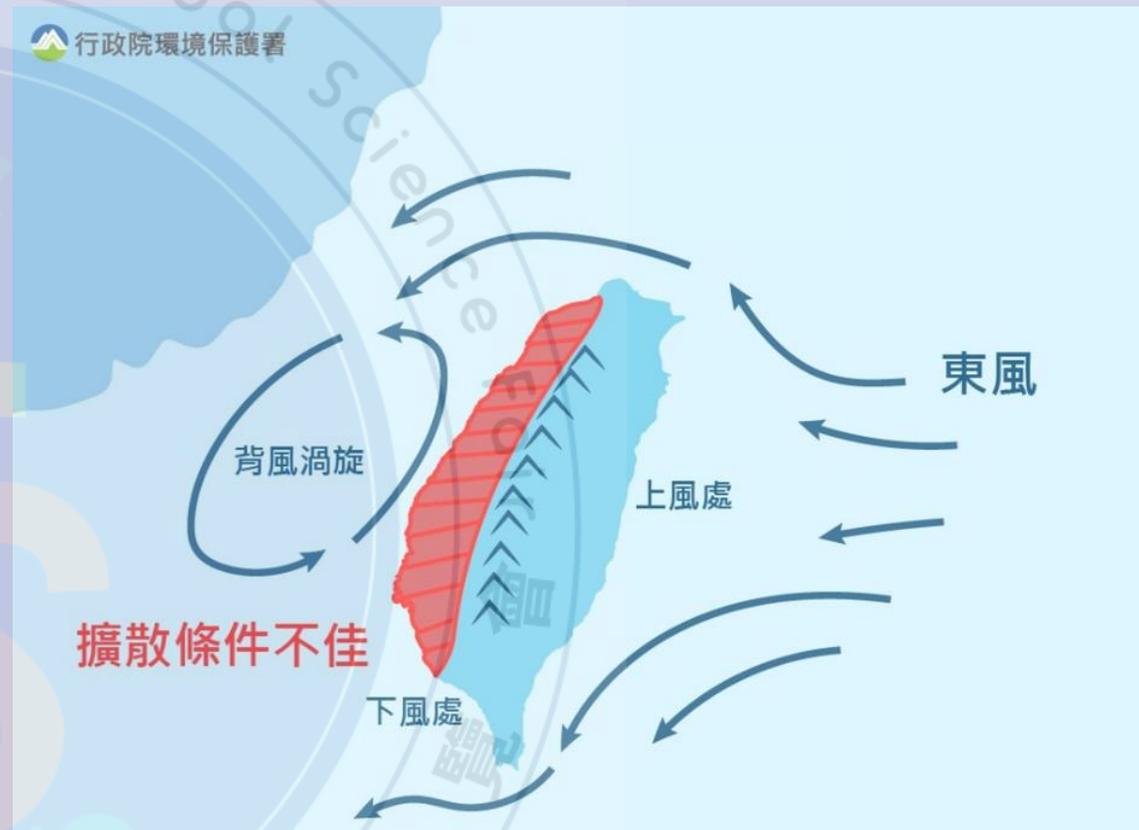


- 主要風向：東北風
- 主要影響範圍：下風處（雲林、嘉義）

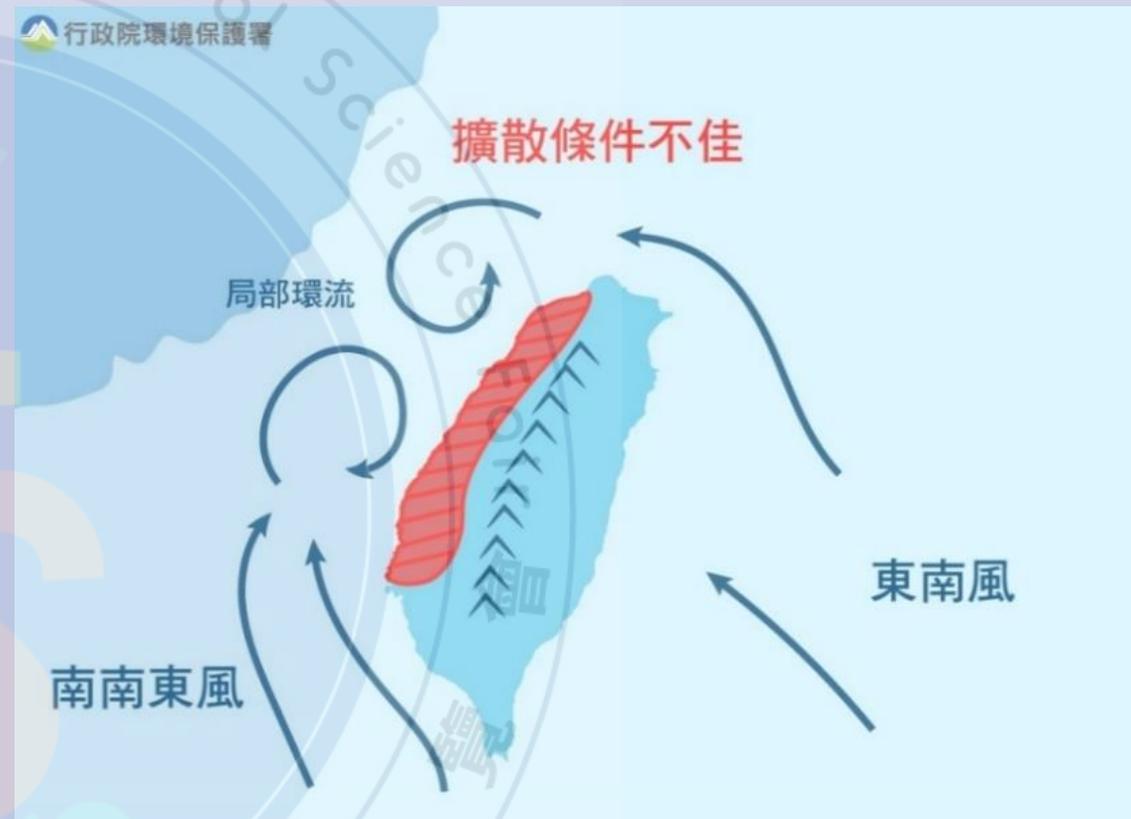
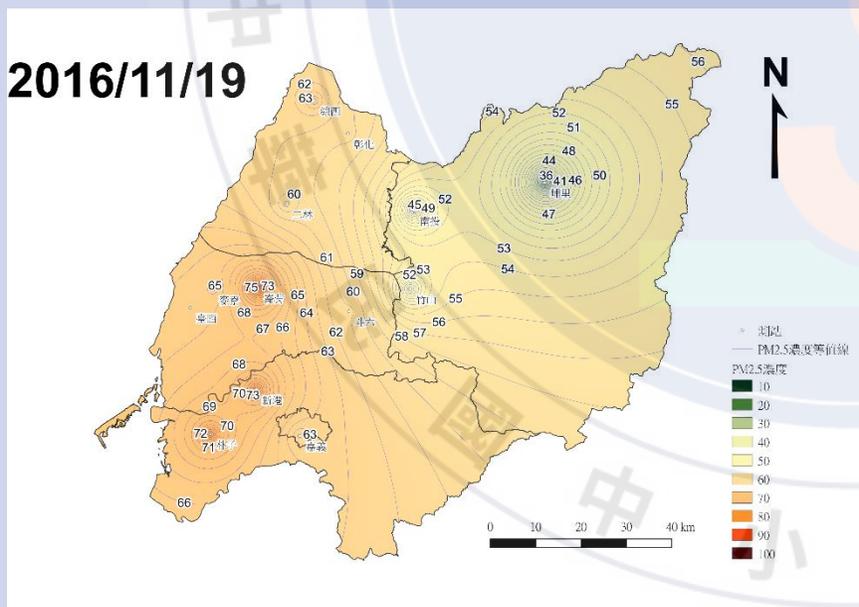
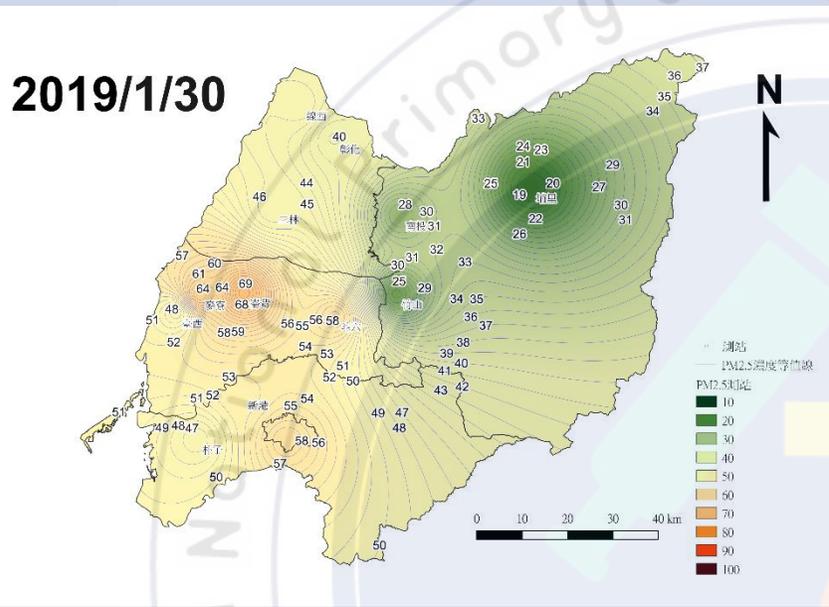
高壓東移



行政院環境保護署



- 主要風向：偏東風
- 主要影響範圍：下風處、沿海區域



高壓迴流

- 主要風向：東南風
- 主要影響範圍：麓山帶、沿海平原

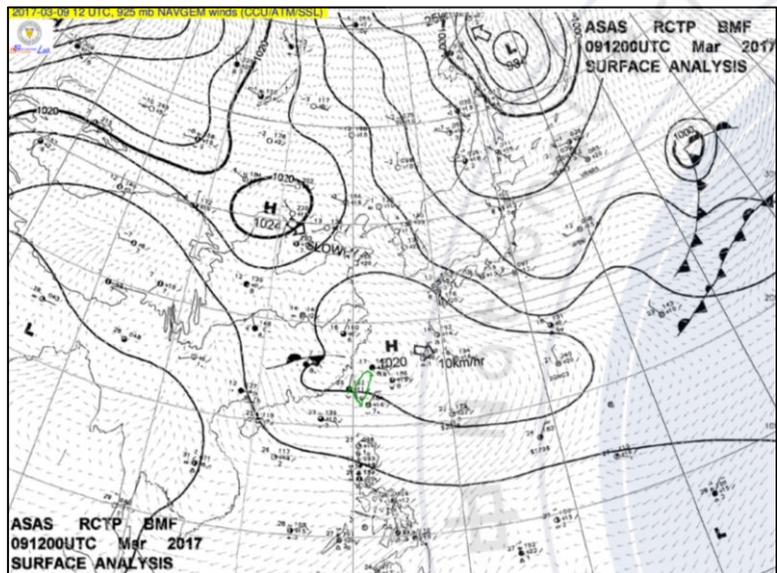
## 二. 事件分析\_2017年汙染最嚴重超標事件

(一) 時間：2017年3月9日~2017年3月10日 (長事件) (日平均數據： $62.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

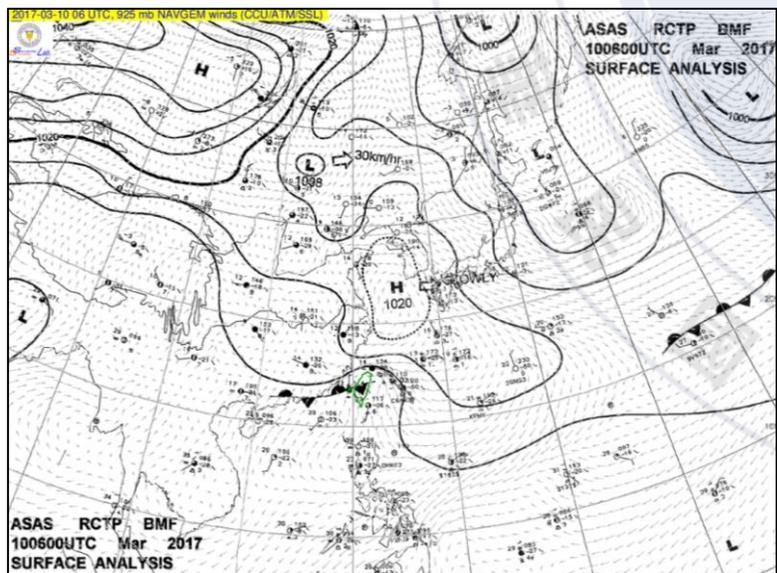
(二) 主要天氣系統：高壓東移

(三) 濃度、風速與雨量變化關係

(四) 事件分析：

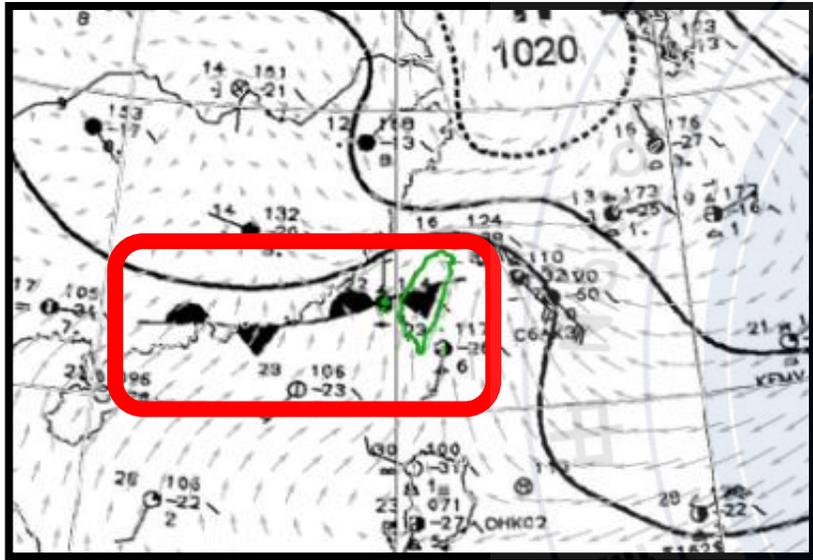


- 兩日皆有逆溫現象
- 3月9日下午13點開始超標，當日風速微弱，對台灣中部形成不利擴散的風場。

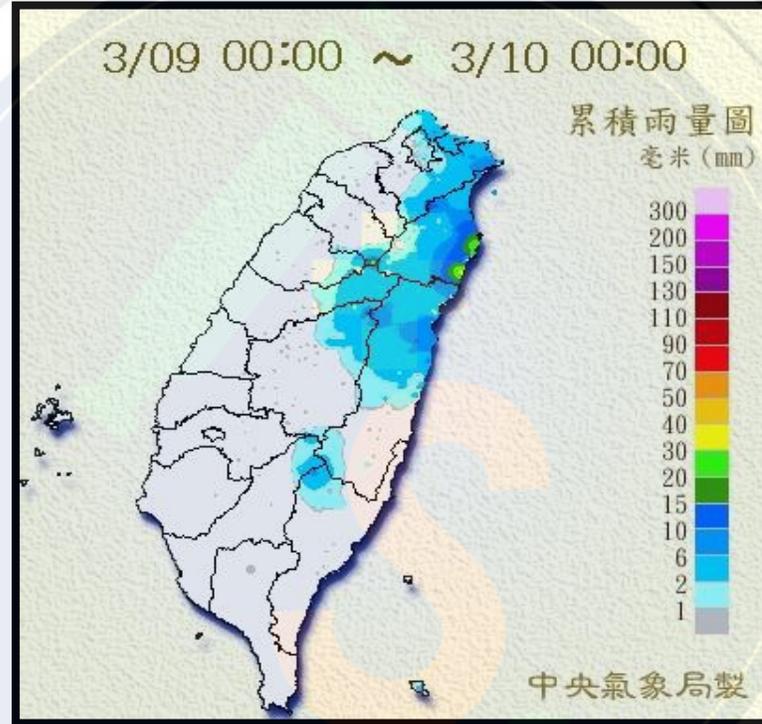


- 3月10日上午風速微弱，汙染物依舊停留在大氣中，造成此二日台灣中部空氣品質極為不佳。

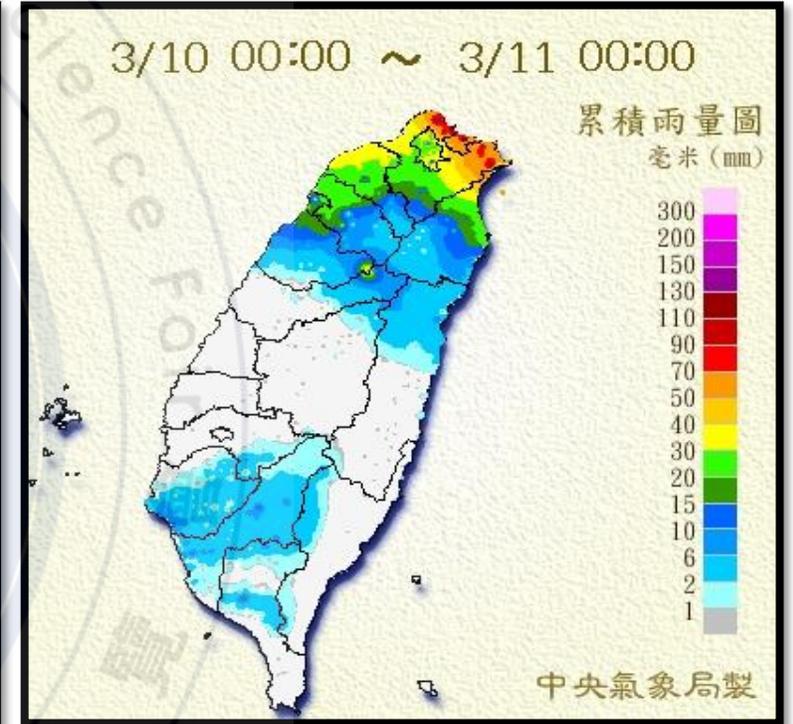
雖3月10日有疑似滯留鋒形成，然而此二日台灣中部並無明顯降雨，故空氣品質依然較差。



2017年3月10日\_滯留鋒



2017年3月9日\_累積雨量圖  
(引自大氣水文資料庫)



2017年3月10日\_累積雨量圖  
(引自大氣水文資料庫)

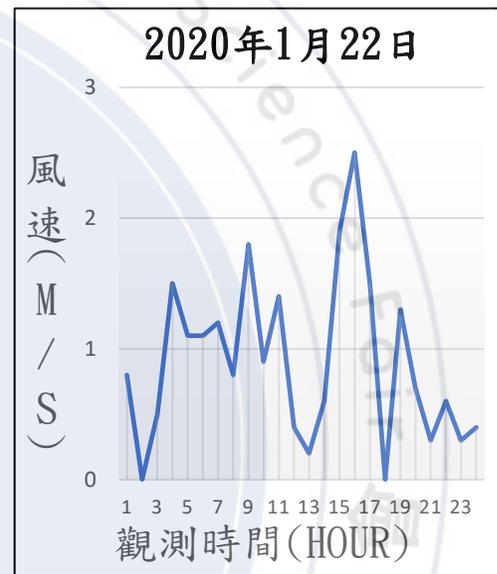
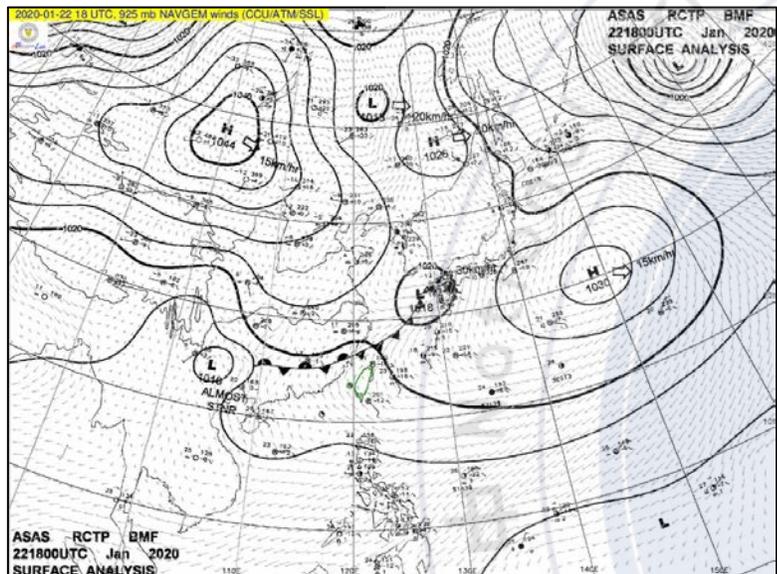
## 二. 事件分析\_2020年汙染最嚴重超標事件

(一) 時間：2020年1月22日~2020年1月23日 (長事件) (日平均數據：47.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

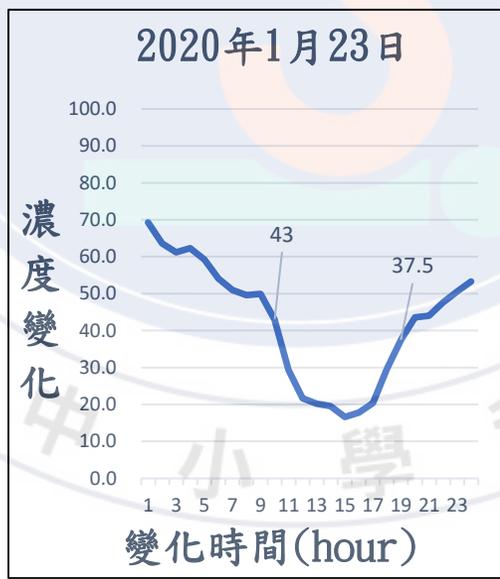
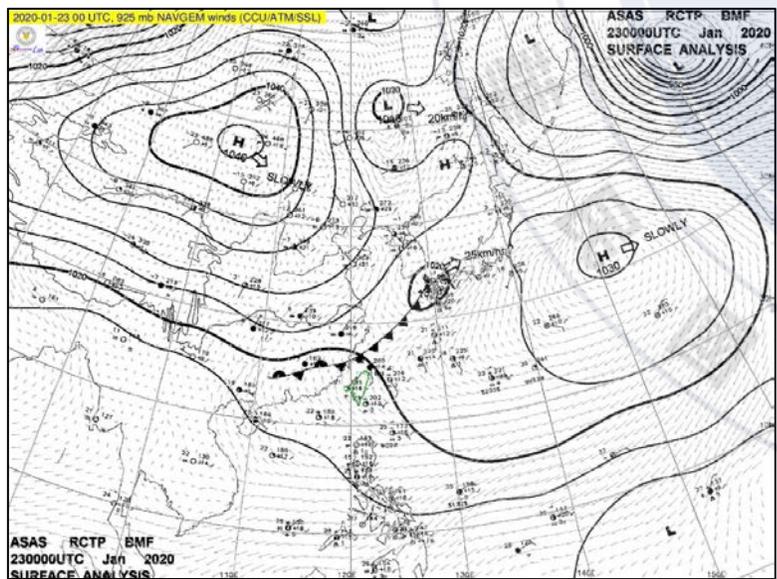
(二) 主要天氣系統：高壓迴流

(三) 濃度、風速與雨量變化關係

(四) 事件分析：



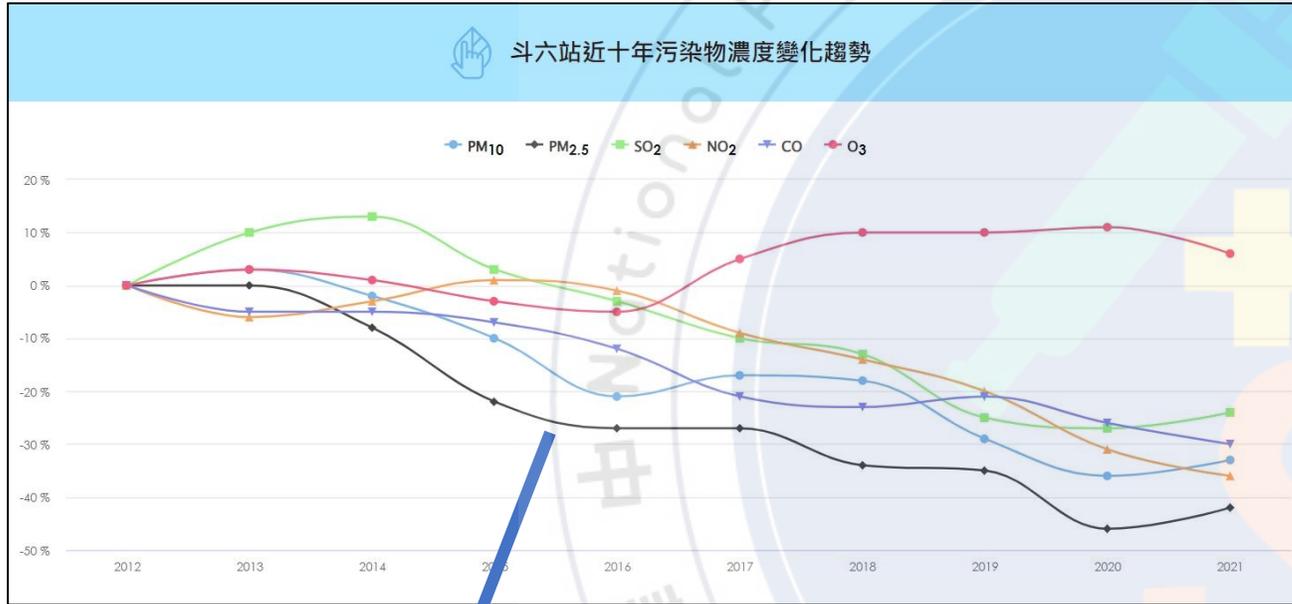
- 兩日皆有逆溫現象
- 1月22日東南風吹拂，且整日風速較微弱，汙染物不易擴散、持續累積。



- 1月23日上午汙染物依舊維持超標狀態，且整日依舊為風速較弱狀態。持續東南風吹拂情況下，汙染物累積於大氣中導致汙染物影響空氣品質。

### 三. 2016年~2020年PM2.5濃度變化：

以EPA所統計「斗六測站近10年來污染物濃度變化趨勢圖」與「2016年~2020年PM2.5超標事件日之盒狀圖」進行比對：



黑色線條為PM2.5  
濃度變化趨勢線

以上兩者比較得知雖然PM2.5濃度在年平均持續下降，但是在超標事件日發生時PM2.5濃度並沒有顯著的下降趨勢，顯示在污染超標日中污染程度並無顯著減緩的趨勢。

# 參、結論

- 雲彰投地區大氣中的PM2.5濃度容易受到天氣系統的影響
- 當雲彰投地區位處於背風或弱風的環境，導致污染物逐漸累積、PM2.5濃度升高
- 超標事件日統計得知無論在超標日事件數與超標日總天數皆呈現逐年遞減
- 在超標日的盒狀圖中顯示的超標事件日的PM2.5濃度並無明顯的變化，也就表示在超標日中其污染的程度並沒有顯著的改善。

建議：此研究仍屬於使用較為單一的角度對空氣污染進行分析歸納，惟需要後續更全面的方式才能致使空氣污染的議題上能夠釐清更多的因果關係，如污染源的關係、各式污染物的形成機轉等；或是利用衛星影像多波段方式處理污染物空間分布以及氣膠特性分析等研究方法，綜合以上才能更加深入且較為完整的討論。

# 肆、參考資料

一、空氣品質監測網

二、翁叔平、郭乃文、呂珮雯(2013)。高高屏地區細懸浮微粒(PM2.5)污染事件的綜觀環境分析。大氣科學，41(1)，41-63。

三、李蘇竣(2021)。霾害、致癌物全台之最？公布2020年PM2.5監測：「這縣市」連7年奪空污冠軍。ESG永續台灣—今周刊

四、張晏菁、徐逸祥、林峰正(2019)。應用空間迴歸模式探討都市綠地、PM2.5與地表溫度之關聯。航測及遙測，24(1)，25-34。

五、大氣水文研究資料庫(2022)。

六、觀測資料查詢(CODiS)(2022)。