

# 中華民國第 58 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

051903

追風去吧：由中壢泰豐輪胎廠燃起的跟「風」潮

學校名稱：國立中央大學附屬中壢高級中學

作者： 高三 陳柏佑	指導老師： 蕭榛嫻
---------------	--------------

關鍵詞：輪胎燃燒、空氣品質、風向

## 摘要

2017年1月17日中壢泰豐輪胎廠發生火警，蒐集環保署空氣品質測站的數據後分析，發現：

- 一、距離輪胎廠愈近，觀測到的污染物濃度愈高。
- 二、中壢測站的背景值多高於其他測站，推測與中壢工業區的排放有關，或是因為中壢測站是十七個測站中唯一的交通測站所致。
- 三、各氣體在十七個測站中的最大距平值幾乎都在西風、南風起之後才出現，推論是西風、南風將苗栗縣以南的污染物帶至北方所致。
- 四、2017年1月臺灣北部出現西風、南風的成因有二，一是由彰化一路吹至北部的西風、南風，二是臺中附近的低壓環流，撞山後轉向，往北方吹拂。

因此，2017年1月17日下午臺灣北部觀測到的氣體濃度上升，除了輪胎廠火災產生的污染外，還有外地移入的影響。

## 壹、研究動機

(以下時間點取自桃園市政府市政新聞，2017) 2017年1月17日15:30左右，位於桃園市中壢區的泰豐輪胎股份有限公司的輪胎廠發生大火。17:00時將現場提升為四級火警，桃園市政府立刻於現場成立前進指揮所。經過消防人員全力搶救後，火勢於19:36獲得控制。火勢延燒了6個多小時，終於在21:50將火勢撲滅。

此次泰豐輪胎廠熊熊烈火，嚇壞了中壢地區附近的民眾。大家不僅紛紛戴上口罩，隔天上還一整片黑鴉鴉的，視線所及之處，都是大火造成的落塵。雙腳踩在被染黑的街道上，只覺得沙沙滑滑的，令人感到噁心。回到家，看到天氣即時預報的Facebook粉絲專頁，對於風向對污染物移動的敘述，與氣象專家林嘉愷相左。前者寫到，受到中低層風力吹拂，污染物會往北方擴散，甚至抵達雙北地區(天氣即時預報，2017)；後者在播報民視氣象時認為，由於冬天盛行東北季風，污染物要逆著東北季風向北飄移的機會甚低。這兩個相互矛盾的說法，激起我研究泰豐輪胎廠失火後，污染物的分布情形。後來，也有了小小成果，寫成一篇小論文「*什麼！輪胎竟然那麼強大？！——且看2017.01.17中壢泰豐輪胎廠大火對空氣品質的影響*」(陳柏佑，2017)，並於1061115梯次投稿中學生網站。

這篇小論文資料取自距離泰豐輪胎廠最近的三個空氣品質測站，分別是內壢、中壢和平鎮測站，三者當中最遠的平鎮測站約只離輪胎廠3.46公里。資料分析結果顯示：

- 一、在內壢-中壢-平鎮的小尺度範圍裡，三測站的風向與污染物測值的變化，沒有密切關係，距離效應應為污染物擴散的主因。
- 二、內壢、中壢、平鎮測站 O<sub>3</sub> 濃度在火災時驟降，以接近 0 ppb 的濃度維持近 12 小時。而 SO<sub>2</sub>、CO、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub>、NMHC、THC、PM<sub>2.5</sub> 在泰豐輪胎廠起火後，中壢、內壢、平鎮測站的監測數據皆開始上升，可見泰豐輪胎廠失火確實影響了中壢地區的空气品質。
- 三、內壢、中壢、平鎮三測站在 2017 年 1 月吹西風、南風時的污染物濃度，都比吹東風、北風時還高。

由於小論文的研究僅分析中壢地區的污染物變化情形，但大氣的流動卻不會受限於縣界，因此以本文更進一步探討其它地區與中壢地區空氣品質的連動性，與泰豐輪胎廠大火是否也造成其他地區空氣品質的變動，以釐清事情的全貌。

## 貳、研究方法

環保署空氣品質測站與泰豐輪胎廠的相對位置如圖一所示。除了原先已由環保署空氣品質監測網蒐集到的內壢、中壢、平鎮測站資料之外，還一路向北蒐集土城、板橋、新莊、菜寮、中山、松山、汐止、基隆測站，也一路向南蒐集湖口、新竹、竹東、頭份、苗栗、三義測站，總共十七個測站，再將資料利用 Excel 做成折線圖及表格進行分析。



圖一：泰豐輪胎廠與環保署空氣品質測站位置分布圖  
(圖一資料來源：研究者改繪自環保署空氣品質監測網)

## 參、研究步驟

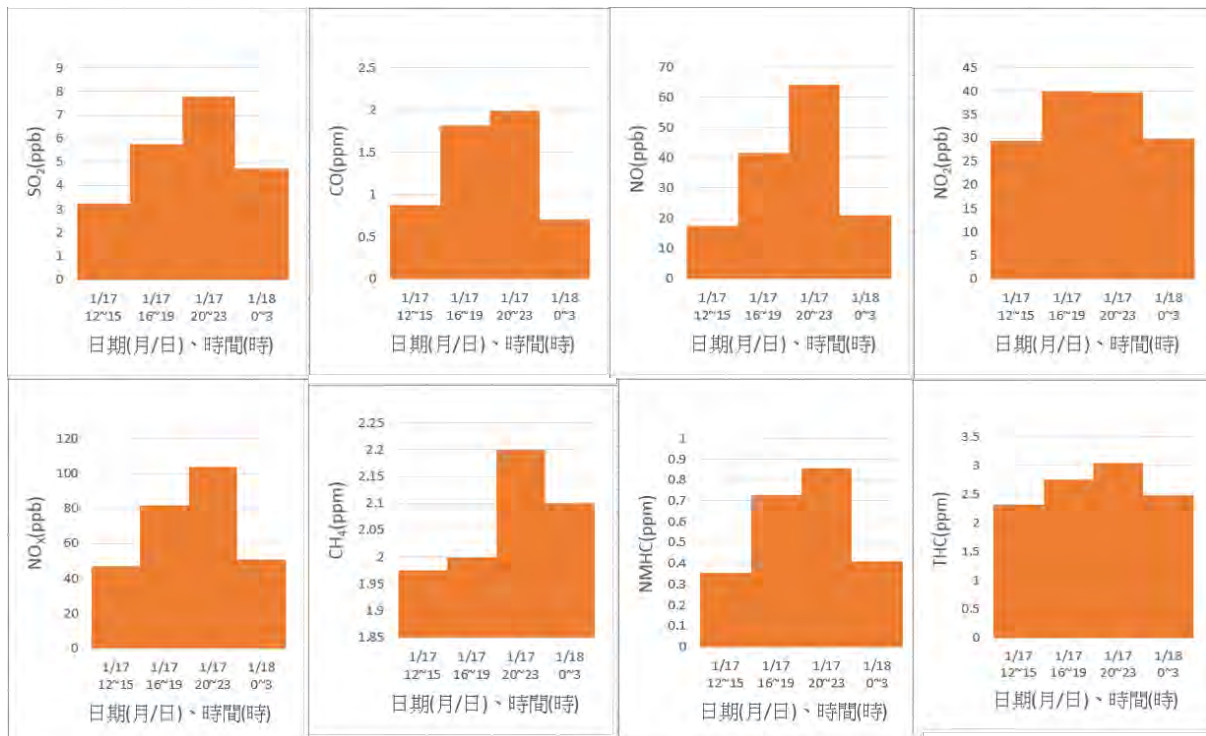
一、蒐集背景資料: 蒐集 2016 年 1 月以及 2017 年 1 月，上述十七個環保署空氣品質測站的觀測數據。

二、計算「背景值」: 將 2016 年 1 月以及 2017 年 1 月每天各小時觀測值加總後取平均，定此平均值為各測站的「背景值」。

三、篩選污染物:

輪胎的主要成分為天然橡膠(natural rubber)與人造橡膠(synthetic rubber) (Discovery, 2015)；其結構包含簾紗(nylon cover)、鋼絲(steel belts)、胎芽(bead filler)，經硫化後成為輪胎。其中天然橡膠和人造橡膠的主要組成元素以 C、H 為主(高錦仁、蘇意倫, 2017)，燃燒後可能產生碳氧化物與碳氫化合物(CH<sub>4</sub>、NMHC、THC)。簾紗中的耐綸(nylon)可分為耐綸-6 與耐綸-66 兩種，皆含有 N 元素，燃燒可能產生氮氧化物。而硫化的製程會使輪胎帶有 S 元素，在燃燒時可能產生硫氧化物。

圖二是把中壢測站 SO<sub>2</sub>、CO、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub>、NMHC、THC 等八種氣體，在 1 月 17 日 12:00 ~ 1 月 18 日 3:00 每四小時的小時值平均後，畫出的濃度變化圖。由圖二可見這八種氣體在泰豐輪胎廠 15:30 發生火警後的趨勢雷同，且皆為輪胎燃燒後的可能產物，故推定測站觀測到的污染物濃度變化與泰豐輪胎廠大火有關。



圖二: 中壢測站 1 月 17 日 12:00 ~ 1 月 18 日 3:00 每四小時平均的各測項濃度變化圖  
(圖二資料來源: 研究者繪製)

為了瞭解各測項的濃度變化程度，我將最大距平值除以該小時背景值，製成表一。表一可見，NO、NMHC、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>濃度上升幅度較大，因此本文以這四個測項作為代表，以進行各測站空氣污染變化的探討。

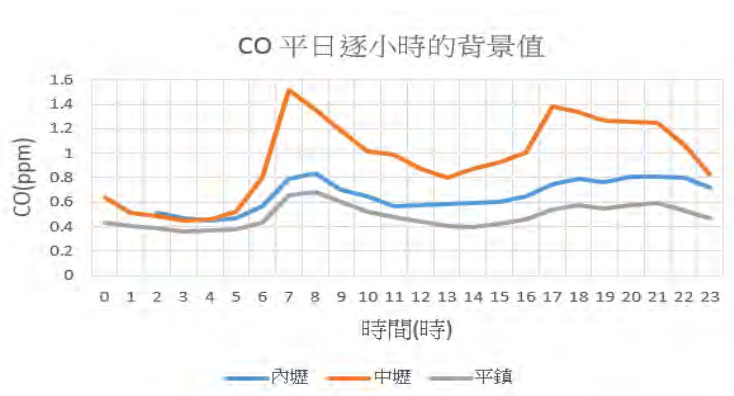
表一: 中壢測站各測項的上升幅度(最大距平值除以該小時背景值)

測項	SO <sub>2</sub>	CO	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	NMHC	THC
漲幅	113%	101%	233%	101%	162%	12%	193%	31%

(表一資料來源: 研究者製)

四、畫出折線圖: 泰豐輪胎是在 1 月 17 日大約 15:30 開始發生火警，由圖四可知，火災後上升的污染物濃度在 1 月 18 日下午幾乎都已降回背景值，為了比對各測站火災時與平日的空氣品質，我取 1 月 16 日~1 月 19 日的觀測數據，減掉其背景值後畫出折線圖。圖表上的折線若斷掉不連續，是因為缺乏資料或是無有效資料值所導致。

五、計算「最大距平值」: 圖三為一月份 CO 平日一天中每個小時的背景值，其中 0:00 的背景值即是將 2016 年 1 月以及 2017 年 1 月每個平日 (即不包含週休二日、元旦、春節) 的 0:00 觀測值相加後平均，以此類推。由圖三可見到空氣品質會有以一日為週期的變化，通常一天會有兩個高蜂值，分別出現在 6:00~8:00 與 17:00~21:00，推測這是上下班交通量較龐大的結果，與人民的日常作息相關。然而本文主要探討泰豐輪胎廠火警產生的污染物，而非交通產生的污染物，因此本文將 1 月 17 日 10:00~1 月 18 日 4:00 之間的最大值定為「最大觀測值」，再將最大觀測值減去其背景值後得到「最大距平值」。

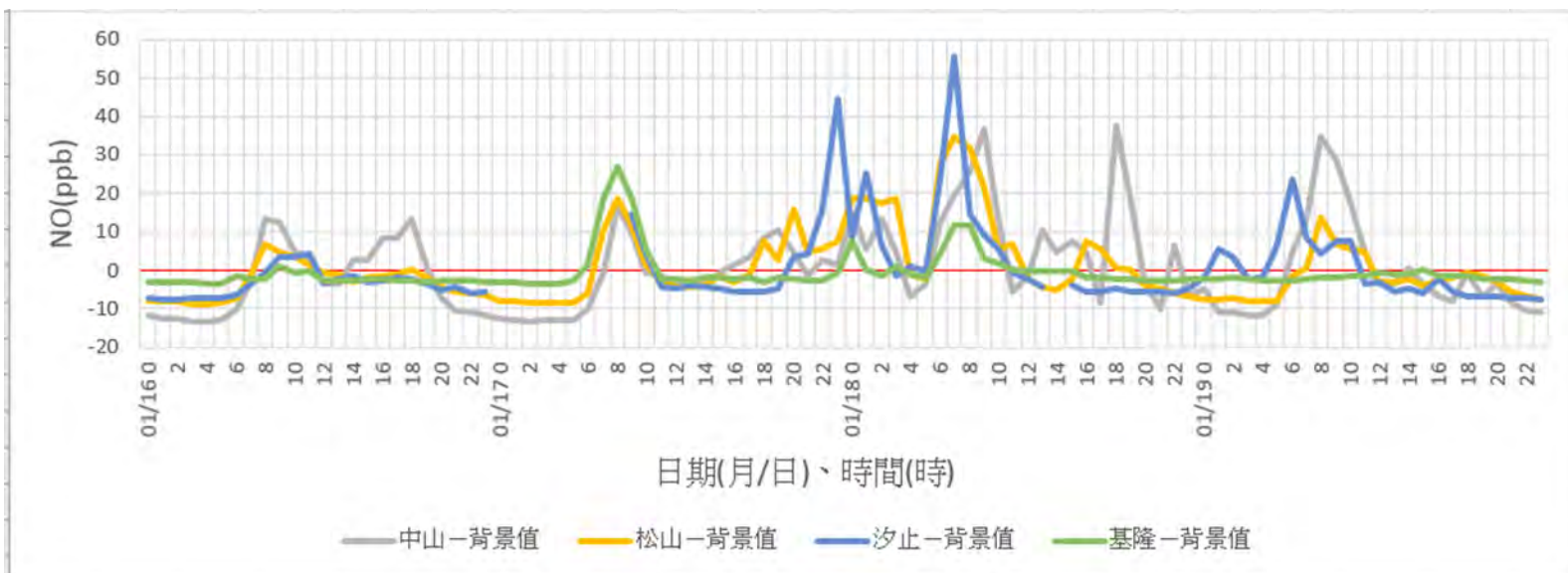


圖三: 2016 年一月份及 2017 年一月份 CO 平日逐小時的背景值  
(圖三資料來源: 研究者繪製)

## 肆、研究結果

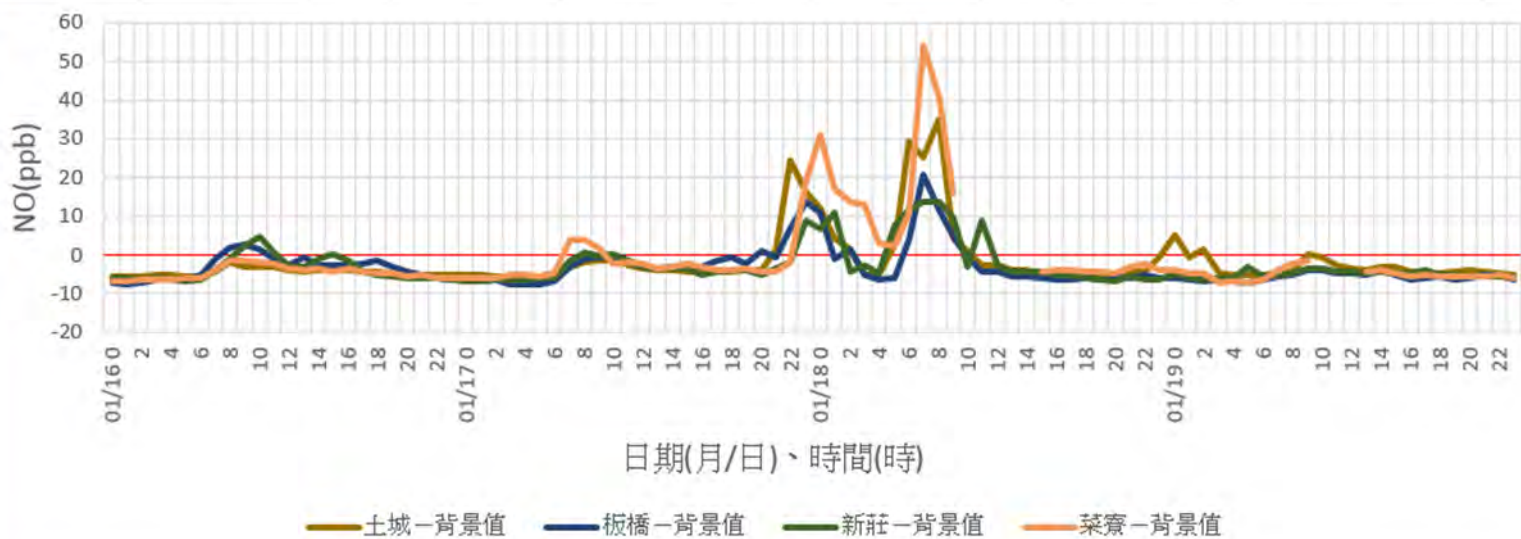
從中壢測站出發往北走，依序會遇到內壢、土城、板橋、新莊、菜寮、中山、松山、汐止、基隆測站，而從中壢測站出發往南走，依序會遇到平鎮、湖口、新竹、竹東、頭份、苗栗、三義測站。為了方便討論，我將所有十七個測站分成五組，讓鄰近的測站呈現在同一張折線圖。因此，中山、松山、汐止、基隆測站分成一組，土城、板橋、新莊、菜寮測站分成一組，位於中壢地區的內壢、中壢、平鎮測站分成一組，位於新竹縣市的湖口、新竹、竹東測站分成一組，位於苗栗縣的頭份、苗栗、三義測站分成一組，共分成五組。如此一來，以下對於 NO、NMHC、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 濃度隨時間變化趨勢的討論，會以分區的折線圖呈現。

### 一、NO 折線圖:



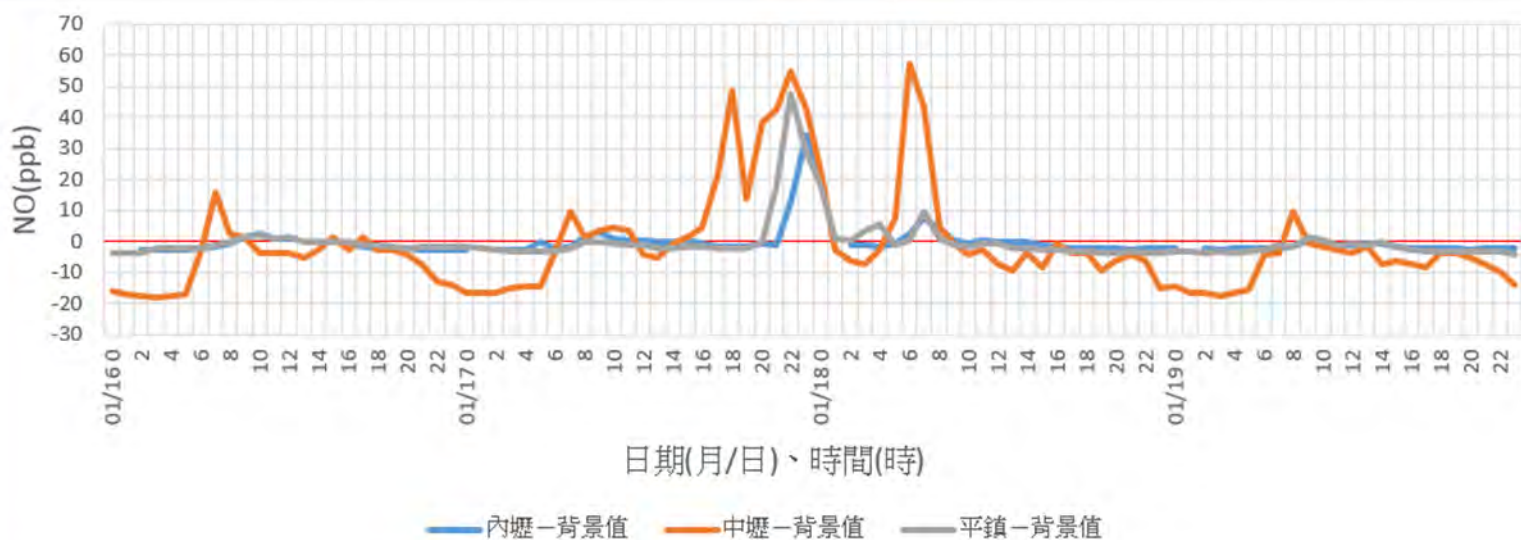
圖四(a): 中山、松山、汐止、基隆測站的 NO 折線圖  
(圖四(a)資料來源: 研究者繪製)

這四個測站從 1 月 17 日 11:00 開始都低於背景值，在火災發生之後，中山測站率先於 16:00 衝破背景值，並在 19:00 出現第一波極值 10.6 ppb，緊接著在隔天 0:00 及 2:00 出現二個極值，分別是 15.6、13.6 ppb，後才又跌回背景值。松山測站在 18:00 衝破背景值，其測值稍有起伏，在隔天 0:00~3:00 出現一波極值，這四個小時的觀測值大約維持在 18 ppb，之後也掉回背景值。而汐止測站在 20:00 衝破背景值，在 22:00 時急速上升，23:00 出現最大距平值 44.4 ppb。至於基隆測站的 NO 則是一直都低於背景值，直到隔天 0:00 才出現最大距平值 7.8 ppb。



圖四(b): 土城、板橋、新莊、菜寮測站的 NO 折線圖  
(圖四(b)資料來源: 研究者繪製)

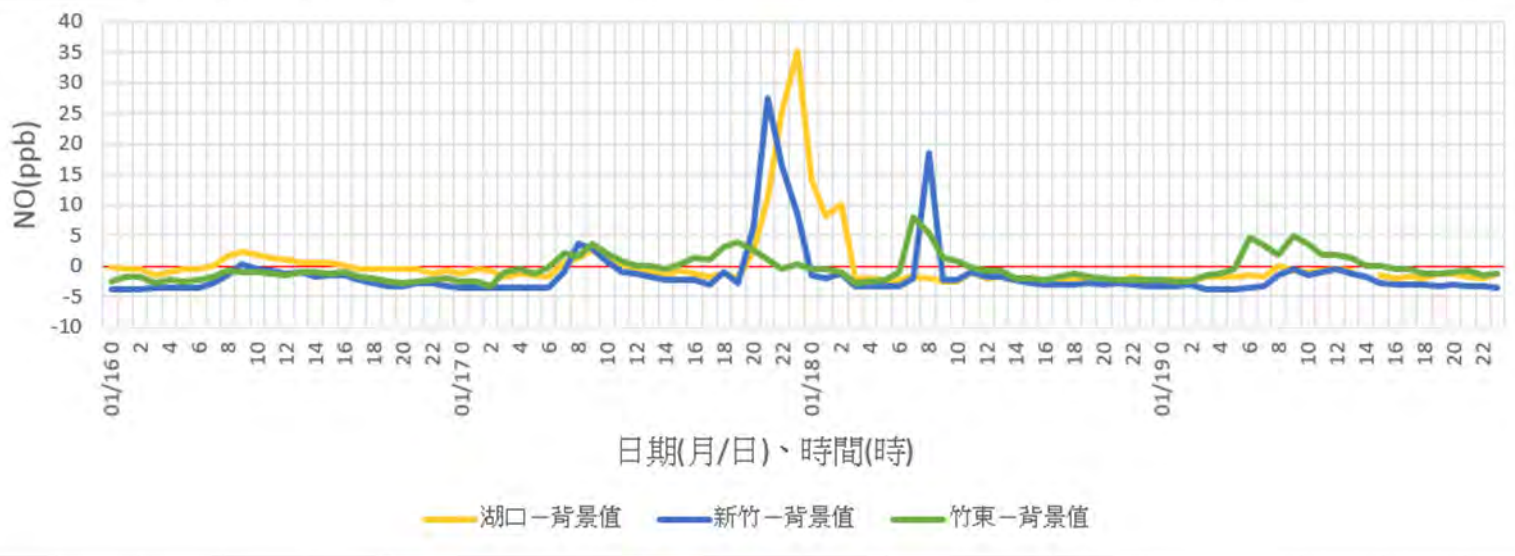
這四個測站在 1 月 17 日 11:00 開始同樣都低於背景值，20:00 時板橋測站高於背景值，雖然 21:00 又跌回背景值以下，卻在 22:00 再度衝破背景值，並在 23:00 出現 13.9 ppb 的最大距平值。反觀土城測站在 20:00 衝破背景值後就一路增加，並在 22:00 出現 24.3 ppb 的最大距平值。新莊與菜寮測站在 23:00 亦衝破背景值，新莊測站先後在 23:00 與隔天 1:00 出現極值，分別為 8.7、10.7 ppb，而菜寮測站則是在 0:00 時出現最大距平值 30.9 ppb。



圖四(c): 內壢、中壢、平鎮測站的 NO 折線圖  
(圖四(c)資料來源: 研究者繪製)

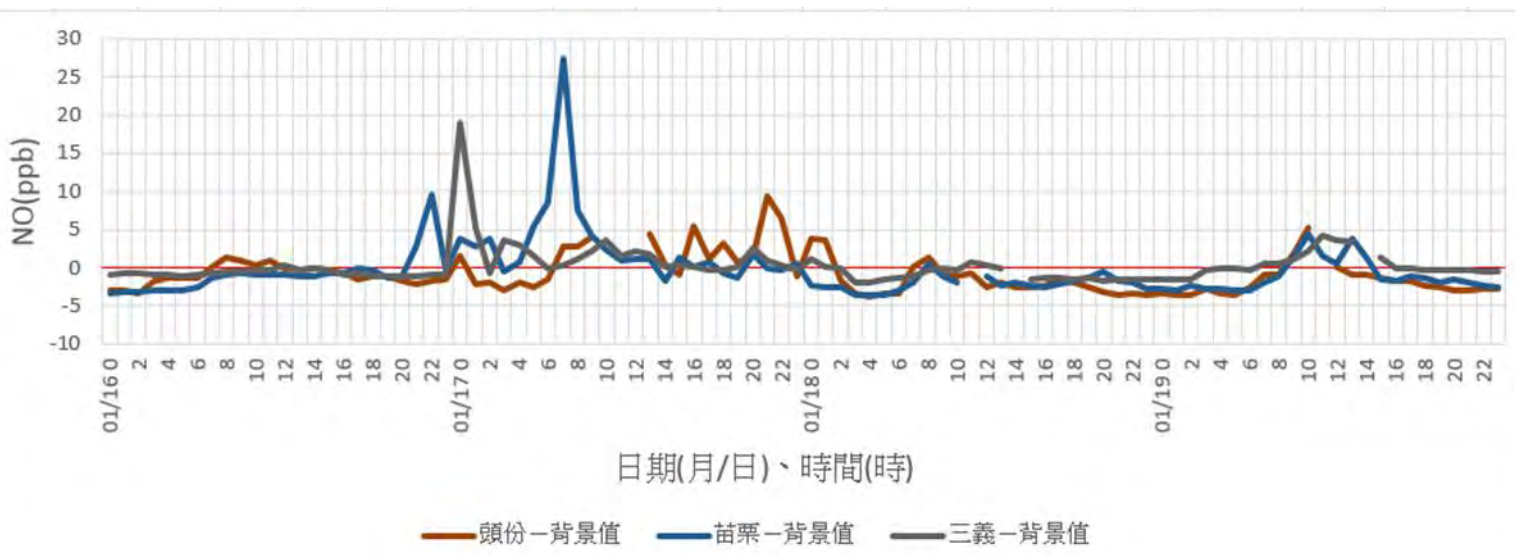
桃園市三個測站從 1 月 17 日 8:00 開始，觀測值都貼近背景值。火災發生後約一個半小時(17:00)，中壢測站觀測到的 NO 遽升，並在 18:00 及 22:00 出現兩個極值 48.6、54.6 ppb。

平鎮測站在 21:00 時也開始飆高，後在 22:00 出現 47.8 ppb 的最大距平值。而內壢測站則是在 22:00 衝破背景值，並在 23:00 出現 34.5 ppb 的最大距平值。



圖四(d): 湖口、新竹、竹東測站的 NO 折線圖  
(圖四(d)資料來源: 研究者繪製)

新竹縣市的測值自 1 月 17 日 10:00 起皆相當平穩，沒有太大的變化。15:00 以後，竹東測站觀測數據緩慢走升，到了 19:00 出現極值，高於背景值 4.0 ppb，之後便緩慢下降。而新竹與湖口測站則是在 20:00 衝破背景值，新竹測站於 21:00 出現最大距平值 27.5 ppb，湖口測站在 23:00 出現 35.2 ppb 的最大距平值。



圖四(e): 頭份、苗栗、三義測站的 NO 折線圖  
(圖四(e)資料來源: 研究者繪製)



從 1 月 17 日 13:00 開始，頭份及苗栗測站觀測值皆有些微振盪，而三義測站趨勢為緩慢下降。20:00 時，苗栗與三義測站觀測值谷底翻生，雙雙出現 13:00 以來最大值，分別是 1.8、2.7 ppb。頭份測站也在 21:00 急速上升，出現 9.4ppb 的極值。雖然在隔天 0:00 又出現一波極值，但沒有高過 21:00 時的數值，之後便下降到低於背景值。

為了下文方便分析，我將各測站的最大觀測值、背景值、最大距平值、最大距平值出現時間一一列出，做成表二。綜觀各測站的 NO 值(表二)可見，中壢測站的 NO 背景值遠較其他地區來得大，推測與中壢工業區本地排放的汙染物有關。也有可能是因為，其它十六個測站在環保署的分類裡屬於一般測站，只有中壢測站屬於交通測站，承受較多的交通汙染所致。

至於各測站的最大距平值出現時間，苗栗縣在 20:00 前後，新竹縣市在 21:00 前後，桃園市在 22:00 前後，北北基則在 0:00 前後。由此可以發現，大致上，苗栗縣最先出現最大距平值，愈往北出現的時間愈晚，北北基最晚出現。

表二: NO 在各測站的數據分析

測項	NO	最大觀測值(ppb)	背景值(ppb)	最大距平值(ppb)	出現時間(時)
北北基	基隆	12	4.2	7.8	翌日 0
	汐止	53	8.6	44.4	23
	松山	28	9.4	18.6	翌日 0
	中山	30	14.4	15.6	翌日 0
	菜寮	38	7.1	30.9	翌日 0
	新莊	18	7.3	10.7	翌日 1 *(23)
	板橋	22	8.1	13.9	23
	土城	31	6.7	24.3	22
桃園市	內壢	38	3.5	34.5	23
	中壢	74	19.4	54.6	22
	平鎮	52	4.2	47.8	22
新	湖口	38	2.8	35.2	23

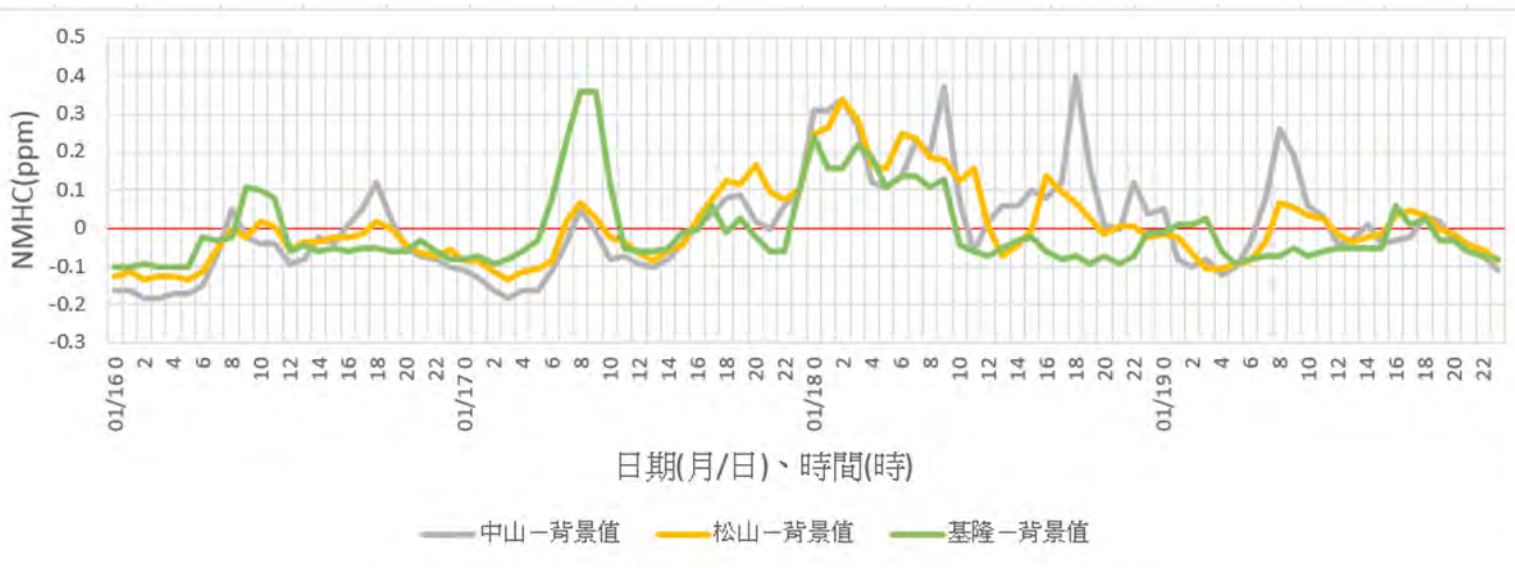
竹 縣 市	新竹	32	4.5	27.5	21
	竹東	7	3.0	4.0	19
苗 栗 縣	頭份	13	3.6	9.4	21
	苗栗	6.3	4.5	1.8	20
	三義	4.7	2.0	2.7	20

(表二資料來源: 研究者製)

\*說明: 新莊測站的最大距平值出現時間為翌日 1:00，但 23:00 時也有極值發生，且接近最大距平值，故將 (23) 補充在後。

## 二、NMHC 折線圖:

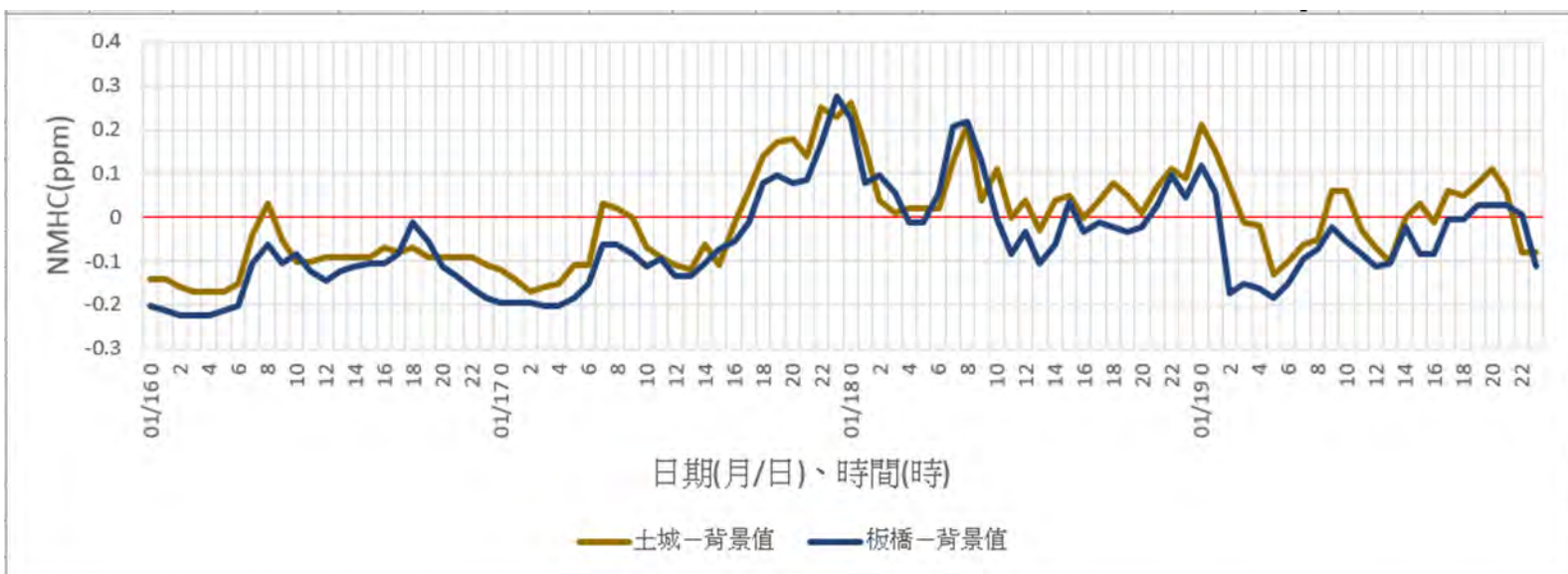
觀測 NMHC 的測站較少，汐止、菜寮、新莊、平鎮、湖口、竹東、苗栗、三義測站皆沒有觀測 (表三)，以致於新竹縣市與苗栗縣總共只有新竹與頭份兩個測站有觀測數據，因此我將新竹與頭份測站合併至同一張折線圖，這樣一來，NMHC 只呈現四張折線圖進行分析。



圖五(a): 中山、松山、基隆測站的 NMHC 折線圖 (汐止測站無觀測)

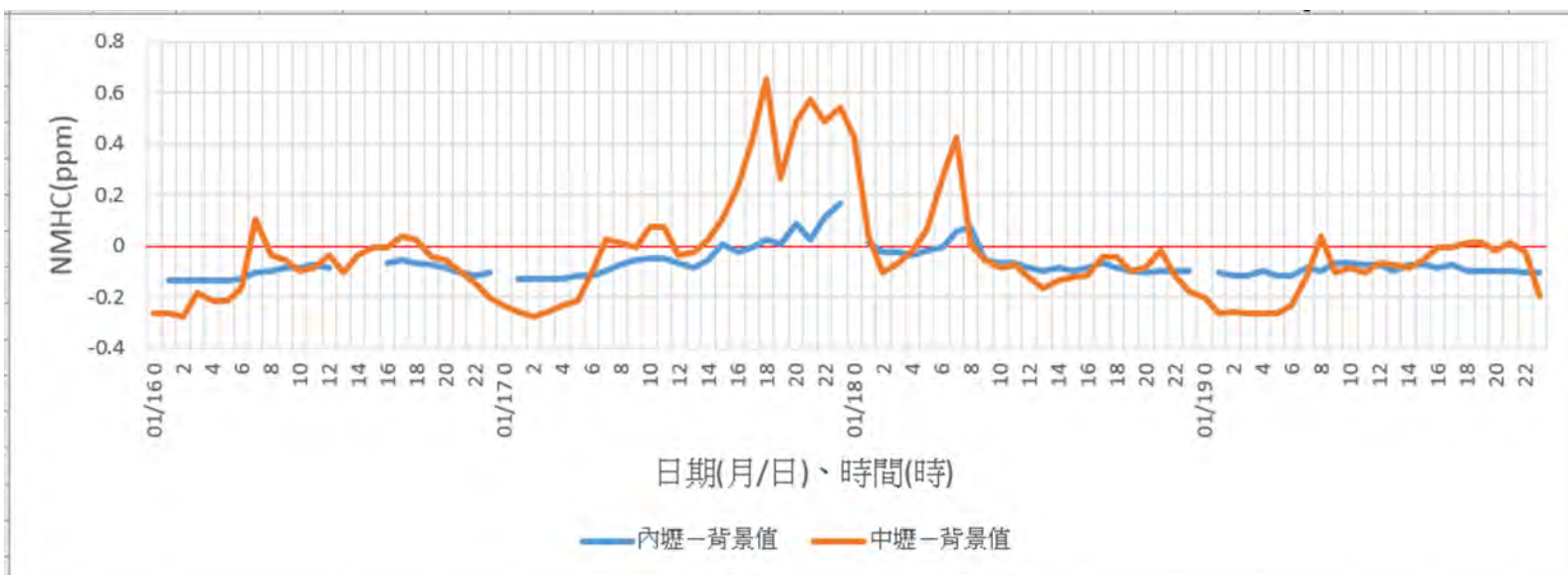
(圖五(a)資料來源: 研究者繪製)

北北基地區的三個測站在 1 月 17 日 11:00 開始都在背景值以下，中山和松山測站在 16:00 突破背景值，基隆測站則是在 17:00 突破，出現第一波極值。後來測值下降，但緊接著中山測站從 22:00 開始飆升，松山與基隆測站也在 23:00 開始上升，基隆測站率先於隔天 0:00 出現最大距平值 0.24 ppm，而中山與松山測站皆在 2:00 出現 0.34 ppm 的最大距平值。



圖五(b): 土城、板橋測站的 NMHC 折線圖 (新莊與菜寮測站無觀測)  
 (圖五(b)資料來源: 研究者繪製)

自 1 月 17 日 9:00 開始，這兩個測站皆低於背景值，直到 17:00 土城測站衝破背景值，板橋測站亦在 18:00 突破背景值，大約 19:00 觀測到第一波極值。接著土城測站在 22:00 及隔天 0:00 出現 0.25、0.26 ppm 的極值，而板橋測站則在 23:00 觀測到 0.28 ppm 的最大距平值。



圖五(c): 內壢、中壢測站的 NMHC 折線圖 (平鎮測站無觀測)  
 (圖五(c)資料來源: 研究者繪製)

中壢測站在 1 月 17 日 14:00 突破背景值後便一路上升，18:00 出現最大距平值 0.66 ppm。雖然在 19:00 時下降，但 20:00 後又出現另一波極值，分別在 21:00 與 23:00 觀測到高於背景值 0.58、0.55 ppm。內壢測站則從 14:00 開始緩慢上升，最後在 23:00 出現最大距平值 0.17 ppm，後也降回背景值。



圖五(d): 新竹、頭份測站的 NMHC 折線圖 (湖口、竹東、苗栗、三義測站無觀測)  
(圖五(d)資料來源: 研究者繪製)

新竹和頭份測站在 1 月 17 日 13:00~16:00 都低於背景值，17:00 時一起突破背景值，新竹測站出現兩個極值，分別在 18:00 與 20:00 觀測到高於背景值 0.26、0.39 ppm；而頭份測站出現的三個極值則是在 18:00、21:00、隔天 0:00 分別觀測到高於背景值 0.13、0.19、0.27 ppm。

綜觀表三，中壢測站的 NMHC 背景值亦較其他地區來得大，18:00 出現的最大觀測值也大於其他地區。而最大距平值出現時間，頭份測站 0:00，新竹測站 20:00，桃園市 18:00~23:00，北北基 23:00~翌日 2:00，較沒有南邊先出現、北邊後出現的趨勢。

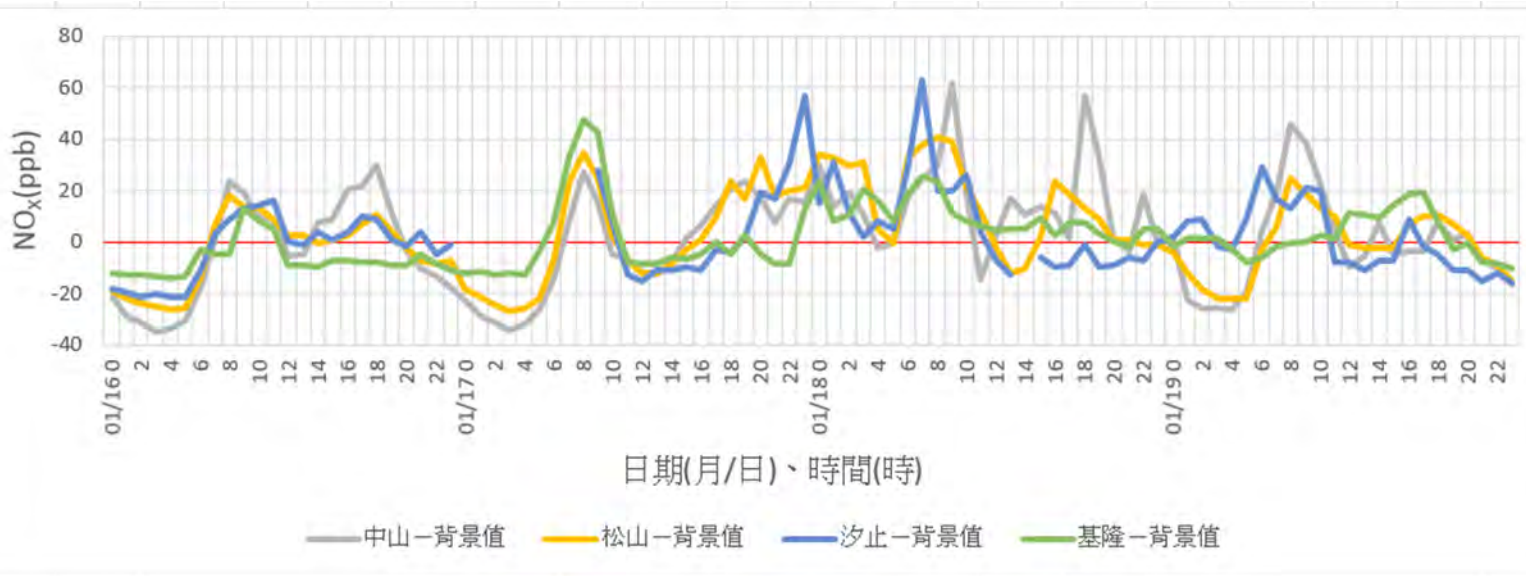
表三: NMHC 在各測站的數據分析

測項	NMHC	最大觀測值(ppm)	背景值(ppm)	最大距平值(ppm)	出現時間(時)
北北基	基隆	0.37	0.13	0.24	翌日 0
	汐止	-	-	-	-
	松山	0.5	0.16	0.34	翌日 2
	中山	0.57	0.23	0.34	翌日 2
	菜寮	-	-	-	-
	新莊	-	-	-	-
	板橋	0.54	0.26	0.28	23
	土城	0.46	0.20	0.26	翌日 0 *(22)
桃園市	內壢	0.33	0.16	0.17	23
	中壢	0.99	0.33	0.66	18
	平鎮	-	-	-	-
新竹縣市	湖口	-	-	-	-
	新竹	0.55	0.16	0.39	20*(18)
	竹東	-	-	-	-
苗栗縣	頭份	0.39	0.12	0.27	翌日 0*(18,21)
	苗栗	-	-	-	-
	三義	-	-	-	-

(表三資料來源: 研究者製)

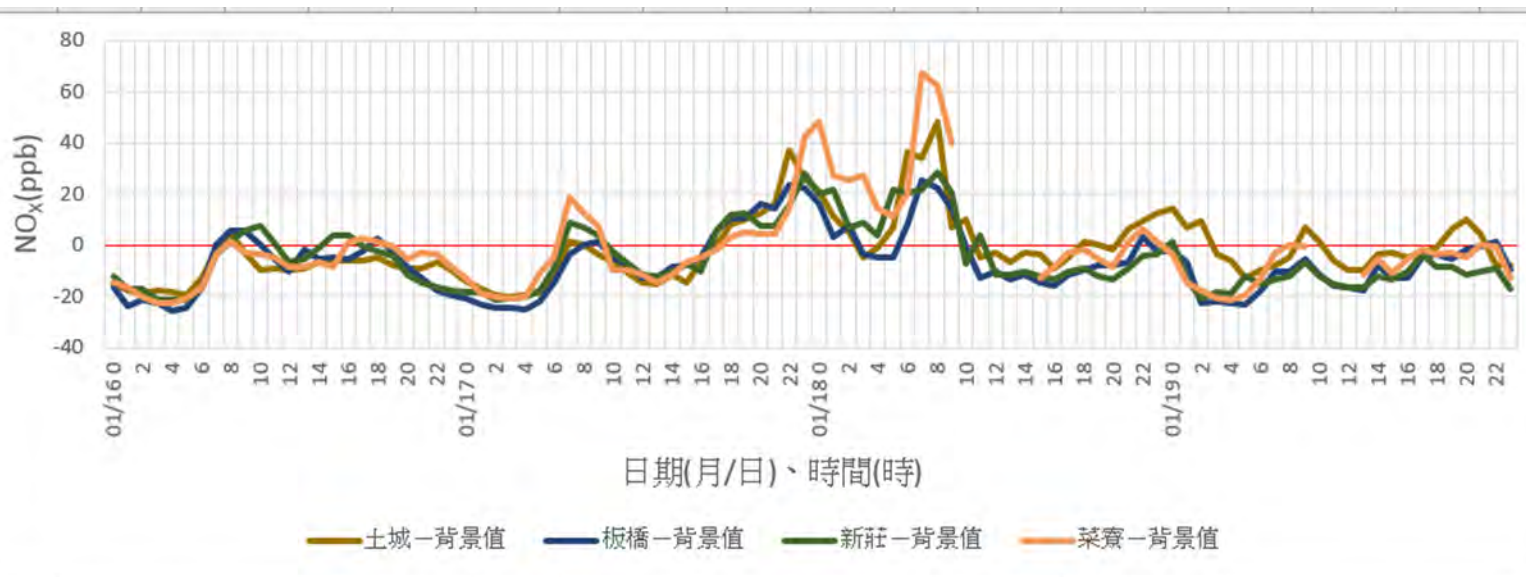
\*說明: 土城測站 22:00 有極值發生, 且接近最大距平值, 故將 (22) 補充在後。新竹測站 18:00 也有明顯極值發生, 故將 (18) 補充在後。頭份測站 18:00 及 21:00 亦有明顯極值發生, 故將 (18,21) 補充在後。

三、NO<sub>x</sub>折線圖:



圖六(a): 中山、松山、汐止、基隆測站的 NO<sub>x</sub>折線圖  
 (圖六(a)資料來源: 研究者繪製)

北北基的四個測站自 1 月 17 日 11:00 起都低於背景值，15:00 中山測站率先突破背景值，松山測站也在 16:00 突破背景值。上述兩個測站看似都有兩波極值，第一波大約 19:00 出現，中山測站 19:00 出現 23.5 ppb，松山測站則在 18:00 與 20:00 觀測到高於背景值 23.8、32.8 ppb；第二波在隔天 0:00 出現，中山與松山測站分別觀測到 29.5、33.8 ppb 的最大距平值。汐止測站則在 19:00 突破背景值，並在 23:00 出現 57.0 ppb 的最大距平值。基隆測站在 23:00 衝破背景值，並在隔天 0:00 出現 23.4 ppb 的最大距平值。



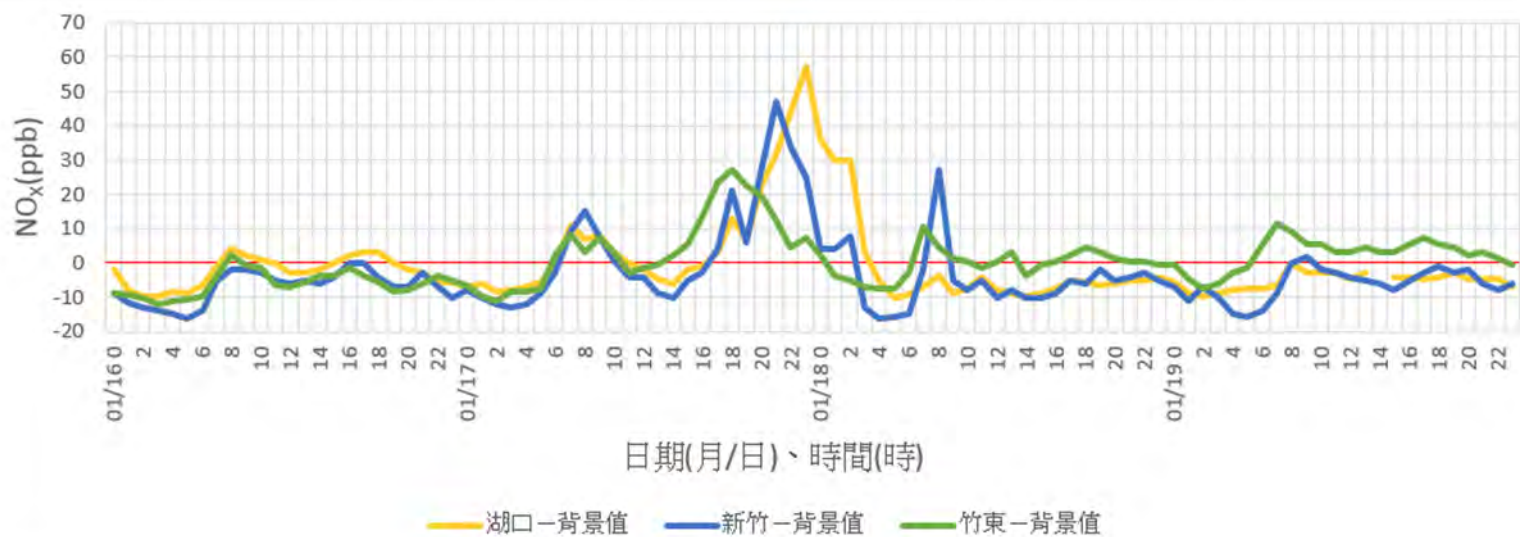
圖六(b): 土城、板橋、新莊、菜寮測站的 NO<sub>x</sub>折線圖  
 (圖六(b)資料來源: 研究者繪製)

這四個測站在 1 月 17 日 10:00 開始便低於背景值。土城、板橋、新莊測站皆在 17:00 衝破背景值，菜寮測站也接著在 18:00 衝破背景值。後來 22:00 時，這四個測站都急速上升，土城和板橋測站率先出現最大距平值，分別為 37.2、23.5 ppb。23:00 時新莊測站也出現最大距平值 27.7 ppb；隔天 0:00 時，菜寮測站也觀測到 48.4 ppb 的最大距平值，後各測站觀測值便逐漸下降。



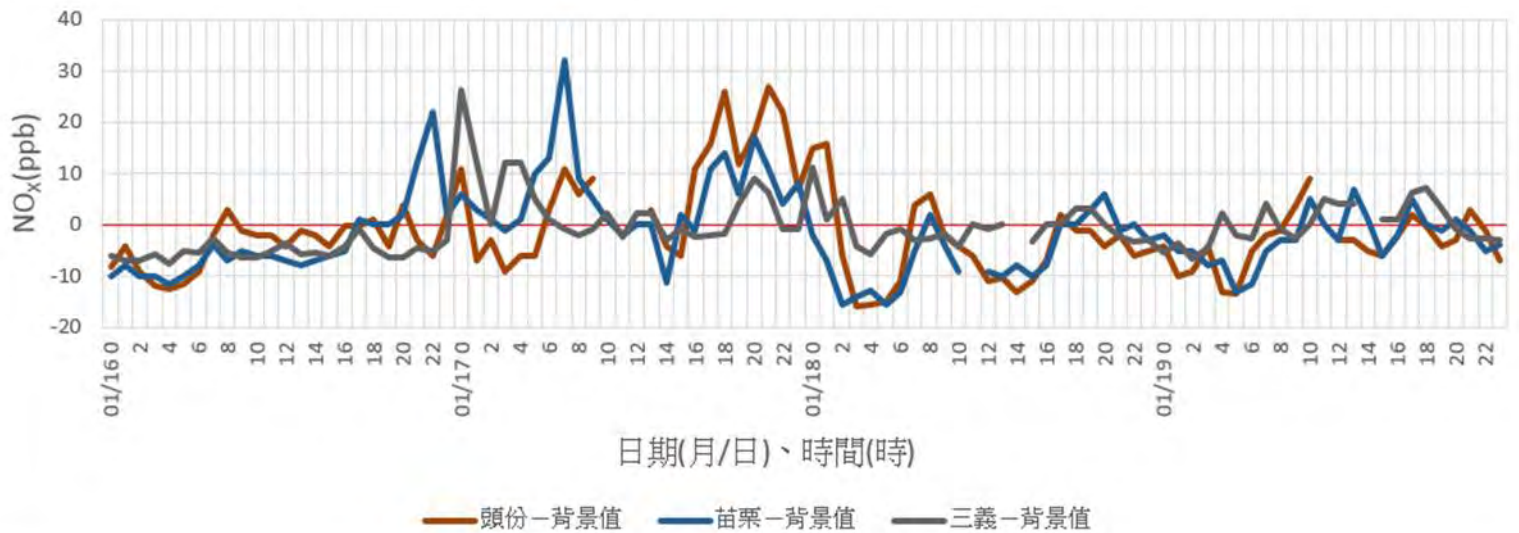
圖六(c): 內壢、中壢、平鎮測站的 NO<sub>x</sub> 折線圖  
(圖六(c)資料來源: 研究者繪製)

桃園市的測站中，中壢測站在 1 月 17 日 14:00 突破背景值後一路上升，後出現兩個極值，分別在 18:00 與 22:00 觀測到高於背景值 66.0、67.0 ppb。至於平鎮測站是在稍晚的 16:00 突破背景值，內壢測站在 17:00 突破背景值，這兩個測站在突破背景值後皆緩慢上升，到了 20:00 平鎮測站開始攀升，內壢測站也在 22:00 開始攀升，最後平鎮和內壢測站分別在 22:00 與 23:00 出現最大距平值 67.6、61.4 ppb。後這三個測站也逐漸降回背景值。



圖六(d): 湖口、新竹、竹東測站的 NO<sub>x</sub> 折線圖  
(圖六(d)資料來源: 研究者繪製)

新竹縣市內的竹東測站在 1 月 17 日 14:00 突破背景值後逐漸上升，並在 18:00 出現 27.4 ppb 的最大距平值。新竹及湖口測站皆在 17:00 衝破背景值，且都出現兩波極值，第一波同時在 18:00 出現，分別為 21.0、13.1 ppb。第二波新竹測站較先出現，在 21:00 時觀測到 47.0 ppb 的最大距平值，而湖口測站較晚，在 23:00 觀測到 57.1 ppb 的最大距平值。



圖六(e): 頭份、苗栗、三義測站的 NO<sub>x</sub> 折線圖  
(圖六(e)資料來源: 研究者繪製)

苗栗縣三個測站從 1 月 17 日 9:00 開始，觀測值一直在背景值附近徘徊。16:00 時頭份測站率先衝破背景值，苗栗測站 17:00、三義測站 19:00 時也相繼衝破背景值。這三個測站皆出現三波極值，其中第二波都是這三個測站的最大距平值。第一波頭份與苗栗測站出現在 18:00，三義測站則在 20:00 出現；第二波最大距平值，苗栗測站出現在 20:00 的 17.0 ppb，頭份測站出現在 21:00 的 26.9 ppb，三義測站出現在隔天 0:00 的 11.2 ppb；第三波苗栗測站在 23:00 出現，頭份測站在隔天 1:00 出現，而三義測站最晚，到了 2:00 才出現。

綜觀表四，中壢測站 NO<sub>x</sub> 的最大觀測值與背景值都較其他地區來得大，而桃園市三個測站的最大距平值皆大於其他區域，且都高於 60 ppb。至於最大距平值出現時間，三義測站為翌日 0:00，與苗栗、頭份測站相比顯得特別晚。由圖八(c)得知，三義測站 1 月 17、18 日幾乎都吹北風，並沒有起西風、南風，推測其污染物的移動方式與其它測站不同，只能藉由擴散的方式移動，因而使出現最大距平值的時間延遲。



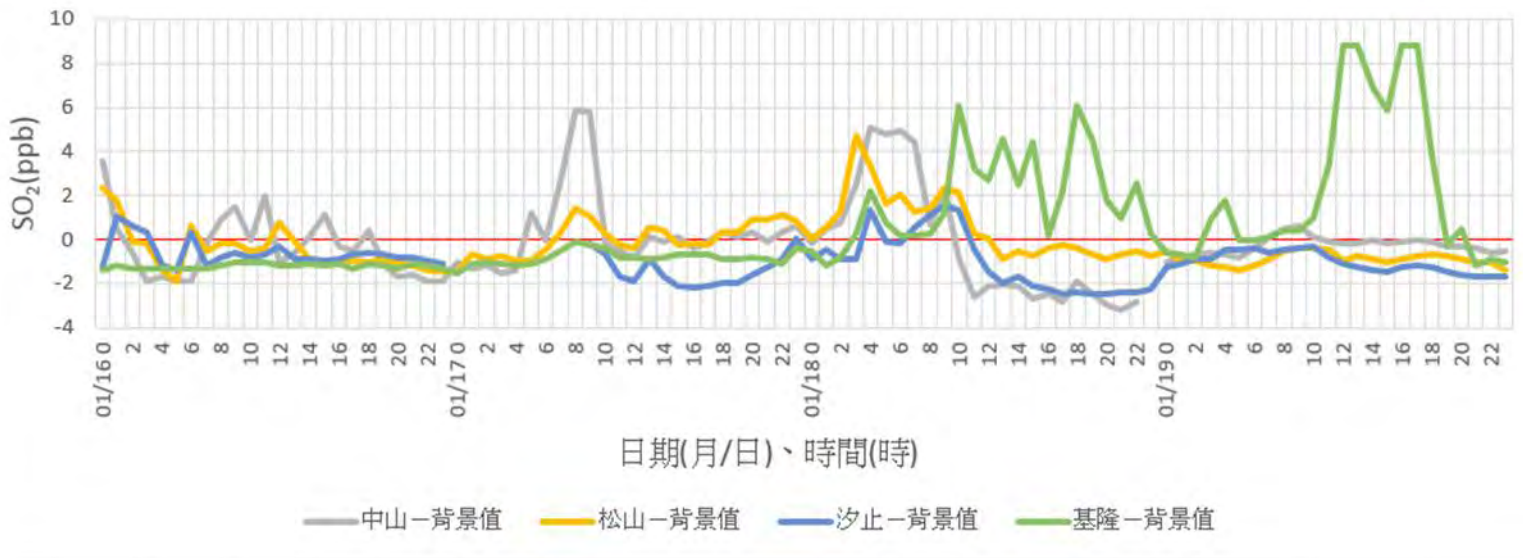
表四: NO<sub>x</sub> 在各測站的數據分析

測項	NO <sub>x</sub>	最大觀測值(ppb)	背景值(ppb)	最大距平值(ppb)	出現時間(時)
北北基	基隆	39	15.6	23.4	翌日 0
	汐止	84	27.0	57.0	23
	松山	65	31.2	33.8	翌日 0
	中山	70	40.5	29.5	翌日 0
	菜寮	75	26.6	48.4	翌日 0
	新莊	55	27.3	27.7	23
	板橋	55	31.5	23.5	22
	土城	62	24.8	37.2	22
桃園市	內壢	82	20.6	61.4	23
	中壢	113	46.0	67.0	22
	平鎮	90	22.4	67.6	22
新竹縣市	湖口	71	13.9	57.1	23
	新竹	68	21.0	47.0	21 *(18)
	竹東	42	14.6	27.4	18
苗栗縣	頭份	47	20.1	26.9	21
	苗栗	38	21.0	17.0	20
	三義	23	11.8	11.2	翌日 0

(表四資料來源: 研究者製)

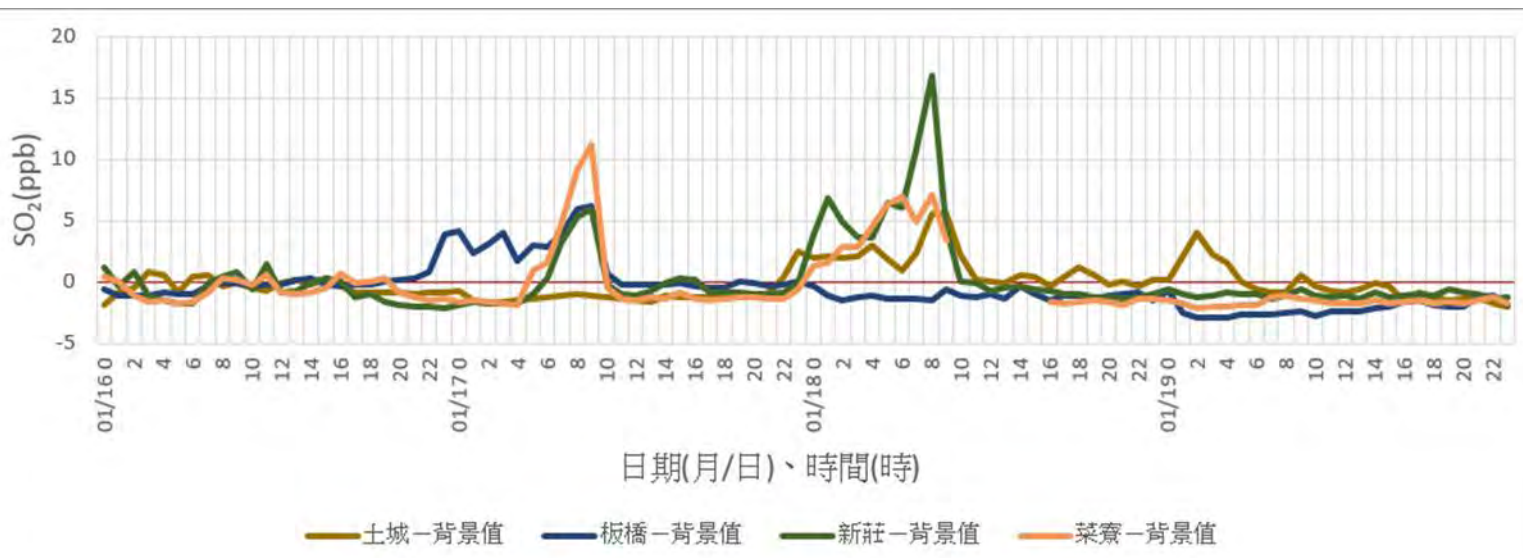
\*說明: 新竹測站的最大距平值出現時間為 21:00, 但 18:00 時也有明顯極值發生, 故將 (18) 補充在後。

四、SO<sub>2</sub>折線圖:



圖七(a): 中山、松山、汐止、基隆測站的 SO<sub>2</sub>折線圖  
 (圖七(a)資料來源: 研究者繪製)

自 1 月 17 日 10:00 開始，這四個測站觀測值都在背景值附近。隔天 1:00 中山與松山測站開始上升，基隆測站也在 2:00 開始上升。3:00 時松山測站率先出現最大距平值 4.7 ppb，4:00 時中山測站也出現 5.1 ppb 的最大距平值，汐止與基隆測站在同一時間亦出現 1.3、2.2 ppb 的極值。在這之後，中山、松山、汐止測站皆逐漸降到低於背景值以下，但基隆測站在 10:00 過後一直到 1 月 19 日都不斷有高峰值出現。



圖七(b): 土城、板橋、新莊、菜寮測站的 SO<sub>2</sub>折線圖  
 (圖七(b)資料來源: 研究者繪製)

自 1 月 17 日 10:00 起，這四個測站皆在背景值附近游走。土城測站率先於 22:00 衝破背景值，23:00 時出現一個極值，高於背景值 2.5 ppb。隔天 0:00~3:00 皆維持 2.0 ppb，4:00 時

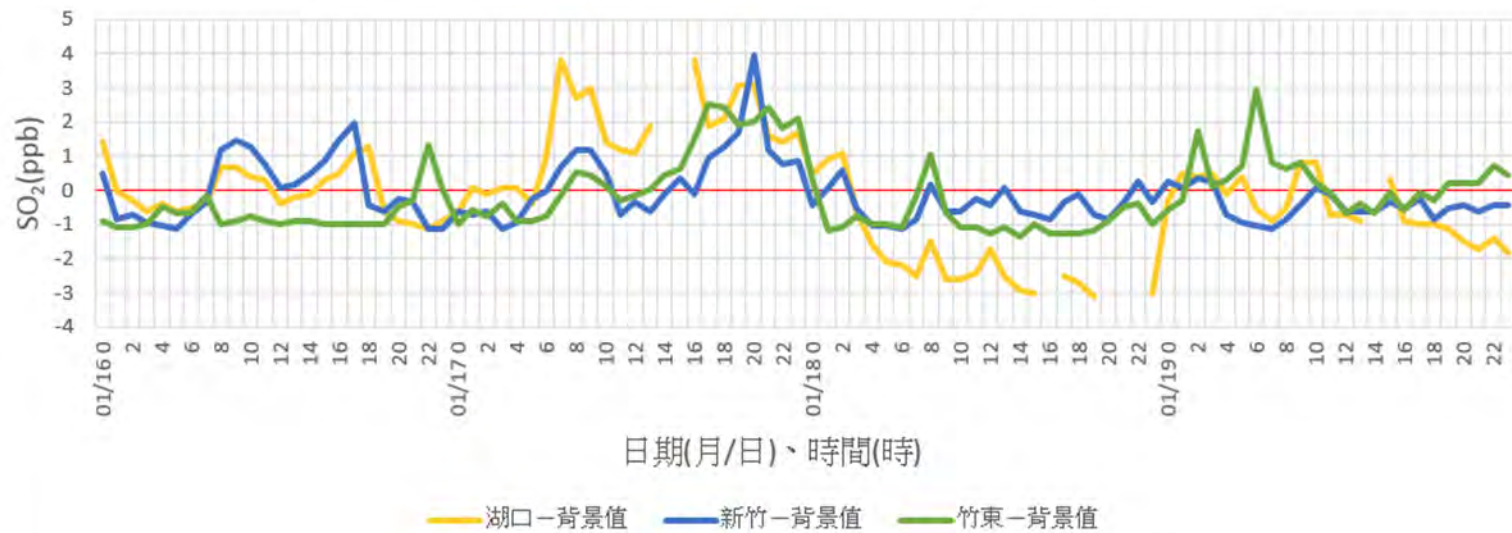
又出現一個極值，高於背景值 3.0 ppb。新莊和菜寮測站則是在隔天 0:00 才衝破背景值，新莊測站 1:00 出現 6.9 ppb 的極值，而菜寮測站則是持續上升，出現極值時已經 6:00 了 7.0 ppb。當這三個測站紛紛觀測到最大距平值時，板橋測站卻從 0:00 開始一直低於背景值，持續到土城、新莊、菜寮測站都降回背景值了，板橋測站依舊沒有極值出現。



圖七(c): 內壢、中壢、平鎮測站的 SO<sub>2</sub>折線圖

(圖七(c)資料來源: 研究者繪製)

從 1 月 17 日 10:00 開始，桃園市這三個測站皆低於背景值。15:00 中壢及平鎮測站突破背景值後，都在 20:00 時出現最大距平值 5.8、5.5 ppb。而後兩測站的觀測值開始下滑，卻在 23:00 又出現第二波極值，中壢及平鎮測站分別為 4.4、3.6 ppb，最後才逐漸降回背景值。至於內壢測站則是在 18:00 才突破背景值並一路上升，一直到隔天 0:00 出現最大距平值 6.9 ppb。



圖七(d): 湖口、新竹、竹東測站的 SO<sub>2</sub>折線圖

(圖七(d)資料來源: 研究者繪製)

湖口測站在 1 月 17 日 12:00 後，觀測值開始上升，於 16:00 出現最大距平值 3.8 ppb，後觀測值逐步下降。新竹測站則在 15:00 突破背景值後一路攀升，到了 20:00 時出現最大距平值 4.0 ppb。至於竹東測站 13:00 時便突破背景值開始上升，於 17:00 時出現最大距平值 2.5 ppb，接下來的七個小時 (17:00~23:00) 都維持在 1.8~2.5 ppb 之間，隔天 0:00 才開始下降。



圖七(e): 頭份、苗栗、三義測站的 SO<sub>2</sub> 折線圖

(圖七(e)資料來源: 研究者繪製)

頭份測站在 1 月 17 日 17:00 衝破背景值後，21:00 出現最大距平值 8.6 ppb，下降後又在隔天 0:00 開始上升，1:00 時出現第二波極值 4.9 ppb，後來觀測值才降回背景值之下。苗栗測站在 15:00 及 17:00 先後出現兩波極值，分別是 2.5、1.9 ppb，之後觀測值便一路下滑，自 19:00 開始一直到隔天 7:00 都低於背景值。三義測站也是類似的趨勢，自 1 月 17 日 17:00 一直到隔天 12:00 的觀測值都低於背景值，只有在 0:00 時出現 0.03 ppb 的小極值。

綜觀表五，三義測站 SO<sub>2</sub> 的背景值遠低於其它地區，而中壢與板橋測站的背景值稍高，都是 3.6 ppb；而最大距平值出現時間，頭份測站 21:00，新竹縣市 16:00~20:00，桃園市 20:00 ~ 翌日 0:00，北北基翌日 1:00~4:00，大致上來講，南邊較先出現最大距平值，北邊比較晚。

表五: SO<sub>2</sub>在各測站的數據分析

測項	SO <sub>2</sub>	最大觀測值(ppb)	背景值(ppb)	最大距平值(ppb)	出現時間(時)
北北基	基隆	4.4	2.2	2.2	翌日 4
	汐止	4.1	2.8	1.3	翌日 4
	松山	7.2	2.5	4.7	翌日 3
	中山	7.9	2.8	5.1	翌日 4
	菜寮	9.8	2.8	7.0	翌日 6 #
	新莊	10	3.1	6.9	翌日 1
	板橋	無極值	3.6	無極值	無極值
	土城	5.6	2.6	3.0	翌日 4 *(23)
桃園市	內壢	9.8	2.9	6.9	翌日 0
	中壢	9.4	3.6	5.8	20
	平鎮	8.5	3.0	5.5	20
新竹縣市	湖口	6.5	2.7	3.8	16
	新竹	6.4	2.4	4.0	20
	竹東	4.5	2.0	2.5	17
苗栗縣	頭份	11	2.4	8.6	21
	苗栗	5.5	3.0	2.5	15 \$
	三義	2.1	1.6	0.5	13 \$

(表五資料來源: 研究者製)

#說明: 最大距平值選取範圍為 1 月 17 日 10:00 ~ 1 月 18 日 4:00 的原因是, 交通汙染並不是本文探討範疇, 6:00 已經屬於上班通勤時間, 因此不予討論。

\*說明: 土城測站的最大距平值出現時間為翌日 4:00, 但 23:00 時也有極值發生, 且接近最大距平值, 故將 (23) 補充在後。

\$說明: 泰豐輪胎廠是在大約 15:30 發生火警, 而苗栗、三義測站最大距平值出現時間分別為 15:00 及 13:00, 顯然地, 這不是輪胎廠火災造成的, 因此不予討論。

## 伍、討論

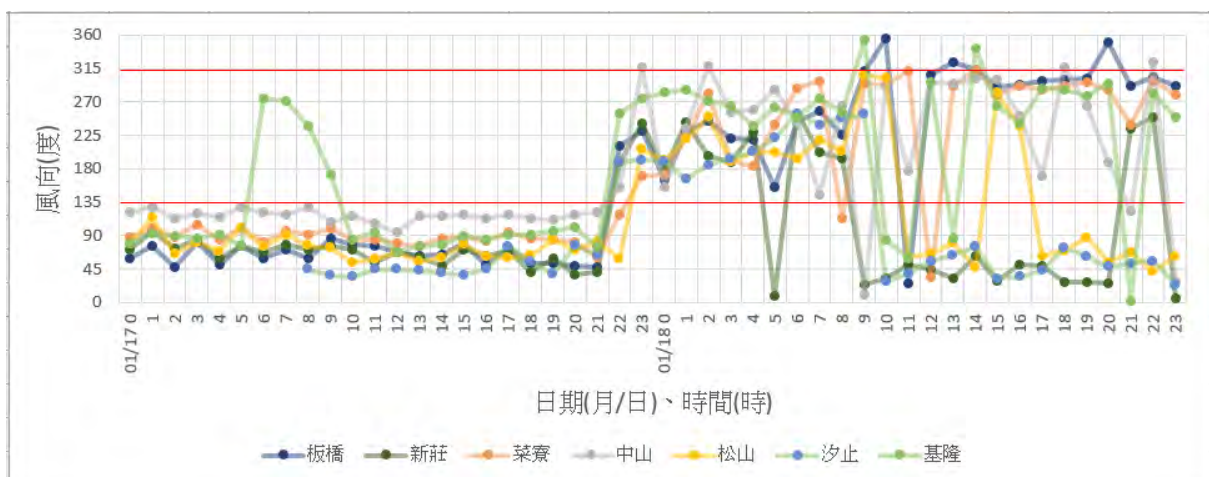
### 一、「最大距平值」：

由表二、三、四、五大致上可看出，內壢、中壢、平鎮測站的最大距平值通常是十七個測站裡最高的，而且從桃園市分別往北或往南走，最大距平值出現遞減的趨勢。雖然有些測站的最大距平值與內壢、中壢、平鎮測站接近，甚至超過，例如汐止測站的 NO，以及新莊、菜寮、中山、頭份測站的 SO<sub>2</sub>；或者某幾個測站在往北或往南走的過程，最大距平值突然明顯較高，例如菜寮測站的 NO，以及汐止、菜寮測站的 NO<sub>x</sub>，但都不影響整體趨勢分布。

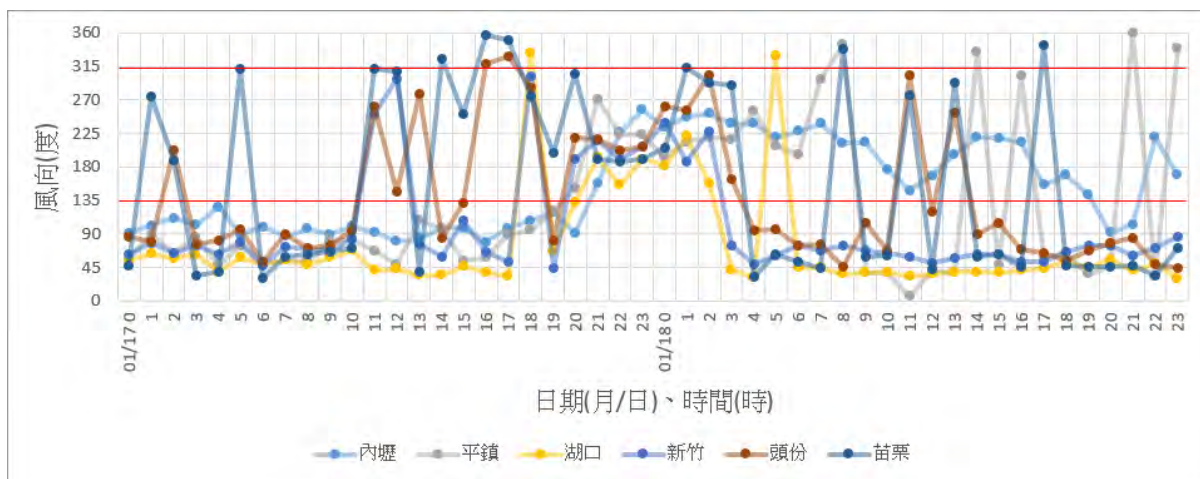
再由最大距平值的分布可見，泰豐輪胎廠大火的污染物並沒有特定往某個方向移動，似乎是平均地向北和向南擴散。可推論，當時的風向對污染物的移動沒有顯著的影響，整體而言，是以中壢的泰豐輪胎廠為中心，距離泰豐輪胎廠愈近，所測到的最大距平值愈大，反之亦然。回顧研究動機提到的兩派說法，天氣即時預報認為污染物會往北方移動，氣象專家林嘉愷認為盛行東北季風的 1 月，污染物不易往北飄移，似乎都與本研究的結果相左。至於汐止及菜寮測站的最大距平值多高於鄰近測站，推測是由當地自生的污染物，與泰豐輪胎廠造成的污染物疊加後的結果。

### 二、「最大距平值出現時間」：

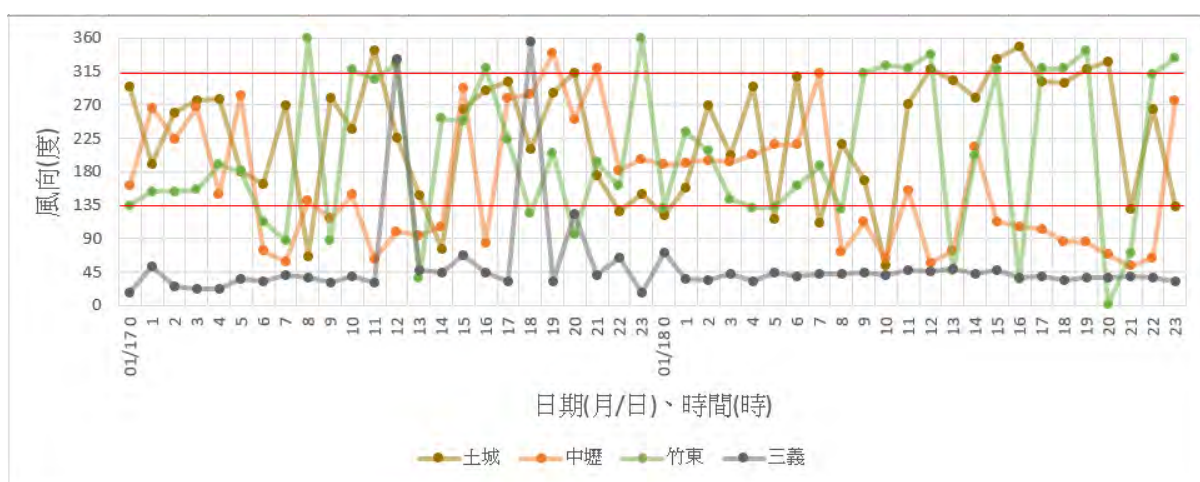
圖八是十七個測站在 1 月 17 日 0:00 ~ 1 月 18 日 23:00 的風向圖。由於將十七個測站全部畫在同一張圖裡會過於混亂，因此我將土城以北的測站畫成圖八(a)，內壢以南的測站畫成圖八(b)，而土城、中壢、竹東、三義測站的趨勢比較不同，為了不影響折線圖的判讀，故將它們另外畫在圖八(c)。圖中兩條紅線內的範圍是風向 135°~315° 之間的區域，當測站風向出現在此範圍內，表示測站出現偏西風或偏南風。



圖八(a): 板橋、新莊、菜寮、中山、松山、汐止、基隆測站風向隨時間的變化圖  
(圖八(a)資料來源: 研究者繪製)



圖八(b): 內壢、平鎮、湖口、新竹、頭份、苗栗測站風向隨時間的變化圖  
(圖八(b)資料來源: 研究者繪製)



圖八(c): 土城、中壢、竹東、三義測站風向隨時間的變化圖  
(圖八(c)資料來源: 研究者繪製)

觀察圖八(a)(b)可見，各測站在 19:00 以前大致上以吹東風為主。到了 20:00，圖(b)裡的測站陸續轉為西風、南風，並持續到隔天 2:00；圖(a)裡的測站 22:00 時也陸續轉為西風、南風，並持續到隔天 8:00。9:00 開始，部分測站吹東風，其他測站吹西風、南風。為了探討這些測站起西風、南風，是否與最大距平值出現時間相關，我將十七個測站持續出現西風、南風的時段，以及各測項在各測站出現最大距平值的時間條列出來，做成表六。

表六: 各測站西風、南風持續出現的時間與各測項最大距平值出現時間表

測站	持續吹西風、南風時段	最大距平值出現時間(時)			
		NO	NMHC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
基隆	22:00 ~ 翌日 8:00	翌日 0	翌日 0	翌日 0	翌日 4
汐止	22:00 ~ 翌日 9:00	23	-	23	翌日 4
松山	23:00 ~ 翌日 10:00	翌日 0	翌日 2	翌日 0	翌日 3
中山	22:00 ~ 翌日 20:00	翌日 0	翌日 2	翌日 0	翌日 4
菜寮	23:00 ~ 1/20 8:00	翌日 0	-	翌日 0	翌日 6 #
新莊	22:00 ~ 翌日 8:00	翌日 1*(23)	-	23	翌日 1
板橋	22:00 ~ 1/19 14:00	23	23	22	無極值
土城	-	22	翌日 0*(22)	22	翌日 4*(23)
內壢	21:00 ~ 翌日 19:00	23	23	23	翌日 0
中壢	-	22	18	22	20
平鎮	20:00 ~ 翌日 7:00	22	-	22	20
湖口	21:00 ~ 翌日 2:00	23	-	23	16
新竹	18:00 & 20:00 ~ 翌日 2:00	21	20*(18)	21 *(18)	20
竹東	-	19	-	18	17
頭份	18:00 & 20:00 ~ 翌日 3:00	21	翌日 0*(18,21)	21	21
苗栗	18:00 ~ 翌日 3:00	20	-	20	15 \$
三義	-	20	-	翌日 0	13 \$

(表六資料來源: 研究者製)

從表六能夠發現，各測項在各測站的最大距平值，幾乎都在西風、南風起之後才出現，但是中壢以北和中壢以南之風向與最大距平值的時間相關性不完全相同，因此分區討論。



中壢以北的測站，污染物的最大距平值都出現在西風、南風起之後，可見近地面風將泰豐輪胎廠產生的污染物順利地帶至北方。

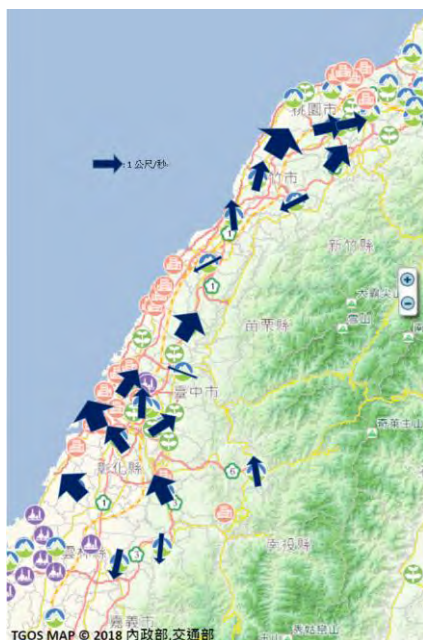
但在討論中壢以南時，就會出現問題。假如苗栗縣以南向北、向東吹來的空氣品質較佳，且帶走火災的污染物向北輸送，則中壢以南測站的污染物測值應該下降才是。可是，新竹縣市與苗栗縣的最大距平值依然多發生在西風、南風起之後。另外，表六中「\*」符號後括號裡的時間，代表最大距平值出現之前，尚有出現相對明顯極值的時間。新竹測站 18:00 吹西風、南風時，NMHC 與 NO<sub>x</sub> 也出現明顯的極值，頭份測站的 NMHC 也有相似的情況。因此我們能夠推斷，苗栗縣以南吹上來的西風、南風，含有一定量的污染物。此現象與 2017 年 1 月桃園市三測站吹西風、南風時的空氣污染物濃度較高相同(陳柏佑，2017)，可見西風、南風能將苗栗以南的污染物帶至北方。

當這個推論合理時，即能解釋表六所看到的情形了。當西風、南風吹拂後，若與已經擴散至當地的泰豐輪胎廠火災污染物相疊加，就會使得苗栗至基隆測站出現最大距平值。因此 2017 年 1 月 17 日下午開始，臺灣北部觀測到的污染物測值上升，並不只是因為泰豐輪胎廠大火造成的，還包括西風、南風起將苗栗縣以南的污染物帶往臺灣北部地區。

### 三、「西風、南風起成因」：

一月的風向受西伯利亞高壓影響，多為東北風。觀察 2017 年 1 月臺灣北部的風向，普遍長時間出現西風、南風的日子有：1/2、1/4~8、1/17~19、1/27~29。我選取吹西風、南風的時段，將雲林以北環保署測站所測到的風向畫在地圖上，看看能否找出什麼系統造成臺灣北部西風、南風起。風場圖中的箭頭表示風向，箭號的粗細程度代表風速大小，愈粗的箭頭代表風速愈大。由於在連續的幾個小時中，風場配置多相同(圖八)，因此，我取其中一個小時的風場圖作為代表。除了 1 月 2 日的風場圖分布找不出規律性之外，其他時間分列如下：

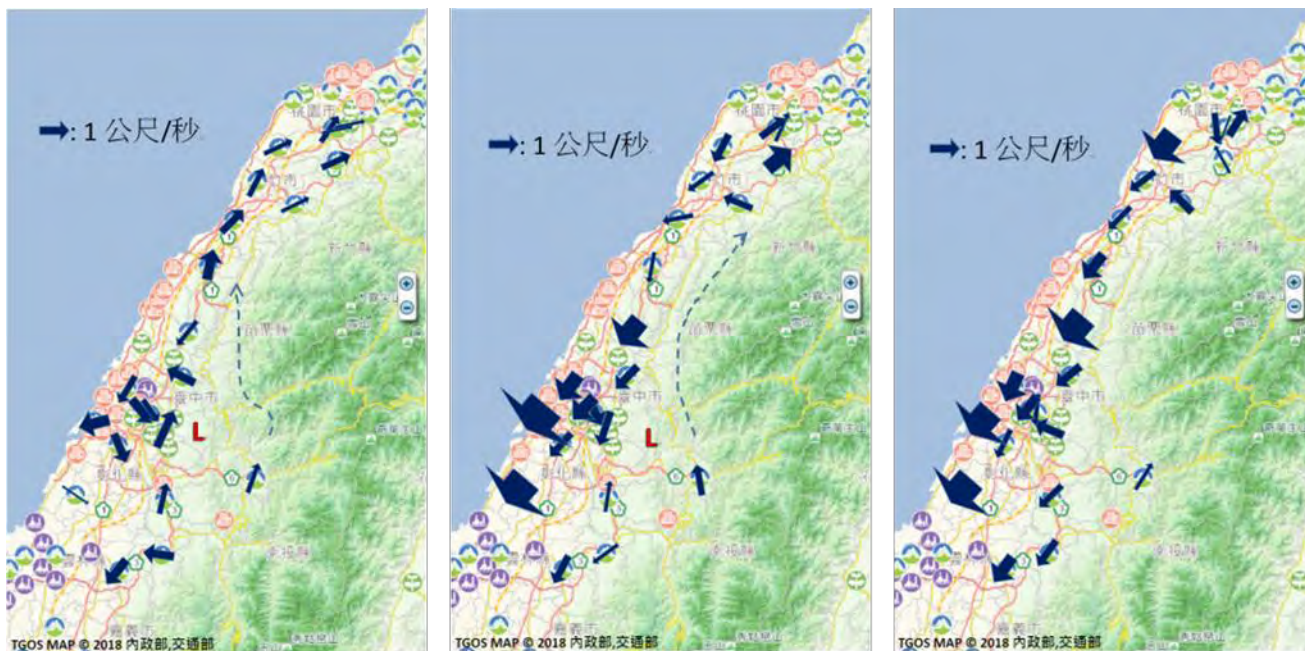
(一) 1/4~8:



圖九: 1月5日 7:00 雲林以北測站風場圖  
(圖九資料來源: 研究者繪製)

此處選取 1月5日 7:00 的風場作為代表，圖九中可見彰化二林以北幾乎都吹西風、南風，事實上，臺灣北部在 1月4日~8日也出現持續性的西風、南風。由這張圖能看出，這股西風、南風由彰化一路影響到北部地區，但看不出是什麼系統產生這股西風、南風的。

(二) 1/17~19:



(a) 2017.01.17 21:00

(b) 2017.01.18 4:00

(c) 2017.01.18 8:00

圖十: 1月17日~18日 雲林以北測站風場圖  
(圖十資料來源: 研究者繪製)

1月17日 19:00~隔天 2:00 的風場模式類似，畫成圖十(a)。隔天 3:00~5:00 的風場由圖十(b)代表；6:00 以後的風場由圖十(c)代表。從圖十(a)可以看到 1月17日 21:00 時，苗栗測站以北到內壢測站都吹西風、南風，而三義測站以南的風向看起來十分雜亂。但再仔細觀察，可隱約看出逆時針旋轉的風場，因此推論紅色 L 區可能出現低氣壓。此低壓環流撞到中央山脈後，可能沿著山脈北上 (如虛線所示)，使北部地區因而出現西風、南風。

到了隔天 4:00(圖十(b))，逆時針旋轉的風場似乎已經不見，但是在紅色 L 區的西北方仍然吹東北風，而東南方也吹著南風，因此，紅色 L 仍有可能為低氣壓中心處，氣流沿著山脈往北送，導致平鎮測站以北仍吹西風、南風。直到 8:00(圖十(c))，原紅色 L 區的低氣壓似乎消失，但內壢測站以北仍然吹著西風、南風。

(三) 1/27~29:



(a) 2017.01.29 2:00



(b) 2017.01.29 5:00

圖十一: 1月29日雲林以北測站風場圖

(圖十一資料來源: 研究者繪製)

1月29日 0:00~4:00 的風場配置接近，以圖十一(a)為代表；5:00 後風場稍微改變，此風場持續至 8:00，畫成圖十一(b)。觀察圖十一(a)，臺中市區有一個明顯且強烈的逆時針環

流，推測當時此處出現低氣壓，使氣流一樣沿著山脈向北輸送，讓當時新竹測站以北都出現西風、南風。而 5:00 時(圖十一(b))位在臺中市區的強烈逆時針環流消失，但是在紅色 L 區的西北方依舊有東北風存在，東南方也有西南風存在，可見此紅色 L 處的氣壓依然較低，使湖口測站以北繼續出現西風、南風。

整體而言，2017 年 1 月造成臺灣北部有持續性西風、南風的成因可能有兩種，第一種是直接由臺灣中部出現一股西風、南風，一路往北吹拂，其形成的機制仍需後續研究；第二種是在臺中附近的低壓環流撞擊中央山脈後，沿著山脈往北輸送的結果。

## 陸、結論

- 一、泰豐輪胎廠產生的污染物沒有往特定的方向移動，看起來平均地向北和向南擴散。大致上是以泰豐輪胎廠為中心，距離輪胎廠愈遠，最大距平值愈小。
- 二、中壢測站的背景值多高於其他測站，可能是中壢工業區的排放，抑或與中壢測站屬於交通測站有關。
- 三、在火災造成觀測到污染物濃度上升之後，當西風、南風吹起，將苗栗縣以南的污染物帶往北方，導致測站觀測到的空氣品質再度變差。故由研究可知，2017 年 1 月 17、18 日之間，臺灣北部空氣品質除了與中壢輪胎廠火災有關，還有外地移入的影響。
- 四、2017 年 1 月讓臺灣北部出現西風、南風的原因有二。一是一股西風、南風直接由中部往北吹拂，二是位於臺中附近的低氣壓環流撞擊中央山脈後，沿著山脈向北輸送；而 1 月 17 日晚上吹起的西風、南風屬於第二種。

## 柒、參考資料

鄭市長探視泰豐輪胎廠周邊居民，由中壢區公所安排入住旅店。2018 年 4 月 11 日，取自 [http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0,1&mcustomize=news\\_view.jsp&dataserno=201701170006&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap\\_root,o=tycg,c=tw&toolsflag=Y](http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0,1&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=201701170006&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap_root,o=tycg,c=tw&toolsflag=Y)

針對泰豐火災事件後落塵清理之說明。2018 年 4 月 11 日，取自 [http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0,1&mcustomize=news\\_view.jsp&dataserno=201701180002&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap\\_root,o=tycg,c=tw&toolsflag=Y](http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0,1&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=201701180002&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap_root,o=tycg,c=tw&toolsflag=Y)

天氣即時預報 (2017)。輪胎工廠大火，從氣象看污染物怎麼走。2017 年 7 月 21 日，取自 <https://www.facebook.com/weather.taiwan/photos/a.1295289510526804.1073741828.433004610088636/1256256471096775/?type=3&theater>

陳柏佑 (2017)。什麼！輪胎竟然那麼強大？！——且看 2017.01.17 中壢泰豐輪胎廠大火對空氣品質的影響。2018 年 3 月 2 日，取自

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/11/2017110100422631.pdf>

Discovery(2015)。台灣製造大解密 第二集 輪胎篇。2018 年 4 月 11 日，取自

<https://www.youtube.com/watch?v=4uhQyZBP1UY>

高錦仁、蘇意倫 (編著)(2017)。選修化學(下)講義。新北市: 康熙文化事業股份有限公司。

環保署空氣品質監測網。取自 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/HourlyData.aspx>

## 【評語】 051903

1. 作者具備高度大氣科學研究熱誠，並進行 2017 年 1 月中壢泰豐輪胎廠失火所產生空氣汙染物的分佈與移動與大氣風場之關係研究，研究主題貼切、具實質重要性，也包含大氣科學的研究探討。
2. 整體專題研究完整、符合科學探討邏輯。比較美中不足的是其事件之汙染物傳播需要考慮到台灣西半部大氣風場的時空變化，僅僅使用所展示的環保署測站風場資料無法真切的呈現事件當天大氣風場的變化，如果能補上較為完整精細的風場時空變化，將會讓結論更具說服力。

# 事件探微

2017年1月17日  
@桃園市中壢區

2017年1月17日15:30左右，位於桃園市中壢區的泰豐輪胎股份有限公司的輪胎廠發生大火。17:00時將現場提升為四級火警，桃園市政府立刻於現場成立前進指揮所。經過消防人員全力搶救後，火勢於19:36獲得控制。火勢延燒了6個多小時，終於在21:50將火勢撲滅。



▲泰豐輪胎廠大火事件時間軸

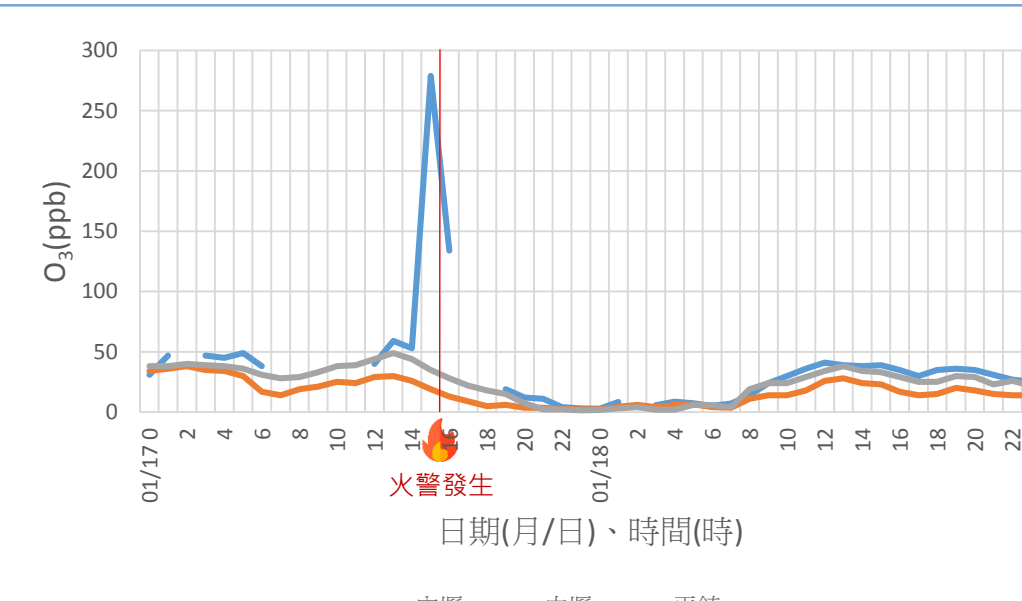
## 壹、研究動機

### 火警

- 泰豐輪胎廠大火過後，對其產生的空氣汙染物之移動情形，眾說紛紜，非常分歧。
- 我著手研究，做成小論文「什麼！輪胎竟然那麼強大?!——且看2017.01.17中壢泰豐輪胎廠大火對空氣品質的影響」

### 小論文

- 研究範圍: 內壢、中壢、平鎮測站(距泰豐輪胎廠均不超過4公里)
- 研究結果:
  - 在小尺度範圍裡，三測站的風向與汙染物測值的變化，沒有密切關係，距離效應應為汙染物擴散的主因。
  - O<sub>3</sub>濃度在火災時驟降，以接近0 ppb的濃度維持近12小時。而SO<sub>2</sub>等九種氣體的監測數據，在泰豐輪胎廠起火後皆開始上升，可見這起大火確實影響了中壢地區的空气品質。
  - 三測站在2017年1月吹西風、南風時監測到的汙染物濃度，都比吹東風、北風時還高。



▲O<sub>3</sub>濃度在泰豐輪胎廠大火時驟降

	內壢			中壢			平鎮		
	NO (ppb)	NO <sub>x</sub> (ppb)	CO (ppm)	NO (ppb)	NO <sub>x</sub> (ppb)	CO (ppm)	NO (ppb)	NO <sub>x</sub> (ppb)	CO (ppm)
西、南風	4.462	25.184	0.676	21.288	47.459	1.007	7.248	30.327	0.514
東、北風	2.086	16.224	0.565	12.805	36.805	0.736	2.225	17.127	0.404

▲2017年1月吹西風、南風時的汙染物濃度比較高

### 科展

- 由於大氣的流動不受限於縣界，本文將繼續研究其它地區與中壢地區空氣品質的連動性，以及泰豐輪胎廠大火是否也影響其它地區的空氣品質。
- 研究範圍: 苗栗縣以北十七個環保署空氣品質測站

## 貳、研究步驟

### 一、蒐集背景資料

蒐集2016年1月以及2017年1月，十七個環保署空氣品質測站的觀測數據。

### 二、計算「背景值」

將2016年1月以及2017年1月每天各小時觀測值加總後取平均，定此平均值為各測站的「背景值」。

### 三、篩選汙染物

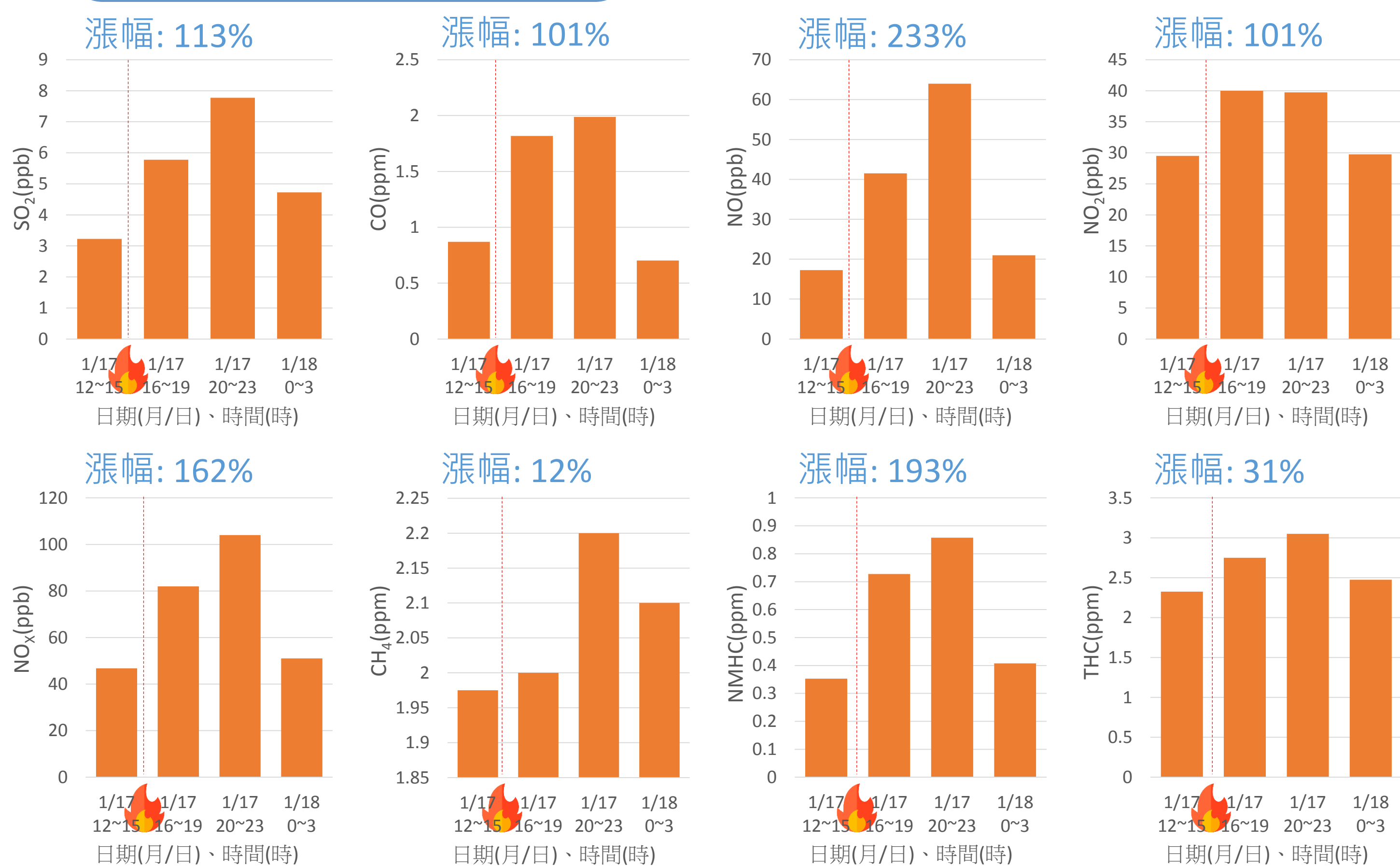
輪胎是由許多不同材料製成的。輪胎廠燃燒時，SO<sub>2</sub>、CO、NO、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CH<sub>4</sub>、NMHC、THC皆有可能產生，本研究以NO、NMHC、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>為代表進行研究。

### 四、畫出折線圖

取1月16日~1月19日的觀測數據，減掉其背景值後畫出折線圖。圖表上的折線若斷掉不連續，是因為缺乏資料或是無有效資料值所導致。

### 五、計算「最大距平值」

將1月17日10:00~1月18日4:00之間的最大值定為「最大觀測值」，再將最大觀測值減去其背景值後得到「最大距平值」。



◀中壢測站1月17日12:00~1月18日3:00每四小時平均的濃度變化圖(漲幅:最大距平值除以該小時背景值)這八種氣體的變化趨勢非常相似，其中以NO、NMHC、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>上升幅度較大。

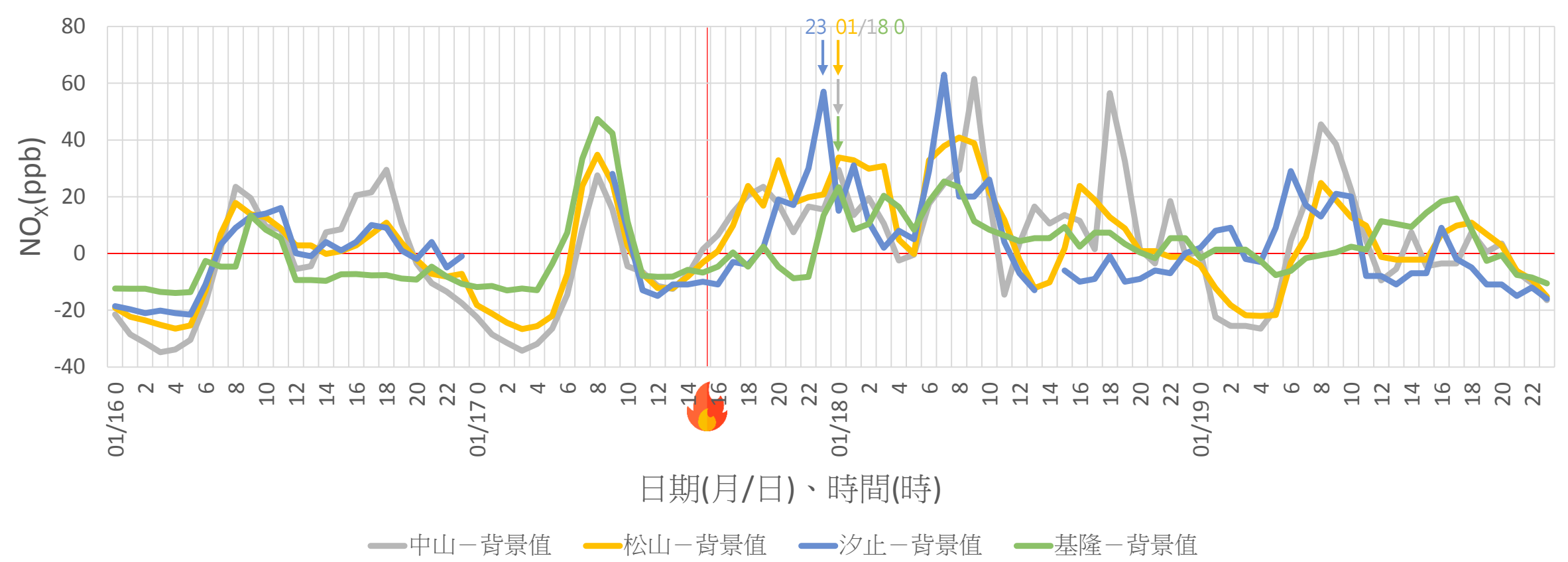
# 參、研究結果(以NO<sub>x</sub>為例)

## •以縣市分區討論

### 北北基

測站由北至南依序: 基隆、汐止、松山、中山  
(代表火警發生時間)

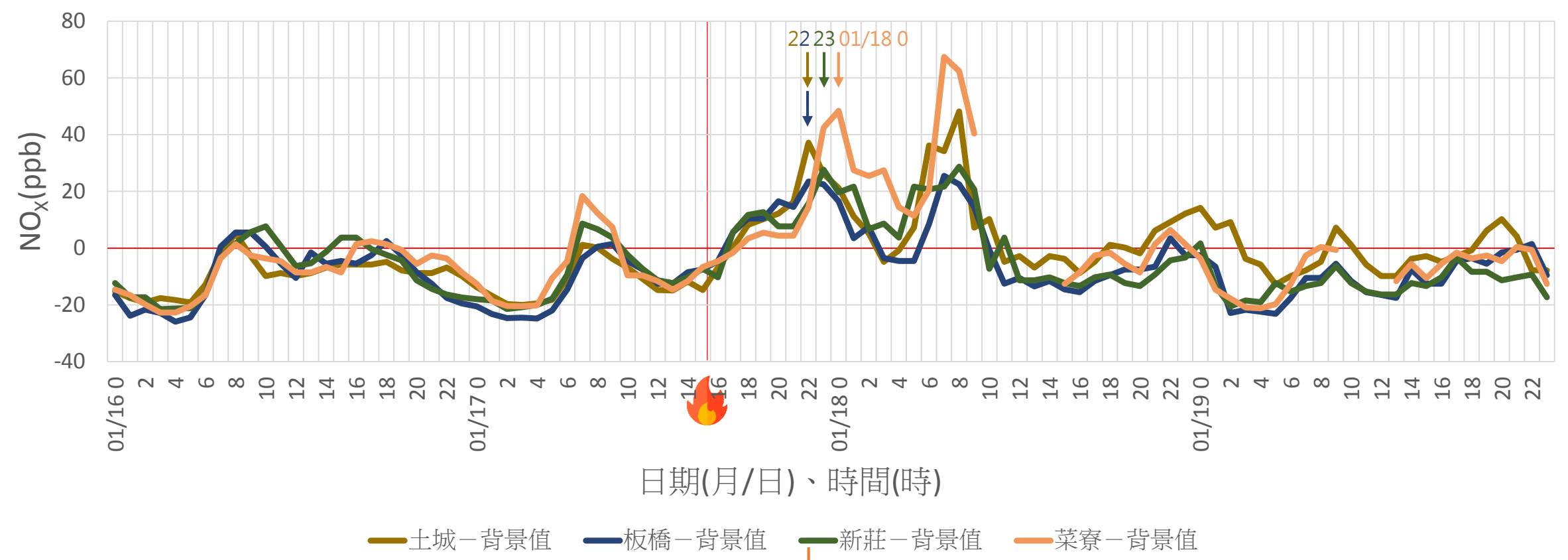
基隆、松山、中山測站在1月18日0:00出現最大距平值，汐止測站則提早一個小時，23:00時即出現。汐止測站57.0 ppb較高，另三個測站的最大距平值在23.4~33.8 ppb之間不等。



### 北北基

測站由北至南依序: 菜寮、新莊、板橋、土城  
(代表火警發生時間)

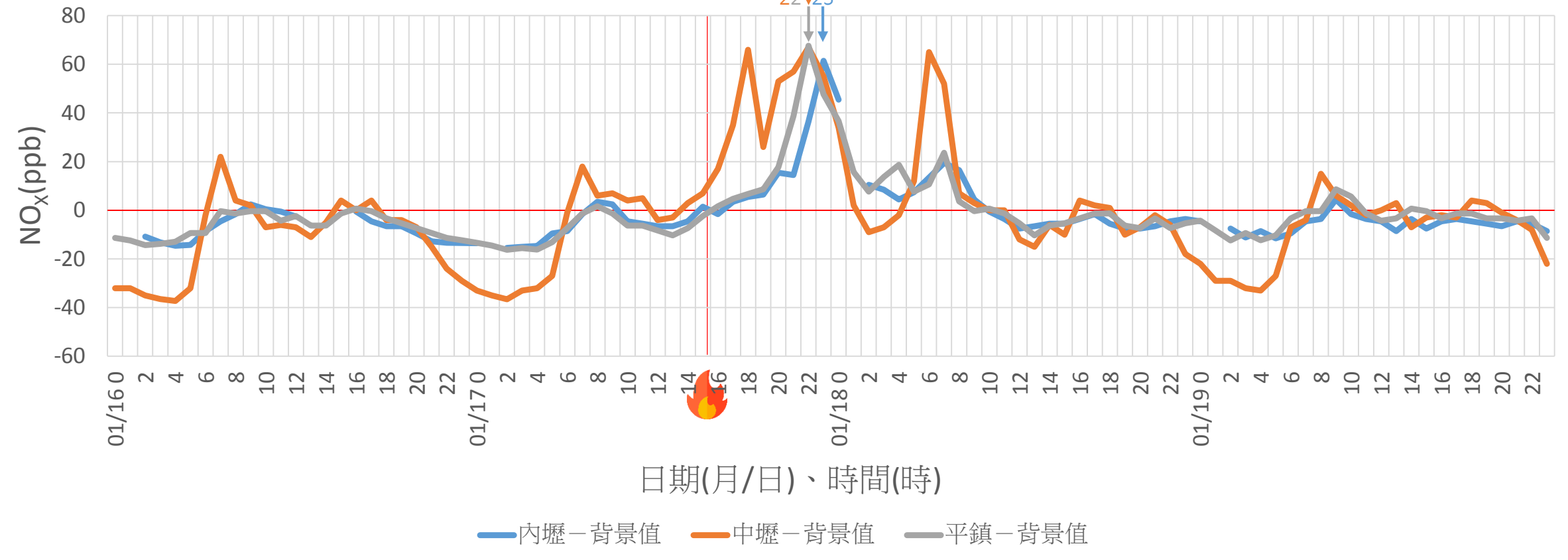
菜寮測站在1月18日0:00出現最大距平值，新莊測站提早一個小時，23:00出現。板橋和土城測站更早，22:00就出現了。而它們的最大距平值都落在23.5~48.4 ppb之間。



### 桃園市

測站由北至南依序: 內壢、中壢、平鎮  
(代表火警發生時間)

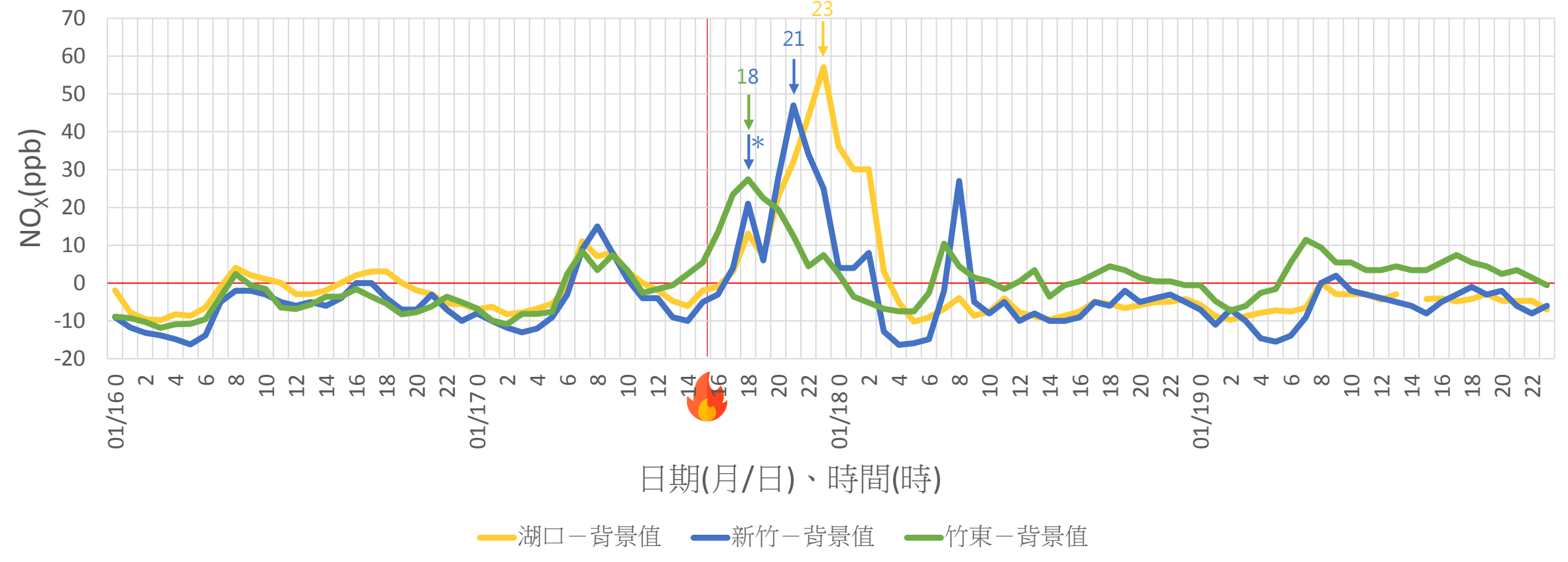
中壢測站18:00時出現一波極值，不過其最大距平值則是22:00時和平鎮測站同時出現。23:00內壢測站也出現最大距平值。這三個測站的最大距平值是十七個測站裡最高的，皆在61.4 ppb以上。



### 新竹縣市

測站由北至南依序: 湖口、新竹、竹東  
(代表火警發生時間)

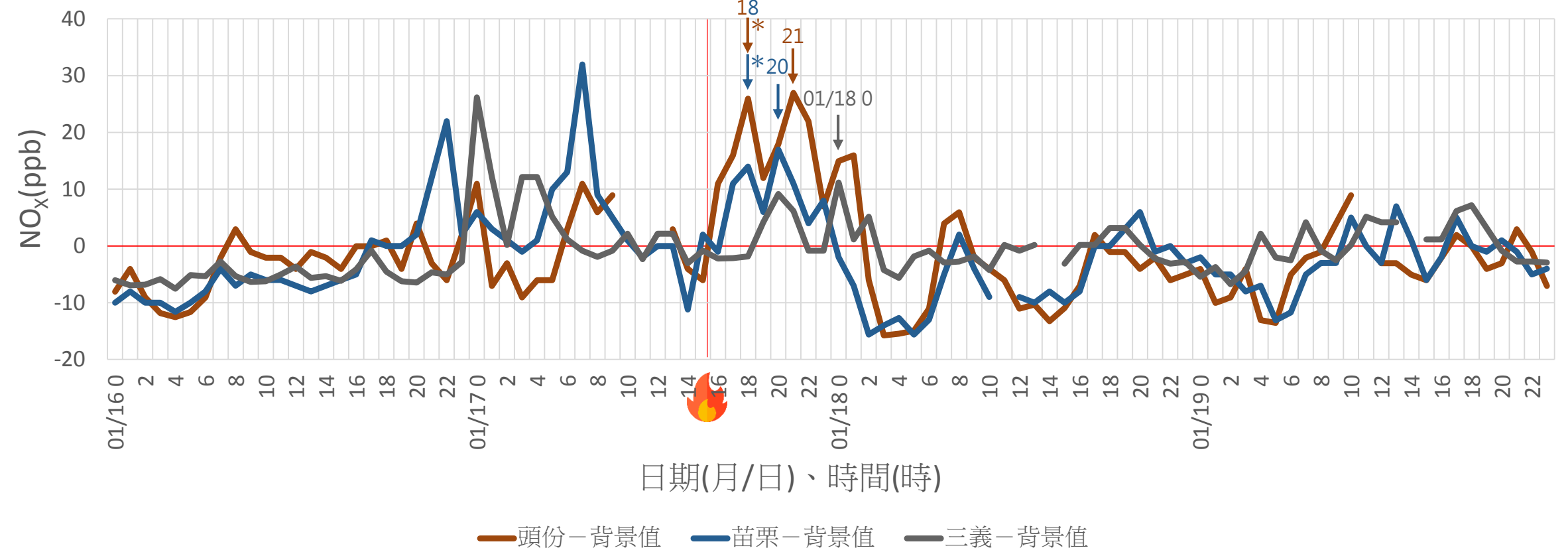
18:00竹東測站出現最大距平值，此時新竹測站也出現一波極值(\*)。接著新竹和湖口測站分別在21:00和23:00出現最大距平值。湖口測站57.1 ppb較高，新竹測站47.0 ppb次之，竹東測站較低，最大距平值27.4 ppb。



### 苗栗縣

測站由北至南依序: 頭份、苗栗、三義  
(代表火警發生時間)

18:00時苗栗和頭份測站出現一波極值(\*)，而最大距平值則分別在20:00和21:00出現，三義測站直到1月18日0:00才出現最大距平值。頭份測站26.9 ppb較高，苗栗測站17.0 ppb次之，三義測站最低，最大距平值11.2 ppb。



▲十七個環保署空氣品質測站與泰豐輪胎廠的相對位置 (苗栗縣三測站位置以●標示，其他縣市以此類推)

▲1月16日~1月19日NO<sub>x</sub>距平值隨時間折線圖

小結:  
南邊較先出現最大距平值，北邊較晚出現

## •十七個測站整體討論

測項	NO <sub>x</sub>	最大觀測值(ppb)	背景值(ppb)	最大距平值(ppb)	出現時間(時)
北北基	基隆	39	15.6	23.4	翌日 0
	汐止	84	27.0	57.0	23
	松山	65	31.2	33.8	翌日 0
	中山	70	40.5	29.5	翌日 0
	菜寮	75	26.6	48.4	遞減 翌日 0
	新莊	55	27.3	27.7	遞減 23
	板橋	55	31.5	23.5	遞減 22
桃園市	內壢	82	20.6	61.4	23
	中壢	113	46.0	67.0	22
	平鎮	90	22.4	67.6	22
新竹縣市	湖口	71	13.9	57.1	23
	新竹	68	21.0	47.0	遞減 21 *(18)
	竹東	42	14.6	27.4	遞減 18
苗栗縣	頭份	47	20.1	26.9	遞減 21 *(18)
	苗栗	38	21.0	17.0	遞減 20 *(18)
	三義	23	11.8	11.2	翌日 0

\*說明: 新竹、頭份和苗栗測站的最大距平值出現時間分別為21:00、20:00，但18:00時也有明顯極值發生，故將(18)補充在後。

▲NO<sub>x</sub>在各測站觀測到的最大距平值與出現時間表

由左表能夠歸納出以下結果:

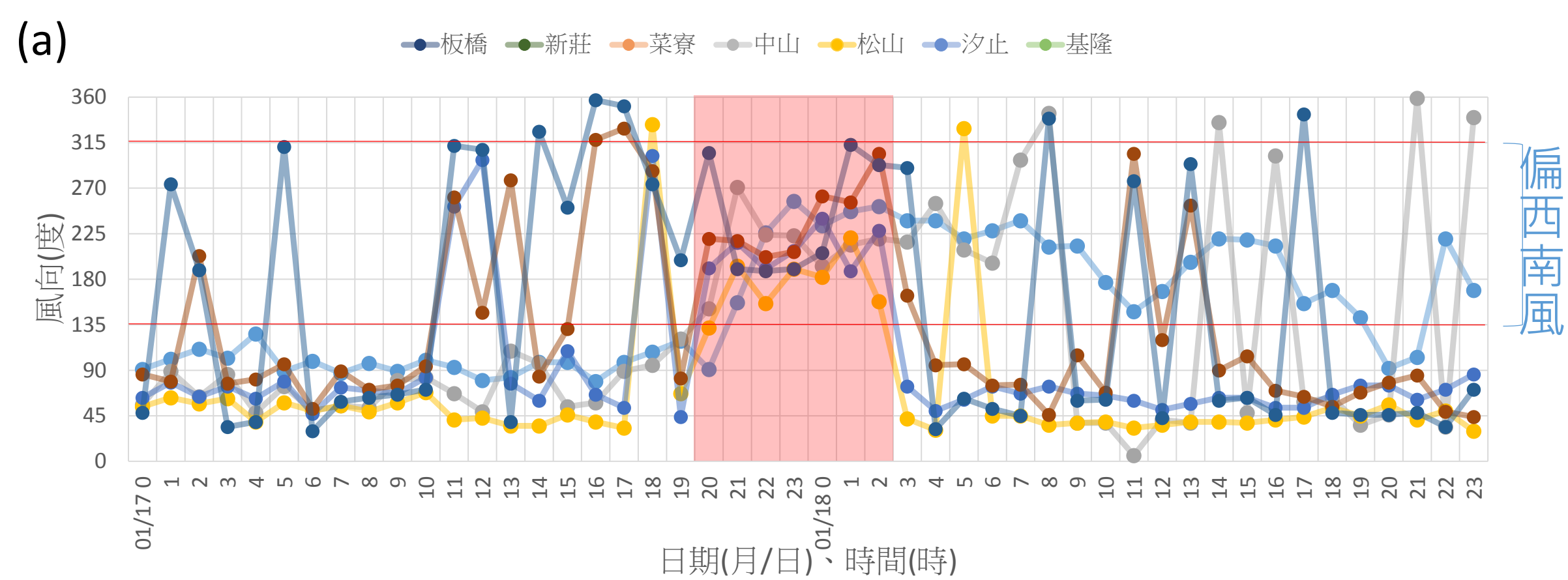
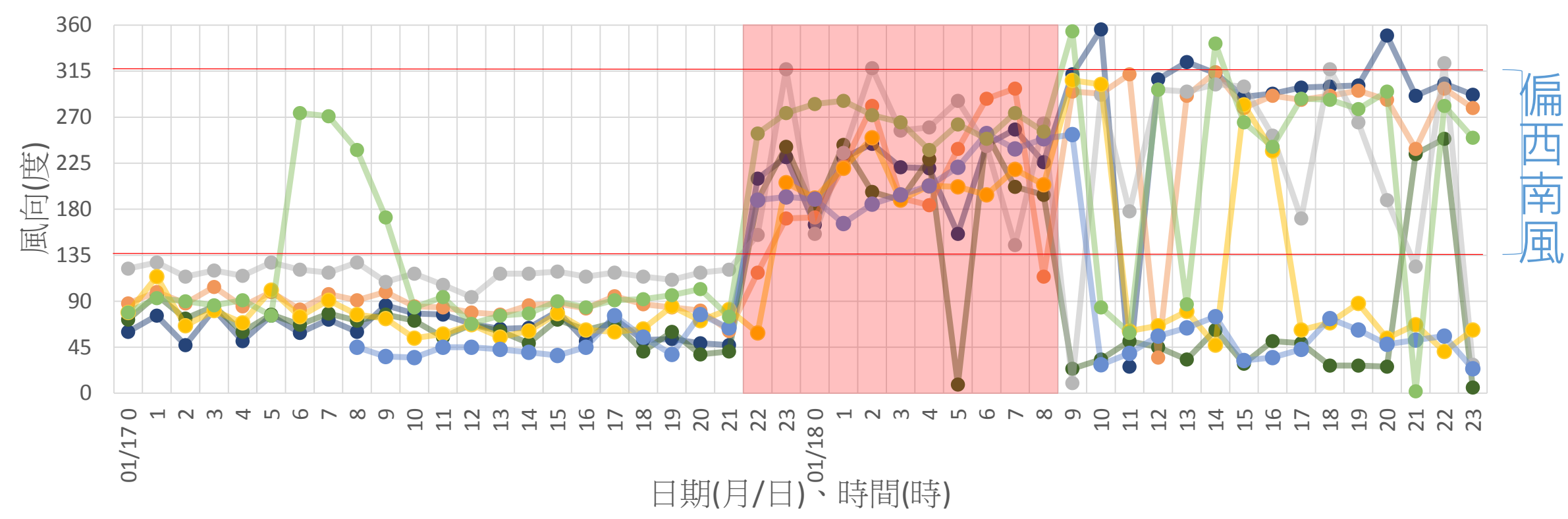
1. 中壢測站的背景值高於其它測站。
2. 從中壢測站出發往北或往南走，最大距平值大致呈遞減趨勢。
3. 最大距平值出現時間，大體上是由南向北依次出現。

小結:  
影響各測站的空氣汙染物有由南向北輸送的趨勢



# 肆、討論

## •西風、南風與最大距平值出現時間的關係



測站	持續吹西風、南風時段	最大距平值出現時間(時)			
		NO	NMHC	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
基隆	22:00 ~ 翌日 8:00	翌日 0	翌日 0	翌日 0	翌日 4
汐止	22:00 ~ 翌日 9:00	23	-	23	翌日 4
松山	23:00 ~ 翌日 10:00	翌日 0	翌日 2	翌日 0	翌日 3
中山	22:00 ~ 翌日 20:00	翌日 0	翌日 2	翌日 0	翌日 4
菜寮	23:00 ~ 1/20 8:00	翌日 0	-	翌日 0	翌日 6 #
新莊	22:00 ~ 翌日 8:00	翌日 1*(23)	-	23	翌日 1
板橋	22:00 ~ 1/19 14:00	23	23	22	無極值
土城	-	22	翌日 0*(22)	22	翌日 4*(23)
內壢	21:00 ~ 翌日 19:00	23	23	23	翌日 0
中壢	-	22	18	22	20
平鎮	20:00 ~ 翌日 7:00	22	-	22	20
湖口	21:00 ~ 翌日 2:00	23	-	23	16
新竹	18:00 & 20:00 ~ 翌日 2:00	21	20*(18)	21 *(18)	20
竹東	-	19	-	18	17
頭份	18:00 & 20:00 ~ 翌日 3:00	21	翌日 0*(18,21)	21 *(18)	21
苗栗	18:00 ~ 翌日 3:00	20	-	20 *(18)	15 \$
三義	-	20	-	翌日 0	13 \$

▲ 2017年1月17、18日風向隨時間折線圖  
土城、中壢、竹東、三義測站的趨勢明顯與其他測站不同，故不將它們畫入折線圖中。由圖中可見，圖(b)中的測站在20:00~隔天2:00出現西風、南風，圖(a)中的測站也在22:00~隔天8:00出現西風、南風。

▲ 各測站持續出現西風、南風時間與各測項出現最大距平值時間表

1. 由上表可看出，最大距平值幾乎都在西風、南風開始吹拂之後才出現。
2. 再以新竹、頭份測站為例，18:00時這兩個測站都觀測到西風、南風，同時，它們的NMHC和NO<sub>x</sub>也都出現一波極值(\*)。
3. 在壹、研究動機裡有提到，小論文的第三個結論：「2017年1月桃園市三測站在吹西風、南風時觀測到的汙染物濃度，都比吹東風、北風時還高。」而這個現象與上述兩點都相同。

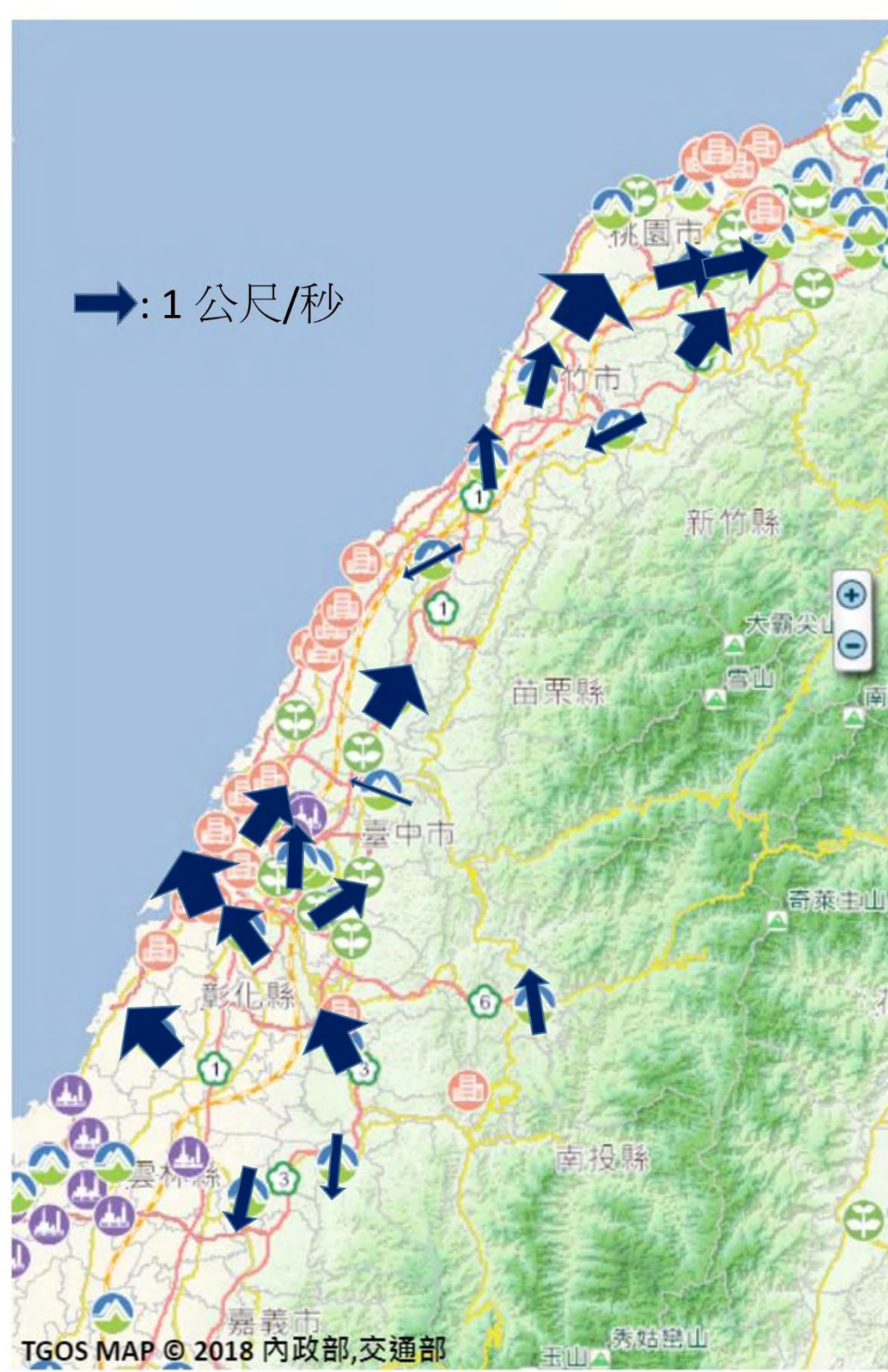
由以上三點可以推論，苗栗縣以南含有一定量的汙染物，而且會隨著西風、南風被帶至臺灣北部，讓原先已受泰豐輪胎廠大火影響的空氣品質再度變差。這才使得最大距平值出現時間南邊較早，而北邊較晚。

## •臺灣北部出現西風、南風的機制

2017年1月總共出現四波西風、南風：分別為1/2、1/4~8、1/17~19、1/27~29。讓盛行東北季風的1月出現持續性西風、南風的機制有以下兩種。

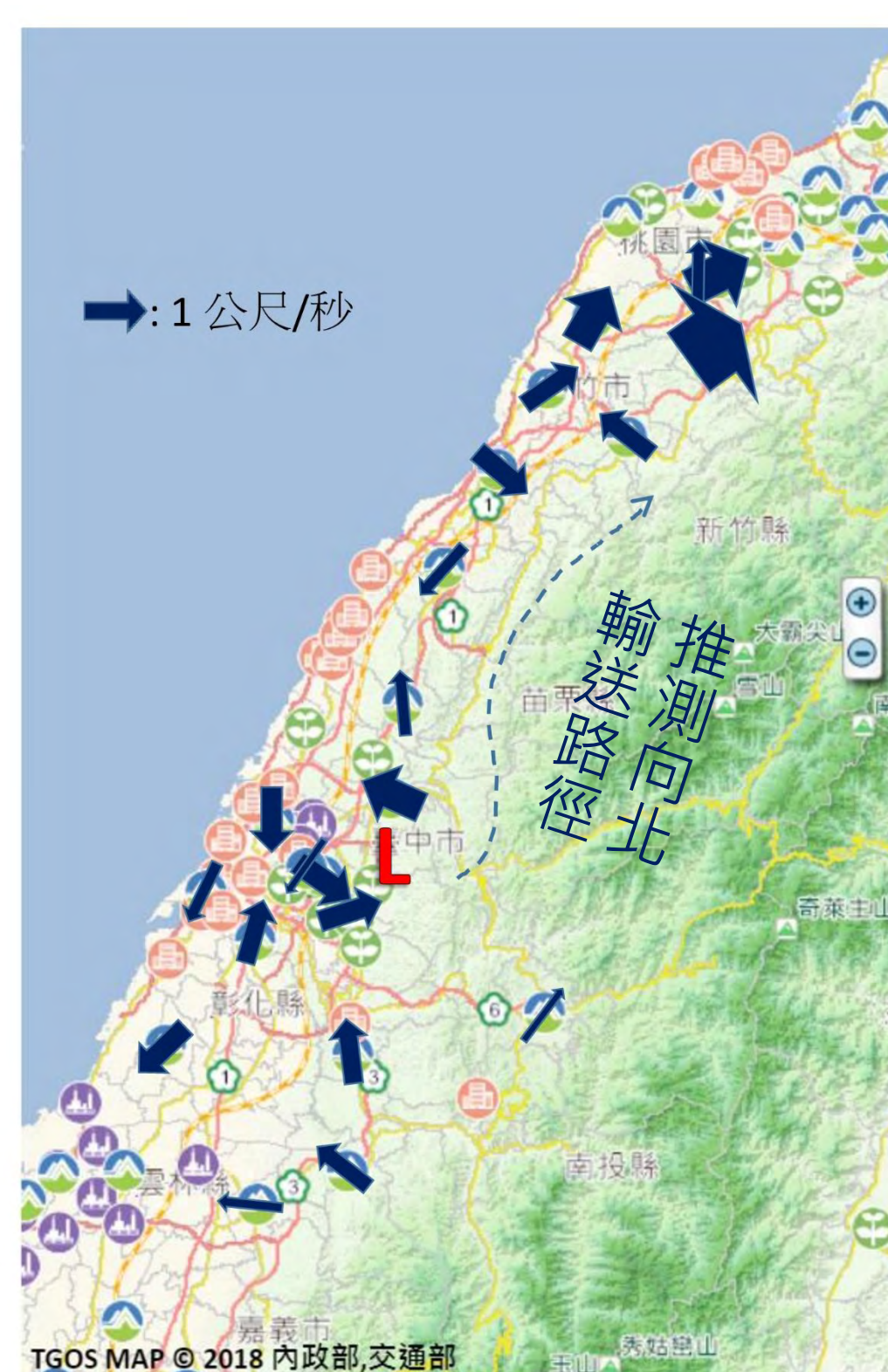
**機制 I：從南到北都是西風、南風**  
例：2017年1月第二波西風、南風(1/4~8)

**機制 II：低氣壓輸送**  
例：2017年1月第四波西風、南風(1/27~29)



▲ 2017.01.05 7:00風場圖

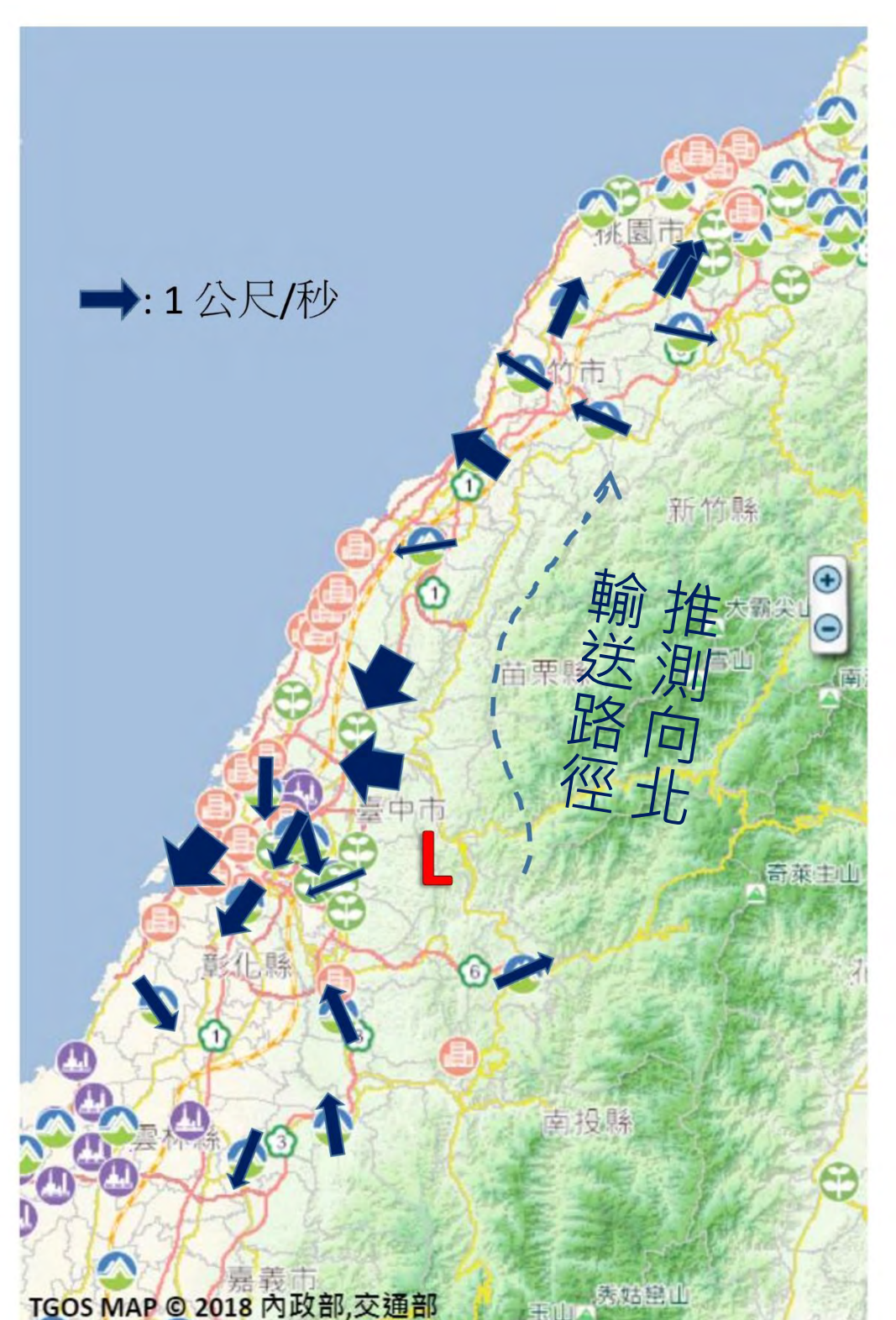
彰化二林以北幾乎都出現西風、南風。故由上圖可看出，一股西風、南風從彰化一路影響到臺灣北部，造成臺灣北部出現持續性的西風、南風。至於這個成因有待繼續探討。



▲ (a)2017.01.29 2:00風場圖

從圖(a)可以看到，有個明顯及強烈的逆時針環流，推測臺中市區存在低氣壓，且其中心位於紅色L處。此低壓環流撞山後轉向，沿著山脈往北方輸送，造成新竹測站以北出現西風、南風。

圖(b)中的逆時針環流看似消失，但在紅色L的西北方依然有東北風存在，東南方依然有西南風存在，故推測紅色L處的氣壓依舊較低，使湖口測站以北出現持續性的西風、南風。



▲ (b)2017.01.29 5:00風場圖

# 伍、結論

本篇研究範圍為苗栗縣以北十七個環保署空氣品質測站，旨在探討泰豐輪胎廠大火後產生的空氣汙染物之移動情形。經過資料蒐集，做成折線圖與表格進行分析，並參考風向對最大距平值出現時間的影響後，做出以下結論：

1. 泰豐輪胎廠大火產生的汙染物，並沒有往特定方向移動，而是平均地向北向南擴散。大致上是以泰豐輪胎廠為中心，愈靠近輪胎廠，最大距平值愈大。
2. 中壢測站四種氣體的背景值均高於其他測站，推測是中壢工業區的排放造成，抑或與中壢測站是十七個測站中唯一的交通測站有關。
3. 原本已受泰豐輪胎廠大火影響的空氣品質，當西風、南風吹起，將苗栗縣以南的汙染物帶往北方，使得觀測到的空氣品質再度變差。因此，2017年1月17日下午的氣體濃度上升，除了與中壢輪胎廠火災有關，還有外地移入的影響。
4. 2017年1月臺灣北部西風、南風起的機制有二。一是一股西風、南風由彰化一路向北吹拂到臺灣北部，二是位於臺中市區的低氣壓環流撞山後，沿著山脈向北輸送；而1月17日晚上吹起的西風、南風即屬於第二類。

# 陸、參考資料

鄭市長探視泰豐輪胎廠周邊居民，由中壢區公所安排入住旅店。2018年4月11日，取自 [http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0.1&mcustomize=news\\_view.jsp&dataserno=201701170006&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap\\_root,ot=tycg,c=tw&toolsflag=Y](http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0.1&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=201701170006&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap_root,ot=tycg,c=tw&toolsflag=Y)

針對泰豐火災事件後落塵清理之說明。2018年4月11日，取自 [http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0.1&mcustomize=news\\_view.jsp&dataserno=201701180002&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap\\_root,ot=tycg,c=tw&toolsflag=Y](http://www.tycg.gov.tw/ch/home.jsp?id=9&parentpath=0.1&mcustomize=news_view.jsp&dataserno=201701180002&aplistdn=ou=news,ou=chinese,ou=ap_root,ot=tycg,c=tw&toolsflag=Y)

天氣即時預報 (2017)。輪胎工廠大火，從氣象看汙染物怎麼走。2017年7月21日，取自 <https://www.facebook.com/weather.taiwan/photos/a.1295289510526804.1073741828.433004610088636/1256256471096775/?type=3&theater>

陳柏佑 (2017)。什麼！輪胎竟然那麼強大？！——且看2017.01.17中壢泰豐輪胎廠大火對空氣品質的影響。2018年3月2日，取自 <http://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/11/2017110100422631.pdf>

Discovery (2015)。台灣製造大解密 第二集 輪胎篇。2018年4月11日，取自 <https://www.youtube.com/watch?v=4uhQyZBP1UY>

高錦仁、蘇意倫 (編著)(2017)。選修化學(下)講義。新北市：康熙文化事業股份有限公司。

環保署空氣品質監測網。取自 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/HourlyData.aspx>

標題背景圖片取自 <https://goo.gl/LuLQAJ>