

投稿類別: 地球科學類

篇名:

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

作者:

陳柏佑。國立中央大學附屬中壢高級中學。高三 19 班

指導老師:

蕭榛嫻老師

黃慧春老師

壹、前言

一、事件探微 (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。

二、研究動機

2017 年 1 月 17 日 17:00 時，坐在教室裡準備第三次段考的我，突然看見外頭一叢黑煙直衝雲際。我嚇得驚呆了，趕緊跑到教室外面看，發現距離蠻近的，那黑煙就像滾滾黃流那般不斷的向上翻滾，而翻滾上去的黑煙在一定高度之後又變成非常潔白的雲，稱為火燒積雲 (Pyrocumulus, Fire Cloud) (天氣即時預報，2017)，氣勢之磅礴十分震撼 (圖一)。過了不久，那團黑煙已經逐漸籠罩在中大壢中上空，還不時從天空掉黑色的小顆粒下來。

回家後看到天氣即時預報的 Facebook 粉絲專頁上寫著，受中低層風力吹拂，污染物會向北方移動，甚至抵達雙北地區 (圖二)；沒想到晚一點收看民視氣象時，氣象專家林嘉愷卻說，冬天盛行的是東北季風，因此污染物要逆著東北季風向北漂移的機會很低。聽完兩派說法，我的腦袋充滿問號，到底污染物會往哪裡跑呢？究竟誰說的對呢？於是激起我研究泰豐輪胎廠大火過後污染物分布情形的興趣。



圖一：泰豐輪胎廠大火情形

(圖一資料來源：研究者拍攝 2017/01/17 17:10 攝於中大壢中)

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



圖二: 天氣即時預報對泰豐輪胎大火的氣象分析

(圖二資料來源: 天氣即時預報 (2017)。桃園中壢輪胎工廠大火 從氣象、風向看汙染怎走。
2017 年 7 月 20 日, 取自 goo.gl/d5p58D)

三、研究方法

利用資料蒐集、作圖分析完成此篇小論文。我上環保署空氣品質監測網蒐集各測項資料, 再將資料利用 Excel 做成折線圖並分析。

貳、正文

一、環保署空氣品質測站與泰豐輪胎廠的位置

泰豐輪胎廠位於桃園市中壢區, 因此在選擇測站時, 我選擇了在中壢區的中壢和內壢測站, 以及平鎮區的平鎮測站。中壢測站距離最近, 位於泰豐輪胎廠西南方約只有 1.82 公里; 內壢測站次之, 位於泰豐輪胎廠東北東方向約 2.37 公里; 平鎮測站距離最遠, 位於泰豐輪胎廠西南西方向約 3.46 公里。它們與泰豐輪胎廠的相對位置如圖三。



圖三: 環保署空氣品質測站與泰豐輪胎廠的位置

(圖三資料來源: 研究者改繪自 Google Map)

二、研究步驟

(一)蒐集背景資料:蒐集 2016 年 1 月以及 2017 年 1 月，內壢、中壢、平鎮三個環保署空氣品質監測站的觀測數據。

(二)計算「背景值」與「資料標準差」:將 2016 年 1 月及 2017 年 1 月每天各小時值加總後取平均值，即得到內壢、中壢、平鎮三個測站的不同背景值；同理，將 2016 年 1 月及 2017 年 1 月每天各小時值資料計算標準差，依此判斷各污染物濃度，在大火發生之時變化的程度。

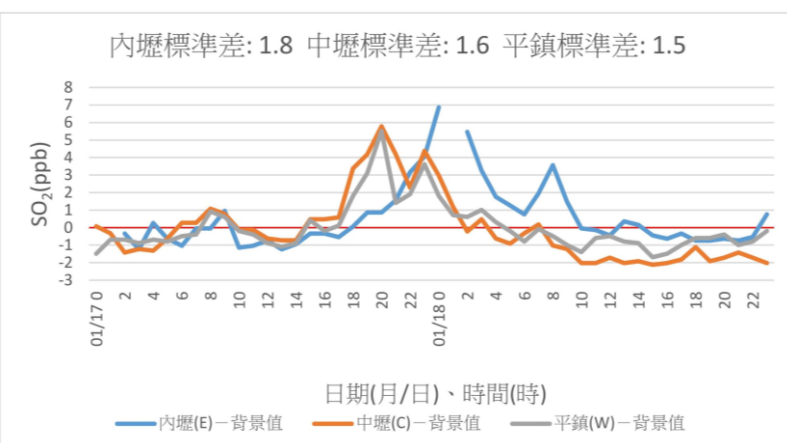
(三)畫出折線圖:泰豐輪胎是在大約 1 月 17 日 15:30 開始發生火警，由圖四可知，污染物濃度在 1 月 18 日下午幾乎都已降回背景值，所以，我取 1 月 17 日和 1 月 18 日的小時值減去背景值，畫出內壢、中壢、平鎮三個測站相對於其背景值的折線圖。

(四)圖例說明:由於內壢、中壢、平鎮這三個測站的相對位置，中壢最靠近泰豐輪胎廠，內壢在東邊，平鎮在西邊。為了方便討論，使用代表東 (East) 的 E 加在內壢的圖例後面，變成「內壢(E)」，用 C 代表中央 (Central)，用 W 代表西 (West)，變成「中壢(C)」和「平鎮(W)」。

(五)圖表說明:有些圖表上的折線斷掉不連續，是因為缺乏資料或是無有效的資料值所導致。

三、折線圖分析

將蒐集到各氣體的數據分別作成折線圖後，便可以深入探討同一氣體在不同測站的濃度變化。以下，即是對各氣體折線圖的討論：

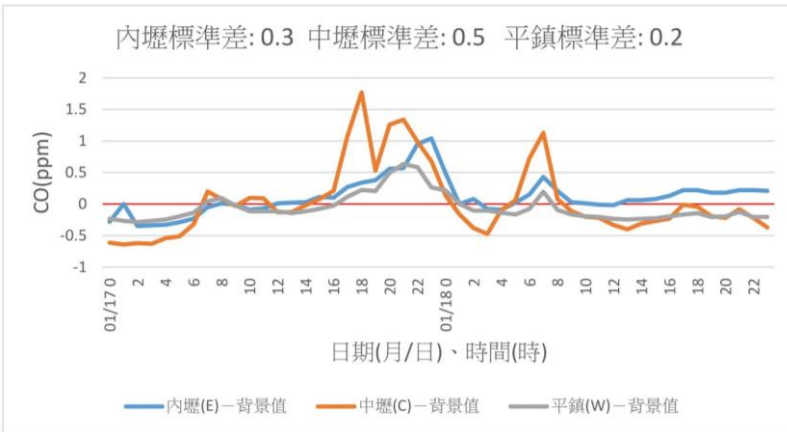


圖四: SO₂ 減背景值 隨時間的折線圖
(圖四資料來源: 研究者繪製)

表一: SO₂ 濃度變化情形表

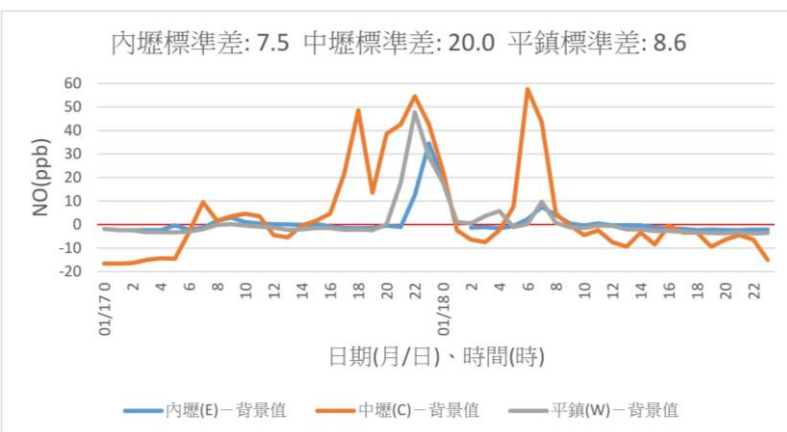
圖四	SO ₂ 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		19:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	20:00	9.4 ppb
平鎮(W)	20:00	8.5 ppb
內壢(E)	翌日 0:00	9.8 ppb

(表一資料來源: 研究者整理)



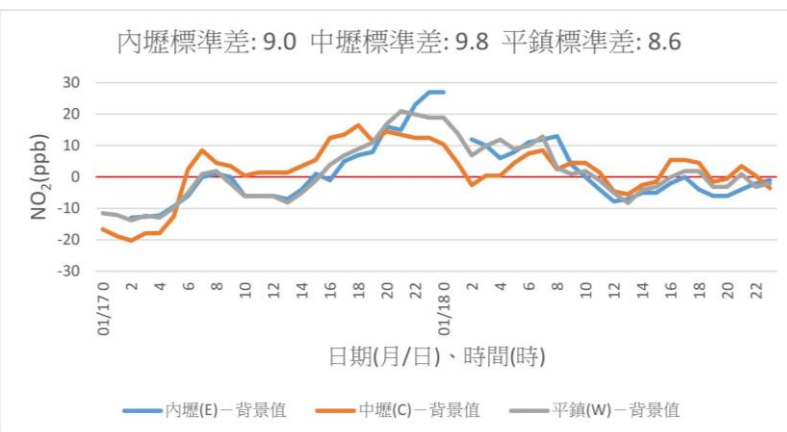
圖五: CO 減背景值 隨時間的折線圖

(圖五資料來源: 研究者繪製)



圖六: NO 減背景值 隨時間的折線圖

(圖六資料來源: 研究者繪製)



圖七: NO₂ 減背景值 隨時間的折線圖

(圖七資料來源: 研究者繪製)

表二: CO 濃度變化情形表

圖五	CO 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		17:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	18:00	2.69 ppm
平鎮(W)	21:00	1.11 ppm
內壢(E)	23:00	1.68 ppm

(表二資料來源: 研究者整理)

表三: NO 濃度變化情形表

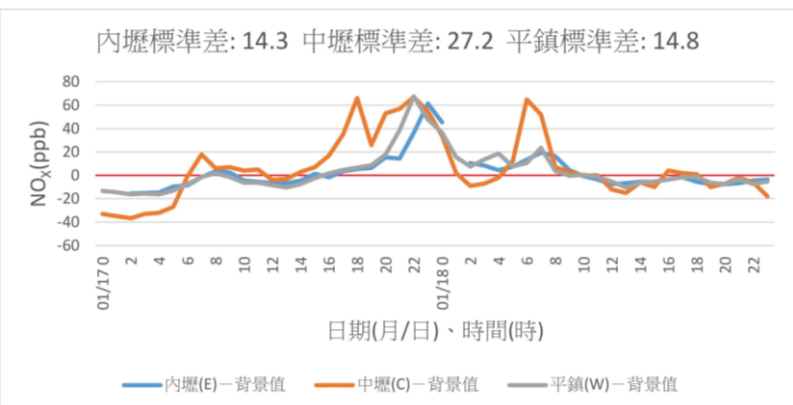
圖六	NO 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		22:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	22:00	74 ppb
平鎮(W)	22:00	52 ppb
內壢(E)	23:00	38 ppb

(表三資料來源: 研究者整理)

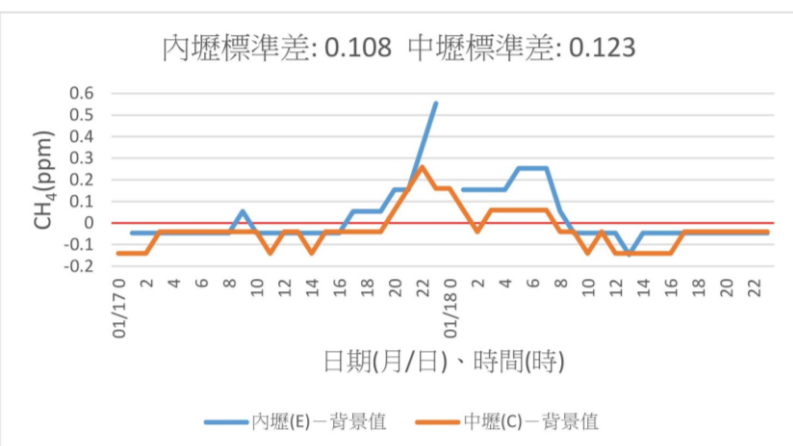
表四: NO₂ 濃度變化情形表

圖七	NO ₂ 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		17:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	18:00	43 ppb
平鎮(W)	21:00	39 ppb
內壢(E)	23:00	44 ppb

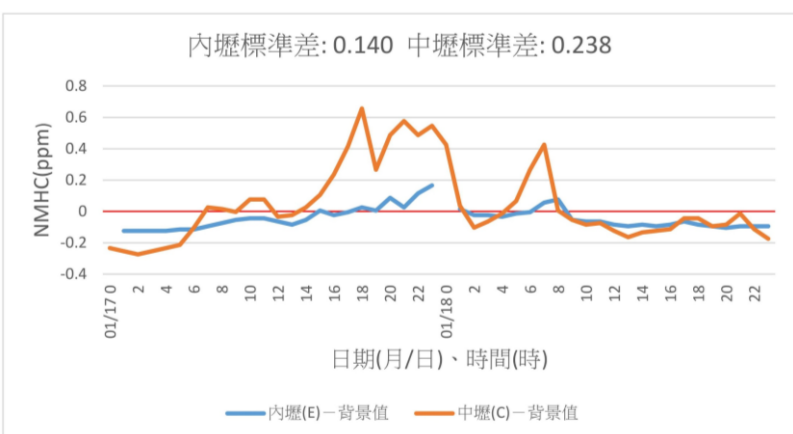
(表四資料來源: 研究者整理)



圖八: NO_x 減背景值 隨時間的折線圖
(圖八資料來源: 研究者繪製)



圖九: CH₄ 減背景值 隨時間的折線圖
(圖九資料來源: 研究者繪製)



圖十: NMHC 減背景值 隨時間的折線圖
(圖十資料來源: 研究者繪製)

表五: NO_x 濃度變化情形表

圖八	NO _x 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		17:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	22:00	113 ppb
平鎮(W)	22:00	90 ppb
內壢(E)	23:00	82 ppb

(表五資料來源: 研究者整理)

表六: CH₄ 濃度變化情形表

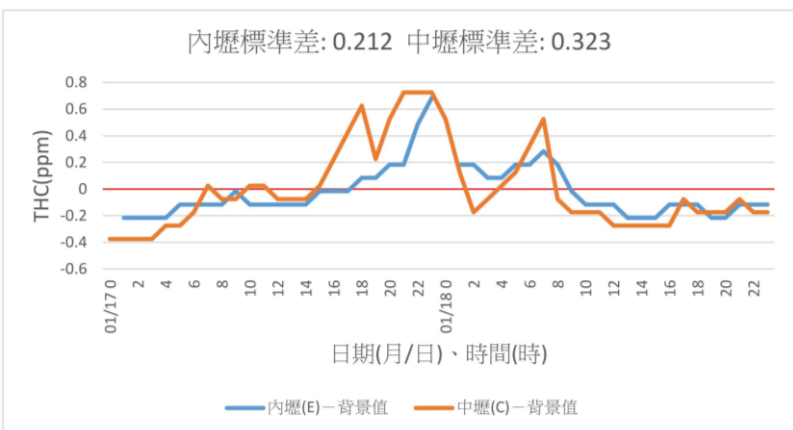
圖九	CH ₄ 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		20:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	22:00	2.3 ppm
內壢(E)	23:00	2.6 ppm
平鎮(W)	-	-

(表六資料來源: 研究者整理)

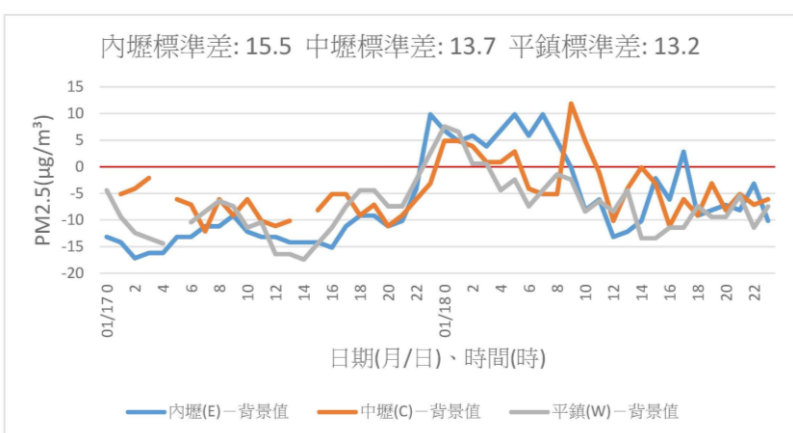
表七: NMHC 濃度變化情形表

圖十	NMHC 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		20:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	18:00	0.99 ppm
內壢(E)	23:00	0.33 ppm
平鎮(W)	-	-

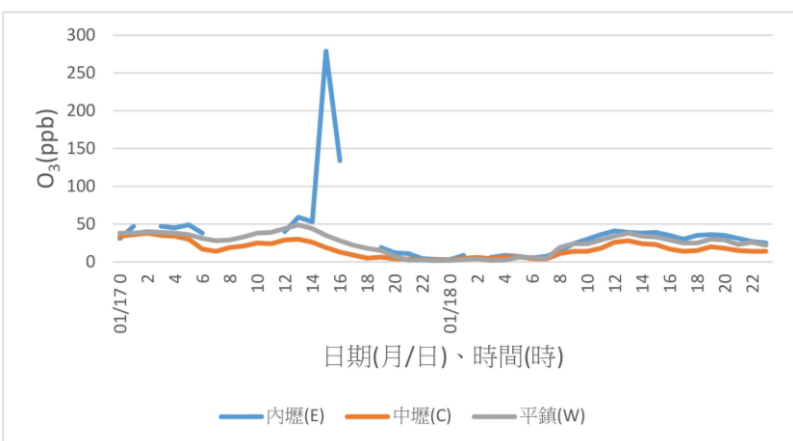
(表七資料來源: 研究者整理)



圖十一: THC 減背景值 隨時間的折線圖
(圖十一資料來源: 研究者繪製)



圖十二: PM2.5 減背景值 隨時間的折線圖
(圖十二資料來源: 研究者繪製)



圖十三: O₃ 隨時間的折線圖
(圖十三資料來源: 研究者繪製)

表八: THC 濃度變化情形表

圖十一	THC 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		18:00
測站	最大值時間	測值
中壢(C)	21:00	3.1 ppm
內壢(E)	23:00	2.9 ppm
平鎮(W)	-	-

(表八資料來源: 研究者整理)

表九: PM2.5 濃度變化情形表

圖十二	PM2.5 減背景值 隨時間折線圖	
皆超過背景值的時間		翌日 0:00
測站	最大值時間	測值
內壢(E)	23:00	32 µg/m³
平鎮(W)	翌日 0:00	27 µg/m³
中壢(C)	翌日 0:00	25 µg/m³

(表九資料來源: 研究者整理)

表十: O₃ 濃度變化情形表

圖十三	O ₃ 隨時間折線圖	
皆開始下降的時間		17:00
測站	最低值時間	測值
平鎮(W)	23:00	1.6 ppb
中壢(C)	翌日 0:00	2.2 ppb
內壢(E)	翌日 0:00	2.8 ppb

(表十資料來源: 研究者整理)

四、深入探討

(一)汙染物濃度最大值降低以後，又出現第二個高峰值

由上述圖表可觀察到，都在泰豐輪胎廠大火不久後，各測項在各測站的濃度開始發生變化，因此推論此次氣體濃度升高，便是泰豐輪胎大火所造成的。不過再仔細觀察圖四、五、六、七、八、九、十、十一，會發現另一件事情，在隔天凌晨各氣體濃度都將降回背景值時，濃度卻又開始攀升，出現第二個高峰值。這個高峰值大多都出現在 7:00，之後各氣體濃度才又降回背景值。至於第二個高峰值形成的原因，仍待未來繼續鑽研。

(二)風向與汙染物擴散的相關性

仔細觀察圖四、五、六、七、八、九、十、十一，可以發現一個共通特點，在上述這些圖中，中壢(C)都比內壢(E)還要早出現最大值，而平鎮(W)有時和中壢(C)同時出現最大值，有時則在中壢(C)和內壢(E)兩者之間出現最大值。

再看看內壢(E)、中壢(C)、平鎮(W) 2017/01/17 15:00 ~ 2017/01/18 9:00 的各小時風向(表十一)。經過比對以後會發現，汙染物擴散的情形，與當時吹拂的風向沒有密切的關係。因此可以合理推斷，在內壢(E)-中壢(C)-平鎮(W)尺度的範圍裡，汙染物擴散受風向影響的程度是相對小的，距離效應應該為此次汙染物擴散的主要原因。

表十一: 內壢(E)、中壢(C)、平鎮(W) 2017/01/17 15:00 ~ 2017/01/18 9:00 的各小時風向

測站: 內壢(E)		* 泰豐輪胎廠於 2017/01/17 15:30 左右發生大火																	
時間(時)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
風向(度)	98	79	98	108	119	91	157	226	257	233	247	252	238	238	220	228	238	212	213
	←	←	←	←	←	←	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗

測站: 中壢(C)		* 泰豐輪胎廠於 2017/01/17 15:30 左右發生大火																	
時間(時)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
風向(度)	293	84	279	284	339	251	320	182	197	189	192	195	193	203	216	216	312	72	112
	↘	←	↗	↗	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗

測站: 平鎮(W)		* 泰豐輪胎廠於 2017/01/17 15:30 左右發生大火																	
時間(時)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
風向(度)	54	58	89	95	121	151	271	224	223	193	214	220	217	255	209	196	298	344	38
	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗

(表十一資料來源: 研究者繪製)

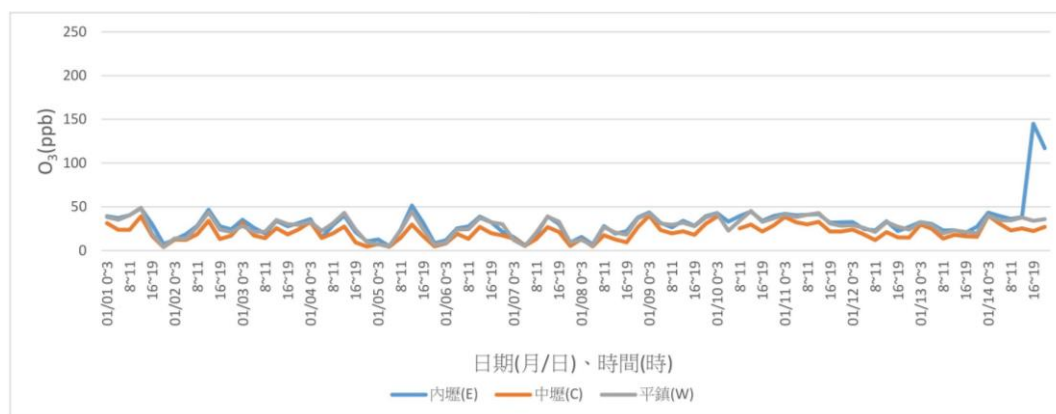
(三) O₃ 濃度驟降

由圖十三可知，O₃ 濃度在泰豐輪胎廠大火時明顯下降。圖十四是把每四小時的小時值平均以後，畫出 1 月一整月的折線圖。從圖十四觀察更明顯，O₃ 濃度在泰豐輪胎廠大火時驟降，出現了 1 月整月都沒出現過的低值，以接近 0 ppb 的濃度維持了約 12 小時，之後才又恢復到背景值的濃度。

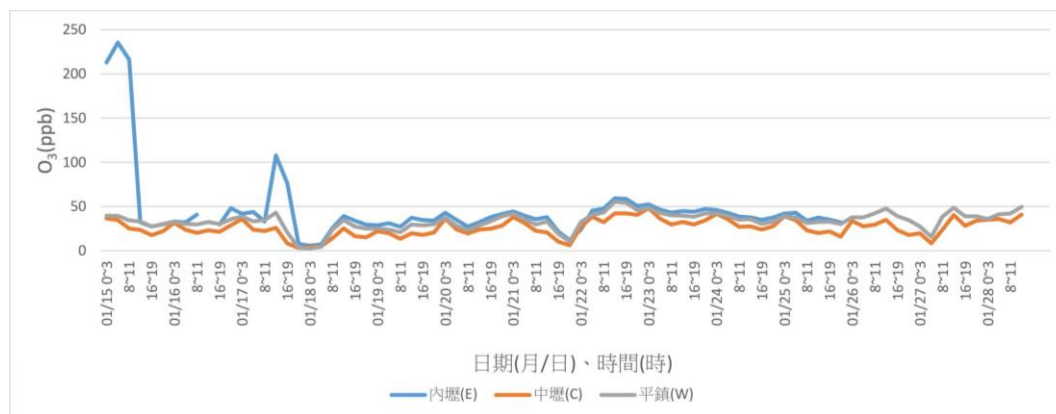
平鎮(W)的背景值為 25.8 ppb，但它在 21:00 時就出現 2.3 ppb，由表十也能看到平鎮(W)在 23:00 時出現了 1.6 ppb 的最低值，一直到隔天 7:00 還只有 3.8 ppb。中壢(C)的背景值為 21.1 ppb，可是它在 18:00 時出現 5 ppb，也在隔天的 0:00 出現 2.2 ppb 的最低值，持續到 7:00 還只有 3.5 ppb。內壢(E)的背景值為 30.5 ppb，而它在 22:00 時就出現 4.1 ppb，也在隔天 0:00 時出現 2.8 ppb 的最低值，一直到 7:00 還只有 7.1 ppb。

會讓 O₃ 濃度驟降的可能，我有兩種推測，但仍有待證實：

- 1、泰豐輪胎廠燃燒時消耗大量 O₂，依據勒沙特列原理：「當一個平衡的反應系統受到外加因素而離開平衡時，反應會趨向減少外加因素干擾的方向移動，並達到新的平衡。」(劉亭谷、蔡沛蓉、謝義孝，2016)，當 O₂ 被大量消耗時，O₂ 濃度下降，迫使 O₃ 被大量分解而形成 O₂，以達到新的平衡。
- 2、「臭氧是大氣中含量極其稀少的氣體之一，但它卻是對橡膠 (特別是含雙鍵的橡膠) 最具破壞性的老化因素。」(陳經盛，1984)，因此也有可能是，泰豐輪胎廠的燃燒加速了 O₃ 破壞輪胎的速度，使得 O₃ 濃度驟降。



(a)



(b)

圖十四: 2017 年 1 月每四小時平均的 O₃ 濃度變化圖。(a)為 2017 年 1 月上半月的 O₃ 濃度變化圖，(b)為 2017 年 1 月下半月的 O₃ 濃度變化圖。

(圖十四資料來源: 研究者繪製)

(四) 吹西風、南風時氣體濃度皆偏高

我在使用 Excel 作圖及統計時，突然發現一個有趣的現象，2017 年 1 月每當出現西風、南風時氣體濃度都會偏高。尤其是 CH₄、NMHC、THC、NO、NO_x、CO 很明顯，因此我將上述六種氣體在 2017 年 1 月吹西風與南風時，和吹東風與北風時的測值分別平均後，作成表十二。可以明顯看到，在吹西、南風時，氣體濃度都比吹東、北風時還要高。至於成因為何，仍有待更多的研究。

表十二: 2017 年 1 月三測站在吹西風、南風與東風、北風時的測值比較。表中的標準差，是各測項在各測站每天的小時值資料計算得出。

		CH ₄ (ppm)	NMHC (ppm)	THC (ppm)	NO (ppb)	NO _x (ppb)	CO (ppm)
內壢 (E)	西、南風	2.120	0.120	2.256	4.462	25.184	0.676
	東、北風	2.048	0.079	2.130	2.086	16.224	0.565
	標準差	0.108	0.140	0.212	7.456	14.294	0.287
中壢 (C)	西、南風	2.007	0.367	2.375	21.288	47.459	1.007
	東、北風	1.990	0.251	2.244	12.805	36.805	0.736
	標準差	0.123	0.238	0.323	20.025	27.237	0.532
平鎮 (W)	西、南風	-	-	-	7.248	30.327	0.514
	東、北風	-	-	-	2.225	17.127	0.404
	標準差	-	-	-	8.636	14.838	0.208

(表十二資料來源: 研究者整理)

參、結論

這篇小論文從最一開始的資料蒐集，計算各測值的背景值及標準差，到做折線圖分析，最後深入討論以後得到以下結論：

- 一、觀察內壢(E)、中壢(C)、平鎮(W)三測站的濃度變化，與三測站的風向，能夠推測泰豐輪胎廠大火所引起污染物的擴散方式，在內壢(E)-中壢(C)-平鎮(W)尺度的範圍裡，距離效應的影響程度大於風向吹拂。
- 二、在泰豐輪胎廠大火時，O₃ 濃度驟降，以接近 0 ppb 的濃度維持了約 12 小時。
- 三、泰豐輪胎廠大火引起的濃度上升以後，又在大約隔天 7:00 出現第二個高峰值。
- 四、內壢(E)、中壢(C)、平鎮(W)三測站在 2017 年 1 月吹西風、南風時的污染物濃度都會偏高。

肆、引註資料

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>

桃園市政府。2017 年 7 月 21 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

桃園市政府。2017 年 7 月 21 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

劉亭谷、蔡沛蓉、謝義孝 (編著) (2016)。**基礎化學(三)全講義**。新北市: 康熙文化事業股份有限公司。

陳經盛 (1984)。橡膠臭氧老化標準試驗方法 (文獻綜述)。合成材料老化與應用。2017 年 8 月 27 日，取自 <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotat-HOCE198404004.htm>