

摘要

台中市位處於台中盆地內，因地形特殊，區域內空氣污染物有著獨特傳輸特性，易於累積空氣污染物，當特殊天氣型態發生容易造成臭氧事件日，例如案例期間（2007年5月3日~13日）多日臭氧異常，容易對人體健康造成影響，因此有分析探討其高值原因之必要性。利用繫留探空監測，於台中都會區2007年春季收集垂直大氣之氣象資料及採集不同高度之空氣樣本，同時利用台中西屯測站逆溫儀（Meteorological Temperature Profiler version 5, MPT5-HE）監測當時的溫度剖面，並配合澳洲聯邦科學與工業研究發展組織（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO）研發的空氣品質模式（The Air Pollution Model, TAPM）進行模擬，以探討此臭氧事件日之主要原因。

由於都市人口眾多，過多的建築物會排放大量廢熱，再加上工廠與汽機車所排放之廢氣，都市溫度往往比郊區來得高。因此都市（大里）比郊區（烏日）的溫度與較高，污染物也累積較多。研究結果顯示大里臭氧高值發生前幾個小時NMHC、CH₄濃度皆有遞減的現象並且比平均濃度低；一般而言當前晚熱島強度容易造成隔日污染物高值，但在此條件對於2007年5月的事件日（事件一：5月4日13:00達到151.9 ppb；事件二：5月11日15:00達到160.9 ppb）並不同時存在，成為一個相反列子；案例期間台灣西半部臭氧濃度皆高，且同時韓國、日本也是呈現高值，因此極為可能是大尺度的空氣污染和特殊天氣型態有關。

深入分析結果發現臭氧高值的可能原因包括：（1.）2007年5月臭氧高值期間，台中都會區之大里有熱島現象之發生，並造成污染物累積。（2.）2007年5月台中港區船隻量達7,024艘，為2007年單月船隻量最高的月份，船隻排放可能與此高污染具有高相關性。（3.）2007年5月海水溫度較低，較容易發生天氣類型（高壓出海和高壓迴流天氣型），使臭氧值增大而造成事件日。（4.）2007年5月聖嬰現象之發生，於台灣上空有大尺度下沉氣流，使重力位高度較高，將對流層高度較高之臭氧濃度被帶往地面，導致此次臭氧高值。

關鍵字：事件日、臭氧高值

Abstract

This study analyzes and discusses reasons for the May, 2007, ozone event. As a result of the large metropolis population, the large number of buildings discharge waste heat, in addition waste gases of vehicles and factory emissions, the metropolis temperature becomes higher than the suburbs. Therefore the analysis of Dali data showed that the ozone maximum occurs several hours after the NMHC and CH₄ density maximum, which then decreases progressively to become lower than the average density. When the thermal island intensity is strong in the previous night, the next day pollutant values are high, but this condition was not consistently evident in the two strongest ozone events in May, 2007. Event one at 13:00 May 4 reached 151.9 ppb; event two at 15:00 May 11 reached 160.9 ppb but different conditions existed, becoming opposite examples. In West Taiwan the ozone concentration is all high, and overseas South Korea and Japan also present high values, therefore it is extremely possible that there is a strong connection between air pollution and the related special weather conditions.

Our initial estimate is that the ozone maximum has many factors, and we analyze the result to find that the following possible reasons: (1). in May, 2007,

the Dali area in Taichung has the thermal island phenomenon which creates the pollutant accumulation. (2). In May, 2007, the number of ships in the harbor reached 7,024 which was the highest in 2007, and this should be relevant. (3). in May, 2007, the sea surface temperature was low, so the P2 and P3 weather type are likely to occur, which creates an ozone event. (4). in the May, 2007, El Nino phenomenon, there was a tendency for subsidence in the air over Taiwan, which brings the high ozone concentration in the upper troposphere to the ground, and causes this ozone maximum.

Key words: Event date, HODs

目 錄

第一章 緒論	1
1-1 研究緣起.....	1
1-2 研究目的.....	1
第二章 文獻回顧	2
2-1 臭氧前驅物排放特性.....	2
2-2 臭氧生成機制與成分特性.....	3
2-3 天氣型.....	5
2-4 混合層高度和臭氧的關係.....	6
2-5 軌跡模式.....	7
第三章 研究方法	8
3-1 研究背景.....	8
3-2 採樣地點及頻率選定.....	10
3-3 監測流程.....	11
3-3.1 監測地區資料收集分析.....	11
3-3.2 繫留探空流程.....	12
3-4 使用儀器設備.....	15
3-5 空氣污染模式.....	15
3-6 模式所需資料.....	19
3-6.1 氣象資料來源.....	19
3-6.2 污染物排放資料來源.....	20
3-6.3 模式網格設定.....	21
3-7 模式模擬結果性能評估.....	23
3-7.1 氣象場模擬.....	23

3-7.2 臭氧濃度模擬.....	24
第四章 結果與討論.....	26
4-1 台中都會區濃度分析.....	26
4-2 2007年春季五月綜觀天氣型態.....	30
4-2.1 研究期間台灣之天氣型態.....	31
4-2.2 研究期間台灣之空氣品質.....	31
4-2.3 2007年春季監測案例分析.....	31
4-3 TAPM模式模擬結果.....	41
4-3.1 氣象場模擬結果評估.....	41
4-3.2 臭氧濃度模擬結果.....	53
第五章 促成臭氧高值因素之討論.....	57
5-1 人為因素.....	57
5-1.1 都市熱島現象.....	58
5-1.2 臭氧前驅物.....	60
5-1.3 都市與郊區之氣溫與臭氧相關性.....	61
5-1.4 外海船舶排放.....	62
5-2 自然因素.....	63
5-2.1 綜觀尺度天氣型態.....	64
5-2.2 氣象條件.....	66
5-2.3 東西半部及地形因素影響.....	69
5-2.4 洋流因素.....	72
5-2.5大尺度海氣濤動.....	76
第六章 結論.....	80
6-1 結論.....	80
參考文獻.....	83
附件一.....	85

表目錄

表3-3.1 中部地區地面氣象與空氣品質監測站資料表.....	11
表3-5.1 TAPM 使用之化學反應式.....	18
表3-6.1 TAPM模式網格設定.....	21
表4-3.1 春季中部空品監測站與模式模擬之風速(m/s)統計分析.....	44
表4-3.2 春季中部空品監測站與模式模擬之溫度()統計分析.....	52
表4-3.3 春季中部空品監測站與模式模擬之O ₃ 濃度統計分析.....	56
表5-2.1.1 2000年、2007年天氣類型及臭氧事件日相關性.....	65
表5-2.5.1 比較2000年及2007年3~5月臭氧值 80 ppb之相關性.....	79
表5-2.5.2 比較氣象條件和空氣污染物於2000年和2007年3 5月差異性.....	79

圖目錄

圖3-1.1	流程架構.....	9
圖3.3.2.1	探空實驗流程圖.....	12
圖3-5.1	空氣污染模式(TAPM)架構示意圖.....	14
圖3-6.1	全球氣象資料範圍概要圖.....	20
圖3-6.1	TAPM網格模式範圍，使用四層巢狀網格，解析度分別 為(a) 10 km × 10 km、(b) 3 km × 3 km、 (c) 1.5 km × 1.5 km (d) 1 km × 1 km.....	22
圖4-1.1	2000年~2007年台中都會區臭氧年平均濃度變化.....	27
圖4-1.2	2000年~2007年台中都會區各測站臭氧年平均濃度變化.....	27
圖4-1.3	2007年5月3日 5月13日台中都會區各測站臭氧變化.....	27
圖4-1.4	2000年~2007年台中都會區PM ₁₀ 年平均濃度變化.....	28
圖4-1.5	2000年~2007年台中都會區各測站PM ₁₀ 年平均濃度變化.....	29
圖4-2.1	2007年環流分佈.....	30
圖4-2.4.1	2007年5月11日0009 LST ~ 1800 LST中部地區之水平風場與 O ₃ 濃度(ppb)分佈圖.....	34
圖4-2.4.2	大里、沙鹿、豐原、西屯與忠明監測站之O _x (O _x = O ₃ + NO ₂)水平濃度(ppb)變化趨勢圖。 (a) 2007年5月10日(b) 2007年5月11日.....	35
圖4-2.4.3	大里、沙鹿、豐原、西屯與忠明監測站之NO ₂ /O _x 比值變化圖(a) 2007年5月10日(b))2007年5月11日.....	36
圖4-2.4.4	2007年5月8日 13日大里、沙鹿、豐原、西屯與忠明監測站之 NMHC 比值變化圖.....	37
圖4-2.4.5	2007年5月8日 13日大里、沙鹿、豐原、西屯與忠明監測站之	

NMHC/NO _x 比值變化圖.....	37
圖4-2.4.6 2007年5月8日至5月12日大里繫留探空監測之垂直風場剖面圖.....	38
圖4-2.4.7 2007年5月8日至5月12日大里繫留探空監測之溫度剖面圖.....	38
圖4-2.4.8 2007年5月8日至5月12日大里繫留探空監測之臭氧剖面圖.....	39
圖4-2.4.9 2007年5月8日至5月12日大里繫留探空監測之NO剖面圖.....	39
圖4-2.4.10 2007年5月8日至5月12日大里繫留探空監測之NO剖面圖.....	39
圖4-2.4.11 2007年5月8日至5月12日大里繫留探空監測之NO _x 剖面圖對時間 等值線圖.....	40
圖4-3.1 環境保護署空氣品質監測站2007年5月8日至5月12日中部空品區 風速之趨勢變化.....	41
圖4-3.2 2007年5月8日至5月12日沙鹿監測點之觀測值與模擬值之風速(m/s) 變化趨勢圖.....	42
圖4-3.3 2007年5月8日至5月12日西屯監測點之觀測值與模擬值之風速(m/s) 變化趨勢圖.....	42
圖4-3.4 2007年5月8日至5月12日大里監測點之觀測值與模擬值之風速(m/s) 變化趨勢圖.....	43
圖4-3.5 2007年5月8日至5月12日豐原監測點之觀測值與模擬值之風速(m/s) 變化趨勢圖.....	43
圖4-3.6 2007年5月8日至5月12日忠明監測點之觀測值與模擬值之風速(m/s) 變化趨勢圖.....	44
圖4-3.7 環境保護署空氣品質監測站2007年5月8日至5月12日中部空品區 之風向趨勢變化.....	45
圖4-3.8 2007年5月8日至5月12日沙鹿監測點之觀測值與模擬值之風向(dge) 變化趨勢圖.....	46
圖4-3.9 2007年5月8日至5月12日西屯監測點之觀測值與模擬值之風向(dge) 變化趨勢圖.....	46

圖4-3.10	2007年5月8日至5月12日大里監測點之觀測值與模擬值之風向(dge) 變化趨勢圖.....	47
圖4-3.11	2007年5月8日至5月12日豐原監測點之觀測值與模擬值之風向(dge) 變化趨勢圖.....	47
圖4-3.12	2007年5月8日至5月12日忠明監測點之觀測值與模擬值之風向(dge) 變化趨勢圖.....	48
圖4-3.13	環境保護署空氣品質監測站2007年5月8日至5月12日中部空品區 溫度之趨勢變化.....	49
圖4-3.14	2007年5月8日至5月12日沙鹿監測點之觀測值與模擬值之溫度() 變化趨勢圖.....	50
圖4-3.15	2007年5月8日至5月12日西屯監測點之觀測值與模擬值之溫度() 變化趨勢圖.....	50
圖4-3.16	2007年5月8日至5月12日大里監測點之觀測值與模擬值之溫度() 變化趨勢圖.....	51
圖4-3.17	2007年5月8日至5月12日豐原監測點之觀測值與模擬值之溫度() 變化趨勢圖.....	51
圖4-3.18	2007年5月8日至5月12日忠明監測點之觀測值與模擬值之溫度() 變化趨勢圖.....	52
圖4-3.19	環境保護署空氣品質監測站2007年5月8日至5月12日中部空品區 臭氧小時濃度趨勢變化.....	53
圖4-3.20	2007年5月8日至5月12日沙鹿監測點之觀測值與模擬值O ₃ 濃度(ppb) 變化趨勢圖.....	54
圖4-3.21	2007年5月8日至5月12日西屯監測點之觀測值與模擬值O ₃ 濃度(ppb) 變化趨勢圖.....	54
圖4-3.22	2007年5月8日至5月12日大里監測點之觀測值與模擬值O ₃ 濃度(ppb) 變化趨勢圖.....	55

圖4-3.23	2007年5月8日至5月12日豐原監測點之觀測值與模擬值O ₃ 濃度(ppb) 變化趨勢圖.....	55
圖4-3.24	2007年5月8日至5月12日忠明測點之觀測值與模擬值O ₃ 濃度(ppb) 變化趨勢圖.....	56
圖5-1.1.1	大里溫度圖.....	59
圖5-1.1.2	台中都會區熱島強度圖.....	59
圖5-1.2-1	大里NMHC、CH ₄ 時序圖.....	60
圖5-1.2-3	大里NO _x 、NO ₂ 、NO _x 時序圖.....	61
圖5-2.2.1	2007年5月中部地區臭氧濃度與風場圖.....	68
圖5-2.3.1	2007年5月每日小時最高值.....	71
圖5-2.4.1	2000年及2007年3-5月海溫變化(a) 3月上旬 (b) 3月中旬(c) 3月下旬(d) 4月上旬(e) 4月中旬 (f) 4月下旬(g) 5月上旬(h) 5月中旬(i) 5月下旬.....	75
圖5-2.5.1	赤道東太平洋各區海面溫度指數及南方振盪指數(SOI)時間序列圖...78	
圖5-2.5.2	2000年-2007年南方震盪和臭氧月平均圖.....	78