台北都會區的假期效應

談珮華[1]　周佳[2,3]　梁靜宜[1]　吳柏霖[1]

[1]國立嘉義大學史地學系
[2]中央研究院環境變遷研究中心
[3]國立台灣大學大氣科學系

（中華民國九十六年十一月十日收稿；中華民國九十七年八月二十五日定稿）

摘　　要

本研究分析 1994～2006 年環保署台北縣市 13 個地面測站，1986～2006 年氣象局台北地面測站及板橋探空站的氣象參數，來探討台北都會區春節的假期效應，該定義爲假日與非假日的數值差異是否有統計上的顯著性。結果發現在溫度變數方面，環保署 13 個測站平均資料在日夜溫差、日最高溫和日均溫皆爲非春節期間大於春節期間，二個期間的差異值分別爲 0.61℃、0.53℃及 0.22℃，而且具有統計的顯著性。日最低溫在春節期間和非春節期間的差異則未觀察到有統計的顯著性。由氣象局台北地面測站來看，溫度參數在這二個期間雖未有統計上的顯著差異，但其變化趨勢與環保署資料是一致的，而且在差異值的大小也是相當。

在其他氣象參數方面，氣象局台北地面測站資料顯示平均雲量、累積日照時數和日照率，在春節期間和非春節間皆有統計上的顯著差異。平均雲量是春節期間大於非春節期間，累積日照時數及日照率是春節期間小於非春節期間。全天空日射量、累積降雨量及平均能見度則都未發現到統計上顯著的假期效應。

分析懸浮微粒（PM10）與氣象參數之間的關係發現，半直接輻射效應可能與台北都會區的假期效應有關。氣象局板橋探空測站的平均溫度剖面提供了可能但較薄弱的佐證。整體而言，與非春節期間相比，在春節期間空氣中懸浮微粒（PM10）的濃度因汽車活動較少而減少，會吸收較少的太陽輻射，使周圍環境大氣溫度變冷，垂直穩定度變小，進而強化對流使雲量變多，因此累積日照時數及日照率變少，最高溫變低，日夜溫差變小。

關鍵詞：假期效應、週末效應、氣候變異、懸浮微粒、半直接輻射效應

一、前　言

環境空氣品質的「週末效應」是指週末及非週末期間的空氣污染物濃度存在著統計上顯著的差異。由於人類的活動習慣與週循環有關，人爲活動造成環境空氣品質的週末效應經常被許多研究發現。氮氧化物、一氧化碳、揮發性有機物或非甲烷碳氫化合物，和二氧化硫等氣狀污染物，與週末期間的濃度相比，非週末期間的濃度較高（Beirle 等人，2003；Bronnimann 與 Neu，1997；Qin 等人，2004；Riga-Karandinos 與 Saitanis，2005；Steinbacher 等人，2005）。粒狀污染物如懸浮微粒（PM10）（粒徑小於 10 微米以下），及黑碳粒子也顯示一個類似的型態（Morawska 等人，2002； Madhavi Latha 與 Badarinath，2003）。不只在室外，室內環境如教室也觀察到 PM10、PM2.5 及 PM1 的濃度也是非週末期間較週末期間的濃度來得高（Branis 等人， 2005）。相反地，身爲氣狀污染物及主要的二次光化學氧化物的臭氧，濃度變化呈現一個較複雜的型態：非週末期間較週末期間的濃度來得低（Cleveland 等人，1974； Lebron，1975；Bronnimann 與 Neu，1997；Diem，2000；Qin 等人，2004； Riga-Karandinos 與 Saitanis，2005；Tsai，2005）；或是非週末期間較週末期間的濃度來得高（Bronnimann 與 Neu，1997；Diem，2000）。雖然前者情況較爲常見，特別是在都會區，但其中存在著一個矛盾現象：當臭氧前驅物如氮氧化物及非甲烷碳氫化合物在週末期間減少時，而臭氧在同一期間卻是增加。因此有一些假說提出來解釋這個矛盾現象，比如臭氧與其前驅物之間的非線性關係（Liu 等人，1987；Sillman，1999；Blanchard 與 Fairley，2001；Qin 等人，2004；Riga-Karandinos 與 Saitanis，2005），以及滴定效應（Chou 等人，2006；Moreno 等人，2006；Qin 等人，2004）。

對大多數的氣狀污染物而言，週末及非週末期間的濃度變化主要是直接地或間接地與交通狀況（Beirle 等人，2003；Morawska 等人，2002；Riga-Karandinos 與 Saitanis，2005；Pont 與 Fontan，2000；Beaney 與 Gough，2002）及工廠排放(Beirle 等人，2003；Steinbacher 等人，2005)有關。除了交通相關的排放，也有研究發現臭氧濃度會受到氣象條件（Bronnimann 與 Neu，1997；Diem，2000）或細小粒子的光散射影響（Qin 等人，2004）。另一方面，粒狀污染物在週末及非週末期間的濃度變化，主要是與室外的交通狀況（Bhugwant 等人，2000；Madhavi Latha 與 Badarinath，2003；Madhavi Latha 與 Highwood，2006；Morawska 等人，2002），以及室內的人口數目（Branis 等人，2005）有關。

除了污染物濃度，週末效應也可在氣象參數中反映出來，比如：日夜溫差(Diurnal Temperature Range；Forster 與 Solomon，2003；Gong 等人，2006)，日最低溫（Forster 與 Solomon， 2003），日最高溫（Gong 等人，2006），日降雨頻率（鞏等人，2006），年雨量及熱帶氣旋平均最大風速（Cerveny 與 Balling，1998），季雨量，季最高溫及季最低溫（Simmonds 與 Keay，1997），及能見度（Tsai，2005）。這些氣象參數在週末期間及非週末期間存在統計上的顯著差異，但它的正負號有可能會因爲在不同區域及不同季節而呈現相反的變化（Forster 與 Solomon，2003；Gong 等人，2006）。這些觀測到氣候變異被認爲是與人爲排放源有關（Forster 與 Solomon，2003；Beaney 與 Gough，2002；Cerveny 與 Balling，1998）。

空氣污染物及氣象參數的週末效應是一個用來偵測人爲活動對環境與氣候系統影響的有用工具。然而，這個效應並不能在世界各地都發現到，因爲這與工作與休閒的生活型態，工業化的程度，或是宗教及文化背景有關（Forster 與 Solomon，2003；Beirle 等人，2003）。因此，其它類似的效應如假期效應，是指假日及非假日期間空氣污染物濃度及氣象參數的差異，提供了一個可能性給一些沒有明顯週末效應的區域或國家來研究這類的問題。有些學者研究聖誕節假期對環境空氣品質的衝擊，但主要是以一或二年的資料，針對懸浮微粒（PM10）或黑碳粒子作分析（Bhugwant 等人，2000；Madhavi Latha 與 Highwood，2006）。Gong 等人（2006）分析 1955~2000 年中國大陸春節的假期效應，但僅針對日夜溫差。Tan 等人（2008）是首次有系統且全面地研究台北都會區春節的假期效應，分析了十三年的環保署地面測站空氣污染物資料，其中的污染物包括氮氧化物、一氧化碳、非甲烷碳氫化合物、臭氧、二氧化硫及懸浮微粒（PM10）。而本文是 Tan 等人（2008）的延續研究，針對氣象參數作分析，來探討是否存在有假期效應，以及空氣污染物對氣象參數的可能影響。研究區域及資料來源在第二部份作介紹，第三及第四部份分析春節及非春節期間的氣象參數，和氣象參數與污染物的關係，最後是結論部份。

二、研究方法

(一) 研究區域

台北都會區，包括台北市及台北縣，是台灣地區最大的都會區（圖 1）。該盆地區常年受到季

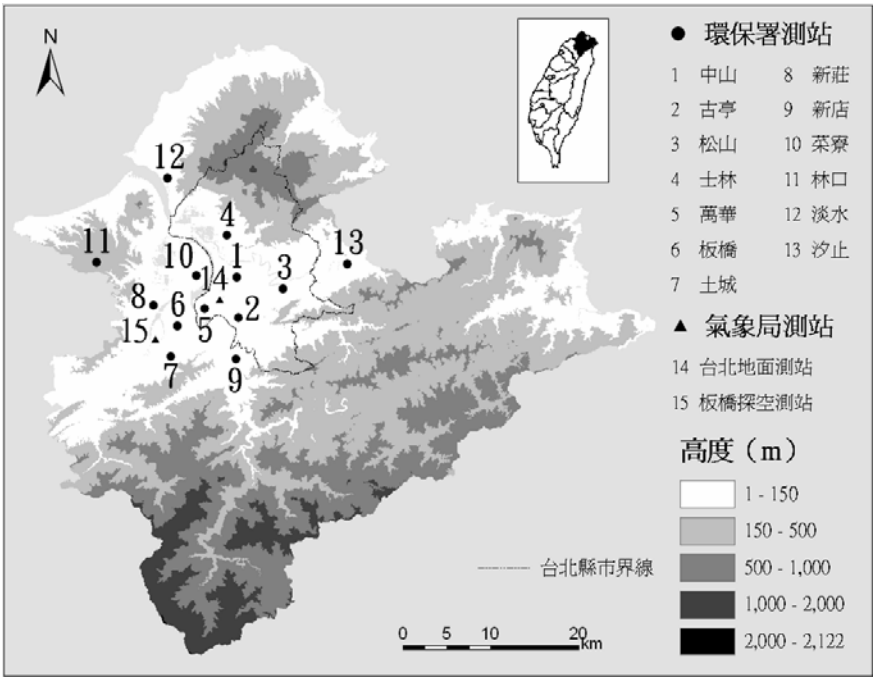

圖 1　研究區域及測站位置。台北都會區包括台北市及台北縣。測站包括 13 個環保署地面測站，氣象局台北地面測站及板橋探空測站。

風的影響，以 1977~2006 年來看，平均溫約 22.9 ℃，年雨量約 2374 毫米。在 2006 年人口數達到 6.39 百萬人。總共土地面積約 2323 平方公里及人口密度約 2750 人／平方公里。土地面積僅台灣面積的 6.5%，但卻容納了 28%的台灣人口，因此台北都會區是個人口稠密的區域。機動車輛登記數從 1994 年的 3.80 百萬增加至 2006 年的 4.77 百萬，但所佔台灣機動車輛總登記數由 31%減少至 23%。第一條捷運路線於 1996 年通車，而載客人數在 2006 年時已超過百萬人次(中華民國統計年鑑，2006)。

中國春節是中國人最重要的傳統節日之一。中國人重視家庭觀念，所以春節期間的家庭團聚是個重要傳統。在春節假期前，許多台北都會區居民會返回老家過年，春節假期結束後，又返回台北就學或工作。因此我們經常可以看到在春節期間台北都會區的機動車輛明顯減少，而在春節假期前後南北高速公路大塞車的現象。

與西洋人的新年不同，中國新年（即春節）是依陰曆訂定，所以每年日期都會變動，但基本上是在陰曆一月及二月間移動。我們根據人事行政局訂定的行事曆及考慮是否前後有連假情形，定義出春節期間及非春節期間（表一），後者爲春節假期前後十天。毫無疑問地，天氣狀況會影響到氣象參數的數值，所以我們希望儘量拿到較長時間的記錄，來得到一個相對長時間的平均狀

表一　春節期間和非春節期間時間表（1986-2006 年）

年份	春節前(非春節期間)	春節期間	春節後(非春節期間)
2006	1/18-1/27	1/28-2/2	2/3-2/12
2005	1/27-2/5	2/6-2/13	2/14-2/23
2004	1/11-1/20	1/21-1/26	1/27-2/5
2003	1/21-1/30	1/31-2/5	2/6-2/15
2002	1/30-2/24	2/9-2/14	2/15-2/24
2001	1/11-1/20	1/21-1/28	1/29-2/7
2000	1/25-2/3	2/4-2/7	2/8-2/17
1999	2/3-2/12	2/13-2/18	2/19-2/28
1998	1/17-1/26	1/27-2/1	2/2-2/11
1997	1/27-2/5	2/6-2/10	2/11-2/20
1996	2/8-2/17	2/18-2/22	2/23-3/3
1995	1/19-1/28	1/29-2/2	2/3-2/12
1994	1/30-2/8	2/9-2/13	2/14-2/23
1993	1/12-1/21	1/22-1/26	1/27-2/5
1992	1/23-2/1	2/2-2/6	2/7-2/16
1991	2/4-2/13	2/14-2/17	2/18-2/27
1990	1/16-1/25	1/26-1/29	1/30-2/8
1989	1/26-2/4	2/5-2/8	2/9-2/18
1988	2/4-2/13	2/14-2/18	2/19-2/28
1987	1/18-1/27	1/28-2/1	2/2-2/11
1986	1/29-2/7	2/8-2/11	2/12-2/21

資料來源：整理自人事行政局所提供的行事曆（1986-2006 年）。

態，藉以過濾掉天氣的隨機變化，來得到其氣候特徵。

(二) 研究資料

根據 Forster 和 Solomon（2003）的研究，氣象參數的週末效應是一個非常微小變化。因此，需要較多的資料累積量，才能偵測到其中的變化，請注意他們用了 50 年的資料。因此在這篇研究中，我們試著取得所有可拿到的資料做比對，來看氣象局及環保署資料的變化及趨勢是否有其一致性，來推測假期效應存在的可能性。環保署測站儀器大部分都設立在建築物的天台上，而氣象局台北測站儀器是設立在標準的觀測坪上，我們注意到這個現象也認爲氣象局台北測站是最能代表台北都會區的氣象狀況。然而我們有興趣的觀測資料是相對的差異（春節與非春節間的差異），而不是絕對值的變化，所以同一測站所使用的觀測方法只要保持一致，其結果均是可採信的。

用來分析資料的測站包括環保署 1994~2006 年的台北縣市 13 個地面測站，氣象局 1986~2006 年的台北地面測站和板橋探空站（圖 1）。中山、古亭、松山、士林及萬華這五個測站是是屬於台北市測站，其他八個測站如板橋、土城、新莊、新店、榮寮、林口、淡水及汐止是屬於台北縣測站。環保署是 13 年的資料，而氣象局是 21 年資料。其實氣象局有更長的記錄，但因人事行政局的行事曆只能追溯至 1986 年，所以我們就往前分析至 1986 年。分析的項目在環保署測站方面是日夜溫差、日最高溫、日最低溫及日均溫；在氣象局台北地面測站是日夜溫差、日最高溫、日最低溫、日均溫、平均雲量、平均能見度、累積降雨量、累積日照時數、日照率及全天空日射量；氣象局板橋探空測站是溫度的垂直分布。一個日照時數是指該小時的直接太陽輻射量大於 120 W m^{-2}。日照率是實測日照時數除以天文日照時數，而後者是假想地球表面爲一光滑球面，自日出至日落之時間，會隨緯度及季節而不同（Liu 等人，2002）。

三、春節及非春節期間的氣象參數

(一) 溫度參數

環保署測站 1994~2006 年在春節期間和非春節期間溫度參數的平均值如表二所示。與非春節期間相比，春節期間的日夜溫差較低，二者的差異值以台北市平均、台北縣平均及台北縣市平均來看，都具有統計的顯著性（p 值小於 0.05）；松山、士林、板橋、新店、榮寮及汐止等測站亦分別達到 0.05 或 0.10 的顯著水準。這裡所謂的差異值是指春節期間減去非春節期間的數值。以個別測站來看，一致發現與非春節期間相比，春節期間的日夜溫差較低。春節期間的日夜溫差是 4.31~5.47℃，非春節期間的日夜溫差是 4.88~6.16℃，二者的差異值範圍是從-0.84 至-0.24℃，相對非春節期間數值的變化率約爲-5%至-16%。以台北縣市 13 個測站平均來看，在春節期間是 4.67℃，非春節期間是 5.28℃，二者差異值-0.61℃，相對非春節期間數值的變化率約爲-12%。

與非春節期間相比，春節期間的日最高溫較低，二者的差異值以台北市平均（p 值小於 0.10）、台北縣平均（p 值小於 0.05）及台北縣市平均（p 值小於 0.05）來看，都具有統計的顯著性。以個別測站來看，一致發現與非春節期間相比，春節期間的日最高溫較低。春節期間的日最高溫是 16.3~19.27℃，非春節期間的日最高溫是 16.84~

表二　環保署測站在春節期間和非春節期間的溫度參數平均值（1994～2006 年）

氣象參數		日夜溫差			日最高溫		
代碼	測站	春節 (℃)	非春節 (℃)	差異值[1] (℃)	春節 (℃)	非春節 (℃)	差異值 ℃)
1	中山	4.44	4.90	-0.46	18.43	18.95	-0.52
2	古亭	4.79	5.32	-0.53	18.40	18.84	-0.44
3	松山	4.31	5.11	-0.80*	18.00	18.65	-0.65
4	士林	4.48	5.07	-0.59**	18.08	18.68	-0.60
5	萬華	4.80	5.37	-0.57	18.78	19.15	-0.37
6	板橋	4.43	5.23	-0.80*	18.33	19.09	-0.76
7	土城	5.47	6.16	-0.69	19.27	19.81	-0.54
8	新莊	5.00	5.52	-0.52	18.90	18.97	-0.07
9	新店	5.00	5.84	-0.84**	18.35	19.23	-0.88
10	菜寮	4.31	4.88	-0.57**	18.43	18.97	-0.54
11	林口	4.63	5.11	-0.48	16.30	16.84	-0.54
12	淡水	4.71	4.95	-0.24	17.57	17.93	-0.36
13	汐止	4.39	5.21	-0.82**	17.63	18.17	-0.54
台北市 5 站平均		4.56	5.15	-0.59*	18.34	18.85	-0.51**
台北縣 8 站平均		4.74	5.36	-0.62*	18.08	18.61	-0.53*
台北縣市 13 站平均		4.67	5.28	-0.61*	18.18	18.71	-0.53*

氣象參數		日最低溫			日均溫		
代碼	測站	春節 (℃)	非春節 (℃)	差異值 ℃)	春節 (℃)	非春節 (℃)	差異值 ℃)
1	中山	13.99	14.05	-0.06	15.92	16.08	-0.16
2	古亭	13.61	13.52	0.09	15.67	15.86	-0.19
3	松山	13.70	13.54	0.16	15.52	15.76	-0.24
4	士林	13.59	13.61	-0.02	15.58	15.85	-0.27
5	萬華	13.98	13.79	0.19	15.94	16.08	-0.14
6	板橋	13.89	13.86	0.03	15.76	16.16	-0.40
7	土城	13.80	13.65	0.15	16.06	16.23	-0.17
8	新莊	13.90	13.45	0.45	15.98	15.87	0.11
9	新店	13.35	13.39	-0.04	15.46	15.86	-0.40
10	菜寮	14.13	14.09	0.04	15.97	16.22	-0.25
11	林口	11.67	11.73	-0.06	13.66	13.88	-0.22
12	淡水	12.86	12.98	-0.12	14.85	15.18	-0.33
13	汐止	13.24	12.96	0.28	15.10	15.24	-0.14
台北市 5 站平均		13.78	13.7	0.08	15.73	15.93	-0.20
台北縣 8 站平均		13.34	13.26	0.08	15.34	15.57	-0.23
台北縣市 13 站平均		13.51	13.43	0.08	15.49	15.71	-0.22**

註：1. 差異值爲春節期間減去非春節期間的數值。

2. *表示 p 值＜0.05，**表示 p 值＜0.10，統計上具有顯著性。

19.81℃，二者的差異值範圍是從-0.88 至-0.07℃，相對非春節期間數值的變化率約爲-0.4%至-5%。以台北縣市 13 個測站平均來看，在春節期間是 18.19℃，非春節期間是 18.72℃，二者差異值-0.52℃，相對非春節期間數值的變化率約爲-3%。

日最低溫以台北市平均、台北縣平均及台北縣市平均來看，春節期間高於非春節期間，但二者的差異值均未達到統計的顯著性。個別測站的日最低溫則得到不一致的結果，有的是春節期間高於非春節期間，有的則是春節期間低於非春節期間，二者的差異值也都未達到統計的顯著性。

日均溫以台北縣市平均來看，與非春節期間相比，春節期間的數值較低，二者的差異值達到 0.10 的顯著水準。若以台北市平均及台北縣平均來看，也是春節期間較非春節期間來得低，但二者的差異值未達到統計的顯著性。個別測站的日均溫除了新莊測站外，其他測站結果皆是春節期間低於非春節期間，二者的差異值亦未通過統計的顯著檢定。以台北縣市 13 個測站平均來看，在春節期間是 15.49℃，非春節期間是 15.71℃，二者差異值-0.22℃，相對非春節期間數值的變化率約爲-1.4%。

氣象局台北地面測站在春節期間和非春節期間溫度參數的平均值如表三所示。爲了與環保署資料做比對，我們同時列出了 1994~2006 年及 1986-2006 年的資料平均值。在 1994~2006 年，日夜溫差、日最高溫、日最低溫及日均溫在春節期間與非春節期間的差異值分別約爲-0.51℃，-0.41℃，0.10℃及-0.24℃，雖然皆未達到統計的顯著性，但變化趨勢是與環保署台北縣市平均資料是一致的。在 1986~2006 年，日夜溫差、日最高溫、日最低溫及日均溫也有類似的現象，二個期間的差異值分別約爲-0.49℃，-0.48℃，0.03℃及-0.25℃，雖然皆未達到統計的顯著性，但變化趨勢也是一致的。所以整體而言，與非春節期間相比，春節期間的日夜溫差、日最高溫及日均溫較低，而日最低溫較高。

表三　氣象局台北測站在春節期間和非春節期間的溫度參數平均值

氣象參數	日夜溫差			日最高溫		
年	春節(℃)	非春節(℃)	差異值(℃)	春節(℃)	非春節(℃)	差異值(℃)
1994-2006	4.84	5.35	-0.51##	18.51	18.92	-0.41
1986-2006	4.91	5.40	-0.49#	18.38	18.86	-0.48

氣象參數	日最低溫			日均溫		
年	春節(℃)	非春節(℃)	差異值(℃)	春節(℃)	非春節(℃)	差異值(℃)
1994-2006	13.67	13.57	0.10	15.66	15.90	-0.24
1986-2006	13.48	13.45	0.03	15.59	15.84	-0.25

註：1. 差異值爲春節期間減去非春節期間的數值。
2. # p 值=0.109，## p 值=0.177。

(二) 其他氣象參數

氣象局台北地面測站在春節期間和非春節期間的其他氣象參數平均值如表四所示，包括了1994~2006 年及 1986~2006 年的資料平均值。1994~2006 的平均雲量爲非春節期間低於春節期間，1986~2006 年的平均雲量在春節及非春節期間亦有同樣的變化，且二個期間的差異值在1994~2006 年及 1986~2006 年的資料分析中均達到統計的顯著性（p 值小於 0.05）。1994~2006 年的平均雲量在春節期間約爲 8.91，非春節期間爲 8.37，二者差異值約 0.54，相對非春節期間數值的變化率約爲 6.5%。1986~2006 年的平均雲量在春節期間約爲 8.87，非春節期間爲 8.27，二者差異值約 0.60，相對非春節期間數值的變化率約爲 7.3%。

與 1994~2006 年非春節期間相比，春節期間的的累積日照時數較低，1986~2006 年的累積日照時數在春節及非春節期間亦有同樣的變化，且二個期間的差異值在 1994~2006 年及 1986~2006 年的資料分析中分別達到 0.10 或 0.05 的顯著水準。1994~2006 年的累積日照時數在春節期間約爲 1.73 小時，非春節期間爲 2.37 小時，二者差異值約-0.64 小時，相對非春節期間數值的變化率約爲 27%。1986~2006 年的累積日照時數在春節期間約爲 1.90 小時，非春節期間爲 2.49 小時，二者差異值約-0.59 小時，相對非春節期間數值的變化率約爲 24%。

1994~2006 年的日照率顯示春節期間較非春節期間來得低，1986~2006 年的日照率在春節及非春節期間亦有同樣的變化，且二個期間的差異值在 1994~2006 年及 1986~2006 年的資料分析中分別達到 0.10 或 0.05 的顯著水準。1994~2006 年的日照率在春節期間約爲 15.67%，非春節期間爲 21.42%，二者差異值約-5.75%，相對非春節期間數值的變化率約爲 27%。1986~2006 年的日照率在春節期間約爲 17.27%，非春節期間爲 22.58%，二者差異值約-5.31%，相對非春節期間數值的變化率約爲 24%。

表四　氣象局台北測站在春節期間和非春節期間的其他氣象參數平均值

氣象參數	平均雲量(十分量)			累積日照時數(hr/day)			日照率(%)		
年	春節	非春節	差異值[1]	春節	非春節	差異值	春節	非春節	差異值
1994-2006	8.91	8.37	0.54*	1.73	2.37	-0.64**	15.67	21.42	-5.75**
1986-2006	8.87	8.27	0.60*	1.90	2.49	-0.59*	17.27	22.58	-5.31*

氣象參數	全天空日射量(W/m^2)			累積降雨量(mm/day)			平均能見度(km)		
年	春節	非春節	差異值[1]	春節	非春節	差異值	春節	非春節	差異值
1994-2006	57.4	63.5	-6.10	6.45	4.20	2.25	8.38	8.50	-0.12
1986-2006	65.2	72.2	-7.02	5.88	4.23	1.65	7.54	7.52	0.02

註：1. 差異值爲春節期間減去非春節期間的數值。
2. *表示 p 值＜0.05，**表示 p 值＜0.10，統計上具有顯著性。

1994~2006 年的全天空日射量顯示春節期間低於非春節期間，1986~2006 年的全天空日射量在春節及非春節期間亦有同樣的變化，但二個期間的差異值未通過統計的顯著檢定。累積降雨量呈現相反的變化，1994~2006 年及 1986~2006 年的資料是春節期間高於非春節期間，但二個期間的差異值未達到統計的顯著性。平均能見度則呈現較不一致的型態，1994~2006 年是春節期間低於非春節期間，1986~2006 年是春節期間高於非春節期間，二個期間的差異值皆未通過統計的顯著檢定。

整體而言，1986~2006 年的資料分析顯示，平均雲量、累積日照時數及日照率在春節期間及非春節期間的差異皆達到統計的顯著性（p 值小於 0.05）。與非春節期間相比，春節期間的平均雲量較多、累積日照時數及日照率較少。平均雲量是人爲觀測可能較主觀，但累積日照時數及日照率爲儀器量測，可提供較爲客觀的證據，三個變數綜合起來的解釋還算合理。但另一與輻射量有關的變數如全天空日射量的差異量卻未通過統計的顯著檢定，推論可能有二個原因：(1)累積日照時數是以直接太陽輻射量大於 120 W m^{-2} 時就列入計算，而全天空日射量是接收除了直接的太陽輻射量，還有散射的太陽輻射量，二者測量的來源不全然相同；(2)全天空日射量儀器至少每二年要做一次校驗，否則會有較大的誤差，林等（2004）就指出全天空日射量在 1982~2002 年的資料有 15.2%~32.6%低估的系統性誤差。累積降雨量是儀器量測，結果發現在春節及非春節期間的數值並無統計上的顯著差異。平均能見度在 1994~2006 年及 1986~2006 年春節及非春節期間呈現不一致的變化，因爲這個變數是人爲觀測，且需要目標物的輔助來辨識，若各方向的目標物不是均勻分布，有可能會造成數值上的差異。

四、氣象參數與污染物的關係

前面的資料分析可發現，台北都會區在日夜溫差、最高溫、日均溫、平均雲量、累積日照時數及日照率，在春節與非春節期間的差異值具有統計的顯著性，表示有假期效應。Tan 等人（2008）分析台北都會區污染物如氮氧化物、一氧化碳、非甲烷碳氫化合物、臭氧、二氧化硫及懸浮微粒（PM10）亦顯示有假期效應。我們希望探討污染物對氣象參數的可能影響，因爲分析的污染物中以懸浮微粒（PM10）與氣象參數較爲相關，所以這裡的污染物討論會以懸浮微粒（PM10）爲主。

懸浮微粒對輻射的可能影響包括：(1)直接輻射效應（Twomey，1974，Haywood 與 Boucher，2000）；(2)間接輻射效應（Haywood 與 Boucher，2000；Lohmann 與 Feichter，2005）；及(3)半直接輻射效應（Hansen et al. 1997；Ackerman 等人，2000；Ramanathan 等人，2001）。直接輻射效應是指懸浮微粒本身對太陽輻射會有散射或吸收的作用，若散射大於吸收，則有降溫效應；反之若散射小於吸收，則有增溫效應。間接輻射效應基本上是指懸浮微粒成爲雲的凝結核，懸浮微粒多，雲的凝結核多，雲滴數目多，雲滴表面積增加，散射輻射增強，雲的反照率增高，此爲第一類的間接輻射效應（Twomey，1991）；因爲雲滴小，碰撞合併機會變少，成爲雨滴機會小，雲停留在空中的時間久，降雨效率變低或降雨時間延緩，此爲第二類的間接輻射效應（Albrecht，1989）。半直接輻射效應是指空氣中懸浮微粒吸收太陽輻射，使周圍溫度變暖，會使得垂直穩定度增加，進而抑制對流使雲量變少。

我們接著檢驗懸浮微粒（PM10）與氣象參數的關係。Tan 等人（2008）發現 1994~2006 年台北縣市 13 個測站懸浮微粒（PM10）平均濃度，在春節期間及非春節期間分別爲 42.1 μg m^{-3} 及 51.3 μg m^{-3}。換句話說與春節期間相比，非春節期間的懸浮微粒（PM10）濃度較高。此外，也發現懸浮微粒（PM10）有年際變化。實際上，溫度參數、累積日照時數、日照率及平均雲量也觀察到年際變化。我們從各個變數的年際變化，取每一年春節期間與非春節期間的數值相減可得到每年的差異值。日夜溫差被認爲是偵測氣候變異的一個有用指標（Easterling 等人，1997；Forster 與 Soloman，2003），所以我們先看懸浮微粒（PM10）與日夜溫差的相關性。每年懸浮微粒（PM10）差異值與每年日夜溫差差異值的相關分析（圖 2a）發現，二者有很好的正相關（p 小於 0.05），表示在給定的某一年，若懸浮微粒（PM10）增加時，日夜溫差有增加的現象，亦即懸浮微粒（PM10）減少時，日夜溫差有變小的現象。日夜溫差是日最高值減去日最低值，前面的研究結果顯示，日夜溫差與日最高溫在春節期間與非春節期間的差異值具有統計顯著性，而日最低溫沒有，表示日夜溫差的變化是由日最高溫的變化決定。所以若日夜溫差變大，表示日最高溫應該要變高。

日最高溫的變化與太陽短波輻射有關，所以我們進一步分析太陽短波輻射的變化。每年懸浮微粒（PM10）差異值與每年累積日照時數差異值的相關分析（圖 2b）顯示二者有很好的正相關（p 小於 0.05），表示在給定的某一年，若懸浮微粒（PM10）變多，累積日照時數會變多；反之懸浮微粒（PM10）變少，累積日照時數會變少。類似的正相關關係（p 小於 0.05）也可在每年懸浮微粒（PM10）差異值與每年日照率差異值的分析中看到（圖 2c），表示在給定的某一年，若懸浮微粒（PM10）變多，日照率會變多，反之亦然。分析每年懸浮微粒（PM10）差異值與每年平均雲量差異值的相關（圖 2d）時，可知二者是一個很好的負相關關係（p 小於 0.05）。所以當懸浮微粒（PM10）變多時，平均雲量變小；懸浮微粒（PM10）變少時，平均雲量變大。所以日照時數及日照率的改變，是造成在非春節期間日最高溫較春節期間高的主因，而太陽輻射的改變是和雲量的改變有關，這是個典型的半直接輻射效應。非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，能吸收較多的太陽輻射，使周圍環境大氣溫度變暖，垂直穩定度增加，大氣環境變得更穩定，進而抑制對流使雲量變少。在春節期間，則反之。因此，我們認爲半直接輻射效應可能與台北都會區氣象參數的假期效應有關。

對於其他的輻射效應，例如直接輻射效應，非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，若空氣中懸浮微粒組成是散射小於吸收的粒子較多，會吸收更多的太陽輻射。許（2008）觀測到台北地區的氣膠（懸浮微粒）單次散射反照率（Single scattering albedo, SSA），最高值發生在深夜，值約 0.86~0.88，最低值常與交通尖峰有關，值約 0.76~0.79。這些數值表示散射小於吸收的懸浮微粒如黑碳粒子，在台北地區確實不少。這些較多的懸浮微粒吸收了較多的太陽輻射，會使到達地面的輻射量減少，也暗示累積日照時數應較少，這與我們觀察到非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，累積日照時數會變多的現象是互相抵觸的，所以直接輻射效應對這個現象可能不是主要的因素。至於間接輻射效應，非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，雲的凝結核增加，形成雲滴機會

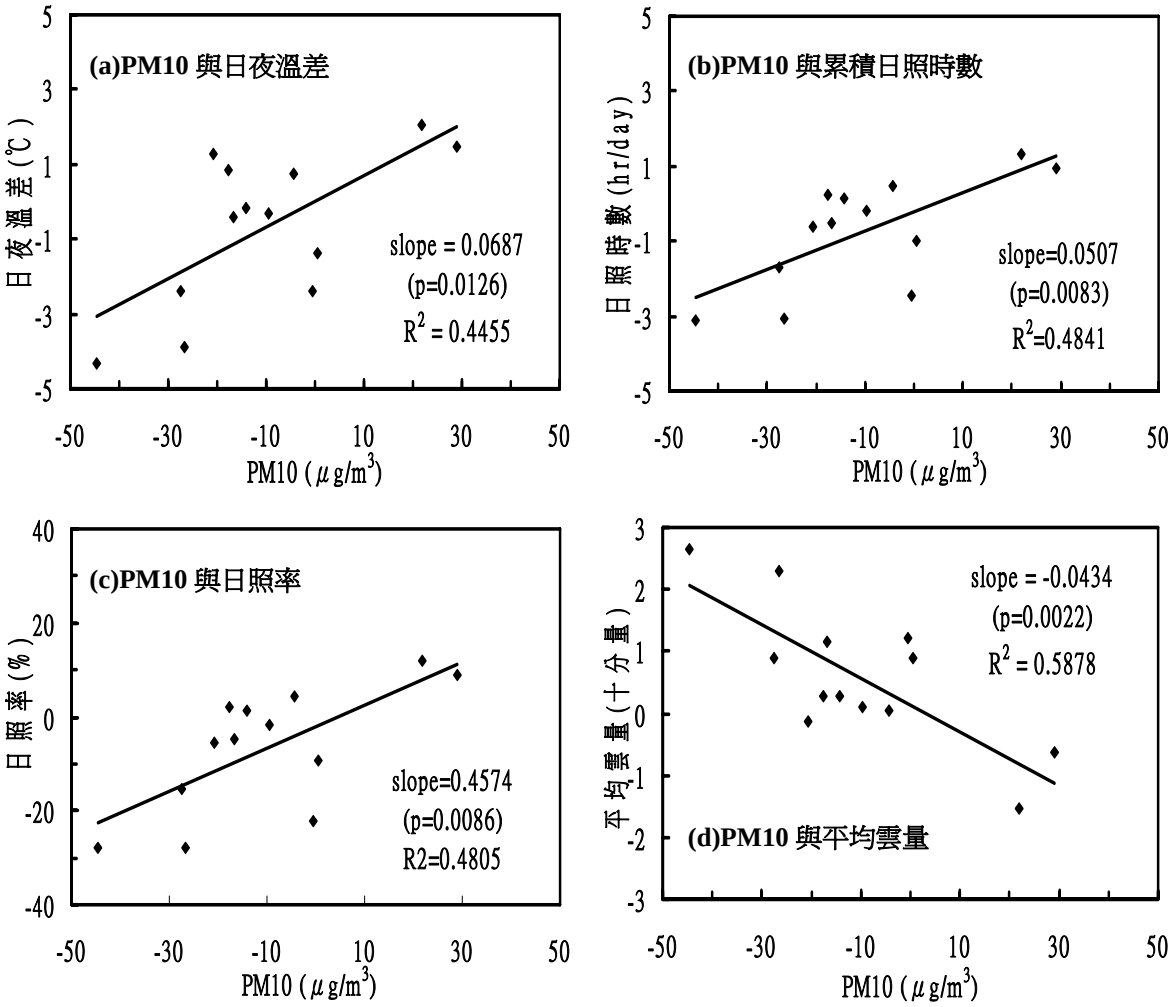

圖 2　每年懸浮微粒 PM10 差異值（μg/m^3）與每年 (a)日夜溫差差異值(°C)，(b)累積日照時數差異值(hr/day)，(c)日照率差異值(%)，及(d)平均雲量差異值（十分量）的相關圖。這裡的差異值是指爲每年春節期間減去同一年非春節期間的平均數值。

多，雲量應會較多。但這與我們觀察到非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，平均雲量減少是完全相反的，所以間接輻射效應可能不是造成這個現象的主要因素。

我們進一步檢驗溫度參數在垂直方向的變化，板橋探空站 1994~2006 年及 1986~2006 年春節期間及非春節期間平均溫度的垂直剖面皆有分析，因爲 1986~2006 年與 1994~2006 年二者結果類似，這裡僅以 1994~2006 年的結果來作說明，如圖 3 及圖 4 所示。以白天 00Z（圖 3）探空的平均資料來看，春節期間及非春節期間的溫度皆是由地面往上遞減的現象，二個期間的差異值除了在 2~3 公里（約 800~700 百帕）高度時，春節期間較非春節期間的環境大氣溫度來得高，其他在 3~5.5 公里（約 700~500 百帕）及 2 公里（約 800 百帕）以下，環境大氣溫度皆是春節期間低

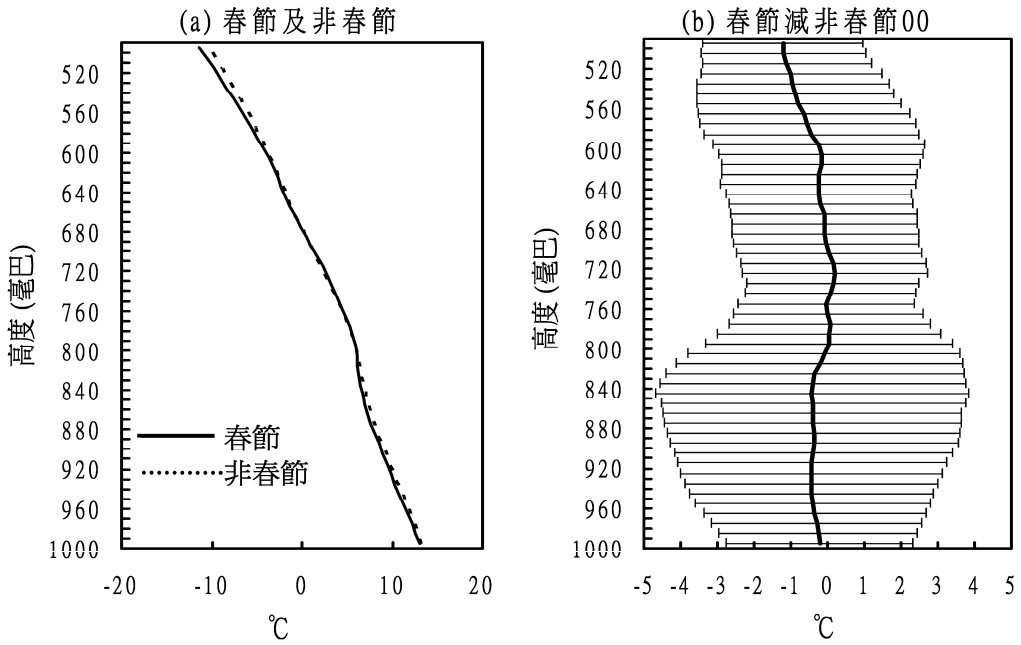

圖 3　1994~2006 年春節和非春節期間 00Z 探空資料：(a)溫度平均變化；及(b)溫度平均差異值（粗實線）及各層標準差（細實線）。

於非春節期間。亦即與春節期間相比，非春節期間對環境大氣有較大的加熱率。晚上 12Z（圖 4）溫度垂直剖面的平均資料呈現類似但更為均勻的分布：5.5 公里（500 百帕）高度以下，春節期間較非春節期間的環境大氣溫度來得低。晚上 12Z 的探空資料顯示，與春節期間相比，非春節期間對環境大氣亦有較大的加熱率。

若以垂直溫度梯度來推算大氣穩定度時，在非春節及春節期間，白天 00Z 的垂直溫度遞減率由地面至低對流層（1000~850 百帕）分別約為 -4.73 ℃／公里及 -4.89 ℃／公里，由地面至中對流層（1000~500 百帕）分別約為 -4.26 ℃／公里及 -4.44 ℃／公里，可知與非春節期間的大氣穩定度相比，春節期間的大氣穩定度較小，亦即大氣較不穩定。在非春節及春節期間，晚上 12Z 的垂直溫度遞減率由地面至低對流層（1000~850 百帕）分別約為 -5.28 ℃／公里及 -5.5 ℃／公里，由地面至中對流層（1000~500 百帕）分別約為 -4.38 ℃/公里及 -4.49 ℃/公里，可知與非春節期間的大氣穩定度相比，春節期間的大氣穩定度較小，亦即大氣較不穩定。此外，無論是春節或非春節期間，與白天 00Z 的大氣穩定度相比，晚上 12Z 的大氣穩定度較小，即大氣較不穩定。

換言之，非春節期間懸浮微粒增多，吸收的太陽輻射變多，造成空氣層較暖，大氣環境的穩定度增大，對流會被抑制，雲量因而減小，累積日照時數及日照率則會增加，日最高溫增加，日夜溫差會增加。地面及探空資料互相比對後發現，半直接輻射效應可能與觀察到的假期效應有關。雖然平均的探空資料顯示與春節期間相比，非春節期間的環境大氣有較暖的現象。但比較逐年的探空資料後，發現每個高度層的標準差並不

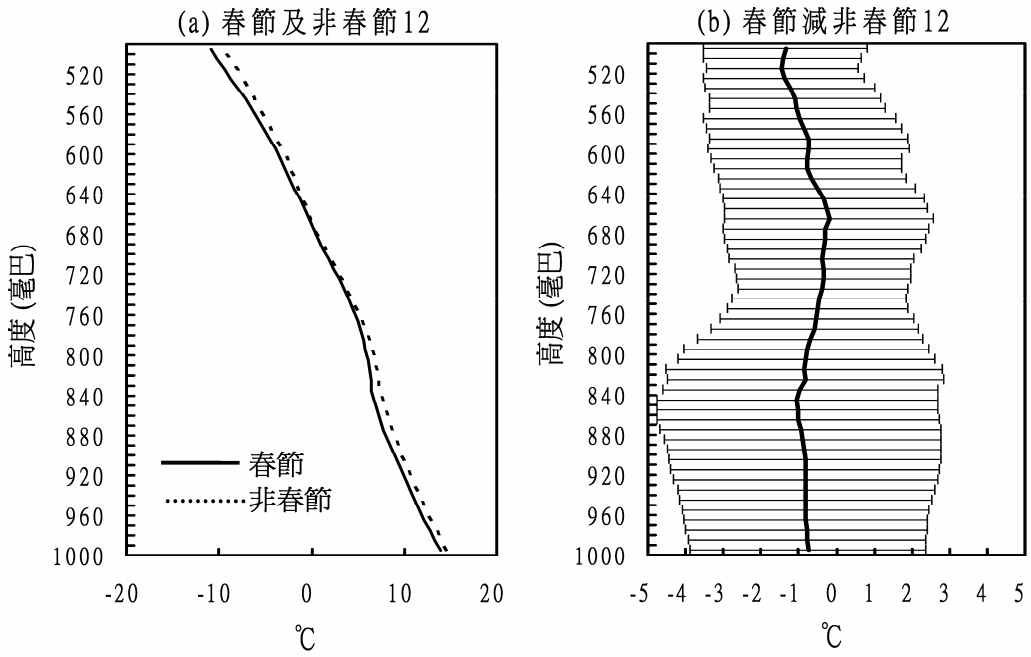

圖 4　1994~2006 年春節和非春節期間 12Z 探空資料：(a)溫度平均變化；及 (b)溫度平均差異值（粗實線）及各層標準差（細實線）。

小（圖 3b 及 4b），因此這個現象並未通過統計的顯著檢定。由於環境大氣的增溫與懸浮微粒的種類、數目、粒徑大小及其垂直分布皆有關係，所以要確認非春節期間是否較春節期間的環境大氣來得暖，以及懸浮微粒與環境大氣溫度之間的交互作用，都有待後續更多更精確的觀測資料才能佐證。

五、討論與結論

本研究分析 1994~2006 年環保署台北縣市 13 個地面測站，1986~2006 年氣象局台北地面測站及板橋探空站的氣象參數，來探討台北都會區春節的假期效應，該定義爲假日與非假日的數值的差異是否有統計上的顯著性。結果發現在溫度變數方面，環保署 13 個測站平均資料在日夜溫差、日最高溫和日均溫皆爲非春節期間大於春節期間，且二個期間的差異值分別達到統計上 0.05 或 0.10 的顯著水準。日夜溫差、日最高溫和日均溫在春節期間和非春節期間的分別相差 0.61℃、0.53℃及 0.22℃；相對於非春節期間的數值，分別降低約 12%，3%及 1.4%。日最低溫在春節期間和非春節期間的差異值則未觀察到有統計的顯著性。由氣象局台北地面測站來看，溫度參數在二個期間的差異值雖未通過統計的顯著檢定，但變化的趨勢與環保署資料是一致的，而且在差異值的大小也是相當。

在 Forster 和 Solomon（2003）研究中發現有日夜溫差及日最低溫的週末效應，其中日夜溫差的變化主要是受到日最低溫的影響，週末和非週末的日夜溫差最多可相差 0.5 ℃。他們推論人爲排放的懸浮微粒可能在這個效應上扮演重要角色。Gong 等人（2006）發現有日夜溫差及日最

高溫的週末效應，進一步分析相關資料認爲週末效應在冬季與懸浮微粒的直接輻射效應，夏季則與懸浮微粒的間接輻射效應有關。他們亦發現 1955-2000 年中國大陸春節的日夜溫差有假期效應，最多可相差 0.8 ℃。這二篇的研究涵蓋大範圍區域如美國、日本、中國，看到的日夜溫差變化有時是週末（假期）期間大於非週末（非假期）期間，有時是相反的現象。本研究重點放在台北都會區，觀察到日夜溫差、日最低溫和日均溫的變化具有一致性，是春節期間小於非春節期間，其中日夜溫差的變化主要是受到日最高溫的影響而非日最低溫的影響，而春節期間和非春節期間的日夜溫差差異值與其他學者觀察的週末及假期效應日夜溫差差異值相當（Forster 和 Solomon，2003；Gong 等人，2006）。

根據 Forster 和 Solomon（2003）的研究，氣象參數的週末效應是一個非常微小變化。因此，需要較多的資料累積量，才能偵測到其中的變化。因此在這篇研究中，我們試著取得所有可拿到的資料做比對。在資料量上，氣象局僅台北測站有地面觀測資料，而環保署包含了位於台北縣市共 13 個一般測站，對同一個觀測時間長度而言，不僅是資料量比氣象局多且其測站分別散佈在台北縣市各地，可以顯示整個台北都會區的整體溫度變化。而在本研究，雖然環保署測站不及氣象局測站觀測時間長，但因測站數量較多且在短時間資料累積量較大，所以環保署 13 年的整體測站資料能偵測到台北都會區在春節與非春節期間在溫度參數的顯著差異。當然我們注意到環保署及氣象局測站儀器設立地點的差異性，也認爲氣象局台北測站是最能代表台北都會區的氣象狀況。但對於相對的變化，儀器設立地點的影響就變小了不少。以日夜溫差舉例來說，和氣象局的台北測站一樣，環保署有超過半數以上的測站資料在春節及非春節期間並未有顯著的差異性。但若以環保署 13 個測站爲一整體測站來看，是有觀察到顯著的假期效應。因爲以短期（1994~2006）及中期（1986~2006）來看，氣象局與環保署測站的變化及趨勢皆是一致的，而且 1986-2006 的日夜溫差在春節非春節期間差異的統計檢定 p 值約爲 0.109，已相當接近過關標準（p=0.10），所以我們推測再多幾年的資料，氣象局台北測站資料是可以觀察到統計上顯著的假期效應。

當然我們對日夜溫差通過統計顯著性的推測，也有根據氣象局台北測站其他氣象參數的結果分析。氣象局台北地面測站資料顯示平均雲量、累積日照時數和日照率，在春節期間和非春節間皆有統計上的顯著差異。平均雲量是春節期間大於非春節期間，累積日照時數及日照率呈現相反的趨勢：春節期間小於非春節期間。平均雲量是人爲觀測，可能較有主觀的判斷，累積日照時數及日照率是儀器量測，可提供較客觀的驗證。二類資料互相比對，在結果的解釋上都還合理。另一方面，全天空日射量、累積降雨量及平均能見度都未發現到統計上顯著的假期效應。

取每一年春節期間與非春節期間的數值相減可得到每年的差異值，我們可以用這個差異值來分析懸浮微粒（PM10）與氣象參數之間的關係。每年懸浮微粒（PM10）的差異值與每年日夜溫差差異值、累積日照時數差異值、日照率差異值有很好的正相關（p 值小於 0.05），而與每年平均雲量差異值有很好的負相關（p 值小於 0.05）。這意味著對給定的某一年而言，若懸浮微粒（PM10）增加時，可看到日夜溫差變大，累積日照時數變多、日照率變大及平均雲量變少的現象。從懸浮微粒（PM10）與氣象參數年際變化的分析中，直

接及間接輻射效應與觀測資料不符，但半直接輻射效應與觀察到的假期效應相符，所以半直接輻射效應可能是造成溫度假期效應的原因。

以半直接輻射效應來看，非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，能吸收較多的太陽輻射，使周圍環境大氣溫度變暖，使得垂直穩定度增加，環境大氣變得更穩定，進而抑制對流使雲量變少。這與我們觀察到非春節期間懸浮微粒（PM10）變多，平均雲量減少，累積日照時數及日照率變多的現象似乎是較為一致的。此外，在台北地區的懸浮微粒含有較多的黑碳粒子，所以增溫大氣是非常容易的。氣象局板橋探空測站溫度的 00Z 及 12Z 平均垂直分布顯示與春節期間相比，非春節期間的環境大氣有較暖，及大氣穩定度較大的現象，提供了半直接輻射效應的可能佐證。整體而言，在春節期間空氣中懸浮微粒（PM10）的濃度因汽車活動較少而減少，而日夜溫差亦變小，這主要是因為最高溫降低的緣故。日最高溫的降低和大氣輻射中太陽輻射的減少有關，而這是因為雲量增加之故。而雲量增加會造成累積日照時數及日照率減少。所以與直接及間接輻射效應相比，半直接輻射效應可能較能解釋台北都會區氣象參數的假期效應。但是以逐年的溫度探空資料來看，並未通過統計的顯著檢定，可能受限於資料的時間解析度（一天二次）及長度（21 年）。因此，若要釐清台北都會區懸浮微粒對輻射的影響，以及了解懸浮微粒及氣象參數間的交互作用，仍需要更多更精確的實驗觀察。

與春節期間相比，非春節期間的環境大氣有較暖現象，除了半直接輻射效應可有加熱大氣的作用外，有些可能的原因我們也應該要考慮。例如冬季鋒面系統的影響，可能造成溫度極大的改變，這會影響我們分析資料的不確定性，所以更進一步的觀測與分析是必須的。

至於熱島效應對台北都會區大氣溫度的影響，我們的確不能完全排除。但是在檢驗溫度變數在這二個期間差異的顯著性時，因為都市熱島主要是由於都市水體的減少，吸熱的路面及建築物增加所致，這些因素在假期及非假期期間影響的程度雖可能有所不同，但其改變應該不會有明顯差異，所以不太可能是造成假期效應的主因。另外我們注意到以日夜溫差來看，通過統計檢定的測站多屬台北都會區的外圍，而市中心的中山、古亭、萬華皆未通過檢定。影響日夜溫差的因素很多，除了在本研究所提出的空氣懸浮微粒的半直接輻射效應外，近地表風場（流場）和地表植被等因素均可能有影響。根據 PM10 的觀測資料（Tan 等人，2008）顯示，通過統計檢定的六個測站中，除了士林與新店外，其他四個測站的 PM10 在春節與非春節期間的差異均大於中山、古亭與萬華等市中心測站，這顯示了 PM10 在春節與非春節期間的差異並不一定和其絕對值有直接的關連。本研究之所以利用了十三個測站的平均值，也就是希望能藉由平均的過程來減弱這些相對而言比較會因為位置不同而有所改變的因素的影響，進而凸顯我們有興趣的因素的重要性。本研究所關注的空氣懸浮微粒的半直接輻射效應，相對而言比較是整個大台北地區的變化，所以區域平均後，其結果仍然非常重要。我們同意區域的差異，即個別測站的變化，是個非常重要且值得進一步探討的問題，我們將會在未來做進一步的研究。

致　謝

作者們感謝二位審查者的細心閱讀及提出許多寶貴意見，對這篇論文完稿的品質有極大助

益。也感謝環保署及氣象局提供測站資料，本研究由國科會計畫 97-2111-M-415-001 所贊助。

參考文獻

中華民國統計年鑑，2006：行政院主計處。

林博雄、劉紹臣、馮欽賜、周宗玄、葉瑞元，2004：台灣地區太陽輻射量之校驗與長期趨勢。第八屆全國大氣科學研討會，桃園龍潭。

許乾忠，2008：氣膠輻射效應對台灣大氣環境之影響，國立台灣大學大氣科學所博士論文，208 頁。

鞏道溢、郭棟、羅勇，2006：中國夏季日降水頻次的週末效應，氣候變化研究進展，2（3），131-134。

Ackerman, A.S., O.B. Toon, D.E., Stevens, A.J. Heymsfield, V. Ramanathan, and E.J. Welton, 2000: Reduction of tropical cloudiness by soot. *Science*, 288, 1042-1047.

Albrecht, R.A., 1989: Aerosols, cloud microphysics, and fractional cloudiness. *Science*, 245, 1227-1230.

Beaney, G. and W.A. Gough, 2002: The influence of tropospheric ozone on the air temperature of the city of Toronto, Ontario, Canada, *Atmos. Environ.* 36, 2319-2325.

Beirle, S., U. Platt, M. Wenig and T.Wagner, 2003: Weekly cycle of NO_2 by GOME measurements: a signature of anthropogenic sources, *Atmos. Chem. and Phys.* 3, 2225-2232.

Bhugwant, C., H. Cachier, M. Bessafi, J. Leveau, 2000: Impact of traffic on black aerosol concentration at la Reunion Island (Southern Indian Ocean). *Atmos. Environ.* 34, 3463-3473.

Blanchard, C.L. and D. Fairley, 2001: Spatial mapping of VOC and NO_X-limitation of ozone formation in the central California, *Atmos. Environ.* 35, 3861-3873.

Branis, M., P. Rezacova and M. Domasova, 2005: The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, $PM_{2.5}$ and PM_1 in a classroom, *Environ. Res.* 99, 143-149.

Bronnimann S. and U. Neu, 1997: Weekend-weekday differences of near-surface ozone concentrations in Switzerland for different meteorological conditions, *Atmos. Environ.*, 31(8),1127-1135.

Cerveny, R.S. and R.C. Balling, Jr., 1998: Weekly cyclones of air pollutants, precipitation and tropical cyclones in the coastal cyclones in the coastal NW Atlantic region. *Nature*, 394, 561-563.

Chou, C. C.-K., S.C. Liu, C.-Y. Lin, C.J. Shiu, K.-H. Chang, 2006: The trend of surface ozone in Taipei, Taiwan, and its causes: implications for ozone control strategies. *Atmos. Environ.* 40, 3898-3908.

Cleveland, W.S. T.E. Graedel, B. Kleiner, J.L. Warner, 1974: Sunday and workday variations in photochemical air pollutants in New Jersey and New York. *Science*, 186, 1037-1038.

Diem, J.E., 2000: Comparisons of weekday-weekend ozone: importance of biogenic volatile organic compound emissions in the semi-arid southwest USA, *Atmos. Environ.* 34, 3445-3451.

Easterling, D.R. et al., 1997: Maximum and minimum temperature trends for the globe., *Science*, 277, 364-367.

Forster, P.M. and S. Solomon, 2003: Observations of a "weekend effect" in diurnal temperature range, *Proc. Natl. Acad. Sci.* U.S.A., 100(20), 11225 -11230.

Gong, D.-Y., D. Guo and C.-H. Ho, 2006: Weekend effect in diurnal temperature range in China: opposite signals between winter and summer, *Geophys. Res. Res.*, 111, D18113, doi:10.1029/2006JD007068.

Hansen, J. M.Sato, and R. Ruedy, 1997: Radiative forcing and climate response, J. Geophys. Res., 102, 6831-6864.

Haywood, J., and O. Boucher, 2000: Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: a review. *Rev. Geophys*. 38(4), 513-543.

Lebron, F., 1975: A comparison of weekend-weekday ozone and hydrocarbon concentrations in the Baltimore-Washington metropolitan area. *Atmos. Environ.*, 9, 861-863.

Liu, S.C., M. Trainer, F.C. Fehsenfeld, D.D. Parrish, E.J. Williams, D.W. Fahey, G. Hűbler and P.C. Murphy, 1987: Ozone production in the rural troposphere and the implications for regional and global ozone distributions. *J. Geophys. Res.,* 92, 4191-4207.

Liu, S.C., C.-H. Wang, C.-J. Shiu, H.-W. Chang, C.-K. Hsiao and S.-H. Liaw, 2002: Reduction in Sunshine Duration over Taiwan: Causes and Implications. *Terrest. Atmos. Ocean.*, 13, p523-545.

Lohmann U. and J. Feichter, 2005: Global indirect aerosol effects: a review., *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 715-737.

Madhavi Latha, K.M. and K.V.S. Badarinath, 2003: Black carbon aerosols over tropical urban environment—a case study, *Atmos. Res.*, 69, 125-133.

Madhavi Latha, K.M. and E.J. Highwood, 2006: Studies on particulate matter (PM10) and its precursors over urban environment of Reading, UK, *J. Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 101, 367-379.

Morawska, L., E.R. Jayaratne, K. Mengersen, M. Jamriska and S. Thomas, 2002: Difference in airborne particle and gaseous concentrations in urban sir between weekdays and weekends, *Atmos. Environ.* 36, 4375-4383.

Moreno, T., X. Querol, A. Alastuey, S.G.. Santos, W. Gibbons, 2006: Controlling of influences on daily fluctuations of inhalable particles and gas concentrations: local versus regional and exotic atmospheric pollutants at Puertollano, Spain., *Atmos. Environ.* 40, 3207-3218.

Pont, V. and J. Fontan, 2001: Comparison between weekend and weekday ozone concentration in large cities in France. *Atmos. Environ.* 35, 1527-1535.

Qin, Y., G.S. Tonnesen and Z. Wang, 2004: Weekend/weekday differences of ozone, NO_X, CO, VOC_S, PM10 and the light scatter during ozone season in southern California., *Atmos. Environ.* 38, 3069-3087.

Ramanathan, V., P.J. Crutzen, J.T. Kiehl, and D. Rosenfeld, 2001: Aerosols, climate and the hydrological cycle. *Science,* 294, 2119-2124.

Riga-Karandinos, A.-N. and C. Saitanis, 2005: Comparative assessment of ambient air quality in two typical Mediterranean coastal cities in Greece, *Chemosphere*, 59, 1125-1136.

Sillman, S., 1999: The relation between ozone, NOx, and hydrocarbons in urban and polluted rural environments. *Atmos. Environ.*, 33, 1821-1845.

Simmonds, I. and K. Keay, 1997: Weekly cycle of meteorological variations in Melbourne and the role of pollution and anthropogenic heat release. *Atmos. Environ.* 31, 1589-1603.

Steinbacher, M., J. Dommen, C. Ordonez, S. Reimann, F.C. Grüebler, J. Staehelin and A.S.H. Prevot, 2005: Volatile Organic Compounds in the Po Basin, Part A: Anthropogenic VOC_S , *J. Atmos. Chem.* 51, 271-291.

Tan, P.-H., C. Chou, J.-Y. Liang, C. C.-K, Chou, C.-J. Shiu, 2008: Observation of a "holiday effect": a case of Chinese New Year in Taipei. *Submitted to Atmos. Environ,* (accepted).

Tsai, Y.I., 2005: Atmospheric visibility trends in an urban area in Taiwan 1961-2003, *Atmos. Environ.* 39, 555-5567.

Twomey, S. A. 1974: Pollution and the planetary albedo. *Atmos Environ*., 8, 1251-1256.

Twomey, S. A., 1991: Aerosols, clouds and radiation, *Atmos. Environ.*, Part A, 25, 2435-2442.

Holiday Effect of the Taipei Metropolitan Area

Pei-Hua Tan[1] Chia Chou[2,3] Jing-Yi Liang[1] Bo-Lin Wu[1]

[1]Department of History and Geography, National Chiayi University

[2]Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica

[3]Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University

(Manuscript received 11 November 2007; in final form 25 August 2008)

ABSTRACT

This study is aimed to investigate the holiday effect, defined as the difference in meteorological parameters between holiday and non-holiday periods, over the Taipei Metropolitan area. We used surface measurements from thirteen Environmental Protection Administration (EPA) stations in 1994-2006, and one Central Weather Bureau (CWB) station in 1986-2006, along with radiosonde measurement from CWB Banqiao station in 1986-2006 during the Chinese New Year (CNY) and non-Chinese New Year (NCNY) periods.

The 13-station average of EPA showed lower levels of diurnal temperature range, daily maximum temperature and daily mean temperature in the CNY than in the NCNY period, and their differences between the two periods were statistically significant, with differences of 0.61 °C, 0.53 °C, and 0.22 °C, respectively. The CWB data also had lower levels of these three temperature parameters in the CNY than in the NCNY period, though no statistically significant difference was found between the two periods.

Besides, the CWB data showed that cloud amount, sunshine hour, sunshine rate were higher, lower, and lower, respectively, in the CNY than in the NCNY period; their differences between the two periods were statistically significant. We noted that daily minimum temperature, global solar radiation, rainfall and visibility had no statistically significant holiday effect.

The comparison between aerosol (PM10) and meteorological parameters implied a possibility of a semidirect effect on the explanation of the observed holiday effect in the Taipei Metropolitan area. The sounding data of Banqiao station provided a possible, though not strong, evidence for this effect. Overall, during the CNY period, compared to the NCNY period, the concentration of PM10 was lower due to lower vehicle emissions, and the absorption of solar radiation was lower, which resulted in lower air temperature, smaller atmosphere stability, stronger convection, more cloud amount, fewer sunshine hour, lower sunshine rate, lower daily maximum temperature and diurnal temperature range.

Key words: Holiday effect, Weekend effect, Climate variability, Aerosol, Semi-direct effect