

臺灣空氣污染現況與個案分析

杜佩樺

國立臺灣師範大學地球科學系

一、前言

所謂空氣污染，是指空氣中存有一些有毒的、或刺激性的物質，包括顆粒或氣體，而足以直接或間接危害人體健康，或對其他動、植物及環境造成傷害者稱之。

事實上，自然界的空氣並非絕對乾淨。如火山爆發、森林火災、風吹起塵埃等等，皆為天然性的空氣污染，但這些都可藉由自然的生態平衡而去除。然而，至工業發達後，人口遽增，大量工業化的生產，除了帶來人類文明進步之外，也產生了大量的污染物質。這些污染物質不斷地排放至大氣中，長時期地累積，超過了大氣本身的自淨能力範圍，使得空氣污染的情形日益嚴重。

空氣污染物質一般可分為兩大類：

(一) 原發性污染物質：即直接來自排放源的物質。主要為一氧化碳(CO)、碳氫化合物、硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)、微粒等。

(二) 次發性污染物質：當原發性污染物質之間相互作用，或與正常大氣的組成成分產生化學反應而生成的物質。如臭氧(O_3)、甲醛、有機過氧化物等。

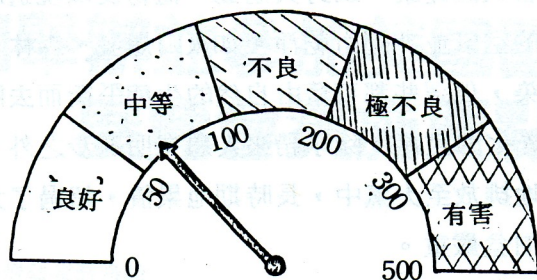
這些污染物質的濃度一旦累積達過某程度後，將威脅人們的健康。如，二氧化氮(NO_2)對人體的呼吸器官有害，健康的人若處在濃度0.7至5 ppm的 NO_2 中15分鐘，肺的抵抗力便會不正常。二氧化硫(SO_2)濃度超過3 ppm時，將使人感覺到刺激痛苦的氣味。一氧化碳(CO)與血紅素有很強的親和力，若暴露於高濃度(大於750 ppm)的CO下，即會引起死亡。至於懸浮微粒(粒徑 $\leq 10 \mu\text{m}$)則因在大氣中不易沉降，故容易影響肺功能。

二、空氣污染與 P S I 值

爲了了解空氣污染的程度，及其對健康影響的關係，故必須建立一套污染指標。目前，行政院環保署所發布的空氣污染指標（Pollutant Standard Index；PSI），是參考美國環境保護署（EPA）、環境品質評議會（CEQ）、及其他機構所共同研議統一的指標，以簡單的數字來表示空氣污染的程度。

其方法是依據該測站當天空氣中總懸浮微粒（粒徑 ≤ 10 微米）測值、二氧化硫（ SO_2 ）濃度、懸浮微粒測值與 SO_2 濃度之乘積值、一氧化碳（ CO ）濃度、二氧化氮（ NO_2 ）濃度、臭氧（ O_3 ）濃度等數值，換算出該污染物之空氣污染副指標值，再以當天各副指標之最大值作為該測站當天的空氣污染指標（PSI）。

PSI值由0～500，指示空氣污染的程度，及其與人體健康的關係。其關係見圖一。PSI值在0～50之間，表示空氣品質良好，51～100表示中等，101～199為不良，200～299極為不良，大於299則對人體有害。



圖一 PSI值大小指示空氣污染程度及與人體健康之關係

三、臺灣空氣污染現況

從77年11月起，環保署決定恢復對民衆發布空氣污染警報（因為在此之前有半年多未發布）。每日依照氣象報告情形，發布設置在全省18個空氣品質自動監測站的PSI值資料，而污染嚴重的地區，則發布空氣污染警報。空氣品質劣化的程度則分為初級（PSI超過200）、中級（PSI超過300）、緊急（PSI超過400以上）三個等級。

根據環保署的統計，近幾年來台灣地區 PSI值小於50的「好日子」有逐漸減少的趨勢，75年還有25%，76年降為19.18%，77年又降為17.6%。另一項統計則顯示，光是78年1月份中，就發布了4次空氣污染中級警報、51次初級警報，

已突破前年（77年）全年度發布中級劣化3次、初級劣化23次的記錄。

環保署並且分析77年18個空氣品質監測站的資料，發現懸浮微粒、二氧化硫（SO₂）、一氧化碳（CO）等項目，其年平均值或日平均值超過空氣品質標準的站數皆有增加，顯示空氣污染面已有擴大的傾向。由這些資料，我們知道，台灣地區的空氣污染情形真的是越來越差了！

四、影響空氣污染的因素

空氣污染的濃度，首要決定於排放至大氣中之污染物的量。然而除此之外，尚受到其他條件的影響。影響空氣污染的因素，大致可歸納為以下三點：

（一）污染物的排放量：工廠的排煙、汽機車的廢氣……等，均為製造污染的來源。這些污染物的排放量越多，即存在空氣中的有害物質越多，故空氣的品質越差。

（二）污染源的位置：污染源排放的位置越高，如，煙囪的高度越高，則地面附近污染物的集中度越小；亦即，污染濃度較小。此外，若污染源所處的地理位置有較廣大的腹地，也比較有利於污染物的擴散。反之，像河谷、山谷之類的封閉地形，空氣污染物易聚集，污染程度便較為嚴重。

（三）氣象條件：由經驗得知，即使在同一個污染源，長時間裏污染物的數量也保持相當固定不變，亦會發現，不同的時段，空氣品質好壞的差異很大。事實上污染嚴重時，通常並不是污染物有急劇增加，而卻是因為氣象條件不同所造成的結果。

因此，由以上三點可以看出，在影響空氣污染的這幾個因素中，天氣，著實扮演了重要的角色。

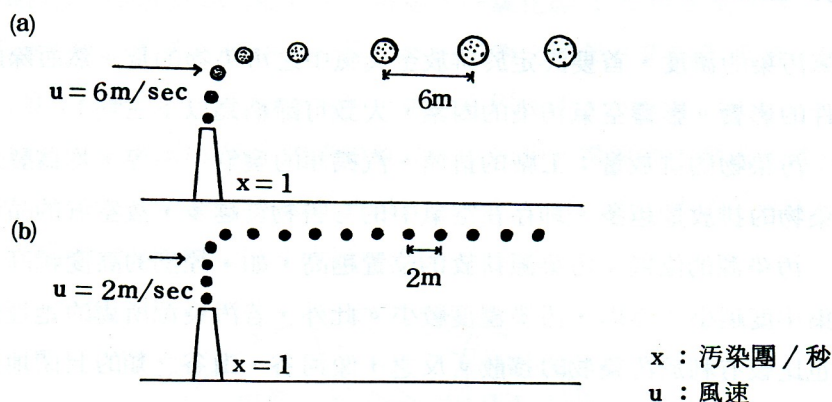
五、影響空氣污染的氣象條件

空氣污染與氣象條件的關係甚為密切。污染源所排放的空氣污染物，可因有利之天氣狀況使污染物獲得良好的擴散而不致於為害；但也可因不利之天氣狀況而造成嚴重的空氣污染為害健康之事件。

氣象條件包括風向、風速、溫度、雨量、日照量，及由前述條件變化而產生的空氣穩定度、海陸風……等。其中，又以風速大小及空氣的穩定度對污染物最具關鍵性的影響，因為它們可以決定污染物和其周圍空氣稀釋的快慢。

以下就風速大小及空氣的穩定度分別詳述：

(一) 風速大小：風速直接影響污染物的擴散。風速小時，污染物較不易擴散，所以污染物濃度高；風速大時，污染物容易擴散，有利於其稀釋。舉例說明（見圖二），一個煙囪，每一秒鐘都冒出具污染性的煙。若此時的風速為 2 m/sec ，則每一團污染雲霧之間的距離為 2 公尺；若風速增為 6 m/sec ，則污染雲霧之間的距離拉長為 6 公尺。由此可知，風速越大時，在每單位時間內空氣傳送的距離越長，也就是說，在單位距離內污染物的集中度越小。所以，風速 2 m/sec 時的污染濃度為風速 6 m/sec 時的三倍。



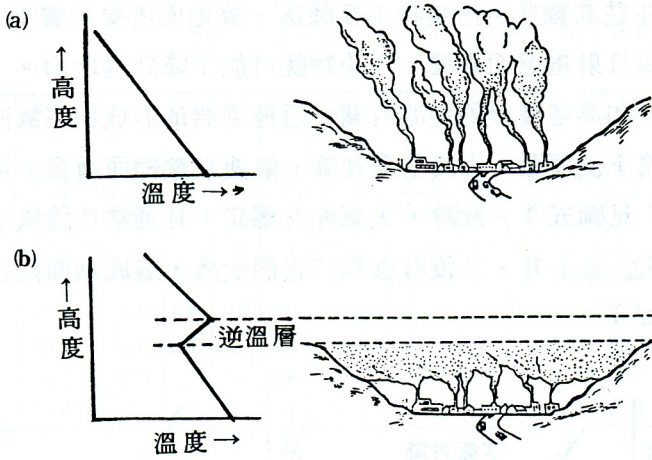
圖二 風速大小對污染物濃度的影響

此外，風大時容易產生垂直渦流，空氣擾動大，受污染的空氣可以較快和其周圍的乾淨空氣混合，稀釋作用較大。可由圖二(a)中看出，污染團越向下風處越大，即單位面積內的集中度減小。但風速小時，空氣的擾動小，污染物的濃度就一直保持很高，如圖二(b)。

由此可以了解，為何大多數嚴重的空氣污染都發生在風速微弱、甚至無風的情況，而很少發生在風強時。

(二) 空氣的穩定度：污染物的垂直運動，主要決定於空氣的穩定度。空氣不穩定時，垂直運動大，污染物隨空氣上升至高空，可被高空風吹走；但如果空氣很穩定時，垂直混合運動被限制，污染物易集中於地面。通常，這是發生在有逆溫層的情況。

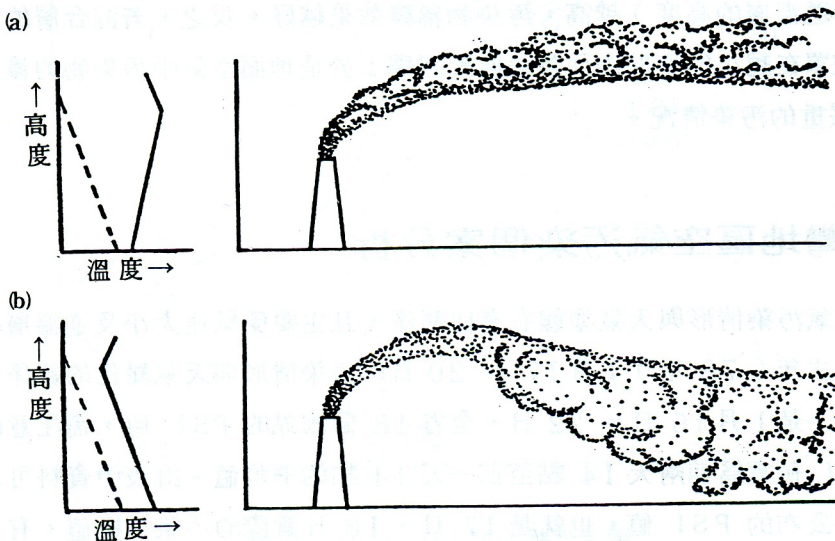
正常的大氣情況下，溫度隨高度增加而遞減（見圖三(a)）。這時，空氣污染物隨大氣的對流作用而上升，與高層的空气混合，可獲得稀釋，並隨風擴散開來，這樣可減低污染的程度。但有時溫度反而隨高度增加而增加，這種異常現象我們稱之為「逆溫」（見圖三(b)）。



圖三 溫度隨高度的分布及對污染物的影響

(a)正常大氣情況下 (b)有逆溫的情況

逆溫的成因不同，所造成逆溫層的情況也不同。最常見的，一是高空發展的逆溫，一是地面逆溫（見圖四）。地面逆溫是由於地表長波輻射快、散熱較多，而使得底層空氣比上層空氣降溫快所形成，常發生在晴朗的夜晚。在這種情況下，排出的廢氣超過逆

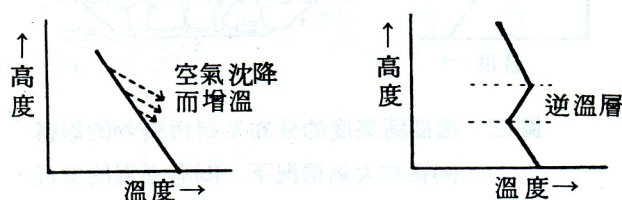


圖四 逆溫層高度對污染物的影響

(a)地面逆溫 (b)高空發展的逆溫

溫層之上，而被限制住往前擴散，污染物不致降落，故地面所受影響不大（圖四(a)）。但當日出後，逆溫層因日射增溫而破壞，污染物就可能下降到達地面。

長期的空氣污染，和高空發展的逆溫有關，這種逆溫的形成與空氣沈降有所關聯。當高壓來臨時，常伴隨下沉運動，由於空氣沈降，氣塊被壓縮而增溫，造成上層空氣反而比下層空氣溫度高（見圖五）。此時，大氣非常穩定，且通常伴隨風小或無風的狀態，使得污染物既不能隨空氣上升，又沒有強風將它們吹散，造成地面附近污染物濃度高，而致污染嚴重（圖四(b)）。



空氣下沉前

空氣下沉後

圖五 空氣下沉造成之逆溫層

逆溫層像大氣中無形的大蓋子，把大氣對污染物的擴散作用限制住（見圖三(b)）。從地面至逆溫層底之間，大氣上下擴散混合容易，稱之為「混合層」。因此，混合層高度（亦即逆溫層的高度）越高，污染物稀釋效果越好。反之，若混合層的高度越低，污染物就被罩在越小的空間內而無法擴散稀釋；於是地面空氣中污染物的濃度更為升高，將造成更嚴重的污染情況。

六、臺灣地區空氣污染個案分析

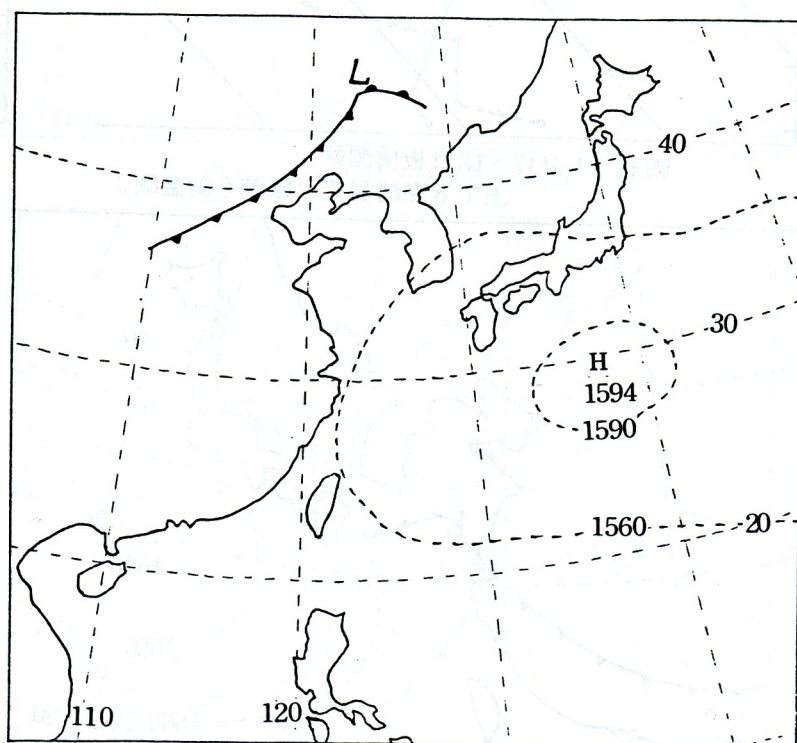
既然空氣污染情形與天氣型態有密切關係，且主要受風速大小及逆溫層高度影響，以下則討論去年（78年）1月17～20日的污染情形與天氣變化的關係。

〈表一〉是1月16日～22日，全省18個測站的PSI值，需注意的是，當日發布的PSI值實為前兩天14點至前一天14點的平均值。由表中資料可看出，19日、20日公布的PSI值，也就是17日、18日實際的污染指標值，有升高的趨勢。特別是18日，有6個測站的PSI值超過200，已達環保署發布空氣污染警報的程度，顯示這天的空氣污染特別嚴重。

表一 78年1月16日~22日全省各測站
前二天14點~前一天14點平均PSI值(取自《聯合報》)

日期	測站	基隆	松山	三重	板橋	永和	中壢	新竹	頭份	台中	彰化	嘉義	台南	楠梓	三民	七賢	復興	鳳山	花蓮
78. 1. 16.		50	57	203	54	61	67	28	91	50	91	60	62	77	44	37	90	98	23
78. 1. 17.		60	50	72	57	51	54	32	71	63	83	82	73	134	66	57	220	234	26
78. 1. 18.		65	58	133	63	70	53	28	65	63	81	80	67	123	66	41	217	204	37
78. 1. 19.		72	80	170	106	98	90	43	47	70	94	142	70	233	74	51	209	203	28
78. 1. 20.		70	99	241	132	247	87	•	53	89	221	163	114	249	85	33	306	229	27
78. 1. 21.		53	60	174	29	97	106	23	59	67	96	77	73	206	•	196	263	195	41
78. 1. 22.		53	54	58	72	57	56	21	79	55	89	72	79	141	•	159	200	102	28

• 表示儀器故障

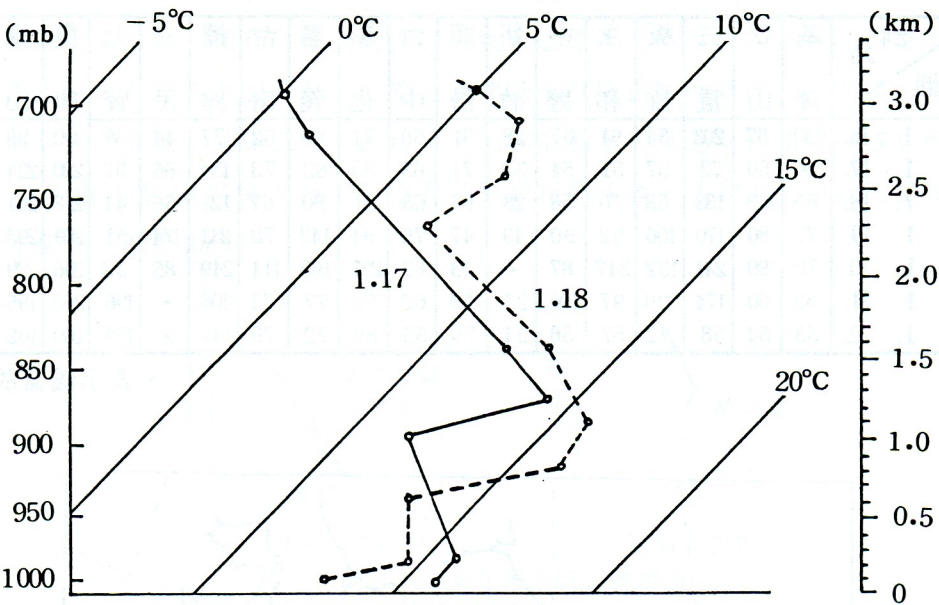


圖六 1月17日上午8點天氣圖

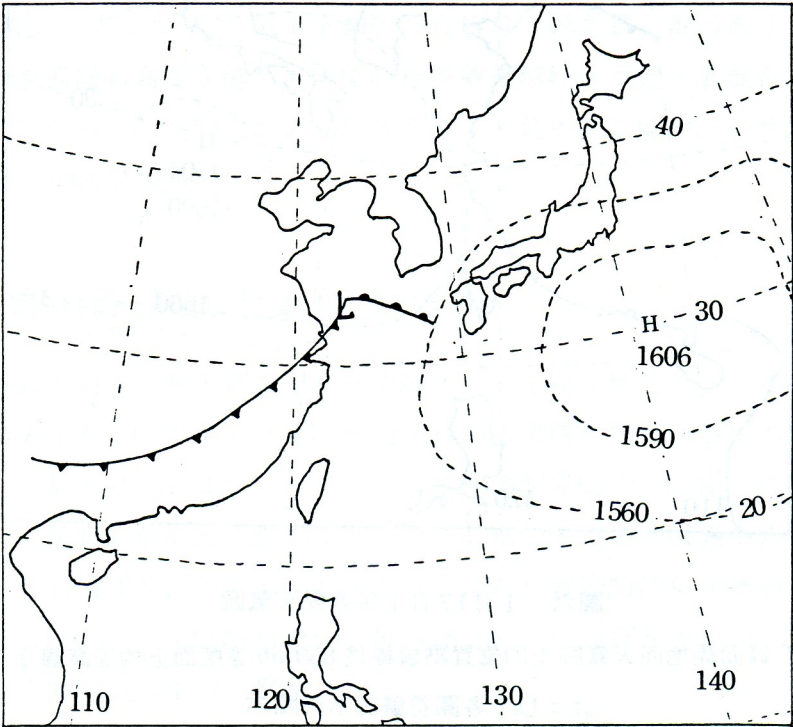
(鋒面係地面天氣圖上的位置點虛線為850mb等壓面上的等高線)

註：以下各圖符號所示同圖六

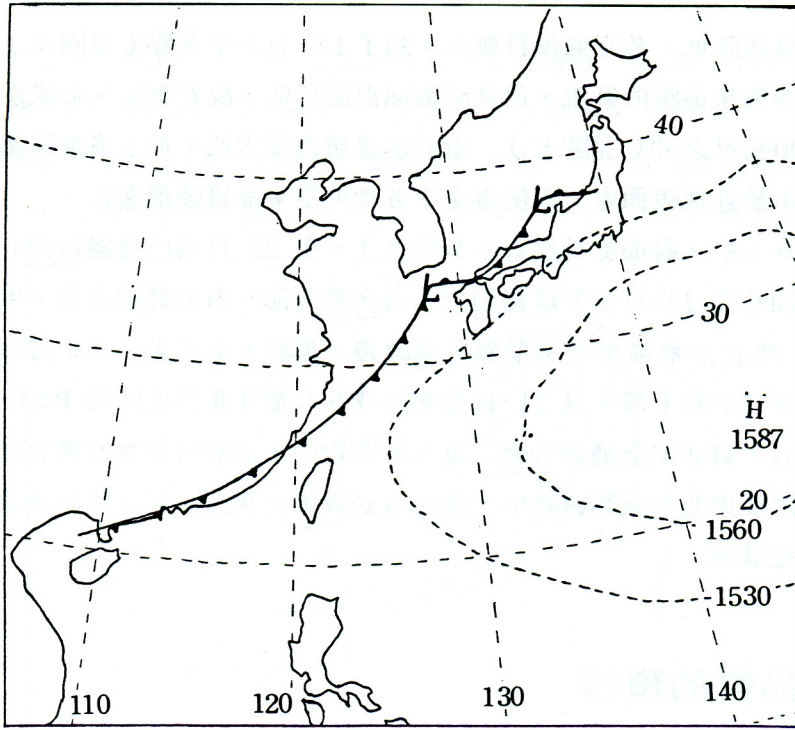
再配合 17 日上午 8 點的天氣圖（圖六）及板橋測站的探空資料（圖七）來看，可見由於受到高壓迴流影響，氣流下沉增溫，在高空約 1 公里處有一逆溫層形成；且因東



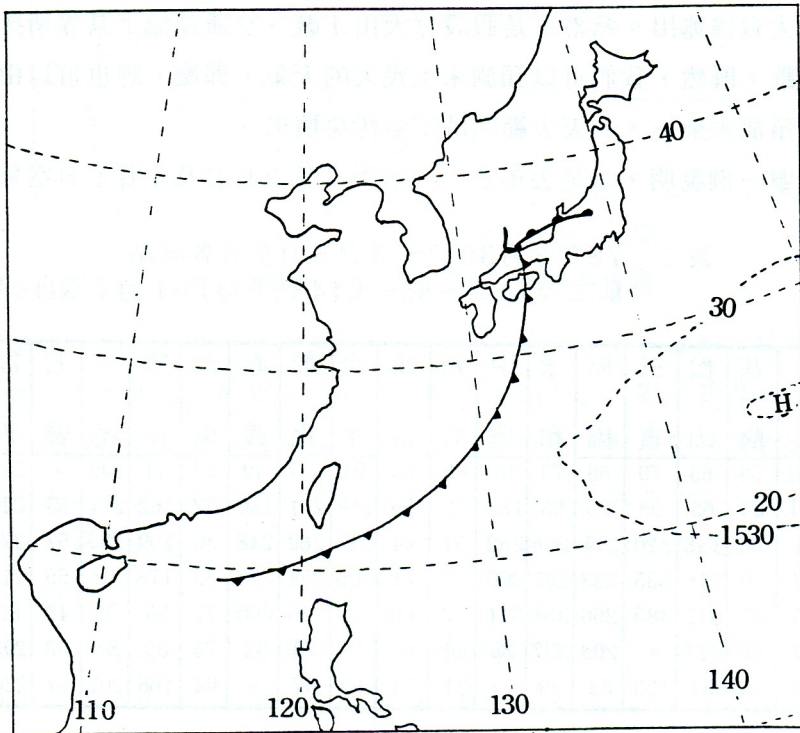
圖七 1 月17、18日板橋測站
上午 8 點的探空曲線圖（斜溫圖）



圖八 1 月18日上午 8 點天氣圖



圖九 1月19日上午8點天氣圖



圖十 1月20日上午8點天氣圖

北季風減弱，風速降低，故空氣品質較差。到了18日上午8點（見圖八），由於鋒面接近，引進更多南來溫暖的氣流，但此時海面溫度仍低，故在低層又形成逆溫層，高度約在250～600公尺之間（見圖七）。由於逆溫層高度太低，加上各地風速微弱，故導致了污染物集中於近地表面處，而使得全省各地的空氣品質陸續惡化。

到了19日上午，鋒面更為接近（見圖九），至20日則已通過台灣（見圖十），由此推測，鋒面約在19日中午以後則已通過台灣北部。由於鋒面過後，東北季風增強，逆溫層消失，即北部地區的空氣品質可望改善。果然，由〈表一〉中可看出，19日14點～20日14點（即，見21日公布的PSI值）北部地區的PSI值已有明顯下降。至20日，鋒面完全通過台灣，東北季風對中、北部污染物的擴散助益良多。唯南部高雄地區因受東北季風影響較小，故仍有初級劣化狀況，預計將隨東北季風的增強而解除污染劣化狀況。

七、空氣品質的預報

由前述的分析，從天氣圖及一些相關的氣象資料，似乎可以將天氣型態及各地的空氣品質之關係大致描述出。當然這是假設每天由工廠、交通運輸工具等所排放出污染物的量大約為定數。既然，我們可以預測未來幾天的天氣，那麼，應也可以由天氣型態的變化，而大致預測未來一、二天大範圍的空氣污染情形。

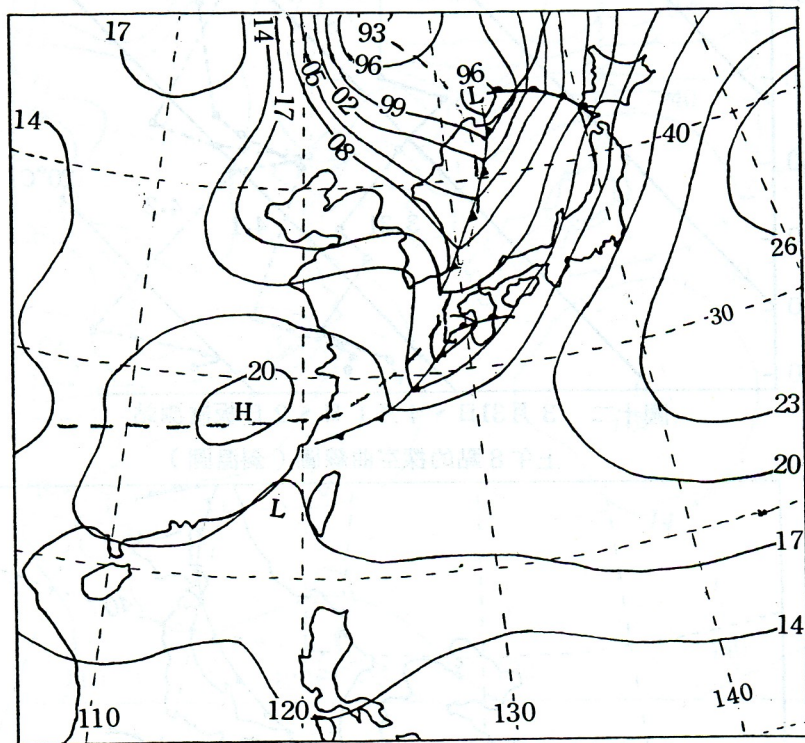
以下仍試舉一例說明，這是去年（78年）3月31日及4月1日空氣污染的實例。

表二 78年3月30日～4月5日全省各測站
前二天14點～前一天14點平均PSI值（取自《聯合報》）

測站 日期	基隆	松山	三重	板橋	永和	中壢	新竹	頭份	台中	彰化	嘉義	台南	楠梓	三民	七賢	復興	鳳山	花蓮
78. 3. 30.	58	63	70	68	73	87	68	55	91	107	49	57	71	249	•	220	•	27
78. 3. 31.	31	63	98	85	93	183	72	56	119	201	130	57	162	211	55	213	90	26
78. 4. 1.	84	138	320	211	286	252	51	44	232	269	248	80	199	285	57	272	80	24
78. 4. 2.	79	218	335	228	287	300	75	71	205	254	233	82	178	255	55	218	47	28
78. 4. 3.	83	212	385	266	354	321	57	60	198	116	200	72	95	85	49	85	25	33
78. 4. 4.	56	127	•	209	237	83	40	60	76	78	92	75	85	88	68	203	40	32
78. 4. 5.	55	57	123	63	99	74	31	54	69	67	•	84	166	207	81	220	59	40

• 表示儀器故障

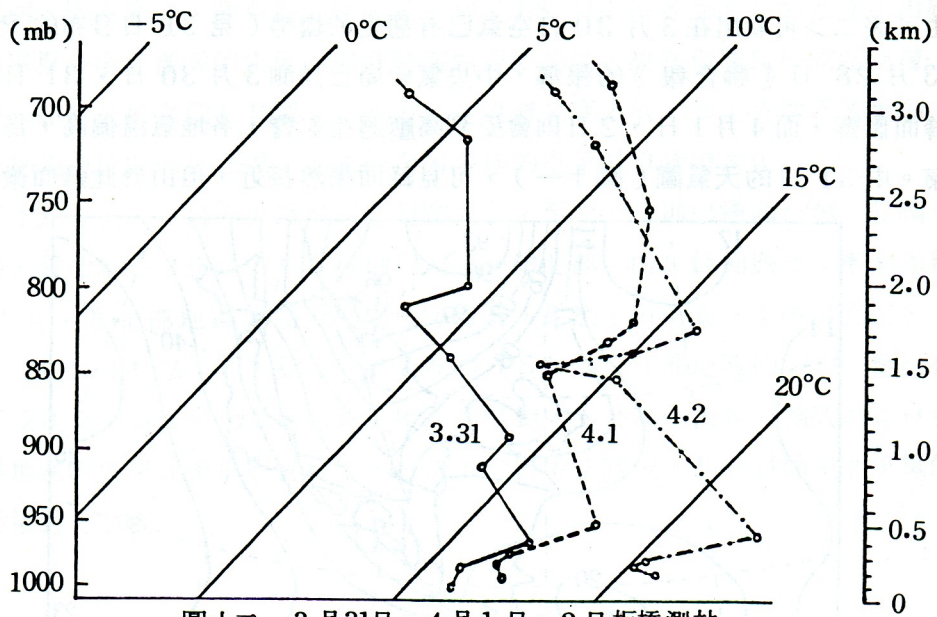
由〈表二〉可看出在3月30日空氣已有惡化的趨勢（見31日發布的PSI值）。根據3月28日《聯合報》的報導，中央氣象局已預測3月30日、31日台灣地區將受鋒面影響，而4月1日、2日則會受到高壓迴流影響，各地氣溫偏高，為晴到多雲的天氣。由31日的天氣圖（圖十一），可見鋒面果然接近，但由於此鋒面微弱，且位



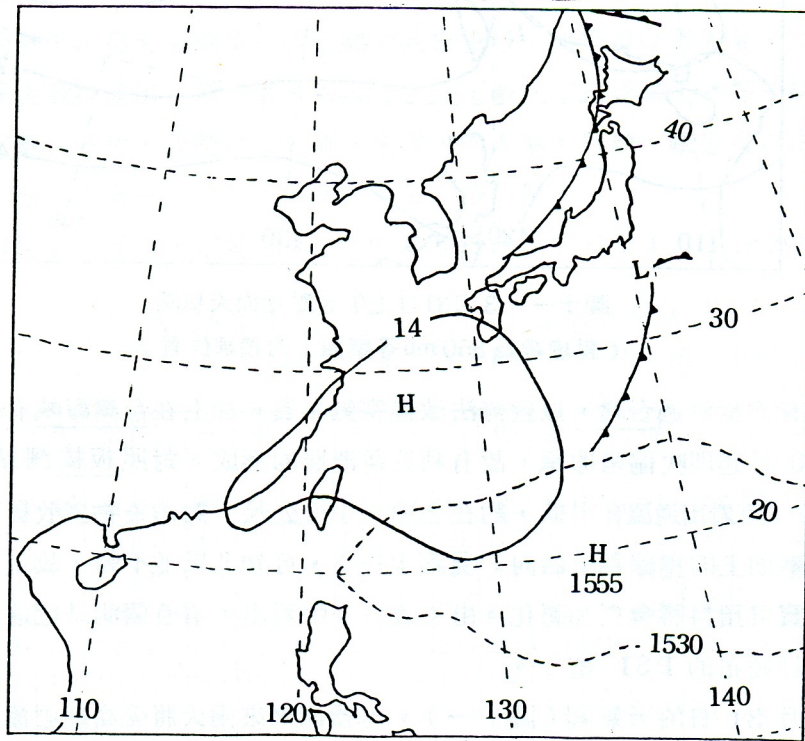
圖十一 3月31日上午8點地面天氣圖
（點虛線為850mb等壓面上的槽線位置）

置偏北，沒有直接通過台灣，以致無法改善空氣品質。加上在台灣海峽有一個小低壓，而全省從30日起即吹偏南的風，故有利於逆溫層的形成。對照板橋測站的探空資料（見圖十二），可看出逆溫層很低，約在200~400公尺，對污染物擴散極為不利。且因850mb等壓面上的槽線為東西向（見圖十一），可知北風並不強，故這天（31日）的空氣品質實可預料將會更加惡化。由〈表二〉中看出，有9個測站已達拉警報的程度（見4月1日發布的PSI值）。

再由3月31日的天氣圖（圖十一），可預測未來兩天將受高壓迴流影響，氣溫升高，然而高壓沈降的結果，仍利於逆溫層的形成，足見4月1日的空氣品質將持續惡化。見4月1日台灣的天氣的確受高壓迴流影響（見圖十三）；而由板橋的探空資料則看

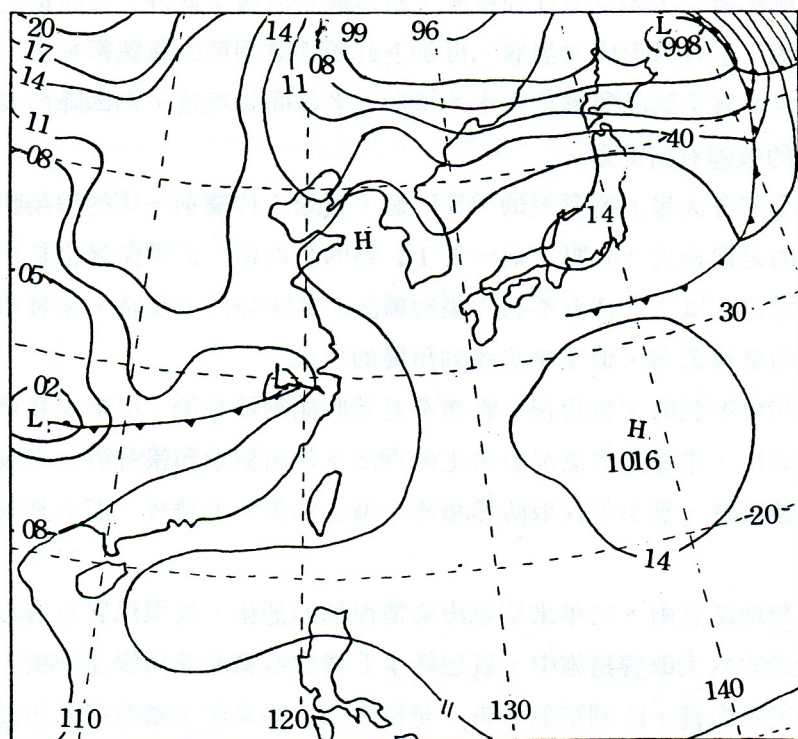


圖十二 3月31日、4月1日、2日板橋測站
上午8點的探空曲線圖(斜溫圖)



圖十三 4月1日上午8點天氣圖
(鋒面及實線H係地面天氣圖上的位置
點虛線為850 mb等壓面上的等高線)

出，確實有逆溫層存在（見圖十二），高度仍在 300 公尺，以致於這天各地的空氣污染情形仍十分嚴重（見 4 月 2 日發布的 PSI 值）。而 4 月 2 日的情形亦可預見將和 1 日相當，空氣品質仍難望好轉。



圖十四 4 月 2 日上午 8 點地面天氣圖

到了 4 月 2 日，由天氣圖（圖十四）中看出，因受西南氣流影響，故仍不利於空氣品質的改善（見〈表二〉中 4 月 3 日發布的 PSI 值）。並由 2 日的天氣圖，可預測華南的低壓及鋒面將於 3 日接近台灣，至 4 日鋒面可過境，將有利於空氣品質的改善。果然，到了 4 日，因鋒面南移，台灣地區各地下雨，使得連日來猛拉警報的中、北部地區 PSI 值大幅下降（見 5 日發布的 PSI 值）。

由以上的討論，可見得由天氣型態的改變，約可大略預估大範圍的空氣污染情形，但，局部地區的天氣特性及污染源多寡亦十分重要，應納入考慮。例如，南部高雄地區，因位處東北季風吹拂過中央山脈的背面，加上附近工業區多，故在鋒面剛過，各地吹東北風的情況下，此地受東北季風影響小，風速仍不大，而污染濃度仍高。所以，在預報空氣品質時，也須考慮局部地區的環境條件，以期能使分析及預報更為詳細而正確。

八、結 語

由前述的個案分析，可大致歸納出天氣型態對空氣污染的影響。特別是在冬天，當受到高壓迴流影響時，因空氣沈降增溫，易造成逆溫層；此外，鋒面接近時，因引進較暖的西南氣流，也容易形成逆溫層。再加上此類天氣型態的風速都很小，不利於污染物擴散，因而常造成空氣品質嚴重惡化的情形。若鋒面過境後，則因降雨或東北季風增強，對空氣品質的改善有所助益。

目前，全省各大報上所發表的 PSI 值，實際上皆屬前一天的污染狀況，如《聯合報》，發布的是前兩天 14 點至前一天 14 點的平均值。而環保署也是在 PSI 值連續 12 小時超過 200 以上，且有不利污染物擴散的氣象條件出現時，才發布空氣品質劣化警報。這樣的事後公布，似乎無法達到預警的效果。

對空氣污染不利的天氣狀況，雖然不是我們能夠避免的，但至少我們可以結合氣象知識、善加利用，來降低空氣品質劣化的程度。當由氣象預報知道未來幾天的天氣將不利於污染物擴散時，應事先採取防範措施，減少污染物的排放，而不是只停留在發布警報的階段。

由於台灣地區近兩、三年來空氣污染情況越形惡化，故環保署也有心要提升空氣品質，在其擬議的六大改善措施中，就包括了「建立空氣品質預報」一項，這是我們所樂見的。而對民衆而言，防制空氣污染，是每一個人的責任。當有空氣污染警報時，應禁止露天燃燒；高污染性的工廠應暫時停工或減產，施工也應停止運作；而一般民衆則盡可能避免不必要的外出，以減少呼吸污濁的空氣，同時也可減少交通工具的污染排放量。

當然，我們最希望的是，環保署能徹底執行其改善措施，確實建立有效的空氣品質劣化預警系統；由參考天氣預報而預估污染的擴散情形，事先告知民衆。畢竟，除了擬定空氣品質嚴重劣化時的緊急防制措施外（台北市環保局已擬定），積極採取預防措施，減少空氣品質惡化，才是更重要的。

誌 謝

本文之完成，感謝中央氣象局預報中心與資料處理科，及環保署監資處提供資料，也感謝師大地球科學系林政宏老師的指導才得以順利完成。

參考書目

1. 林政宏，1989：大氣的基本認識——兼談人類對大氣的衝擊。國立台灣師範大學科教中心，P.23-37。
2. 戚啓勳，1983：大氣科學。大中國圖書公司，P.466-474。
3. 莊進源，1983：飛舞空中的殺手。百科文化事業公司，P.1-79。
4. 劉麗真、李清勝，1989：1952年倫敦污染災變會在台灣重演？——談空氣污染與天氣。科學月刊，20卷3期，78-3，P.205-209。
5. 行政院環境保護署，1989：環保小百科。P.43-52。
6. Oke, T.R. , 1978：Boundary Layer Climates. Methuen & CO LTD. P.268-301。
7. Neiburger, M., J.G. Edinger and W.D. Bonner , 1973：Understanding Our Atmospheric Environment. P.238-255。

