

空氣污染防治(一)

鄭 福 田*

壹、認識空氣污染

一、空氣污染定義

在空氣中加入某種物質，使空氣之物理或化學特性改變，其改變量之大小，足以被偵測出者，謂之空氣污染，也可說是在空氣中加入某種物質，對動物、植物或其他物料造成可以測得或查覺之影響；在「空氣污染防治法」中，對於空氣污染物之定義為：「謂空氣中足以直接或間接妨害公眾健康之物質，或足以引起公眾厭惡及惡臭物質」。由此可見，空氣污染不一定是單指人為所造成的，也有某些污染物來自於自然現象者，例如：花粉會造成花粉熱(hay fever)，火山爆發造成的落塵，由於閃電造成的笑氣、臭氧等，均屬於自然造成者。一般我們所指純空氣，是指空氣中的主要五種成份，即氮氣佔 78.09%，氧氣 20.94%，惰性氣體 9325 ppm，二氧化碳 315 ppm，及由於生物作用自然產生的沼氣約 1 ppm，以上幾種主要常見的成份，如果其量太大，也足以造成危害，如空氣中之二氧化氮達 10%，影響人體血管之控制機構，會造成毒害，10% 的 H₂ 及 10% CH₄ 會造成爆炸，因此我們可以說在空氣污染物中，量（或是濃度）及時間的觀念很重要，短期間的特高濃度可能造成急性的毒害，而長時間的「相當」高之濃度則足以造成慢性的影響。

二、空氣污染物

我國空氣污染防治法中有關空氣污染物的定義已如上述，污染物的種類隨著工業之發展而日見增廣，以其存在之相 (phase) 來區分，可分為固體、液體及氣體三種，一般為方便起見，也把它區分為(1)初級污染物 (primary pollutant) (2)二次污染物 (secondary pollutant)。

(1)初級污染物

初級污染物，乃自確定性污染源排放者，通常我們可以把它區分為：

- 1.粒狀物質
- 2.硫之化合物
- 3.有機化合物
- 4.氯之化合物
- 5.碳之化合物
- 6.鹵族元素

1.粒狀物質

粒狀物質，可依粒徑之大小分為兩種，即粒徑大於 10 μm 之落塵和小於 10 μm 之懸浮微粒，這種顆粒性污染物，包含有碳、金屬、焦油、樹脂、花粉、黴菌、細菌、氧化物、硝酸鹽、硫

* 臺大環境工程研究所

酸鹽、氯化物、氟化物、矽酸鹽及有機化合物等；較大之顆粒，可以利用其本身之重力而下沉，更因動物呼吸器官之自然防護機構，阻止其進入肺部，此外由於其表面積較細顆粒者為小，和其他污染物起作用之機會較少，因此造成損害之機會較細顆粒者為少，但沾污物料之機會却較大。

懸浮微粒，由於其粒徑細小，懸浮於空氣中，具有極大之表面積，會顯現散光現象，具有電荷並具有內含物之特性，有些甚至於具有放射性元素。

粒狀物質被吸進人體後，可刺激呼吸系統，損傷肺之清除機構（Cleanance Mechanism），造成呼吸器官之急劇病症，如果長期吸入含有某些致病成份之粒狀物質，會造成慢性之吸呼器官疾病。

2. 硫之化合物

硫之化合物，自1902年倫敦之災變而廣受注意，燃燒含硫燃料產生大量之二氧化硫（98%）及少量之三氧化硫，此外如硫酸、肥料，甚至於煉銅工業也會產生二氧化硫，石油、造紙、污水處理廠，及天然溫泉等則會產生硫化氫和其他有臭味之含硫化合物（如硫醇）。由於二氧化硫在紫外線照射下，如有鐵、錳或其他氧化物之催化，則加速變成三氧化硫，遇有水汽存在，即轉換成硫酸煙霧（mist），形成酸雨等，對動植物、物料之損害會更形加強，尤其是硫酸煙霧本身顆粒極細，易於進入人體呼吸管道之深處，而造成呼吸器官之危害。

3. 有機化合物

此類污染物包括飽和、不飽和之鏈狀或環狀碳氫化合物，此種化合物可能是氧或氯之衍生物，以蒸汽方式排出，而揮發性較低者，可能以液滴或顆粒狀排放。這類污染物，除由工業生產排放者外，燃料之不完全燃燒也可能產生。近年來由於能源危機，促使許多汽油汽車改為柴油汽車，而引起研究界之重視其污染問題，據初步研究結果，柴油汽車所排放之碳氫化合物，種類甚多，其中有些是多環性者，可能致癌，是以不能不重視此一問題。

4. 氮之化合物

氮之化合物，一般以氮氧化物較受重視，除一氧化二氮來自於閃電者之外，一氧化氮、二氧化氮主要來自於燃燒，燃料中含有少量之氮，但大半來自於空氣中之氮，空氣及燃料進入燃燒室後，由於燃料之化學能轉換成熱能，提高溫度，促使氮與氧之化合形成一氧化氮，甚或二氧化氮，因此控制燃料燃燒及促進完全燃燒，可以減少一氧化碳及碳氫化合物之排放，但同時也會增加氮氧化物之排放，所以一氧化碳與氮氧化物排放標準之定訂，應在兩者之間取得最合理之「協調」。

短時間曝露於高濃度之二氧化氮，是否會造成健康之危害，目前正在研究中，尚無一定之論斷，但如果原患有慢性支氣管炎及氣腫者，則由於呼吸含有二氧化氮之空氣可能使病情加重，另據動物實驗之結果，也可能降低對傳染病之抵抗力。

5. 碳之化合物

碳之化合物，除前述有機物外，尚有一氧化碳之污染，主要係燃燒不完全所造成，此外吸煙也排放出高濃度之一氧化碳（達數拾 ppm 以上）。一氧化碳被吸進人體後和血液中之血紅素化合，因而減低由血液輸送到各器官之氧氣量，降低心臟之收縮作用，減少血液到身體各部份之量，也即是減少肌肉和各器官所需之氧氣量。此種影響，會使健康者減少其身體運動之能力，而對於心臟病患者而言，則由於無法補償短缺之氧氣，而威脅其生命。有心臟冠狀動脈疾病者，如經過交

通繁忙地區，則其心電圖即有所變化。患有貧血、氣腫及其他肺之疾病者，和住在高緯度的居民，對於一氧化碳較為敏感，即使在低濃度下，也可能影響心理功能、視覺敏銳性及警覺性。

6. 鹵族化合物

某些無機性鹵族元素或化合物，如 HF、HCl、Cl₂是由冶金、肥料、碱氯或其他工業產生，具有刺激性和腐蝕性，氟化物對作物及牛有害。

(2) 二次污染物

二次污染物，是兩種或兩種以上之初級污染物，由於其在化學或物理特性上不穩定，易於受到外來因素如日光、金屬等之催化作用，變為最低自由能之穩定狀態，即生成所謂的二次污染物，這種由較高自由能轉變成較低自由能之速率、反應之途徑及中間步驟，受污染物之相對濃度、光化程度、溫度、地形及擴散等影響。

二次污染物中較為典型之例子有(a)二氧化硫轉變成酸雨之過程，(b)光化學煙霧。二氧化硫在紫外線照射下進行光化學作用，轉換為三氧化硫，更與水汽作用而成硫酸，如空氣中有微細顆粒存在（硫酸煙霧本身即為小顆粒），即可吸附氣體，這些氣體聚積在顆粒表面，形成該顆粒表面之高濃度，此種顆粒吸進人體，即會增加其毒害，美國環境保護署最近修定之空氣品質標準中，即針對二氧化硫和懸浮微粒之毒性加成作用，而將品質標準分為三個類別，分別訂定標準，臺灣有些地區，懸浮微粒之粒徑小於 4.7 μm 下者，達40~70%，這是一很值得重視之問題，這些小顆粒之粒徑，易於進入氣管深部（再細小者甚至於到達肺部），對於健康影響較大。第二種典型污染物即臭氧等會使碘化鉀還原成碘之高氧化物（oxidant，但二氧化氮除外），這種污染物已證實是「洛杉磯煙霧」之罪魁，其成因乃二氧化氮解離為一氧化氮及氧基（radical），此種氧基造成一連串之自由基反應，生成如臭氧、甲醛、有機性高氧化物等，其中臭氧為最主要。

臭氧可刺激鼻和喉嚨之黏膜，損害肺之正常功能，減少身體運動之能力，此種影響對於慢性肺疾病之病患更形嚴重，患有氣喘、心臟或循環系統之疾病者，在低濃度臭氧下即有症狀產生。臭氧和二氧化硫同時存在時，對健康之影響比其單獨存在者為嚴重。

(3) 大氣過程 (Atmospheric Process)

除了以上所提化學性作用之外，還有其他之因素影響初級與二次污染物之消滅與成長，如成核、凝縮、沉澱及其他之氣象因素，而使污染物稀釋或濃縮。

凝縮作用之核心，可來自天然或人為造成者，在適當之條件下，水蒸汽以其為核心凝結成氣膠 (aerosol)，此種氣膠再和其他之粒子聚結形成大粒子，最後沉降於地面或其他表面上。

在物理性擴散而言，水污染和空氣污染之問題很類似，主要之關鍵在於稀釋介質（指空氣）之大小和混合之快慢，空氣污染中需特別注意者為逆轉層高度、水平和垂直風速，以及由對流和非線性流造成之紊流等。

藉風向、風速及其頻率，局部性或區域性之濃度變化，和其他有關因素而可以誘導擴散模式用以評估已知污染源對於周圍環境之影響。

三、空氣污染之影響

(1) 降低視程

此乃最早注意到的一種影響，主要乃因氣生性粒子散光作用，散光程度與粒子大小、粒子密度、受影響之氣團厚度及某些更敏感之物理因素有關，這種粒子可能是初級污染物，也可能是二

次污染物。美國東海岸和倫敦曾因空氣污染造成視程降低而使交通和市鎮活動大為降低。

(2) 物料損壞

對於建築、金屬、表面覆被物 (coatings)、纖維和其他商品之損壞，是一種經常性而影響範圍廣泛者。美國每年於此方面所造成之損失，雖沒有準確估計，但相信達數十億美元。主要影響之污染物有酸霧、數種高氧化物、燒燃和由工業程序而來之粒狀物質，二次污染物影響也頗大，如臭氧對橡皮及紡織品會造成快速而廣泛之破壞。

(3) 農業上之破壞

有多種之食物、農作物、牧草及水菓，受空氣污染物之影響，使樹葉損壞，成長阻延，水菓實變小、產量減少，花被破壞，以藍草 (blue-grass)、豆類、菠菜最為敏感。污染物中則以乙烯、過氧化硝酸乙醯 (PAN)、二氧化硫、酸霧、氟化物、臭氧及某些有機氧化物最為嚴重。

(4) 對於人和動物之損壞

Donora、Poza Rica、London 及 Meuse Valley 等地區都已有因空氣污染而使人死亡之先例，長期連續暴露在低於致死之濃度 (Sublethal Conc.) 下，可能造成生理上之不良影響，但大半情況下尚無法定量其影響之大小。美國城市「慢性支氣管炎」，洛杉磯之鼻咽炎 (nasopharyngeal) 和眼睛刺激，以及許多大都市肺癌之增加均可能和空氣污染有關，而含氟化物之粉塵亦可造成牛之 fluorosis。為了解污染物可能造成人體之傷害如對於纖毛作用之壓抑、肺生理作用之改變、特殊酶之抑制作用和血化學之改變，都開始作更精密之生理效應測驗及觀察。

(5) 心理效率

害怕是民衆對於空氣污染之第一反應，因此心理上之效率不容忽視，過去對於曾受到污染影響的民衆之心理健康衝擊之評估甚少研究，宜再加強。

四、空氣污染未來之問題

雖然空氣污染已廣受注意，但因人口不斷膨脹，活動急速增多，因而污染物不斷增加，所以未來空氣污染問題不容忽視。或許有人認為地球總空氣量對每人每天需要量之比為一無限大之比例，但工業區附近居民之不舒適、病痛却是頻頻發生，加上核子武器之試爆，大量化石燃料燃燒所生之二氧化硫長程傳播問題，都足以改變人類生存之「氣相」環境。

如果人口增加不予以控制，則空氣污染對公衆健康和福利之威脅即日漸嚴重，除非採取「有效」控制人口之手段，否則要維護一可接受之空氣品質成本，將隨人口之數量與相關活動而成指數關係增加，而且這種現象不會因核能或太陽能之取代傳統能源而有所改變，僅能延遲成本增加與空氣品質惡化之速率而已。臺灣目前不能不發展工業，而人口又不能有效地控制其成長，因此空氣污染問題更應重視，冀望有關單位，除了事後之改善措施外，更應加強事前之防止措施，改變工業生產結構，避免重蹈歐美日工業發展過程污染環境之痛苦途徑，為子孫提供一美好之生活環境。