

從空氣污染說到臺灣降落物

輻射性測量結果^(註1)

鄭子政

El problema de la contaminación de la atmósfera y el resultado de las observaciones sobre la lluvizna atómica en Taiwan

Kenneth T. C. Cheng

Abstracto

En la primera parte de este estudio, el escritor ya discutió la cantidad de polvo, que se ha observado en la atmósfera de algunas partes del mundo. El polvo en la atmósfera se separa en dos estratos. El que en el plano superior viene del espacio y baja a la tierra se calcula en más de 14,300,000 toneladas al año. Se llama polvo meteórico. La contaminación atmosférica del estrato inferior en Londres contiene de 40,000 a 150,000 partículas de polvo por centímetro cúbico. Por lo tanto, este polvo puede transformar los fenómenos atmosféricos tanto más cuanto las partículas suspendidas en el aire forman las brumas o la niebla, que depende de la humedad existente en la atmósfera. Frecuentemente, las pequeñas partículas sólidas o líquidas disminuyen la transparencia de la atmósfera. La niebla, neblina o bruma puede tenerse de muchos colores; es blanca, amarilla, azul ... algunas veces.

En la segunda parte se examinó el contenido químico del polvo. Aquella partículas minúsculas en la atmósfera tienen mucho azufre y carbono. Todos estos elementos son nocivos para la salud del hombre. Mucha gente ha sido víctima de las impurezas del estrato atmosférico inferior.

Finalmente el problema de la radiación nuclear ha sido atacado desde el punto de vista de la explosión nuclear de la Rusia Soviética. La contaminación del polvo radioactivo nuclear da mucho miedo a todo el mundo. El Servicio Meteorológico de Taiwan ha hecho desde el año 1955 observaciones sobre la lluvizna atómica o el polvo radioactivo. Se descubrió que la precipitación radioactiva tardaría tres días en llegar desde el Lago Baikal hasta la capa baja de la atmósfera de Taiwan; de tres a siete días desde la Isla de Tierra Nueva; seis o siete días desde el Sahara; una o dos semanas desde la Isla de Bikini; dos o tres semanas desde el desierto de Nevada. El polvo nuclear se queda a una mayor altitud en el verano que en el invierno porque los vientos del este son más suaves que los vientos del oeste en los estratos superiores de la atmósfera. Cuando aumenta el polvo radioactivo se produce como resultado la baja de la temperatura atmosférica inferior y aumenta la lluvia en el suelo.

Despues de la explosión de Bikini, la radioactividad de la lluvia se midió en 22,222 micro-micro-curie por litro. El máximo de radioactividad del polvo en la capa de atmósfera que en Taiwan se registró el 8 de Julio de 1958, fué de 694 milli-curie por kilómetro cuadrado y el máximo en el aire fué de 3034 D. P. S. por metro cuadrado el mismo dia 8 de Julio de 1958.

El Servicio Meteorológico de Taiwan descubrió la distribución de Sr.-90 en el suelo. En la capa de 5 cm. tiene la tendencia de aumentar del oeste al este de las Montañas Centrales y en el estrato de 10 cm. tiene la propensión de decrecer de norte a sur. Creo que el primer fenomeno es debido a la influencia de las montañas y el segundo resultado de la acción del viento monzón que sopla en dirección nordeste. Todos estos resultados deberian ser objeto de estudio de investigaciones ulteriores.

古代詩人稱世事爲塵事；而稱此世界爲塵世。蘇軾詩云：「日月何促促，塵世苦局束」。白居易詩有「若論塵事何由了，但問雲心自在無」。又說繁華之地謂紅塵。孟浩然洛陽詩：「酒酣白日暮，走馬入紅塵」。此皆比喻世上人事之繁雜，等如空氣中塵埃之衆多。空氣中所存在之微塵誠屬恒河沙數。此許多的微塵性質各異，隨風飄移，分佈地域，疏密不同。這些微塵一部份來自泰空，另一部份則自地球上所造成。據柏德遜 (Hans Pettersson)^(註2) 估計在地球表面六十哩以上高空中所含流星塵的總量有二千八百六十萬噸，其半數一千四百三十萬噸，每年可能降落地面。乍看起似爲一驚人的數值。但以地球面積一九七百萬平方英里平均分配每一平方英里不過一百四十五磅，若平鋪於地球表面僅有萬萬分之一三英寸厚度。一八八三年八月二十七日印尼巽他海峽 (Strait of Sunda) 的喀拉喀他 (Krakatoa) 火山爆發，火山塵冲入高空，障蔽日光，日色爲之變黃，地面平均氣溫因而降低者三年^(註3)。二年後尚可見微塵映日現象。至於地面人爲的微塵量亦屬可觀。一乘機動自行車經過後，在每立方公尺空氣中可達一萬「微克」 (microgramme)^(註4) 的微塵量。一般標準烟突的放射量約每小時六千至八千立方尺，其烟塵的集中量約在每立方英尺 0.05 至 0.15 庫 (grain)^(註5)。英國一年中工業上燃用之煤烟量原有八十萬噸，由於烟塵的管制與燃料的變質已將煤烟量降低至每年十萬噸，但估計家庭燃用的煤烟量每年仍在九十萬噸左右。紐約城的烟塵年有二十萬噸。在孟哈登地方一條街上平均每月所聚的烟塵在二千八百六十七磅左右。居民每次呼吸中可能含有一十三萬七千粒的烟屑與微塵。倫敦空氣中每立方哩含有烟塵數量亦自四萬八千至十五萬之數。在大西洋空氣清鮮測驗所得每立方哩空氣

中亦尚含有二千微塵粒數。

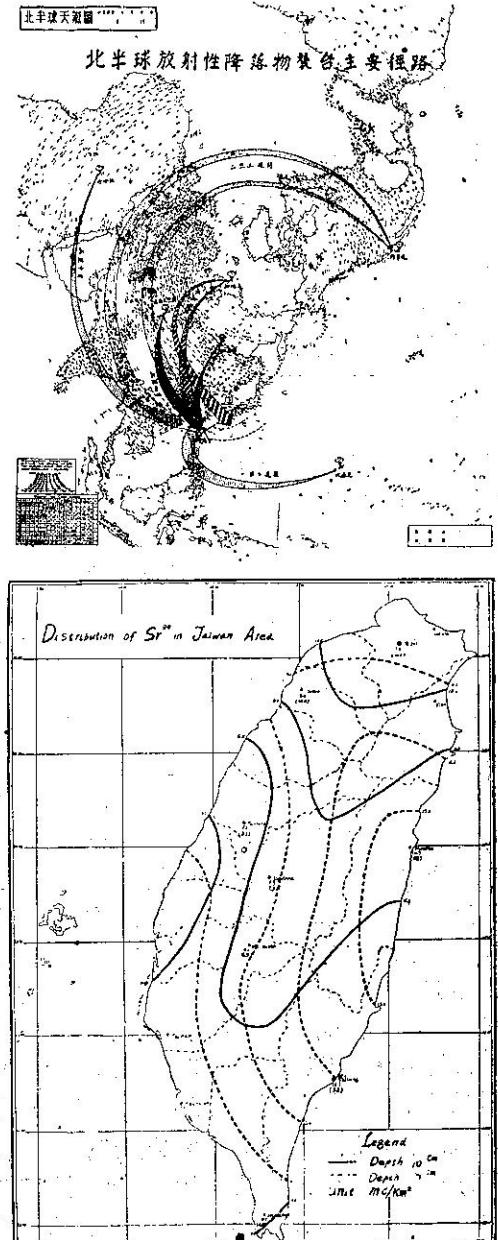
浮游在地面空氣層中有如許多的微塵，常足以影響到氣象的變化及人類生存的健康。當地面空氣達飽和狀態時，這些微塵迅速的化爲霧點凝結核心，使地面頓呈霧幛，直至地面氣溫升高，霧點汽化而後，霧始消散。由於霧中含有雜質使人類生存霧中，直接的蒙其影響。一九二九年十二月三日至五日大霧瀰漫於法國邁士河上，在此時期中死亡六十四人。一九五九年一月三十日倫敦密佈青灰色烟霧，引起交通凍結及失事與人民的恐怖，因於一九五二年曾有類似現象發生，而由於烟霧死亡人數達一萬二千人。死亡者百分之九十是四十五歲以上及患有心臟病或胸腔疾病者，但健康的人亦感到喉嚨與不適。據英國調查於一九五九年因肺癌死亡人數達二萬人，而慢性氣管炎 (Chronic Bronchitis) 死亡人數年達三萬人，因疾病而損失的天數達三千萬工作天。英國內政部長布洛克 (Henry Brooke)^(註6) 稱因英國人民因空氣污染烟塵的影響而死亡者年達五萬人。空氣污染不僅在於烟塵數量的增多，進而因塵埃質量上的影響足以損害人類的健康。勞善 (Lawther, P.J.)^(註7) 稱烟塵直接影響及於呼吸器管及心臟器管疾病使輸送至細胞所需的氧分不足，而呼吸或血液循環系統發生障礙，遂以招致肺癌，胃癌或心臟病症。若需此類病症的減少惟有移住在於空氣清淨的地域。污染空氣中的雜質成分以炭質和硫質爲多。炭質與硫質吸入人體以內均有損害於健康。硫化物質與水氣膠合後即產生腐蝕作用，因此在街頭的塑像歷久年代樹立於空氣中即見剝蝕現象。英國杜亨大學 (Durham University) 外科學教授費伯士 (Pybus, F.C.)^(註8) 謂癌症乃屬於長期潛伏症，普通病症的起因其百分之九十由於空氣污染影響的媒介。在一年中人體吸收的輪質酸基炭輕化合物

(Benzpyrene) 約有一克半。這些輪質炭輕化合物大抵由於煤烟塵埃中所散佈。英國工業應用上的煤質其中有百分之五的硫質由烟塵中發散。其極少部分直接的為三氧化硫，一部分則與空氣接觸後形為硫酸霧。其由家庭中運用的燃料其氣體大抵未能達充分氧化，可能含有百分之二十硫質擴散至空氣中。此種硫質甚有害於人類的健康。又據美國農棋博士 (Junge C.E.)^(註9) 論在地面空氣層中二氧化炭與二氧化硫的含量由於人類工業活動的增加，使此二種成分的含量自工業化時代以來，已增進其含量達百分之十。在未來世紀中可能繼續可驚的增加。至於空氣中的硫質在美國東北部雨水中含硫成分較諸內陸地域為多，顯見雨水中含硫量與地面工業活動的情形相吻合。以整個地球表面而言空氣中所含硫量百分之九十九為人為射入的影響。由於空氣成分含量的變化將來可能形成有氣候變易的因素。

近自蘇俄於本年（五〇）十月三十日於北極圈內新地島以相等於五千萬噸黃色炸藥力量的原子彈爆炸試驗，使整個世界空氣中的微塵感染到輻射性的污染，這些原子塵飄流到世界各地區掀起了舉世人民對於原子塵 (Radioactive Fall-out) 的恐怖。空氣中浮游的微塵的核子爆發時因蕈狀雲升入高空，可衝過對流層而上達平流層中。使廣大地區空氣中微塵，視其距爆發中心之遠近而感染不同強度的輻射性。在核爆後十小時至二十小時內降落的塵埃稱為初期原子塵 (Close-In-Fall-out)。在地上爆發時，其放出物質百分之七十至八十均降落於離爆發地點數百英里範圍之內。由於環境之影響，微塵直徑之大小而飄流有遠近。其在爆發後數週之間所降落之微塵，稱為中期原子塵 (Intermediate Fall-out)。一九五五年美國於內華達 (Nevada) 作核子試爆時，原子塵之半數約在二十二天內落盡，且在雨天降下時為多。原子塵在數月後或數年以後降落者則稱為晚期原子塵 (Delayed Fall-out)。在對流層中感染輻射性的降落物（即是微塵）其飄流距離較近，而竄入於平流層者其飄流距離較遠。呂世宗君^(註10)對於原子塵與氣象因素的關係，曾有所論列，從他的論著中顯示於夏季原子塵上達的高度較高，而在冬季較低，於夏季擴散的速率較緩而在冬季擴散的速率較速。由於夏季在大氣上層多東風而風力弱，至冬季在大氣上層多西風而風力強。原子塵可能致地面平均氣溫的降低，而可能使上空特定高度氣溫的增加。原子塵具有電離效用，易生帶電分子，而促成凝結核之發展，因此

有使地球表面雨量增加的可能。

臺灣省氣象所自民國四十五年一月起即在臺北、基隆、臺中、高雄、恒春、花蓮等處按日採集空氣中降落物標本以測量其輻射性的變化。其次並於指定若干處採集空氣及雨水標本以作輻射性的比較研究。美國於四十七年六月十五日在比基尼島核子試爆後所得最高紀錄在雨水標本中輻射性強度於七月十一日每公升達 22,200 微居里^(註11) 於七月九日降落物標



本所得輻射量為每平方公里 694.4 毫居里。四九年二月十三日法國在非洲薩哈拉沙漠中所舉行之核子試爆，於臺北降落物標本所得輻射量為二十一日每平

方公里 140.7 毫居里。雨水標本則在其前一日為每公升 7,377.8 微微居里。自本年（五〇）十月三十日蘇俄於新地島以超級核彈試爆以後，臺灣空氣中原子塵污染現象於十一月二日即已顯然增加，因蘇俄在新地島連續的試驗核爆至十一月五日，空中累積聚合的原子塵，遂不易覺察其核爆擴散原子塵確切到達臺灣上空的日期。在十一月十三日測知雨水中輻射性強度為每立升 2,616.8 微微居里。而於十一月七日降落物輻射量每平方公里為 8.5 毫居里。十一月八日臺北實測空氣中輻射性強度每立方公尺為 248.7 每分鐘蛻變數，顯示空中微塵感染輻射程度嚴重性。一九五五年美國於內華達核子試爆後在芝加哥測得十萬立方英尺空氣中乾燥降落物平均輻射量為一萬五千微微居里，其最高值達九萬微微居里。^(註12) 世界各地試驗核子爆炸其原子塵飄流擴散抵達臺灣上空所需的時日，大抵自貝加爾湖須歷二至三日；自新地島或巴爾喀什湖須有三至七日；薩哈拉須經過六或七日；比基尼須經歷一至兩週間；而內華達則須歷二至三週光景。^(註13)

原子塵可怖的因素在於「錫九十」的含量，此輻射性物質能進入人體，能破壞骨骼及骨髓、脾臟等造血系統，使人體內產生血癌或骨癌，而喪失人類生命。錫九十的半衰期長達二十八年之久，因此其危害殊屬可怖。在自然環境中亦有輻射性物質的存在，僅其含量不足以危害及於人體而已。羅辛斯基 (Rosinski, J.)^(註14) 一九五五年芝加哥觀測得一克重之降落物中含有「錫九十」自 23~16 微微居里。此類輻射性物質由於地面陽電物質 Cations 及陰電物質 Anions 所產生。其輻射強度在夏季與降落物直徑的立方成比例，而於冬季則與降落物直徑的四次方成比例。又據柏德遜^(註15) 作微塵中鈷含量之分析稱宇宙微塵中鈷含量較高，而來自地面的塵埃恰與此相反。在一千立方公尺的空氣中分析出 14.3 微克（約二百萬之一英兩）鈷的含量，但在隕星塵中分析得高達 2.5% 的鈷含量。在自然環境中輻射能往往因降水而受沖洗，使其環境再歸於潔淨。若以一小時之降水量為 2.5，若經過三小時後即可能沖洗去其輻射能量 90% 以上。沖洗率須視原子塵粒子直徑的大小及其時降雨強度的變化而定。一般而論，降雨強度愈大則自上空沖刷而下的原子塵量愈多。假定每時降雨量為一耗而原子塵粒的直徑為十微米 (Micron) 即千分之一耗，經過十五分鐘即可沖洗去其 25% 以上，若連續降雨在三十分鐘時間即可沖刷去其輻射能 50% 左右。其沖洗而下的

原子塵降落地面，仍能深入土壤。呂君世宗曾赴臺灣各地採集土壤標本取其五厘米及十厘米深度土壤以測量其錫九十的含量分佈，因而發現其五厘米深土壤中的錫九十含量有隨同縱貫山脈分布的地形自東徂西與自北至南而遞減的傾向。在花蓮附近測得每平方公里 16.1 毫居里，恒春僅有 3.7 毫居里；臺中 7.1 毫居里，新竹 7.9 毫居里。至於十厘米深度土壤中錫九十的含量則自北而南遞減的傾向，分外清楚。臺北為每平方公里 14.2 毫居里，新竹為 10.0；日月潭為 7.3，恒春為 4.9 毫居里。顯示此種形態分佈頗似受冬季季風分佈的影響，但仍有待於再度收集土壤標本，加以測量，始能加以證實。

至於放射性同位素在人體最大容量 (Maximum Permissible Activity) 的研究，係涉及於醫學範圍。孫茂士 (Summers, D. L.) 與賈思克 (Gaske, M.C.)^(註16) 晚近有專著介紹。呂世宗^(註17) 亦曾有文論及，茲不再詳引述。據各家所論列入體感受放射性同位素的限量大體均屬相近。現以國際原子能局 (International Atomic Energy Agency)^(註18) 所訂定的放射性強度對於人體最大容許量而言每日應不超過微人體效應率 (Milli-Roentgen Equivalent Man,) 或可稱人體效應倫琴等千分之一單位^(註19) 五十個單位。以每一週論應不能超過微人體效應率三百個單位 (300 MREM)。若在一週內感染輻射量 0.6 人體效應率 (0.6 REM) 皮膚及血管均可受到損壞。若一週感染到輻射量 1.5 人體效應率 (1.5 REM) 其手足均將受到傷害。若偶然一次感染到輻射性照射亦應以人體效應率二十五個單位為限度，而以一百倫琴射線量為人類殺傷致死的臨界線。一次感染射線量達四百倫琴，死亡率將在 50% 以上，若在六百倫琴以上則將無生命生存的可能。一般飲料中最大容許量以在一立升不超過十分之一微微居里。三日後可能採用之飲水以不超過每立升五個毫居里。

結 話

綜上所論，空氣的污染問題實不僅為空氣清濁的研究而是一個深切攸關於民族健康及環境衛生的問題，亦可說是一個關係於工業與經濟發展的課題。凡事豫則立，不豫則廢。空氣的污染危害，若人類能從早予以適當的處理，空氣污染問題不難澄清，使人類能在新鮮空氣的環境中生活。近代因工業發展而使空氣層中增加的烟塵，可以採取有效管制的辦法，使各工廠的烟突上裝置電動的烟塵沉澱器 (Electrostatic

Precipitator) 粗粒的烟塵均可能沉澱而下，不致擴散飄浮到都市區域以損害居民健康。且同時可增產消滅煤烟的物質 (Phurnacite) 使轉化無烟的燃料。據實驗的結果燃煤若參雜以鹼性物質，於燃燒後煤內含有硫量 70% 均可沉澱於灰燼中。此皆減少空氣中烟塵污染有效的方法，端在於如何加強推行而已。至於空氣層中人為輻射性物質的污染問題，聯合國原子能委員會於一九四六年六月成立，即曾建議多項管制之原則^(註20) 以防止原子能之濫用而影響及於人類的安全，並以促進原子能的和平用途。而今曾幾何時，人類已經遭受原子塵污染的恐怖。因此必須促使聯合國能發揮其機構的和平功能而有效的停止空氣中核子爆炸的試驗，以滅絕人為原子塵的來源。其次則有待於加強國家民防組織和設備。使於原子塵威脅人類生存時能有充實的防衛設施，以減少人類健康上的損害。一九五八年美國的民防措施^(註21) 已經指定三百萬民防人員並徵收百分之一的民防捐稅以擴充民防設施。三十七個大都市中有半數人員均經指定負責民防任務。有二百萬人曾受輻射性防禦及其他各種訓練。美國民防設備經費達二萬萬元之譜。自一九五二至五八年經國會核撥經費達一億零六百萬元，此款額僅占其總額之 22.6% 而已。原子塵的防禦問題必須竭盡政府與人民共同的努力及科學、醫藥、衛生、民防多方面的合作而後可能使人民蒙受原子塵的威脅與危害以減低至於其最低限度。

引用文獻

- (註 1) 本篇為五十年十二月五日在臺北臺灣省立工專講演辭。
- (註 2) 科學文摘一九五九年一月號。
- (註 3) Humpherys, W. J.: Physics of Air, Page 615.
- (註 4) 一微克 (Microgramme) 等於一百萬分之一克
- (註 5) 一厘英國重量之單位，由於穀粒之重量而定者，一英磅含七千厘 (克冷)，一厘等於 0.0648 克 (gram)。
- (註 6) Henry Brooke, Minister of Housing said on Clean Air Exhibition at Bristol on 15th May, 1961.
- (註 7) Lawther, P.J.: Air Pollution and Its Effects On Man, "Smokeless Air" No. 116 Winter, 1961. Page 116.
- (註 8) "Smokeless Air" Vol. 30, No. 111, Page 47.
- (註 9) "Smokeless Air" No. 119, 1961. Page 28.
- (註 10) 呂世宗：氣象學與原子塵載臺灣省氣象所簡訊第一三八期民國四十八年六月一日出版。
- (註 11) 居里單位 (Curie Unit) 一居里等於一克放射能強度約等於 7×10^{10} d.p.s. (每秒蛻變數) 其千分之一謂毫居里；百萬分之一謂微居里。
- (註 12) John Rosinski and John Stockham: Radioactivity of Dry Matter In Urban Atmosphere. Bulletin of American Meteorological Society, Vol. 42, No. 10, Oct. 1961, Page 688.
- (註 13) 呂世宗：大氣放射性降落物驗測報告 臺灣省氣象所專題研究報告第四十三號。
- (註 14) 見前 (註 12) Cit. Rosinski
- (註 15) 見前 (註 2)
- (註 16) Summers, D.L. and Gaske, W.C.: Maximum Permissible Activity For Fission Products In Air and Water. Health Physics, Vol. 4, pp. 289-292, Pergamon Press, 1961.
- (註 17) 呂世宗：放射性同位素在人體之最大容許量 見臺灣省氣象所簡訊一七〇期四十九年十月一日出版。
- (註 18) International Atomic Energy Agency: Health Physics Addendum, 1960.
 - 1. Interaction of Adiation with Living Cells, pp. 18-21.
 - 2. Maximum Permissible Dose, pp. 30-34.
- (註 19) 人體效應率 (REM-Roentgen Equivalent Man) 指人體感受放射線時，在生物學上所發生的效應或吸收，其效果與愛克斯射線或加馬 (γ) 射線之一倫琴的效應相當時，此放射線能量值稱為人體效應率一單位 (1 REM)，若以此單位量之千分之一計則稱之微人體效應率 (MREM)。至於倫琴 Roentgen 單位係用於 X 射線或加馬射線上表示其射線量即在 0.001293 克空氣中產生靜電單位 (E.S.U.) 時所需的 X 線或加馬 (γ) 線之線量稱為倫琴。
- (註 20) International Control of Atomic Energy Policy At the Crossroads, 1948.
- (註 21) United States Civil Defense In Figures Bulletin of the International Civil Defense Organization, No. 47, page 3.