

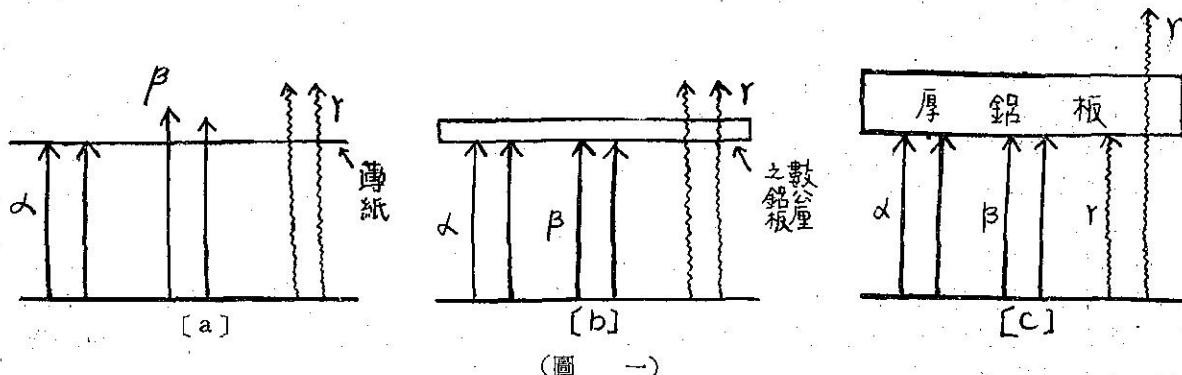
大氣放射能之測定及其對人體之影響

一 緒 言

在大氣及降雨中經常含有微量之化學物質。在這些化學物質裡常存有放射性物質，即放射 α 、 β 、 γ 線。其放射性物質乃多屬於 R_aA 、 R_aB 、 R_aC 等。其半生期(Half life period)甚短，經過許多專家測定之結果，對人體尚無危險之慮。近來原子科學發達，各國已利用各種人工放射性物質之連鎖反應(Chain reaction)為武器，在原子爆發時大量放射性物質之微塵向四面飛散，則人類難免受其危害。此種微塵擴散於空中，其分佈與天然放射性物質者不同，因天然放射性物質和鹽類等，其含量與高度有關，近地面含量極高，而向上則急減。但人工放射性物質則可達於相當高度，如在逆溫層或對流層頂(Tropopause)其含量極大。同時此種放射性物質之微塵可隨風移動，其速度約為每日一千公里至三千公里。因此雖未直接受到原子彈或氫彈等之襲擊，但其危險性依然存在。例如在比基尼島(Bikini)或西伯利亞等地原子爆發試驗時，由於大氣環流關係，其微塵很可能傳到臺灣。因此我國極需設置觀測站，以測定放射性物質，分析各種人工放射能之種類，含量及其來源公告國人有無危險存在。此種工作，對於氣象學及原子科學方面而言，實有相當之必要，同時在衛生方面亦有極重大之意義。

二 放射線之種類及其穿透度

研究原子能時，首先要測定各種放射線，已知天然放射性物質有三種，即 α 、 β 、 γ 線。使放射線經過磁場，以及其他方法試驗之結果，已確定 α 線為氦原子(${}^4_2\text{He}$)， β 線為高能量之電子， γ 線為電磁波。除此等以外尚有質子(Proton)重氫核(Deuteron)等帶電荷之重粒子，還有不帶電之中子(Neutron)等。大氣所含有之放射能為屬前三種，因這三種之質量及能量不同，故其對物質之穿透度(Penetrability)及射程(Range)亦不同。如 α 線用薄紙則可將其遮住， β 線則須數公厘之鋁板方能阻止， γ 線則雖用厚鋁板亦僅能使之減弱，仍有部份能穿透，而不能完全阻止，如圖一所示。



茲將其能量 (Energy)，及其穿透度 (Penetrability)，射程 (Range) 等，大概分述如下。

① α 粒子即 α 線。 α 線之速度並不全一樣，但可大至光速十分之一，即每秒18,000哩。其穿透之力比 β 線差，一張紙片或厚數公分之空氣層，即可阻止之。設它穿越氣體層 dx 之距離時，失去能量 dT ，則可用下式表示之。

式中 F 表示物體阻止常數 (Stopping power of substance)。因此可求射程 R 等於

$$R = \sum dx = - \int_{T_0}^0 \frac{dT}{F(T)} = \int_0^{T_0} \frac{dT}{F(T)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

式中 T_0 表示最初能量 (Initial energy)。其射程 R 由蓋格氏 (Geiger) 實驗之結果，對慢速度之 α 粒子者，射程 R 與速度 $V^{3/2}$ 成比例，對快速度之 α 粒子者，射程 R 與速度 V^1 成比例，而其能量約 8.5mev (million electron volts)。因 α 粒子之穿透力甚小，故測定時需要充分注意。

② β 粒子即 β 線。其質量與 α 粒子的七千分之一。而屬高能量之電子，其速度頗有變化，快時可超光速。其穿透力甚大。可穿過厚數公厘(m.m)之金屬薄片，或可穿越十呎之空氣層，方行停止前進。由斐沙氏(Feather) 實驗結果得到。

$$G = (0.543 E - 0.160) \text{ g/cm}^2 \dots\dots\dots(3)$$

式中 G 為一平方公分之物質重量以克表示之。 E 為能量以電子伏特 (Electron volt) 表示之。人工放射能多屬此種放射線，因此 β 線之測定甚重要。

③ γ 線， γ 線屬於原子核內部突然遷移時，餘剩能量變為光量子而放射出之現象。也是一種電磁波，其性質與 X 線相仿。因其波長極短，故其所有之能量，亦等於自二百萬伏特電位差中放出之電子之能量。因其速度甚快，無特殊設備之儀器不能測定之。其穿透力最大，穿透物質時，能量暫減其關係如下：

$$I = I_0 e^{-\mu x} \dots \dots \dots (4)$$

式中 I_0 為未穿透物質時之能量， I 為穿透距離 X 後之能量， μ 為物體吸收常數 (Absorption constant)。

三 放射線之單位及其相互關係

表示放射線強度之單位，依其用途及放射能之種類而不同。現把國際上所認定之單位按其順序記述如下：

①每秒分解單位 (Disintegration per second). d. p. s. 表示於每秒鐘，放射性物質之原子核蛻變數目。乃由各物質之種類及質量而言。鐳 (Ra)一克每秒放出 3.7×10^{10} 個，故稱 3.7×10^{10} d. p. s.

②居禮單位 (Curie unit). C, 表示放射線源之強度時用之。一居禮等於鎔一克之放射能強度約 3.7×10^{10} d. p. s. 其千分之一謂一毫居禮 (milli Curie)。百萬分之一謂一微居禮 (micro Curie)。

③倫琴單位 (Roentgen unit). γ 用在 x 線 γ 線上表示其線量。標準狀態下之空氣一立方公分生一靜電單位 (e.s.u.) 之游子時所需 x 線或 γ 線之量稱為一倫琴 (γ)。千分之一稱為一毫倫琴 (milli roentgen)。

④羅德 (Rad). 表示線及 α . β . γ 線及 x 線之強度。人體組織一克可吸收能量一百電子伏特 (ev) 之放射線強度稱為一羅德 (Rad)

⑤倫琴相等值 (Roen⁺gen equivalent man) r.e.m α . β , γ 線及 x 線被人體吸收其效果與 x 線或 γ 線之一倫琴相同時，此線量稱為一倫琴相等值 (r.e.m)。

⑥生物相對率 (Relative biological efficiency) r. b. e. 表示放射能影響到生物體之程度， β 由實驗所定之比率也。 x 線 γ 線 β 線為一， α 線為二十。又羅德，倫琴相等值及生物相對率之間有如下關係

[r.e.m 之值] = [Rad 之值] × [r.b.e.]

因對 X 線 γ 線 β 線之生物效果相等故 RBE 等於一，所以倫琴相等值等於羅德。

⑦每分粒單位 (Count per minute). c/m. 以蓋格氏 (Geiger) 計數管測定放射能時，按理論上可測定每一個粒子。但由幾何學之測定條件，不能完全測之。測定大氣放射能就是用這種單位。因蓋格氏計數管之材料及其大小不同，所測定之粒數亦有相差。但一般言之一微居禮 (micro-Curie) 約等於每分二百二十二粒，因幾何學上之條件，實際上只測定每分八至九粒而已。又每時一毫倫琴 (milli-roentgen/hour) 約等於每公分二千粒。但這些都屬大概之比較。最好用兩項儀器比較測定之。

四 大氣放射能之測定器

放射能含量之測定，即測定所放射出之 α . β . γ 線，但人工放射能多屬 β 線。因此主要還在測定 β 線。一般採用最廣者要算蓋格氏計數管 (Geiger Counter)。現將其原理構造及其效率等詳述於下。

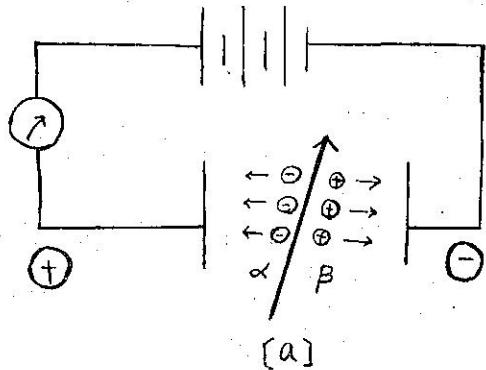
(1) 蓋格氏計數管之原理。

利用氣體之電離現象及各種氣體之放電性質。因 α , β 線乃屬於帶電粒子，故當其穿過氣體時，沿其所穿過

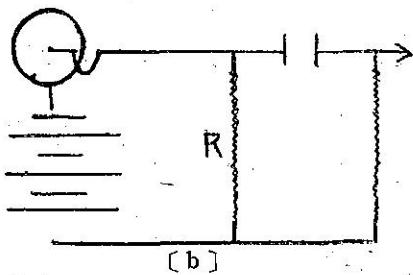
之路上產生游子偶 (Ion pair) 而消失其能量。電離 (Ionization) 之能力可以用在其軌跡上，一公分長度中所生之游子偶數目來表示之。

據實驗結果在單位體積之氣體中因粒子穿越所產生游子偶之個數與所失去之能量成比例。並且依粒子本身之能量而有異，隨粒子之能量不同而產生之游子偶數目亦不同，但其產生一對游子偶所需要之能量，受速度之影響不大，並且與粒子帶電之性質及氣體之種類無關，約為 32.5 ev/ion-pair 。

游子偶如任其放置則重新結合 (Recombination) 而復原。但在電場中正負游子各產生運動，因其能量甚微，不能運動至較遠之距離，但間有能量較高之電子可以在尋常壓力及溫度下進行一公里遠。高能量電子可有機會與其他原子而產生新游子。因此使在外部接通之電路中有電流流通。因之當放射線即粒子進入測定器時使外部連通之電路中產生電流，由此電流可以測定放射性物質所放射出之粒子之存在，〔見圖 2 a.〕譬如把外部電路之時間常數 (Time constant) $R \cdot C$ 調節適當則可將射入之每一粒子測定出。游子在電場中運動時，因氣體之種類，氣壓和電場強度而產生複雜之變化。蓋格氏計數管就利用此種不同之性質為原理。現把電壓與電離現象之關係用圖 2 c. 表示之。以橫座標表測定器所加之電壓，縱座標表脈振 (Pulse voltage) 之大小。如圖 2 c. 上在第一區域電離 (Ionization) 區域，如電壓加高其電離現象亦隨着變動，最後就發生連續放電。現依其區域分述如下：

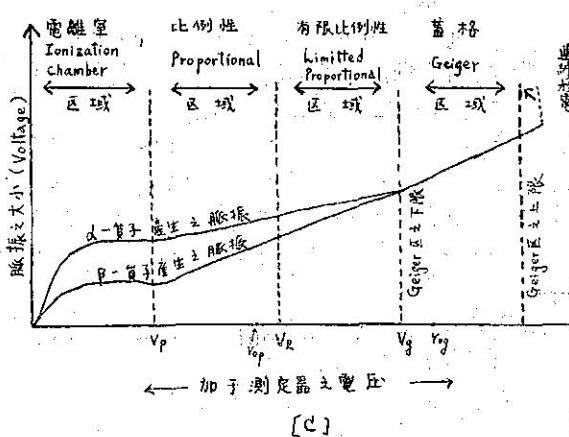


[a]



[b]

6.M 計數管(斷面圖)



[c]

(圖 2)

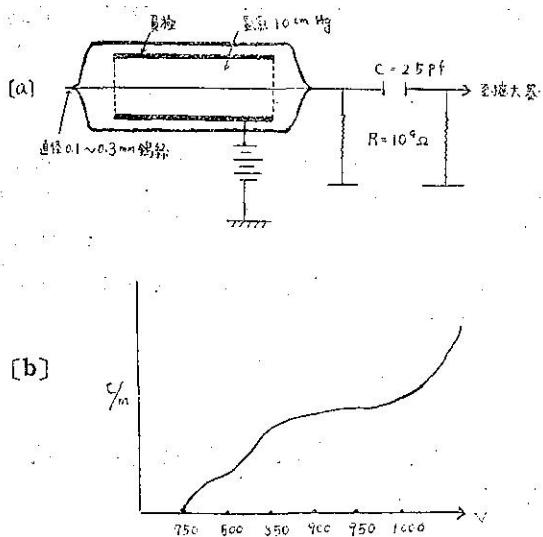
(a) 電離 [Ionization] 區域，當放射線進入測定器而產生游子偶時，如在電極上所加電壓為零，則此游子偶即重行結合而消去。因此中間之極線上不能產生任何脈振。以電壓加大則有部分游子開始向正負極移動，電壓逐次增高則最後所有游子都能移至兩極。不再因重新結合而消滅游子之情形。因 α , β 粒子所生游子偶數目不同，故所測得脈振之大小亦異。電壓由零至 V_P 止之間曲線水平，因此不論所加電壓之大小，其輸出電壓仍為一定。

(b) 比例性 [Proportional] 區域，如再將兩極間之電壓提高至 V_P 以上，則游子偶數為之加速，因此其他中性之原子或分子亦為之電離，此種游子更可把其他原子電離。故在中心線上更大之脈振。雖有兩次電離現象發生，但中心線上所受到之脈振仍與一次游子偶數目或比例。因此在此區域內 α , β 粒子等所產生之脈振仍不相同。

(C) 蓋格氏 (Geiger) 區域，如電壓超過 V_g 時 α, β 粒子所生之脈振漸接近，至 V_g 點時兩者完全一致，過 V_g 點後至成為連續放電之前，此一段稱為蓋格氏區域，此區域間 α, β 粒子所生之脈振已不能分別，如再提高電壓，就成為連續放電，蓋格氏計數管就利用此區域。因所利用之區域已不能分別 α, β 粒子，故其輸出電壓特大，有時可到二十伏特左右。所以用簡單之放大器亦可作記錄電路作用。其感度尚佳。且構造簡單所以應用甚廣。

(2) 蓋格氏計數管之構造。

其構造由各種用途雖有不同，但約可表示之如圖 2 b. 及圖 3 a. 在圓柱形玻璃管 (γ 線時用金屬管， α 線及低能量之 β 線要用薄雲母 (Mica) 作窗口使其粒子射入)，中設置一圓柱形負極。



(圖 3)

材料用銅，黃銅，銀，鐵等均可，中間置一金屬線普通用直徑 0.1 公厘至 0.3 公厘之鎢線，管中之氣體過去多用氫 (外部電路控制型)，近來則用氫外再加十分之一之有機氣體如酒精等 (自己控制型)。

(a) 外部電路控制型：其電路如圖 3. a. 當電壓漸增至始動點 (Threshold) V_g ，即開始作用如電壓繼續增加則每分鐘之計數達到一定。稱謂自然計數 (Natural Count)，是根據宇宙線及地面上所放出之放射線。此自然計數依計數管隨地不同約每分二十粒左右，圖 3. d. 中，曲線之水平部分稱謂平原部份，(Plateau) 良好之測定器可達二百伏特左右。當一次游子偶產生時，電子則向中心線移動游子向負極移動，其速度各約 10^{-8} 秒及 10^{-4} 秒。電子接近中心線時路上再使其他分子電離。此點與比例性計數管所不同者，當某處有二次游子產生，在 10^{-8} 秒之內則擴至全部成為一個大之脈振。而正游子則在 10^{-4} 秒內向負極移動。以碰撞而產生二次電子，這些電子再產生崩潰

(Avalanche) 現象，因此可能引起連續放電。如此則不可將射入之粒子詳細分出。欲防止這點可將所加之電壓減至始動值以下。如圖 3. a 所示，用電阻 $R(10^8 \Omega)$ ，因此若脈振發生時電壓下降 (R_i)，可使其低於始動值，此電路之時間常數 (Time constant)

$$TC = 10^8 \times 25 \times 10^{-12} = 2.5 \times 10^{-3} (\text{秒})$$

因此可知每秒只可測出百粒左右。故不但須控制放電現象並且時間常數亦必須在甚短之電路方可。

(b) 自己控制型：構造與外部電路控制型完全相同，只在管中盛 90% 氢，10% 酒精蒸氣之混合氣體，氣壓為十公分水銀柱。其控制作用如下。電子向中心線移動，並在電極附近使其他分子電離，而正游子中之氫游子向負極移動，在中途則和酒精分子相碰而使之電離。自己反而因之中和，結果到達負極者全屬酒精游子，此乃因酒精之電離電位 (Ionization Potential) 比氫為低而可生也，當酒精游子到達負極時產生二次電子，但隨時可和酒精游子結合成為激發狀態之酒精分子，不久則起分解為分子量較小之二個分子。如此則可將放電自行控制，對一粒子得一脈振，就一般說，當一粒子射入時可產生 10^{10} 個酒精分子，經 10^{10} 次測數後將全部消失，但實際上約經過 10^3 測數後則不能再用。因正游子到達負極之時間約要 10^{-6} 秒所以在這一時間內射入之粒子則不能測出，這一段時間稱謂靜止時間 (Resolution time)。蓋格氏計數管對 β 粒子雖然可測出每一粒子，但對 α 粒子，或低能量之 β 粒子則需要裝置甚薄之雲母片使其射入後測定之，又對 γ 粒子約只可測出百分之一左右而已。(註：管中所盛之氣體種類與其設計有重大之關係)。

(3) 蓋格氏計數管之效率。

就 β 粒子射入蓋格氏計數管能測出之或然率 (Probability) 稱謂其效率，設 x 為粒子經過蓋格氏計數管所產生之平均游子數，此粒子經過蓋格氏計數管不產生游子之或然率等於 e^{-x} ，因此其效率等於

$$E = 1 - e^{-x} = 1 - e^{-SLP} \dots \dots \dots (5)$$

式中， S 為比游離， L 為粒子在計數管之平均路徑， P 為壓力。譬如 $P=0.1$ ， $S=30$ ， $L=2$ 公分，其效率可得 99.8%。

(4) 使用蓋格氏計數管應注意之事項：

蓋格氏計數管為精密之儀器，故使用時必須注意其特性及操作，同時要切實保養。現舉列幾點為參考。

(a) 使用蓋格氏計數管時，供給電壓不得超過「平原電壓」之末端，若超過時發生自己放電，因此逐時減小其效率。故必須明瞭其開始電壓，使用電壓及平原電壓等之寬度和斜度等。

(b) 薦格氏計數管之特性依照其使用次數逐次劣化，故須常留心檢查之。

(c) 雲母片容易破裂，故必須切實保養之。

(d) 蓋格氏計數管中所盛之酒精，因溫度下降其感度亦變劣，故必須注意室溫，尤其在高山使用時要特別注意。

(5) 測定值之誤差：

測定值之誤差約可由下面幾點發生。

①依放射能之本性所產生之誤差。原子核所放出之放射線乃屬於或然率，並且測定法乃依照統計學之法則，故其間一定產生誤差，依理論及實測之結果，參數 (Parameter) 之平均值為 n_0 時，其標準偏差 (Standard deviation) 等於 $\sqrt{n_0}$ 。現對資料 (Sample) 所測定之時間為 m 分鐘，其測定值為每分 n 粒，對自然計數測定之時間為 m' 分鐘，其測定值為每分 n' 粒。此資料之參數平均值則為 $n-n'$ ，而參數平均值之或然率約等於百分之九十五，因此參數平均值之範圍可推定在 $(n-n') \pm h$ 之間。式中 h 表示

$$h = 1.95 \sqrt{\frac{n}{m} + \frac{n'}{m}}, \dots \dots \dots (6)$$

利用上式可補正依放射能本身所產生之誤差。

②依測定器之性能，構造所發生之誤差。此種誤差發生於計數管及錄數器（Register）之分解時間。先知計數管之分解時間，單位時間放射線射入數為 n ，對射入後未得數到之比為 γ_1

$$\gamma_1 = \sum_{x=2}^{\infty} (x-1) e^{-nx} \frac{(nx)^{n-1}}{x!} \dots \dots \dots (7)$$

同樣對錄數器之分解時間為 T ，單位時間之信號數為 N ，對未數到之比為 γ_2

$$\gamma_2 = \sum_{x=2}^{\infty} (x-1) e^{-Nr} \frac{(Nr)^{x-1}}{x!} \dots \quad (8)$$

由(7),(8)兩式可得真計數與測定器計數之比 R , 則表示如下

$$B = (1-\alpha_1)(1-\alpha_2)\dots \dots \dots \quad (9)$$

蓋格氏計數管之分解時間約為 10^{-4} 秒，錄數器之分解時間約為 0.02秒，故每分一千粒以下並無補正之必要。若超過每分一千粒以上時可用(9)式計算補正之。

(c) 因測定人之不注意而產生之誤差，測定人須徹底了解測定器之特性，而且得到精練之操作方可補正之。

五 各種放射能之測定法

(1) 雨水放射能之測定法：

1. 測定資料 (Sample) 之採取：測定資料之採取分為兩種。

(a) 定時採取：每天在一定時間之採取。

(b) 定量採取：同時下降雨水分割之採取。

採取時應注意之事項如下。

①採水器以玻璃製，磁器製，或用塑膠製者為佳。

②要記錄採水之日期。

③要記錄降雨之開始及停止時間。

④要記錄採水期間之降水量。

⑤要記錄雨水之混濁狀態及其顏色。

⑥要記錄自採水至測定之時間。

⑦要採取均勻狀態之測定資料。

⑧測定資料 100cc. 為標準。

2. 測定資料之乾燥。

①測定資料雨水自採取儀器移到容積250cc至500cc之磁製皿（或者玻璃）加熱，使其蒸發濃縮至10cc。

②濃縮後之測定雨水，用儀器一滴一滴移至資料皿，後用赤外線使它蒸發均勻狀能乾燥之。

③要記錄乾燥物質之狀態，重量，顏色等（可能時秤其重量）。

④要記錄測定資料皿等之製造所，直徑，材料等。

3. 放射能之測定。

①測定計數管之自然計數為十分鐘，求其平均值 n' 粒/分。

②測定資料之放射能，此時為求計算簡單起見，資料皿與計數管之雲母片窗（Mica-window）之距離保持一公分，其測定粒數計算至五百粒後，求其每分之平均值用 n_s 表示之。

③再測定自然計數十分鐘，求每分之平均值用 n'' 表示之。

④依照下式計算降雨水一公升每分鐘之放射能，

$$n = \frac{1000}{q} \left[n_s - \frac{n' + n''}{2} \right] \text{ 粒/分} / \text{公升} \quad (10)$$

式中 q 表示蒸發乾燥量。

⑤計算每分測定值 n 之母數推定值之範圍，則等於 $[n \pm h]$ 式中 h ，表示：

$$h = \pm \frac{1960}{q} \sqrt{\frac{n_s}{m} + \frac{n' + n''}{20}} \quad (11)$$

m 則表示測定資料之時間。

⑥記錄測定資料時之中間為測定時間。

⑦ n' , n'' , n_s 之數值，用四捨五入之法則算至小數第一位， n 則算至整數第一位。

⑧放射能之測定，於蒸發乾燥後隨作。第二次之測定時為 6 小時至 18 小時之後，第三次為二天至三天之後，第四次為六天至八天之後，第五次為十四天至十六天之後實施之。依測定資料放射能之含量而定。若計數每分百粒以下時就不必再繼續測定。

(2) 微塵放射能之測定法：

1. 測定資料之採取，利用抽氣機（Pump）吸收地面附近之空氣，使它經過集塵器收集微塵同時用流量計，計算所吸收之空氣量。

2. 放射能之測定。①採取微塵工作終止後六小時至七十二小時之間，仍用測定雨水放射能之方法測定其放射能。

②用流量計之讀數計算吸收之空氣量用 q 表示之。

③測定資料計數之計算。

設 n' , n'' 為測定前後之自然計數， n_s 為資料測定之計數，由此每立方公尺之計數可用下式求出。

$$n = \left(n_s - \frac{n' + n''}{2} \right) \times \frac{1000}{q} \text{ 粒/分} / \text{m}^3 \quad (12)$$

④補正誤差：誤差為

$$h = \sqrt{\frac{n_s}{m} + \frac{n' + n''}{2m_b}} = \sqrt{\frac{N_s}{m^2} + \frac{N_b}{4m_b^2}} = \sqrt{\frac{n_s^2}{N_s} + \frac{(n' + n'')^2}{N_b}} \quad (13)$$

式中 m 為資料測定之時間。

m_b 為測定自然計數之時間，普通 m_b 由計算簡單起見取用 + 。 N_s 為資料測定之總計數， N_b 為自然計數之總數，因此測定每立方公尺之計數誤差值為 $H = \pm \frac{1000}{q} h$ (14)

(3) 積雪放射能之測定法：

1. 測定資料之採取，用塑膠製之採取儀器，其採取方法分為兩種。
 - a. 定時採取，測定一定時間內所降雪之放射能。
 - b. 分屬採取，由同一積雪採用分層採取法，測定放射能和積雪時間之關係以推定大氣被污染之程度。雪經採取後使它全部融解，攪拌之使水液均勻後採取 100cc. 再依照測定雨水放射能之方法測定其放射能。

六 放射性物質之分析

(1) 以游子交換樹脂層分析放射性物質：

A. 游子交換樹脂層，正游子交換樹脂 Amberlite (HR型), Dowex 50，約有 150 至 200 細孔，口徑約 5 公厘至 10 公厘，高度約 5 公分。用鹽酸 (HCl 1:2) 充分洗滌之，(用 50cc 至 100cc 洗滌)，洗滌液一起放入如圖 4 之玻璃管再用水洗之。(而以後之操作常使液面要在樹脂層上端)

B. 試驗資料溶液之製成，試驗資料用燒杯蒸發乾燥，必要時加過氯酸 (HClO_4) 及小量之硝酸 HNO_3 ，蒸發而分解有機物後再乾燥之。用少量之鹽酸 HCl 溶濕，加熱後又加開水如有殘渣時，要小心分離其中之放射性物質，再用溫稀鹽酸 HCl 完全洗滌之。把洗滌液加入於前溶液中。

c. 分析操作：1. 試驗資料液體以每秒 0.5 cc 以下等速度流出。注入於樹脂層。用 0.2 N 鹽酸 (HCl) 溶離所含在資料液中之放射性物質。流出液體移到資料皿使它乾燥後，測定負游子或者中性物質部分之放射能。經此操作後所得到之流出液將不被正游子吸着者，因此流出液體約含有碲 (Te) 碘 (I) 鈷 (Ru) 銀 (Rh) 及氯 (Cl) 硫酸根 (SO_4^{2-}) 硝酸根 (NO_3^-) 等。其中鈷 (Rn) 雖可能被吸着但用稀鹽酸可將其洗淨。

2. 用 0.5 % 之草酸溶液，以同樣方法注入。則可得被草酸溶離之放射性物質。這些物質約為鈦 (Zr) 鈮 (Nb) 鈾 (U) 及一部分之釔 (Th) 鈽 (Hf) 鐵 (Fe_{III}) 等，因此可測定這些物質之放射能。

3. 用 PH 3.5 至 4 之 5% 柚鞣酸銨，以同樣方法，把它溶離蒸發經濃縮後再用高熱使它化灰，或者移入小型 Kjeldahl flask (100cc)。用〔過氧化氫〕 ($\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$) 完全分解枸櫞酸後，蒸發乾燥，再用鹽酸溶解後移入資料皿。再經蒸發乾燥後測定稀土元素之放射能。這些物質主含鈰 (La) 鈦 (Ce) 鐳 (Pr) 钕 (Nd) 鈷 (Pm) 鈦 (Sm) 鈦 (Y) 等，但亦有含鹼金屬或其他重金屬等物質。

4. 用 PH 6.0 之 5% 柠檬酸鈷溶液經同樣操作後，測定鹼土金屬之放射能。這些主含鹼土金屬，但亦有含鈦 (Sr) 鎳 (Ba) 鈣 (Ca) 等。

5. 所用溶離劑之使用量為對流出液不現出放射能為限。

6. 樹脂可用鹽酸(HCl)洗滌再生，若放射能不能洗脫時，必須用新樹脂層。

(2) 以鋁板之吸收曲線分別各種人工放射性物質。利用鋁板之吸收曲線計算放射能之能量，同時依照各種放射性物質固有之能量，判斷各種放射性物質。

七 依放射能之減衰曲線推定原子爆發日期

設 I_0 為原子爆發之放射能， I_t 為 t 天後之放射能由放射能蛻變法則得到下式

式中 n 為減衰常數，其值常介於 1.2 至 1.5 左右。現若以放射能為時間 t 之函數，而取值於對數方格紙時 (Logarithmic paper) 可得斜度 (Slope) 等於 $-n$ 之直線。但由此只可求出其蛻變係數，不能推定原子爆發日期 T_0 ，因需求此則設 I_1, I_1' 為時期 T_1, T_1' 之放射能，由上式得到

$$I_t = I_0 t^{1-n}$$

$$I_1' = I_0 t_1'^{-n} \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

式中 t_2, t_1' 表示如下

$$\begin{aligned} t_1 &= T_1 - T_0 \\ t_1' &= T_1' - T_0 \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (17)$$

即表示原子爆發所經過之日期。再設

$$T_1 = T_1' - T_1 = t_1' - t_1 \quad \dots \dots \dots \quad (18) \quad \text{由(16)式得}$$

$$T_1 = \left[\left(\frac{I_1}{I_1'} \right)^{1/n} - 1 \right] t_1 \quad \dots \dots \dots \quad (19)$$

若在任意時間 T_1 所測定之放射能為 I_1 ，經過一段時間 T_1' 所測定之放射能為 I_1' ，而兩者之比為 K 。以同樣方法在任意時間 T_2 所測定之放射能為 I_2 再經過一段時間所測定之放射能為 I_2' ，在 $\frac{I_2}{I_2'} = K$ 條件之下選擇時間 T_2' ，由此方法可得到 T_m 和 T_m (m 為任意整數)。若 T_m 以 T_m 之函數表示於方格紙時，即得斜度 n 之直線。因此可探究 $T = 0$ ，則得 $t = 0$ ，由 (17) 式得 $T_1 = T_0$ 即得到原子爆發日期 T_0 。

又斜度 n 由 (19) 式得到 $n = \log k / \log (T/t + 1)$ (20)

以上方法大約可推定原子爆發日期及其減衰斜度。

八 放射能對人體之影響

當放射能射入於人體時，將破壞細胞組織，急減白血球數以致人於死。因此在醫學上認為有利益之時以外儘量要避之。然而在原子科學發達之今天，每人有受到放射能之可能。故預先須研究放射能對於人體之致死量和對於空氣或降水之最大可容量。(Maximum permissible amount) 依最近美國標準局 [National Bureau of Standards] 實驗之結果，對人體之致死量約為 600 roentgen，當然是在同時繼續投射者。因為放射能之投射量與時間分配有密切關係。蓋人體之最大可容量每星期約為 300 milli-roentgen，即星期一吸着 300 milli-roentgen，而在下星期一再受 300 milli-roentgen 還尚無妨。由此可推定，房屋之最大可容量約為 1.8 milli-roentgen/時，而公司或辦公室則約為 6.25 milli-roentgen/時。又飲用水之最大可容量，假定需飲用兩三個月時，則一公升約為萬分之一 micro-Curie。假定可用蓋格氏計數管，把放射能之全部測出，則大約為 222 粒/分。可是依幾何學之條件，不過僅能測出約 8 至 9 粒/分。因此如計數管之自然計數約為 30 粒/分，則其最大可容量約為 40 粒/分。上面之各數值均依實驗再用統計而求得，故未免對放射性物質之種類或半生期之長短有相當之誤差。因此雖為微量之含有量亦須儘量避免。故在歐美各國對研究者之保健制度定為如其體內之白血球數因放射能而減至四千以下時即給與休息，待回復時則使其恢復工作。

九 結 論

在此原子時代，氣象台之責任愈為重大。新時代之氣象台是為社會生活之中心。對天氣之觀測，預報，以及放射能之觀測均為氣象台之職責所在。社會各業如交通農漁衛生等方面均迫切需要氣象情報。因此氣象臺之設備亦須隨時代而改進。我們身為氣象臺之業務員，不但應盡我們所負之責任同時並懇求政府與社會之協助。

參 考 資 料

1. Introduction to Experimental Nuclear Physics.
2. Experimental Nucleonics: by Ernst Bleuler and George J. Goldsmith.
3. Radioactivity and Radioactive Substance: by Sir James Chadwick.
4. Weather Service Bulletin: the Central Meteorological Observatory, Vol 21. No. 7. No. 8. 1954. Vol 22. No. 7. 1955.
5. Japan Society Research Institute: 46 (1952) 59.
6. 原子核物理學：菊池正士。
7. 原子物理學：菊池正士。
8. 原子能與原子彈：張其耀譯。
9. 美國原子能研究之進展：陸志鴻編。
10. 大氣放射能之觀測指針：日本中央氣象臺。
11. 死灰：武谷三男。
12. 分析化學：日本分析化學會