

濾紙法による大気中のラドン崩壊生成物の 濃度の連続観測について*

高 橋 寿 郎**

昨年の7月から9月にかけて大気中のラドン崩壊生成物の濃度の連続観測と共に、大気温度、湿度、気圧等の同時観測が立教大学(東京・池袋)に於て行われた。観測方法としては濾紙法が用いられたがこの様な濃縮法による観測はラドン自身の気象条件による増減のほかにその崩壊生成物の非平衡状態の程度にかなり依存し、若しもラドン自身の濃度とその崩壊生成物との間の平衡状態が異なった方法で気象条件に左右されるならば濃縮法により得られた放射能の値は大気中のラドン濃度に比例しないことになる。そこでこのような点に特に注意しながら連続観測について得られた結果を簡単に報告したい。

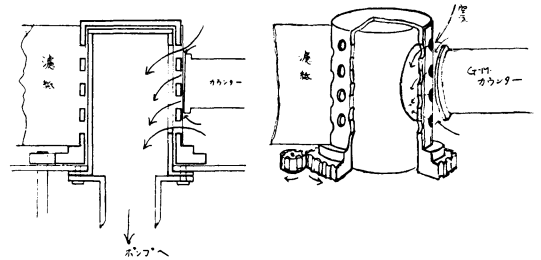
1. 装 置

この観測に使用した連続測定装置の大略を第1図 a, b に示す。図 a に示すように、空気は β 線用 G-M 計数管に接する面より濾紙を通して吸引され、その濾紙上に集められた放射能が直接測定出来るようになっている。又濾紙に接触している外側の円筒は下部の歯車により問題的に動かされ、その円筒に附着した濾紙は摩擦により円筒と共に動くように出来ている。濾紙の移動速度は歯車により色々調節出来るが、ここでは充分なカウント数を得るために、一時間間隔で濾紙の新しい面と入れ変るようにして連続観測を行なった。使用した濾紙は東洋濾紙 No. 5 A で、巾 8 cm の帯状に加工したものである。空気の吸引には 500 l/min の回転真空ポンプを使用した。計数値はレイト・メーターを通して自記記録装置に記録される。一方レイト・メーターと共に第1図 b, のように E1T 計数器が装備され、標準試料で自記記録装置の較正が行えるようになっている。この装置はすべて二階建百葉箱の中に収められ、集塵及び測定部は一階(地表から 30cm)に、放射能自記記録装置、回路安定電源、

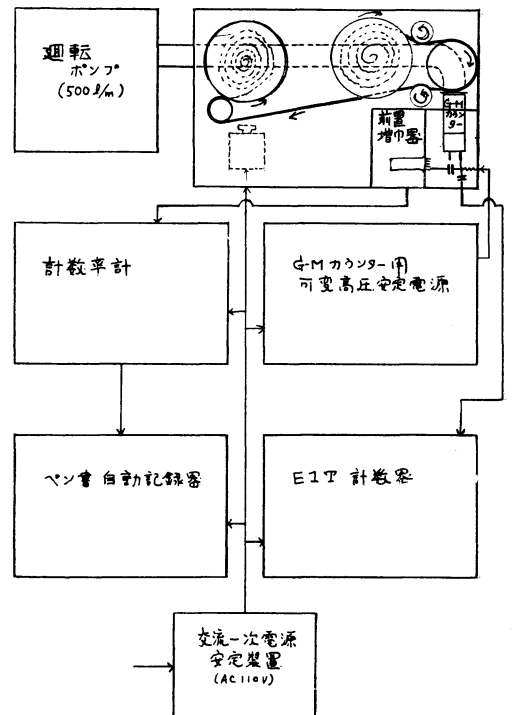
及びアナロイド自記気圧計、毛髪自記湿度計、自記温度計等気象観測用の装置は二階に配置されている。場所は立大理学部内庭で行われた。

2. 測定上の吟味

以上のような濾紙法による大気中のラドン崩壊生成物



第1図-a 空気吸引部分機構図



第1図-b 連続測定装置ダイヤグラム

* Hisao Takahashi: Continuous Observation of Radon Daughters in the Air by the Filter Method.

** 立教大学理学部物理学教室
—1959年5月1日受理—

の連続観測に対しては次のような諸点が問題となる。

i) トロン崩壊生成物及び人工放射能の影響

濾紙に集められた大気中放射能はラドン崩壊生成物の他に、半減期の長いトロン崩壊生成物及び核爆発実験から生ずる核分裂生成物等があり、ラドン崩壊生成物のみの変化を求めるとはこれ等から出るβ線の影響を差し引かねばならない。併しこの測定が行われた期間に於ては連続観測とは別に集塵されたサンプルの崩壊曲線からこれ等の寄与を求めて見ると、トロン崩壊生成物及び核分裂生成物の全体の放射能に対する寄与は10%前後であり殆どがラドン崩壊生成物にあるものであることが判った。従って一応半減期の長い成分を無視してもよいであろう。

ii) 濾紙の抵抗増加による流量の減少

次に問題となるのは集塵により次第に濾紙の抵抗が増加し、濾紙を通過する空気の流量が時間的に減少することである。濾紙と外部円筒が完全に密着している場合の流量の時間的変化は1時間内に10%を上回ることはないが、大気中の塵埃の濃度が極端に高い場合には、濾紙の抵抗が増加し、外部円筒と濾紙の間隙から空気が洩れ、実質的に濾紙を通過する流量が減少する可能性がある。しかしこのような抵抗の極端な増加は特別な場合以外余りないと思われる。

iii) 湿度による濾紙の集塵効率の変化

湿度の変化に伴って濾紙の集塵効率が増加する可能性は考えられるが、前に田島、道家の行った実験²⁾からそれ程大きな依存性はないであろう。後に示すように湿度の増加に伴い放射能の増加の傾向は実際存在するが、このような現象は電気集塵による連続観測からも得られて居り³⁾、湿度による集塵効率の変化によるものとは見做せない。従ってここではこのような影響は一応無視して考えることにする。

iv) ラドン崩壊生成物の平衡状態

一般に濃縮法による大気中のラドン濃度の推定はその崩壊生成物の平衡状態が仮定の上に成り立っている。若しこのような平衡状態が成り立っておれば、一定時間中に濾紙上に集められた放射能の強さは大気中のラドン濃度に比例する筈である。しかしこの仮定が常に成立しているか否かは甚だ疑問である。例えば国連科学委員会に最近報告されたソ連の測定では僅か二つのデータであるがかなりの非平衡状態を示している*。又僅かな風

が平衡状態をくずす原因となっていることは理論的及び実験的に推測されている⁵⁾⁶⁾。従ってラドン崩壊生成物の平衡を常に仮定することは困難である。もしもラドン崩壊生成物の平衡状態が微細な気象条件により時間的に変動するものとすれば、ラドン自身の濃度が一定であっても濾紙上に集められた放射能は時間的に変動することになる。大気中のラドン自身の濃度を左右する条件と平衡状態を左右する条件とはかなり異ると考えられるから、一般に濾紙上のラドン崩壊生成物の放射能でラドン濃度の変化を推定することは出来ない筈である。次に大気中のラドン濃度を一定としたときその崩壊生成物の平衡状態によりどの程度濾紙上の放射能が変動するかを推定してみる。

今下の様に定義し、濾紙上のラドン崩壊生成物の蓄積に関する微分方程式を立てれば(1)式のようになる。

ラドン崩壊生成物の種類 大気中1ℓ当りの原子数 その崩壊係数 集塵後t分後に濾紙上に集められた原子数

| | | | |
|------|----------------|----------------|----------------|
| Ra A | C _a | λ _b | N _a |
| Ra B | C _b | λ _b | N _b |
| Ra C | C _c | λ _c | N _c |

ポンプの吸引量 Q l/min

濾紙の集塵効率 η

$$(1) \begin{cases} \frac{dN_a}{dt} = \eta C_a Q - \lambda_a N_a \\ \frac{dN_b}{dt} = \eta C_b Q + \lambda_a N_a - \lambda_b N_b \\ \frac{dN_c}{dt} = \eta C_c Q + \lambda_b N_b - \lambda_c N_c \end{cases}$$

これを解くと

$$\begin{aligned} N_a &= \frac{\eta C_a Q}{\lambda_a} (1 - e^{-\lambda_a t}) \\ N_b &= \frac{\eta Q}{\lambda_b} \left\{ (C_a + C_b) + \frac{\lambda_b}{\lambda_a - \lambda_b} C_a e^{-\lambda_a t} - \frac{\lambda_a}{\lambda_a - \lambda_b} (C_a + C_b) e^{-\lambda_b t} \right\} \\ N_c &= \frac{\eta Q}{\lambda_c} \left\{ (C_a + C_b + C_c) + \frac{\lambda_b \lambda_c}{(\lambda_a - \lambda_b)(\lambda_c - \lambda_a)} e^{-\lambda_a t} + \frac{\lambda_a \lambda_c}{(\lambda_a - \lambda_b)(\lambda_b - \lambda_c)} e^{-\lambda_b t} + \frac{\lambda_a \lambda_b}{(\lambda_c - \lambda_a)(\lambda_b - \lambda_c)} e^{-\lambda_c t} \right\} \end{aligned}$$

濾紙上のβ放射能の強さを求めれば

$$\begin{aligned} A_3 &= \lambda_b N_b + \lambda_c N_c = \eta Q \left\{ (2C_a + 2C_b + 2C_c) + \frac{\lambda_b(2\lambda_c - \lambda_a)}{(\lambda_a - \lambda_b)(\lambda_c - \lambda_a)} C_a e^{-\lambda_a t} + \frac{\lambda_a(2\lambda_c - \lambda_b)}{(\lambda_a - \lambda_b)(\lambda_b - \lambda_c)} (C_a + C_b) e^{-\lambda_b t} \right\} \end{aligned}$$

* 1952. 3. 1. Ra A : Ra B : Ra C
 1952. 3. 9. 1 : 0.0034 : 0.012
 1 : 0.112 : 0.046

$$+ \frac{\lambda_a \lambda_b}{(\lambda_c - \lambda_a)(\lambda_b - \lambda_c)} (C_a + C_b + C_c) e^{-\lambda_c t} \quad (2)$$

ここで次の二つの場合を考える。(a) は崩壊生成物の平衡が完全に成立している場合であり、(b) は平衡状態から最も速い場合である。何れの場合も $R_a A$ とラ

a) $R_a A : R_a B : R_a C = 1 : 1 : 1$ (平衡状態)*

b) $R_a A : R_a B : R_a C = 1 : 0 : 0$ (非平衡状態)

ドンは平衡にあり且つラドンの濃度は等しいとしてすべて(2)式をラドン濃度のみで現わした場合の (a) と (b) の比率を計算すると、

$$t = \infty \equiv 3 \text{ 時間以上} \quad \frac{(a)}{(b)} = \frac{2 \lambda_c \lambda}{2 \lambda_b \lambda_a + 2 \lambda_b \lambda_c + \lambda_b \lambda_a} = 0.771$$

$$t = 60 \text{ 分} \quad \frac{(b)}{(a)} = 0.361$$

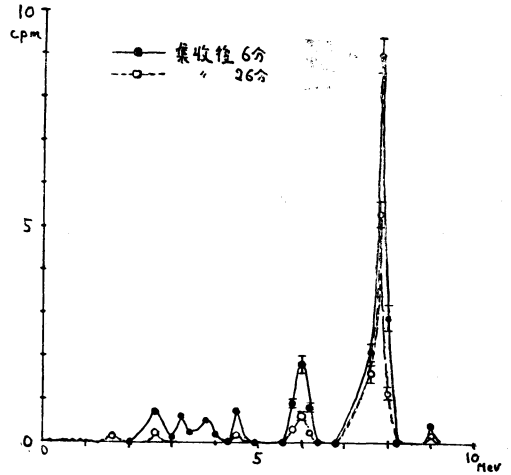
$$t = 30 \text{ 分} \quad \frac{(b)}{(a)} = 0.141$$

となる。これから判るようにラドン濃度が一定でもその非平衡状態の程度により、濾紙上の放射能はかなりの差異を示す。従って濾紙上の放射能の変化が上記の比率以内に止まるならば、その変動は一概にラドン濃度の変化と見做すことは出来ない。特にラドン濃度とその崩壊生成物の平衡状態とが別の気象及びその他の条件に左右される場合は注意を要する。そこで屋外のラドン崩壊生成物の平衡状態がどの程度であるか、又その変動がどの程度かを調べる必要がある。屋外に於けるこのような平衡状態の変動の実測は僅か一、二にすぎない。その主たる原因はそのような分析を行い得る程充分な放射能を一般の屋外に於いて得ることが困難なためであろう。そこでこの様な弱い放射能を精度よく調べることの出来る一種の 2π カウンターで且つエネルギー分布も測定出来る grid ionization chamber を使用して、集められたラドン崩壊生成物の α 線のエネルギー分布及びその時間的変化等から、大気中に於ける平衡状態を推定出来る。この方法はイタリーの Fachini⁷⁾ 等によって提案され、現在立教大学に於て試つてあるものである。第2図は電気集塵器で(集塵時間30分) gummed paper 上にあつめられたものを grid ionization chamber の中に挿入して測定したエネルギー分布の時間的変化を示す。現在の chamber では集塵後測定まで少くとも5分を要し、そのため $R_a A$ の放射能が弱く定量的なデータを出すためには未だ二、三の工夫を必要としている段階である。

3. 観測結果

* 効射能の比率を示す

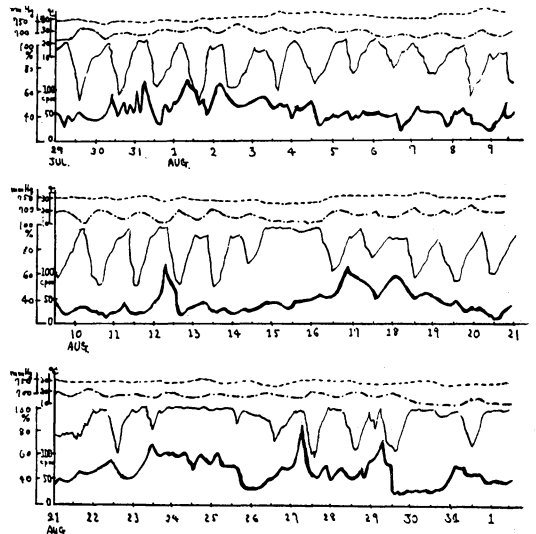
** 温度と共に減少する傾向は或る程度認められた。



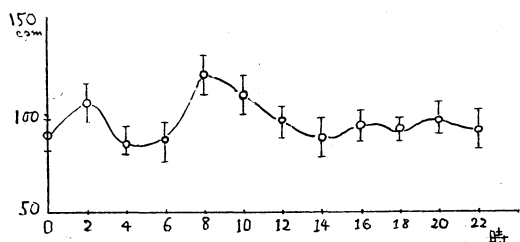
第2図 grid ionization chamber にて測定したエネルギー分布

大気中のラドン崩壊生成物による放射能の連続観測の結果の一部を気温、湿度、気圧の変化と共に第3図に示した。これは1958年7月29日から同年9月1日までのものである。温度に対する変化ははっきりしないが**、湿度に対してはその増加と共に放射能も増加している。又8月に於ける1月間の時間的変化を平均したものを第4図に示す。

午前8時頃に放射能のピークが見られるがこれは9月の平均では午前6時頃にいづれている。又月によっては平均として午前2時頃及び午後8時にも放射能のピークが現われることもある。この様に夜間に気中のラドン崩

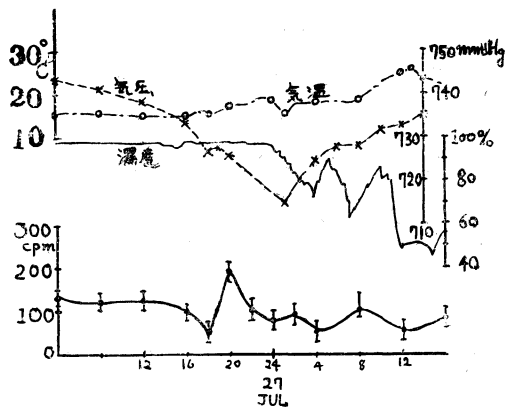


第3図 気温、湿度、気圧の変化と共に示した Radon daughter の強度変化



第4図 1958年8月における1ヶ月の平均時間的变化

壊生成物による放射能の多いのは温度と共に減少する傾向は或る程度認められた。色々な理由で説明されているが、夜間の方が大気が安定して居りラドン崩壊生成物が平衡の状態に近く、昼間は大気の乱れのために非平衡にあるとしてもこの様な傾向の一部は説明出来よう、即ち前の計算結果に従えば平衡状態の如何によっては同一のラドン濃度に於ても約2.8倍(集塵時間1時間として)の変動があってもよいからである。更に第3図に示された放射能のゆるやかな変化及び余り大きな変化は別として細い急激な変化は同様の理由で風の変化等にしろラドン崩壊生成物の平衡状態の変化によるものと見做ことも出来よう。得られた結果の中では特に興味ある点は台風通過時の放射能の変動である。第5図及び第6図は1958年9月18日及び9月26日、27日両日に渡って東京を通過した台風21号、22号の通過時の放射能、気圧、湿度、温度等の変化を示めたものである。平常の観測からは気圧と放射能との間の関係は余りはっきりしないが台風時のように気圧の急激な変化が見られるときには放射能もそれに伴ってはげしく変動している。即ち21号、22号何れの場合も低気圧の中心の通過する際は放射能は極小を示している。又湿度に対しても或る程度の相関が見られ



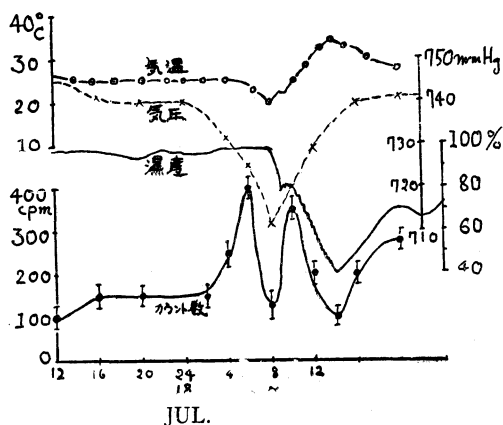
第6図 22号台風

る。このような事実は台風の通過に際して地表に近い地中のラドン濃度が増加したと云う他のデータ⁸⁾と一致しない。これは地表からの急激な上昇気流のため地表から供給されるラドン量が多くてもラドン自身が高さと共に急激な減少を示すことと、その上昇気流のために極端な非平衡状態が現れることとによるのではないかと考えられる。

4. むすび

今まで濃縮法による大気放射能の観測ではラドン崩壊生成物の平衡状態を仮定し、ラドン濃度と気象条件との関係を直接問題としていた。しかしこの仮定は現実的には満足されて居らず、その結果としてラドン崩壊生成物による放射能の変化だけではラドン濃度と気象との関係を求めることは困難である。こゝではその平衡状態の如何によって起る最高の変動の推定をなすと共に得られた結果の中でラドン崩壊生成物の濃度の変動がその推定範囲内に止まるならば、特に顕著に気象条件に関連しているものについても平衡状態の変動と云うことで或る程度の説明が可能であることを示した。どの程度それが影響しているかを示すことが次の問題であろう。以上この方面の研究に従事している人々と何らかの寄与となるならば幸いである。

最後に日頃小生を指導され今回この報告を書く機会を与えられました、田島英三教授、道家忠義助教授に対し深く感謝致します。



第5図 21号台風

文 献

- 1) 道家, 齊藤: 第1回原子力シンポジウム C-15 p. 738 (1957).
- 2) E. Tazima, & T. Doke; Research in the Effects and Influences of Nuclear Bomb Test Explosions p. 125.
- 3) 川野実氏からの private communication.
- 4) E. Fedorov & V. Baranov; United Nations

document A/AC. 82/G/R. 39.

- 5) E. Tsvoglou, H. Ayer & D. Holaday; Nuclonics No. 9 p. 40 (1953).
- 6) E. Tsvoglou; International Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy in Geneva. Vol. 13 p. 237 (1955).
- 7) U. Fachini & A. Malucini; Il Nuovo Cimento Vol. 2 p. 340 (1955).
- 8) 川野実; 科学 Vol. 27 No. 6 p. 277 (1957).

【書 評】

齋藤 行正 著 「海水, 海流, 潮汐」

(新B 6 254頁 海文堂 昭和34年刊, 400円)

わが国にはこれまで海洋学の専門的な教科書が少なく, また現在出版されているもののほとんどが戦前に書かれたものである。たとえば海洋物理関係についていえば, 最近の出版物としてはわずかに日高博士の著「海流」があるばかりである。この点で齋藤博士が執筆された本書は戦後の大きなブランクを埋める役割を果たすものといえよう。

本書は海洋学の物理的部門に対する総合的な教科書として書かれたもので, 海水の物理的性質とその変化, 海洋の熱収支, 海洋の循環と内部構造, 海流, 波, 潮汐などについてそれぞれ専門的な記述がある。説明もかなりていねいであって, 理解しやすい。また基本的な事項と参考的またはやや難解な事項とは活字の大きさを変えるなどの配慮がなされている。

たゞ, 著者は昭和24年神戸海洋気象台を去られてから

研究対象がおもに海洋底の地殻構造の方に移り, そのためか, 特に海洋力学の部門に対する記述内容がやや古いのが気がかりである。特に海流の項で数年前発行された日高博士の「海流」にもすでに書かれている重要な事実でぬけている点が多いようである。たとえば, スヴェルドラップやストーンメル等の研究によって海流観に大きな変遷が起っていることについてほとんど説明がなされていない。また波の項でも有義波の理論の解説までに止り, 最近のスペクトル理論にふれられていないのは残念である。

更に潮汐の項について云えば説明が大西洋, その他の外国の例にかたより, 日本近海の潮汐についての説明が少ない。しかし, 読者特に航海関係者は日本近海の潮汐現象についての理解を求め, また必要とするのではなからうか。

(宮崎正衛)

【書 評】 佐藤武夫著「森林と水の理論」森林資源総会对策協議会グリーンエイジ編集室

B 6 版 296頁 定価 350円 1959年9月25日発行

先に, 「水害論」(三一書房)で, 水害は社会現象であると喝破された著者は, この本でも, 治山治水におけるいろの問題点をめぐりひろげて見せる。内容は3部にわかれ, 第1部治山と林業, 第2部川と水害, 第3部川と利水となっている。前著「水害論」のように, 一冊の本として書きおろしたものでなく, いろいろの機会に発表された論文を, 各標題の下に収録したものである。そのため, 各部, 章間に重複している所もあるが, 個々の

章で完結される論文を, テーマによって整頓されているため, 個々の問題点については良く理解しやすい利点がある。「水害論」と併読するなら, 著者のいわんとする所が, さらに鮮明になるだろう。

著者の, 社会現象としての災害の実体を明らかにしようとする熱意と, その災害に対する絶え間ない闘いを続けている情熱に対し, 心から敬意を表するものである。

(奥田 種)