

# 空気中の人工放射性塵埃

— 11月の放射能雨に関連して —

矢野直・成瀬弘

## はしがき

われわれが毎日呼吸している空気中に存在する塵埃に、どのくらいの放射能があるかという問題は、昨年のビキニ水爆実験以来、とくに関心をもたれるようになった。

去年の5月中旬、このビキニ実験による雨水の人工放射能の検出が日本の各地でおこなわれ、5月16日京都では1立当り8万7千カウントというような強い放射能が測定された。このため核分裂生成物による大気汚染が全国的に問題になりはじめた。その後、数カ所で行われていた雨の放射能の資料を見ると、秋までは全体として漸次その強度が減少しているようであったが、9月下旬に至って再び強い放射能を伴った雨が、主として裏日本で観測され、例のウラン島説などが問題になった。さらに下って10月末から11月上旬にも同じように裏日本を中心とする強い放射能雨が観測されている。

こうして去年中は引続いて人工放射能をもつ雨が問題になり、かつまた、雨が放射能を有する原因となる空気の汚染が問題となった。11月に入ってから空中塵埃の仕事として、その人工放射能を測定していたわれわれは、丁度この秋のピークの一つをとらえることができた。11月に関する限り、日中約5時間、電気集塵器を使って10立方メートルの空気を吸引した結果では約 $10^{-18}$ ~ $10^{-16}$  C cm<sup>-3</sup>の人工放射能が検出された。米国標準局で発表された1952年の空気中に含まれる放射性同位元素の暫定的許容量は正体のわからない放射能については $10^{-15}$  C cm<sup>-3</sup>である。

ここで、この許容量については、それが生理的に安全であるという根拠がまったく薄弱であることを指摘しておかなくてはならない。

11月上旬の汚染のピークについて、シベリヤないし、北氷洋での原爆実験であるということがいわれているが、われわれの資料から見て、二三の不都合な事実があらわれており、これについても述べてみたい。

## 天然に存在する空気中の放射性物質

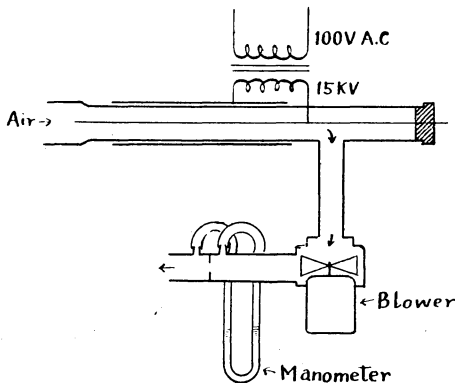
地球を構成している物質中に天然の放射能をもつものが存在していることはよく知られている。ラジウム、ウラニウムをはじめ、気体状のラドン、トロン、アクチノンなどは大気中では重要な放射性物質である。これらラドン(ラジウム)の崩壊生成物などのガスは大気中を広く拡散し、よく塵埃によって吸着される。このほか宇宙線、および、それによる放射性物質のつくられる物質もある。例えば空気中の窒素が宇宙線で衝撃されて炭素を生じることともわかっている。これら天然に存在する放射性物質が危険でないという保障はないであろう。

われわれが一言で空中塵埃という場合、かならずある量の放射能物質が含まれていることは明かである。ここでは、それらの物質が人工のものと区別する方法が必要なのである。

幸いなことに、空中塵埃中に含まれている気体状の崩壊生成物は塵埃の滞空中時間にもよるが普通その放射能が数10時間ないし数時間で消滅することがわかっている。またほかの物質もその含有量が極めて少いのである。このために塵埃を採取してから1日以上経過したものについては、人工放射能によるものと考えてさしつかえない。

## 放射能雨の問題点

われわれが直接、空気の汚染状態を調べる目的で、空中塵埃を集めた理由について明らかにしておく必要がある。すでに発表されている雨の資料を見てわかることは、原爆あるいは水爆というようなはっきりした原因で全国的に急に高い放射能を観測した場合以外は、その資料から空気の汚染について量的な比較をすることはまったく危険であるということである。雨の放射能からいえることは、新しい汚染源が生じたかどうかと目印くらいにしか考えられない。



第 1 図

現在まで発表された資料で雨の降り始めからの雨量を記載してあるものが少ないという事実をみてもわかる。中央気象台測候課で降り始めから雨量 0.5 mm ごとに採取した雨水の放射能を測定した結果では、最初の 0.5 mm に対して、1.0~1.5 mm までの 0.5 mm の雨の放射能は 1/10 程度に減少している。この減少は雨量の増加に伴って指数函数的に減少している。すなわち降り始めからの雨量  $R$  (mm), 降り始めの放射能を  $I_0$  とすれば

$$I = I_0 e^{-\alpha R} \quad \alpha \approx 1$$

であらわすことができる。

以上はほんの 1 例にすぎない。雨の中に放射性物質に入込む条件によっても、その放射能の強さを变化させるであろう。たとえば成雨高度、雨滴の粒度分布、放射性塵埃の粒度分布などによって大きな差異を生じることが明らかである。こうして雨のカウント数から発言できることは、あらたな原因によって相対的に急増した時期、あるいはその減衰から明かにされる情報以外に拡張することはナンセンスといわなければならない。

雨について他の 1 つの欠点は、冬期表日本のように降水日数の少ない地方では連続的な情報がえられないことである。東京において昨年 11 月中にえられた資料は 5 日だけである。

#### 雨と集塵器の集塵率

実験で使用されている集塵器にかんするが、雨中の放射能と比較すれば、その集塵率がきわめて悪いことがわかる。去年の秋、雨水 11 に数百~数千カウントが測定されていた時期でも、インピンジャーあるいは濾紙を通じて空気を 10 立方 m 吸引して Dust を濾紙面上に附着させる方法では数カウント (実験誤差範囲) の人工放射能しか検出されなかった。集塵率は吸引容積と捕捉率の乗積であるから、その各々について調べてみる必要がある。

雨の場合この吸引容積に相当するものは、雨滴一個の断面積と落下距離を乗じた空気柱を、ある一定の雨量に含まれる雨滴の数だけ合せればよいわけである。こうした簡単なモデルで目の計算すると、やはり集塵器の限界 (10 立方 m) に比較して少くとも一桁大きい容積である。雨の放射能が集塵器として能率がよい理由はこのほかにも、大気上層の汚染が一般に Dust の場合の分布で

示されているような高度によるいちぢるしい減少がないためなのかもしれない。

捕捉率の点では、同じ集塵器で同じ条件で行っても、その資料の放射能強度は大変差がある。第 1 表はわれわれが使用した電気集塵器と前述のインピンジャーを吸引容積、時間、場所を同一にして比較した結果である。これで見るとインピンジャーによるカウント数は十分の一以下である。この原因は、もっぱら粒子の捕捉率の相異から生じたものであろう。このような理由から、われわれには、人工放射能をもつ塵埃の Collector としては電気集塵器あるいはインパクターがよいと思われる。これらは、いずれも吸引容積を増加することも比較的簡単である。

#### 電気集塵器

去年の 10 月中旬に行った予備実験で、電気集塵器を使って普通の空中塵埃を集塵すると同じ方法で使用する見通しできた。使われたものは P. Drinker によって紹介されているごく普通の大型のものである。

第 1 図に示すように、印加電圧、交流 15 KV は電燈線 100 V をネオントランスによって変圧してある。高圧に交流を使用しているのは、サイクル数が 50~100 程度ならば、粒子がピーク電圧で作用するし、その集塵率も重量で 99 % といわれているからである。変圧が簡単にできることも利点である。直流電圧を用いると、交流のピーク電圧に相当するだけ印加する必要がある。

集塵管は直径 3 厘のパイロックスガラス製の T 字管であり Dust はこの管の内壁に附着する。図に示すように、管の中心に直径 0.3~0.5 mm の金属線が張られ、ガラス管の外側からは金網が巻いてある。これら両極に高圧が印加される。大部分の塵埃は、この管の空気取入口の付近に附着されてしまう。

空気の吸引は、毎分 40 l のブローワーが使用された。流量は途中にあるキャピラリーによる U 字管の水位で読み取られた。高圧によるコロナ放電でオゾンが発生するので、吸着剤を使用する代りに、ビニール管を使用して排気管で離れたところに放出させてある。

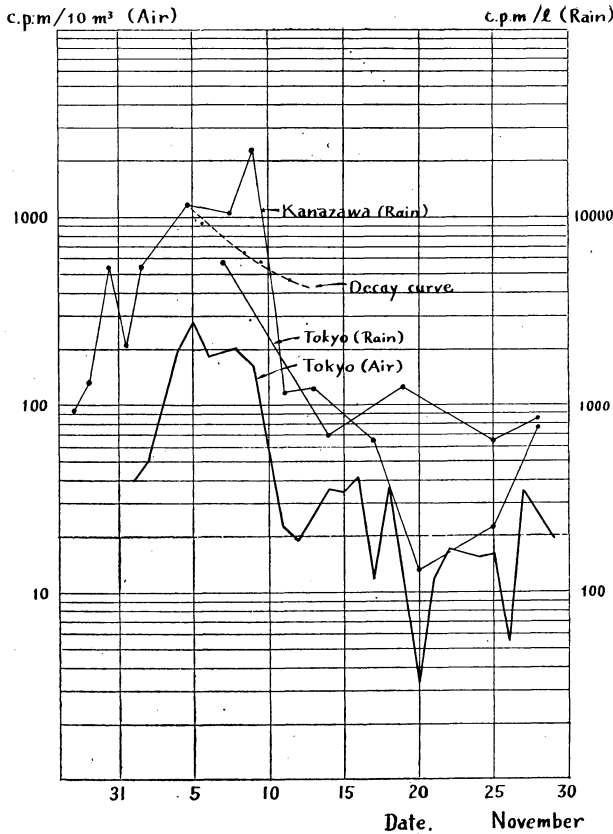
#### 測定方法および測定値の整理

地上約 2 m のところに、野外の空気の取入口をつくり、毎日、日中約 5 時間、吸引容積にして 10 立方 m の空気がとられた。こうして集塵管内壁に附着した Dust

第 1 表 電気集塵器とインピンジャーの比較

於中央気象台 1954 年

月 日	種 類	吸 引 時 間		吸引容積	測定日時	Background	Net counting rate		10m <sup>3</sup> 当りの count
		h m	h m				hour		
12 10	電気集塵器 (E) インピンジャー (I)	7 00	12 00	5.0	12 13 15 31	21.2	21.3	17.5	
		7 00	12 00	5.0	12 13 16 30	22.7	1.9	1.5	
12 11	E I	7 00	11 40	4.7	12 13 10 33	20.8	12.3	12.7	
		7 00	12 00	5.0	12 13 10 59	20.8	0.3	0.2	
12 13	E I	7 50	12 00	4.2	12 14 11 38	19.8	30.9	30.6	
		7 50	12 00	4.2	12 14 12 08	19.8	1.3	1.3	



第 2 図

は、温水を用いて洗滌し、さらにガラス棒の先にゴム栓をつけたものを用いてピーカーの中に洗いおとした。その後の操作は雨の場合とまったく同様に、試料皿に乾燥、固着させた。資料皿はデシケーター中に保存し、翌日ないし、数日後に測定した。測定器は科研 Model-32 を用い、β線用の GM 管のマイカから約 1 ㎝の距離に試料皿を置いて計数が行われた。

測定はすべて統計的誤差を小さくするために 500 カウント以上計数した。自然計数はその測定器で  $20 \pm 2$  c.p.m. であった。

測定結果をできるだけ同一条件に整理するために、吸引容積 10 立方 m 当りの c.p.m. に換算してある。キューリー C に換算する場合は  $1 \text{ cpm} = 10^{-12} \text{ C}$  で行ってある。

測定日時の相異によって生じる人工放射能の減衰については、その生成物が生成した日時が不明のためと、減衰係数それ自身が  $-1.2 \sim -1.5$  という大きい変動があることによって補正が十分な意味を持たないので省略してある。

計数の統計的変動は普通、総計数  $N$  に対して標準偏差  $\pm \sqrt{N}$  で示されるが、自然計数を差引いた場合には

$$R = \left( \frac{N}{t} - \frac{B}{t'} \right) \pm \sqrt{\frac{N}{t^2} + \frac{B}{t'^2}}$$

の  $\pm \sqrt{\frac{N}{t^2} + \frac{B}{t'^2}}$  で示される。ここでは  $R$  は Net counting rate,  $N$  は Total count,  $t$  はその計数時間,  $B$  は Background の Total count,  $t'$  はその時間である。

この変動も第 2 表には省略してある。

測定結果

第 2 図および第 2 表に示すように、測定日によってかなりの変動がある。最小値は 11 月 20 日の  $3.3 \text{ cpm}/10 \text{ m}^3$  から 5 日の  $284.8 \text{ cpm}/10 \text{ m}^3$  まで観測された。

11 月 4~9 日にかけては、毎日約 200 cpm 程度の値がえられているが、これは前述のような、秋の 2 回目の放射能雨のピークとよく符合している。われわれが 10 月下旬数回実施した予備的観測では  $10 \sim 30 \text{ cpm}$  であったので、明らかに、この期間、空気中の汚染が増大していると考えられる。

はしがきで述べたように、4~9 日頃の放射能を  $1 \text{ cpm} \approx 10^{-12} \text{ C}$  とすれば、空気中の塵埃に少くとも、 $10^{-16} \text{ C cm}^{-3}$  程度のものが存在したことになる。生体に対する影響を考える場合、食物や飲料水による他の効果を切離すことはできないから、空気だけの汚染だけを論じればよいというものではない。また放射性物質の元素の種類、

α線の放射能、集塵器の集塵率などを考慮すれば、これからただちに安全であるという結論は早計であるといわざるをえない。

公衆衛生の立場から、塵埃の量と、放射能強度との相関は重要であろう。われわれが都市の煤煙の多い地帯で測定した結果では、経験的にほとんど無関係であるという常識通りの事実が見出された。

十一月月上旬の汚染ピークについて

全国の雨にも、われわれの空中塵埃中にも見出された 10 月末日頃より 11 月上旬にかけての汚染の増加については、その減衰を調べることによって、確かに 10 月下旬頃、新たな原因によって生じたものである。

金沢大学で 10 月 30 日以降の雨について推定した結果は 10 月 24~29 日であるといわれている。これについては現在まで気圧波が見出されていない。これは 9 月下旬の場合も同様、京都大学山本教授の調査によれば、日本から 400 km 離れたビキニにおける実験による大気振動を 1952 年 11 月 1 日, 1954 年 3 月 1 日, 3 月 27 日, 4 月 26 日, 5 月 5 日に観測されている。しかし、秋のものについては、確認出来るものが見出されていない。われわれが調査した結果では 1954 年 9 月 18 日前後および 10 月 27 日前後の少くとも 2 回、新に生成した人工放射能による汚染を確認している。

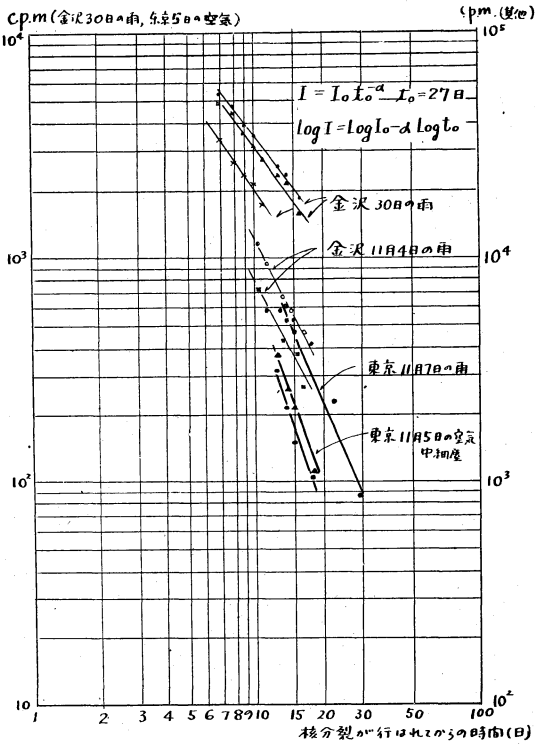
放射能をもった雨の資料からみると、金沢大学において、10月30~31日の雨に5368cpm/l、11月4日1186cpm/l、9日23815cpm/lを測定している。新潟では10月30~31日の雨に663cpm/l、11月5日に10770cpm/l、11月11日の雪あられに19300cpm/lを観測した。東京では11月上旬に雨が少く、11月7日に5940cpm/lを測定している。山形大学寺崎教授

の化学分析の結果では新潟で検出したと同様のものが1~2日おけて検出され、翌日仙台において検出された。こうして新たな原因による核分裂生成物による大気汚染が確認されているにもかかわらず、気圧波の方は見出されないという事実は、第1の不可解な点である。われわれが11月に測定した結果では、第2表の示す通り11月3~4日から急に1桁増加し11月3日には200.1 count min<sup>-1</sup> 10 m<sup>-3</sup> 翌日の4日には最高284.8 count min<sup>-1</sup> 10 m<sup>-3</sup>を測定した。これを金沢における変化傾向と比較すると、急増した日が数日以上ずれている。当時は移動性高気圧に掩われていたもので、少くとも低層の拡散はゆっくりしたものであると考えられる。

次に秋の場合の特色として、その源が北方から来たものであることは確であるが、北海道ではとくにはっきりしたピークが観測されていないことである。前述のようにその絶対値は雨の場合、ほとんど比較することが無意味であるが、そのパターンを見ると、著しい増加が認められていない。これも1つの矛盾である。

こうした理由の他にも、シベリアないし北氷洋における原爆あるいは水爆による大気汚染であると考えられる場合不都合な事実が起って来ている。

第3図には、東京と金沢の減衰を、生成日を27日に推定した場合の変化図である。ここで同一の源を仮定すると、その減衰係数がかなり大きい変化を示している。図上推定で  $I = I_0 t^{-1.2 \sim 1.5}$  であり、同じ金沢においても30日の雨と11月4日の雨では明かに減衰係数がちがっている。これは現在のところ緩慢な拡散中に核分裂生成物ないし、それを吸着している空中塵埃の組成が分離されたためであると考えられる。(気象研究所)



第3図

第2表 空中細塵の人工放射能測定結果 1954年11月 於 気象研究所

月	日	天気	吸引時間	吸引容積	測定日時	Background	Net counting rate	10m <sup>3</sup> 当りの Counting rate.
			h m h m	hour	月日 h m	c.p.m.	c.p.m.	
11	1	○	11 00—16 00	5.0	13.7 11 2 14 41	22.1	54.7	40.0
11	2	○	10 30—15 30	5.0	13.7 11 6 11 22	21.9	70.5	51.5
11	4	○	13 08—17 00	4.0	11.0 11 8 9 34	19.4	220.1	200.1
11	5	○	11 00—16 08	5.0	13.4 11 8 10 41	19.4	381.6	284.8
11	6	○	9 48—12 18	3.5	9.2 11 8 10 46	19.4	168.4	183.0
11	8	○	15 10—15 40	2.0	4.1 11 10 16 52	20.9	82.3	200.7
			12 45—14 20					
11	9	○	11 40—16 50	5.2	13.7 11 10 16 37	20.9	226.0	164.9
11	11	○	10 04—15 00	5.0	13.7 11 12 9 49	21.7	31.3	22.7
11	12	○	10 15—15 12	5.0	13.7 11 15 9 30	20.2	26.3	19.2
11	14	◎	8 00—13 00	5.0	12.6 11 16 10 15	22.0	44.7	35.5
11	15	◎	11 45—16 15	4.5	11.3 11 16 10 22	22.0	38.6	34.1
11	16	◎	11 00—16 00	5.0	12.6 11 17 10 29	21.9	52.2	41.4
11	17	◎	9 30—14 30	5.0	11.4 11 19 9 58	19.2	13.4	11.7
11	18	○	9 15—14 15	5.0	12.0 11 19 10 10	19.2	43.2	36.0
11	20	⊙	10 00—13 00	3.0	6.8 11 24 10 36	22.6	2.4	3.3
11	21	⊙	13 00—16 00	3.0	7.2 11 24 11 01	22.6	8.5	11.8
11	22	◎	9 20—14 20	5.0	12.0 11 24 11 30	22.6	20.4	17.0
11	24	◎	9 15—14 15	5.0	12.0 11 27 10 48	20.3	18.4	15.3
11	25	◎	9 07—14 07	5.0	11.4 11 27 9 33	20.3	18.2	16.0
11	26	◎	9 45—14 45	5.0	11.4 11 27 9 09	20.3	6.3	5.5
11	27	○	9 45—12 45	3.0	6.8 12 1 9 22	20.9	24.0	35.3
11	29	○	9 25—14 25	5.0	11.4 12 1 9 38	20.9	22.6	19.8