

降水及び落下塵の放射能について*（第一報）

伊藤 一義 · 井戸垣正俊 · 岡 真弘

（昭和39年9月5日受理）

The Relationship between Precipitation and Radioactive Fallout. I

Kazuyoshi Ito,** Masatoshi Idogaki*** and Masahiro Oka**

Department of Physics,* Department of Chemistry,
Faculty of Arts and Science, Shimane University

The analysis of the following data has shown that radioactivity of the total fallout is approximately proportional to the amount of rainfall. And yet, the activity per unit volume of precipitation decreases with increasing rainfall. This fact suggests that we must fairly consider the contribution of dry deposition. As a result from analysis of gamma-ray spectrum, six photopeaks have been observed evidently. It is estimated that these peaks are due to ^{144}Ce — ^{144}Pr , ^{103}Ru , ^{106}Ru — ^{106}Rh , ^{95}Zr — ^{95}Nb and ^{40}K . The result of total beta-ray measurements was almost the same as that of gamma-rays.

I. は し が き

1954年ビキニの核爆発の実験以来、世界中の環境の人工放射性物質による汚染が問題となって来た。吾々も1956年より数年間大気と降水中の放射能について研究を行って来た^{1)~4)}。1958年末に核爆発の実験は一度停止されたが、1961年秋に再開された実験は翌62年に亘って行なわれ、その量は核エネルギーに換算して1960年以前に米英ソ三国で行なった全量の約2倍に達する。この為放射性物質の降下量は急増し1963年6月における東京の値は ^{90}Sr で $4.59\text{mC}/\text{km}^2$ にも達した⁵⁾。1963年7月には核実験停止協停が締結されたが、大気圏に打上げられた放射性物質は一定時間滞留した後地上に降下するから今後尚放射性物質の降下は相当量に昇り、又地上への蓄積は年々増大し極大に達した後も相当長期に亘って大きな影響が考えられる⁶⁾。特に多雨地域では放射性物質の降下量が他に比して大きいので、その影響も更に大となる。放射性降下物やその蓄積によって環境が汚染され、それによる人体の影響を考察することは極めて大

* 本研究は文部省特定機関研究「放射性降下物及びその蓄積の測定」の研究費の一部によって行なわれたものである。

切な事と考えられる。

山陰地方は極めて多雨であり降下物の量も多いので、吾々の属するグループは1963年度より放射性降下物及び其の蓄積に関する研究—特に環境要因を加味した土壌への実効蓄積線量に重点を置く—が計画実施されている。吾々は実効蓄積量の知見を更に深める為に全放射性降下物の測定をし、年間降下率を求め、全地球上及び各地の降下率の実測値及び推定値⁵⁾・⁶⁾との比較を行ない、松江地方に於ける放射性降下物積分量を求める。即ち降下量に物理的減衰を考慮した量が地上に蓄積されるものと考えられるが、これと蓄積実測値との比較により環境要因的減衰の研究をより深めることが出来ると思われる。

この様な目的をもって始めた研究で、測定器の整備を含めて降下物の雨量との相関、及び核種組成の同定について若干の実験及び考察を試みた。未だ予備的な段階に過ぎないが今迄の結果について一応報告する。

II. 試料採取、調製、測定

松江市西川津町、島根大学自然科学実験研究室屋上（地上三階の建物の屋上出入口の上、即ち地上5階に当り地表より16mの位置）に写真(Photo.1)の如き試料採取ポット—鉄製ホロー引きで口径面積1000cm²、深さ60cm—を設置して降水、降下塵の全量を採取した。ポットは約10日間連続放置し、毎月10日、20日、月末日に採取する。採集の時には蒸留水にて充分ポットを洗滌する。2月上旬～3月上旬は採取した全試料（ポット洗滌用蒸留水も含めて）の内から1 lをβ線測定用に、残りをγ線測定用に、又3月中旬以後は全試料の1/10をβ線測定用に、残りをγ線スペクトロメトリーに供した。

調製は一般に用いられる方法により蒸発乾固した。用いた試料皿はステンレススチール製でγ線用には径50mmφ、β線測定用には25mmφのものを用いた。

測定器は、β線測定にはG-M計数装置Aloka製DC-5Cを、GM計数管はGM-2504A、マイカ窓厚1.2mg/cm²を使用した。計数効率の決定にはRADIUM、D+E標準線源（Nuclear-Chicago製Model, RT5, SERIAL NO. 13-25）を用いた。

γ線スペクトロメトリーには東芝製トラン



Photo. 1 Placement of the pot for sampling.

ジスタ式128チャンネルパルス波高分析器 (PHA) EDS-34203 形を用い, ADOX のプリンターに記録した。用いたディテクターはハーショー製 $2' \times 2'$ NaI (TI) シンチレーターヘッドである。試料皿はシンチレーター上部に置き, 常に幾何学的に同一条件を保っている。

III. 測定結果及び考察

1. 放射性降下物の γ 線スペクトル分析

1. 1 測定条件及びバックグラウンド

この測定に用いた 128 チャンネル PHA の分解能を調べるため, 単一ピークをもつ校正用線源 ^{137}Cs を 100 秒間測定した。このピークの半値幅は 13 チャンネルであったので, 分解能は 4.53 % である。

Fig. 1 の A は鉛遮蔽なしでバックグラウンドを 5 時間測定したものである。計数率は 9957cpm であった。図より明らかなように大きなピークが 122 チャンネルにみられる。これは 1.46 MeV に近いので ^{40}K が存在するものと考えられる。鉛で遮蔽してバックグラウンドを測定したものが Fig. 1 の B である。全チャンネルの計数率は 365cpm となり, 遮蔽を施さない場合の 1/27 に減じているので, 鉛遮蔽の効果は十分に認められた。用いた鉛レンガの厚みは 10cm であり, シンチレーターを含むプローブ全体を遮蔽した。しかし ^{40}K によると思われるピークは依然としてみられるので, このピークを確かめるために KCl 500 g を 3 時間測定してみた。バックグラウンドと比較して全チャンネルの放射能が増しているが, 1.46

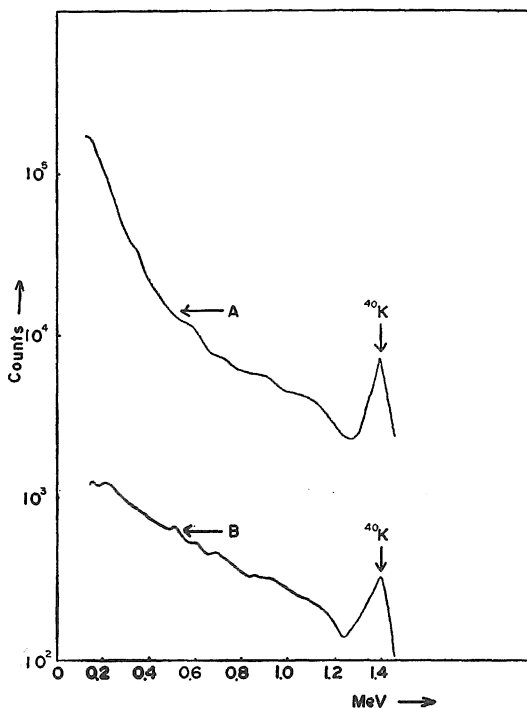


Fig. 1 Gamma-ray background spectra of a 2×2 inch NaI (TI) crystal when unshielded (A) and when shielded with 10-cm thick Pb (B).

MeV のピークが一層高くなってきている。即ちバックグラウンドの測定におけるエネルギーの高い方の大きなピークは ^{40}K によるものであることが確かめられた。

遮蔽に依って下げられるバックグラウンドは宇宙線成分及び周囲の建造物, 土壌, 大気中の放射性物質からの γ 線である。しかし, 遮蔽材や検出器自身のもつ放射能は除くことができない。即ち NaI やシンチレーターの窓や増倍管のガラスの中の ^{40}K からの γ 線が問題になる⁷⁾。そこで, バックグラウンド中で ^{40}K の影響によると思われる成分を調べるため, KCl を用いて

定量分析を試みた。そして、粗い計算をした結果、バックグラウンド:448cpm の中に ^{40}K の寄与によるものが112cpm であり、これは $7.87 \times 10^{-6}\text{g}$ の ^{40}K に相当する。但し、これは検出器自身にこれだけの ^{40}K を含有しているという意味ではなくて、測定状態に置いた時の ^{40}K の量に相当する。

1.2 全降下物の r 線測定

長期間に亘って測定する迄に至っていないので、 r 線の計数率の季節的な変動を見ることはでき

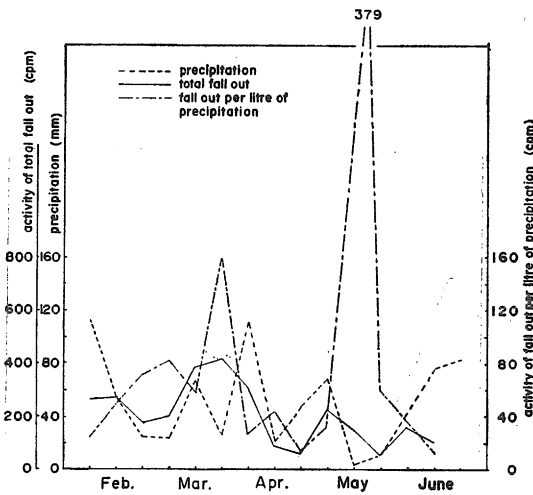


Fig. 2 The relationship between precipitation and fallout deposition.

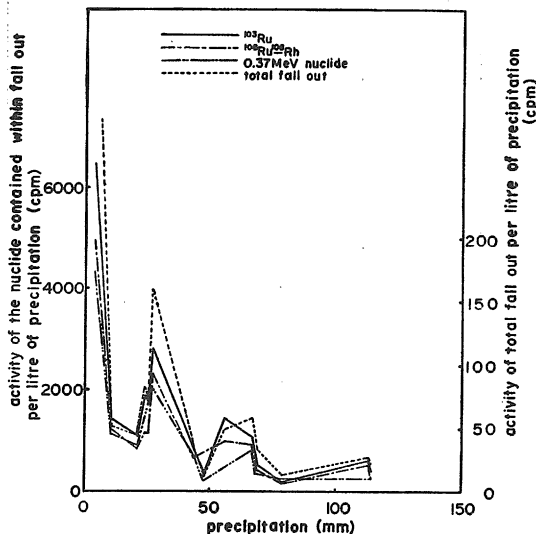


Fig. 3 Some nuclide concentration in precipitation as a function of amount of precipitation.

ないが、2月から6月にかけて各月の上、中、下旬の全降下物中の計数率と降水量との関係を調べた (Fig. 2)。図には月々の降水量の変化している様子が示されているが、特に5月中旬が非常に少いことが目立っている。それぞれの期間に採集した全降下物の放射能 (cpm) は雨量の変化とは、ほぼ比例しながら推移している。

この事実は当然のことではあるが、降水量が増せば、それに吸着している全放射性粒子の数が多くなることを示している。ところが一見、計数率は降雨量に比例しているの、その単位体積当りの放射能 (cpm/l) をとれば一定になることが推測されるにも拘らず、図示の如く大きく変動している。降雨量の少い3月上旬 (24.4mm)、3月下旬 (26.8mm)、5月中旬 (3.9mm) 等では、単位体積当りの放射能は逆に非常に高く、就中、最底の降雨量である5月中旬では最も顕著で379cpm/l にも達している。

降水量に対して全降下物 1 l 中の放射能をプロットすると、Fig. 3 の点線で示したものになる。そしてこのデータから予測されることは、10日間の雨量が70mm 以下の範囲では、降水量の

増加につれて単位体積当りの放射能は減少しており、雨量がそれ以上になれば、降水の影響が殆どなくなる。この現象は Edward P. Hardy 等⁸⁾に依れば、乾燥した大気中では、雨が降るのには多くの量の大气が必要であり、従ってこのような状態で降って来た雨には放射性粒子が多く濃縮される故、比放射能が高くなると説明されている。又、雨滴の洗滌効果により降り始めの雨には単位体積当りの放射能が高い故¹⁾、雨量が少い時や降雨回数によりこの様になることは当然と考えられる。

雨の累加量とそれに蓄積された全降水物の放射能の間の比例関係が Fig.4 に示されている。この直線の途中から傾斜が変っているのは、試料の採集方法が3月中旬から変わったことか、或は季節的な変動による影響かのいずれかと考えられる。詳細の研究は続報に譲ることとして、勾配の緩い方の直線を用いて外挿法に依り、この直線を延長して縦軸を切る点を考えてみる。即ち、この点は雨の蓄積量零に於ける放射能を示している。換言すれば、降雨に依らない乾いた落下塵の放射能が約500cpmである事が推定される。

これらの事実から、降雨と全降水物の放射能とはほぼ比例するが、単位体積当りの放射能 (cpm/l) は雨量の増加と共に減少し、乾燥した落下塵の影響を可成り考慮しなければならぬことが分った。

1.3 放射性核種の同定

Fig. 5 は4月に採集した試料を5時間測定して作った γ 線スペクトルグラフである。全チャンネルの計数率は699cpmで割合に放射能が高く、更に明瞭なピークが6つ観測された。それらのピークは、 $^{144}\text{Ce}-^{144}\text{Pr}$, ^{103}Ru , $^{106}\text{Ru}-^{106}\text{Rh}$, $^{95}\text{Zr}-^{95}\text{Nb}$ と ^{40}K の光電ピークに依るものと思われる^{9)~12)}。これらの中、 $^{95}\text{Zr}-^{95}\text{Nb}$ のピークは双峰性で 0.76 MeV と

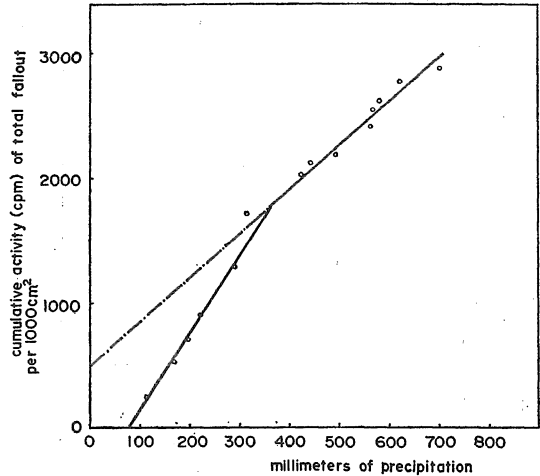


Fig 4 Fallout deposition as a function of amount of precipitation.

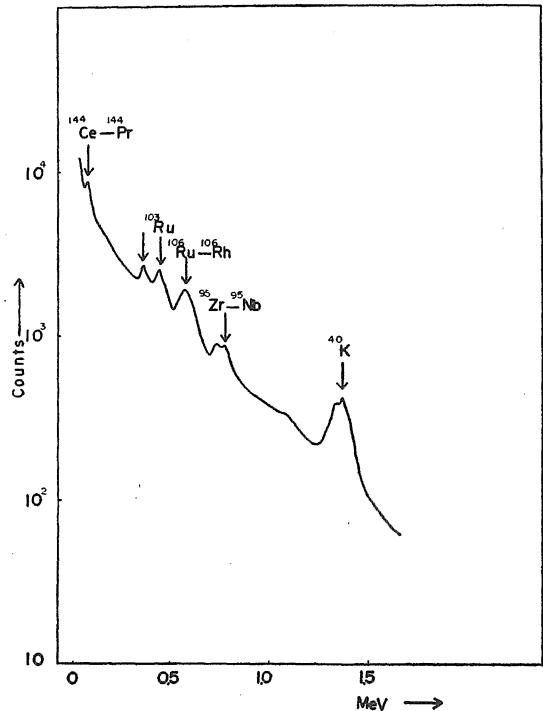


Fig. 5 Gamma-ray spectrum of fallout.

0.72MeV の山と考えられるが、雨の採集料が少ないと消失してしまうことが多かった。

採集した時期と採集した雨 1 ℓ 中の ^{106}Ru — ^{106}Rh , ^{103}Ru 及び 0.37MeV の核種の放射能との関係を示したのが Fig.6 であり、同じ核種の放射能と降水量の関係を示したものが Fig.3 である。

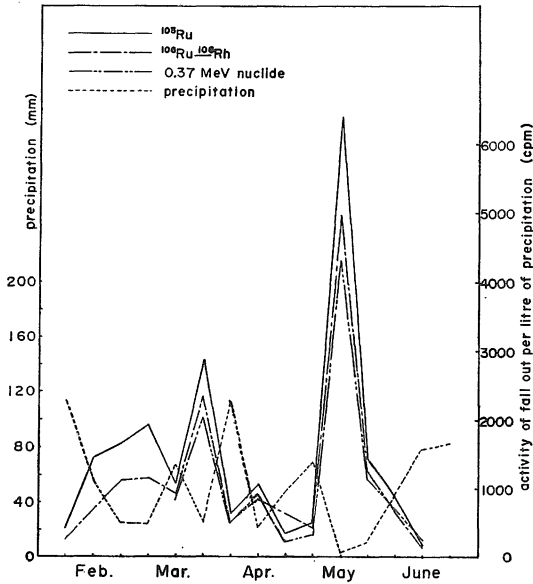


Fig. 6 The relationship between precipitation and some nuclide deposition.

2. 放射性降下物の全β線測定

γ線測定の場合と全く同様な方法で試料を調製して G-M 計数装置により全β放射能測定を行なった。

放射能量は標準試料と比較して絶対測定を行なった。Fig. 7 にこの値を用いた旬間降下量の

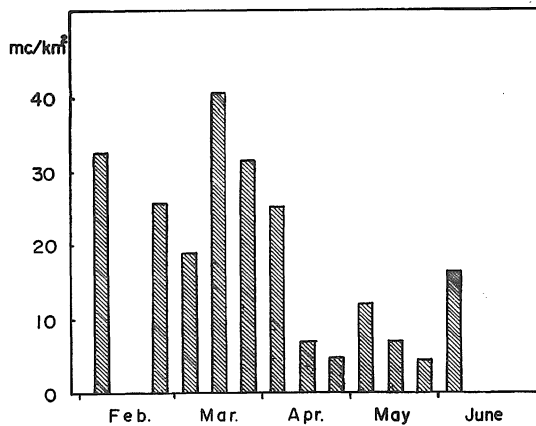


Fig. 7 Monthly deposition of fallout (mc/km^2) by means of total beta-ray measurement.

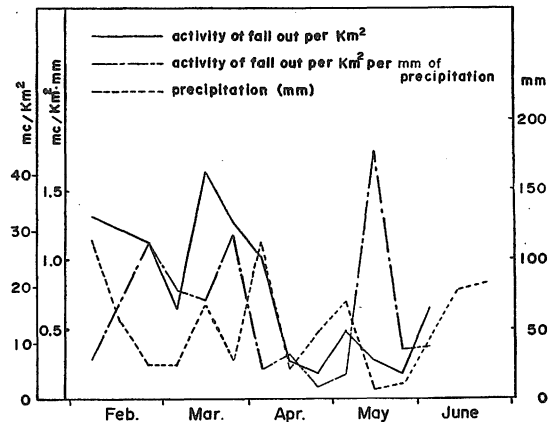


Fig. 8 The relationship between precipitation and fallout deposition by means of total beta-ray measurement.

これらは前節の全γ放射体の場合のデータと同じ結果を示しているが、核種に依って雨に吸着している割合が違っていることが見られる。即ち、0.37 MeV の核種、 ^{106}Ru — ^{106}Rh , ^{103}Ru の順に単位体積当りの放射能が高くなっている。但し、ここでいうピークは多少のチャンネルの変動を考慮に入れて、最高点を中心に5チャンネルの幅をとって、各々のデータ処理に供した。従って、核種毎に示している放射能は何ら絶対的な値でない。 ^{137}Cs のピーク (0.66 MeV) はその近傍のピークである ^{95}Zr — ^{95}Nb (0.75MeV) や ^{106}Rh (0.624MeV) のピークにマスクされてわからない。

推移を示した。

次に r 線測定の場合と全く同様なデータ処理を行なった所、傾向としては全く類似のグラフを得ることができた (Fig. 8)。従って、 β , r 測定値の信頼を確めた以外、それに対する考察は r 線測定の場合と何ら変る所はない。

IV む す び

以上、現在までの観測結果についての概略を述べた。詳細な検討は今後の研究をまたねばならない。或は、誤った解釈をしている点があるかも知れないので、大方の叱正を願えれば幸いである。この研究は昭和38, 39年度文部省科学研究費（特定機関研究）の一部を受けた事を記して謝意を表する。また、山本作次郎教授を担当者とする機関研究のグループの皆様の御配慮に対して謝意を表する。面倒な測定に終始協力を惜しまなかった学生、榎原昇、末芳寛、中村恵の諸君、試料の採取、調製に協力された椎木勝、西尾彰宣の諸君にも深く感謝する。

文 献

- 1) 井戸垣正俊, 岡崎庶兄, 岡真弘 : 島大論集 (自然) 第7号, (1957) 40.
- 2) 岡崎庶兄, 井戸垣正俊 : 島大論集 (自然) 第8号, (1958) 25.
- 8) 岡崎庶兄 : 島大論集 (自然) 第9号, (1959) 23.
- 4) 寺中正彦 : 島大論集 (自然) 第11号, (1962) 83.
- 5) 田島英三, 市川龍資 : 自然 2月号, (1964) 106.
- 6) 三宅泰雄, 葛城幸雄, 金沢照子 : 科学 34, (1964) No. 3, 142.
- 7) C. H. Miller, et al. : I. R. E. Trans., NS-3, (1956) 90
- 8) E. P. Hardy Jr. and L. T. Alexander : Radioactive Fallout from Nuclear Weapons Tests, Proceedings of a Conference Held in Germantown, Maryland (U. S. A. E. Commission), TID-7632. (1961) p 287.
- 9) P. F. Gustafson and S. S. Brar : Radioactive Fallout from Nuclear Weapons Tests, Proceedings of a Conference Held in Germantown, Maryland (U. S. A. E. Commission), TID-7632. (1961) p 60.
- 10) 竹内衿, 他 : 文部省研究報告集録 (昭和38年度)
- 11) 渡辺博信, 他 : 第四回放射能調査研究成果発表集 (昭和37年)
- 12) 山県登, 岩島清 : 第四回放射能調査研究成果発表会論文集 (昭和37年)