

雨滴の放射能 I

寺中 正彦*

(昭和36年11月1日受理)

Masahiko TERANAKA : The radioactivity of rain drop
Radiation Laboratory

I 概 要

この研究は原子核乾板を用いて、雨滴一滴毎の α 放射能を適確にとらえ、雨滴の大きさと含まれた α 放射体の頻度を調べようとするものである。

今回は、その方法と技術について述べることにする。

II 技術の条件

雨滴に受け、雨滴の大きさの分布を調べることは今までに、色々の手段がある。

いずれにしても、雨滴一滴毎の α 放射能を調べる為には、雨滴を受けたときに、雨滴がわれて、飛沫とならないようにすることが第一の条件となる。

それには、雨滴が落ちた時にショック・ダンパーとなってくれるものが必要である。

しかし、 α 線の飛程は非常に短いので、 α 線が乾板に到達するのに妨げとなるようなものでは困る。これが第二の条件である。

例えばショック・ダンパーとしては微粒子粉のようなものがあるが、これでは、吸収層を大きくする。吸収層を出来るだけ薄く出来るようなショック・ダンパーを探さなければならない。

第三に雨滴の α 放射体の崩壊する減衰を考えなくてはならない。これには出来る丈早く雨滴を固定させ、原子乾板上へコンタクトできるものでなくてはならない。

第四に原子核乾板を現像した場合、雨跡と α 線飛跡が完全に対応がつけられるものでなくてはならない。

第五に原子核乾板は感光するので、光を防いだ状態で雨滴のオートラジオグラフを作らねばならない。

以上を要約すれば、雨滴のオート・ラジオグラフを作るには、

1. ショック・ダンパー

*放射能研究室 35年度専攻生、36年度専攻生

2. 吸収層
3. 放射体の減衰
4. 対応
5. 遮光

この5つの条件を同時に満足させる実験技術が必要である。

III 実 験 技 術

吾々は第1の問題の解決として雨滴を割らずに受けるには粘性のある液体を用らればよいことが分った。

大きな粘性のある油で雨滴を受ければ、雨滴は割れずに沈んで行くので、速かにそれを冷却すると雨滴は油の中で水の粒となり、雨滴一滴毎分離することが可能となる。

例えば桐油位の粘性のあるものであると、相当大粒の雨滴でも充分受けとめられ、以上のことが可能となる。

油をベンゼンで洗い、ベンゼン液中で、フルイ[®]を作り暗室内で乾板上に水滴を落すことが行われたのであるが、冷却しながらやらねばならないこと。霜がおりにために密閉した箱でやらねばならないこと、相当量のベンゼンを要すること及び第4の条件を解決することが困難である。後で述べるように、雨粒凡てに色素をつけることが出来ても、原子核乾板に現像過程を通じて、雨跡の色素を明瞭につけることは難しい。

そこで、吾々はニトロ・セルローズ溶液（商品名クリヤーラッカ）をショック・ダシパーに用いた。これを板ガラスの上に1.5mm位の厚さにのせ、表面が乾燥しない中に速かに雨滴を受けると、直径2mm位の大きな雨滴でもわずかに受けとめることが出来る。

そしてニトロ・セルローズは乾燥して、雨滴の痕跡を円形として残す。

これを原子核乾板にコンタクトするわけであるが、この方法では、雨滴及びニトロ・セルローズが完全に乾燥するのに12時間程かかり、コンタクトするのは12時間後ということになり第3の条件を解決させることは出来ない。

真空乾燥、熱乾燥で急激に乾燥させる方法はあるが、そうするとニトロ・セルローズに無数の気泡を生じ、雨滴の痕跡との区別が困難になる。

それで、第3の条件の解決する方法として、セロハン（厚さ20 μ ）にニトロ・セルローズ溶液を前記の厚さにのせ、雨滴をうけて水滴及びニトロ・セルローズ溶液が乾燥しないうちに原子核乾板にコンタクトする方法が行われた。しかし、乾いたセロハンにそのまま、ニトロ・セルローズ溶液をのせたのでは、セロハンにしわを生じ原子核乾板にセロハンを密着させることは出来ないので、 α 線飛跡と雨跡の対応をつけることは出来なくなる。

それ故、セロハンを一旦蒸溜水につけ、しわを伸ばした後にニトロ・セルローズ溶液をのせる方法がとられたが、この状態で色素をとかした水滴を滴下すると、水滴がニトロ・セルローズ溶液中を徐々に沈んで、セロハンに着下した時に、水滴をとりかこんだニトロ・セルローズ溶液の環の外側へ色素を溶した水が相当範囲にわたって滲出して行くのである。これを喰い止める為に色々のことがなされたが、結局蒸溜水につけたセロハンを更に無水アルコールつけ

ばよいことが分った。

これで、暗室にある原子核乾板に完全に密着させるには次の手続きを経る。

- 1) セロハンを蒸留水に浸す
- 2) それを更に無水アルコールに浸す
- 3) グリセリン 30% アルコール溶液をぬった透明薄板にそのセロハンのをせる
- 4) 吸取紙でセロハンのアルコールを吸い取る (アルコールを吸い取って置かないとニトロ・セルローズ溶液中雨滴が移動し易くなる)
- 5) そのセロハンの上にワクのをせ、その中へニトロ・セルローズ溶液のをせる
- 6) 急いで雨を受ける (2, 3分以内に)
- 7) それを暗室内にもってはいり原子核乾板にのせ、セロハンの一端を押さえ、薄板を除々に引き抜く、その時薄板の先端に空気の泡がくっついて動くから、赤色ランプで見ながら、薄板を徐々に引抜いて、グリセリン・アルコール溶液内の空気の泡を出してしまう事が出来、原子核乾板とセロハンとを密着させることが出来る。

その状態の略図は fig 1 の如くなる。

写真 1 がニトロ・セルローズ上の雨滴の痕跡である。

重要なことは、色素を溶した水滴が前述の試験を行ったとき偶然見出されたことであるが、セロハンを通じて水が原子核乾板へ浸透して行くのである。

微小の水滴でも大きな水滴でも約 20 分後には原子核乾板に鮮やかな色素のあとをつける。しかもセロハンと乾板の間に極めて薄いグリセリン・アルコール溶液の層があるにもかかわらず、その色素の跡はニトロ・セルローズ膜に残った痕跡と同じである。

これを利用して、原子核乾板に直接雨跡を印刷しようと考えられた。

カルボール・フクシン及びニュートラル・レッドの混合液が現像過程においてもおちないと言われている。たゞしこれをそのままかけることは困難であるので、アルコールに溶かし噴霧器でかける。しかしそのままでは、雨滴が大きくなったり、アルコール滴が雨滴にまちがわれたりするので、色素霧を筒の中へ通し、外側から筒を熱し、アルコール分を熱発させてやると、色素のみが散布されるようになる。これを雨を受けた 1~2 分以内に行うと受けた雨滴凡てに色をつけることが出来る。(この場合ニトロ・セルローズ溶液よりも合成極脂溶液の方が色をつけ易い)

これがセロハンを透過し原子核乾板に雨滴の痕跡をつけるのであるが、この痕跡は現像迄保つことが出来るけれども長い定着時間中にあせてしまう。このような方法で原子核乾板に痕跡をつける色素があるかも知れないが、吾々はそれ知らない。

そこで吾々は露出後、ニトロ・セルローズ膜の上から乾板のガラスの端に色鉛筆をあて、ひくと鋭い線がひけるのでこれをリファレンス・ラインとして用いた。そして現像後、ボンドではり合せるのである。但し原子核乾板にはり合せたのでは顕微鏡で非常に見にくく、しかもニトロセルローズ膜とセロハンは密着しているだけで、接着はしていないのであるから、原子核乾板とセロハンとはり合せたのでは雨跡のついたニトロ・セルローズ膜がめくれてしまうので、原子核乾板をぬってあるガラス板をニトロ・セルローズ膜にはり合せる。

このような方法を確める為にウラニウム塩の希釈溶液で水滴を作り露出された。その α 線飛跡の顕微鏡写真が写真2である。この試験により、ニトロ・セルローズ上の水滴の痕跡の外側 100μ 以内に α 線飛跡が認められ、対応は良いということになった。又、水滴の体積に比例して α 線飛跡の数が現われていることも確かめられた。この実験に使われている原子核乾板はさくらNR—MI $2'' \times 3'' 100\mu$, Fuji $2'' \times 3'' 50\mu$ であって、露出時間は20時間、現像は二浴現像法が用いられている。雨滴中の α 放射能の1例の写真が写真2にあり、この雨滴の痕跡は約 500μ のものである。

IV 実験方法の妥当性

以上の方法で問題になるのは雨滴以外含まれる α 放射体の contamination である。

吾々はこの点に留意して、とりあつかわれる器具は凡て蒸留水でもって洗い、清浄に注意を払っている。そこで、雨滴を受けないで前述の方法で露出して見たが $2'' \times 3''$ の原子核乾板中の頻度は2, 3箇の程度であって、 α 線を調べる限りに於ては心配はない。 β 線は飛程が長く β 放射体が雨滴に存在する頻度が多くて望ましいが、contamination が多いであろう。

第2に問題になるのは、小さな雨滴は問題でないのであるが、大きな雨滴では、セロハンを浸透していつても、原子核乾板の水を包容する能力が小さくて、ニトロ・セルローズ中に水滴を作っている。この場合は上記のウラニウムのような半減期の長いものであれば考慮する必要はないのであるが、半減期の短いものであれば、その水分を蒸発させて、出来る丈早く、吸収層を薄くする必要がある。この対策としては、気泡を生じないぎりぎりの速度で真空乾燥を行っている。そしてこの場合約1時間半位で、完全に水分を蒸発させることが出来る。

従って雨滴を受けた後、1時間半後の物質層の厚さはセロハンにして 25μ 以下で充分 α 線を通すことが出来、それ以前のセロハンを透過する雨水のことも考えれば能率のよいものである。

実際ウラニウム塩溶液で調べて見た所、乾板内部で α 崩壊したものが大部分をしめる。これは、水とともにセロハンを通じて emulsion に滲透し、吸着されてしまったウラニウムであり、このことは次節で述べるように重要な問題を提起する。又、真空装置を用いることは、上記の物質層を薄くする他に、露出中の浄化及び fading を防ぐことにも役立つわけである。

従って、露出中は真空装置内に入れられてある。更に α 線を加速する為に、乾板間に高電圧をかけることが考えられるが、非常に高い電圧でなければ飛程を伸すことにはならないので、現在は行われていない。

以上のオート・ラジオグラフで核爆発が行われていないきれいな大気の状態では、主に雨滴にとけこんだラドン及びその変成物、トロン及びその変成物が測定されることになるであろう。Rnの半減期は約4日で問題ないが、その変成物 Po^{218} RaA は3.05分の半減期で、これが雨滴にとけこんでいるときはとらえられないが、その一連の崩壊系列 Pb^{206} RaG に行く迄に殆んどが充分長い時間で α 崩壊するのでとらえられる。Tnの場合も同様にその一連の娘核から充分とらえることが出来る。

V 実験の目的

この実験の目的とする所は降り始めに於いては、雨滴の大きさの放射能塵捕捉効率、洗滌効果後の雨に於ては、雨滴の核形成に α 放射体がどのように寄与しているか。核爆発がないきれいな大気の状態の場合には Rn, Tn がどのように雨滴にとけこむか知ることが出来るであろう。

前節で述べたように、 α 放射体がエマルジョンに吸着され、内部で崩壊すれば、 α 線飛跡の起点がわかり、飛程を知ることが出来る。ウランウムの場合で較正して置けば、range-energy 関係から、雨滴に含まれる α 放射体の核種を推定することが出来る。この方法では雨滴一滴毎の α 放射体の数を知るとともに、滲透ということから、統計的にその核種を推定することが出来るのである。

高メガトンの核爆発に於いては U^{238} を用いた三重構造のウランウム超爆弾の可能性が強い。この場合には、原子爆弾の破片として、長寿命の α 放射体を多量にまき散らすであろう。その拡散が充分でないときには、局部的に強い放射能をもつ。雨滴にそれが、どのように現われるか調べるのは極めて重要である。

非常に強い放射能雨の場合には、 α 線のみでなく、 β 線を調べても、それは back ground 以上に充分達し統計処理が可能になるであろう。

謝 辞

東京大学、原子核研究所員、西村純博士の御激励並びに経済的援助に深く感謝致します。

小西六写真工業、化学研究所員、平田明氏の経済的援助及び現像処法の御教示に対し御礼申し上げます。

大阪市立大学、原子力調査室、岡崎庶兄氏の御相談に対し、感謝致します。

Summary

How to measure α -radioactivity contained respective rain drop was worked out by used nuclear photographic emulsion.

We reported the technique of this method. And, by this method, we can deduce α -decay nucleid contained rain drop.

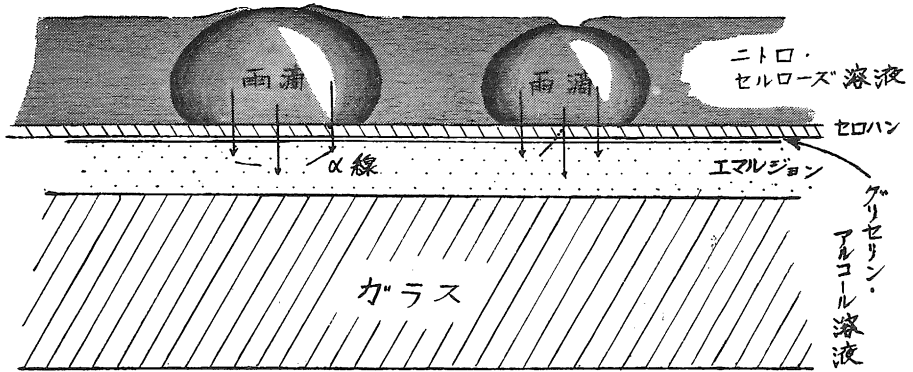


Fig. 1 セロハンを通じて水が滲出するが横へは拡がらない。

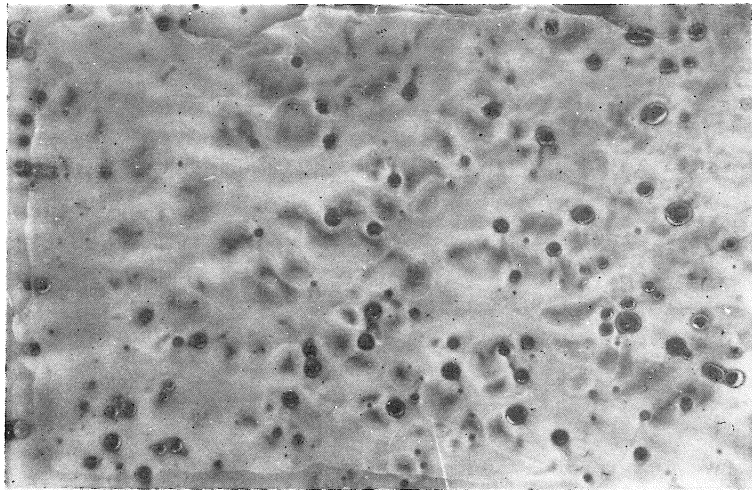


Photo. 1 ニトロ・セルローズ上の雨滴の痕跡、
2"×3" で 100~200 滴の雨滴が受けられる。

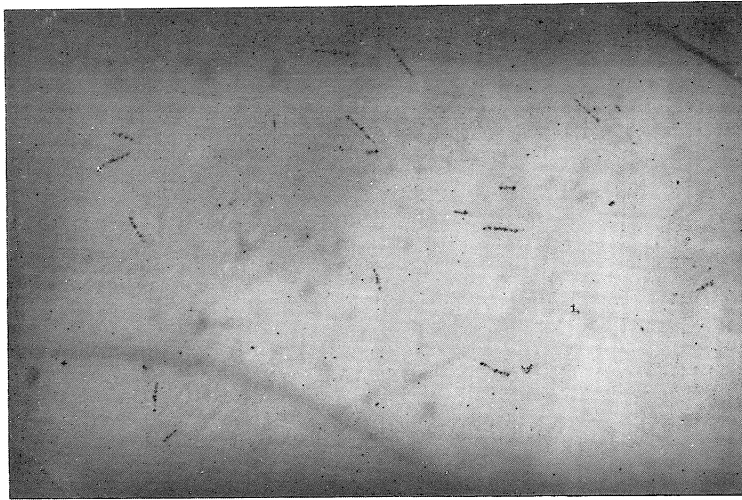


Photo. 2 ウラニウム溶液を滴下して作られた痕跡と α 線飛跡 右上の環はセロハン側の雨滴の痕跡，左下の環は水滴が空気面に頭を出した環である。



Photo. 3 NR-MIによるオートラジオグラフで直径 500μ の雨跡に現われた α 線飛跡(中央)の例，雨跡の円(黒い部分)の一部が見える霧雨のような雨滴にでも α 放射体が含まれる。