

指導資料



鹿児島県総合教育センター

理科 第247号

- 高等学校, 盲・聾・養護学校対象 -

平成16年10月発行

手軽にできる放射性崩壊（半減期）を理解させる実験

我々の身の回りの岩石や土中には、ウランやトリウムなどの天然放射性同位体がわずかに存在する。それらの放射性同位体は、それぞれ決まった半減期で放射線を出して他の元素に変わる。この現象を「放射性崩壊」という。我々は、これらの放射線と宇宙からくる放射線（宇宙線）を、日常的に浴びている。

授業という限られた時間内で、効果的に放射性崩壊を事象提示するには、数分という短い半減期の放射性同位体や適当な放射線計測装置の準備が必要だが、現実的には難しい。

そこで、本稿では身近な日用品に含まれる天然放射性同位体を使って、授業時間内に手軽にできる放射性崩壊を理解させる実験を紹介する。

1 放射性崩壊実験に使う天然放射性同位体

岩石や土中に含まれる天然放射性同位体のうち、主なものが ^{238}U （ウラン）、 ^{232}Th （トリウム）、 ^{40}K （カリウム）である。このうち、 ^{238}U と ^{232}Th は放射線を出しながら、次々に崩壊する放射性系列を作る。 ^{238}U の作る系列をウラン系列、 ^{232}Th の作る系列を、トリウム系列（図1）という。

この両系列の中に、気体の放射性元素

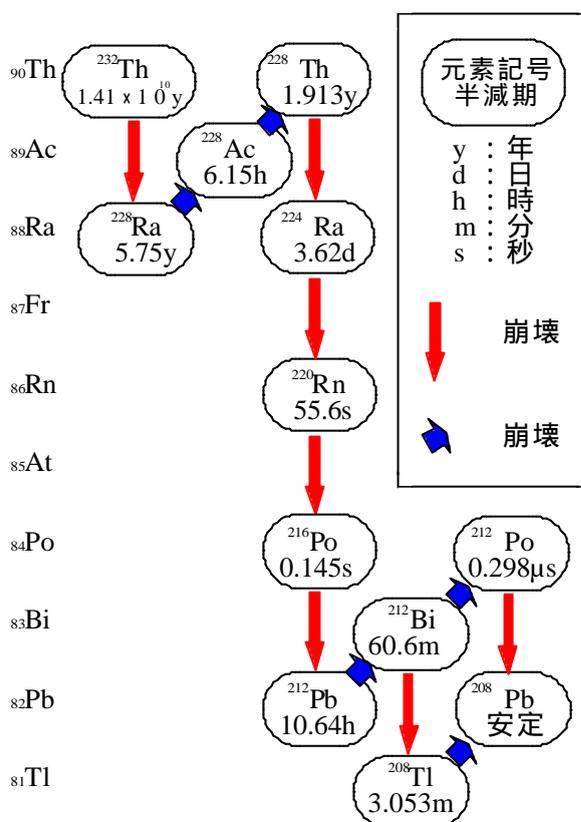


図1 トリウム系列（日本アイソトープ協会アイソトープ手帳より作成）

Rn（ラドン）がある。ウラン系列の Rn は ^{222}Rn 、トリウム系列の Rn は ^{220}Rn である。

これらの半減期は、それぞれ3.8日、55.6秒であり、いずれも α 線を放出し、それぞれ ^{216}Po （ポロニウム）と ^{212}Po に崩壊する。このことから、半減期が55.6秒の

^{220}Rn を使えば、 ^{216}Po (半減期0.145秒) を経て比較的安定な ^{212}Pb (鉛) までの放射性崩壊が、5分程度の実験で確認できる。

^{220}Rn は、トリウムを含む天然鉱石から放射性崩壊によって気体として発生する。トリウムは、図2のような天然鉱石から作られるマントル(ランタンの灯心)に含まれるので、容易に入手できる。



図2 マントル(ランタンの灯心)

2 GM管による放射性崩壊の実験装置

放射性崩壊によって生じる放射線を検出するには、GM管(Geiger Mueller tube)が一般的に用いられる。

(1) GM管の原理

GM管は、図3のように金属管の両端を絶縁体でふさぎ、片方の端を薄くして放射線の入射窓とした構造をしている。

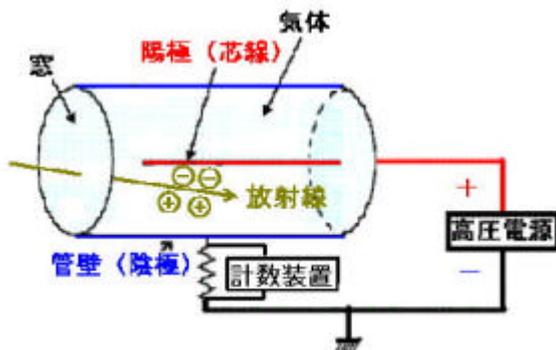


図3 GM管の原理

窓から入射する放射線(線や線など)は、管内の気体分子をわずかに電離させる。そのとき生じた電子は高圧電源で作られた電場で加速され、他の気体分子に衝突して電子が増え、陽極に集まる。この結果、生じた電離電流が高抵抗の両端に電圧パルスが発生させることにより、計数装置でカウントすることができる。

小型のGM管を用いる方が、身の回りの放射線(バックグラウンド放射線)からのカウントが減り、目的の放射線を効率的に測定できる。この場合、バックグラウンド放射線に対する遮蔽も不要になるため、実験装置も簡便になる。

(2) 実験装置

ア GM管付き注射器

本実験では、 ^{220}Rn からの線を検出することが目的なので、窓が薄く線も検出できる図4のGM管(LND社製712型)を用いた。



図4 GM管(直径15mm,長さ40mm)

またRnのような放射性気体から放射線を測るためには、気体をGM管の窓の前に封入する必要がある。このために、25mLディスプレイ注射器の先端を切り落とし、注射器の内径に合わせてすき間をなくすために、ビニールホースをかぶせたGM管を挿入した。注射器のピストンとGM管の間に気体を封入できるよう、注入口

(直径 4mm) をシリンダーに開けて
図 5 のような GM 管付き注射器を製
作した。

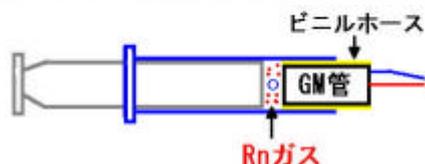


図 5 GM 管付き注射器

イ 検出装置 (高圧電源と計数装置)

検出装置は、500Vの高圧電源回路と
計数回路でできており、電圧パルスが
入力すると圧電スピーカーから検出音
が出るようになっている。本実験では、
市販 GM カウンターの高圧電源 (500
V) と計数装置を利用して検出装置と
した。また、市販のキットなどで安価
に自作することも可能である。

ウ パソコン

検出音を耳でカウントする代わりに、
図 6 のようにパソコンで計測するこ
ともできる。具体的には、検出音が出る



図 6 放射性崩壊実験装置

際に、計数装置の圧電スピーカーに数
Vの電圧パルスが入力しているので、
この電圧パルスをパソコンの端子に入
力すれば、計測することが可能である。

(3) 実験方法

ア ^{220}Rn の準備

図 2 のマントルを 1 枚、図 7 のよう
に 25mL 注射器に詰める。



図 7 マントル入り注射器

^{220}Rn は、図 1 の ^{224}Ra (ラジウム)
の娘核種として発生し、注射器内に充
満する。これを、空気と共に図 8 のよ
うに GM 管付き注射器に 10mL 注入す
る。その後、シリンダーの注入口をセ
ロハンテープでふさぐ。



図 8 GM 管付き注射器に ^{220}Rn を 10mL 注入

イ 放射線のカウント

GM 管の検出装置から 1 分間の検出
音をカウントし、それを 8 回繰り返す。
この際、バックグラウンド放射線も一
緒にカウントしていることになる。

(4) 結果と考察

図9のグラフは、8分間のカウント数を1分間毎に示したものである。放射性崩壊に伴う放射線の検出音の数が、だんだん少なくなる傾向が確かめられる。また、最初の4分間に着目すると、 ^{220}Rn の放射性崩壊による放射線の量が1分ごとに半分に減っていることが分かる。このことから、放射性崩壊が指数関数的に減少する現象であることと、その半減期が約1分であることを容易に理解できる。

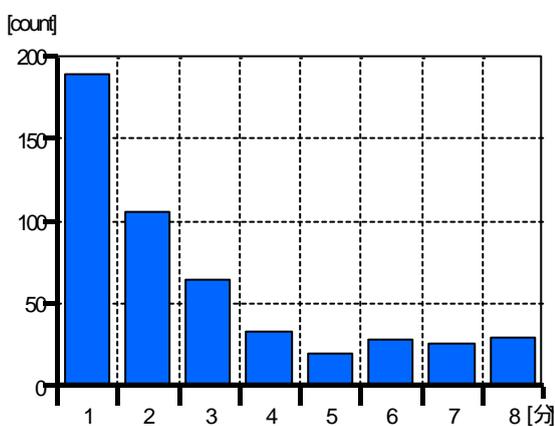


図9 ^{220}Rn のカウント
(バックグラウンド放射線を含む)

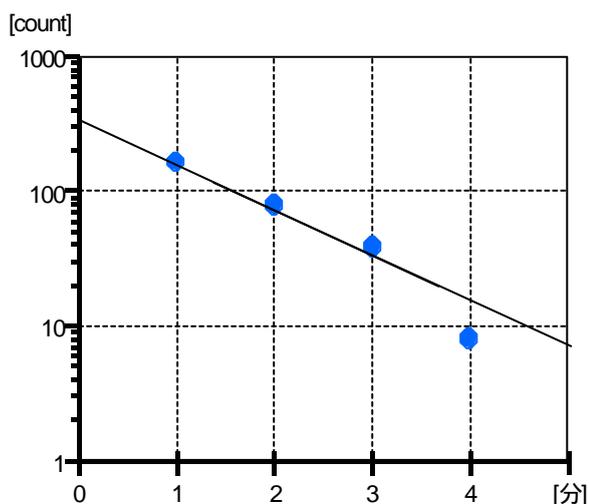


図10 ^{220}Rn のカウント
(バックグラウンド放射線を除く)

この実験では、4分以降はバックグラウンド放射線が ^{220}Rn のカウントより卓越する。バックグラウンド放射線は、平均すると毎分 20 カウント程度である。したがって、最初の数分間の放射線の全カウントに比べ、バックグラウンド放射線の寄与が1割以下になるように ^{220}Rn の注入量を決めると、放射性崩壊、半減期を明示する実験条件として適当である。

図10は図9のバックグラウンド放射線を差し引き、片対数グラフで描いたものである。200 カウントが半分の 100 カウント、また、その半分の 50 カウントになる時間をグラフから読み取ると1分位になり、半減期約1分の典型的な放射性崩壊のグラフになっていることが確認できる。

放射性崩壊は、総合理科A、物理の原子力・放射線分野、地学の地質年代分野で扱われるが、五感で感じることのできない現象なので、モデル実験などが多く行われている。そのため、できるだけ簡便な装置で実際の天然放射性同位体を用いた実験を体験させ、生徒の興味・関心を高め、身近な自然現象として正しく理解させることが大切である。

この実験で使用したマントルは、法の規制以下の微弱で安全な天然放射性同位体を含む日用品である。このような安全な放射性物質を教材としているが、実験の際は体内に取り入れることのないような配慮(素手で取り扱わない等)をするなど、毒物・劇物のような有害な薬品の取扱いと同様に、放射性物質の安全な取扱いにまで言及したい。

(教科教育研修課)