



千葉県立鎌ヶ谷西高等学校 三門正吾*

目的

現代の社会では、放射線と放射能の正しい理解が必要である。しかし、手軽な実験教材が少なく、放射線の実験教育はほとんどの学校で行われていないのが現状である。そこで、次のような目的で高感度ガイガー計数管を開発することにした。

誰でも簡単に自作することができる。

身の回りの微弱な放射能の測定ができる。

半減期などの定量実験ができる。

概要

矢野・米村式ガイガー計数管を改良したものである。陽極は直径0.12mmの銅線を二つ折りにしたもので、放射線が入射すると、先端放電が起こる。このとき発生するノイズ電波を携帯ラジオで検出する。陰極には紙筒を用いる。紙は最もありふれた高抵抗物質であり、連続放電にならないための矢野先生のアイデアである。次の2種のガイガー計数管を開発した。

1. 携帯型静電気計数管

電源に耐電圧の高いコンデンサーを用い、それを「棒起電器」で充電して使用する。放射線教育の導入実験として有効である。



写真1 携帯型静電気計数管と棒起電器

II. 小型高压電源を用いた高感度ガイガー計数管

9Vの積層電池1個で約7,000Vの電圧を発生する小型高压電源を用いる。ガイガー計数管にはおよそ4,000Vの電圧を加える必要があるので、電源電圧を高抵抗物質の紙で抵抗分割して使用する。計数管の内径が7.5cmの計数管でも動作するので、非常に高感度になる。したがって昆布やレンガなどから出る放射線をバックグラウンドと区別して検出することができる。また、ラジオのスピーカーに改造した歩数計を接続して、半減期などの定量実験を行うことができる。

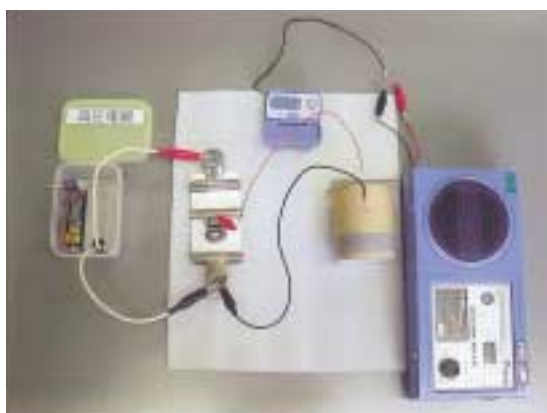


写真2 小型高压電源を用いた高感度ガイガー計数管装置

教材・教具の製作方法

1. 携帯型静電気計数管

紙筒を用いた携帯型静電気計数管の電源には高耐圧のコンデンサーを用いる。コンデンサーの充電は、棒起電器で行う。

1. 内径4.5cmの紙筒を7cmの輪切りにする。
2. リード線の被覆を10cmほどはがす。図1のように1本だけ2つ折りにして、他は折り曲げて短く切る。発泡スチロールの栓の中央に穴をあけ、2つ折りの線を入れ、3cm程出す。
3. 紙筒の一方をポリエチレンで蓋をする。これがガ

(注) 三門正吾教諭は平成14年4月1日付で千葉県立柏高等学校へ転任された。

* みかど しょうご 千葉県立柏高等学校 教諭 〒277-0825 千葉県柏市布施254

(047)131-0013

E-mail smik127@dj.pdx.ne.jp

イガー計数管の窓になる。筒の側面に、容量0.0047 μ F、耐圧2,500Vのフィルムコンデンサーの片足を固定する。できれば、コンデンサーは2個直列にする。むき出しの部分には絶縁用のチューブをつける。筒の側面に陰極用のリード線を固定する。

4. 棒起電器は正極がアースされているので、陰極になる紙筒の側面を発泡ポリエチレンで絶縁する。陽極とコンデンサーの陽極側の足を接続する。
5. 管の中にボタンガスを入れ、陰極と陽極のリード線の部分に棒起電器をつなぐ。選局をはずしたAMラジオをそばに置いて音を聞きながら充電する。70～80回棒起電器を往復すると充電が完了する。1回の充電で10分くらいは持続する。

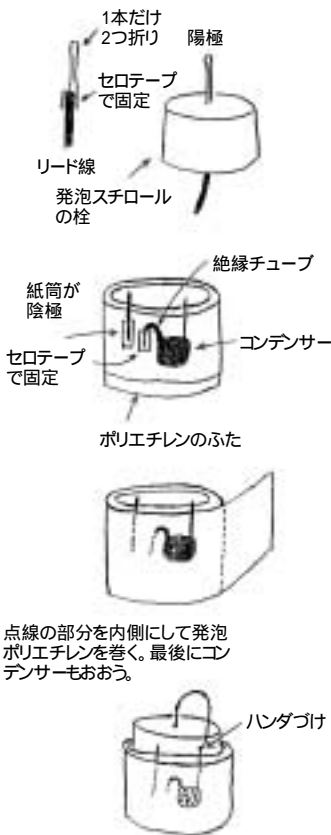


図1 静電気ガイガー計数管の作り方

II. 小型高圧電源を用いた高感度ガイガー計数管

1. 電源部の製作

電源部がコンデンサーの場合、放電に伴って電圧が下がってくるので、定量実験には無理がある。小型高圧電源を用いると、安定した電圧を供給できるので、長時間の定量実験が可能になる。これは、9Vの積層電池1個で約7,000Vの電圧を発生する。図2に小型高圧電源の出力特性を示す。ガイガー管には適正な電圧を与えることが最も大事である。幸いにして、放射線

入射による放電量はごくわずかなので、ガイガー管には、写真3のように紙を高抵抗体として使い、抵抗分割して電圧を供給する。目玉クリップで画用紙のような厚紙を挟む位置を変えると、簡単に供給電圧を調整することができる。高圧電源の1次電流は100mA程度あるので、長時間使用するのであれば、積層電池よりも、ACアダプターの方がよいだろう。

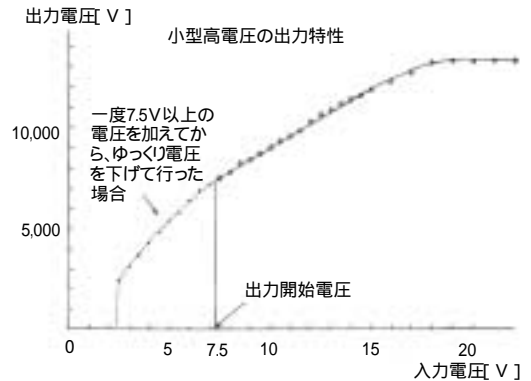


図2 小型高圧電源の出力特性



写真3 小型高圧電源と紙製の電圧調整器

* 小型高圧電源は、秋葉原の「国際ラジオ」という店で手に入る(1個500円)

2. 紙筒と空き缶を用いたガイガー計数管の製作

ガイガー管の陰極に紙を用いると、陰極そのものが高抵抗なので、外部消滅型のガイガー管には都合がよい。棒起電器を利用するときは、陽極がアースになるので、紙筒を発泡ポリエチレンで覆って絶縁したが、高圧電源を用いる場合はその配慮は不要である。紙筒ガイガー管を写真4に示す。本校の科学同好会の生徒は、空き缶でも紙を介して接続すればガイガー管として動作することを発見した。空き缶に10Mの抵抗を接続しても動作する。空き缶ガイガー管を写真5に示す。直径7.5cmの大きなガイガー管でも、きわめて高感度に動作することが分かった。

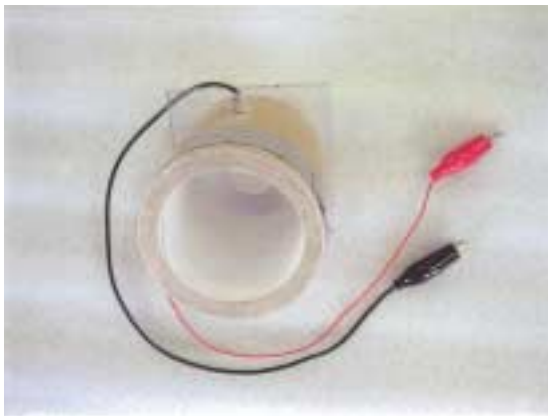


写真4 紙筒ガイガー計数管



写真5 空き缶ガイガー計数管

3. 歩数計をカウンターにする

放射線が入射するたびにガイガー管内に放電が起こり、そこから発生するノイズ電波をラジオで聴く、というのがこの観察の方法である。そこで、ラジオのスピーカーにトランジスターによるスイッチング回路(図3)をつけ歩数計につないで数を数えることができる。写真6にカウンター用改造歩数計を示す。写真6の歩数計は磁気スイッチでカウントするタイプのものである。歩数計の内蔵電池を利用する場合は、図3の抵抗Rは不要である。磁気スイッチの部分にトランジスターのコレクターとエミッターをハンダ付けし、スピーカーからの入力はベースとエミッターに接続する。こうすることで、放射線の入射に伴ってガリッというノイズ音とともに、歩数計の値が1つ増加する。ただし、歩数計は分解能が悪く、強い線源の放射能は数え落としが多くなる。しかし、身近な微弱放射線源の場合には、十分である。

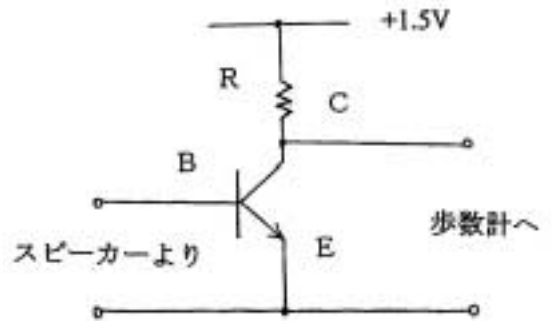


図3 スwitchング回路



写真6 カウンター用改造歩数計

学習指導方法

1. 身の回りの微弱な放射能の測定

課題研究の生徒と一緒に、身の回りどころがっている多くの石やレンガ、乾燥昆布、肥料などから出る放射線の数を測定したものが図4である。多くのものが、バックグラウンドの2~3倍の数を示している。カリ肥料からは、なんと10倍もの放射線が検出される。トリウム鉱物を含むマンテルでは、ガイガー管からかなり離しておかないと、歩数計がついていけなくなる。最近、マンテルが手に入りにくくなっていると聞く。紙筒あるいは空き缶ガイガー管の感度はよいので、マンテルが無くてもしっかり肥料を手軽な放射線源として利用することができる。

図4には載っていないが、空気中の浮遊塵は、かなり高い値を示す。ただし、建物が木造かコンクリート製かで異なるし、換気の有無でも差が出る。本校、鎌ヶ谷西高校では、掃除機の筒にフィルターとしてキッチンペーパーを着け、5分間吸引するだけでもバックグラウンドの10倍程度の数を検出する。複合半減期が約40分の線源になる。

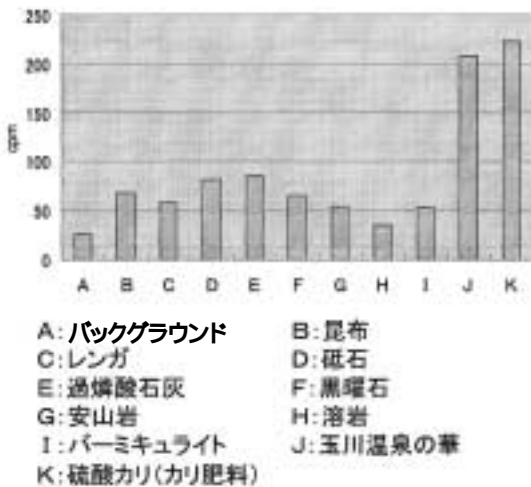


図4 身の回りの微弱放射能の測定

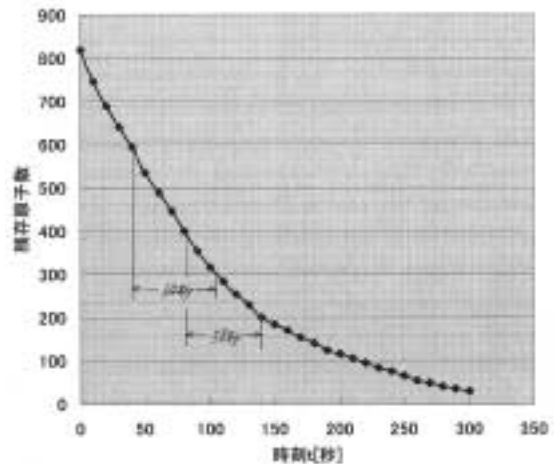


図5 トロンの半減期

II. トロン(ラドン220)の半減期測定

手作りガイガー管は、管の中に放射線源を注入することができる。写真7のように、トリウム鉱物を含むマントルを、フィルムケースに5枚ほど詰め込む。中に充満してくるトロンガスを注射器で吸い取り、ガイガー管の中に直接注入する。トロンは半減期56秒で崩壊する。このとき放出される線の数を数えれば、それは崩壊したトロン原子の数を数えていることと同じである。5, 6分経過すると、ほとんどバックグラウンドに等しくなる。そこで、このときの放射線の数の累計を、最初に注入したトロン原子の数と考え、これから、各時刻の累計を引き算すると、その時刻の残存原子の数が得られる。それをグラフにしたのが、図5である。この実験が可能なのは次の事情による。トロンが崩壊して、ポロニウム216に変わったあと、間髪を入れずこのポロニウム216が崩壊して鉛212に変わる。これをガイガー管ではほとんど分離できないこと、および次の鉛212の崩壊の半減期が約11時間であることによる。



写真7 トロンの線源

実践効果

放射線は大量に被曝すれば怖いものであるが、自然放射線として、身の回りに普通にありふれて存在している。このことを実感として捉えることができる。

半減期の実験を通して、不気味な放射能も物理の法則に従っていることが納得できる。また、原子を一つ一つ数えることができる。このようなことが可能なのは、放射線の特徴である。

実験に参加した生徒や市民の感想より

- ・放射線に囲まれて生活しているのにびっくりした。
- ・身近なところに放射線があることがわかった。これは体に害はないのでしょうか。
- ・むやみに怖がらなくてもよいことがわかりました。
- ・空気中の塵から大量に出ていたのには驚きました。
- ・遮へいしているものが厚ければ厚いほど放射線が少なかった。

参考文献

- 1) 矢野淳滋：物理教育38-4，312（1990）
- 2) 米村傳治郎：物理教育41-2，192（1993）
- 3) 三門正吾：平成11年度東レ理科教育賞受賞作品集37．棒起電器について参照．
- 4) 山本明利：物理教育通信 No.104，50（2001）
小型高圧電源とその応用について参照．