

携帯型手作り GM 管放射線測定器

—安価で安定に動作する測定器を丹精込めて作ってみよう!—

早川 一精^{*1}, 佐合 穰^{*1}, 青山 隆彦^{*2}
Hayakawa Issei Sagou Yutaka Aoyama Takahiko

飯田 孝夫^{*2}, 五井 忍^{*3}, 森 千鶴夫^{*4}
Iida Takao Goi Shinobu Mori Chizuo

1. はじめに

高性能で安定に動作する携帯型の安価な放射線測定器を手作りする方法を開発した。当初は三門正吾氏が開発した方法（本誌 2006 年 8 月号, p.15）を基にしたが、実験を定量的かつ安定に行うことができることを目指したためにかなり独自の測定器となった。以下に述べる方法に従って作っていただければ、その性能には十分に納得していただけるものと思っている。

2. 手作り GM 管

2.1 構造と陰極

安定に動作することに重点を置いて、アルミニウム陰極管とタングステン陽極線から成る同軸円筒型とした。

陰極は図 1 に示すように、内径 33 mm、厚さ 1 mm、長さ 60 mm のアルミニウム管（市販の管を金ノコで切断できる）の一端に両面テープを張り付け、ポリエチレン膜（郵便局で切手を入れてくれる袋などのように半透明の粗面の膜が良い）の一面に導電性を与えるために墨汁を塗布した膜を張り付け、更に両面テープで固定し、膜の余部をカットして、最後にセロテープで密封する。

アルミニウムを一面に蒸着した膜が市販され

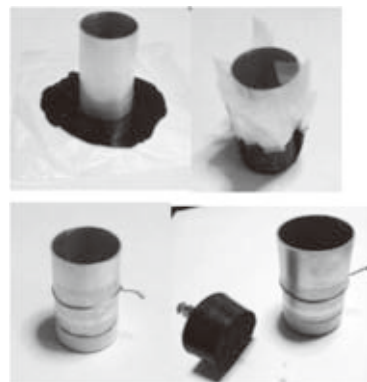


図 1 左上から右へ：陰極に窓膜を張り付ける。
右下：完成した陰極と陽極

ているので、それを使用すればなお良い。管の外側に銅線（ビニール導線のビニールを取り除いた線がよい）を巻き付けて固定し、信号の取り出し線とする。

2.2 陽極線

11 号のゴム栓の上部 18 mm 程度を残して下部をカットする。図 2 のように、小さい面積の面の中央から千枚通しを反対面まで通して、少し引き抜き、その穴に、鋭い先端をサンドペーパーでやや丸くした注射針を入れる。千枚通しを引き抜きながら針を押し込んで貫通させる。針の穴に市販されている直径 60 μm のタング

ステン線を通し、針の先に25~30 mm 出るようにして、注射針の根元で線をカットし、針の根元の太い部分にハンダを流し込んで線を固定する。

線の先端に2液混合の3分硬化型あるいは5分硬化型のセメダインなどを付けて、直径1.5~2 mm 程度の球にする。線の先端を下に向けてアラルダイトを5~10分おきに4回ほど塗布すれば自然に球になる(図2下の左右)。一度に多量を付けることはできないので、最初の1回は線をセメダインで濡らす程度でよい。楽しみながら根気よく行うことが大切である。

2.3 計数ガスとGM管の動作

GM管に封入するガスは“タバコ点火専用”

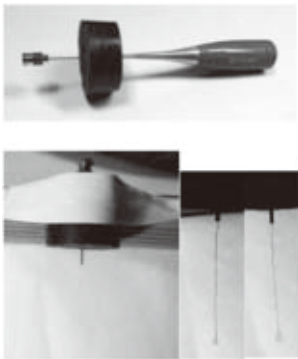


図2 陽極線の作り方

と表示されたライターガス(かなり純度の高いボタンガス)がよい。“タバコ点火禁止ガス”や“ガスライター専用”と表示されたガスは各種混合ガスであるためか満足なプラトー特性が得られない。ガスの注入はゴム栓を少し開け、アルミ管との間に空いた隙間にガスライターの出口を当ててガスを注入する。中の空気が十分に入れ替わったと思われる時間(20~60秒)の後にゴム栓のふたをして完了する。

3. 測定回路

3.1 測定回路

種々の環境下での測定を想定し、図3に示すノイズに強い回路を設計して、ブレッドボードに組み込んだ。GM管からの信号をモノステープルマルチバイブレータCD4098Bに入れ、その出力信号によって、LEDが発光し、ブザーが鳴り、100円ショップで購入して改造した歩数計でカウントされる。歩数計カウンタの1.5V電源やリセットボタンは歩数計に付いているものをそのまま利用した。GM管からのアフターパルスなどによる誤計数を防ぐために、パルス幅を5msにした。

電源は単三乾電池4個又はAC100V/DC6V変換器を使用する。GM管に印加する高電圧は、入力6V、出力4.65kVの特注の高電圧発生器

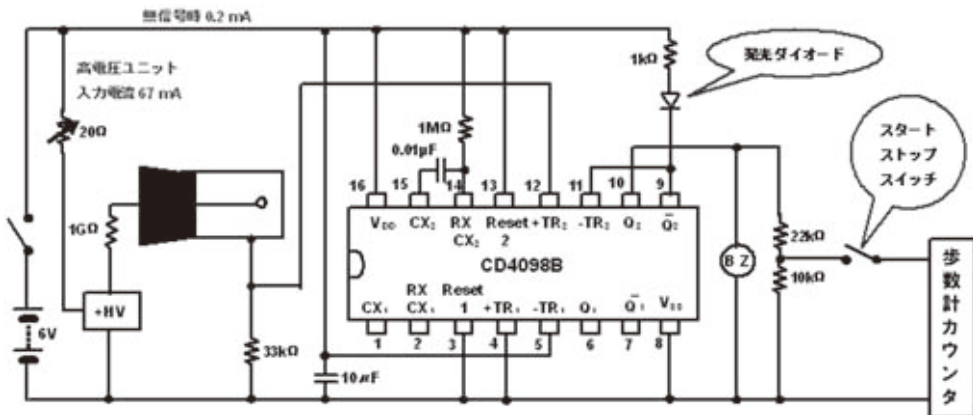


図3 回路図

電源は単三乾電池4個(6V)あるいはAC100V/DC6V変換器

を使用した。約3,000円で、このキットの中では最も高価な品である（キット全体は約5,000円）。高電圧発生器の必要な方はご連絡いただきたい（文末参照）。適切な印加電圧を得るために、発生器の入力に20Ωの可変抵抗を付け、この抵抗と発生器への入力電流約67mAを利用して発生器の入力電圧を変化させて高電圧を調節した。この方法によってプラトー特性の測定も可能である。特に電池電源の場合には、電池の電圧降下が生じるのでこの可変抵抗は有用である。高電圧発生器は、アルミクッキングホイルで包んで接地し、発生器からの高周波ノイズをカットした。高電圧とGM管との間に1GΩの高抵抗を付けて、外部消滅の役割を持たせた。

3.2 計数器の高速化

図4のような100円ショップで得られる歩数計やデジマメカウンタは、計数速度が遅く、500cpm程度で飽和する。計数速度を決めている時定数回路の抵抗（外部からテスターで測れば通常数MΩ～数十MΩある）の1つR₁を探して、数kΩ～数百kΩの抵抗を並列に外付け（図中の矢印R₃は10kΩ）すると、数万cpmの計数が可能になる。

3.3 乾電池電源による携帯型化

3.1節でも述べたように、高電圧発生器の入力に20Ωの可変抵抗を付け、変化させることによって、電池電圧の低下を補償することができ、図5に示すように電池電源を用いた携帯型化が実現した。

4. 性能

4.1 プラトー特性

図6にプラトー特性を示す。ガスを入れ替えた直後のプラトー特性から、約2時間後に再測定したプラトー曲線は低電圧側に移動している。これはガスの劣化によると思われる。しかし、プラトーが驚くほど長いために、矢印で示す最適な動作電圧は、いつもプラトーの範囲に入っている。

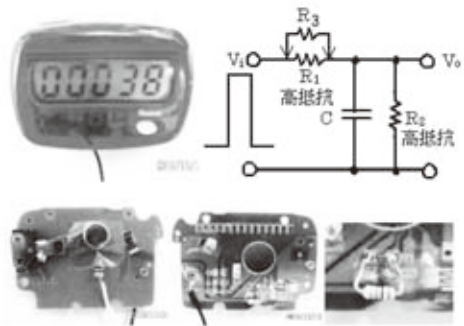


図4 100円歩数計の高速計数化



図5 携帯型の手作りGM計数器

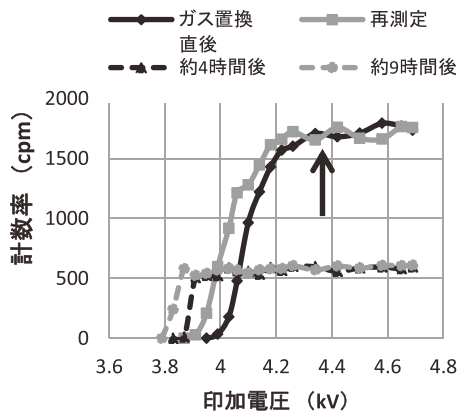


図6 プラトー特性の時間的変化
線源強度が小さい場合（4時間後、9時間後）
の計数率への影響も同時に示す

4時間後及び9時間後のプラトー特性は、強度の小さい線源によって測定されたもので、時間の経過と計数によって封入ガスが劣化し、プラトー曲線が一層低電圧側に移動することを示

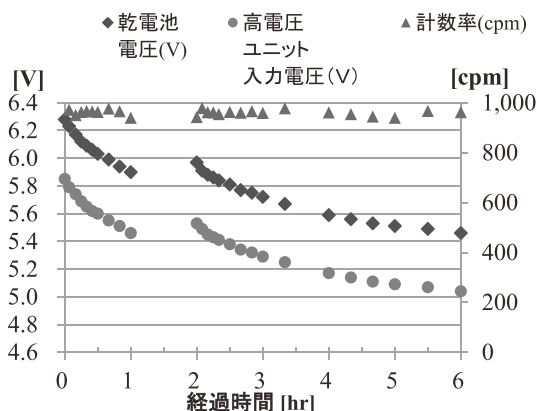


図7 電池電源の場合の計数の長期安定性

しているが、プラトーの長さや勾配は計数率によつては変わらないことを示している。

4.2 長期安定性

電池電源の場合の安定性と使用可能時間を図7に示す。乾電池の電圧や高電圧発生器の入力電圧は最初の1時間で約6%低下する。動作させない約1時間の昼の休憩の時間などには若干回復するが、時間の経過とともに低下して行く。しかし、計数率は変化せず安定している。これは、図6に示すようにプラトーの長さが極めて長いことによる。図7には示していないが、休憩時間などにおいて電源をOFFするなどのやや断続的な使用ではあるが、新品の6個100円の格安アルカリ単三乾電池4個で、13時間程度の測定が可能である。室内では必要であればAC100V/DC6V変換器を使えばよい。

4.3 安全性などの注意

ガスライターの取扱いと安全性：タバコのガスライターからGM管にブタンガスを注入する場合には、周辺に火の気がないことを確認する必要がある。空気中にブタンガスが1.8%以上、8.4%以下の範囲にあって、かつ点火源があれば爆発的に燃焼する。部屋の空気の体積は大きいので、前記の範囲に入っているのは時間的にも場所的にも限られ、しかも注入の際に出てくるブタンガスの総量は多くないので、それほど心配する必要はないが、それでも近くに火の気

がないことを必ず確認をしてほしい。

高電圧電源の安全性：多くの方が気にされるのは4.65 kVの高電圧がGM管の陽極に印加されていることであると思われる。しかし、もともとこの高電圧電源は出力電流が極めて少ない上に、電源の出力端子に1 GΩの高抵抗が直列に付けているために、たとえ露出しているクリップやGM管の陽極電極などに手が直接触れても、ショックなどは全くなく、すぐに電圧はゼロになり、流れる電流は4.65 μA以下になって、人体には全く影響がない。

4.4 本計数器の放射線実験以外への利用

放射線測定用の装置はかなり特殊で、ほかの一般的な理科実験には使用しにくいために、放射線測定の必要がなくなればほとんど使用されない。しかし、今回開発した手作りのGM管計数器は、各部品が丸出しであるため、放射線以外のほかの理科実験への各部品の活用が可能である。例えば、高電圧電源を用いた静電気実験、GM管の静電容量を利用したコンデンサーや高抵抗の測定、計数器による交流電源周波数の測定、光ダイオード(LED)の発光特性実験、ブザーの発音特性実験などである。これらに関しては別稿で紹介する予定であるが、このようないろんな理科実験への利用の度ごとに、GM管にガスを入れて、本計数器の本来の目的である放射線実験を試みていただければ、本機器が一層生きるものと思っている。

5. 放射線測定実験

5.1 身の回りの物品からの放射線測定

身の回りの物品からの放射線を測定した結果を表1に示す。図5の携帯用の手提げプラスチック容器の底に穴を空けて、GM管の窓からβ線が入射するようにしているので、窓の下に試料を置いて計数する。厚さ2.5 mmのプラスチック吸収板を入れないときの計数から、入れた時の計数を差し引いた値は主としてβ線によるものであり、入れた時の計数からバックグラウ

表1 身の回りの物品からの放射線測定 (cpm)

Case 1: プラスチック吸収板なし
Case 2: プラスチック 2.5 mm 吸収板あり

	Case 1 -BG = $(\beta+\gamma)$	Case 2 -BG = (γ)	Case 1 -Case 2 = (β)	β/γ
御影石	7.3	1.3	6.0	4.6
コンブ	17.7	3.8	13.9	3.7
湯の花	150.1	25.0	125.1	5.0
カリ肥料	311.3	24.5	286.8	11.7
マントル	2,603	311	2,292	7.4

ンドを差し引いた値は主として γ 線によるものである。 ^{40}K を多く含む試料であるカリ肥料とコンブを比べてみると、比 β/γ は、カリ肥料は大きく、コンブはあまり大きくはない。これは、カリ肥料は単位質量当たりのKの含有率が高く、 β 線が高い効率で試料から放出されていると思われる。それに比べて、コンブは単位質量当たりのKの含有率があまり大きくはなく、試料における β 線の自己吸収の割合が大きいためと思われる。

5.2 遮蔽実験、距離の逆2乗

図8にラジウム γ 線源を使った鉛板による遮蔽実験の結果を示す。この γ 線源は α 線、 β 線は放出せず、低エネルギーのX線と高エネルギーの γ 線を放出している。GM管の管壁側から入射させるとX線が壁で吸収されて、最初からほぼ指数関数的な吸収特性を示す。窓から入射させた場合にはX線が効率よく計数されるので、図8の“窓側入射”に示すように鉛吸収板がない時には計数率が高い。

図9に距離の逆2乗の実験結果を示す。両対数目盛りのグラフで、勾配が-2の妥当な結果が得られている。

6. まとめ

携帯型の手作りGM管放射線測定器を開発した。主として高校生や中学・高校の先生方を対象とした放射線セミナーに使用する予定であ

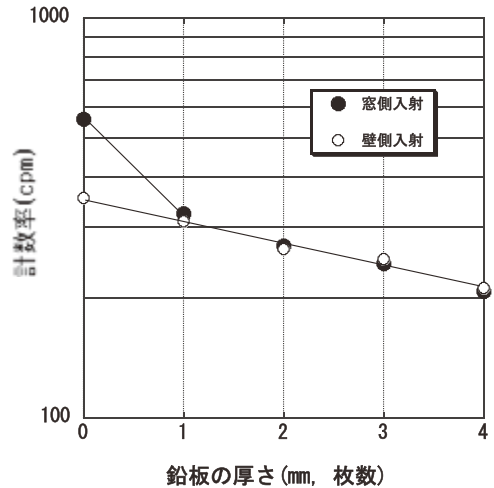


図8 鉛板による放射線の遮蔽

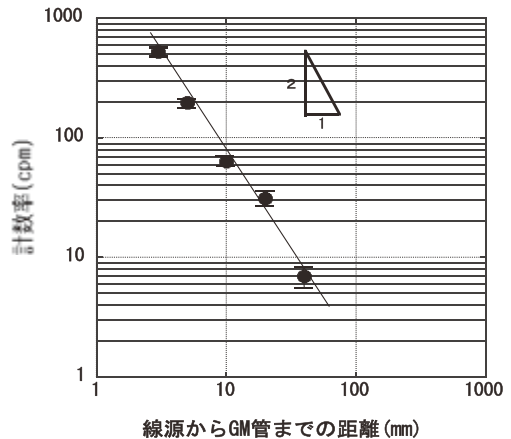


図9 距離の逆2乗の実験

る。本機器は各部品が丸出しであるため、各製品のほかの理科実験にも活用できる。関心のある方々には是非活用していただきたいと思っている。ご連絡いただければ対応させていただきます。ご予定である。

【連絡先: hayakawa.issei@chugenkou.org 又は cmori@sc.starcat.ne.jp】

- (*1) 中部原子力懇談会,
- *2) 名古屋大学,
- *3) 春日井市立坂下中学校,
- *4) 愛知工業大学)