

手作り測定器で身の周りの放射線を測ってみよう

青山 隆彦

1. はじめに

毎年、学校が夏休みに入ったすぐの7月下旬、名古屋市の科学館で、高校生と学校の先生を対象に、放射線測定器を手作りして、身の周りの自然放射線を測定することにより、放射線を実感してもらうセミナー“放射線ウォッチング”を、筆者らが講師となり、中部原子力懇談会の主催で開催している。

このセミナーでは、自然界の微弱な放射線を一個一個測定でき、検出器の構造や測定回路が簡単なため、素人でも容易に作るができるガイガー・ミュラー計数管“GM管”を、参加者一人一人に作ってもらっている。

GM管は、通常、細い金属線を陽極に使った同軸円筒構造をしていて、特殊なガス中で、放射線によるガスの電離を引き金にして、陽極線表面にパルス放電を発生させるようにしたものであるが、セミナーでは、特殊な材料を使わなくて済むように、市販の縫い針を陽極とし、エタノール（消毒用でよい）の蒸気を“クエンチングガス”として加えた空気中で、針先にパルス放電を発生させる、針陽極の“空気GM管”を使っている。

針陽極空気GM管の作り方や動作特性は、本誌の前号（51号）で解説した。このGM管は、導電性の黒紙（陰極）で内張りした直径3cmのフィルムケースやヤクルト容器の底の中央に、陽極として“とじ針”を突き立てた構造をしていて、堅牢で、且つ安定性に優れ、セミナーで手作りするのに適しているが、GM管の窓から入射する β 線に対する検出効率が低く、また、検出効率の針陽極に印加する高電圧による変化（計数率の印加電圧依存性“計数特性”のプラトー部の傾斜）が大きい難点があった。これは、パルス放電が針の先端部でのみ発生するので、計数有効領域（放射線による電離がこの領域で生じた場合のみ、パルス放電が発生し計数される）がGM管の窓方向に円錐状に広がっており、印加電圧とともに円錐の半径が広がるためと考えられた。

これを改善するためには、計数有効領域がGM管の窓方向ばかりでなく、円筒の側面方向にも広がるようにすればよいと考えられるので、陽極先端部が、一点でのみ尖っているのではなく、尖っている場所が横方向にも広がっている

形の針先端を用いればよいと考えられる。そこで、針先ではなく、針の頭（糸穴がある方）を陽極先端にすることを考えた。この場合、放電に必要な電圧が高くなり過ぎないように注意しなければならないが、図1に示したような“とじ針”より細い“手縫い針”や“もめん針”の針の頭を陽極先端に使ったところ、放電に必要な電圧は“とじ針”とほとんど変わらないまま、検出効率が2倍以上向上し、且つ、その印加電圧による変化が非常に小さく、図1に示すように、計数特性のプラトー部分が平坦になることが分かった。

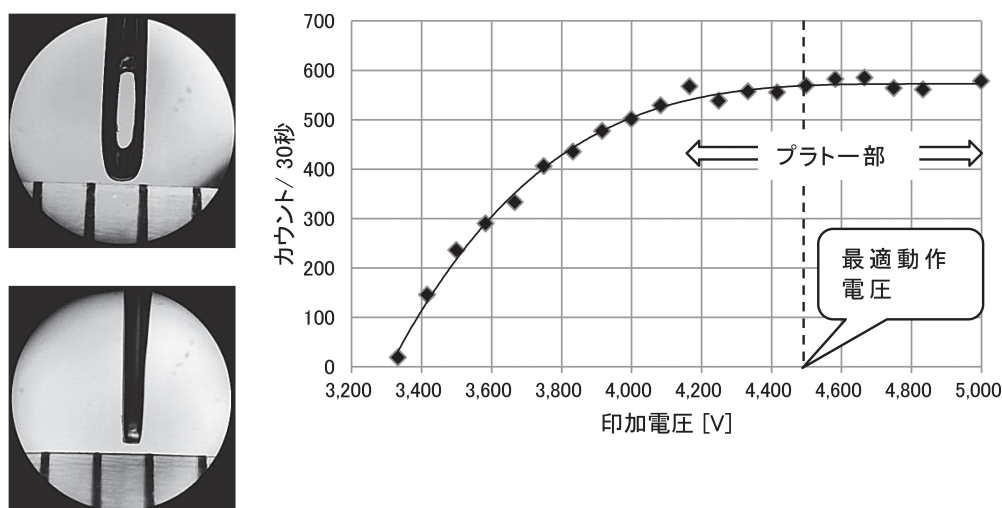


図1 左：“DAISO、手ぬい針、普通地用”の針の頭の拡大写真（下の目盛は1mm）、左上：糸穴が見える、左下：糸穴に直角の方向。右：手縫い針の頭を陽極先端にした空気GM管の計数特性（キャンプ用ランタンの芯から出るβ線で測定）。

なお、クエンチング剤として使用するエタノールは、水分を少々多く含んでもGM管の動作に問題が無く、アルコール分15°以上16°未満の、値段の安い日本酒を使っても、図1とほとんど変わらない計数特性が得られた。

2. 空気GM管の構造と作り方

空気GM管の材料や製作方法については本誌の前号（51号）で説明したとおりである。図2に、手縫い針陽極空気GM管の断面と外観を示すが、針はフィルムケースの底の中央に、内側から外に突き立てている。フィルムケースは半透明で紫外線を通すので、蛍光灯の光などにより、僅かではあるが窓の黒紙から光電効果で電子を放出し、バックグラウンド計数率を増加させる。このため、太陽光や蛍光灯の光が当たる場所での測定では（LED光は紫外線を出さない）ので問題ない）、GM管の上に、図2（b）に示すようなUVカットフィルム（陽

極の針に接触しても漏電しない)を置いて、紫外線を遮光することが望まれる。

電子回路についても、本誌の前号(51号)で説明したが、部品の配線は、図3に示したブレッドボード(各種電子部品やジャンパ線を、ボードの穴に差し込むだけで、ハンダ付けをしなくても、手軽に電子回路を組むことの出来る基板)を使うと、配線を間違えてもすぐに修正でき、大変便利である。

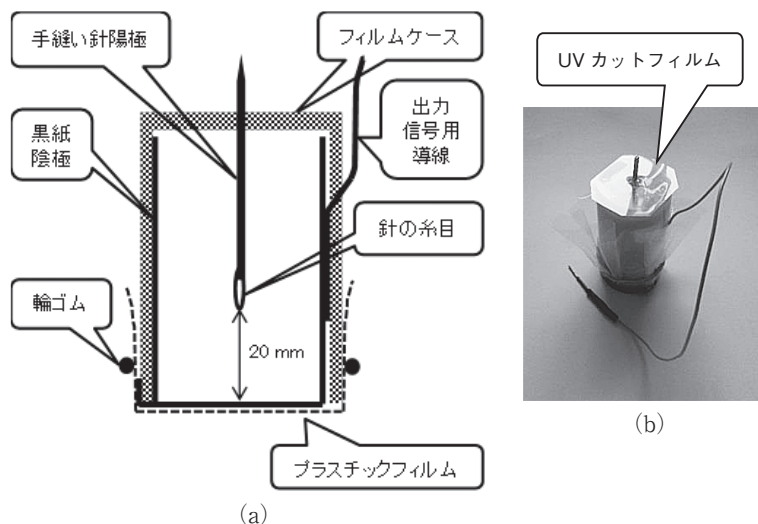


図2 手縫い針陽極空気 GM 管、(a) 断面、(b) 外観 (UV カットフィルム付き)。

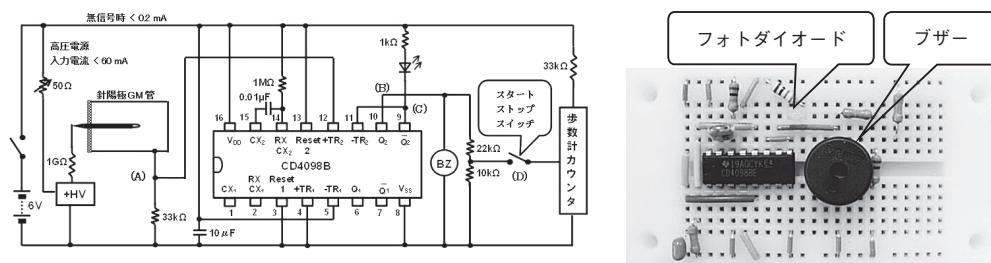


図3 GM 管電子回路とブレッドボードを使った電子部品の配線。

3. 天然の試料や身の周りの物に含まれる放射能の測定

GM 管に、図1に示した最適動作電圧を印加し、図2 (b)のように UV カットフィルムで遮光して、自然光もしくは蛍光灯下の室内で、環境 γ 線や宇宙線によるバックグラウンド計数率を10分以上測定すると、1分間あたりの計数率“cpm”は、測定毎に多少変動して、 13 ± 1 もしくは 14 ± 1 [cpm] となった。この GM 管を使って、天然の試料等から出る微弱な β 線(や γ 線)を測定する場

合、確かに試料から放射線が出ている（試料に放射能がある）と判定できるために必要なバックグラウンドを含む試料の計数率 R_s は、試料とバックグラウンドのそれぞれの測定時間を T とし、その間のバックグラウンドを含む試料のカウント数を N_s 、バックグラウンドのカウント数を N_b とすると、次式から求められる。

$$(N_s - N_b) > \sqrt{N_s + N_b} \quad (1)$$

ここで、

$$R_s = \frac{N_s}{T} \quad (2)$$

である。

(1)式は、 $N_s \cong N_b$ とすると、 $N_s > \sqrt{2N_b} + N_b$ となるので、 $T = 10$ [分] として、その時の N_b の値140 [カウント] を N_b に代入すれば $N_s > 157$ [カウント] となり、これを(2)式に代入すれば $R_s \geq 16$ [cpm] が得られる。すなわち、試料を10分程度測定して、計数率が16 [cpm] 以上あれば試料に放射能があると判定できる。

この GM 管は、直径 3 cm の窓から入射する β 線を測定するため、この GM 管を使って放射能測定をする場合、測定試料は窓面積と同程度以上の大きさの平面を有することが必要で、曲がった形状や凹凸の激しい物は、測定試料に適さない。以下の測定例では、測定試料は、いずれも、GM 管の窓に接する面がほぼ平らの物、もしくは平らにすることが可能な物に限っている。

表1 種々の食品や食器その他の鉱物試料に含まれる放射能測定の例。
計数時間は10分程度で、主として試料表面から出る β 線を測定している。
計数率にはバックグラウンド (13 ± 1 もしくは 14 ± 1 [cpm]) が含まれている。

試料 (食品)	乾物				加工食品		生もの	
	焼き のり	干し 昆布	ドライ フルーツ	黒砂糖 の板	魚の干物 (ほっけ)	ベーコン	魚の切身 (紅鮭)	豚肉 (ロース)
計数率 [cpm]	20 ± 1	20 ± 1	17 ± 1	16 ± 1	17 ± 1	16 ± 1	14 ± 1	13 ± 1

試料 (鉱物)	ごはん 茶碗	陶磁器 の皿	七宝焼き の皿	越前海岸 の石	カリ肥料	玉川温泉 湯の花	増富温泉 (ラドン泉) 析出物	下島温泉 (炭酸泉) 析出物
計数率 [cpm]	62 ± 2	46 ± 2	42 ± 2	38 ± 2	244 ± 5	168 ± 4	242 ± 5	38 ± 2

表1は、手縫い針陽極空気 GM 管で、種々の食品や、食器その他の鉱物試料に含まれる放射能を測定した結果である。食品には、多かれ少なかれ放射性カ

リウム ^{40}K が含まれており、乾燥した海藻には、単位重量当たりの ^{40}K 放射能が高いことが知られている。空気 GM 管による測定でも、焼きのりや干し昆布からは ^{40}K のものと思われる β 線が明確に検出されたが、魚や肉のような水分の多い生ものからは検出できなかった。ドライフルーツや魚の干物、黒砂糖の板やベーコンでは、ほんの僅かではあるが、計数率がバックグラウンドレベルより高く、 β 線が検出されている。一方、ごはん茶碗や陶磁器の皿、七宝焼の菓子皿、また、海岸に転がっている小石（面が平らで測定しやすいものを拾った）からは、バックグラウンドレベルの 3～5 倍高い放射線（主として β 線）が検出された。また、カリ肥料や、玉川温泉の湯の花、増富温泉の浴槽の縁にこびり付いている（鉄分を含む褐色の）析出物からは、バックグラウンドの 10～20 倍の放射線（主として β 線）が検出された。図 4 に測定に供した食器および鉱物試料を示す。



図 4 測定試料、(a) 食器、(b) 鉱物試料。

増富（ラジウム）温泉は甲府市近くの山間にあるラドン温泉で、武田信玄の隠し湯の一つとされている古くからの療養泉であり、ラドンガスの吸引が“がん”の治療に有効と信じられ、逗留湯治に来るがん患者が多い。また、下島温泉は、御嶽山の岐阜県側登山口の飛騨小坂にある炭酸泉で、ラドン温泉ではないが、浴槽の縁にこびり付いている鉄分を含む褐色の析出物からは、陶磁器などの焼き物と同様、バックグラウンドレベルより 3 倍程度高い放射線（主として β 線）を検出した。

表 1 は、身の周りにある物のほんの一例に過ぎないが、毎日使っているごはん茶碗の放射能が意外に高いことに驚いている。白磁の小鉢もごはん茶碗とほぼ同程度の計数率を示した。なお、2011年の福島第 1 原子力発電所の事故のように、原子力事故で放出される核分裂生成物は β 線を放出するので、放射性セシウム等による表面汚染があれば、微量でも、空気 GM 管で容易に検出可能で

ある。

4. おわりに

手作りした放射線測定器は、特性が良く把握できるので、測定値が間違っていないかどうかの判断がつきやすく、データの信頼性に自信が持てる。また、自分で作ったものは、壊れてもすぐに自分で修理できることが嬉しい。紹介した針陽極空気 GM 管は +5,000V の高電圧電源だけが少し特殊である（1 個 1 万円程度で、東京エコネットから購入できる）が、電流は $1\mu\text{A}$ 程度以下で良いので、比較的容易に自作することも可能であろう。それ以外は、GM 管材料、電子回路部品ともにありふれた安価な材料ばかりなので、一度製作にチャレンジしていただけたらと思う。身の周りにはある様々なものの放射線を測定すると、我々が生活環境中で、いかに多くの放射線に被ばくして生きているかが実感できて興味深い。

(名古屋大学名誉教授)