

第1章 放射線計測器とその使用法

(株)日本アイソトープ協会 浜田達二

1.1 はしがき

1.1.1 放射線の検出

放射能をもつ物質から放出される放射線は一般に高速の電子 (β 線) またはヘリウム核 (α 線) のような電荷をもった粒子であり、したがってこれを電気的な量として測定するのがふつうである。 γ 線のように電荷を持たない粒子は現在まだこれを直接に検出する手段がなく、 γ 線が他の物質と作用して生まれた電子を観測する。

放射線粒子のもつ電荷は素電荷 (1.6×10^{-19} クーロン) に等しいかまたはたかだかその2倍であるから、これをそのままはかったのではその1個1個を捕らえることはもとより不可能であり、まとめてはかったとしても少なくとも毎秒100個ぐらいの粒子の流れが必要である。それゆえ、現在われわれが用いている放射線の検出器は、放射線による気体の電離電流を測定する電離箱、同じく固体の電離電流を測定する半導体検出器、気体の電離と気体増幅を組合わせた計数管、放射線による物質の発光と光電子増倍管を組合わせたシンチレーション検出器など、すべてそれ自身の中でかなり電荷の増幅作用を営み、それによって、放射線粒子1個1個の検出が可能になっている。

放射能計測に用いられる検出器の出力は、直流電離箱を除いて、ふつう放射線粒子の1個1個に対応した電圧の脈動 (パルス) であって、その高さは mV ないし V の程度であり、適当な電子装置によってその数をかぞえたり (計数装置)、単位時間内の計数の平均値を求めたり (計数率計)、あるいは放射線のエネルギースペクトルをうる目的でパルスの高さの分布を求めたり (波高分析器) する。

1.1.2 測定器の選択

前に述べた放射線検出器を用いることにより、原理的には α 線、 β 線、 γ 線のすべての検出が可能である。しかしこれらの放射線は、それぞれの性質を異にし

ており、市販の検出器もそれに合わせていろいろな型のもが作られている。また単に放射線粒子の数だけを測定するのか、またはそのエネルギーを知りたいのか、それぞれの要求に対して目的に応じた装置が入手できる。特殊用途のものほど一般の利用性は失われ、価格も高く、故障も起こりやすくなるのが通例であるから、測定器を購入しようとする場合には、まず使用目的をよく考え、要求する精度、操作および保守の難易あるいは経済的事情なども考慮した上で品物を決めるべきである。以下、現在入手できる作業環境測定用放射線計測器の性能、使用および保守上の留意事項、校正方法などについて述べよう。

1.2 計数管

1.2.1 端窓型 GM 計数管

単に計数管と言えばこの型のもを指すほど普及しており、用途も広く、価格も低い。

(1) 構造および特長

計数管は一般に円筒形の陰極と、その中心軸の位置に張られた細い針金（直径0.02~0.1mm）の陽極からなり、全体を気密容器に納めて特殊なガス（たとえばアルゴン100mm Hg, エタノール10mm Hg）を封入してある。端窓型 GM 計数管は、このような円筒型計数管の一端を薄い雲母の窓にしたもので、β線がこの窓を通して内部に入る。入射荷電粒子に対する計数効率（固有の効率または検出効率という）は100%に近い。窓の厚さは1~3 mg/cm²ぐらいであるから、トリチウムは全く計測できず、また厚いものだとたとえば¹⁴Cのβ線（最大エネルギー155 keV）は半分近く失われる。したがって¹⁴C, ³⁵S, ⁴⁵Caなどの低エネルギーβ放射体を測定したい場合には多少高価であるが窓の薄いものを使わなくてはならない。薄いものならばα線であっても線源を近づけることによって何とか検出することができる。しかし GM 計数管の出力パルスの高さは放射線による最初の電離量とは無関係に一定なので、α線とβ線の区別はそのままではできない。またγ線に対しては、γ線が管壁の材料などと作用して生じた2次電子を検出することになるので、入射γ線に対する効率はおよそ1%である。

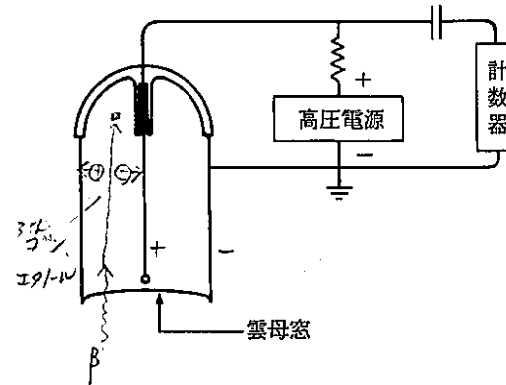


図1.1 端窓型 GM 計数管の構成

このように、端窓型 GM 計数管はβ線の検出に非常に適したもので、その動作は安定であり出力パルスが大きい（0.1~数V）ため付属電子回路が簡単で済むなどの長所を持っている。

市販の端窓型 GM 計数管には、窓径25mmと50mm程度の二種類があり、前者が一般的であるが、集じんろ紙などのような大面積の試料の計測には後者のほうが有利である。

(2) 欠点とその対策

放射線計数装置は一般に不感時間を持っている。すなわち1個の計数に引続くしばらくの間、放射線の入射に感じなくなる性質がある。不感時間は検出器および付属電子回路にそれぞれ固有なものがあり、後者はふつう1~30 μs（1 μs = 1 × 10⁻⁶s）であるが、GM 計数管の不感時間はおよそ200 μsぐらいなので、毎分数万カウントの計数率では数えおとしが%のオーダーになる。不感時間が正確にわかっているならば、次の式

$$n_0 = n / (1 - n\tau)$$

$$n_0, n \text{ はそれぞれ補正後および補正前の計数率 [cps]}$$

$$\tau \text{ は不感時間 [s]}$$

によって一応の補正はできるが、補正の行える範囲はあまり広くないので、はじめからあまり高い計数率の測定をやらぬに越したことはない。

計数管にはまた一定の寿命がある。これは1回の計数ごとに内部に充てんされた有機物のガスが少しずつ分解して失われてゆくためと言われ、10⁸~10⁹ カウントで特性の劣化が目立ってくるのがふつうである。計数管の特性は図1.2のように、一定の線源を近くにおいた場合の印加電圧と計数率との関係の曲線（プラトー曲線と呼ぶ）で表わされ、ほぼ水平の部分の計数率が入射β線の個数と1対1に

対応した領域とされている。したがって、印加電圧の変動などを考えた場合、水平域の長さが長くかつこう配の少ないほど良い計数管とすることができる。市販の新しい計数管では水平域の長さ 300V 以上、こう配（印加電圧 100V 増加あたりの計数増加率で表わす）3%以下ぐらいがふつうであるが、使いふるすと点線のように水平域が短くかつ立ってきて、ついには使用電圧の設定に苦しむようになる。さらに、光に感じるようになる。計数管を長持ちさせるにはむやみに高い電圧をかけず、低目の電圧で使用すること（図 1.2 参照）および不必要に高い

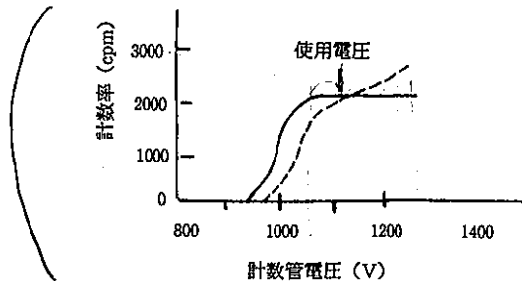


図 1.2 GM 計数管の特性の一例
点線は劣化したもの

計数率で使用しないことである。有機物ガスの代わりにハロゲン封入した計数管もあり、一けたぐらい寿命が長く、また光感感もないが、入射β線に対する固有の効率が100%をかなり下回ることがあるので注意を要する。

GM 計数管の出力パルスは入射放射線の種類のいかんによら

(3) 取り扱い上の注意

GM 計数管を取り扱う上で最も注意しなければならないのは、誤って高い電圧をかけることである。市販の GM 計数管には必ず使用電圧を記した試験表が添付されているから、目につきやすいところにそれをはっておくと良い。もし使用電圧が不明ならば、過大な電圧をかけないように細心の注意の下にプラトー曲線を描き、自分で決定する。

GM 計数管に過大な電圧がかかる原因には操作上の過失ばかりでなく、高圧電源や電圧計の故障のために起こることがある。このような故障の疑いがあったら

ば、まず計数管への接続ケーブルを離してから点検を行う。過大な電圧をかけられた GM 計数管は連続放電をおこし、使いふるした計数管と同様の状態になる。その放電によってバックグラウンドが増加することもある。ハロゲン入りの計数管はこのような事故に対しても比較的強い。なお、測定終了後には必ず電圧調整ツマミを最低位置に戻してから、電源スイッチを切る習慣をつける必要がある。

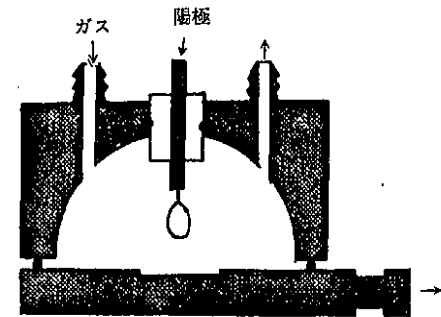
端窓型 GM 計数管の窓はきわめて薄く、かつほとんど大気圧に等しい圧力で押されて、緊張状態にあるので、スタンドから取り出した状態での取り扱いには十分いねいに行わなければならない。また前述のように、GM 計数管は光感性をもつことがあるので、測定にあたって測定スタンドのとびらを必ず閉じるべきである。とびらを開いたまま測定すると、バックグラウンド計数率の増加を来すこともある。

1.2.2 ガスフロー型 GM 計数管

端窓型のふつうの GM 計数管は窓の厚さが 1 mg/cm^2 以上あるため ^{14}C や ^{35}S のような低エネルギーβ放出体の測定には効率が低い。この欠点を除くために考案されたのがガスフロー型計数管である。このものはまた、ガスの種類を変えることにより、GM 計数管および比例計数管の二通りに使えるという利点がある。

(1) 構造および特長

市販のものは円筒型、半球型など形は一定していないが、大きくわけて、薄い窓を持つものと窓がなくて試料を計数管内部に入れてしまうものがある。どちらも計数管内に大気圧に等しい圧力でガスを流しながら動作させるのでこの名がある。薄窓型のは前項の端窓型 GM 計数管と本質的には同じである



下部を矢印の方向に引出して
試料を交換する

図 1.3 ガスフロー型計数管

が、大気圧との間に圧力差がほとんどないため 0.1 mg/cm^2 ぐらいのプラスチック膜を使用できるので、窓による吸収の損失はほとんどない。また、窓なし型のも

のは、幾何学的効率を50%にまで高めることができる。

使用するガスはQガスといい、ヘリウムとイソプタンの混合物であるが、あとに述べるように別のガスを用いれば比例計数管ともなるので便利である(1.2.3参照)。ガスは常に流しながら使用するので、寿命の点では心配はない。その他の特性に関しては端窓型GM計数管とほぼ同様と考えてよい。

(2) 欠点とその対策

寿命の点を除いて前節の事柄がそのままあてはまるが、このほかガスの費用が予想以上に大きい。窓なし型のもは試料を入れ換えた際に空気が侵入するので、それが完全に置換されるまで待たなければならないからなおさらである。いくつかの試料をターレット式に順次移動させてガスを節約するようにした市販品もある。流速は付属のバブラーで測って毎秒1あわぐらいでよいのであるから、要はこまめにバルブを調節し、また漏えいなども点検してガスを無駄にせぬことである。ポンペの元栓の閉め忘れなどもよくある。

(3) 取り扱い上の注意

封止型のGM計数管とちがって過大な電圧をかけてもだめになるようなことはない。薄窓型のもは窓がきわめて薄いからとくに注意する。ガスの流しはじめなどの衝撃で破れることもあるから必ずスペアを用意しておく。窓なし型のもでは、粉末状の試料を入れると陽極に付着して汚染したり、また偽放電の原因ともなるので必ず薄いプラスチック膜で蔽うか、ラッカー溶液などを滴下して固定する必要がある。陽極に付着したゴミは小筆で静かに払いおとす。またこの場合、試料が集じんろ紙のような絶縁体であると、その表面に電荷が付着して電界を乱し、計数管の特性を悪くすることがある。このようなときには、アルミ蒸着マイラー膜を用い、アルミニウム面が陽極側を向くようにして、試料を蔽うとよい。

1.2.3 ガスフロー型比例計数管

ガスフロー型GM計数管は使用ガスを変えることにより(場合によっては別の形の陽極と交換して)比例計数管として使用することができる。

(1) 構造および特長

計数管自身の構造はとくに変化はないが、比例計数管は一般に低い気体増幅率

で使用されるので、出力パルスが小さく(1mV)、そのためGM計数管の場合よりも増幅率の高い電子回路を使わなくてはならない。また使用電圧も一般に高い(2~5kV)。

使用するガスとしてはPRガス(アルゴンとメタンの混合物)が市販されているが、そのほか工業用のメタン、プロパンなども使用できる。この場合もガスは大気圧でつねに流しながら使用するので、寿命の点では心配はない。

比例計数管の最大の長所は α 線と β 線(および γ 線)を区別して測定しうることである。すなわち飛程の単位長さあたりに沢山のイオン対を作る α 線の場合には低い気体増幅率で(低い印加電圧で)すでに十分大きい出力パルスが得られるので、印加電圧の低いところでは α 線のみを感じるようになる。実際、 α 線と β 線とともに放出するような試料(たとえばウラン化合物、RaDEF混合物など)を用いて印加電圧-計数率曲線を描いてみると図1.4のようになり、動作電圧 α では α 計数率が、 $\alpha + \beta$ では $\alpha + \beta$ 合計計数率が求められる。比例計数管の不感時間は10 μ s程度であり、数えおとしはあまり問題とならない。

(2) 欠点とその対策

前節に述べたことがほぼあてはまるが、ガス代はPRガスの代わりに工業用のメタンやプロパンを使えば安くて済む。ただしこの場合、 β 線に対する所要電圧は4kV以上にもなり(PRガスでは~2.5kV)、5kVまでの高圧電源が必要である。またケーブルおよびコネクタの耐圧などもそれに見合うものが要求される。

増幅器は利得10⁴以上で、過負荷特性の良いもの(大きな入力パルスに対して増幅特性の変化があとまで影響をおよぼさないもの)が用いられるが、要は図1.4に示すように $\alpha + \beta$ プラトーがはっきりできるものであればよい。

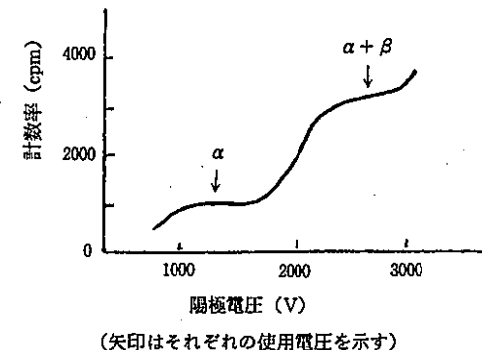


図1.4 RaDEF混合物を線源に用いたときのガスフロー型比例計数管のプラトー特性(PRガス使用)

(3) 取り扱い上の注意

前節に述べたことのほか高圧電源および増幅器の保守に注意する必要がある。とくに高圧電源はごみがつきやすく、これが湿気を吸って絶縁低下の原因となるので、なるべく乾燥した部屋におくことが望ましい。ごみを掃除するには電気掃除機の吸引口を近づけ、筆で払いおとすのがよい。

1.3 電離箱

1.3.1 気体試料封入型気密電離箱

ガス状の放射性物質の放射能をそのままの形で計測する場合には、この型の電離箱の使用が、捕集用容器も兼ねるので便利である。また、仮に試料が固体または液体であって、 β 線の自己吸収による損失が著しいような場合には、適当な化学操作によって気体に変え、この方法を採用すれば、検出限界を下げる事が可能である。

ただし電離箱は計数管と異なって気体増幅作用をもたないので、 β 線による出力パルスは非常に小さく、一般には電子回路の固有雑音と紛れてその1個1個を検出することができない。それで、電離の量を直流の形で読むことが行われる。 α 線ならばパルスによる計数も可能である。

(1) 構造および特長

構造はふつう図1.5に示すような気密な金属製円筒で、中心に沿ってよく絶縁された棒状の集電極があり、また試料ガスの充てん、排出用のコックが一つ、あるいは流通式のものでは二つ、ついている。集電極の一端は電流測定装置に合ったプラグになっている。この部分はまた、アース電位に保たれたガードリングで囲われている。

測ろうとする電離則電流はふつう $10^{-17} \sim 10^{-12}$ Aの程度で、これを測るには振動容量型電位計という比較的安定な直流増幅器が使われる。この場合、 $10^{-15} \sim 10^{-12}$ Aの範囲では電流直読が可能(電流法、実際は $10^2 \Omega$ ぐらいの抵抗の両端の電圧を読

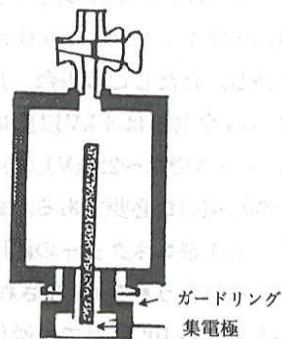


図1.5 気体試料封入型電離箱

む)であり、それ以下の場合には一定の電気容量(使用説明書に明記されている)を電離電流が充電してゆくときの電位の変化を時間的に追って、それから計算によって求める(電荷法または充電法)。

試料ガスは、計数管の場合とことなり気体増幅を行わせない^①ので不純物などの混合の影響も少なく、ガスの種類に対する制約も、たとえばハロゲンなどのように陰イオンを作りやすい物質とか、腐食性の物質などを除けばたいいものは、使用することができる。

(2) 欠点とその対策

メモリー効果(試料の放射能が高いと、一部が壁に吸着されて残り、バックグラウンドが高くなる現象、とくにトリチウム水蒸気の場合に著しい)などが欠点である。測定する放射能のレベルに応じて複数の電離箱を使いわけるのが良い。電離箱を数個持つことは価格の点から多少の困難があるが、その代わりにいいに取り扱えば寿命は無限と考えてよい。

10^{-14} A以下の電流を測るさいは絶縁物における電気の漏えい、電位計の安定性などかなりの注意が必要になる。充てんガスが水分などを多量に含むと、電離箱の集電極を保持する絶縁物の内面に凝結して漏えいの原因になるので、シリカゲルなどを通して十分乾燥しておく必要がある。汚れた絶縁物はアルコールで湿したガーゼなどでよくぬぐい、十分乾燥してから使用する。

高感度の測定になると電位計の動作もかなり微妙になり、外部の影響を受けやすくなる。また測定をはじめから正しい値を指示するのに数分ないし数十分を要することもあるので、なるべく記録計を用いて、指示の落ち着いたところを読みとるのがよい。

電離箱の内面は必ずわずかながら α 放射体で汚染されており、また大気中にはラドンが存在するので、そのため電離能の大きい α 粒子によって電離箱にときどき大きな電離電流が流れる。この継続時間はほんの一瞬であるから、電流直読の場合は小さなパルスとなって現われるだけで別に問題とならないが、電荷法の場合は電圧の時間的変化に直接寄与することになる。 α 粒子の個数はふつう1時間に数個ないし数十個もあり、その寄与が無視できない場合には記録紙の上でその寄与を差引いて電流を計算しなければならない。

α 汚染が著しいときは、 $20\mu\text{m}$ 以上の厚さのアルミ蒸着マイラーで電離箱内面を蔽う（アルミニウム面を内側にして）のも一つの方法である。

(3) 取り扱い上の注意

この種の電離箱の生命は絶縁物にあるので、努めて清潔に保つ。電離箱と電位計ヘッドの接続部は、使用しない場合必ずダストキャップでおおい、ゴミなどが付着しないようにする。部屋の湿度はなるべく80%を超えないようにし、要すれば除湿機を入れる。空調されていれば申し分ない。

試料採取を行う場所と計測器をおいた部屋との室温はなるべくひとしいことが望ましい。電離箱と電位計ヘッドに温度差があると熱起電力が生じ、指示が落ち着くのに時間を要することがあるからである。

電離箱に集電電圧を与えるには普通45~90Vの積層乾電池が用いられるが、古くなると内部抵抗が上昇し、誘導雑音による妨害がおこるのでときどきチェックしなければならない。

1.4 シンチレーション検出器

シンチレーション検出器は、放射線の通過によって発光するけい光物質（シンチレータ）と高感度の光電管である光電子増倍管の組合せでできており、表1.1に示すように、シンチレータを選択することによって種々の放射線に対し感度の高いものが得られる。

表 1.1 おもなシンチレータ

放射線の種類	シンチレータ	備考
α	ZnS(Ag) 粉末	光電子増倍管の頂部またはガラス板などに薄く塗って使用する。
β	アントラセン単結晶	発光効率が高いが、大型のものは得がたい。
	<u>けい光物質を含むプラスチック</u>	大型のものが得やすい。
	けい光物質を含む液体	試料を溶解または懸濁して計数する。 (1.4.2参照)
γ	NaI(Tl) 単結晶	発光効率が高く、 γ 線に対する検出効率も高い。

1.4.1 ヨウ化ナトリウムをシンチレータとするシンチレーション検出器

少量のタリウムを加えたヨウ化ナトリウムの単結晶は γ 線に対して高い感度をもっているので、 γ 線の検出あるいはそのエネルギーの測定に広く使われている。

(1) 構造および特長

ヨウ化ナトリウムは吸湿性なので、ふつう片側にガラス窓をつけたアルミニウムかんの中に密封されている。ガラス窓の側は光電子増倍管の頂部（この部分のガラスの内側に半透明の光陰極が蒸着されている）に接しておかれるが、この場合高粘度のシリコン油などを少量つけて泡が入らぬように密着させ、ガラスと空気層との間の全反射による光の損失を防ぐ。

シンチレータ、光電子増倍管および前置増幅管は通常一体となっており、ヘッドあるいはプローブなどと呼ばれる（図1.6）。ヘッドからの出力パルスは計数管の場合と同じように扱われる。シンチレータの発光継続時間は $1\mu\text{s}$ 程度なので、GM計数管の場合とちがって不感時間はあまり問題とならない。また寿命の点も実用上無限である。



図 1.6 シンチレーションヘッドの構造

γ 線に対する効率は γ 線のエネルギーおよびシンチレータの寸法などに依存す

る。すなわち、 γ 線エネルギーが低いほど、またシンチレータが大きいほど、 γ 線がシンチレータ物質と作用する確率が増すので効率は高くなる。いずれにしても γ 線に対して固有の効率が数十%に達するような検出器はほかに見当たらない。

γ 線の透過力は非常に大きく、その測定では試料の自己吸収がほとんど問題とならないので、多量の試料を測定に使える利点がある。試料量が非常に多量ならば、シンチレータを包むように配置するとよい。また少量ならば中央部にへこみをもつ井戸型シンチレータの穴の中に入れることにより、さらに高い効率をうる事が出来る。

シンチレーションヘッドからの出力パルスの波高分布を波高分析器を用いて測ると、 γ 線のエネルギーを知ることができる。しかし出力パルスの高さは γ 線のエネルギーと必ずしも1対1に対応していないので、単一エネルギーの γ 線に対し波高分布の上で1個のピークが得られるわけではない。その理由は、出力パルス波高は γ 線がシンチレータ物質と作用して作った2次電子の運動エネルギーと対応しており、 γ 線エネルギーと2次電子の運動エネルギーとの関係は作用の種類によって異なるからである。図1.7から知られるように、光電効果の結果生じたピークだけが入射 γ 線のエネルギーをほぼ忠実に表わしているので、これをとくに光電ピーク（又は全エネルギーピーク）と呼び、その位置から γ 線のエネルギーを決める*。

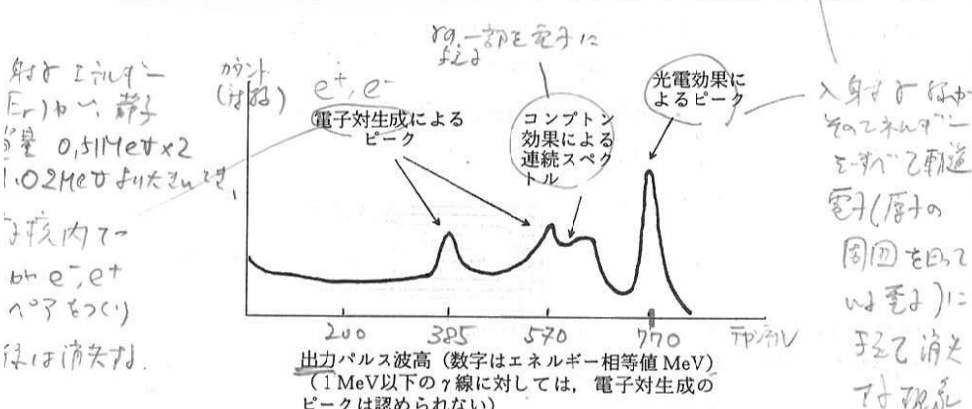


図1.7 シンチレーション検出器を用いて得られる2 MeVの γ 線の出力波高分布

測定時間 t の間に N 個の γ 線が検出されると、その平均値は N/t である。このとき、 2 MeV の γ 線は 770 ch の電圧で、 $2\text{ MeV} = 770\text{ ch}$ とする。

シンチレーション検出器と波高分析器の組み合わせを γ 線スペクトロメータという。シンチレーション γ 線スペクトロメータの分解能はふつう ^{137}Cs の γ 線(62keV)の光電ピークの半値幅の相対値($\Delta V/V$)で表わされ、市販の装置では10%前後である。低エネルギー側での分解能は一般にこれより悪い。

(2) 欠点とその対策

シンチレーション検出器の欠点は比較的少なく、強いてあげれば計数管を用いた測定器に比べて価格の高いことぐらいである。これはシンチレータおよび光電子増倍管が高価なこと、計数装置としては一般に分解時間の短いものを使用していること、光電子増倍管の増幅度は印加電圧によって大きく変化するので、とくに安定な高圧電源が必要なことなどによる。光電子増倍管には固有の雑音があるため、20keV ぐらい以下の γ 線を測るには特別の注意が必要になるが、実用上はこれで差支えない。

スペクトロメータにおけるピークの位置は、印加電圧のわずかな変動や室温の変化などによって変わるので、未知 γ 線のエネルギーを決める場合には数本の既知エネルギーの γ 線と同時にスペクトルをとり、ピーク位置の補間あるいは補外によって求める方がよい。ピークの位置とエネルギーとの直線関係はかなり正しく成立しているのがふつうである。

(3) 取扱い上の注意

光電子増倍管にはそれぞれの型によって規定された最大印加電圧があるから、それ以上の電圧をかけてはならない。誤って高い電圧をかけると一般に雑音の増加をきたす。また光電子増倍管に電圧を加えた状態で光にさらさぬよう注意する。シンチレータをときどき交換して使うような場合はとくに光の漏れに注意する。またこの場合、シンチレータと光電子増倍管との密着は大切である。密着が悪く、気泡が入っているとスペクトロメータの場合、分解能が劣化する。

シンチレータとしてヨウ化ナトリウムの代わりにアントラセンの単結晶または

* 実際にはシンチレータ内でコンプトン散乱をくりかえし、最後に光電効果をおこして、全エネルギーをシンチレータに与えた場合もこれに加算される。この意味で、光電ピークの代わりに全エネルギーピークと呼ぶこともある。

けい光物質を加えたプラスチックを使えばβ線を、またけい光体として作られた硫化亜鉛粉末の薄い層を使えばα線を、それぞれかなり効率よく検出することができる。

これらのうち、銀で活性化された硫化亜鉛けい光体 (ZnS (Ag)) を用いたシンチレーション検出器は全α計測にかなり利用されている。このけい光体は粉末状で、そのうすい層を光電子増倍管の前面に塗布するか、あるいは透明プラスチック円板表面に塗布したものを光電子増倍管に密着させてある。その表面をさらにAlはくで蔽って、一応光が通らぬようになっている場合もあるが、完全な遮光はむずかしいので、ヘッドを取り付けた計数スタンドの下部に引き出しを設け、光の洩れないように試料の出し入れが可能にしてあるものが多い。

通常のα放射体からのα粒子に対する固有の効率率はほとんど100%であるが、エネルギーの測定はできない。また、有効径50mmのものバックグラウンド計数率は1cpmの程度である。もしこの値が著しく大きいときには光が洩れている疑いがあるから、黒布などでヘッド全体を蔽ってみることが必要である。

1.4.2 液体シンチレーション計数装置

p-ターフェニル、ジフェニルオキサゾール (PPO) などのけい光物質を適当な溶媒に溶かした液はシンチレータとしてかなり良い性質をもっている。したがって測定試料をこの液に溶かしこめば、ちょうど気体試料封入型電離箱の場合と同じように、低エネルギーβ線でも吸収の損失がほとんどなく、効率のよい測定ができる。

(1) 構造および特長

液体シンチレーション計数装置では、シンチレータの発光効率が低い上に、測定試料も低エネルギーβ放射体であることが多いので、シンチレータの発光はきわめて弱い。それで光電子増倍管の固有の雑音による妨害をなるべく受けないように、雑音の少ない光電管を選び、かつ2本の光電管からの出力パルスの同時計数をとったりする(雑音はおのおのの光電管について独立な現象であるから、同じ瞬間に同時に発生することはきわめて稀である)。出力パルスのその後の取り扱いには計数管の場合と大差ないが、一般にはパルスの高さによる弁別がかなり自由に行われるようになっている(図1.8)。

液体シンチレータには親油性、親水性、乳化性など目的に応じていろいろな処方¹⁾が発表されており、材料となる試薬類はすべて市販品として入手できるので、測定者が自ら調製してもよいし、すでに調製済みのシンチレータ

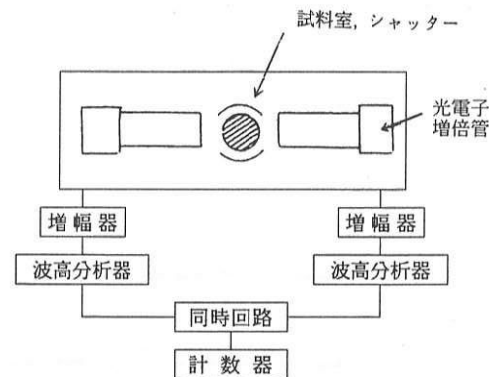


図1.8 同時計数式液体シンチレーション計数装置の構成(簡単化してある)

も市販されている。シンチレータは専用の容器(バイアル瓶という)に入れた上、試料を溶かしこみ、所定の位置において計数する。市販の装置の計数効率は、条件の良い場合、¹⁴Cで~95%、³Hで~60%である。

(2) 欠点とその対策

液体シンチレータの発光効率は溶媒の種類、異物の存在などによって大きく変化する。このような発光抑制(クエンチングという)の作用は、炭化水素などではほとんど問題とならないが、エーテル、アルコール、脂肪酸、アルデヒド、ハロゲン化合物の順に大きくなるので、この点からも試料の種類に制約を受けることになる。また、この現象のために、試料の種類および量が変れば計数効率も変わることになり、測定にあたってその値をいちいち決めなければならない。

計数効率の決定には、シンチレータ溶液を順次希釈しながら計数を繰り返し、無限大希釈に補外(この場合は発光抑制が起こらないと考える)する「希釈法」、試料を測定したのち、シンチレータ溶液に一定量の標準物質(¹⁴Cまたは³Hで標識され、発光抑制作用のほとんどない化合物、トルエン、ヘキサデカンなどが市販されている)を加え、計数率の増加から計算する「内部標準法」、試料ビンの

外部の一定位置に一定量の γ 線源をおき、計数率の増加から計算する「外部標準法」、二つのエネルギー領域における計数の比から求める「チャンネル比法」などがあるが、最近の機種のひとつは自動化の容易な「外部標準法」または「外部標準法」と「チャンネル比法」との組合わせを用いており、さらに小型電算機を備えていて、計数効率決定の面倒さはなくなった。

(3) 取り扱い上の注意

液体シンチレーション計数装置はかなり微妙な器械に属するので、安定した動作を望むならば十分なウォーミングアップ時間をとった方がよい。

試料を入れた瓶は測定前あらかじめ暗所に1時間ほど入れておく必要がある。これは、光にさらされた試料瓶のガラスのりん光の減衰を待つ意味がある。

試料調製は測定者の技量によるところが大きい。しかし、作業環境測定において最も要求が多いと思われるトリチウム水（空気中の水分を冷却凝縮方法などによって集めた試料）の測定は、乳化性シンチレータの出現によってほぼ解決された。しかしこの場合も、説明書にしたがって、試料水量、乳化温度などに十分注意する必要がある。

1.5 半導体検出器

ゲルマニウムやシリコンダイオードの発達から、これを放射線検出器として使用することが考えられ、いわゆる solid state detector として実用されるようになった。

1.5.1 構造および特長

最初に実用化された半導体検出器はシリコンの p-n 接合で作られた一種のダイオードで、これに導通方向と逆の電圧をかけると接合部に欠乏層という厚さ100 μ m程度の層ができ、この部分がちょうど電離箱のような働きをする。ただし電離箱においては中性の気体原子（または分子）が放射線的作用によって電離し、イオン対（電子および正イオン）を作るのに対し、半導体検出器においては電子と正孔の対が作られる。この電流の脈動を増幅し、計数したり、あるいは波高分布を求めることができる（図1.9）。

半導体検出器はその有効部分である欠乏層の厚さが小さいことから、透過力の小さい重荷電粒子（ α 線など）の検出に適している。とくにそのエネルギー測定には、従来用いられてきたグリッド付電離箱よりもエネルギー分解能の

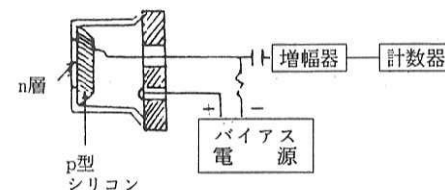


図1.9 半導体計数装置の構成

点ですぐれ、0.5%ぐらいの分解能をもつものが得られている。

その後、有効部分を厚くする技術が開発され、半導体検出器を電子および γ 線のエネルギー測定にも応用できるようになった。とくにゲルマニウム検出器は有効厚さ10mm以上、有効体積100ccにもおよぶものが作られ、分解能は ^{60}Co の1.33 MeV γ 線の光電ピークの半値幅で2 keV程度である（表1.2参照）。

表1.2 おもな半導体検出器

放射線の種類	半導体検出器	備考
α	p-n 接合型 Si, 表面障壁型 Si	
β	Si (Li)	低エネルギー光子 (<20keV) の測定に用いられるものもある。
γ	Ge (Li), 高純度 Ge	後者は低エネルギー光子測定用もあり、使用時には冷却を要する。

1.5.2 欠点とその対策

半導体検出器は比較的高価であり、とくに従来よく使用されたりチウムドリフト型 (Ge (Li)) 検出器は、使用時は勿論、保存時にも液体窒素の温度に冷却しておかなければならない。このため、測定ヘッドにはデュワー瓶が組み込まれているが、1週間ないし2週間に一度は液体窒素を補給する必要がある。万一室温に上げてしまうとトリチウム原子が移動し、計数効率の低下や分解能の劣化を来し、ついには使用に耐えなくなる。このようなときには、メーカーに戻して修理を依頼するほかはない。現在では製造技術の進歩により、ピュア Ge 半導体検出

器が使用されるようになり、未使用時には電源を切って常温保管が可能となっている。Ge 検出器は使用時に1~3 kV程度の電圧を加えるが、電圧の上昇を徐々に行わないと、初段の電界効果トランジスタを傷める。したがって、この目的のためにとくに作られた高圧電源を使用するのが無難である。

1.5.3 取り扱い上の注意

α 線用の半導体検出器は熱、湿気などに対してあまり丈夫ではないし、規定以上の電圧をかけると絶縁破壊をおこすので、他の検出器に比べて配慮が必要である。

α 線スペクトル測定の場合には、空気による α 線のエネルギー損失を除くため、検出器と試料とを真空容器中に入れる必要があるが、 α 粒子の反跳によって試料の一部が真空中に飛び出し、検出器に付着して汚染をおこすことがある。これを防ぐ適当な方法は見当たらないので、低レベル α 放射能測定用の検出器は高レベルの測定に使用しないほうがよい。また、多くのものは光に感じる性質があるから、遮光することが必要である。

Ge 検出器は真空容器中に封じ込まれているので、真空を破らぬよう、手荒な取扱いは厳禁である。チュワー瓶の真空を破ってもおなじ結果を招くことになる。検出器本体は細長い冷却棒の先端に取付けられているので、振動に対してもあまり丈夫でないし、また前置増幅器のマイクロフォニクスによってエネルギー分解能が劣化する。

Ge 検出器の抜群な高分解能を生かすためには、増幅器などの利得変動によるチャンネルドリフトが2~3チャンネルあっても問題になるので、電子回路の安定性についても十分吟味し、また室温もなるべく一定に保つよう心掛けるべきである。

Ge 検出器の計数効率は充分よく保守していても経年的に変わる（ふつうは減少する）ことがある。これは、何らかの理由で有効体積が変わるためと思われるが、いずれにしても、ときどき計数効率を測定しなおすほうがよいようである。

1.6 放射線計測器の電子回路など

一昔前の真空管時代とちがって、現在ではすべての回路はトランジスタ化あるいはIC化され、ほかの回路部品の信頼性も格段に向上して、回路に関するトラブルは非常に減少した。測定者として心掛けるべきことは、計測器が正常に動作

しているかどうかを、使用の都度チェックすることぐらいであろう。このためにはチェック用線源（チェックソース）を準備しておくことも必要であるが、少なれば、バックグラウンド測定によっても目的を達成することができる。

電子回路はふつう、検出器に付属した前置増幅器、主増幅器、計数器、タイマー、高圧電源などから成り、場合によっては波高分析器、同時回路なども必要である。主要な回路を一まとめにして、いわゆる計数装置として市販されている場合が多いが、複雑な回路系を組み立てられるように、単一機能をもった回路をそれぞれユニットとした、いわゆるモジュールシステムもある。どちらを選ぶかは好みの問題であるが、作業環境測定においては一般に特殊な計測方法を採用することはないし、また、測定頻度からみて特定の計測器を独占する可能性が多いと思われるので、モジュールを採用しなければならない理由はあまりない。要は、信頼のおけるメーカーの製品を使用すればよい。ただし、どんな場合でも、高温、高湿の場所にこれらの計測器をおくことは禁物である。また、電源電圧は安定化され、また停電の場合、停電が回復してもそのまま復帰しないようになっていることが望ましい。

最近スペクトロメトリを利用することが多くなり、多くの機種マルチチャンネル波高分析器が市販されている。それらのチャンネル数は1000ないし8000ぐらいである。どの程度のチャンネル数の機種を選ぶかは、使用する検出器の種類に依る。 γ 線スペクトロメトリの場合、光電ピークには少なくとも数チャンネル以上含まれなければ、ピーク位置の決定も、ピーク面積の計算も不確実になる。したがって、0.66 MeVで分解能8%のNaI(Tl)検出器の場合、半値幅は約50 keVであるから、5 keV/チャンネルとして、0~2 MeVのエネルギー範囲をカバーするためには400チャンネルあれば十分であるのに対して、半値幅2 keVのGe検出器の場合には、0.5 keV/チャンネルとして、どうしても4000チャンネルが必要になる。

また、半値幅30 keVのSi検出器で α 線スペクトロメトリを行う場合には、側定対象となる α 線のエネルギーは4~6 MeVの範囲に集中しているのがふつうであるから、窓増幅器（window amplifier、ある波高範囲のパルスだけを選択して増幅する）を使えば、一般に400チャンネル程度で済む。

1.7 計測器の校正

トリチウムモニタのような専用の計測器は別として、汎用の放射線計測器は、計測試料の放射能（あるいは放射能濃度）について校正されていない。その理由は、計測条件によって計数効率が変わり、校正定数を与えることが一般にできないからである。したがって、それぞれ計測条件に応じて計数効率を決めることは、多くの場合、計測担当者の任務となる。スペクトロメトリにおけるチャンネル番号のエネルギー校正についても同じことが言える。

いろいろな検出器についての計数効率の計算データ、実測データあるいは計算式は、多くのハンドブックなどに見ることができるが、実際の計測条件にぴったりあてはまるものはきわめて少なく、参考程度にしかならないのがふつうである。それで、計測試料と同形でかつ放射能既知の、いわゆる標準試料を用い、計数効率の決定が行われる。

1.7.1 放射能標準体

計数効率決定に用いられる放射能標準体は、既知量の放射性物質を適当な形に固定（多くの場合、密封）した標準線源と、計測担当者が任意の形の標準線源を作るための標準溶液（ガスを含む）とに大別される。後者はまた、放射化学分析において化学回収率を決めるためにも広く使われる。

表 1.3 市販のα標準線源

核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
¹⁴⁰ Gd			○	
²⁰⁹ Po			○	
²¹⁰ Po			○	○
²³⁷ Np			○	
²⁴¹ Am	○	○	○	
²⁴¹ Cm		○	○	
²⁵² Cf			○	

線源は、金属板に電着などされており、線源部寸法がポイント状のものと大面積のものとがあり、メーカーによっては希望の仕様の線源の製造が可能である。

AEAT: AEA Technology (英) CERCA (仏)
IPL: ISOTOPE PRODUCTS LABORATORIES (米)
RI協会: 日本アイソトープ協会

(1) 放射能標準線源

現在入手しうる標準線源を表 1.3~1.6 に示す。ここには核種名だけしか挙げてないが、その形状、放射能レベルなど、多くの種類がある。全βあるいは全γ放射能計測のように、計測効率が放射線エネルギーによって異なる場合には、対象核種と同一の核種の標準線源を使うべきであるが、それが得られないときには、近いエネルギーの放射線を放出する他の核種で代用することができる（要すれば多少の補正を加える）。¹³¹Iのような短半減期核種は標準線源として使いにくいので、その代わりに長半減期の¹³⁵Baと¹³⁷Csの混合物を擬似線源として市販している例もある（mock iodine という）。

表 1.4 市販のβ標準線源

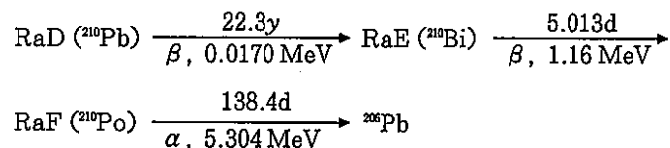
核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
³ H	○			
¹⁴ C	○	○	○	
²² Na		○	○	
³² Si			○	
³⁶ Cl	○	○	○	
⁶⁰ Co	○	○	○	○
⁶³ Ni	○			
⁶⁵ Ge			○	
⁸⁵ Sr		○		
⁹⁰ Sr	○	○	○	○
⁹⁹ Tc	○		○	
¹⁰⁶ Ru			○	
¹³⁴ Cs		○		
¹³⁷ Cs	○	○	○	○
¹⁴⁷ Pm	○	○	○	○
²⁰⁴ Tl	○	○	○	○
RaDE				○

線源はカプセルに固定されており、線源部寸法がポイント状のものと大面積のものとがあり、メーカーによっては希望の仕様の線源の製造が可能である。

* mock iodine = ¹³⁵Ba + ¹³⁷Cs for ¹³¹I

なお、標準線源の多くは障害防止法対象外であるが、 α 放射体の一部のものは核燃料物質あるいは国際規制物資として許可が必要なので注意しなければならない。

α 線および β 線用の代用標準線源としてよく知られているのは、RaDEFおよびウラン線源である。RaDEF線源は、直径25mm、厚さ1.6mmの銀製円板の片面に厚さ0.05mmのパラジウムを貼り付け、その面の中央に12.7mmの直径で、RaD (^{210}Pb) を含む PbO_2 を1mg/cm²以下の厚さに電着したものである。RaDの壊変は次のごとくである。：



したがって、製造後1カ月ほどでRaD→RaEの、また1カ年ほどでRaD→RaFの放射平衡が成立する。なお、 β 線標準線源として使用するときには一般に α 線が邪魔になるので、アルミニウム吸収板などで蔽い、計数管の窓厚と空気層を含め合計7mg/cm²程度の吸収層を設けて α 線を除く。このさい、RaDの β 線も完全に除かれ、RaEの β 線のみが利用される。

表 1.5 市販の γ 標準線源

核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会	核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
^7Be			○		^{65}Zn		○	○	○
^{22}Na	○	○	○	○	^{66}Ge			○	
^{45}Sc			○		^{75}Se			○	
^{51}Cr		○	○	○	^{85}Sr		○	○	○
^{54}Mn	○	○	○	○	^{88}Y	○	○	○	○
^{55}Fe		○	○	○	^{90}Zr			○	
^{59}Fe			○	○	^{103}Ru		○		
^{60}Co			○		^{106}Ru			○	
^{67}Co	○	○	○	○	^{109}Cd	○	○	○	○
^{60}Co	○	○	○	○	$^{110\text{m}}\text{Ag}$			○	

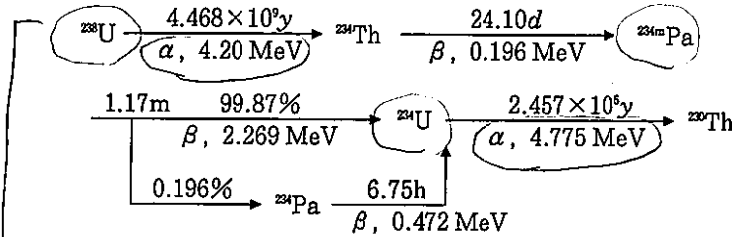
核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会	核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
^{113}Sn			○		^{154}Eu	○	○	○	○
^{125}Sb			○		^{154}Eu			○	
^{125}Sb			○		^{156}Eu			○	
^{125}I	○		○		^{153}Gd			○	
^{129}I	○		○		$^{166\text{m}}\text{Ho}$			○	
^{131}I		○			^{203}Hg	○		○	
^{134}Cs			○	○	^{207}Bi			○	
^{137}Cs	○	○	○	○	^{210}Pb	○			
^{132}Ba	○	○	○	○	^{226}Ra	○			
^{139}Ce			○		^{241}Am	○	○	○	
^{141}Ce		○	○		Mix	○	○		

線源は、カプセル等に固定されており、線源部寸法がポイント状、大面積のものがあり、メーカーによっては希望の仕様の線源の製造が可能である。また、マリネリ容器等に密封したものもある。

表 1.6 市販の擬似 γ 標準線源

核種	擬似標準核種	製造元
^{131}I	$^{133}\text{Ba} + ^{137}\text{Cs}$	RI協会
	^{133}Ba	CERCA
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{57}Co	CERCA
^{125}I	$^{129}\text{I} + ^{241}\text{Am}$	CERCA

ウラン線源は、ステンレス板上に酸化ウランをうすく焼きつけたもので、かなり大面積のものまで製作可能である。 ^{238}U の崩壊は次のごとくである。



製造後数カ月でこの系列は放射平衡に達する。 ^{234}Th の β 線は低エネルギーのため利用しにくいので、 β 線源として使用するときは厚さ27mg/cm²以上のアルミニウム吸収板で蔽い、 $^{234\text{m}}\text{Pa}$ の2.269MeV β 線のみを利用する。厚さ27mg/cm²のアルミニウム板によるこの β 線の減衰はおよそ12%である。

(2) 放射能標準溶液

現在入手しうる放射能標準溶液およびガスを表1.7および1.8に示す。前者は通常 $10^4 \sim 10^6 \text{ Bq/g}$ 程度の溶液の数mlがガラスアンプルに封じ込まれ、放射能濃度と全液量の値が表示されている。使用するときはアンプルを切り、内容物の一定量を取り出して、所望の標準線源を作るわけであるが、このさい希釈を必要とするときには必ず指示された担体溶液を使うべきである。さもないと、器壁への吸着や大気中への逸散などがおこり、誤差の原因になりうるからである。

表1.7 市販の液体状放射能標準体

核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会	核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
^3H	○	○	○		^{35}S	○	○	○	
^7Be			○		^{36}Cl	○	○	○	
^{14}C	○	○	○		^{40}K		○		
^{22}Na	○	○	○	○	^{45}Ca	○	○	○	
^{26}Al			○		^{46}Sc			○	
^{32}P	○	○	○		^{51}Cr	○	○	○	○
^{33}P	○				^{54}Mn	○	○	○	○
^{32}Si			○		^{56}Fe	○	○	○	

核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会	核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
^{59}Fe	○	○	○	○	^{134}Cs	○	○	○	
^{60}Co			○		^{137}Cs	○	○	○	○
^{57}Co	○	○	○	○	^{132}Ba	○	○	○	○
^{58}Co	○	○	○		^{141}Ce	○	○	○	
^{60}Co	○	○	○	○	^{147}Pm	○	○	○	
^{59}Ni			○		^{148}Gd			○	
^{63}Ni	○	○	○	○	^{152}Eu	○	○	○	○
^{65}Zn	○	○	○	○	^{154}Eu			○	
^{67}Ga	○				^{155}Eu			○	
^{68}Ge			○		^{153}Sm			○	
^{75}Se	○		○		$^{160\text{m}}\text{Ho}$		○	○	
^{89}Sr	○	○	○		^{169}Er		○		
^{90}Sr	○	○	○		^{168}Yb		○		
^{90}Sr	○	○	○	○	^{182}Ta			○	
^{88}Y	○	○	○		^{186}Re			○	
^{90}Y	○				^{187}Re			○	
^{90}Zr		○	○		^{192}Ir			○	
^{95}Nb		○	○		^{196}Au			○	
^{99}Mo	○				^{198}Au			○	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$			○		^{203}Hg	○		○	
^{99}Tc	○	○	○		^{201}Tl	○			
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	○				^{204}Tl		○	○	
^{103}Ru	○	○	○		^{207}Bi		○	○	
^{106}Ru	○		○		^{210}Pb	○	○	○	
$^{110\text{m}}\text{Ag}$		○	○		^{209}Po			○	
^{109}Cd	○	○	○	○	^{210}Po			○	
^{111}In	○				^{226}Ra	○		○	
^{112}Sn	○	○	○		^{237}Np	○	○	○	
^{124}Sb			○		^{241}Am	○	○	○	
^{125}Sb	○	○	○		^{243}Am			○	
^{125}I	○	○	○	○	^{244}Cm		○	○	
^{129}I	○	○	○		^{252}Cf			○	
^{131}I	○	○	○	○	Mix	○	○	○	○

表 1.8 市販の気体状放射能標準体

核種	AEAT	CERCA	IPL	RI協会
³ H		○		
⁸⁵ Kr	○	○	○	
¹³⁵ Xe	○	○	○	

(3) エネルギー標準線源

α線およびγ線スペクトロメトリのさい、チャンネル番号をエネルギーで校正するために使用される線源をエネルギー標準線源という。この場合は、放出放射線のエネルギーが正確にわかっているわけ、そのような核種であれば、手近にある線源を使うことができる。また、作業環境測定のように比較的レベルの測定の場合は、スペクトルの中に天然放射性核種に起因するピークがたいてい現われるので、それをエネルギー標準として利用することもできる。

1.7.2 計測器の校正方法

集じんろ紙試料はもちろん、ろ過捕集方法以外の方法で採集された試料であっても、αまたはβ線計測用としては薄い円板状に調製されることが多い。したがって、このような場合に用いる標準線源としては、同一核種の標準溶液の一定量を同形のろ紙に浸みこませて乾燥したものを自作するか（いくつかの長寿命核種については市販品がある）、あるいはウラン線源を代用して用いる。

ウラン標準線源は使用上便利であり、JISあるいは作業環境測定などにその使用が定められているが、β線エネルギーがかなり高いこと、表面が吸収板でおおわれていることなどのため、使用にさいしていくつかの注意が必要である。それらを具体的に示すため、以下に、端窓型 GM 計数装置（窓径50mm）の校正と、空气中放射性物質濃度測定の例を記す。

計測試料：1.8m³の空気を吸引して得た集塵ろ紙（48mmφ）を50mmφの試料皿に載せたもの。

照明：
立体角

ウランβ標準線源：48mmφのステンレス鋼板（厚さ0.2mm）上にウランを焼付け、Al吸収板でおおって値付けしたもの。2π方向のβ線放出率3,960cpm。これも試料皿の底に固定されている。

この両方について、厚さ8.1、13.5、21.6および27.0mg/cm²のAl吸収板をおいて、GM計数装置を用いて計測し、バックグラウンドを差し引いた結果はつぎのとおりである。

吸収板 [mg/cm ²]	標準線源 [cpm]	計測試料 [cpm]
0	3069±39	1197±25
8.1	2919±38	297±13
13.5	2719±37	110±9
21.6	2545±36	14±7

この結果を図1.10のように片対数（4桁）方眼紙にプロットし、測定点をなめらかな線で結ぶ。

計数管の窓厚2.6mg/cm²（計数管に添付された特性表に記されている）、窓-試料面間距離（実測する）0.7cmから吸収体の厚さの合計を計算する。

$$2.6 + 0.7 \times 1.2 = 3.44 \text{ mg/cm}^2$$

さきに描いた2本の吸収曲線のそれぞれを3.44mg/cm²だけ左へ延長し、縦座標の数値を読みとる。その値は、標準線源については3,230cpm、計測試料については1,970cpmである。

次式により、計数効率を求める。

$$3,230 / (3,960 \times 2) = 0.408$$

この計数効率の値を用いて計測試料の放射能、ついで試料空気中の放射能濃度を計算する。

$$1,970 / (0.408 \times 60) = 80.5 \text{ Bq}$$

$$80.5 / (1.8 \times 10^3) = 4.5 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$$

すでに述べたように、ウランβ標準線源は0.1mm（27mg/cm²）のAl板で表面がおおわれており、それを通過して2π方向に放出されるβ粒子の放出率について値付けされている。その数値の2倍をこの線源の見掛けの放射能とみなして、計数効率の計算を行っているため、このようにして求められた計数効率にはβ線の

後方散乱の因子は含まれていない。一方、ろ紙の後方散乱計数は1.1~1.2と推定されるので、上の計算はその分だけ過大評価となっていることを注意すべきである。

γ 線計測の場合には自己吸収の損失があまり大きくないので、活性炭カートリッジをそのまま、あるいは液体捕集方法における捕集液を適当な容器に入れたような、いわゆる容積試料を計測することが多い。容積試料には市販の標準は無いので、特注して作らせるか、あるいは標準溶液を用いて自作する。しかし、液体のままでは漏洩による汚染の心配があるので、寒天を加えて固めるか、あるいは適当な吸着剤（たとえば活性アルミナ）またはイオン交換樹脂に吸着させ、乾燥させてから容器に密封する。この場合、均一に放射性核種を分散させることは案外むずかしい。

γ 線スペクトロメトリの場合には、それぞれの検出器について効率曲線（計数効率と光子エネルギーの関係を示す曲線）を求めておく必要がある。NaI(Tl)シンチレータは規格が決まっているので、同一規格のものについてはデータを流用することができるが、Ge検出器は1個1個について効率曲線を求めなければならない。この目的に作られた市販の標準線源は、すべて点状かあるいはそれに近い形をしているので、今の場合にはあまり具合が良くない。しかし、幸いに効率曲線は相対的には線源の形にあまり大きく依存しないことが知られているので、まず市販線源を用いて効率曲線を描き、つぎに、一核種のみについて計測試料と同形の標準線源を作って計測し、線源の形の違いに対する補正係数を決定して、それをすべてのエネルギー範囲において使用することが近似的に許される。

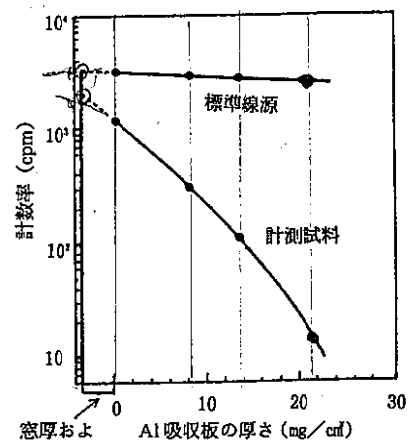


図1.10 β 線計測における吸収の補正の例
標準線源は天然ウラン、計測試料はろ紙上の ^{137}Pm である。

なお、前にも述べたように、Ge検出器の計数効率は経時的に変化することがあるので、ときどき効率曲線を求めなおすことが望ましい。

効率は線源の放射能に対してではなく、各エネルギーの光子数に対して計算されるので、標準線源として利用される γ 放射性核種の γ 線の放出割合（1壊変あたりの放出光子数の百分率）を知っておく必要がある。これらの値はデータブック等に示されている。