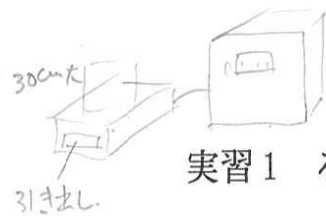


目 次

実習 1	ろ紙試料の全 α 放射能計測	<i>Rd, Zn²⁺シフ</i>	
1.	概 要	.....	1
2.	使用器具類	.....	1
3.	操 作	.....	1
実習 2	ろ紙試料の全 β 放射能計測	<i>GM</i>	
1.	概 要	.....	3
2.	使用器具類	.....	3
3.	操 作	.....	3
実習 3	活性炭カートリッジの全 γ 放射能計測	<i>NaI(Tl)シフ</i>	
1.	概 要	.....	5
2.	使用器具類	.....	5
3.	操 作	.....	5
実習 4	気密電離箱による気体放射能の計測		
1.	概 要	.....	8
2.	使用器具類	.....	8
3.	操 作	.....	8
実習 5	γ 線スペクトル分析		
1.	概 要	.....	10
2.	使用器具類	.....	10
3.	ピークチャンネル, ピーク半値幅およびピーク面積の決定	.....	10
4.	エネルギー校正曲線の作成	.....	12
5.	半値幅曲線	.....	12
6.	効率曲線の作成	.....	13
7.	未知試料中の核種の同定	.....	13
8.	未知試料中の核種の定量	.....	13
9.	空气中濃度の計算	.....	14
付録 1	γ 線エネルギーデータ表	.....	15



実習1 ろ紙試料の全α放射能計測 (80分)

1. 概要

U30とRn18の放射能決定

ウランα標準線源を用いて校正されたZnS(Ag)シンチレーション計数装置により、補集後のろ紙試料上に存在するラドン娘核種の全α計測を行い、そのα放射能を決定する。また、時間の経過によるその減衰から見かけの半減期を求める。

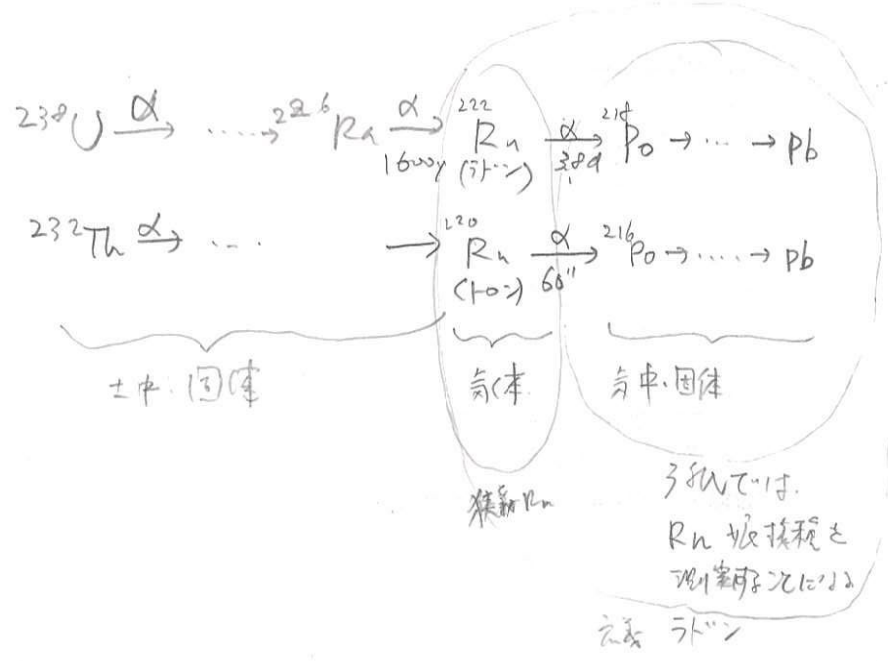
2. 使用器具類

- セルローズ・ガラス系ろ紙 HE-40T (48mmφ)
- ろ過式ダストサンプラ
- 試料皿 (50mmφ)
- ウランα標準線源 (50mmφ, 実効46mmφ, 深さ3.2mm)
- ZnS(Ag)シンチレーション計数装置
- 方眼紙 (片対数目盛2桁および直線目盛)

3. 操作

- ウランα標準線源をピンセットを用いて受け皿に入れ、電圧を850Vに設定してα線を測定し、その計数率および標準線源のα放射能^{*}から計数効率を計算する。測定する場合は、測定台正面のつまみをUPにし、引き出す時は、DOWNにする。
- あらかじめダストサンプラが動かしてあるので、流量計と圧力計の指示を読み取り、吸引をやめて時刻を記録する。また、気温および大気圧も記録する。
- サンプラからろ紙をはずし、あらかじめ両面接着テープをはった試料皿 (深さ3.2mm) に入れて固定する。

*) 成績書に記された全放射能の値を用いる。



P.22
P.24
P.26.



実習 2 ろ紙試料の全β放射能計測 (80分)

1. 概要

ウランβ標準線源を用いて校正されたGM計数装置により、あらかじめ¹⁴⁷Pmおよび²⁰⁴Tlを付着させたろ紙試料の全β計測を行い、吸収曲線を利用してβ線エネルギーによる計数効率の補正を行い、そのβ放射能を決定する。

2. 使用器具類

- ろ紙試料 (あらかじめβ放射体を付着させたもの)、試料皿 (50mmφ)
- ウランβ標準線源 (50mmφ, 実効46mmφ, 深さ6.3mm)
- アルミニウム吸収板 (赤: 8.1 mg/cm², 青: 13.5 mg/cm², 無色: 21.6 mg/cm², 黒: 27.0 mg/cm²)
- GM計数装置 (窓径50mmφ)
- 片対数方眼紙 (片対数目盛3桁および直線目盛)

3. 操作

3.1 ウランβ標準線源をピンセットを用いて受け皿に入れ、一段目においてβ線を計測する。吸収板なし、および、アルミニウム吸収板をおいたとき (吸収板は手で取り上げ、リングの側を下向きにして試料皿にかぶせるようにおく) の計数率を片対数方眼紙にプロットし、ゼロ吸収における計数率を補外によって求める。計数管の窓厚は成績書に記されている。

試料-窓間距離は1段目7mm, 2段目からは各段10mmである。空気層10mmを1.2mg/cm²として計算する。

補外で求めた計数率値と、標準線源のβ放射能**から、計数効率を計算する。

*) 計数の統計誤差を計算し、各測定点に誤差棒をつけること。
**) この標準線源はβ線放出率 (単位時間に2π方向に放出されるβ線の個数) で値付けされているので、表示値の2倍を線源の見かけのβ放射能と見なす。

- 新しいろ紙をダストサンプラに取り付け、室内の空気を吸引する。吸引開始時刻およびそのときの流量、圧力、気温および気圧を記録する。
- ろ紙試料の第1回目の測定を行う。測定時間はすべて2分とする。以後、およそ10分おきに、計4回測定し、結果を時刻とともに記録する。
- 10分おきの測定の合間に、新しいろ紙を用いてバックグラウンドを測定する。
- 採取空気量を計算する。採取開始時と終了時とで流量、圧力等の読みが異なるときは、それらの平均値を用いて補正すること。温度と圧力の補正はガイドブック p.35に述べられている。(1mmAq=0.073mmHg)。なお、流量計の基準圧力および温度はそれぞれ1気圧、20°Cである。したがって(5)式においてP₀=0, T₀=20である。また、760+P₁=大気圧-差圧である。
- ろ紙試料の測定結果**を2桁の片対数方眼紙にプロットし、試料採取終了時刻から経過時間ゼロに補外した計数率を求め、3.1で得られた計数効率を用いて放射能 (Bq) を計算する。さらにこれを、採取空気量で除して、空气中放射能濃度を求める。
- グラフ上の測定点を直線でフィットし、見かけの半減期を求める。
- 時間があれば、ウランα標準線源を用いて、電圧、600~1000Vの範囲で100Vおきに1分間ずつ計数し、直線目盛方眼紙にプラトー曲線を描き、使用電圧850Vが妥当であることを確認する。

$$\sqrt{\frac{P_1 T_0}{P_0 T_1}}$$

***) 次式により、バックグラウンドの差し引きおよび計数の統計誤差の計算を行い、各測定点に誤差棒をつけること。

$$\text{真の計数率} = \left(\frac{N}{t} - \frac{N_b}{t_b} \right) \pm \sqrt{\frac{N}{t^2} + \frac{N_b}{t_b^2}} = (n - n_b) \pm \sqrt{\frac{n}{t} + \frac{n_b}{t_b}}$$

ここで、N, N_b は試料およびバックグラウンドの計数値、t, t_b はそれぞれの計数時間

$$f \cdot \sqrt{\frac{760 - (P \times 0.073)}{760} \cdot \frac{273 + 20}{273 + t}}$$

P.22

1150 V

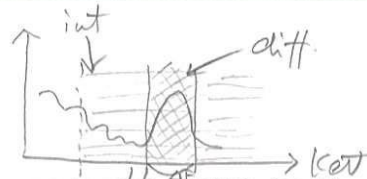
2.8 mg/cm²
0.7 x 1.2 mg/cm²

計測用試料の

- 3.2 ろ紙試料について3.1と同様の測定を行い、ゼロ吸収における計数率を求め、補外で求めた計数効率を用いて、その放射能を計算する。
- 3.3 時間があれば、2段目以下の位置において上記の測定をくりかえす。

0.111 g/cm³ $\frac{Bq}{cm^3}$ 求めた

実習3 活性炭カートリッジの全 γ 放射能計測 (80分)



1. 概要

2種類の γ 線源を用いてエネルギー校正されたNaI (TI) シンチレーション計数装置 (シングルチャンネル型) とMock Iodine 標準線源とにより、あらかじめ¹³¹Iを吸着させた活性炭カートリッジ試料につき、100 keV以上の領域の全 γ 線計測および360 keV (±10%領域)の γ 線計測を行い、その放射能を決定する。(Mock Iodine 標準線源はこの二つのエネルギー領域について値付けされている。備え付けの仕様書および図面参照。)

2. 使用器具類

活性炭カートリッジ CHC-50 (60mm ϕ ×20mm)

試料容器

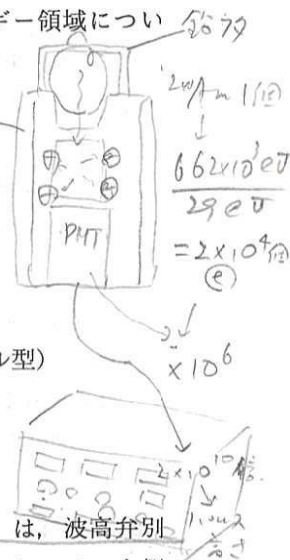
γ 線源 (²⁴¹Am, ¹³⁷Cs)

Mock Iodine 標準線源

NaI (TI) シンチレーション計数装置 (シングルチャンネル型)

方眼紙 (直線目盛)

備り
半減期
とAと全減
の2?



3. 操作

3.1 測定器パネルの中央にある目盛り付きダイヤル (LL) は、波高弁別の下限 (Lower Limit) を設定するためのものである。また、その右側の目盛り付きダイヤル (UL ΔE) は、右上のつまみ (PHA MODE) の位置に応じて、波高弁別の上限 (Upper Limit) の設定、または、LLの上限に幅 ΔE のウインドの設定をするために用いる。

3.2 左上の黒いつまみ (HV ADJ, 電圧調整) が反時計方向一杯になっていることを確かめた上、電源スイッチを入れる。¹³⁷Cs線源 (γ エネルギー-662 keV) をシンチレータの上に置く。PHA MODEつまみをINT (integral, 積分) に、ダイヤルLLを629 (=662-5%)に合わせる。タイマを60minとし、カウントをONにする。 $=662-3\%$

$=629$
 $=629$

3-7の大小を $\pm 2 \text{ keV}$ と channel 数の間隔を
を認めておく

3.3 GAIN ツマミの COARSE を $\frac{1}{10}$ に、FINE を 1000 に合わせ、固定する。
HV ADJ ツマミを静かに時計方向にまわして、計数が始まったあたりでとめる。(電圧は上に表示される。1000V に近付くと警報が鳴るので注意) (610-8500)

3.4 PHA MODE ツマミを DIFF (differential, 微分) とし、ダイヤル ΔE を 66 (= $662 \times 10\%$) に合わせ、HV ADJ ツマミをこまかく変化させて、計数率が最高値を示した所で固定する。これで、波高弁別の目盛値 ($629 + 66 \times \frac{1}{2} = 662$) と光子エネルギーとが数値的に一致したことになる。

3.5 線源を ^{241}Am (γ 線エネルギー 59.5 keV) に代え、ダイヤル ΔE を 6 に合わせ、ダイヤル LL を 60 付近で少しずつ変化させて、計数率が最高値を示す ダイヤル LL の目盛を読む。(ダイヤル LL を 1 目盛りずつ動かして、30 秒の計数値を取るとよい。)

3.6 ^{241}Am の γ 線に対する波高弁別の目盛値:
ダイヤル LL の目盛 + ダイヤル ΔE の目盛 $\times \frac{1}{2} = p$ を計算する。(p の値は 60 に近いはずである。もし 60 にひとしくないとときは、その理由は波高弁別バイアスのゼロが正しく波高ゼロに合っていないためであるが、それは差し支えない。)

3.7 図のように、 γ 線エネルギーと、波高弁別の目盛値との関係を、 ^{137}Cs と ^{241}Am についてプロットし、直線で結ぶ。

3.8 γ 線エネルギー 100 keV に相当する目盛値 V_1 を図上から求める ダイヤル LL を V_1 に合わせ、PHA MODE ツマミを INT とし、この条件で Mock Iodine 標準線源 を、刻印を打ったほうを上にしてシンチレータ上に置いて 1 分間測定し、計数率から放射能への変換係数 (Bq/cpm) を求める。このとき、バックグラウンド (未使用のカートリッジの入った試料容器を使用) の差し引き、および 標準線源の減衰の補正 (標準線源の仕様書のグラフを使用) を忘れぬこと。誤差は計算しなくてよい。

3.9 ポリ袋に入った活性炭カートリッジ試料をシンチレータ上に置き、1 分間測定し、ついでカートリッジの上下を逆にしてもう一度測定を行い、平均値をとる。

100 keV

3.10 この測定結果と、3.8 で求めた換算係数とから、カートリッジに含まれる ^{131}I の放射能 (Bq) を計算する。

3.11 ダイヤル LL を 324、ダイヤル ΔE を 72、PHA MODE ツマミを DIFF に合わせ、測定時間を 3 分にして 3.8~3.10 の操作をもう一度行い、 ^{131}I の放射能 (Bq) を計算する。

$\sum 324 + 72$
 \uparrow
 ^{131}I 364 peak

$\pm 10\%$

$324 + \frac{72}{2} = 360$

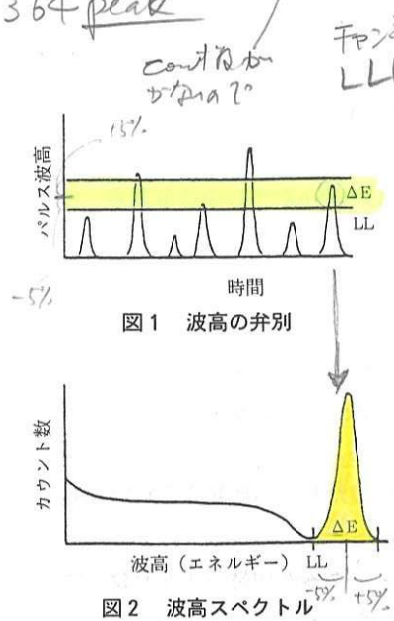


図1 波高の弁別

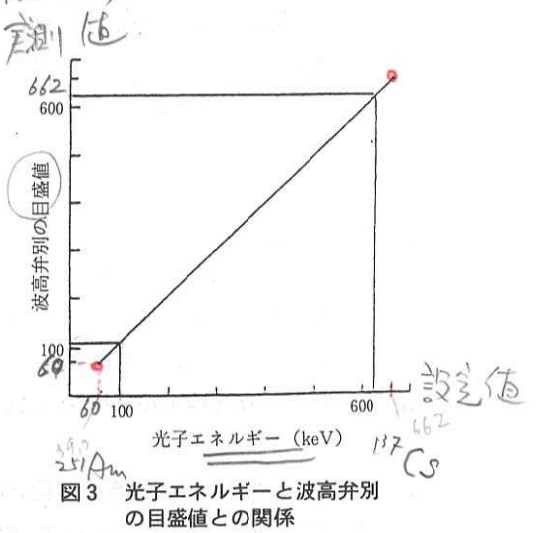
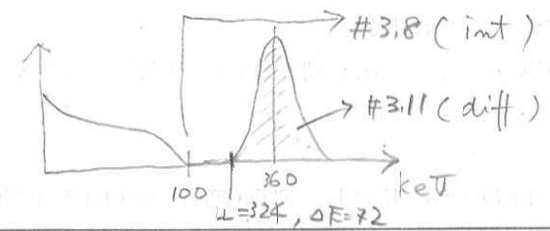
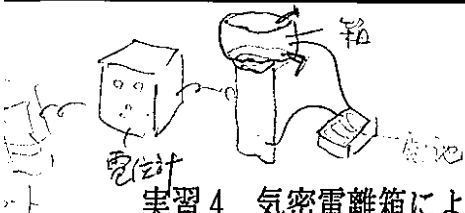


図3 光子エネルギーと波高弁別の目盛値との関係



*) 3.10と3.11の結果はほぼひとしくなるはずである。3.11で行った方法は ^{131}I の 364 keV γ 線に着目した簡単なスペクトル分析であり、試料中に ^{131}I 以外の γ 放射核種が含まれている場合には、3.10の全 γ 線計測よりも正しい結果を与える。



実習4 気密電離箱による気体放射能の計測 (80分)

1. 概要

気密電離箱を用い、あらかじめその気密性を確かめたのち、バックグラウンドおよび試料空気について得られた電離電流から、試料空気の放射能濃度を求める。

2. 使用器具類

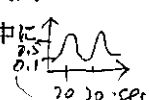
- 気密電離箱 (容積 1,000cm³, コック付き)
- 真空ポンプ
- 真空計 (水銀マノメータ)
- 振動容量電位計

3. 操作

- 3.1 振動容量電位計の、FUNCTIONスイッチを「VOLT」、メータスイッチを「OFF」、MEASUREスイッチを「ZERO CHECK」にしたのち、メインスイッチを入れ、ウォームアップする。
- 3.2 放射能のない室内の空気を大気圧に満たした電離箱を電位計に接続する。
- 3.3 ウォームアップを終えた電位計のメータ極性切替を+または-に倒し、MULTIPLIERを0.01、FUNCTIONスイッチを10⁻¹²Aにし、ゼロADJツマミを廻してゼロ点を合わせる。
- 3.4 ZERO CHECKをMEASUREに切り替える。しばらく電流値を記録計(10mV)に記録し、落ち着いたところの値を電離電流値とする。
(電流式)
- 3.5 スwitchをZERO CHECKにし、FUNCTIONをCOULOMBSレンジに切り替えた後、MEASUREにする。記録計で記録し、その直線部分の傾斜から、測定時間当たりの電荷量を求め、電離電流値を計算する。
(電荷式)

直接補正: 真空捕集瓶 $\leq 10 \text{ mmHg}$

- 3.6 気密電離箱(コック付き)、真空計、真空ポンプの順に、ゴム管で接続し、コックを開いて排気する。
- 3.7 真空計の指示値が5mm程度に到達したならばポンプ側のコックを閉じ、真空計の指示値が変化するかどうかを見る。5分間以内にとくに目立った変化がなければ良い。
- 3.8 電離箱にガス留めの^{135m}Xe**を含む空気を満たして、電位計に接続し、指示を読み取る。
- 3.9 試料とバックグラウンドの差の電流値を求める。濃度換算係数は次式によって表され、これを用いて放射能濃度を計算する。ただし電離箱中に1気圧のガスを封入した場合、電離効率を0.15とする。
- 3.10 電離箱の中の^{135m}Xeを含む空気を排気した後、ふたたび室内の空気を満たし、電位計の指示がもとのバックグラウンド値に戻ることを電流式で確かめる。
- 3.11 時間に余裕があれば、活性炭を通した室内空気を満たし、 α 線によるパルスが減少するのを見る。



$$K = C/I$$

$$= \frac{W}{E \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} \cdot V \cdot \eta} = \frac{W}{1.6 \times 10^{-13} \cdot \eta \cdot E \cdot V}$$

C: 空气中放射性物質濃度 (Bq/cm³)

I: 電離電流 (A)

W: 1イオン対生成に要する平均エネルギー (eV) (β 線に対し34とする。)
(α " 35,

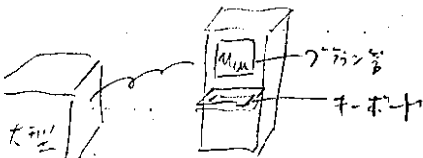
E: β 線または内部転換電子の平均エネルギー (MeV)

V: 電離箱の容積 (cm³)

η : 電離効率 = $\frac{I_m \text{ (電離電流 (A))}}{I \text{ (単位電離箱容積の全電流 - 電離電流 (A))}}$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

** ^{135m}Xe半減期11.8日, 164 keV (2%), 内部転換電子の平均エネルギー141 keV, 放出割合98%。



理由

実習5 γ線スペクトル分析 (160分)

1. 概要

1.1 標準γ線源 (^{109}Cd , ^{57}Co , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{132}Ce , ^{51}Cr , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{90}Y , ^{60}Co の既知量を含む、紙状の標準γ線源) を、Ge半導体スペクトロメータ を用いて測定したデータから、ピークチャンネルとγ線エネルギーとの関係 (エネルギー校正)、ピークチャンネル (又はγ線エネルギー) と半値幅との関係 (半値幅曲線) および ピーク計数効率とγ線エネルギーとの関係 (効率曲線) を求める。

材料枚数を同一にする。

1.2 集じん器紙上に集められた放射性じん埃を上と同じ条件で測定して得られたデータ中の主要ピークにつき、ピークチャンネルを求める。

1.3 ピークチャンネルと1.1で求めたエネルギー校正とから、それぞれのピークに対応するγ線のエネルギーを決め、付録γ線エネルギーデータ表を参照して核種 (一種類とは限らない) を決定する。

また、半値幅曲線からそれぞれのピークに対応する半値幅を求め、関心領域を定めてピーク面積を算出する。さらに、上で求めた効率曲線からそれぞれのピークに対応する計数効率を求め、核種を定量する。

1.4 吸収空気量を $1.5 \times 10^6 \text{ cm}^3$ として空気中放射性物質濃度を計算し、別表第1と比較する。

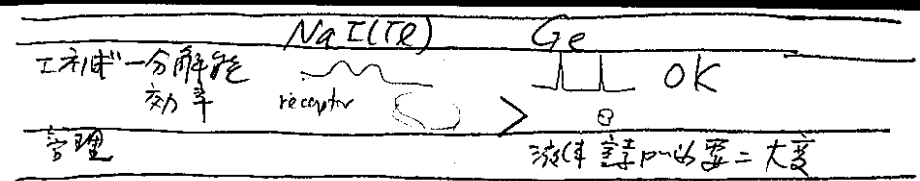
2. 使用器具類

- γ線スペクトルデータ (標準線源および未知試料)
- 方眼紙 (直線目盛, 片対数および両対数目盛)
- 曲線定規

3. ピークチャンネル, ピーク半値幅およびピーク面積の決定

いろいろな決定方法が提示されているが、本実習の、標準線源のスペクトルの分析においては次の方法を採用する。

図5.1に示すようなピークが得られたとする。図のAおよびBはピークの



載っているベースラインである。高エネルギー側(A)部分の3~5チャンネルの計数の平均値を n_{BG} とする。各チャンネルごとのカウント数 (n_j) から n_{BG} を差し引き、その値を g_j とする (j はチャンネル番号)。

$$g_j = n_j - n_{BG}$$

各チャンネルごとに次の計算式により Z_j を求める。

$$Z_j = \frac{g_{j-1}}{g_{j+1}}$$

ピークの中心チャンネルの近傍について、片対数方眼紙の横軸に j , 縦軸に Z_j をとり、点をプロットする。 Z_j が1に近い範囲で直線で近似する。

$Z = 1$ に対応する j の値が ピークの中心チャンネルP である。

この直線が $Z = 10$ および 0.1 を切る点のチャンネル番号をそれぞれ a および b とすると、このピークの半値幅 (FWHM: full width at half maximum) は次式で与えられる。

$$\text{FWHM (ch)} = 1.552 \sqrt{a-b}$$

この方法は、ピークの形が正規分布であると仮定すると、 Z_j が単純な指数関数で表わされるという原理にもとづいている。また、半値幅とピークチャンネルが一度に求められるという利点がある。(図5.2参照)

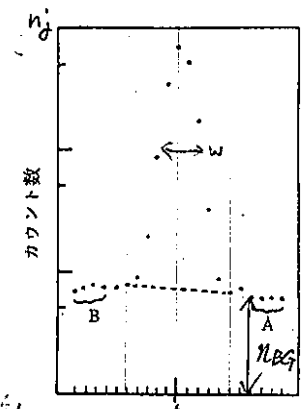


図 5.1

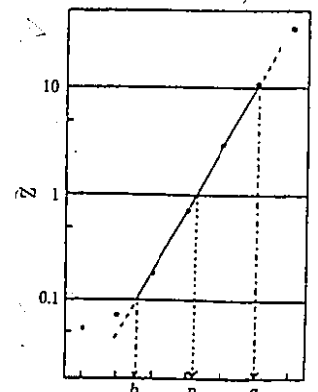
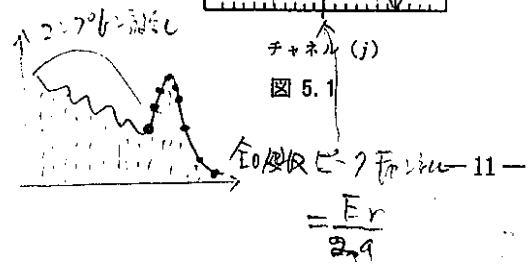


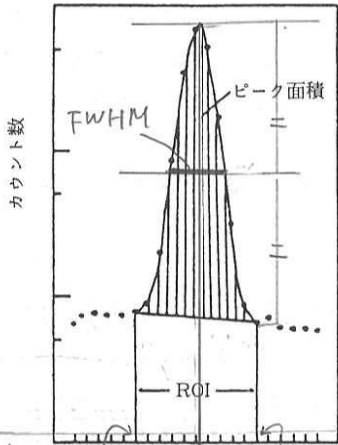
図 5.2



j	n _j	Z _j	Z _j

$$= \frac{E_r}{2.9}$$

核種	¹⁰⁹ Sr Cd-Co	¹³⁹ Ce ⁵⁷ Co ⁶⁵ Zn ¹³⁷ Cs ⁵⁴ Mn ⁸⁸ Y ⁶⁰ Co ⁶⁰ Co Pp	チャンネル #5	チャンネル #6
基準日	Bq	9.63x10 ³		
半減期	d/y	462.9d		
A測定日	Bq	9.24x10 ³		
γ線エネルギー	keV	0.803		
γ線放出割合	r/d	0.0323		
光子放出率	γ/s	344.8		
ピーク面積		176.00		
半値幅	ch	1.513		
FWHM x1.5	ch	2.269		
ROM	ch	173~179		
ピーク面積	C	952641		
ピーク計数率	%sec	15.9397		
ε	C/o	4.6x10 ⁻²		



注 $A = A_0 \cdot e^{-0.693 \cdot \frac{d}{T}}$ (Bq, $\frac{dec}{sec}$)
 $(d = 27.3d \text{ と } T)$
 $\text{光子放出割合} (\frac{r}{dec}), \text{光子放出率} (\frac{r}{sec})$
 $A \cdot \epsilon = n \cdot t \quad \epsilon = \frac{n}{A \cdot t} \times X$

図 5.3

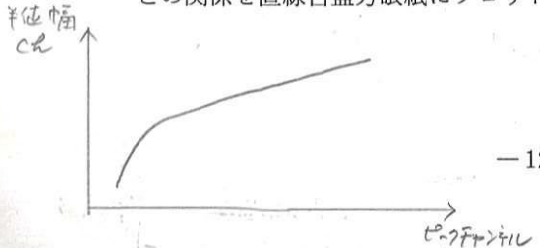
半値幅の1.5倍に相当するチャンネル数をピークチャンネルの左右にとってそれを関心領域 (ROI: region of interest) とし、ピークの正味計数値 (ピーク面積) を打ち出させる。

4. エネルギー校正曲線の作成

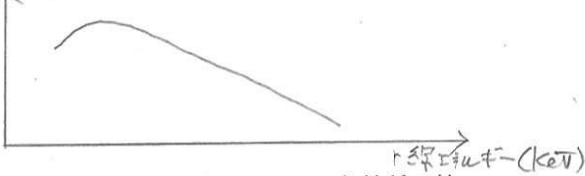
標準線源の測定データには、3. に示された方法で決定されたピークチャンネルと、それに相当するγ線エネルギーが示されているので、その関係を波高分析器に入力して、エネルギー校正とする。

5. 半値幅曲線

3. の方法で求められた半値幅とピークチャンネル (又はγ線エネルギー) との関係直線目盛方眼紙にプロットし、半値幅曲線とする。



ピーク計数率 ε (C/t)



6. 効率曲線の作成

標準線源の測定データには、検定日とそのときに含まれている各核種の放射能、核種の半減期、測定日、主要γ線のエネルギーと放出割合、以上から計算された測定日における各γ線の光子放出率、さらに、それぞれのピーク面積と計数時間が記されているので、次式によりそれぞれのエネルギーにおける計数効率を計算する。
 $\text{計数率} = \frac{\text{ピーク面積 (counts)}}{\text{光子放出率} (\gamma/s) \times \text{計数時間 (s)}}$

両対数方眼紙の横軸に光子エネルギー、縦軸に計数効率をとり、上の計算結果をプロットして効率曲線を描く。

7. 未知試料中の核種の同定

未知試料の測定データをフロッピーディスクから波高分析器に入れ、ピークチャンネルを決定する。(決定は、十分なカウントのある場合は3. に述べられた方法で、そうでない場合は、ピーク中の最大カウントを示すチャンネルをピークチャンネルとする。)

波高分析器に入力していたエネルギー校正を用いて各ピークに対応する光子エネルギーを求め、γ線エネルギーデータ表を照合して、核種を同定する。また、γ線エネルギーデータ表から当該γ線の放出割合を求めておく。

8. 未知試料中の核種の定量

各ピークのピークチャンネル (又はγ線エネルギー) に対応する半値幅を半値幅曲線から求め、3. に述べられた方法 (ROI = P(ch) ± 1.5 × FWHM) で各ピークについてROIを設定し、ピーク面積を求める。さらにそのピークのエネルギーに対応する計数効率を効率曲線から求め、上で求めた当該核種のそのエネルギーのγ線の放出割合を用いて、次式によりその核種の放射能を計算する。

放射能 = $\frac{\text{ピーク面積}}{\text{計数効率} \times \text{γ線放出割合} \times \text{計数時間 (s)}}$ (Bq)



以上の計算を、同定できたすべての核種について行う。

γ線エネルギーデータ表にないγ線については、用意された「Table of Isotopes」を適宜参照すること。

9. 空气中濃度の計算

採取空気量を $1.5 \times 10^6 \text{ cm}^3$ 、捕集効率を100%として、上の結果から各核種の空气中濃度を計算し、電離放射線障害防止規則別表第1の限度と比較する。

採取空気量 = $1.5 \times 10^6 \text{ cm}^3$
 捕集効率 = 100%
 捕集材 = HE-40T, 50mmφ
 測定時間 = 6000 sec

核種	主要な光子エネルギー・MeV (放出割合%)	核種	主要な光子エネルギー・MeV (放出割合%)	
²² Na	0.511 (179.8) β ⁺ 1.27455 (99.5)	¹³¹ I	0.08018 (2.6) 0.28430 (6) 0.36448 (81) 0.63697 (7.2)	
⁴⁰ K	1.46075 (9.83)		他 Xe-Xray	
⁵¹ Cr	0.32007 (9.83) 他 V-Xray			
⁵⁴ Mn	0.83483 (100) 他 Cr-Xray	¹³³ Ba	0.079621 (2.7) 0.08100 (33.5) 0.27640 (7.1) 0.30285 (18.4) 0.35601 (62.1) 0.38385 (8.9)	
⁵⁷ Co	0.12206 (85.6) 0.13647 (11.1) 他 Fe-Xray		他 Cs-Xray	
⁵⁹ Fe	0.14265 (1) 0.19234 (3.1) 1.0992 (56.5) 1.29156 (43.2)		¹³⁷ Cs	0.66164 (85.0) Ba-Xray
⁶⁰ Co	1.17321 (99.9) 1.33247 (100)			¹³⁸ Ce	0.16585 (79.9) 他 La-Xray
⁷⁶ Se	0.12111 (15.9) 0.13600 (54) 0.26465 (58) 0.27952 (24.9) 0.40065 (11.6) 他 As-Xray	¹⁹² Ir	0.20578 (3.2) 0.29595 (28.7) 0.30845 (29.7) 0.31650 (82.9) 0.46806 (48.1) 0.48457 (3.2) 他 Os-Xray	
⁸⁶ Sr	0.51399 (98.3) 他 Rb-Xray		¹⁹⁸ Au	0.41180 (95.5)
⁸⁸ Y	0.89802 (93.4) 1.83604 (99.4) 他 Sr-Xray	²⁴¹ Am	0.05954 (35.7) 他 Np-Xray	
¹⁰⁹ Cd	0.08803 (3.73) 他 Ag-Xray			

付録1. γ線エネルギーデータ表

核種	主要な光子エネルギー・MeV (放出割合%)	核種	主要な光子エネルギー・MeV (放出割合%)	
²² Na	0.511 (179.8) β ⁺ 1.27455 (99.5)	¹³¹ I	0.08018 (2.6) 0.28430 (6) 0.36448 (81) 0.63697 (7.2)	
⁴⁰ K	1.46075 (9.83)		他 Xe-Xray	
⁵¹ Cr	0.32007 (9.83) 他 V-Xray			
⁵⁴ Mn	0.83483 (100) 他 Cr-Xray	¹³³ Ba	0.079621 (2.7) 0.08100 (33.5) 0.27640 (7.1) 0.30285 (18.4) 0.35601 (62.1) 0.38385 (8.9)	
⁵⁷ Co	0.12206 (85.6) 0.13647 (11.1) 他 Fe-Xray		他 Cs-Xray	
⁵⁹ Fe	0.14265 (1) 0.19234 (3.1) 1.0992 (56.5) 1.29156 (43.2)		¹³⁷ Cs	0.66164 (85.0) Ba-Xray
⁶⁰ Co	1.17321 (99.9) 1.33247 (100)			¹³⁸ Ce	0.16585 (79.9) 他 La-Xray
⁷⁶ Se	0.12111 (15.9) 0.13600 (54) 0.26465 (58) 0.27952 (24.9) 0.40065 (11.6) 他 As-Xray	¹⁹² Ir	0.20578 (3.2) 0.29595 (28.7) 0.30845 (29.7) 0.31650 (82.9) 0.46806 (48.1) 0.48457 (3.2) 他 Os-Xray	
⁸⁶ Sr	0.51399 (98.3) 他 Rb-Xray		¹⁹⁸ Au	0.41180 (95.5)
⁸⁸ Y	0.89802 (93.4) 1.83604 (99.4) 他 Sr-Xray	²⁴¹ Am	0.05954 (35.7) 他 Np-Xray	
¹⁰⁹ Cd	0.08803 (3.73) 他 Ag-Xray			

医師 五十嵐俊彦

新潟県厚生連病理センター

〒940-0864 長岡市川崎1丁目2520-1

TEL.0258-32-7530

FAX.0258-32-7574

E-mail byori@abeam.ocn.ne.jp



受講 番号	76回 27	氏 名	五十嵐俊彦
----------	-----------	--------	-------

作業環境測定士講習テキスト
放射性物質の分析の実務－放射性物質測定の実務

2004年 3月10日 発行
編集
発行 社団法人 日本アイソトープ協会
東京都文京区本駒込二丁目28番45号
電話 (03) 5395-8083 (研修課)