

放射性同位元素の安全取扱い実習 (RI 使用)

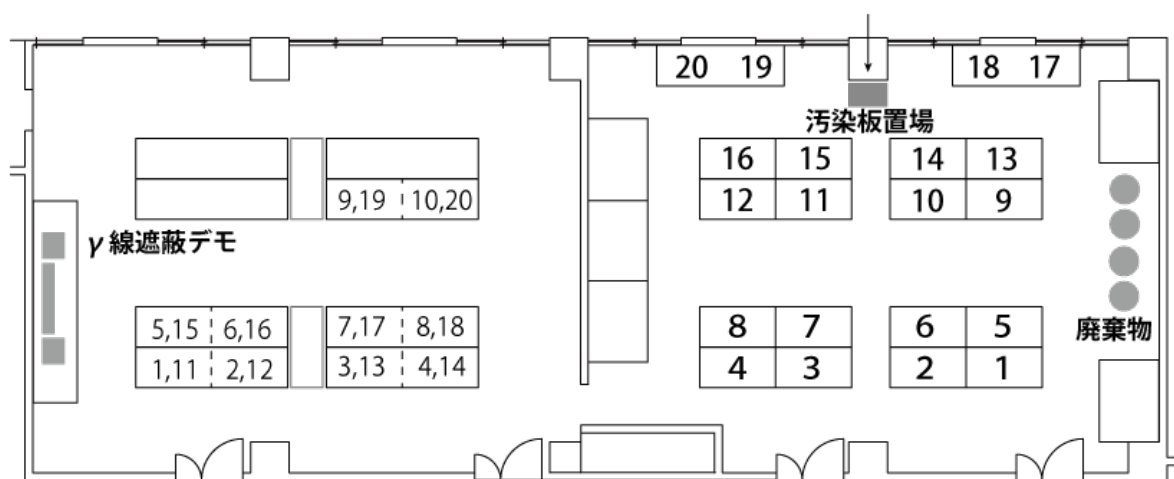


岡山大学
自然生命科学研究支援センター
光・放射線情報解析部門鹿田施設

実習の進行表

時間	実習項目	実習場所
13:00~13:30	実習説明	2階講義室
13:40~14:20	実習Ⅰ	化学実験室
14:25~15:00	実習Ⅱ、Ⅲ	化学実験室
15:05~15:40	実習Ⅳ	物理実験室
15:45~16:10	実習結果の検討	2階講義室

実習場所



物理実験室

化学実験室

鹿田施設 3階

I 非密封放射性同位元素の安全取扱実習

非密封放射性同位元素 ^{32}P を用い、その溶解、希釈系列の作成、および放射能測定等を通して、非密封放射性同位元素の安全取扱法の基礎を習得する。(以下の表の空欄の部位のデータを取得し、実習後、グレー部位の計算をしてレポートを完成させる。)

I-1 実験準備

- (1) アルミニウム製バットをポリ濾紙で覆う (図 1 ①)。これを 2 個作成し、一つを作業スペース、もう一つを使用済みの RI の一時保管スペースとして使用する (不要な被曝を避けるため)。
- (2) 可燃物・難燃物・不燃物用のゴミ袋を作り、正面の壁に固定する。**袋の口を外側に折り返しておく** (汚染を防ぐため)。可燃物には紙・脱脂綿、難燃物にはゴム手袋・チップ・コンカルチューブ、不燃物にはラップ・アルミホイル・金属が該当する (図 1 ②)。

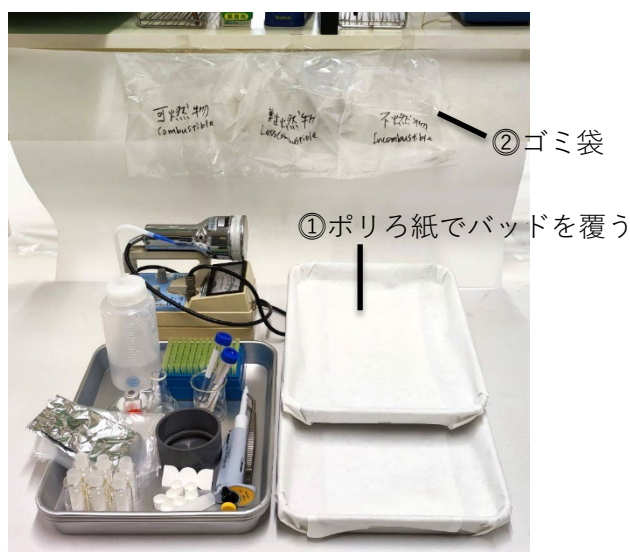


図 1 実験準備



図 2 GM サーベイメータ

- (3) GM サーベイメータ (図 2) の電源を入れ、レンジ 100cpm または 300cpm、時定数 30sec でバックグラウンド N_{GM} を測定する(電源を入れ 1、2 分後に測定値が安定したら 10 秒ごとに目盛りを 3 回読み取り記録する)。3 回測定の平均を求める。

GM サーベイメータバックグラウンド (N_{GM})

1 回目	2 回目	3 回目	平均
cpm	cpm	cpm	cpm

I-2 非密封放射性同位元素試薬の希積分注操作（コールドラン）

RI 実験では高濃度の原液をバイアル瓶から分取、希釈して実験に使用することが多くあり、適切な操作ができないと汚染、被曝の原因となる。ここでは赤インクの入ったバイアル瓶を RI 原液と見立て分取、希釈の操作を練習する。

- (1) バイアル瓶の表面を脱脂綿で拭い、汚染の有無を確認する。
 - 常圧で封入した容器を低圧となる航空機で輸送するなどの事例で、汚染は蓋と本体の接合部位に多くあります。この部位を中心に拭きます。
- (2) ピンセットで蓋を外し、蓋の内側を上にしてトレーに置く。
 - 容器の内側は原液と接しているため、蓋の内側は目に見えなくても RI がついています。これを下にしておくとポリ濾紙に汚染がつきます。
- (3) 100 μ L をピペッターで分取し 1.9mL の水が入った 15mL チューブに加える。(図 3)
 - 分取した溶液をフラッシュアウトするとエアロゾルが発生し、汚染の原因となります。泡が出来ないように操作してください。
- (4) 外した蓋は使用後、速やかに戻す。
 - β 線核種では容器自体が遮蔽材となっています。蓋を外すと上部には遮蔽材がない状態となり、 β 線が直接外部に放射されます。従ってバイアル瓶の蓋を外して内部の様子を観察する行為は厳禁です。
- (5) 15mL チューブを優しく攪拌する。
 - 赤インクが上部につかないようにします。上部に赤インクが着くと、次に分取する際、ピペッターの先に付着し汚染が他の部位に広がる可能性があります。

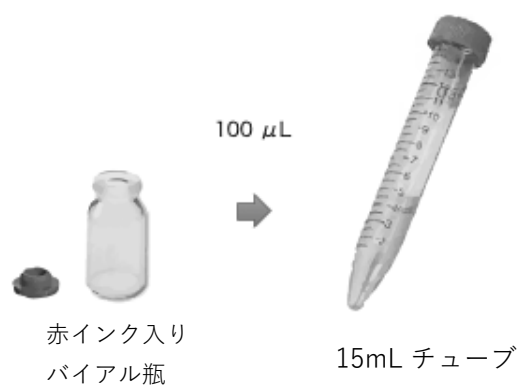


図 3 RI 原液に見立てた赤インクの方取

ホットランで行う最初の操作を、赤インクを用いて行いました。赤インクがポリ濾紙、脱脂綿、ピペッターの先、コニカルチューブの上部などについていないか確認してください。これらの部分の汚染は被曝の原因となります。

コールドランの操作はここまでです。次は同じ操作を RI 溶液を使用して行います。

I-3 非密封放射性同位元素試薬の希積分注操作（ホットラン）

放射性同位元素の希釈と ^{32}P を含む標準試料(10Bq/ μL)の希釈系列をもとに標準曲線を作成する。これをもとに未知試料中の ^{32}P の濃度を決定する。

- (1) 配布された標準試料、未知試料のバイアル瓶表面に汚染がないことを脱脂綿で拭いて確認する。
- (2) バイアル瓶の蓋をピンセットで取り外し、標準試料 100 μL をピペットで分取して、蒸留水 1.9mL が入っている 15mL チューブに加えて希釈液(20 倍)を作成する。
- (3) 白チューブ 6 本にグループ番号および試料番号 (1~6) をマジックで書き、これらをガラススタンドに並べておく。
- (4) 白チューブ 2~5 には表 1 に示す液量の希釈標準液を入れる。
- (5) 白チューブ 6 には未知試料 100 μL を入れる。(図 5)
- (6) 6 本の白チューブに液体シンチレーター 4mL (図 4) を入れキャップし、よく攪拌した後、液体シンチレーションカウンタ (液シン) で測定する^{*1}。



図 4

^{*1} 測定はオペレーが行うので、所定の場所に置かれた試料箱に並べて置く。

表 1

白チューブ番号	1	2	3	4	5	6
標準溶液(μL)	0	50	100	150	200	-
未知試料(μL)	-	-	-	-	-	100
シンチレーター	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL	4 mL

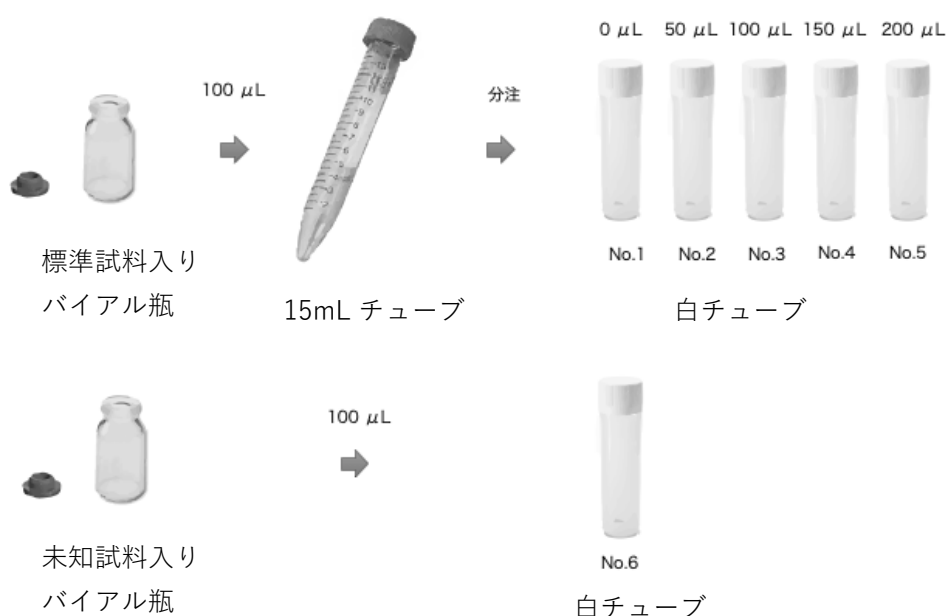


図 5 RI 試料の希積分注操作

I-4 まとめ

^{32}P 希釈標準液の放射能濃度は $0.5\text{Bq}/\mu\text{L}$ である。これから各試料に含まれる放射能を計算により求める。

白チューブ番号	1	2	3	4	5
希釈液液量 (μL)	0	50	100	150	200
既知放射能 (Bq) ^{*2}	0				
既知放射能(dpm) ^{*3}	0				

^{*2} 既知放射能 = $0.5 \times (\text{希釈液液量}(\mu\text{L}))$

^{*3} dpm とは 1 分間あたりの壊変率である。 $1\text{Bq} = 1\text{ dps} = 60\text{dpm}$

したがって既知放射能(dpm) = 既知放射能(Bq) \times 60

測定値の正味計数率を求める。

白チューブ番号	1 ^{*5}	2	3	4	5	6
測定値 (cpm)						
正味計数率(cpm) ^{*4}	0					

^{*4} cpm とは 1 分間あたりの計数率である。正味計数率とは測定値からバックグランド計数率 (1 の測定値) を減算した値である。

^{*5} 1 番の測定値は液体シンチレーションカウンタのバックグランド(N_{LSC})となる。

横軸に既知放射能 (dpm 換算値)、縦軸に正味計数率(cpm)をとってグラフを作成し、原点を通る標準曲線を作成する。

標準曲線 (直線) の傾き (液シンの計数効率 η_{LSC}) を計算し、未知試料の放射能濃度を算出する。

未知試料の正味計数率(cpm)	(a)		
液体シンの計数効率(η_{LSC}) (%)		グラフより算定	
未知試料の放射能濃度(dpm/ $100\mu\text{L}$)	(b)	$b = a \div (\eta_{\text{LSC}} \div 100)$	
未知試料の放射能濃度(Bq/ $\text{m}\ell$)	(c)	$c = b \div 60 \div 0.1$	

II 汚染の測定および除染

放射性同位元素による汚染の発見と表面汚染後の測定及び除染の方法について実習する。

II-1 サーベイ法による表面汚染密度の測定

1. 所定の棚からグループ番号が書かれた 6 × 6 の升目が書かれた透明の OHP フィルムをアルミトレイに乗せたまま実験台の上にもってくる。
2. OHP フィルムの上にラップを被せ、時定数 3sec で GM サーベイメータのプローブをゆっくり動かしながら 2 つの汚染箇所を探す。
3. 1 つ目の汚染箇所にプローブの塩化ビニール製アダプターを置き、その上にプローブを立てる(図 6)。
4. 時定数 30sec で測定する。目盛りが安定するのを待って、測定値 N_1 を読み取る。
5. アダプターを動かさないようにプローブを抜きプローブをアルミホイルで包み、再び 30sec で測定して N_2 とする。
6. 2 つ目の汚染箇所でも同様に N_1 及び N_2 を測定する。



図 6

[実験結果のまとめ]

特定した 2 つの汚染箇所と N_1 及び N_2 を報告書に書き、下の式からアルミホイルによる減衰率を計算し、表 2 から核種を推定する。 N_{GM} は、I-(3)で測定したバックグラウンドである。

$$\text{減衰率} = \frac{N_2 - N_{GM}}{N_1 - N_{GM}}$$

II-1-(8) 表面汚染密度を以下の式により算出する。 N_{GM} は I-(3)の結果を、計数効率 η_{GM} は表 2 の値を用い、 S_p はプローブの有効面積で 18.9 cm^2 とする。

$$\text{表面汚染密度}(Bq/cm^2) = \frac{N_1 - N_{GM}}{(\eta_{GM}/100) \times 60 \times S_p}$$

表 2

核種	^{32}P	^{45}Ca	$^{14}\text{C} / ^{35}\text{S}$	^3H
減衰率	0.96	0.70	0.40	0.00
計数効率 η_{GM} (%)	26	6.3	2.3	0.1

II-2 スミア法による汚染の除去と表面汚染密度の測定

1. 2つの枠が書かれた薄茶色の汚染板にラップを被せ、指定された A・B いずれかについて時定数 3 sec で GM サーベイメータで最も高い汚染箇所を探す。
2. その位置にプローブの塩化ビニル製アダプターを置き、時定数を 30 sec とし、GM サーベイメータで測定する。このときの測定値を N_3 とする。
3. 汚染板のラップを外し、少量の蒸留水で湿らせたスミア濾紙で枠内全域を数回ていねいにこすって汚染を拭き取る。
4. スミア濾紙の両端をピンセットでやぶり取り、中央の丸い部分をミニバイアルに折って入れる。
5. 実習 I-3-(6)と同様に液体シンチレーター 4mL を入れて提出する。液体シンチレーションカウンタで測定する。
6. 汚染板に再びラップを被せ、拭き取り前と同様の位置で再測定する。このときの測定値を N_4 とする。

[実験結果のまとめ]

II-2-(7) 以下の式により拭き取り効率 D (%) を計算する。 N_{GM} は、I-(3)で測定したバックグラウンドである。

$$D = \frac{(N_3 - N_4)}{(N_3 - N_{GM})} \times 100$$

スミア濾紙の測定結果 N_5 から表面汚染密度(S)を計算する。ここで N_{LSC} は I-3 のミニバイアル1の測定結果を、 η_{LSC} は I-4 のまとめで算定した結果を用い、 S_A は拭き取り面積 100 cm^2 を用いる。

$$\text{表面汚染密度}(Bq/cm^2) = \frac{N_5 - N_{LSC}}{(\eta_{LSC}/100) \times 60 \times S_A \times (D/100)}$$

III 後片づけ

- (1) 実習 I-3 で用いた標準試料・未知試料の入ったバイアルは指定されたフード内へ戻す。
- (2) コニカルチューブに残った溶液は廃液入れに、チューブは難燃物とする。
- (3) 時定数 3 sec、レンジ 300 cpm とした GM サーベイメータで実験台及び実験器具等の汚染がないことを確認する。汚染の有無は N_{GM} の 2 倍の値を判断基準とする。
- (4) 可燃物、難燃物、不燃物のゴミ袋は分類ごとに指定の容器に廃棄する。ゴミ袋を廃棄物容器に捨てる際は手袋を着けたまま行き、手袋は最後に難燃物容器へ捨てる。
- (5) バットを覆っていたポリ濾紙は、汚染のないことを確認した後、通常ゴミ箱に捨てる。
- (6) 残りの実験器具等は整理してバットに入れ、元の状態にする。GM サーベイメータの電源を切る。

提出日	
-----	--

実習報告書 - 1 (記録用)

班番号		所属 (学籍番号)		氏名	
-----	--	-----------	--	----	--

GM サーベイメータのバックグラウンド計数率 (N_{GM})	cpm
-------------------------------------	-----

I. 未知試料の放射能濃度の決定

試料番号	1	2	3	4	5	6
正味計数率(cpm)						
既知放射能(dpm)						

液体シンチレーションカウンタの計数効率 η_{LSC}	%
未知試料の放射能濃度	Bq/mL

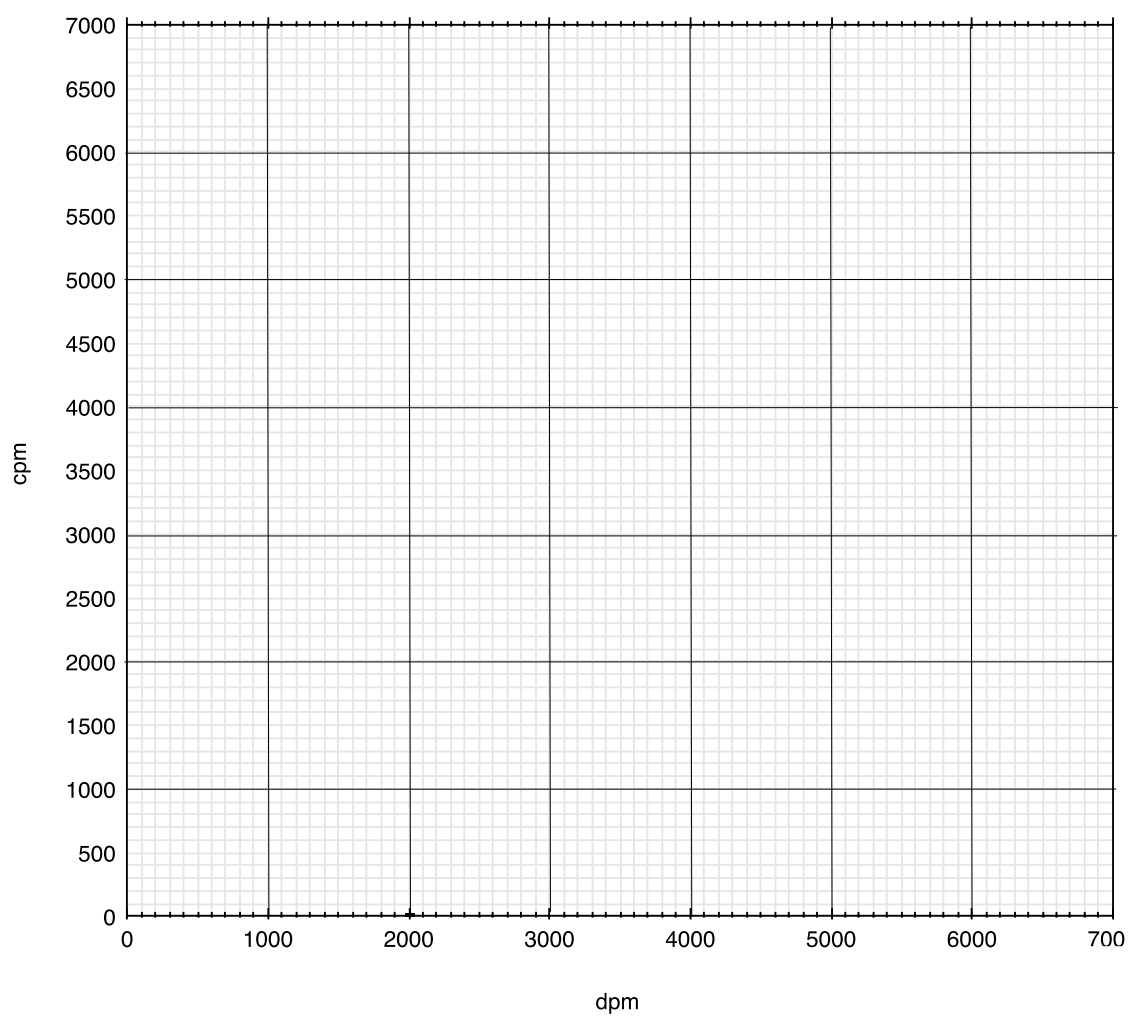
II - 1. 汚染の測定

汚染部位	N_1 (cpm)	N_2 (cpm)	$\frac{N_2 - N_{GM}}{N_1 - N_{GM}}$	推定核種	表面汚染密度

II - 2. スミア法

拭き取り前の計数率	N_3	cpm
拭き取り後の計数率	N_4	cpm
液シンの計数率	N_5	cpm
拭き取り効率	D	%
表面汚染密度	S	Bq/cm ²

標準曲線の作成に使用してください。



IV 密封線源の取扱い

放射線の防護の三原則（距離・時間・遮へい）のうち「遮へい方法」を体験し、 β 線と γ 線の特徴及び相違について理解する。

IV-1 β 線の遮へいと吸収曲線の測定

高エネルギー β 線源に対し、アクリル板の厚さを変えて遮へいした場合、透過した放射線の量（cpm）がどのように変化していくのかを観察する。さらに別紙グラフ用紙を用いて β 線の吸収曲線を作成し、 β 線を完全に吸収するアクリル板の厚さ[mm]を決定する。

線源種類 : $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$

放射線の線質 : 荷電粒子線（物質と相互作用を起こし減衰しやすい性質をもつ）

半減期 : 28.74年

β 線の最大エネルギー : 2.280MeV

遮へい板 : アクリル（1mm厚）

検出器 : GM管（ β 線及びX/ γ 線に対し高感度であるがX/ γ に対して測定効率はよくない）

測定器 : ユニバーサルスケラー（積算型）設定時間[min]に対し、[count]を積算表示

[例] cpmとは、count/minである。表示値をcpmに換算するには、0.5min設定時の表示countが50のとき50count/0.5minより、100cpmとなる。

- (1) 線源のセットおよびBGの測定はすでにされているので、まずカウンタの表示値(図7①)を2倍し、報告書の「BG計数率」欄に記録する。
- (2) 線源の上に1mm厚のアクリル板(図7④)を、別紙報告書の表に従って必要な枚数を置き(図7③最初は何も置かない)リセットカウント(図7②)を押し測定する。カウンタの読みを2倍し「計数率」欄に記録し、その値から「BG計数率」を差し引いたものを「net-cpm」欄に記録する。
- (3) 線源の上にアクリル板を0、1、3、5、7、9枚のせ、(2)を順次くり返す。
- (4) 片対数方眼紙を用い「 β 線の吸収曲線」を作成する。
横軸：遮へい板の厚さ[mm]
縦軸： β 線の透過線量[cpm]とする。
- (5) グラフから底辺と交わる値を読み取り「 β 線を完全に吸収する厚さ(mm)」欄に記入する。表作成の際「net-cpm」がマイナスになる場合は「1」として記録する。



図7

IV-2 γ 線の遮へい（デモンストレーション）

高エネルギー γ 線源に対し、鉛板の厚さを変えて遮へいした場合、透過した放射線の量（count）がどのように変化していくのかを観察する。さらに別紙片対数方眼紙に γ 線の吸収曲線を作成する。また、鉛板の代わりに 50 mm厚のアクリル板を置いたときの count を、鉛板の場合と比較し考察する。

線源種類： ^{137}Cs

放射線の線質：光子（電荷を持たないため物質と相互作用を起こしにくく透過力が高い）

半減期：30.167年

γ 線のエネルギー：0.662 MeVの γ 線を放出する

遮へい板：鉛（10 mm厚）

検出器：NaIシンチレーター（光子のエネルギー 60 keV以上のX線及び γ 線に対し高感度、 β 線には感度がない）

測定器：ユニバーサルスケーラー（積算型）

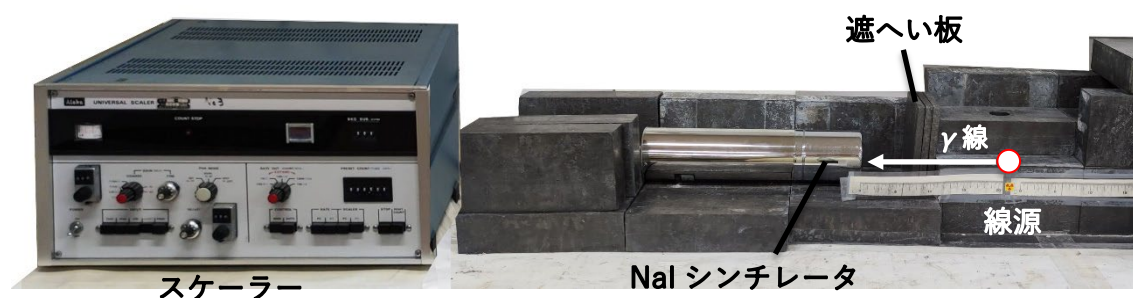


図 8

IV-(1) すでに設置してある実習装置（図 8）を用い講師が行う。ホワイトボードに書かれた値を2倍し、報告書の「計数率」欄に記録する。

IV-(2) 10 mmから 50 mmの鉛板を線源と検出器の間に置き測定する。鉛による γ 線の遮へい効果を理解する。片対数方眼紙に記録する。

IV-(3) 鉛の ^{137}Cs γ 線に対する半価層、1/10 価層について理解する。

IV-(4) 鉛板のかわりに 50 mm 厚のアクリル板を置いた場合の γ 線の透過力を観察し、鉛板の場合と比較し、鉛による γ 線の遮へい効果を理解する。

提出日	
-----	--

実習報告書 - 2 (記録用)

班番号		所属 (学籍番号)		氏名	
-----	--	-----------	--	----	--

IV-1 β 線測定

板の厚さ (mm)	計数率	Net cpm
0		
1		
3		
5		
7		
9		

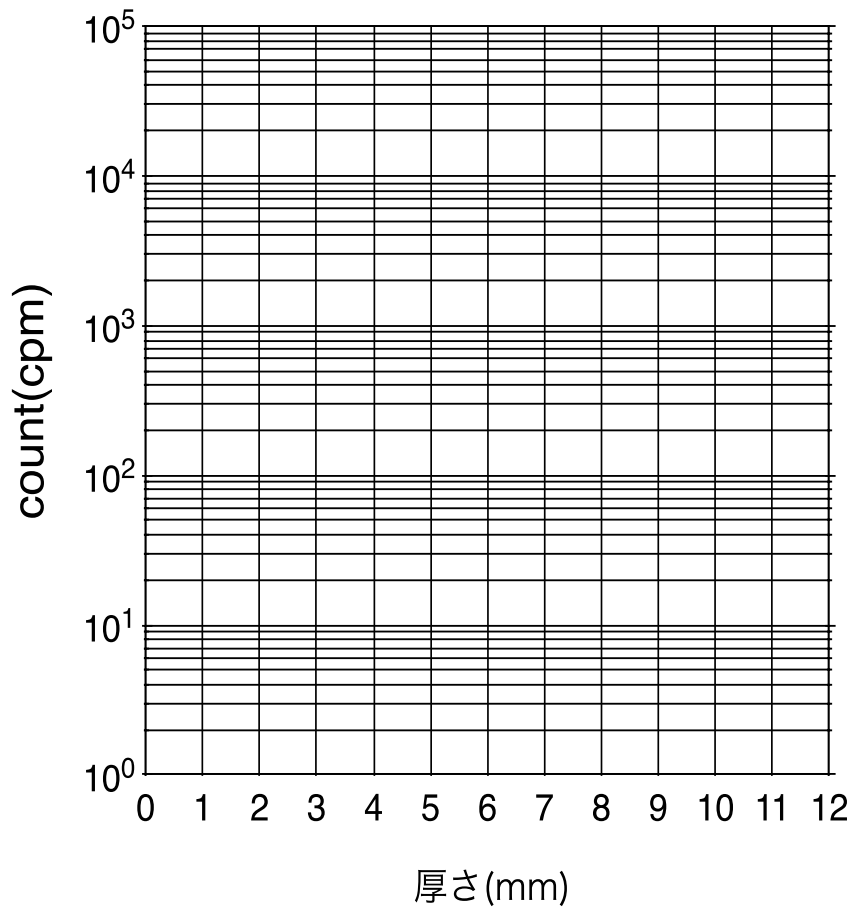
バックグラウンド計数率	cpm
β 線を完全に吸収する厚さ	mm

IV-2 γ 線測定

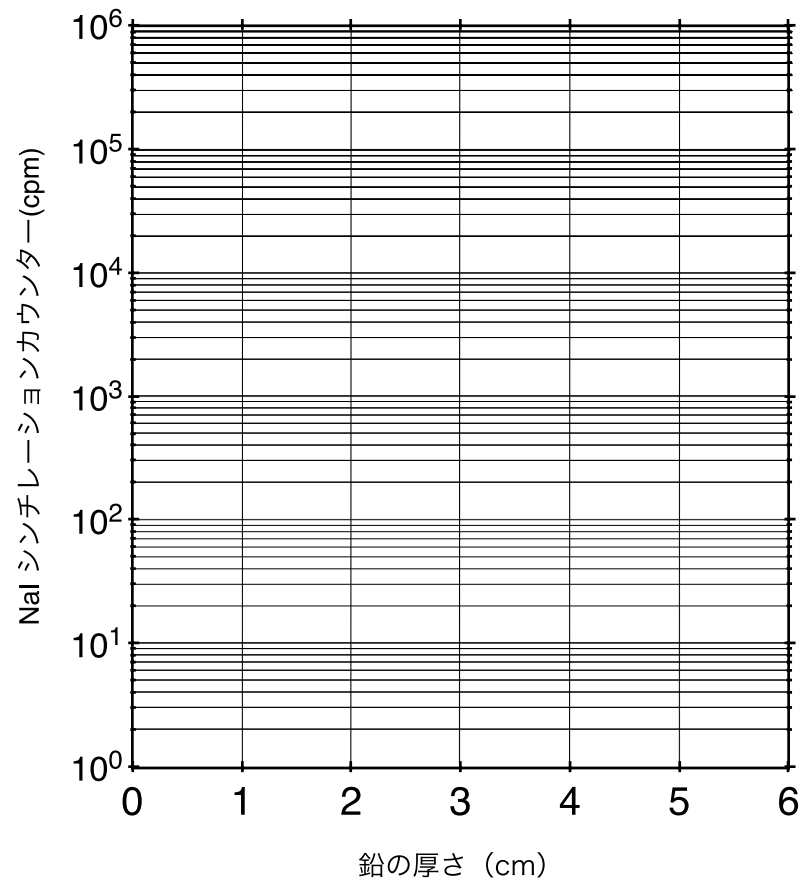
鉛の厚さ (cm)	計数率	Net cpm
0		
1		
2		
3		
4		
5		

BG 計数率	cpm
1/10 価層	cm
アクリル 5 cm	cpm

IV-1



IV-2



提出日	
-----	--

実習報告書 - 1 (提出用)

班番号		所属 (学籍番号)		氏名	
-----	--	-----------	--	----	--

GM サーベイメータのバックグランド計数率 (N_{GM})		cpm
------------------------------------	--	-----

I 未知試料の放射能濃度の決定

試料番号	1	2	3	4	5	6
正味計数率(cpm)						
既知放射能(dpm)						

液体シンチレーションカウンタの計数効率 η_{LSC}		%
未知試料の放射能濃度		Bq/mL

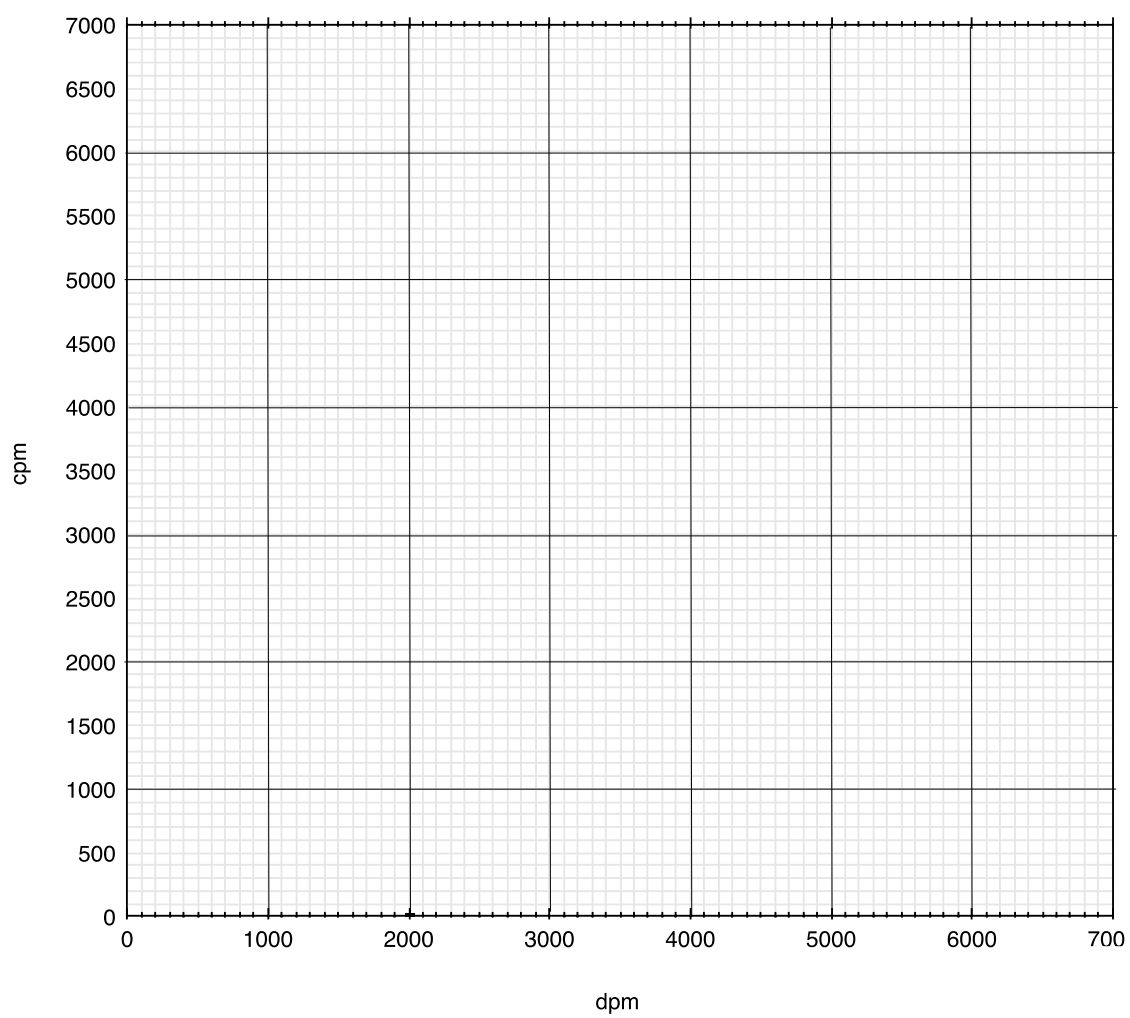
II - 1 汚染の測定

汚染部位	N_1 (cpm)	N_2 (cpm)	$\frac{N_2 - N_{GM}}{N_1 - N_{GM}}$	推定核種	表面汚染密度

II - 2 スミア法

拭き取り前の計数率	N_3	cpm
拭き取り後の計数率	N_4	cpm
液シンの計数率	N_5	cpm
拭き取り効率	D	%
表面汚染密度	S	Bq/cm ²

標準曲線の作成に使用してください。



提出日	
-----	--

実習報告書 - 2 (提出用)

班番号		所属 (学籍番号)		氏名	
-----	--	-----------	--	----	--

IV-1 β 線測定

板の厚さ (mm)	計数率	Net cpm
0		
1		
3		
5		
7		
9		

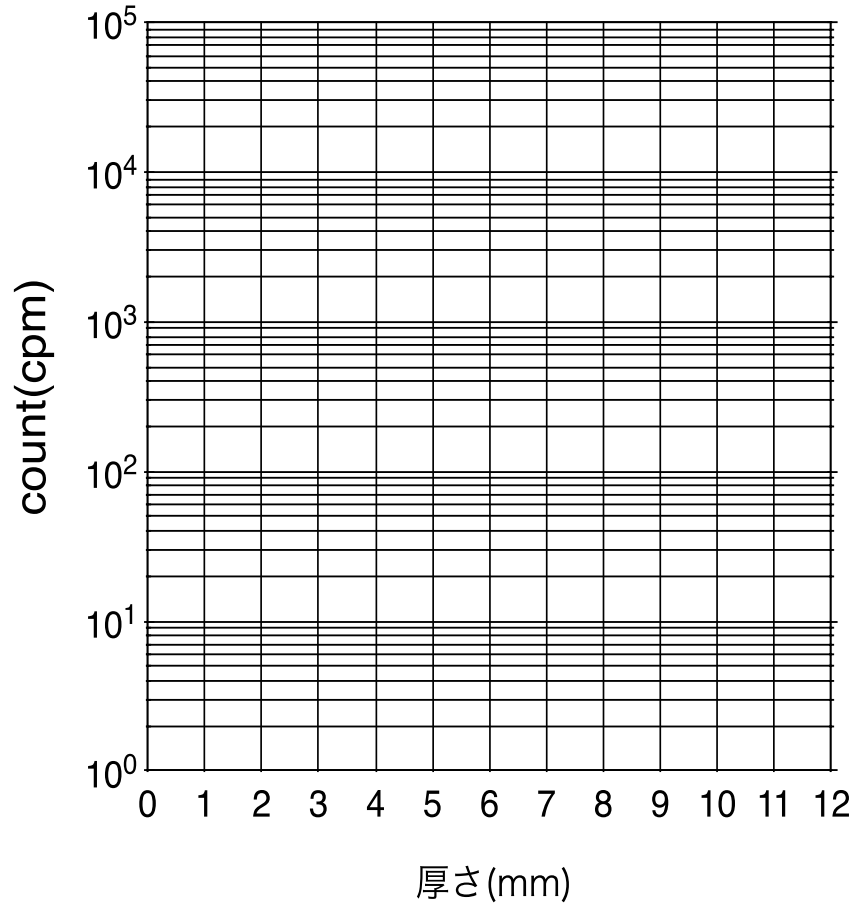
バックグラウンド計数率	cpm
β 線を完全に吸収する厚さ	mm

IV-2 γ 線測定

鉛の厚さ (cm)	計数率	Net cpm
0		
1		
2		
3		
4		
5		

BG 計数率	cpm
1/10 価層	cm
アクリル 5 cm	cpm

IV-1



IV-2

