

付録1

## 下限数量以下の非密封<sup>32</sup>Pを用いた放射線測定 (A 大学薬学部の実施例、一部記載省略)

### 1. 放射線の種類と物質透過性

**【到達目標：放射線を測定できる、放射性核種の半減期を算出できる】**

#### 1. ラジオアイソトープ (RI) の取扱い方

薬学におけるラジオアイソトープ (RI)・放射線の利用は、薬を創る学問、薬の作用機序を明らかにする学問、薬を正しく使う学問など多岐にわたるが、トレーサー研究法の果たす割合は極めて大きい。特に診断用のラジオアイソトープで標識した体内投与用放射性医薬品は、生きているヒトの生体機能を直接追求する薬剤であり、一般医薬品研究が求めている応用学研究の最先端に位置している。たとえば酵素および受容体の特異的な拮抗剤は、生体内の本来の基質よりもより強く結合できるが、これらを放射性元素で標識して生体に投与すれば、標的とする酵素や受容体の多く存在する組織や細胞内器官に集まり、その場所や存在量を映像として特定することができる。この手法は生きたヒトを対象とした診断にも利用されており、脳内の組織の特定の酵素量や受容体量を手術などすることなく測定できる。

病院などの医療機関においては、薬剤師の資格で放射性医薬品としての放射性物質の取扱いが法的に認められており、放射性医薬品の調製や管理については薬剤師が責任を持つべきものである。このようにラジオアイソトープ・放射線に関する正しい知識と理解なしでは薬の科学を進めることは不可能となっている。

薬に有益な作用と有害な作用があるように、ラジオアイソトープ・放射線を利用する科学・技術にも便益と同時に危険性が必ず付随する。ラジオアイソトープ・放射線に悪玉あるいは善玉の区別などはもちろんないが、原子核からのメッセージについて正しい理解と認識を深めることが、ラジオアイソトープ・放射線を安全にかつ有効に使いこなすために重要である。

この実習では、放射性物質についてその有効で安全な利用を行うための基本的な取扱い方を理解するとともに、少量の放射性物質を用いて放射線の性質と検出・測定法について学習・修得する。

※ 今回の実験に用いる下限数量以下の非密封 RI は、上記の注意を守って適切に使用する限り安全であり、健康上何の問題もありません。

## (1) 下限数量以下の非密封 RI の安全取扱い (項目のみ掲載)

### I. 放射線防護の原則

- a) 体外被ばくに対する防護                      b) 体内被ばくに対する防護

### II. 下限数量以下の非密封 RI を取り扱う実験室での諸注意

- (2) 放射線の種類と物質との相互作用
- (3) 放射線の測定
- (4) ガイガー・ミュラー (GM) 計数管について
- (5) 半減期について

## 2. GM 計数管を用いた放射線の測定

### (1) 調製済みの試薬

$^{32}\text{P}$  水溶液、 $^{51}\text{Cr}$  水溶液

### (2) 操作手順

#### [1] GM 計数管測定を行う検体の調製

- ① 未知検体 (水溶液) 2 種 ( $^{32}\text{P}$ :  $\beta$  線放出核種, エネルギー 1.71 MeV,  $T_{1/2} = 14.3$  d,  $^{51}\text{Cr}$ :  $\gamma$  線放出核種, エネルギー 0.32 MeV,  $T_{1/2} = 27.7$  d) をマイクロピペットで試料皿に採る (10  $\mu\text{L}$ )。
- ② 赤外ランプで乾燥させた後、ラッカーを 30  $\mu\text{L}$  を加えて表面に膜を作り、再度赤外線ランプで乾燥させる。(約 5 分間。焦げないように注意する。)
- ③ 乾燥した試料をシャーレにいれる。

#### [2] GM 計数管のプラトー測定による使用電圧の決定

- ① 高電圧調節つまみが最低 (左いっぱい) になっていることを確認する。
- ② 確認後、数分間ウォーミングアップする。
- ③ 計数装置内の 2 段目に放射線源を置く。
- ④ カウントボタンを押し、計数装置を作動状態にする。高電圧つまみをゆっくりと時計方向に回し、印加電圧を徐々に上げていくとある電圧で計数装置が動作し初め、カウント数が表示されるようになる。この時の電圧を始動電圧という。始動電圧で 0.5 分間計測する。
- ⑤ 始動電圧から 25V ずつ印加電圧を上げていき、それぞれの電圧で 0.5 分間計測する。ただし上限は 1400V までとする (1400V は必ず測定する)。

#### \*注意!

GM 計数管の電圧を 1450V 以上にすると計数管が破壊され、非常に危険です。1450V 以上には絶対にあげないこと! プラトー部 (計数率がほぼ一定になる領域) を過ぎ、計数率の増加傾向 (連続放電領域) が見られた時は、測定を中止し、すぐに電圧を下げること。

- ⑥ 方眼紙の横軸に印加電圧 (V)、縦軸に計数値をプロットし、プラトー曲線を描く。
- ⑦ プラトー部の最初の 1/4~1/3 のところ (区切りのよい電圧) を使用電圧に決定する。

電圧	(始動電圧)							1400 V
Count (0.5分)								

### [3] GM 計数管による測定と核種の同定

- ① バックグラウンド (BG、サンプルなしで測定した値) を 1 分間、3 回測定する。
- ② GM 計数管の 2 段目に検体を、1 段目にアルミ板をのせて 1 分間、3 回測定する。その後、アルミ板の厚さを変えて測定を繰り返し、遮へい効果の相違により  $^{32}\text{P}$ ,  $^{51}\text{Cr}$  を同定する。

サンプル	アルミ板の厚さ	0.2 mm	0.5mm	1.0 mm	2.0 mm	3.0 mm
なし	① A の count					
平均 (=BG)	② ①の平均					
	③ ②-BG					
	④ log (③)					
	⑤ B の count					
	⑥ ⑤の平均					
	⑦ ⑥-BG					
	⑧ log (⑦)					

### [4] GM 計数管による測定と半減期の算出

- ① GM 計数管の 1 段目に  $^{32}\text{P}$  をのせ、計数率を測定する。さらに、決められた日および「放射能の定量」実習の日に同じ GM 計数管を用いて計数率を測定し、半減期を求める。計数率の測定は毎回、バックグラウンド (BG) を 1 分間、3 回測定し、さらに検体を 1 分間、3 回測定する。検体の計数率 (cpm) から BG (cpm) を差し引く。  
バックグラウンド (BG) は、サンプルを入れない状態で測定することで求められる。

	1.		2.		3.		4.	
	( 月 日 時)		( 月 日 時)		( 月 日 時)		( 月 日 時)	
	BG	$^{32}\text{P}$	BG	$^{32}\text{P}$	BG	$^{32}\text{P}$	BG	$^{32}\text{P}$
1回目								
2回目								
3回目								
平均 (cpm)								
① $^{32}\text{P}$ -BG								
② log (①)								

- ② 測定終了後、GM 計数管の高圧電源のつまみをゆっくりと反時計方向に回し、電圧を下げ、もとの最低の位置になったことを確認してから電源を切る。

### (3) 廃液・廃棄物の処理

すべての廃棄物は所定の廃棄物容器に廃棄する。

### (4) 実験データのまとめ方

- ① [2]の結果から、プラトー曲線を描く。プラトー部を決め、使用電圧およびプラトー勾配を求める。
- ② 計数率の対数値を縦軸に、アルミ板の厚さを横軸にとり、2種類の検体の測定結果（④および⑧）から近似曲線（直線）を描く。

### (5) 課題

- ① 始動電圧(OV)、使用電圧(OV)、プラトー部(OV～OV)およびプラトー勾配をレポートに記す。
- ② 放射線の種類と物質の透過性の関係から、検体A、Bのどちらが $^{51}\text{Cr}$ で、どちらが $^{32}\text{P}$ であるかを考察する。
- ③ 崩壊曲線（直線）の傾きから半減期を求める。

## 2. 放射能の測定

**【到達目標： $^{32}\text{P}$  および  $^{40}\text{K}$  の放射能を測定できる】**

### 1. 測定法の原理

この実験の目的は、GM計数管を用いて標準線源との相互比較による放射能の定量測定法を習得することである。GM計数管の厳密な計数効率の測定は多くの補正を必要とし、極めて難しいが、簡易法として、 $^{90}\text{Sr}$ 標準線源を用いて壊変率（放射能）を求める。（一部省略）

### 2. GM計数管を用いた放射能の測定

#### (1) 調製済みの試薬

$^{32}\text{P}$ 水溶液

#### (2) 操作手順

##### [1] $^{32}\text{P}$ の放射能の測定

- ①  $^{32}\text{P}$ の水溶液をマイクロピペットで銅製の試料皿の中央にのせる（10  $\mu\text{L}$ ）。
- ② 赤外ランプで乾燥させた後、ラッカーを30  $\mu\text{L}$ を加えて表面に膜を作り、再度赤外線ランプで乾燥させる。（約5分間。）
- ③ GM計数管のバックグラウンド（BG、自然計数）を1分間、3回測定する。
- ④ 標準線源を1段目に置き、1分間、3回測定する。さらに2段目～6段目と位置を変え、それぞれ1分間、3回測定する。（標準線源（ $^{90}\text{Y}$ ）の放射能\_\_\_\_\_ Bq (=A)）
- ⑤ 試料（ $^{32}\text{P}$ ）について④と同様に行う。

サンプル なし	位置	1 段目	2 段目	3 段目	4 段目	5 段目	6 段目
	① $^{90}\text{Y}$ count						
平均 (=BG)	② ①の平均						
	③ ②-BG						
計数 効率	④ ③/ $(A' \times 60 \times 1.65)$						
	⑤ $^{32}\text{P}$ count						
	⑥ ⑤の平均						
	⑦ ⑥-BG						
$^{32}\text{P}$ 放射能	⑧ ⑦/ $(④ \times 60 \times 1.44)$						

## [2] 自然界に存在する放射能の測定

- ① GM 計数管を求めた使用電圧に設定し、安定化させる。
- ② 市販の KCl 試薬約 1 g を秤量皿に精秤する。(KCl \_\_\_\_\_ g)
- ③ 空の秤量皿 (バックグラウンド (BG、自然計数) を計測する) と KCl の入った試料皿を 2 段目でそれぞれ 5 分間ずつ計測し、計数率 (cpm) を求める。  
(BG : \_\_\_\_\_ counts、\_\_\_\_\_ cpm、KCl : \_\_\_\_\_ counts、\_\_\_\_\_ cpm)
- ④ 測定終了後、GM 計数管の高圧電源のつまみをゆっくりと反時計方向に回し、電圧を下げ、もとの最低の位置になったことを確認してから電源を切る。

## (3) 廃液・廃棄物の処理

すべての廃棄物は所定の廃棄物容器に廃棄する。

#### (4) 実験データのまとめ方

- [1] 指示に従って計算し、表を完成させる。
- [2] KCl の計数率  $n_s$  (cpm) からバックグラウンド (BG、自然計数) の計数率  $n_b$  (cpm) を差し引き、KCl の正味の計数率  $n$  (cpm) を算出する。計数効率を 7.0% として  $^{40}\text{K}$  の放射能を求める式[1-1]ならびに原子数を計算する式[1-2]に数値を代入し、KCl 中に存在する放射性物質  $^{40}\text{K}$  ( $\beta^-$ 線放出核種, エネルギー 1.31 MeV) の存在比を求める。

$^{40}\text{K}$  の放射能  $A$  (dpm) の求め方

$$A = n / (k \times f_w) \cdots [1-1]$$

$A$ : 塩化カリウム \_\_\_\_\_ g 中の放射能の測定値 (dpm)

$k$ : 計数効率 (%) (今回は 7.0%)

$n$ : 測定された標準試料放射線源の正味の計数率  $= n_s - n_b$  (cpm)

$f_w$ : 自己吸収補正係数 塩化カリウム約 1 g の場合: 0.8

$^{40}\text{K}$  の原子数  $N_0$  (個) の求め方

$$A = \lambda \times N_0 \times a \text{ (dpm)} \cdots [1-2]$$

$\lambda$ : 壊変定数

$$T_{1/2} = 0.693 / \lambda \text{ (min)}$$

半減期 ( $T_{1/2}$ ):  $6.73 \times 10^{14}$  min

$\beta^-$  壊変の割合 ( $a$ ): 89.3%

$N$ : \_\_\_\_\_ g の KCl 中に含まれる K 原子の個数  $=$  KCl のモル数  $\times$  アボガドロ定数

KCl の分子量: 74.55

$$\text{KCl 中に存在する } ^{40}\text{K} \text{ の存在比 (\%)} = N_0 / N \times 100 \cdots [1-3]$$

#### (5) 課題

- ① 1 段目～6 段目で計数効率が異なるのは主に何が原因か。また、1 段目～6 段目で  $^{32}\text{P}$  の放射能が異なる結果となった原因を考察せよ。
- ② 今回求めた  $^{40}\text{K}$  の存在比を用いて、体の中から出ている  $^{40}\text{K}$  の放射能 (Bq) を計算せよ。ただし体内のカリウム (原子量: 39.10) は体重のおよそ 0.2% であり、体重は 60kg とする。

#### (6) 参考: 計数効率について

- a) 幾何学的効率      b) 吸収      c) 散乱      d) 数え落とし

(注) 印刷物等に転載するには、転載許可が必要です。