

付録2

下限数量以下の非密封 ^{32}P を用いた β 線の最大エネルギー推定と未知核種の同定 (B 大学薬学部の実施例)

■ β^- 線の吸収曲線と未知核種の同定

[目的]

β^- 線の最大エネルギーを推定したり、あるいはGM計数管の入射窓、試料と入射窓間の空気層による β 線の吸収を補正して吸収ゼロの真の計数値を求めたりする時には吸収曲線を作成する必要がある。また、これより得られた吸収曲線を用いてFeather法などにより未知核種のエネルギーを求め、核種を推定することができる。

そこで、本実習では ^{32}P 線源を用いて吸収曲線を作成し、これより最大飛程を読みとり、最大エネルギーを計算により求める。さらに、Feather法により未知核種の同定を行う。

[理論]

β^- 線源とGM計数管との測定装置試料棚に線源を置き吸収体の厚さと計数率との関係を示したものを**吸収曲線**という。 β^- 線は物質と相互作用し、徐々にエネルギーを失う。 β^- 線のエネルギーは連続スペクトルを示し、吸収体の厚さを増すと、吸収される β^- 粒子の数は減少し、やがてある厚さに達すると、ついにはゼロとなり計数されなくなる。この時の厚さを、その物質中での**最大飛程**という。

[準備]

使用機器：GM測定装置一式

使用器具：アルミ吸収板セット、ピンセット

線源： ^{32}P 線源 (2 kBq)、未知線源 (^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca 、各 2 kBq)

[操作]

[A] β 線の吸収曲線と最大エネルギーの推定

- (1) 主電源スイッチを入れた後、印加電圧調節用ダイヤルを回し、GM計数管の使用電圧に合わせる。
- (2) ^{32}P 線源を適当な棚に置き、計数率が $(8\sim 9) \times 10^3$ cpmであることを確認する。
- (3) ^{32}P 線源を棚から取り除き、自然計数を10分以上測定する。
- (4) 操作(2)で得られた棚に ^{32}P 線源を納め、吸収板がない時の計数率を再度測定する。

- (5) 800 mg/cm² の前後の吸収板を最大値として、この約 1/10 程の厚さのものから順次、2/10、3/10、・・・と厚みを増して、各々の計数率を測定する。

* 各計数率からは当然自然計数率を差し引く必要がある。

- (6) 得られた測定値を片対数方眼用紙に、横軸には吸収層の厚さ (mg/cm²) を、縦軸 (対数目盛) には計数率をプロットし、吸収曲線を作成する。

*吸収板ゼロの点は決して吸収層ゼロではない。空気層の厚さ (1 cm 当たり 1.3 mg/cm²) と GM 計数管の窓厚 (各々記載されている) を加えたもの (1.3×棚段数+GM 計数管の窓厚) が、アルミ吸収板ゼロ点にはすでに厚さとして存在している。

- (7) (6) の吸収曲線より ³²P の最大飛程を読みとる (図 1(a))。

- (8) 読み取った最大飛程を次式に挿入して最大エネルギーを求め、理論値と比較する。

$$R = 0.542 \times E - 0.133 \quad (E > 0.8 \text{ MeV})$$

* R は g/cm²、 E は MeV であるので、計算の際に単位をあわせること。

[B] Feather 法による β 線放出未知核種の同定

吸収曲線から β 線の最大エネルギーを求める最も一般的な方法であり、標準線源として RaDEF あるいは ³²P などが用いられる。ここでは、実験[A]で作成した ³²P による吸収曲線を用いる。

- (1) ³²P の最大飛程が 780 mg/cm² であることから、実験[A]で作成した ³²P の吸収曲線の横軸 (厚さ) を 78、156、234、・・・702 と分割し、各々の点を 0'、1'、2'・・・、9' とする。この場合、原点 (0') が真の吸収層ゼロの点である。
- (2) 0'、1'、2'・・・、9' から縦軸に平行線を引き、吸収曲線と交わった点を求め、各々の点から横軸に平行に仮想線を引く。さらに、これらを縦軸に投影した点 0、1、2、・・・、9 を有する物指し (Feather analyzer) を作成する (図 1(b))。
- (3) ³²P 標準線源と同様に、未知線源について吸収曲線を作成する。この場合、横軸のスケールは同一でなくともよいが、縦軸のスケールはほぼ同一にする。
- (4) Feather analyzer のゼロ (0) 点を未知線源吸収曲線の吸収層 0 の計数率に合わせる。
- (5) Feather analyzer の 1、2、3、・・・、9 に相当する横軸上の吸収層の厚さ r_1 、 r_2 、 r_3 、・・・、 r_9 を読みとる (図 1(c))。
- (6) n に相当する吸収層の厚さを r_n として、見かけの飛程 $R_n = r_n \times (10/n)$ を、 $n = 1, 2, 3, \dots, 9$ について計算する。
- (7) n と R_n との関係を図示し、 $n = 10$ に相当する R_{10} を読みとる (図 2)。

この r_{10} が最大飛程である。この値と図 3 のアルミニウム中での β 線の最大飛程とエネルギーとの関係より、次の式のいずれかを用い最大エネルギーを求める。

$$R = 0.542 \times E - 0.133 \quad (E > 0.8 \text{ MeV})$$

$$R = 0.407 \times E^{1.38} \quad (0.15 \text{ MeV} < E < 0.8 \text{ MeV})$$

ただし、ここで R は g/cm²、 E は MeV 単位。

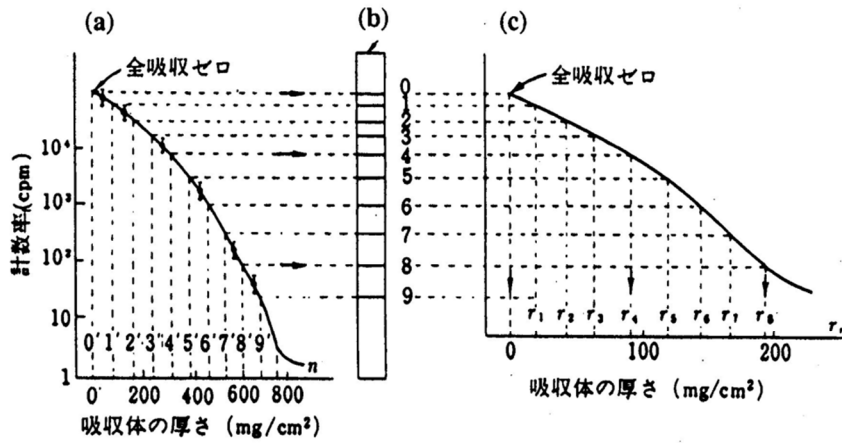


図1 ³²Pの吸収曲線と Feather analyzer の作成

- (a) ³²Pの吸収曲線
- (b) Feather analyzer
- (c) Feather analyzer による未知核種吸収曲線の解析

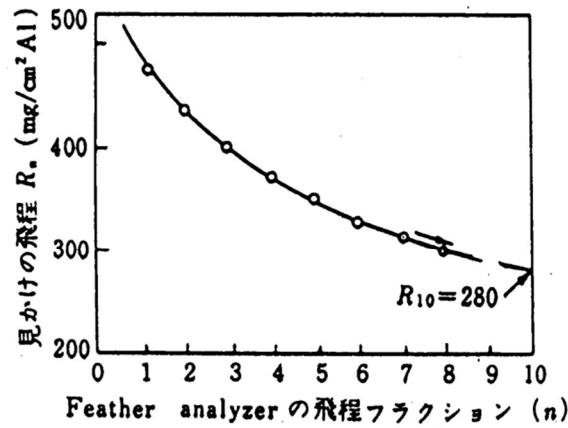


図2 補外法による未知核種の最大否定の推定

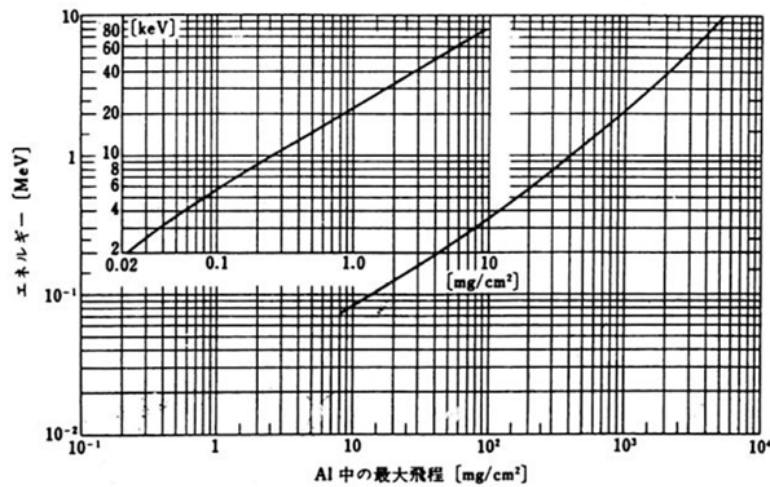


図3 アルミニウム中でのβ線の最大飛程とエネルギー

[データ処理]

- (1) 操作[B]の(7)で求めた最大エネルギーから未知核種を推定する。

[考察への手引き]

- (1) Feather 法により全ての β^- 線のエネルギーが推定できるのはどのような原則が成り立つからか、その理由を考えること。
- (2) β^- 線と同時に γ 線放核種の場合には吸収曲線はどのようなようになるか、考察すること。
- (3) β^- 線のエネルギー決定法には、他にどのような方法があるか。
- (4) 次の核種について放出 β^- 線のエネルギーを確認しておくこと。

^{32}P : β^- 線 (最大エネルギー=1.711 MeV)

^{35}S : β^- 線 (最大エネルギー=0.167 MeV)

^{45}Ca : β^- 線 (最大エネルギー=0.257 MeV)

(出典：アイソトープ手帳 11 版 (編集発行：日本アイソトープ協会))

(注) 印刷物等に転載するには、転載許可が必要です。