

物理学に関する実験例

γ線スペクトロメトリ

物理学に関する実験への導入

『放射性医薬品基準』（平成 25 年改正）には、一般試験法として、「ガンマ線測定法」が設定されており、その方法の放射線検出器として、Ge 半導体検出器、NaI(Tl)シンチレーション検出器（以下、NaI(Tl)検出器）及び電離箱が記載されている。核種の確認、異核種の検出またはこれらの定量には、主に Ge 半導体検出器によるガンマ線スペクトル測定が用いられる。ガンマ線スペクトロメトリは、検出器の種類（Ge 半導体検出器と NaI(Tl)検出器）により得られる情報が異なる。これらの検出器を用いたガンマ線スペクトロメトリの原理、方法等を修得する。

[機器の原理と動作特性]

ガンマ線は、物質に入射すると、光電効果、コンプトン散乱、電子対生成の相互作用でエネルギーを失う。

NaI(Tl)検出器では、入射したガンマ線が NaI(Tl) 結晶にシンチレーション（閃光）を生じさせ、結晶と密着した光電子増倍管の光電面で電子に変換後、増幅されてパルス波高（電圧）となる。このパルス電圧は、NaI(Tl)結晶内で失ったガンマ線のエネルギーに比例している。一方、Ge 半導体では、入射したガンマ線が電子・正孔対を生じさせ、印加電圧のため、それぞれ移動してパルス電流が発生する。NaI(Tl) 結晶と同様に、このパルス電圧はガンマ線が Ge 半導体内で失ったエネルギーに比例している。

NaI(Tl)検出器や Ge 半導体検出器からの出力パルスは、増幅され、マルチチャンネル分析器（MCA）により、波高（パルス電圧：エネルギーに比例）に対する発生数が計数される。そして、エネルギー対頻度の「ガンマ線スペクトル」を得ることができる。

Ge 半導体検出器と NaI(Tl)検出器のガンマ線スペクトルを比較すると、Ge 半導体検出器は、NaI(Tl)検出器より、はるかに優れたエネルギー分解能を持っている（分解能とは、エネルギーを識別する能力で、エネルギーピークの幅が広がるほど、他ピークと互いに分離しにくくなる）。しかし、そのために液体窒素等で検出器を冷却する必要がある（現在は高純度 Ge が容易に得られるため、室温になっても再冷却すれば使用できるが、Ge(Li)を用いていたとき、これは一旦室温になると以後は使用不能だった）。また、測定効率について比較すると、一般に NaI(Tl)検出器の方が、Ge 半導体検出器より高い。したがって、検出器の特徴を考慮し、使い分けるのがよく、複数の核種の同定、定量には分解能の高い Ge 半導体検出器が、単一核種の定量には、測定効率の高い NaI(Tl)検出器が向いているといえる。

γ線スペクトロメトリと土壌中未知核種の同定

[目的]

Ge 半導体検出器と MCA を用いて、まずガンマ線標準線源のガンマ線スペクトルを測定し、MCA が示すエネルギー表示を調整する。次に試料のガンマ線スペクトルを測定し、得られた光電ピークのエネルギーから試料中のガンマ線放出核種を同定する。また、標準線源の光電ピーク面積と試料の光電ピーク面積を比較することで、試料中のガンマ線放出核種の放射能を求める。

[準備]

使用機器：ガンマ線スペクトロメトリ装置一式

標準線源：放射能標準ガンマ体積線源 U8 容器タイプ

(日本アイソトープ協会 MX033U8PP)

(^{109}Cd , ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{51}Cr , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{88}Y , ^{60}Co を均一にアルミナに吸着させ (3~74Bq/g)、市販プラスチック容器 (U8 容器形状ポリプロピレン製) に充填し密封したもの。充填高さを 5,10,20,30,50 mm に設定した 5 個で 1 セット。)

[操作]

- (1) Ge 半導体検出器、増幅器、高圧電源、MCA が正しく接続されているか確認する。
- (2) 標準線源 (U8 タイプ) を検出器に置き測定を開始し、MCA のマニュアルに従って、観測される光電ピークのエネルギー表示を調整する。その後、光電ピーク面積の計数値が、数千カウント以上になる程度の測定時間を設定し、ガンマ線スペクトルを測定する。
- (3) U8 容器の重量をあらかじめ量っておき、そこへ土壌試料を空隙が生じないように、また、用いた標準線源の充填高さと同じになるように均等に充填する。再度、重量を量った後、検出器の汚染防止のため、ポリエチレン袋に入れておく。
- (4) 土壌試料容器を、標準線源と同一の位置に置いて、ガンマ線スペクトルを測定する。
(環境試料の定量には、長時間の測定が必要となる場合が多い。)

[データ処理]

- (1) 試料のガンマ線スペクトルから、光電ピークのエネルギーの値 (MeV) を求める。
- (2) 核データを参考にして、試料中に含まれるガンマ線放出核種の同定を行う。

- (3) 標準線源に含まれる核種 (^{137}Cs) については、標準線源の光電ピーク面積と試料の光電ピーク面積の比較から、試料に含まれる核種 (^{137}Cs) の放射能濃度 (Bq/g) を求める。

[考察への手引き]

- (1) あるガンマ線エネルギーに対応する核種が複数存在するとき、どのように同定するか。