

教育用簡易型ガンマ線スペクトロメータの作製及び性能評価

Manufacture and performance evaluation of the low cost gamma ray spectrometer for education

○遠藤岬¹, 山中雅則²*Misaki Endo¹, Masanori Yamanaka²

Abstract: The gamma ray spectrometer is expensive. Therefore it is impossible to using gamma ray spectrometer in the spot of the education. In this study, we made low cost gamma ray spectrometer for education in high sensitivity using commercially available parts. Most of the expenses are scintillator crystal and photodiode. We made gamma ray spectrometer that we exchanged combination of scintillator crystal and photodiode. We report result of performance evaluation of the low cost gamma ray spectrometer.

1. 目的

2008年の中学校, 高等学校学習指導要領改訂において放射線の項目が盛り込まれた。加えて, 近年では東日本大震災に引き続く原子力発電所の事故により, 放射線を学んでこなかった人が放射線に直面することとなり, 混乱が生じている場面が散見されるようになった。そもそも人間は放射線を直接的に感じ取る器官を持ち合わせていない為, 放射線を実体として認識する事が出来ない。また放射線は原子核自体の変化や原子の電子状態の変化に起因する現象であり, 本質的に確率・統計的な現象である。主としてこの2点が, 放射線に関する理解の妨げの原因となっていると推測される。その為, 放射線の理解を深める為には放射線計測器を用いた実験を行うことが重要である。

これらの観点から以前, 中学校・高等学校における環境放射線に関する指導案を作成し, 高大連携教育において実践を行った。その実践において, 派遣先の教員から最も注目を浴びていたのがガンマ線スペクトロメータであった。ガンマ線スペクトロメータは, 原子核が励起状態から基底状態へ遷る現象, 放射性核種の判別など原子核崩壊の物理を理解する観点の実験を行う為に必要である。しかし, 市販されているガンマ線スペクトロメータは高価なために, 中学や高校の教育の現場で用いる事が不可能である。

本研究では, このような観点から, 教育用の簡易型ガンマ線スペクトロメータを1) 店頭や通信販売で入手可能な部品のみを用いる。2) 安価である。3) 高感度である。この3つの要点から作製し, 性能評価を行った結果を報告する。

2. 環境放射線教育

高大連携教育において, 環境放射線教育の実践を行った。内容としては, 原子・原子核の観点からみた放射線についての物理的, 確率的側面の解説, 自然放射線の解説, 原子核崩壊の解説, 放射線の単位の解説を行う。続いて, 放射線計測器を用いた実験を3つ行った。

実験1は, ガイガーミュラー式放射線計測器, 半導体式放射線計測器, シンチレーション式放射線計測器をランダムに配置し, 同時に動作させて観察させる。実験1の目的は, 放射線計測器を用いて, 放射線が存在していることの認識, 単独の計測器を観察して時間と共に値が変動することの認識, 計測器ごとに値が異なることの認識である。次の実験2を始める前に, 各種類の放射線計測器の動作原理の解説を行う。実験2では, 放射線計測器を動作原理ごとにグルーピングして, 再度観察させる。実験2の目的は, 計測器の動作原理ごとに計測値に系統性があることの認識, 計測器の動作原理ごとに精度に違いがあることの認識, 検出器の密度(気体か固体か)と精度の関係, 確率的現象であることの再確認である。実験3では, シンチレーション式スペクトロメータを用いた計測を「汚染土」と「やさしお」を用いて実際に行い, 簡易分光や核種同定の解説を行う。実験3の目的は, 放射線を出している原子核の種類を知るためには, スペクトル計測をすれば良いことの認識である。授業後の受講者の反応は, 計測器の表示する数値の揺らぎの大きさと, 計測器ごとに表示される値が大きく異なることについては意外であるという意見がほとんどであった。生徒よりホスト側の教員が熱心である。これはスペクトロメータが高価である為に普及が皆無であることが原因と考えられる。

1: 日大理工・院(前)・物理 2: 日大理工・教員・物理

3. 簡易型ガンマ線スペクトロメータの作製と性能評価

この簡易型ガンマ線スペクトロメータは、シンチレータ結晶にガンマ線が通過したときに発生する蛍光をフォトダイオードにより検出し、オペアンプによる簡易プリアンプで増幅を行っている。増幅された信号の波高分析を行うことでガンマ線のエネルギーを計測する事が出来る。波高分析はフリーソフト（ベクモニ^[1]）をパソコンにインストールする事で行っている。

費用の大半はシンチレータ結晶とフォトダイオードである。しかし、シンチレータ結晶のサイズを小さくしすぎると感度が落ちてしまう。そのため、店頭や通信販売で入手可能なシンチレータ結晶を2種類（10mm角、5mm角）、性能や受光面の異なるフォトダイオードを5種類用意し、それぞれ組み合わせを換えたプローブ（検出部）を複数作製した。それぞれ組み合わせを換えたプローブにおいて、セシウム134、セシウム137が含まれていると示唆される「汚染土」、市販されている塩化カリウムを50%含んだ「やさしお」をスペクトル計測し、性能評価を行った。計測時間は8時間とした。

加えて、市販されているスペクトロメータTN-100（テクノAP社製 約60万円）と性能の比較を行った。TN-100のシンチレータ結晶サイズはΦ25.4mm×25.4mm、感度は1マイクロシーベルト/時に対して毎分18000カウント以上、検出可能なエネルギー範囲は30keV～3MeV、エネルギーレスポンスは±15%、エネルギー分解能は7%である。

3. 結果と議論

簡易型ガンマ線スペクトロメータで「汚染土」及び「やさしお」のスペクトル計測を行った結果、セシウム134、セシウム137、カリウム40を起源とする放射線が含まれていることが示唆された。従って、簡易的ながら核種分析をする事が出来た。シンチレータ結晶とフォトダイオードの組み合わせを換えたプローブ（検出部）の中で、最も高感度のものは、セシウム134、セシウム137が検出できるエネルギー領域（600～800KeV）ではTN-100と同程度の分解能がある。しかし1000KeV以上の領域では分解能が落ちてしまう。この簡易スペクトロメータではスペクトルの分解能が不十分であるために、核種の分析については確定的な結論を下すことができないと考えられる。セシウム134とセシウム137と放射性ビスマスは近接するエネルギーにスペクトルのピークを持ちそれらの明確な分解は不可能である。確定的な結論を下すには、例えばゲルマニウム半導体検出器のようなより分解能の高いスペクトロメータによる分析が必要であると考えられる。しかしながら、ゲルマニウム半導体検出器はサイズが大きく、とても高価であり、中学校や高等学校の教育現場で用いるといった観点からは、使用することは絶望的である。今回のスペクトロメータ1組あたりの費用は、約5000～8000円である。費用の大半はシンチレータ結晶（2500円、4000円）とフォトダイオード（1000円～5000円）である。回路は単純であり高校生にも作製可能である。ただし、性能が製作者の技量に大きく依存する。

本研究において、1) 店頭や通信販売で入手可能な部品で作成する。2) 安価である。3) 高感度である。この3つの要点に対応した簡易型スペクトロメータを作製する事が出来た。この簡易型ガンマ線スペクトロメータが用いることで、中学校、高等学校の教育の現場においても原子核が励起状態から基底状態へ遷る現象、放射性核種の判別など原子核崩壊の物理を理解する観点の実験を行うことができると考えられる。

4. 参考文献

[1] ベクモニ2011 <http://blog.livedoor.jp/kabuworkman-becqmoni/>