

CZT 検出器のエネルギースペクトル形状に対する検出限界計数の評価

Evaluation of the detection limit count for the shape of energy spectrum of CZT detector

*酒井 宏隆¹, 吉居 大樹¹, 高崎 史晟², 河原林 順²

¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ, ²東京都市大学

CZT 検出器は、放射線の CZT 結晶内の相互作用位置により出力波形が変化する。したがって、この検出器のエネルギースペクトルの全エネルギー吸収ピークは、低エネルギー側にテールを引く形状を示す。それを改善する手段として波形識別技術が用いられるが、本研究では、スペクトル形状の改善度合いを定量的に評価するために、ISO 11929 に基づきピーク計数の検出限界計数を適用した。

キーワード： CZT(CdZnTe)検出器, 放射線検出器波形識別, 測定における不確かさ, 検出限界, ISO 11929

1. 緒言

CZT 検出器などの化合物半導体を用いた放射線検出器は、常温で使用可能であること及び原子番号が大きいため γ 線の検出効率が高いことから、 γ 線のエネルギースペクトル分析に有用である。一方、CZT 結晶内での電子と正孔の移動度が異なるため、放射線の CZT 結晶内での相互作用位置によりその出力波形は変化する。エネルギースペクトルの全エネルギーピークは図 1 のように低エネルギー側にテールを引く形状を示す。こうした特性を改善するために波形識別技術を適用する[1,2]が、今回、ISO 11929:2010 の考え方[3,4]に基づく検出限界計数を求めることで、その改善度合いを定量的に示すことを試みた。

2. CZT 検出器のピーク計数の検出限界計数

CZT 検出器として、5mm × 5mm × 5mm の CZT 結晶を BNC コネクタパッケージにマウントしたものを用いた。検出器への印加電圧を 500V とし、¹³⁷Cs (約 1MBq) 線源を検出器表面から約 1 cm 離して設置し、前置増幅器出力を分解能 12bit の 80MHz サンプリングのデジタイザで波形をデジタル化して図 1 のエネルギースペクトルを得た。ここで、ISO 11929:2010 Annex C に従い、チャンネル幅 t の BG 区間 1 及び BG 区間 2、チャンネル幅 t_g のピーク区間を設定することで、それぞれの計数から、ネット計数 y は 4,651 カウント、検出限界計数 $y^{\#}$ は 224.9 カウントと求まる。ここで、ネット計数は検出限界よりも大きいことからこのネット計数は測定可能であることが分かる。

こういった、検出限界がネット計数の関数となる場合、スペクトル形状を保ったまま全体の計数を減らしていったとき、ネット計数 y と検出限界計数 $y^{\#}$ とが同一になるネット計数がこの検出器の検出限界であると考えられる。ネット計数及び検出限界は、計数 n_1, n_g 及び n_2 の比率を保ったまま増減させると、図 2 のようになり、この検出器の検出限界計数は 14 カウントであることが分かった。

3. 結論

ISO 11929:2010 に規定された検出限界計数の考え方をを用いて、CZT 検出器のスペクトル形状を検出限界の考え方から定量的に評価することを試み、修正前のスペクトルに対して、検出限界計数が 14 カウントであることが分かった。デジタル化した同一の波形データに対して、波形識別技術を適用してスペクトル形状を改善する前後の評価結果については当日報告する。

参考文献

- [1] 池田 他、小型化合物半導体検出器の高線量率場での測定に関するデジタル処理の基礎検討、第 56 回アイソトープ・放射線研究発表会(東京) 1a-IV-03 (2019)
- [2] H. Sakai *et al.*, Improvement of energy spectrum characteristics of CdZnTe semiconductor detector by means of digital waveform processing with neural network algorithm, Nucl. Instrum. & Meth. A, 400 401 - 408 (1997)
- [3] ISO 11929:2010, Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation -- Fundamentals and application, ISO, Switzerland, 60p, (2008)
- [4] 酒井 他、低濃度放射能測定における ISO 11929 に従った測定の不確かさと特性値の導出、RADIOISOTOPES 68 巻 9 号 659-673 (2019)

* SAKAI Hirotsuka¹, YOSHII Taiki¹, TAKASAKI Fumiaki², and KAWARABAYASHI Jun²

¹ Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R),

² Tokyo City University

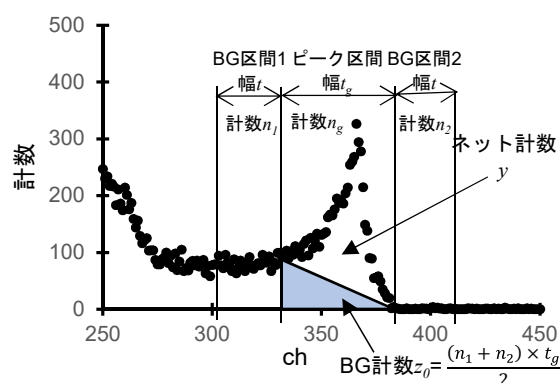


図 1 CZT 検出器のエネルギースペクトル

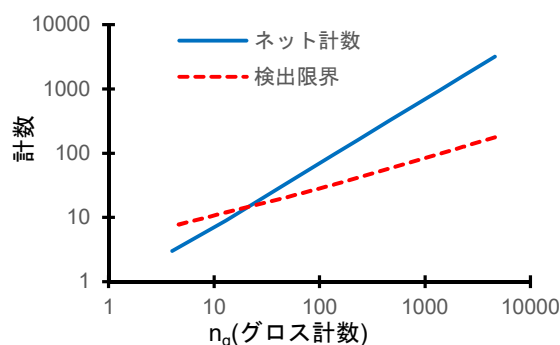


図 2 スペクトル形状を維持したまま n_g を変化させたときのネット計数と検出限界の関係