

RI 計器搭載に向けた EJ-270 シンチレータの応答評価

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 ○中野雄貴 池永太一 塚本雄士
 理化学研究所/京都大学 非会員 榎戸輝揚
 理化学研究所 非会員 長岡央 加藤陽 谷口絢太郎 辻直希
 大竹淑恵 若林泰生 岩本ちひろ 高梨宇宙
 聖マリアンナ医科大学 非会員 晴山慎
 立命館大学 正会員 小林泰三
 量子科学技術研究開発機構 非会員 草野広樹
 JAXA 非会員 星野健 上野宗孝

1. はじめに

He-3 ガスの世界的な供給不足を理由に筆者らは RI 計器でよく利用される中性子線検出器である He-3 比例計数管の代替をこれまで検討してきた¹⁾。榎戸らが月面の水資源探査用に開発を進めている中性子線検出器(EJ-270 シンチレータ, 以降 EJ-270 と記す)²⁾は、中性子線(主に熱中性子線)はもちろんガンマ線も検出が可能, 更にはそれらの弁別も可能とされている。ただし現在まで RI 計器にこの検出器を適用した報告例がないため, RI 計器に適した弁別方法や弁別の有効性が未知である。そこで今回は代替可否の検討のため He-3 比例計数管と EJ-270 の応答比較、また RI 計器に搭載に向けて EJ-270 の測定結果から放射線の弁別を試みた結果を報告する。

2. 測定原理・測定方法

今回, 適用を検討する RI 計器として図 1 の構造を持つ地盤用の RI 密度水分計を用いた。この RI 計器は表面透過型と呼ばれ土中に挿入された線源から放出されるガンマ線および中性子線をそれぞれ専用の検出器で検出する。検出した単位時間あたりの放射線の数(以下, 計数率)と物性値の関係を校正式として持たせることで RI 計器は測定時にガンマ線の計数率から密度を, 中性子線の計数率から水分量を算出することができる。

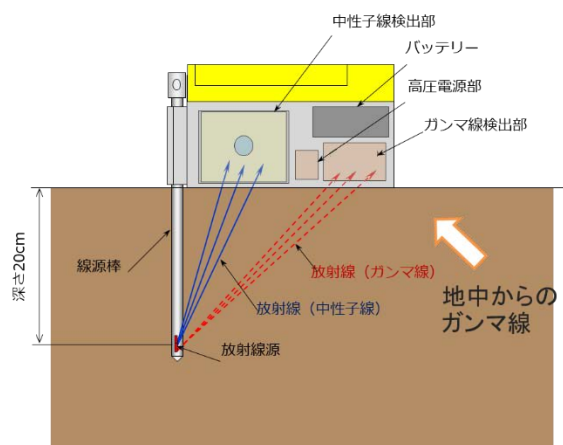


図 1 表面透過型 RI 計器の構造

3. 測定方法

応答比較を行うため中性子検出器として He-3 比例計数管と EJ-270 を別々に載せた 2 器とガンマ線源 Co-60, および中性子線源 Cf-252 を用意した。測定対象に実際の土質材料を使用すると密度や水分量の厳密な調整が難しいため, 今回はアクリル板とガラス板それぞれを複数枚重ねたもので代用した。これは重ねたガラス板 25 枚の上に, さらに重ねるアクリル板の枚数を替えることで密度および水分の相当量を模擬的に変化させることとなる。なおアクリル板, ガラス板ともに厚さは 10mm, 測定時間は 10 分間とした。

4. 測定結果と考察

まず EJ-270 の測定結果の一例を図 2 に示す。このグラフは Cf-252 を用いて測定を行った場合の結果で縦軸に PSD(Pulse Shape Discrimination, 波形弁別), 横軸に放射線のエネルギー分別チャンネル番号をとったものである。PSD は放射線の波形テールの電荷量から波形全体の電荷量を割ったもので, 放射線の種類が違えば値が異なってくる。図 2 では Cf-252 から出ている熱中性子線, 速中性子線, ガンマ線の応答がおおまか

キーワード 中性子検出器, 水資源探査, RI 計器

連絡先 〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社

T E L 06-6331-6031

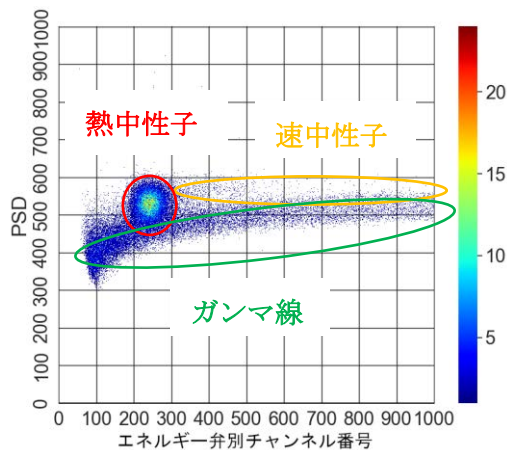
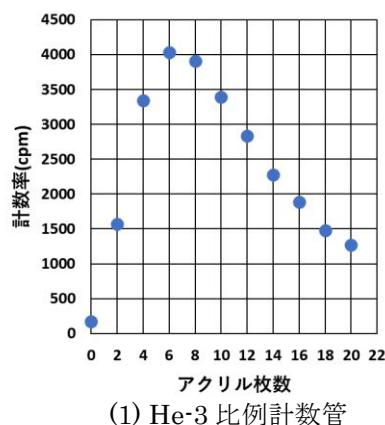
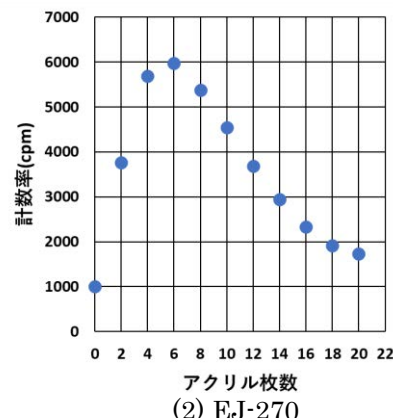


図2 EJ-270の検出結果例



(1) He-3 比例計数管



(2) EJ-270

図3 熱中性子線の測定結果

ではあるがそれぞれ確認できた。中でも PSD 500-600 とエネルギー分別チャンネル番号 200-300CH の間で描かれている円形は熱中性子線の応答を示しているもので、ガンマ線と速中性子線の応答よりも明確な区別がつく。しかし各放射線同士の境界がはっきりしていないため、機械的な弁別が難しく今回は重なり部分の弁別判断を目視にて行った。

He-3 比例計数管と EJ-270 の応答を比較するために縦軸に熱中性子線の計数率、横軸に重ねたアクリル板の枚数を取ったものが図 3(1), (2) である。見比べるとアクリル板の枚数が 0~6 枚までは計数率が上がり、それ以降では順次下がるといった同じ傾向が見て取れる。計数率のレンジに違いが見られるが、これは検出器の形状やサイズなどによる検出効率が異なるためと考えられる。よってこの結果から熱中性子線の応答に関して 3He 比例計数管と EJ-270 はほぼ同様であると判断でき、代替の可能性が大いにあると言える。

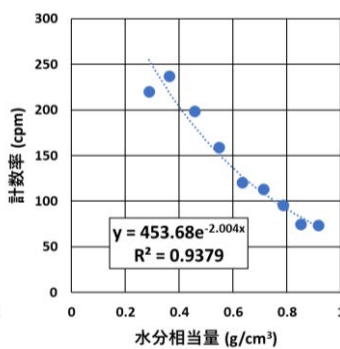
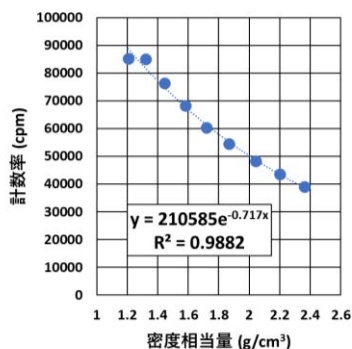


図4 ガンマ線と密度相当量の関係 図5 速中性子線と水分相当量の関係

ある。よってより適した弁別方法を今後追求する必要があるものの EJ-270 で測定したガンマ線および速中性子線も物性値の測定に使える可能性がある。

5. まとめ

RI 計器で使用する He-3 比例計数管の代替として EJ-270 の評価を行った結果、以下が分かった。

- ・EJ-270 を用いて検出・弁別した熱中性子は He-3 比例計数管と同様の応答を示す。
- ・EJ-270 を用いて検出・弁別したガンマ線・速中性子も RI 計器に利用できる可能性がある。

6. 謝辞

本研究は、JAXA 宇宙探査イノベーションハブの「宇宙使用も視野にいた土木建築での活用を目指す次世代型の中性子水モニタの開発」の支援のもとに行われています。

参考文献

- 1) 塚本雄士, 池永太一 表面透過型 RI 密度水分計における LiCaALF6 シンチレータの He-3 代替検討, 令和3年度土木学会全国大会, VI-364, 2021
- 2) 長岡央ほか: 中性子測定による月の水資源探査を狙う, 第66回宇宙科学技術連合講演会予稿集, 2L12, 2022.