

〔資料〕

## CsI (Tl) シンチレーション検出器及びNaI (Tl) シンチレーション検出器を用いた空間線量率計の測定結果比較

石川県保健環境センター 環境科学部 堂野 翔悟・吉本 高志  
石川県危機管理部 危機対策課 鳥屋子 やまと

### 〔和文要旨〕

本県では、2021年度に環境放射線測定局に高線量率計としてCsI (Tl) シンチレーション検出器を整備した。この検出器の性能を評価するために、既設のNaI (Tl) シンチレーション検出器の測定結果と比較した。その結果、CsI (Tl) シンチレーション検出器は、NaI (Tl) シンチレーション検出器に比べ7割程度とやや低い値を示したが、変動状況はNaI検出器と同様の挙動を示した。また、ガンマ線エネルギースペクトルを解析することで、線量率の変動の原因を特定することが可能であった。

キーワード：空間線量率, CsI (Tl) シンチレーション検出器, NaI (Tl) シンチレーション検出器

### 1 はじめに

石川県では、志賀原子力発電所（以下「発電所」という。）周辺30km圏内の24地点に環境放射線観測局（以下「観測局」という。）を設置し、環境中のガンマ線による空間放射線量率（以下「線量率」という。）の常時監視を行っている（図1）。各観測局には、平常時における低線量域（バックグラウンドから10 $\mu$ Gy/hまで）を測定する低線量率計と緊急時における高線量域（10 $\mu$ Gy/hから10mGy/hまで）を測定する高線量率計を併設している。

これまで、低線量率計としてNaI (Tl) シンチレーション検出器（以下「NaI検出器」という。）、高線量率計として電離箱検出器が主に使用されてきたが、近年、小型で安価という特徴があるCsI (Tl) シンチレーション検出器（以下「CsI検出器」という。）が平常時及び緊急時モニタリングにおける線量率計として使用することが新たに認められた<sup>1)-3)</sup>。これを受け、本県では、2019年度にCsI検出器を用いた走行サーベイシステムを整備

し、その特性調査を行い<sup>4)</sup>。2021年度に、観測局のうち志賀局、赤住局、直海局、五里峠局、福浦局、熊野局、風無局、土川局及び大津局の9局（以下「EPZ局」という。）において、高線量率計として電離箱検出器からCsI検出器に変更した。導入したCsI検出器は、低線量域用と高線量域用の2種類のCsI結晶を用いることにより、低線量域から高線量域まで測定可能となっており、今後、低線量率計としての可能性も期待される。

本報では、EPZ局に導入したCsI検出器による低線量域の測定結果と既設の低線量率計のNaI検出器による測定結果を比較し、平常時モニタリングで使用可能か調査を行ったので報告する。

### 2 方 法

#### 2・1 測定地点

今回測定を行ったEPZ局の設置場所を図1に示す。CsI検出器、NaI検出器及び気象観測装置は、同じ敷地内に設置した。参考に、志賀局における設置状況を図2に示す。

Comparison of Dose Rates Measured with CsI (Tl) Scintillation Detector and NaI (Tl) Scintillation Detector.

by DONO Shogo, YOSHIMOTO Takashi (Environmental Science Department, Ishikawa Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science), TOYANAGO Yamato (Emergency Policy Division, Crisis Management Department, Ishikawa Prefecture)

Key words : Dose Rate, CsI (Tl) scintillation detector, NaI (Tl) scintillation detector

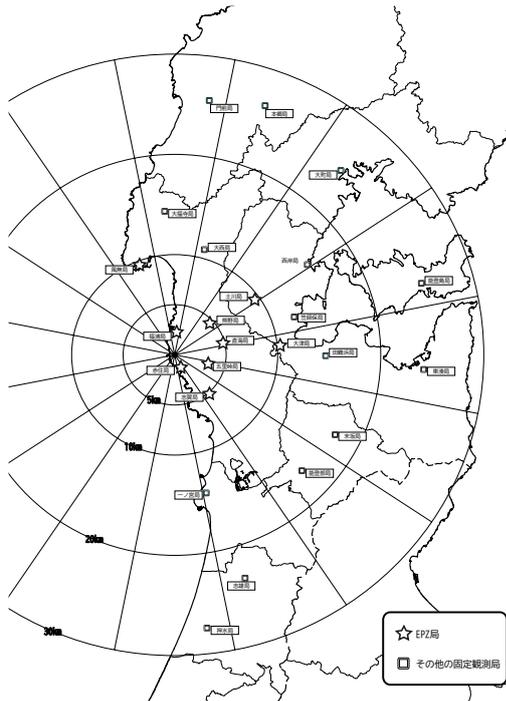


図 1 環境放射線観測局配置図

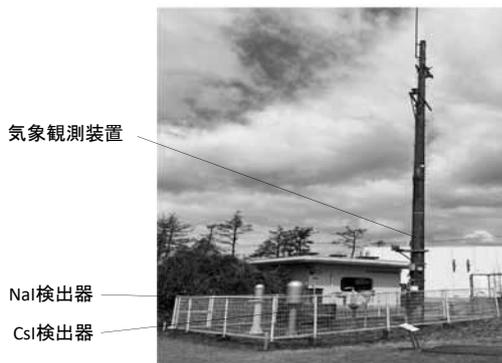


図 2 CsI検出器とNaI検出器の設置状況 (志賀局)

2・2 測定方法

本県におけるCsI検出器及びNaI検出器の仕様を表1に示す。本報では、CsI検出器の低線量域の測定結果をNaI検出器の測定結果と比較した。

測定間隔は1分間毎で、連続する1分値10個の平均から正10分値（以下「10分値」という。）を算出し、こ

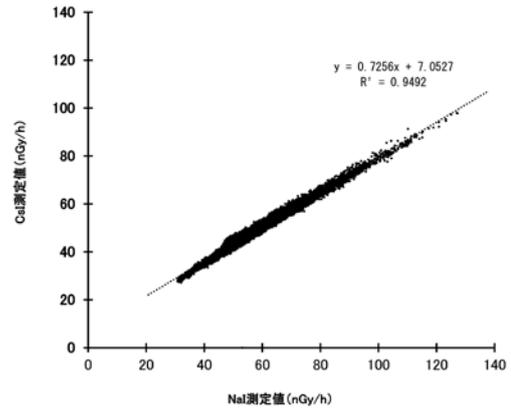


図 3 CsI検出器及びNaI検出器による測定値の散布図 (志賀局)

の10分値を用いて解析を行った。

また、両検出器の、ガンマ線エネルギースペクトルを収集し、比較を行った。

2・2 調査期間

調査期間は、2022年4月1日から2025年3月31日までの期間とした。なお、測定機器の保守点検等で欠測となった期間を解析から除外した。

3 結果と考察

3・1 測定値の比較

NaI検出器とCsI検出器の測定値の関係を図3に示す。図3から、回帰直線の傾きは0.7256となり、CsI検出器はNaI検出器に比べて7割程度の測定値を示すことが判った。これは、NaI検出器の結晶が円柱、CsI検出器の結晶が直方体であるため、結晶の形による方向特性の違いにより、生じたと考えられる。

降水や積雪による遮蔽効果を確認するため、積雪深が測定可能である、志賀局のNaI検出器及びCsI検出器による線量率の変動状況を図4に示す。図4から、CsI検出器の変動状況は、降水による線量率の上昇及び積雪の遮へいによる線量率の低下を含め、NaI検出器と同様の挙動を示していることが確認できた。なお、全てのEPZ局で同様の比較を行い、同様の結果が得られることを確認した。

表 1 CsI検出器及びNaI検出器の仕様

		CsI	NaI
製作会社		松浦電弘社	アロカ
検出部の結晶サイズ	低線量域	38 × 38 × 25 mm	3inch φ × 3inch
	高線量域	6 × 6 × 6 mm	
測定範囲 (μ Gy/h)	低線量域	0.01 ~ 200	0.01 ~ 20
	高線量域	200 ~ 10000	
測定エネルギー範囲 (keV)		45 ~ 3000	50 ~ 3000
温度補償範囲 (℃)		-10 ~ 40	-10 ~ 40
分解能 (137Cs)		8%	10%以下

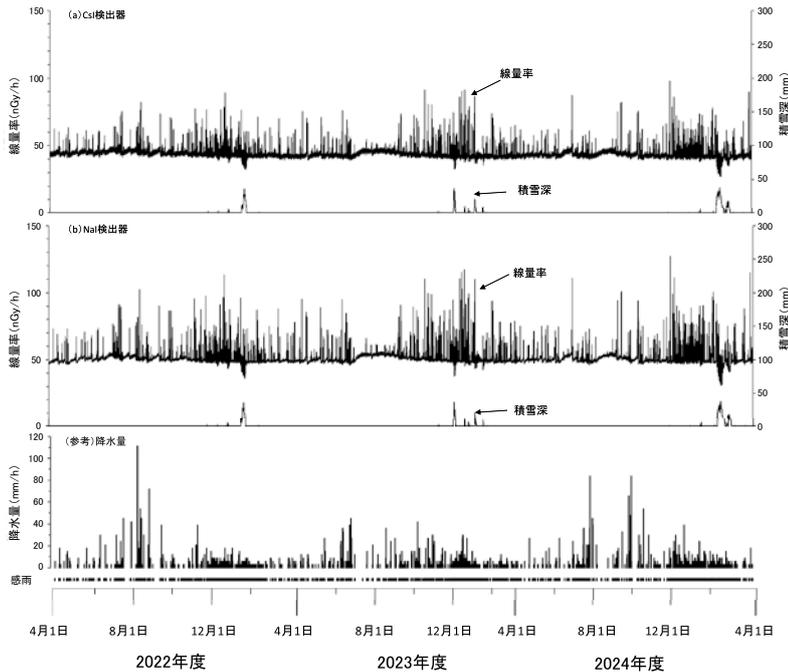


図4 Csl 検出器と NaI 検出器の線量率の変動

表2 EPZ局 NaI 検出器と Csl 検出器の回帰直線の傾き及び切片

	傾き	切片
志賀局	0.7256	7.0527
赤住局	0.7066	9.6389
直海局	0.6716	14.1870
五里峠局	0.7358	6.9120
福浦局	0.7015	7.8029
熊野局	0.6952	11.5271
風無局	0.6653	10.9204
土川局	0.7041	8.8042
大津局	0.6859	9.0511

EPZ局の回帰直線の傾きおよび切片を表2に示す。EPZ局では、傾き0.6653～0.7358、切片は6.9120～14.1870であった。

### 3・2 ガンマ線エネルギースペクトルの比較

CsI検出器は、NaI検出器と同様にガンマ線エネルギースペクトル（以下「スペクトル」という。）を取得可能である。線量率変動の要因調査において、スペクトルは要因を特定するための重要な情報であるため、両検出器のスペクトルの比較を行い、性能を調査した。

#### (1) 降雨時のスペクトル

平常時におけるスペクトルの一例として、志賀局における降雨がない時（2024年11月20日12時20分）のスペクトル及び線量率（同日6～18時）を図5に、降雨がある時（2024年11月23日12:20（調査期間の最高値を示した時刻））のスペクトル及び線量率、降水量（同日6～18時）を図6に示す。

降雨のない時及び降雨時のCsI検出器スペクトルは、NaI検出器のスペクトルと同様の変化を示した。降雨のない時のスペクトルの比較では、CsI検出器のスペクトルでも、自然放射性核種であるカリウム-40によるピークが確認できた。また、降雨時では、降雨によって地表面に降下するラドンの子孫核種である鉛-214及びビスマス-214のスペクトルのピーク面積が増大し、降雨による線量率の上昇の要因が確認できた。

なお、NaI検出器に比べてCsI検出器のカウント数が少ないのは、CsI結晶の大きさがNaI結晶よりも小さいためである。

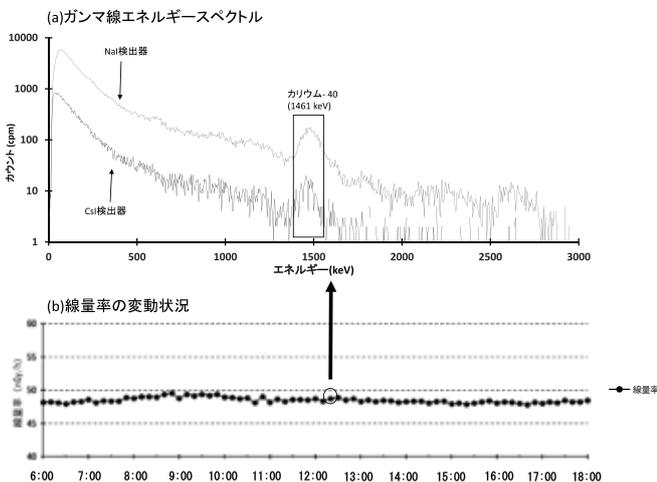


図5 降雨がない時の両検出器によるガンマ線エネルギースペクトル及び線量率の変動状況（2024年11月20日12:20 志賀局）

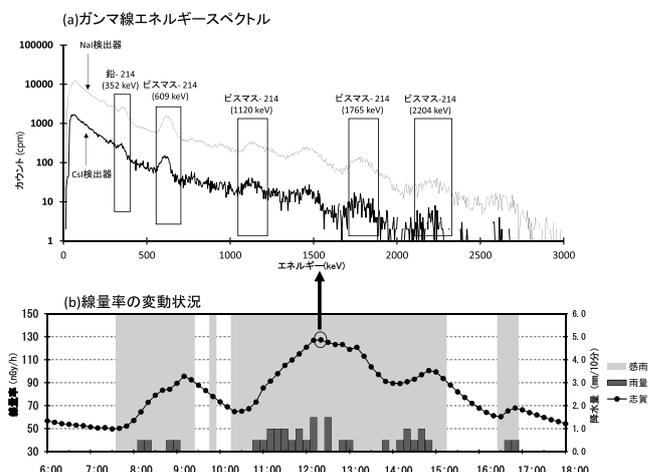


図6 降雨時の両検出器によるガンマ線スペクトル及び線量率の変動状況（2024年11月23日12:20 志賀局）

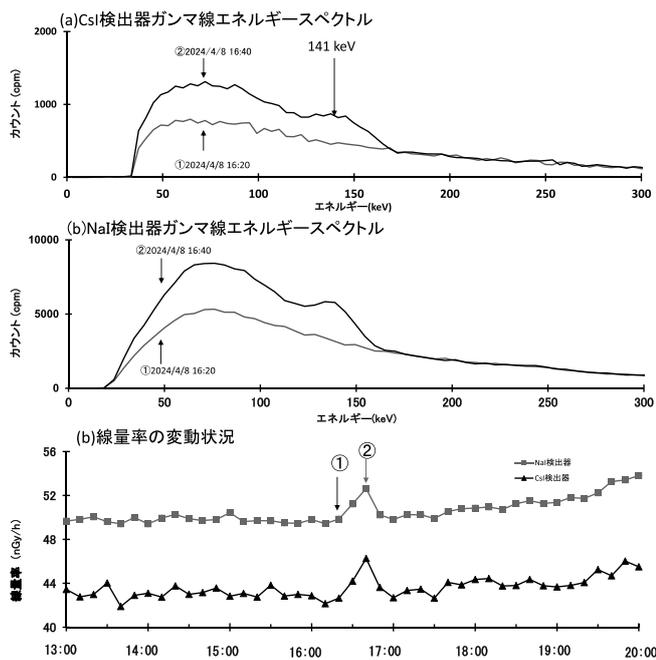


図7 核医学診断用RI (テクネチウム-99) 被投与者接近時の両検出器によるガンマ線エネルギースペクトルと線量率の変動状況(2024年4月8日 風無局)

(2) 核医学診断用RI被投与者接近時のスペクトル

2024年4月8日16時40分に風無局でNaI検出器により核医学診断用RI (テクネチウム-99m) 被投与者の接近の影響による線量率の上昇が確認された。上記の時間及び線量率の上昇がなかった時間 (同日16時20分) のCsI検出器及びNaI検出器のスペクトル及び線量率 (同日13~20時) の変化を図7に示す。CsI検出器の線量率は42.2 nGy/hから46.3 nGy/hに上昇し, NaI検出器の線量率は49.85 nGy/hから52.62 nGy/hに上昇した。テクネチウム-99mの光子エネルギーである141keV付近のピーク面積が大きくなり, NaI検出器と同様の挙動を

示した。結晶の大きさによるピーク面積の差は見られたが, CsI検出器によるスペクトルの解析でも, 線量率上昇の要因の特定が可能と考えられた。

CsI検出器の線量率及びスペクトルは, NaI検出器と同様の挙動を示し, 線量率の上昇の要因を特定することが可能であった。

4 ま と め

- (1) CsI検出器はNaI検出器に比べて7割程度の測定値を示した。
- (2) 平常時の線量率, 降雨時の線量率の上昇, 積雪の地面の遮蔽による線量率の低下において, CsI検出器とNaI検出器は, 同様の挙動を示した。
- (3) 降雨がない時, 降雨時のスペクトルを比較し, NaI検出器と同様, CsI検出器でも, 自然放射性核種のピークが確認できた, 核医学診断用RI (テクネチウム-99m) 被投与者接近時のCsI検出器のスペクトルを確認し, 線量率の上昇の要因を確認することができた。

文 献

- 1) 原子力規制庁：放射能測定法シリーズ17連続モニタによる環境γ線測定法 (平成29年12月改訂)
- 2) 平常時モニタリングについて (原子力災害対策指針補足参考資料)：原子力規制庁監視情報課 (平成30年4月4日制定, 令和3年12月21日改訂)
- 3) 緊急時モニタリングについて (原子力災害対策指針補足参考資料)：原子力規制庁監視情報課 (平成26年1月29日制定, 令和6年3月21日改訂)
- 4) 河野隆史, 鳥屋子やまと, 井上和幸, 吉本高志, 岡田真規子, 内田賢吾：KURAMA-IIの特性調査, 石川県保健環境センター研究報告書, 58, 96-100 (2021)