-6 過酷な放射線場でガンマ線核種分析を実現する - 簡易非破壊測定に向けた高線量特化型ガンマ線スペクトル測定システムの構築-



図1-14 差分スペクトル(背景放射線の影響を除去した

スペクトル) ⁶⁰Co 密封線源+ ¹³⁷Cs 背景放射線のスペクトル(図 1-13一線) から背景放射線場スペクトル(図 1-13一線)を差し引き、 差分スペクトルを導入することで、背景放射線の影響を排除 し、⁶⁰Co のみのスペクトルを確認することができました。

東京電力福島第一原子力発電所 (1F) の廃止措置では、 高線量率でかつ狭窄部が多い過酷な環境下での放射線測 定が求められます。今後は、これまで主に測定対象と してきた汚染由来の核種 (¹³⁷Cs や ⁹⁰Sr) に加えて、原 子炉格納容器内 (PCV) に多く存在する ¹⁵⁴Eu、⁶⁰Co、 ²⁴⁴Cm、並びに U や Pu の核燃料物質の非破壊測定も想 定されます。そのため、高線量率場でも重厚な遮蔽を使 わずに多様なガンマ線核種を識別できる簡易的な非破壊 測定に向けた小型の検出器を開発しています。

私たちは、上記の要望に応えるため、(I) 微小 CeBr₃ シンチレーターパッケージ(5 mm × 5 mm × 5 mm)、 (II) 高速デジタル信号処理、そして、(III) 後段電源印 加型の高線量率測定用光電子増倍管を組み合わせた高線 量率特化型ガンマ線スペクトル測定システムを開発しま した。また、これまでに1 Sv/h を超えるガンマ線照射 場(137 Cs 及び 60 Co) において、核種分析に必要なガン マ線のエネルギー分解能(662 keV で 5.2%、1333 keV で 4.2%)を実証してきました。

一方で、実際の 1F 測定環境は、¹³⁷Cs 由来の背景放射 線がある中で、他のガンマ線核種を識別する必要がありま す。そのため、¹³⁷Cs 照射場 (背景放射線)の照射線量率 を変えながら、6.38 MBq の⁶⁰Co 密封線源(⁶⁰Co 線源) のガンマ線スペクトルを測定しました(図 1-12)。

図 1-13 は、背景放射線場の照射線量率ごとの⁶⁰Co 線源と背景放射線による合計値(赤線)並びに背景放 射線(¹³⁷Cs)のみ(黒線)のガンマ線スペクトルを示 します。照射線量率が高くなるに伴って、⁶⁰Co 線源の2

図1-12¹³⁷Cs 照射場における密封線源(⁶⁰Co)の測定状況 標準放射線場(¹³⁷Cs)の照射線量率を変えながら、6.38 MBq の密封線源(⁶⁰Co)のガンマ線スペクトル測定を実施しました。



図1-13 密封線源のガンマ線スペクトル測定への背景放射線の影響 ¹³⁷Cs 照射線場の照射線量率を変えながら(0.000 Sv/h、0.025 Sv/h、 0.474 Sv/h、0.954 Sv/h)、密封線源(⁶⁰Co 6.38 MBq)のガンマ線スペ クトルの変化を観察しました。密封線源のガンマ線スペクトルは、背景の ¹³⁷Cs 照射線量率が高くなるに伴いサム効果によって埋もれてしまいます。

> 本の全エネルギー吸収ピーク (1173 keV、1333 keV) が、背景放射線の連続成分に埋もれていきます。これは、 ¹³⁷Cs (¹³⁷mBa) からの 662 keV のガンマ線が、立ち上り 時間よりも短い時間に複数計測されることで起こる現象 (サム効果)で、信号処理では解決が困難です。そこで、 背景放射線の成分を差し引いたスペクトル (差分スペク トル)を導出しました (図 1-14)。差分スペクトルでは、 ¹³⁷Cs 照射線量率が 0.954 Sv/h の際にガンマ線スペクト ルで埋もれていた 1173 keV のピークを識別することが でき、60Coの同定が可能になりました。また、線源強度 を定量化するため、差分スペクトルから全エネルギー吸収 ピークの実効面積 (S₂)を算出しました。その結果、背 景放射線 (¹³⁷Cs) を照射しない条件 (0.000 Sv/h) と比較 すると、照射線量率が 0.954 Sv/h において、1173 keV ピークの S_n は1/5程度(0.23)、1333 keVピークの S_n は1/4程度(0.27)の過小評価となりました。

> 本研究では、高線量率特化型ガンマ線スペクトル測定 システムと解析手法を組み合わせることで、約1 Sv/h の¹³⁷Cs線源による放射線場で、遮蔽なしの条件で、主 要核種(¹³⁷Cs)以外のガンマ線核種の識別に成功しま した。一方で、さらなる高線量率場対応並びに核種の定 量化に及ぼす影響を改善するための研究を進めていきま す。さらに、今後は、段階的に1F 現場への実践投入を 目指していく予定です。

> 本成果は、東京大学並びに産業技術総合研究所との共 同研究に基づくものです。

> > (冠城 雅晃)

●参考文献

Kaburagi, M. et al., Identification and Quantification of a ⁶⁰Co Radiation Source under an Intense ¹³⁷Cs Radiation Field Using an Application-Specific CeBr₃ Spectrometer Suited for Use in Intense Radiation Fields, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.59, issue 8, 2022, p.983-992.