

β 、 γ 、X 線同時解析による迅速・高感度放射性核種分析法の開発 (1)スペクトル定量法とその 1F デブリ中 40 放射性核種分析への適用

Development of rapid and sensitive radionuclide analysis method by simultaneous analysis of β , γ , and X-rays

(1)Spectral determination method and its application to the analysis of 40 radionuclides in 1F debris

*大島真澄¹, 後藤 淳², 早川 岳人³, 篠原宏文¹, 鈴木 勝行¹, 佐野 友一¹, 沈 海峰¹, 小林 慧人¹,
金 政浩⁴, 浅井 雅人⁵

¹分析セ, ²新潟大, ³QST, ⁴九州大, ⁵JAEA

放射線スペクトルは、試料に含まれる放射性核種スペクトルの和で表されるという第 1 原理を用い、全スペクトルデータの解析から複数核種の同時放射能分析を可能にするスペクトル定量法を開発した。従来 1F デブリ中の放射性核種分析は核種毎の峻別化学分離が必要であったが、この方法を用いることで、多核種同時分析が可能になり、化学分離ステップを大幅に簡略化できることを示した。

キーワード：液体シンチレーションスペクトル、 γ 線スペクトル、スペクトル定量法

1. 緒言

1F デブリ中の中重領域放射性核種は β 線、 γ 線のみを放出する β 、 γ 核種と、X 線を放出する EC 核種、これらを複数放出する核種に大別される。従来、液体シンチレーションカウンタ (LSC) により測定した β 、 γ 、X 線スペクトルと、Ge 半導体検出器で測定した γ 線スペクトルは、従来個別に解析してきた。我々は今回、これら 2 種類のスペクトルデータ (B,G データ) に加え 4 台の Ge 検出器を組み合わせた多重 γ 線検出装置による 2 次元マトリクス (GG データ) を、一括解析することで、その定量性評価を行った。

2. 実験と解析

実験は Perkin Elmer 社製 Tri-Carb 3110TR 型 LSC 装置を使用し、⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs 等 16 核種の測定を行った。また、AMETEK 社製 GMX40P4 型相当の Ge 半導体検出器 4 台を用いて、 γ 核種 8 種の γ 線シングルスおよび同時計数スペクトルデータを実測した。実測できなかった核種については、Geant4 放射線シミュレーション計算を行い、全 40 核種の LSC および γ 線標準スペクトルデータベースを作成した。これらの標準スペクトルから、B, G データと、それらを組み合わせた BG, BGGG データを解析し、結果を比較した。

3. 結果と結論

主成分が ¹³⁷Cs で、他の 39 核種が全て同じ 1%強度で含まれ、全放射能が 10⁴ Bq である試料を 10⁴ 秒測定したことを想定したスペクトルに対する B, G, BG, BGGG の SDM 解析を行い、 β 核種、 γ 核種に有利な B,G 解析に対して、BG 解析、BGGG 解析の順に定量精度が優る結果が得られた。異種データを組み合わせる利点を確認された。定量誤差は数 10%以下で 40 核種の同時定量が可能であることがわかった。デブリ中の核種濃度は大きく異なると予想されるため、講演においては、化学分離を併用した解析結果を紹介する。

参考文献

[1] M. Oshima et al., J. Nucl. Sci. Tech. 59:4 (2022) pp. 472-483

本件は、JAEA 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業 JPJA20P20333366 の助成を受けたものです。

*Masumi Oshima¹, Jun Goto², Takehito Hayakawa³, Hirofumi Shinohara¹, Katsuyuki Suzuki¹, Yuichi Sano¹, Haifeng Shen¹, Keito Kobayashi¹,
Tadahiro Kin⁴ and Masato Asai⁴ ¹Japan Chemical Analysis Ctr., ²Niigata Univ., ³QST, ⁴Kyushu Univ., ⁵JAEA