

燃料デブリ中の核燃料物質量の定量のための非破壊測定試験

(4) LYSO 検出器によるプルトニウムの即発 γ 線測定

Measurement test of non-destructive assay for quantification of nuclear materials in fuel debris

(4) Measurement of prompt gamma-ray emission from plutonium using LYSO detector

* 芝知宙¹、冠城雅晃¹、小菅義広²、名内泰志³、高田映²、鈴木梨沙¹、能見貴佳¹、長谷竹晃¹、
奥村啓介¹

¹JAEA, ²NESI, ³電中研

プルトニウム燃料技術開発センターの有する PuO_2 のうち、本シリーズ発表の研究に供した試料において、核分裂で生じる即発 γ 線を、LYSO 検出器を用いて測定した。測定したスペクトルは、HPGe 検出器で測定したスペクトルと比較された。また、環境 γ 線を大きく上回る ^{208}Tl の 2614 keV の γ 線が観測され、これは ^{236}Pu の子孫核種であることが示唆された。

キーワード：LYSO 検出器、即発 γ 線、 ^{208}Tl 、ゲルマニウム検出器、プルトニウム燃料技術開発センター

1. 背景と目的 燃料デブリ中の核物質の有無を簡便に調べることができる技術は、放射性廃棄物との仕分けの観点から重要である。原子力施設から発生する廃棄物中の核物質量は、例えばウランであれば、 ^{238}U の子孫核種である $^{234\text{m}}\text{Pa}$ の放出する 1001 keV の γ 線が用いられることがある [1]。しかし、様々なエネルギーを放出する FP が多数混入している燃料デブリでは、そういった既存技術の γ 線測定が使えないことが指摘されている。本研究では、FP が放出する γ 線のエネルギーよりも高いエネルギー領域に存在し、核物質から直接放出される核分裂即発 γ 線に着目し、それを可能な限り簡便な方法で測定することを目的とする。

2. 検出器の選定 本研究では、約 3 MeV よりも高いエネルギー領域の γ 線の測定に着目するため、密度が高く、原子番号が大きい物質を用いた検出器が望ましい。また、燃料デブリは高い放射能を持つことが推定されるため、高線量率耐性、すなわち応答の速い検出器が望ましい。加えて、デブリ取り出しの過酷な環境を考慮し、メンテナンス性に優れた検出器が望ましい。以上から、本研究では LYSO シンチレーション検出器を選定した。

3-1. 即発 γ 線の測定結果

シリーズ(1-3)で使用した試料から出る γ 線を、2cm × 2cm × 4cm の LYSO 検出器で測定した。得られたスペクトルを図 1 に示す。約 3 MeV から上のエネルギー領域で、緩やかな右肩下がりのスペクトルが得られ、これはモンテカルロシミュレーションとの比較により、即発 γ 線のスペクトルと一致すると考

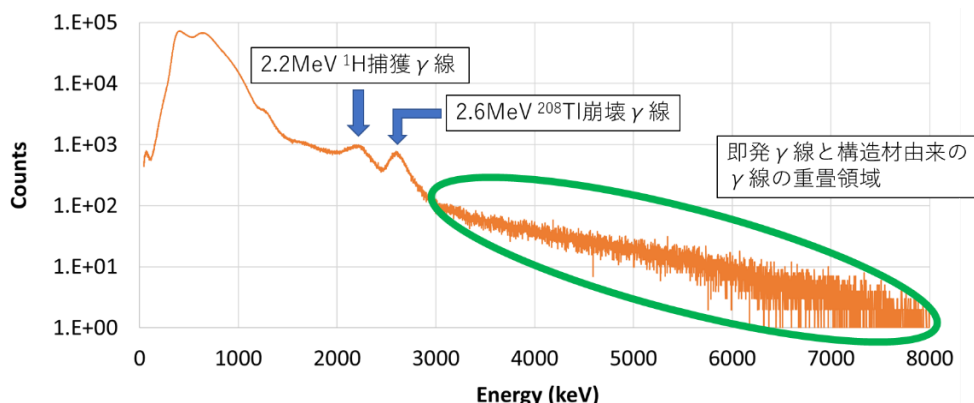


図 1 LYSO 検出器により得られたスペクトル

えられた。ただし、HPGe 検出

器で得られたスペクトルと比較したところ、約 5 MeV からは構造材の中性子捕獲に伴う γ 線が多数存在することが分かっており、そのためこの領域にはそういった捕獲 γ 線のコンプトン連続部が重畳していることが示唆された。

3-2. 即発 γ 線以外に得られた知見 0 MeV~約 2 MeV までの領域では、LYSO 結晶に含まれる ^{176}Lu の強力な自己放射のため、試料からのピークは観察できなかった。2.2 MeV では、ポリエチレン等からなる ENMC に配置した物質中の ^1H の中性子捕獲に伴う γ 線が観察された。また、2.6 MeV には、 ^{208}Tl の崩壊 γ 線が観測された。HPGe 検出器で測定したスペクトルと比較した結果、このピークは環境 γ 線由来の計数を大きく上回っており、これは ^{236}Pu の子孫核種であることが示唆された [2]。

4. 今後の課題 本実験により、LYSO 検出器を用いて即発 γ 線を検出できる見通しを得た。今後は、検出器のサイズの最適化等を通じて、核物質と放射性廃棄物の仕分け技術を発展させていく。また、2.6 MeV の γ 線測定による核物質の検知技術も発展させていく。

参考文献 [1] JAEA-Review 2011-039 [2] JAEA-Review 2020-007

* Tomooki Shiba¹, Masaaki Kaburagi¹, Yoshihiro Kosuge², Yasushi Nauchi³, Akira Takada², Risa Suzuki¹, Takayoshi Nohmi¹, Taketeru Nagatani¹, Keisuke Okumura¹

¹JAEA, ²NESI, ³CRIEPI.