

パッシブγ線測定を用いた燃料デブリ中 Cs の簡便な残存率推定手法

Estimation technique of Cs retention fraction in fuel debris

*相楽洋¹, 中原和基^{1†}, 韓治暎¹

¹東京工業大学

燃料デブリ等の破損燃料中 Cs の簡便な残存率推定手法を新たに提案した。BWR 照射済燃料集合体に含まれる FP 核種の生成感度解析結果、及び過去の過酷事故によって生じた燃料デブリにおける Cs 残存率測定結果とγスペクトロメトリ結果を用い、本手法の妥当性を検証した。

キーワード: セシウム残存率、燃料デブリ、パッシブγ線測定、試験検証、燃焼度推定

1. 緒言

炉心熔融事故後のクリーンアップや廃止措置においても安全性及び核不拡散性の確保は重要である。燃焼度情報は燃料デブリに含まれる核物質の重要な基本情報の一つであるが、通常用いられる Cs を用いた非破壊測定では、燃料デブリ等の破損燃料中の Cs 残存率の不確かさから信頼性が乏しい。燃料デブリ等の破損燃料中 Cs の簡便な残存率推定手法を新たに提案し、妥当性を検証することを目的とする。

2. 研究方法

本研究ではパッシブγ線測定と次式を用いる簡便な Cs 残存率推定手法を提案し検証を行う。

$$\text{Cs 残存率} = \frac{(\text{破損燃料中Cs 残存量})}{(\text{健全燃料中Cs 蓄積量})} = \frac{I_{\text{Cs134}}(E_1)/I_{\text{Eu154}}(E_2)}{I_{0,\text{Cs134}}(E_1)/I_{0,\text{Eu154}}(E_2)} \approx \frac{I_{\text{Cs134}}(E_1)}{I_{\text{Eu154}}(E_2)} / C \quad (\text{式 1})$$

$I_{\text{Cs134}}(E_1)$ は¹³⁴Cs由来のエネルギー E_1 をもつγ線の検出強度であり、 $I_{\text{Eu154}}(E_2)$ は¹⁵⁴Eu由来のエネルギー E_2 をもつγ線の検出強度、 I_0 は健全燃料におけるγ線の検出強度、 C は健全燃料中の¹³⁴Cs/¹⁵⁴Eu放射能比で、生成プロセスの類似性から定数を取ることが予想される[1]。図1に本手法の模式図を示す。検証のため、異なる燃焼度の9x9 BWR 照射済燃料集合体に含まれるFP核種の生成感度解析、及びTMI-2燃料デブリにおけるCs残存率測定結果とγスペクトロメトリ結果を用い本手法の妥当性を検証した。

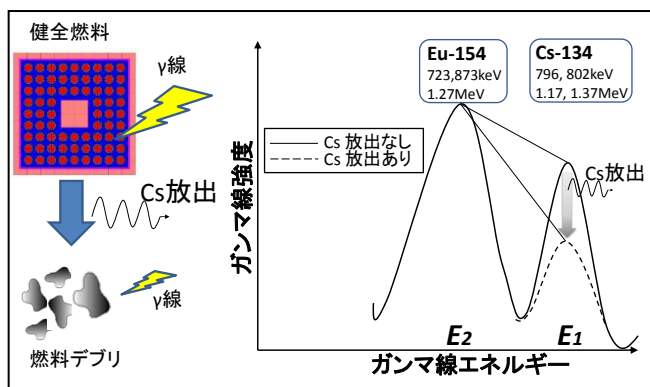


図1 Cs 残存率推定原理の模式図

3. 結果と考察

まず式1の C が定数であることを検証するため、異なる燃焼度の9x9 BWR 照射済燃料集合体に含まれるFP核種の生成感度解析結果及び破壊試験結果と比較した結果、燃焼度、水ボイド率、比出力を問わず $\sigma < 10\%$ の範囲で一定値を取ることを示した。次に、実際のTMI-2燃料デブリ(粉末状の熔融燃料(図2))のγスペクトロメトリ結果を活用して本手法を用いたCs残存率推定を行った結果、過去に実施された精緻な測定結果と同程度のCs残存率を示すことを明らかにした(表1)。今後、本手法を用いた破損燃料の燃焼度推定手法への適用性を評価していく。

参考文献

[1]Sagara et al.,Trans Am. Nucl. Soc.(2013). [2]

上塚他 JAERI- JAERI-Research 95-084 (1995)

*Hiroshi Sagara¹, Kazuki Nakahara² and Chi Young Han¹

¹Tokyo Institute of Technology, [†]現所属: 物質管理センター.Present organization: Nuclear Material Control Center

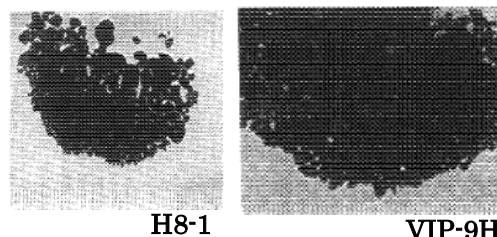


図2 TMI-2燃料デブリ[2]

表1 TMI-2燃料デブリのCs残存率の推定結果例

サンプルID	サンプリング位置	デブリ重量 [mg]	Cs 残存率 % JAERI(1995) ⁽¹⁾	Cs 残存率% 本研究
H8-1	Upper Core	35.24	4.2	4.2±0.4%
VIP-9H a	Lower Plenum	61.31	5.3	5.1±0.5%