

燃料デブリ周囲へのエネルギー付与に関する放射線化学的評価

(1) 線種に依存した放射線エネルギー分布評価

Radiation-Chemical Estimation of Energy Deposition around Fuel Debris

(1) Estimation of Energy Distributions dependent on Radiation Types

*松村 太伊知^{1,2}, 永石 隆二¹, 奥村 啓介¹, 片倉 純一², 鈴木 雅秀²

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 長岡技術科学大学

福島第1原発で溶融した炉心は金属やコンクリートと反応してデブリとなっている。これは水に接触した状態で10数年の間、FPからのβ線やγ線、アクチノイドからのα線の放射線の影響を受け続けることになる。状態把握の観点からもデブリを取り巻く、これら放射線による複合的な照射場を評価することは重要である。そこで本報告では、燃焼計算により求めたインベントリデータから、放射線の種類（線種、崩壊モード）毎のエネルギー分布を評価した。ここで、放射線エネルギー分布の冷却期間（事故からの経過時間）に対する依存性等について議論した。

キーワード：福島第1原発, 事故（時）燃料, 放射線の線種（崩壊モード）, エネルギー分布, 冷却期間

1. 緒言

福島第1原発（1F）では炉心への海水投入後、放射性汚染水の処理によって水から放射性物質や塩分の除去が進められ、原子炉建屋～処理装置間に循環冷却システムが構築された。当初は処理後に発生する吸着塔を含む廃棄物の保管方策¹が喫緊の課題であったが、現在では冷却水の汚染源となっている燃料デブリに注目が集まっている。

これまで燃料デブリに対しては現状把握として炉心の高温溶融に端を発する事故進展（インベントリ・被爆計算）、並びに燃料と構造材の混合物としての性状把握（固体論）の観点から研究が盛んに進められてきたが、数年後の取り出しやその後の保管を想定して、現在では形状・組成変化、溶出等の経年変化に関する研究も進められつつある。

その経年変化の要因の一つは燃料デブリ中のアクチノイドやFPからの様々な放射線であるため、デブリを取り巻く複合的な照射場の把握は極めて重要である。そこで本報告では、燃焼計算で取得したインベントリデータ²からさらに評価（崩壊熱計算）を進めて、放射線の種類（線種、崩壊モード）毎のエネルギー分布を求めた。

2. 計算・解析

燃料デブリの組成（線源）モデルを作成するため、燃焼度・ボイド分布を考慮した3次元燃焼計算（MOSRA等）によるインベントリ計算と、微量不純物を考慮した構造材の放射化計算（ORIGEN2）を組み合わせを行った（ライブラリ JENDL-4.0）²。計算条件としては、集合体分割、燃料と構造材（被覆管、集合体、炉心等）の混合率、揮発性FP（希ガス、高揮発性元素、中揮発性元素）の放出率、Gd等の混合率、冷却期間等が挙げられる。

上記で得た出力データ（初期U当たりの核種量、核種数1,619）から、崩壊データファイル（JENDL/DDF-2015）³：崩壊定数、分岐比、回収可能エネルギー等）をもとに崩壊熱計算を線種毎に行った。ここで簡便のため、単一核種からの同一線種の複数線（αβγ）を単一化して、連続エネルギー分布を有する線種（β）を平均化した。

3. 結果・考察

1F事故時の1号機を例に、基本的条件として集合体分割なし（炉心平均）、集合体の構造材混合、FP放出なしで求めた線種毎のエネルギー分布を図1に示す。縦軸は放射能の対数表示で9桁の範囲を示している。図では、明らかに線種毎に主要なエネルギー範囲が異なることがわかり、α線が4～7 MeVに対してβ線とγ線は<5 MeVと分かれている。ここで、γ線の場合はCompton散乱等で放出（反跳）された二次電子として主に媒質中にエネルギーを与えることになる。

本報告では、さらに揮発性FPの放出や冷却期間（事故後1～100年）の伴う分布の変化等についても述べる。

参考文献

- [1] I. Yamagishi, R. Nagaishi *et al.*, “Characterization and storage of radioactive zeolite waste”, *J. Nucl. Sci. Technol.*, 51, 1044 (2014) 他。
- [2] K. Okumura *et al.*, “Nuclear data for severe accident analysis and decommissioning of NPP”, *Proceedings of SND 2012* (2012) 他。
- [3] J. Katakura and F. Minato, “JENDL Decay Data File 2015 (JENDL/DDF-2015)”, *JAEA-Data/Code 2015-030*, JAEA (2016)。

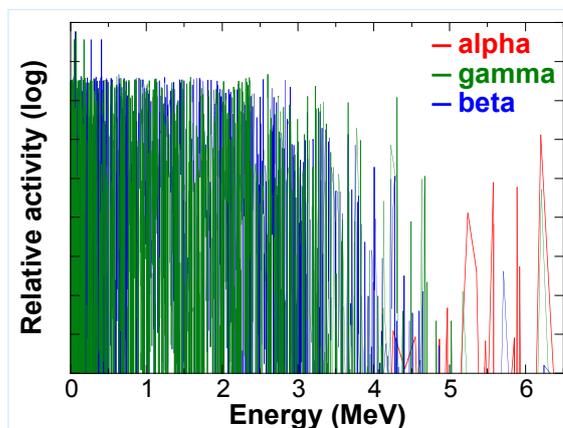


図1 1F1事故時の複合放射線（αβγ）のエネルギー分布（炉心平均・集合体構造物混合・FP放出なし）

* Taichi Matsumura^{1,2}, Ryuji Nagaishi¹, Keisuke Okumura¹, Jyunichi Katakura² and Masahide Suzuki²

¹ Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ² Nagaoka University of Technology (NUT)