

多様なサンプリング燃料デブリの線量率予測手法の開発

Development of a dose rate prediction method for various sampled fuel debris

*奥村 啓介^{1,2}, 寺島 顕一^{1,2}

¹国際廃炉研究開発機構, ²原子力機構

多様な性状が予想されるサンプリング燃料デブリの表面付近の線量率を予測する手法を開発した。

キーワード: 福島第一原子力発電所, 燃料デブリ, 線量率予測

1. 緒言: 東京電力福島第一原子力発電所(1F)では、少量の燃料デブリサンプリングが計画されているが、号機や部位に依存して多様な性状の燃料デブリの採取が予想される。燃料デブリの放射線遮蔽や作業員被ばくの管理等に資するため、多様な燃料デブリの表面付近におけるガンマ線の周辺線量等量(以下、表面線量率と呼ぶ)を簡便に予測するための評価手法を理論と数値計算に基づき検討した。

2. 手法: 表面線量率は、燃料デブリの大きさ、元素組成、線源核種、事故時における揮発性 FP 放出率、燃焼度、評価時期などに依存するものと考えられる。これらの多くのパラメータ(特に元素組成)の組み合わせは膨大であり、現状ではそれらのパラメータ値を推定する情報も限定的である。これらのことが燃料デブリの表面線量率の予測を困難なものにしている。そこで、均質様な球形状の燃料デブリを想定し、1) 詳細な燃焼・放射化計算[1]に基づく線源核種組成データの作成、2)線源核種毎のガンマ線源作成(線スペクトル)、3)デブリ内一様分布を仮定した核種毎の単位線源による様々なデブリ性状パラメータを組み合わせた線量率計算(PHITS[2])、4)理論モデルと数値計算結果のフィッティング式を組み合わせた評価式の作成、を行った。

2. 結果: 本研究で作成した表面線量率 D の評価式を以下に示す。

$$D(r, \rho, u, w_{Zr}, w_{Fe}, t, N_Z, B, \vec{f}) = \sum_i g_i (1 - f_i/100) \cdot P_i(r, \rho, u, t, B) \cdot R_i(r, u, N_Z) \\ + \{g_{Co60}^{Zr} \cdot P_{Co60}^{Zr}(r, \rho, w_{Zr}, t) + g_{Co60}^{Fe} \cdot P_{Co60}^{Fe}(r, \rho, w_{Fe}, t)\} \cdot R_{Co60}(r, u, N_Z) \\ + g_{Sb125}^{Zr} \cdot P_{Sb125}^{Zr}(r, \rho, w_{Zr}, t) \cdot R_{Sb125}(r, u, N_Z)$$

ここで、 r :半径、 ρ :かさ密度、 u :ウラン濃度、 w_{Zr} :デブリ中 Zr 濃度、 w_{Fe} :デブリ中 Fe 濃度、 t :事故後の経過時間、 N_Z :元素組成に基づく陽子数密度、 B :燃焼度、 i :燃料線源寄与核種、 g_i :補正因子(通常 1.0)、 f_i :事故時 FP 放出率、 P_i :線源強度を表す光子放出率関数、 R_i :自己遮蔽効果を表す単位線源による表面線量率応答関数、である。作成した評価式を表計算ソフトに組み込み、多様な燃料デブリの表面線量率のパラメータ依存性を即座に計算できるようにした。図 1 は、作成した評価式によ

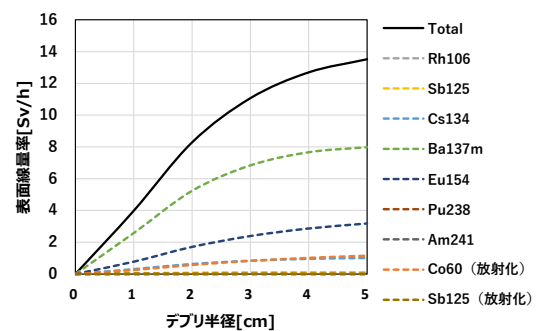


図 1 燃料デブリの表面線量率の試算例

り、 $(U,Zr)O_2$ を主成分とする TMI-2 の燃料デブリに近い性状(ただし平均燃焼度は 1F 相当)の 1F サンプリング燃料デブリ(2021 年)の表面線量率の半径依存性と線源寄与を示したものである。 $^{137}Cs(^{137m}Ba)$ や ^{154}Eu 等の線源量の増大に伴い表面線量率は大きくなるが、自己遮蔽の効果により飽和する傾向がみられる。発表時には、MCCI などの性状による違い、その他の留意すべきパラメータ依存性などを示す予定である。

※本成果は、経済産業省/平成 28 年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金(燃料デブリの性状把握・分析技術開発)」により得られたものです。

【参考文献】[1] 岡本, 奥村,他, 2012 年秋の大会 Q14、[2] PHITS ホームページ (<https://phits.jaea.go.jp/>)

*Keisuke Okumura^{1,2} and Kenichi Terashima^{1,2}

¹IRID, ²JAEA