

福島第一原発の燃料デブリにおける残留核分裂生成物と 放出核分裂生成物の量と種類

Amounts and varieties of fission products retained
in fuel debris and released fission products of 1F NPP

*佐藤 勇¹ 森川 徹¹

¹ 東京都市大学

東京電力福島第一原子力発電所 1 号機から 3 号機は事故により、高温に達した燃料からは、核分裂生成物 (FP) がその物理化学的な性質に応じて放出される。燃料デブリの処理処分の観点からは燃料における残留 FP において、炉心上部の解体除染等の作業の観点からは放出 FP においてその詳細な挙動評価が必要となる。当該原子炉における FP インベントリの計算評価値や燃料デブリ温度推定値などの情報を利用して、残留 FP の量と種類及び放出 FP の量と種類を評価した。

キーワード：福島第一原発 1 号機・3 号機、燃料デブリ、残留核分裂生成物、放出核分裂生成物、セシウム

1. 緒言

東京電力福島第一原子力発電所 1 号機 (1F1) から 3 号機 (1F3) は事故により、高温の溶融燃料は構造材と共に原子炉圧力容器 (RPV) や原子炉格納容器 (PCV) 底部まで溶け落ち、燃料デブリとなっていると考えられている。核燃料が高温にさらされると、希ガスやセシウム (Cs) などといった揮発性の核分裂生成物 (FP) が気体状態で放出される。ソースターム評価上重要な情報であるため、数多くの先行研究で照射済燃料等を用いた高温試験による FP 放出実験がなされてきた。一方で、FP 放出の影響を受けた燃料デブリにおける残留放射能評価はあまりなされていない。燃料デブリにおける残留放射能は回収、保管を計画し、機器・設備を設計する際重要である。したがって、本研究では、当該原子炉における FP インベントリの計算評価値や燃料デブリ温度推定値などの情報を利用して、残留 FP の量と種類及び放出 FP の量と種類を評価した。

2. 評価方法

核種生成消滅計算コード ORIGEN2 を用いて JAEA による先行研究 [1] を参考にして、1F1 及び 1F3 の詳細な事故前およびスクラム後の炉心インベントリを得た。このインベントリを基に米 NRC が NUREG-0772 [2] に示している各 FP 元素 (Xe, Kr, Cs, I, Te, Ag, Sb, Ba, Sr, Zr, Ru) の放出速度を同文献で推奨されている式 (1)、(2) を使用して計算を行った。

$$\Delta M = 1 - \exp\{-k(T) \cdot \Delta t\} \quad (1)$$

$$k(T) = A \cdot \exp(B \cdot T) \quad (2)$$

ΔM : FP 放出割合, $k(T)$: FP 放出速度係数, Δt : 時間変化 (分), A : 定数, B : 定数, T : 燃料温度 (°C)

燃料 (球形と仮定) の温度分布については、文献値 [3] 等を参照し、3 ケースを想定した (詳細は発表で説明)。

3. 評価結果と考察

図 1 に燃料温度が最大 2800°C に達する領域の FP 放出割合を示す。希ガスや揮発性である Xe, Kr, Cs, I, Te, Ag, Ba, Sr, Sb は 100% 放出する結果となった。Zr は 68%、貴金属である Ru は 49% の放出割合であった。一方、残留放射能は最小で元のインベントリの約 50~60% となることが明らかになった。環境に放出された放射能がインベントリに比べ極めて少ないこと [4] を考えると、燃料から放出された Cs 等の放射性物質の多くは高濃度で RPV や PCV 内部表面に沈着していることが考えられ、この状況に応じた原子炉解体時に汚染の飛散対策や除染方法の選択を行う必要があると考えられる。

参考文献

[1] 西原 健司 他, 福島第一原子力発電所の燃料組成評価, JAEA-Data/Code2012-018, (2012).

[2] NRC, Technical Bases for Estimating Fission Product Behavior During LWR Accidents, NUREG-0772(1981).

[3] TEPCO, 福島第一原子力発電所 1~3 号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第 4 回進捗報告.

[4] 吉田 至孝, 福島第一原子力発電所事故の推定解析, Vol. 19, pp. 249-270 (2012).

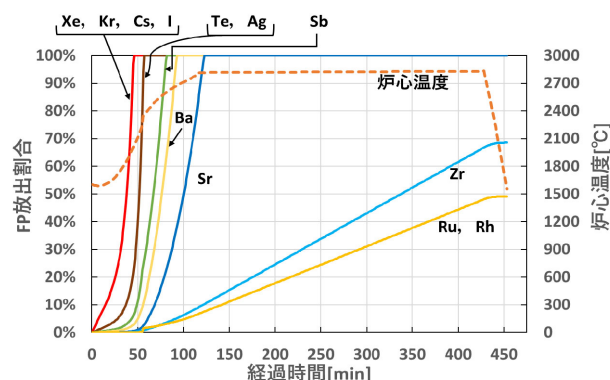


図 1 FP 放出割合時間変化 (1F1)

*Isamu Sato¹ and Toru Morikawa²

¹Tokyo City Univ.