

福島第一原子力発電所の燃料デブリ回収容量についての検討

(2)回収作業中に落下した燃料デブリの円錐堆積角度と臨界性に関する検討

Study on container capacity limitations of removed fuel debris-
in defueling Fukushima Daiichi nuclear power station

(2)Criticality effect of deposition angle of fuel debris leaked from a container during defueling work

*森川 徹¹, 吉岡 慧¹, 高木 直行¹, 竹澤 宏樹¹, 佐藤 勇¹

¹ 東京都市大学

回収作業中に燃料デブリが回収容器から落下して、すでにデブリが蓄積している原子炉圧力容器(RPV)下部等へ円錐状に堆積した場合を想定し、円錐の堆積角度と臨界性の関係を定量的に評価した。

キーワード：福島第一原子力発電所，原子炉物理，燃料デブリ，回収容量，臨界安全

1. 緒言

福島第一原子力発電所の今後の廃炉におけるデブリ回収作業時では、原子炉圧力容器(RPV)及び格納容器(PCV)内を冠水させ、RPV 下部等に蓄積したデブリを破砕などして、RPV 上部から未臨界が担保された円筒形回収容器に収納し、原子炉外へ搬出するなどが作業工程の一つとして想定される。この回収作業時における再臨界の可能性を排除するため、あらかじめ様々な状況下における臨界性を評価する必要がある。

本研究では回収したデブリが回収容器から落下して、冠水状態の RPV 下部等に蓄積しているデブリへ円錐状に堆積した場合を想定し^[1]、円錐堆積デブリの堆積角度と臨界性の関係を明らかにするため臨界解析を行った。

2. 解析

解析体系は図1のように RPV 下部等にデブリが堆積していることを想定し、床デブリを簡易的に円柱形状の床とした。組成に関しては、事故前の1号機の平均燃焼度と健全時のペレット、構造材の割合を反映したが、核分裂生成物の割合は事故時の挙動が不明のためゼロとした。この組成をもとに、体系の床デブリ厚みを以下のように設定した。

ケース①円錐デブリのみ (床デブリ 0cm)

②円錐デブリ+床デブリ 2cm

③円錐デブリ+床デブリ 15cm

円錐堆積デブリの体積は、床デブリ上へ円錐状に堆積した際、堆積角度 θ を変えても未臨界を維持するように調整・固定した。また、未臨界判定範囲は $k\text{-eff} \leq 0.95$ と設定した。

臨界計算には汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード MVP-2.0、核データには JENDL-4.0 を用いた。

3. 結果

ケース①では $\theta=70^\circ$ 付近の時に臨界性は最大となった。表面積に着目した結果、 $\theta=70^\circ$ で表面積が極小となることがわかった。よって、表面積が小さいほど中性子の漏れ量が小さくなるため、臨界性が大きくなると考えられる。

一方、ケース②、③では、 $k\text{-eff}$ を極大にする堆積角度は 64° 付近から 58° 付近へと円錐形状が扁平へ向かう変化があった。ここで、側面積に着目すると $\theta=55^\circ$ で極小となる。したがって、床デブリ単体の $k\text{-eff}$ が増大すると、側面積が極小となる堆積角度に向かってシフトしていくと考えられる。

4. 結言

$k\text{-eff}$ が極大となる堆積角度 θ は、円錐堆積デブリの中性子の漏れ量と床デブリの臨界性に依存していることを定量的に明らかにした。引き続き、円錐堆積デブリの最適な θ に対する、コンクリート等材質の影響を検討する。

参考文献

[1] 佐藤嘉晃, 「福島第一原子力発電所の燃料デブリ回収容量に関する検討」, 第2回 NDEC 予稿集, 2017

*Toru Morikawa¹, Kei Yoshioka¹, Naoyuki Takaki¹, Hiroki Takezawa¹, Isamu Sato¹

¹Tokyo City University

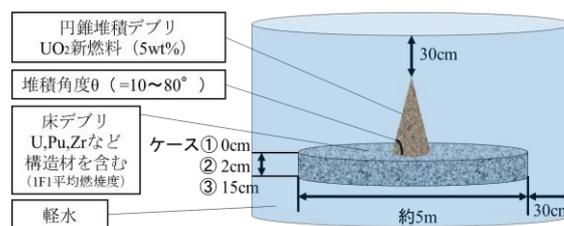


図1：解析体系

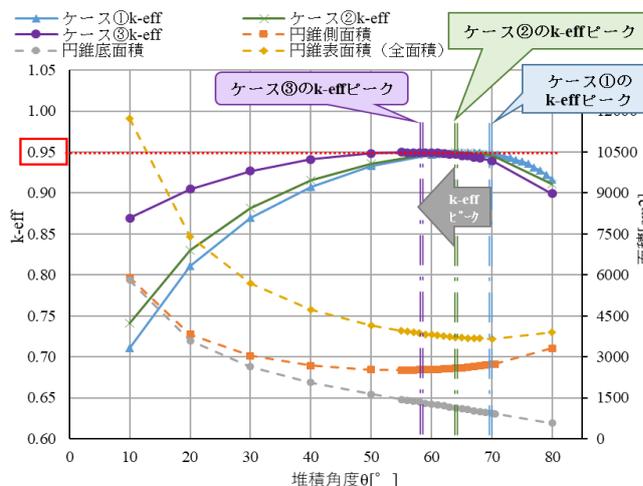


図2：円錐堆積角度 θ と $k\text{-eff}$ 、面積の関係