

# 燃料デブリダストによる再臨界をパッシブに抑制する方法

## A Method for Passive Reduction in Criticality of Fuel Debris Dust

\*竹澤 宏樹<sup>1</sup>, 小原 徹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学 原子炉工学研究所

福島第一原発の燃料デブリを取り出す際は、デブリを掘削する可能性が高い。本研究では、デブリを水中でドリル掘削する場合を想定し、臨界計算によって中性子の増倍を最大化するデブリダスト分布を明らかにした。また、ダストガイドを用いて中性子増倍をパッシブかつ効果的に抑制する手法の有効性を確認した。

**キーワード**：燃料デブリ，燃料デブリ取出し，燃料デブリダスト，臨界安全

### 1. 背景・目的

福島第一原子力発電所の燃料デブリを取り出す際は、TMI-2 廃炉実績を考慮すると、燃料デブリの切削・掘削が不可欠である。また、切削・掘削手段としてドリル、レーザー・プラズマ破碎、AWJなどが検討されているが、検討されているどの手段を適用しても切削・掘削に伴うデブリダスト（切削・掘削片）の発生は不可避である。このため、燃料デブリを水中で切削・掘削する場合、デブリダストと水の混合条件によっては再臨界に至る可能性がある。従って、本研究の目的は、TMI-2 で実績のあるドリルを用いて球形の燃料デブリを水中で掘削する場合を想定し、中性子の増倍を最大化するデブリダスト分布と、パッシブに再臨界を抑制することを目的としたデブリダストガイドによる中性子増倍の抑制効果を明らかにすることである。

### 2. 方法

中性子輸送モンテカルロコード MVP2.0 と核データ JENDL-4.0 を用いて臨界解析を行った。デブリ球体の組成は  $\text{UO}_2$  (濃縮度 4.9wt%)、実効増倍率 ( $k_{\text{eff}}$ ) の初期値は 0.799 ( $\sigma=0.012\%$ )、掘削された全てのデブリが同一のダスト (半径 1mm) となることを仮定した。中性子増倍を最大化するデブリダスト分布の候補として、①掘削によってデブリ球体の鉛直上方 (z 軸方向) に舞い上がったデブリダストが円柱状に分布した場合 (図 1A) と、②舞い上がったデブリダストが重力で落下しデブリ球体を取り囲むように分布した場合を想定した。水中のデブリダスト体積割合は、ダストの浮遊空間体積を様々に変える (デブリ掘削量は固定) ことで変化させた。また、デブリダストのランダム分布は STG モデルを用いて模擬した。なお、デブリ条件には不確実性があるため、本研究では  $k_{\text{eff}}$  の絶対値ではなく初期値に対する変化率に着目した。

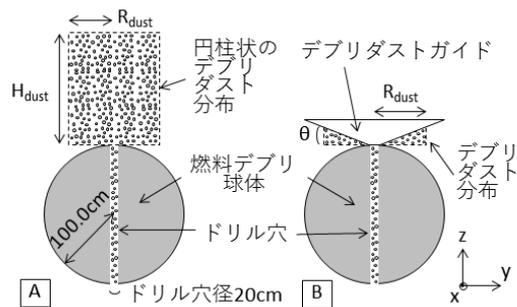


図 1：デブリダスト分布とダストガイド (yz 平面断面図)

### 3. 結果・考察

デブリダスト分布①の  $k_{\text{eff}}$  の最大増加率は  $67.3\% \Delta k_p/k_{p,\text{ini}}$ 、分布②では  $40\% \Delta k_p/k_{p,\text{ini}}$  となり、デブリ球体とデブリダスト間中性子結合効果よりもデブリダスト単独による中性子増倍効果が支配的であることが明らかになった。また、デブリダスト分布①を回避するため逆円錐型デブリダストガイド (SUS304 製) をドリル穴の直上に設置した場合 (図 1B)、 $k_{\text{eff}}$  の最大増加率は  $37.1\% \Delta k_p/k_{p,\text{ini}}$  (図 2) であり、分布①の中性子増倍を約 55% に抑制している。これは、デブリダストが扁平に分布し中性子漏洩が増えた効果であり、デブリダストガイドのような単純な構造物でもパッシブに中性子の増倍を抑制する効果があることを明らかにした。なお、本成果はドリル以外の切削・掘削手段であっても、デブリダストが水中に浮遊する限り適用することができる。

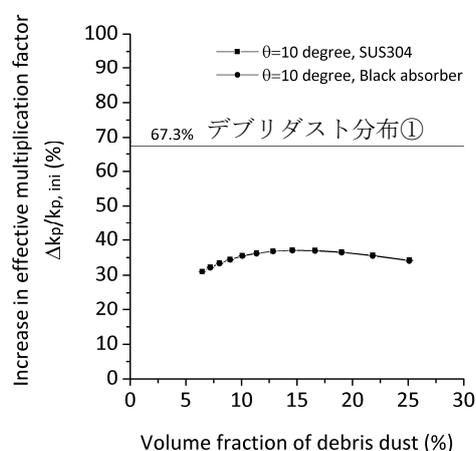


図 2：デブリダストガイドによる中性子増倍抑制効果

\*Hiroki Takezawa<sup>1</sup> and Toru Obara<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology.