

燃料デブリ取り出し時の臨界性評価とその精度に関する研究

Study on criticality evaluation of fuel debris during the removal process and its accuracy

*佐藤 嘉晃¹, 鈴木 貴也¹, 高木 直行¹, 竹澤 宏樹¹, Peng Hong Liem²

¹ 東京都市大学, ² 株式会社ナイス

燃料デブリ取り出し作業時においては、臨界性に大きな影響を与えると考えられる水/燃料体積比やデブリの形状、寸法が変わり得る。よって、燃料デブリ取り出し作業において考える様々な状況下での臨界性を確認する必要がある。一方で、多数の粒子状デブリの空間位置を確率的に定めた場合と、明示的に格子状に配置した場合では、モンテカルロコード MVP による臨界解析の結果に違いが生じることが分かっている。そこで、デブリ臨界解析の妥当性や解析精度の検討を行った。

キーワード：臨界解析、燃料デブリ、STGM(Statistical Geometry Model)

1. 緒言

多数の粒子状の燃料デブリの臨界性を評価する方法の一つに、汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード MVP¹ の確率論的幾何形状モデル(Statistical Geometry Model : STGM)を用いた評価法がある。

STGM は元々高温工学試験研究炉(High Temperature engineering Test Reactor : HTTR)などの高温ガス炉で使用される被覆粒子燃料の不規則配列球状燃料の非均質効果を正確に解析することを目的として MVP に導入されたモデルである。STGM を燃料デブリの空間配置に適用して臨界解析を行った場合、デブリ粒子の直径が大きくなるにつれて、燃料デブリ粒子の空間位置を規則的に定めた場合との増倍係数の差は拡大していくことが分かっている²。

そこで、体系内の粒子を規則的に配置した場合と STGM を用いて配置した場合との臨界解析結果の「違い」の程度を明らかにし、STGM を用いた燃料デブリの臨界性評価の妥当性検証を目的とする。

2. 解析

燃料デブリの臨界性評価のため、本研究では以下の2種類の体系を想定した。

体系 I . 水雰囲気中に燃料デブリ粒子が存在

体系 II . 固体デブリの空孔に水粒子が存在

また、STGM の検証を行うために、各体系において、粒子の配置方法・粒子半径・体系内の燃料デブリ体積割合をパラメータとし、それぞれで無限増倍率 (k_{inf}) を比較した。想定した粒子の配置方法は、規則的な粒子配置方法として、a)単純立方格子配置、b)面心立方格子配置の2種、確率的な粒子配置法として、c)STGM の計3種を設定した。

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、核データには JENDL-4.0 を用いた。

3. 結果

体系 I では、各燃料デブリ体積割合において、燃料デブリ粒子半径が 0.5cm 以下の場合、燃料デブリ粒子配置モデルの違いによる k_{inf} の有意な差異はないため、臨界性評価には妥当性があるといえる。しかし、デブリ粒子半径 > 0.5cm となると k_{inf} に標準偏差 σ_k 以上の差異が生じ、燃料デブリ体積割合が小さいほどその差は大きくなり、STGM が過大評価することも分かった(図 1)。

一方、体系 II では、STGM、単純立方格子、面心立方格子のいずれの k_{inf} もよい一致を示した。

4. 結言

本研究では、燃料デブリの臨界性評価は粒子配置方法の違いによって k_{inf} の差異が拡大することを確認した。特に、水雰囲気中の燃料デブリ粒子体系において STGM を用いる場合、軽水のように全断面積の大きな減速材では、 k_{inf} を過大評価するという課題を抽出した。

参考文献

[1] 長家康展・奥村啓介・森貴正・中川正幸, 「MVP/GMVP Version2 連続エネルギー法及び多群法に基づく汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード」, 日本原子力研究開発機構, 2006

[2] 岡崎大, H24 年度卒業論文「軽水炉熔融燃料取出し時の臨界安全評価」, 東京都市大学

* Yoshiteru Sato¹, Yakaya Suzuki¹, Naoyuki Takaki¹, Hiroki Takezawa¹, Peng Hong Liem²

¹ Tokyo City University, ² NAIS, Co., Inc.

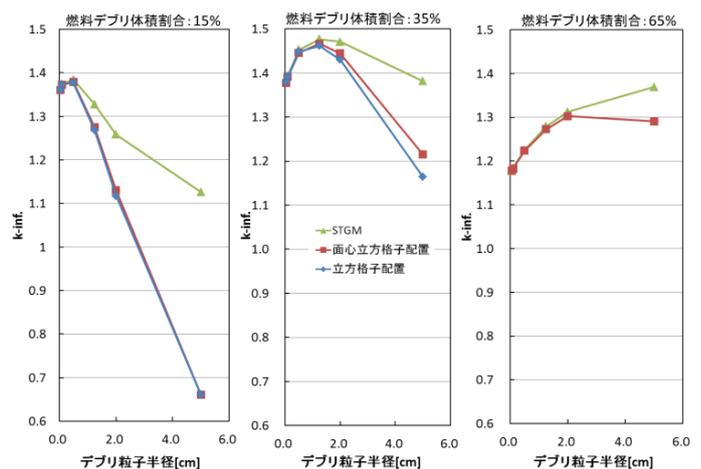


図1: k_{inf} の燃料デブリ粒子配置モデル依存性 (体系 I . 水雰囲気中に燃料デブリ粒子が存在)