

## 使用済み燃料プールの事故時の安全性向上に関する研究 (16) MAAP による燃料破損解析結果に基づく 3次元臨界評価

Study on Improvement of Safety for Accident Conditions in Spent Fuel Pool  
(16) Three-dimensional criticality analysis of the damaged fuel system evaluated by MAAP

\*岩本 達也<sup>1</sup>, 小林 謙祐<sup>1</sup>, 東條 匡志<sup>1</sup>, 後藤 大輔<sup>1</sup>, 根本 義之<sup>2</sup>, 加治 芳行<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GNF-J, <sup>2</sup>JAEA

MAAPによるBWRのSFPにおける冷却材喪失時の3次元の燃料破損体系について、MCNP5及び拡散コードによる保守的な臨界解析方法を提案するとともに、プール内燃料の分散配置時の臨界評価を行った。

**キーワード：** SFP, MAAP, MCNP, 破損体系, 拡散計算, 燃料配置, 臨界解析

**1. 緒言** 燃料破損時のSFPラック体系の3次元臨界解析手法として、MAAP解析結果に基づいてSFPラック破損状況マップと燃料デブリ形状を設定し、これを入力とする連続エネルギー中性子輸送モンテカルロコードMCNP5及び中性子3群拡散コードによる臨界解析システムを検討し、両者の解析結果を比較した。

**2. 臨界解析モデル** 臨界解析では、MCNP5による計算を行うため、崩壊した燃料ペレット片の形状は球形の体心立方格子を仮定し、ペレット片の半径は保守的に約3mmに、デブリ充填率はMAAP結果を参考に設定した。また、燃料ラック水位が低下した状態では、中性子減速不足で臨界とはならないことから、ラックが注水により再冠水した場合を想定した。MAAPによる破損タイプ2(緩やかなデブリ状ベッド)は、臨界解析では、燃料被覆管、チャンネルボックス及びラックが破損し、燃料ペレットが放出され堆積した状態を想定した。また、破損タイプ3及び4(燃料ピン太径化、詰まったデブリ状態)は、チャンネルボックス内の燃料棒間に、球形の燃料デブリが詰まった形状を仮定した。溶融した被覆管、チャンネルボックス及びラックは、SFP床に落下しているものとした。MCNPにおける核種組成は、3次元ノード毎に集合体コードでトラッキングした値を用い、燃料デブリについては、崩壊ノードの平均値を用いた。ノード法拡散計算では、径方向は1バンドル1メッシュ、軸方向24メッシュとし、ノード毎の3群断面積と拡散係数及び不連続因子は、MCNPの単一ノード2次元無限体系計算のタリー出力から計算した。

**3. 臨界解析結果** 解析対象は、MAAPによる燃料配置検討体系の10×10チャンネル配置とした。図1に燃料破損時の径方向マップを示す。ここで、使用済み燃料は、1100MWe級BWR5のS格子平衡炉心において、燃焼後のウラン燃料をBSUS型ラック(ボロン含有率1.0wt%)に格納した。チャンネルタイプ1(高崩壊熱)は、1サイクル照射取出し後4日の高反応度燃料、チャンネルタイプ2(低崩壊熱)は4サイクル照射取出し後30日の低反応度燃料とした。チャンネルタイプ3と4は、それぞれチャンネルタイプ1と2で破損後燃料をモデル化したもので、軸方向の破損タイプはケースa(全崩壊)またはケースb(部分崩壊)とした。全崩壊チャンネルは上部からMAAP破損タイプ0(空ノード)と2で構成され、部分崩壊チャンネルは上部からMAAP破損タイプ0、2、4と1(健全ノード)から構成される。崩壊デブリの高さは充填率から計算した。MCNP5および拡散計算による臨界固有値の計算結果を図2に示す。デブリ充填率の低い保守的なケース1aと1bは、デブリの軸方向破損タイプによらず、基準の健全ケースから約5%dkの反応度増加がある。一方、デブリ充填率が高くMAAPに近いケース2aと2bでは、デブリの軸方向破損タイプによらず、基準ケースからの反応度増加は小さい。

拡散ノード法による燃料の分散配置の検討では、高崩壊熱・高反応度燃料をラック周辺部に分散配置した場合、燃料破損後のデブリ充填率が低いケースでも臨界にはならないことがわかった。

**4. 結言** SFP臨界評価における拡散ノード法の有効性を確認し、プール内燃料配置の最適化へ適用した。

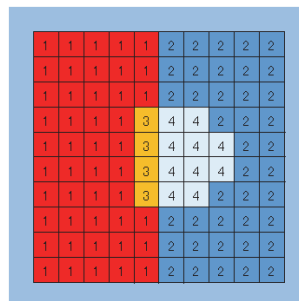


図1 径方向チャンネルマップ

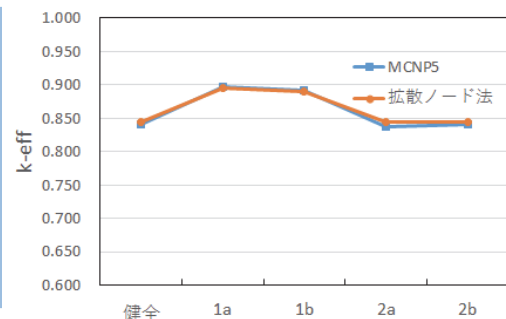


図2 臨界固有値の比較

本報告は、経済産業省の「平成28年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(重大事故解析手法の高度化)」にて得られた成果の一部である。

\*Tatsuya Iwamoto<sup>1</sup>, Kensuke Kobayashi<sup>1</sup>, Masayuki Tojo<sup>1</sup>, Daisuke Goto<sup>1</sup>, Yoshiyuki Nemoto<sup>2</sup> and Yoshiyuki Kaji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GNF-J, <sup>2</sup>JAEA.