

SIMMER-V コードの詳細燃料ピンモデルの開発

(1) プロトタイプの開発と検証計画

Development of detailed fuel pin model in SIMMER-V code

(1) Development of the prototype model and verification plan

*石田 真也¹, 田上 浩孝¹, 深野 義隆¹, 山野 秀将¹, 久保 重信¹

¹JAEA

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故解析コード SIMMER-V の開発の一環として、詳細燃料ピンモデルのプロトタイプを開発した。本報告では当該モデルの概要と、今後の検証計画について報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，シビアアクシデント，炉心損傷事故，SIMMER-V コード

1. 緒言 ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故においては、事故初期における比較的幾何形状が保たれている状態で冷却材沸騰や燃料ピン破損が生じる過程（起因過程）から損傷領域が拡大し熔融燃料プールを形成して大規模に物質が運動する過程（遷移過程）へ事象が進展していくが、従来、各過程に対して異なる解析コードを適用していた。最近、多様な炉心設計に対してこれらの過程を一貫して解析することを可能とするため、日仏協力のもとで SIMMER-V の開発を進めている。その開発の一環として、起因過程における燃料ピンの破損挙動を詳細に模擬する詳細燃料ピンモデル (DPIN3) の開発を行っている。本報告ではこれまでに開発した DPIN3 のプロトタイプについて概要を報告するとともに、今後の検証計画についての報告を行う。

2. DPIN3 の概要 本モデルでは燃料集合体を単一の燃料ピン体系でモデル化し、燃料ペレット、被覆管、燃料－被覆管ギャップ部等のガスで構成される。燃料ピンの破損挙動を模擬するため、燃料ピンに係る熱的挙動（熱伝導及び熱伝達）、変形挙動（熱膨張及び機械的変形）、FP ガス挙動（FP ガスの放出及びブスエリング）をモデル化する。加えて、中心孔及び燃料が熔融することで形成される熔融キャビティ内の熱流動挙動もモデル化する。これにより燃料ピンの破損によって熔融燃料が冷却材チャンネルに放出される際の挙動を模擬することが可能となる。燃料の軸方向構成は図 1 に示すように軸方向非均質の体系にも適用可能であり、多様な炉心設計に対応できる。

3. 今後の検証計画 本モデルでは 5 つのモジュール（熱的挙動、FP ガス放出、FP ガスブスエリング、変形挙動、ピン内燃料移動）に大別することができる。検証では各モジュールに対応した検証解析を行い、起因過程を解析する既存の安全解析コードとの比較によって、各モジュールに要求されている機能が備わっていることを確認する。熱的挙動に関しては出力変動等の過渡条件に対して各部の温度変動が適切に評価されていることを確認する。FP ガス挙動は温度条件が大きく影響するため、大きな温度変動を与えて FP ガスの放出量及びブスエリングによる変形量を比較する。変形挙動に関しては被覆管変形に係る挙動を解析し、応力を比較して適切に破損を評価できることを確認する。ピン内燃料移動については燃料の軸方向分布が重要であるため、燃料の移動による分布の変化を比較する。

4. 結言 SIMMER-V 開発の一環として DPIN3 のプロトタイプを開発するとともに、検証計画を策定した。今後は当該計画をもとにモデルの検証を進めるとともに、妥当性確認、実機適用性の検討を行い、高速炉の安全評価に使用できるツールとして整備する予定である。

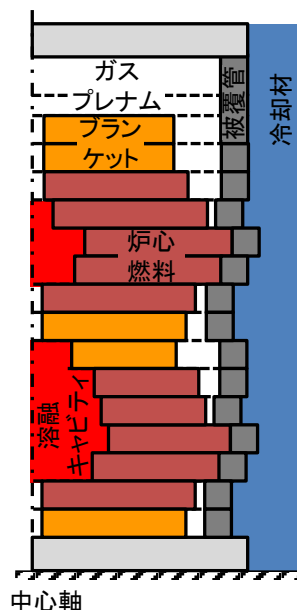


図 1 モデルの概念

*Shinya Ishida¹, Hirotaka Tagami¹, Yoshitaka Fukano¹, Hidemasa Yamano¹, Shigenobu Kubo¹

¹JAEA