

高速炉炉心損傷挙動解析コード ASTERIA-FBR を用いた CABRI-1 AH3 試験解析

Analysis of CABRI-1 AH3 Experiment using by

Integrated Core Disruptive Accident Analysis Code, ASTERIA-FBR

*渡辺 大貴, 石津 朋子

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

高速炉炉心損傷挙動解析コード ASTERIA-FBR を用いて高過出力印加試験である CABRI-1 AH3 試験を対象とした解析を実施した。解析結果と試験結果との比較に基づき、燃料破損モデルの妥当性を確認した。

キーワード：ナトリウム冷却型高速炉、ASTERIA-FBR、CABRI-1 AH3 試験

1. はじめに

原子力規制庁長官官房技術基盤グループでは、常陽等のナトリウム冷却型高速炉を対象とした炉心損傷事故事象が解析できるようにするため、高速炉炉心損傷挙動解析コード ASTERIA-FBR^[1] (以下「ASTERIA」という。)を整備している。炉心損傷事故時の起因過程では、燃料破損時刻及び破損位置に依存して、燃料と冷却材の熱的相互作用及び燃料分散によるフィードバック反応度が炉心挙動に大きな影響を与えるため、燃料破損挙動を精度良く解析することが重要である。本報告では、単相冷却材下の高過出力印加試験である CABRI-1 AH3 試験^{[2]-[4]} (以下「AH3 試験」という。)の解析を通じて、ASTERIA の燃料破損モデルの妥当性を確認する。なお、ASTERIA の燃料破損モデルは、被覆管周方向応力が降伏強さを超えた場合に破損するモデルであり、周方向応力として PCMI 圧と熔融キャビティ圧を考慮している。

2. 解析条件

AH3 試験は、単相冷却材下での被覆管破損挙動の把握を目的として、CABRI 炉で実施された炉内試験である。試験には、PHENIX 炉で約 4.74at.%まで照射された燃料ピンが使用され、図 1 の過出力パルスを投入することにより燃料ピン破損を生じさせた。解析では、はじめに PHENIX 炉での照射履歴を再現した定常照射計算を実施し、試験用燃料ピンの燃料組成を得た。次に、得られた燃料組成及び図 1 に示す過出力パルスを用いて、AH3 試験を再現するように過渡計算を実施した。

3. 解析結果

まず、定常照射後の燃料組成について、図 2 に軸方向出力が最大となる位置での測定値との比較を示す。燃料ペレットの変形及び燃料組織変化は試験結果と良く一致した。定常照射後の FP ガス放出割合についても、試験結果と解析結果でおおむね一致した。過渡計算では図 3 に示すように、出力投入後の 76 ミリ秒で被覆管周方向応力が降伏強さを上回ることにより燃料破損に至った。この時の破損位置は、軸方向中心よりやや上方（燃料下端位置から 72-78%）となった。試験では、燃料破損が 78 ミリ秒後に燃料下端から 72%の位置で生じており、破損時刻及び破損位置は解析値と測定値で一致した。以上より、解析結果が、被覆管温度が高い燃料上部で破損するという単相冷却材下での試験結果と一致したことから、単相冷却材下での過出力条件での燃料破損モデルの妥当性を確認した。

4. まとめ

高過出力印加試験である AH3 試験の再現解析を通じて、ASTERIA の燃料破損モデルの妥当性を確認した。

参考文献

[1] 日本原子力学会 2014 年春の年会 N01~07, [2] L. ROCHE et al., BNES, [3] G. KUSSMAUL et al., BNES, 1986, [4] M. HAESSLER et al., BNES, 1986

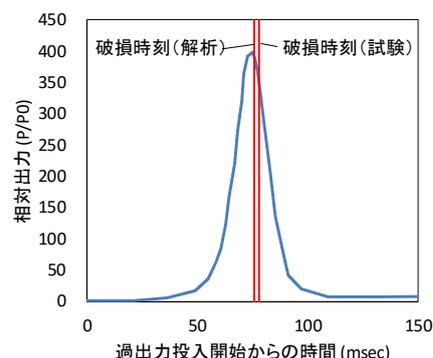


図1 AH3 試験の出力履歴

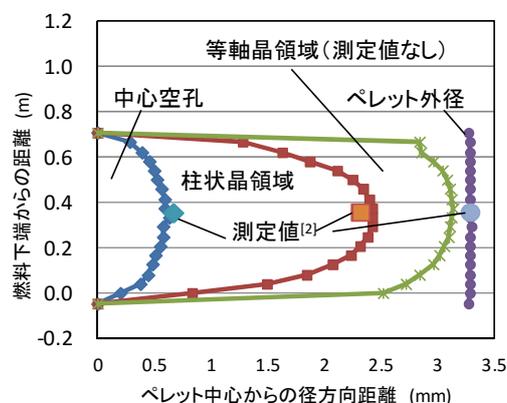


図2 照射後燃料変形挙動の比較

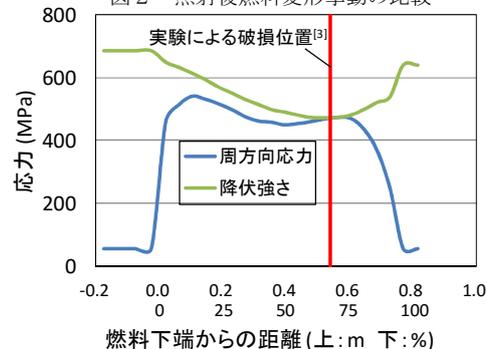


図3 周方向応力及び降伏応力の軸方向分布 (解析結果)

*Hiroki Watanabe, Tomoko Ishizu

Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority(S/NRA/R)