

格納容器内先行注水による溶融炉心冷却挙動に関する研究

(4) JASMINE コードにおけるジェットブレイクアップモデルの改良

Study on molten core coolability under precautionary water injection into containment vessel

(4) Improvement of Jet Breakup Model in the JASMINE code

*松本 俊慶, 川部 隆平, 杉山 智之, 丸山 結

原子力機構

シビアアクシデント時の溶融炉心放出への対策として、格納容器下部への先行注水が検討されている。ジェット状に水中に落下する溶融炉心の冷却性評価手法の高度化のため、JASMINE コードの改良を行った。また、実験の解析を行い、高度化に必要な課題の検討を行った。

キーワード：シビアアクシデント, 先行注水, 溶融炉心冷却性, ジェットブレイクアップ, JASMINE,

1. 緒言

水中へ落下した溶融物ジェットは水との相互作用でブレイクアップ（分裂）し、粒子状デブリを放出する。水中での挙動や冷却性に影響を持つブレイクアップ粒子径について、JASMINE コードの改良を行った。

2. JASMINE コードの改良

2-1. JASMINE コード

JASMINE コード^[1]では 2 次元円筒座標系を扱うが、ブレイクアップ粒子についてはラグランジュ型の保存式を解く。粒子は粒子群として扱われ、群内粒子は同一のパラメータを持つ。粒子群が水中に放出される条件を満たしたとき、確率分布に基づくパラメータを備えた粒子群が生成される。

2-2. Rosin-Rammler 分布に従う粒子径生成

過去の実験^[2]における粒子径の累積質量分布をよく再現する Rosin-Rammler 分布に従う粒子群を生成するための改良を行った。

3. DEFOR-A 実験解析

改良したコードを用いてスウェーデン王立工科大学で行われたジェットブレイクアップ実験 DEFOR-A^[3]の解析を行った。実験の模擬物質は共晶混合物質 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-WO}_3$ である。ジェット径 (D_j :10-25[mm])、溶融物過熱度 (T_{sup} :78-206[K]) 及び、プール水サブクール度 (T_{sub} :7-27[K]) を主な条件として A1~A9 の 9 ケースが実施された。4 層のキャッチャーにおいてデブリの捕集が行われ、粒子径やアグロメレーション（液体粒子同士の結合）質量割合などが計測された。

3-1. 解析条件

計算領域は 2 次元円筒座標で模擬するために、プールの体積と深さが実験と同一になるようにプールの径を決定した。コードの制約上キャッチャーの模擬はしていない。

3-2. 解析結果

図 1 は A1($D_j=10$, $T_{\text{sup}}=110$, $T_{\text{sub}}=27$) と A2($D_j=20$, $T_{\text{sup}}=103$, $T_{\text{sub}}=7$) のボイド率及び粒子群の分布図である。実験の観察^[3]との比較からボイドの発生や粒子の散らばりが概ね再現されていることが確認できた。図 2 はキャッチャー高さでの落下デブリのうちの液体粒子質量割合と実験でのアグロメレーション質量割合を示す。これらの 2 つの値は相関関係があると考えられるが、サブクール度の小さい（蒸気発生量が大いと考えられる）ケースではかい離が大きくなる傾向がみられた。

4. 結論

改良したコードにより水プールや発生粒子の挙動は概ね実験を再現したが、蒸気の発生量が大いケースでは、複雑になるボイドや対流の影響による挙動の再現性に課題があることがわかった。本研究は、原子力規制庁から受託した平成 27 年度原子力施設等防災対策等委託費（シビアアクシデント時格納容器内溶融炉心冷却性評価技術高度化）事業の一部である。

参考文献

- [1] K. Moriyama, et al. (2006), Nucl. Eng. Des., 236, pp. 2010-2025, [2] K. Moriyama, et al. (2005), JAERI-Research 2005-017, [3] P. Kudinov, et al. (2013), Nucl. Eng. Des., 263, pp. 284-295.

*Toshinori Matsumoto, Ryuhei Kawabe, Tomoyuki Sugiyama and Yu Maruyama, JAEA

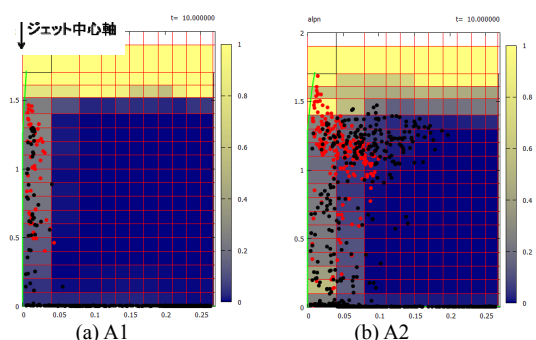


図 1 ボイド率及び粒子群分布図(10 s)

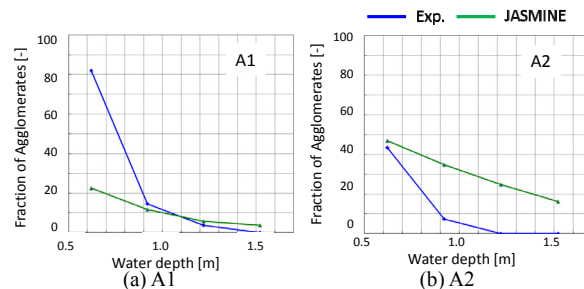


図 2 キャッチャー深さでのアグロメレーション割合と液体粒子割合