

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

(1) JASMINE コードにおけるブレイクアップ粒子結合モデルの開発

Study on Molten Core Coolability under Precautionary Water Injection into Containment Vessel

(1) Development of Breakup Particle Agglomeration Model in JASMINE

松本 俊慶, 川部 隆平, 安島 航平, *杉山 智之, 丸山 結

原子力機構

溶融炉心/冷却水相互作用コード JASMINE に、溶融物水中落下時のジェットブレイクアップで生じた粒子同士の結合（アグロメレーション）モデルを導入し、スウェーデン王立工科大学の DEFOR-A 実験の解析に適用した。その結果、プール深さとアグロメレーション割合の関係を定性的に再現した。

キーワード：シビアアクシデント、JASMINE、ジェットブレイクアップ、アグロメレーション、DEFOR-A

1. 緒言

原子力機構では、軽水炉シビアアクシデント時に格納容器内に先行注水した場合の溶融炉心冷却性を決定論的及び確率論的に評価する手法を開発している。伝熱面積の観点から溶融物の粒子化割合の定量的評価が重要であるため、表面積の低下をもたらす粒子のアグロメレーションを適切に取り扱う必要がある。そこで、同現象を扱うモデルを JASMINE コード^[1]に導入し、DEFOR-A 実験^[2]の解析に適用した。

2. アグロメレーションモデル

JASMINE コードでは同一の粒径、温度等を持つ多数の粒子をまとめて「粒子群」として扱い、その占有空間に粒子が均等に分散すると見なす。本モデルでは、ジェットブレイクアップ粒子のうち床面到達時に液相を維持しているものを対象に粒子群単位でアグロメレーション発生の有無を判定する。いま、落下してきた液相の粒子群（grp1）と先に着地した粒子群（grp2）が一部でも重なる場合において、①grp2も液相の場合及び②grp2が固相で重なり程度の粒子断面面積の総和を考慮した指標（図1）が判定基準を超える場合にアグロメレーションが生ずると判定する。また、表面積の減少が冷却に及ぼす効果を反映するため、熱伝達調整係数（ <1 ）を導入した。判定基準及び熱伝達調整係数を DEFOR-A2 実験の結果に基づいて決定し、他の実験解析に適用した。

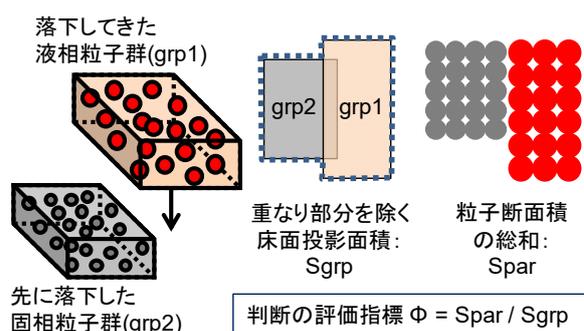


図1 アグロメレーション判定における評価指標

3. DEFOR-A 実験解析

3-1. 実験体系：ジェットブレイクアップ実験 DEFOR-A1～A9^[2]では、溶融炉心模擬物質として $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-WO}_3$ 共晶混合物が用いられ、ジェット径 10～25[mm]、過熱度 78～206[K]、水サブクール度 7～27[K]の条件で、4つの水深のキャッチャーにおけるデブリ粒子径やアグロメレーション質量割合などが計測された。解析では、実験毎に4通りのプール深さを設定することで各キャッチャーの水深における粒子挙動を模擬した。

3-2. 解析結果：DEFOR-A5 実験及び本モデルを用いた解析で得られたアグロメレーション質量割合を図2に示す。比較のため、キャッチャーに到達した粒子のうち液相粒子が占める割合も併せて示す。解析結果は、水深が浅い場合に過大評価となったが、水深の増大に伴いアグロメレーション割合が急激に低下するという実験結果の傾向をよく再現した。

4. 結論

アグロメレーションモデルの導入により溶融炉心冷却性評価の高度化の見通しを得た。実験結果の再現性及び実機適用時の信頼性の向上には、アグロメレーション判定の考え方、評価指標の選定、アグロメレーション粒子の熱伝達等に関するさらなる検討が必要である。

本研究は、原子力規制庁から受託した平成28年度原子力施設等防災対策委託費（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.(2008), JAEA-DATA/Code 2008-014

[2] P. Kudinov, et al.(2013), Nucl. Eng. Des., 263, pp. 284-295.

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

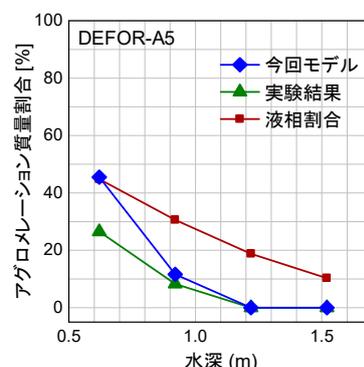


図2 アグロメレーション割合の比較