JBREAK による DEFOR-A 実験解析に基づくデブリ堆積モデル開発

Debris deposition model development at JBREAK based on DEFOR-A experimental analysis

*菊池 航[1]、堀田 亮年[1]
[1]原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ

デブリベッドの形成や冷却の不確かさを定量的に評価するため、詳細な溶融デブリジェット分裂、床面衝突挙動、液滴集積挙動等を評価する JBREAK を開発中である。堆積挙動を解析する上で集積デブリの評価が重要となるため、Kudinov モデル[1]に基づいて，広範囲の溶融物過熱度条件に対する集積デブリ形成現象を評価することを可能にするモデルを改良した。さらに DEFOR-A 実験解析を行うことでモデルの機能確認を実施した。

キーワード：デブリベッド，JBREAK，ジェットブレイクアップ，凝集，原子炉キャビティ

1. 緒言

スウェーデン王立工科大学（KTH）において、水深 1.5 m のプール に Bi_2O3-WO_3 混合酸化物溶融物を落下させ、軸方向の 3 か所に設置したキャッチャ上及び床面上の集積率を測定する DEFOR-A27 実験[2]を実施した。JBREAK で液滴集積を扱う Kudinov モデルは、集積率を堆積した各液滴の固化割合の関数から計算する半実験的なものであり、高い溶融物の過熱度条件である DEFOR-A27 実験において発生した既に堆積し固化した液滴が再溶融によって周囲の液滴と固着し集積デブリになる現象、溶融ジェットが障害物(内部構造物)と接触し補足された際の固化した液滴を巻き込んで集積デブリを形成する現象が考慮されていない。そこで、広範囲の溶融物過熱度条件での液滴集積を扱うモデル改良を行った。本発表では、こうした JBREAK の液滴集積モデル改良内容と、改良モデルを用いた解析結果について紹介する。

2. 液滴集積モデル改良

JBREAK では、堆積デブリの計算セルに新しく液滴が堆積する場合、既にセル内に存在する液滴と新たに堆積する粒子の径の違いを考慮し、セル内の既存の粒子と新しく堆積する粒子のエネルギー差を等分配することで、セル内の堆積層の温度を更新し、固化割合を計算する。この値が既定値以下であれば堆積層内の固化液滴は再溶融したとする。また、JBREAK では溶融ジェットを VOF 法により扱っており、溶融ジェットの本体が液滴化せずに液塊として障害物上に捉えられると、近傍の固化液滴を巻き込み集積デブリを形成すると仮定する。このように、数値流体モデルに半実験的集積モデルを組み合わせ、広範囲の溶融物過熱度条件のケースにおける液滴集積現象の評価を可能とする手法を開発した。

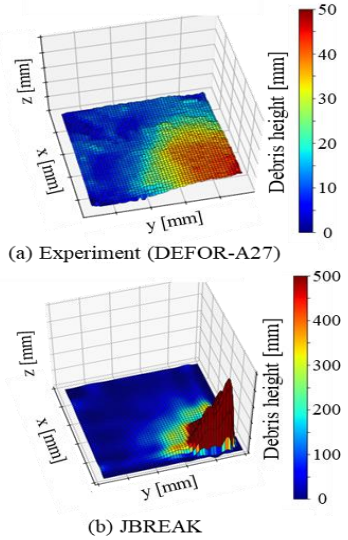

Fig.1 デブリベット堆積形状

3. 解析結果

DEFOR-A27 実験を対象とし、改良されたモデルの妥当性を確認した。解析条件は、溶融物過熱度 198 K、密度 7811 kg/m^3 とした。ジェットから 0.9 m の位置に設置してある最上部キャッチャでのデブリベット堆積形状を Fig. 1 に示す。JBREAK による堆積層の勾配は実験データよりも急であるものの、溶融ジェットが落下位置付近で堆積層が高くなり次第になだらかになる定性的な傾向は一致することを確認した。JBREAK が堆積層の勾配を過大評価した要因として今回の解析モデルでは、キャッチャ上の溶融デブリの水平方向の拡がりを考慮していない事が考えられる。

4. 結論

広範囲の溶融物過熱度条件に対する集積デブリ形成現象を評価できるモデルを開発した。今後は、キャッチャ上の溶融デブリの水平方向の拡がりを考慮できるモデルの開発を行い、実験解析をさらに広範囲の実験ケースに対して実施する予定である。

謝辞

JBREAK の開発では、アドバンスソフト(株)の伊藤耕悦氏のご協力を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

[1] P. Kudinov et al., Development and validation of conservative-mechanistic and best estimate approaches to quantifying mass fractions of agglomerated debris, Nucl. Eng. And Des. 262, 452-461 2013.

[2] A. Hotta et al., Experimental and Analytical Investigation of Formation and Cooling Phenomena, JNST. 57(4), 2019.

*KIKUCHI Wataru[1], HOTTA Akitoshi[1]
[1]Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)