

デブリベッド冷却性解析コード THERMOS-DPCOOL の開発

(2) DEBRIS 実験に基づく妥当性確認

Development of a debris bed cooling code THERMOS-DPCOOL

(2) Validation based on DEBRIS experimental data

*土井悠生, 堀田亮年, 秋葉美幸

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

「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」において開発するデブリベッド形成及び冷却を扱う統合解析コード THERMOS のモジュールとして、プール内の多孔質発熱体内の二相流動及びプール内二相流動を一括して扱う多次元伝熱流動解析コード DPCOOL を開発している。本発表では、DEBRIS 実験に基づく DPCOOL コードの妥当性確認の結果について報告する。

キーワード: デブリベッド、冷却性、妥当性確認、THERMOS-DPCOOL

1. 緒言 独シュトゥットガルト大学の DEBRIS 実験装置で実施されたデブリベッド冷却性評価実験結果[1]を基に、現在開発中の DPCOOL コードの妥当性を確認した。

2. DEBRIS 実験の概要 DEBRIS 実験装置は、デブリベッドを格納する円筒形の圧力容器と、デブリベッドへ加熱水を供給するストレージタンクで構成される。デブリベッドは、鋼球（粒径:6 及び 3 mm）及び Al_2O_3 球（粒径:2-10 mm）から構成され、高さ 640 mm、直径 125 mm の大きさを持つ。実験では、圧力容器内が飽和状態で満たされた後、デブリベッドが誘導加熱されることでプール水中の多孔質発熱体が模擬されている。加熱により発生した蒸気は、系上部に設置されたコンデンサで凝縮されて落下し、プール及びデブリベッド内に気液対向流を生じさせる。系の上部からのみデブリベッドへ水が進入する top-flooding 条件下と、系の下部からも水が注入される bottom-flooding 条件下で、発熱量などから計算された見かけの蒸気速度 J_g に対するデブリベッド内の圧力勾配が測定された。圧力勾配の測定は、冷却性に大きく影響する対向流制限を調べる上で重要である。

3. 結果と考察 図 1(a)及び(b)に top-及び bottom-flooding 条件下での実験結果と、それぞれの条件下における DPCOOL による計算結果を示す。Top-flooding 条件下での実験では、当初、蒸気の発生に伴い、水頭損失が減少することで圧力勾配が小さくなり、その後、 J_g が大きくなるにつれて気相一堆积層間の抗力が支配的となり、圧力勾配が大きくなる現象が報告されている[1]。DPCOOL の計算結果では $J_g < 0.1$ m/s の領域でほぼ実験結果と一致しており、それ以降の J_g では、実験結果より大きな値を出しているが、傾向は一致している。Bottom-flooding 条件下での実験では、水頭損失の減少によって圧力勾配が小さくなり、 J_g 及び系下部からの水の流入速度 J_{i0} の増加に伴い、二相流一堆积層間の抗力が支配的になり、圧力勾配が大きくなる様子が報告されている[1]。DPCOOL の計算結果は、圧力勾配の傾きは実験結果と一致しているが、全体的に実験結果を過小評価する傾向がみられた。その理由としては、堆积層との摩擦係数が影響していると考えられる。なお、図 1 (b)中には $J_{i0}=2.8$ 及び 7.1 mm/s の条件下での計算結果を示している。

4. 結言 DPCOOL コードにより、DEBRIS 実験で報告されている top-及び bottom-flooding 条件下での圧力損失特性を定性的に再現することができた。今後、更なる高度化を進めていく。

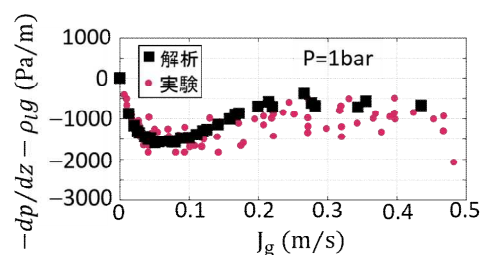
5. 謝辞 本コード開発では、アドバンスソフト株式会社の清水守氏、湊明彦氏及び森田秀利氏、シュトゥットガルト大学の S. Leininger 氏、J. Starflinger 氏のご協力を頂いた。ここに謝意を表す。

参考文献

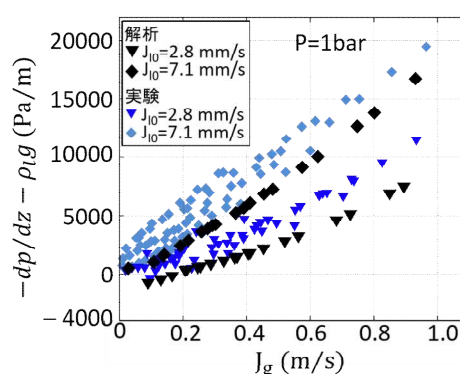
[1] Kulkarni, P.P., Rashid, M., Kulenovic, R. Nayak, A.K., "Experimental investigation of coolability behaviour of irregularly shaped particulate debris bed", Nucl. Eng. Des., 240 (10), 3067 (2010).

*Yuki Doi, Akitoshi Hotta, and Miyuki Akiba

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



(a) Top-flooding 条件



(b) Bottom-flooding 条件

図 1: 実験[1]と計算結果の比較