

数値シミュレーションによる閉鎖容器への蒸気吹込み実験の再現

Numerical simulation of steam injection experiment into closed vessel

*歌野原 陽一¹, 村瀬 道雄¹, 山本 泰功¹

¹原子力安全システム研究所

冷却材喪失事故（LOCA）時における PWR 原子炉格納容器(CV)内部の温度過渡変化を評価するため、数値流体シミュレーション（CFD）による現象の再現を試みている。過去に実施した、CV を模擬した閉鎖円筒容器へ蒸気を吹き込む実験に対し、数値流体解析による圧力・温度の再現を試み、壁面凝縮や空間中での相変化の影響について検討した。

キーワード：格納容器，PWR，冷却材喪失事故，数値解析

1. 緒言 PWR の LOCA 時における CV 健全性評価の一環として、CFD による LOCA 時の温度・圧力の予測に取り組んでいる[1-3]。これまで、適切な CFD モデルの構築のため、小型の閉鎖円筒容器に空気および蒸気を吹き込む実験を実施し[2]、CFD で再現を試みたが[3]、圧力の過大評価や温度の過小評価など空間の平均的な現象が再現できなかった。そこで、CV 内の圧力・温度変化に影響する現象として、壁面凝縮熱伝達や空間中での相変化などに注目し、それぞれモデル化した上で計算を行い実験データとの比較を行った。

2. 実験・計算条件 実験で用いた小型容器は内径 254.4 mm、高さ 300 mm の SUS304 製である。1 気圧、約 15℃の空気が充満した初期状態から 1.38 g/s、約 107℃の蒸気を 16 秒間吹き込んだ。CFD には FLUENT15.0 を用いた。計算対象は空気・蒸気 2 成分の気体単相と固体壁である。壁面へは対流熱伝達に加え、凝縮熱伝達を実験相関式[4]で考慮した。また、蒸気は常に飽和状態と仮定し、飽和蒸気圧曲線からずれると元に戻るよう蒸発・凝縮させ、空間中の各セルに質量および熱のソース項を与えた。

3. 結果 図 1 に気相圧力、図 2 に気相の質量平均温度を示す。実験では約 0.14 MPa、約 60℃まで上昇し、蒸気吹込み終了後徐々に低下する。CFD では壁面凝縮伝熱のみを考慮した場合、空間中の相変化のみ考慮した場合、両者を考慮した場合の 3 ケースを行い実験の再現性を比較したが、両者を考慮した場合が一番実験データを再現することができた。

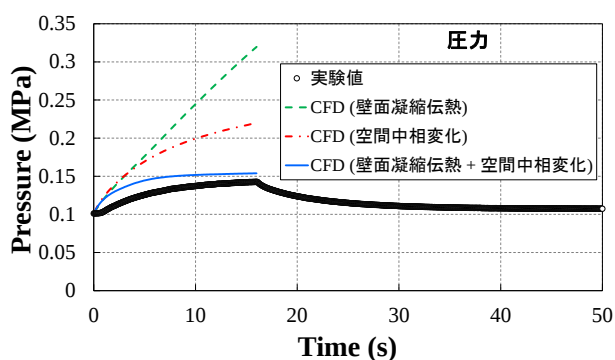


図 1 気相の圧力

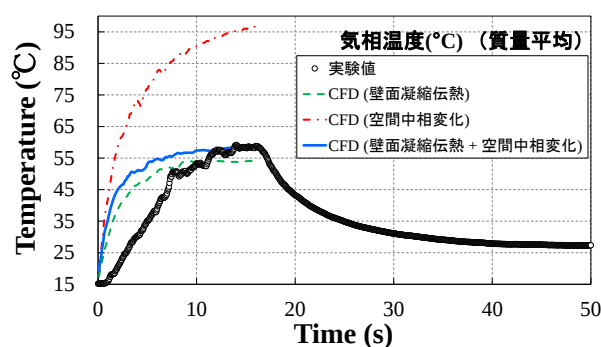


図 2 気相の質量平均温度

参考文献

[1]歌野原ら、原子力学会 2015 春の年会、H55, [2]野末ら、原子力学会 2015 春の年会、H56, [3]山本ら、原子力学会 2015 春の年会、H57, [4]柳ら、機論 B、78(786)、(2012)、pp. 363-372

*Yoichi Utanohara¹, Michio Murase¹ and Yasunori Yamamoto¹

¹Institute of Nuclear Safety System, Inc.