

格納容器外面冷却に関する CIGMA 実験～初期ガス組成の影響～

The CIGMA facility experiment on containment vessel outer surface cooling ~Effect of initial gas composition~

*柴本泰照, 石垣将宏, 安部諭, 与能本泰介

¹ 日本原子力研究開発機構

原子力機構ではシビアアクシデント時の格納容器内熱水力挙動の把握を目的として、大型格納容器実験装置 CIGMA を用いた実験を行っている。本発表では、格納容器外面冷却時における容器内の熱水力挙動について、容器内のガス組成を初期条件パラメータとして変更した実験結果について報告する。

キーワード: 格納容器, 過温破損, 水素移行, ROSA-SA, CIGMA

1. 緒言 格納容器内の容器壁面及び構造物壁面上での蒸気凝縮挙動は、水素を含むガス温度及び濃度の空間分布や減圧挙動に強く影響を与えることから、格納容器健全性に関連する重要な現象と認識されている。これまでに様々な実験的及び解析的な取り組みがなされており、近年では CFD 技術を用いた詳細解析手法が提案されている^[1]。JAEA でも ROSA-SA プロジェクト一環として同様の研究に取り組んでおり、従来不足とされている高温領域、広範囲における高空間分解能データの取得を目的として大型格納容器実験装置 (CIGMA) を用いた実験を開始し、詳細解析手法の開発を行っている^[2]。本発表では、格納容器の外面冷却実験において、容器内初期ガス濃度分布が自然循環や減圧挙動に及ぼす影響について報告する。

2. CIGMA 実験 CIGMA 装置は直径 2.5m・高さ 11m の円筒形の試験容器を持ち、容器内部の気体温度、濃度、流速分布を計測できる。また、冷却系として容器内部スプレイ及び容器外面冷却系を備える。本実験では、容器内部を蒸気・空気・ヘリウム混合ガスで約 450kPa に加圧し、その後容器頂部外側に室温の冷却水をかけ、容器頂部約 0.5m を冠水させて壁越しに冷却し、そのときの容器内自然循環を気体温度及び濃度分布を測定することで評価した。実験パラメータとして初期ガス組成と空間分布を変更した。

3. 主な実験結果と考察 初期ガスが蒸気単体の場合は単調に減圧が進むのに対し、非凝縮ガスを混入した条件では、混合ガス種(空気, ヘリウム, 空気+ヘリウム)

やその分布(均質/成層)によって自然循環及び減圧挙動に大きな差が出た。図1は、蒸気+空気+ヘリウムが初期に成層化(上部に蒸気+ヘリウムが高濃度)した条件での試験容器内鉛直方向気体密度分布の時間変化を示す。混合ガス密度は圧力と温度、濃度の計測結果から評価した。各ガス種の濃度変化は時系列に複雑な分布を示すが、図1のように混合ガス全体の密度として整理すると単純化され、上部成層が時間と共に消滅し均質化する様子が観察された。密度成層が消滅された理由は、凝縮の結果残された混合ガスの密度と、その下側に位置する蒸気をより多くを含む混合ガス密度との差が少なくなり、下方に落下したことによる。この結果は、三成分気体中での凝縮挙動の評価が、格納容器内の全体的な熱流動を予測する上で極めて重要であることを示している。今後、様々な条件でのデータベースを構築し、現象の理解を深めるとともに解析手法の高度化を図る予定である。

参考文献 [1] Dehbi, A. et al., Nucl. Eng. Des., 258, 199-210, (2013). [2] Ishigaki, M., et al., NTHAS-10, N10P1153, (2016).

本研究は、原子力規制委員会より受託した「平成 28 年度原子力施設等防災対策等委託費(軽水炉のシビアアクシデント時格納容器熱流動調査)事業」の一部として実施した。

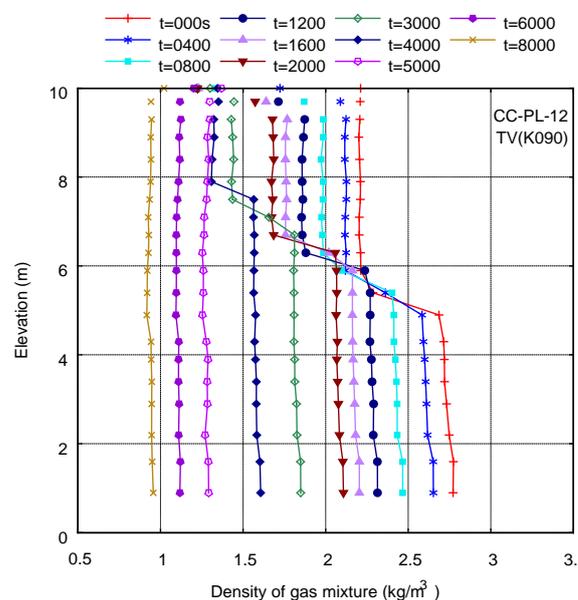


図1 容器内垂直方向気体密度分布

* Yasuteru Sibamoto, Masahiro Ishigaki, Satoshi Abe, and Taisuke Yonomoto. ¹ Japan Atomic Energy Agency.