

CIGMA を用いたシビアアクシデント時の格納容器熱水力現象に関する実験

(1) 外面冷却による密度成層浸食崩壊実験

CIGMA experiment on thermal hydraulic behavior in a containment vessel during a severe accident

(1) Experimental study on density stratification break-up by an outer cooling

*安部 諭¹, 石垣 将宏¹, 柴本 泰照¹, 与能本 泰介¹

¹原子力機構

シビアアクシデント時に水-Zr 反応などによって生じる水素ガスの移行挙動把握は、水素爆発を論じる上で重要である。本発表では、原子力機構が所有する大型模擬格納容器 CIGMA で実施した、外面冷却時に生じる自然対流による密度成層浸食・崩壊挙動に関する実験を紹介する。

キーワード：原子炉格納容器, CIGMA, 外面冷却, 自然対流, 密度成層

1. 緒言 格納容器内水素挙動把握に関する代表的実験として密度成層化およびその崩壊挙動が挙げられ、OECD 主催の国際プロジェクトなどで大型実験装置を用いた実験および数値流体解析のベンチマークが行われている[1]。従来の実験では噴流による密度成層浸食崩壊に関する実験が実施され、衝突領域での乱流混合に関する検証がなされた。一方で、アクシデントマネジメント (AM) 策の一つである外面冷却時や加圧水型原子炉の格納容器に設置されている再循環ユニットなどにより生じる自然対流と密度成層の相互作用に関しては、基礎的な知見が十分に得られていない。そこで本発表では、原子力機構が所有する大型模擬格納容器 CIGMA[2]を用い、外面からの冷却によって誘起される自然対流による密度成層の浸食・崩壊実験について述べる。

2. CIGMA 装置概要と実験内容 図 1 に実験の初期条件を示す。試験容器全体をおよそ 160 °C、174 kPa に昇温・昇圧した。従来の CIGMA 実験[2]では蒸気を含む混合気体を用いたが、本実験では自然対流による混合挙動に注目するため、空気とヘリウム（水素の代替気体）のみの二成分気体により容器上部 (>6 m) に密度成層を形成した。その後、容器上部約 1/5 の領域を外面冷却し、温度及びガス濃度組成の時間変化を計測した。図 2 に各計測高さでのヘリウム濃度の時間変化と冷却開始から 740 s の流体温度の空間温度分布を示す。特徴的な現象として、初期成層底部 (z=7.1 m) のヘリウム濃度が、冷却開始直後の急激な減衰後に、40%程度まで急激に上昇したことが挙げられる。また、初期成層より下方の z=5.9、1.6 m においても、同様にヘリウム濃度の急激な上昇が確認できる。これは、外面冷却により容器上部に形成された低温領域（図 2 参照）が形成され、上下の密度差が逆転したことで、高濃度のヘリウムガスを含む混合気体が下方に輸送されたためである。

3. 結言 CIGMA 装置の有する外面冷却機能を用いて、外面冷却時の試験容器内の自然対流およびそれによるガス混合挙動を調査した。本実験で得られた結果は、外面冷却時の物質移行挙動把握のための基礎データ、および数値流体解析(CFD)の検証用データとして活用される。

謝辞 本研究は、原子力規制委員会原子力規制庁より受託した「平成 30 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。

参考文献

[1] S. Abe et al., Nuclear Engineering and Design, Vol. 331, pp. 162-175, 2018

[2] M. Ishigaki et al., proceedings of NUTHOS-12, 2018

*Satoshi Abe¹, Masahiro Ishigaki¹, Yasuteru Sibamoto¹, Taisuke Yonomoto¹

¹Japan Atomic Energy Agency

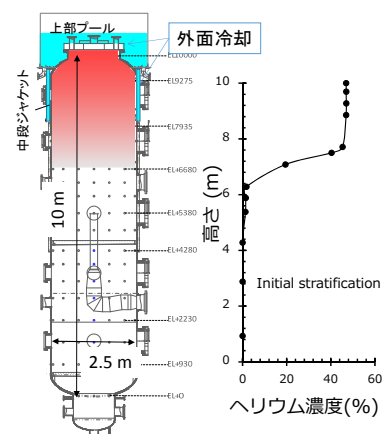


図 1 CIGMA 容器と初期密度成層

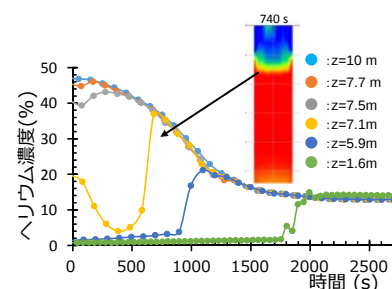


図 2 ヘリウム濃度の時間変化と冷却開始から 740 秒後の流体温度分布