

LIF 計測を用いた軽水炉事故時の温度混合現象の解明

Research on temperature mixing phenomenon during reactor vessel accident with LIF

*塩見 友理子¹, 吉田 和弘¹, 東 慧¹, 坂田 英之¹, 緒方 智明¹, 牧野 泰², 田口 鋼志³

¹三菱重工業株式会社, ²ニュークリア・デベロップメント株式会社, ³関西電力株式会社

PWR 下部プレナム内流動に着眼し、要素を抽出した供試体を用いて高流量と低流量の2つの状態をモデル化した流水試験を実施し、LIF（レーザ誘起蛍光法）やPIV（粒子画像流速測定法）を用いて温度・速度分布を計測した。その結果、温度差（密度差）の影響度合いが変化するため、事故時において慣性力が支配的な高流量時と浮力影響が強い低流量時では温度混合現象は異なることが確認された。

キーワード：一次冷却系事故，原子炉容器，温度混合，LIF，PIV

1. 緒言

PWR の安全評価想定事象の一つである主蒸気管破断事象が起こると、原子炉容器（図1）に低温水が流入する。この際のダウンカマおよび下部プレナム内での特徴的な熱流動挙動を把握するため、縮尺要素モデルを用いた要素試験を実施し、定格流量時と低流量時の温度混合現象の違いを可視化計測に基づき考察した。

2. 試験概要

縮尺要素モデルはダウンカマ流路を平板状に展開したものと、下部プレナムを矩形断面流路で模擬したもの（図2）とした。壁面はアクリル製とし、LIF および PIV により温度・速度分布を取得した。試験条件はスケール則に基づいて決定し、主蒸気管の内の1本が破断した場合を想定し、炉心に流入する4ループのうち1ループを低温条件として試験を実施した。

3. 試験結果・考察

低流量時の流速・温度分布より、ダウンカマでは浮力により低温水と周囲流体に速度差が生じ、擾乱が発達する様子が確認された。また、下部プレナムでは主要流れが図2のように(1)拡流部入口の高温水の上昇流れ、(2)曲面に沿う低温水と高温水の衝突、(3)拡流部への局所的な低温水の潜り込みに大別できることが分かった。また、(1)(2)の温度分布から、低流量時には高温水と低温水が細かな非定常渦によって混合される様子が観察された。

4. 結論

LIF および PIV による温度・速度分布の結果から、低流量時のダウンカマおよび下部プレナム内では温度差（密度差）による浮力の影響が非常に強くなり、高流量時の慣性力支配の流れ場とは異なった流況となることがわかった。

したがって、低流量時の温度混合現象において流体の温度差が一つの重要因子であることを把握できた。

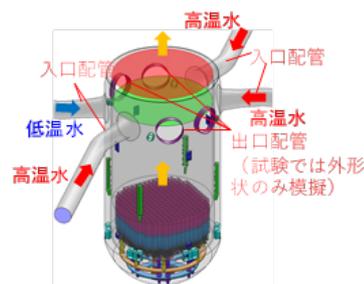


図1 PWR 原子炉容器

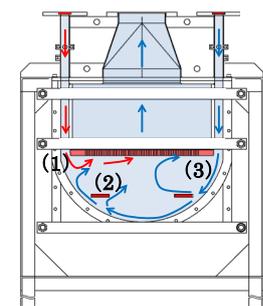


図2 低流量時の主要な流れ

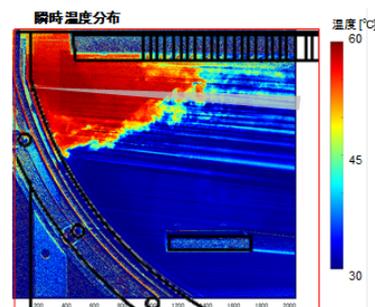


図3 低流量時の温度分布

*Yuriko Shiomi¹, Kazuhiro Yoshida¹, Kei Higashi¹, Hideyuki Sakata¹, Tomoaki Ogata¹, Yasushi Makino² and Koshi Taguchi³

¹Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., ²Nuclear Development Corp., ³The Kansai Electric Power Co., Inc.

本件は、関西電力（株）、北海道電力（株）、四国電力（株）、九州電力（株）、日本原子力発電（株）、（一財）エネルギー総合工学研究所、三菱重工業（株）の共同研究の成果である。