

縮尺水流動試験による高速炉の炉容器内自然対流崩壊熱除熱特性の把握

(6) 複数の炉容器内冷却器運転時の熱流動挙動

Study on cooling process of decay heat removal systems

in a reactor vessel of sodium-cooled fast reactor by scaled water experiments,

(6) Thermal hydraulics behavior under operations of multiple decay heat removal systems

*辻 光世¹, 相澤 康介¹, 小林 順¹, 栗原 成計¹¹JAEA

浸漬型 DHX 及び貫通型 DHX を同時運転した条件で温度計測及び流速計測を実施し、複数の冷却器運転時の自然循環挙動を把握し、炉容器内の各所に配置された発熱源が安定的に冷却されることを確認した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、シビアアクシデント、崩壊熱除去、水流動試験、PIV

1. 緒言 ナトリウム冷却高速炉の安全性強化に向けた炉容器内冷却器の設計と運用の最適化に資するため、シビアアクシデント時を含む崩壊熱除去特性及び熱流動特性の把握を目的とした縮尺水流動試験を実施している[1]。本報では、浸漬型直接炉内冷却器（以下、浸漬型 DHX）及び貫通型直接炉内冷却器（以下、貫通型 DHX）を同時に運転した条件において温度計測及び流速計測を実施し、炉容器内熱流動挙動を把握した結果について報告する。

2. 試験条件 図 1 に試験体の概要を示す。試験体は、高速炉の炉容器をモデル化しており、円筒容器内に、炉心部、コアキャッチャ（以下、CC）、浸漬型 DHX 及び貫通型 DHX 等が設置されている。炉心部の残留燃料または CC 上部のデブリによる崩壊熱は、電気ヒータにより与える。本研究では、炉心部及び CC 上部の発熱量をパラメータとし、炉心部高発熱条件（炉心部 8kW、CC 上部 2kW）及び CC 上部高発熱条件（炉心部 2kW、CC 上部 8kW）の 2 条件において、浸漬型 DHX 及び貫通型 DHX を同時に運転（以下、複数運転）し、炉容器内を自然循環冷却した場合の熱流動場を把握した。さらに、浸漬型 DHX のみを運転する場合[2]（以下、単独運転）との比較から、貫通型 DHX の運転が熱流動場に与える影響について検討した。複数運転時の各 DHX の運転条件は除熱量の合計が単独運転の浸漬型 DHX の除熱量と同等になるように設定した。

3. 試験結果 炉心部高発熱条件及び CC 上部高発熱条件ともに、炉内冷却器の複数運転において定常状態が達成され、安定的な炉容器内自然循環冷却が可能であることを確認した。次に、図 2 に PIV で計測した炉心出口上部（ $z=1330\text{mm}$ ）に形成された上昇流の流速分布を示す。CC 上部高発熱条件で炉心部高発熱条件に比べ、流速が増加していることがわかる。この傾向は単独運転[2]の結果と同様であり、CC 上部高発熱条件では、炉心部高発熱条件に比べ、試験体下部での発熱量が相対的に増加し、発熱中心と冷却中心の高低差が増加し、自然循環駆動力が増加することによって考えられる。また、図 3 に炉心部高発熱条件における炉心部出入口 $z=865\text{mm}$ 及び $z=1267\text{mm}$ の温度分布を示す。炉心部領域 I の出入口の平均温度の差は、複数運転では約 6°C 、単独運転では約 4°C となっている。これは貫通型 DHX を併用することで冷却中心高さが低くなることで循環駆動力が低下し、自然循環流速が低くなるため、炉心部での温度上昇が高くなったと考えられる。

4. 結言 複数の炉内冷却器の運転が炉心部及びコアキャッチャ上のデブリ冷却を含む炉容器内の自然循環挙動に与える影響について把握するため、試験を実施した。その結果、複数の炉内冷却器運転時において、安定冷却な炉容器内自然循環冷却が可能であることを確認した。さらに、浸漬型 DHX 単独運転時との比較から、貫通型 DHX の運転が炉容器内自然循環挙動に与える影響について明らかにした。

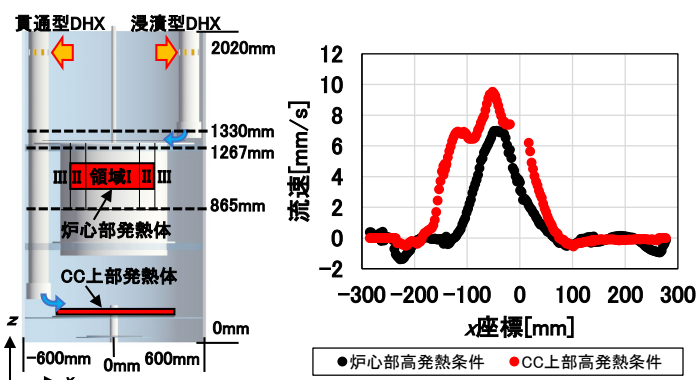


図 1 試験体概略図

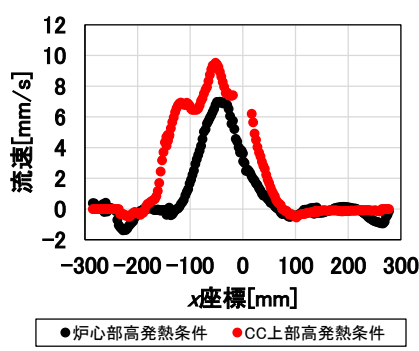


図 2 炉心出口流速分布

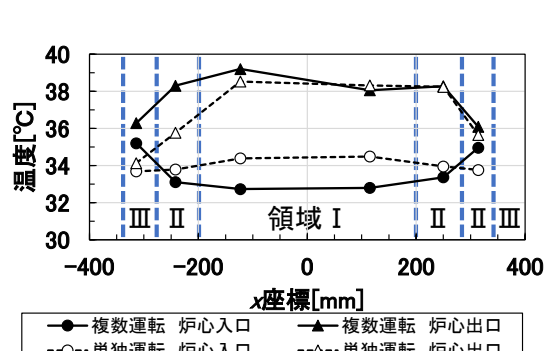


図 3 炉心出入口温度分布

参考文献[1] Ono, A. et al., Proc. of ICAPP2017, 17230, (2017). [2] 辻他, 日本原子力学会春の年会, 2A04, (2021).

*Mitsuyo Tsuji¹, Kosuke Aizawa¹, Jun Kobayashi¹, Akikazu Kurihara¹

¹JAEA