

受動的安全性を持つ新しい炉容器冷却設備 実機の RCCS と等倍縮小した除熱試験装置の比較方法

New Reactor Cavity Cooling System (RCCS) Having Passive Safety Features

Comparison Methodology between a Real RCCS and a Scale-down Heat Removal Test Facility

*高松 邦吉¹, 松元 達也², 守田 幸路²

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 九州大学

東京電力(株)の福島第一原子力発電所事故(以下、福島事故)後、安全上優れた特性を有する冷却設備に関する研究は、極めて重要なテーマである。そこで、動的機器および非常用電源等を必要とせず、福島事故のようにヒートシンクを喪失することのない、受動的安全性を持つ新しい炉容器冷却設備(以下、冷却設備)を提案する[1]。

キーワード： 炉容器冷却設備, 受動的安全性, HTGR, HTTR, VHTR, ふく射, 自然対流

1. 緒言

福島事故によって、全く“除熱”ができない“想定外の”状況も発生するという、新たに顕在化した課題を早期解決するため、受動的安全性を持つ新しい冷却設備を提案する。本冷却設備は、全電源喪失に影響されず、定格運転時の一部の放出熱、および炉停止後の崩壊熱を、常に安定的に受動的に除去できる。また、事故時においては、高温ガス炉の炉心内にある大量の黒鉛が、初期の崩壊熱を顕熱として吸収できる。本冷却設備が持つ冷却能力の範囲まで崩壊熱が減少した後は、長期間(無限時間)に渡って、崩壊熱を受動的に除去できる。

2. 新しい炉容器冷却設備の提案

できるだけ人間の判断を必要とせず、究極的には運転員なし(マニュアルなし)でも原子炉システムの安全性が担保できるような、受動的安全性を追求する。具体的には、冷媒の漏えいを考慮する必要の無いふく射をできるだけ用いる(図1、図2)。また、除熱すべき熱流束を小さくするため、RPVの表面を加工し、フィン等を追加することで、熱交換面積を増加させる(図3)。さらに、ヒートシンク(大気)との熱交換面を加工し、フィン等を追加することで、熱交換面積を増加させる(図3)。

パラボラの形状(赤)を採用すると、ふく射(→:矢印)のみで、RPVからの熱をヒートシンクとの熱交換面(青)へ伝播させることができる

必要な熱交換面積を保存

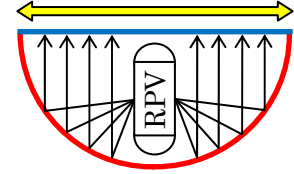


図1

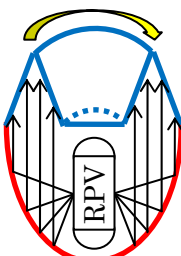


図2

熱交換面を折り畳むことで、必要な熱交換面積を保存

パラボラの形状(赤)から離れると、ふく射(→:矢印)および自然対流で、RPVからの熱をヒートシンクとの熱交換面(青)へ伝播させることができる

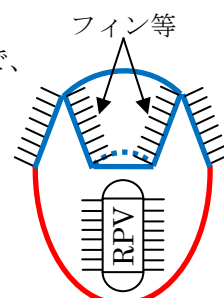


図3

3. 解析および実験計画

平成27年度は、①実機の大きさの冷却設備の解析、②等倍に縮小したスケールモデル(伝熱試験装置)の設計を完了した。平成28年度は、スケールモデルを用いた実験を行い、除熱の物理的メカニズムを明らかにする。①と②の比較においては、RPVの代表温度、冷却設備の冷却面の代表温度を、実機の温度に合わせる。【ふく射】等倍に縮小することでスケールモデルの形態係数を同じにする。代表温度は実機の温度に合わせるため、ふく射で除熱される熱流束は同じになる。一方、空気を減圧すれば、自然対流の効果が減少し、ふく射のみによる除熱効果が検討できる。【自然対流】グラスホフ数 Gr を合わせるためにスケールモデル内の空気を加圧する。プラントル数 Pr は温度および圧力に依存しないため、レイリー数 Ra も同じになる。最後に、②の実験結果を再現できる改良された解析モデルを用いて、①の実機の冷却設備の除熱能力を実証する。

参考文献

[1] K. Takamatsu and R. Hu: New reactor cavity cooling system having passive safety features using novel shape for HTGRs and VHTRs, *Annals of Nuclear Energy*, 77, p.165 – 171, (2015).

*Kuniyoshi Takamatsu¹, Tatsuya Matsumoto² and Koji Morita²

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Kyushu University