受動的安全性を持つ新しい炉容器冷却設備
（1）実機の RCCS と比較するために等倍縮小した除熱試験装置の実験条件

New Reactor Cavity Cooling System (RCCS) having passive safety features

(1) Experimental Conditions of a Scale-down Heat Removal Test Facility for Comparison with a Real RCCS

*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

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)を提案した。その優れた除熱性能を示すために、九州大学で伝熱試験装置による実験を実施中である。また、実機の大きさの冷却設備(以下、①)のふく射及び自然対流を再現できる方法を検討した結果、①の代表長さ$L_{①}$に対する、等倍に縮小したスケールモデル(伝熱試験装置) (以下、②)の代表長さ$L_{②}$の比 $\frac{L_{②}}{L_{①}}=\frac{1}{x}$ を用いて、②の実験条件を定める手法を提案できた。

キーワード：炉容器冷却設備，受動的安全性，高温ガス炉，高温工学試験研究炉，超高温ガス炉，炉心溶融，冷却材喪失事故，グラスホフ数

1. 緒言　動的機器および非常用電源等を必要とせず、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冷却設備を提案した[1]。また、九州大学において、本冷却設備の優れた除熱性能を示す伝熱試験装置の設計及び製作を完了した。平成 28 年度、実験により除熱の物理的メカニズムを明らかにする。本発表では、①のふく射及び自然対流を同時に再現できるよう、②の実験条件を定める手法を提案する。

2. 評価方法

2-1. ふく射　①を等倍に縮小した相似形の②は、①と同じ形態係数にできる。②の RPV の代表温度 $T_{\mathrm{RPV(②)}}$、②の冷却面の代表温度 $T_{\mathrm{RCCS(②)}}$を、①の代表温度に合わせることで、ふく射で除熱される熱流束は同じにできる。一方、空気を減圧すれば自然対流が減少し、ふく射のみによる除熱効果を評価できる。

2-2. 自然対流

2-2-1. グラスホフ数 Gr

②の作動流体（空気）を $\frac{p_{②}}{p_{①}}=x^{\frac{3}{2}}$ まで加圧すると、②のグラスホフ数 Gr は①と同じにできる。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 も同じにできる。一方、自然対流による熱流束 $q''_{\mathrm{Natural}}=\frac{\mathrm{Nu_m}\cdot\lambda}{L}\cdot\left(T_{\mathrm{RPV}}-T_{\mathrm{RCCS}}\right)$ は、代表長さ L を変数として含むため、①の熱流束 $q''_{\mathrm{RCCS(①)}}$及び自然対流の熱伝達率 $h_{\mathrm{NAT(①)}}$ を用いて、②の熱流束を $q''_{\mathrm{RCCS(②)}}=q''_{\mathrm{RCCS(①)}}+(x-1)\cdot h_{\mathrm{NAT(①)}}\cdot\left(T_{\mathrm{RPV}}-T_{\mathrm{RCCS}}\right)$ と設定できる。

2-2-2. 自然対流による熱流束及び熱伝達率

②に①の熱流束を与えた場合でも、②の作動流体を加圧することで、②の RPV の代表温度 $T_{\mathrm{RPV(②)}}$ と②の冷却面の代表温度 $T_{\mathrm{RCCS(②)}}$ を、①の代表温度と同じにできる。①と②のふく射による熱流束は同じなので、①と②の自然対流による熱流束及び熱伝達率は同じにできる。一方、②のグラスホフ数 Gr は①より小さくなる。言い換えると、②の粘性力に対する浮力（自然対流）の効果が①と比較して小さい場合でも、②から①と同じ自然対流による熱流束 $q''_{\mathrm{Natural(①)}}$を除去できる。

2-3. 流速比　①を等倍に縮小した場合、①と②の自然対流による流速比は、$\frac{u_{②}}{u_{①}}=\frac{\sqrt{L_{②}}}{\sqrt{L_{①}}}=\sqrt{\frac{1}{x}}$となる。

3. 結論　①のふく射及び自然対流を同時に再現できる方法を検討した結果、①と②の代表長さの比 x^{-1} を用いて②の実験条件を定める手法を提案できた。

参考文献　[1] 高松他 2 名：受動的安全性を持つ新しい炉容器冷却設備”, 本会 2015 年秋の大会, B07.

謝辞　本研究は、JSPS 科研費 JP15K06676 の助成を受けたものです。

*Kuniyoshi Takamatsu[1], Tatsuya Matsumoto[2] and Koji Morita[2]

[1]Japan Atomic Energy Agency, [2]Kyushu University.