

放射冷却を利用した受動的炉容器冷却システムの研究
実装方法の検討

Research on a passive Vessel Cooling System (VCS) utilizing radiative cooling
Examination of how to integrate the actual VCS with a reactor building

*高松 邦吉¹, 船谷 俊平²
¹JAEA, ²山梨大

本発表では、高温ガス炉の原子炉建家と一体化した炉容器冷却システム(VCS)の構造概念を提示するとともに、これまでの実験及び解析に基づく性能評価結果を報告する。
キーワード：高温ガス炉，炉容器冷却システム，受動的安全性，輻射

1. 背景と目的 固有の安全性により炉心溶融が生じない設計が可能な高温ガス炉への期待が高まっている。事故時に崩壊熱及び残留熱を除去するため、HTTR では冷却水の強制循環により除熱する能動的な VCS が採用されたが、高温ガス炉の実用化に向けて、動的機器が不要で崩壊熱を受動的に除去できる信頼性の高い冷却設備が求められる。本研究では外的ハザードに対する安全性向上を目的に、水や空気等の流体の駆動に期待することなく、事故時の崩壊熱及び残留熱を受動的に除去可能な、放射冷却を利用した新たな VCS を開発する^[1]。

2. 課題と解決策 事故時に VCS に要求される崩壊熱及び残留熱の除熱能力として、過去の研究の検討結果に基づき原子炉熱出力の 0.33%以上の熱量を原子炉圧力容器(RPV)の表面積で割った熱流束以上を除熱でき

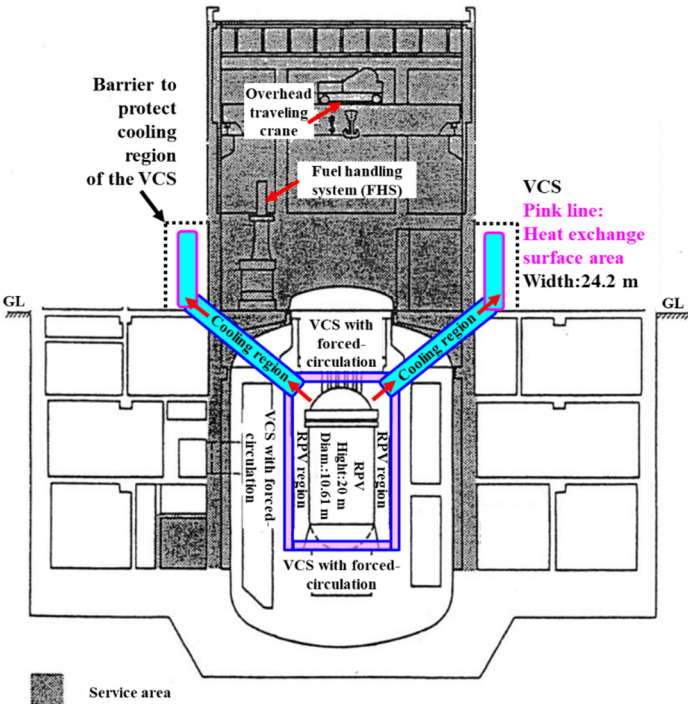


図 1 放射冷却を利用した新たな VCS 構造概念

るとした。図 1 に示す VCS は、原子炉建家の周囲を取り囲み、ドーナツ型の断面構造を有しており、放射冷却を用いて除熱する。HTTR の RPV(高さ 13.5 m、直径 5.7 m)を参考に RPV の大きさを高さ 20 m、直径 10.61 m と仮定し、HTTR のサービスエリア相当幅(22.1 m)を参考に VCS 幅(24.2 m)を設定した場合、必要な除熱能力を確保できる VCS 高さを評価した。その際、外気との熱交換面は、建築で一般的に用いられる設計値に基づき、自然対流熱伝達率 18 W/m²/K、外気温度 40 °C、輻射率(放射率)0.8 と設定した。表 1 に、評価条件と結果を示す。VCS 高さは、原子炉熱出力 600MWt の場合で、HTTR 原子炉建家高さ(24.2 m)の約 27%に抑えられると評価された。
3. まとめ 水や空気等の流体の駆動に期待するのではなく、事故時の崩壊熱及び残留熱を受動的に除去可能な、放射冷却を利用した新たな VCS の構造概念を提案し、その除熱能力を評価した。

表 1 原子炉熱出力 600MWt に対する必要な VCS 高さ

Reactor thermal power (MWt)	Reactor thermal power × 0.33% = Required heat removal on the RPV (MW)	Required heat flux removal on the RPV (kW/m ²)	Emissivity on the heat exchange surface of the VCS above the ground	Temperature on the heat exchange surface of the VCS above the ground (C°)	Ambient air temperature (C°)	Heat transfer coefficient on the heat exchange surface of the VCS above the ground (W/m ² /K)	Calculated heat flux exchange with ambient air (kW/m ²)	Calculated heat exchange surface area of the VCS above the ground (m ²)	Calculated height of the VCS exchanging the heat flux with ambient air above the ground in one of east, west, north and south directions (m)	Height of the reactor building of the HTTR (m)
600	2	3	0.8	100	40	18	1.58	1266.9	6.544	24.2

参考文献 [1] Comparison on Safety Features among HTGR’s Reactor Cavity Cooling Systems (RCCSs), Nucl. Eng. Technol. 56, 832–845, (2024).

*Kuniyoshi Takamatsu¹ and Shumpei Funatani², ¹JAEA, ²Yamanashi Univ.

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP22K04628 の助成を受けたものです。