

研究目的

原子炉事故に関する熱流動や伝熱現象に関連した安全研究の分野を熱水力安全研究と呼ぶ。当研究グループでは主に以下を実施。

- 安全評価パラメータに影響し、不確かさの大きい重要現象の解明
- 炉心損傷前後の熱水力挙動・ソースターム挙動の予測手法の確立
- 評価モデルと手法の高度化・データベースの構築、不確かさ解析
- 評価手法の高度化・計測技術の開発による研究・技術基盤の向上

安全規制で必要となる技術的知見の整備、将来の規制活動に役立つ知見の創出、将来の産業界からの提案の検討に活用。

主な研究

加圧熱衝撃 (PTS)

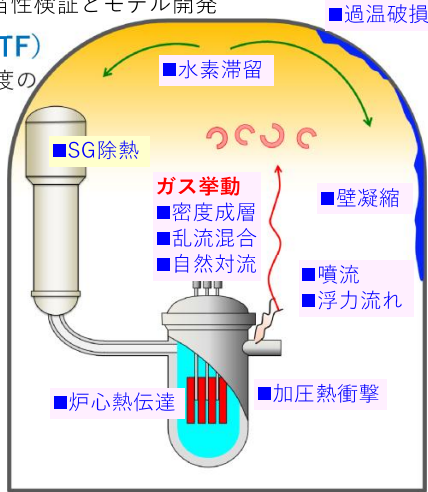
- 現行評価手法の技術根拠の拡充、将来の手法高度化への備えを目的
- ・ 3ループPWRを対象としたTRACEコードによる熱流動解析
 - ・ 熱伝達評価相関式の妥当性検証とモデル開発

システム効果実験 (LSTF)

AM策に対する炉心出口温度の炉心温度反映性の評価



LSTF外観



軽水炉事故時の代表的な熱水力挙動

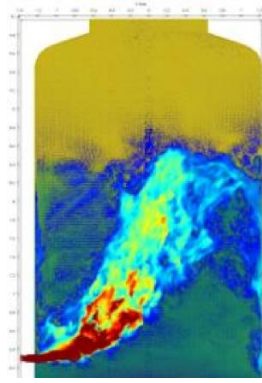
大型格納容器 (CIGMA) 実験・CFD解析

- ・ 過温破損や水素リスク対策等に係る格納容器等大空間内の熱と物質の移行挙動を高分解能で計測

- ・ AM (外面冷却、スプレィ冷却、ベント)、構造材等との相互作用の調査



CIGMA外観



数値解析結果の例

個別効果試験

凝縮壁近傍の流れ場等を対象とした詳細計測

研究・技術基盤

評価手法の検証・高度化

- ・ 最適評価コード：TRACE等
- ・ CFDコード：OpenFOAM等

計測技術

- ・ 速度計測：PIV、LDV、CTA等
- ・ 気相率分布計測：EIT、UT、WMS等

研究成果紹介—格納容器ベント時の水素挙動**—

背景・目的

- ・ 格納容器ベントは格納容器加圧破損の防止を目的とするAM
- ・ 容器内に滞留する水素を大気放出することで、水素リスク低下にも寄与
- ・ ベント時の格納容器内水素移行・排出に着目した実験例は極めて少ない
- ・ ベント時のサンプル水の減圧沸騰が水素移行・排出に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、CIGMA装置を用いた実験を実施

大型格納容器実験装置CIGMAを用いた実験

高さ11m、直径2.5mの円筒容器。作動ガスは水蒸気・空気・ヘリウム (水素を模擬)。高い空間分解能で温度・ガス濃度を計測可能。

実験条件

初期条件：加圧された容器上部にヘリウム密度成層が形成された状態
ベント流量：実機定格流量を格納容器体積でスケールング

パラメータ：サンプル水の有無・ベント高さ

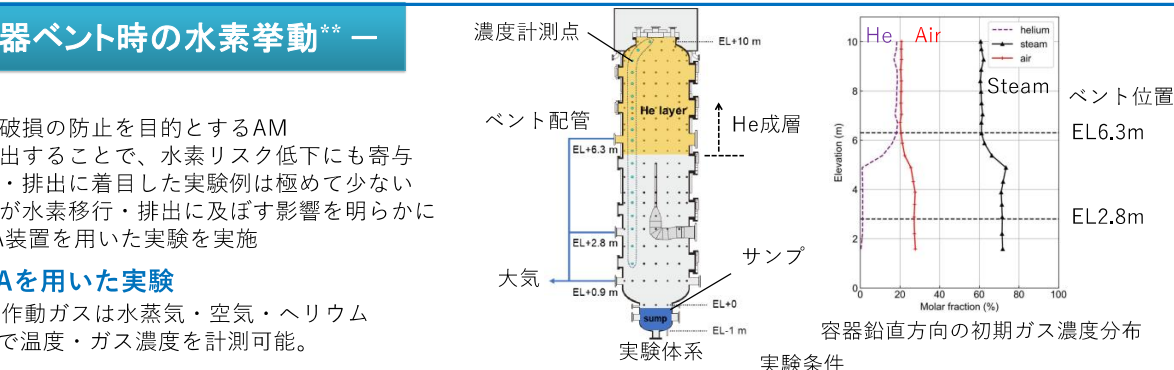
実験結果

サンプル水減圧沸騰の影響

- ・ 減圧沸騰によりサンプル水が蒸気源となり、大気圧までの減圧時間が約2倍増加
- ・ 継続的な気体排出と蒸気供給の結果、ヘリウム濃度は低下し、蒸気は顕著に増加

ベント高さの影響

- ・ ベント位置が低い場合、成層がベント配管まで一次元的に拡大。この間はHeは排出されない
- ・ ベント配管とサンプル水が近いと、蒸気流により密度成層が侵食される



実験条件			
Run ID	VT-UV-05B	VT-UV-06	VT-LV-08
Initial cond.	400 ($P_{He}=34\text{kPa}$, $P_{Air}=100\text{kPa}$, $P_{H2O}=266\text{kPa}$)		
	T (°C) ≈ 160		
Sump water	None	Saturated water	Saturated water
Vent cond.		124 (BWR相当)	
Flow rate (m ³ /h)			
Position	EL6.3m	EL6.3m	EL2.8m

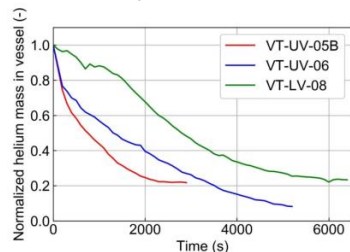
各パラメータがヘリウム排出に及ぼす影響について定量化

サンプル水減圧沸騰の影響

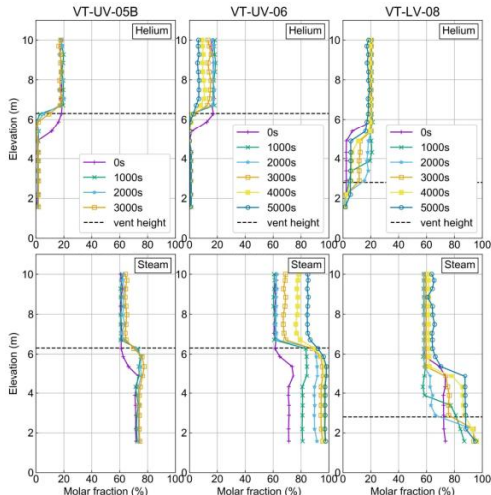
ベント時間が伸びることにより、最終的に容器内に残るヘリウムが低下
=ヘリウム排出量が増加

ベント高さの影響

ベント位置が低い場合は初期のHeが排出されない時間があるため、ヘリウム排出の観点では高いベント位置が有利



容器内ヘリウム残量の時間変化 (縦軸の値が低いほど排出量大)



ヘリウム濃度分布 (上段) と水蒸気濃度分布 (下段)

本研究は原子力規制庁より受託した「平成31年度原子力施設等防災対策等委託費 (軽水炉のシビアアクシデント時格納容器熱流動調査) 事業」、「令和5年度原子力施設等防災対策等委託費 (軽水炉のシビアアクシデント時格納容器熱流動調査) 事業」の一部として実施した

- 大型格納容器実験装置CIGMAを用いて、格納容器ベント時のサンプル水減圧沸騰がヘリウム移行・排出に及ぼす影響を明らかにした。
- 本知見はSA時の格納容器ベント戦略の評価や最適化に活用可能。

**： S. Soma, M. Ishigaki, and Y. Sibamoto., Annals of Nuclear Energy, 219, 111455 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2025.111455>