

大型格納容器実験装置(CIGMA)を用いた熱水力実験

シビアアクシデント時の現象解明と効果的な事故拡大防止策の整備を目指して

安全研究センター 熱水力安全研究グループ

概要

当研究グループでは、シビアアクシデント対策の強化を特徴とする新しい安全規制を支援するため、H25年から新しくROSA-SAプロジェクトを開始しました。大型格納容器実験装置**CIGMA**は本プロジェクトの中核となる装置で、今般装置が完成し、試運転を含めた最初の実験を成功裏に終了しました。CIGMA装置の特徴と実験結果の概要をご紹介します。

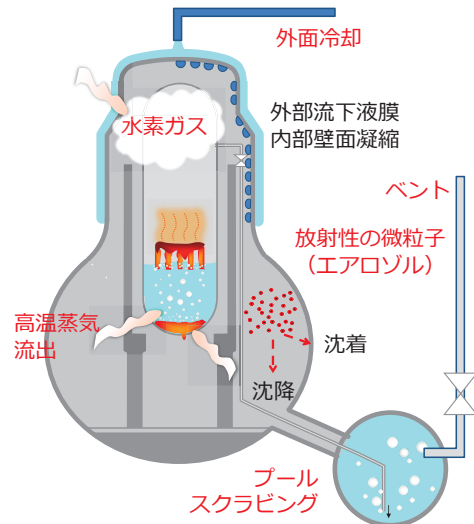
ROSA-SA計画

軽水炉シビアアクシデント時の格納容器内熱水力現象の解明を目的として、主として次の3つのテーマについて研究しています。

格納容器過温破損：福島第一原発事故では格納容器が局所的に**高温に過熱されたため容器破損に至った**と考えられています。格納容器内の高温ガスの挙動や冷却効果の予測手法を整備することは重要です。

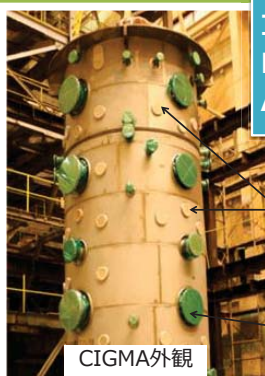
水素移行：福島第一原発事故では格納容器損傷部、並びに、格納容器ベントからの**水素の流出により原子炉建屋が爆発した**と考えられています。爆発に至かどうかは水素・蒸気・空気等の混合挙動に依存するため、これを予測する手法や安全対策を整備することは重要です。

放射性物質移行：福島第一原発事故により周辺土壌が汚染された最大の原因は、**放射能を帯びた微粒子が大気中に拡散し、環境中に放出されたこと**によります。複雑な微粒子の放出挙動を予測する手法や、環境への放出量を低減する対策の整備は重要です。



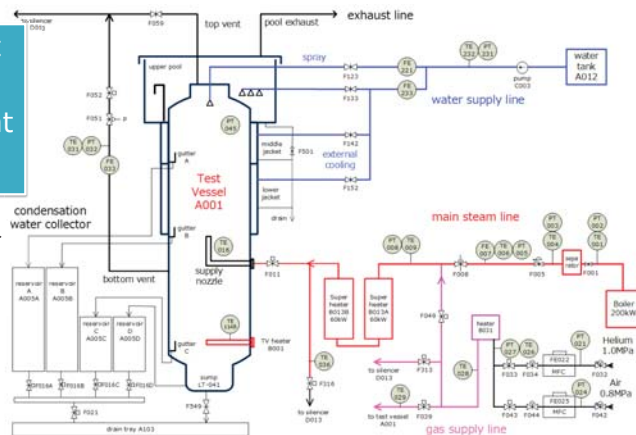
大型格納容器実験装置 (CIGMA)

最高使用圧力	MPa	1.5
容器最高使用温度	°C	300
供給ガス最高温度	°C	700
試験容器高さ	m	11
試験容器直径	m	2.5
温度計測点	個	~650
ガス濃度計測点	個	~100
可視窓	対	5

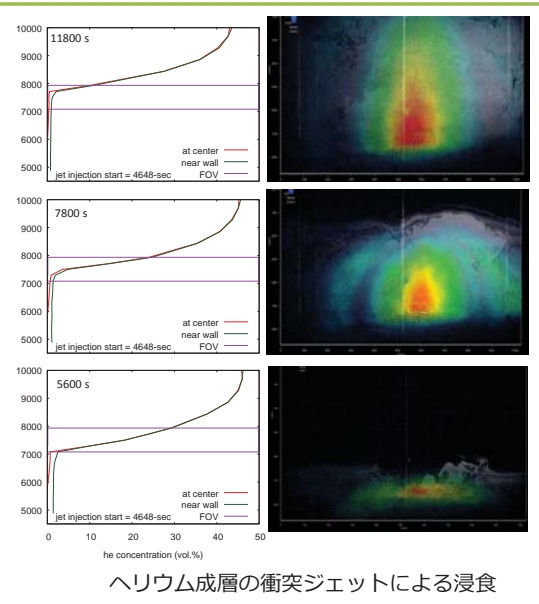
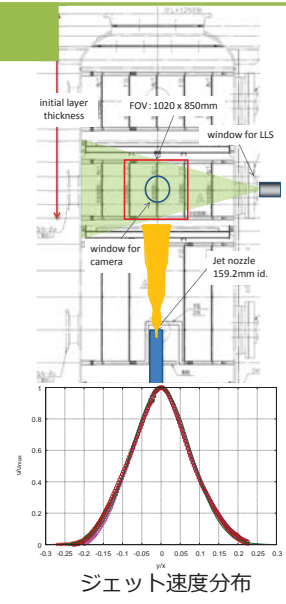
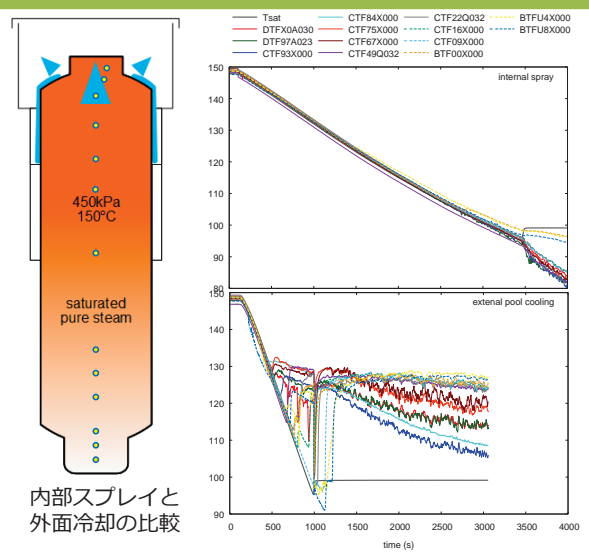


Containment
InteGral
Measurement
Apparatus

冷却ジャケット
中段
下段
可視窓



最初の実験結果の紹介



今後の予定

実機事故に近い熱水力条件での実験。容器内のガス分布、外面/内部冷却、障害物等の相互作用。AM策の有効性評価。

本発表における成果の一部は、規制庁からの受託事業「原子力施設等防災対策等委託費（軽水炉の事故時熱流動調査）事業」の一部として得られたものである。



大型格納容器実験装置 (CIGMA) を用いた熱水力実験

シビアアクシデント時の現象解明と効果的な事故拡大防止策の整備を目指して

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 熱水力安全研究グループ

日本原子力研究開発機構安全研究センターでは、シビアアクシデント対策の強化を特徴とする新しい安全規制を支援するため、格納容器の熱流動及びエアロゾル挙動の調査を目的とした新しい研究計画 ROSA-SA プロジェクトを平成 25 年から開始し、その中核となる大型格納容器実験装置 CIGMA (Containment InteGral Measurement Apparatus) の設計・製作を進めてきた^[1]。今般装置が完成し、試運転を含めた最初の実験を成功裏に完了したため、報告する^[2]。

ROSA-SA プロジェクトでは、従来の格納容器熱水力関連研究で注目されている水素リスクに加え^[3]、福島第一原子力発電所事故での格納容器破損の原因とされている過温破損を重要課題の一つとして取り上げている。格納容器内の気体及び構造材の温度分布は水素等のガス濃度分布と同様に複雑な 3 次元挙動を示し、熱源と冷却系に大きく影響される。CIGMA は様々な事故条件を模擬できるように大容量の蒸気生成設備と 2 種類の冷却系を備える。前者においては注入気体を 700℃まで昇温可能な過熱器を備え、後者においては冷却水により容器を外部から壁越しに冷却する外面冷却系とスプレーによる内部冷却系を備えている。格納容器の外面からの冷却は、注水の成否が格納容器内の圧力によらないため、事故の拡大防止策の高度化に関して重要な検討項目と考えられる。最初の実験は、装置の基本仕様やこれらの設備の性能確認を目的として実施した。

実験は第一段階として、計画されている実験を網羅的に行うこととし、格納容器を模擬した試験部への蒸気注入による加圧、内部スプレー及び外面冷却による減圧、水素移行調査のためのヘリウム成層浸食に関する実験を行い、基礎現象の把握とともに、装置全体としての性能やガス濃度分布及び粒子画像計測手法等の特殊な計測手法の検証を行った。概ね設計で意図した結果が得られ、サンプリングによるガス濃度計測や光学的手法による速度場分布計測に関する可能性を確認すると共に課題も抽出できた。今後実施する実験では、図 1 に示されるような広範囲の事故時挙動を模擬するため、温度や圧力、ガス成分、原子炉破損条件、格納容器冷却条件等や事故拡大防止策を変えた実験を、数年にわたり年間 20 回程度の頻度で行い、複雑な事故条件における熱水力現象のメカニズムの解明、並びに、得られた知見を用いた解析手法の高度化を目指す予定である。

参考文献：[1] Yonomoto, T., et al., NURETH-16-13838, 2015. [2] Sibamoto et al., ICONE-24, 2016, on submitting. [3] 例えば、
<https://www.oecd-nea.org/jointproj/hymeres.html>.

CIGMA 装置は、原子力規制委員会からの受託事業「原子力施設等防災対策等委託費(軽水炉の事故時熱流動調査)」の一部として製作された。

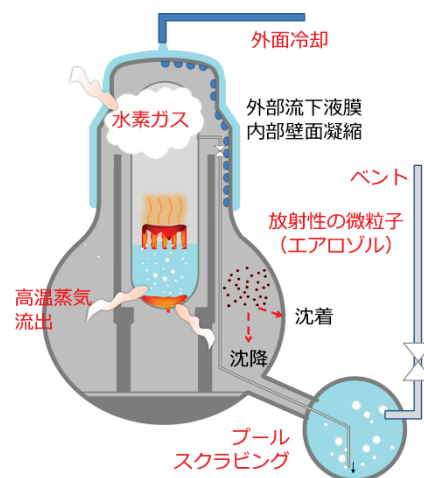


図 1 ROSA-SA 計画での研究対象