

研究計画（案）説明資料

重大事故時における重要物理化学現象の 不確実さ低減に係る実験

事前評価 説明資料

令和元年10月

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

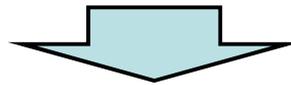
シビアアクシデント研究部門

目次

1. 背景
2. 目的
3. 研究の概要
4. 研究計画（行程表）

1. 背景(1/2)

現行の規制では、原子炉格納容器内の冷却等のための設備、原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備、原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備の設置を必須としている※。これを受け、有効性評価に関する審査ガイドでは、格納容器破損防止対策の有効性を確認することとしている※※。



重大事故時の格納容器機能維持に係る物理化学現象には、解析上の不確実さが大きな現象が存在し、不確実さを低減するための知見の増強が重要である。

※ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第四十九条、五十条、五十一条

※※ 「実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド」

1. 背景(2/2)

不確実さの大きな現象

1. プールスクラビング
2. ソースターム
3. 重大事故時格納容器熱流動
4. デブリ冷却

主な成果の活用先

- ・ 格納容器破損防止対策の有効性評価等への知見の活用
- ・ 新検査制度への確率論的リスク評価の活用に向けた、格納容器機能喪失に関する現象についてのリスク評価の精度向上

2. 目的

重大事故の発生防止、拡大防止及び環境影響緩和の各段階において生じる重大事故時の物
理化学現象及び総合重大事故解析コードでモ
デルの高度化が必要な個別現象について、国
内外の施設を用いた実験を行い、詳細なデー
タを拡充する。

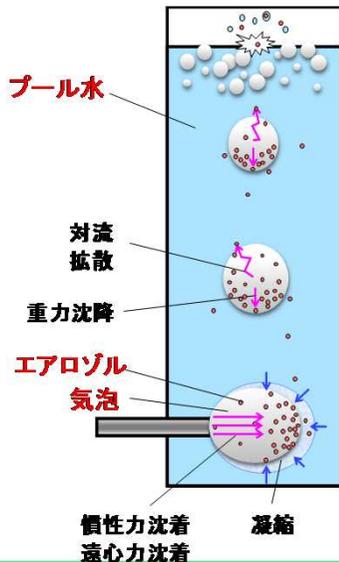
3. 研究の概要

(1) プールスクラビング実験 (1/3)

前プロジェクトで得られた成果

- ・エアロゾル粒子捕獲効果への、プール水の減圧沸騰による影響とプール水温による影響を明確化（大規模実験）
- ・気泡内エアロゾル粒子挙動の明確化を目的とした、気泡模擬“油滴”内エアロゾル粒子の挙動、気泡界面のエアロゾル濃度を最新機器により計測する手法を開発（小規模実験）

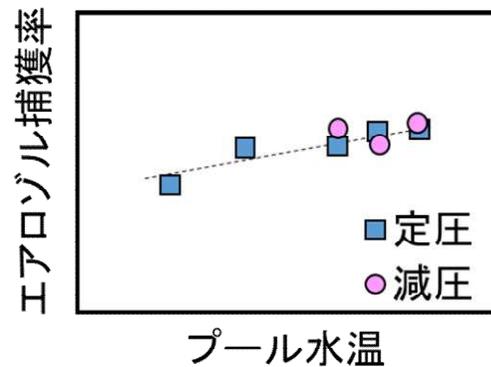
プールスクラビング の概念



前プロジェクト成果

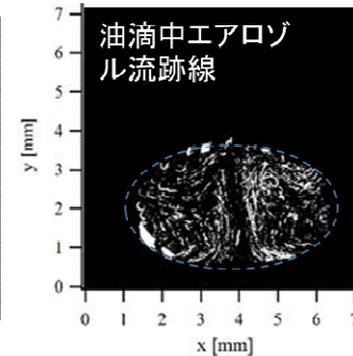
<大規模実験>

減圧沸騰とプール水温
の効果

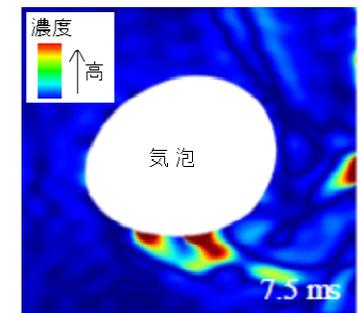


<小規模実験>

油滴中エアロ
ゾル挙動



気泡界面のエア
ロゾル濃度



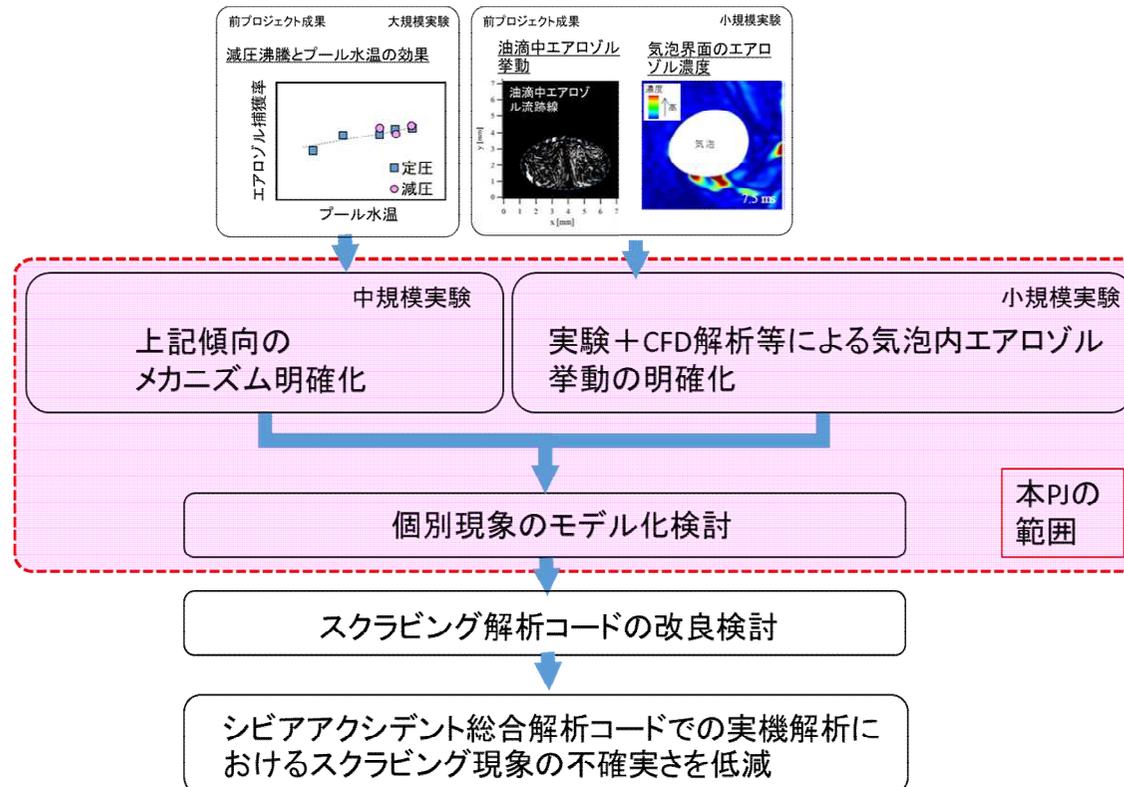
3. 研究の概要

(1) プールスクラビング実験 (2/3)

本プロジェクトの実施範囲

- ・ 大規模実験で得られた傾向のメカニズムの明確化
- ・ 小規模実験で得るデータを活用した、“気泡内”エアロゾル挙動の明確化

本研究の流れ



3. 研究の概要

(1) プールスクラビング実験 (3/3)

本プロジェクトの実施内容

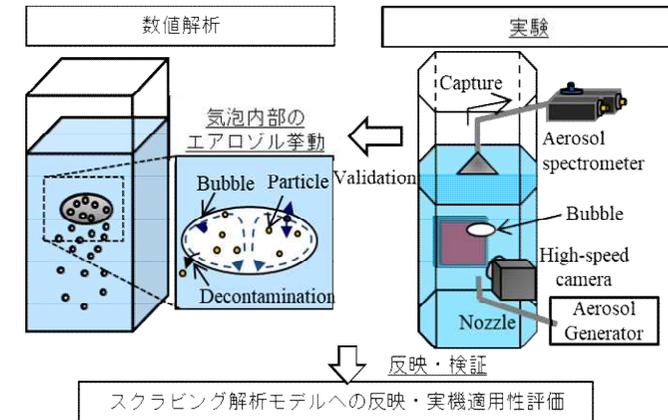
a. 小規模実験

油滴中エアロゾル挙動と気泡界面エアロゾル濃度の計測技術確立によりデータを拡充し、CFD解析等と組み合わせ、気泡内エアロゾル挙動を明確化する。

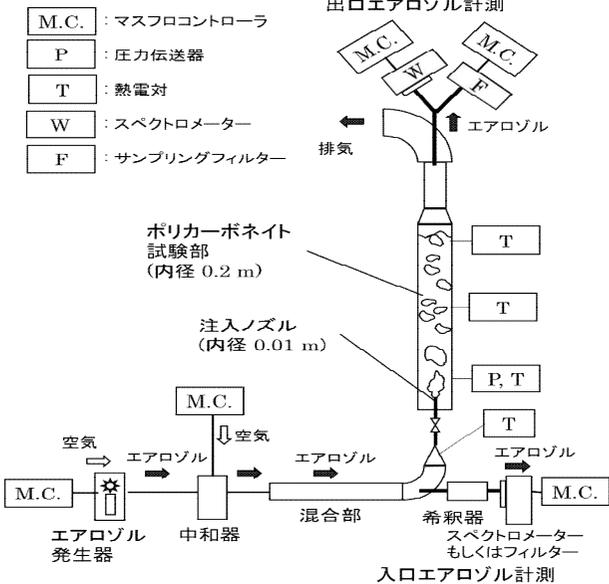
b. 中規模実験

プール水温度が影響すると考えられる、気泡内蒸気量やそのエアロゾル粒子表面への凝縮等の各種パラメータについて検討し、エアロゾル捕獲率のプール水温度依存性についてメカニズムを明らかにする。

小規模実験



中規模実験



3. 研究の概要

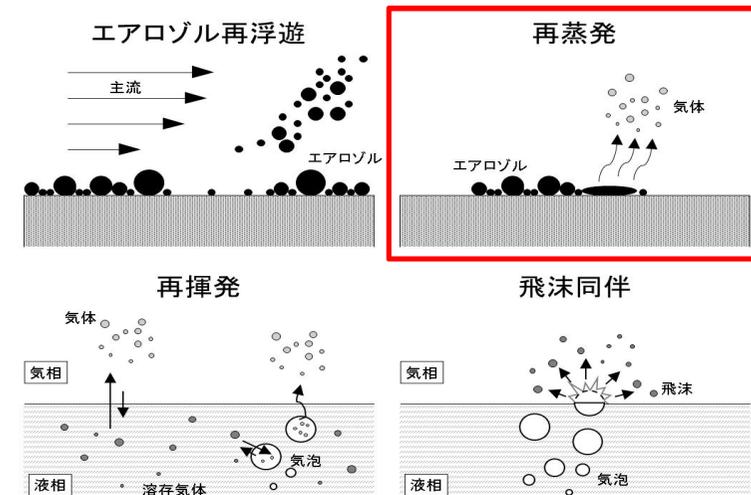
(2) ソースターム実験 (1/2)

環境への放射性物質放出の観点から重要であり、放射性物質の移行経路において生じる多様な現象に係わる現象の詳細を明らかにし、解析モデルの構築・改善を進める必要がある。

不確実さの大きな現象

- ① 制御棒等の構造材や放射性物質同士の化学反応 (前プロジェクトより実施)
- ② 原子炉冷却系や格納容器内に保持された放射性物質の再移行
 - a. エアロゾル再浮遊
 - b. 再蒸発
 - c. 再揮発
 - d. 飛沫同伴

②の再移行挙動



3. 研究の概要

(2) ソースターム実験 (2/2)

前プロジェクトで得られた成果

ホウ素含有実験を行い、制御材であるホウ素がヨウ素の化学形態に大きな影響を及ぼす結果を得た。

本プロジェクトの実施内容

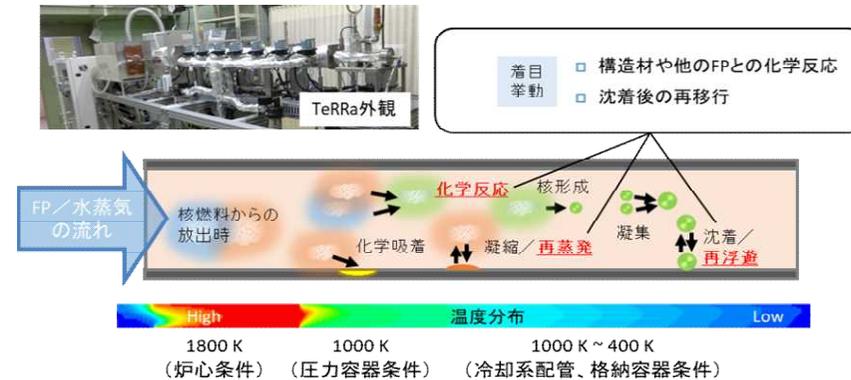
① 制御棒材や放射性物質同士の化学反応

多様な雰囲気条件、多成分の実験を実施し、ホウ素の影響に加え、他の模擬放射性物質や構造材成分（モリブデン等）がヨウ素及びセシウムの化学形態に及ぼす影響等に係わる実験データを取得する。

② 原子炉冷却系や格納容器内に保持された放射性物質の再移行（再蒸発）

①で同定された化学形態について実験を行い、データを取得する。

実験装置



FP 放出移行挙動再現装置TeRRa (Test bench for FP Release and tRansport) 内で生じるFP挙動

Ref. N. Miyahara, et al., Proceedings of 2017 Water Reactor Fuel Performance Meeting, Jeju Island, Korea, 2017.

3. 研究の概要

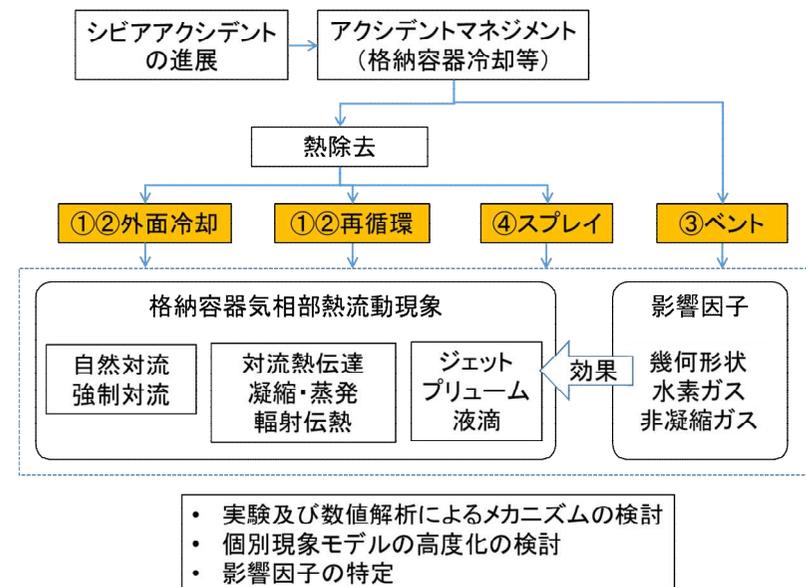
(3) 重大事故時格納容器熱流動実験 (1/2)

各種格納容器破損防止対策について、その緩和効果や時間的余裕等への影響を現実的に評価するためには、それぞれの対策によって生じる格納容器内熱流動に関する現象の不確かさを低減する必要がある。特に重大事故時に想定されるが、既往データの少ない300°C以上の高温ガス条件での知見の拡充が必要である。

不確かさの大きな現象

- ① 格納容器外面冷却時の容器内雰囲気
の対流を含む多次元的な格納容器
フランジ部の伝熱挙動
- ② 多成分気体で構成される格納容器雰
囲気の熱流動挙動
- ③ 格納容器ベントによる減圧と雰囲気
挙動
- ④ 格納容器スプレイの冷却効果

格納容器破損防止対策と関連する現象



3. 研究の概要

(3) 重大事故時格納容器熱流動実験 (2/2)

前プロジェクトの成果

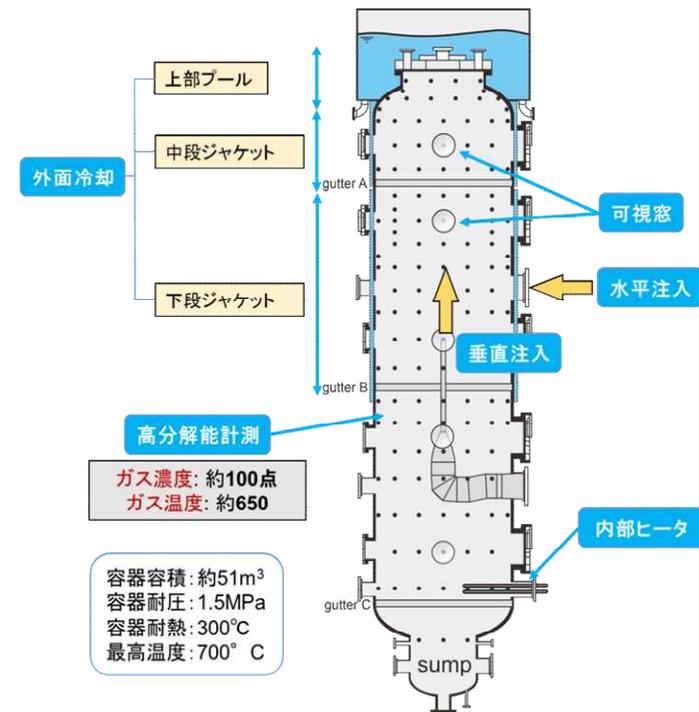
大型格納容器実験装置 (CIGMA) の整備を行い、格納容器外面冷却時の格納容器内多成分気体の熱流動挙動についてガス温度 300°C 以下の条件でのデータを取得した。

本プロジェクトの実施内容

300°C 以上の高温ガス条件での以下の知見を拡充する。

- ①内側の過熱蒸気と外面冷却による格納容器フランジ部への影響（多成分気体で凝縮や対流等も含めて明確化）
- ②ベントによる、水素成層や過熱蒸気による熱的成層への影響
- ③スプレイ水への過熱蒸気による影響

CIGMAの概要



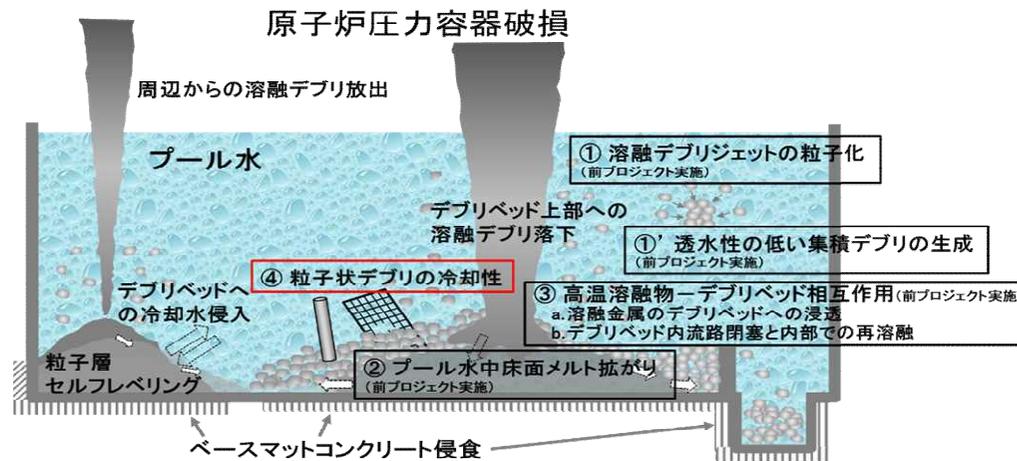
3. 研究の概要

(4) 燃料デブリ冷却性実験 (1/2)

溶融炉心ーコンクリート相互作用のより現実的な評価には、浅いプール水中へ落下する溶融デブリの挙動の不確かさを低減させる必要がある。

デブリ冷却に関する不確かさの大きな現象

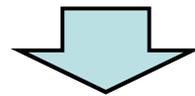
- ① 溶融デブリジェットの粒子化
 - ①' 透水性の低い集積デブリの生成
 - ② プール水中床面メルト拡がり
 - ③ 高温溶融物ーデブリベッド相互作用
 - ④ 粒子状デブリの冷却性
- 前プロジェクトで取得済
- 本プロジェクトでデータ取得



3. 研究の概要

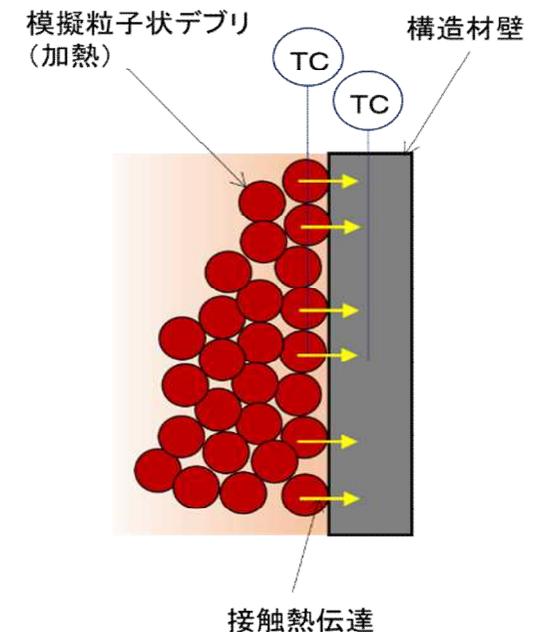
(4) 燃料デブリ冷却性実験 (2/2)

粒子状デブリは構造材壁面等と点接触し、周囲の状態によっては粒子が荷重を受け、構造材壁面へ押しつけられる状態等も想定される。



粒子の壁面への接触状態、粒子や壁面材質、加熱量等を変化させるパラメトリックな実験により、様々な状態での壁面への伝熱量等の粒子状デブリと構造材との相互作用に関する特性を把握する。

粒子状デブリ実験の概念図



4. 研究計画(行程表)

		R2年度	R3年度	R4年度	R5年度	R6年度	R7年度
1. プールスクラビング実験	小規模	装置整備・計測技術確立				▽論文投稿	
		データ取得					
		CFD解析等による検討					
	中規模	装置整備	計測技術確立	データ取得			
					No. 10へ*		
2. ソースターム実験	化学反応	雰囲気、他物質影響評価				雰囲気ガス流量	論文投稿▽
	再移行	装置検討	装置整備	予備実験		データ取得	
					No. 11へ**		
3. 重大事故時格納容器熱流動実験	外面冷却／再循環	パラメータ選定実験	単独パラメータ実験		複合パラメータ実験		論文投稿▽
	ベント		単独パラメータ実験		複合パラメータ実験	形状効果	
	スプレイ	スプレイ特性	単独パラメータ実験	単独/複合実験	複合パラメータ実験		
					No. 11へ	▽論文投稿	
4. デブリ冷却実験		装置整備	予備実験	データ取得			
					No. 10へ		

*「10.軽水炉の重大事故時における不確かさの大きな物理化学現象に係る解析コードの開発」プロジェクトへのデータ等の受け渡し

**「11.軽水炉の重大事故における格納容器機能喪失及び確率論的リスク評価に係る解析手法の整備」プロジェクトへのデータ等の受け渡し