

# 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉及び事故調査に係る打合せ

## 原子力規制庁論点整理

### 1) 中期的リスクの低減目標マップの改定

- 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(2022年3月版)  
令和4年3月9日 第70回原子力規制委員会資料
- 特定原子力施設監視・評価検討会 第98回 資料3-2「固体廃棄物の性状把握に向けた試料採取・分析計画について(2022年度)」(東京電力ホールディングス株式会社)

### 2) 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管の一部撤去に伴う調査分析

- 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管一部撤去の対応状況について(東京電力ホールディングス株式会社)

### 3) 3号機 RHR 配管における水素の滞留

- 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会 第28回会合  
資料4-2「福島第一原子力発電所3号機 RHR 配管で確認した滞留ガスに関わる対応について」(東京電力ホールディングス株式会社)

### 4) 建物構築物の健全性確認

- 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会 第28回会合  
資料2-1-3「2号機シールドプラグの変形」(原子力規制庁)
- 特定原子力施設監視・評価検討会 第97回 資料3-4「建屋健全性評価の進捗状況について」(東京電力ホールディングス株式会社)

### 5) ケーブル等の加熱試験

- 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会 第29回会合  
資料1-1「BWR 格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析結果」(日本原子力研究開発機構)
- 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会 第29回会合  
資料1-2「ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験結果」(東京電力ホールディングス株式会社)

# 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(2022年3月版)

令和4年3月9日  
原子力規制委員会

リスク低減に向けた分野

主要な取組(およそ10年後までに目指すべき姿)

液状の放射性物質

- 【実現すべき姿】タンク残量を含む液体状の放射性物質の全量処理**
- ・建屋内滞留水(α核種を含む)の処理を進め、原子炉建屋を除き排水完了エリアとして維持する
  - ・雨水・地下水流入抑制策を進め、建屋内滞留水の増加を抑えつつ、原子炉建屋内滞留水の全量処理を行う
  - ・1/3号機のサプレッションチェンバの内包水は漏えい時に建屋外に流出しないレベルまで減らす

使用済燃料

- 【実現すべき姿】全ての使用済燃料の乾式保管**
- ・各号機の使用済燃料プールから全ての燃料の取り出しを完了させる
  - ・乾式貯蔵キャスク置き場を増設し、共用プールの貯蔵容量と合わせて全ての使用済燃料の貯蔵容量を確保する
  - ・共用プール内の燃料についても可能な限り早期に乾式貯蔵キャスクにて保管する

固形状の放射性物質

- 【実現すべき姿】脱水処理等による、より安定な状態への移行**
- ・プロセス主建屋等に残っている高線量のゼオライト入り土嚢や除染装置スラッジの取り出し及び飛散・流出防止処理
  - ・HIC(高性能容器)内のスラリーの脱水処理
- 【実現すべき姿】放射能濃度や性状等に応じた区分と適切な保管・管理**
- ・建屋解体等の廃炉作業に伴い生ずるものを放射能濃度や性状等に応じて区分し、それぞれの区分に応じた適切な保管・管理
  - ・使用済みセシウム吸着塔等の建屋内保管・管理
  - ・瓦礫等の減容・焼却を進め、その総量を減らし、屋外での一時保管状態を解消する
- 【実現すべき姿】廃炉を着実に進めるための分析施設の設置及び分析能力の確保・強化**
- ・幅広い種類かつ多量の放射性物質の分析を実施できる総合分析施設やデブリ性状の把握に必要な分析施設を設置する
  - ・放射性物質の分析ニーズを定量的に評価した上で、それを確実に実施できる人員・能力を確保する
- 【実現すべき姿】燃料デブリの安定な状態での保管**
- ・燃料デブリ取り出しに伴う安全対策及び燃料デブリの安定な状態での保管を行う

外部事象等への対応

- ・建屋外壁の止水を行い建屋への地下水流入を大幅に抑制する
- ・建屋内への雨水流入防止のための建屋屋上部等を修繕する
- ・建屋構築物等の劣化や損傷状況に応じた対策を講じる

廃炉作業を進める上で重要なもの

- ・リスク低減活動の迅速な実施のために必要な体制を強化するとともに、品質管理を向上する
- ・1/2号機排気筒下部などの高線量線源の除去又は遮へいによる被ばく低減対策及び建屋内作業時のダスト飛散対策を講じる
- ・多核種除去設備等処理水を計画的に海洋放出する
- ・シールドプラグ汚染を考慮した廃炉作業への影響を検討

東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(主要な目標)

分野 (年度)	液状の放射性物質	使用済燃料	固形状の放射性物質		外部事象等への対応	廃炉作業を進める上で重要なもの
2022	原子炉注水停止に向けた取組	6号機燃料取り出し開始	分析第1棟運用開始	減容処理設備設置	陸側遮水壁内のフェーシング範囲50%へ拡大【当面の雨水対策】～2023	1/2号機排気筒下部の高線量SGTS配管等の撤去
	1/3号機S/C水位低下に向けた取組	2号機原子炉建屋オペフロ遮へい・ダスト抑制～2023	分析計画(施設・人材含む)の策定	1号機の格納容器内部調査		シールドプラグ汚染を考慮した各廃炉作業への影響を検討
	タンク内未処理水の処理手法決定		2号機燃料デブリ試験的取り出し・格納容器内部調査・性状把握	大型廃棄物保管庫(Cs吸着材入り吸着塔)クレーン設置工事開始	1/2号機地震計の設置	労働安全衛生環境の改善(継続)
			ALPSスラリー安定化処理設備設置工事開始			品質管理体制の強化(継続)
2023	タンク内未処理水の処理開始		プロセス主建屋等ゼオライト等の回収着手	除染装置スラッジの回収着手		建物等からのダスト飛散対策(継続)
			廃棄物貯蔵庫(10棟)運用開始(2023年度上期)			多核種除去設備等処理水の海洋放出開始
	原子炉建屋内滞留水の半減・処理		2号機燃料デブリの「段階的な取り出し規模の拡大」に対する安全対策			
			大型廃棄物保管庫(Cs吸着材入り吸着塔)設置			
2024		1号機原子炉建屋カバー設置 5号機燃料取り出し開始	ALPSスラリー安定化処理設備設置		建物構築物の健全性評価手法の確立	
今後の更なる目標 2025～2033	プロセス主建屋等ドライアップ	乾式貯蔵キャスク増設エリア拡張	分析第2棟等の燃料デブリ分析施設の設置		建屋外壁の止水【地下水対策】	
	原子炉建屋内滞留水の全量処理	1/2号機燃料取り出し	瓦礫等の屋外保管の解消	取り出した燃料デブリの安定な状態での保管		
		全号機使用済燃料プールからの燃料取り出し	廃棄物のより安全・安定な状態での管理	総合分析施設の設置		

周辺の地域や海域等への影響を特に留意すべきリスクへの対策  
 留意すべきであるが比較的外部への影響が小さいリスクへの対策

## 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(その他のもの)

○液状の放射性物質	実施時期
<b>実施予定</b> 高性能容器(HIC)内スラリー移替作業 <small>※2022年1月末までに積算吸収線量が                      上限値(5,000kGy)を超えた45基の移替</small>	2023年度内  2022年度内
<b>実施時期未定</b> 地下貯水槽の撤去 ドライアップ完了建屋の残存スラッジ等の処理	

○使用済燃料	実施時期
<b>実施予定</b> 使用済制御棒の取出着手	2022年度内

○固形状の放射性物質	実施時期
<b>実施予定</b> 仮設集積場所の解消	2022年度内

○外部事象等への対応	実施時期
<b>実施予定</b> 建屋内雨水流入の抑制 1/2号機廃棄物処理建 屋への流入抑制	2022年度内
<b>実施予定</b> D排水路の延伸整備【豪雨対策】	2022年度内
<b>実施予定</b> 日本海溝津波防潮堤設置	2023年度内

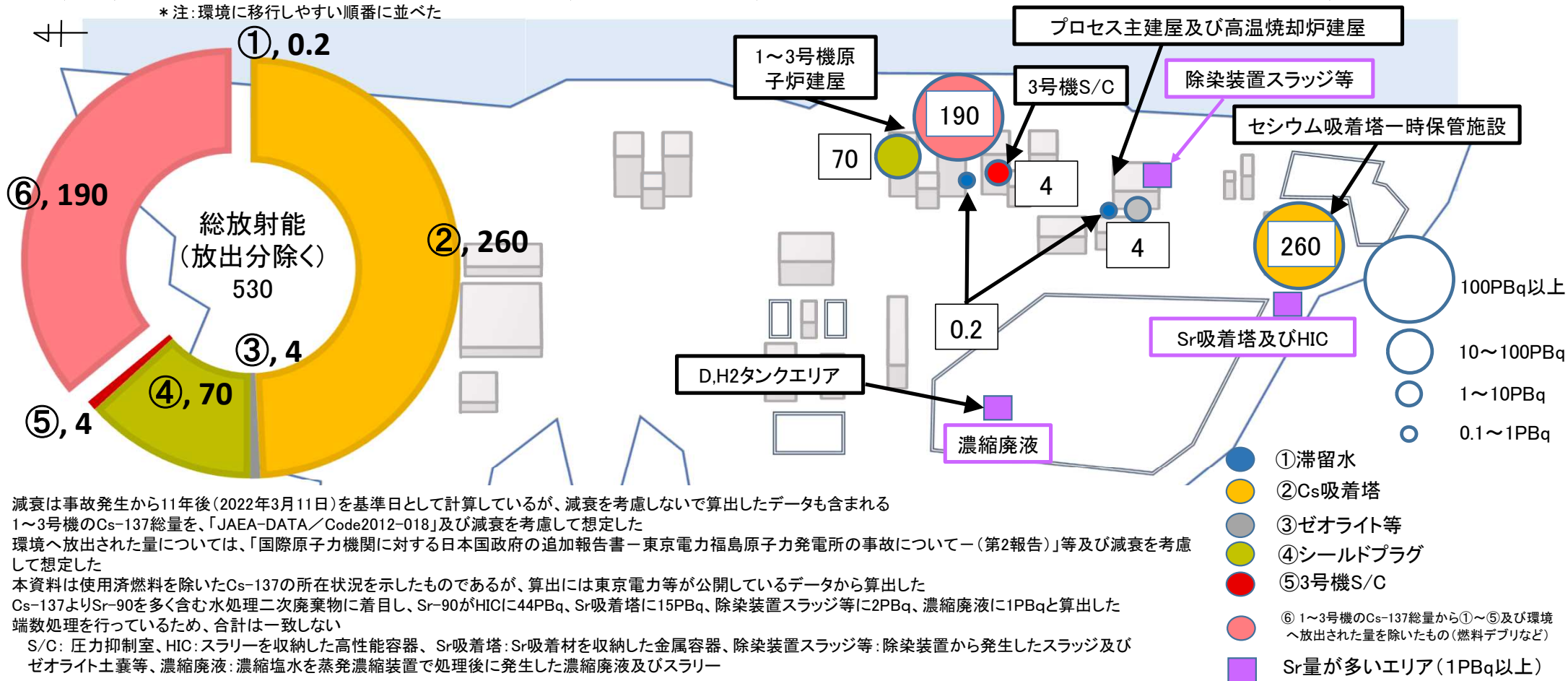
○廃炉作業を進める上で重要なもの	実施時期
<b>実施中 (継続)</b> 原子炉建屋内等の汚染状況把握(核種分析等)  原子炉冷却後の冷却水の性状把握(核種分析)  原子炉建屋内等での汚染水の流れ等の状況把握  格納容器内及び圧力容器内の直接的な状況把握 <small>※圧力容器内については今後実施予定</small>  排水路の水の放射性物質の濃度低下	
<b>実施予定</b> 3号機RHR(A)系統の水素滞留を踏まえた 他系統及び他号機の調査と対応	2022年度内
<b>実施予定</b> 1/2号機排気筒下部とその周辺の汚染状況調査	2023年度内
<b>要否検討</b> T.P.2.5m 盤の環境改善に係る土壌の回収・洗浄、 地下水の浄化対策等の検討	



放射性物質(主にCs-137)の所在状況(使用済燃料は除く) (単位;PBq)

	種類(*注)	性状	現在の状態
①	滞留水	液状	1~3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋に滞留する高濃度汚染水
⑤	3号機S/C	液状	3号機原子炉建屋S/C内の高濃度汚染水
③	ゼオライト等	液状・固形状	汚染水移送前に敷設されたゼオライト土嚢等・汚染水処理初期に発生した沈殿物等
②	Cs吸着塔	固形状(含水)	汚染水処理に使われた吸着材を保管する金属容器(屋外一時保管)
④	シールドプラグ	固形状(詳細不明)	1~3号機格納容器の上にある遮へい蓋(事故時に放出された高放射能が下面に付着)
⑥	1~3号機のCs-137総量から①~⑤及び環境へ放出された量を除いたもの(燃料デブリなど)	固形状(詳細不明)	1~3号機原子炉建屋内に残っている燃料デブリ等

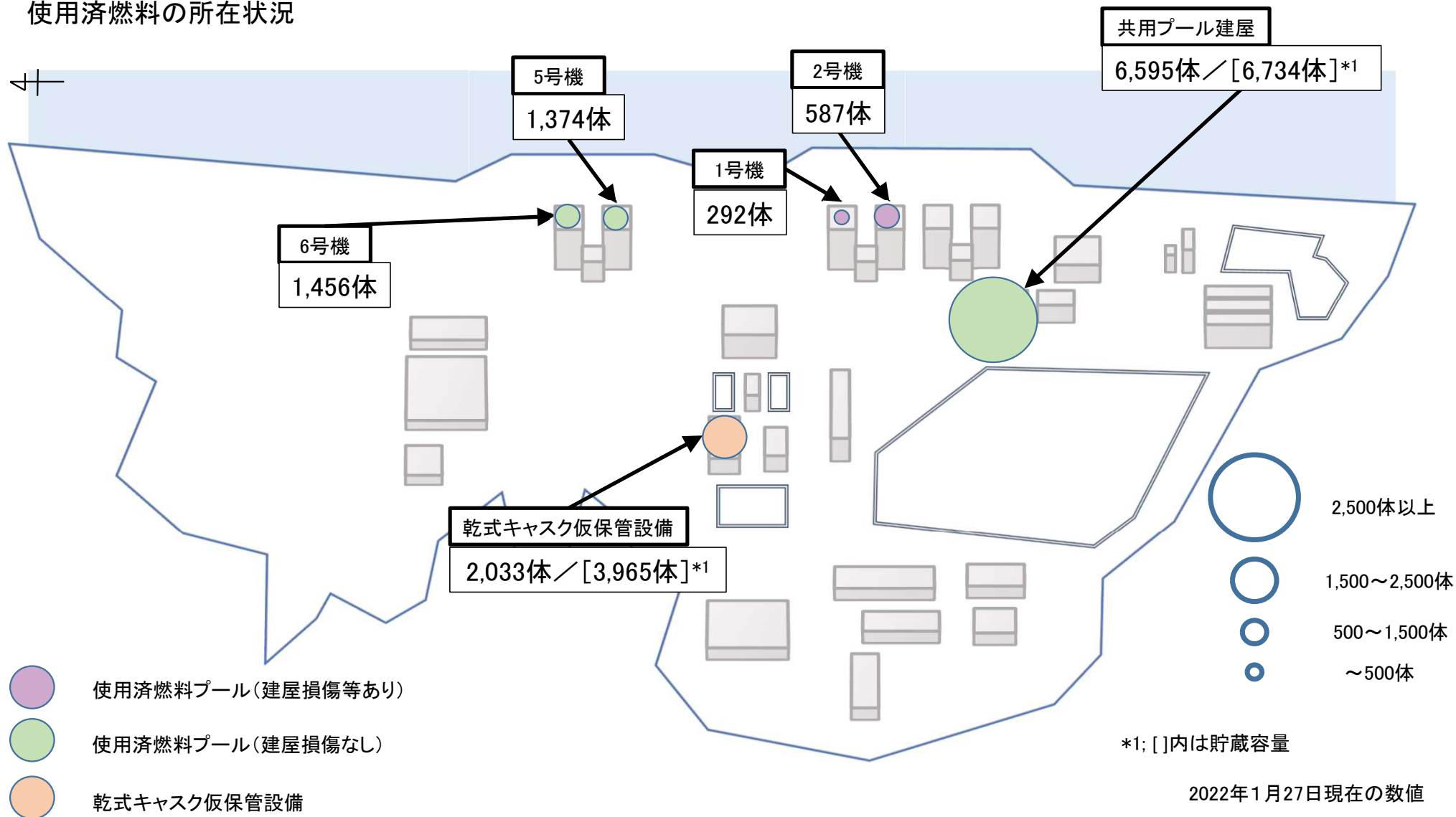
\*注:環境に移行しやすい順番に並べた



- 減衰は事故発生から11年後(2022年3月11日)を基準日として計算しているが、減衰を考慮しないで算出したデータも含まれる
- 1~3号機のCs-137総量を、「JAEA-DATA/Code2012-018」及び減衰を考慮して想定した
- 環境へ放出された量については、「国際原子力機関に対する日本国政府の追加報告書—東京電力福島原子力発電所の事故について—(第2報告)」等及び減衰を考慮して想定した
- 本資料は使用済燃料を除いたCs-137の所在状況を示したものであるが、算出には東京電力等が公開しているデータから算出した
- Cs-137よりSr-90を多く含む水処理二次廃棄物に着目し、Sr-90がHICに44PBq、Sr吸着塔に15PBq、除染装置スラッジ等に2PBq、濃縮廃液に1PBqと算出した
- 端数処理を行っているため、合計は一致しない

S/C: 圧力抑制室、HIC: スラリーを収納した高性能容器、Sr吸着塔: Sr吸着材を収納した金属容器、除染装置スラッジ等: 除染装置から発生したスラッジ及びゼオライト土嚢等、濃縮廃液: 濃縮塩水を蒸発濃縮装置で処理後に発生した濃縮廃液及びスラリー

# 使用済燃料の所在状況



## 主要なインベントリ(Cs-137)の一覧

### 建屋・吸着塔等に存在するもの

所在	インベントリ (PBq)
滞留水(①)	0.2
3号機S/C(⑤)	4
ゼオライト等(③)	4
Cs吸着塔(②)	260
シールドプラグ(④)	70
1～3号機のCs-137総量から①～⑤及び環境へ放出された量を除いたもの(燃料デブリなど)	190
事故発生から数週間までに環境(大気、海洋)へ放出された量	14
1～3号機のCs-137総量	540

### 使用済燃料

所在	インベントリ (PBq)
1号機使用済燃料プール	130
2号機使用済燃料プール	350
3号機使用済燃料プール	0
4号機使用済燃料プール	0
5号機使用済燃料プール	740
6号機使用済燃料プール	780
共用プール	3,500
乾式貯蔵キャスク	1,100
合計	6,600

- ◆ 赤枠は、対処すべきものとして優先度の高いもの
- ◆ ここで示した数値は、滞留水中のCs-137の放射能の収支、1点の測定値からの外挿、使用済燃料1体当たりの平均値から算出するなど、ある仮定をおいて間接的に評価を行ったものであるため誤差が大きい
- ◆ S/Cについては分析結果がある3号機のみ記載した
- ◆ 端数処理を行っているため、合計は一致しない

# 固体廃棄物の性状把握に向けた試料採取・分析計画 について (2022年度)

2022年3月14日



東京電力ホールディングス株式会社

## 参考) 頂いたコメントとその対応状況について

### 特定原子力施設監視・評価検討会における『過去のコメントへの対応状況』について

特定原子力施設監視・評価検討会  
(第97回)  
資料3-1

2022年2月14日

### 3. 「2021年度内に回答を求めるもの」の回答予定時期及び対応状況

表2 過去のコメントへの対応状況  
(3. 固形状の放射性物質に関するコメントへの対応状況) 抜粋

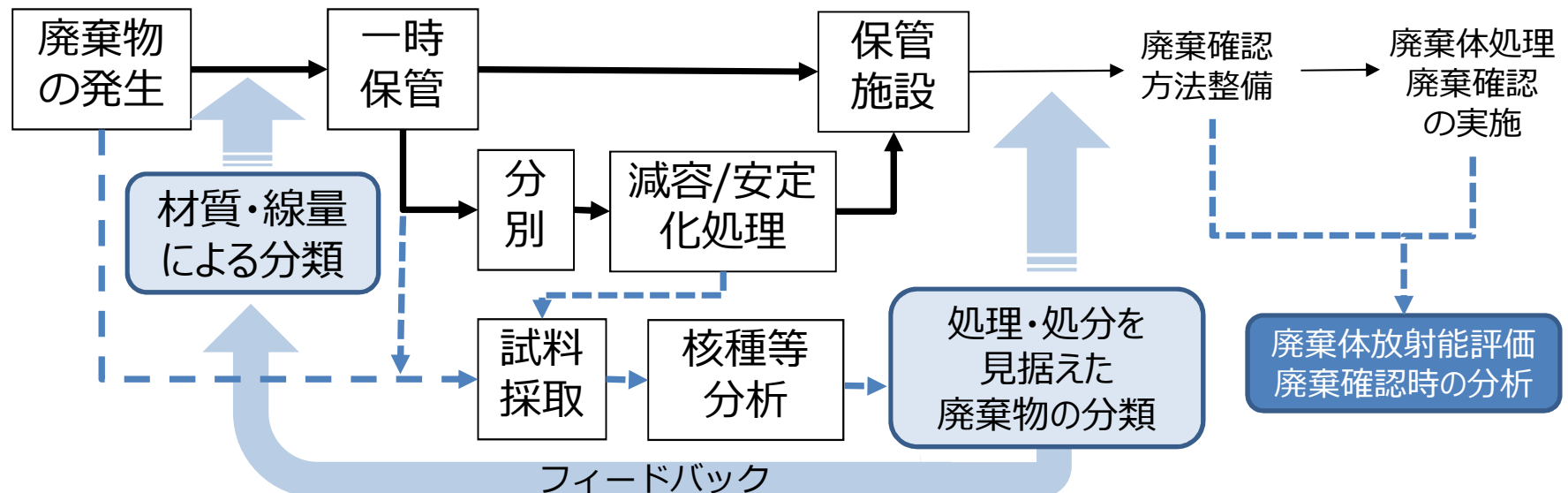
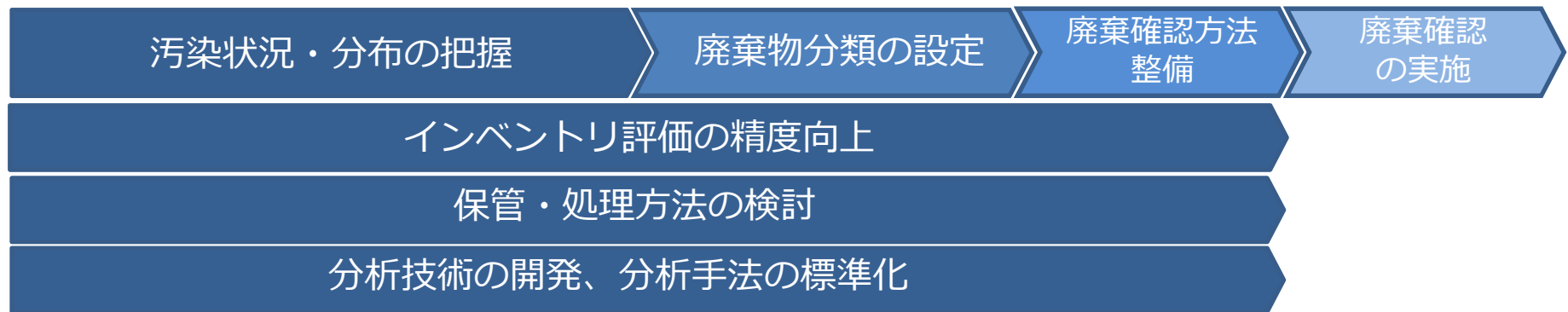
分類	コメント内容	規制庁殿が回答を求める時期	回答時期	対応状況
廃棄物の保管管理	再利用するものも含め廃棄物中に含まれる核種及びそれらの濃度を分析し性状を把握するとともに優先順位を考慮した分析計画を示すこと。 (第83,94 回会合)	2021年度内に回答を求めるもの	2022年3月	当社もプロジェクト管理を中心に協力している今年度の補助事業において、利用可能な施設の分析能力等を考慮して、固体廃棄物からの試料の採取可能時期及び採取した試料の分析優先度を検討し、中長期的な分析計画の作成を行うことから、当社も事業者としてのニーズをインプットさせていただくとともに、現場で試料採取するにあたっての作業安全監理や、工事等で発生した試料の提供などを行わせて頂く。これらも含めて、優先順位を付けた分析を、関係各所と協力し、行っていく予定。



# 1. 廃炉・汚染水対策事業における分析計画の立案

- 現在、経産省 廃炉・汚染水対策事業を中心として、固体廃棄物の性状把握方法を検討中。
- 分析手法の開発や分析データの蓄積(解析的・統計的手法の開発含む)により、放射性物質の濃度分布を把握していく。
- 取得したデータは適宜、現場作業管理や設備・施設設計、研究開発等に活用していく。

廃炉工程の進展に伴う分析目的の変化 (例)



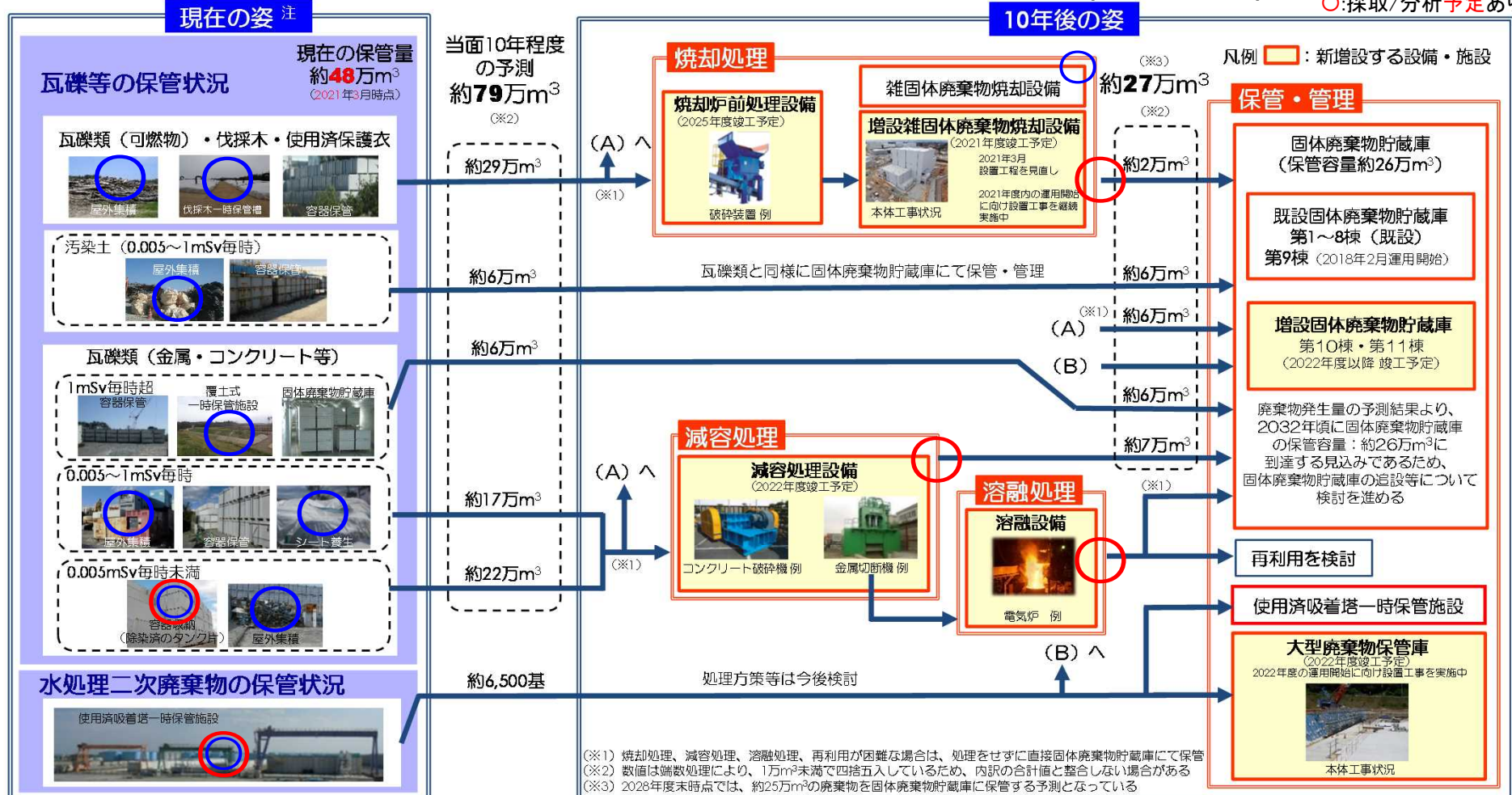
保管管理や廃棄確認に向けた性状把握・分類の流れのイメージ

## 2. 保管管理と試料採取・分析状況

- 焼却・減容等、処理を行う固体廃棄物は、処理後の試料を採取
- 既に容器収納・保管中のものは、被ばく低減・作業効率化の観点から、極力容器詰替え等の機会を捉えて採取

福島第一原子力発電所 固体廃棄物の保管管理計画(2021年7月版)

○:採取/分析実績あり  
 ○:採取/分析予定あり



(※1) 焼却処理、減容処理、溶融処理、再利用が困難な場合は、処理をせずに直接固体廃棄物貯蔵庫にて保管  
 (※2) 数値は端数処理により、1万m<sup>3</sup>未満で四捨五入しているため、内訳の合計値と整合しない場合がある  
 (※3) 2028年度末時点では、約25万m<sup>3</sup>の廃棄物を固体廃棄物貯蔵庫に保管する予測となっている

- 屋内保管への集約および屋外保管の解消により、敷地境界の線量は低減する見通しです。
- 焼却設備の排ガスや敷地境界の線量を計測し、ホームページ等にて公表しています。



### 3. 採取試料の代表性確保に関する基本的な考え方について

---

- 一様分布・均一化が期待出来る分析対象
  - 液体・スラリー状（例：多核種除去設備スラリー）
    - ✓ 攪拌により同一バッチ内の一様分布を確保（一様・均一であることの確認を含む）
    - ✓ 一様分布の確認後（代表性の確認後）は、攪拌の上で1バッチ毎の採取・分析と、表面線量率の連続測定とのセットなどで、採取・分析頻度を低減
  - 粉体状（例：焼却灰）
    - ✓ 焼却対象物の汚染分布に依存。同一容器内で複数サンプルを採取・分析することで、容器内の分布を確認。また、焼却対象物間の分布を確認。これらの傾向を把握することにより将来的に採取・分析頻度を低減
- 多様な分布が想定される分析対象
  - 瓦礫類（例：金属・コンクリート）
    - ✓ 一様分布の期待が難しい場合は、採取・分析点数の増加により傾向を把握し、代表性について検討
- 試料採取機会の限定される分析対象
  - 吸着材（例：セシウム吸着装置吸着材）
    - ✓ 表面線量率から最も高濃度と推定される吸着塔、部位から試料採取する。最大値を把握することで代表性を確保
  - 建屋内機器等
    - ✓ 汚染分布状況により、高濃度箇所を推定し、その部分の試料を採取することで代表性を確保
- ◆ 発電所敷地全体の汚染分布の把握
  - 福島第一原子力発電所の総インベントリは増加しないことから、インベントリの分布・移行状況の把握が肝要。研究開発にて解析的インベントリの推算手法を検討中であり、実分析値の取得により推算手法の精緻化を図っていく
  - 保管管理上で必要な措置は、容器表面線量率<sup>2</sup>の確認を基本とし、必要に応じて放射能濃度を把握

【第83,94回コメント回答】 再利用するものも含め廃棄物中に含まれる核種及びそれらの濃度を分析し性状を把握するとともに優先順位を考慮した分析計画を示すこと

## 4. 固体廃棄物の分析計画（採取/分析数推移想定）

### 各年度の試料採取/分析数(概算)の推移

▼:主要廃炉工程イベント

		～2020	2021	2022	2023	2024	2025～	備考
試料採取	瓦礫類(可燃物)・使用済保護衣・伐採木 -使用済み保護衣等焼却灰 -伐採木等焼却灰 -可燃物等焼却灰	約160採取済 ▼雑固体焼却設備 (うち焼却灰(7))	27 (うち既設25, 増設2)	▼増設雑固体焼却設備				
	瓦礫類(金属・コンクリート等) -1mSv毎時超 -0.005～1mSv毎時 -0.005mSv毎時未満 (再利用向けコンクリート瓦礫含む)	約270採取済	86	約30			約30	・・・
	水処理二次廃棄物 水処理装置 処理前後水 水処理二次廃棄物性状把握 -多核種除去設備吸着材 -Cs吸着装置 吸着材	約280採取済 ▼多核種除去設備 約80採取済		約80	約130		約130	・・・
	施設設計開発に向けた性状把握	約110採取済 -炭酸塩/鉄共沈スリ -除染装置スラッジ -ゼオライト土嚢 -2号ト-リ滞留水	6	約10		約10	・・・	炭酸塩・鉄共沈スリはスリ安定化処理設備の設置計画に合わせ採取
試料採取数(概計)		計約900試料採取済 (2012～20実績)	137試料採取済み	約140試料採取予定	約270試料採取予定	約190試料採取予定	約180試料採取予定	
試料分析	各施設分析数(目標) -茨城地区の分析施設等 -大熊第一棟分析施設	約650分析済 (2012～20実績)	62分析実施	約70分析予定			約70分析予定	・・・
	分析容量(概計)	計約650試料分析済 (2012～20実績)	62試料分析済み	約70試料分析予定	約100分析予定	約200分析予定	約200分析予定	・・・

※分析結果や研究開発の進捗、現場ニーズ等を適宜反映するため、分析数/分析内容等、計画については変り得る。なお分析結果は福島第一事故廃棄物に関する分析データ集(FRAnDLi)で公開中。また固体廃棄物(瓦礫類、放射性廃棄物)の表面線量率測定(全数実施)や安全監理は東京電力、核種濃度等分析は経産省廃炉・汚染水対策事業で実施中。

【第83,94回コメント回答】 再利用するものも含め廃棄物中に含まれる核種及びそれらの濃度を分析し性状を把握するとともに優先順位を考慮した分析計画を示すこと

## 5. 2022年度の分析予定と試料採取状況

### ■ 2022年度 優先度「高」とするもの

✓ 低線量/再利用向け瓦礫や運用開始した施設、高線量廃棄物等の分析を優先 (年度)

	試料採取	分析目的	分析箇所・時期
低線量瓦礫類(金属・コンクリート等)			
・ 再利用向けコンクリート瓦礫	済み	B.G.ハルのコンクリート瓦礫の性状把握	第一棟 2022予定
・ 再利用向け金属	2021-22	再利用に向けた検討	茨城地区 2022予定
低線量瓦礫類(可燃物)			
・ 増設雑固体焼却設備焼却灰	2021-22	設備運用開始後の焼却灰の性状把握	第一棟 2023-予定
高線量水処理二次廃棄物			
・ セシウム吸着装置吸着材	2022予定	セシウム吸着材の性状把握	茨城地区 2023-予定

### ■ その他、2022年度の試料採取・分析候補

- ✓ 採取：1号機原子炉建屋トリス室滞留水(2、3号からの継続)、1~3号機建屋内外瓦礫(継続)
- ✓ 分析：1~3号機建屋内外瓦礫(継続)、多核種除去設備 吸着材類(酸化セリウム、銀ゼオライト、珪酸塩)等

※廃炉作業の状況や分析の各所ニーズ、優先度により、採取試料、分析箇所については変わり得る。この他、試料採取タイミングの限られる試料については有意性等踏まえ、積極的に試料採取する。

## 参考) 固体廃棄物の性状把握に向けた試料採取、分析の目的

---

### ■ 性状把握の目的は以下のとおり。

- ・ 廃棄物管理を戦略的に進めるための汚染分布把握  
例: 機器撤去方法の検討
- ・ 廃棄物の保管管理の検討に資する情報取得  
例: 焼却設備、溶融処理設備、保管施設等の設計
- ・ 廃棄物の処理技術の開発に資する情報取得  
例: 処理技術開発、処理施設等の設計
- ・ 再利用のための情報取得  
例: 金属やコンクリートの再利用に向けた妥当性確認
- ・ 廃棄物処分に関する安全評価等、研究・技術開発に資する情報取得  
例: 処分に向けた安全評価など
- ・ 廃棄物の処理・処分時の情報取得  
例: 廃棄体製作時の放射能評価

※廃炉作業の状況や分析の各所ニーズにより優先度は変わり得る。

### ■ 分析核種は目的に応じて設定。また分析施設の稼働に向けて試料の採取を進める。

#### 分析項目例:

- ・ 処理後の長期に亘る安全性を評価する上で重要な半減期が長い核種も含めた核種分析を実施予定。  
分析項目は、目的に応じて選定する予定:
  - ✓ 放射性核種濃度分析
  - ✓ 化学分析(元素分析、有機物測定等)
  - ✓ 粒径分布測定(スラリー等)

# 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管一部撤去の対応状況について

2022年 4月27日



東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 1/2号機SGTS配管撤去ワイヤーソーの配管噛み込み事象について **TEPCO**

- 1/2号機SGTS配管撤去において、配管切断時にワイヤーソーの配管への噛み込み事象が発生したため、原因調査及び対策検討を実施中。

## 【事象概要】

- 3月27日 SGTS配管を切断時にワイヤーソーの刃が配管に噛み込み停止した。
- ワイヤーソーの正/逆回転、切断装置付帯ウインチで刃の上下作用により噛み込み解消を試みたが、解消しないことから切断装置の把持状態を解除し、クレーンにて切断装置の吊り下ろし作業を完了した。

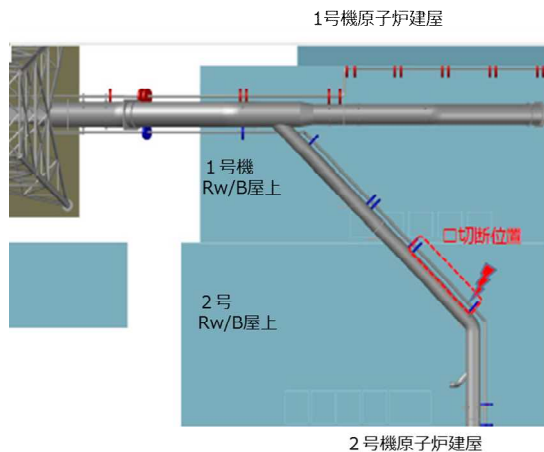


図1：切断位置

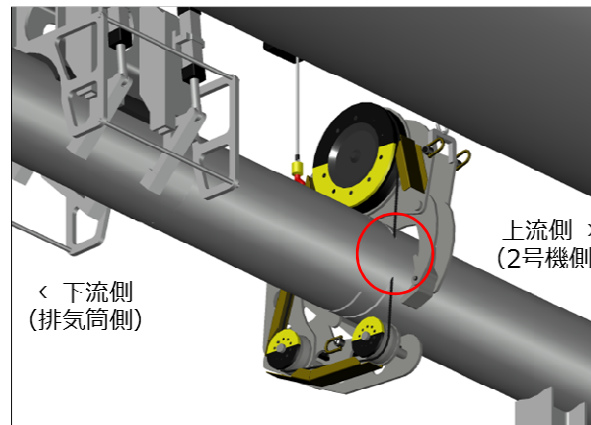
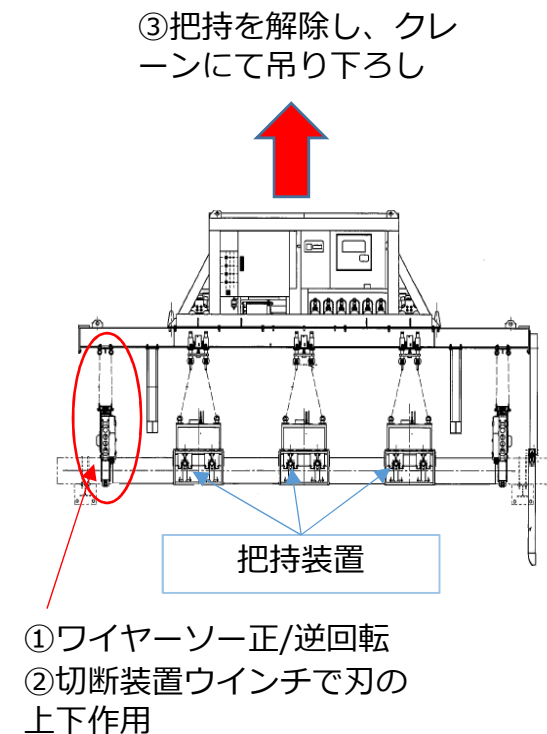


図2：ワイヤーソー配管噛み込み状況



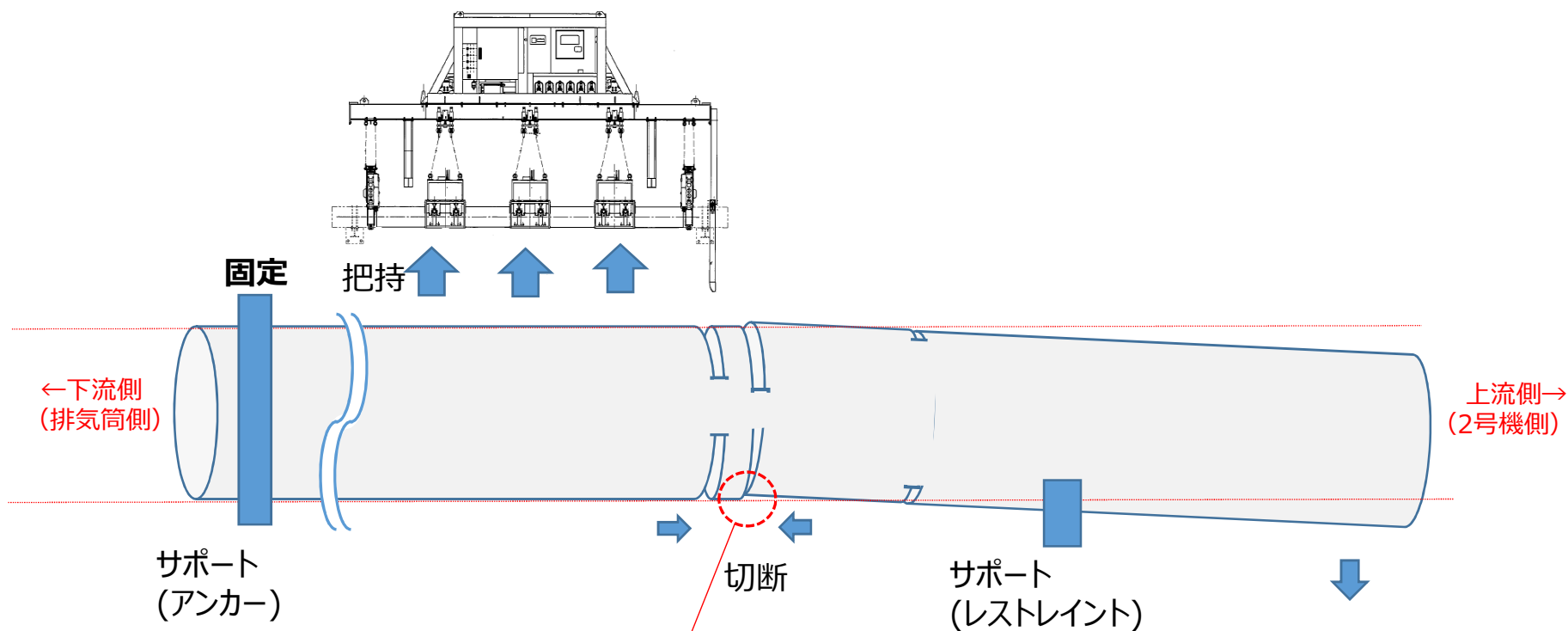
- ①ワイヤーソー正/逆回転
- ②切断装置ウインチで刃の上下作用

図3：吊り天秤概要

## 2.ワイヤーソーの配管噛み込み事象の原因分析

### 【原因分析】

- 切断時に、切断対象配管の上流側（2号機側）の配管が自重により沈み込むことで、切断面に圧縮力が加わり、ワイヤーソーの噛み込みが発生した可能性が高いと推定。



切断残存部に掛かる圧縮荷重は、約  $1.1 \sim 1.4$  t と推定している。



### 3.対策検討について

【対策案1】上流側（2号機側）配管を把持し、クレーンで上方へ引き上げることで切断面の圧縮力を低減する。

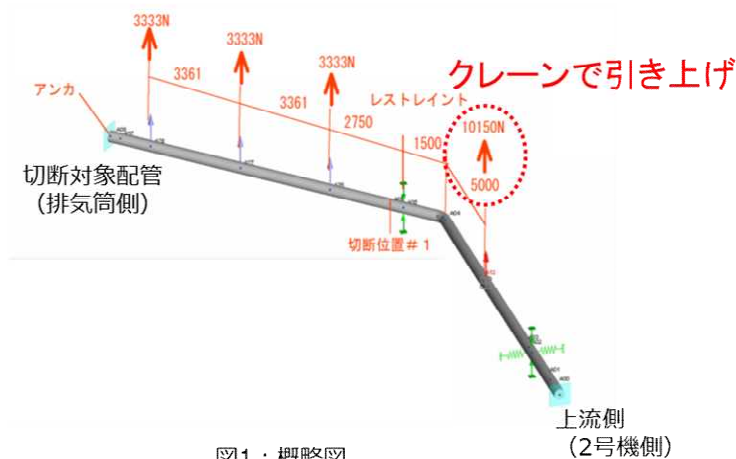


図1：概略図

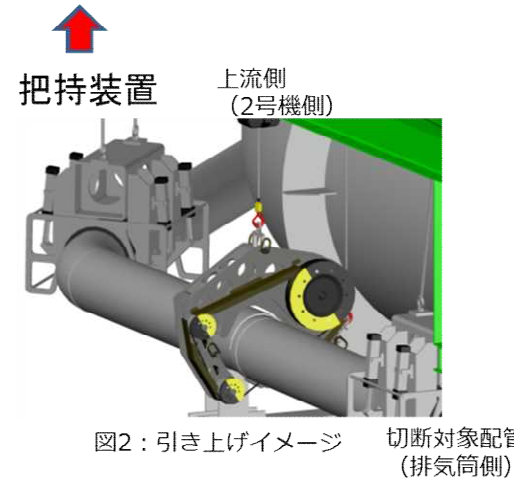
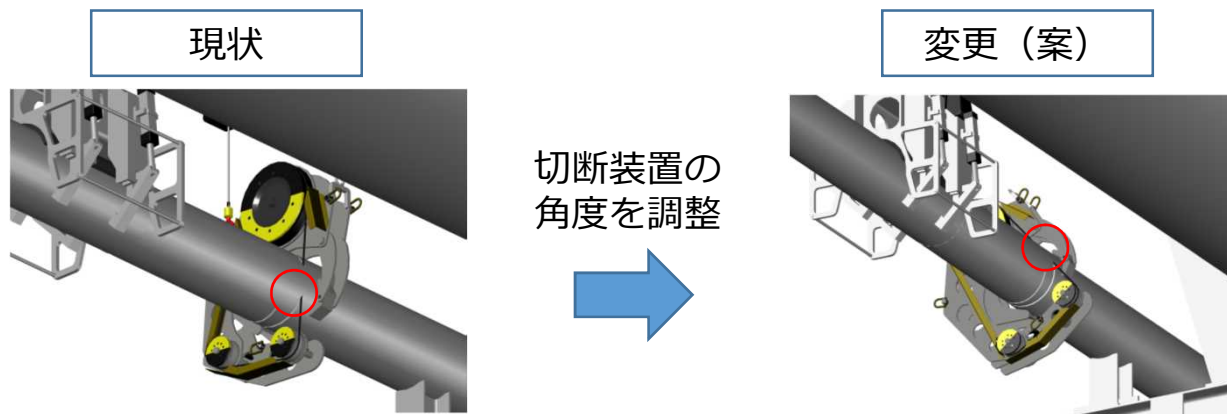


図2：引き上げイメージ 切断対象配管 (排気筒側)

【対策案2】切断装置の角度を調整し、切断終了付近の切断面積を小さくすることで噛み込みを防止することを検討する。



- 構外にて、模擬配管を用いて噛み込み事象の再現性確認及び対策の検証を行う。

# 4.今後の予定（案）

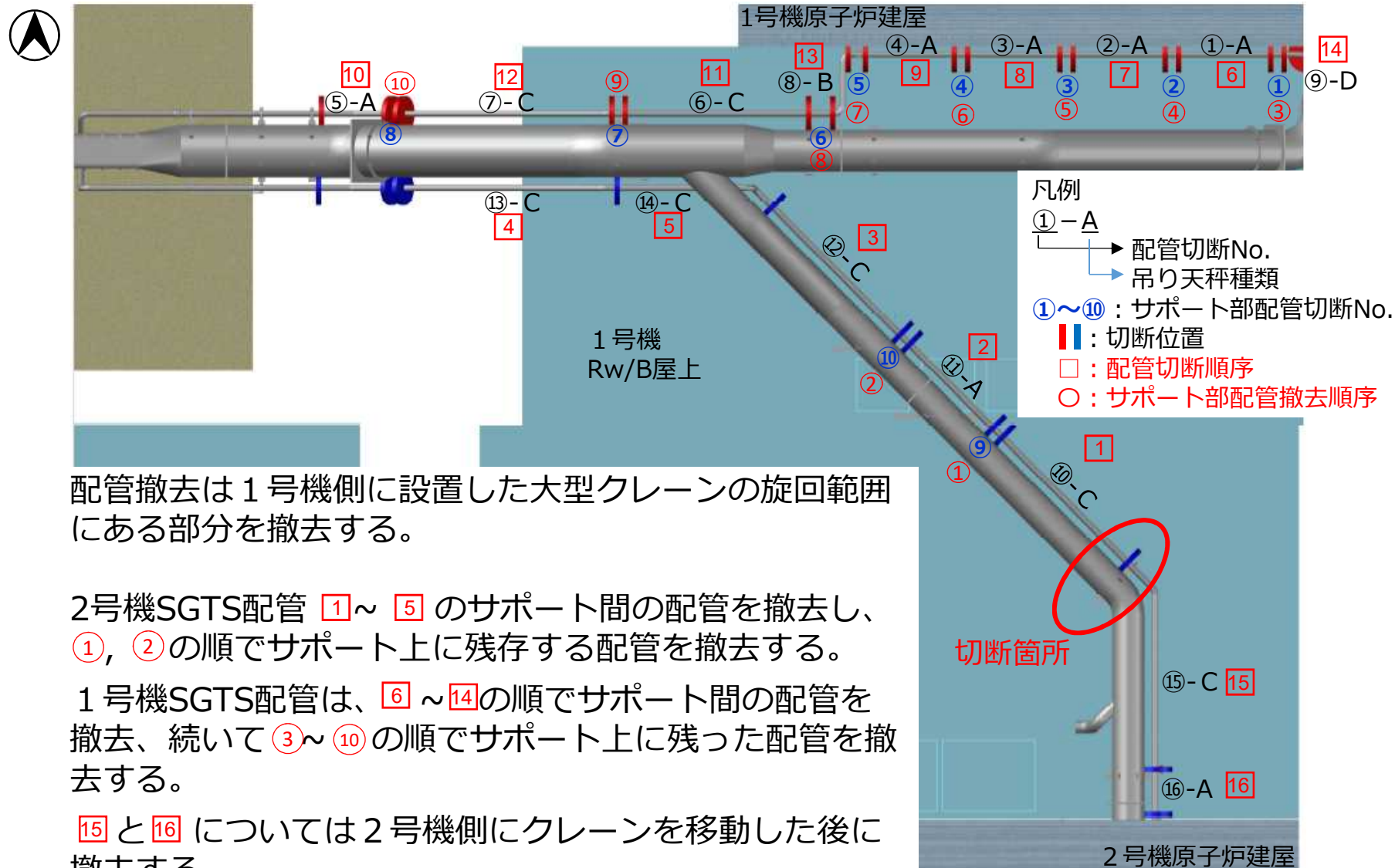


# 参考資料1

## SGTS配管切断順序

## <参考> SGTS配管切断順序 (2号機⇒1号機)

### ➤ 配管切断計画位置



配管撤去は1号機側に設置した大型クレーンの旋回範囲にある部分を撤去する。

2号機SGTS配管 ①～⑤ のサポート間の配管を撤去し、①、②の順でサポート上に残存する配管を撤去する。

1号機SGTS配管は、⑥～⑭の順でサポート間の配管を撤去、続いて③～⑩の順でサポート上に残った配管を撤去する。

⑮と⑯については2号機側にクレーンを移動した後に撤去する。

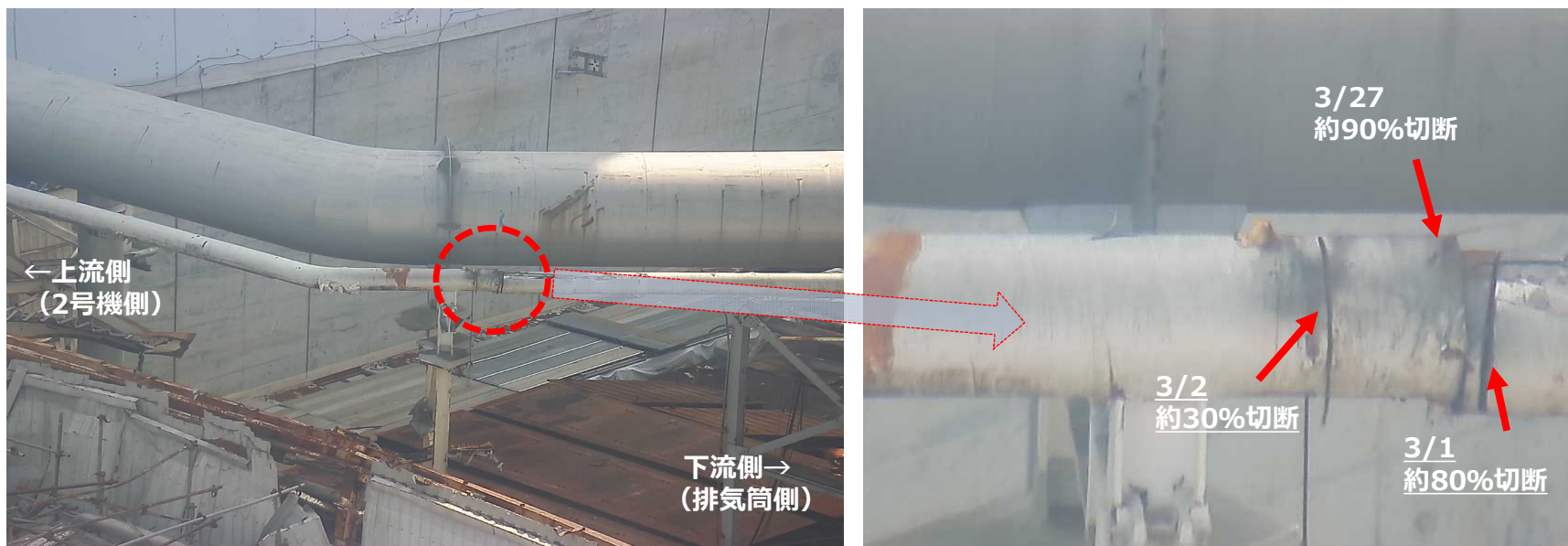
## 参考資料2

2号機SGTS配管について

## <参考> 2号機SGTS配管について（1）

- 4月19日、現場調査の一環として、SGTS配管の状況を確認することを目的に、当該配管の写真撮影を行いました。その後、撮影した写真の確認を行っていたところ、3月27日の作業において、刃が噛み込み、切断作業を中断した配管部分に歪みを確認しました。
- 4月20日、SGTS配管の歪み拡大防止の観点から、準備が整い次第、SGTS配管をワイヤーで主排気ダクトに固定する処置を講じてまいります。（2022年4月20日 処置を完了した。）
- なお、SGTS配管切断時に切断面からダストが飛散することを防ぐことを目的に、配管内に発泡ウレタンを充填しており、切断面からダストが飛散するリスクはないと判断しておりますが、本日（4月20日）、切断部分の近傍に設置しているダストモニタを用いて、ダスト測定を実施し、バックグラウンドと同程度であることを確認しております。また、周辺ダストモニタやモニタリングポストの指示値に有意な変動がないことを確認しており、環境への影響はありません。

1号タービン建屋屋上から撮影



拡大図

## <参考> 2号機SGTS配管について (2)

SGTS配管下部 (2号廃棄物処理建屋) から撮影



拡大図

SGTS配管下部エリア



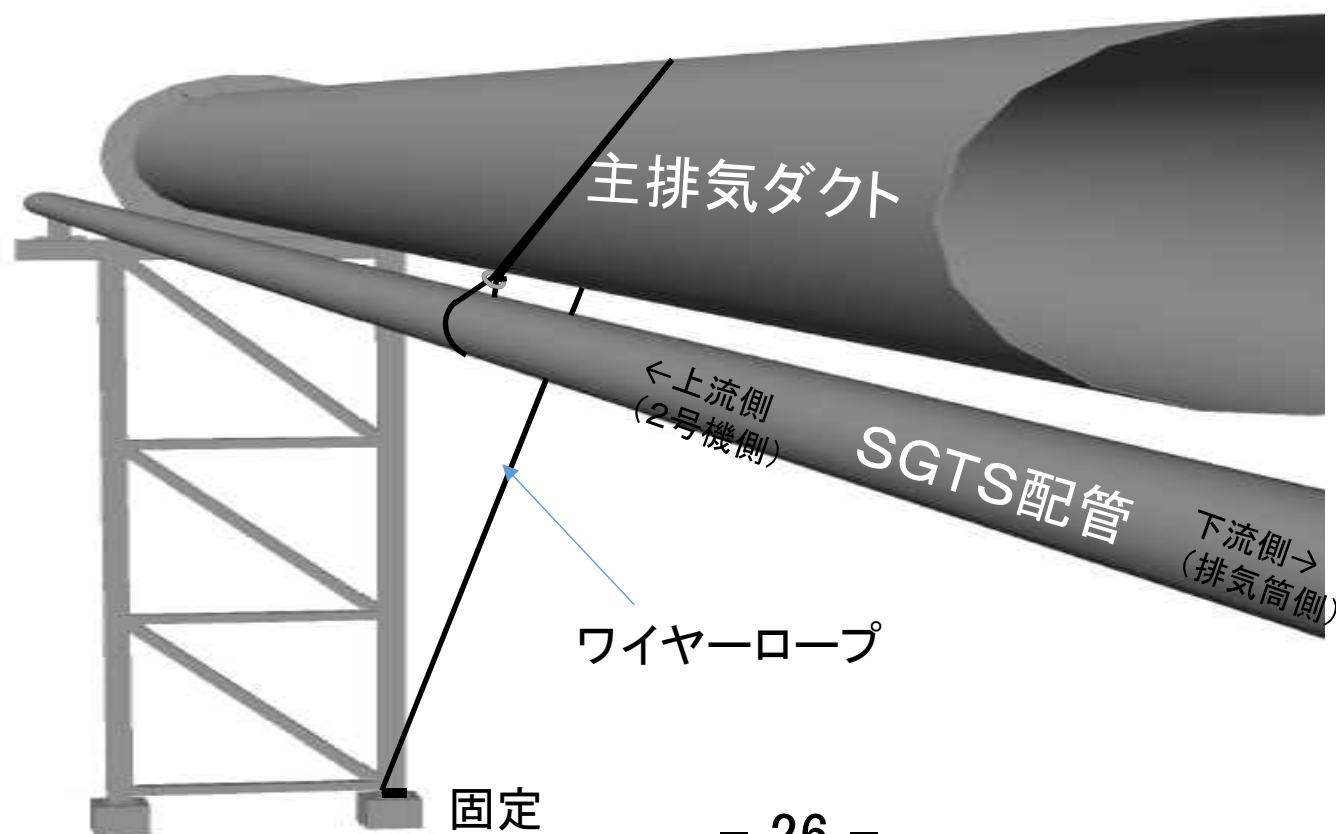
SGTS配管

主排気ダクト



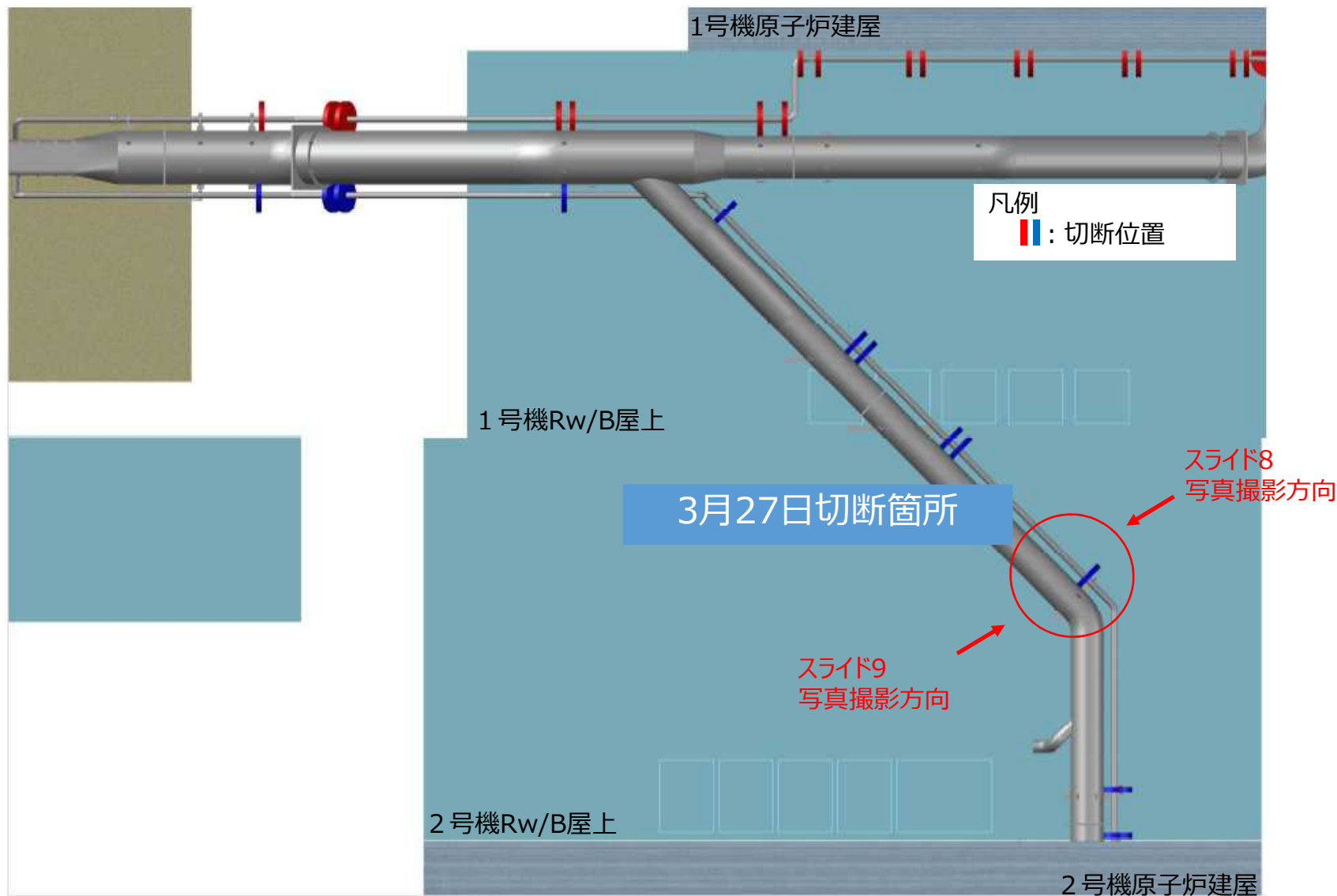
## <参考> SGTS配管歪み拡大防止対策

- ①クレーンでワイヤーロープを吊りさげSGTS配管上部から垂らす。
  - ②下でワイヤーロープの端部を繋ぎ込む。
  - ③クレーンにて引き上げ主排気ダクト上部を通し再度下へ垂らす。
  - ④下でSGTS配管の主排気ダクトを支える土台へ固定を行う。
- 4月20日、配管を固定する作業を完了した。



# <参考> 3月27日切断位置 (イメージ)

## ➤ 配管切断計画位置



福島第一原子力発電所  
3号機 RHR配管で確認した滞留ガスに関わる対応について

2022年2月28日

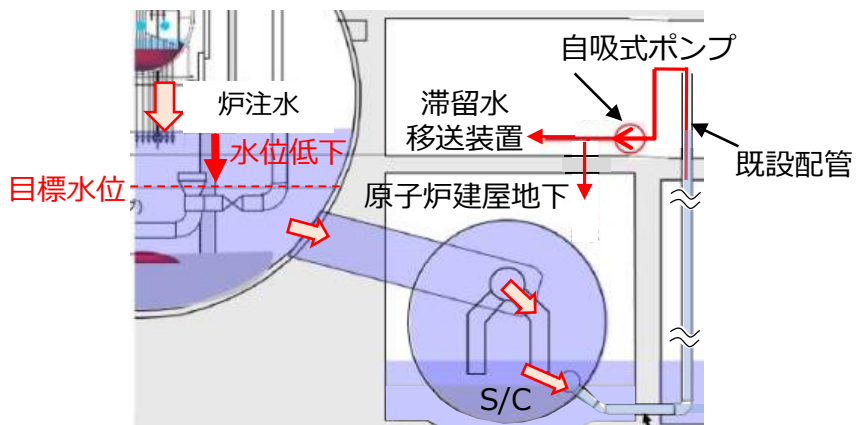


東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 概要

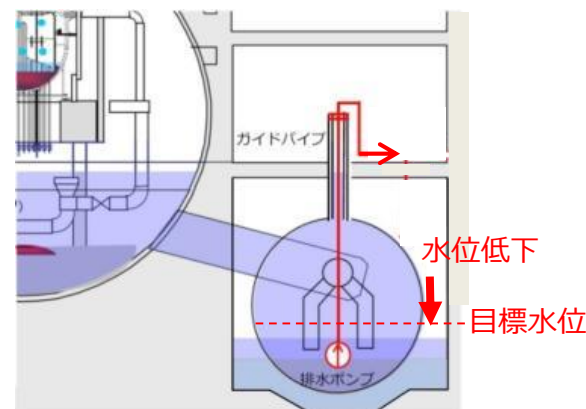
- 現状、耐震性向上策としてPCV(S/C)水位低下を行うため、以下の通り段階的に水位を低下することを計画。
- ガイドパイプ設置等（ステップ2）に先立ち、現状水位（R/B1階床上約1m）をR/B1階床面以下に低下（ステップ1）する。
- ステップ1では、S/C下部に接続する既設配管を用いて自吸式ポンプによる取水を計画。

## ステップ1（目標水位：R/B1階床面以下）



既設配管を用いたS/C内包水の取水イメージ

## ステップ2（目標水位：S/C下部）

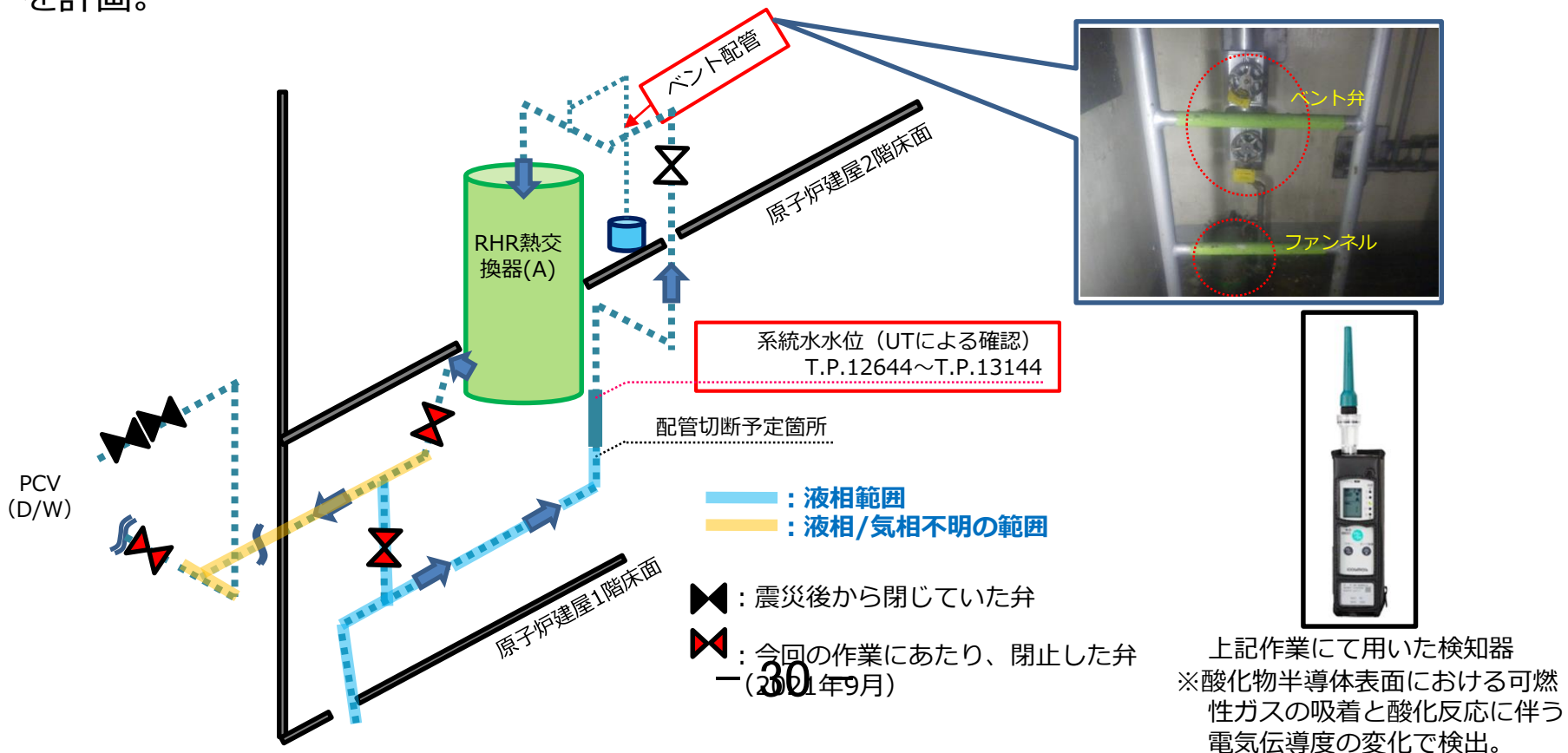


ガイドパイプによるPCV(S/C)からの取水イメージ

PCV：原子炉格納容器  
S/C：圧力抑制室  
R/B：原子炉建屋

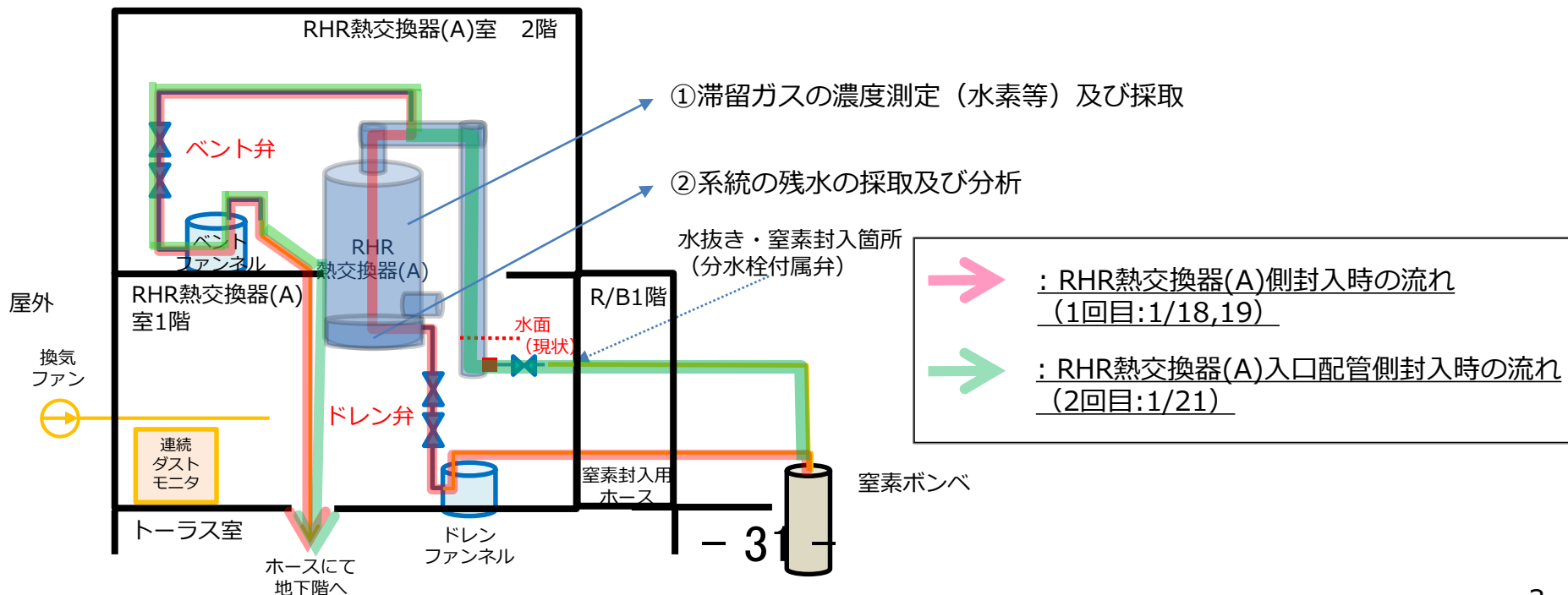
## 2. 経緯

- 既設配管に取水点を構築するための準備作業として、残留熱除去系（以下、「RHR」という。）熱交換器(A)廻りのベント弁の開操作を実施したところ、接続ファンネル出口にて可燃性ガスを検出<sup>※</sup>。また、ガスを採取・分析した結果、事故由来の長半減期核種であるKr-85を検出。
- PCVとの連通が想定される弁は事前に閉止していることから、現在、PCVからのガスの供給はないと想定。
- RHR熱交換器(A)ドレン弁から窒素を封入し、RHR配管ベント弁から配管内ガスを排出することを計画。



### 3. 滞留ガスのパーズ作業について

- パーズ作業前に、①滞留ガスの濃度測定（水素等）、採取及び②系統の残水の採取、分析を実施（結果を次頁以降に記載）。
- RHR熱交換器(A)側および入口配管側の滞留ガスのパーズ作業（窒素封入）を環境等への影響を考慮し、3日に亘り実施。排出される滞留ガスの濃度が低下したことを確認。（水素：約20%→0%、硫化水素：約20ppm→0ppm）。
- 作業中のガス等の測定、分析を行い、環境等への影響がないことを確認。
  - 排気先の地下階および1階（RHR熱交換器(A)室）のガスを測定、分析し、酸素濃度に異常が無く、水素濃度が0%であること、およびKr-85濃度が検出限界値未満（5.0Bq/cm<sup>3</sup>未満）であることを確認。
  - 連続ダストモニタにより、ダスト濃度に変化がないことを確認。

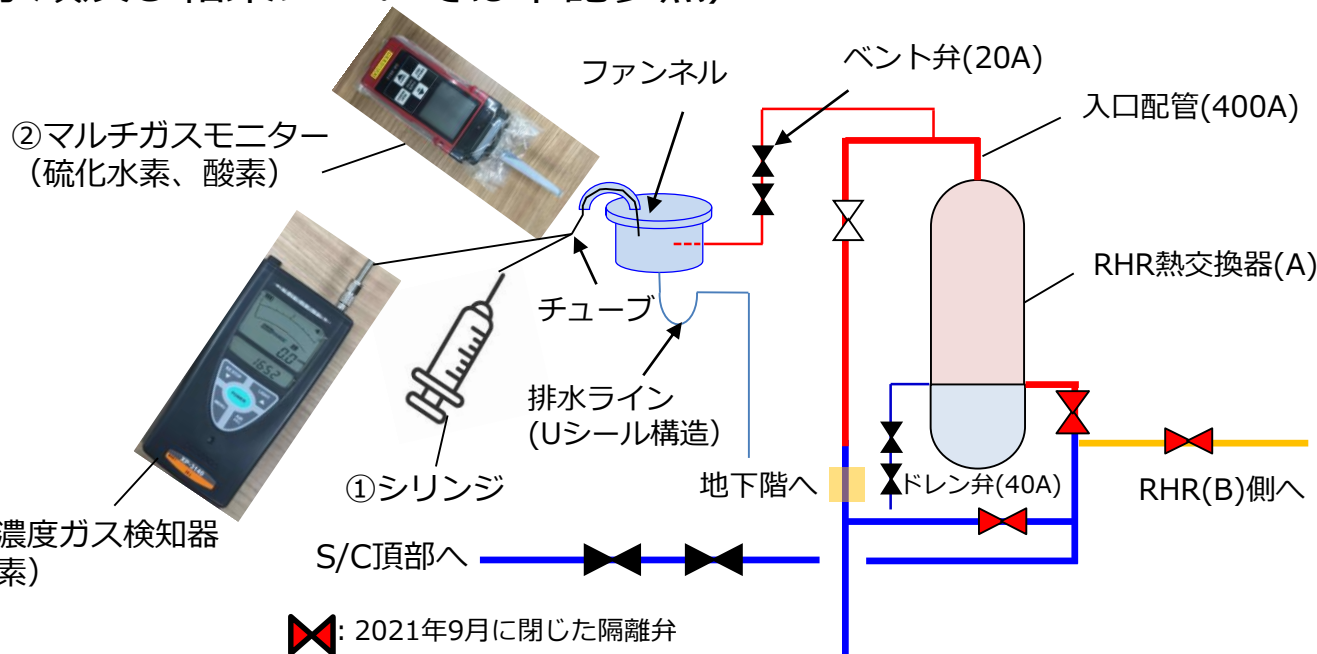


### 3-①. 滞留ガスの濃度測定（水素等）及び採取の結果

- ベント弁接続ファンネル出口より排出される滞留ガスの水素濃度等の測定及び試料採取を実施。（手順及び結果については下記参照）



④金属製試料採取容器



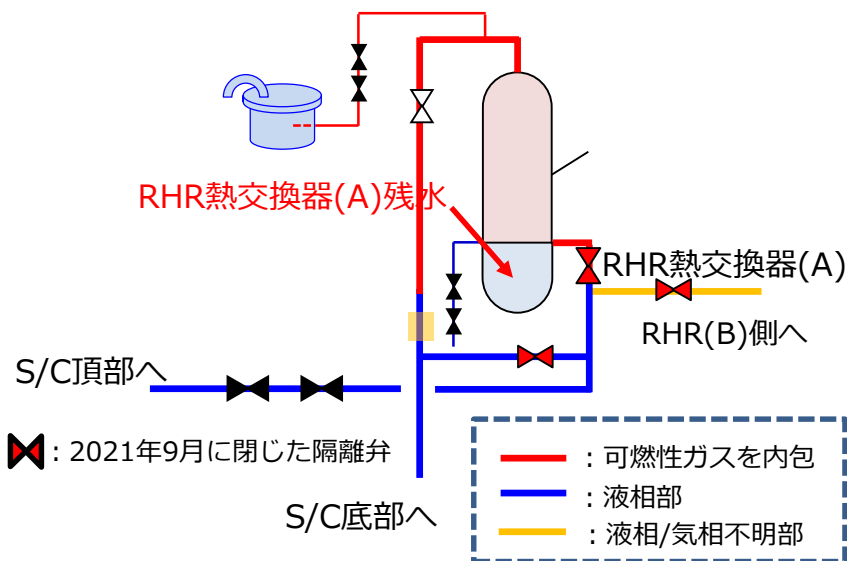
- ①シリンジによる採取・分析  
Kr-85  $2.64 \times 10^3$  Bq/cm<sup>3</sup> (ゲルマ分析)
- ②マルチガスモニターによる測定  
酸素濃度0%、硫化水素濃度約20ppm
- ③高濃度ガス検知器による測定  
水素濃度が約20%まで上昇し安定
- ④金属製試料採取容器による採取・保管  
金属製試料採取容器(約500cm<sup>3</sup>)

**RHR配管の系統概略イメージ**



### 3-②. 系統の残水の採取及び分析結果

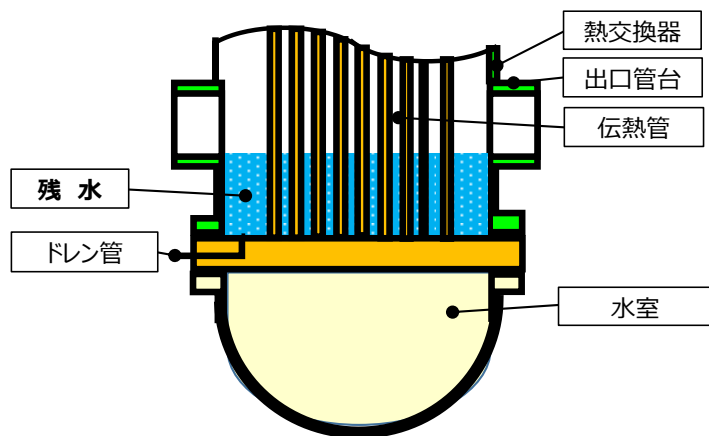
- 系統の残水（RHR熱交換器(A)残水）を採水・分析。



・ 1回目(採取日:2021.12.15)

分析項目	分析結果	分析項目	分析結果
Cs-134	2.46E+04 Bq/L	pH	3.8
Cs-137	7.38E+05 Bq/L	塩素	2.40E+04 mg/L
Co-60	2.07E+05 Bq/L	カルシウム	2.50E+02 mg/L
H-3	7.69E+04 Bq/L	マグネシウム	1.10E+03 mg/L
全β放射能	8.47E+05 Bq/L	ナトリウム	8.00E+03 mg/L
全α放射能	5.09E+00 Bq/L	SS (浮遊物質)	8.4E+01 mg/L

#### RHR配管の系統概略イメージ



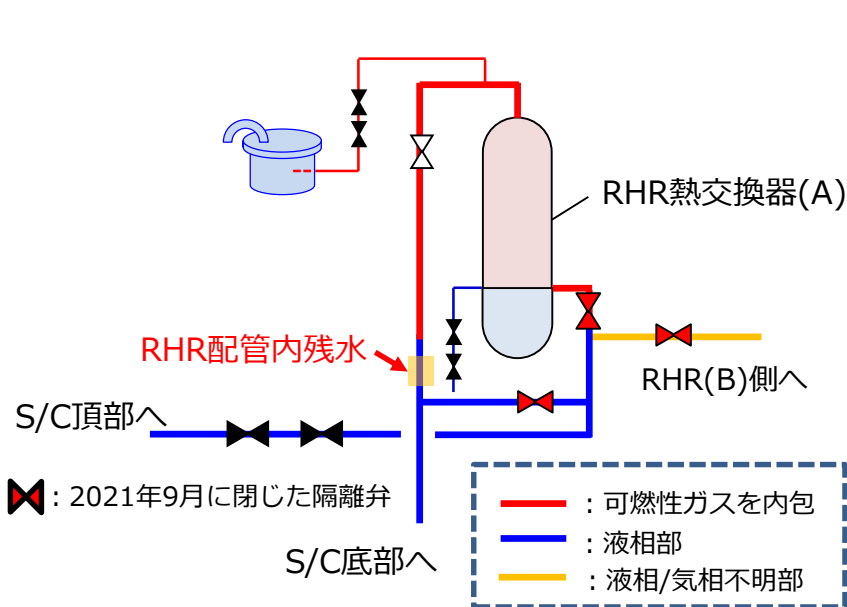
#### RHR熱交換器(A)残水イメージ

・ 2回目(採取日:2022.1.17)

分析項目	分析結果	分析項目	分析結果
Cs-134	1.87E+04 Bq/L	pH	6.1
Cs-137	5.23E+05 Bq/L	塩素	1.90E+04 mg/L
Co-60	1.37E+03 Bq/L	カルシウム	3.70E+02 mg/L
H-3	3.41E+06 Bq/L	マグネシウム	1.10E+03 mg/L
全β放射能	5.20E+05 Bq/L	ナトリウム	9.70E+03 mg/L
全α放射能	<3.36E+00 Bq/L	SS (浮遊物質)	4.8E+01 mg/L

### 3 - ② . 系統の残水の採取及び分析結果

- 系統の残水（RHR配管内残水）を採水・分析。



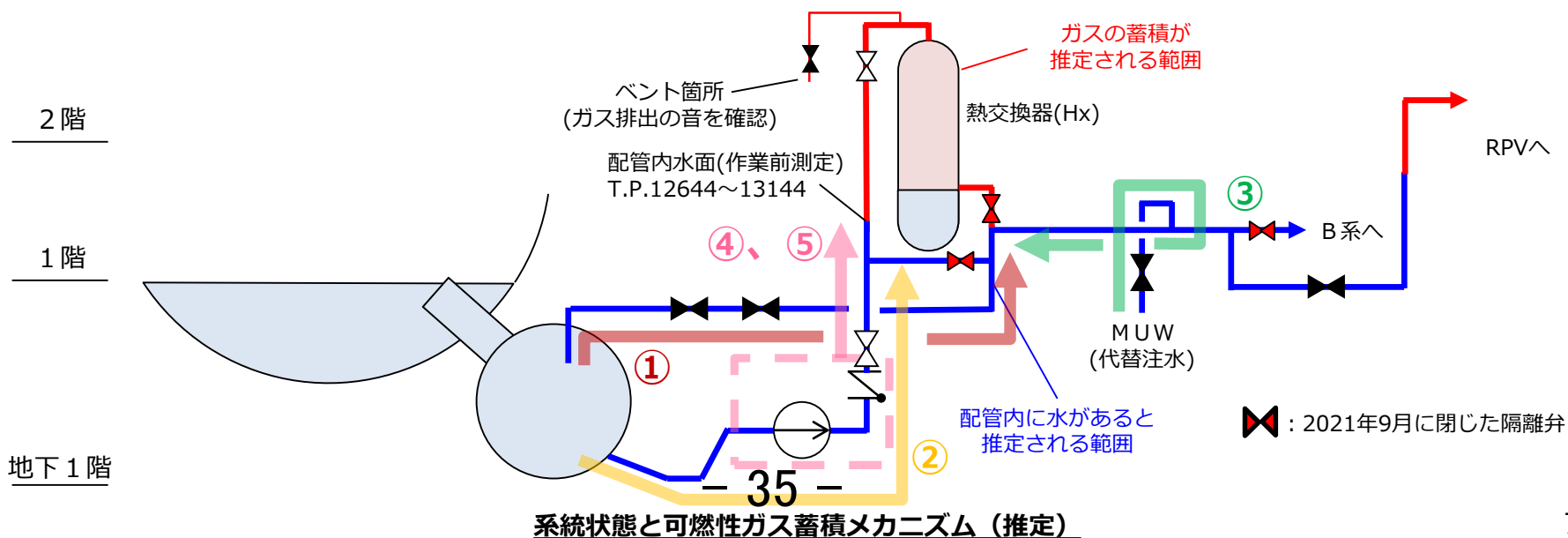
分析項目	分析結果	分析項目	分析結果
Cs-134	9.59E+04 Bq/L	pH	9.4
Cs-137	2.90E+06 Bq/L	塩素	5.00E+03 mg/L
Co-60	<5.99E+02 Bq/L	カルシウム	8.40E+01 mg/L
H-3	9.80E+04 Bq/L	マグネシウム	3.10E+02 mg/L
全β放射能	2.98E+06 Bq/L	ナトリウム	2.80E+03 mg/L
全α放射能	<2.66E+00 Bq/L	SS (浮遊物質)	4.3E+00 mg/L

#### RHR配管の系統概略イメージ

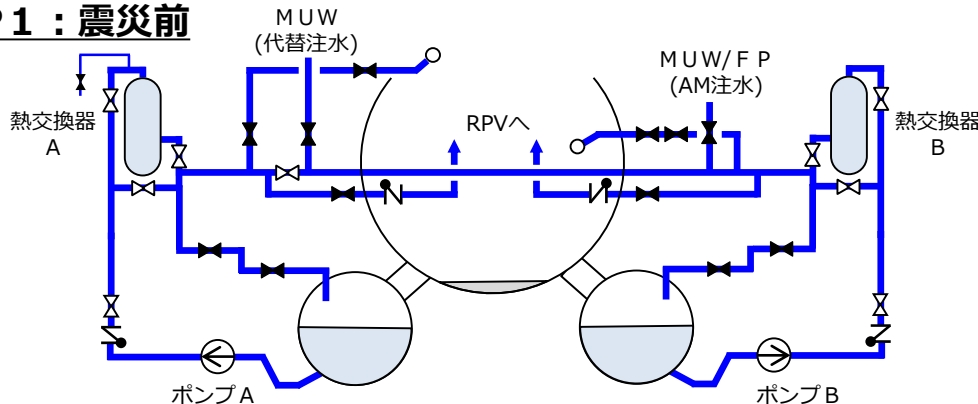
# 【参考】RHR熱交換器廻りのガス蓄積のメカニズム推定

- RHR熱交換器周りの概略構成と、想定されるガス流入のメカニズムを以下に示す。
- 今後、得られた知見については、1Fにおける事故の分析に係わる検討会にも情報共有していく。

No.	要因	ガス流入のタイミング	説明
①	事故時のガス流入 (事故時操作起因)	震災直後	・ 事故時の操作に伴い、PCV内に充満したガスが流入。
②	事故時のガス流入 (S/C水位低下起因)	震災直後	・ S/C水位が低下し、PCV内に充満したガスが流入。
③	注水時の空気流入	震災直後	・ 事故時の注水に用いたホース内の空気が流入。
④	保有水の放射線分解	震災～現在	・ 配管内の水が、放射線による分解で、水素等が発生。
⑤	海水成分の影響	震災～現在	・ 事故時に注入した海水成分の影響によりガスが発生。

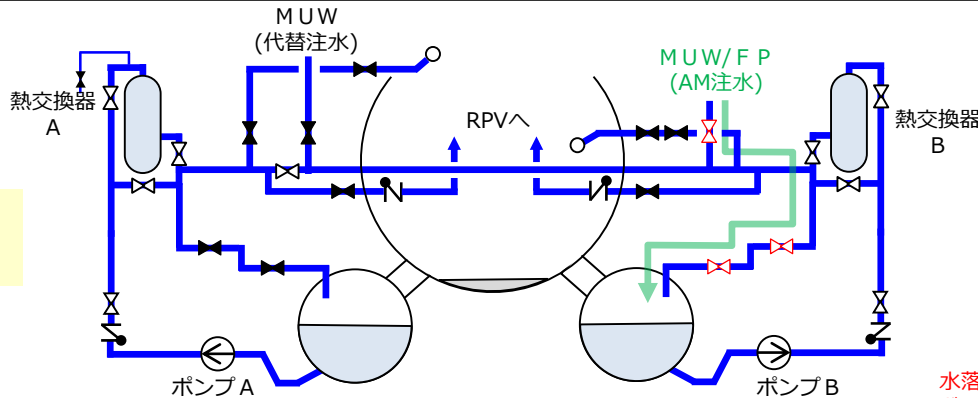


**STEP 1 : 震災前**



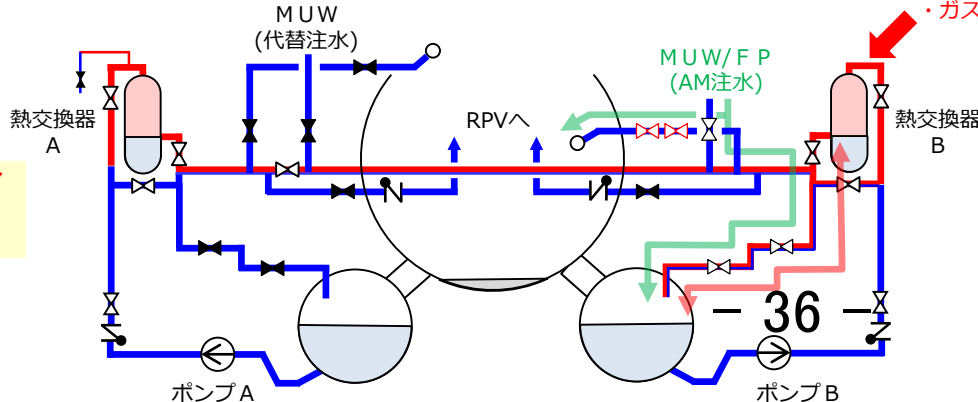
- 震災前は、系統内は満水待機。

**STEP 2 : 代替S / Cスプレイ（ディーゼル駆動消火ポンプ、淡水）**



スプレイ  
開始時

- 2011年3/12 12:06～3/13 7:43まで断続的に代替S/Cスプレイを実施。



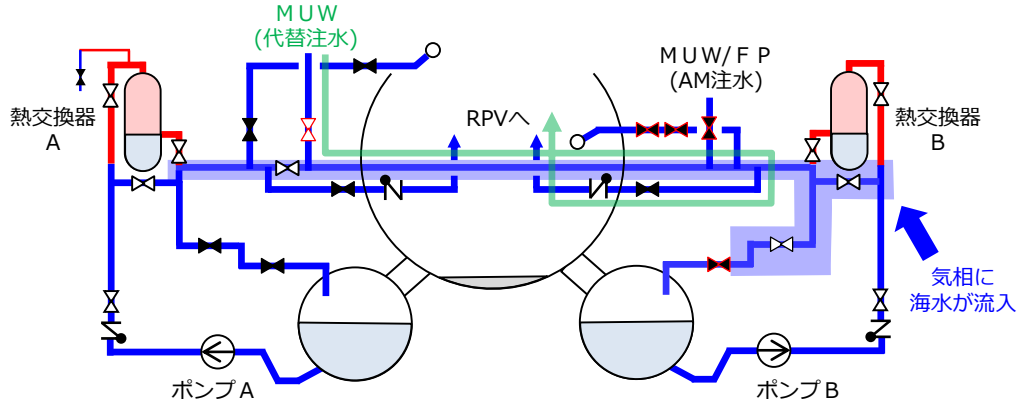
スプレイ  
実施中

水落ち  
・ガス流入

- 代替S/Cスプレイ実施中から、徐々に系統保有水が水落ちし、**S/C<sup>[\*1]</sup>あるいはD/W<sup>[\*2]</sup>からのガスが流入。**

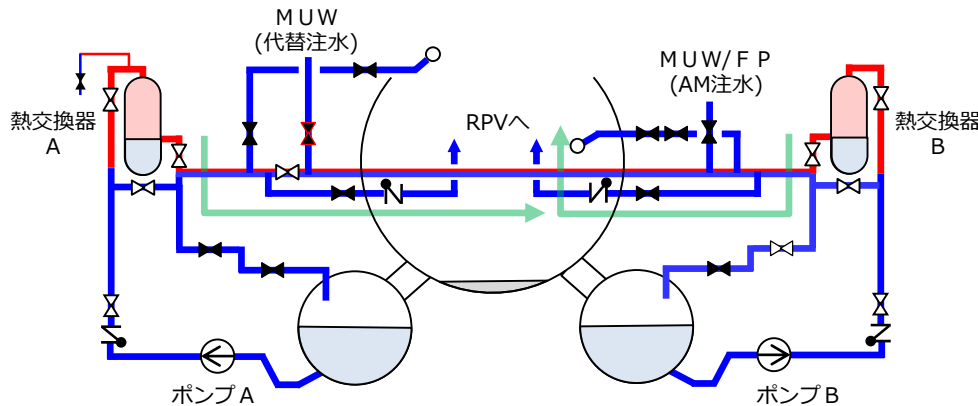
[\*1]代替S/Cスプレイでの流量は、RHRによるスプレイ流量より小さく、ガスの流入が発生したと想定。  
[\*2]代替D/Wスプレイも実施しており、いずれかのタイミングで流入した可能性を想定。

**STEP 3 : 代替注水時（消防車、海水）**



- 消防車からの代替注水により**海水が流入**。  
（ハッチング部が海水に置換）

**STEP 4 : 安定化以降**



- 系統内のガスは、RPVの減圧と共に徐々にRPVに排出。
- ガス圧も、RPV減圧と共に低下。
- 系統内の水位は、タイライン近傍で安定。

## 2号機シールドプラグの変形

2022年2月28日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

## <検討の背景>

- 東京電力福島第一原子力発電所事故時の福島第一原子力発電所2号機(1F2号機)における放射性物質の放出経路の推定(シールドプラグの継ぎ目が放射性物質の放出経路となりうるか)に係る検討を行うため、シールドプラグの形状測定を実施した。

## <これまでの検討状況>

- 1F2号機のシールドプラグの形状測定を実施したところ、シールドプラグの端部から中心部に向かって、最大6cm程度の落ち込みが確認された(第27回事故分析検討会にて説明済み)。

## <今回の検討内容>

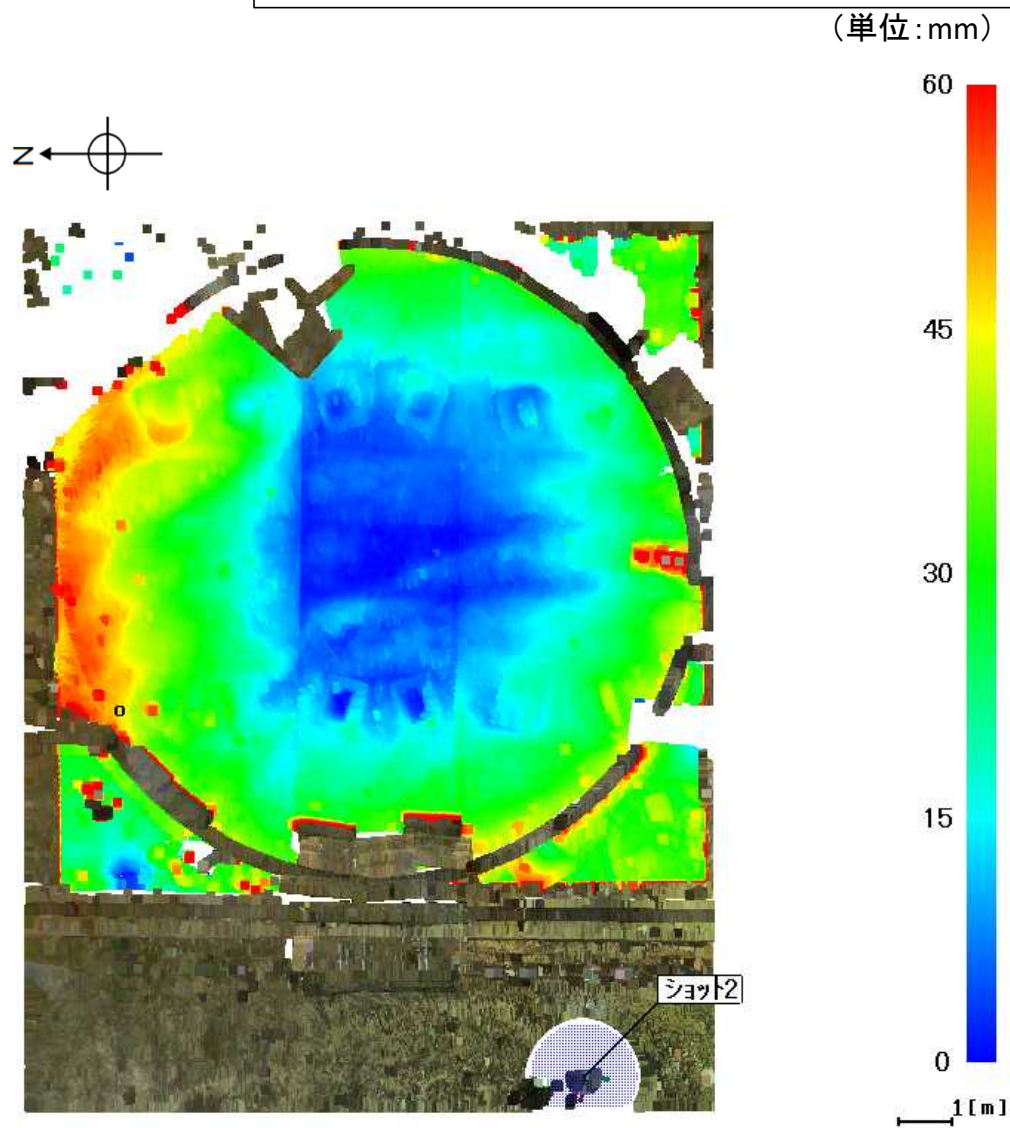
- 上記の落ち込み(変形)が1F2号機特有のものであるかどうかを検討するために、同発電所5号機(1F5号機)のシールドプラグの形状測定を実施し、1F2号機のシールドプラグの変形状況との比較を行う。
- 2号機と炉型が同等である他の発電所のプラント(島根原子力発電所1号機(島根1号機))のシールドプラグの形状測定を実施し、同様の比較を行う。



## ○2号機シールドプラグの形状測定 (各測定点の高低差による分析)

シールドプラグの中心を基準点として、  
高低差を分析

- 端部から中心部に向けて落ち込みが見られる。
- 東西方向よりも南北方向の方が落ち込みの程度が大きい。(東西方向は概ね3cm程度の落ち込みに対して、南北方向は概ね6cm程度の落ち込み)



※株式会社富士テクニカルリサーチの協力の下、「Galaxy-Eye」により分析

## シールドプラグの形状比較(1F2号機と1F5号機の比較)

(単位: mm)

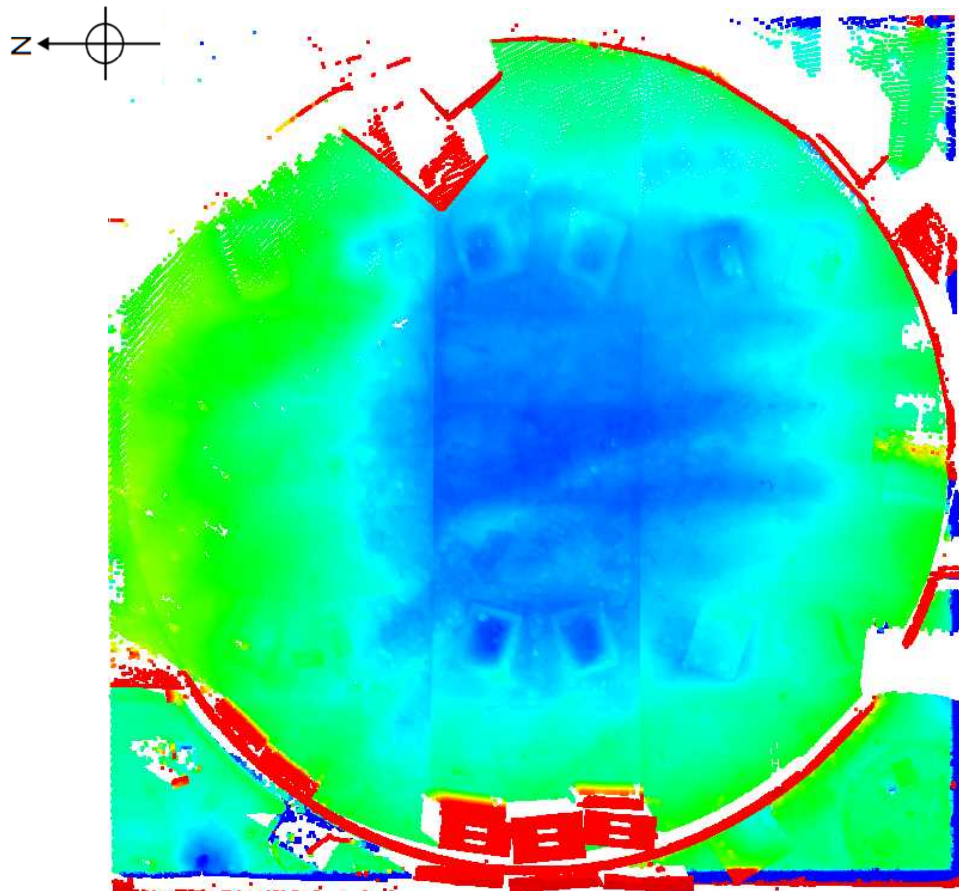


図1-1 1F2号機シールドプラグの変形状況

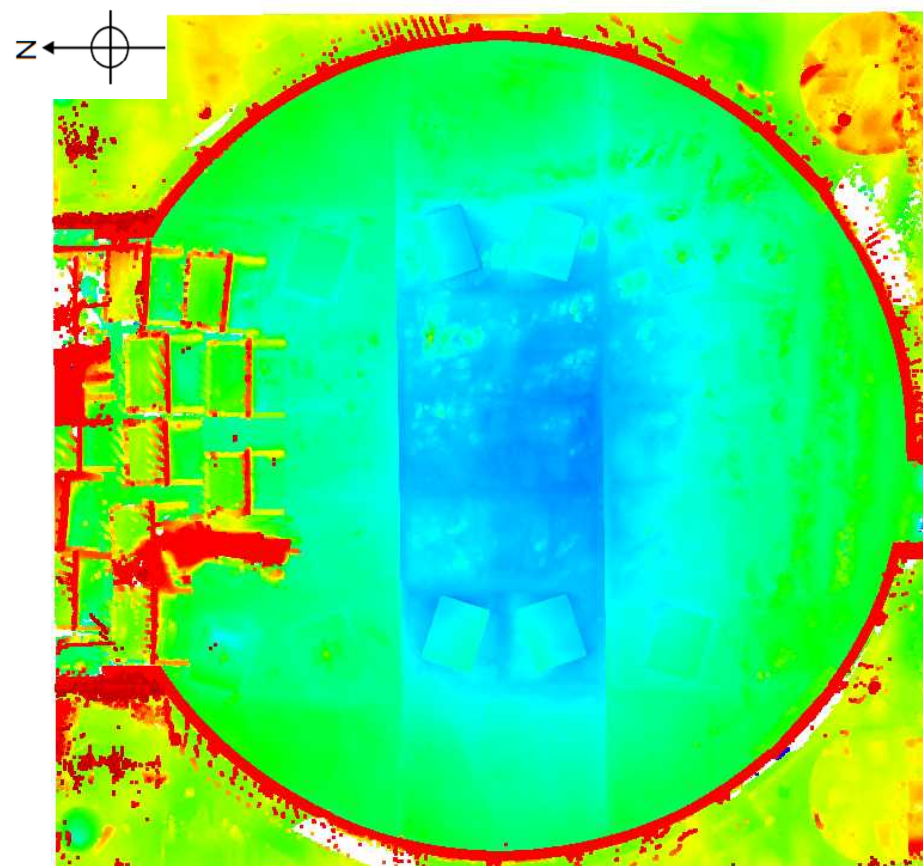


図1-2 1F5号機シールドプラグの変形状況



1[m]

※1: 株式会社富士テクニカルリサーチの協力の下、「Galaxy-Eye」により分析

※2: 図1-1は、図1-2との比較をより正確に行うために、基準高さ(0mm)位置を第27回事故分析検討会資料2-1別添2(前ページ)から変更している(使用しているデータは、前ページと同様)。

## シールドプラグの変形の特徴(1F2号機と1F5号機の比較)

項目	1F2号機	1F5号機
方向性	南北方向の高低差が東西方向の高低差より大きい	南北方向の高低差が東西方向の高低差より大きい
パーツ間の落ち込みの差異	中心のパーツに加えて、南側の一部も落ち込みが大きい	中心のパーツのみが落ち込んでいる。
東西方向の落ち込みの傾向	中心部に向かって落ち込んでいる傾向は東端及び西端ともに同様	中心部に向かって落ち込んでいる傾向は東端及び西端ともに同様
南北方向の落ち込みの傾向	南端から中心部への落ち込みよりも北端から中心部への落ち込みの方が大きい	中心部に向かって落ち込んでいる傾向は北端及び南端ともに同様
落ち込みの程度	北端から中心への落ち込みが最も大きく、最大60mm程度	南端から中心への落ち込みが最も大きく、最大45mm程度



## シールドプラグの形状比較 (1F2号機、1F5号機及び島根1号機の比較)

(単位: mm)

50

25

0

-25

-50

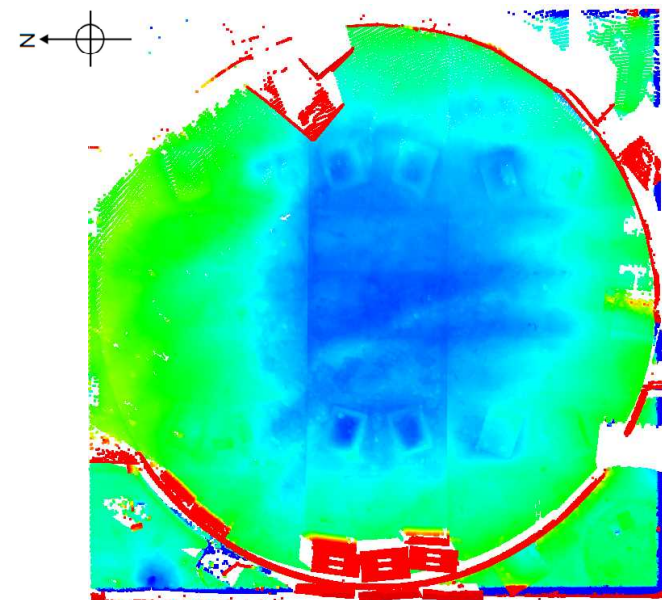


図2-1 1F2号機シールドプラグ  
の変形状況

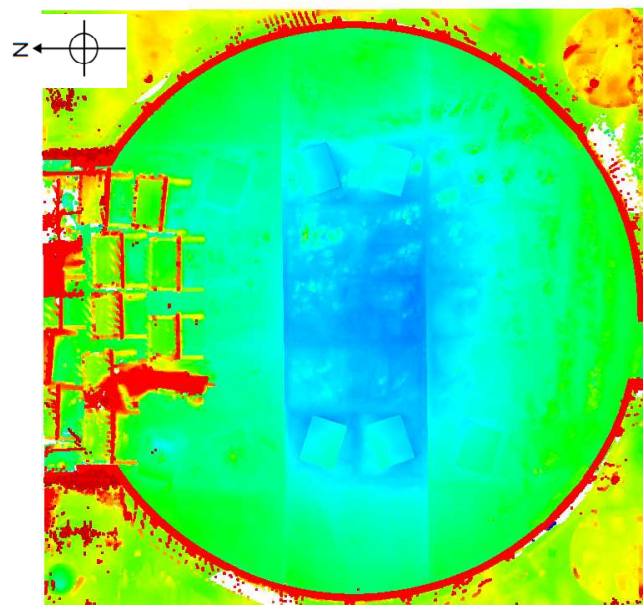


図2-2 1F5号機シールドプラグ  
の変形状況

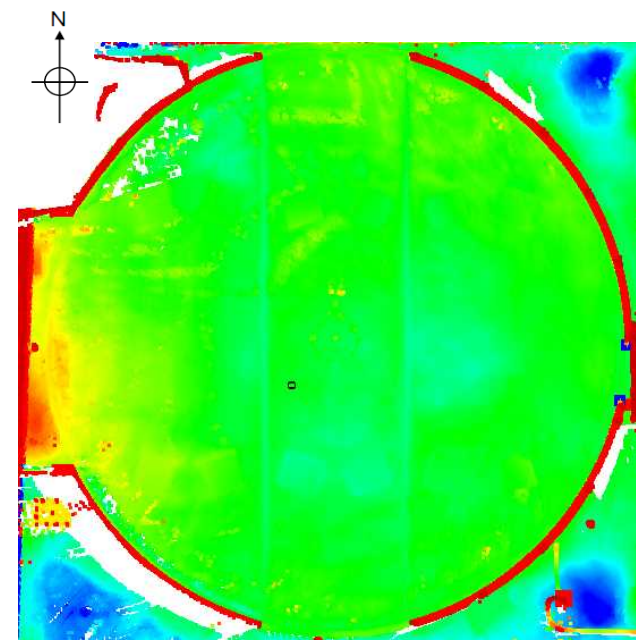
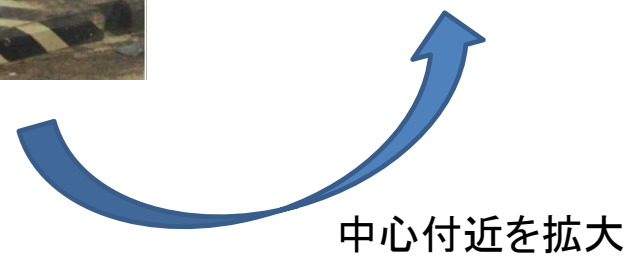
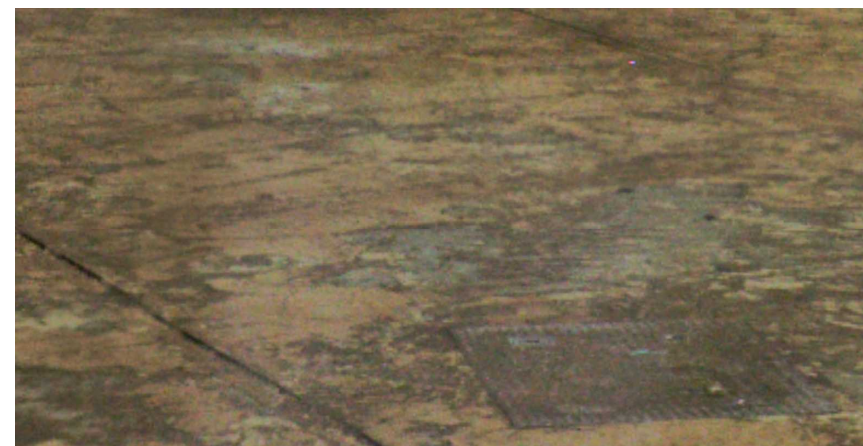


図2-3 島根1号機シールドプラグ  
の変形状況

※: 株式会社富士テクニカルリサーチの協力の下、「Galaxy-Eye」により分析

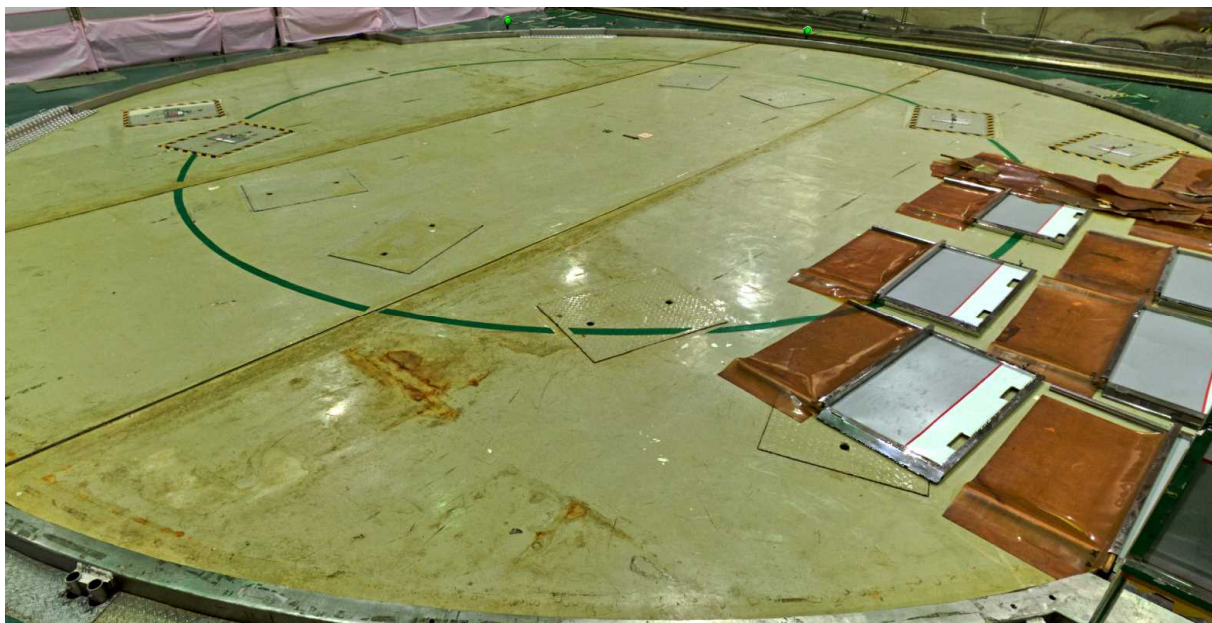
## シールドプラグ表面の状況(1F2号機)



写真は、いずれも2021年12月14日に原子力規制庁撮影



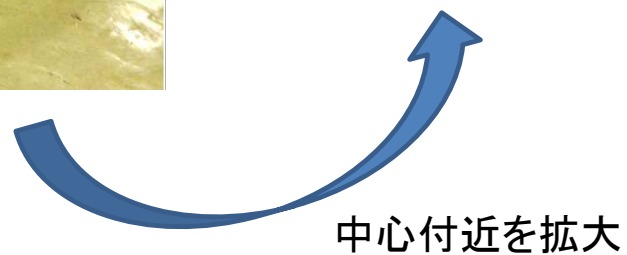
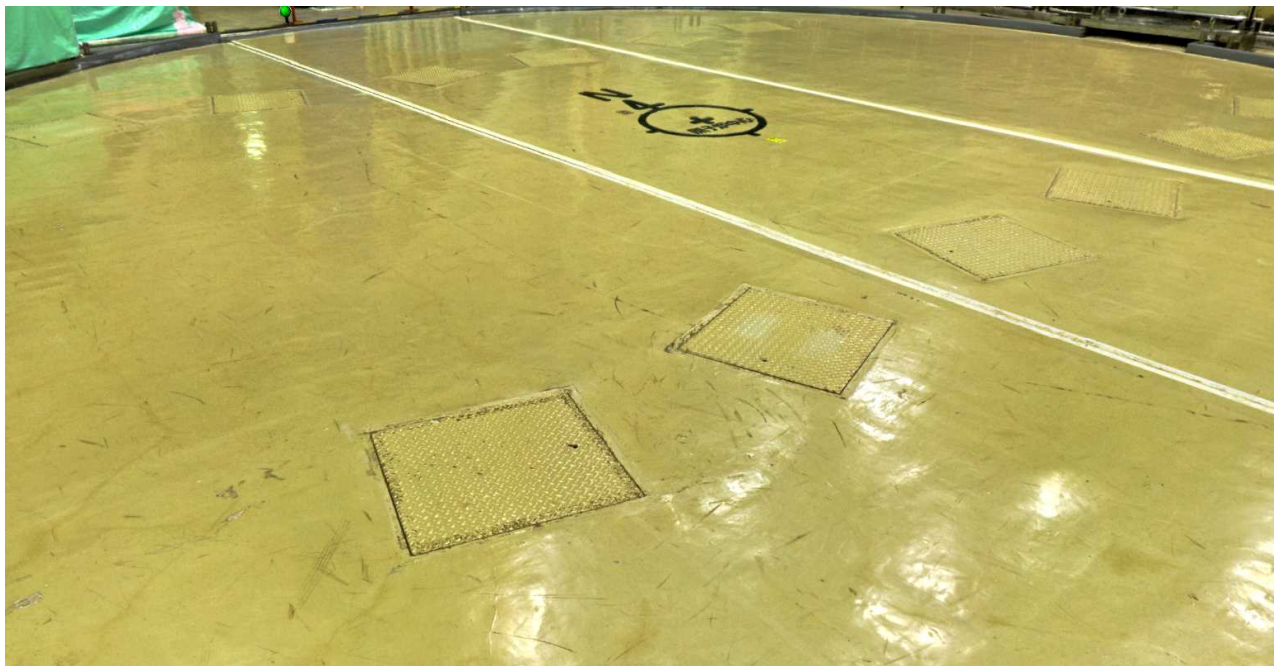
## シールドプラグ表面の状況(1F5号機)



中心付近を拡大

写真は、いずれも2022年1月13日に原子力規制庁撮影

## シールドプラグ表面の状況(島根1号機)



中心付近を拡大

写真は、いずれも2022年2月22日に原子力規制庁撮影



## <シールドプラグの形状比較を踏まえた考察>

- 測定を実施した1F2号機、1F5号機及び島根1号機(以下「3プラント」という。)のシールドプラグは、いずれも端部から中心部に向かって落ち込んでいる形状となっていることが確認された。
- 特に1F2号機のシールドプラグは、他の2プラント(1F5号機、島根1号機)よりも中心部に向かう落ち込みの程度が大きい。
- 1F2号機及び1F5号機のシールドプラグは、(3分割されている構造のうちの)中心部の構造の落ち込みが両端の2つの構造よりも大きく、この種の変形により、シールドプラグの継ぎ目に流路が生じ、当該箇所が放射性物質の放出経路になったと考えられる。
- 3プラントのシールドプラグの表面には目立ったひび割れは確認できなかったことから、測定により確認された変形は、シールドプラグ施工後に生じ得る外力(熱的影響、物理的影響等)により生じたものでないと考えられるが、シールドプラグの変形要因は、はっきりしていない。

## <今後の検討方針>

- シールドプラグの変形については、シールドプラグの構造上の違いによって変形の度合いが異なっていることも考えられることから、シールドプラグの構造上の違いも踏まえて、引き続き検討を行う。

# 建屋健全性評価の進捗状況について

2022年2月14日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

### ■ コメント

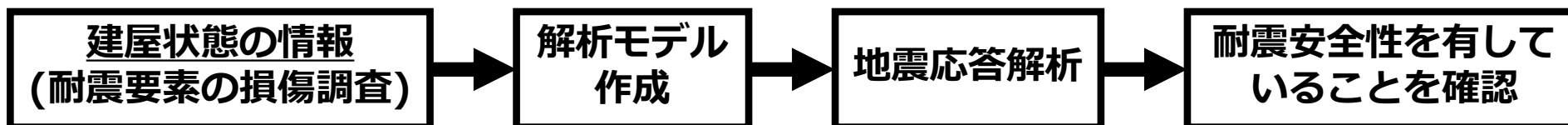
- 各建屋の健全性・耐震性について、建屋の長期的な劣化を考慮した調査及び評価の実施について今後の計画を示し、その結果を示すこと。



### ■ 報告内容

- 1～3号機原子炉建屋について、建屋健全性評価の目的と課題への取り組みの実施状況（有人による建屋内調査結果等）を示す。
- 尚、建屋健全性評価はデブリ取り出し完了まで継続実施するものであるため、今後も定期的に実施状況・進捗状況を報告する。

- これまで、1～3号機原子炉建屋については、損傷状況を反映した耐震安全性評価を行い、基準地震動Ssに対して十分な耐震安全性を有していることを確認している。



耐震安全性評価の流れ

- 一方、1～3号機原子炉建屋については、デブリ取り出し完了までの長期にわたって建屋健全性を確認していく必要がある。



## 【1～3号機原子炉建屋の長期健全性評価】

**建屋状態の情報を更新し、必要な性能（耐震安全性等）を有していることを継続的に確認していくこと。**

### <観点>

- ・ 経年劣化等により部材性能が低下していないか
- ・ 大地震等により部材が追加で損傷していないか

### <評価対象>

- ・ 耐震安全性評価上で考慮している部位

## 1. 高線量エリアにおける無人・省人による調査方法の検討

- ▶ 耐震安全性評価で考慮している耐震要素の経年劣化・地震時の追加損傷等の有無を確認し、必要に応じて、耐震安全性評価モデルに反映していく。
- ▶ 原子炉建屋内は高線量であることから、被ばくを抑制して定期的に耐震壁等の調査ができるように、ロボット・ドローン等による建屋内調査の無人化・省人化を検討する。

## 2. 建屋部材の経年劣化の評価方法の検討

- ▶ 1～3号機原子炉建屋内は高線量であり、建屋躯体のコア採取による詳細調査が行えないことから、類似の環境条件かつ詳細調査が可能な4号機を活用した代替評価を検討する。

## 3. 建屋全体の経年変化の傾向を確認する方法の検討（地震計の活用）

- ▶ 1～3号機原子炉建屋に地震計を設置し、観測記録を継続的に見ていくことで建屋全体の経年変化の傾向確認ができるか検討する。

## 2021年度実施事項

1～3号機 原子炉建屋（以降「R/B」という。）について、耐震安全性評価で考慮している耐震部材（シェル壁，プール壁，耐震壁）の今後の外観点検計画の立案のため、下記の調査を実施した。

- 耐震部材周辺の状況調査（現状確認，外観点検が可能な箇所の選定用）
- アクセスルートの状況調査（ロボット・ドローンによる調査計画検討用）

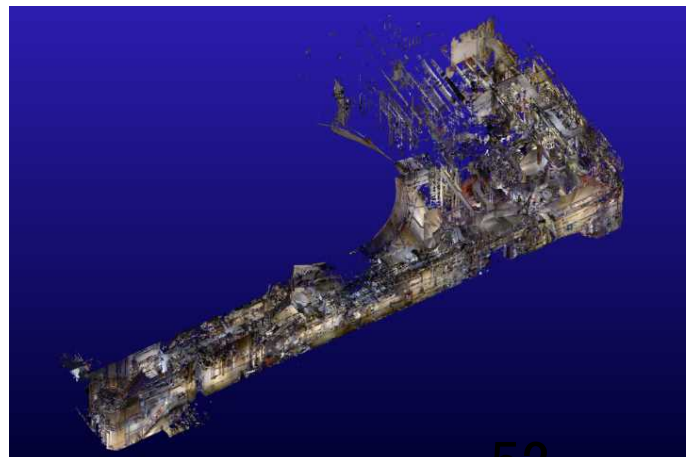
### 【報告1-1】 3号機R/B有人調査（2021.5.25）

2021.7.12 特定原子力施設監視・評価検討会  
（第92回）資料4-4にて報告済

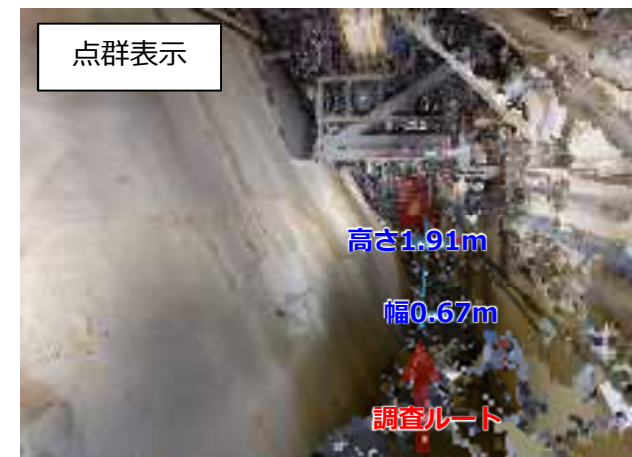
- 概ね計画通りのルートでアクセス可能であることが確認できた。
- 一部箇所で塗装の剥がれやひび割れが確認されたが、耐震性能の低下につながるような損傷、経年劣化の兆候（表面コンクリートの剥落や錆汁等）は確認されなかった。
- シェル壁，プール下部耐震壁について、定点確認していく候補箇所を選定できた
- ウェアラブル型3Dスキャン装置により、点群データを取得。
- 通路幅や高さ等の寸法を把握でき、無人化検討に非常に有効であることがわかった。



ウェアラブル型3Dスキャン装置  
（4号機R/Bにおけるモックアップの様子）



点群データの俯瞰  
（2階部分抜粋）



2階シェル壁南側狭隘部（点群）

## 【報告1-2】 1号機R/B, 2号機R/B有人調査

### 【調査の概要】

耐震安全性評価で考慮している耐震部材（シェル壁，プール壁，耐震壁）の今後の外観点検計画の立案のため，耐震部材周辺の状況調査を，3号機R/Bに引き続き，1, 2号機R/Bにて実施した。

### 【調査方法】

写真および3次元点群画像により，耐震部材の壁面の状況，アクセスルートの状況を確認する。

### 【調査箇所】

#### 1号機R/B

3階：シェル壁（東・北・西面）

4階：プール壁(西面)

#### 2号機R/B

1階：シェル壁(南西面)

2階：シェル壁（北・南東面），プール下部耐震壁(西面)

3階：シェル壁（北・南東面），プール壁(西面)

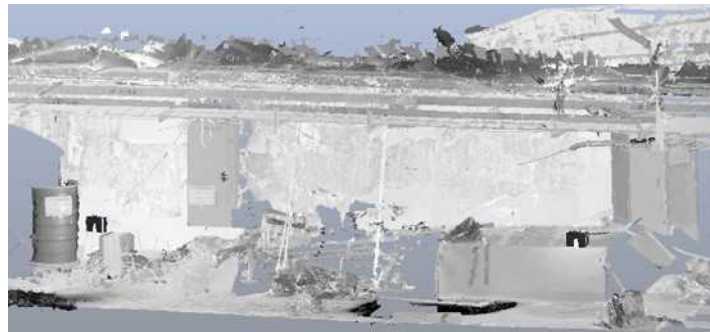


使用した3Dスキャン装置  
(据え置き型)



## 1号機R/B有人調査結果（2021.11.12～11.19）

- 一部箇所では塗装の剥がれがひび割れ確認されたが、耐震性能の低下につながるような損傷、経年劣化の兆候（表面コンクリートの剥落や錆等）は確認されなかった。
- シェル壁、プール下部耐震壁について、定点確認していく箇所を今後選定していく。
- 3Dスキャン装置により点群データを取得。今後、アクセスルート検討に活用予定。



3階シェル壁北面（点群データ）



3階シェル壁南西面（写真）



4階プール壁西面（写真）

## 2号機R/B有人調査結果（2021.11.16～12.17）

- 一部箇所では塗装の剥がれやひび割れが確認されたが、耐震性能の低下につながるような損傷、経年劣化の兆候（表面コンクリートの剥落や錆等）は確認されなかった。
- シェル壁、プール下部耐震壁について、定点確認していく箇所を今後選定していく。
- 3Dスキャン装置により点群データを取得。今後、アクセスルート検討に活用予定。



2階シェル壁東面（点群データ）



3階シェル壁北東面（写真）



3階プール壁西面（写真）

## 2. 建屋部材の経年劣化の評価方法の検討

### 2021年度実施事項

#### 【報告2】 4号機R/B有人調査 (2022.1.26)

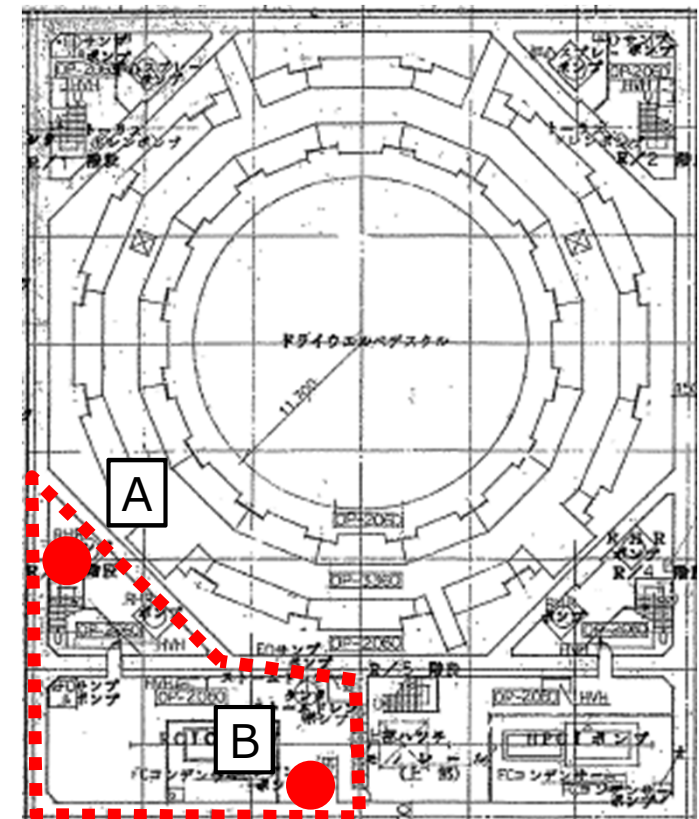
- 4号機R/Bでの代替評価に向けて、コア採取箇所を検討を実施中。
- 滞留水で浸水していた4号機R/B地下1階（Rゾーン）の現場調査を実施した。
- 4号機R/B北西階段より、アクセス可能であること、内壁面の状況を確認した。
- 調査結果を踏まえ、コア採取箇所を今後選定する。



地下1階内壁面A



地下1階内壁面B



4号機R/B地下1階

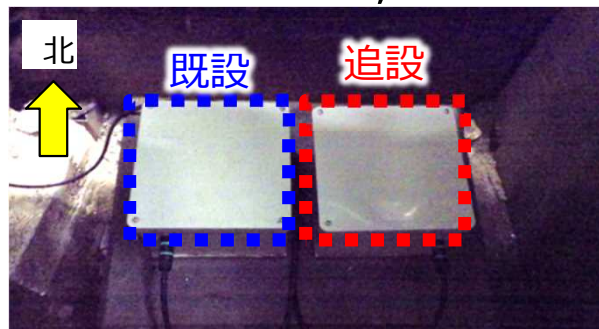


### 3. 建屋部材の経年劣化の評価方法の検討 (1/2)

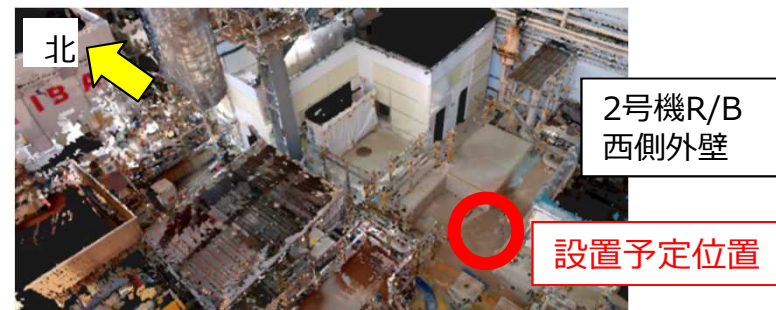
#### 2021年度実施事項

#### 【報告3-1】 3号機R/B地震計多重化, 2号機R/B地震計新設

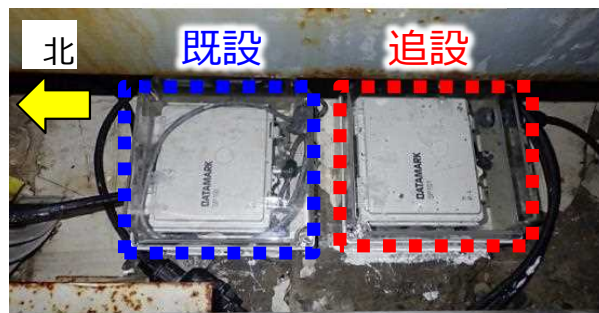
- 3号機R/B地震計の信頼性向上のため, 多重化を実施完了。(1階レベル・5階レベル)
- 2号機R/B地震計の設置を実施中, 2022年3月完了予定。(1階レベル・5階レベル)
- 1号機R/B地震計 (1階レベル・5階レベル) の設置計画は下記の通り。
  - ・ 1階レベルは, 2022年度内に設置予定。
  - ・ 5階レベル(オペフロ)は, オペフロがれき撤去完了後に設置予定。  
→がれき撤去完了前に, 中間階レベルに設置することも検討していく。



3号機R/B (1階レベル)



2号機R/B (1階レベル)



3号機R/B (5階レベル)

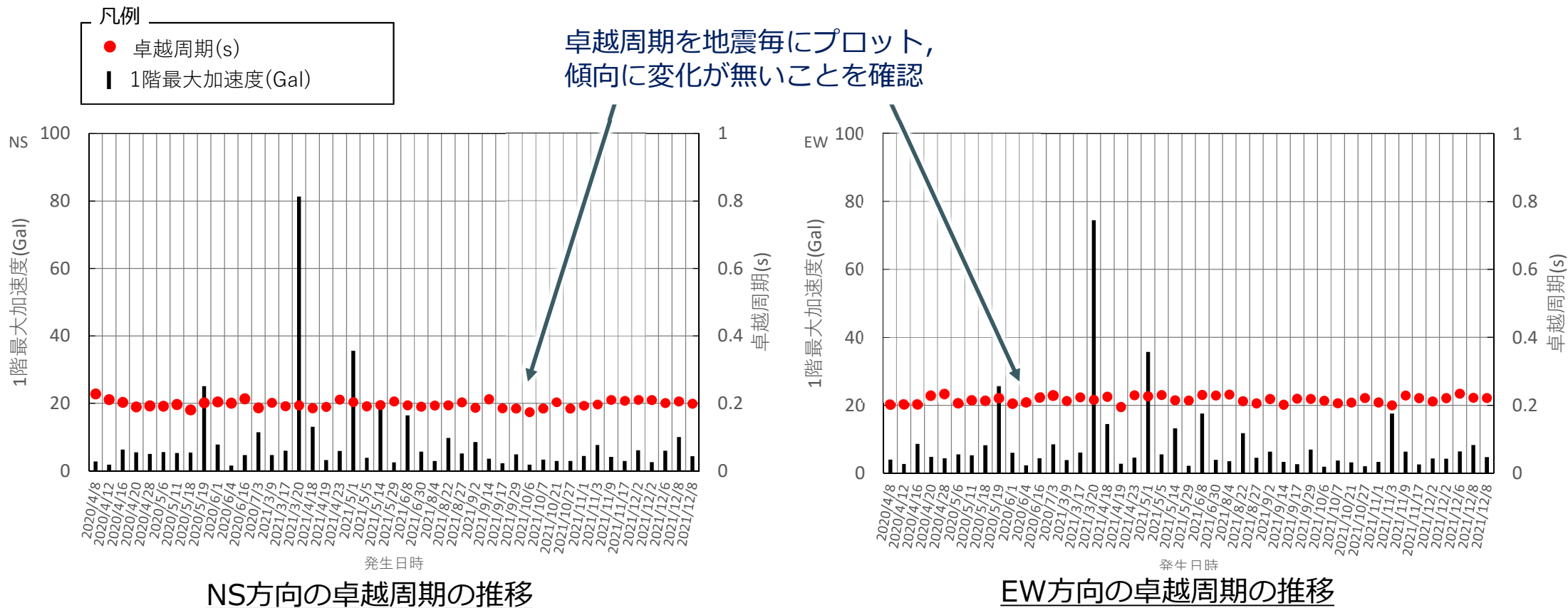


2号機R/B (5階レベル)

### 3. 建屋部材の経年劣化の評価方法の検討 (2/2)

#### 【報告3-2】 3号機R/B地震計のデータ取得・評価の継続

- 3号機R/B地震計のデータ取得を継続し，傾向が変化していないことを確認した。

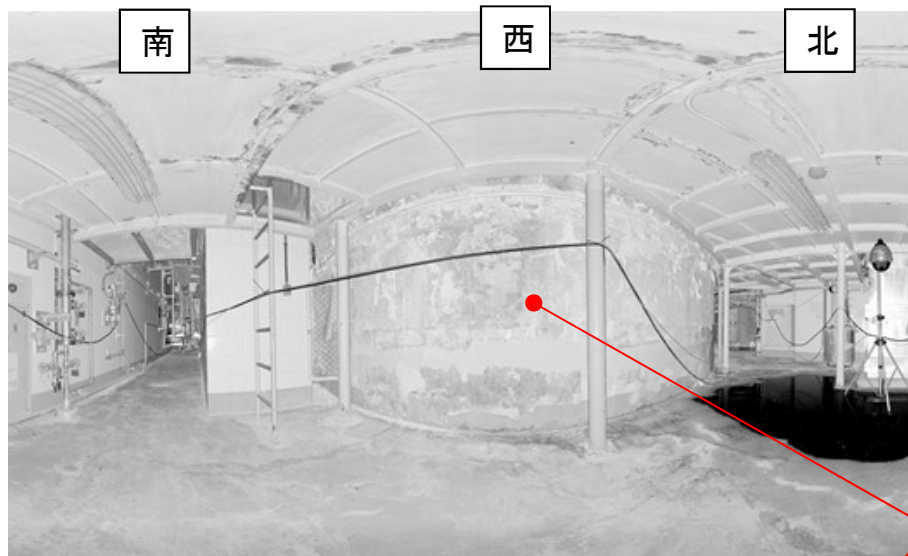


以降，参考



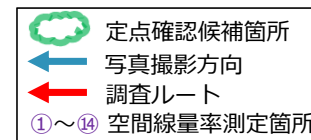
# 【参考】 1号機R/B 3階シェル壁（東・北面） 調査結果

- シェル壁表面に塗装の剥がれが見られるが、耐震性に影響する損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。レーザースキャンによる3D点群データが取得できた。



写真a：シェル壁北東面

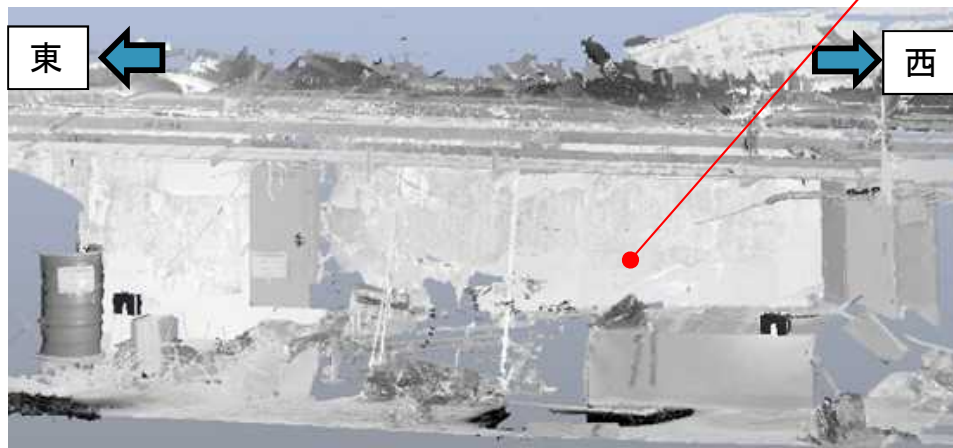
測定箇所 No.	空間線量率 [mSv/h]	測定箇所 No.	空間線量率 [mSv/h]
①	2.8	⑧	4.5
②	2.4	⑨	1.5
③	32	⑩	2.0
④	4.0	⑪	2.5
⑤	1.0	⑫	3.0
⑥	4.0	⑬	11
⑦	1.0	⑭	80



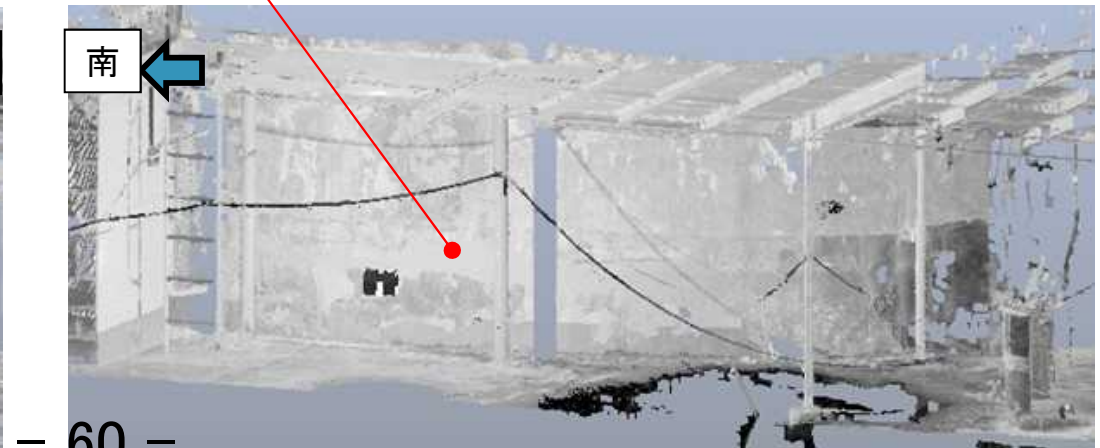
シェル壁



1号機R/B 3階平面図



点群画像：シェル壁北面



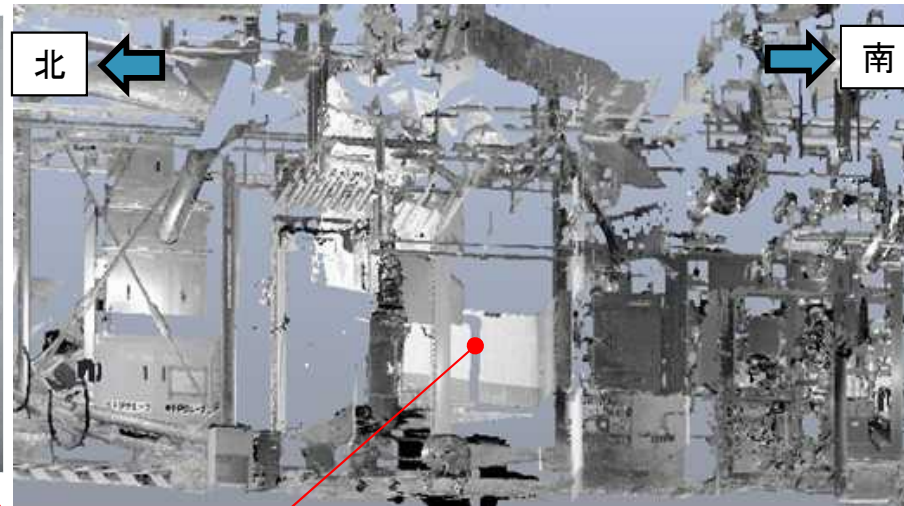
点群画像：シェル壁東面

# 【参考】 1号機R/B3階シェル壁（西面）調査結果

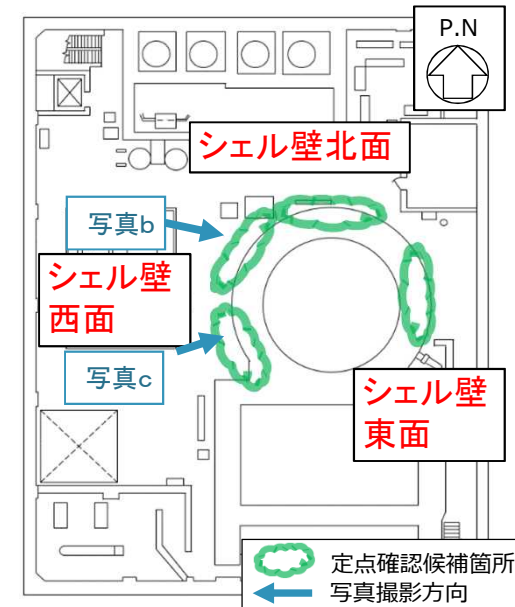
- シェル壁北西面に塗装の剥がれが見られるが，耐震性に影響する損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。西面周辺は障害物が多く3Dデータの取得は難しい。



写真 b : シェル壁北西面



点群画像 : シェル壁北西面



1号機R/B3階平面図

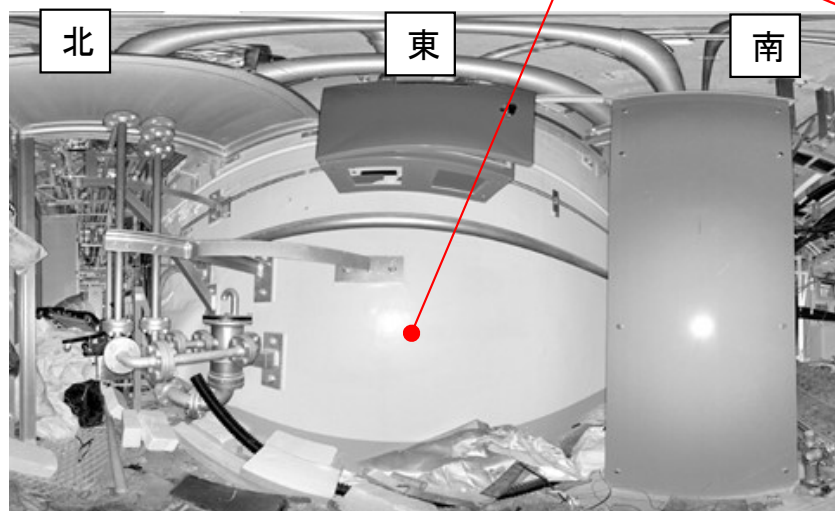
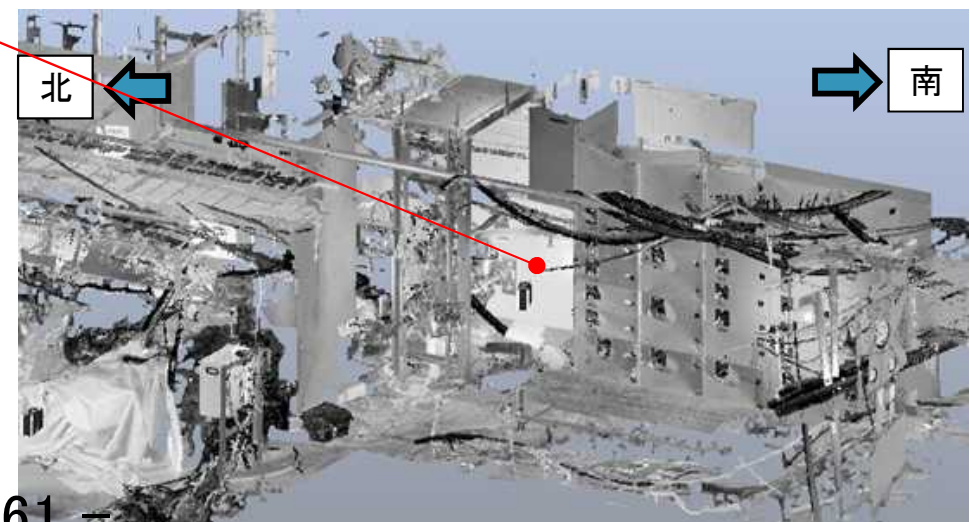


写真 c : シェル壁南西面



点群画像 : シェル壁南西面



# 【参考】 1号機R/B 4階プール壁（東側） 調査結果

- 4階プール壁に耐震性に影響する損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。



写真A

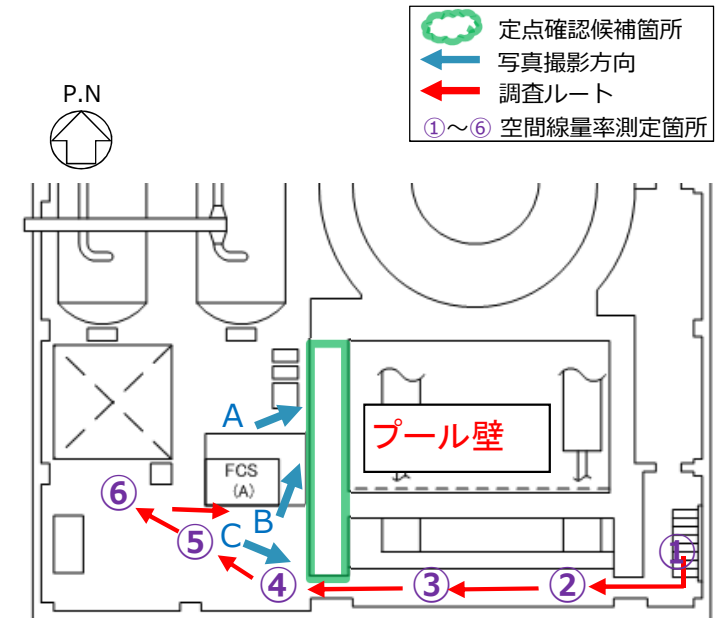


写真B



写真C

プール壁



1号機R/B 4階平面図

測定箇所 No.	空間線量率 [mSv/h]
①	7.5
②	1.0
③	1.0
④	6.0
⑤	20
⑥	21

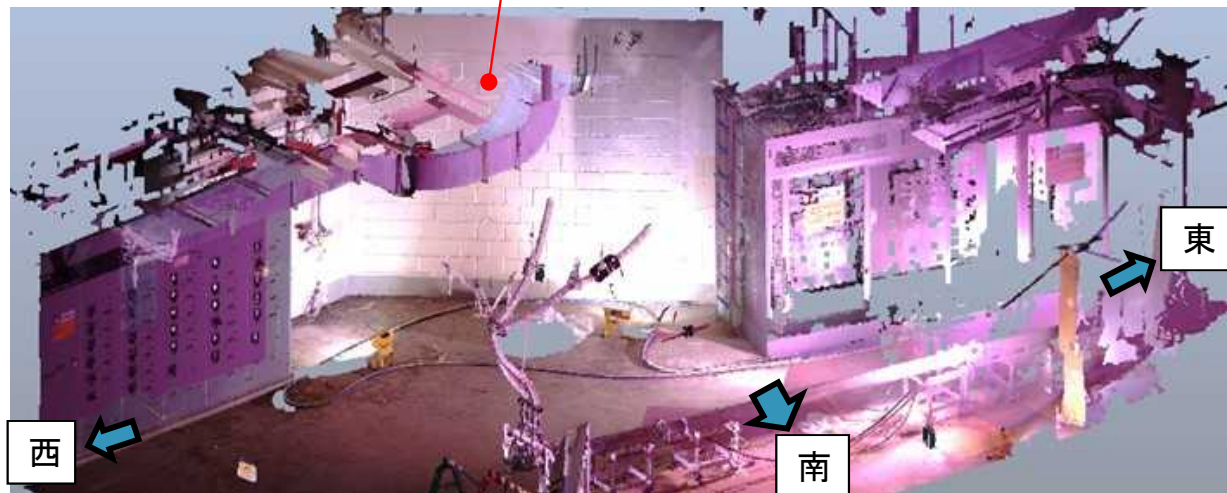
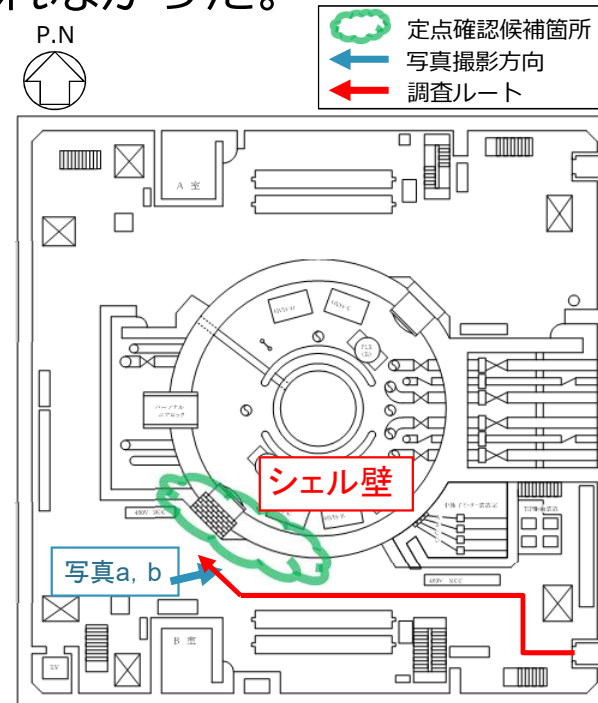
# 【参考】 2号機R/B 1階シェル壁（南西面） 調査結果

- シェル壁は機器ハッチ開口部（遮へいブロック設置箇所）の確認となるが、開口部周辺や遮へいブロックに損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。



写真a (パノラマ画像)

シェル壁機器ハッチ開口部の遮蔽ブロック



点群画像



写真b

※2号機1階については別途測定した空間線量率データがあるため、今回調査では線量測定は実施していない。



# 【参考】 2号機R/B 2階シェル壁（南東面） 調査結果

- 2階シェル壁南東面に，耐震性に影響する損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。

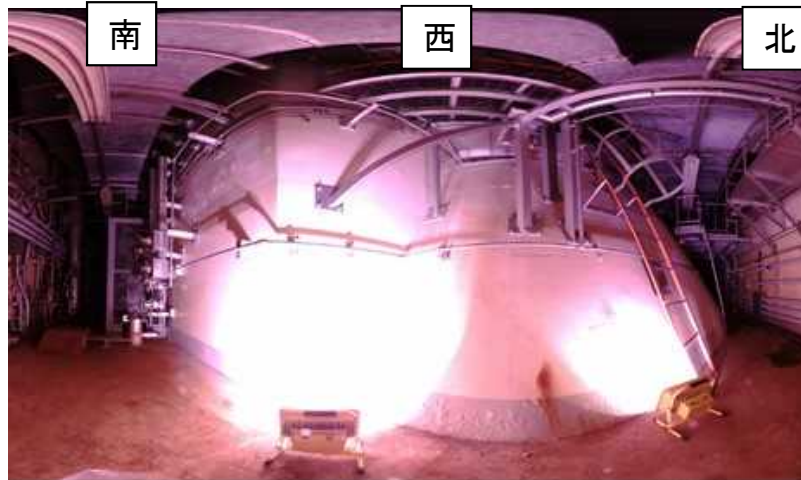
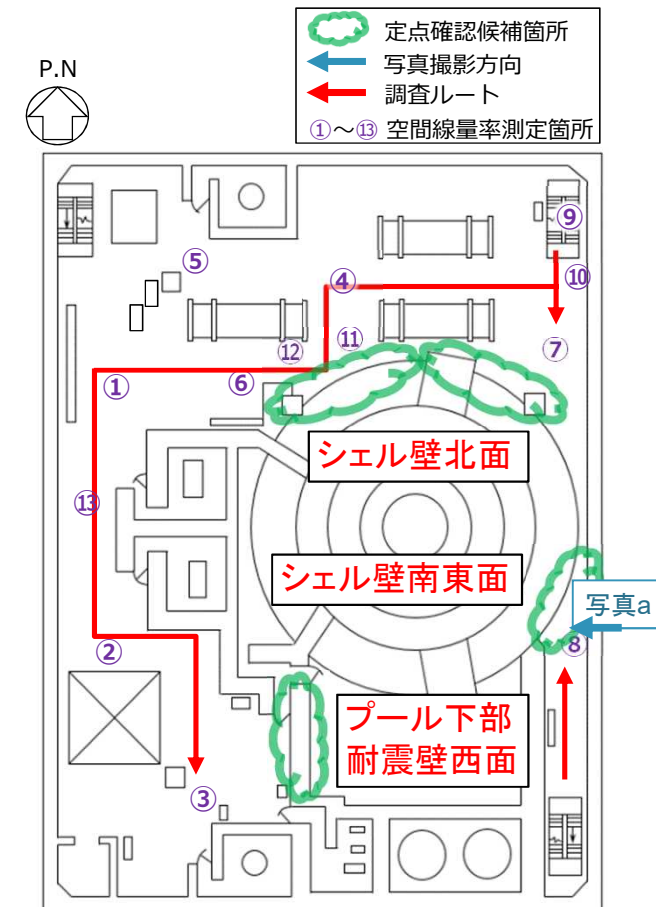


写真 a (パノラマ画像)



点群画像

測定箇所 No.	空間線量率 [mSv/h]
①	3.6
②	1.8
③	2.8
④	4.4
⑤	1.6
⑥	3.7
⑦	4.8
⑧	6.8
⑨	10
⑩	8.0
⑪	5.0
⑫	5.0
⑬	3.5



2号機R/B 2階平面図

# 【参考】 2号機R/B 2階シエル壁（北面）調査結果

■ 2階シエル壁北面に，耐震性に影響する損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。

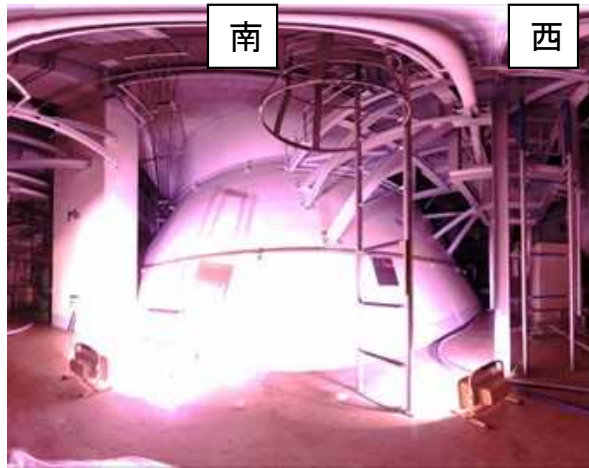


写真 b : 北東面

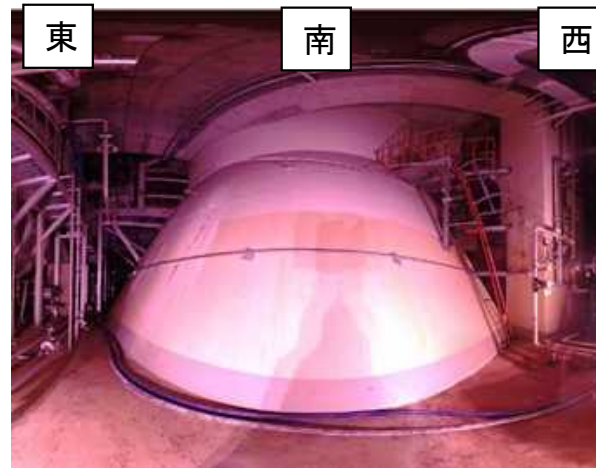
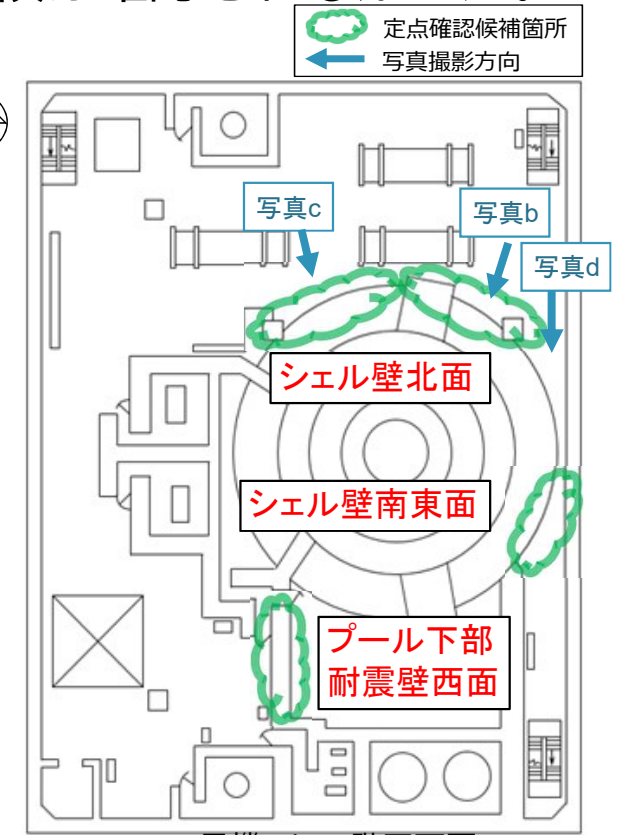
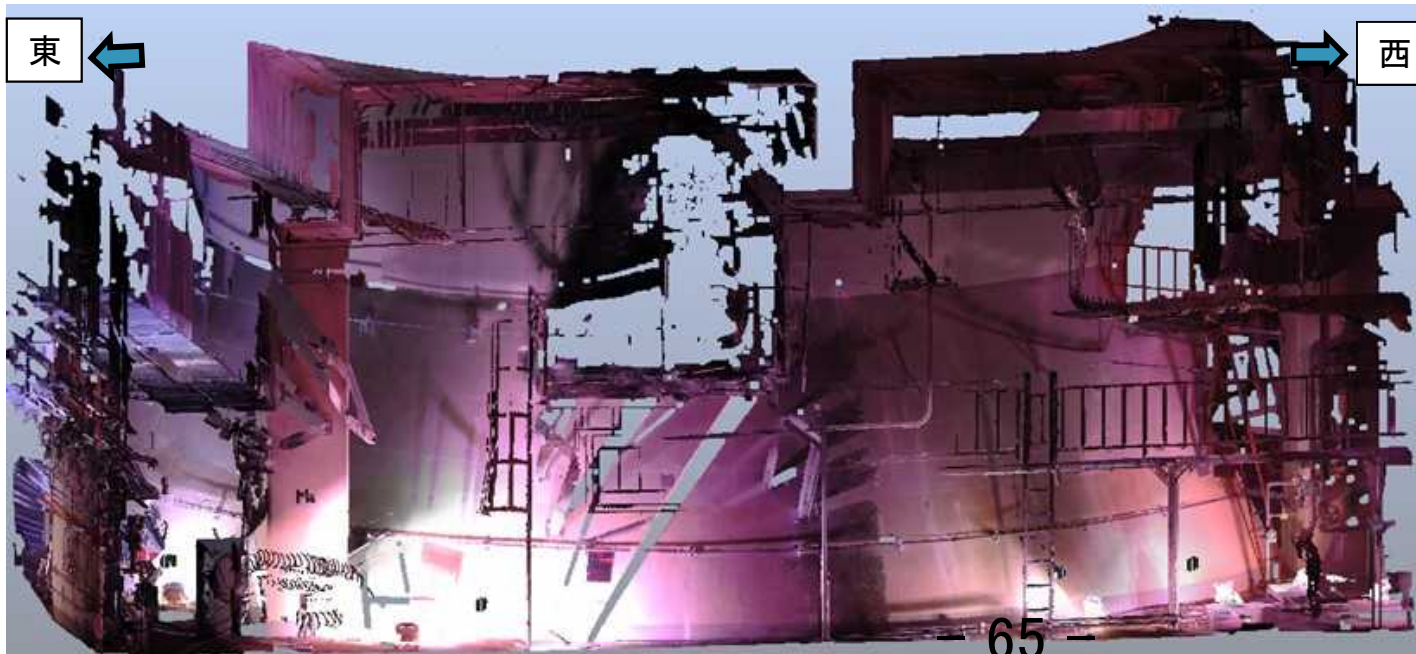


写真 c : 北西面



2号機R/B 2階平面図



点群画像

65

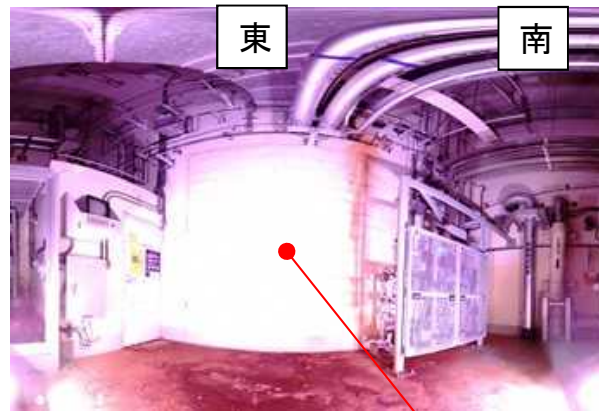


写真 d : 北東面



# 【参考】 2号機R/B 2階プール下部耐震壁（西面）調査結果

- 2階プール壁は遮へいブロック設置箇所の確認となるが、遮へいブロック周辺に損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。



写真e (パノラマ画像)

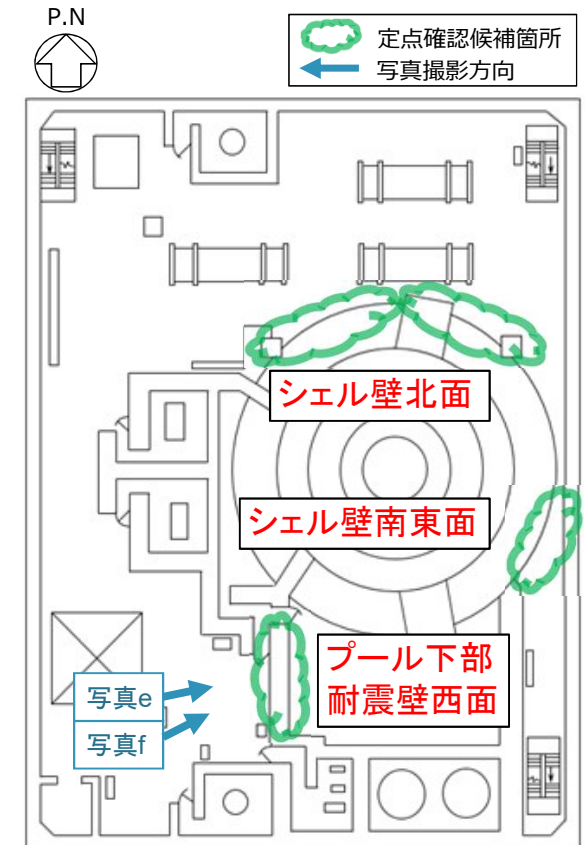


写真f

プール壁（遮へいブロック部）



点群画像



2号機R/B 2階平面図



# 【参考】 2号機R/B 3階シェル壁（北東面）,プール壁（西面） 調査結果 **TEPCO**

- 3階シェル壁およびプール壁に，耐震性に影響する損傷や経年劣化の兆候は確認されなかった。プール壁周辺は障害物が多く3Dデータの取得は難しい。

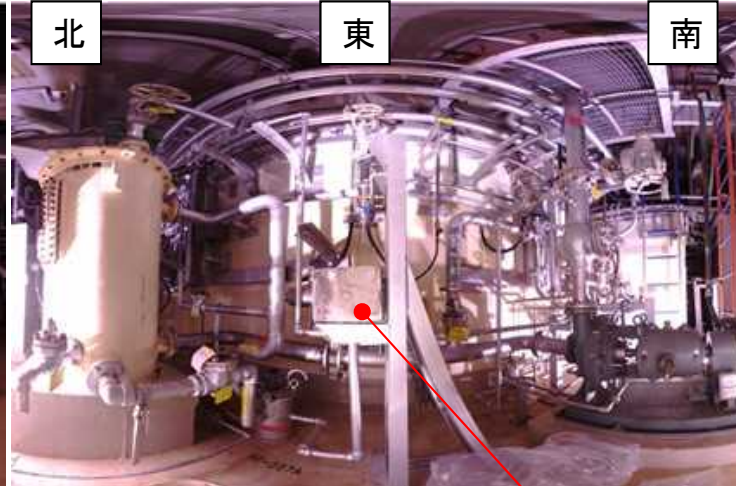
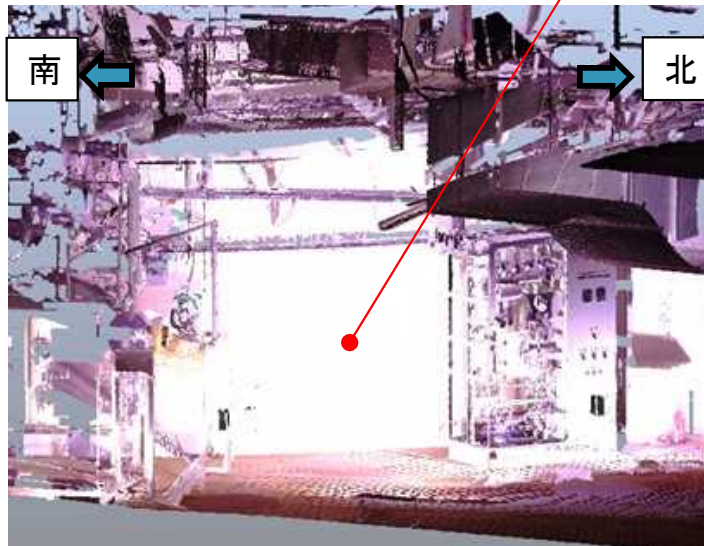


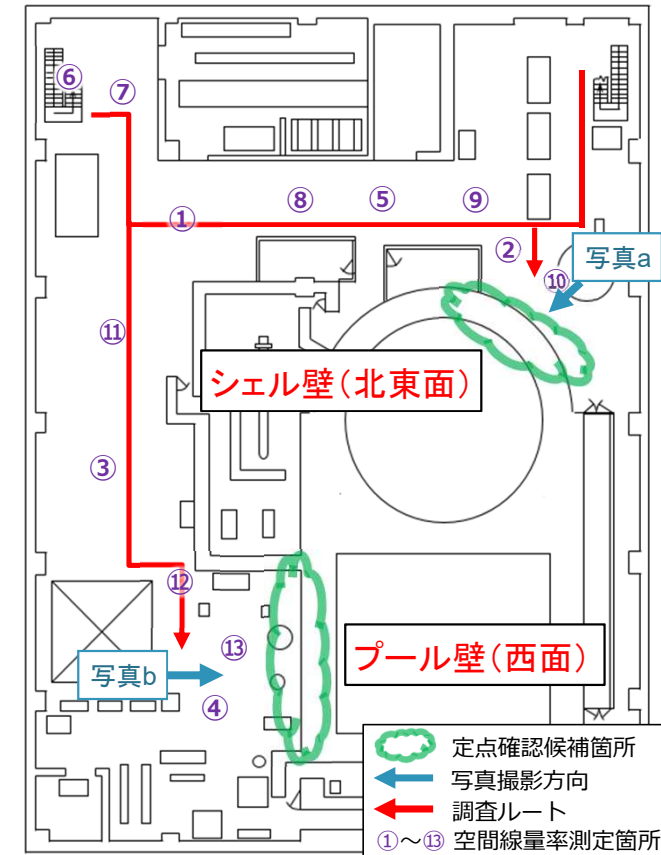
写真 a : シェル壁北東面 **シェル壁**

写真 b : プール壁西面 **プール壁**



点群画像 : シェル壁北東面

点群画像 : プール壁西面

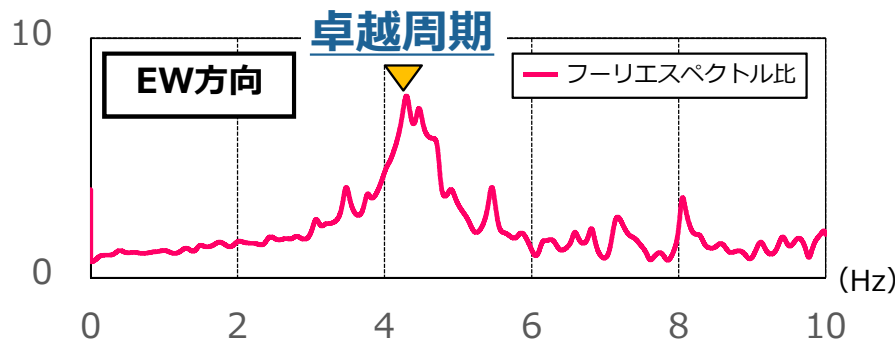
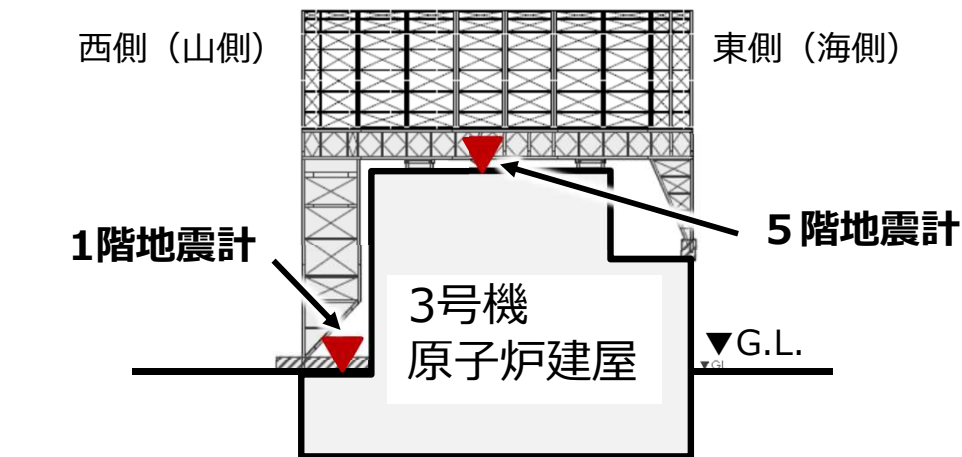


2号機R/B 3階平面

測定箇所 No.	空間線量率 [mSv/h]	測定箇所 No.	空間線量率 [mSv/h]
①	2.6	⑧	8.0
②	7.3	⑨	10
③	3.2	⑩	7.0
④	4.8	⑪	4.5
⑤	7.3	⑫	7.0
⑥	6.0	⑬	6.0
⑦	3.0		

## 3号機R/B地震観測記録を用いた検討例

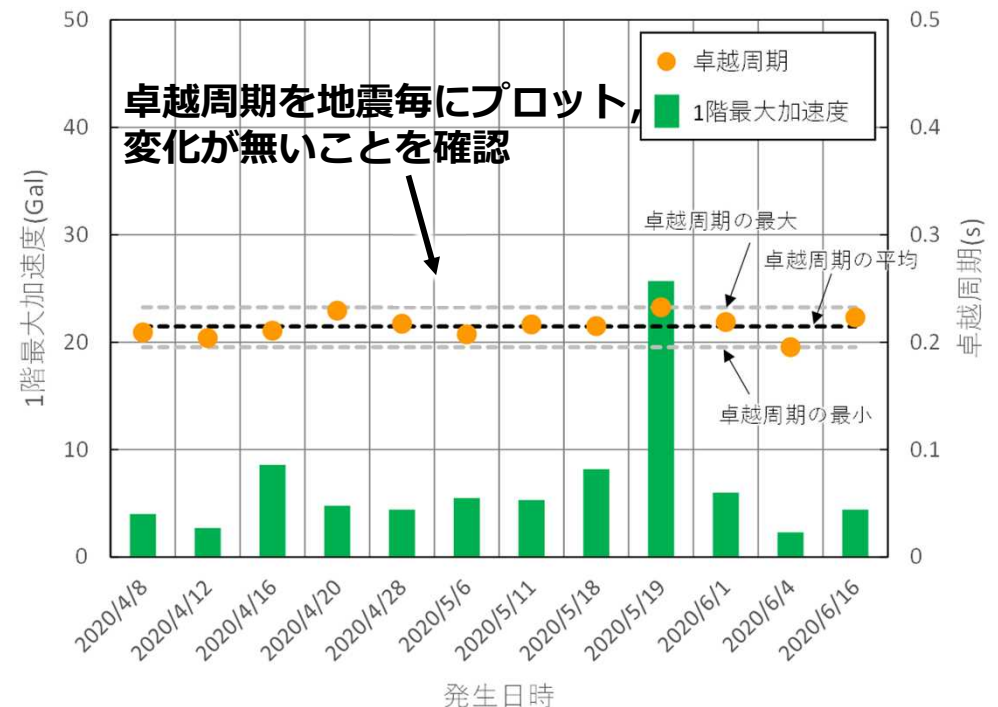
- ・ 地震記録毎に、1階と5階の建物揺れ方の関係性（卓越周期）を求め、その変化を見る。
- ・ 1階～5階の間で建物に大きな変状が生じれば、卓越周期に変化が見られると考えられる。
- ・ 地震記録を収集していくことで、建屋への変状の有無を概略で把握することが可能と考え、検討を進めている。



EW方向 1階-5階のフーリエスペクトル比  
【2020.5.19 福島県東方沖の地震】

\*フーリエスペクトル比：

5階のフーリエスペクトルを1階のフーリエスペクトルで除したものの



# BWR格納容器内有機材料 熱分解生成気体の分析結果

2022年4月26日

日本原子力研究開発機構  
安全研究センター

# 背景と目的

---

---

- 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会にて実施された3号機原子炉建屋の水素爆発時の映像分析結果から、爆発時原子炉建屋内には水素だけではなく、有機化合物を含む可燃性ガスが発生していた可能性が示唆されている。
- 確認のために、可燃性有機ガス発生源、発生する有機ガスの成分や量について知見を得る必要がある。
- BWR格納容器(ドライウエル)内のケーブル、保温材等を使用されている代表的な有機材料を加熱し、熱分解により生成するガスの成分を推定する。



# 分析対象試料

試料番号	材質	用途	写真	構造式
1	難燃性エチレン プロピレンゴム	原子炉容器下部制御・ 計装PNケーブルの 絶縁材		$\left\{ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right\} \left\{ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right\} \left\{ \text{D} \right\}$
2	特殊クロロプレン ゴム	原子炉容器下部制御・ 計装PNケーブルの シース		$\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH} \right]_n$
3	難燃性特殊耐熱 ビニル	高圧動力用 CVケーブルのシース		$\left[ \text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{CH}} \right]_n$
4	ウレタン	保温材		$\text{R} - \text{NH} - \text{C}(=\text{O}) - \text{O} - \text{R}'$

# 分析の流れ

- **ステップ1: 熱重量測定 (TG) – 示差熱分析 (DTA) – 質量分析 (MS)**
  - ◆ 試料を一定の昇温速度で加熱し、試料の重量変化、熱分解時の吸(発)熱量及び熱分解生成ガスに由来する物質の分子量を連続的に測定・分析
  - ◆ 顕著な熱分解(重量変化)が生じる温度範囲を把握するとともに、熱分解生成ガスの成分を大まかに推定
  
- **ステップ2: 熱分解ガスクロマトグラフ (GC) – MS**
  - ◆ 試料を所定の温度範囲内で加熱し、熱分解生成ガスの成分を分離した後に、各成分のマスペクトルを取得・分析。ライブラリと比較することで成分を推定  
(主として炭素数4以上の高分子量の有機ガスを対象)
  - ◆ 加熱温度はステップ1の結果に基づいて選定

# TG-DTA-MS分析－分析条件と試料－

## 分析条件

- 試料: 全4試料
- 雰囲気: 窒素
- 温度: 昇温速度10°C/分および20°C/分、最高温度1200°C

## 分析の試料写真

難燃性エチレン  
プロピレンゴム

特殊クロロ  
preneゴム

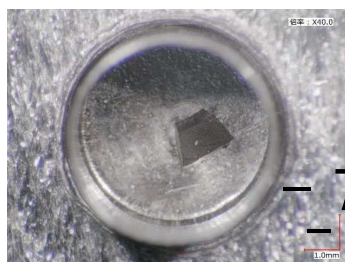
難燃性特殊  
耐熱ビニル

ウレタン

分析前



分析後





# TG-MS分析結果のまとめ(参考1~4)

## TG分析

試料	重量減少が生じた温度範囲(°C) (太字:重量減少が顕著)			重量減少割合 (%)
難燃性エチレンプロピレンゴム	210~321	321~395	<b>395~500</b>	72
特殊クロロpreneゴム	230~307	<b>307~404</b>	404~527	53
難燃性特殊耐熱ビニル	<b>280~376</b>	376~560	560~800	75
ウレタン	160~246	<b>246~421</b>	421~580	82

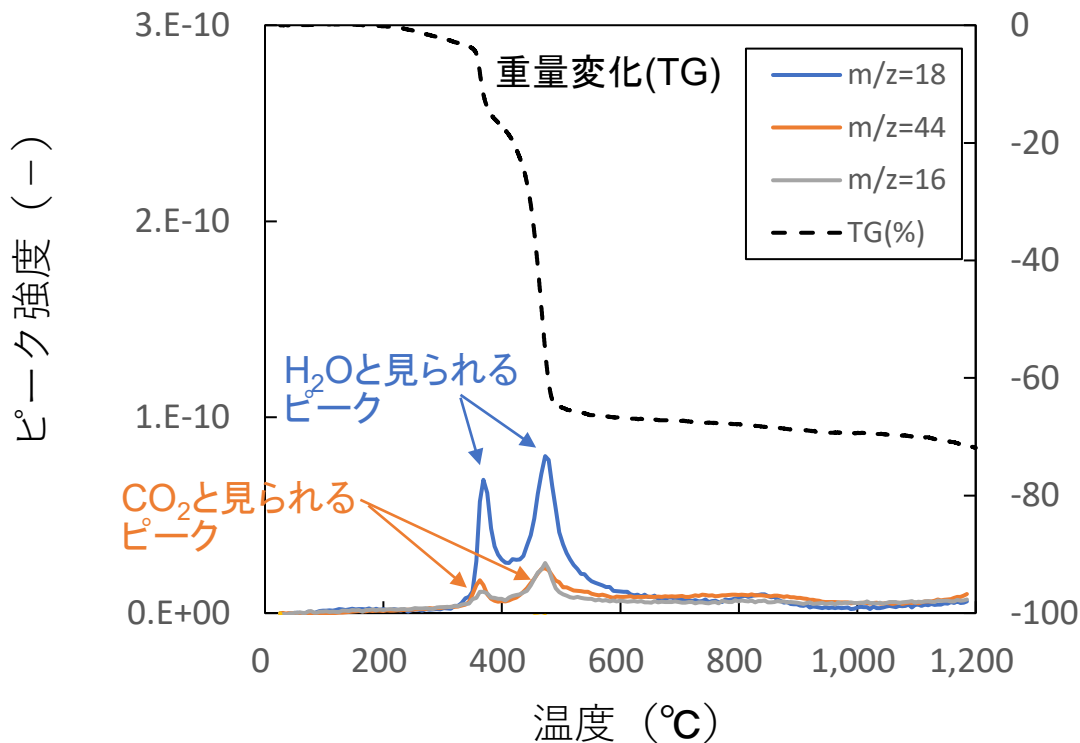
昇温速度10°C/分の結果(昇温速度20°C/分の結果もほぼ同様)

- 存在量の多いウレタン(約8m<sup>3</sup>)\*の重量減少が、比較的低い温度範囲(約200~400°C)で顕著(約70%)

## MS分析

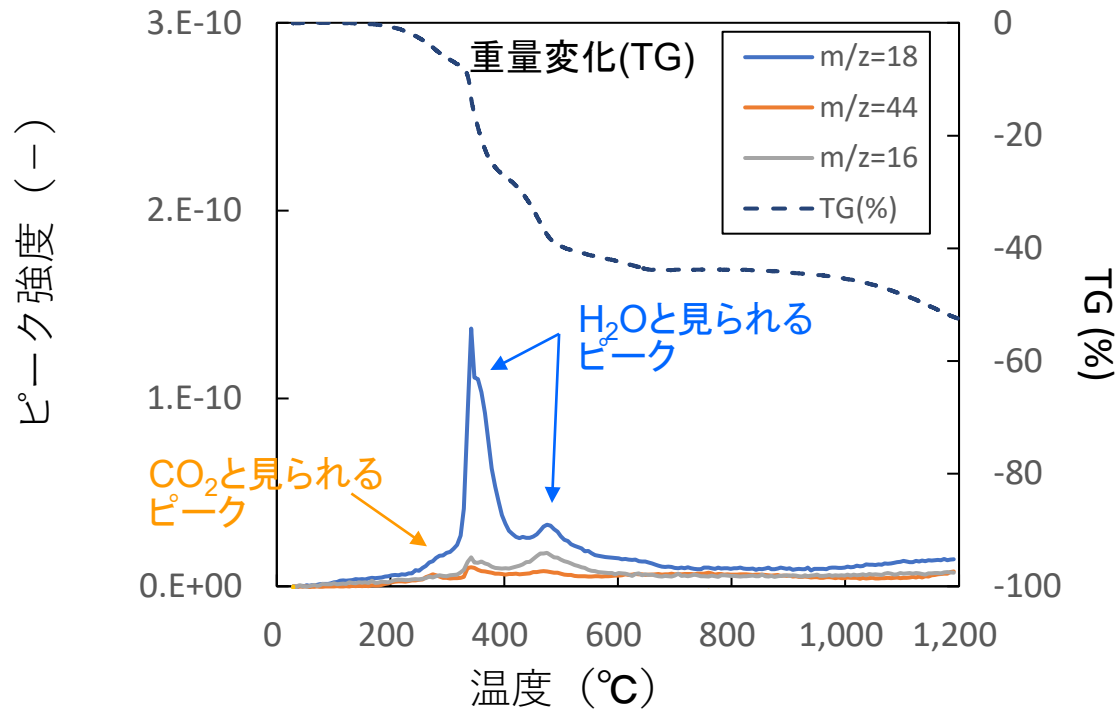
- 全試料において、水と推定される質量数18のピーク強度が顕著
- 難燃性特殊耐熱ビニル及びウレタンにおいて、二酸化炭素と推定される質量数44のピーク強度が質量数18と同程度
- 有機化合物と見られるピークが多数検出されたが、質量数18及び44(難燃性特殊耐熱ビニル及びウレタン)に比べ、~~74~~<sub>8</sub>大幅に低いピーク強度

# 難燃性エチレンプロピレンゴム

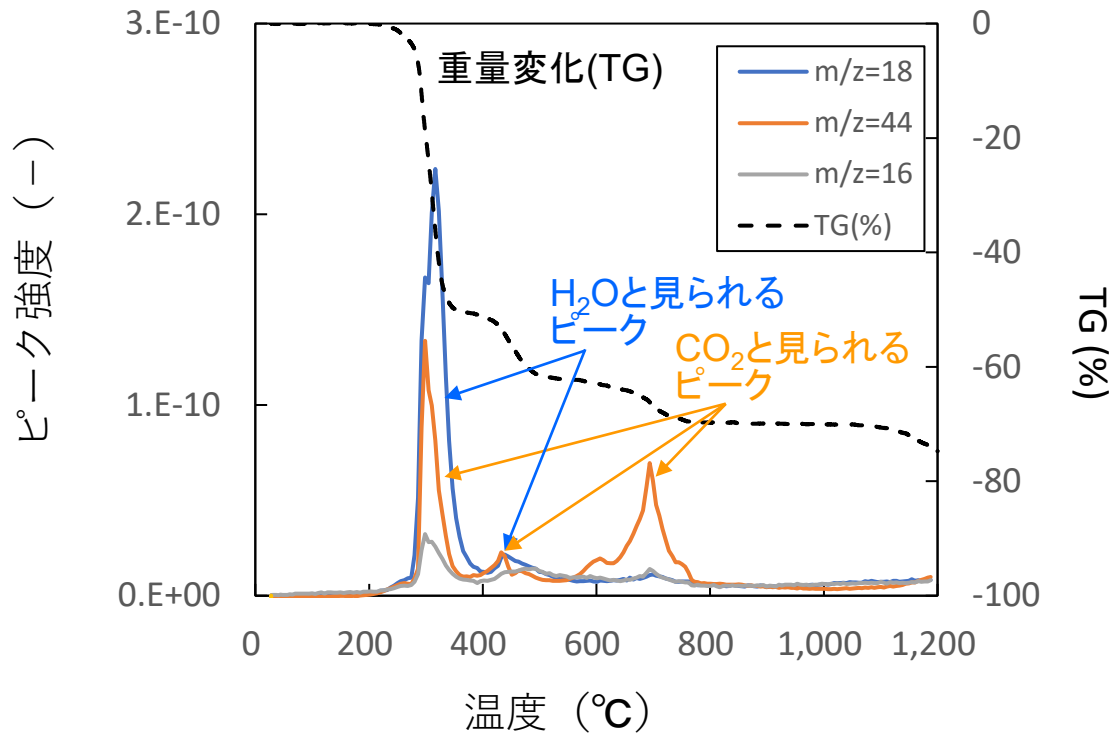


$m/z \div$ 分子量  
 (m:分析時に生成したイオンの質量、  
 z:イオンの電荷(通常1))

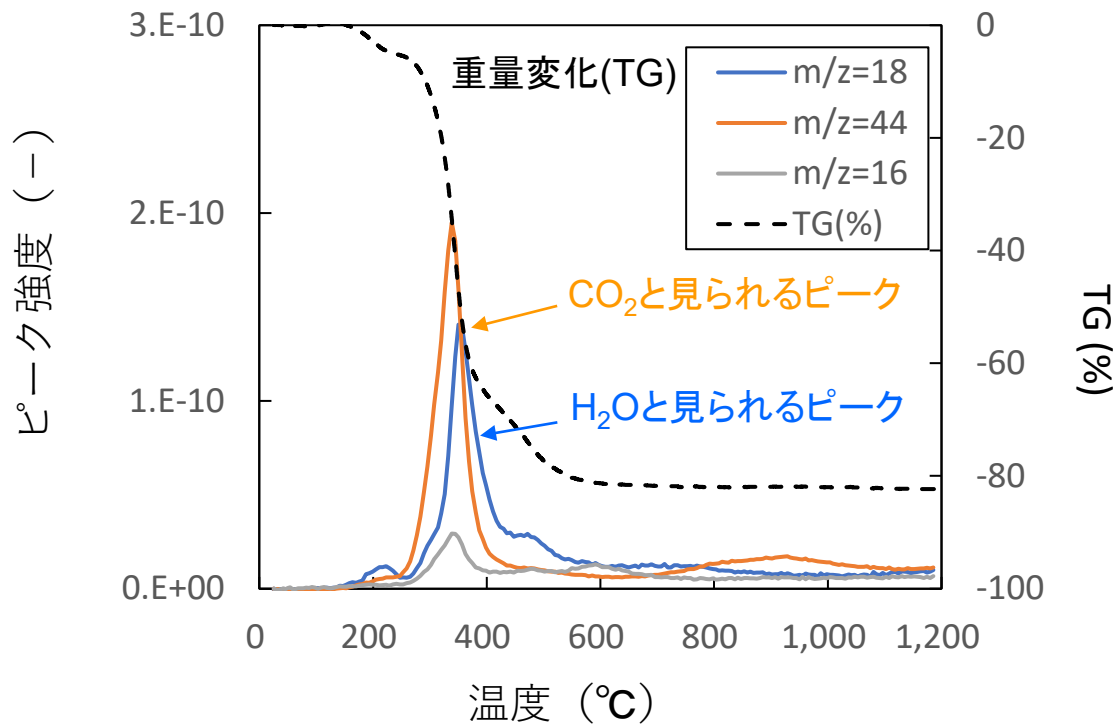
# 特殊クロロpreneゴム



# 難燃性特殊耐熱ビニル



# ウレタン

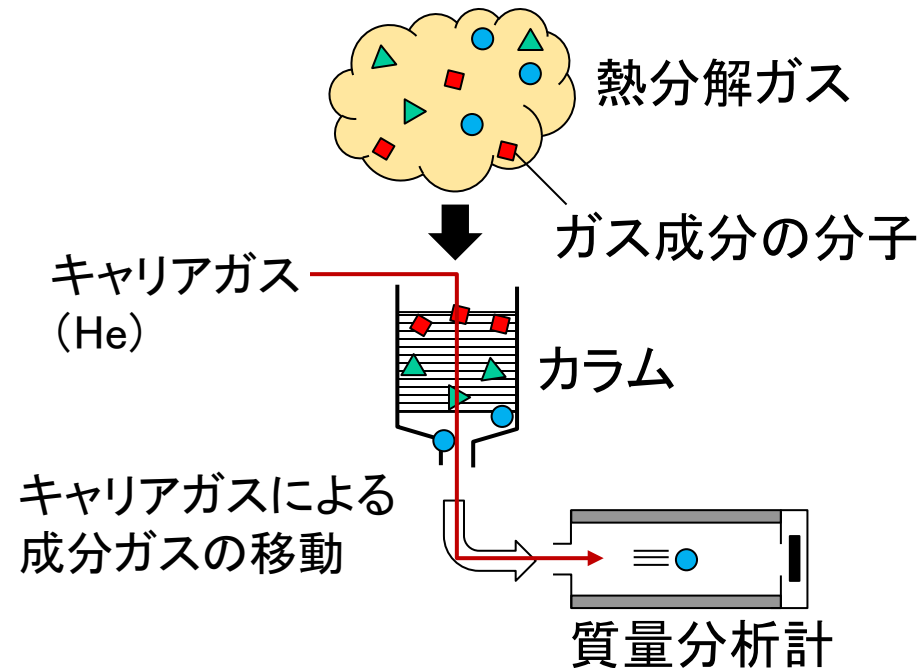


# 熱分解GC-MSによる定性分析

## — 分析条件と概要 —

### 分析条件

- 熱分解炉雰囲気: 窒素
- 熱分解ガス採取温度:  
(TG分析から得た3つの温度範囲)
- キャリアガス: He
- カラム: DB-5ms UI  
(炭素数4以上の有機化合物を対象)



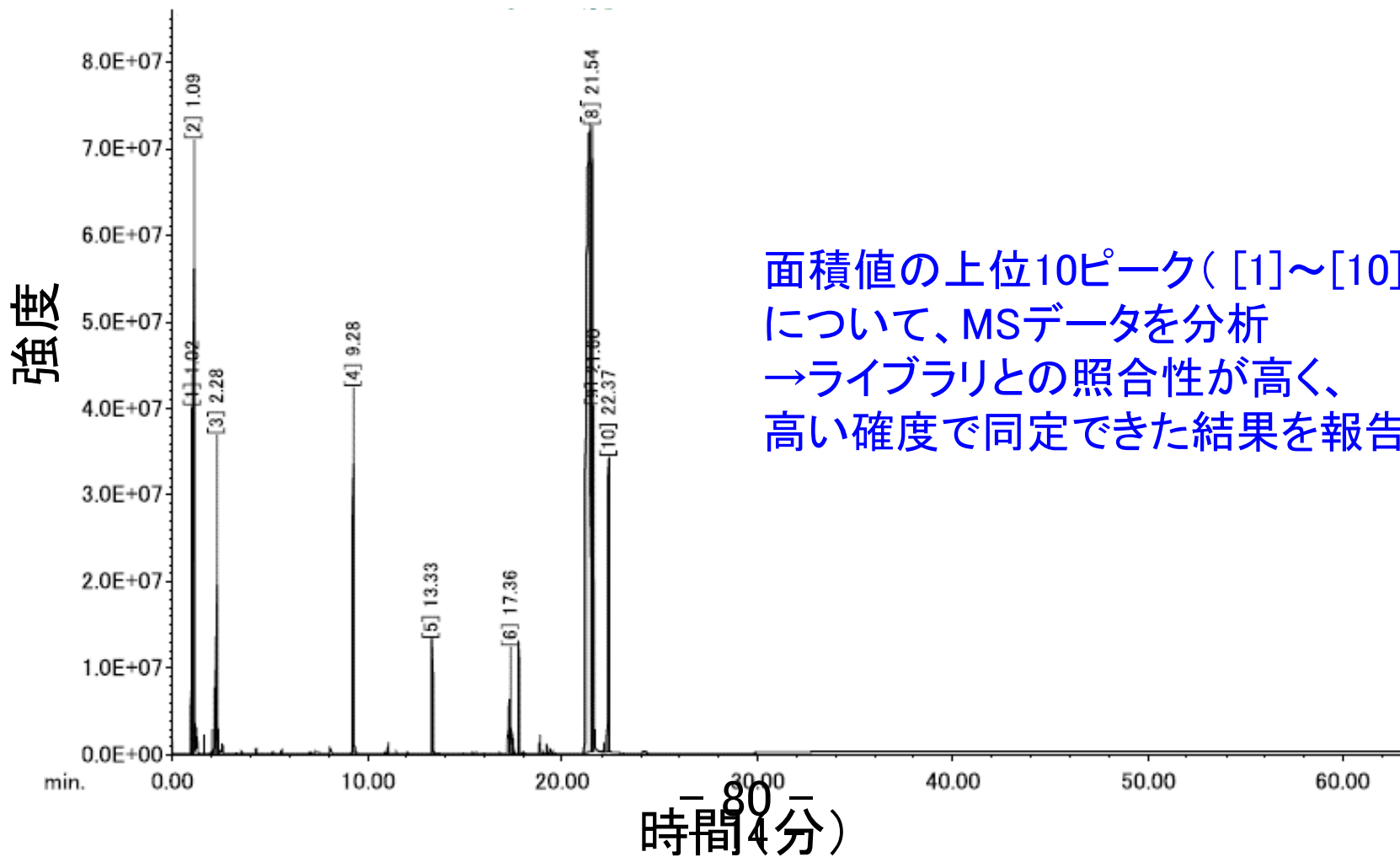
### 分析概要

- 各温度範囲で生成したガスをカラムに導入
- カラム内の移動に要する時間の違いによりガス成分を分離し、質量分析計 (MS) に導入
- MS装置により、ガス成分の質量 (MSデータ) を測定
  - 縦軸を強度、横軸を時間としたクロマトグラムを作図
  - クロマトグラムの各ピークを構成するMSデータを解析し、ライブラリとの照合により、成分の化合物を推定



## クロマトグラムの例 (ウレタン、室温～246°C)

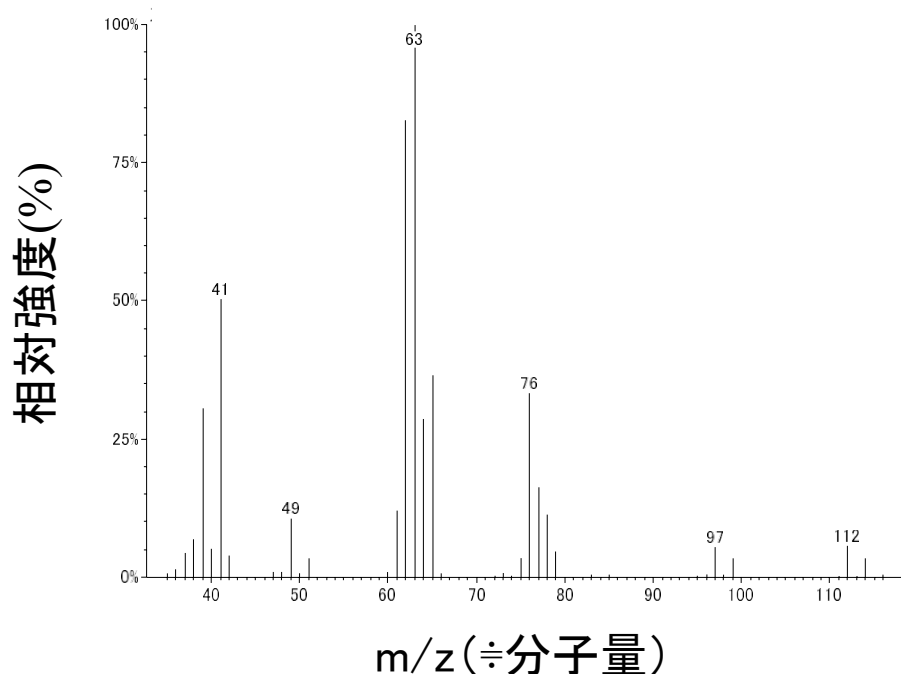
生成ガス成分を時間的に分離



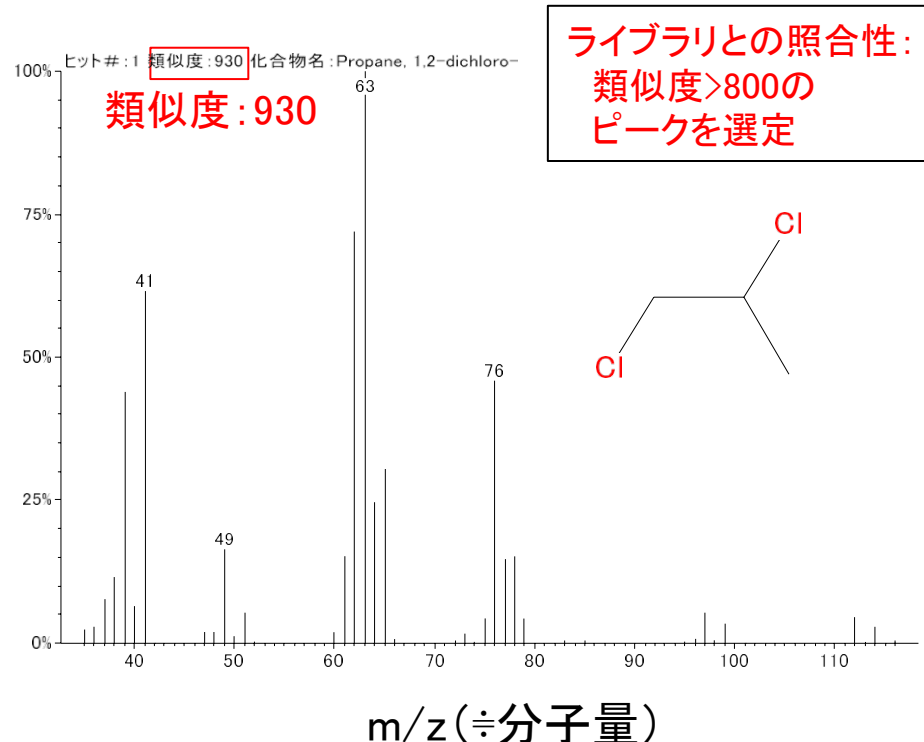
# MSデータ解析結果の例(ウレタン、室温~246°C)

## ピーク[3]として分離された成分の解析結果

MS測定データ



ライブラリデータ(照合結果)



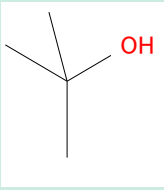
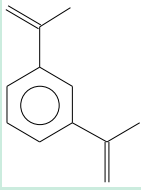
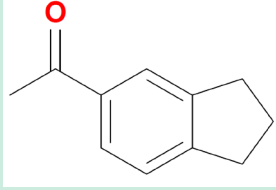
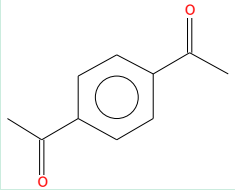
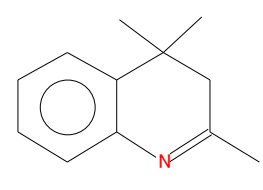
・類似度の最も高い、1,2-ジクロロプロパンと推定。

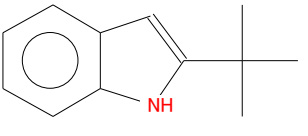
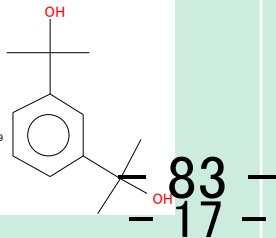
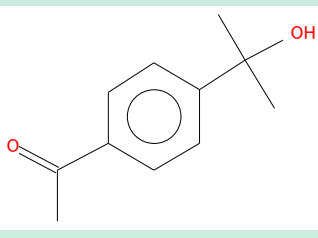
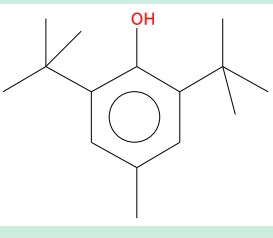
## 熱分解GC-MS分析結果のまとめ(参考5~15)

- ピーク面積が大きい上位10成分について既存のライブラリと照合して成分を推定
  - ◆ 炭素数4以上(分子量50程度以上)の物質を対象とした分析であるが、上位成分のほとんどは、**材料由来成分**(例えば、ウレタンの場合はジクロロプロパン、リン酸エステル、アニリン等)を含めた**高分子量の有機化合物**と推定
  - ◆ 既存ライブラリに含まれていないと思われる有機化合物(類似度が低い)を多数検出

# 熱分解GC-MS分析結果

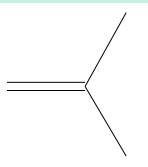
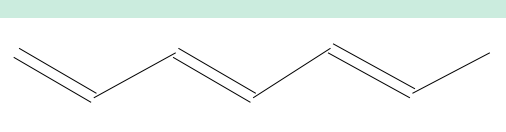
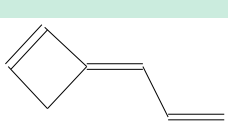
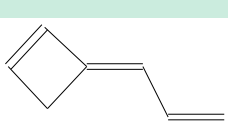
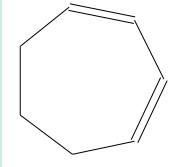
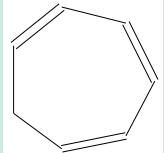
(難燃性エチレンプロピレンゴム; 室温~321°C)

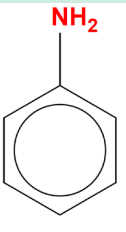
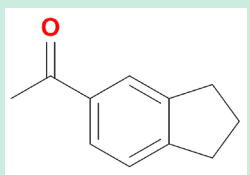
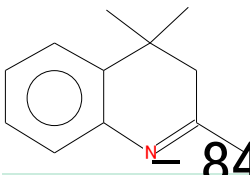
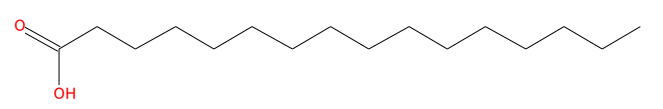
ピーク No.	1	2	3	5	6
推定化合物	tert-ブチルアルコール	1,3-ジイソプロペニルベンゼン	5-アセチルインダン	1,4-ジアセチルベンゼン	2,4,4-トリメチル-3,4-ジヒドロキノリン
類似度	898	915	913	929	855
構造式					

ピーク No.	7	8	9	10
推定化合物	2-tert-ブチル-1H-インドール	メタジオール	4'-(1-ヒドロキシ-1-メチルエチル)アセトフェノン	2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール
類似度	859	897	841	925
構造式				

# 熱分解GC-MS分析結果

(難燃性エチレンプロピレンゴム; 321~395°C)

ピーク No.	1	2	3	4	5	6
推定化合物	イソブテン	(3E,5E)-1,3,5-ヘプタトリエン	(3E,5E)-1,3,5-ヘプタトリエン	3-(2-プロペニリデン)シクロブテン	1,3-シクロヘプタジエン	1,3,5-シクロヘプタトリエン
類似度	869	895	903	946	889	845
構造式						

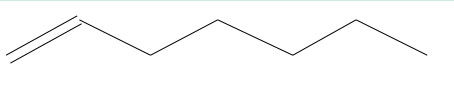
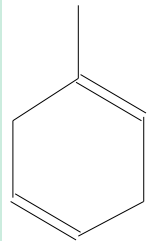
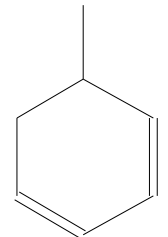
ピーク No.	7	8	9	10
推定化合物	アニリン	5-アセチルインダン	2,4,4-トリメチル-3,4-ジヒドロキノリン	パルミチン酸
類似度	946	907	837	887
構造式				

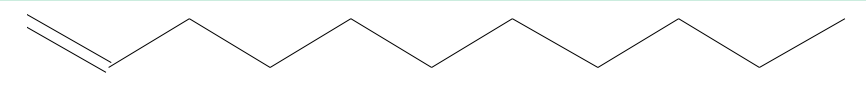
84  
- 18 -



# 熱分解GC-MS分析結果

(難燃性エチレンプロピレンゴム; 395~500°C)

ピーク No.	4	5	6
推定化合物	1-ヘプテン	1-メチル-1,4-シクロヘキサジエン	1-メチルシクロヘキサ-2,4-ジエン
類似度	906	887	881
構造式			

ピーク No.	10
推定化合物	1-ウンデセン
類似度	891
構造式	

# まとめ

- 難燃性エチレンプロピレンゴム、難燃性特殊耐熱ビニル及びウレタンにおいて熱分解による重量減少が大きいことをTG分析により確認した。特に、存在量の大きいウレタン(約8m<sup>3</sup>)が比較的低い温度範囲において大きな重量減少を示し、潜在的な熱分解ガス生成源として重要度が高いことが示唆された。
- TG-MS分析により、幅広い分子量の有機化合物が生成され得ると推定されたが、無機ガス成分(H<sub>2</sub>O等)に比べると、個々の生成量は低いと考えられる。
- 熱分解GC-MS分析から、熱分解ガスには高分子量の有機化合物が含まれると推定された。
- TG-MS及び熱分解GC-MS分析の結果を総合的に評価すると、生成された有機化合物の分子中に含まれる炭素を合算すると有意な量になると推定でき、原子炉建屋内水素爆発時における有色火炎の生成要因になり得ると考えられる。

## 今後の計画

- 定量性の高い分析手法を検討し、実機格納容器の雰囲気に近い条件で分析を進める。
  - ◆ 成分に応じた分離カラムと検出器(無機成分、低分子量有機成分、総有機炭素量等)
  - ◆ より酸化性の高い雰囲気

# 熱分解GC-MS分析結果

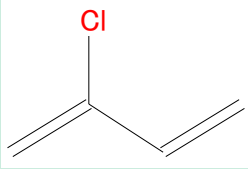
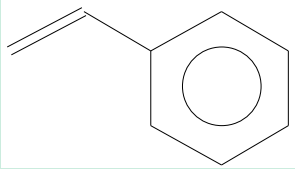
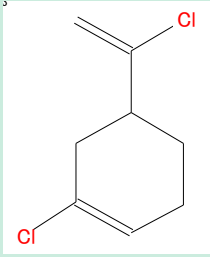
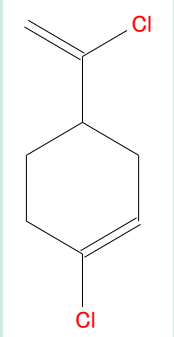
## (特殊クロロブレンゴム; 室温~307°C)

ピーク No.	3	4	5	6
推定化合物	ジブチルアミン	1-クロロ-4-(1-クロロエチル)シクロヘキセン	N,N-ジブチルホルムアミド	1-クロロウンデカン
類似度	899	931	931	888
構造式				

ピーク No.	7	8	9
推定化合物	4'-(1-ヒドロキシ-1-メチルエチル)アセトフェノン	2,6-ジ-tert-ブチル-p-クレゾール	4b,8-ジメチル-2-イソプロピルフェナントレン, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-オクタヒドロ-
類似度	836	941	829
構造式			

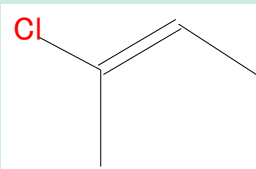
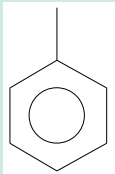
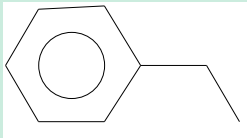
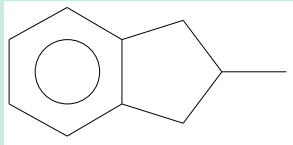
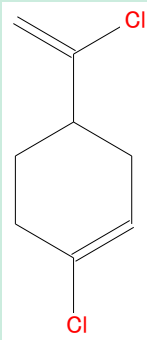
# 熱分解GC-MS分析結果

## (特殊クロロプレングム; 307~404°C)

ピーク No.	2	3	4	5
推定化合物	クロロプレン	スチレン	2-クロロ-4-(1-クロロエテニル)シクロヘキセン	1-クロロ-4-(1-クロロエテニル)シクロヘキセン
類似度	847	944	933	930
構造式				

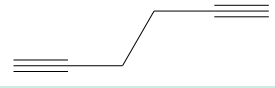
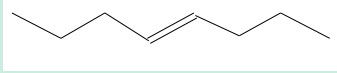
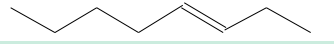
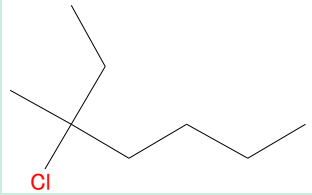
# 熱分解GC-MS分析結果

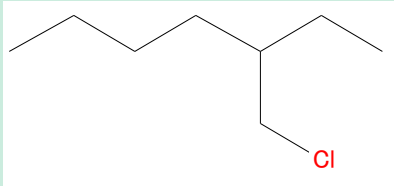
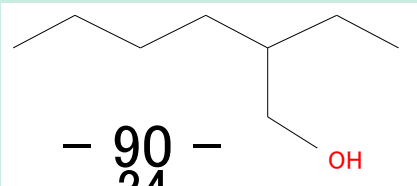
## (特殊クロロプレングム; 404~527°C)

ピーク No.	4	5	6	9	10
推定化合物	2-クロロ-2-ブテン	トルエン	エチルベンゼン	2-メチルインダン	1-クロロ-4-(1-クロロエテニル)シクロヘキセン
類似度	838	900	881	807	880
構造式					

# 熱分解GC-MS分析結果

(難燃性特殊耐熱ビニル; 室温~376°C)

ピーク No.	1	3	4	5	6
推定化合物	1,5-ヘキサジイン	(E)-4-オクテン	(E)-3-オクテン	3-クロロ-3-メチル-ヘプタン	
類似度	851	904	876	821	805
構造式					


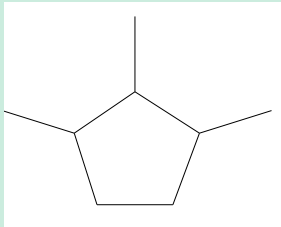
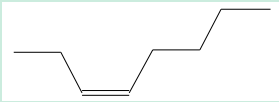
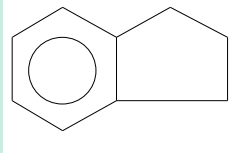
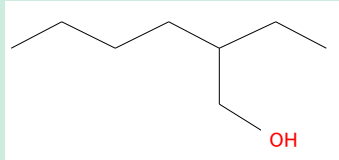
ピーク No.	7	8	9
推定化合物	3-クロロメチルヘプタン	2-エチル-1-ヘキサノール	
類似度	850	878	821
構造式			

- 90 -  
- 24 -



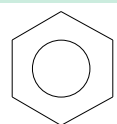
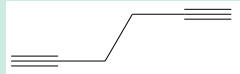
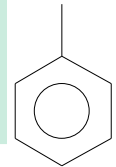
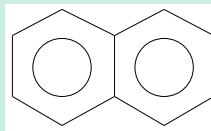
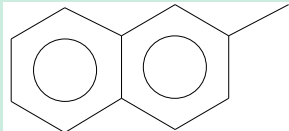
# 熱分解GC-MS分析結果

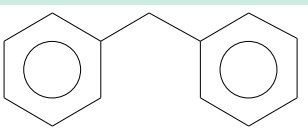
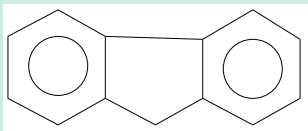
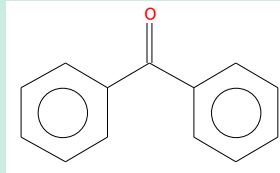
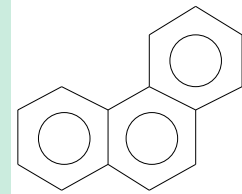
(難燃性特殊耐熱ビニル; 376~560°C)

ピーク No.	3	4	5	8	9
推定化合物	1,5-ヘキサジエン-3-イン	(1 $\alpha$ ,2 $\alpha$ ,3 $\alpha$ )-1,2,3-トリメチルシクロペンタン	(Z)-3-オクテン	インダン	2-エチル-1-ヘキサノール
類似度	842	857	837	800	872
構造式					

# 熱分解GC-MS分析結果

(難燃性特殊耐熱ビニル; 560~800°C)

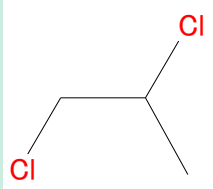
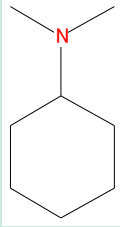
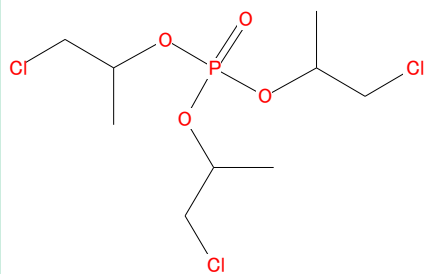
ピーク No.	2	3	4	5	6
推定化合物	ベンゼン	1,5-ヘキサジイン	トルエン	ナフタレン	2-メチルナフタレン
類似度	945	873	924	947	945
構造式					

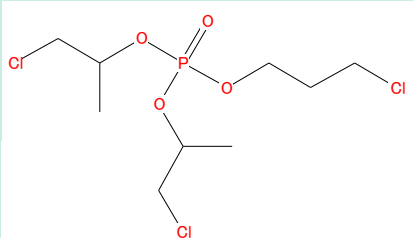
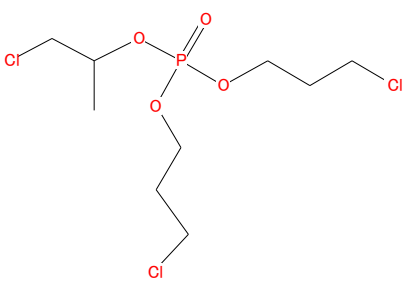
ピーク No.	7	8	9	10
推定化合物	ジフェニルメタン	フルオレン	ベンゾフェノン	フェナントレン
類似度	949	918	916	943
構造式				

- 92 -  
- 26 -

# 熱分解GC-MS分析結果

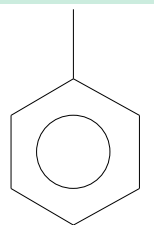
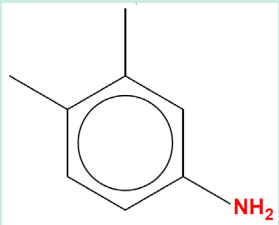
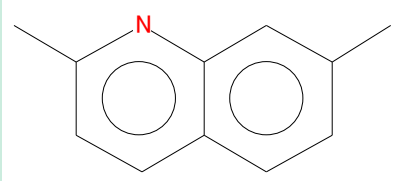
(ウレタン; 室温~246°C)

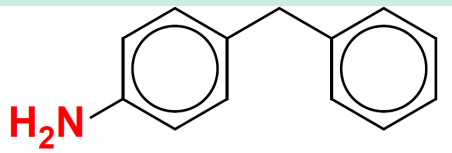
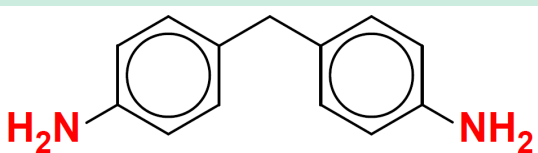
ピーク No.	3	4	7
推定化合物	1,2-ジクロロプロパン	N,N-ジメチルシクロヘキシルアミン	りん酸トリス[1-(クロロメチル)エチル]
類似度	930	878	890
構造式			

ピーク No.	8	9
推定化合物	りん酸ビス[1-(クロロメチルエチル)](3-クロロプロピル)	りん酸ビス(3-クロロプロピル)[1-(クロロメチル)エチル]
類似度	901	916
構造式	 - 93 - - 27 -	

# 熱分解GC-MS分析結果

(ウレタン; 421~580°C)

ピーク No.	2	5	7
推定化合物	トルエン	3,4-ジメチルアニリン	2,7-ジメチルキノリン
類似度	919	899	803
構造式			

ピーク No.	8	9	10
推定化合物	4-ベンジルアニリン	4,4'-メチレンジアニン	
類似度	878	882	879
構造式			

# ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験結果

2022年4月26日



東京電力ホールディングス株式会社



# 可燃性有機ガス発生量評価

- 2021年10月19日の「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会(第23回)」で報告した予備試験と本試験の実施状況について報告する。
- ケーブル、塗料及び保温材の本試験を実施し、ガスの種類と発生量を評価した。

## 試験進捗状況

No.	種類	評価対象	用途	予備試験進捗	本試験進捗 (1000℃昇温試験) (200℃24h試験)
1	ケーブル	CVケーブル 絶縁体：架橋ポリエチレン シース：難燃性特殊耐熱ビニル	・高圧動力用ケーブルに使用	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
2	ケーブル	PNケーブル 絶縁体：難燃性エチレンプロピレンゴム シース：特殊クロロプレングム	・制御・計装ケーブルに使用 ・RPV下部に設置	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
3	ケーブル	同軸ケーブル 絶縁体：ETFE/架橋ポリエチレン シース：難燃性架橋ポリエチレン	・SRNM/LPRMケーブルに使用 ・RPV下部に設置	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
4	塗料	エポキシ系塗料	・D/W、S/C壁面 上塗り	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
5	塗料	無機ジンクリッチ塗料	・D/W、S/C壁面 下塗り	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	2022年度実施予定
6	保温材	ウレタン保温材	・配管保温	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了
7	保温材	ポリイミド保温材	・配管保温	熱重量測定(TG)実施 FT-IR、SEM-EDX実施	完了

# 可燃性有機ガス発生量評価 (本試験条件)

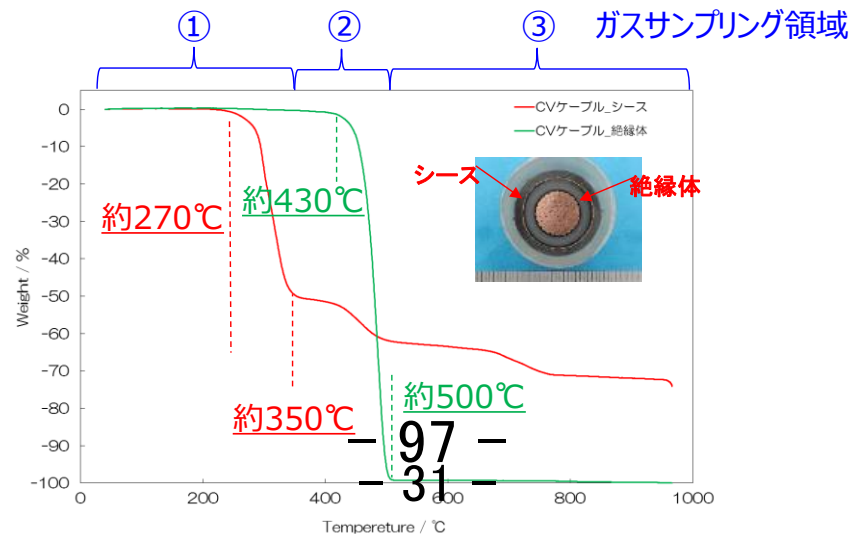
## ■ 本試験条件設定

- 水蒸気、水素ガス環境下における1000℃までの連続昇温試験 (昇温速度10℃/min)  
予備試験 (TG測定) で得られた結果から、ガス発生のタイミングにて  
3つのガスサンプリング領域を設定
- 水蒸気か水素ガス環境下のいずれかにおいて、200℃24時間保持試験
- ケーブルはシース、絶縁体、導体含む一体もので試験実施

## ■ 本試験分析方法

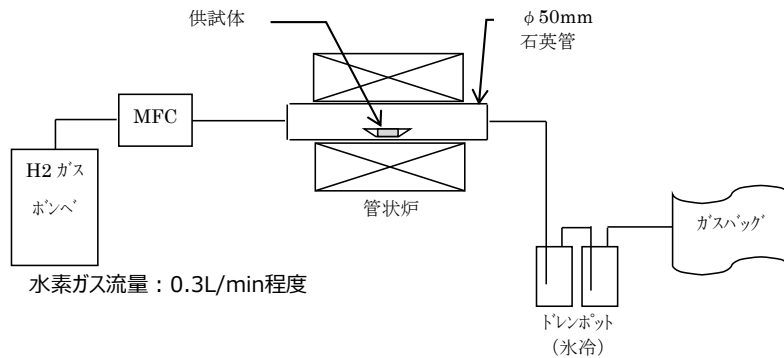
- 200℃、ガス発生温度域、1000℃ で採取したガスをガスクロマトグラフィーより分析
- 昇温前後でのケーブル等の高分子成分の変化を FT-IR より測定
- 昇温前後でのケーブル等中に含まれる各元素の相対変化を SEM-EDX より測定

## ■ ガスサンプリング領域 ( CVケーブルの例)

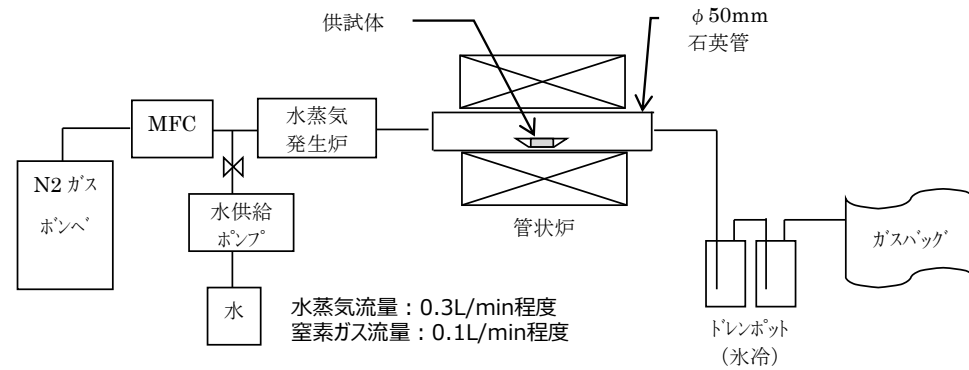


# 可燃性有機ガス発生本試験の概要

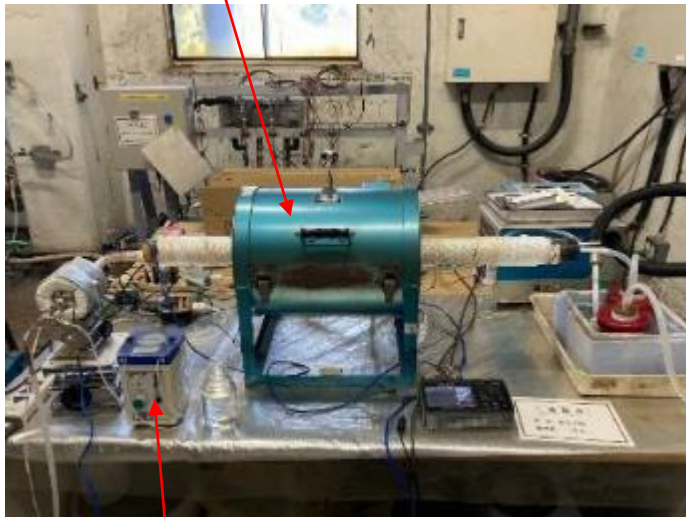
## ■ 水素ガス環境下



## ■ 水蒸気環境下



管状炉



マスフローコントローラ

石英管



ガスバッグ

## ■ ガス種に対する分析方法

- 可燃性ガスに着目したガス分析を実施
- 評価する可燃性ガスとして、工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）に取り上げられている一般的な可燃性ガスを選定
- 選定した可燃性ガスの検出に適した検出器にてガス分析を実施

対象ガス	分析方法	検出器
水素、一酸化炭素	ガスクロマトグラフ法	熱伝導度検出器(TCD)
炭化水素	ガスクロマトグラフ法	水素炎イオン化検出器(FID)
アンモニア	ガス検知管法	
硫化水素	ガスクロマトグラフ法	炎光光度検出器(FPD)

ガス検知管

例) No.3L	検知色(検色)		
測定範囲	0.5~1ppm	1~30ppm	30~78ppm
吸引回数(n)	2回	1回(基準)	1/2回
吸引補正係数	1/2	1	2.6
吸引時間	約2分	約1分	約30秒

[https://www.gastec.co.jp/faq/category/?contents\\_type=41](https://www.gastec.co.jp/faq/category/?contents_type=41)

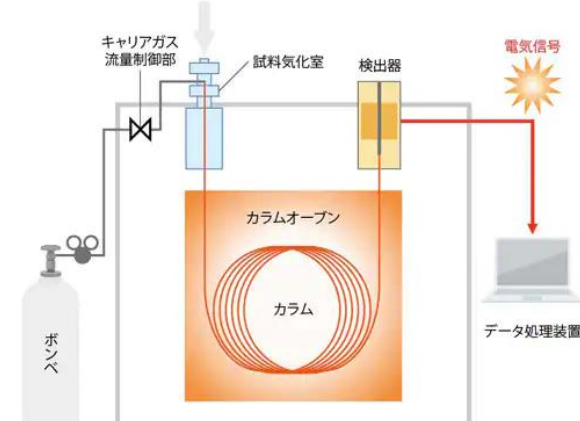
### ガスクロマトグラフ法について

気化しやすい化合物の同定・定量に用いられる方法。  
クロマトグラフ法的一种であり、サンプルと移動相が気体であることが特徴。

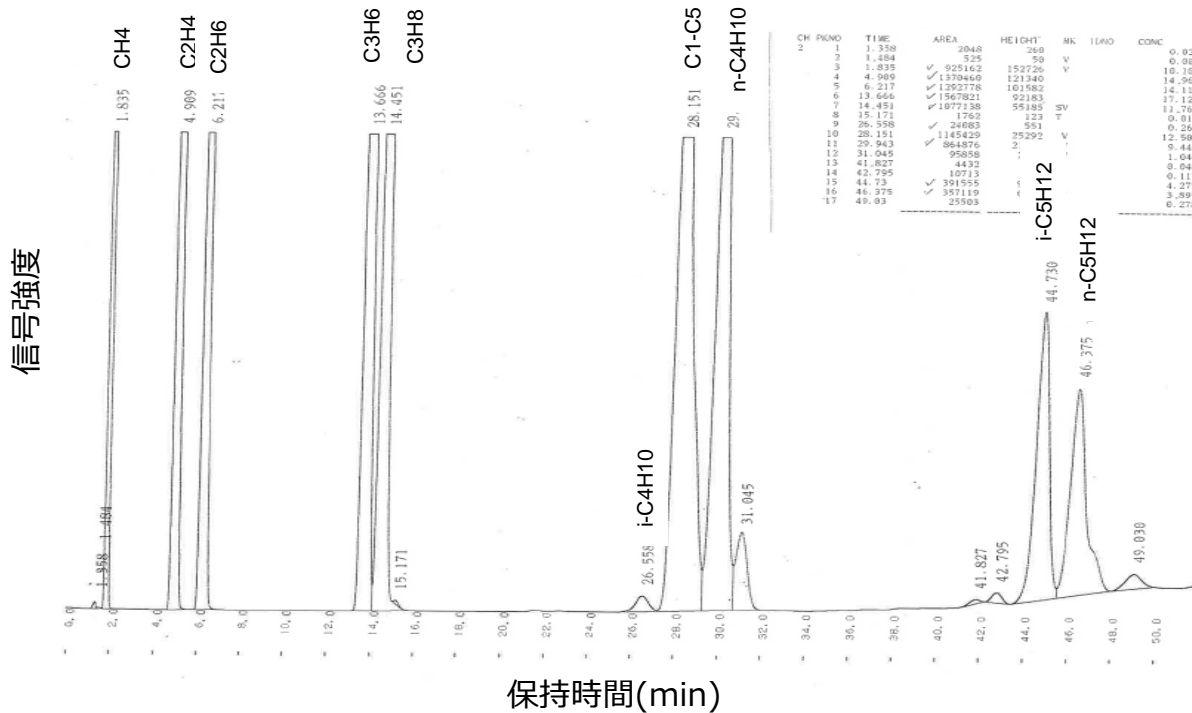
### ガス検知管法について

ガラス管の中に充填された顕色剤との反応により濃度を読み取る方法。  
採取器の変色した長さを測定対象物質の濃度として読み取る。

ガスクロマトグラフ装置



## ■ CVケーブル水蒸気環境下350-500℃ガスクロマトグラム(C1-C5)

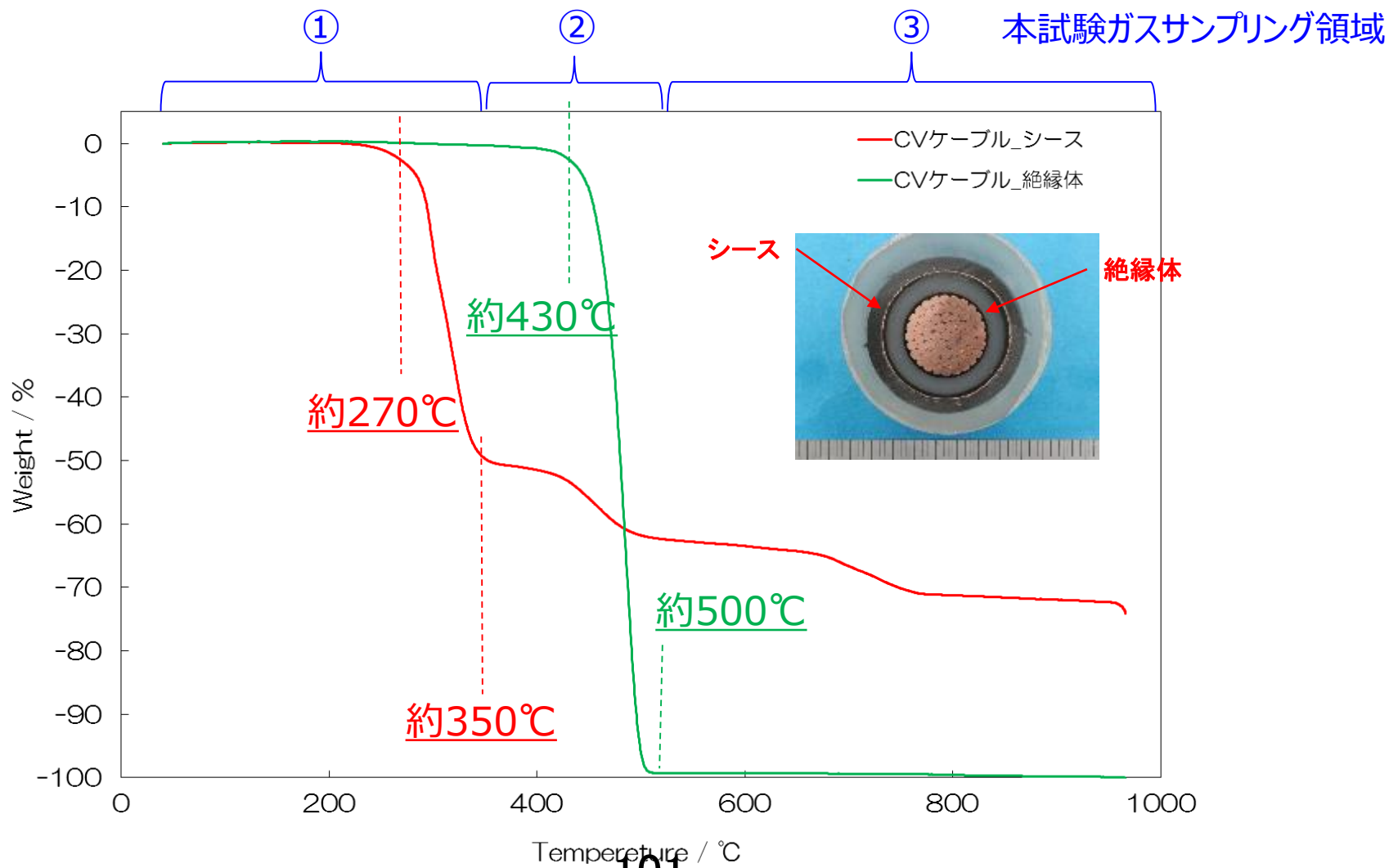


標準ガスを基準とし、各ピークの同定と面積からガス濃度を算出

	CH4	volppm	2000
	C2H4	volppm	1500
	C2H6	volppm	1400
炭化	C3H6	volppm	1300
	C3H8	volppm	850
水素	i-C4H10	volppm	14
	n-C4H10	volppm	540
	i-C5H12	volppm	190
	n-C5H12	volppm	180

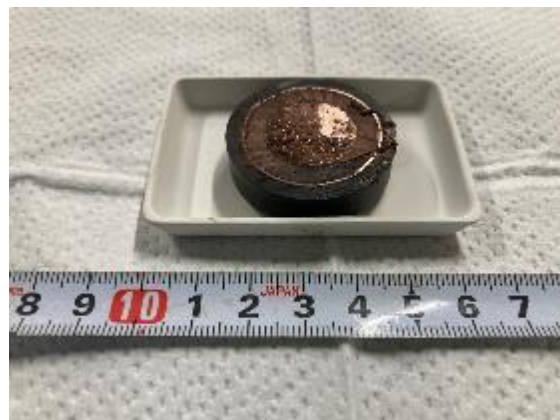
- 100 -  
- 34 -

## ■ CVケーブルのTG曲線

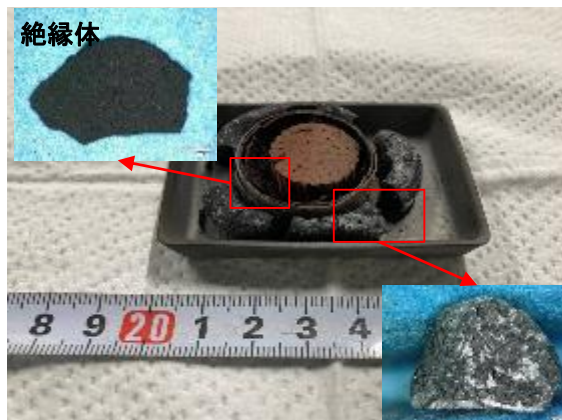




## ■ CVケーブル昇温前後の状態



試験前



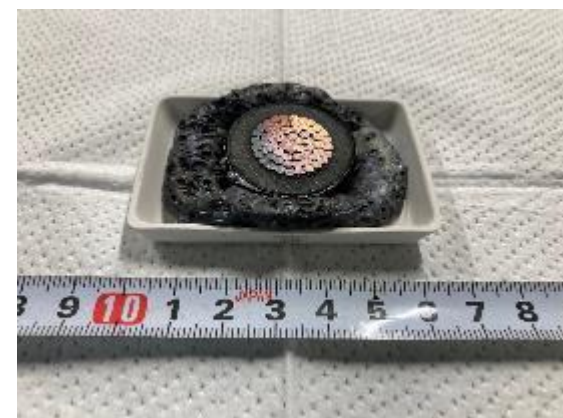
試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	CVケーブル						
		水素			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000	200
ガス発生量	L	1.2	3.0	43.4	2.1	0.3	7.9	3.3
	(合計)	L	47.6		10.3			3.3
ケーブル長さ	mm		9.5		9.0			9.0
試験前試料重量	g		31.65		27.57			33.25
試験後試料重量	g		24.55		20.26			32.71
減量	g		7.10		7.31			0.54
減量	%		22.4		26.5			1.6

※導体等含む結果

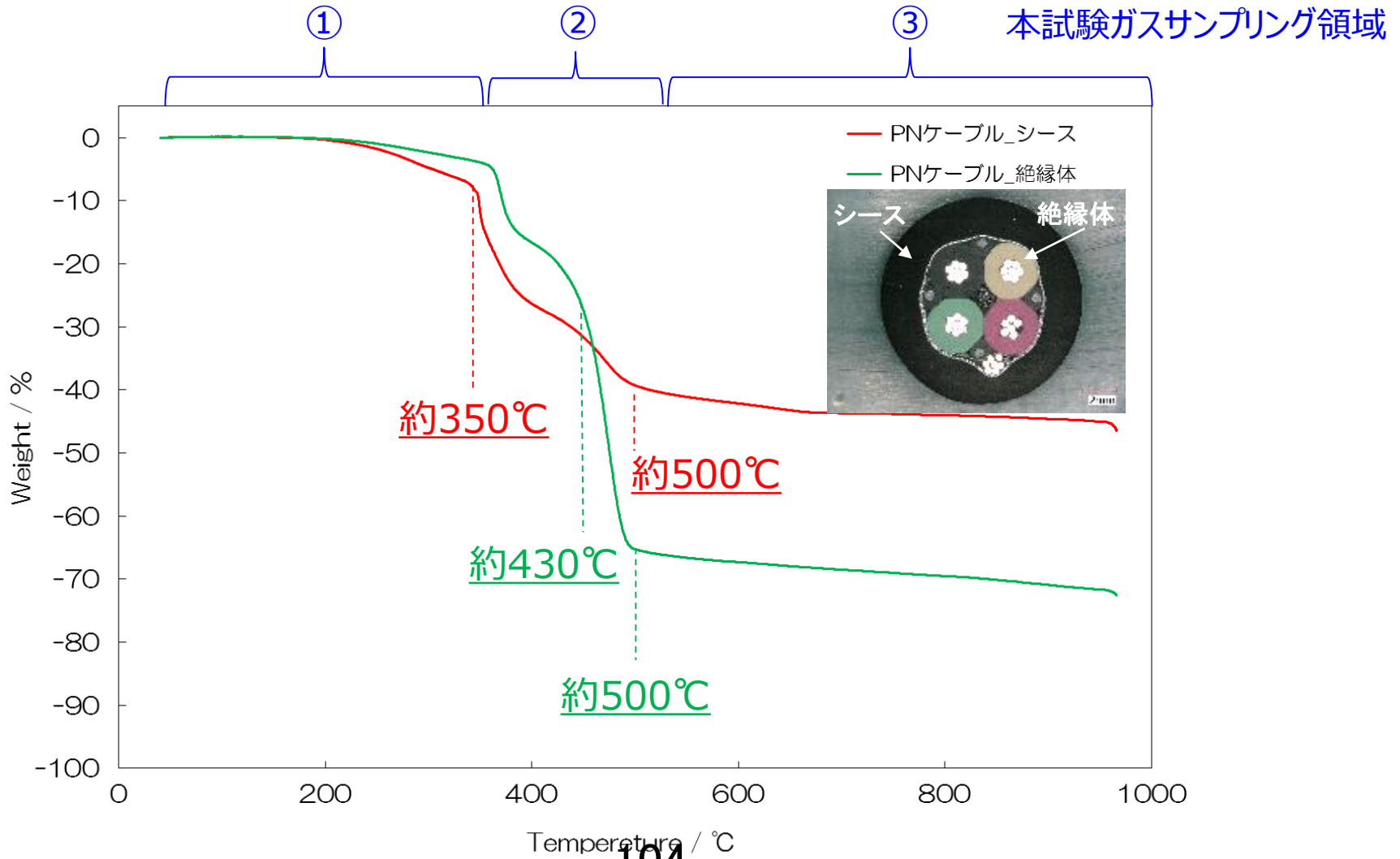


試験後  
(200°C水蒸気環境下)

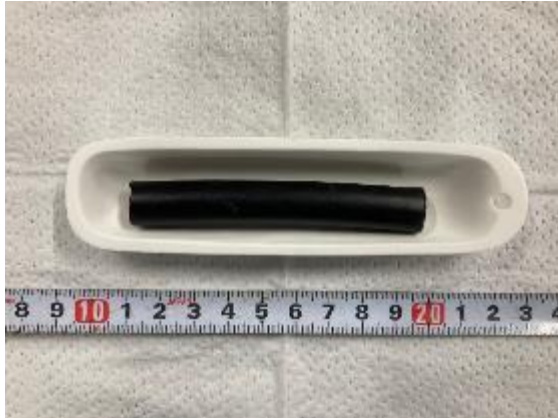
■ CVケーブル1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果  
（ケーブル1t当たりのガス発生量）

試料 環境		CVケーブルガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度(°C)		RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	1.01E+02	-
CO		-	-	2.74E+00	-	-	1.95E+01	-
	CH <sub>4</sub>	1.52E-04	1.90E-01	1.10E+01	2.29E-04	6.53E-03	1.81E+01	2.98E-04
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.52E-04	1.42E-01	1.92E+00	-	4.57E-03	1.17E+01	9.92E-05
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	1.33E-01	1.92E+00	-	3.59E-03	2.01E+00	-
炭	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	1.23E-01	6.17E-01	-	1.96E-03	2.41E+00	-
化	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.27E-04	8.06E-02	1.92E-01	-	1.63E-03	4.58E-01	6.95E-04
水	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	1.33E-03	5.48E-03	-	1.41E-04	7.45E-03	-
素	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	5.12E-02	9.46E-02	-	5.22E-04	2.87E-01	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.80E-02	8.78E-02	-	-	2.64E-01	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.71E-02	8.36E-02	-	-	1.98E-01	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	-	2.65E-01	1.06E+00	-	4.03E-03	4.58E+00	-
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	1.25E-03	1.90E+00	2.33E+01	5.33E-04	3.92E-02	6.02E+01	2.58E-03
NH <sub>3</sub>		-	-	-	3.81E-05	-	-	4.96E-05
H <sub>2</sub> S		8.34E-05	2.09E-03	3.70E-03	7.46E-04	4.46E-05	2.87E-04	3.37E-04

## ■ PNケーブルのTG曲線



## ■ PNケーブル昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	PNケーブル						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200
ガス発生量	L	2.6	0.7	7.4	2.5	0.3	15.2	2.3
	(合計)	L	10.7			18.0		2.3
ケーブル長さ	mm		80			80.0		80.0
試験前試料重量	g		17.12			17.47		17.30
試験後試料重量	g		9.71			7.94		16.77
減量	g		7.41			9.53		0.53
減量	%		43.3			54.6		3.1

※導体等含む結果



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

## ■ PNケーブル1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果 (ケーブル1t当たりのガス発生量)

試料		PNケーブルガス発生量(m3/t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
環境		RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200
温度(℃)		RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200
H2		-	-	-	-	1.55E-01	3.98E+02	-
CO		-	4.09E-02	4.32E-01	-	6.87E-02	1.62E+02	-
	CH4	4.71E-02	3.80E-01	4.75E+00	3.86E-03	1.22E-01	1.83E+01	3.72E-03
	C2H4	9.11E-02	2.21E-01	4.15E-01	4.87E-03	1.41E-01	6.26E+00	5.32E-04
	C2H6	1.40E-02	2.09E-01	3.89E-01	7.16E-04	5.15E-02	3.05E+00	-
炭	C3H6	5.16E-03	1.02E-01	1.99E-01	2.86E-04	1.89E-02	2.70E+00	-
化	C3H8	7.44E-03	8.18E-02	9.08E-02	2.86E-04	1.63E-02	9.57E-01	1.33E-03
水	i-C4H10	-	3.60E-03	3.46E-03	-	6.18E-04	4.79E-02	-
素	n-C4H10	5.77E-03	4.91E-02	4.32E-02	-	7.90E-03	5.39E-01	-
	i-C5H12	-	1.06E-02	1.90E-02	-	6.01E-04	2.18E-01	-
	n-C5H12	4.86E-03	2.29E-02	4.32E-02	-	9.62E-04	4.26E-01	-
	上記以外のC1~C5(CH4換算値)	7.75E-02	3.35E-01	3.89E-01	2.29E-03	9.10E-02	6.35E+00	-
	CH4換算合計値	3.95E-01	2.41E+00	7.78E+00	1.86E-02	7.04E-01	5.74E+01	8.91E-03
NH3		-	-	-	-	-	-	-
H2S		1.20E-01	1.47E-01	1.04E-01	6.15E-03	5.84E-02	3.31E-01	4.65E-04





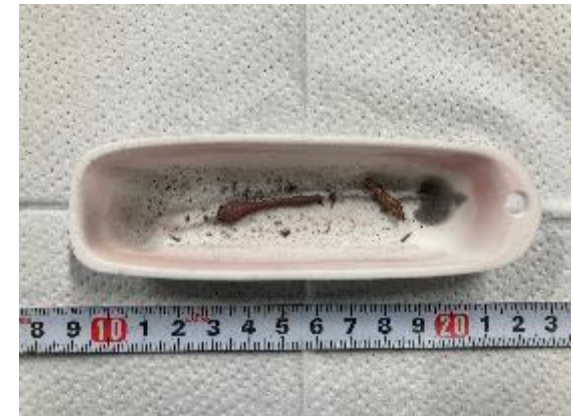
## ■ 同軸ケーブル昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

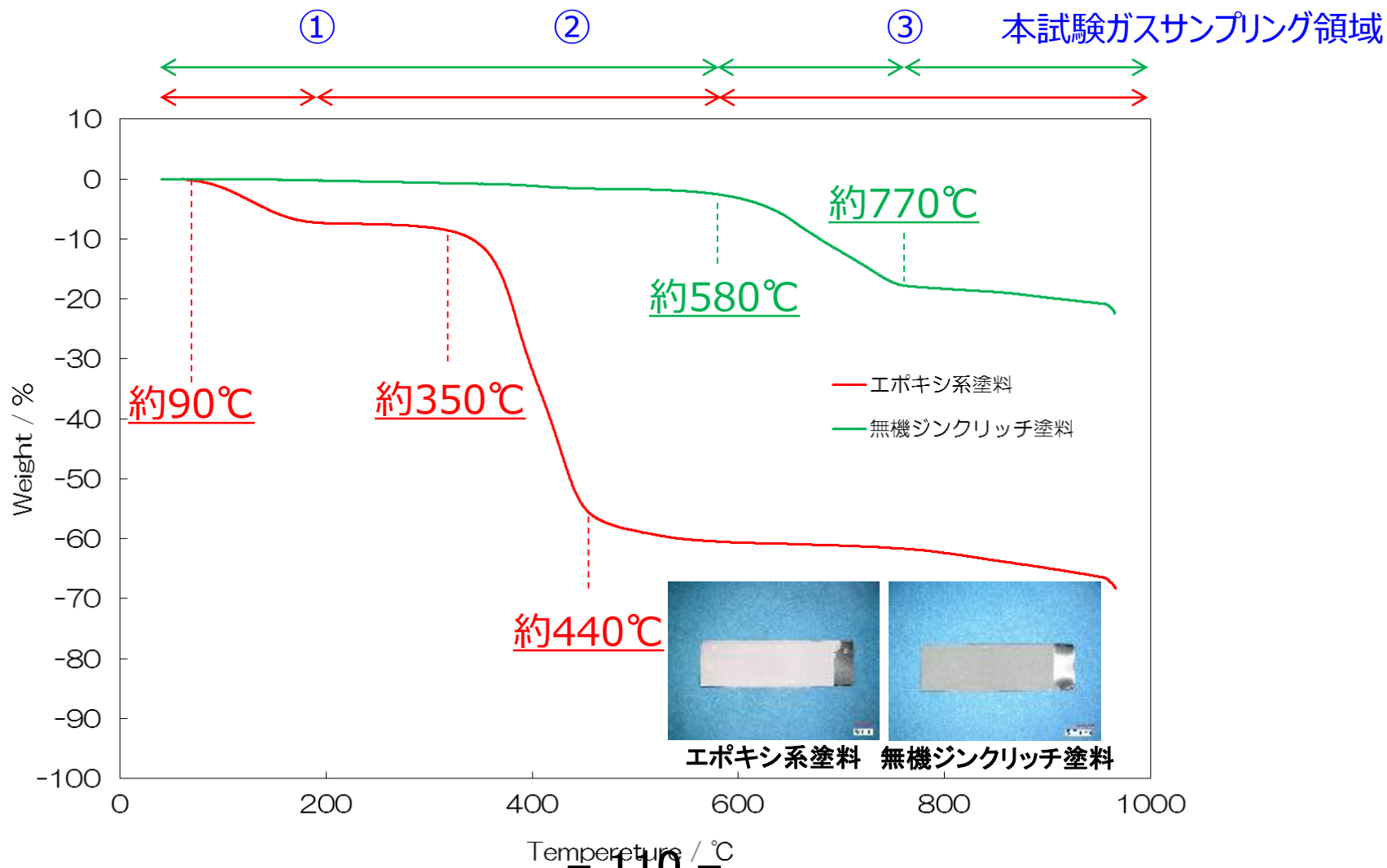
試料	環境	同軸ケーブル						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
ガス発生量	L	1.1	0.2	2.3	2.3	0.2	0.9	2.8
	(合計)	3.6			3.4			2.8
ケーブル長さ	mm	80.0			80.0			80.0
試験前試料重量	g	4.33			4.30			4.35
試験後試料重量	g	2.28			2.18			4.31
減量	g	2.05			2.12			0.04
減量	%	47.3			49.3			0.9

※導体等含む結果

## ■ 同軸ケーブル1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果 （ケーブル1t当たりのガス発生量）

試料		同軸ケーブルガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						水蒸気
		水素ガス			水蒸気			
環境		RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
温度(℃)		RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	3.37E+01	-
CO		-	-	-	-	-	1.17E+01	-
炭化	CH <sub>4</sub>	1.27E-03	1.52E-01	2.76E+00	2.14E-03	1.81E-02	7.12E+00	1.29E-03
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2.29E-03	1.62E-01	5.31E-01	-	2.05E-02	5.44E+00	-
水素	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7.62E-04	1.20E-01	5.84E-01	5.35E-04	1.40E-02	1.26E+00	-
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	7.62E-04	1.20E-01	1.81E-01	-	7.91E-03	1.51E+00	-
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	7.62E-04	5.08E-02	6.37E-02	1.87E-02	6.51E-03	2.93E-01	3.22E-03
炭化水素	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	1.02E-03	5.31E-04	-	-	-	-
	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	2.91E-02	2.92E-02	-	1.12E-03	1.72E-01	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.43E-02	1.86E-02	-	-	6.28E-02	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.20E-02	2.02E-02	-	-	3.98E-02	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	5.84E-03	2.68E-01	3.29E-01	-	1.07E-02	2.93E+00	-
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	1.80E-02	1.66E+00	6.37E+00	5.88E-02	1.40E-01	2.72E+01	1.22E-02
NH <sub>3</sub>		-	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub> S		-	-	2.02E-03	3.74E-04	1.49E-04	2.93E-04	1.22E-03

## ■ 塗料のTG曲線



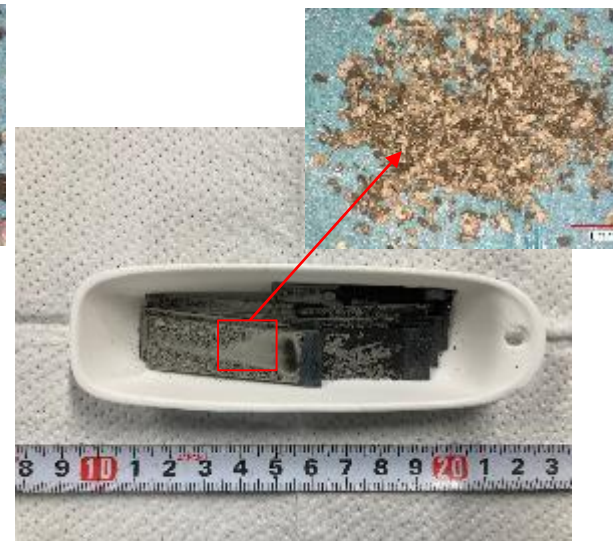
## ■ エポキシ系塗料昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

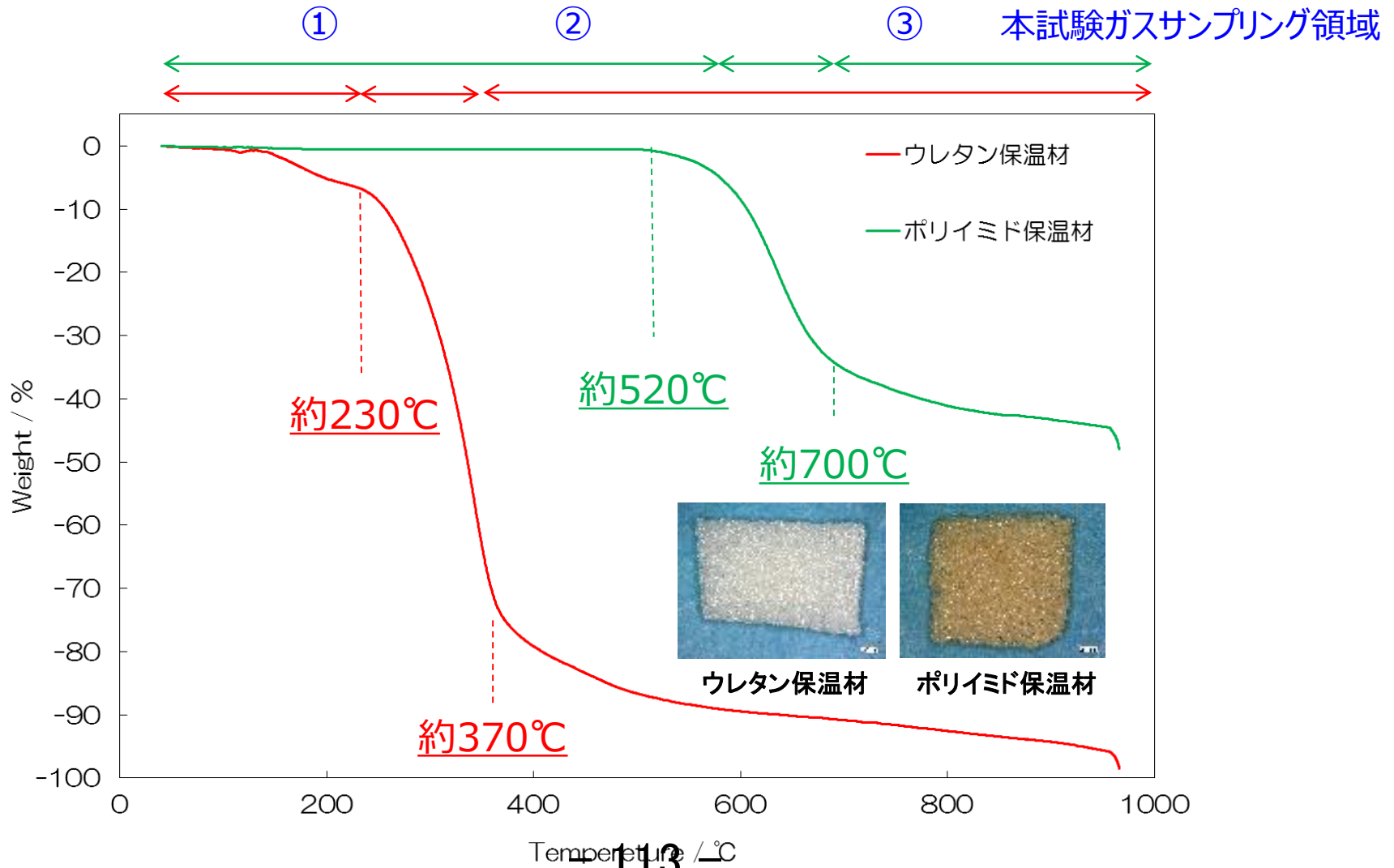
試料	環境	エポキシ系塗料						
		水素			水蒸気			水蒸気
温度(°C)	°C	RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
ガス発生量	L	0.5	0.5	1.9	2.0	0.2	1.6	4.2
	(合計)	2.9			3.8			4.2
試験前試料重量(塗料)	g	2.54			2.34			8.04
試験後試料重量(塗料)	g	0.82			0.75			7.86
減量	g	1.72			1.59			0.18
減量	%	67.7			67.9			2.2

## ■エポキシ系塗料1000℃昇温、200℃24時間保持時に発生したガス分析結果 （塗料1t当たりのガス発生量）

試料		エポキシ系塗料ガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
環境		RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
温度(°C)		RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	1.31E+02	-
CO		-	-	1.50E+00	-	-	2.05E+01	-
炭 化 水 素	CH <sub>4</sub>	1.97E-04	2.36E-01	3.74E+00	1.11E-02	2.39E-02	1.57E+01	8.24E-03
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-	4.13E-02	2.69E-01	8.55E-03	4.87E-03	4.44E+00	-
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	5.51E-02	2.17E-01	2.56E-03	3.42E-03	5.40E-01	-
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	3.94E-02	1.72E-02	6.84E-03	3.76E-03	6.22E-01	-
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.97E-04	1.91E-02	8.23E-03	2.56E-03	1.45E-03	1.37E-01	2.06E-03
	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	4.27E-04	-	-
	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	5.71E-03	-	1.71E-03	3.42E-04	3.76E-02	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	3.54E-03	-	-	5.13E-04	1.91E-02	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	2.36E-03	1.24E-01	1.65E-02	3.59E-02	9.40E-03	8.21E-01	6.18E-02
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	3.15E-03	7.28E-01	4.79E+00	1.11E-01	6.92E-02	2.87E+01	8.03E-02
NH <sub>3</sub>		1.97E-04	3.94E-02	1.50E-03	-	-	-	-
H <sub>2</sub> S		-	-	8.98E-02	-	-	6.77E-01	4.12E-04



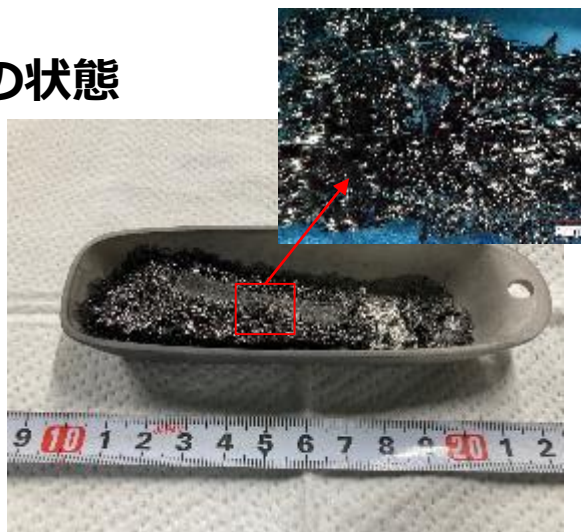
## ■ 保温材のTG曲線



## ■ウレタン保温材昇温前後の状態



試験前



試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	ウレタン保温材						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~230	230~370	370~1000	RT~230	230~370	370~1000	200
ガス発生量	L	0.7	0.2	4.2	2.3	0.2	2.9	3.5
	(合計)		5.1			5.4		3.5
試験前試料重量	g		2.40			2.56		2.55
試験後試料重量	g		0.43			0.00		1.61
減量	g		1.97			2.56		0.94
減量	%		82.1			100.0		36.9



試験後  
(200°C水蒸気環境下)

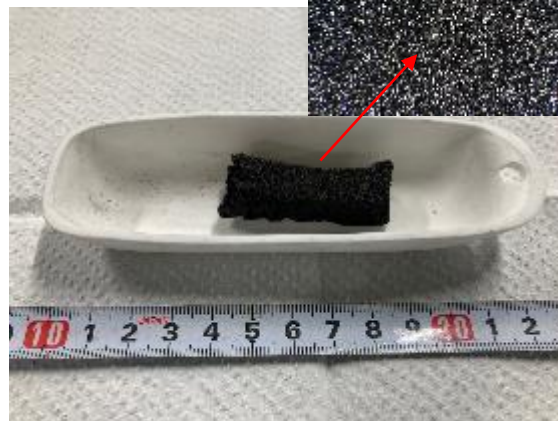
## ■ウレタン保温材1000℃昇温時、200℃24時間保持に発生したガス分析結果 （保温材1t当たりのガス発生量）

試料		ウレタン保温材ガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素ガス			水蒸気			
環境								
温度(°C)		RT~230	230~370	370~1000	RT~230	230~370	370~1000	水蒸気 200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	2.64E+02	-
CO		-	-	-	-	-	1.16E+02	-
	CH <sub>4</sub>	5.83E-04	1.25E-03	7.35E+00	6.29E-03	1.09E-03	2.72E+01	5.49E-03
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-	4.17E-04	5.43E-01	3.59E-03	7.03E-04	6.68E+00	-
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	5.00E-04	6.83E-01	8.98E-04	1.56E-04	1.25E+00	-
炭	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	1.92E-02	5.95E-01	2.70E-03	5.47E-04	3.63E+00	-
化	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.92E-04	5.00E-04	1.51E-01	1.80E-03	3.13E-04	4.30E-01	1.37E-03
水	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	-	-	-
素	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	7.81E-05	6.00E-02	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	1.17E-03	1.23E-02	-	-	-	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	3.08E-03	2.28E-02	-	-	1.36E-02	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	1.52E-01	2.17E-01	3.15E-01	5.03E-01	2.27E-01	2.15E+00	8.37E-01
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	1.55E-01	2.92E-01	1.24E+01	5.30E-01	2.34E-01	5.66E+01	8.51E-01
NH <sub>3</sub>		-	-	6.48E-01	-	-	3.96E-03	-
H <sub>2</sub> S		8.75E-05	7.50E-05	-	7.28E-03	9.38E-04	4.30E-02	4.67E-03

## ■ポリイミド保温材昇温前後の状態



試験前

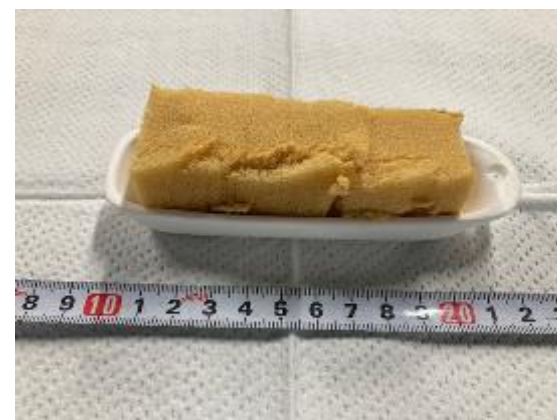


試験後  
(1000°C水素ガス環境下)



試験後  
(1000°C水蒸気環境下)

試料	環境	ポリイミド保温材						
		水素ガス			水蒸気			水蒸気
温度	°C	RT~520	520~700	700~1000	RT~520	520~700	700~1000	200
ガス発生量	L	0.7	0.4	2.0	2.3	0.2	1.9	<0.1
	(合計)	3.1			4.4			<0.1
試験前試料重量	g	0.65			0.70			0.66
試験後試料重量	g	0.23			0.01			0.64
減量	g	0.42			0.69			0.02
減量	%	64.6			98.6			3.0



試験後  
(200°C水素ガス環境下)

## ■ポリイミド保温材1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生するガス分析結果 （保温材1t当たりのガス発生量）

試料		ポリイミド保温材ガス発生量(m <sup>3</sup> /t)						
		水素			水蒸気			水素ガス
環境		RT～520	520～700	700～1000	RT～520	520～700	700～1000	200
温度(℃)		RT～520	520～700	700～1000	RT～520	520～700	700～1000	200
H <sub>2</sub>		-	-	-	-	-	6.32E+02	-
CO		-	7.38E+00	3.08E+00	-	1.71E+00	3.94E+02	-
	CH <sub>4</sub>	1.40E-02	2.22E-01	9.85E+00	6.57E-03	5.14E-02	2.36E+01	1.52E-04
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1.08E-03	1.35E-02	5.23E-02	-	6.57E-03	1.36E+00	-
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	9.23E-03	4.00E-02	-	2.86E-04	3.53E-02	-
炭 化	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-	3.08E-03	-	-	2.00E-03	7.87E-02	-
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1.08E-03	2.65E-02	7.38E-02	-	2.86E-04	1.60E-01	-
水 素	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	-	-	-	-	-	-	-
	上記以外のC <sub>1</sub> ～C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)	4.95E-02	1.78E-02	2.46E-02	-	-	7.60E-02	-
	CH <sub>4</sub> 換算合計値	7.22E-02	3.69E-01	1.05E+01	1.31E-02	7.14E-02	2.69E+01	4.55E-04
NH <sub>3</sub>		5.38E-04	3.08E-02	1.60E+00	1.64E-03	-	1.36E-03	-
H <sub>2</sub> S		-	-	-	3.29E-04	5.71E-05	1.63E-03	-



## ■ケーブル3種、エポキシ塗料、保温材2種から発生するガス濃度（1F3D/W）

1F3の格納容器内ケーブル、塗料、保温材の想定物量総量と  
ドライウェル空間容積より発生ガス総量（vol%）を算出

試料		発生ガス総量 (vol%)			ガス物性	
		水素/水蒸気	水素	水蒸気		
環境		200	RT~1000	RT~1000	燃焼(爆発)範囲(vol%) *	
温度(°C)		°C				
H2		vol%	0.00E+00	0.00E+00	2.07E+01	4~75.6
CO		vol%	0.00E+00	2.48E-01	6.38E+00	12.5~74
炭 化 水 素	CH4	vol%	2.54E-04	1.13E+00	2.29E+00	5.0~15
	C2H4	vol%	1.96E-05	1.94E-01	1.22E+00	2.7~36
	C2H6	vol%	0.00E+00	1.91E-01	2.55E-01	3.0~12.5
	C3H6	vol%	0.00E+00	7.34E-02	2.99E-01	2.0~11
	C3H8	vol%	1.46E-04	2.81E-02	6.56E-02	2.1~9.5
	i-C4H10	vol%	0.00E+00	7.11E-04	1.68E-03	1.8~8.4
	n-C4H10	vol%	0.00E+00	1.43E-02	3.73E-02	1.6~8.5
	i-C5H12	vol%	0.00E+00	9.45E-03	2.63E-02	1.3~7.6
	n-C5H12	vol%	0.00E+00	1.01E-02	2.58E-02	1.5~12.5
	上記以外のC1~C5(CH4換算値)	vol%	6.94E-03	1.35E-01	5.64E-01	-
CH4換算合計値		vol%	7.77E-03	2.47E+00	7.07E+00	-
NH3		vol%	3.95E-06	5.55E-03	3.30E-05	15.0~28
H2S		vol%	8.70E-05	9.70E-03	1.71E-02	4.0~44



# 1F3評価の前提となる数値

D/W空間体積	線種／材質	総量	根拠
3,770m <sup>3</sup>	CVケーブル	約3t	・ 1F3物量不明のため、他プラントの使用実績を適用
	PNケーブル	約0.1t	・ ペDESTAL部に施工されているケーブル総量 ・ KGBケーブルは未検証のため、PNケーブル物量 (0.1t+0.73t=0.83t) として見込み評価
	同軸ケーブル	約0.32t	
	KGBケーブル	約0.73t	
	エポキシ塗料	約0.442t	・ 格納容器 (D/W側) 内壁表面積約1600m <sup>2</sup> ・ 上塗り／中塗り膜厚それぞれ100μmで試算
	ウレタン保温材	約0.28t	・ 1F3使用量約8m <sup>3</sup> より試算
	ポリイミド保温材	約0.006t	・ 1F3使用量約1m <sup>3</sup> より試算

- ケーブル3種類、エポキシ系塗料、保温材2種類について、水素ガス、水蒸気環境下での1000℃昇温時、200℃24時間保持時に発生するガス分析を実施
- 200℃24時間環境下では、可燃性ガスはほぼ発生しないことを確認
- 水蒸気環境下の方が水素環境下よりも可燃性ガスが多く発生する傾向を確認

## <2022年度計画>

- 無機ジンクリッチ塗料、有機ジンクリッチ塗料、KGBケーブル（シリコンケーブル）のガス発生量評価予定
- 酸素ガス環境下での1000℃昇温試験を検討