

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31回会合

議事次第

1. 日 時 令和4年9月6日(火) 14:00 ~ 18:00

2. 場 所 原子力規制委員会 13階 BCD 会議室

3. 議 題

(1) 1号機原子炉格納容器内部調査の状況について

- ・ 1号機 ROV-C による堆積物厚さ測定結果
- ・ 1号機 PCV 内部調査に係る確認点

(2) モニタリングポスト等の空間線量率データ等の分析について

- ・ 東京電力福島第一原子力発電所敷地内外のモニタリングポスト等で測定された空間線量率等の測定データの整理

(3) 2号機シールドプラグの汚染状況について

- ・ 2号機シールドプラグの汚染量評価

(4) ケーブル等加熱試験等の実施について

- ・ BWR 格納容器内有機材料熱分解生成ガス分析の計画
- ・ 可燃性有機ガス評価の計画
- ・ 水素燃焼試験等の概要

(5) 現地調査等の実施状況について

- ・ 5号機原子炉建屋内調査
- ・ 福島県モニタリングポストの現地状況調査

(6) その他

- ・ 2号機オペフロ燃料取扱機操作室の調査
- ・ 福島第一原子力発電所事故調査中長期計画の取り組み状況

4. 配布資料

資料1 - 1 : 1号機 PCV 内部調査の状況について [技術研究組合国際廃炉研究開発機構 東京電力ホールディングス株式会社]

資料1 - 2 : 1号機原子炉格納容器内部調査に係る確認点について [原子力規制庁]

資料2 : 東京電力福島第一原子力発電所敷地内外のモニタリングポスト等で測定された空間線量率等の測定データについて [原子力規制庁]

資料3 : 2号機シールドプラグトップカバー下面の汚染密度について [原子力規制庁]

資料4 - 1 : BWR 格納容器内有機材料熱分解生成ガス分析の計画 [国立研究開発法人日本原子力研究開発機構]

資料4 - 2 : 可燃性有機ガス評価計画について [東京電力ホールディングス株式会社]

資料4 - 3 : 水素燃焼試験等の概要 [原子力規制庁]

資料5 : 現地調査の実施状況について [原子力規制庁]

資料6 - 1 : 2号機燃料取扱機操作室調査について [東京電力ホールディングス株式会社]

資料6 - 2 : 福島第一原子力発電所事故調査中長期計画の取り組み状況 [東京電力ホールディングス株式会社]

1号機 PCV内部調査の状況について

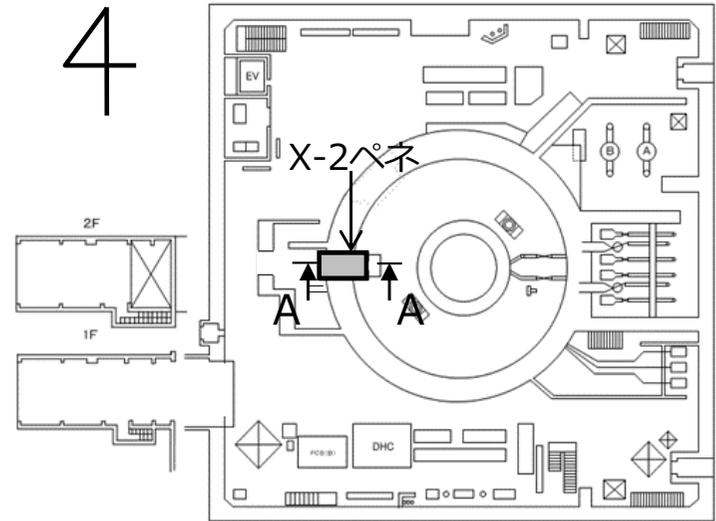
2022年9月6日

IRID **TEPCO**

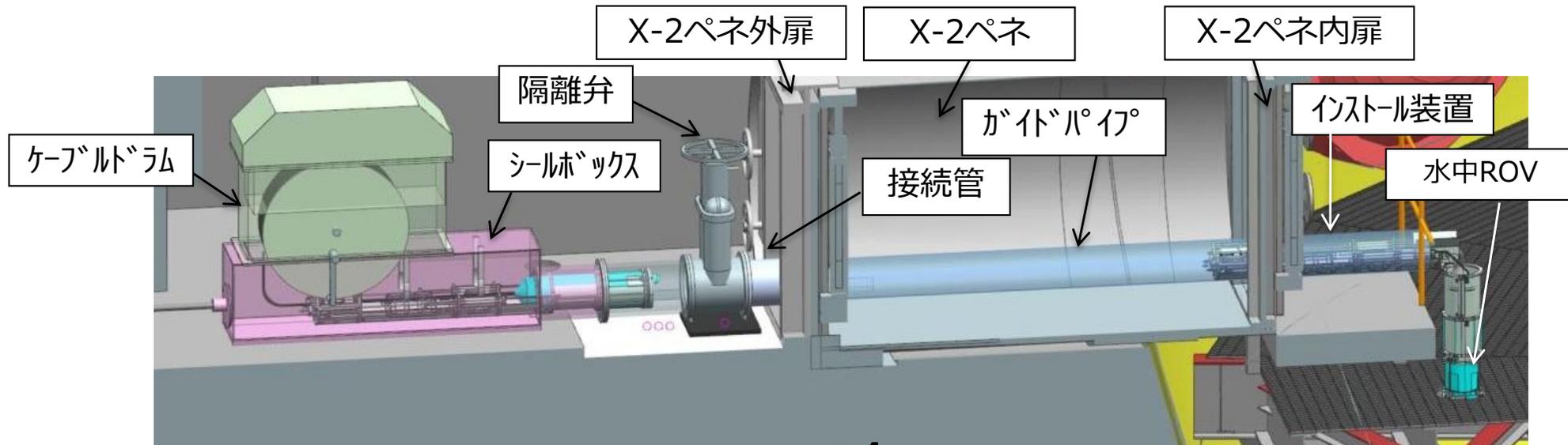
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV内部調査の概要

- 1号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査は、X-2ペネトレーション（以下、X-2ペネ）から実施する計画
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類の装置を開発
- 各水中ROVの用途
 - ① ROV-A 事前対策となるガイドリング取付
 - ② ROV-A2 ペDESTAL内外の詳細目視
 - ③ ROV-C 堆積物厚さ測定
 - ④ ROV-D 堆積物デブリ検知
 - ⑤ ROV-E 堆積物サンプリング
 - ⑥ ROV-B 堆積物3Dマッピング



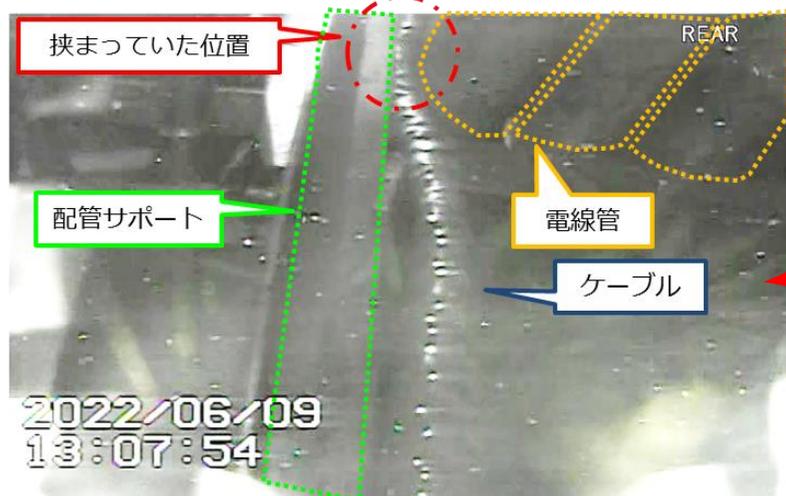
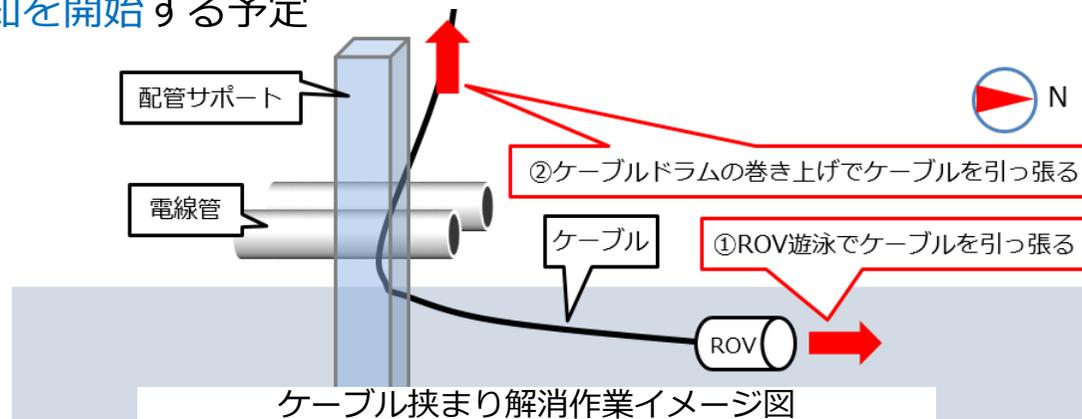
1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



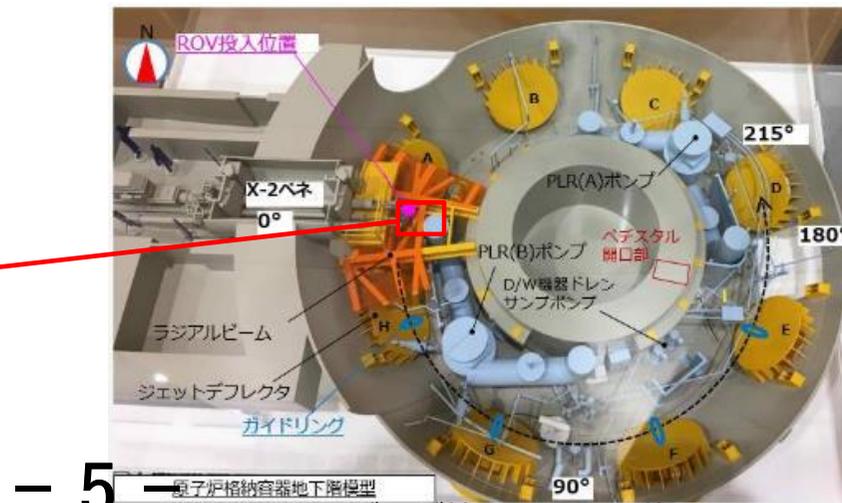
内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

2. PCV内部調査の状況

- 6月7日からROV-Cによる堆積物厚さ測定を開始，6月10日に，ROV-CのケーブルがPCV内の電線管と配管サポート部材の間に挟まり，移動範囲が限定的となる事象が発生したが，翌6月11日に予め定めていた手順（図①，②）に則り操作を行うことで挟まりを解消，その後ROV-Cを回収し，調査を完了
- 7月1日，PCV地下階を模擬したモックアップ設備に対し，前半調査で得られた映像情報から，干渉物の追加設置を完了
- 現在，モックアップ施設において，ROV-Cケーブル挟まれ事象の再現性確認及び対策検討を実施中
- 対策検討後に後半調査に向けたトレーニングを開始し，トレーニング期間を挟み，準備が整い次第，ROV-Dによる燃料デブリ検知を開始する予定



ケーブルが挟まっていた状況(後方カメラ映像)



ケーブルが挟まっていた位置

3. モックアップ設備に対する干渉物の反映状況

- モックアップ設備を改良（前半調査により得られた情報から模擬する干渉物を追加）し、後半調査時における装置が干渉するリスク低減や遊泳操作における手順の改良を図る
- 模擬する干渉物の代表例としては、これまでに経験した事象を基に、ROV-A2のケーブルが掛かり浸水に至った⑤のサポートや、ROV-Cケーブルが挟まれた①の電線管・電線管サポート等が挙げられる

① ROV投入位置下部の電線管・サポート



② ジェットデフレクタH前の電線管サポート



④ 水面近傍の電線管



⑤ ジェットデフレクタG付近のL型サポート

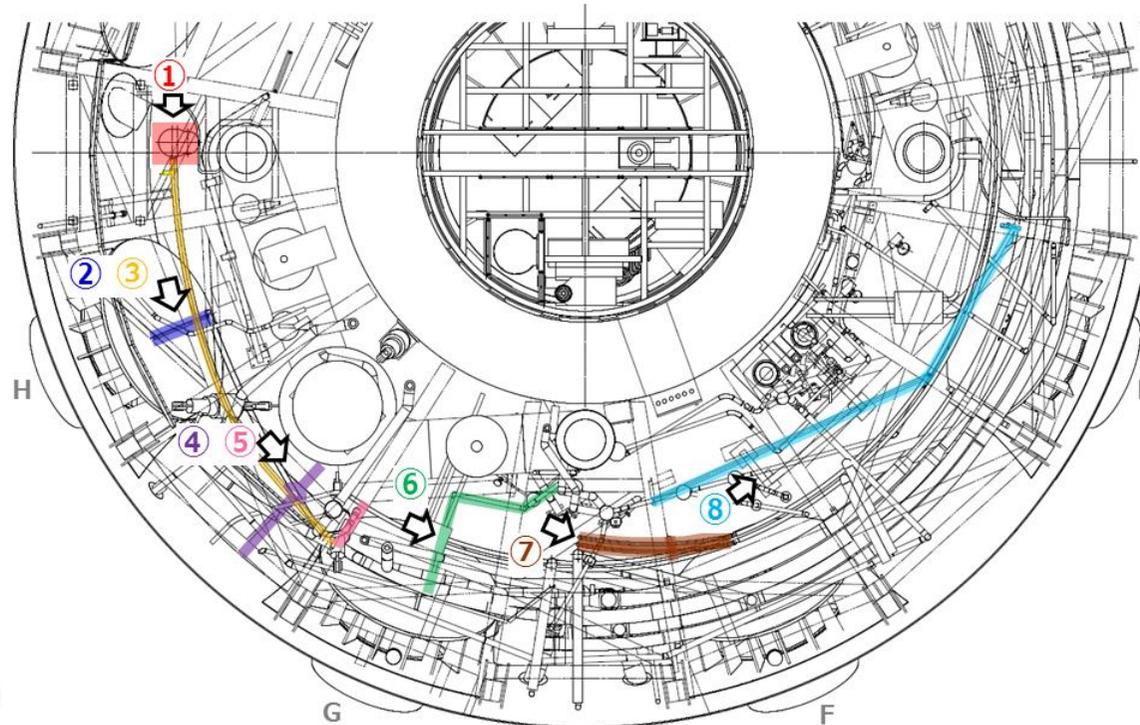
⑥ ジェットデフレクタG前の電線管



⑦ ジェットデフレクタF前の電線管

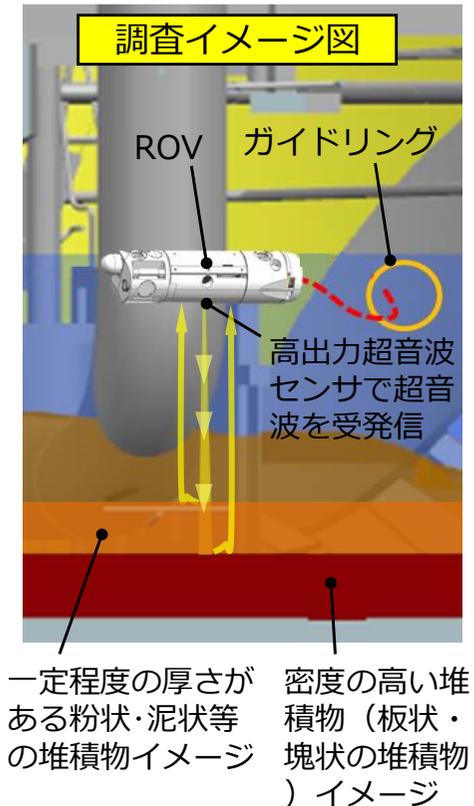
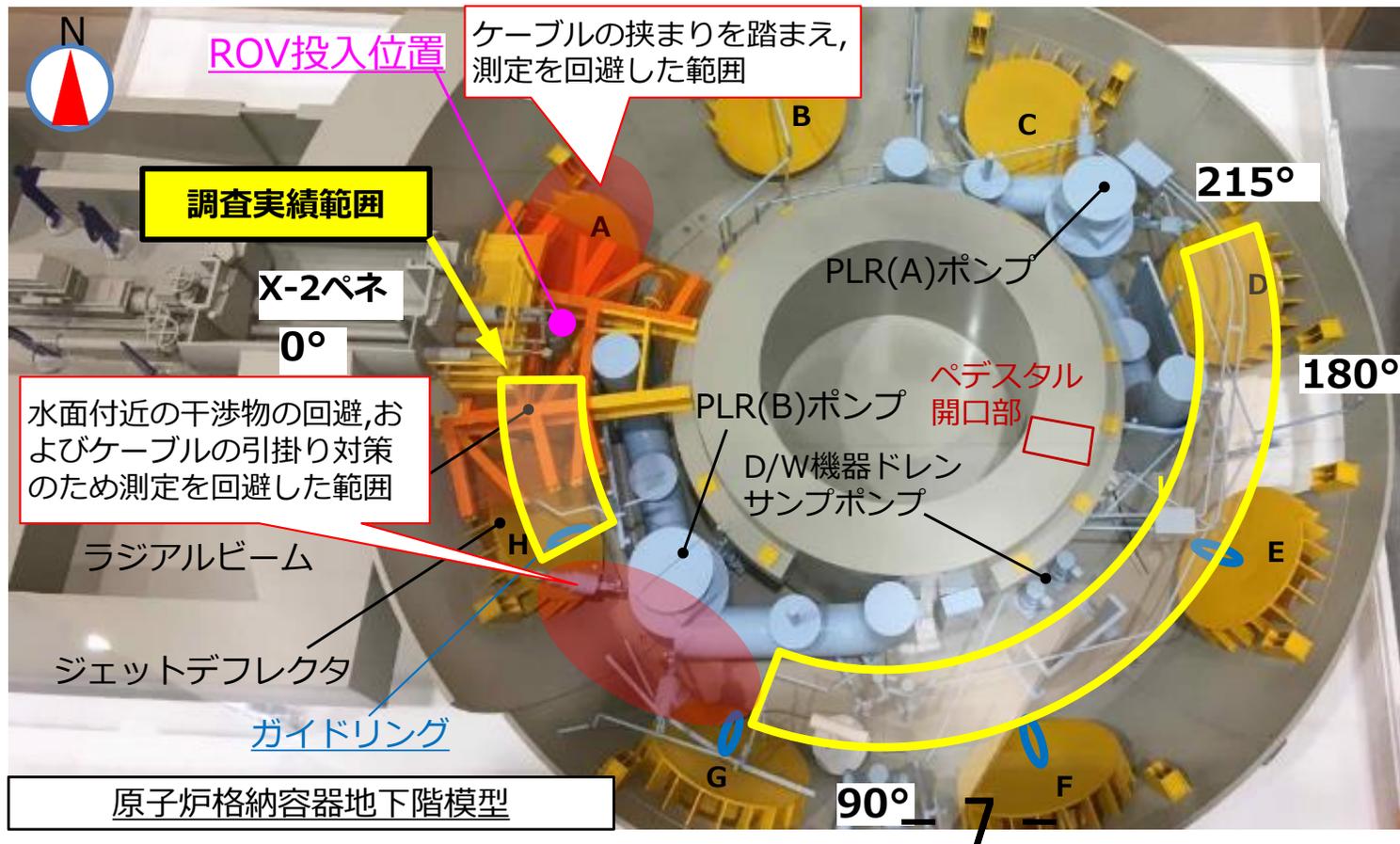


⑧ ジェットデフレクタF,Eの電線管



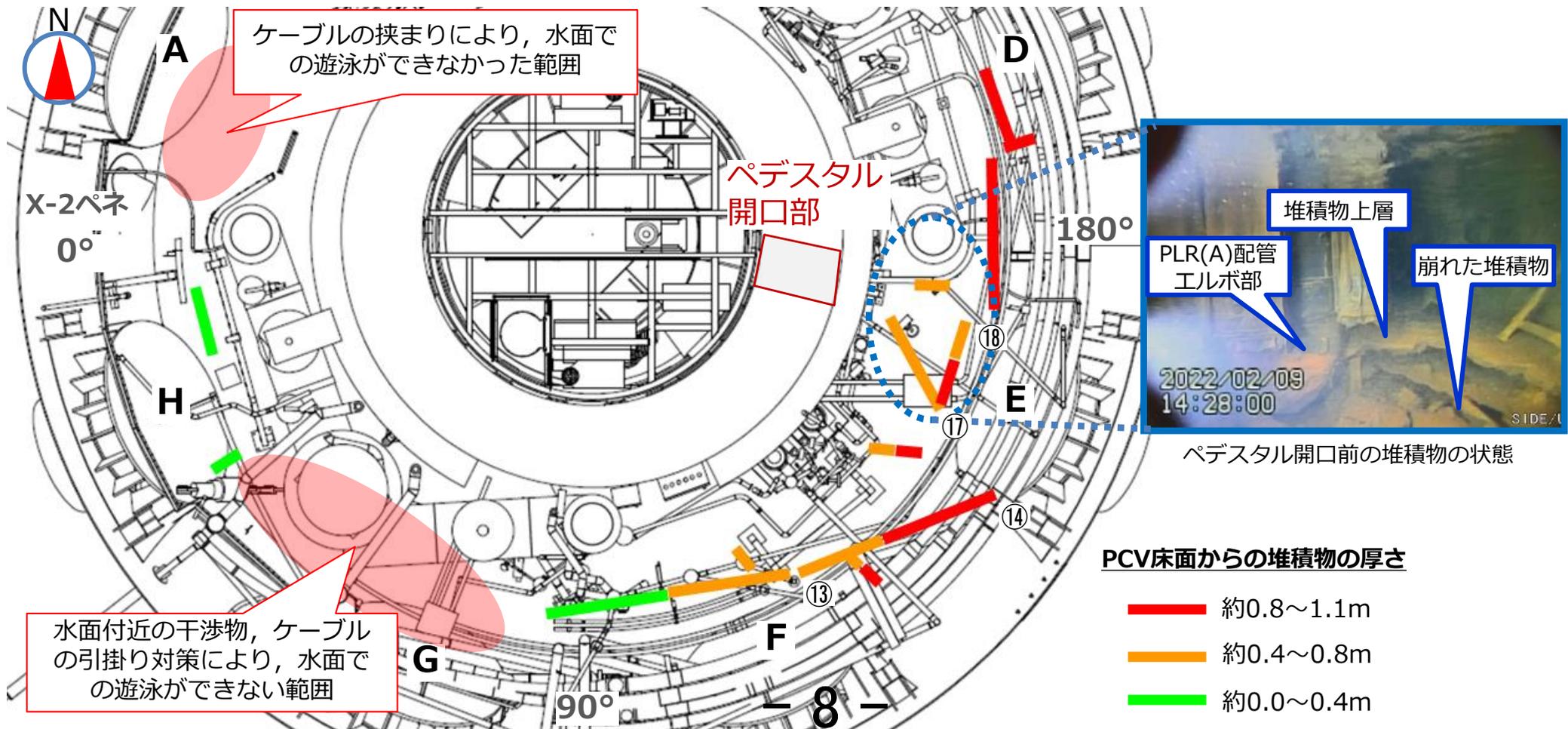
4. ROV-Cによる堆積物厚さ測定実績

- 調査範囲：ROV投入位置から約215°の範囲（測定を回避した一部の範囲を除く）
- 調査方法：水面を一定速度で遊泳しながら、堆積物（PCV底部方向）へ超音波を発信、跳ね返りを受信
- 調査箇所：13箇所
- 評価
 - 取得した超音波測定データと、測定位置の映像・既設構造物の位置情報を比較し、水面から堆積物までの距離や厚さを推定



5. ROV-Cによる堆積物厚さ測定結果まとめ(全13箇所)

- 超音波測定データ及びROV-C・A2の調査時の映像から、粉状・泥状の堆積物は想定より薄いと評価。また、堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）内部の状態（空洞の存在等）については、今回の調査結果からは評価不可
- PCV底部からの堆積物厚さについては、ペDESTAL開口部付近が比較的高く、ROV投入位置であるX-2ペネ付近に近づくにつれて徐々に低くなっていることを確認
- ペDESTAL開口部前の堆積物が一部低くなっている(下図、青点線囲い部)が、調査映像より堆積物が崩れているためと推定。



※PCV床面からの堆積物の高さは水位2.0mを基準として算出

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

(参考) 堆積物の状態が特徴的な調査ポイントの評価結果 (1/2)

<⑬ - ⑭の評価結果>

- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約0.95～1.5mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.5～1.05mと評価
- 堆積物は調査映像より、遮へい体前に空洞部が確認されており、測定結果についても空洞部の段差を確認

調査ポイント名

⑬ - ⑭

調査マップ

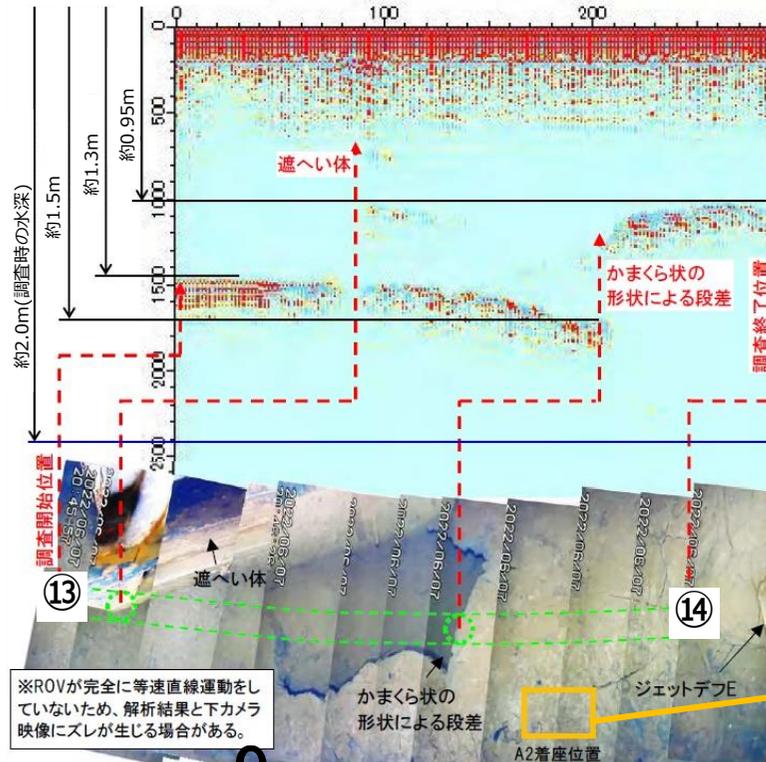
- ⑬ : 測定開始位置
- ⑭ : 測定終了位置
- ➡ : ROV遊泳ルート



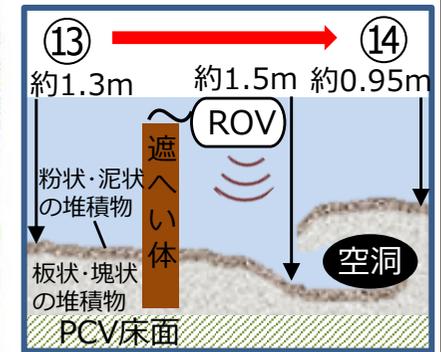
水温

21℃

水面からの距離(水距離)



※ROVが完全に等速直線運動をしていないため、解析結果と下カメラ映像にズレが生じる場合がある。



堆積物の状態のイメージ図

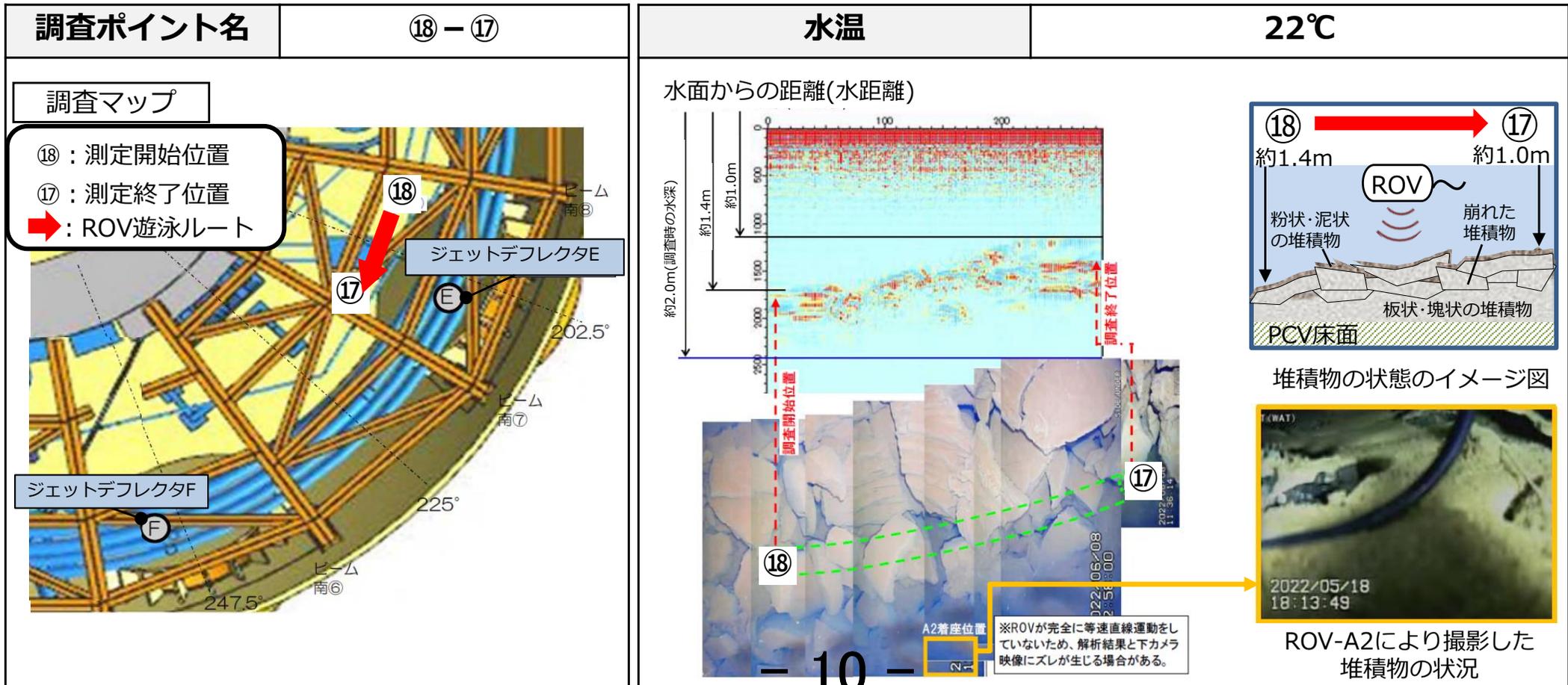


ROV-A2により撮影した堆積物の状況

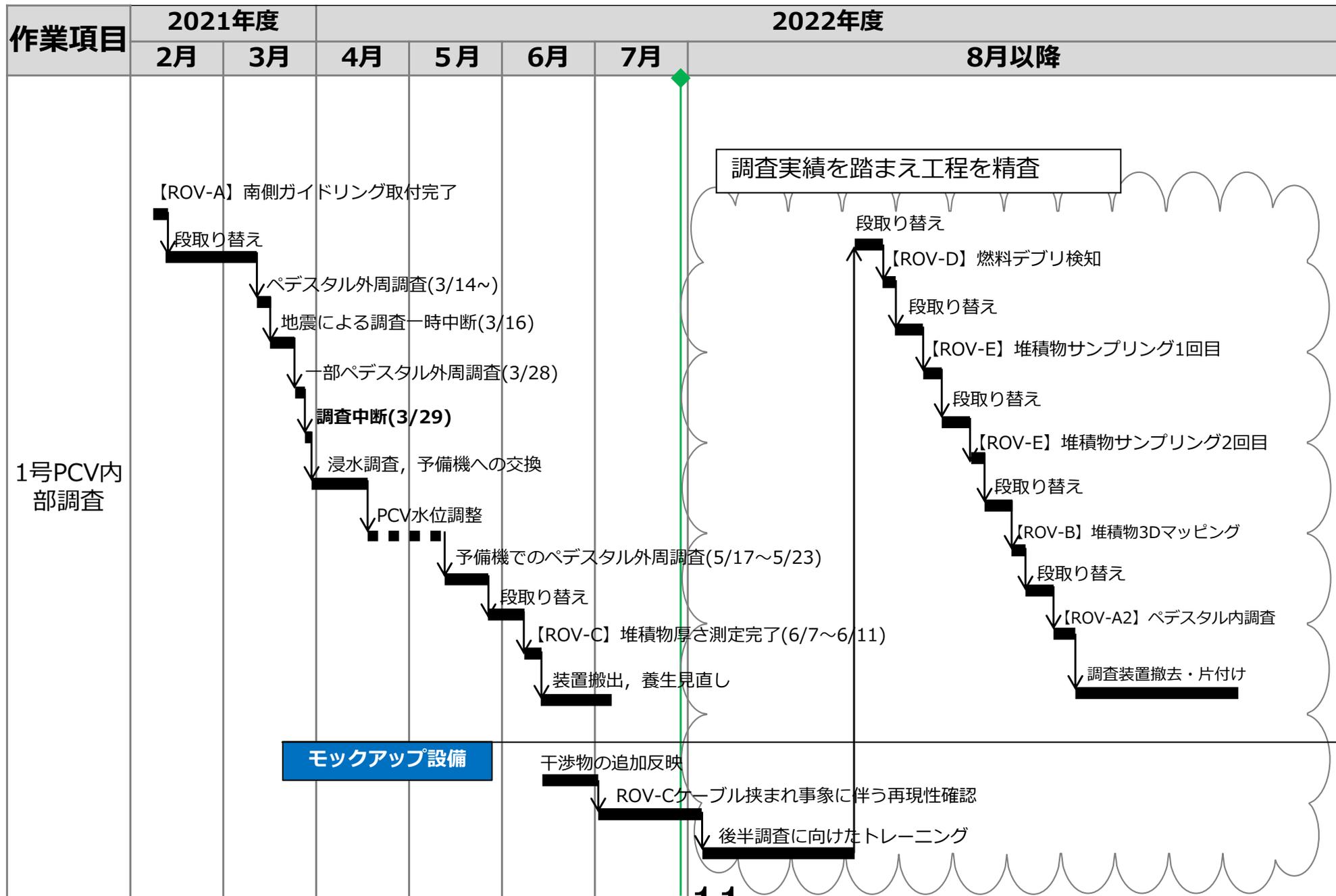
(参考) 堆積物の状態が特徴的な調査ポイントの評価結果 (2/2)

<⑱ - ⑰の評価結果>

- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.0~1.4mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.6~1.0mと評価
- 堆積物は調査映像より、崩れた状態が確認されており、測定結果についても崩れた堆積物の凹凸を確認

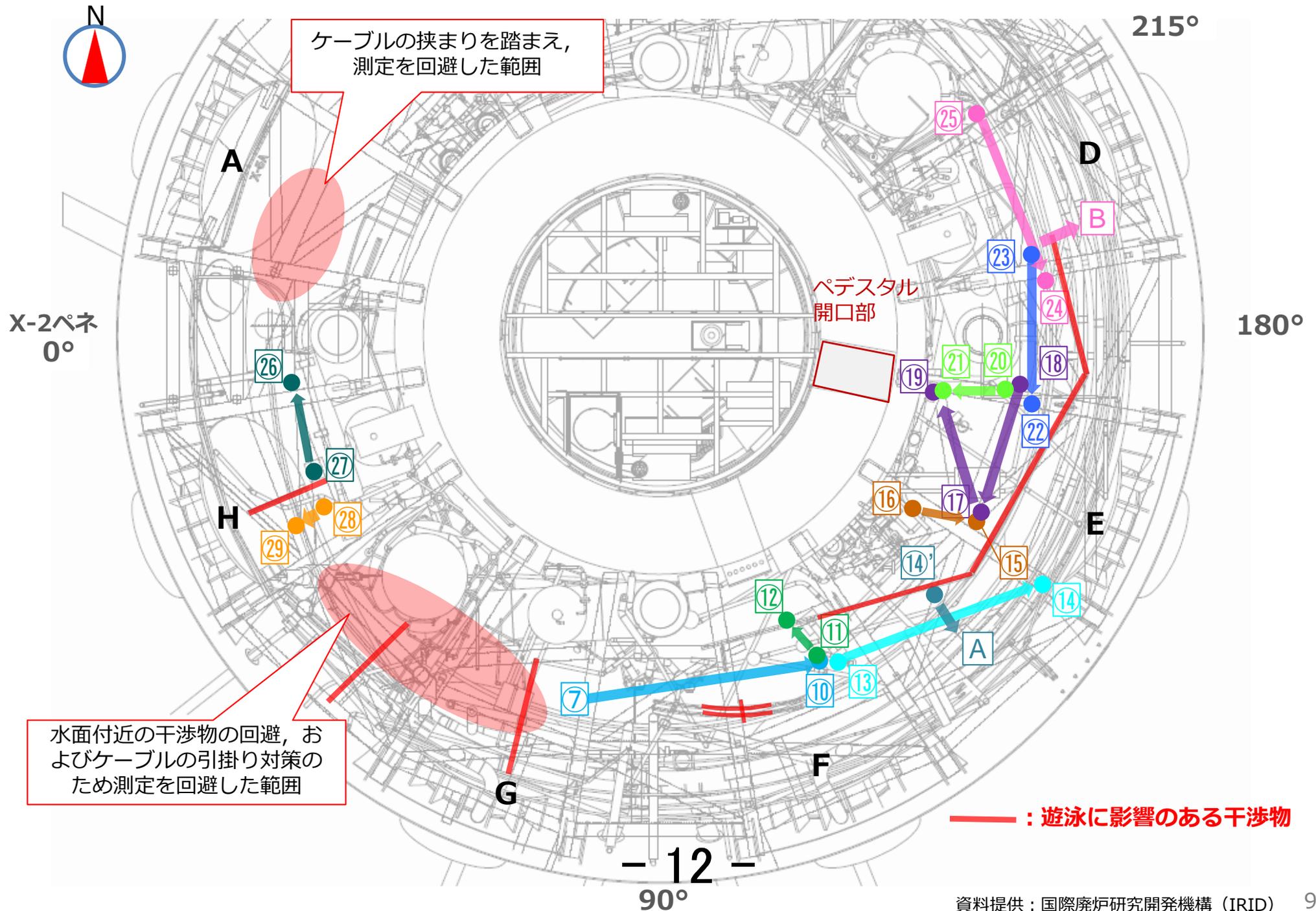


6. 今後の予定



(注) 各作業の実施時期については計画であり、現場作業の進捗状況によって時期は変更の可能性あり。

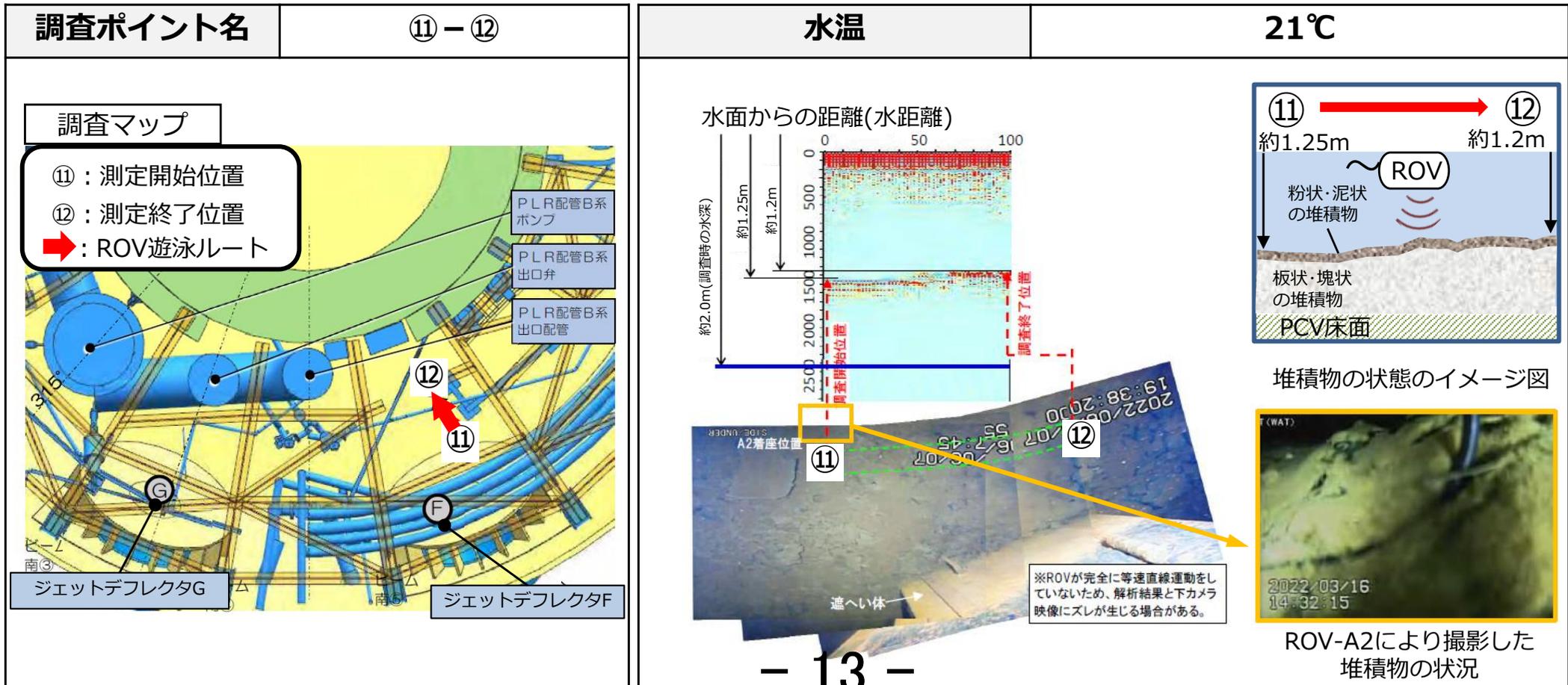
(参考) ROV-Cによる堆積物厚さ測定箇所マップ



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (1 / 8)

<⑪ - ⑫の評価結果>

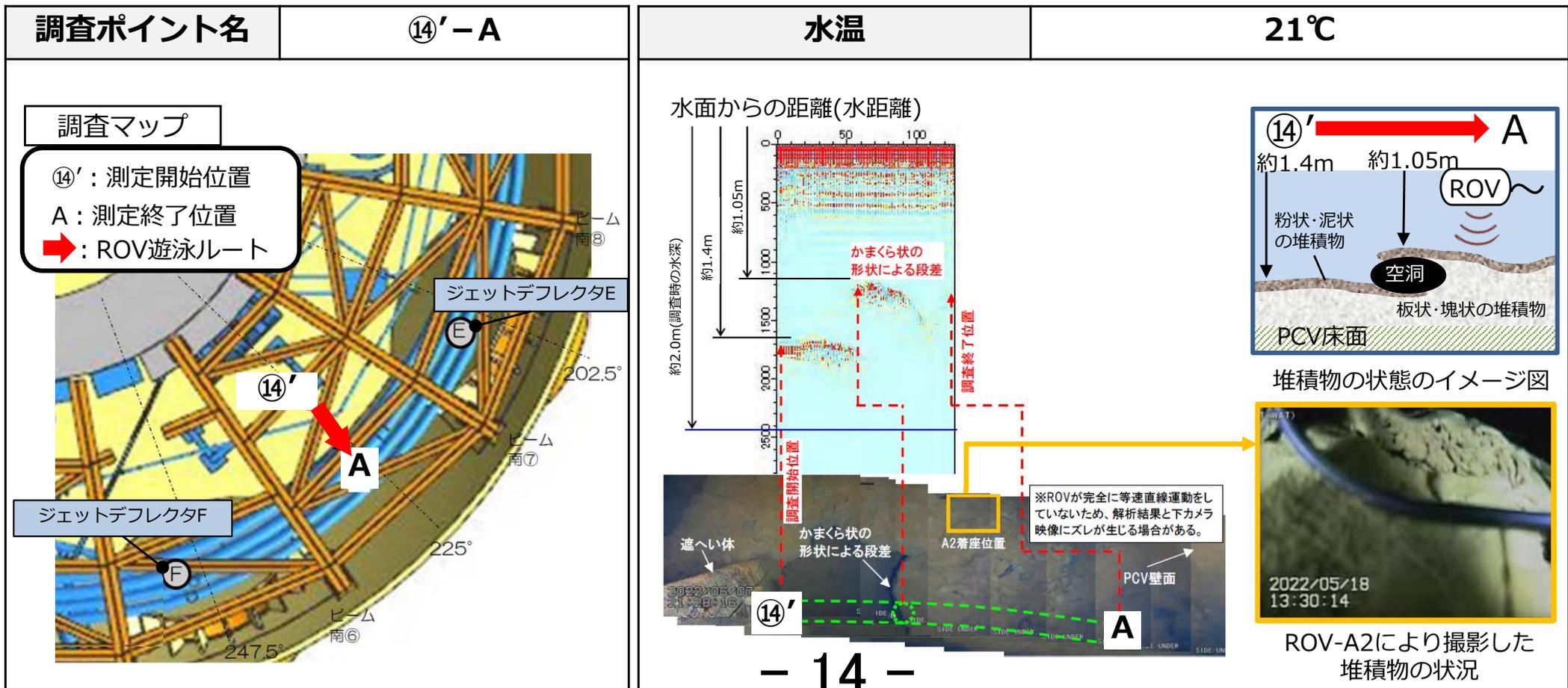
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.2~1.25mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.75~0.8mと評価
- 堆積物の厚さは、調査ポイント⑪から⑫に向かって増加傾向



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (2/8)

<⑭'-Aの評価結果>

- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.05～1.4mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.6～0.95mと評価
- 堆積物は調査映像より、遮へい体前に空洞部が確認されており、測定結果についても空洞部の段差を確認



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (3/8)

<⑬ - ⑭の評価結果>

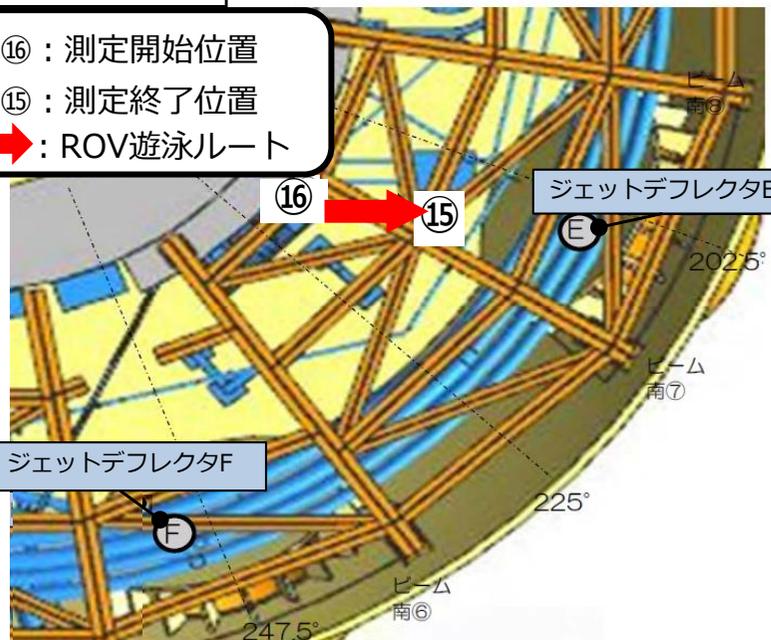
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約0.9~1.4mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.6~1.1mと評価
- 堆積物は調査映像より、崩れた状態が確認されており、測定結果についても崩れた堆積物の凹凸を確認

調査ポイント名

⑬ - ⑭

調査マップ

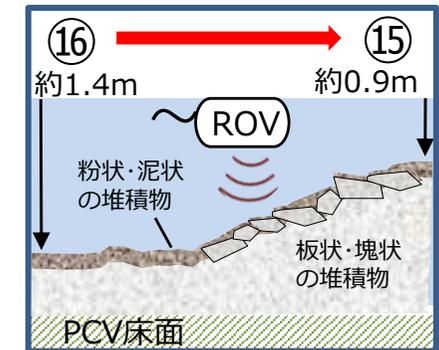
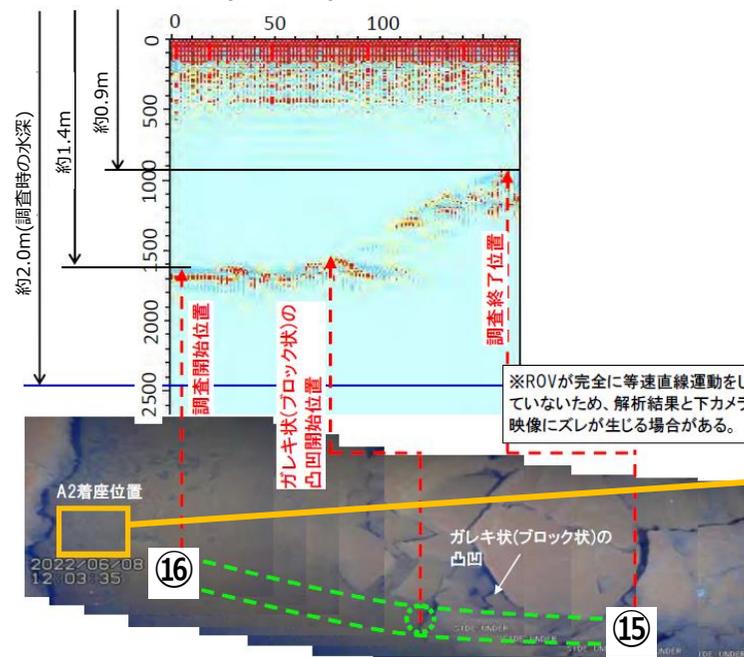
- ⑬：測定開始位置
- ⑭：測定終了位置
- ➡：ROV遊泳ルート



水温

22℃

水面からの距離(水距離)



堆積物の状態のイメージ図

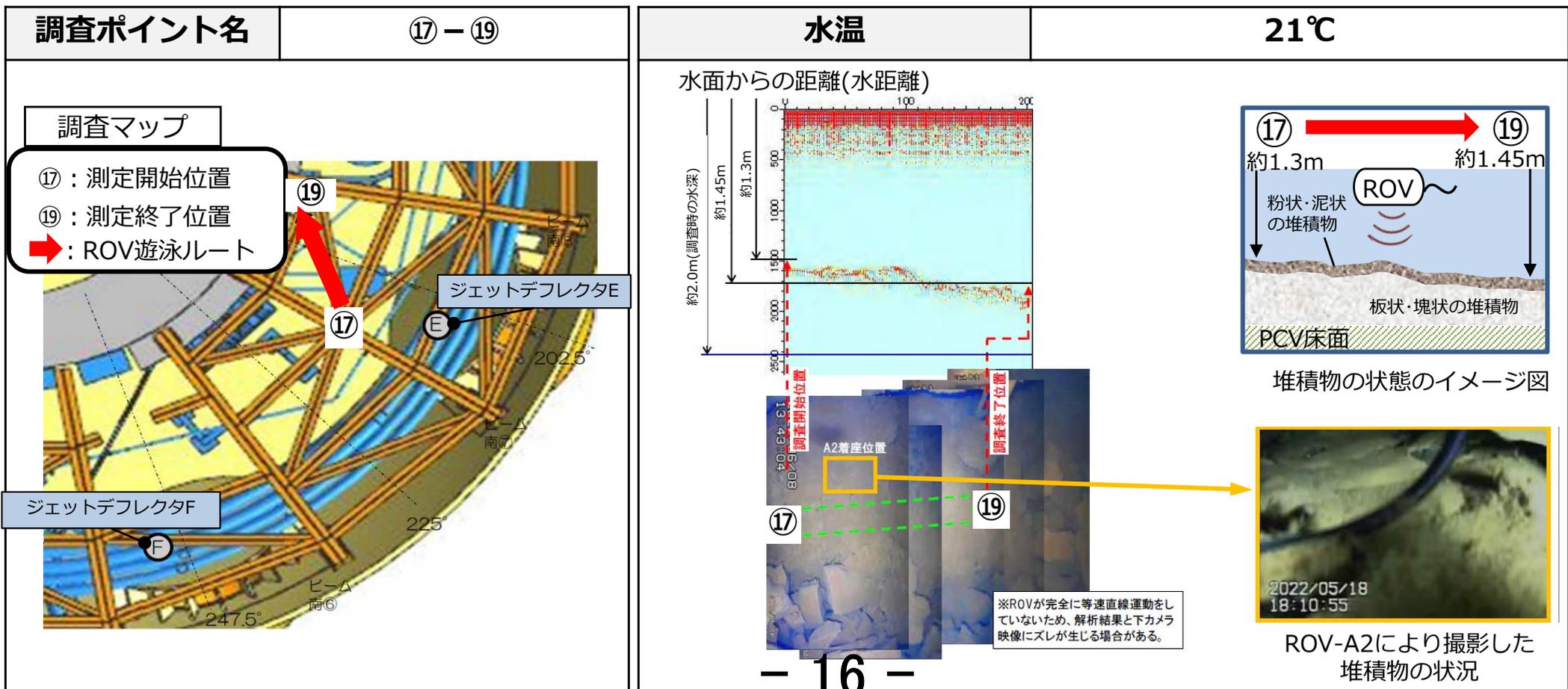


ROV-A2により撮影した堆積物の状況

(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (4/8)

<⑰ - ⑲の評価結果>

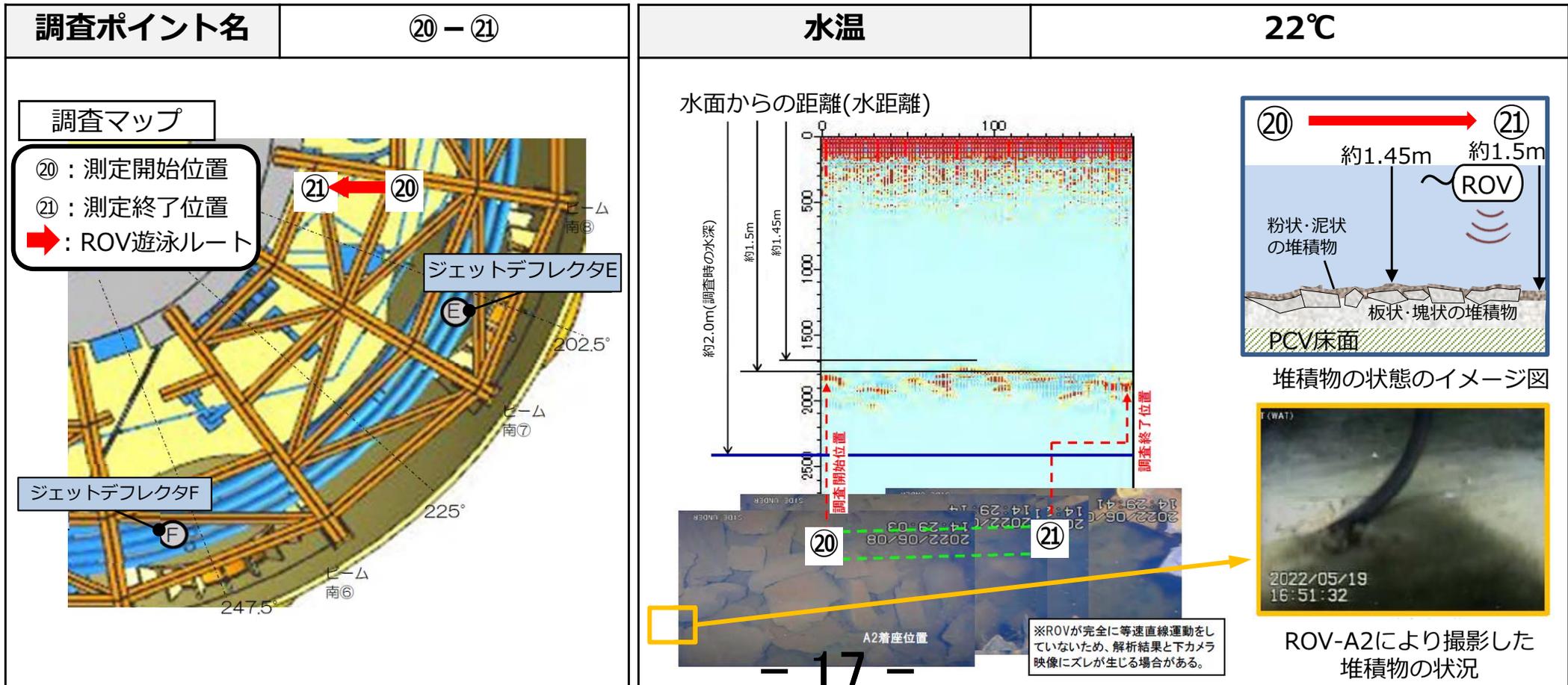
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.3~1.45mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.55~0.7mと評価
- 堆積物の厚さは、調査ポイント⑰から⑲に向かって減少傾向であるが、ペDESTAL開口部前の崩れた堆積物による影響と推定



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (5/8)

<⑳ - ㉑の評価結果>

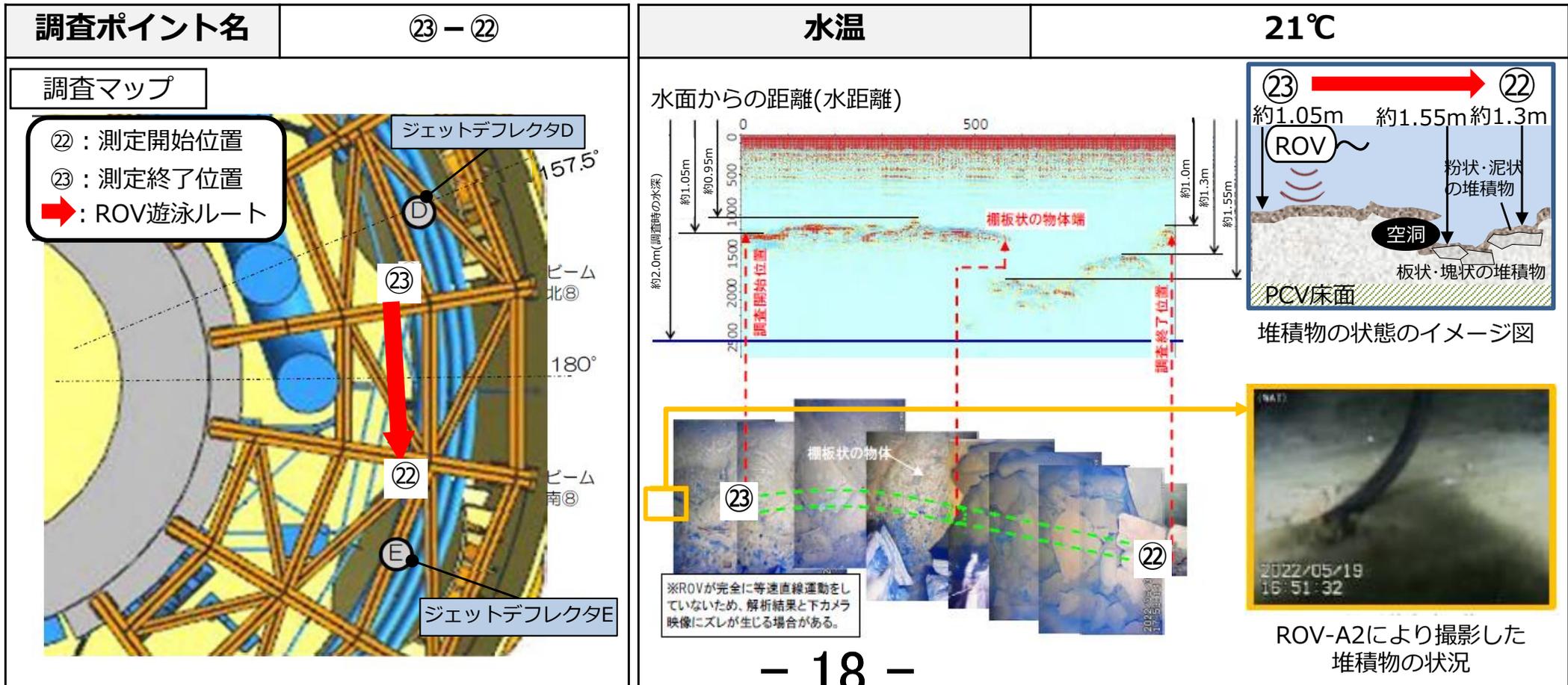
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.45～1.5mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.5～0.55mと評価
- 堆積物は調査映像より、崩れた状態が確認されており、測定結果についても崩れた堆積物の凹凸を確認



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (6/8)

<⑳ - ㉓の評価結果>

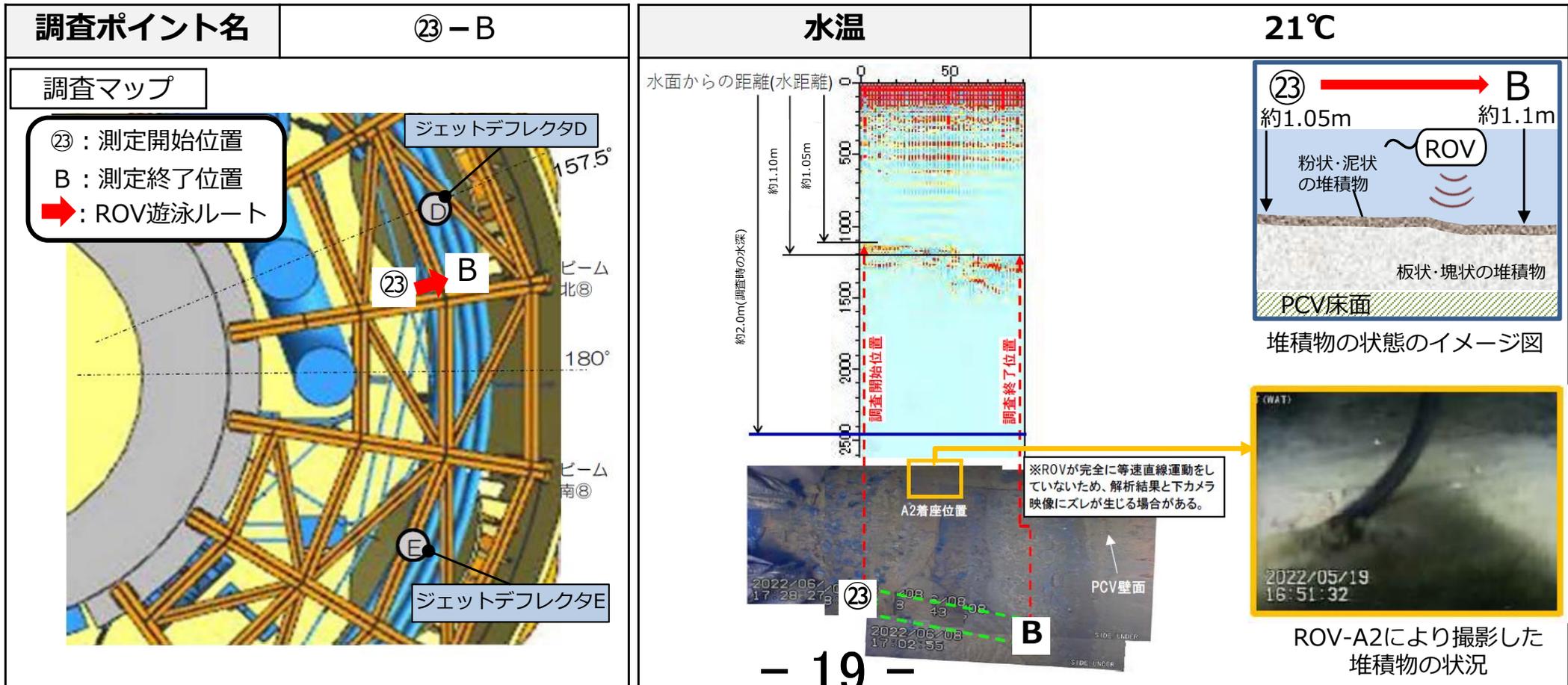
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約0.95～1.55mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.45～1.05mと評価
- 堆積物は調査映像より、崩れた状態が確認されており、測定結果についても崩れた堆積物の凹凸を確認



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (7/8)

<②③ - Bの評価結果>

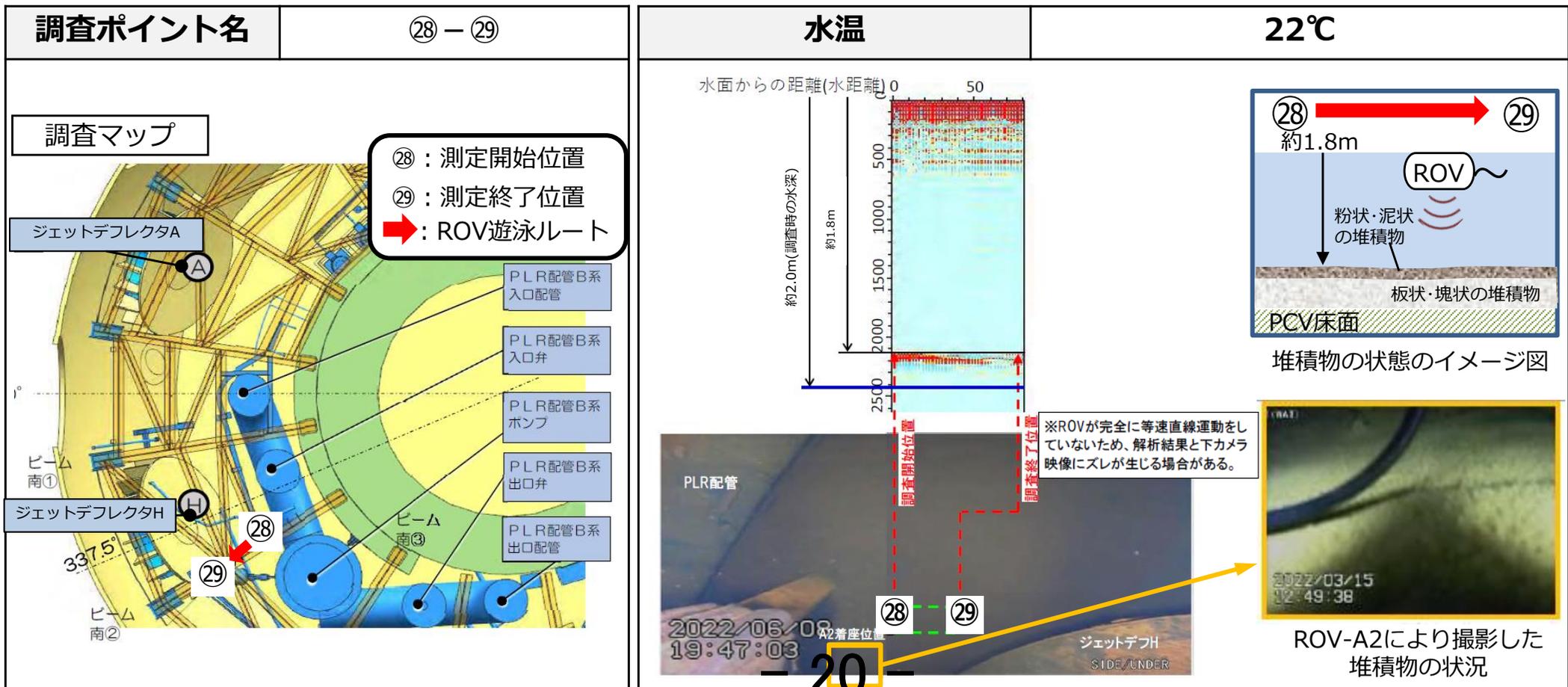
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.05～1.10mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.90～0.95mと評価
- 堆積物の厚さは、調査ポイント②③からBに向かって、やや減少傾向



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 (8/8)

<⑳ - ㉑の評価結果>

- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.8mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.2mと評価
- 当調査ポイントの堆積物は比較的なだらかであり、堆積物の厚さに大きな変化はない



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 / 6月公表済箇所(1/3)

<ジェットデフレクター (D) 付近 / ②⑤ - ②④の評価結果>

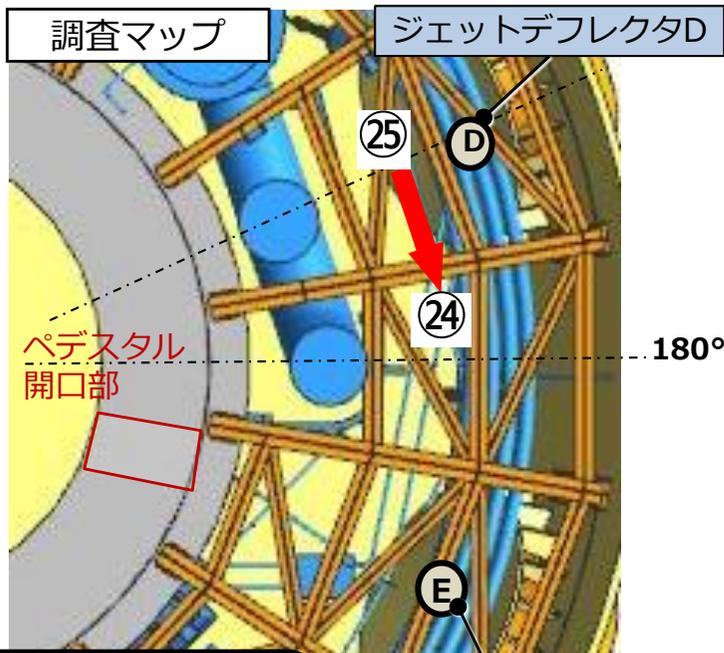
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.0~1.2mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.8~1.0mと評価
- 堆積物の厚さは、調査ポイント②⑤から②④に向かって増加傾向

調査ポイント名

②⑤ - ②④

水温

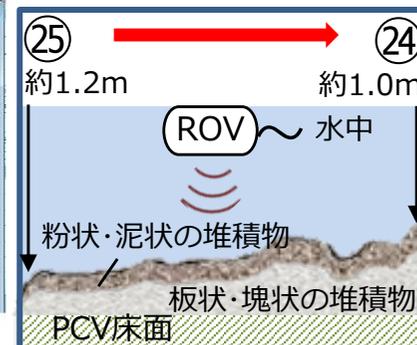
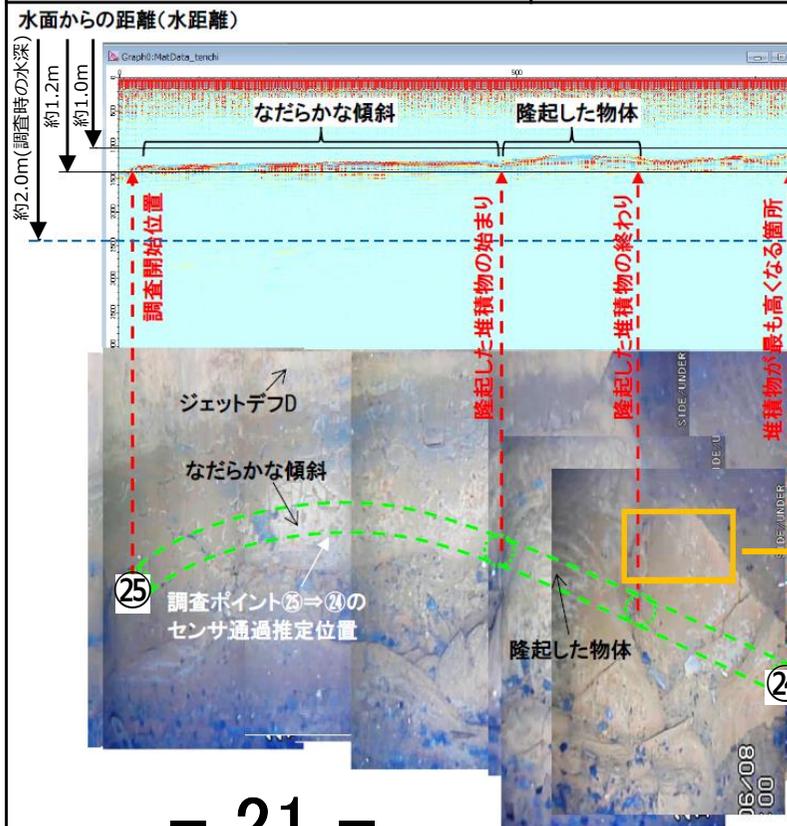
21℃



②⑤ : 測定開始位置

②④ : 測定終了位置

➡ : ROV遊泳ルート



堆積物の状態のイメージ図

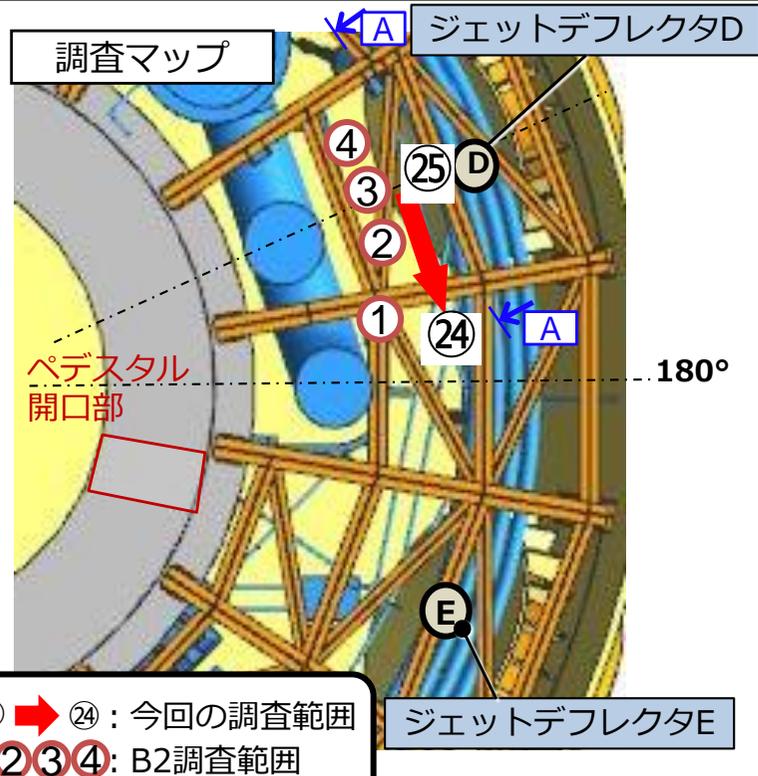


ROV-A2により撮影した堆積物の状況

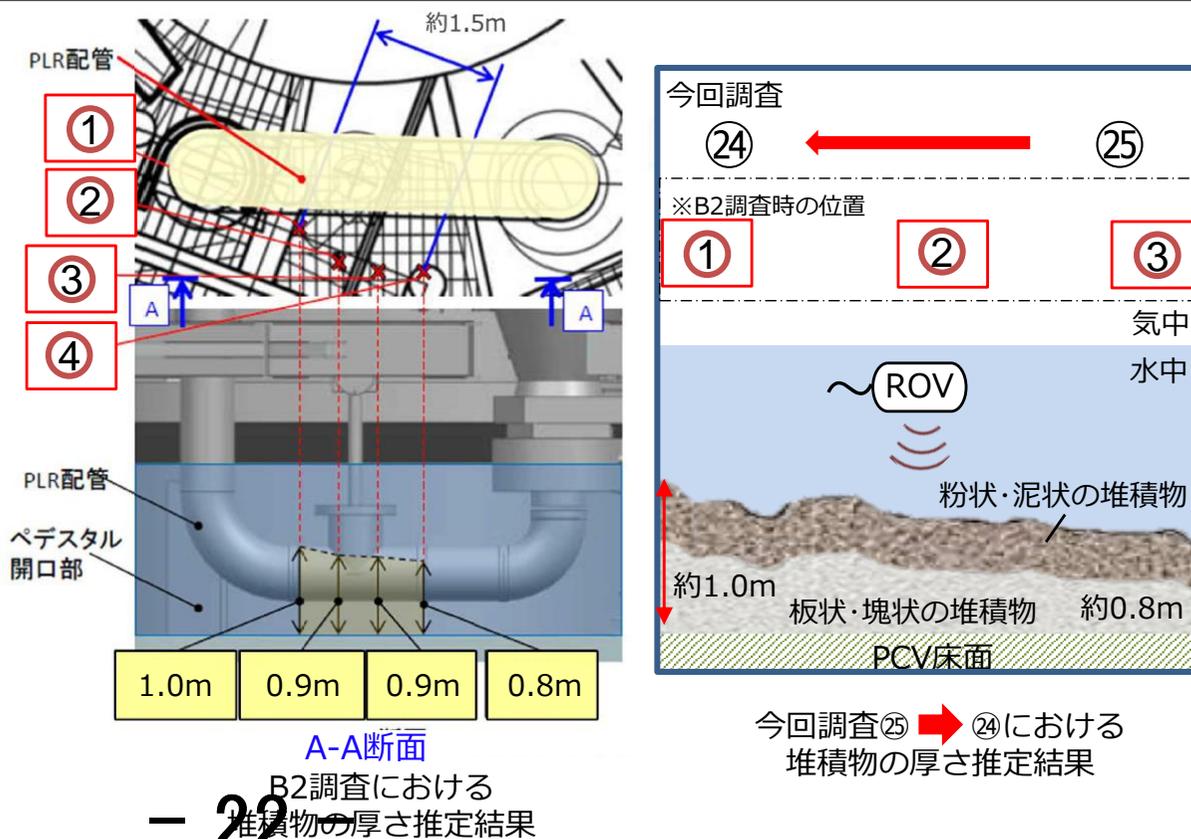
(参考) 2017年 1号機B2調査と調査ポイント②⑤ - ②④の比較

- 2017年に実施した1号機PCV内部調査(以下, B2調査)にて, 今回の調査ポイント②⑤ - ②④近傍を調査
- B2調査では映像データから堆積物厚さを推定しており, 約0.8~1.0mであると評価
- 今回の調査ポイント②⑤ - ②④においても, 堆積物の厚さは約0.8~1.0mであると評価しており, 堆積物厚さの増加傾向も類似

調査ポイント比較



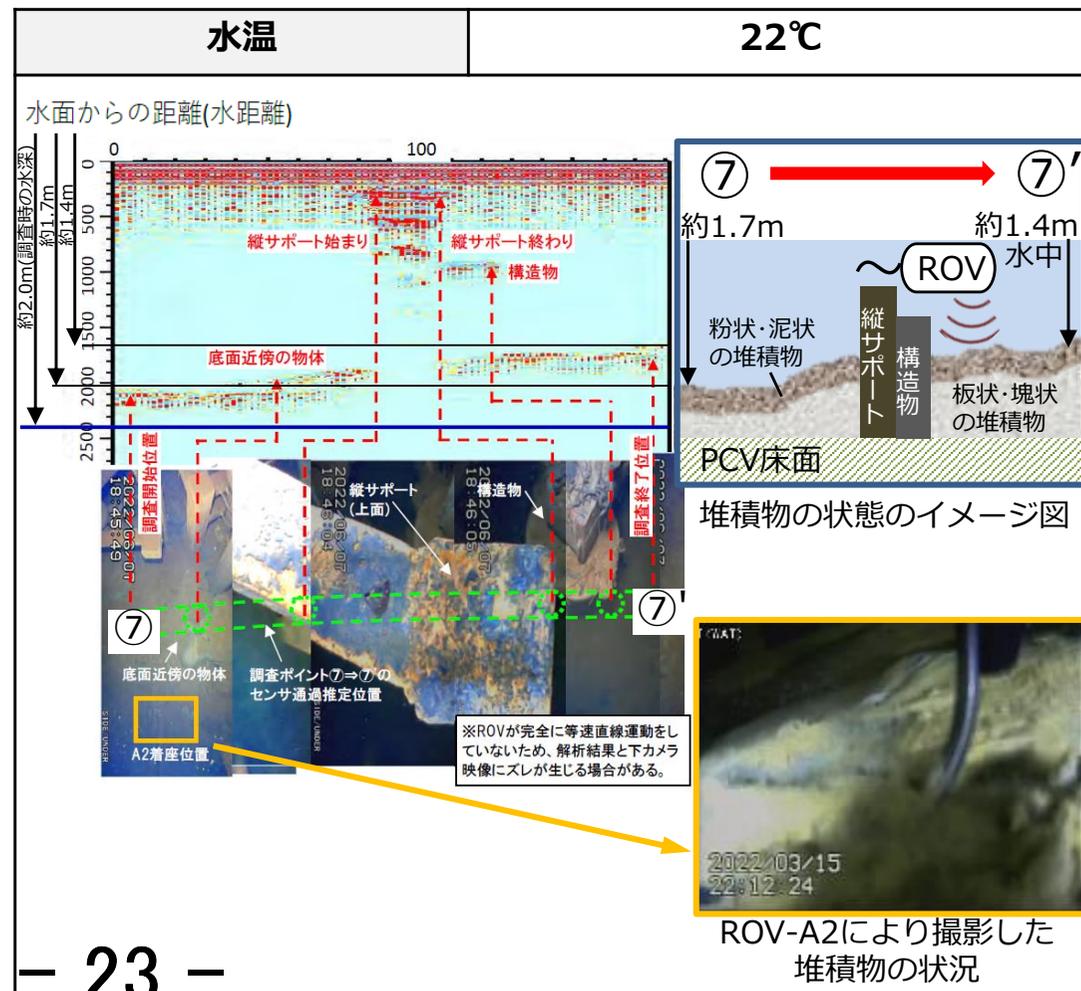
堆積物の状態比較



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 / 6月公表済箇所(2/3)

<ジェットデフレクター (G), (F) 付近 / ⑦ - ⑩ (⑦ - ⑦')の評価結果>

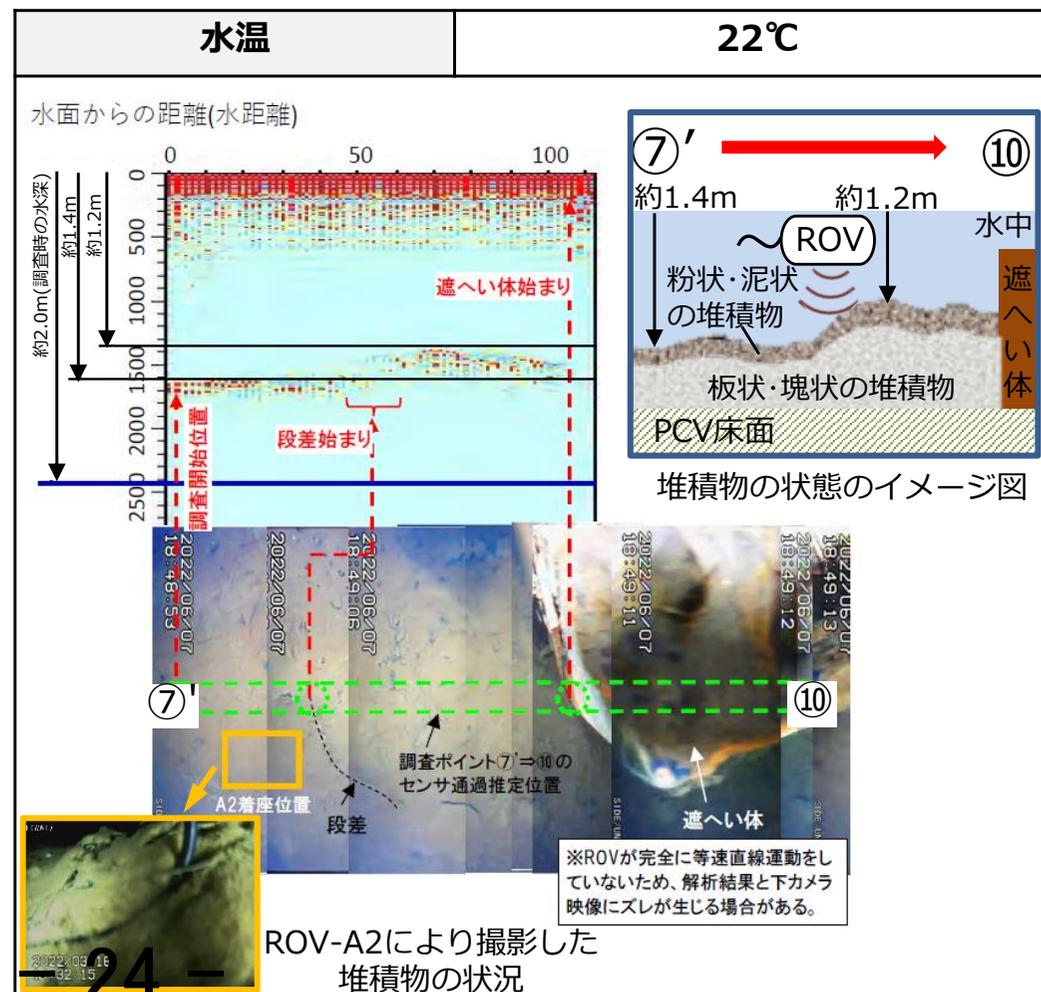
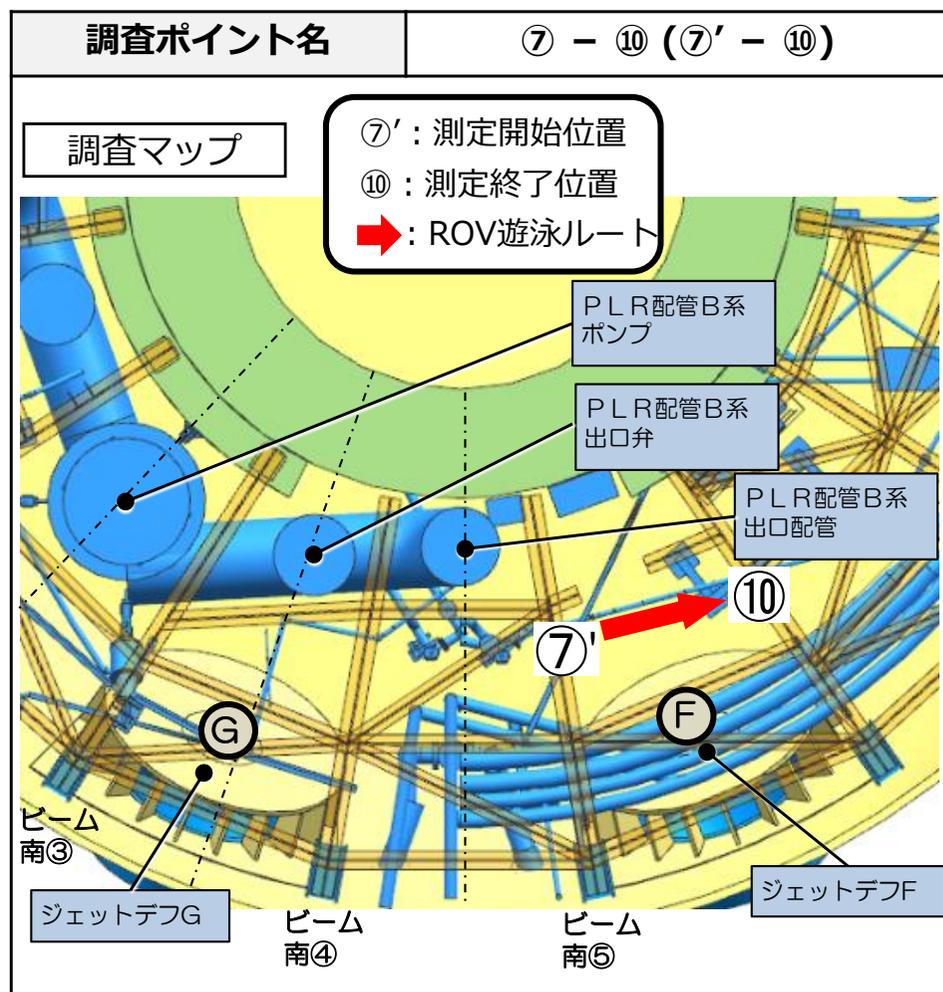
- 水面から堆積物（粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む）までの距離は約1.4~1.7mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.3~0.6mと評価
- 堆積物の厚さは、調査ポイント⑦から⑦'に向かって増加傾向
- 計測結果に突出した値が確認されたが、カメラ映像から縦サポート、構造物と判明



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 / 6月公表済箇所(2/3)

<ジェットデフレクター (F) 付近 / ⑦ - ⑩ (⑦' - ⑩) の評価結果>

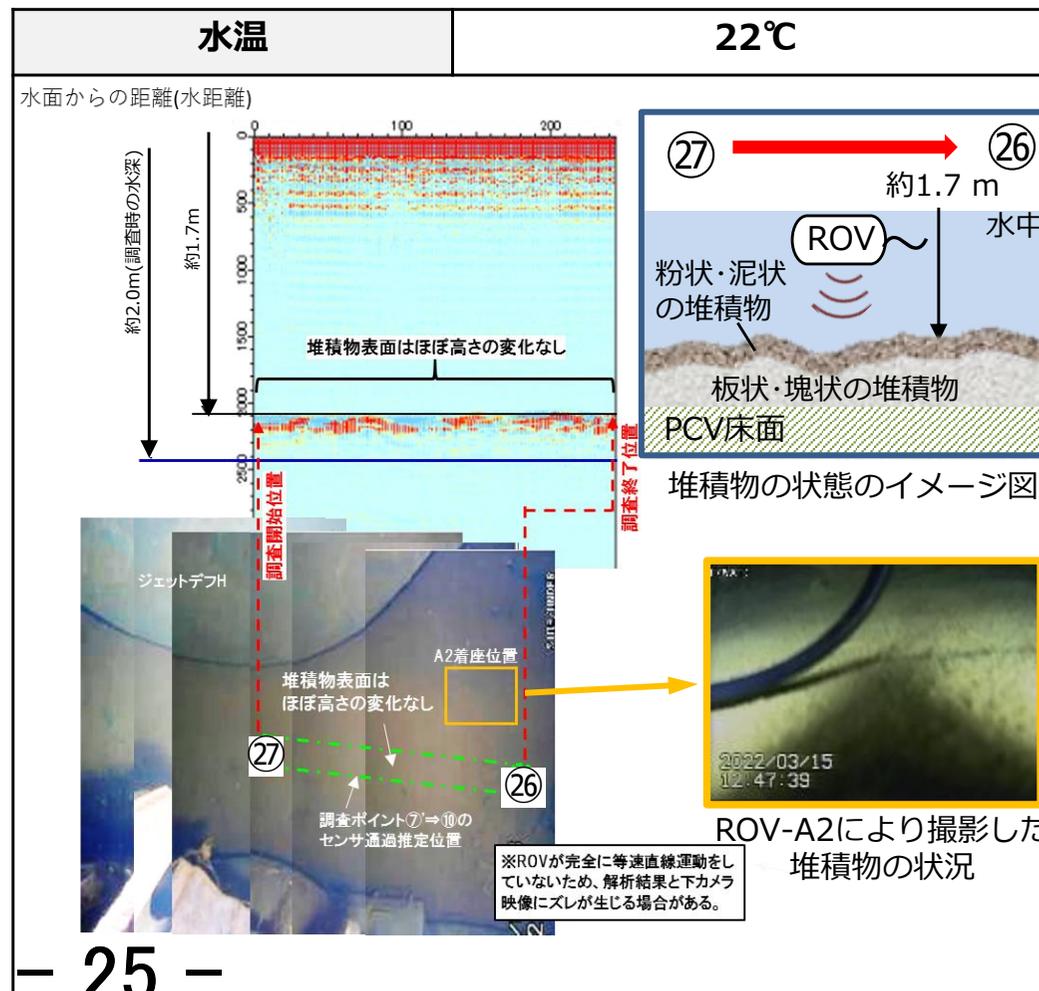
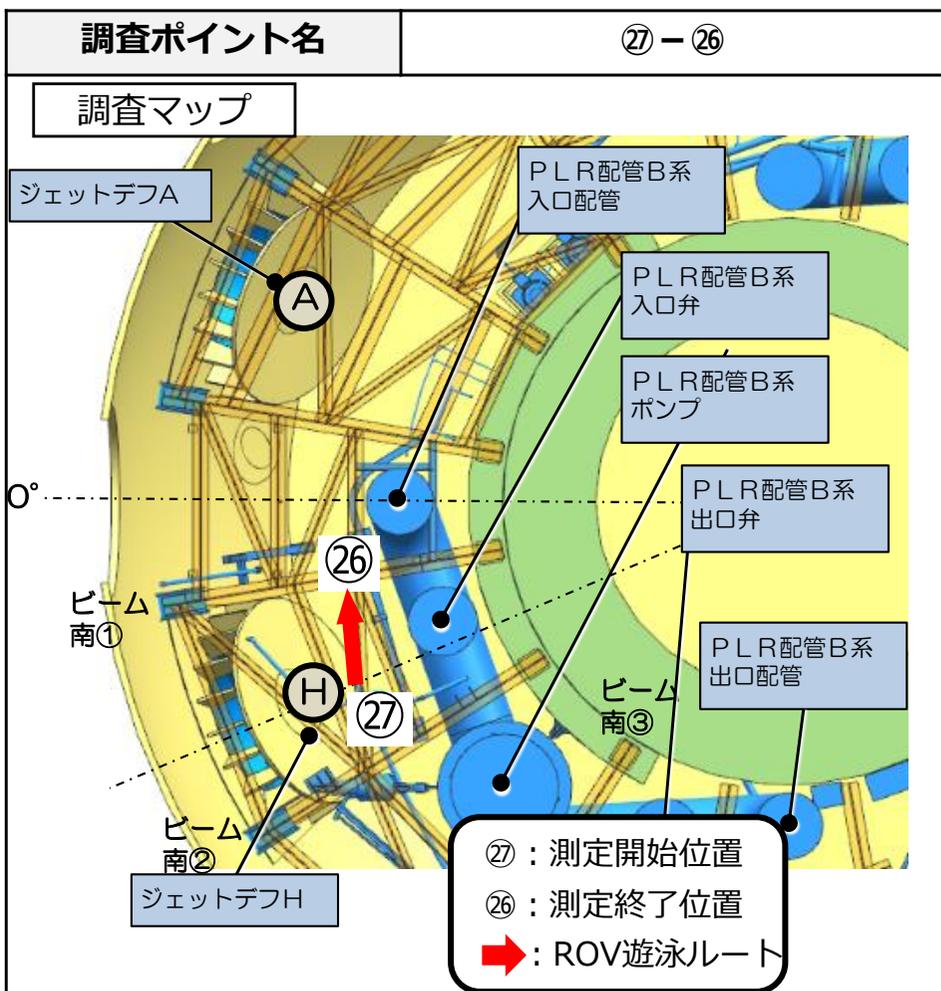
- 水面から堆積物 (粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む) までの距離は約1.2~1.4mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると, 堆積物の厚さは約0.6~0.8mと評価
- 堆積物の厚さは, 調査ポイント⑦'から⑩に向かって増加傾向
- 計測結果に突出した値が確認されたが, カメラ映像から遮へい体と判明



(参考) 各ポイント毎の評価結果と考察 / 6月公表済箇所(3/3)

<ジェットデフレクター (H) 付近 / ②⑦ - ②⑥の評価結果>

- 水面から堆積物 (粉状・泥状および板状・塊状の堆積物含む) までの距離は約1.7mと評価
- 測定時におけるPCV水深が約2.0mであったことを踏まえると、堆積物の厚さは約0.3mと評価
- 当調査ポイントの堆積物は比較的なだらかであり、堆積物の厚さに大きな変化はない

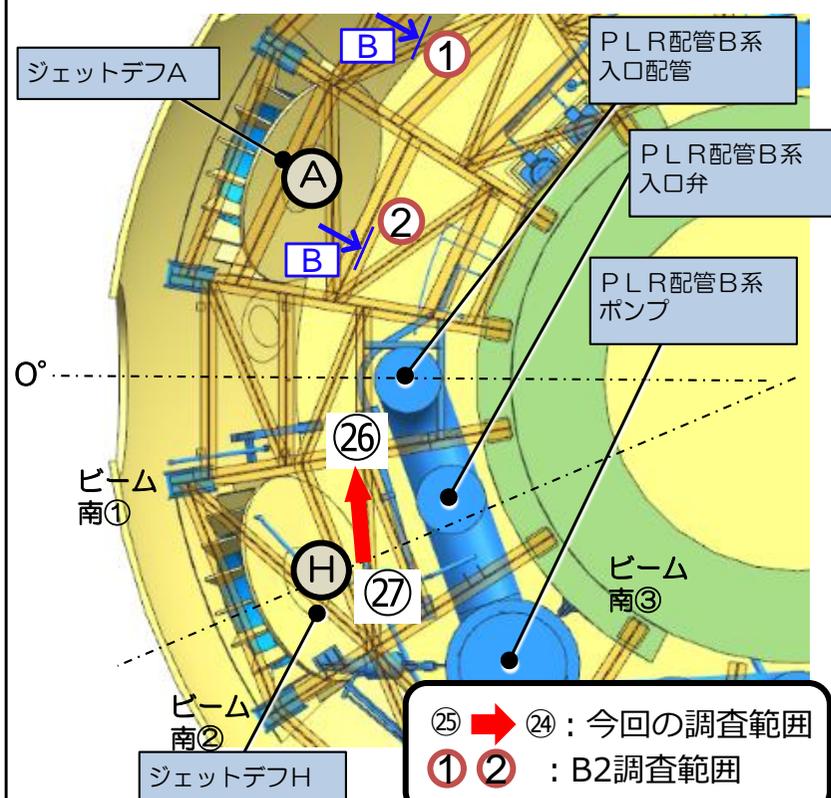


(参考) 2017年 1号機B2調査と調査ポイント⑳ - ㉞の比較

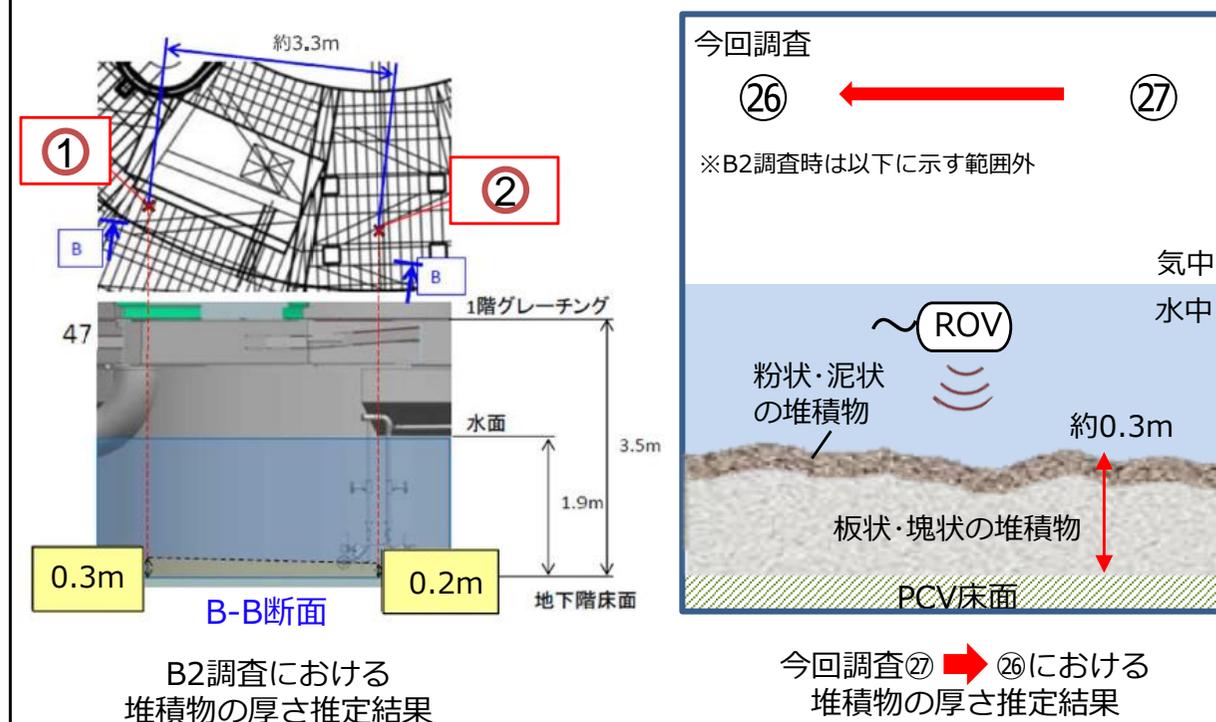
- 2017年に実施したB2調査において、今回のROV投入位置であるX-2ペネ付近を調査
- B2調査では映像データから堆積物厚さを推定しており、ROV投入位置であるX-2ペネ付近は約0.2~0.3mであると評価
- 今回の調査ポイント㉞ - ㉞において、堆積物の厚さは約0.3mであると評価しており、堆積物の傾斜が比較的緩やかな点についても類似

調査ポイント比較

調査マップ



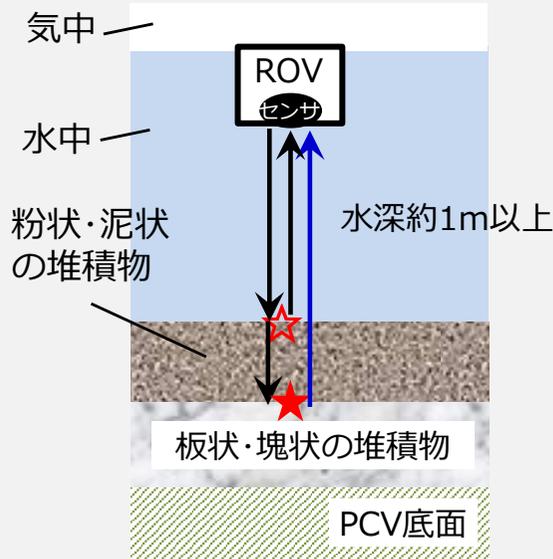
堆積物の状態比較



(参考) 粉状・泥状の堆積物における測定可能および困難なケース

■ 粉状・泥状の堆積物の厚さを正しく測定するためには左図の条件が必須

測定可能なケース



粉状・泥状の堆積物の条件
 厚さ:約40mm~1.0m
 平均粒径:約45~1,700um
 内部に気泡を含まない

☆: 粉状・泥状の堆積物の超音波跳ね返り位置

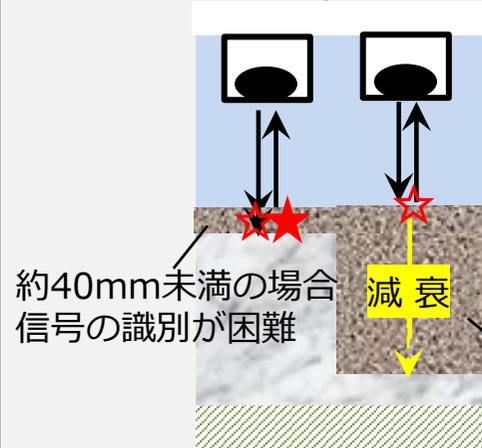
★: 板状・塊状の堆積物の超音波跳ね返り位置

(参考)

粉状・泥状の堆積物厚さは、それぞれの堆積物から跳ね返ってくる時間差から評価

測定困難なケース

(1)測定範囲外
 粉状・泥状の堆積物の厚さが約40mm未満、1.0m超過の場合

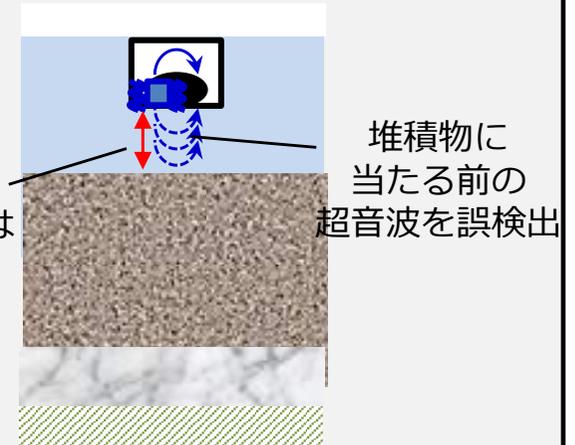


約40mm未満の場合
 信号の識別が困難

減衰

約1.0m超過の場合、
 信号が減衰

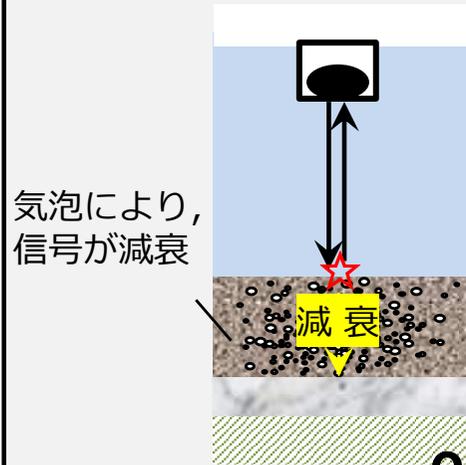
(2)不感帯と重畳
 センサ近傍の不感帯では測定不可



堆積物に
 当たる前の
 超音波を誤検出

センサから
 約0.4~0.5mは
 不感帯

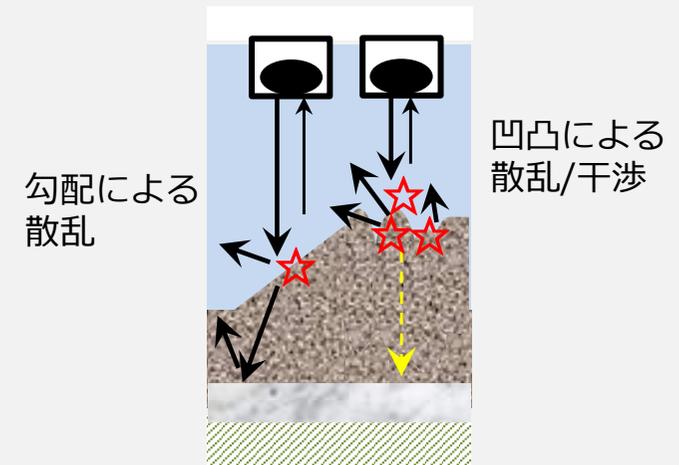
(3)気泡の影響
 粉状・泥状の堆積物内に
 気泡を多く含む場合



気泡により、
 信号が減衰

減衰

(4)測定対象箇所の形状による影響
 測定箇所の表面の形状が、
 強い勾配・凹凸のある場合

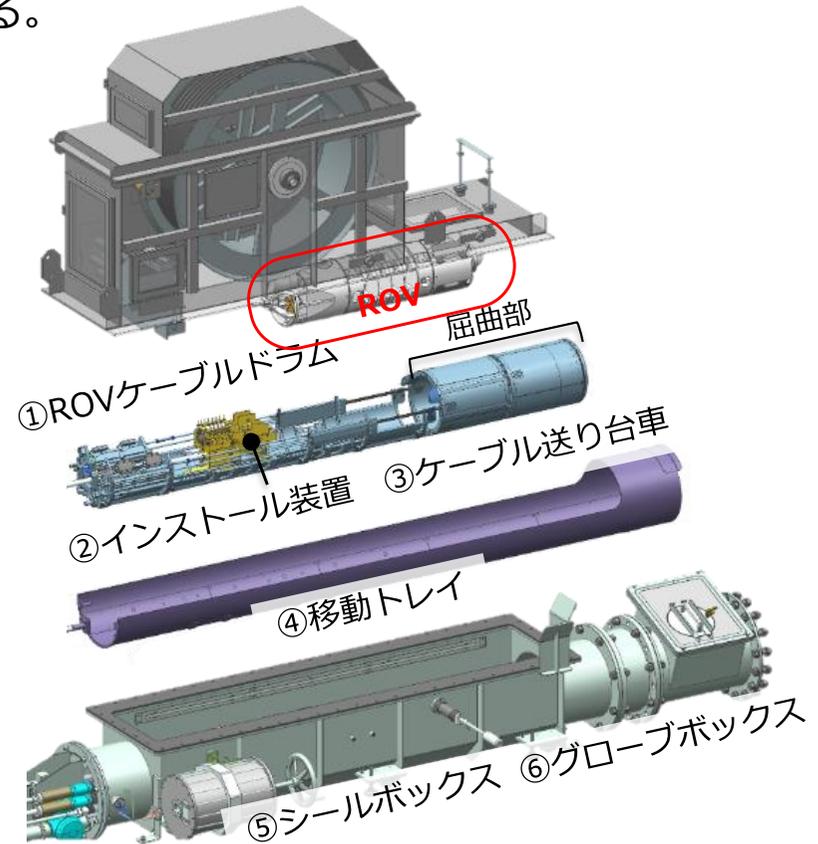
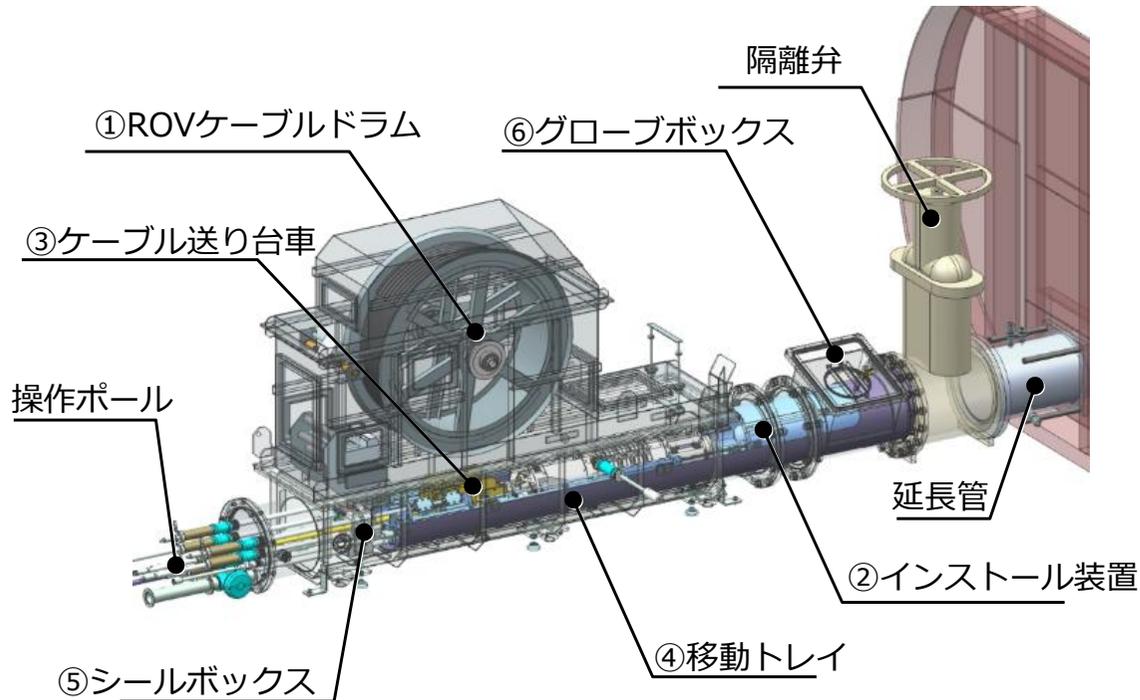


勾配による
 散乱

凹凸による
 散乱/干渉

(参考) 調査装置詳細 シールボックス他装置

ROVをPCV内部にインストール/アンインストールする。
ROVケーブルドラムと組み合わせてPCVバウンダリを構築する。

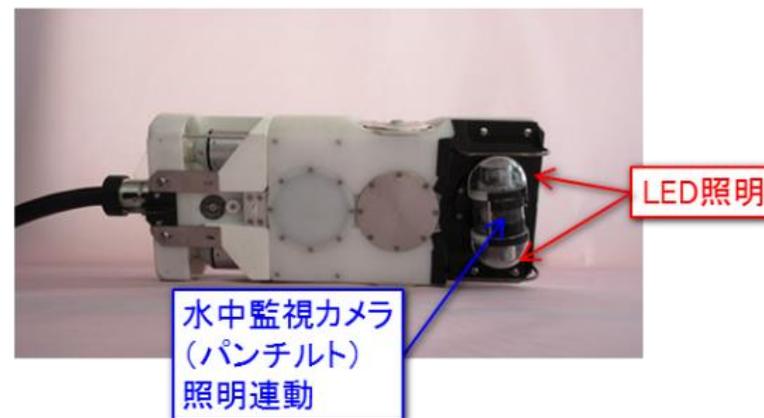
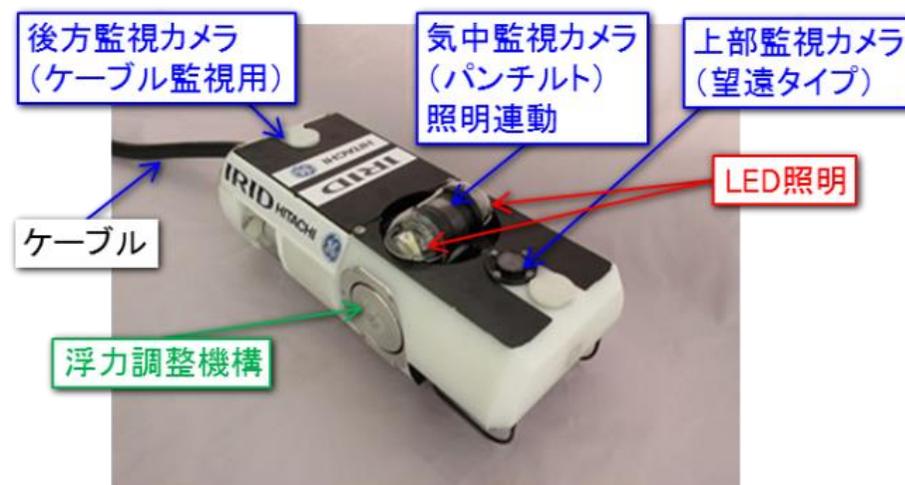
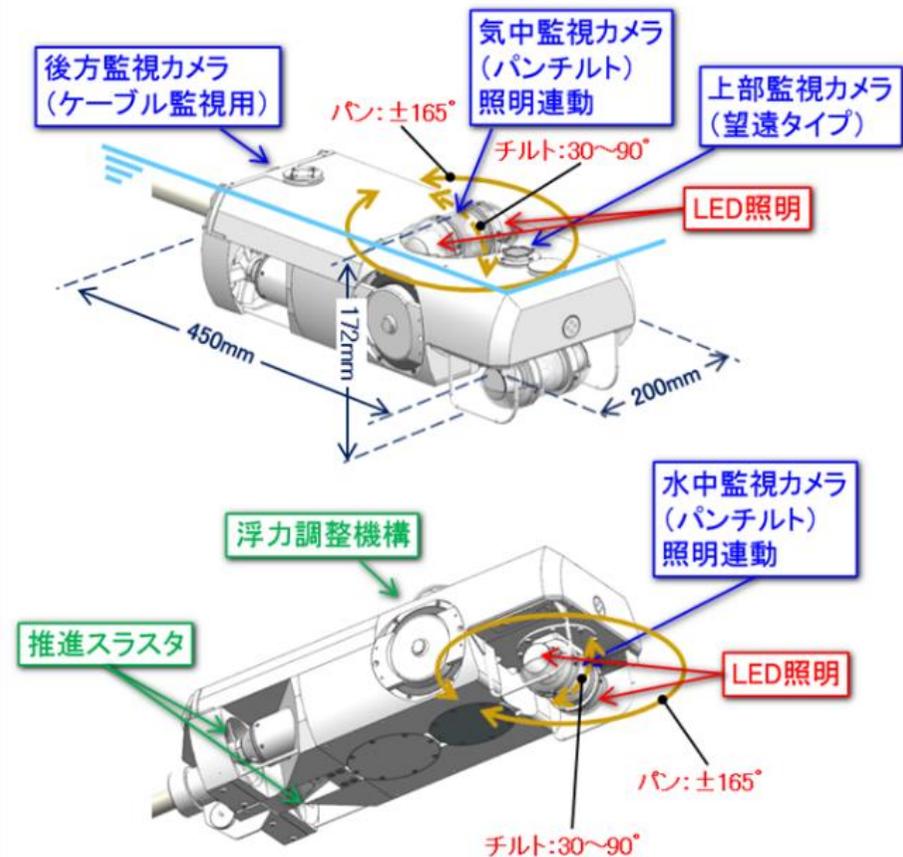


構成機器名称	役割
① ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
② インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③ ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④ 移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤ シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥ グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

(参考) 調査装置詳細 ROV-A2_詳細目視調査用

調査装置	計測器	実施内容
ROV-A2 詳細目視	ROV保護用（光ファイバー型γ線量計※，改良型小型B10検出器） ※：ペDESTAL外調査用と同じ	地下階の広範囲とペDESTAL内（※）のCRDハウジングの脱落状況などカメラによる目視調査を行う（※アクセスできた場合）
	員数：2台 航続可能時間：約80時間/台 調査のために細かく動くため、柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル(φ23mm)を採用	

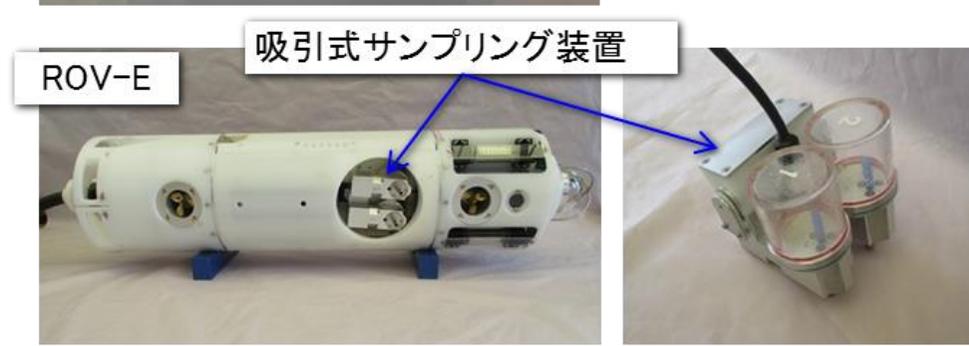
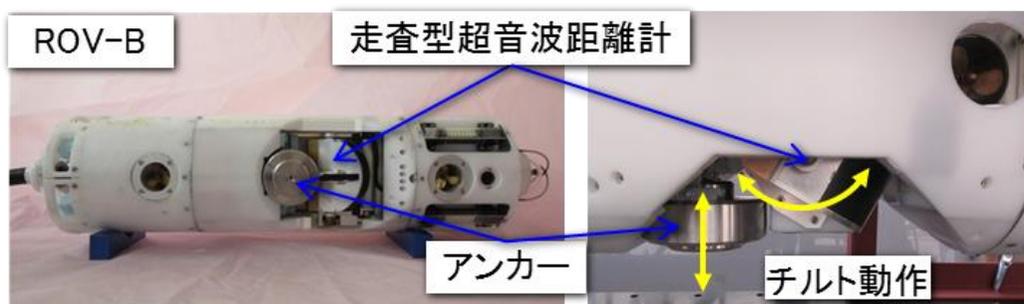
推力：約50N 寸法：直径φ20cm×長さ約45cm



(参考) 調査装置詳細 ROV-B~E_各調査用

調査装置	計測器	実施内容
ROV-B 堆積物3Dマッピング	<ul style="list-style-type: none"> 走査型超音波距離計 水温計 	走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する
ROV-C 堆積物厚さ測定	<ul style="list-style-type: none"> 高出力超音波センサ 水温計 	高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、デブリの高さ、分布状況を推定する
ROV-D 堆積物デブリ検知	<ul style="list-style-type: none"> CdTe半導体検出器 改良型小型B10検出器 	デブリ検知センサを堆積物表面に投下し、核種分析と中性子束測定により、デブリ含有状況を確認する
ROV-E 堆積物サンプリング	<ul style="list-style-type: none"> 吸引式カプリング装置 	堆積物サンプリング装置を堆積物表面に投下し、堆積物表面のサンプリングを行う

員数：各2台ずつ 航続可能時間：約80時間/台 調査のために細かく動くため、柔らかいポリ塩化ビニル製のケーブル (ROV-B：φ33mm, ROV-C：φ30mm, ROV-D：φ30mm, ROV-E：φ30mm)を採用



1号機原子炉格納容器内部調査に係る 確認点について

2022年9月6日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

1号機PCV内部調査に関する確認点

ペDESTAL外側のPCV底部にテーブル状の堆積物(高さ0.8m~1mの水平面)を確認。燃料デブリは、この高さまで到達しうるのか。

この水平面は、MCCIクラストと言えるのか。

MCCIクラストの場合、上面のみに形成され得るのか。

ペDESTAL開口部で確認されたコンクリート部の破損は、侵食溶融によるものなのか。(コンクリートが溶けたものなのか。)

コンクリートの破損が生じる可能性のある温度はどれくらいか。

【、】
床面から1m高さの堆積物

ペDESTAL基礎部



A. ペDESTAL開口部付近

【、】
コンクリート部の破損



B. PCV東北東付近の状況(俯瞰)

資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)・日立GEニュークリアエナジー

1) 1号機ペDESTAL開口部におけるコンクリート部の損傷に係る要因の検討

- 1) ペDESTAL(コンクリート)の加熱による影響
- 2) 水の接触による影響
- 3) その他確認点

コンクリート損傷に係る要因の検討

ペDESTAL開口部で確認されたコンクリート部の破損については、コンクリートに関して知見を有する他産業等の情報も踏まえて、加熱による影響及び水による影響の観点から整理した。

1) ペDESTAL(コンクリート)の加熱による影響

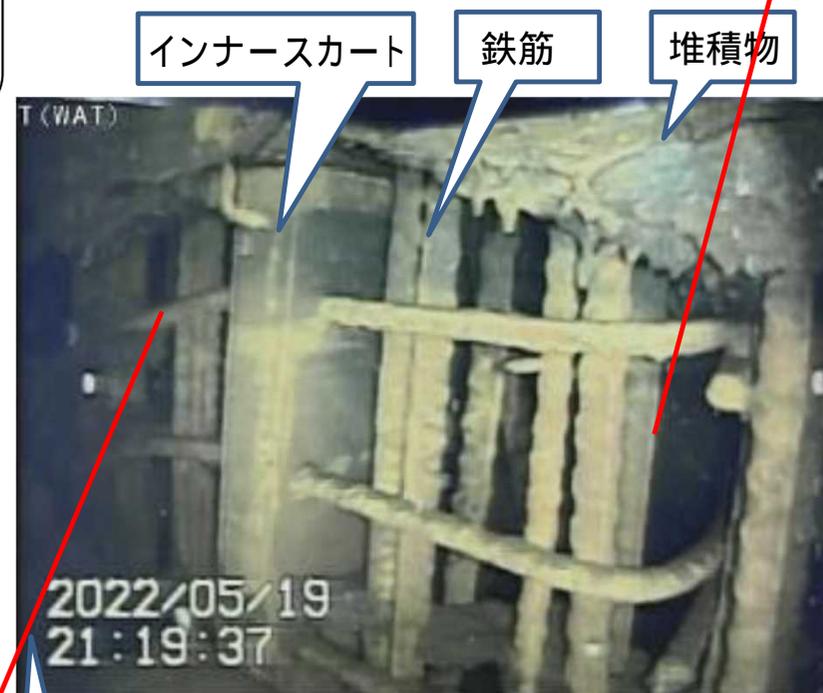
A) コンクリートの品質低下・脆弱化

- ✓ 加熱によるコンクリートの強度や弾性の低下は、骨材・硬化したセメントペースト及び鉄筋の熱膨張の差、水酸化カルシウム・ケイ酸カルシウム水和物(C-S-H)などの分解、骨材の変質などによって生じる。
- ✓ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は、450 ~ 600 程度で分解し、C-S-Hは、800 ~ 900 程度で結合が切れ、脆弱化する。

MCCIの従来の認識と比べて低い温度条件

鉄筋の変形

コンクリート構造物のコンクリートが消失し、鉄筋のみが露出した状態が確認された。(コンクリート部の損傷)



資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)
ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

ペDESTAL
開口部

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1/補足説明資料1

コンクリート損傷に係る要因の検討

1) ペDESTAL(コンクリート)の加熱による影響

B) コンクリートの爆裂

- ✓ 爆裂は、火災加熱を受けた鉄筋コンクリートで、かぶりコンクリートの剥落・脱落が生じる現象。
- ✓ コンクリート内の水蒸気の圧力や熱応力により発生し、含水比が高い場合に生じやすい。
- ✓ 爆裂は概ね150℃以上で発生し、低速加熱よりは急速加熱の方が起こりやすい。一般的な火災では、爆裂深さは概ね100mm以下程度であり、水蒸気が放出されて30分程度で反応が終わる。加熱を続けても一度爆裂すると水蒸気の通り道ができるので、鉄筋の内側まで連続して爆裂する可能性は少ない。

燃料デブリによる加熱は、火災加熱より厳しい条件。

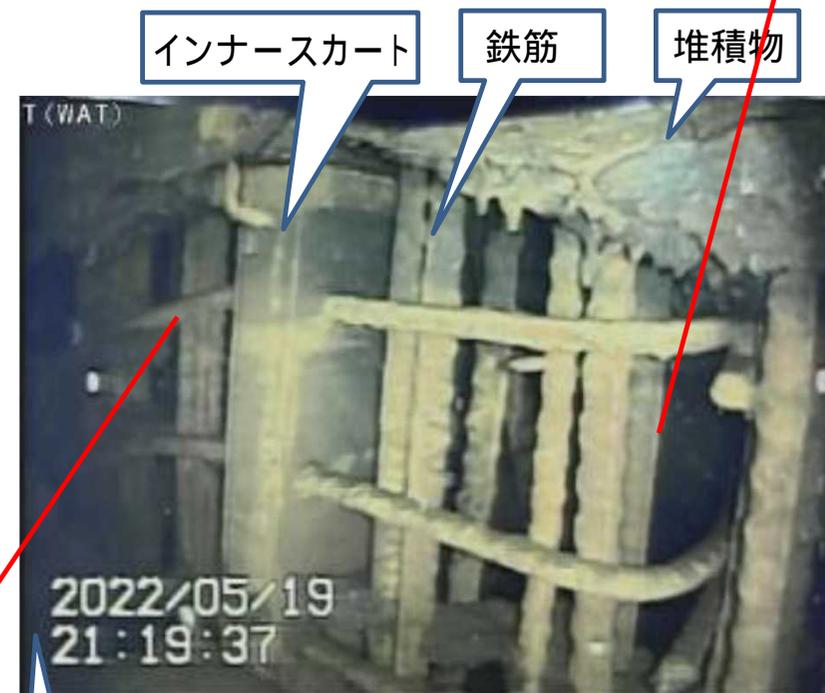
C) コンクリートの溶融

- ✓ コンクリートの溶融(分解・液相)は、1,200℃程度で発生する。
- ✓ 鉄筋(鋼)の融点は、1,400℃程度であり、コンクリートよりやや高い。
- ✓ コンクリートが融解により鉄筋から剥離する現象。

確認された損傷状況を説明可能か

鉄筋の変形

コンクリート構造物のコンクリートが消失し、鉄筋のみが露出した状態が確認された。(コンクリート部の損傷)



資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1/補足説明資料1

ペDESTAL
開口部

コンクリート損傷に係る要因の検討

2) 水の接触による影響

A) 注水等による冷却

- ✓ 注水等による急速水冷の場合、コンクリートの加熱温度が高いほど圧縮強度は低下する。水分の気化エネルギーの作用等が考えられ、コンクリート表層部の更なる劣化、ひび割れ等の可能性がある。

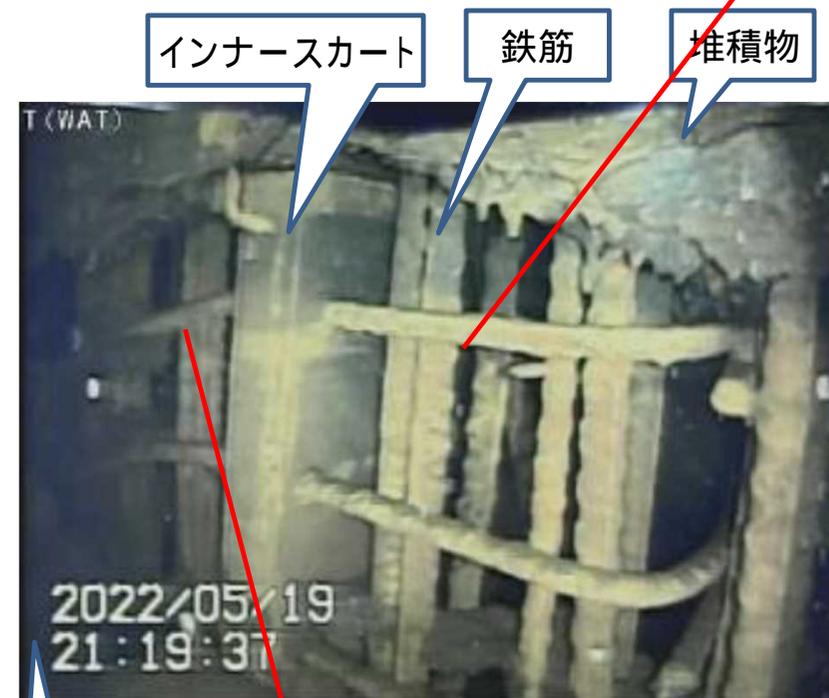
B) 水の接触による化学反応

- ✓ 高温であるコンクリート壁に水が接触した場合、一般的には水が蒸発するため化学的影響は少ない。
- ✓ 加熱中のコンクリートから H_2O や CO_2 が発生(100～900 程度)し、炉心溶融物との反応により H_2 と CO が発生する。これらの気体とコンクリートの化学反応による品質低下の可能性は不明である。
- ✓ 1F事故から10年以上が経過し、その間水中にあったことから、水との化学反応等の影響が不明である。

燃料デブリ落下とPCV内の水位の有無

経年による影響の検討は困難ではないか

ペDESTALにおける1F事故直後(燃料デブリ落下時・落下後)の水位の変化は不明だが、当該部位は10年間以上水中にあり、水中での経年劣化による影響は不明。



資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID) ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

鉄筋の変形

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1 / 補足説明資料1

コンクリート損傷に係る要因の検討

3) その他確認点

□ 損傷したコンクリートの行方

- ✓ コンクリートの損傷(コンクリート部の消失)はその内部にまで及んでいる。損傷したコンクリートの量とPCV内で確認されている堆積物の堆積量の関係が不明となっている。
- ✓ また、堆積物の移動や流れと思われる事象も確認されている。

損傷したコンクリートはどこへ移行したのか

□ 堆積物の確認

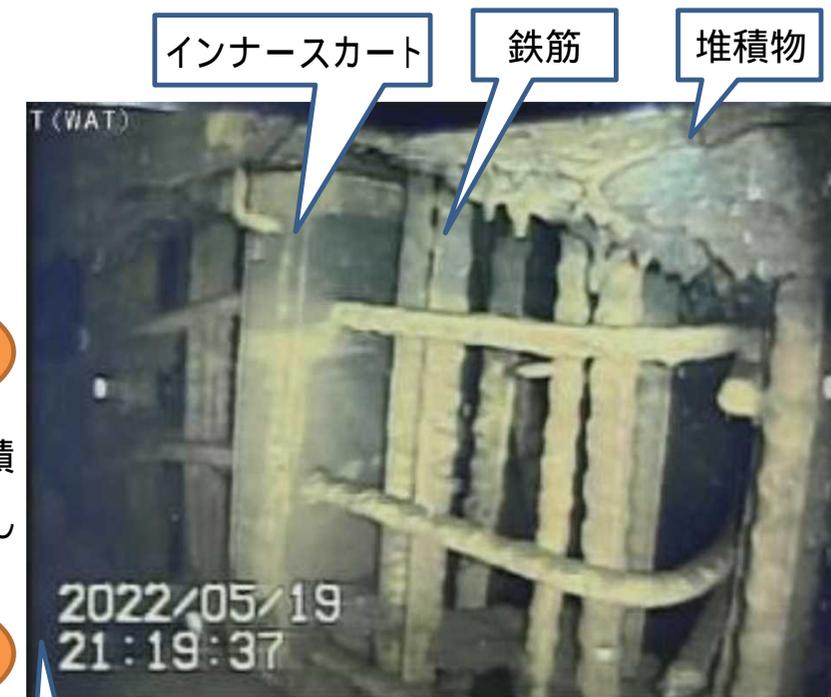
- ✓ PCV内では、テーブル状の堆積物、塊状の堆積物、及び砂状・泥状の堆積物が確認されているが、碎石等のコンクリート材料に相当するものや損傷したコンクリート片等は確認できていない。

コンクリートへの熱影響等の痕跡は確認できないか

□ コンクリートの損傷範囲

- ✓ テーブル状の堆積物の上下でコンクリートの損傷状況が異なっている。コンクリートの熱影響の範囲と関係するか。

コンクリートへの熱影響等の痕跡は確認できないか



インナースカート

鉄筋

堆積物

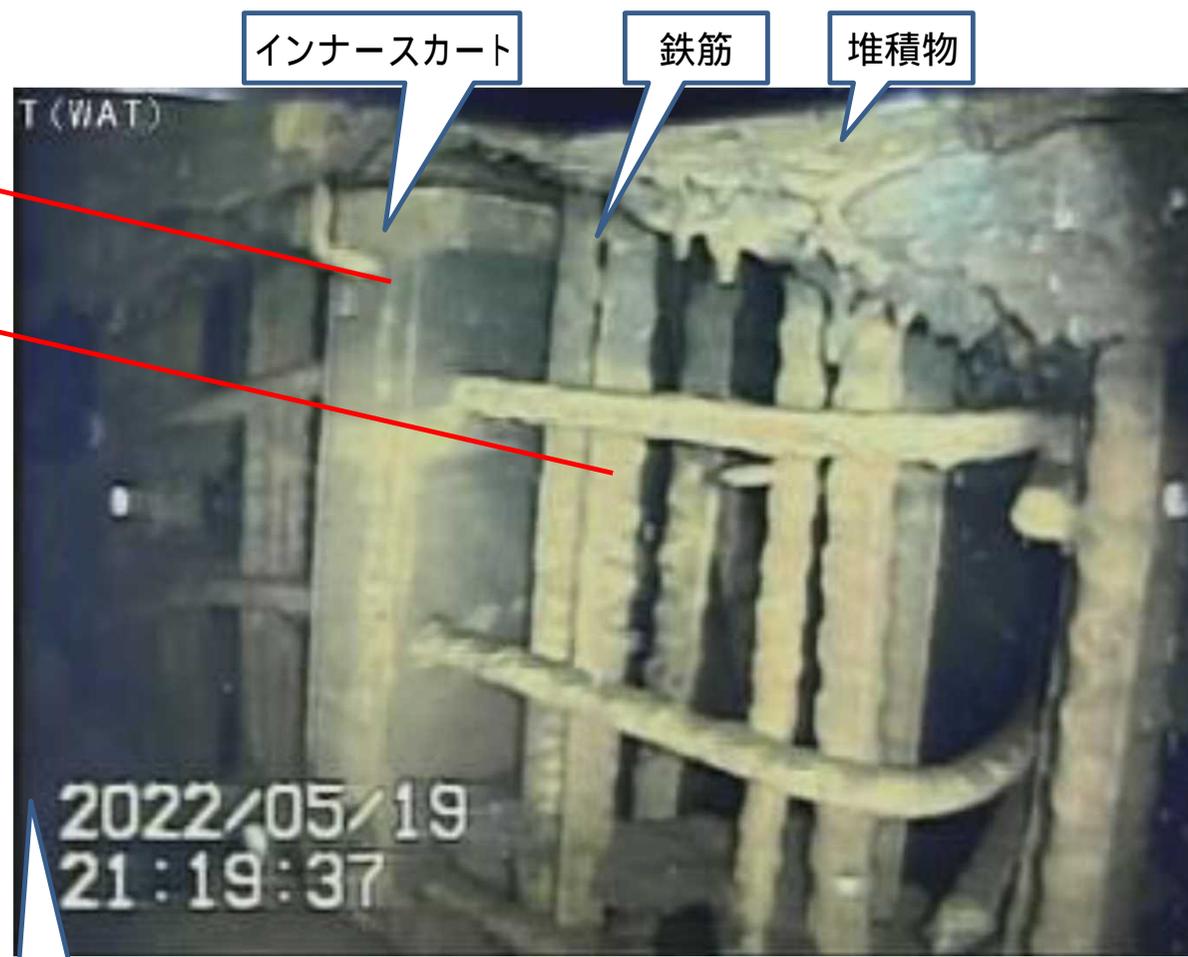
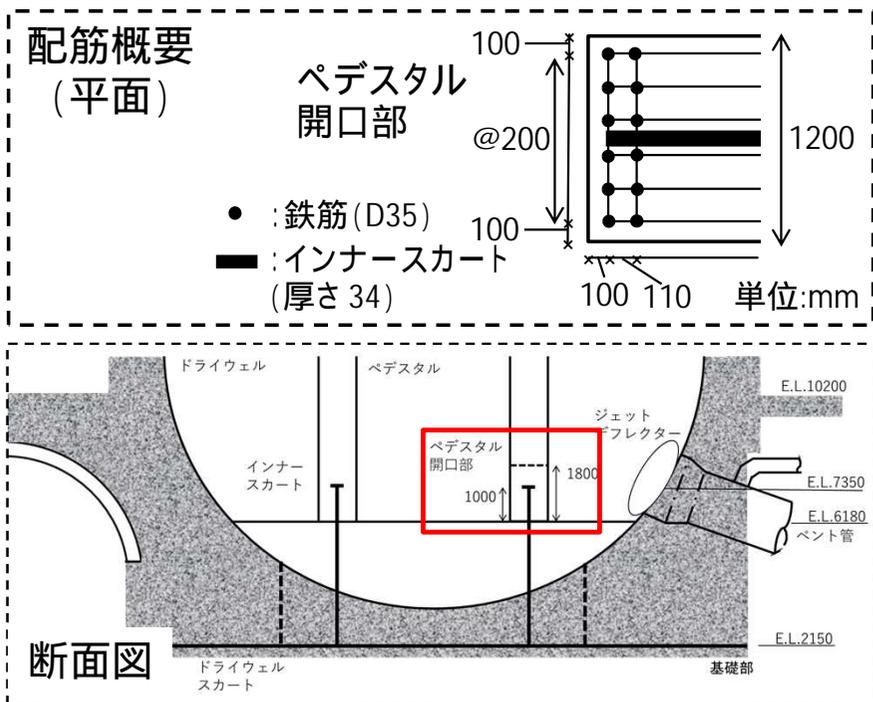
ペDESTAL
開口部

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）
ペDESTAL開口部（右側基礎部）の状況

1号機ペDESTALの構造等

インナースカート
一般構造用圧延鋼(SS400(旧SS41))
厚さ34mm

鉄筋
D35(公称直径:34.9mm)



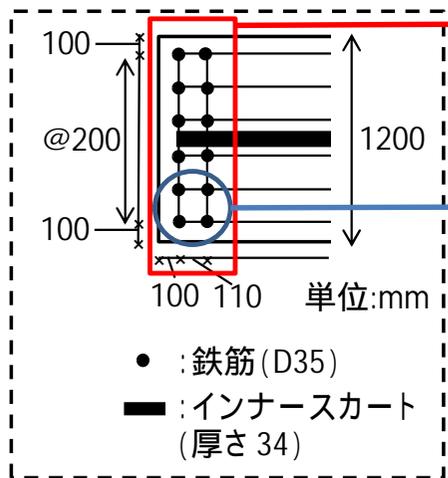
ペDESTAL
開口部

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)
ペDESTAL開口部 (右側基礎部) の状況

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1-1 / 補足説明資料1

東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。

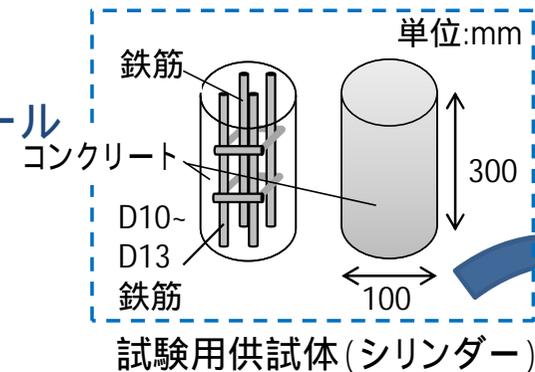
コンクリート劣化に係る試験等



ペDESTAL開口部
コンクリート構造

試験用供試
体の検討

株式会社ジェイテクトサーモシステムHP
より抜粋
https://www.jtekt-thermos.co.jp/products/result.php?use_cd=5



加熱試験

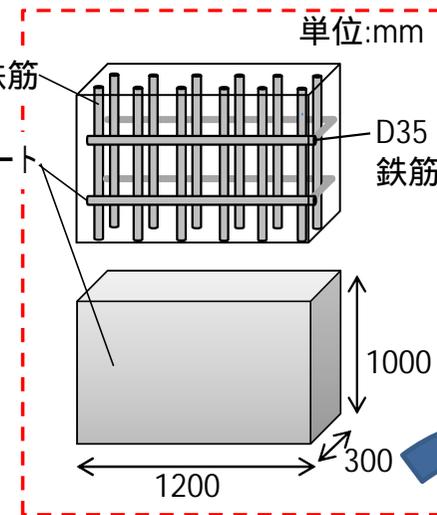


有効内積 (mm)
305 × 356 × 305

小型電気炉 (1500)

コンクリートの脆弱化、剥離、脱落等の有無を確認する。

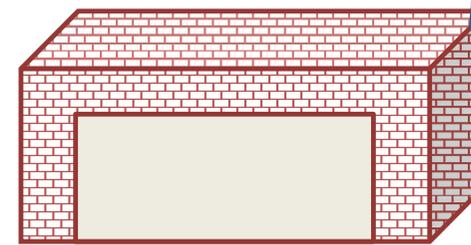
実寸大



加熱条件 (温度・加熱時間等) は何か

加熱試験

試験用供試体 (大型)



大型加熱炉

有効内積
3m × 3m × 3m
加熱能力
~ 1500 程度

加熱条件の検討

温度
・ 100 ~ 2000
加熱時間
・ 数時間 ~ 数日

加熱試験が
可能な試験
炉はあるか

2) テーブル状の堆積物に関する確認点

- 1) 堆積物の形状
- 2) 堆積物の影響

テーブル状の堆積物に関する確認点

1) 堆積物の形状

A) テーブル状の堆積物

- ✓ ペDESTAL開口部付近にPCV底部にテーブル状の堆積物(高さ0.8m～1mの水平面)が確認される。ジェットデフレクター周辺部等(PCV東北東付近)では複数段となるテーブル状の堆積物も確認される。
- ✓ ペDESTAL外側において、開口部付近から離れるに従って、堆積物の高さは、1mから0.3mまで減っている。
- ✓ ペDESTAL外側の堆積物(高さ1m～0.3m)は比較的広い範囲に分布しており、内側の空洞等の有無は不明だが、相当量の体積が想定される。

燃料デブリの体積でこの高さまで達するのかわ

水平面の形成のメカニズムは何か

B) 水平面の形成

- ✓ テーブル状の堆積物は、上面にのみ水平面を形成しており、表面は比較的なだらかとなっている。場所によっては、複数段が確認される。
- ✓ MCCIの場合、高温流体の燃料デブリと周囲との接触面となる冷却面でクラストが形成されると考えられるが、上記の水平面の形成と矛盾しないか。

テーブル状の堆積物(高さ0.8m～1mの水平面)が確認される。



A. ペDESTAL開口部付近



B. PCV東北東付近の状況(俯瞰)

資料提供: 国際廃炉研究開発機構(IRID)・日立GEニュークリアエナジー

テーブル状の堆積物に関する確認点

1) 堆積物の形状

C) ペDESTAL開口部内部の塊状の堆積物

- ✓ ペDESTAL開口部内部では、塊状の堆積物が確認される。
- ✓ ペDESTAL開口部の奥(ペDESTAL内)は、開口部周辺よりも堆積物が多い。

塊状の堆積物は
テーブル状の堆積
物と異なるものか

ペDESTAL内の堆
積物の形状、分布
の情報が必要



C . ペDESTAL開口部内部



A . ペDESTAL開口部付近

ペDESTAL開口部の奥(ペDESTAL内)に、
堆積物が確認される。

テーブル状の堆積物に関する確認点

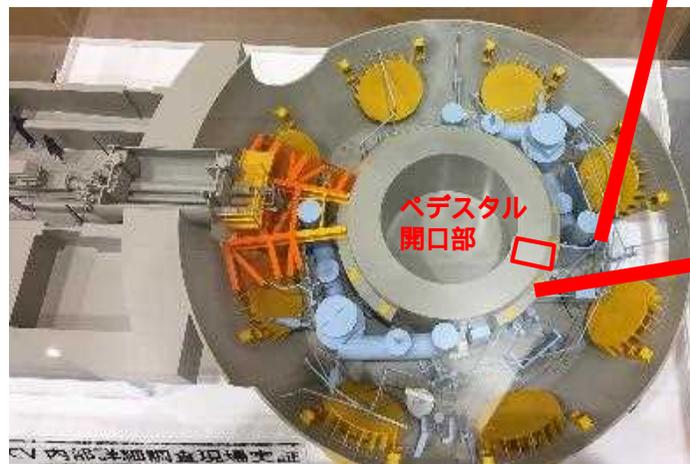
2) 堆積物の影響

A) 鉛遮蔽体や配管等の状況

- ✓ 鉛遮蔽体は、テーブル状の堆積物の上側では、形状を維持しているが、下側では損傷(欠損)している。
- ✓ ペDESTAL開口部の外側にある配管等は、テーブル状の堆積物の上下で損傷状況は大きく変わらない。
- ✓ 鉛遮蔽体やコンクリートは損傷が確認されるが、配管等は比較的形状を維持しているように見える。

堆積物の温度の推定に寄与するのではないか

鉛遮蔽体は、テーブル状の堆積物の上下で損傷状況が異なる。



配管等は、テーブル状の堆積物の上下で損傷状況に大きな差がない。



PCV東北東付近の状況(俯瞰)



ベDESTAL開口部付近の状況(俯瞰)

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)・日立GEニュークリアエナジー

3) その他

6. 床面から1m高さの堆積物の状況①

テーブル状の堆積物。
この堆積物の上下で
ペDESTAL基礎部の
損傷に差が確認される



複数段のテー
ブル状の堆積
物。

PCV東北東付近の状況(俯瞰)

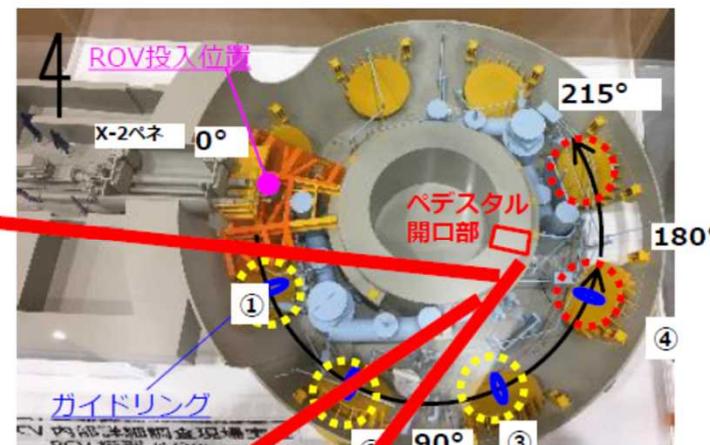
資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリアエナジー

7

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

6. 床面から1m高さの堆積物の状況②

テーブル状の堆積物。表面は比較的なだらか、テーブル状堆積物の下側 / 内側は空洞状態となっている。



配管等が残っている。
(テーブル状堆積物の上下で損傷に大きな差がない。)

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリアエナジー

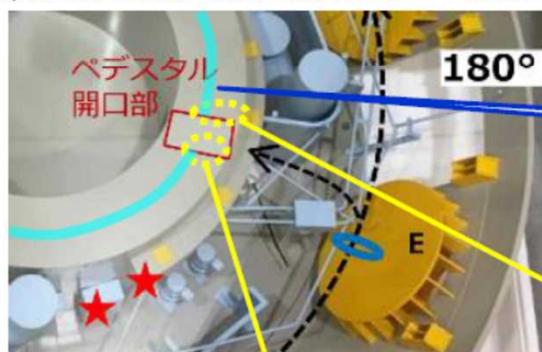
8

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

4. 調査実績

ペDESTAL開口部(基礎部)の状況(5月19日調査分①)

- ✓ これまで確認されていた鉄筋らしきものについて、近接し確認した映像を、建設当時の写真と比較した結果、ペDESTALの鉄筋であることが確認されました。また、インナースカート※も確認されました。
- ✓ 1号機の原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の耐震性については、事故後（2016年度）の評価において、ペDESTALが一部欠損していたとしても、支持機能を大きく損なわないことの確認を行っております。
- ✓ 今回確認された調査結果も踏まえ、今後さらに詳細なデータを取得し、改めて評価を行います。



インナースカート

※インナースカート：
ペDESTAL内(鉄筋内側)に設置されている、
ペDESTALにかかる荷重をPCV底部(基礎マ
ット)に伝えるための
鋼製の円筒形部材



(参考写真)建設当時の状況

ROVフレームの映り込み

ペDESTAL開口部の左
右のコンクリート部の損
傷状況は似ている。

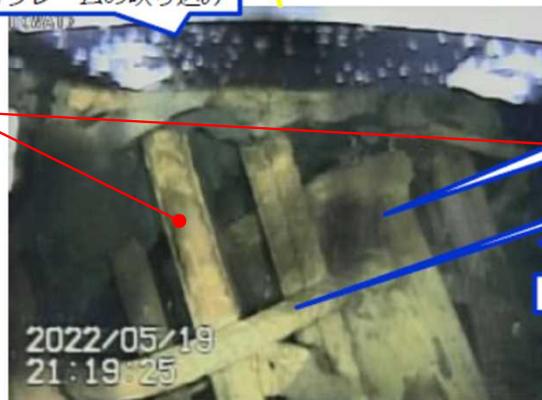


写真1.ペDESTAL開口部(左側基礎部)の状況

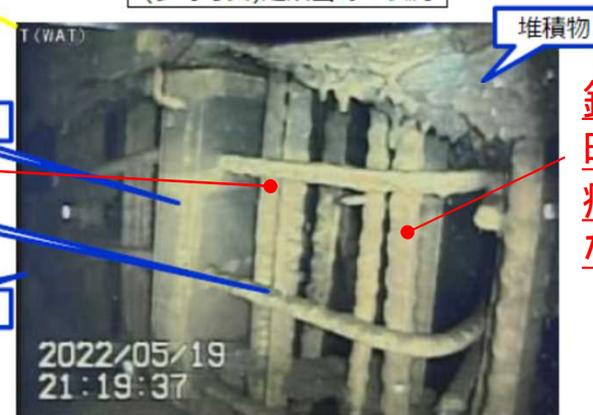


写真2.ペDESTAL開口部(右側基礎部)の状況

鉄筋表面には
明らかな溶融の
痕跡は確認され
ない。

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料1 - 1 / 補足説明資料1

7. ペDESTAL開口部付近調査状況



B. ペDESTAL開口部俯瞰



C. ペDESTAL開口部内部

塊状の堆積物が確認される。



A. ペDESTAL開口部付近

ペDESTAL開口部の奥(ペDESTAL内)は、開口部周辺よりも堆積物が多い。

資料提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）・日立GEニュークリアエナジー

10

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

18

テーブル状堆積物等の形状



テーブル状
堆積物の断
面に孔隙が
確認される。

11

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第30回会合）資料1 - 1 / 補足説明資料1

19

4. 調査実績

機器ドレンサンプポンプ付近およびPCV底部の状況(5月17日調査分①)



写真1.機器ドレンサンプポンプ付近の状況



写真2.PCV底部の堆積物の状況

写真3.PCV底部の堆積物の状況(空洞内部)

資料提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)

テーブル状堆積物の上方の配管 / 弁等は大きな熱による損傷は見られない。

テーブル状堆積物を形成し、中が空洞状。

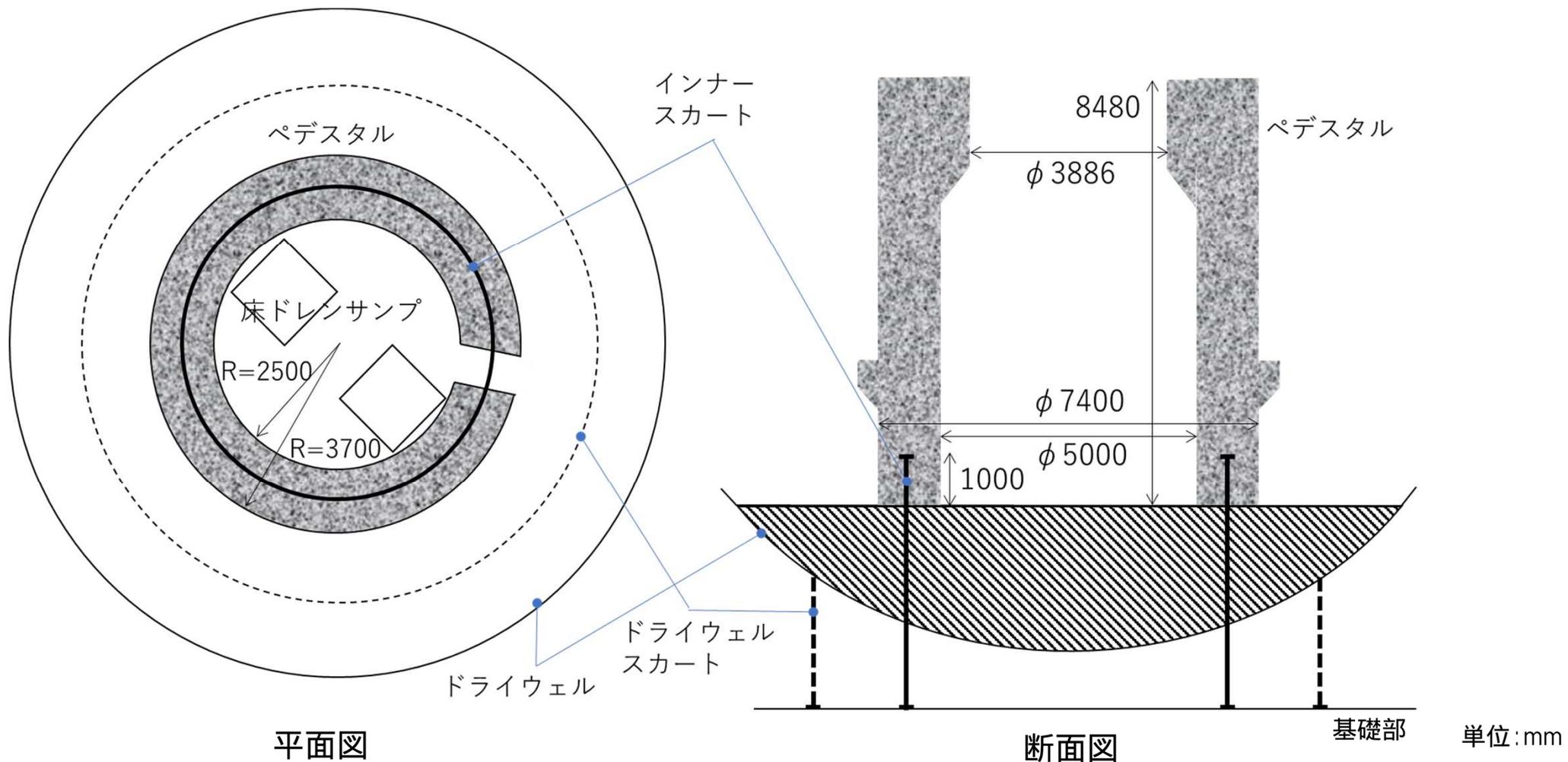
1号機原子炉建屋等のコンクリート建材等

1号機原子炉建屋等のコンクリート材料

品名	産地
粗骨材 (規格:60mm以下)	新田川産及び御山産(砕石)
粗骨材 (規格:25mm以下)	新田川産
細骨材 (規格:5mm以下)	新田川産及び阿武隈川産

東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。

1号機ペDESTALの構造概略



東京電力からの提供情報を原子力規制庁において整理。

東京電力福島第一原子力発電所敷地内外の モニタリングポスト等で測定された 空間線量率等の測定データについて

2022年9月6日

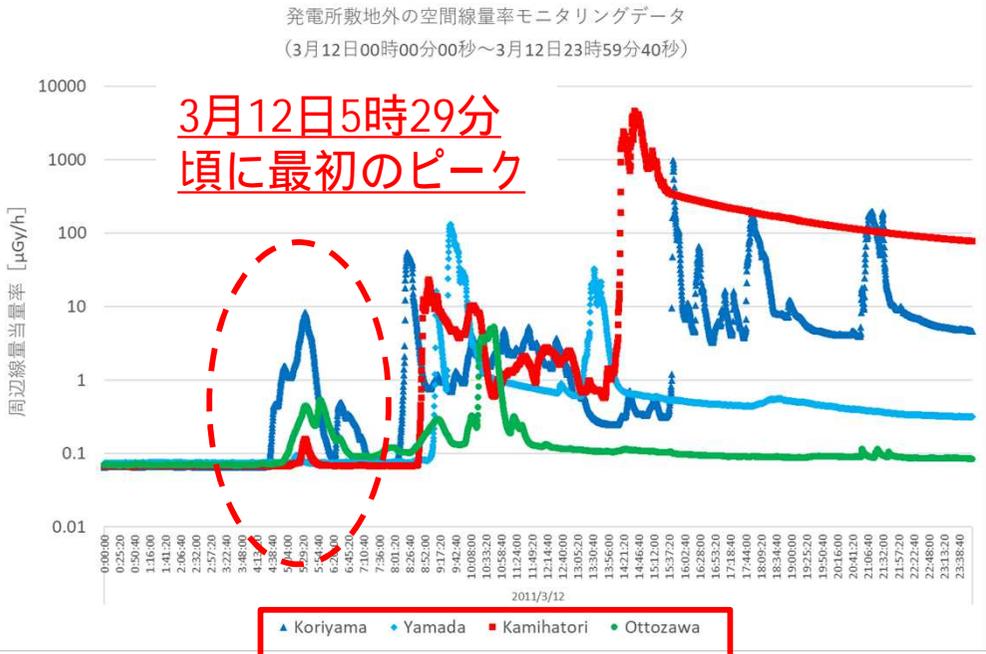
東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

(1) 東京電力福島第一原子力発電所敷地外 の空間線量率モニタリングデータ [2011年3月12日の空間線量率データ]

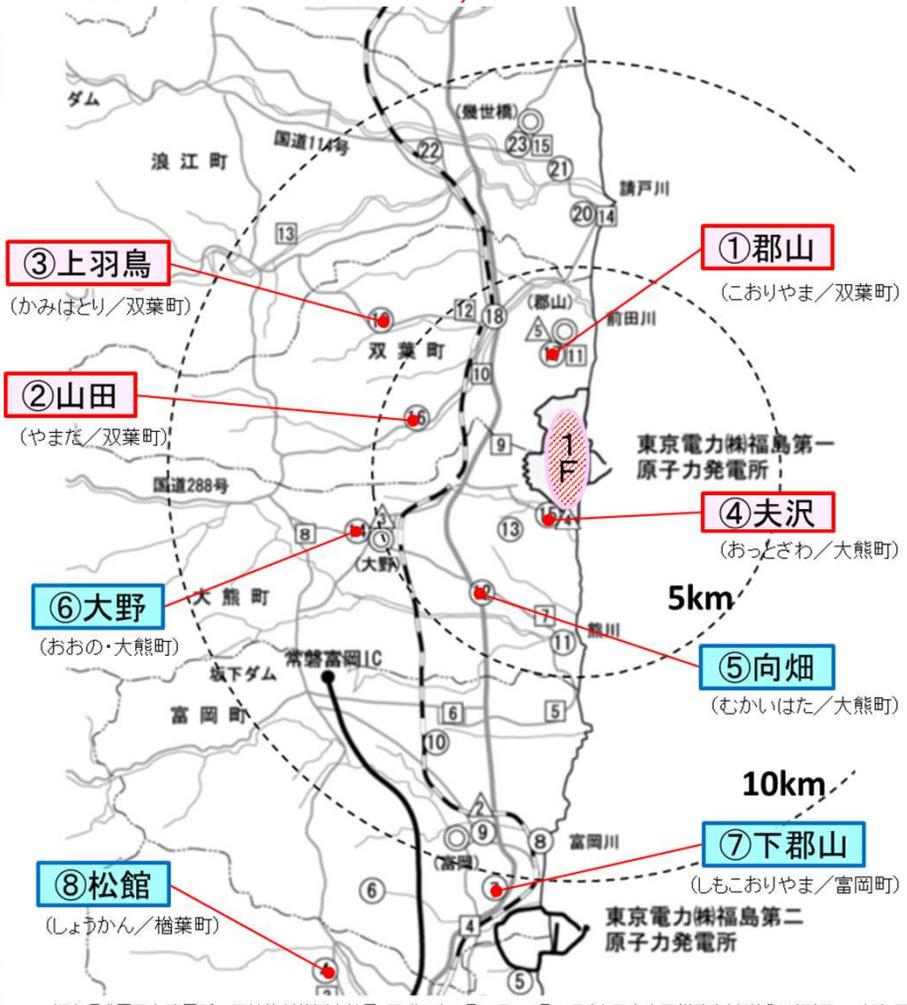
引用文献等

- 1) 福島県、“平成23年3月11日～3月21日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”、
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>
- 2) 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター・アーカイブス、
▶2011年3月の福島県モニタリングポストでの放射線情報, KEK Internal 2020-08
<https://rcwww.kek.jp/research/archives.html>

発電所敷地外のモニタリングポスト [2011年3月12日]



発電所敷地周辺及び北側
(郡山、上羽鳥、山田、夫沢)

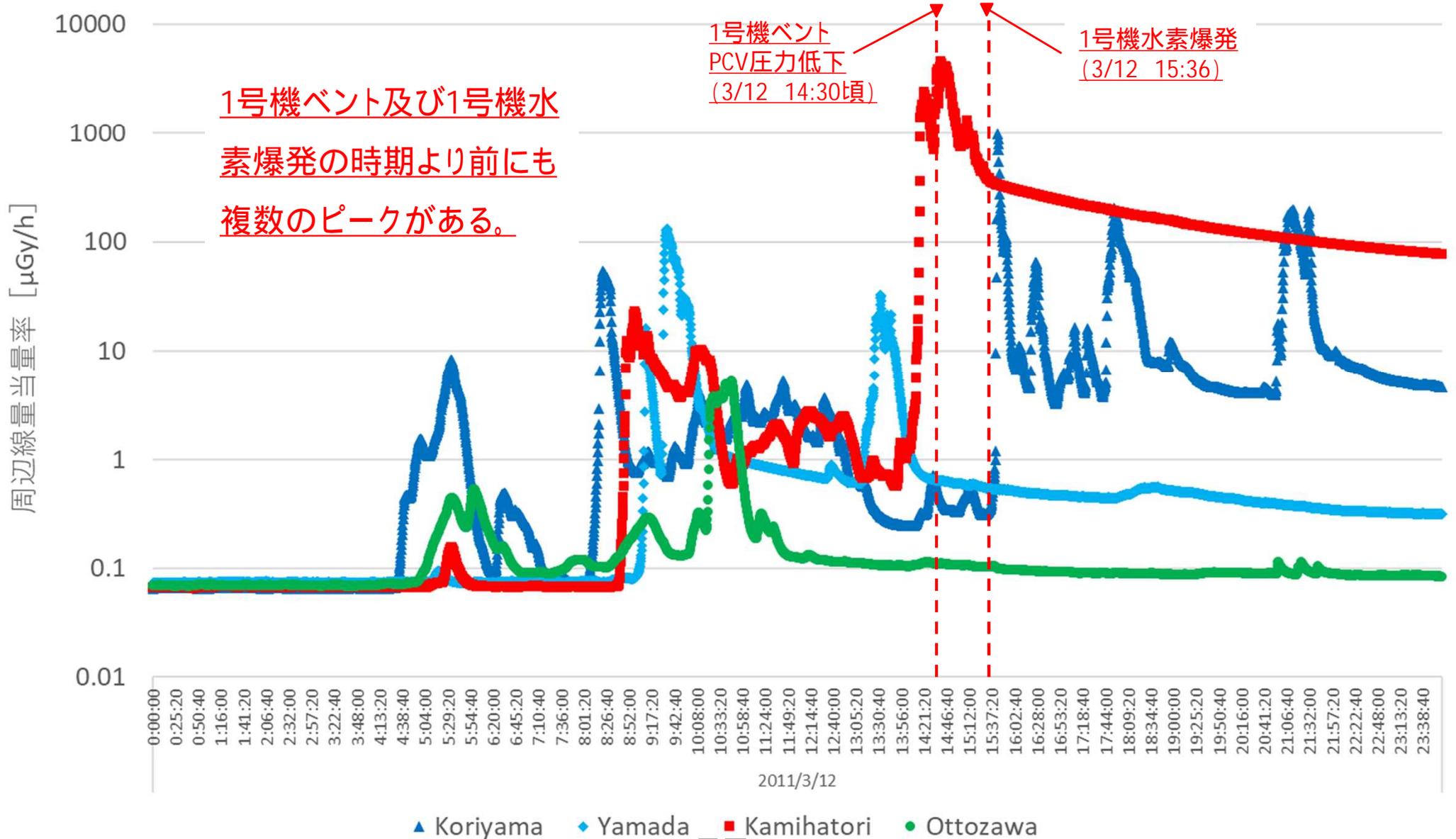


発電所敷地南側
(向畑、大野、下郡山、松館)

福島県「原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)」より引用、一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf

発電所敷地周辺及び北側
(郡山、上羽鳥、山田、夫沢)

発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータ
(3月12日00時00分00秒～3月12日23時59分40秒)

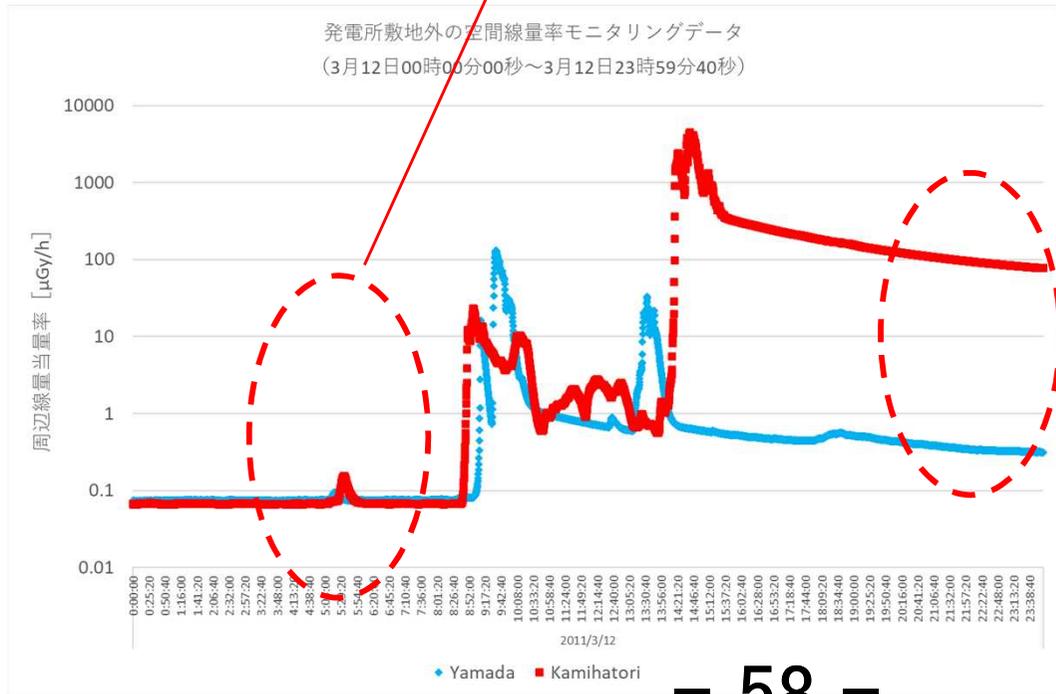
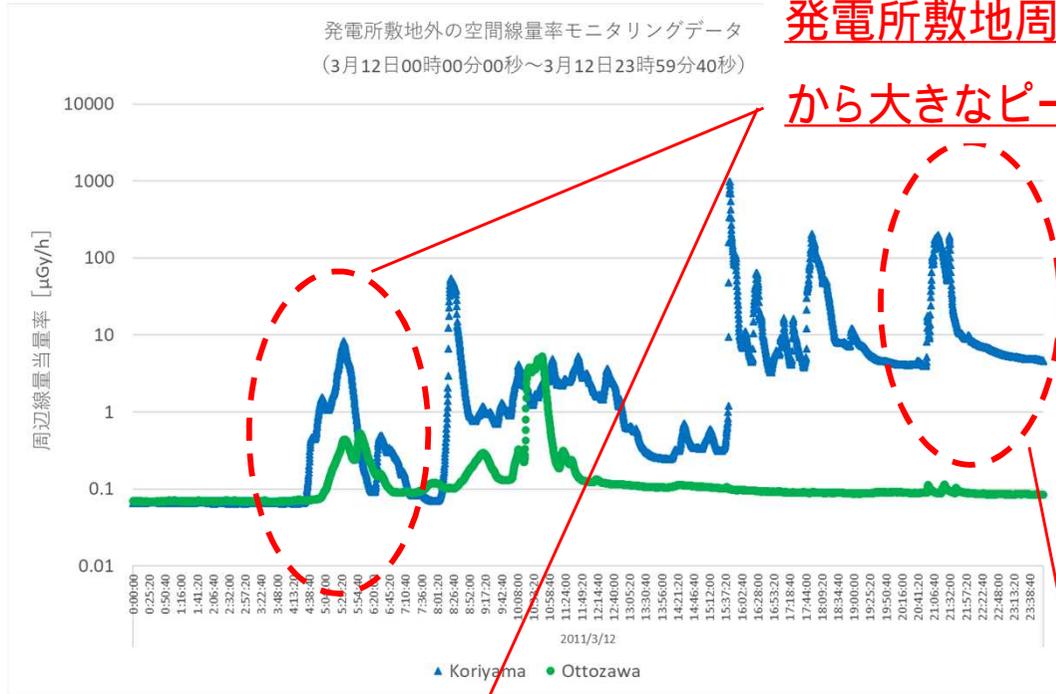


郡山

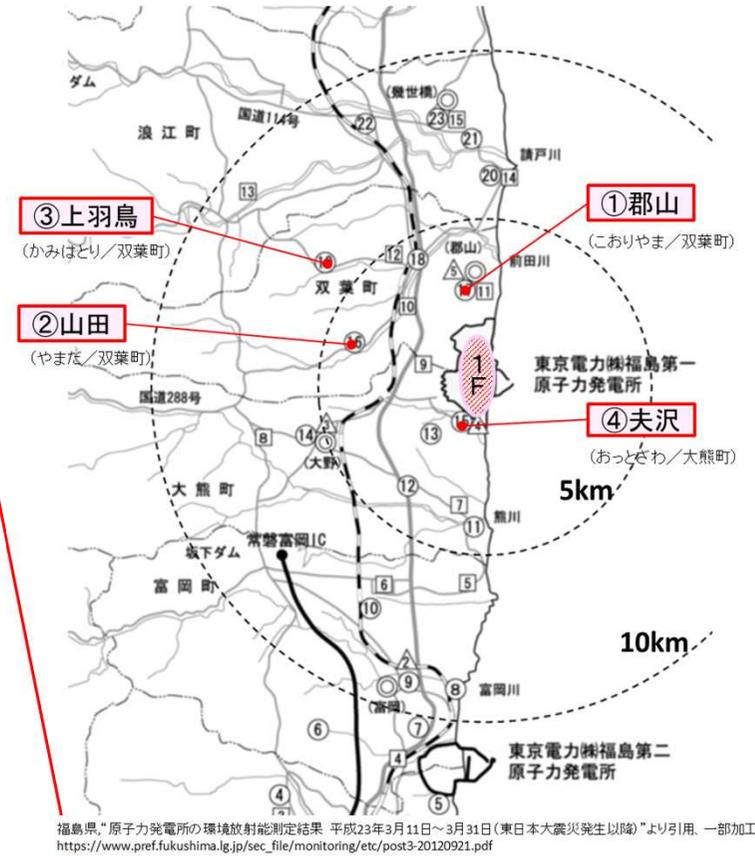
夫沢

山田

上羽鳥



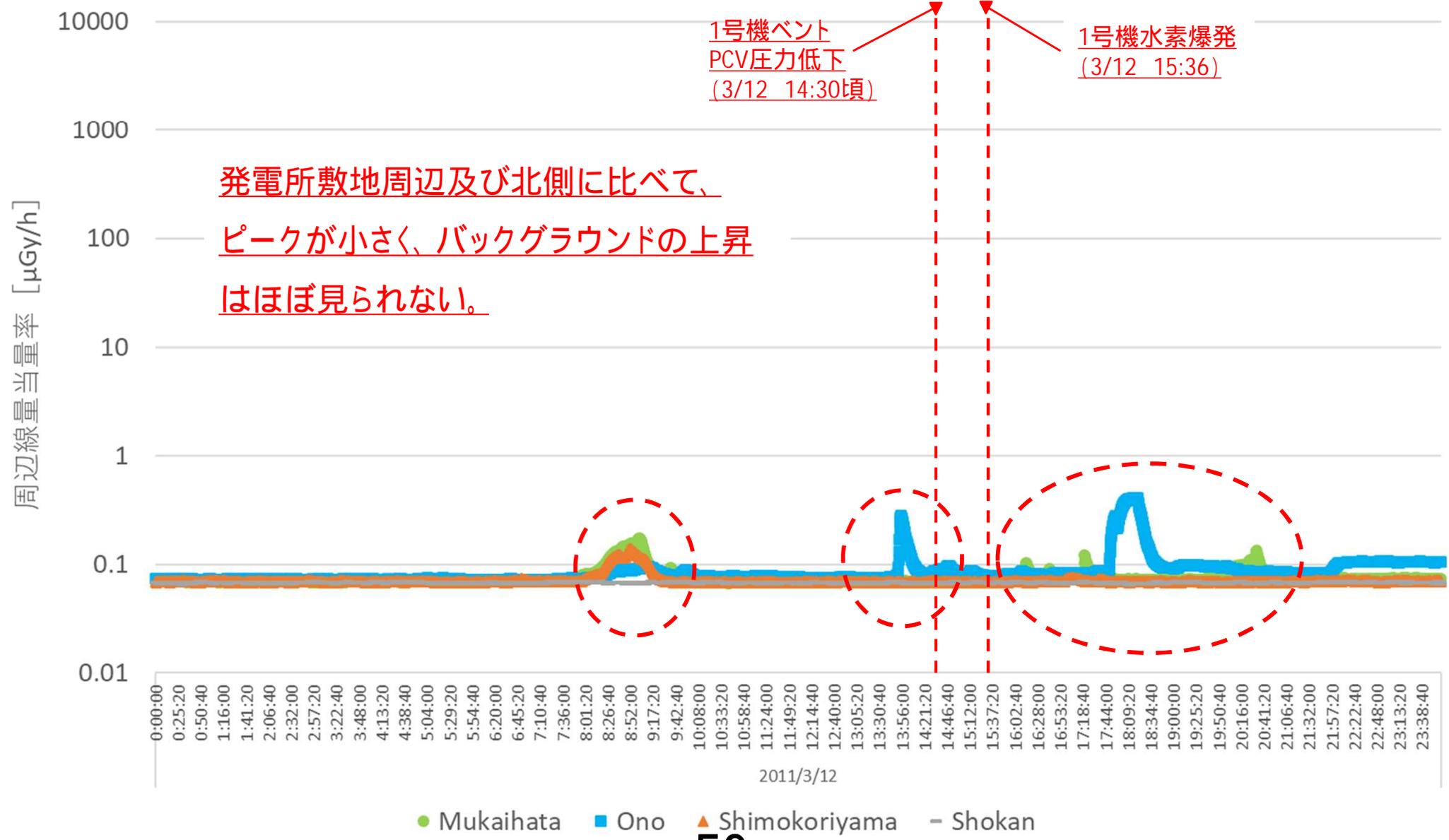
発電所敷地周辺(郡山、夫沢)では、3月12日5時29分頃から大きなピークを確認。



発電所敷地北側(郡山、山田、上羽鳥)では、ピークが複数回あり、バックグラウンドが上がっている。

発電所敷地南側
(向畑、大野、下郡山、松館)

発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータ
(3月12日00時00分00秒～3月12日23時59分40秒)



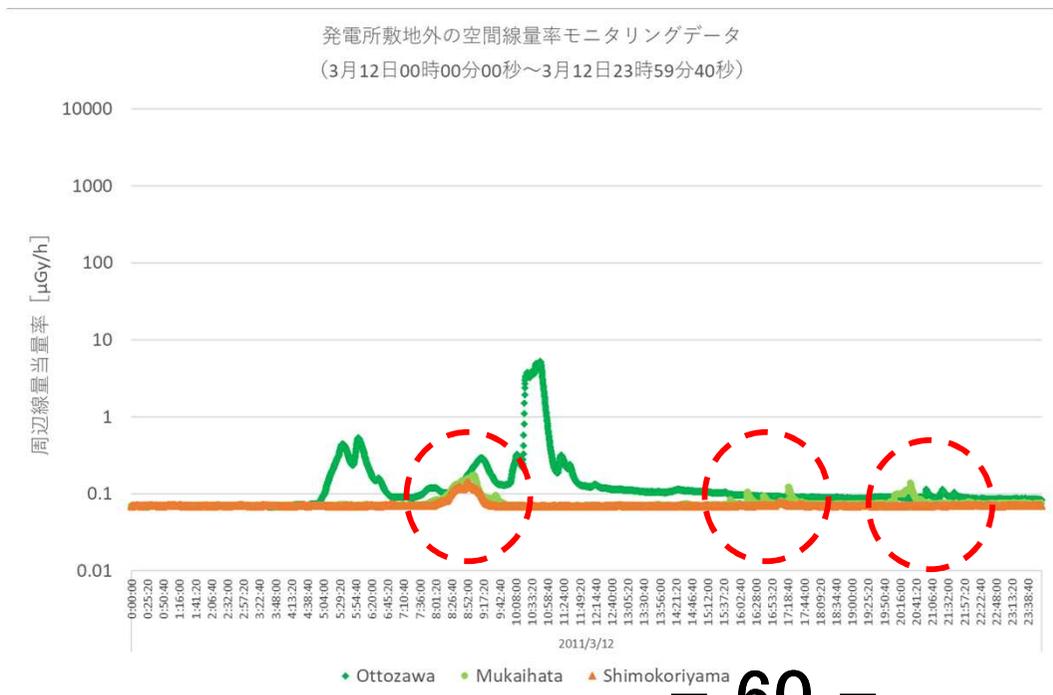
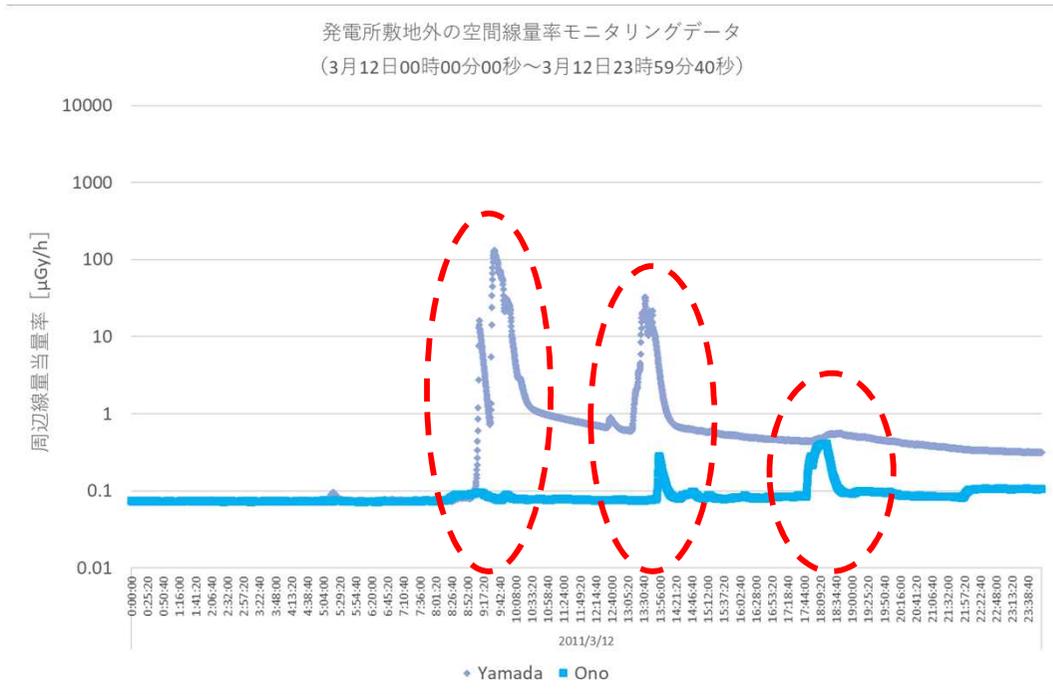
山田

大野

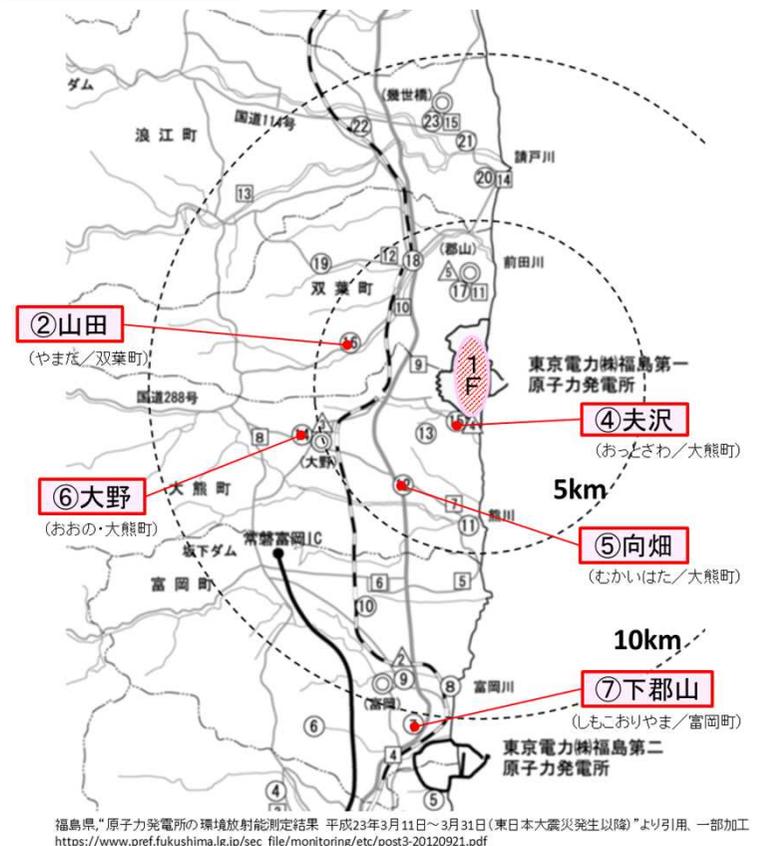
夫沢

向畑

下郡山



発電所敷地西側(山田、大野)は、ピークのタイミングは似ているが、ピークの大きさは異なる。



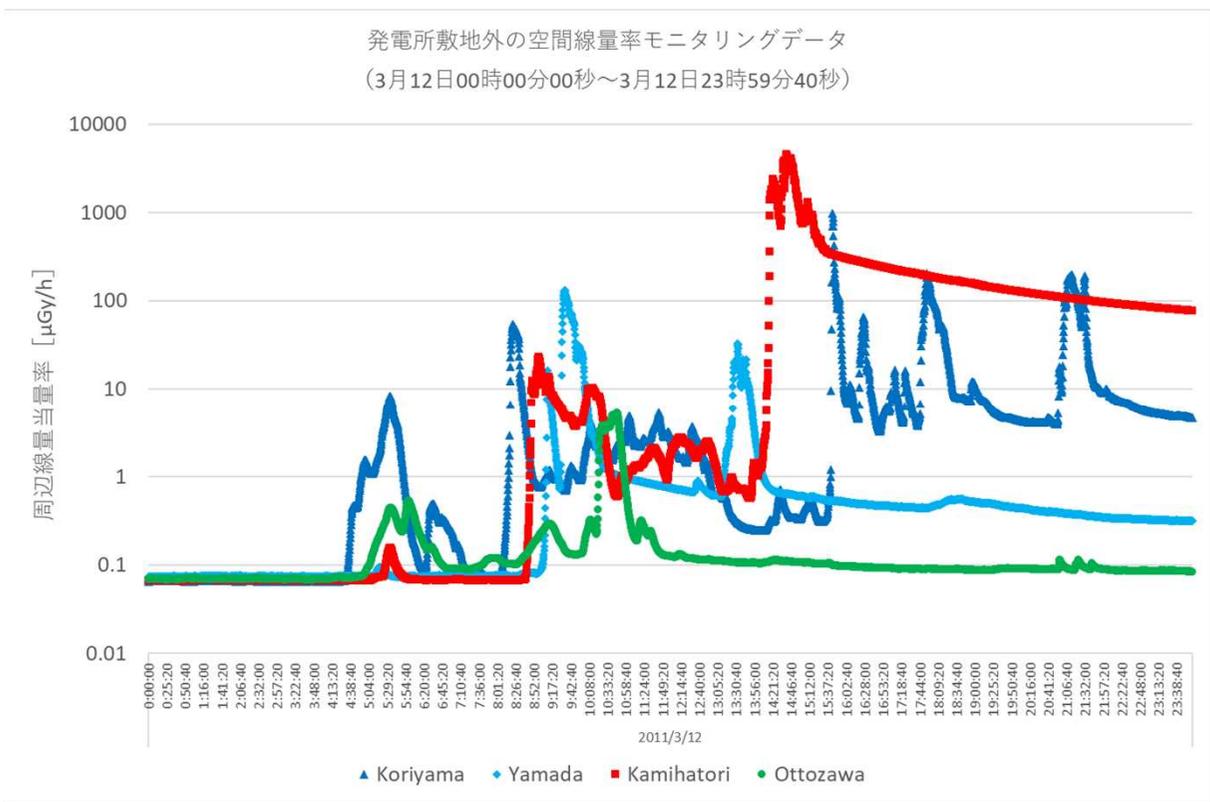
発電所敷地南側(夫沢、向畑、下郡山)は、同じ5km圏内の夫沢と向畑でピークの傾向は異なり、10km以遠の下郡山との傾向も異なる。

発電所敷地外のモニタリングポストデータの整理

[2011年3月12日の空間線量率データ]

- 発電所敷地外のモニタリングポストのデータでは、1号機ベント及び1号機水素爆発の時期より前にも複数のピークがある。
- 発電所敷地周辺(郡山、夫沢)は、3月12日の5時台に大きなピークが確認される。
- 発電所敷地北側(郡山、山田、上羽鳥)は、複数回のピークがあり、距離があるほど、バックグラウンドが上昇する傾向がある。
- 発電所敷地南側(向畑、下郡山)は、ピークは小さく、距離があるほど、ピークは見られなくなる。また、バックグラウンドはほぼ上昇していない。

発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータについて



A) 本資料における発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータのグラフ化については、福島県の「平成23年3月11日～3月21日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について」で公開された外部記録計データ(20秒値)を基に高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センターが作成、公表している空気吸収線量率の20秒値データを用いている。

1 High Log 1は、外部記録計データ(20秒値)に記録されている20秒毎の最大値と最小値の両者の平均を20秒間の平均値として扱っている。

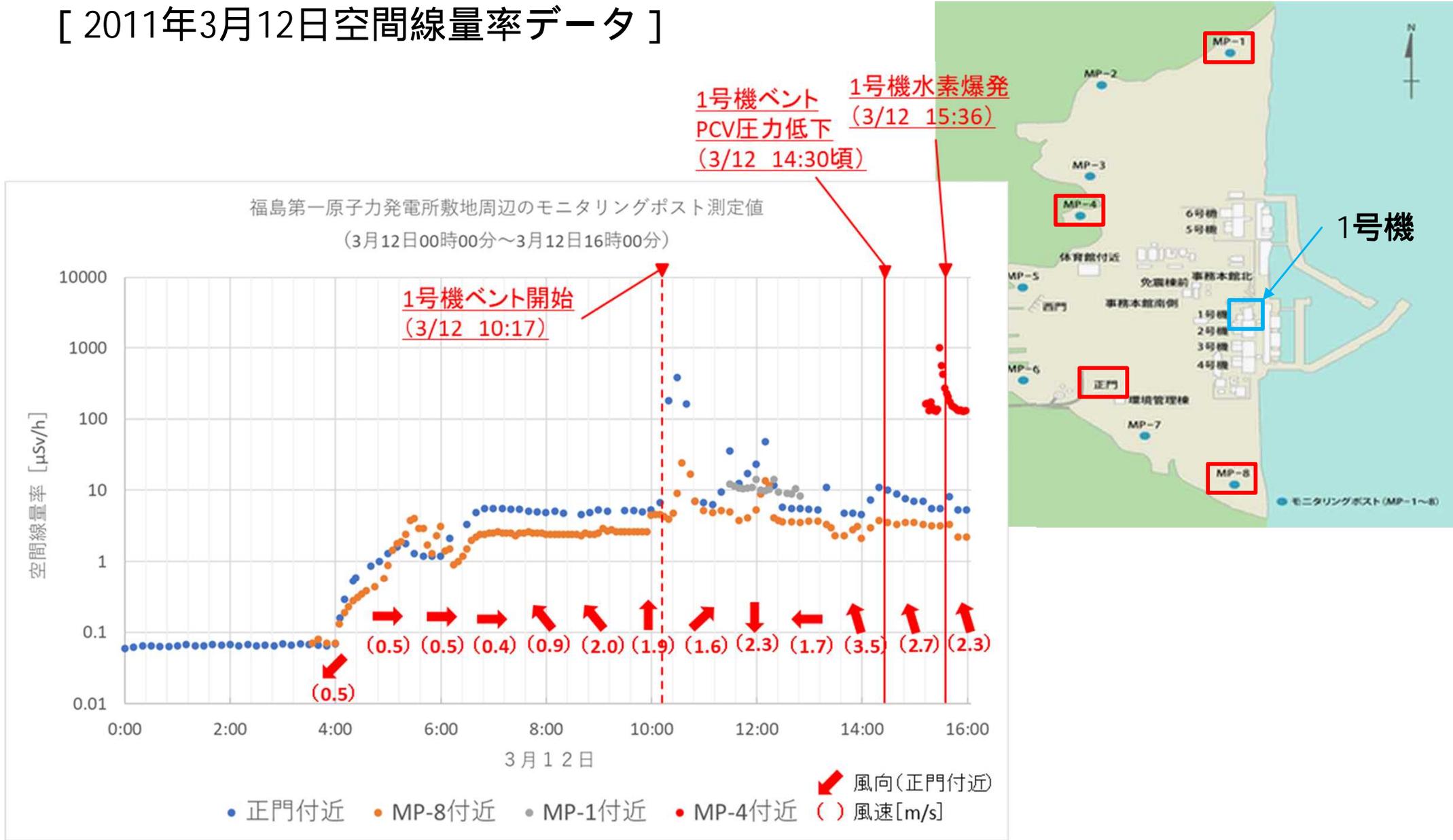
B) グラフ化では郡山局等の各局データのうち、「High Log 1」¹の値を用いた。

(2) 東京電力福島第一原子力発電所敷地内 の空間線量率モニタリングデータ [2011年3月12日の空間線量率データ]

引用文献等

- 1) 東京電力ホールディングス株式会社、
福島第一原子力発電所構内での計測データ | アーカイブ、
▶2011年3月11日から21日までのモニタリングデータ
<https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/f1/indexold-j.html>
- 2) 東京電力ホールディングス株式会社、
東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラント
データ集、
https://www.tepco.co.jp/decommission/data/past_data/accident_plantdata/index-j.html

福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングポスト等のデータ [2011年3月12日空間線量率データ]



福島第一原子力発電所敷地内のモニタリングポスト等のデータ [2011年3月12日風向・風速データ]

MP-4付近										
計測時	15:15	15:19	15:25	15:29	15:35	15:39	15:45	15:49	15:55	15:59
γ線	166.2	173.7	129.4	1015.1	270.5	204.3	150	133	129.1	132.3
	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h
風向	南南西	南	南南東	南南東	南南東	南南東	南南東	南南東	南南東	南南東
風速 (m/s)	5.8	2.3	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

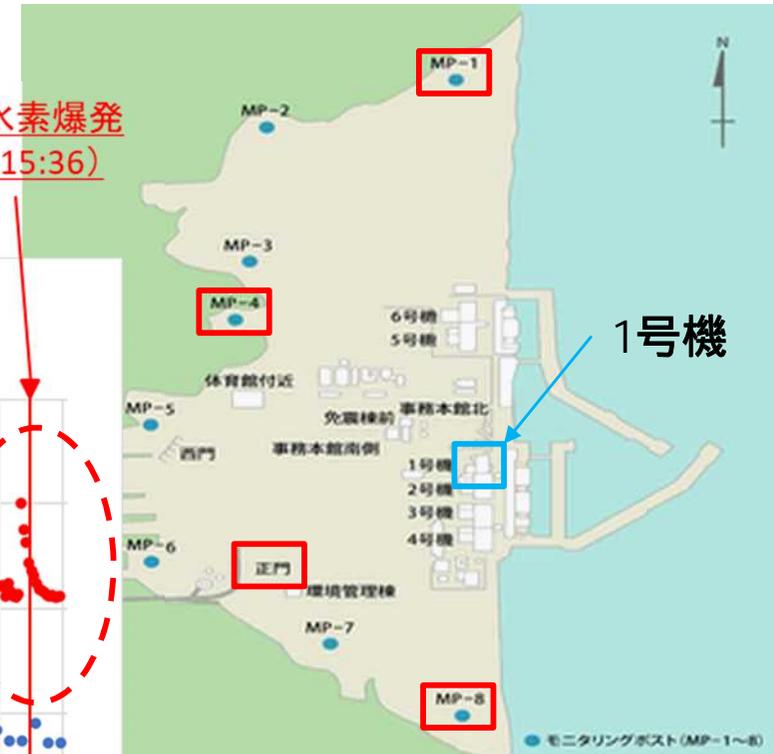
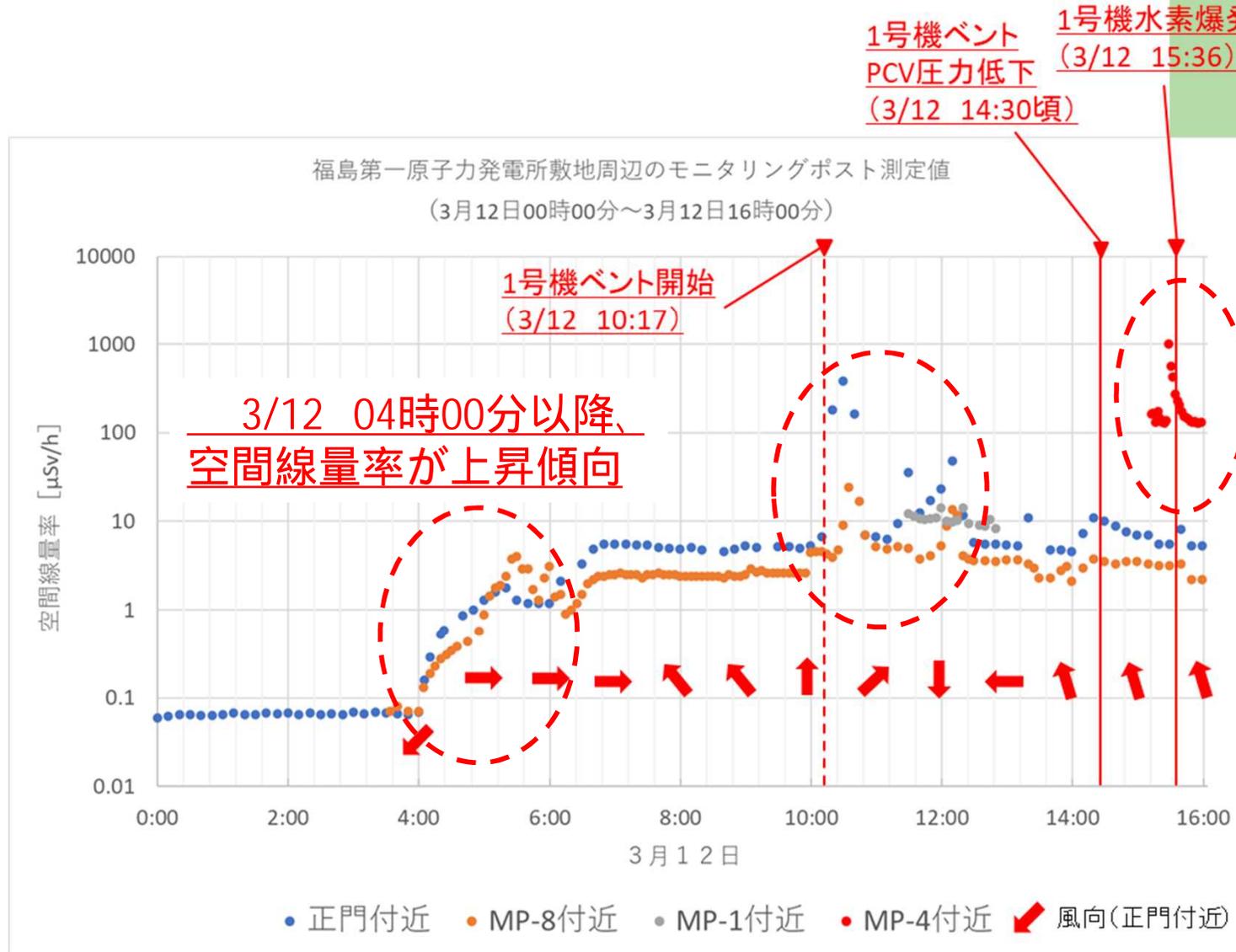
正門付近										
計測時	3:30	4:00	4:20	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00
γ線	0.068	0.069	0.525	1.307	1.3	1.2	3.3	5.5	5.4	4.9
	μSv/h									
風向	西	北東	西南西	西	南西	西	西南西	西	南西	南東
風速 (m/s)	0.6	0.5	0.5	0.5	0.9	0.5	0.2	0.4	0.4	0.9

正門付近										
計測時	8:20	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00
γ線	4.8	5.3	5.2	5.3	385.5	6.7	35.8	23.2	5.8	5.4
	μSv/h									
風向	南	南東	南東	南	北	南西	東	北	南東	東
風速 (m/s)	1.2	2	2.5	1.9	1.8	1.6	1.6	2.3	1.8	1.7

正門付近						
計測時	13:20	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00
γ線	10.9	4.6	10	7	5.5	5.3
	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h	μSv/h
風向	東	南南東	南	南南東	南	南南東
風速 (m/s)	2.6	3.5	2.7	2.7	2.5	2.3



発電所敷地内のモニタリングポスト等のデータ [2011年3月12日空間線量率データ]

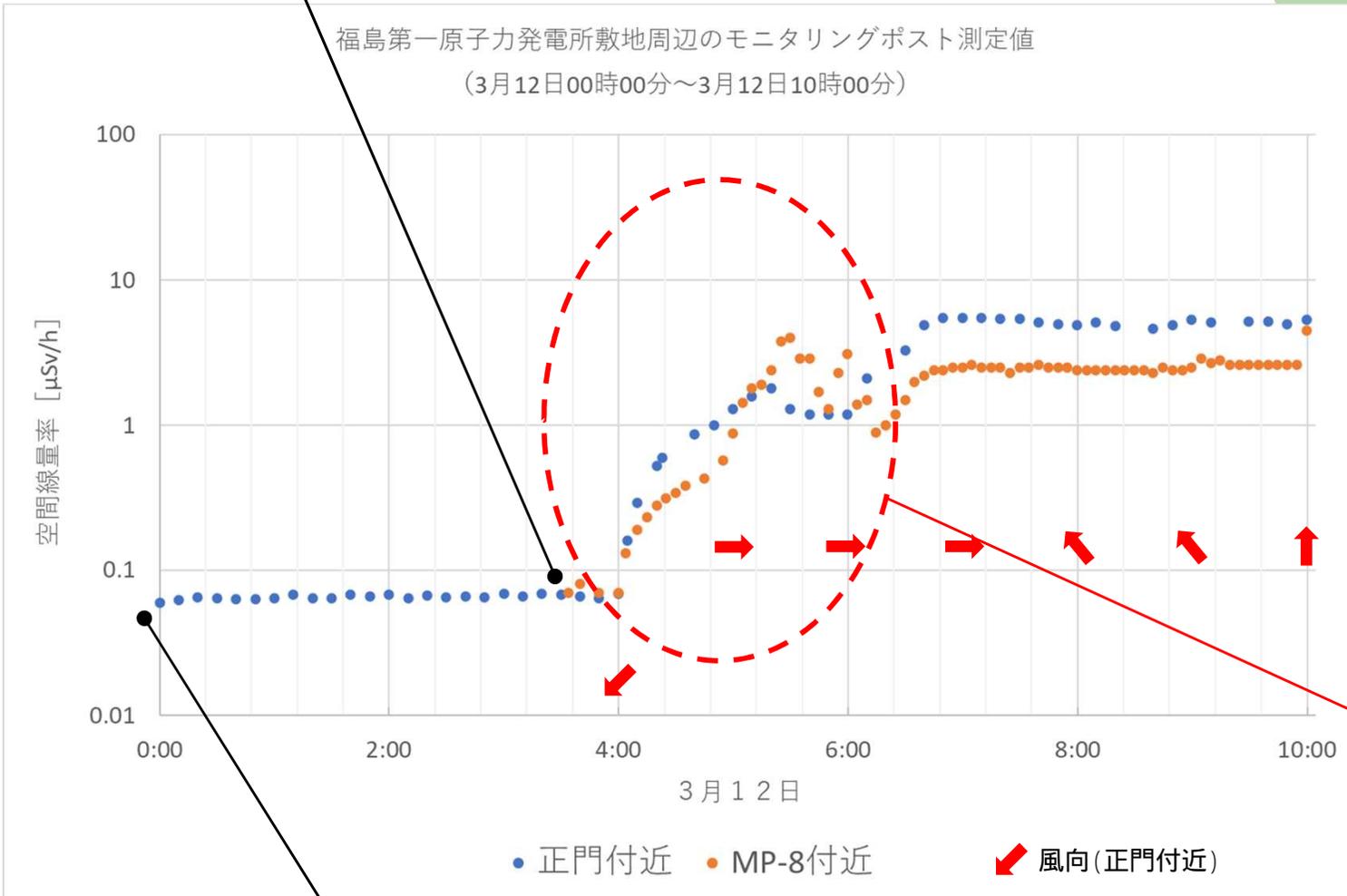


3/12 15時36分の1号機水素爆発前に敷地北西のMP-4で空間線量率が急に上昇(風向:南南東)

3/12 10時10分以降、空間線量率が急に上昇

2011年3月12日04時00分頃の空間線量率データ

3/12 3:44 保安班が1号機原子炉建屋の線量測定のために同二重扉を開けたところ、白いもやもやが見えたため、すぐに扉を閉鎖。

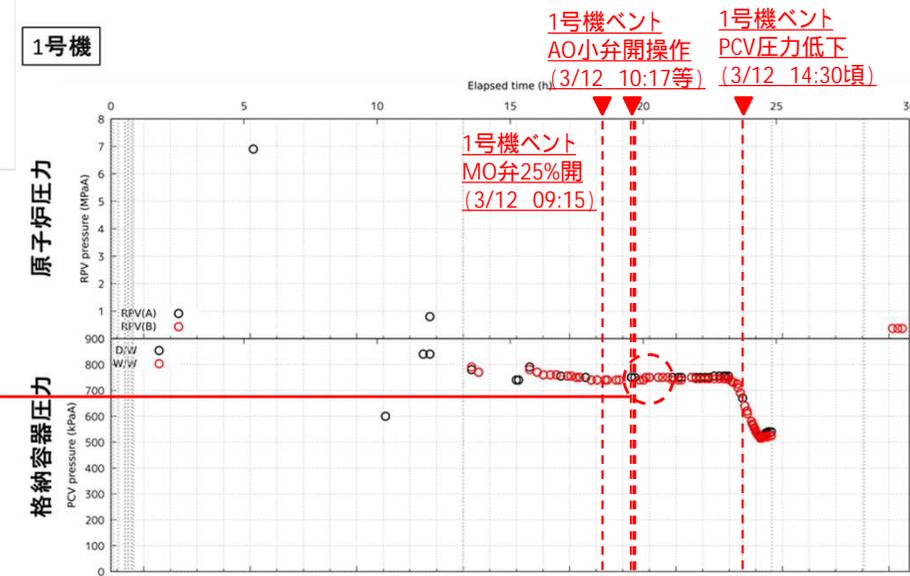
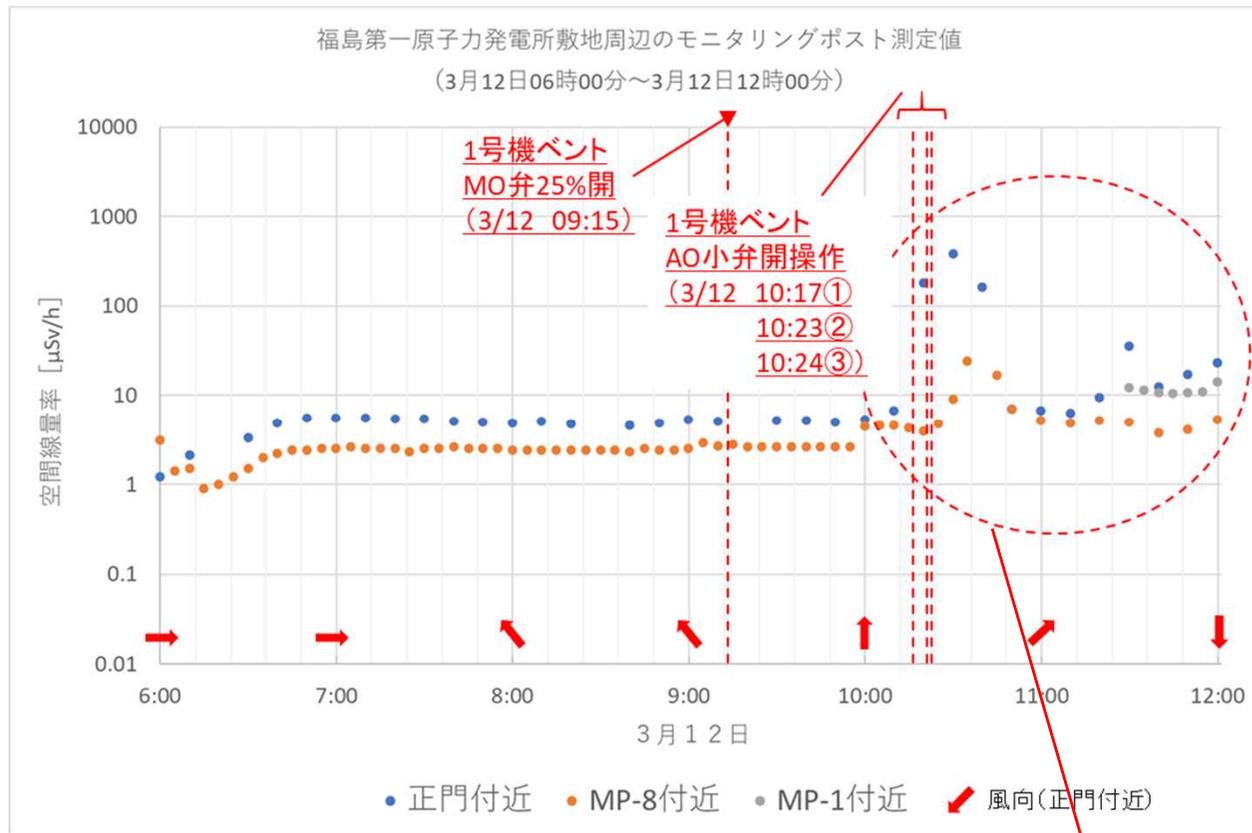


正門付近及びMP-8付近の空間線量率が上昇する前に1号機原子炉建屋で線量率の上昇が確認されている。

3/11 23:00 1号機原子炉建屋北側の二重扉前で1.2mSv/h、南側の二重扉前で0.52mSv/hを測定。

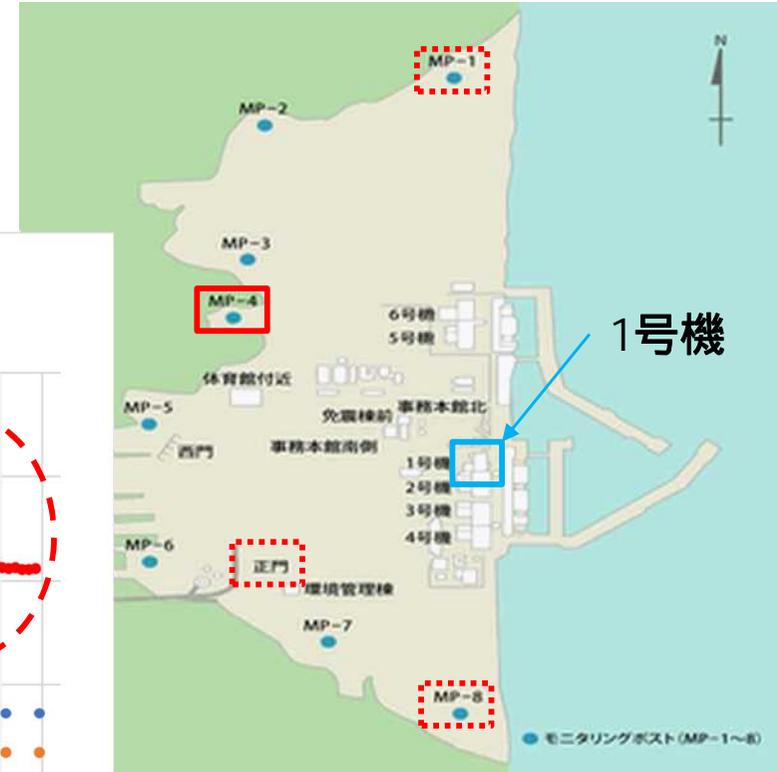
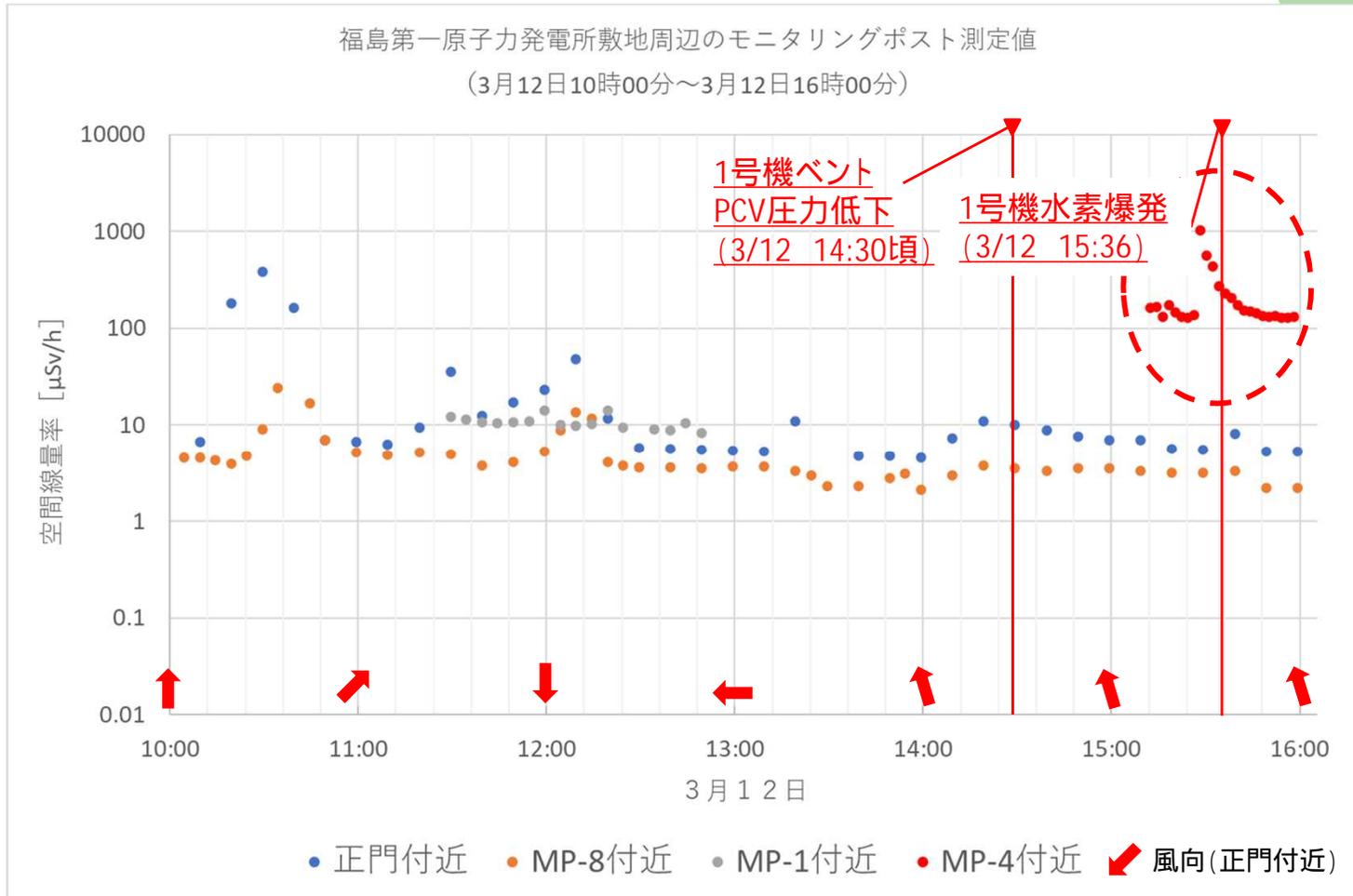
東京電力株式会社、福島原子力事故調査報告書 平成24年6月20日

2011年3月12日10時17分以降の空間線量率データ



3/12 10時17分以降、1号機ベントの開操作が行われるが、格納容器圧力の低下は生じていない。
一方、正門付近及びMP-8付近での空間線量率は上昇している。

2011年3月12日15時36分頃の空間線量率データ



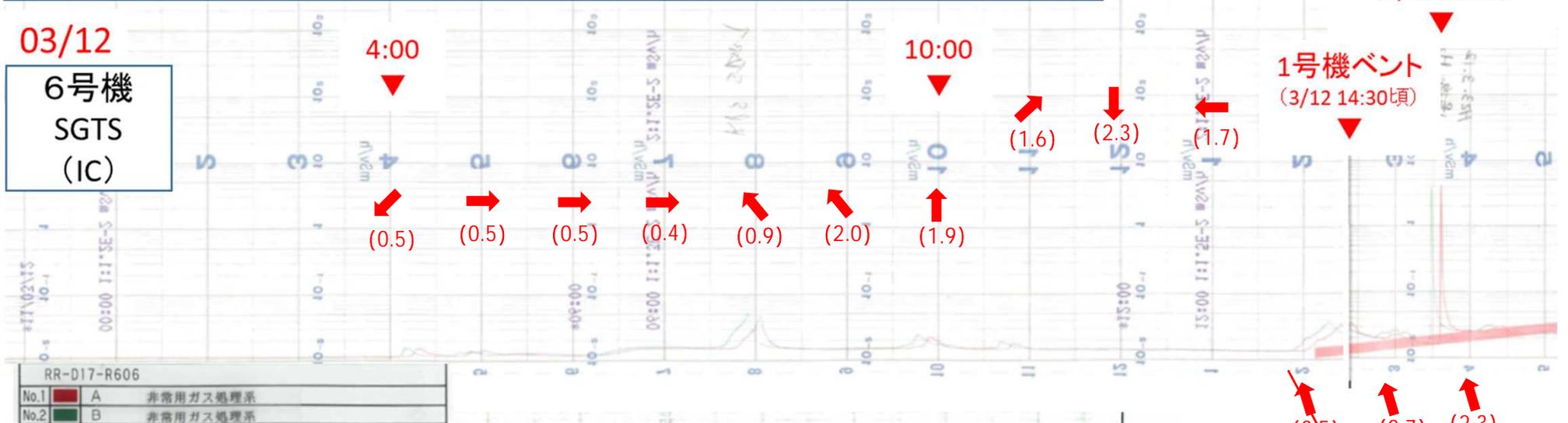
3/12 15時36分の1号機
水素爆発前に敷地北西の
MP-4で空間線量率が急に
上昇(風向:南南東)

発電所敷地内のプロセスモニタ等

2011年3月12日4時～10時 非常用ガス処理系(SGTS)排ガス放射線モニタ

03/12

6号機
SGTS
(IC)



3号機
SGTS
(IC)

(赤) 非常用ガス処理系放射線モニタ A (I.C)
(緑) 非常用ガス処理系放射線モニタ B (I.C)

➡ 風向(正門付近)
() 風速[m/s]

6号機SGTS排ガス
放射線モニタ

2020年7月31日
原子力規制庁撮影



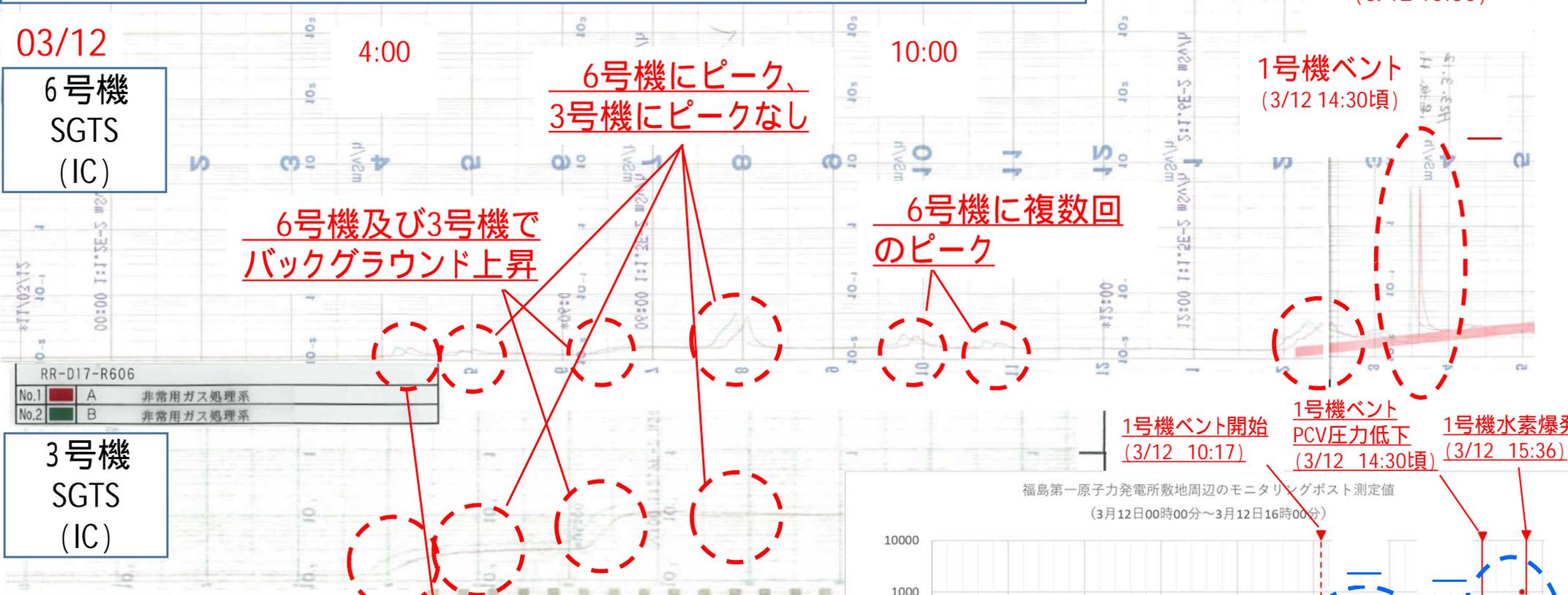
2011年3月12日4時～10時 非常用ガス処理系(SGTS)排ガス放射線モニタ

03/12

6号機
SGTS
(IC)

3号機
SGTS
(IC)

(赤) 非常用ガス処理系放射線モニタ A (I.C)
(緑) 非常用ガス処理系放射線モニタ B (I.C)



6号機及び3号機で
バックグラウンド上昇

6号機にピーク、
3号機にピークなし

6号機に複数回
のピーク

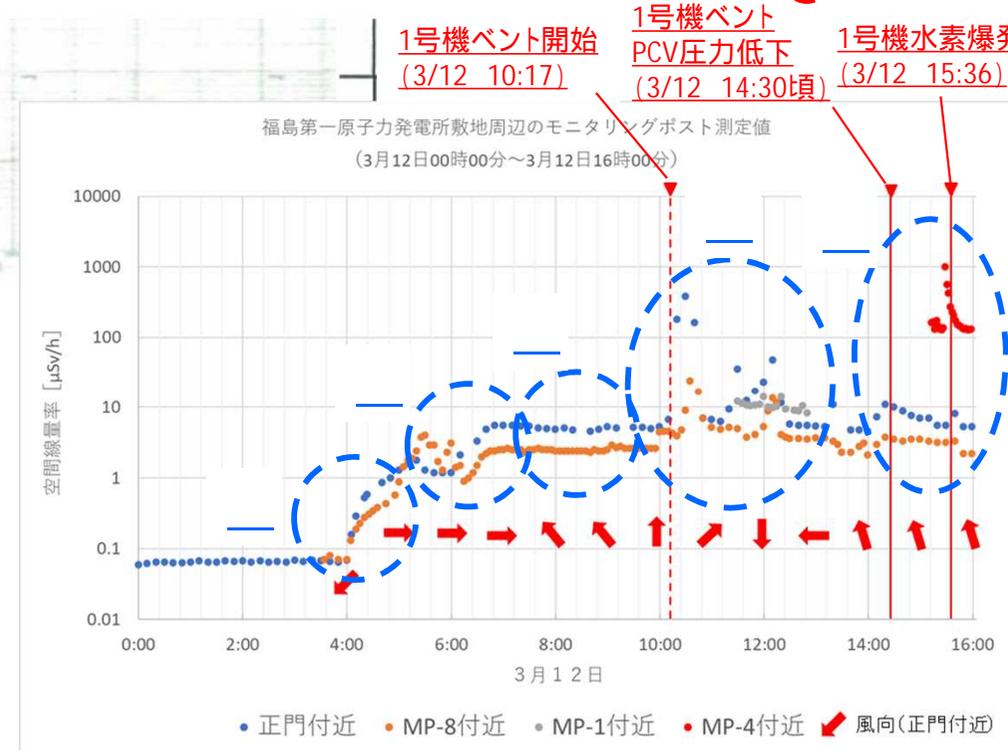
1号機ベント
(3/12 14:30頃)

1号機水素爆発
(3/12 15:36)

6号機でピーク、3号機で
バックグラウンド上昇

6号機は、1号機ベント及び1号機
水素爆発前に複数回のピーク

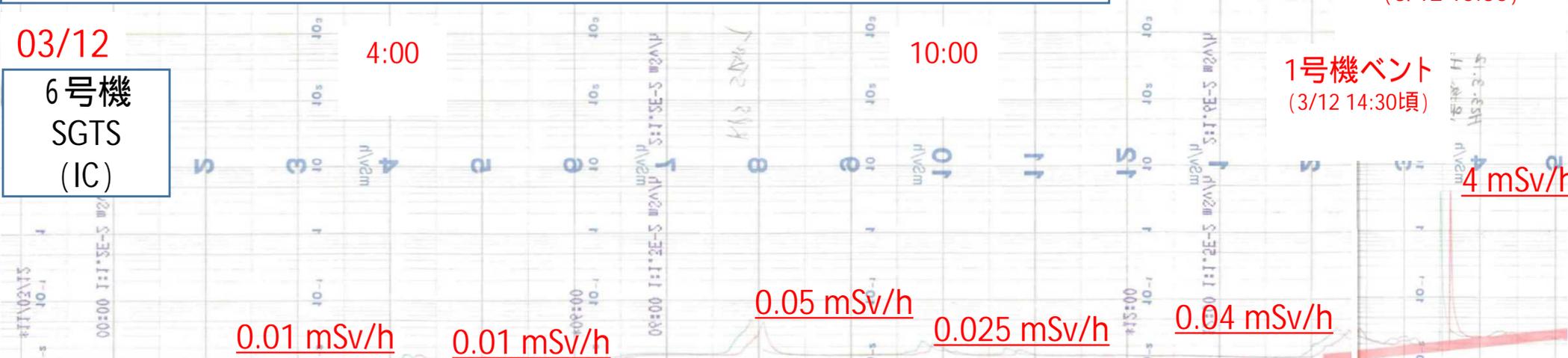
6号機では、1号機ベントよりも1号
機水素爆発により高いピークを確認



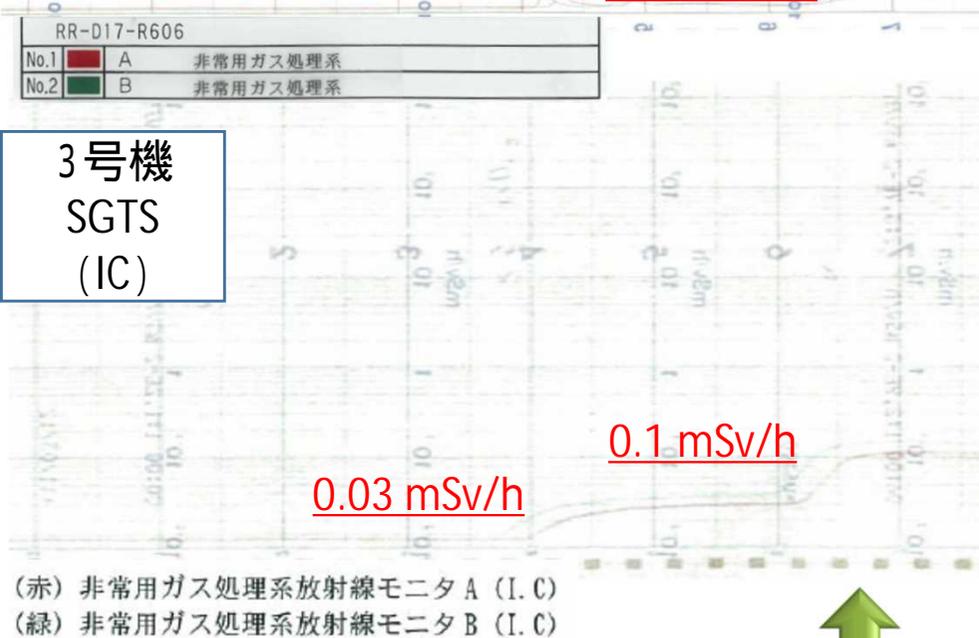
2011年3月12日4時～10時 非常用ガス処理系(SGTS)排ガス放射線モニタ

03/12

6号機
SGTS
(IC)



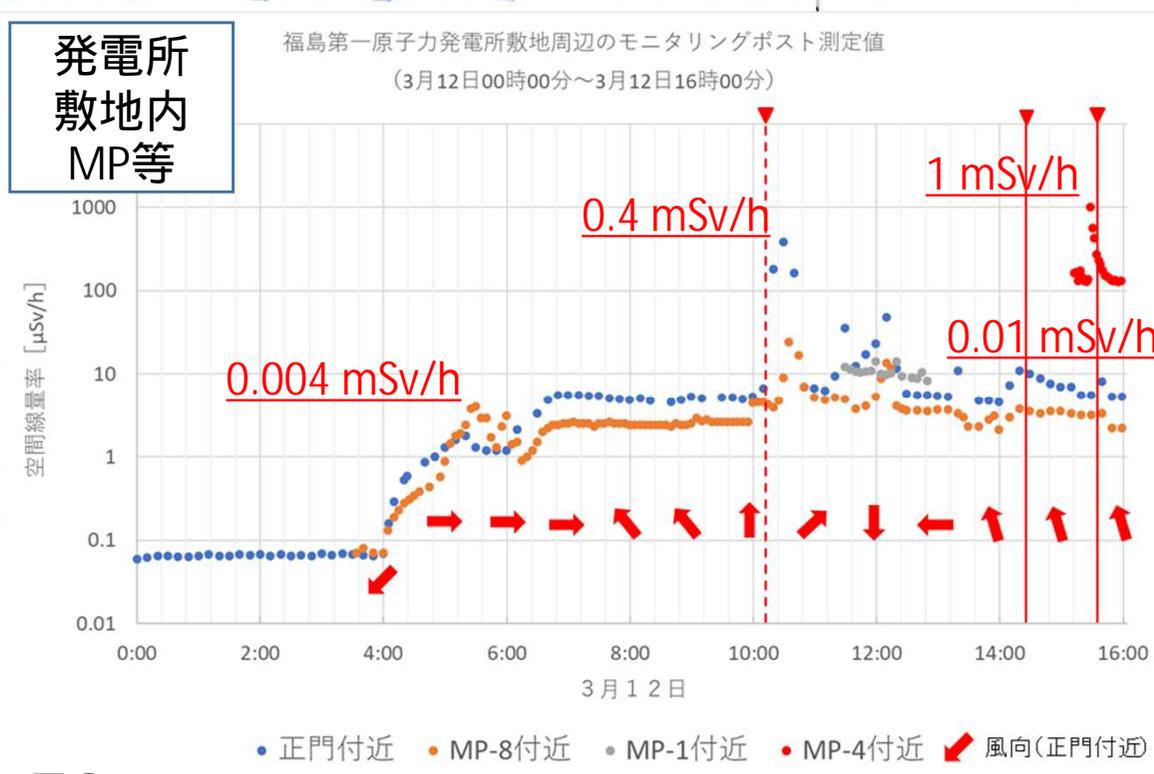
3号機
SGTS
(IC)



(赤) 非常用ガス処理系放射線モニタ A (I.C)
(緑) 非常用ガス処理系放射線モニタ B (I.C)

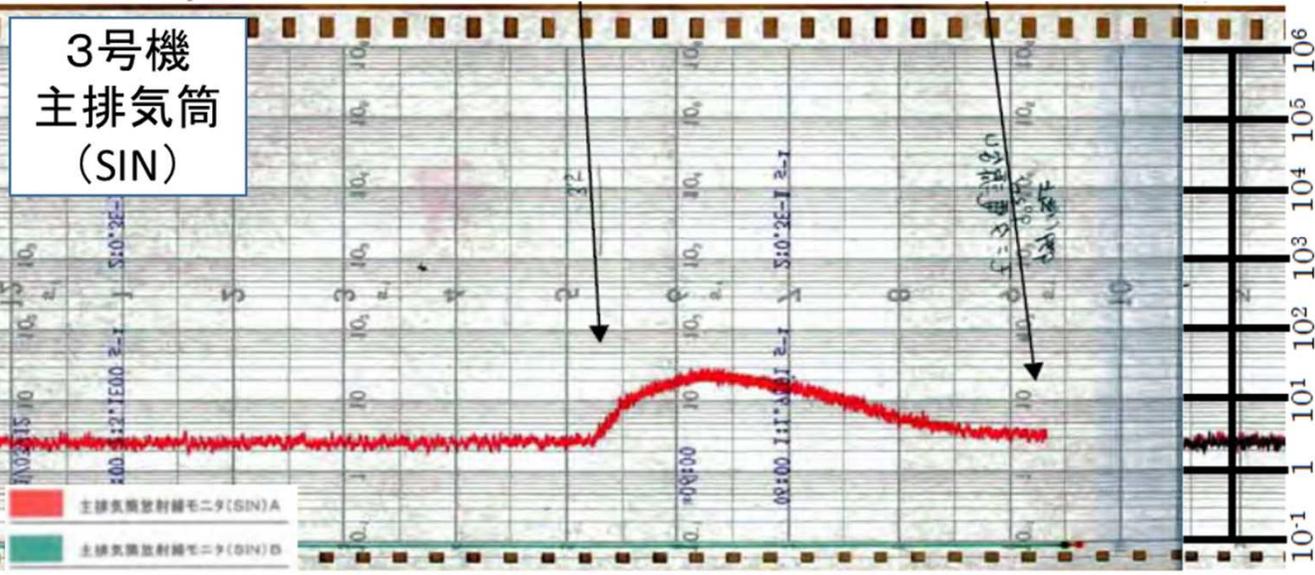
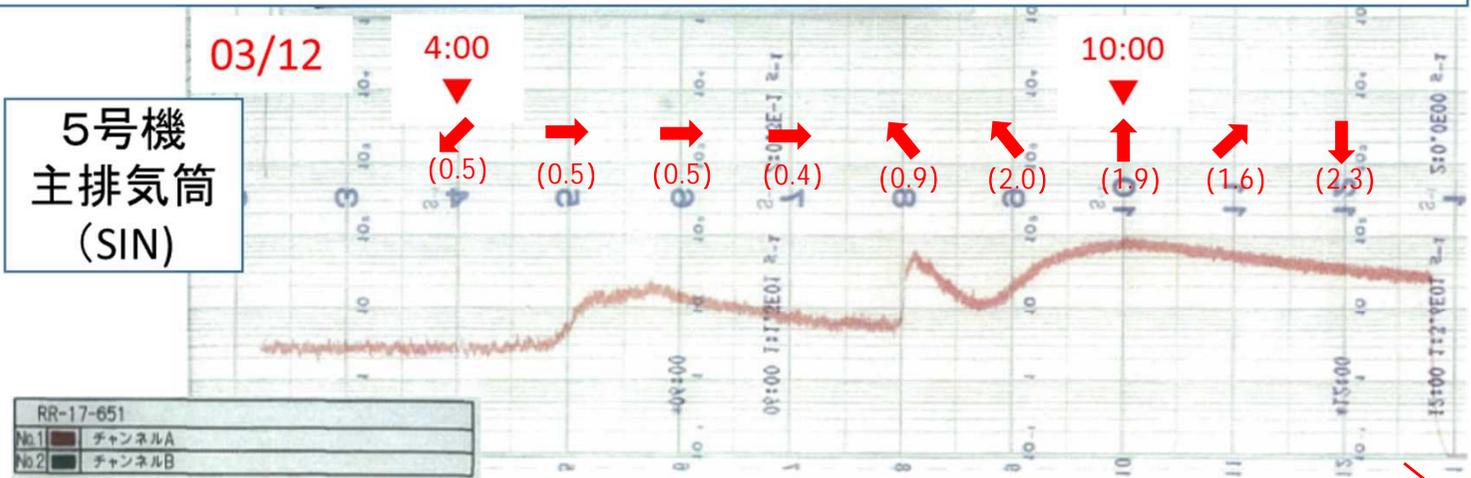
空間線量率は、
3号機SGTS > 6号機SGTS > 敷地内MP
であり、1号機に近い方が大きい値となる

発電所
敷地内
MP等



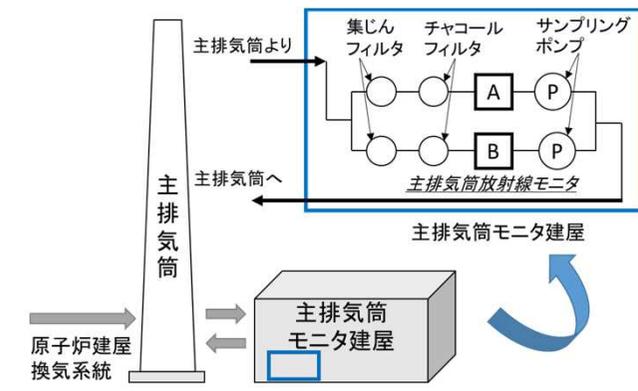
発電所敷地内のプロセスモニタ等

2011年3月12日4時~10時 主排気筒放射線モニタ



B系については、2011.3.11_15:30頃に電源喪失に伴うダウンスケールと記録されている。

- ➡ 風向(正門付近)
- () 風速 [m/s]

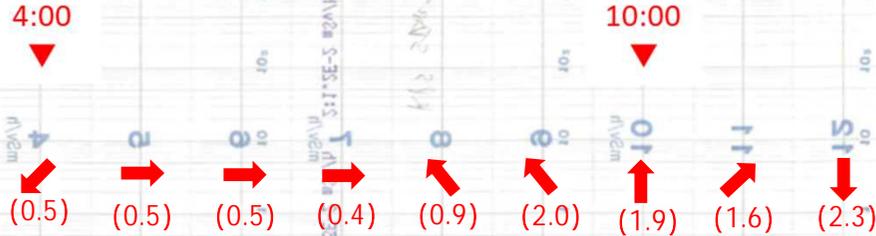


2011年3月12日4時～10時 非常用ガス処理系(SGTS)排ガス放射線モニタ

03/12

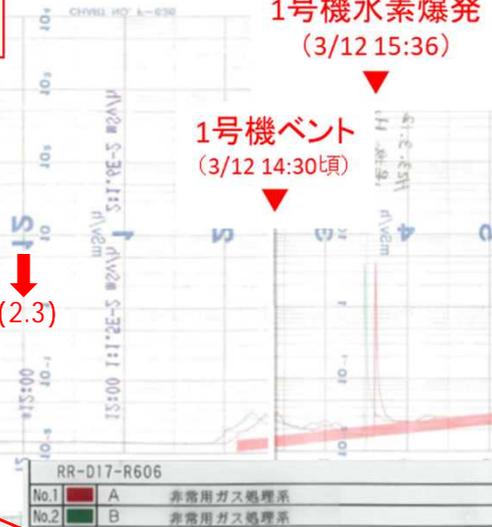
6号機
SGTS
(IC)

↙ 風向(正門付近)
() 風速[m/s]



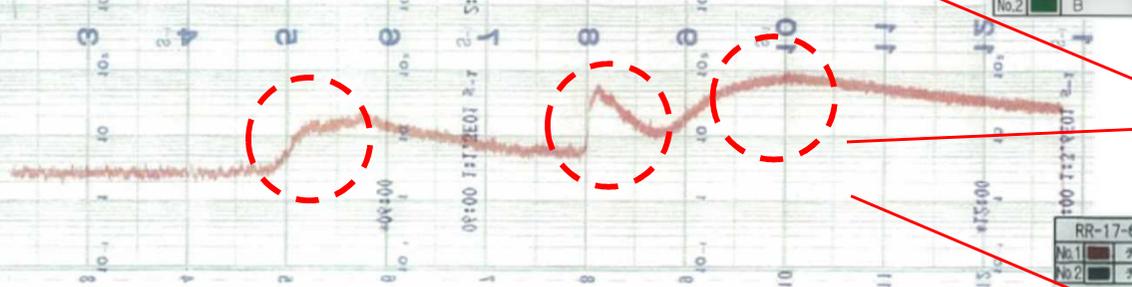
1号機水素爆発
(3/12 15:36)

1号機ベント
(3/12 14:30頃)



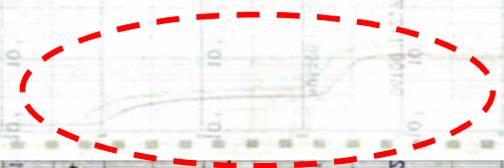
5号機
主排気筒
(SIN)

6号機SGTSと5号機主排気筒
のピークの傾向は似ている。



3号機
SGTS
(IC)

5号機主排気筒と3号機主
排気筒のピークの傾向は異
なる。風向の影響はあるか。



3号機
主排気筒
(SIN)

3号機SGTSと3号機主排気筒のピー
クの傾向は異なる。放射線モニタの設
置位置(屋内・屋外)の影響はあるか。



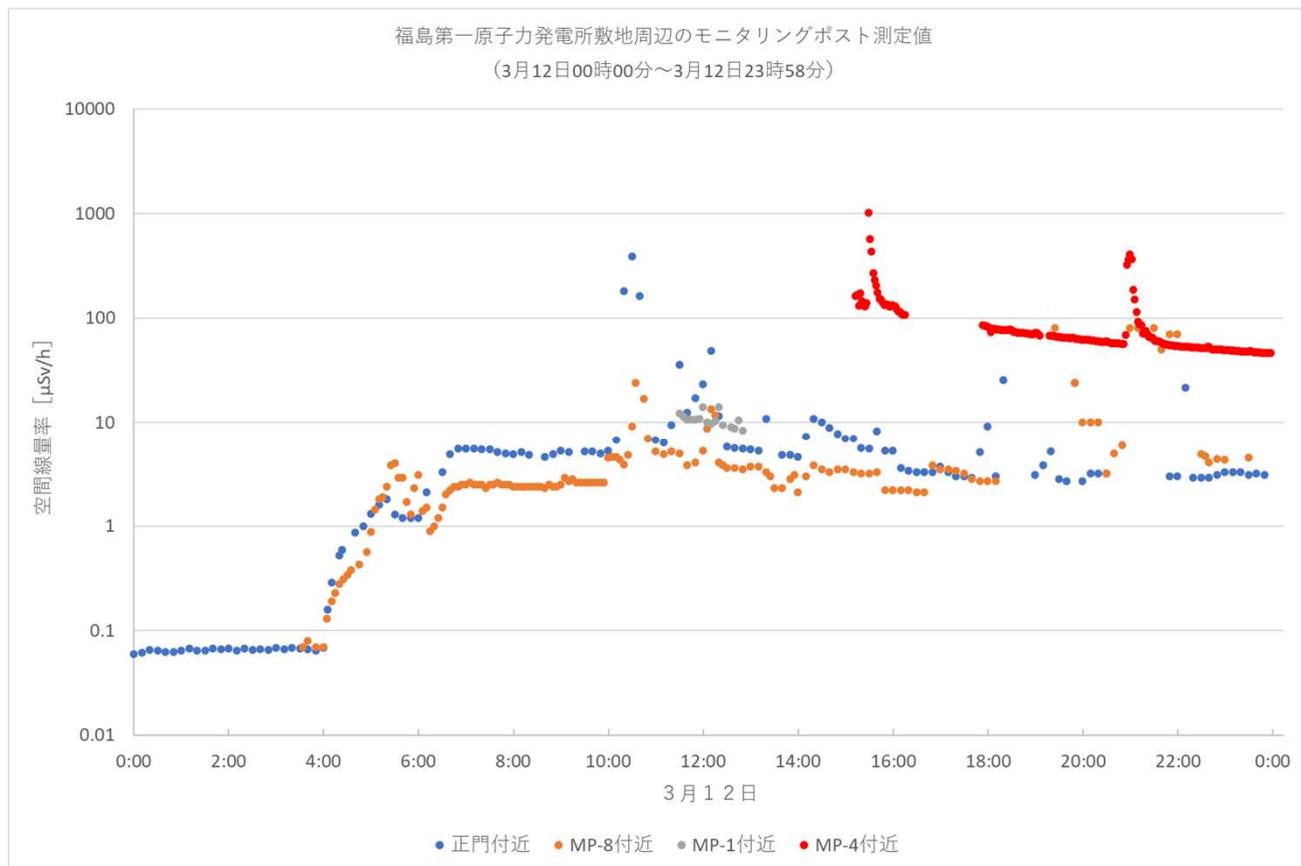
03/12

2011年3月12日4時～10時 主排気筒放射線モニタ

発電所敷地内のモニタリングポスト、プロセスモニタ等のデータ整理 [2011年3月12日の空間線量率データ]

- 6号機SGTS排ガス放射線モニタのデータでは、1号機ベント及び1号機水素爆発の時期より前にも複数のピークがある。
- 3号機SGTS排ガス放射線モニタのデータでは、6号機SGTS排ガス放射線モニタと同様のタイミングで空間線量率が上昇しており、測定される空間線量率も大きい。
- 6号機及び3号機のSGTS排ガス放射線モニタのデータは、発電所敷地内のモニタリングポスト等と同様の傾向(ピークの時期やバックグラウンドの上昇)が確認される。
- 発電所敷地内のモニタリングポスト等並びに6号機及び3号機SGTS排ガス放射線モニタの空間線量率は、同じタイミングでもピークがある場合とない場合がある。
- 3/12 04時00分頃の正門付近及びMP-8付近の空間線量率の上昇前に1号機原子炉建屋で線量率の上昇が報告されている。

発電所敷地内のモニタリングポスト等のデータについて

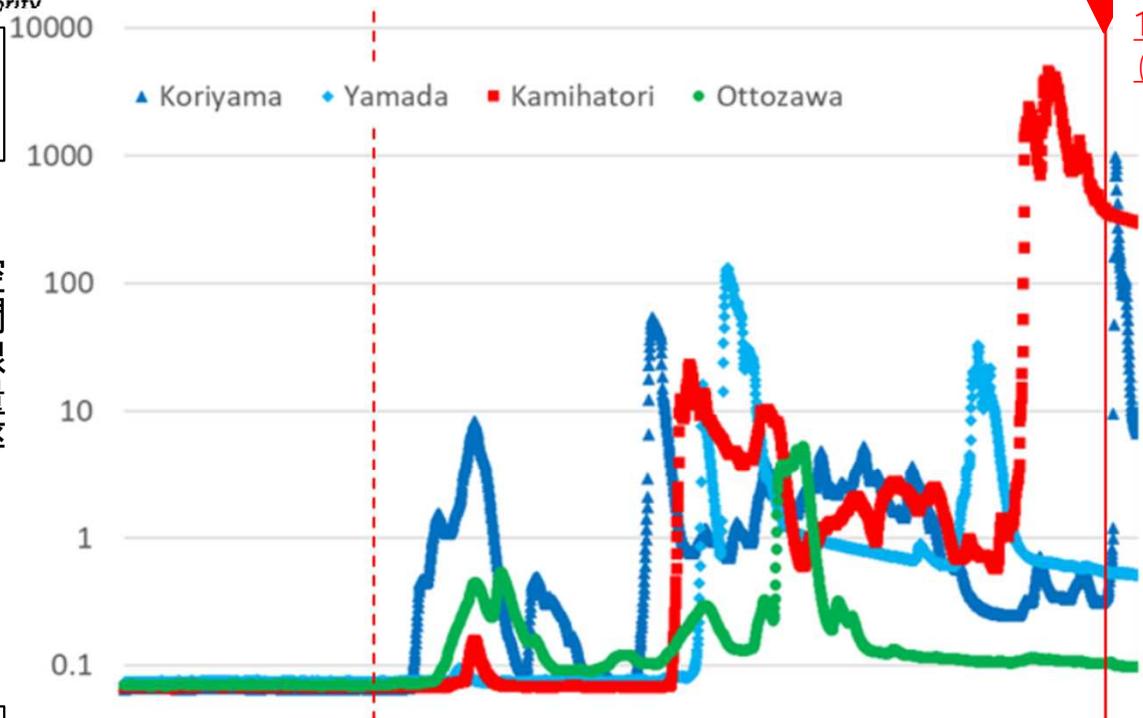


- A) 本資料における発電所敷地内のモニタリングポスト等のデータのグラフ化については、東京電力ホールディングス株式会社の「福島第一原子力発電所構内での計測データ | アーカイブ」で公開されている2011年3月11日から21日までのモニタリングデータを用いている。
- B) 各モニタリングポストでの測定時期、測定回数は不定期となっている。

(3) 東京電力福島第一原子力発電所敷地内外
の空間線量率モニタリングデータの比較
[2011年3月12日の空間線量率データ]

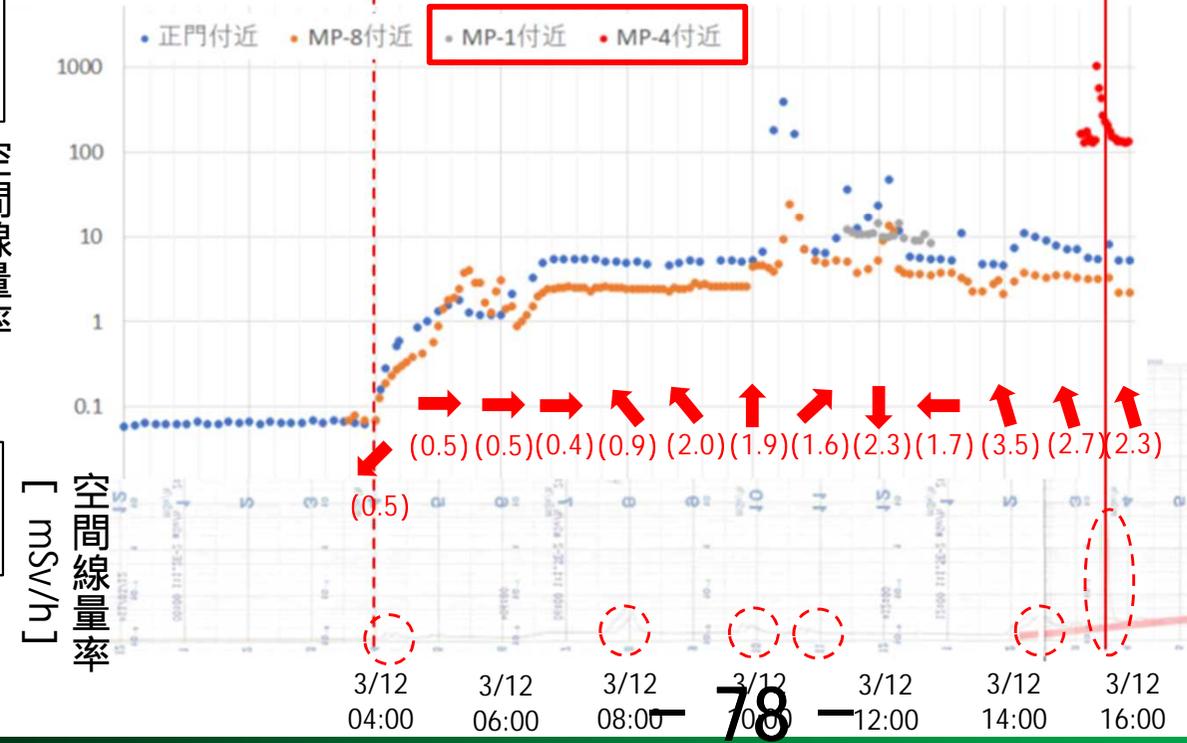
1F敷地外モニタリングポスト

空間線量率
[μGy/h]



1F敷地内モニタリングポスト

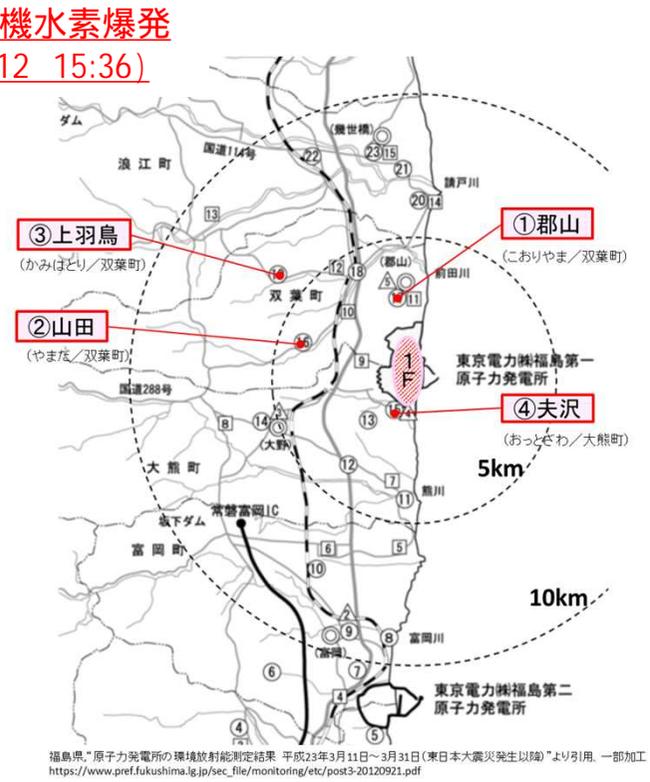
空間線量率
[μSv/h]



6号機SGTS排ガス放射線モニタ

空間線量率
[mSv/h]

↗ 風向(正門付近)
() 風速[m/s]



福島県「原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)」より引用。一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf

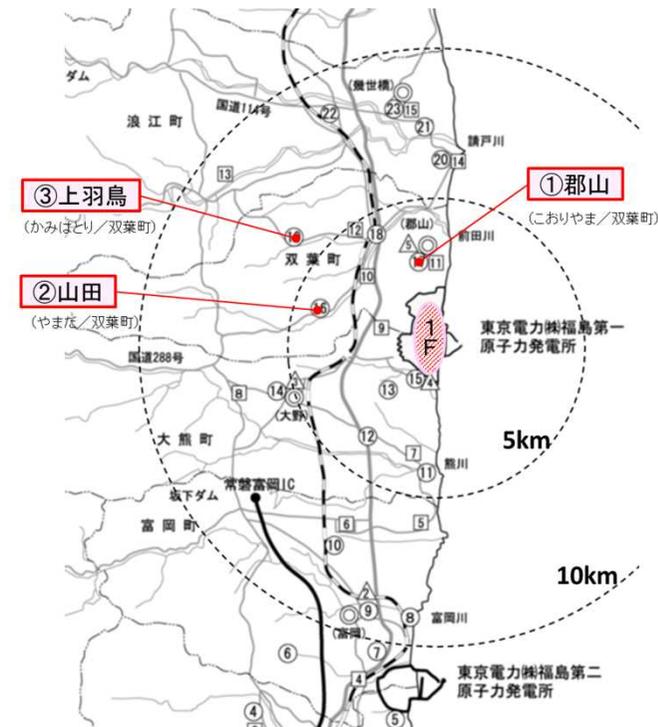
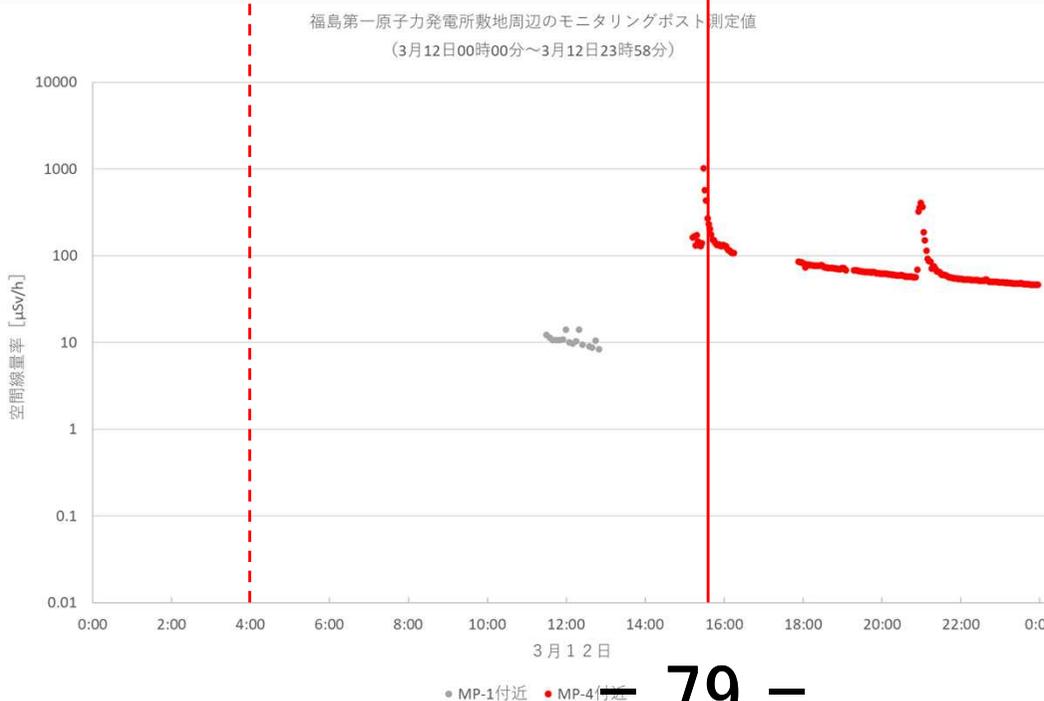
1F北方向の比較

[2011/3/12
00:00 ~ 23:58]

1F敷地外モニタリングポスト



1F敷地内モニタリングポスト



福島県「原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)」より引用。一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf



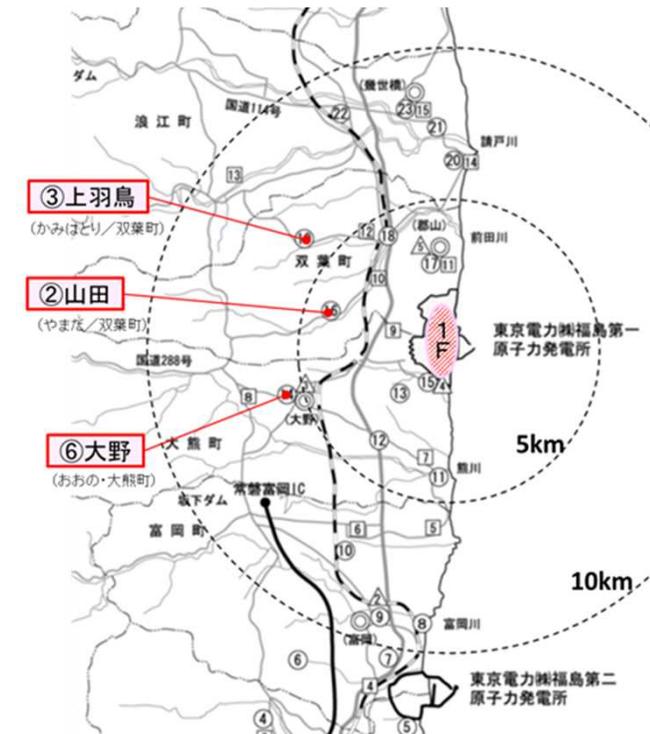
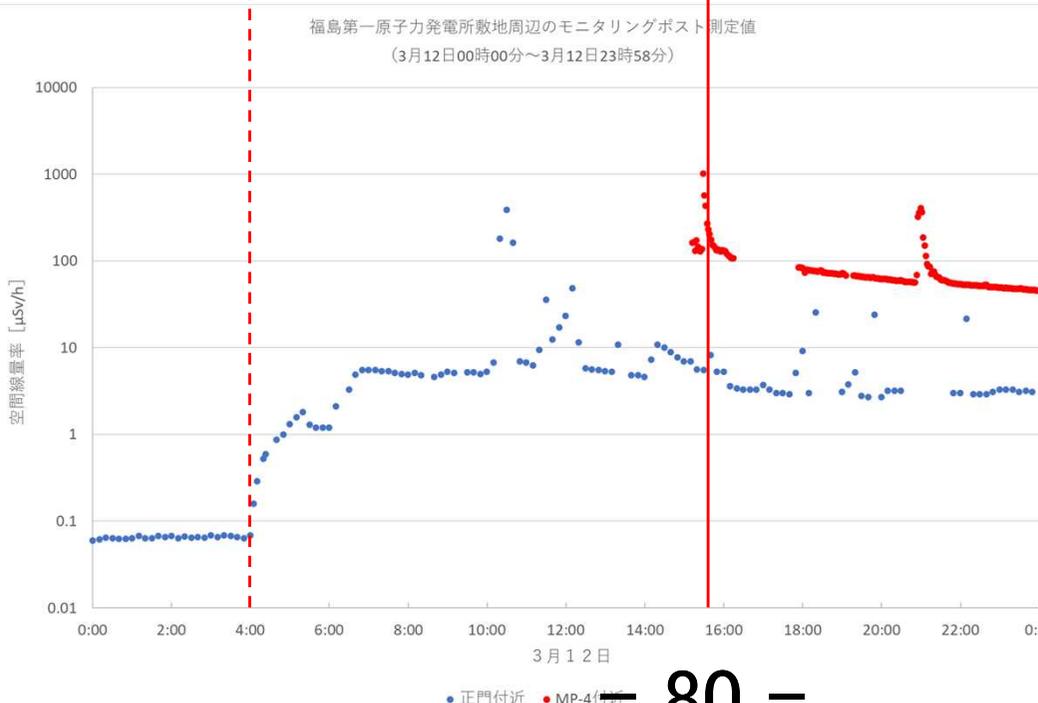
1F西方向の比較

[2011/3/12
00:00 ~ 23:58]

1F敷地外モニタリングポスト



1F敷地内モニタリングポスト

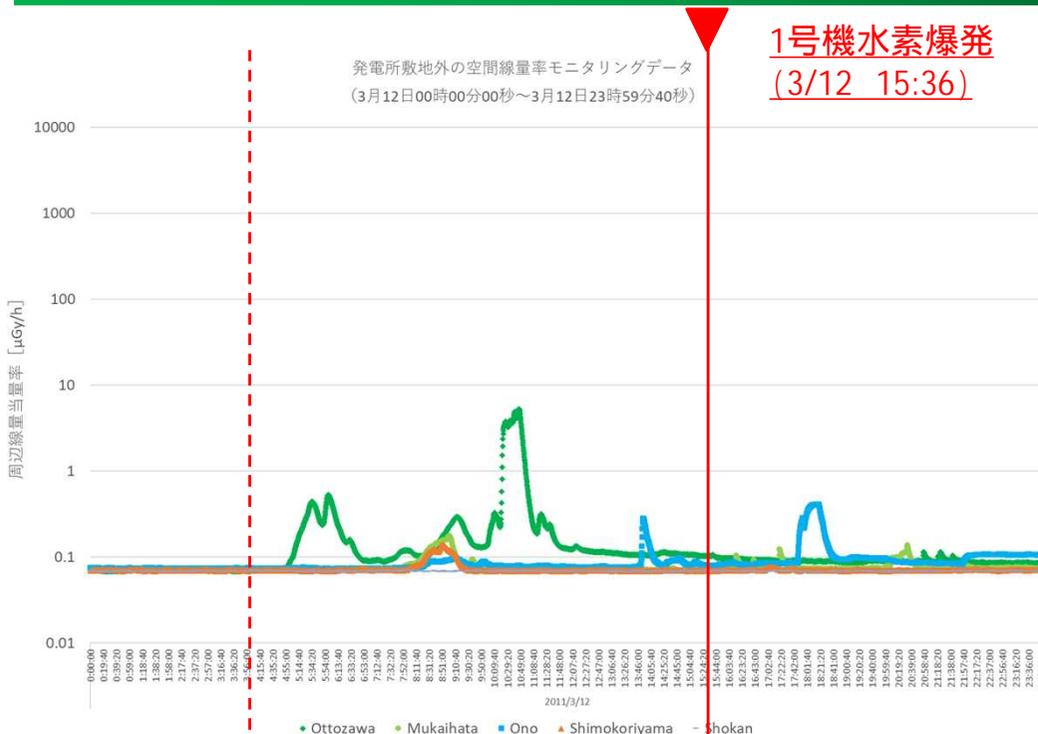


福島県「原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日~3月31日(東日本大震災発生以降)」より引用。一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf



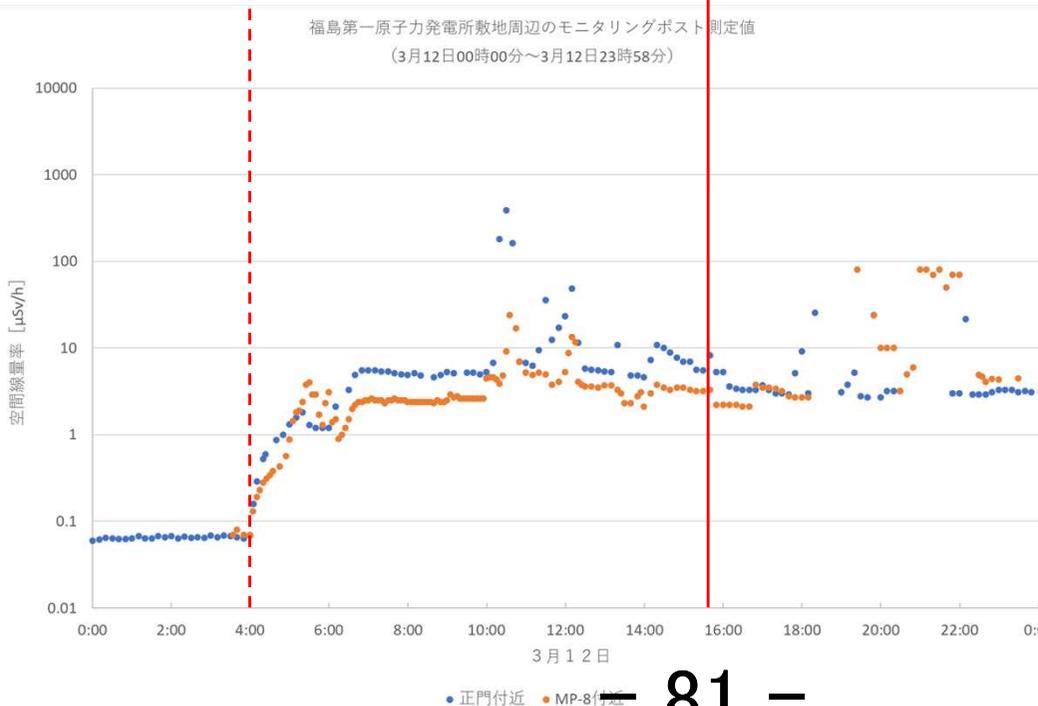
1F南方向の比較

[2011/3/12
00:00 ~ 23:58]

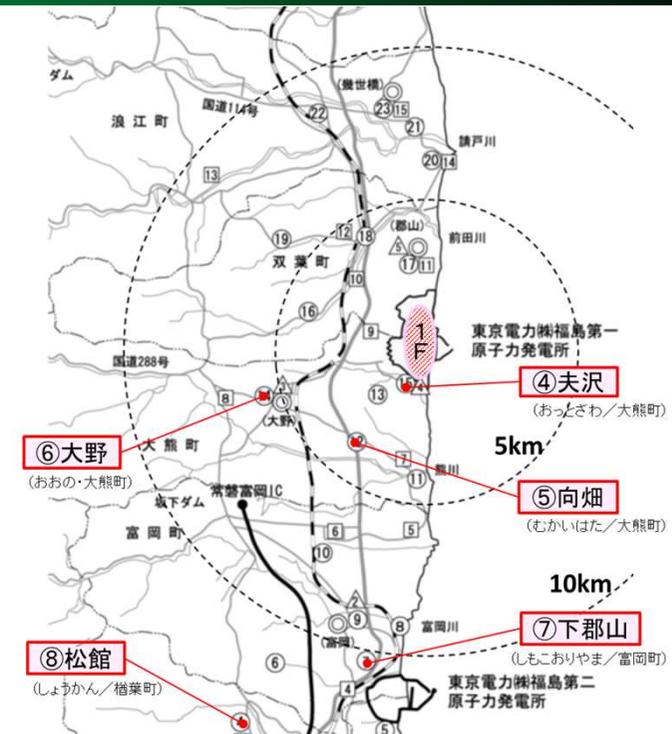


1号機水素爆発
(3/12 15:36)

1F敷地外モニタリングポスト



1F敷地内モニタリングポスト



福島県「原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日~3月31日(東日本大震災発生以降)」より引用。一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf



2011年3月12日の空間線量率データのまとめ

- 3/12 04時00分頃に最初の空間線量率の上昇が確認されている。
これは、1号機格納容器ベントや1号機水素爆発より前に生じている。
- 発電所敷地内については、異なる地点での空間線量率のデータの傾向が似ていること、空間線量率のバックグラウンドの上昇が確認される。
- 発電所敷地外については、敷地周辺や敷地北側、南側等の方角・方向によって空間線量率のデータの傾向に類似性がある。また、複数のピークが確認される。

核種放出のタイミングとメカニズムの分析(1 / 5)

背景・趣旨

- 福島第一原子力発電所の敷地内外のモニタリングポスト、プロセスモニタ、エリアモニタ等で空間線量率が測定されている。
- これらの測定データには、いくつかの空間線量率のピークがあり、福島第一原子力発電所からの放射性物質の放出・漏えいを示している。
- バックグラウンドの低い3月12日前後のデータと1号機の事象進展との比較及び空間線量率の高いピークのある3月15, 20, 24日等のデータの比較を行う。また、敷地内のデータとして、6号機のプロセスモニタのデータを利用する。

目的

原子炉格納容器から放出・漏えいした放射性物質が測定されたものであり、放射性核種の放出挙動を明らかにするため、モニタリングポスト等の空間線量率の測定データを基に核種放出の時期、メカニズム等の分析を進める。

- [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析
- [分析等] セシウム等の核種の化学形態、移行挙動の検討 等

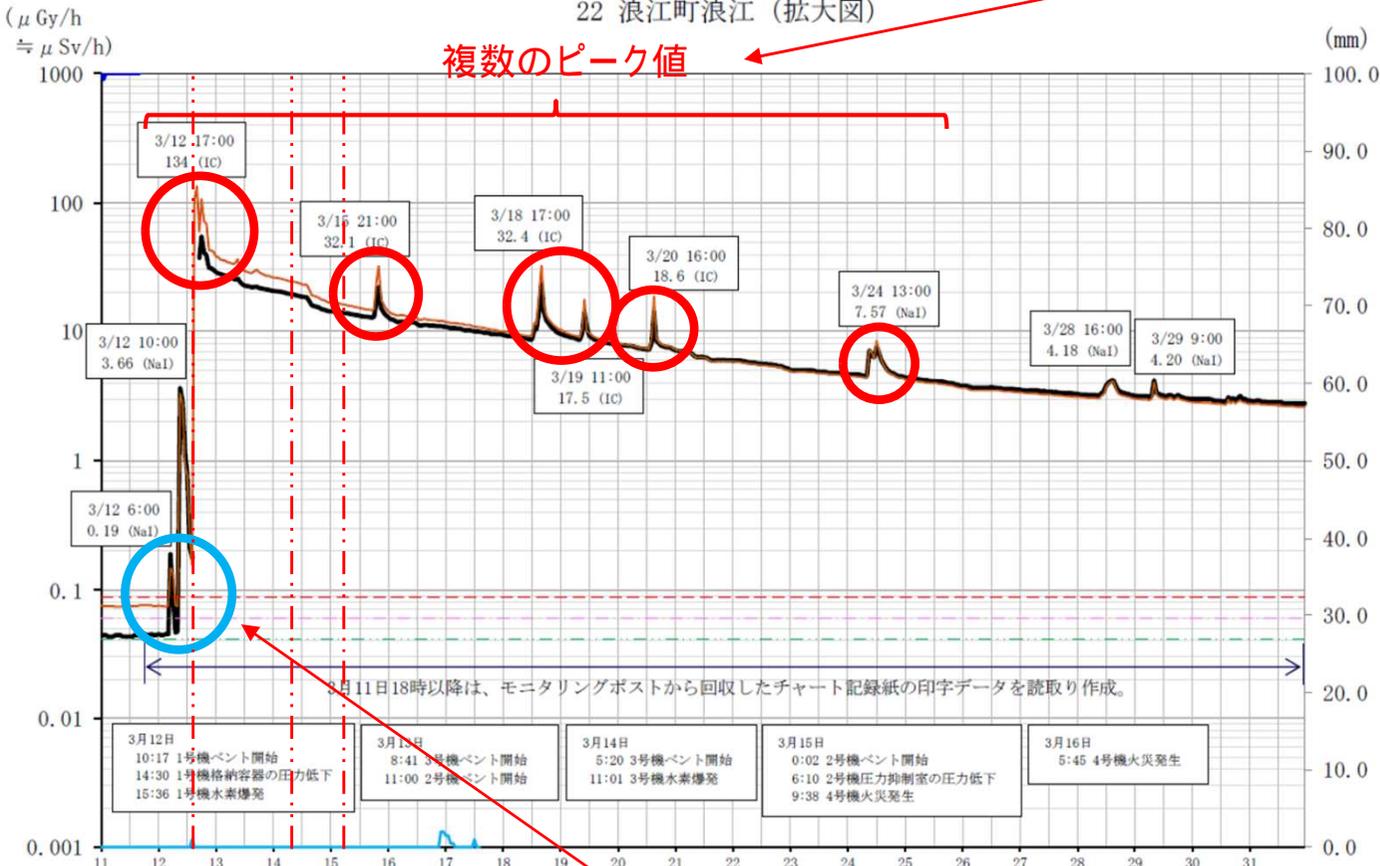
論点等

- 空間線量率のデータは、放射性物質の直接線、スカイシャイン線、クラウドシャイン線等の変動例を考慮する。
- 核種放出の時期は、セシウム等の核種、化学形態、移行挙動等の影響を受けるか。 等

核種放出のタイミングとメカニズムの分析(2/5)

□ [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析

空間線量率の変動グラフ
22 浪江町浪江 (拡大図)



1号機水素爆発
3号機水素爆発
4号機水素爆発

放射性物質が漏えい、
1号機の事象進展と比較

発電所敷地から北北西約8.6kmのモニタリングポスト(浪江町浪江)においても複数の空間線量率のピーク

論点等

- 1、3号機の水素爆発と空間線量率のピークは一致しない。
- 複数のモニタリングポストの空間線量率データを比較する。

測定項目 空間線量率

----- 過去の最大値

0.09 μGy/h

平常の変動幅

----- 上限 0.06 μGy/h

----- 下限 0.04 μGy/h

— 低線量率(NaI)

— 高線量率(IC)

— 降雨雪(大野)

— 感雨雪

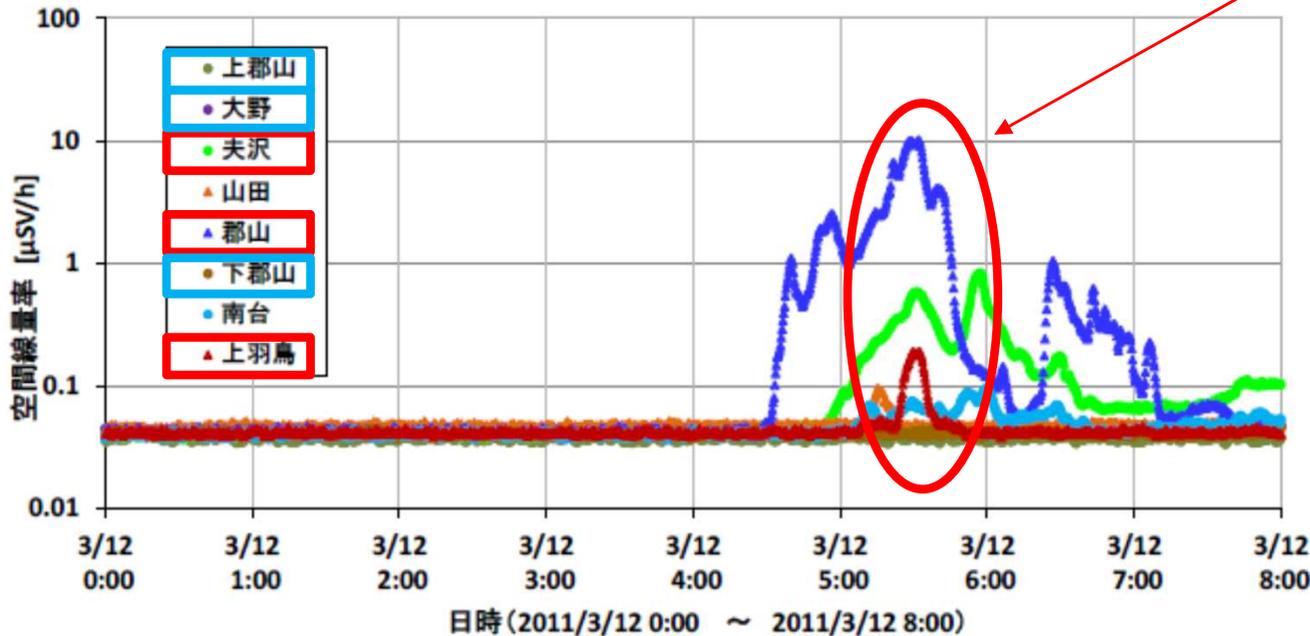


東京電力ホールディングス株式会社, "福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告," 2017年12月25日より抜粋、一部加工

福島県, "平成23年3月11日~3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について"より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>

核種放出のタイミングとメカニズムの分析(3 / 5)

□ [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析



異なる箇所(モニタリングポスト)で同じ
時期にピークが観測されている。



図2 発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータ[2]

参考文献

- [1] 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所における放射性物質の大気中への放出量の推定について”, 平成24年5月.
- [2] 福島県, “平成23年3月11日~3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>.

東京電力ホールディングス株式会社, “福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告”, 2017年12月25日より抜粋、一部加工

論点等

- 異なる方向のモニタリングポスト(郡山、夫沢、上羽鳥等)でピークが一致している。
- 一方、一部のモニタリングポスト(上郡山、下郡山、大野)ではピークが観測されていない。
- モニタリングポストの空間線量率の測定間隔を整理する必要がある。

核種放出のタイミングとメカニズムの分析(4 / 5)

□ [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析

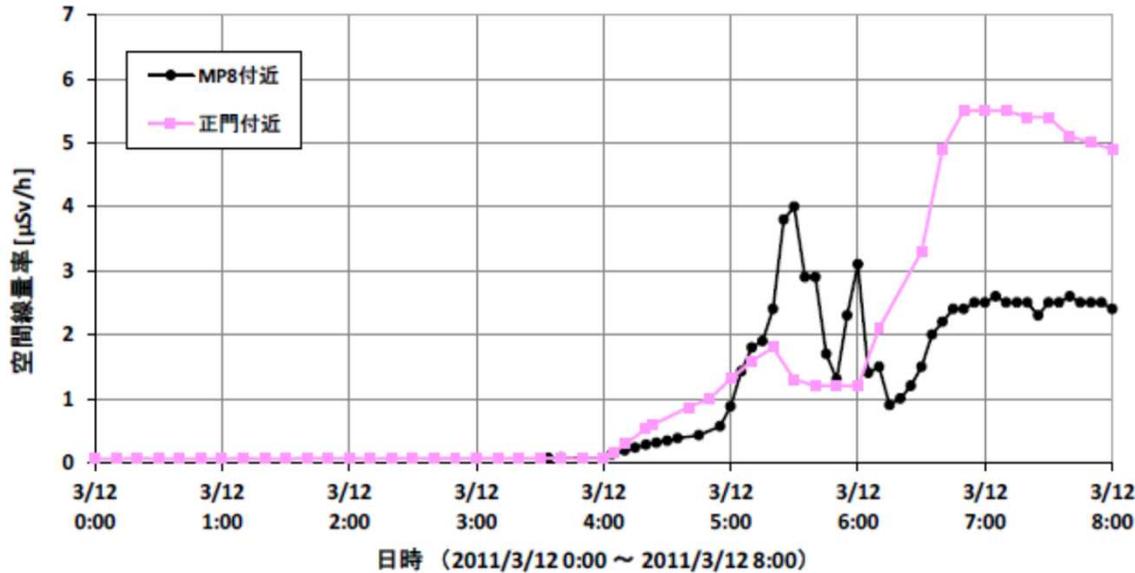


図1 発電所敷地内の空間線量率モニタリングデータ[1]



福島第一原子力発電所
6号機のプロセスモニタ等
の線量率データを精査。

- ・発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータ
- ・発電所敷地周辺のモニタリングデータ (MP8付近及び正門付近)
- ・6号機非常用ガス処理系プロセスモニタの線量率データ等の比較を検討

参考文献

- [1] 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所における放射性物質の大気中への放出量の推定について”, 平成 24 年 5 月.
- [2] 福島県, “平成 23 年 3 月 11 日～3 月 31 日 (東日本大震災発生以降) にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>.

東京電力ホールディングス株式会社, “福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告”, 2017年12月25日より抜粋、一部加工

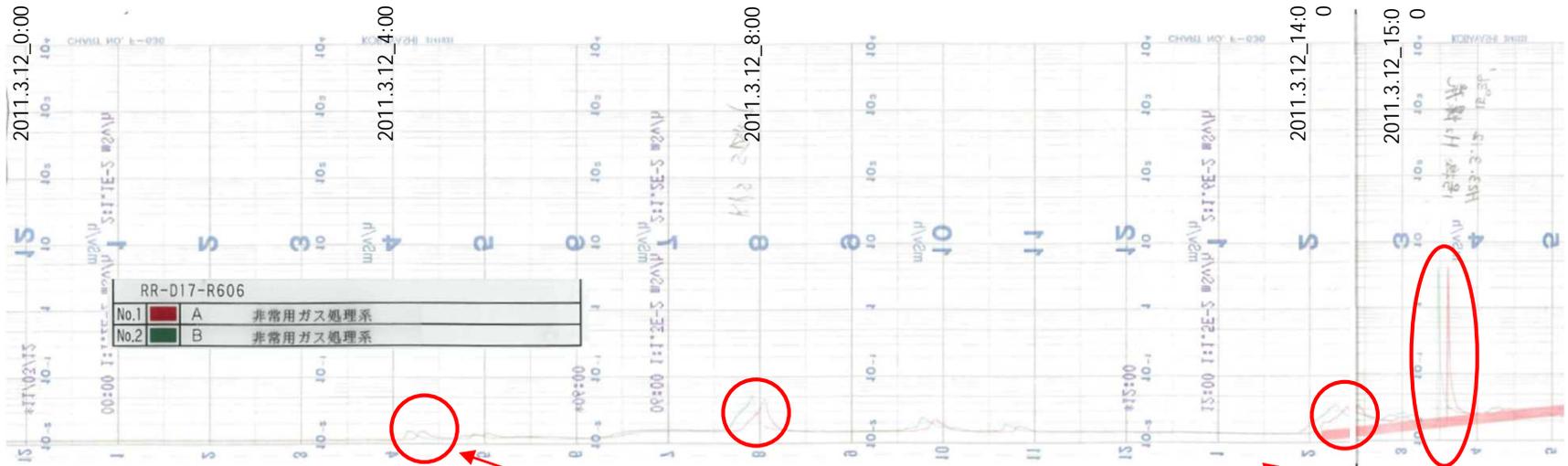
論点等

- 6号機非常用ガス処理系プロセスモニタの線量率データは利用可能か。
- 空間線量率は、直接線、スカイシャイン線、クラウドシャイン線等により、変動が異なるため、線量率データの精査が必要。

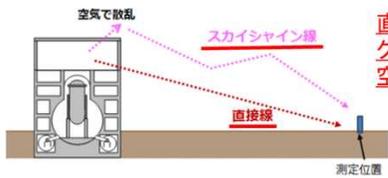
核種放出のタイミングとメカニズムの分析(5/5)

□ [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析

6号機非常用
ガス処理系排ガス
放射線モニタ
(2011.3.12~)



6号機 非常用ガス処理系排ガス放射線モニタA,Bを一部加工



直接線、スカイシャイン線、クラウドシャイン線により空間線量率の変動が異なる。

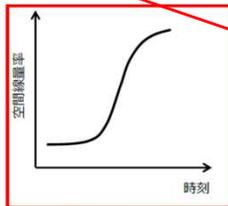


図3 (A)直接線・スカイシャイン線のイメージと直接線・スカイシャイン線による空間線量率の変動例

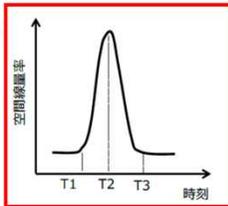
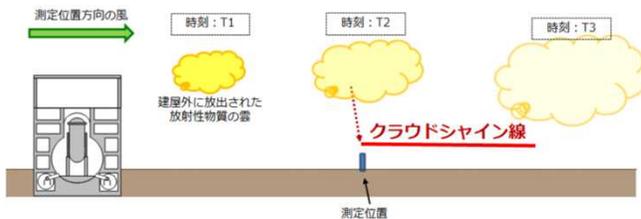


図4 (B)クラウドシャイン線のイメージとクラウドシャイン線による空間線量率の変動例

6号機のプロセスモニタ(非常用ガス処理系排ガス放射線モニタ)の線量率データに複数のピーク。

1号機水素爆発
(3.12 15:36)
1号機ベント
(3.12 14:30頃)

論点等

- 6号機非常用ガス処理系プロセスモニタの線量率データと比較。

東京電力ホールディングス株式会社, “福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告,” 2017年12月25日より引用

2号機シールドプラグ トップカバー下面の汚染密度について

2022年9月6日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

目 次

- はじめに
- 1. 床表面から150 cm位置での周辺線量当量率を用いた推定
- 2. コリメータ付き 線線量計による30.5 cm高さ測定結果を用いた推定
- 3. 穴内部の周辺線量当量率分布を用いた推定
 - 3-1 IRID穴と新穿孔穴の測定値
 - 3-2-1 穴内分布への影響(鉄筋)
 - 3-2-2 穴内分布への影響(室内汚染)
 - 3-3-1 穴内分布測定値から汚染密度へ
 - 3-3-2 測定値と再構築された穴内分布の比較
 - 3-3-3 穴内線量率分布から得られた汚染密度
 - 3-4 床上線量率とトップカバー下汚染密度
 - 3-5 穴内測定のとまとめ
- 4. 3種類の測定による推定の比較と検討

はじめに

- 2号機シールドプラグのトップカバー下面のCs-137推定においては以下のことを考慮する必要がある
 - 2号機ではオペレーションフロア(以下、「オペフロ」という。)の建物構造が健全であることから床・天井・壁にCs-137で汚染した線源が存在する
 - 現時点でもオペフロ内部、特にシールドプラグ上部の線量当量率が高く、作業者が立ち入って測定することができない
 - 建物が健全であることから大型の重機による作業や測定はできない
 - 結果として、可能な手段は、小型のロボットで操作可能な手法に限定される
- 入手可能な限られた情報からの推定では、これらの状況を考慮し、異なった手法による結果を相互比較し、総合的に考えることが必要である

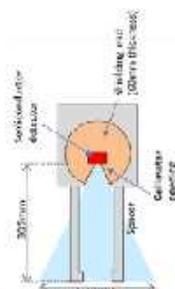
はじめに

- トップカバー下面のCs-137汚染密度の推定に使用できる測定には、以下の3種類のものがある
 - (1) オペフロ床面から150 cm 高さで測定された周辺線量当量率分布
 - (2) コリメータ付 線線量計による床表面の「線量率」分布建物が健全であることから大型の重機による作業や測定はできない
 - (3) トップカバーに穿孔された穴内部の周辺線量当量率分布
- (1)と(2)については、測定そのものは2019年に行なわれたものであり、推定方法についての検討を中心に実施した
- (3)は、この間に行なった主要な測定であり、測定結果の解釈についても検討が必要なことが多かった
 - 以下では、測定結果の検討、計算結果との比較及びトップカバー下面の汚染密度の推定方法を検討した
- 最後に、上記3種類の結果の比較検討を行なった

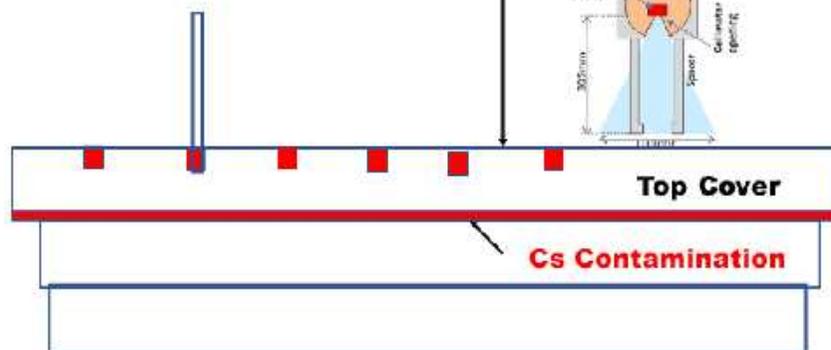
(1) 床表面から150 cm での
周辺線量当量率分布



(2) 床表面から30.5 cm での
コリメータ付きγ線線量計
による「線量率」分布



(3) トップカバーの穴内部での
周辺線量当量率分布



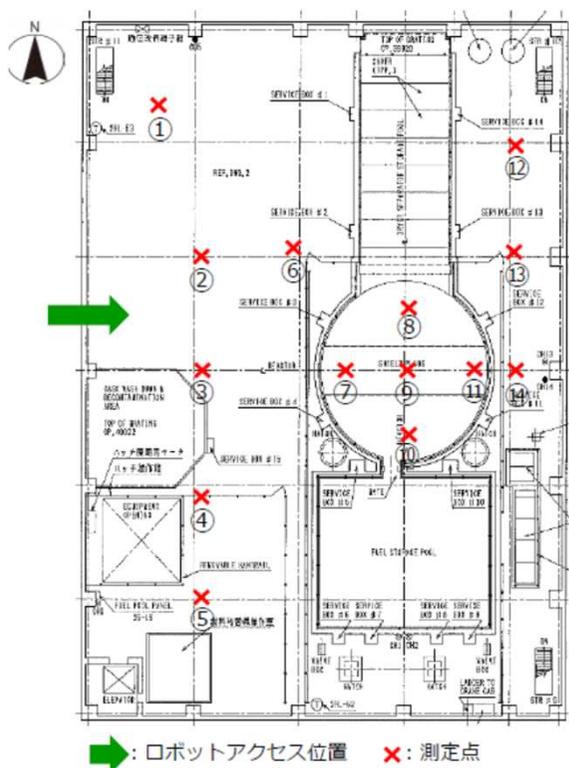
トップカバー下面のCs-137汚染 密度の推定に用いた3種類の測定

(3)の測定に関連して、床面から3 cmでの周辺線量当量率のマッピング、穴内部の測定時の床面から1.5 cm での穴上部及び東西南北の周辺線量当量率の測定が併せて実施された

オペフロ床表面の汚染密度

これまでに、「ガンマカメラによる測定」、「スミア測定」、「線個人線量計(NRF54)を用いた測定」により、「シールドプラグ上部」と「他の床面」で大きな違いがないことを確認している。

オペフロ床表面汚染密度の測定結果の比較

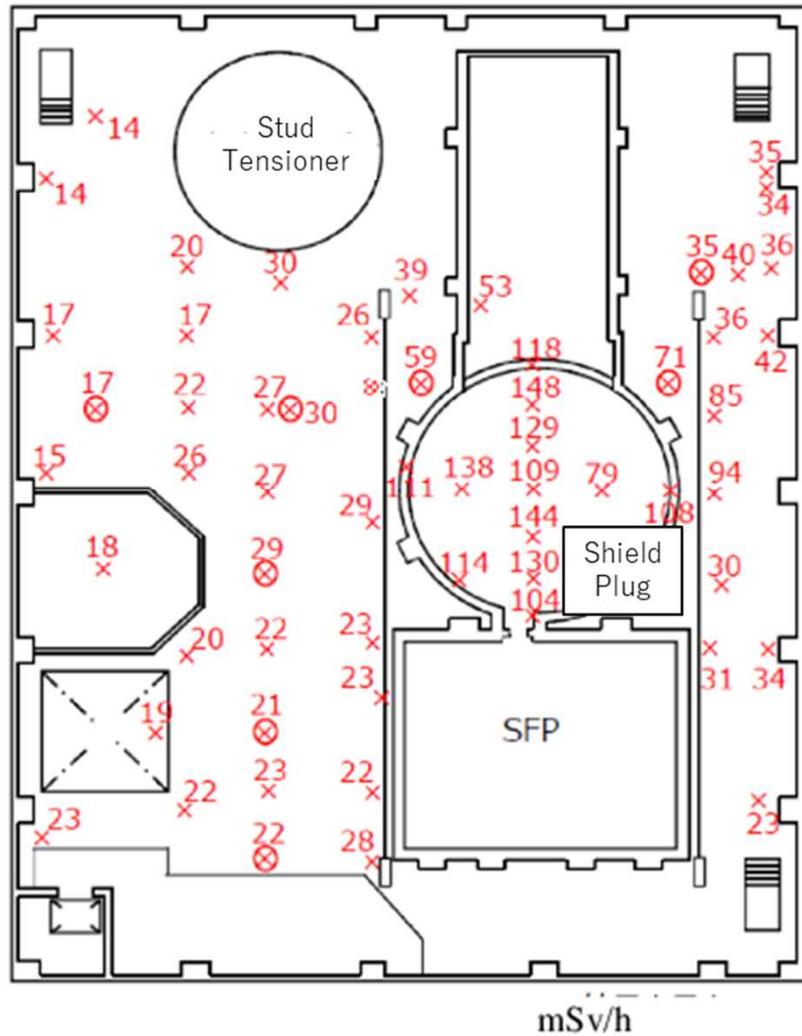


測定点		NRF54	スミア	ガンマカメラ
		(NRA2021.0414測定)	(東電2019.5.20報告)	(NRA2020.1.30測定)
		Cs-137汚染密度 Bq/cm ²		
No. 1	西側床	3.3E+04	3.3E+05 位置(8)	-
No. 3		1.2E+04		-
No. 4		3.7E+04		-
No. 6	シールドプラグ	6.2E+04	6.5E+05 位置(1)	7.00E+04
No. 7		8.3E+04	6.7E+05 位置(11)	1.70E+05
No. 8		1.2E+04	6.4E+05 位置(12)	8.00E+04
No. 9			9.7E+05 位置(12)	1.70E+05
No. 10			5.1E+05 位置(15)	1.00E+05
No. 11		1.6E+05	8.2E+05 位置(13)	1.70E+05
No. 12		1.0E+05	1.0E+06 位置(16)	-
No. 13	東側床		2.0E+05 位置(17)	1.70E+04
No. 14		3.6E+04	2.9E+06 位置(18)	1.70E+05
		()は引用資料内位置番号		東西に長いピクセル内平均の測定値
				[-]は視野外

1. 床表面から150 cm位置での周辺線量当量率を用いた推定

- 東電が2019年5月に2号機のオペレーションフロアの片付け後に実施された床面から150 cm 位置での周辺線量当量率の測定結果で、シールドプラグ上部が他の領域に比べて明らかに高いという結果が得られていた
- この原因として、3号機と同様にシールドプラグのトップカバー下面に高濃度の汚染があり、その影響でシールドプラグ上部の周辺線量当量率が高くなったとして、測定値から汚染密度の推定を行った
- 測定値には、オペフロ内壁の汚染による周辺線量当量率が含まれているために、測定値からトップカバー下面の汚染密度を推定した
- 過去の推定では、シールドプラグの厚さを60cmとし、「シールドプラグ東側の一部を除いた測定値別にすると20から30 mSv/hなる」として、シールドプラグ上部でのオペフロ内壁の汚染による寄与として30 mSv/hを使用した
- 内壁の汚染密度の検討から、東壁は他の領域より汚染密度が高い可能性があり、東壁に近い領域では線量率が同様に高い可能性があることが判った
 - この状況から「シールドプラグ東側の一部を別にして内壁の寄与を推定する」よりも、「東側の測定結果を基に内壁の寄与を推定する」方が適切と考えた
 - シールドプラグの東側の4箇所の平均 **61 mSv/h** を内壁の寄与とする

×: Measurement point ⊗: Funnel part



床表面から150 cm位置での周辺線量当量率の測定結果

2019年5月に東電により測定された床表面から150 cm高さでの周辺線量当量率

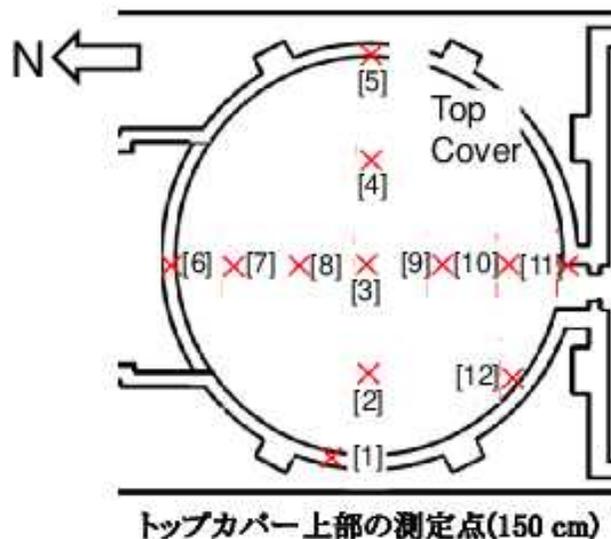
^{134}Cs 及び ^{125}Sb の汚染密度は ^{137}Cs の 10 % であるという結果が報告されている

1. 床表面から150 cm位置での周辺線量当量率を用いた推定

- トップカバー下面の汚染が一様 (1 Bq/cm^2) であるとして、トップカバー下面の半径6 mの面線源による床面から150 cm 位置での ^{137}Cs , ^{134}Cs 又は ^{125}Sb による周辺線量当量率をegs5で計算した
- 計算では、トップカバーは密度 2.1 g/cm^3 で厚さ 61 cmであるとした.
- ^{137}Cs が 1 Bq/cm^2 で ^{134}Cs と ^{125}Sb が 0.1 Bq/cm^2 . 場合の周辺線量当量率として、 $1.03\text{E}-6 \text{ } \mu\text{Sv/h}$ が得られた
 - ^{134}Cs と ^{125}Sb の汚染密度が ^{137}Cs の10%というのは、オペフロ床面のスミアろ紙の測定で得られた
- シールドプラグ上部の12 箇所の測定結果は、79 mSv/h から 148 mSv/hで、平均は119 mSv/hであった
 - オペフロ内壁の表面汚染による周辺線量当量率を 61 mSv/hとすると、トップカバー下面の汚染による周辺線量当量率は18 mSv/h から 87 mSv/hになる
- 従って、トップカバー下面の ^{137}Cs 汚染密度は、 1.7×10^{10} から $8.4 \times 10^{10} \text{ Bq/cm}^2$ となる
 - 平均の汚染密度は $5.7 \times 10^{10} \text{ Bq/cm}^2$ で、半径 6 m の領域全体では 65 PBq に相当する

床表面から150 cm位置での周辺線量当量率の測定結果

密度 2.1 g/cm³ のコンクリート



トップカバー上部の測定点

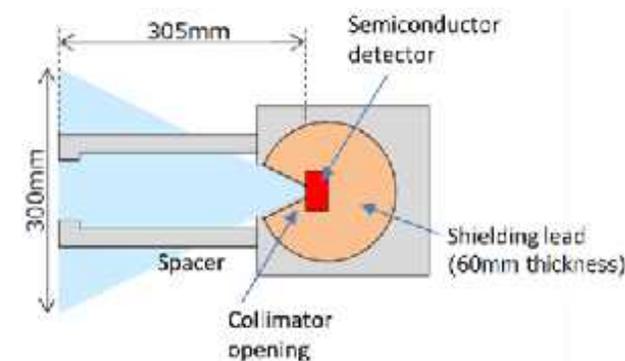
測定点	測定値 ¹⁾	トップカバー下部寄与	トップカバー下部汚染密度
	mSv/h		Bq/cm ²
[1]	111	50	4.85E+10
[2]	138	77	7.46E+10
[3]	109	48	4.65E+10
[4]	79	18	1.74E+10
[5]	108	47	4.56E+10
[6]	118	57	5.53E+10
[7]	148	87	8.43E+10
[8]	129	68	6.59E+10
[9]	144	83	8.05E+10
[10]	130	69	6.69E+10
[11]	104	43	4.17E+10
[12]	114	53	5.14E+10
Average			5.65E+10

¹⁾2019.2.28 東電測定

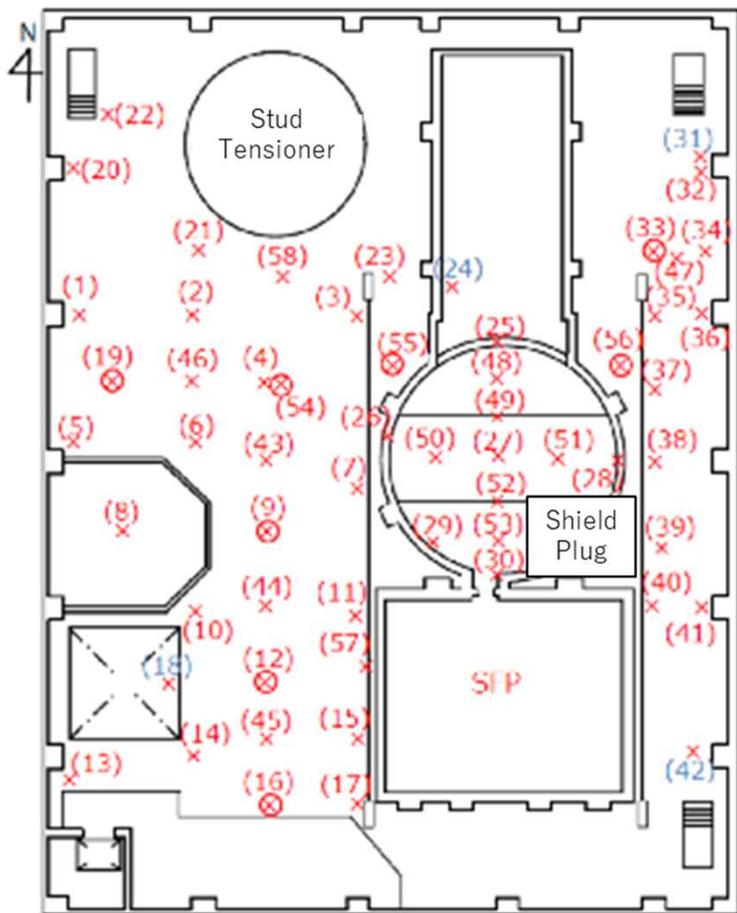
²⁾測定値-61 mSv/h (評価値)

2. コリメータ付き 線線量計による30.5 cm高さ測定結果を用いた推定

- コリメータ付き 線線量計は、鉛で作られたコリメータにより測定領域がコリメータの設定領域に限定されていることから天井や壁の汚染の影響を受けない
- 2021年3月の中間取りまとめでは、測定された線量率が「周辺線量当量率」であるとして解析を行い、 2.16×10^{10} から 3.95×10^{10} Bq/cm² という結果を出していた
- しかしながら、その後の調査により使用された線量計は、ファントムに着用して構成された「個人線量計」であることが分かった
- この線量計を鉛のコリメータ内部で使用した場合、得られた「線量」は、周辺線量当量率と異なる
 - 東電の資料に基づき床表面汚染に適用した場合に、得られた「線量率」は「周辺線量当量率」の**1/1.69**であることが分かった
 - トップカバー下面汚染の場合、エネルギーが低い散乱線が中心になるので「周辺線量当量率との比」がより大きくなる可能性があるが、線量計の詳細な情報が分からないので床表面汚染の場合と同じとした。
- コリメータ付き 線線量計を床面から30.5 cmに設置した場合の61 cmコンクリート下面の1 Bq/cm²の一様な面線源による「線量率」をegs5で計算した
 - 床表面又はトップカバー下面の1 Bq/cm²の¹³⁷Cs と 0.1 Bq/cm² の¹³⁴Cs と ¹²⁵Sb による「線量率」は、それぞれ 6.25E-4 又は 1.02E-7 μSv/h となった



コリメータ付き 線線量計による30.5 cm高さ測定結果

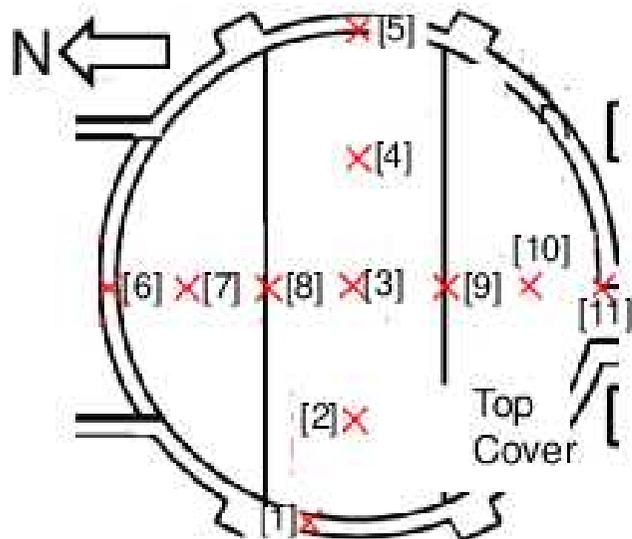


Measure-ment point	γ-ray dose rate (mSv/h)	Remarks	Measure-ment point	γ-ray dose rate (mSv/h)	Remarks	Measure-ment point	γ-ray dose rate (mSv/h)	Remarks
(1)	0.2		(21)	0.3		(41)	2.2	
(2)	0.2		(22)	0.3		(42)	0.5	(e)
(3)	0.3		(23)	1.8		(43)	0.5	
(4)	0.2		(24)	1.8	(d)	(44)	0.2	
(5)	0.4		(25)	6.4	(b)	(45)	0.2	
(6)	0.3		(26)	8.0	(b)	(46)	0.1	
(7)	1.9		(27)	12	(c)	(47)	1.5	
(8)	9.8		(28)	1.0	(b)	(48)	12.0	(c)
(9)	1.8	(a)	(29)	2.0	(c)	(49)	13.0	(b)
(10)	0.5		(30)	3.7	(b)	(50)	7.1	(c)
(11)	0.3		(31)	1.0	(d)	(51)	8.0	(c)
(12)	0.5	(a)	(32)	3.9		(52)	15	(b)
(13)	0.5		(33)	4.5	(a)	(53)	5.0	(c)
(14)	0.6		(34)	3.2		(54)	6.0	(a)
(15)	0.3		(35)	0.6		(55)	3.0	(a)
(16)	0.4	(a)	(36)	0.6		(56)	8.6	(a)
(17)	0.9		(37)	2.3		(57)	1.1	
(18)	1.00	(e)	(38)	5.2		(58)	0.6	
(19)	1.9	(a)	(39)	0.3				
(20)	0.30		(40)	1.1				

- (a) Funnel to collect floor drain
(omitted from average because these do not represent floor contamination density)
- (b) Gap
- (c) On shield plug
- (d) Measured from a distance due to interference with existing equipment.

コリメータ付き 線線量計による30.5 cm高さ測定結果

密度 2.1 g/cm³ のコンクリート



トップカバー上部の測定点
(コリメータ付きγ線線量計)

測定点	γ線線量当量率 ¹⁾	トップカバー下部寄与 ²⁾	トップカバー下部汚染密度
	(mSv/h)		(Bq/cm ²)
[1]	6.4	5.5	2.7E+10
[2]	7.1	6.2	3.1E+10
[3]	12	11.1	5.5E+10
[4]	8.0	7.1	3.5E+10
[5]	1.0	0.14	6.9E+08
[6]	6.4	5.5	2.7E+10
[7]	12	11.1	5.5E+10
[8]	13	12.1	6.0E+10
[9]	15	14.1	7.0E+10
[10]	5	4.1	2.1E+10
[11]	3.7	2.8	1.4E+10
Average			3.6E+10
Average (外周部の[1], [5], [6], [11]除く)			4.68E*10

¹⁾2019.2.28 東電測定

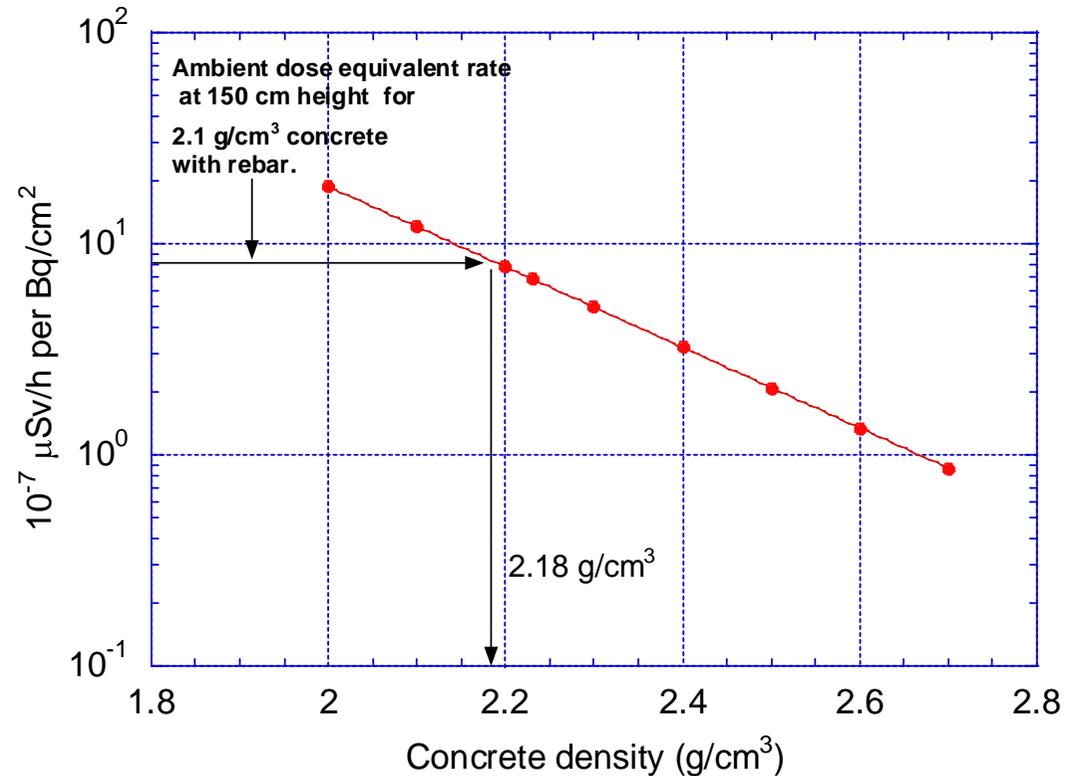
²⁾測定値 - 0.86 mSv/h (評価値)

シールドプラグ以外の平坦な床面の測定値の平均0.86 mSv/hを、シールドプラグ床の表面汚染の寄与とした

外周部を除いた7箇所平均である 4.7×10^{10} Bq/cm² は、床面から150 cmでの周辺線量当量率から推定した 5.7×10^{10} Bq/cm² とほぼ同じである

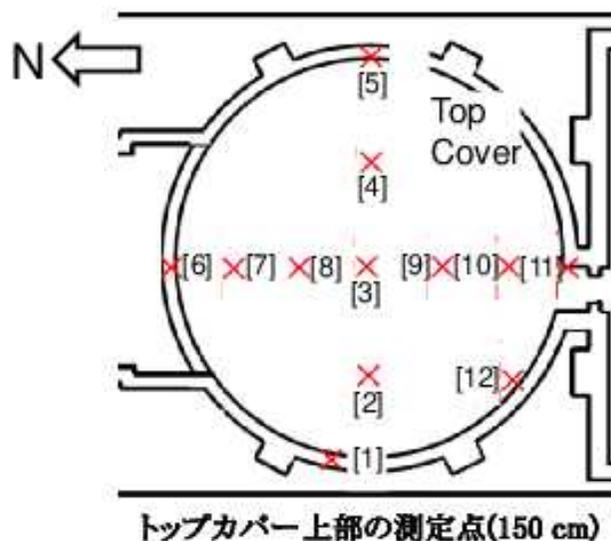
鉄筋の影響

- 穴内部の測定で説明されているようにトップカバーの表面から10 cm と下部から10 cmに鉄筋がある
- QAD-CGGP2の計算結果から、鉄筋を含むシールドプラグに透過がコンクリートの実効的な密度は 2.18 g/cm^3 である。
- コンクリートの密度を 2.18 g/cm^3 とすると、推定したトップカバー下面の ^{137}Cs 汚染密度は、
 - 2.2×10^{10} to $1.1 \times 10^{11} \text{ Bq/cm}^2$ (床面から150 cm位置での周辺線量当量率から推定した場合)
 - 3.6×10^{10} to $8.3 \times 10^{10} \text{ Bq/cm}^2$ (コリメータ付き線線量計による周回部を除いた測定結果から推定した場合)



(1) 床表面から150 cm位置での周辺線量当量率を用いた推定

鉄筋の影響を含む実効 2.18 g/cm³ のコンクリート



トップカバー上部の測定点

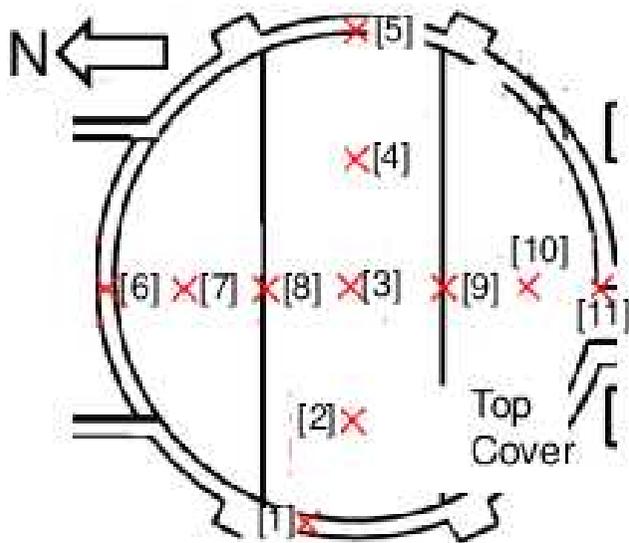
測定点	測定値 ¹⁾	トップカバー 下部寄与	トップカバー下部 汚染密度
	mSv/h		Bq/cm ²
[1]	111	50	6.11E+10
[2]	138	77	9.40E+10
[3]	109	48	5.86E+10
[4]	79	18	2.20E+10
[5]	108	47	5.74E+10
[6]	118	57	6.96E+10
[7]	148	87	1.06E+11
[8]	129	68	8.30E+10
[9]	144	83	1.01E+11
[10]	130	69	8.43E+10
[11]	104	43	5.25E+10
[12]	114	53	6.47E+10
Average			7.12E+10

¹⁾2019.2.28 東電測定

²⁾測定値-61 mSv/h (評価値)

(2) コリメータ付きγ線線量計 (30.5cm高さ) を用いた推定

鉄筋の影響を含む実効密度 2.18 g/cm³ のコンクリート



トップカバー上部の測定点
(コリメータ付きγ線線量計)

測定点	γ線線量当量率 ¹⁾	トップカバー 下部寄与 ²⁾	トップカバー下部 汚染密度
	(mSv/h)		(Bq/cm ²)
[1]	6.4	5.5	3.2E+10
[2]	7.1	6.2	3.6E+10
[3]	12	11.1	6.5E+10
[4]	8.0	7.1	4.2E+10
[5]	1.0	0.14	8.2E+08
[6]	6.4	5.5	3.2E+10
[7]	12	11.1	6.5E+10
[8]	13	12.1	7.1E+10
[9]	15	14.1	8.3E+10
[10]	5	4.1	2.4E+10
[11]	3.7	2.8	1.7E+10
Average			4.3E+10
Average (外周部の[1], [5], [6], [11]除く)			5.51E*10

¹⁾2019.2.28 東電測定

²⁾測定値 - 0.86 mSv/h (評価値)

3. 穴内部の周辺線量当量率分布を用いた推定

1. 測定されたIRID穴、新穿孔穴の穴内線量率分布の違い

Q1:なぜ分布形状が異なるのか

(IRID穴は出口に向かって減衰、新穿孔穴は増加)

Q2:なぜ新穿孔穴は全体に線量率が低いのか

2. 何が穴内線量率分布に影響する可能性があるか

Q1:鉄筋は？

Q2:穿孔深さは？

Q3:室内汚染(壁・床・天井)は？

一つずつその影響を解析して確認

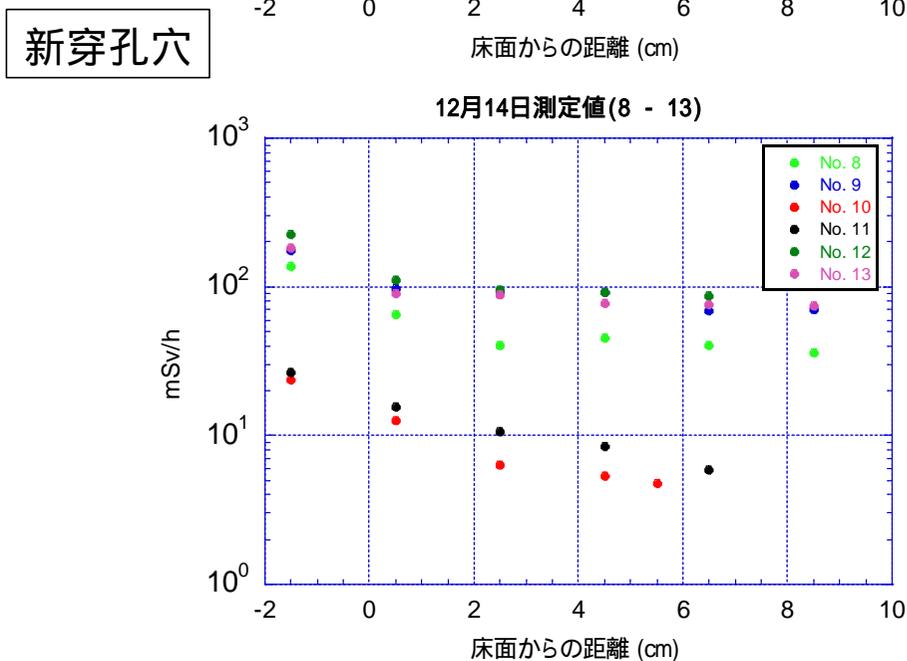
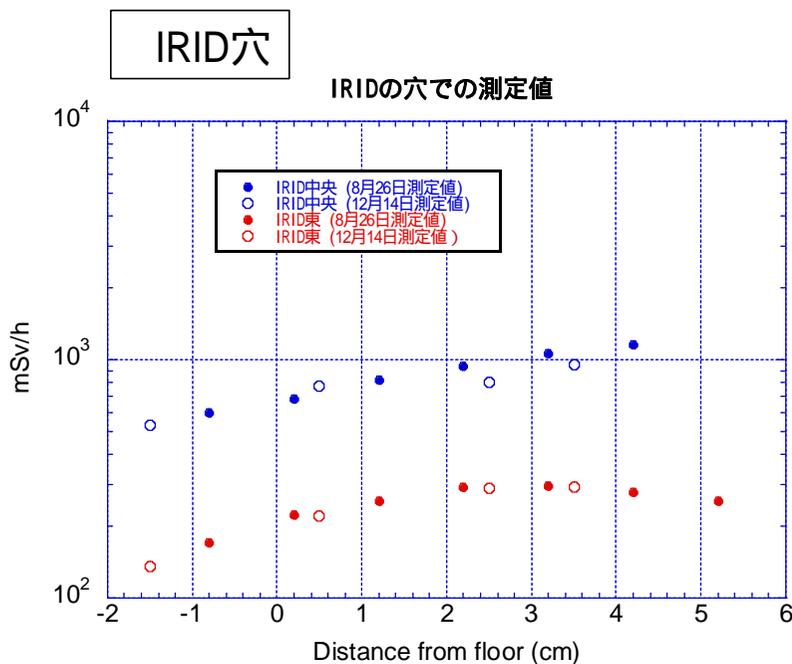
まずはQADで先行解析、必要な部分はegs5で詳細解析

3. それらの影響を考慮すると穴内分布を再現できるか

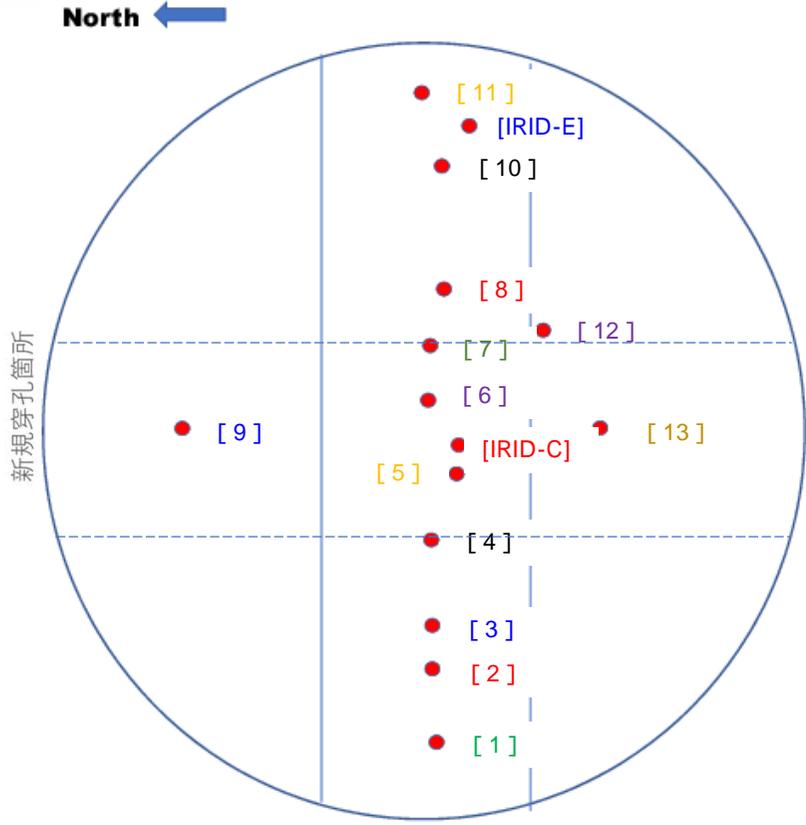
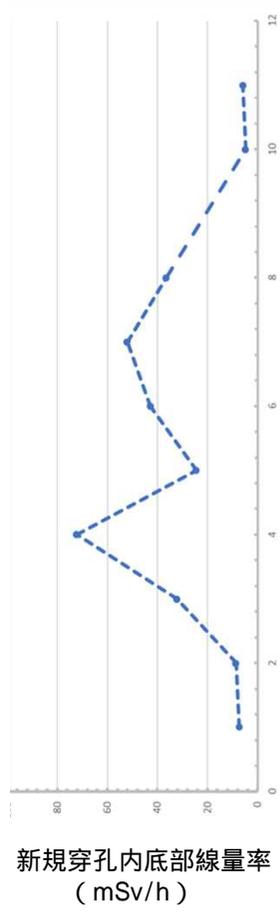
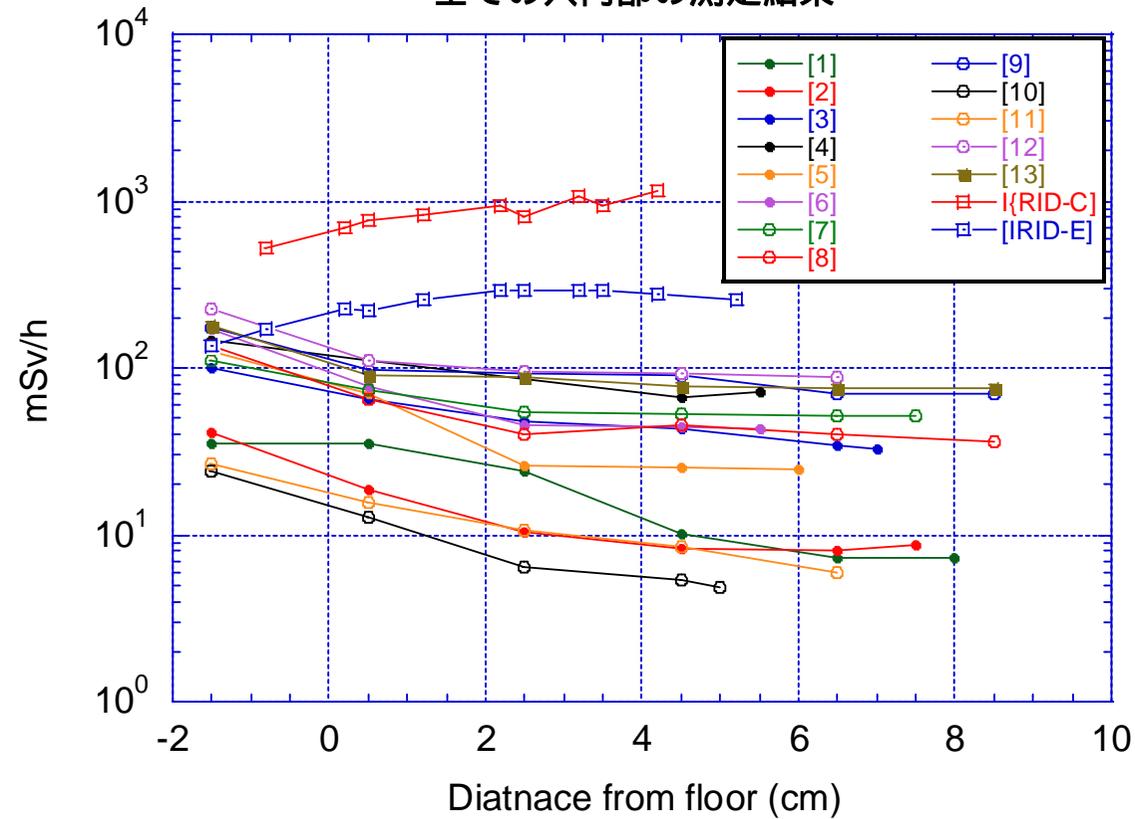
再現したとき、穴直下のトップカバー下面の汚染密度は？

3-1 IRID穴と新穿孔穴 の測定値

- ・IRID穴は出口に向かって減衰
- ・新穿孔穴は出口に向かって増加
- ・新穿孔穴は全体に線量率が低い



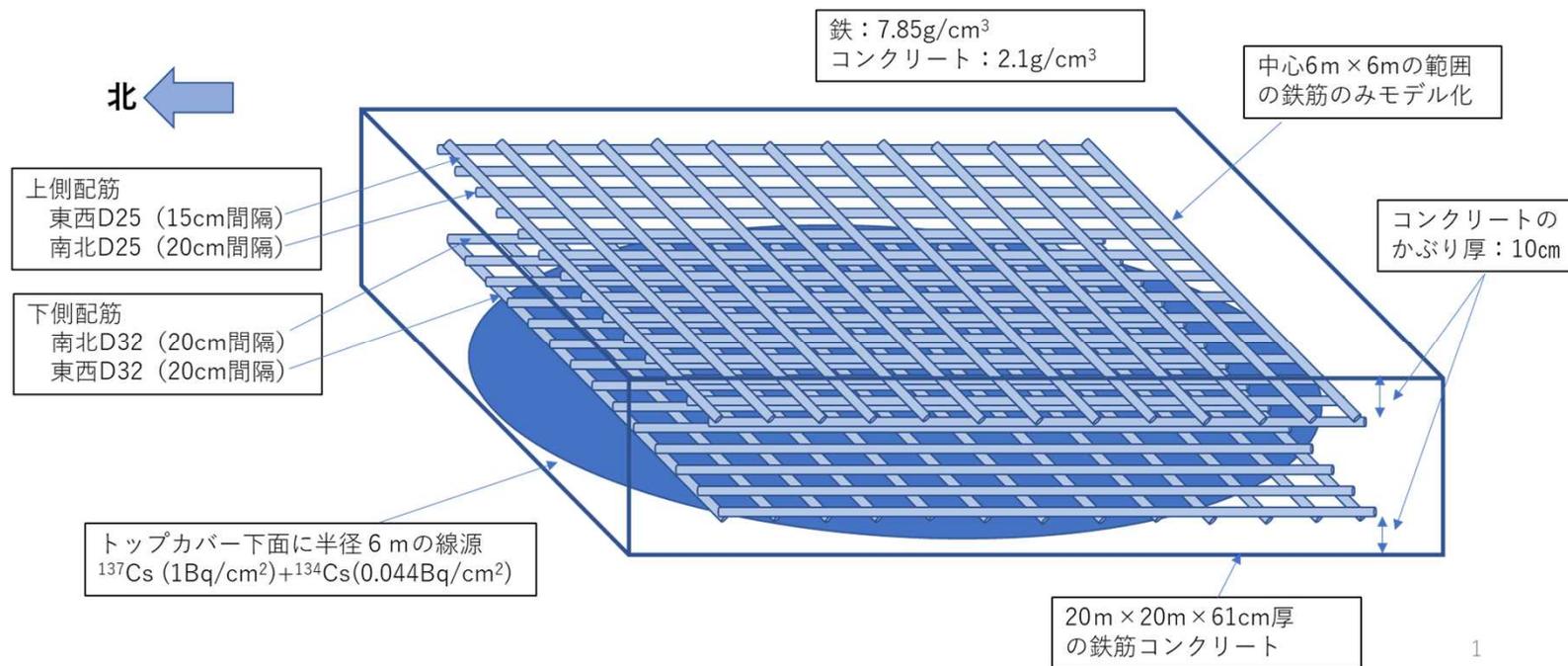
全ての穴内部の測定結果



3-2-1 穴内分布への影響(鉄筋)

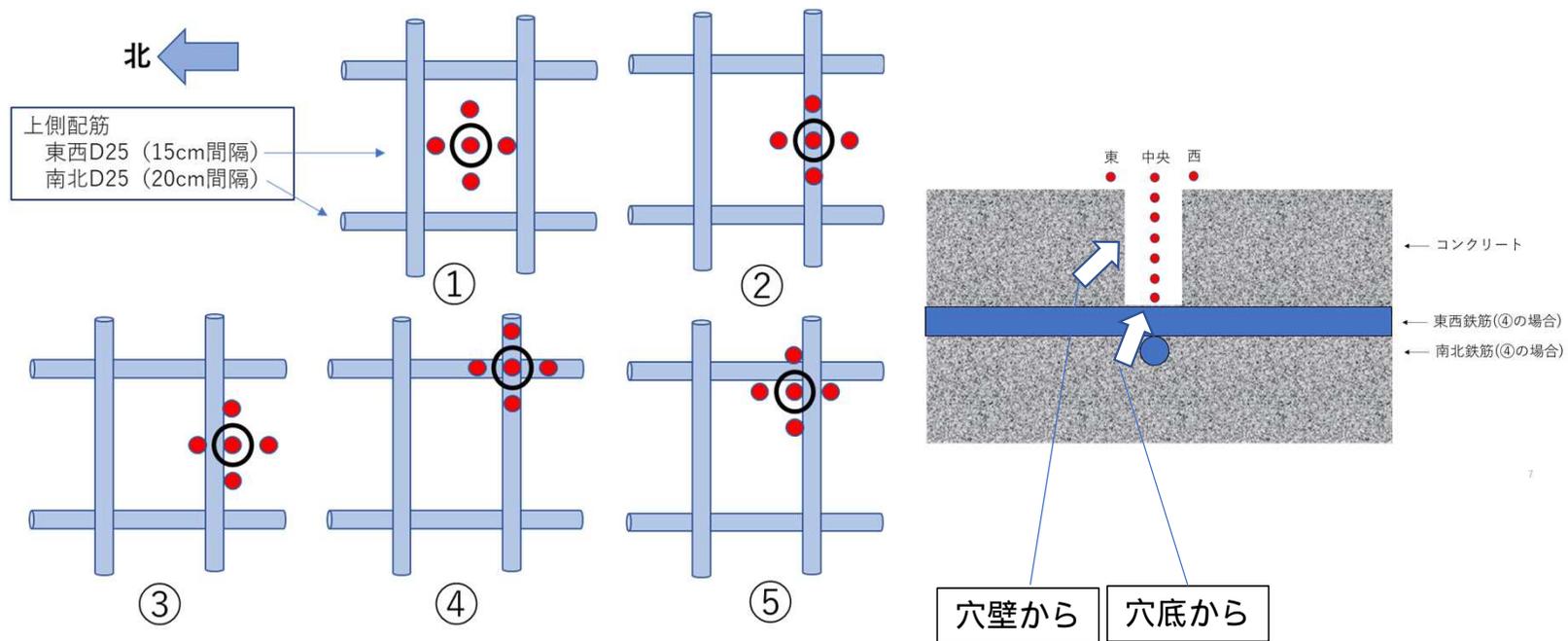
トップカバーの配筋

- ・太い配筋が密に入っている
- ・表面近くや穴の中では鉄筋と穴との位置関係が影響



3-2-1 穴内分布への影響 (鉄筋)

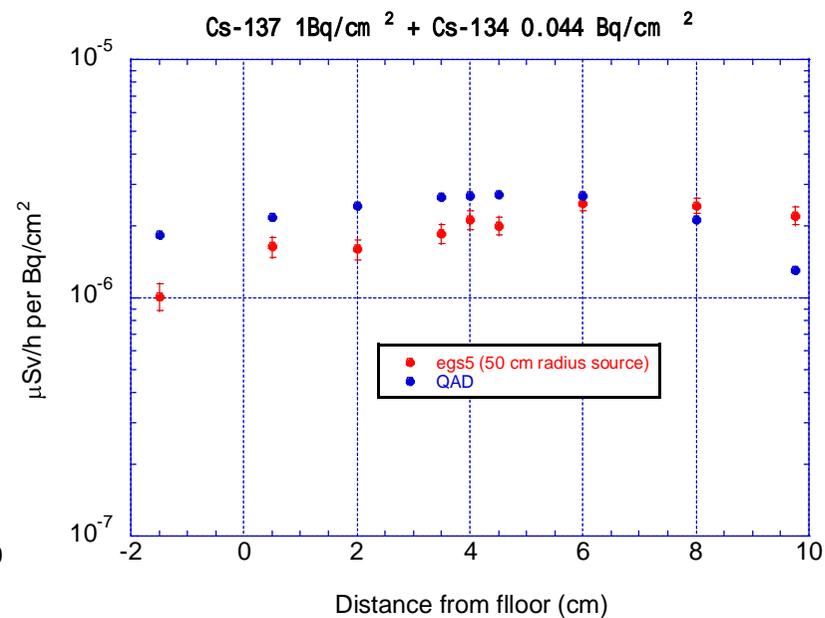
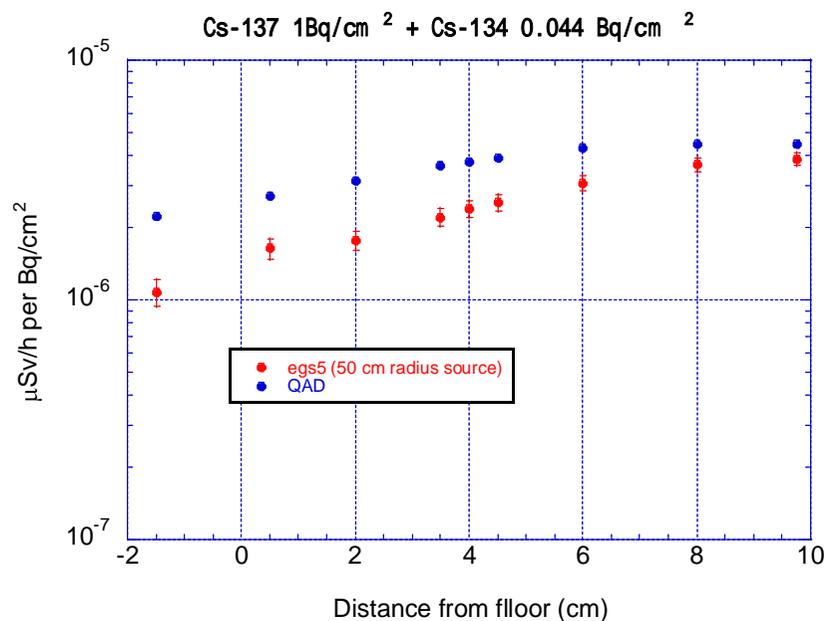
- 鉄筋と穴の位置関係
- ・鉄筋位置は施工誤差がある
 - ・穿孔位置も正確に測れない
 - ・そこで典型的な5つの位置関係 ~ で影響の違いを見る



3-2-1 穴内分布への影響 (鉄筋)

どんな穴内線量率分布になるか (egsとQAD比較)

- ・この体系ではQADの計算法の弱点がそのまま現れた
(無限媒質ビルドアップ係数、線源と計算点を結ぶ直線上の計算の積分)
- ・egsの統計精度を上げるための種々の工夫を重ね、結果が揃ったので
鉄筋の影響はegsベースで検討を進める

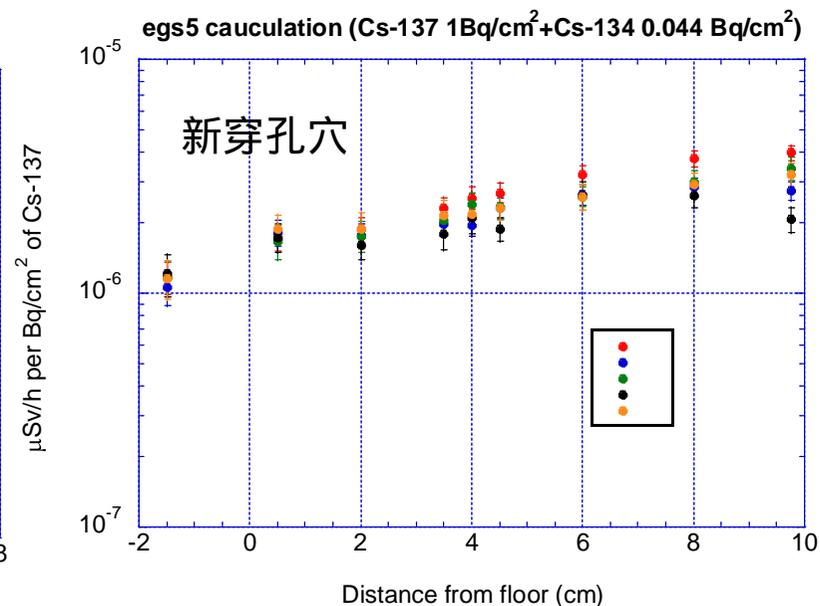
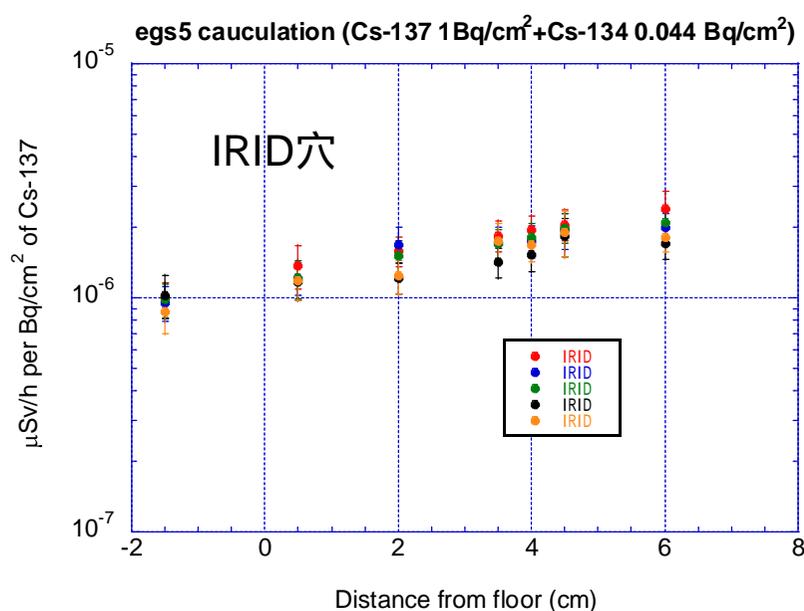


3-2-1 穴内分布への影響(鉄筋)

どんな穴内線量率分布になるか(egs5による計算)

鉄筋と穴の位置関係 ~ の穴内分布を比較すると、

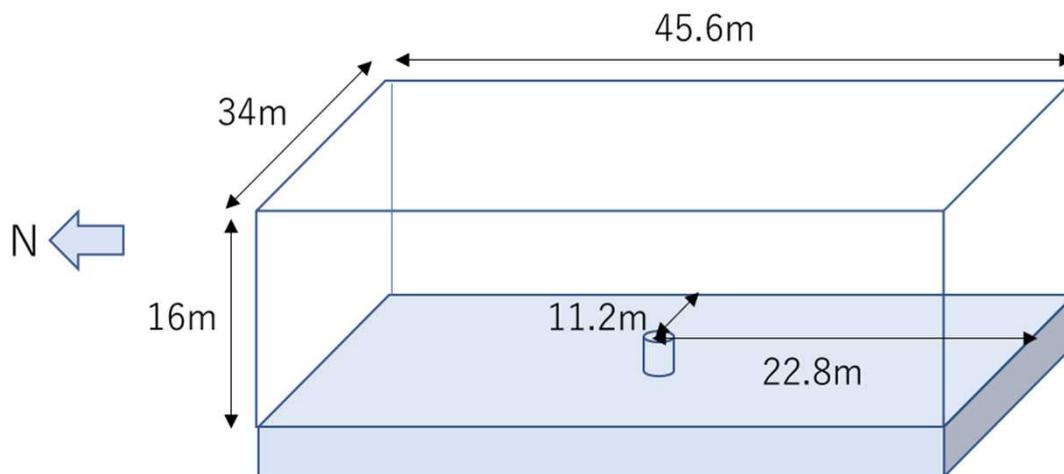
- (1) 深い位置では、IRID穴は4.5cm、新穿孔穴では6cm近辺が鉄筋影響の違いが小
- (2) 浅い位置では、IRID穴、新穿孔穴共通して0.5cm近辺が鉄筋影響の違いが小



3-2-2 穴内分布への影響 (室内汚染)

室内汚染 (天井・壁・床) によりどんな穴内線量率分布になるか (QAD)

- ・この体系ではQADの計算法の弱点はほぼ現れない (egsと床上計算点で比較し10%以内で一致)
- ・天井・壁・床のうち、特に床と東壁の寄与が大きいことが判明
- ・25cmの鉄板を敷いた後の測定 (NRA、東電) と良く一致 (床汚染の寄与以外が確認された)



3-2-2 穴内分布への影響(室内汚染)

室内汚染による穴内線量率分布(QAD)

汚染密度 (MBq/cm ²) 【Cs ¹³⁷ +4.4%Cs ¹³⁴ 】					
天井	床	東壁	西壁	南壁	北壁
0.36	0.25	1.4	1.1	0.41	0.89

計算点			線量率(mSv/h)						合計
No.	位置	(cm)	汚染面						
		床上高さ	天井	床	東壁	西壁	南壁	北壁	
1	穿孔穴上部	150	1.611E+00	5.143E+00	4.273E+00	1.329E+00	4.023E-01	8.733E-01	1.363E+01
2		100	1.548E+00	5.918E+00	4.186E+00	1.318E+00	3.986E-01	8.653E-01	1.423E+01
3		3	1.435E+00	1.218E+01	4.010E+00	1.294E+00	3.909E-01	8.485E-01	2.016E+01
4		1.5	1.433E+00	1.274E+01	4.007E+00	1.294E+00	3.908E-01	8.483E-01	2.071E+01
5		0	1.431E+00	1.300E+01	4.004E+00	1.293E+00	3.906E-01	8.480E-01	2.096E+01
6	穿孔穴内部	-0.5	1.367E+00	3.490E+00	3.620E+00	1.126E+00	3.419E-01	7.423E-01	1.069E+01
7		-2	1.363E+00	2.820E+00	2.990E+00	8.239E-01	2.533E-01	5.499E-01	8.801E+00
8		-3.5	1.320E+00	2.275E+00	2.407E+00	5.815E-01	1.811E-01	3.930E-01	7.157E+00
9		-4	1.296E+00	2.115E+00	2.230E+00	5.162E-01	1.614E-01	3.503E-01	6.669E+00
10		-4.5	1.269E+00	1.966E+00	2.064E+00	4.576E-01	1.436E-01	3.117E-01	6.211E+00
11		-6	1.170E+00	1.585E+00	1.627E+00	3.169E-01	1.005E-01	2.182E-01	5.017E+00
12		-8	1.017E+00	1.200E+00	1.171E+00	1.923E-01	6.187E-02	1.343E-01	3.777E+00
13		-9.75	8.813E-01	9.473E-01	8.718E-01	1.234E-01	4.013E-02	8.711E-02	2.951E+00

測定(東電) : 9mSv/h
計算(床を除く) : 8.5mSv/h

測定(NRA) : 8mSv/h(中心)
計算(床を除く) : 8.3mSv/h

25cm遮蔽鉄板
設置後の測定
(床寄与無)で
よく一致

3-3-1 穴内分布測定値から汚染密度を推定する試み

穴内線量率分布の指数関数式へのフィッティング

- (1) トップカバー下面汚染からの線量率 (mSv/h) 寄与

$$D_B = Q_B \times 1.36E-06 \times \exp(0.113 \times t) / 1000 \text{ (新しい10cmの穴)}$$

$$D_B = Q_B \times 1.13E-06 \times \exp(0.113 \times t) / 1000 \text{ (IRIDの7cmの穴)}$$

ここで D_B : トップカバー下面からの線量率

Q_B : トップカバー下面の汚染密度 (Bq/cm²)

t : 床からの深さ(cm)

- (2) 床汚染からの線量率 (mSv/h) 寄与

$$D_s = Q_s \times 0.0149 \times \exp(-0.141 \times t) / 1000$$

ここで D_s : 床汚染からの線量率

Q_s : 床汚染の汚染密度 (Bq/cm²)

t : 床からの深さ(cm)

- (3) 穴内部の線量率は、(1)と(2)の和なので、

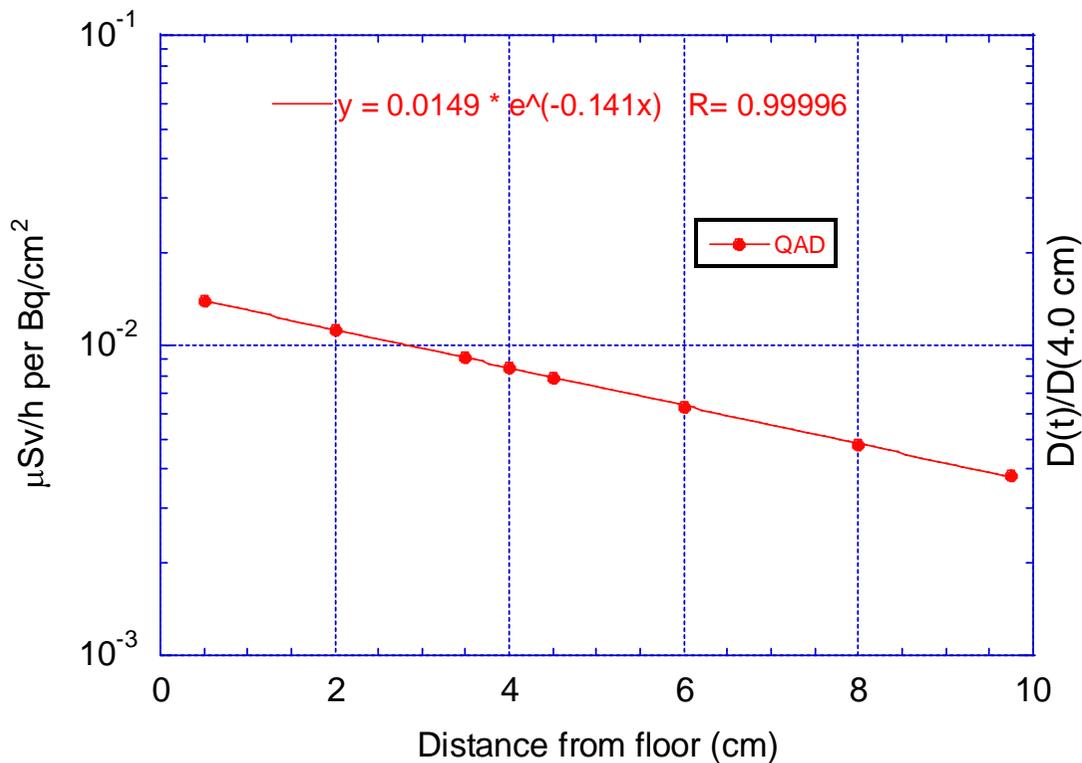
$$D(t) = a \times \exp(-0.141 \times t) + b \times \exp(-0.113 \times t)$$

となる。

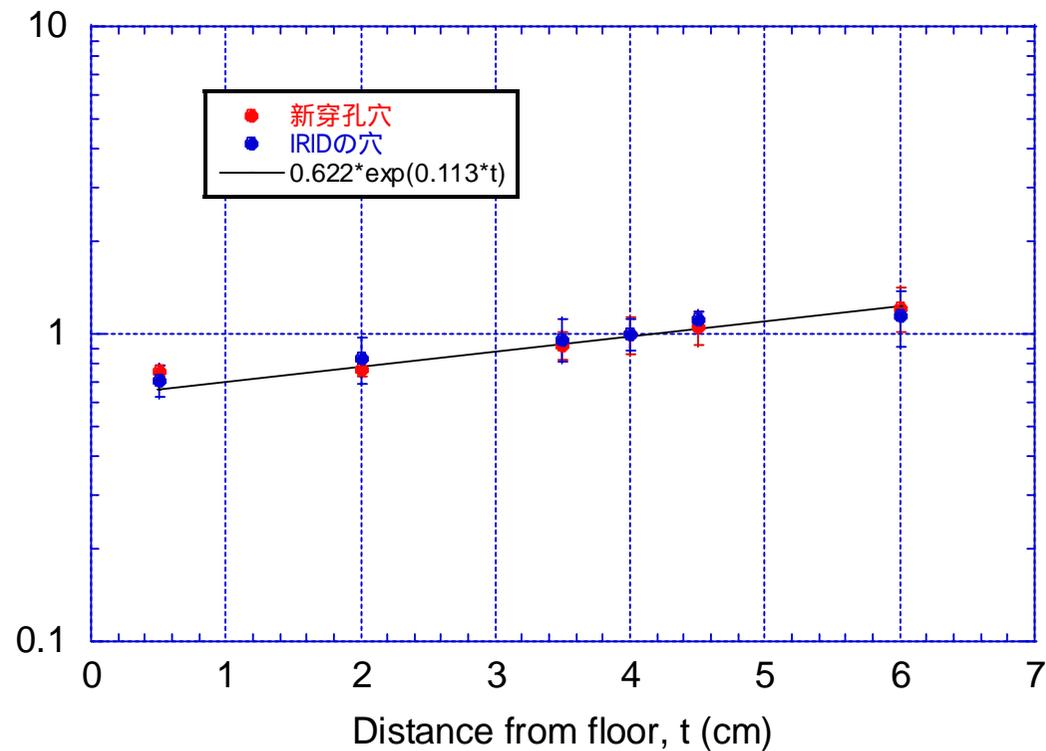
- (4) 測定値 a と b を最小二乗法により求める(非線形最小二乗問題)

グラフ作成・データ解析ソフトウェアアカレイダグラフを用いた

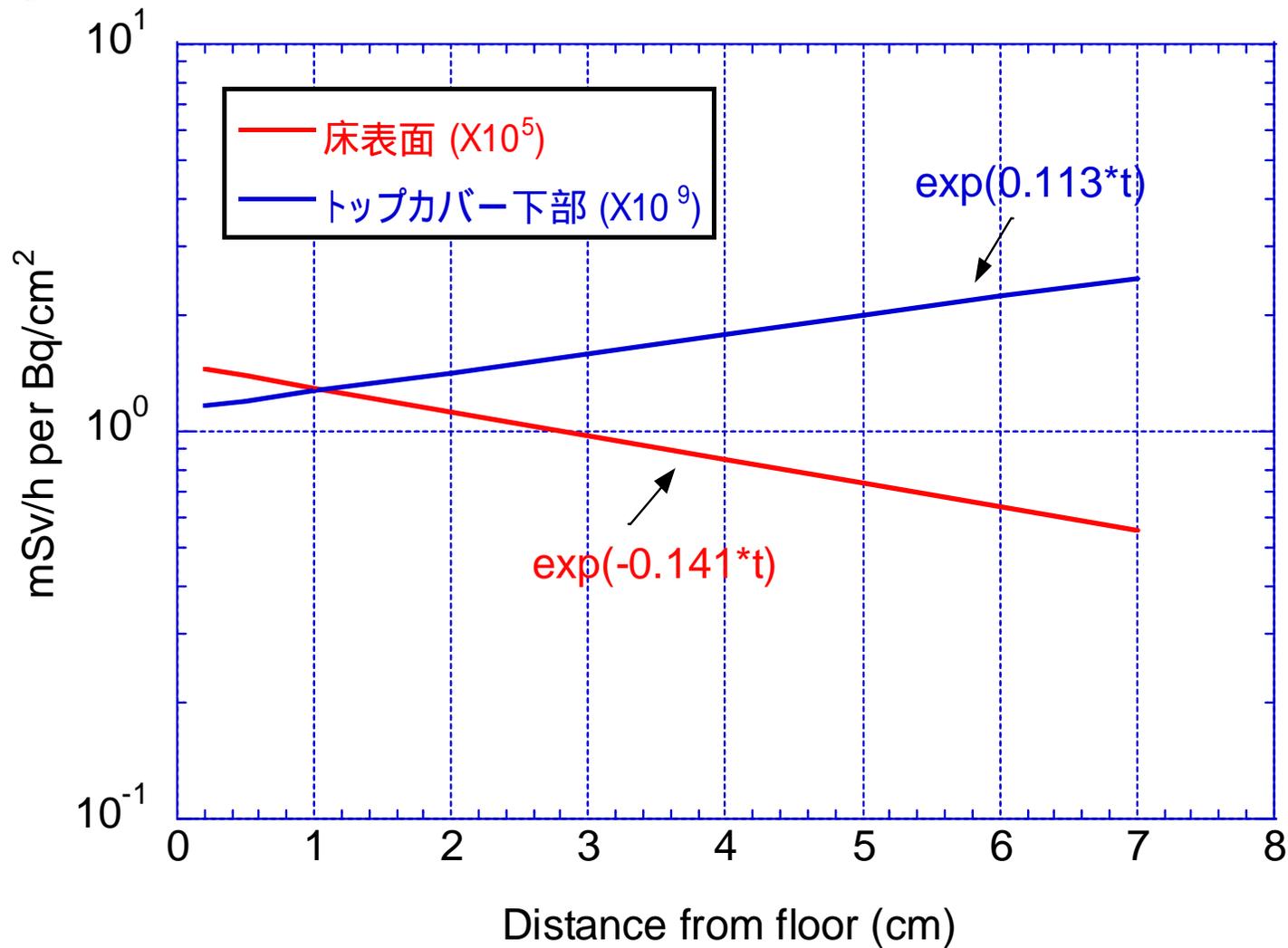
Levenberg-Marquardt法の適用



床表面汚染による周辺線量当量率(QAD計算)



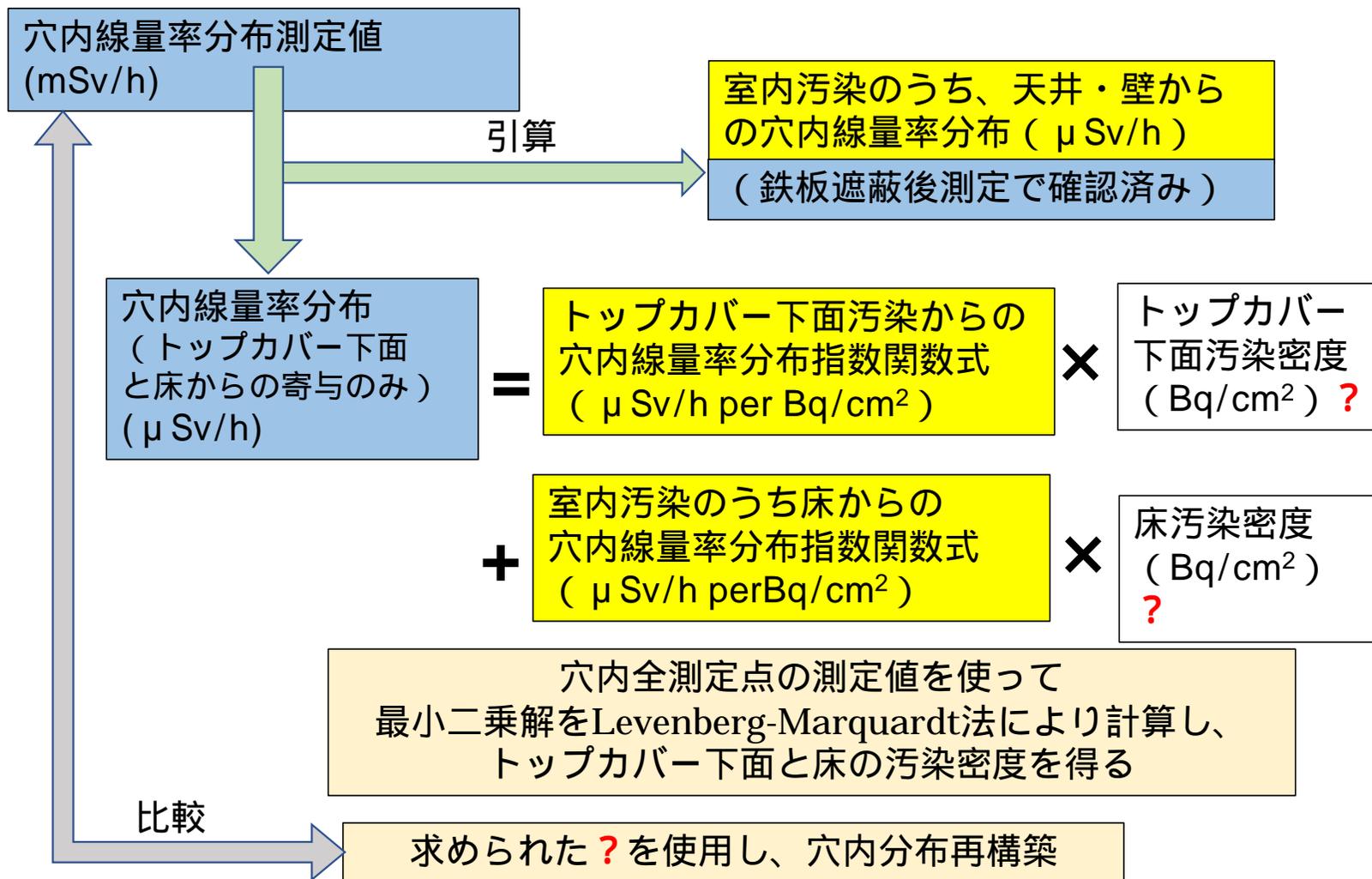
トップカバー下面汚染による周辺線量当量率(egs5計算)



2つの指数関数による穴内部の周辺線量当量率

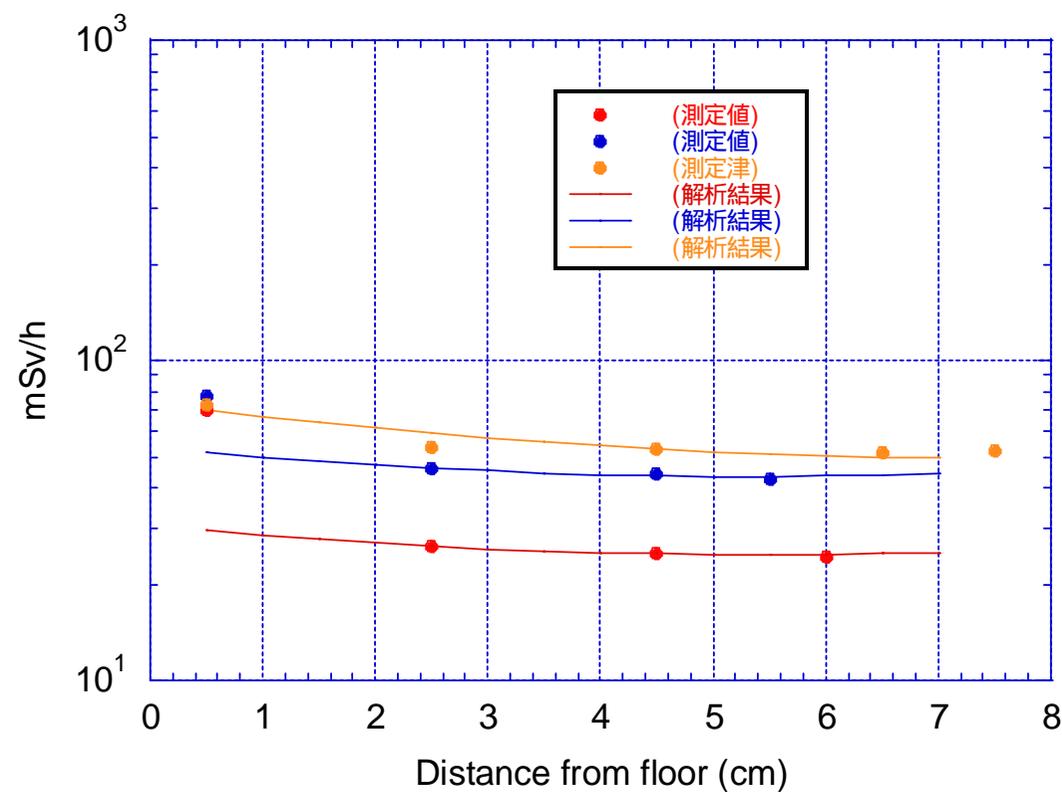
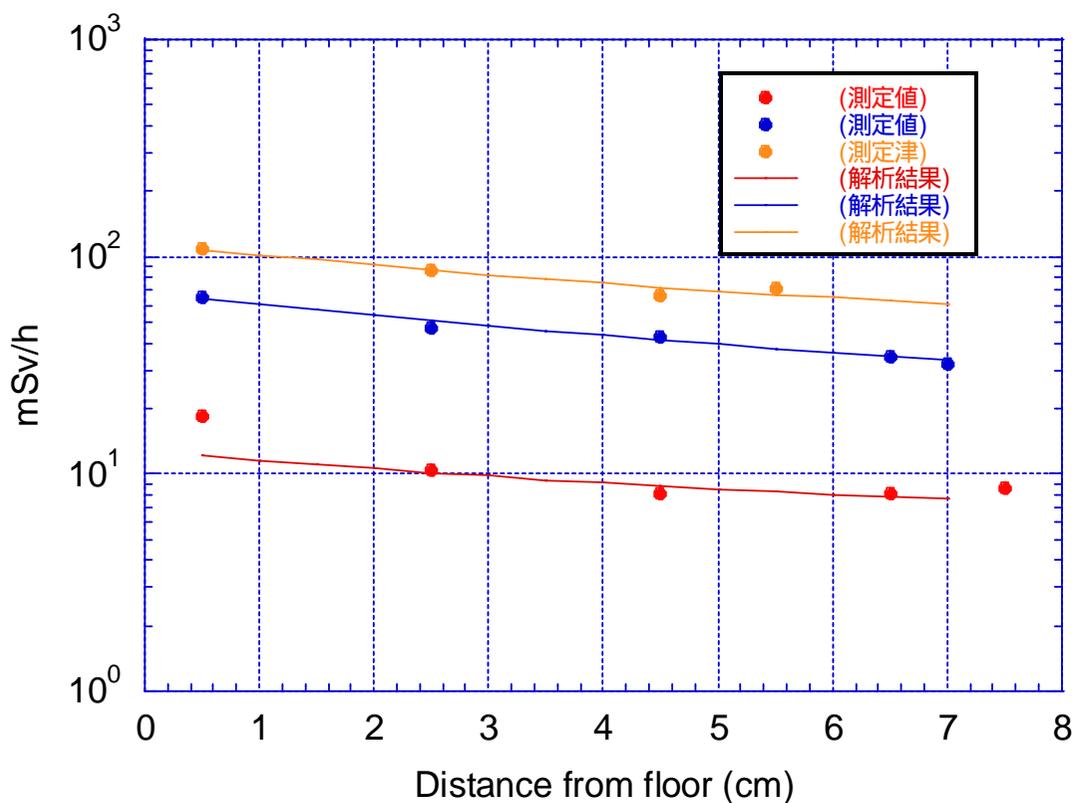
3-3-1 穴内分布測定値から汚染密度へ

トップカバー下面と床の汚染密度の求め方



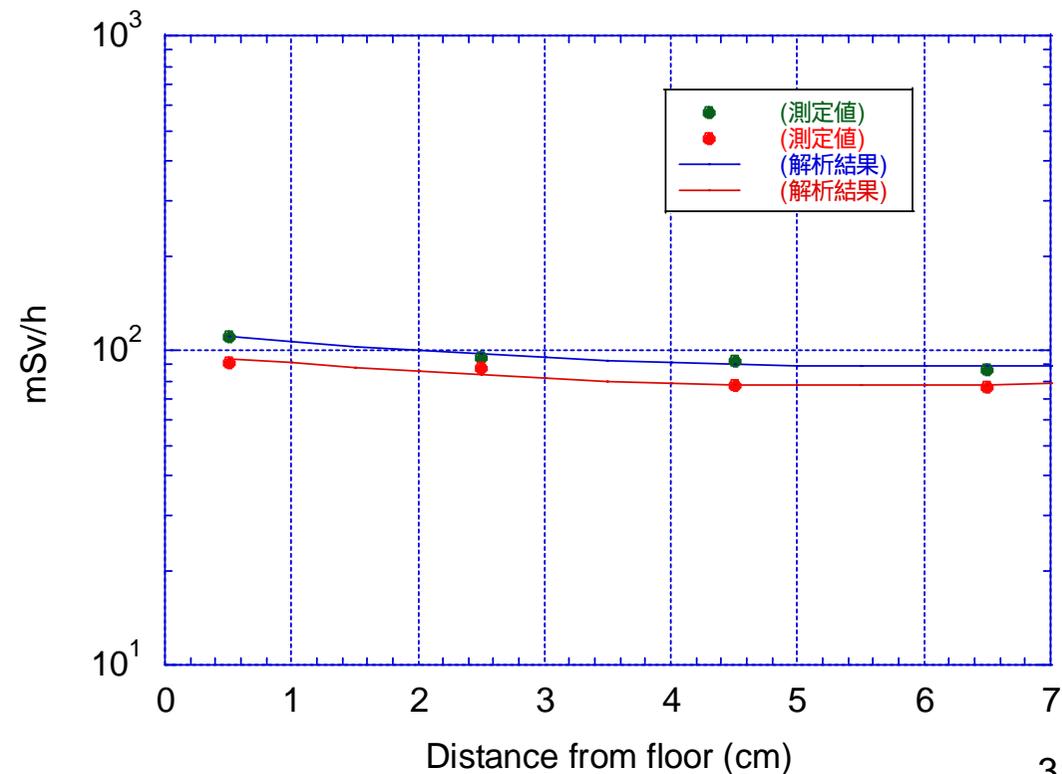
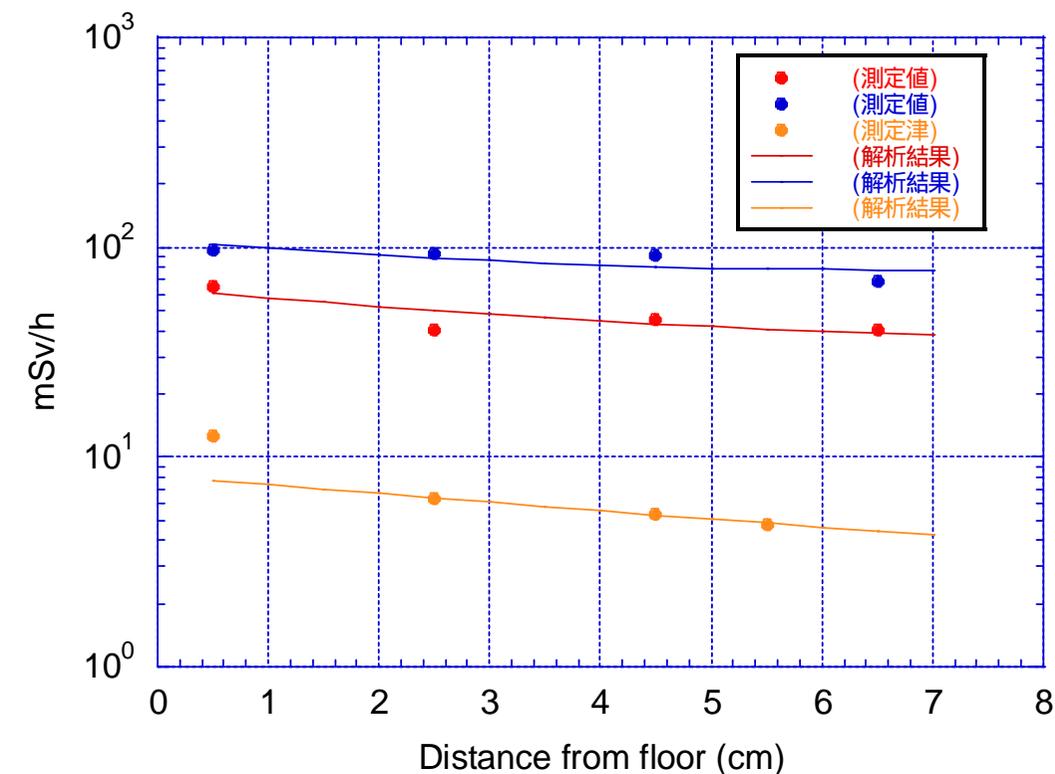
3-3-2 測定値と再構築された穴内分布の比較 (新穿孔穴 その1)

の各穴では、解析結果と測定値は概ね良く対応している。



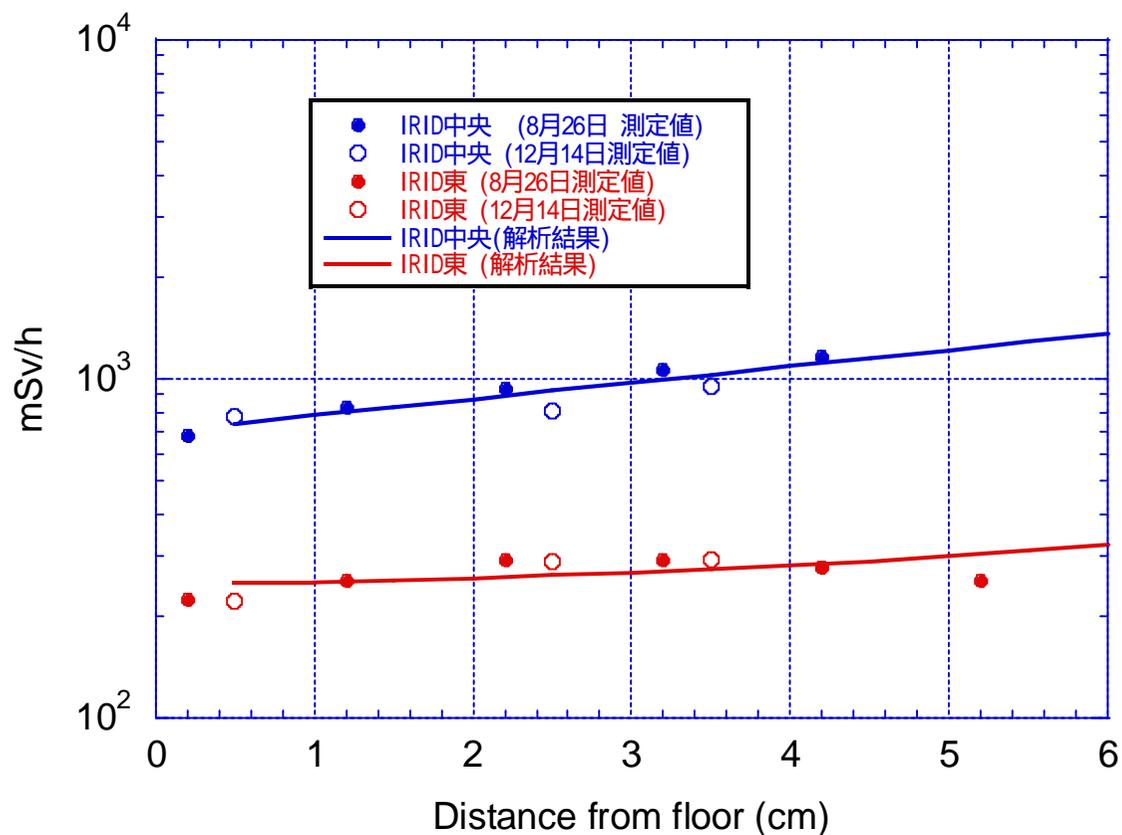
3-3-2 測定値と再構築された穴内分布の比較 (新穿孔穴 その2)

- ・ の各穴では、解析結果と測定値は概ね良く対応している。
- ・ は線量率が低いうえ床を含む室内汚染寄与がほとんどであるため、解が得られなかった(評価した室内汚染の精度も影響している可能性あり)

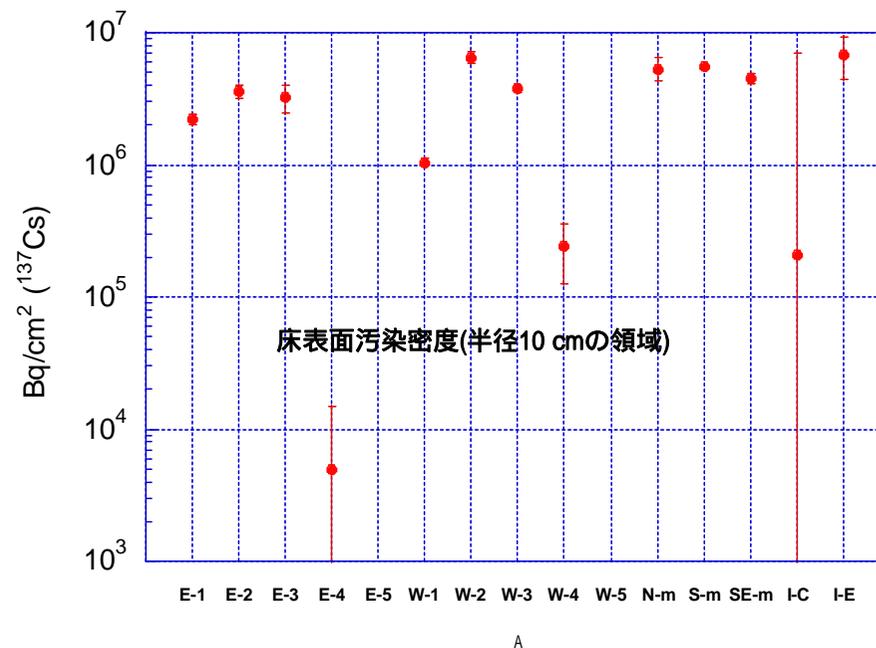
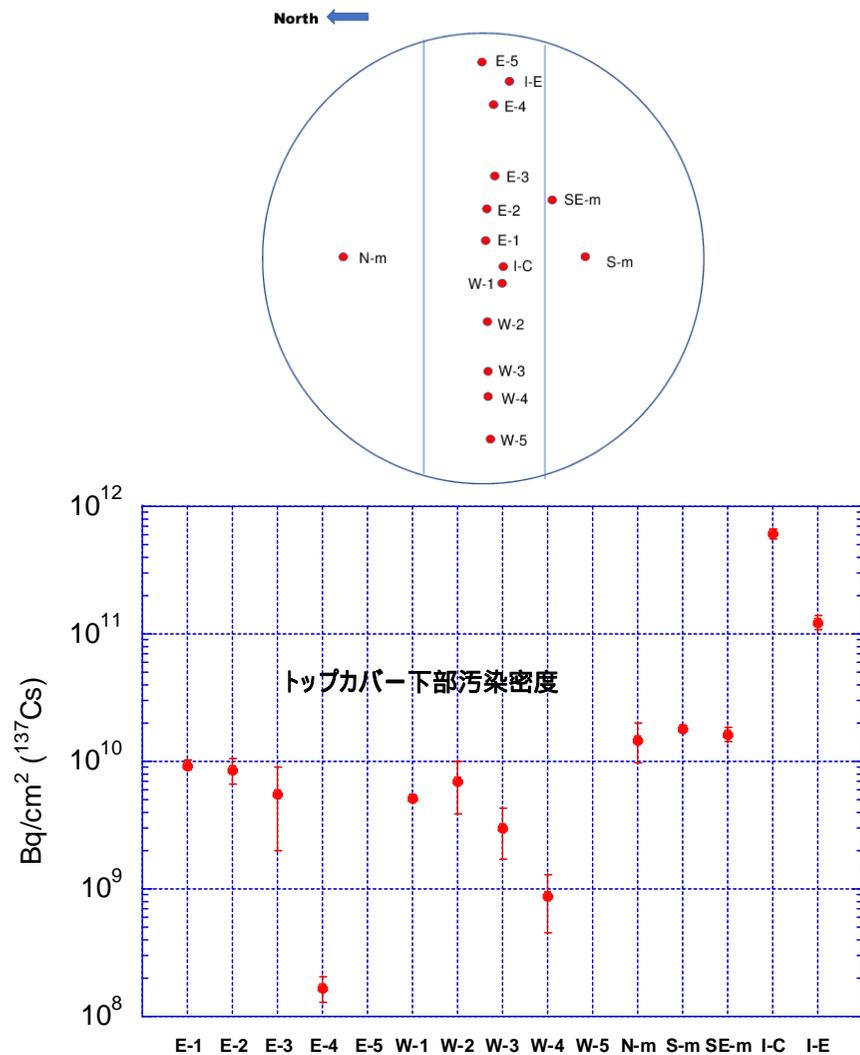


3-3-2 測定値と再構築された穴内分布の比較 (IRID穴)

中央穴では、解析結果と測定値は概ね良く対応している。
東穴では、分布の形に若干の違いがある



3-3-3 穴内線量率分布から得られた汚染密度



- E: 南北の中心近くで東西の中心から東方向 (E1が中心近く)
- W: 同様に西側
- N-m: 東西の中心での北で中心近くの測定穴
- S-m: 同様に南側で中心近くの測定穴
- SE-m: 中心から南西方向
- I-C: IRIDの中央近くの穴
- I-E: IRIDの東側の穴

3-3-3 穴内線量率分布から得られた汚染密度

- 1つの指数関数の合成として、最小二乗法によって求めた「トップカバー下面汚染密度」と「測定穴周辺の床汚染密度」により、穴内部の実測値を再現することができた
- しかしながら、得られた穴周辺の床汚染密度は、これまで各種の測定を基に推定されたシールドプラグ床表面の「平均汚染密度」と比べると高い値となっている
 - シールドプラグ床面の汚染密度に場所によるばらつきがあることは、取り出したコア表面での周辺線量当量率に、コアにより30 倍以上の分布があることから明らかである
 - 床表面の汚染密度のばらつきの反映である可能性も考えられるが、シールドプラグ表面全体から見ると情報が得られている領域は限られており、定量的な検討は難しい
- 今回用いた手法の検討を含めて、更に検討が必要である

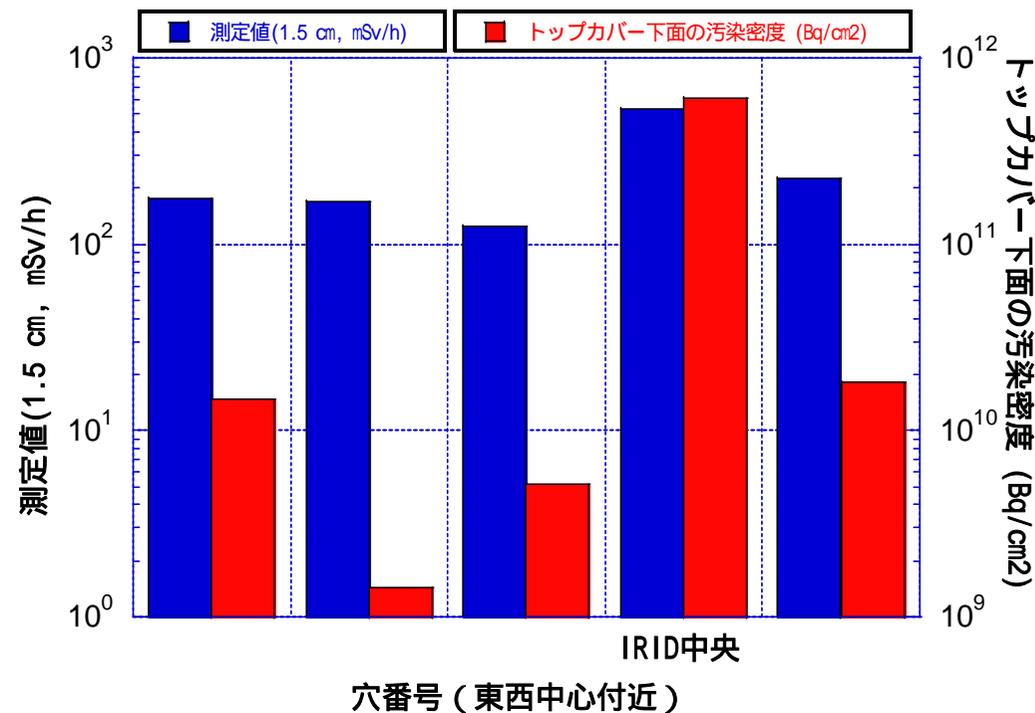
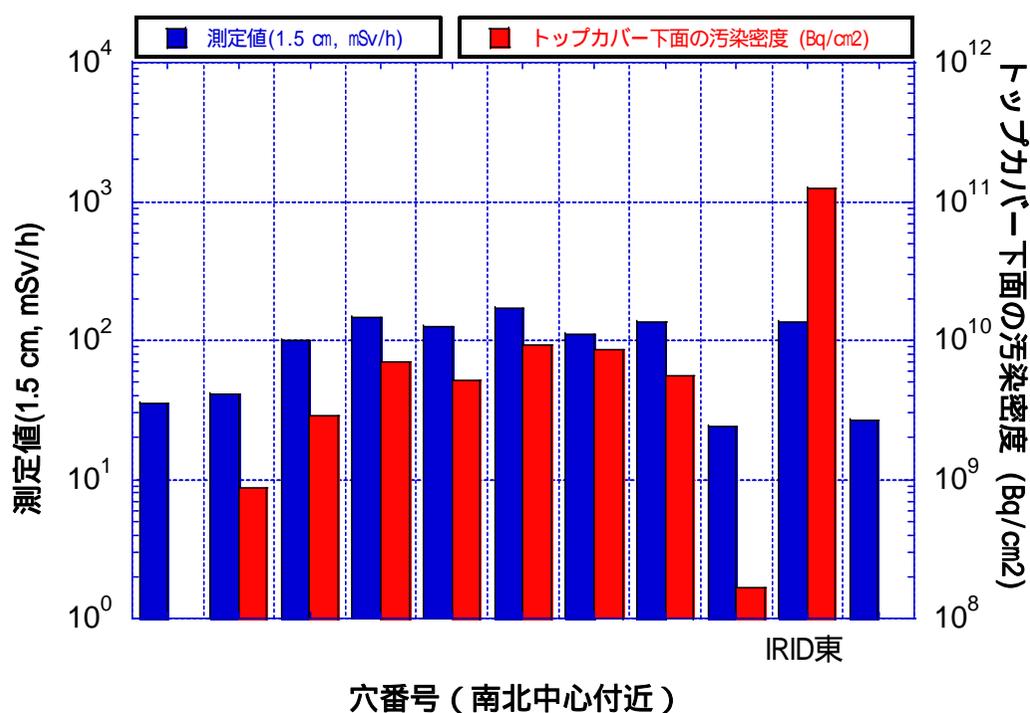
3-4 床上線量率とトップカバー下汚染密度

南北中心付近、東西中心付近の穴に分けて、床上1.5cmの線量率とトップカバー下面汚染密度の相関をみた

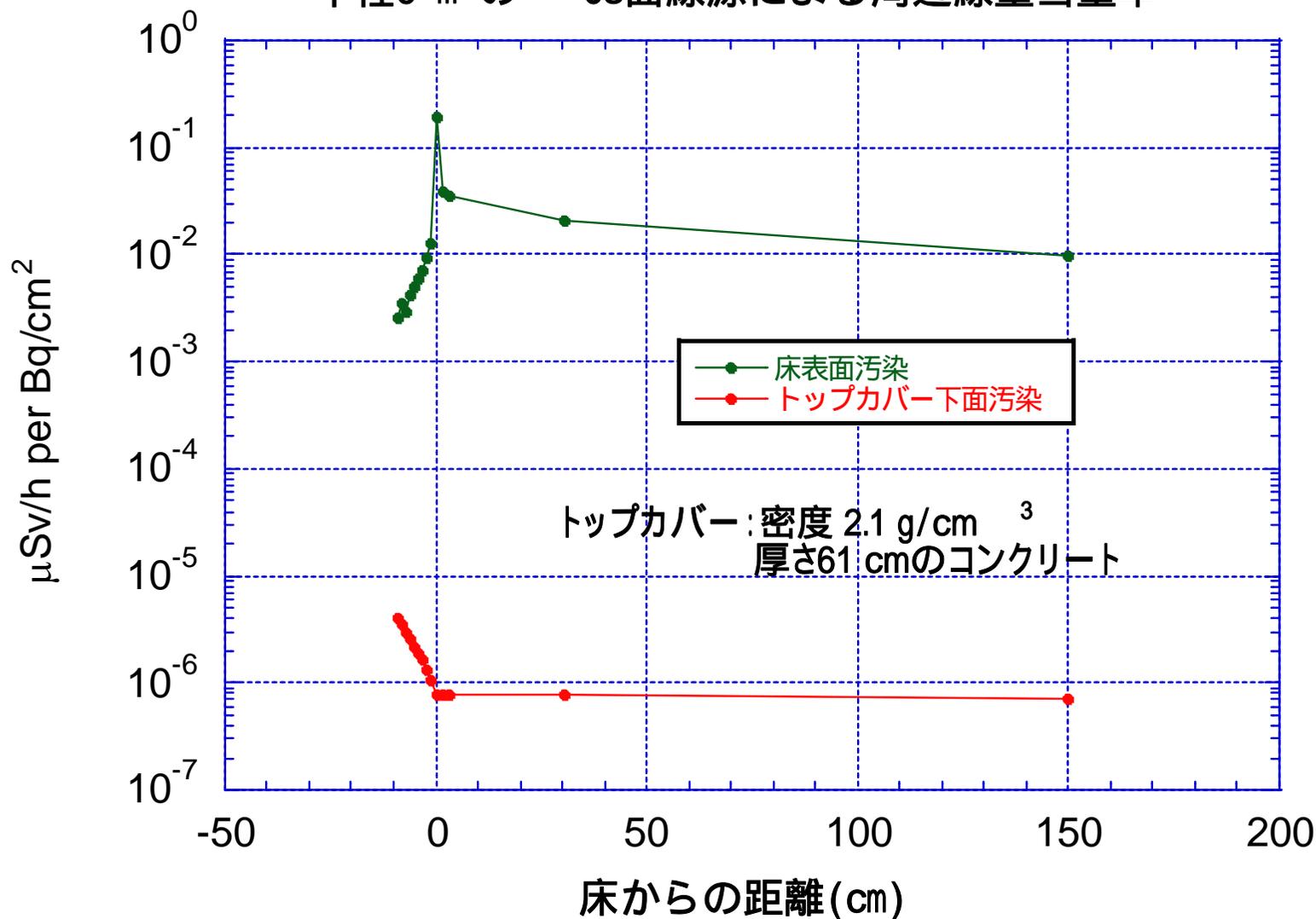
大まかには、南北の中心付近の東西の穴では、大まかには床表面での周辺線量当量率とトップカバー下面の汚染密度と対応している様に見える

東西の中心の南北方向では穴の位置により、両者の関係に違いがある

床上3cm測定(64点)結果からトップカバー下面汚染密度を定量的に推定することは難しいが、トップカバー下面の汚染密度分布の検討には活用できると思われる



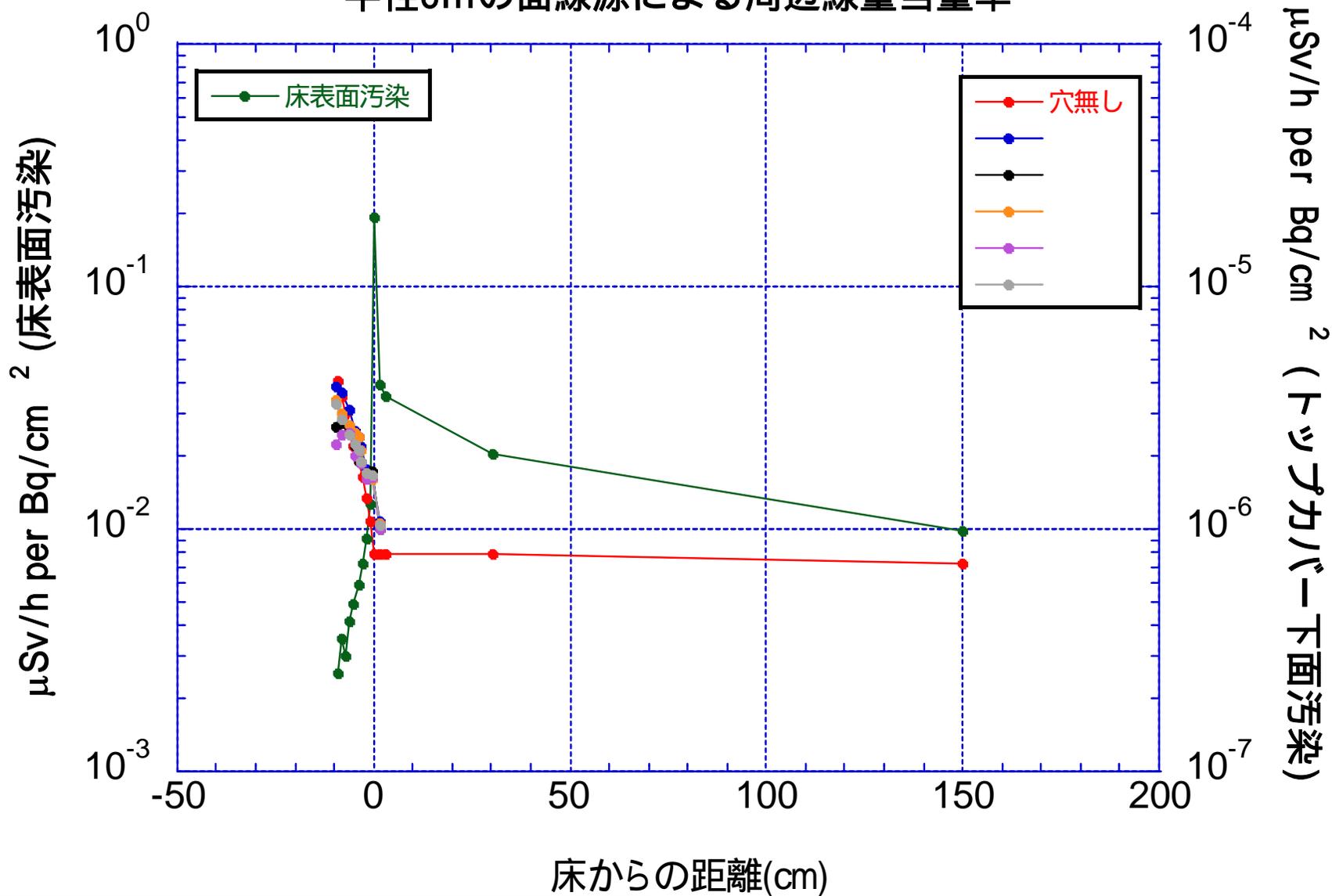
半径6 m の ^{137}Cs 面線源による周辺線量当量率



トップカバー下面汚染:
穴内部では床に近づくに伴い減少し、床面より上では床からの高さによりほとんど変化しない。ただし、本解析では、下面汚染のプラグ表面から上部への散乱状況は再現出来ていない。

床表面汚染:
穴内部では床に近づくに伴い増加し、床面より上になると、直視出来る線源領域が増えるため急激に増加し、湯からの高さにより緩やかに減少する

半径6mの面線源による周辺線量当量率



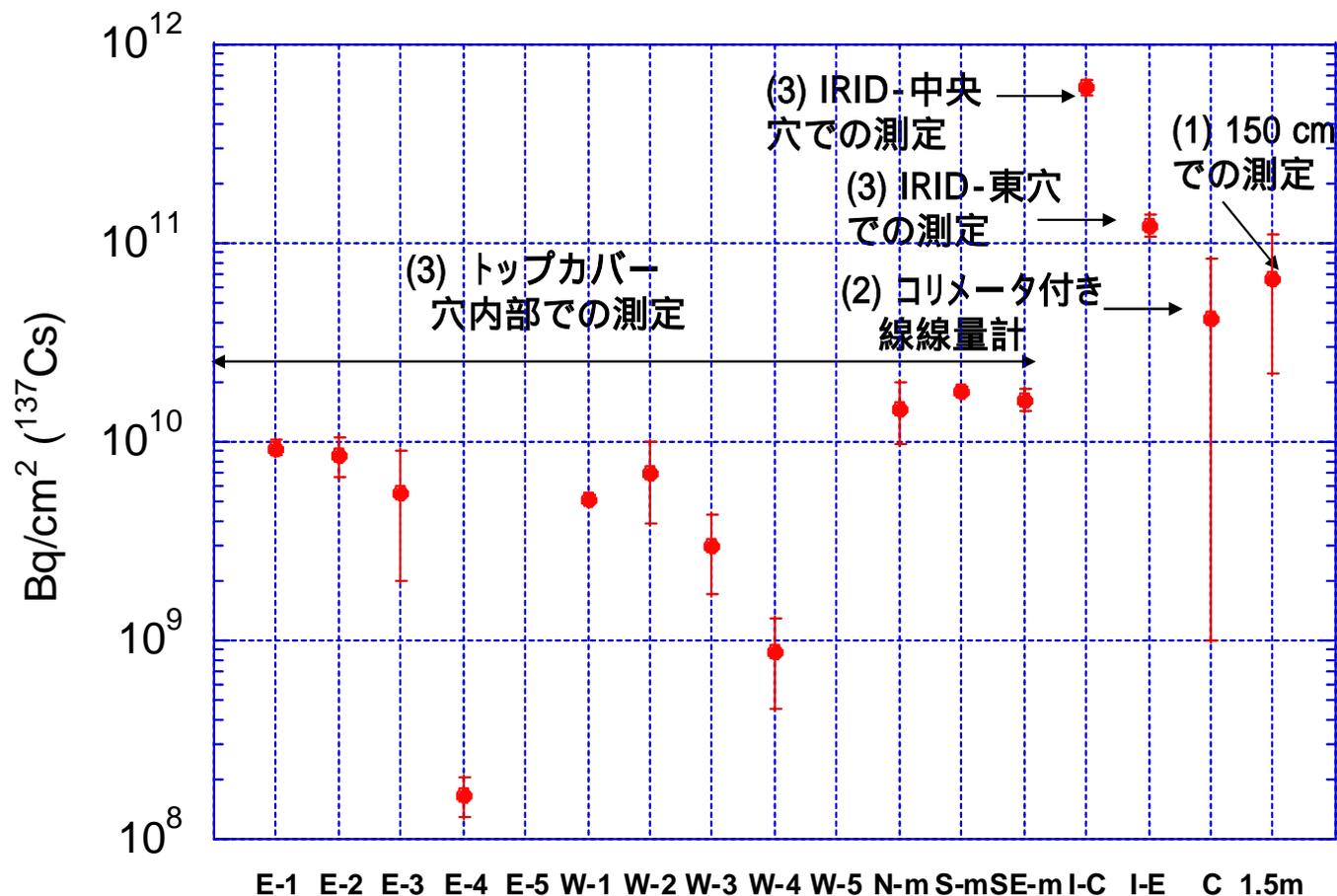
3-5 穴内測定のとまとめ

1. 測定されたIRID穴、新穿孔穴の穴内線量率分布の理解
室内汚染とトップカバー下面汚染の穴内線量率分布の組合せで決まる。
トップカバー下面汚染が大きいとき 出口に向かって減衰
床汚染が大きいとき 出口に向かって増加
2. 室内汚染とトップカバー下面汚染による周辺線量当量率をそれぞれ指数関数で近似
穴内部の測定結果を用いて最小二乗法により両面の汚染密度の推定を試みた
得られた汚染密度により、測定値を再現することが出来た
穴周辺の床の汚染密度が従来の測定から推定されていた汚染密度より高い結果に
汚染密度ばらつきが原因の可能性はあるが、得られている限られた情報だけでは、定量的な検討は難しい
使用した方法についての検討を含め、引き続き検討が必要である
解明されていない課題があるが、得られた結果からトップカバー下面汚染密度の理解
床上1.5mでの測定での汚染密度のばらつきより大きい
穴内測定では狭い範囲で見るのでさらに濃淡が大きいことが判明
床上線量率とトップカバー下面汚染密度の比較から
床上の線量率から、トップカバー下面の汚染密度を推定することは困難
床上3cmの測定は、トップカバー下面の汚染分布の大まかな推定には使用
3. これらの理解ができたことは穴内測定を行なった成果

4. 3種類の測定による推定の比較と検討

- 3種類の測定に基づく推定には特徴がある
 - 150 cm 高さでの周辺線量当量率による推定は、トップカバー下面の汚染全体の汚染状況を反映している
 - コリメータ付 線線量計は、床以外のオペフロ内壁汚染の影響を受けない測定で、床表面汚染の影響も半径15 cmという限られた領域で、トップカバー下面の大凡半径45 cm の領域の汚染状況を反映している
 - 穴内部の測定は、上記2つの平面での測定と異なり、垂直方向の分布であり、大凡トップカバー下面の半径50 cm の領域の汚染状況を反映している
- 新たに穿孔した穴内部の測定が行なわれたことは、新たな手法による測定を加えたという点から有益なものであった
- 3種類の測定とも、オペフロ内壁汚染の寄与の見積もりが必要であり、そのことが評価結果に影響している
 - 線量率が高くロボットによるリモートの対応によらざるを得ないことから、精密な位置や詳細な分布情報を得ることが難しい

3種類の測定によるトップカバー下面の汚染密度の比較



誤差表示

(1)の150cmでの周辺線量当量率と(2)のコリメータ付き線線量計のプロットは、シールドプラグ上の全推定値の最大と最小の中心値及び最大と最小

(3)の各穴での結果は、最小二乗法の推定と誤差

4. 3種類の測定による推定の比較と検討

- 穴内部の測定からの推定から、トップカバー下面の汚染密度のばらつきは、非常に大きいことが分った
- コリメータ付 線線量計による測定位置と穴の位置関係は明確ではないが、穴内部と同様に汚染密度にばらつきが大きいことを示している
- シールドプラグ全体を対象としている150 cm 位置での推定値が全体の推定値の範囲内にあることから、3種類の測定結果からの推定値間には整合性があると考えられる
- いずれの推定でも、オペフロ内壁の寄与の推定にはかなりの「不確かさ」があり、従って得られた汚染密度にも当然「不確かさ」があるが、トップカバー下面に大量の¹³⁷Csが存在していることは間違いないと言える
- 床表面近く(1.5 cmと3.0 cm)での周辺線量当量率がトップカバー下面の汚染密度と関係があることを前提にマッピングを行なった
 - 床表面の汚染密度のばらつきが大きく、また影響が想定以上に大きかったことも影響し、床表面近くの周辺線量当量率からトップカバー下面の汚染密度を推定することは難しい
 - マッピング結果は、トップカバー下面の汚染密度の大凡の状況を知る目的に使用

福島第一原子力発電所 2号機 シールドプラグの変形について

2022年9月6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（シールドプラグのパーツ間のすき間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及び測定結果に対する分析を実施した。

< 検討内容 >

- 1F2号機のシールドプラグの形状測定を実施し、シールドプラグの変形の有無等を確認する。
- 比較検討のため、同発電所5号機（1F5号機）、島根原子力発電所1号機（島根1号機）及び敦賀発電所1号機（敦賀1号機）（以下、これら3つをまとめて「他の3プラント」という。）のシールドプラグの形状測定を実施し、同様にシールドプラグの変形の有無等を確認する。
- 1F2号機と他の3プラントとのシールドプラグの形状測定結果を比較し、1F2号機のシールドプラグの変形の特異性等を分析する。

< 検討方法 >

- 3Dレーザースキャナ（FARO社製「Focus S350」）を用いて、各プラントのシールドプラグの形状に関するデータ（点群データ）を取得する。
- 取得したデータは、点群データ処理ソフト（FARO社製「SCENE」）により3Dモデルを構築した上で、点群データ解析ソフト（富士テクニカルリサーチ社製「Galaxy-Eye Modeler」）により、シールドプラグ上（4プラントとも同様の高さ位置）に仮想平面を作成し、仮想平面とシールドプラグ上の各位置との高低差を差分コンター図により示す。
- 各プラントの差分コンター図から、各プラントのシールドプラグの変形の有無等を確認する。
- 1F2号機の差分コンター図と他の3プラントの差分コンター図を比較して、1F2号機のシールドプラグの変形の特異性の有無等を確認・分析する。

< 誤差 >

- 今回用いたデータについて、3Dレーザースキャナの測定誤差は最大3.5mm（25m先での誤差）、点群データの合成時に生じた誤差は最大約5mm（点群データ内の最大値）であったため、cmオーダーの変形は有意な変形であると言える。

シールドプラグの変形の有無等(次ページ以降の図に関する補足)

- シールドプラグは、図1の黒点線(赤色の円部分の内側)が端部である。
- 図1の黒点線の外側(赤色の円部分)は、シールドプラグ周りの堰である(図2)。

シールドプラグ周りの堰は、シールドプラグよりも100mm程度高いため、差分コンター図では赤色(シールドプラグ上の基準点よりも50mm以上高い箇所)で示されている。

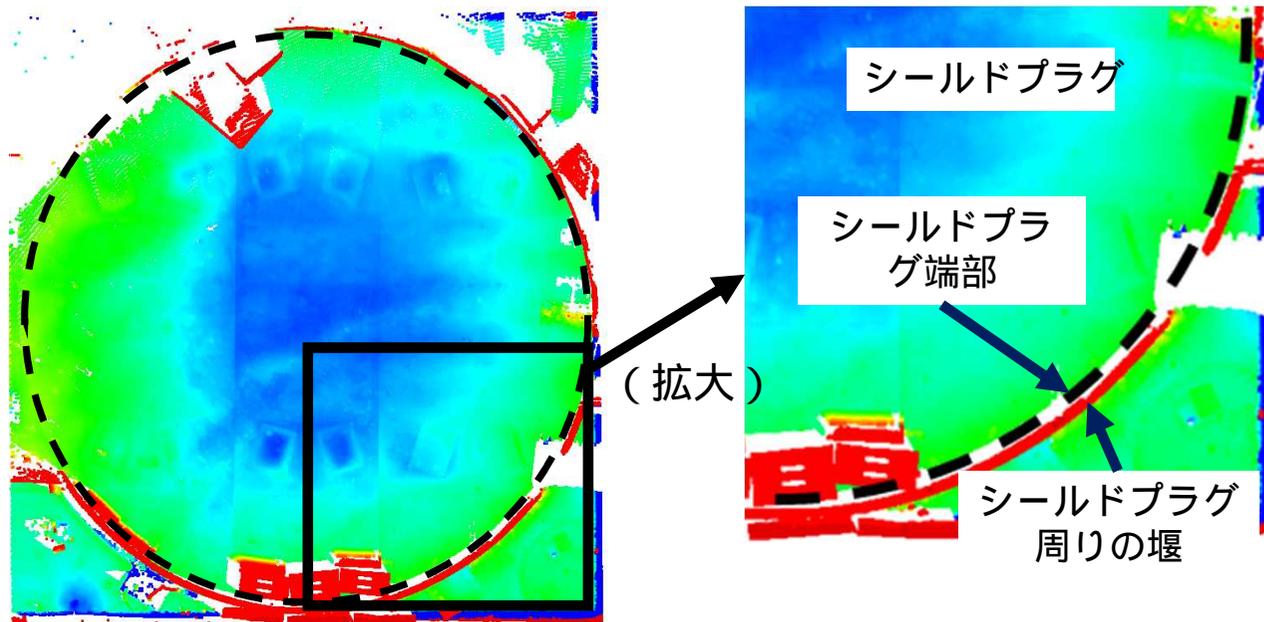


図1 差分コンター図のイメージ

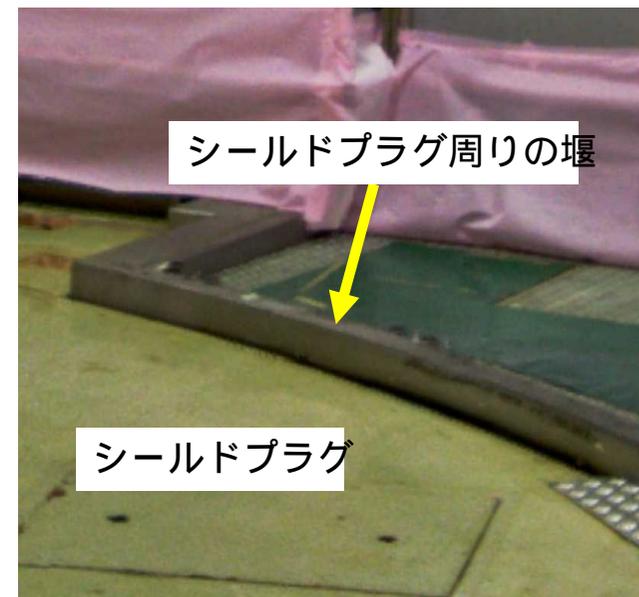
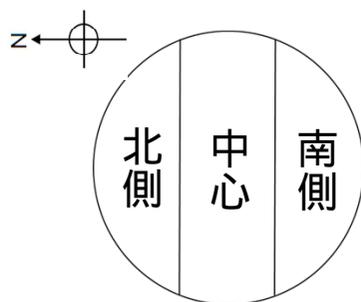


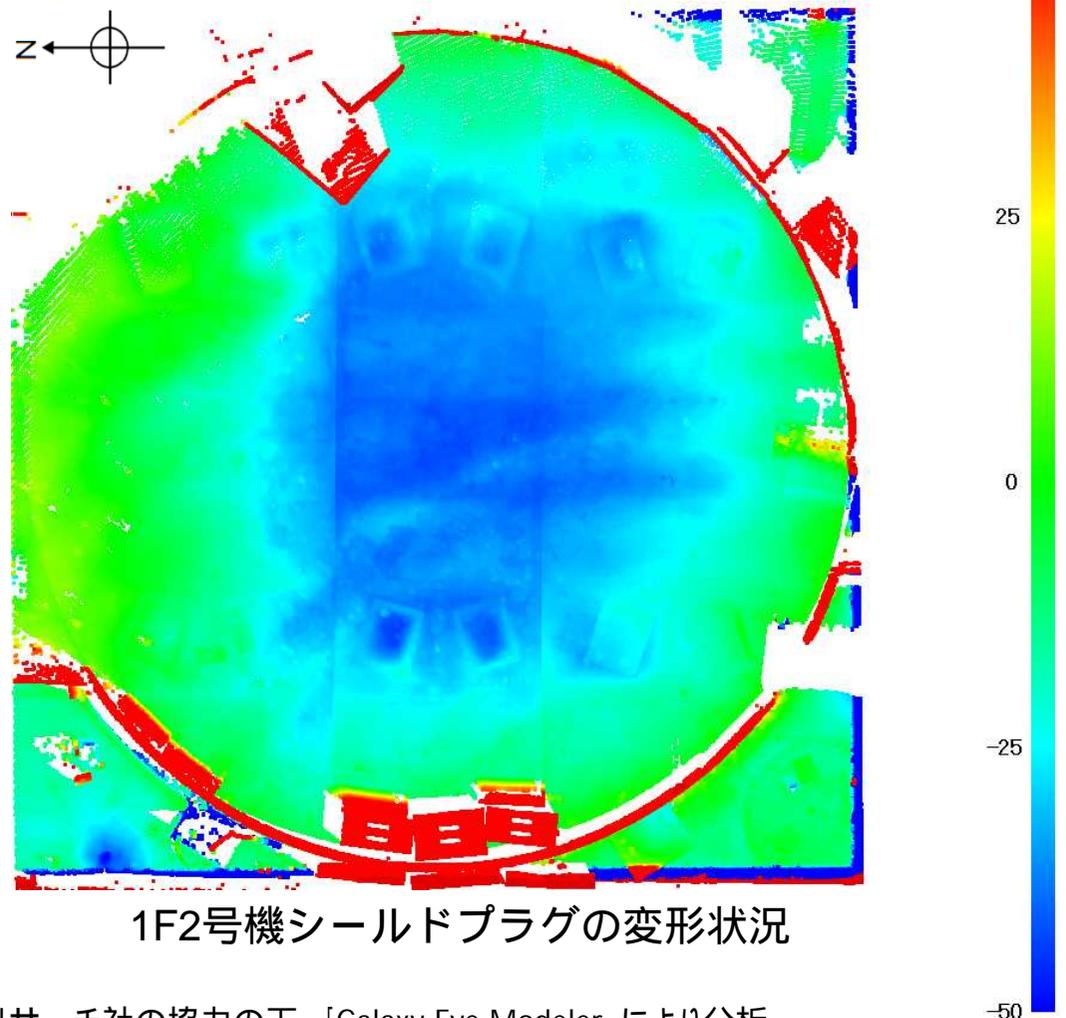
図2 シールドプラグ周りの堰(1F5号機の例)

シールドプラグの変形の有無等 (1F2号機)

- 端部から中心部に向けて落ち込みが見られる。
- 中心のパーツに加えて南側のパーツの一部の落ち込みが大きい。
- 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。
- 北端から中心への落ち込みが最も大きい(最大60mm程度)。



頂部カバーの分割イメージ



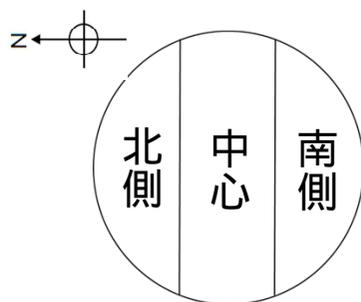
1F2号機シールドプラグの変形状況

2021年12月14日に原子力規制庁にて取得したデータを基に、富士テクニカルリサーチ社の協力の下、「Galaxy-Eye Modeler」により分析

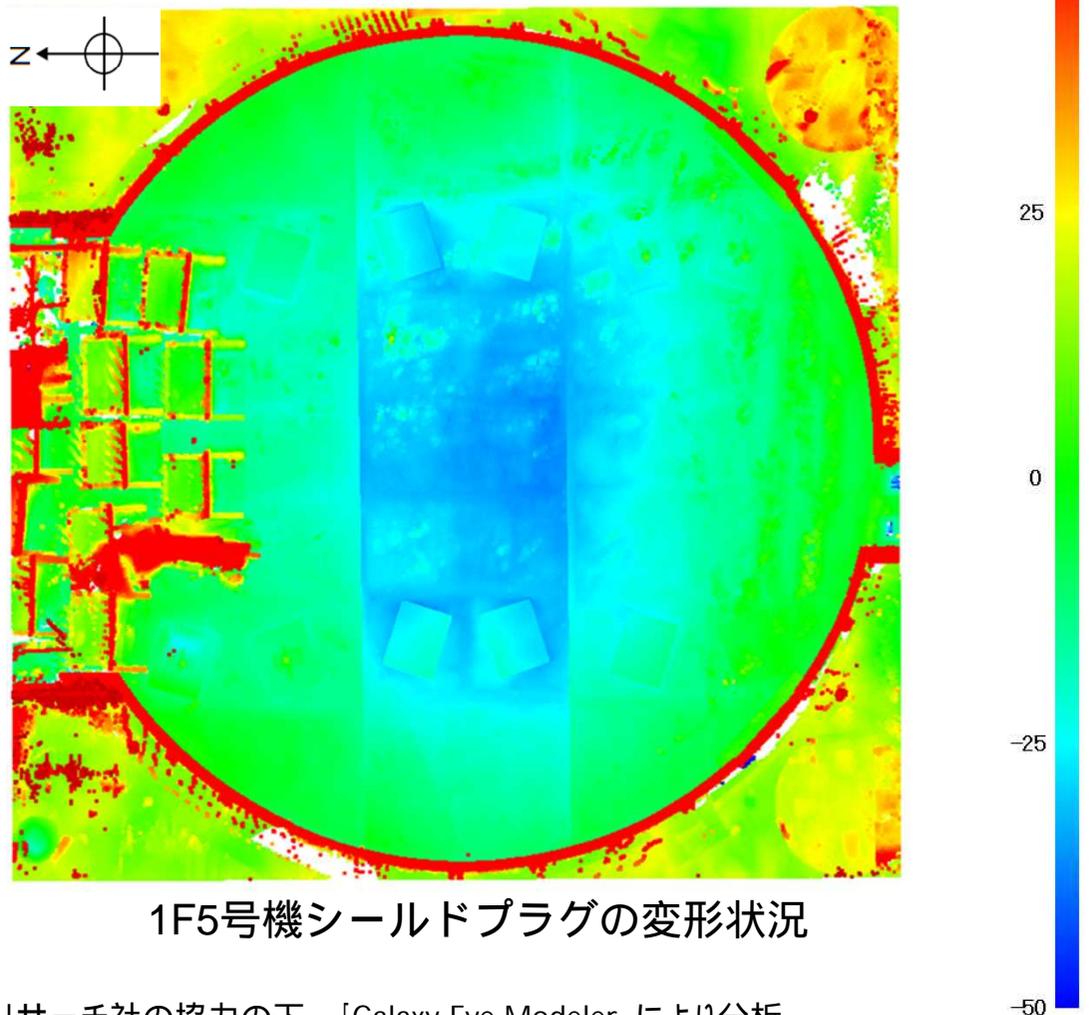
シールドプラグの変形の有無等 (1F5号機)

(単位: mm)

- 端部から中心部に向けて落ち込みが見られる。
- 中心のパーツの落ち込みが大きい。
- 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。
- 南端から中心への落ち込みが最も大きい(最大45mm程度)。



頂部カバーの分割イメージ



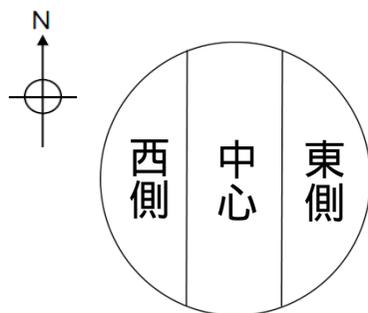
1F5号機シールドプラグの変形状況

2022年1月13日に原子力規制庁にて取得したデータを基に、富士テクニカルリサーチ社の協力の下、「Galaxy-Eye Modeler」により分析

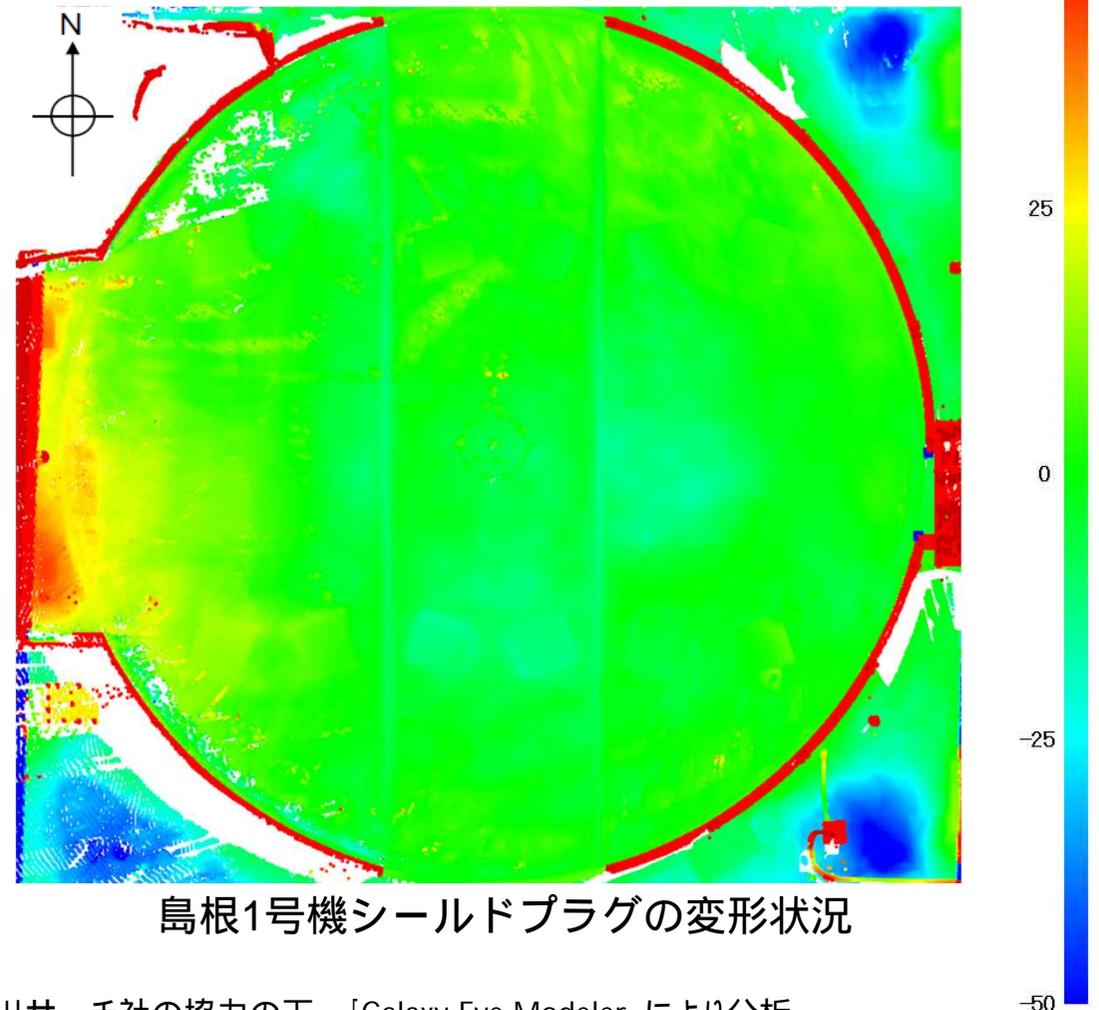
シールドプラグの変形の有無等 (島根1号機)

(単位: mm)

- DSピット側 (西側) 付近は中心付近に比べて最大30mm程度高くなっている。
- DSピット側付近以外は、概ね10mm程度以内の範囲に変形が収まっており、平坦である。
- パーツ間の高低差はほとんどない。



頂部カバーの分割イメージ



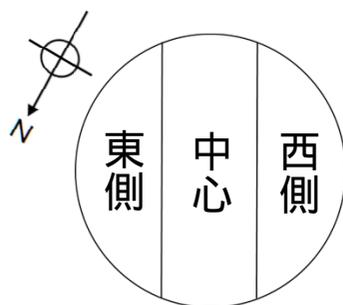
島根1号機シールドプラグの変形状況

2022年2月22日に原子力規制庁にて取得したデータを基に、富士テクニカルリサーチ社の協力の下、「Galaxy-Eye Modeler」により分析

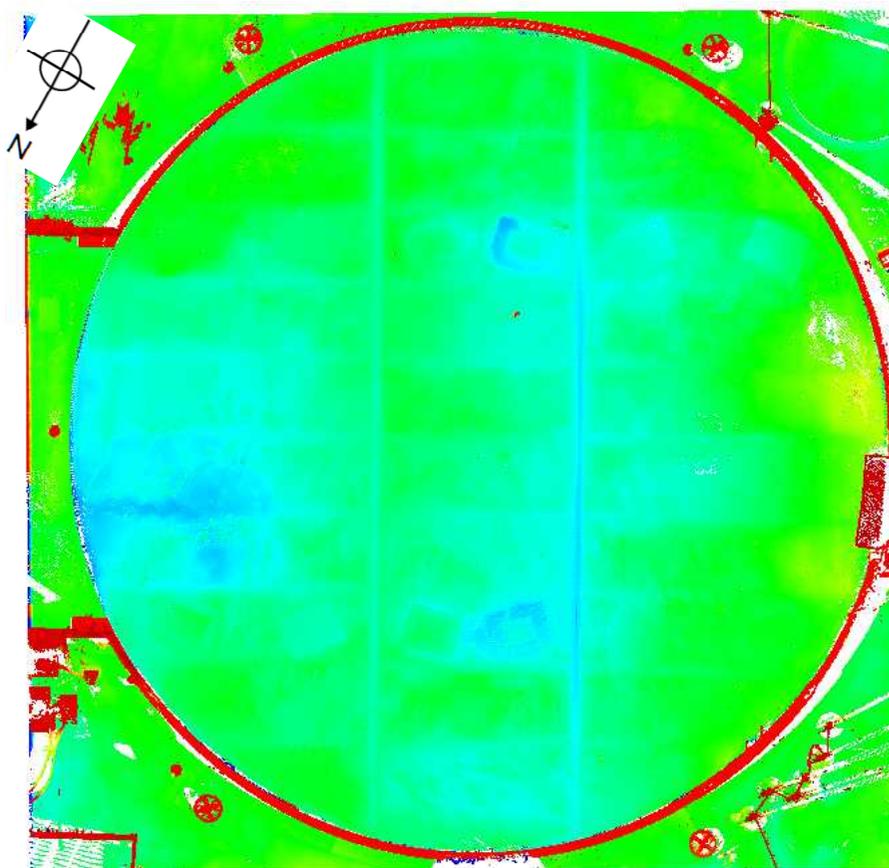
シールドプラグの変形の有無等 (敦賀1号機)

(単位: mm)

- DSピット側 (東側) 付近は中心付近に比べて最大40mm程度低くなっている。
- DSピット側付近以外は、概ね10mm程度以内の範囲に変形が収まっており、平坦である。
- パーツ間の高低差はほとんどない。
- パーツ間のすき間は、最大15mm程度。



頂部カバーの分割イメージ



敦賀1号機シールドプラグの変形状況

2022年4月8日に原子力規制庁にて取得したデータを基に、富士テクニカルリサーチ社の協力の下、「Galaxy-Eye Modeler」により分析

-50

-25

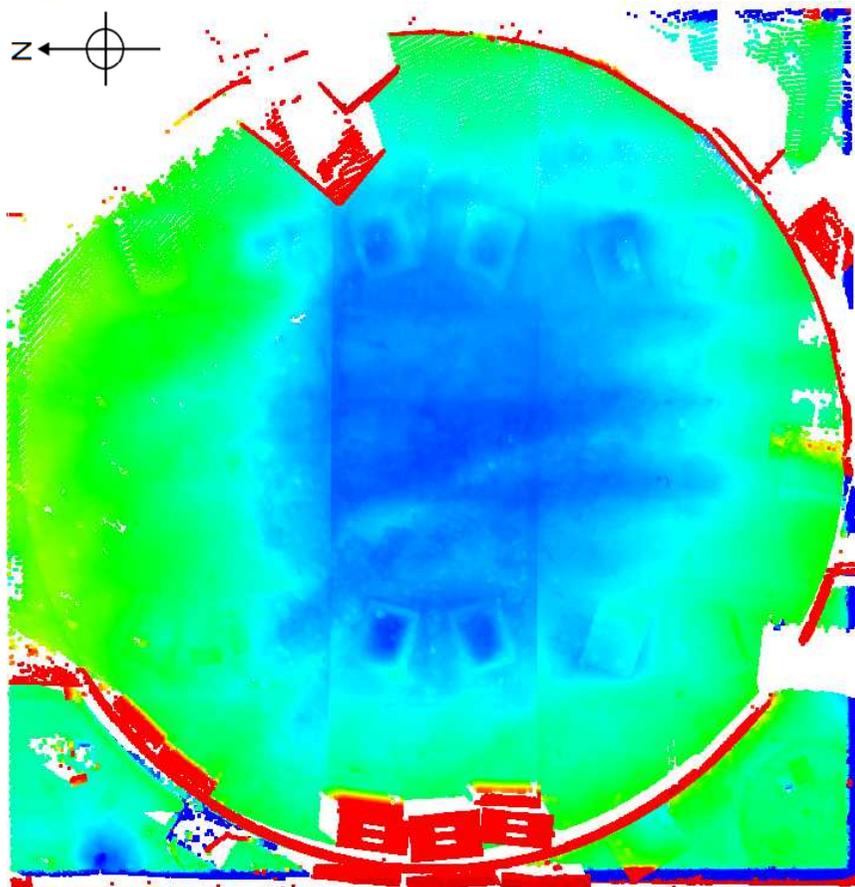
0

25

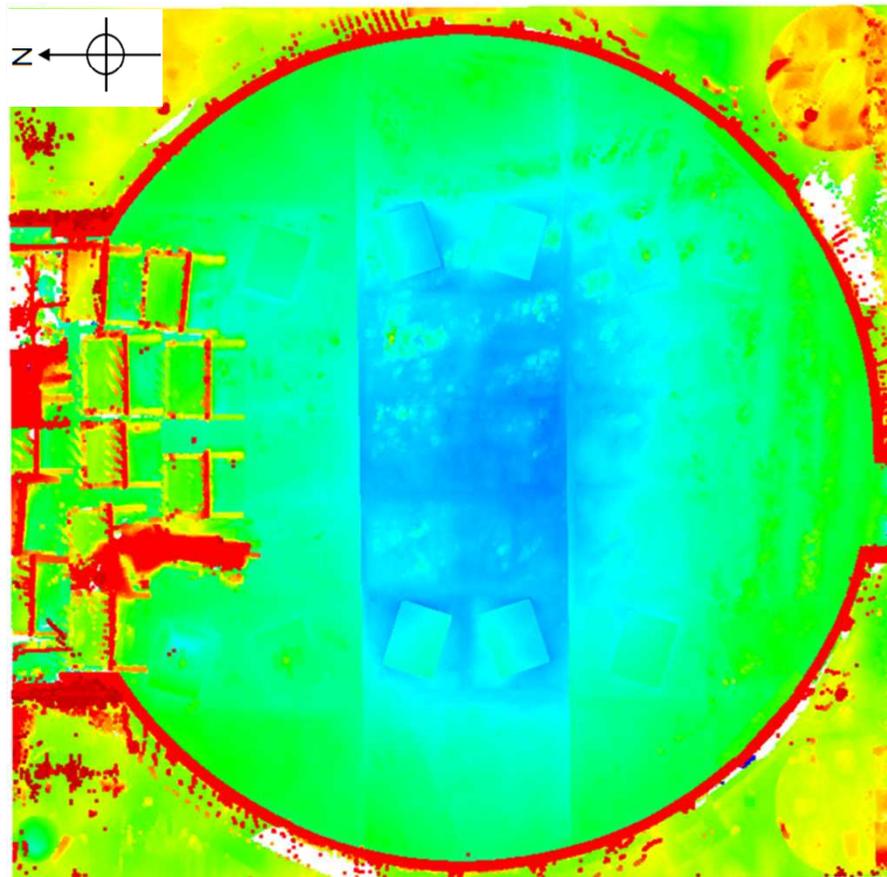
50

シールドプラグの形状比較 (1F2号機と1F5号機の比較)

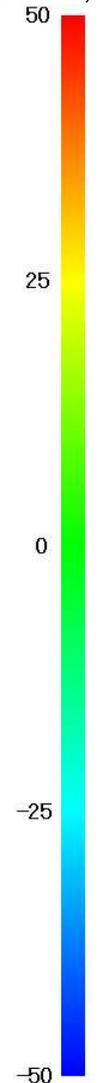
(単位: mm)



1F2号機シールドプラグの変形状況



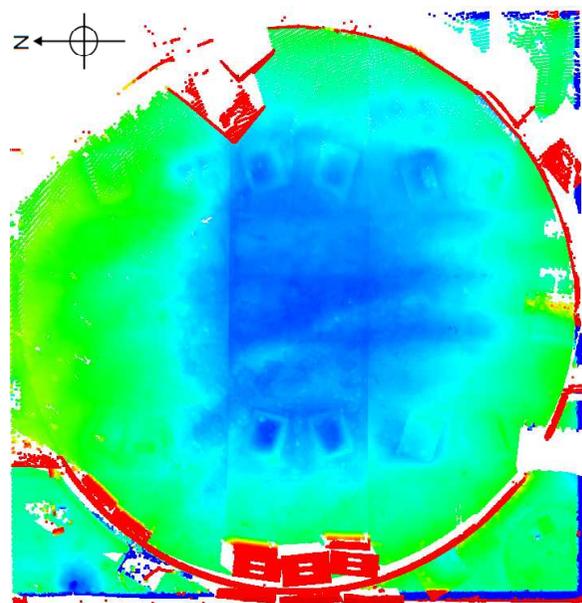
1F5号機シールドプラグの変形状況



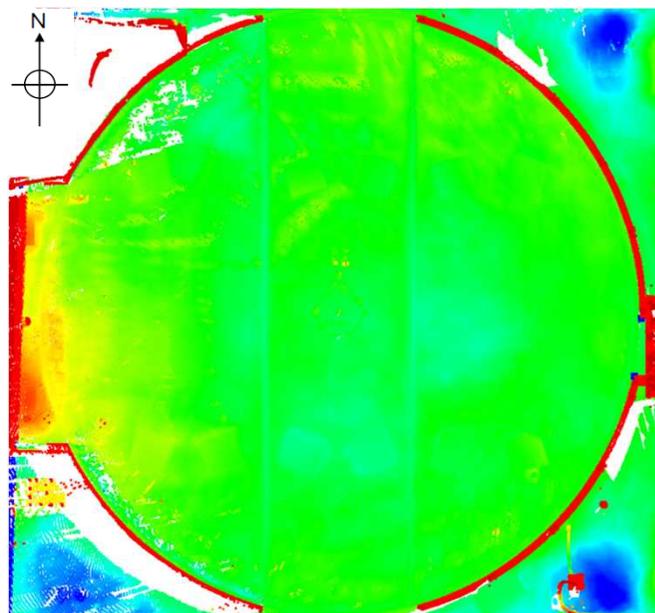
50

シールドプラグの形状比較 (1F2号機、島根1号機及び敦賀1号機の比較)

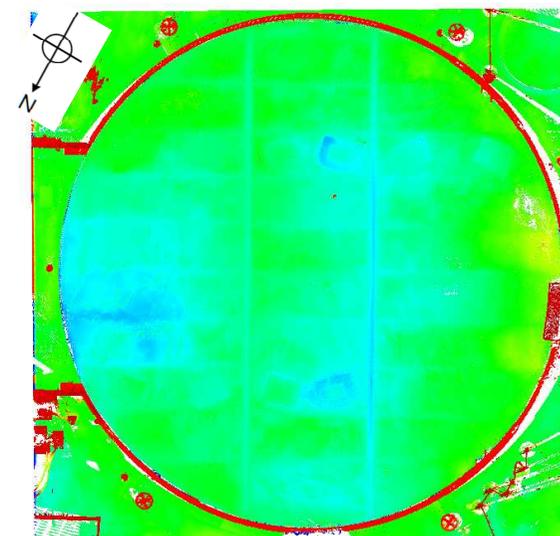
(単位: mm)



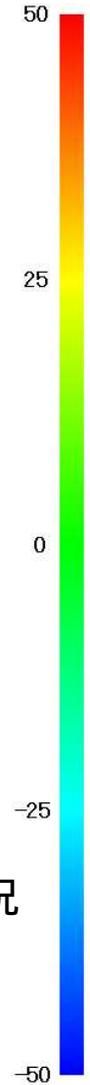
1F2号機シールドプラグの変形状況



島根1号機シールドプラグの変形状況



敦賀1号機シールドプラグの変形状況



図の大小関係 = シールドプラグの大小関係 (各プラントのシールドプラグの大きさは後述「シールドプラグ等の設計情報」を参照のこと)。

<シールドプラグの形状比較（1F2号機のシールドプラグの変形の特異性）>

- 1F2号機及び1F5号機のシールドプラグは、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おり、また、中心のパーツの落ち込みが両端（北側及び南側）の2つのパーツよりも大きくなっている。特に1F2号機のシールドプラグは、1F5号機よりもその程度が大きい。
- 島根1号機及び敦賀1号機のシールドプラグは、端部（特にDSピット側）で高低差が生じているが、シールドプラグのパーツ間のすき間部分も含めて、全体的には概ね平坦である。

<シールドプラグの形状比較を踏まえた考察>

- 1F2号機のシールドプラグは、中心のパーツの落ち込みが両端の2つのパーツよりも大きく、この種の変形により、シールドプラグのパーツ間のすき間に流路が生じ、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。
- 形状測定を実施したいずれのプラントのシールドプラグともに、表面には目立ったひび割れは確認されなかった（各プラントのシールドプラグ表面の状況は、次ページ以降を参照のこと）。そのため、形状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うる外力（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。

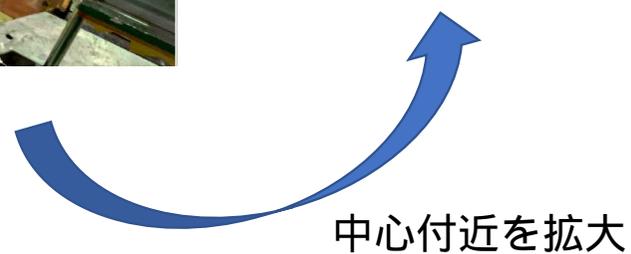
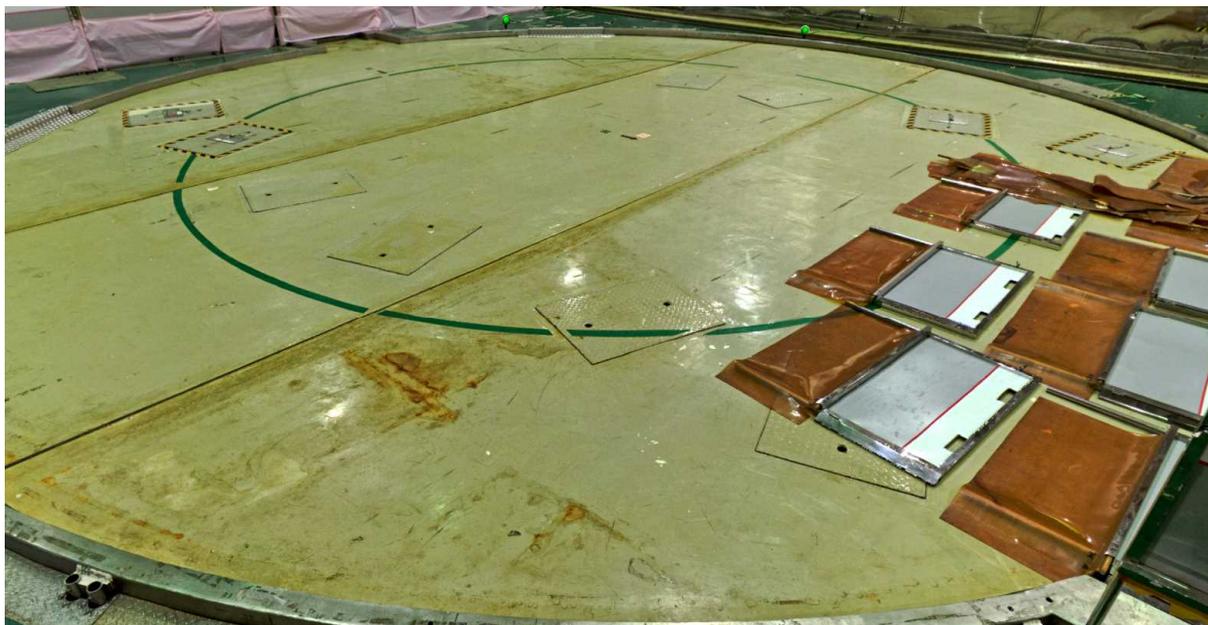
シールドプラグ表面の状況（1F2号機）



中心付近を拡大

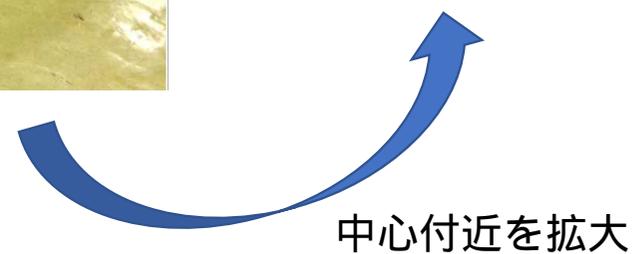
写真は、いずれも2021年12月14日に原子力規制庁撮影

シールドプラグ表面の状況（1F5号機）



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

シールドプラグ表面の状況（敦賀1号機）



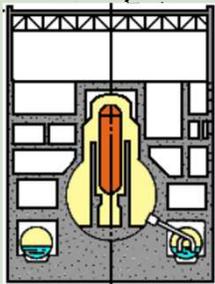
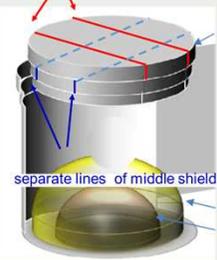
2022年4月8日の原子力規制庁調査時に日本原子力発電が撮影



2022年4月8日に原子力規制庁撮影

表面を拡大

シールドプラグ等の設計情報

	福島第一 2号機	福島第一 5号機	島根 1号機	敦賀 1号機
電気出力 (MWe)	784	784	460	357
原子炉形式	BWR-4	BWR-4	BWR-3	BWR-2
格納容器形式		マーク	マーク	マーク
シールドプラグ構造等	 <p>直径約11.8m 厚さ約0.62m 重さ約165t</p> <p>シールドプラグ (断面構造)</p> <p>上端筋 D25 & D25 下端筋 D25 & D32</p> <p>直径約11.6m 厚さ約0.61m 重さ約155t 直径約11.3m 厚さ約0.61m 重さ約145t</p> <p>頂部カバー 中間カバー シールドプラグ (平面構造) 底部カバー</p>	<p>直径約11.8m 厚さ約0.62m</p> <p>シールドプラグ (断面構造)</p> <p>上端筋 D25 & D25 下端筋 D25 & D32</p> <p>直径約11.6m 厚さ約0.61m 直径約11.3m 厚さ約0.61m</p> <p>頂部カバー 中間カバー シールドプラグ (平面構造) 底部カバー</p>	<p>直径約12.4m 厚さ約0.63m</p> <p>シールドプラグ (断面構造)</p> <p>上端筋 D22 & D25 下端筋 D22 & D35</p> <p>直径約12.1m 厚さ約0.63m 直径約11.8m 厚さ約0.63m</p> <p>頂部カバー 中間カバー シールドプラグ (平面構造) 底部カバー</p>	<p>直径約10.9m 厚さ約1.0m 重さ約218t</p> <p>シールドプラグ (断面構造)</p> <p>上端筋 D25 & D25 下端筋 D25 & D35</p> <p>直径約10.4m 厚さ約1.0m 重さ約205t</p> <p>頂部カバー シールドプラグ (平面構造) 底部カバー</p>

ECCSはBWR-4の設計

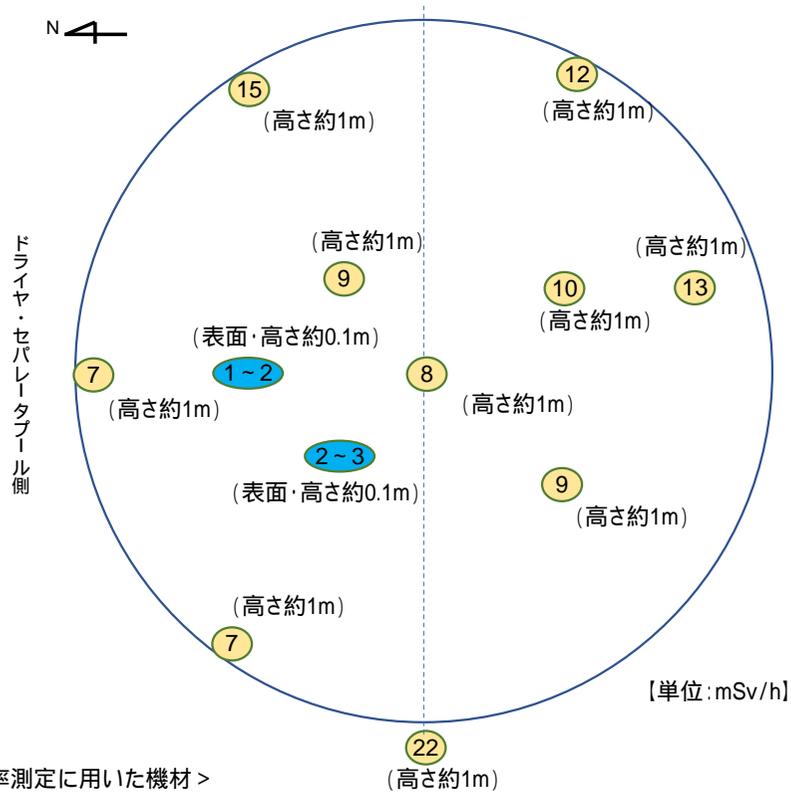
出典：原子力安全研究協会（編）：軽水炉発電所のあらし（改訂版）（平成4年10月）、

遮へい措置後のシールドプラグ上の 線量率測定結果

2022年9月6日

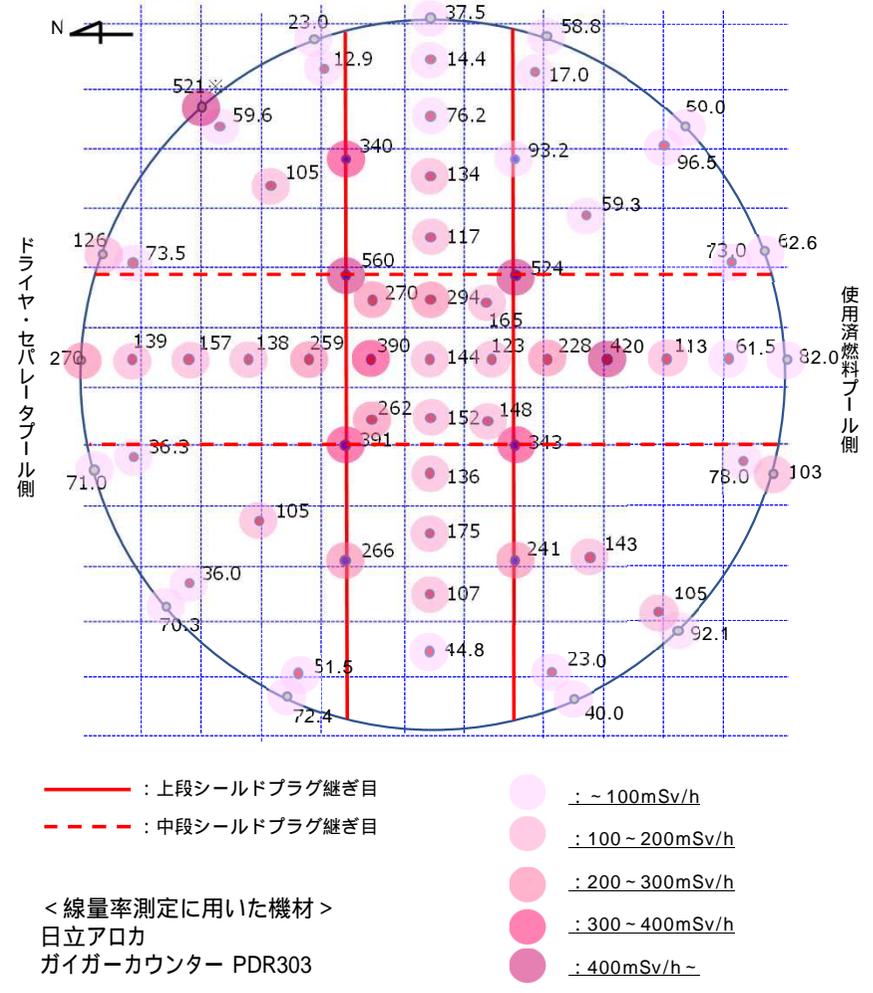
東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

遮へい措置後のシールドプラグ上の線量率測定結果
(2022年5月12日、原子力規制庁による測定)



<線量率測定に用いた機材>
日立アロカ
電離箱式サーベイメータ ICS-1323

(参考)シールドプラグ表面の線量率測定結果
(2021年10月7日、東京電力HDによる測定)



— : 上段シールドプラグ継ぎ目
- - - : 中段シールドプラグ継ぎ目

<線量率測定に用いた機材>
日立アロカ
ガイガーカウンター PDR303

○ : ~100mSv/h
● : 100~200mSv/h
● : 200~300mSv/h
● : 300~400mSv/h
● : 400mSv/h~

出典: 現地調査の実施状況について(2022年6月30日、東京電力福島第一原子力発電所
事故対策室(第30回事務分析検討会資料3-1))(一部加筆修正)

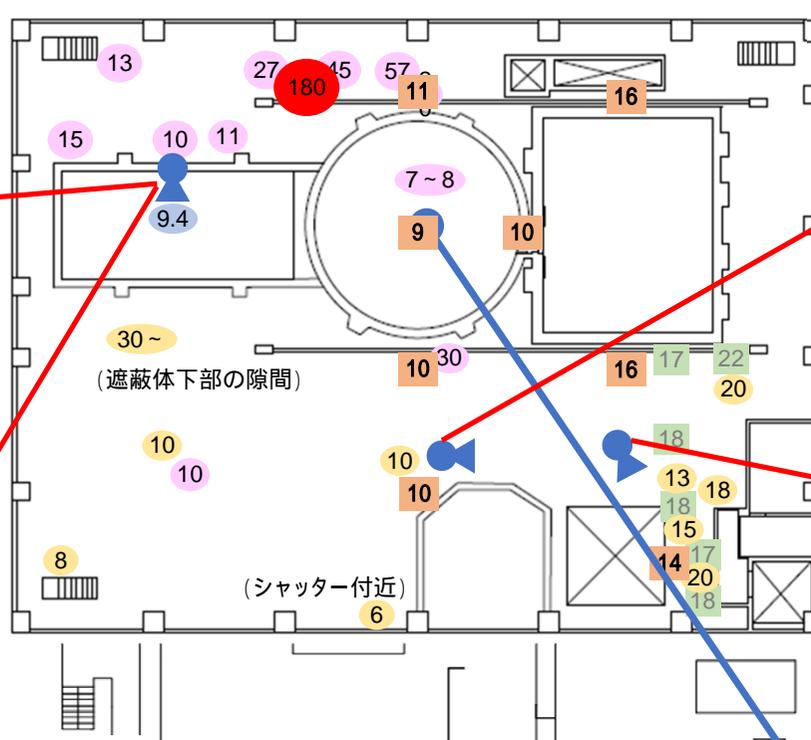
2号機原子炉建屋5階の状況（線量率測定結果）



(DSピット内部・上側から)



(DSピット内部)



(燃料交換機遠隔操作室まわり)



(燃料交換機遠隔操作室扉・開閉せず)

【単位：mSv/h】

- 規制庁による測定（2022年5月12日）日立アロカ電離箱式サーベイメータ ICS-1323 高さ約1m
- 規制庁による測定（2022年5月26日）日立アロカ電離箱式サーベイメータ ICS-1323 高さ約1m
- 規制庁による測定（2022年5月26日）日立アロカ電離箱式サーベイメータ ICS-1323 表面
- 規制庁による測定（2022年5月26日）Polimaster PM-1703MO-I
- (参考)東京電力HDによる測定（2021年2月～3月）PDR-303 高さ約1.5m (Kobra使用)
- (参考)東京電力HDによる測定（2022年5月17日）PDR-303 高さ約1.5m (Kobra使用)

中心位置から四方向測定
(コリメータ有り、高さ約1m)

【単位：mSv/h】

Polimaster PM-1703MO-I

東向き

1.8

北向き

1.34

南向き

2.44

西向き

1.39

写真は、いずれも2022年5月26日原子力規制庁撮影

出典：現地調査の実施状況について（2022年6月30日、東京電力福島第一原子力発電所事故対策室（第30回事故分析検討会資料3-1））

BWR格納容器内有機材料 熱分解生成ガス分析の計画

2022年9月6日

日本原子力研究開発機構
安全研究センター
飯田芳久、阿部仁、大野卓也

ねらい

- 昨年度は、窒素雰囲気にて熱分解生成ガスの定性分析を実施した。
(TG-MS法、GC-MS法)
- 今年度は、窒素雰囲気に加え、より酸化性の高い雰囲気(酸素／窒素混合)での無機及び有機ガス成分の定性・定量分析を進める。
- ◆ 無機成分、低分子量有機成分等の成分に応じた分離カラムと検出器を使用した、熱分解生成ガスの定性・定量分析
(TG-MS法、管状炉-GC法)

➤ 分析試料

試料番号	材質	用途
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
2	特殊クロロprenゴム	原子炉容器下部制御・計装PNケーブルのシース
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
4	ウレタン	保温材

①熱分解生成ガスの定性分析

酸素／窒素混合雰囲気

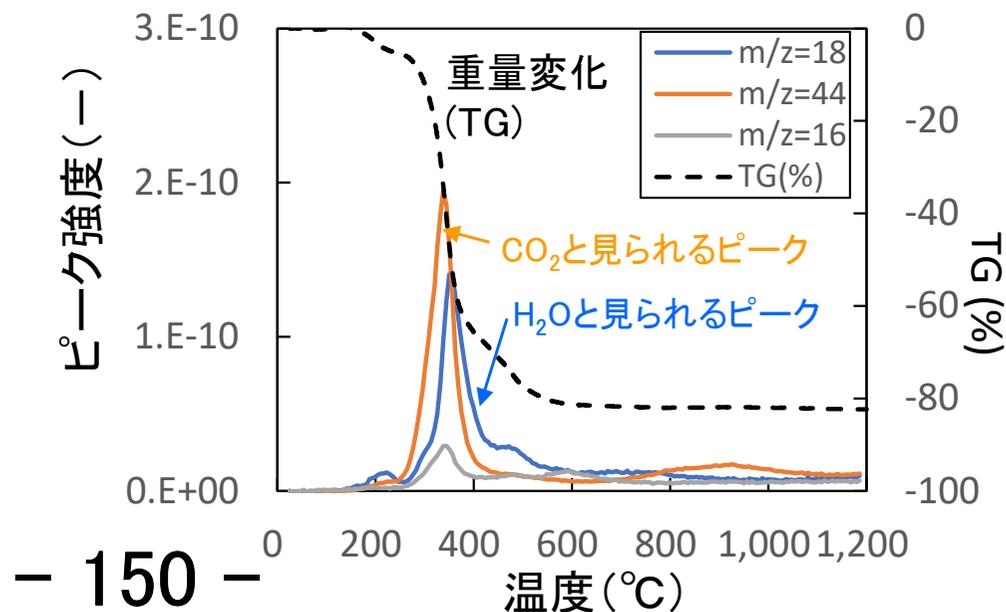
昨年度窒素雰囲気で行った熱分解試験を酸素／窒素混合雰囲気で行い、顕著な熱分解が生じる温度範囲を把握するとともに、熱分解生成ガスの定性分析を行う。

TG-MS分析

- 試料: 全4試料
- 雰囲気: O_2 (4%) / N_2 混合雰囲気、大気圧
- 温度: 昇温速度 $10^\circ C$ / 分、最高温度 $1000^\circ C$

昨年度の分析結果の例

- 材料: ウレタン
- 雰囲気: 窒素雰囲気、大気圧
- 温度: 昇温速度 $10^\circ C$ / 分



②熱分解生成ガスの定量分析(1/2)

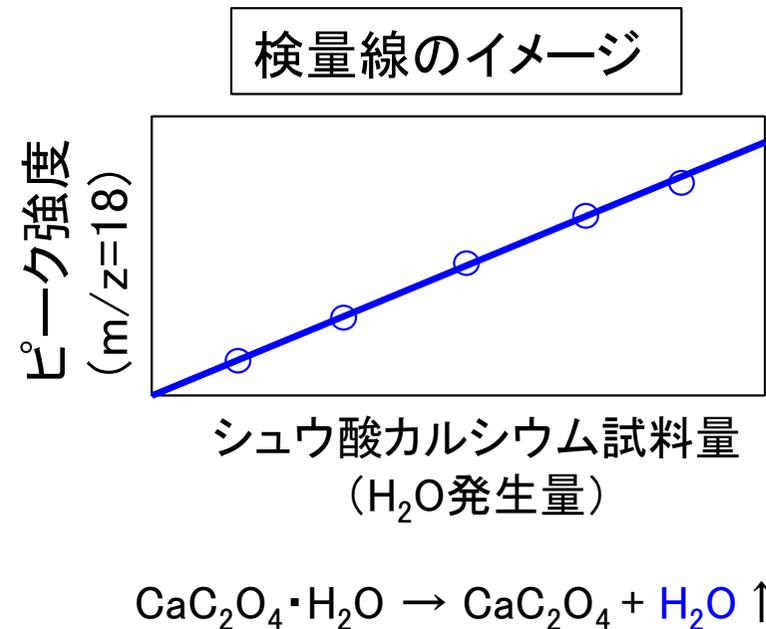
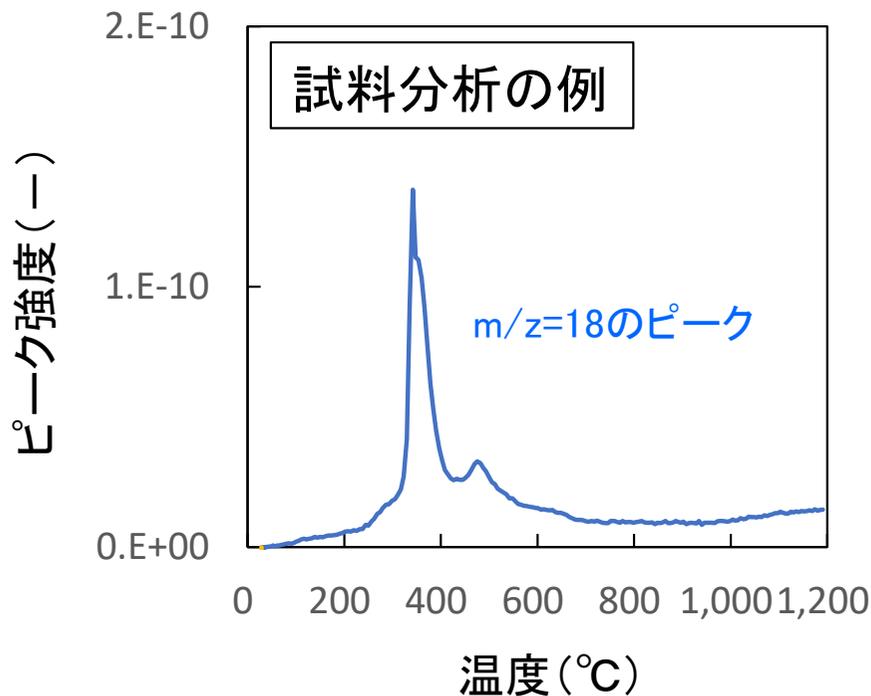
窒素雰囲気および酸素／窒素混合雰囲気

無機ガス(H₂O, H₂, CO, CO₂)及び低分子量有機ガス(炭素数1~4)の定量分析を、N₂雰囲気およびO₂(4%)/N₂混合雰囲気で行う。

→H₂OはTG-MS法により、それ以外のガスは管状炉-GC法により定量

H₂Oの定量分析

- TG-MS法により、m/z=18のピーク強度から定量する
(シュウ酸カルシウムを用いて検量線を作成)

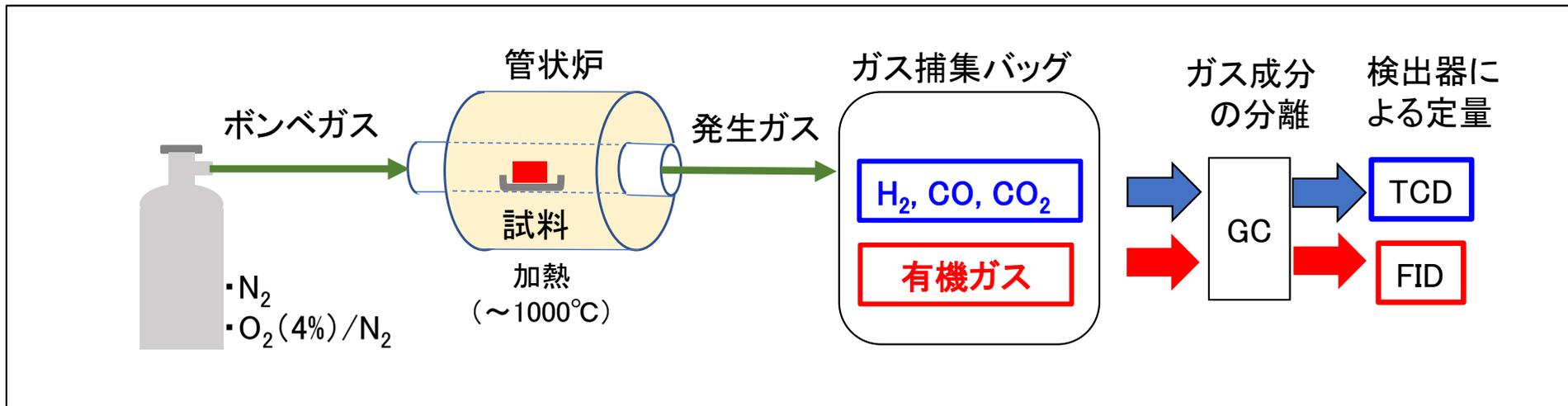


②熱分解生成ガスの定量分析(2/2)

窒素雰囲気および酸素／窒素混合雰囲気

H₂, CO, CO₂, 低分子量有機ガスの定量分析

- 管状炉を用いて1g程度の試料を加熱し、発生したガスをバッグに捕集する
- ガスクロマトグラム(GC)によりガス成分を分離し、各検出器を用いて定量する
- ウレタンの分析においては、結果を東京電力と比較するため以下の条件を揃える
(酸素濃度、昇温速度、単位試料量当たりのガス滞留時間*)



検出器	検出物質
熱伝導度検出器(TCD)	H ₂ , CO, CO ₂
水素炎イオン化検出器(FID)	低分子量有機ガス

* : 単位試料量当たりのガス滞留時間(分/g) = $\frac{\text{試料室容積(ml)}}{\text{ガス流量(ml/分)}} \div \text{試料量(g)}$

可燃性有機ガス評価計画について

2022年 9月 6日



東京電力ホールディングス株式会社

<経緯>

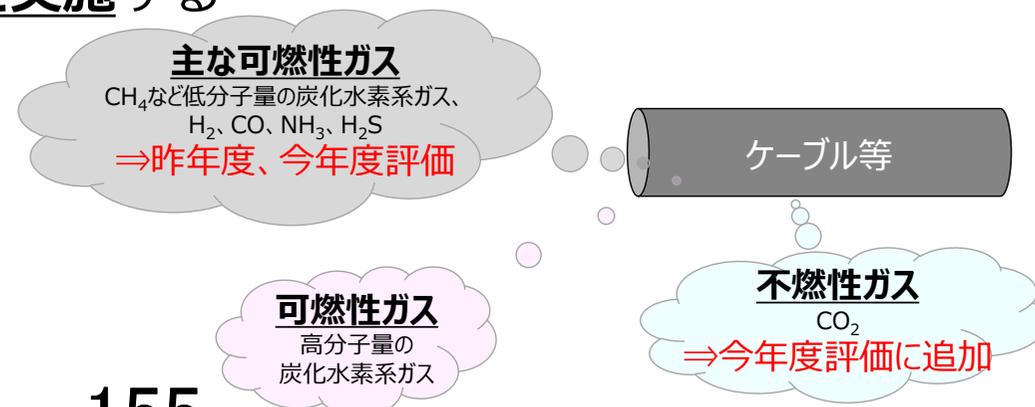
- 「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ」にて、1F3号機の水素爆発時の火炎及び噴煙の状態から、**水素爆発時に水素以外に可燃性有機ガスの寄与が報告**された
- 分析のため、次のステップで評価を進めている状況
- ① **可燃性有機ガス発生量評価（可燃性有機ガスの発生量を把握）**
 - 2021年度：一部実施済み
 - 2022年度：評価対象追加、JAEA殿と条件調整の上実施予定 ➡ スライド3～11
- ② **燃焼試験（火炎、黒煙の発生条件を把握）**
 - 2022年度：可燃性有機ガス発生量を参考に実施予定 ➡ スライド12

<2021年度成果>

- ① **可燃性有機ガス発生量評価**
 - 格納容器内での使用量が多く、可燃性有機ガスの発生が考えられるケーブル、塗料、保温材について、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可燃性有機ガスの同定及び定量分析を実施
 - 水素環境下よりも**水蒸気環境下の方が可燃性ガスが多く発生する傾向**を確認
 - **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

<2022年度ガス分析方針>

- 水素環境より水蒸気環境の方がガス発生量が多い傾向が確認されたことから、**水蒸気環境を優先**する
- 200℃24h試験はガス発生量がほぼないことが確認されたことから、**1000℃昇温試験を優先**する
- 酸素ガス影響を考慮して、**4%酸素環境試験を実施**する
 - 酸素以外の雰囲気条件（窒素又は水蒸気）は、代表試料（ウレタン保温材）について2パターン評価し、他試料の雰囲気条件を決定
 - 水蒸気100%環境試験と類似の結果が得られると想定されることから、**代表試料の試験を実施**
- **2022年度評価試料は、**試験体の種類毎に1機種以上確保し、以下の通りとする
 - **無機ジンクリッチ塗料、KGBケーブル、潤滑油**（初めての評価対象）
 - **PNケーブル**（格納容器下部ドライウエルの物量が多くガス発生量多い）
 - **ウレタン保温材**（物量が多くガス発生量多い）
- 可燃性ガス以外としてCO₂の発生量が多いと想定されるため、**CO₂分析のため代表試料の水蒸気環境での再試験を実施**する
- 高分子量揮発成分を把握するため、**タール分の重量測定を実施**する
- 2022年度に初めてガス分析を実施する試料は、予備試験も実施する



2-2. 可燃性有機ガス分析試験計画（概要）

No.	種類	評価対象	用途	本試験 水蒸気100%	本試験 水素100%	本試験 酸素4%+窒素 or水蒸気96%
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	完了 (1000℃/200℃)	完了 (1000℃)	※2
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：特殊クロロブレンゴム	・ 制御・計装ケーブルに使用 ・ RPV下部に設置	完了 (1000℃/200℃) 2022年度再試験予定(1000℃)	完了 (1000℃)	2022年度予定 (1000℃) ※2
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	完了 (1000℃/200℃)	完了 (1000℃)	※2
4	塗料	エポキシ系塗料	・ D/W上塗り	完了 (1000℃/200℃)	完了 (1000℃)	※2
5	塗料	無機ジンクリッチ塗料	・ D/W 下塗り	2022年度予定 (1000℃)	—	2022年度予定 (1000℃) ※2
6	保温材	ウレタン保温材	・ 配管保温	完了 (1000℃/200℃) 2022年度再試験予定(1000℃)	完了 (1000℃)	2022年度予定 (1000℃) ※2
7	保温材	ポリイミド保温材	・ 配管保温	完了 (1000℃)	完了 (1000℃/200℃)	※2
8	ケーブル	KGBケーブル →手配可否確認中 絶縁体：シリコンゴム+ガラス編組 シース：シリコンゴム	・ PIPケーブルに使用 ・ RPV下部に設置	2022年度予定 (1000℃) ※1	—	2022年度予定 (1000℃) ※2
9	潤滑油	電動機用潤滑油	・ PLR電動機	2022年度予定 (1000℃) ※1	—	2022年度予定 (1000℃) ※2

・ 有機ジンクリッチ塗料は使用範囲が限定的であるため、優先度を下げ試験対象外とした

1000℃：1000℃昇温試験、200℃：200℃24h試験

※1：予備試験も実施

※2：代表機種にて試験実施

<予備試験>

- ガス発生温度域及び有機系化合物が1000℃昇温で揮発するか確認するため、窒素環境下での昇温中の重量変化測定（TG*1）
- 昇温試験前後の材質評価（FT-IR*2、SEM-EDX*3）

*1:熱重量測定

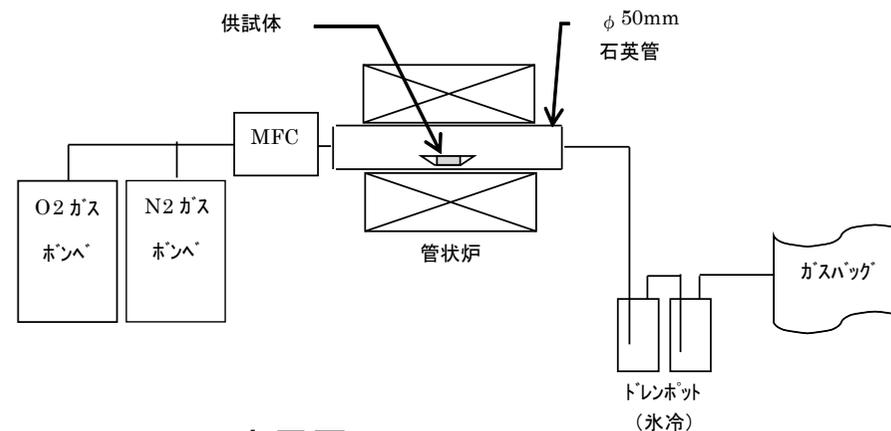
*2:フーリエ変換赤外分光法

*3:走査型電子顕微鏡-

エネルギー分散型X線分光分析

<本試験>

- 水蒸気環境下、酸素4%+窒素又は水蒸気環境下での昇温試験
- **ウレタン保温材の酸素ガス環境下試験条件をJAEA殿条件と整合**
- 発生ガス中の可燃性ガスの同定及び定量分析(ガスクロマトグラフィーなど)
 - 200℃～1000℃間（ガス発生温度域からガスサンプリング条件を決定）
 - 1000℃（試験装置の限界温度。RPV下部での溶融炉心との接触を想定）
- 昇温試験前後の材質評価（FT-IR*2、SEM-EDX*3）



本試験イ157シ

2-3. ウレタン保温材の可燃性有機ガス分析試験計画

酸素ガス濃度、試験中の発生ガス条件（試料単位重量当たりのガス接触時間）を整合

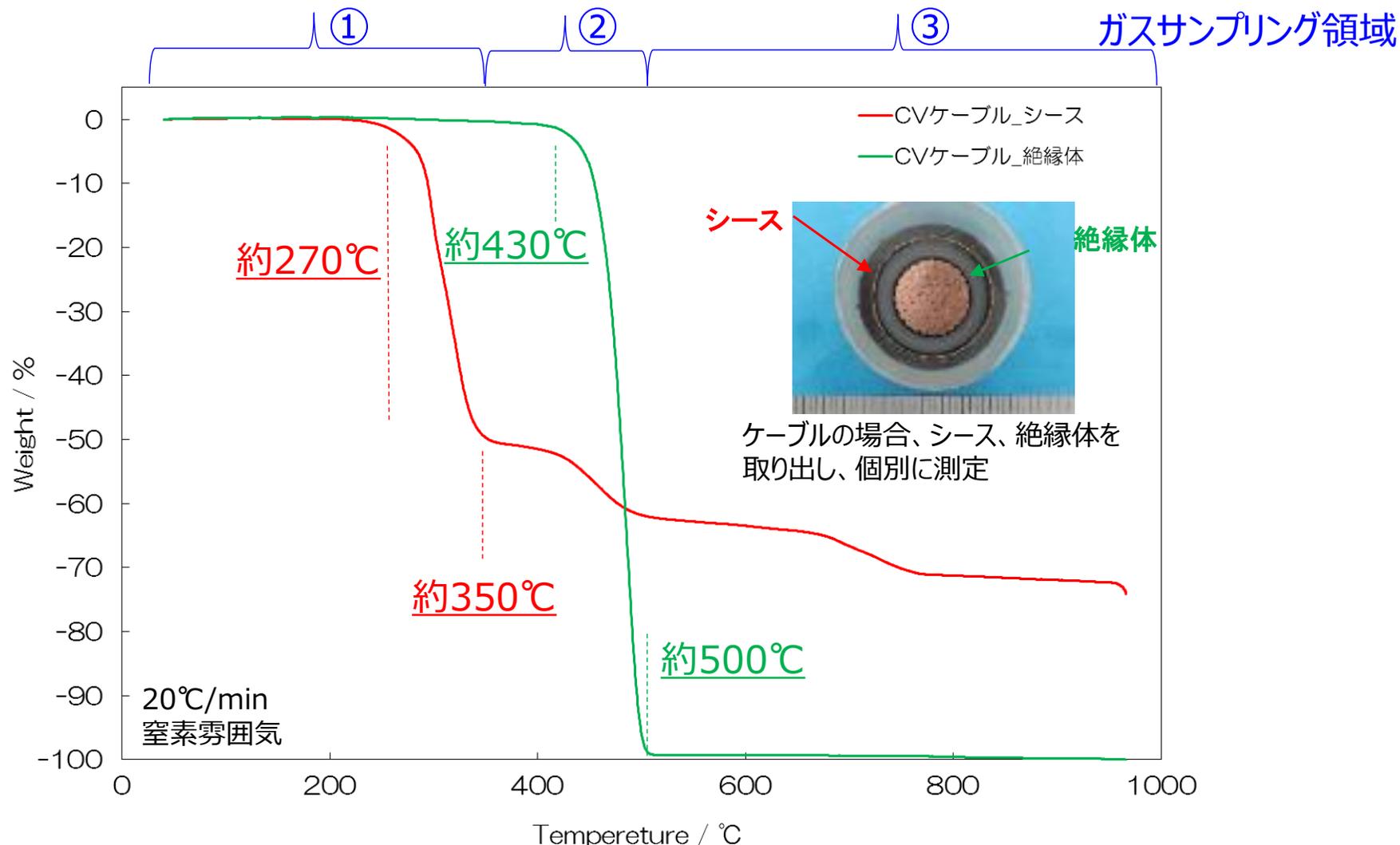
No.	試験設定項目	JAEA（現状案）	東京電力HD	備考
昇温試験条件				
1	雰囲気ガス濃度（酸素）	4.0%	4.0%	1F保安規定より
2	雰囲気ガス濃度（酸素以外）	窒素96%	①窒素96% ②水蒸気96%	可燃性ガス発生量の多い条件を他試料へ適用予定
3	昇温速度	10℃/min	10℃/min	2021年度と同条件
試料単位重量当たりのガス接触時間(約7min/g*に一致)※				
<small>*:[試験系体積(mL)]÷[ガス流量(mL/min)] ÷[試料重量(g)]</small>				
4	試験系体積	350mL	2000mL	2021年度と同条件
5	雰囲気ガス流量	100mL/min	300mL/min	2021年度と同条件
6	試料重量（ウレタン保温材）	約0.5g	約0.95g	試験中の発生ガス条件を合わせるため調整
ガス分析方法				
7	対象：水素、一酸化炭素、二酸化炭素	ガスクロマトグラフ法（熱伝導度検出器(TCD)）	ガスクロマトグラフ法（熱伝導度検出器(TCD)）	2021年度と同条件 二酸化炭素の検出を追加
8	対象：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)）	ガスクロマトグラフ法（水素炎イオン化検出器(FID)）	2021年度と同条件
9	対象：アンモニア	分析予定なし	ガス検知管法	2021年度と同条件
10	対象：硫化水素	分析予定なし	ガスクロマトグラフ法（炎光検出器(FPD)）	2021年度と同条件

※：No.5/6条件が変更となる場合は、試料単位重量当たりのガス接触時間を整合させる

2-4. 可燃性有機ガス分析試験計画（予備試験）

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27回）
資料5-2 資料引用

■ CVケーブルのTG曲線



TG（熱重量）について

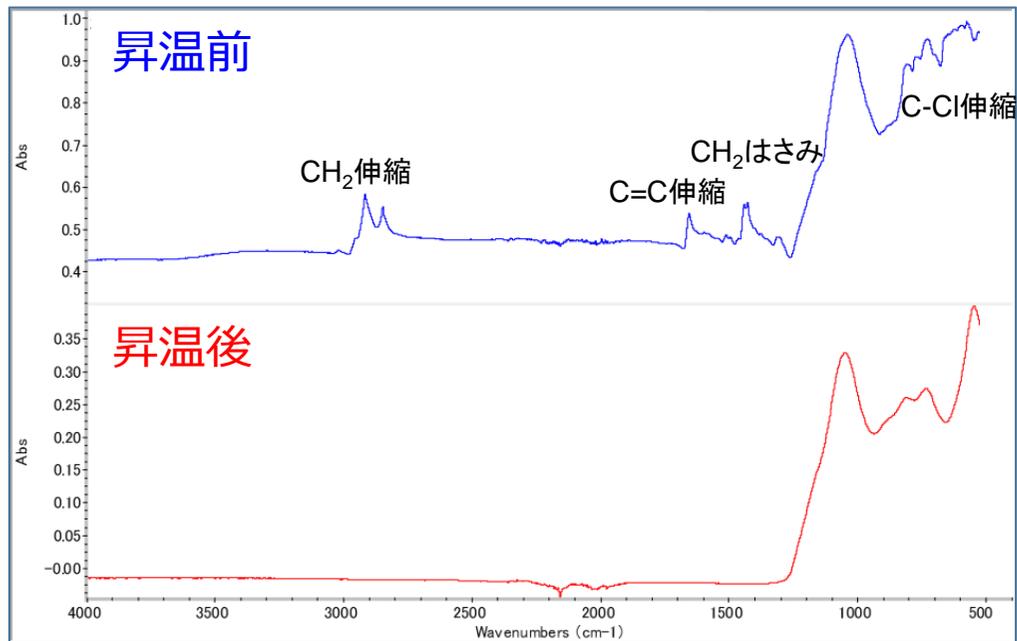
試料の温度を一定のプログラムに従って変化させながら、その試料の質量を温度の関数として測定する方法。
試料の熱分解や脱水等の減少など、劣化事象を定量的に測定。

2-4. 可燃性有機ガス分析試験計画（予備試験）

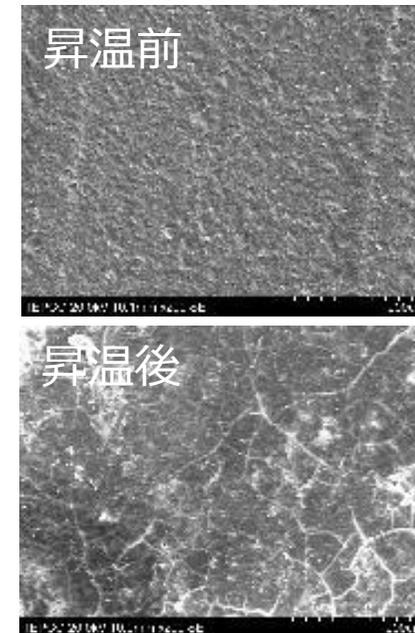
東京電力福島第一原子力発電所における
事故の分析に係る検討会（第27回）
資料5-2 資料引用

■ CVケーブルシースのFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



EDX

単位：wt%

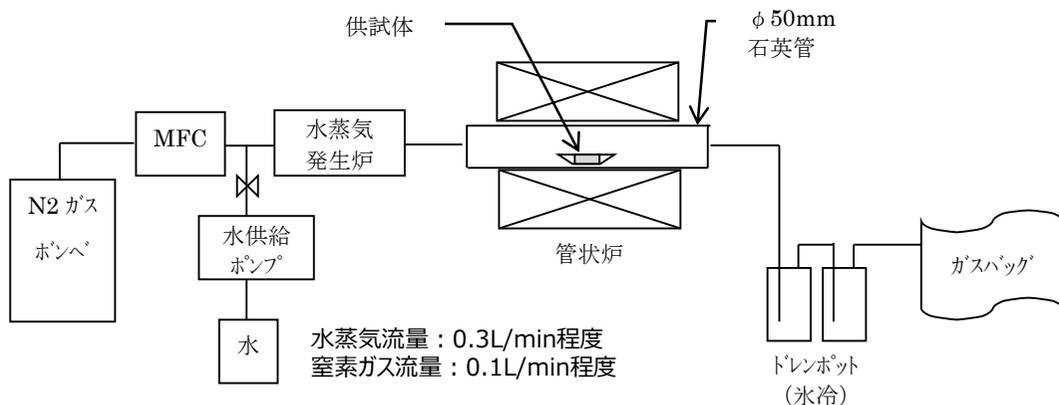
	C	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Sb	Pb	合計
昇温前	57.38	13.08	-	-	-	-	-	-	-	16.61	-	9.96	-	-	-	-	-	-	-	-	2.98	100
昇温後	19.83	36.25	-	-	0.22	0.17	-	-	-	9.35	-	34.02	-	-	0.16	-	-	-	-	-	-	100

⇒ FT-IRの結果から、CVケーブルシースは約1000℃環境下で炭化しており、1000℃以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

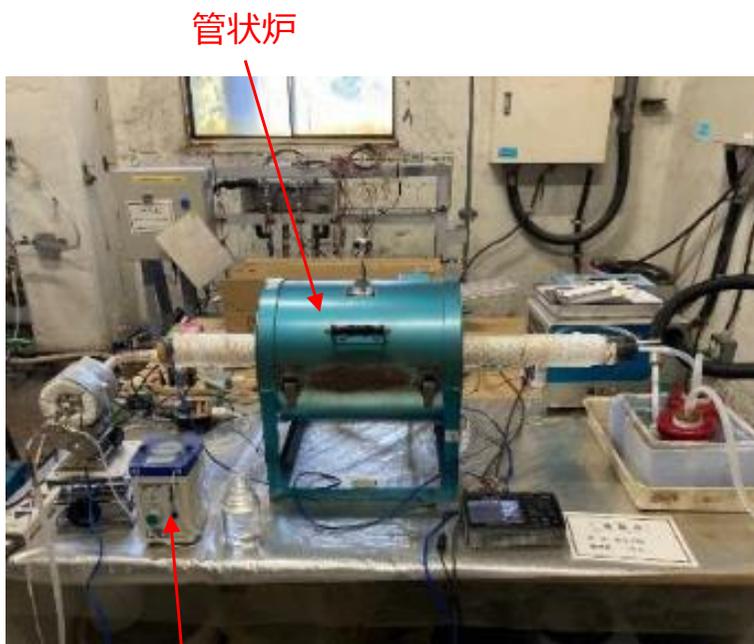
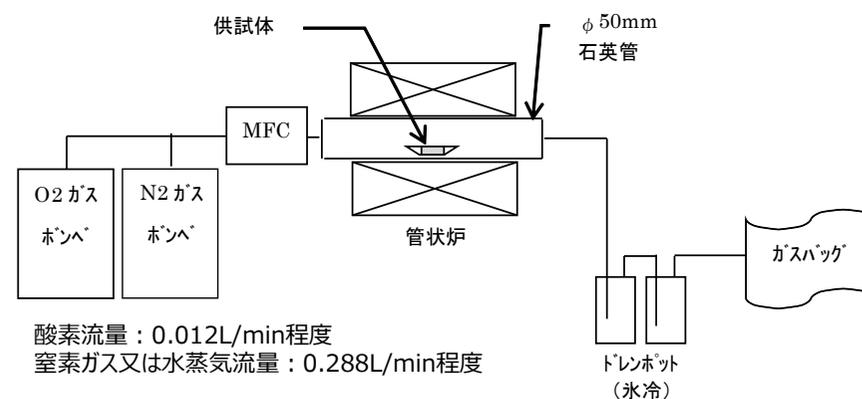
2-5. 可燃性有機ガス分析試験計画 (本試験)

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28回)
資料4-1 資料引用、一部修正

■ 水蒸気環境下



■ 酸素環境下



マスフローコントローラ



ガスバッグ

2-5. 可燃性有機ガス分析試験計画 (本試験)

■ 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、 二酸化炭素	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

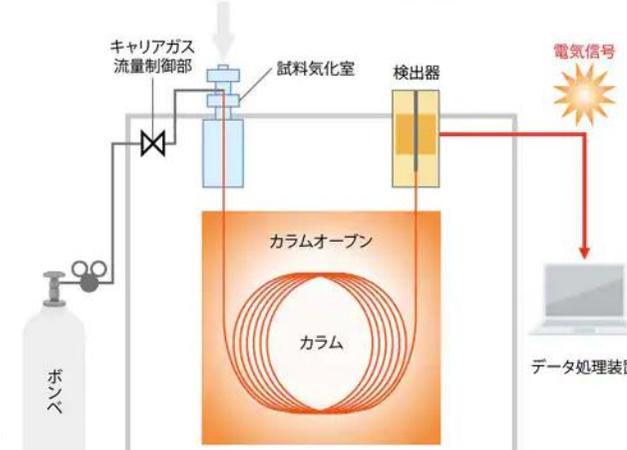
測定範囲	0.5~1ppm	1~30ppm	30~78ppm
吸引回数(n)	2回	1回(基準)	1/2回
吸引補正係数	1/2	1	2.6
吸引時間	約2分	約1分	約30秒

https://www.gastec.co.jp/faq/category/?contents_type=41

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。
クロマトグラフ法の一種であり、サンプルと移動相が気体であることが特徴。

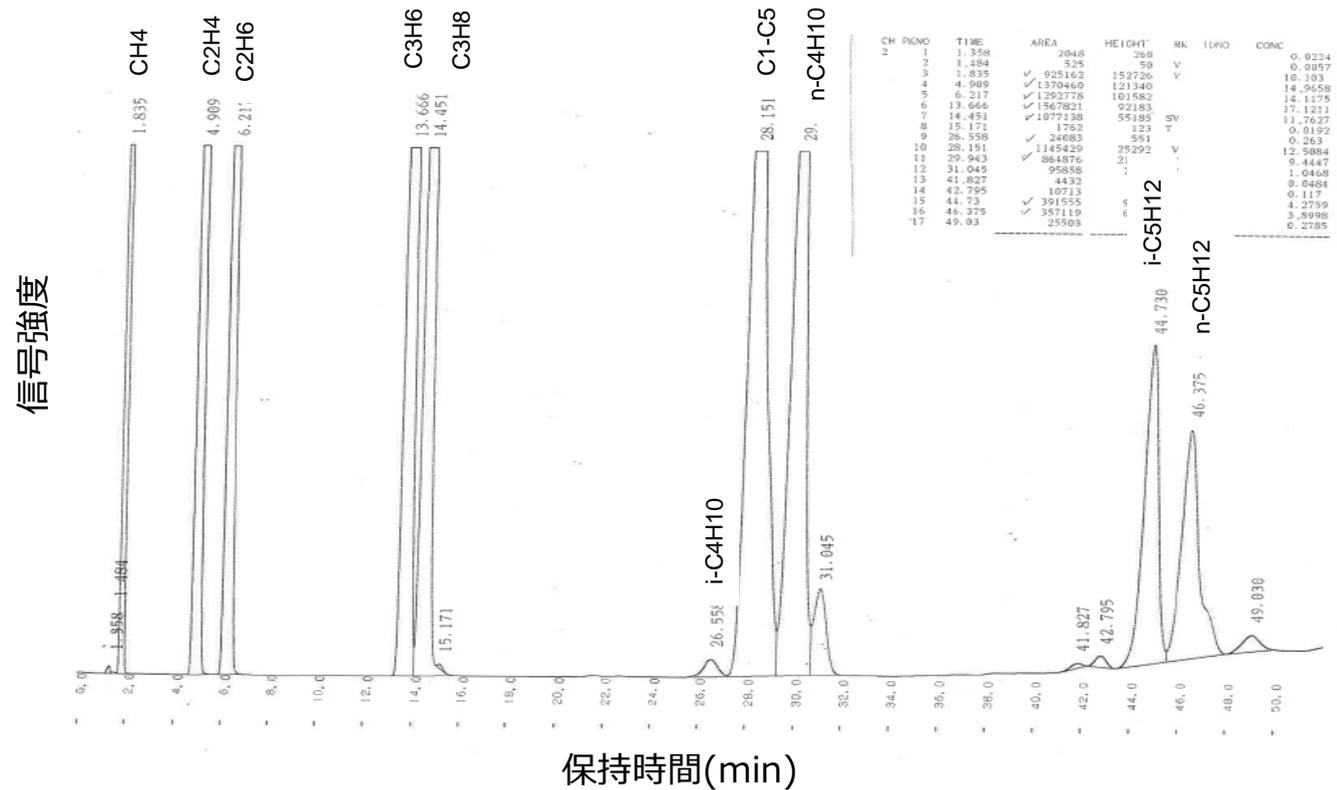
ガス検知管法について
ガラス管の中に充填された顕色剤との反応により濃度を読み取る方法。
採取器の変色した長さを測定対象物質の濃度として読み取る。

ガスクロマトグラフ装置



2-5. 可燃性有機ガス分析試験計画 (本試験)

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



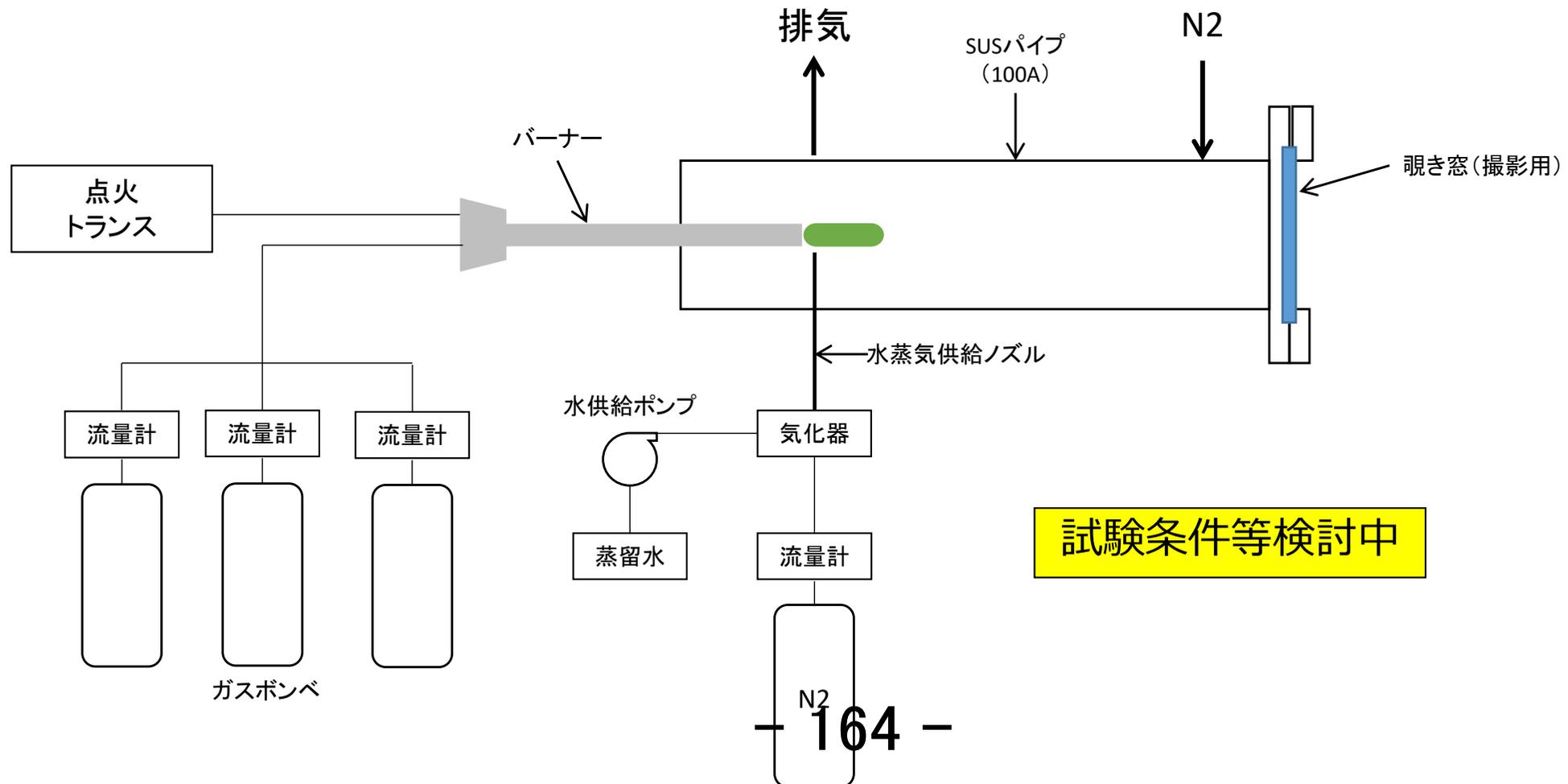
標準ガスを基準とし、各ピークの同定と面積からガス濃度を算出

	CH4	volppm	2000
	C2H4	volppm	1500
	C2H6	volppm	1400
炭	C3H6	volppm	1300
化	C3H8	volppm	850
水	i-C4H10	volppm	14
素	n-C4H10	volppm	540
	i-C5H12	volppm	190
	n-C5H12	volppm	180

3. 可燃性有機ガス燃焼試験計画

<試験概要>

- 所定流量の酸素、水素、メタン、エタンをバーナーに供給、着火
- 炎と煙の色を観察（ビデオ撮影、写真撮影）
- 温度を赤外線カメラにて計測
- バーナーは窒素パージしたSUSパイプ内に設置し、空気環境と隔離
- 試験のパラメーターとして、各ガスの比率と流量を検討



4. 2022年度スケジュール（案）

評価対象	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
<ガス分析>							
予備試験		□					
昇温試験				①潤滑油（水蒸気）、②ウレタン保温材（酸素4%+窒素96%）を優先			
				□			
ガス分析						□	
材質評価						□	
<燃焼試験>							
燃焼試験			□				

水素燃焼試験等の概要

- (・ 火炎色等確認試験の概要、
- ・ 水素燃焼試験の概要、
- ・ 混合気体燃焼試験の概要、
- ・ ケーブル等加熱試験（2021年度）結果の概要)

2022年9月6日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

水素燃焼試験等の概要

3号機の水素爆発時の映像では、火炎及び噴煙の状態から水素以外に可燃性ガスの存在が示唆された。火炎の色や輝度、燃焼時間等から可燃性の有機化合物が相当量存在していたと考えられる。また、爆発直後の衛星写真ではシールドプラグ部分から激しく水蒸気が噴出しており原子炉建屋内部にも相当量の水蒸気が存在したと考えられる。

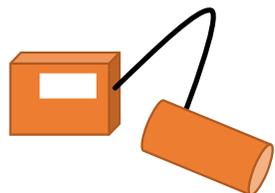
1号機及び3号機の原子炉建屋において発生した水素爆発に関して、deflagration（爆燃）を考慮した水素濃度等の条件による水素燃焼時の挙動及び原子炉格納容器内で発生し、原子炉建屋内に漏えいしたと考えられる可燃性有機ガスによる水素燃焼への影響を把握することを目的に、以下の水素及び可燃性有機ガスの燃焼試験等を実施する。

- 1) 火炎色等確認試験
- 2) 水素燃焼試験
- 3) 混合気体燃焼試験

火炎色等確認試験の概要

火炎色等確認試験の概念

火炎温度測定用
赤外線放射温度計



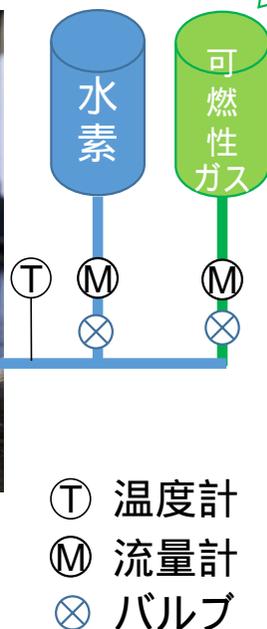
記録用カメラ



ブンゼンバーナー
等

可燃性有機ガス

・メタン(CH₄)_低分子量ガス
・ブタン(C₄H₁₀)、ペンタン(C₅H₁₂)_高分子量ガス



Ⓧ 温度計
Ⓜ 流量計
ⓧ バルブ

- 水素 + 可燃性有機ガスの混合気体の燃焼時の火炎色を確認。
- 水素濃度(4vol% ~ 20vol%等)、可燃性有機ガス濃度(数vol%等)、酸素濃度(空気量)による燃焼時の火炎の色、煙・煤等の発生状態を確認。
- 記録用カメラ及び赤外線放射温度計等により、火炎の色及び温度分布を記録
- 1号機及び3号機原子炉建屋水素爆発時の火炎及び噴煙の状態と比較検討する。

火炎色等確認試験の試験条件の例

試験資機材

記録用カメラ

赤外線サーモグラフィ

オートバーナー

流量計

水素ガス等(水素ガス、メタンガス、ブタンガス)

パラメータ

A) 水素濃度_4 vol%、8 vol%、10 vol%、20 vol%、30 vol% 【5パラメーター】

B) 可燃性有機ガス種類_メタン(CH₄)、ブタン(C₄H₁₀) 【2パラメーター】

C) 可燃性有機ガス濃度_0 vol%、1 vol%、5 vol% 【3パラメーター】

測定項目

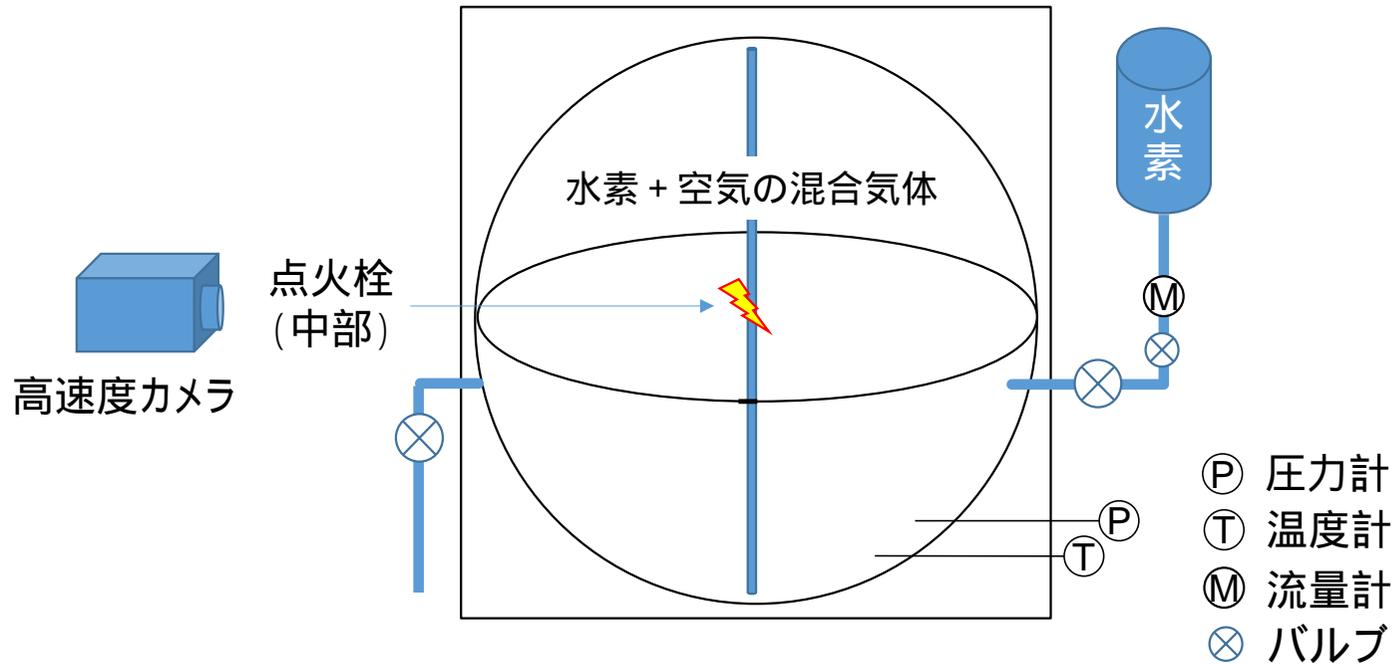
A) 水素ガス及び可燃性有機ガスの流量(濃度)及び温度

B) 記録用カメラによる燃焼挙動(水素等の燃焼時の火炎色及び煙・煤等の発生状態)

C) 赤外線放射温度計等による火炎の温度分布

水素燃焼試験の概要

水素燃焼試験の概念



- 水素 + 空気の混合気体を想定
- 水素濃度 (4vol% ~ 20vol%等) による着火時の燃焼状態 (高速度カメラ) や燃焼による温度、圧力上昇を確認

水素燃焼試験の試験条件の例

試験資機材

水素燃焼装置

高速度カメラ

流量計、温度計、圧力計

水素ガス等(水素ガス、空気)

パラメータ

A) 水素濃度_4 vol%、8 vol%、10 vol%、20 vol% 【4パラメータ】

測定項目

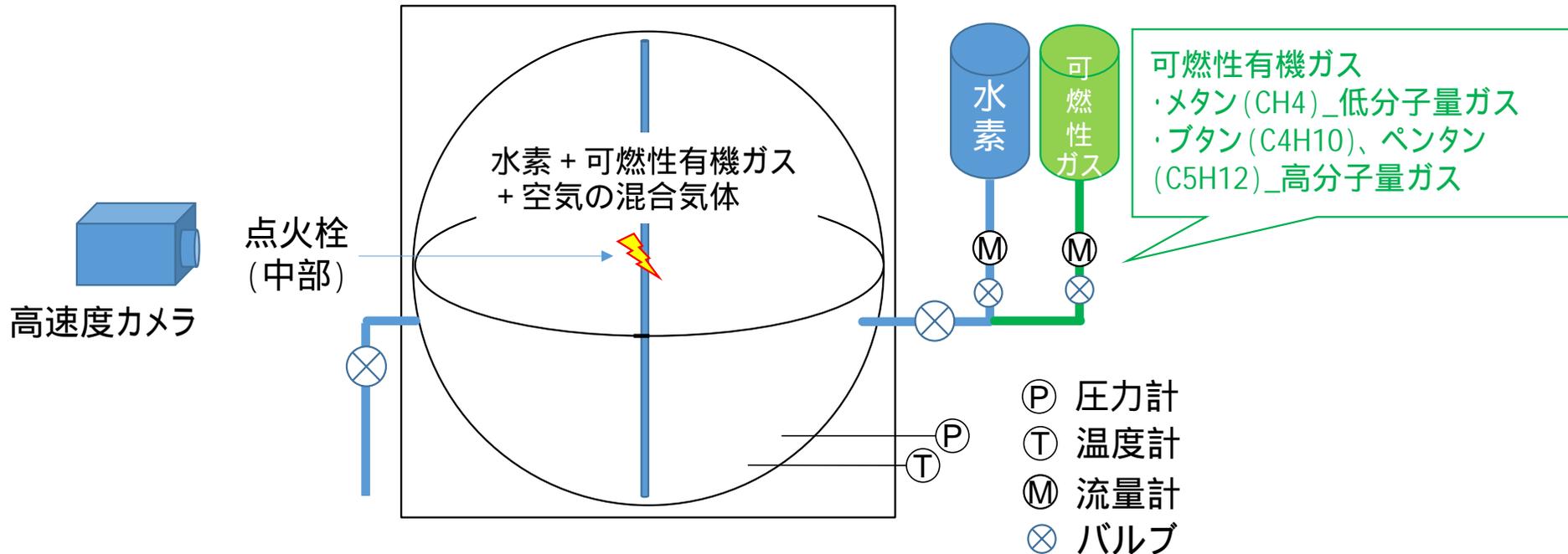
A) 水素ガスの濃度及び温度

B) 燃焼時の系内の圧力変化

C) 高速度カメラによる燃焼挙動

混合気体燃焼試験の概要

混合気体燃焼試験の概念



- 水素 + 可燃性有機ガス + 空気の混合気体を想定
- 水素濃度(4vol% ~ 20vol%等)、可燃性有機ガス濃度(数vol%等)、酸素濃度(空気量)による着火時の燃焼状態(高速度カメラ)や燃焼による温度、圧力上昇を確認

混合気体(水素、可燃性有機ガス及び空気)燃焼試験 の試験条件の例

試験資機材

水素燃焼装置

高速度カメラ

流量計、温度計、圧力計

水素ガス等(水素ガス、メタンガス、ブタンガス、空気)

パラメータ

- A) 水素濃度_4 vol%、8 vol%、10 vol%、20 vol% 【4パラメータ】
- B) 可燃性有機ガス種類_メタン(CH₄)、ブタン(C₄H₁₀) 【2パラメータ】
- C) 可燃性有機ガス濃度_1 vol%、5 vol% 【2パラメータ】

測定項目

- A) 水素ガス及び可燃性有機ガスの濃度及び温度
- B) 燃焼時の系内の圧力変化
- C) 高速度カメラによる燃焼挙動

ケーブル等加熱試験(2021年度)結果の概要

3号機の水素爆発時の映像では、火炎及び噴煙の状態から水素以外に可燃性ガスの存在が示唆された。火炎の色や輝度、燃焼時間等から可燃性の有機化合物が相当量存在していたと考えられる。また、爆発直後の衛星写真ではシールドプラグ部分から激しく水蒸気が噴出しており原子炉建屋内部にも相当量の水蒸気が存在したと考えられる。

2021年度は、BWRの格納容器内に可燃性有機化合物を含むガスの発生源となり得るケーブルや保温材が存在することから、東京電力から格納容器内で使用されているケーブル及び保温材の同材品及び類似品の試料提供を受け、これらの試料の加熱試験を東京電力及びJAEAにて行った。

その結果、各試料を約1,000℃まで加熱した際に複数の温度域で試料重量が減少すること、ケーブル等に使用されている有機材料が熱分解生成ガスとして検出されていることが確認された。

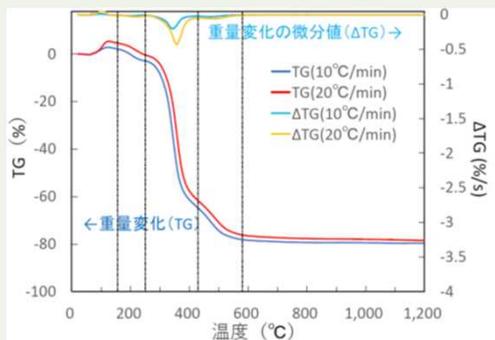
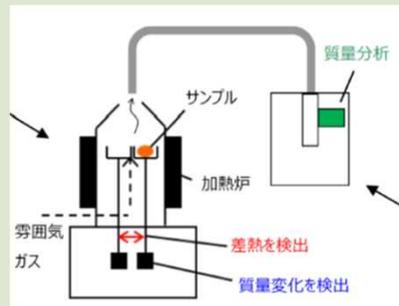
ケーブル等の加熱試験の結果概要

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第29回会合）資料1-1及び資料1-2

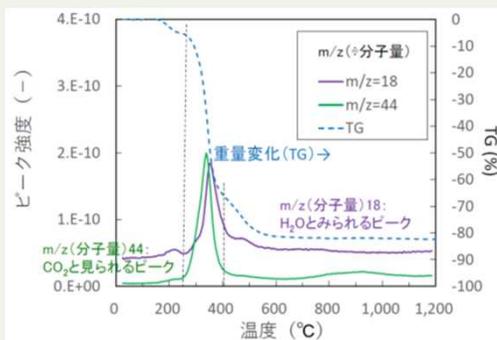
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (予備試験)【JAEA】

熱重量測定(TG) - 示差熱分析(DTA) - 質量分析(MS)

- 試料: 全4試料
- 雰囲気: 窒素
- 温度条件: 昇温速度 (10 /分、20 /分)、
最高温度1200



保温材(ウレタン)TG曲線



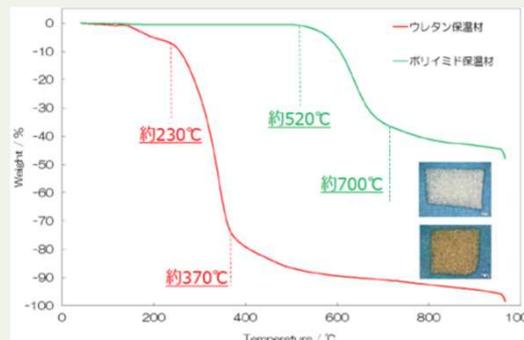
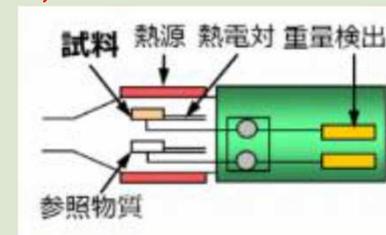
保温材(ウレタン)MS分析

- ❑ 160~250、250~420、420~580 で重量減少。
- ❑ 400 付近での重量減少では、CO₂及びH₂Oの生成が推定。

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (予備試験)【東京電力HD】

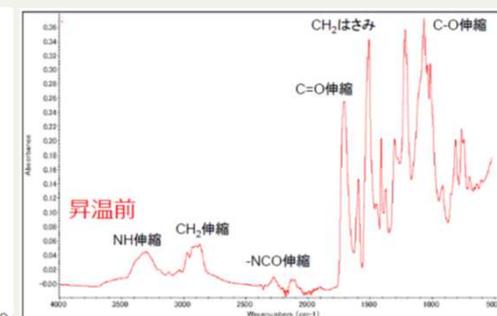
熱重量測定(TG)、フーリエ変換赤外分光法(FT-IR)、走査型電子顕微鏡 - エネルギー分散型X線分光分析(SEM-EDX)

- 試料: 全10試料
- 雰囲気: 窒素
- 温度条件: 昇温速度 (10 /分)、
最高温度1000

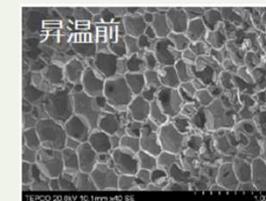


保温材TG曲線

- ❑ RT~230、230~370、370~1000 で重量減少。
- ❑ 1000 環境下で完全に揮発。



ウレタンFT-IRスペクトル



ウレタンSEM写真

昇温後試料なし

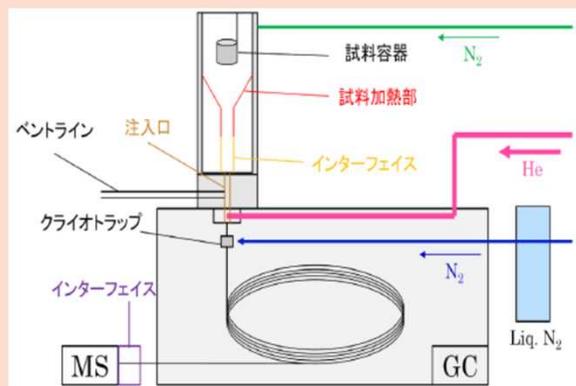
ケーブル等の加熱試験の結果概要

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会（第29回会合）資料1-1及び資料1-2

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 （本試験）【JAEA】

熱分解ガスクロマトグラフ (GC) - 質量分析 (MS)

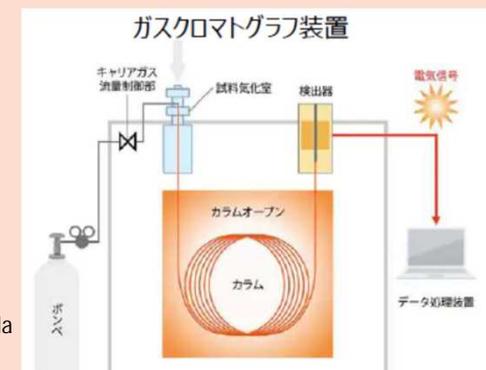
- 試料：全4試料
- 雰囲気：窒素
- 熱分解ガス採取温度：TG分析結果
- キャリアガス：He
- カラム：DB-5ms UI
（炭素数4以上の有機化合物を対象）



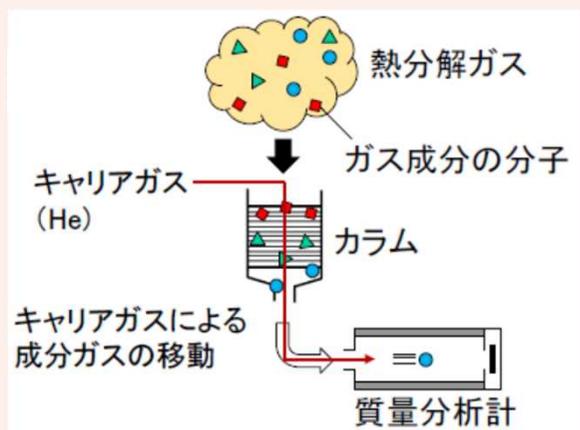
ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 （本試験）【東京電力HD】

熱分解ガスクロマトグラフ (GC) - 質量分析 (MS)、フーリエ変換赤外分光法 (FT-IR)、走査型電子顕微鏡 - エネルギー分散型X線分光分析 (SEM-EDX)

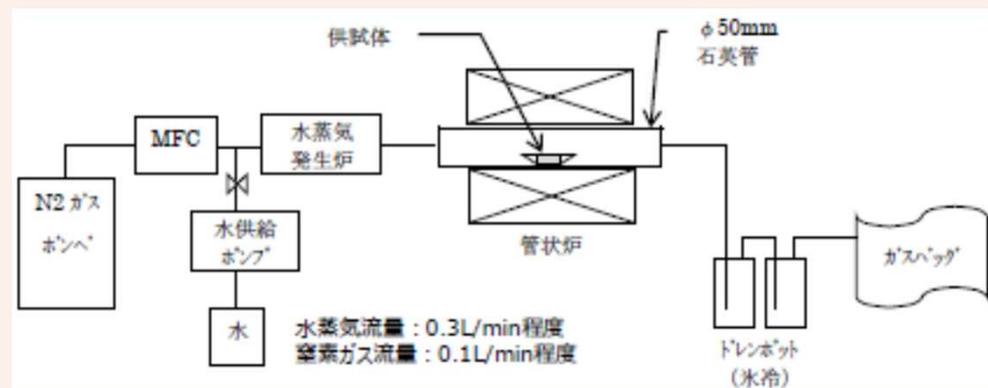
- 試料：全6試料（ケーブルはシース、絶縁体、導体含む一体もの）
- 雰囲気：水素、水蒸気
- 熱分解ガス採取温度：TG分析結果
- 200 24時間保持
- CH4等の炭素数4未満



https://www.an.shimadzu.co.jp/gc/support/faq/fundamentals/gas_chromatography.htm



GC-MS概要例



GC-MS (水蒸気環境下) 概要例

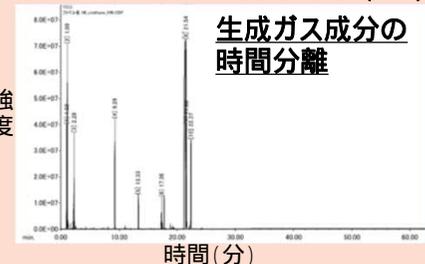
ケーブル等の加熱試験の結果概要

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第29回会合)資料1-1及び資料1-2

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (本試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (本試験)【東京電力HD】

熱分解ガスクロマトグラフ(GC) - 質量分析(MS) ウレタンの例



生成ガス成分を時間的に分離し、MS測定データを分析、ライブラリデータと照合し、定性分析を実施。



類似度800未満は■と記載。

ピークNo.	保持時間 (min)	ウレタンの定性結果 (246°C加熱時) ライブラリ解析		ピークNo.	保持時間 (min)	ウレタンの定性結果 (421°C加熱時) ライブラリ解析		ピークNo.	保持時間 (min)	ウレタンの定性結果 (580°C加熱時) ライブラリ解析	
		推定化合物	類似度			推定化合物	類似度			推定化合物	類似度
1	1.02	1-クロロ-3-フルオロベンゼン	608	1	1.23	アリルプロピルエーテル	697	1	1.21	シクロブチルシラン	689
2	1.09	1-クロロ-3-フルオロベンゼン	565	2	1.42	5-ヘキセン-1-オール	711	2	3.35	トルエン	919
3	2.28	1,2-ジクロロプロパン	930	3	6.68	2,3-ジメチル-3-ブテン-2-オール	713	3	9.67	ジアニリノジメチルシラン	779
4	9.28	N,N-ジメチルシクロヘキシルアミン	878	4	9.28	2-(2-クロロエトキシ)エタノール	767	4	11.54	2-メチル-3-オキサヘキサン-1,5-ジオール	742
5	13.33	3,3,3-Trifluoro-2-hydroxypropionic acid, 2-isopropyl-5-methyl-cyclohexyl ester	742	5	11.86	3-メトキシ-1,2-プロパンジオール	611	5	12.99	3,4-ジメチルアニリン	899
6	17.36	Germairene A, 9-(methylthio)-	567	6	13.09	Pentan-2-ol, 4-allyloxy-2-methyl-	702	6	15.28	4-sec-ブチルアニリン	727
7	21.43	りん酸トリス[1-(クロロメチル)エチル]	890	7	15.79	1,1'-(1,2-プロパンジイルビスオキシ)ビス(2-プロパノール)	755	7	17.53	2,7-ジメチルキノリン	803
8	21.54	りん酸ビス[1-(クロロメチル)エチル][1-(クロロメチル)エチル]	901	8	19.08	トリイソプロピレングリコールメチルエーテル	738	8	21.13	4-ベンジルアニリン	878
9	21.6	りん酸ビス(3-クロロプロピル)[1-(クロロメチル)エチル]	916	9	22.4	2-((2-Methoxyethoxy)ethoxy) carbonyl) benzoic acid	628	9	24.12	4,4'-メチレンジアニリン	882
10	22.37	2-((2-Chloroethoxy)carbonyl) benzoic acid	678	10	33.44	4,4'-ジイソシアナ酸メチレンジフェニル	735	10	25.04	4,4'-メチレンジアニリン	879

熱分解ガスクロマトグラフ(GC) - 質量分析(MS) ウレタンの例 ウレタン保温材昇温前後の状態



試験前

試験後
(1000 水素ガス環境下)

試験後
(1000 水蒸気環境下)

試料	ウレタン保温材ガス発生量(m3/t)						
	環境	水素ガス			水蒸気		
温度(°C)	RT~230	230~370	370~1000	RT~230	230~370	370~1000	200
H2	-	-	-	-	-	2.64E+02	-
CO	-	-	-	-	-	1.16E+02	-
CH4	5.83E-04	1.25E-03	7.35E+00	6.29E-03	1.09E-03	2.72E+01	5.49E-03
C2H4	-	4.17E-04	5.43E-01	3.59E-03	7.03E-04	6.68E+00	-
C2H6	-	5.00E-04	6.83E-01	8.98E-04	1.56E-04	1.25E+00	-
炭化水素 C3H6	-	1.92E-02	5.95E-01	2.70E-03	5.47E-04	3.63E+00	-
炭化水素 C3H8	2.92E-04	5.00E-04	1.51E-01	1.80E-03	3.13E-04	4.30E-01	1.37E-03
水素 i-C4H10	-	-	-	-	-	-	-
水素 n-C4H10	-	-	-	-	7.81E-05	6.00E-02	-
水素 i-C5H12	-	1.17E-03	1.23E-02	-	-	-	-
水素 n-C5H12	-	3.08E-03	2.28E-02	-	-	1.36E-02	-
上記以外のC1~C5(CH4換算値)	1.52E-01	2.17E-01	3.15E-01	5.03E-01	2.27E-01	2.15E+00	8.37E-01
CH4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
NH3	-	-	6.48E-01	-	-	3.96E-03	-
H2S	8.75E-05	7.50E-05	-	7.28E-03	9.38E-04	4.30E-02	4.67E-03

□ 材料由来成分(ウレタンの場合はジクロロプロパン、トルエン等)となる高分子量の有機化合物を推定(炭素数4以上を検出)

□ 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。

2021年度の試験結果の整理

JAEA及び東京電力の2021年度の試験結果等については、

- JAEAは、**試料単体** (絶縁体等の素材単位) を**窒素環境下**で加熱しており、単純な系で発生するガスを質量分析にかけ、定性分析を主体に実施した。その結果、**H₂O及びCO₂**を検出するとともに、**炭素数4以上の高分子量のガスを推定**した。
- 一方、**東京電力**は、**試料全体** (ケーブルの場合、シース、絶縁体、導体を含む一体としたもの) を**水素環境下及び水蒸気環境下**で加熱し、試料の加熱前後でのフーリエ変換赤外分光法や走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型X線分光分析による状態変化を確認するとともに、**CH₄の炭素数3以下の低分子量のガスを定量**している。
- 全体としては、H₂O及びCO₂の発生量が多く、次いでCH₄等の炭素数3以下の低分子量のガス、最後に炭素数4以上の高分子量のガス(プロパンやトルエン等)が検出される傾向。高分子量のガスは、各試料の材料由来成分と考えられる。

JAEA BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (ケーブル及び保温材の加熱試験) 試料

No.	種類	仕様等	用途	試料写真等	予備試験	本試験 (1200 昇温試験)
1	ケーブル	CVケーブル 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)-DTA-MS	2021年度完了
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	・制御・計装ケーブルに使用 ・RPV下部に設置		熱重量測定 (TG)-DTA-MS	2021年度完了
3	ケーブル	PNケーブル シース:特殊クロロpreneゴム	・制御・計装ケーブルに使用 ・RPV下部に設置		熱重量測定 (TG)-DTA-MS	2021年度完了
4	保温材	ウレタン保温材	・配管保温		熱重量測定 (TG)-DTA-MS	2021年度完了

4 試料

出典:東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第29回会合)資料1-1

東京電力 可燃性有機ガス発生量評価（ケーブル、保温材及び塗料の昇温試験）試料

出典：東京電力福島第一原子力発電所の事故に係る検討会（第29回会合）資料1-2

No.	種類	仕様等	用途	試料写真等	予備試験	本試験 (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) FT-IR,SEM-EDX	2021年度完了
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：特殊クロロプレンゴム	・制御・計装ケー ブルに使用 ・RPV下部に設置		熱重量測定(TG) FT-IR,SEM-EDX	2021年度完了
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) FT-IR,SEM-EDX	2021年度完了
4	保温材	ウレタン保温材	・配管保温		熱重量測定(TG) FT-IR,SEM-EDX	2021年度完了
5	保温材	ポリイミド保温材	・配管保温		熱重量測定(TG) FT-IR,SEM-EDX	2021年度完了
6	塗料	エポキシ系塗料	・D/W、S/C壁面 上塗り		熱重量測定(TG) FT-IR,SEM-EDX	2021年度完了
7	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) FT-IR,SEM-EDX	2022年度実施予定

7 試料

ケーブル等加熱試験(2021年度)結果 のデータ整理

出典:東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第30回会合)資料3 - 2
東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第29回会合)資料1 - 1及び資料1 - 2
東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第28回会合)資料3 - 1及び資料4 - 1
東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第27回会合)資料5 - 2
東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第26回会合)資料4 - 2
東京電力福島第一原子力発電所の事故の分析に係る検討会(第23回会合)資料4 - 1及び資料5 - 2
令和3年度原子力規制庁委託成果報告書(東京電力福島第一原子力発電所プラント内核種移行に関する調査)
令和4年3月 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

ケーブル等加熱試験の試料等（2021年度実施）

○：分析実施 -：分析対象外
×：分析未実施

No.	種類	試料	仕様等	BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 [JAEA]	ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 [東京電力HD]	
	ケーブル	再循環ポンプ動力ケーブル	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			-
	ケーブル	原子炉圧力容器底部温度計ケーブル	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：特殊クロロプレンゴム			-
	ケーブル	SRNM/LPRM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	×		-
	保温材	原子炉補機冷却水系配管	ウレタン保温材			
	保温材	配管保温材	ポリイミド保温材	×		
	塗料	格納容器内 (D/W、S/C) 壁面上塗り	エポキシ系塗料	×		
	塗料	格納容器内 (D/W、S/C) 壁面下塗り	無機ジンクリッチ塗料	×	×	

ケーブル全体を加熱 20



BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (予備試験)【JAEA】

TG-MS分析条件

パン(試料容器)	白金(開放式)
試料量	約 2.5 mg
測定範囲	室温 ~ 1200
昇温速度	10 / minまたは20 / min
雰囲気	窒素ガス(流量200 mL / min)
イオン化法	電子イオン化(EI)
m/zの走査範囲	2 ~ 200

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (予備試験)【東京電力HD】

予備試験：昇温中の重量変化測定(TG)によるガス採取温度域の決定
試料の昇温前後のFT-IR及びSEM-EDXを測定

TG(熱重量)測定

：試料の温度を一定のプログラムに従って変化させながら、その試料の質量を温度の関数として測定する方法。試料の熱分解や脱水等の減少など、劣化事象を定量的に測定。

FT-IR(フーリエ変換赤外分光法)

：試料に赤外光を照射し、透過または反射した光量を測定する方法。分子の構造や官能基の情報を得て、物質の定性や同定に関する情報を得ることができる。

SEM-EDX(走査型電子顕微鏡-エネルギー分散型X線分光分析)

：試料に電子線を照射し、表面にXY方向に二次元走査し、そこから発生する様々な信号を用いて表面構造の観察や組成の分析などを行う。



BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (本試験) [JAEA]

熱分解GC-MS分析条件

加熱雰囲気	N ₂ 雰囲気
試料量	2.1 mg
試料加熱温度	・321 → 395 → 500 (難燃性エチレンプロピレンゴム) ・307 → 404 → 527 (特殊クロロpreneゴム) ・376 → 560 → 800 (難燃性特殊耐熱ビニル) ・246 → 421 → 580 (ウレタン)
各温度での保持時間	1分間
インターフェイス温度	240
クライオトラップ	使用する
カラム	DB-5MS UI (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm)
キャリアーガス、流量	He, 1.0 mL/min (初期カラム流量)
スプリット比	200:1
注入口温度	240
検出器	MS, スキャンモード, m/z= 29~1000
インターフェイス温度	320
オープンの温度	40 (5 min) → 10 /minで昇温 → 320 (30 min)

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (本試験) [東京電力HD]

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
- 水素ガス環境下 (水素ガス流量: 0.3L/min程度)、水蒸気環境下 (水蒸気流量: 0.3L/min程度、窒素ガス流量: 0.1L/min程度)

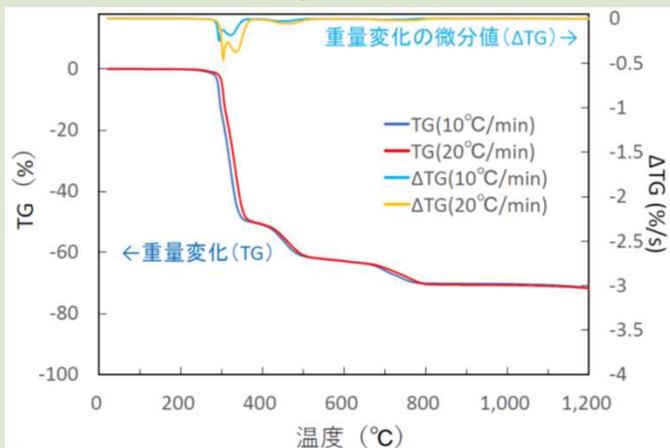
CVケーブルの結果概要(1/3)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (予備試験)【JAEA】

CVケーブル シース(難燃性特殊耐熱ビニル)

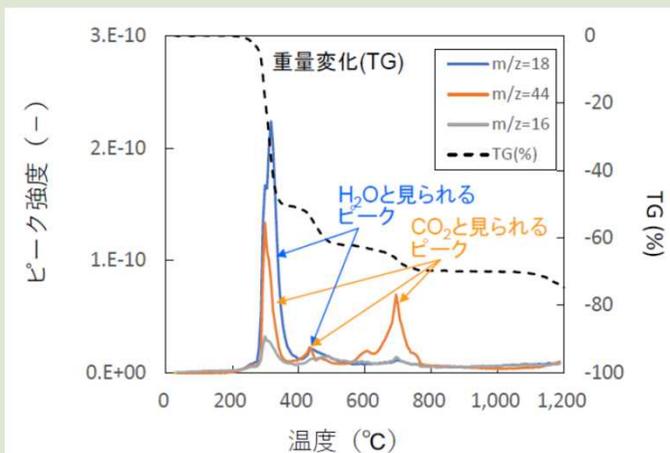


TG曲線



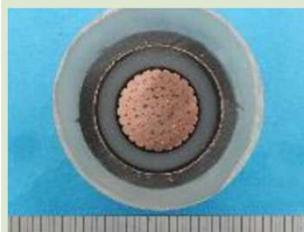
- 280~376 、
376~560 、
560~800 で
重量減少。
- 300 付近で
の重量減少で
は、CO₂及び
H₂Oの生成が
推定。

MS分析結果

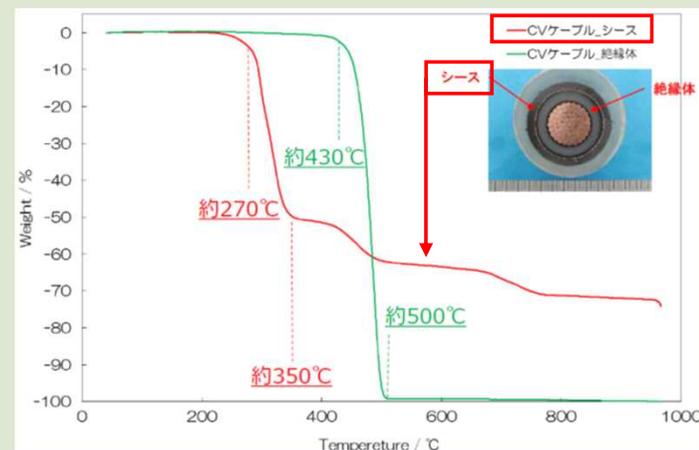


ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (予備試験)【東京電力HD】

CVケーブル シース(難燃性特殊耐熱ビニル)

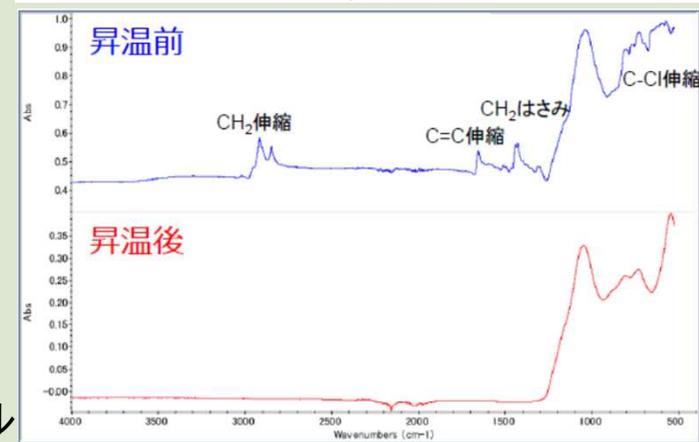


TG曲線



- 約1000 環境
下で炭化。

FT-IRスペクトル



CVケーブルの結果概要 (2 / 3)

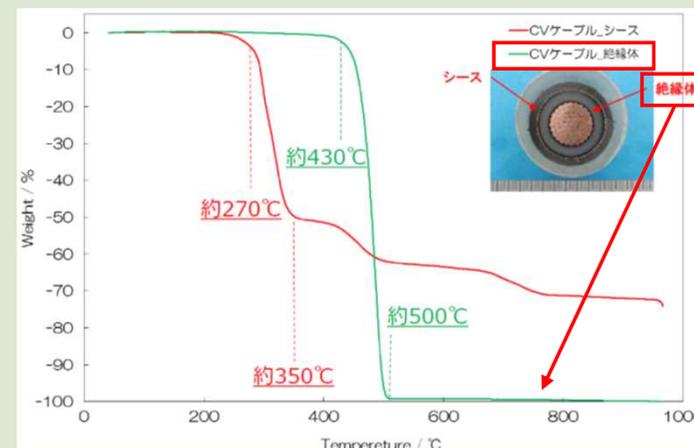
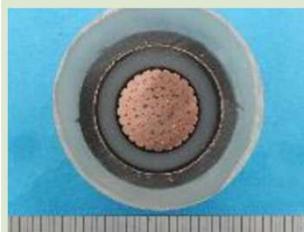
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

CVケーブル 絶縁体(架橋ポリエチレン)

分析未実施

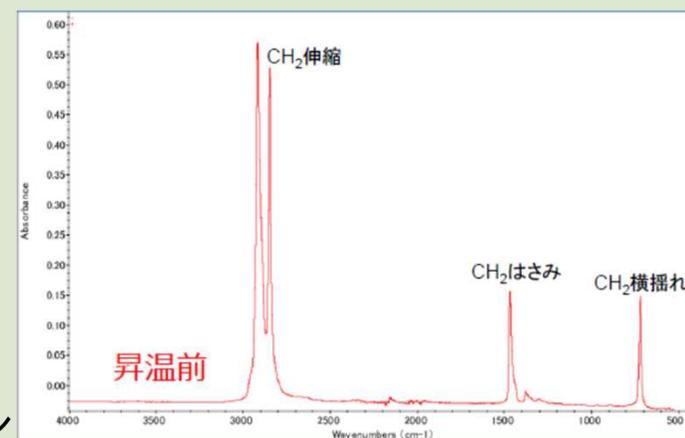
ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

CVケーブル 絶縁体(架橋ポリエチレン)



TG曲線

□ 約500 で揮発。



FT-IRスペクトル

CVケーブルの結果概要 (3 / 3)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (本試験)【JAEA】

CVケーブル シース(難燃性特殊耐熱ビニル)
昇温前後の状態



試験前



試験後

温度()	280 ~ 376	376 ~ 560	560 ~ 800	800 ~ 1200
推定発生ガス	水 二酸化炭素 2-オクテン	水 二酸化炭素 ベンゼン トルエン	水素 水 二酸化炭素	二酸化炭素

昇温条件 10 /min

- ❑ 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。
- ❑ TG-MS分析結果と合わせると、幅広い分子量の有機化合物が生成され得るが、無機ガス成分(H₂O等)に比べると、個々の生成量は低いと考えられる。

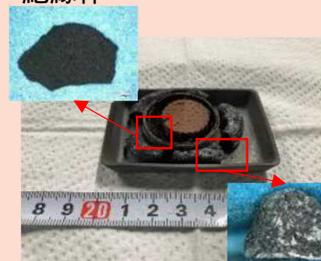
ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (本試験)【東京電力HD】

CVケーブル
昇温前後の状態



試験前

絶縁体



試験後 シース
(1000 水素ガス環境下)



試験後
(1000 水蒸気環境下)

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

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

- ❑ 水蒸気環境下でH₂及び炭化水素(CH₄換算)の発生量大。

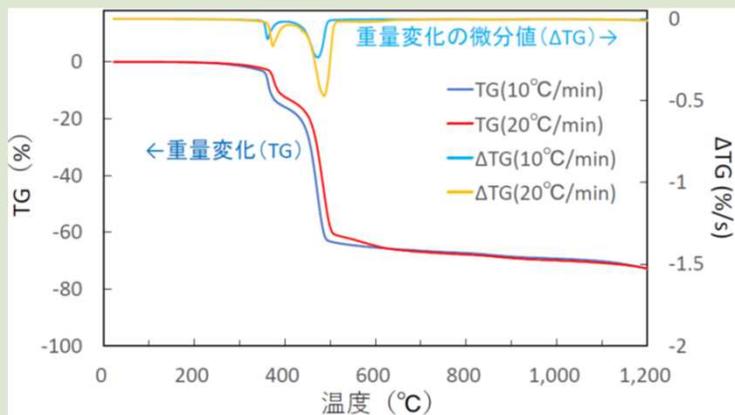
PNケーブルの結果概要 (1 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (予備試験)【JAEA】

PNケーブル 絶縁体(難燃性エチレンプロピレンゴム)

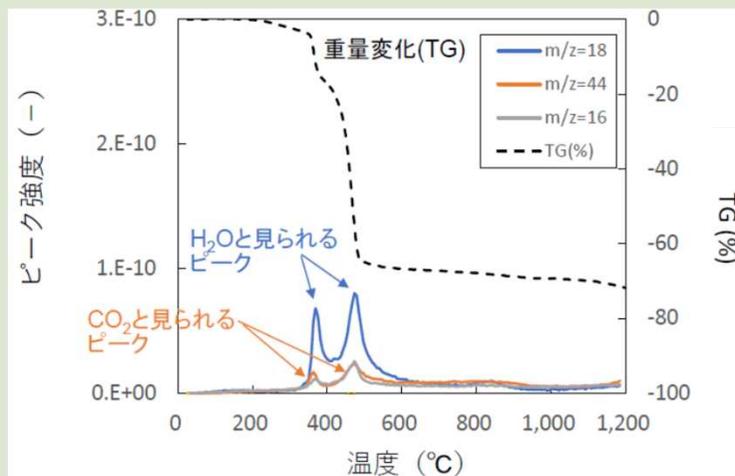


TG曲線



- 210~321、321~395、395~500 で重量減少。
- 350 付近及び450 付近での重量減少では、H₂Oの生成が推定。

MS分析結果



ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (予備試験)【東京電力HD】

PNケーブル 絶縁体(難燃性エチレンプロピレンゴム)

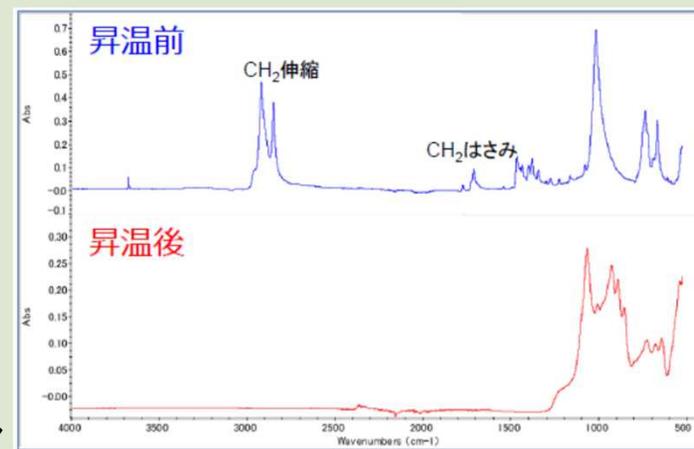


TG曲線



- 1000 環境下で完全に炭化。

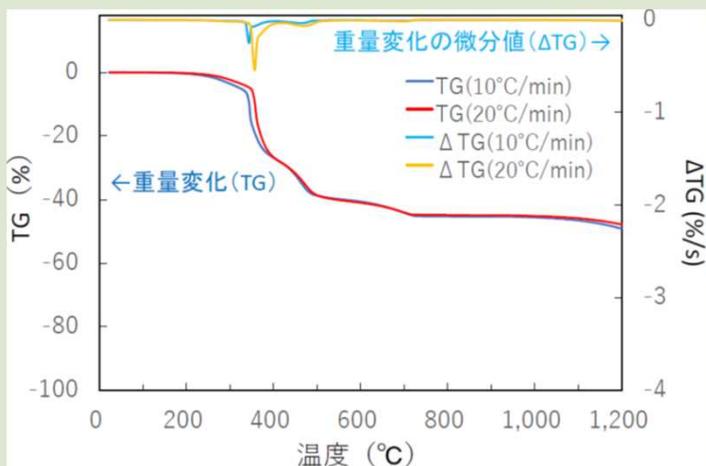
FT-IRスペクトル



PNケーブルの結果概要 (2 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (予備試験)【JAEA】

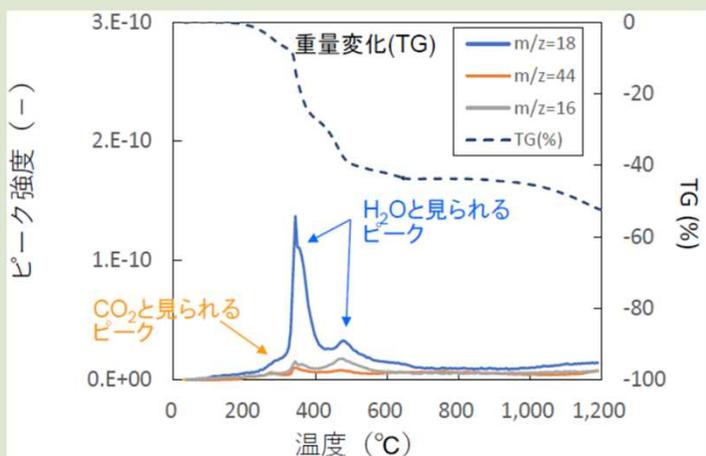
PNケーブル シース(特殊クロロpreneゴム)



TG曲線

- 230~307 、
307~404 、
404~527 、
527~700 で
重量減少。
- 350 付近で
の重量減少では、
H₂Oの生成が推定。

MS分析結果



ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (予備試験)【東京電力HD】

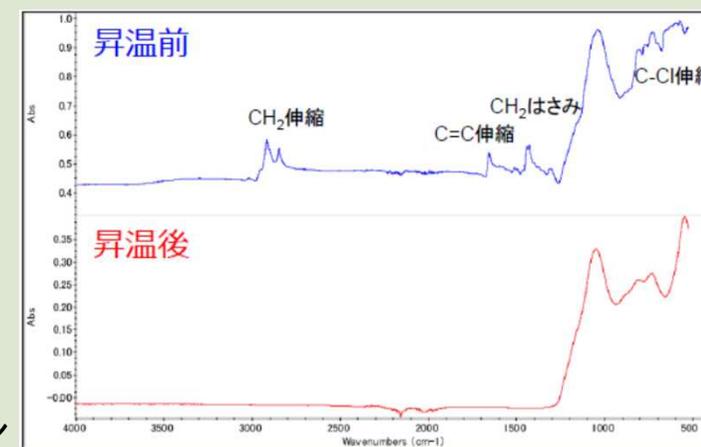
PNケーブル シース(特殊クロロpreneゴム)



TG曲線

- 1000 環境下
で完全に炭化。

FT-IRスペクトル



PNケーブルの結果概要 (3 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (本試験)【JAEA】

PNケーブル 絶縁体(難燃性エチレンプロピレンゴム)
昇温前後の状態



試験前



試験後

温度()	210 ~ 321	321 ~ 395	395 ~ 500	500 ~ 1200
推定発生ガス	二酸化炭素	水 二酸化炭素 1-ブテン	水素 水 一酸化窒素 二酸化炭素 C7炭化水素 ベンゼン トルエン	二酸化炭素

昇温条件 10 /min

❑ 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。

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (本試験)【東京電力HD】

PNケーブル
昇温前後の状態



試験前



試験後
(1000 水素ガス環境下)



試験後
(1000 水蒸気環境下)

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

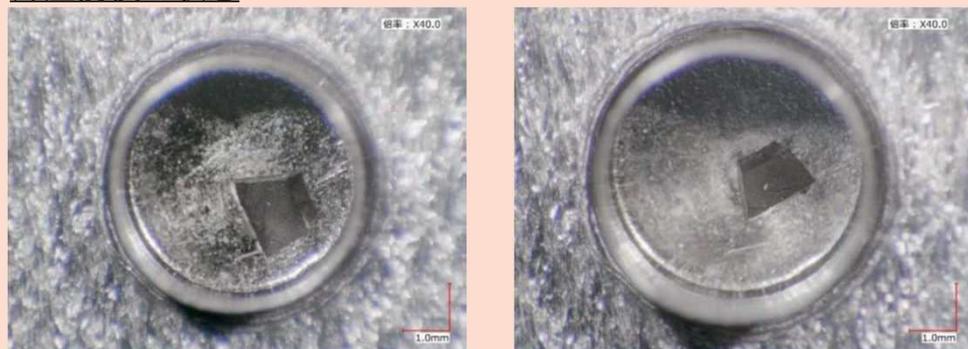
試料 環境 温度(°C)	PNケーブルガス発生量(m3/t)						
	水素ガス			水蒸気			水蒸気
	RT~400	400~500	500~1000	RT~400	400~500	500~1000	200
H2	-	-	-	-	1.55E-01	3.98E+02	-
CO	-	4.09E-02	4.32E-01	-	6.87E-02	1.62E+02	-
CH4	4.71E-02	3.80E-01	4.75E+00	3.86E-03	1.22E-01	1.83E+01	3.72E-03
C2H4	9.11E-02	2.21E-01	4.15E-01	4.87E-03	1.41E-01	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	-
炭化 C3H6	5.16E-03	1.02E-01	1.99E-01	2.86E-04	1.89E-02	2.70E+00	-
水素 C3H8	7.44E-03	8.18E-02	9.08E-02	2.86E-04	1.63E-02	9.57E-01	1.33E-03
i-C4H10	-	3.60E-03	3.46E-03	-	6.18E-04	4.79E-02	-
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

❑ 水蒸気環境下でH2及びCOの発生量大。

PNケーブルの結果概要 (4 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (本試験)【JAEA】

PNケーブル シース(特殊クロロpreneゴム) 昇温前後の状態



試験前

試験後

温度 ()	230 ~ 307	307 ~ 404	404 ~ 527	527 ~ 700	700 ~ 1200
推定 発生 ガス	水 二酸化炭素	水 二酸化炭素 2-クロロ-2-メチルプロパン 塩素 ベンゼン トルエン	水素 水 二酸化炭素 2-クロロ-2-メチルプロパン 塩素 C7炭化水素 ベンゼン トルエン	水素 水 二酸化炭素	二酸化炭素

昇温条件 10 /min

❑ 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。

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (本試験)【東京電力HD】

PNケーブル 昇温前後の状態



試験前

試験後
(1000 水素ガス環境下)

試験後
(1000 水蒸気環境下)

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

試料 環境 温度(°C)	PNケーブルガス発生量(m3/t)						
	水素ガス			水蒸気			水蒸気
	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	-
炭化水素 C3H6	5.16E-03	1.02E-01	1.99E-01	2.86E-04	1.89E-02	2.70E+00	-
C3H8	7.44E-03	8.18E-02	9.08E-02	2.86E-04	1.63E-02	9.57E-01	1.33E-03
水素 i-C4H10	-	3.60E-03	3.46E-03	-	6.18E-04	4.79E-02	-
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

❑ 水蒸気環境下でH2及びCOの発生量大。

同軸ケーブルの結果概要(1 / 4)

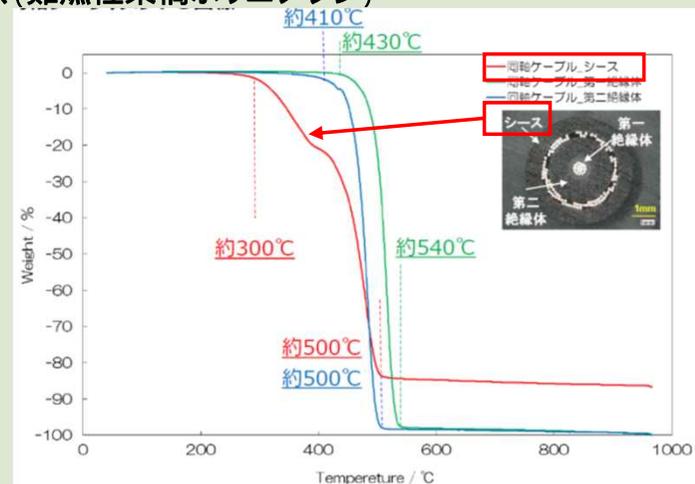
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

同軸ケーブル

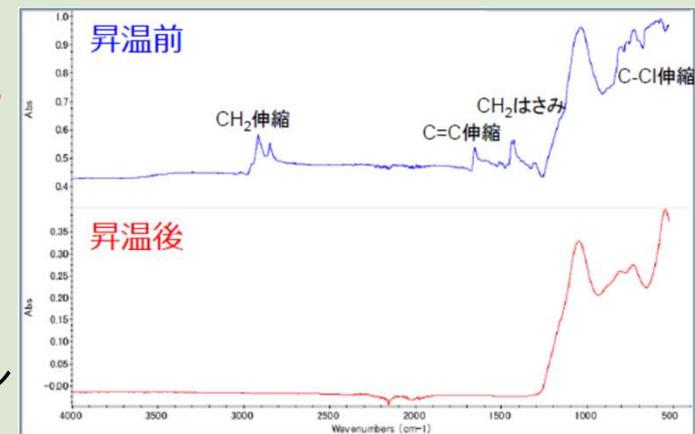
同軸ケーブル シース(難燃性架橋ポリエチレン)

分析未実施



□ 約1000 まで
昇温すると炭化。

FT-IRスペクトル



同軸ケーブルの結果概要 (2 / 4)

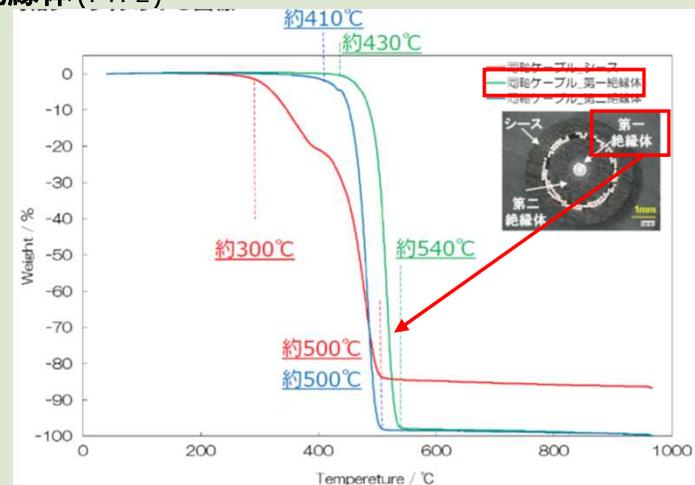
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

同軸ケーブル

同軸ケーブル 第1絶縁体 (FTFE)

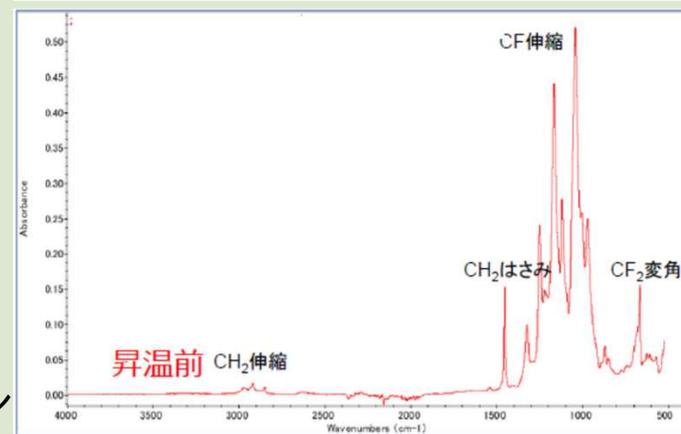
分析未実施



TG曲線

□ 約540 で揮発。

FT-IRスペクトル



同軸ケーブルの結果概要 (3 / 4)

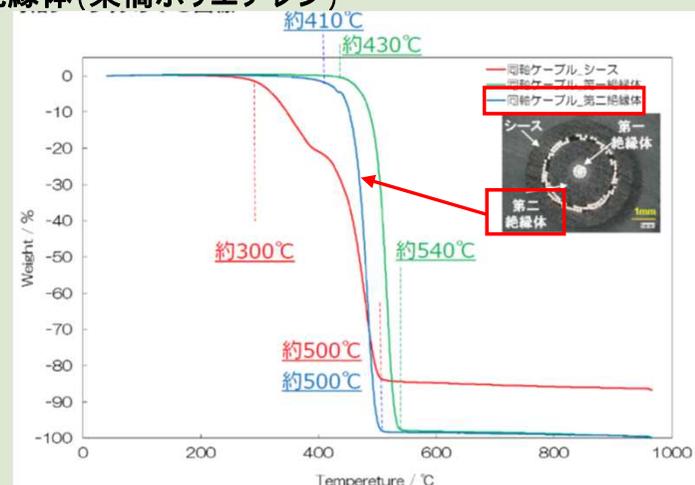
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

同軸ケーブル

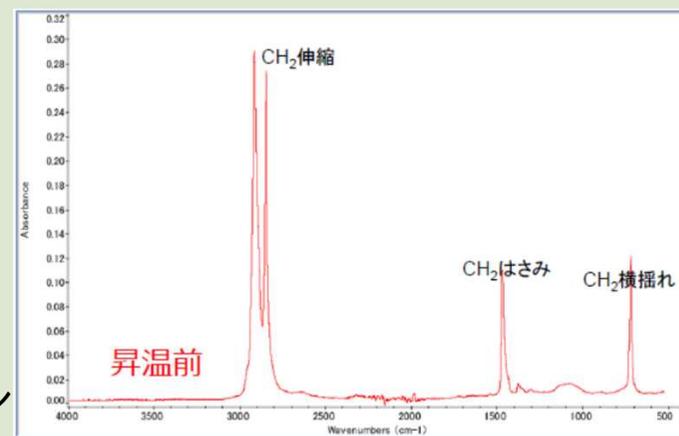
同軸ケーブル 第2絶縁体(架橋ポリエチレン)

分析未実施



TG曲線

□ 約500 で揮発。



FT-IRスペクトル

同軸ケーブルの結果概要(4 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(本試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(本試験)【東京電力HD】

同軸ケーブル

分析未実施

同軸ケーブル
昇温前後の状態



試験前



試験後

(1000 水素ガス環境下)



試験後

(1000 水蒸気環境下)

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

試料 環境 温度(°C)	同軸ケーブルガス発生量(m3/t)						
	水素ガス			水蒸気			
	RT~400	400~540	540~1000	RT~400	400~540	540~1000	200
H2	-	-	-	-	-	3.37E+01	-
CO	-	-	-	-	-	1.17E+01	-
CH4	1.27E-03	1.52E-01	2.76E+00	2.14E-03	1.81E-02	7.12E+00	1.29E-03
C2H4	2.29E-03	1.62E-01	5.31E-01	-	2.05E-02	5.44E+00	-
C2H6	7.62E-04	1.20E-01	5.84E-01	5.35E-04	1.40E-02	1.26E+00	-
炭化 C3H6	7.62E-04	1.20E-01	1.81E-01	-	7.91E-03	1.51E+00	-
水素 n-C4H10	-	1.02E-03	5.31E-04	-	-	-	-
i-C4H10	-	2.91E-02	2.92E-02	-	1.12E-03	1.72E-01	-
i-C5H12	-	1.43E-02	1.86E-02	-	-	6.28E-02	-
n-C5H12	-	1.20E-02	2.02E-02	-	-	3.98E-02	-
上記以外のC1~C5(CH4換算値)	5.84E-03	2.68E-01	3.29E-01	-	1.07E-02	2.93E+00	-
CH4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
NH3	-	-	-	-	-	-	-
H2S	-	-	2.02E-03	3.74E-04	1.49E-04	2.93E-04	1.22E-03

□ 水蒸気環境下でH2及び炭化水素(CH4換算)の発生量大。

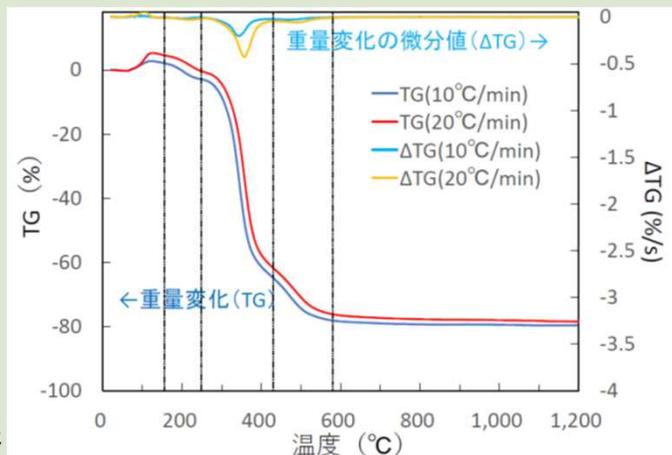
保温材の結果概要 (1 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (予備試験)【JAEA】

保温材(ウレタン)

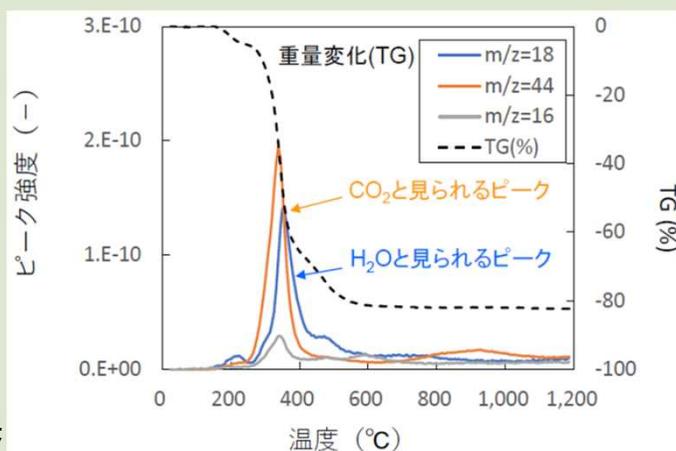


TG曲線



- 160 ~ 246 、 246 ~ 421 、 421 ~ 580 で重量減少。
- 400 付近での重量減少では、CO₂及びH₂Oの生成が推定。

MS分析結果

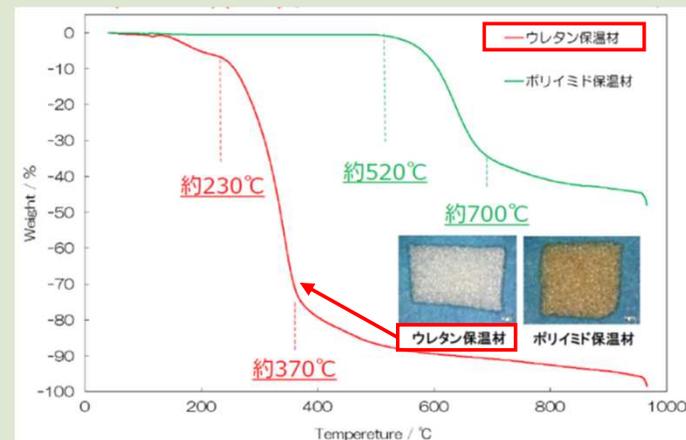


ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (予備試験)【東京電力HD】

保温材(ウレタン)

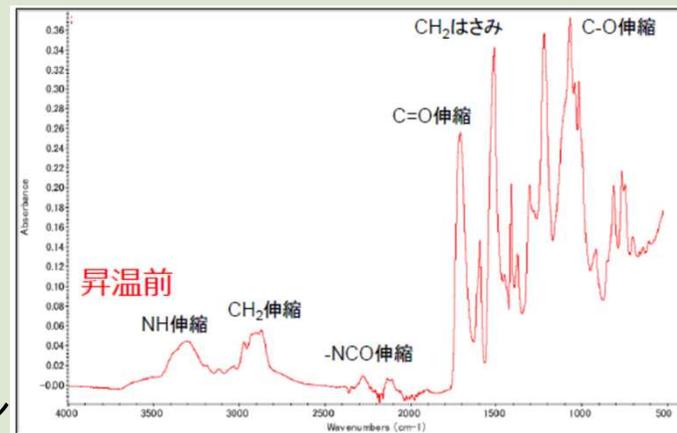


TG曲線



- RT ~ 230 、 230 ~ 370 、 370 ~ 1000 で重量減少。
- 1000 環境下で完全に揮発。

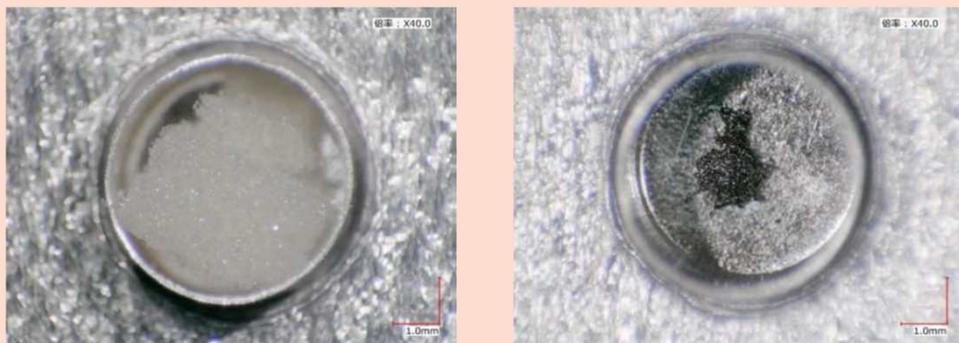
FT-IRスペクトル



保温材の結果概要(2 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析 (本試験)【JAEA】

保温材(ウレタン)
昇温前後の状態



試験前

試験後

温度()	160 ~ 246	246 ~ 421	421 ~ 580	580 ~ 1200
推定発生ガス	C8炭化水素 二酸化炭素 塩化アリル	水 一酸化炭素 二酸化炭素 イソ酪酸	ベンゼン トルエン	-

昇温条件 10 /min

- 材料由来成分(ウレタンの場合はジクロロプロパン、トルエン等)となる高分子量の有機化合物を推定(炭素数4以上を検出)
- TG-MS分析結果と合わせると、幅広い分子量の有機化合物が生成され得るが、無機ガス成分(H₂O等)に比べると、個々の生成量は低いと考えられる。

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験 (本試験)【東京電力HD】

保温材(ウレタン)
昇温前後の状態



試験前

試験後
(1000 水素ガス環境下) (1000 水蒸気環境下)

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

試料	ウレタン保温材ガス発生量(m3/t)						
	水素ガス			水蒸気			
環境	RT~230	230~370	370~1000	RT~230	230~370	370~1000	200
温度(°C)							
H ₂	-	-	-	-	-	2.64E+02	-
CO	-	-	-	-	-	1.16E+02	-
CH ₄	5.83E-04	1.25E-03	7.35E+00	6.29E-03	1.09E-03	2.72E+01	5.49E-03
C ₂ H ₄	-	4.17E-04	5.43E-01	3.59E-03	7.03E-04	6.68E+00	-
C ₂ H ₆	-	5.00E-04	6.83E-01	8.98E-04	1.56E-04	1.25E+00	-
炭化水素 C ₃ H ₆	-	1.92E-02	5.95E-01	2.70E-03	5.47E-04	3.63E+00	-
炭化水素 C ₃ H ₈	2.92E-04	5.00E-04	1.51E-01	1.80E-03	3.13E-04	4.30E-01	1.37E-03
水素 i-C ₄ H ₁₀	-	-	-	-	-	-	-
水素 n-C ₄ H ₁₀	-	-	-	-	7.81E-05	6.00E-02	-
水素 i-C ₅ H ₁₂	-	1.17E-03	1.23E-02	-	-	-	-
水素 n-C ₅ H ₁₂	-	3.08E-03	2.28E-02	-	-	1.36E-02	-
上記以外のC ₁ ~C ₅ (CH ₄ 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 ₄ 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 ₃	-	-	6.48E-01	-	-	3.96E-03	-
H ₂ S	8.75E-05	7.50E-05	-	7.28E-03	9.38E-04	4.30E-02	4.67E-03

- 水蒸気環境下でH₂及びCOの発生量大。

保温材の結果概要 (3 / 4)

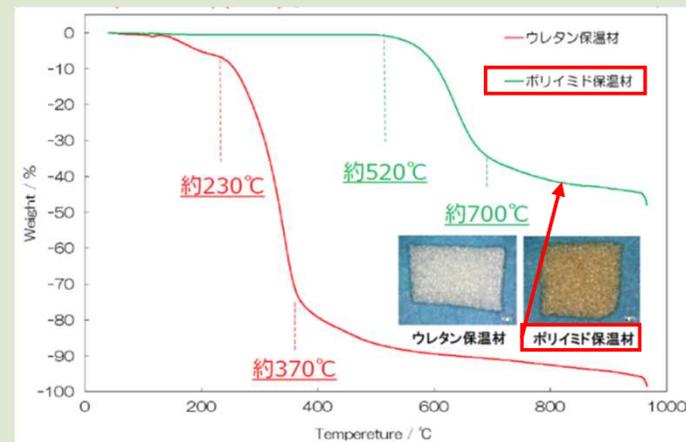
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

保温材(ポリイミド)

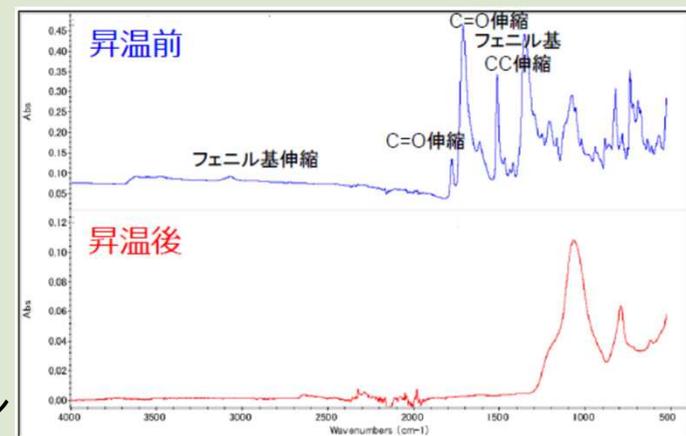
保温材(ポリイミド)

分析未実施



TG曲線

- ポリイミド保温材は約1000環境下で完全に炭化



FT-IRスペクトル

保温材の結果概要 (4 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(本試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(本試験)【東京電力HD】

保温材(ポリイミド)

保温材(ポリイミド)
昇温前後の状態



試験前



試験後
(1000 水素ガス環境下)



試験後
(1000 水蒸気環境下)

分析未実施

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

試料 環境 温度(°C)	ポリイミド保温材ガス発生量(m3/t)						
	水素			水蒸気		水素ガス	
	RT~520	520~700	700~1000	RT~520	520~700	700~1000	
H2	-	-	-	-	-	6.32E+02	-
CO	-	7.38E+00	3.08E+00	-	1.71E+00	3.94E+02	-
CH4	1.40E-02	2.22E-01	9.85E+00	6.57E-03	5.14E-02	2.36E+01	1.52E-04
C2H4	1.08E-03	1.35E-02	5.23E-02	-	6.57E-03	1.36E+00	-
C2H6	-	9.23E-03	4.00E-02	-	2.86E-04	3.53E-02	-
炭 C3H6	-	3.08E-03	-	-	2.00E-03	7.87E-02	-
化 C3H8	1.08E-03	2.65E-02	7.38E-02	-	2.86E-04	1.60E-01	-
水 素 i-C4H10	-	-	-	-	-	-	-
n-C4H10	-	-	-	-	-	-	-
i-C5H12	-	-	-	-	-	-	-
n-C5H12	-	-	-	-	-	-	-
上記以外のC1~C5(CH4換算値)	4.95E-02	1.78E-02	2.46E-02	-	-	7.60E-02	-
CH4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
NH3	5.38E-04	3.08E-02	1.60E+00	1.64E-03	-	1.36E-03	-
H2S	-	-	-	3.29E-04	5.71E-05	1.63E-03	-

□ 水蒸気環境下でH2及びCOの発生量大。

塗料の結果概要 (1 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

塗料(エポキシ系塗料)

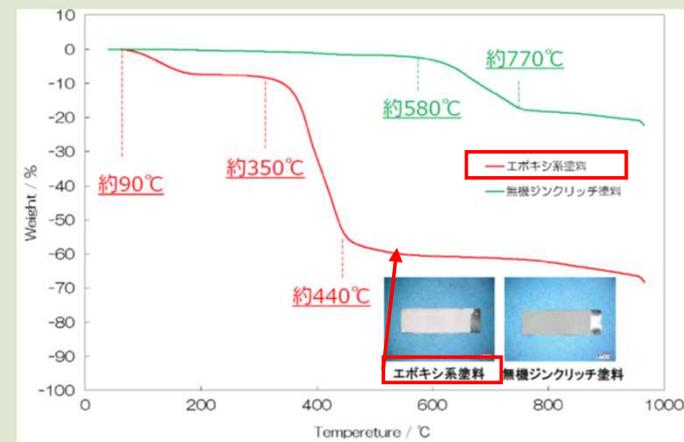
分析未実施

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

塗料(エポキシ系塗料)

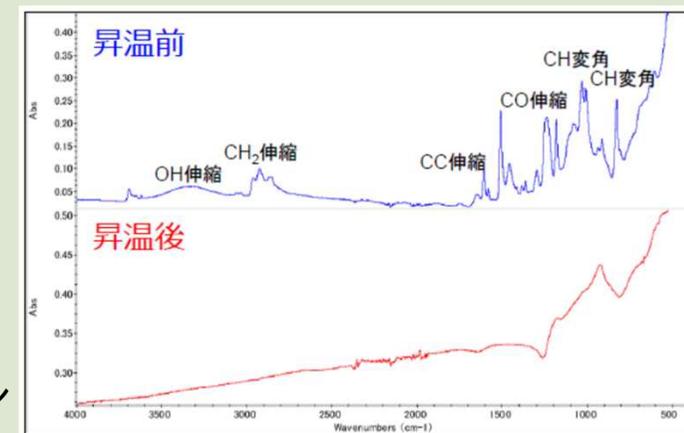


TG曲線



□ エポキシ系塗料は約1000 環境下で完全に炭化

FT-IRスペクトル



塗料の結果概要 (2 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(本試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(本試験)【東京電力HD】

塗料(エポキシ系塗料)

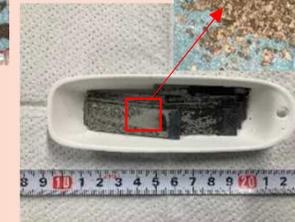
塗料(エポキシ系塗料)
昇温前後の状態



試験前



試験後
(1000 水素ガス環境下)



試験後
(1000 水蒸気環境下)

分析未実施

1000 昇温時、200 24時間保持に発生したガス分析結果

試料 環境 温度(°C)	エポキシ系塗料ガス発生量(m3/t)						
	水素ガス			水蒸気			水蒸気
	RT~200	200~600	600~1000	RT~200	200~600	600~1000	200
H2	-	-	-	-	-	1.31E+02	-
CO	-	-	1.50E+00	-	-	2.05E+01	-
炭化水素							
CH4	1.97E-04	2.36E-01	3.74E+00	1.11E-02	2.39E-02	1.57E+01	8.24E-03
C2H4	-	4.13E-02	2.69E-01	8.55E-03	4.87E-03	4.44E+00	-
C2H6	-	5.51E-02	2.17E-01	2.56E-03	3.42E-03	5.40E-01	-
C3H6	-	3.94E-02	1.72E-02	6.84E-03	3.76E-03	6.22E-01	-
C3H8	1.97E-04	1.91E-02	8.23E-03	2.56E-03	1.45E-03	1.37E-01	2.06E-03
i-C4H10	-	-	-	-	4.27E-04	-	-
n-C4H10	-	5.71E-03	-	1.71E-03	3.42E-04	3.76E-02	-
i-C5H12	-	-	-	-	-	-	-
n-C5H12	-	3.54E-03	-	-	5.13E-04	1.91E-02	-
上記以外のC1~C5(CH4換算値)	2.36E-03	1.24E-01	1.65E-02	3.59E-02	9.40E-03	8.21E-01	6.18E-02
CH4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
NH3	1.97E-04	3.94E-02	1.50E-03	-	-	-	-
H2S	-	-	8.98E-02	-	-	6.77E-01	4.12E-04

□ 水蒸気環境下でH2及び炭化水素(CH4換算)の発生量大。

塗料の結果概要 (3 / 4)

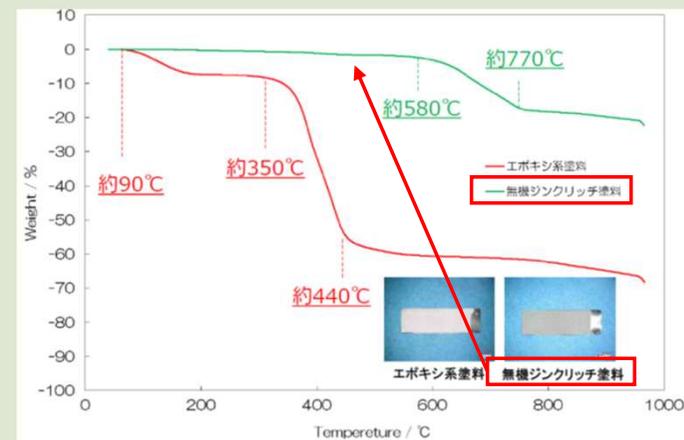
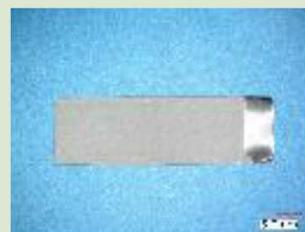
BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(予備試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(予備試験)【東京電力HD】

塗料(無機ジンクリッチ塗料)

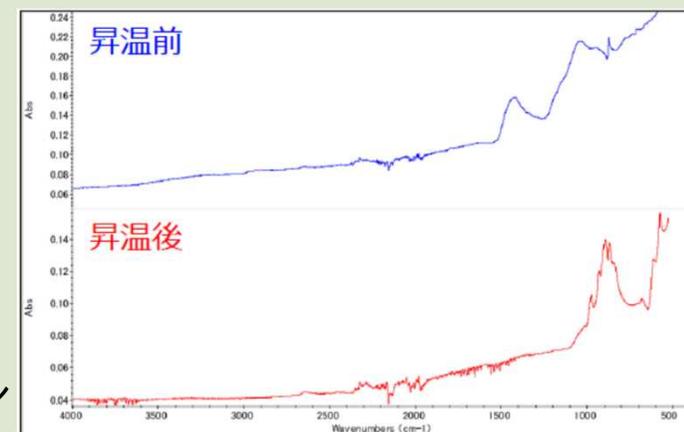
塗料(無機ジンクリッチ塗料)

分析未実施



TG曲線

- 無機ジンクリッチ塗料は主成分が有機物ではなく、可燃性ガスの発生はほとんど無いものと考えられる。



FT-IRスペクトル

塗料の結果概要 (4 / 4)

BWR格納容器内有機材料熱分解生成気体の分析
(本試験)【JAEA】

ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験
(本試験)【東京電力HD】

塗料(無機ジンクリッチ塗料)

塗料(無機ジンクリッチ塗料)

分析未実施

分析未実施

現地調査の実施状況について

- （ ・ 5号機原子炉建屋、
・ モニタリングポストの現地状況調査 ）

2022年9月6日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

(1) 5号機原子炉建屋調査について
(2022年8月25日)

(1) 5号機原子炉建屋調査について

(1) 目的

東京電力が実施している1号機PCV内部調査において、ペDESTAL開口部壁面においてコンクリートがなく鉄筋やインナースカートが露出している状況が確認されている。また、同様に3号機の残留熱除去系(RHR)熱交換器周りの配管から、事故由来の長半減期核種であるKr-85が確認されている。

これらの状況を踏まえ、5号機原子炉建屋において当該設備の状況確認等の調査を行った。

(2) 場所

5号機原子炉建屋(ペDESTAL、RHR配管)

(3) 調査日

2022年8月25日

(1) 5号機原子炉建屋調査について

(4) 調査実施者

2022年8月25日 更田原子力規制委員会委員長
原子力規制庁職員 6名

(5) 被ばく線量

2022年8月25日 最大: 0.04 mSv、最小: 0.03 mSv

被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

5号機ペDESTALの確認状況

(ペDESTAL出入口:外側)

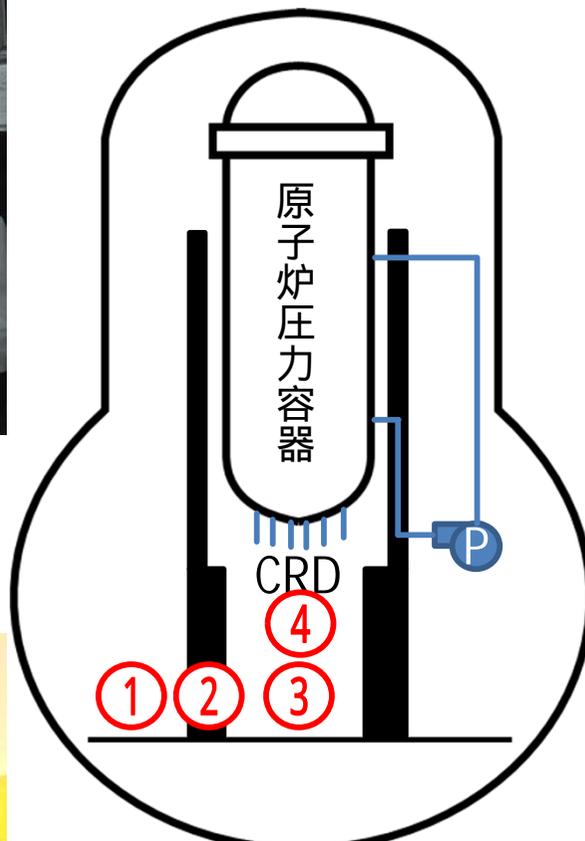


(↑出入口部)

(ペDESTAL出入口:通路)



福島第一5号機



原子炉格納容器

(RPV下部)

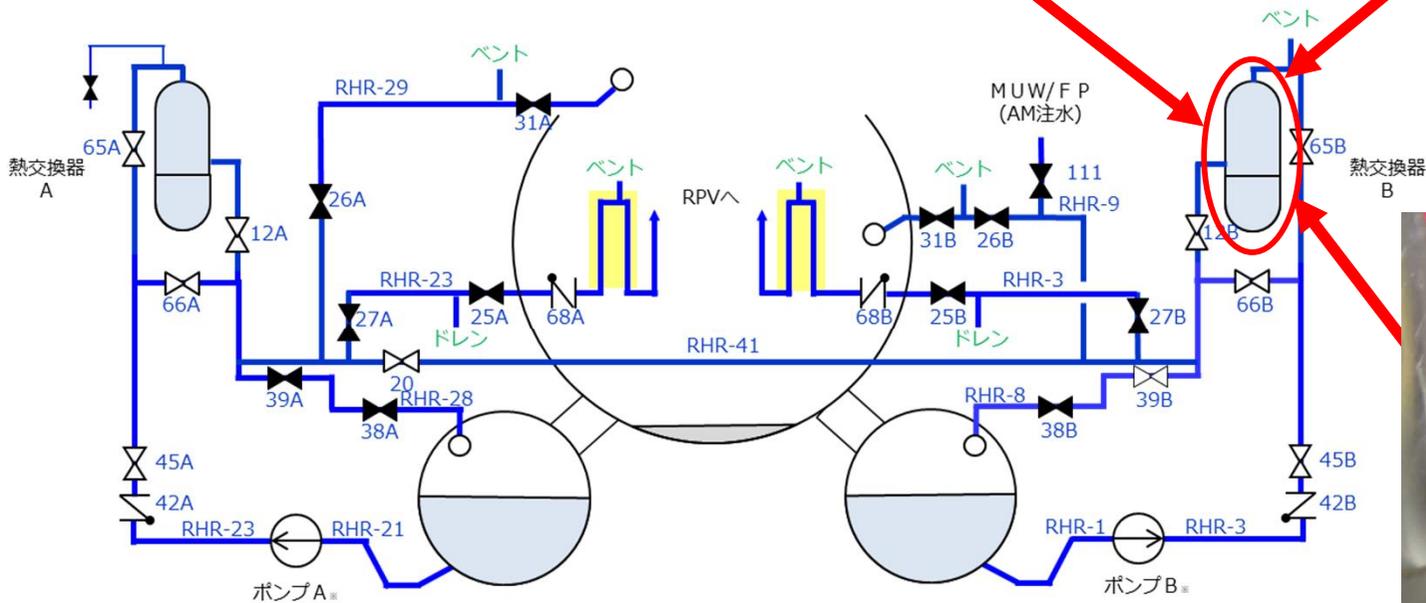


(ペDESTAL内部)



(↑出入口部)

5号機RHR配管の確認状況



※ ポンプ周辺はA/C系、B/D系の4系統あるが代表してA/Bを示す。



写真は、いずれも2022年8月25日に原子力規制庁撮影

(2) モニタリングポスト調査について
(2022年7月4日, 5日)

(2) モニタリングポスト調査の実施概要

(1) 目的

東京電力福島第一原子力の周辺に福島県が設置しているモニタリングポストについて、設置環境や周辺状況を把握するため福島県ご協力の下、現地確認を行った。

(2) 場所

9カ所(浪江局、上羽鳥局、郡山局、山田局、夫沢局、大野局、向畑局、下郡山局、松館局)

(3) 調査日

2022年7月4日～5日

(2) モニタリングポスト調査の実施概要

(4) 調査実施者

2022年 7月 4日 原子力規制庁職員10名

2022年 7月 5日 原子力規制庁職員10名

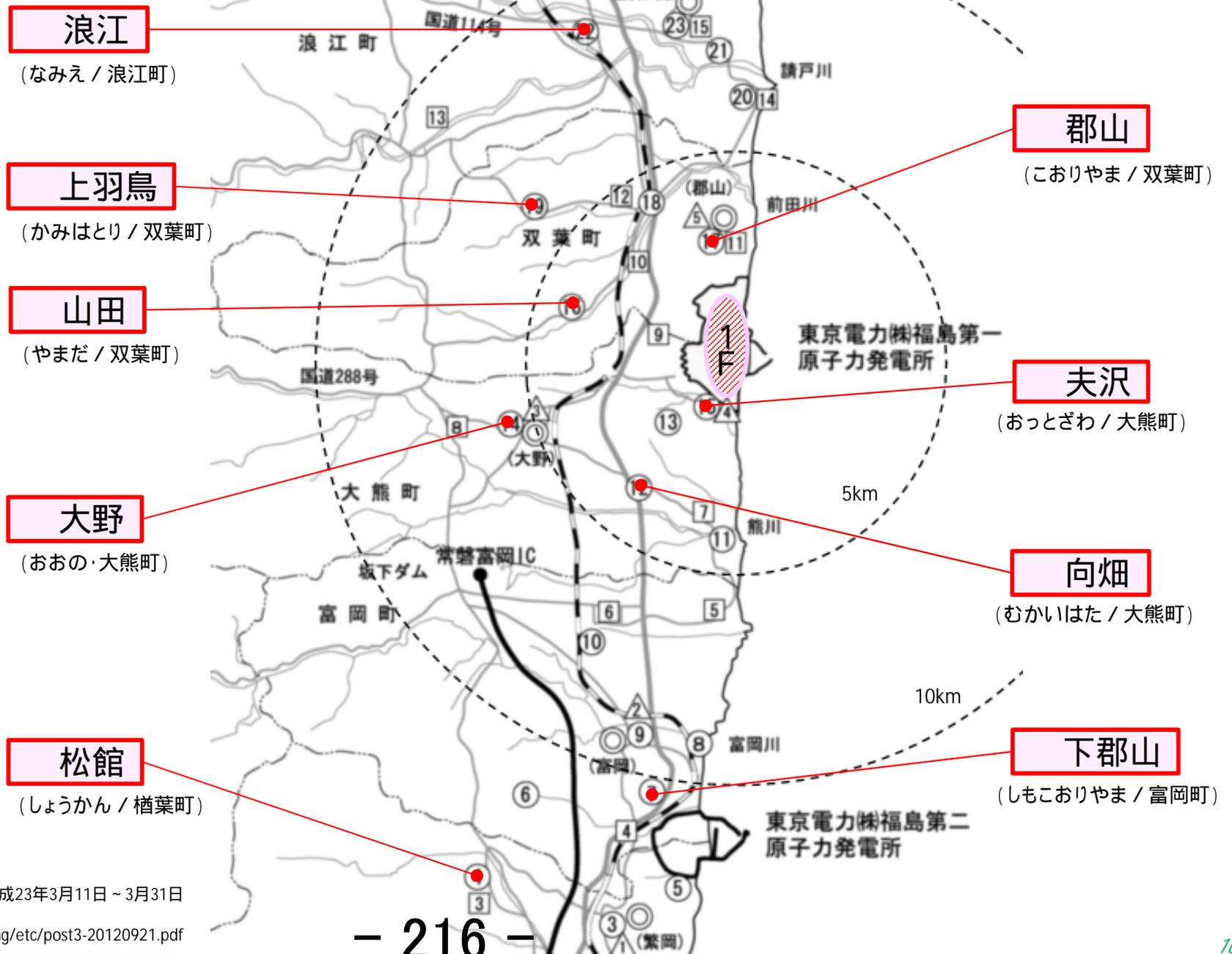
(5) 被ばく線量

2022年 7月 4日 最大: 0.001 mSv、最小: 0.001 mSv

2022年 7月 5日 最大: 0.001 mSv、最小: 0.001 mSv

被ばく線量[mSv]の最大、最小は、調査実施者のうち、最も被ばく線量の高い人の値と低い人の値を1日の合計値として示した。

調査実施モニタリングポスト



福島県, “原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日 (東日本大震災発生以降)”より引用、一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf

郡山

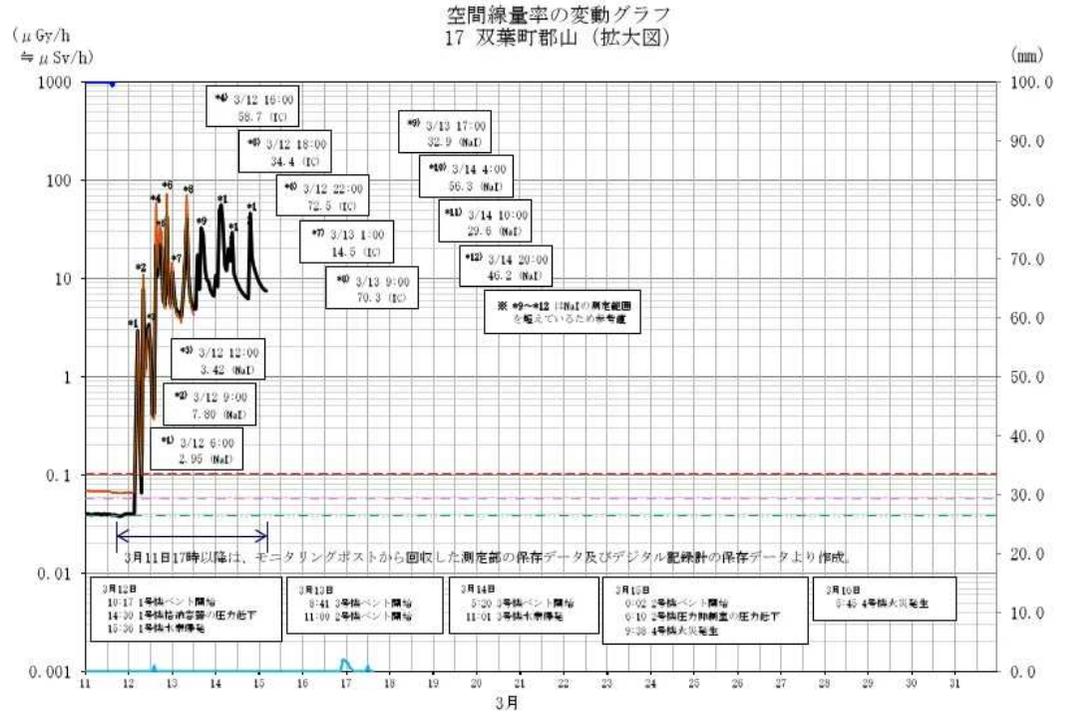
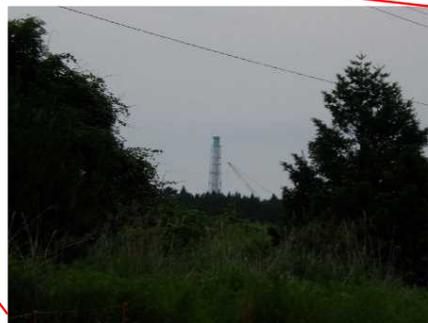


(外観)

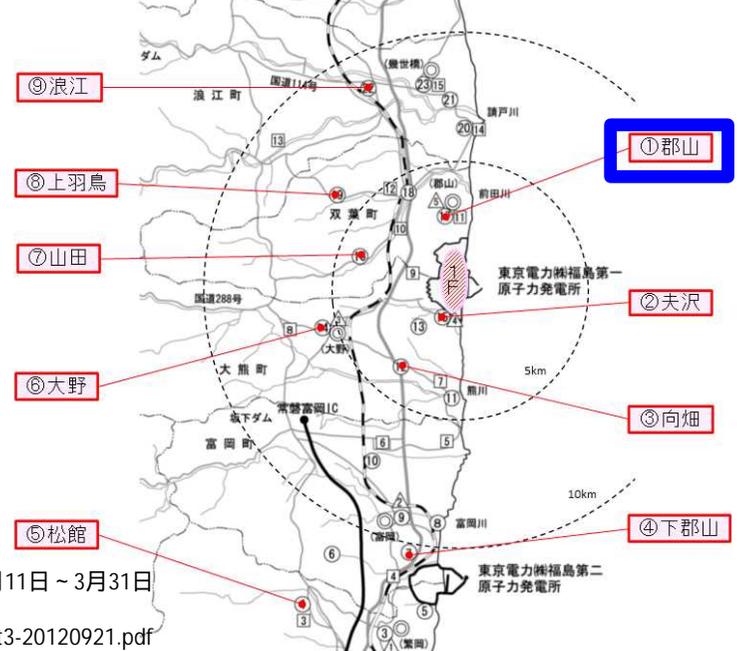
(発電所方向)



(発電所方向)



福島県，“平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



福島県，“原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）”より引用、一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf

夫沢

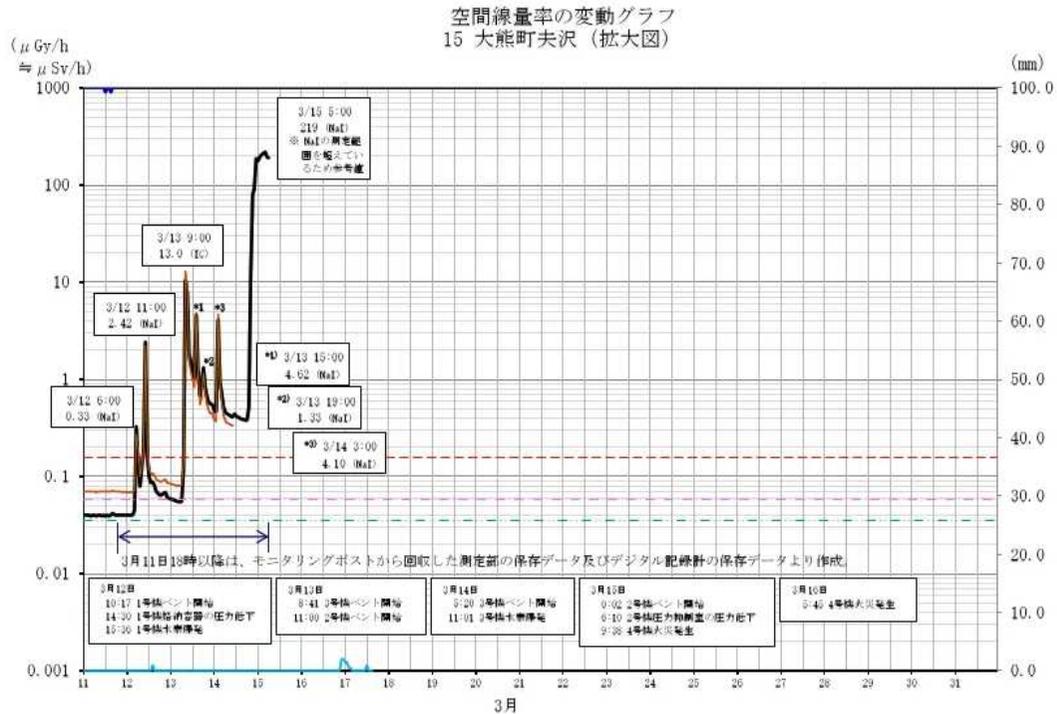


(外観)

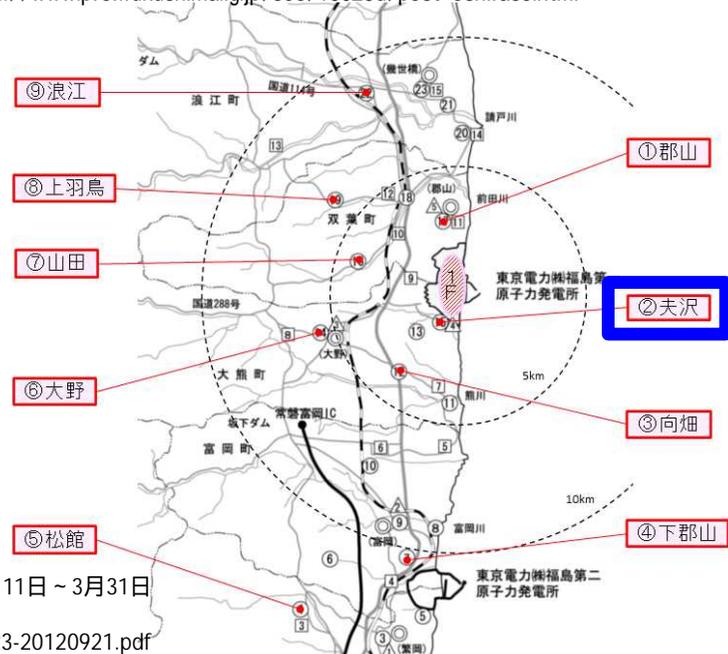


(発電所方向)

(発電所方向)



福島県, “平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



福島県, “原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)”より引用、一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf

向畑

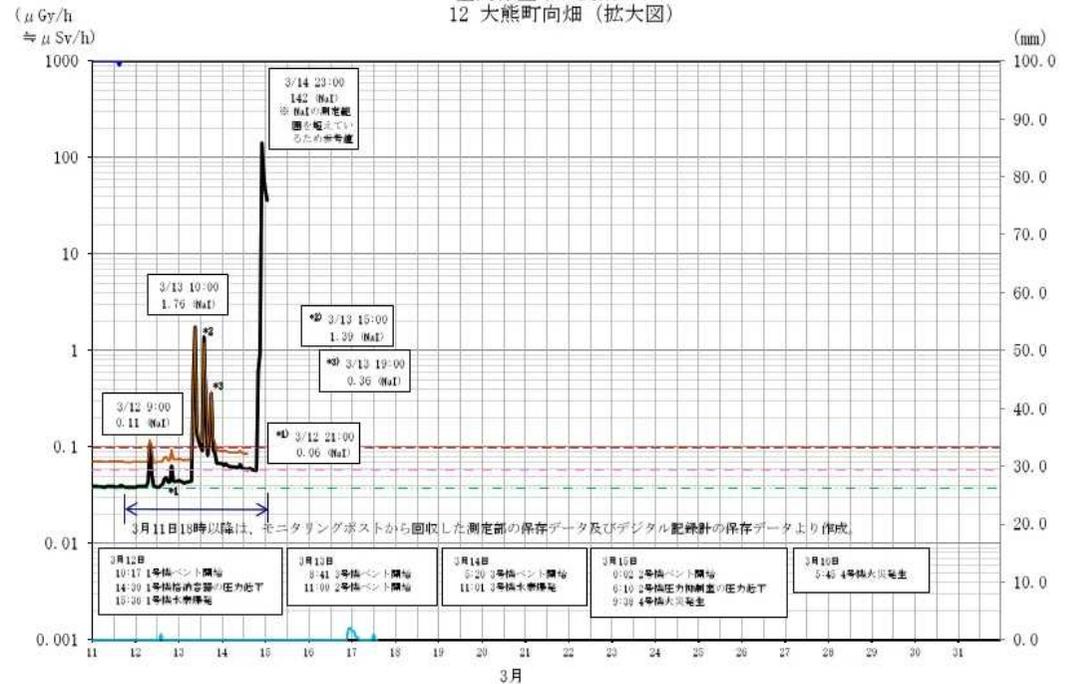


(外観)

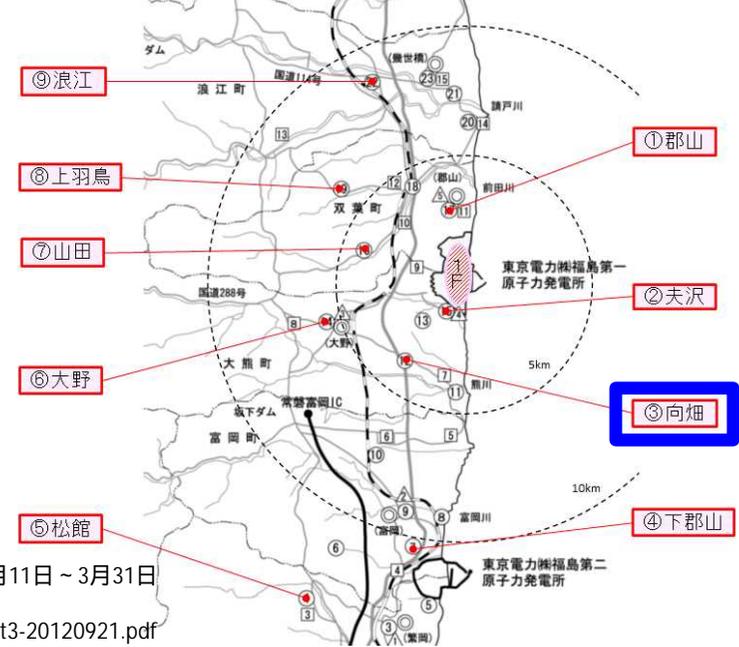


(発電所方向)

空間線量率の変動グラフ
12 大熊町向畑 (拡大図)



福島県, “平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



福島県, “原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)”より引用、一部加工
https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_files/monitoring/etc/post3-20120921.pdf

下郡山



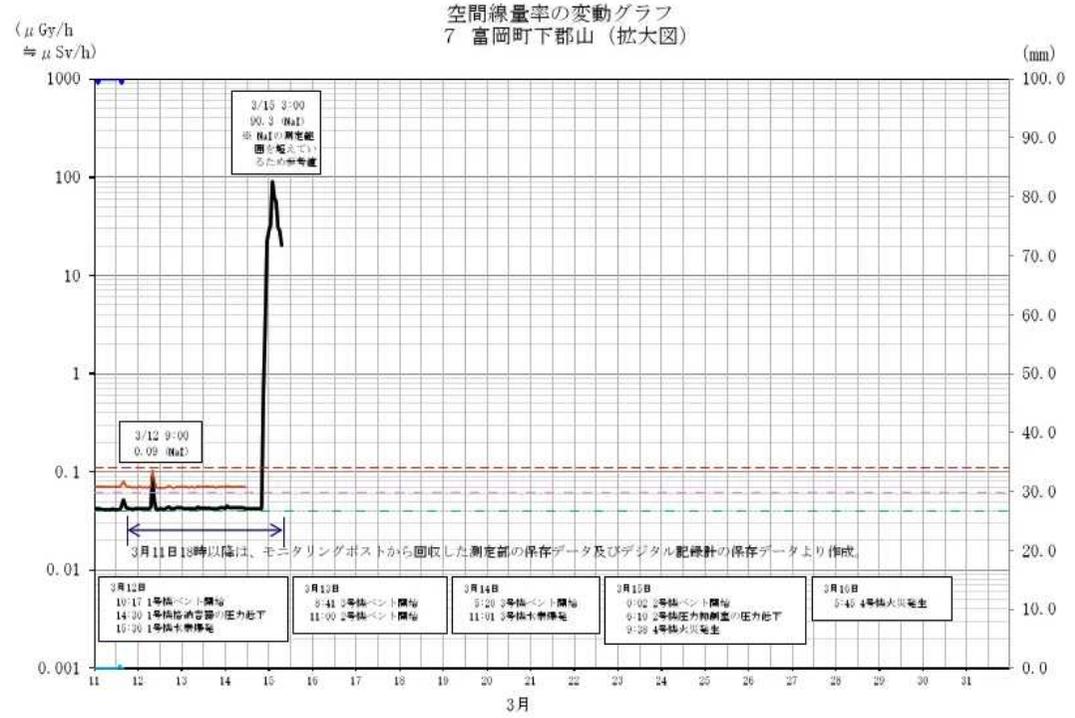
(発電所方向)



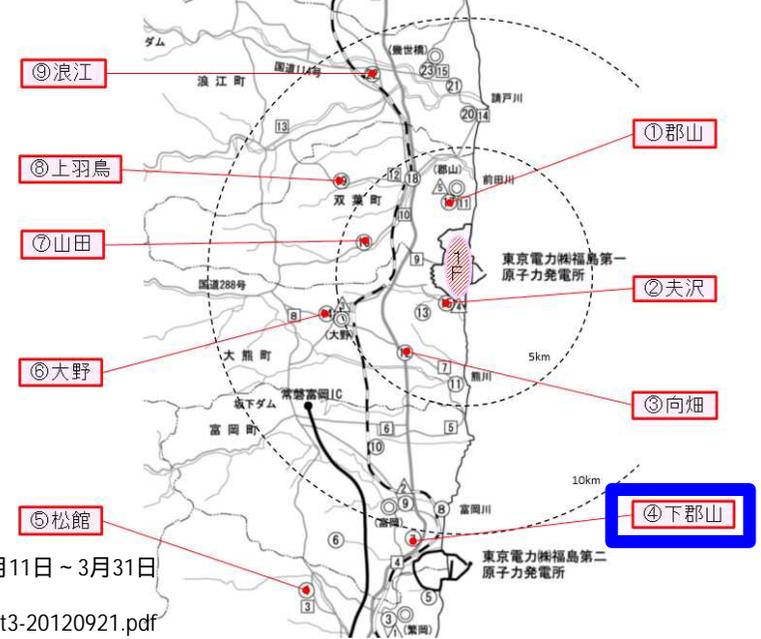
(外観)



(発電所方向)



福島県，“平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



福島県，“原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）”より引用 一部加工
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/files/monitoring/etc/post3-20120921.pdf>

松館

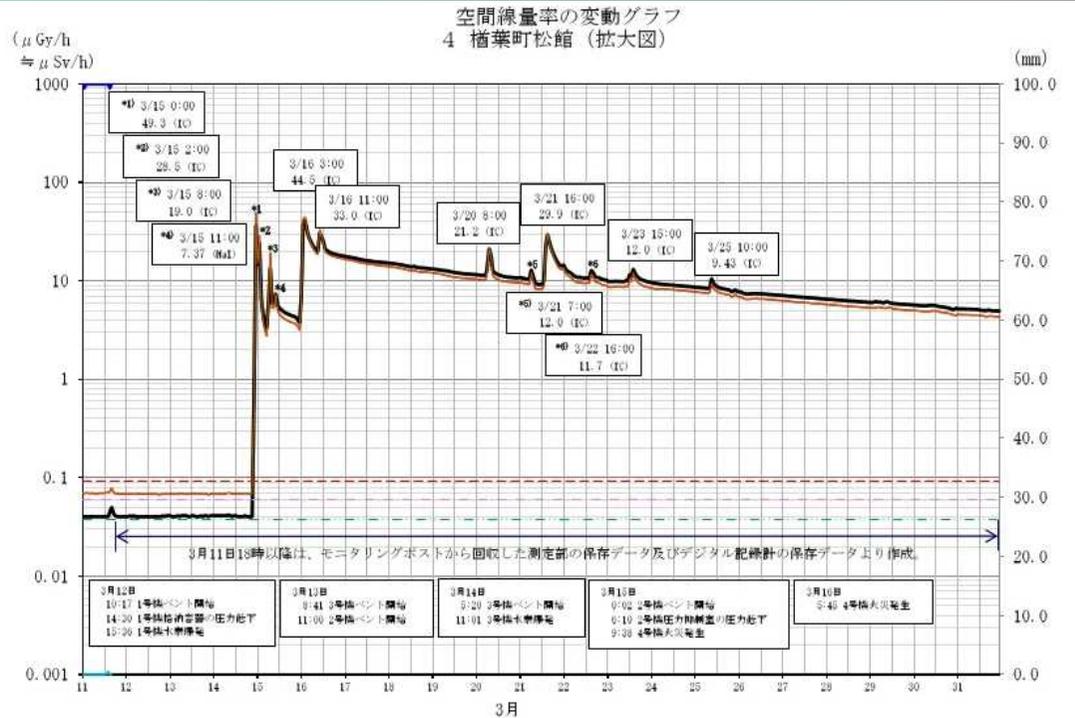


(外觀)

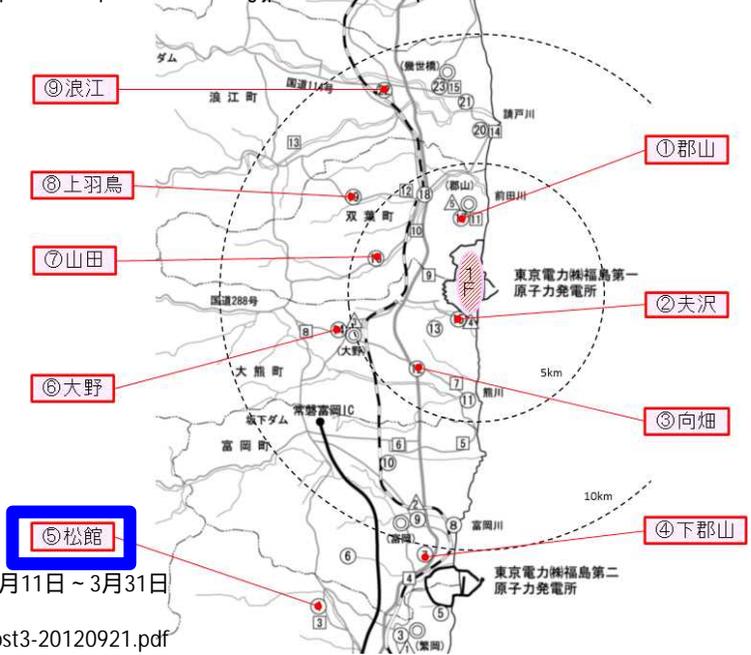
(発電所方向)



(発電所方向)



福島県, “平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



福島県, “原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)”より引用 一部加工
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf>

大野



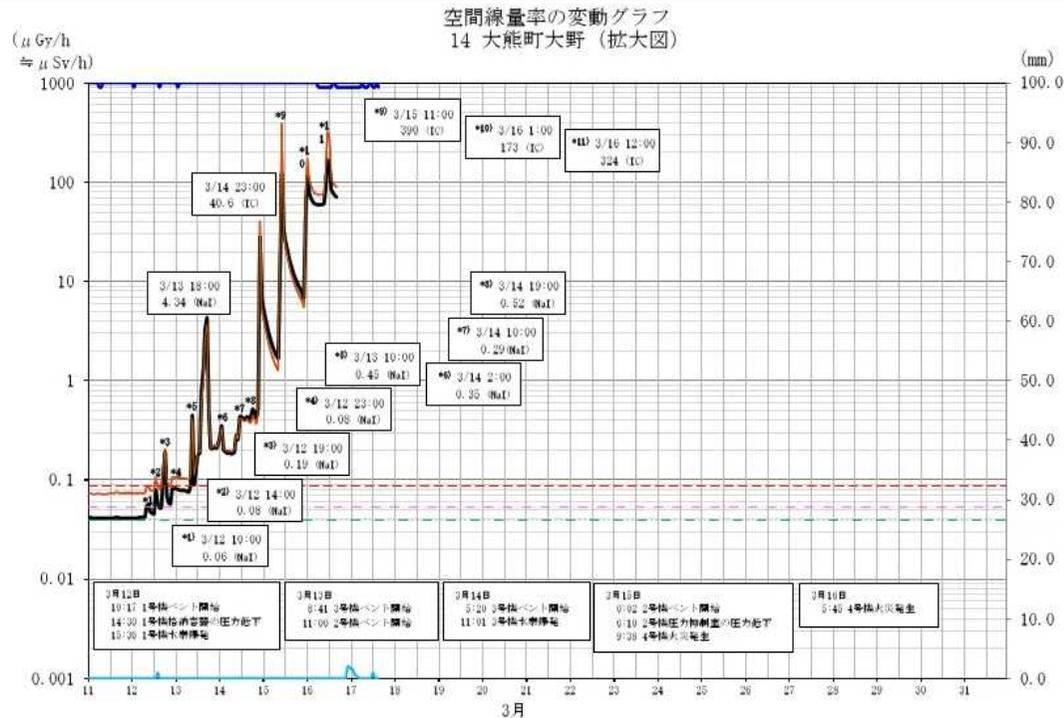
【旧大野局】(発電所方向)



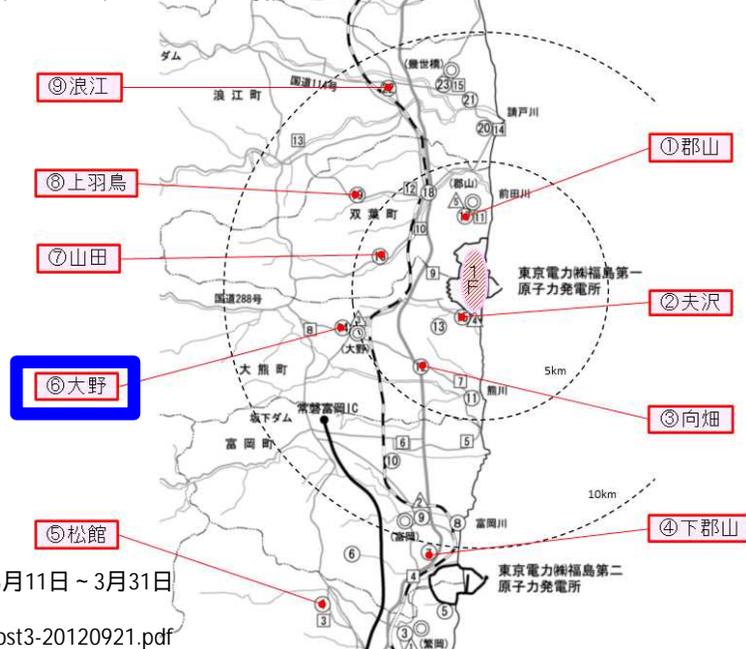
【新大野局】



【新大野局】(発電所方向)



福島県, “平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



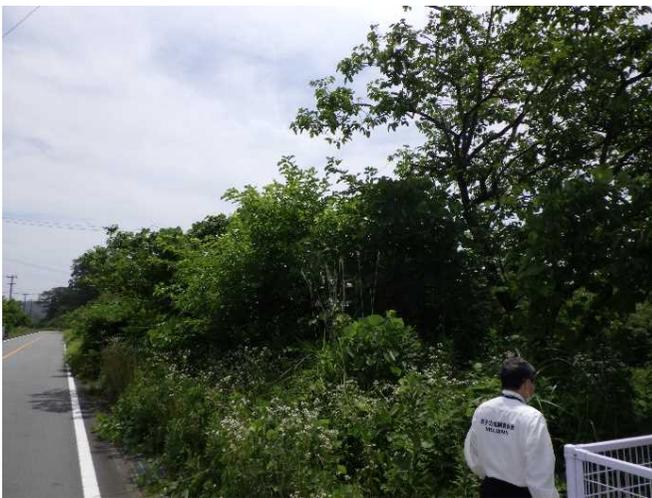
福島県, “原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日(東日本大震災発生以降)”より引用(一部加工)
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf>

山田

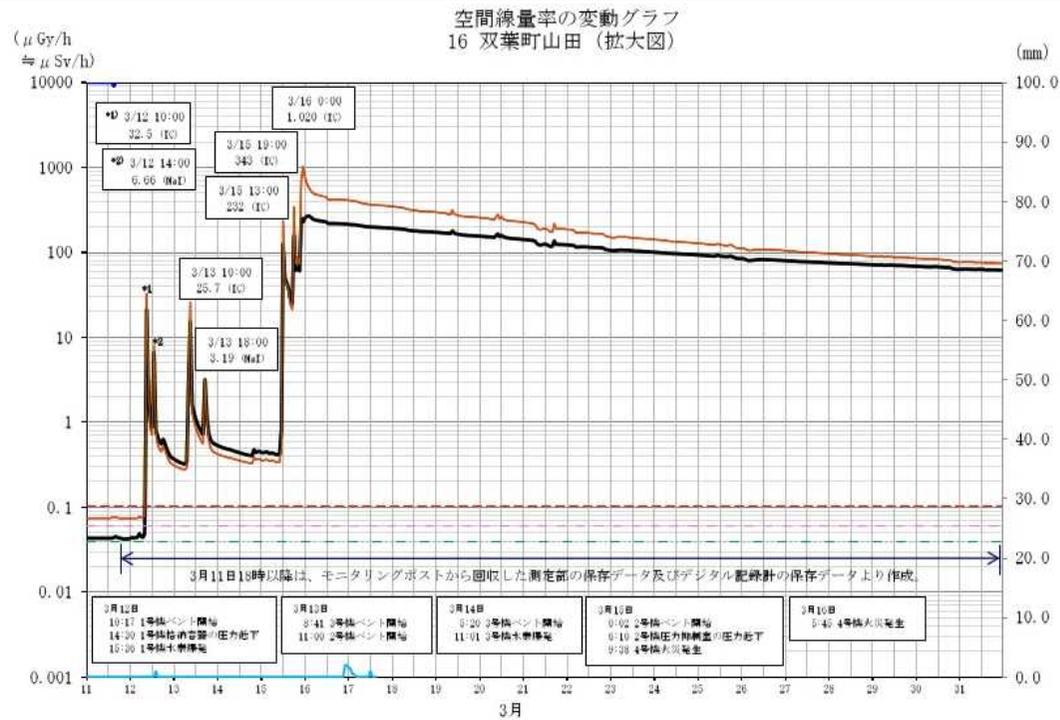


(外観)

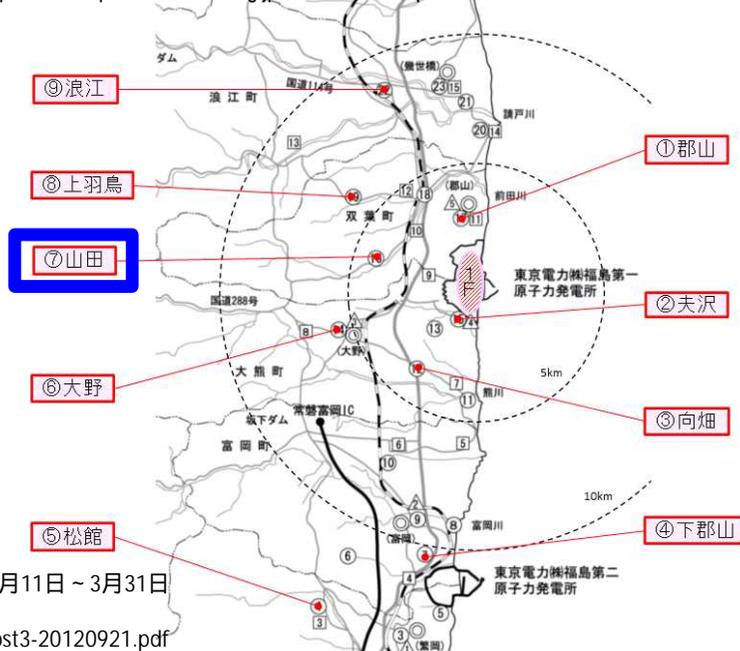
(発電所方向)



(発電所方向)



福島県，“平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>



福島県，“原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）”より引用、一部加工
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/file/monitoring/etc/post3-20120921.pdf>

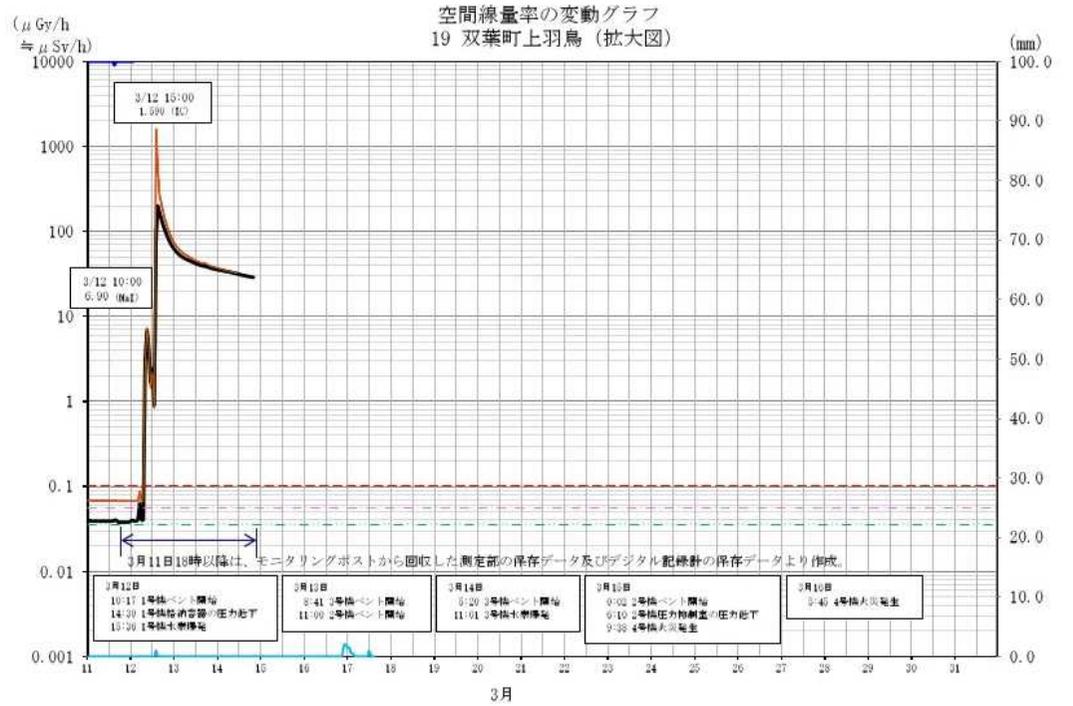
上羽鳥



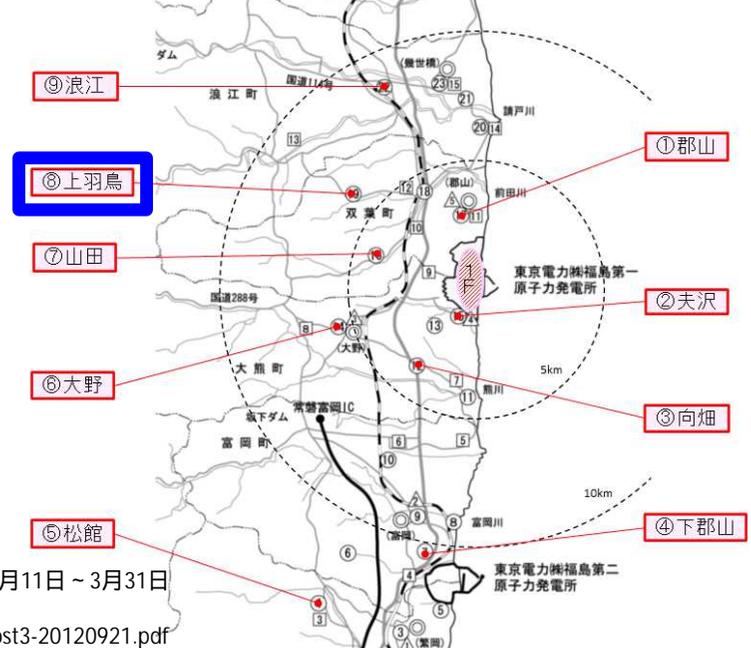
(外観) (発電所方向)



(発電所方向)



福島県，“平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshrase.html>



福島県，“原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日（東日本大震災発生以降）”より引用 一部加工
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/monitoring/etc/post3-20120921.pdf>

浪江



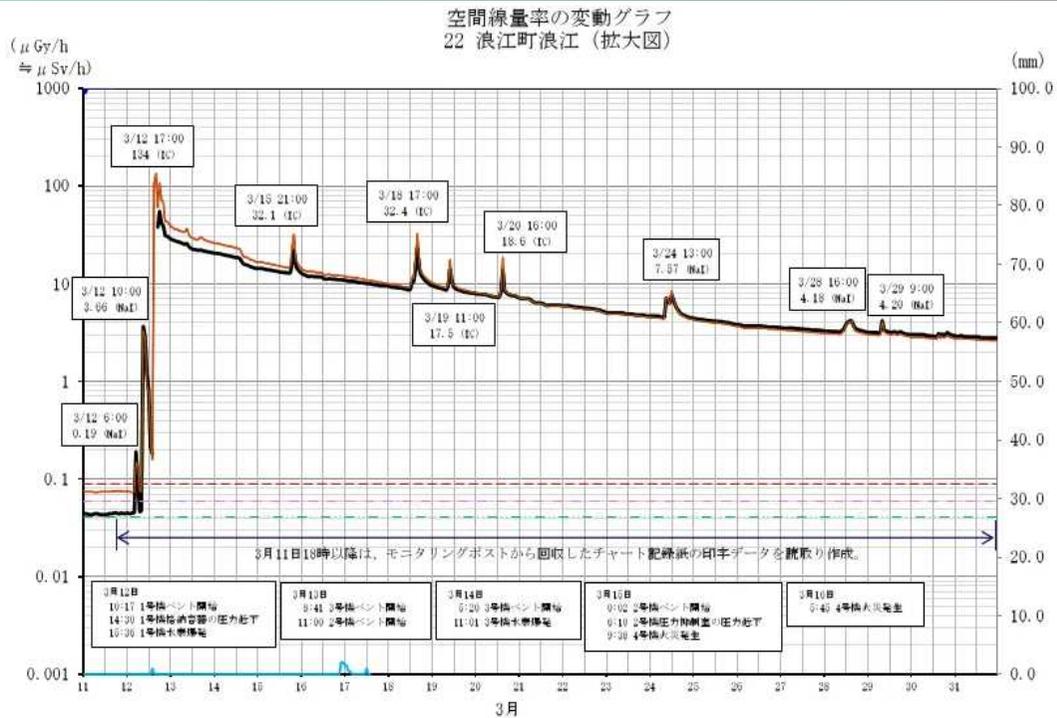
(外観)

(発電所方向)

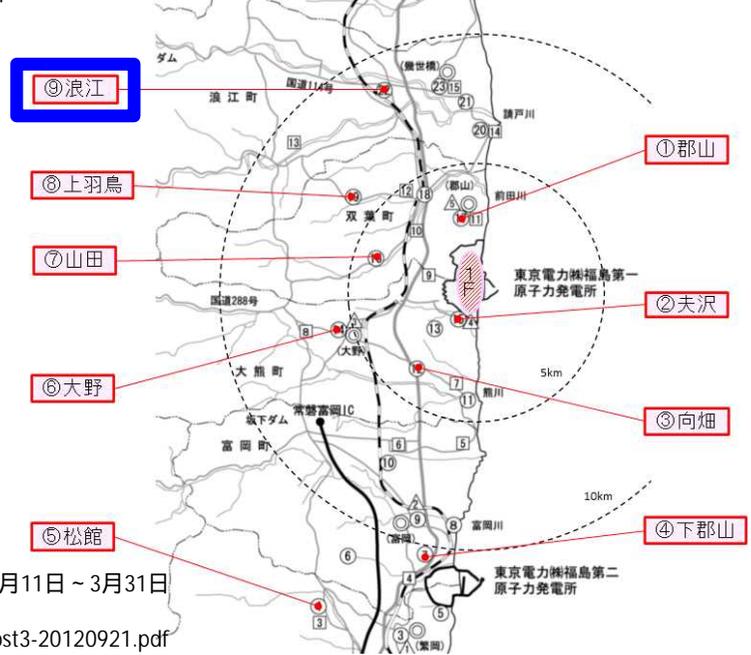


(発電所方向)

福島県, “原子力発電所の環境放射能測定結果 平成23年3月11日～3月31日 (東日本大震災発生以降)”より引用 一部加工
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/monitoring/etc/post3-20120921.pdf>



福島県, “平成23年3月11日～3月31日 (東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshrase.html>



モニタリングポストの現地調査に合わせて、
事故当時に採取した試料の保管状況等も確認

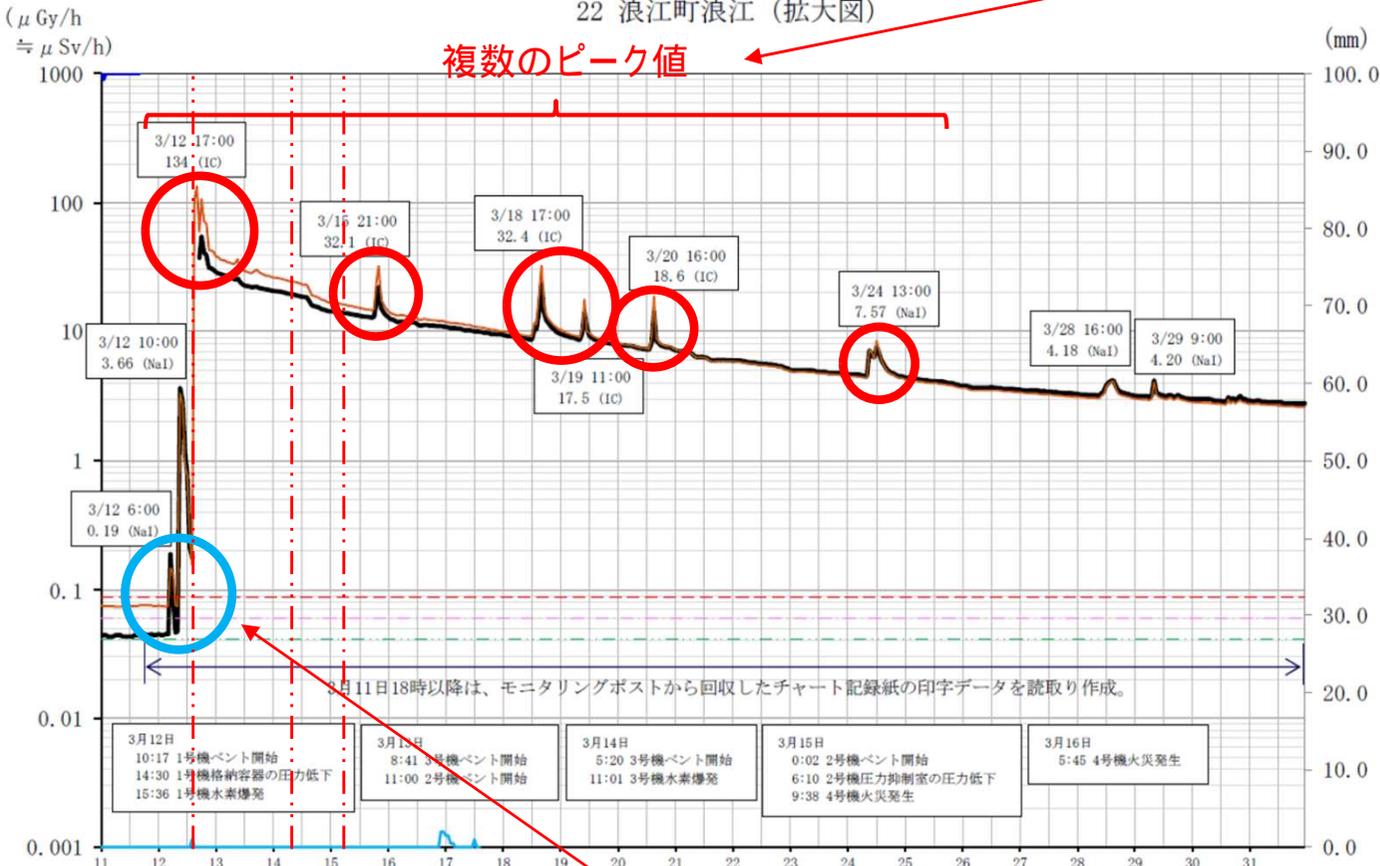


今後、モニタリングポストのデータ比較等に加えて、
既往研究や試料等、新たな検討材料となり得るもの
等を精査の上、整理・検討

核種放出のタイミングとメカニズムの分析(2/5)

□ [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析

空間線量率の変動グラフ
22 浪江町浪江 (拡大図)



複数のピーク値

1号機水素爆発
3号機水素爆発
4号機水素爆発

放射性物質が漏えい、
1号機の事象進展と比較

発電所敷地から北北西約8.6kmのモニタリングポスト(浪江町浪江)においても複数の空間線量率のピーク

論点等

- 1、3号機の水素爆発と空間線量率のピークは一致しない。
- 複数のモニタリングポストの空間線量率データを比較する。

測定項目 空間線量率

- 過去の最大値
- 0.09 μGy/h
- 平常の変動幅
- 上限 0.06 μGy/h
- 下限 0.04 μGy/h

- 低線量率(NaI)
- 高線量率(IC)
- 降雨雪(大野)
- 感雨雪

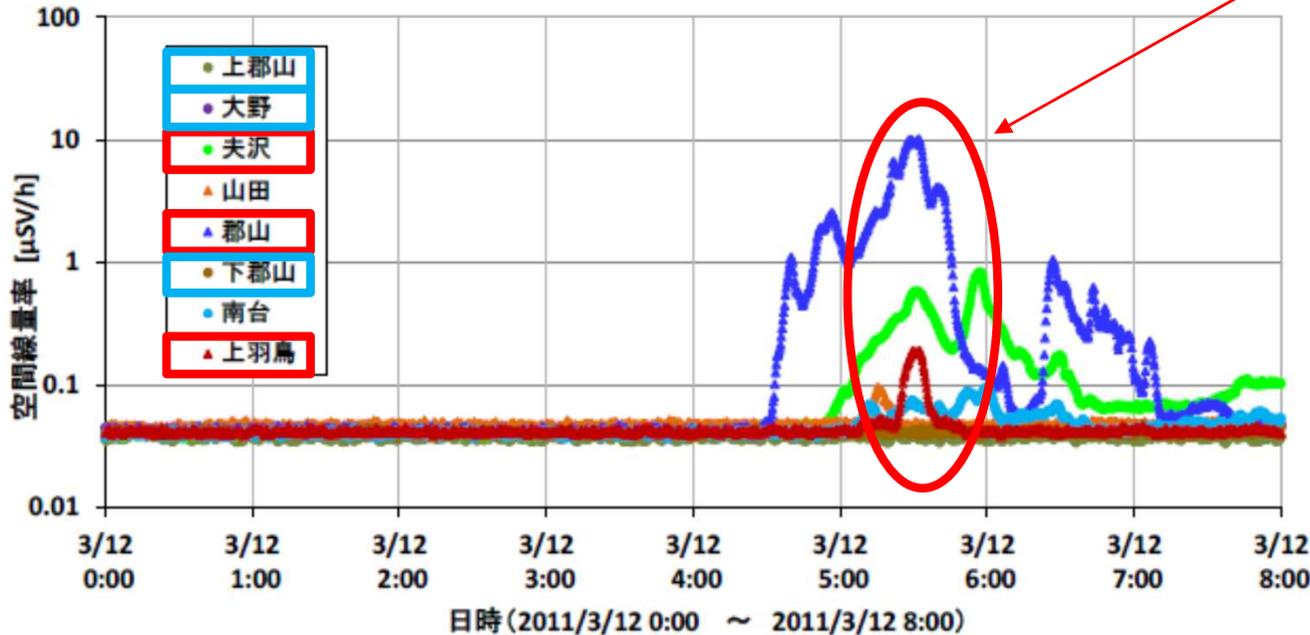


東京電力ホールディングス株式会社, “福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告,” 2017年12月25日より抜粋、一部加工

福島県, “平成23年3月11日~3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”より引用
<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>

核種放出のタイミングとメカニズムの分析(3 / 5)

□ [分析等] モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析



異なる箇所(モニタリングポスト)で同じ
時期にピークが観測されている。



図2 発電所敷地外の空間線量率モニタリングデータ[2]

参考文献

- [1] 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所における放射性物質の大気中への放出量の推定について”, 平成24年5月.
- [2] 福島県, “平成23年3月11日~3月31日(東日本大震災発生以降)にモニタリングポストで測定された空間線量率等の測定結果について”, <https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/post-oshirase.html>.

東京電力ホールディングス株式会社, “福島第一原子力発電所1~3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討 第5回進捗報告”, 2017年12月25日より抜粋、一部加工

論点等

- 異なる方向のモニタリングポスト(郡山、夫沢、上羽鳥等)でピークが一致している。
- 一方、一部のモニタリングポスト(上郡山、下郡山、大野)ではピークが観測されていない。
- モニタリングポストの空間線量率の測定間隔を整理する必要がある。

2号機燃料取扱機操作室調査について

2022年9月6日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

背景

- 当社は「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討」として、事故進展の解明にかかる取組みを継続。
- 事故進展にかかる多くの情報は廃炉作業の進捗とともに取得していくが、原子炉建屋内の事故の痕跡を留める場所については、事故時の情報が失われる前に先行して調査を行い、検討に役立てることを計画。

調査目的

- 2号機オペフロにある燃料取扱機操作室（FHM操作室）は2階の窓ガラスが破損しており、過去の調査により室内および屋上部に汚染が確認されている。
- FHM操作室は事故以降概ね手つかずの状況であり、放射性物質の主な放出経路であると推定しているシールドプラグの近傍にあることから、当該箇所を調査を実施することで、事故当時放出された放射性物質に関する情報を取得することを目的とする。
- なお、本調査は、原子力規制庁殿と協働で実施。

2. 調査概要

■ 室内の調査

(1) 入口扉①の開放（ヒンジおよびロックピンを切断）

（原子力規制庁殿の事前確認（2022.5.26）では開放不可を確認）

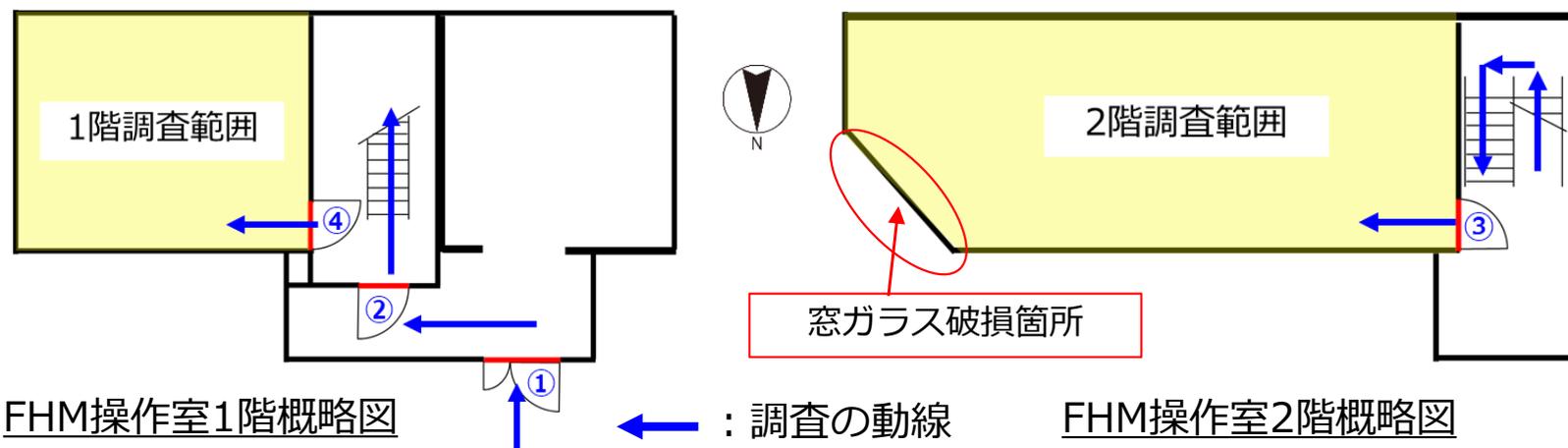
↓ 扉開放および入室可否を確認

(2) 1階、2階へ通じる扉②③④の開放およびアクセス性確認

↓ 扉開放およびアクセス性確保の可否を確認

(3) 室内の調査実施（遠隔操作ロボット（SPOT）を使用し、SPOTによる調査が困難な箇所は遠隔操作重機を使用して追加調査を実施）

- 線量測定
- スミア採取
- 解体前の室内状況（動画）の撮影



■ 室外（屋上部）の調査

- 遠隔操作重機を使用し、屋上部の231採取を実施

3. 1階機械室内の状況

- 壁面、天井面、床面、機器に大きな損傷はなし
- 入口付近の床面で最大28.0mSv/hの線量率を確認（測定箇所①）

画像A



画像B



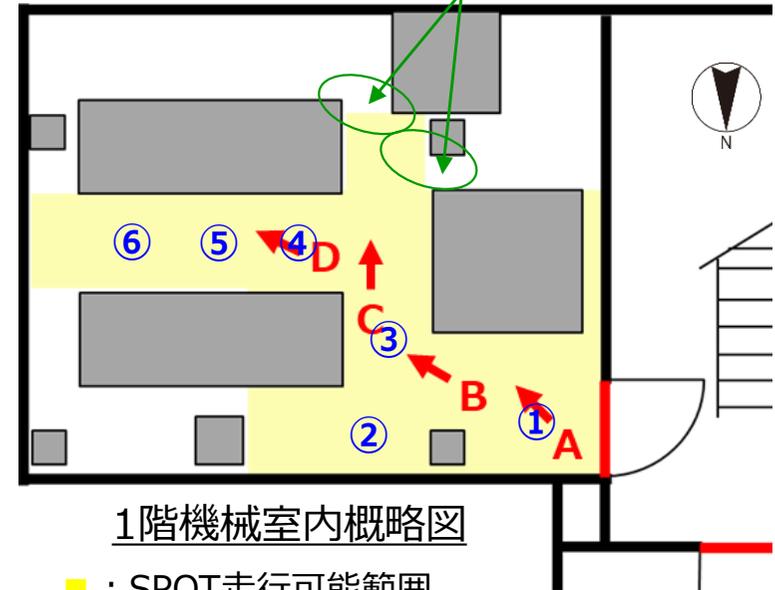
画像C



画像D



通路幅が狭く走行不可



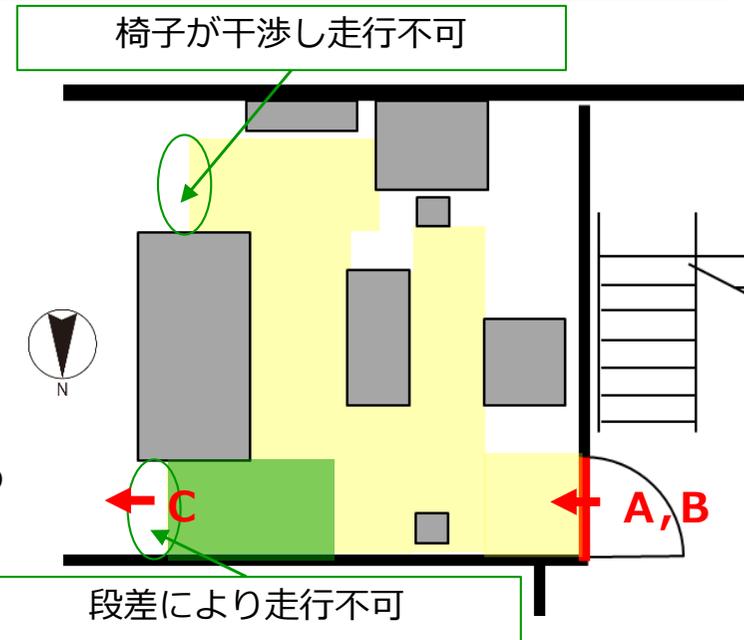
測定箇所	γ線線量率[mSv/h]	
	床上1500mm	床上50mm
①	14.2	28.0
②	14.4	23.2
③	13.1	16.1
④	12.5	15.3
⑤	13.2	15.3
⑥	15.9	21.7

- 線量計 RadEye GF-10
- ・メーカー : Thermo Fisher Scientific社
- ・測定範囲 : 5μSv/h～3Sv/h
- ・エネルギー範囲 : 50keV～3MeV

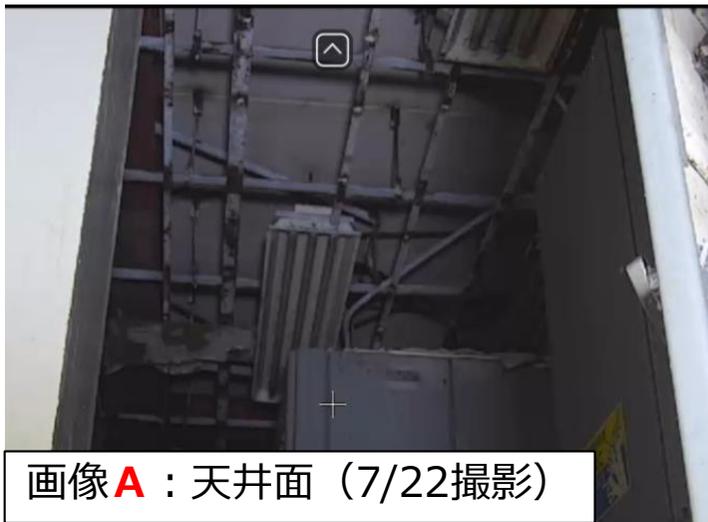
4. 2階操作室内の状況（西側その1）

- 天井の石膏ボードの落下を確認（画像A）
 - 破片を回収し線量測定およびスミア採取を実施
- OAフロア※の床板が外れて段差が生じ、SPOTによるアクセスが困難な箇所を確認（画像C）

※ネットワーク配線などのために床上に空間を作り床面を二重化したもの



- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- A~C : 画像撮影箇所



画像A : 天井面（7/22撮影）



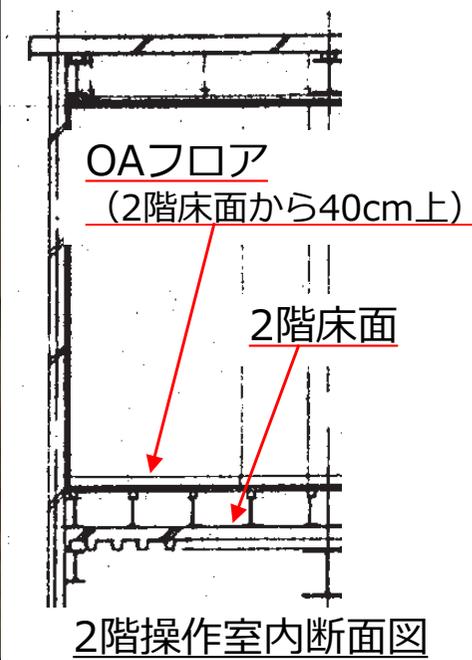
画像B : 床面（7/22撮影）



画像C（7/28撮影）

窓ガラス破損箇所

2階操作室内西側概略図



2階操作室内断面図

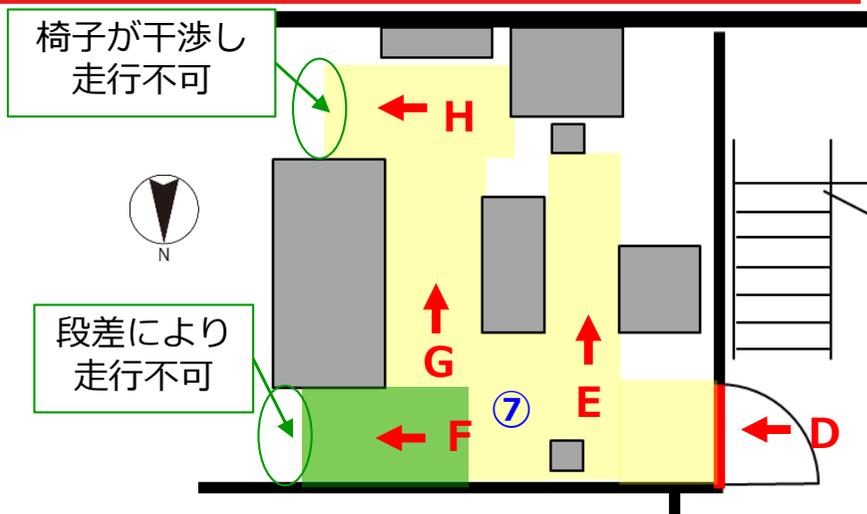
4. 2階操作室内の状況（西側その2）

- 入口付近の床面で54.2mSv/hの線量率を確認

画像D



画像E



γ線線量率[mSv/h]	
OAフロア上 1500mm	OAフロア上 50mm
48.9	54.2

- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- ⑦ : 線量率測定箇所（8/1測定）
- D~H : 画像撮影箇所（7/28撮影）

画像F



画像G



画像H



4. 2階操作室内の状況（東側）

- 北側壁面を取り外し後、遠隔操作重機を使用した調査を実施
- 天井の石膏ボードの落下および床面の段差を確認
- 窓ガラス破損箇所付近の床面で最大76.1mSv/hの線量率を確認

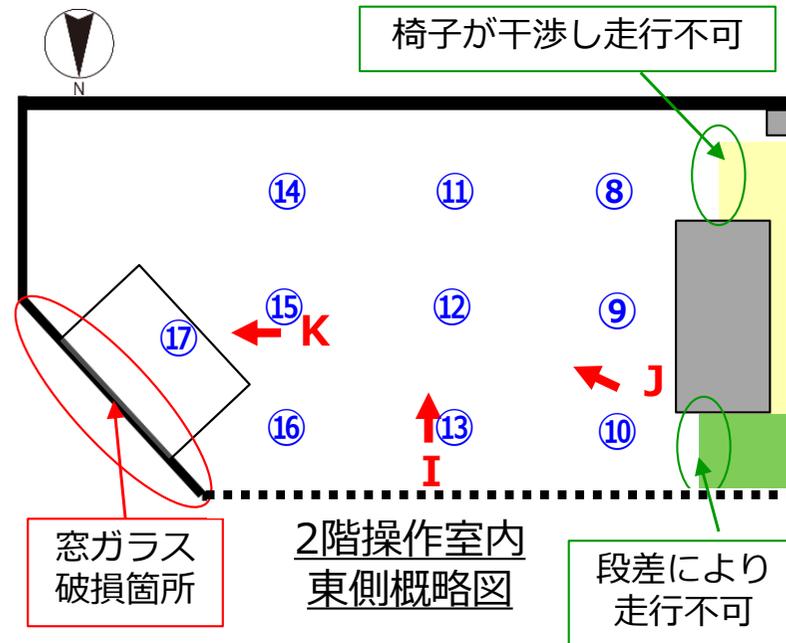
画像 I



画像 J



画像 K



測定箇所	γ線線量率 [mSv/h]
⑧	50.5※1
⑨	58.8※1
⑩	50.2※1
⑪	57.3※1
⑫	75.2※1
⑬	60.1※1
⑭	66.8※1
⑮	76.1※1
⑯	73.8※1
⑰	53.2※2

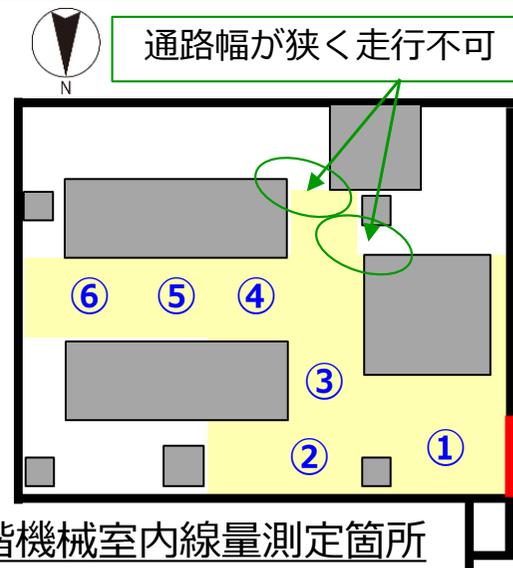
- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
- ⑧～⑰ : 線量率測定箇所 (8/29測定)
- I～K : 画像撮影箇所 (8/29撮影)

- ※1 : OAフロアから約500mmの高さで測定
- ※2 : 操作卓上(OAフロアから約1300mm)の高さで測定

5. 線量測定結果まとめ

■ 室内の線量測定により、2階の窓ガラス破損箇所から放射性物質を含む気体が流入し室内が汚染したという従来の推定を裏付ける結果を得た。

- 2階の線量率が1階より高いことを確認（測定箇所①～⑥と⑦を比較）。
- 2階東側の線量率は窓ガラス破損箇所に近づくにつれて高くなる傾向を確認（測定箇所⑧～⑬）。

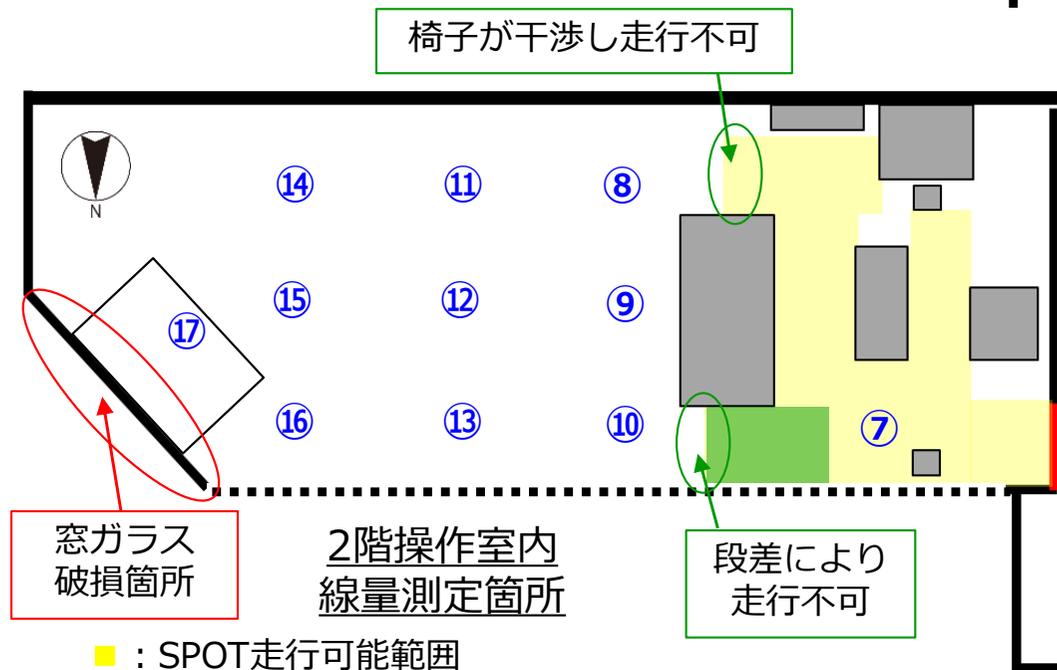


1階機械室内測定結果

2階操作室内測定結果

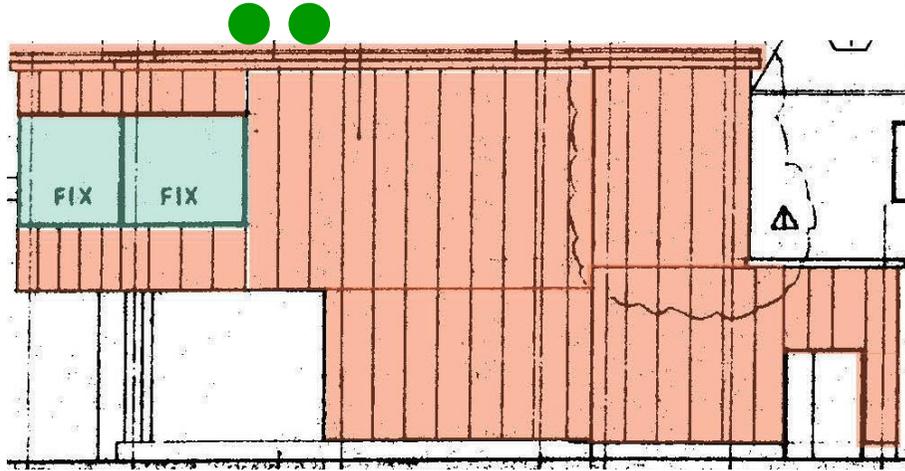
測定箇所	γ線線量率 [mSv/h]		測定箇所	γ線線量率 [mSv/h]	
①	14.2 ^{※1}	28.0 ^{※2}	⑦	48.9 ^{※1}	54.2 ^{※2}
②	14.4 ^{※1}	23.2 ^{※2}	⑧	50.5 ^{※3}	
③	13.1 ^{※1}	16.1 ^{※2}	⑨	58.8 ^{※3}	
④	12.5 ^{※1}	15.3 ^{※2}	⑩	50.2 ^{※3}	
⑤	13.2 ^{※1}	15.3 ^{※2}	⑪	57.3 ^{※3}	
⑥	15.9 ^{※1}	21.7 ^{※2}	⑫	75.2 ^{※3}	
⑦	48.9 ^{※1}	54.2 ^{※2}	⑬	60.1 ^{※3}	

※1：床面またはOAフロアから1500mmの高さで測定
 ※2：床面またはOAフロアから50mmの高さで測定
 ※3：OAフロアから約500mmの高さで測定
 ※4：操作卓上(OAフロアから約1300mm)の高さで測定

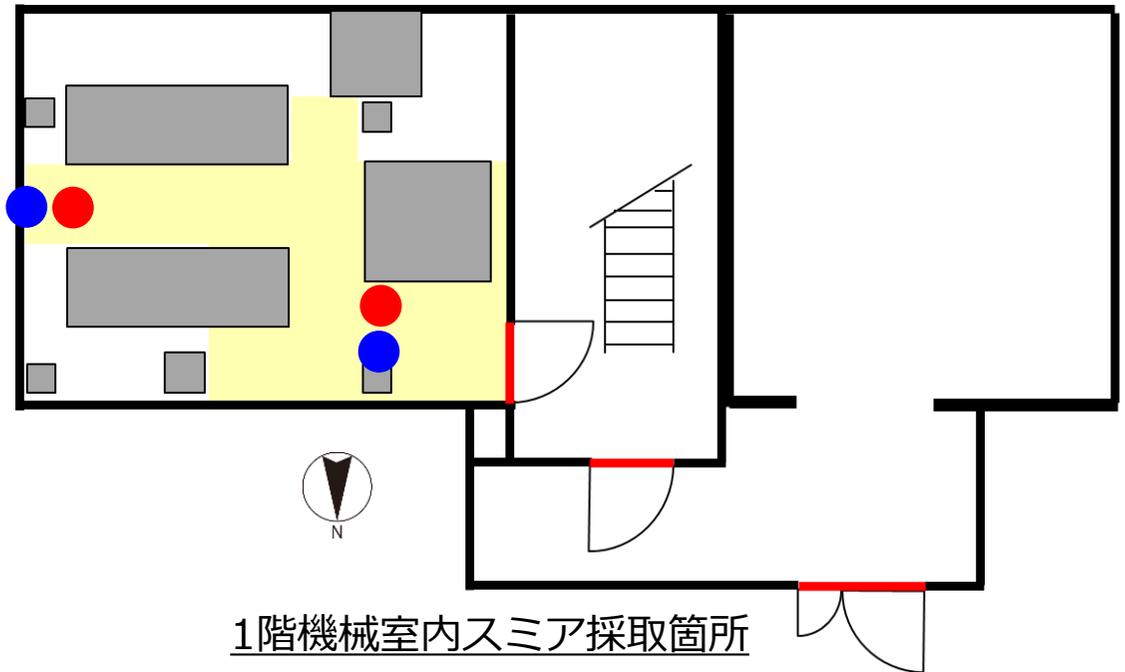


■ : SPOT走行可能範囲
 ■ : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア
 ● : 線量率測定箇所（⑧～⑬は北側壁面を取り外し後に測定）

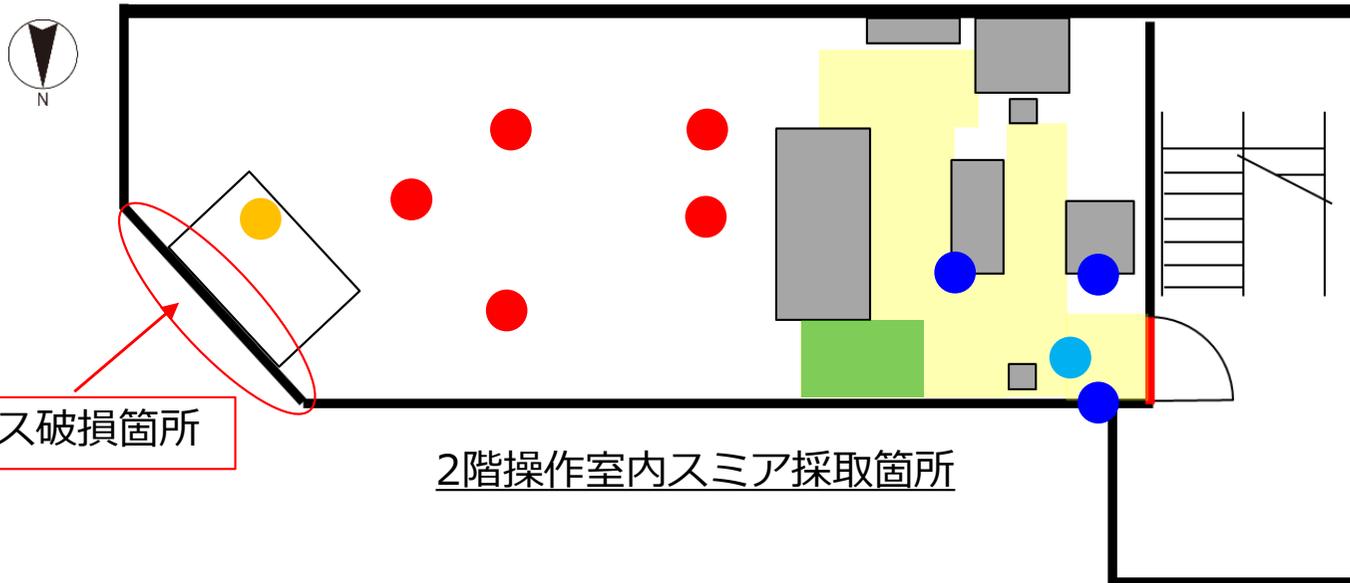
6. スミア採取箇所まとめ



屋上部スミア採取箇所



1階機械室内スミア採取箇所



窓ガラス破損箇所

2階操作室内スミア採取箇所

- : 床面
- : 壁面または機器表面
- : 石膏ボード破片回収箇所
- : 操作卓表面
- : 屋上部
- : SPOT走行可能範囲
- : SPOT走行によりOAフロアの床板が外れ、再走行不可となったエリア

採取したスミア試料は構内分析施設にて分析を実施中。構外分析施設での分析を検討。

<参考資料>

(参考1) 調査イメージ

(参考2) 遠隔操作ロボットSPOTの概要

(参考3) 階段室周辺の状況 (1階)

(参考4) 階段室周辺の状況 (2階)

(参考5) スミア試料の表面汚染密度・表面線量率測定結果

(参考6) FHM操作室北側壁面の取り外し状況

(参考7) 過去の調査結果 (特定原子力施設監視・評価検討会
(第71回) 資料2 (2019.5.20) より引用)

■ 室内調査イメージ

遠隔操作ロボット (SPOT)



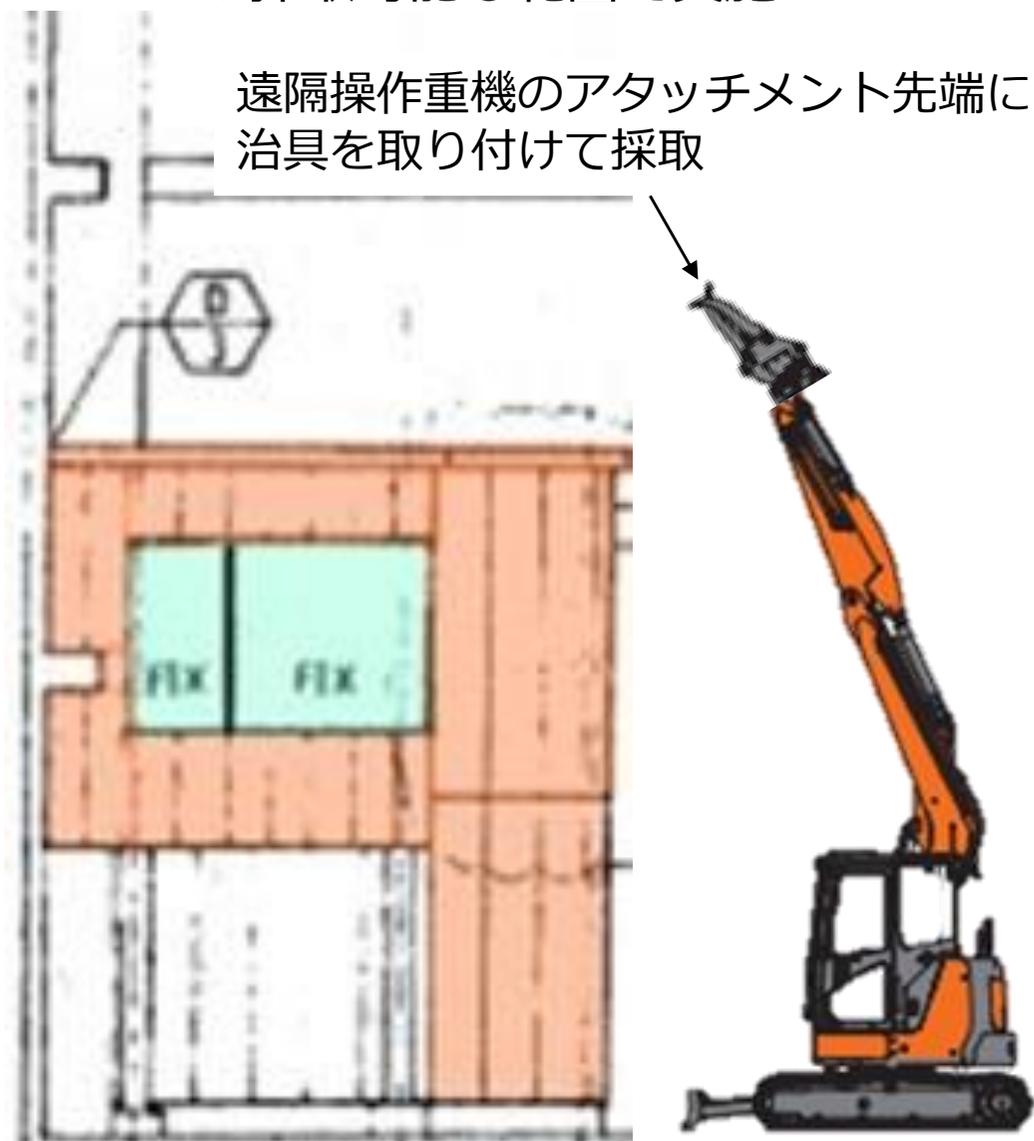
スミア採取用治具

線量計



■ 室外 (屋上部) スミア採取作業イメージ

※採取可能な範囲で実施



(参考2) 遠隔操作ロボットSPOT[®]の概要

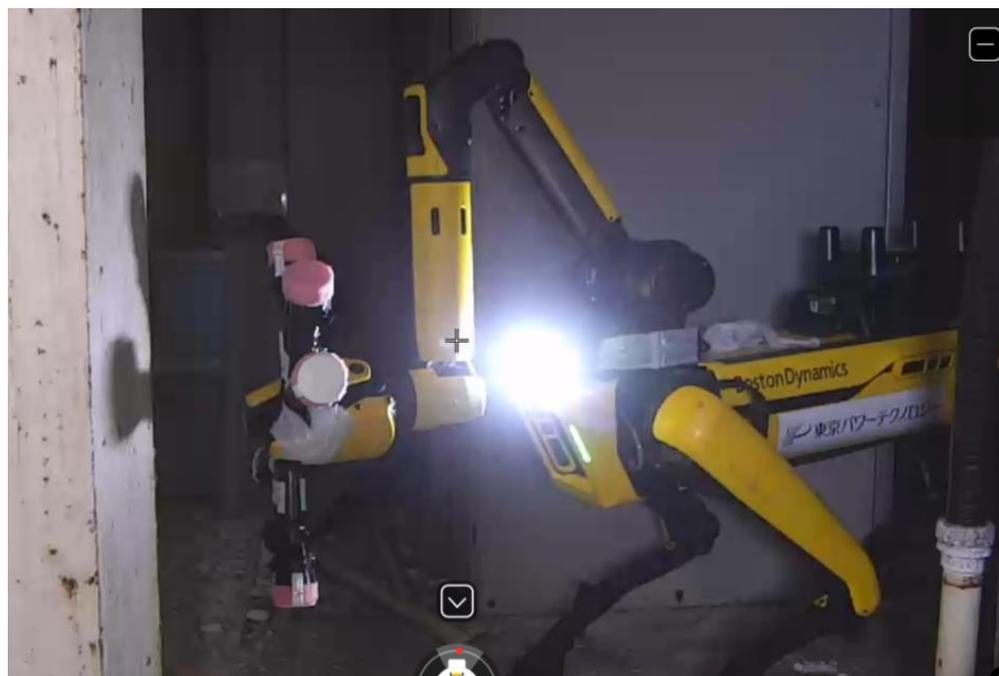
SPOT[®]の主な仕様

寸法	長さ1110mm、幅500mm、高さ610mm（歩行時）
重量	32.7kg
稼働時間	90分（積載物なしの状態）
最大積載量	14kg
今回の調査で実施した作業	<ul style="list-style-type: none">・アームを取り付けることでドアの開閉、線量測定、スミア採取を実施・カメラを積載することで撮影を実施

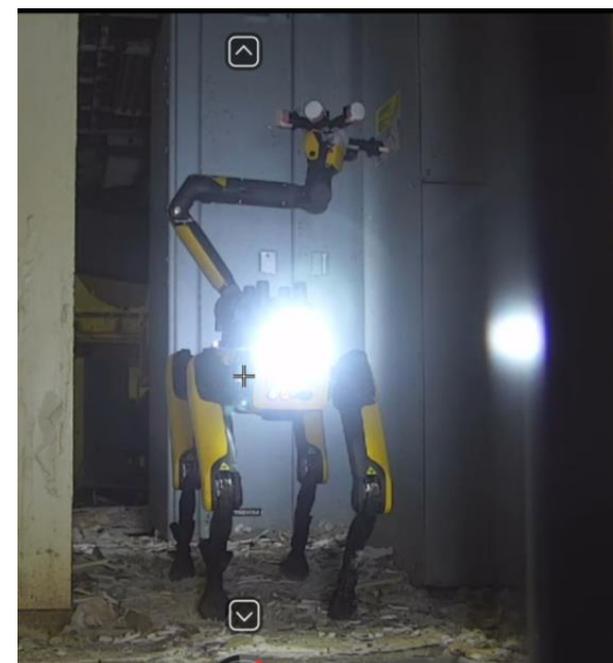
※海外製品を福島県内企業から調達



2階操作室扉開放の状況



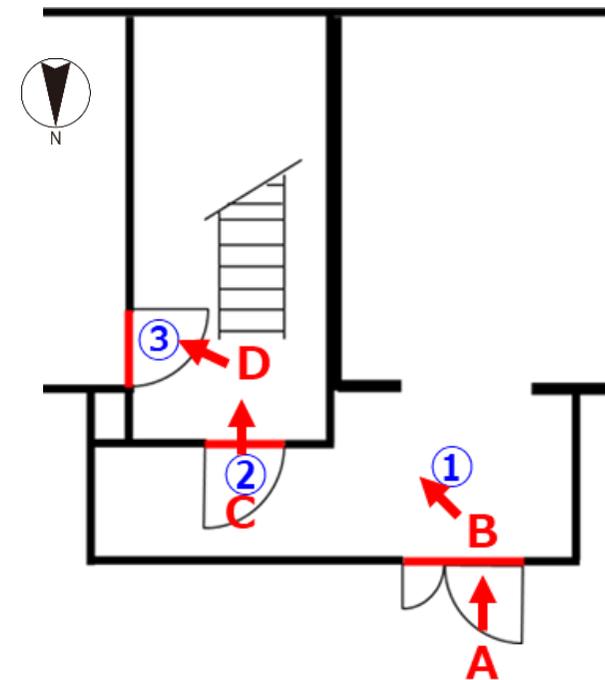
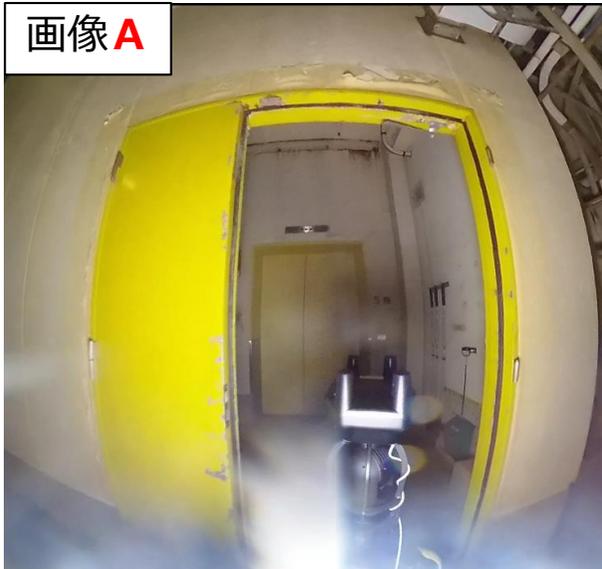
1階機械室内スミア採取の状況



2階操作室内スミア採取の状況

(参考3) 階段室周辺の状況 (1階)

- 壁面、天井面、扉に大きな損傷はなし
- 入口付近の床面 (測定箇所①) で最大31.2mSv/hを確認



FHM操作室1階概略図

①～③ : 線量測定箇所 (7/6,8/1測定)
 A～D : 画像撮影箇所 (7/7撮影)

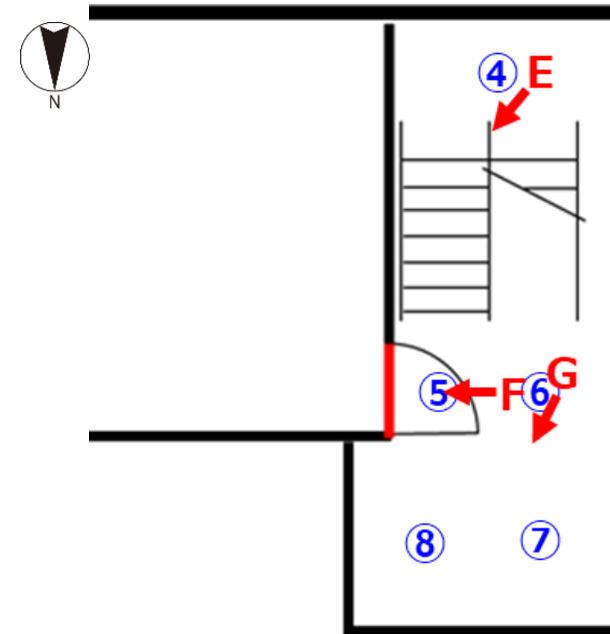


測定箇所	γ線線量率[mSv/h]	
	7/6測定	8/1測定
① (エレベータ前室)	25.0 ^{※1}	31.2 ^{※3}
	24.1 ^{※2}	28.3 ^{※2}
② (階段室扉前)	18.0 ^{※2}	14.7 ^{※3}
③ (1階機械室扉前)	12.7 ^{※2}	16.3 ^{※3}

※1 : 床面から700mmの高さで測定
 ※2 : 床面から1500mmの高さで測定
 ※3 : 床面から50mmの高さで測定

(参考4) 階段室周辺の状況 (2階)

- 壁面、天井面、扉、階段に大きな損傷はなし
- 2階は1階より高線量であり、操作室扉付近（測定箇所⑥）で最大41.0mSv/hを確認



FHM操作室2階概略図

④～⑧：線量測定箇所（7/6,8/1測定）
E～G：画像撮影箇所（7/7撮影）

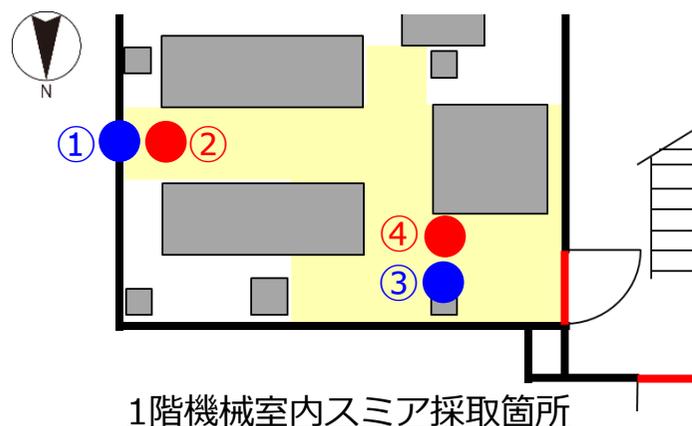


測定箇所	γ線線量率[mSv/h]	
	7/6測定※1	8/1測定※2
④（階段踊り場）	12.9	11.2
⑤（2階操作室扉前）	36.0	27.2
⑥（2階操作室扉近傍）	41.0	27.3
⑦（2階操作室扉近傍）	36.8	40.1
⑧（2階操作室扉近傍）	31.0	24.6

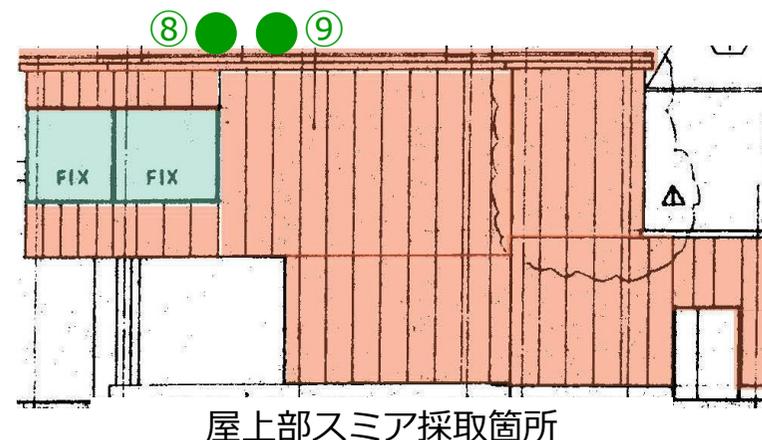
※1：床面から1500mmの高さで測定

※2：床面から50mmの高さで測定

(参考5) スミア試料の表面汚染密度・表面線量率測定結果 (その1)



- : 床面
- : 壁面
- : 屋上部
- : SPOT走行可能範囲

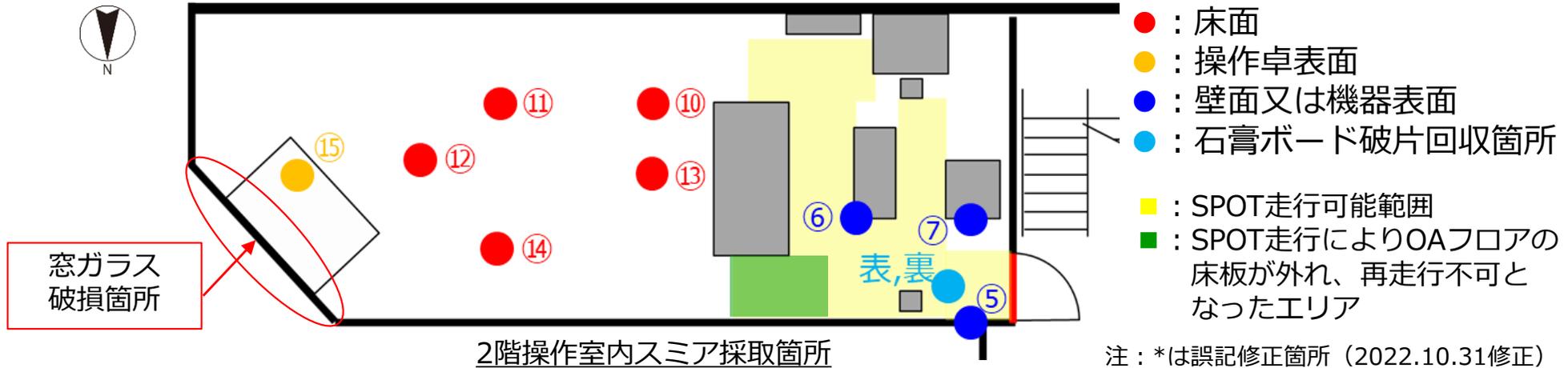


採取・測定日	No	α汚染			β汚染			表面線量率[mSv/h]			採取箇所
		BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG	γ	β+γ	
7/26	①	0	0	<1.97E-01	1500	2000	6.47E+00	0.10	0.10	0.10	1階機械室壁面
	②	0	0	<1.97E-01	1500	12000	1.36E+02	0.10	0.10	0.10	1階機械室床面
	③	0	0	<1.97E-01	1500	20000	2.39E+02	0.10	0.10	0.10	1階機械室壁面
	④	0	0	<1.97E-01	1500	25000	3.04E+02	0.10	0.10	0.15	1階機械室床面
8/4	⑧	0	20	4.37E-01	1500	30000	3.69E+02	0.05	0.05	0.30	屋上部
	⑨	0	0	<1.97E-01*	1500	12000	1.36E+02	0.05	0.05	0.10	屋上部

注：*は誤記修正箇所（2022.10.31修正）

α汚染計数率測定機器：ZnS(Ag)シンチレーション検出器 / β汚染計数率測定機器：GMサーベイメータ / 表面線量率測定機器：電離箱式サーベイメータ

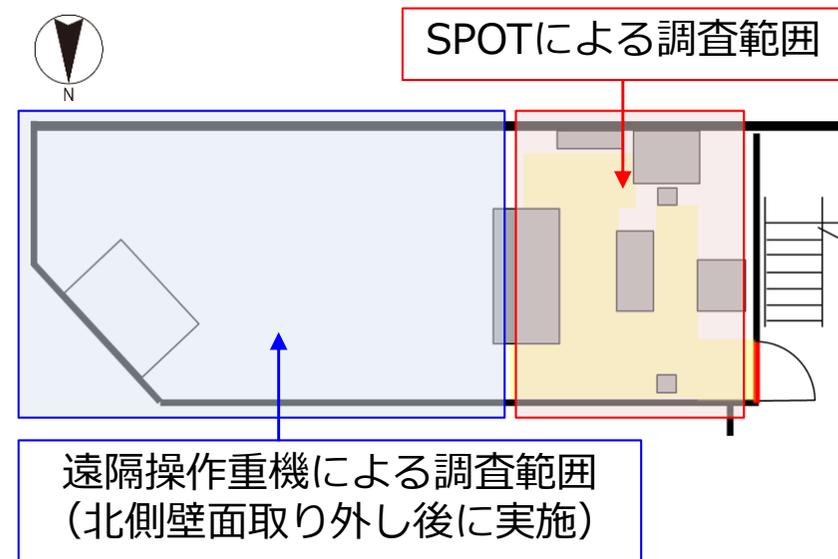
(参考5) スミア試料の表面汚染密度・表面線量率測定結果 (その2)



採取・測定日	No	α汚染			β汚染			表面線量率[mSv/h]			採取箇所
		BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG [cpm]	計数率 [cpm]	表面汚染密度 [Bq/cm ²]	BG	γ	β+γ	
8/2	表	0	0	<1.97E-01*	2000*	65000	8.15E+02	0.05	0.05	2.40	石膏ボード (表)
	裏	0	0	<1.97E-01*	2000*	70000	8.80E+02	0.05	0.05	0.70	石膏ボード (裏)
	-	-	-	-	-	-	-	0.05	4.00	200.0	石膏ボード本体 (表)
	-	-	-	-	-	-	-	0.05	4.00	200.0	石膏ボード本体 (裏)
8/3	⑤	0	0	<1.97E-01	2000*	60000	7.51E+02	0.03	0.03	0.30	2階操作室壁面
	⑥	0	0	<1.97E-01	2000*	15000	1.68E+02	0.03	0.03	0.04	2階操作室電源盤壁面
	⑦	0	0	<1.97E-01	2000*	15000	1.68E+02	0.03	0.03	0.04	2階操作室電源盤壁面
8/24	⑩	0	0	<1.97E-01	2000	10000	1.04E+02	0.05	0.05	0.15	2階操作室床面
	⑪	0	0	<1.97E-01	2000	22000	2.59E+02	0.05	0.05	0.25	2階操作室床面
	⑫	0	0	<1.97E-01	2000	12000	1.29E+02	0.05	0.05	0.18	2階操作室床面
	⑬	0	0	<1.97E-01	2000	19000	2.20E+02	0.05	0.05	0.25	2階操作室床面
	⑭	0	0	<1.97E-01	2000	15000	1.68E+02	0.05	0.05	0.10	2階操作室床面
	⑮	0	60	1.31E+00	2000	50000	2.21E+02	0.05	0.05	1.00	操作卓表面

(参考6) FHM操作室北側壁面の取り外し状況

- 北側壁面（パネル）の解体は、SPOTによる調査済み箇所のパネルを室内側に押し込んでパネルを掴む空間を作り、未調査箇所周辺のパネルを掴んで室外側に取り外す方法で実施
 - ▶ パネルの破片が室内へ落下する影響が最小限となるよう考慮
- スミア採取はパネルの破片の落下による影響が少ない箇所を選定して実施



2階操作室内概略図

(参考7) 過去の調査結果：オペフロの空間線量率(γ線線量率※) TEPCO

■ 測定条件

- ・測定高さ: 床面から1.5m

■ 調査結果

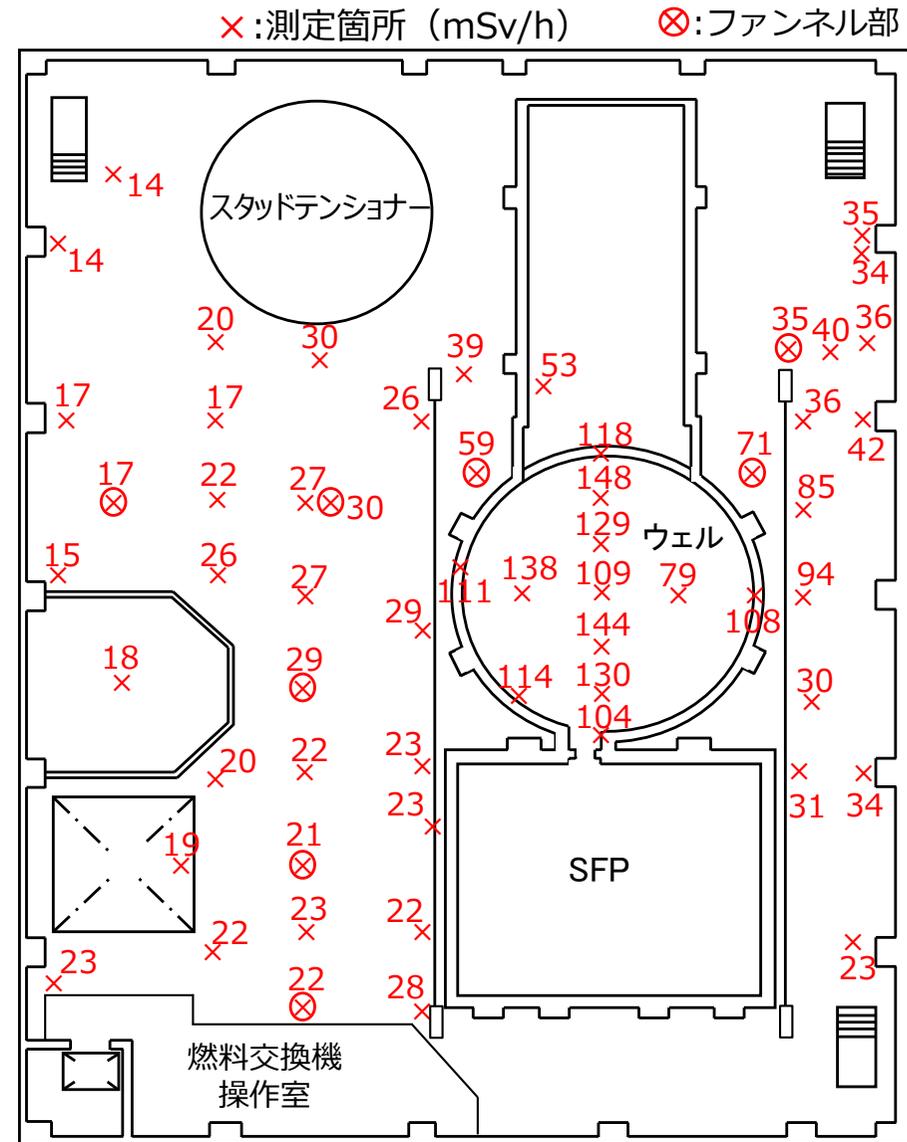
・線量分布:

線量率の各測定結果は右図参照。ウェル上が最も高いが、2012年度に計測した時点より、減衰等の影響で大幅に低下している。

・主要線源の把握:

ウェル上から離れるにしたがって線量が低くなる傾向があるため、主要線源がウェルと推定。

その他、燃料交換機操作室やスタッドテンシヨナー付近で空間線量率が僅かに上昇することから、全体空間の線量に寄与しないまでも、スポット的な汚染源が存在していると推定。



※1cm線量当量率

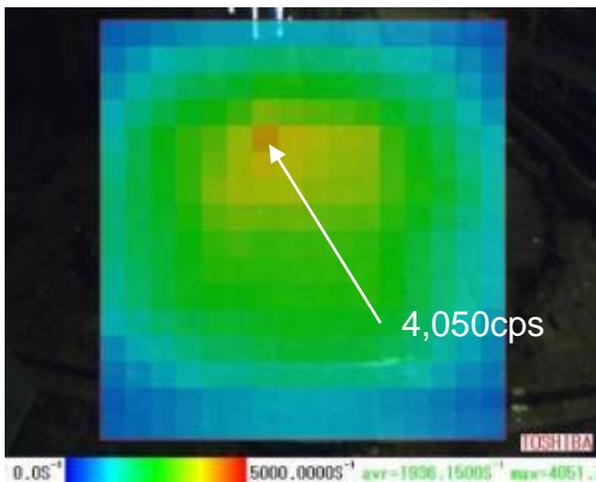
(参考7) 過去の調査結果：γカメラによる確認結果



■ 主要線源 (ウェル)

【推定原因】

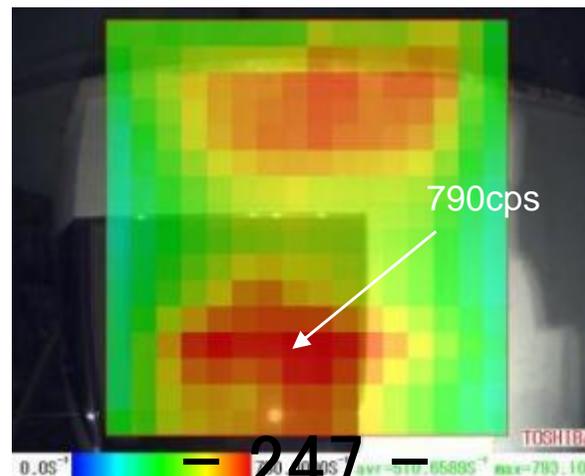
- ・ 事故時の蒸気がウェルと養生シートの間に滞留し、その後乾燥したことで主要線源となっていると推定



■ スポット汚染① (燃料交換機操作室)

【推定原因等】

- ・ 操作室の内部と屋上の双方にスポット汚染あり
- ・ 屋上は、堆積していたほごりに蒸気に随伴した放射性物質が付着したものと推定
- ・ 室内は、窓ガラスの破損箇所から流入した汚染が結露水により室内床面に集積したものと推定

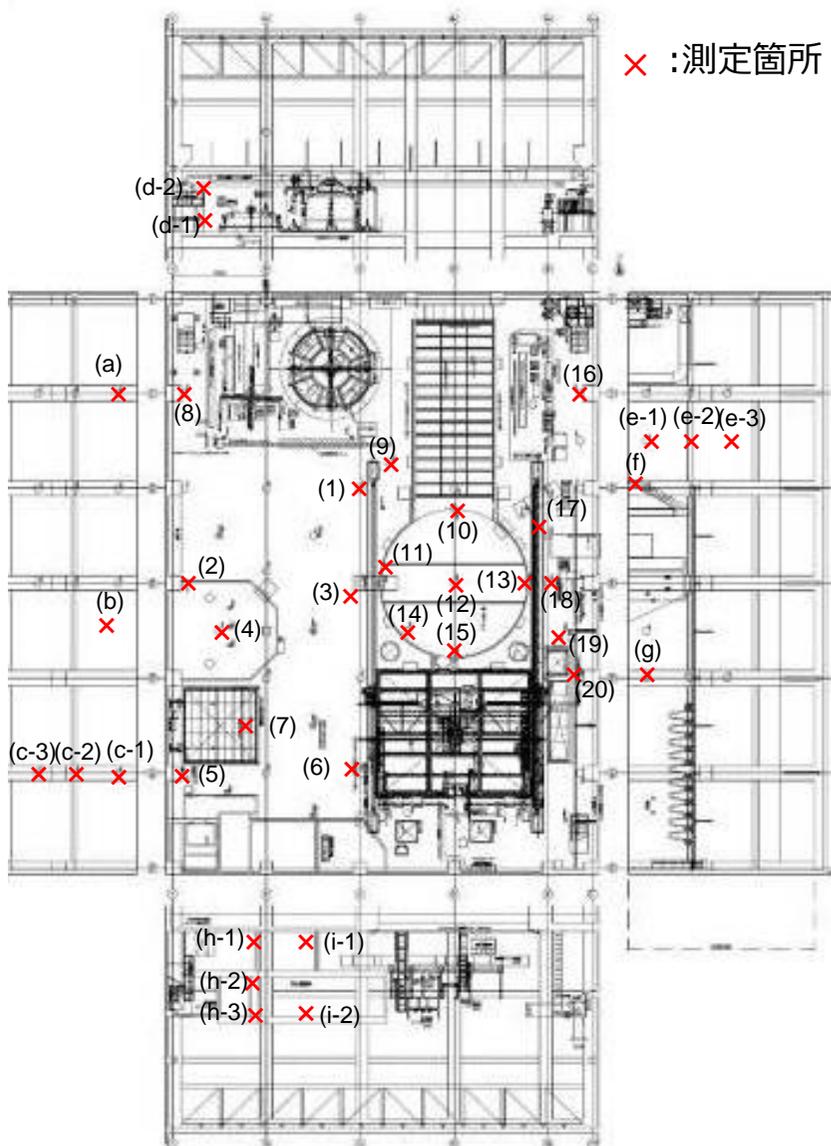


(参考 7) 過去の調査結果：オペフロの表面汚染密度分布



■ 調査結果

・ 表面汚染密度：右表参照



測定箇所	(Bq/cm ²)				α線放出核種※
	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	
(1)	—	6.9×10 ⁵	検出限界未満	—	8.6×10 ⁰
(2)	9.5×10 ³	1.0×10 ⁵	8.8×10 ¹	1.1×10 ⁴	4.3×10 ⁻¹
(3)	—	6.1×10 ⁵	検出限界未満	—	7.5×10 ⁰
(4)	2.4×10 ⁴	2.5×10 ⁵	3.6×10 ²	2.5×10 ⁴	2.1×10 ⁰
(5)	—	4.3×10 ⁵	検出限界未満	—	3.0×10 ⁰
(6)	—	1.8×10 ⁶	検出限界未満	—	1.5×10 ¹
(7)	—	3.1×10 ⁵	検出限界未満	—	1.5×10 ⁰
(8)	—	3.3×10 ⁵	検出限界未満	—	5.3×10 ⁰
(9)	—	2.8×10 ⁵	検出限界未満	—	5.3×10 ⁻¹
(10)	—	6.4×10 ⁵	検出限界未満	—	3.2×10 ¹
(11)	—	6.7×10 ⁵	検出限界未満	—	6.4×10 ⁰
(12)	—	9.7×10 ⁵	検出限界未満	—	1.1×10 ¹
(13)	—	8.2×10 ⁵	検出限界未満	—	2.1×10 ⁻¹
(14)	—	6.1×10 ⁵	検出限界未満	—	2.6×10 ¹
(15)	—	5.1×10 ⁵	検出限界未満	—	6.0×10 ⁰
(16)	—	1.0×10 ⁶	検出限界未満	—	7.5×10 ⁰
(17)	2.0×10 ⁴	2.0×10 ⁵	1.1×10 ²	8.5×10 ³	6.4×10 ⁰
(18)	—	2.9×10 ⁶	検出限界未満	—	4.6×10 ⁰
(19)	—	4.4×10 ⁵	検出限界未満	—	8.6×10 ⁰
(20)	4.9×10 ³	5.1×10 ⁴	8.8×10 ¹	5.5×10 ³	1.3×10 ⁰
(a)	—	1.3×10 ⁴	検出限界未満	—	検出限界未満
(b)	8.6×10 ¹	8.8×10 ²	1.2×10 ⁰	1.1×10 ²	検出限界未満
(c-1)	5.4×10 ¹	5.6×10 ²	検出限界未満	5.8×10 ¹	検出限界未満
(c-2)	2.8×10 ³	3.0×10 ⁴	2.8×10 ¹	2.3×10 ³	8.6×10 ⁻¹
(c-3)	2.2×10 ²	2.5×10 ³	3.4×10 ⁰	2.5×10 ²	検出限界未満
(d-1)	1.4×10 ²	1.4×10 ³	3.1×10 ⁰	1.6×10 ²	検出限界未満
(d-2)	3.2×10 ¹	3.5×10 ²	5.6×10 ⁻¹	2.4×10 ¹	検出限界未満
(e-1)	8.2×10 ²	8.2×10 ³	2.1×10 ¹	2.2×10 ³	1.1×10 ⁰
(e-2)	5.4×10 ¹	5.8×10 ²	1.3×10 ⁰	6.6×10 ¹	4.3×10 ⁻¹
(e-3)	1.5×10 ¹	1.5×10 ²	検出限界未満	1.0×10 ¹	検出限界未満
(f)	—	3.2×10 ⁵	検出限界未満	—	2.1×10 ¹
(g)	1.2×10 ²	1.3×10 ³	3.0×10 ⁰	1.2×10 ²	2.1×10 ⁻¹
(h-1)	3.0×10 ²	3.0×10 ³	検出限界未満	9.8×10 ¹	検出限界未満
(h-2)	4.3×10 ³	4.6×10 ⁴	検出限界未満	検出限界未満	7.5×10 ⁻¹
(h-3)	3.0×10 ²	3.1×10 ³	検出限界未満	1.1×10 ²	5.3×10 ⁻¹
(i-1)	4.9×10 ³	5.0×10 ⁴	検出限界未満	3.4×10 ²	4.3×10 ⁻¹
(i-2)	5.6×10 ³	6.2×10 ⁴	1.4×10 ²	7.4×10 ³	4.3×10 ⁰

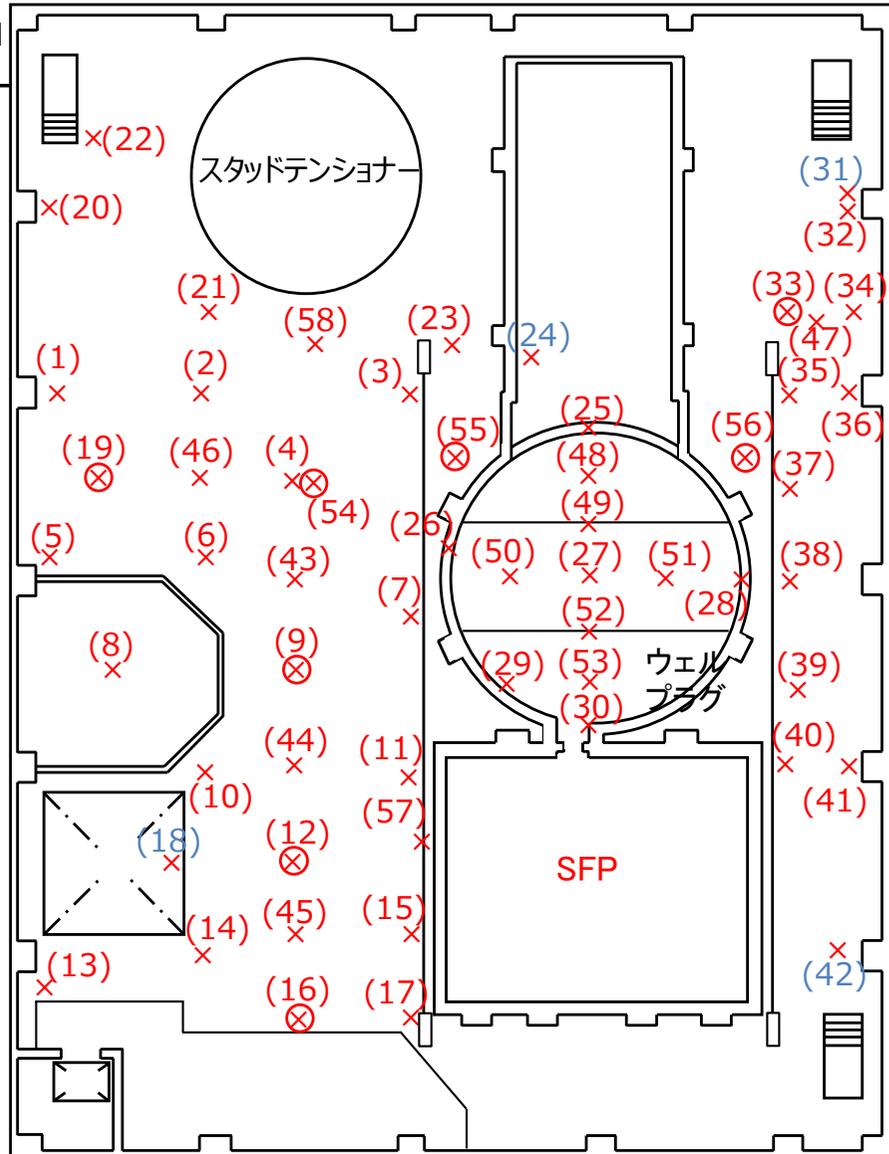
(参考7) 過去の調査結果：オペフロ床面の表面線量率



■ 表面線量率 (γ 線線量率※1) ($\beta+\gamma$ 線線量率※2) の測定結果

×:測定箇所 ⊗:ファンネル部

(mSv/h)



測定箇所	γ^{*1}	$\beta+\gamma^{*2}$	備考
(1)	0.2	40	
(2)	0.2	17	
(3)	0.3	57	
(4)	0.2	86	
(5)	0.4	79	
(6)	0.3	74	
(7)	1.9	46	
(8)	0.1	18	
(9)	1.8	306	ファンネル部
(10)	0.5	74	
(11)	0.3	58	
(12)	3.6	312	ファンネル部
(13)	0.5	62	
(14)	0.6	135	
(15)	0.3	77	
(16)	0.4	24	ファンネル部
(17)	0.9	11	
(18)	1.0	45	
(19)	1.9	126	ファンネル部
(20)	0.3	40	
(21)	0.3	184	
(22)	0.3	74	
(23)	1.8	139	
(24)	2.5	165	
(25)	6.4	645	隙間部
(26)	8.0	1030	隙間部
(27)	12	1410	
(28)	1.0	317	隙間部
(29)	2.0	926	
(30)	3.7	625	隙間部

測定箇所	γ^{*1}	$\beta+\gamma^{*2}$	備考
(31)	1.0	73	
(32)	3.9	343	
(33)	4.5	156	ファンネル部
(34)	3.2	102	
(35)	0.6	58	
(36)	0.6	106	
(37)	2.3	133	
(38)	5.2	302	
(39)	0.3	42	
(40)	1.1	98	
(41)	2.2	105	
(42)	0.5	42	
(43)	0.5	130	
(44)	0.2	45	
(45)	0.2	62	
(46)	0.1	68	
(47)	1.5	204	
(48)	12	930	
(49)	13	3060	隙間部
(50)	7.1	1220	
(51)	8.0	247	
(52)	15	2720	隙間部
(53)	5.0	508	
(54)	6.0	769	ファンネル部
(55)	3.0	281	ファンネル部
(56)	8.6	503	ファンネル部
(57)	1.1	79	
(58)	0.6	173	

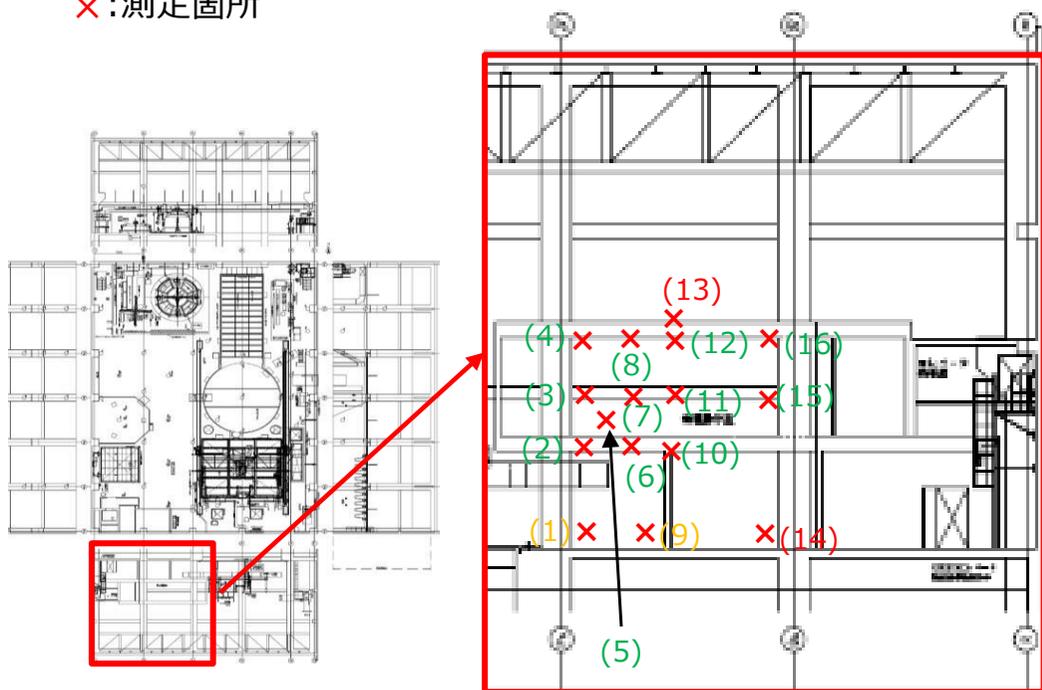
※1 : 1cm線量当量率、床上@30.5cmコリメート付線量計で測定
 ※2 : 70 μ m線量当量率、床上@0.5cmコリメート付線量計で測定
 注 : 青字は既設機器との干渉により、1m以上離して測定した箇所

(参考 7) 過去の調査結果：FHM操作室壁面の表面線量率



■ 表面線量率 (γ 線線量率^{※1}) ($\beta+\gamma$ 線線量率^{※2}) の測定結果

×:測定箇所



測定箇所	γ ^{※1}	$\beta+\gamma$ ^{※2}	備考
(1)	1.2	53	
(2)	1.2	36	
(3)	1.4	92	ガラス面
(4)	1.4	102	
(5)	3.4	67	
(6)	2.8	61	
(7)	1.5	72	ガラス面
(8)	1.2	80	
(9)	1.9	99	
(10)	1.8	56	
(11)	1.4	61	
(12)	2.8	69	
(13)	1.9	427	屋上面
(14)	0.3	24	
(15)	0.9	50	
(16)	2.6	56	

※ 1 : 1cm線量当量率、壁面@30.5cm コリメート付線量計で測定
 ※ 2 : 70 μ m線量当量率、壁面@0.5cm コリメート付線量計で測定

注：緑字は干渉物により測定箇所より100mm程度離れて測定した箇所
 黄字は燃料交換機操作室基礎との干渉により測定箇所から離れて測定した箇所

福島第一原子力発電所事故調査 中長期計画の取り組み状況

2022年9月6日



東京電力ホールディングス株式会社

- 福島第一原子力発電所（以下、1F）事故の調査・分析は、事故の当事者である当社の責務である。これまでに「社内事故調査報告書」や「原子力安全改革プラン」、「未解明問題検討」において、事故に関する事実関係の整理や原因分析、教訓の抽出等の調査・分析を行い、多くの事項を明らかにし、国会事故調等の指摘事項を含めて、適宜安全対策に反映してきた。二度と同じような事故を起こさないために、**今後も事故の全容解明に資する情報の取得（事故進展の理解深化）や発電用原子炉の更なる安全性向上を目的に、現場からの情報を取得（事故状況確認）し、活用することで多くの教訓を引き出し、安全対策に反映していく必要がある。**
- 他方で、1Fの廃炉作業を着実に進めることも重要である。現場作業に伴って事故の調査・分析に有用な新知見が得られることがあるが、適切にデータが採取されないと現場状況が改変して貴重な情報が失われてしまうおそれがある。事故の調査・分析の項目を整理・共有したうえで、現場作業を進めていく必要がある。
- このような背景から、**2021年1月に「福島第一原子力発電所事故の現場調査・分析に関する情報共有会議」を設置し、福島第一廃炉推進カンパニーと原子力・立地本部の組織の壁を越えた協力・連携の体制を構築した。廃炉の工程や事故調査の二ーズを定期的に（毎月）情報交換し、事故の調査・分析の取組みを進めている。**
- 2021年11月、今後の1F事故調査を計画的かつ主体的に進めていくために、1F事故調査の中長期計画を策定・公表した。
- 最新の作業進捗や状況を踏まえて、ここで改訂を行う。

1F事故調査中長期計画は、以下のとおり策定・運用する。

- 至近(～1年)、短期(～3年)、中期(～10年)、時期未定の**4区分で記載**。
 - ✓ 事故調査の実施時期は廃炉作業の進捗等により影響を受けるため、将来のものほど確度が低く、状況次第では延期・中止もありうる。
 - ✓ “至近”に計画されているものについては、詳細情報が掲載された「現場作業リスト」に基づき、関係者間の情報共有や対応を行う。
- エリア毎に事故調査項目を整理して**年表形式で全体の調査計画**を示すとともに、**個別スライドにて個々の調査概要を記載**する。
- 計画策定において重要となる以下の**インプット情報を収集・整理**し、計画に適宜反映。
 - ✓ 事故調査に大きく影響する廃炉作業のステップ（関連機器の撤去など）
 - ✓ 社内外の関係者のニーズ
 - ✓ 当社の対外約束事項
- 重要な調査事項は、関連の廃炉作業の有無に関わらず、**精力的に現場調査を計画**。
- **廃炉作業の進捗に応じて改定（年1回、最新状況を反映）**。(合わせて公表実績等の活動成果を集約)
- なお、本資料にあげた現場調査以外でも、廃炉作業の中で有用な情報が得られる可能性がある。

■ これまでの取り組み（詳細な取り組み状況は、資料2を参照）

- 2021年度に予定していた調査計画については、全て予定通り調査に取り組み、目的に応じた結果を得ている状況。なお、現在も継続して実施している計画もある。
 - ✓ 1,2号機原子炉建屋上部階調査：完了
 - ✓ 1,2号機排気筒下部撤去（1,2号機SGTS配管撤去）：継続実施中（当初計画より遅延）
 - ✓ 1号機原子炉格納容器内部調査：継続実施中
 - ✓ 2号機シールドプラグ穿孔調査：完了
 - ✓ 2号機原子炉建屋滞留水水位低下：完了
 - ✓ 3号機MSIV室滞留水詳細分析：採水は完了、分析中
 - ✓ 1~4号機SGTS室調査、フィルタの核種分析：調査は完了

■ 今後の取り組み（詳細な取り組み状況は、資料2を参照）

- 2022年度は、現在継続実施をしている調査に加え、以下の調査を計画。
 - ✓ 2号機FHM操作室解体前調査
 - ✓ 2号機原子炉建屋地下階調査
- 2022年3月に見直しを行った「廃炉中長期実行プラン2022」を調査計画に反映。（資料1を参照）

■ 得られた知見の運転炉への反映

- 3号機RHR配管の滞留ガスに関しては、使用後の系統のベント操作などの手順の追加を検討中。
- その他は現時点で対応要となるものはないが、引き続き現場状況を注視し、運転炉へ反映が必要となる可能性がある知見が得られた場合には、設備設計や操作手順への反映等の検討を行う。

重要なインプット情報①

○事故調査に大きく影響する廃炉作業のステップ(1/2)

No.	廃炉作業内容	実施時期	対象エリア
1	1号機PCV内部調査	至近	PCV 全般
2	1号機 建屋内外環境改善 (線量低減/干渉物撤去 等)	中期	R/B 建屋全般 屋外
3	1号機ガレキ撤去 (FHM, 天井クレーン含む)	中期	R/B オペフロ
4	1号機オペフロ除染・遮へい	中期	R/B オペフロ
5	1号機滞留水詳細分析	短期	R/B建屋全般
6	2号機R/B水位低下 (S/CのRCICノズル部以下に低下)	完了	R/B トーラス室
7	2号機オペフロ除染・遮へい	短期	R/B オペフロ
8	2号機 建屋内環境改善 (線量低減/干渉物撤去 等)	短期	R/B 建屋全般
9	2号機FHM操作室解体前調査	至近	R/B オペフロ
10	2号機試験的取り出し・内部調査	短期	PCV デブリ PCV 全般
11	2号機燃料デブリの性状分析 (試験的取り出し時)	短期	PCV デブリ

重要なインプット情報①

○事故調査に大きく影響する廃炉作業のステップ(2/2)

No.	廃炉作業内容	実施時期	対象エリア
12	2号機燃料デブリ取り出し (段階的な取り出し規模拡大時)	中期	PCV デブリ
13	2号機燃料デブリ性状分析 (段階的な取り出し規模拡大時)	中期	PCV デブリ
14	2号機RPV内部調査	短期	RPV デブリ
15	3号機MSIV室 滞留水詳細分析	至近	R/B 建屋全般
16	3号機 建屋内外環境改善 (線量低減/干渉物撤去 等)	中期	R/B 建屋全般 屋外
17	3号機PCV内部調査	中期	PCV 全般
18	1/2号機排気筒下部撤去	中期	屋外
19	3/4号機排気筒撤去	中期	屋外
20	1/2/3号機事故時の滞留ガスに関わる検討・調査 (3号機 RHR配管で確認した滞留ガスに関わる対応)	短期 (時期調整中)	PCV R/B

重要なインプット情報②

○社内外のニーズ(1/2)

No.	機関	現場調査事項	実施時期	対象エリア
1	原子力 規制庁	1/2号機SGTSフィルタトレインの汚染状況調査	未定	R/B 個別機器・系統
		不活性ガス系の汚染状況調査	未定	
2	"	SGTS、排気筒等の線量率測定	至近	R/B 個別機器・系統
		ベントライン、SGTS等の線量率測定※1	完了	
3	"	原子炉建屋内空調ダクト等の汚染分布調査	(未定)	R/B 建屋全般
4	"	1~3号機シールドプラグ裏面、原子炉ウェル等の汚染状況調査（追加汚染調査）※2	短期	R/B オペフロ
5	"	3Dレーザスキャナによる損傷状況調査	短期	R/B 建屋全般
6	"	原子炉建屋内の汚染状況調査	至近（適宜）	R/B 建屋全般
7	"	シールドプラグの形状変形調査	(未定)	R/B オペフロ
8	原子力 規制庁/ 社内	ケーブル等の加熱による有機化合物等の確認実験（原子炉格納容器内での可燃性ガスの発生の可能性確認）※3	至近	R/B 個別機器・系統

※1：2020年度に実施済（公表状況は「【参考】事故調査関連の社外公表実績」参照）

※2：2号機シールドプラグは、規制庁と協働で調査済（公表状況は「【参考】事故調査関連の社外公表実績」参照）

※3：ケーブル3種類、塗料1種類、保潔材2種類試験及び評価を2021年度内に実施。

2022年度内に塗料1種類を実施予定。

重要なインプット情報②

○社内外のニーズ(2/2)

No.	機関	現場調査事項	実施時期	対象エリア
9	社内	1号機原子炉建屋2階現場原子炉圧力計の健全性調査	(未定)	R/B 個別機器・系統
10	〃	1～3号機 SRV状態確認	(未定)	R/B 個別機器・系統
11	〃	1号機タービン建屋地下階の調査 (循環水系、補機冷却系、D/G 冷却系配管などの地震動による損傷の有無は確認)	(未定)	T/B
12	〃	RPVフランジからの漏えいの可能性	(未定)	PCV RPV本体

重要なインプット情報③

○当社の対外約束事項(1/2)

No.	相手/場面	現場調査事項	実施時期	対象エリア
1	規制庁中間取り纏めへの 当社見解	SGTSフィルタトレイン調査により採取したサンプルの構外分析施設での分析によるベントガスの流入経路やメカニズムの知見拡充	短期	R/B 個別機器・系統
2	〃	廃炉作業の進捗に応じ、現場調査等で得られた情報をもとに、水素漏えいの排出経路に関する情報として整理をする等、今後も継続的に知見を拡充	(未定)	R/B 建屋全般

○当社の対外約束事項(2/2)

No.	相手/場面	現場調査事項	実施時期	対象エリア
3	資料「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間とりまとめ」(2021年3月5日)に関する見解等について(依頼)」に対する回答	ベントガスの流入経路やメカニズムの拡充に資する可能性のある現場調査としては以下の項目があるが実現性も含め検討する。		
		・1/2号機排気筒付根付近の高線量箇所における線量	中期	R/B 個別機器・系統
		・1,2号機排気筒付根付近の高線量箇所における放射性核種分析※1	完了	
		・1~4号機AC系配管の汚染や錆にかかる調査、線量や写真/動画※2	完了	
		・耐圧強化ベント経路、SGTSの写真/動画、線量情報※3	完了	
		・原子炉建屋空調の写真/動画、線量情報	(未定)	
・1/2号機SGTS配管撤去作業に伴う、撤去した配管の調査	至近			
4	資料「1号機及び2号機非常用ガス処理系配管の一部撤去について」	スミヤ測定時は、エアロゾルの沈着の影響を見たいので、配管の中の方角(位置情報)に関して記録を取ること。	短期	1/2号機SGTS配管

※1：2022年度に公表済(公表状況は「【参考】事故調査関連の社外公表実績」参照)

※2：2021年度に公表済(公表状況は「【参考】事故調査関連の社外公表実績」参照)

※3：2020年度に公表済(公表状況は「【参考】事故調査関連の社外公表実績」参照)

【参考】事故調査関連の社外公表実績(過去1年)

No.	日付	公表場所(会議名等)※	件名	対象エリア
1	2021.7.8	事故分析検討会(第21回)	・ 1-4号機SGTS室調査の結果について	R/B 個別機器・系統
2	2021.6.7 2021.6.24 2021.7.8 2021.7.29 2021.9.30 2021.10.19 2021.10.28 2021.12.3 2021.12.21 2021.12.23	監視・評価検討会(第91回) チーム会合(第91回) 事故分析検討会(第21回) チーム会合(第92回) チーム会合(第94回) 事故分析検討会(第22回) チーム会合(第95回) 事故分析検討会(第26回) 事故分析検討会(第27回) チーム会合(第97回)	・ 2号機シールドプラグ高濃度汚染への対応状況について ・ 2号機オペレーティングフロア調査 シールドプラグ穿孔の検討状況について ・ 2号機オペフロ内シールドプラグ穿孔部調査について	R/B オペフロ
3	2021.6.24 2021.7.12	チーム会合(第91回) 監視・評価検討会(第92回)	・ 福島第一原子力発電所3号機原子炉建屋内調査結果について	R/B 建屋全般

※ 会議名の正式名称

・ チーム会合：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議 ・ 監視・評価検討会：特定原子力施設監視・評価検討会
・ 事故分析検討会：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 ・ 連絡・調整会議：福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議

【参考】事故調査関連の社外公表実績(過去1年)

No.	日付	公表場所(会議名等)*	件名	対象エリア
4	2021.8.26	チーム会合(第93回)	・1号機及び2号機非常用ガス処理系配管の一部撤去について	屋外
	2021.9.14	事故分析検討会(第21回)		
	2021.9.30	チーム会合(第94回)		
	2021.10.19	事故分析検討会(第22回)		
	2021.10.28	チーム会合(第95回)		
	2021.11.25	チーム会合(第96回)		
	2021.12.23	チーム会合(第97回)		
	2022.1.27	チーム会合(第98回)		
	2022.2.24	チーム会合(第99回)		
	2022.2.28	事故分析検討会(第28回)		
	2022.3.31	チーム会合(第100回)		
	2022.4.27	チーム会合(第101回)		
	2022.5.13	連絡・調整会議(第9回)		
	2022.5.26	チーム会合(第102回)		
2022.6.20	監視・評価検討会(第100回)			
2022.6.30	チーム会合(第103回)			
2022.6.30	事故分析検討会(第30回)			
5	2021.12.23	チーム会合(第97回)	・3号機PCV取水設備設置工事における可燃性ガスの確認について	R/B 個別機器・系統
	2022.1.27	チーム会合(第98回)		
	2022.2.14	監視・評価検討会(第97回)		
	2022.2.28	事故分析検討会(第28回)		
	2022.3.14	監視・評価検討会(第98回)		
	2022.3.31	チーム会合(第100回)		
	2022.5.13	連絡・調整会議(第9回)		
6	2021.12.3	事故分析検討会(第26回)	・ケーブル及び保温材の可燃性ガス発生量評価について	その他
	2021.12.21	事故分析検討会(第27回)		
	2022.2.28	事故分析検討会(第28回)		
	2022.4.26	事故分析検討会(第29回)		
	2022.5.13	連絡・調整会議(第9回)		

* 会議名の正式名称

・チーム会合：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議 ・監視・評価検討会：特定原子力施設監視・評価検討会

・事故分析検討会：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 ・連絡・調整会議：福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議

【参考】事故調査関連の社外公表実績(過去1年)

No.	日付	公表場所(会議名等)※	件名	対象エリア
7	2021.12.21	事故分析検討会(第27回)	・1F事故調査の中長期計画について	その他
8	2022.1.27 2022.2.24 2022.2.28 2022.3.31 2022.4.26 2022.4.27 2022.5.26 2022.6.20 2022.6.30 2022.6.30	チーム会合(第98回) チーム会合(第99回) 事故分析検討会(第28回) チーム会合(第100回) 事故分析検討会(第29回) チーム会合(第101回) チーム会合(第102回) 監視・評価検討会(第100回) チーム会合(第103回) 事故分析検討会(第30回)	・1号機PCV内部調査について	R/B PCV
9	2022.2.24	チーム会合(第99回)	・1~2号機原子炉建屋上部階調査について	R/B 建屋全般
10	2022.3.31	チーム会合(第100回)	・建屋滞留水処理の進捗について (α核種の分析結果)	R/B 個別機器・系統
11	2022.3.16	原子力学会 2022年春の年会	・福島第一原子力発電所の原子炉格納容器内等で採取された試料の分析	R/B 建屋全般
12	2022.4.27	チーム会合(第101回)	・福島第一原子力発電所にて取得した試料の分析	R/B 個別機器・系統
13	2022.6.30	事故分析検討会(第30回)	・1号機CS A系テストライン他の配管表面線量の測定結果について	R/B 個別機器・系統
14	2022.6.30 2022.6.30	チーム会合(第103回) 事故分析検討会(第30回)	・2号機燃料取扱機操作室調査の実施について	R/B 個別機器・系統

※ 会議名の正式名称

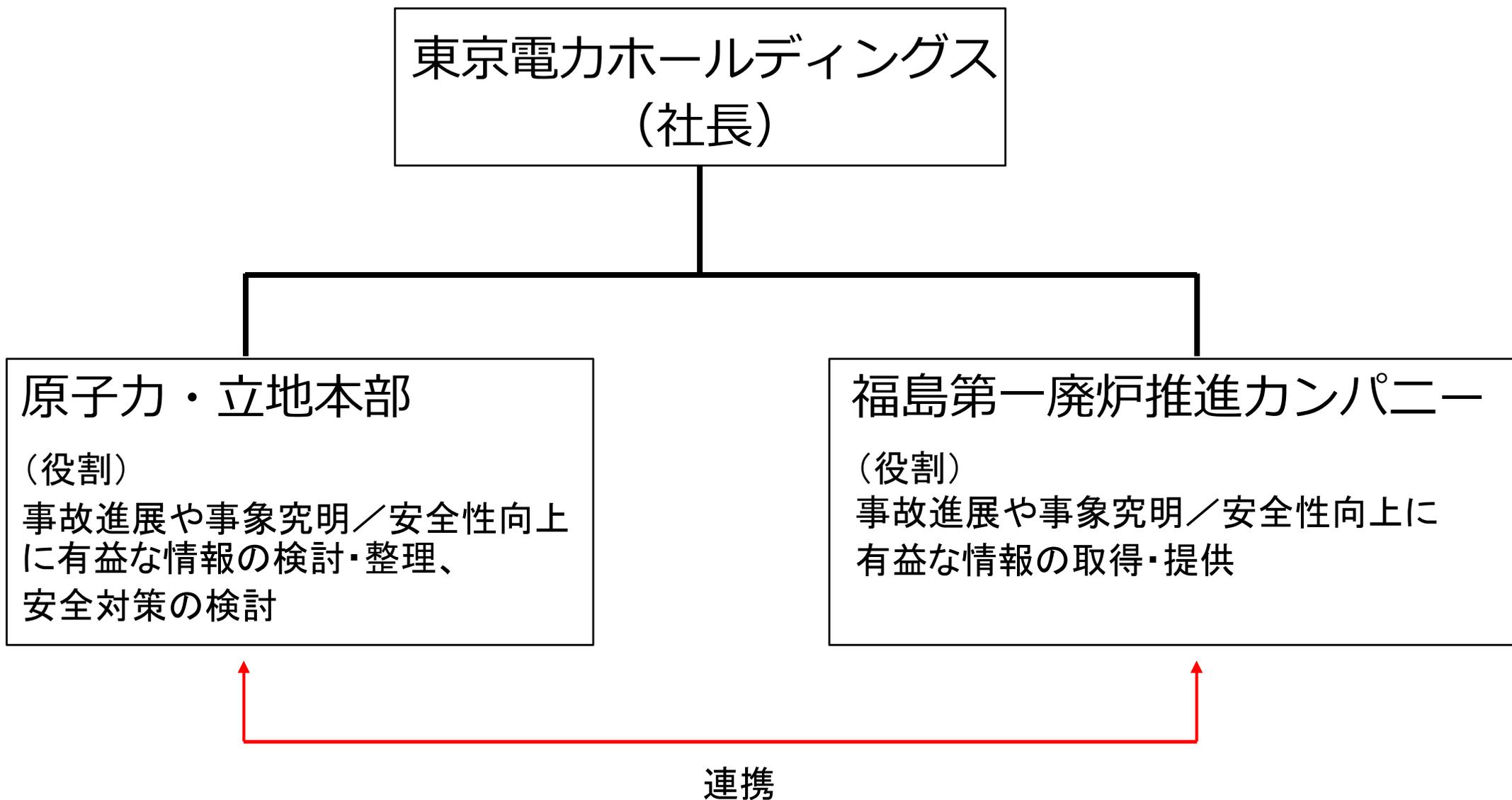
・チーム会合：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議 ・監視・評価検討会：特定原子力施設監視・評価検討会

・事故分析検討会：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 ・連絡・調整会議：福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議

【参考】事故調査関連の国際会議における発表実績(過去1年)



No.	日付	公表場所(会議名等)	件名	対象エリア
1	2021.11.29	Reactor Safety Technology Expert Panel Forensics Meeting	Investigation of Unit 2 Reactor Well	R/B 個別機器・系統
2	2021.11.29	Reactor Safety Technology Expert Panel Forensics Meeting	Mid-and-Long-Term Plan for the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident Investigation	R/B 建屋全般
3	2021.11.29	Reactor Safety Technology Expert Panel Forensics Meeting	Summary of visual information inside PCV related to MCCI, peak temperature, degradation of organic cables, etc.	R/B 建屋全般 PCV
4	2021.12.14	OECD/NEA TCOFF Project	Probable scenarios and core status of Fukushima-Daiichi accident	RPV PCV
5	2022.5.17	10 th Conference on Severe Accidents Research ERMSAR 2022	FUKUSHIMA: 10 (+1) YEARS AFTER Current situation of the site -Facts & Future of Fukushima Daiichi NPS-	PCV
6	2022.6.21	OECD/NEA ROSAU Project	Recent Findings from Fukushima Daiichi Unit 1 PCV Internal Investigations	PCV
7	2022.7.12	OECD/NEA FACE Project	Recent Findings from Fukushima Daiichi Unit 1 PCV Internal Investigations	PCV



1F事故調査中長期計画

- ・ **資料 1 年表形式※** (p16-19)
- ・ **資料 2 主要な調査の概要※** (p20-32)
- ・ **参考 調査項目一覧** (p33-37)

※：調査項目に付記した識別番号（RB-○やTRB-○等）は、
取得すべき情報の管理番号であり資料266に共通するもの（詳細はP33-P37参照）

年度		~2022	~2024	~2033	時期未定	
R/B	建屋全般	各工リア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-3a,b,8) ★	1号原子炉建屋上部階調査	▼ 1号機 建屋内外環境改善	・PCV漏えい箇所調査 (RB-10)	
		建屋内試料の核種分析 (RB-5,9a,14)	適宜実施			
		電気ベネ等PCV貫通部調査 (RB-9b)	1号原子炉建屋上部階調査			
		建屋滞留水詳細分析 (TRB-1)	▼ 1号機滞留水詳細分析			
	オペフロ★	※建屋全般の作業に含まれる		▼ 1号機ガレキ撤去	▼ 1号機オペフロ除染・遮へい	
	トールス室					
個別機器・系統	RCW系調査 (RB-15)		1号原子炉建屋上部階調査		・HPCI調査 (RB-2)	
	AC系調査 (TRB-6)		1号原子炉建屋上部階調査		・主蒸気ライン調査 (RB-13)	
	事故時の滞留ガスに関わる検討・調査 (TRB-11)				・計器健全性調査 (TRB-9) ★	
T/B、屋外	-				・海水系調査 (TRB-10) ★	
PCV	全般	PCVライナ、ペDESTAL等の状態確認、FP核種分析 (PC-3,9,10,16,RB-9b)	1号PCV内部調査	▼ 1号機PCV内部調査		
	デブリ、堆積物	デブリ、堆積物等の調査 (PC-3,15,17,18,20,22)	1号PCV内部調査	▼ 1号機PCV内部調査		
	個別機器・系統	再循環系調査 (PC-4,11)	1号PCV内部調査	▼ 1号機PCV内部調査		・IC調査 (PC-2)
		RPV計装調査 (PC-7,8)	1号PCV内部調査	▼ 1号機PCV内部調査		・主蒸気ライン、SRV調査 (PC-5,6) ★
	RPV本体、周辺配管	RPV本体、周辺配管の状態確認 (PC-3,12,13) ★	1号PCV内部調査	▼ 1号機PCV内部調査		・電線管ケーブル・塗装調査 (PC-14)
RPV	-	※廃炉作業の進捗を踏まえ、調査内容や調査時期を検討する				

年度		～2022	～2024	～2033	時期未定	
R/B	建屋全般	各エリア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-8) ★		▼ 2号機 建屋内環境改善 2号原子炉建屋上部階調査	・建屋滞留水分析 (TRB-1)	
		建屋内試料の核種分析 (RB-5,7,9a,14)		適宜実施		
		電気ペネ等PCV貫通部調査 (RB-9b)		2号原子炉建屋上部階調査		
	オペフロ★	オペフロ調査 (RB-4) ※建屋全般の作業に含まれる	2号FHM操作室解体前調査	▼ 2号機FHM操作室解体・既設物撤去 ▼ 2号機オペフロ除染・遮へい		
	トラス室	PCV漏えい箇所調査 (RB-10) (T.P.約-2,800mmまでに開口部がないことを確認)	▼ 2号機R/B水位低下 (完了)			・PCV漏えい箇所調査 (RB-10) ・トラス室調査 (TRB-8)
		トラス室調査 (TRB-8)	▼ 2号機R/B水位低下 (完了)			
	個別機器・システム	主蒸気ライン調査 (RB-13)		2号原子炉建屋上部階調査		・RCIC調査 (RB-1,TRB-2,TRB-5)
		AC系調査 (TRB-6)		2号原子炉建屋上部階調査		・計器健全性調査 (TRB-9) ★
		HPCI調査 (RB-2)	2号機原子炉建屋地下階調査			
		事故時の滞留ガスに関わる検討・調査 (TRB-11)				
T/B、屋外	-	ベントライン、SGTS調査 (RB-11) 【完了】			・海水系調査 (TRB-10) ★	
	1/2号排気筒下部、SGTS配管のFP核種分析 (TRB-7)	1,2号SGTS配管撤去	1/2号排気筒下部撤去	▼ 1/2号機排気筒下部撤去		
PCV	全般	ペDESTALの状態確認、FP核種分析 (PC-16)	▼ 2号機PCV内部調査 2号機PCV内部調査		・PCVライナ等の状態確認、FP核種分析 (PC-3,9,10,RB-9b)	
	デブリ、堆積物	デブリ、堆積物等の調査 (PC-3,22)	▼ 2号機試験的取り出し ▼ 2号機デブリ性状分析 2号機試験的取り出し、PCV内部調査	▼ 2号機燃料デブリ取り出し、デブリ性状分析 2号機小規模デブリ取り出し	・PCV内包水サンプリング調査 (PC-15)	
	個別機器・システム				・再循環系調査 (PC-4,11) ・主蒸気ライン、SRV調査 (PC-5,6) ★ ・電線管ケーブル・塗装調査 (PC-14) ・RPV計装調査 (PC-7,8)	
	RPV本体、周辺配管				・RPV本体、周辺配管の状態確認 ★ (PC-3,12,13)	
RPV	RPV内部	RPV内部の状態確認 (RPV-2b,3,4a,4b)	▼ 2号機RPV内部調査 2号機RPV内部調査		・RPV内部調査 (RPV-1,2a,3,4c,5)	

年度		~2022	~2024	~2033	時期未定
R/B	建屋全般	各エリア・機器・建屋の状態確認、線量調査 (RB-3a,b,8)★		3号原子炉建屋上部階調査	▼ 3号機 建屋内外環境改善
		建屋内試料の核種分析 (RB-5,9a,14)		適宜実施	・PCV漏えい箇所調査 (RB-10) ・電気ペネ等PCV貫通部調査 (RB-9b)
		建屋滞留水分析 (TRB-1)	3号機MSIV室	滞留水詳細分析	▼ 3号機MSIV室 滞留水詳細分析結果取り纏め
	オペフロ★	※建屋全般の作業に含まれる			
	トラス室				
	個別機器・系統	主蒸気ライン調査 (RB-13)		3号原子炉建屋上部階調査	
AC系調査 (TRB-6)			3号原子炉建屋上部階調査		・計器健全性調査 (TRB-9)★
事故時の滞留ガスに関わる検討・調査 (TRB-11)					
T/B、屋外	-	ベントライン、SGTS調査 (RB-11)	SGTSフィルタの核種分析	▼ 3/4号機排気筒撤去	・海水系調査 (TRB-10)★
PCV	全般	3号機PCV内部調査 (PC-21)		▼ 3号機PCV内部調査	・PCVトップヘッド周辺調査 (PC-1) ・PCVライナ、ベDESTAL等の状態確認、FP核種分析 (PC-3,9,10,16,RB-9b)
	デブリ、堆積物	3号機PCV内部調査 (PC-21)		▼ 3号機PCV内部調査	デブリ、堆積物等の調査 (PC-3,15,22)
	個別機器・系統	3号機PCV内部調査 (PC-21)		▼ 3号機PCV内部調査	・再循環系調査 (PC-4,11) ・主蒸気ライン、SRV調査 (PC-5,6)★ ・RPV計装調査 (PC-7,8) ・電線管ケーブル・塗装調査 (PC-14)
	RPV本体、周辺配管★	3号機PCV内部調査 (PC-21)		▼ 3号機PCV内部調査	RPV本体、周辺配管の状態確認 (PC-3,12,13)
RPV	-	※廃炉作業の進捗を踏まえ、調査内容や調査時期を検討する			

年度		~2022	~2024	~2033	時期未定
R/B	建屋全般	建屋内試料の核種分析 (RB-5、6)		適宜実施	各工リア・機器・建屋の状態 確認、線量調査 (RB-3C、8) ★
	個別機器・系統	SGTSフィルタの核種分析 (TRB-4)			AC系調査 (TRB-6)
T/B、 屋外	-			▼ 3/4号排気筒撤去	

1,2号機原子炉建屋上部階調査（1/2）

■ 目的

- 原子炉建屋内調査は、事故進展の解明に資する情報の取得を目的に、廃炉作業と並行して継続的に実施していく。2021年度は、今後の原子炉建屋内の調査計画立案に資する情報を取得するため、1～2号機原子炉建屋内の空間情報や線量情報について、可能な範囲で現状を把握する。

■ 概要

- 原子炉建屋内の詳細な空間情報（アクセス性等）や線量情報を取得するため、測定装置としてγイメージャ及び3次元画像取得装置、線量計等を使用する。また、高線量エリアは遠隔操作ロボットを活用する。
- 調査範囲については、原子炉建内のうち以下のエリア近傍を中心に、可能な範囲で広範な調査を実施する。
 - ✓ 事故時に動作した機器や事故の影響を受けた機器が設置されているエリアのうち、調査未実施箇所（1号機4階RCWサージタンク近傍等）
 - ✓ 過去の調査で高線量であることが予想・確認されているエリア（1号機3階AC系配管近傍等）
- 調査期間：2021年10月～12月（10月上旬～11月下旬：2号機、11月上旬～12月下旬：1号機）

■ 関連する調査項目

- RB-3a,b,8,9b,11,13,15,TRB-6

1,2号機原子炉建屋上部階調査 (2/2)

■ 実施状況【完了】

- 今後の調査計画立案に資するため、1号機3階AC系配管近傍等の線量情報や、1号機4階RCWサージタンク近傍のアクセス性等、1,2号機原子炉建屋内の空間情報や線量情報を取得※1した。
- 1,2号機原子炉シェル壁近傍の調査を行い、耐震性能の低下につながるような損傷、経年劣化の兆候がないことを確認※1した。

※1：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議（第99回）（2022.2.24）資料3-3

1号機3階東側測定結果



オーバーレイ画（360度パノラマ写真 + γ 線源強度分布※）

AC配管（D/Wベント配管）及び
D/Wベント弁が設置されている遮へいブロック内側床面

※画像内における線源強度の最大値（赤色）を基準とし、最大値の10%（青色）までの強度分布を相対的に表示。

2号機R/B有人調査結果



2階シェル壁東面（点群データ）



3階シェル壁北東面（写真）

1,2号機排気筒下部撤去（1,2号機SGTS配管撤去）（1/2）TEPCO

■ 目的

- 1,2号機SGTS屋外配管調査は、格納容器ベント後の配管内部状況の把握並びに核分裂生成物(FP)の組成分析を目的に実施するものである。
- FPの組成分析により、格納容器ベントに伴うFPの移行挙動の解明に寄与しうると考えられる。

■ 概要

- 1,2号機SGTS屋外配管のうち1,2号機廃棄物処理建屋上の配管について調査を行う。
- 調査範囲は過去の放射線量率測定結果（汚染評価）及び配管の高低差等の特徴から代表配管を抽出し、配管切断後に低線量エリアに移動させて以下の調査を実施する。
 - ✓ 配管内部の汚染状態を把握するためのγカメラによる測定。
高汚染が確認された部位については、下記の調査を実施。
 - カメラによる内部確認
 - スミア測定
 - 配管サンプル採取
- 調査期間：2021年11月～
なお、採取した配管サンプルのFP分析に関しては、別途調査計画を定め実施する。

■ 関連する調査項目

- TRB-7

1,2号機排気筒下部撤去（1,2号機SGTS配管撤去）（2/2）TEPCO

■ 実施状況

- 1,2号機SGTS配管撤去に向けて、切断箇所の線量測定や測定結果から配管内の汚染評価を2021年5月に実施した。切断時の放射性ダストの飛散防止を目的に、切断箇所へのウレタン注入を2021年9月に完了した。
- 3月1日から切断作業を開始したが、切断装置の不具合事象が発生したため作業を中断した。その後3月27日から作業を再開したが、1箇所目の切断時ワイヤーソーの配管への噛み込み発生したため、装置の点検及び原因調査、対策を行い、5月23日より作業を再開し、1本目の配管切断を完了した。
- 6月10日から2本目の切断作業を開始したが、ワイヤーソーの噛み込み等の不具合が発生したため、9割切断した状態で作業を中断した。
- 現在、クレーンの故障や切断装置不具合リスクが再発した場合に、SGTS配管撤去工事の工程遅延により、1/2号機Rw/B周辺工事の遅延リスクを低減するため、SGTS配管撤去作業を一時中断し、周辺工事との工程組替を実施した。なお、切断途中のSGTS配管(2本目)については、作業中断中に配管歪みが進行しないようワイヤーロープで固定する対策を実施した。

SGTS配管切断状況



1号機原子炉格納容器内調査（1/2）

■ 目的

- 2017年3月に実施した原子炉格納容器内部調査において、原子炉格納容器の地下階に堆積物があることが確認された。
- 今後の燃料デブリ取り出しに向け、堆積物の回収手段や回収設備の検討に資する情報、落下物の解体・撤去等今後の工事計画に係わる情報を収集するため、原子炉格納容器の地下階（ペデスタル内外）を調査する。
- 調査により得られた堆積物の状況（量、形状、拡がり等）や原子炉格納容器内の状況に関する情報は、溶融炉心が原子炉格納容器ペデスタルに落下した後の挙動に関する知見を得る上でも有用と考えられる。

■ 概要

- 調査は、X-2ペネトレーション（所員用エアロック）の扉に開けた穴から、水中遊泳型調査装置（以下水中ROV）を原子炉格納容器の地下階（ペデスタル内外）へ投入し、水中ROVに搭載したカメラや計測器等で情報を取得する。
- また、吸引式サンプリング装置を搭載した水中ROVを使って、堆積物のサンプリングを行う。
- 調査期間：2022年2月から調査を開始～

■ 関連する調査項目

- PC-3,4,7,8,9,10,11,12,13,15,16,17,18,20,22,RB-9b

1号機原子炉格納容器内調査 (2/2)

■ 実施状況

- 2月8日～10日にROV-Aによるガイドリング（4箇所）の取付を完了した。ガイドリングの設置完了後、PCV底部やペDESTAL開口部付近等の状況を調査したところ、塊状の堆積物等を確認した。
- 3月14日からROV-A2によるペDESTAL外周部の調査を開始し、一時的な調査中断を経て、5月17日より再開した。ROV-A2では、ペDESTAL基礎部付近やジェットデフレクター（E）付近において、既存構造物の状態や堆積物の広がり状況の確認及び中性子束測定を実施した。
- 6月7日～11日にROV-Cによる堆積物の厚さ測定を実施した。測定の結果、ペDESTAL開口部付近からX2ペネ付近に近づくにつれて徐々に堆積物の厚さが低くなっていることを確認した。

ペDESTAL開口部(内部手前)の状況

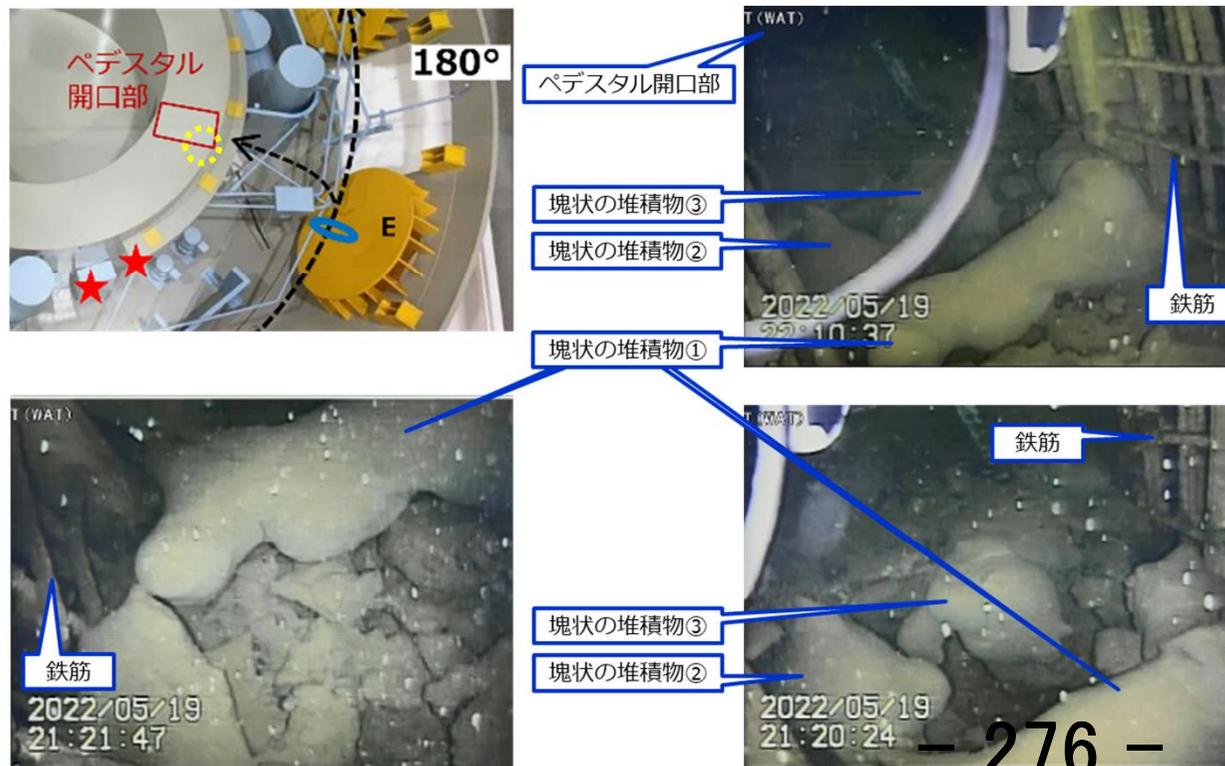
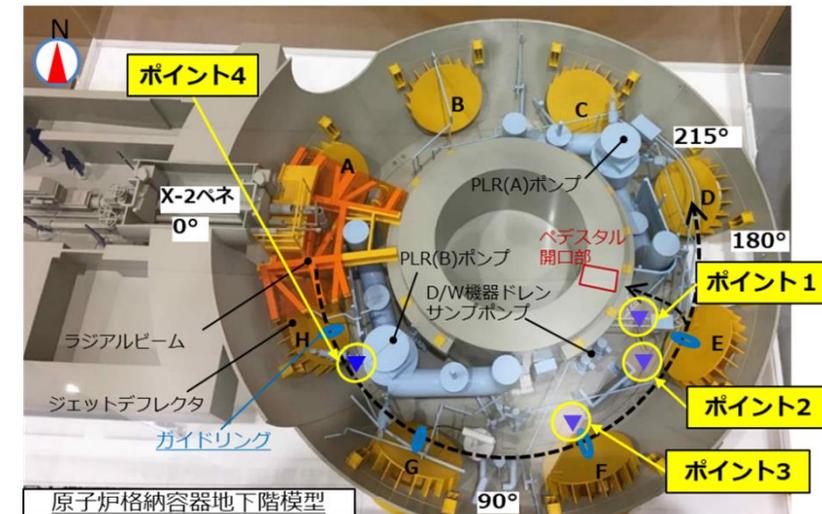


写真2.ペDESTAL開口部(内部手前)の状況

写真3.ペDESTAL開口部(内部手前)の状況

中性子束測定結果



測定位置	ポイント1	ポイント2	ポイント3	ポイント4
熱中性子束 [$\gamma/\text{cm}^2/\text{s}$]	48.0	29.1	50.2	5.8

資料提供：
国際廃炉研究開発機構 (IRID) 25

2号機シールドプラグ穿孔部調査

■ 目的

- 1～3号機に共通する発電所施設内における強い放射線源として、原子炉建屋オペフロのシールドプラグ付近の放射線源が挙げられる。オペフロ除染後も線量が低下しないことから、シールドプラグ上段と中段の隙間（以下「隙間部」という）に蓄積している多量の放射性物質の影響と推定しており、規制庁が実施した2号機における線量測定結果等の分析では、数十PBqのCs-137が存在していると評価された⁽¹⁾。
(1)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18回会合（2021.1.26）資料2
- 本調査では、シールドプラグ上段と中段の隙間に蓄積していると推定している放射性物質の放射線量評価の確度向上を目的として、オペフロ床面等の影響を受けにくい測定方法であるシールドプラグ穿孔箇所を用いた線量測定調査を実施する。
- 得られた調査結果は、将来の燃料デブリ取り出し工法検討や事故解明に活用する。

■ 概要

- シールドプラグ穿孔箇所（既存、新規）の深さ方向の線量等を測定し、解析結果との比較評価により、隙間部の隙間の総汚染量を推定する（規制庁と協同で実施）。
- 作業期間：2021年8月～12月

■ 実施状況【完了】

- 既設穿孔箇所の線量調査（2021年8月～9月）、シールドプラグ上の線量調査（同年10月）、及び新規穿孔（13箇所）の線量調査（同年11月～12月）を実施した。
- 線量調査結果をもとに、規制庁にて隙間部の総汚染量を評価したところ、従来の評価結果（数十PBqのCs-137が存在^{※1}）と同レベルであると推定^{※2}。

■ 関連する調査項目

- RB-4

※1：東京電力福島第一原子力発電所 事故の調査・分析に係る中間取りまとめ～2019年9月から2021年3月までの検討～
（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；2021.3.5）

※2：第27回 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（2021.12.21）資料2-1別添1

2号機原子炉建屋滞留水水位低下

■ 目的

- 2022～2024年度内 原子炉建屋滞留水について2020年末の半分程度に低減させる計画。
(中長期ロードマップ)

■ 概要

- 2号機サプレッションチェンバ (S/C) については、原子炉建屋トーラス室と同水位であることが確認されており、S/Cに開口部があると推測。格納容器圧力が維持されていることから、開口部は水没しているものと想定。
- 今後建屋水低下を進める中で、S/C下部に接続される配管構造物が気中露出することにより、仮に開口部があれば格納容器圧力が変動することからS/Cの開口部位置が判明する。
- 2号機原子炉建屋水位 T.P.-約2,000mm (2021年9月) ⇒T.P.-約2,800mm
 - * RCICポンプ吸込配管上端：T.P.-約2,300mm
 - RHRポンプ吸込配管上端：T.P.-約2,900mm
 - * 水位計の誤差：最大T.P.-約200mm
- 作業期間：2021年10月～2022年2月 (以降、T.P.-2,800mm以下で水位を保持)

■ 実施状況【完了】

- 2号機建屋滞留水の水位については、当面の水位低下目標であるT.P.-約2,800mmに到達した。当該水位における格納容器圧力変動はなく、当該水位より上部には開口部がないことを確認した。

■ 関連する調査項目

- RB-10,TRB-8

3号機MSIV室滞留水詳細分析

■ 目的

- 原子炉建屋滞留水からは比較的高い全 α 濃度（2～5乗Bq/Lオーダー）が検出されている。
- 今後、建屋滞留水を浄化処理を行う上で、 α 核種の性状は重要なパラメータであることから、詳細分析（粒径分布、組成等）を行う。

■ 概要

- 先に詳細分析した2号機原子炉建屋滞留水では、 α 核種の粒径分布、粒子の元素分析を実施し、 α 核種が主体として数 μm 以上の粒子で存在すること、Zr,Fe,Crを含む UO_2 で存在しているものと推測される。
- 先行プラントの2号機に続き3号機原子炉建屋についても同様な詳細分析を行う。
- 合わせて、3号機格納容器からの漏えい水が確認されているMSIV室内の汚染水についても同様な分析を行い、建屋滞留水に比較し格納容器内の性状により近い水の分析及び比較を実施するもの。
- 作業期間：2021年9月～2022年6月

■ 実施状況

- 3号機 原子炉建屋滞留水について、概ね2号機と同様に α 核種の主体が数 μm 以上の粒子として存在していることを確認。現在までの分析では2号機と同様な傾向を有すものとする。
- なお、滞留水の上流側となる比較的格納容器に近いMSIV室の汚染水では、概ね数 μm 以上の粒子が大半であるものの、0.02 μm のフィルタ後のろ液においてアメリニウムやプルトニウムが比較的高い濃度で検出されているデータが確認されている。

■ 関連する調査項目

- TRB-1

1～4号機SGTS室調査、フィルタの核種分析

■ 目的

- 1～4号機の非常用ガス処理系（SGTS）室内の機器や配管は、事格納容器ベントに伴う放射性物質の放出挙動と関係しているため、当該室内の機器や配管を詳細に調査した。

■ 概要

- SGTS室内の空間情報や線量情報を取得するため、測定装置としてγイメージャや線量計等を使用した調査を実施した。なお、1,2号機は高線量のため遠隔操作ロボットを活用した。
- 3,4号機はフィルタトレインを開放して内部の汚染状況を確認した。また、3,4号機共にフィルタ表面のスミア採取を実施した。採取したスミアサンプルの核種分析については順次実施予定。
- 調査期間
 - SGTS室調査：2020年8月～2021年2月（実施済み）
 - スミアサンプルの核種分析
 - 3号機：2021年度より開始
 - 4号機：未定

■ 実施状況【調査：完了】

- フィルタトレイン周辺において、1,3号機ではベントガスの自号機からの逆流と考えられる線量傾向を確認。また、2,4号機ではベントガスの隣接号機からの逆流と考えられる線量傾向を確認※1した。
- 3号機のサンプルについて、構外分析施設にて核種分析を実施し、格納容器から建屋への漏えい経路や建屋内の移行経路を推定するための情報を取得※2した。

関連する調査項目

- RB-11,TRB-4



フィルタトレイン内部の様子
(例：3号機A系のHEPAフィルタ)

※1：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21回）（2021.7.8）資料5-2
 ※2：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27回）（2021.12.21）資料4-1

2号機FHM操作室解体前調査

■ 目的

- 2号機オペフロにある燃料取扱機操作室（FHM操作室）は2階の窓ガラスが破損しており、過去の調査により室内および屋上部に汚染が確認されている。
- FHM操作室は事故以降概ね手つかずの状況であり、放射性物質の主な放出経路であると推定しているシールドプラグの近傍にあることから、解体前に当該箇所への調査を実施することで、事故当時放出された放射性物質に関する情報を取得することを目的とする。

■ 概要

- 遠隔操作ロボットを用いて、室内の映像取得、線量測定およびスミア採取を実施する。
- 調査期間：2022年6月末～9月上旬

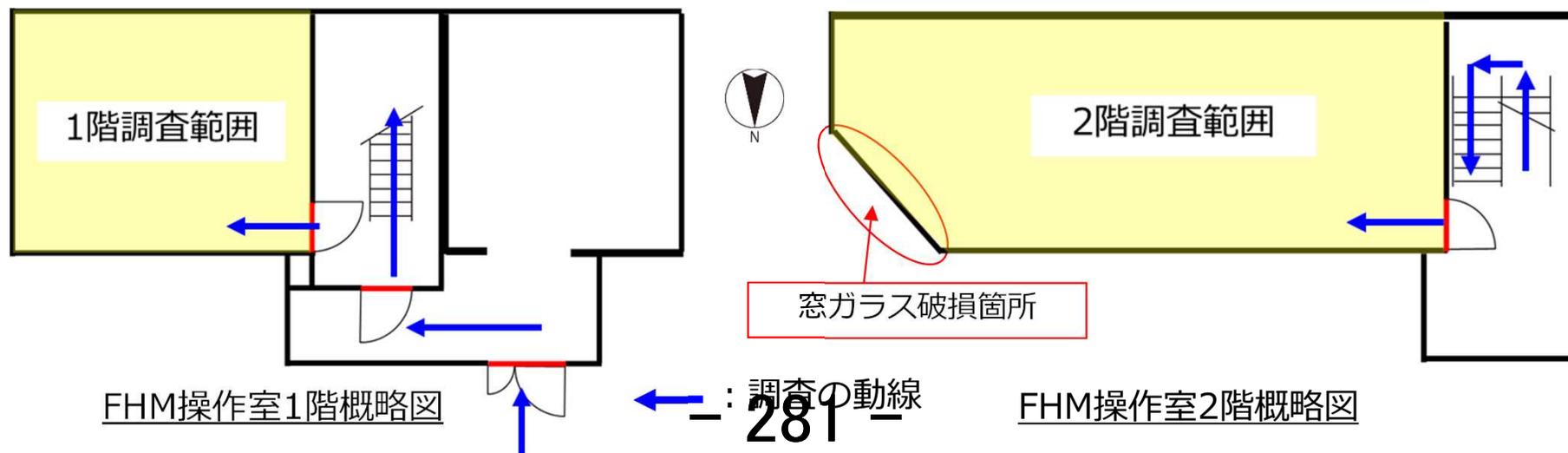
■ 関連する調査項目

- RB-4

スミア採取用
治具



調査に使用する遠隔操作ロボット（SPOT）



2号機原子炉建屋地下階調査

■ 目的

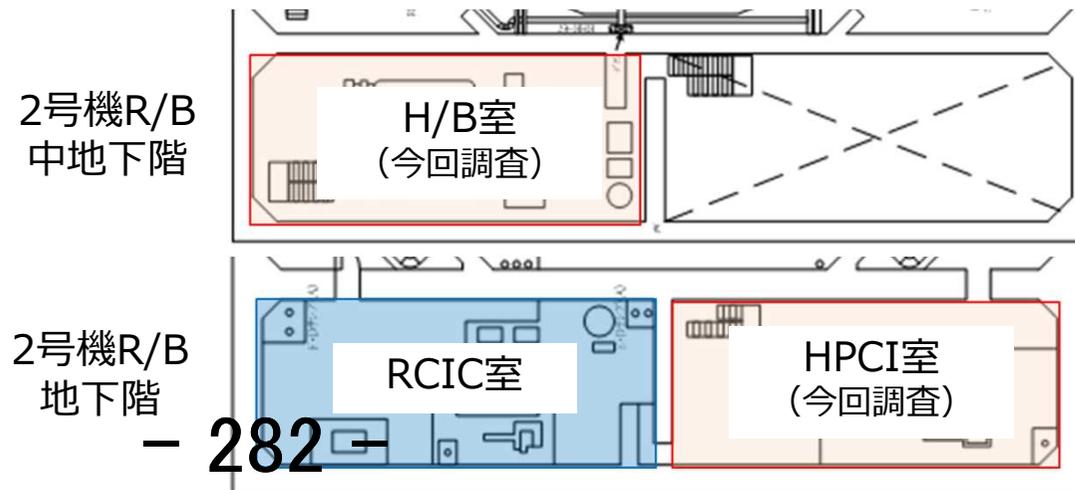
- 2号機は津波到達前に起動したRCICが、津波到達後も含め約3日間作動していたと考えているものの、その停止の原因については明らかになっていない。
- また、2号機はPCV内水位の傾向から、S/C液相部（S/C下部、あるいは下部から繋がる配管）から漏えいしているものと推定しているものの、漏えい箇所の特定には至っていない。
- RCICはS/Cを水源として作動していたことから、漏えい箇所の候補の一つであると考えており、RCIC室内の線量情報や画像情報から、上記S/C液相漏えい箇所の特定や、RCIC停止原因の解明に繋がる情報が得られる可能性があると考えている。
- 2022年度は、将来的にRCIC室を調査するための事前調査として、RCIC室の上階に位置するハウスポイラ（H/B）室及び隣接するHPCI室の調査を行い、RCIC室へのアクセス性を確認する。

■ 概要

- 2号機原子炉建屋西側構台床面（H/B室及びHPCI室天井部）を穿孔し、カメラやγイメージャを挿入して室内の状況を確認する。
- 調査期間（予定）：2022年11月～12月（11月：H/B室、11月～12月：HPCI室）

■ 関連する調査項目

- RB-2



1-3号機事故時の滞留ガスに関わる検討・調査

■ 目的

- これまで福島第一原子力発電所では、事故時における水素ガス発生対策として、PCV内への窒素ガス封入等を実施してきた。また、これら対策の実施後も水素ガス残留の可能性を考慮し作業計画を立案するなどを実施してきた。
- 2021年12月に3号機RHR配管で系統内に滞留した水素ガスを確認したことを踏まえ、水素ガスが滞留する可能性のある箇所抽出を実施し、今後の廃炉作業計画への影響や対策の要否を検討する。

■ 概要

- 2021年12月に水素ガスの滞留が確認された3号機RHR配管と同様なケース（事故時の弁操作、水封）を中心に、水素ガスが残留している可能性を再度検討し、緊急の対策が必要な、酸素が混入し閉塞されている箇所は無いものと評価した。
- 今後、水素ガス残留の可能性のある系統を抽出し、現場調査を行うとともに作業計画を立案する。
- 現場調査に関しては、被ばく防止等の作業安全を考慮した計画としていく。
- 調査期間：検討中

■ 関連する調査項目

- TRB-11

原子炉建屋-1

- <凡例>
- 取得する情報
 - Forensics No.
 - TEPCO No.
 - 分類*
 - 情報の利用価値

- ※:
- ① 廃炉作業上必ず調査するものかつ直近の計画があるもの
 - ② 廃炉作業上必ず調査するものかつ直近の計画があるものについて、計画を拡張して調査するもの
 - ③ 廃炉作業完了まで調査の計画が存在しないもの（リソース、技術的課題等）
 - ④ 廃炉作業上必ず調査するものかつ直近に計画がないもの（実施する場合の調査範囲の拡張を含む）
 - ④' 当初④だったが、調査の進捗により①または②になったもの

- 1,3号機の損傷した壁面・構造材の写真/動画 (RB-3a, 3b)
- ②①④④'
- 原子炉建屋爆発の形態の解明

- 2号機コンクリートサンプルの核種分析 (RB-7)
- ①②
- 放射性物質の建屋残留メカニズムの解明、解析モデルの高度化

- 2号機の壁面 (BOP等)・機器の写真/動画 (RB-4)
- ①②④④'
- 水素発生や減圧挙動の原因究明

- 4号機の損傷した壁面・構造材の写真/動画 (RB-3c)
- ①
- 原子炉建屋爆発の形態の解明

- 4号機空調ダクトサンプルの放射線核種分析 (RB-6)
- ①④'
- 4号機原子炉建屋の爆発要因 (水素起源) の解明

- HPCI系の写真/動画 (RB-2)
- ④
- 事故時のHPCI作動状況の解明

- RCIC系の写真/動画 (RB-1)
- ④
- 事故時のRCIC作動状況や、2号機RCICの停止理由の解明

- 地震の影響を受ける可能性のある場所の写真/動画 (RB-8)
- ①②④'
- 地震による構築物、機器等への影響の解明

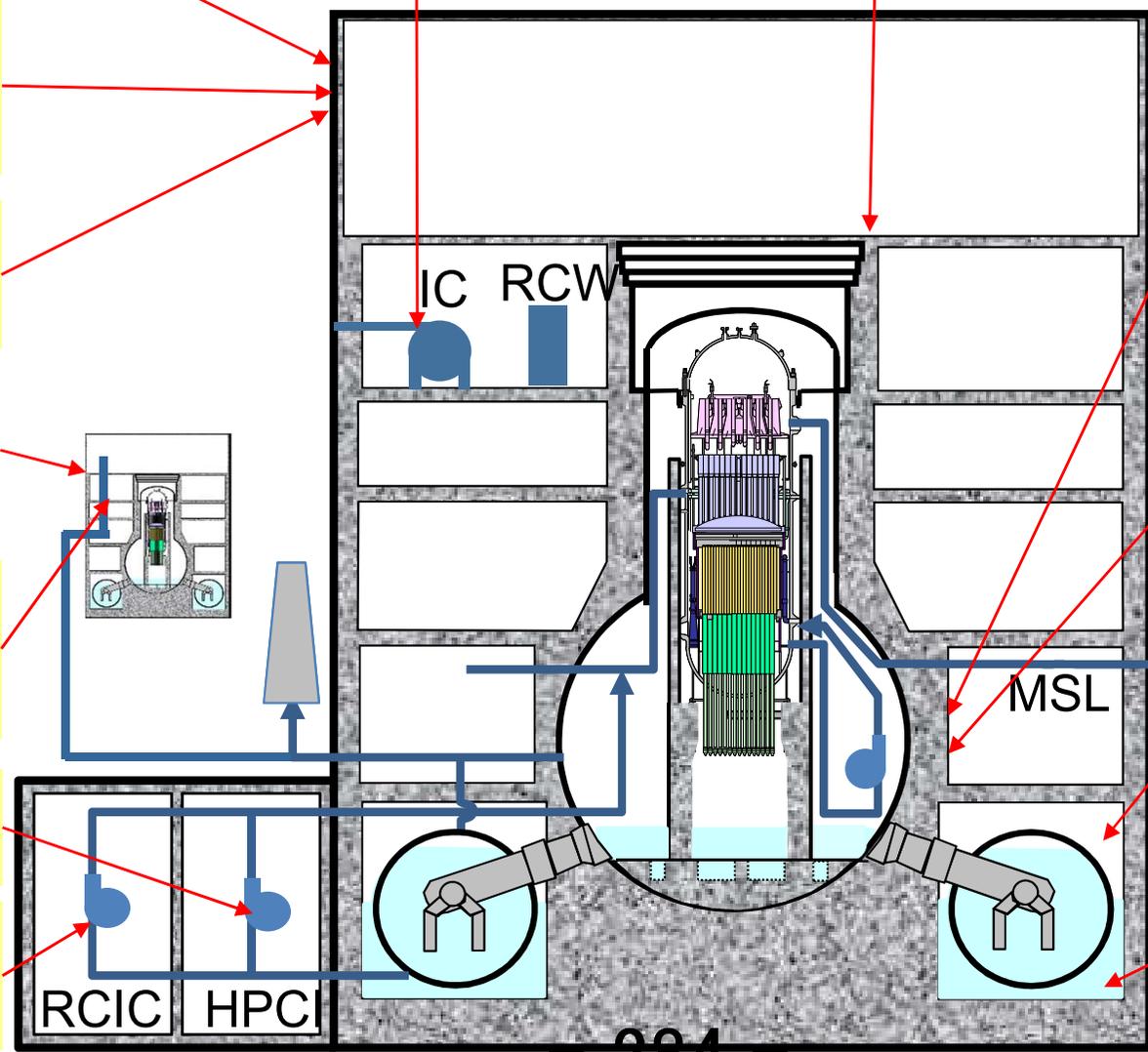
- 建屋内で採取した試料の核種分析 (RB-5)
- ①②④'
- 漏えい経路の特定、線量評価コードのベンチマーク

- D/Wコンクリートの放射性核種分析 (RB-9a)
- ④
- FPの格納容器からの漏えい量や漏えい箇所の解明、水素漏えい箇所の解明

- メカニカルシール、ハッチ、電気ペネの写真/動画。線量調査 (RB-9b)
- ②①④'
- FPの格納容器からの漏えい量や漏えい箇所の解明、水素漏えい箇所の解明

- 1号機の真空破壊弁、1, 2, 3号機のPCV漏えい箇所 (RB-10)
- ①④
- FP、水素の漏えい経路の解明

- 1~3号機の建屋滞留水の分析 (TRB-1)
- ①④
- FPの分析による事故進展の理解深化



原子炉建屋-2

<凡例>
 ● 取得する情報
 ■ : Forensics No.
 ■ : TEPCO No.
 ● 分類※ (P33参照)
 ● 情報の利用価値

- 1~4号機AC系配管の汚染や錆にかかる調査、線量や写真/動画 (TRB-6)
- ④④'
- 事故進展の理解深化、ベントに伴う影響、FPのふるまい

- 2号機耐圧強化ベントラインにおけるラプチャーディスクの破裂有無にかかる調査、写真/動画 (TRB-3)
- ④'
- 事故進展の理解深化、ベントの成否

- 4号機SGTSフィルタの放射性核種分析 (TRB-4)
- ④'
- 事故進展の理解深化、ベント中に含まれるFPの組成

- 1,2号機排気筒付け根付近、SGTS配管の高線量箇所における線量・放射性核種分析 (TRB-7)
- ②
- 事故進展の理解深化、ベント中に含まれるFPの組成

- 2号機RCIC室上部の壁面における放射性核種分析、写真/動画 (TRB-2)
- ④
- FPの漏えい経路の解明

- 2号機S/C液相漏えい箇所にかかる調査 (RCIC室等) (TRB-5)
- ④
- PCV漏えい箇所の特定

- 水素ガス滞留システムから採取されたガスの分析 (TRB-11)
- ①
- 事故進展の理解深化

- 海水系配管の健全性に係る情報・機械的な健全性の確認のための外観写真 (TRB-10)
- ④
- 事故進展の理解深化

- 耐圧強化ベント経路、SGTS、関連する原子建屋空調の写真/動画。線量情報 (RB-11)
- ①④④'
- 高温・高放射線環境化におけるシール性能の評価

- 1号機RCWサージタンクの調査、水位や線量の測定 (RB-15)
- ②④'
- 1号機の事故進展にRCWシステムがもたらした影響の解明

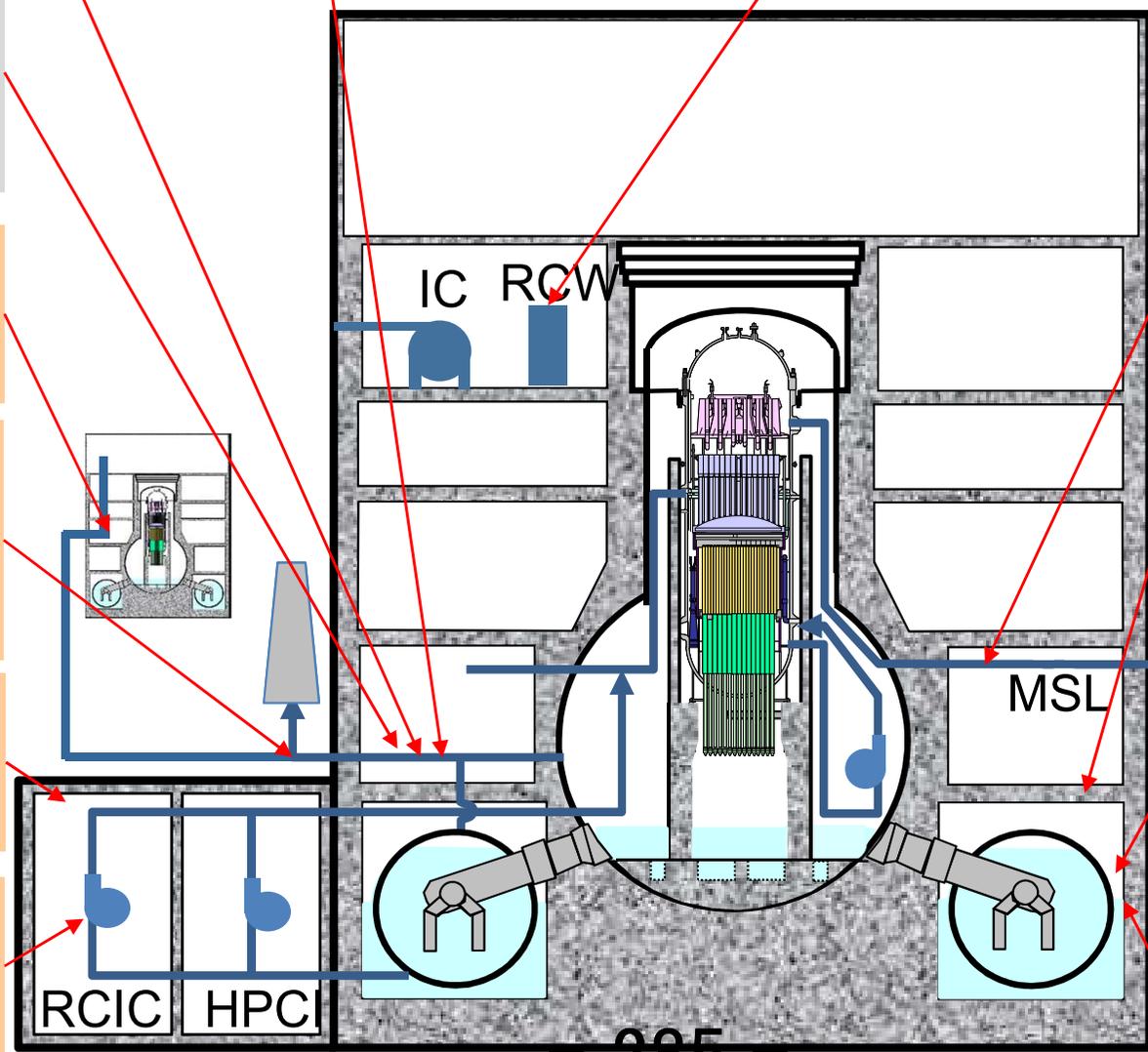
- 計器の健全性に係る情報・機械的な健全性の確認のための外観写真
- 電気的な点検結果 (発災以降の点検記録含む) (TRB-9)
- ①④
- 事故進展の理解深化

- PCV外主蒸気配管の写真/動画 (RB-13)
- ④①
- PCV破損モードの特定

- 原子炉建屋で採取した高線量の堆積物や粉じんの化学分析 (RB-14)
- ②④①
- MCCI起因の生成物発見に伴うデブリ位置推定への貢献

- 原子炉建屋内の漏えい箇所近傍の写真/動画 (RB-12)
- ①
- 原子炉建屋からタービン建屋への漏えいの原因究明 (2号機はPCV漏えい箇所の究明)

- 2号機トールス室の浸水痕 (TRB-8)
- ④
- 事故進展の理解深化



285

原子炉格納容器-1

<凡例>

- 取得する情報
- : Forensics No.
- : TEPCO No.
- 分類※ (P33参照)
- 情報の利用価値

- ICの放射性核種調査/サンプリング、写真/動画 (PC-2)
- ①④③
- 地震の影響評価、弁の最終位置の評価、水素輸送にかかる知見の収集

- RPV底部、構造物、RPV底部貫通部の写真/動画 (PC-3e)
- ①②
- RPV底部周辺の損傷、コリウムの引っ掛かり具合にかかるコード評価、モデル改良

- PCV塗装の写真/動画 (D/W、S/Cの両方が対象) (PC-9)
- ①②③④
- 塗装への影響の解明

- 放射性核種調査、ペDESTAL壁と床の写真/動画、サンプリング (PC-3c)
- ①②④
- RPV破損箇所、RPV外燃料デブリの形態や組成、MCCIの推定にかかるコード評価のベンチマーク

- PCVライナー試験にかかる写真/動画 (デブリ周辺、1号ペDESTAL周辺)、冶金試験 (PC-3b)
- ② (冶金試験③)
- ライナー破損とMCCIを予測するモデルの改良

- PCVに落下したデブリやクラストの写真/動画、採取したデブリやクラストのホットセル試験 (PC-3a)
- ①②
- 燃料デブリの量、高さ、形態、組成分布、拡がり、飛散性、塩の影響などにかかる知見の入手

- PCVヘッドフランジの締め付け状態、トルク、ボルト長の記録。PCVヘッドフランジシール部の写真/動画 (PC-1)
- ①④
- PCVヘッドフランジの持ち上がり方、ピーク温度、高温に伴う劣化にかかる調査・解明

- RPV外センサーとセンサー支持構造物の試験と健全性評価 (PC-8)
- ①②③
- RPV減圧経路の特定、RPV圧力B系の故障原因の解明

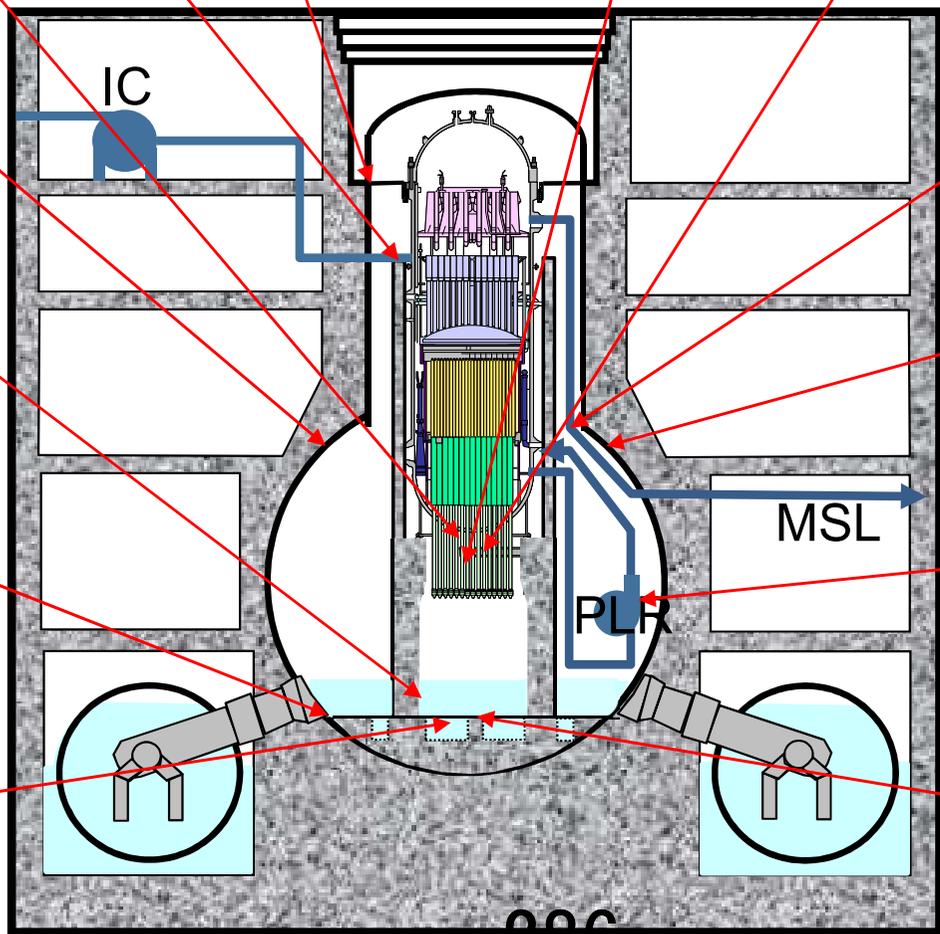
- RPV外調査とRPV内センサー、センサー支持構造物の健全性評価 (RPV底部、2号TIP、SLC) (PC-7)
- ①②③
- RPV減圧経路の特定、RPV圧力B系の故障原因の解明

- MSLや、ADSラインからSRVテールパイプまでのライン、計装ラインの写真/動画 (PC-5)
- 1号機③、2,3号機のMSL② (ADS・SRV③)
- RPV損傷モードの調査

- SRVとMSLの外観検査、弁の内側機構 (PC-6)
- 1号機③、2,3号機のMSL② (ADS・SRV③)
- SRVと関連する配管の損傷調査

- 再循環ラインとポンプの写真/動画 (溶融燃料がシュラウド外に溜まると再循環ラインに侵入する可能性) (PC-4)
- ②③①
- PCVの損傷モードおよび燃料落下経路の特定

- コンクリート腐食のプロファイル。写真/動画、サンプリング、試験 (PC-3d)
- ①②③④
- MCCI予測コードのベンチマーク



原子炉格納容器-2

- <凡例>
- 取得する情報
 - Forensics No.
 - TEPCO No.
 - 分類※ (P33参照)
 - 情報の利用価値

- PCV内の放射性核種調査 (PC-10)
- ①② (3号機④)
- 線量コード評価、モデル改良

- 放射性核種調査に資する電線管ケーブルや塗装のサンプル採取 (PC-14)
- ③ (②)
- 線量コード評価、モデル改良

- 2号機CRD交換レール上の黒色物質のサンプル分析結果 (形状、微細組織、化学組成を含む) (PC-19)
- ①
- 構造物の最高温度、損傷有無に関する知見の入手。モデル改良

- 溶融した、亜鉛メッキされた、あるいは酸化した構造物の写真/動画 (ペDESTAL内外) (PC-16)
- ①②③
- ピーク温度にかかる知見の入手

- 放射性核種調査に資するPCV内包水サンプル採取 (PC-15)
- ①②
- 線量コード評価、モデル改良

- 1号機D3位置における構造物上の黒色物質のサンプル分析結果 (形状、微細組織、化学組成を含む) (PC-20)
- ③ (②)
- ケイ素やデブリの有無によるMCCI有無の推定。モデル改良

- RPV周辺の配管や断熱材の写真/動画 (PC-13)
- ③ (②)
- 長期的な冷却に伴う断熱材への悪影響の調査

- RPV外におけるTIP、SRM、IRM配管の写真/動画 (PC-12)
- ①② (3号機④)
- 原子炉炉圧減圧にかかる損傷に関する調査

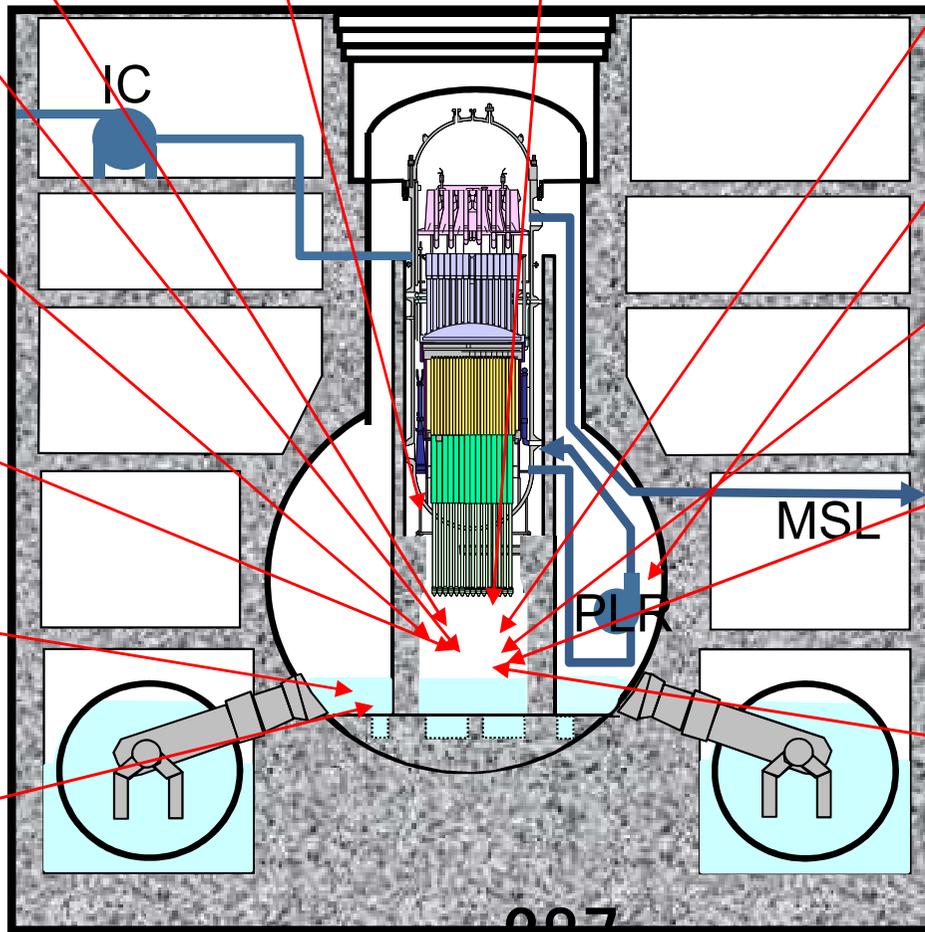
- 3号機PCV内部調査映像 (PC-21)
- ①②
- モデル改良

- PLRポンプシール等のRPV漏えい箇所候補の写真/動画 (PC-11)
- ③
- 高温・高圧環境化での性能評価

- 1号機D/W床堆積物上層の化学分析、軸方向の組成 (PC-17)
- ①②
- コンクリート酸化物の有無によるMCCI有無の推定。モデル改良

- 1号機D/W床堆積物下にある物質の性質 (PC-18)
- ②③
- 物質の正体の解明 (上層とは異なる堆積物か、燃料デブリか)。コンクリート酸化物の有無によるMCCI有無の推定。モデル改良

- 異なる軸方向、半径位置でのデブリのサンプル分析結果 (形状、微細組織、化学組成を含む) (PC-22)
- ② (③)
- 酸化コンクリート有無によるMCCI有無の推定。物質の溶融落下にかかる知見。燃料の濃縮度にかかる知見。モデル改良。



287

灰色ハッチング：調査を実施し、情報を取得済

原子炉圧力容器

<凡例>

- 取得する情報
 - : Forensics No.
 - : TEPCO No.
- 分類※ (P33参照)
- 情報の利用価値

- 気水分離機の写真/動画、サンプル採取 (RPV-3)
- ② (サンプル採取③)
- 健全性あるいは変位計測、ピーク温度評価、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- ドライヤの写真/動画、サンプル採取 (RPV-1a)
- ② (サンプル採取③)
- 健全性あるいは変位計測、ピーク温度評価、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- 主蒸気配管の写真/動画、配管内のプロブ調査、サンプル採取 (RPV-1b)
- ②④ (サンプル採取、冶金試験③)
- 変形等にかかる知見、冶金学的な試験をもとにしたコード評価とモデル改良

- シュラウドヘッドの写真/動画、サンプル採取 (RPV-4b)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 健全性あるいは変位計測、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- 給水スパージャノズル、注水ポイントの写真/動画、サンプル採取 (RPV-2b)
- ② (サンプル採取③)
- 運転性能の評価、腐食を含む海水注水の影響の評価

- シュラウド (シュラウドとRPV壁の間) の写真/動画、サンプル採取 (RPV-4a)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 健全性あるいは変位計測、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

- 上部構造物、上部格子板の写真/動画、サンプル採取 (RPV-1c)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 変形等に関する知見、冶金学的な試験をもとにしたコード評価やピーク温度、変位、溶融の予測にかかるモデル改良

- シュラウド (炉心側から) の写真/動画、サンプル採取 (RPV-4c)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- 健全性あるいは変位計測、冶金学的な試験から得られる知見をもとにしたコード評価とモデル改良

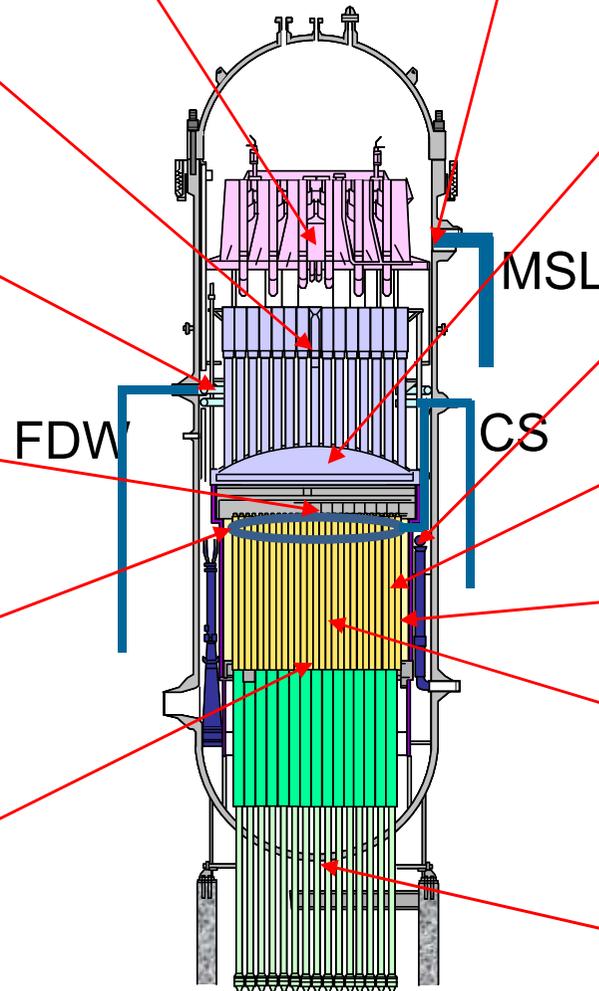
- 炉心スプレインノズル、スパージャ、ノズル接合部の写真/動画、サンプル採取 (RPV-2a)
- ② (CS系シュラウド内②、シュラウド外②、サンプル採取、冶金試験③)
- 運転性能の評価、腐食を含む海水注水の影響の評価

- 遠隔測定技術による炉心 (およびRPVとシュラウドの間) の状態把握 (RPV-5a)
- ③※1
- コード評価とモデル改良

- 炉心支持板および関連する構造物の写真/動画 (RPV-4d)
- ② (サンプル採取、冶金試験③)
- コード評価とモデル改良

- 炉心および構造物の最終状態の把握 (RPV-5b)
- ②
- コード評価。燃料デブリの組成、重量、形態を予測するモデルの改良

- RPV内の燃料デブリの写真/動画、サンプル採取 (TRPV-1)
- ② (サンプル数の大幅増加③)
- 燃料デブリの量、形態、組成分布、拡がりなどにかかる知見の入手、事故進展の理解深化



※1: ミュオン測定による燃料デブリ位置を評価
(1号機: 2015年2月~5月、2号機: 2016年3月~7月、3号機: 2017年5月~9月)