

# ケーブル・塗料・保温材の可燃性ガス発生量評価試験結果

2022年2月28日



東京電力ホールディングス株式会社

# 可燃性有機ガス発生量評価

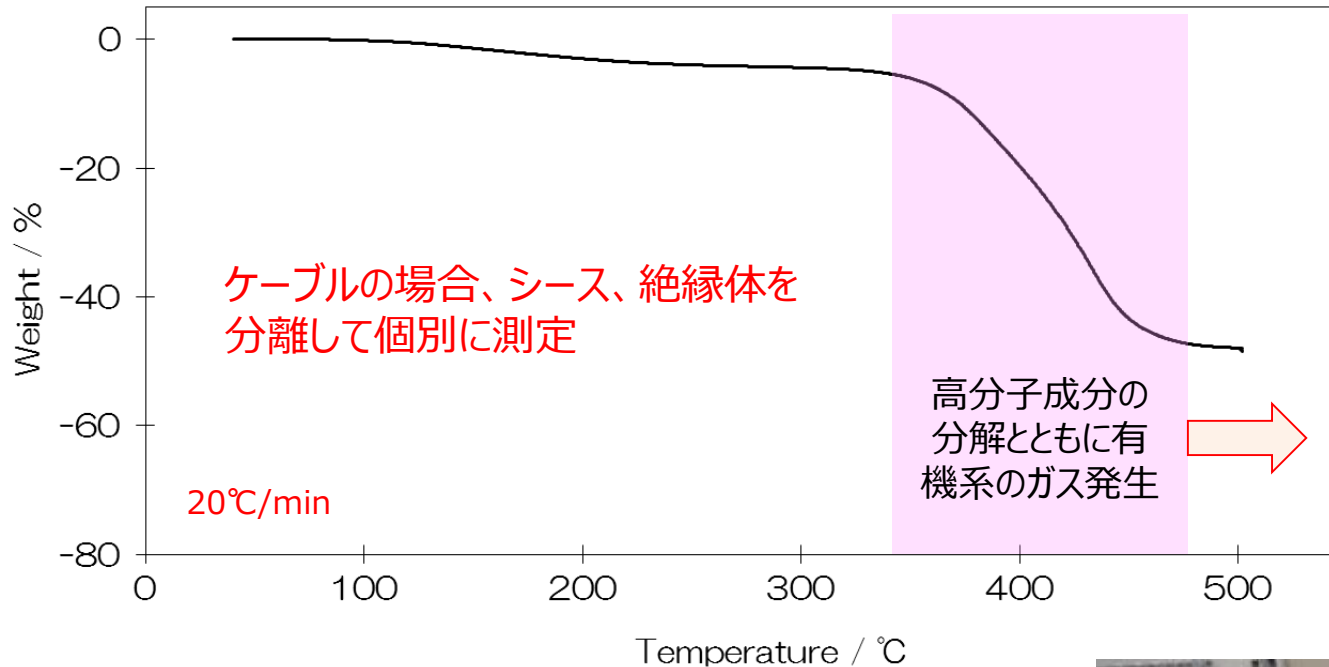
- 2021年10月19日の「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会(第23回)」で報告した予備試験と本試験の実施状況について報告する。
- ケーブル、塗料及び保温材の予備試験を実施し、ガス発生温度域を確認した。
- ケーブル、塗料及び保温材の本試験を実施し、ガスの種類と発生量を確認中。

## 試験進捗状況

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

# ケーブル等の可燃性有機ガス発生量評価計画

## ■ 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

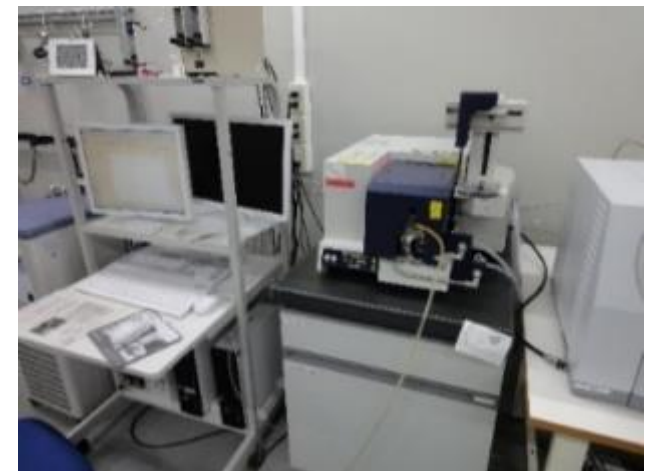
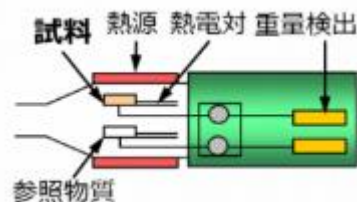


本試験ではこの温度域で  
ガス採取・分析

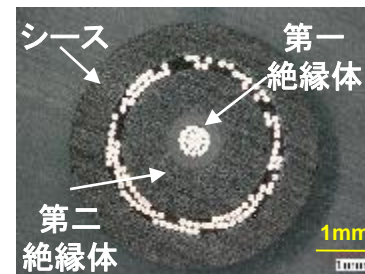
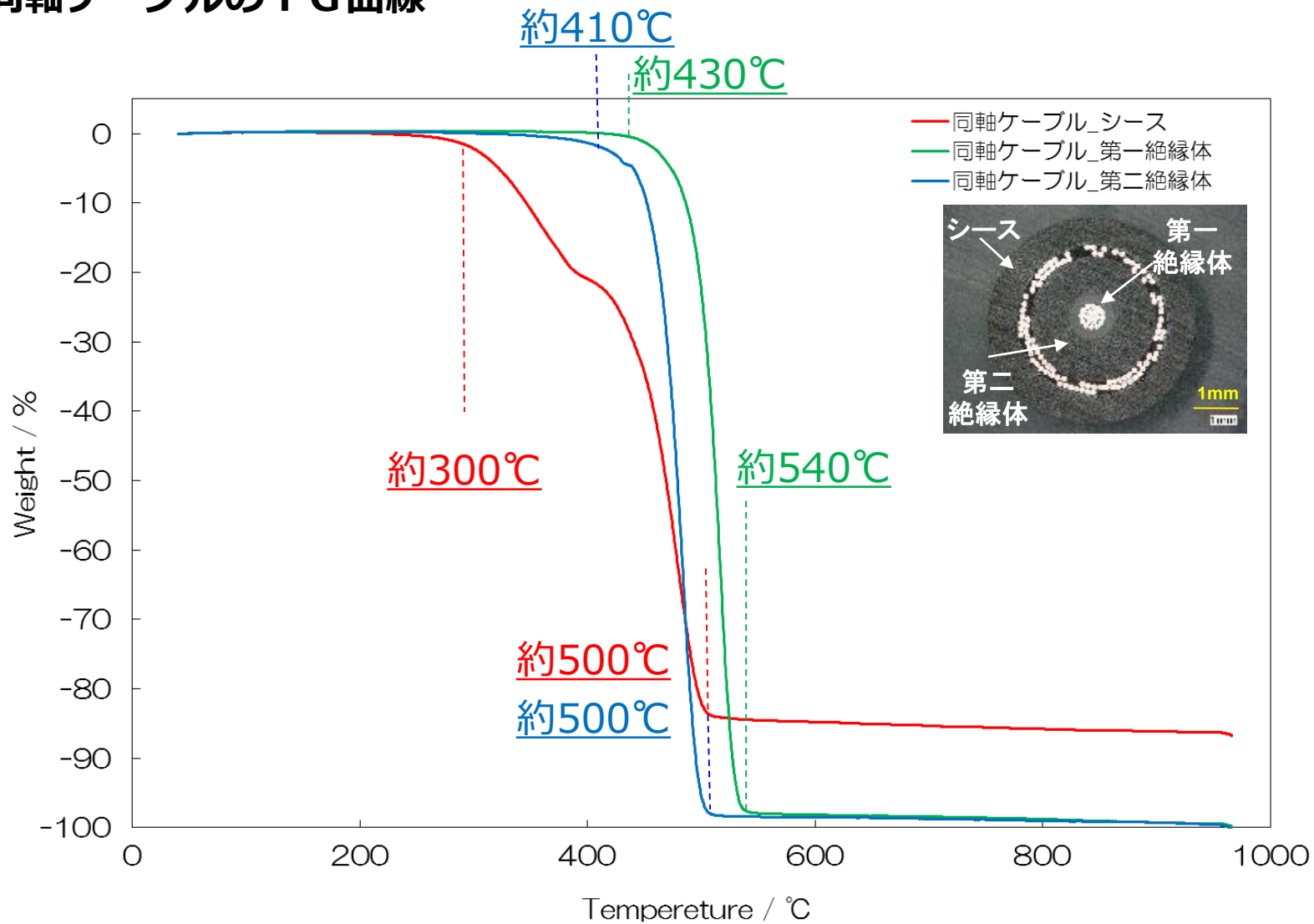
### TG (熱重量) について

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。

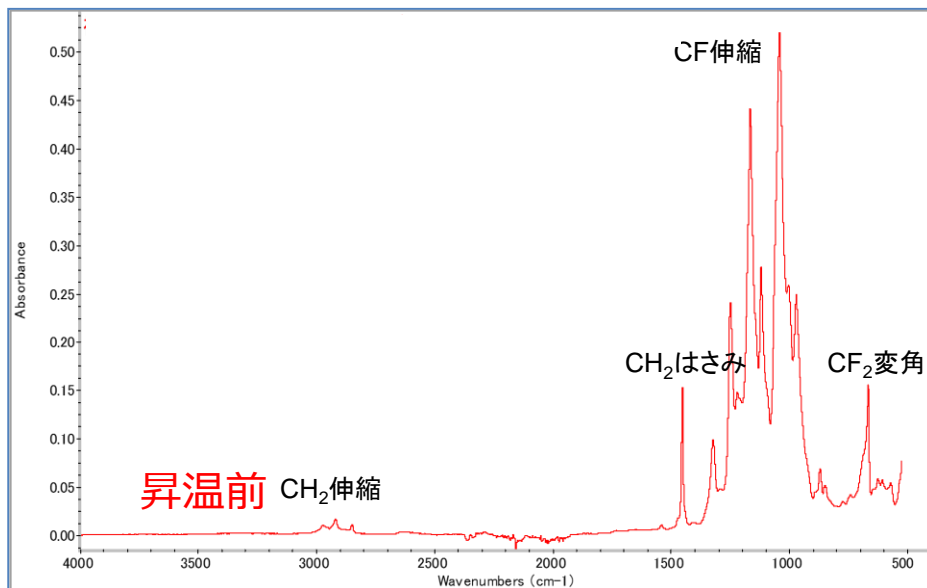


## ■ 同軸ケーブルのTG曲線

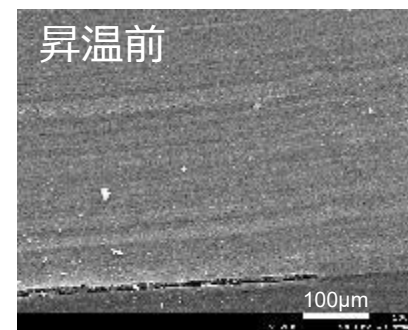


## ■ 同軸ケーブル第1絶縁体（ETFE）のFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



昇温後試料はなし

EDX

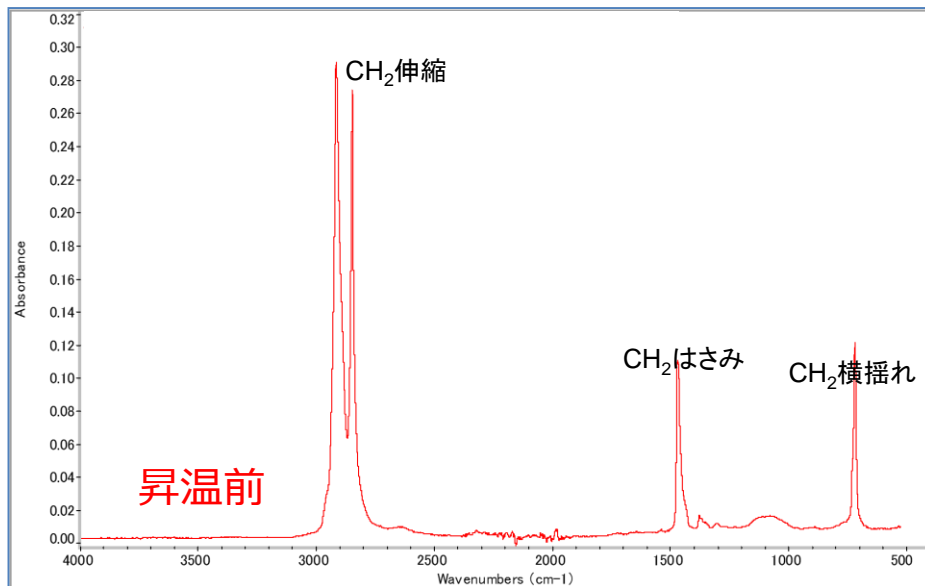
単位：wt%

	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	46.94	0.96	51.59	-	-	-	-	-	-	0.11	-	-	0.19	-	-	-	-	0.22	-	-	-	100

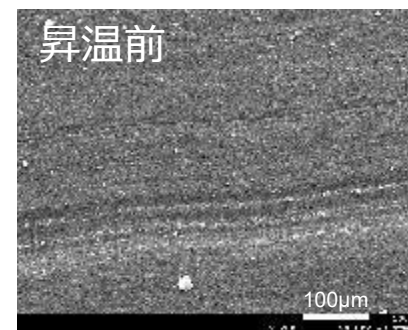
⇒ TG測定の結果から、同軸ケーブル第1絶縁体は約1000℃まで昇温すると完全に揮発しており、1000℃以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ 同軸ケーブル第2絶縁体（架橋ポリエチレン）のFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



昇温後試料はなし

EDX

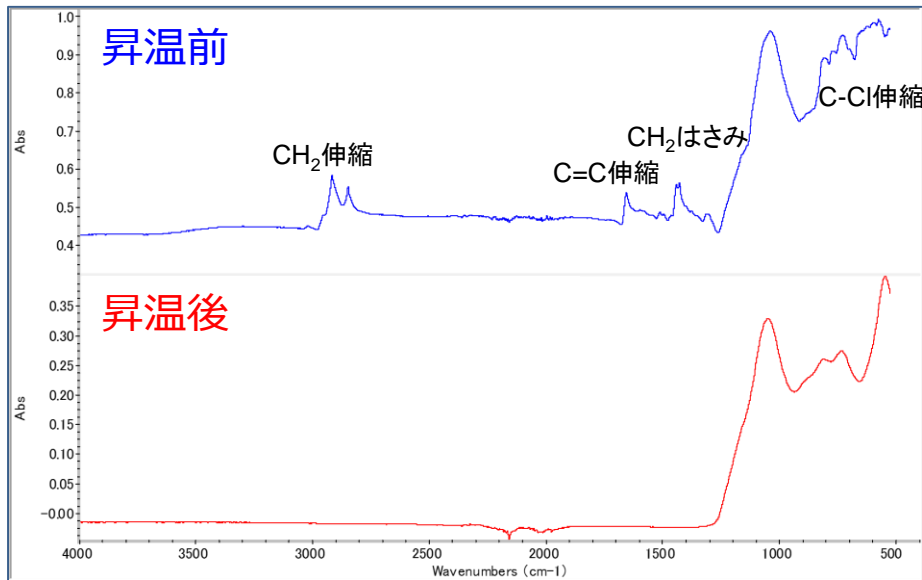
単位：wt%

	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	96.75	2.95	-	-	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100

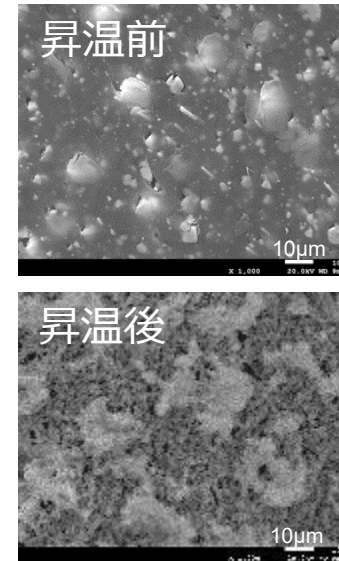
⇒ TG測定の結果から、同軸ケーブル第2絶縁体は約1000℃まで昇温すると完全に揮発しており、1000℃以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ 同軸ケーブルシース（難燃性架橋ポリエチレン）のFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



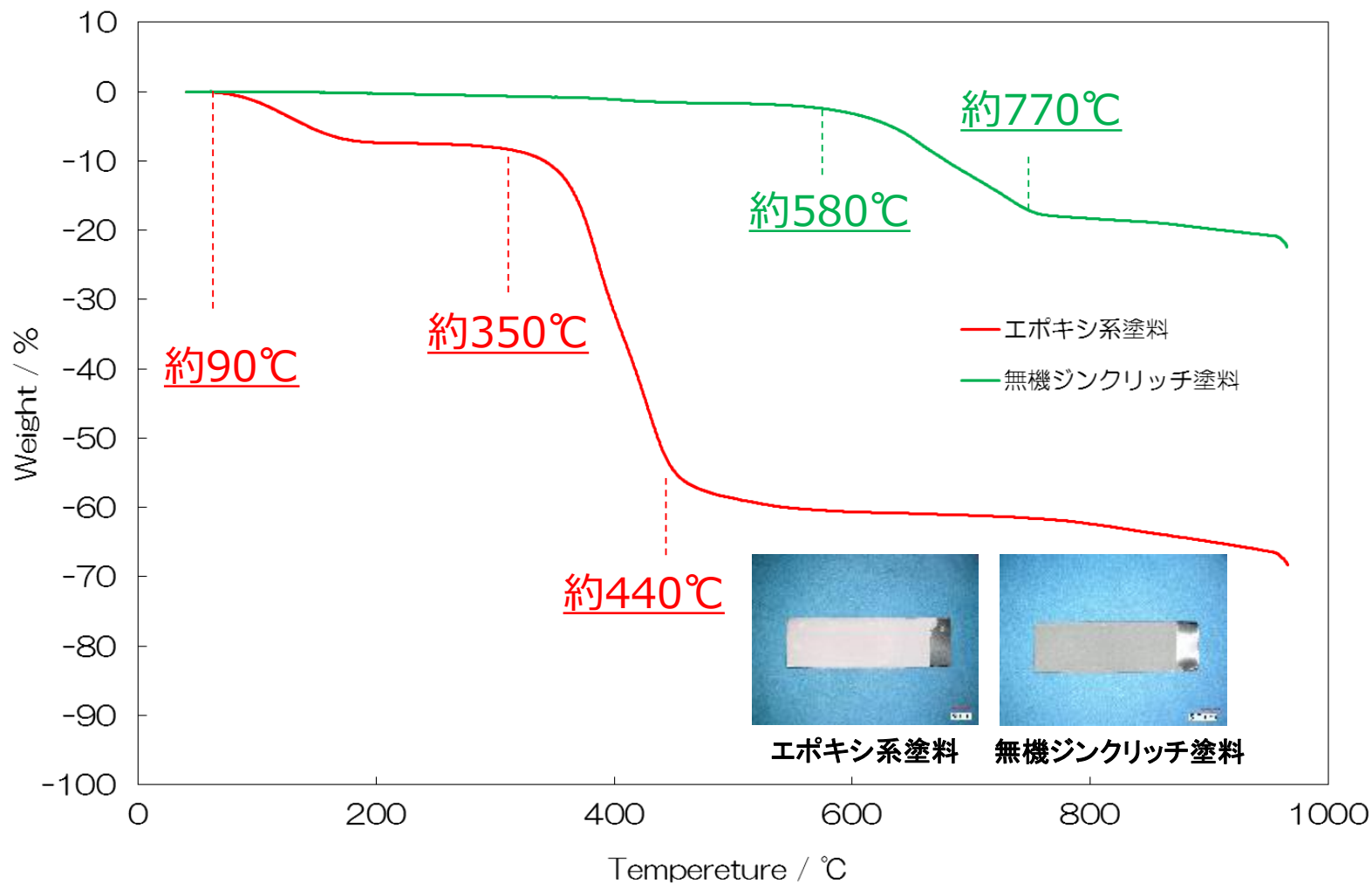
## EDX

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	81.51	3.58	-	-	-	0.27	0.11	-	-	3.44	-	-	-	-	-	-	-	-	4.01	7.09	-	100
昇温後	51.11	33.60	-	0.11	-	0.02	5.05	-	-	-	-	-	-	0.13	0.60	-	-	-	0.03	9.35	-	100

⇒ FT-IRの結果から、同軸ケーブルシースは約1000℃まで昇温すると炭化しており、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。

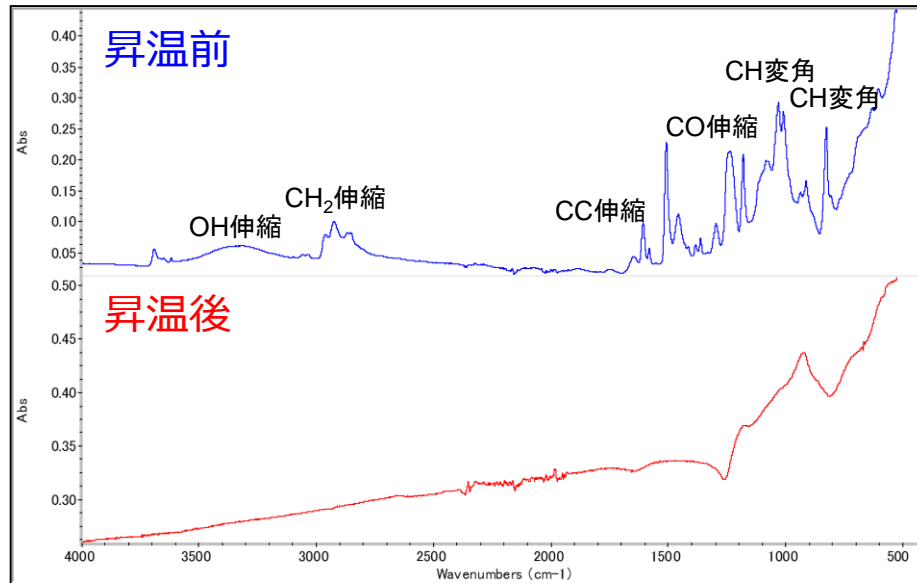
## ■ 塗料のTG曲線



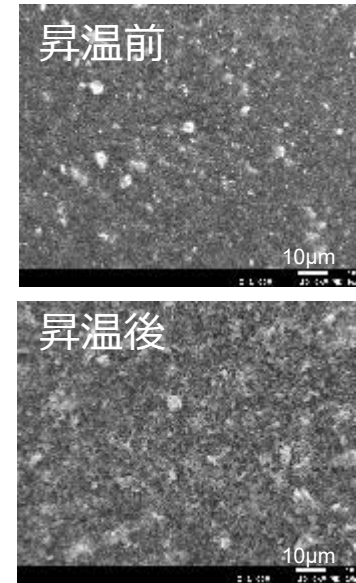


## ■ エポキシ系塗料のFT-IR、SEM-EDX

FT-IRスペクトル



SEM写真



## EDX

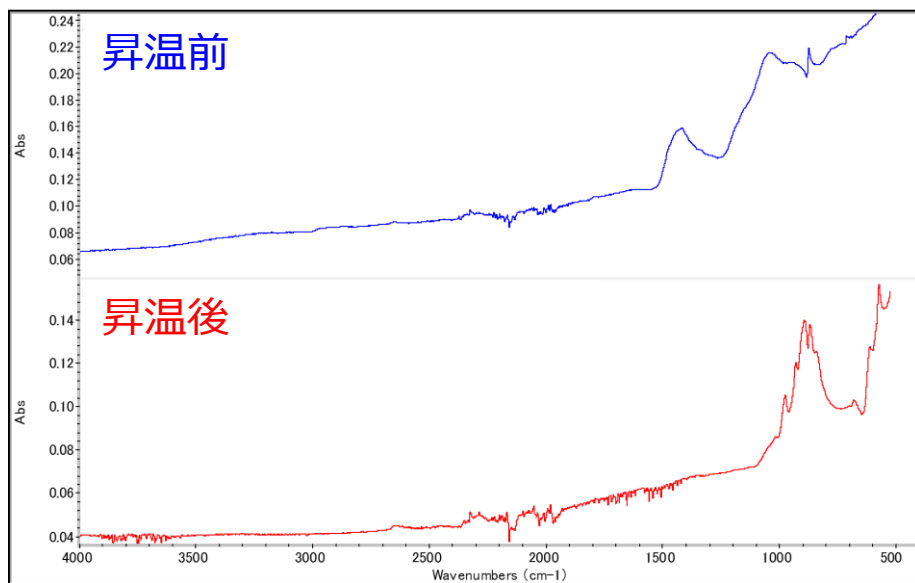
単位：wt%

	C	O	F	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Mo	Sb	Ba	W	Pb	合計
昇温前	65.33	15.11	-	-	-	1.90	2.23	-	1.15	0.09	-	-	8.34	-	0.22	-	-	-	-	-	-	5.61	-	-	100
昇温後	5.59	38.53	-	0.05	-	6.01	6.45	-	2.24	-	-	-	22.19	-	0.19	-	-	-	-	-	-	18.63	0.01	-	100

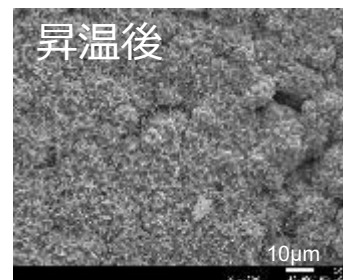
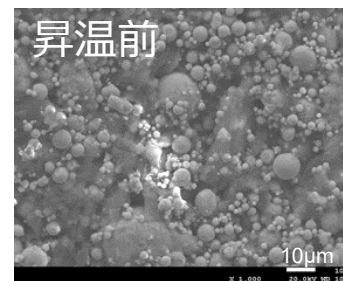
⇒ FT-IRの結果から、エポキシ系塗料は約1000℃環境下で完全に炭化しており、1000℃以上における可燃性ガスの発生は無いものと考えられる。

## ■ 無機ジンクリッチ塗料の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	Mo	Sb	Ba	W	Pb	合計
昇温前	18.30	21.33	-	1.85	-	0.66	6.62	-	-	-	0.19	2.55	-	-	-	-	-	48.48	-	-	-	-	-	-	100
昇温後	8.23	12.20	-	7.43	-	-	0.13	-	0.07	-	-	0.20	-	-	0.18	-	-	71.55	-	-	-	-	-	-	100

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

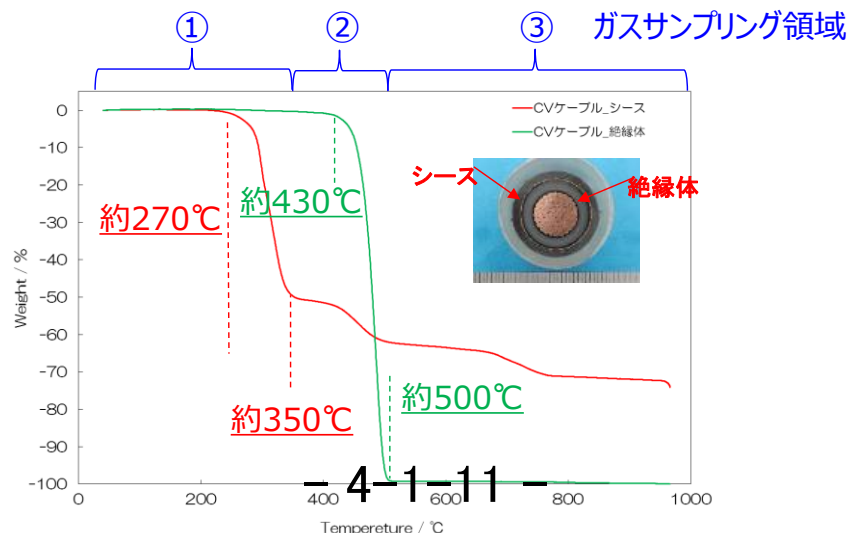
## ■ 本試験条件設定

- 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

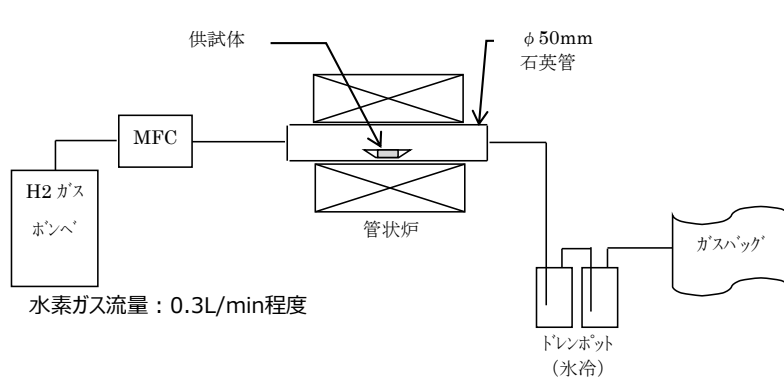
## ■ 本試験分析方法

- 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

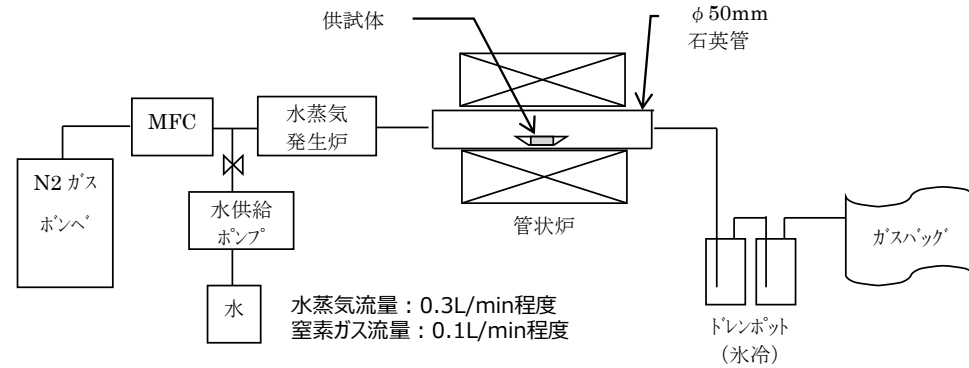
## ■ ガスサンプリング領域（CVケーブルの例）



## ■ 水素ガス環境下



## ■ 水蒸気環境下



管状炉  
マスフローコントローラ



石英管  
ガスバッグ

## ■ CVケーブル1000℃昇温後のガス分析結果（フォーマット）

試料		CVケーブルガス発生量(m <sup>3</sup> /t)					
		水素			水蒸気		
環境		RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000
温度(°C)		RT~350	350~500	500~1000	RT~350	350~500	500~1000
H <sub>2</sub>		-	-	-			
CO							
炭 化 水 素	CH <sub>4</sub>						
	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>						
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>						
	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>						
	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>						
	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>						
	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>						
	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>						
	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>						
	上記以外のC <sub>1</sub> ~C <sub>5</sub> (CH <sub>4</sub> 換算値)						
CH <sub>4</sub> 換算合計値							
NH <sub>3</sub>							
H <sub>2</sub> S							

- ケーブル、エポキシ系塗料、保温材については、水素ガス、水蒸気環境下での1000℃昇温試験を実施し、データ整理を実施予定。
- 水素ガスまたは水蒸気環境下での200℃24時間でのガス発生試験を実施予定（1000℃昇温試験でより多くガスが発生する雰囲気条件にて実施予定）。
- 無機ジンクリッチ塗料については、予備試験において他試料と挙動が異なるため、材料の特徴とデータの妥当性を検討し、2022年度本試験実施予定。

No.	種類	評価対象	予備試験進捗	本試験進捗 (1000℃昇温試験)	本試験進捗 (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	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	データまとめ中	3月実施予定
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：特殊クロロプレナム	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	3月実施予定	3月実施予定
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	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	データまとめ中	3月実施予定
4	塗料	エポキシ系塗料	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	データまとめ中	3月実施予定
5	塗料	無機ジンクリッチ塗料	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	2022年度実施予定	2022年度実施予定
6	保温材	ウレタン保温材	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	データまとめ中	3月実施予定
7	保温材	ポリイミド保温材	熱重量測定 (TG) 実施 FT-IR、SEM-EDX実施	データまとめ中	3月実施予定

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

2022年2月28日

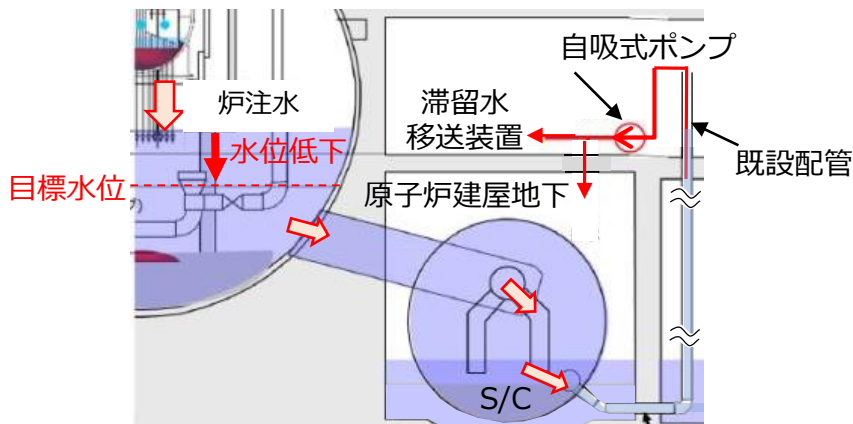


東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 概要

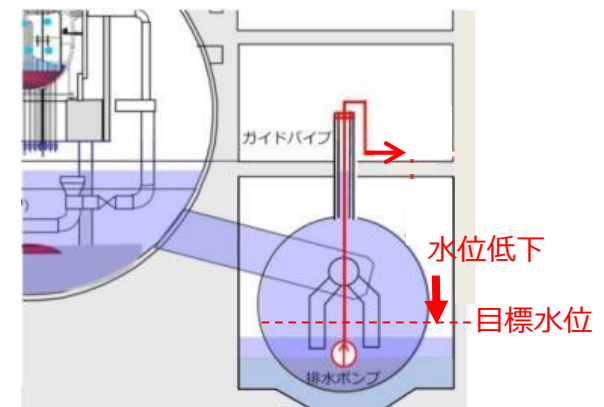
- 現状、耐震性向上策としてPCV(S/C)水位低下を行うため、以下の通り段階的に水位を低下することを計画。
- ガイドパイプ設置等（ステップ2）に先立ち、現状水位（R/B1階床上約1m）をR/B1階床面以下に低下（ステップ1）する。
- ステップ1では、S/C下部に接続する既設配管を用いて自吸式ポンプによる取水を計画。

## ステップ1（目標水位：R/B1階床面以下）



既設配管を用いたS/C内包水の取水イメージ

## ステップ2（目標水位：S/C下部）



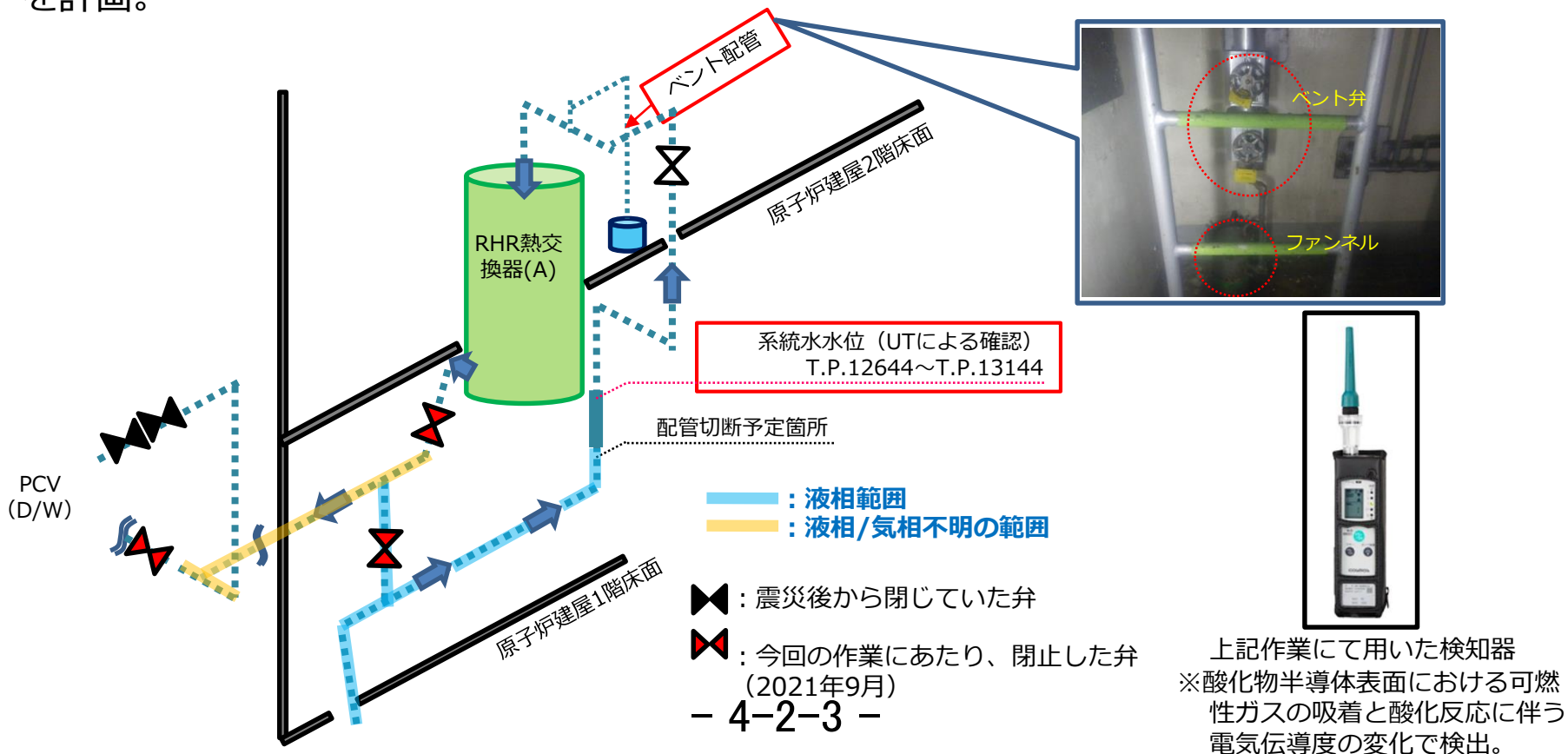
ガイドパイプによるPCV(S/C)からの取水イメージ

PCV：原子炉格納容器  
S/C：圧力抑制室  
R/B：原子炉建屋



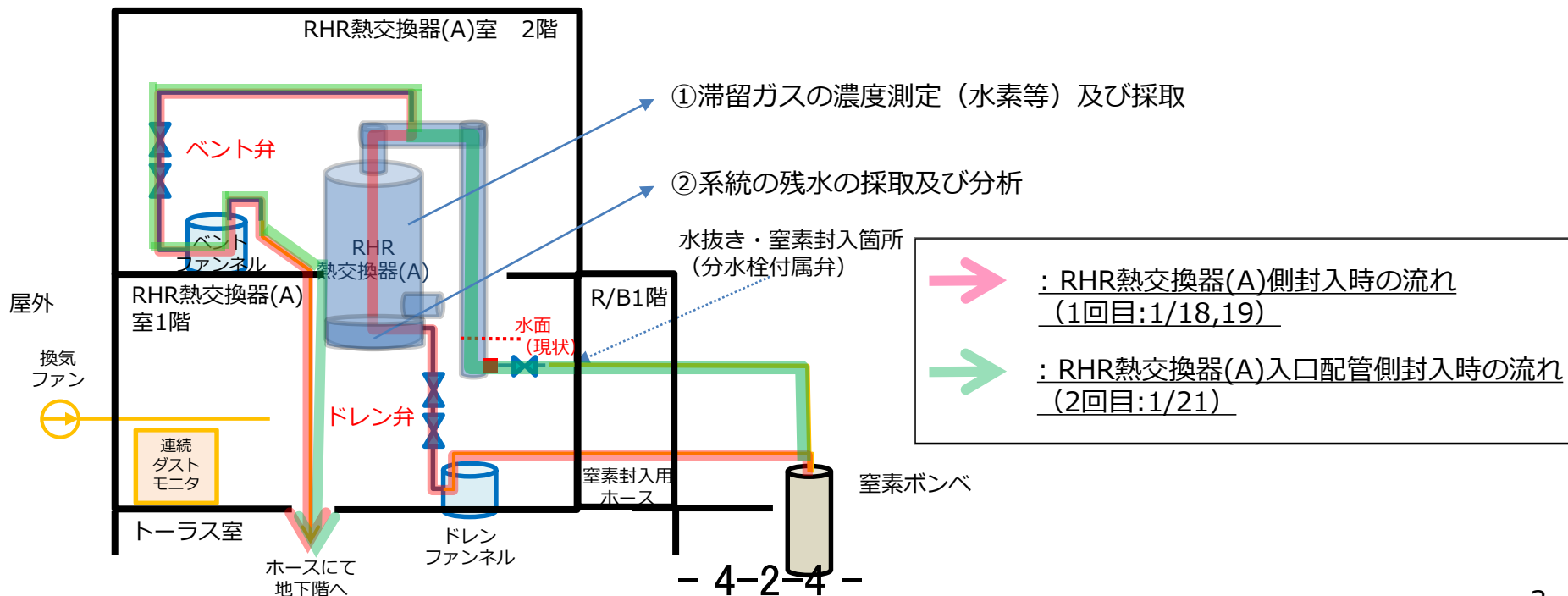
## 2. 経緯

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



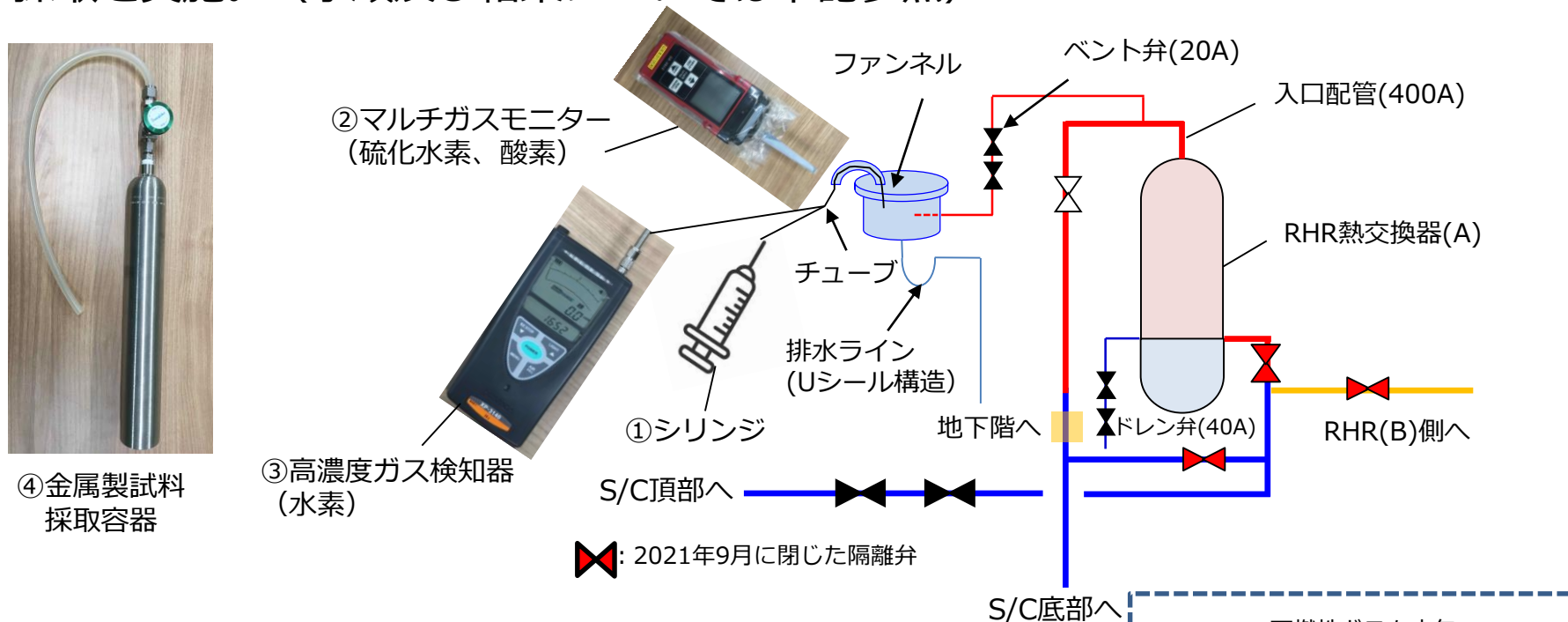
### 3. 滞留ガスのパージ作業について

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



### 3-① . 滞留ガスの濃度測定（水素等）及び採取の結果

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

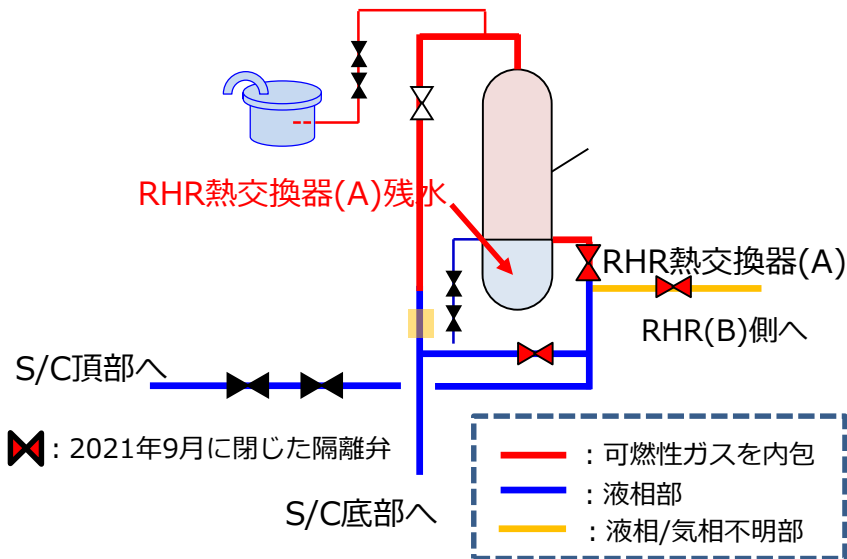


- ①シリンジによる採取・分析  
Kr-85  $2.64 \times 10^3 \text{ Bq/cm}^3$  (ゲルマ分析)
- ②マルチガスモニターによる測定  
酸素濃度0%、硫化水素濃度約20ppm
- ③高濃度ガス検知器による測定  
水素濃度が約20%まで上昇し安定
- ④金属製試料採取容器による採取・保管  
金属製試料採取容器(約500cm<sup>3</sup>)

#### RHR配管の系統概略イメージ

### 3-②. 系統の残水の採取及び分析結果

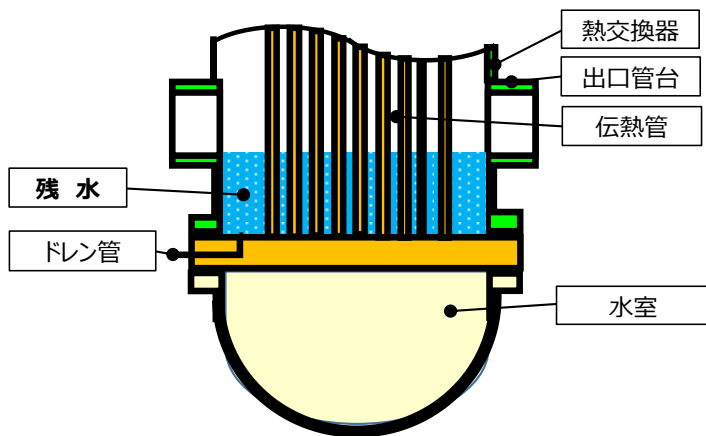
- 系統の残水（RHR熱交換器(A)残水）を採水・分析。



・ 1回目(採取日:2021.12.15)

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

#### RHR配管の系統概略イメージ



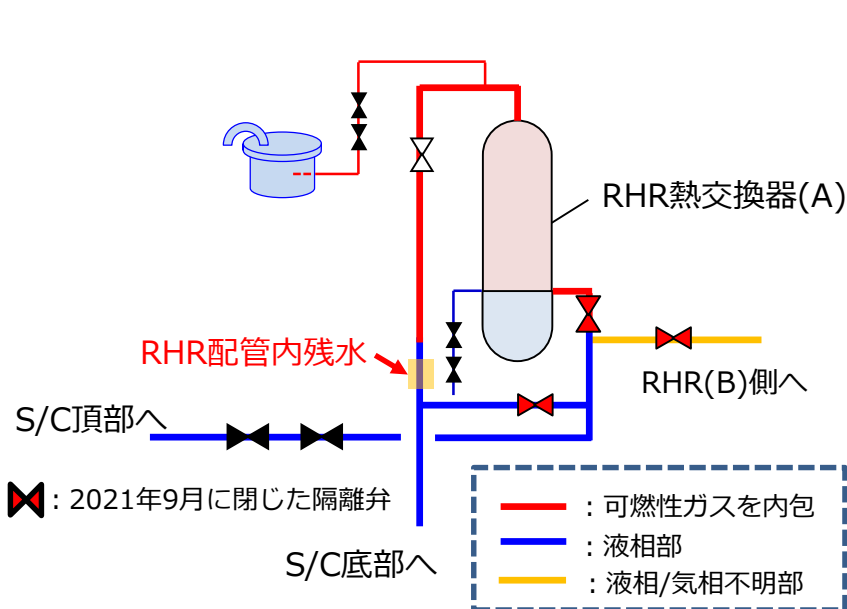
#### RHR熱交換器(A)残水イメージ

・ 2回目(採取日:2022.1.17)

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

### 3 - ② . 系統の残水の採取及び分析結果

- 系統の残水（RHR配管内残水）を採水・分析。



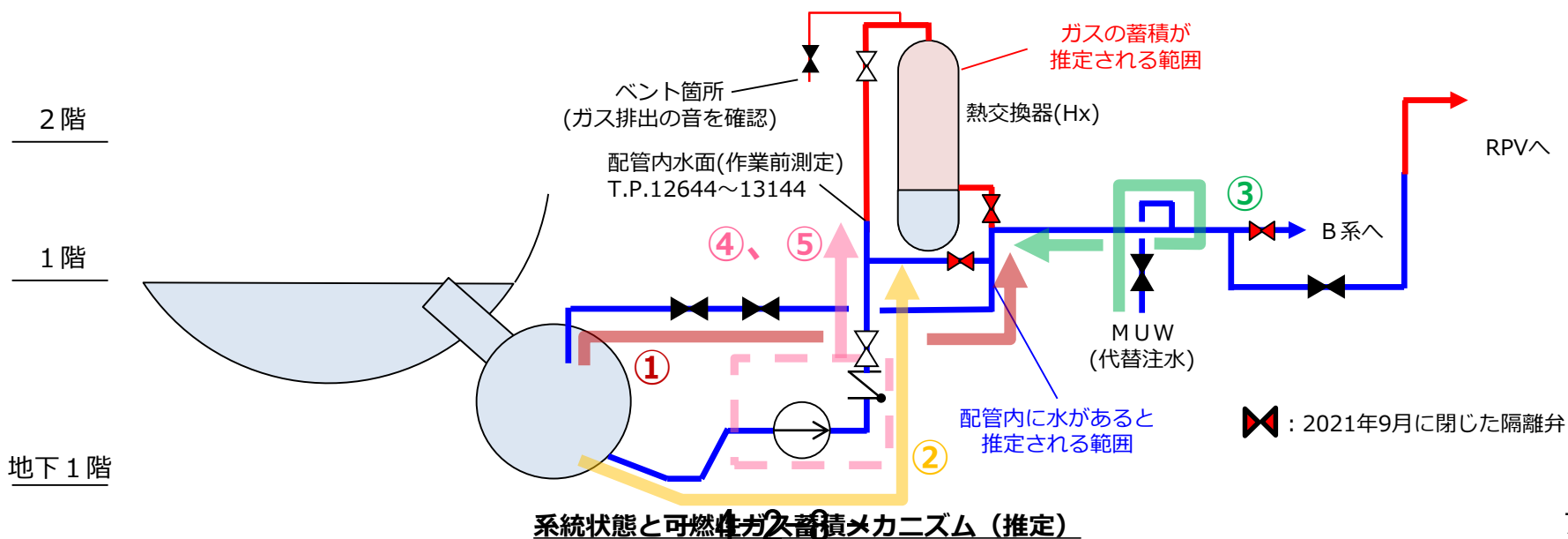
分析項目	分析結果	分析項目	分析結果
Cs-134	9.59E+04 Bq/L	pH	9.4
Cs-137	2.90E+06 Bq/L	塩素	5.00E+03 mg/L
Co-60	<5.99E+02 Bq/L	カルシウム	8.40E+01 mg/L
H-3	9.80E+04 Bq/L	マグネシウム	3.10E+02 mg/L
全β放射能	2.98E+06 Bq/L	ナトリウム	2.80E+03 mg/L
全α放射能	<2.66E+00 Bq/L	SS (浮遊物質)	4.3E+00 mg/L

#### RHR配管の系統概略イメージ

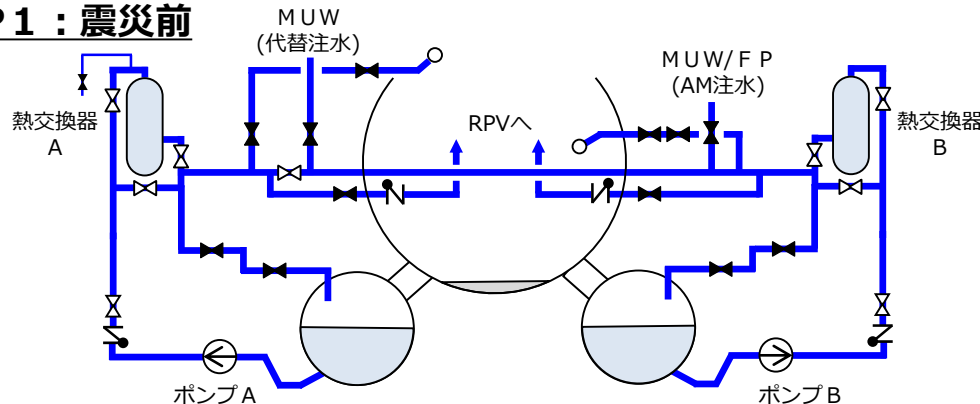
# 【参考】RHR熱交換器廻りのガス蓄積のメカニズム推定

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

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

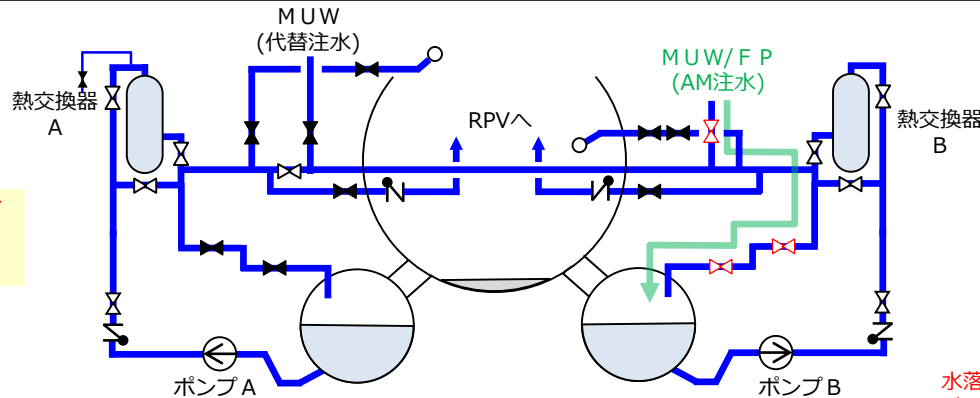


**STEP 1 : 震災前**



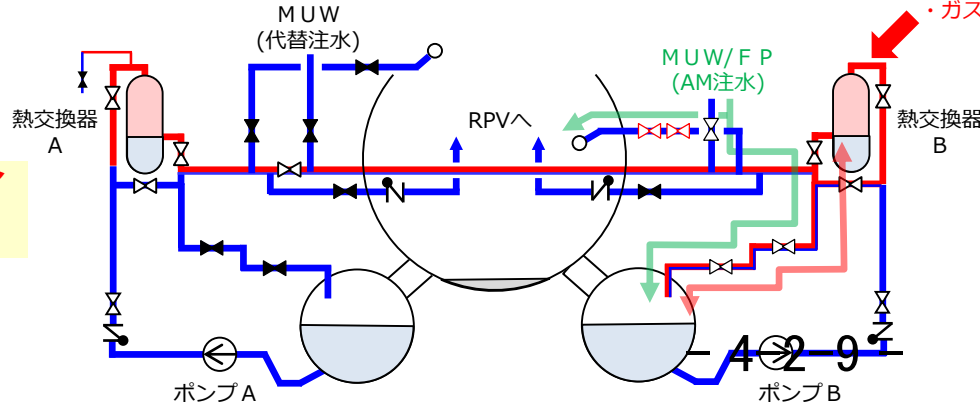
- 震災前は、系統内は満水待機。

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



スプレイ  
開始時

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



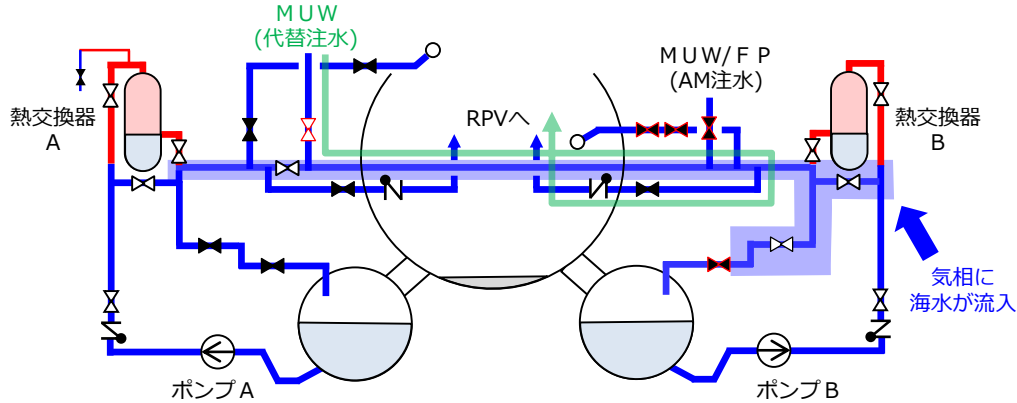
スプレイ  
実施中

水落ち  
・ガス流入

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

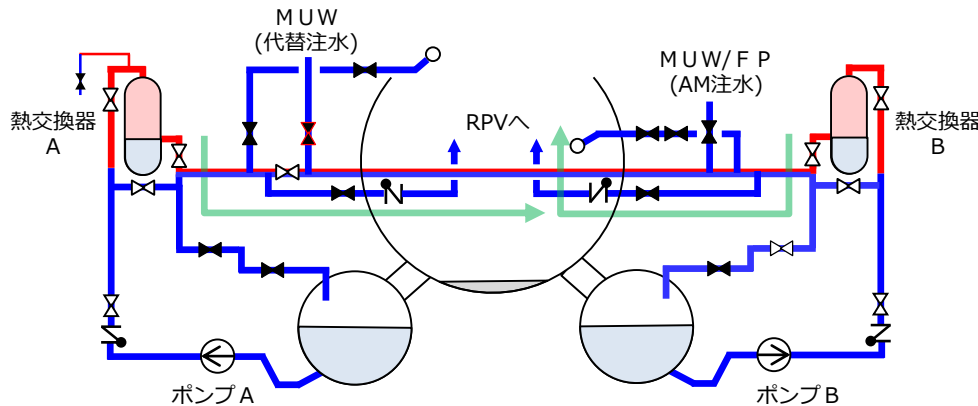
[\*1]代替S/Cスプレイでの流量は、RHRによるスプレイ流量より小さく、ガスの流入が発生したと想定。  
[\*2]代替D/Wスプレイも実施しており、いずれかのタイミングで流入した可能性を想定。

**STEP 3 : 代替注水時（消防車、海水）**



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

**STEP 4 : 安定化以降**



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



# 1号機 PCV内部調査の状況について

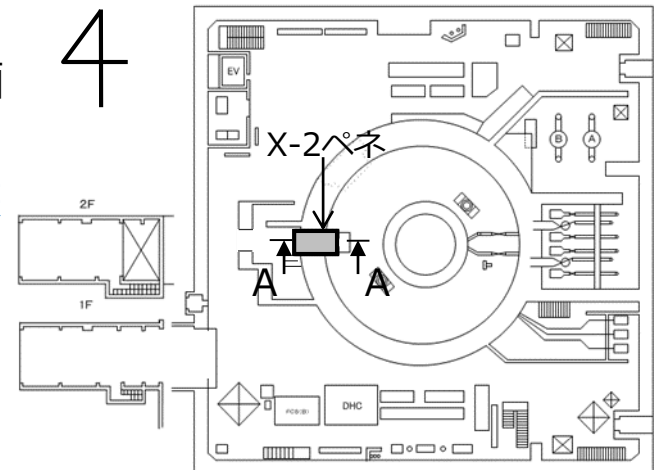
2022年2月28日

**IRID** **TEPCO**

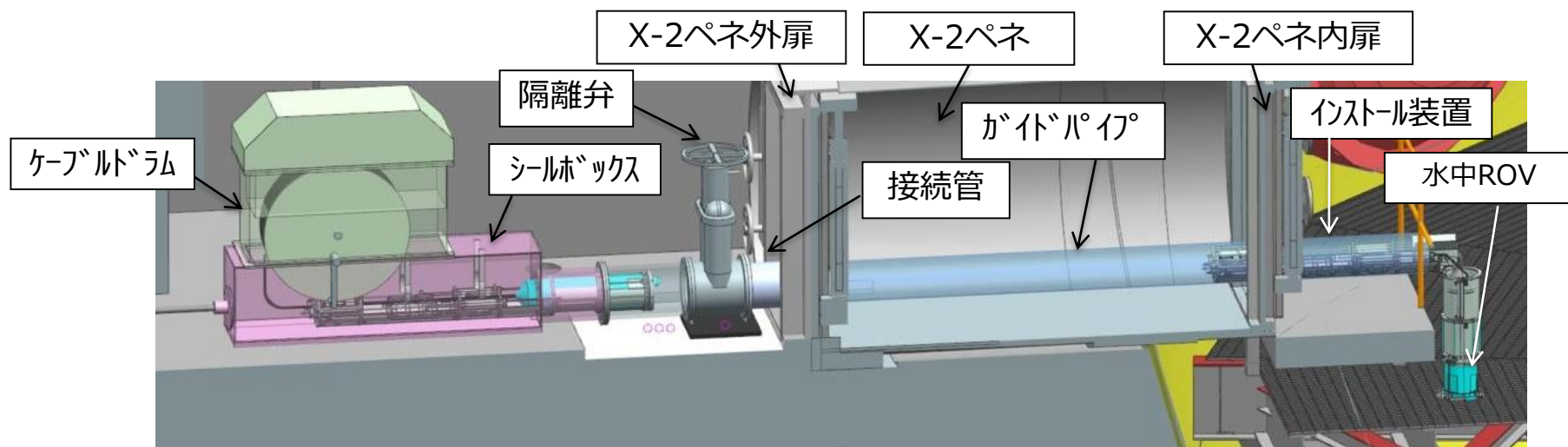
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構  
東京電力ホールディングス株式会社

# 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PCV内に投入する計画
- 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



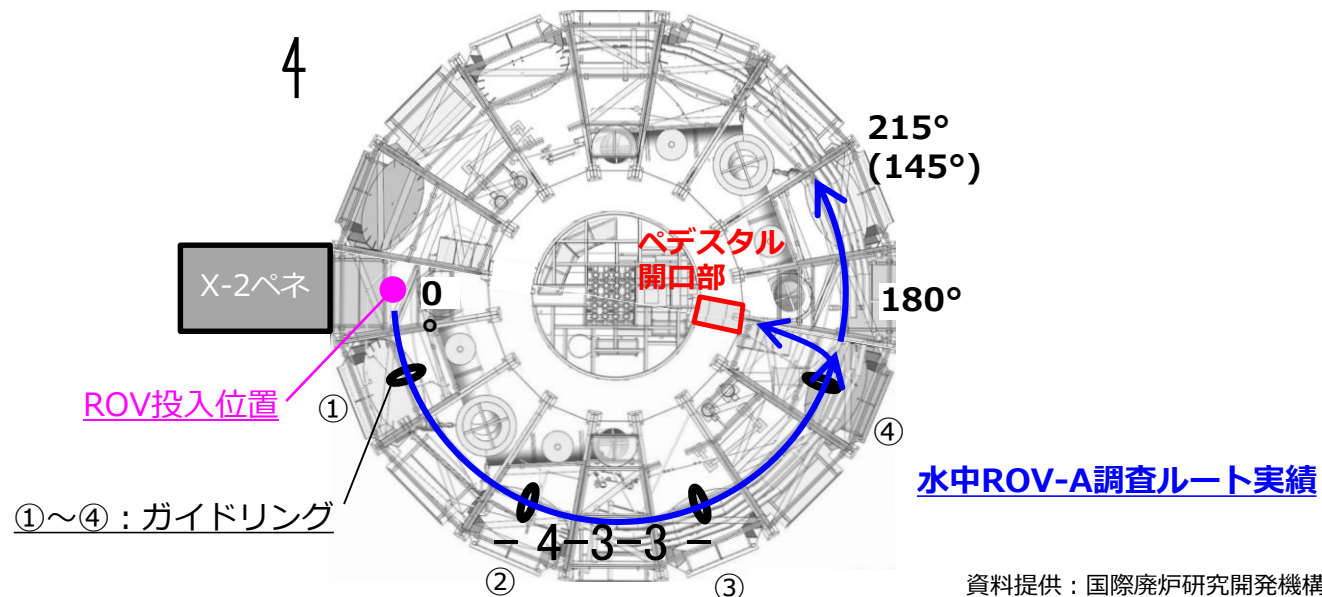
1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



内部調査時のX-2シ図 (A-A矢視)

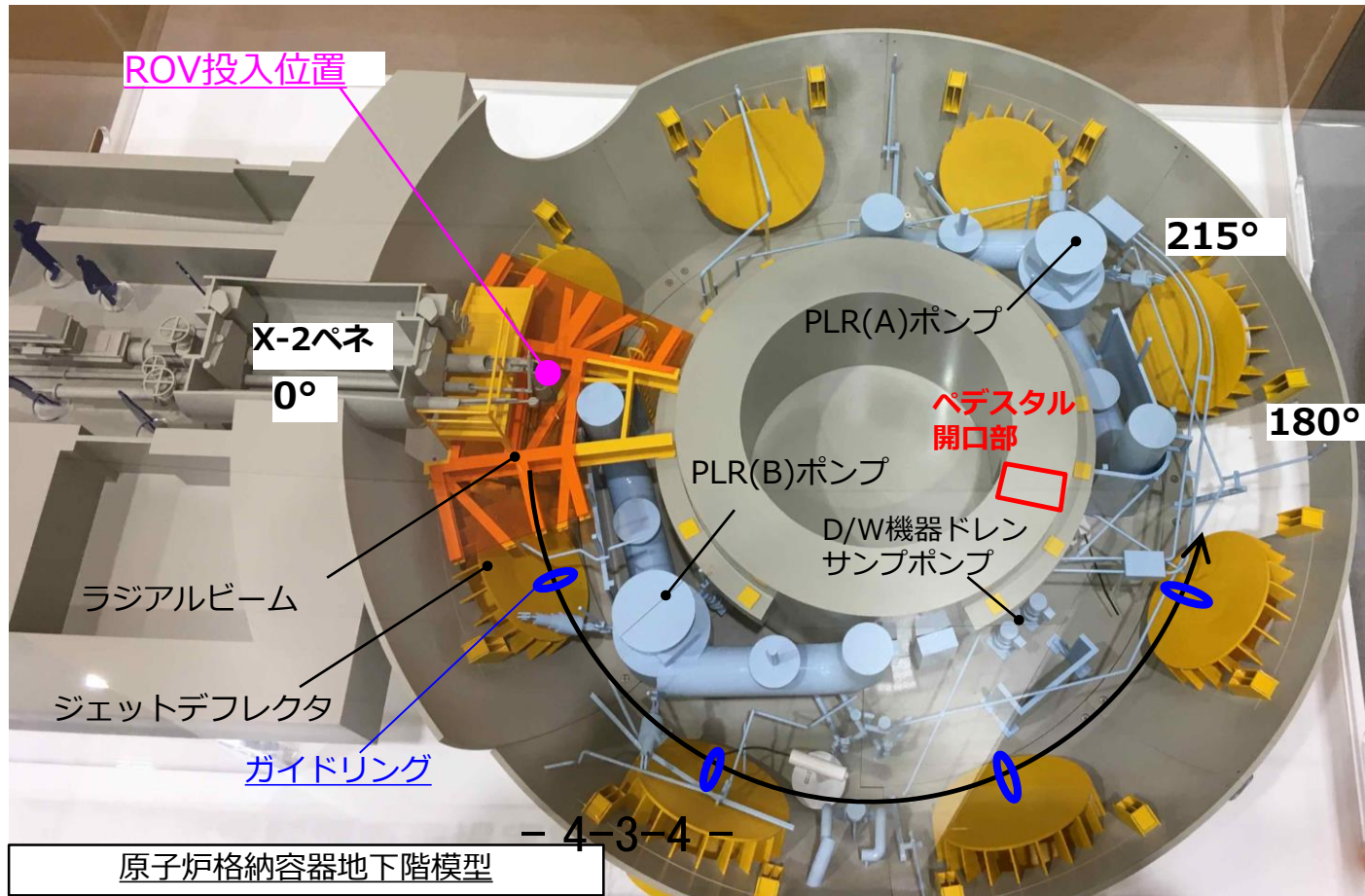
## 2. PCV内部調査の状況

- 1月12日、PCV内部調査を開始する予定であったが、調査前の準備作業においてケーブルドラムの電源を投入した際、以下の現象が発生することを確認したため作業を一時中断
  - 水中ROVに内蔵されている線量データが正確に表示されない
  - 水中ROVに複数（6台）搭載されているカメラのうちの1台のカメラモニター（画面）のタイムスタンプ（現在の時刻表示）が点滅し、時刻が止まる
- 2月4日～7日、上記事象の対策を講じた上で動作確認を行い、事象の再現が無いことを確認したことから調査再開に向けた作業を実施
- 2月8日に水中ROV-AをPCV内にインストールし、9日にかけて4か所のガイドリング取付を完了、併せてペDESTAL開口部付近の調査を実施し、10日にアンインストールを完了
- 現在、ROV-A2投入に向けた段取り替えを実施中であり、準備が整い次第、ROV-A2によるPCV地下階（ペDESTAL外側）の詳細目視調査を開始する計画



### 3. ROV-A2調査概要

- 調査範囲はPCV地下階の0°から215°（ペDESTアル開口部含む）とし、カメラによる目視調査を実施する計画
- 調査項目
  - 既設構造物
    - ＜ラジアルビーム, ジェットデフレクタ, PLR (B) 系機器, D/W機器ドレンサンプポンプ等＞
  - 堆積物の広がり状況や堆積物の高さ等



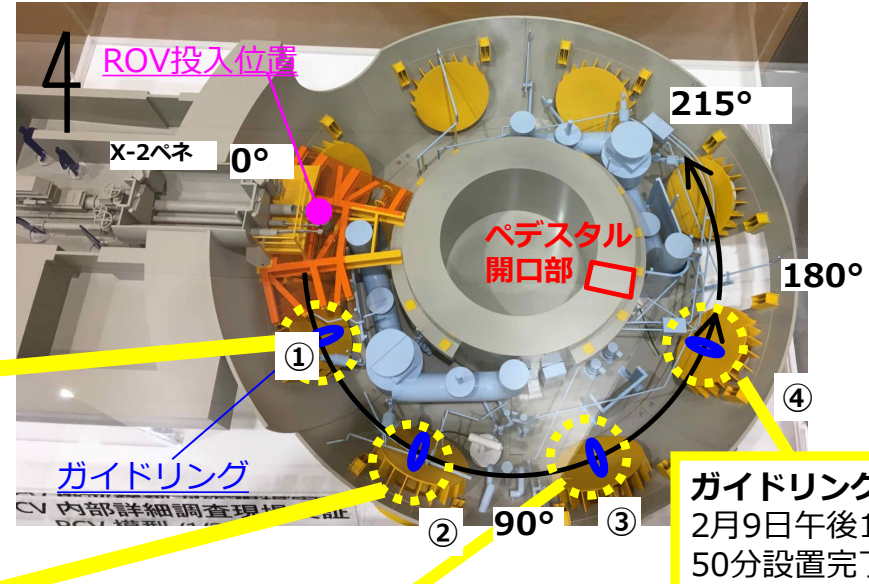
原子炉格納容器地下階模型

# 4. ガイドリング設置状況 (2月8日調査分)

※撮影日はいずれも2月8日



ガイドリング①設置状況 (2月8日午後6時18分設置完了)



ガイドリング④  
2月9日午後1時  
50分設置完了



ガイドリング②設置状況 (2月8日午後7時49分設置完了)



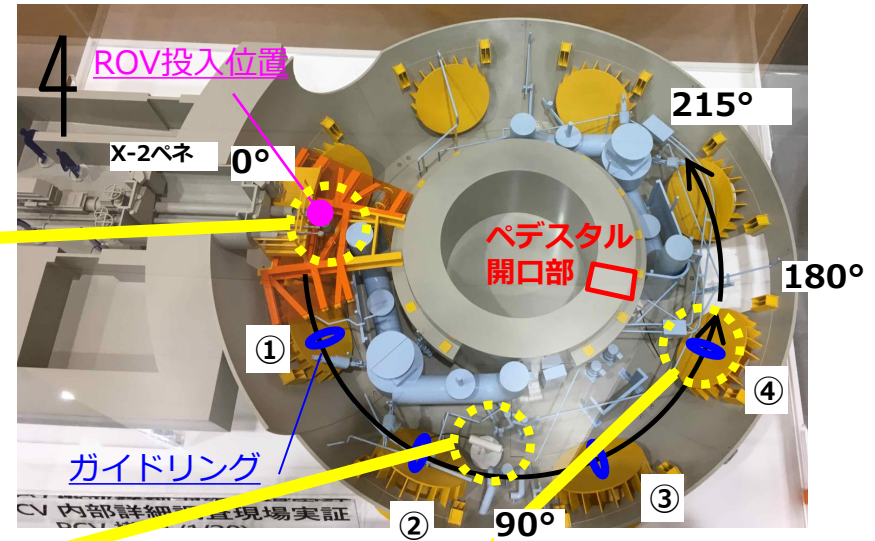
ガイドリング③設置状況 (2月8日午後9時49分設置完了)

# 5. 調査実績 (2月8日調査分)

※撮影日はいずれも2月8日



水中ROV投入位置 直下近傍



水面の浮遊物



ジェットデフレクター④付近の堆積物

- 4-3-6 -

# (参考) 作業状況 <2月8日調査分>



遠隔操作室での作業



※撮影日はいずれも2月8日

現場本部での作業



現場X-2ペネ前での作業1

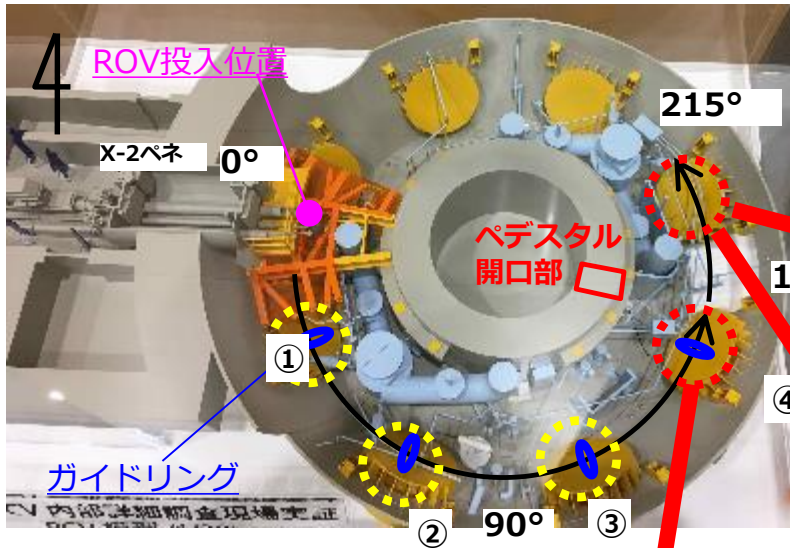


現場X-2ペネ前での作業2

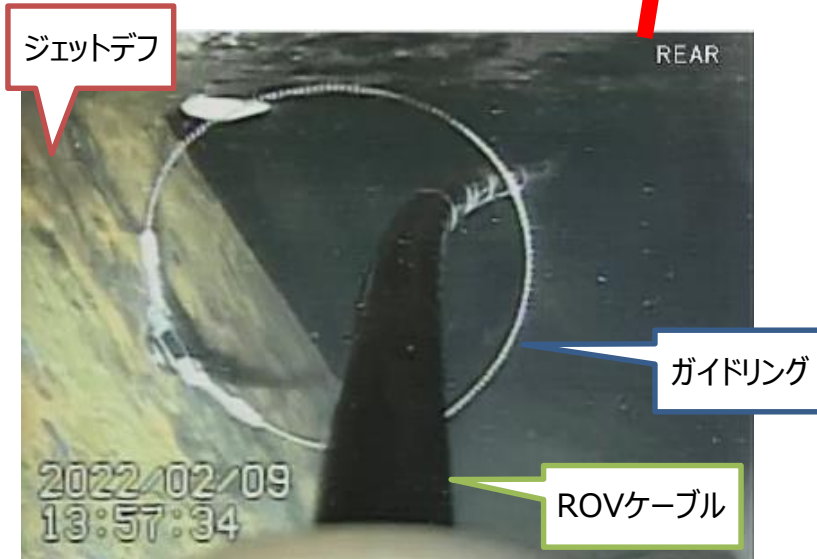
- 4-3-7 -

# 6. ガイドリング④設置状況および215°付近調査状況 <2月9日調査分>

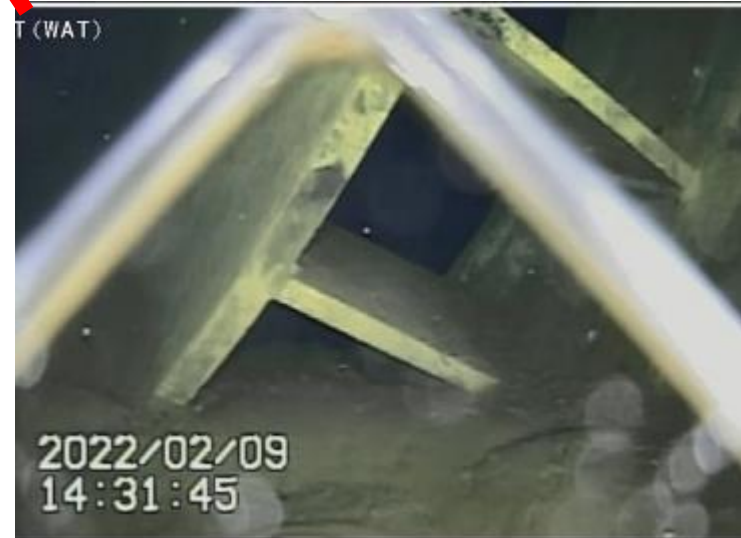
※撮影日はいずれも2月9日



PCV東北東付近の状況(俯瞰)



ガイドリング④設置状況 (2月9日午後1時50分設置完了) 4-3-8 -

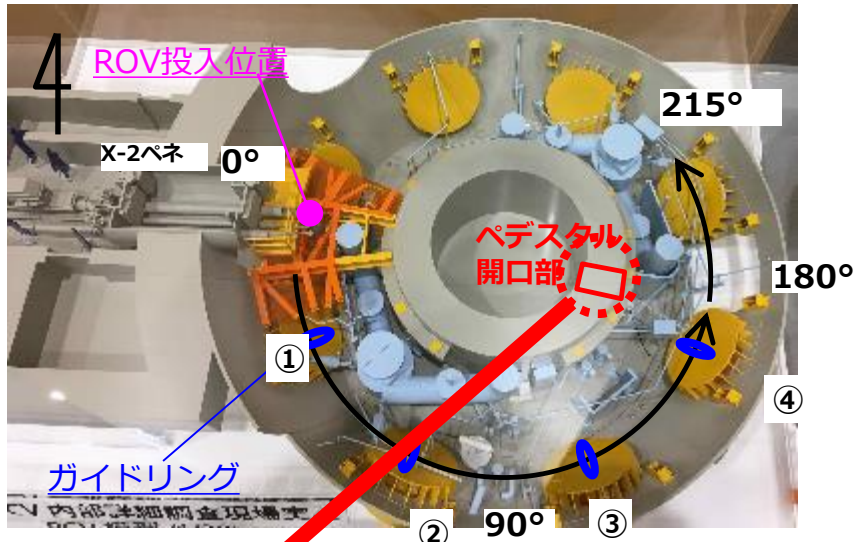


PCV東北東付近の状況 (近接)



# 7. ペDESTAL開口部付近調査状況 <2月9日調査分>

※撮影日はいずれも2月9日



各写真の矢視は次スライド参照



A. ペDESTAL開口部付近



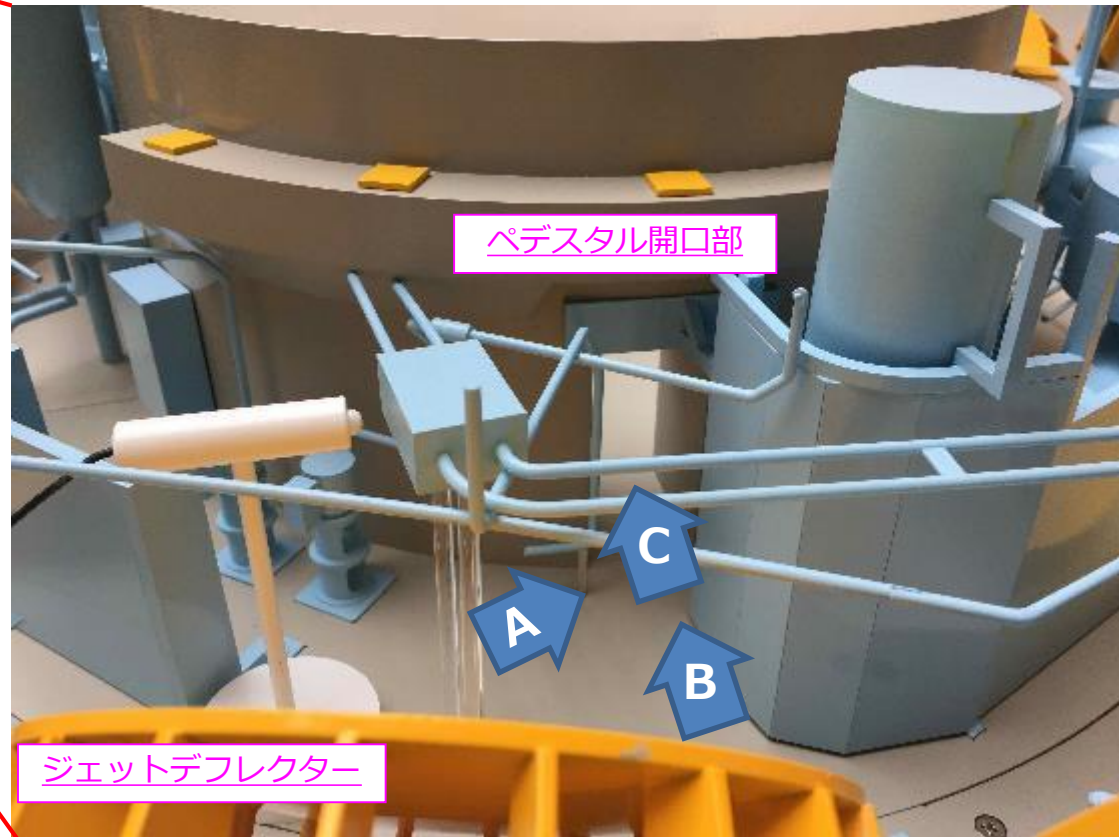
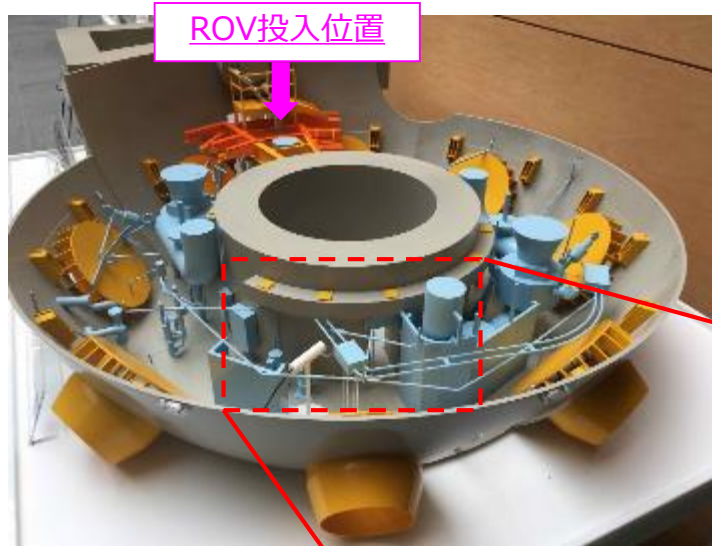
B. ペDESTAL開口部俯瞰



C. ペDESTAL開口部内部

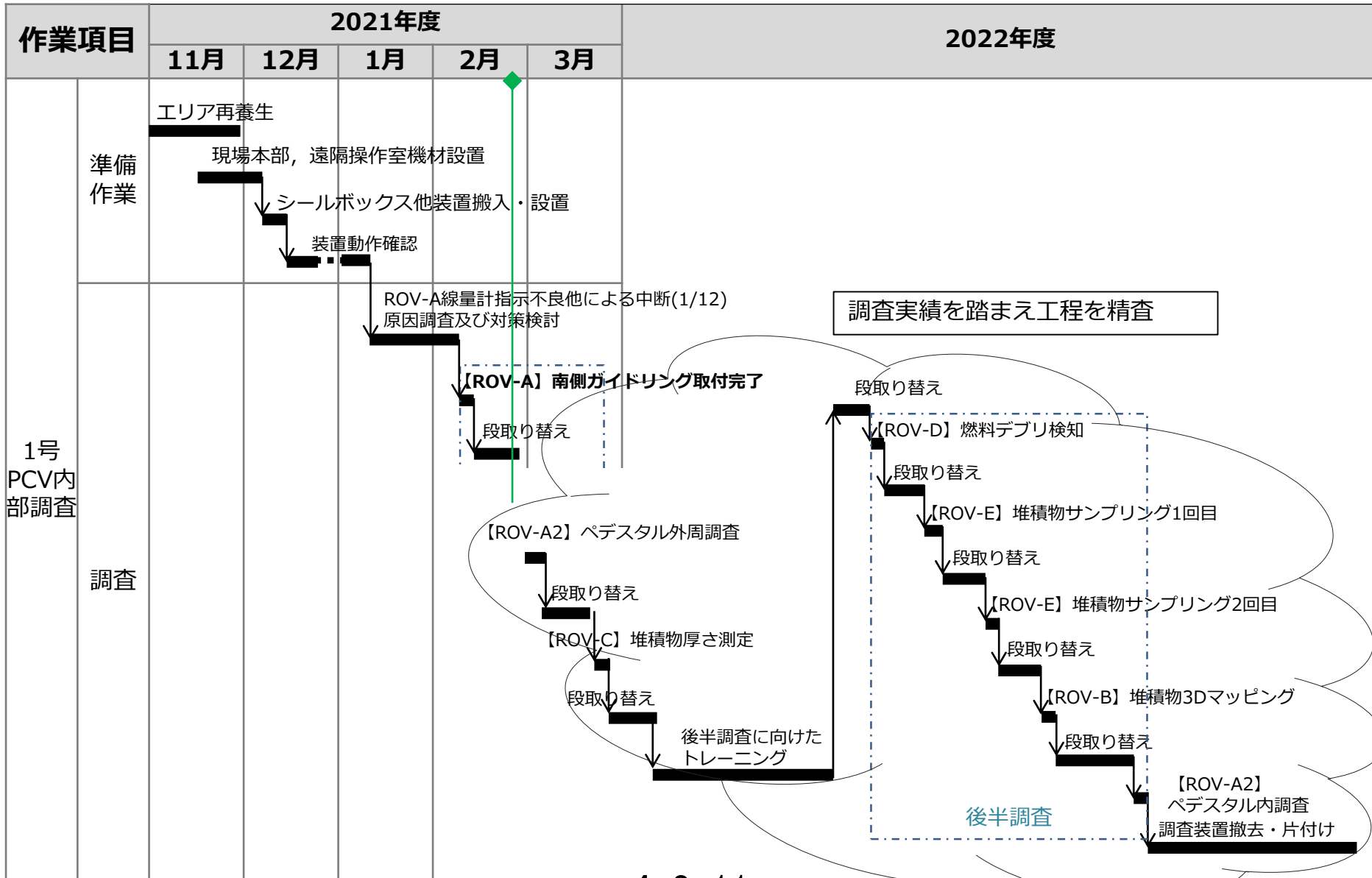
- 4-3-9 -

# (参考) ペDESTAL開口部付近調査状況 <2月9日調査分> の矢視



- 4-3-10 -

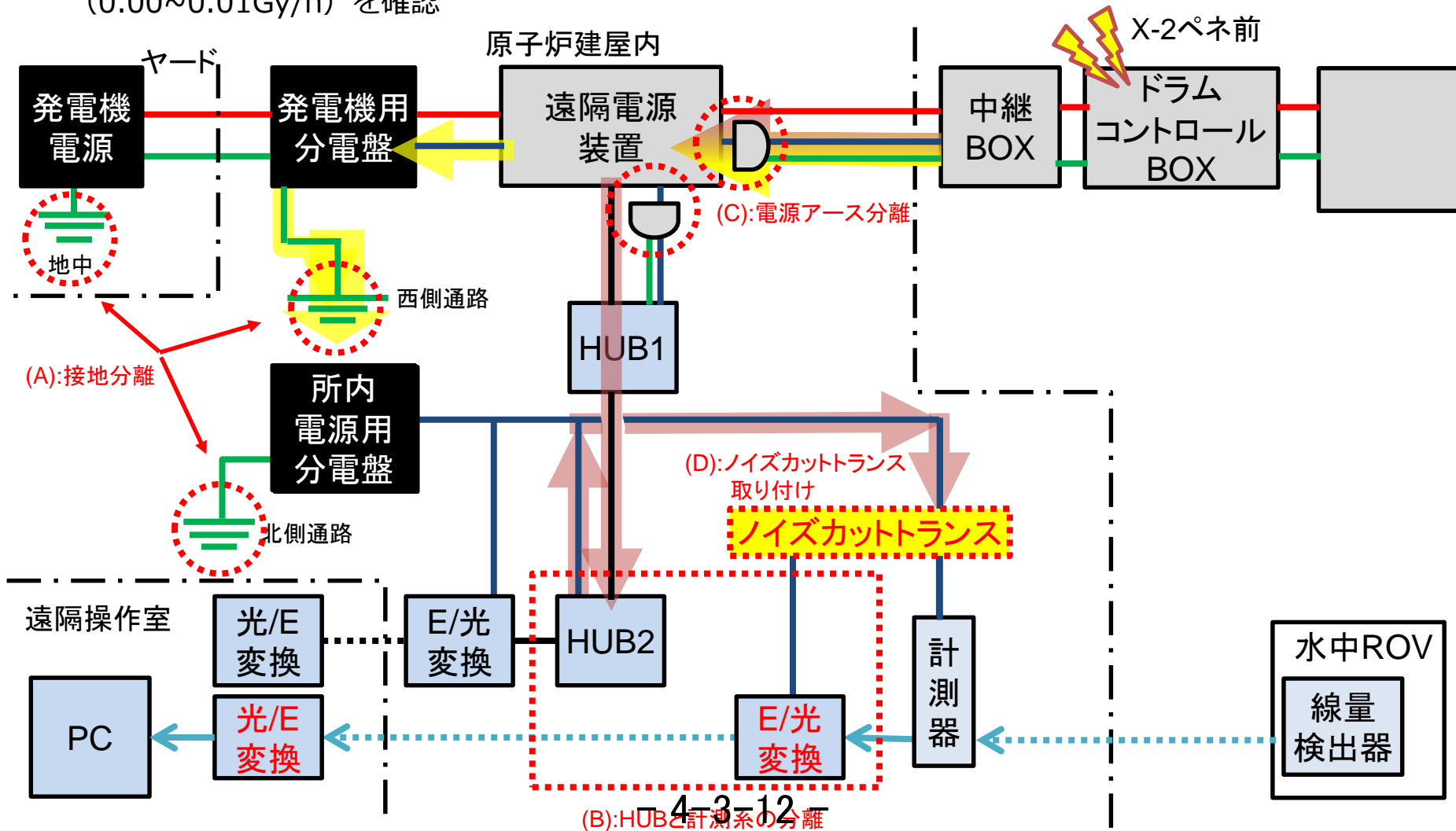
# 8. 今後の予定



(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。

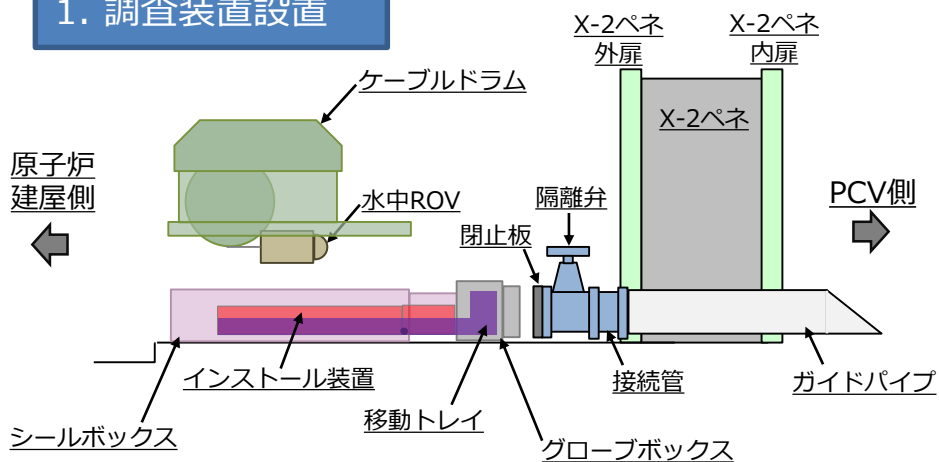
## (参考) 線量データが正確に表示されない事象の原因と対策

- 追加的な調査の結果等から、ドラムコントロールBOX由来のノイズが以下ノイズ伝播ラインを通じ、計測器に影響を与えていると推定 (①：西側接地からのノイズ伝播、②：HUBからのノイズ伝播)
- 下図(A)～(D)に示す対策を実施し、各ノイズ伝播ラインを遮断することで、計測器指示不良の解消 (0.00~0.01Gy/h) を確認

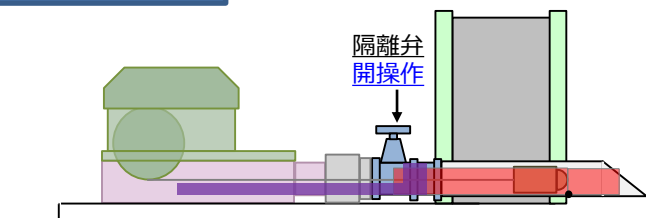


# (参考) PCV内部調査の主な作業ステップ

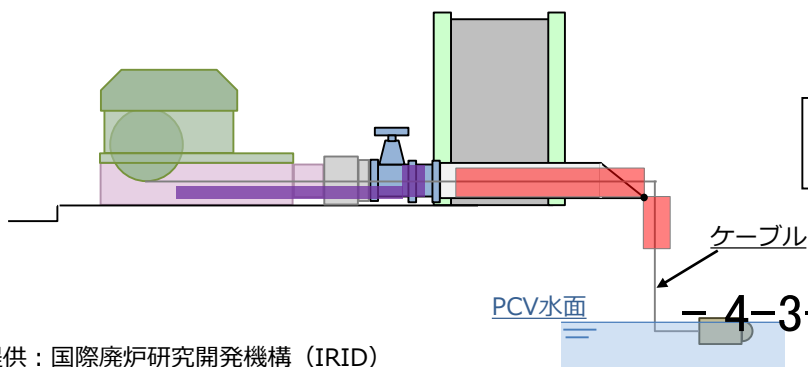
## 1. 調査装置設置



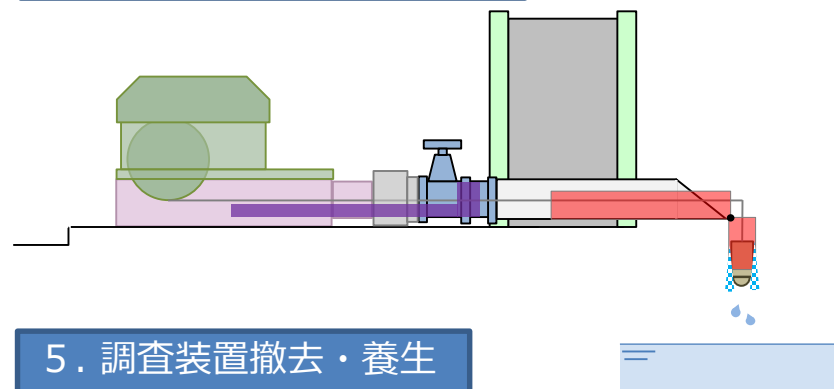
## 2. 水中ROV投入



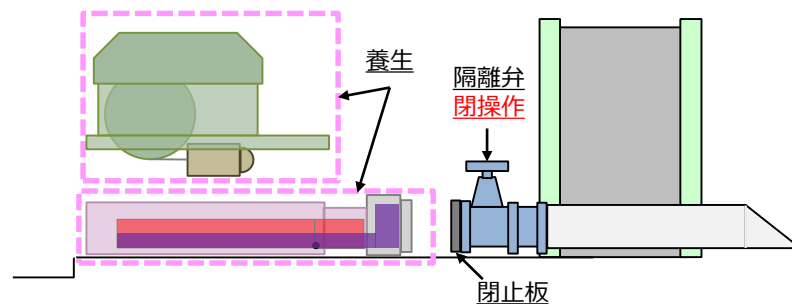
## 3. PCV内部調査



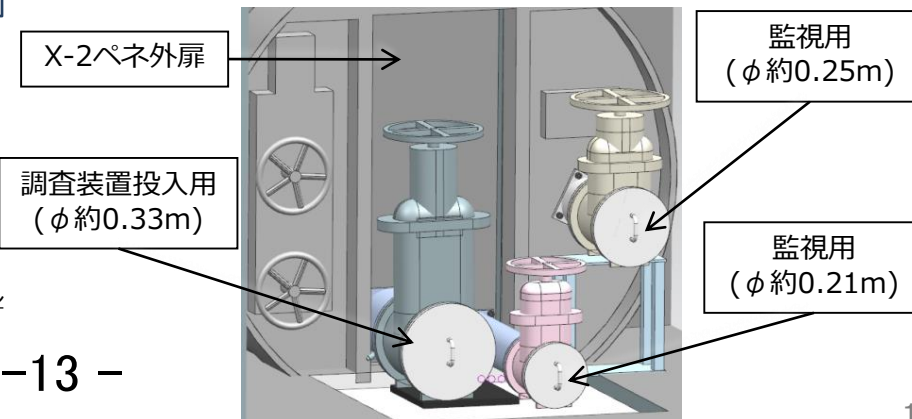
## 4. 水中ROV洗浄, 回収



## 5. 調査装置撤去・養生



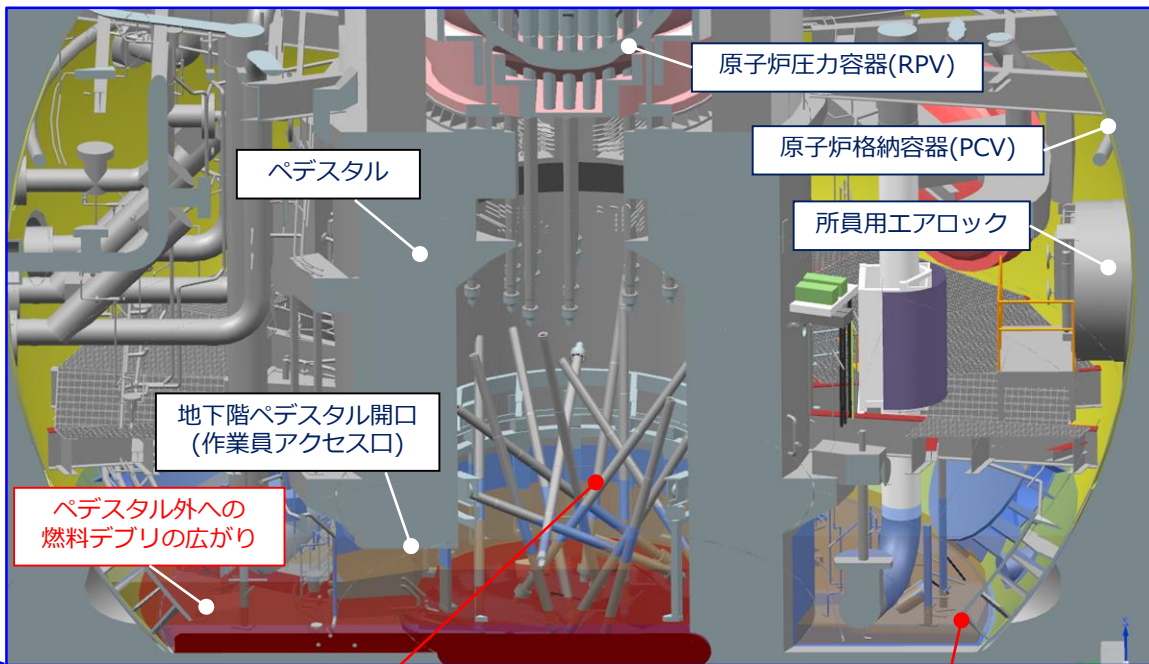
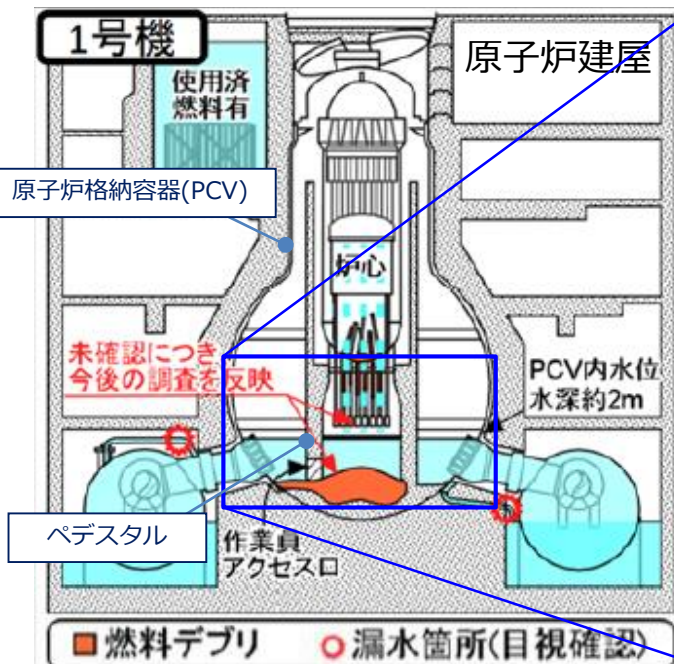
調査装置設置前及び撤去後のイメージ



# (参考) PCV内部調査の背景

## 1号機の炉内の状況※1

◻ これまでの解析と調査に基づく現状の推定



◻ CRD系の脱落

◻ 多量の堆積物の存在

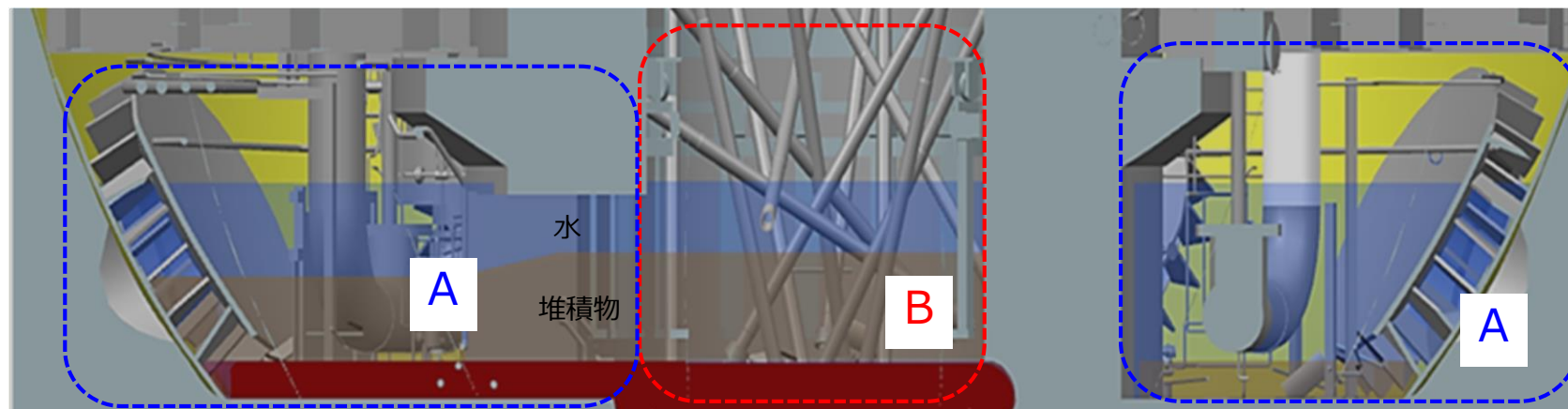
※1 出典：「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2018」、NDF、2018年10月2日

### 1号機PCV内部調査の背景

これまでの調査（2017年3月時のペDESTAL外調査）によりPCV地下階には堆積物が存在していることが分かっており、今後の燃料デブリ取り出しに向けて、堆積物を含む地下階の詳細な状況の確認が必要となっている。

## (参考) PCV内部調査の目的

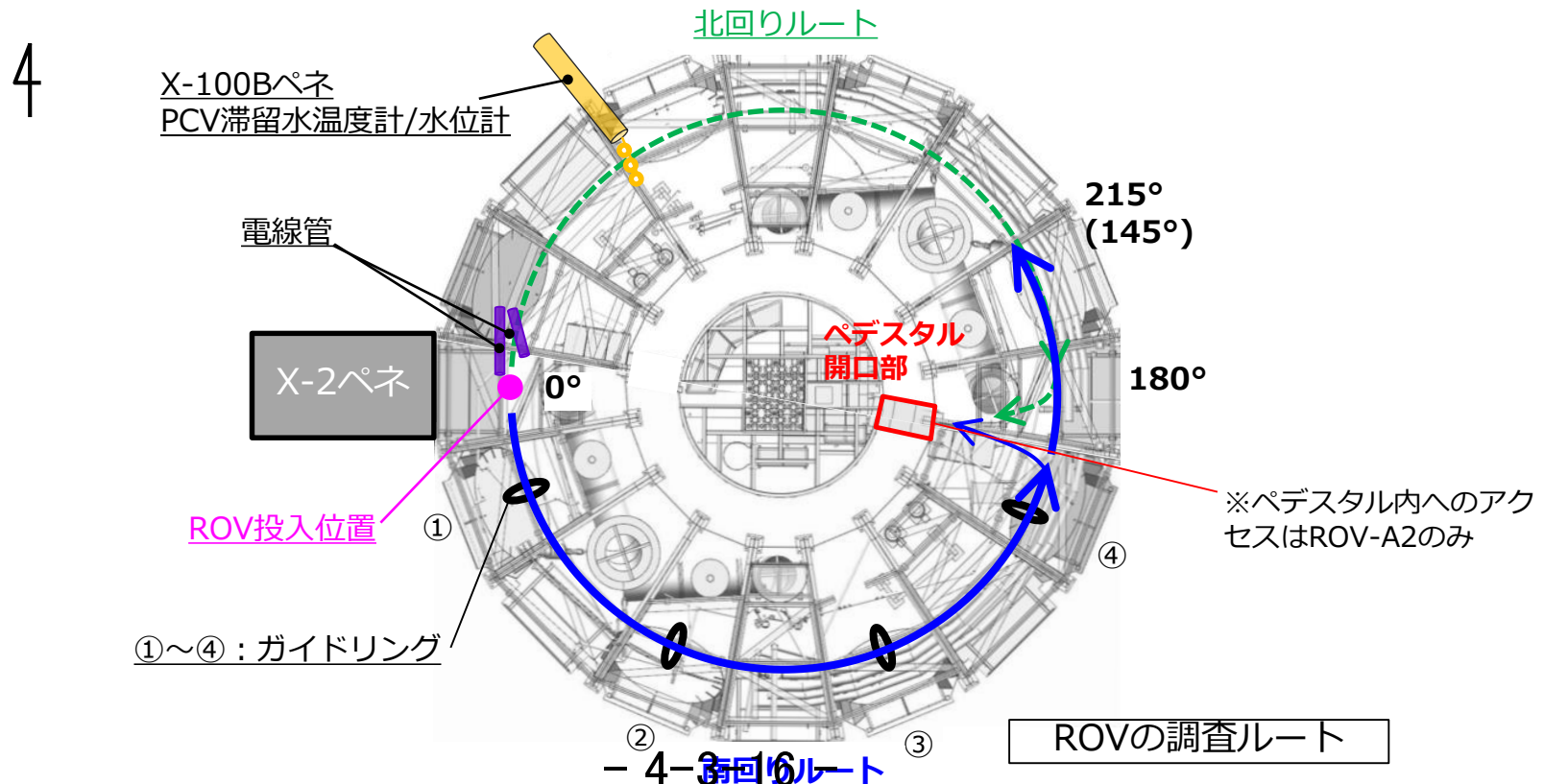
1号機PCV内部調査においては、X-2ペネからPCV内地下階に水中ROVを投入し、ペDESTAL外  
の広範囲とペDESTAL内の調査を行い、堆積物回収手段・設備の検討や堆積物回収、落下物解体  
・撤去などの工事計画に係る情報などの情報収集を目指す



	取得したい情報	調査方法
ペDESTAL外～ 作業員アクセス口 (図中のA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆積物回収手段・設備の検討に係る情報 (堆積物の量, 由来など)</li> <li>堆積物回収, 落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (堆積物下の状況, 燃料デブリ広がりなど)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測</li> <li>堆積物サンプリング</li> <li>カメラによる目視</li> </ul>
ペDESTAL内 (図中のB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆積物回収, 落下物解体・撤去などの計画に係る情報 (ペDESTAL内部の作業スペースとCRDハウジングの脱 落状況に係る情報)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラによる目視</li> <li>計測</li> </ul>

## (参考) PCV内部調査の方針

- 北回りルートでのROVケーブル挟まれリスクを回避するため、南回りルート主案とした調査方針とする
- 南回りルートの調査範囲は約0°~215°を目標とし、情報が全て取得できた場合、北回りルートの情報は類推できると判断している
- 南回りルートでペDESTALの侵入ができなかった場合は、北回りルートでペDESTAL内調査(ROV-A2)を実施したいと考えている
- 北回りルートの調査成立性については南回りルート調査に併せて早期に判断する



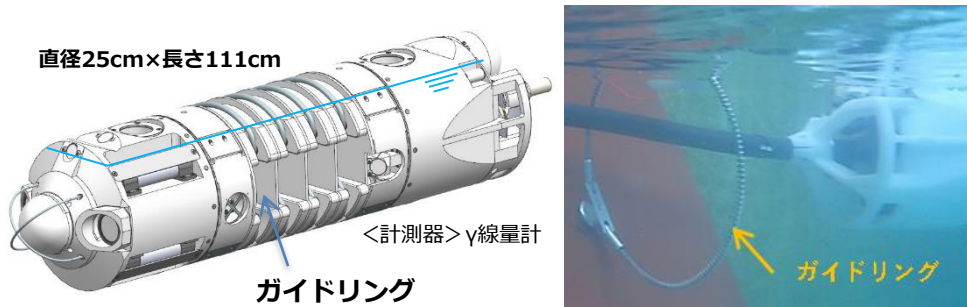


# (参考) 調査装置概要

水中ROVは6種類 (A/A2/B/C/D/E) を準備し、調査を行う5種類(A2/B/C/D/E)とケーブル引掛りの事前対策用のROV-Aがある

## ①ROV-A (ガイドリング取付用)

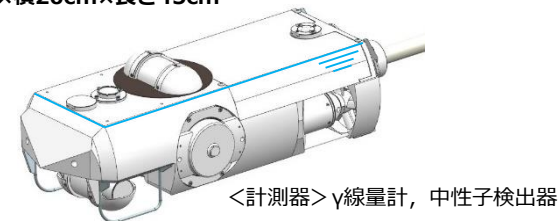
- ・有線型水中ロボットの遊泳機能 (スラストによる推進/旋回/潜航) を阻害する要因は自身の動力・通信ケーブルの構造物等への引掛りが支配的である。
- ・ケーブルがPCV地下階で自由に動いて構造物などに引っ掛からないように、ガイドリング (輪っか) をROVが通過することでケーブルの自由度を制限する。
- ・ROV-Aはガイドリングをジェットデフに取付ける水中ROVである。



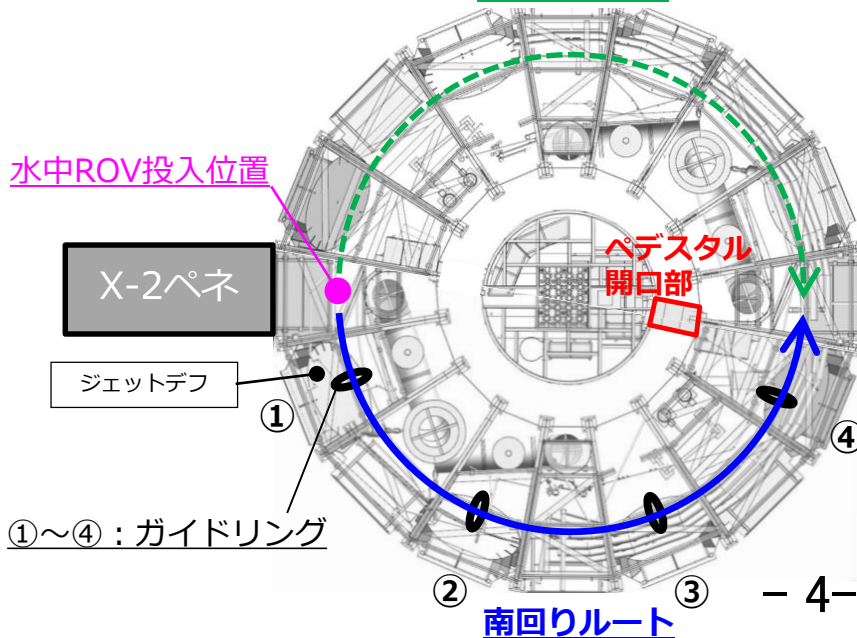
## ②ROV-A2 (詳細目視調査用)

- ・カメラにより映像を取得
- ・6種類のROVの中で唯一ペDESTAL内部に侵入するROV
- ・ペDESTAL開口部の侵入スペースが不明であるため、極力小型化した設計としている

縦17.5cm×横20cm×長さ45cm

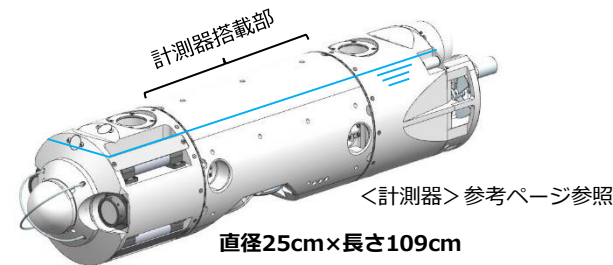


北回りルート



## ③ROV-B/C/D/E (各調査用)

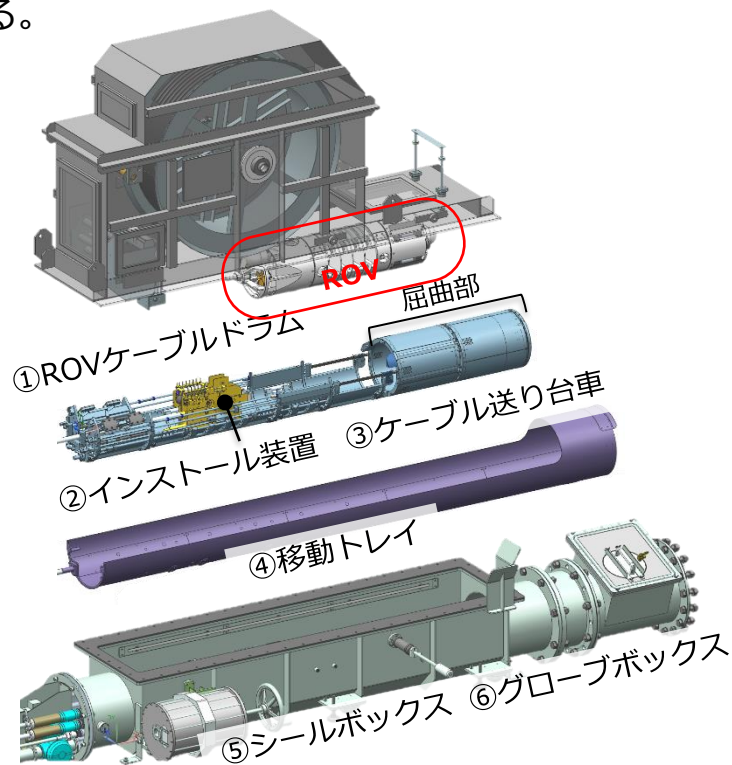
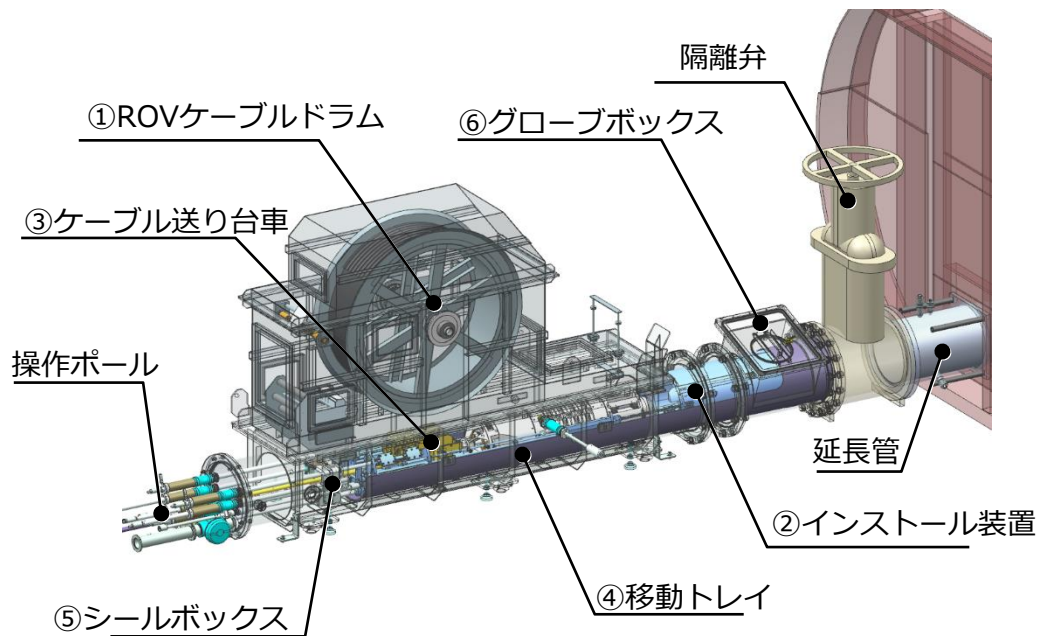
- ・ROV腹部に各調査用センサ類を搭載したROV



ROV	項目	計測方法
B	堆積物3Dマッピング	走査型超音波距離計
C	堆積物厚さ測定	高出力超音波
D	燃料デブリ検知	核種分析/中性子束測定
E	堆積物サンプリング	吸引式サンプリング

## (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。

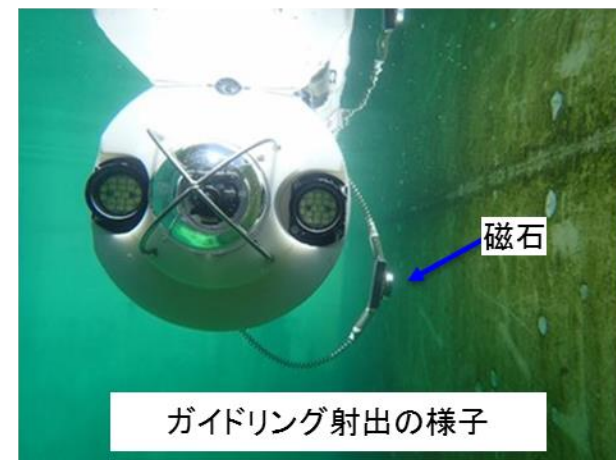
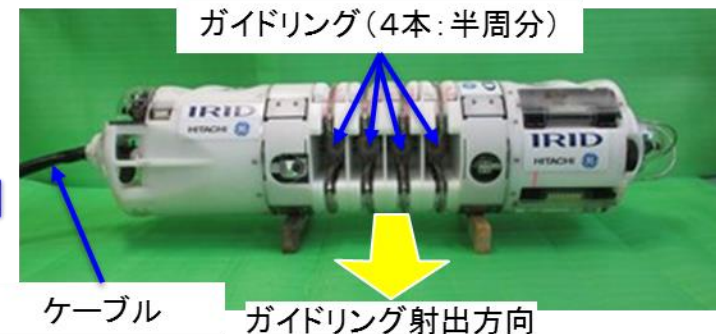
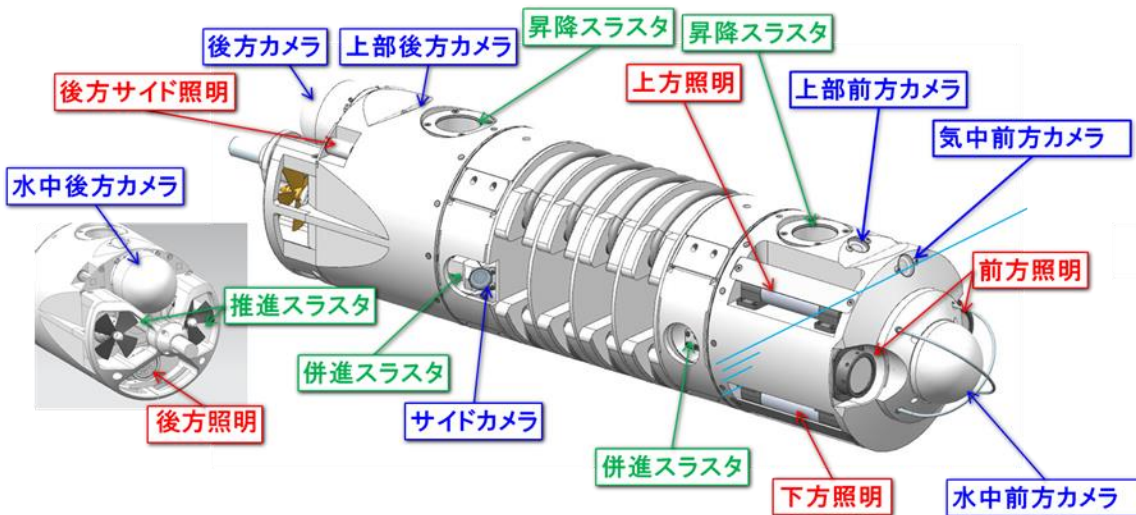


構成機器名称	役割
① ROVケーブルドラム	ROVと一体型でROVケーブルの送り/巻き動作を行う
② インストール装置	ROVをガイドパイプを経由してPCV内部まで運び、屈曲機構によりROV姿勢を鉛直方向に転換させる
③ ケーブル送り台車	ケーブルドラムと連動して、ケーブル介助を行う
④ 移動トレイ	ガイドパイプまでインストール装置を送り込む装置
⑤ シールボックス	ROVケーブルドラムが設置されバウンダリを構成する
⑥ グローブボックス	ケーブル送り装置のセッティングや非常時のケーブル切断

# (参考) 調査装置詳細 ROV-A\_ガイドリング取付用

調査装置	計測器	実施内容
<b>ROV-A</b> ガイドリング取付	ROV保護用 (光ファイバー型γ線量計※) ※: ペDESTAL外調査用と同じ	ケーブルの構造物との干渉回避のためジェットデフにガイドリング(内径300mm(設計値))を取付ける
	員数: 北用1台、南用1台 航続可能時間: 約80時間/台	最初に投入されるROVであるため低摩擦で比較的硬いポリウレタン製ケーブル(φ24mm)を採用

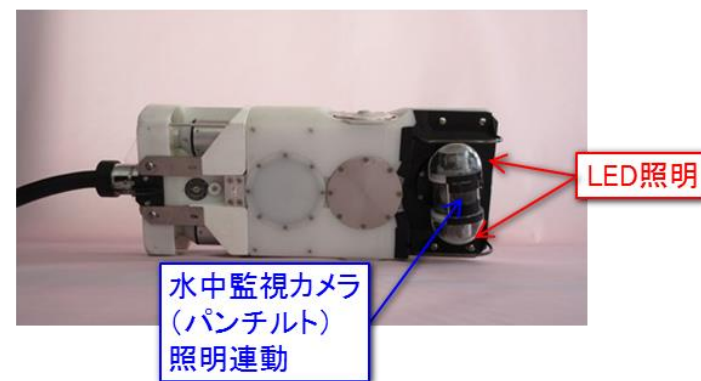
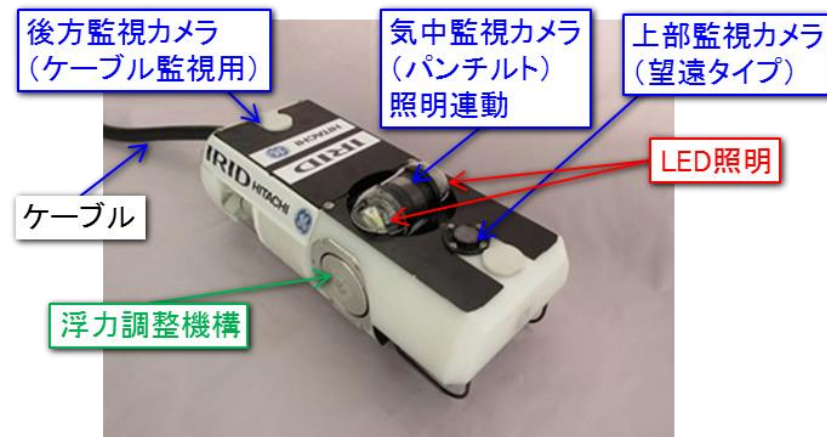
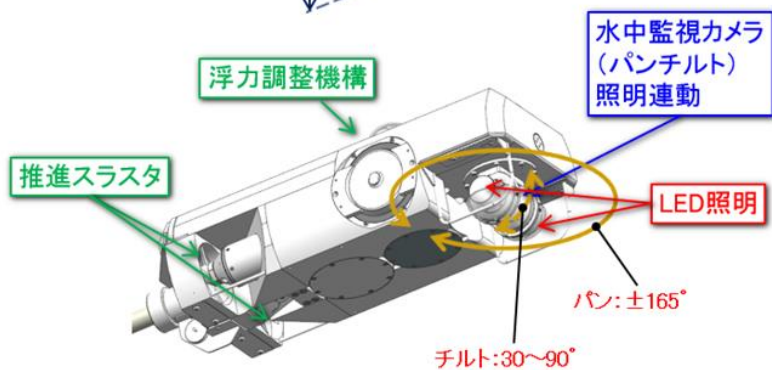
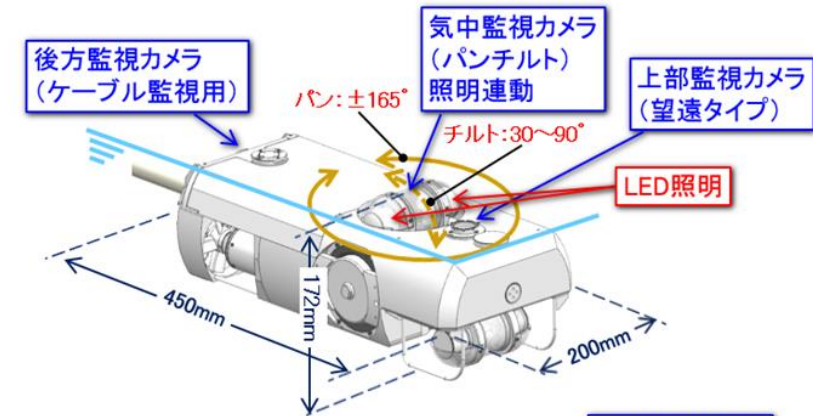
推力: 約25N 寸法: 直径φ25cm × 長さ約110cm



# (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



# 1号機原子炉格納容器内部調査について ～映像データ及び線量データの分析結果～

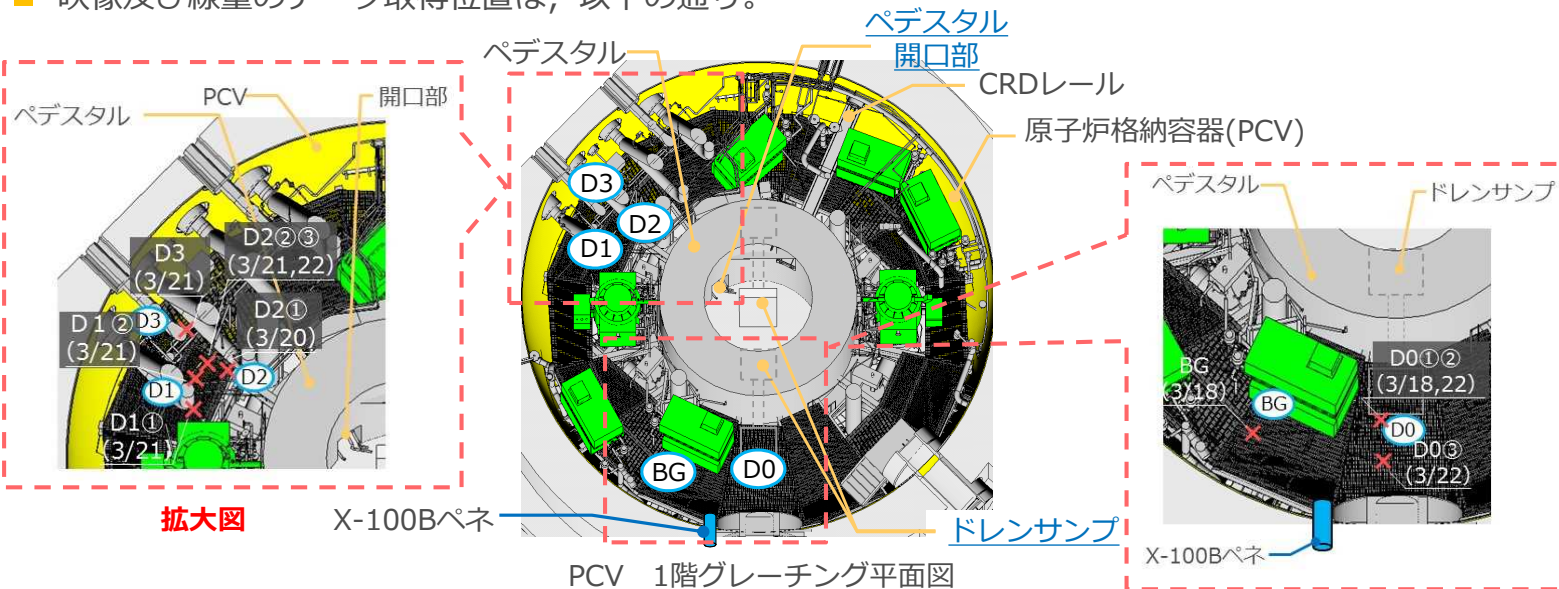
2022年2月28日

**IRID** **TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

# 1. 分析作業の概要

- 2017年3月PCV内部調査で取得した映像の鮮明化を行い、新たな知見が得られないかを確認するとともに、取得した線量のデータより、ペDESTAL開口部からのデブリの拡がり有無について推定を行った。
- 映像及び線量のデータ取得位置は、以下の通り。



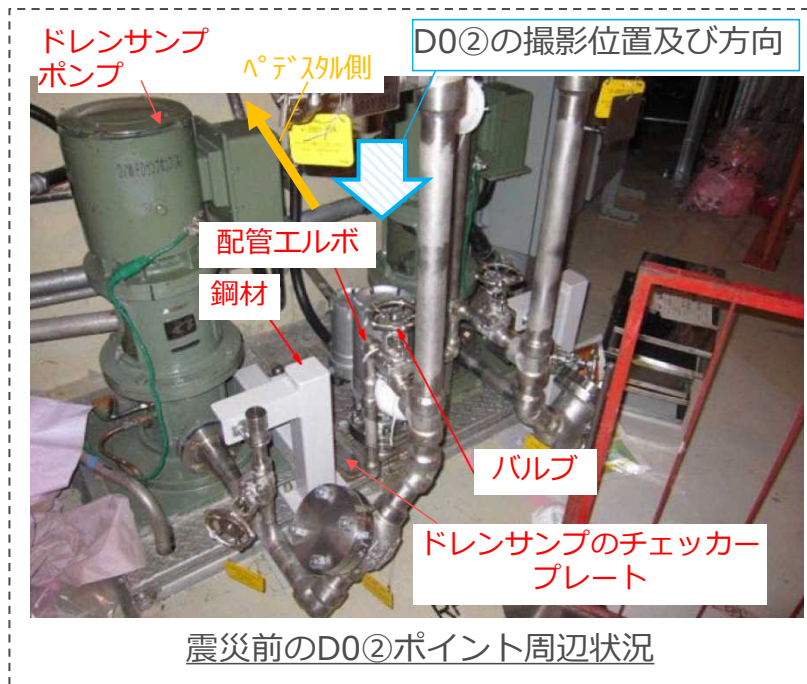
測定ポイント	測定点の設定目的
D0①～③	ドレンサンプからの燃料デブリの拡散有無の推定
BG	D0～D3の測定に対するバックグラウンドレベルの把握
D1①②, D2①～③	ペDESTAL開口部からの燃料デブリの拡散有無の推定
D3	PCVシエルに燃料デブリが堆積している可能性があるかの推定

**拡大図**

凡例：測定日 (○/○)







## 2. 映像データの分析結果 (1/2)

- 今回撮影した測定ポイントに対し、画像鮮明化処理を実施。
- D0②ポイントの映像データに対して鮮明化をした結果、バルブ、配管、鋼材といった既設構造物に大きな変形や損傷はなかった。なお、ドレンサンプのチェッカープレートは堆積物により確認できなかった。



## 2. 映像データの分析結果 (2/2)

- D0②ポイント以外の映像データに対しても鮮明化を実施。
- D2③ポイントにて新たに落下物を確認したが、D0、D1ポイントでは新たな情報は得られなかった。

	D0③ポイント	D1②ポイント	D2③ポイント
取得画像			
鮮明化後			



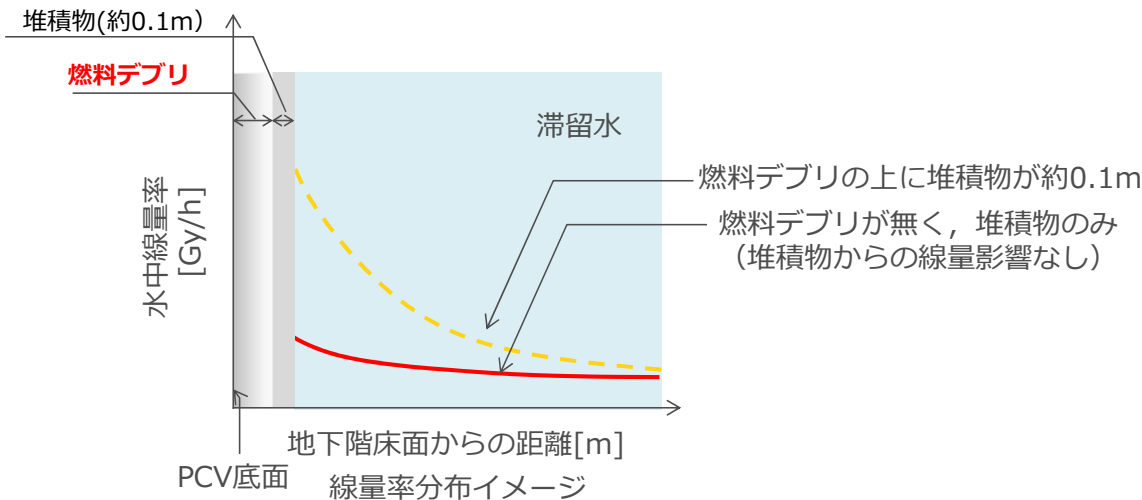
### 3. 線量データの分析結果

#### 3. 1 燃料デブリの拡がり有無の推定方法 (1/2)

【推定方法について調査前に想定していた内容】

- PCV底部に燃料デブリ※が存在し、その上に約0.1m以下の堆積物（解析ではコンクリートを仮定）が存在していた場合には、堆積物の下の燃料デブリの有無を推定できることを確認。

※：事故時に燃料が炉内構造物を溶融させ、炉内構造物中に存在するCo-60と混ざりあったものと仮定



### 3. 線量データの分析結果

#### 3. 1 燃料デブリの拡がり有無の推定方法 (2/2)

■ 堆積物表面の下に燃料デブリがあるかを以下の手順にて推定を実施した。

燃料デブリの影響を受けにくいと推定されるBGにおいて、  
堆積物表面の主線源（核種）を推定

燃料デブリの拡がり  
の有無を推定



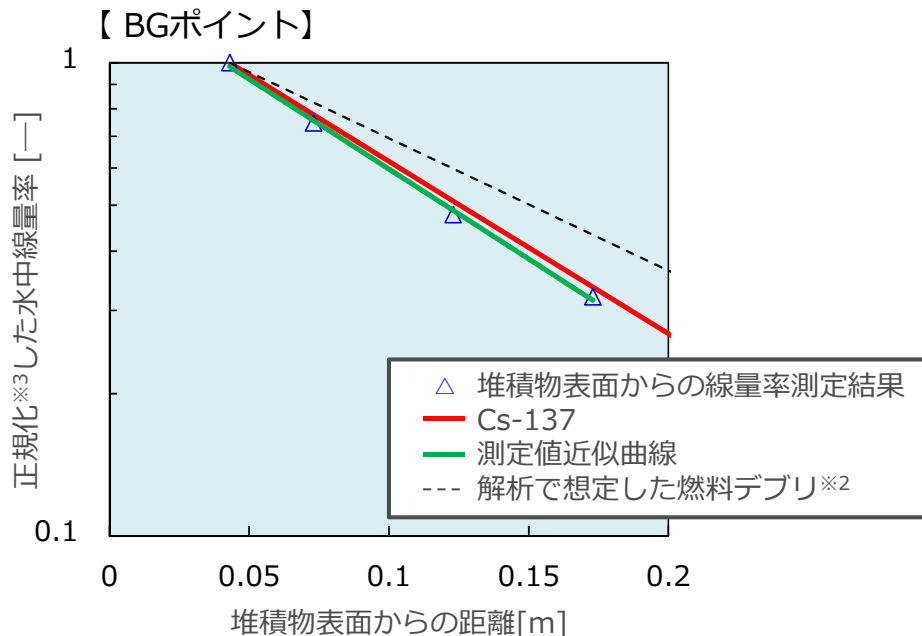
燃料デブリの影響を受けにくいと推定されるBGとD0③において、  
燃料デブリが無く、堆積物表面にCs-137が主線源として存在して  
いると仮定し、線量測定値と解析結果を比較

燃料デブリが存在する可能性があるD1, D2の各測定ポイントにお  
いて、堆積物表面の主線源に加えて燃料デブリが存在していると  
仮定した場合を解析し、線量測定値と解析結果を比較して、燃料  
デブリの拡がりの有無を推定

### 3. 線量データの分析結果

#### 3. 2 線量率分布解析 – BG : 堆積物表面の主線源の推定

- 堆積物表面からの線量率測定結果※1とCs-137減衰曲線の減衰率が同等であることから、堆積物表面の主線源（核種）はCs-137と推定



※1：測定結果から滞留水及び構造物影響を差し引いた値

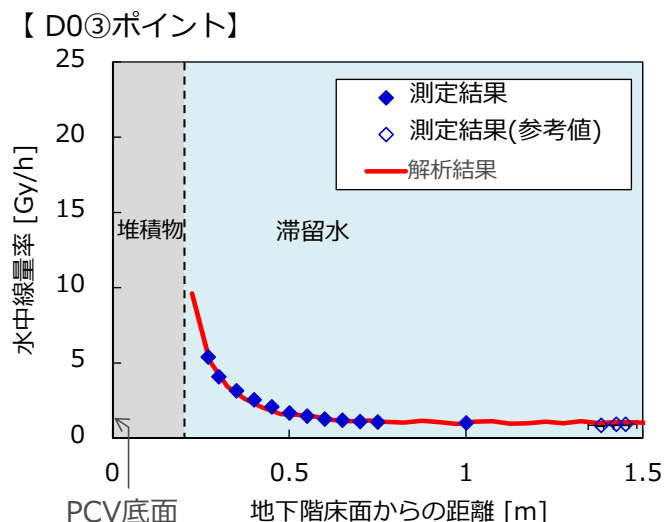
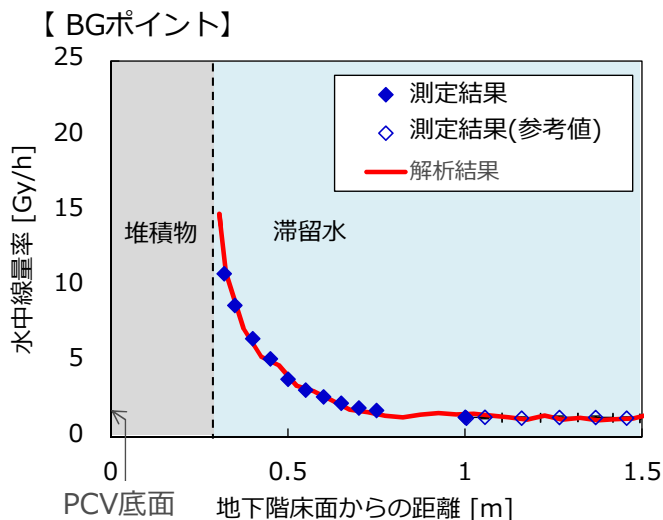
※2：事故時に燃料が炉内構造物を溶融させ、炉内構造物中に存在するCo-60と混ざりあったものと仮定

※3：堆積物表面に最も近接した測定ポイントの線量率を1として線量率を整理したもの

### 3. 線量データの分析結果

#### 3. 3 線量率分布解析 – 堆積物中の燃料デブリの有無推定 (1/2)

- 堆積物表面にCs-137の主線源を仮定した場合のBGとD0③の解析を実施した。
- BG及びD0③は堆積物厚さが薄いこと、及び位置的にペDESTAL開口部から離れていることから、燃料デブリが存在していないと仮定して解析した。
- 上記の仮定にて解析した場合、測定結果と解析結果が良好な一致を示すことから、BG及びD0③の堆積物の下には燃料デブリは存在しないか、又は存在しても少量であると推定した。



注)

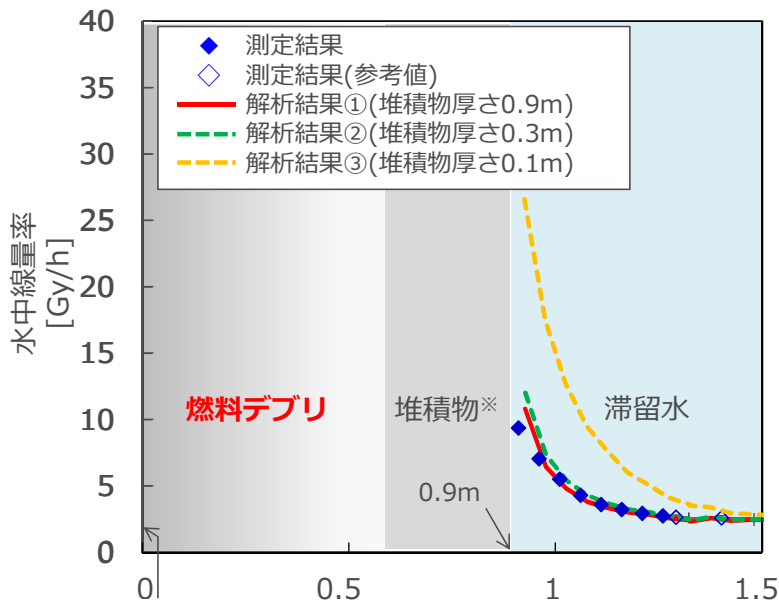
◆測定結果：センサを止めて測定した値

◇測定結果（参考値）：センサ吊下げ動作中の線量率の平均値

### 3. 線量データの分析結果

#### 3. 3 線量率分布解析 – 堆積物中の燃料デブリの有無推定 (2/2)

- D1,D2の各測定ポイントで確認された堆積物表面高さ(約0.9m)の範囲で、堆積物の下に燃料デブリが存在する場合の線量率の評価を行った。
- ペDESTAL開口部に距離が近いD2③ポイントの解析結果は下図の通り。
- 堆積物厚さが厚い場合には、堆積物による遮へい効果により、燃料デブリが存在するかどうかは推定できなかった。
- 堆積物厚さは現時点で不明であることから、推定できなかった原因が燃料デブリが無かったのか、堆積物や構造物が厚く、遮へい効果が大きい影響によるものかまで判別できなかった。



※：堆積物の下に構造物がある可能性もある。

#### D2③解析条件 (堆積物表面高さ0.9m)

- ① 堆積物厚さ：0.9m
- ② 堆積物厚さ：0.3m
- ③ 堆積物厚さ：0.1m

注)

◆測定結果：センサを止めて測定した値

◇測定結果(参考値)：センサ吊下げ動作中の線量率の平均値

## 4. まとめ

### <映像データの分析結果>

- ドレンサンプから距離の近いD0ポイント付近の映像データの分析の結果、ドレンサンプ（X-100B側）周辺の視認される構造物（鋼材、バルブ）に大きな損傷や倒壊がないことが確認できた。

### <線量データの分析結果>

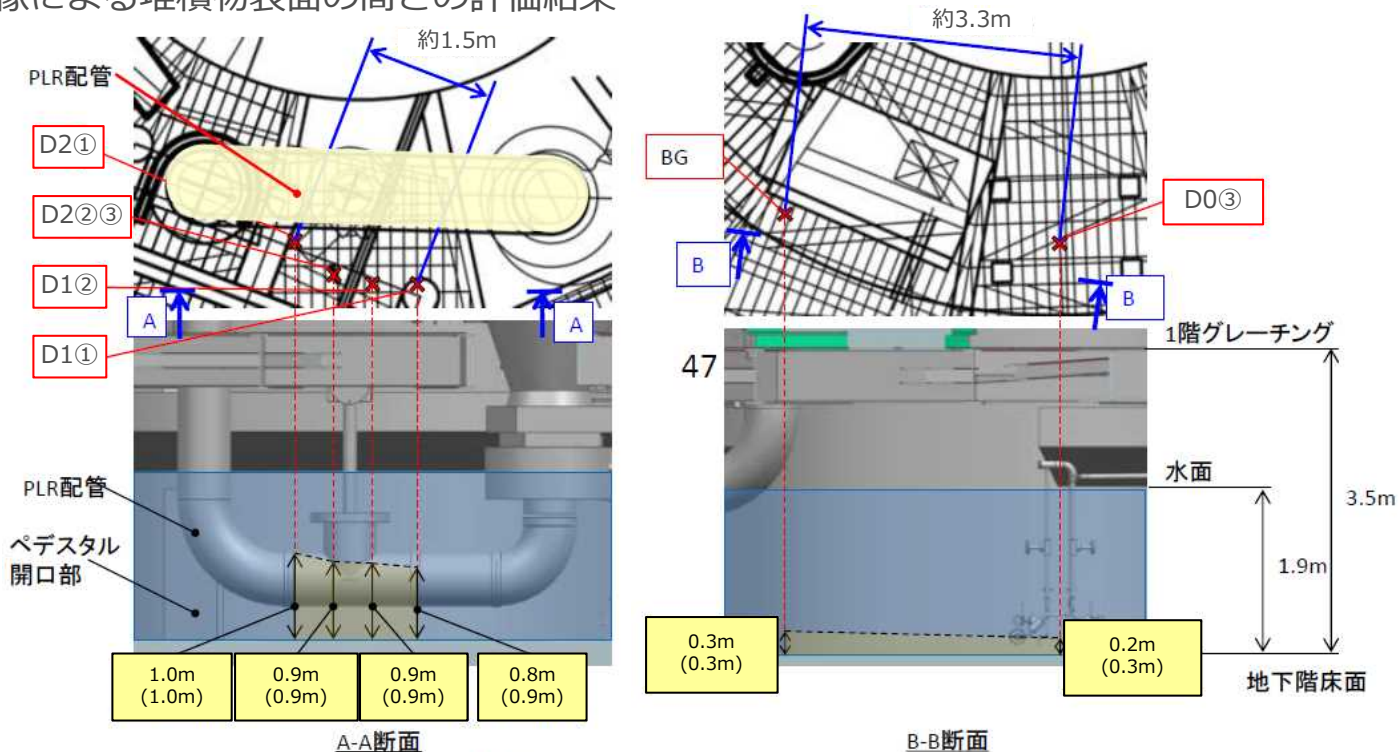
- BGにおける堆積物表面の主線源の推定結果から、堆積物表面の主線源はCs-137であると推定できた。
- BG及びD0③においては、堆積物厚さが薄く、堆積物表面にCs-137を仮定した場合の解析で測定値と解析結果が良好な一致を示していることから、燃料デブリが存在していないか、又は存在しても少量であると推定できた。
- ペDESTAL開口部から距離が近いD1、D2ポイントにおける線量率評価を実施したが、今回の条件における解析結果においては、堆積物表面高さが高く、堆積物中に燃料デブリが存在するかどうかは推定出来なかった。

### <今後の検討方針>

- 今回の調査結果及びX-100Bペネの直下で採取した堆積物の特性等を踏まえ、次回調査範囲と方法について検討を行う。

# 参考. 映像データの分析 堆積物表面高さの評価

## ■ 映像による堆積物表面の高さの評価結果※1



### ※センサの接近により計測した高さ

※1：SFM(Structure from Motion)により、センサと堆積物表面間の距離を算出し、センサ降下量を合わせて堆積物表面の高さを評価。

- ・黄色枠内の数値は画像解析により算出した堆積物表面の推定高さ
- ・( )内の数値はセンサの吊下げ最下点高さ
- ・なお、堆積物表面より下の堆積物厚さについては確認できていない

# 参考. 線量データの分析

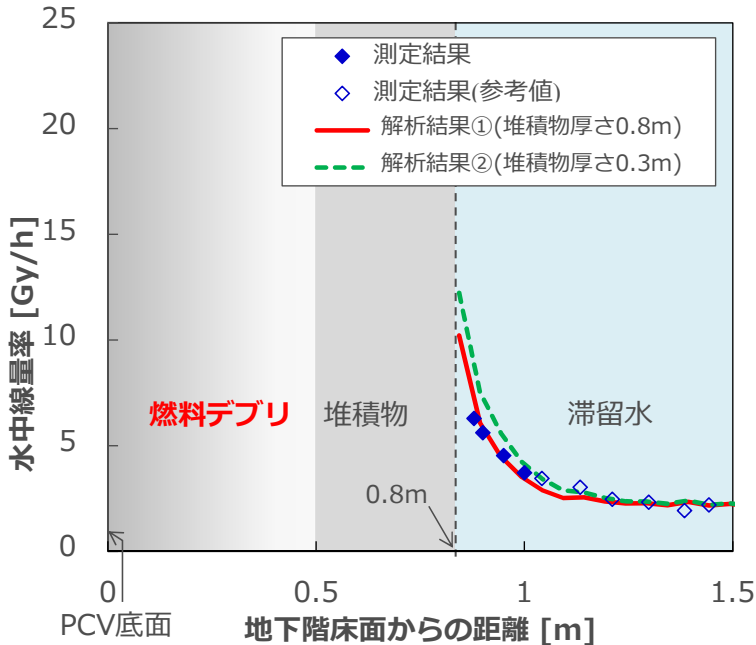
## 線量率分布解析 – 堆積物中の燃料デブリの有無判断

■ 燃料デブリ厚さと堆積物厚さを変えて線量率の分布について解析を実施。

### ■ D1①ポイント

解析条件 (堆積物表面高さ0.8m)

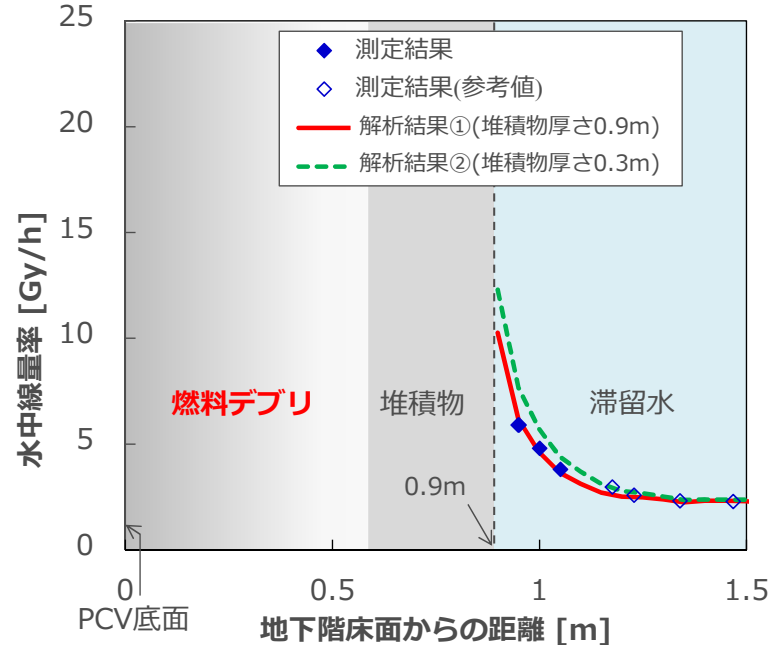
- ① 堆積物厚さ : 0.8m
- ② 堆積物厚さ : 0.3m



### ■ D1②ポイント

解析条件 (堆積物表面高さ0.9m)

- ① 堆積物厚さ : 0.9m
- ② 堆積物厚さ : 0.3m





# 参考. 線量データの分析

## 線量率分布解析 – 堆積物中の燃料デブリの有無判断

- 燃料デブリ厚さと堆積物厚さを変えて線量率の分布について解析を実施。

### ■ D2①ポイント

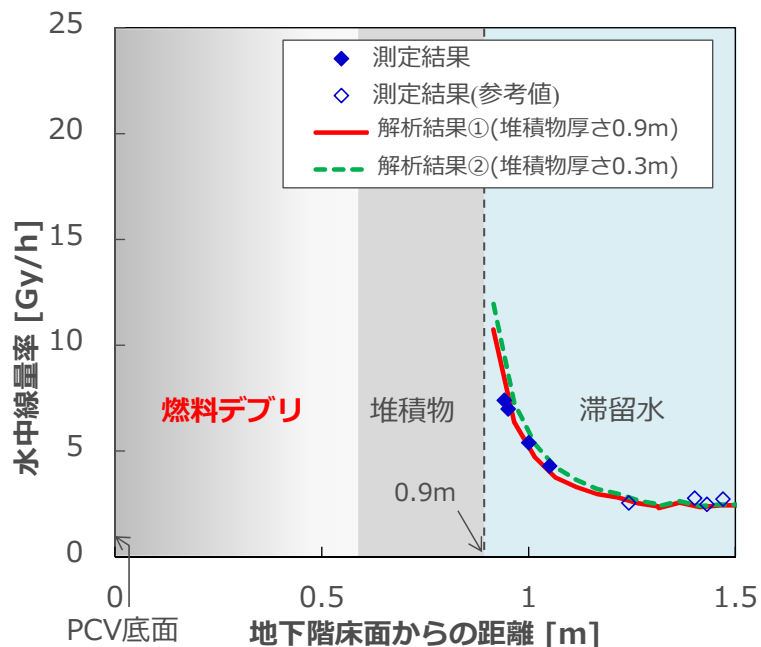
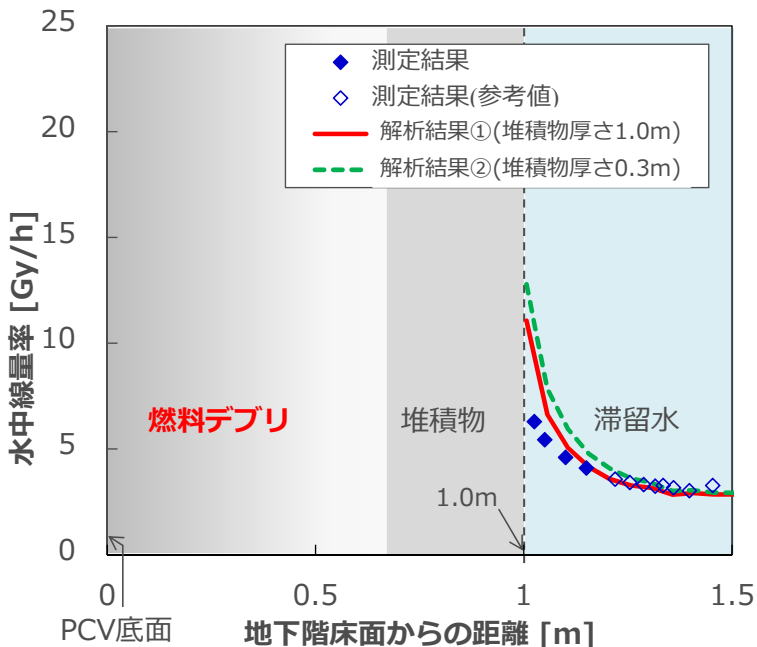
解析条件 (堆積物表面高さ1.0m)

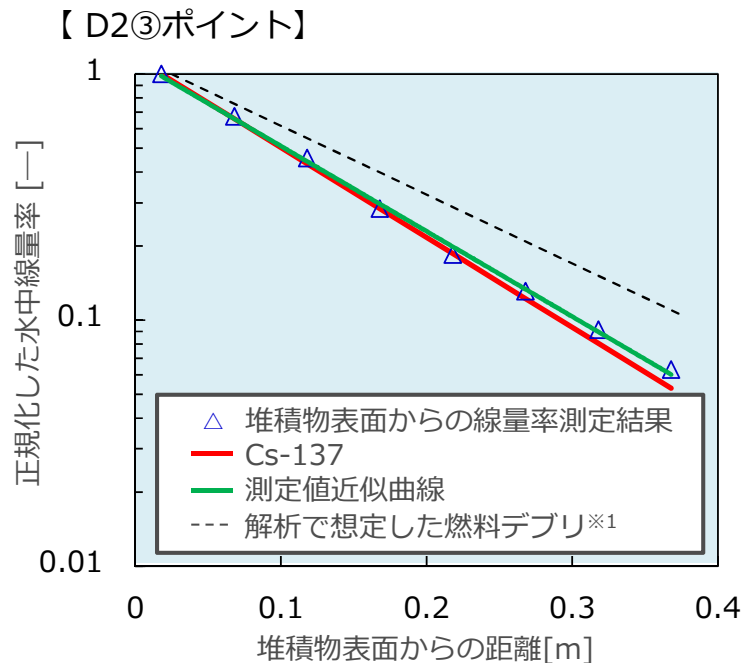
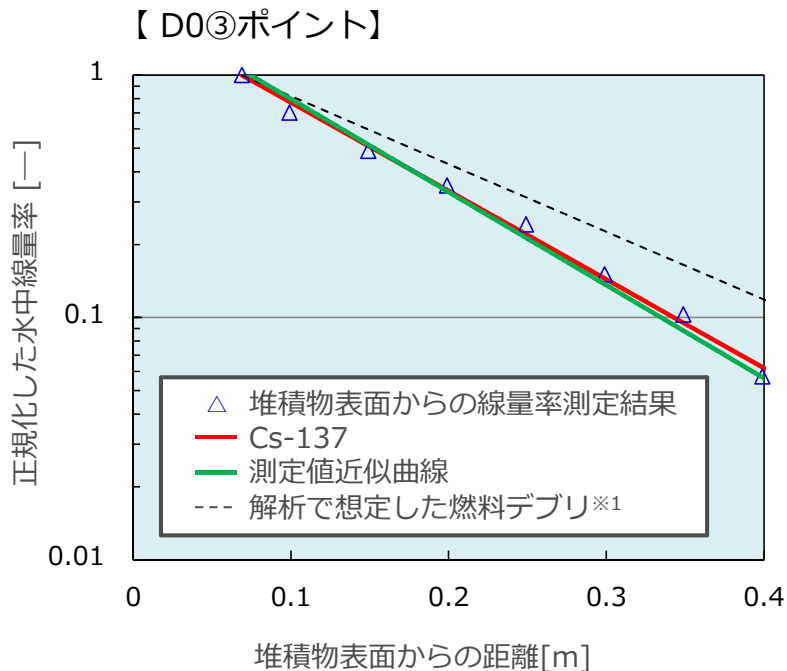
- ① 堆積物厚さ : 1.0m
- ② 堆積物厚さ : 0.3m

### ■ D2②ポイント

解析条件 (堆積物表面高さ0.9m)

- ① 堆積物厚さ : 0.9m
- ② 堆積物厚さ : 0.3m





※1：事故時に燃料が炉内構造物を溶融させ、炉内構造物中に存在するCo-60と混ざりあったものと仮定

## 福島第一原子力発電所

### 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

2022年2月28日

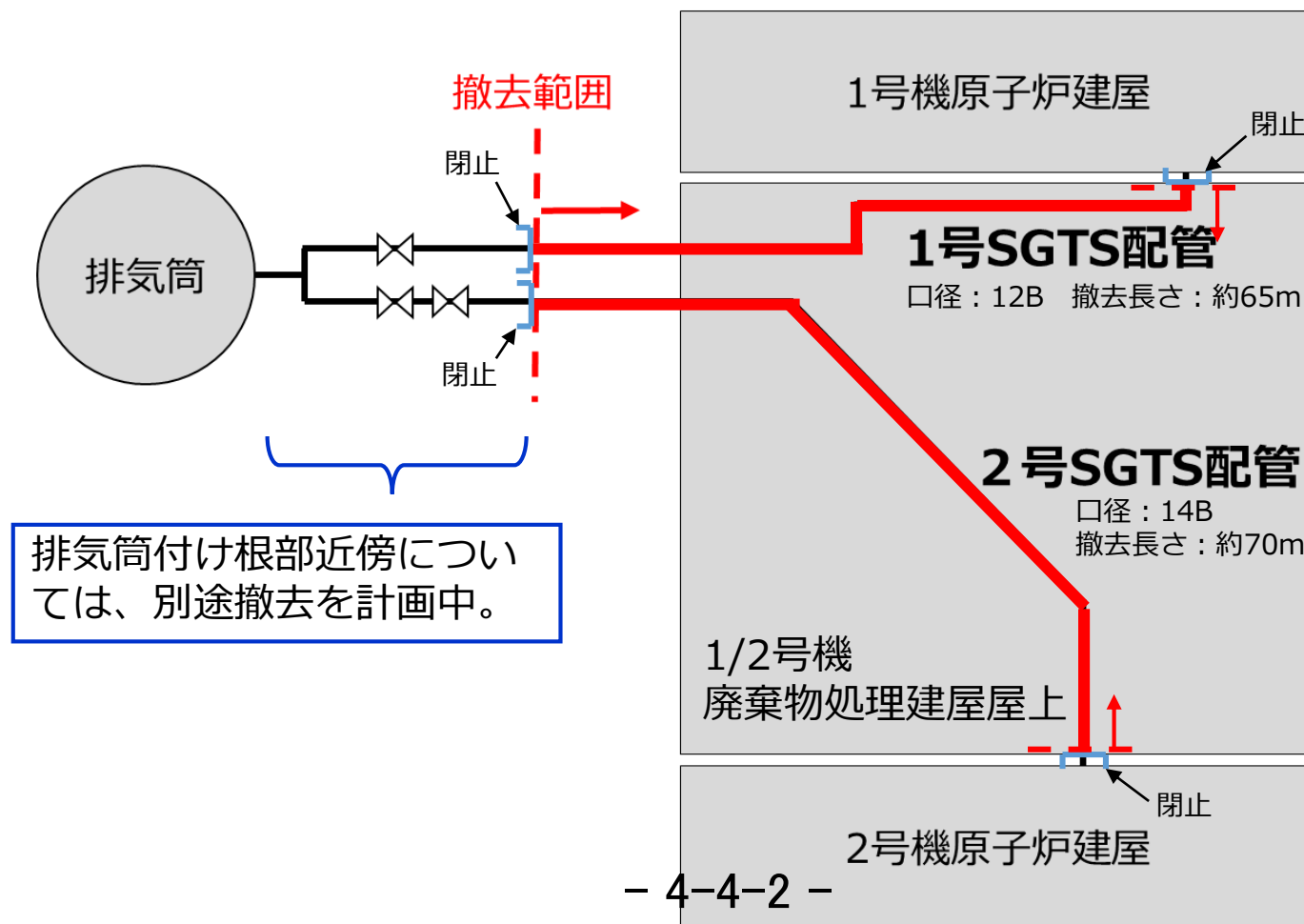


東京電力ホールディングス株式会社

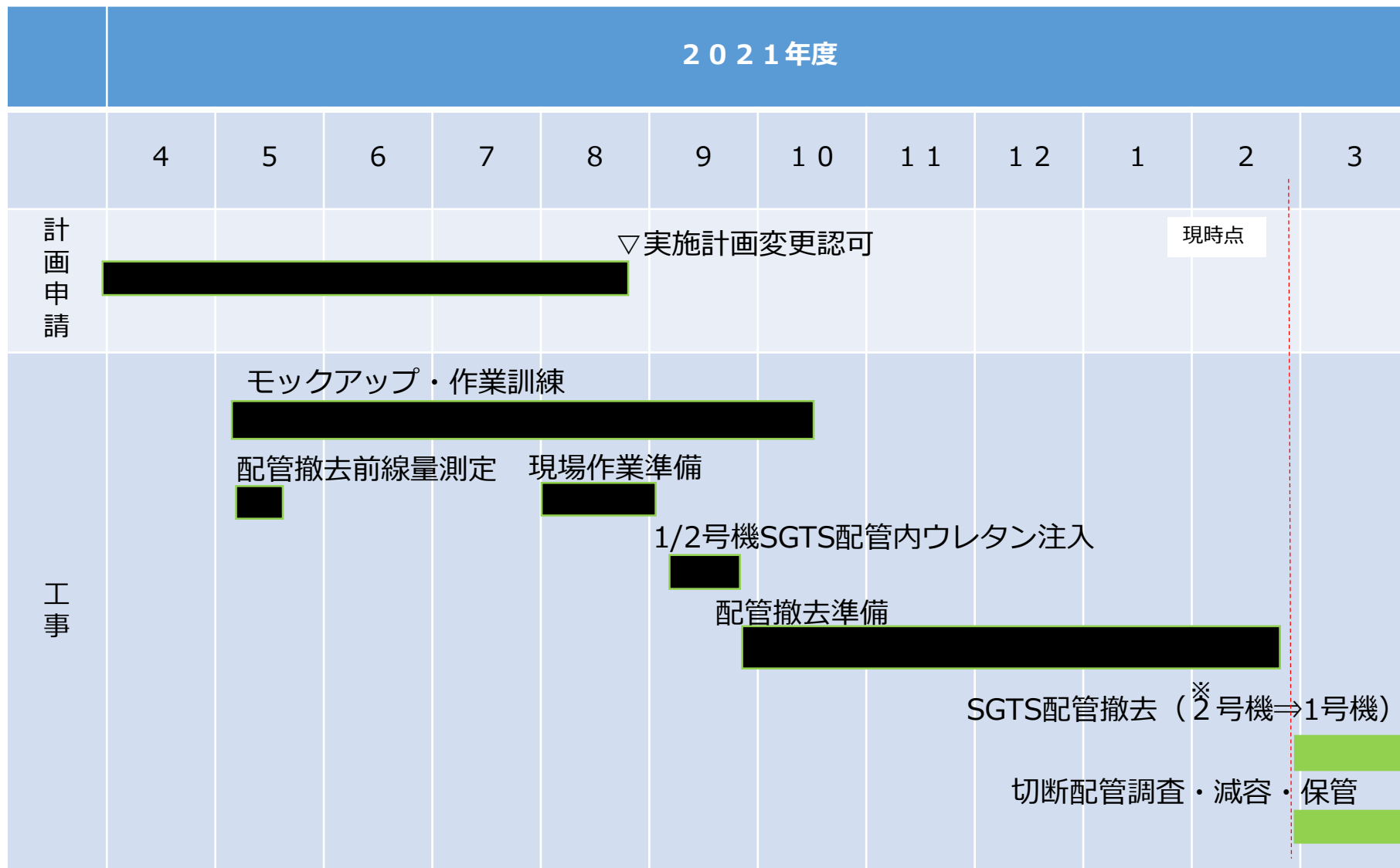
# 1. 1 / 2号機SGTS配管撤去目的及び撤去範囲

## ◆ 目的

- ✓ 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管（以下、SGTS配管）のうち屋外に敷設されている配管については、1/2号機廃棄物処理建屋雨水対策工事及び1号原子炉建屋大型カバー設置工事に干渉することから配管の一部撤去を実施する。

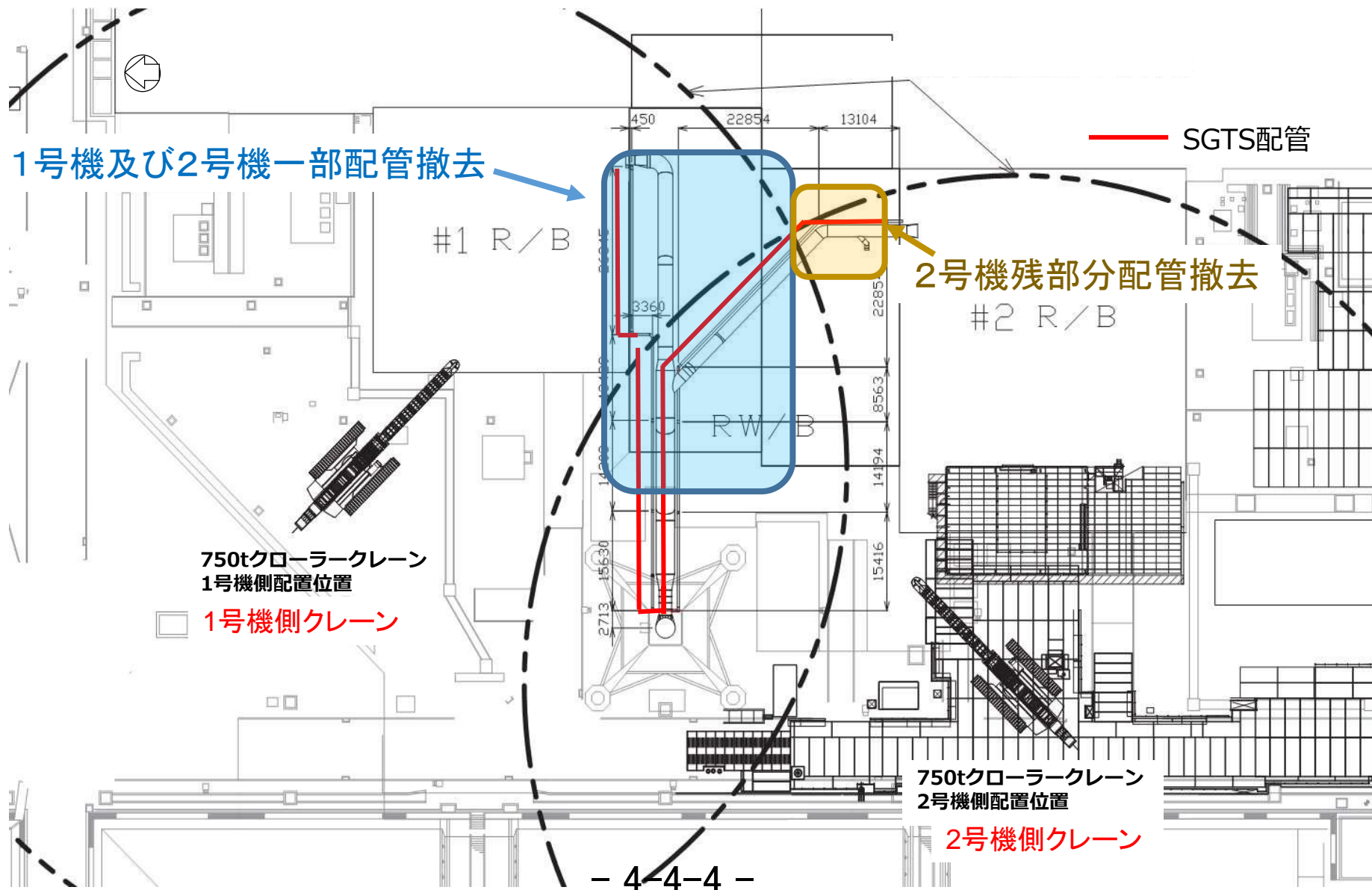


## 2. 1 / 2号SGTS配管撤去工程（予定）

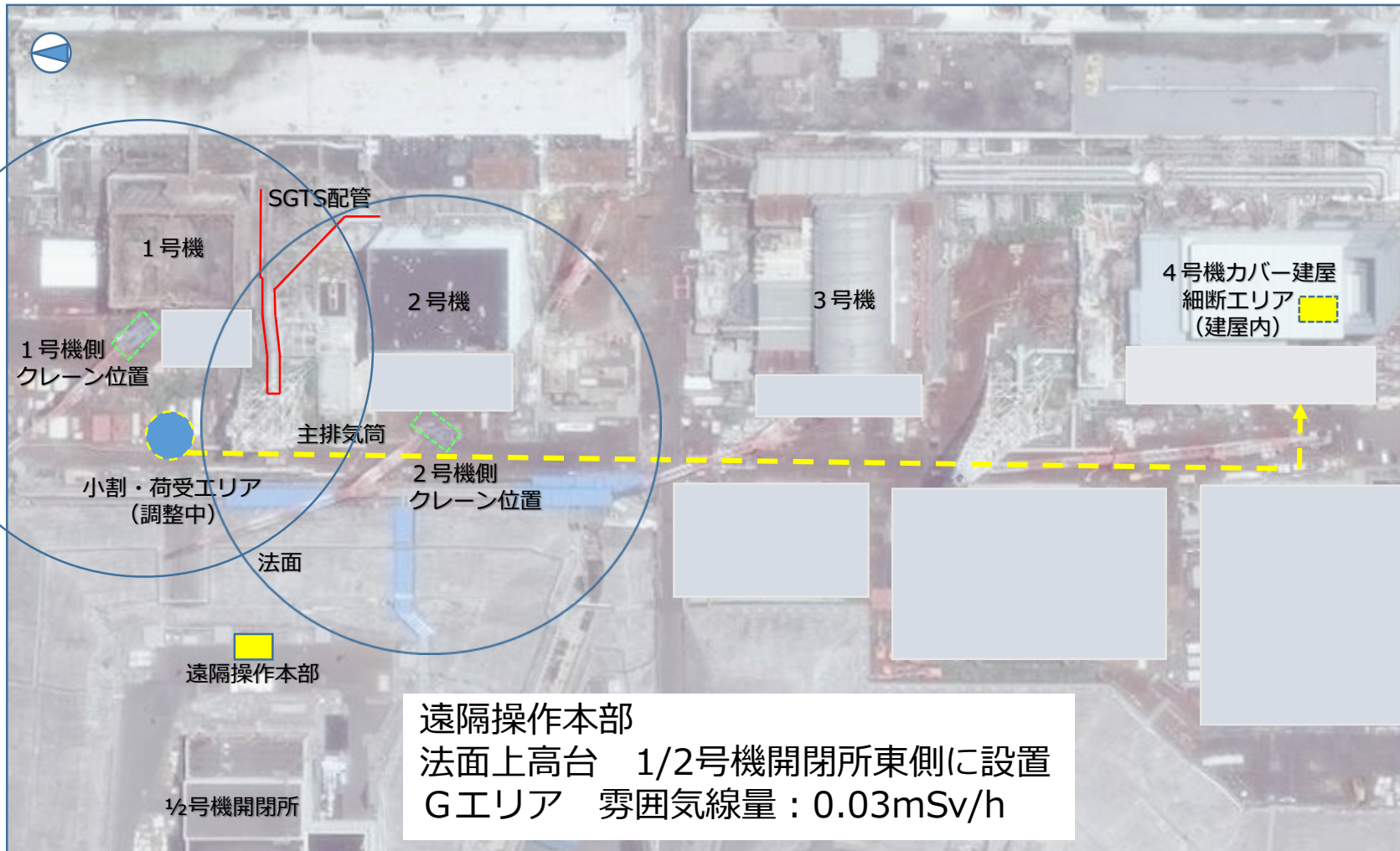


※周辺作業との調整により2号機側を先行して撤去する

# <参考>クレーン配置計画及び配管撤去



# <参考>構内作業エリア位置図



### 3. 1 / 2号SGTS配管撤去に関連した事故調査項目

#### (1)放射線量率測定（2020年5月～2021年5月 実施済）

- 2020年5月にクレーン接近可能範囲（代表ポイント）の配管上0.1m及び1m上の線量測定を実施。
- クレーンにて接近不可能であった未測定部位（1号機側配管の一部）に対して、今回接近可能となったことから線量測定を実施。
- サポート間隔に合わせて配管を切断する計画のため、事前に切断箇所の線量情報を取得。（実施期間：2021年5月12日～2021年5月24日）

#### (2)ガンマカメラ測定（2021年11月中旬～2021年12月上旬 計画中）

- 細断場所(4号カバー建屋1階)にて、キャスク収納前にγカメラによる測定を実施。
- γカメラ測定では、汚染状態をマッピングする。

#### (3)配管内部確認及びスミア採取（2021年11月中旬～2021年12月上旬 計画中）

- γカメラで高汚染が確認された部分で且つ、発泡ウレタン材が注入されていない部位の内部確認（映像取得）及びスミア採取を行う。なお、スミアろ紙は配管とは別に保管する。

#### (4)配管サンプル採取（2021年11月中旬～2021年12月上旬 計画中）

- γカメラで高汚染が確認された部分で且つ、発泡ウレタン材が注入されていない部位のサンプルを採取（幅数cmの輪切り状）し、撤去配管とは別に保管する。

#### (5)スミア／配管サンプル分析（現在検討中）

- スミア分析及び配管サンプル分析については、1F構内に設置中のJAEA第一棟又は東海・大洗研究所での分析を検討中。



## 4. 2020年 1/2号機SGTS配管線量調査 (1/3)

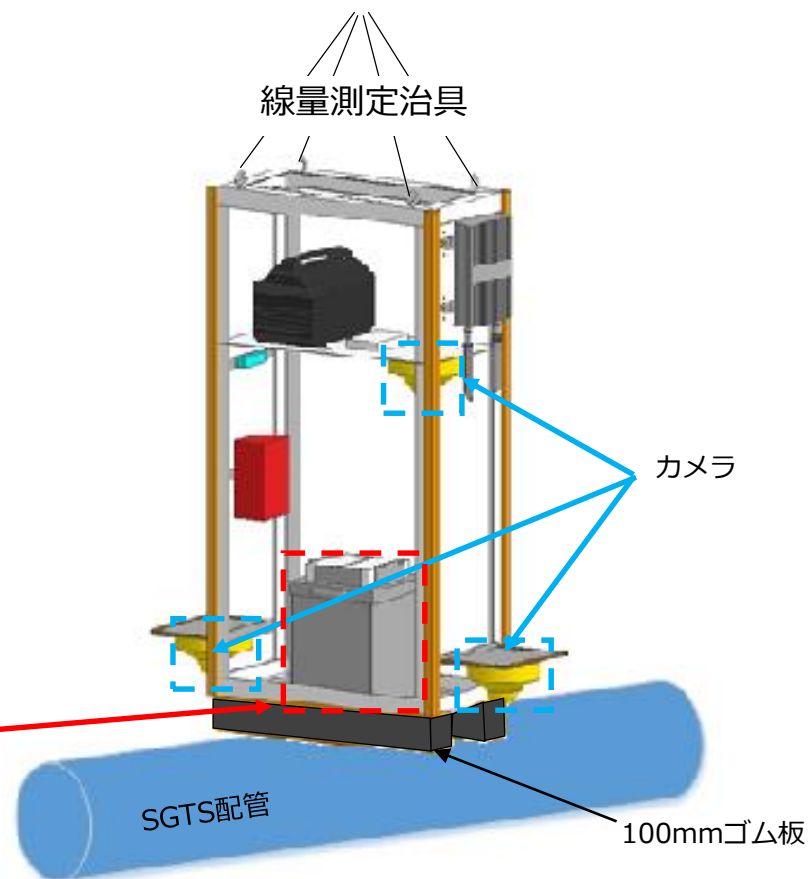
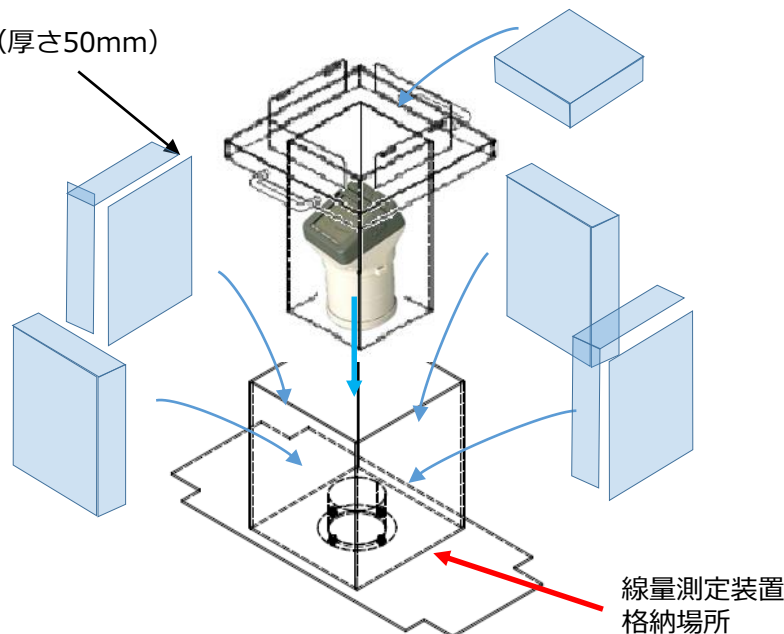
### ○ 実施内容

散乱線の影響低減を図るため、厚さ50mmの鉛でコリメートした線量計を線量測定治具に装着し、750tクローラクレーンにて吊上げSGTS配管直上0.1m及び1m高さの線量調査を実施。合わせて、線量測定治具内に固定したカメラで配管外面確認を実施。

### ○ 実施日

2020年5月14日（木）、5月15日（金）

鉛（厚さ50mm）



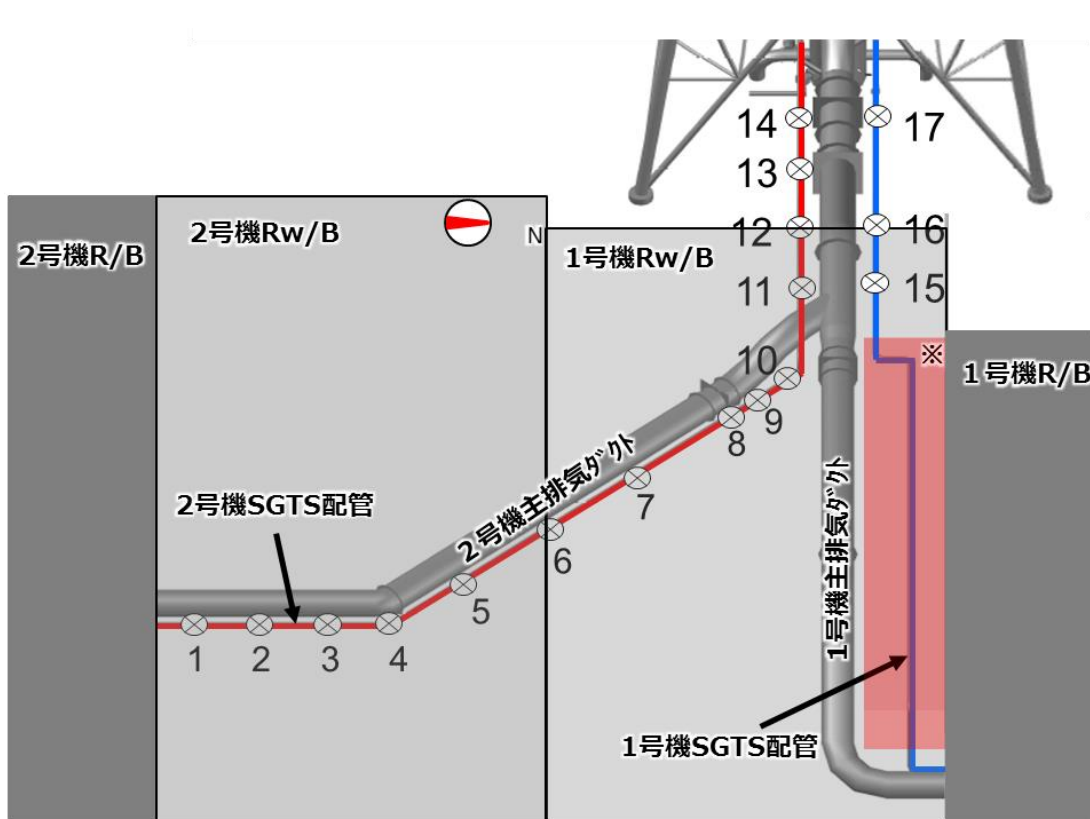
SGTS配管外面線量測定イメージ図

線量計仕様		
品名	電離箱式サーベイメーター(ICW)	電離箱式サーベイメーター(デジタル表示)(ICS)
測定範囲	0.001~1000mSv/h	0.001~300mSv/h

## 4. 2020年 1/2号機SGTS配管線量調査(2/3)

### (1) SGTS配管近傍線量調査結果

- 1号及び2号Rw/B上部のSGTS配管近傍の放射線量を概ね3～5m間隔で測定を実施。
- 測定ポイントのうち比較的高い放射線量はNo.8、No.9、No.13、No.14にみられ、最も高い値は、No.13の2号機SGTS配管表面から高さ0.1mの位置で約650mSv/hであった。



※ 1号機原子炉建屋カバー架構下部のため、クレーンによる線量測定不可

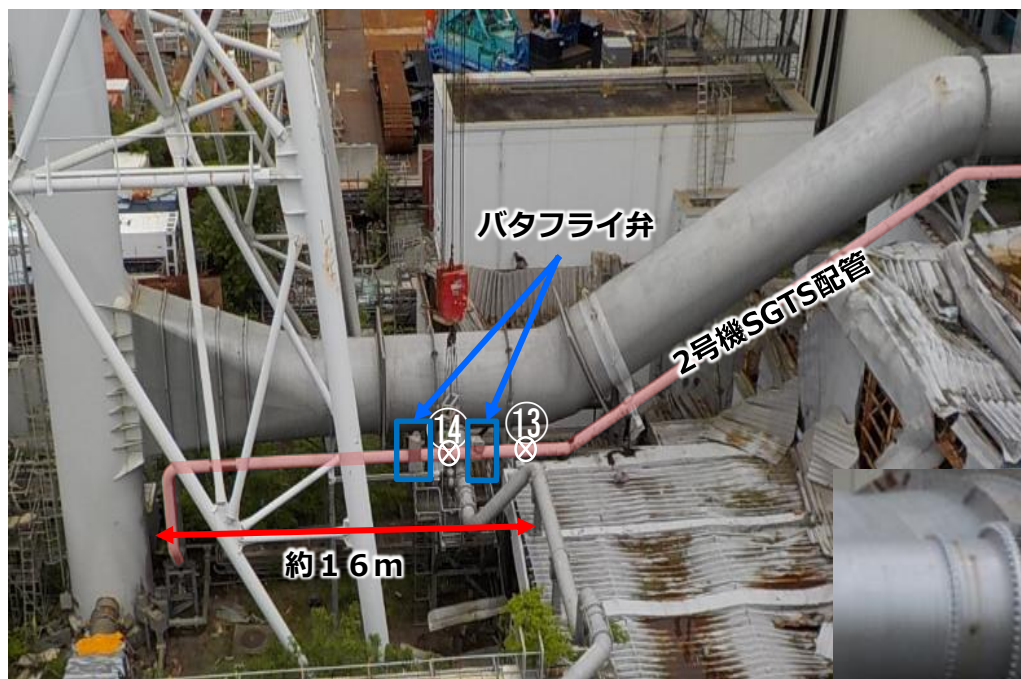
測定ポイント	SGTS配管	
	配管表面(0.1m)	配管上部(1m)
1	6.0	3.0
2	8.0	4.0
3	17.0	5.0
4	26.0	8.0
5	27.0	12.0
6	20.0	8.0
7	60.0	30.0
8	150.0	85.0
9	160.0	50.0
10	60.0	40.0
11	11.0	3.0
12	4.3	2.5
13	650.0	160.0
14	400.0	130.0
15	2.0	1.0
16	2.0	1.4
17	4.0	3.0

※排気筒下部最大線量: 4350mSv/h

## 4. 2020年 1/2号機SGTS配管線量調査(3/3)

### (2) 高線量箇所について

- ・ 高い放射線量が確認されたNo.13(650mSv/h)及びNo.14(400mSv/h)付近にはバタフライ弁が設置されているため、放射性物質が止まりやすい環境も考えられる。
- ・ 一方、No.8/9(⑧150mSv/h、⑨160mSv/h) に関しては水平配管部分であった。



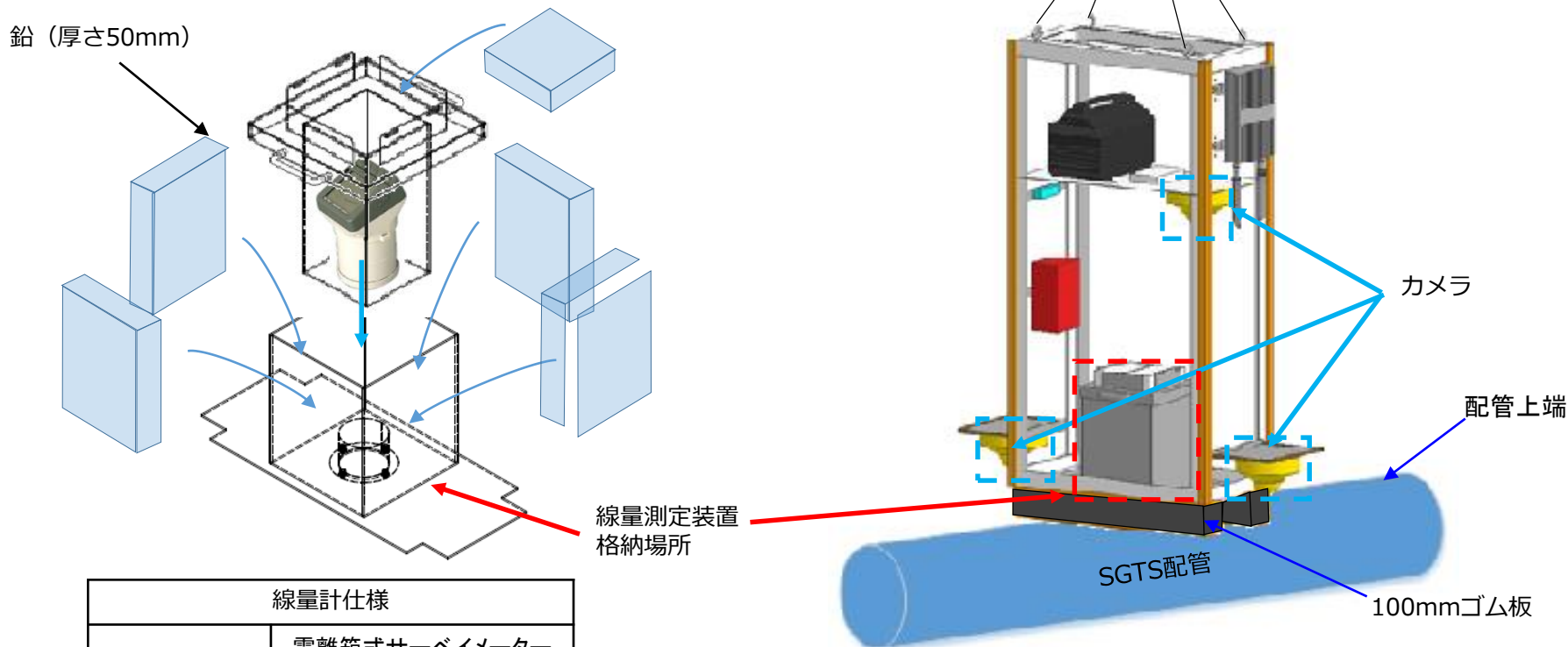
## 5. 配管切断箇所放射線量率測定（測定概要）

### ○ 測定方法

散乱線の影響低減を図るため、厚さ50mmの鉛でコリメートした線量計を線量測定治具内に装着し、クローラークレーンにて吊上げSGTS配管直上0.1m及び1m高さの線量測定を実施。合わせて、線量測定治具内に固定したカメラで配管外面確認を実施。

### ○ 実施日

2021年5月12日～2021年5月24日



線量計仕様	
品名	電離箱式サーベイメーター (デジタル表示) (ICS)
測定範囲	0.001～300mSv/h

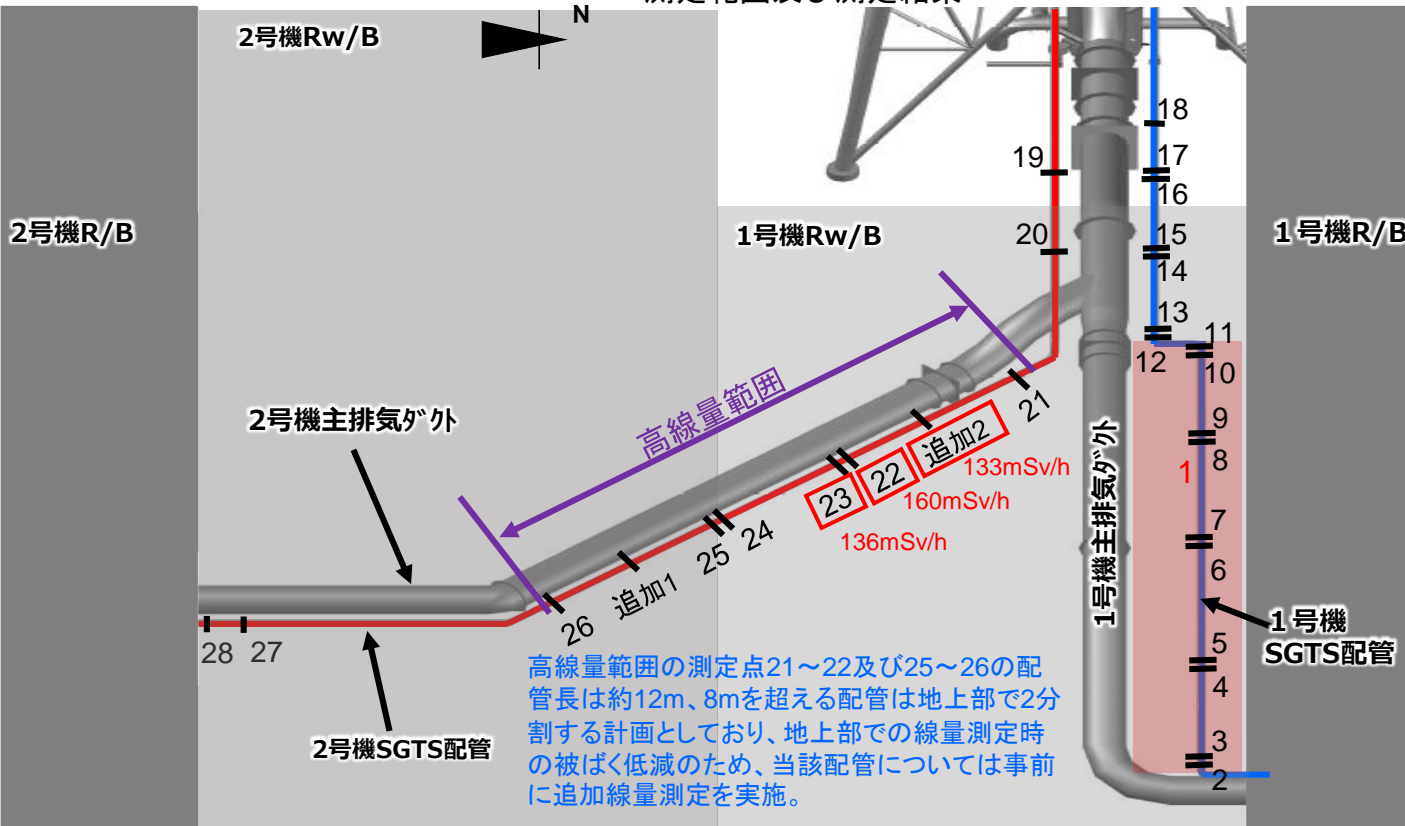
SGTS配管外面線量測定イメージ図

## 5. 配管切断箇所放射線量率測定 (測定結果)

### (1) SGTS配管線量測定結果

- ・ 下記に示す通り、配管線量率は2号機側が高く1号機側は低い結果となった。(昨年と同傾向)
- ・ これらは、ベント流速が速かった1号機配管より2号機は原子炉建屋内のSGTS系機器（フィルタ、ラプチャーディスク等）が抵抗となり流速が抑えられ滞留したものと推測している。
- ・ なお、2号機配管で高線量が確認された範囲（測定点21～26）の配管位置関係は、屋外配管のハイポイント（測定点20）より約1.2m低く、2号機R/Bからは水平位置となっている。

測定範囲及び測定結果



高線量範囲の測定点21～22及び25～26の配管長は約12m、8mを超える配管は地上部で2分割する計画としており、地上部での線量測定時の被ばく低減のため、当該配管については事前に追加線量測定を実施。

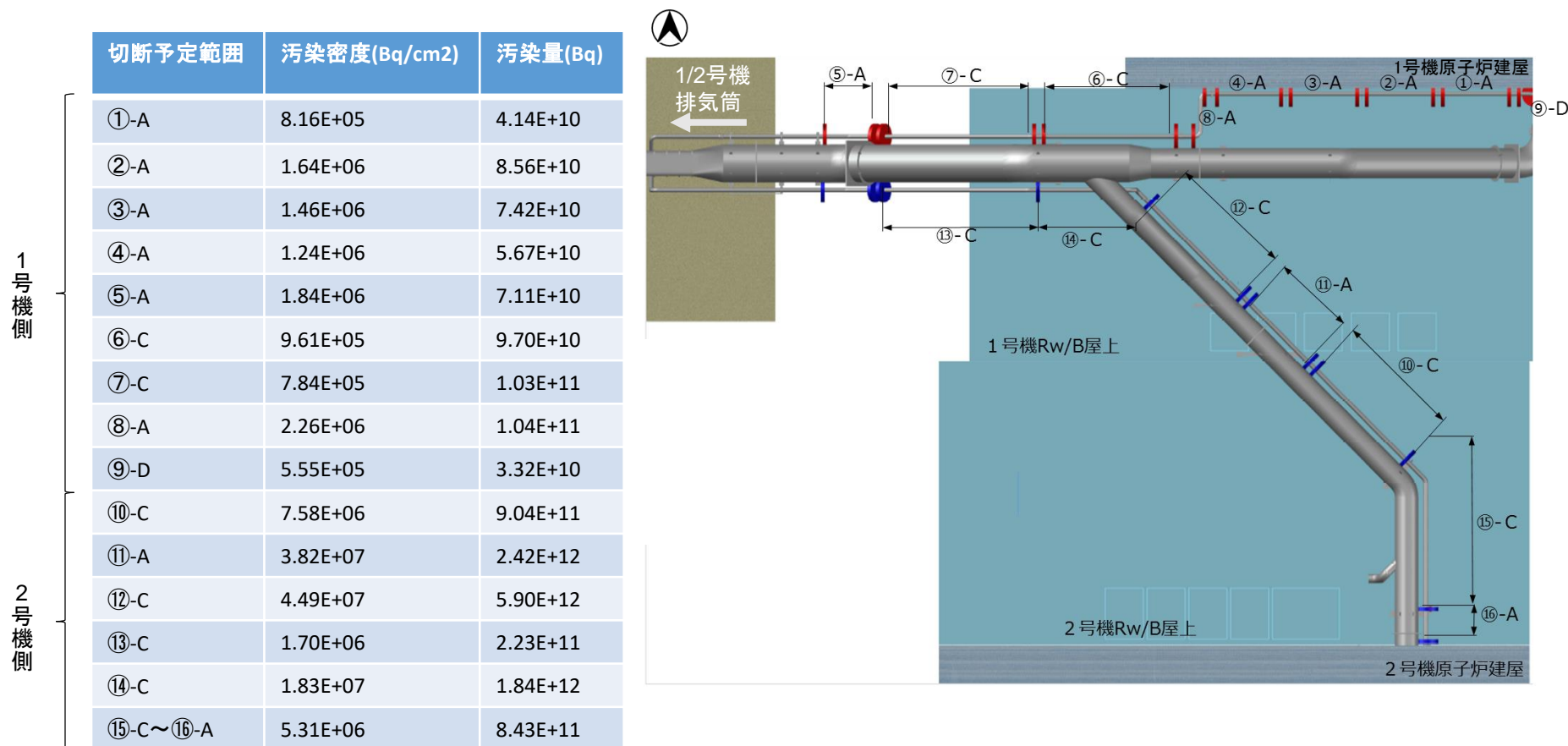
測定点	SGTS配管上端からの距離	
	0.1m	1.0m
1*	4.15	4.46
2	2.56	1.52
3	3.12	1.74
4	3.76	2.64
5	7.56	3.85
6	3.97	2.95
7	6.74	3.90
8	5.05	5.58
9	5.73	4.41
10	4.35	2.65
11	10.4	3.74
12	5.84	3.42
13	4.43	1.91
14	2.25	0.90
15	3.60	1.13
16	3.70	2.37
17	8.50	4.50
18	5.62	3.00
19	4.31	7.60
20	6.06	2.85
21	65.1	27.0
22	160.0	60.3
23	136.0	55.8
24	52.3	16.7
25	27.0	9.80
26	18.9	7.47
追1	16.5	6.53
追2	133.0	45.0

\*左記赤枠内上部3.0mにおいて最も高線量箇所を測定

## 5. 配管切断箇所での放射線量率測定（汚染量評価）

### (2) SGTS配管内の汚染評価結果

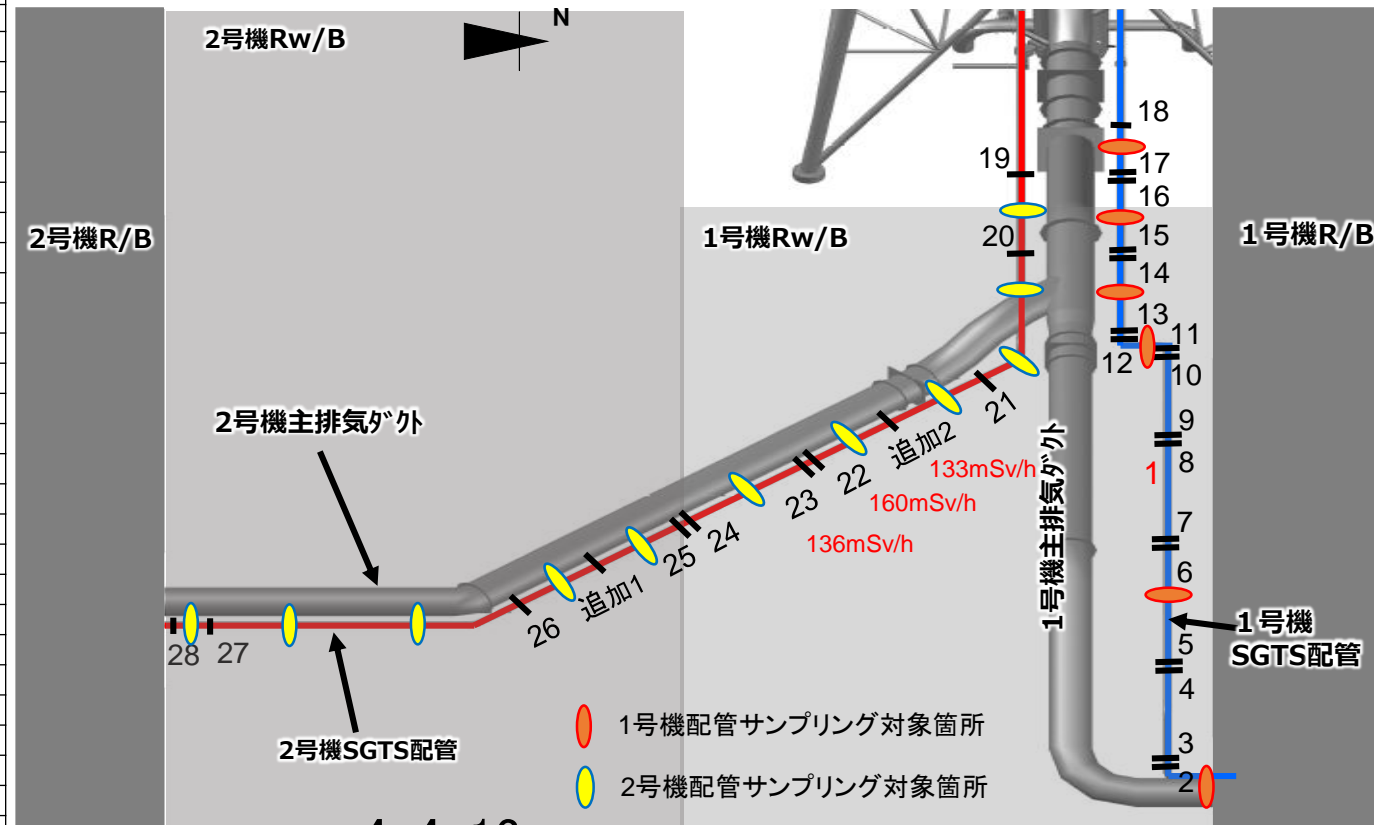
- 測定した放射線量率から汚染密度を算出し、切断後の配管ごとに汚染量の算出を実施した。
- 1号機側の汚染量は10～11乗オーダー、2号機側は11～12乗オーダーで、第82回監視・評価検討会で示された汚染量評価値と同等な結果となった。



## 6. 配管調査（スミア及びサンプル採取箇所）

- ◆ 汚染評価及び配管敷設状況（高低差）等から代表配管（採取箇所）を抽出。
  - 1号機については、建屋～No.2（縦配管），No.3～10（1号機R/B南壁近傍水平配管）のうちNo5～6間，No.11～12（90°横エルボ配管），No.13～14（屋外配管のハイポイント），No.15～16（30°斜配管）及びNo.17～18（水平配管）の計6箇所。
  - 2号機については、先行撤去範囲のNo.19～20（30°斜配管），No.20～21（屋外配管ハイポイント及び90°縦エルボ）の2箇所及びNo.21～No.26（高汚染水平配管）間の5箇所の計8箇所。No.26～No.28間は、2号機側へクレーン移動後、水平エルボ直近部分1箇所及び水平配管代表2箇所の計3箇所。
  - 上記対象箇所は、発泡ウレタン非充填範囲の高汚染部位を代表とし採取する。

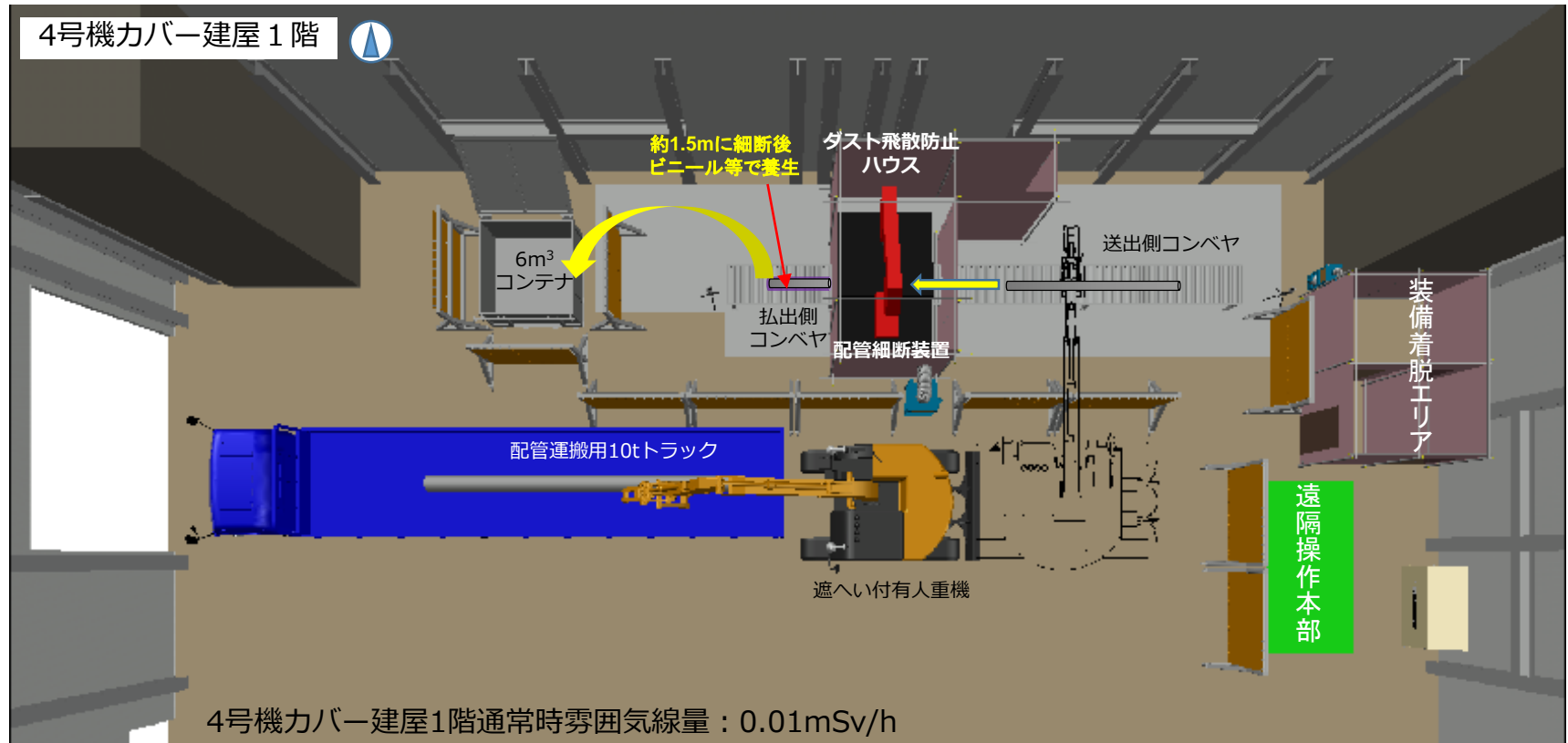
測定点	SGTS配管	
	0.1m	1.0m
1*	4.15	4.46
2	2.56	1.52
3	3.12	1.74
4	3.76	2.64
5	7.56	3.85
6	3.97	2.95
7	6.74	3.90
8	5.05	5.58
9	5.73	4.41
10	4.35	2.65
11	10.4	3.74
12	5.84	3.42
13	4.43	1.91
14	2.25	0.90
15	3.60	1.13
16	3.70	2.37
17	8.50	4.50
18	5.62	3.00
19	4.31	7.60
20	6.06	2.85
21	65.1	27.0
22	160.0	60.3
23	136.0	55.8
24	52.3	16.7
25	27.0	9.80
26	18.9	7.47
追1	16.5	6.53
追2	133.0	45.0



- 4-4-13 -

※赤枠内上部3.0m付近において最も高線量箇所

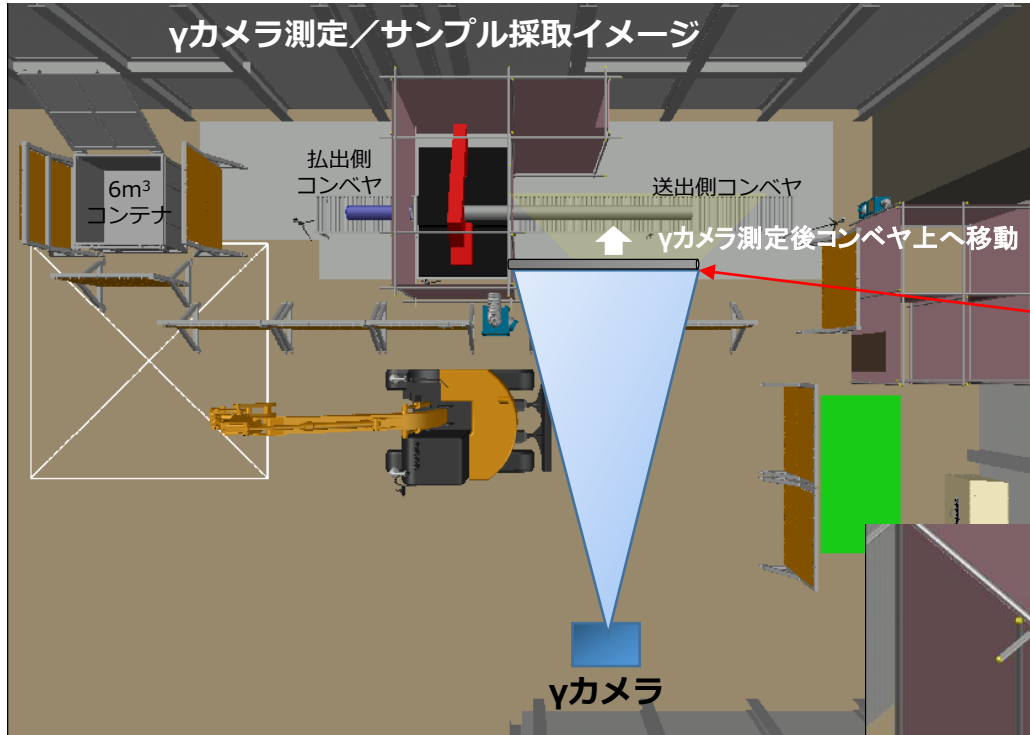
## 6. 配管調査（撤去配管細断エリア配置図）



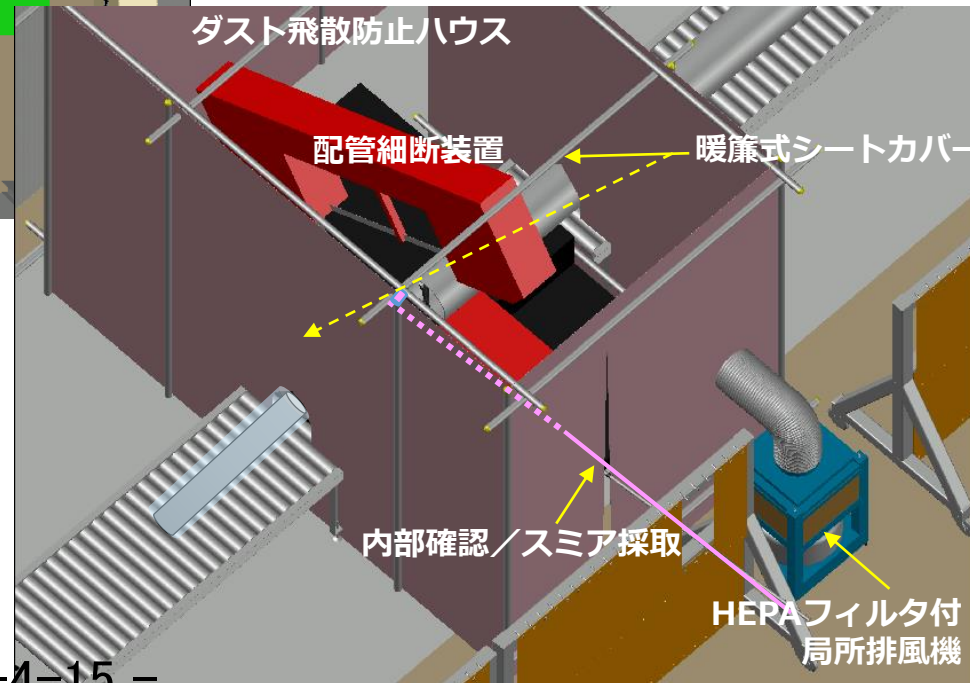
- 撤去した配管は、4号機カバ-建屋1階に設置したハウス内に輸送され、コンテナ詰めにするために約1.5m程度に細断する。
- ハウス内はHEPAフィルタ付の局所排風機を運転して、ハウス外への放射性ダストの拡散を防止する。また、ハウス近傍で仮設のダストモニタによる監視を行う。
- 配管の細断は、ダスト飛散防止ハウス内で遠隔の配管細断装置にて行う。（遠隔操作本部から操作）
- 配管細断装置への配管設置とコンテナへの配管収納は、しゃへい付有人重機にて行う。
- 細断された配管はビニール等で養生した後、6m<sup>3</sup>コンテナに収納する。
- 配管を収納したコンテナは固体廃棄物貯蔵庫に輸送して保管する。



## 6. 配管調査 (γカメラ測定, 内部確認, スミア/サンプル採取概要) TEPCO



細断前の配管長さ  
最長：約7m, 最短：約2.5m

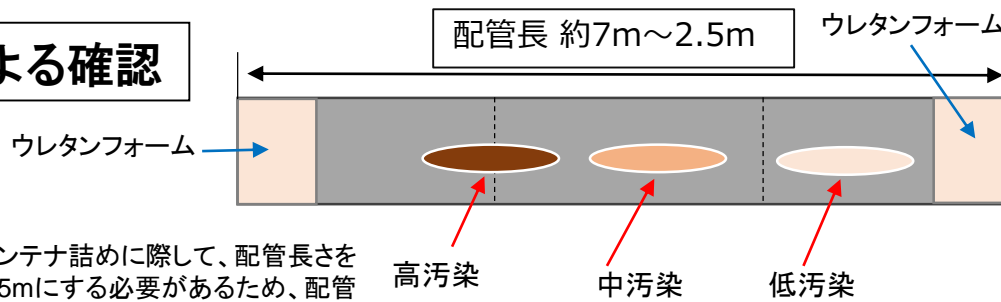


- γカメラの測定は、送出側コンベヤ手前に一度仮置きし測定する。
- 内部確認及びスミア採取は、配管サンプル採取に先立ち高汚染部位を衝立遮へい越しに、ダスト飛散防止ハウス側面から実施する。
- 配管サンプル採取は、高汚染部位を細断装置にて必要幅に輪切りして、収納箱に入れて保管する。
- スミア採取位置は配管内面の上面 (0°方向)、下面 (180°方向)、側面 (90°もしくは270°方向) とする。

# 6. 配管調査 (γカメラ, 内部確認, スミア/サンプル採取の流れ)



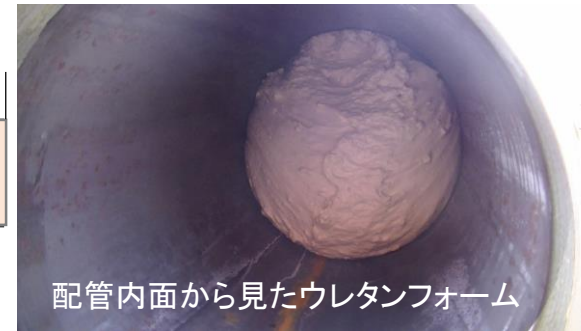
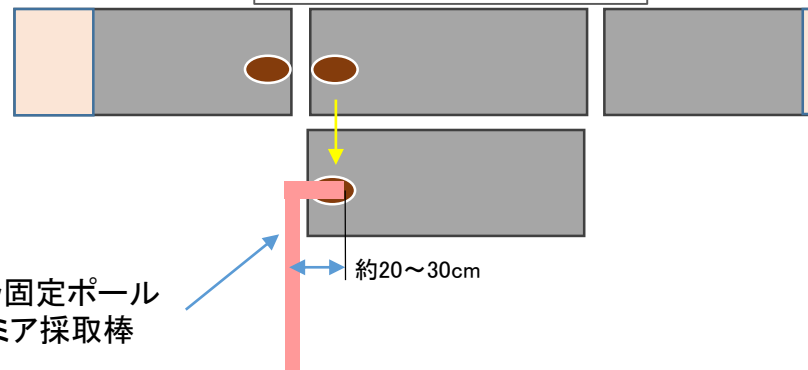
## γカメラによる確認



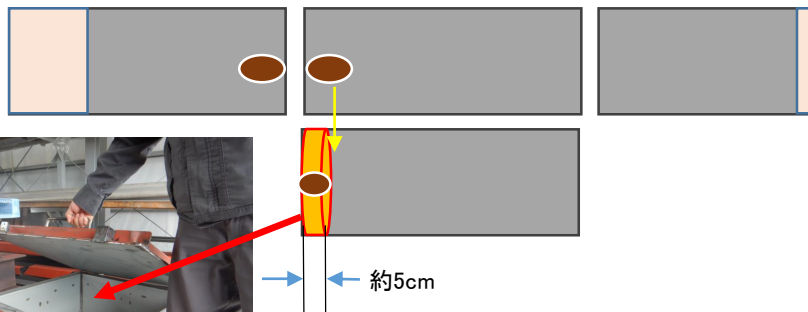
※ コンテナ詰めの際に、配管長さを約1.5mにする必要があるため、配管長から最大で5分割, 最小2分割予定

最大5分割, 最小2分割※

## 配管内部確認 ・スミア採取

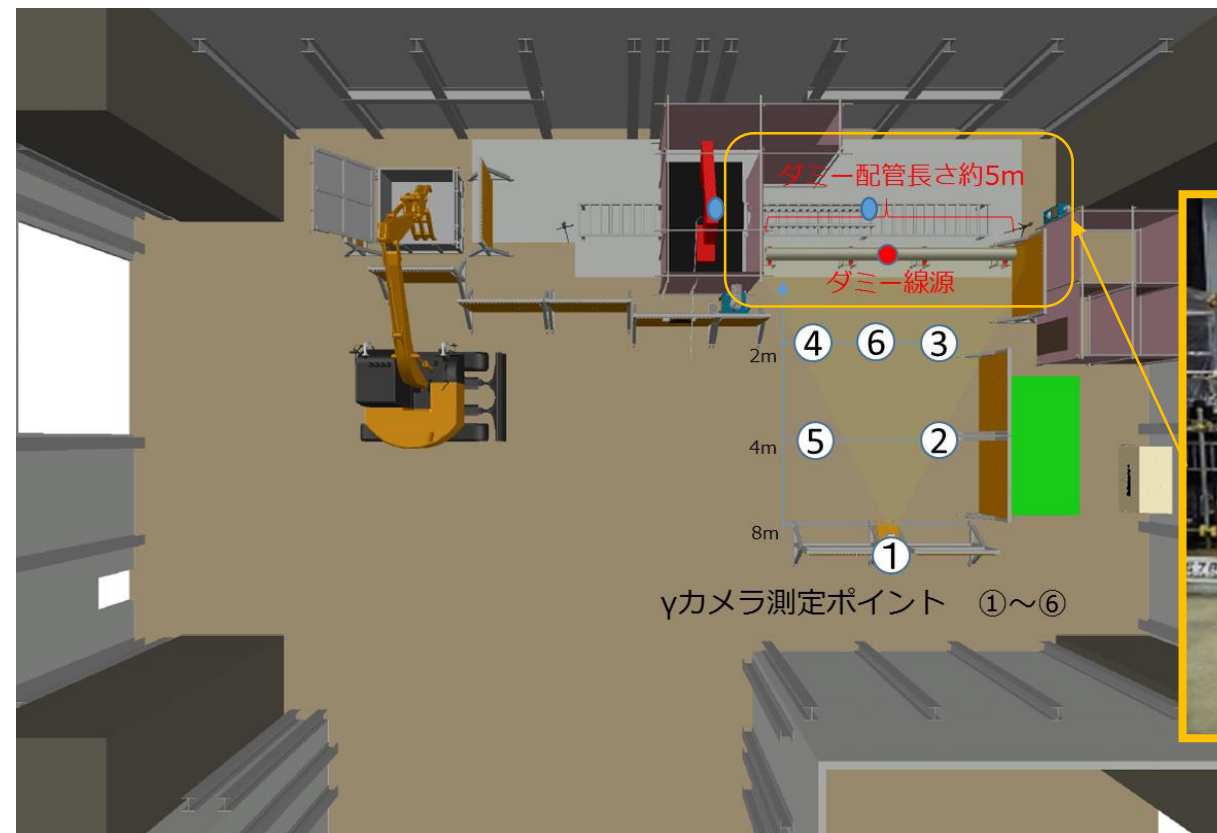


## 配管サンプル採取



## 7. $\gamma$ カメラ測定モックアップ（ダミー配管、ダミー線源、測定ポイント）

### ■ 4号機カバー建屋1階



ダミーの配管内にダミー線源を設置し、 $\gamma$ 線イメージングを実施

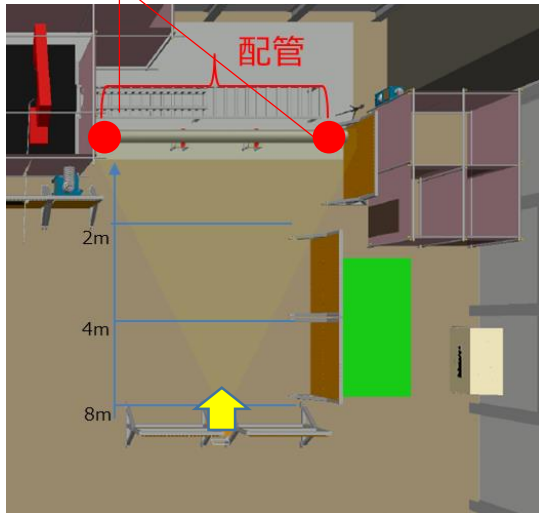
- 空間線量率：0.005mSv/h
- ダミー線源：約10mSv/h（表面）
- 配管長さ：約5m

※⑥については線源を配管外に設置

モックアップにより得られた  
4種のガンマカメラの汚染分布  
を比較し、各特性を把握する  
ことが目的

# 【参考】測定ポイント①8m位置（配管内両端に線源設置）

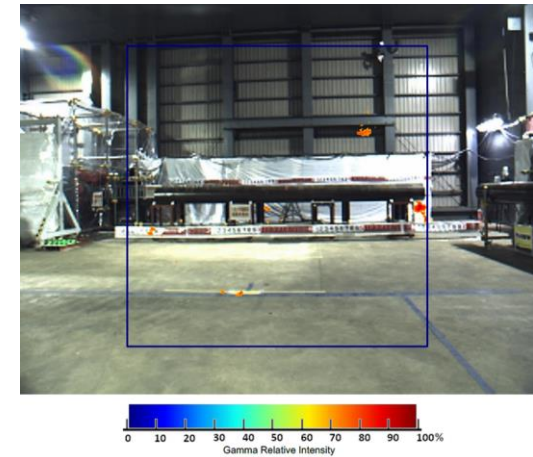
線源



規制庁殿γカメラ



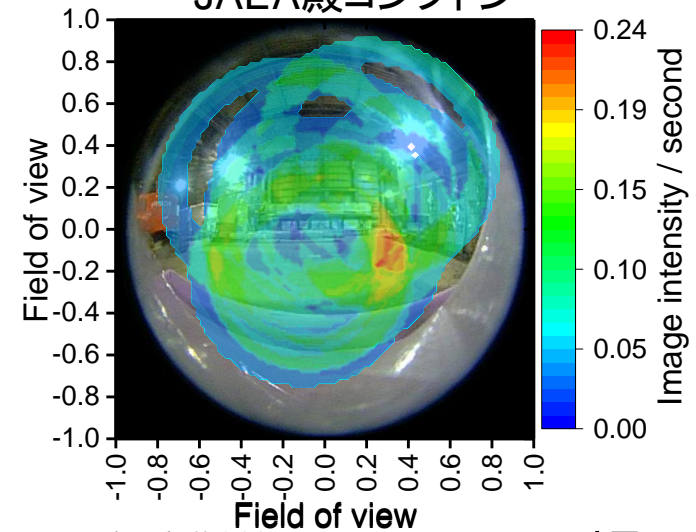
東電iPIX



東電ガンマキャッチャー



JAEA殿コンプトン

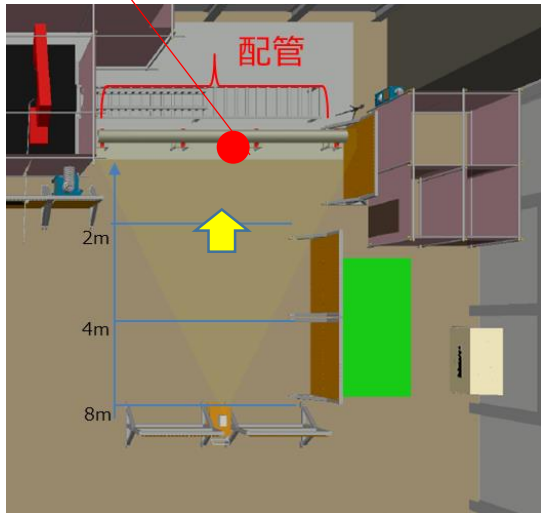


東電iPIXとJAEA殿コンプトン（鉛付き）は高線量用のため、模擬線源の線源強度が低いことから、線源の位置にイメージングが出来ていない。

東電ガンマキャッチャーは低線量用のため、精度よくイメージングが行われている。

# 【参考】測定ポイント⑥2m位置（配管外に線源設置）

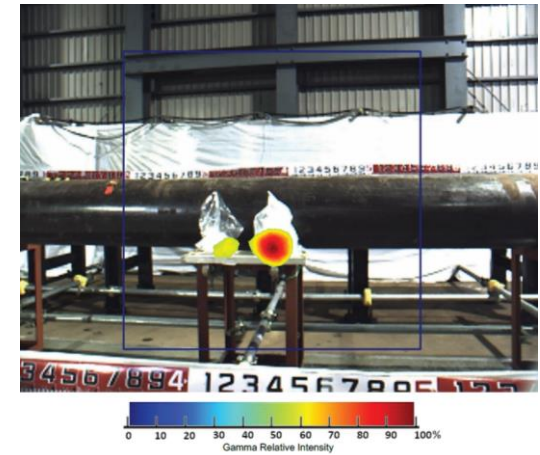
線源



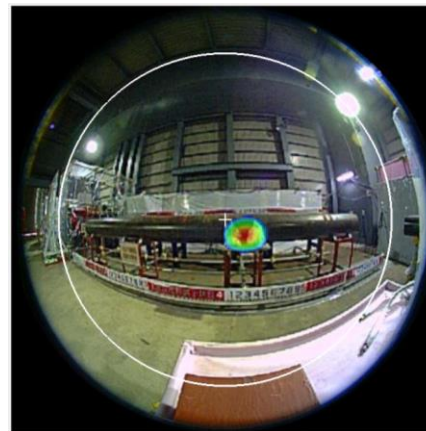
規制庁殿γカメラ



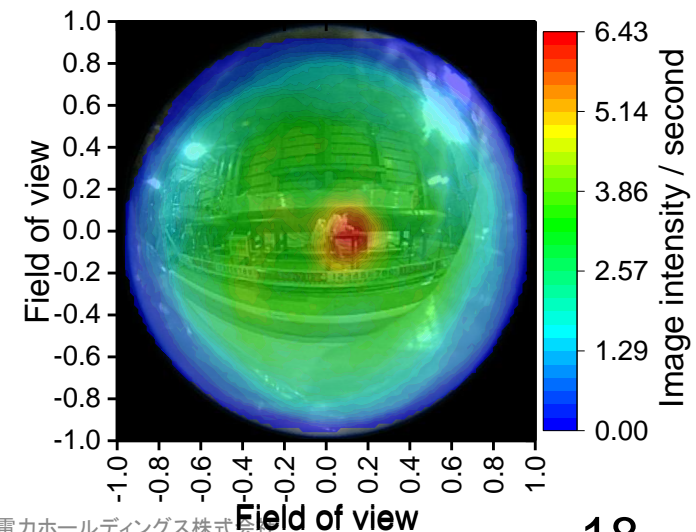
東電iPIX



東電ガンマキャッチャー

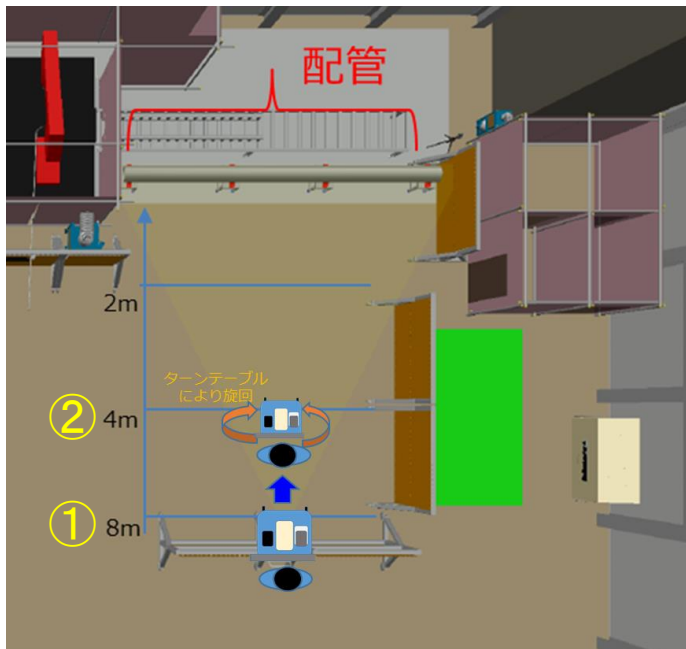


JAEA殿コンプトン



模擬線源との距離を近づけた場合、線源強度が強くなるため、各ガンマカメラにおいて線源の位置にイメージが行われている。  
また、東電iPIXは位置分解能が高いため各模擬線源に対してイメージが行われている。

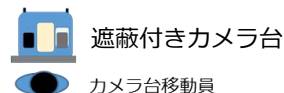
- ダミー線源の撮影に関しては各カメラから得られる情報はおよそ把握できた
- 東電のカメラ(iPIX、ガンマキャッチャー)は低バックグラウンド(以下、B.G.)環境下かつダミー線源に対して、きちんと線源の位置にイメージングが出来ている
- JAEA殿コンプトンは高線量用にカスタマイズしているため、今回のダミー線源では一部測定時のカウント不足により、イメージングが不十分な結果となった
- SGT5切断配管の実物ではダミー線源のような点線源と異なり、面状に汚染が沈着しているため、モックアップ同様の結果が見られるか不明であることから、全てのカメラを使用する必要があると判断する。
- 規制庁殿 $\gamma$ カメラは期待通りの測定情報が得られると想定する。
- 東電のカメラについては高B.G.環境下においてきちんとイメージングがなされるか確認する必要がある。



◆  $\gamma$ カメラ測定モックアップの結果から、各カメラの画角に測定対象のSGT5配管が収まり、イメージングが可能と想定する下記ポイントで測定を実施する。

- ① 8mから配管の全体を撮影し、線量が高い部位を選定する。
- ② 4mから狭い範囲を測定し、サンプルとして採取する箇所を選定する。

ターンテーブルにより方向転換させ、カメラの画角の微調整を行う。



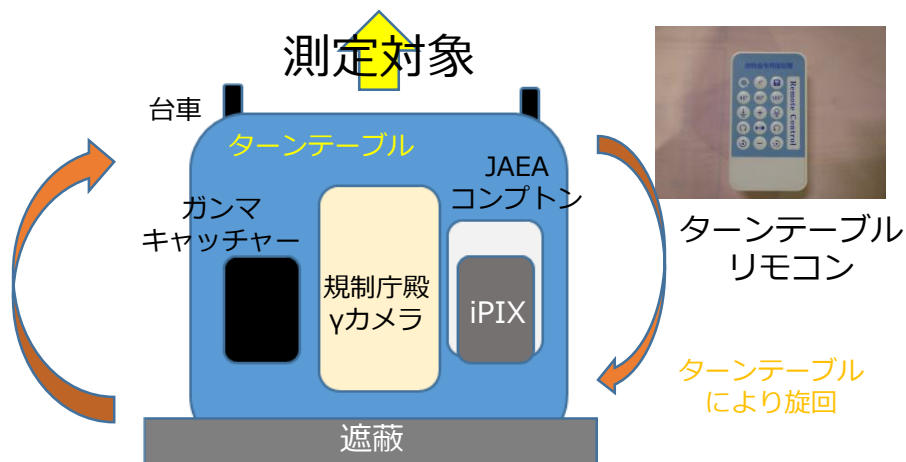
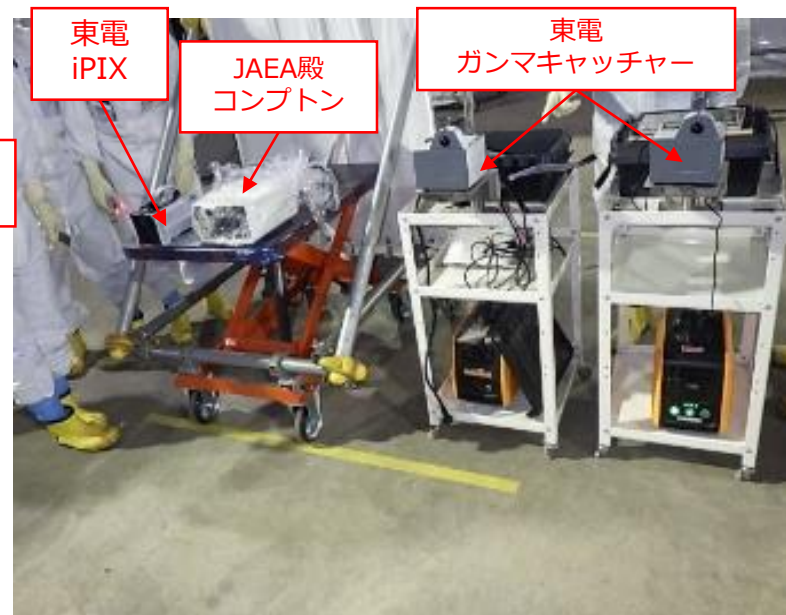
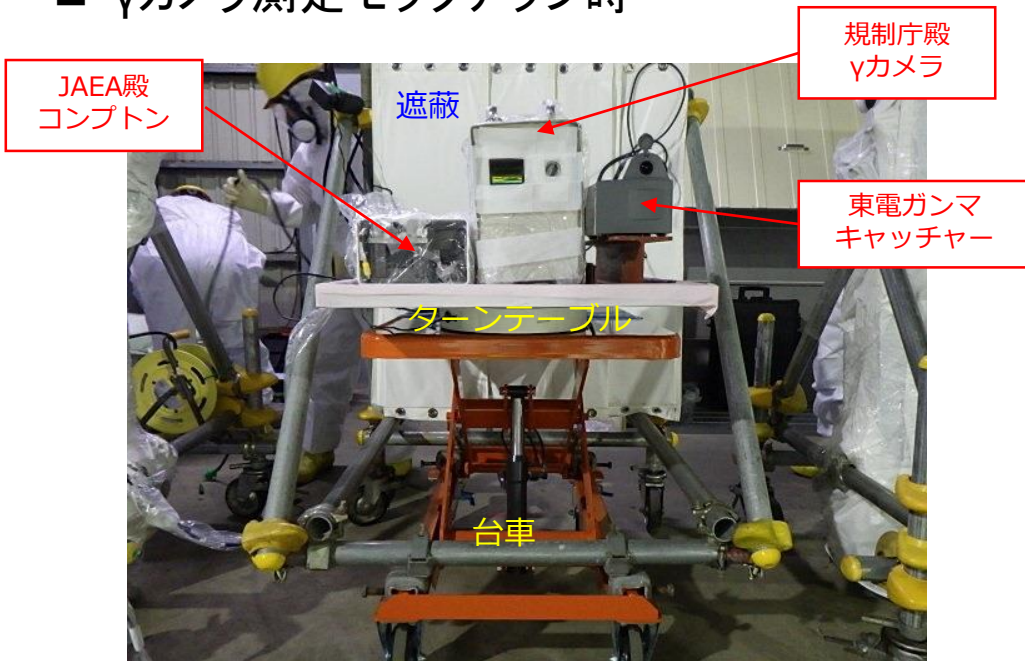
## 【参考】γカメラの性能比較

- ◆規制庁殿、JAEA殿、東京電力（放射線防護G、PG3）が所有する、測定方式が異なるガンマカメラを使用し、γカメラ測定モックアップを行った。

### 比較表

種類	測定方式	視野角	長所	短所
東電iPIX (PG3)	コーデットマスク	45° 2mm:48.8° 4mm:46.4° 8mm:41.4°	高線量率に強い 高位置分解能 高BG除去能力 軽量	環境レベルの放射線には不適 高エネルギーγ線に時間がかかる
東電ガンマ キャッチャー (放射線防護G)	コンプトン	140°	高視野角 軽量 高エネルギーγ線に強い	高線量率に弱い 位置分解能が悪い
JAEA殿 コンプトン	コンプトン	140°	基本東電コンプトンと同様 鉛シールドにより、低線量から高線量環境に対応可能	位置分解能が悪い
規制庁殿γカメラ	ピンホール	約60°	高線量率に強い 高位置分解能	重量 高エネルギーγ線に時間がかかる

## ■ γカメラ測定モックアップ時



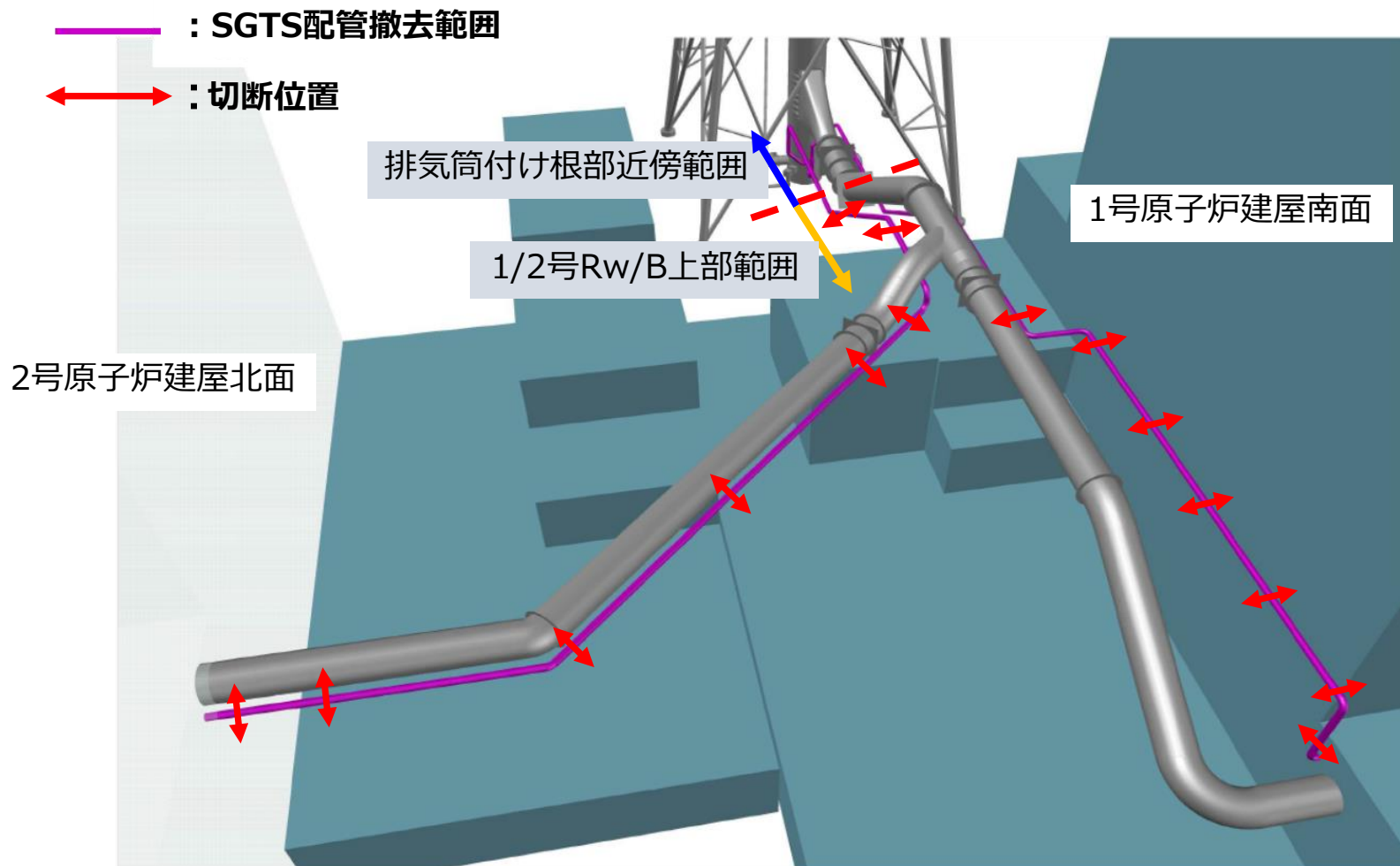
◆線量低減対策として、各カメラを遮蔽付き台車上のターンテーブルへ設置し、リモコンで旋回し画角の微調整を行う



## 参考資料

# <参考> SGT S配管立体図

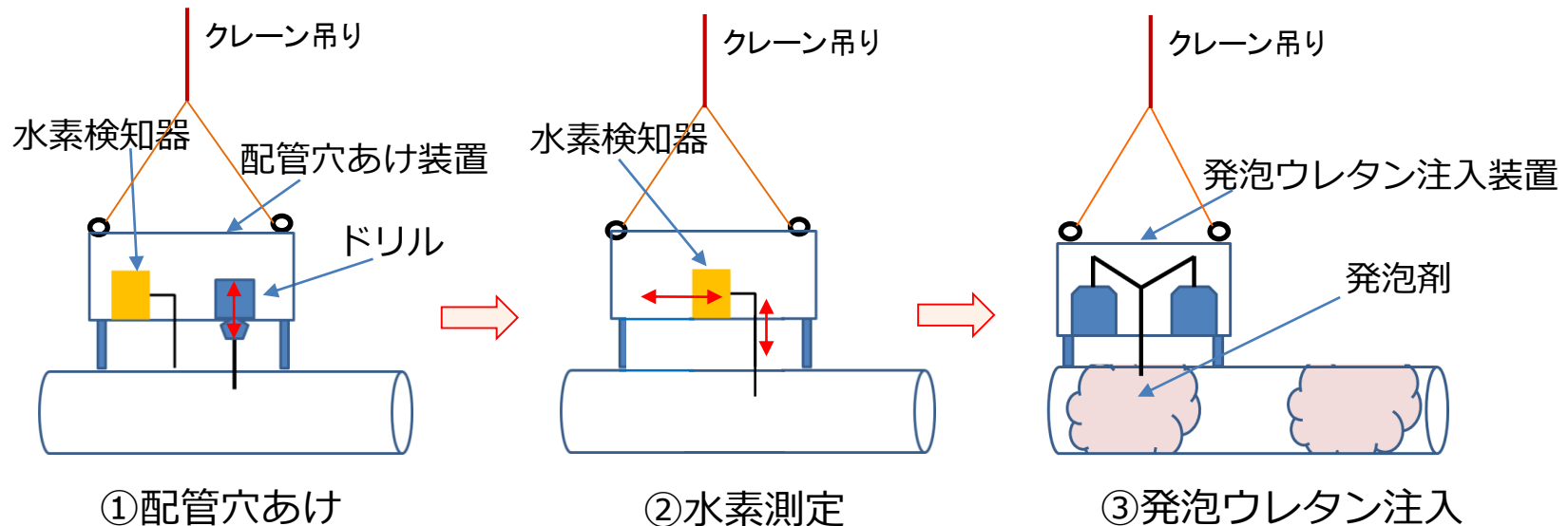
## ■ 撤去対象配管について（東側から見る）



## <参考> 配管穿孔／発泡ウレタン注入イメージ

➤ SGTS配管穿孔イメージは以下の通り。

- ①撤去するSGTS配管内に水素はほとんど存在しないと推定するが、火花が出ない低速回転のドリルにて穴開けを実施。配管穴開け後、配管内の水素濃度を測定する。  
 なお、水素濃度が4%以上（水素の爆発限界下限値）ある場合は窒素ガスによるパージを試みる。（窒素ガスパージの手順についてはモックアップで確認する。）
- ②SGTS配管切断箇所を発泡剤（2液性発泡硬質ウレタンフォーム）を注入し、切断時の放射性ダストの飛散防止を図る。



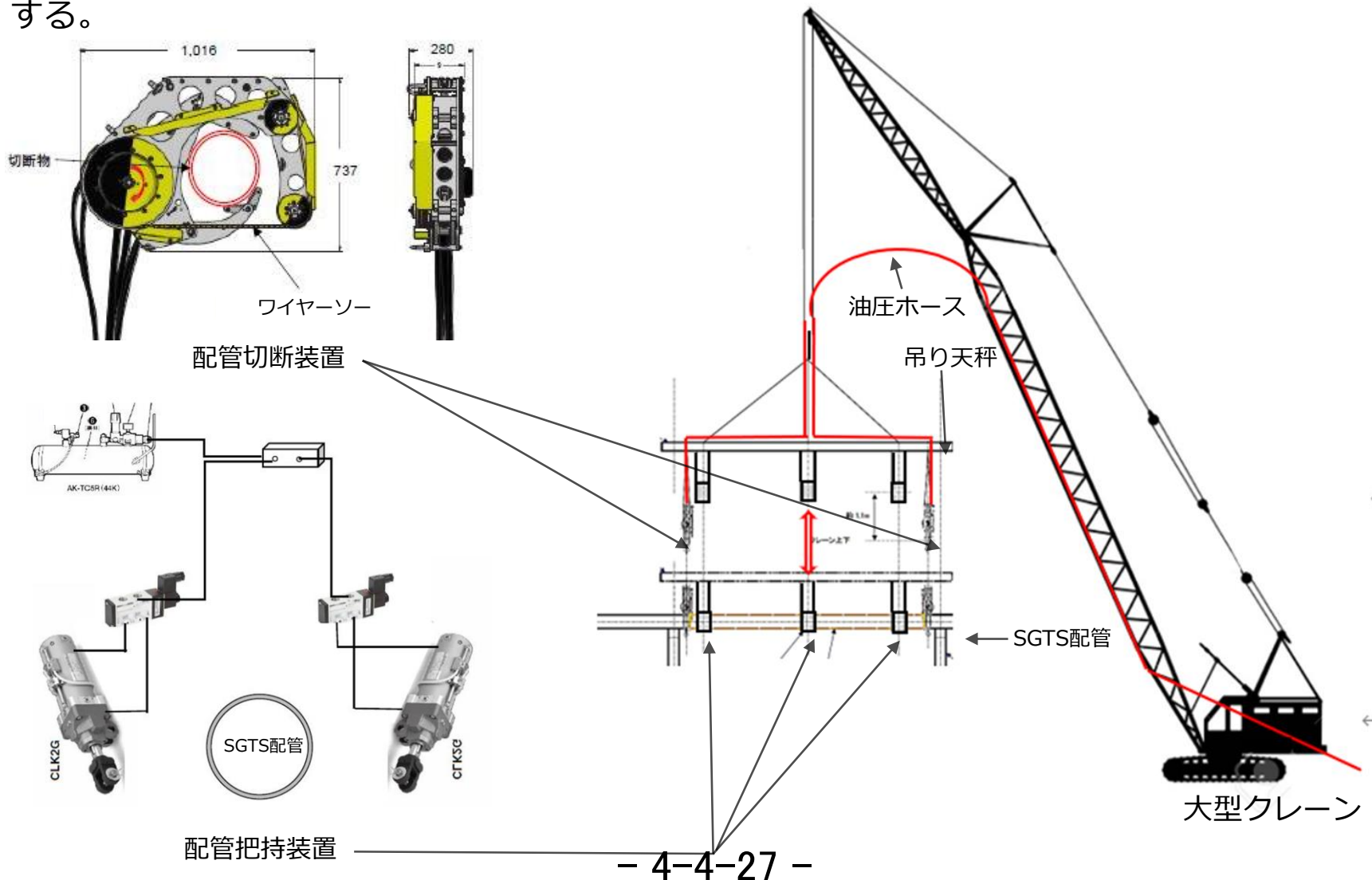
## <参考> 要素試験状況（発泡ウレタン注入・配管切断）

配管切断時のダスト飛散防止対策として、配管内に発泡ウレタンを注入し、配管を閉塞させた後にダイヤモンドワイヤーソーで切断を行う。

	アクリル管での模擬	同材質配管での模擬		ワイヤーソーによる切断
注入前			切断   切断面の状況	
注入中				
閉塞				

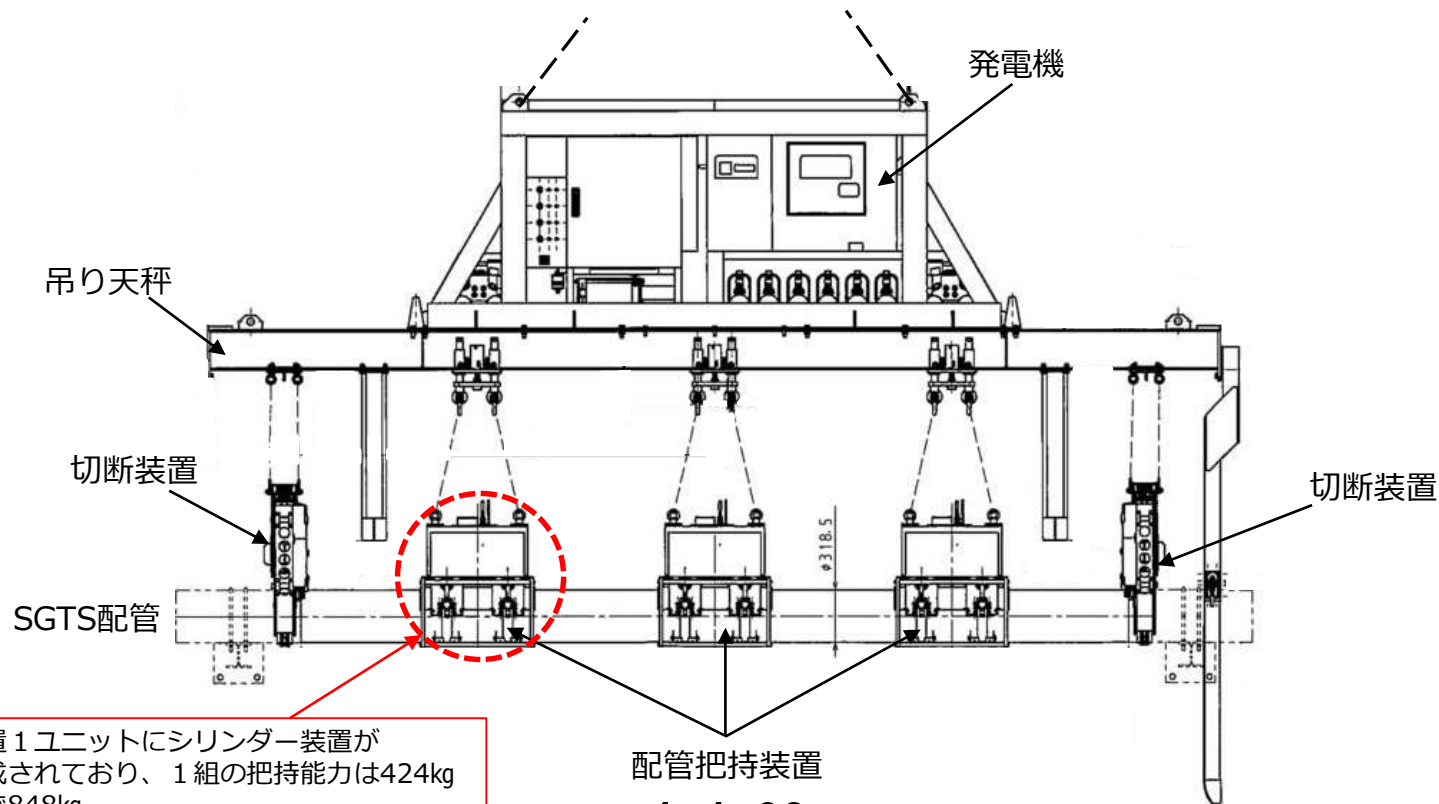
## <参考> 配管切断装置概要

吊り天秤に配管切断装置、配管把持装置を搭載し、大型クレーンで吊り、切断箇所に装置を合わせて遠隔操作にて配管を把持、切断を行う。切り出した配管はそのままクレーンで移動する。



## <参考> 吊り天秤概要

- 吊り天秤は切断するスプール長や配管の取り回し（短尺管、長尺管、クランク部、縦管）によって4種類準備する。
- 吊り天秤には発電機、通信装置、切断装置（ワイヤーソー）、配管把持装置が取り付けられる。なお、配管把持装置は切断するスプール長によって取り付ける数が変わる。
- 配管把持装置1ユニットには、シリンダー装置が2組構成されており、1組の把持能力は約420kgである。したがって、配管把持装置1ユニットの把持能力は約840kgとなる。

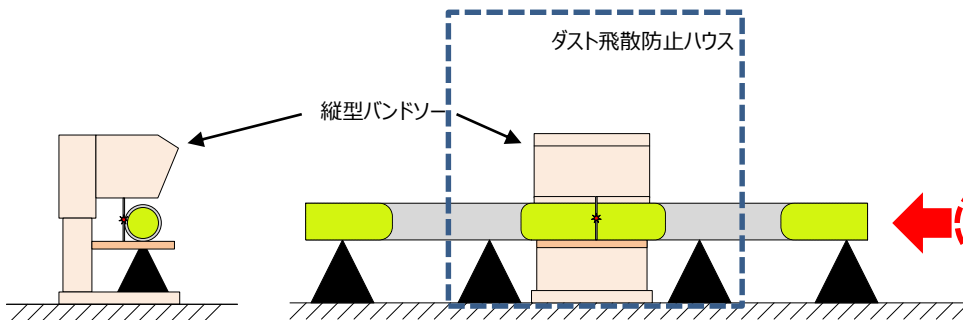


配管把持装置1ユニットにシリンダー装置が各2組で構成されており、1組の把持能力は424kg  
1ユニットで848kg

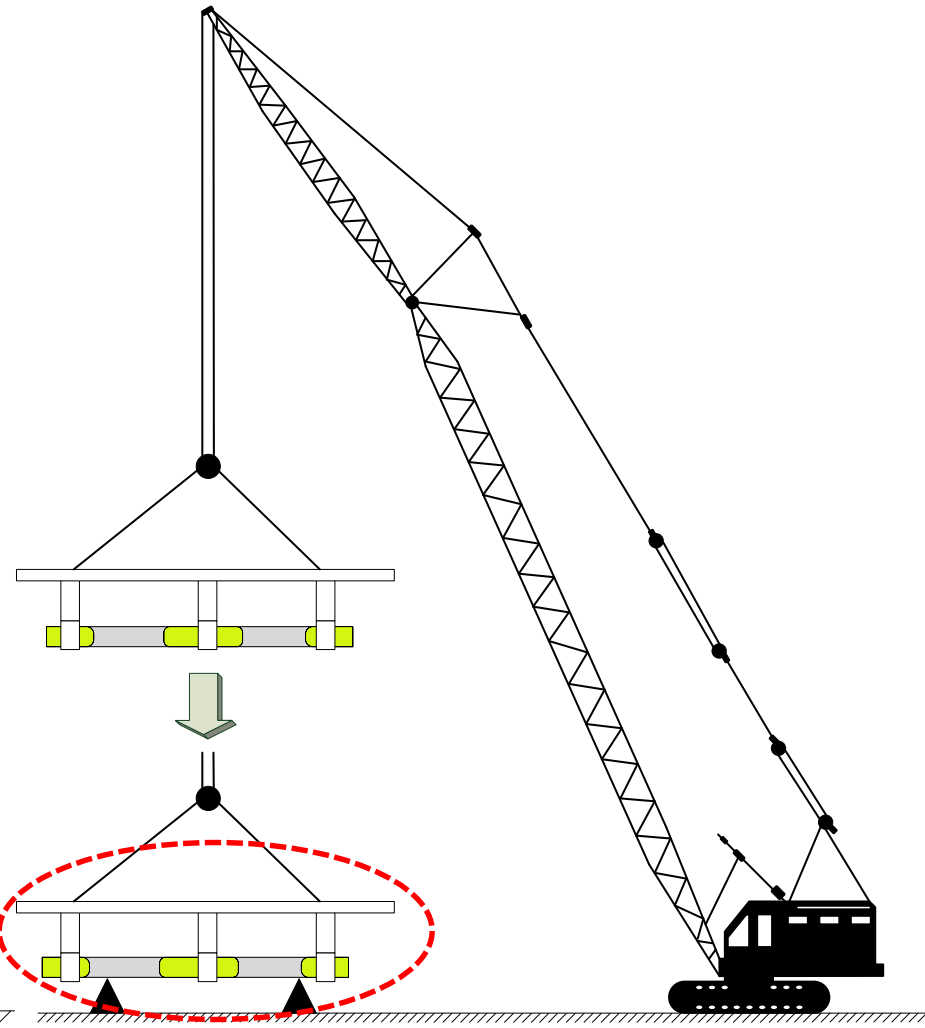
配管把持装置  
- 4-4-28 -

## <参考> 吊降ろし後の配管小割概要

- SGTS配管吊り降ろし後、8 m以上の長尺配管は輸送車輛に積載するために小割を行う。
- なお、小割箇所には予め発泡ウレタン注入済で細断は縦型バンドソーを用いて行う。
- また、小割についてはハウス内でダストが外部に放出されない措置を取って行う。
- 配管のハウス内への搬入、切断装置へのセッティング、小割後の配管端部への養生の取り付けを作業員で行う。
- 吊降ろし後の細断は1号機で2箇所、2号機で5箇所の計画。
- 細断後、10tトラックにて4号機カバー建屋へ運搬する。



SGTS撤去配管細断イメージ図 (左：側面図、右：正面図)



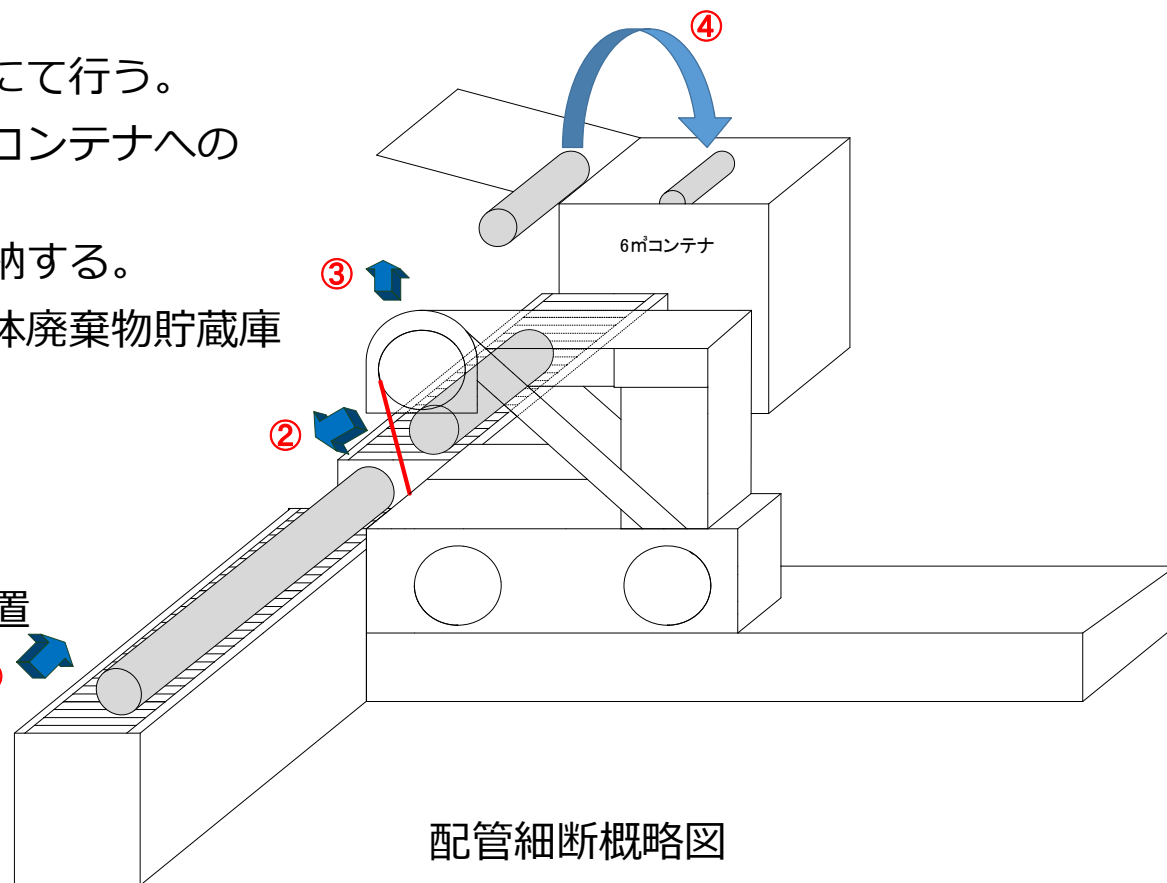
SGTS撤去配管吊り降ろし図

## <参考> 配管細断概要（配管減容・収納・輸送）

- 現場から撤去した配管は、4号機力バー建屋内1階に設置されたハウス内に輸送され、コンテナ詰めにするために約1.5m程度に細断する。
- ハウス内はRaゾーンに設定し、細断作業中はHEPAフィルター付きの局所排風機を運転して、ハウス外へのダスト拡散を防止する。また、ハウス近傍に仮設のダストモニタを設置してダストの監視を行う。
- 配管の細断は遠隔の細断装置にて行う。
- 配管細断装置への配管設置とコンテナへの配管収納は重機にて行う。
- 細断された配管は養生して収納する。
- 配管を収納したコンテナは固体廃棄物貯蔵庫に輸送して保管する。

### ■ 配管減容・保管作業フロー

- ① 配管をローラーコンベアに設置
- ② 配管細断（配管細断装置）
- ③ 細断配管揚重（重機）
- ④ 細断配管収納



配管細断概略図

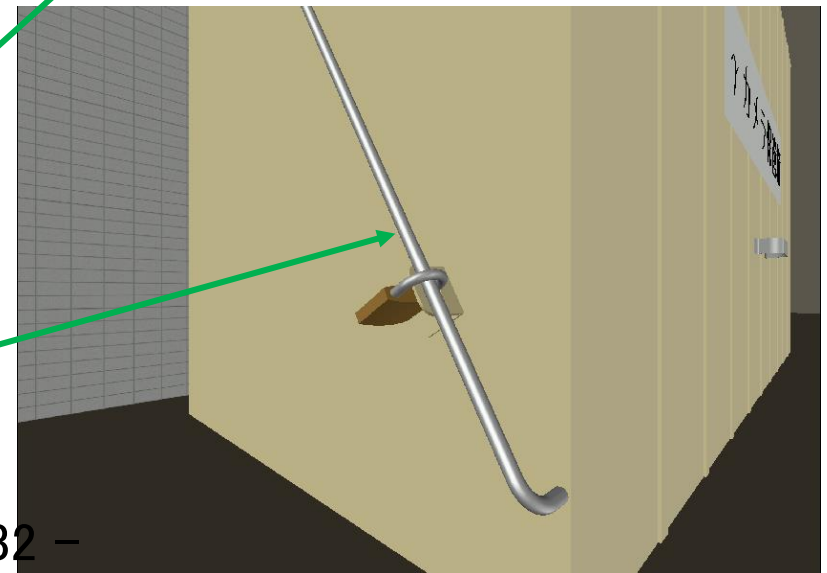
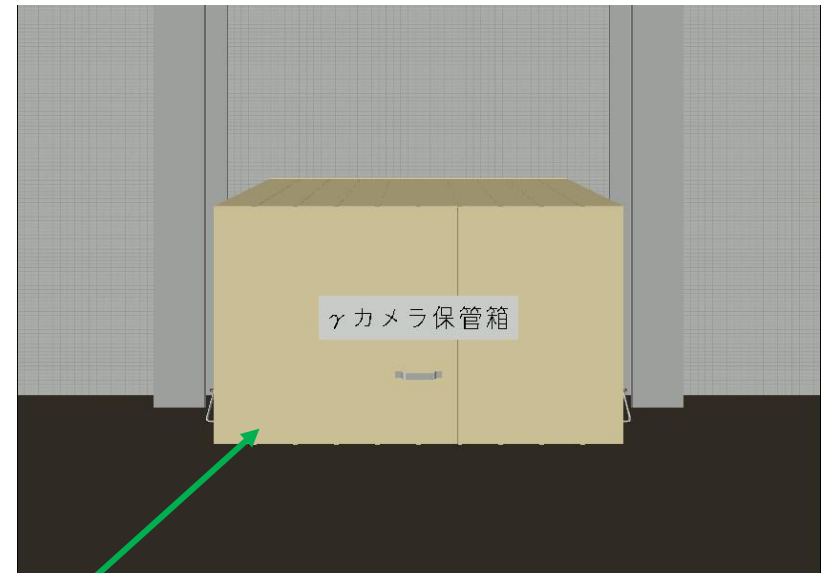
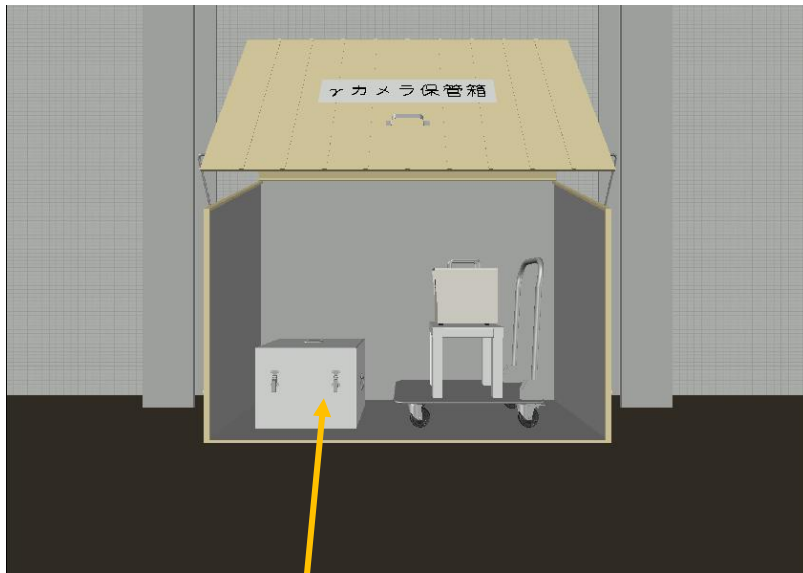


## <参考> γカメラの管理について

1/2号機SGTS配管撤去に係る事故分析調査のひとつとして、γカメラによる汚染量評価を行う。γカメラの管理は以下の通り。

- 測定者  
東京電力HD  
協力企業：東京パワーテクノロジー(株)
- 使用期限  
1/2号機SGTS配管撤去完了まで
- 管理場所  
4号機カバ―建屋 1階フロア 作業エリア内  
⇒出入管理がなされているエリア
- 保管方法  
容器などに保管し、施錠管理する。なお、鍵は東京電力HDで管理する。
- その他必要事項
  - 保管容器（γカメラおよび付属品一式が収まる大きさであること）
  - 電源（γカメラバッテリー駆動 要充電）
  - 測定台（γカメラ単体重量：約32kg）
  - 養生（γカメラの汚染防止のため、ビニールシート等）

# <参考> γカメラ保管箱



保管箱開放時

保管箱閉鎖時

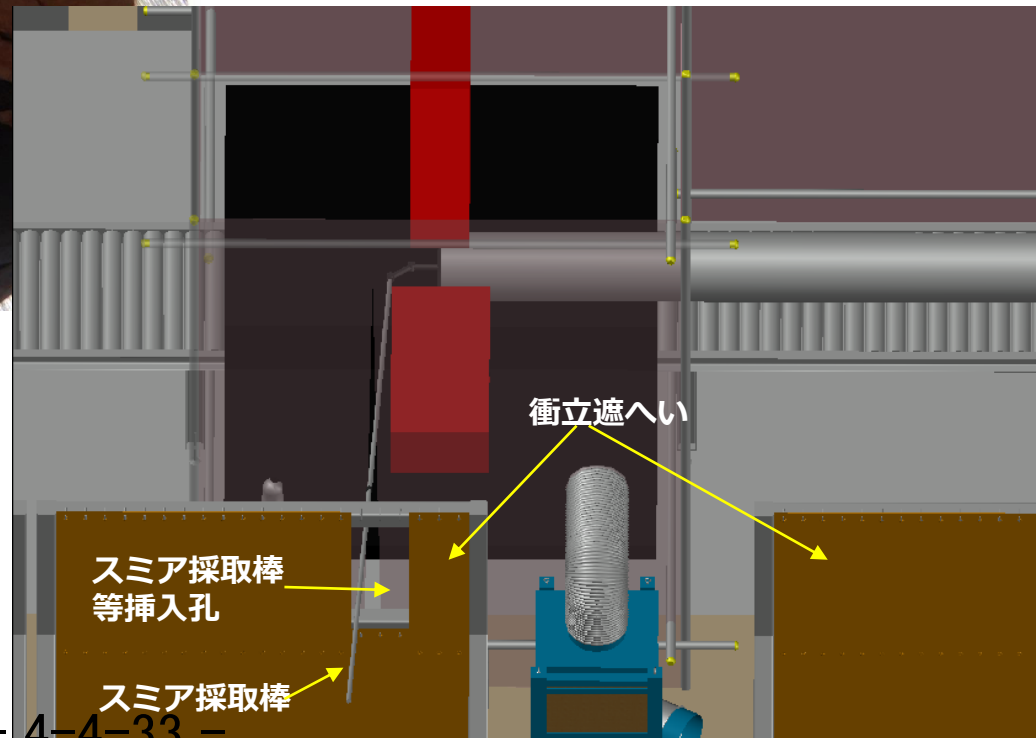
保管箱施錠時

## <参考> スミア採取モックアップ



- スミアの採取はハウス側面の挿入孔からスミア採取棒を挿入して、配管細断装置を通過した後の位置でスミア採取を行う。
- スミア採取位置は配管内面の上面(0°方向)、下面(180°方向)、側面(90°もしくは270°方向)とする。

- 採取したスミアは採取位置の情報を記載・記録して収納容器に入れて保管する。



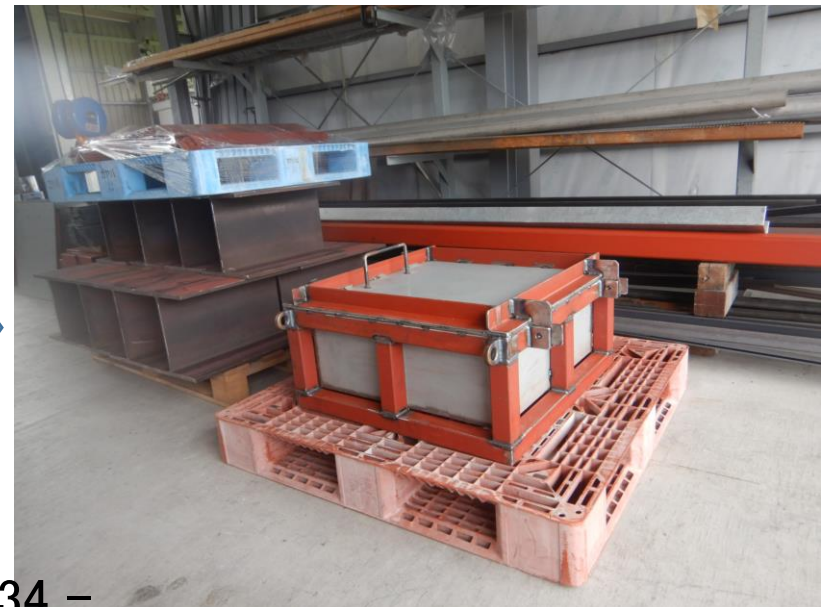
## <参考> サンプル採取～収納イメージ)



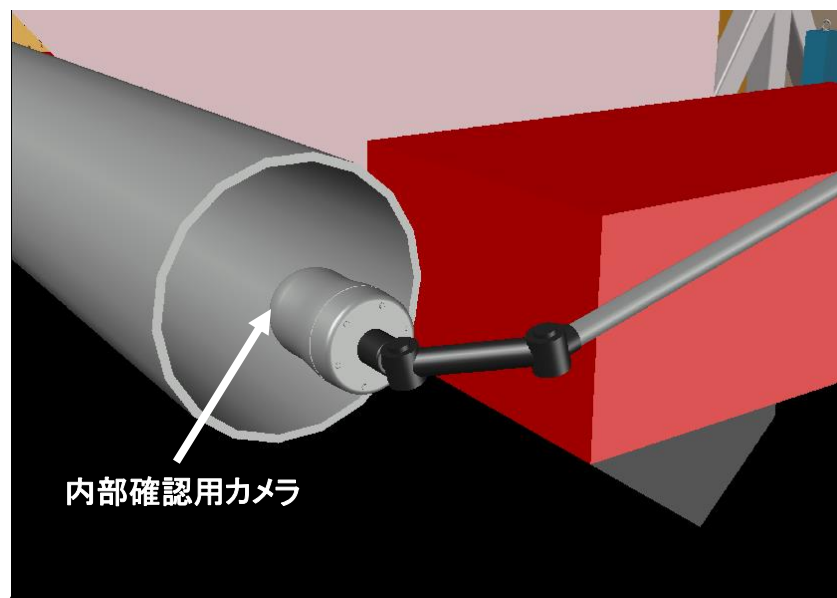
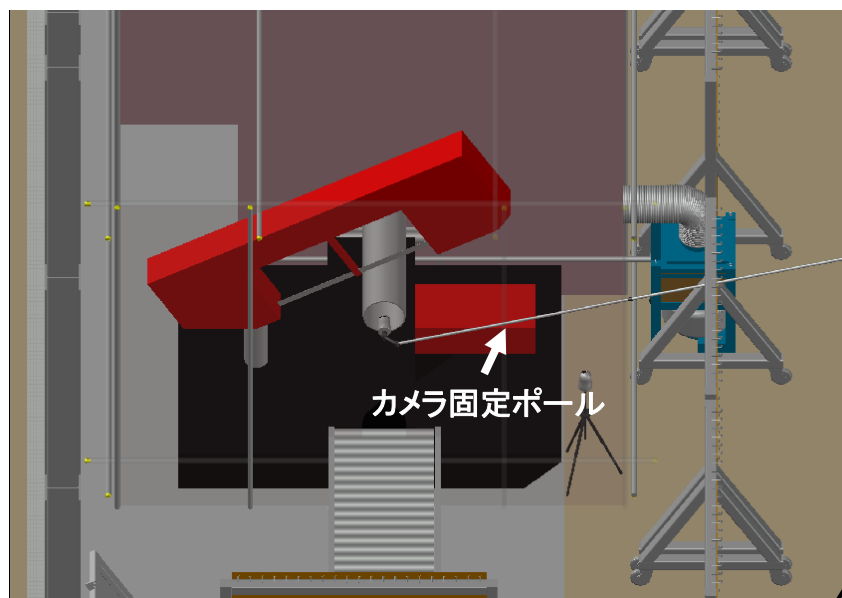
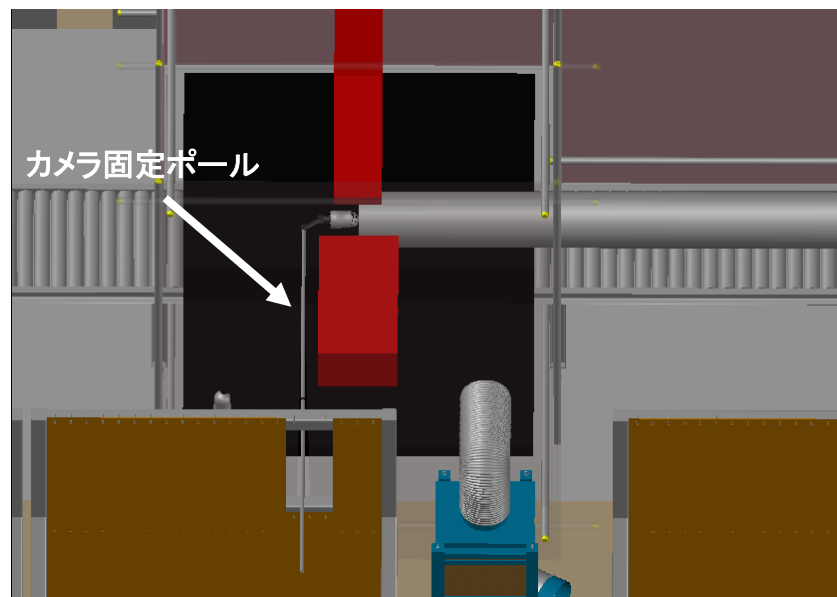
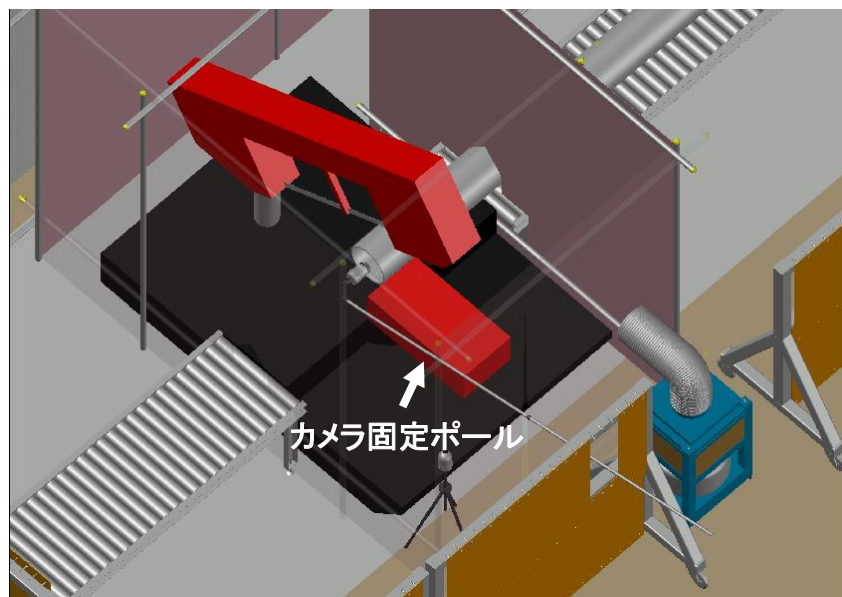
- 配管サンプルの採取は、必要箇所を約5cm程度の幅で配管細断装置を用いて輪切りの状態で採取する。
- 配管サンプルは位置情報や配管の上下、出入口方向を記録・記載する。
- 配管サンプルは引き抜き治具にて収納容器に収めて保管する。
- 収納容器に収める配管サンプルは、1収納容器に1サンプルとする。



サンプル収納容器

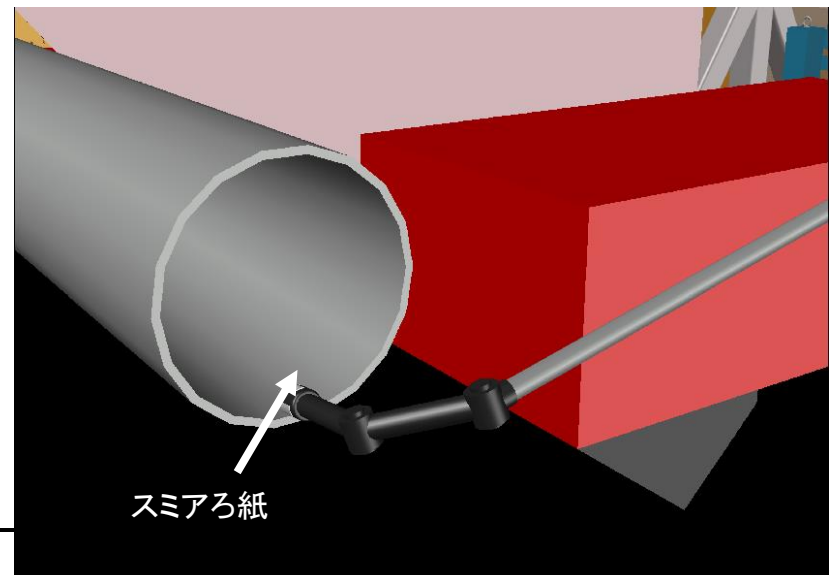
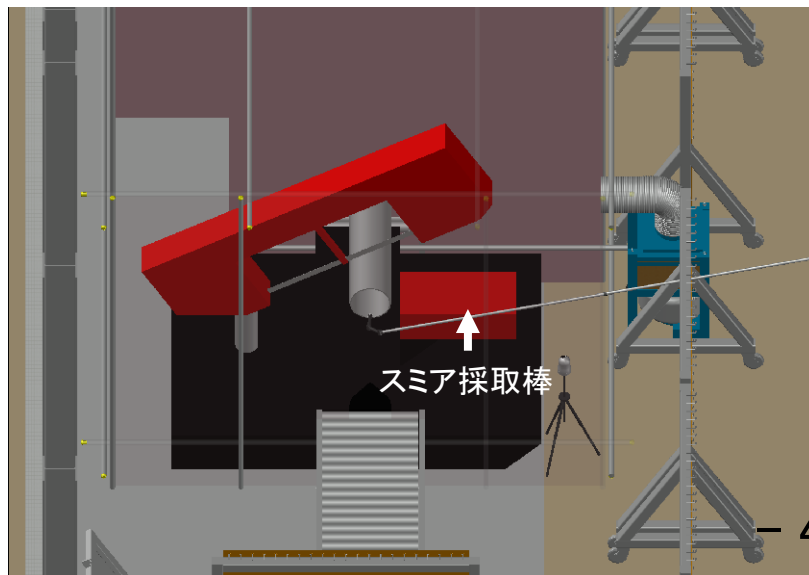
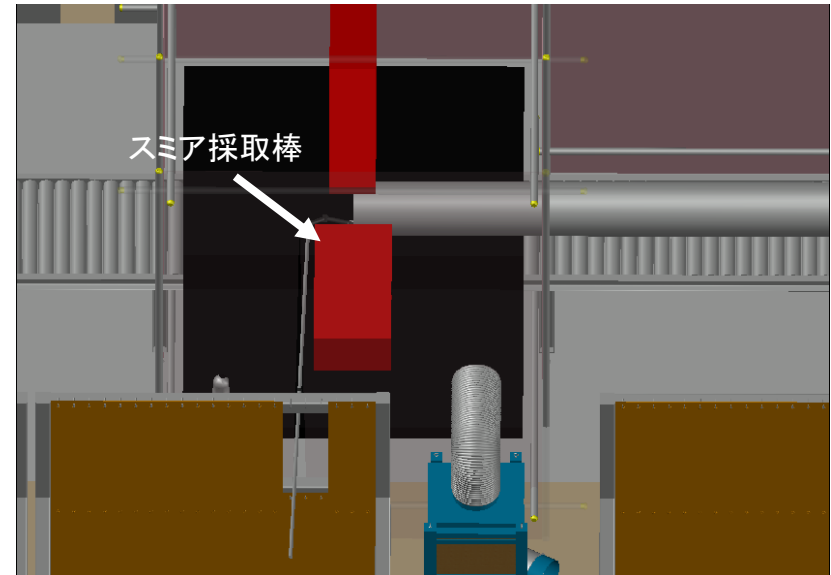
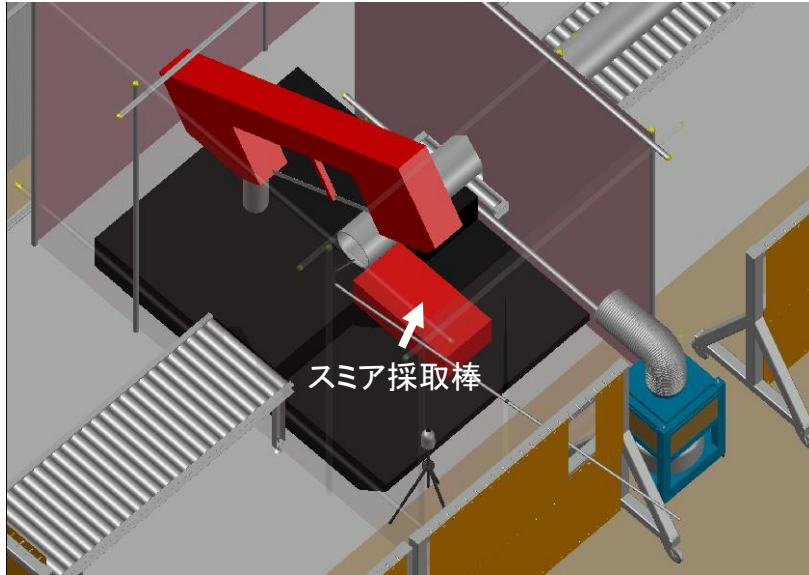


# <参考> 配管内部確認（映像取得）方法



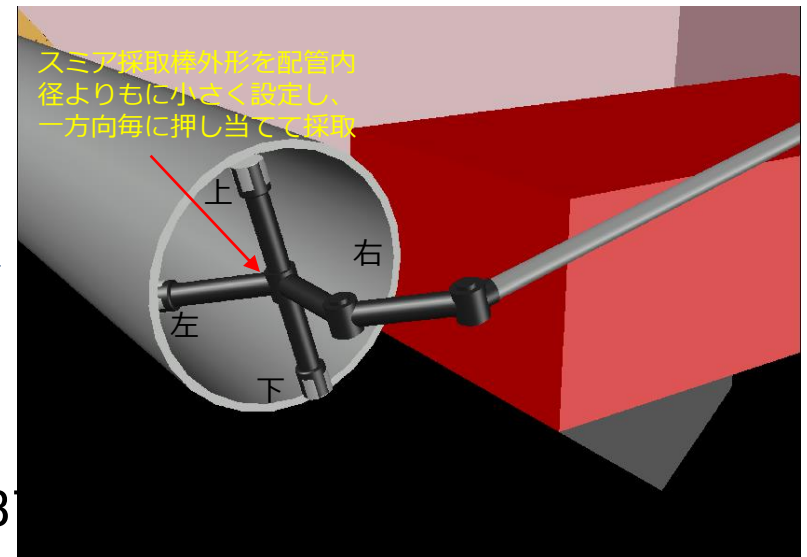
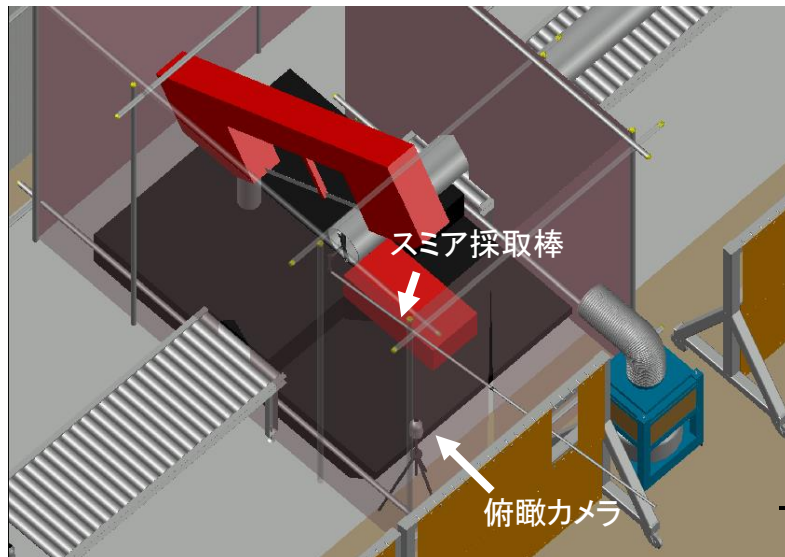
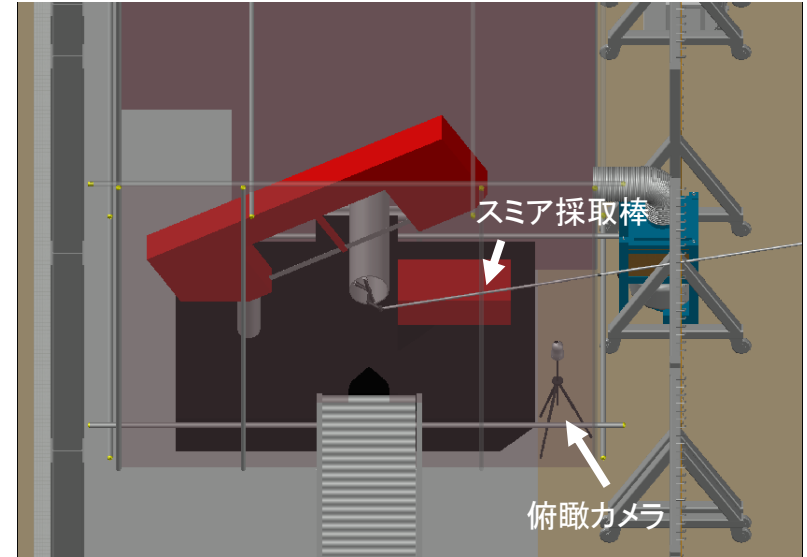
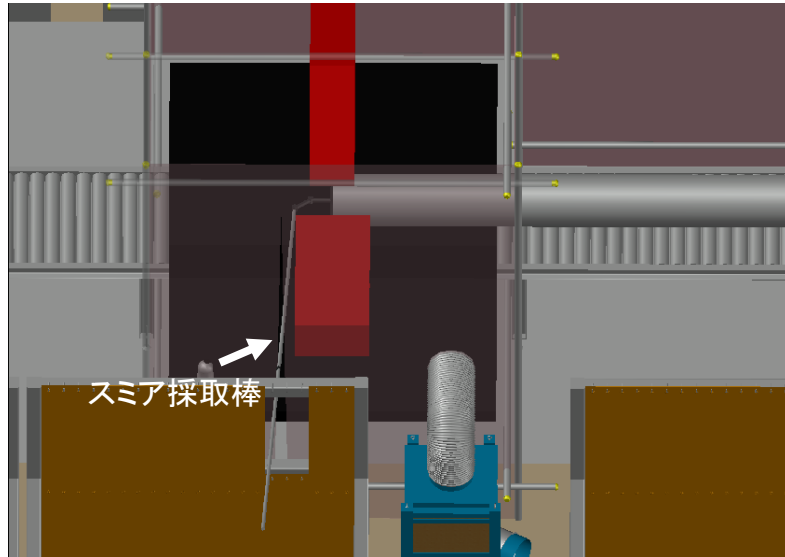
## <参考> スミア採取方法（1ポイント毎の採取）

- 配管表面線量160mSv/hの場合、1ポイント採取に最大6分程度必要となり被ばく線量は0.8人・mSv。上、下、左又は右の3ポイントでは2.4人・mSvで被ばく線量増大が課題。



## <参考> 検討中のスミア採取方法（3ポイント同時採取）

- 被ばく低減を目的に、下図のように1回の測定で3点採取可能なスミア採取棒を考案。
- モックアップ訓練も含め現在計画中。



— 4-4-3

# <参考> 構外モックアップ施設





# 「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」に対するATENAの取り組みについて

2022年2月28日  
原子力エネルギー協議会  
(ATENA)

1. 経緯
2. ATENAの取り組み
3. 水素関連
4. 可燃性ガス関連
5. SRV（逃がし弁機能）の不安定動作関連
6. インターロック関連
7. まとめ

- ✓ 原子力規制委員会（2021.3.10）にて、「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」（以下「中間取りまとめ」という。）についての報告が了承され、2021年7月から12月にかけて、「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」（以下「事故分析検討会」という。）において、中間取りまとめに対する事業者の見解等の確認が行われた。
- ✓ ATENAは、中間取りまとめに対する事業者の見解等には共通的な内容があり、産業界として取り組む内容があると判断し、2021年12月に「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析から得られた知見への対応」をテーマとして設定し、中間取りまとめから得られた知見等を踏まえ技術課題を抽出、分析・評価を行い、産業界としての対応要否、内容、スケジュール、役割分担等を検討することとした。

## 2. ATENAの取り組み

### ➤ 中間取りまとめから得られた知見等を踏まえた技術課題の抽出

- ✓ 中間取りまとめに対する事業者への見解聴取事項※1、中間とりまとめから得られた知見等を踏まえた論点※2や、事業者の見解等から技術課題を抽出する。

※1 原子力規制委員会（2021.3.31）

※2 原子力規制委員会（2021.4.7）

### ➤ 技術課題の分析・評価

- ①各技術課題について分析・評価を行い、既往の知見（知見拡充が必要な事項も含む）を整理
- ②知見拡充が安全の観点から有する意味・重要性を整理
- ③知見拡充のために、産業界として考え得る対応案（さらなる調査や試験等）を検討

- ④各技術課題について、現時点で取り得る対策案を整理

③④について産業界としての対応要否、内容、スケジュール、役割分担等を検討

### ➤ ATENAの取り組み状況

- ✓ 中間取りまとめから得られた知見等から技術課題の抽出とその分析・評価に着手したところである。
- ✓ 次項以降に、代表例として水素・可燃性ガス・SRV（逃がし弁機能）の不安定動作・インターロックについて、分析・評価のイメージを示す。

#### 【技術課題】

- ✓ オペレーティングフロアだけではなく原子炉建屋下層階でも水素燃焼・爆発が発生している。

#### 【知見拡充が安全の観点から有する意味・重要性（イメージ）】

- ✓ 格納容器から原子炉建屋下層階への水素漏えい若しくは移行があったことを示唆しており、現状の水素防護対策の効果が十分発揮できない可能性がある。

#### 【知見拡充のために産業界として考え得る対応（イメージ）】

原子炉建屋内の水素滞留・水素拡散挙動の評価

- ✓ 詳細な建屋構造モデルを用いた水素拡散シミュレーション  
解析条件の確認
  - ・下層階格納容器シール部からの漏えいを仮定  
シミュレーションによる水素拡散挙動の確認
    - ・下層階における滞留の可能性
    - ・建屋開放時およびSGTS等による水素排気挙動
- ✓ 解析では十分に評価できない建屋構造に関わる水素対策の検討
  - ・ウォークダウンによる水素滞留の可能性のある箇所の確認
  - ・水素滞留の状態に応じた対策の検討

※今後実施要否を含めて検討していく。      - 5-1-5 -

### 【知見拡充のために産業界として考え得る対応（イメージ）】

#### 《対策案》

知見拡充を待たずとも実施可能な対策についても検討を進める。対策例は以下の通り。

#### ✓ 水素発生抑制

- ・事故耐性燃料による炉心損傷時の水素発生抑制

現在研究開発中であり実用時期が未定であること、燃料被覆管以外の水金属反応による水素発生抑制は期待できない、等の課題がある。

#### ✓ 建屋への水素漏えい防止・抑制

- ・過圧破損前の格納容器早期ベント実施

水素と同時に短半減期の希ガスが放出される、ベント後に格納容器が負圧になる可能性がある、等の課題がある。

※今後実施要否を含めて検討していく。

### (前ページからの続き)

#### ✓ 建屋内の水素処理

- ・水素滞留個所の特定とPAR等の設置

建屋内の水素挙動によっては現状の処理能力および設置場所で十分な効果が期待できない可能性がある、等の課題がある。

#### ✓ 原子炉建屋からの水素排気

- ・建屋換気空調系・SGTS・ブローアウトパネル等の活用

十分な排気が期待できない可能性、被ばくの影響、着火源となり得ること、事故シーケンスによっては使用可能性（電源の利用可能性）が低い、等の課題がある。

※今後実施要否を含めて検討していく。

### 【技術課題】

- ✓ 3号機の水素爆発では、水素以外の可燃性ガスが寄与している可能性がある。

### 【知見拡充が安全の観点から有する意味・重要性（イメージ）】

- ✓ **有機化合物を含んだ水素ガスを仮定した場合に、現状の水素防護対策の有効性に影響を与える可能性**がある。（例えばPAR触媒性能への影響）

### 【知見拡充のために産業界として考え得る対応（イメージ）】

- ✓ 有機化合物の発生源（格納容器内等）の検討（文献調査・燃焼試験）
- ✓ 有機化合物を含んだ水素の拡散、燃焼挙動の検討
- ✓ 有機化合物のPAR触媒性能への影響評価

### ≪対策案≫

- ✓ PAR設置条件の再検討（有機化合物のPAR触媒性能への影響が確認された場合）

※今後実施要否を含めて検討していく。



### 【技術課題】

- ✓ SRVの逃がし弁機能の不安定動作（中途開閉状態の継続と開信号解除の不成立）が生じた可能性がある。

### 【知見拡充が安全の観点から有する意味・重要性（イメージ）】

- ✓ SRVの逃がし弁機能が不安定動作を起こすメカニズムによっては、他の状況においてもSRVが意図しない挙動を起こす可能性は否定できない。

### 【知見拡充のために産業界として考え得る対応（イメージ）】

- ✓ SRV（逃がし弁機能）が不安定動作を起こしたと考えられる1F3号機のSRVの挙動を再分析
- ✓ 再現挙動解析および再現試験（必要に応じて）

### 《対策案》

- ✓ SRVの設計への反映要否検討

※今後実施要否を含めて検討していく。

### 【技術課題】

- ✓ 3号機のベントについては、ADSが設計の意図と異なる条件（サプレッションチェンバ圧力の上昇を低圧注水系ポンプの吐出圧力確立と誤検知したこと）で作動したことによりPCV圧力がRDの破壊圧力に達し、ベントが成立した。

### 【知見拡充が安全の観点から有する意味・重要性（イメージ）】

- ✓ SA時にインターロックの意図しない作動により、SA対策が阻害される可能性がある。

### 【知見拡充のために産業界として考え得る対応（イメージ）】

- ✓ SA時に期待する設備について、悪影響を及ぼす可能性のあるインターロックを抽出

#### 《対策案》

- ✓ 手順書にインターロックに関する注意事項や除外方法を反映
- ✓ インターロックの設計への反映要否について検討

※今後実施要否を含めて検討していく。

- ✓ ATENAでは、中間取りまとめから得られた知見等から技術課題を抽出するとともに、それらの分析・評価に着手したところである。
- ✓ 今後、産業界としての対応要否、内容、スケジュール、役割分担等について検討していく計画。
- ✓ これらがまとめ次第、改めて意見交換をさせていただきたい。