

現地調査の実施状況について

(2号機シールドプラグ調査(2021年10月7日)について)

2021年10月19日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

(1) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

(1) 目的

これまでの現地調査等において、2号機原子炉格納容器の上部に設置されているシールドプラグ下面には放射性物質が存在し、シールドプラグ上の高い線量当量率の原因と推定されている。このシールドプラグ下面の放射性物質については、シールドプラグ下面(半径約6m)に一様に存在するのではなく、強い偏在性がある可能性が、前回までの調査結果から、指摘されていた。

今回、シールドプラグ下面における放射性物質の偏在性の有無についての追加情報を得るため、東京電力HDとの協働作業により、ロボットを用いてシールドプラグ上面の線量率をシールドプラグ上の多数の地点で測定し、線量分布を把握する調査・分析を実施した。

また、PCVから放出された気体がシールドプラグ上面に至る経路については、シールドプラグの継ぎ目ではないかと調査チームは推測してきたが、周囲部ではないかとの意見も根強くあった。このため、継ぎ目部及び周囲部の線量率測定を併せて実施した。

この他、予備調査として、2号機SGTSフィルタトレインの調査・分析手法の検討及び1 / 2号機SGTS配管の撤去配管の調査・分析手法の検討のため、現場確認を実施した。

(1) 2号機シールドプラグ調査の実施概要

(2) 場所

2号機原子炉建屋5階オペレーティングフロア(調査日:2021年10月7日)

4号機原子炉建屋等(予備調査:2021年10月7,8日)

(3) 調査日

2021年10月7日

2021年10月8日(予備調査)

(4) 調査実施者

2021年10月 7日 原子力規制庁職員 5名

2021年10月 8日 原子力規制庁職員 5名(予備調査)

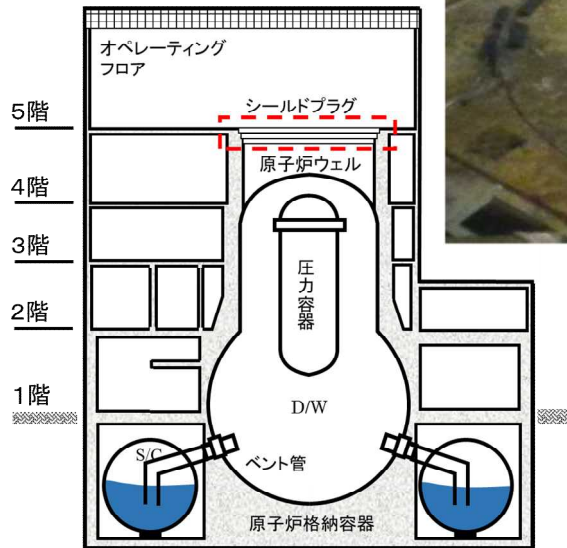
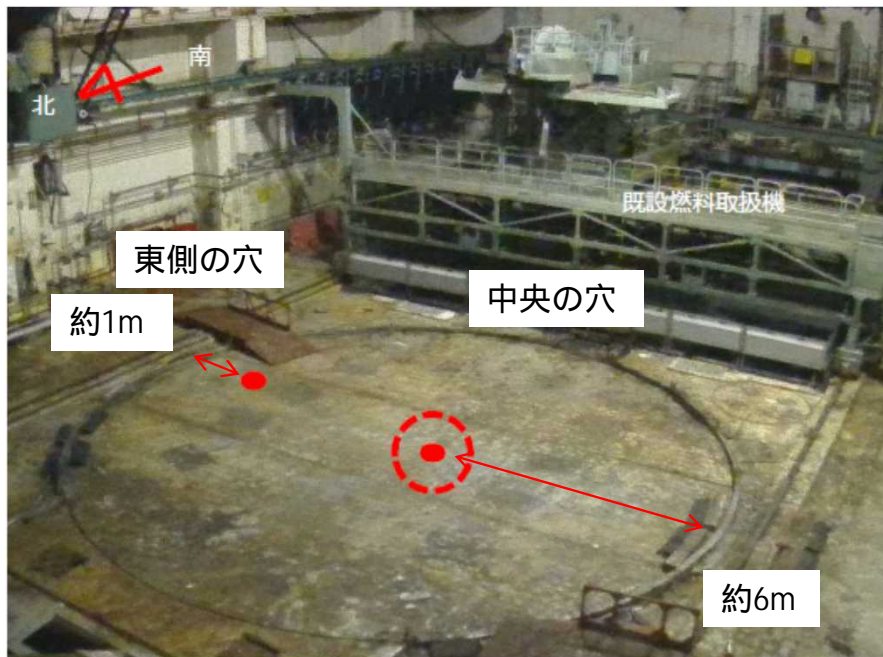
(5) 被ばく線量

2021年10月 7日 最大:0.27 mSv、最小:0.21 mSv (免震棟の3名を除く)

2021年10月 8日 最大:0.01 mSv、最小:0.01 mSv (予備調査)

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(同日に複数の調査を実施した場合は、他の調査による被ばく線量との合算値)として示した。

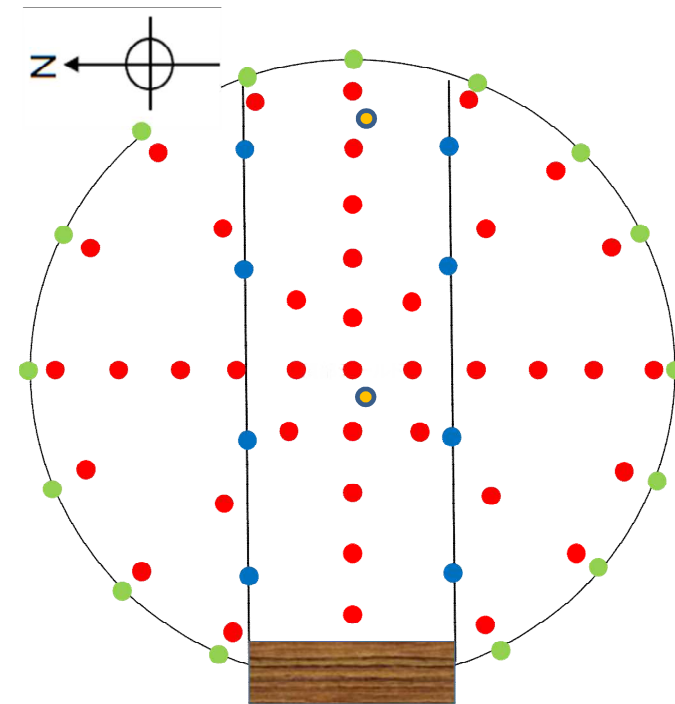
2号機シールドプラグ上面の線量率測定点



2号機原子炉建屋

既存穿孔箇所配置 ●: 既存穿孔箇所

シールドプラグ上の γ 線分布
(表面上3cm程度の位置)を測定



- : シールドプラグ上の測定点 (40箇所)
- : シールドプラグとオペフロの隙間上の測定点 (15箇所)
- : シールドプラグ1層目の継ぎ目上の測定点 (8箇所)
- : シールドプラグ既存穿孔箇所 (2箇所)

シールドプラグ周辺の構造と線量場

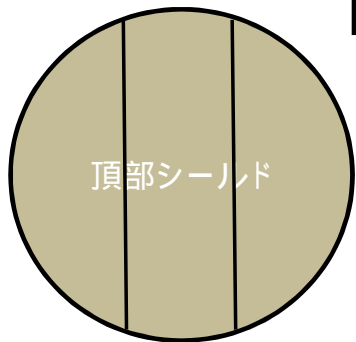
1. 2号機ではコリメータ付きγ線線量計の測定からは、1.5 m での周辺線量当量率からは100 PBq程度、0.3mでの測定で隙間全体で40PBq程度の汚染量が算定されている。(オペフロ表面の線量調査)しかし、本手法はいずれも、オペフロ床面の影響を除かなければならないという不確かさがある。
2. 1. 手法の不確かさを低減するために、シールドプラグ上の表面汚染とその他の表面汚染の状況を、周辺のBGの影響を受けにくいセシウム137由来のβ線を計測し、全体の床面において大きく変わらないことを確認した。(平均で30mSV/h程度)また、シールドプラグ上のガンマ線も他の部分に比べて高く、シールドプラグ下部隙間からの寄与であることを確認した。
3. シールドプラグ上段と中段の隙間に大量のCs-137が沈着していることは確定。(ボーリング孔内の線量調査)
4. 3. での2か所の測定(中央及び東側)による領域(隙間1mφ円内)の汚染密度は、隙間の汚染が均一の濃度で分布していると仮定した濃度に比べて、中央で約10倍、東側で約3倍高い状況であった。よって、1. で推定した汚染量が全体の汚染量とすると、隙間の汚染は相当の濃淡の分布が存在すると強く推定された。
5. 4. の考察を踏まえ、10月7日での測定では、シールドプラグ上のγ線分布(表面上3cm程度で出来るだけ測定位置に対する近傍の汚染影響を受けない位置)を細かく測定し、汚染の濃淡分布を把握する。(あくまで表面線量20~30mSv/hを超える箇所)今回、検出器を表面に近接させることでシールドプラグの溝(中央縦2箇所及び円周部)からの寄与を測定出来る可能性があることから測定を試みる。(下部からの蒸気の連通部を意識する)



今回の測定のターゲット

前回の調査

ボーリングした穿孔内の線量調査

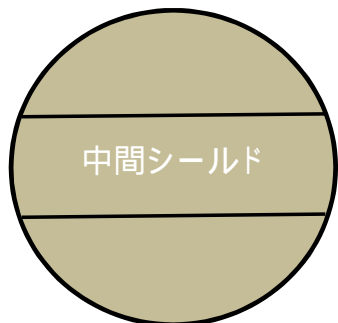


頂部シールド

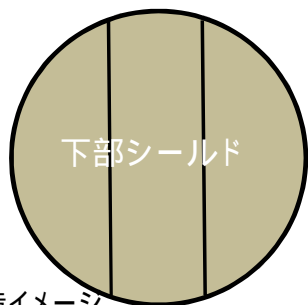
手法の特徴

- ・線源の具体的な位置の確認が可能
- ・汚染量の定量化に有利
- ・局所的にしかデータが得られない

約12m



中間シールド



下部シールド

構造イメージ

中央

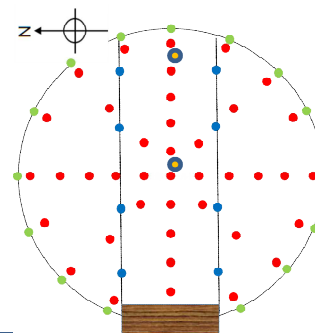
検出器
約1m
深さ4.2cm位置で約1.2Sv/h

今回の測定

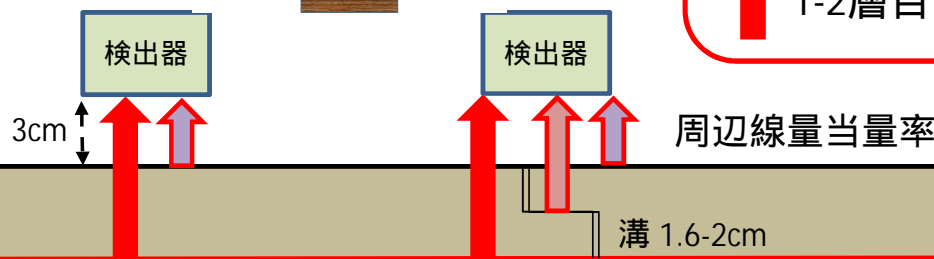
表面上(約3cm高さ)における線量調査

手法の特徴

- ・検出器を近接させることで背景の放射線影響を低減
- ・ローダー等を用いた広範囲でのデータ取得が可能
- ・分布、全体の大凡の汚染量の把握に有利
- ・表面汚染及び近傍瓦礫、溝部分の汚染の影響を受ける

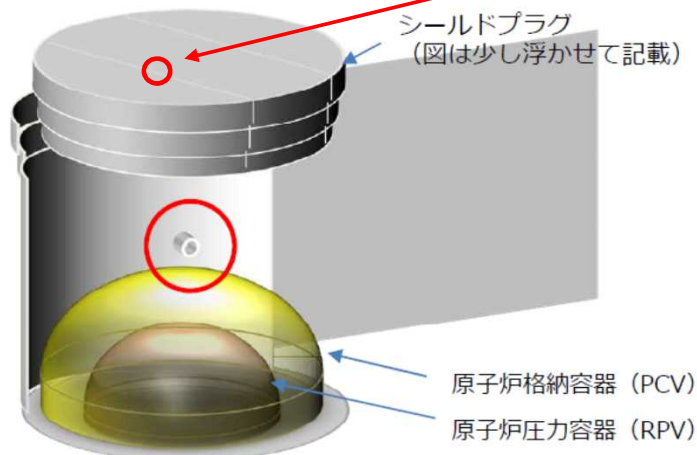


- ↑ 表面 約30mSv/h
- ↑ 溝部分
- ↑ 1-2層目隙間



○2号機シールドプラグ隙間の状況

シールドプラグは、
頂部カバー、中間カバー、底部カ
バーの3段構成であり、各カバー
は3ブロックに分割、**ブロック間に
隙間が存在**している。



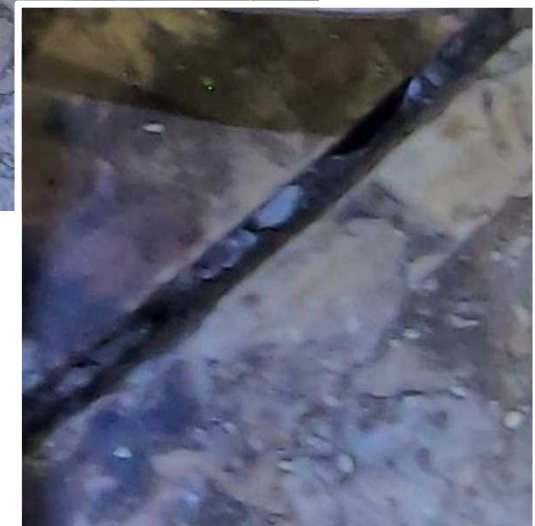
原子炉キャビティ差圧調整ラインの設置位置イメージ図

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
2021年7月8日東京電力ホールディングス株式会社より
一部抜粋、加工



2021年8月26日原子力規制庁撮影

2号機シールドプラグ(頂部カバー)の隙間

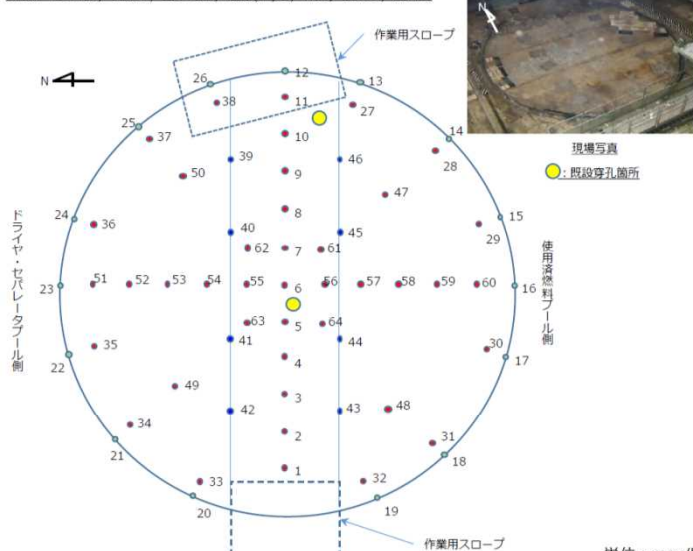


隙間の拡大図

1F-2号機 オペフロ線量測定記録 (規制庁協働調査)

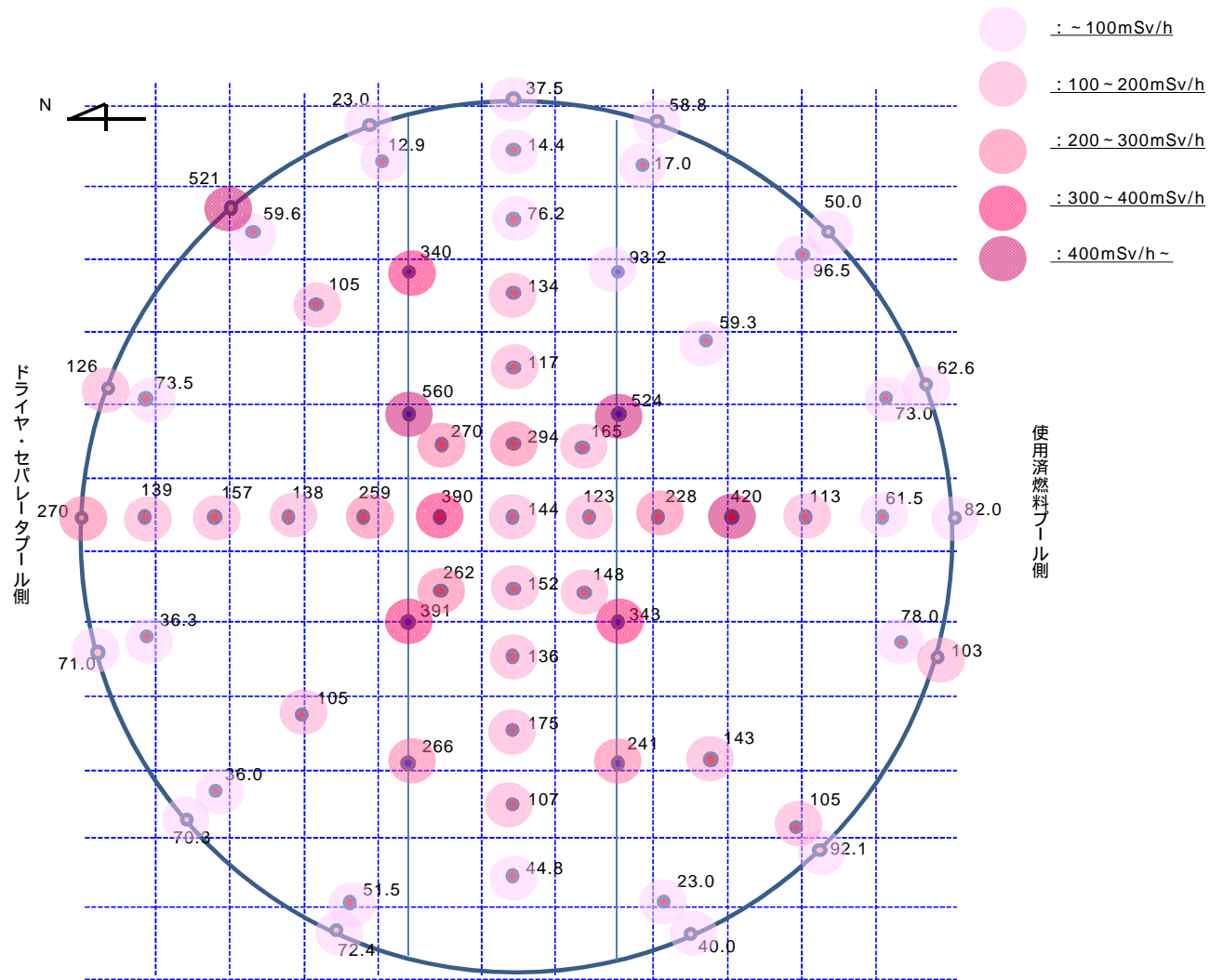
件名	1F-2 シールドプラグ表面線量測定	測定者	
測定日	2021/10/7	使用機器	Kobra, Packbot
計測器	PDR 3 03	操作者	

規制庁: 安井氏, 岩永氏, 上ノ内氏, 佐藤(匡)氏, 林氏, 松本氏, 黒川氏

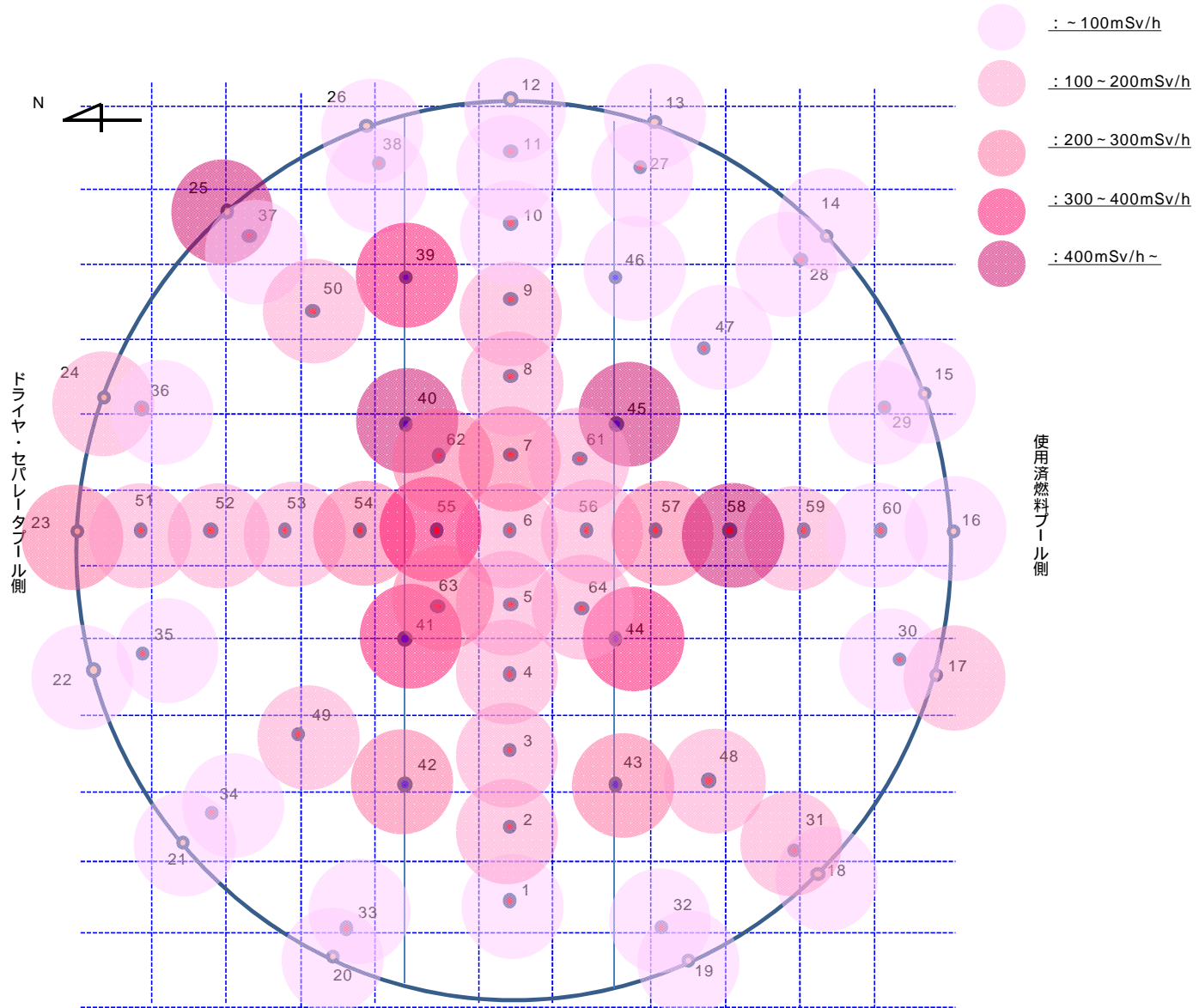


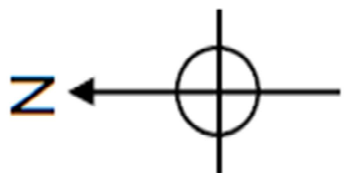
No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値
1	44.8	16	82.0	31	105	46	93.2	61	165
2	107	17	103	32	23.0	47	59.3	62	270
3	175	18	92.1	33	51.5	48	143	63	262
4	136	19	40.0	34	36.0	49	105	64	148
5	152	20	72.4	35	36.3	50	105		
6	104,144 ^{※1}	21	70.3	36	73.5	51	139		
7	294	22	71.0	37	59.6	52	157		
8	117	23	270	38	12.9	53	138		
9	134	24	126	39	340	54	259		
10	76.2	25	521 ^{※2}	40	560	55	390		
11	14.4	26	23.0	41	391	56	123		
12	37.5	27	17.0	42	266	57	228		
13	58.8	28	96.5	43	241	58	420,385 ^{※3}		
14	50.0	29	73.0	44	343	59	113		
15	62.6	30	78.0	45	524	60	61.5		

※1: 2回測定差異値 ※2: 近傍に残材あり。残材を避けた箇所約70mSv/h ※3: 2回測定差異値

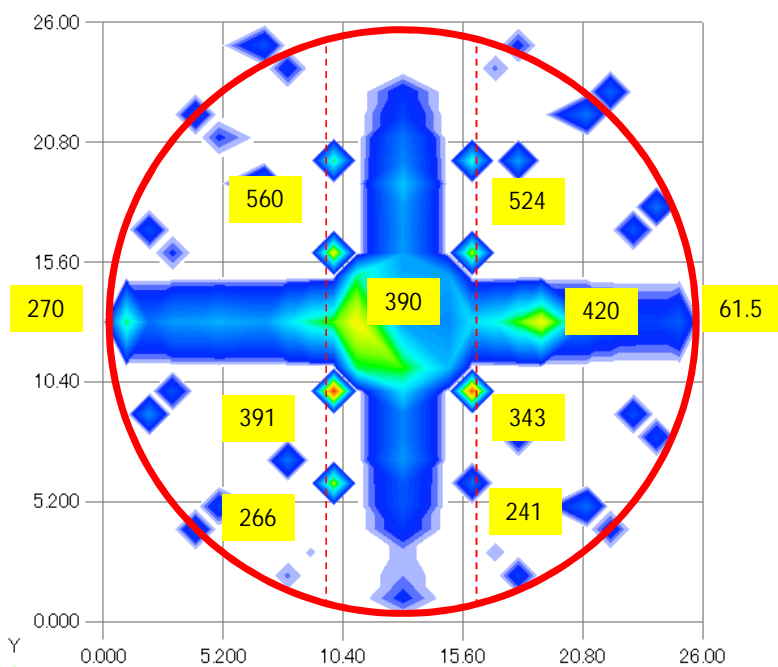


近傍に残材あり。残材を避けた箇所約70mSv/h

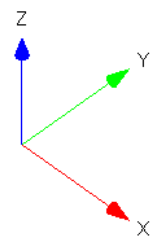
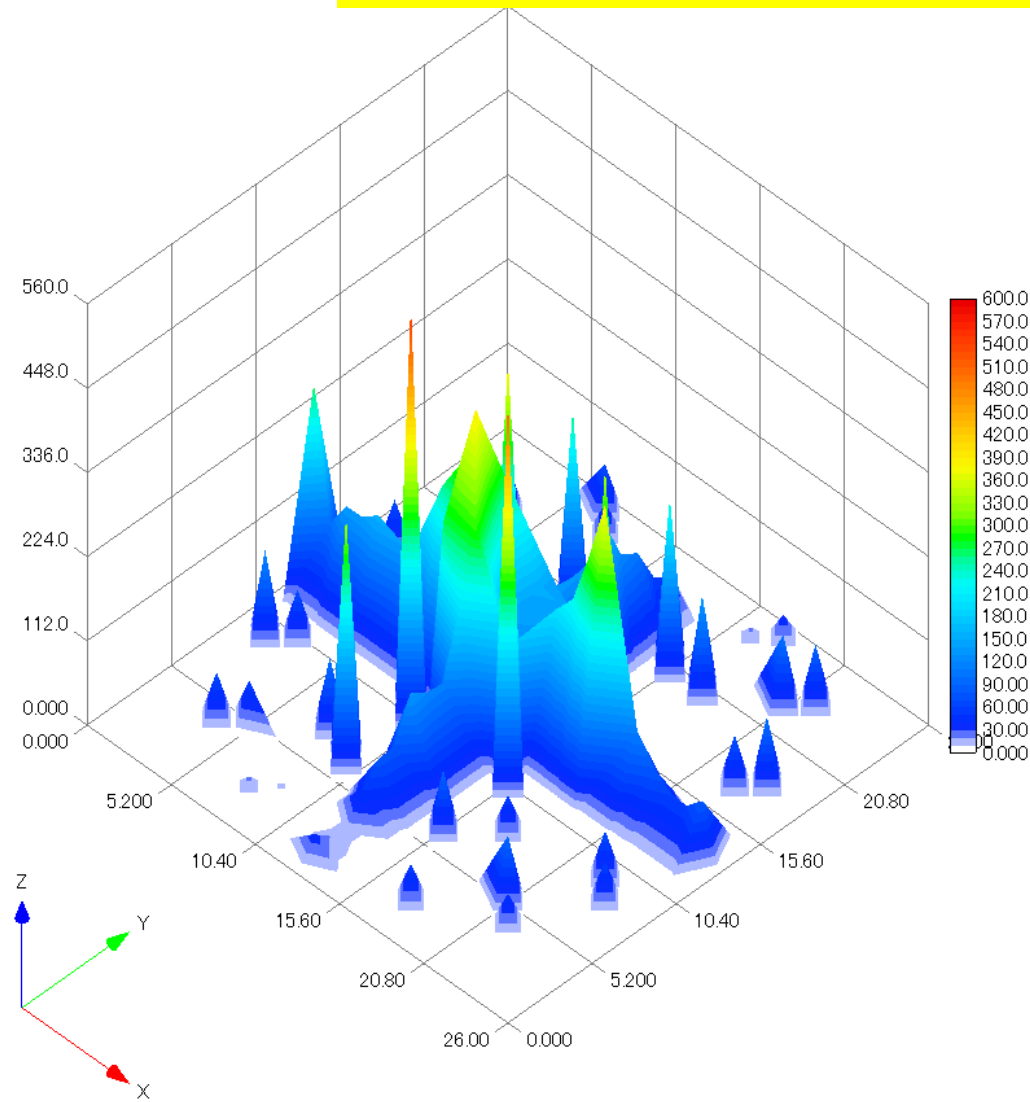
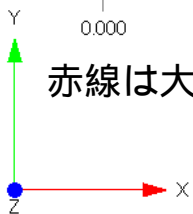




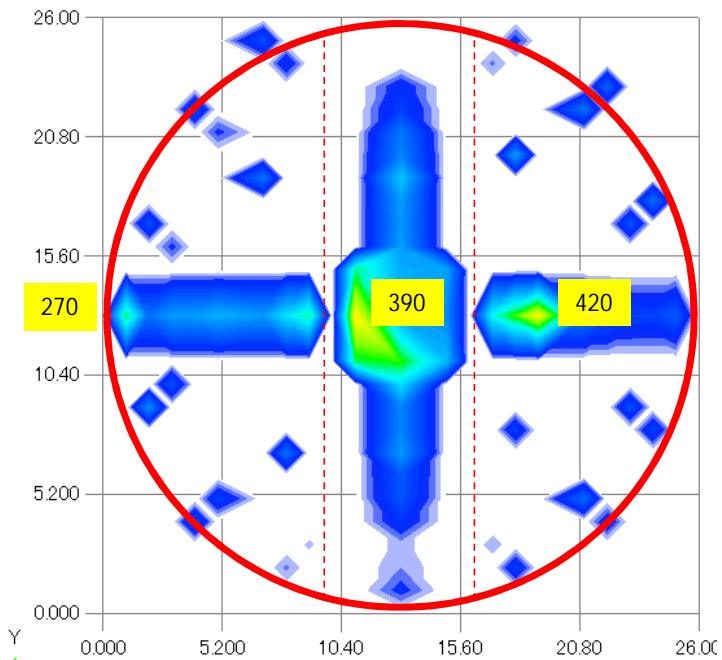
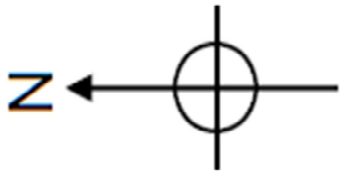
シールドプラグ上の溝 (幅16-20mm) 単位mSv/h



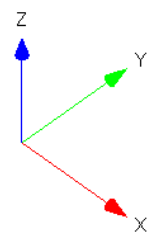
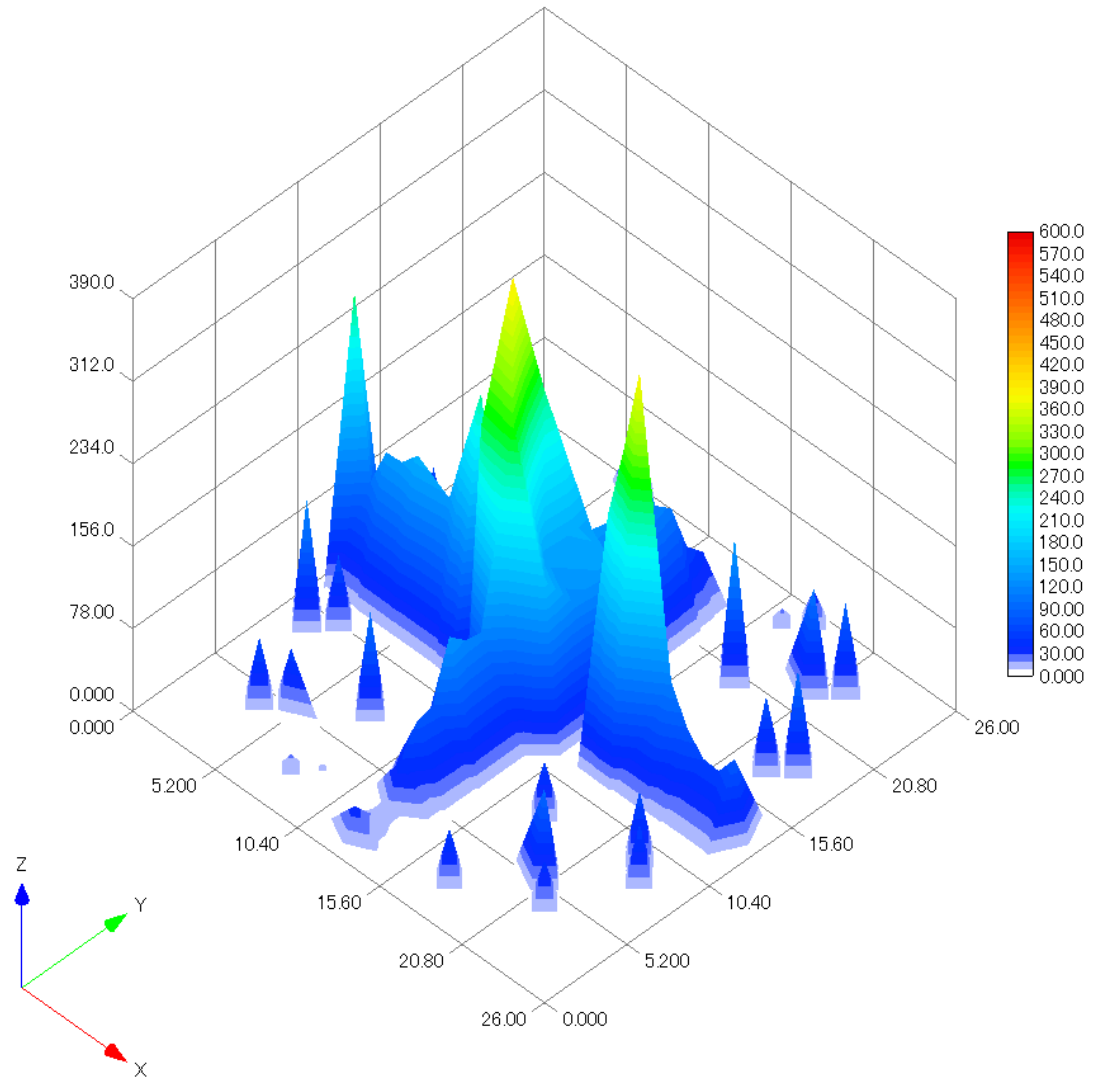
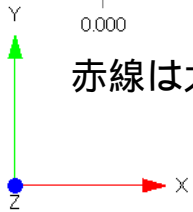
赤線は大凡のシールドプラグ及び溝の位置

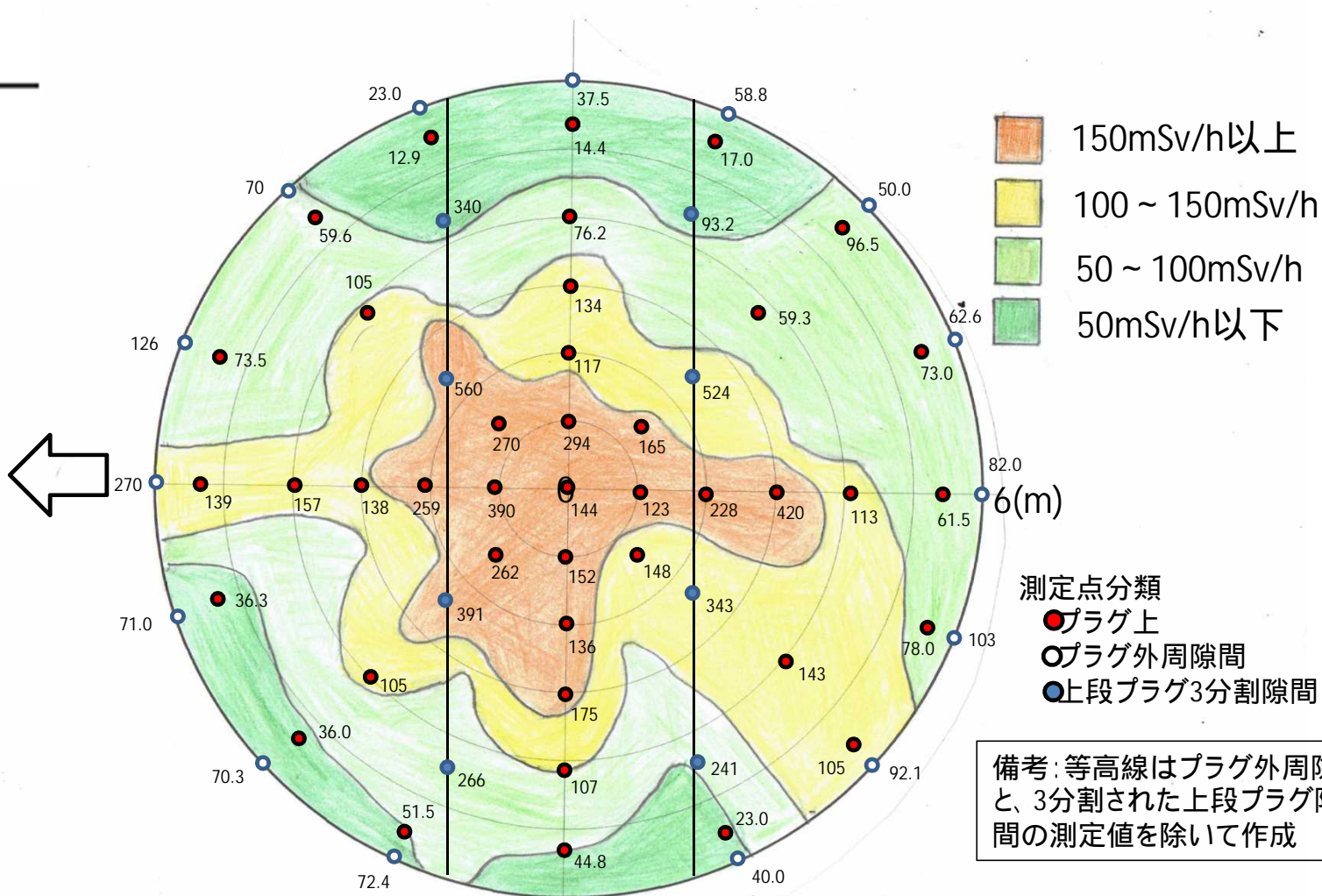
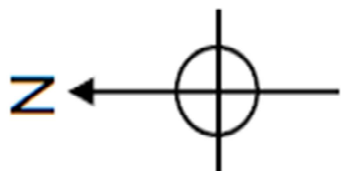


シールドプラグ上の溝データを除く 単位mSv/h



赤線は大凡のシールドプラグ及び溝の位置





一部手書きによる等高線

原子力規制庁 1F室 林技術参与から提供 20211015

測定結果について

得られた表面線量率分布から、以下のことが見てとれる。

- ・全体として中心部が高く、端に近づくに従い低くなる
- ・中心部においても、南北方向に高めの傾向があり、東西方向の端は南北方向の端より低い
- ・数値で見ると、12.9～420mSv/hの範囲で広がっている。

各測定点は、シールドプラグ下面直下の直径1m程度の円の汚染密度を反映していることから、できるだけ多くの穴内での測定が望まれる。仮に直径12mのシールドプラグ全体の分布を穿孔穴内の測定だけで評価するなら概算で144個以上の穴が必要となる。測定点は以下の2つの目的に応じて設定しており、それぞれの測定結果の解釈を以下にまとめる。

(1) 新たな穿孔箇所を検討のための測定点と線量率の傾向

底部汚染の特定のために、プラグ外周隙間と分割部を除くシールドプラグ上の測定点41点を設定した。全体に中心付近(測定点No.7、62、63)が高く周辺が低い傾向であった。また、No55、58は周囲の傾向と異なり高い線量であった。両箇所とも表面線量が特異的に高くなるような要因は見受けられなかった。

(2) 事故時セシウムを含む蒸気が通過した痕跡の検討のための測定点と線量率の傾向

事故時セシウムを含む蒸気が通過した痕跡の可能性のある測定点として、プラグ外周隙間15点と分割部の隙間8点を測定点を設定した。プラグ外周隙間部及び上段プラグ分割部の線量率は、近傍の表面より線量率が高く、特に上段プラグ分割部と中段プラグ以下の分割部が交差していると思われる4点は非常に高い線量率となっていた。

シールドプラグ分割部及び外周部の隙間部の底には汚染している砂状物質の存在が認められたが、砂状物質だけで測定された線量を説明することは困難であり、放射線ストリーミングや固着した汚染の影響も考えられる。

今後のシールドプラグ調査について

今回、表面線量率を測定したデータをもとに、新たな穿孔位置及びその穴内測定を組み合わせる汚染量および分布を評価する方法を以下に示す。

- ・今回の測定点の中から最大と最小の線量率範囲がカバーできる数点の測定点を選ぶ。(測定された線量の確認)
- ・その点を穿孔し、穴内線量率測定によりシールドプラグ下面の隙間の汚染量を評価する。(表面汚染との対応)
- ・その他の場所についてはこれらの相関を使って、汚量マップを作成し、汚染量総量を把握する。(汚染量の算定)

具体的には測定された線量率範囲を目安にし、南北と東西の汚染量分布、隙間以外でも特に高い2点(No.55, No.58)の直下の汚染量を得ることも考慮して、選定した測定点とその線量率を表に示す。また穿孔箇所(測定点位置と同じ)の案を図に示す。あと分割部の影響を調査も合わせて行う。赤

規制庁としては、上記の測定を実施することでシールドプラグの汚染量の特定及び分布、シールドプラグ分割部の隙間等をセシウム等を含む蒸気が通過することで生じた汚染のメカニズムを特定していく。

測定点	線量率(昇順) (mSv/h)
11	14.4
1	44.8
60	61.5
10	76.2
2	107
6	144
52	157
57	228
54	259
58	420
55	390

● 穿孔位置案 (= 表面線量率測定位置)

aa(bb) aa:測定点番号、bb:(線量率(mSv/h))

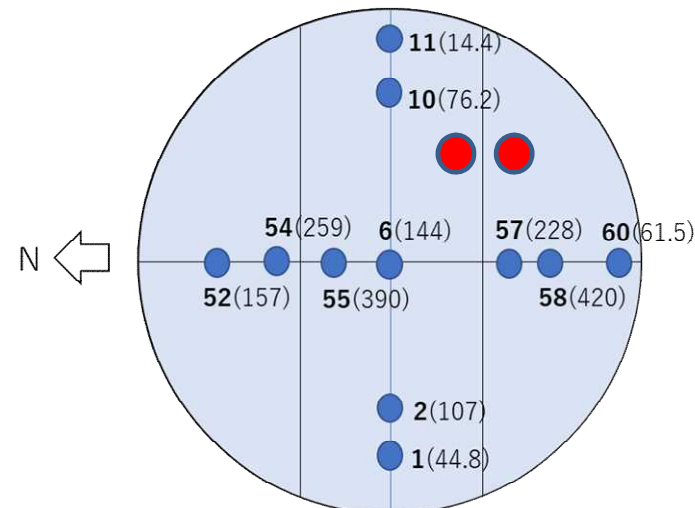


図 シールドプラグ穿孔箇所の最小数の案

シールドプラグ周辺の構造と線量場の理解

天井

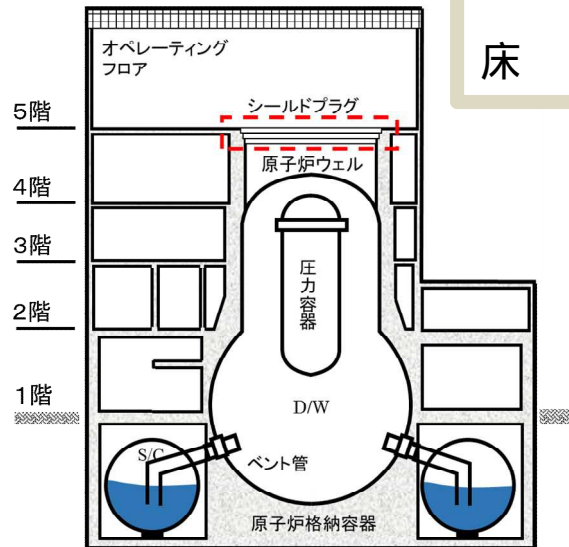
壁面

床

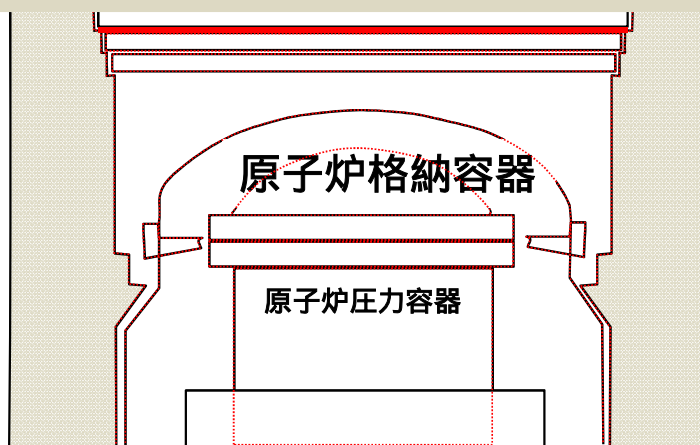
作業環境としての線量場の構築

- ・使用済燃料の取扱い
- ・燃料デブリ回収 etc

今後のあらゆる作業についてアクセス性を確保するための必須事項



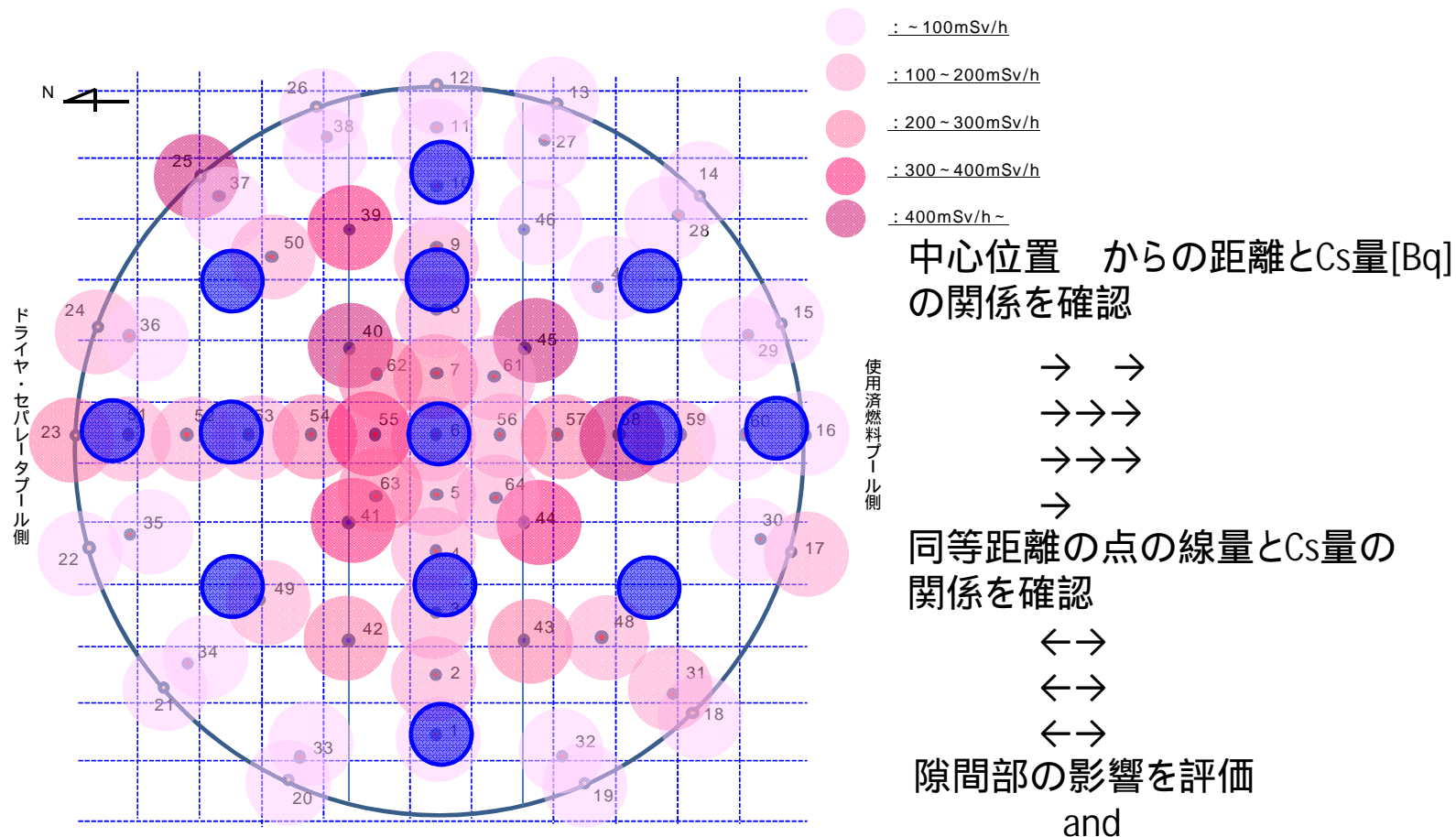
2号機原子炉建屋



穿孔箇所選定の考え方

2021/10/11 東京電力提供資料

工程へのインパクトを最小限にするためには、効率的な穴開け戦略が望ましい



8点の穿孔と測定により、大まかな線源分布、線量測定結果との相関関係、隙間部による影響評価、を実施し、Cs137存在量をオーダーのレベルでの定量が目標

BWR格納容器内有機材料 熱分解生成気体の分析 - 計画の概要 -

2021年10月19日

日本原子力研究開発機構
安全研究センター

背景

- 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」)にて実施された3号機原子炉建屋の水素爆発時の映像分析結果から、爆発時原子炉建屋内には水素だけではなく、有機化合物を含む可燃性ガスが発生していた可能性が示唆されている。
- 確認のために、可燃性有機ガス発生源、発生する有機ガスの成分や量について知見を得る必要がある。

可燃性有機ガスの発生源に関する情報

東京電力ホールディングス株式会社殿資料より
(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22回)資料5 - 1)

- ケーブル被覆
- 塗料(エポキシ樹脂)
- コンクリート
- 制御棒(B_4C)

+ PCV内部調査により得られた上記材料の損傷状況

見込まれる発生ガス

- 有機材料からは、エチレン、エタンなどの炭素数の少ないものから、ベンゼン、トルエン、ヘキセンなどの比較的炭素数の多いものまで様々な有機ガスが放出されると予想される。

美馬、国岡、越：

安全工学、Vol.6、No.3(1967)pp.229-243.

今回実施する試験の目的及び加熱試料

- BWR格納容器(ドライウェル)内のケーブル、保温材等に使用されている代表的な有機材料を加熱し、熱分解により生成するガスの成分を分析

加熱・分析に供する試料(令和3年度分)

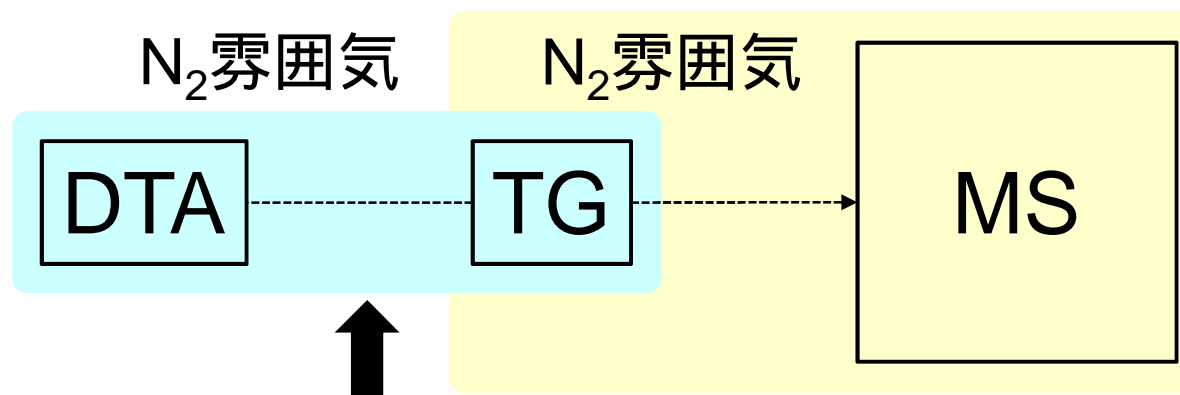
試料番号	材質	用途
1	難燃性エチレンプロピレンゴム	原子炉容器下部制御・計装ケーブルの絶縁材
2	特殊クロロプレングム	原子炉容器下部制御・計装ケーブルのシース
3	難燃性特殊耐熱ビニル	高圧動力用ケーブルのシース
4	ウレタン系または架橋ポリエチレン	保温材 高圧動力用ケーブルの絶縁材

分析の流れ

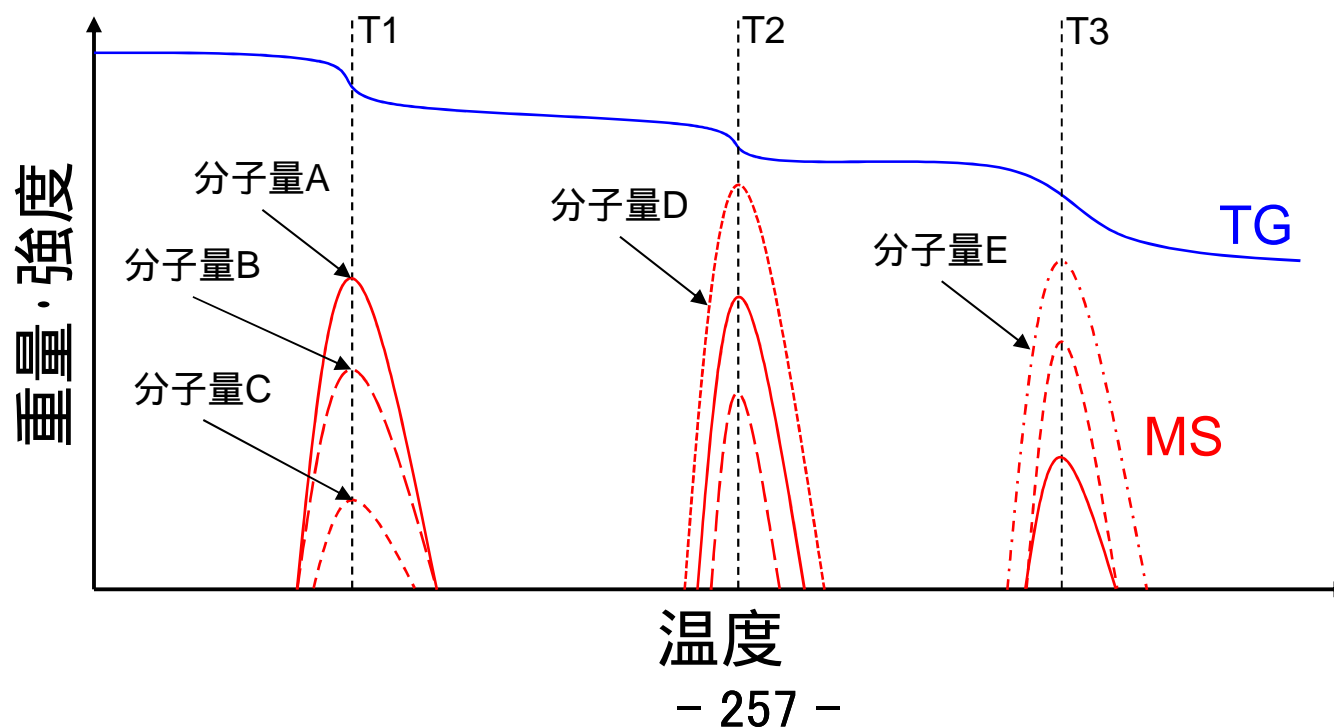
- **ステップ1: 熱重量測定 (TG) - 示差熱分析 (DTA) - 質量分析 (MS)**
 - ◆ 試料を一定の昇温速度で加熱し、試料の重量変化、熱分解時の吸(発)熱量及び熱分解生成ガスに由来する物質の分子量を連続的に測定・分析
 - ◆ 顕著な熱分解(重量変化)が生じる温度範囲を把握するとともに、熱分解生成ガスの成分を大まかに推定
- **ステップ2: ガスクロマトグラフ (GC) - MS**
 - ◆ 試料を所定の温度範囲内で加熱し、熱分解生成ガスの成分を分離した後に、各成分のマスマスペクトルを取得・分析。ライブラリと比較することで成分を同定
 - ◆ 加熱温度はステップ1の結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

なお、測定時の温度範囲、雰囲気条件等については、SA解析コードによる解析結果、従来研究等を参考に決定

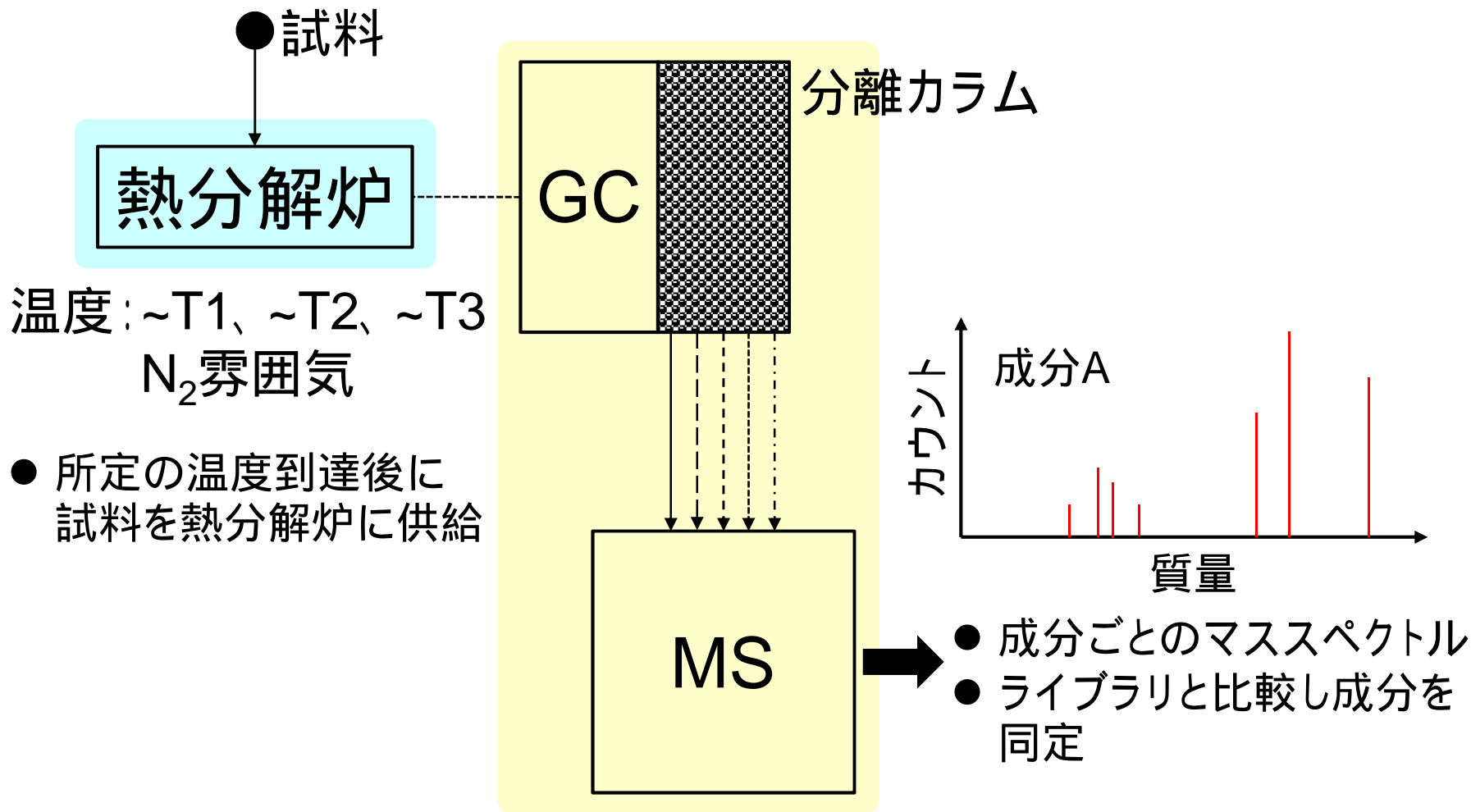
ステップ1: TG-DTA-MS分析



温度範囲: 室温 ~ 1000 、昇温速度: 10 /分及び20 /分



ステップ2: GC-MS分析



期待される知見

本年度の分析により以下の情報の取得を開始

- 有機材料の熱分解反応が生じる温度
- 生成されるガスの種類、生成量など

これらの情報は以下の検討に活用される。

- ✓ 有機材料の存在量、SA解析で評価する格納容器内温度等を考慮した可燃性有機ガスの生成量の推定
- ✓ 原子炉建屋に移行した可燃性ガス(水素、一酸化炭素、有機ガス)の総量及び組成の推定

2号機オペフロ内シールドプラグ穿孔部調査について

2021年10月19日




東京電力ホールディングス株式会社

➤ 目的

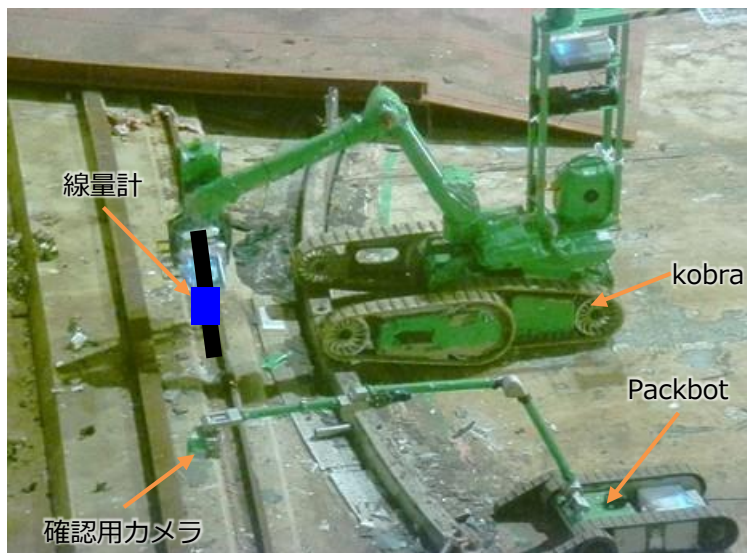
- シールドプラグ上段と中段の隙間に蓄積していると推定している放射性物質の放射エネルギー評価の確度向上を目的として、オペフロ床面の表面汚染影響を受けにくい測定方法である穿孔箇所を用いた調査を実施する。
- 当該調査結果は、将来の燃料デブリ取り出し工法検討や事故解明に活用する。

➤ 調査の状況

- 早期の調査が可能な方法として既存穿孔箇所を活用した調査を、原子力規制庁殿と協働で実施（2021年8月26日・9月9日）。
 - ✓ シールドプラグ上段と中段の隙間には、セシウムを含む放射性物質が付着、堆積している可能性が高い。
 - ✓ シールドプラグ全体では汚染状況のばらつきが大きい可能性がある。
- 
- シールドプラグの汚染状況の更なる把握に向け、新規穿孔箇所による調査を計画。
 - ✓ 新規穿孔箇所の検討のため、シールドプラグ上の線量調査を実施。（2021年10月7日）

2. 2号機シールドプラグ上部の線量調査 (1/2)

- 線量計を2cm高さに取付けた測定治具をKobraにて把持。
- シールドプラグ上部を走行し，線量計の表示値をPackbotで確認を実施。
- シールドプラグ上部の64ポイントを測定。



調査に用いる遠隔操作機器・計測器



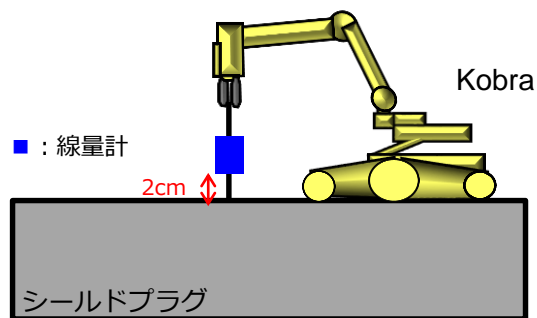
Kobra



Packbot



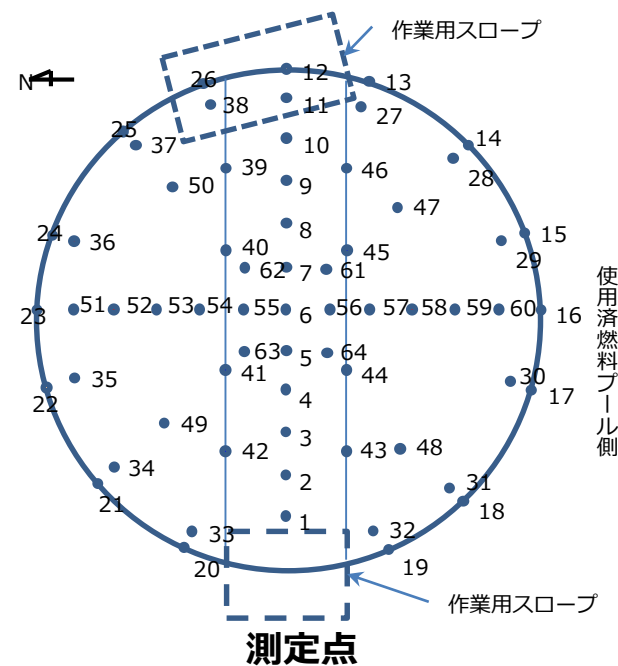
線量計



調査イメージ



現場状況写真

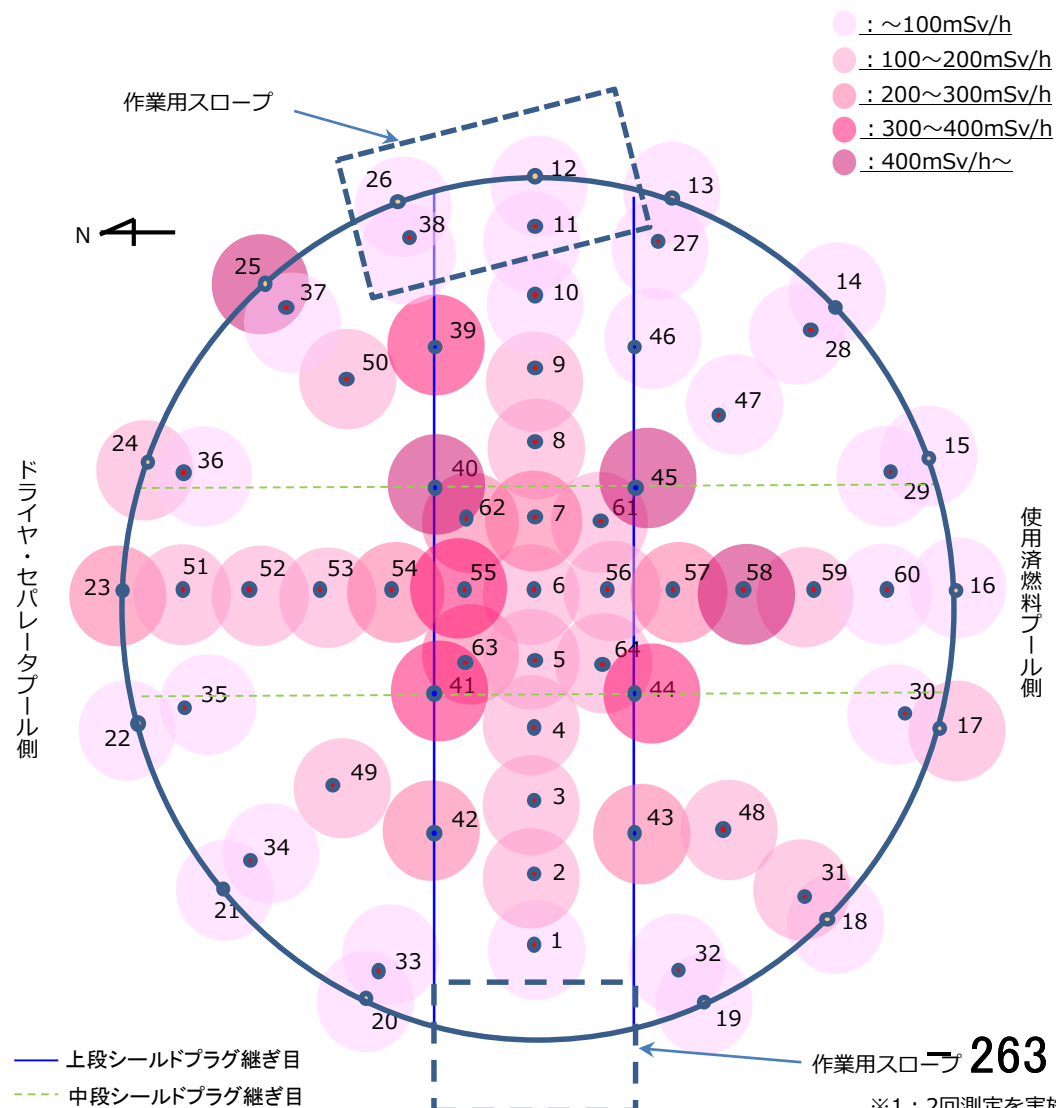


Packbotは、計測器の表示確認及び作業状態を監視し、遠隔作業をサポート

2. 2号機シールドプラグ上部の線量調査 (2/2)

単位:mSv/h

➤ 中央部・継ぎ目部で線量が高く、シールドプラグ上部の線量にバラつきがあることを確認。

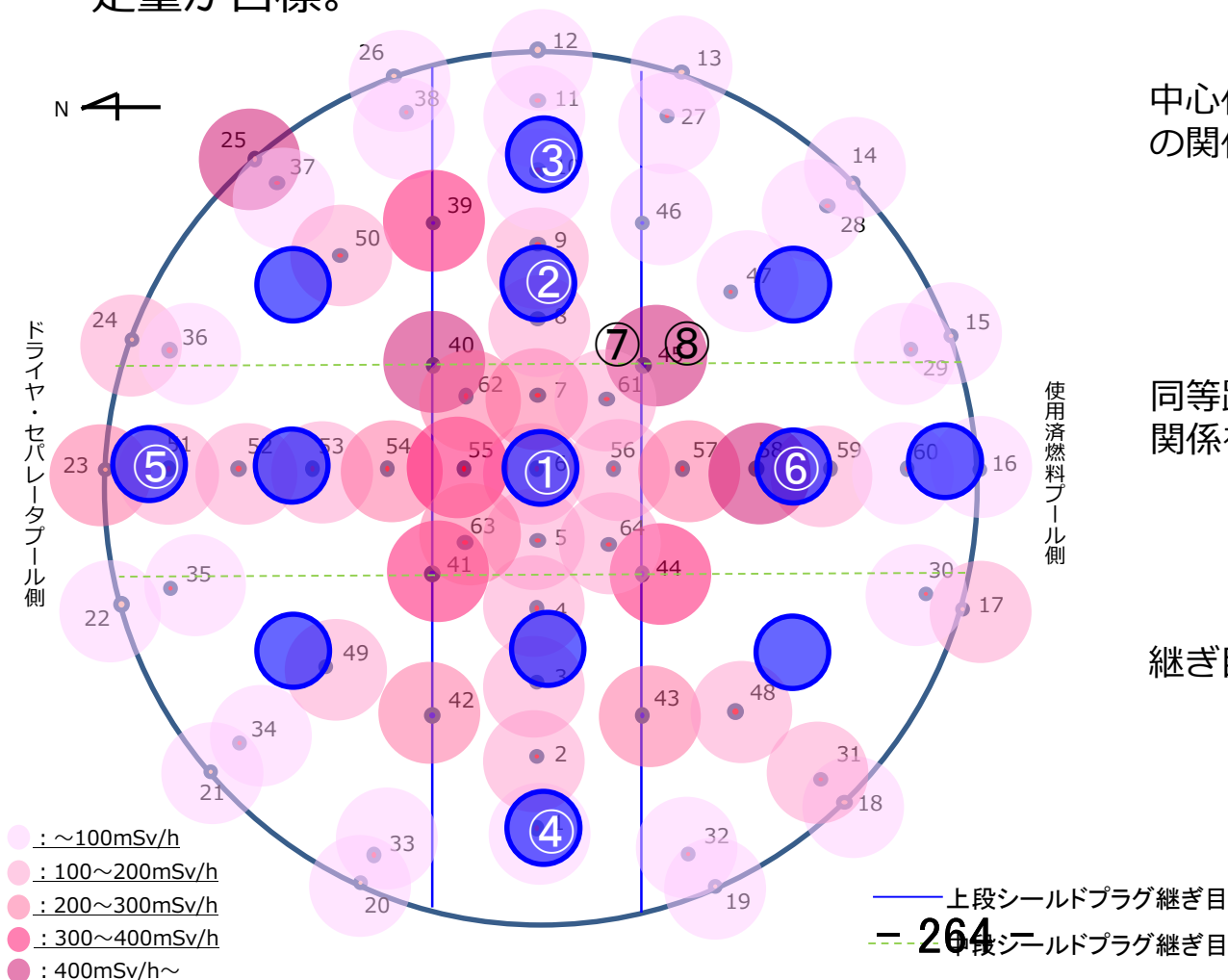


No.	測定値	No.	測定値	No.	測定値
1	44.8	23	270	45	524
2	107	24	126	46	93.2
3	175	25	521 ^{※2}	47	59.3
4	136	26	23.0	48	143
5	152	27	17.0	49	105
6	104,144 ^{※1}	28	96.5	50	105
7	294	29	73.0	51	139
8	117	30	78.0	52	157
9	134	31	105	53	138
10	76.2	32	23.0	54	259
11	14.4	33	51.5	55	390
12	37.5	34	36.0	56	123
13	58.8	35	36.3	57	228
14	50.0	36	73.5	58	420,385 ^{※3}
15	62.6	37	59.6	59	113
16	82.0	38	12.9	60	61.5
17	103	39	340	61	165
18	92.1	40	560	62	270
19	40.0	41	391	63	262
20	72.4	42	266	64	148
21	70.3	43	241	-	-
22	71.0	44	343	-	-

※1: 2回測定を実施 ※2: 近傍に残材あり。残材を避けた箇所約70mSv/h。 ※3: 2回測定を実施

3. 穿孔箇所選定の考え方【当社提案】

- 工程へのインパクトを最小限にするためには、効率的な穴開け戦略が望ましい。
- 8点の穿孔と測定により、(1)大まかな線源分布、(2)線量測定結果との相関関係、(3)継ぎ目部による影響評価、を実施し、Cs-137存在量をオーダーのレベルでの定量が目標。



中心位置①からの距離とCs量[Bq]の関係を確認

- ①→②→③
- ①→→→④
- ①→→→⑤
- ①→⑥

同等距離の点の線量とCs量の関係を確認

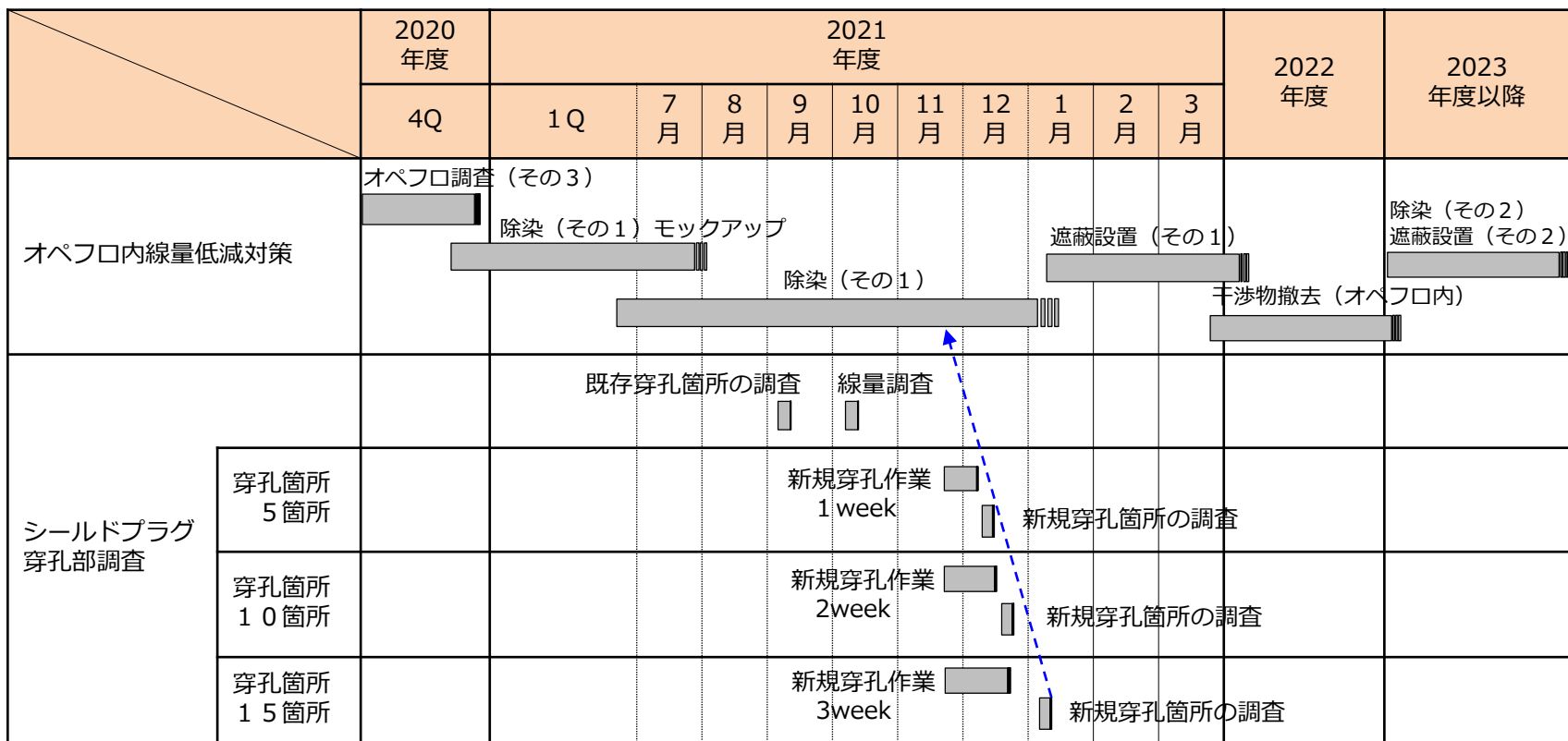
- ②←→⑥
- ③←→④
- ③←→⑤

継ぎ目部の影響を評価

- ⑦ and ⑧

4. 今後の予定

- 線量調査結果を踏まえ、新規穿孔箇所を決定し、11月下旬から12月中旬にかけて穿孔作業を実施し、12月中旬から下旬にかけて再度穿孔箇所調査を実施する予定。
- 新規穿孔については、1箇所／1日と想定しており、穿孔箇所数により次工程の遮蔽設置（その1）に延伸影響が発生する。
- 今後も原子力規制庁殿と協力し調査を進める。



※穿孔箇所数、工程の進捗により変更する可能性有

【参考1】既存穿孔箇所を用いた調査結果 (1/3)

➤ 早期の測定が可能な方法として既存穿孔箇所を活用した測定を、前回実施したオペフロ床面の表面汚染密度調査同様、原子力規制庁殿と協働で実施。

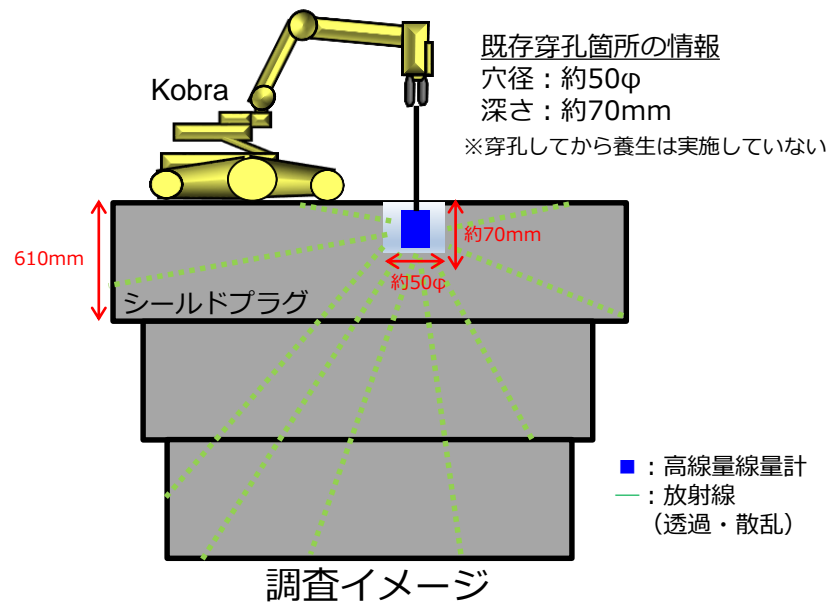
- ✓ 8/5 ; 既存穿孔箇所の事前確認を実施し、当該箇所の閉塞を確認
- ✓ 8/16~17 ; 除染用の吸引装置にて既存穿孔箇所の清掃を実施
- ✓ 8/26,9/9 ; 既存穿孔箇所の調査を実施



既存穿孔箇所配置 ●: 既存穿孔箇所



部拡大現場状況



■ : 高線量線量計
 — : 放射線 (透過・散乱)

調査に用いる遠隔操作機器・計測器		
Kobra	Packbot	検出器 高線量線量計※

※規制庁準備品

調査方法

- ・ 測定器の検出器をKobraで把持し、穿孔箇所へ挿入する。
- ・ Packbotは、計測器の表示確認及び作業状態を監視し、遠隔作業をサポートする。

【参考1】既存穿孔箇所を用いた調査結果（2/3）

調査内容

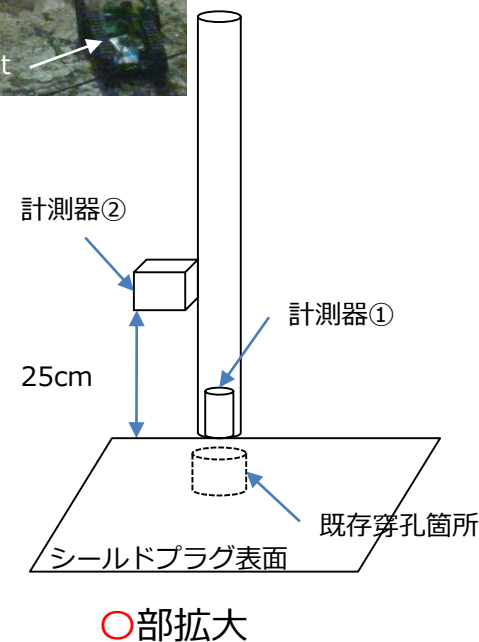
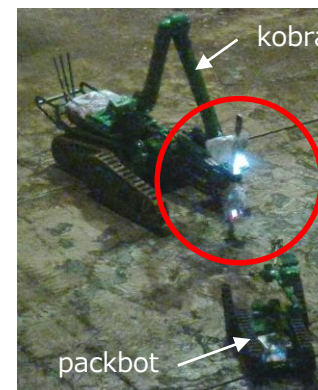
参考資料；第22回 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（2021.9.14）資料3-3

- ✓ 既存穿孔箇所2箇所（中央，東）に対して，深さ方向の線量を測定（計測器①）
- ✓ 同時に25cm高さ位置の線量測定（計測器②）

測定結果

単位：mSv/h

測定箇所	床表面から筒底の距離 [cm]	計測器①	計測器②
東	7.0	255	52.5
	6.0	277	51.5
	5.0	290 - 300	52.1
	4.0	292	50.9
	3.0	255	50.7
	2.0	225	51.9
	1.0	172	51.9
	7.0	255	51.5
中央	6.0	1169	230
	5.0	1070	236
	4.0	944	235
	3.0	825	225
	2.0	682 - 690	226
	1.0	600	225
	0.0	532 - 267	225



測定日：2021年8月26日

【参考1】既存穿孔箇所を用いた調査結果 (3/3)

- シールドプラグ上段と中段の隙間（以下、隙間とする。）に蓄積したCs-137, Cs-134による穿孔箇所内部の線量当量率の算出を実施※

参考資料；第22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 (2021.9.14) 資料3-1~3

【主な評価条件】

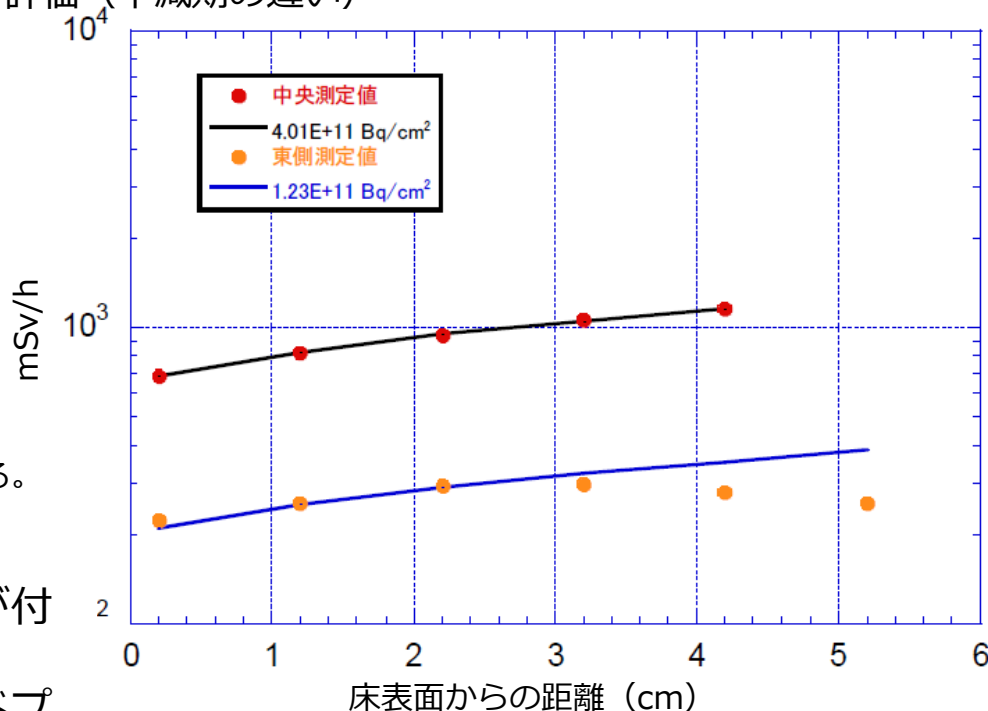
- ✓ 穿孔箇所内（深さ7cm）の周辺線量率を電磁カスケードモンテカルロ計算コードegs5で算出
- ✓ 隙間に汚染が一様な密度で存在すると仮定
- ✓ Cs-134の汚染密度はCs-137の4.4%として評価（半減期の違い）

【測定結果との比較】

- ✓ 原子炉ウェル中央の穿孔箇所
Cs-137の汚染密度が $4.01E+11$ Bq/cm²の場合の計算値と合致している
 - ✓ 原子炉ウェル東側の穿孔箇所
Cs-137の汚染密度が $1.23E+11$ Bq/cm²の場合の計算値と4.2cm及び5.2cm以外では合致している※1
- ※1:穿孔箇所底面の形状による影響の可能性がある。



- 隙間には、セシウムを含む放射性物質が付着、堆積している可能性が高い
- 中央及び東側の測定結果から、シールドプラグ全体では汚染状況のばらつきが大きい可能性がある



測定値と計算値 (注1) の比較

注1：線量計の実効中心位置である治具底部（筒底）より1.8cm上部で評価

ケーブル及び塗料の可燃性有機ガス発生量評価計画

2021年10月19日



東京電力ホールディングス株式会社

ケーブル及び塗料の可燃性有機ガス発生量評価計画

■ 試験計画

- 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及び塗料の昇温試験を計画中
- 発生ガス中の可燃性有機ガスの同定及び定量分析
 - 200℃（格納容器限界温度として、格納容器全域を想定）
 - 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）
- 実施期間：今年度中に実施予定

試験を計画しているケーブル及び塗装

No.	種類	評価対象	用途
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
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
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
4	塗料	エポキシ系塗料	・ D/W、S/C壁面 上塗り
5	塗料	無機ジンクリッチ塗料	・ D/W、S/C壁面 下塗り
6	保温材	ウレタン保温材	・ 配管保温
7	保温材	ポリイミド保温材	・ 配管保温

■ 試験内容（計画）

<予備試験>

- 昇温中の重量変化測定によるガス発生温度域の確認（TG*1）

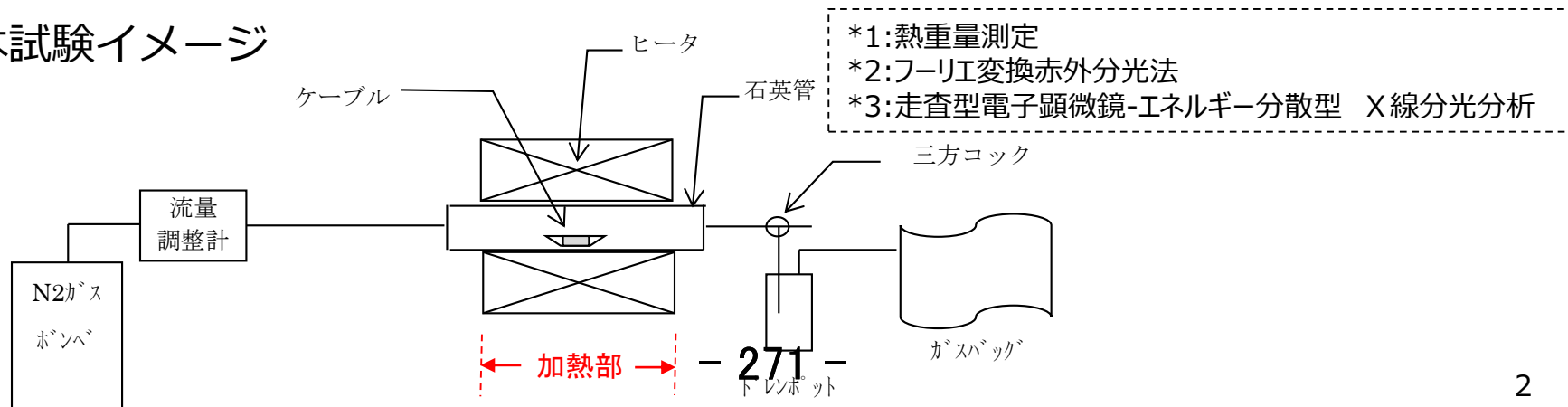
<本試験>

- ケーブル及び塗料の昇温試験を実施
- 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℃（格納容器限界温度として、格納容器全域を想定）
 - 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）

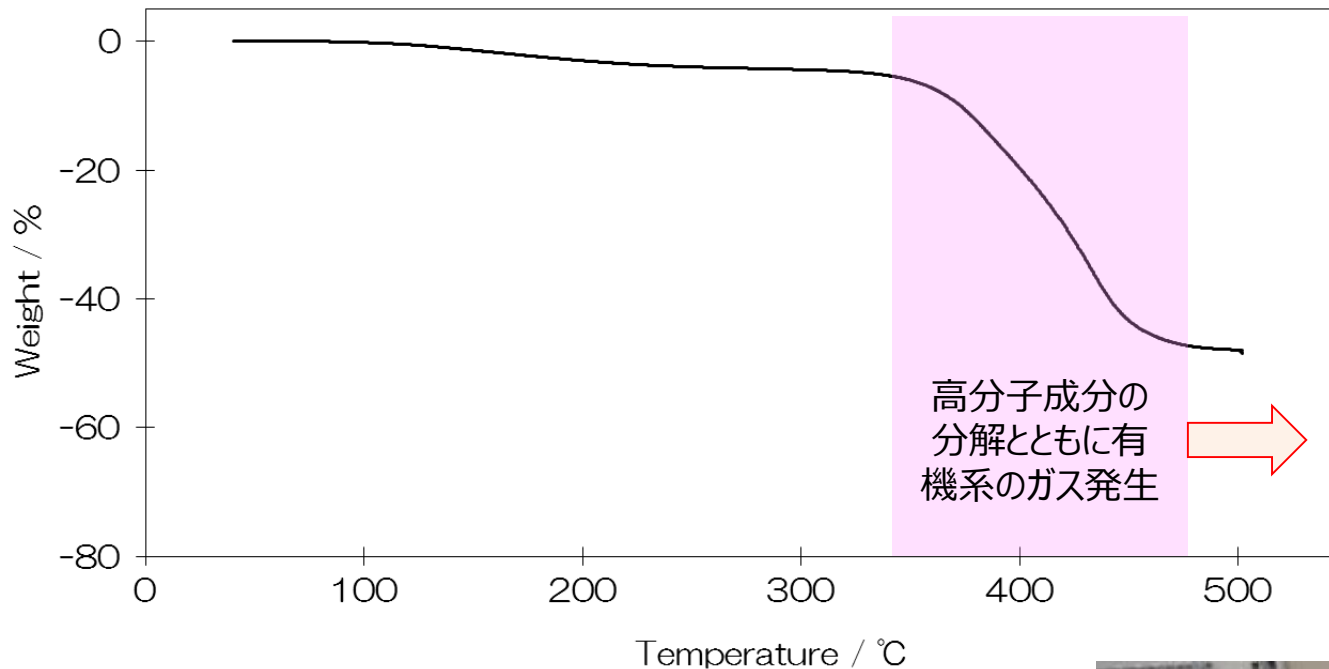
<スケジュール>

- 11月より予備試験開始。本試験は来年から実施し年度内に完了予定

■ 本試験イメージ



■ 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

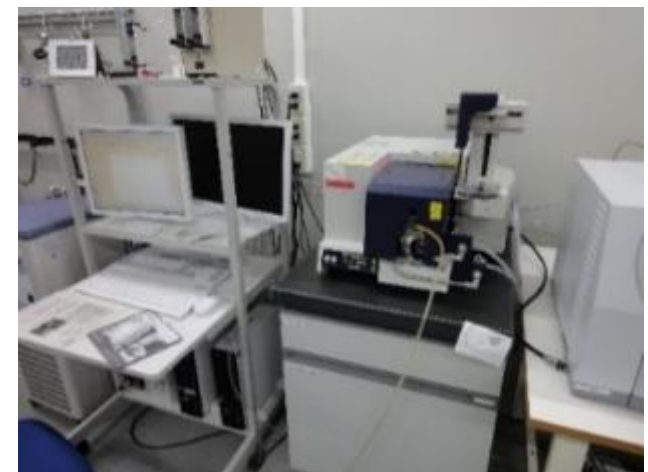
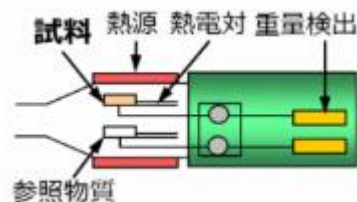


本試験ではこの温度域で
ガス採取・分析

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。

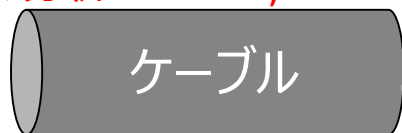
試料の熱分解や脱水等の減少など、劣化事象を定量的に測定。



■ 本試験：ケーブル昇温試験

- 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中に含まれる各元素の相対変化をSEM-EDXより測定

ケーブル分析：FT-IR, SEM-EDX

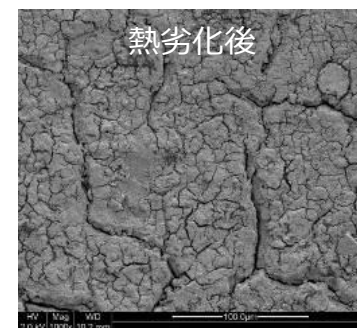
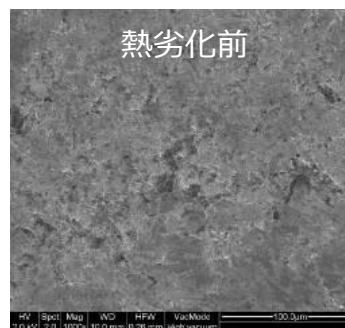
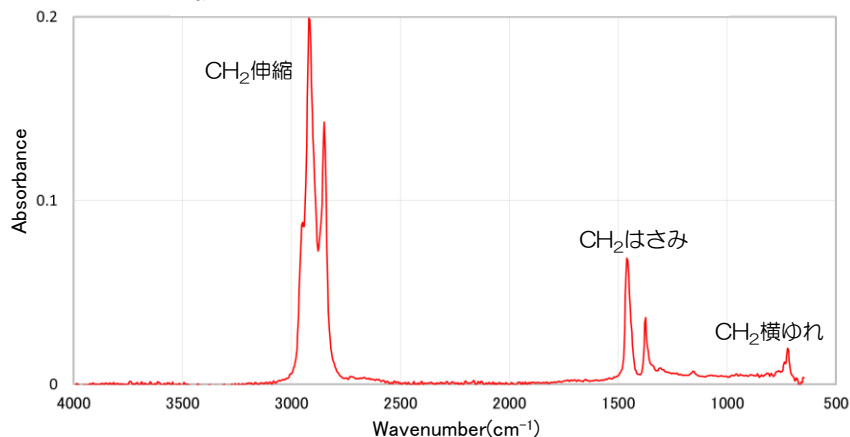


ガス
(H₂, CO, 炭化水素系)

ガス分析：ガスクロマトグラフィー等

例：クロロプレンゴムのSEM-EDX

例：ポリエチレンのFT-IRスペクトル



試料	質量濃度(wt%)											Total
	元素											
	C	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Zn
熱劣化前	67.24	21.80	0.77	0.32	1.60	-	4.30	0.10	2.38	-	0.18	1.34
熱劣化後	36.68	33.13	3.64	0.66	6.06	1.59	7.72	0.23	3.33	0.09	2.68	4.19

FT-IRについて

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について

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。

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

2021年10月19日

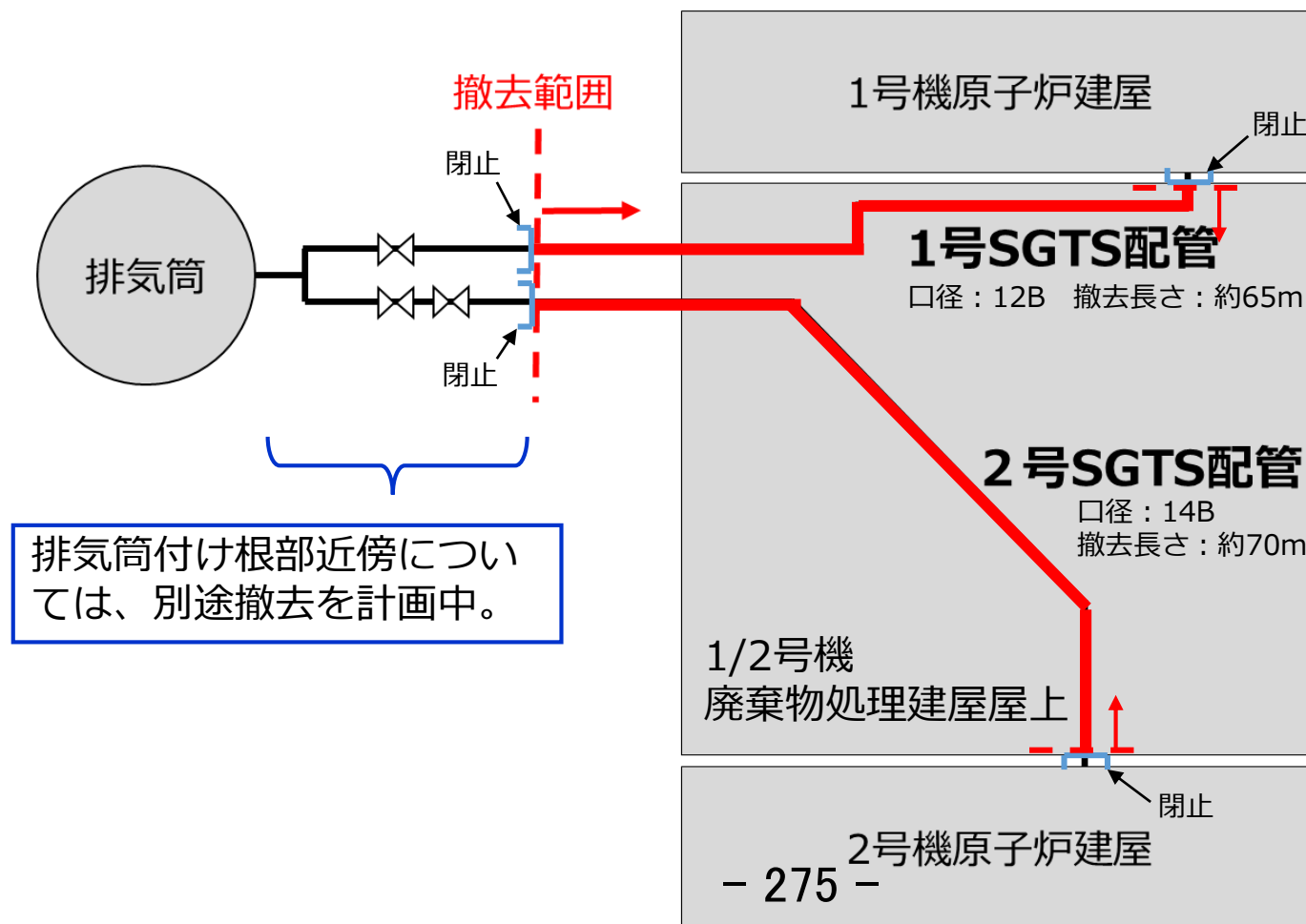


東京電力ホールディングス株式会社

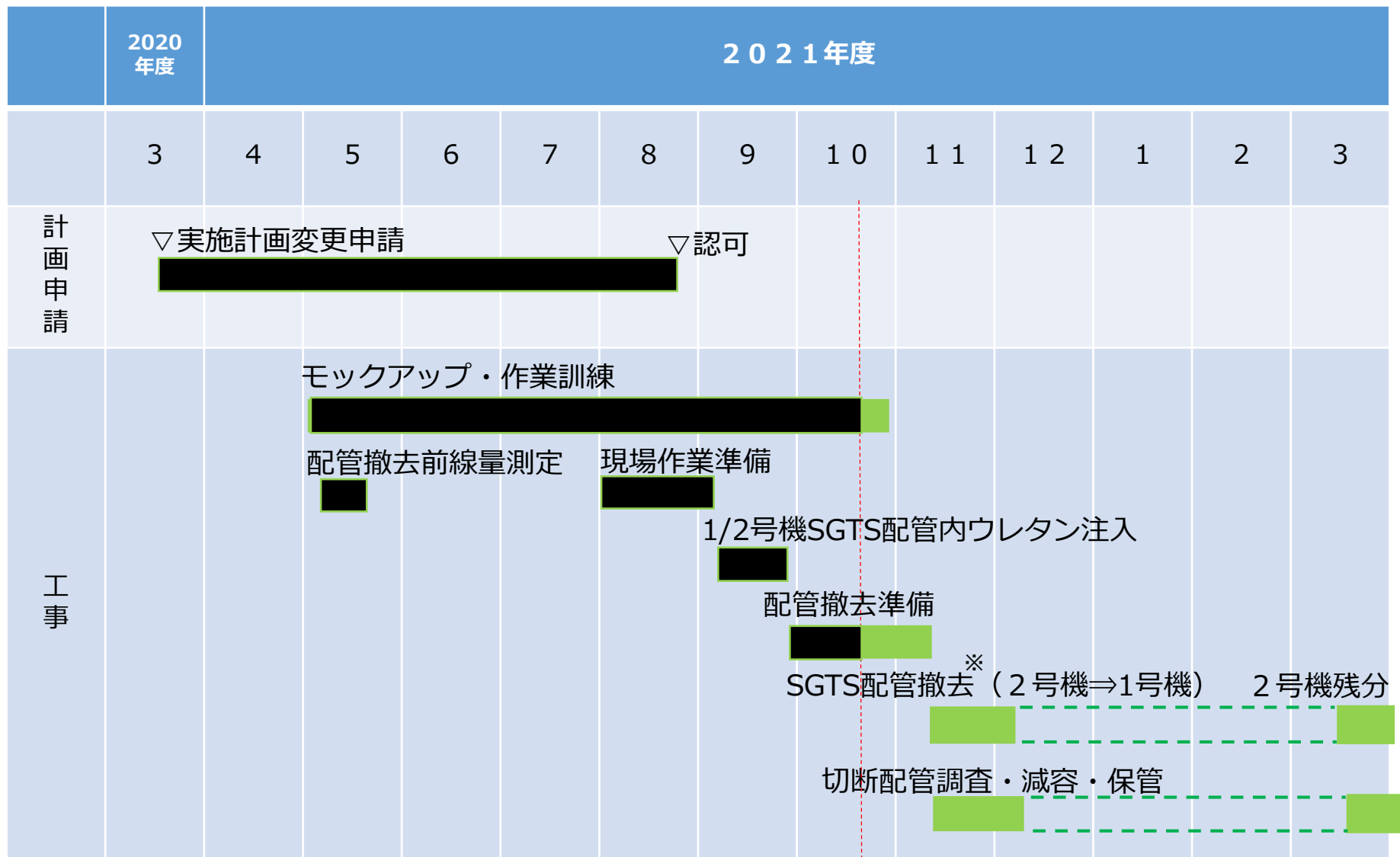
1. 1 / 2号機SGTS配管撤去目的及び撤去範囲

◆ 目的

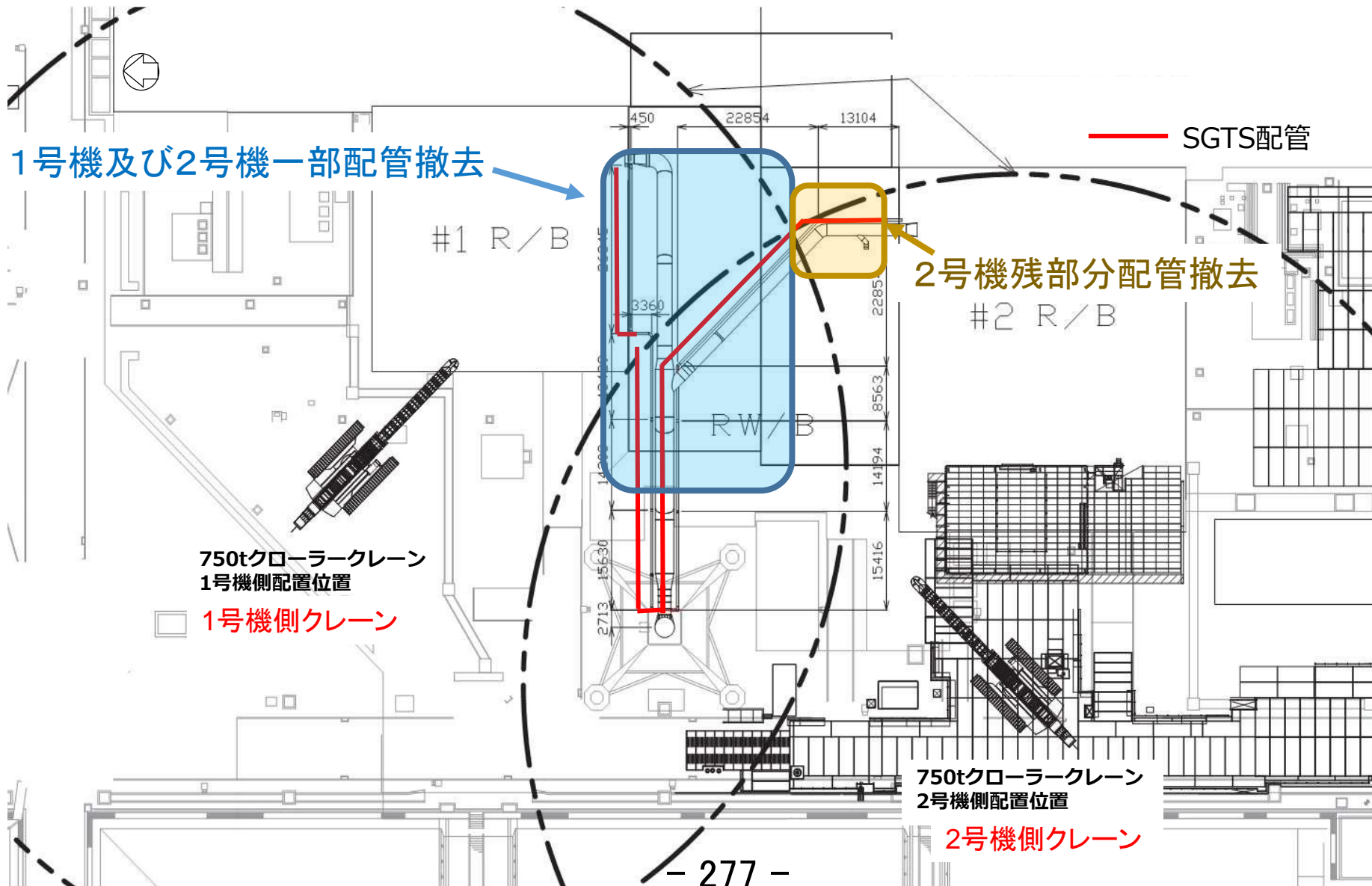
- ✓ 1号機及び2号機非常用ガス処理系配管（以下、SGTS配管）のうち屋外に敷設されている配管については、1/2号機廃棄物処理建屋雨水対策工事及び1号原子炉建屋大型カバー設置工事に干渉することから配管の一部撤去を実施する。



2. 1 / 2号SGTS配管撤去工程（予定）



<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)

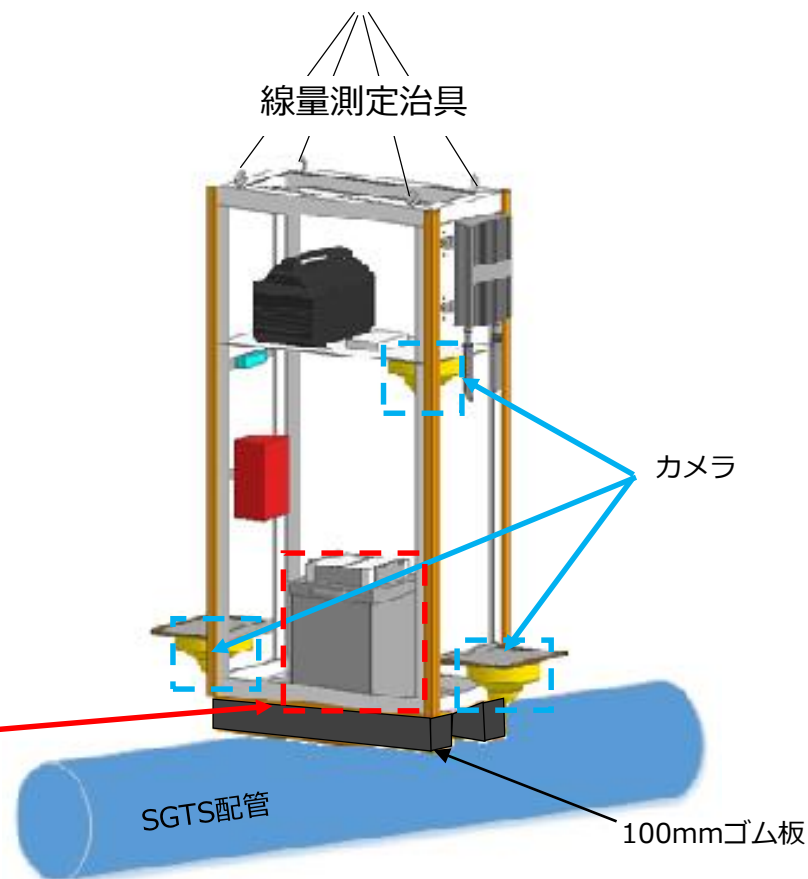
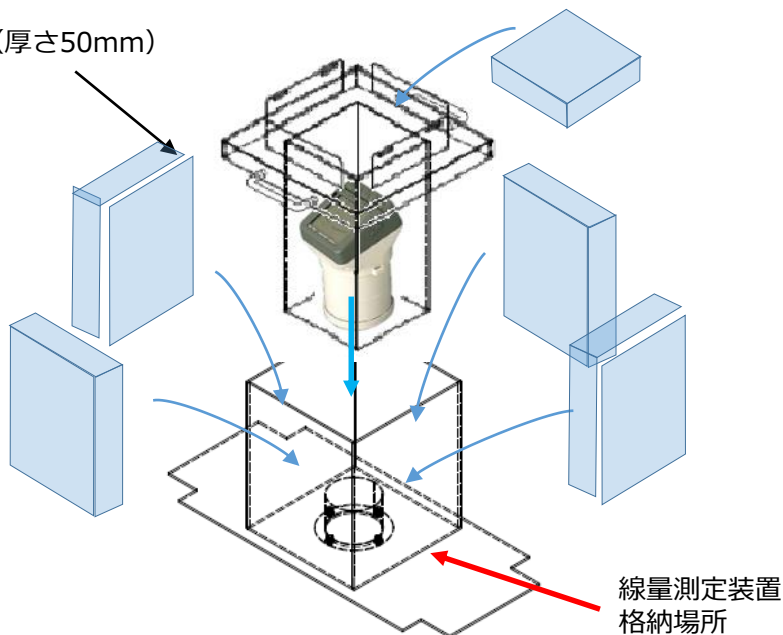
○ 実施内容

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）



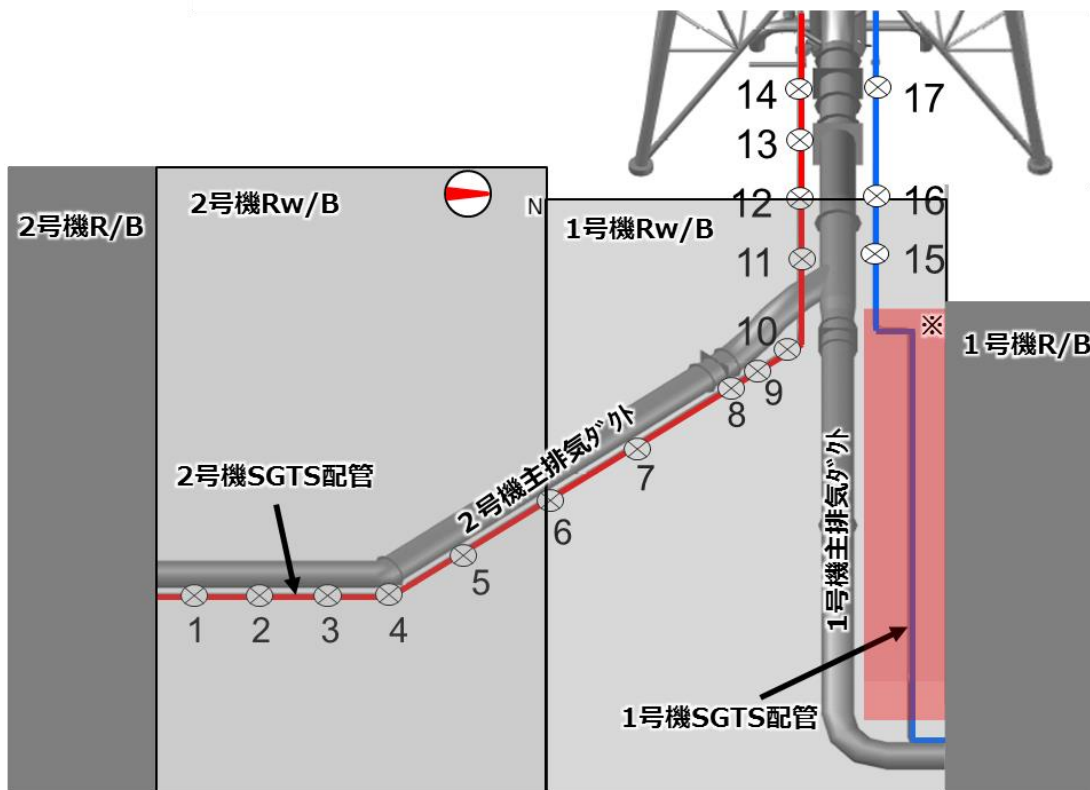
線量計仕様		
品名	電離箱式サーベイメーター(ICW)	電離箱式サーベイメーター(デジタル表示)(ICS)
測定範囲	0.001~1000mSv/h	0.001~300mSv/h

- 280 - SGTS配管外面線量測定イメージ図

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

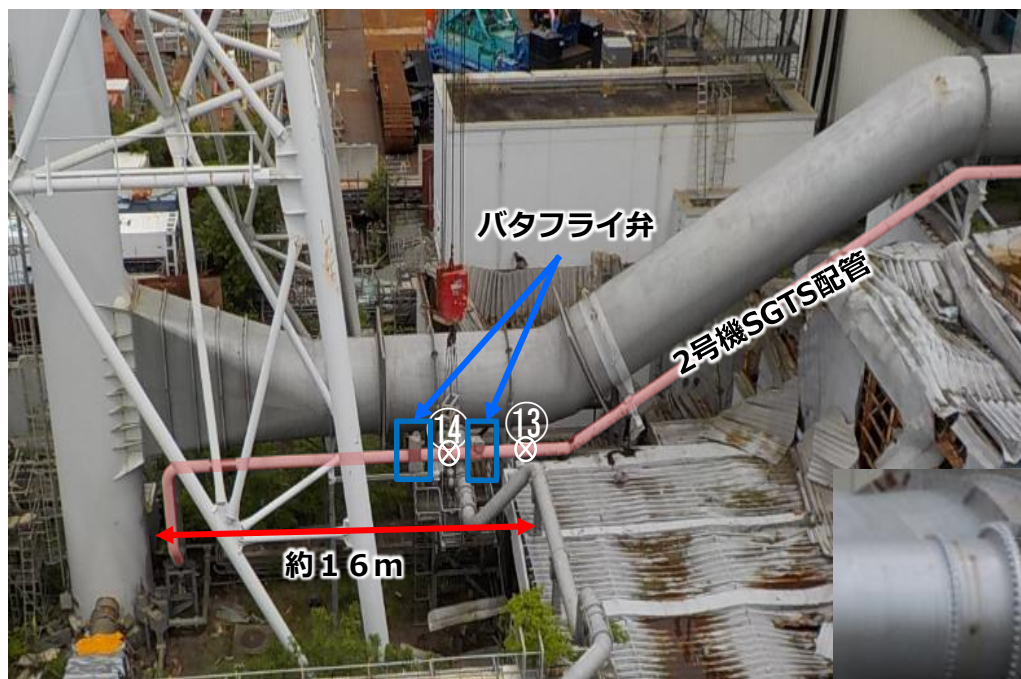
測定ポイント	SGTS配管	
	配管表面(0.1m)	配管上部(1m)
1	6.0	3.0
2	8.0	4.0
3	17.0	5.0
4	26.0	8.0
5	27.0	12.0
6	20.0	8.0
7	60.0	30.0
8	150.0	85.0
9	160.0	50.0
10	60.0	40.0
11	11.0	3.0
12	4.3	2.5
13	650.0	160.0
14	400.0	130.0
15	2.0	1.0
16	2.0	1.4
17	4.0	3.0

※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。



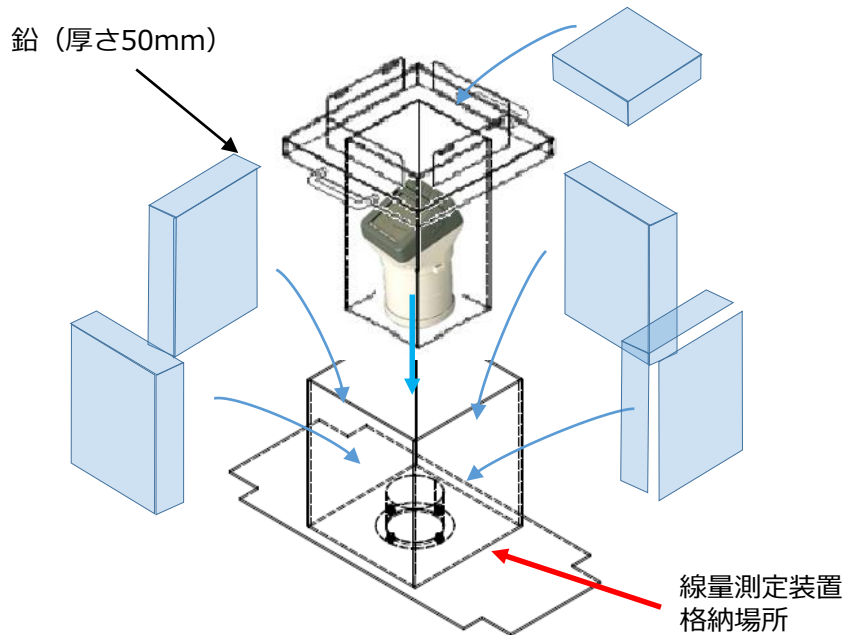
5. 配管切断箇所放射線量率測定（測定概要）

○ 測定方法

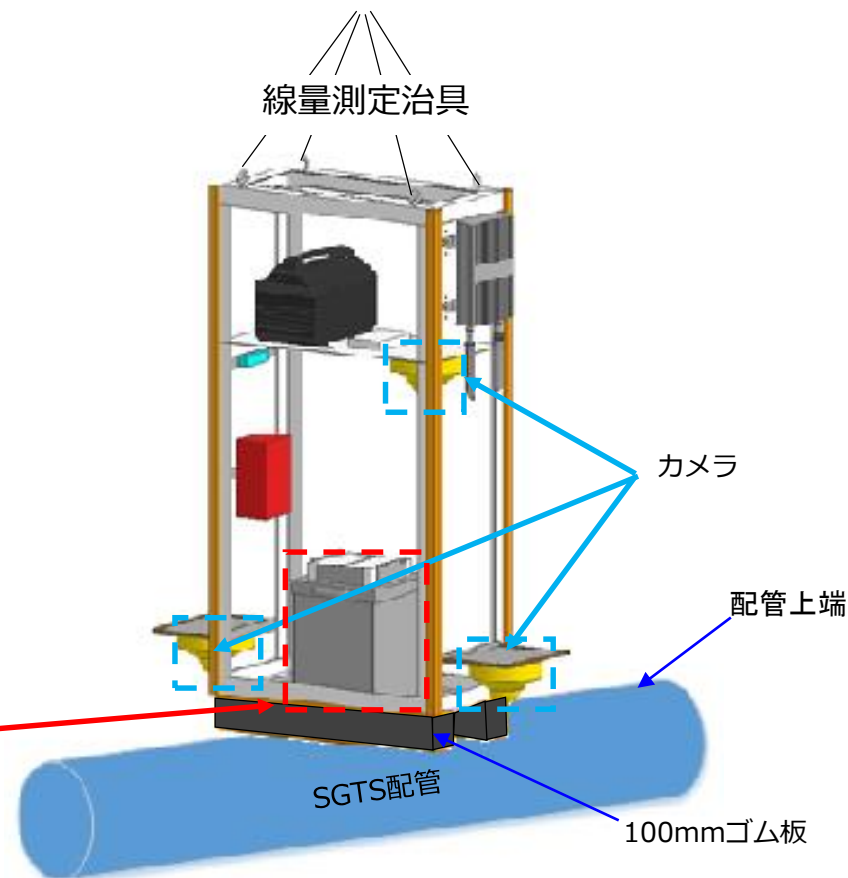
散乱線の影響低減を図るため、厚さ50mmの鉛でコリメートした線量計を線量測定治具内に装着し、クローラークレーンにて吊上げSGTS配管直上0.1m及び1m高さの線量測定を実施。
合わせて、線量測定治具内に固定したカメラで配管外面確認を実施。

○ 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



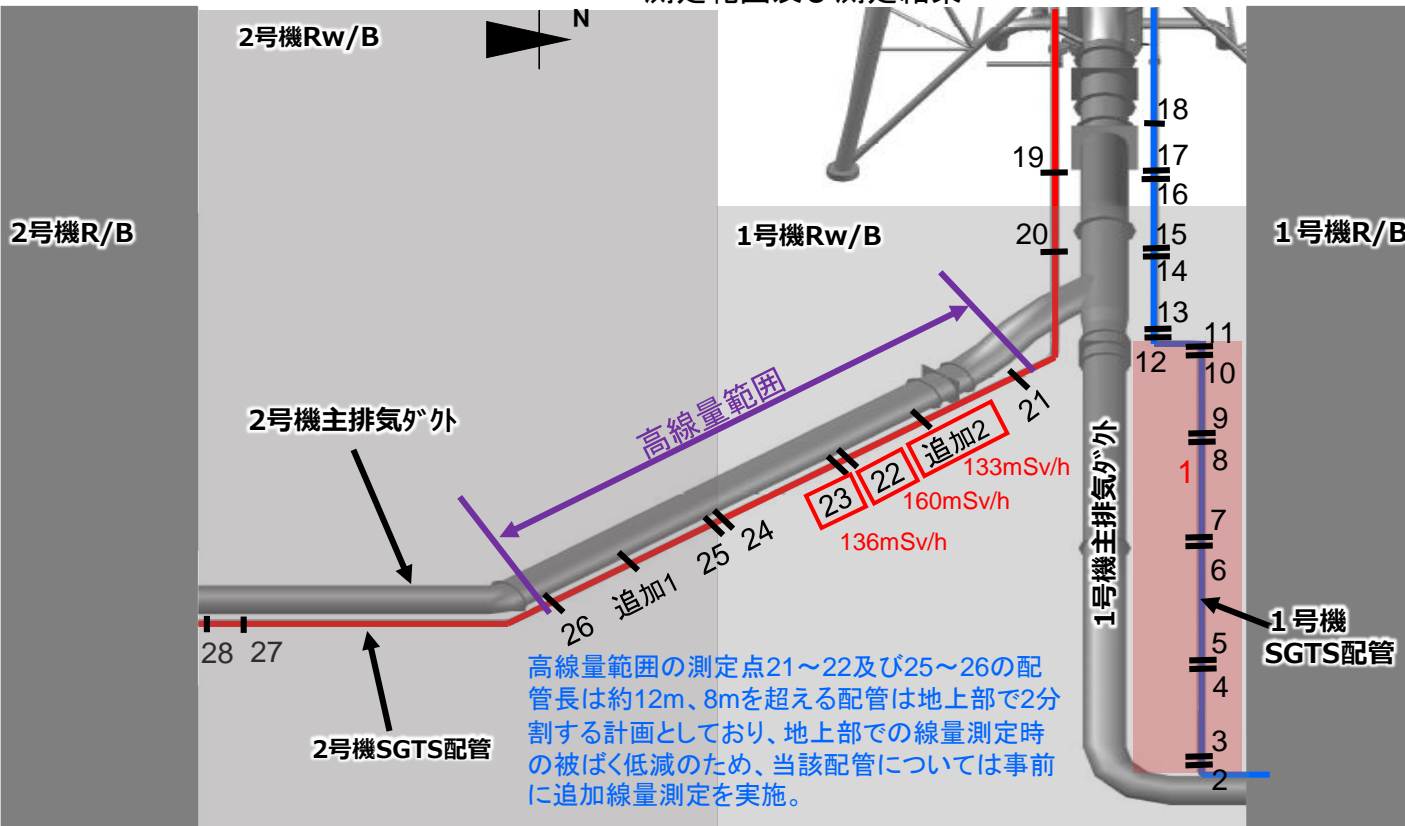
— 283 — SGTS配管外面線量測定イメージ図

5. 配管切断箇所での放射線量率測定（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。

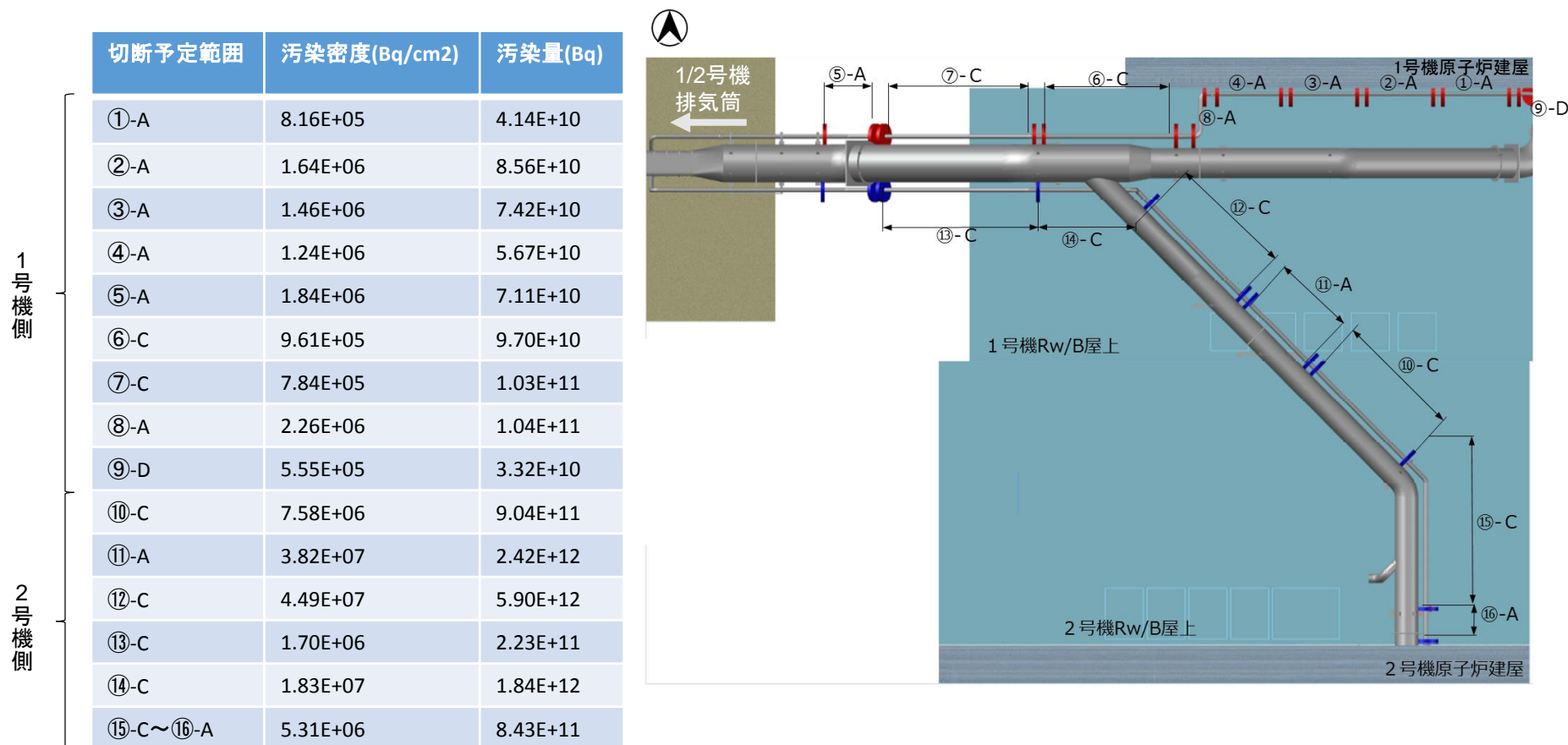
測定点	SGTS配管上端からの距離	
	0.1m	1.0m
1*	4.15	4.46
2	2.56	1.52
3	3.12	1.74
4	3.76	2.64
5	7.56	3.85
6	3.97	2.95
7	6.74	3.90
8	5.05	5.58
9	5.73	4.41
10	4.35	2.65
11	10.4	3.74
12	5.84	3.42
13	4.43	1.91
14	2.25	0.90
15	3.60	1.13
16	3.70	2.37
17	8.50	4.50
18	5.62	3.00
19	4.31	7.60
20	6.06	2.85
21	65.1	27.0
22	160.0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

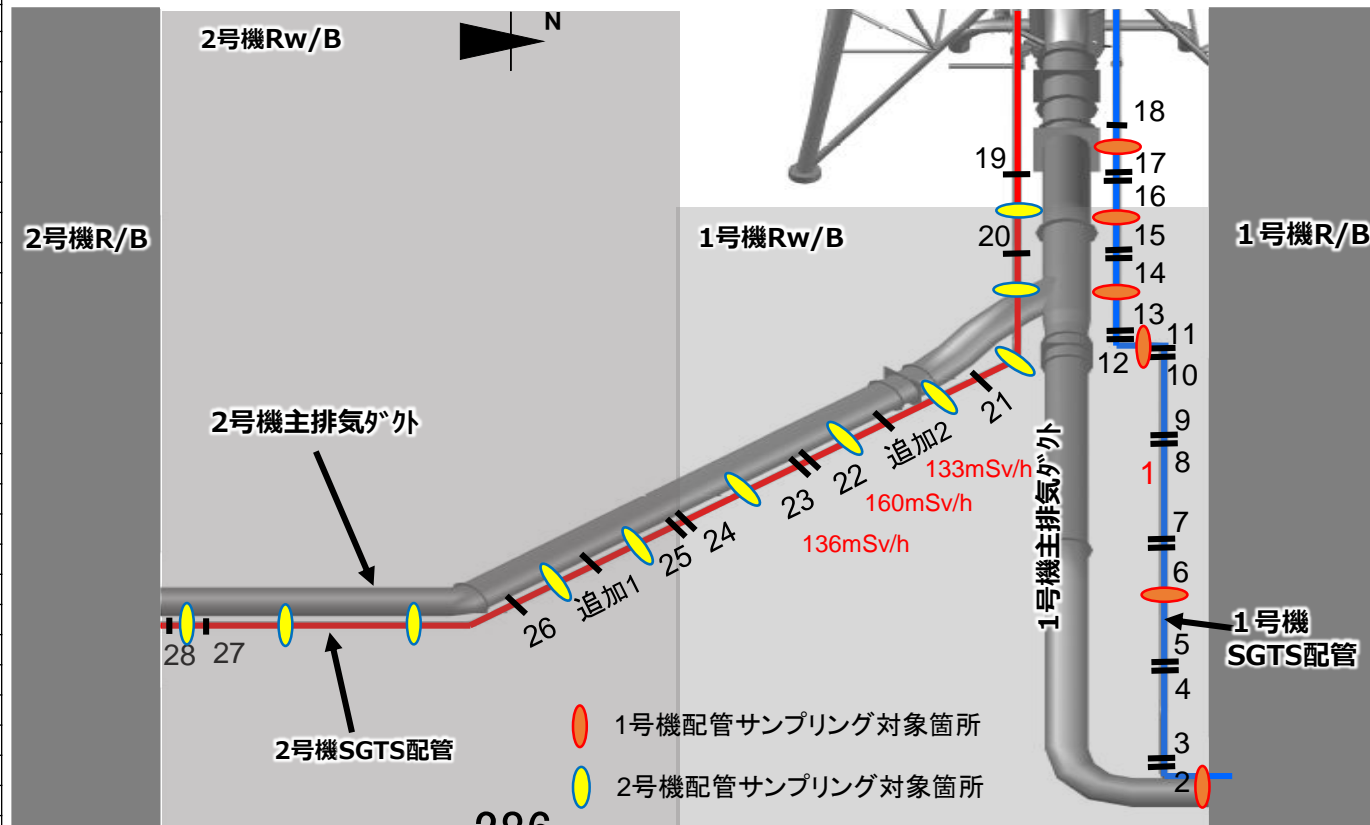
- 測定した放射線量率から汚染密度を算出し、切断後の配管ごとに汚染量の算出を実施した。
- 1号機側の汚染量は10～11乗オーダー、2号機側は11～12乗オーダーで、第82回監視・評価検討会で示された汚染量評価値と同等な結果となった。



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。

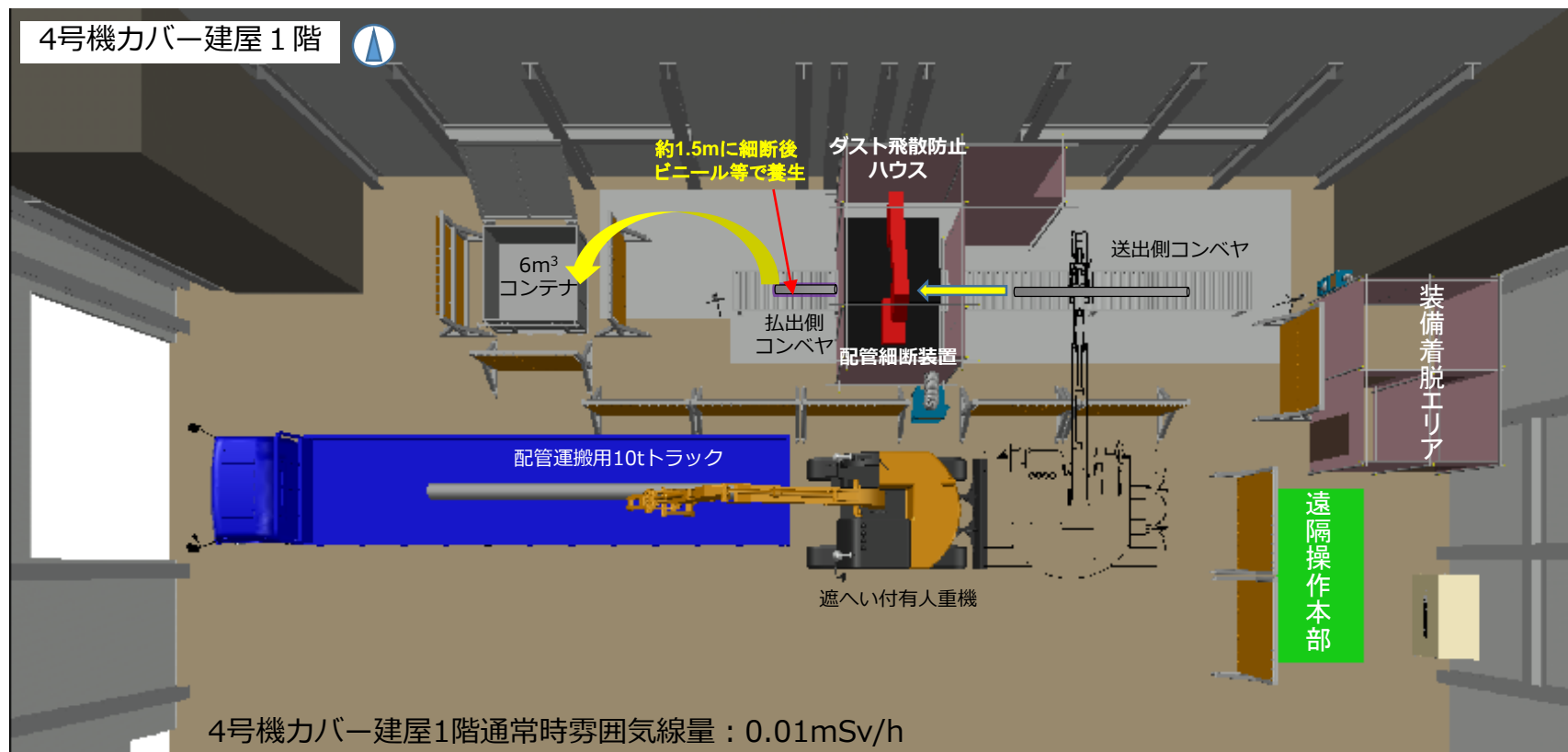
測定点	SGTS配管 mSv/h	
	0.1m	1.0m
1*	4.15	4.46
2	2.56	1.52
3	3.12	1.74
4	3.76	2.64
5	7.56	3.85
6	3.97	2.95
7	6.74	3.90
8	5.05	5.58
9	5.73	4.41
10	4.35	2.65
11	10.4	3.74
12	5.84	3.42
13	4.43	1.91
14	2.25	0.90
15	3.60	1.13
16	3.70	2.37
17	8.50	4.50
18	5.62	3.00
19	4.31	7.60
20	6.06	2.85
21	65.1	27.0
22	160.0	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



- 286 -

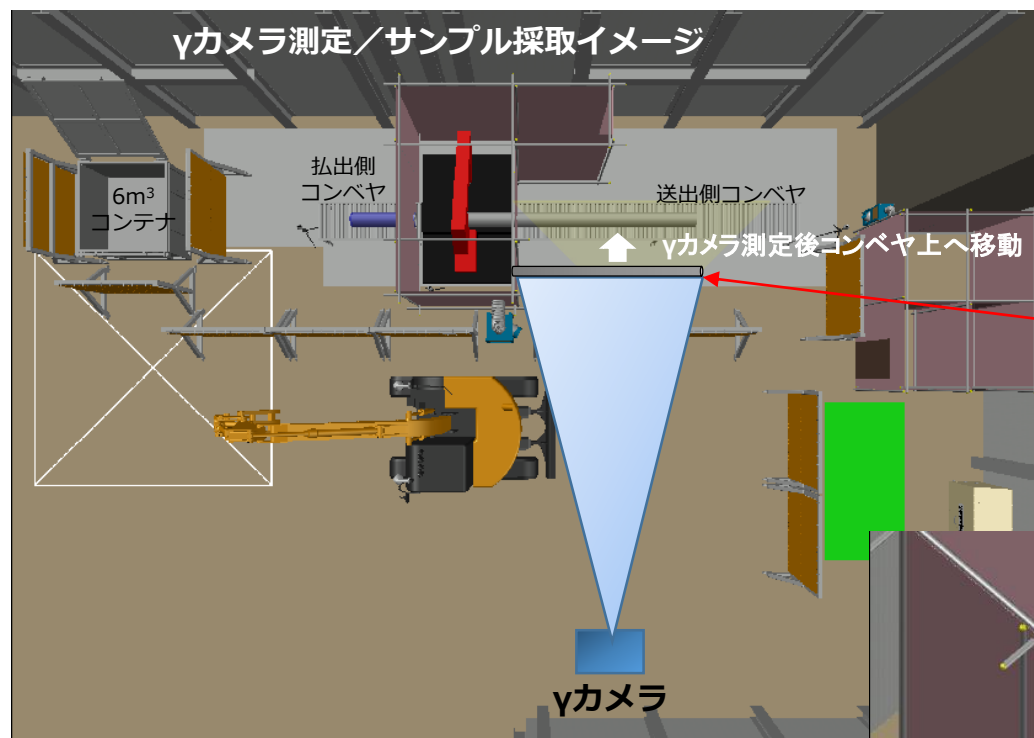
※赤枠内上部3.0m付近において最も高線量箇所

6. 配管調査（撤去配管細断エリア配置図）



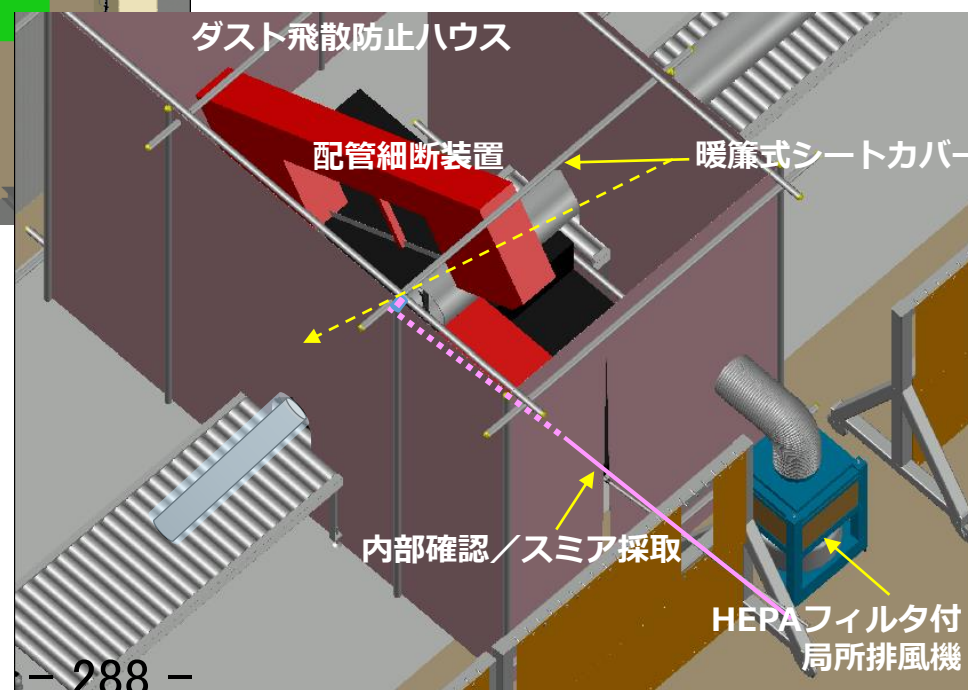
- 撤去した配管は、4号機カバ-建屋1階に設置したハウス内に輸送され、コンテナ詰めにするために約1.5m程度に細断する。
- ハウス内はHEPAフィルタ付の局所排風機を運転して、ハウス外への放射性ダストの拡散を防止する。また、ハウス近傍で仮設のダストモニタによる監視を行う。
- 配管の細断は、ダスト飛散防止ハウス内で遠隔の配管細断装置にて行う。（遠隔操作本部から操作）
- 配管細断装置への配管設置とコンテナへの配管収納は、しゃへい付有人重機にて行う。
- 細断された配管はビニール等で養生した後、6m³コンテナに収納する。
- 配管を収納したコンテナは固体廃棄物貯蔵庫に輸送して保管する。

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)



細断前の配管長さ
最長：約7m, 最短：約2.5m

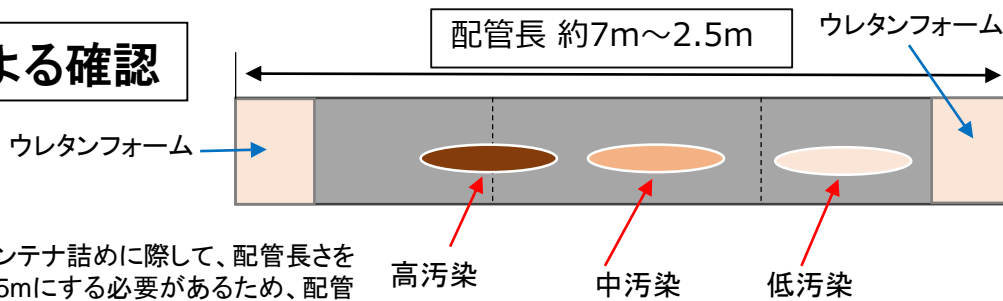
- γカメラの測定は、送出側コンベヤ手前に一度仮置きし測定する。
- 内部確認及びスミア採取は、配管サンプル採取に先立ち高汚染部位を衝立遮へい越しに、ダスト飛散防止ハウス側面から実施する。
- 配管サンプル採取は、高汚染部位を細断装置にて必要幅に輪切りして、収納箱に入れて保管する。
- スミア採取位置は配管内面の上面 (0°方向)、下面 (180°方向)、側面 (90°もしくは270°方向) とする。



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)



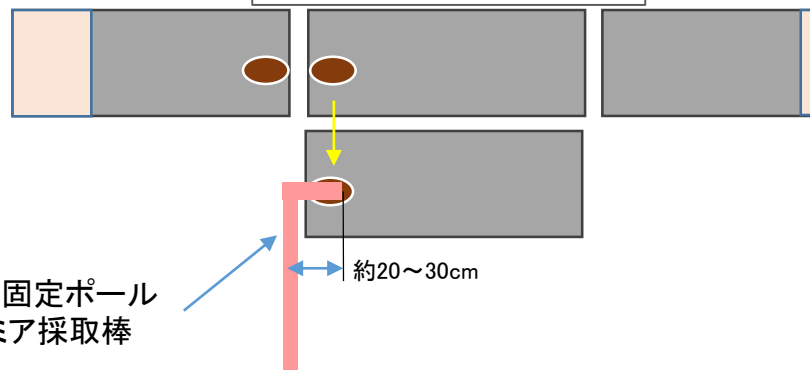
γカメラによる確認



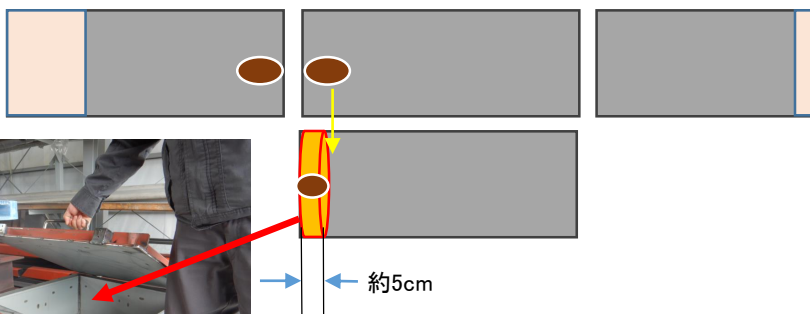
※ コンテナ詰めの際に、配管長さを約1.5mにする必要があるため、配管長から最大で5分割, 最小2分割予定

最大5分割, 最小2分割※

配管内部確認 ・スミア採取



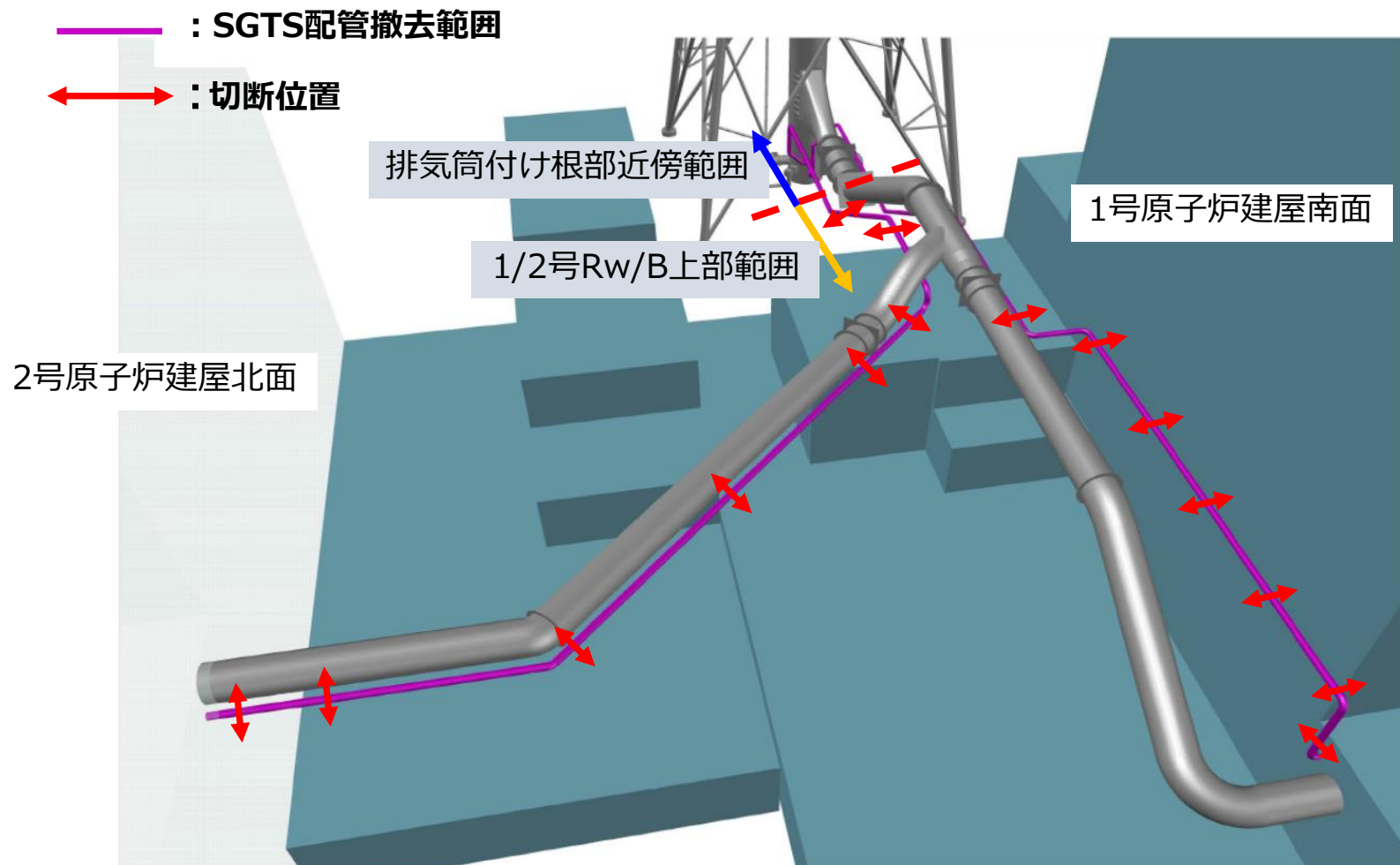
配管サンプル採取



参考資料

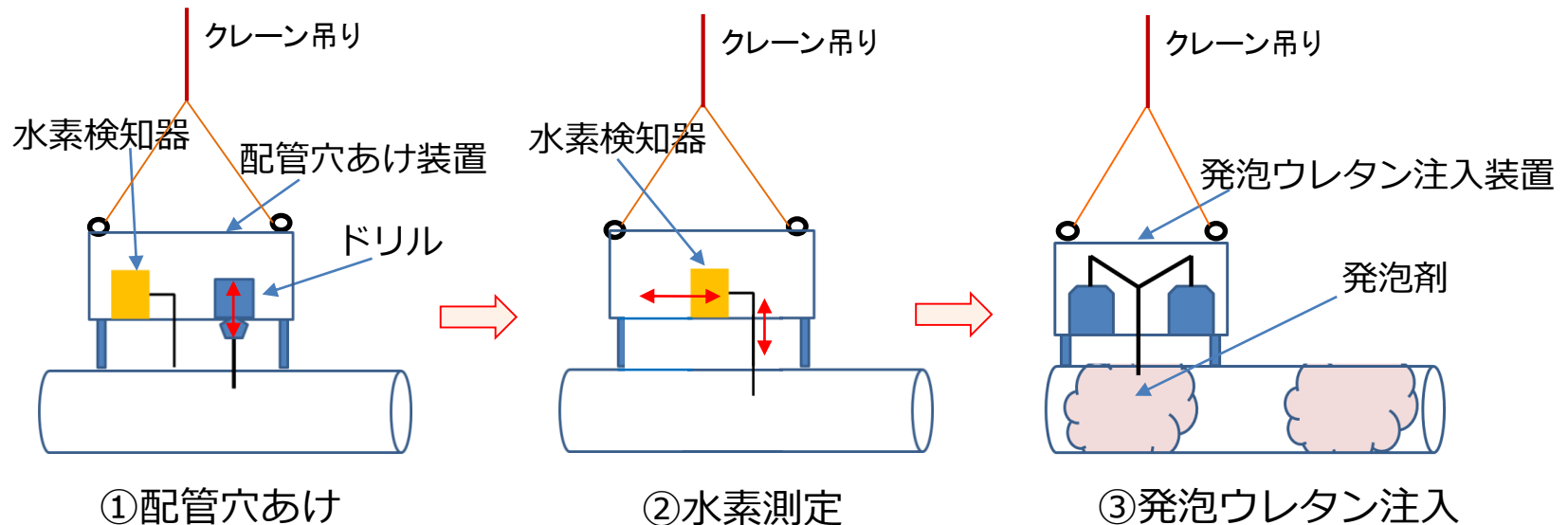
<参考> SGT S配管立体図

■ 撤去対象配管について（東側から見る）



➤ 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。



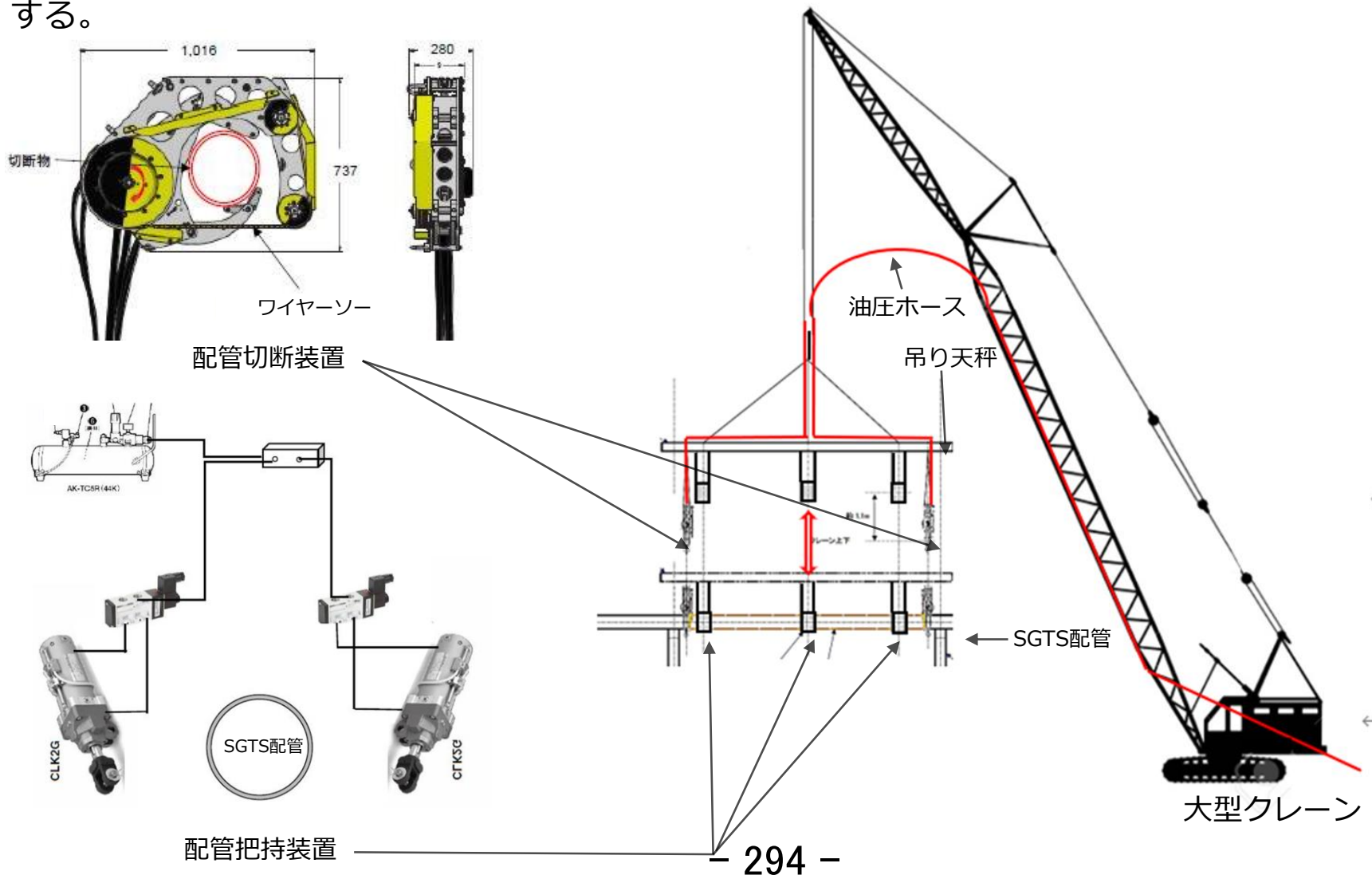
<参考> 要素試験状況（発泡ウレタン注入・配管切断）

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				

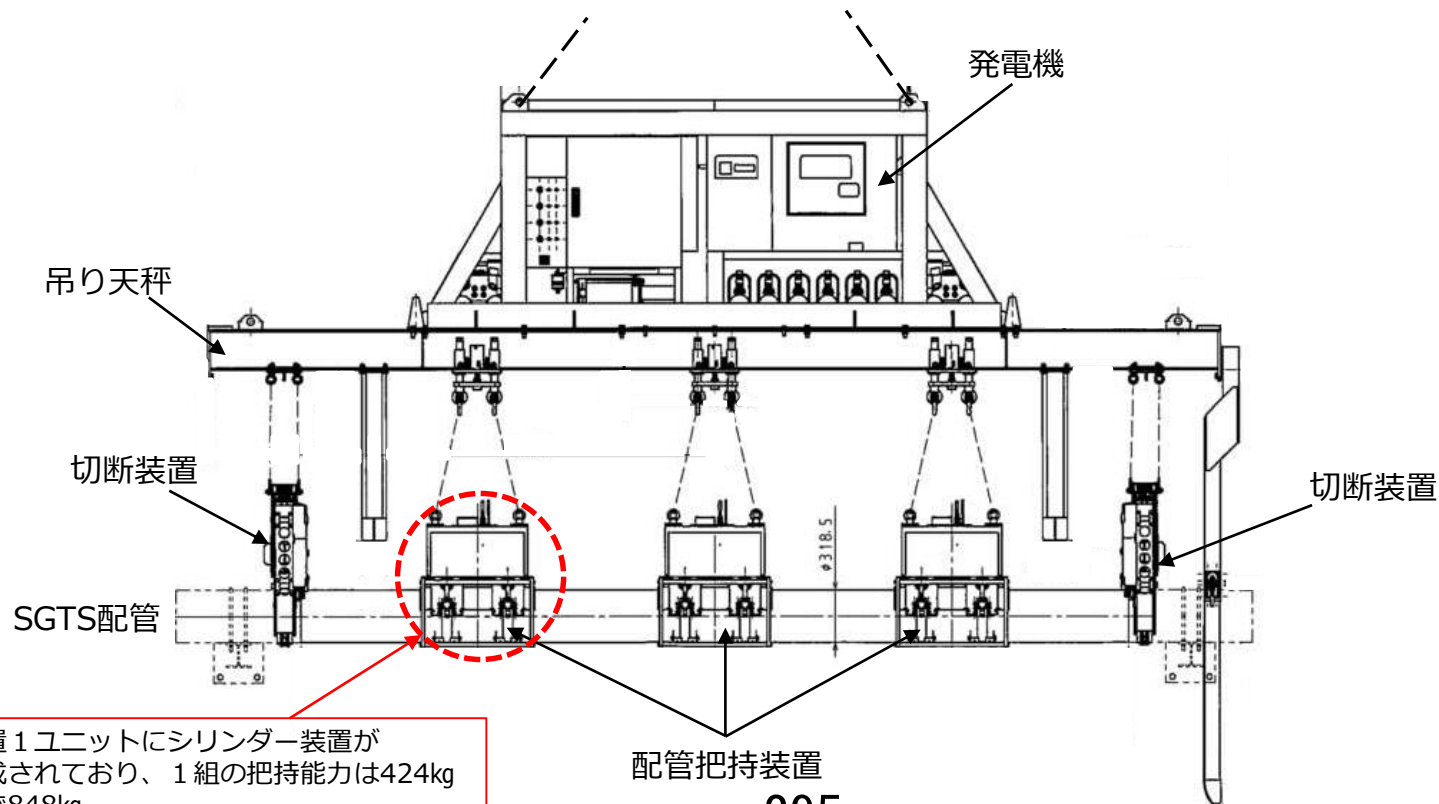
<参考> 配管切断装置概要

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。



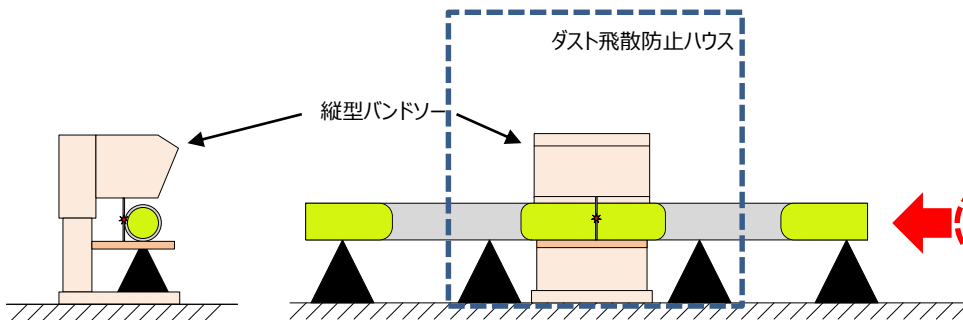
配管把持装置1ユニットにシリンダー装置が各2組で構成されており、1組の把持能力は424kg
1ユニットで848kg

配管把持装置

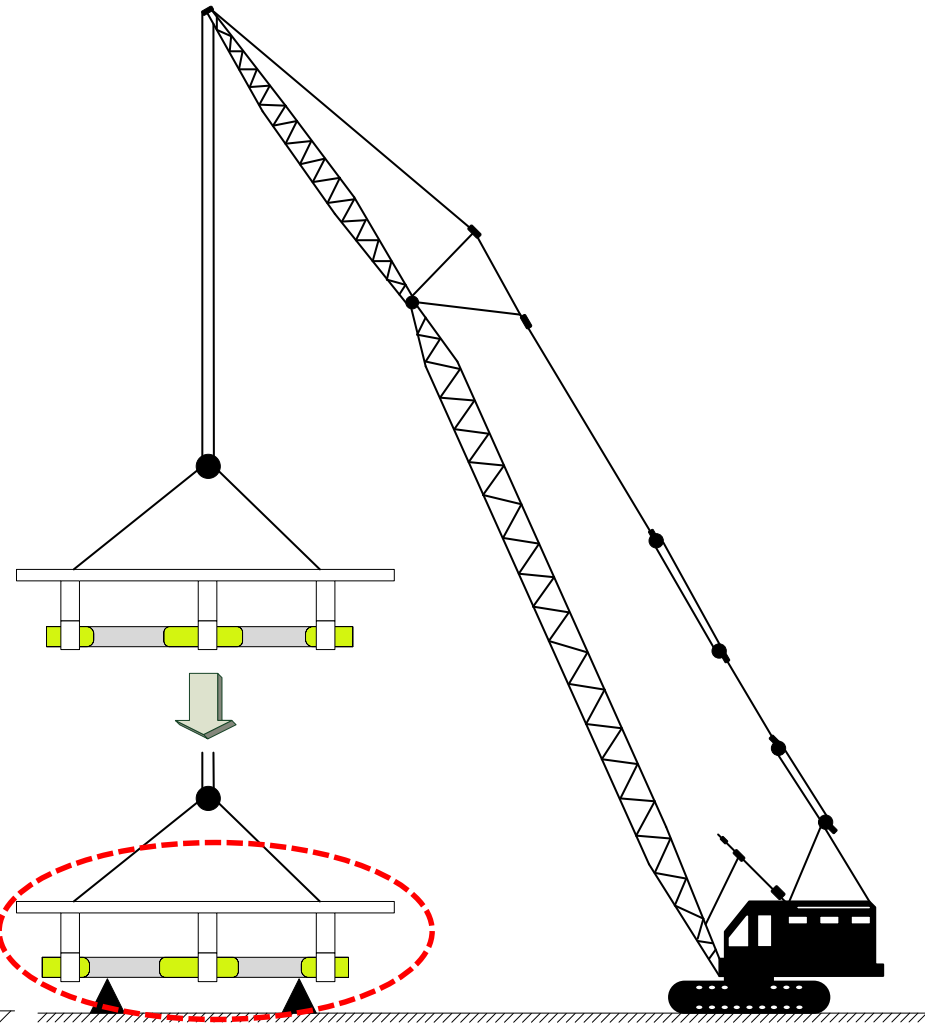
- 295 -

<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)



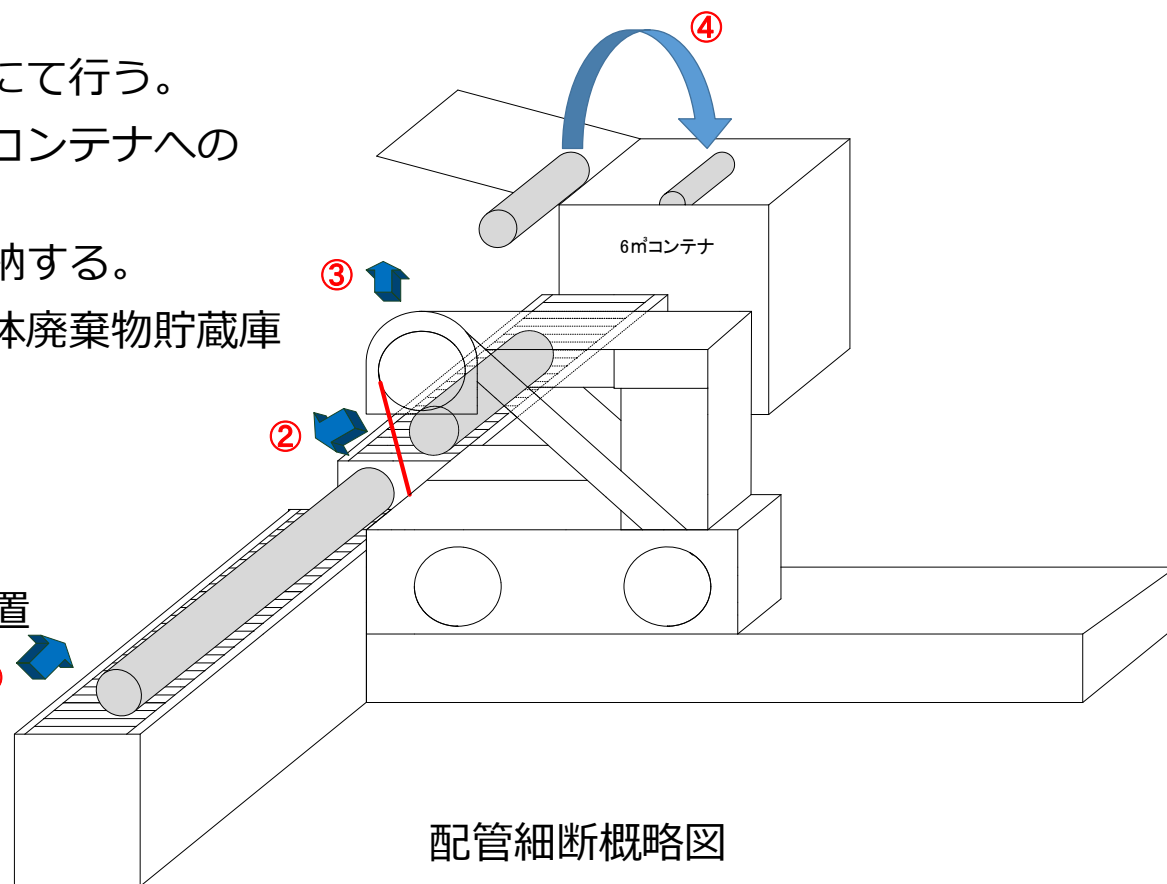
SGTS撤去配管吊り降ろし図

<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

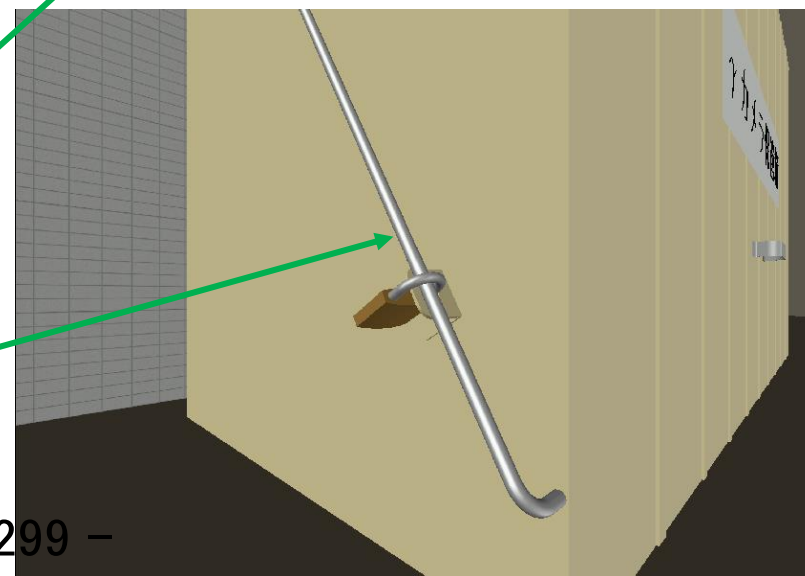
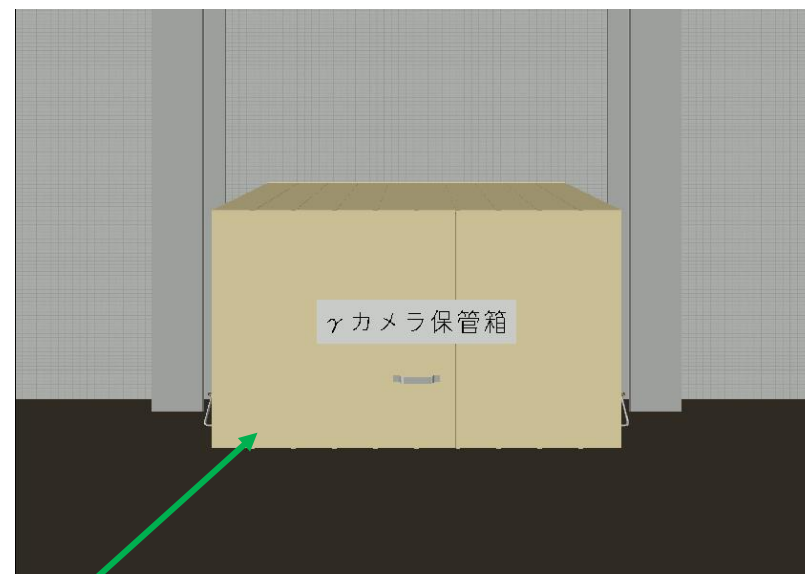
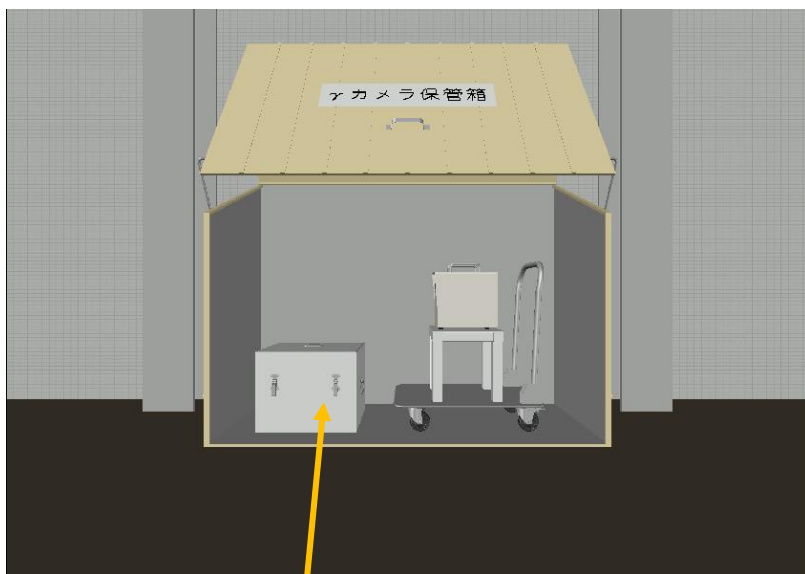
- ① 配管をローラーコンベアに設置
- ② 配管細断（配管細断装置）
- ③ 細断配管揚重（重機）
- ④ 細断配管収納



<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）



保管箱開放時

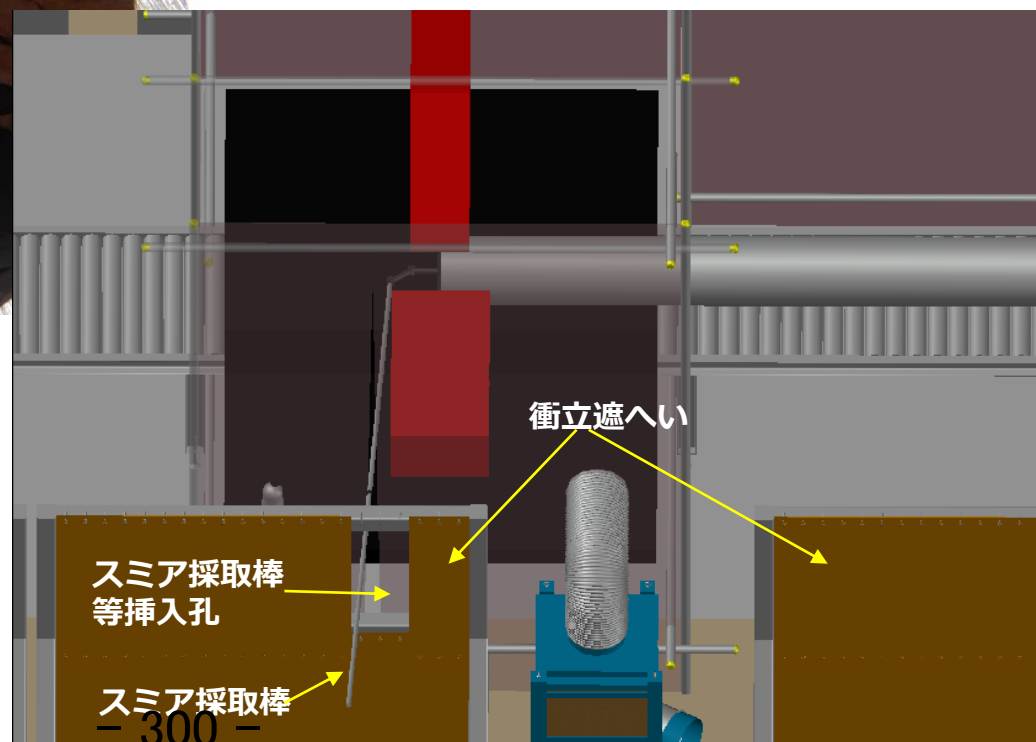
保管箱閉鎖時

保管箱施錠時



- 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)



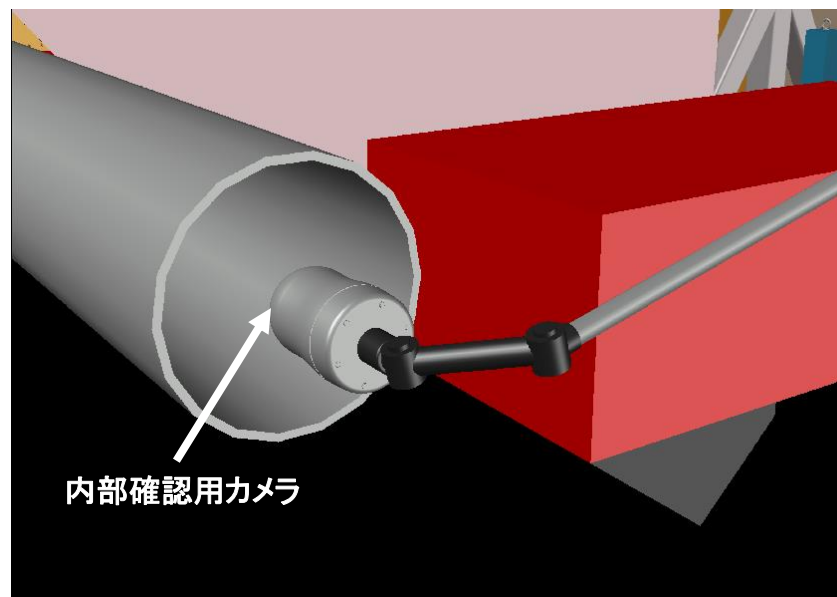
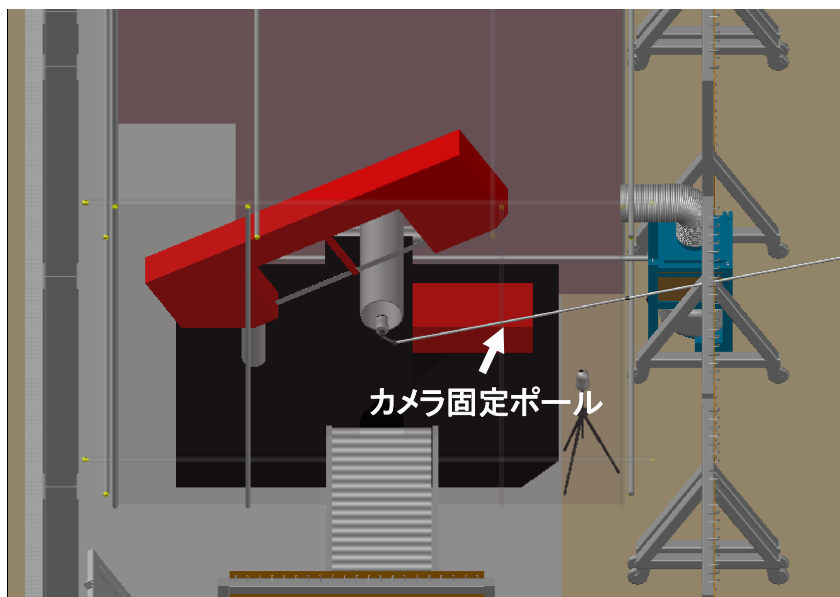
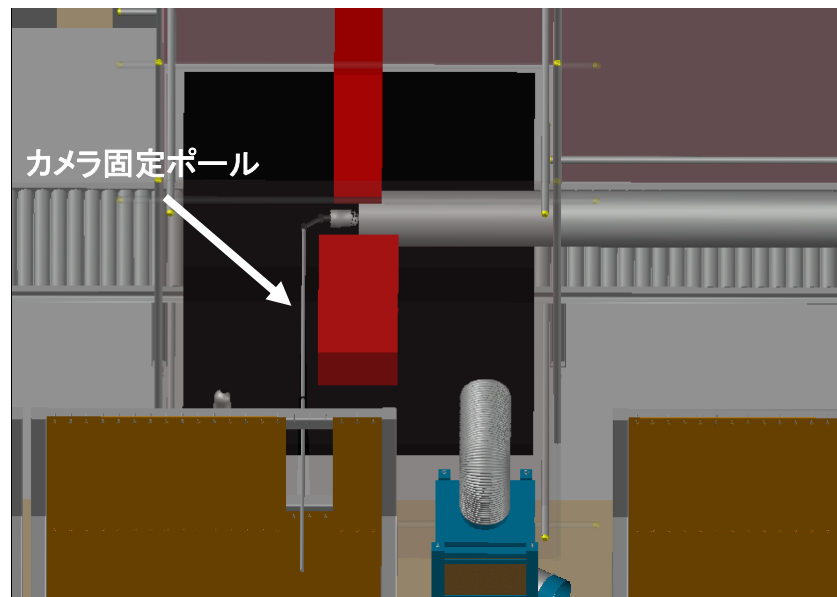
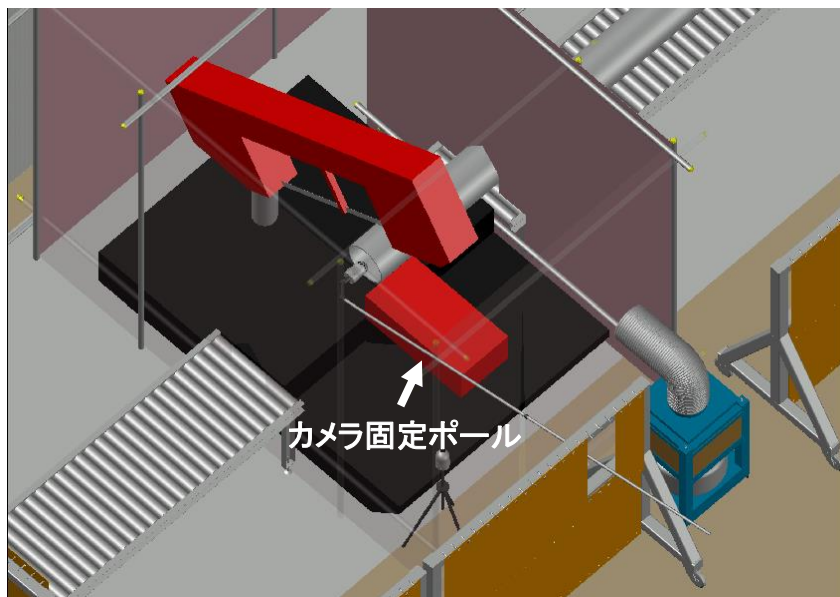
- 配管サンプルの採取は、必要箇所を約5cm程度の幅で配管細断装置を用いて輪切りの状態で採取する。
- 配管サンプルは位置情報や配管の上下、出入口方向を記録・記載する。
- 配管サンプルは引き抜き治具にて収納容器に収めて保管する。
- 収納容器に収める配管サンプルは、1収納容器に1サンプルとする。



サンプル収納容器

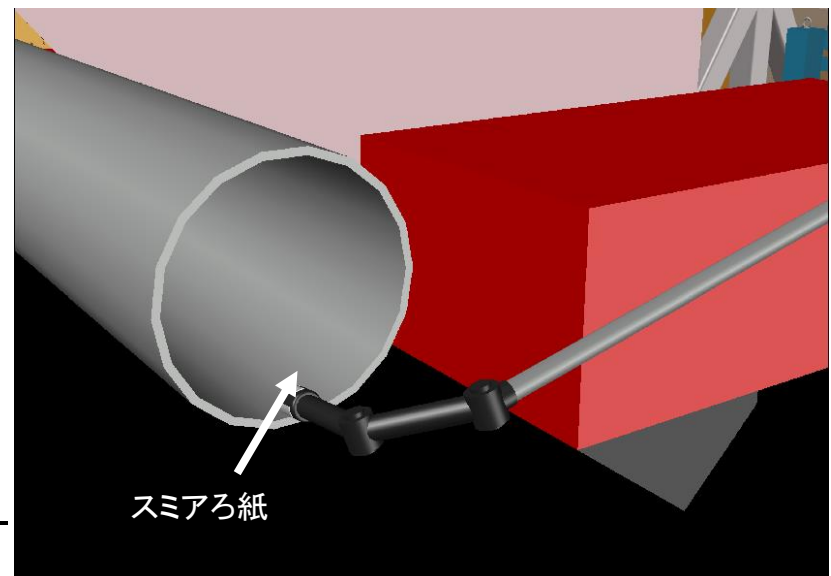
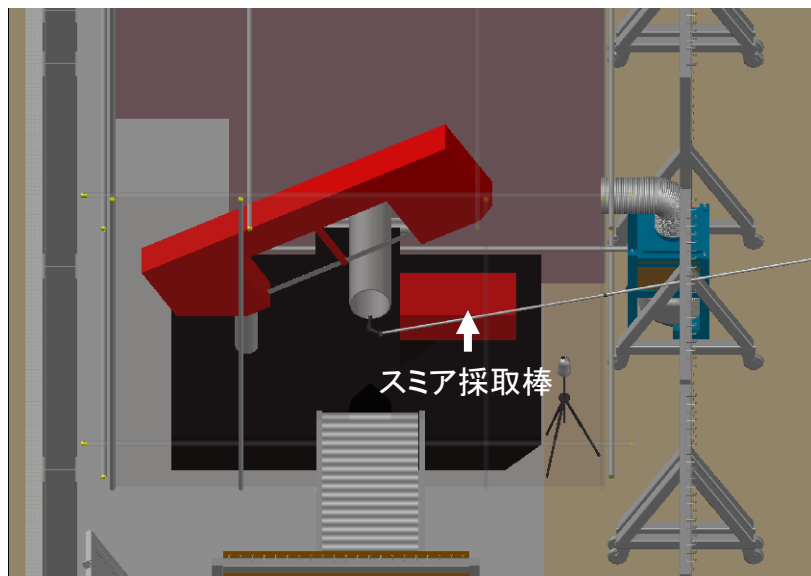
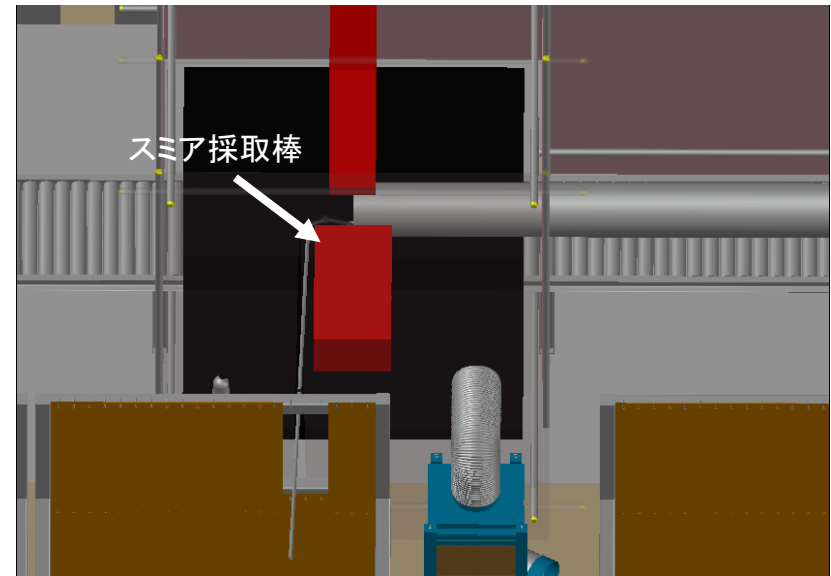
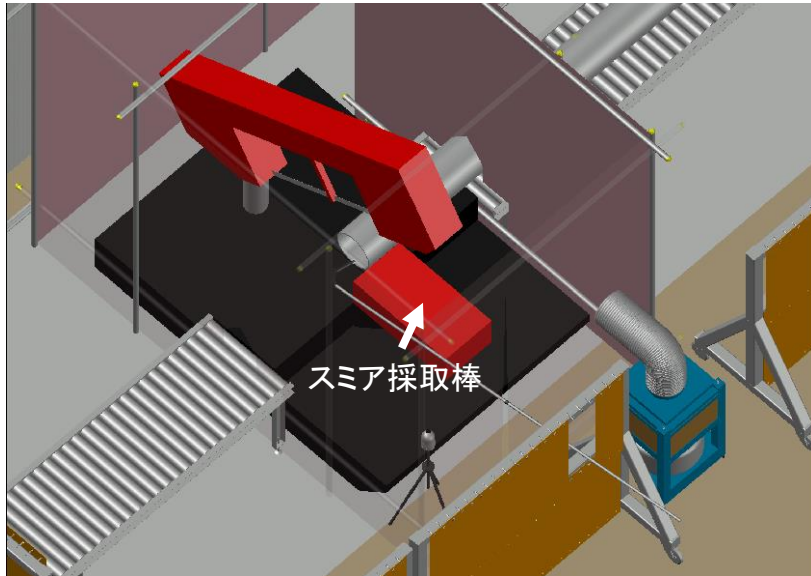


<参考> 配管内部確認（映像取得）方法



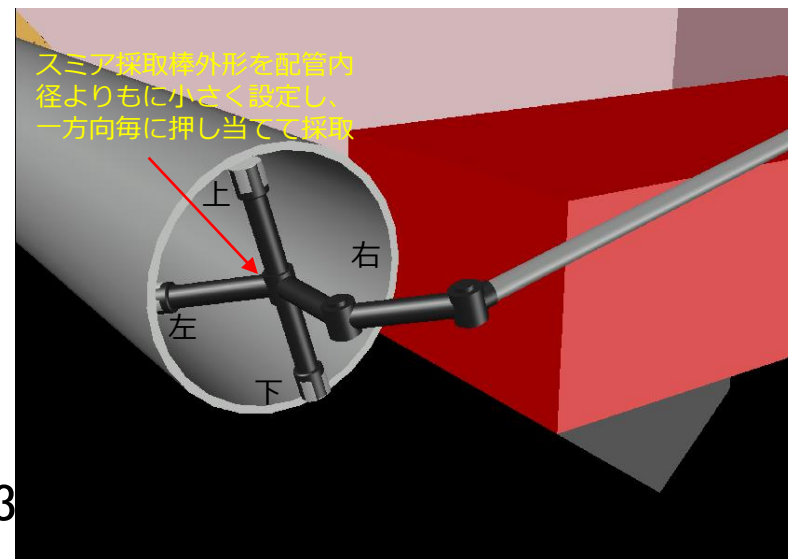
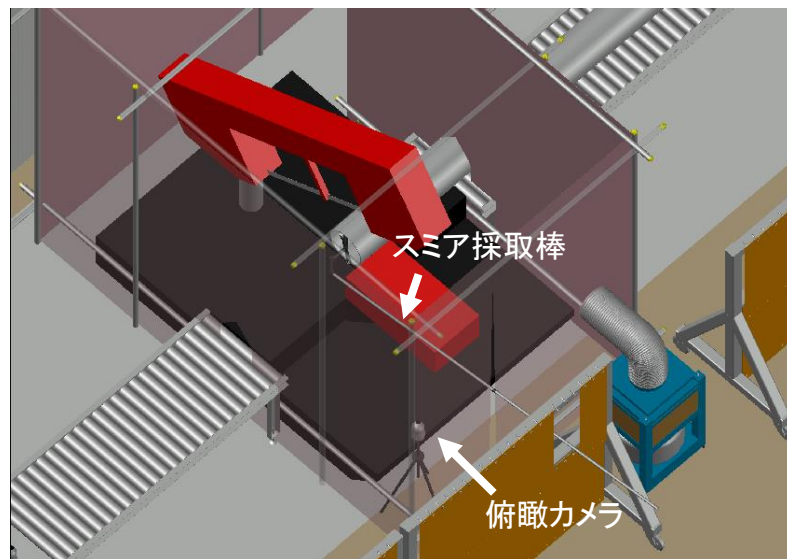
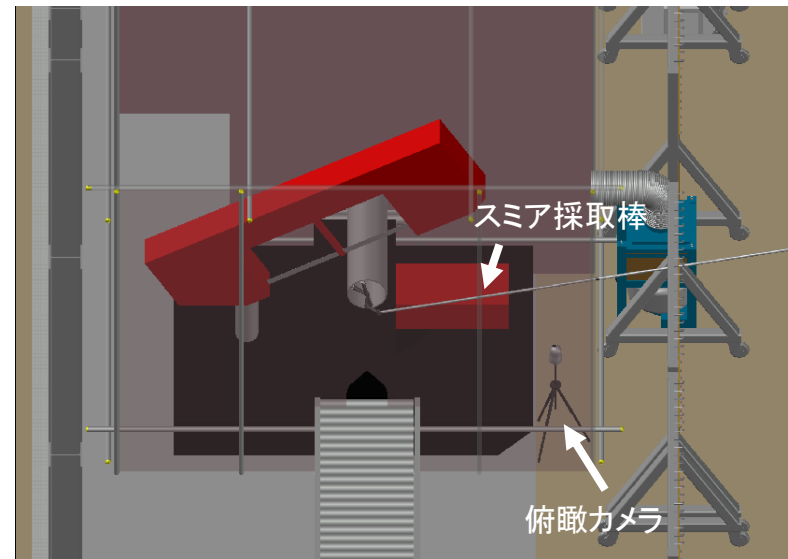
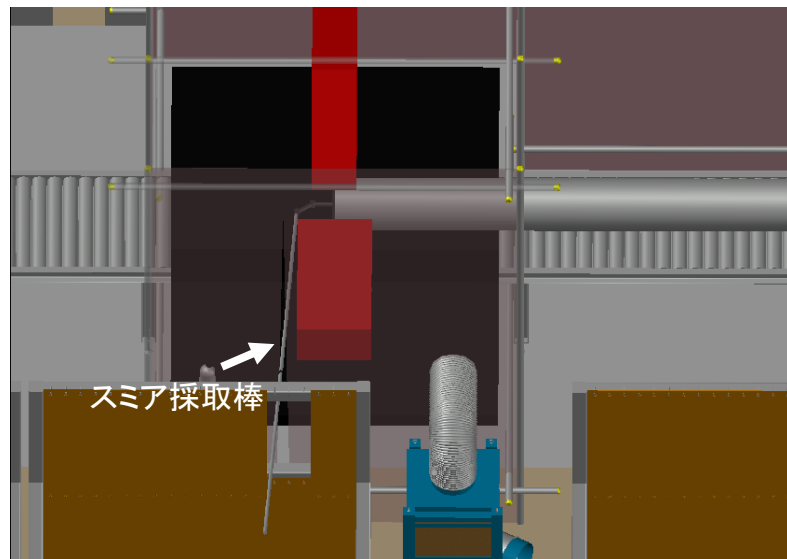
<参考> スミア採取方法（1ポイント毎の採取）

- 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。



<参考> 構外モックアップ施設

