

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
第12回会合

議事次第

1. 日時 令和5年12月15日（金）10:00～12:00
2. 場所 原子力規制委員会 13階会議室BCD
3. 議題
 - (1) 東京電力福島第一原子力発電所のサンプル分析について
 - (2) 1号機原子炉格納容器内部調査について
 - (3) コンクリート損傷事象を踏まえた対応状況について
 - (4) 固形状の放射性物質に関する検討状況
 - (5) その他
4. 配布資料
 - 資料1-1：東京電力福島第一原子力発電所のサンプル分析について〔原子力規制庁資料〕
 - 資料1-2：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止措置等に向けた分析体制の強化に係る状況について〔資源エネルギー庁資料〕
 - 資料1-3：東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の分析体制の強化に関するその後の取組状況〔原子力損害賠償・廃炉等支援機構資料〕
 - 資料1-4：分析人財確保に向けた取り組み状況〔東京電力ホールディングス株式会社資料〕

 - 資料2-1：1号機原子炉格納容器内部調査について〔原子力規制庁資料〕
 - 資料2-2：1号機原子炉格納容器内部調査について〔東京電力ホールディングス株式会社資料〕

 - 資料3：1号機原子炉格納容器下部で確認されたコンクリート損傷事象を踏まえた対応状況〔原子力規制庁資料〕

資料４－１：ALPS スラリー脱水に関連する論点への原子力規制庁の見解（特定原子力施設監視・評価検討会 第１０９回会合 資料３－２）[原子力規制庁資料]

資料４－２：水処理二次廃棄物の固化処理に関する検討方針について（特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合 第１５回会合 資料１－２）[原子力規制庁資料]

東京電力福島第一原子力発電所の サンプル分析について

2023年12月15日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

原子力規制庁の論点

1. 原子力規制庁におけるサンプル分析については、規制庁職員が現地調査時に瓦礫、スミヤ試料等を採取し、JAEA安全研究センターにおいて試料分析を実施している。
2. スミヤ試料採取の主な目的は、①及び②のとおり。
 - ① 溶融燃料の成分が格納容器から放出された時の経路を同定するために、各号機ごと、建屋の階層ごとの汚染分布を取得する。得られた汚染分布から汚染のメカニズムを把握し、サンプルの取得が難しい範囲の汚染分布を推定することも目指している。
 - 「1Fの廃止措置作業」において建屋を解体する際に、取得した汚染分布が、
 - ・汚染状態に合わせて作業方法を検討することにも役立つ(ベータ核種が主な成分である場合は、遮蔽を施して効果的に線量を落として作業を行うという判断ができるなど)
 - ・汚染の度合いに合わせて作業計画を立てることにも役立つ(汚染の度合いの低い部分から解体を行うなど)
 - ・作業場所別の危険度の把握にも役立つ

原子力規制庁の論点

- ② 高線量のサンプルは溶融燃料の成分を含んでいる可能性が高いため、スミヤ試料の分析結果から事故時の原子炉の挙動を推定する。
- 高線量のサンプルに含まれる溶融燃料の成分を分析することにより、「燃料デブリの性状把握」にも役立つ
- (過去の分析結果では、溶融燃料由来のMoが検出されている。Moは、炉心損傷・溶融進展時の雰囲気条件を推定する上で指標的な核種になり得る。得られた雰囲気条件から、燃料デブリの核種の化学形等を推定できる。)
- ・燃料デブリ由来のEu等の比較的高エネルギーのガンマ線核種は、デブリの分析において最も重要な核種であるが、線量が高いため取扱いが難しい。これらの核種の実取扱いに係る知見は、「燃料デブリの性状把握・取り出し」にも有効。
 - ・「1Fの廃止措置作業」において解体した建材について、付着した汚染物質に合わせた「処分方法」を検討することにも役立つ(表面に固着する元素については表面を削る、容易に遊離する元素については洗浄して処理するなど)

原子力規制庁の論点

3. 事故調査の進展に伴い、採取するスミヤ試料のサンプルのストックは増加している。一方で、JAEA安全研究センターで分析できるサンプルの量に限界があること、サンプルの輸送に時間がかかること等の問題がある。
4. 2. に記載のとおり、「1Fの廃止措置作業」、「廃棄物の処理・処分方策の検討」、「燃料デブリの性状把握・取り出し」等にも有益であることから、大熊分析・研究センターにおいて採取したスミヤ試料の分析の一部を共同で実施してはどうか。

○原子力規制庁において採取したサンプルリスト(1/2)

2023年11月末時点

No.	サンプル名	分析作業の状況	採取年月	採取場所	採取場所を示した図面	採取組織
1	3号機タービン建屋内コンクリート瓦礫	済	2020年2月	3号機TB	—	規制庁
2	3号機タービン建屋内コンクリート瓦礫	済	2020年2月	3号機TB	—	規制庁
3	3号機タービン建屋内コンクリート瓦礫	済	2020年2月	3号機TB	—	規制庁
4	3号機タービン建屋内コンクリート瓦礫	済	2020年2月	3号機TB	—	規制庁
5	1/2号機共用スタック基部ドレンサンプ水	済	2016年9月	1/2号機スタック	—	東電
6	2号機原子炉建屋内スミヤ (5階壁面)	一部分析済	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
7	2号機原子炉建屋内スミヤ (5階床面)	一部分析済	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
8	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階壁面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
9	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階床面)	一部分析済	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
10	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階階段裏面)	済	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
11	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階壁面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
12	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階床面)	作業中	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
13	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階階段裏面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
14	2号機原子炉建屋内スミヤ (2階壁面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
15	2号機原子炉建屋内スミヤ (2階床面)	作業中	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
16	2号機原子炉建屋内スミヤ (2階階段裏面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
17	2号機原子炉建屋内スミヤ (1階壁面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
18	2号機原子炉建屋内スミヤ (1階床面)	一部分析済	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
19	2号機原子炉建屋内スミヤ (1階階段裏面)	未	2020年10月	2号機RB	別添1	規制庁
20	3号機タービン建屋内コンクリート瓦礫	未	2020年9月	3号機TB	—	規制庁
21	2号機SGTS室内試料 (ローダーケーブル拭き取り)	未	2021年8月	2号機SGTS室	別添2	規制庁
22	2号機SGTS室内試料 (ローダーキャタピラ拭き取り)	未	2021年8月	2号機SGTS室	別添2	規制庁
23	2号機SGTS室内スミヤ (南壁端 (床) ①)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
24	2号機SGTS室内スミヤ (南壁中間 (床) ②)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁

No.	サンプル名	分析作業の状況	採取年月	採取場所	採取場所を示した図面	採取組織
25	2号機SGTS室内スミヤ (南壁入口側 (床) ③)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
26	2号機SGTS室内スミヤ (南壁柱 (壁) ④)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
27	2号機SGTS室内スミヤ (フィルタ手前ラック前 (床) ⑤)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
28	2号機SGTS室内スミヤ (R/B側 (壁) ⑥)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
29	2号機SGTS室内スミヤ (南側入口 (床) ⑦)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
30	2号機SGTS室内スミヤ (南側入口から左奥 (床) ⑧)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
31	2号機SGTS室内スミヤ (南側入口から更に左奥 (床) ⑨)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
32	2号機SGTS室内スミヤ (南側入口から更に左奥 (床) ⑩)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
33	2号機SGTS室内スミヤ (ローダーケーブル⑪)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
34	2号機SGTS室内スミヤ (ローダーキャタピラ⑫)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
35	2号機SGTS室内スミヤ (北側入口扉前 (床) ⑬)	未	2021年11月	2号機SGTS室	別添3	規制庁
36	3号機SGTS室内スミヤ (A系フィルタ (床) ⑭)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁
37	3号機SGTS室内スミヤ (A系フィルタ (床) ⑮)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁
38	3号機SGTS室内スミヤ (A系フィルタ (床) ⑯)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁
39	3号機SGTS室内スミヤ (A系フィルタ奥右側 (壁) ⑰)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁
40	3号機SGTS室内スミヤ (B系フィルタ (床) ⑱)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁
41	3号機SGTS室内スミヤ (B系フィルタ (床) ⑲)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁
42	3号機SGTS室内スミヤ (B系フィルタ入口 (床) ⑳)	未	2021年11月	3号機SGTS室	別添4	規制庁

※採取組織が東電となっているものは、東電が採取を実施後、規制庁試料として分取等を行ったもの。

○原子力規制庁において採取したサンプルリスト(2/2)

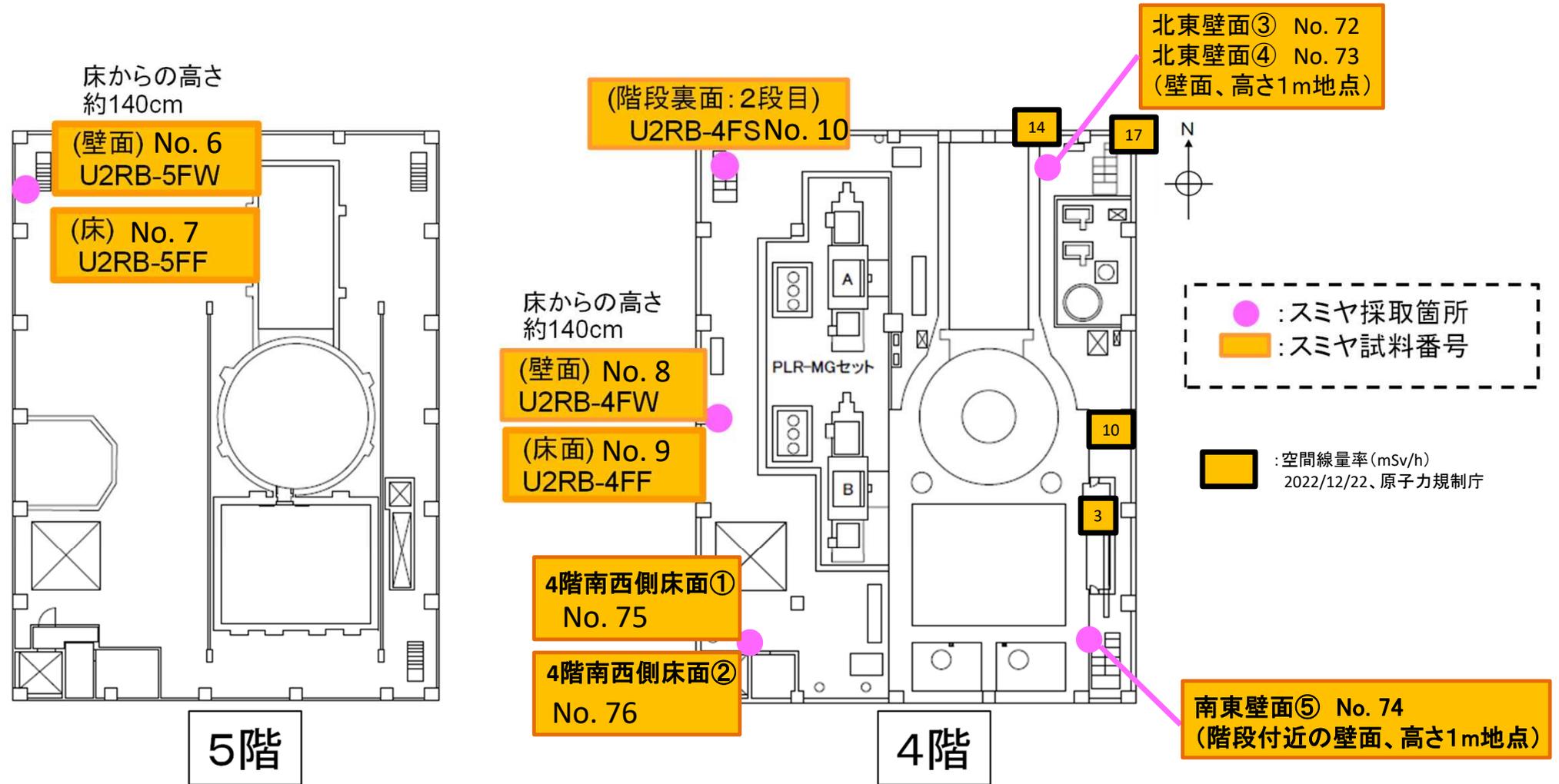
2023年11月末時点

No.	サンプル名	分析作業 の状況	採取年月	採取場所	採取場所を 示した図面	採取組織
43	1号機原子炉建屋内スミヤ (1階階段裏①)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
44	1号機原子炉建屋内スミヤ (1階壁面②)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
45	1号機原子炉建屋内スミヤ (2階階段裏③)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
46	1号機原子炉建屋内スミヤ (2階壁面④)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
47	1号機原子炉建屋内スミヤ (3階階段裏⑤)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
48	1号機原子炉建屋内スミヤ (3階壁面⑥)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
49	1号機原子炉建屋内スミヤ (3階格納容器壁面⑦)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
50	1号機原子炉建屋内スミヤ (4階階段裏⑧)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
51	1号機原子炉建屋内スミヤ (4階壁面⑨)	未	2021年11月	1号機RB	別添 5	規制庁
52	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階階段裏①)	未	2021年12月	3号機RB	別添 6	規制庁
53	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階壁面②)	未	2021年12月	3号機RB	別添 6	規制庁
54	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階壁面③)	未	2021年12月	3号機RB	別添 6	規制庁
55	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階格納容器壁面④)	未	2021年12月	3号機RB	別添 6	規制庁
56	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階格納容器壁面焦げ跡⑤)	未	2021年12月	3号機RB	別添 6	規制庁
57	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階壁面①)	未	2022年6月	3号機RB	別添 7	規制庁
58	3号機原子炉建屋内スミヤ (2階壁面②)	未	2022年6月	3号機RB	別添 7	規制庁
59	3号機原子炉建屋内スミヤ (3階壁面③)	未	2022年6月	3号機RB	別添 7	規制庁
60	3号機原子炉建屋内スミヤ (3階壁面④)	未	2022年6月	3号機RB	別添 7	規制庁
61	2号機FHM操作室スミヤ (屋上部⑧)	未	2022年8月	2号機RB	別添 8	東電
62	2号機FHM操作室スミヤ (2階操作室床面⑩)	未	2022年8月	2号機RB	別添 8	東電
63	2号機FHM操作室スミヤ (操作卓表面⑮)	未	2022年8月	2号機RB	別添 8	東電
64	2号機FHM操作室スミヤ (ガラス片 (室内側) ⑯)	未	2022年9月	2号機RB	別添 8	東電
65	2号機FHM操作室スミヤ (ガラス片 (オベフロ側) ⑰)	未	2022年9月	2号機RB	別添 8	東電

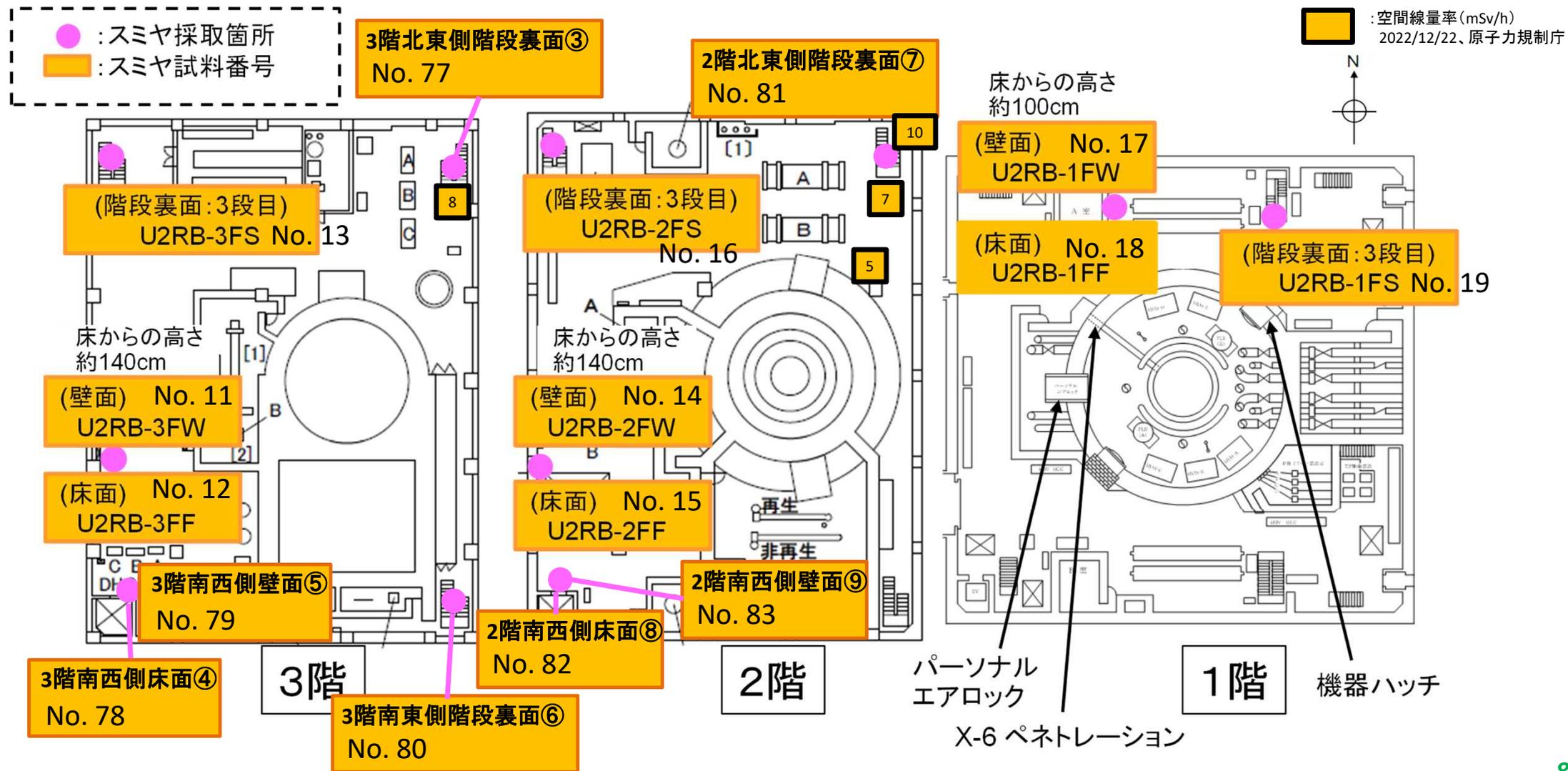
No.	サンプル名	分析作業 の状況	採取年月	採取場所	採取場所を 示した図面	採取組織
66	1号機タービン建屋地下1階スミヤ (配管上①)	東電で実施済	2022年11月	1号機TB	別添 9	規制庁
67	1号機タービン建屋地下1階スミヤ (配管上②)	東電で実施済	2022年11月	1号機TB	別添 9	規制庁
68	1号機タービン建屋地下1階試料 (トレンチ底部①)	東電で実施済	2022年11月	1号機TB	別添 9	規制庁
69	1号機タービン建屋地下1階試料 (トレンチ底部②)	東電で実施済	2022年11月	1号機TB	別添 9	規制庁
70	2号機原子炉建屋内スミヤ (北東三角コーナー①)	未	2022年12月	2号機RB	別添 1	規制庁
71	2号機原子炉建屋内スミヤ (北東三角コーナー②)	未	2022年12月	2号機RB	別添 1	規制庁
72	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階北東壁面③)	未	2022年12月	2号機RB	別添 1	規制庁
73	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階北東壁面④)	未	2022年12月	2号機RB	別添 1	規制庁
74	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階南東壁面⑤)	未	2022年12月	2号機RB	別添 1	規制庁
75	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階南西側床面①)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
76	2号機原子炉建屋内スミヤ (4階南西側壁面②)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
77	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階北東側階段裏面③)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
78	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階南西側床面④)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
79	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階南西側壁面⑤)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
80	2号機原子炉建屋内スミヤ (3階南東側階段裏面⑥)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
81	2号機原子炉建屋内スミヤ (2階北東側階段裏面⑦)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
82	2号機原子炉建屋内スミヤ (2階南西側床面⑧)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁
83	2号機原子炉建屋内スミヤ (2階南西側壁面⑨)	未	2023年8月	2号機RB	別添 1	規制庁

※採取組織が東電となっているものは、東電が採取を実施後、
規制庁試料として分取等を行ったもの。

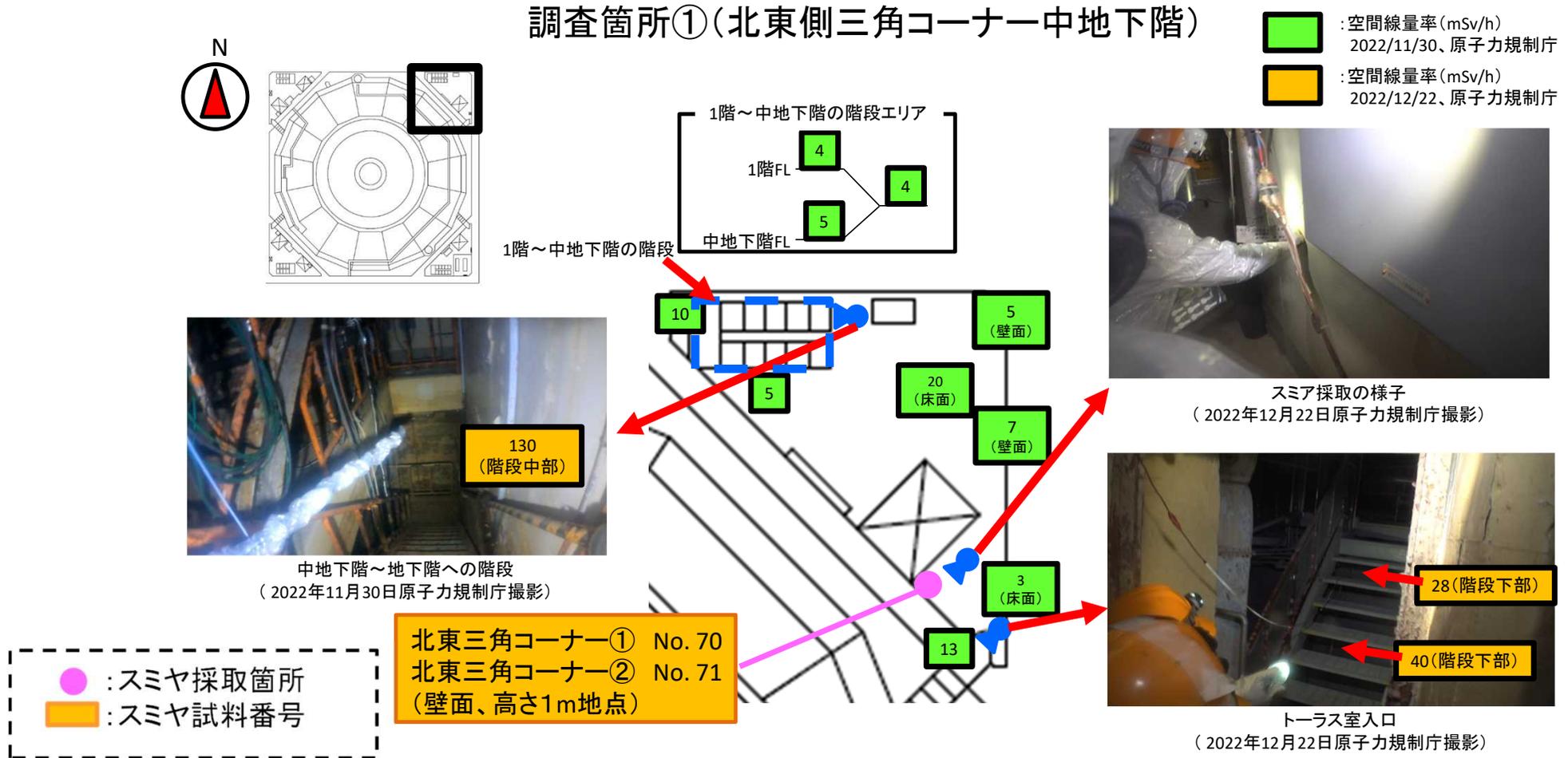
2号機原子炉建屋内スミヤ試料の採取場所(2020年10月、2022年12月及び2023年8月採取)(1/3) 別添1



2号機原子炉建屋内スミヤ試料の採取場所(2020年10月、2022年12月及び2023年8月採取)(2/3)



2号機原子炉建屋内スミヤ試料の採取場所(2020年10月、2022年12月及び2023年8月採取)(3/3)



図の出典: 建屋内の空間線量率について(2018年2月28日、東京電力ホールディングス株式会社)(一部加筆)

2号機SGTS室で使用したローダーのスミヤ試料の採取場所(2021年8月採取)

別添2



保管中の試料

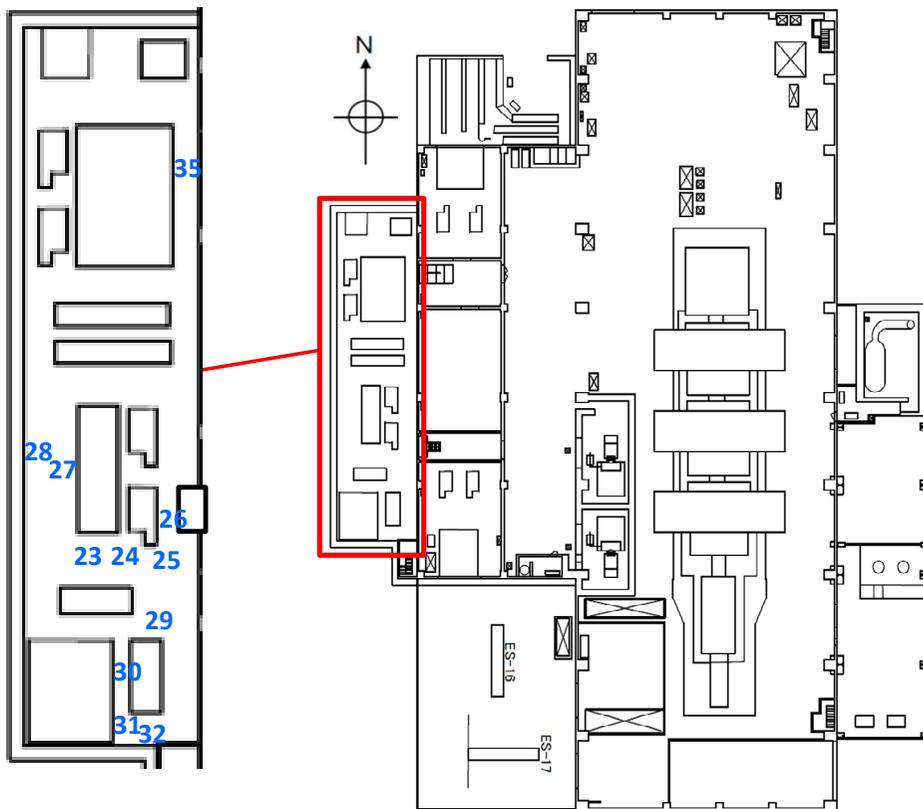


遠隔調査用ローダーのケーブルキャタピラを拭き取り
 ※遠隔調査用ローダー: 2021年6月25日、7月29日、30日、
 8月6日に2号機SGTS室内で走行調査を実施したもの

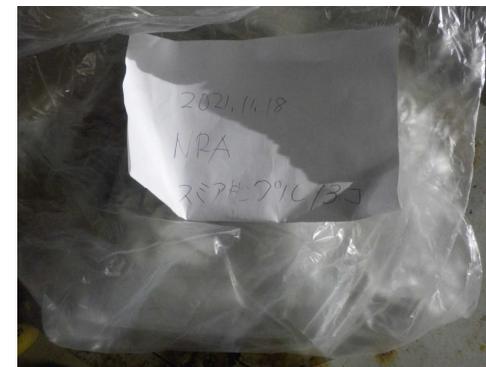


2号機SGTS室のスミヤ試料の採取場所(2021年11月採取)

別添3



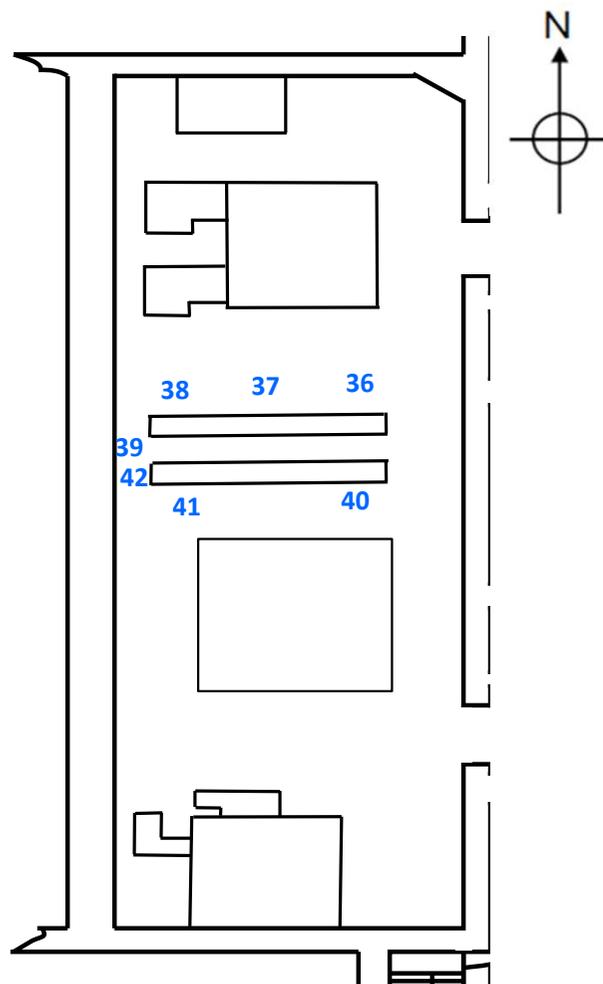
33 遠隔調査用ローダーのケーブルを拭き取り
 34 遠隔調査用ローダーのキャタピラを拭き取り
 ※遠隔調査用ローダー: 2021年6月25日、7月29日、30日、8月6日に
 2号機SGTS室内で走行調査を実施したもの



保管中の試料

No.	場所	採取位置線量率 (SGTSフィルタからの 寄与のため、参考値)
23	南壁端(床)①	478 μ Sv/h
24	南壁中間(床)②	346 μ Sv/h
25	南壁入口側(床)③	120 μ Sv/h
26	南壁柱(壁)④	140 μ Sv/h
27	フィルタ手前ラック前(床)⑤	1.65mSv/h
28	R/B側(壁)⑥	4.57mSv/h
29	南側入口(床)⑦	48.5 μ Sv/h
30	南側入口から左奥(床)⑧	27 μ Sv/h
31	南側入口から更に左奥(床)⑨	37 μ Sv/h
32	南側入口から更に左奥(床)⑩	50.2 μ Sv/h
33	ローダーケーブル⑪	-
34	ローダーキャタピラ⑫	-
35	北側入口扉前(床)⑬	4.00mSv/h

3号機SGTS室のスミヤ試料の採取場所(2021年11月採取)



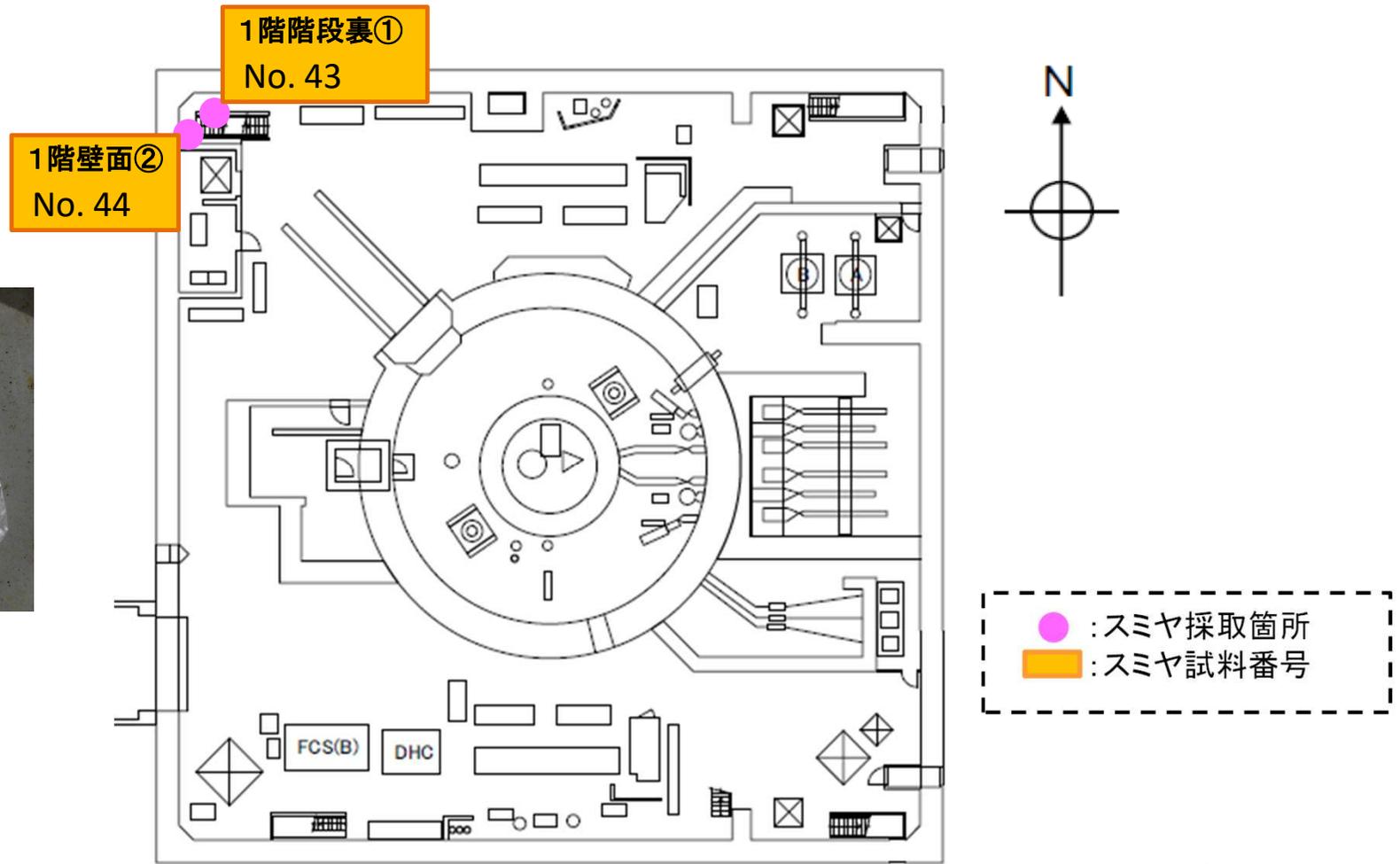
No.	場所	採取位置線量率 (SGTSフィルタからの 寄与のため、参考値)
36	A系フィルタ(床)⑭	290 μ Sv/h
37	A系フィルタ(床)⑮	280 μ Sv/h
38	A系フィルタ(床)⑯	360 μ Sv/h
39	A系フィルタ奥右側(壁)⑰	150 μ Sv/h
40	B系フィルタ(床)⑱	1.0mSv/h
41	B系フィルタ(床)⑲	320 μ Sv/h
42	B系フィルタ入口(床)⑳	730 μ Sv/h

1号機原子炉建屋1～4階のスミヤ試料の採取場所(2021年11月採取)(1/2)

別添5



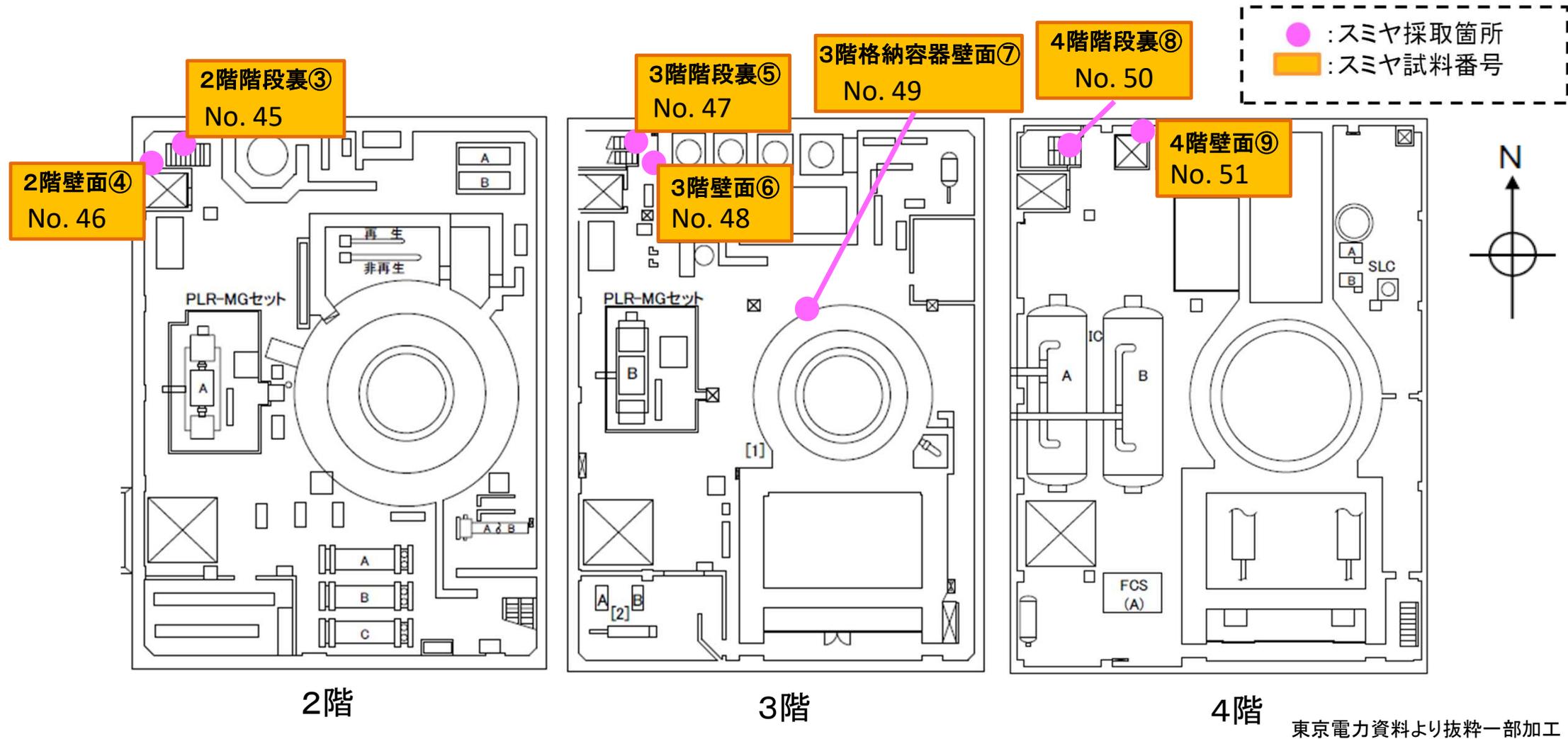
保管中の試料



1階

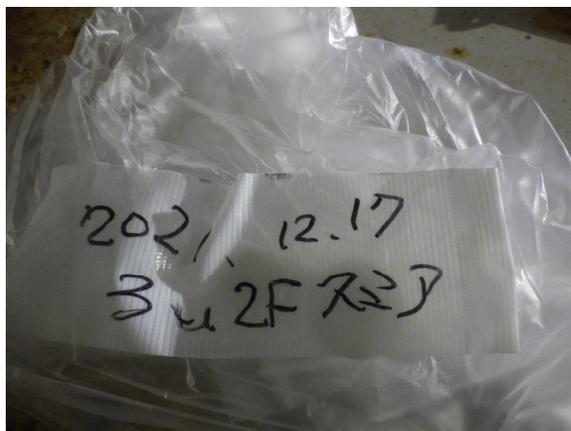
東京電力資料より抜粋一部加工

1号機原子炉建屋1～4階のスミヤ試料の採取場所(2021年11月採取)(2/2)



3号機原子炉建屋2階のスミヤ試料の採取場所(2021年12月採取)

別添6



保管中の試料

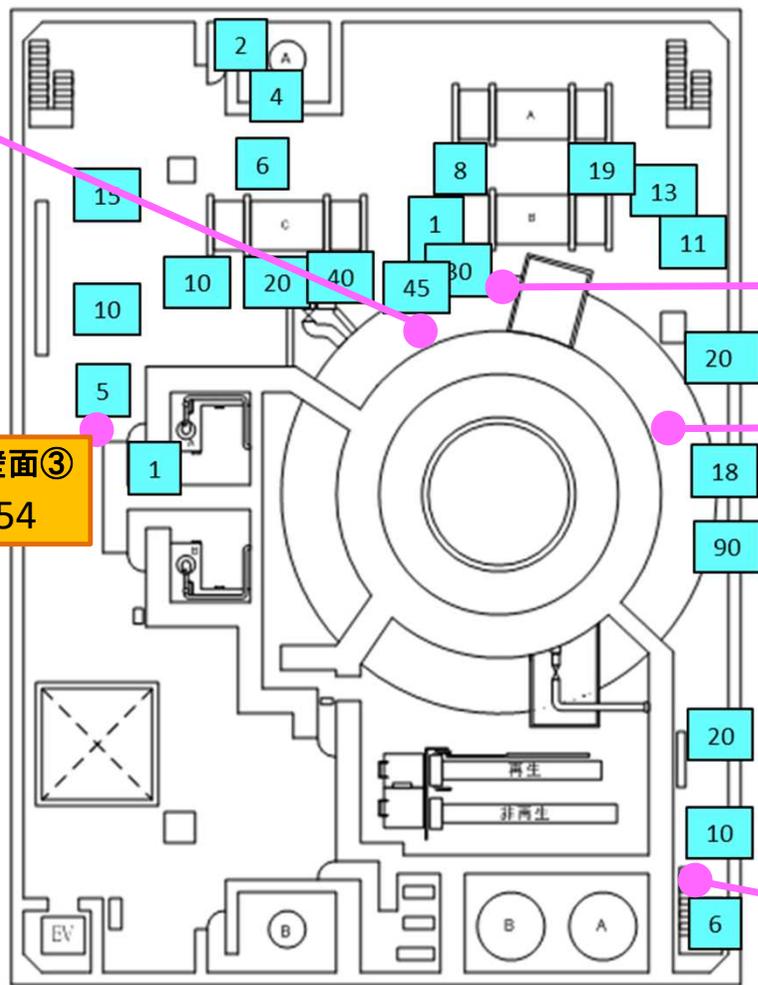
2階格納容器壁面④
No. 55

2階壁面③
No. 54

2階格納容器壁面焦げ跡⑤
No. 56

2階壁面②
No. 53

2階階段裏①
No. 52



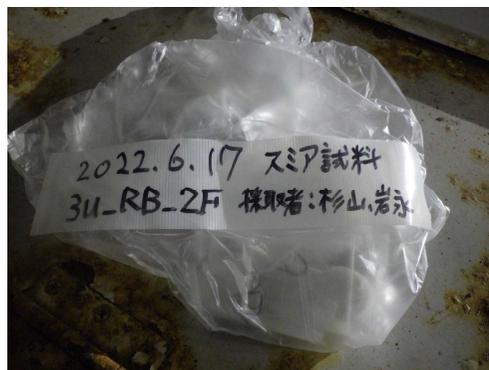
■ : 原子力規制庁による
測定結果(mSv/h)

● : スミヤ採取箇所
■ : スミヤ試料番号

東京電力資料より抜粋一部加工

3号機原子炉建屋2階及び3階のスミヤ試料の採取場所(2022年6月採取)(1/2)

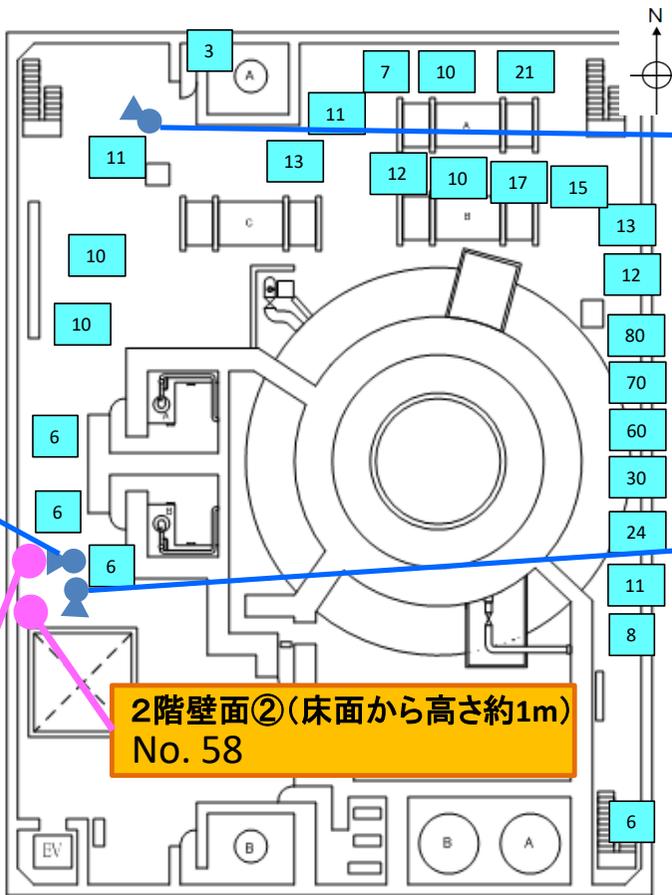
別添7



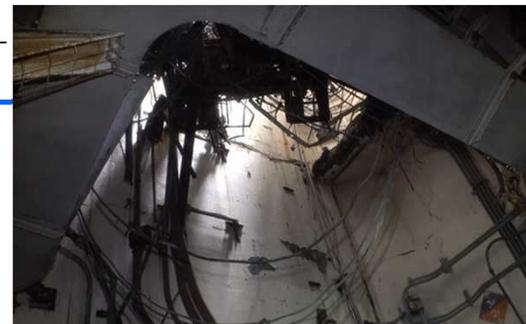
保管中の試料



(スミヤ採取の様子)



2階



(北西側階段上の様子)



(大物搬入口付近の様子)

■ : 原子力規制庁による測定結果 (mSv/h)

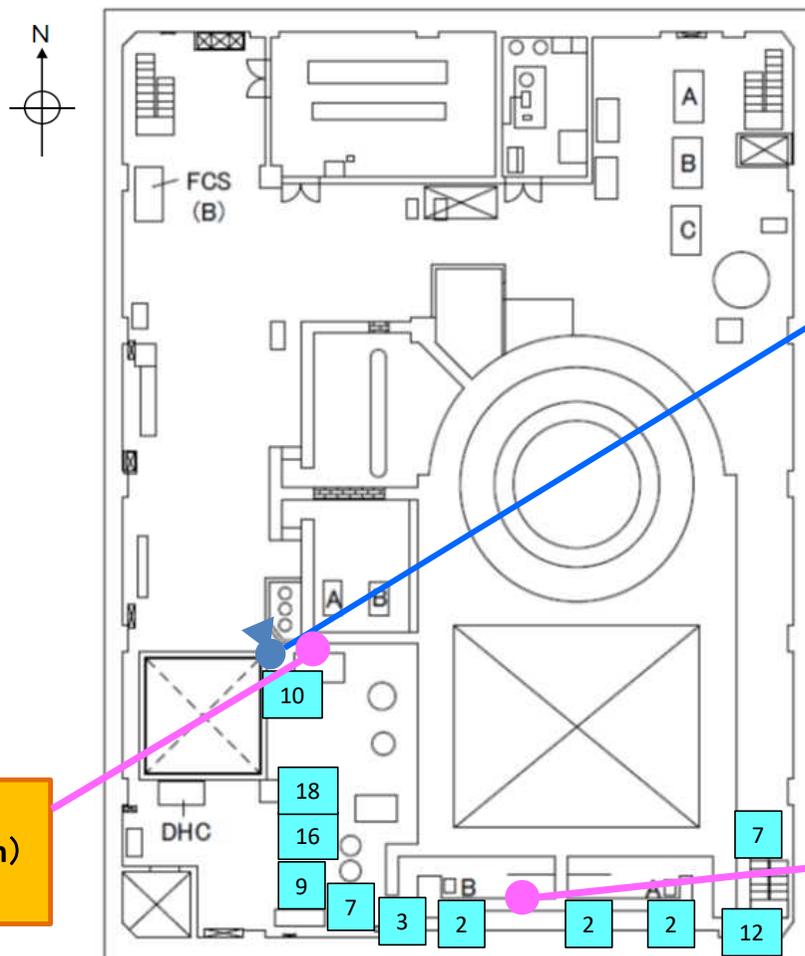
写真は、いずれも2022年6月17日原子力規制庁撮影

● : スミヤ採取箇所
■ : スミヤ試料番号

2階壁面①
(床面から高さ約50cm)
No. 57

2階壁面②(床面から高さ約1m)
No. 58

3号機原子炉建屋・2階及び3階のスミヤ試料の採取場所(2022年6月採取)(2/2)



(天井付近の様子)

■ : 原子力規制庁による測定結果 (mSv/h)

3階壁面③
(床面から高さ約1m)
No. 59

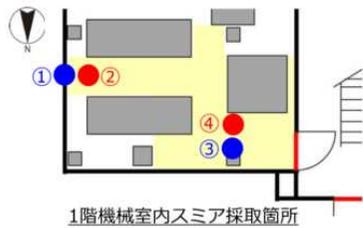
3階壁面④
(床面から高さ約1m)
No. 60

3階

写真は、2022年6月17日原子力規制庁撮影

2号機オペフロ・FHM操作室のスミヤ試料の採取場所(2022年8月～9月採取)

< 1階および屋上 >



- : 床面
- : 壁面
- : 屋上部
- : SPOT走行可能範囲

屋上部⑧ No. 61



ガラス片(室内側)⑩ No. 64

ガラス片(オペフロ側)⑪ No. 65

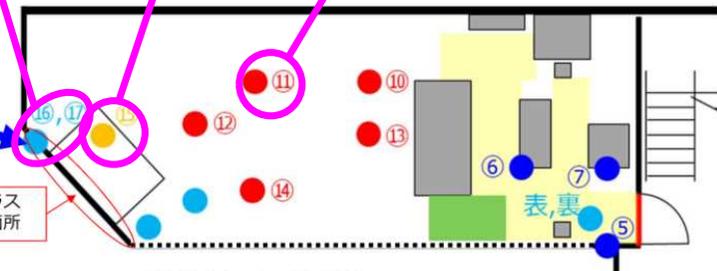
< 2階 >

操作卓表面⑮ No. 63

2階操作室床面⑪ No. 62

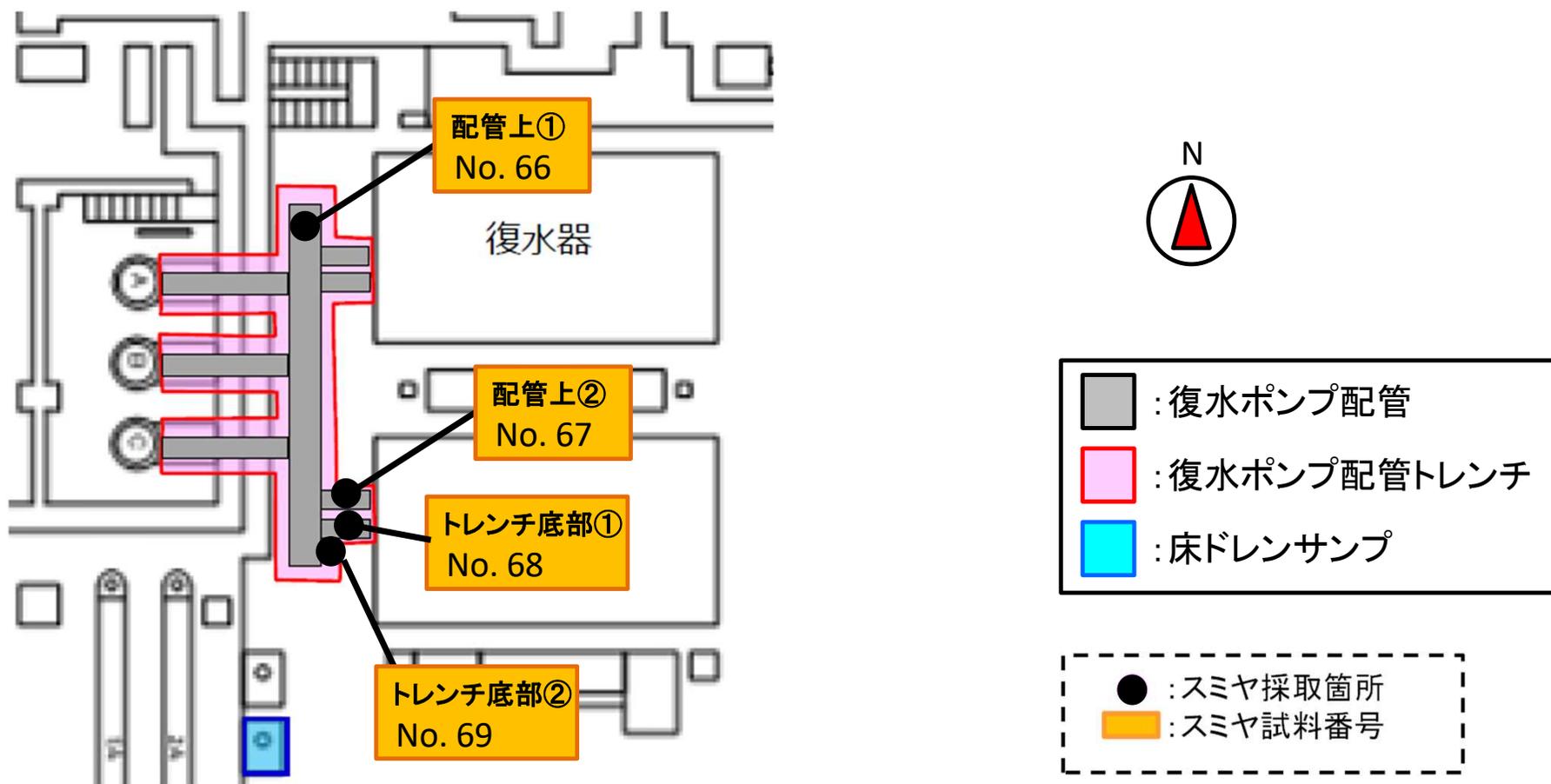
追加調査の中で、
9/15に窓枠に残っていた
ガラス片を回収し、
スミア採取を実施

窓ガラス
破損箇所



- : 床面
- : 操作卓表面
- : 壁面又は機器表面
- : 石膏ボード破片等回収箇所
- : 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

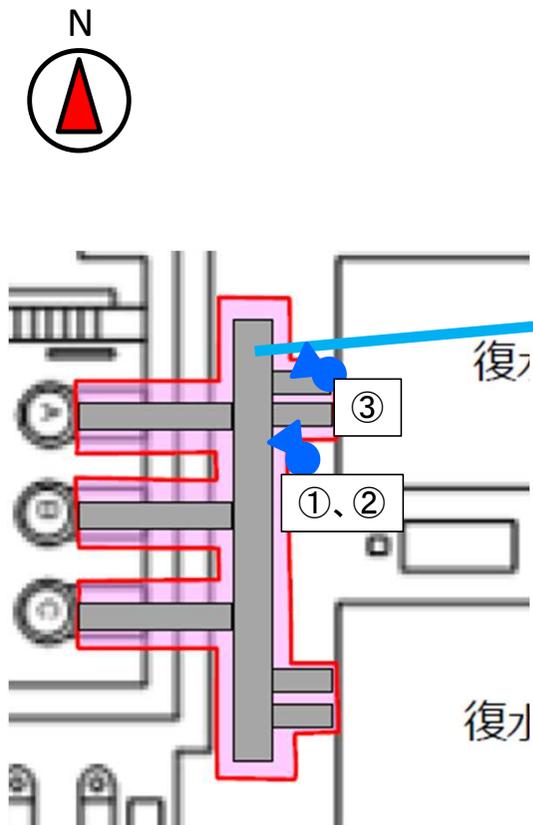
1号機タービン建屋地下1階のスミヤ試料の採取場所(2022年11月採取)(1/3)



1号機T/B地下1階(最下階)平面図

図の出典: 建屋滞留水処理の進捗状況について(2017年5月22日、東京電力ホールディングス株式会社)(一部加筆)

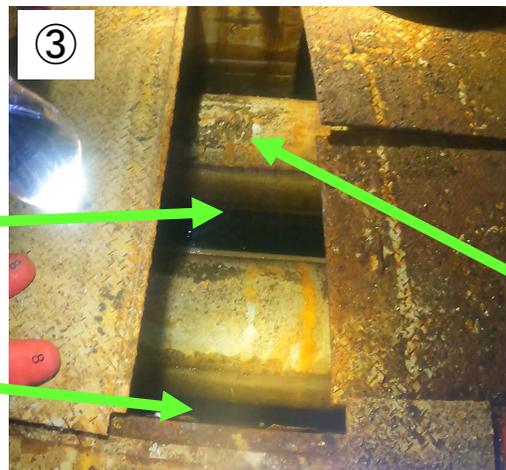
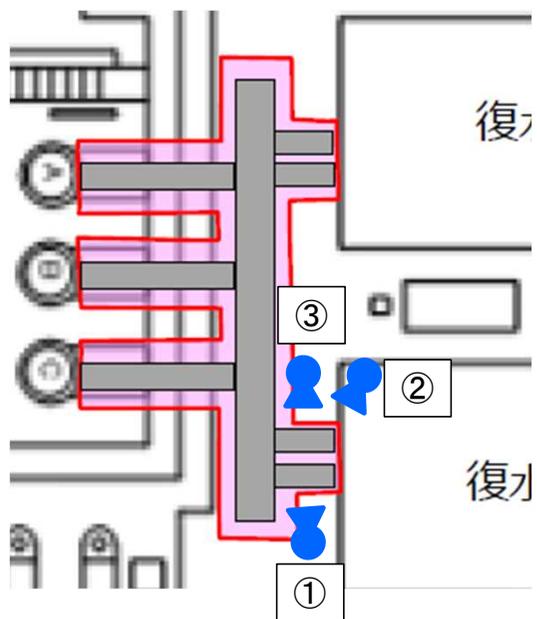
1号機タービン建屋地下1階のスミヤ試料の採取場所(2022年11月採取)(2/3)



配管上① No. 66
スミヤ試料採取場所

図の出典: 建屋滞留水処理の進捗状況について(2017年5月22日、東京電力ホールディングス株式会社)(一部加筆)
写真は、いずれも2022年10月21日原子力規制庁撮影

1号機タービン建屋地下1階のスミヤ試料の採取場所(2022年11月採取)(3/3)



トレンチ底部①
(底部の汚泥)

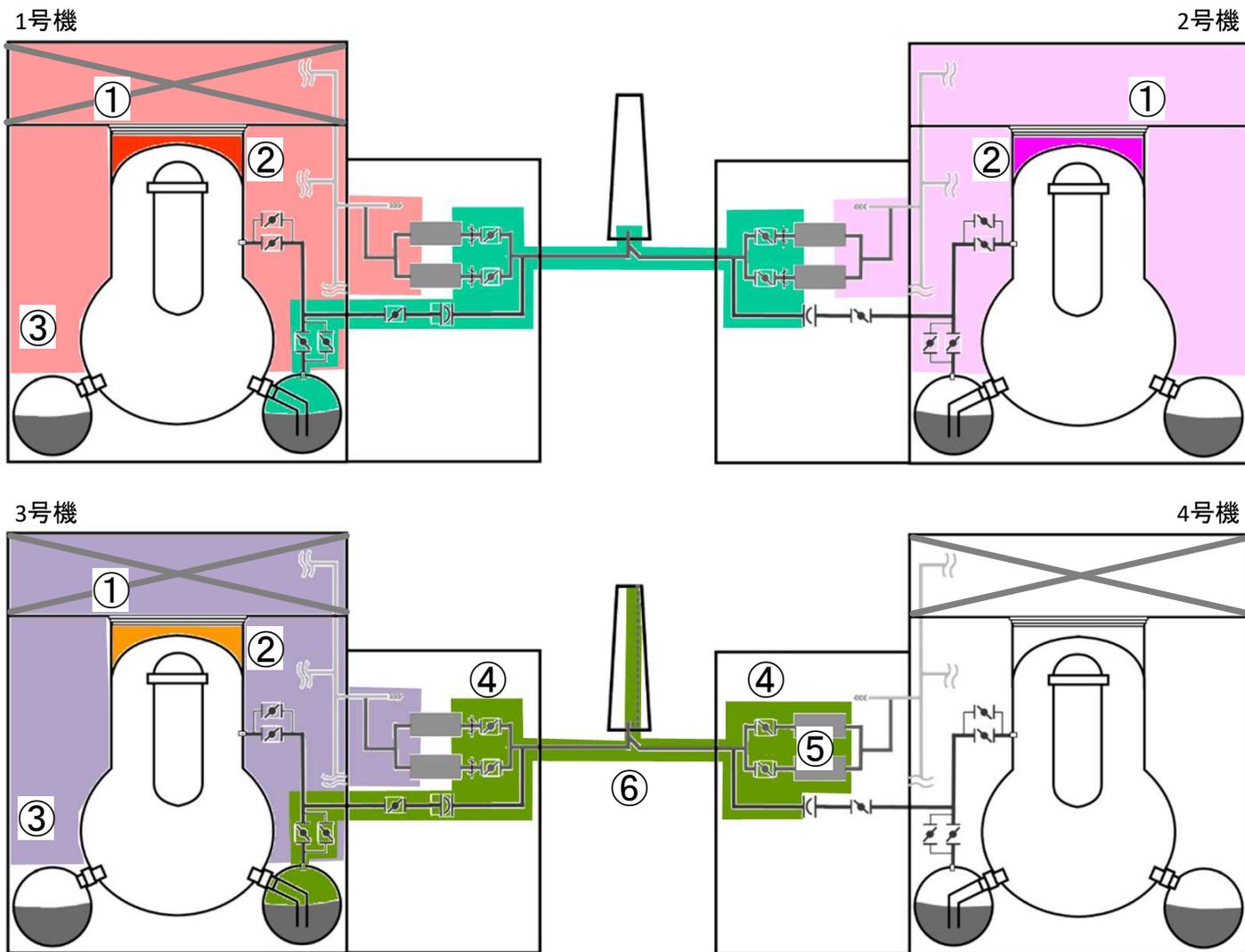
トレンチ底部②
(底部の汚泥)

配管上② No. 67
スミヤ試料採取場所

図の出典: 建屋滞留水処理の進捗状況について(2017年5月22日、東京電力ホールディングス株式会社)(一部加筆)
写真は、いずれも2022年10月21日原子力規制庁撮影

スミヤ試料の採取場所の候補

別添10



①	1号機～3号機の原子炉建屋オペフロ及びシールドプラグ周縁部隙間
②	1号機～3号機の原子炉建屋4階及び原子炉ウェル差圧調整ライン配管内面
③	1号機及び3号機の原子炉建屋下層階床面・壁面
④	3号機及び4号機のSGTSフィルタトレイン及び出口HEPAフィルタのスタック側表面(またはそれより下流)
⑤	4号機のSGTSフィルタトレイン及びチャコールフィルタスタック側表面
⑥	3号機及び4号機の共用スタックドレインサンプピット

東京電力ホールディングス（株）福島第一 原子力発電所の廃止措置等に向けた 分析体制の強化に係る状況について

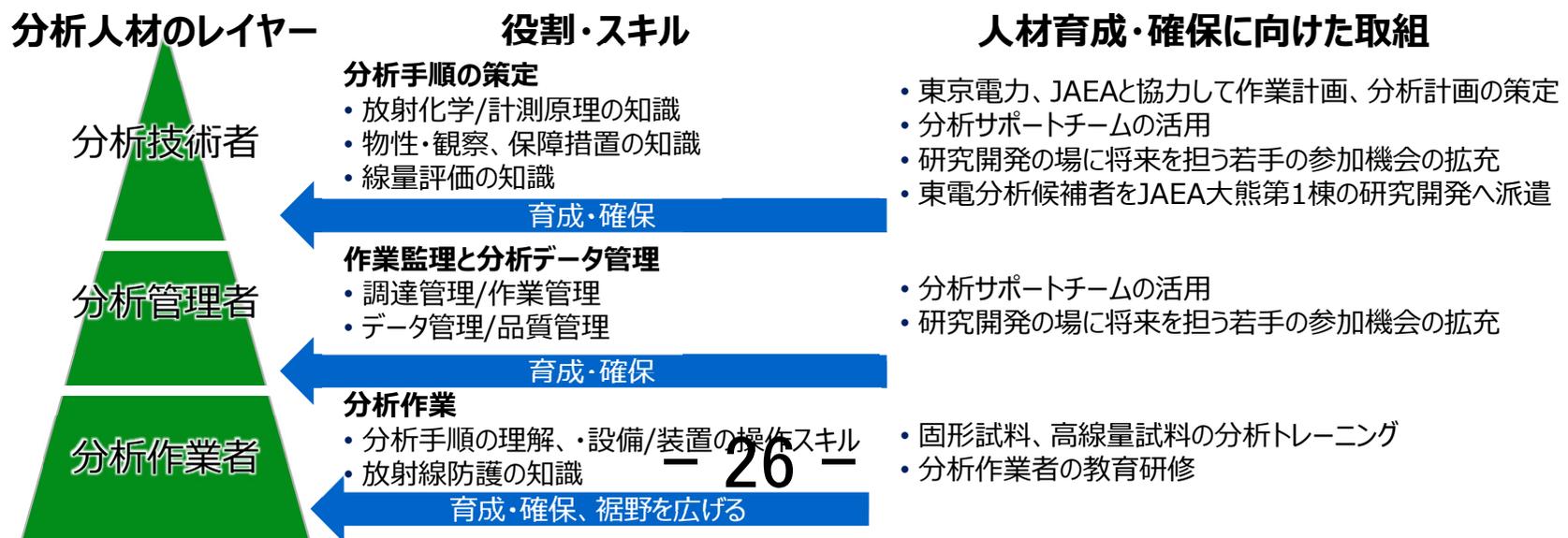
2023/12/15

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

資源エネルギー庁

1. 人材育成・確保に向けた取組

- 東京電力では、総合分析施設の立ち上げに向けて、分析技術者候補を1名 JAEA 放射性物質分析・研究施設第1棟（以下、「大熊第1棟」という。）へ派遣し、OJTとして研究開発に参加させ、分析技術者の育成を併せて実施。（東京電力より詳細報告）また、JAEA 大熊第1棟にて固体廃棄物の分析経験をさらに積むべく、分析作業者に対する分析のトレーニングを実施中。
- JAEAでは、中長期的な視点に基づき大学などと連携し、新たな分析手法の開発、その検証を行うとともに、それらを通じて若手人材を育成するなど、高度な人材育成の場としての活用も検討していく。これと併せて分析手法の研究開発等に必要な予算を計上したR5年度補正予算が成立。
- 将来の分析作業者となる可能性のある人材の裾野を広げるための分析人材育成のプログラムについて今年度内の実施に向け関係機関で調整中。



2. 分析施設整備に向けた取組

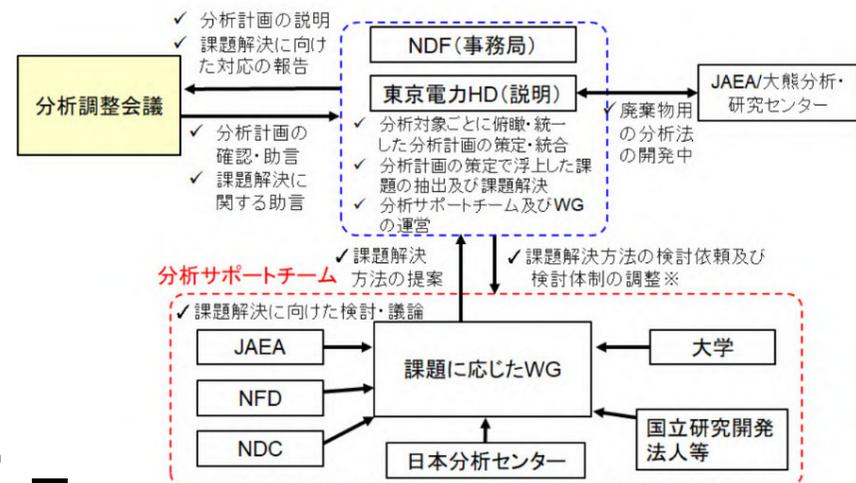
- 大熊第1棟にて実施してきた標準的な分析手法の整備が実質的に完了。一部サンプルはR5年度に分析予定。R6年度以降はこれらの手法を用いて、分析計画を踏まえた着実な分析と研究開発を実施予定。分析業務量の増加にも対応出来るよう、分析能力の拡充、分析手法の合理化等の検討を加速する。
- JAEA放射性物質分析・研究施設第2棟（以下、「大熊第2棟」という。）では、実施計画の認可に向けて審査中であり、令和8年度内の竣工を目指す。また、そのために必要な建設費用を計上した令和5年度補正予算が成立。今後も建設費用の措置を継続していく。
- 東京電力による総合分析施設の仕様検討を進め、2020年代後半の竣工を目指す。
- 施設の分析能力拡充のための分析支援が出来るよう、NDFに新たに設置された分析調整会議及びその下部組織である分析サポートチームを活用していく。（NDFより詳細報告）

分析施設整備



総合分析施設
2020年代後半竣工予定

分析能力拡充



3. 分析を着実に実施していくための枠組み整備

- 廃棄物の分析目的に応じた分析対象核種や検出下限値の設定など、具体的な分析業務への落とし込みを東京電力、JAEAが協力して行っており、東電の分析計画やそれを踏まえたJAEAの業務計画の見直しに反映する予定。
- 東京電力において、R6年度以降の試料採取、分析を行う施設の確保、試料の輸送などに関わる工程全体の調整を実施中。また、引き続き分析と各廃炉作業との連携体制と機能の強化を行う。
- 現在の廃炉作業の進捗および東京電力の分析計画を踏まえ、技術戦略プランにおいて、『分析に関わる関係機関個別の実行計画』を新たに追加した。

東京電力ホールディングス(株) 福島第一原子力発電所の 分析体制の強化に関するその後の取組状況

2023年12月15日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)

戦略プラン2023における分析戦略

意義

福島第一の廃炉においては、分析対象物、目的、線量率が多岐に及ぶ分析が不可欠。

- 燃料デブリの不確かさの幅の低減により、過度な裕度を低減できれば、廃炉の迅速性、合理性の向上が可能。
- 固体廃棄物は、処理・処分方策の検討に当たり、性状データを取得するための分析が不可欠。

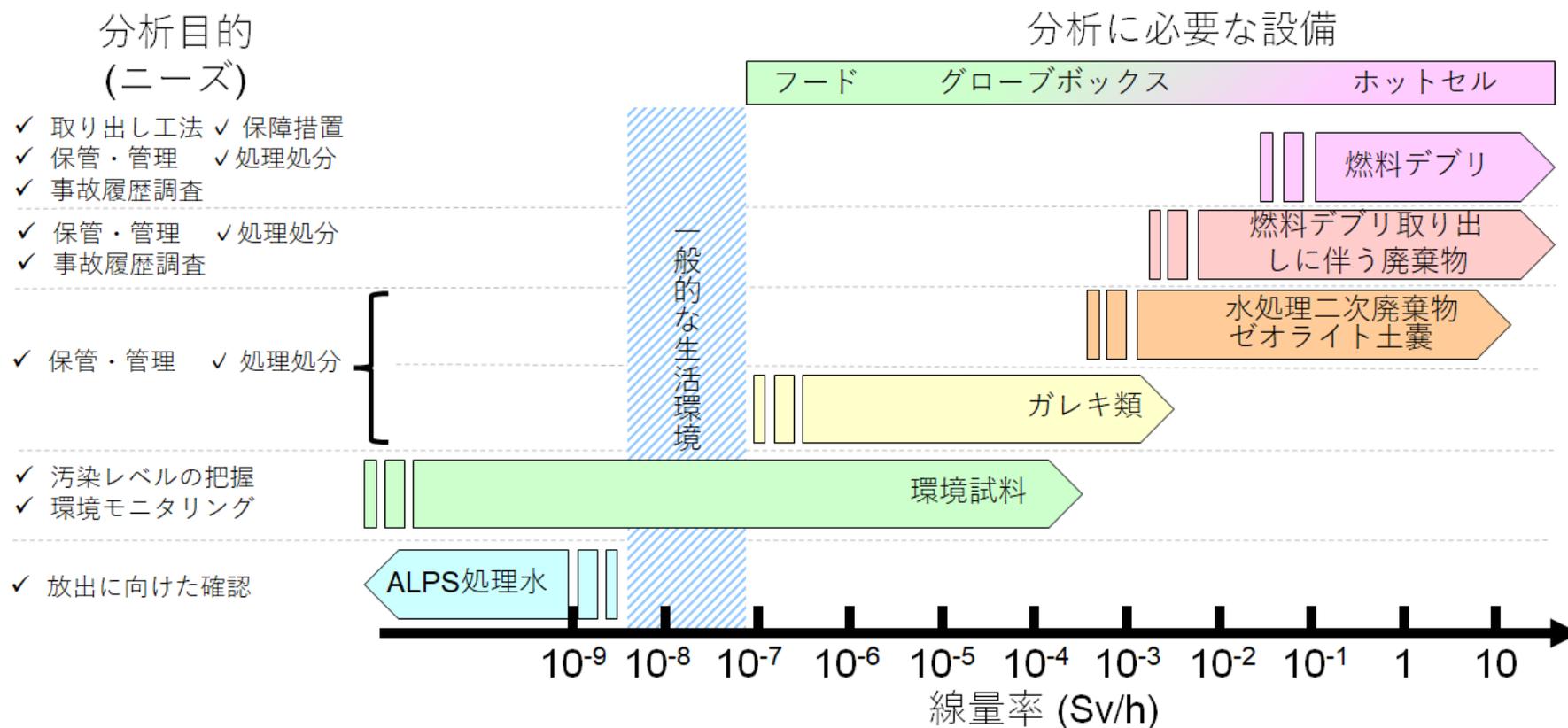


図 分析対象物の分析目的、分析に必要な設備及び線量率の関係

課題と戦略

分析の手法・体制の強化

分析が原因で廃炉作業が停滞することを回避し、将来的な分析需要の拡大(種類と数の増加)も考慮した上で、分析を計画的に準備。

固体廃棄物では、核種組成や放射能濃度が多様かつ物量が多く、福島第一原子力発電所の廃棄物特有の確認方法の開発が必要。

燃料デブリや水処理二次廃棄物等は高い放射線量を有し、遮へい及び閉じ込め能力を有するホットセルが分析設備として必要な上、構外輸送の省力化が重要。

分析人材の不足に加え、分析計画を立案する高度な能力(一個人では困難)が必要。

東京電力が分析優先度の高い廃棄物を抽出し、性状把握方針及び分析計画を検討し、分析計画を統合・調整し、分析能力の年度展開を策定。

統計的手法の適用、迅速化した分析手法の標準化、及び様々な試料形態や難分析核種の分析手法開発を実施。

茨城地区での分析に加え、放射性物質分析・研究施設第1棟の運用を開始し、第2棟(JAEA)と総合分析施設(東京電力)の建設を検討。

分析計画の確認や課題解決に関する助言を行うために、「分析調整会議」及び「分析サポートチーム」を組織。

分析調整会議と分析サポートチーム

- 分析調整会議: 対象物の種類と数の増加に対応する分析計画の確認や課題解決に関する助言。有識者主体で構成。
- 分析サポートチーム: 提起された課題の解決に向けた議論・検討を行い、課題解決手法の提案、進捗状況の報告。実務経験豊富な研究者、技術者主体で構成。

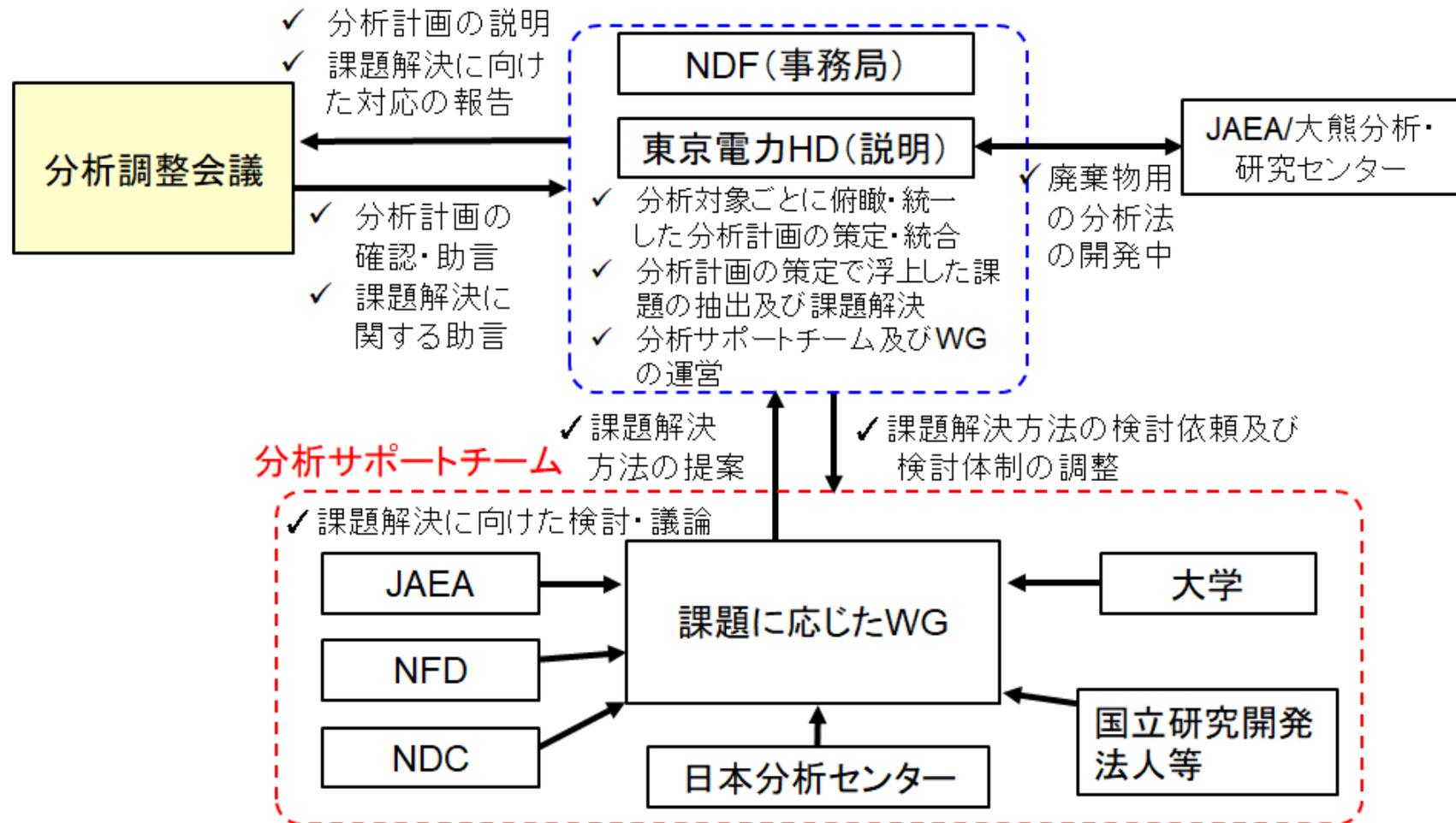


図 分析調整会議と分析サポートチームの役割

分析調整会議と分析サポートチーム

主な助言・コメント

(1)分析調整会議:

- 今後、燃料デブリの分析計画や役割分担を検討していくために、分析目的と分析項目の明確化が必要。
- 環境試料等の低濃度試料分析について、人、環境への影響等、ターゲットとなるレベルを把握した上で、下限値側の測定目標を検討することが必要。
- 分析技術者の教育は、分析対象、目的、タイミングを考えた教育プログラムを策定することが重要。
- 分析手法をシリーズとして東京電力社内でまとめていくことを期待。

(2)分析サポートチーム:

- 分析数約90,000件のうち、大部分が汚染水、処理水、環境試料であり、膨大である。今後の増加により、設備等に影響を及ぼすかもしれない。
- 燃料デブリ、廃棄物、ALPS処理水等対象が多岐にわたるため、それぞれの測定目標を定めてから取り組みを始めるのがよい。

◆ いただいた助言・コメントを参考にしながら、東京電力とともに課題解決に向け検討中。

分析人財確保に向けた取り組み状況

2023年12月15日

東京電力ホールディングス株式会社

1. 人財確保に向けた方針・課題・計画の概要

- **方針**：廃炉作業に必要な分析人財を確保すること
- **課題**：①高度な分析技術を要し、育成に時間を要する分析技術者の確保
②現場で分析作業を遂行する分析作業員の確保
- **計画**：当面の間は、廃棄物分析を中心に以下の通り進め、順次、燃料デブリ分析に展開
 - ①分析技術者候補を社外機関に出向させ実務トレーニング3年で育成（OJT）または採用
 - ②分析作業員は新規採用により増員。また、キャリア採用や配置転換も併用して増強
順次、育成した分析技術者からの持続的なトレーニングや社外研修等を通じて育成

組織イメージ	役割・機能要素	現体制 ▲	追加分 ▲
 分析統括者	分析方針／計画の策定 ・ 廃炉作業の理解 ・ 安全や工法等の情報の理解	1名	1名 維持のため追加
 分析技術者	分析方法／手順の策定 ・ 放射化学／計測原理の知識 ・ 物性・観察、保障措置の知識 ・ 線量評価の知識	4名 (ルーチン3名、 バイオアッセイ1名)	2～5名 (廃棄物2名、 デブリ2名、 バイオアッセイ1名)
 分析管理者	分析作業監理と分析データ管理 ・ 委託監理 ・ データ管理	16名	5～10名程度
 分析作業員	分析作業 ・ 分析手順の理解 ・ 設備／装置の操作スキル ・ 放射線防護の知識	96名 （ルーチン分析の一部、 震災以前からの難測定分 析の経験者を含む）	20～30名程度 (廃棄物分析20名、 デブリ分析10名)

課題①

課題②

- 35

TEPCO

目標

廃棄物の放射能濃度を定量可能で且つ手順を構築可能な人材1~2名を育成
 -分析対象：金属、コンクリート、土壌、焼却灰、水処理廃棄物

■アクションプラン

- 分析技術を有する社外分析機関に分析技術者候補を出向する
- 出向先の『廃棄物分析の方法・手順（原理）』を理解する
- 廃棄物（実サンプル）を用いて実践形式OJTで訓練する（回収率で習得を判断）

■進捗状況：計画通り進捗中

- 現在、実践形式のOJTを継続中。年度内に東電版のコンクリート手順として制定する
- 2024年度以降（2期、3期）について候補者と出向先を選定中

	2023年度	2024年度	2025年度
1期：JAEA大熊			
コンクリート	—————		
金属・焼却灰		—————	
土壌・水処理廃棄物			—————
2期：JAEA大熊			
金属・コンクリート・焼却灰		—————	
土壌・水処理廃棄物			—————
3期：検討中(JAEA以外)			
検討中（デブリ含む）			—————

目標

分析技術者が作成した手順に従って、分析作業を実行可能な分析作業員を20～30名確保すること。なお、要員数は分析計画に合わせて適宜見直す

(補足：分析作業員の必要数の考え方)

- ・分析作業員5～6人でチーム編成し、チーム当たり2週間で3～4試料を処理する想定
- ・現行の分析計画（年間200～300試料）を達成するために必要な人数として算定

■アクションプラン

(増員計画)

- 2024年度から、毎年、5名程度（目標）増員する

(育成計画)

- 順次、分析技術者による指導により分析作業員を持続的に育成する
- また、育成には社外分析機関による研修プログラムも活用する

■進捗状況：計画通り進捗中

- 分析作業員の増員について関係者間で調整完了
- 分析作業員のトレーニングに用いる東電手順を2023年度内に作成予定

1号機原子炉格納容器内部調査について

2023年12月15日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

原子力規制庁の論点

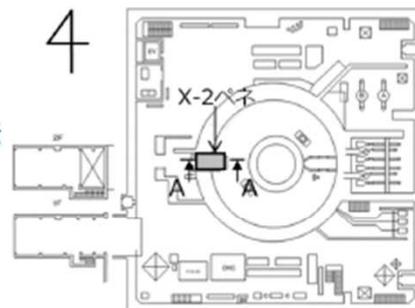
- 東京電力及びIRIDによる1号機原子炉格納容器内部調査において、広範囲にわたる堆積物の他、ペデスタル内部の基礎部において全周にわたるコンクリート喪失（鉄筋部分は残存）が確認されている。
- これまでの東京電力及びIRIDによる調査の対象は、主にペデスタル基礎部となっている。
- 更なる調査・分析のためには、以下を実施／把握する必要がある。
 - ✓ ペデスタル内部の上部、ペデスタル外周部（全周）の損傷有無等の状況
 - ✓ ペデスタル内外部に存在する放射性核種及びそれらのおおよその物量
 - ✓ ペデスタル内外部の堆積物の組成、状態
 - ✓ ペデスタル内外部のサンプル採取

1. 1号機PCV内部調査の概要

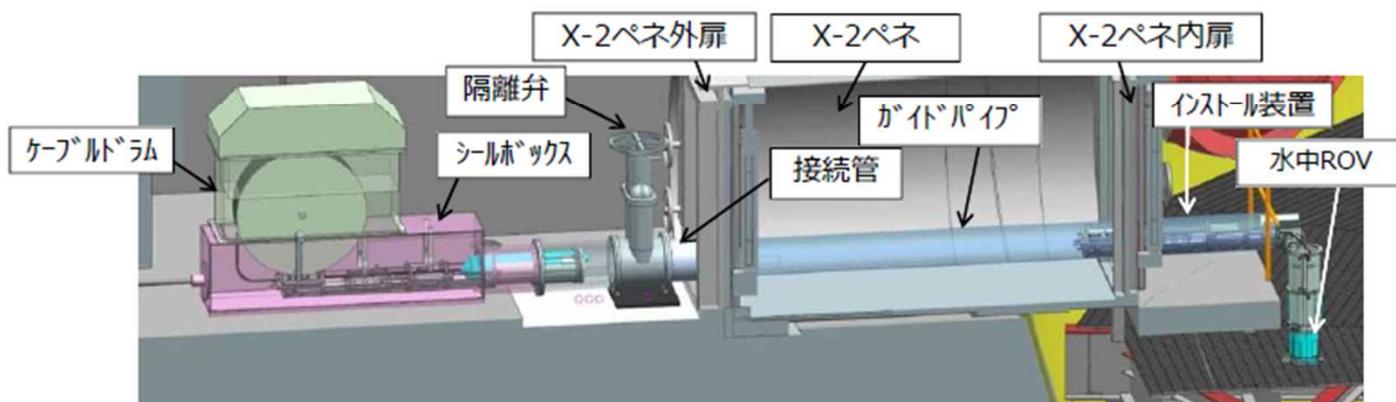
- 1号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査は、X-2ペネトレーション（以下、X-2ペネ）から実施
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類の装置を開発
- 水中ROV調査ステップ

前半調査 (調査済)	① ROV-A	事前対策となるガイドリング取付
	② ROV-A2	ペDESTアル外の詳細目視
	③ ROV-C	堆積物厚さ測定
後半調査 (調査済)	④ ROV-D	堆積物デブリ検知・評価
	⑤ ROV-E	堆積物サンプリング
	⑥ ROV-B	堆積物3Dマッピング
	⑦ ROV-A2	ペDESTアル内部、壁部の詳細目視

IRID
TEPCO



1号機原子炉建屋1階におけるX-2ペネの位置



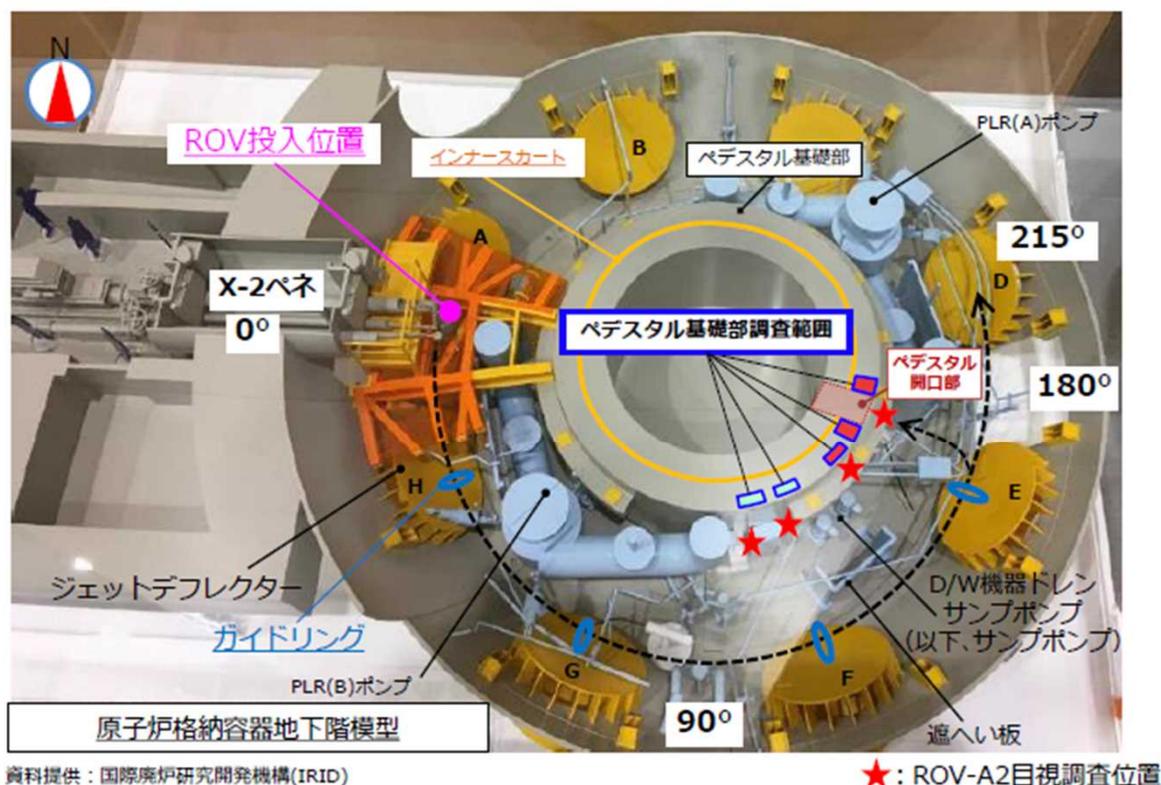
内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

当該資料に掲載されている写真・資料提供：国際廃炉研究開発機構(IRID)

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37回会合 資料1「1号機原子炉格納容器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）より抜粋

2. ROV-A2によるペDESTAL基礎部調査の概要と実績

- 調査範囲はPCV地下階の約90°から約180°（ペDESTAL開口部含む）とし、カメラによる目視調査を実施
 <主な調査箇所>
 - 既設構造物の状態確認及び堆積物の広がり状況・高さ・傾斜確認。
 - ペDESTAL開口部付近のコンクリート壁状況確認。（下図 調査箇所： 鉄筋露出、 露出無）
 - ペDESTAL内部の目視調査は調査実績等を踏まえ、最終でROV-A2を投入予定。



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33回会合 資料1-1「福島第一原子力発電所1号機の格納容器内部調査から得られた情報（前半調査とりまとめ）」（東京電力ホールディングス株式会社）より抜粋

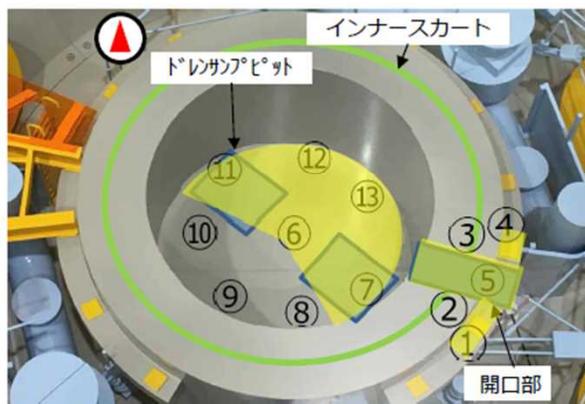
2.ROV-A2調査(後半)の実施状況について

- ROV-A2調査(後半)では、主にペDESTAL開口部やペDESTAL内部を撮影し、ペDESTAL基礎部、ペDESTAL内構造物、堆積物等を確認
- ROVの遊泳範囲として、開口部外側からペDESTAL内部の北側(右下図：黄色エリア)まで到達することができたが、南側は寄り付きでの調査はできていない
- 南側の映像については、ペDESTAL開口部(⑤)の位置や遊泳時の撮影映像から状況を確認

【ROV-A2調査順序】

実施日	場所	調査箇所
3/28	①⇒②⇒③⇒④⇒⑤	ペDESTAL外部
3/29	⑪⇒⑫⇒⑬⇒⑦	ペDESTAL内部
3/30	⑬⇒⑥～⑦の間	ペDESTAL内部
3/31	⑤	ペDESTAL外部 ※⑤開口部まで進入 (ケーブル余長の関係のため)
未実施	⑧⑨⑩	ペDESTAL内部 ※⑤からの遠距離撮影映像なら びに遊泳時の撮影映像あり

【1号機ペDESTAL内部】



ROV到達エリア:

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37回会合 資料1「1号機原子炉格納容器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)より抜粋

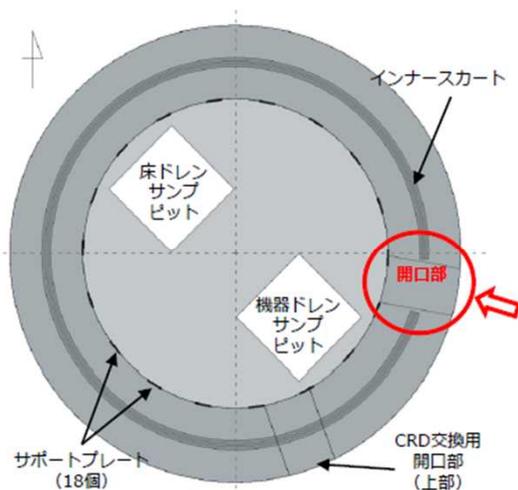
5

ペDESTAL開口部の状況

- 開口部に棚状堆積物が存在
- 事故前に存在していた構造物（CRD交換機等）は存在せず
- 開口部の床から1m程度はコンクリートがなくなり、鉄筋だけが残存（インナースカート高さに相当）
- 開口部のペDESTAL内への出口近辺に1m程度の高さの堆積物を確認



上下の写真の中間部の写真は存在せず



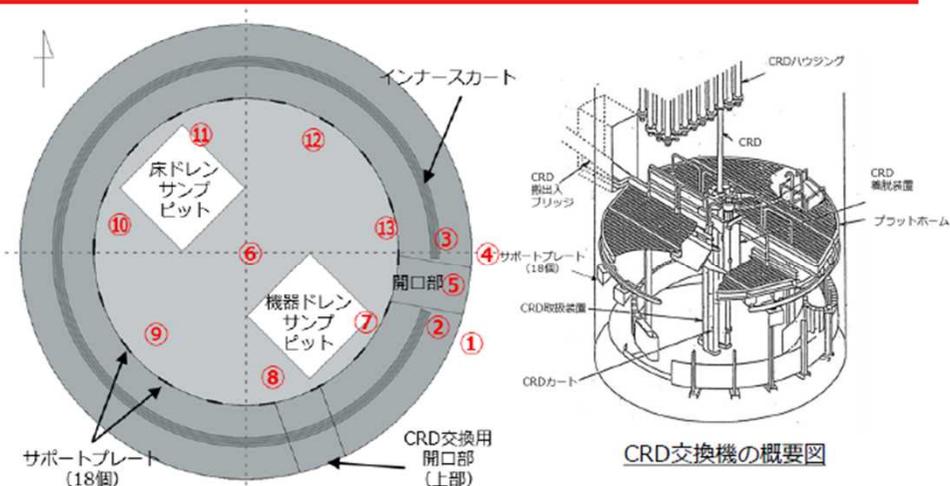
3

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39回会合 資料1「1号機原子炉格納容器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）より抜粋

6

ペDESTAL内部の外観

- CRD交換機自体が存在せず
- 開口部同様、全周にわたり床から高さ1m程度までの高さで鉄筋が露出
- ペDESTAL外、開口部同様、一部に棚状堆積物を確認
- ペDESTAL壁周辺に落下してきたCRDハウジングを確認



CRD交換機の概要図



*位置は推定

開口部出口から撮影したペDESTAL内部のパノラマ写真

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39回会合 資料1「1号機原子炉格納容器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)より抜粋

1号機原子炉格納容器内部調査について

2023年12月15日

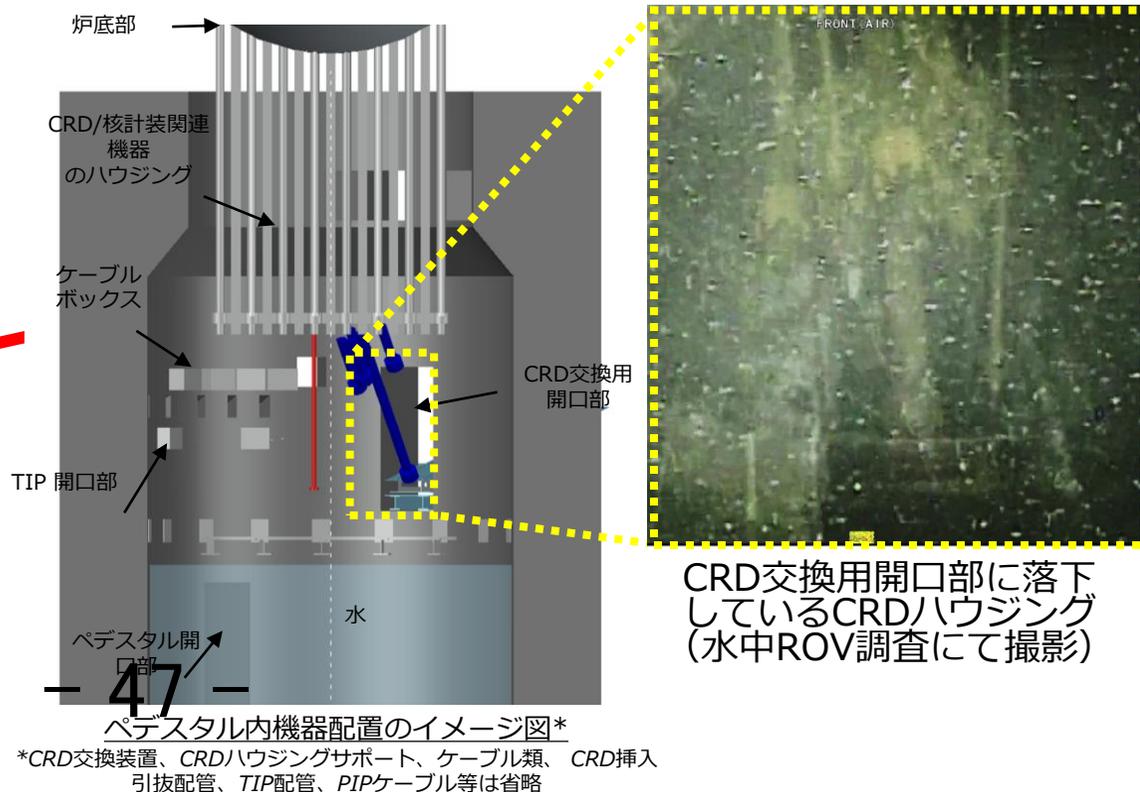
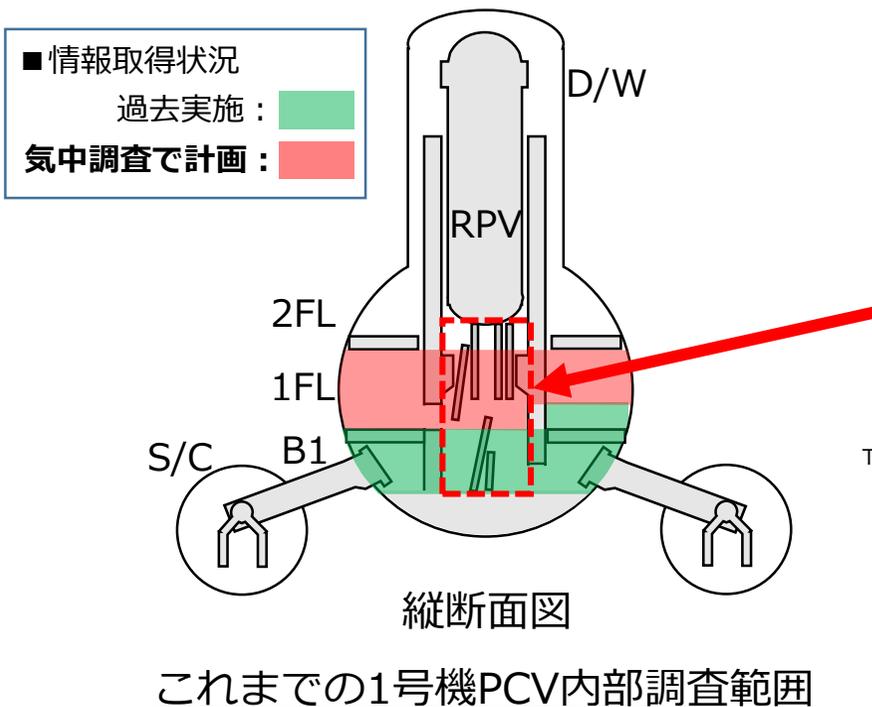
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1号機PCV内部気中調査について

1. 調査概要

- 1号機原子炉格納容器(以下、PCV)内部調査については、燃料デブリの状態を確認するために、**主に地下階の調査を実施済**
- 燃料デブリ取り出しに向けて、地下階の情報だけでなく、PCV全体の状況も把握する必要があるため、**1FLエリアの調査を主とした、“1号機PCV内部気中調査”を計画**
- 本調査では、**小型ドローン**を使用し、**ペDESTAL外だけでなく、水中ROV調査で確認しきれなかった、ペDESTAL内のRPV底部周辺についても調査を計画**
- 調査結果は“燃料デブリ取り出し工法検討”、“今後のPCV/RPV内部調査検討”、“事故進展解析”、“潜在的なリスクの確認(経年劣化等)”に活用



2. 調査装置について

- PCV内部は狭隘かつ暗所であるため、“小型”で“機動性”、“撮影能力”の高い、下記に示す**小型ドローン**を採用
- 高精細な映像を撮影できるため、動画から点群データを生成可能(Structure from Motion技術)
- 小型ドローンの無線通信範囲をカバーするために、**無線中継器を搭載したヘビ型ロボット**を投入
- 水中ROV調査と同様に、**X-2ペネにシールボックス**を取り付け、PCVの隔離状態を保ったまま、小型ドローンとヘビ型ロボットをPCV内に投入

小型ドローン



用途：カメラによる映像撮影
 寸法：191×179×54[mm]
 重量：185[g](バッテリー込)
 飛行時間：約8分(調査は5分×4機で計画)
 搭載機器：照明(90lm(45lm×2))、超高感度カメラ
 カメラスペック
 ・画質：Full HD・画角：水平131°垂直80°対角144°
 ・撮影距離：3m程度・フレームレート：60fps
 耐放射線性：約150Gy
 選定理由：小型かつ、狭隘箇所の飛行における制御
 性能が高く、高精細な映像を取得できるため

無線中継用ヘビ型ロボット



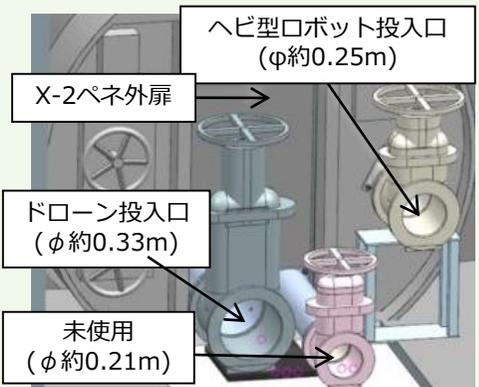
ヘビ型ロボット全体

用途：無線中継器の運搬+線量測定
 寸法：2,900×180×165[mm]
 重量：約25[kg]
 搭載機器：ドローン用無線中継器、CMOSカメラ×2
 線量計
 耐放射線性：約249Gy
 選定理由：X-2ペネの手すりを乗り越え、
 クレーンで昇り降りするため



X-2ペネからの昇降試験

シールボックス



X-2ペネ隔離弁の用途イメージ



ドローン用S/B

ヘビ型ロボット用S/B

S/B取り付けモックアップ

3. 調査時のリスク

■ 機体のPCV内残置リスク

- 小型ドローンおよびヘビ型ロボットにおいては、放射線の影響や通信の途絶等により、PCV内への残置リスクはあるものの、**残置になった場合においてもPCV内の状態に影響を与えない**

■ 映像取得不能(部分取得、不鮮明)

- 放射線ノイズや霧等の悪条件により、映像が不鮮明となる可能性があるが、映像撮影試験において**悪条件環境においても飛行可能であり、接近すれば対象を撮影可能な旨、確認済**
- ドローンが墜落した場合、直接映像を採取不可となるが、**通信可能であればドローン内の映像をダウンロード可能であり、低画質ではあるが操作画面の映像は逐次保存する**
- ヘビ型ロボットが移動不能になった場合や、CRD交換用開口が通り抜け不可だった場合は、ペDESTAL内の映像が取得不可となるため、**調査時には初めにドローンで、ヘビ型ロボットの移動ルートおよび、CRD交換用開口の状態を事前に確認し、進入可否を判断する(水中ROV調査の映像からは通り抜け可能と評価)**

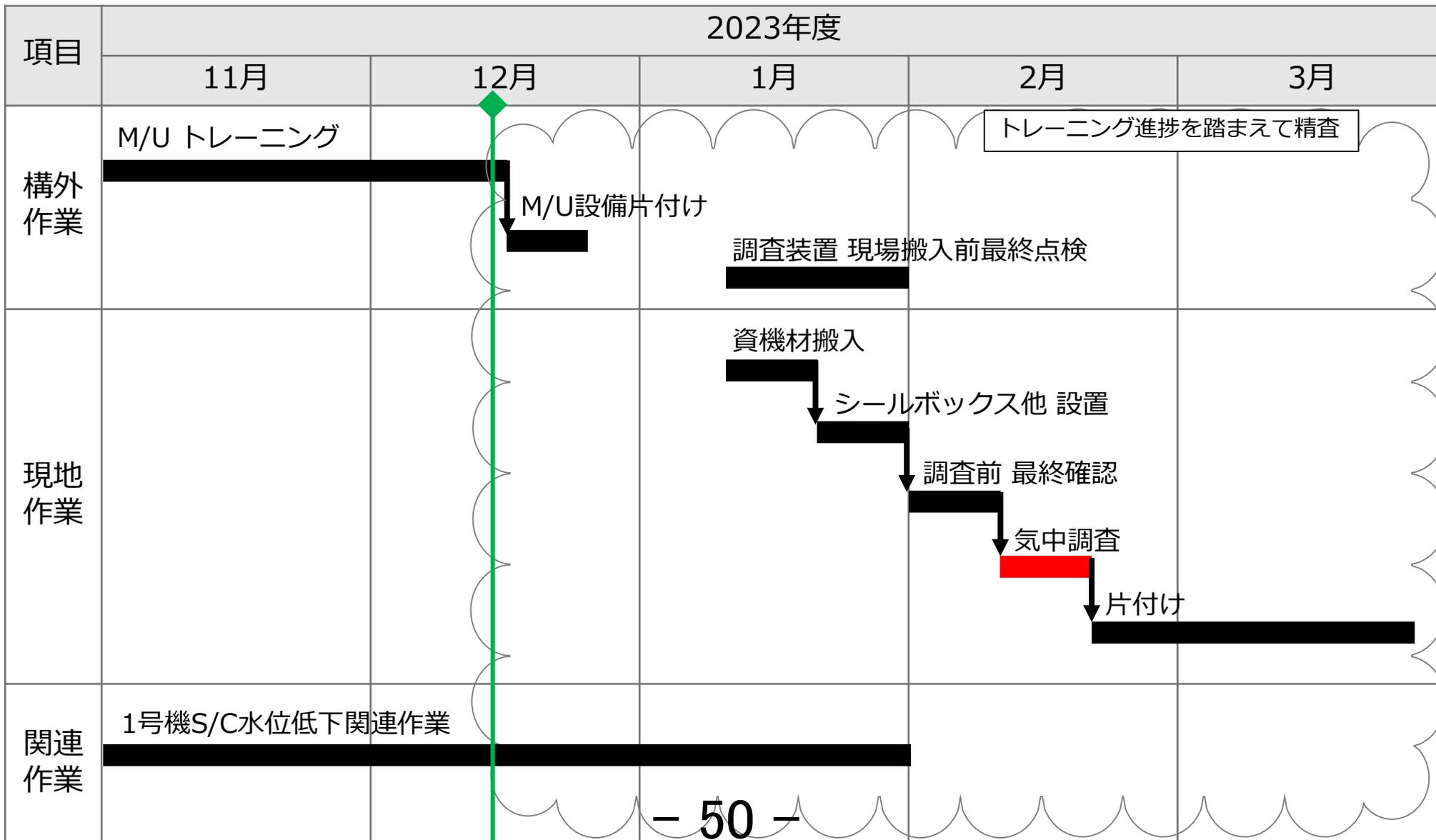
■ ダスト飛散リスク

- 通常、ドローン飛行はダスト飛散リスクが高いが、**今回使用するドローンは小型・軽量のため飛散は少量であり、PCV内は湿潤環境のため、ダスト飛散の影響は低い(調査中はダストモニタの監視を実施)**

■ PCV内気体の漏洩およびPCV内圧低下リスク

- シールボックスから、PCV内気体がリークするリスクがあるが、**M/U時や隔離弁開直前にも気密性試験を実施し、漏洩がないことを確認してから作業を実施する。**

4. 1号機PCV内部気中調査 全体工程



1号機における今後の内部調査について

1. 今後の内部調査スケジュールについて

■ 気中調査

- ▶ 小型ドローンを用いて気中エリアを調査。2023年度の調査実績を踏まえて、他号機を含めた展開を計画

■ 堆積物採取調査

- ▶ 水中ROV調査で確認された、多種多様な堆積物を採取し、分析する計画

■ ベント管・S/C調査

- ▶ 水中ROV調査の結果を踏まえ、ベント管・S/Cに堆積物が広がっていないか調査を計画

項目/年度	2023	2024以降	
気中調査	調査	改修・検討	調査(2回目) 調査結果および検討・M/Uを踏まえて時期調整
堆積物採取調査		検討、設計製作、M/U、訓練	採取調査 分析
ベント管・S/C内調査		検討、設計製作、M/U、訓練	S/C ベント管内調査

1号機原子炉格納容器下部で確認された コンクリート損傷事象を踏まえた対応状況

2023年12月15日

東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

○コンクリート試験体の加熱試験等

東京電力ホールディングス株式会社



製作した供試体と標準試料
の成分比較

製作した供試体と標準試料
の成分比較

- ・コンクリート供試体の製作
- ・コンクリート供試体の加熱試験等
の実施



コンクリートの
調合情報提供

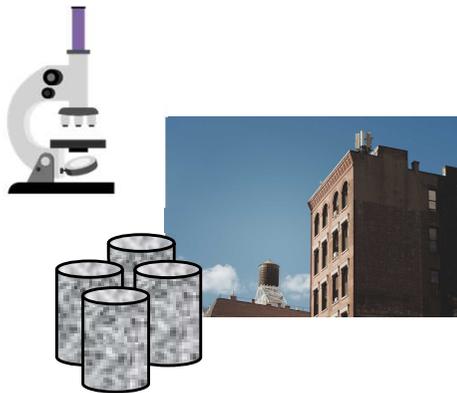


標準試料の提供
(ボーリングコア等)

- ・コンクリート供試体の製作
- ・コンクリート供試体の
加熱試験等の実施

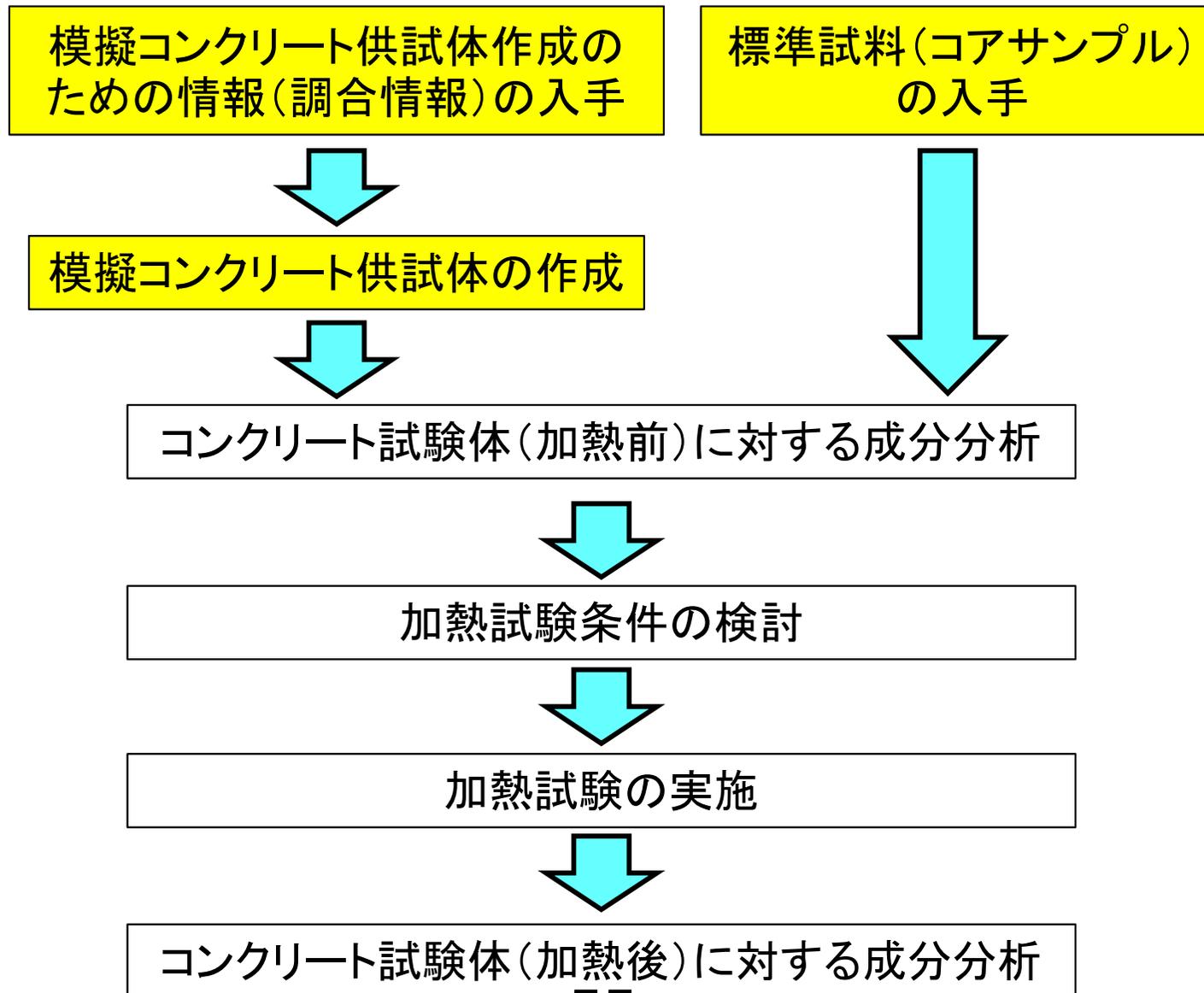
原子力規制庁

レシピ・データ
等の整理・共有



複数の組織において、情報の共有、試験の分担等を行い、実施可能な試験・分析を優先(先行)して行うことで、令和5年内を目処に先行試験の結果を得ることを目指す。

○コンクリート試験体の加熱試験等の作業手順



○コンクリート試験体

次の2種類の供試体等を準備

- ①福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋外壁から採取した「コアサンプル」
 - ✓ 抜き取り箇所: 外壁(外気に触れている箇所)
 - ✓ 寸法(例): 直径30mm、高さ60mm
 - ✓ 鉄筋は含まれていない
 - ✓ 放射性物質による汚染がないように採取したもの

- ②東京電力HDから提供された調合情報を基に作成する「模擬コンクリート供試体」
 - ✓ 提供された調合情報を基に作成
 - ✓ 寸法: 直径100mm、高さ200mm
 - ✓ 「鉄筋を入れないもの」「鉄筋(1本、複数本(拘束あり/なし))を入れるもの」を作成

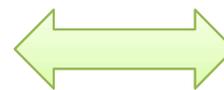


調合情報等



模擬コンクリート
供試体 56 -

製作した供試体と標準試料
の成分比較等を実施



標準試料
(ボーリングコア)

○東京電力HDから提供された調合情報を基に作成する 模擬コンクリート供試体

(1) 東京電力HDから提供された調合情報

1) 材料

- ✓ 粗骨材: 最大寸法25mm(1号機実機は新田川産の天然骨材)
- ✓ 細骨材: 最大寸法5mm(1号機実機は新田川産、阿武隈川産の天然骨材)
- ✓ セメント: 普通ポルトランドセメント
- ✓ 化学混和剤: AE減水剤(ポゾリスNo.8)

2) フレッシュ性状

- ✓ スランプ: 12~15cm(許容範囲は±2%)
- ✓ 空気量: 4.5%(許容範囲は±1%)

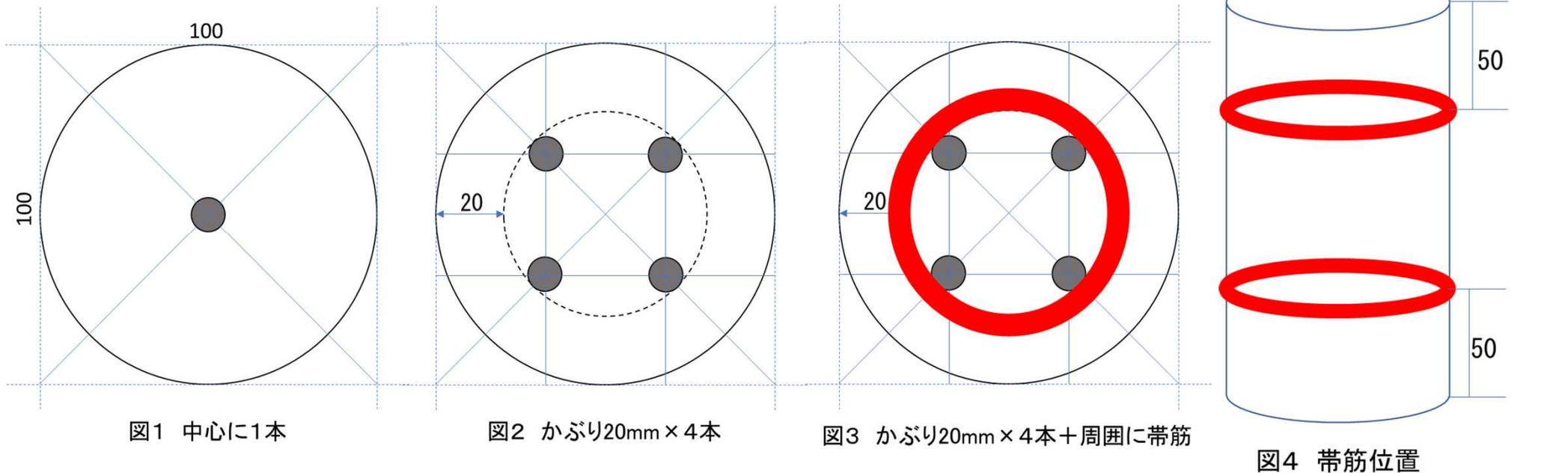
3) 調合(現在の材料を用いて当時の1号機と近似的な調合を作るための目安値)

- ✓ 設計基準強度: 225 kg/cm²
- ✓ 調合強度: 260 kg/cm²
- ✓ 水セメント比: 50~53%
- ✓ 単位セメント量: 300~320 kg/m³
- ✓ 単位水量: 耐久性等を考慮すると175kg/m³ 以下が望ましい。

○東京電力HDから提供された調合情報を基に作成する 模擬コンクリート供試体

(2) 寸法・配筋

- ✓ 直径100mm、高さ200mm
- ✓ 鉄筋を入れるものについて、配筋パターンは図1～図4のとおり。



(3) 作成方法

- ✓ 東電から提供された調合情報に従って作成し、スランプ値及び空気量を満たすまで調合を微調整して作成を繰り返す。
- ✓ 養生期間：14日
- ✓ 養生方法：標準養生（水中養生）

○成分分析

(1) 目的

①加熱前

- ✓ コアサンプルと模擬コンクリート供試体の組成の相違を把握するために行う。
- ✓ 加熱試験における加熱条件等を検討するための判断材料として用いる。

②加熱後

- ✓ コアサンプル／模擬コンクリート供試体の加熱後に生じた組成変化等を把握するために行う。

(2) 分析方法(案)

①加熱前

- ✓ TG(熱重量測定)/DTA(示差熱分析): 熱変化による化学的成分の変化の把握
- ✓ XRD(X線回析): 組成の把握
- ✓ EPMA(電子プローブマイクロアナライザ): 組成の把握

②加熱後

- ✓ XRD(X線回析): 組成の把握
- ✓ EPMA(電子プローブマイクロアナライザ): 組成の把握

(3) 分析対象(案)

①加熱前: コンクリート、モルタル、骨材(粗骨材)、セメント(粉末)

②加熱後: コンクリート

○加熱試験

(1) 加熱対象

- ✓ コアサンプル、模擬コンクリート供試体ともに同条件で加熱する

(2) 加熱方法

- ✓ 加熱温度、加熱速度等については、成分分析(TG等)の結果等を踏まえて検討する。
- ✓ 加熱方法: 輻射熱による加熱を模擬する。

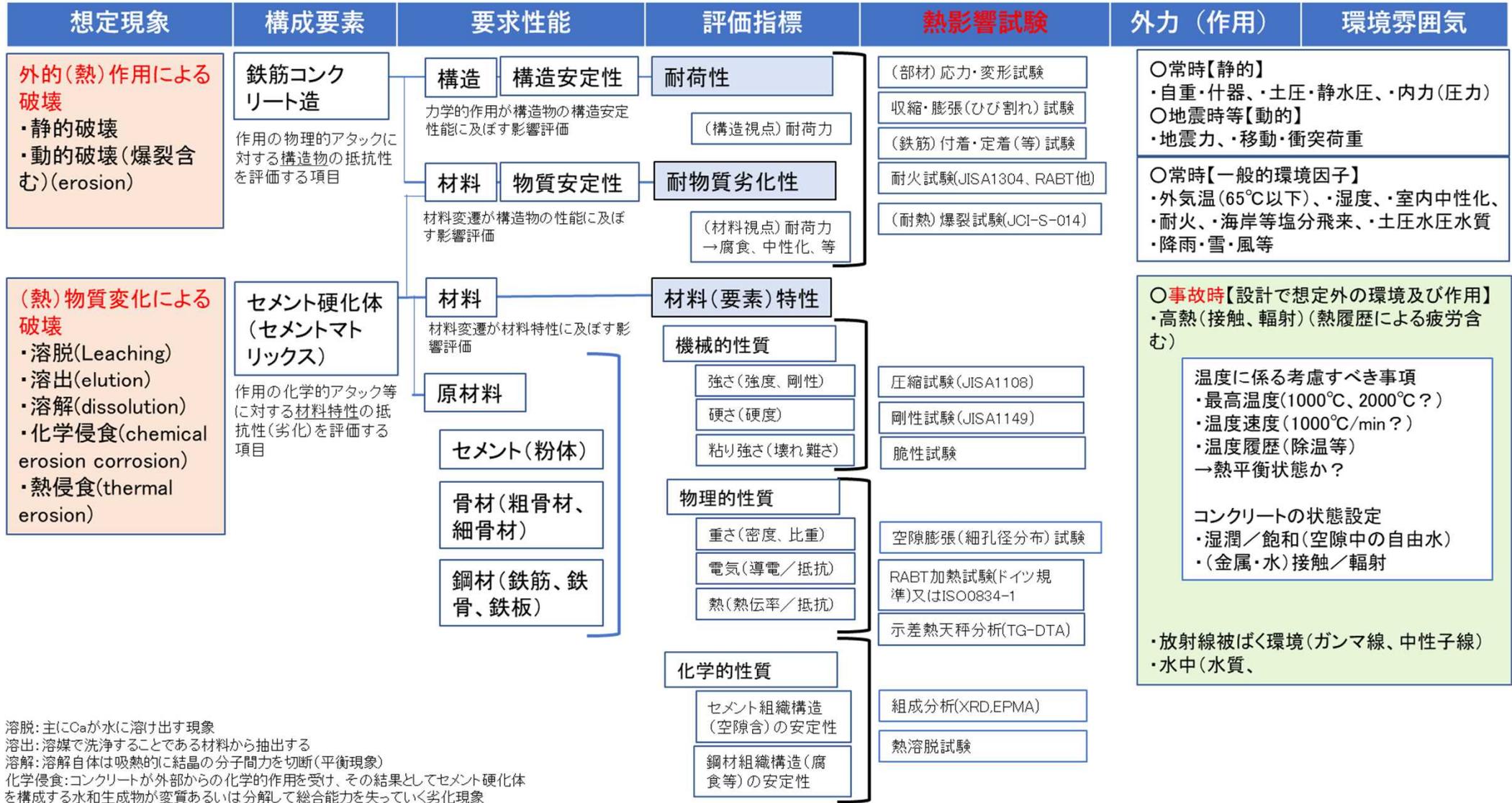
(3) 環境条件

以下の観点の条件から、実施可能性等を踏まえて実施内容を選定する。

- ✓ 気体環境下: 通常の大気環境、水蒸気雰囲気、窒素雰囲気
- ✓ 水中環境下: 海水、淡水
- ✓ 事故時環境下: 高放射線雰囲気(模擬が困難)
- ✓ 気体/液体の状態: 静止状態、ある流速で流れている状態
- ✓ コンクリートの状態: 乾燥状態、湿潤状態

○参考：加熱試験等の全体像

鉄筋コンクリート造の供用期間における熱的影響



溶脱:主にCaが水に溶け出す現象
 溶出:溶媒で洗浄することである材料から抽出する
 溶解:溶解自体は吸熱的に結晶の分子間力を切断(平衡現象)
 化学侵食:コンクリートが外部からの化学的作用を受け、その結果としてセメント硬化体を構成する水和生成物に変質あるいは分解して総合能力を失っていく劣化現象

○コンクリート損傷事象の解明に向けた今後の対応方針

- ◆ 今年度(令和5年度)に実施予定のコンクリート試験体に対する加熱試験等の結果を踏まえて、コンクリート損傷事象の解明に必要な試験条件等を検討する。
- ◆ 必要な試験条件等を踏まえて、試験条件を満たす模擬コンクリート供試体の作成、実施可能な試験条件等を検討する。
- ◆ 原子力規制庁以外の機関(東京電力、研究機関、大学等)における試験結果等と比較・検討する。
- ◆ 標準試料(福島第一原子力発電所1号機原子炉建屋外壁から採取可能なコアサンプル)については、今後も必要に応じて入手可能な状況を構築する。

ALPS スラリー脱水に関連する論点への原子力規制庁の見解

令和5年10月5日

原子力規制庁

1. 経緯

ALPS スラリー脱水に関し、東京電力ホールディングス株式会社（以下「東京電力」という。）から令和3年1月に申請のあった脱水設備については、審査を進める中で、設備として担保すべき安全性について原子力規制庁と東京電力との間で認識に差が認められたため、令和4年9月の第102回特定原子力施設監視・評価検討会（以下「検討会」という。）において原子力規制庁から審査上の論点を示した。それに対し、東京電力から第103回検討会において、原子力規制庁の指摘を踏まえて設備の設計方針を変更するとの回答があり、今回第109回検討会において東京電力から変更後の設備の成立性について示された。

また、本年3月に改定した東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ（以下「リスクマップ」という。）に基づき、固形状の放射性廃棄物を将来的に区分に応じた処分形態へ移行することを念頭に、原子力規制庁はALPS スラリーの固化処理を当面優先して検討することとし、特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（以下「1F技術会合」という）において東京電力と議論を開始した。その中で、原子力規制庁から、固化処理への道筋の中での脱水処理の位置付けと固化処理実現のスケジュールについて説明を求めたことに対し、今回東京電力から回答が示された。

上記2点に関する東京電力の回答、及びひっ迫するHICの保管場所について、以下に原子力規制庁の見解を示す。

2. 論点への見解

（1）スラリー脱水設備の成立性

- ✓ 設備として担保すべきダストによる作業時の被ばくの低減について、脱水を行うフィルタープレス機自体をセルの中に設置し、遠隔操作により運用を行うという方針が成立するとの説明が東京電力より示されたため、原子力規制庁と東京電力との間における被ばく低減への考え方において差異はほぼ解消したと考えることができ、今後は審査において安全性に関する具体的な内容について確認していく。スラリーを保管するHICの保管容量がひっ迫していることから、本件は着実に進める必要があり、特に設計に大きな影響のある耐震クラスとその考え方、閉じ込めの考え方、非常用電源に対する考え方を早急に示すことを求める。

- ✓ 高線量 HIC の移し替え時に判明した、従来の装置では下部スラリーを抜き出すことが難しい点については、新たな抜き出し装置の実スラリーを使用したモックアップ試験が施設設計と並行して行われる予定であることから、モックアップ試験での確認内容及びその設計への反映については審査の中で確認する。
- ✓ 脱水物の保管の安全性については、審査の中で、保管容器で担保する対策、耐用年数とともに、保管場所に対する耐震クラス評価とその考え方を確認する。

(2) 固化処理への道筋の中での脱水処理の位置付け

- ✓ 東京電力より、スラリーの脱水プロセスは、廃棄物中の水分調整や塩分という影響物質の除去といったメリットがあり固化処理の方法に依らず必要であること、また、固化処理開始までに最短で10年を要するという考えが示されたことから、脱水をしてある程度安定化した状態で保管することは、リスク低減の観点より妥当と判断する。
- ✓ 一方、脱水物は保管中に乾燥がある程度進むことが予想され、乾燥した部分が粉体化する可能性は否定できないため、長期間の保管に適しているとは言いきれない。よって、脱水物の保管状態に対して、長期間の保管のための安定な状態について議論を進めるとともに、平行して固化処理について現在の技術的な検討をより速やかに進め、安定な状態への移行を着実に進めることが必要である。リスクマップを改定する際には今年度の議論を反映して、安定な状態への移行に向けた具体的な目標を位置付ける。最も有力と思われるセメント固化に加えて、複数の技術候補を中期的な検討の対象にする必要があるかどうかについては、議論が必要である。
- ✓ 原子力規制庁としては、1F で発生した水処理廃棄物の扱いについて、現行の第二種廃棄物埋設の対象となる放射能濃度を有する水処理二次廃棄物には現行の埋設基準が適用できる可能性が高いと考えており、これを考慮したスラリーの固化処理への移行が、最終的な埋設に対して手戻りを生じさせることは想定しない。

(3) HIC の保管場所について

- ✓ 原子力規制庁は、令和4年9月の第102回検討会において、HIC 保管容量のひっ迫に鑑み、一時的な措置として従前のボックスカルバート（耐震Bクラスの施設に適用される静的地震力による評価のみ）と同様の設置方法による増設を認めた。今回、脱水設備の敷地を変更することで現行の使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設）に更なる増設が可能となるが、脱水設備

の運用開始を見込むことから、東京電力に対し、HIC 保管量の減少見込み及び将来も継続的に使用するボックスカルバートの量を示すこととともに、上記検討会で求めたとおり、継続的に使用するボックスカルバートに対しては必要な耐震性を確保することを求める。

- ✓ また、根本的な対策として、スラリーの発生を低減することが重要であるため、炭酸塩沈殿処理をバイパスする可能性について早急に検討を求める。

水処理二次廃棄物の固化処理に関する 検討方針について

2023年12月4日

TEPCO

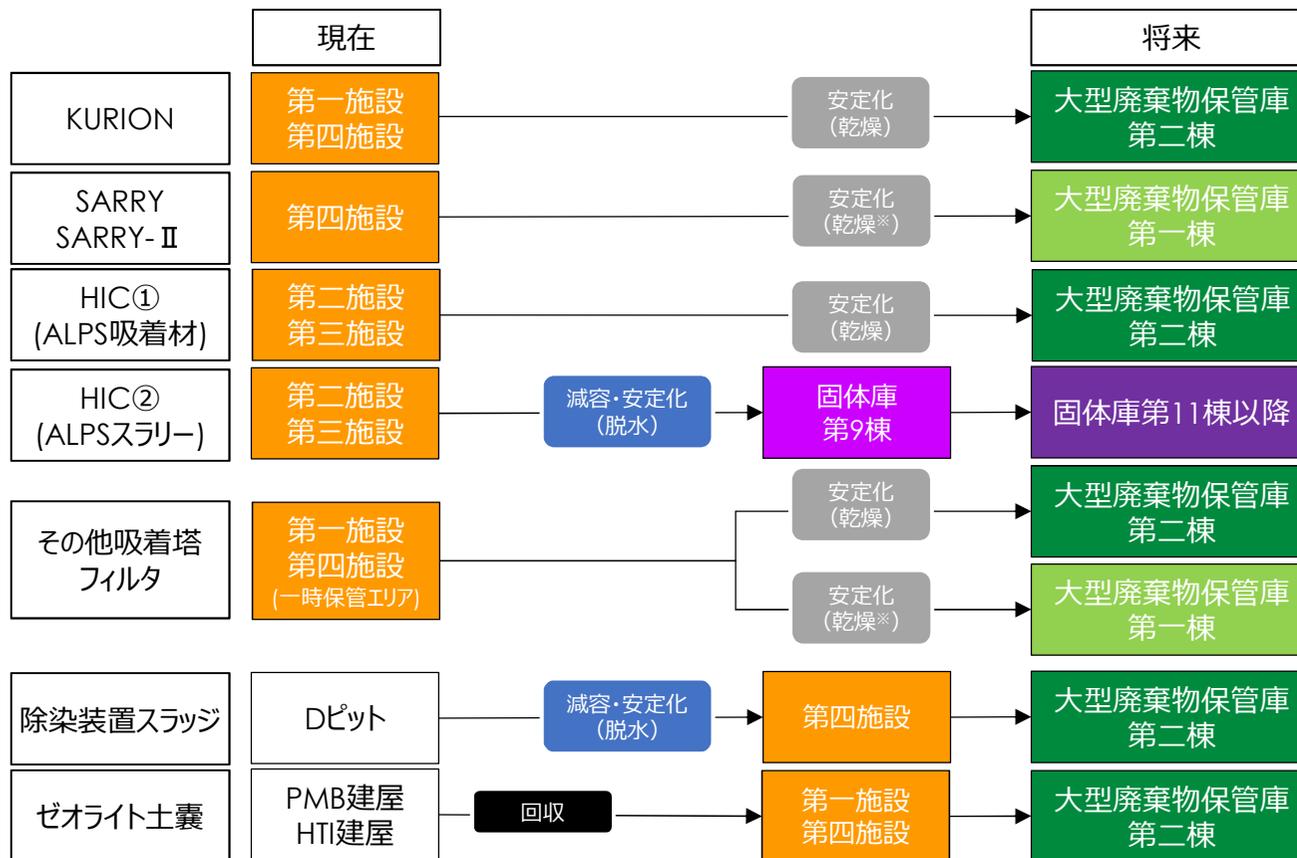
東京電力ホールディングス株式会社

基本方針（水処理二次廃棄物全体）

(1) 保管管理方針

全ての水処理二次廃棄物について、保管リスクの更なる低減を図るため建屋内保管への移行を進める。

- **乾燥・脱水等の水分除去により、保管中の腐食・漏洩リスクを解消し長期安定保管を期す。**
- 継続的に発生し、且つ保管容積の大きいHIC②は、建屋内保管移行前に減容処理を行う。
- 後工程（容器からの取出し、固化前処理、固化処理、空容器処理等）で困らないように配慮した保管形態とする。

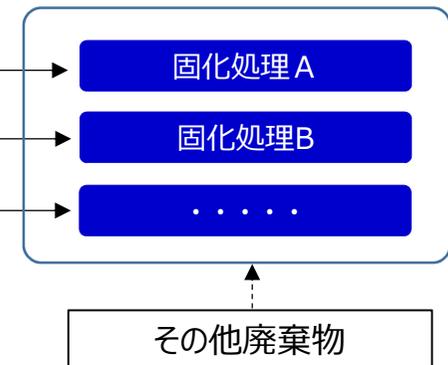


※：リスク低減に資する場合保管庫格納を先行する。

(2) 固化処理方針

廃棄体化を念頭に置いた固化処理方法を検討する。

- **瓦礫等も含めて、施設共用化を指向した合理的な固化処理方針を策定**する。
- 各廃棄物の性状把握を進め、固化に対する要件の明確化を図る。
- **2025年度中に対応方針・計画を策定**し、計画に基づき技術開発、設計等を進める。



保管に係る方針（水処理二次廃棄物全体）

- ALPSスラリーを含め、全ての水処理二次廃棄物について、保管リスクの更なる低減を図るため建屋内保管への移行を進める。
- 保管場所確保、保管上のリスクの観点から対策実施の優先順位を設定し、対策を講じる。ALPSスラリー、ALPS吸着材、除染装置スラッジが上位となる。
- 対策は、乾燥・脱水等の水分除去を行うことで、保管中の腐食・漏洩リスクを解消（スラリーに関しては減容）し、安全かつコンパクトに保管が継続できる状態に移行させる。

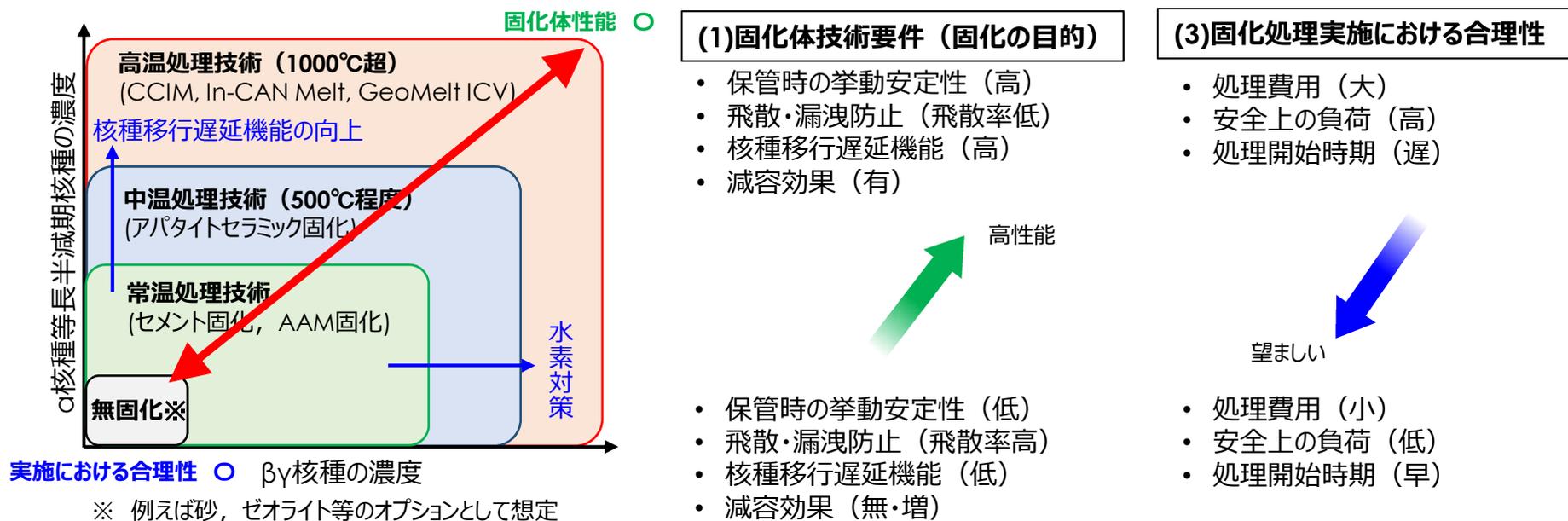
表 保管対策実施の優先順位

廃棄物種類	保管場所確保			保管上のリスク			その他	対応の優先度
	発生量		保管容量裕度	放射能インベントリ	性状	津波流出リスク		
	22年度末保管数	うち22年度追加発生数						
KURION	779	0	○	大	固体	○		1.5
SARRY	257	9	○	大	固体	○		1.5
SARRY-II	17	5	○	大	固体	○		1.5
モバイル系	38	0	○	中・小	固体	○	休止設備	0.5
高性能ALPS	111	7	○	中	固体	○		0.5
モバイルKURION	99	0	○	中	固体	○	休止設備	0.5
サブドレン等浄化	48	3	○	小	固体	○		0.5
使用済燃料プール浄化	11	0	○	小	固体	○		0
既設ALPS処理カラム	17	0	○	小	固体	○		0.5
既設・増設ALPS吸着材	545	31	△ ¹⁾	中	固体	○	水処理継続に影響 ¹⁾	4
既設・増設ALPSスラリー	3616	157	△ ¹⁾	中	スラリー状	○	水処理継続に影響 ¹⁾	5
濃縮廃液スラリー	約100m ³	0	○	大	スラリー状	○	今後フィルタープレスで脱水	2
除染装置スラッジ	約37m ³	0	○	大	スラッジ状	△	8.5m盤建屋地下貯槽 ¹⁾ に残存	4
ゼオライト土嚢等	約41.5t	0	○	大	固体 ²⁾	△	8.5m盤建屋地下に残存	3.5

このほか、インベントリ小の高性能ALPS検証試験装置、5/6号浄化ユニット内の使用済み吸着塔が少量あり。
 1)ALPSスラリー安定化処理開始に伴い逼迫リスク解消 2)土嚢袋に劣化が認められる。

固化処理に係る方針（水処理二次廃棄物全体）

- 水処理二次廃棄物を含む廃棄物の固化処理については、下記を考慮して処理方法を決定する。対象廃棄物の特性から要求される技術要件を充足しうる範囲において、固化処理実施の観点から合理的な技術を選択する（図左下側を指向する）。
 - 固化体に求められる技術要件を満足すること（廃棄体要件，設計・評価上の要件等）
 - 固化処理が可能であること（処理技術に対する廃棄物の適合性）
 - 固化処理実施における合理性を有すること（費用，安全上の負荷，処理開始時期等）



- 分析対象核種：Mn-54, Co-60, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Sb-125, Cs-137, Eu-152, Eu-154, U-234, U-235, U-236, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-239+240, Pu-240, Pu-241, Pu-242, Am-241, Cm-244
(下線の核種はND)

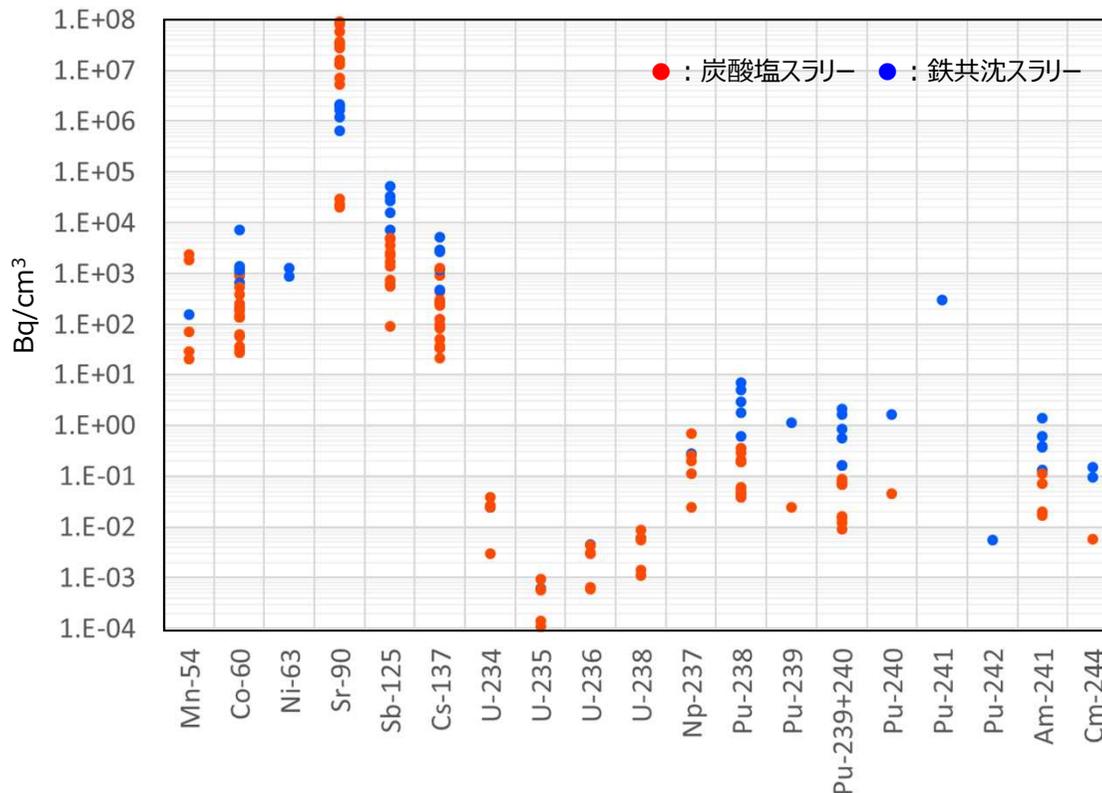


図 ALPSスラリー分析結果(FRAnDLi)

ALPSスラリーの性状（推定）を踏まえると、高温処理技術が必要となる可能性は低いと考えられる。そのため、ALPSスラリーをターゲットとした固化技術の開発は、常温・中温固化（セメント・AAM固化，アパタイトセラミック固化）を対象に進めている。

1)炭酸塩スラリー

- 放射線学的特性
 - Sr-90の放射能濃度が高い。バラツキは4桁程度。
 - C-14, I-129等の放射能濃度は取得されていない。
- 物理的・化学的特性
 - 白色・粘性のある液体状。
 - 平均粒子径3.6~7.4μm, 最大粒子径23.2~29.4μm。
 - 含水比は90%前後。個体差がある。
 - 元素分析の結果より, 海水・地下水成分と考えられるCa・Mgが主要な成分。炭酸塩成分, 水酸化物成分が主体と推定される。主要成分はCaCO₃・Mg(OH)₂の形態で存在していると推定される。
 - pH: 11~12程度

2)鉄共沈スラリー

- 放射線学的特性
 - 炭酸塩スラリーに比べ, Sr-90の放射能濃度は低い。α核種の放射能濃度が高い。
 - C-14, I-129等の放射能濃度は取得されていない。
- 物理的・化学的特性
 - 茶褐色・粘性のある液体状。粒子を形成しない軟泥状。
 - 含水比は90%前後。個体差がある。
 - 元素分析の結果より, 共沈材である水酸化鉄が主要な成分と推定される。Co, Zn, Ti等の遷移金属元素を含んでいる。水酸化物成分が主体と推定される。主要成分はFeO(OH)・H₂Oの形態で存在していると推定される。
 - pH: 不明

セメント固化技術の開発状況・見通し

- ALPSスラリー（炭酸塩スラリー・鉄共沈スラリー）を対象とした常温固化技術として、[セメント](#)、[AAM固化技術の開発](#)を進めている。固化方法については①均一固化，②充填固化を想定。

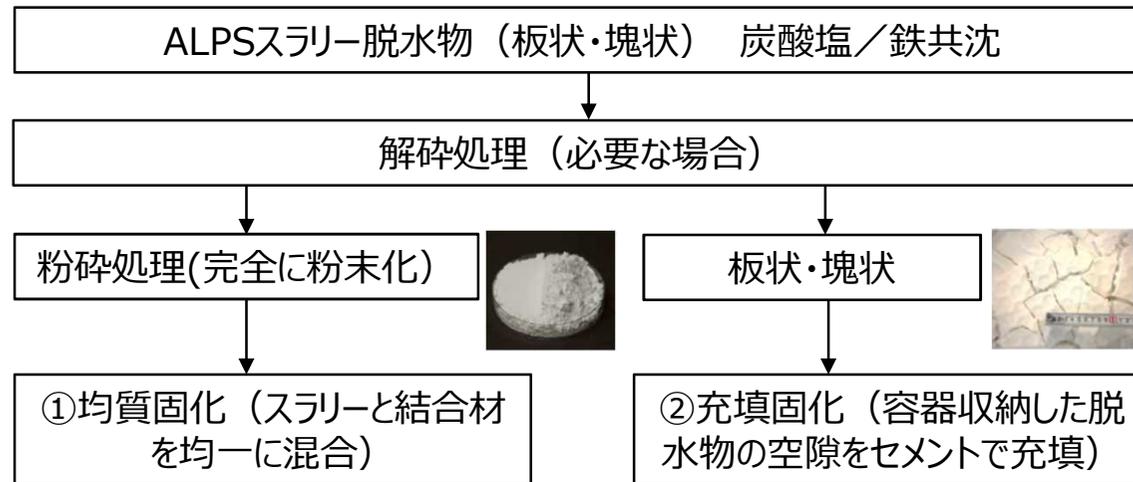


図 想定したALPSスラリーの固化方法

- 配合条件，スラリーの充填率の設定，スケールアップの影響確認，実規模試験を実施しており，セメント固化技術の開発は着実に進んでいる。
- スケールアップに伴い急結・白華などの現象が確認されるなど課題が抽出されている。現在，原因の解明，対策の具体化を進めている。
- 実スラリーの性状を踏まえ適切な対策（例えば急結に対しては，配合設計やインドラム方針を選択するなど）を講じることで，課題は解決可能であると考えている。
- 有効な対策を講じるために実スラリーの化学的性状の把握は不可欠であり，ALPSスラリーの分析を実施する予定である。

セメント固化技術のALPSスラリーに対する適用性について

- 現時点におけるセメント固化技術の得失を下記に整理した。
- ALPSスラリーの固化技術としてのセメント固化の適用性は、定性的には良好であると考える。

表 セメント固化技術のメリット

メリット	評価
原子力発電所の運転廃棄物の固化方法として適用されており実績が豊富である（施設の設計・運転等に係るノウハウが蓄積されている）。	有効：設計・運用等のノウハウは活用可能であるが、ALPSスラリー自体の処理は未経験であり、適用範囲は限定される(<u>通常のセメント固化施設に比べて設置に時間を要する可能性がある</u>)。
処理時の安全性が高い（核種の放出等のリスクが低い）	有効
コスト（処理施設、保管容器等）	有効

表 セメント固化技術のデメリット

デメリット	評価
高線量の廃棄物に適用できない	問題なし：照射試験を実施済
固化体による核種移行遅延（低溶出性）が期待できない	問題なし：現時点の知見では、低溶出性は要件とならない可能性が高い。ただし、 <u>C-14,I-129等のデータが取得できておらず分析による確認が必要</u> 。
減容率がガラス溶融等の処理方法に較べて劣る	問題なし：相対的には劣るが、HIC保管に対して減容は可能であり、減容の効果は期待できる。
化学挙動の評価・管理の難しさ	課題あり：炭酸塩スラリーの主成分である炭酸カルシウムとの親和性は高い。一方、炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム以外の成分に起因すると推定される問題などが抽出されており、 <u>実スラリーの化学的性状を把握した上で対策を講じる必要がある</u> 。

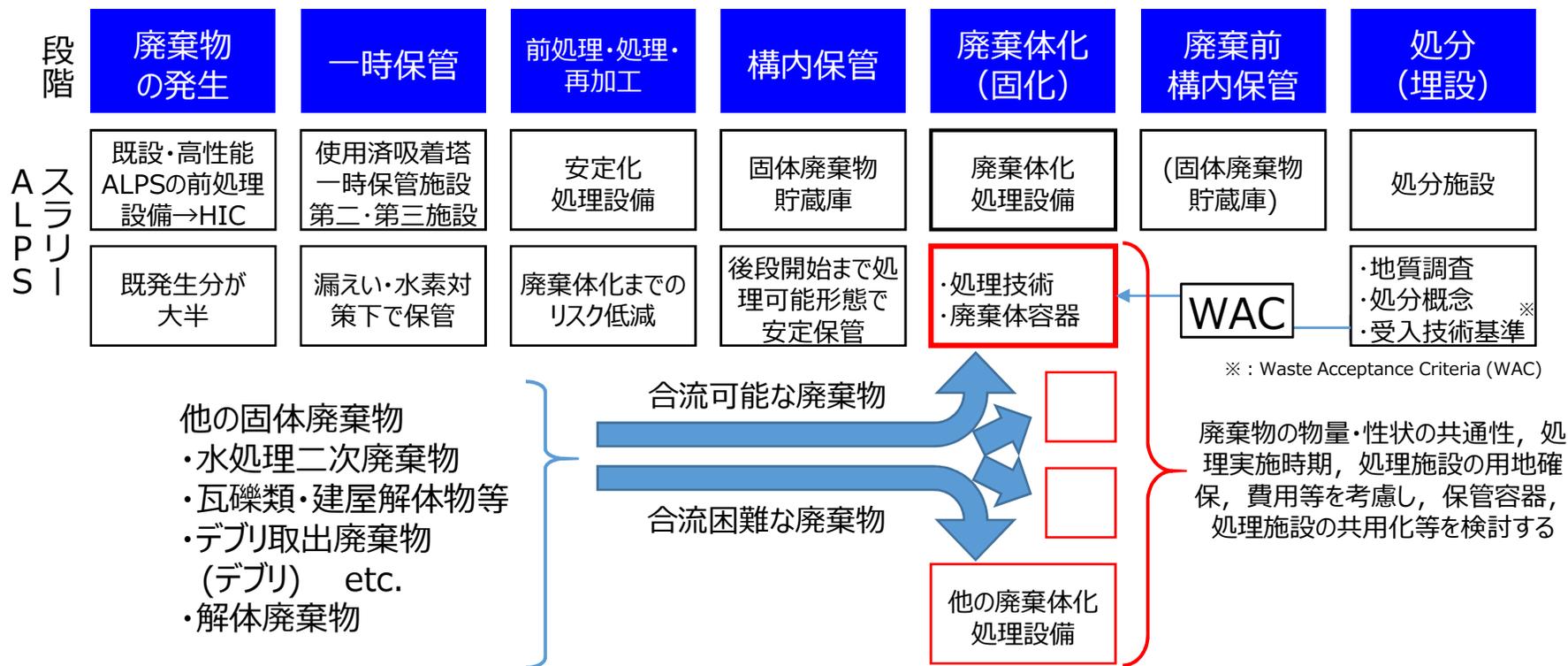
- 高温処理技術は、線量が高く常温固化の適用が難しく、また、無害化・無機化を目的とした熱分解等の処理のニーズを有するKURION/SARRY/SARRY-IIの吸着材を対象に技術開発を進めている。
- なお、高温処理技術によりALPSスラリーの処理も可能であることから、固化処理施設の共用化を視野に入れたオプションとして、高温処理技術のALPSスラリーへの適用性の確認を実施している。

例：KURION/SARRY吸着材（40種類以上、大別すると下記）

- | | | |
|-------------------|---|--|
| a. ゼオライト系 | } | • 鉱物系であり、地下環境下で安定である可能性→固化を必要としない可能性もあるが、現行の埋設規則には適合しないため規則改定が必要。
• 固化処理を行う場合、常温固化は適用が難しい。固化を行う場合にはガラス溶融等の高温処理が候補となる。 |
| b. 銀ゼオライト系 | | |
| c. 珪チタン酸塩系 | | |
| d. 砂 | | |
| e. 活性炭系 | } | • 熱分解による無機化・無害化が必要となる可能性がある。熱分解等の中間処理、ガラス溶融等の高温処理が候補となる。 |
| f. 高分子系 | | |
| g. その他(フェロシアン化物等) | | |

固化処理に係る方針（水処理二次廃棄物全体）

- 水処理二次廃棄物を含め、固化処理を必要とする廃棄物は多様である。各廃棄物の処理方針・処理計画の具体化にあたっては、廃棄物の物量・性状の共通性、固化処理の実施時期、処理施設の用地確保、費用等を踏まえて検討を行う必要がある。
- そのためには、廃棄物の性状の把握、廃棄物ストリームの整理、固化技術に関する知見の蓄積、また、処理施設設置にあたっての用地計画、コスト評価等を実施する必要がある。



固化処理に係る方針（ALPSスラリー）

- ALPSスラリーを対象とした固化処理技術については、引き続き常温・中温固化について検討を進める。
- 特に早期に実現可能であり、実施設として好ましい特性を有し、ALPSスラリーと相性が良いと考えられるセメント固化について優先的に検討を進める。
- 2025年度に、全体を俯瞰した上で候補技術を絞り込み、処理方法決定・許認可に向けた具体の計画及び処理開始までの工程案を作成する（p.11参照）。
- 一方、セメント固化を実施する場合でも、当社固化施設の実績から固化開始までに10年程度の時間を要するものと予想され、また、ALPSスラリー固化が未経験であることを踏まえれば、更に時間を要する可能性も否定できない。その間、脱水体を安全・安定的に保管できることを示す必要がある（説明事項は次項参照）。

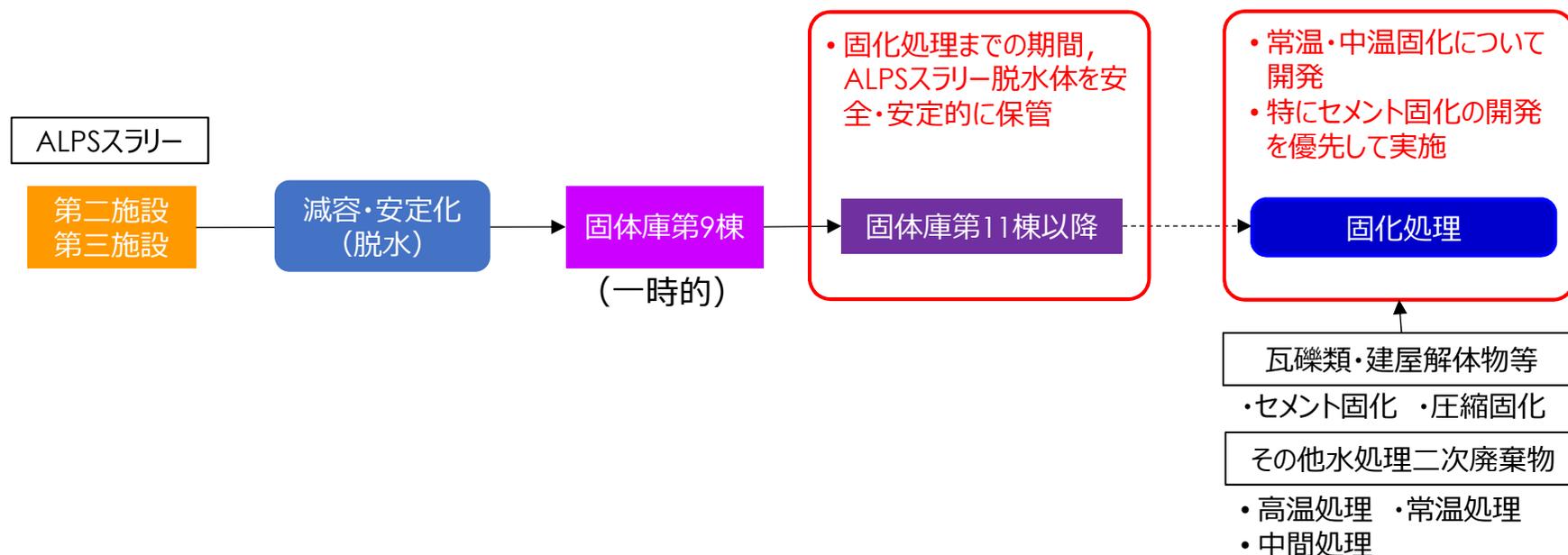


図 ALPSスラリーの保管，固化処理方針について

- ALPSスラリー脱水体の安全・安定的な保管に係る主な説明事項について下記に示す。

□ 脱水物の特性

- ✓ 漏えい・腐食に繋がるような自由水を含まないこと
- ✓ 事故時評価における飛散率の設定

□ 保管容器

- ✓ 密閉構造であること
- ✓ 適切な仕様のフィルタバントを備えること
- ✓ 適切なハンドリング性，強度を有すること
- ✓ 適切な耐食性，耐放射線性を有すること
- ✓ 後段において安全に脱水体の取出しが可能なこと
- ✓ 内容物に関する記録管理がなされていること

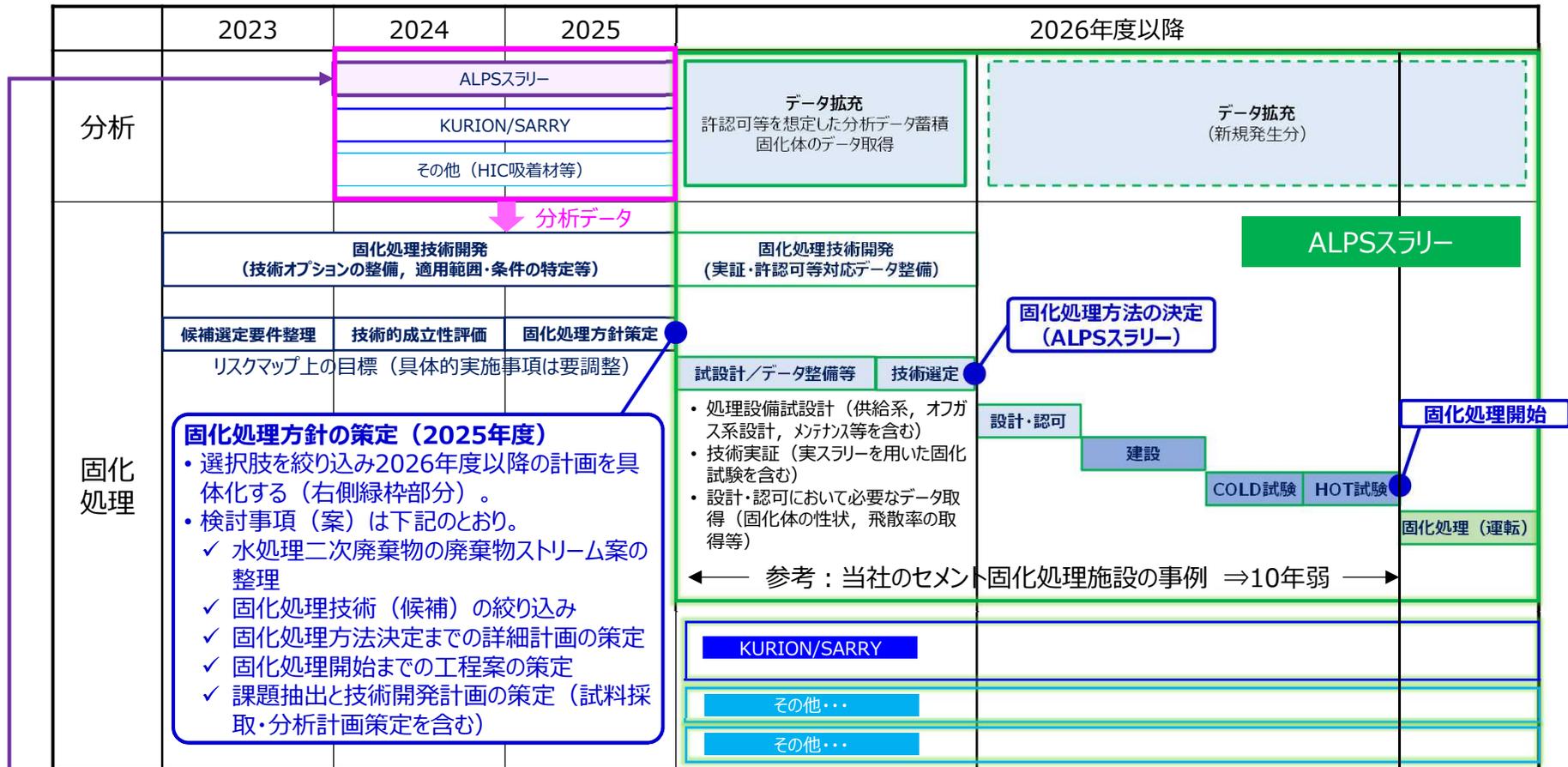
□ 保管施設

- ✓ 適切な耐震性，水素滞留防止性を有する固体廃棄物貯蔵庫で保管する(建屋，保管容器支持構造)

2025年度の固化処理方針策定について

- 固化処理実施に向けた検討の進め方及び2025年度の固化処理方針策定の検討事項案について、下記に整理した。

表 固化処理実施に向けた検討の進め方



ALPSスラリーの分析方針 (固化処理方針策定に必要なもの)

- 不足していると考えているのは下記の2点。スラリーは、5試料を使って上記の分析をするべく調整中。分析は2024年度予定。
 - 処分重要核種のデータ (C-14, Tc-99, I-129等の取得)
 - 構成物質の確認 (化学的性状)

以上