

燃料デブリ取り出し工法の具体的な設計検討 に向けた内部調査の今後の計画について



2024年12月20日

東京電力ホールディングス株式会社

- 燃料デブリ取り出し工法評価小委員会（以下、小委員会）の提言を踏まえて、現在、当社において3号機の大規模取り出し工法の具体的な設計検討を進めているところ。
- 一方、小委員会報告書（2024年3月）に言及があるように、内部調査については、工法の設計検討に併行して進めていくことが重要と考えている。

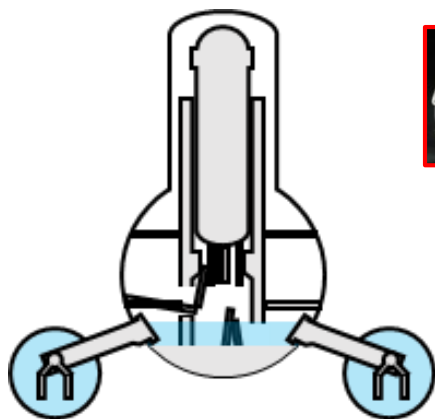
<「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」報告書（令和6年3月7日）からの抜粋>

（中略）、いかなる工法であれ、PCVやRPV内部の状況の十分な理解が、その設計や安全確保の前提となる。今までに実施された内部調査によって、PCV底部の一部については状況が明らかになってきているが、PCVの底部の調査未実施箇所や上部、RPVの内部については、ほとんど情報が得られていない。このため、今後、内部調査を加速していくことが重要となるが、今後の時間的目標を考えれば、**工法の設計検討と内部調査が同時併行で行われることが不可欠**であると考えられる。

- 本資料では、工法検討に向けて、今後順次実施していく、1～3号機のRPV（原子炉圧力容器）／PCV（原子炉格納容器）の内部調査の計画をお示しする。

2. 工法検討に向けた内部調査内容

- 燃料デブリ取り出しの設計や安全確保に向けては、原子炉圧力容器や原子炉格納容器の内部情報は必須であり、内部調査を早期に実現すべく検討を行っている。
- また、1Fにおいては、事故分析/事故進展解析に資する観点からも内部調査は有用であり、事故分析の推定の精度が上がると、工法にフィードバック可能という側面を持っていることから、両者の面で内部調査は早期に実施する必要がある。
- 特に大規模取り出しを最初に行うことを想定している3号機の内部調査を優先して実施していく。



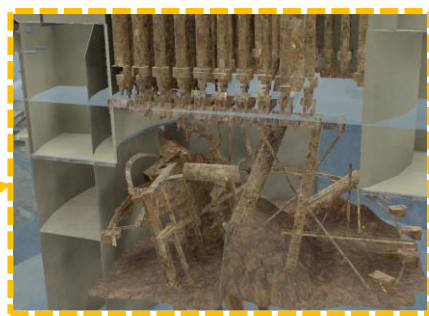
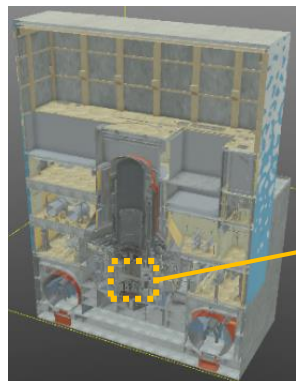
水中ROV



ドローン



ロボットアーム
内部調査技術と取得情報



映像・点群データから3Dモデルの作成
(調査データ不足分は震災前の設計図面 + 事故分析の推定から作成)

【調査で取得する主な情報】

情報	取得方法
燃料デブリの分布・量	映像※・点群
燃料デブリの性状	採取・分析
既設構造物・機器の状態確認	映像・点群
環境情報の確認	線量、汚染密度、湿度、温度等

※：高画質の映像撮影であれば、以下手順で3Dモデル化が可能

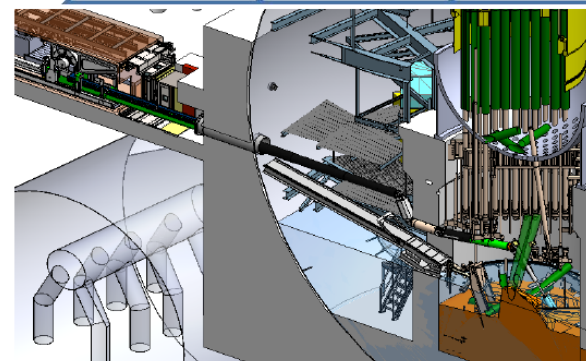


映像

AIノイズ除去

点群化(SfM)

設計検討



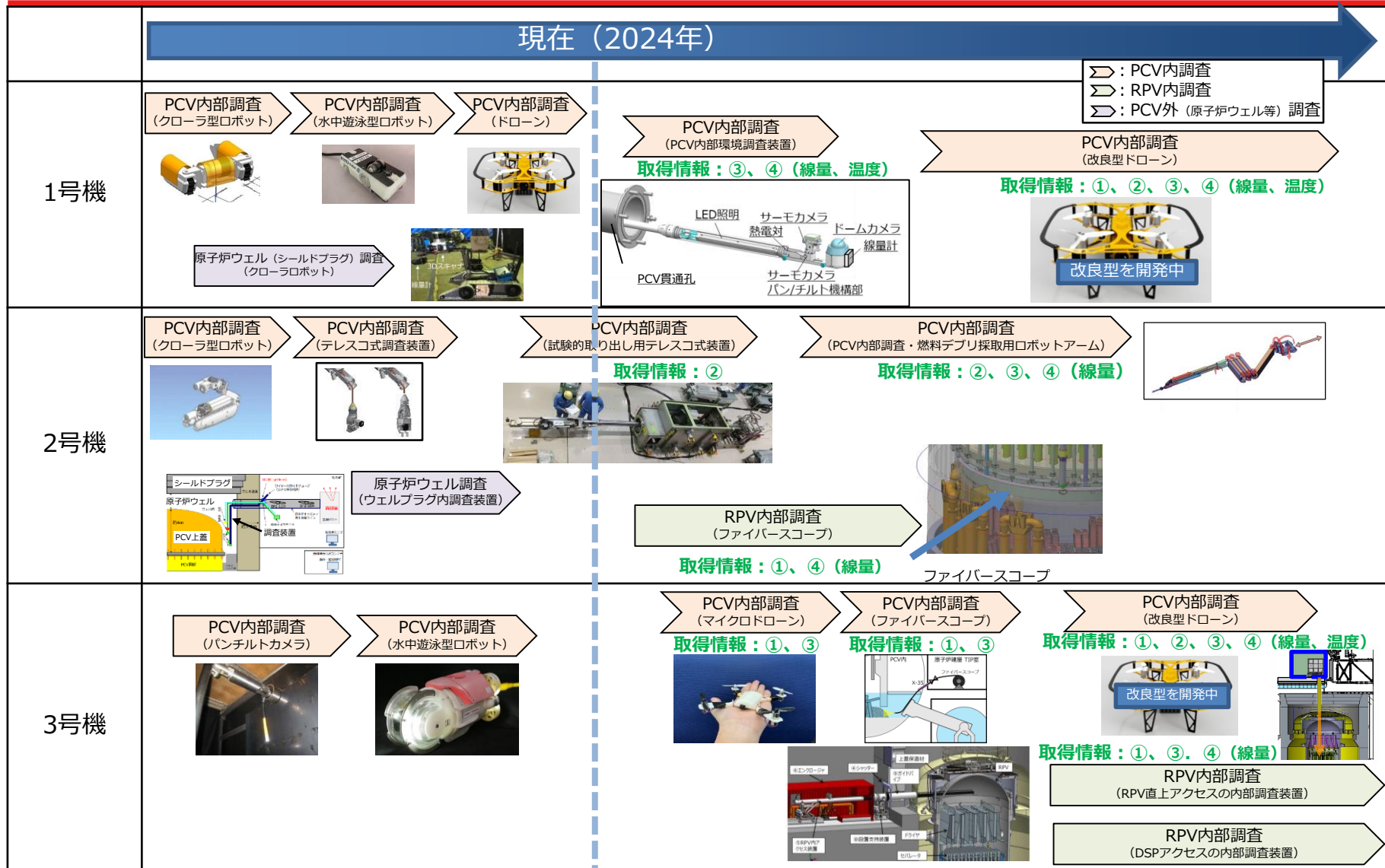
3Dモデルを用いた、取り出し工法の設計検討

3. 1～3号機内部調査の実施状況と今後の計画

	1号機	2号機	3号機
調査エリア <ul style="list-style-type: none"> ■：過去の調査で確認した範囲 ■：今後の調査で追加確認を計画している範囲※ ■：過去に調査済みであるが、情報拡充のため再度確認を計画している範囲※ 	<p>原子炉ウエル 原子炉格納容器 原子炉圧力容器 燃料デブリ ペDESTAL ドライウエル1階床面</p>	<p>原子炉ウエル 原子炉格納容器 原子炉圧力容器 燃料デブリ ペDESTAL ドライウエル1階床面</p>	<p>機器貯蔵プール 原子炉格納容器 原子炉圧力容器 燃料デブリ ペDESTAL ドライウエル1階床面</p>
過去の調査等に使用した装置	<p>クローラ型ロボット</p> <p>水中遊泳型ロボット</p> <p>ドローン</p>	<p>クローラ型ロボット</p> <p>試験的取り出し用テレスコピ装置（実施中）</p> <p>テレスコピ調査装置</p> <p>原子炉ウエル内調査装置</p>	<p>パンチルトカメラ</p> <p>水中遊泳型ロボット</p>
今後の調査等に向けて検討している装置	<p>PCV内部環境調査装置</p> <p>改良型ドローン</p>	<p>燃料デブリ回収装置先端部 <金フラスコ型> <真空容器型></p> <p>ファイバースコープによるRPV内部調査</p> <p>PCV内部調査・燃料デブリ採取用ロボットアーム</p>	<p>マイクロドローン</p> <p>ファイバースコープ型調査装置</p> <p>改良型ドローン</p> <p>RPV内部調査装置 (RPV直上アクセス)</p> <p>RPV内部調査装置 (DSPアクセス)</p>
	1・2号機についても順次RPV内部調査を計画して調査を進めていく。		

※：調査装置の技術開発結果や現場状況に応じて、調査エリアは見直す可能性がある。

(参考) 1～3号機内部調査の進め方 (計画)



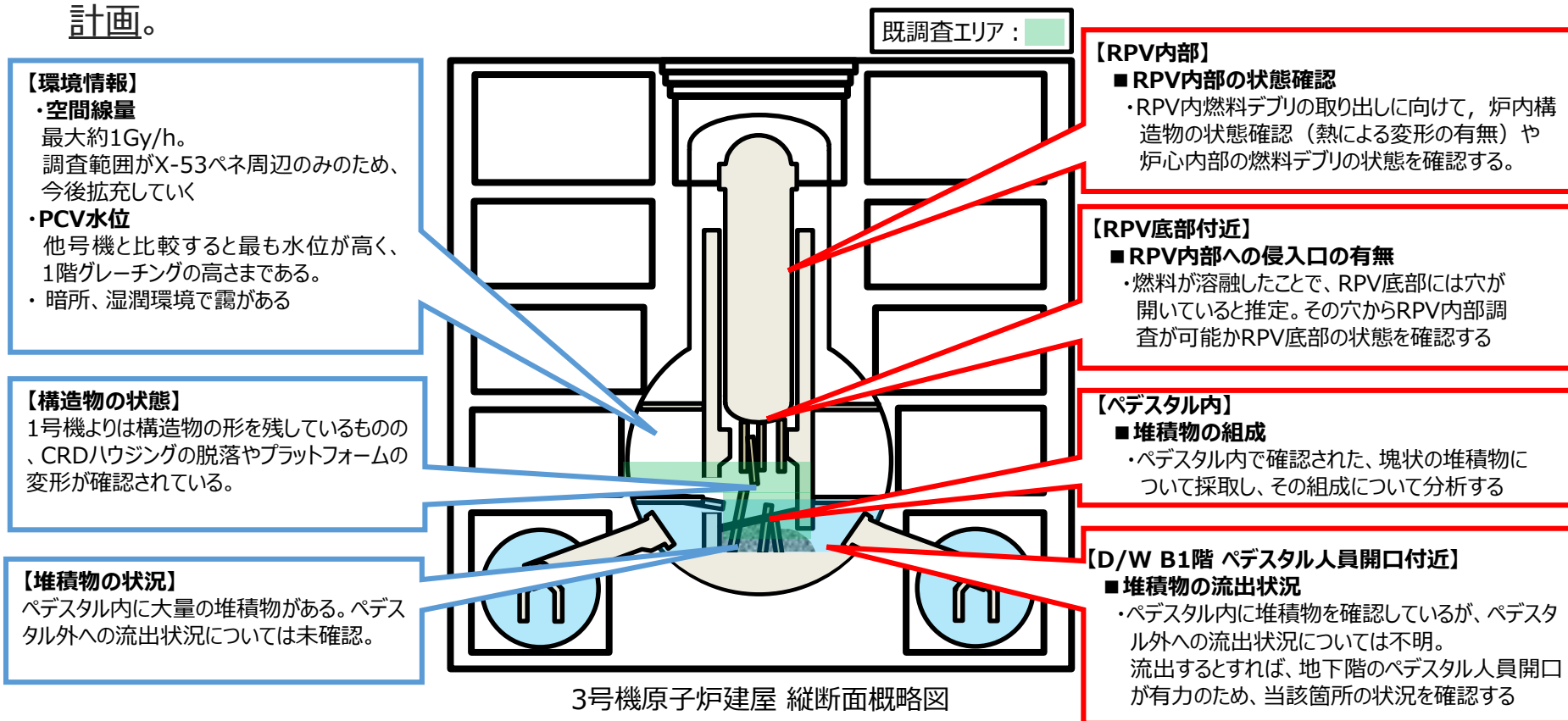
← 調査結果は5～7スライド参照 →

取得情報

No.	情報	No.	情報
①	燃料デブリの分布・量	③	既設構造物・機器の状態確認
②	燃料デブリの性状	④	環境情報の確認

4. 3号機内部調査の実績および着目点

- PCV内は、主にペDESTAL内の調査が進んでおり、堆積物がペDESTAL内に存在していることを確認。主要構造物の状態としては、ペDESTAL内の構造物の落下や損傷が確認されているが、1号機と比較すると原型を保っているものが多い。今後は、更に情報を拡充するために、取り出しに使用するペネトレーションのPCV内部の状況（X-6ペネ他）や、RPV内部調査に繋がるRPV底部付近の情報、堆積物の流出範囲を確認するためのD/W B1階(ペDESTAL人員開口付近)の情報を取得する計画。
- RPV内部の状況は未確認。ただし、ミュオン測定にて炉心部には大きな塊状の燃料デブリはなく、一部がRPV底部に残存している可能性があることを確認しており、今後、詳細な状況を目視確認することを計画。

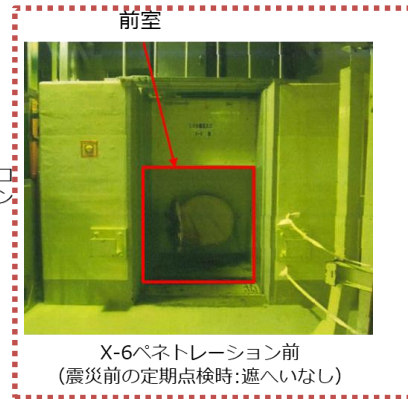
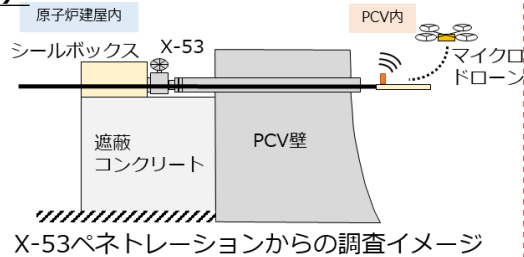
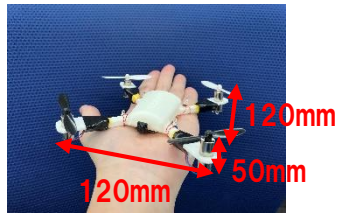


5. 3号機内部調査計画の現状と課題 (1/2)

- PCV内部調査については、前述の目的のため、ドローンによる調査および内視鏡による調査を計画中。
- 当該調査に当たっての課題は、建屋内の線量低減とX-6ペネ前室の汚染状況と考えている。

①ドローン調査

・マイクロドローン (X-53ペネ用)



貫通部	内径 (mm)	用途
X-1A	3050	機器ハッチ
X-1B	3050	機器ハッチ
X-2	2400	所員用エアロック
X-6	547.6	CRD搬出入口
X-35	38.4	TIP
X-53	143.2	予備

・改良型小型ドローン (X-6ペネ他用)

1号機の内部調査で活用した小型ドローン



■ 映像の取得

- 映像撮影能力の向上
 - ・カメラ感度向上
 - ・照明強化
- 飛行時間の向上
- サイズ、重量に著しい変化は無し

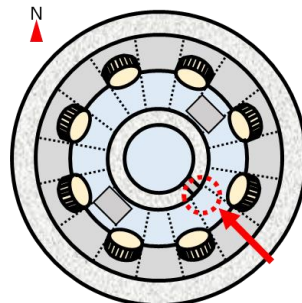
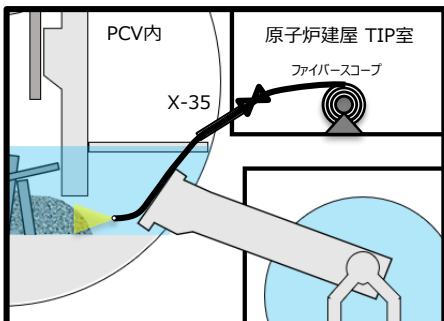
共通

- ドローン同士の無線中継
- 上部方向の撮影
- 線量計測
- サーモカメラ
- 試料採取
- ※一部試験・検討中

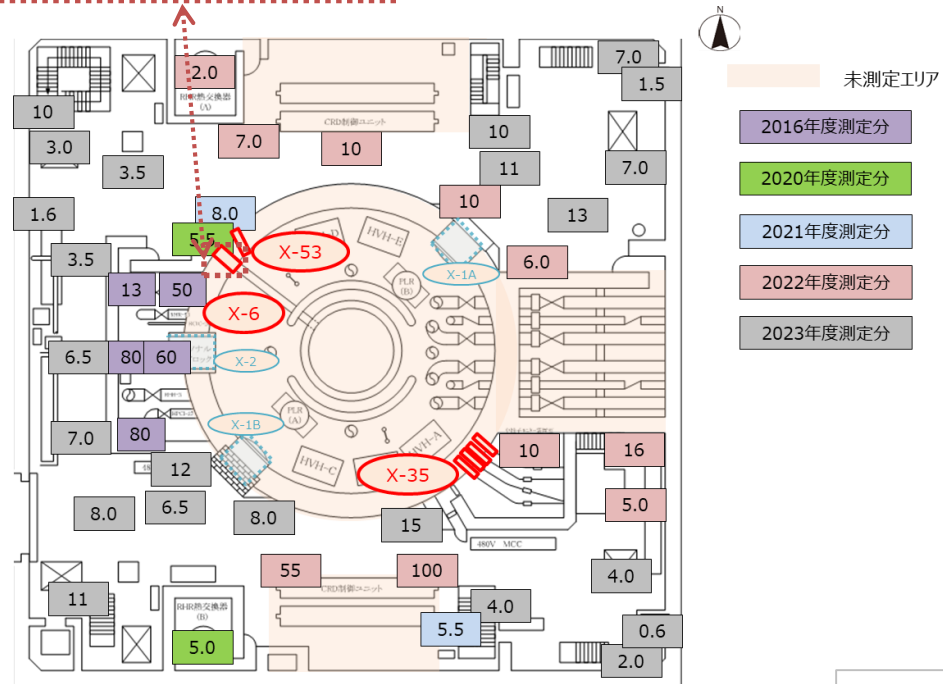
追加機種

アクセスロ: →

②内視鏡調査 (X-35ペネ用)



原子炉格納容器 D/W B1FL 平面概略図



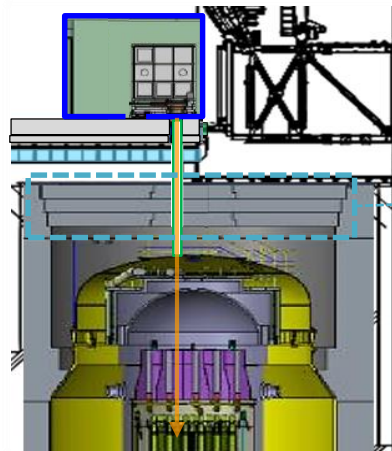
3号機R/B 1階

単位: mSv/h

5. 3号機内部調査計画の現状と課題 (2/2)

- RPV内の状況を確認するため、燃料デブリ取り出し工法小委員会の提言に基づき、小規模な上アクセスによる内部調査を検討中。
- 当該調査は検討段階であるが、現時点で判明している課題は、シールドプラグが高線量かつ変形していることと加工時のダスト対策と考えている。

・原子炉ウェル直上からの調査



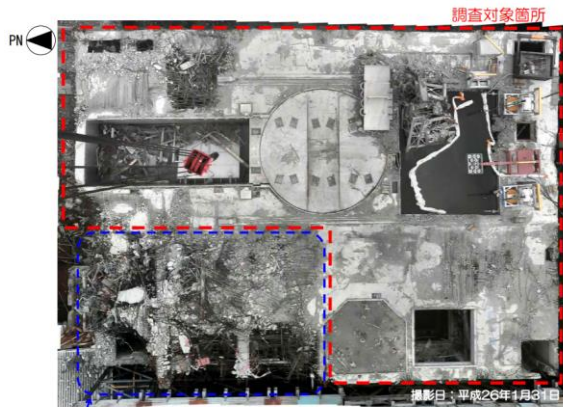
遮へい設置前線量測定 下方向APD測定値
(2016年3月24日～3月29日測定)
OPFL床面上1.5m(単位:mSv/h)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13'	14
A	1.94		2.84	3.51	3.98	3.90	3.33	3.19	2.16	1.90	1.51	1.25			
A'															
B	13.54	21.80		48.43	34.19	47.12	30.97	28.85	17.50	15.27	15.76	9.53			1.31
C	20.23	21.76		111.92	107.47	105.52	55.08	27.95	23.97	26.03	18.40				1.43
D	1.88	10.00		288.70	143.22	159.37	12	25.81	17.93	30.26	9.09				2.31
E	10.49	3.12		117.70	218.70	128.89	14.92	23.95	16.50	14.07	8.31				1.27
F	2.37	11.90		323.28	150.47	209.90	27.37	18.44	14.78	16.90	5.19				1.43
G	9.41	22.50		111.90	216.25	124.63	35.20	22.05	18.80	24.30	11.56				1.39
H	23.17		33.06	272.95	245.45	36.01	15.25	25.17	18.23	30.58	11.70				1.23
I	12.92	31.52		52.80	51.58	21.25	12.62	17.64	16.09	12.19	8.90				1.10
J	10.80	17.86		44.20	35.40	11.94	14.23	16.46	22.05	11.80	6.80				1.20
K	8.60	8.08		15.11	12.94	9.00	19.01	15.46	13.68	6.08	3.51				0.80
K'															
L	1.25	1.47		2.41	2.16	1.88	1.80	1.98	1.96	1.65	0.88				0.51

全遮へい体設置後線量測定 下方向APD測定値
(2016年12月5日～12月15日測定)
遮へい上1.2m(単位:mSv/h)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13'	14
A	0.71		1.49	1.33	1.35	1.12	3.23	1.10	0.73	0.67	1.02	0.41			
A'				0.84		0.76		1.41	1.31		0.71				
B	1.57	0.31		1.16	0.20	0.43	1.39	9.72	6.64	1.51	0.78	0.59			0.25
C	9.56	0.29	0.27	2.20	0.24	0.59	2.3	13.33	8.37	4.72	0.94	0.82			0.20
D	0.10	0.14	5.94	0.25	0.41	1.06	1.49	10.54	13.88	1.33	0.80				0.20
E	4.14	0.08	0.11	0.20	0.25	0.78	0.73	11.17	6.96	1.61	0.78				0.24
F	0.08	0.12	0.17	0.18	0.08	0.04	14.25	9.94	8.47	0.02	0.16				0.20
G	0.71	0.06	0.06	0.08	0.08	0.76	1.25	0.86	1.61	1.51	1.47	0.20	0.22		0.22
H	0.06	0.06	0.10	0.14	0.98	0.55	0.22	0.69	0.25	0.55	0.18				0.22
I	0.73	0.06	0.06	0.06	0.10	0.49	0.82	0.98	1.88	2.20	0.25	0.22	0.27		0.24
J	0.04	0.04	0.06	0.08	0.53	0.33	2.33	3.08	1.00	0.31	9.16				0.12
K	0.45	0.04	0.06		0.31	0.41	6.59	1.02	2.14	0.27	0.14				0.12
K'								1.25	0.63						
L	0.35		0.25		0.47	0.39	0.43	0.29	0.51	0.20	0.20	0.27			0.12

R/Bオペフロの線量 (2016年度)



震災直後の状況調査で確認済み
3号機オペフロの瓦礫撤去後の調査結果



除染作業(小がれき集積)進捗後



写真①シールドプラグの変形状況

(参考) 1号機内部調査の実績および着目点

- 1号機については、ペDESTAL内だけでなく、D/W 1階、B1階を含め幅広く調査を実施。
- 堆積物がペDESTAL内外に広がっていることを確認しており、堆積物表層の浮遊物の採取・分析は実施済。RPV内の状況やベント管内への流出状況の確認および、塊状の堆積物の採取・分析は未実施。
- 主要構造物の状態としては、ペDESTAL内の構造物の落下や損傷が確認されており、ペDESTAL内側基部のコンクリートが床面より1mの範囲で全周にわたり消失し、鉄筋が露出していることを確認。
- 今後は、更に堆積物の情報を拡充するために、RPV内部調査に繋がるRPV底部付近の情報や、堆積物の流出範囲を確認するためのベント管内の情報、堆積物の組成に関する情報取得について計画。

【ウェルプラグ・原子炉ウェルの状態】

ウェルプラグが3段ともに傾斜していることを確認した。
ウェル壁のライナが剥がれ、コンクリートが露出している箇所があることを確認した。

【環境情報】

・空間線量

最大約10Gy/hで、5Gy/h以下のエリアも多い

・PCV水位

D/W底面から約2mあったが、現在水位低下を進めている
・暗所、湿潤環境で霉がある

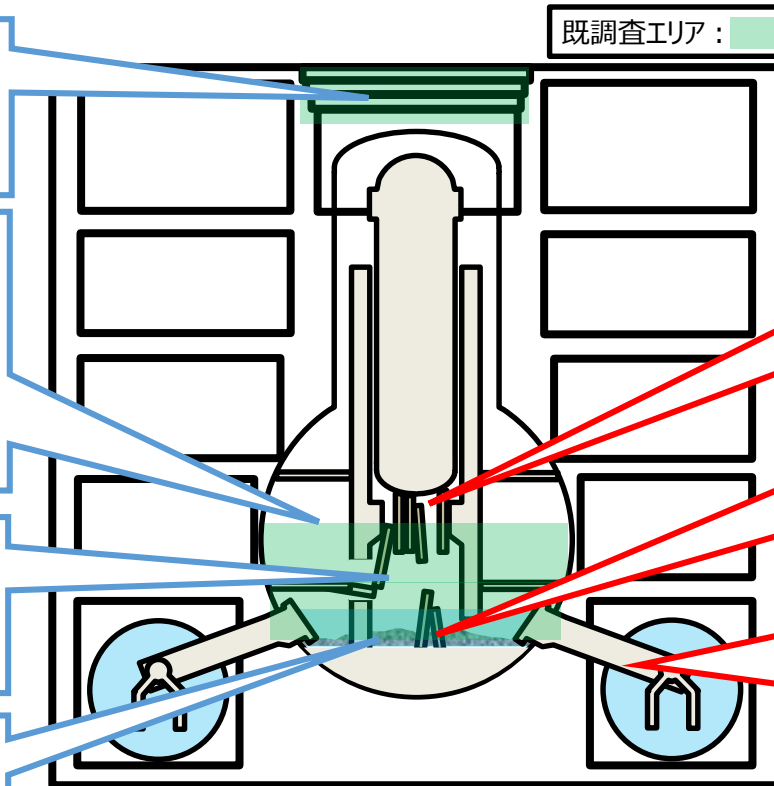
【構造物の状態】

CRD関連機器が複数個所で脱落している。ペDESTAL内側基部のコンクリートが床面より1mの範囲で全周にわたり消失し、鉄筋が露出

【堆積物の状況】

ペDESTAL内だけでなく、ペDESTAL外にも堆積物が移行。D/W底部から約1～0.1mの高さ

既調査エリア：



【RPV底部付近】

■ RPV内部への侵入口の有無

・燃料が溶融したことで、RPV底部には穴が開いていると推定。その穴からRPV内部調査が可能かRPV底部の状態を確認する

【ペDESTAL内、D/W B1階】

■ 堆積物の組成

・ペDESTAL内およびD/W B1階で確認された、塊状の堆積物について採取し、その組成について分析する

【ベント管内】

■ 堆積物の流出状況

・ペDESTAL内だけでなく、D/W B1階エリアにも堆積物が流出していたことから、ベント管内への流出状況についても確認する

1号機原子炉建屋 縦断面概略図

(参考) 2号機内部調査の実績および着目点

- 2号機については、主にペDESTAL内の調査が進んでいる。
- 1・3号機に比べて少量の堆積物がペDESTAL内底部に存在しており、一部は把持して動かせることを確認している。
- 主要構造物の状態としては、変色は確認されるものの、1・3号機に比べて目立った損傷は少ない。
- 今後は、ペDESTAL底部の堆積物を採取し、組成に関する情報取得を実施する。

【原子炉ウェル内の状態】

調査範囲の原子炉ウェル内構造物には、大きな損傷は確認されなかった。空間線量は、最大530mSv/hを確認した。

【環境情報】

・空間線量

最大70～80Gy/h程度
ペDESTAL内約10Gy/h

・PCV水位

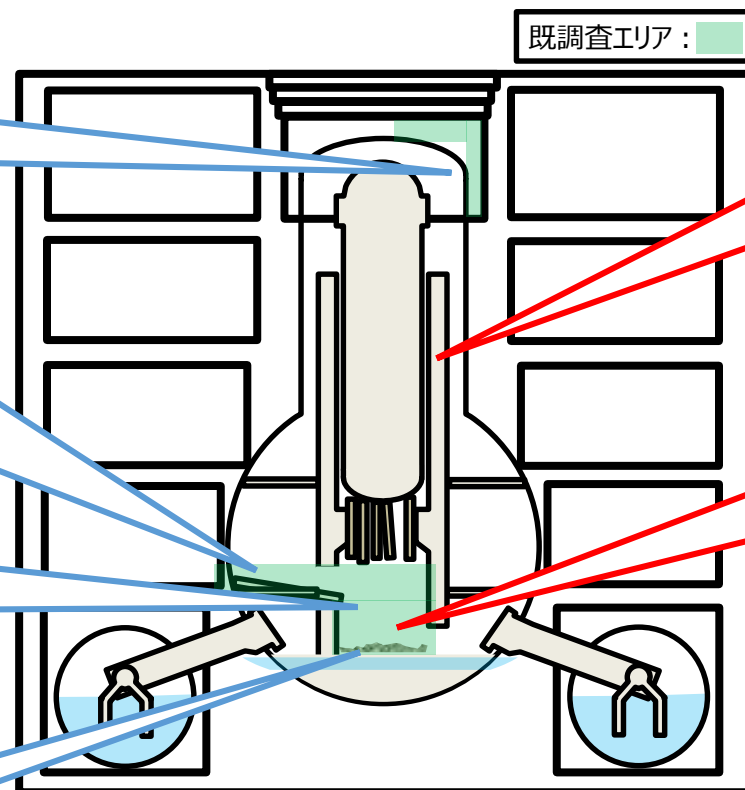
他号機と比較すると最も水位が低く、D/W底部付近である。
・暗所、湿潤環境で霧がある

【構造物の状態】

変色は確認されるものの、目立った損傷は少ない。ペDESTAL内のプラットフォームの一部が脱落し、堆積物が付着している。

【堆積物の状況】

ペDESTAL内底部に少量の堆積物がある。



既調査エリア：

【RPV内部（外周）付近】

■ RPV内部の状態確認

・RPV内に通じる計装配管にファイバースコープを投入し、RPV内部の外周の一部を目視確認し、内部の状態確認を行う。

【ペDESTAL内】

■ 堆積物の組成

・ペDESTAL内で確認された、塊状の堆積物について採取し、その組成について分析する。

2号機原子炉建屋 縦断面概略図