

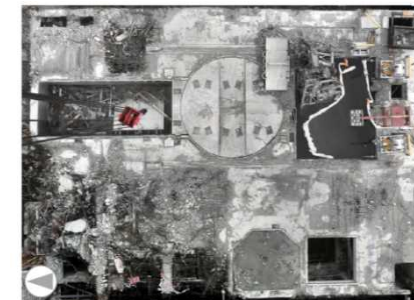
1-3号機 原子炉建屋5階オペレーションフロアの環境の相違に応じた測定方法の選択について



2017年3月30日廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議
「1号機オペレーティングフロア調査結果（中間）について」



2018.11.6東京電力ホールディングス株式会社撮影



除染当初（撮影日2014年1月31日）

対象号機	1号機	2号機	3号機
シールドプラグの状態	3層とも大きなズレ 1層目に変形あり	外観上の大きな ズレや損傷なし	第1層に破損 中央部に30cm陥没
5階天井、壁、柱などの破損	大規模に破損	ブローアウトパネルの脱落程度	大規模に破損
5階天井、壁、柱の汚染	汚染あり 測定への影響度不明	ほぼ一様に汚染有り 測定に影響は小さい	汚染あり 測定への影響度小
シールドプラグ表面汚染の有無	有り 除染実績なし	有り 除染実績あり 880mSv/h⇒140mSv/h (プラグ中心1.5m高さ)	有り 除染実績あり 表層5mm程度はつり 800mSv/h⇒200mSv/h (プラグ中心5m高さ)
表面汚染レベル(線量のみ)	平均150mSv/h(表面) 平均100mSv/h(1.2m高さ)	平均114mSv/h(1.5m高さ)	平均50mSv/h(0.5m高さ) 平均200mSv/h(5m高さ)
高線量瓦礫の有無	有り 除染なし	有り 片付け進行中	ほぼ無し
選択した測定方法	GM計数管 (東京電力)	・鉛遮へい付きAPD ・ガンマカメラ	鉛コリメータ付き 半導体検出器
測定による汚染レベルの推定値	0.1PBq	70PBq	30PBq

○事故分析検討会における調査・分析の中で出てきた検討事項

原子力規制庁では、これまで事故分析検討会を4回開催※してきた。

この中で、福島第一原子力発電所事故の調査・分析を進める上で、廃炉等の進捗にも関わるものとして、以下の検討事項が出てきている。

※第7回（R1.10.18）、第8回（R1.11.28）、第9回（R1.12.26）、第10回（R2.2.4）の4回

1) 試料の採取及び運搬に係る扱いについて

2) 事故分析に係る現場の改変の扱いについて

（事故分析検討会での主なコメント）

- サンプルングや線量測定用に配管やダクトを切断するための扱い（廃炉以外の目的で施設の状態を改変することの扱い）の検討が必要。
- 瓦礫のサンプルング及び分析のための持ち出しについては、関係者での検討が必要。
- 3号機4階の高線量の線源については、廃炉作業のためにもオペフロから無人でアプローチするなどの調査が必要ではないか。

事故分析検討会における論点の整理(案)

～第8回及び第9回検討会のコメント整理～

○第9回検討会(12月26日)におけるコメント等整理表(1/4)

No.	コメント、事実確認等	対応状況
1	3号機2階AC配管の線量測定結果(150mSv/h)の測定内容を補足する。	規制庁で調査結果を整理中
2	検討会への御意見について、議論テーマに応じて紹介する。	12/9_1件、1/5_1件、1/30_1件
3	3号機3階床面の破損が4号機に比べて少ない。	3号機2階天井部の追加調査を計画中
4	物上げハッチは5階で蓋を閉めていた。(当該ハッチ蓋はどこにいったのか?)	資料5参照
5	3号機3階南西部のケーブルトレイの形状の確認(下がっているように見えるが元々の形状か?)	東電HDに確認中
6	3号機3階西のハリの破損箇所の上階(4階)に柱はなかったのか。(5階の爆発の力を4階床に伝える構造物はなかったのか。)	東電HDから提示済み 資料3参照
7	3号機4階西のMGセット周囲の堰の有無	東電HDから提示済み 資料3参照
8	4号機3階西側壁沿い部の床面損傷(3号機と比べて天井部の損傷がなく、床面の損傷が大きい)	4号機2階天井部の追加調査を計画中(P)

○第9回検討会(12月26日)におけるコメント等整理表(2/4)

No.	コメント、事実確認等	対応状況
9	4号機3階北西角の床面の損傷(3号機と比べて天井部の損傷がなく、床面の損傷が大きい)	4号機2階天井部の追加調査を実施済み
10	3号機3階、4号機3階の天井部と床面の損傷状況が異なる。構造上説明できるか。	構造の専門家を検討する
11	4号機3階FPC室の入口壁が傾いているとの発言あり。	現地写真を整理中
12	4号機4階西側壁が破損しているのに手前の電源盤等が残っている。(どのような損傷モードなのか?) [No.10 関連]	4号機4階の追加調査を計画する
13	3号機オペフロの水素供給から4階への水素の移動に関する既存のシミュレーションはあるか。	東電HDに確認中
14	3号機1階PCVの機器ハッチでシーベルトオーダーの線量が測定されている。	資料6-1参照
15	3号機1階PCVの機器ハッチに関してスミアを実施している。(スミアのサンプルとデータの確認)	東電HDに確認中
16	東電の実施した1号機の水素爆発シミュレーションでは、オペフロの水素濃度約12%に対して、4階は約8%となった。	資料6-2参照
17	同シミュレーション(No.16)では、オペフロが均一の水素濃度になると4階に移り始める。	資料6-2参照

○第9回検討会(12月26日)におけるコメント等整理表(3/4)

No.	コメント、事実確認等	対応状況
18	3号機原子炉建屋各階のSGTS配管の取り回し、及び吸込口、排気口の位置	東電HDから提示予定 (資料内容確認中)
19	3号機SGTS配管にグラビティダンパがついているので逆流はしにくい、流路面積が狭いというくらいの感覚で少ない、みなくて良いというくらいのイメージだった。	東電HDに確認中
20	4号機SGTSフィルタ近傍(スタック側)に線量が高い配管がある。	規制庁で調査結果を整理する
21	4号機SGTSフィルタの線量は、スタック側から建屋側に大きく線量分布がついている。	規制庁で調査結果を整理する
22	3号機SGTSフィルタの線量は、片系が逆流のような線量分布だが、もう片系は真ん中が低く、必ずしも逆流とは言い切れない。3号機SGTSフィルタ外側の配管取り回し、グラビティダンパの位置等、4号機との違いはあるか。	東電HDに確認中
23	SGTS配管、フィルタの平均流速やフィルタのトラップ率はどれくらいあるか。	東電HDに確認中
24	SGTS配管やダクトのスミア等による線量測定の検討	東電HDで検討中
25	サンプリングや線量測定用に配管やダクトを切断するための手続き(廃炉以外の目的で施設の状態を改変することの手続き)を検討	東電HDで検討中 連絡調整会議で議論を進める

○第9回検討会(12月26日)におけるコメント等整理表(4/4)

No.	コメント、事実確認等	対応状況
26	廃炉以外の目的で東電HDは規制庁の調査分析に同行できないかを検討	東電HDで検討中
27	3号機4階の高線量の線源は、ガンマカメラの画像を解析すると、数百～千 mSv/hと推定される。	規制庁で調査結果を整理する
28	3号機オペフロの線量は、東電の調査では15～20 mSv/h程度。	規制庁で調査結果を整理する
29	No.27,28の関係は整合するか。	検討会で議論
30	3号機タービン建屋内の原子炉建屋から飛来したと思われるコンクリート片は、2～3 mSv/hでほぼ揃っている。	瓦礫の詳細調査を計画する
31	3号機オペフロへの放水と4階の堰等の水がたまる構造が存在する可能性。(ガンマカメラの高線量の線源と放水の影響を確認)	東電HDに確認中
32	3号機4階の高線量の線源については、廃炉作業のためにもオペフロから無人でアプローチするなどの調査が必要ではないか。	連絡調整会議等で議論を進める
33	瓦礫のサンプリング及び分析のための持ち出しについては、東電HDで安全性の向上のための研究が可能になったので検討する。	東電HDで検討中
34	3号機4階の高線量の線源について、格納容器から直接漏えいする経路の評価	検討会で議論

○第8回検討会(11月28日)の要確認・要検証事項(1/4)

No.	要確認・要検証事項	対応状況
1	グラビティダンパの性能	東電HDから提示済み 資料4-2参照
2	ベントライン及びSGTSラインの汚染調査については、バックグラウンド等の測定結果も含めてデータを整理して議論する。	規制庁で調査結果を整理する
3	1, 2号機のスタックと3, 4号機のスタックの内部構造	東電HDから提示済み 資料4-2参照
4	1, 2号機スタックの根元部分のガンマカメラ撮影では、1号機SGTS配管よりも2号機SGTS配管の方が汚染されている。	規制庁で調査結果を整理する
5	1, 2号機スタックの根元部分の状況については、東電の事故直後の写真と比較しながらこういう状態だったのか確認が必要。	規制庁で調査結果を整理する 資料4-3参照
6	1号機SGTS配管の高温履歴に対する東電のデータ及び見解	東電HDに確認中
7	3号機SGTS配管における高温履歴の確認	規制庁で調査結果を整理する
8	真空破壊弁の中央制御室内のリミッタスイッチの調査	東電HDで検討中

○第8回検討会(11月28日)の要確認・要検証事項(2/4)

No.	要確認・要検証事項	対応状況
9	ICの中央制御室内のリミッタスイッチの調査結果	東電HD公表資料を確認
10	今の時点では、バックワード解析の方が精度が高い。(汚染状況等から出てくる放出量の推定によって、より精度の高いものが出てくるという誤ったシグナルにならないよう注意が必要)	検討会で議論
11	3号機原子炉建屋の壁や床に使っているコンクリート材料の情報、コア抜きサンプルの情報を共有する。	東電HDに確認中
12	スクラビングにおける状況の解釈においては、電共研やミラノ工科大の論文等も含めて議論しておきたい。	12/20電共研報告書開示済み ミラノ工科大は調整予定
13	3号機の原子炉圧力の急速な低下(13日午前9時頃)について、サンディア研究所のMSLクリープ、東電HDのADS起動等を議論しておきたい。	3月下旬の検討会で議論予定
14	ライブカメラにおけるベント時の外気温を提示すること。	東電HDから提示済み (気象台の記録) 資料4-2参照
15	2号機ラプチャーディスクは、ドライウェルとサブチェンの圧力が設計圧力ぎりぎりであり、破壊圧力に達していなかった可能性もある。	主旨確認

○第8回検討会(11月28日)の要確認・要検証事項(3/4)

No.	要確認・要検証事項	対応状況
16	ベントラインにS/Cの水が通ったことも可能性として考えられる。	主旨確認
17	3号機の圧力データについて、運転員が記録した圧力計は具体的にどれで、他の圧力データとどのように違うのか。	東電HDに確認中
18	3号機のドライウェル圧力計、サプレッションチェンバ圧力計のバイアスの可能性。	JAEAに確認(原子力学会での発表内容)
19	3号機RCIC運転等による原子炉注水によってS/C水位が真空破壊弁位置よりも高かった可能性。(真空破壊弁を通じてS/C内の水がD/Wに流れ込む挙動をしていた可能性がある)	原子力学会での議論を確認する
20	3号機S/Cでの減圧沸騰によってベントガスの流速が上がり、1号機よりも流速が高かった可能性。	今後議論予定
21	1, 2号機スタック内構造の流路の拡大による断熱膨張と流速低下によって重力沈降やエアロゾル凝縮等の可能性。	今後議論予定
22	1号機の真空破壊弁の構造から見て、ある程度閉まらなくなった状態での減圧量、及びその流量を基にした汚染の程度が実測値(CAMSでは100~150Sv/hのレベル)と整合するのか、定量的な議論が必要。	2/4 検討会で議論
23	1, 2号機スタックの線量について、東電の2011年8月のデータでは10 Sv/hを超えているところが、2013年11月のデータでは100 mSv/h以下に下がっている。	東電HDから提示済み(既公表資料のHP)資料4-3参照

○第8回検討会(11月28日)の要確認・要検証事項(4/4)

No.	要確認・要検証事項	対応状況
24	1, 2号機スタックの線量について、ガンマカメラの画像解析では、手前も奥側もシーベルトオーダーの線量であり、手前はどんどん線量が落ちている。	規制庁で調査結果を整理する
25	3,4号機SGTSの線量測定について、バックグラウンドの数値(オーダーレベル)を示すこと。	規制庁で調査結果を整理する
26	東電が作成した事故直後の空間線量マップを示すこと。	東電HDから提示済み (既公表資料のHP) 資料4-3参照
27	1, 2号機スタック上部の線量に関するドローン等の測定結果	東電HDで検討中
28	真空破壊弁の構造(構造図を基に議論)	東電HDから提示済み 資料4-2参照

2号機 燃料デブリの試験的取り出しに向けた開発の状況

2020年7月2日

IRID **TEPCO**

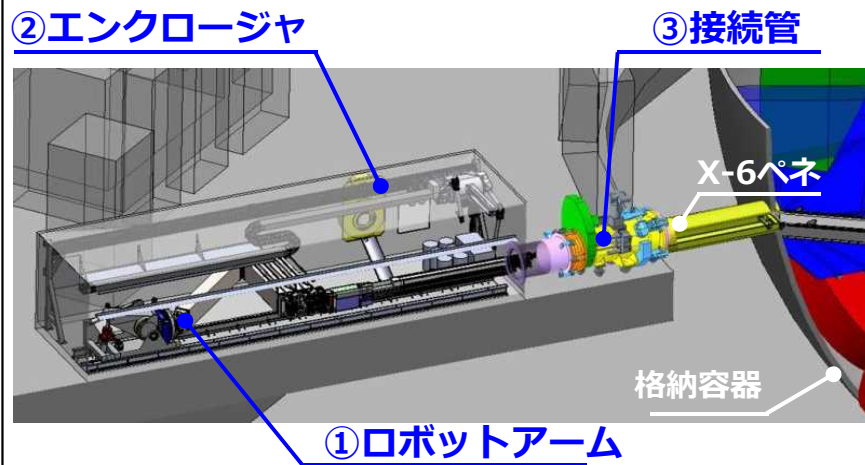
東京電力ホールディングス株式会社

2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の概要

- ロボットアームで燃料デブリにアクセスし、金ブラシや真空容器型回収装置により、格納容器内の粉状の燃料デブリ（1g程度）を数回取り出す予定。
- IRID(三菱重工担当)とVNS(通称OTL※1)が現在英国でロボットアームを開発中※2。

<試験的取り出し装置の全体像>

- 試験的取り出し装置は3種類の装置から構成。
 - ①ロボットアーム
 - ②エンクロージャ
(ロボットアームを収納、放射性物質を閉じ込め)
 - ③接続管
(エンクロージャと格納容器入口X-6ペネを接続)



<ロボットアーム>

- 先端に取り付ける燃料デブリ回収装置で燃料デブリを取り出すロボットアーム※2。
- 伸ばしてもたわまないよう高強度のステンレス鋼製。
※2：仕様；長さ約22m、縦約40cm×幅約25cm、重さ約4.6t、耐放射性約1MGy（累積）



※1：Oxford Technologies Ltdの略。2018年にVeolia Nuclear Solutions (UK) Limited（略称；VNS(UK)）に名称変更（合併）
 ※2：国際廃炉研究開発機構（IRID）により、下記URLに動画「燃料デブリへアクセスするロボットアーム等の日英共同開発の状況」を掲載
<https://youtu.be/8LhDa5z51GQ>

試験的取り出しの難しさ・課題への対応

- **難しい環境下**（現場把握・視界限定的、高線量・高汚染下、狭い等）での**遠隔作業**となるため、**モックアップ**を活用した**試験・訓練**を実施予定。
- また、試験的取り出しに向け、アクセスルート上のX-6ペネ内に存在する**障害物の除去**が必要。その際の**ダスト飛散を抑制するための装置**を開発中。

<モックアップを活用した試験・訓練>

- 簡易なモックアップを活用し、ロボットアームが**燃料デブリまで到達できるかを確認**(英国RACE^{※1})。
- 次に、より実物に近いモックアップを活用し、ロボットアームに燃料デブリ回収装置等を搭載の、**装置全体の動作を確認・遠隔操作員の訓練**を行う(JAEA橋葉)。

モックアップ(英国RACE)



- ・広さ：約8m×約30m
- ・高さ：約7m

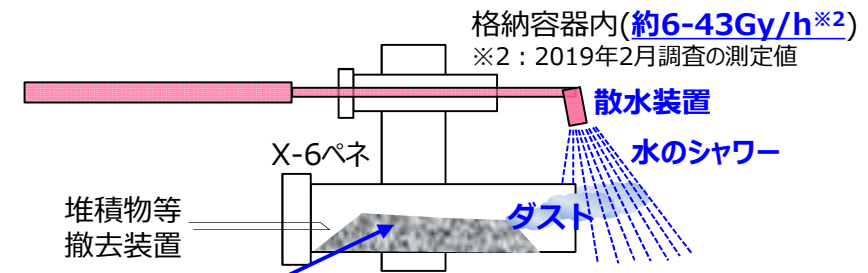
モックアップ(JAEA橋葉)



- ・広さ：約10m×約30m
- ・高さ：約8m

<ダスト飛散を抑制するための装置(例)>

- 発生するダストに対して、上から水の**シャワー**を**掛けることにより、ダストを沈降**させ、飛散を抑制



線量の高い障害物
(2017年1月撮影)



堆積物 ケーブル

ダスト飛散抑制試験の様子
(三菱重工開発中、2020年1月撮影)



散水ノズル 模擬X-6ペネ

※1：Remote Applications in Challenging Environmentsの略。英国原子力公社の遠隔操作・ロボット技術センター。

試験的に取り出した後の燃料デブリの取り扱い

- グローブボックス（プラスチック樹脂製の密閉容器）で重量・線量等を測定。その上で、金属製の密閉輸送容器へ収納し、茨城県内の既存分析施設へ輸送。
- 取り扱う燃料デブリの量から想定される線量率は、デブリからの距離が20cmの際に約6mSv/hであり、作業員が近づいて作業する必要があることから、
①訓練による作業時間短縮、②鉛製の遮蔽材の設置等の被ばく低減策を講じる。

<グローブボックス(製作中)>

- 作業員が燃料デブリに直接接触すること無く、ゴム状のグローブで燃料デブリを取り扱える装置。
- 装置の内部の気圧を大気圧よりも低くすることで、放射性物質を閉じ込め。



仕様; 幅約4m×奥約1m、高さ約1m(架台除く)

<金属製の密閉輸送容器(案)>

- 福島第一原子力発電所でも格納容器内堆積物等の茨城県既存施設への輸送で実績あり。
- 燃料デブリも金属による遮蔽等により安全に輸送できる見通し。今後実際に活用する容器を準備予定。



仕様; 一辺約1m、重さ約3t

なお、写真の輸送容器は候補の1つであり、今後変更がありえる。