

2号機オペフロ環境改善作業における身体汚染の原因と対策

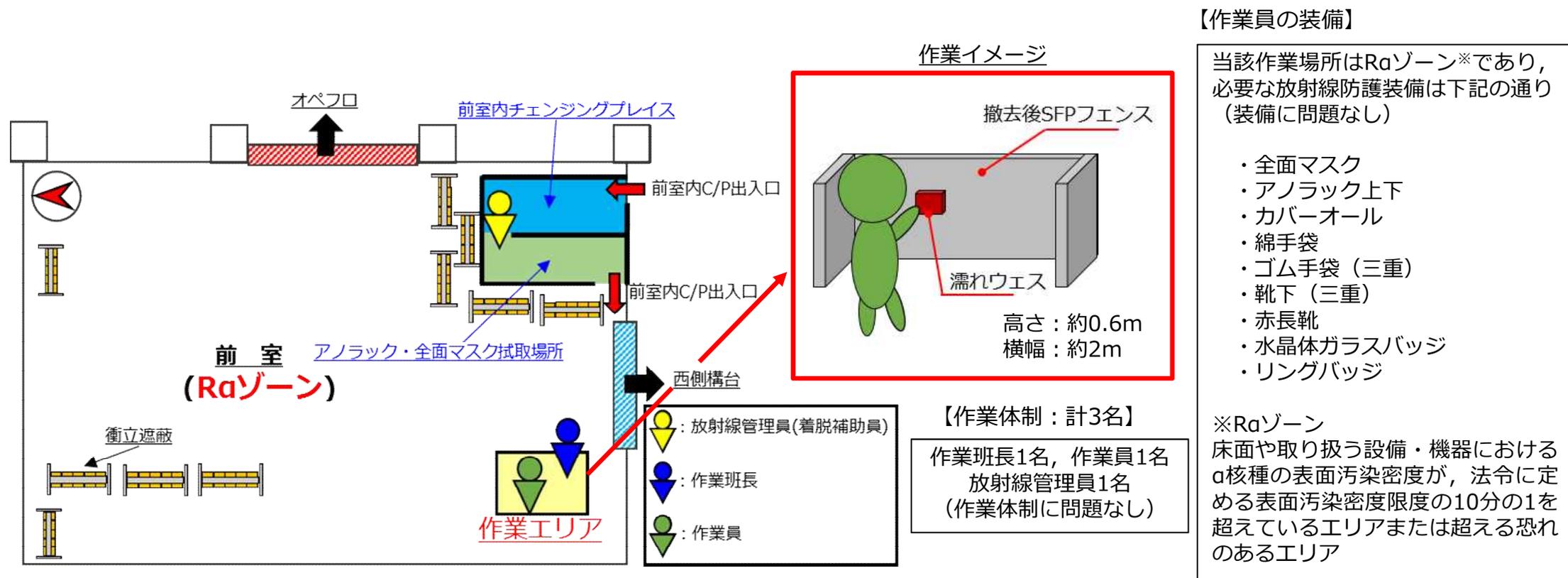
2023年12月18日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

- 12月11日、2号機原子炉建屋西側構台前室において、撤去後の使用済燃料プール異物混入防止用フェンスの除染作業に従事していた協力企業作業員の鼻腔スミアで汚染が確認（β線：約1,000cpm, α線：0cpm）され、内部取り込みの可能性があると確認。
- その後、顔面の除染により退域基準（α以外：4Bq/cm², α：0.4Bq/cm²）を満足したことから、管理対象区域を退域。なお、入退域管理棟救急医療室の医師による診察により、体調に異常なしと診断。



2号機原子炉建屋西側構台前室での作業配置

2. 推定原因

- 当該作業員を含む関係者へのヒアリングを実施した結果、放射線防護装備の着脱については、身体汚染防止の為に必要な手順※通りに実施されていたことを確認（時系列は参考1参照）。
 - ※フィッティング確認、シーリングの実施および状態確認、ゴム手の交換、退域時の全面マスク及びアノラックの拭き上げ除染およびスミアでの確認
- しかしながら、Raゾーンを退域し、全面マスクを脱装する建屋に移動後、当該作業員は全面マスクのバンドを十分に緩めない状態で脱装したことを確認。
- また、Raゾーン退域時の全面マスク、アノラックのスミア確認結果は、汚染がバックグラウンド相当であったことを確認していたが、当該事案発生後の調査にてスミアろ紙で採取しにくい全面マスク外側のフィルタ付け根部および、あご部に汚染が残存していたことを確認。
- 以上から、全面マスク脱装時にバンドを十分に緩めない状態で脱装したため、手指もしくは全面マスク外側のあご部が顔面（あごから額にかけて）に接触し、汚染が伝播したと推定。

顔面汚染に至る可能性のある要因	確認された状況	可能性
マスク排気弁の破損	<ul style="list-style-type: none"> ・ 破損があった場合、口回りのみの汚染になるが、額にも汚染が確認されている。 ・ マスクには破損は確認されていない。 	×
マスクのシーリング不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ カバーオールと全面マスク、及びアノラックと全面マスクの2重シーリングを実施しており、放射線管理員が確認を実施している。 	×
マスクに付着していた放射性物質が脱装時に顔面へ付着	<ul style="list-style-type: none"> ・ バンドを十分に緩めない状態で脱装した。 ・ 汚染箇所のうち、全面マスク外側のフィルタ付け根部およびあご部に汚染が確認された。 	○



全面マスク脱装例

■ フィルタの付け根部および、あご部に汚染が残存していたことへの対策

『Rゾーン及びRaゾーンに関する特別教育』資料に以下の事項を反映し、当社社員および関係企業に教育。

- ✓ 『フィルタの付け根部および、あご部』は汚染が残存しやすいため、入念に拭き取ること。

■ 全面マスク脱装時に汚染を伝播させないための対策

【短期的な対策】

全面マスク脱装時において顔面汚染を発生させないために、十分にバンドを緩めて脱装することを当社社員および関係企業に改めて周知済（12月14日）。

【継続的な対策】

今年度から実施している、全面マスク等を装着する全作業員（当社社員含む）を対象とした『全面マスク等の着用テスト』の中でバンドの緩め方のコツが分かる教育資料を用いた教育を2024年1月より開始予定（毎年度実施）。

- 1Fの多くの作業エリアはセシウムとそれ以外の核種の混在場であることから、顔面汚染等が発生した場合には以下の対応を実施。

① 鼻腔スミアを採取・核種分析し、**核種比率**を計算

- ✓ ガンマ核種：Ge半導体検出器によりCs-137等**ガンマ核種の放射能**を測定
- ✓ ベータ核種：低バックガスフロー型計数装置で**全ベータ放射能**を測定
- ✓ アルファ核種：α自動測定装置により**全アルファ放射能**を測定

② WBC (NaI) 測定により**Cs-137の体内摂取量 (Bq)**を算出

③ 上記①と②の結果から、計算により**預託実効線量を算定**

- ✓ アルファ核種の体内摂取量 = Cs-137体内摂取量 × $\frac{\text{全アルファ放射能}}{\text{Cs-137放射能}}$
- ✓ ベータ核種の体内摂取量 = Cs-137体内摂取量 × $\frac{\text{全ベータ放射能}}{\text{Cs-137放射能}}$

※ 全ベータ放射能にはCs-137のベータ線も含む

- ③の評価で2mSv※を超える場合、もしくは評価できない場合は、**線量の詳細評価**を行うため、**バイオアッセイ**を実施。但し、今回、以下の理由から、③の評価結果によらず、念のため、バイオアッセイを実施。

・尿バイオアッセイ (Sr-90の体内摂取量を評価)

作業現場の床面を測定した結果、 γ : 0.45mSv/h, $\gamma+\beta$: 12mSv/hであり、純 β 線放出核種であるSr-90がCs-137と比較して多く存在する可能性があるため

・便バイオアッセイ (α核種の体内摂取量を評価)

当該作業員の身体汚染検査の結果、顔面部 (顎) でわずかにα核種を確認したため

※2mSv … 預託実効線量の記録レベルとして設定

- 前スライドに示したフローに基づき預託実効線量を評価した結果、下表の通り、0.38mSv（記録レベル（2mSv）未満）であることを確認した。

核種	体内摂取量 (Bq)	線量換算係数 (mSv/Bq)	預託実効線量(mSv)
Cs-137	8.0E+03 ^{※1}	6.7E-06	5.4E-02
全β	8.7E+03 ^{※2}	3.0E-05 ^{※4}	2.8E-01 ^{※6}
全α	1.5E+00 ^{※3}	3.2E-02 ^{※5}	4.8E-02
合計			3.8E-01

- ※1 WBC (NaI) の測定の結果Cs-137のみ検出。測定値を基にMONDALを用いて評価
- ※2 鼻腔スミアの分析結果から、全βとCs-137の比率を計算して評価
- ※3 鼻腔スミアの分析結果ではα核種は検出されなかったが、顔面部（顎）の汚染検査結果（β線：435 Bq/cm², α線：0.07 Bq/cm²）から、全αとCs-137の比率を計算して評価
- ※4 ベータ核種は全てSr-90として実効線量係数を体内摂取量に乗じる
- ※5 アルファ核種は全てPu-239として実効線量係数を体内摂取量に乗じる
- ※6 全αの体内摂取量を基に計算したPu-241の預託実効線量（1.3E-02mSv）を保守的に加算

- 今後、バイオアッセイの結果から、Sr-90及びα核種の体内摂取量を評価し、預託実効線量を確定させる。なお、分析には1ヶ月程度を要するため、預託実効線量の確定は2024年1月中旬以降になる見通し。

参考1. 放射線防護装備の着脱に関する聞き取り調査結果

- 当該作業員を含む関係者のヒアリングを実施し、身体汚染防止の為に必要な着脱手順で実施していたことを確認。

時刻	聞き取り調査結果
10:00頃	入退域管理棟から免震重要棟休憩所にバスで向かい、TBM-KY。
10:25頃	免震重要棟休憩所にて、Y 装備着用し全面マスクのフィッティング確認を実施。 全面マスクとカバーオール間のシーリングと、カバーオールとゴム手袋間のシーリングを実施し、相互確認。
10:30頃	作業班長・本人の2名で、免震重要棟休憩所から情報棟装備交換所を經由し、西側構台へ移動。
11:00頃	西側構台上で Rα 装備（アノラック上下）着用。 全面マスクとアノラック間のシーリングと、アノラックとゴム手袋間のシーリングを実施し、放射線管理員にてシーリング状況の確認。
11:05頃	西側構台前室に入り、チェンジングプレイスで赤長靴と赤ヘルメットを装着し、作業開始。 西側構台前室内で撤去後の使用済燃料プール異物混入防止用フェンスの除染作業を実施（20分程度）。
11:31頃 ～ 11:45頃	作業終了後、使用していたゴム手袋を交換。
	作業班長が、作業員の全面マスク面体の除染を濡れウェスで実施。
	放射線管理員が作業班長と作業員の全面マスク及びアノラックの拭き上げを濡れウェスで実施し、スミア採取。 放射線管理員がスミア測定→α・βの確認（α：0cpm β：2kcpm（BG））。 確認後、ゴム手袋三重目脱衣・赤ヘルメット脱衣・アノラック上下脱衣（放射線管理員が脱衣補助）・赤長靴脱衣・ゴム手袋二重目を脱いで、新しいゴム手袋に交換。
12:00頃	西側構台から降りて情報棟装備交換所に向かう。 情報棟装備交換所で Y 装備・全面マスクを脱装。全面マスク脱装時にバンドを十分に緩めない状態で脱装。 G 装備に着替え、1-4 出入管理所に向かう。
12:25	1-4 出入管理所でゲートモニタで警報発報。
12:39	作業員の除染を実施。
13:17	作業員が入退域管理棟へ移動。
14:37	作業員の鼻腔スミア採取。
16:28	除染にて退域基準を満足したことから、作業員は管理対象区域より退域。

表1 鼻腔スミアの分析結果【Bq/サンプル】

採取日時	Cs-137	全α	全β
12/11 14:37	6.3E+1	<7.9E-2	6.8E+1

表2 作業現場の空气中放射性物質濃度【Bq/cm³】

採取日時	Cs-137	全α	全β
12/11 17:32~17:42	4.7E-5	<1.9E-7	5.1E-5