

発電用原子炉施設故障等報告書

令和 4年 2月 22日

東京電力ホールディングス株式会社

件名	福島第一原子力発電所 一時保管エリアにおける核燃料物質等の漏えい事象について
事象発生の日時	令和3年3月25日 18時25分 (福島第一規則第18条第11号に該当すると判断した日時) 令和3年5月20日 13時15分 (福島第一規則第18条第10号に該当すると判断した日時)
事象発生の場所	福島第一原子力発電所
事象発生の発電用原子炉施設名	福島第一原子力発電所構内 一時保管エリアW
事象の状況	<p>1. 事象発生時の状況</p> <p>1-1. 物揚場排水路水の全β放射能濃度上昇</p> <p>令和3年3月2日18時18分、福島第一原子力発電所構内の物揚場排水路に設置している簡易放射線検知器 (PSF: Plastic Scintillation Fiber Monitor) ※¹ (以下、「当該モニタ」という。) において「放射能濃度 (高)」警報 (設定値: 1,500 Bq/L) が発生した。(当該モニタにおける通常の放射能濃度の変動範囲は数 Bq/L~100 Bq/L程度)</p> <p>その後、同日18時45分に物揚場排水路内の当該モニタ近傍の水を採取し、放射能濃度を分析した結果、全β放射能濃度が890Bq/Lであった。</p> <p>なお、当該モニタ高警報が発生した前後で、敷地境界のモニタリングポスト及びダストモニタ、構内ダストモニタに有意な変動はなかった。また、当該モニタ高警報が発生した以降、1~4号機及び水処理設備のプラント関連パラメータに異常は確認されなかった。</p> <p>※1: 中心部に放射線に有感なポリスチレンを母材としたケーブル両端に光電子増倍管を接続し、β線とγ線を同時に測定する簡易型の放射線検知器のことで、各建屋、タンク、配管等からの汚染水の漏えいを検知するため、A排水路、物揚場排水路に設置している。</p> <p>1-2. 一時保管エリアにおける核燃料物質等の漏えい</p> <p>令和3年3月2日に当該モニタの放射能濃度が上昇したことを受けて調査していたところ、同年3月22日、物揚場排水路流域の西側高台にある放射性廃棄物を保管していた一時保管エリアW (以下、「当該エリア」という。) において、地表面 (アスファルト舗装) に70μm線量当量率※²が周囲と比較して有意に高い土の塊 (以下、「当該物質」という。) が複数あることを確認した。当該物質の70μm線量当量率は最大13 mSv/h (3月24日測定) で、1箇所はゲル状の物質を含んでいた。</p> <p>※2: 70μm線量当量とは、β線やγ (X) 線などの外部被ばくによって皮膚が受けた線量 (皮膚の等価線量) の評価に用いられ、皮膚の身体表面から70μmの深さの組織の線量当量をいい、単位はシーベルト (記号: Sv) が用いられる。70μm線量当量率は、単位時間ごとの「70μm線量当量」の値であり、「シーベルト毎時 (Sv/h)」などの単位が用いられる。</p> <p>当該エリアには、放射性廃棄物を収納しているコンテナ等を保管しており、そのうち1基のコンテナ (以下、「当該コンテナ」という。) について、3月2日に当該エリアから移動する際に当該コンテナ側面下部の一部が腐食していることを確認していた。</p> <p>このため、3月25日に当該コンテナの蓋を開けて状況を確認したところ、ビニール袋に包まれた放射性廃棄物が収納されており、ビニール袋外表面で当該物質と同様に比較的線量の高い (70μm線量当量率で最大10 mSv/h) 値を確認したことから、放射性廃棄物の一部がビニール袋から漏れ、当該コンテナの腐食箇所からコンテナ外に流出した可能性は否定できないと判断した。</p>

事象の状況

1-3. 法令判断の経緯

当該物質の発見について、当該エリア周辺には漏えい拡大防止のための堰がないこと、当該物質の表面線量から推測すると全β放射エネルギーが 1.0×10^{10} Bqを超えている可能性があることから、3月25日18時25分、福島第一規則第18条第11号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等（気体状のものを除く）が管理区域内で漏えいしたとき。」に該当すると判断した。

その後の調査で、当該コンテナ底面に水が溜まっていたこと、その水と当該物質を分析した結果、どちらもCs-137に比べSr-90が有意に高いこと及び化学的性状も類似していることを確認した。

また、当該コンテナの下に積まれていたコンテナ2基の側面（外側）の70μm線量当量率が、他の測定箇所比べて高いことを確認した。

これらの調査結果から、令和3年3月2日に発生した当該モニタ高警報発生の原因は、当該コンテナ底面に溜まっていた放射性物質を含む水が、コンテナ側面下部の腐食箇所からコンテナ外に流出し、当該コンテナの下に積まれていたコンテナ2基の側面（外側）を伝って当該エリアの地表面に堆積して、降雨時に雨水とともに当該エリアから付近の側溝等を通じて物揚場排水路に流れ込み、発電所の港湾内に流出したものと評価した。

このことから、令和3年5月20日13時15分、福島第一規則第18条第10号「核燃料物質等が管理区域外で漏えいしたとき。」に該当すると判断した。

なお、当該モニタ高警報が発生した以降、港湾内（物揚場前）の海水の分析結果、敷地境界のモニタリングポスト及びダストモニタ、構内ダストモニタに有意な変動はなかった。

2. 応急処置

(1) 当該モニタ高警報発生直後の対応

令和3年3月2日18時18分に当該モニタ高警報が発生した以降、当該モニタの指示値は、同日19時04分時点で1,717Bq/Lまで上昇したが、その後は徐々に低下し、同日21時44分に当該モニタ高警報はクリアした。

また、同日18時45分に当該モニタ近傍の水を採取し、放射能濃度を分析した結果、全β放射能濃度が890Bq/Lであった。

物揚場排水路には、放射性物質が漏えいした際に、港湾への流出を防ぐ目的で排水路ゲートが設置されており、排水路放射線モニタ警報発生時の対応要領に基づき、当該モニタ高警報（設定値：3,000Bq/L）が発生した場合には物揚場排水路ゲートを「閉」操作する運用としている。

本事象においては、分析結果から放射性物質が流れ出していることが判明したこと、それにより当該モニタの指示値が実際に上昇していたこと、及び放射性物質の漏えい箇所が不明なことから、念のため、3月2日23時40分に物揚場排水路ゲートを「閉」した。

(2) 物揚場排水路ゲート「閉」後の対応

a. 物揚場排水路内に溜まった水の移送

物揚場排水路ゲートを「閉」としたことから、物揚場排水路内に溜まった水について、3月3日0時28分から水中ポンプで汲み上げ、K2タンクエリア内堰への移送を開始した。

その後、物揚場排水路内に溜まった水が溢水しないよう監視しながら、周辺にあるタンクエリア内堰への移送を継続するとともに、タンクエリア内堰に溜めた水を集中廃棄物処理施設プロセス主建屋に移送し、滞留水と同様に処理した。

b. 物揚場排水路内に溜まった水の分析強化

3月3日から、監視強化のため物揚場排水路内に溜まった水の採取及び分析を1日3回（通常は1日1回）実施した。

事象の状況

c. 当該モニタの清掃

当該モニタは物揚場排水路の水を導いたモニタ水槽内に設置されており、水槽壁面や底面、モニタ表面に付着した藻などに放射性物質が吸着すると除去されにくい。そのため、3月2日18時18分に当該モニタ高警報が発生した以降、当該モニタの指示値は高い値で推移していたことから、3月5日に当該モニタ及び物揚場排水路水槽内の清掃を実施した。

3月5日12時00分に当該モニタ及び物揚場排水路内の清掃を完了し、3月9日7時20分に物揚場排水路から採取した水を分析した結果、通常の変動範囲内の値（全β放射能濃度2.9Bq/L）であることを確認したことから、同日19時05分に物揚場排水路ゲートを「開」とした。

なお、物揚場排水路ゲート「開」前後において、当該モニタの指示値、敷地境界のモニタリングポスト及びダストモニタ、構内ダストモニタに有意な変動はなかった。

(3) 物揚場排水路ゲート「開」後の運用

a. β・γ弁別型P S Fモニタ^{※3}設置までの暫定運用

当該モニタは、β線+γ線の合計値でしか測定できない。そのため、指示値が上昇しただけでは汚染水（物揚場排水路流域にある汚染水はβ核種が支配的である）の漏えいであるか判断がつかないため、これまでは指示値が上昇した後、物揚場排水路内の水を採取し、分析結果により汚染水の漏えいによる指示値上昇なのか否かを判断していた。

そのため、本事象の対策としてβ線とβ線+γ線を個別に測定できるβ・γ弁別型P S Fモニタを物揚場排水路に設置し、モニタ指示値で汚染水の漏えいであるか判断することとしているが、それまでの期間は暫定運用として以下のとおり対応した。

① 1日3回実施している物揚場排水路内の水の採取及び分析を継続する。

② 当該モニタの放射能濃度が750Bq/Lを超えたことを示す警報（以下、「プレ警報」という。）が発生した段階で原因調査を開始し、上昇要因が全β放射能濃度と確認された場合^{※4}は、物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

③ 上記に係わらず、当該モニタの放射能濃度が1,500Bq/L（高警報）を超えた場合は、速やかに物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

※3：β線とγ線を測定できるP S Fモニタで、従前のP S Fモニタと違い、β線+γ線の測定値とγ線の測定値の差分からβ線の測定が可能になる。

※4：全β放射能濃度の分析結果がCs-137放射能濃度の10倍を超え、かつ全β放射能濃度が200Bq/L以上となった場合

b. β・γ弁別型P S Fモニタ設置後の運用

令和3年3月17日にA排水路へ試験研究用に仮置きしていたβ・γ弁別型P S Fモニタを物揚場排水路に移設し、同年5月21日から運用を開始した。

① 当該モニタのプレ警報が発生した場合には、試料採取とβ・γ弁別型P S Fモニタの確認を行い、上昇要因が全β放射能濃度と確認された場合^{※5}は、物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

② 上記に係わらず、当該モニタの放射能濃度が1,500Bq/L（高警報）を超えた場合は、速やかに物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

※5：全β放射能濃度の分析結果がCs-137放射能濃度の10倍を超え、かつ全β放射能濃度が200Bq/L以上となった場合、又はβ・γ弁別型P S Fモニタの全β放射能濃度が300Bq/Lを超えた場合

(4) 当該物質及び周辺への対応

当該物質については、令和3年3月24日に回収した。また、当該物質があった地表面及びその周辺の地表面については、塗膜剝離型除染材を塗布し、地表面のシート養生を行うとともに、その上に土のうを設置した。

その後、4月12日～13日にかけて、当該エリアへ放射性物質の飛散及び流出を防止するための塗装を実施した。

なお、4月15日～19日にかけて、「再発防止対策 1. (1) 当該エリアのアスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装及び塗装」に記載した通り、恒久的な対策を実施した。

事象の状況

3. 状況調査

3-1. 物揚場排水路への流入状況調査

(1) 令和3年3月3日～3月7日までの物揚場排水路への流入状況調査

a. 設備からの漏えい状況確認

設備からの漏えい状況の有無を確認するため、3月3日から3月4日にかけて物揚場排水路集水域内に設置されている汚染水を内包しているタンク及びその他設備^{※6}を調査した結果、漏えいは確認されなかった。

※6：原子炉注水設備（常用・非常用高台注水ライン）、排水路近傍にあるK2タンクエリア及びブルータンクエリア周辺

b. 流入箇所の特定期間調査

物揚場排水路への流入箇所を特定するため、3月3日及び3月6日に上流側にある側溝6箇所、旧バッファータンク堰内及び現バッファータンクに内包している水を採取し、放射能濃度を分析した結果、全β放射能濃度は最大で330Bq/Lで、当該モニタ近傍で採取した水の全β放射能濃度（890Bq/L）より低い値であった。

このことから、旧バッファータンク堰内及び現バッファータンク水によるものではないことを確認した。

なお、側溝6箇所の一つであるキャスク保管庫南側の水の放射能濃度が、物揚場排水路水の放射能濃度と同様にCs-137に比べて全βが高い傾向であった。

c. 過去の漏えい事象による影響調査

平成24年1月29日に発生した旧バッファータンク移送配管からの漏えい事象において、地下に浸透した汚染水が物揚場排水路に流入した可能性を考慮し、漏えい時に流出した全β放射能濃度と、3月2日に当該モニタ指示値が上昇し始めた時間から通常値に戻った時間までの物揚場排水路から流出した全β放射能濃度を比較した。

その結果、旧バッファータンク移送配管からの漏えい時よりも、物揚場排水路から流出した全β放射能濃度が大きかったことから、旧バッファータンク移送配管からの漏えいで地下に浸透した汚染水が、今回の事象の原因ではないと判断した。

	全β放射能濃度	漏えい水量	全β放射能
旧バッファータンク移送配管からの漏えい	4.0×10 ⁴ Bq/L ^{※7}	600 L	2.4×10 ⁷ Bq
物揚場排水路からの流出	— ^{※8}		3.7×10 ⁸ Bq

※7：バッファータンクと同一系統のRO水（平成24年1月24日採取）の値

※8：物揚場排水路への流出放射能量は以下の仮定により試算

当該モニタ全β放射能濃度の上昇が3月2日14時30分頃から始まっているため、14時30分頃までは0Bq/Lとし、それ以降から18時45分で890 Bq/Lに到達するまでは全β放射能濃度が直線的に上昇、その後22時45分までは全β放射能濃度が直線的に減少すると保守的に仮定し、物揚場排水路内の流量と掛け合わせて流出放射能量を計算

d. 物揚場排水路水の放射性物質の性状確認

物揚場排水路水の放射性物質の性状を確認するため、3月2日18時45分に採取した水について、フィルタ（0.1μm）により粒子状物質を分離したうえで、全β放射能濃度を分析した結果、イオン状の放射性物質が67%を占めていることを確認した。

このことから、ストロンチウムに関する挙動についての既存の知見と大きく異ならず、イオン状で存在していると判断した。

	粒子状+イオン状 (原水)	イオン状 (原水をフィルタろ過した水)	イオン状 の割合
全β放射能濃度	850 Bq/L	570 Bq/L	67 %

事 象 の 状 況

e. フォールアウトの移行経路と移行速度の違い

福島第一原子力発電所事故後のフォールアウトにより、Cs-137、Sr-90、H-3等が発電所構内の地表面に蓄積しているが、Cs-137は土壌への吸着性が高く、地中での移行速度が小さいことが分かっている。一方、Sr-90は比較的土壌への吸着性が低く、地中での移動速度がCs-137よりも約20倍速い。

これらの知見に対し、3月2日の18時45分に当該モニタ近傍の水を採取して放射能濃度を分析した結果、Cs-137が16Bq/L、Sr-90が350Bq/Lであったため、事故後のフォールアウトが地中に浸透・移動し、Cs-137よりも地中の移動が速い性質のSr-90が先に物揚場排水路内に流入してきたものと推定した。

しかしながら、地下水が関連した事象としては、濃度変動が急激すぎると考えられ、流入経路あるいは流入源の特定はできなかった。

以上の調査結果から、当該モニタの全β放射能濃度が上昇した原因について特定できなかったことから、発電所構内で降雨が発生した際に合わせて、引き続き調査することとした。

(2) 令和3年3月13日降雨時の状況調査

3月13日の降雨に合わせて当該モニタへの流入源を調査した。

a. 物揚場排水路水の採取・分析

3月13日の降雨開始から雨が上がるまでの間、物揚場排水路水を1時間毎に採取して分析した結果、全β放射能濃度は最大で340Bq/Lであった。

なお、今回の降雨時の積算降雨量は約81mmであり、3月2日の積算降雨量（約19mm）の約4倍であった。

b. 物揚場排水路へ流入する側溝の水の採取・分析

物揚場排水路へ流入する側溝の水を採取して分析した結果、全β放射能濃度は最大で230Bq/Lであった。

なお、物揚場排水路と比較するため、3月13日15時11分にA排水路の水を採取して分析した結果、全β放射能濃度は7.4Bq/Lであった。

以上の調査結果から、今回の調査において全β放射能濃度が有意に高い箇所は確認されず、当該モニタの全β放射能濃度が上昇した原因について特定できなかったことから、発電所構内で降雨が発生した際に合わせて、引き続き調査することとした。

(3) 令和3年3月20日～21日降雨時の状況調査

3月20日～21日の降雨に合わせて当該モニタへの流入源を調査した。

a. 物揚場排水路の上流周辺エリア水の採取・分析

3月21日に物揚場排水路の上流側にあるエリアについて、西側高台の汐見坂上流部まで範囲を拡げて側溝や新設排水路、地下水排水管等の水を採取して分析した結果、汐見坂の上流部にある当該エリア付近の側溝で全β放射能濃度が1,700Bq/Lと高い値であった。

また、当該エリアの下流部にある側溝（物揚場排水路の南側付近）についても、全β放射能濃度が210Bq/Lと比較的高い値であった。

b. 当該エリアの汚染状況調査

3月22日に当該エリアの汚染状況を調査するため地表面の線量を測定した結果、アスファルト舗装された地表面の一部に70μm線量当量率が周囲と比較して有意に高い箇所（70μm線量当量率が最大5mSv/h）を確認した。また、地表面に当該物質が複数あること、1箇所はゲル状の物質を含んでいることを確認したため、更に詳細調査することとした。

(4) 令和3年3月28日～29日降雨時の状況調査

3月28日～29日の降雨に合わせて、当該物質の除去及び応急処置を実施した以降の当該エリアやその他の地点で水を採取して分析した結果、当該エリアにおいて全β放射能濃度が1,100Bq/Lであった。

このことから、当該物質の除去及び応急処置を実施した以降においても、当該エリアにはβ汚染が高い土壌などが残存しており、当該エリア全体にβ汚染が広がっている可能性が考えられる。

事象の状況

(5) 令和3年3月31日及び4月5日降雨時の状況調査

3月31日及び4月5日の降雨開始後に当該モニタの放射能濃度が上昇してプレ警報が発生したことから、「事象の状況 2. (3) a. β ・ γ 弁別型PSFモニタ設置までの暫定運用」に則り対応したが、全 β 放射能濃度が3月31日は15Bq/L、4月5日は37Bq/Lであり、いずれも当該モニタの上昇要因が全 β 放射能濃度であると判断する目安(200Bq/L)以下であったことから、物揚場排水路ゲートを「閉」しなかった。

当該モニタの放射能濃度が上昇した要因としては、以下の理由から天然核種の影響によるものと判断した。なお、Pb-214及びBi-214の放射能濃度が低い理由としては、降雨開始(当該モニタプレ警報発生)後から水の採取までに時間差があるため、短半減期である天然核種を捕集できなかったものとする。

- ①当該モニタに異常がなかったこと
- ②当該モニタ指示値の低下が早いこと
- ③他の排水路PSFモニタの指示値が同様な傾向であったこと
- ④少量の降雨があり、短半減期の天然核種(Pb-214(半減期26.8[min])、Bi-214(半減期19.9[min]))が検出されたこと
- ⑤全 β 放射能濃度から短半減期の天然核種(Pb-214、Bi-214)を引いた値は通常変動範囲であり、汚染源由来のSr-90、Y-90も含まれていないこと
 - ・3月31日 Pb-214: 3.4Bq/L、Bi-214: 4.5Bq/L
 - ・4月5日 Pb-214: 4.6Bq/L、Bi-214: 8.5Bq/L

(6) 令和3年4月14日降雨時の状況調査

4月14日の降雨に合わせて、当該物質の除去及び応急処置を実施した以降の当該エリアやその他の地点で水を採取して分析した結果、全 β 放射能濃度が当該エリア北側の排水路上にある排水柵で38Bq/L、物揚場排水路で29Bq/Lと降雨時の通常変動範囲内に戻っていることを確認した。

3-2. 当該物質の漏えい状況調査

(1) 当該物質の確認状況

令和3年3月24日に当該物質が確認された地表面の線量を測定した結果、70 μ m線量当量率で最大13 mSv/hであった。

また、3月24日に当該物質を回収する際に確認したところ、当該物質は乾いた土のような状態であった。

回収した当該物質について放射能濃度を分析した結果、全 β 放射能濃度は最大 2.3×10^8 Bq/kgであり、回収した当該物質の重量約8.5 kgを乗じて保守的に全 β 放射能量を算出した結果、 2.0×10^9 Bqと評価した。

(2) 当該コンテナの保管及び移動状況

当該エリアには、震災後の作業で発生した放射性廃棄物を収納しているコンテナ等を保管していたが、土地造成工事(構内道路の拡張工事)の範囲に干渉することから、令和3年1月25日から3月2日にかけて当該エリアにある放射性廃棄物を収納しているコンテナ(273基)の移動作業を行っていた。

当該物質が確認された周辺には、当該コンテナを含めて38基のコンテナを2~3段に積み上げた状態で保管しており、当該コンテナは3段積みが一番上に積まれていた。

3月2日に当該コンテナを移動する前にコンテナ外観の目視確認を実施した際、コンテナ側面下部の一部に貫通は確認されないものの、腐食が著しい箇所があった。

このため、3月2日に当該エリアから固体廃棄物貯蔵庫第1棟脇に当該コンテナを移動後、腐食進展防止のために腐食箇所をコンテナ外面からテープで補修し、3月11日にコンテナ外面からパテ埋め補修を実施した。

その後、3月23日に当該コンテナを固体廃棄物貯蔵庫第2棟に移動した。

事象の状況

(3) 当該コンテナの収納状況

令和3年3月25日に当該コンテナの蓋を開けて状況を確認したところ、震災後の作業で発生したウエスや養生シート、樹脂製配管等の放射性廃棄物がビニール袋に包まれた状態で収納されており、ビニール袋外表面にて70 μ m線量当量率で最大10 mSv/hと比較的線量の高い値が検出された。

当該コンテナの底面の状態を確認しようとしたが、コンテナの幅は約3.8m \times 約2.3m、高さは約1.6mあり、コンテナ内にはビニール袋に包まれた状態の放射性廃棄物が約1.2~1.3mの高さまで収納されていて、コンテナの底面まで確認できなかった。

4月2日に当該コンテナ内に収納されている放射性廃棄物（全体の1/4程度の量）をコンテナから取り出して、コンテナ内部から腐食箇所周辺を確認したところ、コンテナ内部の底面が錆びた状態で表面が薄く湿っていること及びコンテナ内部に補修材らしきものがあることを確認した。

なお、当該コンテナから取り出した放射性廃棄物の多くは、ビニール袋に包まれた、水分を含んだ吸着材であった。

当該コンテナ内にある放射性廃棄物の表面線量が、当該エリアの地表面で確認された当該物質の表面線量と同程度であったこと、当該コンテナ側面下部の一部が著しく腐食していたことから、当該コンテナ内に保管されていた放射性廃棄物の一部が腐食箇所からコンテナ外に流出した可能性が高いと考える。

(4) 当該エリアの使用状況

当該エリアには、震災によって発生した瓦礫等の放射性廃棄物を金属製のコンテナに収納した上で、平成28年9月から保管している。また、フレコンバックに収納した土砂やタイヤもシート養生した状態で保管している。

当該コンテナについては、平成29年3月から7月の間に当該エリアへ移動し、保管していた。その後、令和3年1月25日から3月2日にかけて、放射性廃棄物を収納しているコンテナ（273基）を固体廃棄物貯蔵庫第2棟（265基）及び固体廃棄物貯蔵庫第1棟脇（8基）へ移動しており、その後は土砂やタイヤが残っている状態である。

なお、固体廃棄物貯蔵庫第1棟脇へ移動したコンテナ（8基）については、3月23日に固体廃棄物貯蔵庫第2棟へ移動している。

(5) 当該コンテナ周辺に置かれていたコンテナの状況

4月1日から4月20日にかけて、当該コンテナ（10m³容器）及び当該コンテナ周辺に置かれていたコンテナ37基（10m³容器：7基、6m³容器：30基）の調査を実施した。

当該コンテナは3段積みが一番上に積まれていたが、その下にあるコンテナ2基の側面（外側）の汚染が他の測定箇所に比べて高いことを確認した。

このことから、当該コンテナから放射性物質が流出し、その下にあるコンテナ2基の側面を伝って地表面へ移行した可能性が高い。

37基のコンテナについては、貫通部や漏えい跡は確認されなかった。また、内容物は、主に車両解体金属片（33基）、廃石綿収納トンパック（1基）であり、内容物無し（3基）も確認された。なお、コンテナ上部から内容物を確認した範囲で水分は確認されなかった。

以上の調査結果から、当該エリアで確認された当該物質については、当該コンテナに収納していた放射性廃棄物が流出したと推定した。

事象の原因

1. 原因調査

1-1. 当該コンテナの詳細調査

4月1日から4月20日にかけて当該コンテナ内部を調査した結果、以下の通りであった。

(1) 当該コンテナ外面の目視点検、表面線量率及び表面汚染密度測定

当該コンテナ外面を目視点検した結果、補修箇所以外の表面に錆びはあったものの、貫通部や漏えい跡は確認されなかった。

当該コンテナ外面の表面線量率を測定した結果、補修箇所下部は70 μ m線量当量率で0.80mSv/h、1cm線量当量率で0.01mSv/hであり、それ以外の箇所は70 μ m線量当量率で0.015~0.15mSv/h、1cm線量当量率で0.01~0.14mSv/hであった。

また、当該コンテナ外面の表面汚染密度を測定した結果、補修箇所下部は98Bq/cm²であり、それ以外の箇所は1.4~2.6Bq/cm²であった。

(2) 当該コンテナの内容物調査

当該コンテナに収納されている内容物を調査した結果、水移送ホース2本とゴムシート1枚を除き、約450袋が収納袋に収納された状態であったが、収納袋に破損しているものはなかった。

また、収納袋の主な内容物は、吸水シート（約250袋）、布ウエス（約80袋）、ビニール類（約60袋）等であり、吸水シートと布ウエスは水分を含んで湿った状態のものが多かった。

収納袋の表面線量率を測定した結果、70 μ m線量当量率の最大はビニール袋が内容物の収納袋で160mSv/h、1cm線量当量率の最大は吸水シートが内容物の収納袋で20mSv/hあることを確認した。

(3) 当該コンテナ内部の目視点検、表面線量率及び表面汚染密度測定

当該コンテナ内部を目視点検した結果、コンテナの底面全体に深さ約2~3mmの水（濁り有り）が溜まっていることを確認した。また、底面全体に錆びを確認したが、補修箇所以外に貫通部は確認されなかった。

当該コンテナ底面に溜まっていた水の表面線量率を測定した結果、補修箇所近傍は70 μ m線量当量率で13mSv/h、1cm線量当量率で0.18mSv/hであり、それ以外の箇所は70 μ m線量当量率で1~5mSv/h、1cm線量当量率で0.04~0.11mSv/hであった。

その後、当該コンテナ底面の水を回収したうえで、底面の表面線量率を再測定した結果、補修箇所近傍は70 μ m線量当量率で5mSv/h、1cm線量当量率で0.18mSv/hであり、それ以外の箇所は70 μ m線量当量率で2~23mSv/h、1cm線量当量率で0.05~0.32mSv/hであった。

また、当該コンテナ内部の表面汚染密度を測定した結果、補修箇所近傍は1,200Bq/cm²であり、それ以外の箇所は140~1,400Bq/cm²以上であった。

1-2. 当該物質と当該コンテナ底面に溜まった水の成分比較調査

当該物質の漏えい源を特定するため、当該物質と当該コンテナ底面に溜まった水の放射能組成、化学組成、分子構造を比較した結果、以下のことを確認した。

(1) 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の放射能分析

当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の放射能分析を実施した結果、どちらもCs-137に比べSr-90が有意に高かった。

(2) 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の化学性状測定

当該物質が汚染水の流出防止を目的として使用した吸水材（水ガラスや高分子吸収剤）の可能性が考えられることから、当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水について、以下の化学性状を測定した。

- ・Na（ナトリウム）、SiO₂（シリカ）：水ガラスの可能性を検討
- ・TOC：高分子吸収剤の可能性を検討

当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の化学性状を測定した結果、以下の通りと推定した。

- ・SiO₂/Naの比は1未満であることから、水ガラスの可能性は低い^{※9}こと
- ・Naは590~9,400mg/kgであることから、当該コンテナ底面に溜まった水に含まれるもの、若しくは海塩の影響であること

<p>事象の原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ SiO₂は11～240mg/kgであることから、当該物質と共存する砂の影響であること ・ TOCは3,000～29,000mg/kgであることから、当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水には有機化合物が混在すること <p>※9：水ガラスの場合、SiO₂/Na₂O₂ ≧ 1 となる。なお、海水のNaは、1.3% (13,000mg/kg) である。</p> <p>(3) 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の分子構造測定 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水について、赤外分光法※10により分子構造測定による物質の特定（推定）を実施した結果、当該コンテナ底面に溜まった水は高分子吸収剤のスペクトルとよく一致すること、当該物質（水相への抽出物）は当該コンテナ底面の残水のスペクトルと類似すること、当該物質（有機相への抽出物）はアスファルトのスペクトルとほぼ一致することを確認した。 ※10：物質に赤外光を照射し透過または反射した光を測定することで、試料の構造解析や定性分析を行う方法</p> <p>以上の調査結果から、当該コンテナ底面に溜まった水は高分子吸収剤であること、当該物質にも高分子吸収剤が含まれていたことから、当該物質は当該コンテナ底面に溜まった水に起因するものであると判断した。</p> <p>2. 推定原因 原因調査の結果、本事象に至った原因は以下の通りと推定した。</p> <p>(1) 当該エリアにおける核燃料物質等の漏えい原因 当該コンテナ内には、水分を含んだ吸水シート等を収納したビニール袋が積み重なった状態で保管されていたことから、その重みによってコンテナ下部にあるビニール袋の結び目から高分子吸収材を含んだ水分がコンテナ内に染み出した。 染み出した水分によりコンテナ内部の底面が腐食して、腐食箇所から放射性物質を含む水が当該コンテナ外へ流出し、その下にあるコンテナ2基の側面を伝って、当該エリアの地表面へ移行した。</p> <p>(2) 物揚場排水路水の全β放射能濃度の上昇原因 当該コンテナから流出した放射性物質を含む水（当該物質）がコンテナ周辺の地表面に残存していたが、当該エリアに保管していたコンテナを固体廃棄物貯蔵庫第2棟へ移動したことで、その後の降雨時に当該物質に含まれる放射性物質が当該エリア全体に広がった。 また、当該エリア付近の側溝へ流れ込み、側溝を経由して物揚場排水路に到達したことで、物揚場排水路水の全β放射能濃度が上昇し、当該モニタ高警報が発生した。</p>
<p>保護装置の種類及び動作状況</p>	<p>なし</p>
<p>放射能の影響</p>	<p>1. 環境への影響 物揚場排水路から排出した水の平均Sr-90濃度（令和3年1月1日～3月31日までの3ヵ月平均）を計算し、告示濃度限度と比較した結果、25Bq/Lであり、告示濃度限度0.030 Bq/cm³ (30 Bq/L) を下回っていた。 また、当該モニタ高警報が発生した以降も、港湾内（物揚場前）の海水の放射能濃度に有意な変動はなかった。 当該物質を除去して周辺の地表面を養生した以降は、物揚場排水路における全β放射能濃度に有意な上昇は確認されていない。 以上のことから、環境への影響はないと評価した。 なお、物揚場排水路から港湾内へ流出した放射能量は、上述のSr-90濃度と同期間で保守的に評価した結果、Sr-90濃度で16億Bq※11であった。 ※11：参考として令和2年1月1日～12月31日における物揚場排水路から排出された全β放射能量は23億Bq（フォールアウトのセシウムを含む）である。</p>
<p>被害者</p>	<p>なし</p>
<p>他に及ぼした障害</p>	<p>なし</p>

<p>復旧の日時</p>	<p>令和3年3月5日12時00分に物揚場排水路内の清掃を完了し、3月9日7時20分に物揚場排水路から採取した水を分析した結果、通常の変動範囲内の値（全β放射能濃度2.9Bq/L）であることを確認したことから、同日19時05分に物揚場排水路ゲートを「開」とした。</p> <p>放射性物質を含む水（当該物質）が流出した当該コンテナについては、腐食箇所を補修した上で、令和3年3月23日に固体廃棄物貯蔵庫第2棟に移動した。</p> <p>また、当該コンテナを一時保管していた当該エリアについては、令和3年4月15日に70μm線量当量率が高い箇所（約120m²）のアスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装、4月16日及び19日に再舗装箇所へ放射性物質の飛散及び流出を防止するための塗装を実施した。</p>
<p>再発防止対策</p>	<p>1. 対策</p> <p>(1) 当該エリアのアスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装及び塗装 4月15日に当該エリアの70μm線量当量率が高い箇所（約120m²）について、アスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装を実施するとともに、4月16日及び19日に再舗装箇所へ放射性物質の飛散及び流出を防止するための塗装を実施した。</p> <p>(2) コンテナの外観点検及び内容物確認</p> <p>a. コンテナの外観点検 令和3年4月15日～7月30日にかけて、飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナ※12（5,338基）の外観点検を目視にて実施した。 ※12：1cm線量当量率で0.1mSv/h以上の瓦礫類の他、70μm線量当量率が0.01mSv/h以上の瓦礫類 外観点検の結果、コンテナ646基において、著しい腐食やへこみが確認されたため、全基を速やかに養生テープで補修した。 このうち、一時保管エリアXに保管していたコンテナ1基において、6月1日に外観点検した際、著しい腐食箇所があったことから養生テープで補修したところ、腐食箇所からにじみが確認された。にじみの状況を確認するため一旦養生テープを剥がしたところ、腐食箇所が貫通してコンテナ内の水が漏れたことから、コンテナ内の水抜きを実施して再度養生テープで補修した後、固体廃棄物貯蔵庫第2棟へ移動した。 それ以外のコンテナ645基に漏れは確認されなかった。 また、著しい腐食やへこみが確認されたコンテナ646基のうち645基については、平成29年12月以前に一時保管エリアに保管していたものである。 著しいへこみが確認された残りの1基については、令和元年度に一時保管エリアに保管したものであるが、コンテナ底部の破損状況から瓦礫類をコンテナに収納する際に破損したものと推定している。 著しい腐食やへこみが確認された646基のコンテナについては、今後、内容物を新たなコンテナに詰め替える。（令和4年9月末までに完了予定）</p> <p>b. コンテナへのシート養生 飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナについて、雨水の接触による腐食の進行を抑制するため、コンテナ外面から仮設シートによる養生を実施した。（令和3年9月27日完了） その後、耐候性のあるシートによる養生を令和3年10月から実施している。（令和4年3月末までに完了予定） また、コンテナの内容物確認作業に伴い、一時的に仮設集積場所へ移動したコンテナについても、念のため仮設シート養生を実施した。（令和3年10月18日完了）</p> <p>c. コンテナの内容物確認及び水抜き 令和3年8月3日から令和4年2月14日にかけて、内容物が把握できていないコンテナ（4,011基）について、内容物確認（水分の有無確認を含む）を実施した。 令和3年10月29日及び11月1日、固体廃棄物貯蔵庫第1棟西側に仮置きしているコンテナ合計3基から水が滴下していることを確認したことから、フィラメントテープによる補修を行うとともに、コンテナ内の水抜きを実施した。 上記を踏まえ、コンテナの内容物確認の際にコンテナ内に水が確認された場合には、速やかに水抜きを実施することとし、水が入っていることを確認したコンテナ463基のうち459基について、水抜きを実施した。 ポンプが挿入できない等の理由により水抜きを実施していないコンテナ4基については、個別に処理方法を検討中であり、水抜きを実施するまでの間は固体廃棄物貯蔵庫第2棟に保管している。</p>

(3) 一時保管エリアに保管しているコンテナの保守管理方法

飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナについては、外観点検や内容物確認の結果を踏まえ、当該コンテナの漏えい原因である腐食に着目し、漏えいリスクを低減するための物理的対策と管理的方法を組み合わせ、総合的な保守管理方法を検討した。

なお、検討した保守管理方法のうち、「再発防止対策 1. (4) 一時保管エリア及び周辺モニタリング強化」も含めて定期的実施していく内容については、令和4年3月末までに長期保守管理計画へ反映する予定である。

a. コンテナのシート養生の維持管理

シート養生を実施したコンテナについては、1回/週実施している一時保管エリアの巡視の中でシート養生の健全性確認を行っており、破れや剥がれが確認された仮設シートは適宜補修している。なお、耐候性シートによる養生は令和3年10月から開始しているが、これまでに破れや剥がれは確認されていない。

また、令和3年12月から1回/四半期の頻度でコンテナ上部の状況をドローンで確認している。

b. コンテナ等の外観確認・調査

一時保管エリアに保管されているコンテナのうち、一時保管エリアに保管してから3年以上経過したものについては、「再発防止対策 1. (2) a. コンテナの外観点検」の結果より著しい腐食が確認されていることから、令和4年度以降についても1回/年の頻度で外観点検を実施する。

外観点検において著しい腐食や漏えい等の恐れがある破損を発見した場合は、コンテナの補修もしくは詰め替え等の措置を実施する。

なお、最近のコンテナは蓋の天板が平らで凹凸がない構造となっており、雨水が溜まりにくく腐食しづらいなど、容器の仕様によって腐食の傾向が異なる可能性があることから、今後の点検結果を踏まえ、点検頻度等の内容は適宜見直す。

c. コンテナ内の水の有無の確認

令和3年8月3日から令和4年2月14日にかけて実施したコンテナの内容物確認に合わせて水の有無を調査したところ、約1割のコンテナ内に水を確認したことから、平成30年1月以降に一時保管エリアへ保管し、内容物(瓦礫類の種類)を把握できているコンテナについても、今後、蓋を開けての目視確認等によりコンテナ内の水の有無を確認し、水を確認した場合には水抜きを実施する計画である。(令和4年度に実施予定)

コンテナ内に水が溜まる可能性としては、雨水による影響(シート養生により抑制)の他に結露の影響も考えられることから、今後、結露影響に関する検証試験^{*13}を実施する計画(令和4年度に実施予定)であり、その結果を踏まえてコンテナ内の水の確認頻度を検討する。

※13: 非汚染物を収納したコンテナを用意し、結露が発生しコンテナに溜まる可能性を確認する。

(4) 一時保管エリア及び周辺モニタリング強化

飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナを保管している一時保管エリア^{*14}について、コンテナから放射性物質の漏えいがないことを確認するため、以下のようなモニタリング強化を実施している。

※14: 対象は一時保管エリアE1、E2、P2、W、X

a. 一時保管エリア周辺の側溝への流入監視

一時保管エリアの排水経路となっている側溝や溜枡直近の線量当量率(70 μ m, 1cm)について、点検作業中の影響監視のため1回/日(日曜日除く)定点測定し、有意な変動が無いことを確認している。(令和3年5月20日以降実施中)

今後、作業時以外での漏えいリスクも考慮し、追加対策として実施する「再発防止対策 1. (4) c. 一時保管エリア外への流出監視」の準備が整い次第、側溝や溜枡直近の線量当量率(70 μ m, 1cm)を1回/日(日曜日含む)測定する。

また、令和3年4月2日、一時保管エリア周辺の側溝にゼオライト土嚢とSr吸着材を設置した。その後、1回/3ヵ月の頻度で側溝を清掃するのに合わせて、ゼオライト土嚢とSr吸着材の健全性を確認している。(令和3年10月から実施中)

b. 一時保管エリアのモニタリング

これまで定例的に実施していた一時保管エリアの巡視及び空間線量率測定(1回/週の頻度)、一時保管エリアの空气中放射性物質濃度(1回/3ヵ月の頻度)を継続して実施している。

また、コンテナを移動する都度、コンテナが置かれている地点の地表面の線量当量率（70 μ m, 1cm）を測定し、コンテナからの漏えいがないことを確認する。

c. 一時保管エリア外への流出監視

一時保管エリアから側溝への流入を防止するため、追加対策として一時保管エリア境界付近に土嚢を設置する。（令和4年3月末までに完了予定）

土嚢設置後準備が整い次第、土嚢近傍の線量当量率（70 μ m, 1cm）を1回/日測定する。

(5) 物揚場排水路におけるモニタリングの強化

「事象の状況 2. (3) b. β ・ γ 弁別型PSFモニタ設置後の運用」に記載した通り、 β ・ γ 弁別型PSFモニタを物揚場排水路に設置し、5月21日から運用を開始した。

(6) 瓦礫類の長期的な保管計画

瓦礫類を保管している屋外のコンテナ及びノッチタンクについては、令和10年度までに一時保管エリアから固体廃棄物貯蔵庫内に全て移動する計画である。（開始時期は未定）

(7) 瓦礫類の適切な保管状態の確保・維持

屋外の一時保管エリアや仮設集積場所に一時保管している瓦礫類について、固体廃棄物貯蔵庫内に全て移動するまでの間、適切な保管状態を確保・維持できるようにするため、令和3年度内にできるだけ工事主管箇所が管理する仮設集積場所を解消し、廃棄物管理箇所が管理する仮設集積場所に瓦礫類を集約する予定である。

また、令和3年度から令和5年度における瓦礫類の保管容量の確保及び令和4年度中に仮設集積場所の最小化を図るため、一時保管エリアを追設する。

a. 仮設集積場所の集約

工事主管箇所が管理する瓦礫類の分別や容器への収納等を目的としない仮設集積場所を解消し、令和3年度内にできるだけ廃棄物管理箇所が管理する仮設集積場所に集約する作業を進めている。

仮設集積場所の数は令和3年9月末時点で148箇所あったが、令和4年2月9日時点で75箇所まで減少している。

工事主管箇所が管理する仮設集積場所については、令和3年度末までに瓦礫類の分別作業や容器収納を実施している仮設集積場所約30箇所を除いて解消し、廃棄物管理箇所が管理する仮設集積場所16箇所（うち4箇所は分別等を目的とした場所）に集約する予定である。

仮設集積場所については、仮設集積が長期化して瓦礫類と同様な状況となったことを踏まえ、令和3年9月27日より巡視頻度を1回/3カ月から1回/1週間に変更して巡視している。

なお、工事主管箇所が管理する分別や容器収納等を目的としない仮設集積場所が令和4年3月に解消される計画であるが、それが確認された時点で、瓦礫類の分別作業や容器収納を実施している仮設集積場所については、資機材仮置きエリアや直接工事エリアに準じて仮設集積の管理方法を見直す。

b. 仮設集積場所の最小化

令和3年度から令和5年度における瓦礫類の保管容量を確保し、仮設集積場所を最小化するため、以下を考慮した上で一時保管エリアを追設する。

- ・一時保管エリアの整理状況を踏まえ、既設の一時保管エリアの保管容量について実態を踏まえた数値に見直す。
- ・現在保管している瓦礫類の表面線量率に応じて、より低線量の一時保管エリアへの移動を実施する。
- ・一時保管エリアの追設に際しては、既設の仮設集積場所や使用済保護衣類の保管エリアの活用も検討する。

一部の仮設集積場所の一時保管エリア化、使用済保護衣類等保管エリアの活用、一時保管エリアの追設、既設一時保管エリアの拡張により、令和3年度～5年度における瓦礫類の保管容量は確保可能であり、これらのエリアを活用することで令和4年度中に仮設集積場所を最小化（瓦礫類の分別や容器収納等を目的としない仮設集積場所の解消）する。

福島第一原子力発電所
一時保管エリアにおける核燃料物質等の漏えい事象について

令和3年 9月 提出

令和4年 2月 補正

東京電力ホールディングス株式会社

はじめに

令和3年3月2日、福島第一原子力発電所構内の物揚場排水路に設置している簡易放射線検知器において「放射能濃度（高）」警報が発生した。

その後の調査で、物揚場排水路流域の西側高台にある一時保管エリアWで地表面に放射性物質を含んだ土の塊が複数あること、一時保管エリアWに保管していたコンテナ1基の腐食箇所から放射性廃棄物がコンテナ外に流出した可能性があることを確認したことから、3月25日に福島第一規則第18条第11条の規定に基づく事故報告に該当すると判断した。

これらの内容等については、廃炉発官R3第8号（4月6日付け）にて原子力規制委員会へ報告している。

その後の調査を進める中で、物揚場排水路の簡易放射線検知器での警報発生が、一時保管エリアWに保管していたコンテナ1基の底面に溜まっていた放射性物質を含む水がコンテナ外に流出し、降雨時に雨水とともに物揚場排水路に流入したことが原因であること、物揚場排水路を通じて発電所の港湾内にも流出したものと評価したことから、5月20日に福島第一規則第18条第10号の規定に基づく事故報告に該当すると判断した。

引き続き、一時保管エリアWのコンテナ1基から放射性物質を含む水が流出した原因調査を行い、原因究明及び再発防止対策の立案ができたことから、これらの内容等について、廃炉発官R3第82号（9月7日付け）にて原子力規制委員会へ報告している。

今回の報告書は、9月7日の報告後も継続して調査している類似コンテナの調査状況や、それらの結果等も踏まえて立案した追加の再発防止対策について、追記・修正等を行い補正として報告するものである。

目次

1. 件名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生の特用原子炉施設	1
4. 事象発生時の状況	1
4-1. 物揚場排水路水の全β放射能濃度上昇	1
4-2. 一時保管エリアにおける核燃料物質等の漏えい	1
4-3. 法令判断の経緯	2
5. 応急処置	2
6. 状況調査	4
6-1. 物揚場排水路への流入状況調査	4
6-2. 当該物質の漏えい状況調査	8
7. 原因調査	9
7-1. 当該コンテナの詳細調査	9
7-2. 当該物質と当該コンテナ底面に溜まった水の成分比較調査	10
8. 推定原因	11
9. 環境への影響	12
10. 対策	12
11. 添付資料	17

1. 件名

福島第一原子力発電所
一時保管エリアにおける核燃料物質等の漏えい事象について

2. 事象発生の日時

令和3年3月25日 18時25分
(福島第一規則第18条第11号に該当すると判断した日時)
令和3年5月20日 13時15分
(福島第一規則第18条第10号に該当すると判断した日時)

3. 事象発生の発電用原子炉施設

福島第一原子力発電所構内 一時保管エリアW

4. 事象発生時の状況

4-1. 物揚場排水路水の全β放射能濃度上昇

令和3年3月2日18時18分、福島第一原子力発電所構内の物揚場排水路に設置している簡易放射線検知器 (PSF: Plastic Scintillation Fiber Monitor) ※1 (以下、「当該モニタ」という。) において「放射能濃度(高)」警報(設定値: 1,500 Bq/L)が発生した。(当該モニタにおける通常の放射能濃度の変動範囲は数 Bq/L~100 Bq/L程度)

その後、同日18時45分に物揚場排水路内の当該モニタ近傍の水を採取し、放射能濃度を分析した結果、全β放射能濃度が890Bq/Lであった。

なお、当該モニタ高警報が発生した前後で、敷地境界のモニタリングポスト及びダストモニタ、構内ダストモニタに有意な変動はなかった。また、当該モニタ高警報が発生した以降、1~4号機及び水処理設備のプラント関連パラメータに異常は確認されなかった。

※1: 中心部に放射線に有感なポリスチレンを母材としたケーブル両端に光電子増倍管を接続し、β線とγ線を同時に測定する簡易型の放射線検知器のことで、各建屋、タンク、配管等からの汚染水の漏えいを検知するため、A排水路、物揚場排水路に設置している。

4-2. 一時保管エリアにおける核燃料物質等の漏えい

令和3年3月2日に当該モニタの放射能濃度が上昇したことを受けて調査していたところ、同年3月22日、物揚場排水路流域の西側高台にある放射性廃棄物を保管していた一時保管エリアW (以下、「当該エリア」という。) において、地表面(アスファルト舗装)に70μm線量当量率※2が周囲と比較して有意に高い土の塊(以下、「当該物質」という。)が複数あることを確認した。当該物質の70μm線量当量率は最大13mSv/h(3月24日測定)で、1箇所はゲル状の物質を含んでいた。

※2: 70μm線量当量とは、β線やγ(X)線などの外部被ばくによって皮膚が受けた線量(皮膚の等価線量)の評価に用いられ、皮膚の身体表面から70μmの深さの組織の線量当量をいい、単位はシーベルト(記号: Sv)が用いられる。70μm線量当量率は、単位時間ごとの「70μm線量当量」の値であり、「シーベルト毎時(Sv/h)」などの単位が用いられる。

当該エリアには、放射性廃棄物を収納しているコンテナ等を保管しており、そのうち1基のコンテナ(以下、「当該コンテナ」という。)について、3月2日に当該エリアから移動する際に当該コンテナ側面下部の一部が腐食していることを確認していた。

このため、3月25日に当該コンテナの蓋を開けて状況を確認したところ、ビニール袋に包まれた放射性廃棄物が収納されており、ビニール袋外表面で当該物質と同様に比較的線量の高い（70 μ m線量当量率で最大10mSv/h）値を確認したことから、放射性廃棄物の一部がビニール袋から漏れ、当該コンテナの腐食箇所からコンテナ外に流出した可能性は否定できないと判断した。

4-3. 法令判断の経緯

当該物質の発見について、当該エリア周辺には漏えい拡大防止のための堰がないこと、当該物質の表面線量から推測すると全 β 放射エネルギーが 1.0×10^{10} Bqを超えている可能性があることから、3月25日18時25分、福島第一規則第18条第11号「発電用原子炉施設の故障その他の不測の事態が生じたことにより、核燃料物質等（気体状のものを除く）が管理区域内で漏えいしたとき。」に該当すると判断した。

その後の調査で、当該コンテナ底面に水が溜まっていたこと、その水と当該物質を分析した結果、どちらもCs-137に比べSr-90が有意に高いこと及び化学的性状も類似していることを確認した。

また、当該コンテナの下に積まれていたコンテナ2基の側面（外側）の70 μ m線量当量率が、他の測定箇所に比べて高いことを確認した。

これらの調査結果から、令和3年3月2日に発生した当該モニタ高警報発生の原因は、当該コンテナ底面に溜まっていた放射性物質を含む水が、コンテナ側面下部の腐食箇所からコンテナ外に流出し、当該コンテナの下に積まれていたコンテナ2基の側面（外側）を伝って当該エリアの地表面に堆積して、降雨時に雨水とともに当該エリアから付近の側溝等を通じて物揚場排水路に流れ込み、発電所の港湾内に流出したものと評価した。

このことから、令和3年5月20日13時15分、福島第一規則第18条第10号「核燃料物質等が管理区域外で漏えいしたとき。」に該当すると判断した。

なお、当該モニタ高警報が発生した以降、港湾内（物揚場前）の海水の分析結果、敷地境界のモニタリングポスト及びダストモニタ、構内ダストモニタに有意な変動はなかった。

（添付資料-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8）

5. 応急処置

(1) 当該モニタ高警報発生直後の対応

令和3年3月2日18時18分に当該モニタ高警報が発生した以降、当該モニタの指示値は、同日19時04分時点で1,717Bq/Lまで上昇したが、その後は徐々に低下し、同日21時44分に当該モニタ高警報はクリアした。

また、同日18時45分に当該モニタ近傍の水を採取し、放射能濃度を分析した結果、全 β 放射能濃度が890Bq/Lであった。

物揚場排水路には、放射性物質が漏えいした際に、港湾への流出を防ぐ目的で排水路ゲートが設置されており、排水路放射線モニタ警報発生時の対応要領に基づき、当該モニタ高警報（設定値：3,000Bq/L）が発生した場合には物揚場排水路ゲートを「閉」操作する運用としている。

本事象においては、分析結果から放射性物質が流れ出していることが判明したこと、それにより当該モニタの指示値が実際に上昇していたこと、及び放射性物質の漏えい箇所が不明なことから、念のため、3月2日23時40分に物揚場排水路ゲートを「閉」した。

（添付資料-3）

(2) 物揚場排水路ゲート「閉」後の対応

a. 物揚場排水路内に溜まった水の移送

物揚場排水路ゲートを「閉」としたことから、物揚場排水路内に溜まった水について、3月3日0時28分から水中ポンプで汲み上げ、K2タンクエリア内堰への移送を開始した。

その後、物揚場排水路内に溜まった水が溢水しないよう監視しながら、周辺にあるタンクエリア内堰への移送を継続するとともに、タンクエリア内堰に溜めた水を集中廃棄物処理施設プロセス主建屋に移送し、滞留水と同様に処理した。

(添付資料－9)

b. 物揚場排水路内に溜まった水の分析強化

3月3日から、監視強化のため物揚場排水路内に溜まった水の採取及び分析を1日3回(通常は1日1回)実施した。

(添付資料－10)

c. 当該モニタの清掃

当該モニタは物揚場排水路の水を導いたモニタ水槽内に設置されており、水槽壁面や底面、モニタ表面に付着した藻などに放射性物質が吸着すると除去されにくい。そのため、3月2日18時18分に当該モニタ高警報が発生した以降、当該モニタの指示値は高い値で推移していたことから、3月5日に当該モニタ及び物揚場排水路内の清掃を実施した。

3月5日12時00分に当該モニタ及び物揚場排水路内の清掃を完了し、3月9日7時20分に物揚場排水路から採取した水を分析した結果、通常の変動範囲内の値(全 β 放射能濃度 2.9Bq/L)であることを確認したことから、同日19時05分に物揚場排水路ゲートを「開」とした。

なお、物揚場排水路ゲート「開」前後において、当該モニタの指示値、敷地境界のモニタリングポスト及びダストモニタ、構内ダストモニタに有意な変動はなかった。

(添付資料－3, 8)

(3) 物揚場排水路ゲート「開」後の運用

a. $\beta \cdot \gamma$ 弁別型 P S F モニタ^{*3} 設置までの暫定運用

当該モニタは、 β 線+ γ 線の合計値でしか測定できない。そのため、指示値が上昇しただけでは汚染水(物揚場排水路流域にある汚染水は β 核種が支配的である)の漏えいであるか判断がつかないため、これまでは指示値が上昇した後、物揚場排水路内の水を採取し、分析結果により汚染水の漏えいによる指示値上昇なのか否かを判断していた。

そのため、本事象の対策として β 線と β 線+ γ 線を個別に測定できる $\beta \cdot \gamma$ 弁別型 P S F モニタを物揚場排水路に設置し、モニタ指示値で汚染水の漏えいであるか判断することとしているが、それまでの期間は暫定運用として以下のとおり対応した。

① 1日3回実施している物揚場排水路内の水の採取及び分析を継続する。

② 当該モニタの放射能濃度が 750Bq/L を超えたことを示す警報(以下、「プレ警報」という。)が発生した段階で原因調査を開始し、上昇要因が全 β 放射能濃度と確認された場合^{*4}は、物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

③上記に係わらず、当該モニタの放射能濃度が1,500Bq/L（高警報）を超えた場合は、速やかに物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

※3：β線とγ線を測定できるPSFモニタで、従前のPSFモニタと違い、β線+γ線の測定値とγ線の測定値の差分からβ線の測定が可能になる。

※4：全β放射能濃度の分析結果がCs-137放射能濃度の10倍を超え、かつ全β放射能濃度が200Bq/L以上となった場合

b. β・γ弁別型PSFモニタ設置後の運用

令和3年3月17日にA排水路へ試験研究用に仮置きしていたβ・γ弁別型PSFモニタを物揚場排水路に移設し、同年5月21日から運用を開始した。

① 当該モニタのプシ警報が発生した場合には、試料採取とβ・γ弁別型PSFモニタの確認を行い、上昇要因が全β放射能濃度と確認された場合^{※5}は、物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

②上記に係わらず、当該モニタの放射能濃度が1,500Bq/L（高警報）を超えた場合は、速やかに物揚場排水路ゲートを「閉」とする。

※5：全β放射能濃度の分析結果がCs-137放射能濃度の10倍を超え、かつ全β放射能濃度が200Bq/L以上となった場合、又はβ・γ弁別型PSFモニタの全β放射能濃度が300Bq/Lを超えた場合

（添付資料－11）

(4) 当該物質及び周辺への対応

当該物質については、令和3年3月24日に回収した。また、当該物質があった地表面及びその周辺の地表面については、塗膜剥離型除染材を塗布し、地表面のシート養生を行うとともに、その上に土のうを設置した。

その後、4月12日～13日にかけて、当該エリアへ放射性物質の飛散及び流出を防止するための塗装を実施した。

なお、4月15日～19日にかけて、「10. (1) 当該エリアのアスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装及び塗装」に記載した通り、恒久的な対策を実施した。

（添付資料－12）

6. 状況調査

6-1. 物揚場排水路への流入状況調査

(1) 令和3年3月3日～3月7日までの物揚場排水路への流入状況調査

a. 設備からの漏えい状況確認

設備からの漏えい状況の有無を確認するため、3月3日から3月4日にかけて物揚場排水路集水域内に設置されている汚染水を内包しているタンク及びその他設備^{※6}を調査した結果、漏えいは確認されなかった。

※6：原子炉注水設備（常用・非常用高台注水ライン）、排水路近傍にあるK2タンクエリア及びブルータンクエリア周辺

（添付資料－13）

b. 流入箇所の特定調査

物揚場排水路への流入箇所を特定するため、3月3日及び3月6日に上流側にある側溝6箇所、旧バッファータンク堰内及び現バッファータンクに内包している水を採取し、放射能濃度を分析した結果、全β放射能濃度は最大で330Bq/Lで、当該モニタ近傍で採取した水的全β放射能濃度（890Bq/L）より低い値であった。

このことから、旧バッファータンク堰内及び現バッファータンク水によるものではないことを確認した。

なお、側溝6箇所の一つであるキャスク保管庫南側の水の放射能濃度が、物揚場排水路水の放射能濃度と同様に Cs-137 に比べて全 β が高い傾向であった。

(添付資料-14)

c. 過去の漏えい事象による影響調査

平成24年1月29日に発生した旧バッファータンク移送配管からの漏えい事象において、地下に浸透した汚染水が物揚場排水路に流入した可能性を考慮し、漏えい時に流出した全 β 放射能と、3月2日に当該モニタ指示値が上昇し始めた時間から通常値に戻った時間までの物揚場排水路から流出した全 β 放射能を比較した。

その結果、旧バッファータンク移送配管からの漏えい時よりも、物揚場排水路から流出した全 β 放射能が大きかったことから、旧バッファータンク移送配管からの漏えいで地下に浸透した汚染水が、今回の事象の原因ではないと判断した。

	全 β 放射能濃度	漏えい水量	全 β 放射能
旧バッファータンク移送配管からの漏えい	4.0×10^4 Bq/L ^{※7}	600 L	2.4×10^7 Bq
物揚場排水路からの流出	— ^{※8}		3.7×10^8 Bq

※7：バッファータンクと同一系統のRO水（平成24年1月24日採取）の値

※8：物揚場排水路への流出放射能は以下の仮定により試算

当該モニタ全 β 放射能濃度の上昇が3月2日14時30分頃から始まっているため、14時30分頃までは0Bq/Lとし、それ以降から18時45分で890 Bq/Lに到達するまでは全 β 放射能濃度が直線的に上昇、その後22時45分までは全 β 放射能濃度が直線的に減少すると保守的に仮定し、物揚場排水路内の流量と掛け合わせて流出放射能を計算

d. 物揚場排水路水の放射性物質の性状確認

物揚場排水路水の放射性物質の性状を確認するため、3月2日18時45分に採取した水について、フィルタ（0.1 μ m）により粒子状物質を分離したうえで、全 β 放射能濃度を分析した結果、イオン状の放射性物質が67%を占めていることを確認した。

このことから、ストロンチウムに関する挙動についての既存の知見と大きく異ならず、イオン状で存在していると判断した。

	粒子状+イオン状 (原水)	イオン状 (原水をフィルタ ろ過した水)	イオン状 の割合
全 β 放射能濃度	850 Bq/L	570 Bq/L	67 %

e. フォールアウトの移行経路と移行速度の違い

福島第一原子力発電所事故後のフォールアウトにより、Cs-137、Sr-90、H-3等が発電所構内の地表面に蓄積しているが、Cs-137は土壌への吸着性が高く、地中での移行速度が小さいことが分かっている。一方、Sr-90は比較的土壌への吸着性が低く、地中での移動速度がCs-137よりも約20倍速い。

これらの知見に対し、3月2日の18時45分に当該モニタ近傍の水を採取して放射能濃度を分析した結果、Cs-137が16Bq/L、Sr-90が350Bq/Lであったため、事故

後のフォールアウトが地中に浸透・移動し、Cs-137よりも地中の移動が速い性質のSr-90が先に物揚場排水路内に流入してきたものと推定した。

しかしながら、地下水が関連した事象としては、濃度変動が急激すぎると考えられ、流入経路あるいは流入源の特定はできなかった。

(添付資料-15, 16)

以上の調査結果から、当該モニタの全β放射能濃度が上昇した原因について特定できなかったことから、発電所構内で降雨が発生した際に合わせて、引き続き調査することとした。

(2) 令和3年3月13日降雨時の状況調査

3月13日の降雨に合わせて当該モニタへの流入源を調査した。

a. 物揚場排水路水の採取・分析

3月13日の降雨開始から雨が上がるまでの間、物揚場排水路水を1時間毎に採取して分析した結果、全β放射能濃度は最大で340Bq/Lであった。

なお、今回の降雨時の積算降雨量は約81mmであり、3月2日の積算降雨量(約19mm)の約4倍であった。

(添付資料-17)

b. 物揚場排水路へ流入する側溝の水の採取・分析

物揚場排水路へ流入する側溝の水を採取して分析した結果、全β放射能濃度は最大で230Bq/Lであった。

なお、物揚場排水路と比較するため、3月13日15時11分にA排水路の水を採取して分析した結果、全β放射能濃度は7.4Bq/Lであった。

(添付資料-18)

以上の調査結果から、今回の調査において全β放射能濃度が有意に高い箇所は確認されず、当該モニタの全β放射能濃度が上昇した原因について特定できなかったことから、発電所構内で降雨が発生した際に合わせて、引き続き調査することとした。

(3) 令和3年3月20日～21日降雨時の状況調査

3月20日～21日の降雨に合わせて当該モニタへの流入源を調査した。

a. 物揚場排水路の上流周辺エリア水の採取・分析

3月21日に物揚場排水路の上流側にあるエリアについて、西側高台の汐見坂上流部まで範囲を拡げて側溝や新設排水路、地下水排水管等の水を採取して分析した結果、汐見坂の上流部にある当該エリア付近の側溝で全β放射能濃度が1,700Bq/Lと高い値であった。

また、当該エリアの下流部にある側溝(物揚場排水路の南側付近)についても、全β放射能濃度が210Bq/Lと比較的高い値であった。

(添付資料-19)

b. 当該エリアの汚染状況調査

3月22日に当該エリアの汚染状況を調査するため地表面の線量を測定した結果、アスファルト舗装された地表面の一部に70 μ m線量当量率が周囲と比較して有意に高い箇所(70 μ m線量当量率が最大5mSv/h)を確認した。また、地表面に当該物質が複数あること、1箇所はゲル状の物質を含んでいることを確認したため、更に詳細調査することとした。

(添付資料-5)

(4) 令和3年3月28日~29日降雨時の状況調査

3月28日~29日の降雨に合わせて、当該物質の除去及び応急処置を実施した以降の当該エリアやその他の地点で水を採取して分析した結果、当該エリアにおいて全 β 放射能濃度が1,100Bq/Lであった。

このことから、当該物質の除去及び応急処置を実施した以降においても、当該エリアには β 汚染が高い土壌などが残存しており、当該エリア全体に β 汚染が広がっている可能性が考えられる。

(添付資料-20)

(5) 令和3年3月31日及び4月5日降雨時の状況調査

3月31日及び4月5日の降雨開始後に当該モニタの放射能濃度が上昇してプレ警報が発生したことから、「5. (3) a. $\beta \cdot \gamma$ 弁別型PSFモニタ設置までの暫定運用」に則り対応したが、全 β 放射能濃度が3月31日は15Bq/L、4月5日は37Bq/Lであり、いずれも当該モニタの上昇要因が全 β 放射能濃度であると判断する目安(200Bq/L)以下であったことから、物揚場排水路ゲートを「閉」しなかった。

当該モニタの放射能濃度が上昇した要因としては、以下の理由から天然核種の影響によるものと判断した。なお、Pb-214及びBi-214の放射能濃度が低い理由としては、降雨開始(当該モニタプレ警報発生)後から水の採取までに時間差があるため、短半減期である天然核種を捕集できなかったものとする。

- ①当該モニタに異常がなかったこと
- ②当該モニタ指示値の低下が早いこと
- ③他の排水路PSFモニタの指示値が同様な傾向であったこと
- ④少量の降雨があり、短半減期の天然核種(Pb-214(半減期26.8[min])、Bi-214(半減期19.9[min]))が検出されたこと
- ⑤全 β 放射能濃度から短半減期の天然核種(Pb-214、Bi-214)を引いた値は通常変動範囲であり、汚染源由来のSr-90、Y-90も含まれていないこと
 - ・3月31日 Pb-214:3.4Bq/L、Bi-214:4.5Bq/L
 - ・4月5日 Pb-214:4.6Bq/L、Bi-214:8.5Bq/L

(添付資料-21)

(6) 令和3年4月14日降雨時の状況調査

4月14日の降雨に合わせて、当該物質の除去及び応急処置を実施した以降の当該エリアやその他の地点で水を採取して分析した結果、全 β 放射能濃度が当該エリア北側の排水路上にある排水柵で38Bq/L、物揚場排水路で29Bq/Lと降雨時の通常変動範囲内に戻っていることを確認した。

(添付資料-22)

6-2. 当該物質の漏えい状況調査

(1) 当該物質の確認状況

令和3年3月24日に当該物質が確認された地表面の線量を測定した結果、70 μ m線量当量率で最大13 mSv/hであった。

また、3月24日に当該物質を回収する際に確認したところ、当該物質は乾いた土のような状態であった。

回収した当該物質について放射能濃度を分析した結果、全 β 放射能濃度は最大 2.3×10^8 Bq/kgであり、回収した当該物質の重量約8.5 kgを乗じて保守的に全 β 放射エネルギーを算出した結果、 2.0×10^9 Bqと評価した。

(添付資料-5, 23)

(2) 当該コンテナの保管及び移動状況

当該エリアには、震災後の作業で発生した放射性廃棄物を収納しているコンテナ等を保管していたが、土地造成工事（構内道路の拡張工事）の範囲に干渉することから、令和3年1月25日から3月2日にかけて当該エリアにある放射性廃棄物を収納しているコンテナ（273基）の移動作業を行っていた。

当該物質が確認された周辺には、当該コンテナを含めて38基のコンテナを2～3段に積み上げた状態で保管しており、当該コンテナは3段積みが一番上に積まれていた。

3月2日に当該コンテナを移動する前にコンテナ外観の目視確認を実施した際、コンテナ側面下部の一部に貫通は確認されないものの、腐食が著しい箇所があった。

このため、3月2日に当該エリアから固体廃棄物貯蔵庫第1棟脇に当該コンテナを移動後、腐食進展防止のために腐食箇所をコンテナ外面からテープで補修し、3月11日にコンテナ外面からパテ埋め補修を実施した。

その後、3月23日に当該コンテナを固体廃棄物貯蔵庫第2棟に移動した。

(添付資料-6, 24)

(3) 当該コンテナの収納状況

令和3年3月25日に当該コンテナの蓋を開けて状況を確認したところ、震災後の作業で発生したウエスや養生シート、樹脂製配管等の放射性廃棄物がビニール袋に包まれた状態で収納されており、ビニール袋外表面にて70 μ m線量当量率で最大10 mSv/hと比較的線量の高い値が検出された。

当該コンテナの底面の状態を確認しようとしたが、コンテナの幅は約3.8 m×約2.3 m、高さは約1.6 mあり、コンテナ内にはビニール袋に包まれた状態の放射性廃棄物が約1.2～1.3 mの高さまで収納されていて、コンテナの底面まで確認できなかった。

4月2日に当該コンテナ内に収納されている放射性廃棄物（全体の1/4程度の量）をコンテナから取り出して、コンテナ内部から腐食箇所周辺を確認したところ、コンテナ内部の底面が錆びた状態で表面が薄く湿っていること及びコンテナ内部に補修材らしきものがあることを確認した。

なお、当該コンテナから取り出した放射性廃棄物の多くは、ビニール袋に包まれた、水分を含んだ吸着材であった。

当該コンテナ内にある放射性廃棄物の表面線量が、当該エリアの地表面で確認された当該物質の表面線量と同程度であったこと、当該コンテナ側面下部の一部が著しく腐食していたことから、当該コンテナ内に保管されていた放射性廃棄物の一部が腐食箇所からコンテナ外に流出した可能性が高いと考える。

(添付資料-6)

(4) 当該エリアの使用状況

当該エリアには、震災によって発生した瓦礫等の放射性廃棄物を金属製のコンテナに収納した上で、平成28年9月から保管している。また、フレコンバックに収納した土砂やタイヤもシート養生した状態で保管している。

当該コンテナについては、平成29年3月から7月の間に当該エリアへ移動し、保管していた。その後、令和3年1月25日から3月2日にかけて、放射性廃棄物を収納しているコンテナ(273基)を固体廃棄物貯蔵庫第2棟(265基)及び固体廃棄物貯蔵庫第1棟脇(8基)へ移動しており、その後は土砂やタイヤが残っている状態である。

なお、固体廃棄物貯蔵庫第1棟脇へ移動したコンテナ(8基)については、3月23日に固体廃棄物貯蔵庫第2棟へ移動している。

(添付資料-24)

(5) 当該コンテナ周辺に置かれていたコンテナの状況

4月1日から4月20日にかけて、当該コンテナ(10m³容器)及び当該コンテナ周辺に置かれていたコンテナ37基(10m³容器:7基、6m³容器:30基)の調査を実施した。

当該コンテナは3段積みが一番上に積まれていたが、その下にあるコンテナ2基の側面(外側)の汚染が他の測定箇所比べて高いことを確認した。

このことから、当該コンテナから放射性物質が流出し、その下にあるコンテナ2基の側面を伝って地表面へ移行した可能性が高い。

37基のコンテナについては、貫通部や漏えい跡は確認されなかった。また、内容物は、主に車両解体金属片(33基)、廃石綿収納トンパック(1基)であり、内容物無し(3基)も確認された。なお、コンテナ上部から内容物を確認した範囲で水分は確認されなかった。

(添付資料-25)

以上の調査結果から、当該エリアで確認された当該物質については、当該コンテナに収納していた放射性廃棄物が流出したと推定した。

7. 原因調査

7-1. 当該コンテナの詳細調査

4月1日から4月20日にかけて当該コンテナ内部を調査した結果、以下の通りであった。

(1) 当該コンテナ外面の目視点検、表面線量率及び表面汚染密度測定

当該コンテナ外面を目視点検した結果、補修箇所以外の表面に錆びはあったものの、貫通部や漏えい跡は確認されなかった。

当該コンテナ外面の表面線量率を測定した結果、補修箇所下部は70μm線量当量率で0.80mSv/h、1cm線量当量率で0.01mSv/hであり、それ以外の箇所は70μm線量当量率で0.015~0.15mSv/h、1cm線量当量率で0.01~0.14mSv/hであった。

また、当該コンテナ外面の表面汚染密度を測定した結果、補修箇所下部は98Bq/cm²であり、それ以外の箇所は1.4~2.6Bq/cm²であった。

(添付資料-26)

(2) 当該コンテナの内容物調査

当該コンテナに収納されている内容物を調査した結果、水移送ホース2本とゴムシート1枚を除き、約450袋が収納袋に収納された状態であったが、収納袋に破損しているものはなかった。

また、収納袋の主な内容物は、吸水シート（約250袋）、布ウエス（約80袋）、ビニール類（約60袋）等であり、吸水シートと布ウエスは水分を含んで湿った状態のものが多かった。

収納袋の表面線量率を測定した結果、70 μ m 線量当量率の最大はビニール袋が内容物の収納袋で160mSv/h、1cm 線量当量率の最大は吸水シートが内容物の収納袋で20mSv/hあることを確認した。

（添付資料－27）

(3) 当該コンテナ内部の目視点検、表面線量率及び表面汚染密度測定

当該コンテナ内部を目視点検した結果、コンテナの底面全体に深さ約2～3mmの水（濁り有り）が溜まっていることを確認した。また、底面全体に錆びを確認したが、補修箇所以外に貫通部は確認されなかった。

当該コンテナ底面に溜まっていた水の表面線量率を測定した結果、補修箇所近傍は70 μ m 線量当量率で13mSv/h、1cm 線量当量率で0.18mSv/hであり、それ以外の箇所は70 μ m 線量当量率で1～5mSv/h、1cm 線量当量率で0.04～0.11mSv/hであった。

その後、当該コンテナ底面の水を回収したうえで、底面の表面線量率を再測定した結果、補修箇所近傍は70 μ m 線量当量率で5mSv/h、1cm 線量当量率で0.18mSv/hであり、それ以外の箇所は70 μ m 線量当量率で2～23mSv/h、1cm 線量当量率で0.05～0.32mSv/hであった。

また、当該コンテナ内部の表面汚染密度を測定した結果、補修箇所近傍は1,200Bq/cm²であり、それ以外の箇所は140～1,400Bq/cm²以上であった。

（添付資料－28）

7-2. 当該物質と当該コンテナ底面に溜まった水の成分比較調査

当該物質の漏えい源を特定するため、当該物質と当該コンテナ底面に溜まった水の放射能組成、化学組成、分子構造を比較した結果、以下のことを確認した。

(1) 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の放射能分析

当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の放射能分析を実施した結果、どちらもCs-137に比べSr-90が有意に高かった。

(2) 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の化学性状測定

当該物質が汚染水の流出防止を目的として使用した吸水材（水ガラスや高分子吸収剤）の可能性が考えられることから、当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水について、以下の化学性状を測定した。

- Na（ナトリウム）、SiO₂（シリカ）：水ガラスの可能性を検討
- TOC：高分子吸収剤の可能性を検討

当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の化学性状を測定した結果、以下の通りと推定した。

- SiO₂/Na の比は1未満であることから、水ガラスの可能性は低い^{※9}こと
- Na は 590～9,400mg/kg であることから、当該コンテナ底面に溜まった水に含まれるもの、若しくは海塩の影響であること
- SiO₂ は 11～240mg/kg であることから、当該物質と共存する砂の影響であること
- TOC は 3,000～29,000mg/kg であることから、当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水には有機化合物が混在すること

※9：水ガラスの場合、SiO₂/Na₂O₂ ≥ 1となる。なお、海水のNaは、1.3%（13,000mg/kg）である。

(3) 当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水の分子構造測定

当該物質及び当該コンテナ底面に溜まった水について、赤外分光法^{※10}により分子構造測定による物質の特定（推定）を実施した結果、当該コンテナ底面に溜まった水は高分子吸収剤のスペクトルとよく一致すること、当該物質（水相への抽出物）は当該コンテナ底面の残水のスペクトルと類似すること、当該物質（有機相への抽出物）はアスファルトのスペクトルとほぼ一致することを確認した。

※10：物質に赤外光を照射し透過または反射した光を測定することで、試料の構造解析や定性分析を行う方法
(添付資料-29)

以上の調査結果から、当該コンテナ底面に溜まった水は高分子吸収剤であること、当該物質にも高分子吸収剤が含まれていたことから、当該物質は当該コンテナ底面に溜まった水に起因するものであると判断した。

8. 推定原因

原因調査の結果、本事象に至った原因は以下の通りと推定した。

(1) 当該エリアにおける核燃料物質等の漏えい原因

当該コンテナ内には、水分を含んだ吸水シート等を収納したビニール袋が積み重なった状態で保管されていたことから、その重みによってコンテナ下部にあるビニール袋の結び目から高分子吸収材を含んだ水分がコンテナ内に染み出した。

染み出した水分によりコンテナ内部の底面が腐食して、腐食箇所から放射性物質を含む水が当該コンテナ外へ流出し、その下にあるコンテナ 2 基の側面を伝って、当該エリアの地表面へ移行した。

(2) 物揚場排水路水の全β放射能濃度の上昇原因

当該コンテナから流出した放射性物質を含む水（当該物質）がコンテナ周辺の地表面に残存していたが、当該エリアに保管していたコンテナを固体廃棄物貯蔵庫第2棟へ移動したことで、その後の降雨時に当該物質に含まれる放射性物質が当該エリア全体に広がった。

また、当該エリア付近の側溝へ流れ込み、側溝を経由して物揚場排水路に到達したことで、物揚場排水路水の全β放射能濃度が上昇し、当該モニタ高警報が発生した。

(添付資料-30)

9. 環境への影響

物揚場排水路から排出した水の平均 Sr-90 濃度（令和 3 年 1 月 1 日～3 月 31 日までの 3 ヶ月平均）を計算し、告示濃度限度と比較した結果、25 Bq/L であり、告示濃度限度 0.030 Bq/cm³（30 Bq/L）を下回っていた。

また、当該モニタ高警報が発生した以降も、港湾内（物揚場前）の海水の放射能濃度に有意な変動はなかった。

当該物質を除去して周辺の地表面を養生した以降は、物揚場排水路における全 β 放射能濃度に有意な上昇は確認されていない。

以上のことから、環境への影響はないと評価した。

なお、物揚場排水路から港湾内へ流出した放射エネルギーは、上述の Sr-90 濃度と同期間で保守的に評価した結果、Sr-90 濃度で 16 億 Bq^{*11}であった。

※11：参考として令和 2 年 1 月 1 日～1 2 月 31 日における物揚場排水路から排出された全 β 放射エネルギーは 2.3 億 Bq（フォールアウトのセシウムを含む）である。

10. 対策

(1) 当該エリアのアスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装及び塗装

4 月 15 日に当該エリアの 70 μm 線量当量率が高い箇所（約 120m²）について、アスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装を実施するとともに、4 月 16 日及び 19 日に再舗装箇所へ放射性物質の飛散及び流出を防止するための塗装を実施した。

（添付資料－31）

(2) コンテナの外観点検及び内容物確認

a. コンテナの外観点検

令和 3 年 4 月 15 日～7 月 30 日にかけて、飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナ^{*12}（5,338 基）の外観点検を目視にて実施した。

※12：1cm 線量当量率で 0.1mSv/h 以上の瓦礫類の他、70 μm 線量当量率が 0.01mSv/h 以上の瓦礫類

外観点検の結果、コンテナ 646 基において、著しい腐食やへこみが確認されたため、全基を速やかに養生テープで補修した。

このうち、一時保管エリア X に保管していたコンテナ 1 基において、6 月 1 日に外観点検した際、著しい腐食箇所があったことから養生テープで補修したところ、腐食箇所からにじみが確認された。にじみの状況を確認するため一旦養生テープを剥がしたところ、腐食箇所が貫通してコンテナ内の水が漏れたことから、コンテナ内の水抜きを実施して再度養生テープで補修した後、固体廃棄物貯蔵庫第 2 棟へ移動した。

それ以外のコンテナ 645 基に漏れは確認されなかった。

また、著しい腐食やへこみが確認されたコンテナ 646 基のうち 645 基については、平成 29 年 1 2 月以前に一時保管エリアに保管していたものである。

著しいへこみが確認された残りの 1 基については、令和元年度に一時保管エリアに保管したものであるが、コンテナ底部の破損状況から瓦礫類をコンテナに収納する際に破損したものと推定している。

著しい腐食やへこみが確認された 646 基のコンテナについては、今後、内容物を新たなコンテナに詰め替える。（令和 4 年 9 月末までに完了予定）

（添付資料－32）

b. コンテナへのシート養生

飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナについて、雨水の接触による腐食の進行を抑制するため、コンテナ外面から仮設シートによる養生を実施した。（令和3年9月27日完了）

その後、耐候性のあるシートによる養生を令和3年10月から実施している。（令和4年3月末までに完了予定）

また、コンテナの内容物確認作業に伴い、一時的に仮設集積場所へ移動したコンテナについても、念のため仮設シート養生を実施した。（令和3年10月18日完了）

（添付資料－33）

c. コンテナの内容物確認及び水抜き

令和3年8月3日から令和4年2月14日にかけて、内容物が把握できていないコンテナ（4,011基）について、内容物確認（水分の有無確認を含む）を実施した。

令和3年10月29日及び11月1日、固体廃棄物貯蔵庫第1棟西側に仮置きしているコンテナ合計3基から水が滴下していることを確認したことから、フィラメントテープによる補修を行うとともに、コンテナ内の水抜きを実施した。

上記を踏まえ、コンテナの内容物確認の際にコンテナ内に水が確認された場合には、速やかに水抜きを実施することとし、水が入っていることを確認したコンテナ463基のうち459基について、水抜きを実施した。

ポンプが挿入できない等の理由により水抜きを実施していないコンテナ4基については、個別に処理方法を検討中であり、水抜きを実施するまでの間は固体廃棄物貯蔵庫第2棟に保管している。

（添付資料－34）

(3) 一時保管エリアに保管しているコンテナの保守管理方法

飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナについては、外観点検や内容物確認の結果を踏まえ、当該コンテナの漏えい原因である腐食に着目し、漏えいリスクを低減するための物理的対策と管理的方法を組み合わせ、総合的な保守管理方法を検討した。

なお、検討した保守管理方法のうち、「10. (4) 一時保管エリア及び周辺のモニタリング強化」も含めて定期的の実施していく内容については、令和4年3月末までに長期保守管理計画へ反映する予定である。

a. コンテナのシート養生の維持管理

シート養生を実施したコンテナについては、1回/週実施している一時保管エリアの巡視の中でシート養生の健全性確認を行っており、破れや剥がれが確認された仮設シートは適宜補修している。なお、耐候性シートによる養生は令和3年10月から開始しているが、これまでに破れや剥がれは確認されていない。

また、令和3年12月から1回/四半期の頻度でコンテナ上部の状況をドローンで確認している。

b. コンテナ等の外観確認・調査

一時保管エリアに保管されているコンテナのうち、一時保管エリアに保管してから3年

以上経過したものについては、「10. (2) a. コンテナの外観点検」の結果より著しい腐食が確認されていることから、令和4年度以降についても1回/年の頻度で外観点検を実施する。

外観点検において著しい腐食や漏えい等の恐れがある破損を発見した場合は、コンテナの補修もしくは詰め替え等の措置を実施する。

なお、最近のコンテナは蓋の天板が平らで凹凸がない構造となっており、雨水が溜まりにくく腐食しづらいなど、容器の仕様によって腐食の傾向が異なる可能性があることから、今後の点検結果を踏まえ、点検頻度等の内容は適宜見直す。

(添付資料-35)

c. コンテナ内の水の有無の確認

令和3年8月3日から令和4年2月14日にかけて実施したコンテナの内容物確認に合わせて水の有無を調査したところ、約1割のコンテナ内に水を確認したことから、平成30年1月以降に一時保管エリアへ保管し、内容物(瓦礫類の種類)を把握できているコンテナについても、今後、蓋を開けての目視確認等によりコンテナ内の水の有無を確認し、水を確認した場合には水抜きを実施する計画である。(令和4年度に実施予定)

コンテナ内に水が溜まる可能性としては、雨水による影響(シート養生により抑制)の他に結露の影響も考えられることから、今後、結露影響に関する検証試験^{*13}を実施する計画(令和4年度に実施予定)であり、その結果を踏まえてコンテナ内の水の確認頻度を検討する。

※13: 非汚染物を収納したコンテナを用意し、結露が発生しコンテナに溜まる可能性を確認する。

(4) 一時保管エリア及び周辺のマニタリング強化

飛散抑制対策が必要な瓦礫類を保管している屋外のコンテナを保管している一時保管エリア^{*14}について、コンテナから放射性物質の漏えいがないことを確認するため、以下のようなマニタリング強化を実施している。

※14: 対象は一時保管エリアE1、E2、P2、W、X

a. 一時保管エリア周辺の側溝への流入監視

一時保管エリアの排水経路となっている側溝や溜枳直近の線量当量率(70 μ m, 1cm)について、点検作業中の影響監視のため1回/日(日曜日除く)定点測定し、有意な変動が無いことを確認している。(令和3年5月20日以降実施中)

今後、作業時以外での漏えいリスクも考慮し、追加対策として実施する「10. (4)

c. 一時保管エリア外への流出監視」の準備が整い次第、側溝や溜枳直近の線量当量率(70 μ m, 1cm)を1回/日(日曜日含む)測定する。

また、令和3年4月2日、一時保管エリア周辺の側溝にゼオライト土嚢とSr吸着材を設置した。その後、1回/3ヵ月の頻度で側溝を清掃するのに合わせて、ゼオライト土嚢とSr吸着材の健全性を確認している。(令和3年10月から実施中)

b. 一時保管エリアのマニタリング

これまで定例的に実施していた一時保管エリアの巡視及び空間線量率測定(1回/週の頻度)、一時保管エリアの空气中放射性物質濃度(1回/3ヵ月の頻度)を継続して実施している。

また、コンテナを移動する都度、コンテナが置かれている地点の地表面の線量当量率（70 μ m, 1cm）を測定し、コンテナからの漏えいがないことを確認する。

c. 一時保管エリア外への流出監視

一時保管エリアから側溝への流入を防止するため、追加対策として一時保管エリア境界付近に土嚢を設置する。（令和4年3月末までに完了予定）

土嚢設置後準備が整い次第、土嚢近傍の線量当量率（70 μ m, 1cm）を1回/日測定する。

(5) 物揚場排水路におけるモニタリングの強化

「5. (3) b. $\beta \cdot \gamma$ 弁別型PSFモニタ設置後の運用」に記載した通り、 $\beta \cdot \gamma$ 弁別型PSFモニタを物揚場排水路に設置し、5月21日から運用を開始した。

(6) 瓦礫類の長期的な保管計画

瓦礫類を保管している屋外のコンテナ及びノッチタンクについては、令和10年度までに一時保管エリアから固体廃棄物貯蔵庫内に全て移動する計画である。（開始時期は未定）

(7) 瓦礫類の適切な保管状態の確保・維持

屋外の一時保管エリアや仮設集積場所に一時保管している瓦礫類について、固体廃棄物貯蔵庫内に全て移動するまでの間、適切な保管状態を確保・維持できるようにするため、令和3年度内にできるだけ工事主管箇所が管理する仮設集積場所を解消し、廃棄物管理箇所が管理する仮設集積場所に瓦礫類を集約する予定である。

また、令和3年度から令和5年度における瓦礫類の保管容量の確保及び令和4年度中に仮設集積場所の最小化を図るため、一時保管エリアを追設する。

a. 仮設集積場所の集約

工事主管箇所が管理する瓦礫類の分別や容器への収納等を目的としない仮設集積場所を解消し、令和3年度内にできるだけ廃棄物管理箇所が管理する仮設集積場所に集約する作業を進めている。

仮設集積場所の数は令和3年9月末時点で148箇所あったが、令和4年2月9日時点で75箇所まで減少している。

工事主管箇所が管理する仮設集積場所については、令和3年度末までに瓦礫類の分別作業や容器収納を実施している仮設集積場所約30箇所を除いて解消し、廃棄物管理箇所が管理する仮設集積場所16箇所（うち4箇所は分別等を目的とした場所）に集約する予定である。

仮設集積場所については、仮設集積が長期化して瓦礫類と同様な状況となったことを踏まえ、令和3年9月27日より巡視頻度を1回/3カ月から1回/1週間に変更して巡視している。

なお、工事主管箇所が管理する分別や容器収納等を目的としない仮設集積場所が令和4年3月に解消される計画であるが、それが確認された時点で、瓦礫類の分別作業や容器収納を実施している仮設集積場所については、資機材仮置きエリアや直接工事エリアに準じて仮設集積の管理方法を見直す。

（添付資料-36）

b. 仮設集積場所の最小化

令和3年度から令和5年度における瓦礫類の保管容量を確保し、仮設集積場所を最小化するため、以下を考慮した上で一時保管エリアを追設する。

- 一時保管エリアの整理状況を踏まえ、既設の一時保管エリアの保管容量について実態を踏まえた数値に見直す。
- 現在保管している瓦礫類の表面線量率に応じて、より低線量の一時保管エリアへの移動を実施する。
- 一時保管エリアの追設に際しては、既設の仮設集積場所や使用済保護衣類の保管エリアの活用も検討する。

(添付資料-37)

一部の仮設集積場所の一時保管エリア化、使用済保護衣類等保管エリアの活用、一時保管エリアの追設、既設一時保管エリアの拡張により、令和3年度～5年度における瓦礫類の保管容量は確保可能であり、これらのエリアを活用することで令和4年度中に仮設集積場所を最小化（瓦礫類の分別や容器収納等を目的としない仮設集積場所の解消）する。

11. 添付資料

- 添付資料-1 事象発生時の時系列
- 添付資料-2 事象発生場所
- 添付資料-3 物揚場排水路中の放射能濃度と降雨量
(令和2年度、令和3年3月1日～3月31日)
- 添付資料-4 当該物質の確認状況
- 添付資料-5 当該エリアの詳細測定結果(令和3年3月22日及び24日実施分)
- 添付資料-6 当該コンテナの確認状況
- 添付資料-7 港湾内海水放射能濃度分析結果(令和2年1月1日～令和3年4月30日)
- 添付資料-8 モニタリングポストにおける空気中の放射線量の測定結果
(令和3年3月1日～3月31日)
- 添付資料-9 タンク内堰に移送した物揚場排水路水の処理
- 添付資料-10 物揚場排水路水の放射能濃度分析結果
- 添付資料-11 PSFモニタの原理
- 添付資料-12 当該物質の応急処置状況
- 添付資料-13 パトロール実施状況(令和3年3月3日)
- 添付資料-14 流入箇所を特定するための放射能濃度調査結果
- 添付資料-15 フォールアウトの移行経路と移行速度の違い
- 添付資料-16 当該モニタ水槽入口の水の分析結果
- 添付資料-17 物揚場排水路の分析結果(令和3年3月13日降雨時)
- 添付資料-18 物揚場排水路周辺の水路調査及び分析結果(令和3年3月13日降雨時)
- 添付資料-19 各地点の分析結果(令和3年3月21日降雨時)
- 添付資料-20 当該物質回収後における降雨時の測定結果(令和3年3月29日実施分)
- 添付資料-21 天然核種の影響判断(令和3年3月31日及び4月5日降雨時の状況調査)
- 添付資料-22 当該物質回収後における降雨時の測定結果(令和3年4月14日実施分)
- 添付資料-23 当該物質の分析結果及び全 β 放射能評価結果
- 添付資料-24 当該エリアにおける放射性廃棄物の保管状況
- 添付資料-25 当該コンテナ下段2基の目視点検、表面線量率及び表面汚染密度測定結果
- 添付資料-26 当該コンテナの詳細調査結果
- 添付資料-27 当該コンテナの内容物調査結果
- 添付資料-28 当該コンテナ内部の目視点検、表面線量率及び表面汚染密度測定結果
- 添付資料-29 当該物質と当該コンテナ底面に溜まった水の成分比較調査結果
- 添付資料-30 当該モニタ高警報を発生させた推定原因
- 添付資料-31 当該エリアのアスファルト舗装の剥ぎ取りと再舗装及び塗装状況
- 添付資料-32 コンテナの外観点検結果
- 添付資料-33 コンテナへのシート養生状況
- 添付資料-34 コンテナの内容物確認結果
- 添付資料-35 一時保管エリアに保管しているコンテナの保守管理の流れ
- 添付資料-36 仮設集積場所集約の計画
- 添付資料-37 一時保管エリア追設予定場所

以上