

高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えいに関 する対策の進捗状況

2024年4月26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 高温焼却炉建屋からの漏えい事案を踏まえた対策の実施状況 (1/2)

- 高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい事案を踏まえた対策として、当社の管理面の対策は、2/13から順次開始し実施継続中。
- 協力企業への対応は、2/13から順次開始しており、1巡目の教育を終えている。継続して実施していく。

項目	実施事項 (対策)	状況
当社の 管理面 の対策	当社保全部門は、設備図書を確認するだけでなく、現場状況をタイムリーに把握し、手順書を作成し、当社運転部門へ作業前の系統構成※ ¹ を依頼する。	2/13から順次開始済 (以降継続)
	当社運転部門は、作業前の系統構成を一元的に実施し、当社保全部門へ引き継ぐ。	2/13から順次開始済 (以降継続)
	当社保全部門は、当社運転部門が行った系統構成を、作業前に確認する。	2/13から順次開始済 (以降継続)
協力企 業への 対応	【当該企業】当該事例を元に事例検討を継続的に実施し、基本動作の徹底の重要性を習得させる。	2/14から実施し、2/22に完了 (1巡目) (以降継続)
	【当該企業】設備操作を実施する作業員全てに対してHPT※ ² の教育を直ちに実施する。	2/13から実施し、3/15に完了 (1巡目) (以降継続)
	【当該企業】当該企業の事業所長自らのパトロール等にて、基本動作の実施状況や作業責任者・作業班長の指揮・指導状況について、監督・指導する。	2/14から実施し、3/26に完了 (1巡目) (以降継続)
	【当社】当該企業に対して、設備操作を行うに当たっての目的・操作の心得 (設備操作・状態確認の重要性) を継続的に教育し浸透を図る。	3/8から実施し、3/13に完了 (1巡目) (以降継続)
	【当社】水平展開として、高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備の操作 (汚染水処理設備、ALPS等) を行う企業に対しても同様の教育を行う。	3/18から実施し、3/29に完了 (1巡目) (以降継続)
	【当社】今回のような思い込みの排除をするため、当社が講師となって、所員・協力企業向けに実施中の「安全文化 (さらなる安全向上を目指して)」研修を加速して展開する。	2/21当該企業に対して実施 (以降継続)

※¹ 系統構成：作業に当たり作業対象範囲を系統から切り離すために境界弁を閉める等の安全処置のこと

※² HPT：ヒューマンパフォーマンスツール。指差呼称、操作前の立ち止まりなど、ヒューマンエラーを起こさないような基本動作のふるまい、手法

1. 高温焼却炉建屋からの漏えい事案を踏まえた対策の実施状況 (2/2)

- 設備面の対策は、現在、工事実施中。4月末完了目途にて進めているところ。
- 当社の組織面の対策は、2/26、実施計画変更申請を実施。

項目	実施事項 (対策)	状況
設備面の対策	建屋外に直接開放している現状のベント口については、今回のような事案が起きても、建屋内の管理された区域に排出する構造に変更し、水素滞留防止のための建屋換気口を追設する。	工事実施中。 4月末までに完了予定
当社の組織面の対策	<p>廃炉の着実な進捗に必要な敷地確保のため、長期にわたるALPS処理水放出を安全・着実かつ計画的・合理的に進めていく必要がある。一層の安全・品質を高めた管理体制の構築に向け、ALPS処理水プログラム部を含む、滞留水の汲み上げからALPS処理水の海洋放出に至る一連の水処理プロセスに関わる組織を再編し、水処理センターを新設する。</p> <p>同センター設置により、保全作業を担う組織と、設備設計を担う組織を統合し、両組織がより綿密に連携することを可能とし、本事案のような系外漏えいの防止や、増設ALPSにおける身体汚染事案のような作業員の計画外放射線被ばくの防止等、現場設備の改善・強化に資する。</p> <p>さらに、同センター内に、これまでの通常の原子力発電所の設備・運用には存在しない水処理設備に特化した「水処理安全品質担当」を配置し、「安全意識や具体的なふるまい」「安全管理の体制」「設備や業務に潜むリスクの抽出と対策の検討及び実施状況」等を確認し、指導・助言する。</p> <p>このような取り組みで、水処理プロセスの安全と品質を継続的に高めていく。</p>	2/26実施計画変更申請済、審査中

- 2/15に提示した対策に加えて、以下の対策を実施している。当社の管理面の対策である運転部門による作業前の系統構成を一元的に実施することに包括されるが、注意札※1の現場での見落としがあり、適切な系統構成がなされなかったことから、注意札を管理している運転部門の管理面の改善を図る。

項目	実施事項 (対策)	状況
注意札の管理面の対策	運転部門は、PTW※2審査段階において、注意札を図面に落とし込んだものと保全部門からのPTW申請内容を照合し、干渉有無を確認する。	2/15から順次開始済 (以降継続)
	<p>運転部門は、注意札とPTW作業における系統の境界となる弁とを確実にチェックするため、保全部門が使用する手順書を基に定めた系統の境界となる弁についてPTWタグ(操作札)管理を行う。</p> <p>運転部門は、干渉を確認した場合には注意札の復旧が可能であることを確認したうえで、注意札を復旧して当該手順書を基に定めた系統の境界となる弁のPTWタグに付け替える。</p>	3/23から順次開始済 (以降継続)

※1 注意札：点検に伴う隔離等ではなく、通常の運用において機器の隔離や通常状態と異なる操作を実施する場合に用いる札

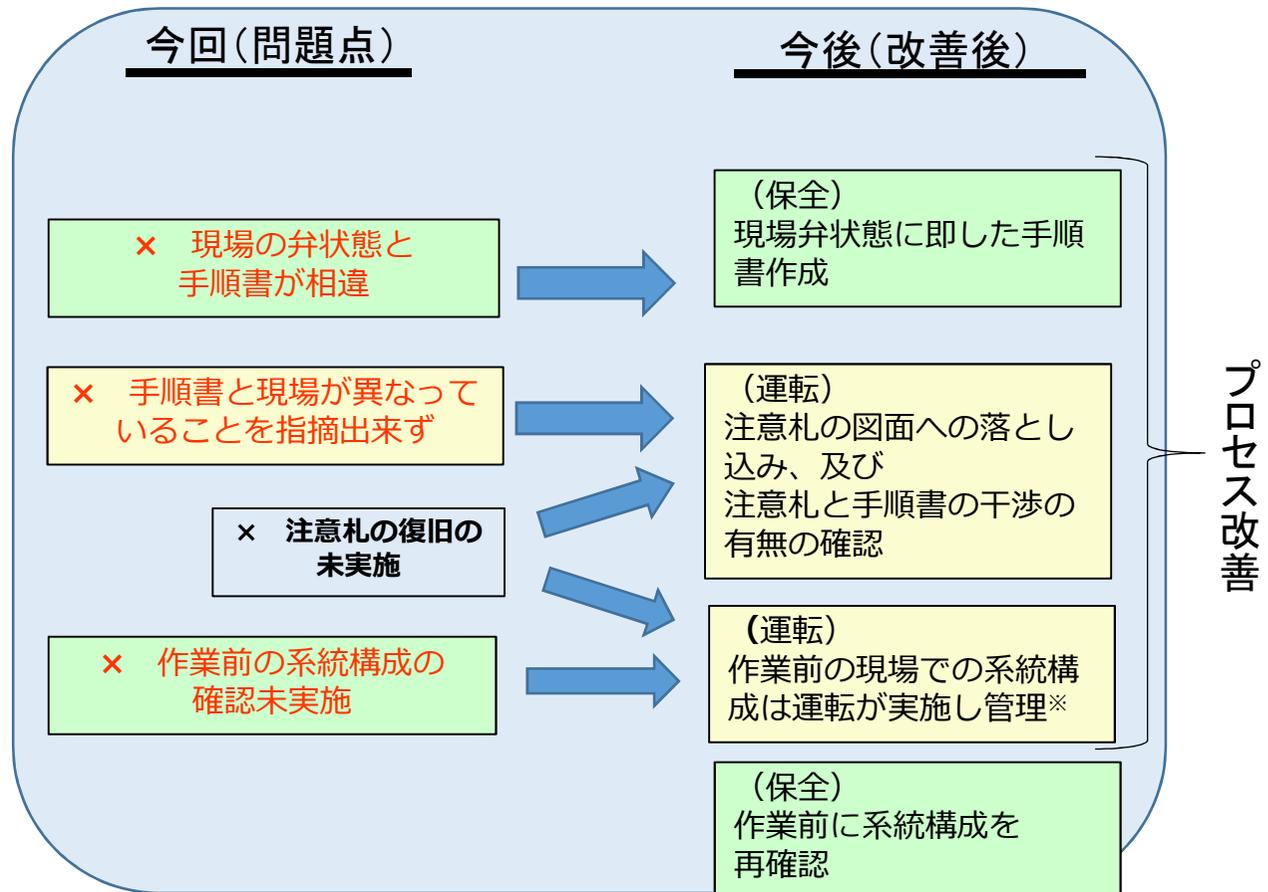
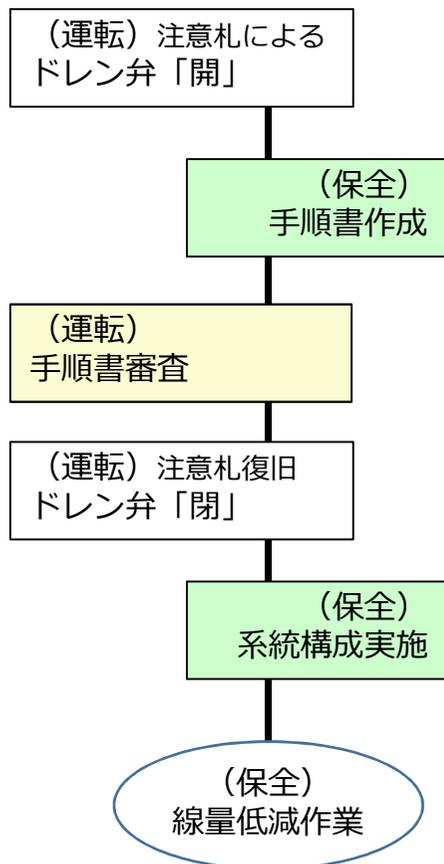
※2 PTW：作業票(Permit To Work)。保全部門が運転部門に対し、設備の保全作業等の実施を申請し、設備及び作業に関する安全処置を確保した上で、当該作業の実施の許可を得るために発行する文書

【参考】 <当社の管理面の対策>

保全部門・運転部門の役割とプロセスの改善

- 当社では設備の保全作業前の系統構成は原則、設備の運用・状態を把握している運転部門が実施している。福島第一原子力発電所では、事故発生後に現場が高線量となり、作業量も増大したことから、運転員の被ばく線量を抑制する必要があるため、上記の原則に加え、保全部門（協力企業を含む）も系統構成を担う運用を独自に行っている。こうした経緯から、今回の系統構成の作業責任は当社保全部門となっていた。
- 今後は、適切な手順書に基づいて運転部門が現場における作業前の系統構成を一元的に実施することとし、開始している。継続して実施していく。

<本事案時の役割>



※高い濃度の液体放射性物質を取り扱う作業（汚染水処理設備、ALPS等）を対象

【参考】 <協力企業への対応> 教育関連の実績

	対策内容	実績 (4/1時点)
当該企業の対策	事例検討による基本動作徹底の重要性教育	<ul style="list-style-type: none"> ・2/14~2/22に完了 (1巡目) ※以降継続 ・当該企業社員、協力企業の全社員：1006人
	設備操作を行う作業員全てへのHPT教育	<ul style="list-style-type: none"> ・2/13~3/15に完了 (1巡目) ※以降継続 ・当該企業社員、協力企業の設備操作者+MO※¹実施者：330人
	事業所長自らのパトロール等による監督・指導	<ul style="list-style-type: none"> ・2/14~3/26に完了 (1巡目) ※以降継続 ・3/26時点稼働工事件名：全60件
当社の対策	(当該企業へ) 設備操作を行うに当たっての目的・操作の心得 (設備操作・状態確認の重要性) 教育	<ul style="list-style-type: none"> ・3/8~3/13に完了 (1巡目) ※以降継続 ・当該企業社員、協力企業の設備操作者+MO実施者：330人 その他受講希望者：223人
	(水平展開) 高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備の操作を行う企業へ同様に教育	<ul style="list-style-type: none"> ・3/18~3/29に完了 (1巡目) ※以降継続 ・当初計画5社分完了、追加3社を5/中旬完了予定で実施中
	思い込み排除のための所員・協力企業向け「安全文化 (さらなる安全向上を目指して)」研修	<ul style="list-style-type: none"> ・2/21当該企業に対して実施 ※以降継続 ・工事担当者：20人



HPT座学



心得教育



HPT実技



さらなる安全向上を目指して

TEPCO

本日の研修について

〈研修内容〉

- Part 1 ... 作業安全について
- Part 2 ... 危険に関する態度
- Part 3 ... アイスカッション
- Part 4 ... 感じたことを発信することの重要性
- Part 5 ... 作業関係者から意見を出してもらい、全向上につなげるためのヒント
- Part 6 ... **行動宣言**

研修の最後に全員に「行動宣言」をして頂きます。下記を意欲して研修を受講願います。

① 本日の研修での気づきは？

② 今後どのように意識・行動すべきと感じましたか？



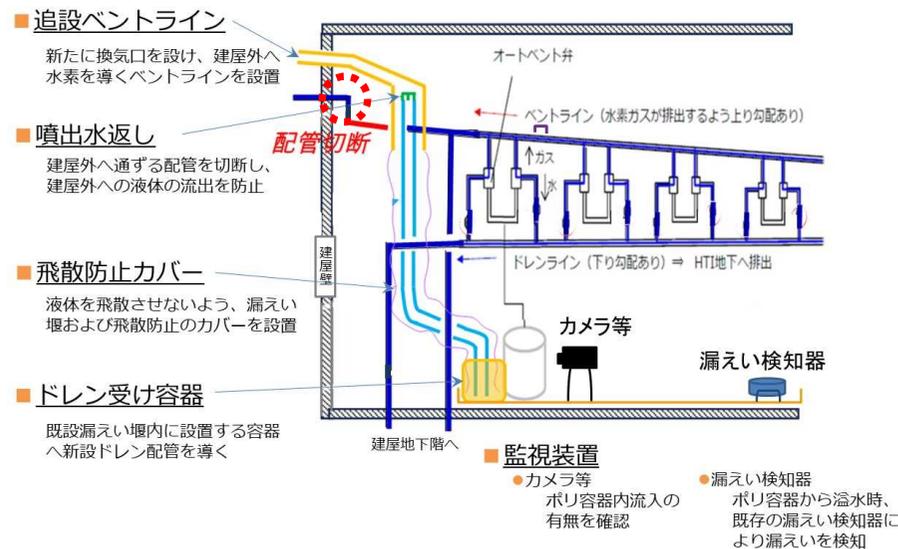
※1 MO：マネジメントオブザベーション。現場の状況（作業実施状況等）を一定時間留まって観察し助言することにより、現場の改善につなげる活動

【参考】 <設備面の対策> 設備の改造状況

	対策前	対策後
第二セシウム吸着装置 (SARRY)		
第三セシウム吸着装置 (SARRY II)		

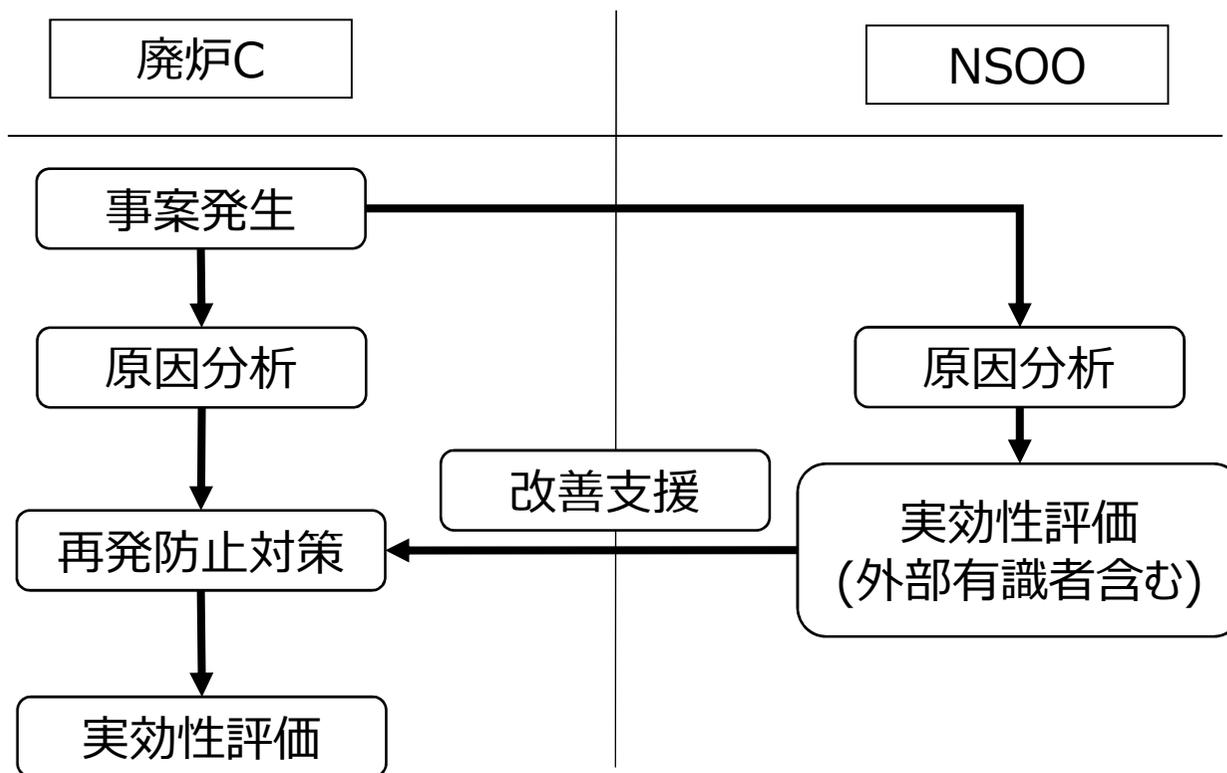
【凡例】
 : 屋外への貫通部を示す

【改造の概要】



2. 原子力安全監視室による原因分析（1/2）

本事案については、社長直轄の原子力安全監視室（以下、NSOO）は、福島第一廃炉推進カンパニー（以下、廃炉C）及び協力企業の関係者から聞き取りおよび現場調査を行い、独自に原因を分析するとともに、廃炉Cが行う対策について、関係者からの聞き取りを行い、外部有識者の所見を伺いながら、実効性の評価を実施し、廃炉Cに対して改善の支援を行っている。



NSOOの実効性評価による改善支援

2. 原子力安全監視室による原因分析（2/2）

NSOOは、標記の事案発生（2/7）以降発電所および協力企業の関係者からの聞きとりおよび現場調査を行い、本事案の原因に関して分析した。主な概要は以下の通り。

項目	要因	実施事項（対策）
協力企業作業員が当該弁の開状態に気付かなかった	当該弁は閉まっているものとの思い込みにより、確認者が誤認したこと、あるいはダブルチェック者が弁状態を自ら確認しなかった。エラーを回避するための指差呼称などのヒューマンパフォーマンスツールの正しい使い方について浸透しきれていない。	<p>【（2/15原因と対策）協力企業への対応】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当該企業に対し、設備操作・状態確認の重要性和、操作・確認を行う際の基本動作の徹底を現場作業員まで浸透させる。 ・水平展開として、高い濃度の液体放射性物質を取り扱う設備の操作（汚染水処理設備、ALPS等）を行う企業に対しても同様の教育を行う。
運転部門が当該弁を開状態のまま作業方に引き渡した	今回の作業前の系統構成の作業責任は保全部門であったが、運転部門の注意札管理（弁やしゃ断器を一時的に通常と異なる状態にして注意札をつけて管理する運用）が不十分。当該弁は注意札管理下にあったが、図面で可視化する管理等は行われておらず、それに気づかず作業方に作業許可を出した。	<p>【（2/15原因と対策）当社の管理面の対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高い濃度の液体放射性物質を取り扱う作業（汚染水処理設備、ALPS等）においては、運転部門が作業前の系統構成を一元的に実施する。 <p>【注意札の管理面の対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運転部門は、P T W審査段階において、注意札を図面に落とし込んだものと保全部門からのP T W申請内容を照合し、干渉有無を確認する。
発電所のリスクマネジメントについて	廃炉カンパニーおよび1Fはリスクマネジメントを整備し、ヒューマンエラーや機器故障の減少を達成してきた。しかし、放射性物質の漏えいに至る恐れのある「設備箇所」と比較して、「作業」に着目してリスク抽出し、対策を講じる点では不十分であった。また、震災以降、非常にリスクの高い現場環境での作業が継続する中で、リスクの抽出と対策が対症療法的になっていた。	<p>【（2/15原因と対策）当社の組織面の対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまでの通常の原子力発電所の設備・運用には存在しない水処理設備に特化した「水処理安全品質担当」を配置し、「安全意識や具体的なふるまい」「安全管理の体制」「設備や業務に潜むリスクの抽出と対策の検討及び実施状況」等を確認し、指導・助言する。 <p>【経産大臣指示事項に対する実施事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単一のHEによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性のある設備に対し、手順書や現場実態を確認の上、エラーにつながる箇所を特定する。

【参考】 経済産業大臣の指示事項に対する対応状況

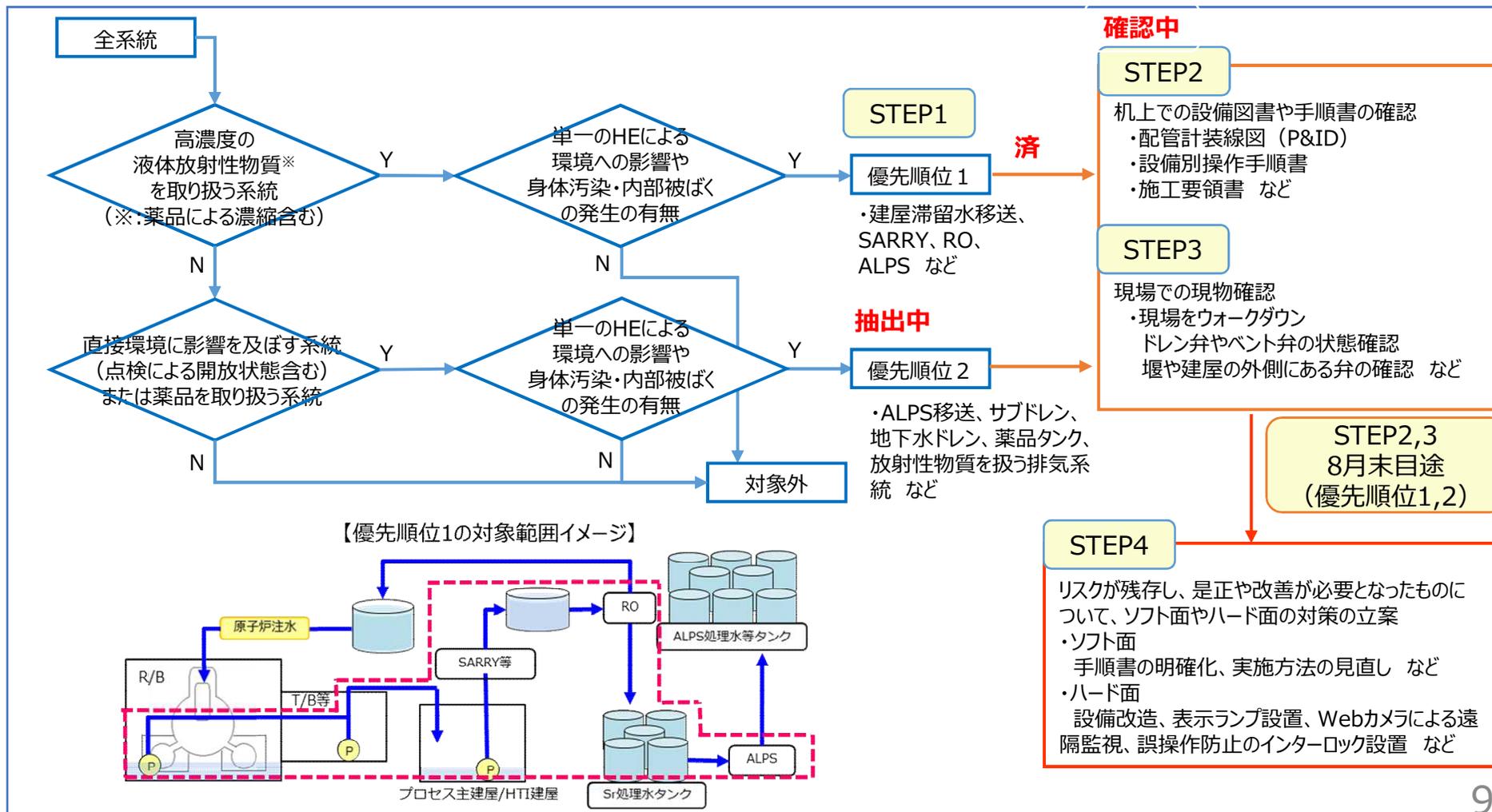
- 増設ALPSにおける身体汚染の事案、高温焼却炉建屋からの水の漏えいの事案を踏まえ、2月21日に経済産業大臣より、単なる個別のヒューマンエラーとして対処するだけでなく、経営上の課題として重く受け止め、更なる安全性向上のための対策に取り組み、他産業の例や外部専門家の意見を取り入れつつ、以下の2点に取り組むよう指示を受けている。
 - 高い放射線リスクにつながるヒューマンエラーが発生するような共通の要因がないか、徹底的な分析をすること。
 - DXを活用したハードウェアやシステムの導入に躊躇なく投資すること。
- 現在、下表のとおり背後要因の深堀やエラー発生につながる箇所の特定を進めている。

項目	実施事項	状況	完了予定
＜実施事項A＞ 背後要因の深堀	社長直轄の原子力安全監視室（NSOO）が独自に原因分析を実施するとともに、福島第一廃炉推進カンパニー（廃炉C）が行う再発防止対策について実効性評価を行う（外部有識者の所見も反映）	再発防止対策の実効性を確認中	2024.8末 目途
＜実施事項B＞ エラーの発生につながる箇所の特定	単一のHEによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性のある設備に対し、手順書や現場実態を確認の上、エラーにつながる箇所を特定する	調査計画を策定し、確認中	2024.8末 目途
＜実施事項C＞ 重層的な対策の立案	＜実施事項B＞で抽出した箇所に対し、ソフトウェア、ハードウェア両面から重層的な対策計画を策定し、可能な対策から順次実施する	(実施事項Bを実施中)	(2024.12末 目途で対策 計画策定)

【参考】 <実施事項B/C> エラーの発生につながる箇所の特定制と対策 **TEPCO**

現在、高濃度の液体放射性物質を取り扱う設備を最優先に（優先順位1）、設備や手順書が、現在の環境/リスクに適したものとなっているか、安全性が担保されているか以下の手順で確認中。

- ✓ STEP1：対象系統の抽出及び優先系統の選定<<選定済み>> 【3月末】
- ✓ STEP2：設備図書/手順書（机上）での確認<<確認中>> } 【6月末日途】
- ✓ STEP3：現場・現物の確認
- ✓ STEP4：対策計画の策定（ソフト対策・ハード対策）

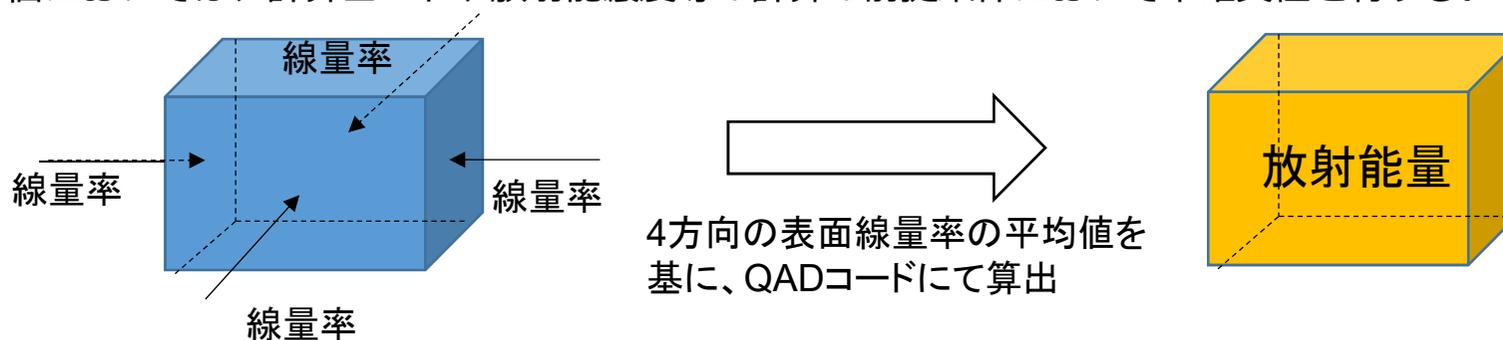


【参考】 回収した土壌の放射エネルギーの評価（1/3）

- 本事業発生後、2月8日から2月18日にかけて土壌を回収（約30m³）
- 回収した土壌の放射エネルギーを概算評価し、本事業に伴い漏えいした放射エネルギー（評価値）との比較を実施。

■ 評価概要

- 回収した土壌は、容器（外寸：約3.0m×約2.4m×約1.3mH、厚さ：約2mm、容量：約7m³）に収納し一時保管しており、容器側面の表面線量率から、QADコード※を用いて、収納する土壌の放射エネルギーを評価。
- 評価にあたり、土壌の放射能濃度は一様分布と仮定。
- 評価においては、計算コードや放射能濃度等の計算の前提条件において不確実性を有する。



※QADコードとは、遮蔽計算によりガンマ線の実効線量率を求める計算コード

■ Cs-137の放射エネルギー

回収した土壌の放射エネルギー（評価値）	漏えいした放射エネルギー（評価値）
約 1.5×10^{10} Bq	約 6.5×10^9 Bq

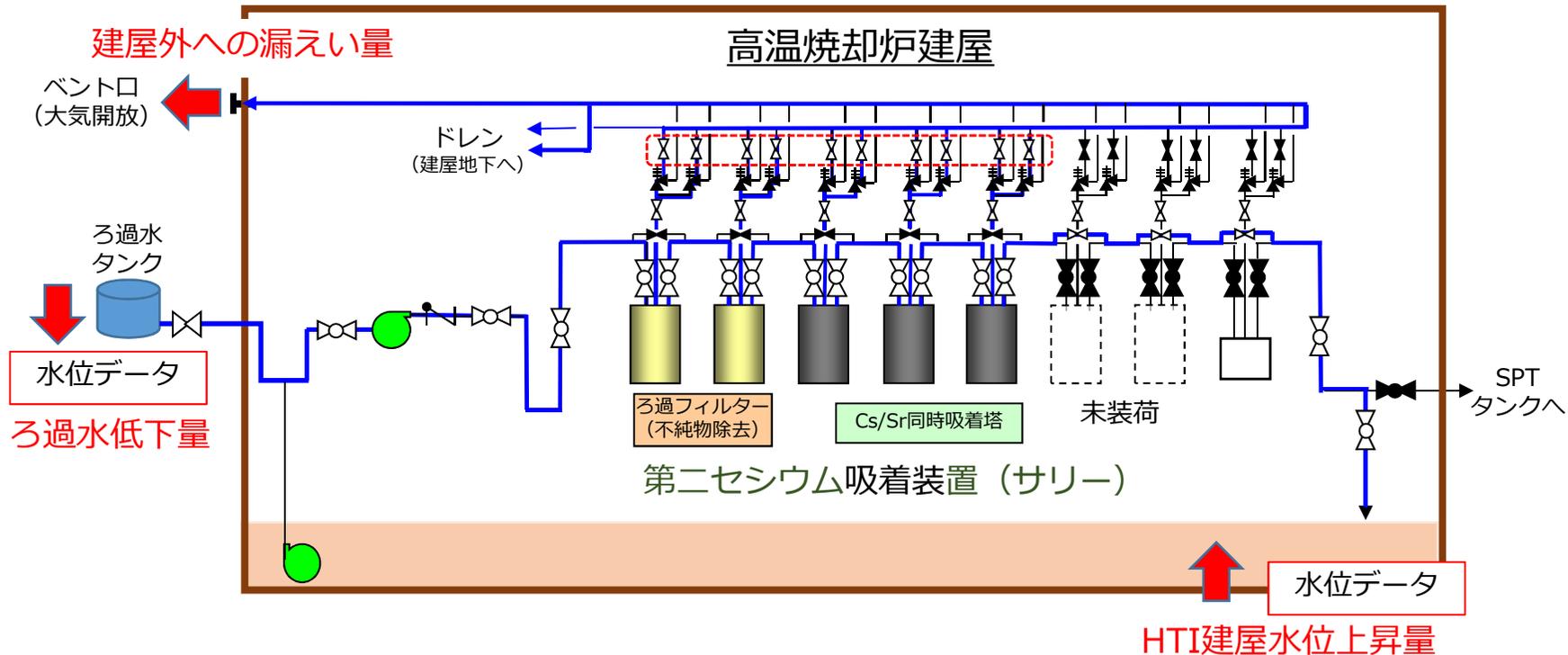
- 評価における不確実性は有するものの、回収した土壌の放射エネルギーは約 1.5×10^{10} Bq、漏えいした放射エネルギーは約 6.5×10^9 Bqであること、また、土壌の回収は地表面の線量率が周辺のバックグラウンド相当になるまで実施したことから、漏えいした放射エネルギーを回収できているものとする。

【参考】 回収した土壌の放射エネルギーの評価 (2/3)

3. 漏えいした放射エネルギーの評価結果

2024年2月19日 監視・評価検討会資料 再掲

- 漏えい量 : 約1.5m³ (2024/2/7概略評価値 : 約5.5m³)
 - 分析実績を有する主要核種で評価
Cs-134 : 約1.1E+08ベクレル, Cs-137 : 約6.5E+09ベクレル, Sb-125 : 約8.5E+05ベクレル
Sr-90 : 約4.2E+09ベクレル, H-3 : 約2.2E+08ベクレル, 全α : 約2.2E+04ベクレル
(2024/2/7概略評価値 : 約2.2E+10 ベクレル値 : 全γ (Cs-137で評価))
※放射エネルギーは、系統内水は全てろ過水に置換されたものとして算出
※法令報告対象 全γ : 1.0E+8ベクレル
- 評価概要
 - 漏えい量は、ろ過水タンク水位低下量と高温焼却炉建屋水位上昇量から評価。ろ過水使用量を精査し、当該作業以外における使用量 (約4m³) を、概略評価時の漏えい時間における低下量から減算 (約17.6m³から約13.6m³に減算) して評価。
 - 放射エネルギーは、系統内水の放射能濃度と漏えい量から算出。設計図書より吸着塔等の容器内保有水量を精査し、概略評価時の系統内水量から減算 (約9.12m³から約8.15m³に減算) して評価。



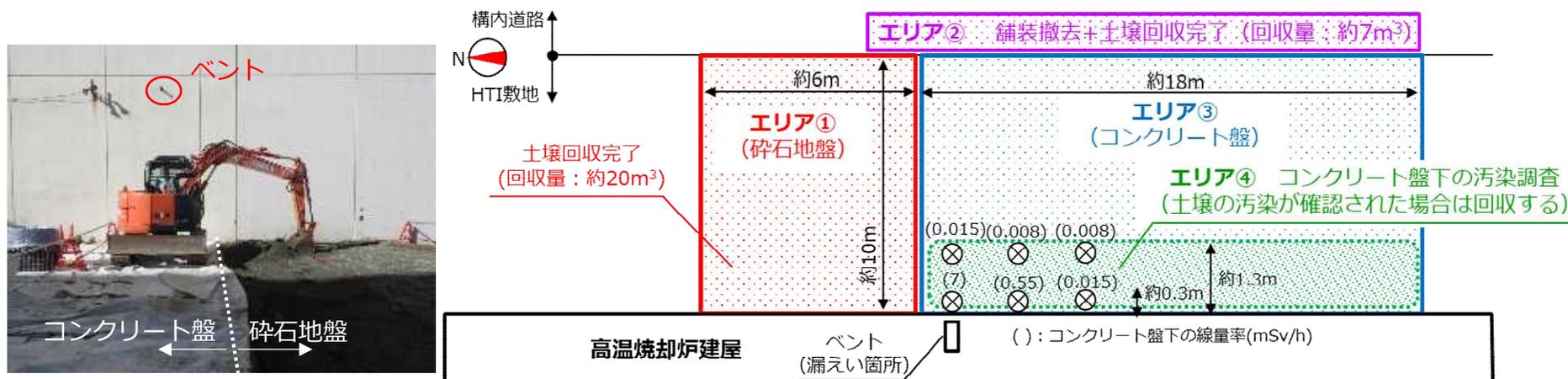
【参考】 回収した土壌の放射エネルギーの評価 (3/3)

7. 汚染拡大防止対策の実施状況

2024年2月19日 監視・評価検討会資料 再掲

- ✓ 2月8日より土壌回収作業を開始。埋設設備の損傷、回収作業に伴うダスト飛散ならびに作業員の被ばく抑制を図りながら慎重に作業を実施中（シート等による養生により、漏れた放射性物質の拡散リスクを低減しながら作業を実施）。
- ✓ 土壌回収は、地表面の線量率*が平均0.020mSv/h以下（周辺のBG相当）になるまで実施する。
 - ・ エリア①～③の完了により、緊急性の高い放射性物質の拡散リスクを排除した。
 - ・ エリア④漏えい箇所直下のコンクリート盤でのコア削孔の結果、土壌の線量率は7mSv/hであったことから、コンクリート盤下の汚染調査と土壌回収を実施しており、地表面の線量率*が平均0.020mSv/h以下になることを確認する。

*70μm線量当量率



		2/8 (木)	2/9 (金)	2/10 (土)	2/11 (日)	2/12 (月)	2/13 (火)	2/14 (水)	2/15 (木)	2/16 (金)	2/17 (土)	2/18 (日)	2/19 (月)	
緊急性の高い放射性物質拡散リスクへの対応	エリア① 土壌回収	[作業実施]					(土壌回収量: 約20m ³)							
	エリア② 舗装撤去 土壌回収	[作業実施]				(土壌回収量: 約7m ³)								
	エリア③ 被覆塗装	[作業実施]						[作業実施]						
汚染拡大防止対策完了に向けた対応	エリア④ 汚染調査 土壌回収	[作業実施]				[作業実施]								汚染調査結果により工程延長の可能性がある