

高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい等の事案を踏まえた対応の検討状況

2024年9月26日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 昨年10月以降に発生した増設ALPS建屋における身体汚染の事案等の4事案について、各々の原因と対策を取り纏め、対策に取り組んでいる。
 - ✓ 増設ALPS配管洗浄作業における身体汚染（2023.10月）
 - ✓ 高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい（2024.2月）
 - ✓ 増設雑固体焼却設備 廃棄物貯留ピット水蒸気等の発生による火災警報発生（2024.2月）
 - ✓ 所内電源A系停止と負傷者発生（2024.4月）
- 本年5～6月には、増設ALPS建屋における身体汚染や高温焼却炉建屋からの水漏れ、所内電源A系の停止など様々なトラブルが発生していることを受け、発電所における全ての作業に対して、改めて作業リスクを評価するための作業点検を実施してきた。
- また、本年7月には、作業点検・4事案の共通要因分析を行い、運用・設備面・教育面の観点から弱みを抽出し、各々の観点において改善策を講じている。
- 加えて、本年4、6、9月、高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい等の事案を受けて、廃炉Cは更なる安全性向上のための対策に取り組んでおり、また、原子力安全監視室（NSOO）による実効性評価を受けた。
- なお、本年8月に発生した2号機試験的取り出し作業中断の反省を教訓として、高線量エリアなど作業環境が非常に厳しい場所においては、原子力安全・作業安全の観点に加え、手戻りが発生するような作業について、当社自身による確認等の取組を実施していく。

作業点検・4事案では、リスクアセスメントの弱さが共通的な弱みとして抽出されており、試験的取り出し中断では、当社自身による確認の実施が主な要因として抽出されている。

作業点検の結果を踏まえた要因

- (1) リスクアセスメントにおけるリスク要因に基づいたシナリオ想定 of 弱さ
- (2) 残余のリスクの認識と重層防護(設備面や運用面の改善)の弱さ
- (3) 現場の声・ノウハウの重要性、反映の必要性
- (4) 防護措置の現地適用時の確認の弱さ

4事案を踏まえた共通要因

- ① 人・環境に及ぼすリスクに対して設備が脆弱 (設備設計/設備運用段階)
- ② 作業に対する、リスク要因の特定、リスクシナリオ設定及びリスク評価、安全事前評価、安全対策・防護措置の検討が不足 (作業準備段階)
- ③ 当社・元請企業の現場実態把握、危機意識が不足 (作業実行段階)

試験的取り出し中断の要因

【主な要因】：確認作業の不足

【その他関連する要因】：

「現場視点」の不足

「模擬環境での作業訓練」の不足

改善策 (運用・設備面)

- I. リスクアセスメントの強化 (安全事前評価、ALARA、DR) … 関連(1)、①、③
- II. 脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善 … 関連(4)

改善策 (教育面)

- III. リスクアセスメント教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透… 関連(2)、②
- IV. 当社による危険意識を高める安全教育の強化… 関連(2)、②
- V. CRの更なる活用… 関連(3)
- VI. 「変化があった場合は必ず立ち止まること」のワンボイスによる浸透… 関連(4)

改善策 (試験的取り出し中断の要因を踏まえた対策)

- 高線量エリアなど作業環境が非常に厳しい場所では、運搬・開梱等の一般的な準備作業についても、当社自身による確認等を実施していく。
- 試験的取り出しの作業再開にあたっては以下を実施。
【主な原因への対応】：当社自身による確認の実施
【その他関連する原因への対応】：
「現場視点」に立った準備作業も含めた工程全般の確認・検証
「模擬環境での作業訓練」の確認・検証、不足箇所の抽出及び追加対策の実施

高温焼却炉建屋からの放射性物質を含む水の漏えい等の事案を踏まえた対応の検討状況

- 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、2024年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はなく、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…実施事項A・B
 - 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…実施事項C
- 現在、下表のとおり背後要因の深掘やエラー発生につながる箇所の特定を進めてきた。
- 引き続き実施事項の対応を進めるとともに、当社が現場力を高めるための運用・設備・体制に関する段階的な取組みについて、検討していく。

項目	実施事項	状況	完了予定
<実施事項A> 背後要因の深掘	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）	原因分析と再発防止対策の実効性確認は完了 →2024.9中旬完了	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 優先順位 1 高濃度の放射性物質を取り扱う設備に対する確認（滞留水移送設備, SARRY,RO,ALPS等） 優先順位 2 直接環境に放出する設備に対する確認（液体：ALPS放出設備,SD, 雨水処理設備等）（気体：ガス管理設備,焼却設備,減容処理設備等）	エラーにつながる箇所の特定作業が完了 →2024.8末完了	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	検討等を実施中	(2024.12末 目途で対策 計画策定) 3

廃炉カンパニーが行っている再発防止対策については、以下の通り。

- (1) 2月15日に公表した対策（運転部門が系統構成を実施、協力企業へのHPT研修など）
- (2) 2月21日の経産大臣指示にもとづくさらなる対策

(1) 2月15日に公表した各対策は、発電所、協力企業において、速やかに実施されていることを確認

初期段階における主な気づきと発電所の対応状況は下記の通り（順調に改善）

- ✓ 当社管理面の対策：当社運転部門が作業前の系統構成を一元的に実施
気づき：本対応に伴う当社運転員の被ばく量の増加や作業工程の調整が課題
対 応：協力企業の運転員認定を有する作業員と当社運転員がペアで系統構成を実施（10月1日より）。このリソース増加により問題解決の見込み
- ✓ 協力企業への対応：基本動作徹底の重要性の教育、HPTの研修
気づき：基本動作の定着には、継続した教育訓練や現場でのコーチングが必要
対 応：当該企業は、基本動作徹底の重要性に関する教育およびHPT研修を1,000名余りに実施、2巡目の反復教育も実施中
当社管理職は、マネジメントオブザベーションを行い、作業員へのコーチングを通じて現場のパフォーマンス向上に努めている

(2) 経産大臣指示にもとづくさらなる対策は、計画通り、リスク要因の点検を8月末までに完了、対策検討も12月末完了に向けて進捗していることを確認

また、4月に高圧の埋設ケーブル損傷事象が発生。原因はリスク抽出と周知の失敗であったことから、発電所は構内全作業を止め「作業点検」を実施

経産大臣指示にもとづく点検と「作業点検」は、目的および内容の多くの部分で重なっているため、両者を合わせて実効性を評価

【評価】

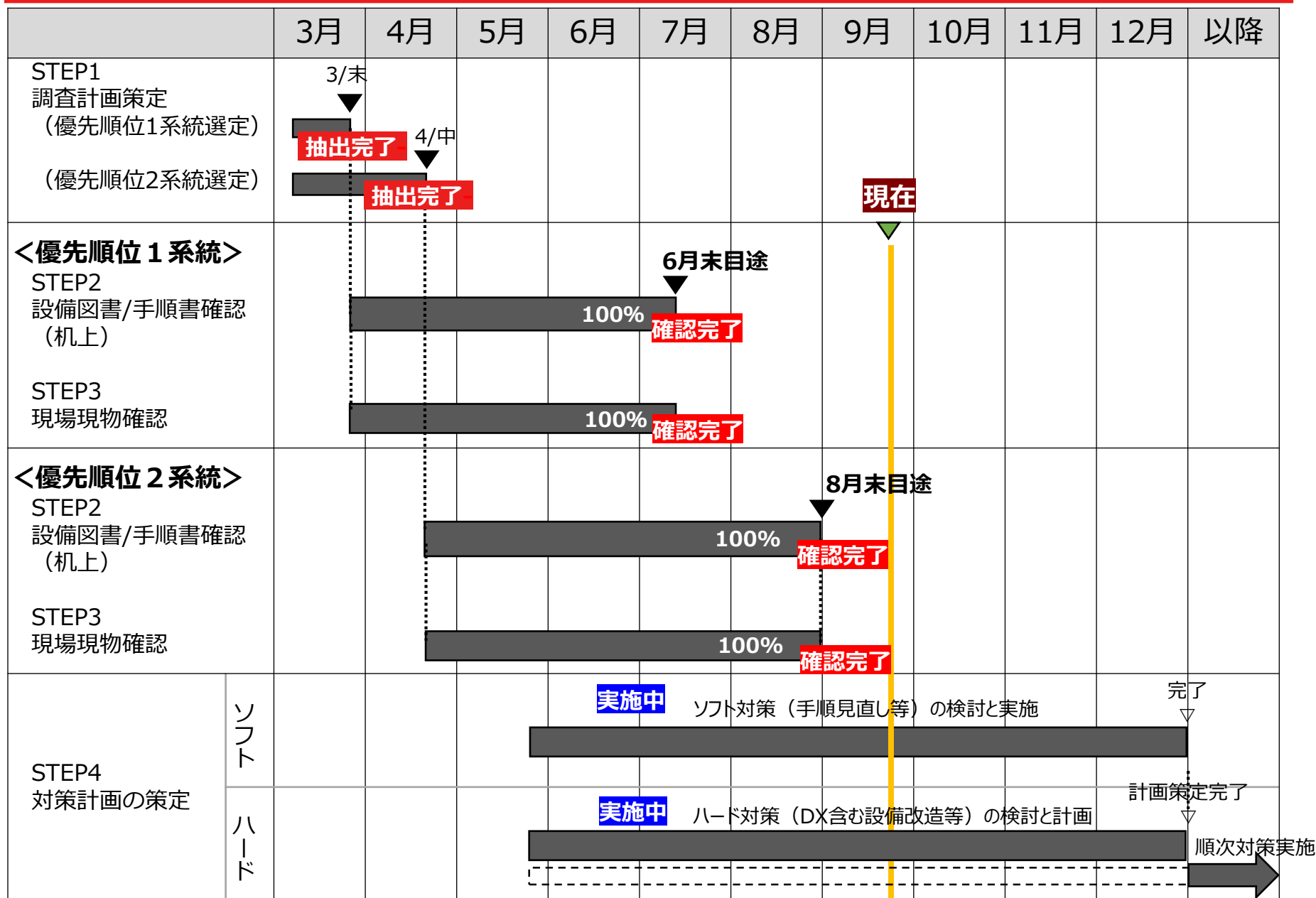
- 多数のリスク要因を抽出したこと、点検に係わった当社及び協力企業の作業員のリスク意識の向上に寄与したことは評価できる。また、福島第一の安全レベルをステップアップするための継続的な活動の起点と位置付けられる
- この活動を継続的なプロセスとして落とし込むにとどまらず、そのリスク管理活動の結果として現場トラブルが減少してきたかを継続評価することが必要
- より有効なアプローチは、協力企業作業員の方々と「同じ視点」に立ったコミュニケーションの浸透であろう

- なお、8月22日の2号機燃料デブリ取り出し準備作業における押し込みパイプの順番間違いによりデブリ取り出し作業の開始が中断となった事案は、本評価が対象とした事案とは原因も結果も異なるが、社外有識者から助言があった「東電は現場に行き、現場を見て、作業員と対話する」という点において、まだ弱さがあることを物語っている

- リスク管理活動については、4事案の共通要因分析、作業点検の原因分析より抽出された改善策を継続実施していく。
 - ✓ リスクアセスメントの強化（運用・設備面）
 - ✓ リスクアセスメントの教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透（教育面）
 - ✓ 危険意識を高める安全教育の強化（教育面）
 - ✓ CRの更なる活用（教育面）
 - ✓ 「変化があった場合は必ず立ち止まること」のワンボイスによる浸透（教育面）
- 作業員と同じ視点に立ったコミュニケーションのあり方について、作業点検と毎日のTBM-KYでリスクを的確に伝えていくとともに、継続的に見直しを実施していく。
- また、2号機試験的取り出し作業中断となった事案においても、作業員と同じ視点に立ったコミュニケーションの弱さについて指摘があり、上記の対応を実施していく。

詳細は参考
スライド参照

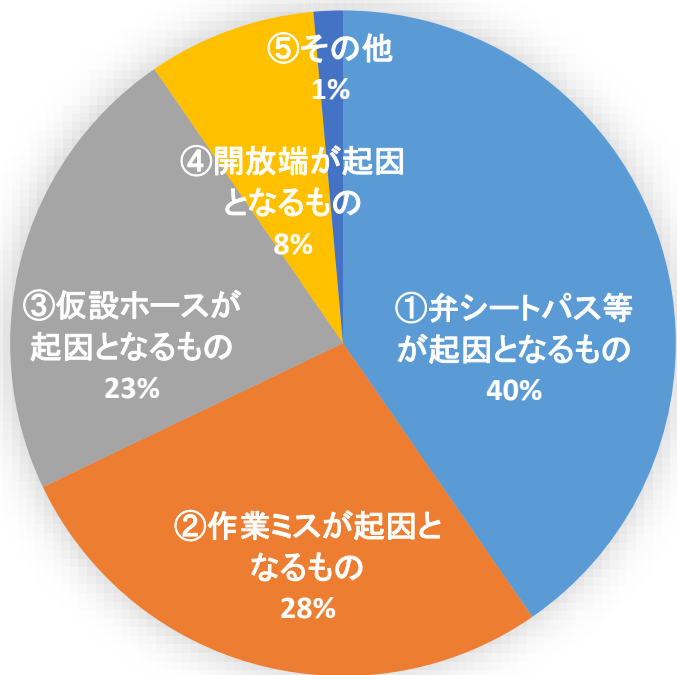
<実施事項B/C> 進捗状況



■ 設備図書/手順書確認（机上）および現場調査結果の概要

○ 調査結果概要（実施事項B）

- ✓ 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ため、単一のH E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、手順書や現場実態の確認を実施した。
- ✓ 2024年6月末までに優先順位1を、8月末までに優先順位2を全て抽出完了し、1,000箇所を超えるエラーにつながる箇所が抽出された。
- ✓ 抽出されたエラーにつながる箇所としては、弁シートパス等が起因となるものが最も多く（40%）、続いて作業ミスが起因となるもの（28%）、仮設ホースが起因となるもの（23%）、開放端が起因となるもの（8%）、その他（1%）となっている。
（詳細は次スライド参照）



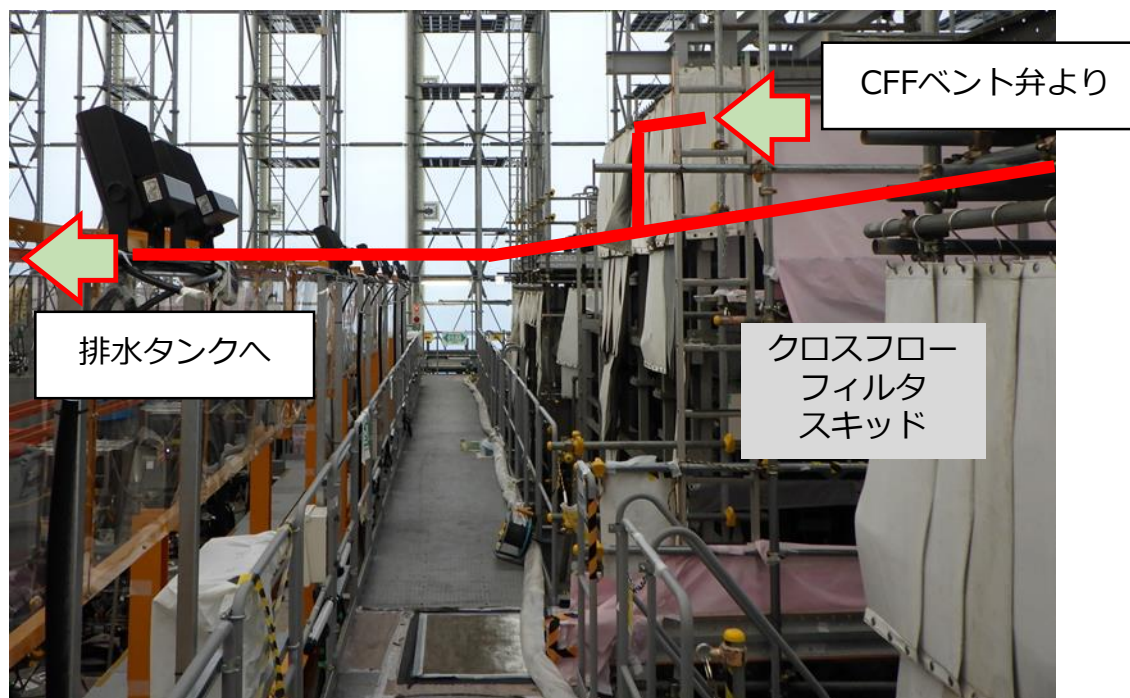
抽出箇所	内容例
①弁シートパス等が起因となるもの	・作業で閉止栓を外す際に、上流側の隔離弁がシートパスしていたり、誤って開となっていた場合、汚染水漏洩・身体汚染につながる
②作業ミスが起因となるもの	・汚染水移送の際、ポンプの運転スイッチの場所と移送先タンクの水位監視場所が離れており、連絡がうまく行かずポンプの停止が遅れた場合、タンクからの汚染水漏洩・身体汚染につながる ・サンプリングの際、シンクがなく、勢い良く弁を開いて水が飛散した場合、汚染水漏洩・身体汚染につながる ・作業時、機器を分解する際、残圧が残っていた場合、汚染水漏洩・身体汚染につながる
③仮設ホースが起因となるもの	・作業で仮設ホースを接続する際、接続部の取り付けが悪かったり、固縛がしっかりできていない場合、ホースが外れたり暴れたりして、汚染水漏洩・身体汚染につながる ・仮設ホースが亀裂等により損傷した場合、汚染水漏洩・身体汚染につながる
④開放端が起因となるもの	・ドレン・ベント弁の下流が開放端となっており、閉止等がないため、弁が誤って開となった場合に、汚染水漏洩・身体汚染につながる
⑤その他	・老朽化している車両、重機の運転・操作時、潤滑油等が漏洩し、環境への影響に繋がる

- ✓ 上記集約の通り、エラーにつながる箇所の抽出がほぼ完了し、並行して手順の見直し等のソフト対策の検討・実施および設備改造等を含むハード対策の検討・計画を進めているところ。
- ✓ 2024年12月末までにはソフト対策を完了させ、ハード対策については実施または計画立案を完了させる予定。
- ✓ 対策の実施により作業時間が増加し被ばく量が増える場合には、被ばく増加を抑える対策についてもあわせて検討していく。

■ 高濃度放射性液体取扱作業（優先順位1）における例

作業内容：既設ALPSクロスフローフィルター薬液洗浄等の作業にて残圧抜きやガス抜きを実施するもの

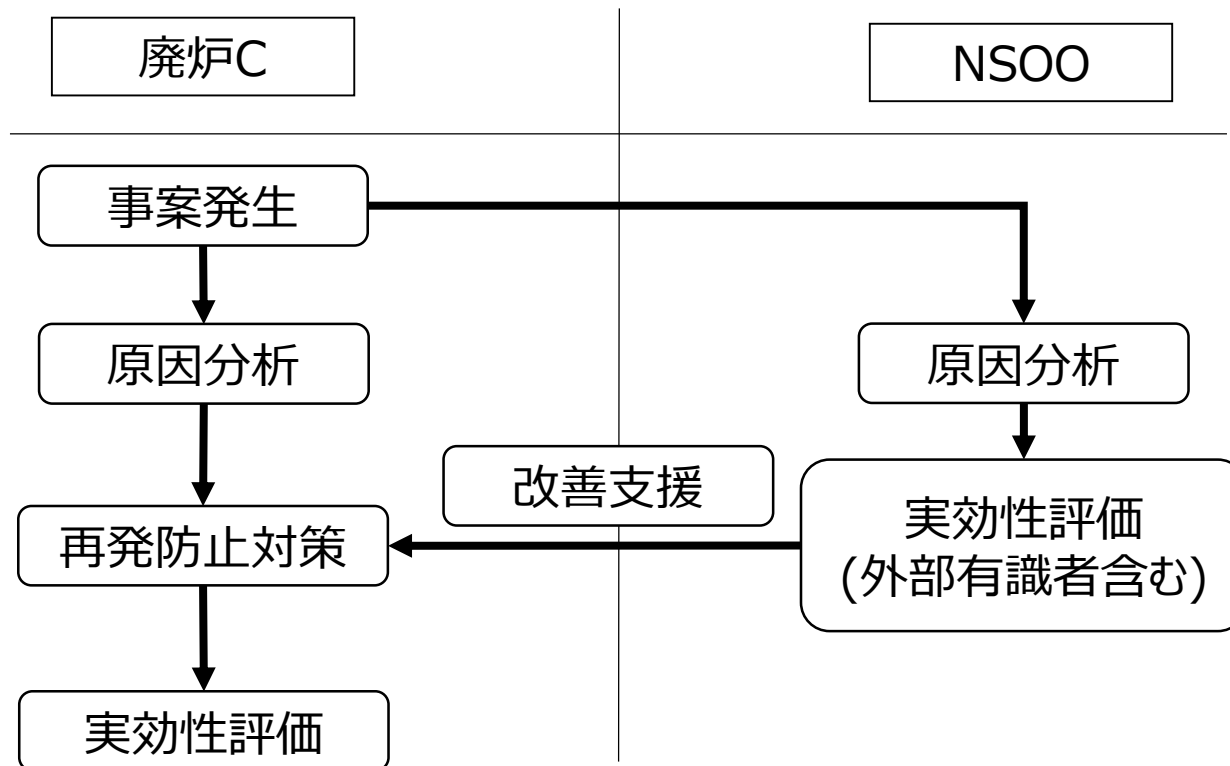
想定されるリスク	リスクシナリオ	対策前	対策	対策立案内容
高濃度の放射性液体による身体汚染および被ばく	既設ALPSはベント配管が排水タンクに接続されていないため、作業にあたって系統の残圧抜きやガス抜きを行う際、仮設ホースを接続して作業を行うが、接続した仮設ホースが外れたり、暴れたりすることにより汚染水が飛散し、身体汚染につながる。	<ul style="list-style-type: none"> 仮設ホースの外れ防止処置としてカムロック接続部をワイヤー固縛 仮設ホースの暴れ防止として排水タンク直上でのホース固縛 	ハード対策	<ul style="list-style-type: none"> ベントラインから排水タンクまで、勾配を用いて自重で排水される本設配管を敷設する。



以下、参考資料

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・状態確認の重要性と、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であったが、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、PTW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。
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。

社外有識者からのアドバイス

- 福島第一は設備がぜい弱でハイリスクな特殊な現場。今回そのリスクの棚卸しをしたことはよいこと。今後については「次の棚卸しがいつか」ではなく、日々の業務の中でリスクを洗い出し、棚卸しをすることが不要な仕事のかたちを目指してほしい
- この活動の目的の一つはリスクへの感受性を上げること。しかし作業員全員に同じリスク意識をもってもらうことは無理。したがって、東電が現場に行き、現場を見て、作業員と対話することが大切
- また、注意すべき事項を全部理解してもらうことは無理。ここを失敗したら大事になるといったところを、メリハリをつけて分かってもらうことが重要
- リソース確保が厳しい環境のなか、リスク管理活動を活性化することを志向してほしい。意図的にそういう時間と場をつくる、また、現場だけに任せず、第三者的にそういう活動を評価するなど
- 以上のことを考慮して、リスクを毎日のTBM-KYで的確に伝えていくというのは正しいアプローチ。そのためには、これからのTBM-KYはこう違うのだとわかりやすく示してあげるべき
また、現場でのフェースツーフェースコミュニケーションの大切さを認識されたのはよいこと。ただし、コミュニケーションはけっして簡単ではない。視点を合わせることも本当のコミュニケーション。そういうコミュニケーションのモデルを提示することも必要

【参考】今後の取り組みについて①

I. 抽出された教訓および弱みを、リスクアセスメント手法へ取り込み、安全事前評価、ALARA、DRの各プロセスへ反映した。引き続き事例の整備等の継続的改善を続ける。

＜リスクアセスメント手法の改善点＞

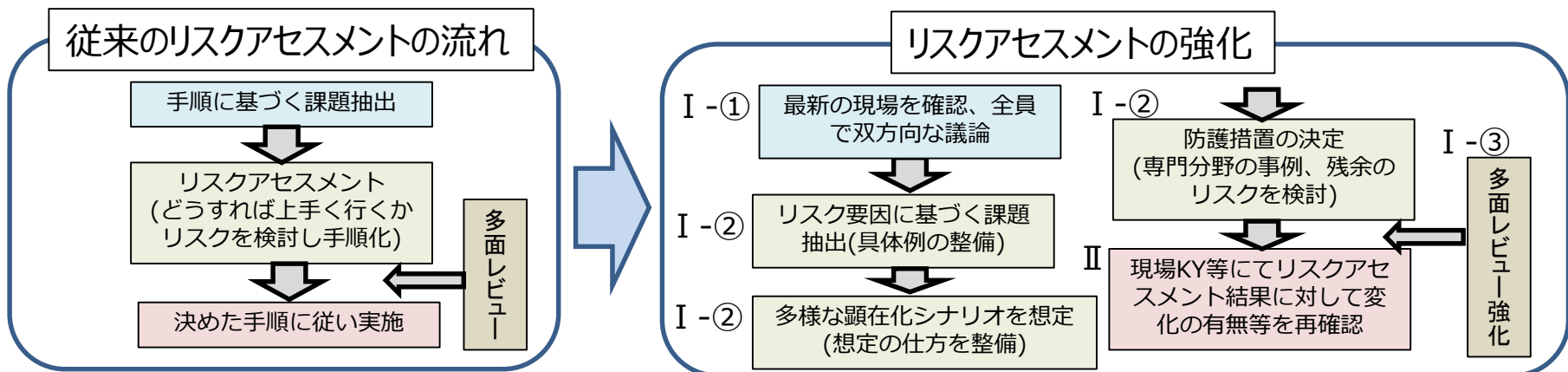
I. 計画段階の改善

- I - ① 最新の現場状況を確認、作業に携わる方全ての人が双方向で議論するリスクアセスメントを実施
- I - ② リスク要因を把握、悪影響が顕在化するシナリオを想定、防護措置を決定するというステップを明確化
議論を深めるために、リスク要因、顕在化シナリオ、防護措置の考え方の具体的な例示を整備
- I - ③ 高濃度の液体放射性物質取扱作業による身体汚染や外部環境への影響、充電部近接作業等のうち、重大な人身災害に至る作業に対して、多面的レビュー(クロスチェック)を実施
リスクアセスメントの結果は作業者全員(人を変更した場合も含む)に共有してから作業を実施する

II. 実施段階の改善

現場KY等の現場適用時に、リスクアセスメントで抽出されたリスクに対して以下の観点を確認

- ✓ リスクアセスメント時と作業時の現場に変化が無いか
- ✓ 定量的な防護措置となっているか
- ✓ 防護措置の実施時に、やりづらさが無いか、実効性があるか
- ✓ 残余のリスク→注意喚起等、人に依存した対策であれば、設備面・運用面の改善に繋げる



【参考】今後の取り組みについて②

II. 脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善

- 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し、設備・手順書を見直す。

III. リスクアセスメント教育によるリスク要因に基づく分析手法の浸透

上記プロセスを定着させるために、当社および協力企業に対して、当社主導による教育を行う。

- リスク要因に基づくリスクアセスメント手法を浸透させるために、新たな教育を行う。
- 教育の実施に際して、当社の関与を強め、まずは、7月中に当社の工事監理員および協力企業の工事担当者を対象に教育を始め、作業班長等へ順次展開していく予定
- 作業点検での改善事例等を元に、ディスカッション形式の教育（作業安全のディスカッション等）をおこなっていく。

IV. 危険意識を高める安全教育の強化

- リスクアセスメントを的確に実施するためには、「正しく危険意識をもつ」ことで、経験や成功体験だけでなく、思惑通りいかないケースについても、検討することができるようになって考えている。
- 昨年度より、当社主導にて、上記の観点で「危険意識を高める」安全教育を開始しているところ。
- 引き続き、協力企業各社へ教育を実施すると共に、継続的に改善を図っていく。

【参考】今後の取り組みについて③

V. CRの更なる活用

- 通常と異なる運転状況（増設雑固体焼却設備での多量な水蒸気発生等）について、CRを起票するよう所内教育等を通じて浸透させる。
- 当社主管部門のCR起票に留まらず、企業から直接CRを起票できるプロセスを本年3月に追加より幅広い情報収集を開始したところ。
現場安全の気づき等、引き続き多くのCR起票に繋がるよう、得た情報の対策状況について、安全品質の月報・デジタルサイネージ・協力企業棟食堂での掲示等、改善の見える化を図っている。
- 引き続き、現場の意見を聞きながら改善を図っていく。
- また、発電所大の分析結果から得られた共通的な弱み（作業点検結果、四半期の振り返りから得られた教訓、社内他部門からの共通的な改善提言等）について、傾向分析CRを起票し、所内の水平展開を確実に図っていく。

VI. 「変化があった場合は必ず立ち止まること」のワンボイスによる浸透

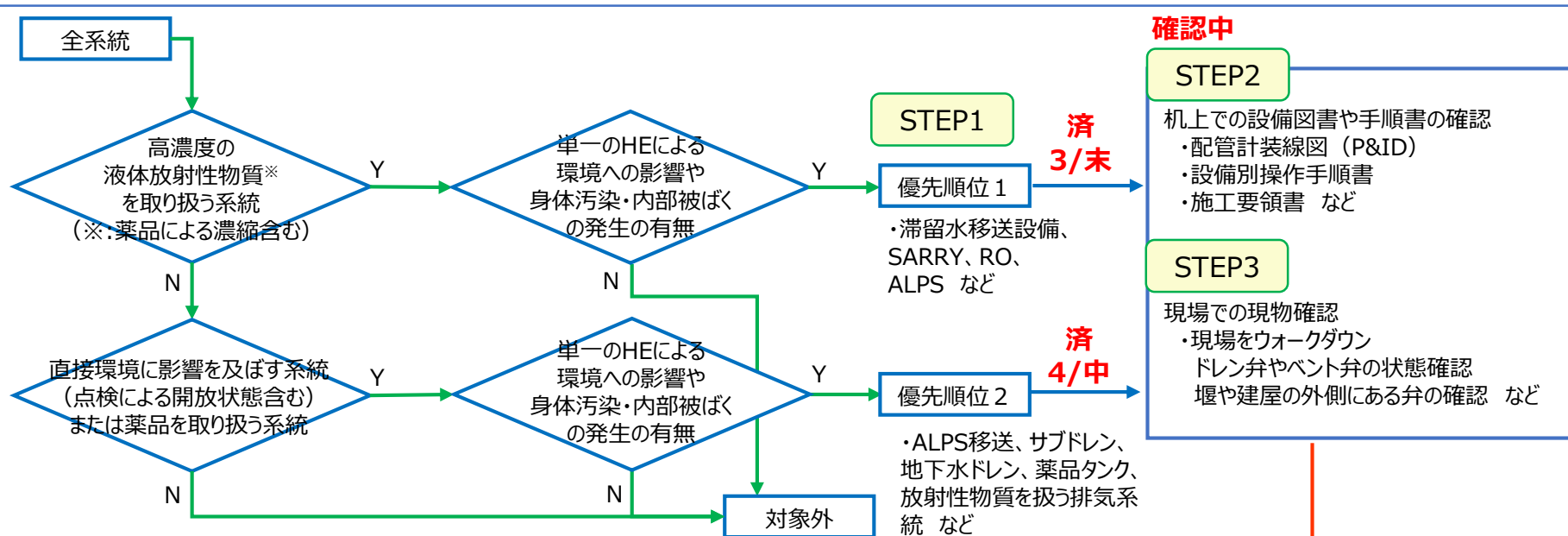
現場状況の変化等により、実効的な対策にならない場合は、必ず立ち止まることを繰り返し伝える。

- 現場KYの再確認にて、「現場状況が異なる等、事前に説明した防護措置が機能しない場合は立ち止まる」ことをワンボイスとして、あらゆる機会(安全事前評価、事前検討会、カウンターパート活動等)を通じて当社から発信、繰り返し伝える。

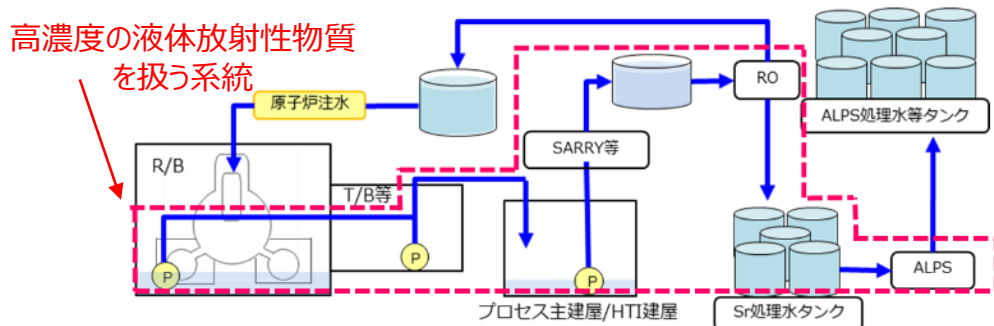
<実施事項B/C> エラーの発生につながる箇所特定と対策

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≫
 - ✓ STEP2：設備図書/手順書（机上）での確認 ≪確認中≫
 - ✓ STEP3：現場・現物の確認 ≪確認中≫
 - ✓ STEP4：対策計画の策定（ソフト対策・ハード対策） ≪並行して検討中≫ 【12月末日途】
- 優先順位1 優先順位2
【6月末完了】 【8月末日途】



【優先順位1の対象範囲イメージ】



実施できるものから実施中

- STEP4**
- リスクが残存し、是正や改善が必要となったものについて、ソフト面やハード面の対策の立案
- ・ソフト面
 - 手順書の明確化、実施方法の見直し など
 - ・ハード面
 - 設備改造、表示ランプ設置、Webカメラによる遠隔監視、誤操作防止のインターロック設置 など