

2号機燃料取り出し工法の検討状況について(案)

2019年11月14日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 経緯

- 2号機原子炉建屋の燃料取り出しは適切な時期に「デブリ取り出し共用コンテナ案」と「プール燃料取り出し特化案」の2案よりプラン選択する計画である。
- 当初、既設の天井クレーン・燃料交換機を復旧(分解・除染・補修等)することを検討していたが、オペレーティングフロア（以下、オペフロ）内の線量が高いことから、既設の天井クレーン・燃料交換機の復旧は難しく、2015年11月に建屋上部の解体が必要と判断した。
- 2018年11月～2019年2月に実施したオペフロ内調査では、2011～2012年に実施した調査結果と比較すると線量が低減している傾向が確認された。
- 上記の調査結果を踏まえ、遮蔽等を適切に実施することによりオペフロ内でも限定的な作業であれば実施できる見通しが得られた。
- 併せて、建屋上部を全面解体せず、小規模な開口での燃料取り出しができるよう、燃料取扱設備の小型化検討を進めた。



建屋解体時のダスト飛散対策の信頼性向上の観点から、南側よりアクセスする工法も含め、プラン検討を進めてきた。

2. 検討プラン概要

- 「①デブリ取り出し共用コンテナ案」は現状で設計条件の確定まで至っておらず、早期に燃料取り出しを行うために、「②プール燃料取り出し特化案」を選択した。
- プール燃料取り出し特化案は、R/B上部を全面解体する現行のプランAに加え、全面解体ではなく、南側からのアクセスするプランBの2案を検討した。

プラン名	①デブリ取り出し共用コンテナ案	②プール燃料取り出し特化案	
		プランA(オペフロ上部解体)	プランB(オペフロ上部残置)
イメージ	<p>コンテナ クレーン 燃料取扱機</p>	<p>カバー架構 クレーン 燃料取扱機</p>	<p>燃料取り出し用構台 燃料取扱機 クレーン</p>
概要	オペフロ上部を全面解体して、オペフロ床面ごとカバーする燃取架構を南側へ張り出して設置	オペフロ上部を全面解体して、SFP上部から南側に原子炉建屋に支持する燃取架構を設置	オペフロ南側壁に小規模開口を設置し、南側からオペフロ内にクレーンを差し込む架構を設置
燃取設備	FHM：門型クレーン式 クレーン：天井クレーン式	FHM：門型クレーン式 クレーン：天井クレーン式	FHM：ブーム型クレーン式 クレーン：ブーム型クレーン式
燃料取り出し	NFT-12B（12体キャスク） 有人作業	NFT-12B（12体キャスク） 有人作業	構内用輸送容器 （3号機用：7体キャスク） プール周辺作業は遠隔
架構規模	鉄骨：約7,000t以上 基礎・地盤改良：有り	鉄骨：約3,000t 基礎・地盤改良：無し	鉄骨：約2,500t 基礎・地盤改良：有り

- プラン検討に当たっては、以下の4つの重点項目を中心に燃料取り出しまでの期間なども含め総合的に評価し燃料取り出し工法を検討した。

1. ダスト飛散対策

- ✓ 原子炉建屋解体時のダスト飛散対策について信頼性を評価。

2. 作業員被ばく

- ✓ 2018年11月～2019年2月に実施したオペフロ内調査では、過去の線量調査結果に比べて、線量が低減している傾向が確認できたが、依然として高い線量環境であることから、想定される作業員被ばくを定量的に評価。

3. 雨水対策

- ✓ 建屋滞留水の流入抑制の観点で、燃料取り出し関連工事の際に、建屋に流入する雨水を定量的に評価。

4. 工事ヤード

- ✓ 2号機原子炉建屋周辺では、炉内調査や排気筒解体等、多くの廃炉作業が並行して行われていることから、他の廃炉作業への工事影響を定性的に評価。

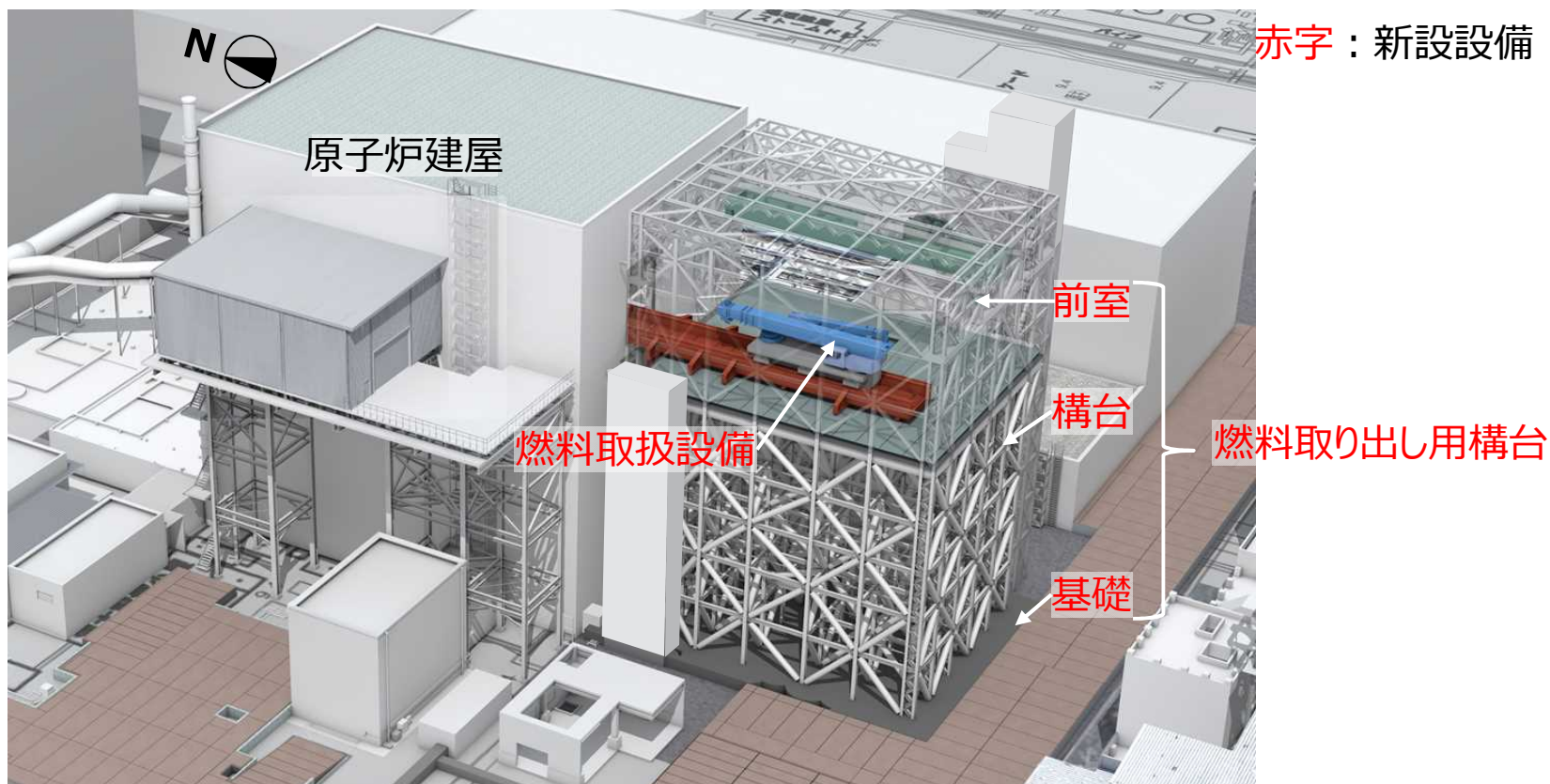
3-2. 評価結果

- 原子炉建屋上部を解体しないプランBの方が、主に建屋解体時のダスト飛散対策の信頼性や被ばくの低減、雨水の建屋流入抑制、工事ヤード調整の観点で優位性があると判断。

プラン名		プール燃料取り出し特化案			
		プランA(オペフロ上部解体)	プランB(オペフロ上部残置)		
イメージ					
評価	ダスト	○	<ul style="list-style-type: none"> 上部建屋を解体するため、ダスト飛散抑制対策とダスト監視により管理。 敷地境界への影響は評価済み。 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋内及び前室内で管理した状態での作業が可能
	被ばく	△	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間が比較的最長のため、作業員被ばくは多い 燃取完了迄の被ばく想定 (55 Sv・人) 	○	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間が比較的最短のため、作業員被ばくは少ない 燃取完了迄の被ばく想定 (46 Sv・人)
	雨水対策	△	<ul style="list-style-type: none"> 上部建屋を解体するため、雨水流入により滞留水が発生する。(約2~3千m³/年) 	○	<ul style="list-style-type: none"> 上部建屋を解体しないため、雨水流入はほぼしない。
	工事ヤード	△	<ul style="list-style-type: none"> 上部建屋解体・カバー架構設置にあたって、西側・南側のヤードを占有し、他工事との調整が課題。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 主な工事ヤードは原子炉建屋南側になるため、他工事で西側ヤードを共有しやすい。
	工事期間	△	<ul style="list-style-type: none"> ダスト飛散抑制に配慮した建屋解体工法にするため、工事期間の見直しが必要 	○	<ul style="list-style-type: none"> 建屋解体が無いこと、他工事との調整も無いことから、プランAよりは期間が短い。
	燃料取り出し作業期間	○	<ul style="list-style-type: none"> キャスクサイズが大きく、有人作業が可能のため、燃料取り出し作業期間は短い 	△	<ul style="list-style-type: none"> キャスクサイズが小さく、プール周辺は遠隔作業となるため、プランAよりは燃料取り出し作業期間が長くなる

4-1. プランBの概要

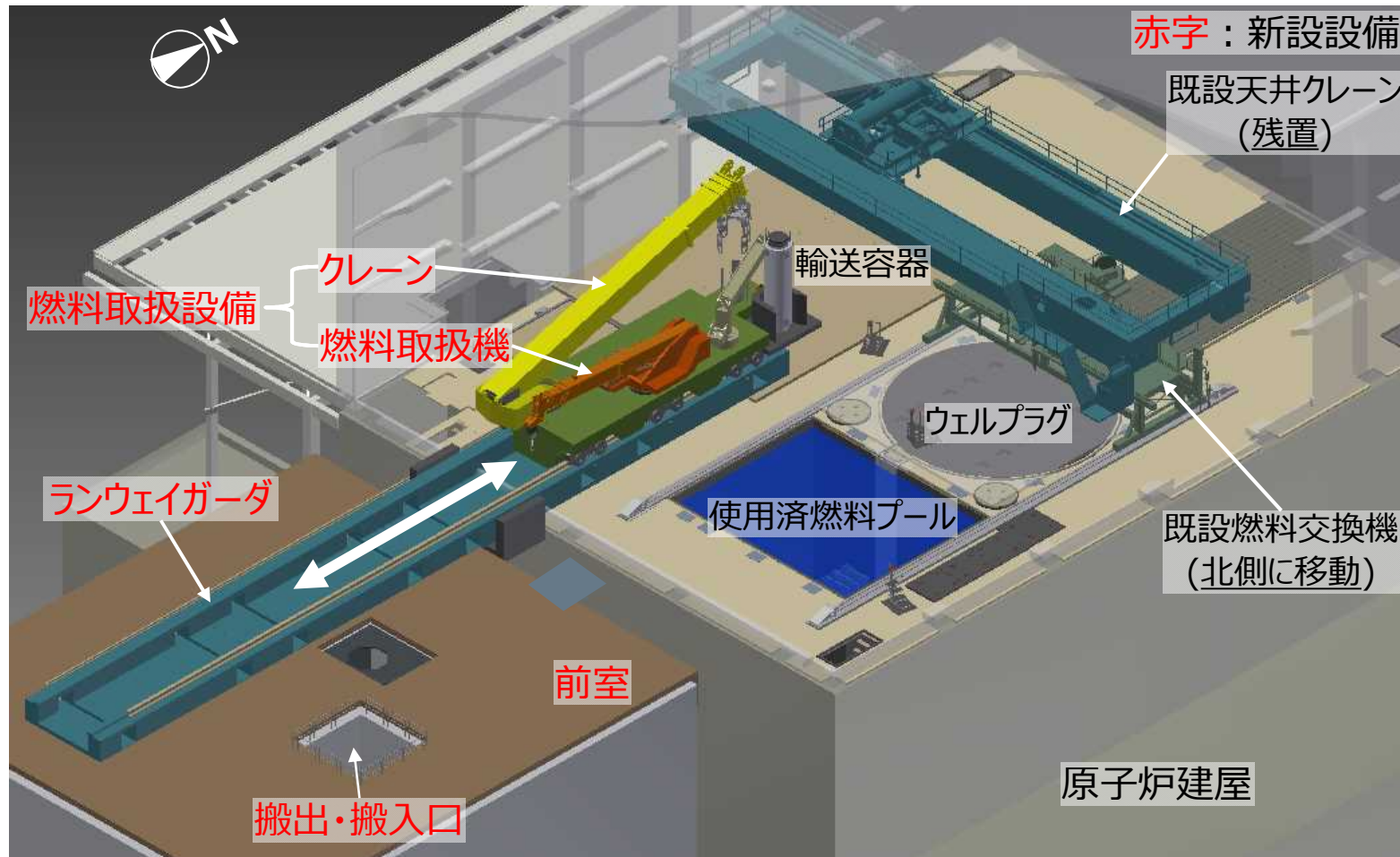
- 原子炉建屋上部を全面解体せず，南側に構台・前室を設置した上で，南側外壁の小開口から燃料と輸送容器を取り扱う。
- ブーム型クレーン式の燃料取扱設備を採用することで，南側外壁の開口部は小さくなり，原子炉建屋の構造部材のうち柱と梁の解体を回避できる。
- 燃料取扱設備は，燃料取り出し用構台での組立・保守作業が可能となることから，作業員被ばくを低減できる。



燃料取り出し用構台概念図（鳥瞰図）

4 - 2 . プランBの概要

- 燃料と輸送容器は、燃料取扱設備にて遠隔操作により取り扱う。
- 燃料取扱設備は、ランウェイガーダ上を走行することで原子炉建屋オペフロと燃料取り出し用構台前室間を移動する。
- 輸送容器の吊り降ろしは燃料取り出し用構台に新設する搬出・搬入口を利用する。



燃料取扱設備概念図（鳥瞰図）

5. 線量低減及びα汚染対策の検討状況

(線量低減に向けた検討状況)

- オペフロ調査で線源位置を把握できているため、確実性の高い[遮蔽設置を線量低減の基本方針として検討を進めており](#)、遮蔽設置後の評価結果より、限定的な作業（※）ではあるが、[有人作業を可能と評価](#)している。

（※）限定的な作業：設備の設置・点検の一部、非常時の復旧作業（P14,P15）

- 除染による汚染拡大防止を検討しており、遮蔽ほどの低減効果を得られないものの除染による副次的な線量低減効果も期待できる。
- 現場状況の変化に応じたホールドポイント(残置物撤去作業完了後等) を設けて線量測定を実施し、線量低減効果の確認や作業内容の精査を行い、有人作業における被ばくを更に低減できるよう引き続き対策を検討していく。

(α汚染対策に向けた検討方針)

- オペフロの環境改善として、除染又は固着化による汚染拡大防止を図る。
- 前室内にα汚染管理エリアを設け、作業員／資機材持ち出しによる汚染拡大防止を図る。(P16)
- 換気空調設備により、周辺作業環境と敷地境界へのダスト飛散抑制を図る。(P16)

6. まとめ

- 「デブリ取り出し共用テナ案」は現状で設計条件の確定まで至っておらず、早期に燃料取り出しを行うために、「プール燃料取り出し特化案」を選択する。
- 「プール燃料取り出し特化案」として、建屋解体時のダスト対策の信頼性を更に向上する工法も含め、プラン検討を進めた結果、原子炉建屋の上部解体を行わず、南側からアクセスする工法を選択する。
- オペフロ環境の調査で線源位置を把握できているため、確実性の高い遮蔽設置を線量低減の基本方針として検討を進める。
- 今後、今回選択した燃料取り出し工法について詳細設計を進め、年度内を目標に燃料取り出し工程の精査を進める。

以下、参考資料

【参考1】 表面汚染密度分布 ～線量率からの解析結果～

- 解析方法・条件：**表面線量率およびガンマカメラの測定結果から表面汚染密度を計算。MCNPコードを用いて空間線量率を計算し、実測定結果と整合するよう表面汚染密度を評価。その際、汚染源が床・壁・天井等の構造物表面に全量付着するモデルとした。
- 解析結果：**ウェル上で $10^6 \sim 10^8$ [Bq/cm²]、その他床面や壁面で $10^5 \sim 10^7$ [Bq/cm²]、天井で 10^5 [Bq/cm²]未満であった。引き続き、本結果を用いて使用済燃料取り出しに向けて各検討を実施予定。

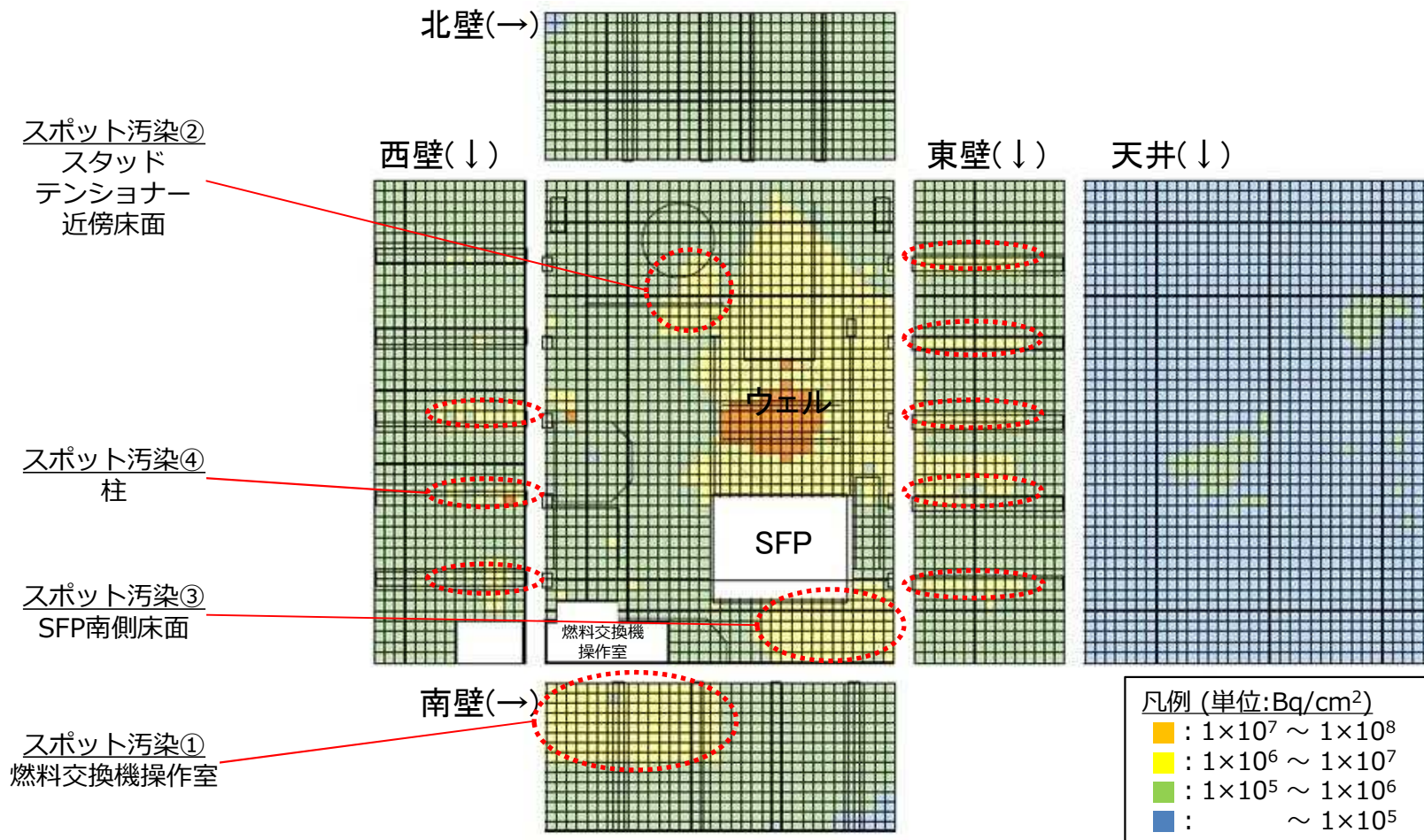
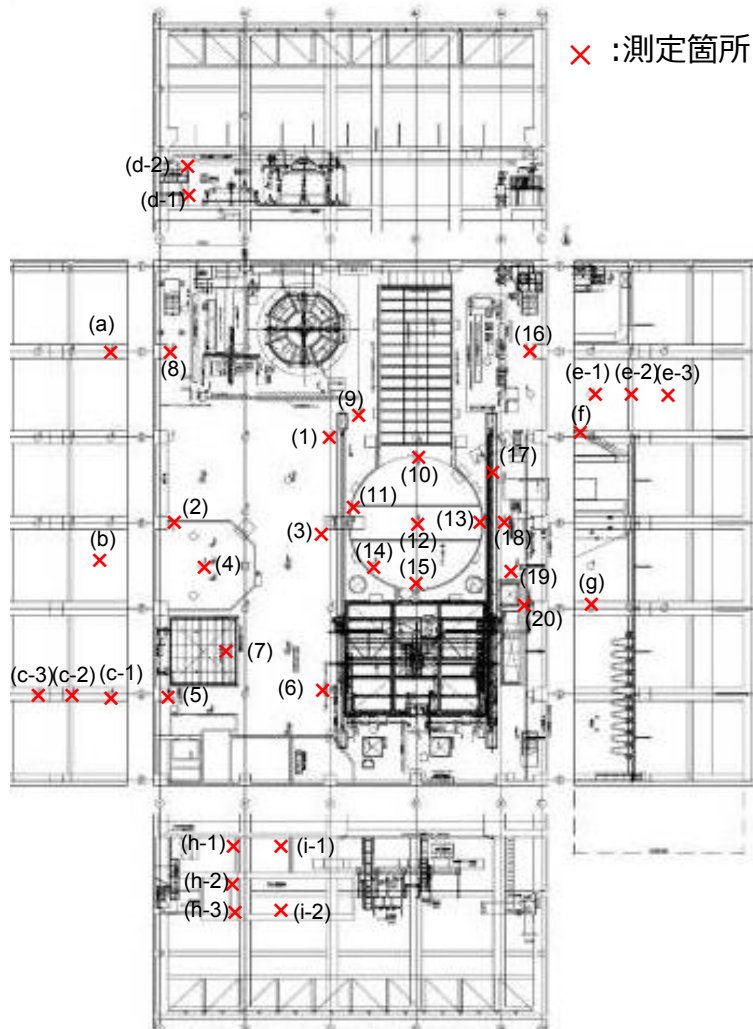


図 オペフロの汚染密度分布 展開図

【参考2】表面汚染密度分布 ～遊離性汚染の実測定結果～

■ 調査結果

・表面汚染密度：右表参照



測定箇所	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	α線放出核種 (Bq/cm ²)
(1)	—	6.9×10 ⁵	検出限界未満	—	8.6×10 ⁰
(2)	9.5×10 ³	1.0×10 ⁵	8.8×10 ¹	1.1×10 ⁴	4.3×10 ⁻¹
(3)	—	6.1×10 ⁵	検出限界未満	—	7.5×10 ⁰
(4)	2.4×10 ⁴	2.5×10 ⁵	3.6×10 ²	2.5×10 ⁴	2.1×10 ⁰
(5)	—	4.3×10 ⁵	検出限界未満	—	3.0×10 ⁰
(6)	—	1.8×10 ⁶	検出限界未満	—	1.5×10 ¹
(7)	—	3.1×10 ⁵	検出限界未満	—	1.5×10 ⁰
(8)	—	3.3×10 ⁵	検出限界未満	—	5.3×10 ⁰
(9)	—	2.8×10 ⁵	検出限界未満	—	5.3×10 ⁻¹
(10)	—	6.4×10 ⁵	検出限界未満	—	3.2×10 ¹
(11)	—	6.7×10 ⁵	検出限界未満	—	6.4×10 ⁰
(12)	—	9.7×10 ⁵	検出限界未満	—	1.1×10 ¹
(13)	—	8.2×10 ⁵	検出限界未満	—	2.1×10 ⁻¹
(14)	—	6.1×10 ⁵	検出限界未満	—	2.6×10 ¹
(15)	—	5.1×10 ⁵	検出限界未満	—	6.0×10 ⁰
(16)	—	1.0×10 ⁶	検出限界未満	—	7.5×10 ⁰
(17)	2.0×10 ⁴	2.0×10 ⁵	1.1×10 ²	8.5×10 ³	6.4×10 ⁰
(18)	—	2.9×10 ⁶	検出限界未満	—	4.6×10 ⁰
(19)	—	4.4×10 ⁵	検出限界未満	—	8.6×10 ⁰
(20)	4.9×10 ³	5.1×10 ⁴	8.8×10 ¹	5.5×10 ³	1.3×10 ⁰
(a)	—	1.3×10 ⁴	検出限界未満	—	検出限界未満
(b)	8.6×10 ¹	8.8×10 ²	1.2×10 ⁰	1.1×10 ²	検出限界未満
(c-1)	5.4×10 ¹	5.6×10 ²	検出限界未満	5.8×10 ¹	検出限界未満
(c-2)	2.8×10 ³	3.0×10 ⁴	2.8×10 ¹	2.3×10 ³	8.6×10 ⁻¹
(c-3)	2.2×10 ²	2.5×10 ³	3.4×10 ⁰	2.5×10 ²	検出限界未満
(d-1)	1.4×10 ²	1.4×10 ³	3.1×10 ⁰	1.6×10 ²	検出限界未満
(d-2)	3.2×10 ¹	3.5×10 ²	5.6×10 ⁻¹	2.4×10 ¹	検出限界未満
(e-1)	8.2×10 ²	8.2×10 ³	2.1×10 ¹	2.2×10 ³	1.1×10 ⁰
(e-2)	5.4×10 ¹	5.8×10 ²	1.3×10 ⁰	6.6×10 ¹	4.3×10 ⁻¹
(e-3)	1.5×10 ¹	1.5×10 ²	検出限界未満	1.0×10 ¹	検出限界未満
(f)	—	3.2×10 ⁵	検出限界未満	—	2.1×10 ¹
(g)	1.2×10 ²	1.3×10 ³	3.0×10 ⁰	1.2×10 ²	2.1×10 ⁻¹
(h-1)	3.0×10 ²	3.0×10 ³	検出限界未満	9.8×10 ¹	検出限界未満
(h-2)	4.3×10 ³	4.6×10 ⁴	検出限界未満	検出限界未満	7.5×10 ⁻¹
(h-3)	3.0×10 ²	3.1×10 ³	検出限界未満	1.1×10 ²	5.3×10 ⁻¹
(i-1)	4.9×10 ³	5.0×10 ⁴	検出限界未満	3.4×10 ²	4.3×10 ⁻¹
(i-2)	5.6×10 ³	6.2×10 ⁴	1.4×10 ²	7.4×10 ³	4.3×10 ⁰

【測定条件】 ・測定器：Ge半導体スペクトロメータ／ZnSシンチレーションサーベイメータ
 ・採取効率：0.1 ・採取面積：100[cm²]

【参考3】線源把握 ～空間線量率(γ線線量率※)の測定結果～



■ 測定条件

- ・測定高さ：床面から1.5m

■ 調査結果

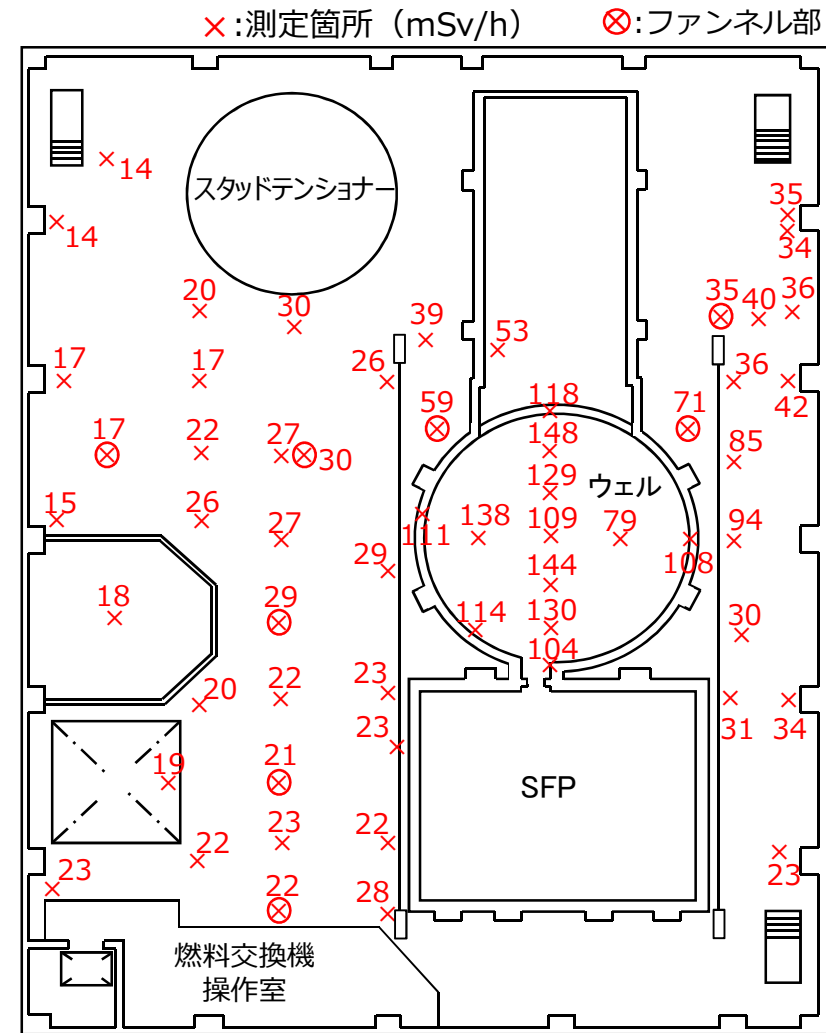
・線量分布：

線量率の各測定結果は右図参照。ウェル上が最も高いが、2012年度に計測した時点より、減衰等の影響で大幅に低下している。

・主要線源の把握：

ウェル上から離れるにしたがって線量が低くなる傾向があるため、主要線源がウェルと推定。

その他、燃料交換機操作室やスタッドテンショナー付近で空間線量率が僅かに上昇することから、全体空間の線量に寄与しないまでも、スポット的な汚染源が存在していると推定。



【測定条件】 ・測定器：γ線用半導体線量計（1cm線量率）

【参考4】表面汚染密度の解析結果と測定結果の比較

- 表面汚染密度に関して、解析結果（p.11）と測定結果[遊離性汚染]（p.12）を比較すると、西側及び東側エリアの解析・測定結果が共に同程度であるのに対し、ウェル上において差が生じていることを確認。
- ウェル上の解析と実測定の差分は、プラグ上の空間線量分布に大きなバラつきがあることも踏まえると、プラグ間隙や裏面に付着している汚染からの影響が大きいと推定（解析では、間隙や裏面の汚染からの寄与をすべて表面上に付与しているため、過大となる）。

(単位: Bq/cm²)

	西側エリア	ウェル上	東側エリア
測定結果(平均)	5×10^5	7×10^5	9×10^5
解析結果	$10^5 \sim 10^6$	$10^6 \sim 10^8$	$10^5 \sim 10^7$

<参考1>

測定結果 = 遊離性汚染
 解析結果 = 遊離性汚染+固着性汚染

<参考2>

均等な汚染が表面に付着している場合、空間線量率は中心が最大で、外周方向に向けて徐々に低下する

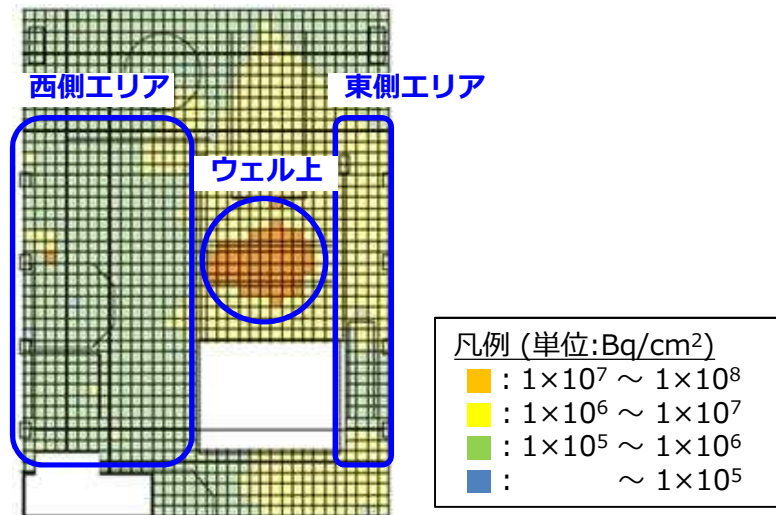


図4 表面汚染密度の解析結果と測定結果の比較

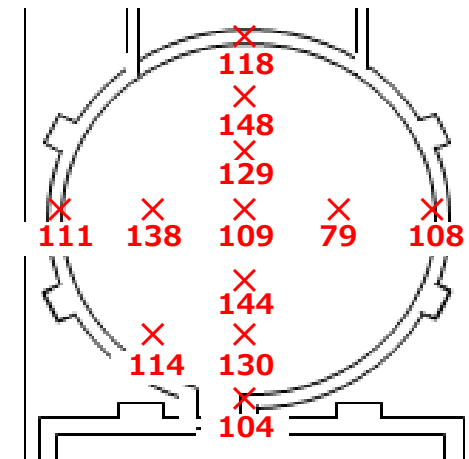
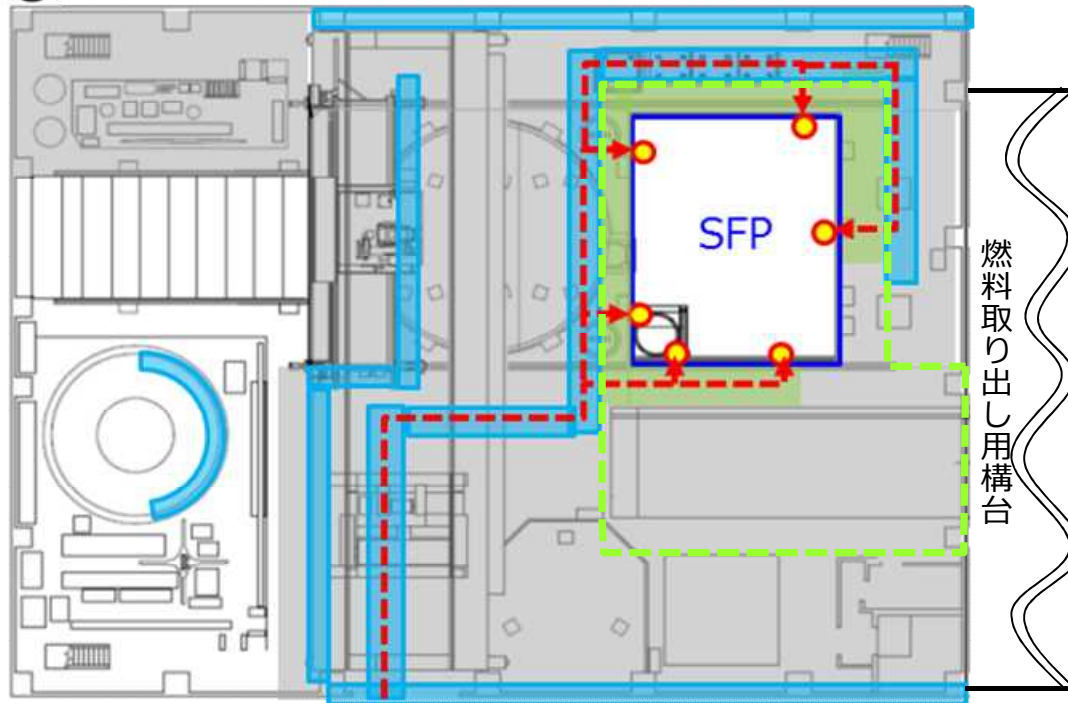


図5 ウェル上の空間線量分布

【参考5】 オペフロ内有人作業例（ITV設置）

■ITV設置について、以下の内容で評価を実施。

- ① クローラークレーンにて西側構台へ資機材を運搬。
- ② 遠隔操作重機にて西側構台前室から運搬，ITV・サポートの据付を実施。
- ③ 有人作業にてITVへケーブル類敷設・接線を実施。



＜ケーブル類接続・調整＞

【想定作業期間】：1日（1日／台）

【想定作業人数】：10人

【想定作業時間】：35分／人・日

【想定被ばく線量^{※1}】：0.8mSv/人・日

■：遮蔽設置箇所（床面）（※2）

■：遮蔽設置箇所（壁面／衝立）（※2）

--->：作業員動線

■：有人作業エリア（ITV設置）

---：有人作業エリア（全体）

●：ITV据付位置（※3）

ITV設置(ケーブル類敷設・接線)イメージ

※1：遮蔽設置による線量低減効果のみ（除染による線量低減効果は含まない）

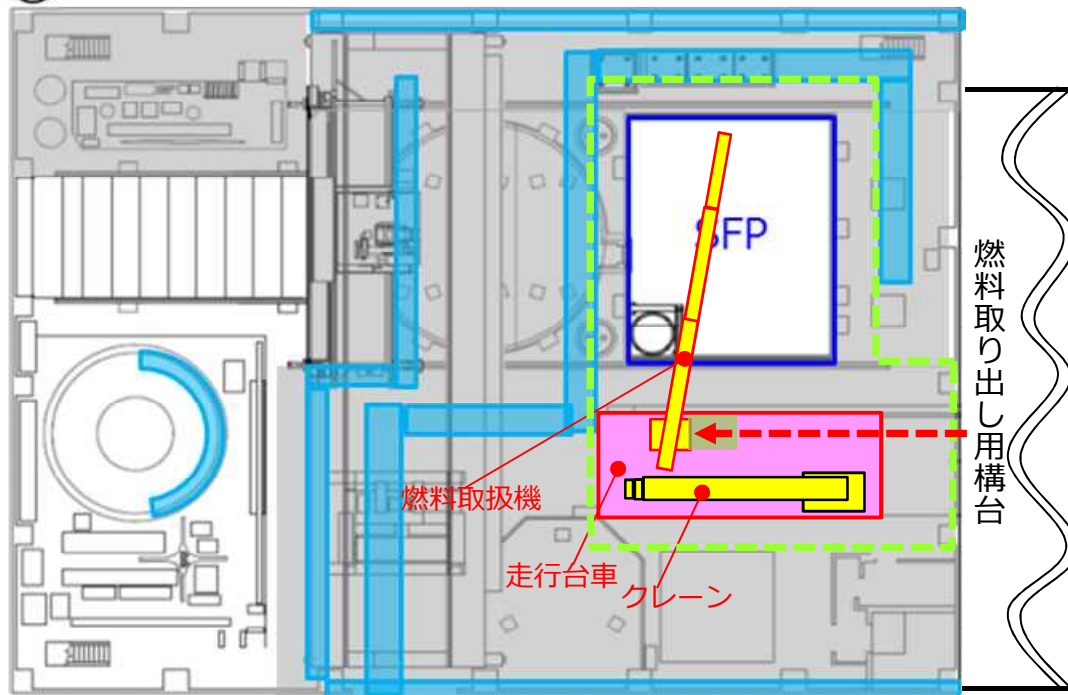
※2：設置箇所については詳細検討中の為、変更の可能性あり

※3：据付位置，台数については詳細検討中の為，変更の可能性あり

【参考6】 オペフロ内有人作業例（非常時対応：燃料取扱機油圧系統不具合） **TEPCO**

■非常時対応（燃料取扱機油圧系統不具合）について、以下の内容で評価を実施。

- ① 燃料吊り上げ中に燃料取扱機が油圧系統の不具合により、昇降不能となった場合、燃料取り出し用構台に設置予定の非常用油圧供給装置を有人作業にて燃料取扱機の油圧系統に接続。
- ② 遠隔操作にて燃料を使用済燃料貯蔵ラックへ吊下す。
- ③ 遠隔操作にてブームを収納後、燃料取扱設備を燃料取り出し用構台へ移動させ、故障個所の修理を実施。



<非常時対応>

- 【想定作業期間】：1日
- 【想定作業人数】：20人
- 【想定作業時間】：35分/人・日
- 【想定被ばく線量^{※1}】：0.7mSv/人・日

- ：遮蔽設置箇所（床面）（※2）
- ：遮蔽設置箇所（壁面/衝立）（※2）
- ：作業員動線
- ：有人作業エリア（非常時対応：燃料取扱機油圧系統不具合）
- ：有人作業エリア（全体）

非常時対応（燃料取扱機油圧系統不具合）イメージ

- ※1：遮蔽設置による線量低減効果のみ（除染による線量低減効果は含まない）
- ※2：設置箇所については詳細検討中の為、変更の可能性あり

■ 大気への放射性物質の放出抑制

原子炉建屋オペフロ及び燃料取り出し用構台前室用換気設備は、原子炉建屋オペフロ側に気流が生じる設計。ダスト放射線モニタをフィルタユニットの出入口に設置し、大気に放出される放射性物質濃度を測定する。

■ α汚染に対する配慮

原子炉建屋オペフロではα汚染が確認されていることから、前室内にα汚染管理エリアを設置する。α汚染管理エリアが最小限になるような運用を検討している。

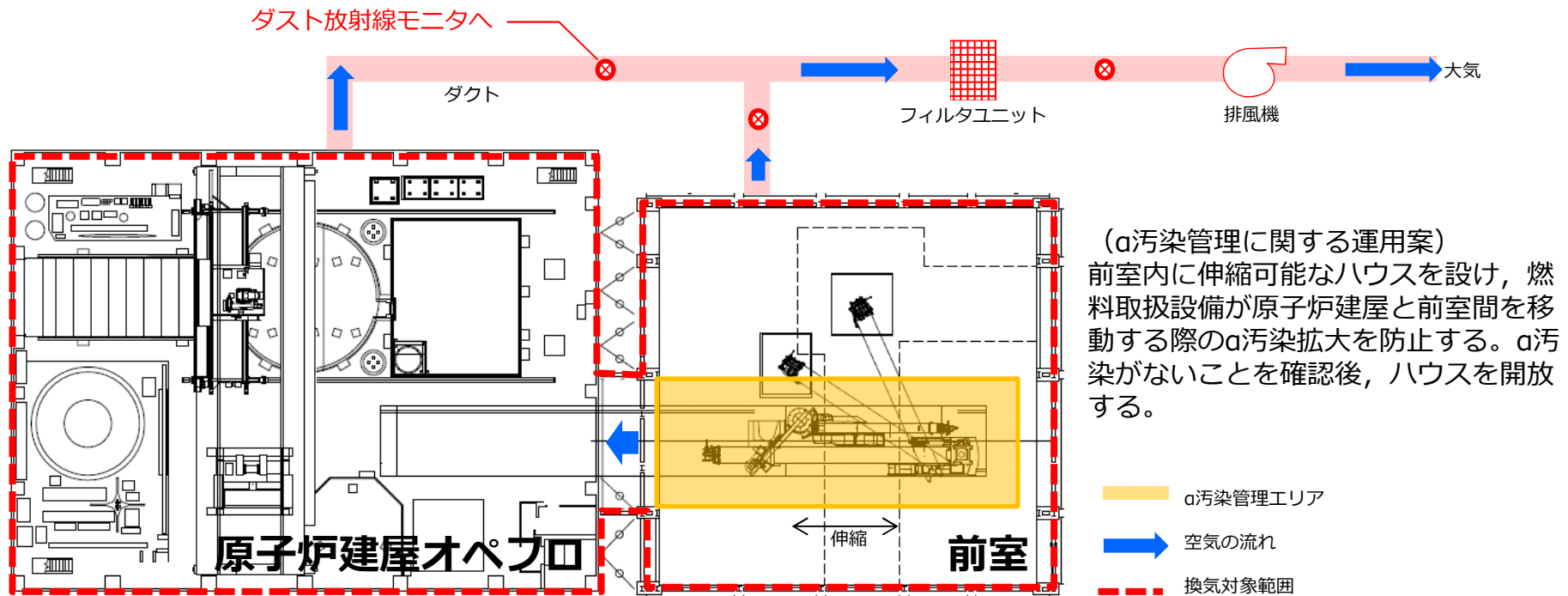


図 換気設備及びα汚染管理エリアの概念図

※検討中の設備であり、今後変更の可能性あり

3号機燃料取扱設備の状況について（案）

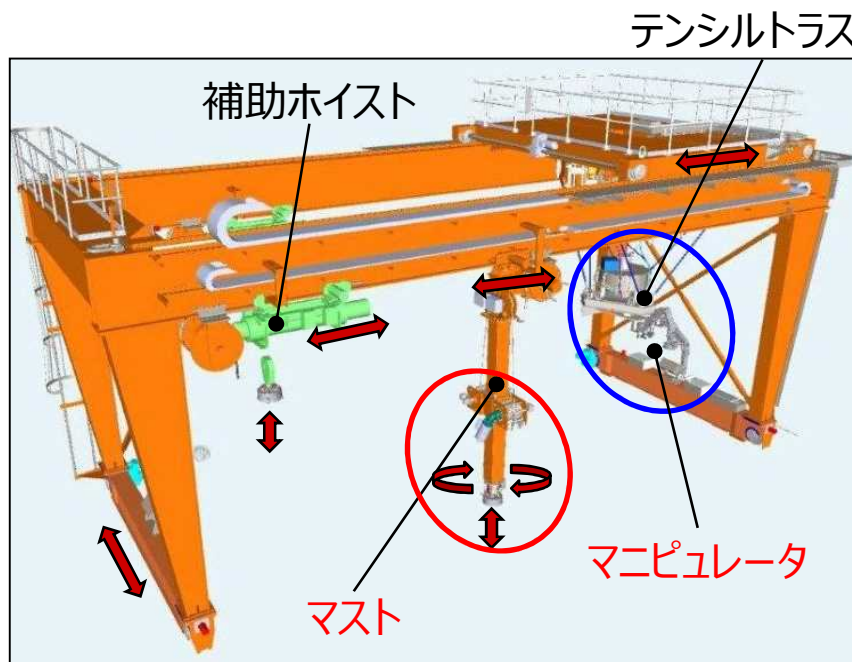
2019年11月14日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 燃料取扱設備の状況について

- 燃料取り出し再開に向けた準備作業を実施中に以下の2事象を確認した。
 - ▶ 10月15日 燃料取扱機マニピュレータ（左腕）動作不良
 - ▶ 10月18日 燃料取扱機マストワイヤロープの潰れ



燃料取扱機外観図



マスト外観写真

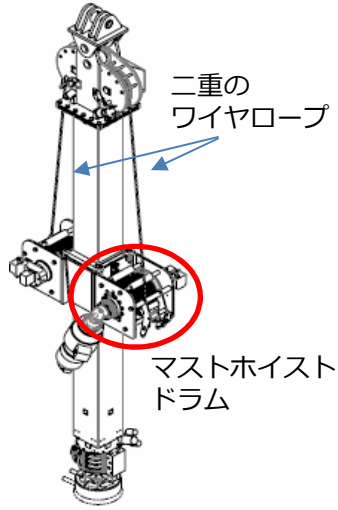
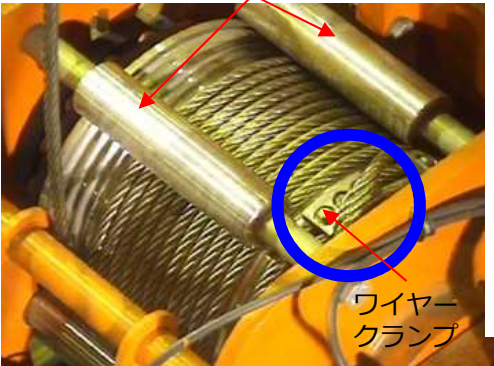
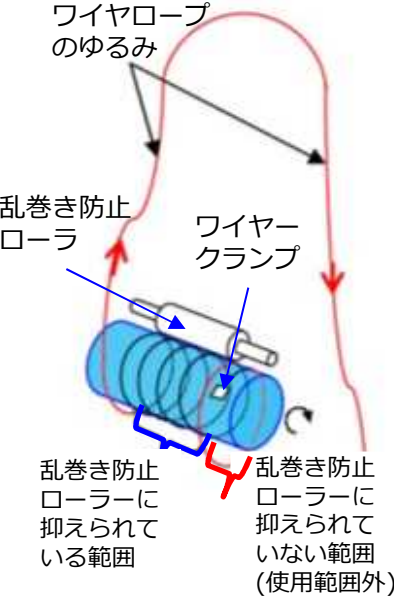


マニピュレータ写真

2. 燃料取扱機マニピュレータ（左腕）動作不良

<p>概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 10月15日 燃料取り出し準備作業時にフランジプロテクタ※を把持した状態で、関節の操作のために固定解除の操作を行った。その際に、マニピュレータの手首が下がり、把持していたフランジプロテクタが下がる事象を確認した。 <p>※：フランジプロテクタとは、燃料取り出し時に輸送容器のフランジ面を保護する治具</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 関節制御用駆動装置※内部のシート部から僅かに圧力（作動用流体）が低圧側にリークしたことによる持ち上げ力の低下と推定。（制御側は異常の無いことを確認済み。） <p>※入力されたエネルギーを物理的運動に変換する装置、マニピュレータは作動流体の圧力で関節内部にあるシリンダーを駆動させることにより動作をさせている。</p>
<p>対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 当該関節部以外の部位は健全であること並びに当該関節の固定解除をしない運用とすることで安全に作業が実施できることを動作試験にて確認したことからガレキ撤去を再開しており、継続使用について検討中。（マニピュレータの予備品は11月に納入予定。） ✓ なお、フランジプロテクタの設置については、代替策※¹で対応可能な見込み。 <p>※1：FHM補助ホイストまたはクレーン補巻を使用</p>
<p>備考</p>	<p>マニピュレータは、直接燃料や輸送容器を取り扱うものではないため、燃料取扱い中の燃料損傷に至ることは無い。</p>

3. 燃料取扱機マストワイヤロープの潰れ

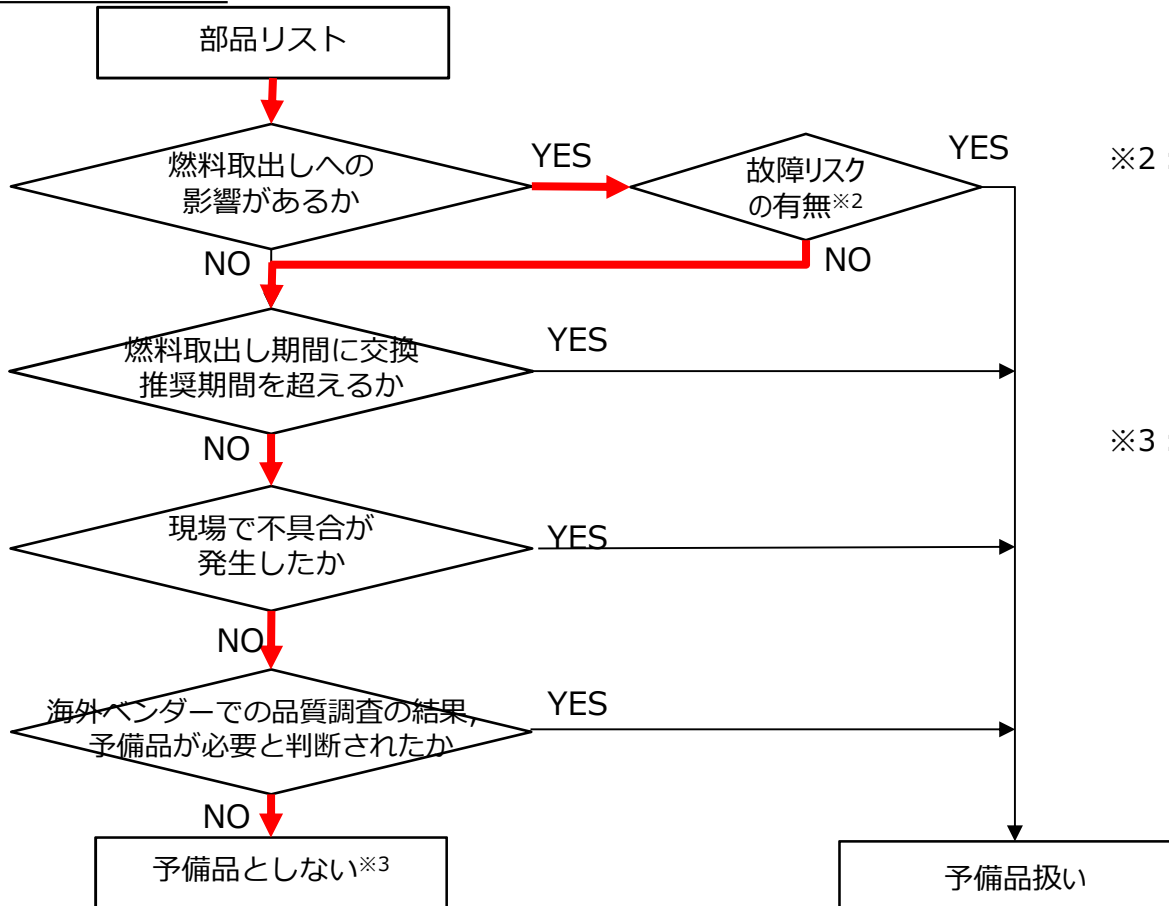
<p>概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 10月18日 燃料取扱機マストを操作していたところ、マストホイスト2のマスト昇降用ワイヤロープに乱巻きが発生し、一部が潰れていることを確認した。 点検に伴うマストのツール取外・取付作業において、接続確認のためにマストが着座した後も引き続き巻下げ操作を実施していたことを荷重計等のログにて確認した。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>二重のワイヤロープ</p> <p>マストホイストドラム</p> <p>燃料把握機（マスト） 外観図</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>乱巻き防止ローラ</p> <p>ワイヤークランプ</p> <p>○部拡大 マストホイストドラム部</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ワイヤロープのゆるみ</p> <p>乱巻き防止ローラ</p> <p>ワイヤークランプ</p> <p>乱巻き防止ローラに抑えられている範囲</p> <p>乱巻き防止ローラに抑えられていない範囲（使用範囲外）</p> <p>発生メカニズム</p> </div> <div style="font-size: small;"> <p>①過剰な巻下げ ↓ ②ワイヤロープにゆるみ発生 ↓ ③ロープがローラに抑えられている範囲は、ドラム回転時にワイヤロープが滑り（空回り）する。 ↓ ④ローラに抑えられていない範囲は、ドラム回転時にワイヤロープにゆるみが発生する。</p> </div> </div>
<p>原因</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ マストの過剰な巻下げによりワイヤロープが緩み、乱巻が発生。 ✓ ワイヤロープに乱巻きが発生した状態で巻き上げ操作を行ったことにより、乱巻き防止ローラの支柱にワイヤロープが挟まった。
<p>対応</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ワイヤロープの交換を準備中 ✓ 乱巻き発生の再発防止対策を検討中
<p>備考</p>	<p>マストワイヤロープは二重化されており、燃料取扱い中に燃料を落下させないように設計されている。</p>

4. マストワイヤーロープ予備品選定の考え方 (パーツリストからの選定) **TEPCO**

- 燃料取扱設備（補助設備を含む）を構成する全ての部品リストにて、マストワイヤーロープは抽出済み。
- マストワイヤーロープは、予備品の選定時に当社既設燃料取扱設備の実績を踏まえ、故障リスクが低いと判断※1し、予備品として準備していなかった。

※1：マストの使用頻度及び使用期間並びに既設燃料交換機の実績（共用プールのマストワイヤーロープは交換後、700回以上、燃料移動を実施したが、異常は確認されていない。）から摩耗の可能性が低いと判断

予備品の選定フロー



※2：燃料取出しに影響があるもので故障のリスクとして、下記項目に1つでも該当するもの

- ・可動部、摺動部があり、摩耗により設備機能への影響はあるか
- ・湿気の影響をうけるか
- ・基板はあるか

※3：予備品としないと判断した部品についても、発注先・常時在庫の有無等について整理を実施中

5. 予備品の手配状況

■ 予備品の手配状況

- リスクアセスメントに基づく予備品 (1) ➡ 納入済
- 安全点検等を受けて準備する予備品 (2) } ➡ 手配済
- 燃料取り出し工程に影響がある予備品 (3)
- 品質管理確認を踏まえて準備する予備品 (4)

主な予備品

		燃料取扱機	クレーン	吸引装置	ツール類	水圧ユニット	遠隔監視装置
(1)	リスクアセスメントに基づき準備する予備品	マストモータ テンシルトラスベアリング	ブリッジモータ 主巻ギア式LS	水中ポンプ, フィルタ 電源ケーブル センサーケーブル	輸送容器蓋締付装置 用トルクモータ 水圧ホース 制御ケーブル, ITV	水圧ユニット冷却ファン 用ポンプ 圧力センサー 水圧ユニット用モータ	光集約ケーブル スイッチ
(2)	安全点検等を受けて準備する予備品	制御盤電気部品 (インバータ含む)	制御盤電気部品 (インバータ含む)	-	制御盤電気部品	水圧ホース 水圧ホース治具	データ伝送PC ヒューズ
(3)	燃料取り出し工程に影響がある予備品	マストベアリング マスト水圧モータ	制御盤ブレーカ リレー	-	燃料掴み具LS	方向制御弁	-
(4)	品質管理確認を踏まえて準備する予備品	-	-	-	マニピュレータ, ITV Webカメラ	-	-

■ 納入に時間を要している理由と対策

- 予備品の購入は海外メーカーを経由する必要があるため、納期の確定等が出来ず契約が不調となっていた。
- 早期契約のため、国内メーカーが海外メーカーの知的財産を買取り、海外メーカーを通さない商流に変更。更に『海外メーカー特注品（知的財産有）』『海外メーカー汎用品（知的財産有）』『汎用品』に整理し、分割して発注。

■ 更なる納期短縮検討について

- 予備品対応チームを構築し、納期を短縮すべく以下の対応を実施している。
 - ✓ インターネットでの確認や当社商流ネットワークを使用した個別の確認・手配
 - ✓ 装置一式単位を部品単位として購入
 - ✓ 代替策、代替品及び、修理方法の検討

6. ガレキ撤去状況

■ ガレキ撤去の状況

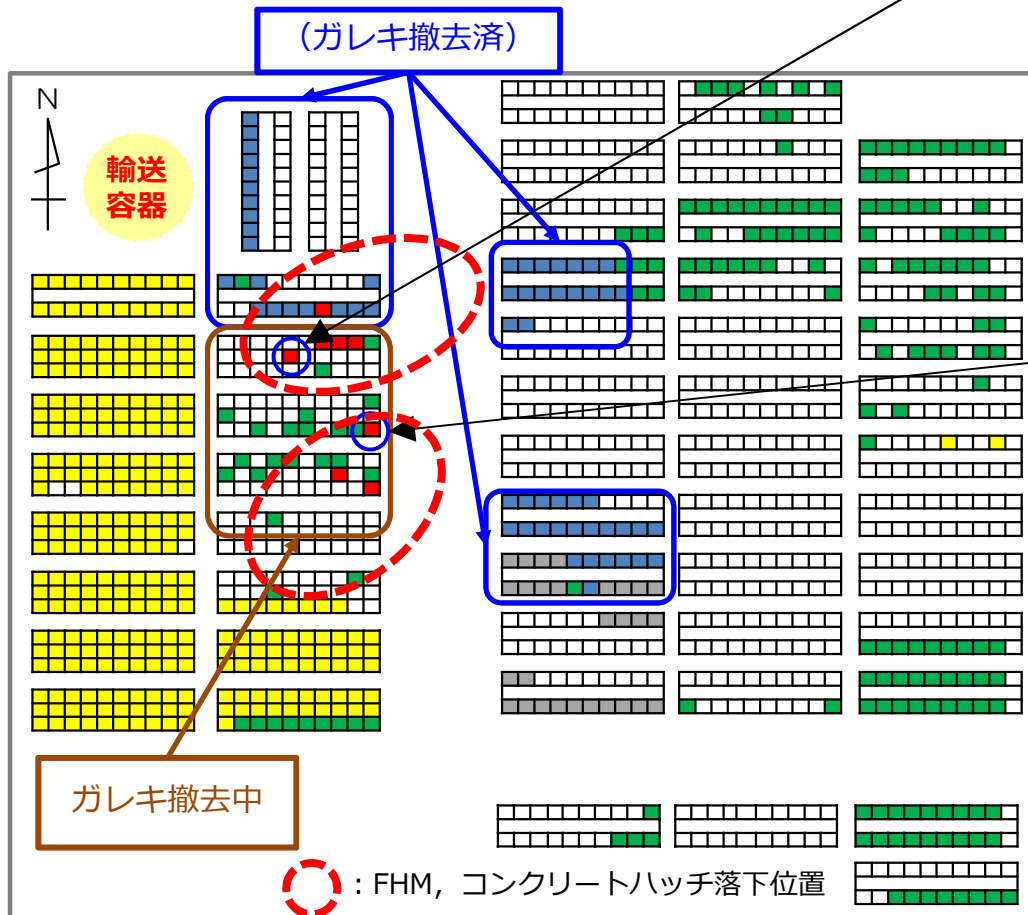
- ガレキ撤去再開（9/2）からハンドル目視確認済の燃料体数が109体進捗。
- ハンドルが変形した燃料を新たに2体確認。2015年に確認された6体を含め、これまで確認されたハンドル変形燃料は計8体。



新たに確認されたハンドル変形燃料



新たに確認されたハンドル変形燃料



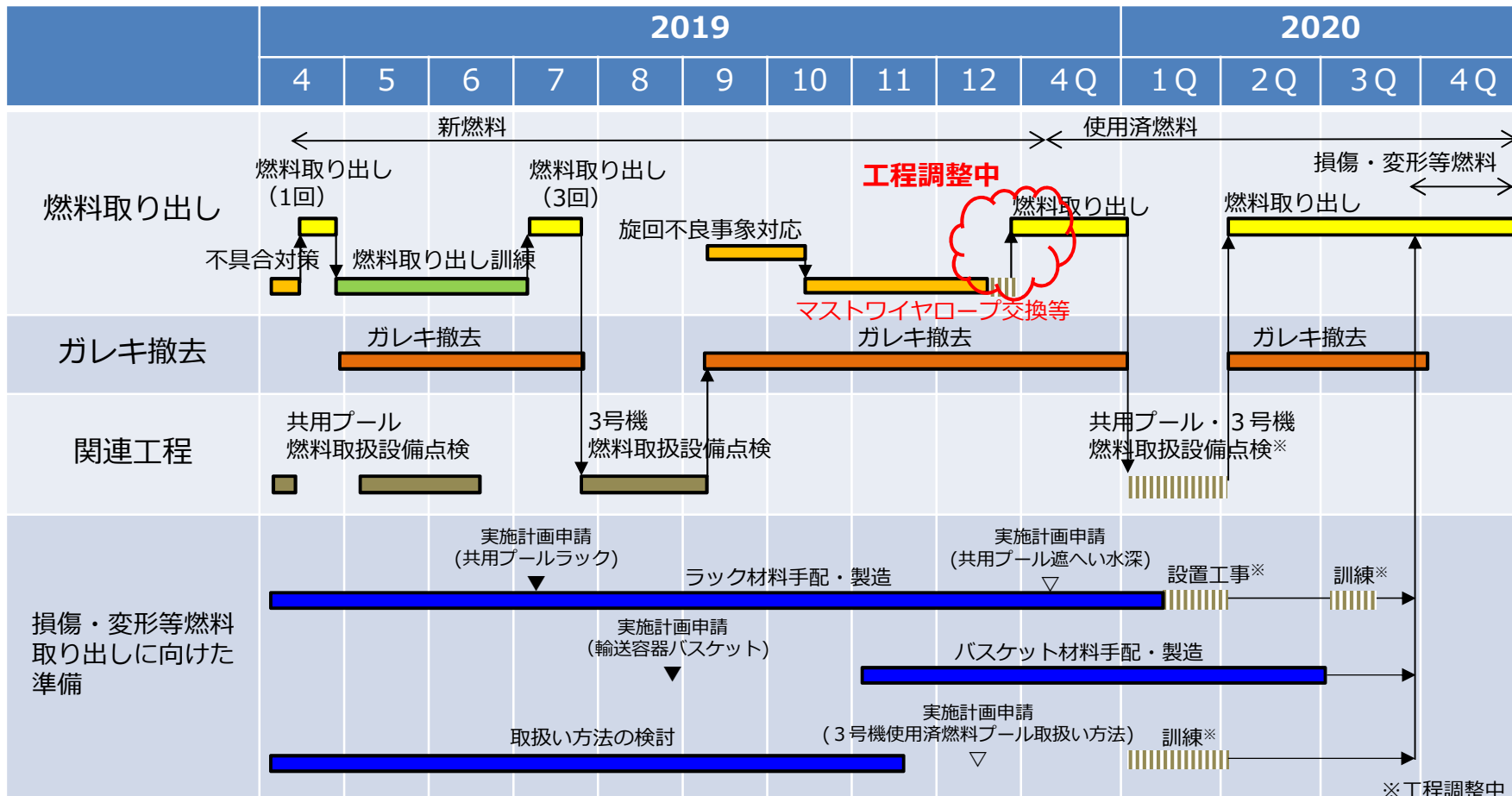
No	状態	体数	
①	■ : 取出済	28	
②	■ : ハンドル確認完了 ガレキ撤去完了 (燃料取出しが可能な状態)	60	
③	ハンドル 目視確認	■ : 明らかに変形無し	182
		■ : 明らかに変形確認	8
④	■ : ハンドル未確認	288	
⑤	合計	566	

7. 今後の取り出し計画



■ 今後の対応

- ▶ 10月30日よりガレキ撤去を先行で実施中。
- ▶ 燃料取り出し再開に向け、現在工程調整中。
- ▶ ガレキ撤去を先行で進めることにより、2020年度末の燃料取出完了を目指す。
- ▶ 引き続き、周辺環境のダスト濃度を監視しながら安全を最優先に作業を進めていく。



建屋滞留水処理の進捗状況について（案）

2019年11月14日

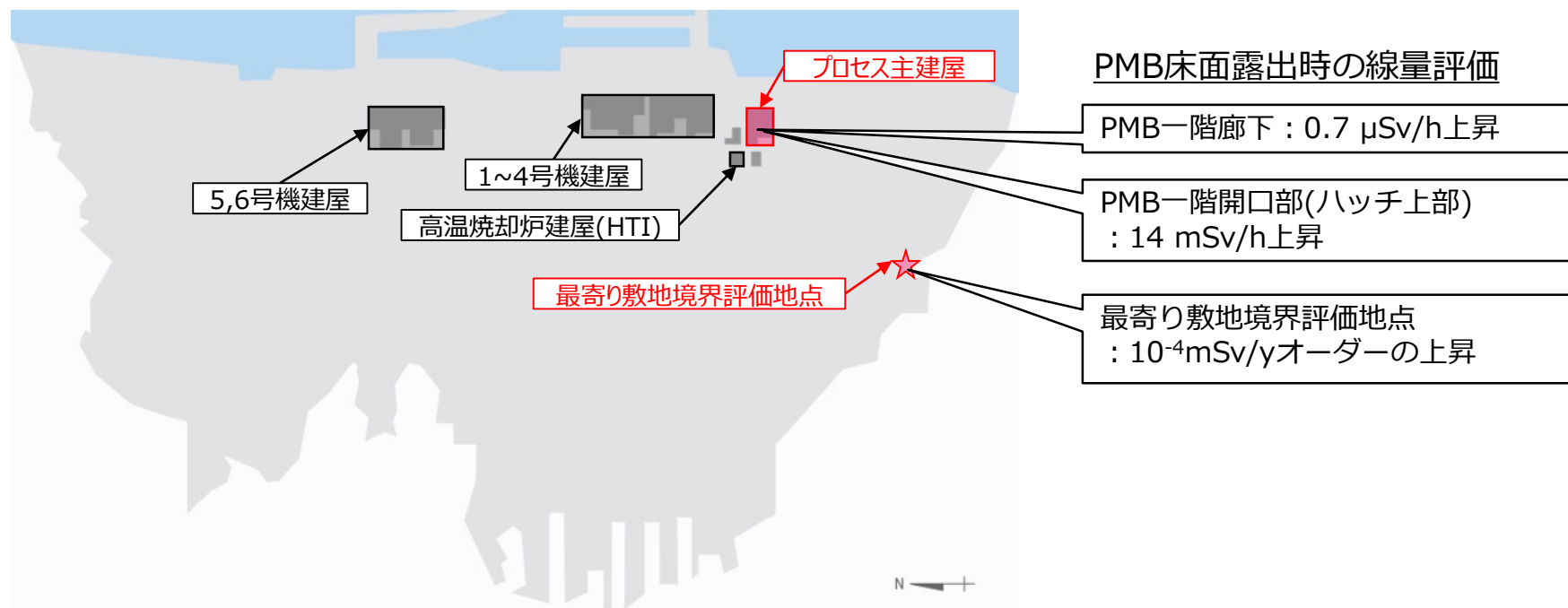


東京電力ホールディングス株式会社

- 循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋（R/B）以外の建屋の最下階床面を2020年までに露出させる計画。
 - プロセス主建屋（PMB）及び高温焼却炉建屋（HTI）地下階の高い線量率の主要因として考えられるゼオライト土嚢について、露出時の線量評価を実施し、敷地境界線量にはほとんど影響しないことを確認。
 - PMB及びHTI最下階のゼオライト土嚢について、対応方針を検討中。
 - 4号機については、4月下旬から他建屋より先行して水位低下を進めており、4号機T/B等の残水について、仮設ポンプによる移送準備を実施中。

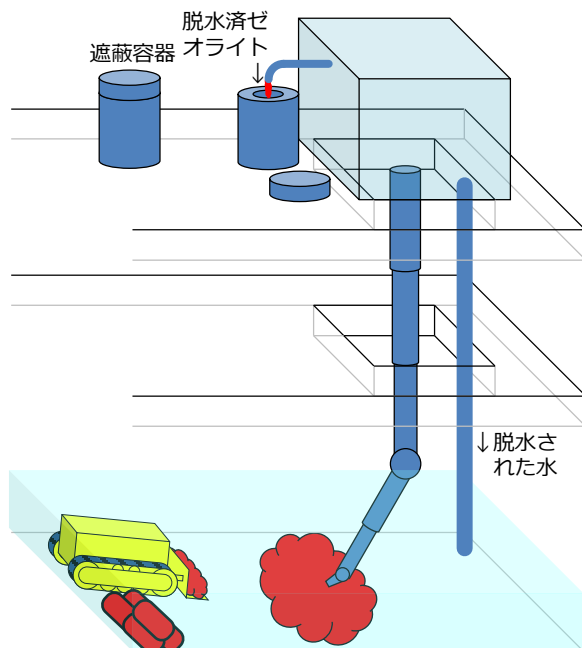
1-1. ゼオライト土嚢の影響評価

- PMB地下階のゼオライト土嚢が床面露出した際の地上階の開口部，最寄り敷地境界線における線量影響を評価。
 - 床面露出時，現在の線量に加え，1F開口部で14 mSv/h，1F廊下で0.7 μ Sv/h上昇。現在の開口部における線量率の実測値は11 mSv/h程度であることから，25 mSv/h程度まで上昇する可能性がある。
(2019/10/21 第75回監視・評価検討会 資料1-2 再掲)
 - 床面露出時，最寄り敷地境界線における線量率は現在の線量に加え， 10^{-4} mSv/yオーダーの増加であり，敷地境界線量にはほとんど影響はしないことを確認。
- 今後，HTIの水中調査の結果を踏まえ，線量影響評価を実施していく。また，ゼオライトサンプリングによる，床面露出時の線量率の再評価を実施していく。



1-2. ゼオライト安定化検討内容

- PMB及びHTI最下階の高い線量率の主要因と考えられるゼオライト土嚢について対応方針を検討中。
- 以下3案に加え、それぞれの組み合わせ等についても、実現可能性を含めて検討中。
 - ① 遠隔回収：ゼオライトを吸引回収し、容器等で保管
 - ② 遠隔集積：ゼオライトを地下階で集積し、容器等で地下階に仮保管
 - ③ 固化：ゼオライトをモルタル等で固化



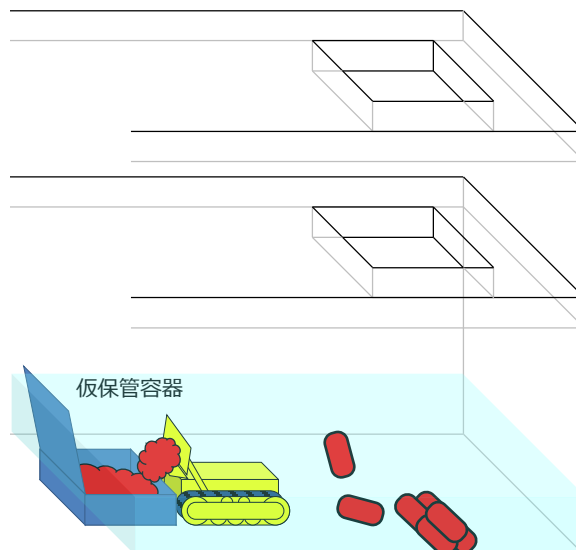
①遠隔回収

メリット

- ・追加の回収作業が無い

デメリット

- ・遮蔽容器保管場所の確保が必要
- ・回収設備が高線量となる



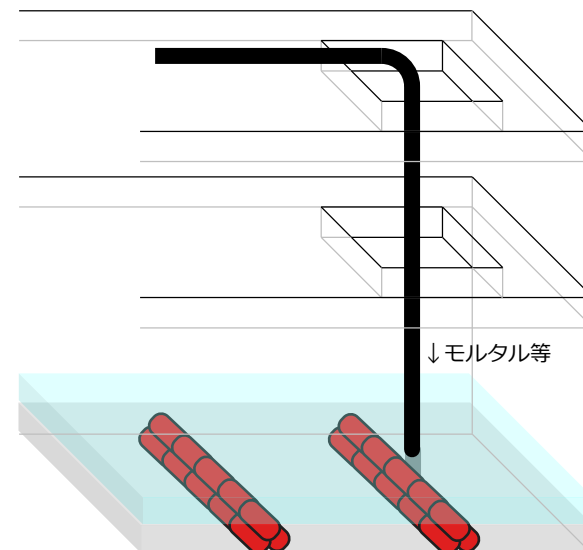
②遠隔集積

メリット

- ・当面の間の保管場所が確保できる

デメリット

- ・後で本格回収作業が必要



③固化

メリット

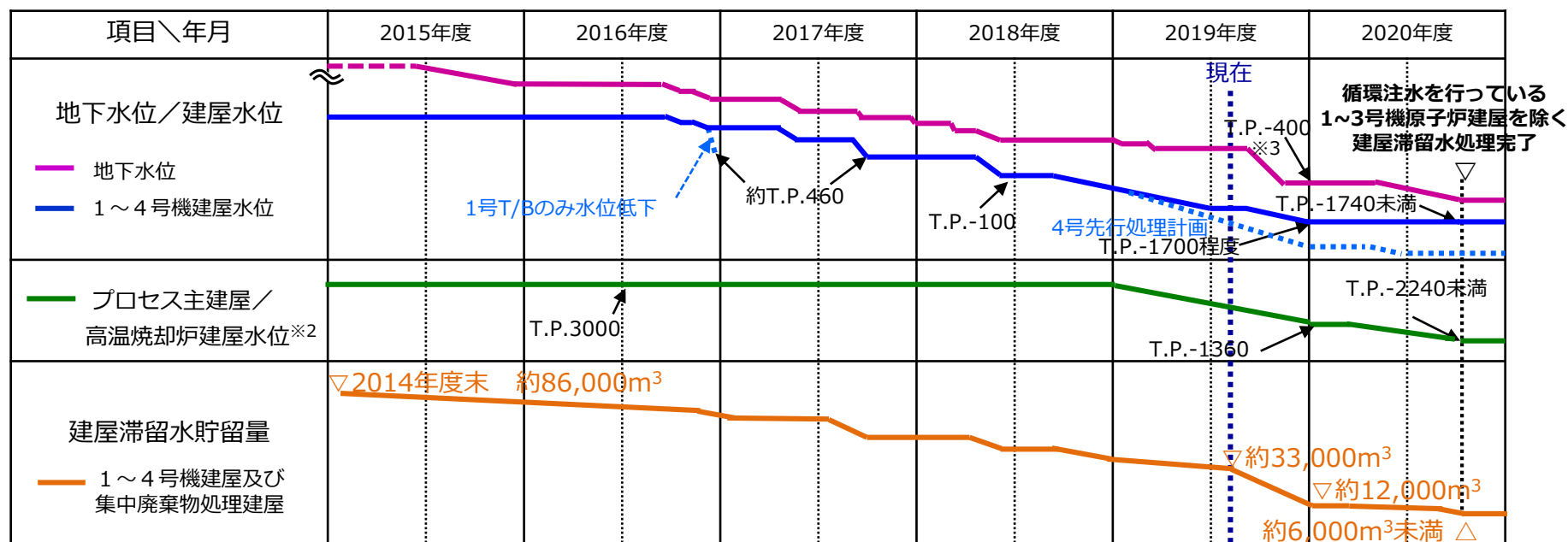
- ・早期に実現可能

デメリット

- ・後の本格回収が困難
- ・広範囲となり、充填が困難

2 今後の建屋滞留水処理計画

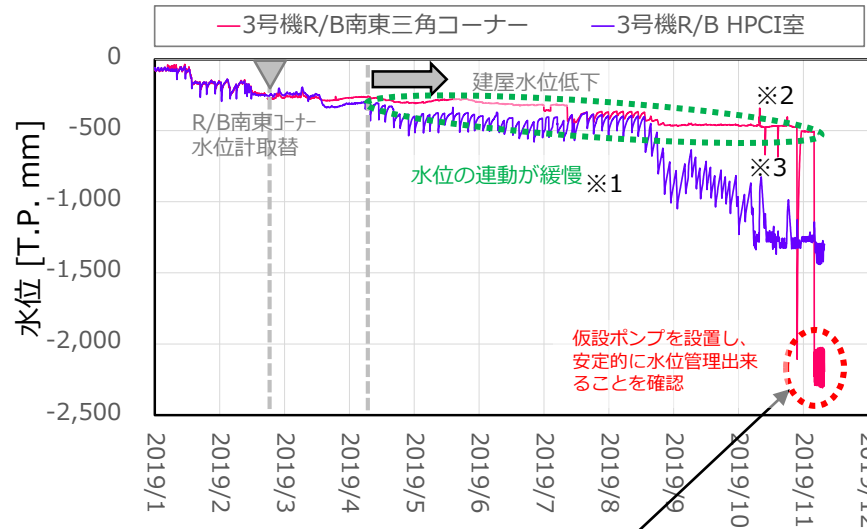
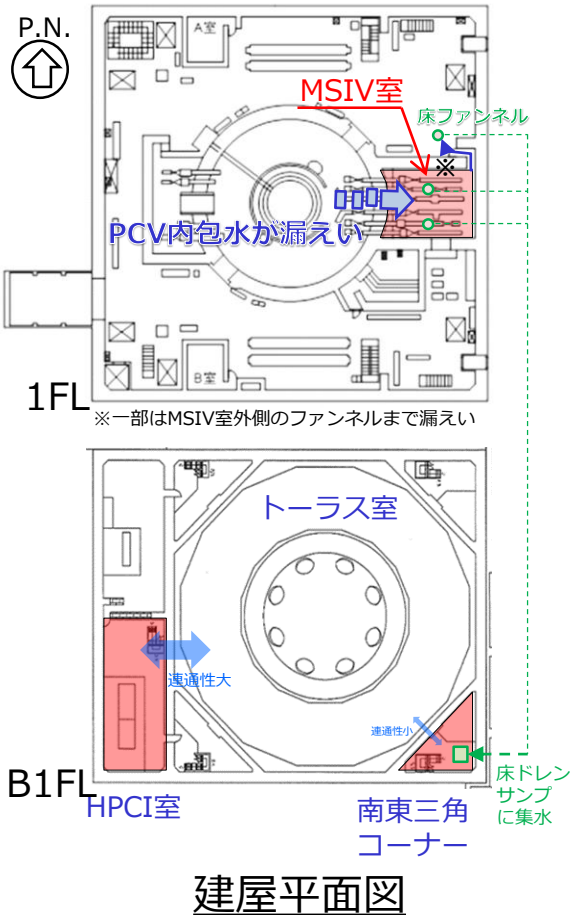
- 現在、建屋滞留水とサブドレンの水位差を広げた状態で滞留水処理を進めており、2020年内の循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋以外の建屋の最下階床面露出に向けて、今後も計画的に建屋滞留水処理を進めていく。
- 現状、地下水流入量が少ない4号機については、4月下旬から他建屋より先行して水位低下を進めており、全体として半年程度前倒して水位低下を進めている。4号機T/B等に残る残水についても、仮設ポンプによる移送準備を進めている。
 ステップ1：フランジ型タンク内のSr処理水を処理し、フランジ型タンクの漏えいリスクを低減。【完了】
 ステップ2：既設滞留水移送ポンプにて水位低下可能な範囲（T.P.-1,200程度まで）を可能な限り早期に処理。また、フランジ型タンク内のALPS処理水等も可能な限り早期に移送。
 ステップ3'：2～4号機R/Bの滞留水移送ポンプにて水位低下を行い、連通するT/B等の建屋水位を低下。連通しないC/B他については、仮設ポンプを用いた水抜きを実施。
 ステップ3：床ドレンサンプ等に新たなポンプを設置※1した後、床面露出するまで滞留水を処理し、循環注水を行っている1～3号機原子炉建屋以外の滞留水処理を完了。



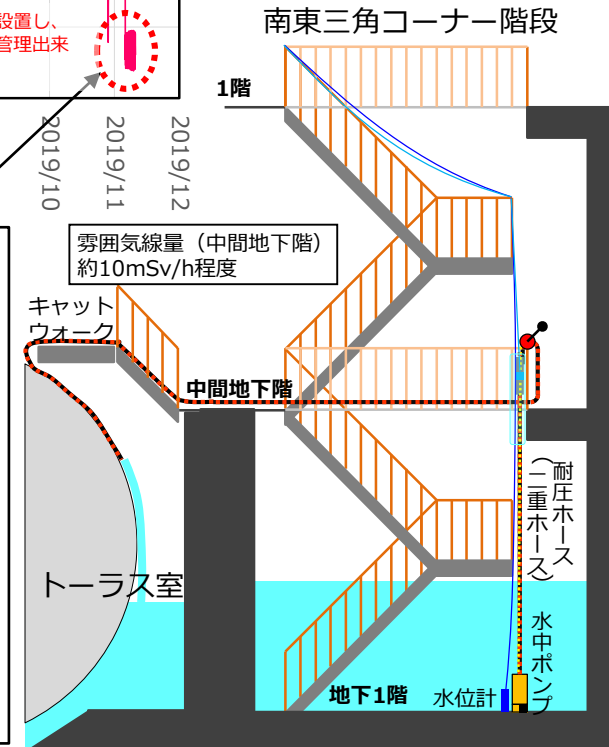
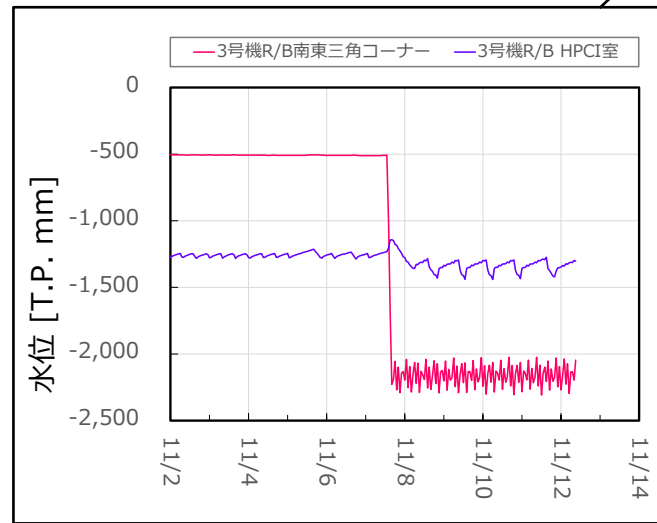
※1 現場の状況に応じて、真空ポンプ等を選択することも含め、検討していく。
 ※2 プロセス主建屋の水位を代表として表示。また、大雨時の一時貯留として運用しているため、降雨による一時的な変動あり。
 ※3 10/28のLCO逸脱事象（露出水位計エリアの水位上昇）の対応状況踏まえ、サブドレン水位低下を計画していく。

【参考】 3号機原子炉建屋 南東三角コーナーの排水について

- 水位低下が停滞した3号機R/B南東三角コーナーについて、2019年10月にトラス室への仮設排水設備を設置し、安定的に水位管理出来ることを確認。



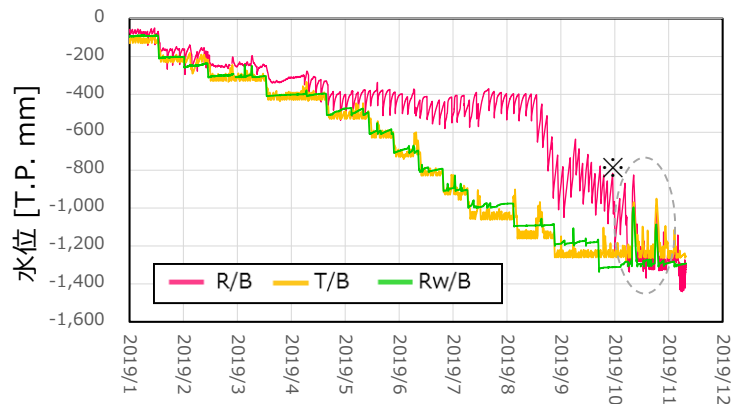
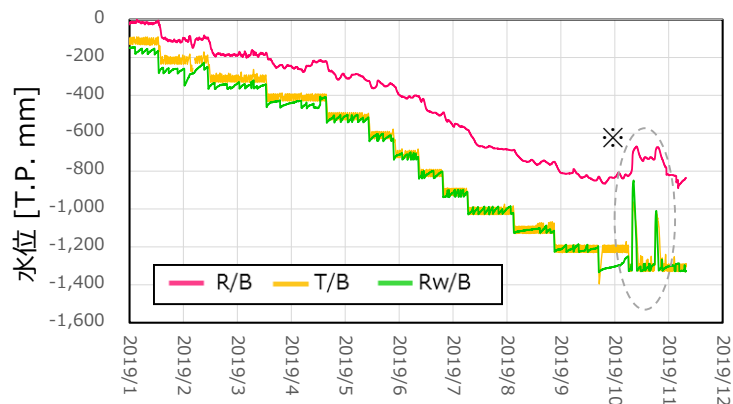
- ※1 原子炉注水量の変更により若干水位が変動
- ※2 台風19,21号による水位上昇
- ※3 仮設排水設備試運転による水位低下



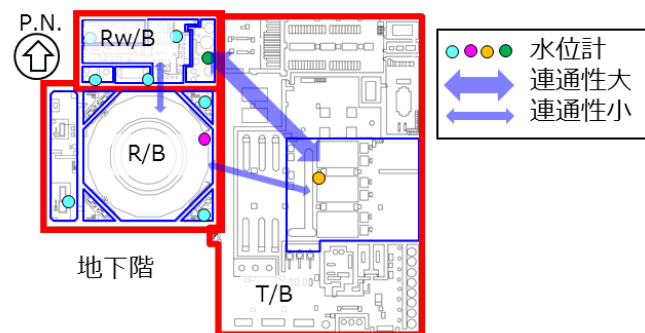
3号機R/B南東コーナー仮設排水設備の設置状況

【参考】2, 3号機の各建屋間の水位挙動について

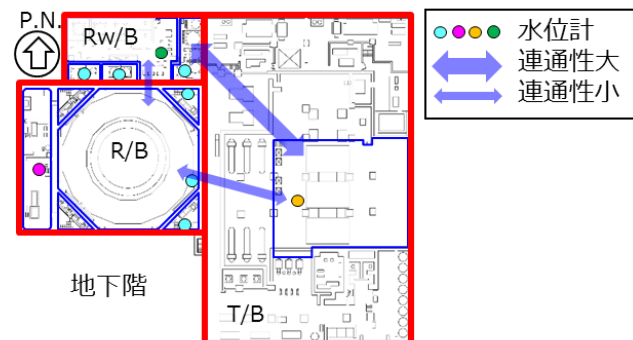
- 2, 3号機については, R/Bとその他の建屋間の連通が水位低下にあわせて小さくなりつつある状況
- 今後も連通状況を確認しつつ, 高い放射能濃度が確認されているR/Bの滞留水については, 水処理装置への影響を考慮しながら処理を実施
 - 3号機R/Bについては, 2019/8下旬より他建屋と同水位までの処理実施済
 - 2号機R/Bについては, 2019/11より滞留水移送を実施中
 - 過去の移送実績を元に試験移送を実施し, 移送先の水質影響評価を踏まえ, 順次移送量の増加を実施中



※ : 台風19,21号による水位上昇



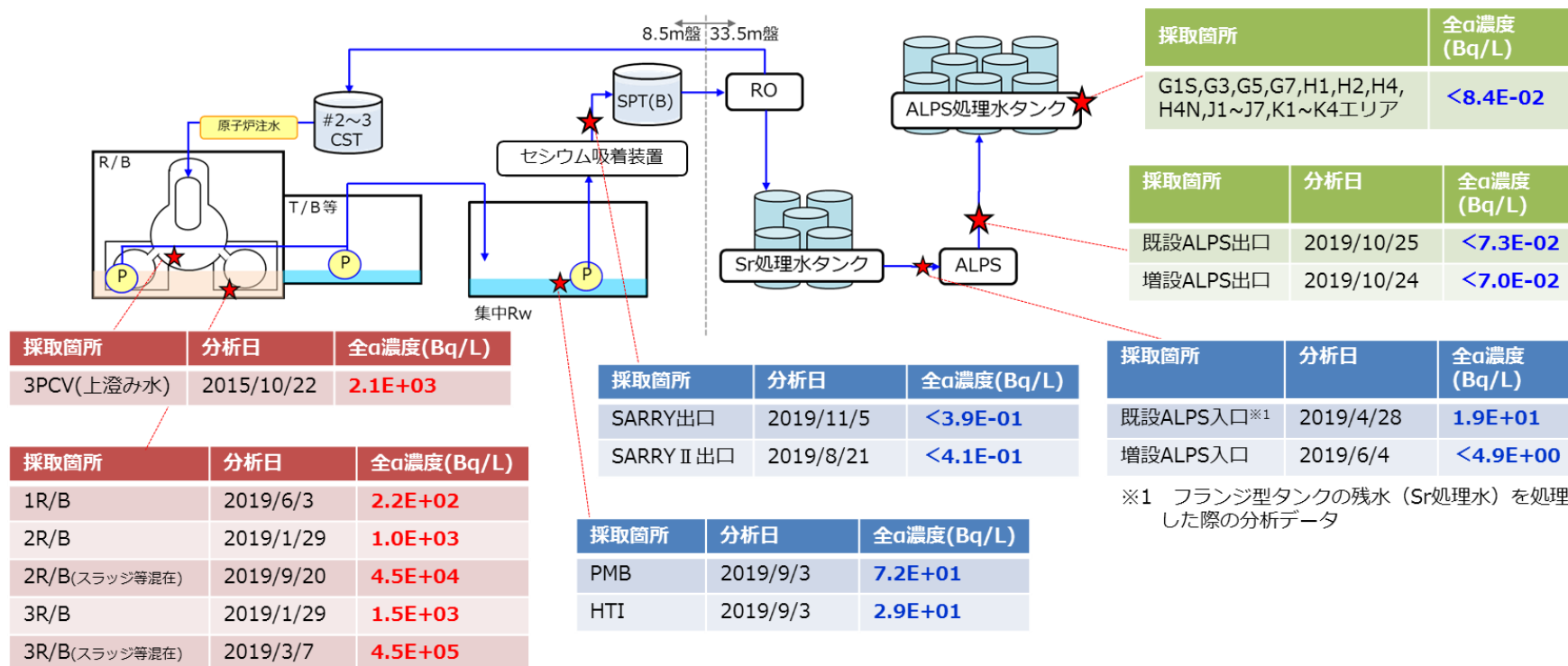
2号機の水位挙動と建屋平面図



3号機の水位挙動と建屋平面図

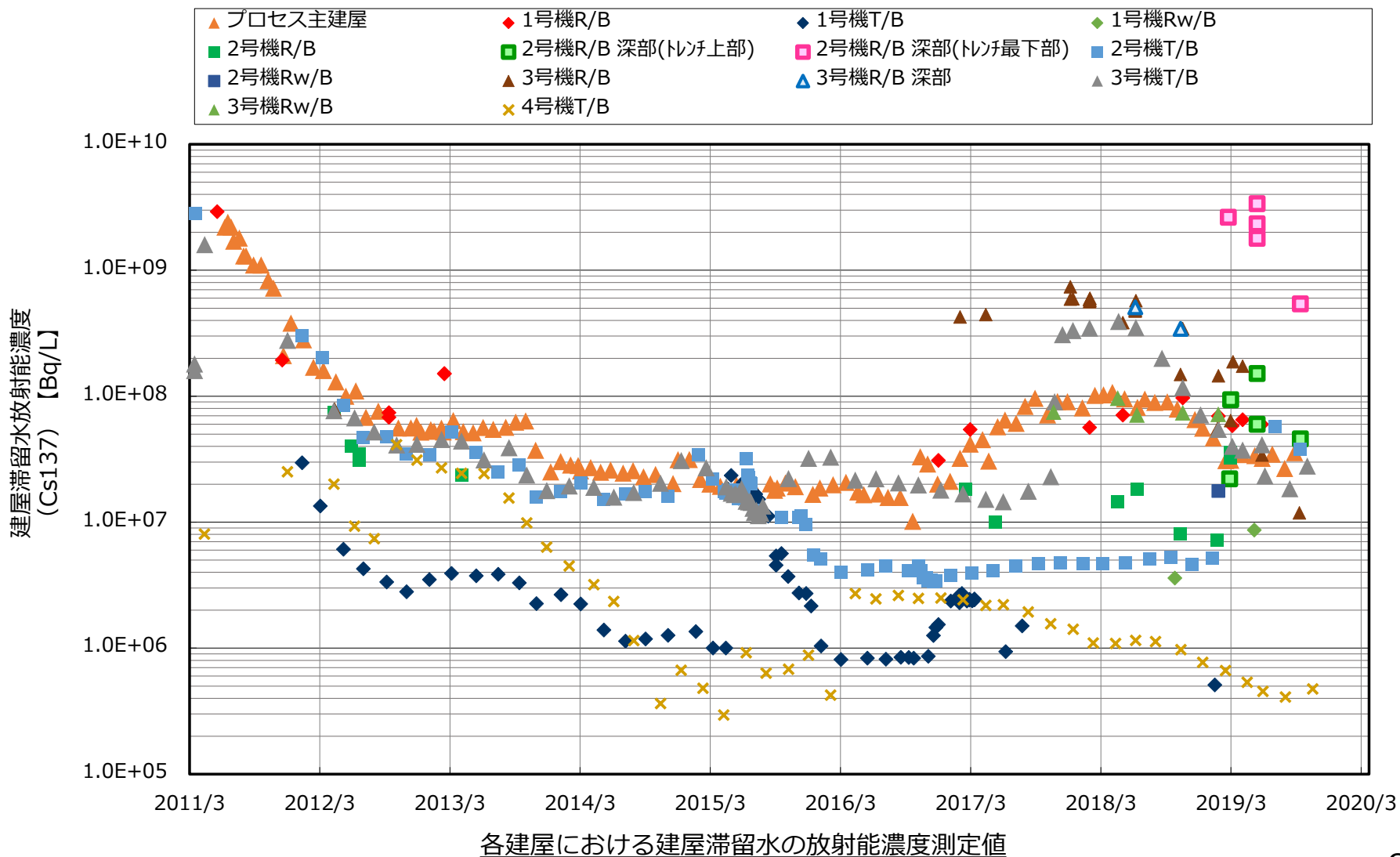
【参考】 滞留水のα核種分析結果

- 2,3号機R/Bの滞留水において、比較的高い全α（3乗Bq/Lオーダー）が検出されているものの、セシウム吸着装置入口では概ね検出下限値程度（1乗Bq/Lオーダー）であることを確認。
 - 渦巻き式ストレーナによる分離や建屋貯留時の沈降分離等による影響の可能性が考えられるものの、詳細評価中
- 今後、建屋滞留水水位をより低下させていくにあたり、R/B深部の滞留水を移送することにより、セシウム吸着装置入口の全α濃度が上昇する可能性があることから、比較的高い濃度のα核種を含む滞留水処理を円滑に進めるための調査、検討を実施中
 - 今後、α核種の性状分析等も進め、並行して、拡大防止策対策の検討も進めていく。
 - R/B滞留水について、移送先の全α濃度影響を踏まえ慎重に進めていく。



【参考】 1~4号機における建屋滞留水中の放射能濃度推移

以下に1~4号機における建屋滞留水中の放射能濃度推移を示す。



福島第一原子力発電所 1号機
オペレーティングフロアのカレキ撤去の進捗状況（案）

2019年11月14日

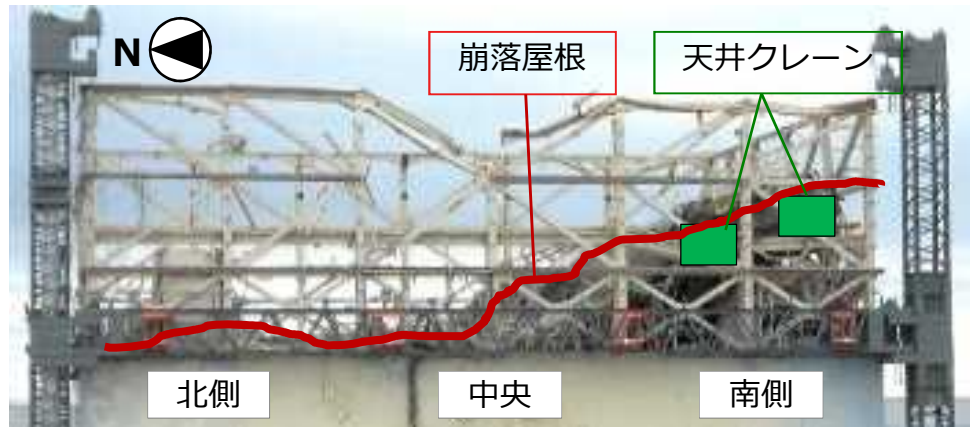
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. オペレーティングフロアのカレキ撤去の全体概要
2. 崩落屋根撤去の進捗状況
3. 崩落屋根下におけるSFP保護等に向けた取り組み
 - ・ Xブレースの撤去、機器ハッチの養生、使用済燃料プール周辺小カレキ撤去
4. SFP保護等の計画
 - ・ 使用済燃料プール養生
5. 作業工程

1-1. ガレキ撤去開始前のオペレーティングフロア状況（崩落屋根）

- 原子炉建屋の屋根は、水素爆発の影響によりオペレーティングフロア（以下、オペフロ）に落下し、北側はオペフロ床上に、南側は天井クレーンの上に落下。また、崩落屋根はつながった状態で、北側から南側に向かって隆起している状況。
- 崩落屋根は、ルーフブロック等、屋根スラブ、デッキプレート、屋根鉄骨が重なっている。

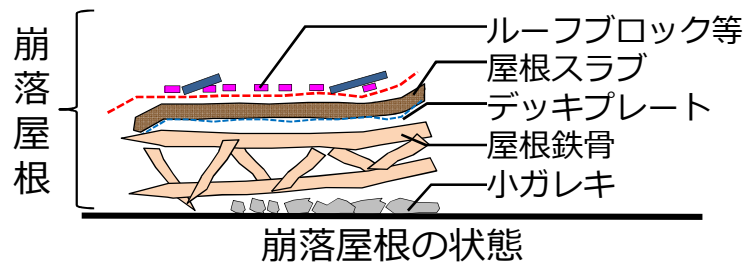


オペフロ上の崩落屋根状況（西面）

※防風フェンス取付前の写真を使用



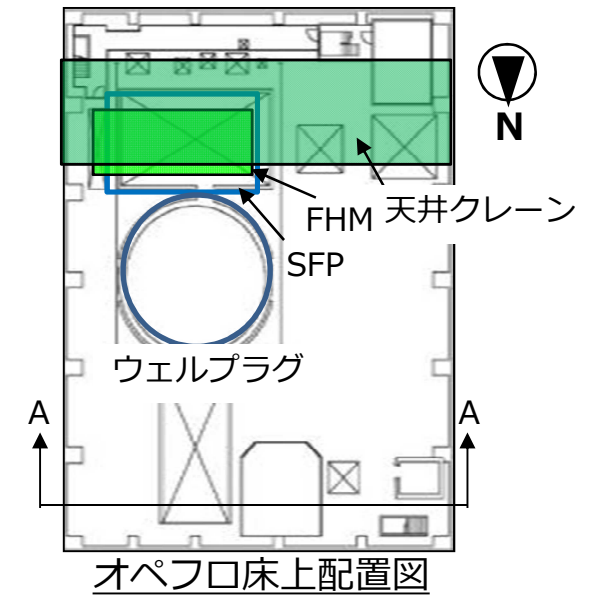
オペフロ上の崩落屋根状況（平面）



崩落屋根の状態

1-2. ガレキ撤去開始前のオペレーティングフロアの状況（崩落屋根下機器等） **TEPCO**

- オペフロ南側では、使用済燃料プール（以下、SFP）上に、燃料取扱機（以下、FHM）及び天井クレーンが配置されており、崩落屋根が天井クレーン上に落下している状況。
- 天井クレーンは、北側ガータが変形してFHMに接触しており、トロリが傾いている状況。
- FHMは、中央部および脚部の一部が変形している状況。



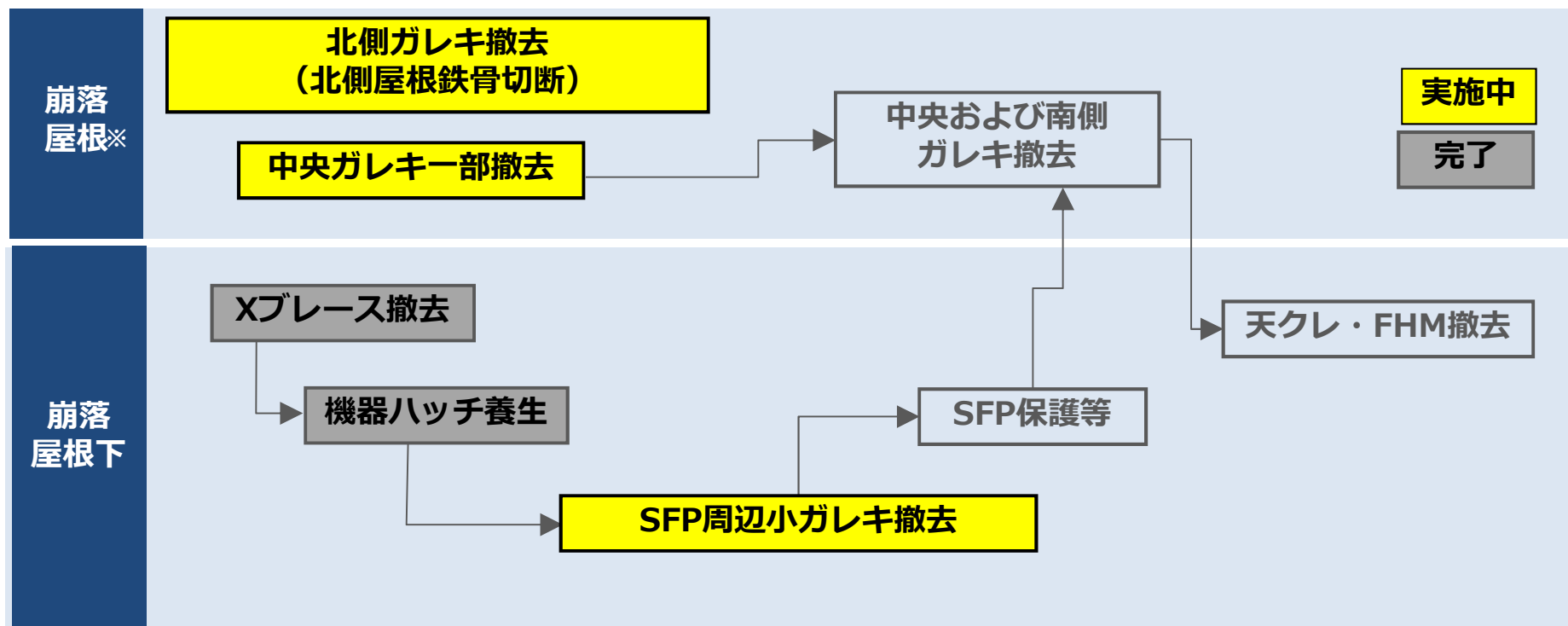
天井クレーン・FHMのイメージ図
(3Dスキャン結果と写真を基に作成、配置図A方向)



崩落屋根の状況

1-3. ガレキ撤去の全体概要

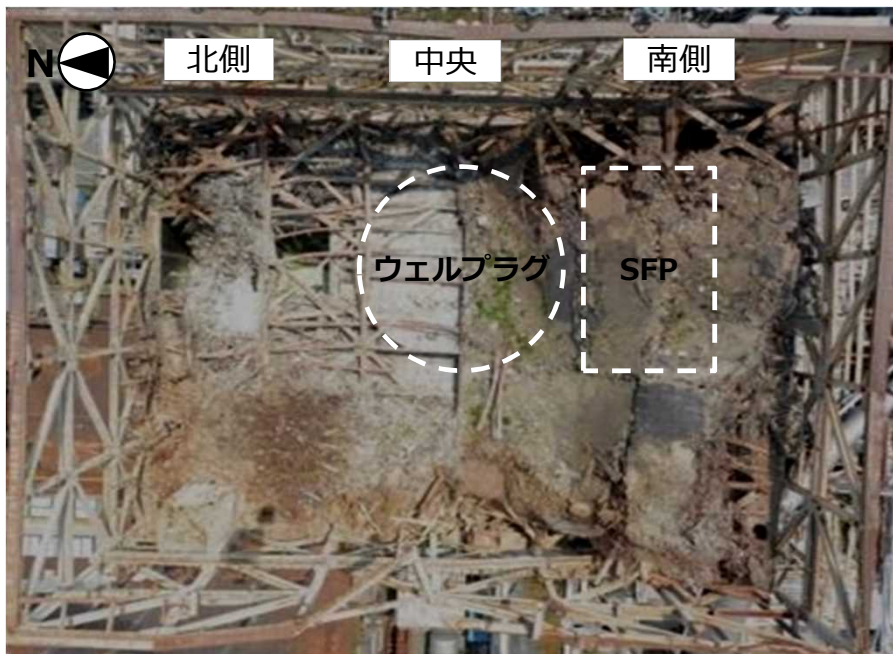
- 崩落屋根撤去は、2018年1月22日から開始。
- 崩落屋根下については、南側ガレキ撤去に際し、ガレキ等がSFPへ落下するリスクを可能な限り低減するため、SFP保護等を実施予定。
- SFP保護等は、作業床（設置済み）からアクセスを計画しており、ルート確保のため一部のXブレースを撤去する。SFP保護等、中央および南側ガレキ撤去以降については施工計画を策定中。



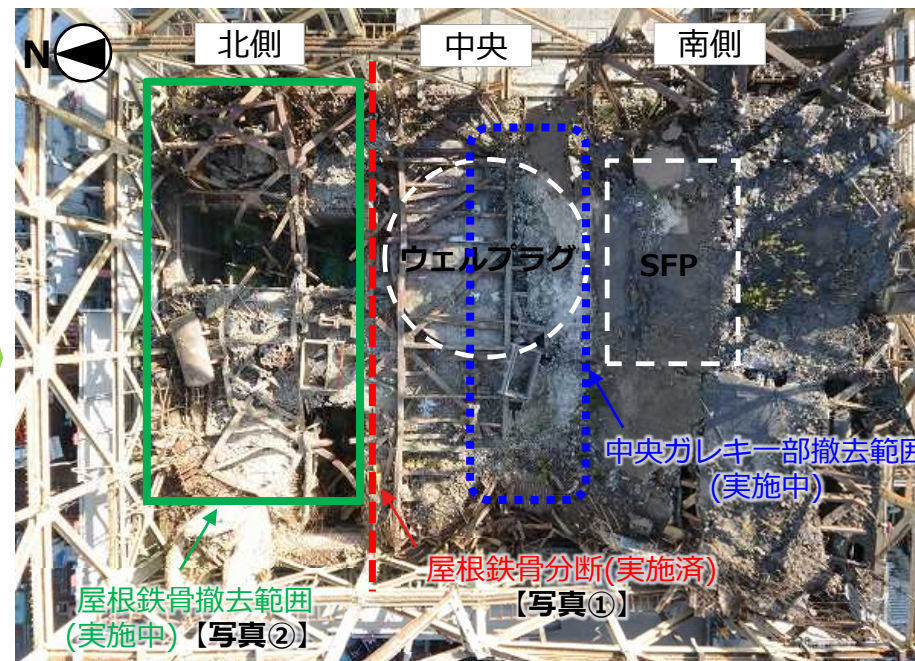
※原子炉建屋の屋根が水素爆発の影響により、繋がった状態でオペフロへ落下したものの

2. 崩落屋根撤去の進捗状況

- 北側では、屋根スラブ撤去及び北側と中央・南側との屋根鉄骨分断が完了。2019年9月より屋根鉄骨撤去を実施中。
- 中央では、屋根スラブ撤去を継続実施中。



ガレキ撤去前 (2017年6月時点)



現在 (2019年11月時点)



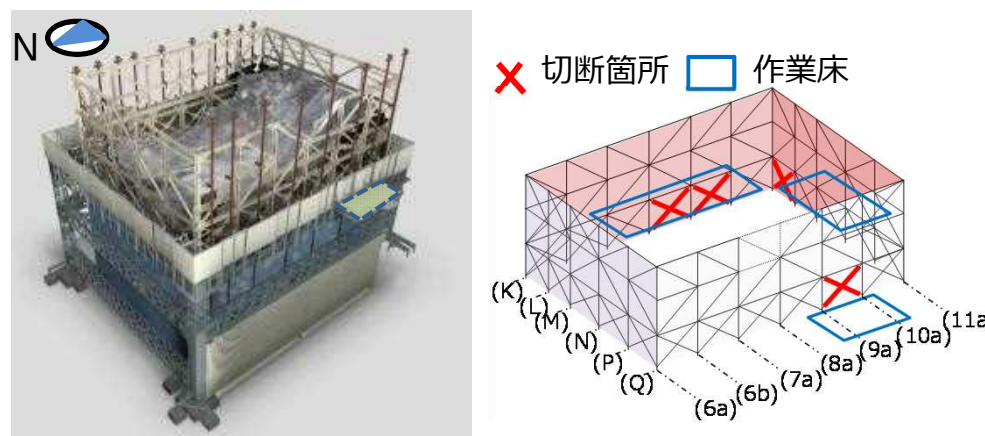
写真① 分断例 (左:分断前 右:分断後)



写真② 屋根鉄骨切断撤去状況

3-1. Xブレース撤去・機器ハッチ養生について

- Xブレース撤去は、SFP保護等の開始に向けて、SFP周辺にアクセスするルートを確認するために、西面1箇所・南面1箇所・東面2箇所、計4箇所の切断・撤去を実施。
- 2018年9月19日に開始し、12月20日に完了。
- 機器ハッチ養生は、西作業床からSFP周辺へのアクセスルートを確認すること、崩落屋根撤去時に小ガレキがオペフロから原子炉建屋1階に落下することを防止するために実施。
- 2019年3月6日に養生設置完了。



1号機原子炉建屋の外観イメージ



撤去後の南面 (11月21日)



撤去後の東面1 (12月7日)



撤去後の東面2 (12月20日)



撤去後の西面、養生設置後 (3月6日)

3-2. SFP周辺東側・南側小ガレキ撤去の進捗状況

- 2019年3月18日から崩落屋根下の東側エリアにおいて、SFP周辺小ガレキ撤去作業を開始し、大半の小ガレキ撤去が完了している状況。
- 2019年7月9日から南側エリアの小ガレキ撤去を実施中。



東側エリア

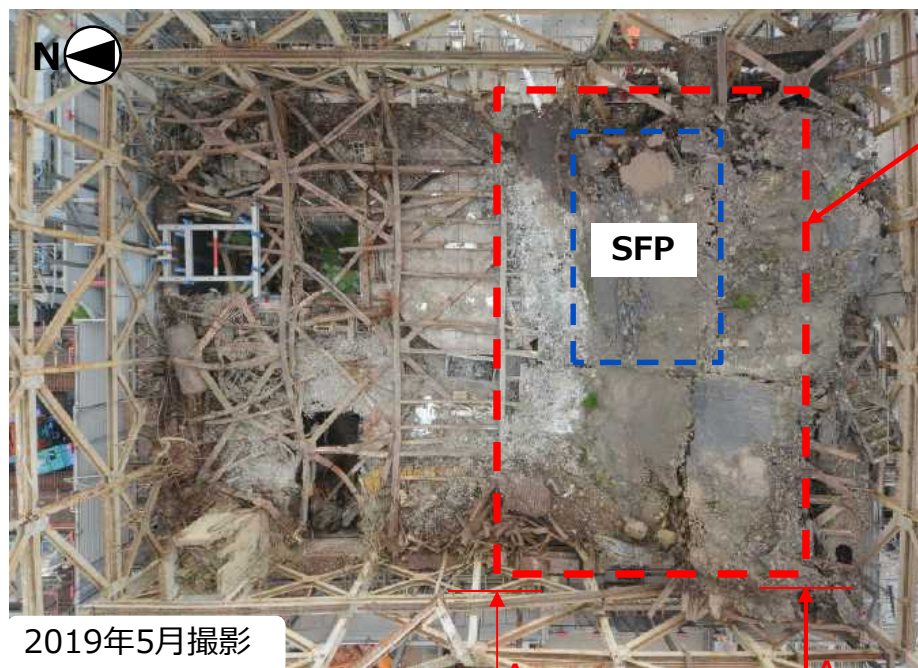


南側エリア



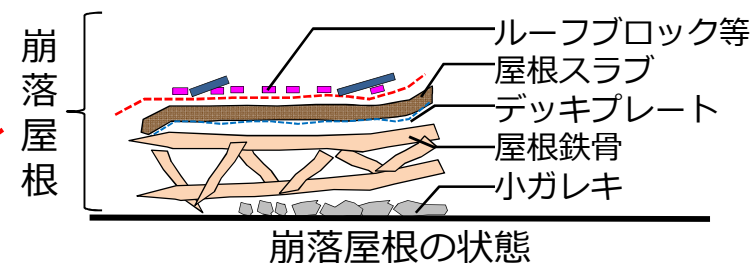
4-1. SFP保護等（SFP養生）の目的

- 崩落屋根の撤去作業では、屋根鉄骨・ガレキ等がSFPに落下した際に燃料等の健全性に影響を与えるリスクが考えられる。このため、SFP上に養生を実施することにより、可能な限りリスク低減を図る。
- なお、屋根鉄骨・小ガレキ等が落下してSFP内にある全燃料の損傷を想定した場合においても、周辺公衆に与える影響は小さいことを確認。

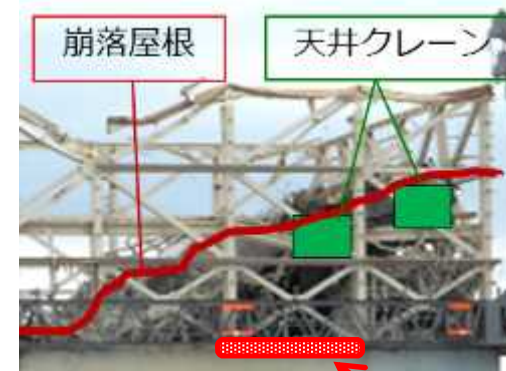


2019年5月撮影

オペレーティングフロア平面図



崩落屋根の状態

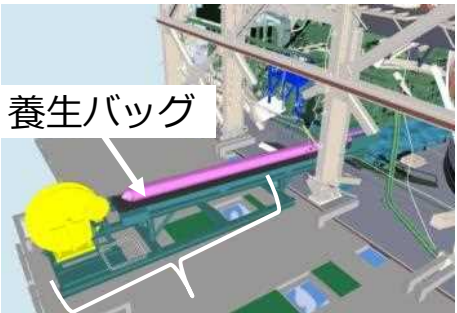
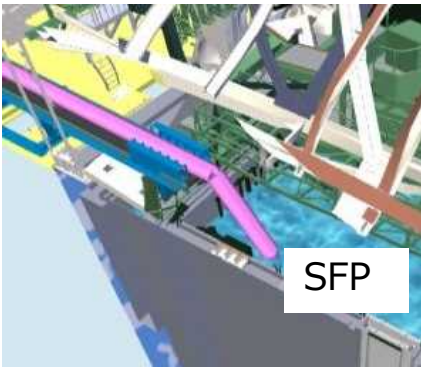
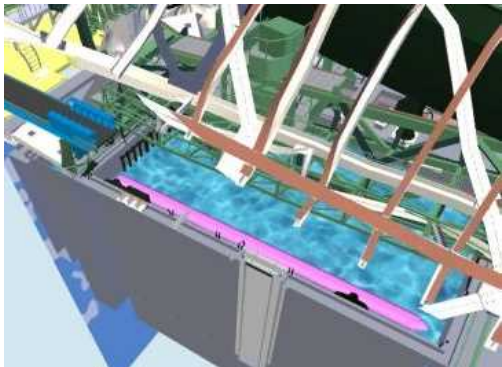
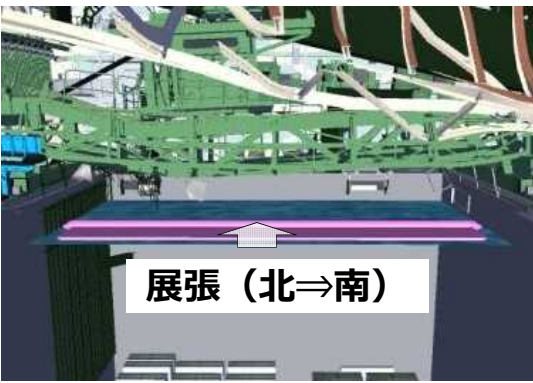
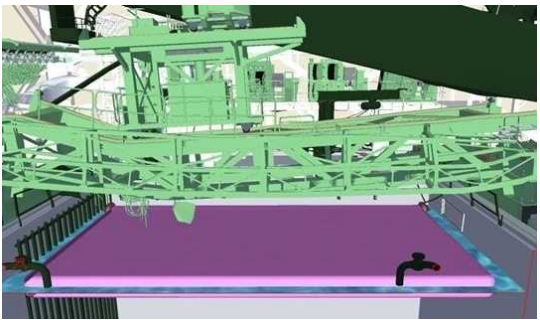
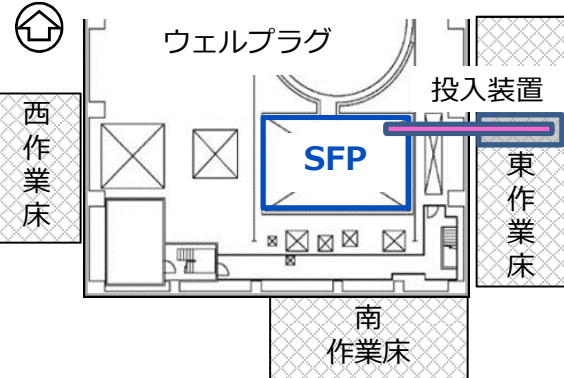


A-A矢視

SFP養生

4-2. SFP養生の設置イメージ

- 原子炉建屋東側に設置した作業床に養生バッグ投入装置を設置し、巻物状にした養生バッグをSFPに投入（①～③）。投入完了後に養生バッグを空気で展張させ（④）、展張後にエアモルタルを注入して設置完了（⑤）。

①養生バッグ設置	②バッグ投入（開始）	③バッグ投入（完了）
 <p>養生バッグ</p> <p>バッグ投入装置（東作業床）</p>	 <p>SFP</p>	
④バッグ展張	⑤エアモルタル注入・設置完了	配置イメージ
 <p>展張（北⇒南）</p>		 <p>ウェルプラグ</p> <p>投入装置</p> <p>SFP</p> <p>西作業床</p> <p>東作業床</p> <p>南作業床</p>

4-3. SFP養生範囲について

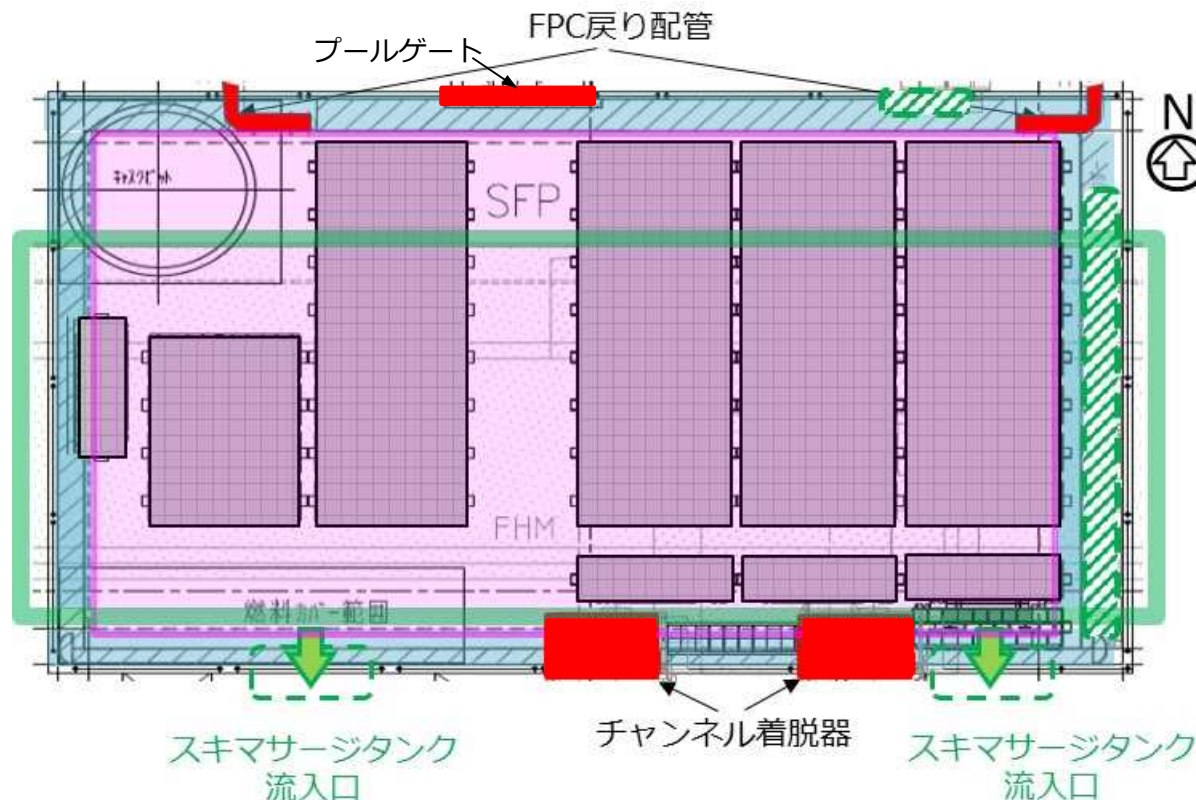
- SFP養生は、プール内側に張り出す構造物、展張の作業性および燃料の健全性確保の観点から、下図に示す範囲で設置する。
- スキマサージタンク流入口は南側に2箇所存在するが、養生バッグが流入口を塞ぐことはなく、SFP冷却機能に影響はない。
- SFP養生範囲外に位置する燃料ラックには、燃料は収納されていない。

- : 高強度繊維
- : ゴムライニング
(モルタルの漏えい防止)
(紫外線対策)
- : エアマット (展張用)
- : エアモルタル (浮力確保)



養生バッグ概略構造 (断面)

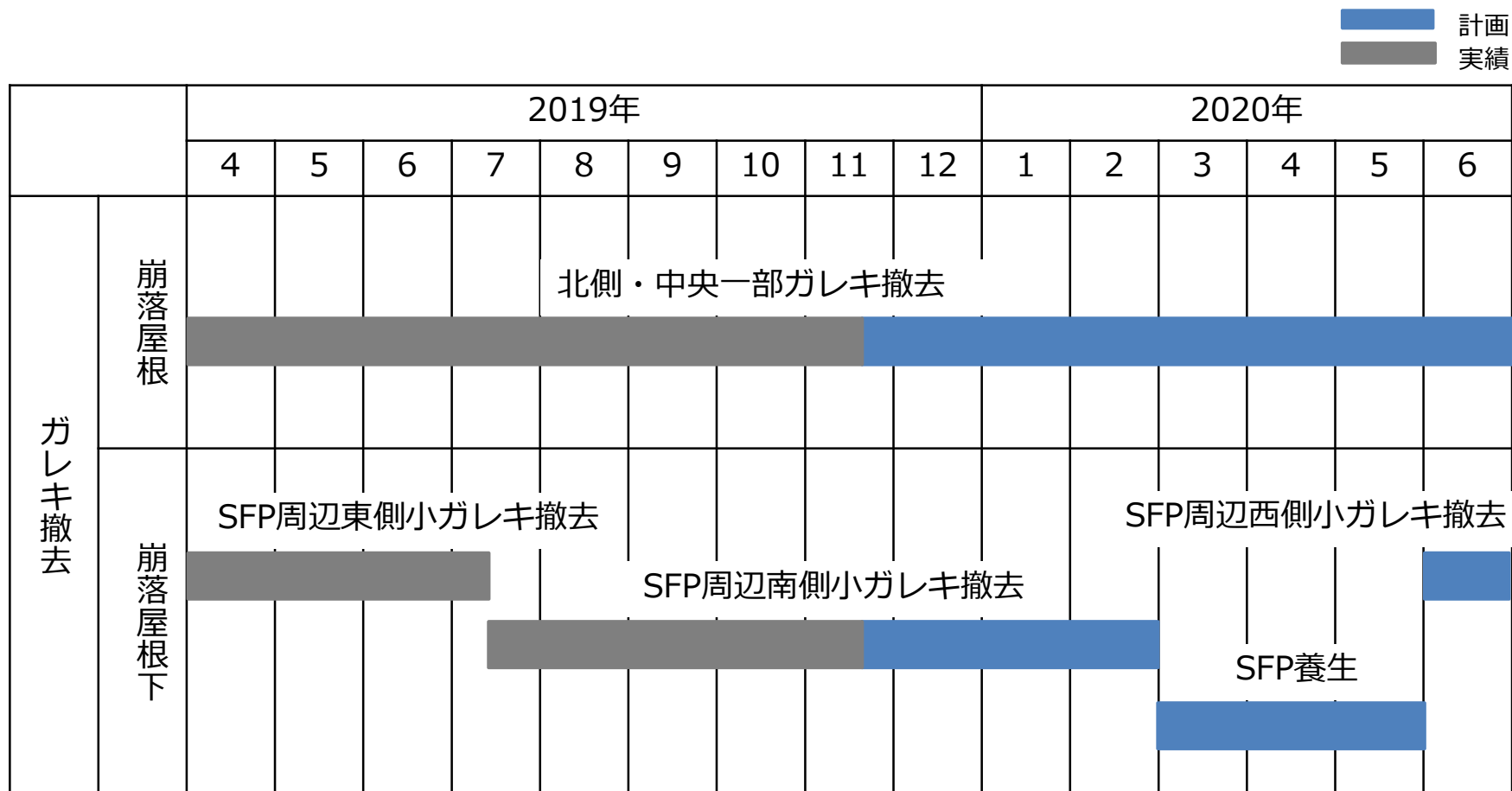
- : SFP養生バッグ
- : SFP水面露出部
- : CRハンガー
- : FHM
- : 燃料ラック



- ※FPC戻り配管 : 使用済燃料プール冷却系統のうち冷却水をプールに戻す配管
- ※チャンネル着脱器 : SFPで燃料にチャンネルボックス (燃料集合体に取り付ける四角い筒状の金属製の覆いのこと) の取付け・取外しを行う装置
- ※スキマサージタンク流入口 : 燃料プール水の冷却浄化のために、燃料プールの上澄み水が流れ込む
- ※エアモルタル : 構成材料 (セメント材+水+空気)

5. 作業工程

- 崩落屋根については、北側・中央一部ガレキ撤去を継続し、崩落屋根下についても、SFP養生に向けて、SFP周辺南側小ガレキ撤去を継続していく。
- SFP養生に際しては、事前にトレーニングを行い、万全な体制を整えた上で作業を進める。
- 継続的に現場調査等を実施し、安全を最優先に工事計画、工程の検討及び作業を進めて行く。

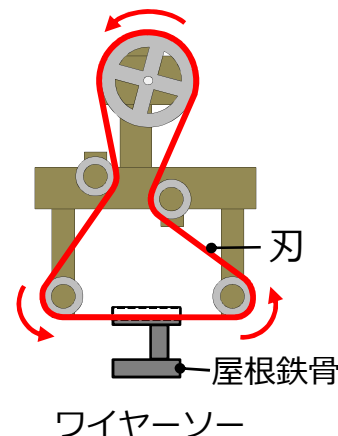


以下、参考資料

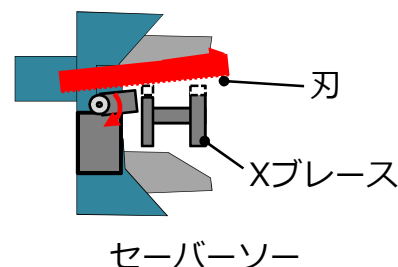
【参考】各撤去対象物に用いる装置・工法

■ 撤去作業は対象物に応じて適切な装置・工法を用いて行う。

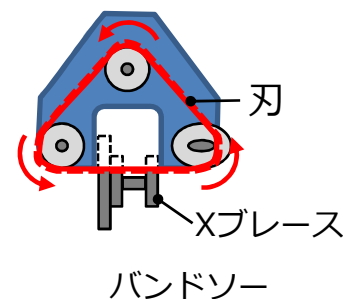
	装置	工法	撤去対象物
崩落屋根	吸引装置	吸引	<ul style="list-style-type: none"> ・ルーフブロック等 ・屋根スラブ ・小ガレキ等
	ペンチ	把持	<ul style="list-style-type: none"> ・デッキプレート ・屋根スラブ ・小ガレキ等
	カッター	切断 把持	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根鉄骨等
	ワイヤーソー	切断	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根鉄骨
Xブレース	セーバーソー	切断	<ul style="list-style-type: none"> ・Xブレース
	バンドソー	切断	<ul style="list-style-type: none"> ・Xブレース



吸引装置



ペンチ



カッター

【参考】 SFP周辺小ガレキ撤去について

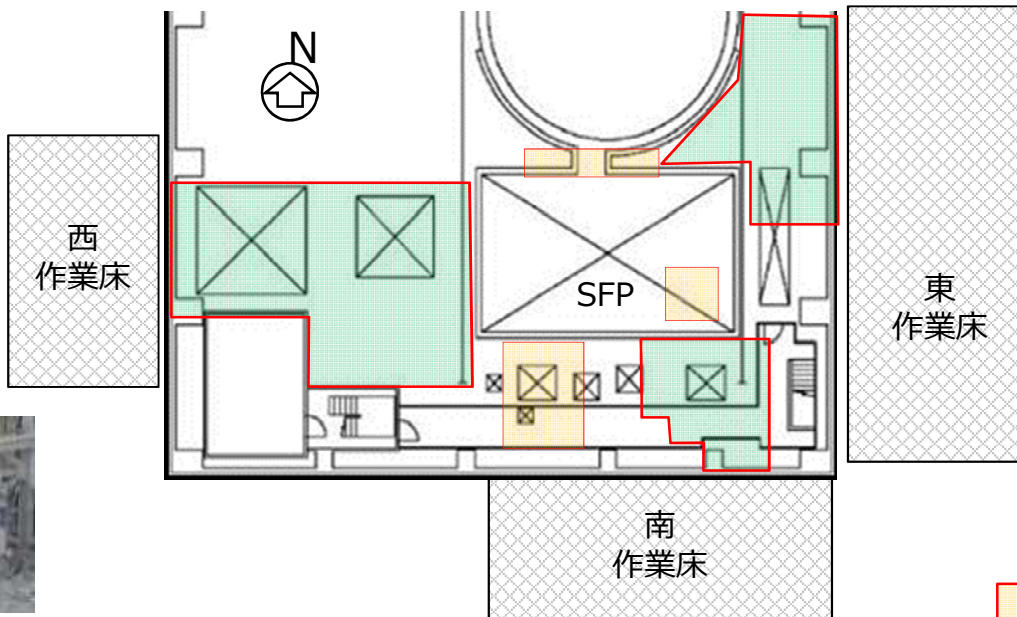
- 遠隔操作重機を各作業床からオペフロ上にアクセスさせて、SFP保護等の作業に支障となるSFP周辺床面上の小ガレキ撤去を実施。



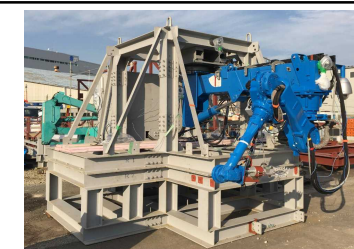
ペンチ



吸引装置



マルチハンドブームロボット



クレーン式六軸ロボット

で記載する範囲での主な使用機器



ZAXIS75
(単腕遠隔重機)



ZAXIS17
(単腕遠隔重機)



ASTACO-SoRa
(双腕遠隔重機)

で記載する範囲での主な使用機器

【参考】作業に伴う放射性物質の飛散抑制策

- 崩落屋根上、下のガレキに対し、月1回の頻度で飛散防止剤を散布（定期散布）し、ダストを固着し、飛散を抑制する。
- ダスト飛散リスクのさらなる低減のため、防風フェンスを設置。（2017年12月完了）
- 万一、警報が発報した場合に緊急散水を行うための散水設備を設置。（2016年6月完了）
- なお、作業に伴う敷地境界での線量が、「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」で求められている敷地境界線量 1 mSv/年未満と比較して、十分小さな値であることを確認している。
- また、作業に伴う放射性物質の放出率が、モニタリングポスト近傍に設置されたダストモニタの警報設定値（ $1 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ ）を超えない範囲であることを確認している。

目的	ダストの飛散抑制		風の流入抑制	ダスト飛散の抑制
方法	飛散防止剤散布		防風フェンス	緊急散水
頻度	1回/月		—	警報発報時
イメージ				<p>2016年6月撮影</p>






【参考】ダスト飛散抑制策（SFP周辺小ガレキ撤去時）

【飛散防止剤】

- 作業前は、飛散防止剤の定期散布により、ダストが固着されている状態である。また、作業で新たに露出した作業範囲に対し、飛散防止剤を散布することで、オペフロ面は常にダストが固着されている状態にする。

【撤去工法】

- ガレキ撤去は、ダスト発生を抑えることに配慮し、吸引、すくい、剥離、切断、把持で行う。
- 作業時は、局所散水装置を用いて作業エリアを湿潤状態に保ちながら小ガレキ撤去を行う。

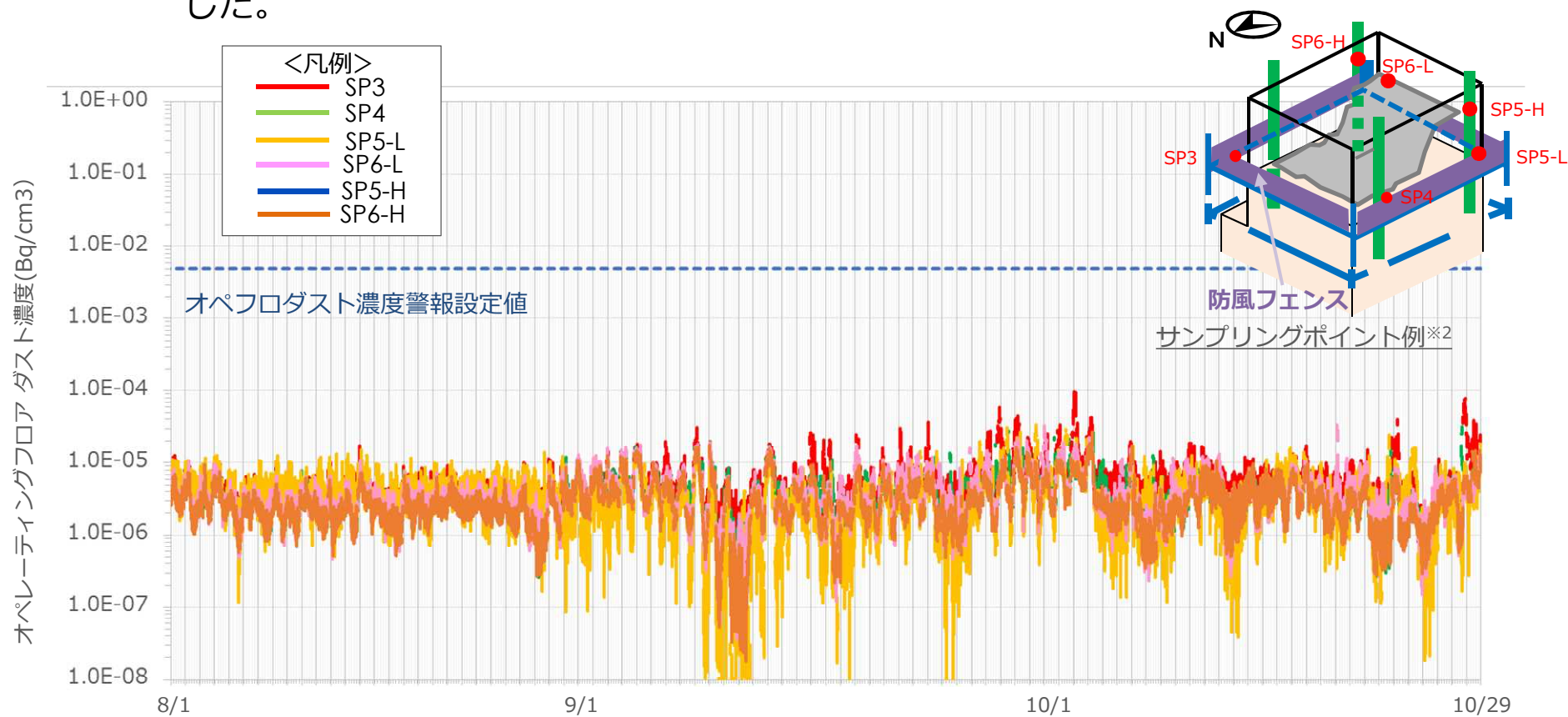
撤去対象	SFP周辺小ガレキ（床面）				
	コンクリート片・金属ガラ等			ケーブル類・手摺等	
主な撤去機器	吸引装置（置型）	バケット	スクレーパー	カッターディスク	グラップルつかみ治具
撤去方法	吸引	すくい	剥離	切断	把持
外観					

【参考】オペレーティングフロアの空气中的放射性物質濃度

- オペレーティングフロアに設置した連続ダストモニタで測定した。

2019年8月1日～2019年10月29日の「空气中的放射性物質濃度」を以下のグラフに示す。

- オペフロのダスト濃度に有意な変化はなく、空气中的放射性物質濃度は、オペレーティングフロアダスト濃度警報設定値※¹ ($5.0 \times 10^{-3} \text{Bq/cm}^3$) に対し低い値で推移した。



※¹ 敷地境界モニタリングポスト近傍のダストモニタ警報値より設定した公衆被ばくに影響を与えないように設定した値

※² サンプリングポイントは、防風フェンスが取外されている間、近傍のダスト鉄骨に切り替えられている

■ 養生バッグ寸法

幅(m)	長さ(m)	高さ(m)
約11	約6	約0.5

体積：L 6m×W 11m×H 0.5m=33(m³)



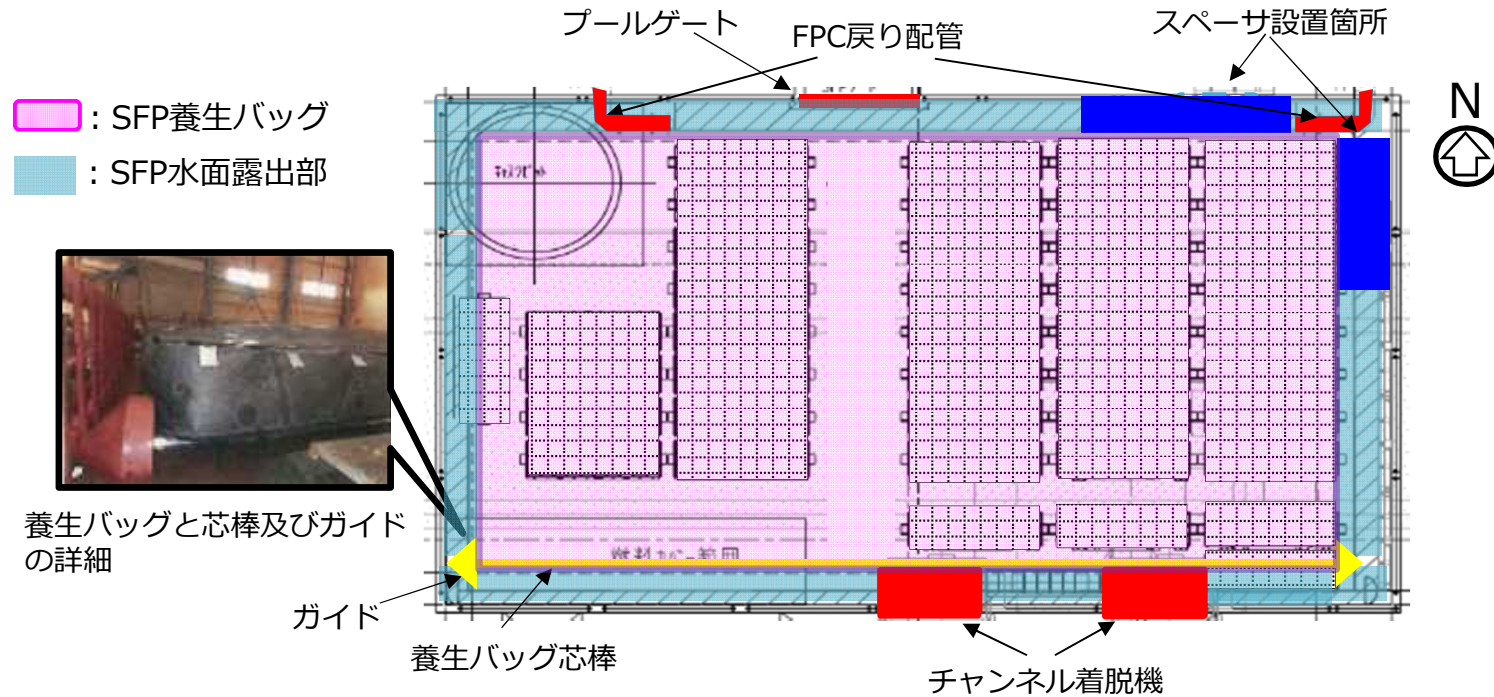
養生バッグ概略構造（断面）

■ 養生バッグ特徴

- ・ 高強度繊維を3層に重ねた袋状の内部にエアモルタルを注入し、SFP水面上に浮く構造。
- ・ 養生バッグ上面には、強度を担保できるように高強度繊維を6層に重ねた保護シートを設置する。

【参考】養生バッグの固定方法

- 養生バッグは、水面に浮遊する構造である事から、SFP内に保管中の燃料上面を保護できる位置に係留する必要がある。
- 養生バッグに係留させるため、プール壁面と養生バッグの間にスペーサを設置する計画である。
- SFP養生バッグ範囲から外れる位置に燃料は収納されていない。



- 南北方向の固定：北側にスペーサを設置して、養生バッグをチャンネル着脱機機器フレームに接触させる。
- 東西方向の固定：東側にスペーサを設置して、養生バッグの芯棒及びガイドをプール西壁と接触させる。

【参考】 SFP養生バッグ設置作業モックアップ試験

- 投入作業性試験：投入装置を用いて養生バッグを模擬プールに投入(①～③)
- 展張試験：養生バッグを模擬プールに投入しエアにより展張(④,⑤)
- 充填試験：養生バッグを展張させた状態からエアモルタルを充填(⑥)

①養生バッグ投入



②バッグ着水



③バッグ投入完了



④IAによる展張開始



⑤展張完了



⑥IAモルタル注入後



- 原子炉建屋屋根ガレキ撤去中に、ガレキが燃料上に落下した場合の影響評価した結果、敷地境界外の実効線量は下表の通りであり、本事象による周辺公衆に与える放射線被ばくのリスクは小さい。

表：使用済燃料プール内がれき落下時の実効線量※

	実効線量 (小児) [mSv]	実効線量 (成人) [mSv]	評価条件
1号	約 4.8×10^{-2}	約 4.8×10^{-2}	破損体数をSFP内に保管されている全数とする (392体)
3号 (参考)	約 1.5×10^{-1}	約 1.5×10^{-1}	破損体数をSFP内に保管されている全数とする (566体)

※希ガス及びよう素の放出量より評価

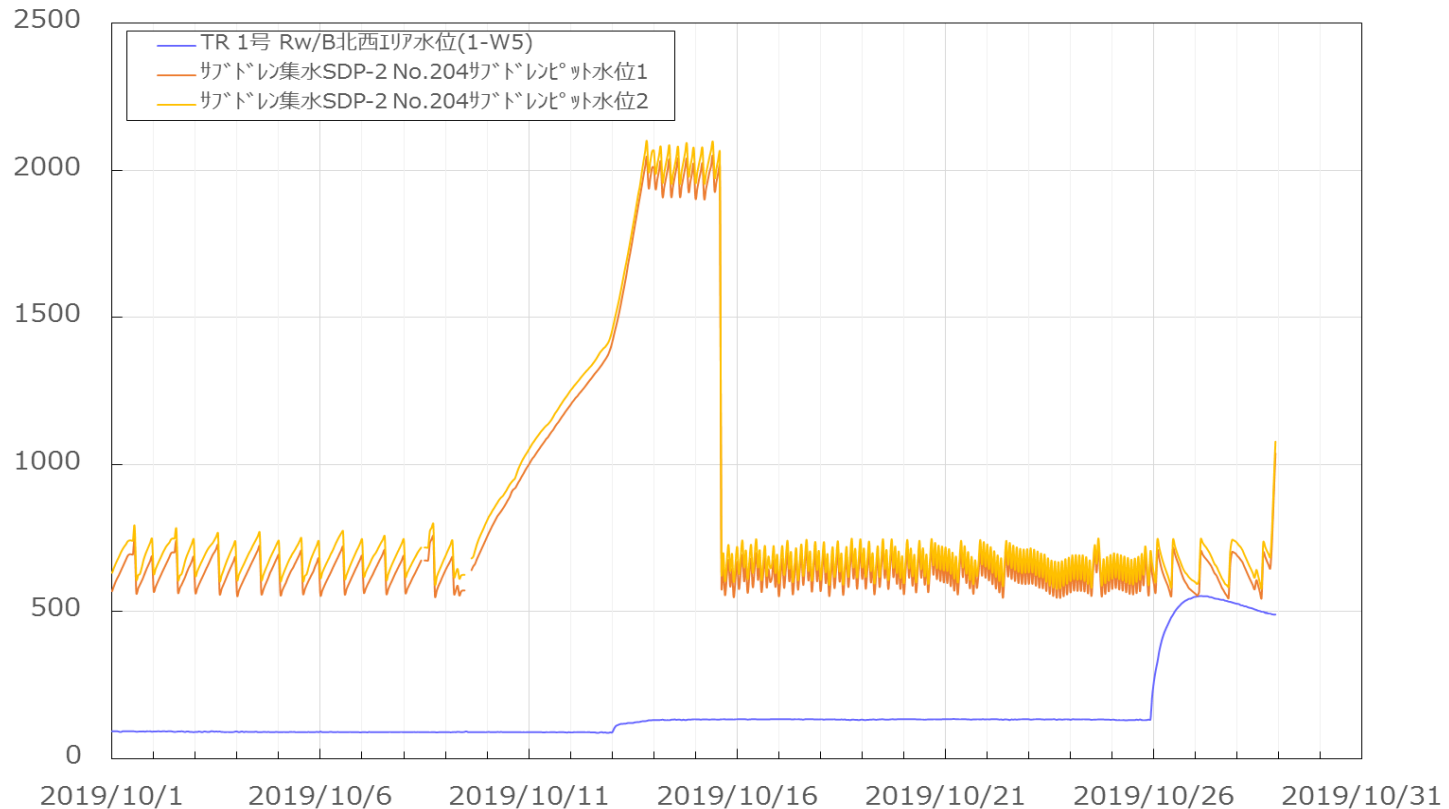
露出水位計の指示値上昇について【LCO逸脱事象】（案）

2019年11月14日

東京電力ホールディングス株式会社

1. 事象概要

- 2019/10/25の大雨時における建屋流入量実績を評価するため、2019/10/28に各エリアの水位トレンドを確認していたところ、1号機Rw/B北西エリア水位計（1-W5）の指示が、上昇をしていることを確認。（下表、青線）
- 当該建屋の比較対象サブドレン水位との水位差が400mm以下であることを確認したことから、実施計画第Ⅲ章第26条の運転上の制限（LCO）を満足できないと判断し、2019/10/28 19:23 LCO逸脱を判断。
- なお、当該水位計は、2018/9以降、露出水位計と判断したことから、監視対象外（運用停止）とし、警報回路も除外していた。
- その後、類似の水位計についても水位トレンドを確認したところ、2か所の水位計（1-W8、2-T4）で2019/10/25の大雨時に同様な事象が確認された。（2019/10/29 16:15 LCO逸脱を判断）



2. 露出水位計の指示値上昇に伴う時系列

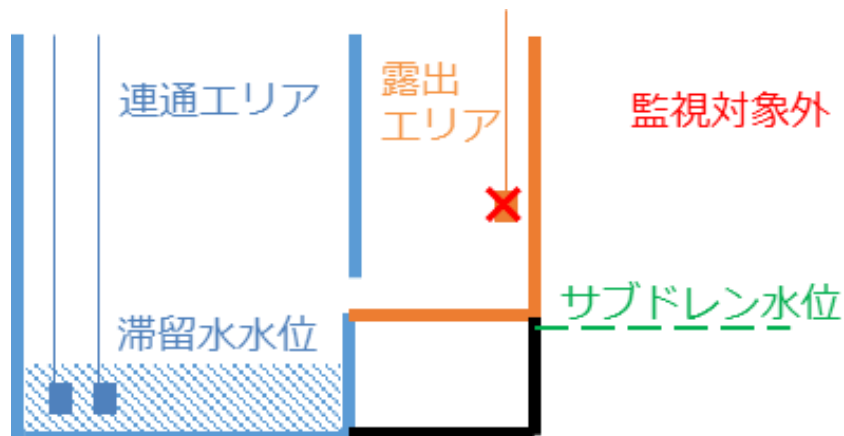
- ◆ 2018/8/27 2号機Rw/B水位低下に伴い、1号機Rw/B全体の水位が床面近傍まで低下。
- ◆ 2018/9/5 水位計が露出していることから、1号機Rw/Bの他の水位計とあわせて警報除外。
- ◆ 2018/12/25 水位計を監視対象から除外。
- ◆ 2019/10/28
 - 15:00～19:00頃 1号機Rw/B北西エリア水位(1-W5) の水位トレンド等を確認
 - 19:23 LCO逸脱を判断。
(当該エリア水位 : T.P.494mm (塩分補正值含む) 、サブドレンNO.204水位 : T.P.699mm)
 - 19:25 1～4号機建屋周辺のサブドレンを全台停止。
 - 20:00頃 過去の水位を確認したところ、10/25 22:24時点で水位差400mmを下回っていることを確認。
 - 22:00頃 近傍サブドレンの分析結果を確認。
 - 22:00頃 サブドレン停止により水位差が400mmを上回ったことを確認。
(当該エリア水位 : T.P.492mm (塩分補正值含む) 、サブドレンNO.204水位 : T.P.1038mm)
- ◆ 2019/10/29
 - 13:14 1号機Rw/B北西エリア(1-W5) の仮設ポンプによる排水完了。
 - 16:15 LCO逸脱を判断。(類似水位計の過去水位の確認により、1号機Rw/B南西エリア水位 (1-W8) および2号機T/B北東エリア水位 (2-T4) についても、過去に周辺サブドレンとの水位400mmを下回っていたことを確認)
なお、判断時点では既に水位差400mmを上回っていた。
 - 17:15 2号機T/B北東エリア (2-T4) の仮設ポンプによる排水完了。(1号機Rw/B南西エリア (1-W8) は実測により水がないことを確認)
 - 18:35 全てのLCO逸脱からの復帰を判断
 - 19:32 サブドレン復旧

【補足】 露出水位計を監視対象外とする条件

- 露出水位計の扱いが不明確であったため、2018/10/1に「3号機T/B北西エリア露出水位計（3-T2-1）指示上昇によるLCO判断ならびに取り下げ」事象が発生した。再発防止対策として、露出水位計のうち、下記の3つの条件を全て満たす水位計は監視対象外（サブドレンとの水位差監視を除外し、露出水位計指示値も記録しない）としていた。

露出水位計の監視対象外条件

- ① 水位計設置エリアが、滞留水移送ポンプ設置エリアと同様に、水位低下していること。
- ② 実測にて水位計設置エリアの水抜き完了（床面露出またはエリア構造上の下限まで）が確認されていること。
- ③ 実測にて水位計露出が確認されていること。



露出エリアイメージ図

3. 露出水位計指示値のトレンド状況

■ 1-W5水位上昇をふまえ、他のエリアの露出水位計も含めた確認を実施。各パラメータの状況を以下に示す。

なお、関連トレンドを次頁以降に示す。

- 10/25の大雨において、1-W5、1-W8及び2-T4について、上昇が見られた。サブドレン水位との比較を行ったところ、水位差が確保されていない可能性がある期間があった。
- 10/12の台風19号時においても、同計器の1-W5、1-W8及び2-T4について、上昇が見られたが、サブドレンの汲み上げ下限水位をT.P.1,400mmまで引き上げていたため、水位差小によるLCO逸脱はなかった。
- 1-W5、1-W8及び2-T4について、水位計露出から本事象発生までの期間を確認したところ、同様な指示値の上昇は確認されていない。
- 10/12以降10/25までの間、周辺地下水位は上昇した状態が継続したが、同様な指示値の上昇は確認されていない。
- 1-W5については、10/12（台風19号時：降雨量約260mm）より、10/25（大雨時：降雨量約150mm）の方が、上昇量が大きい。
- その他（1-W5、1-W8及び2-T4以外）の露出水位計については、水位計露出以降、大雨時でも、同様な指示値の上昇は確認されていない。

以上から、下記の傾向を確認。

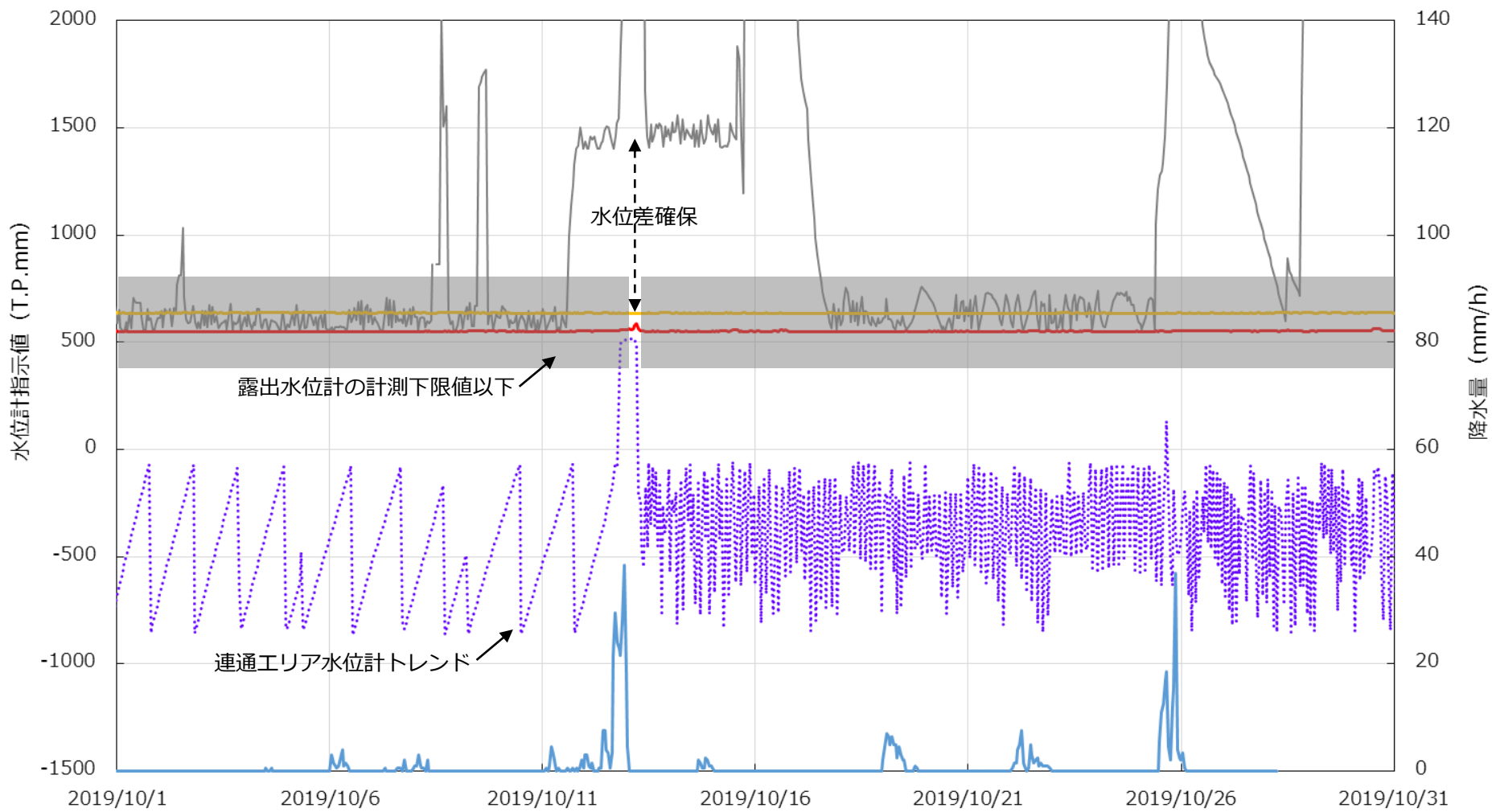
- 大雨時に、1-W5、1-W8及び2-T4指示値は上昇。
- 短期間に大雨が連続すると、1-W5指示値は上昇。
- 周辺地下水位の高さによらず大雨時に上昇しており、雨水流入の影響が大きいと考えられる。

【水位計】

- ・ 1-W5：1号機Rw/B北西エリア水位計
- ・ 2-T4：2号機T/B北東エリア水位計
- ・ 1-W8：1号機Rw/B南西エリア水位計

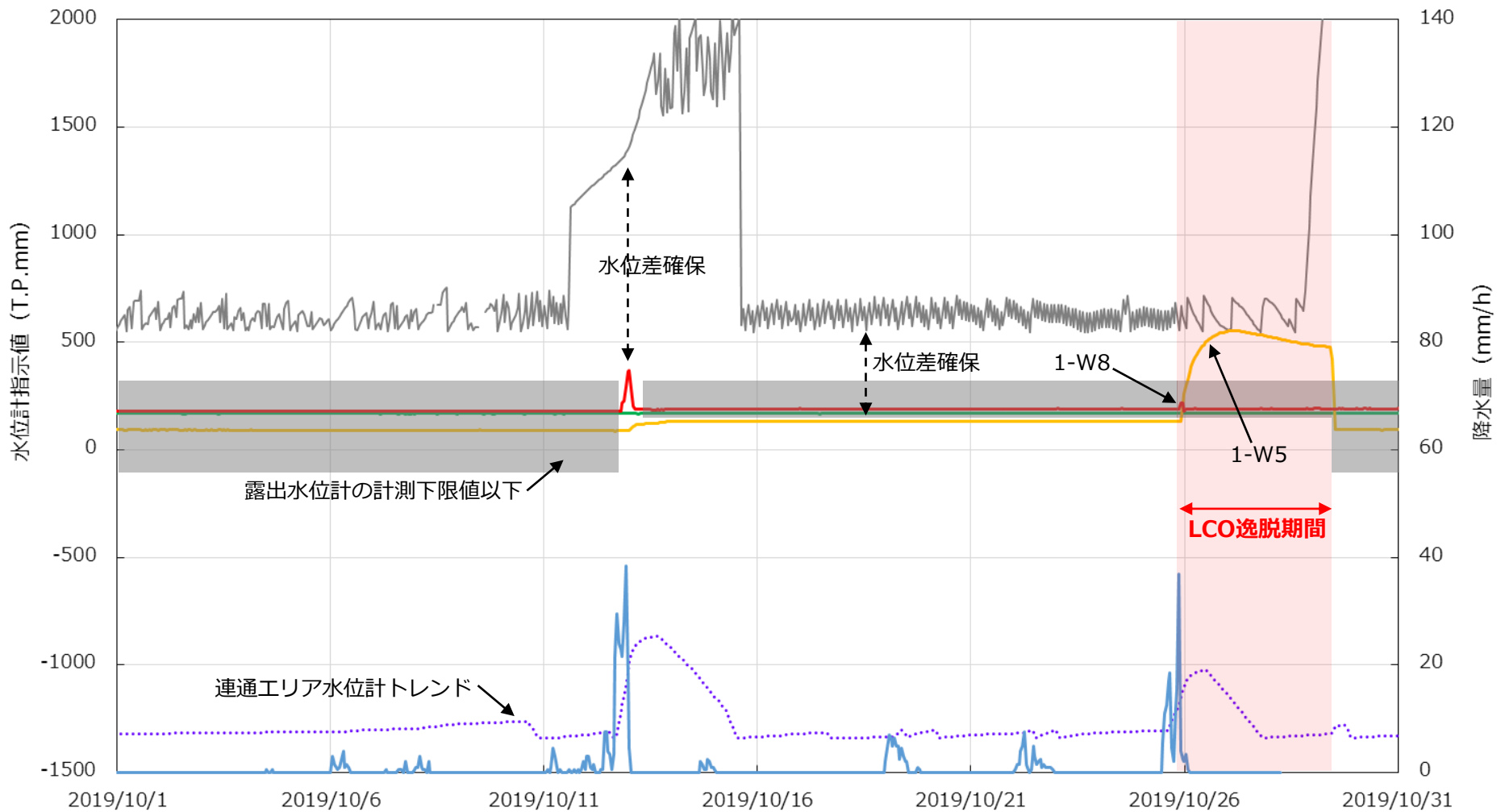
【参考】1号機T/B 露出水位計トレンド

- 建屋近傍最小サブドレン水位
- 1号T/B復水器IIア水位(A)(1-T1)
- 1号T/B復水器IIア水位(B)(1-T1)
- [連通先]1号T/B床ドレンサフ°水位(A)
- 降水量



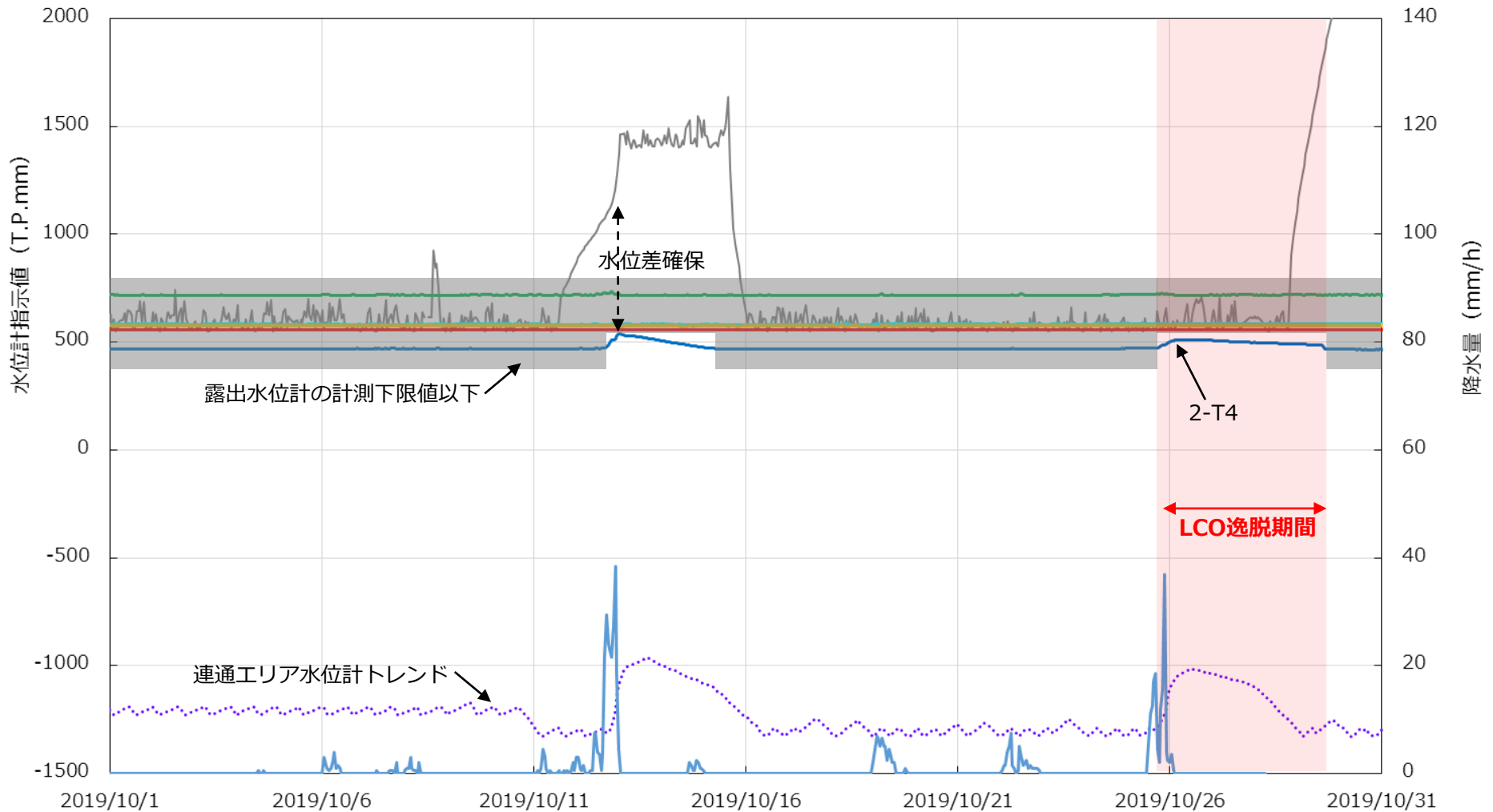
【参考】1号機Rw/B 露出水位計トレンド

- 建屋近傍最小サブドレン水位
- 1号Rw/B東エリア水位(1-W2)
- 1号Rw/B北西エリア水位(1-W5)
- 1号Rw/B南西エリア水位(1-W8)
- ⋯ [連通先]2号Rw/B林°ン°P°エリア水位B(2-W1)
- 降水量



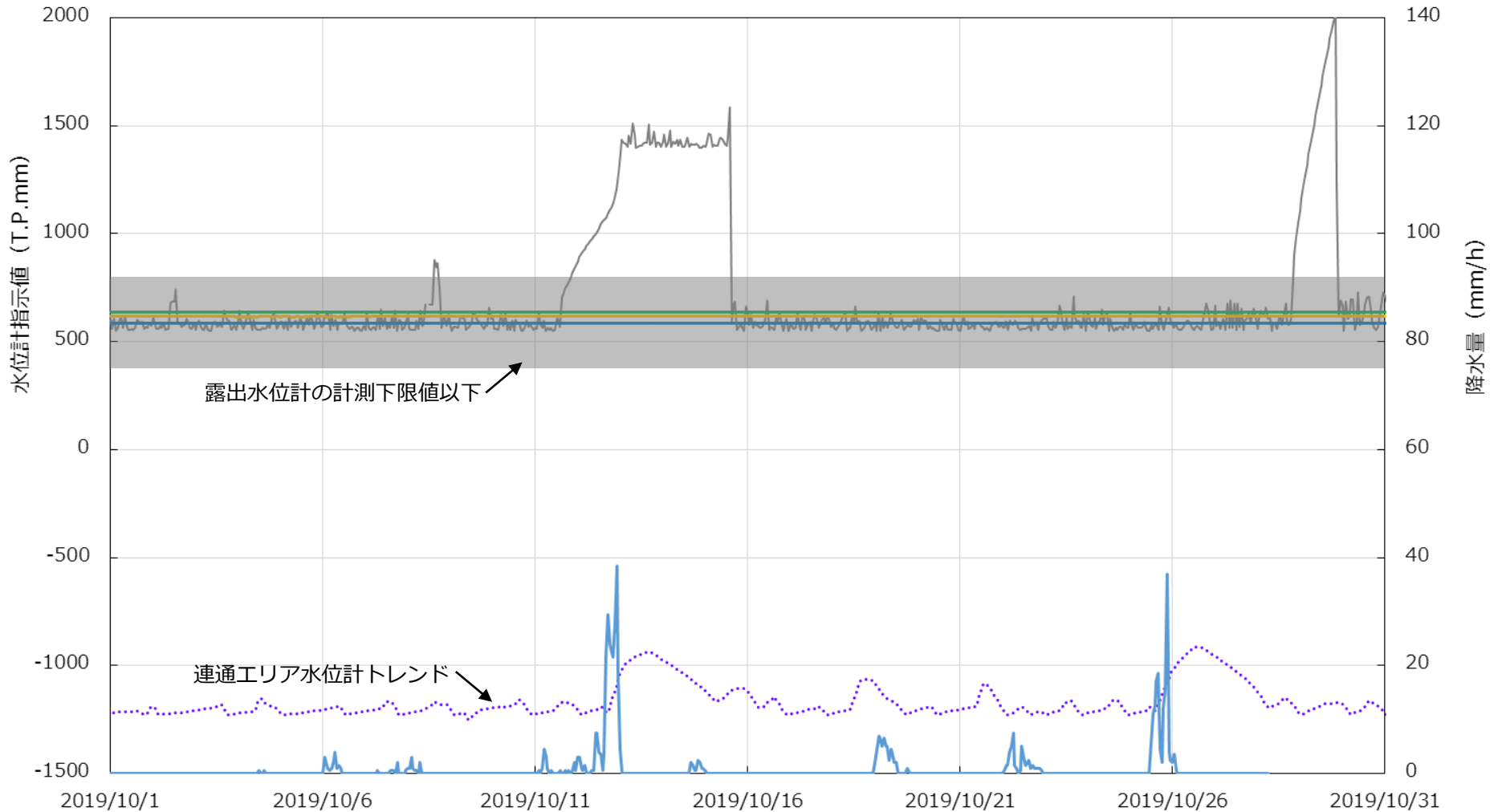
【参考】2号機T/B 露出水位計トレンド

- 建屋近傍最小サブドレン水位
- 2号T/B北エリア水位(2-T2)
- 2号T/B北東エリア水位2(2-T4)
- 2号T/B北東エリア水位3(2-T6)
- 2号T/B南西エリア水位(2-T7)
- 2号T/B南東エリア水位(2-T10)
- [連通先]2号T/B復水器エリア水位B(2-T1)
- 降水量



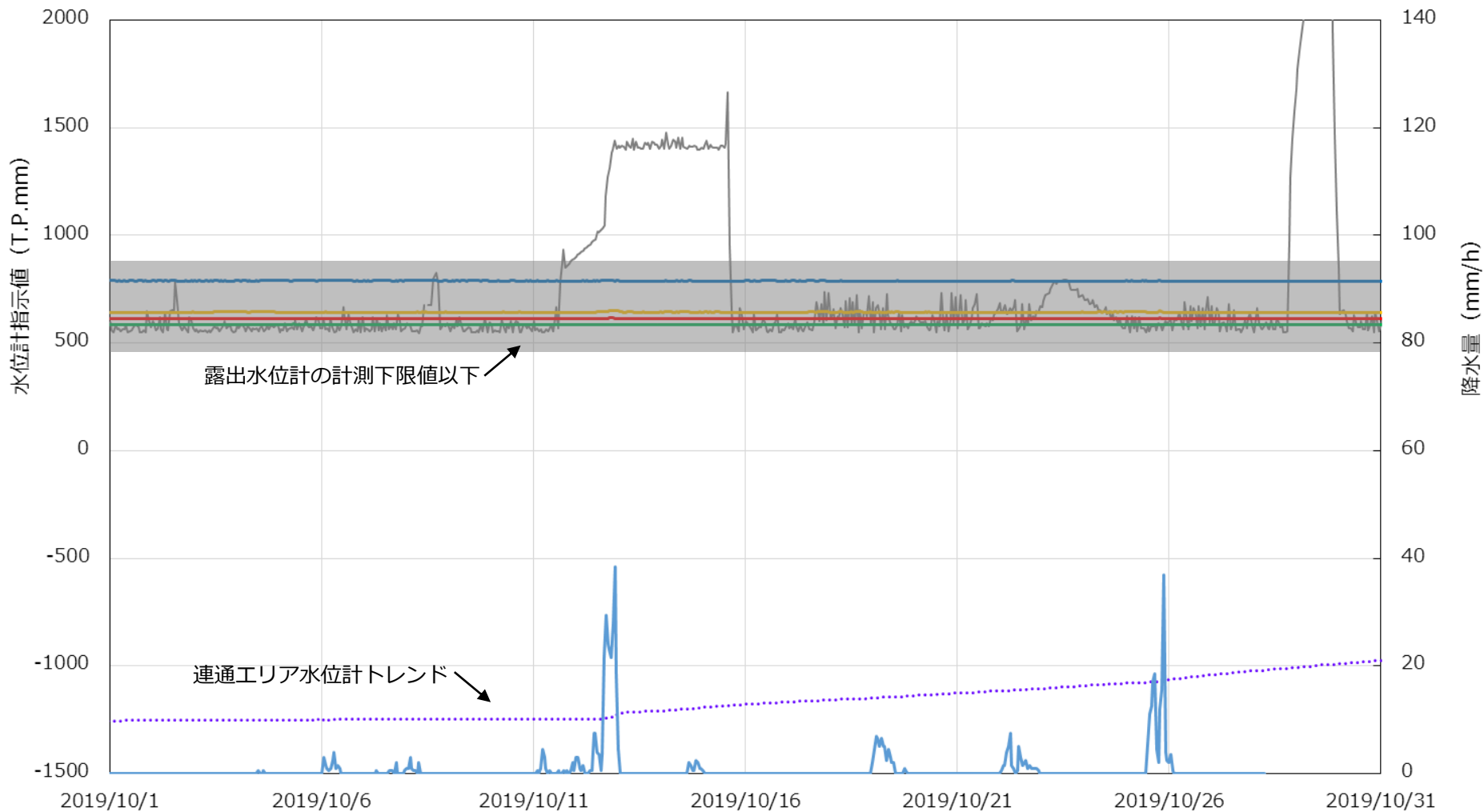
【参考】3号機T/B 露出水位計トレンド

- 建屋近傍最小サブドレン水位
- 3号T/B北西エリア水位(3-T2-1)
- 3号T/B北東エリア水位1(3-T2-2)
- 3号T/B南西エリア水位(3-T7)
- TR 3号 T/B南東エリア水位(3-T11)
- ⋯ [連通先]3号T/B復水器エリア水位B(3-T1)
- 降水量



【参考】4号機T/B 露出水位計トレンド

- 建屋近傍最小サブドレン水位
- 4号T/B D/G(A)室水位(4-T3-1)
- 4号T/B D/G(B)室水位(4-T3-2)
- 4号T/B M/C室水位(4-T4)
- 4号T/B南西エリア水位(4-T7)
- ⋯ [連通先]4号T/B復水器エリア水位(B)(4-T1)
- 降水量



4. 当面の対策

本事象は、連通の度合いを上回る局所的な雨水/地下水の流入により、水位計の監視対象外としたエリアの水位が上昇したと推定される。当面の対策として以下を実施。恒久的な対策について継続して検討する。

➤ サブドレンの汲み上げ下限水位設定値の見直し

【 1号機Rw/Bならびに2号機T/B周辺のサブドレン（1-W5、1-W8、2-T4の3エリア対応） 】

（2019/10/31から運用開始）

- 一時的な大雨により当該露出水位計エリアの水位が上昇した場合においても、サブドレンとの水位差が確保されるよう、サブドレンの水位設定を行う。
（水位設定値をT.P.1,300mmとする）
そのうえで、サブドレンの稼働を一定期間行い、その間における当該露出水位計エリアの水位上昇がないことを確認した後に、段階的にサブドレンの水位設定を戻す。
（1ヶ月以内を目途に水位設定値をT.P.550mmとする）
- なお、降雨が予想される期間は、サブドレンの水位設定を上げ、当該露出水位計エリアの水位が上昇した場合においても、サブドレンとの水位差を確保する。
（降雨予測時は、あらかじめ、水位設定値をT.P.1,300mmとする）

➤ 露出水位計エリアの検知 【 当該の3エリア以外も含めた露出水位計エリア 】

- 露出水位計エリアの水位が上昇した場合に検知出来るよう、露出水位計を使用する。
- 露出水位計エリアの指示が上昇（検知）した際は、周辺サブドレンとの差を確認するとともに、現場確認を実施し、実水位の上昇によるLCO逸脱の有無を判断する。※
※ 2018/10/1発生 of、計器特性からと思われる指示値変動による「 3号機T/B北西エリア露出水位計（3-T2-1）指示上昇によるLCO判断ならびに取り下げ」事象を考慮。

【参考】 周辺サブドレン水の分析結果

- 1号機Rw/B及び2号機T/Bの滞留水水位が周辺サブドレンとの水位差が確保されていない可能性がある期間があったことから、当該建屋周辺のサブドレン水の放射能濃度を分析。
- 分析結果から、おおむね過去における分析結果のオーダーと同等。一部、これまでのオーダーを上回る箇所が見られたものの、当該露出水位計エリアとの位置関係等をふまえると、建屋滞留水の流出を示すような変動ではないと評価。引き続き、周辺サブドレン水の放射能濃度を確認していく。

1Rw/B周辺サブドレンの分析結果 [Bq/L]

SD No.	Cs-134			Cs-137		
	過去値	10/28	11/6	過去値	10/28	11/6
-	過去値	10/28	11/6	過去値	10/28	11/6
8	1E+0 ~1E+2	< 4.1	< 4.0	1E+0 ~1E+3	12	42
9	1E+0 ~1E+2	5.7	9.5	1E+0 ~1E+3	95	120
203	1E+0 ~1E+0	< 5.0	< 4.8	1E+0 ~1E+0	< 3.4	< 3.9
204	1E+0 ~1E+0	< 5.1	< 5.0	1E+0 ~1E+1	< 3.8	< 4.2
205	1E+0 ~1E+0	< 3.9	< 4.1	1E+0 ~1E+1	< 4.6	< 5.1
206	1E+0 ~1E+1	37	< 4.5	1E+0 ~1E+2	671	29
207	1E+0 ~1E+1	< 6.0	< 4.6	1E+0 ~1E+2	15	46

2T/B周辺サブドレンの分析結果 [Bq/L]

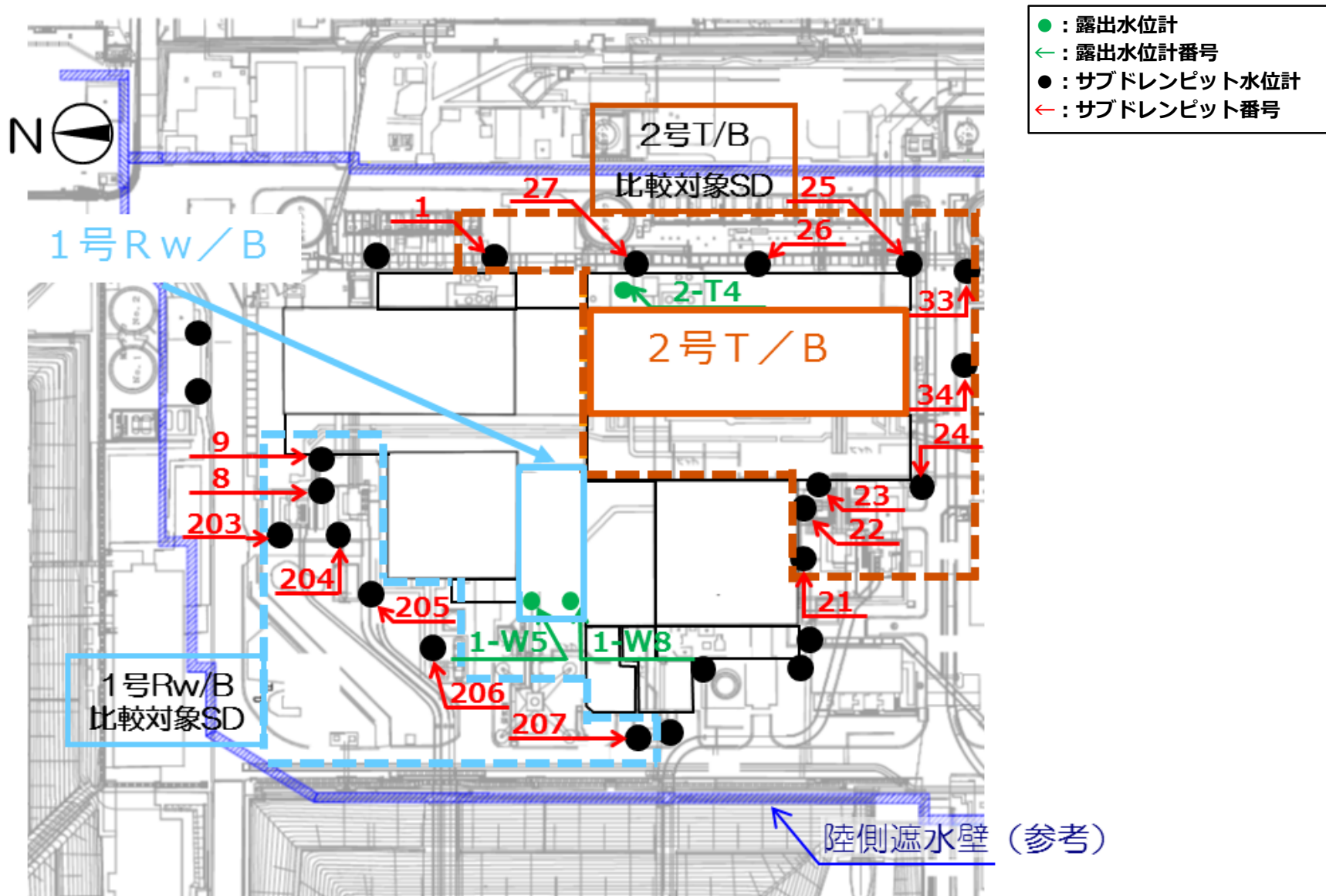
SD No.	Cs-134			Cs-137		
	過去値	10/29	11/6	過去値	10/29	11/6
-	過去値	10/29	11/6	過去値	10/29	11/6
1	1E+0 ~1E+1	27	6.5	1E+1 ~1E+2	414	113
21	1E+0 ~1E+1	23	< 5.3	1E+0 ~1E+1	327	23
22	1E+0 ~1E+1	4.8	< 6.0	1E+1 ~1E+1	76	22
23	1E+0 ~1E+1	19	41	1E+1 ~1E+3	303	673
24	1E+1 ~1E+2	41	69	1E+2 ~1E+3	672	1121
25	1E+1 ~1E+2	23	161	1E+2 ~1E+3	403	2599
26	1E+0 ~1E+2	14	14	1E+1 ~1E+3	291	255
27	1E+0 ~1E+3	20	18	1E+1 ~1E+4	342	300
33	1E+0 ~1E+1	< 5.1	< 4.1	1E+0 ~1E+2	< 9.0	< 4.4
34	1E+0 ~1E+1	< 4.5	< 4.3	1E+1 ~1E+2	27	22

※：過去値の欄は、2015年8月～2019年10月における分析結果のオーダーを記載。なお、下限値は検出限界の値を一部含む。

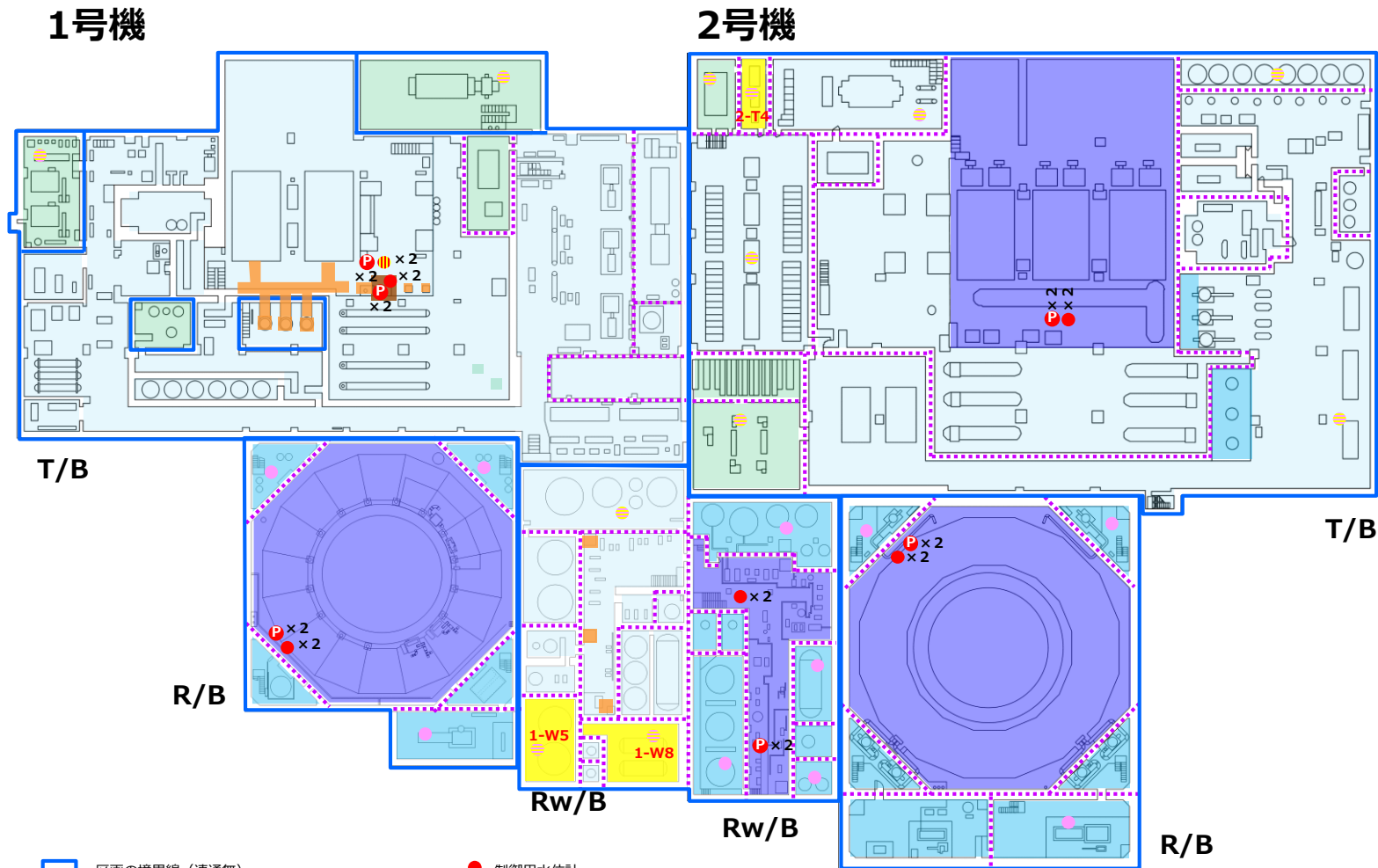
※：過去のオーダーより大きいNo.21については、本事象発生時に十分な水位差はなかったものの、当該露出水位計エリアから建屋をはさんだ反対側の離れた場所であり、当該露出水位計エリアにより近いサブドレンの濃度上昇は見られない。これより、過去と同様に降雨による変動と評価。

(参考) 運転上の制限：1E+5 Bq/L

【参考】周辺サブドレンの配置



【参考】建屋の区画とポンプ・水位計の設置個所



- | | | | |
|--|---------------------------|--|-------------|
| | 区画の境界線 (連通無) | | 制御用水位計 |
| | 建屋内排水系や貫通部を介して連通するエリアの境界線 | | 監視用水位計 |
| | 区画内で水位を代表するエリア (連通エリア) | | 露出水位計 (制御用) |
| | 滞留水エリア (滞留水有) | | 露出水位計 (監視用) |
| | 滞留水エリア (滞留水無) | | 滞留水移送ポンプ |
| | 滞留水エリア (LCO逸脱事象が確認されたエリア) | | |
| | 排水完了エリア | | |
| | 床面以下に貯留する残水のエリア | | |

【参考】 2018/10/1 3号機T/B露出水位計の指示上昇事象 (1/2)

2018年10月1日、3号機タービン建屋北西エリア（露出エリア）にて再冠水目安とする値（TP650mm）に水位が達したとする「TR 3号 T/B北西エリア水位(3-T2-1)」警報が発生した。

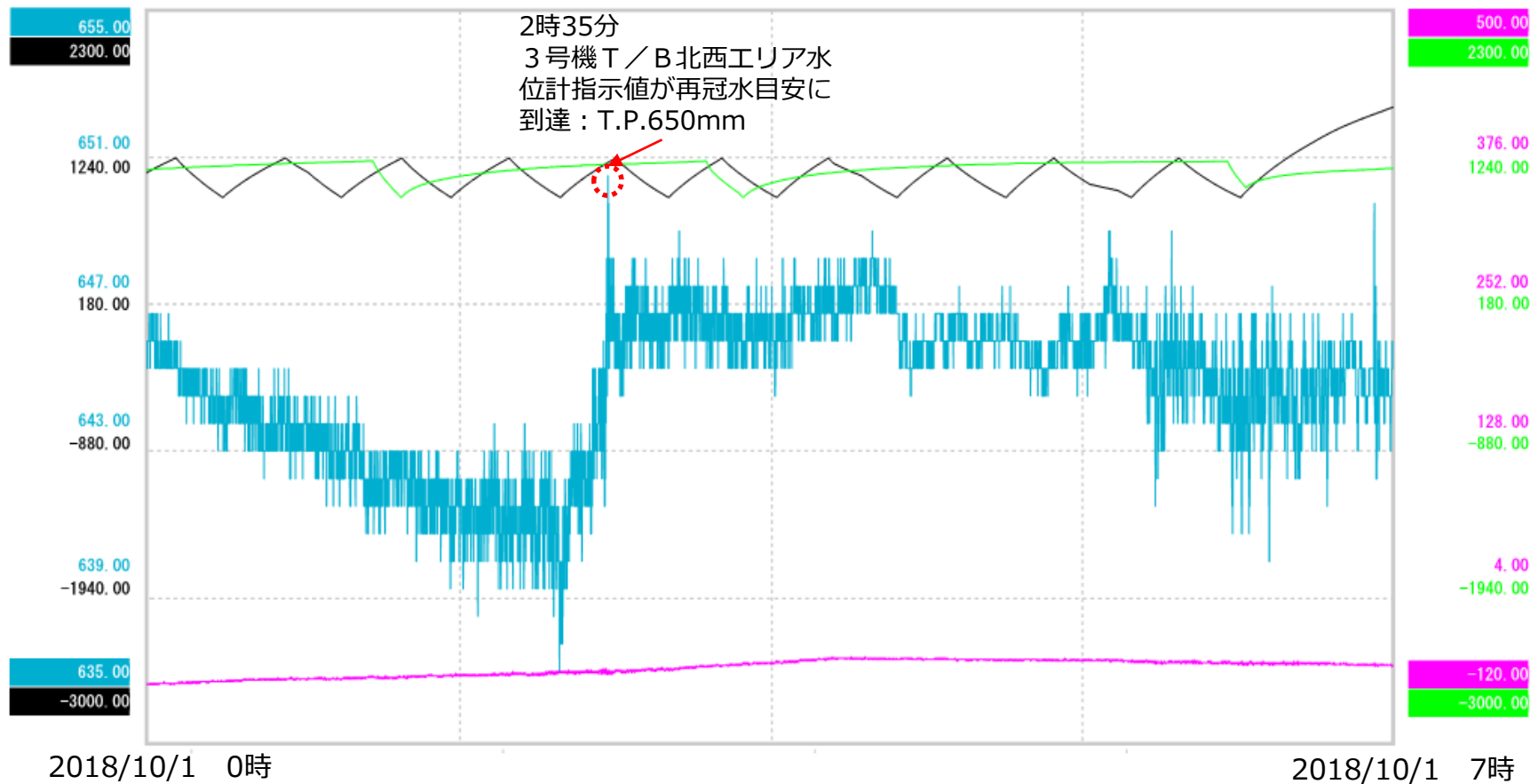
警報発生後に当該エリアと連通している復水器エリアの水位を確認したが、水位上昇等の変化はなかった。

このため、当該エリアに設置してある水位計（露出水位計）の不具合の可能性が高いと考えたが、実際に水位が上昇した可能性も否定できないとし、実施計画（保安）第1編第26条についてLCO逸脱と判断した。

その後、当該エリアについて水位実測を行った結果、水がないことが確認されたことから、実施計画（保安）第1編第26条についてLCO逸脱の取り下げを行った。



2018/10/1 事象発生時の水位トレンド



青：3号機T/B北西エリア水位
黒：サブドレンNo. 31水位
紫：3号機T/B復水器エリア水位
緑：サブドレンNo. 34水位