

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ガレキ撤去の進捗状況

2019年11月18日

TEPCO

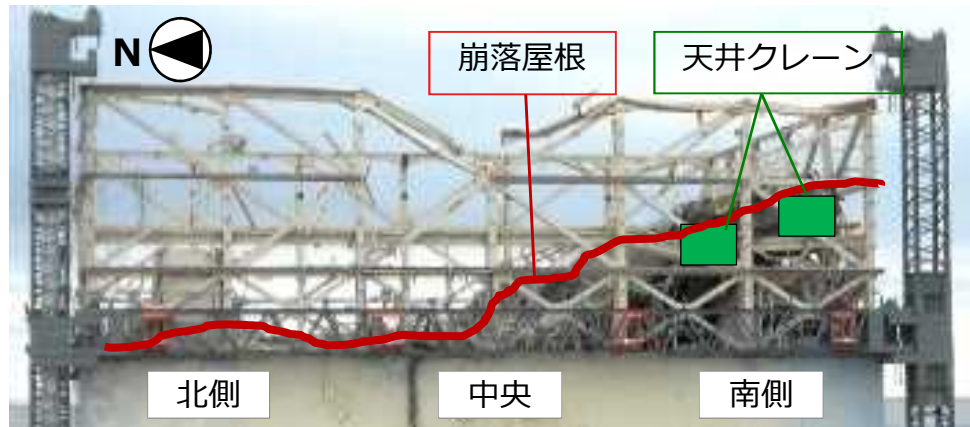
東京電力ホールディングス株式会社

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。

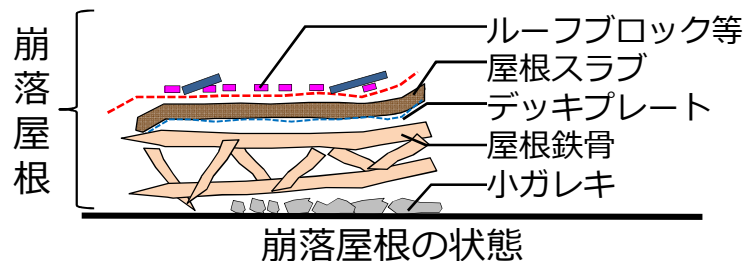


オペフロ上の崩落屋根状況（西面）

※防風フェンス取付前の写真を使用



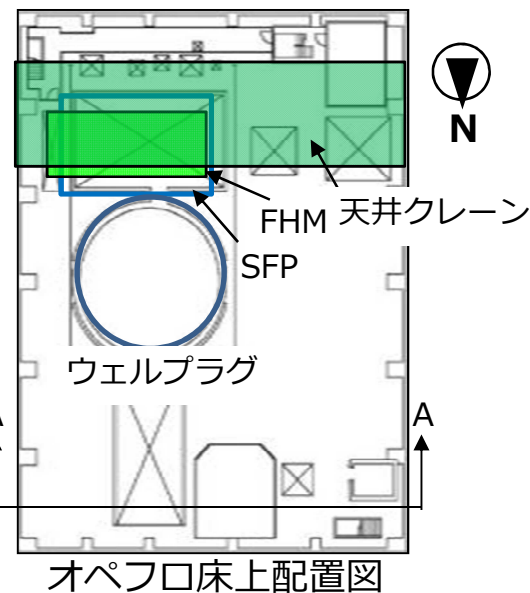
オペフロ上の崩落屋根状況（平面）



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。



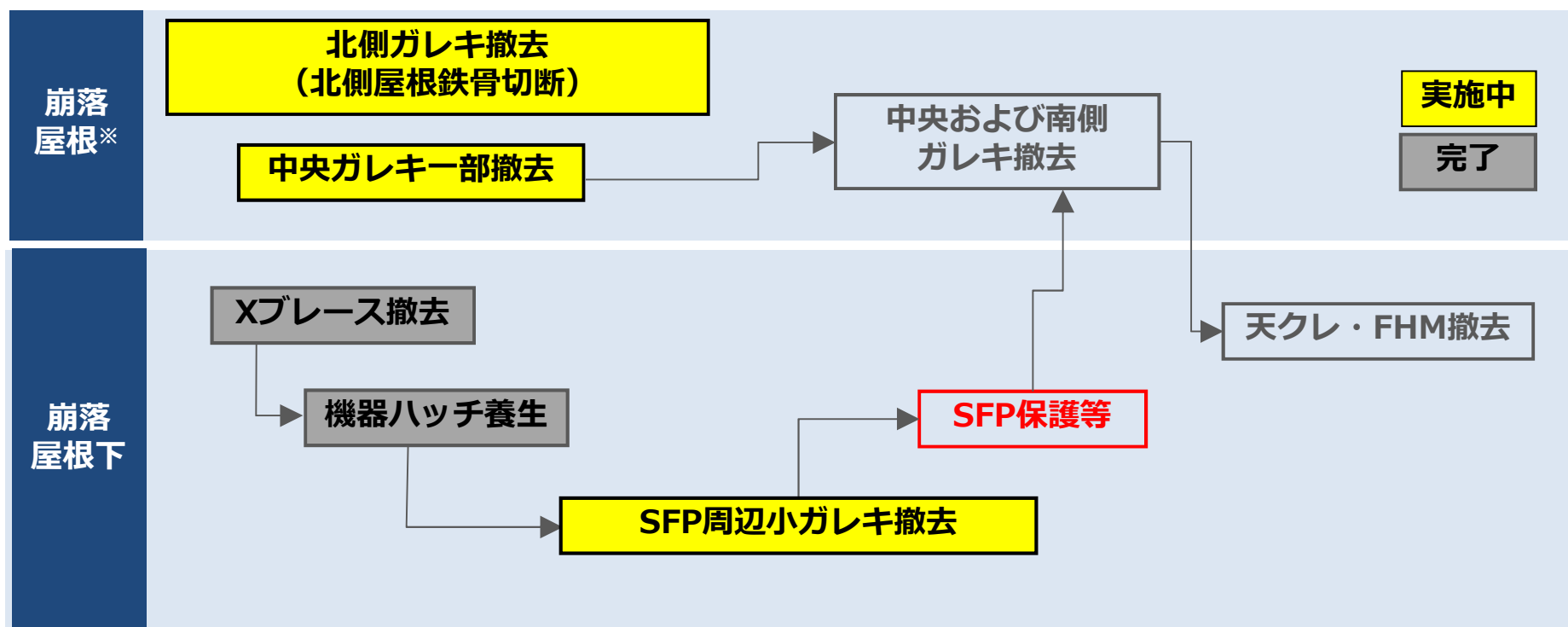
天井クレーン・FHMのイメージ図
(3Dスキャン結果と写真を基に作成、配置図A方向)



崩落屋根の状況

1-3. ガレキ撤去の全体概要

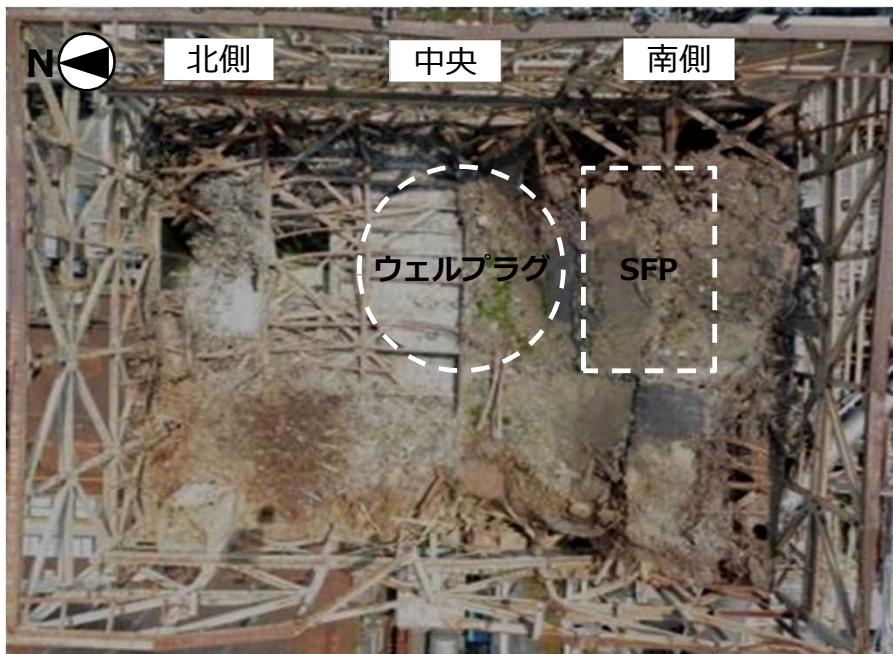
- 崩落屋根撤去は、2018年1月22日から開始。
- 崩落屋根下については、南側ガレキ撤去に際し、屋根鉄骨・ガレキ等がSFPへ落下するリスクを可能な限り低減するため、SFP保護等を実施予定。



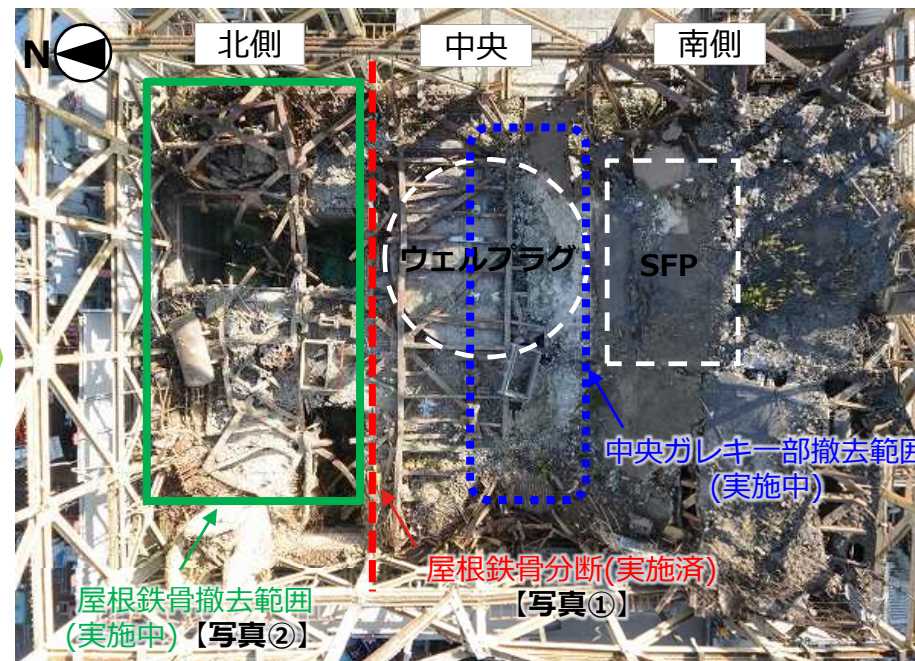
※原子炉建屋の屋根が水素爆発の影響により、繋がった状態でオペフロへ落下したものの

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)



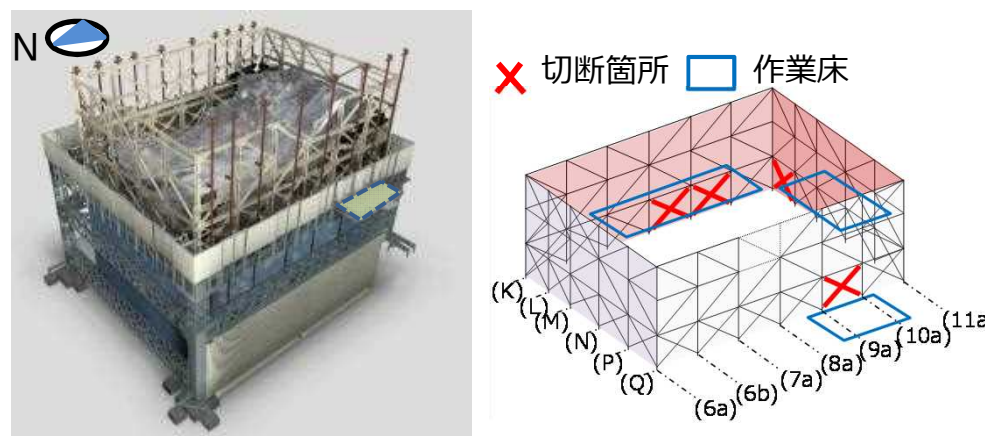
写真① 分断例 (左:分断前 右:分断後)



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



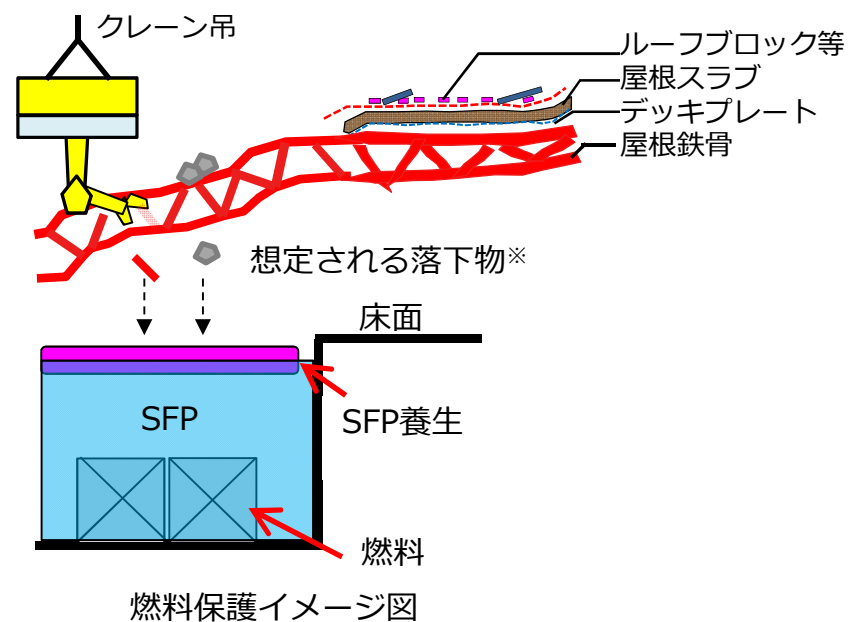
4-1. SFP保護等（SFP養生）の目的

- 崩落屋根の南側ガレキ撤去作業では、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。
- SFP養生は、水面に浮かび、撤去作業中における屋根鉄骨・ガレキ等※を受けとめられる構造である。



2019年5月撮影

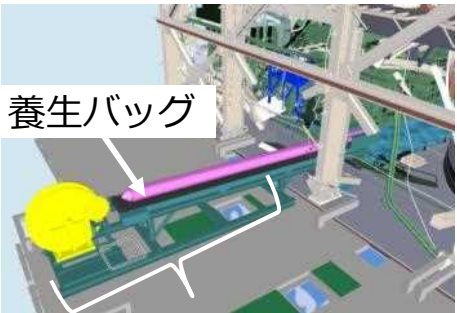
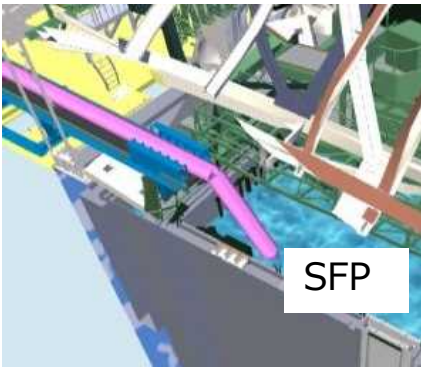
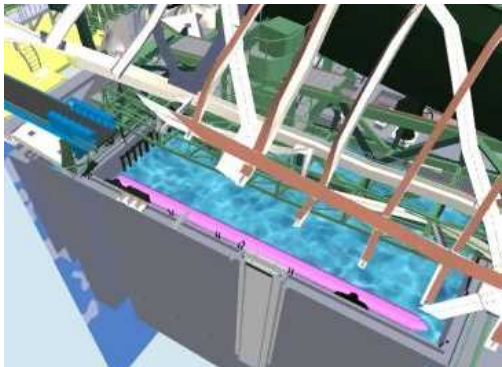
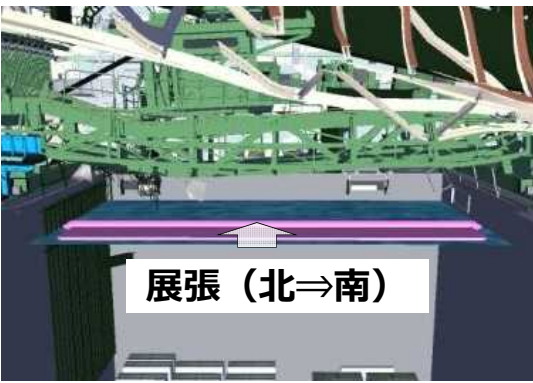
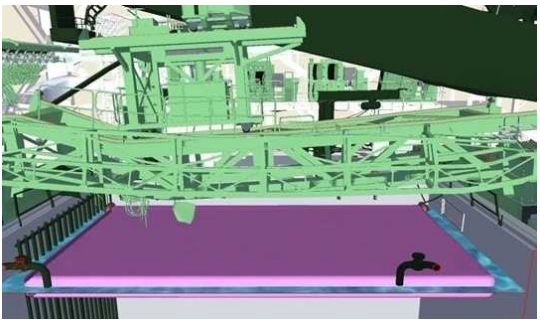
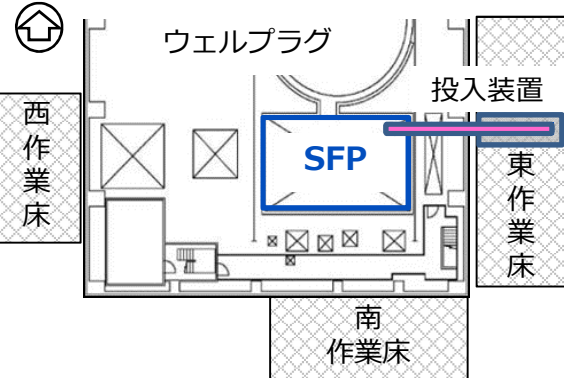
オペレーティングフロア平面図



※想定されるガレキの最大重量は、約1.4ton
SFP養生全体で約10tonの重量を受けとめられる

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

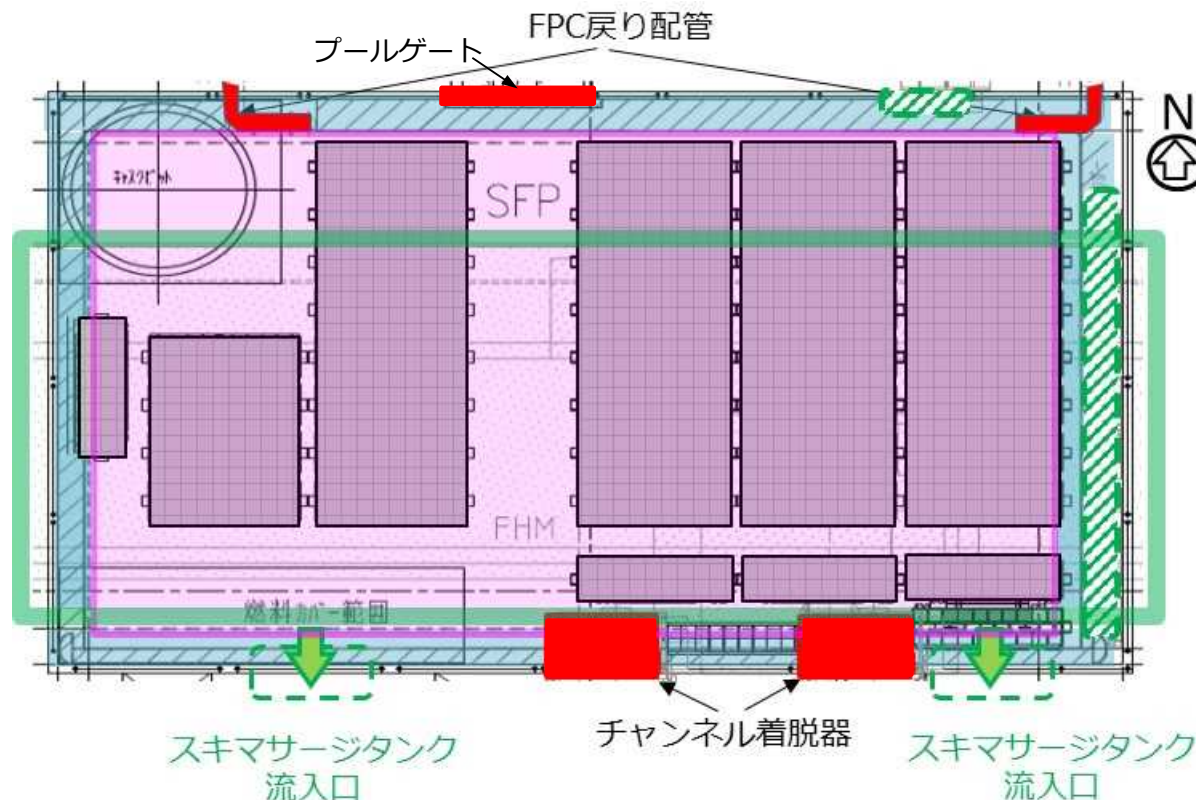
- SFP養生は、プール内側に張り出す構造物、展張の作業性および燃料の健全性確保の観点から、下図に示す範囲で設置する。
- スキマサージタンク流入口は南側に2箇所存在するが、養生バッグが流入口を塞ぐことはなく、SFP冷却機能に影響はない。
- SFP養生範囲外に位置する燃料ラックには、燃料は収納されていない。

- : 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



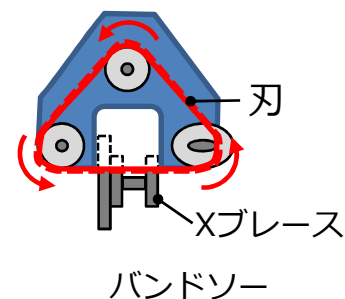
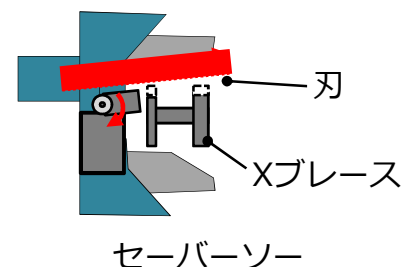
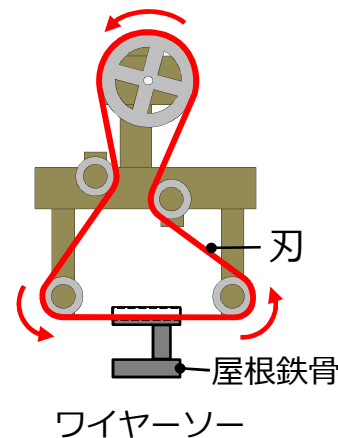
- ※FPC戻り配管 : 使用済燃料プール冷却系統のうち冷却水をプールに戻す配管
- ※チャンネル着脱器 : SFPで燃料にチャンネルボックス (燃料集合体に取り付ける四角い筒状の金属製の覆いのこと) の取付け・取外しを行う装置
- ※スキマサージタンク流入口 : 燃料プール水の冷却浄化のために、燃料プールの上澄み水が流れ込む
- ※エアモルタル : 構成材料 (セメント材+水+空気)

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



【参考】 SFP周辺小ガレキ撤去について

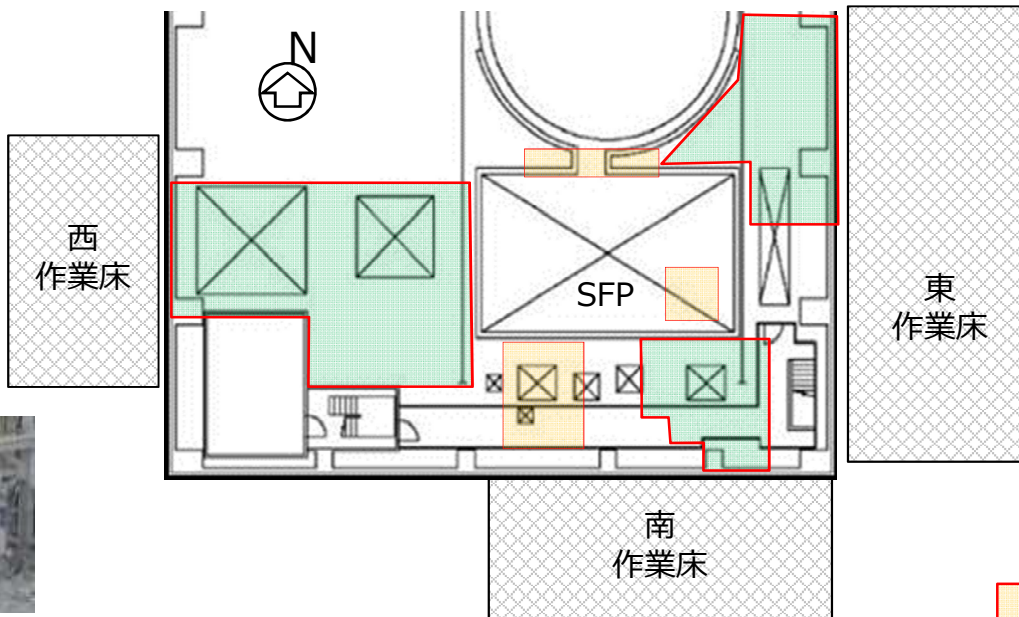
- 遠隔操作重機を各作業床からオペフロ上にアクセスさせて、SFP保護等の作業に支障となるSFP周辺床面上の小ガレキ撤去を実施。



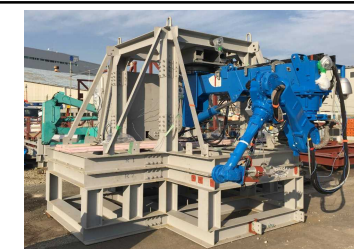
ペンチ



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>崩落屋根上面</p>	<p>崩落屋根下</p>		
				<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。

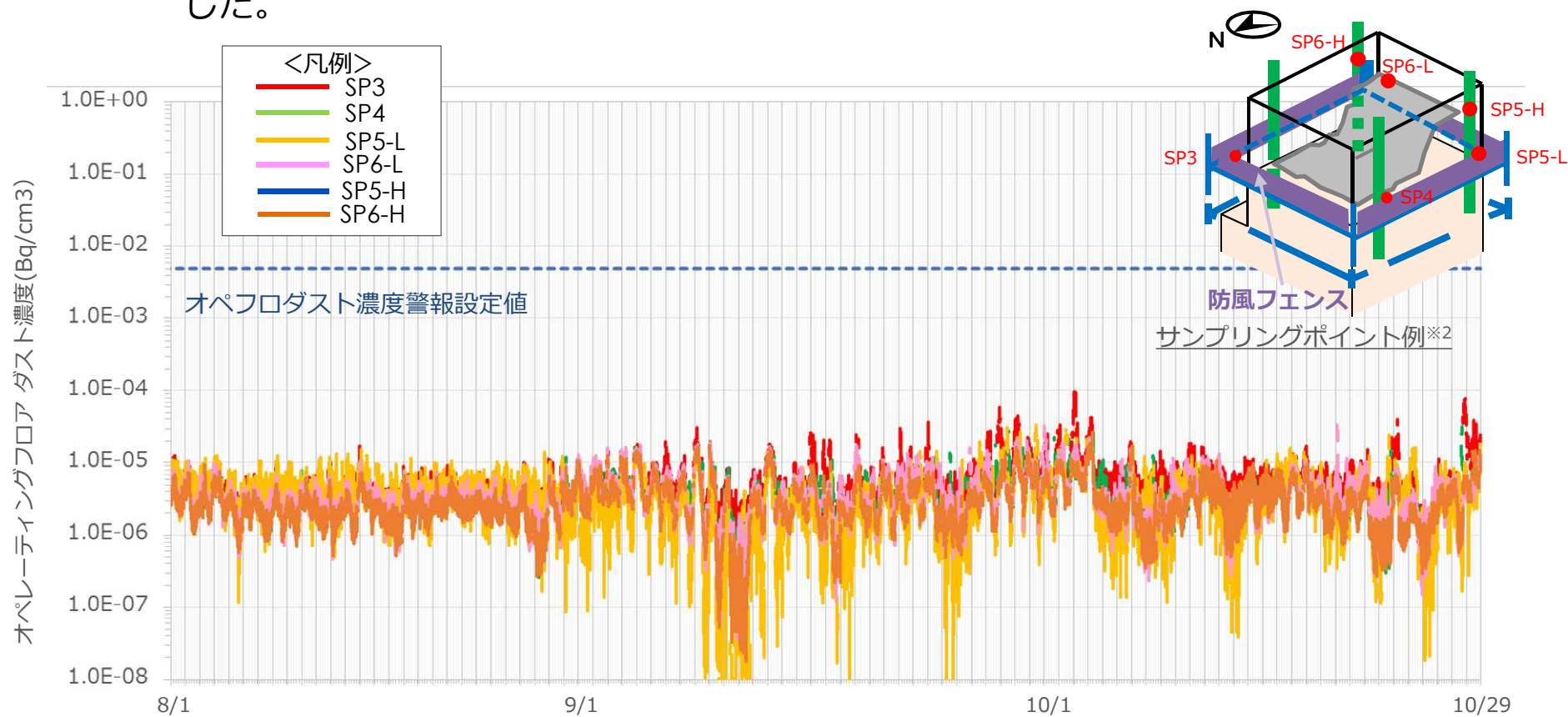
撤去対象	SFP周辺小ガレキ（床面）				
	コンクリート片・金属ガラ等			ケーブル類・手摺等	
主な撤去機器	吸引装置（置型）	バケット	スクレーパー	カッターディスク	グラップルつかみ治具
撤去方法	吸引	すくい	剥離	切断	把持
外観					

【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

【参考】養生バッグ仕様

■ 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)



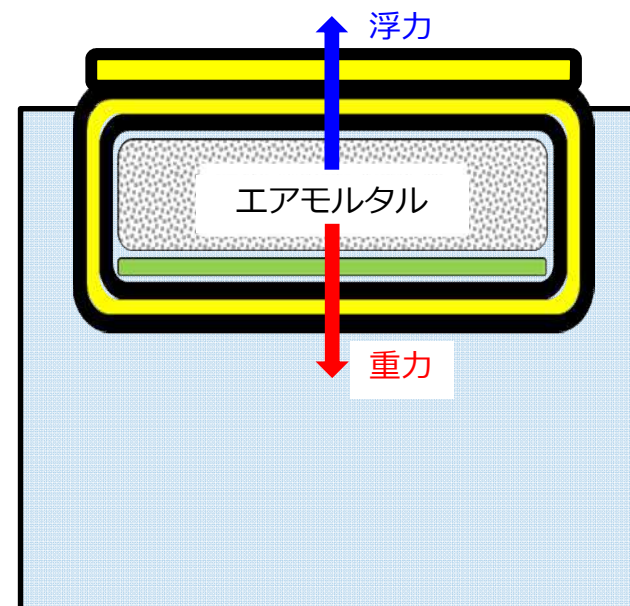
■ 養生バッグ特徴

- ・ 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高強度繊維を6層に重ねた保護シートを設置する。

■ 養生バッグ浮力について

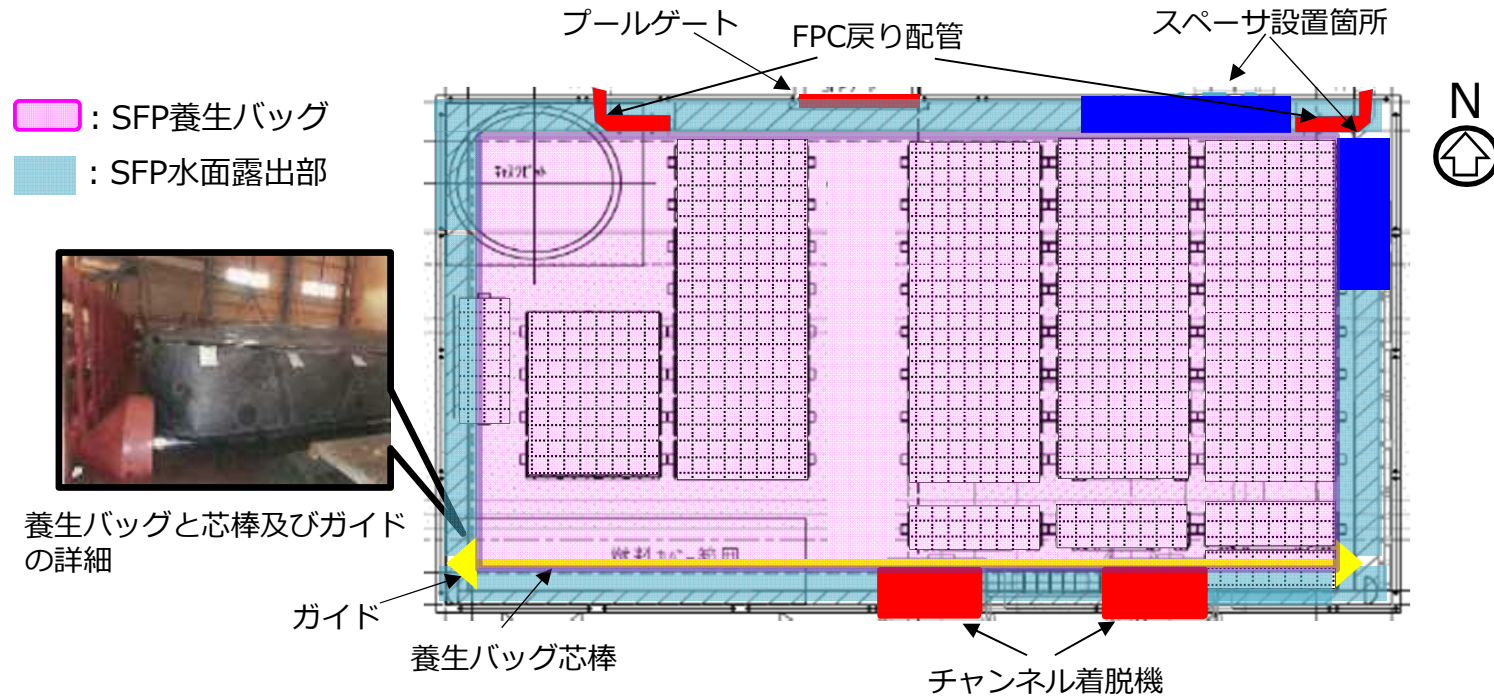
養生バッグの重量は、約23tonである。
約10tonの屋根鉄骨・ガレキ等が落下しても水に浮く構造である。

なお、10tonを超える屋根鉄骨・ガレキ等が養生バッグ上に積載し、SFP内に沈んだ場合においても、ガレキ等が直接燃料に落下することを防止できる。



【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