

福島第一原子力発電所 1号機使用済燃料プール養生の計画について

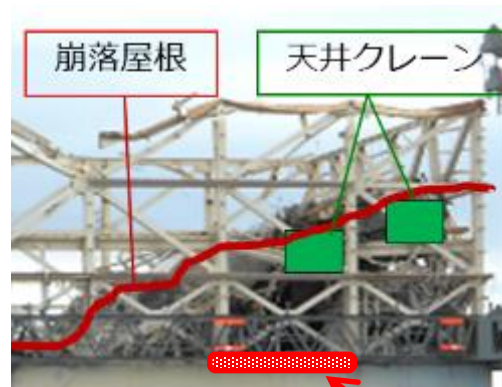
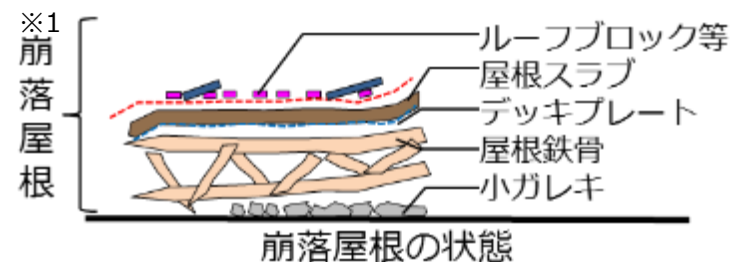
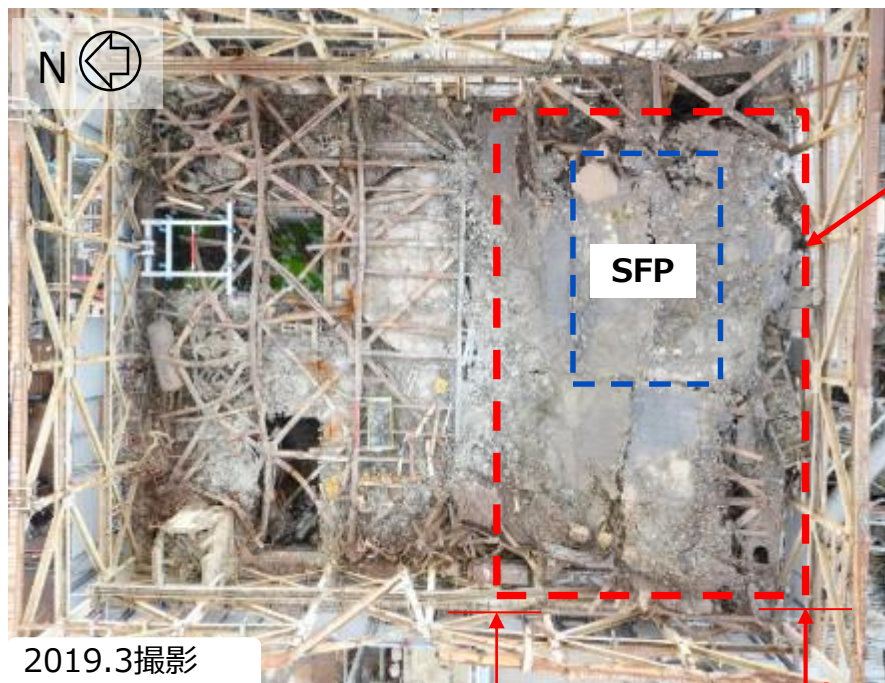
2019年10月10日



東京電力ホールディングス株式会社

1.目的

- 原子炉建屋オペレーティングフロア南側において、使用済燃料プール(以下、SFPという)上にある崩落屋根※1を撤去する計画である。
- 崩落屋根の撤去作業では、ペンチ(切断・把持)、吸引機(集塵)等を用いて屋根鉄骨・小ガレキ等の切断・撤去を実施するが、屋根鉄骨・小ガレキ等が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。



ペンチ (切断・把持)

オペレーティングフロア平面図

A-A矢視

SFP養生

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に投入し（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する（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）
④バッグ展張	⑤Iアモルタル注入	配置イメージ

3.SFP養生範囲について

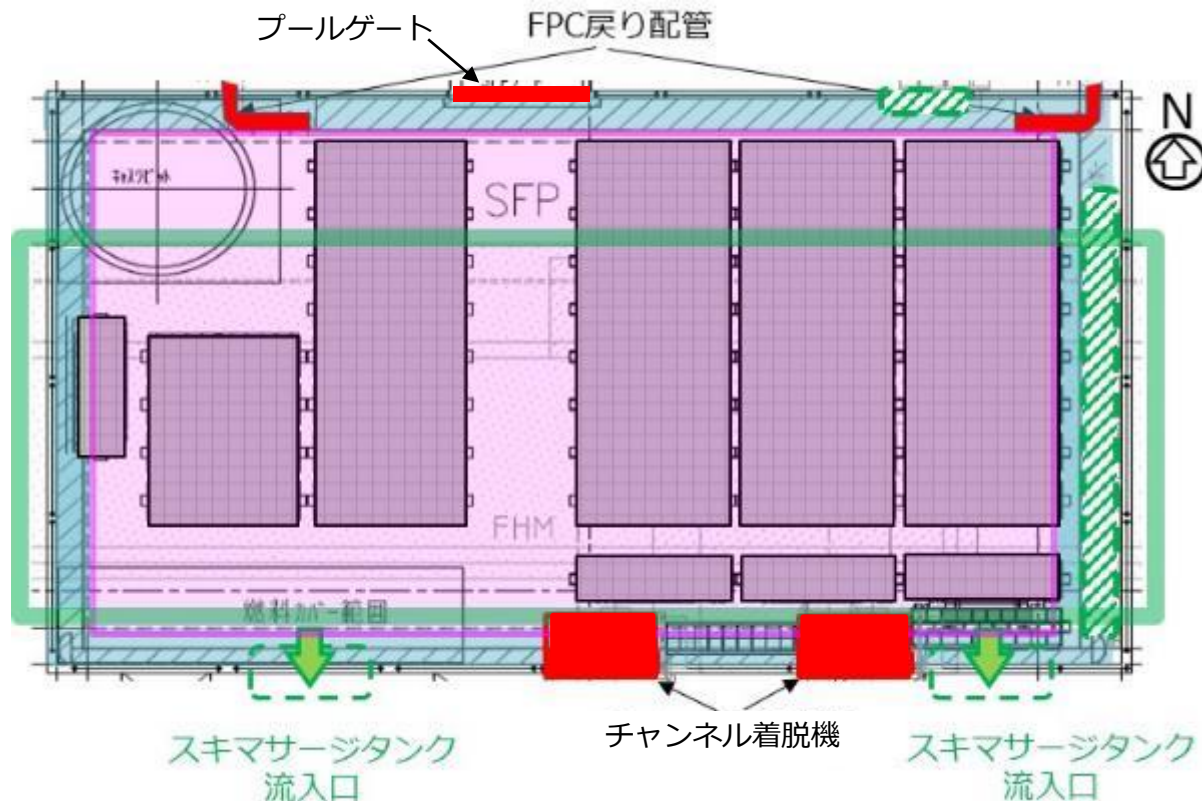
- SFP養生は、プール内側に張り出す構造物、展張の作業性、および燃料等の健全性確保の観点から下図に示す範囲で養生を実施する。
- なお、スキマサージタンク流入口は南側に2箇所存在するが、養生バッグが流入口を塞ぐことはなく、SFP冷却機能に影響はない。

- : 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

※チャンネル着脱機：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、および燃料の外観点検を行う装置

※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

4.スケジュール

- 現在実施中のSFP周辺小ガレキ撤去（東側・南側）により、必要な作業空間が確保でき次第、2020年3月からSFP養生設置を開始する予定。
- SFP養生の実施に際しては、事前にトレーニングを行い、万全な体制を整えた上で、安全最優先に作業を実施する。

	2019年度												2020年度		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
主要工程	北側・中央一部ガレキ撤去														
	SFP周辺小ガレキ撤去（東側・南側）												(西側)		
	SFP養生												SFP養生		
現地作業準備	トレーニング														
	資機材関係準備														

以下、参考資料

- 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



④IPによる展張開始



⑤展張完了



⑥IPモルタル注入後



【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

- ・養生バッグは高強度繊維を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
- ・また、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

養生バッグが水に浮く条件：

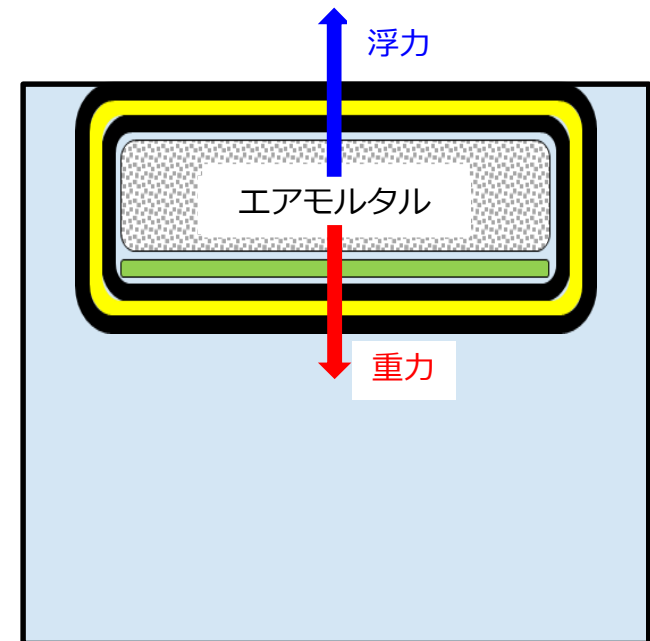
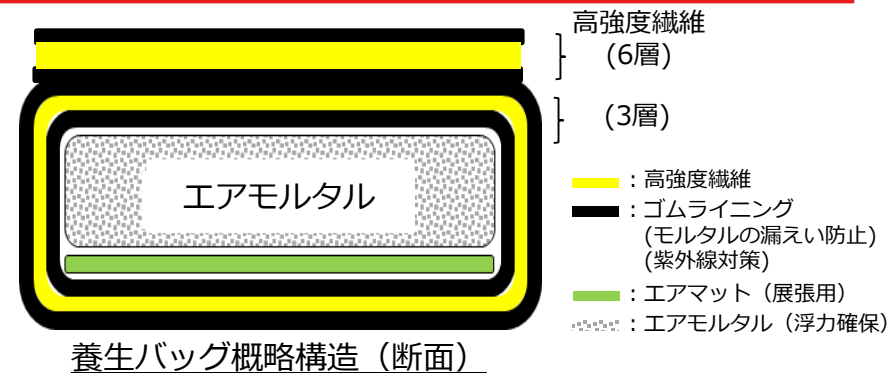
重力 < 浮力の場合であり、10 [t]程度の屋根鉄骨・小ガレキ等が落下しても養生バッグは水に浮く。

$$\text{浮力} = \text{水の密度} \times \text{養生バッグ体積} \times \text{重力加速度} \\ 1.0 \times 33 \times g = 33 \times g \text{ [kN]}$$

養生バッグにかかる重力 =

$$\cdot \text{エアモルタル密度} \times \text{養生バッグ体積} \times \text{重力加速度} \\ 0.66 \times 33 \times g \approx 22 \times g \text{ [kN]}$$

$$\cdot \text{保護シート (高強度繊維) の重量約 } 1 \times g \text{ [kN]}$$

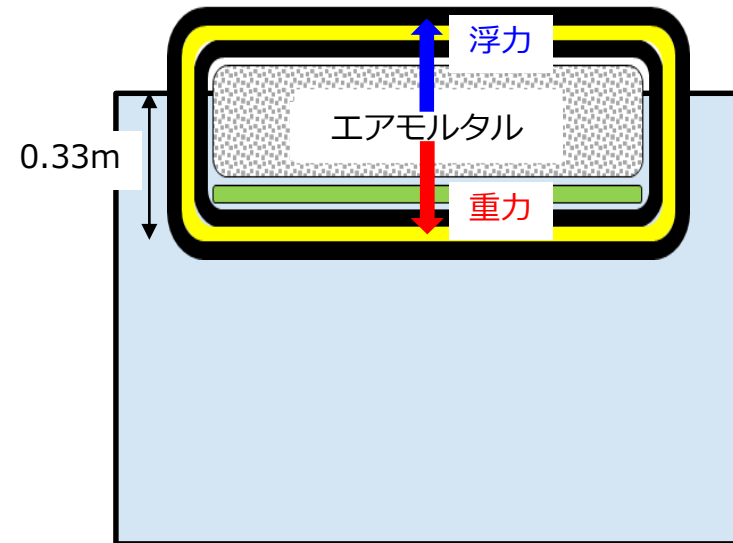


■ 養生バッグ沈み量

浮力と重力の力のつり合い式は、

$$(22 \times g) + (1 \times g) (\text{kN}) \\ = 1.0 \times \text{沈み量} \times \text{養生バッグ面積} \times g (\text{kN})$$

であるため、沈み量は、約0.33m



- 養生バッグ設置に伴い、沈み量分の水量がSFPからスキマサージタンクへ流れ込む。そのため、養生バッグ沈み分の体積が減少する。

沈み分体積：養生バッグ面積 $66(\text{m}^2) \times 0.33(\text{m}) \doteq 21.8(\text{m}^3)$

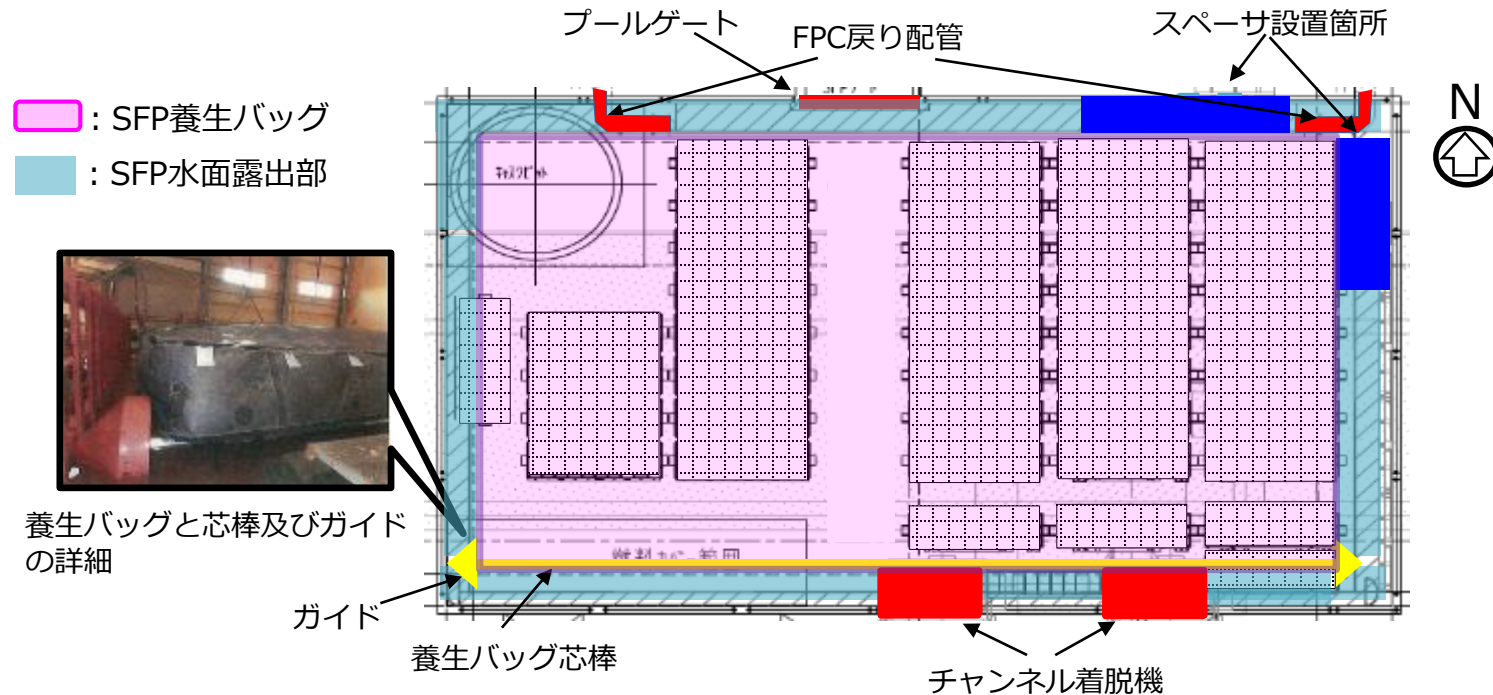
プールの容積は、約 $850(\text{m}^3)$ であるため、全体の約3%分のプール水量が減少する。

【参考】養生バッグの固定方法

新規資料

TEPCO

- 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。
- なお、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、養生バッグ芯棒ガイドをプール西壁と接触させる。

- 養生バッグがSFP既設設備に与える影響について、以下の通りである。

影響項目	内容
保管燃料	屋根鉄骨・小ガレキ等がSFPに落下した際に、燃料等を保護できる範囲を確保する構造
プールゲート	SFP内側に張り出すFPC戻り配管により、養生バッグがプールゲートに接触することはない
プール冷却系統運転	<ul style="list-style-type: none"> ・SFP内側に張り出すチャンネル着脱器によりスキマーサージタンク流入口を塞ぐことはない ・循環冷却が停止した場合でも、SFP水面からの自然放熱を維持する形状 ・養生バッグ設置後の冷却停止時のプール水温評価では、養生による影響（自然放熱減少やプール水量減少）を反映する
プール水質	養生バッグの外表面・内表面には、耐アルカリ性に優れたゴムライニングを施しており、プール水質に影響を与えない

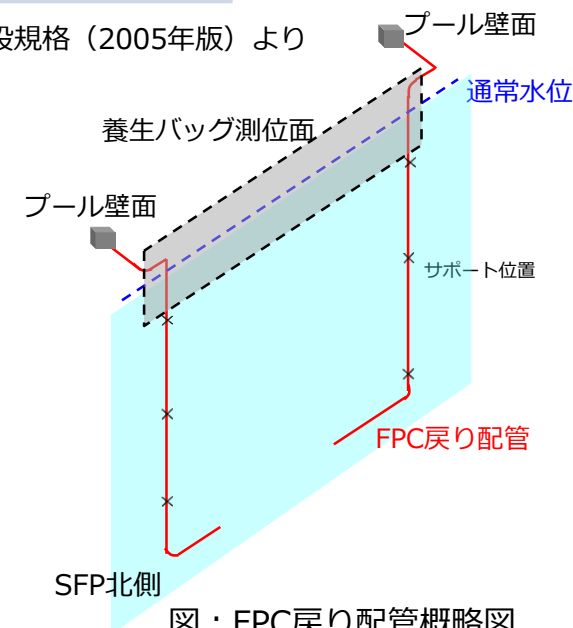
- 地震により養生バッグが、FPC戻り配管に外力を加えた際に当該配管に生じる応力を評価する。
- 水平震度（建屋内機器Sクラス相当）では、FPC戻り配管に生じる最大発生応力は、許容応力以下のため、配管が閉塞・破断することはない。

最大発生応力 (Mpa)	許容応力※1 (Mpa)
112	205

※1：発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版）より

評価条件	FPC戻り配管仕様
<ul style="list-style-type: none"> ・養生バッグ質量 23.1[ton] ・養生バッグ移動水平加速度 0.72G※2（建屋内機器Sクラス相当） ・東側・西側FPC戻り配管への衝突力 163.1[kN]（各配管へは81.55[kN]） 	<ul style="list-style-type: none"> ・材質 SUS304 ・配管径 6BSch40 （外径φ165.2mm, 厚み7.1mm）

※2：原子力発電所耐震設計技術規程（2008年版）より



図：FPC戻り配管概略図

- 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