福島第一原子力発電所　３号機
使用済燃料プールからの燃料取り出しについて

2015年7月30日
東京電力株式会社

東京電力
TEPCO

本日の報告内容

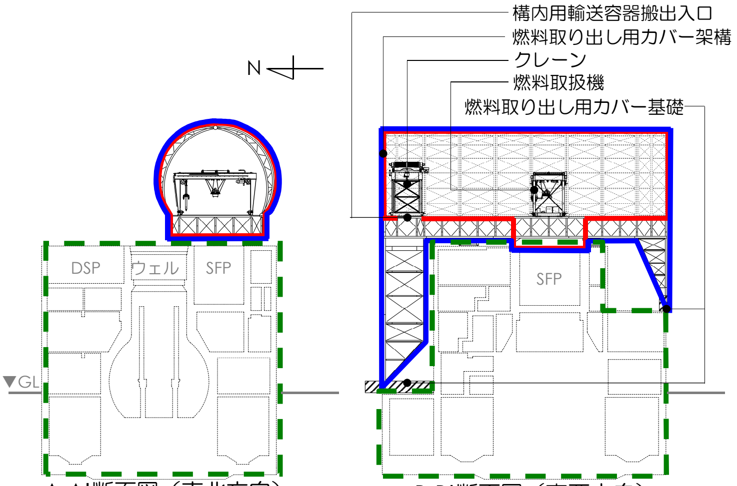
１．燃料取り出し用カバーの概要
２．燃料取扱設備全体配置
３．燃料取り出し開始に向けたスケジュール
４．カバー・燃料取扱設備等の設置手順イメージ
５．現状のオペフロ線量率
６．除染完了後のオペフロ線量率（到達見込み値）
７．線量低減策について
８．燃料取り出し用カバー　組立作業状況
９．除染・遮へい完了後の空間線量率見通し（概略）
１０．カバー設置時の線量低減策
１１．今後の対応

無断複製･転載禁止 東京電力株式会社

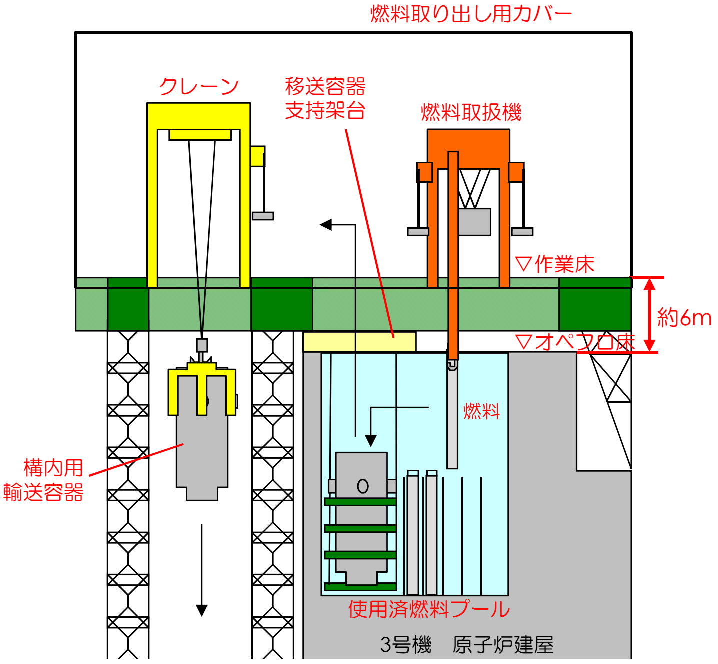
1．燃料取り出し用カバーの概要

３号機燃料取り出し用カバー　完成イメージ

- 燃料取り出し用カバー架構は、東西方向に門型形式で設置するため、燃料取扱設備が稼働する作業床は、オペレーティングフロア（以下、オペフロという）床面より約6m高くなる
- オペフロ床上に遮へい体を設置するが、カバー架構および作業床等も遮へい効果を有する



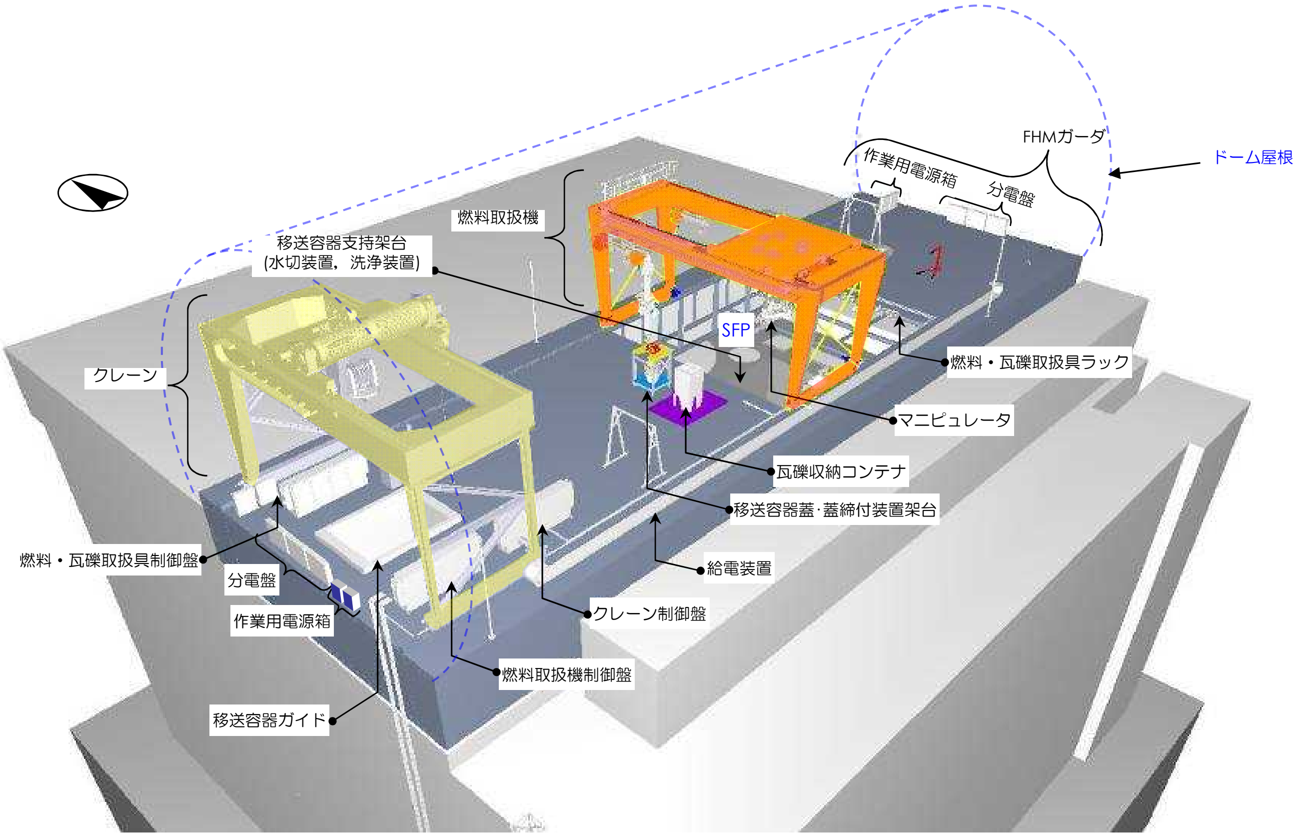
A-A'断面図（南北方向）　B-B'断面図（東西方向）



３号機燃料取り出し作業イメージ

無断複製･転載禁止　東京電力株式会社

2．燃料取扱設備全体配置

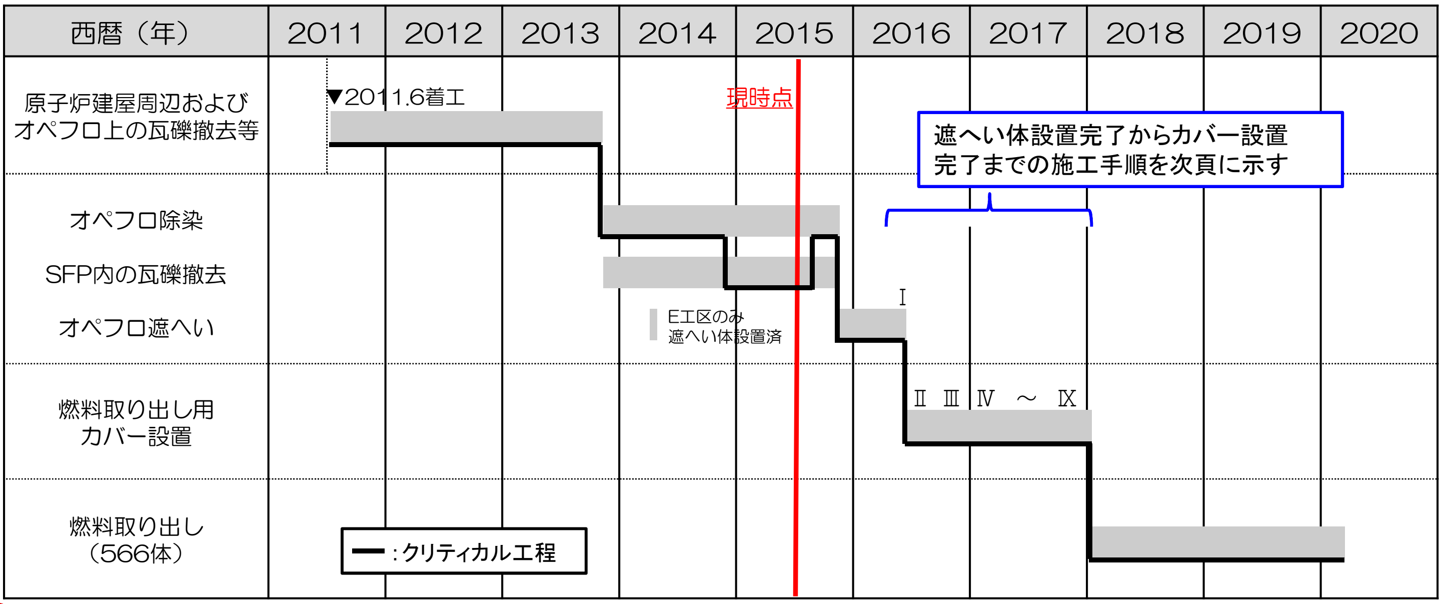


※配置については今後の設計進捗により変更となる可能性あり

無断複製･転載禁止　東京電力株式会社

3．燃料取り出し開始に向けたスケジュール

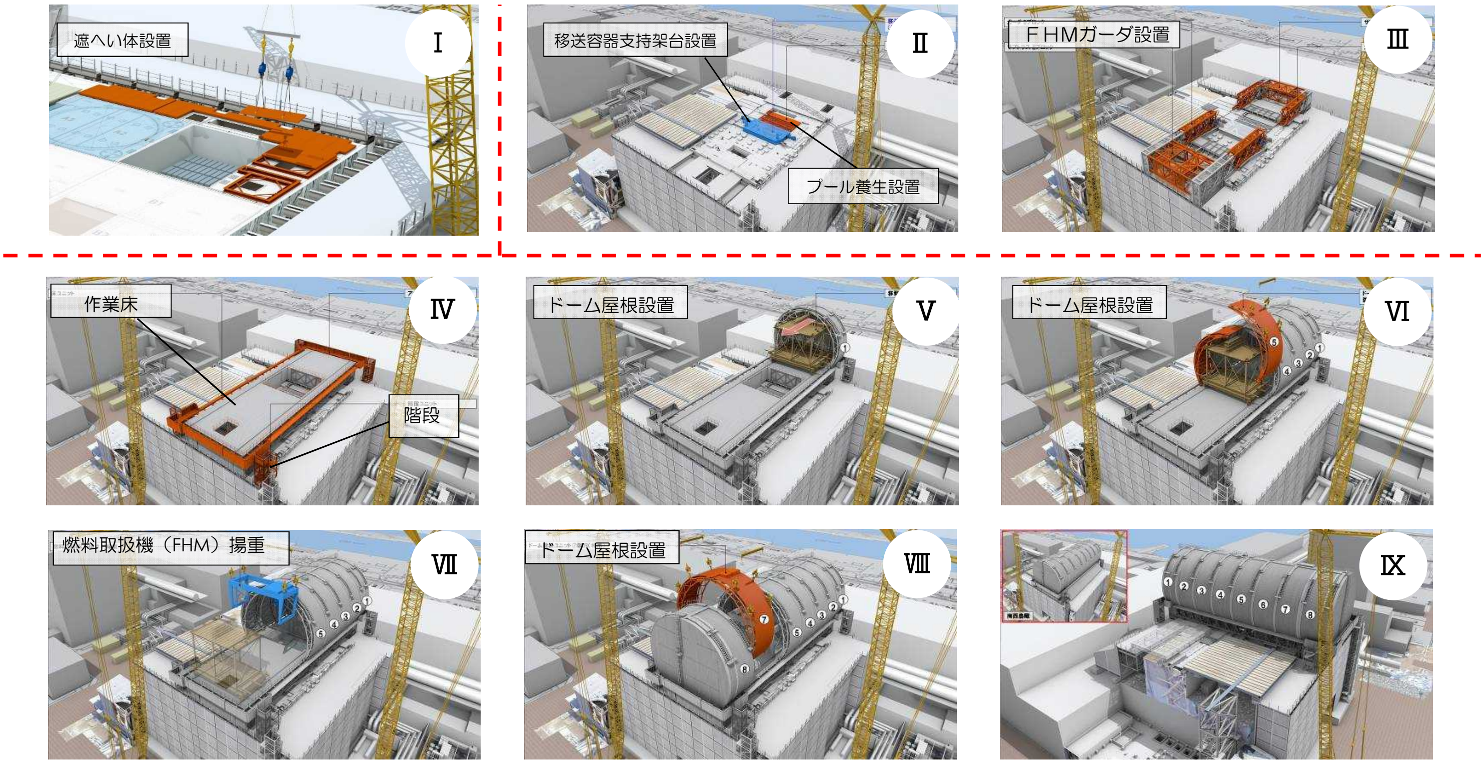
- 現在、使用済燃料プール内の瓦礫撤去作業やオペフロ上の線量低減対策（除染・遮へい）を実施中である。
- 次工程で、燃料取り出し用カバーや燃料取扱設備を設置するため、オペフロ上での有人作業を計画しているが、除染等による線量低減結果が有人作業の施工成立性に影響を及ぼす。
- これまでの除染効果をもとに、除染・遮へい完了後の線量評価を行い、各作業の成立性について、現在検討中である。



無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

4．カバー・燃料取扱設備等の設置手順イメージ

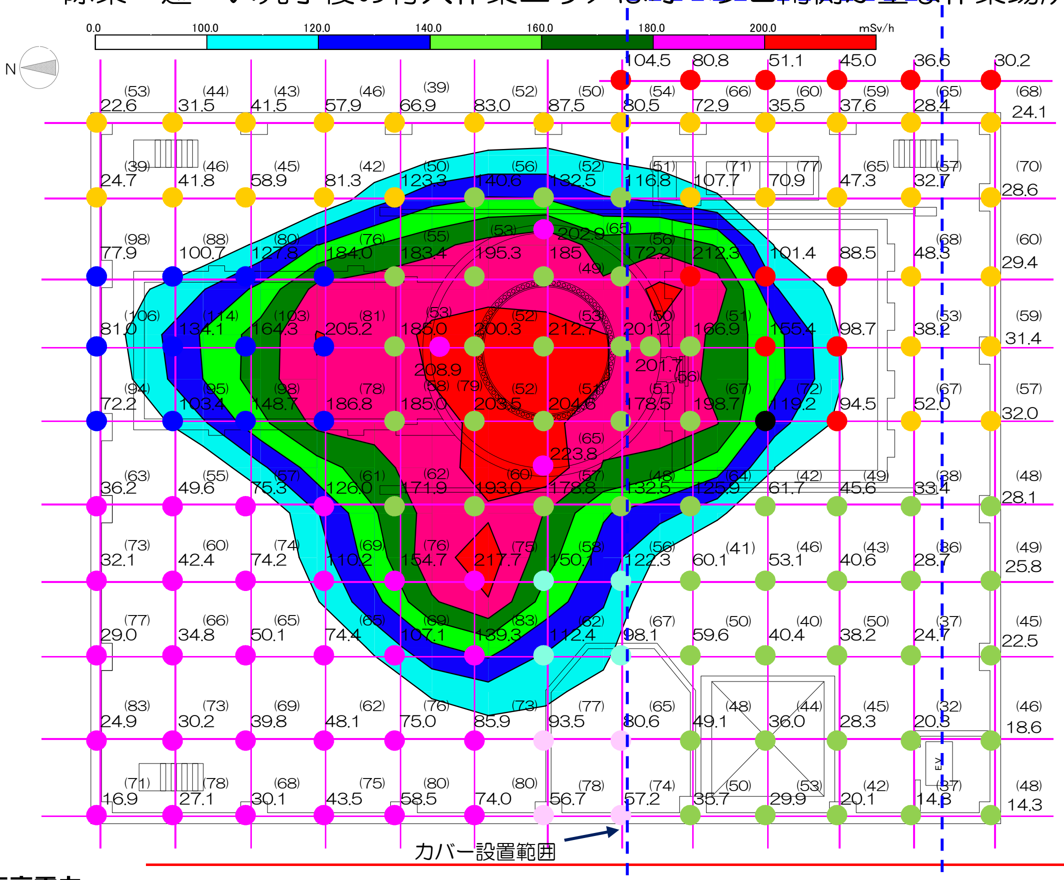
- ステップⅠのオペフロ遮へい体設置までは、遠隔操作による無人作業を計画。
- ステップⅡ～Ⅲは、線量の高いオペフロ上が主な作業場所となり、ステップⅣ以降は、オペフロ+約6m高さでの作業が主な作業場所となる。

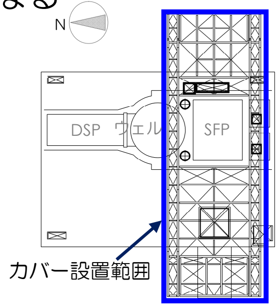


無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

5．現状のオペフロ線量率

- 現在のオペフロ+5m高さでの空間線量率は以下の通り（シールドプラグ付近：約220mSv/h）
- 除染・遮へい完了後の有人作業エリアはオペフロ南側が主な作業場所となる





燃料取り出し用カバー設置範囲

【線量率測定日】
- H25.11.6-7
- H26.4.1
- H26.5.21
- H26.7.3-4,7
- H26.8.2,5
- H26.11.13
- H26.11.22
- H27.1.8

数字　：中間計測空間線量率
@5m（mSv／h）
（）内：中間計測空間線量率／
H25.11.6,7の空間線量率との
比較（%）

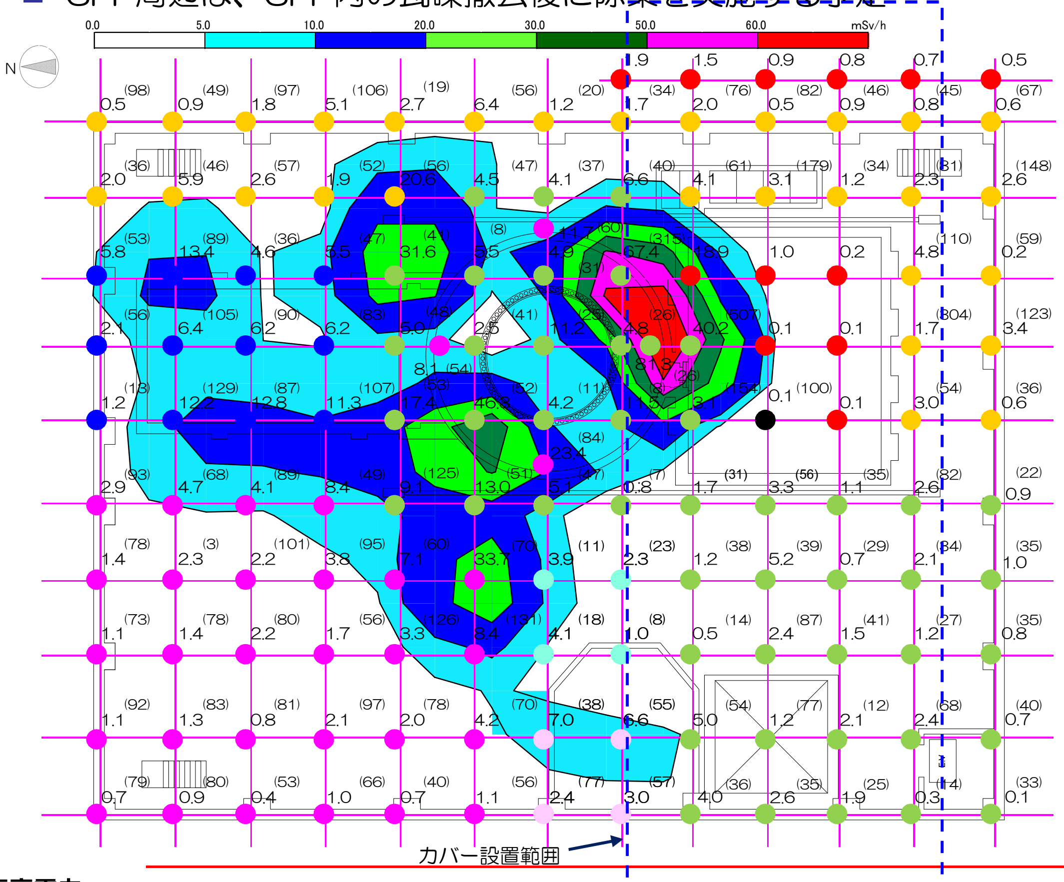
※除染作業の進捗に伴い部分的に測定した最新データをもとに作成

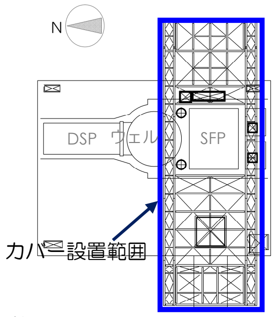
東京電力 TEPCO

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

5．現状のオペフロ線量率

- 現在のオペフロ+50cm高さでのコリメート付き線量測定装置による測定値は以下の通り
- SFP周辺は、SFP内の瓦礫撤去後に除染を実施する予定





燃料取り出し用カバー設置範囲

【線量率測定日】
- H25.11.6-7
- H26.4.1
- H26.5.21
- H26.7.3-4,7
- H26.8.2,5
- H26.11.13
- H26.11.22
- H27.1.8

数字　：中間計測線量率
@50cm（mSv／h）
（）内：中間計測線量率／
H25.11.6,7の線量率との
比較（%）

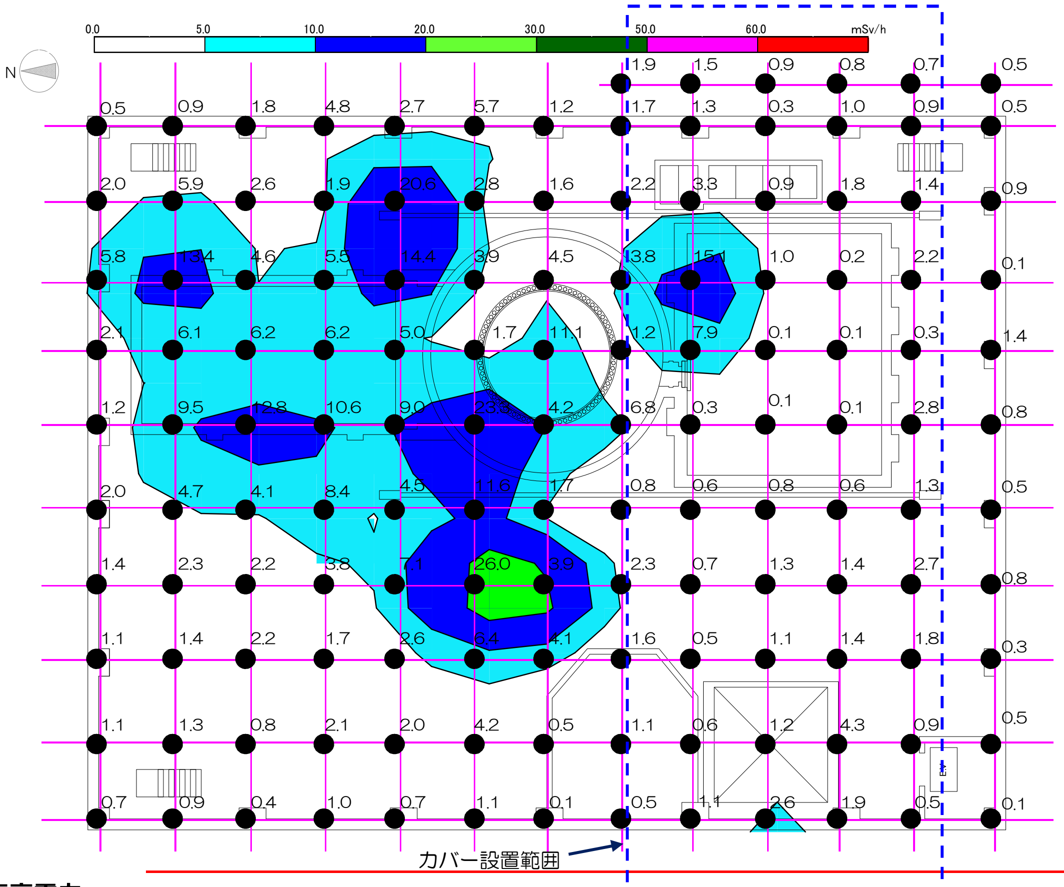
※除染作業の進捗に伴い部分的に測定した最新データをもとに作成

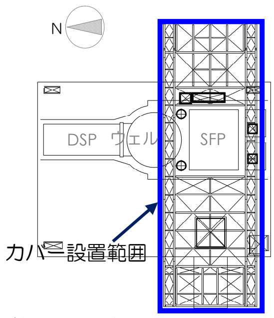
東京電力 TEPCO

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

6．除染完了後のオペフロ線量率（到達見込み値）

■ 除染完了時点のオペフロ+50cm高さでのコリメートした線量率の見込み値は以下の通り





燃料取り出し用カバー設置範囲

※到達見込み値は2014.11時点での測定値を元に算出した値である

数字　：除染完了時点の線量率（到達見込み値）@50cm（mSv／h）

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

7．線量低減策について

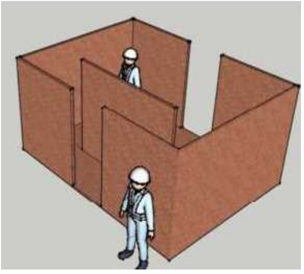
＜カバー設置作業前における線量低減策＞

3号機オペフロ除染は、2013年10月15日より着手し、2014年6月時点で当初計画の線量低減策では、十分な効果が得られずオペフロでの据付作業が実施できない線量レベルであると判明したことから、除染の繰り返し作業の実施や遮へい体設置範囲を拡大する計画に見直した。

- ✓ オペフロ床面の除染（小瓦礫集積・吸引・床面切削）の実施
  ※作業後の状況に応じ、繰り返し作業も実施中
- ✓ 除染完了後のオペフロ床面上への遮へい体の設置
- ✓ 福島第一原子力発電所（以下、１F）構内での鉄骨組立作業の一部を線量の低い構外で実施
- ✓ ダクト、ケーブル等の一部を線量の低い構外で事前設置

＜カバー設置作業時における線量低減策＞

- ✓ スポット的な高線量箇所に対し、作業状況に応じた仮設遮へい体の設置
- ✓ オペフロ上での作業待機時の被ばく低減を目的とした待避所の設置
- ✓ カバー、燃料取扱設備の設置作業の構外訓練等による作業時間の短縮
  - ・１Fの作業環境を模擬した訓練の実施
  - ・ホース、ケーブルの接続のカプラ化　等



待避所のイメージ

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

8．燃料取り出し用カバー　組立作業状況

■ 1F構内にてカバー設置作業を円滑に進めることができるように、小名浜港で、組立作業の確認を行った。

■ 燃料取り出し用カバーの架構部材（鉄骨トラス・ガーダー等）は、工場製作が完了しており、1F構内での省人化を図るため構外で大組した架構を小名浜港で保管している。

カバー架構部材の保管状況（2015.3.10撮影）

屋根部材の組立状況（2014.10.11撮影）

ガーダーの組立状況（2014.6.23撮影）

9．除染・遮へい完了後の空間線量率見通し（概略）

■ オペフロ上の空間線量率を約4m間隔で測定し、測定値から約4m角のエリア毎に床面の汚染密度を算出し、任意の評価点の線量率を評価する（詳細はP17～19参照）
■ 評価条件を以下に示す
 ・オペフロ外線源を未考慮
 ・到達見込み値を考慮（詳細はP20～24参照）
 ・オペフロ床上遮へい体の設計情報を考慮（詳細はP28～29参照）
■ オペフロ上で有人作業を行う代表箇所として図1に示す①～⑬の13点を抽出。作業フェーズ毎に作業高さが異なることから、評価点における除染・遮へい完了後の高さ毎の空間線量率の評価値を図2に示す
■ 目標とする目安値を超えている評価点については、作業単位毎に被ばく低減策を検討中（詳細はP12,13参照）

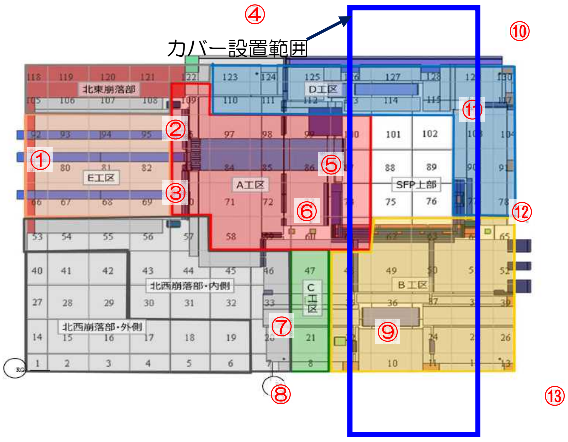


図１　オペフロ上有人作業エリア評価点位置

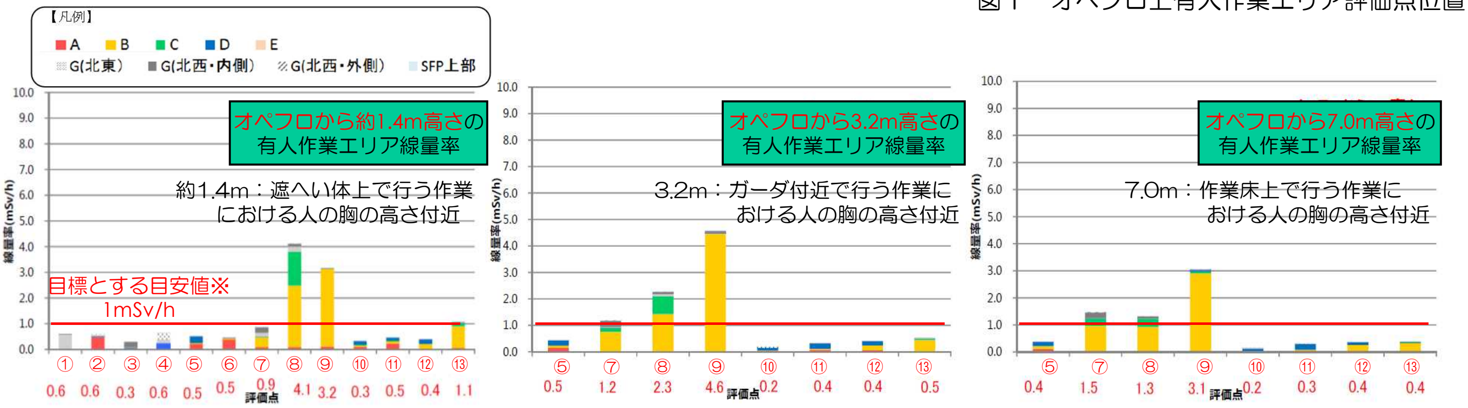


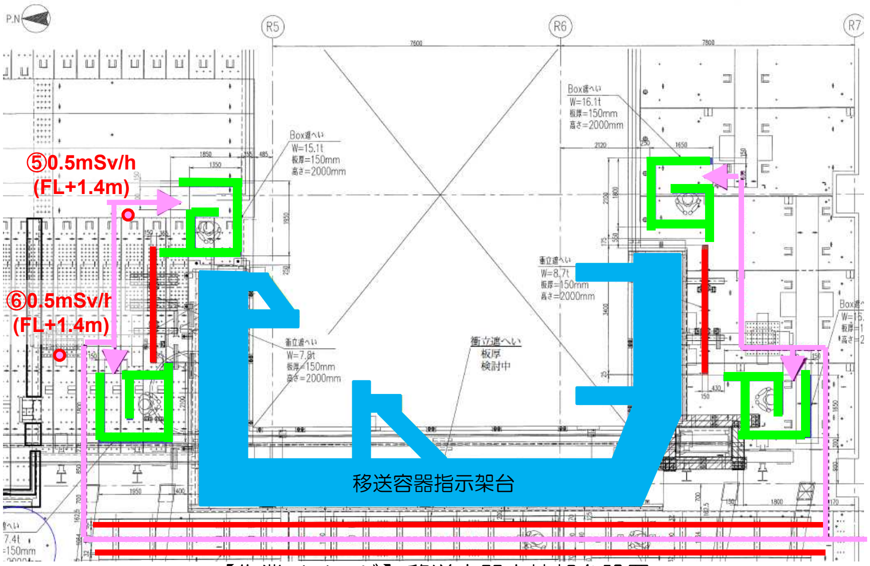
図２　カバー設置前における低減効果を考慮した有人作業エリア空間線量率評価結果

※除染作業完了後、オペフロ床上遮へい体の設置により、オペフロ上有人作業エリア①～⑬の空間線量率を1mSv/hに低減させることを、除染作業の目標の目安とする。

１０．カバー設置時の線量低減策（ステップⅡ：移送容器支持架台設置時）

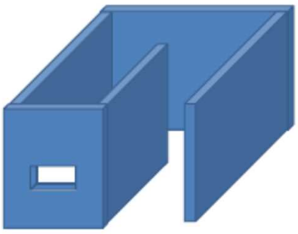
- ■ オペフロ床上で有人作業を要する移送容器支持架台設置について、最少作業単位毎に施工成立性を検討中
- ➢ 作業内容
  移送容器支持架台つり込み作業（1日）
- ➢ 作業人数
  約15人×4班
- ➢ 作業時間（分／班・日　移動時間等含む）
  約６０分／班・日

仮設遮へい（衝立形状）　仮設遮へい（渦巻き形状）　作業員動線



【作業イメージ】移送容器支持架台設置

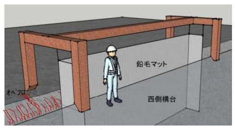
※上記に示す仮設遮へい体を検討中
衝立形状は、約30～150mmの鉄板（遮へい効果：約1/2～1/100）を計画中
渦巻き形状は、約150mmの鉄板（遮へい効果：約1/100）を計画中



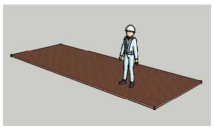
仮設遮へい（渦巻き形状）イメージ図

１０．カバー設置時の線量低減策（ステップⅢ：FHMガーダ設置時）

- ■ オペフロ床上で有人作業を要するFHMガーダー設置について、 最少作業単位毎に施工成立性を検討中
- ➢ 作業内容
  鉄骨建方（１日）　ボルト本締め（３日）　接合部塗装（２日）
- ➢ 作業人員
  鉄骨建方：約６人 × ２班　ボルト本締め：約４人 × １班
  接合部塗装：約４人 × １班
- ➢ 作業時間（分／班・日　移動時間等含む）
  鉄骨建方・ボルト本締め・接合部塗装：１００～１５０分／班・日



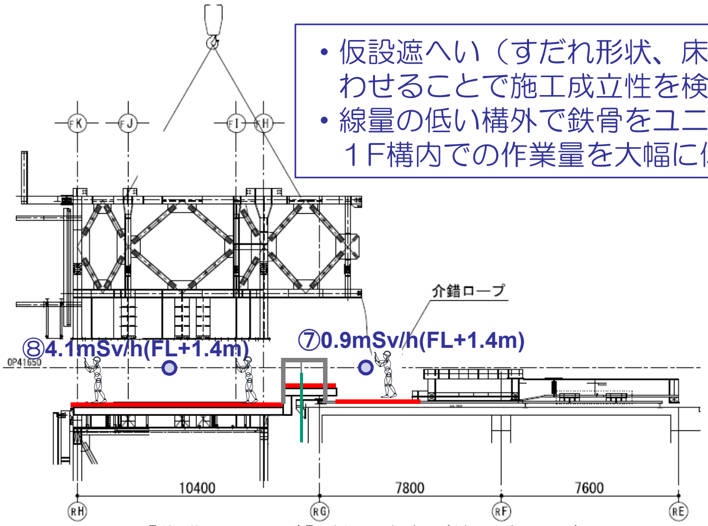
すだれ形状



床置き形状

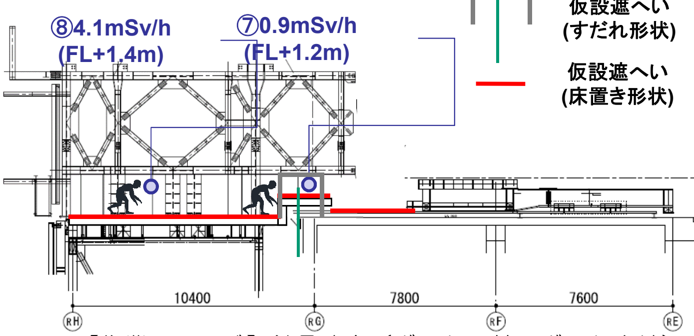
- 仮設遮へい（すだれ形状、床置き形状等）を組み合わせることで施工成立性を検討中
- 線量の低い構外で鉄骨をユニット化することで１F構内での作業量を大幅に低減

※上記に示す仮設遮へい体を検討中
約50mmの鉄板
（遮へい効果：約1/3）を計画中



【作業イメージ】鉄骨建方（位置合わせ）

仮設遮へい
(すだれ形状)
仮設遮へい
(床置き形状)



【作業イメージ】鉄骨建方（ボルト入替、ボルト本締）

１１．今後の対応

■今後の除染作業について

　汚染のばらつきの存在により同一エリア内においても表面線量率が大きく異なる。そのため除染作業後の表面線量率測定を行い、ホットスポット等が確認された場合は、可能な限り除去する等の局所的な対策を行う。

　SFP内の瓦礫撤去作業の完了後に、プール周辺の線量低減策（除染・遮へい）を実施し、効果確認を行う。

■詳細な空間線量率評価の実施

　オペフロ上の除染作業進捗を評価するため、オペフロ外線源からの線量率寄与は本評価に反映していないが、除染完了後のオペフロ外線源を含む影響についても現在検討を実施中。

　オペフロ上には、段階的にカバー・燃料取扱設備が積み上がるように設置される。そのため、厳密には遮へい効果が工事のフェーズにより異なることから、現在、フェーズ別の線量評価を行い、作業成立性の検討を実施中。

　また、オペフロ上で有人作業を行う代表箇所の評価点を現状の13点から30点程度に追加する予定。

■作業計画の立案

　カバー設置時に想定される各作業を洗い出し、その場の想定線量を考慮の上、体制、スケジュール等を設定する予定。

　上記検討で作業の成立性が困難な場合も考慮し、様々な形状の仮設遮へい体を作業状況に応じ組み合わせ、線量低減を図ることで、作業成立性のある計画を策定する。

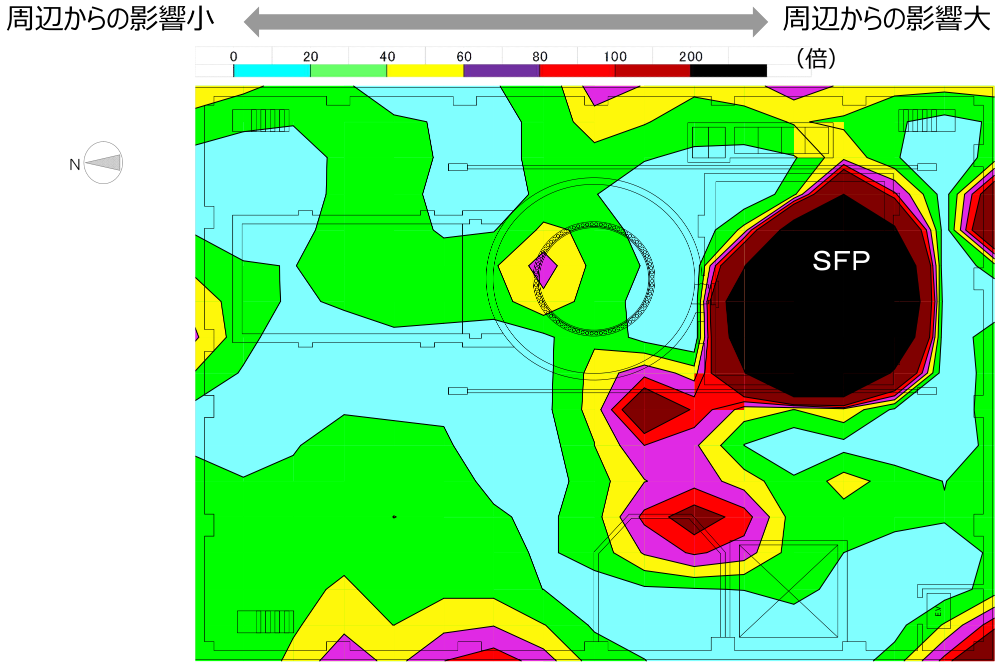
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

以下、参考資料

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）5m測定値/50ｃｍ測定値（コリメータ）比のマップ

- シールドプラグ北側、SFP北西エリアの周辺からの影響が大きい場所は、当該場所のオペフロ床上線量が除染等により低減したため、相対的に周辺の線量寄与が高くなっていると推定
- SFP表面は、線量率が低いため周辺の影響が高いが、SFP北東側は燃料交換機等の撤去前であるため当該場所の線量率が高いと推定
- オペフロ外周部の周辺からの影響が高いエリアは、オペフロ外の線源の影響を受けていると推定



無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）除染実績の評価方法１

【評価方法】

1．評価に用いるデータについて

オペフロ上の線量低減効果については、除染作業着手前、及び各種除染作業後に実施しているコリメータを用いたオペフロ上の線量率測定値を用いる。なお、線量率の測定に合わせ空間線量率の測定も実施している。

2．線量率/空間線量率測定概要

- ●測定器　：無線式線量計（測定範囲0.1～1000mSv/h）
- ●測定高さ　：床上50cm高さ（線量率）、床上5m高さ（空間線量率）
- ●測定単位　：線量率測定は、測定器側面に遮へいを設置し、下面のみ撮影。測定器下面約4m□メッシュ（図３参照）を撮影。
- ●特記事項　：高線量箇所の測定においては、線量計の有効測定範囲を逸脱する可能性がある。そのため、計測部に1/10程度の遮へいを設置し、線量計の有効測定範囲内に減衰させる。

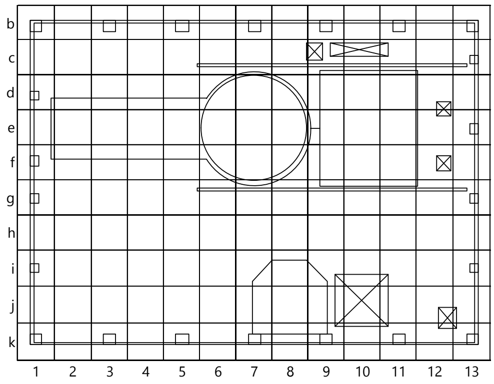


図３　線量率測定単位
（1メッシュ：約4m×4m）

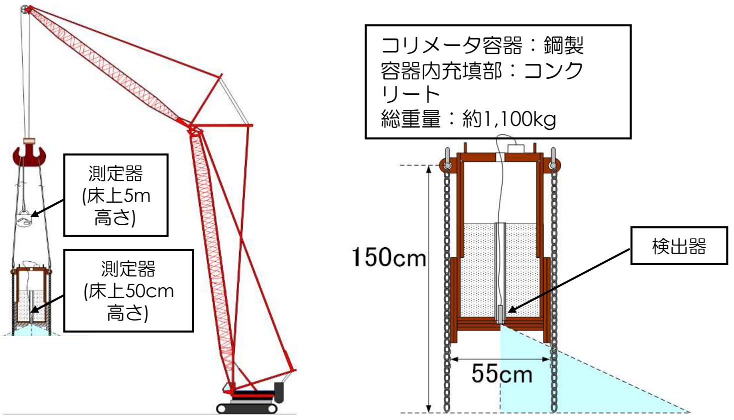


図４　測定機材構成

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）除染実績の評価方法２

３．オペフロ上エリア分割

- オペフロ上の線量低減効果は、同一除染作業を行うエリア毎に評価を行う（図５参照）。

- エリア内の表面線量率測定値の相乗平均値を、任意の時点における当該エリアの表面線量率測定値と読み替えて評価を行う。

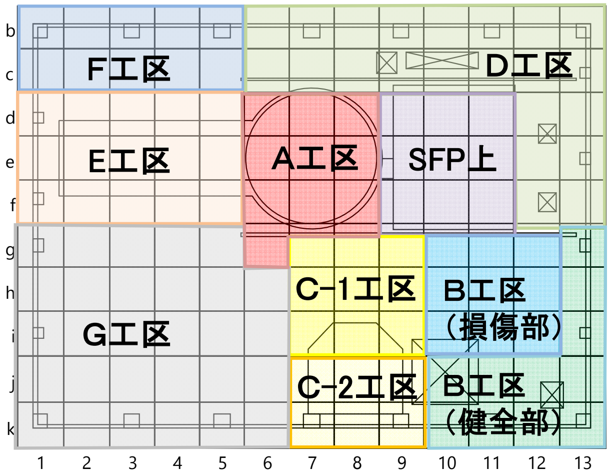


図5　オペフロ上評価エリア区分

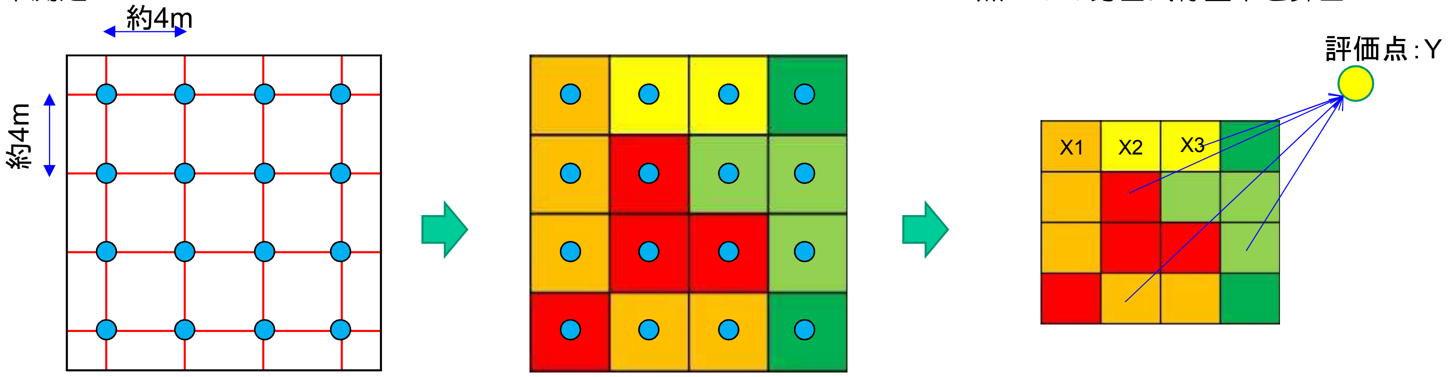
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）評価点における線量率評価

<ステップ１>
オペフロ上を約４m間隔のメッシュに切って、コリメータ付き線量計で各メッシュの表面線量率測定

<ステップ２>
各メッシュの表面汚染密度へ換算

<ステップ３>
評価モデルに基づき各メッシュから任意の評価点への線量率寄与を評価し線量率寄与の合算値として任意の評価点：Ｙの雰囲気線量率を算出



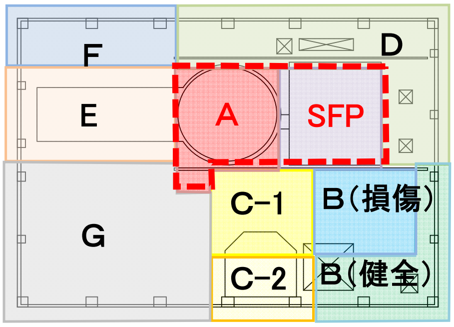
測定点イメージ(青色丸位置）　表面汚染密度換算イメージ　各メッシュからの線量率寄与評価イメージ

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）Ａ工区の除染作業進捗

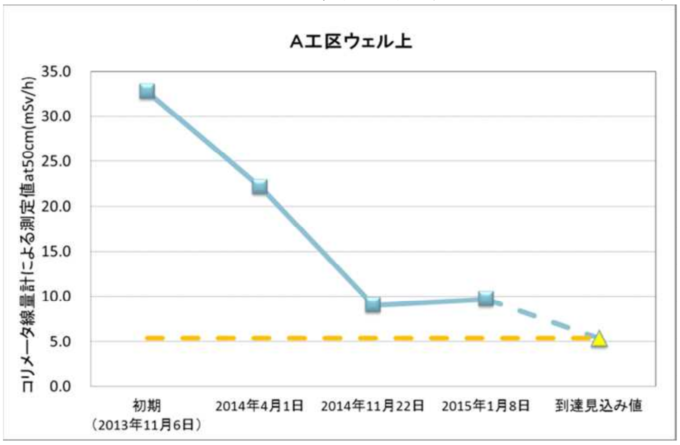
■Ａ工区の作業実績
- エリア内堆積瓦礫の撤去、汚染面のはつり除染作業（SFP周辺は未実施）
- 狭隘部（ウェル隙間部等）堆積瓦礫の掃出し・回収作業

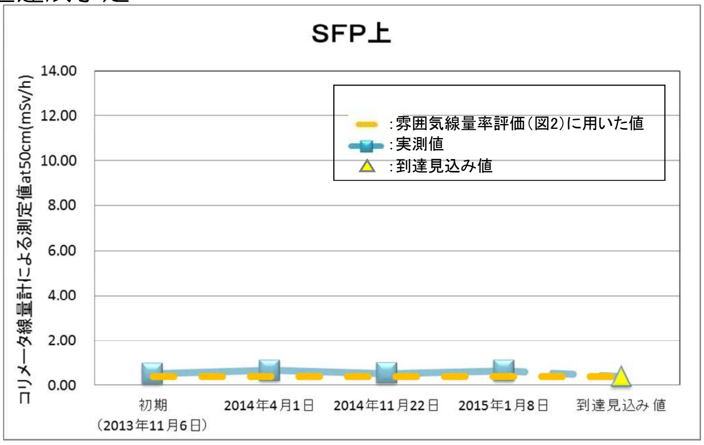
＜到達見込み値達成へのアプローチ＞
- ボックスアウト部堆積瓦礫の撤去、スキマサージタンク周りの瓦礫撤去
- Ａ工区上の瓦礫撤去作業実績より低減率0.2程度の値を確認している。エリア内未除染部でも同等の除染効果が見込まれるため、未除染部の除染作業完了により到達見込み値達成を想定している。尚、低減率は次式で表す。　*低減率 = 作業後表面線量率 ÷ 作業前表面線量率*



オペフロ平面のキープラン

■ＳＦＰ上の作業実績
- ＳＦＰ周辺の瓦礫撤去、汚染面のはつり除染作業
- ＳＦＰ周辺に堆積する瓦礫撤去作業により到達見込み値達成予定





※グラフ縦軸は、1/10程度の遮へい効果があるコリメータによる測定値（P20～24まで共通）

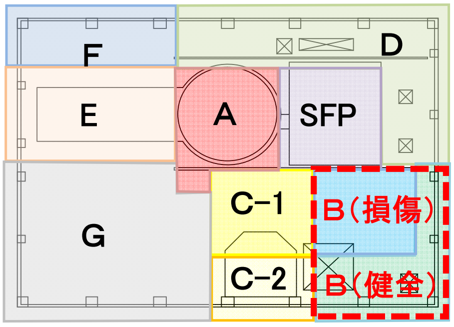
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）Ｂ工区（損傷部、健全部）の除染作業進捗

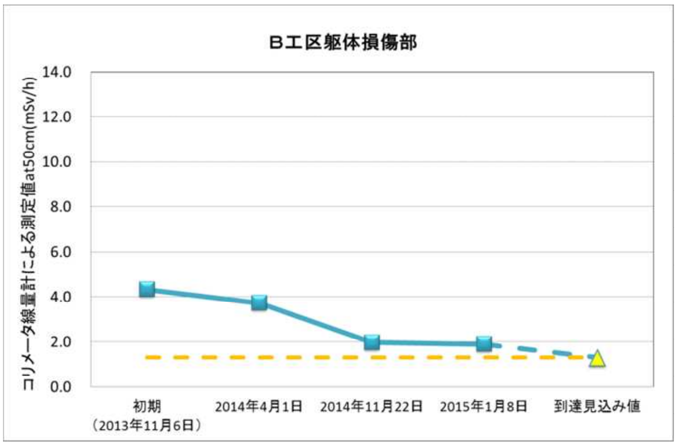
■Ｂ工区損傷部の作業実績
- エリア内堆積瓦礫の撤去、汚染面のはつり除染作業

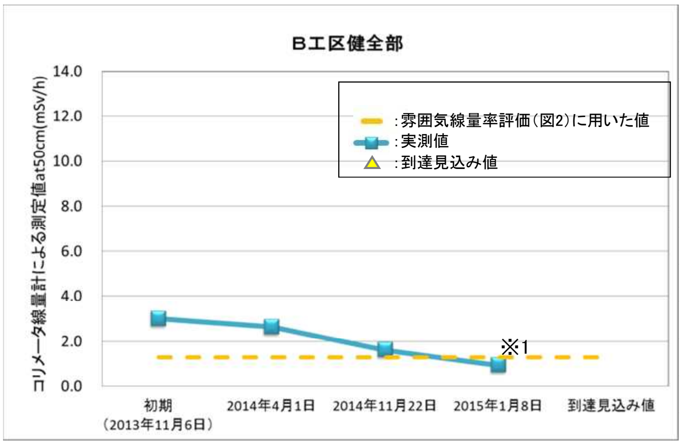
＜到達見込み値達成へのアプローチ＞
- 堆積瓦礫の撤去作業
- 同エリア内の作業実績としてはつり除染で0.8、瓦礫撤去作業で0.5程度の低減率を確認している。エリア内に残る瓦礫撤去作業の継続により到達見込み値達成を想定している。

■Ｂ工区健全部の作業実績
- エリア内堆積瓦礫の撤去、汚染面のはつり除染作業



オペフロ平面のキープラン





※1：除染作業により到達見込み値を達成

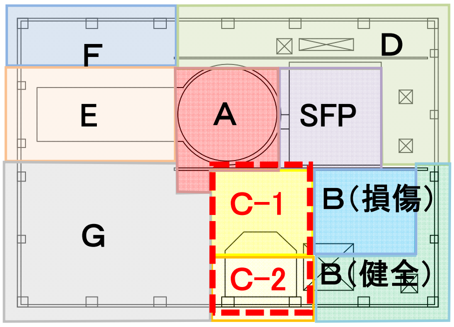
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）C-1,2工区の除染作業進捗

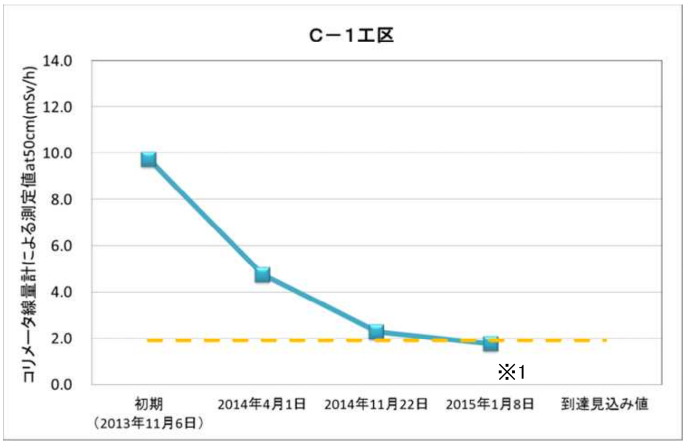
■C－１工区の作業実績
- エリア内堆積瓦礫の撤去、汚染面のはつり除染作業

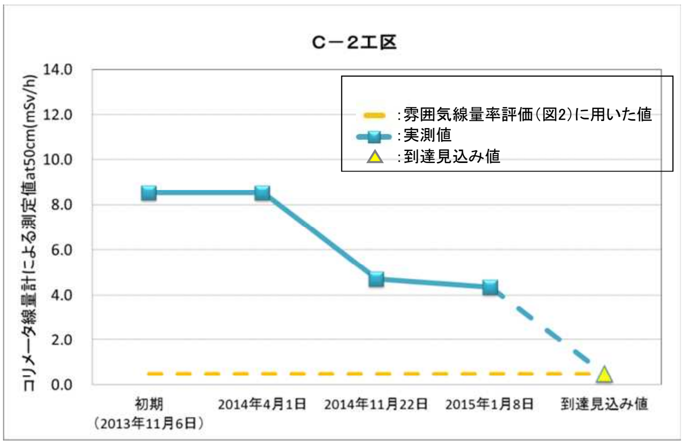
■C－２工区の作業実績
- エリア内堆積瓦礫の撤去

<到達見込み値達成へのアプローチ>
- エリア内堆積瓦礫の撤去、汚泥回収作業
- 対象エリアの表面は金属であり、汚染源の主体はエリア内の堆積瓦礫、汚泥等の遊離性汚染と考えられる。エリア内瓦礫撤去作業実績として低減率0.5の値を確認しているが、当該エリアは未除染部が多く残るため、全面作業の実施により到達見込み値達成を想定している。



オペフロ平面のキープラン





※1：除染作業により到達見込み値を達成

東京電力

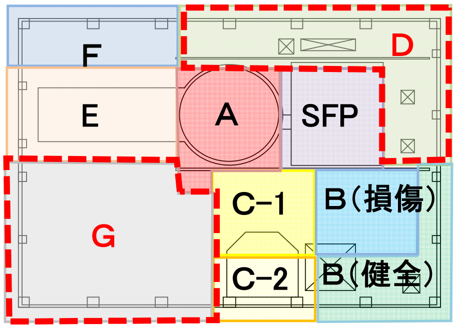
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）D，Ｇ工区の除染作業進捗

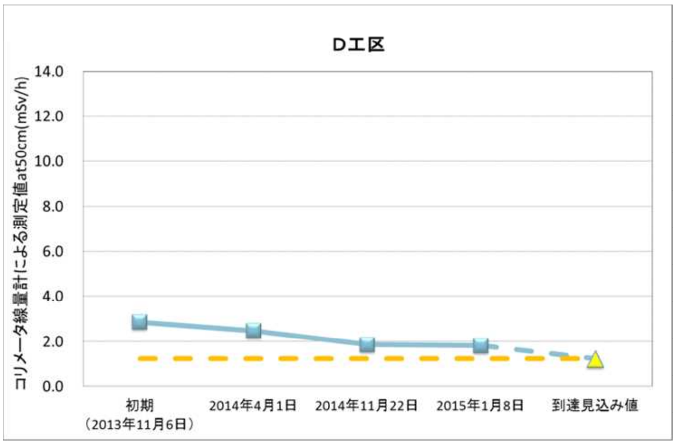
■Ｄ工区の作業実績
- エリア内汚染面はつり作業（ＳＦＰ周りは未実施）
- エリア内堆積瓦礫の撤去（ＳＦＰ周りは未実施）

<到達見込み値達成へのアプローチ>
- 未除染エリア内汚染瓦礫の撤去、汚染面のはつり除染作業
- 同エリア内の瓦礫撤去、はつり除染作業実施場所において低減率0.5程度を確認している。エリア内の約半分が未除染エリアであり、未除染部の作業完了により到達見込み値達成を想定している。

■Ｇ工区の作業実績
- 工区境（Ｅ工区、Ａ工区）の瓦礫撤去作業



オペフロ平面のキープラン



※1：除染作業により到達見込み値を達成

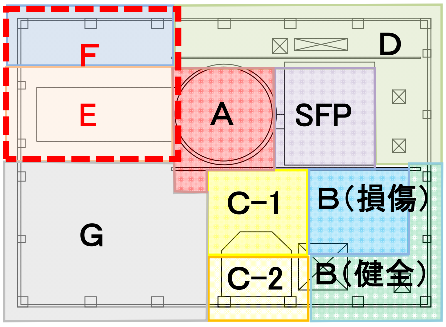
東京電力

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

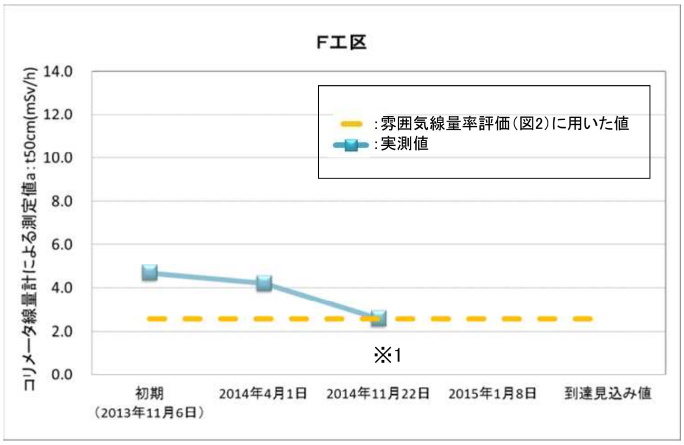
（参考）E，Ｆ工区の除染作業進捗

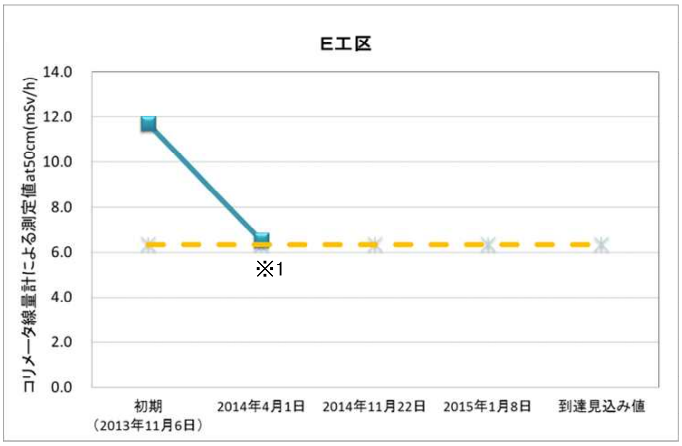
■Ｅ工区の作業実績
- エリア内瓦礫撤去
- 工区境（Ａ工区）の瓦礫撤去作業

■Ｆ工区の作業実績
- エリア内瓦礫撤去
- 工区境（Ｄ工区）の瓦礫撤去及び汚染面はつり除染作業



オペフロ平面のキープラン





※1：除染作業により到達見込み値を達成

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）除染後の線量評価における留意事項

■評価エリア内の線源強度ばらつきについて

図６に示すように、汚染のばらつきの存在により同一エリア内においても表面線量率が大きく異なる。そのため除染作業後の表面線量率測定値のエリア平均値を用いて評価した除染作業進捗において、到達見込み値を達成した状態においても、ホットスポット等が確認された場合は、可能な限り除去する等の局所的な対策を行う予定である。

■オペフロ外線源の取扱いについて

オペフロ上の除染作業進捗を評価するため、オペフロ外線源からの線量率寄与は本評価に反映していないが、除染完了後のオペフロ外線源を含む影響についても現在検討を実施中。

■フェーズ別の線量率評価について

オペフロ上には、段階的にカバー・燃料取扱設備が積み上がるように設置される。そのため、厳密には遮へい効果が工事のフェーズにより異なることから、現在、フェーズ別の線量評価を行い、作業成立性の検討を実施中。

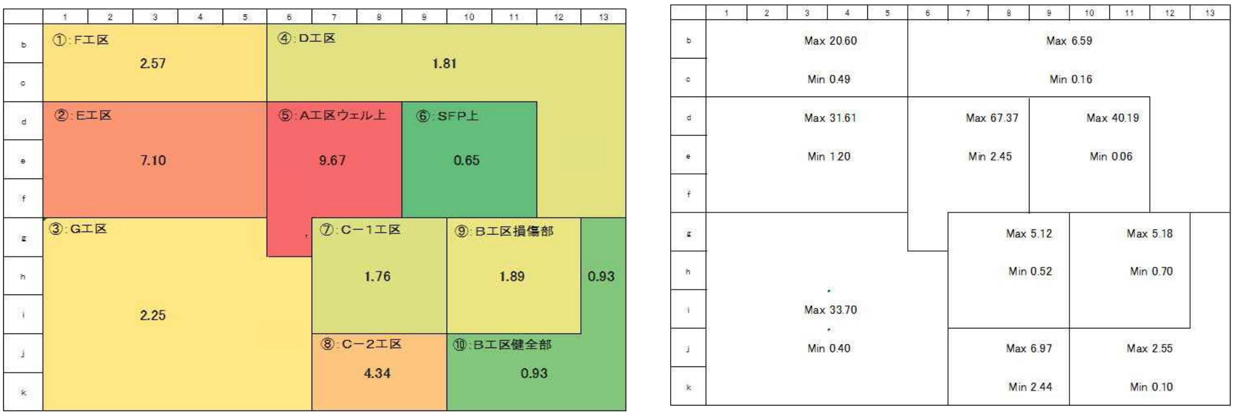
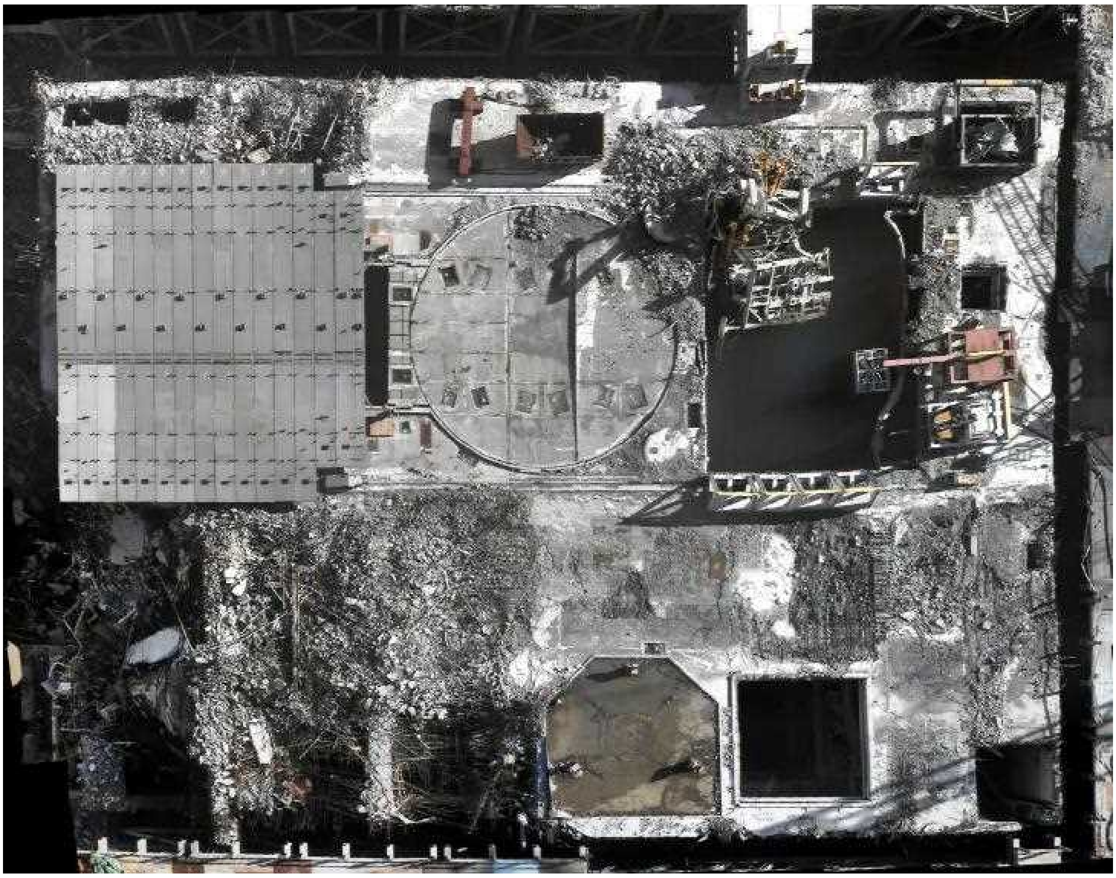


図６　エリア別コリメータ測定値の相乗平均値（左）とエリア内での最大・最小測定値（右）
（2015年1月8日時点での各エリア最新測定値を使用）

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）オペレーティングフロア状況（撮影：2014.12.8）

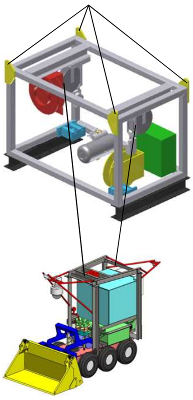
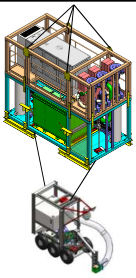
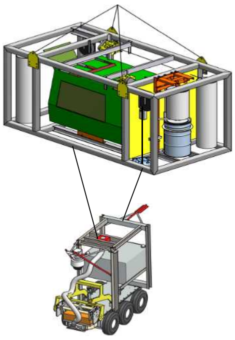


※調査写真を合成し、全景写真としております

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）除染作業で使用する主な装置

■除染、瓦礫撤去作業は、無人遠隔装置を６００ｔクレーンで吊り下げて実施する。

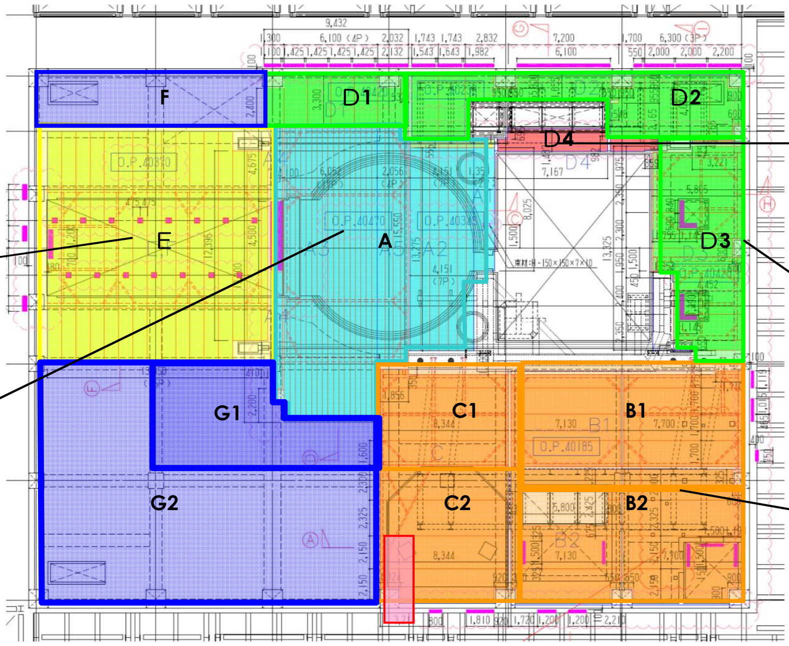
瓦礫集積装置	小瓦礫吸引装置	切削・吸引装置	高圧水切削・吸引装置	瓦礫回収
	 新規追加装置			
小瓦礫の集積作業	小瓦礫や粉塵等の吸引除去作業	コンクリート表層の切削・吸引除去作業	高圧水による床表層の切削除去 金属部の洗浄	瓦礫の回収や切断作業

※吸引装置の排気はフィルターで除塵してダストの飛散抑制を行なっている。
※必要に応じて、上記装置の改造及び新規装置の導入を行う。

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）当初の遮へい計画

【遮へい範囲と遮へい体の厚み】



＜E工区＞
遮へい体厚み：150mm

E工区の遮へい体は設置済み

＜A工区＞
遮へい体厚み：250mm

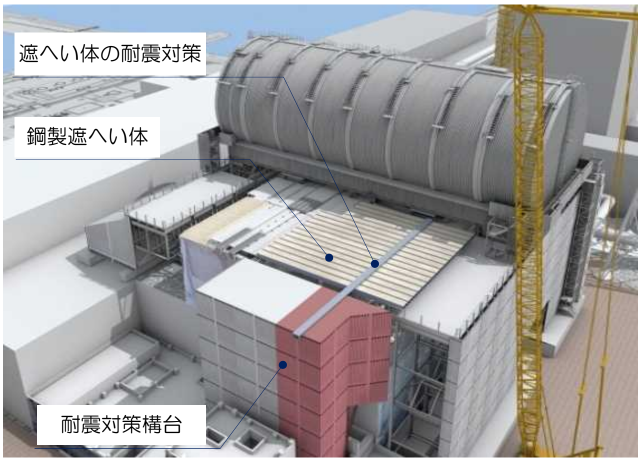
＜D4工区＞
遮へい体厚み：100mm

＜D1,2,3工区＞
遮へい体厚み：200mm

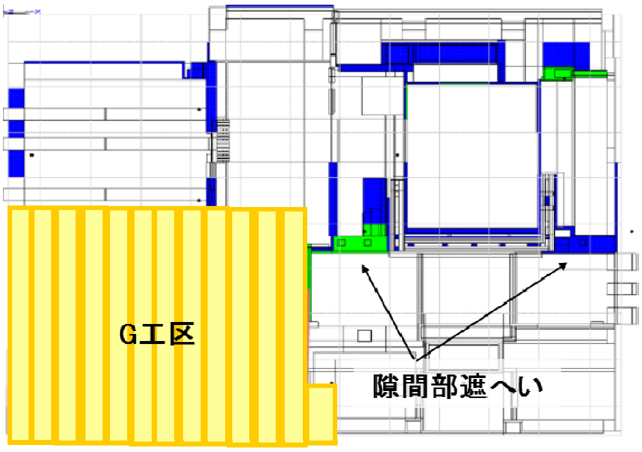
＜B1,2、C1,2工区＞
遮へい体厚み：65mm

（参考）追加遮へい計画

■当初計画の除染と遮へい体設置に加えて、北西崩落部遮へい体と当初計画遮へい体の隙間を補完する遮へい体を設置する。



鳥瞰イメージ図（北西上空から）



追加遮へい体の設置位置

補完遮へい体　　　：青（1/10）,緑(1/100)
北西崩落部遮へい体：黄（鉛毛マット厚み約70mm　1/90）

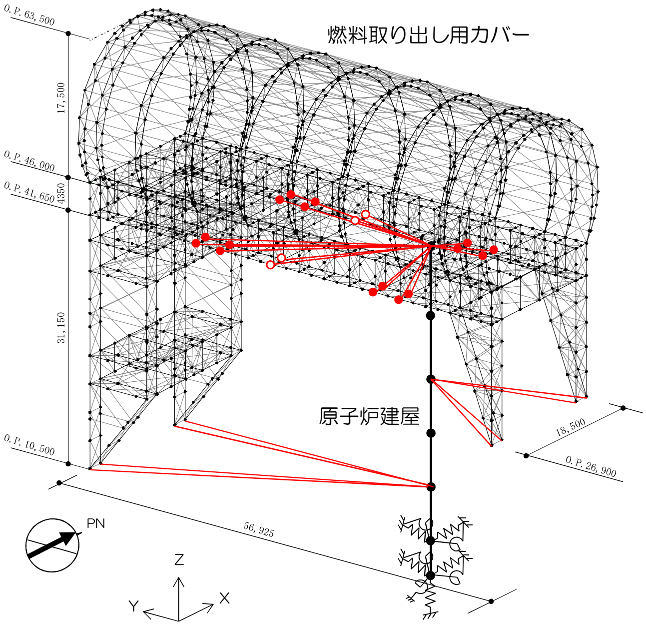
（参考）３号機燃料取り出し用カバーの耐震性評価について

基準地震動Ssに対する３号機燃料取り出し用カバーの耐震性評価に用いる解析モデルを以下に示す

■ 立体架構を原子炉建屋の質点系モデルに接続したモデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。

解析で考慮した荷重条件(kN)

燃料取り出し用カバー 設計用原子炉建屋全体重量	1,130,310
(内訳)原子炉建屋全体重量	1,092,200
(内訳) 瓦礫撤去による軽減重量	-24,640
(内訳) 遮へい体設置による付加重量	18,000
(内訳) 燃料取り出し用カバ-等の付加重量	44,750



解析モデル

（参考）３号機燃料取り出し用カバーの耐震性評価について

解析結果は、いずれも評価クライテリア以下であることを確認した。

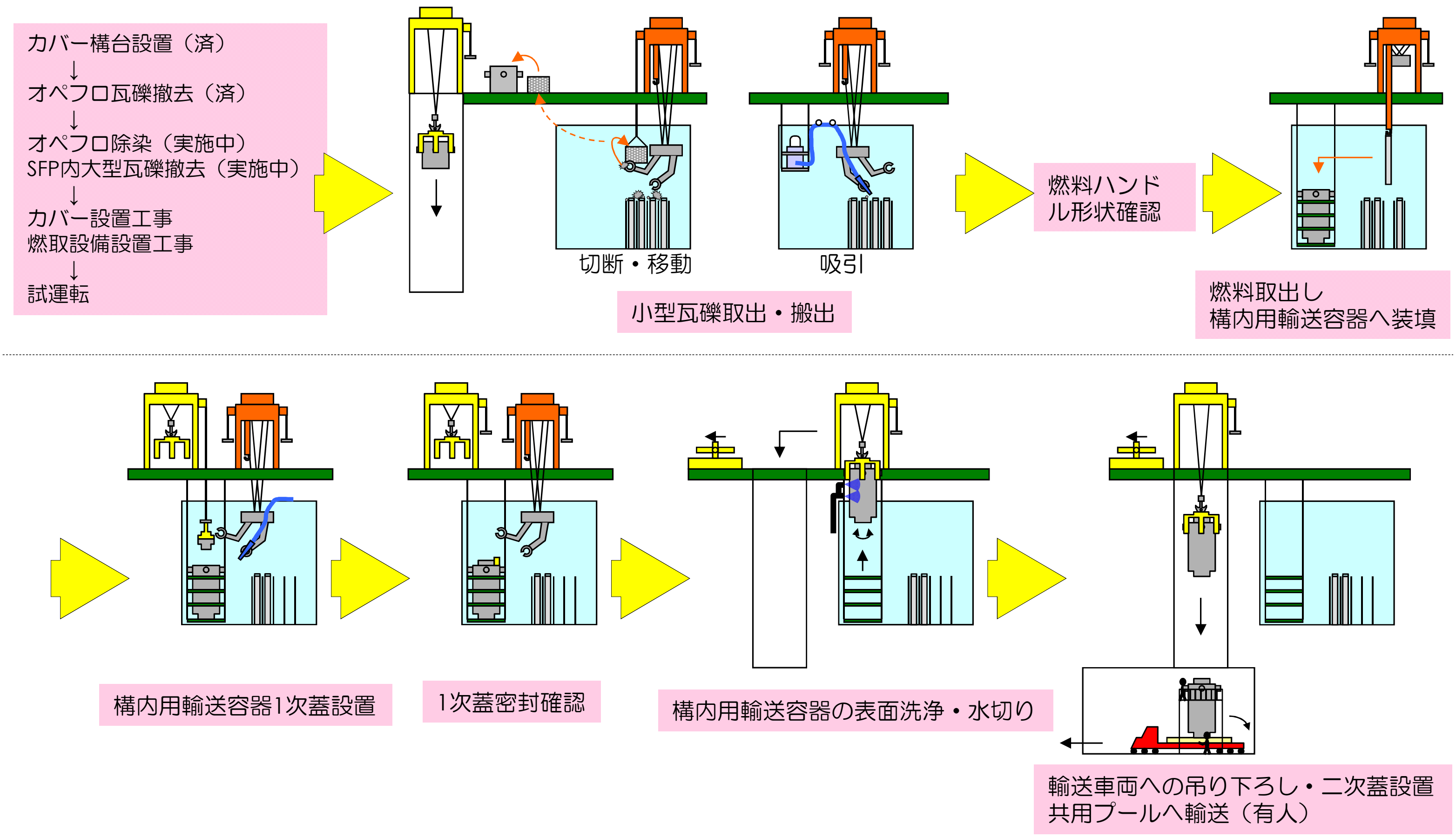
（１）架構の耐震性

部位	評価項目	検定比、最大応答値	評価クライテリア	判定
門型架構	層間変形角	1/720	1/75以下	OK
門型架構	塑性率	0.75	5以下	OK
ドーム屋根	塑性率	0.90	5以下	OK
オイルダンパ	相対変位	72 mm	100 mm以下	OK
	相対速度	0.48 m/s	1.0 m/s以下	OK
ストッパ	せん断耐力比	0.42	1.0以下	OK
基礎	浮き上がりの有無	生じない	生じないこと	OK
	すべり摩擦抵抗比	0.59	1.0以下	OK

（２）原子炉建屋の耐震性

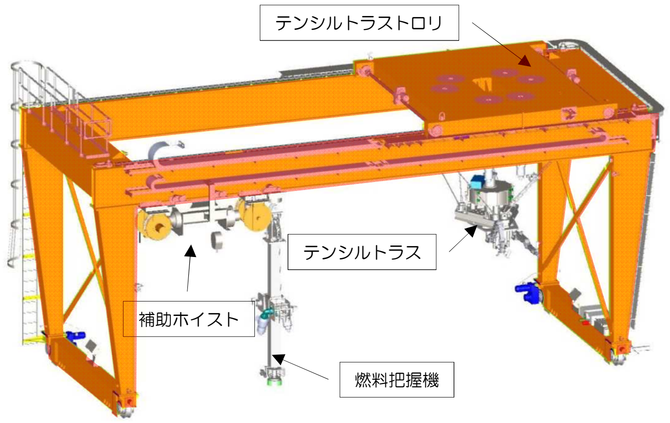
部位	評価項目	検定比、最大応答値	評価クライテリア	判定
ストッパ接触部	支圧耐力比	0.54	1.0以下	OK
オイルダンパ接触部	支圧耐力比	0.19	1.0以下	OK
基礎設置部	圧縮耐力比	0.29	1.0以下	OK
原子炉建屋	せん断ひずみ	0.14×10^{-3}	4.0×10^{-3}以下	OK

（参考）燃料取出し作業全体作業概要

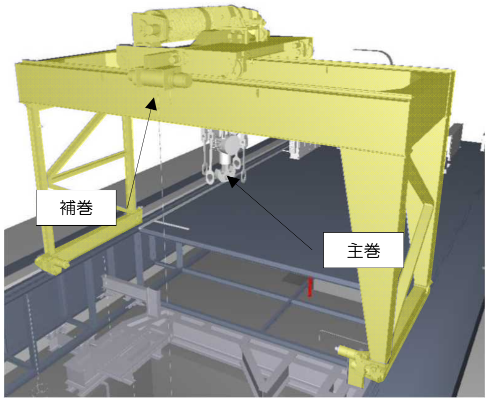


無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）燃料取扱設備の概要



燃料取扱機　概要図



クレーン　概要図

燃料取扱機　主な仕様

項目		値
基数(基)		1
総重量(t)		約74
容量(t)	燃料把握機	1（×1台）
主要寸法(m)	走行レール間距離	約15
	ブリッジ幅	約6
	高さ	約8

クレーン　主な仕様

項目		値
基数(基)		1
総重量(t)		約90
容量(t)	主巻	50（×1台）
	補巻	5（×1台）
主要寸法(m)	走行レール間距離	約15
	クレーン本体ガーダ距離	約7
	高さ	約10

無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

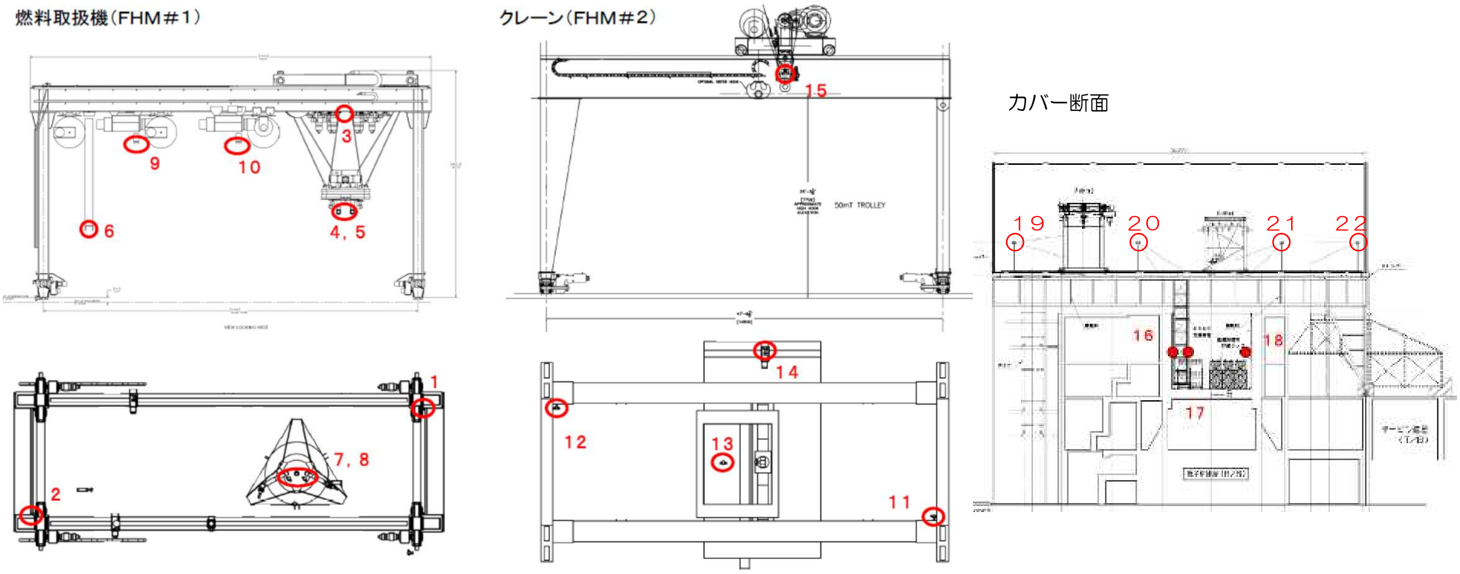
（参考）カメラの配置

■燃料取出作業用カメラ

No.１～１５　　　No.16～１８　　　No.19～２２

機器付カメラ（15台），ＳＦＰ内監視用カメラ（3台），FHM監視用カメラ（4台）の　計22台

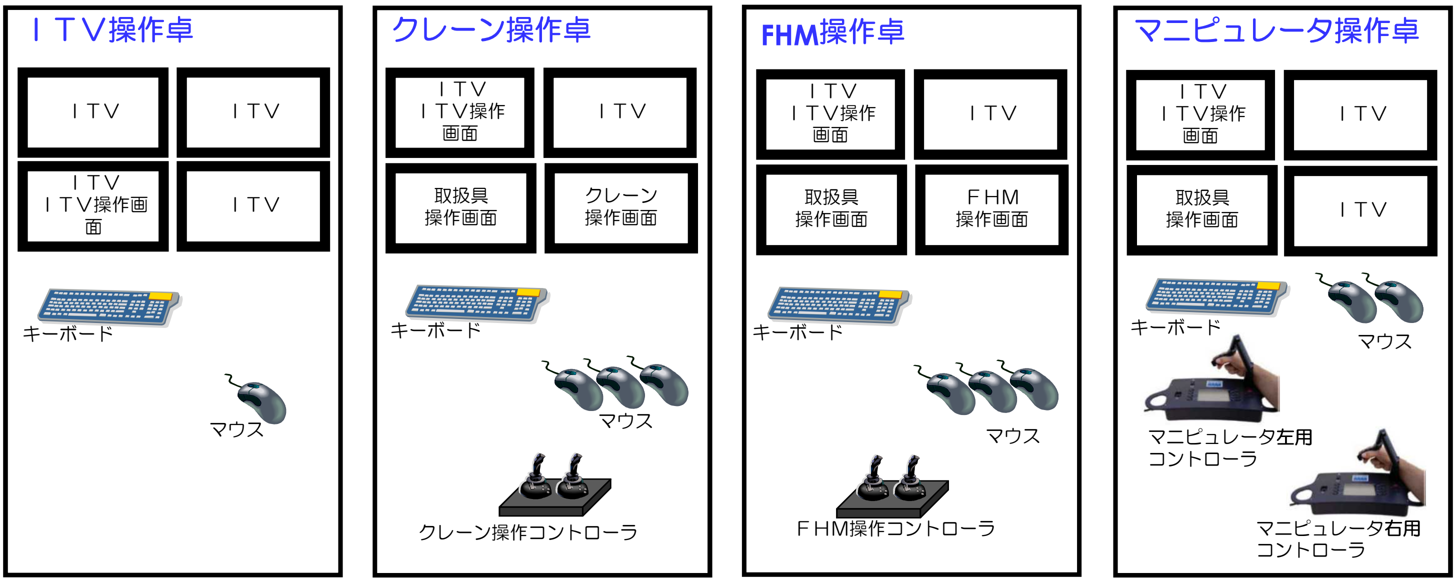
（耐放水中カメラ・耐放気中カメラ）　（耐放水中カメラ）　（気中カメラ）

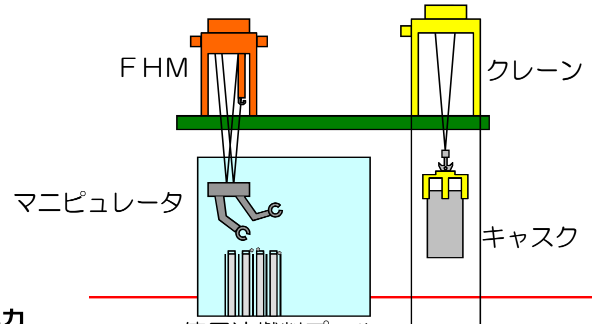


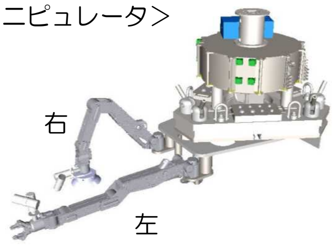
無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）遠隔操作装置　各操作卓

遠隔操作装置の各操作卓の操作画面と操作種別







無断複製・転載禁止　東京電力株式会社

（参考）燃料取扱設備　遠隔操作訓練状況

- 燃料取扱設備（燃料取扱機・クレーン）は、米国工場での製作・検査が完了し、国内の工場に輸送されている状況。

- 燃料取り出し作業は、被ばく低減のため遠隔操作で実施する計画であることから、１Ｆへの据付前に、国内の工場にて遠隔操作訓練を実施中。
（2015/2～2015/12予定）
また、福島第一原子力発電所へ据付後、燃料取り出し開始前にも再度操作訓練を実施予定。

遠隔操作訓練状況写真（遠隔操作室）

遠隔操作訓練状況写真（訓練施設）
（背景マスキング）