



# 福島第一原子力発電所 廃炉作業の現状

2020年9月17日

東京電力ホールディングス（株）

福島第一廃炉推進カンパニー

廃炉技術担当

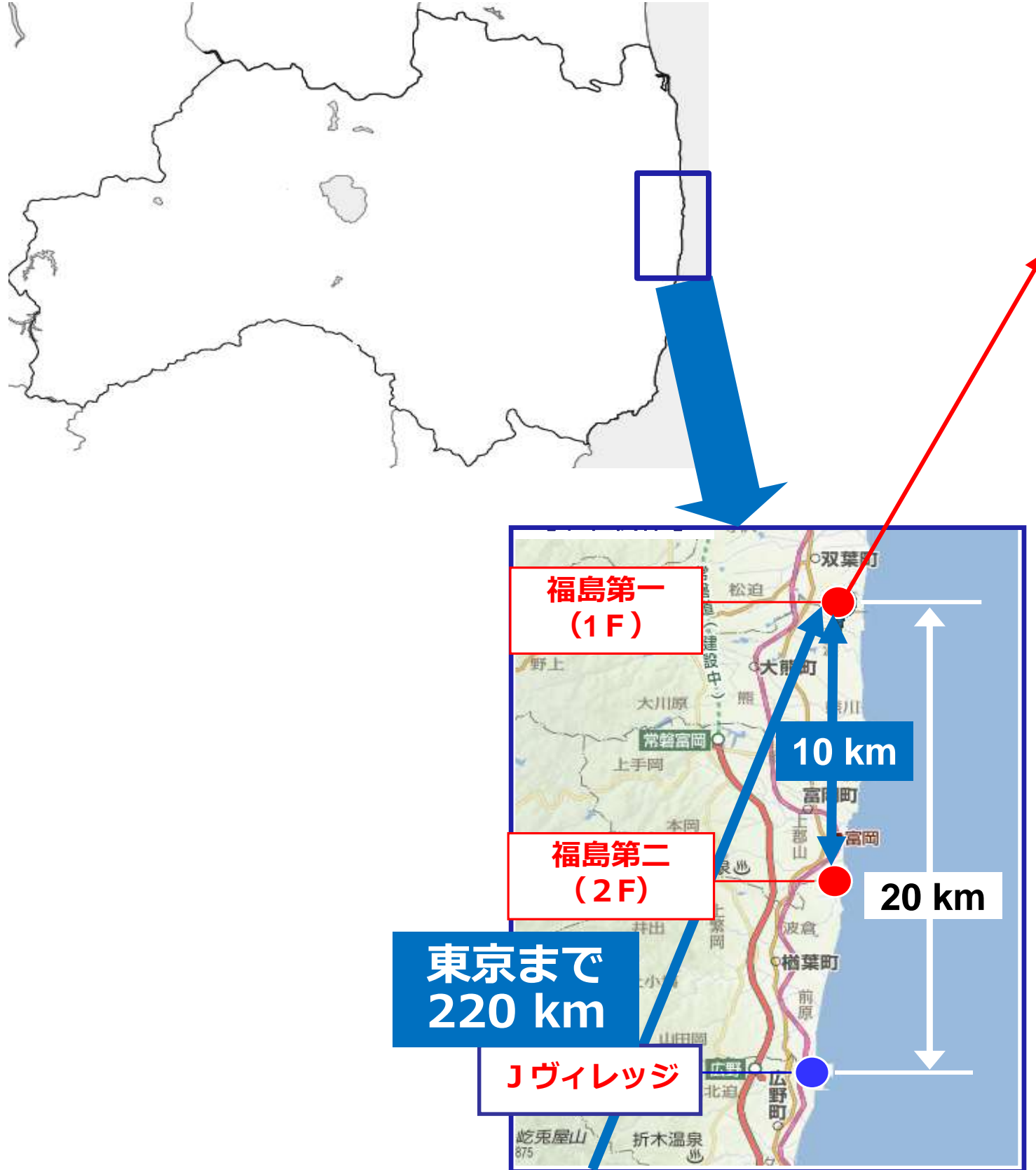
石川 真澄

TEPCO



はじめに

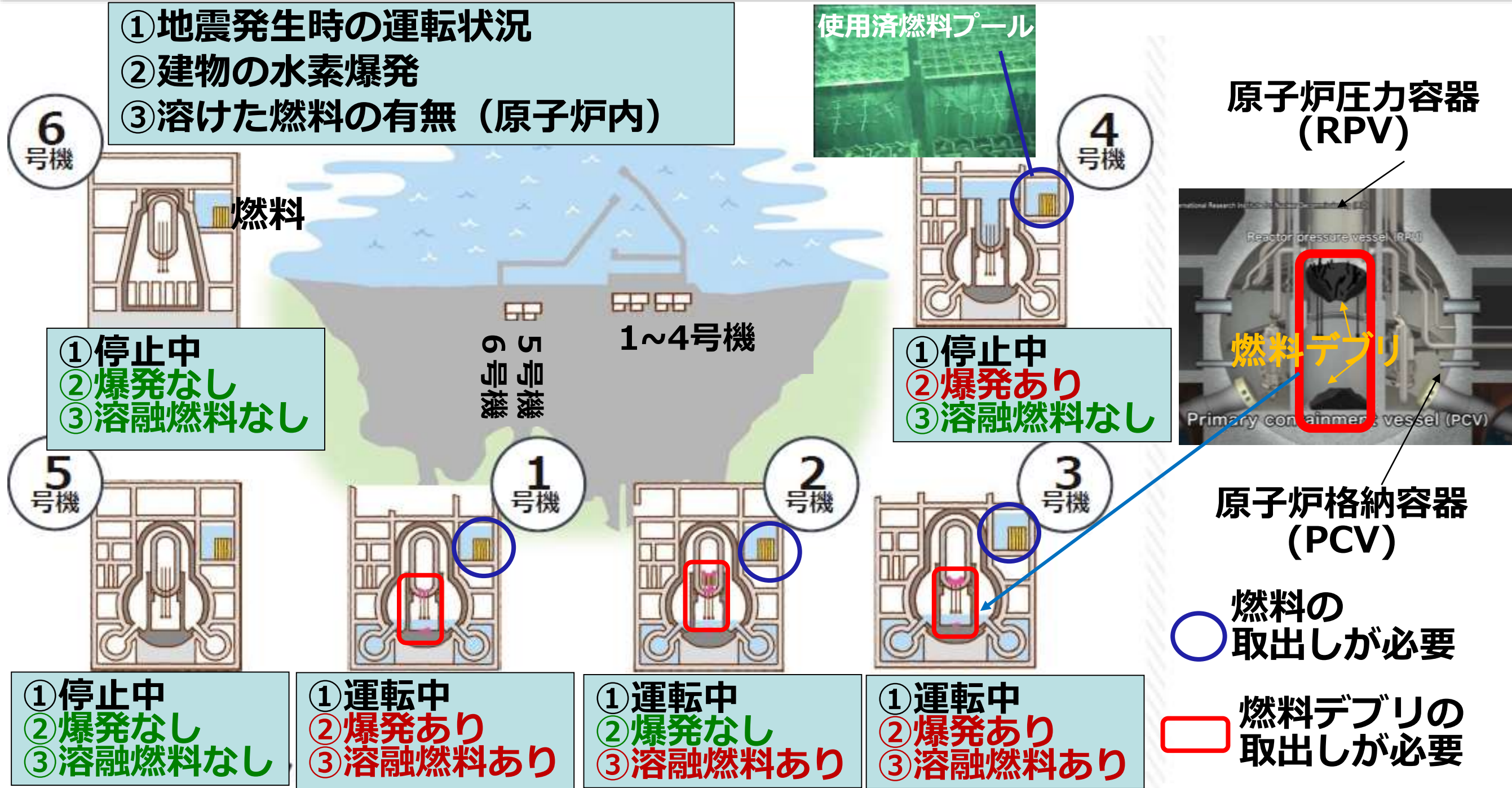
# 福島第一原子力発電所(1F) について

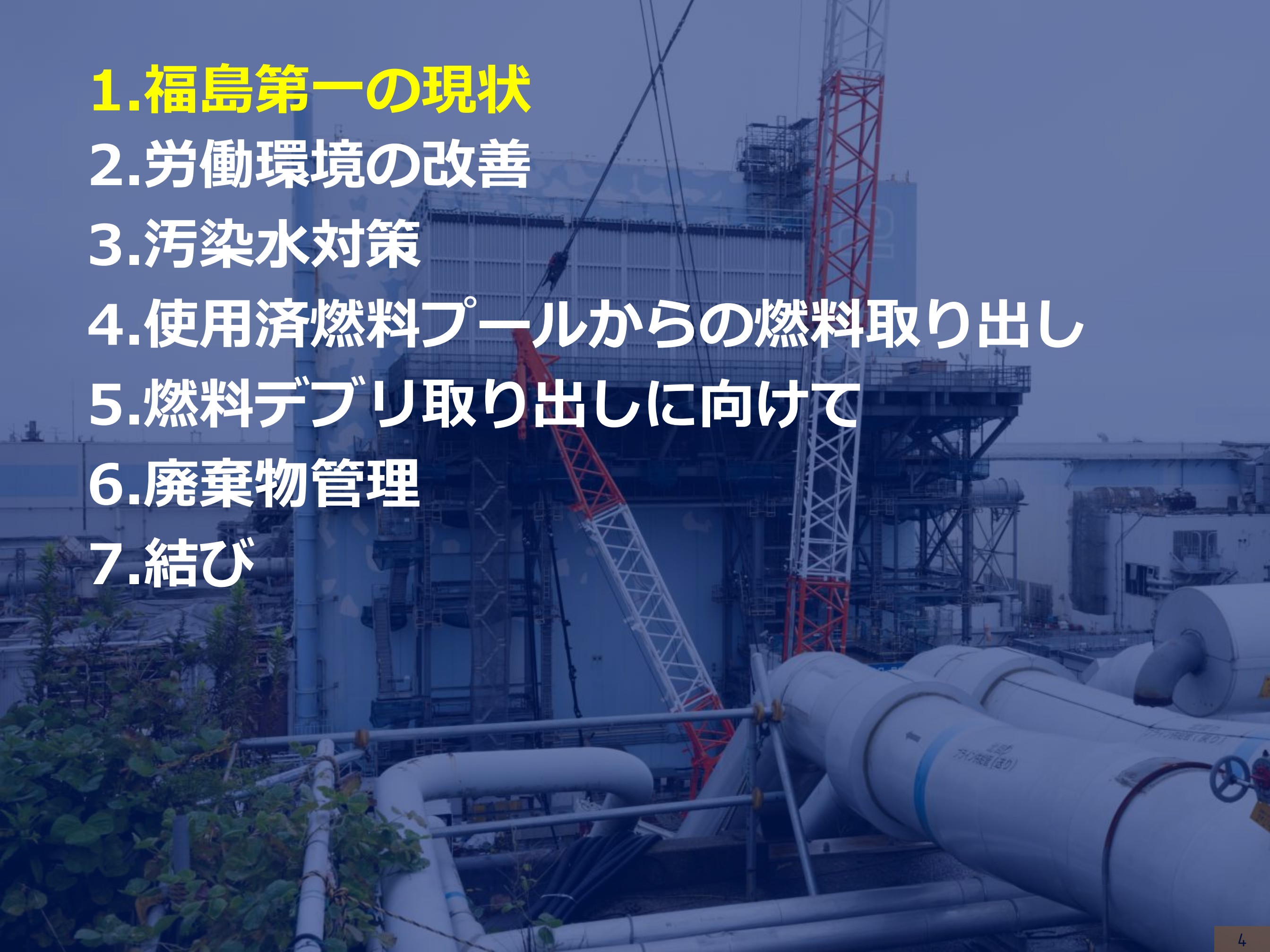


総出力469.6万kW (約1,000万世帯分)

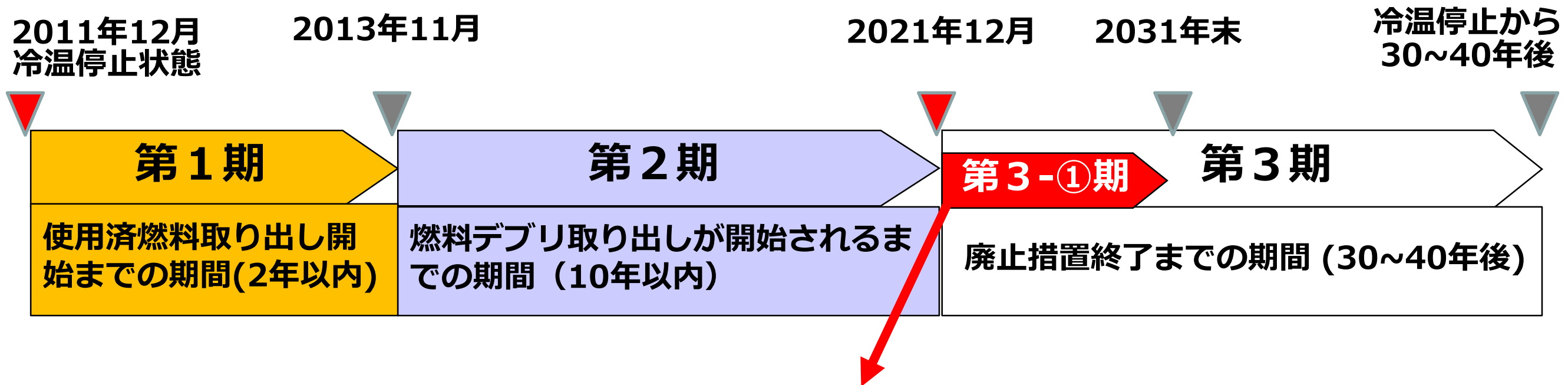
所在	号機	運転開始	型式	出力 (万kW)	主契約者
大熊	1号機	S46.3	BWR-3	46.0	GE
	2号機	S49.7	BWR-4	78.4	GE/東芝
	3号機	S51.3	BWR-4	78.4	東芝
	4号機	S53.10	BWR-4	78.4	日立
双葉	5号機	S53.4	BWR-4	78.4	東芝
	6号機	S54.10	BWR-5	110.0	GE/東芝

- 1～3号機で原子炉内の燃料が溶融。1・3・4号機の原子炉建屋で水素爆発が発生
- 燃料プールからの燃料の取出し、溶け落ちた燃料（燃料デブリ）の格納容器内からの取り出し及びこれらの安定した場所への保管が必要に



- 
1. 福島第一の現状
  2. 労働環境の改善
  3. 汚染水対策
  4. 使用済燃料プールからの燃料取り出し
  5. 燃料デブリ取り出しに向けて
  6. 廃棄物管理
  7. 結び

- 政府の中長期ロードマップは2031年までの第3期を新たに第3-①期と位置づけ
- 東京電力の「廃炉中長期実行プラン2020」は、2031年までの廃炉全体の主要作業プロセスを示す

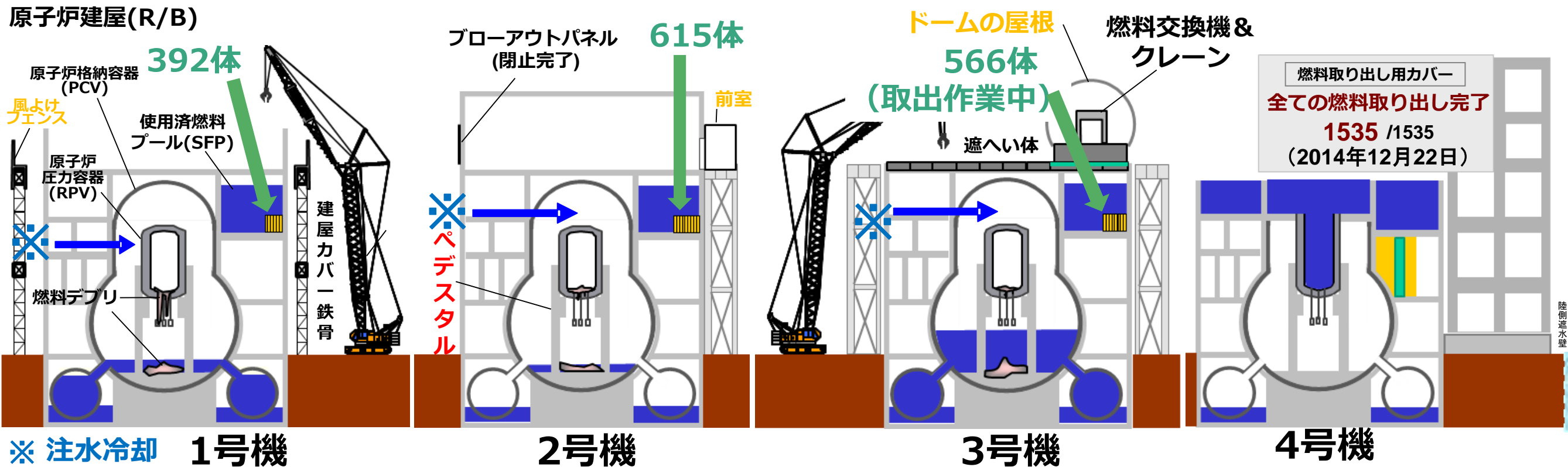


## 廃炉中長期実行プラン 2020

以下のマイルストーン等について2031年までの廃炉全体の主要な作業プロセスを示したもの

- 汚染水発生量を 150m<sup>3</sup>/日 程度に抑制(2020年内)、更に2025年以内に100m<sup>3</sup>/日 以下に抑制
- 2031年内までに 1~6号機全てで使用済燃料プールからの取り出し完了
- 2021年内に初号機の2号機で試験的取り出し開始、段階的に規模を拡大
- ガレキ等の屋外の一時保管エリアを2028年度内までに解消

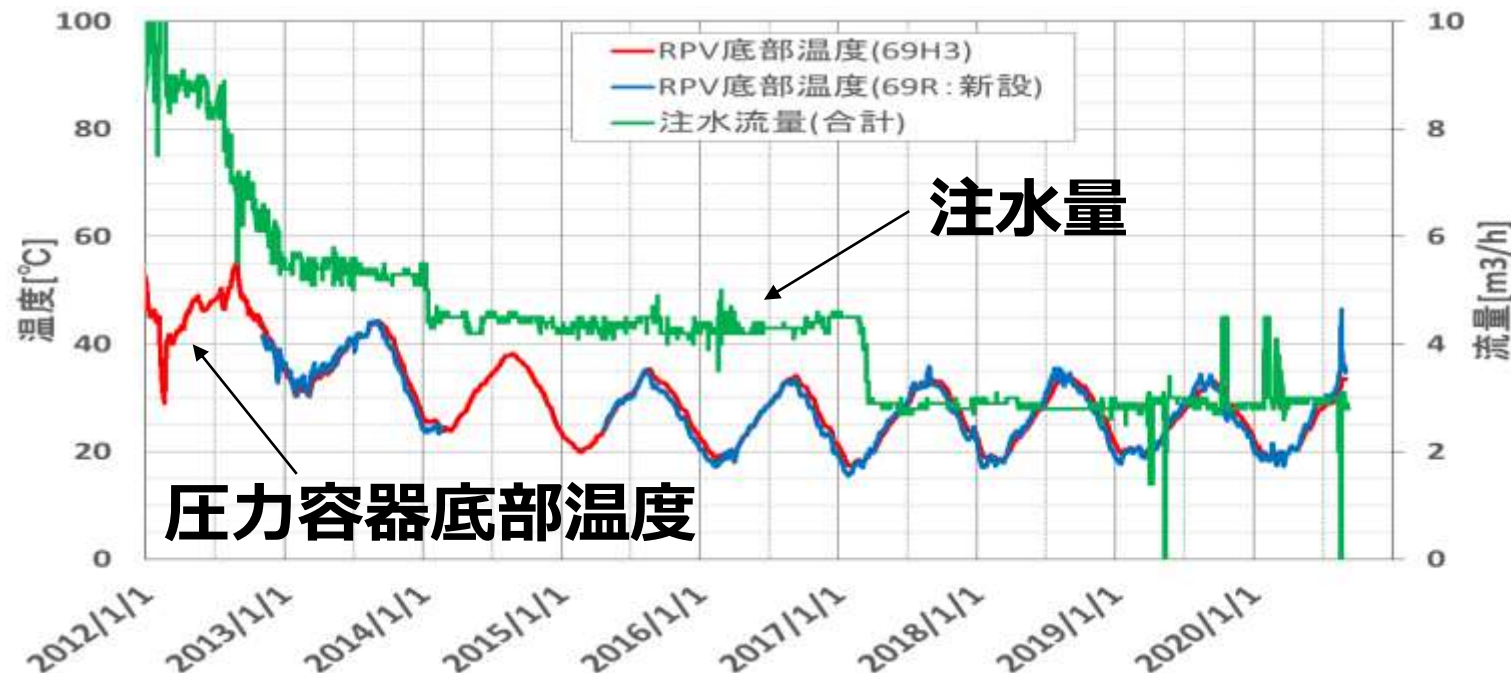
- 各号機ともに「冷温停止状態」を継続
- 注水量を徐々に減少させているが、圧力容器温度や格納容器内温度は安定して推移



2020年8月26日午前11:00時点の値

	圧力容器底部温度	格納容器内温度	燃料プール温度
1号機	約27℃	約28℃	約35℃
2号機	約34℃	約33℃	約34℃
3号機	約30℃	約30℃	約32℃

2号機における冷却水注水量と圧力容器底部温度の推移



## ■ 試験目的

- ✓ 2019年度試験(約8時間)より長期間の注水停止時の温度上昇を確認し、温度評価モデルの検証データ等を蓄積する。

## ■ 試験概要

- ✓ 2020年8月17日～8月20日までの3日間、注水を停止。炉内状況は安定して推移し、判断基準を満足している。  
注水停止：2020年8月17日10:09  
注水再開：2020年8月20日11:59
- RPV底部温度、PCV温度に温度計毎のばらつきはあるが概ね予測の範囲内で推移。
- ダスト濃度や希ガス(Xe135)濃度等のパラメータに有意な変動なし。

## 最大温度上昇量

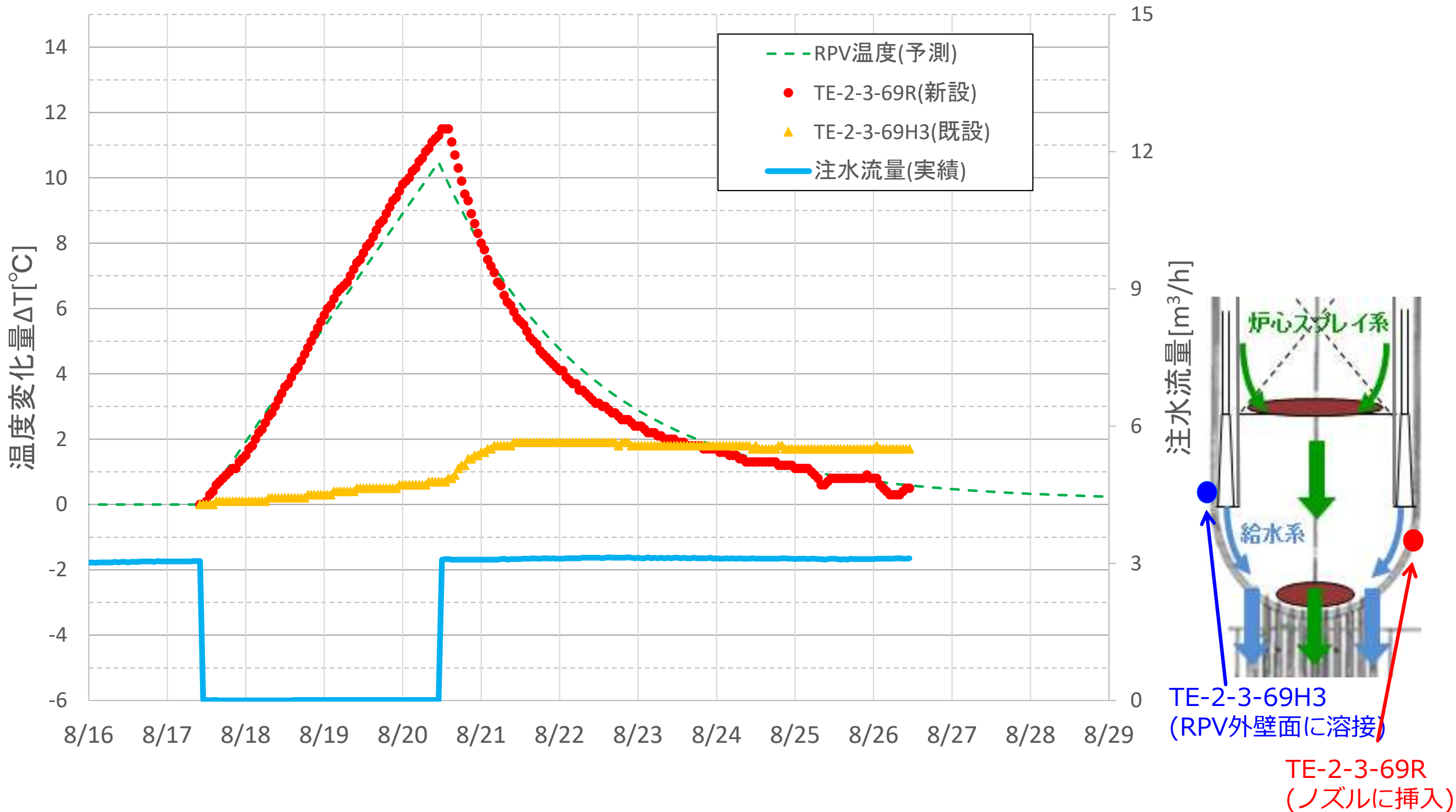
	RPV底部	PCV
注水停止中 (8月17日10:00～8月20日12:00)	11.5℃	0.5℃

## ■ 今後

- ✓ 実際の温度上昇と予測との差異や、温度計の挙動の違い、原子炉注水停止前後に採取した放射線データなどを評価予定。



RPV底部温度の推移 (試験開始からの温度変化量)



1.福島第一の現状

2.労働環境の改善

3.汚染水対策

4.使用済燃料プールからの燃料取り出し

5.燃料デブリ取り出しに向けて

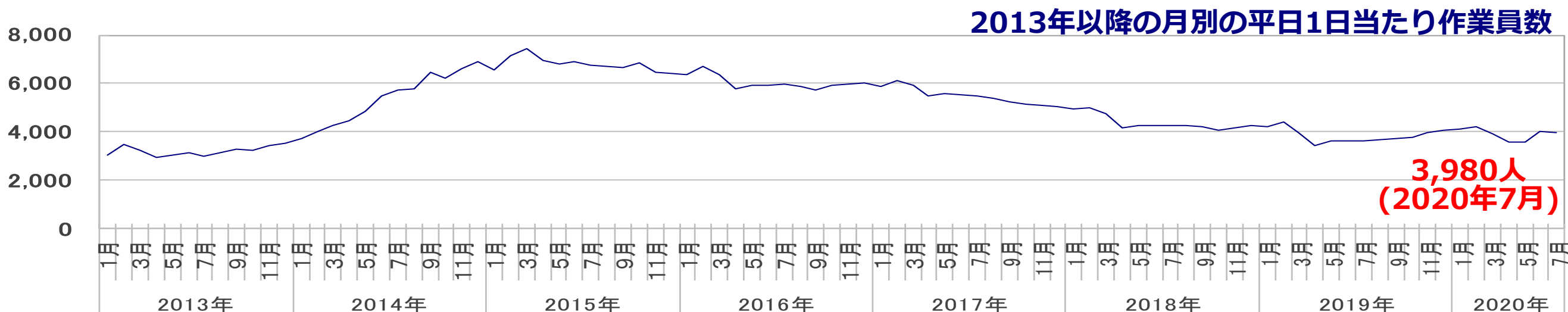
6.廃棄物管理

7.結び

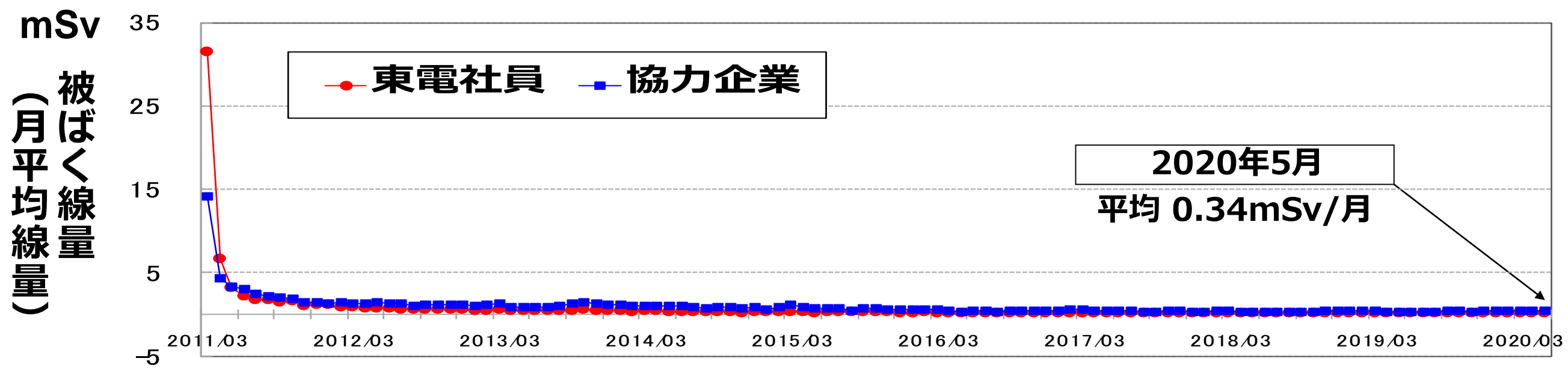
- 2018年度以降、平日約3,400~4,400人/日の方々が作業に従事
- 被ばく線量は、2011年3月には事故直後の対応を含め21.59mSv/月（平均）であったが至近は、0.3~0.4mSv/月程度で推移

## 作業員数の推移

- 2020年7月現在、作業人数(協力企業作業員及び東電社員)は平日1日当たり3,980人
- 2020年7月における地元雇用率は約65%



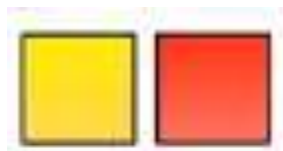
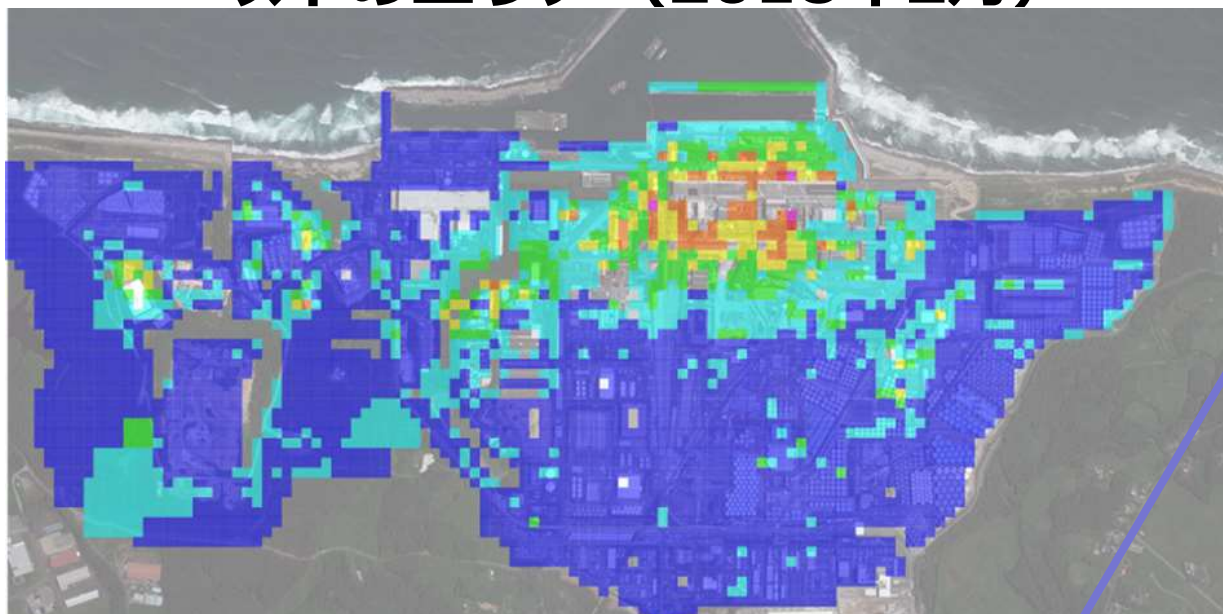
## 作業員の月別個人被ばく線量の推移



■ 線量低減の取組により、ほとんどのエリアで全面マスクや半面マスクが不要に

## 構内の線量分布（胸元高さ）

■ : 5 $\mu$ Sv/h  
以下のエリア（2018年2月）



防護服で働くエリア  
(全面マスクもしくは  
半面マスク)



一般作業服またはGゾーン装備  
で働けるエリア(ダストマスク)



## サイトのゾーン分け（2018年5月現在）



【サイト全体の96%】

首相視察時の様子(2019.4)@高台



1.福島第一の現状

2.労働環境の改善

3.汚染水対策

4.使用済燃料プールからの燃料取り出し

5.燃料デブリ取り出しに向けて

6.廃棄物管理

7.結び

## 方針1

### 汚染源を取り除く

- ① ALPS等による汚染水浄化
- ② トレンチ（配管などが入った地下トンネル）内の汚染水除去

## 方針2

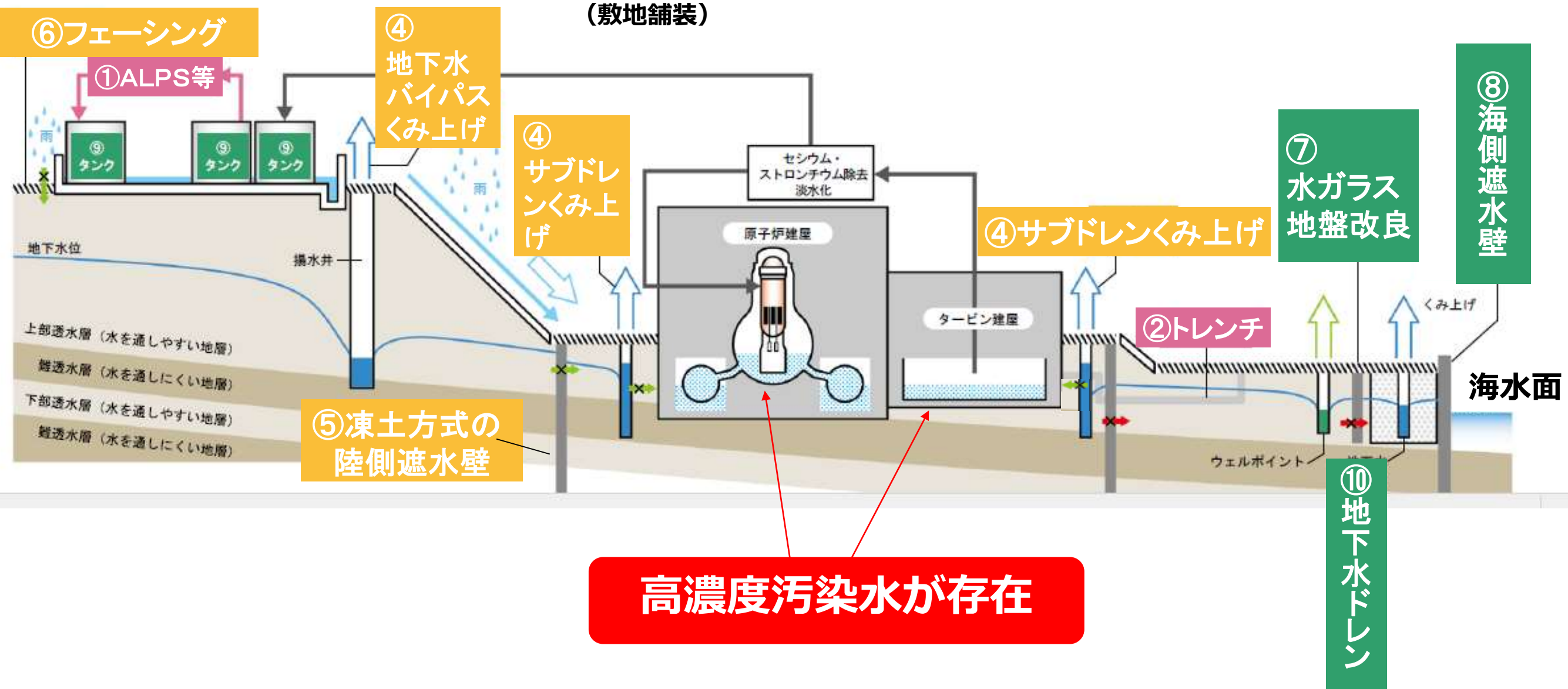
### 汚染源に水を近づけない

- ③ 地下水バイパスによる地下水くみ上げ
- ④ 建屋近傍の井戸（サブドレン）での地下水くみ上げ
- ⑤ 凍土方式の陸側遮水壁の設置
- ⑥ 雨水の土壌浸透を抑えるフェーシング（敷地舗装）

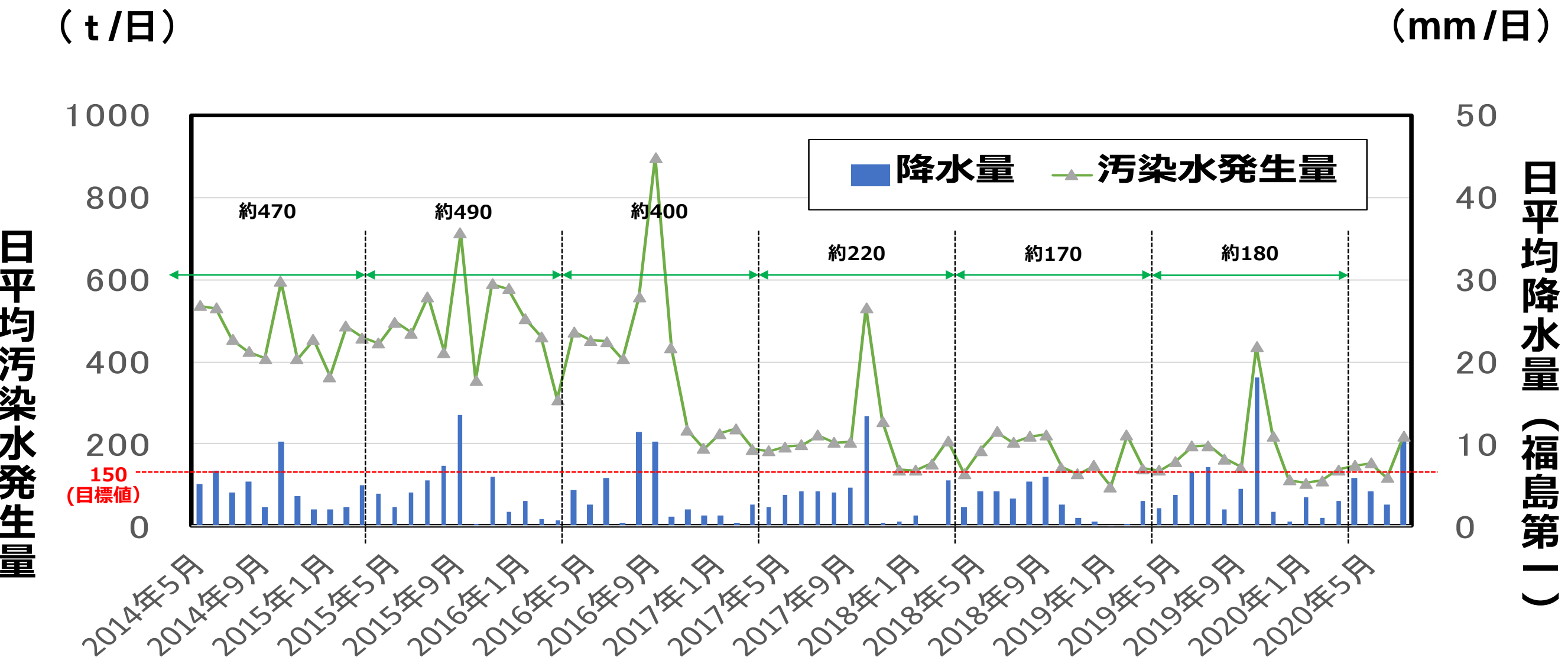
## 方針3

### 汚染水を漏らさない

- ⑦ 水ガラスによる地盤改良
- ⑧ 海側遮水壁の設置
- ⑨ タンクの増設（溶接型へのリプレース等）
- ⑩ 地下水ドレン



- 「近づけない」対策（地下水バイパス、サブドレン、凍土壁等）を着実に実施した結果、降雨等により変動はあるが、対策開始時の約470t/日(2014年度平均)から約180t/日(2019年度平均)まで低減
- 渇水期以外の時期については、建屋破損箇所等からの雨水流入により発生量が増加。今後、屋根雨水流入対策等の追加対策に継続して取組み、2020年内に年間ベースで150t/日以下となることを目指す



- 雨水対策として、2020年7月8日に流入防止堰の設置完了。並行して雨水カバーの準備作業を行い、7月20日に南側の屋根損傷部へ設置作業を開始。北側の雨水カバーを8月7日に設置完了
- 今後、防水塗装を9月末までに完了予定

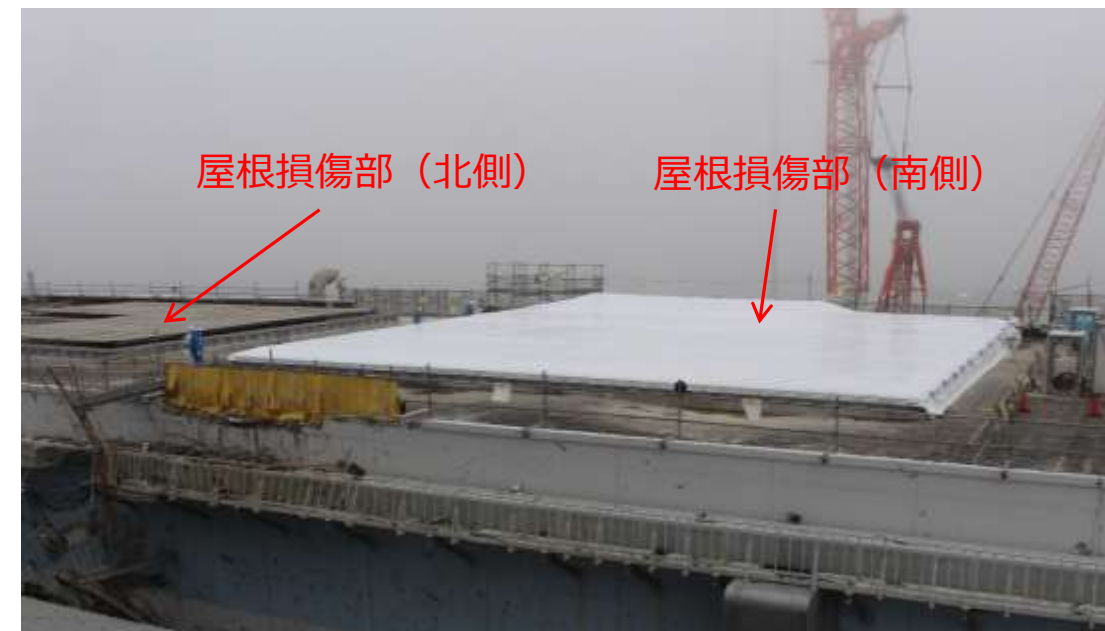
北 ←



3号機タービン建屋・屋根状況【着手前】  
〔上空から撮影〕



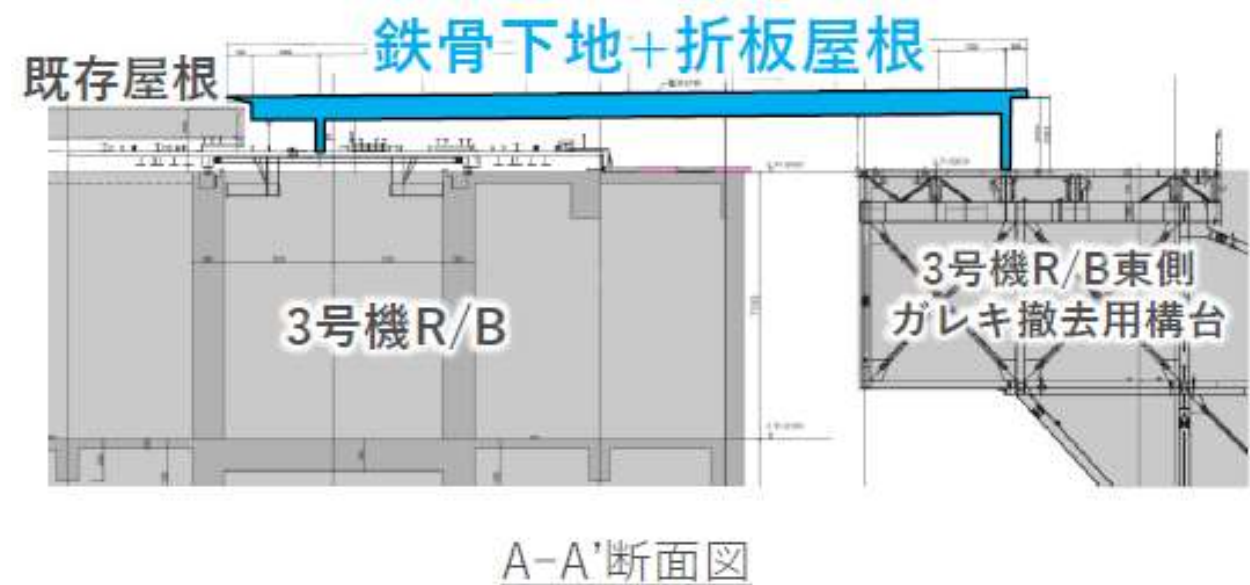
3号機タービン建屋・屋根状況【着手前】  
〔西側から撮影〕



屋根状況【流入防止堰・雨水カバー（南側）設置】  
〔西側から撮影〕



- 雨水対策として、北東部の400m<sup>2</sup>に屋根を設置する計画で、2020年9月18日完了予定



1.福島第一の現状

2.労働環境の改善

3.汚染水対策

4.使用済燃料プールからの燃料取り出し

5.燃料デブリ取り出しに向けて

6.廃棄物管理

7.結び

- 2014年12月に4号機が完了。3号機は2019年4月15日に取出し開始
- 1、2号機は準備作業中

▼ 1・2号機

▼ 3号機

▼ 4号機

瓦礫撤去、  
除染等

燃料取扱機の  
設置

燃料取り出し

保管・移送

1号機



・ 2018年1月：ガレキの撤去開始

2号機



- ・ 2018年6月：オペフロ内にアクセスするための開口部の設置完了
- ・ 2018年7月：オペフロ内作業開始

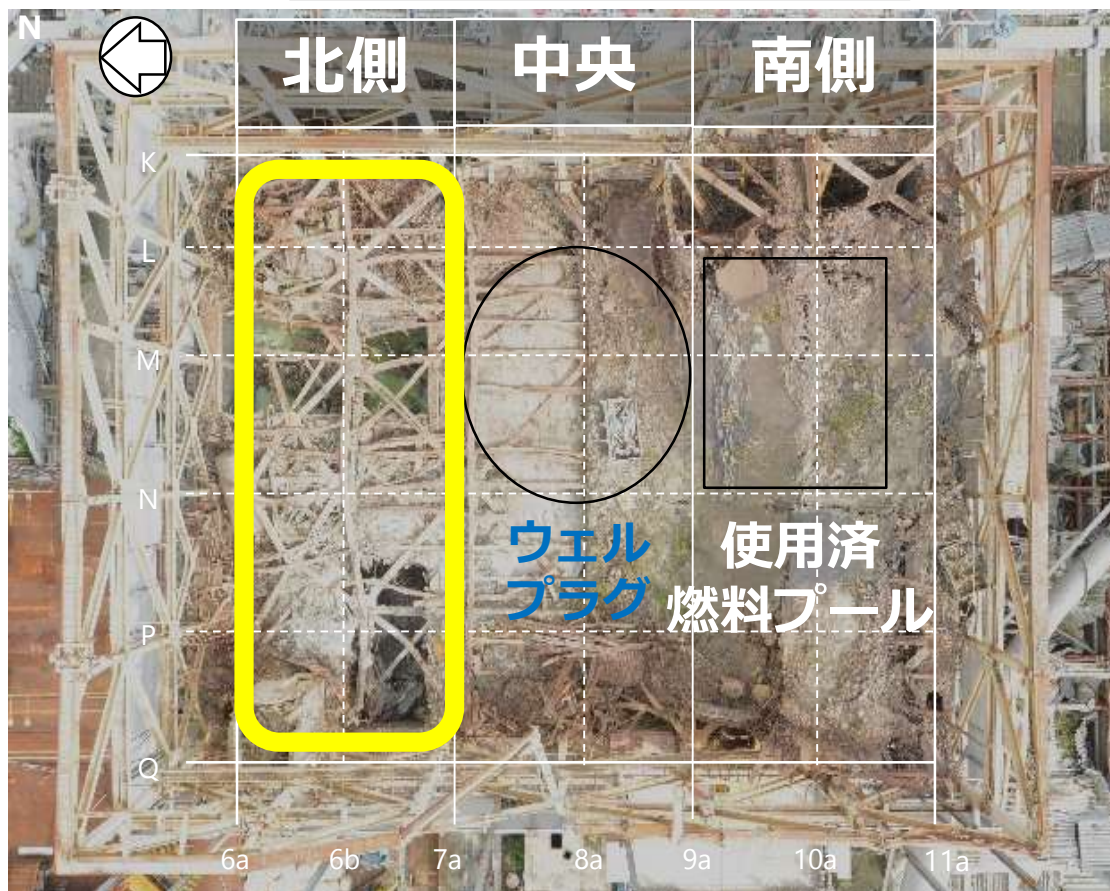
3号機



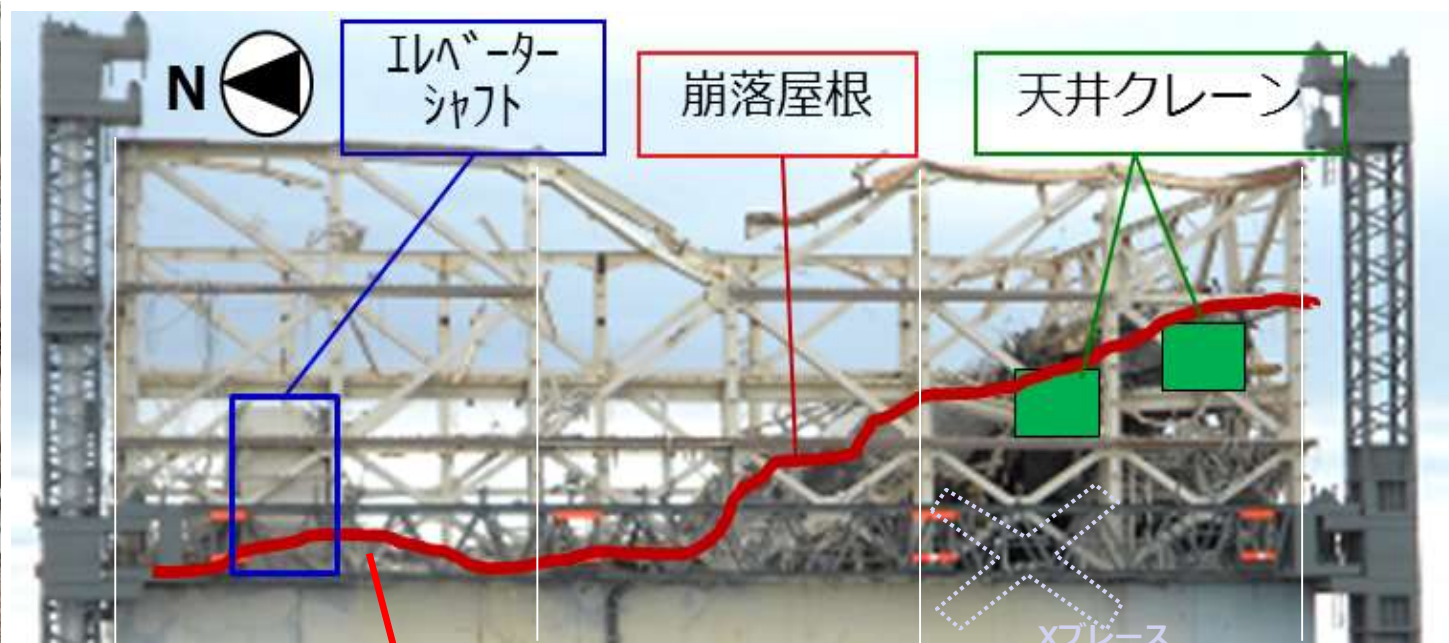
- ・ 2018年2月：ドーム屋根の設置完了
- ・ 2019年4月：燃料取出し開始

## ■南側に積み重なるガレキの撤去が大きな課題

オペレーションフロア平面  
(2018年9月撮影)

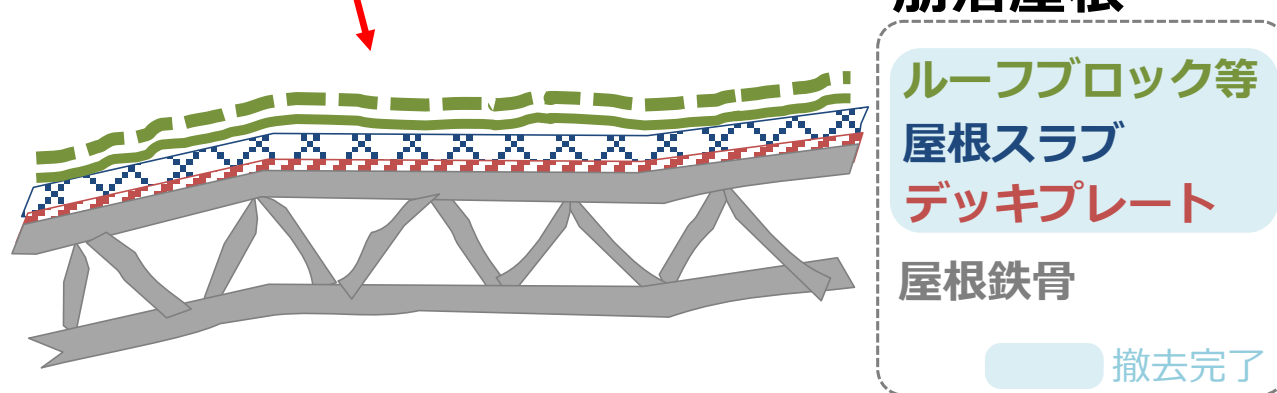


オペレーションフロア西側立面



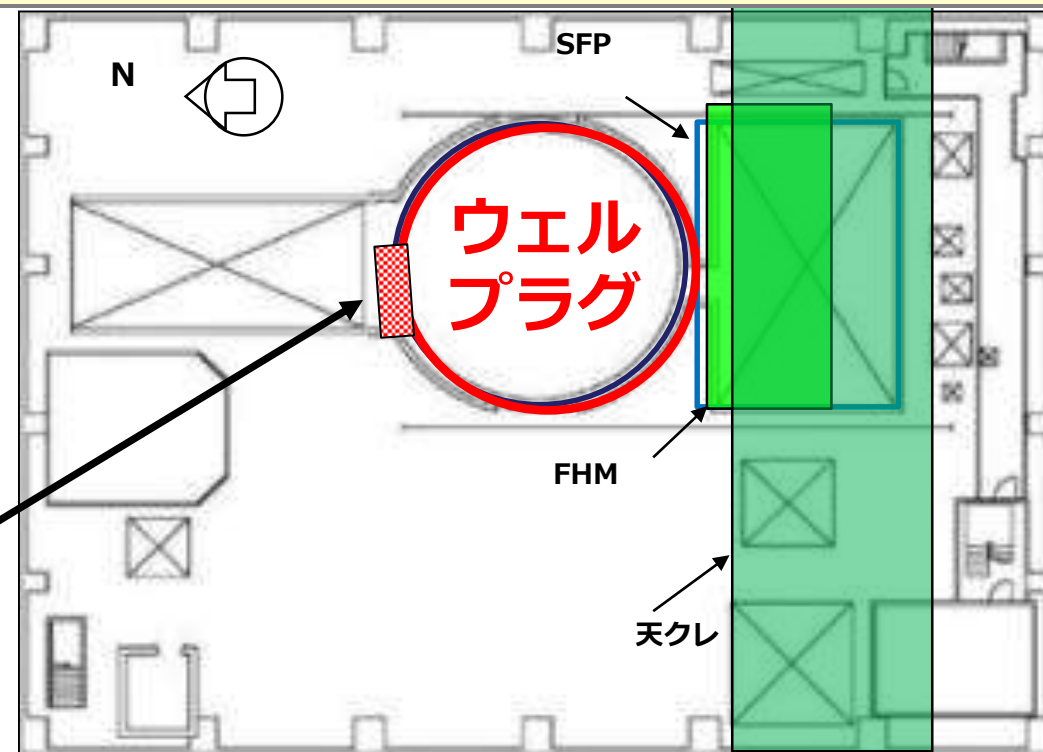
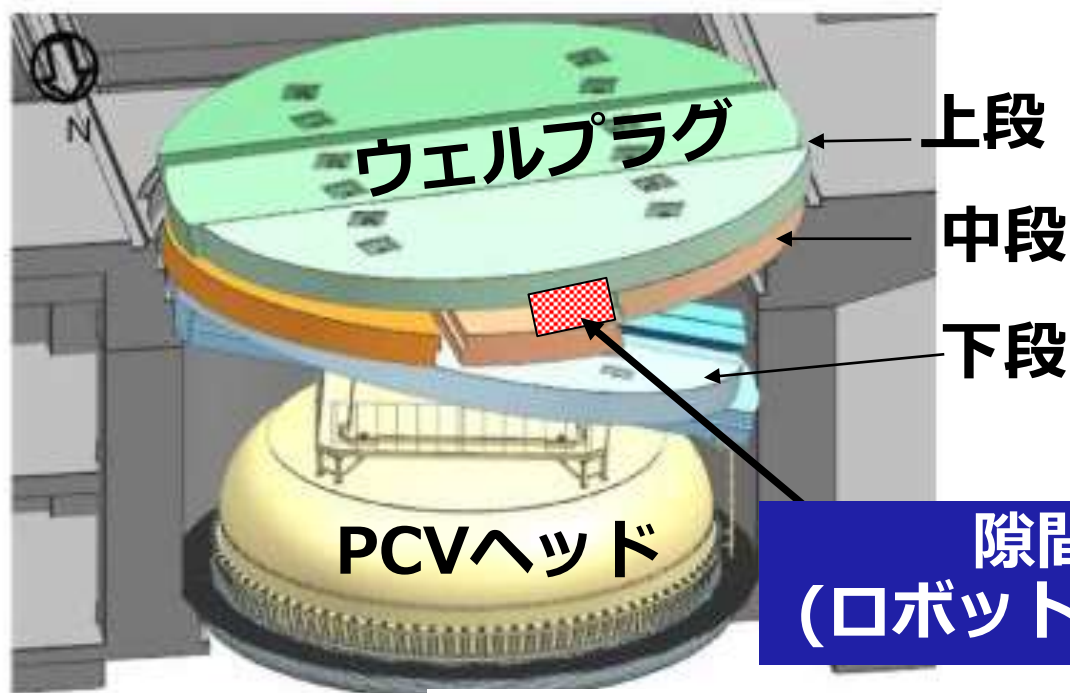
北側 中央 南側

6a 6b 7a 8a 9a 10a 11a



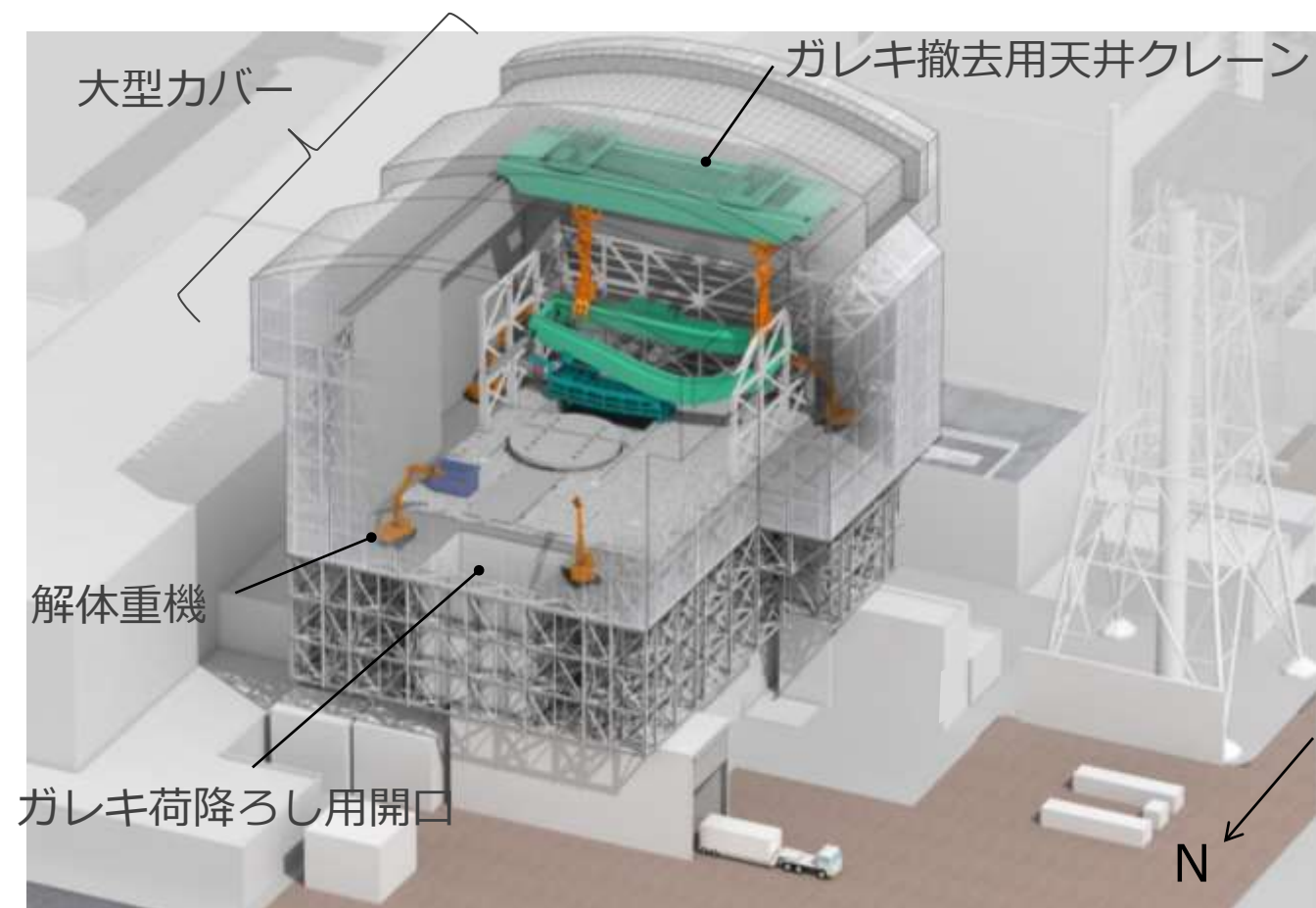
▼オペフロ床面  オペフロ床の小ガレキ

- 1号機のウエルプラグは水素爆発の影響により正規の位置からズレ
- 燃料取り出しに向け、プラグのズレへの対応が必要であり、状況把握のためにロボットによる調査を2019年7月~8月実施（撮影・3D計測・空間線量率等）

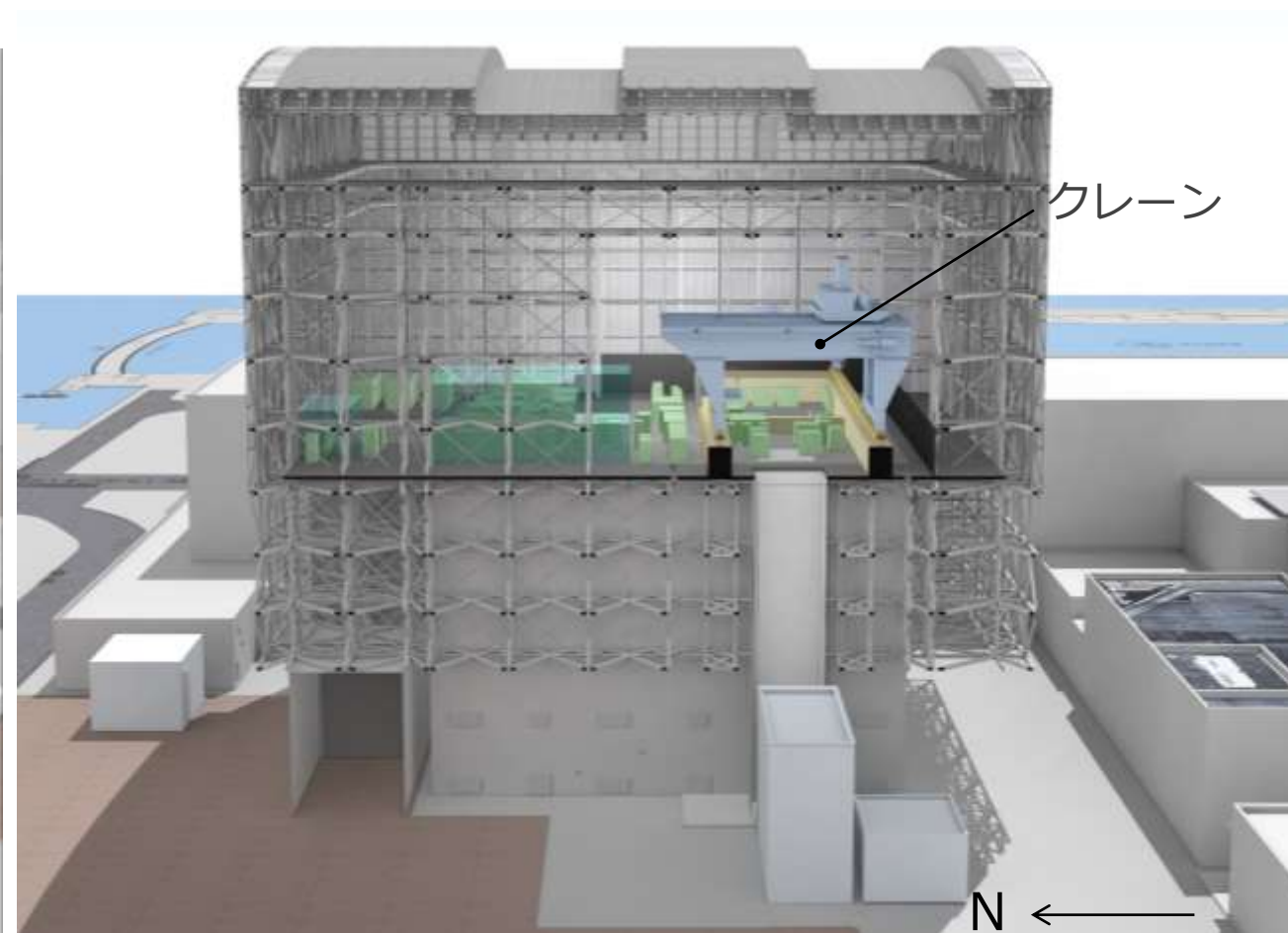


## 調査用ロボット310 SUGV

■ ガレキの状況やウェルプラグの汚染状況の調査を踏まえ、よりダスト飛散に留意した慎重な作業の観点から、ガレキ撤去前に大型カバーを設置する工法を採用



ガレキ撤去時のイメージ図



燃料取り出し時のイメージ図

# 1号機ガレキ落下対策

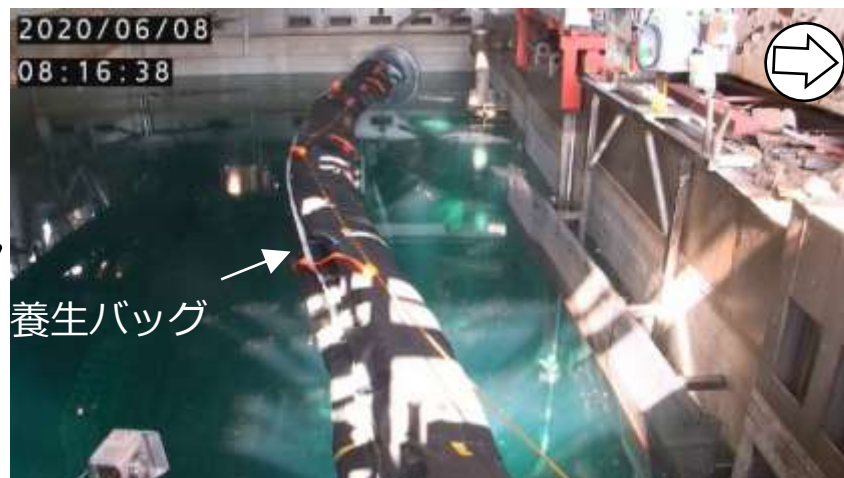
■ 1号機南側崩落屋根等の撤去に際し、屋根鉄骨・ガレキ等が使用済燃料プール（以下、SFP）等へ落下するリスクを可能な限り低減するため、ガレキ落下防止・緩和対策※を実施する

※①SFP養生、②SFPゲートカバー、③天井クレーン支保、④FHM支保

■ ①SFP養生の設置作業が2020年6月18日完了



養生バッグ投入前



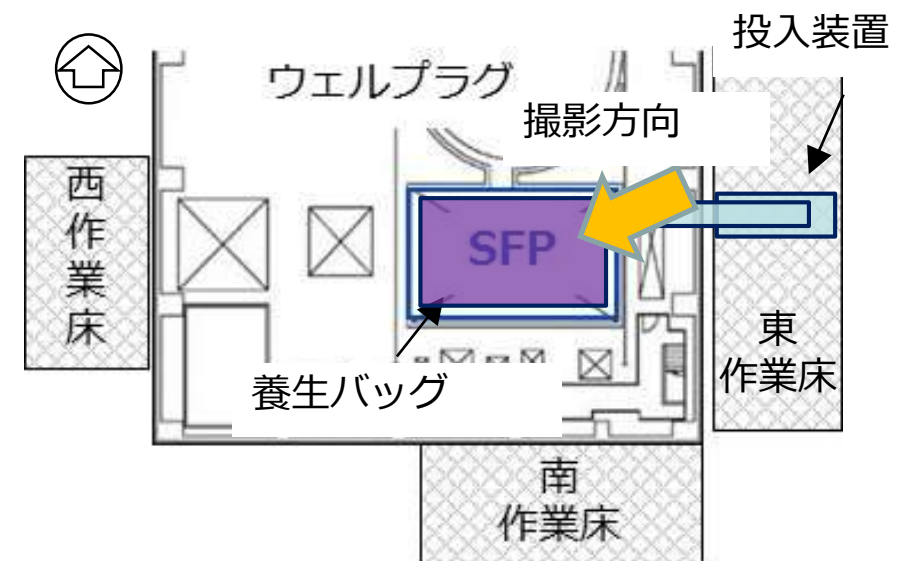
養生バッグ投入



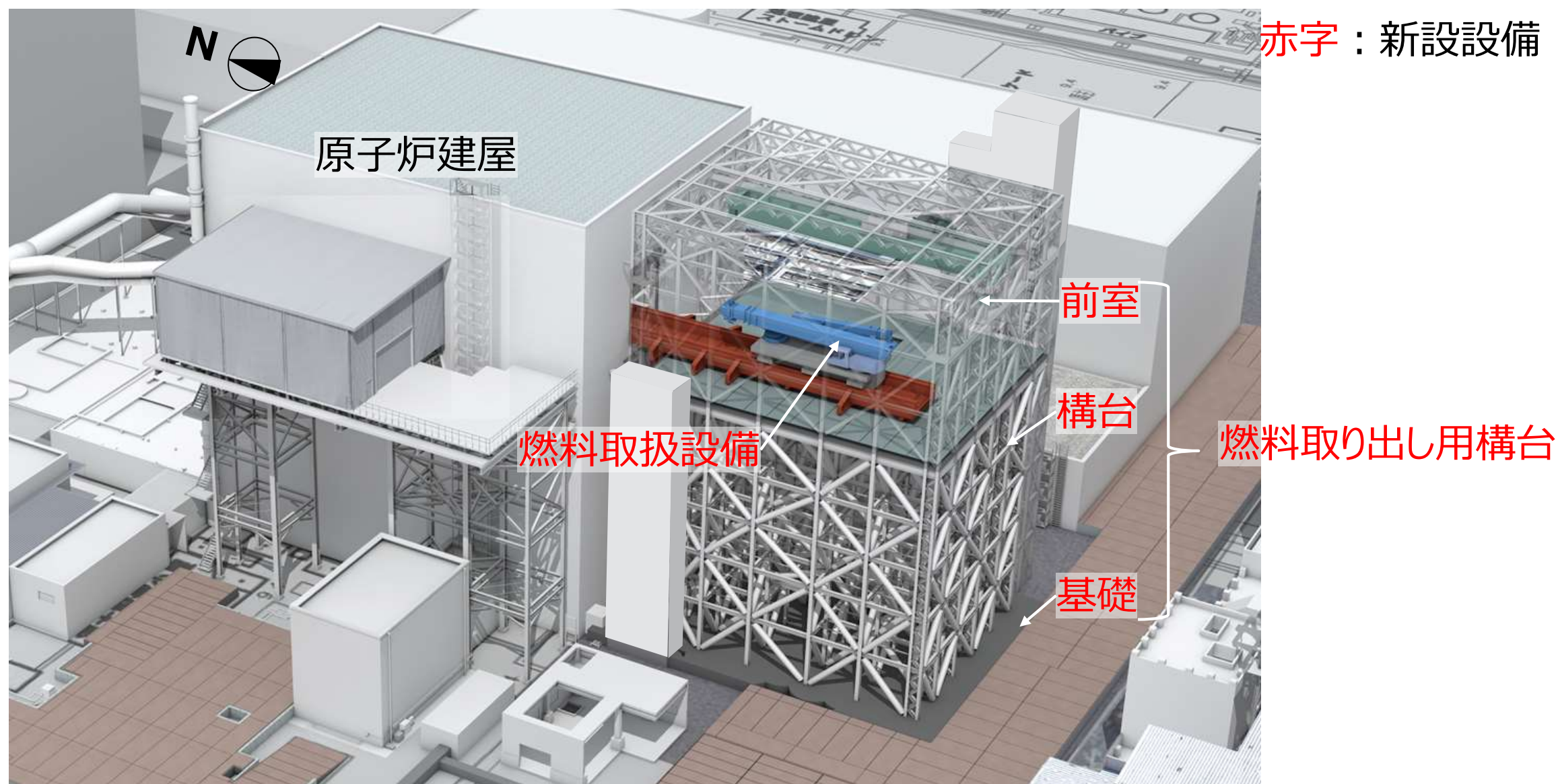
養生バッグ展張



エアモルタル充填



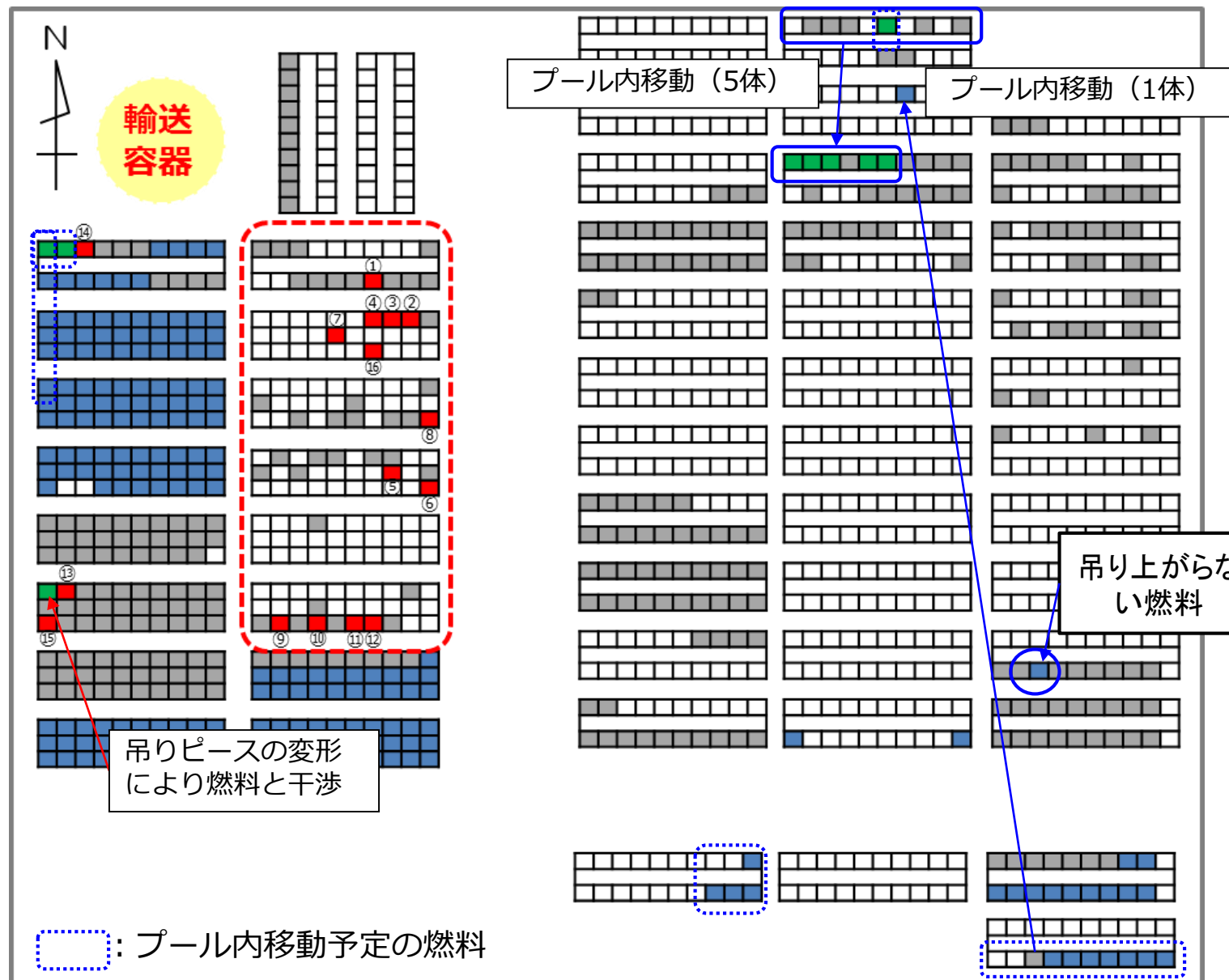
- 線量率測定結果より、オペフロ内でも限定的な作業であれば実施できる見通し
- 建屋解体時のダスト飛散リスク回避等のため、上部を解体せず南側からアクセスする工法を採用



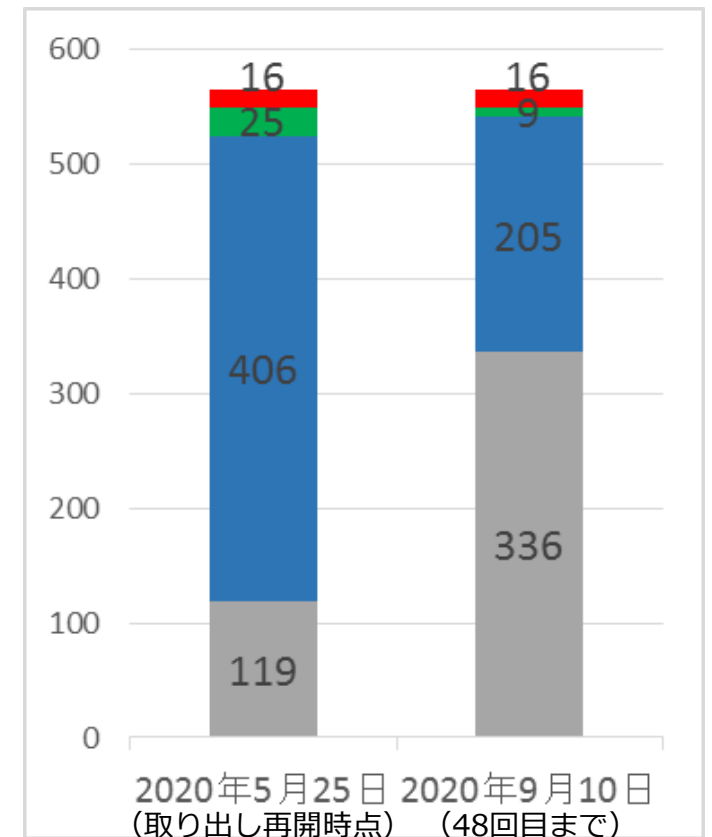
燃料取り出し用構台概念図（鳥瞰図）



- 2019年4月15日作業開始、2020年5月26日より燃料取り出しを再開
- 9月11日時点で、計336体/全566体の取り出しを完了
- 8月24日、吊り上げ試験未実施のハンドル変形燃料(2体)の吊り上げ試験を実施。吊り上げ可能であることを確認



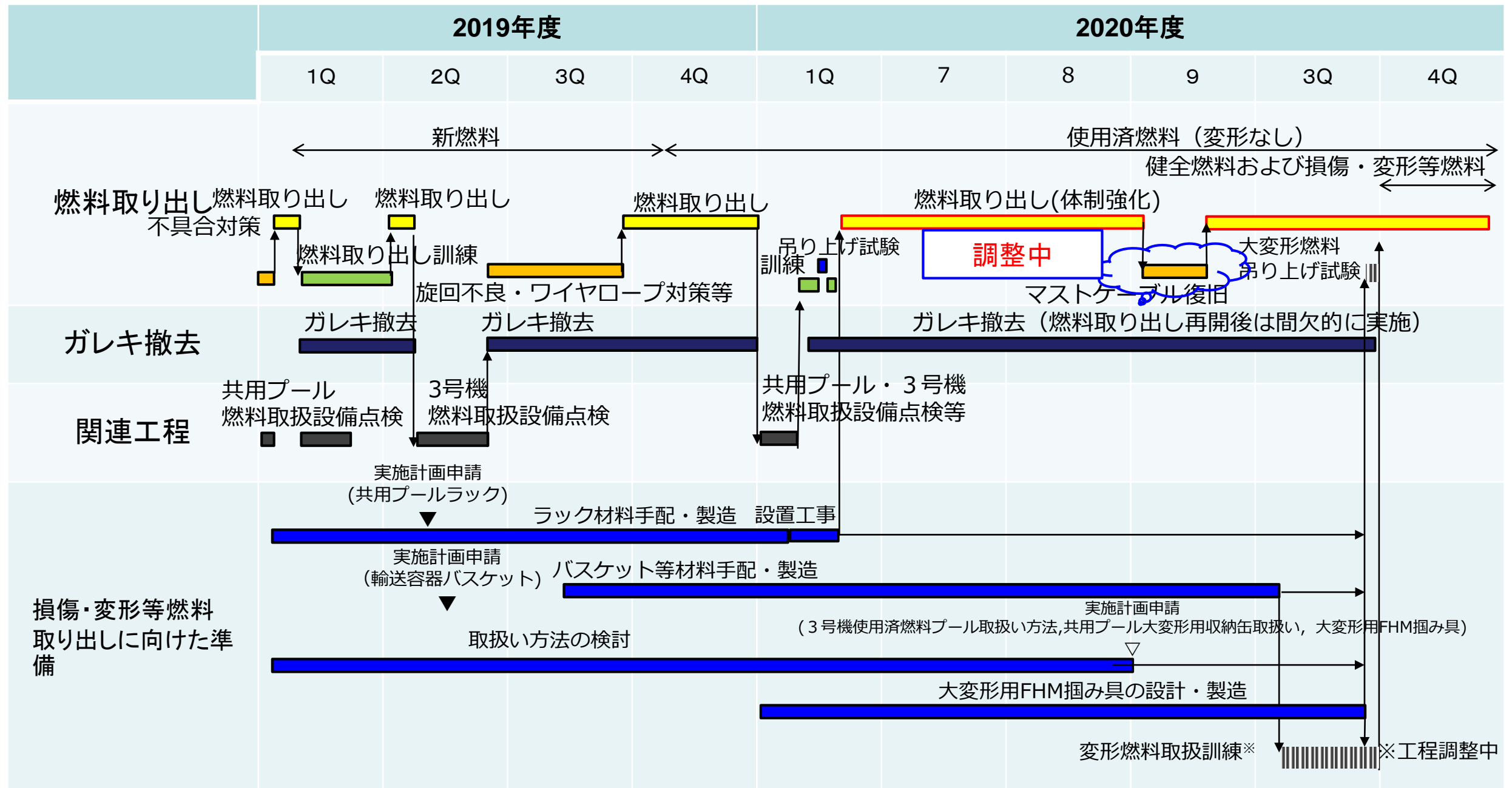
3号機使用済燃料プール (48回目までの取り出し状況を反映)




3号機使用済燃料プール内燃料内訳

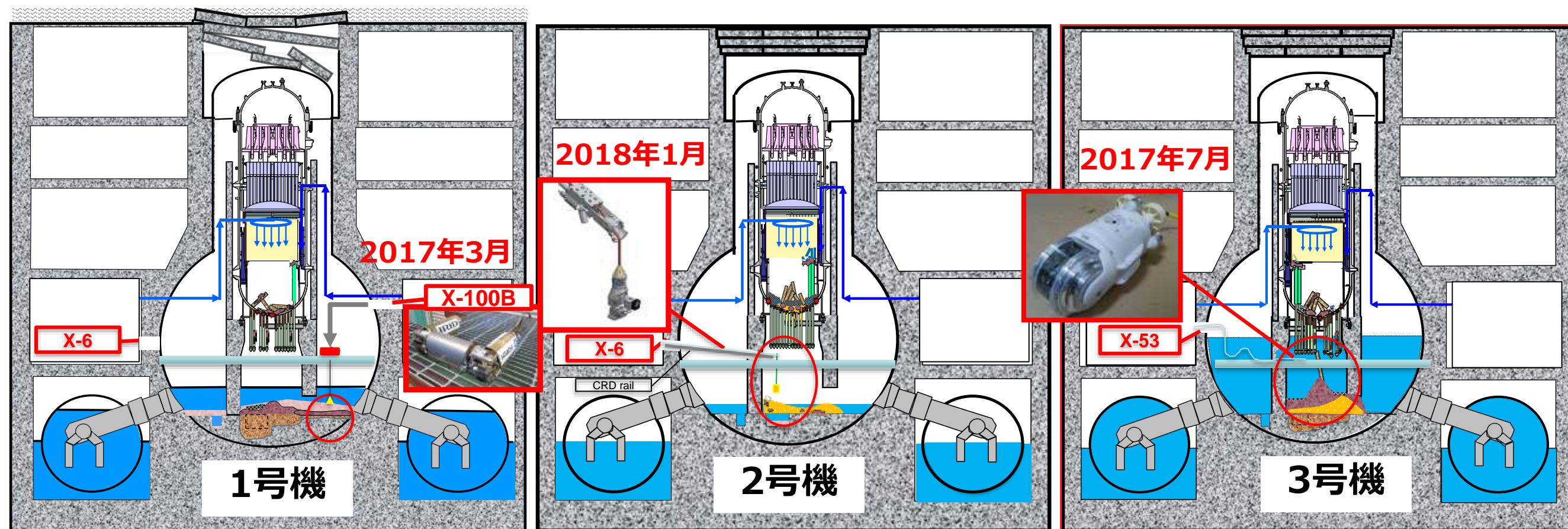
- : ハンドル変形燃料
- : ガレキ撤去中
- : ガレキ撤去完了
- : 燃料取り出し済
- : 燃料が入っていないラック
- : 燃料交換機、コンクリートハッチが落下したエリア
- ①～⑬ : ハンドル変形燃料No.

- マストケーブル復旧を早期に実施し、2020年度末に燃料取り出しを完了できるように、対応を進めていく
- 吊り上げ試験にて吊り上げられなかったハンドル変形燃料の取り出し方法について早期に検討し、取り出し工程に影響が出ないように対応していく



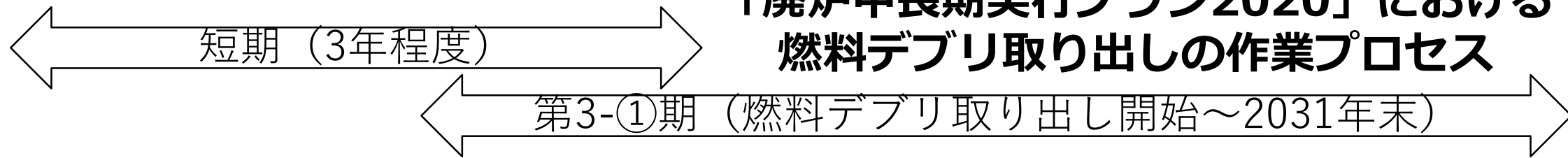
- 
1. 福島第一の現状
  2. 労働環境の改善
  3. 汚染水対策
  4. 使用済燃料プールからの燃料取り出し
  5. 燃料デブリ取り出しに向けて
  6. 廃棄物管理
  7. 結び

- 1号機では溶融した燃料のほぼ全量が原子炉格納容器下部へ落下しており、炉心部にはほとんど燃料が存在していないと推定
- 2号機では溶融した燃料のうち、一部は原子炉圧力容器底部または原子炉格納容器下部へ落下し、一部は炉心部に残存していると推定
- 3号機では溶融した燃料のうち、多くが原子炉格納容器下部に落下したが、一部は原子炉圧力容器底部に存在していると推定



※上記の年月は2017~2018年の内部調査実施年月(写真提供:IRID)

## 「廃炉中長期実行プラン2020」における燃料デブリ取り出しの作業プロセス



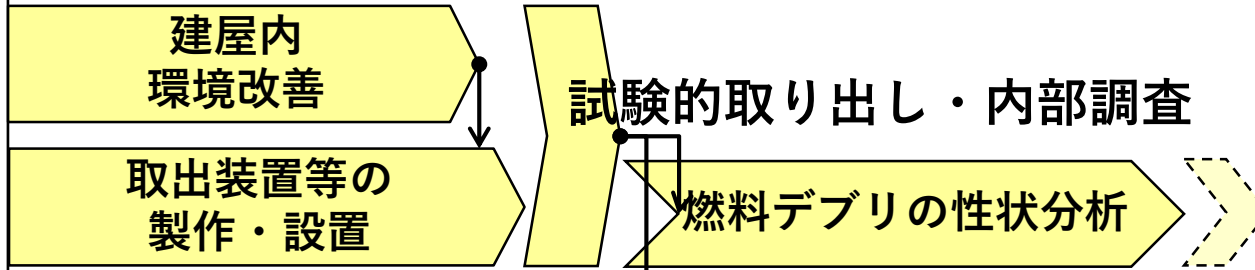
<留意点>

- PCV内の状況把握が限定的  
(例：PCV内の構造物・燃料デブリ等の性状等)
  - 取り出し等に必要の研究開発が限定的  
(例：大型の取出設備の遠隔据付技術等)
- 以上を踏まえ、今後の調査・取り出し・分析等を通じて得られる新たな知見を踏まえ、取り出し方法・作業については不断の見直しを行う。

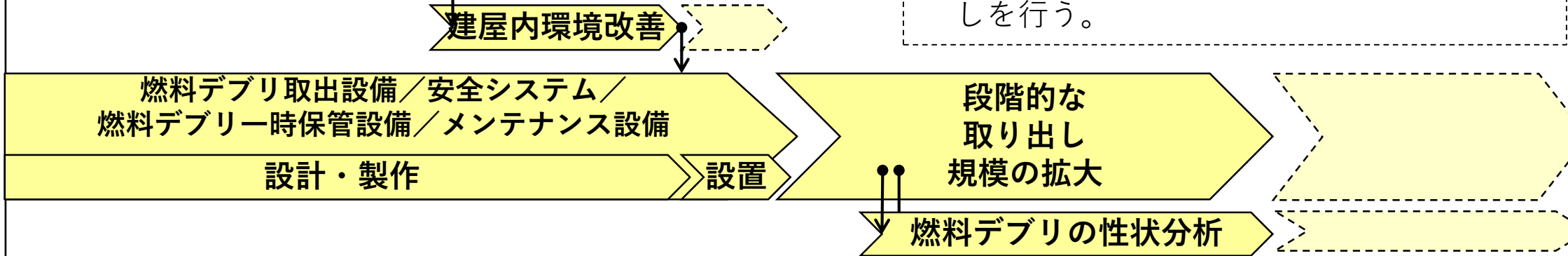
RMマイルストーン

▽ 初号機の燃料デブリ取り出し開始 (2021年内)

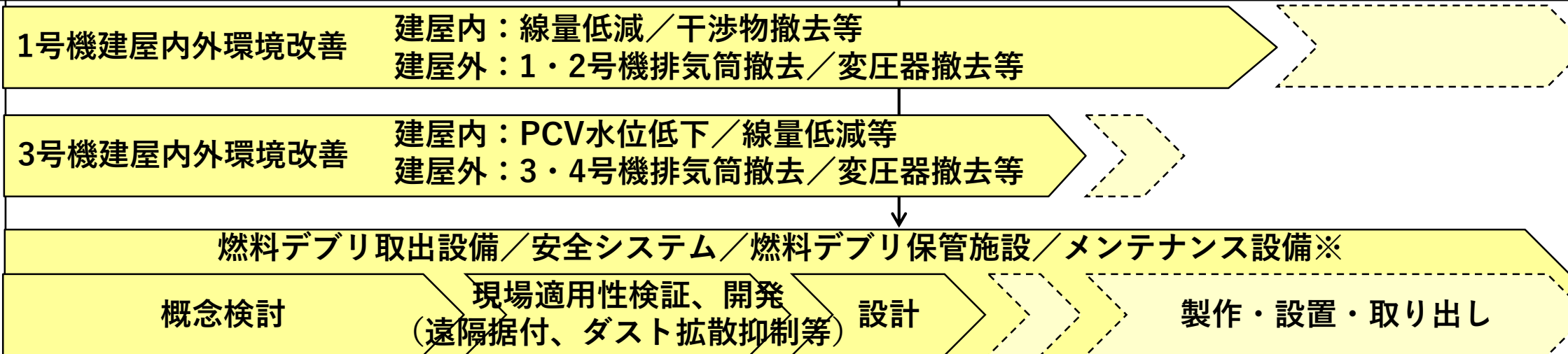
試験的取り出し (2号機)



段階的な取り出し規模の拡大 (2号機)



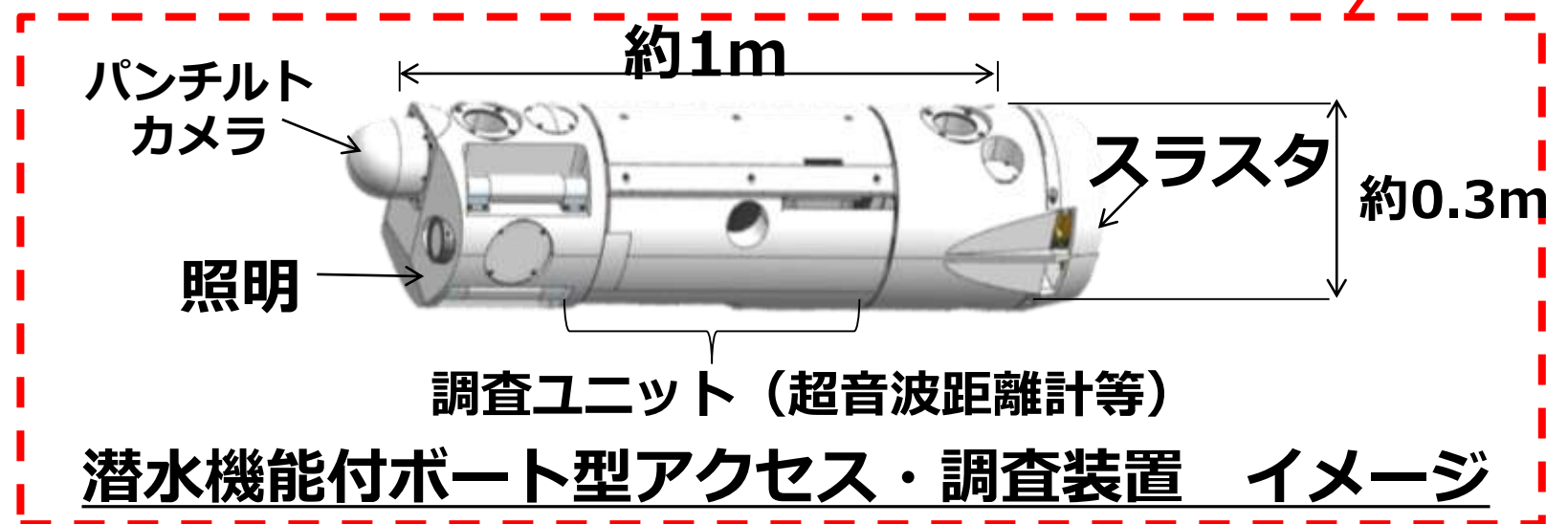
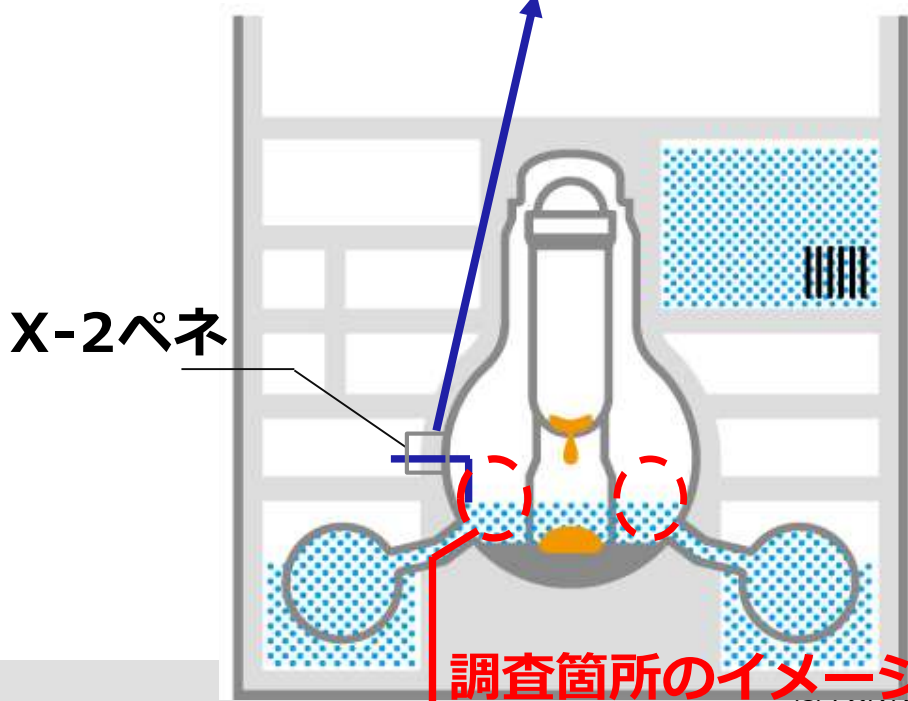
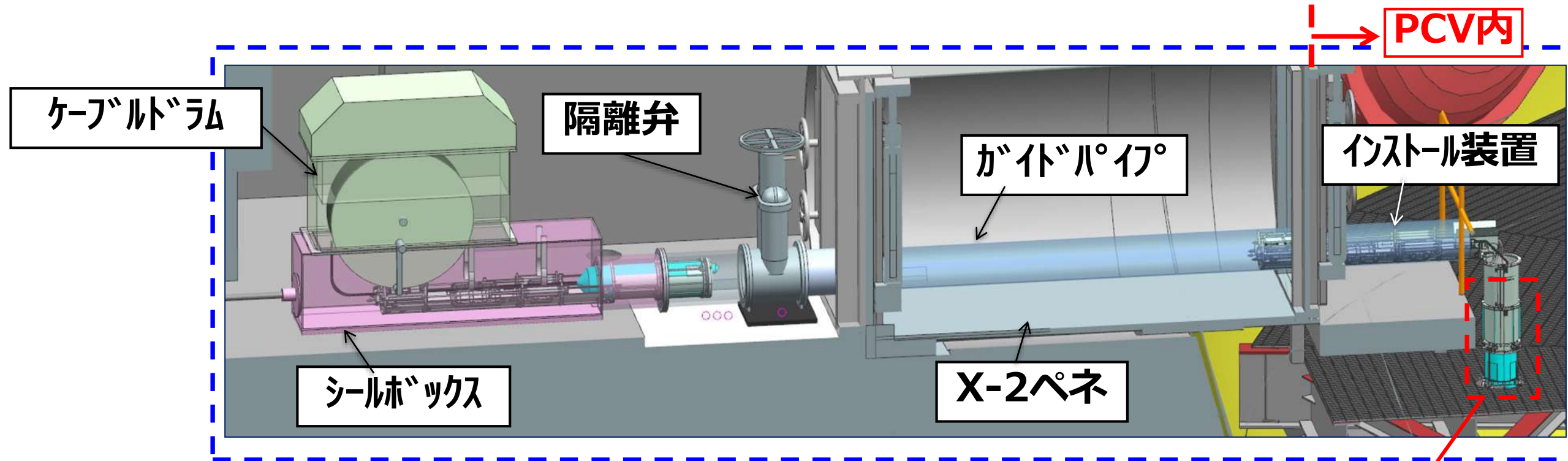
取り出し規模の更なる拡大 (1/3号機)



※3号機を先行して検討を進め、1号機に展開することを想定

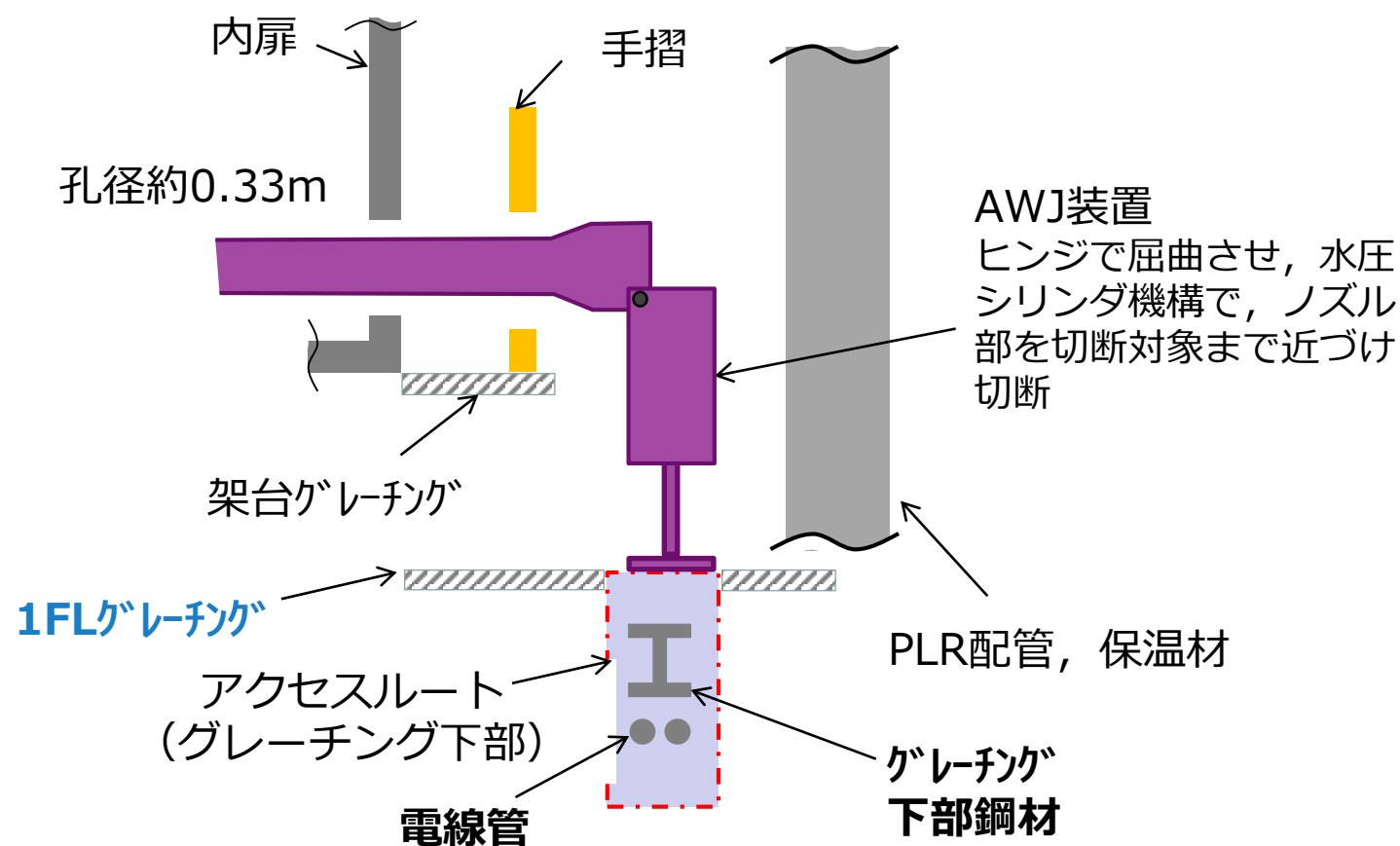
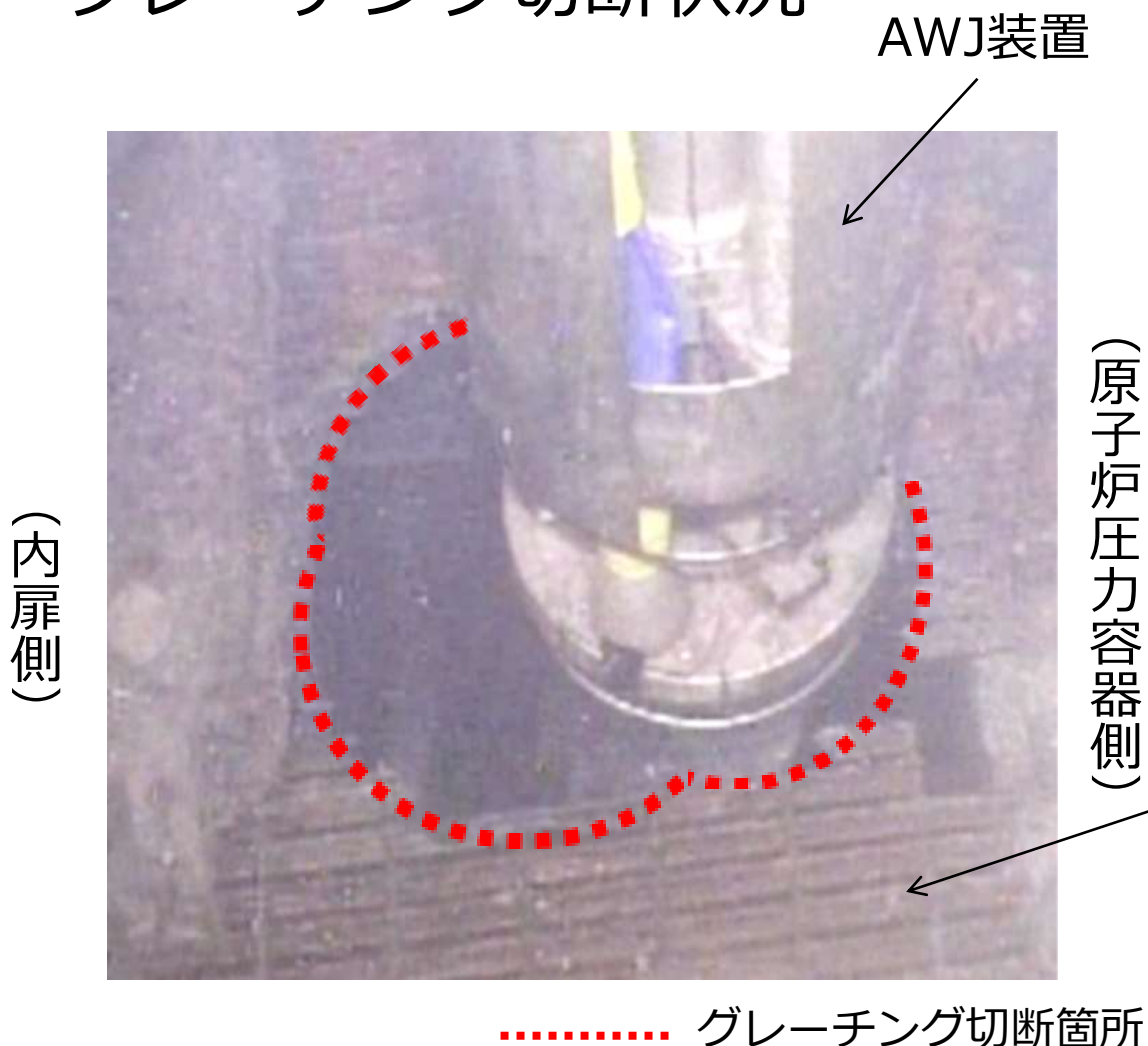
# 1号機PCV内部調査

- 1号機PCV内部調査においては主にペDESTAL外における堆積物の分布等を把握する予定
- 2017年3月の調査で確認された堆積物は水中にあるため、調査装置として潜水機能付ボートを開発中。X-2ペネを穿孔して構築したアクセスルートから調査を実施する計画
- 併せてPCV底部の堆積物をサンプリングする計画



- 調査装置投入に向け、X-2ペネ（所員用エアロック）の外扉と内扉の切削およびPCV内干渉物の切断等が必要
- 外扉の切削を2019年5月、内扉の切削を2020年4月に完了
- グレーチング切断作業を8月25日に完了

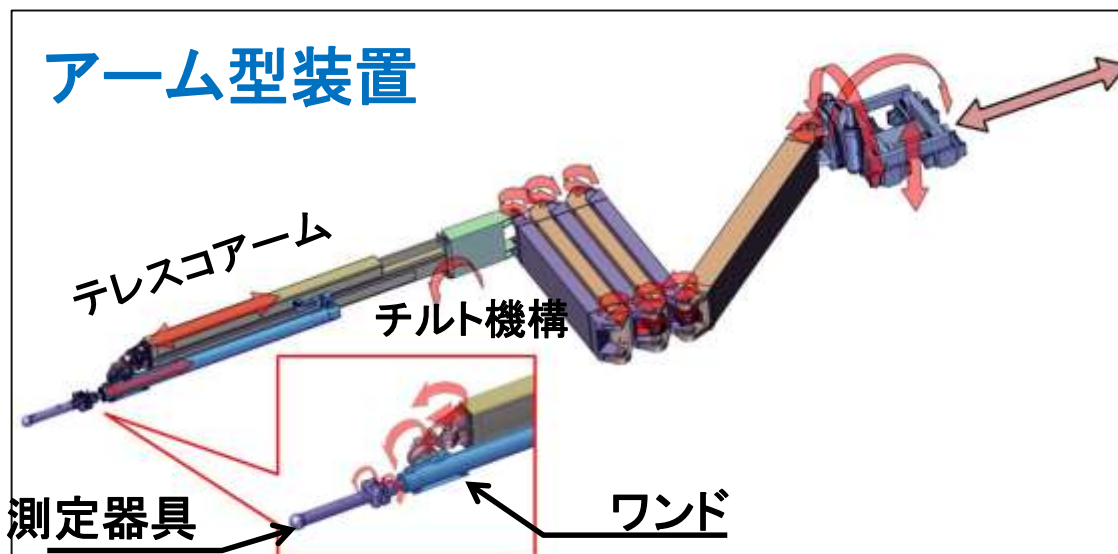
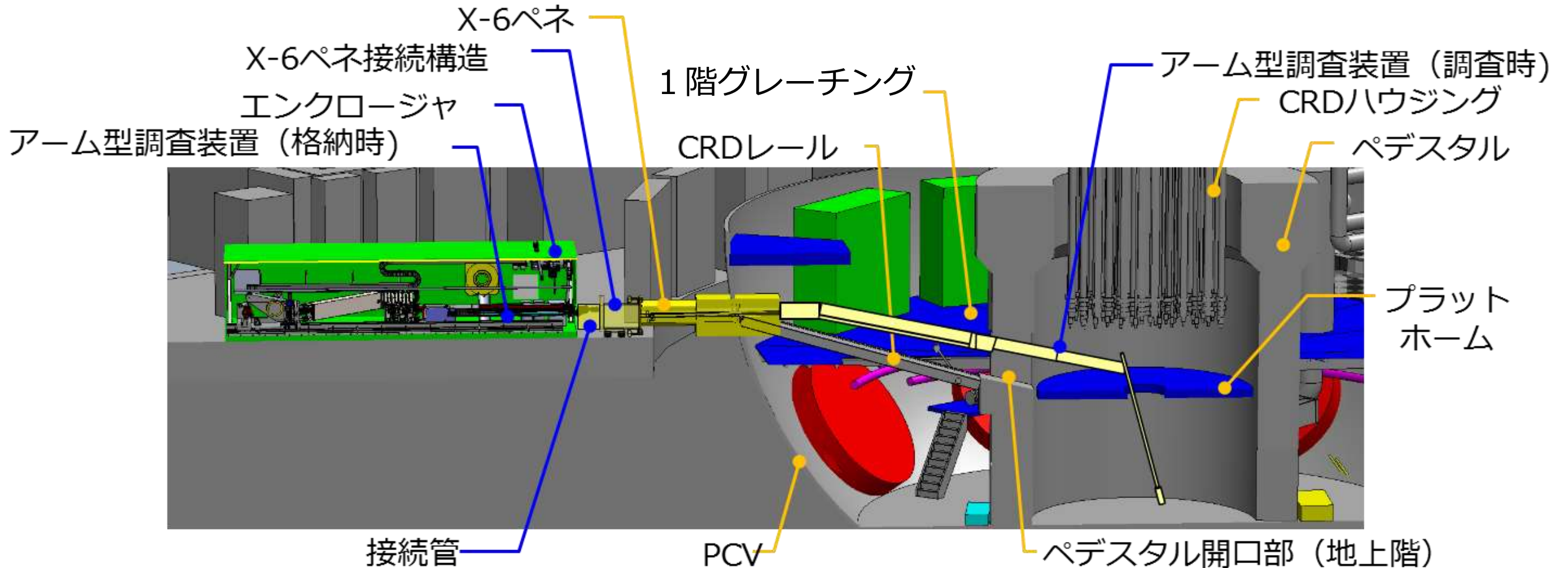
## グレーチング切断状況



グレーチング切断後写真

グレーチング切断作業イメージ

- アーム型の調査装置を用いて主にペDESTAL内における堆積物の分布等を把握する予定
- 工具を取り付けてペDESTAL内の堆積物の試験的取り出しを行うことを計画



主な調査項目	搭載予定の計測装置
詳細目視	パンチルトカメラ
3次元形状測定	気中レーザ光切断計測装置等
線量率	ガンマセンサー



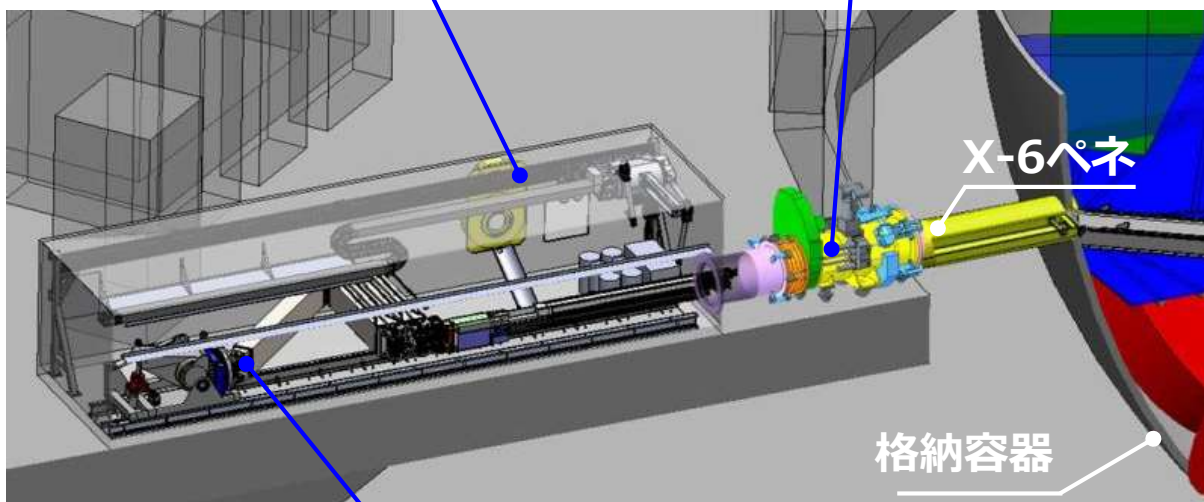
- ロボットアームで燃料デブリにアクセスし、金ブラシや真空容器型回収装置により、格納容器内の粉状の燃料デブリ（1g程度）を数回取り出す予定
- IRID(三菱重工担当)とVNS(通称OTL※1)が現在英国でロボットアームを開発中※2

## <試験的取り出し装置の全体像>

- 試験的取り出し装置は3種類の装置から構成。
  - ①ロボットアーム
  - ②エンクロージャ  
(ロボットアームを収納、放射性物質を閉じ込め)
  - ③接続管  
(エンクロージャと格納容器入口X-6ペネを接続)

### ②エンクロージャ

### ③接続管



### ①ロボットアーム

## <ロボットアーム>

- 先端に取り付ける燃料デブリ回収装置で燃料デブリを取り出すロボットアーム※2。
- 伸ばしてもたわまないよう**高強度のステンレス鋼製**。  
※2：仕様；長さ約22m、縦約40cm×幅約25cm、重さ約4.6t、耐放射性約1MGy（累積）



燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型> <真空容器型>

※1：Oxford Technologies Ltdの略。2018年にVeolia Nuclear Solutions (UK) Limited（略称；VNS(UK)）に名称変更（合併）

※2：国際廃炉研究開発機構（IRID）により、下記URLに動画「燃料デブリへアクセスするロボットアーム等の日英共同開発の状況」を掲載

<https://youtu.be/8LhDa5z51GQ>

- 
1. 福島第一の現状
  2. 労働環境の改善
  3. 汚染水対策
  4. 使用済燃料プールからの燃料取り出し
  5. 燃料デブリ取り出しに向けて
  6. 廃棄物管理
  7. 結び

## 「福島第一原子力発電所 固体廃棄物の保管管理計画」に基づき、廃棄物は焼却・減容処理を実施し容量を減らした上で、既設および増設の固体廃棄物貯蔵庫にて適切に保管管理

### 現在の姿

当面10年程度の予測  
約78万m<sup>3</sup> (※2)

### 10年後の姿

凡例 □ : 新增設する設備・施設

#### 瓦礫等の保管状況

現在の保管量  
約47万m<sup>3</sup>  
(2020年3月時点)

瓦礫類（可燃物）・伐採木・使用済保護衣



約28万m<sup>3</sup>

瓦礫類（金属・コンクリート等）



約17万m<sup>3</sup>



約7万m<sup>3</sup>



約5万m<sup>3</sup>



約22万m<sup>3</sup>

#### 水処理二次廃棄物の保管状況



約6,200基

#### 焼却処理

##### 焼却炉前処理設備 (2025年度竣工予定)

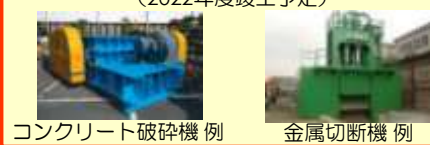


##### 雑固体廃棄物焼却設備 増設雑固体廃棄物焼却設備 (2020年度竣工予定)



#### 減容処理

##### 減容処理設備 (2022年度竣工予定)



約26万m<sup>3</sup> (※2)

約2万m<sup>3</sup>

約5万m<sup>3</sup>

約7万m<sup>3</sup>

約7万m<sup>3</sup>

約5万m<sup>3</sup>

約5万m<sup>3</sup>

#### 保管・管理

固体廃棄物貯蔵庫  
(保管容量約26万m<sup>3</sup>)

既設固体廃棄物貯蔵庫  
第1~8棟（既設）  
第9棟（2018年2月運用開始）

増設固体廃棄物貯蔵庫  
第10棟・第11棟  
(2022年度以降 竣工予定)

使用済吸着塔一時保管施設

##### 大型廃棄物保管庫

(2021年度竣工予定)  
2021年度の運用開始に向け設置工事を実施中



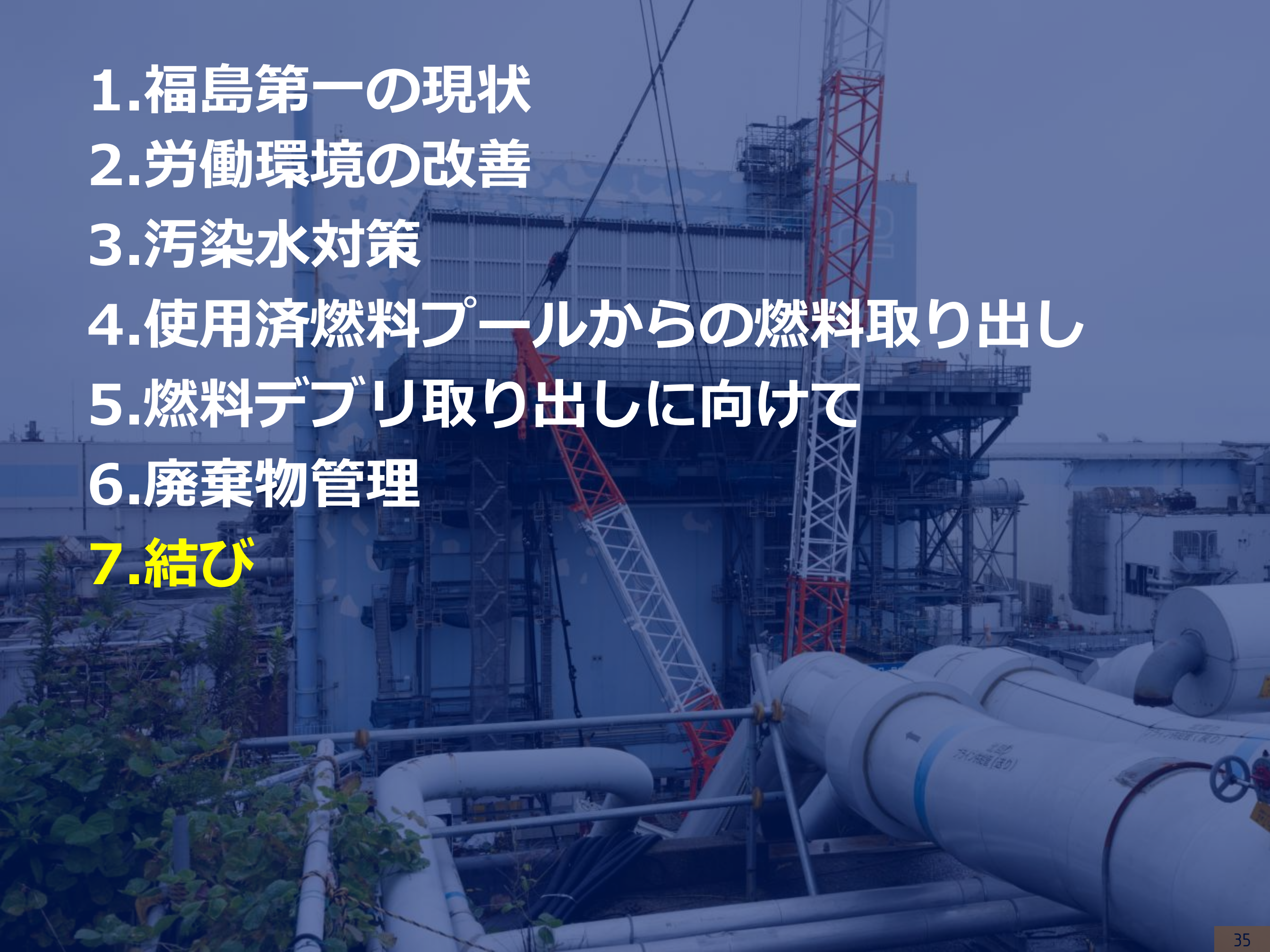
瓦礫類と同様に固体廃棄物貯蔵庫にて保管・管理

リサイクルを検討

処理方策等は今後検討

(※1) 焼却処理、減容処理、リサイクル処理が困難な場合は、処理をせずに直接固体廃棄物貯蔵庫にて保管

(※2) 数値は端数処理により、1万m<sup>3</sup>未満で四捨五入しているため、内訳の合計値と整合しない場合がある

- 
1. 福島第一の現状
  2. 労働環境の改善
  3. 汚染水対策
  4. 使用済燃料プールからの燃料取り出し
  5. 燃料デブリ取り出しに向けて
  6. 廃棄物管理
  7. 結び

長い廃炉作業を安全・着実かつ迅速に

● **現状**

将来を見据えながら、計画的に  
廃炉作業を進められる状況に

● 火事場のような状況の中、目の前のリスク、  
課題に対応することに傾注

- 汚染水対策
- 敷地内線量の低減

●ご清聴いただきありがとうございます

TEPCO