

# 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の 廃炉のための技術戦略プラン2019について

(第20回廃炉・汚染水対策福島評議会 御説明資料)

2019年9月30日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

# 目次

1. はじめに
2. 福島第一原子力発電所のリスク源と今後のリスク低減戦略
3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略
  - ① 燃料デブリ取り出し
  - ② 廃棄物対策
  - ③ 汚染水対策
  - ④ 使用済燃料プールからの燃料取り出し
4. プロジェクトの総合的な取組と円滑な推進に関わる重要事項への対応等
5. 地域との共生

# 1. はじめに

- 戦略プラン2019では、初号機の燃料デブリ取り出し方法に関する戦略的提案を提示
- 廃棄物対策なども含め、福島第一原子力発電所の取組全体を俯瞰した中長期視点での方向性を提示

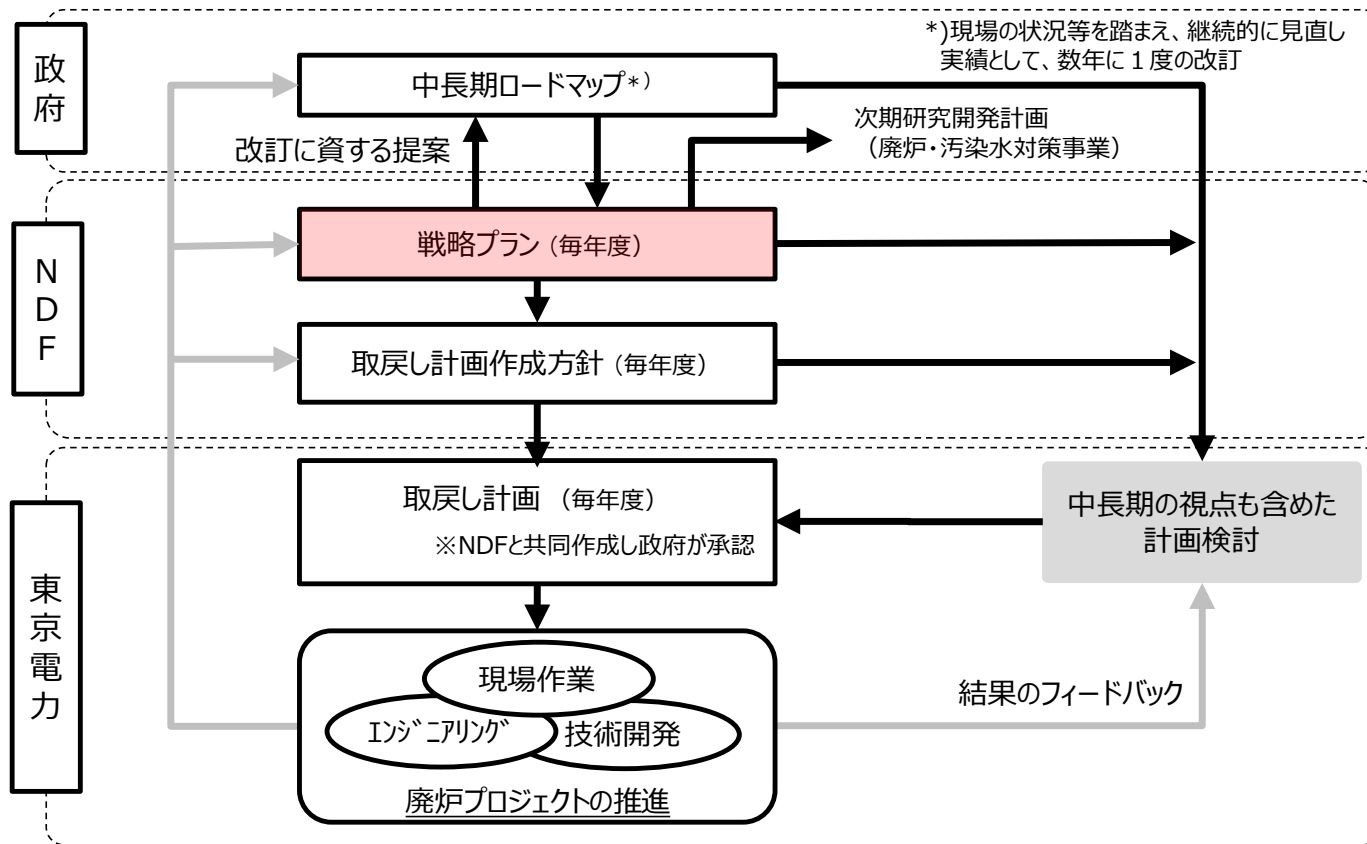


図 廃炉等積立金制度を踏まえた戦略プランの位置付け

## 2. 福島第一原子力発電所のリスク源と今後のリスク低減戦略（1 / 2）

### 廃炉の基本方針

事故により発生した通常の原子力発電所にはない放射性物質に起因するリスクを継続的、かつ、速やかに下げること

### 廃炉の進捗状況

#### 燃料デブリ取り出し

- 2号機（2019年2月）PCV内の堆積物の接触調査の結果、PCVペDESTAL底部及びプラットフォームにおいて堆積物が動くことを確認

#### 廃棄物対策

- （2019年6月）廃棄物の保管管理計画を改訂

#### 汚染水対策

【取り除く】（継続）多核種除去設備等による汚染水浄化中

【近づけない】（2018年9月）陸側遮水壁について全ての箇所が凍結

【漏らさない】（2019年3月）浄化設備等により浄化した水の溶接型タンクへの移送が完了※

【建屋内滞留水処理】（2018年内）1,2号機間の連結部の切り離しを達成

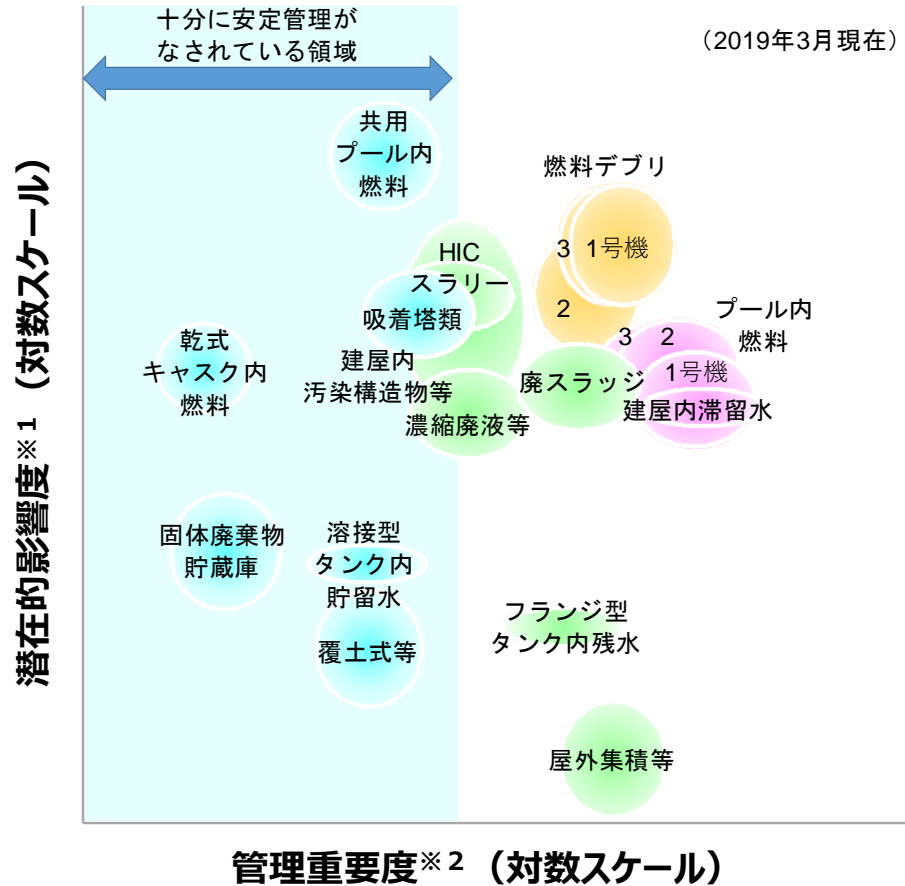
※貯水されている水の扱いについては、現在、政府の委員会において、社会的側面も含めた総合的な検討が行われている。

#### 使用済燃料プールからの燃料の取り出し

- 1号機（継続）オペフロのガレキ撤去を継続
- 2号機（2018年11月～2019年2月）オペフロの汚染状況等の調査を実施
- 3号機（2019年4月）プール内燃料取り出しを開始

## 2. 福島第一原子力発電所のリスク源と今後のリスク低減戦略（2 / 2）

- リスク低減戦略の当面の目標は、「十分に安定管理がなされている領域」（水色領域）に持ち込むこと



### 昨年からのリスク低減のポイント

- ① プール内燃料  
(冷却停止試験の結果、リスク顕在化の時間的余裕の増)
- ② 建屋内滞留水  
(建屋内滞留水の処理推進)
- ③ フランジ型タンク内残水  
(溶接型タンクへの移送完了 (残水を除く))

### 福島第一原子力発電所に係るリスクレベルの例

※1：事象の影響度の指標。インベントリ（放射性物質質量）、リスク源の形態（気体・液体・固体等）や安全機能喪失時のリスク顕在化までの余裕時間に依存

※2：起こりやすさの指標。施設健全性や、リスク源の梱包・監視状態等に依存

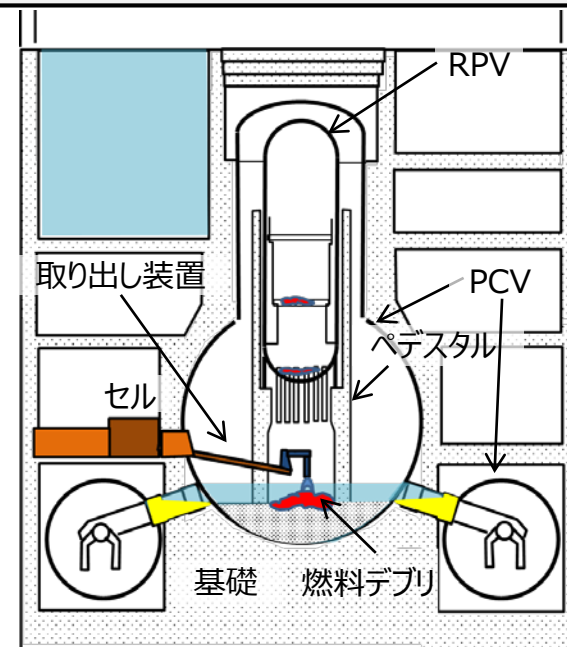
### 3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 (①燃料デブリ取り出し)

#### 目標

- (1) 安全対策をはじめ周到な準備をした上で燃料デブリを安全に回収し、これを十分に管理された安定保管の状態に持ち込む。
- (2) 2019年度の初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定、2021年内の初号機の燃料デブリ取り出しの開始に向け、燃料デブリ取り出し方針に従い、必要な取組を進める。

#### 燃料デブリ取り出し方針（平成29年9月決定）

- ① ステップ・バイ・ステップのアプローチ  
－取り出しを進めながら、柔軟に方向性を調整
- ② 廃炉作業全体の最適化  
－他の工事等との調整を含め、総合的な計画として検討
- ③ 複数の工法の組み合わせ  
－号機毎に、燃料デブリが存在すると考えられる部位に応じた最適な取り出し工法の組合せ
- ④ 気中工法に重点を置いた取組  
－より実現性の高い気中工法に軸足を置いた取組
- ⑤ PCV底部に横からアクセスする燃料デブリ取り出しの先行  
－燃料デブリへのアクセス性や使用済燃料の取り出し作業と並行し得ること等を考慮



気中－横アクセス工法のイメージ

### 3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 (①燃料デブリ取り出し)

#### 戦略

#### 燃料デブリ取り出しにおけるリスク低減の考え方

- 気中工法による燃料デブリ取り出しは世界でも前例がなく、格納容器内部状況について情報等が限られるため、十分な準備をした上で慎重に作業を進めることが重要
- 格納容器壁を加工するなどの大きな状態変更を行わずに、既存の閉じ込め等の安全システム（以下「既存の安全システム」という。）の活用を基本とした小規模な取り出しから始めることで、取り出しから保管までの一連の作業を継続し、燃料デブリのリスクを低減できるとともに、必要なシステムの有効性確認などを迅速に行う事が可能
- 初号機における小規模な取り出しによって期待される効果
  - ✓遠隔作業を含め、装置・設備と安全システムの検証
  - ✓東京電力が燃料デブリ取り出し作業を習熟するプロセスとしての活用
  - ✓格納容器内の状況把握に資する情報の入手
- 初号機取り出し後は、得られた知見を踏まえて、燃料デブリの取り出し量を増やしていく、または、初号機以外の号機での取り出しを開始
- 規模を拡大した取り出しや初号機以外の号機での取り出しのためには、安全システムの概念検討等を踏まえた現場適用性の検討や更なる線量低減・水位低下・敷地確保などの現場環境整備・内部調査・研究開発が必要



# 3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 (①燃料デブリ取り出し)

## 戦略

### 初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定に向けた戦略的提案の概要

#### 研究開発・PCV内部調査の状況

- 2号機は堆積物を動かせる。
- アーム型アクセス装置等の開発が具体化。

#### 作業環境整備の状況

- 2号機は線量が比較的低い。

#### サイト全体の計画の状況

- プール内燃料取り出しは、燃料デブリ取り出し作業と並行して行い得る。

#### 取り出し概念検討

- 既存の安全システム、現場適用の目処が立ちつつあるアーム型アクセス装置等を活用。
- 把持、吸引といった方法で小規模な取り出しから開始し、燃料デブリの切削等も計画。
- 容器に収納の上、発電所内の保管設備に移送し、容器を更に収納缶に入れ、乾式にて一時保管。

#### 号機ごとの現場適用性の検討結果

- 1号機：既存の安全システムによる気密度が比較的高いが、作業環境の線量が高く、アクセスルートは未確認。
- 2号機：既存の安全システムによる気密度が高く、作業環境の線量も比較的低位、アクセスルートは概ね確認済。
- 3号機：アクセスルートは概ね確認済だが、既存の安全システムによる気密度が1,2号機に比べて低く、作業環境の線量も比較的高い。

#### 総合的な評価

- 2号機で、アーム型アクセス装置等により、「安全」「確実」「迅速」に燃料デブリを取り出し、「迅速」に1～3号機の燃料デブリ全体のリスクを低減できる。

□: 予備エンジニアリング

#### 初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定に向けた提言（ポイント）

- ① 燃料デブリ取り出しは、把持、吸引といった方法で小規模な取り出しから始める。
- ② 燃料デブリの加工や干渉物撤去等の作業についても計画する。
- ③ 取り出した燃料デブリは、福島第一原子力発電所内の保管設備に移送し、乾式にて一時保管を行う。
- ④ 「初号機」は、廃炉作業全体の最適化等の観点から2号機が適切である。
- ⑤ 取り出し規模の拡大等は、安全性・現場適用性の評価等のエンジニアリングを進め、その方法を確定する。



# 3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 (①燃料デブリ取り出し)

## 課題

### 内部調査の継続実施等による格納容器内状況の総合的な把握

- 内部調査・サンプリングは、一定の時間をかけて慎重に準備作業を行っていくことが必要

1号機：2019年度下期より、堆積物分布状況等の調査（少量サンプリング含む）を開始予定

2号機：2018年度下期の堆積物の接触調査（2/13に実施）。2019年度下期より、堆積物分布状況等の調査（少量サンプリング含む）を開始予定

3号機：格納容器内の水位低下方策や水中遊泳ロボットによる更なる調査の必要性を検討中



図 2号機の堆積物接触調査※

※ 出典：東京電力

### 初号機（2号機）の燃料デブリ取り出し開始に向けた取組

- 2号機の燃料デブリ取り出し方法の確定は、提言に沿った形で検討を進めることが必要
- 2号機の燃料デブリ取り出し方法の確定に向けては、以下課題に留意が必要
  - ✓ 放射性物質の飛散防止の強化も踏まえた干渉物の撤去
  - ✓ 原子炉建屋 1 階の現場線量の低減
  - ✓ プール内燃料取り出しと燃料デブリ取り出し作業を同時に実施する場合における作業干渉の調整

# 3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 (②廃棄物対策)

## 目標

- (1) 保管・管理の取組として、当面10年間程度に発生する固体廃棄物の物量予測を定期的に見直しながら、固体廃棄物の発生抑制と減容、モニタリングをはじめ、**適正な廃棄物保管管理計画の策定・更新とその遂行を進める。**
- (2) 処理・処分に向けた取組として、性状把握から処理・処分に至るまで一体となった対策の専門的検討を進め、**2021年度頃までを目処に、固体廃棄物の処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通しを示す。**

## 戦略と課題

- 性状把握の推進及び分析体制・技術力の強化
  - ✓ 放射性物質分析・研究施設の整備や分析人材育成を通じて技術、施設、体制を構築し、廃炉に必要な分析作業が継続的かつ適時的確になされることが必要
- 処理・処分概念の構築と安全評価手法の開発
  - ✓ 先行的処理方法の候補技術について、合理的で実現可能性のある候補技術の選定、安全評価手法の開発が必要

- 現場作業
- 各項目の現場工事等に関わる技術的検討等
- 研究開発

年度	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022年度以降
関連するマイルストーン		処理・処分に 関する基本的な 考え方の取り まとめ					※を受けて 処理・処分方 策とその安全 性に関する技 術的見通しを 得る	
1. 性状把握			▼					▼
(1) 分析データの取得・管理等		分析計画の立案・更新、分析実施、性状把握、分析データの蓄積・評価・管理						
(2) 分析能力の向上		放射線物質分析・研究施設の整備						
		分析人材育成						
(3) 性状把握の効率化		分析試料数の最適化、分析対象核種の見直し、分析方法の簡易・迅速化等						
2. 保管・管理								
(1) 保管管理計画		保管管理計画の策定・見直し						
(2) 保管・管理方法の検討・評価		水処理二次廃棄物の保管・管理対策の検討						
(3) 燃料デブリ取り出し作業に伴って発生する固体廃棄物の保管・管理方法の検討・評価		保管方法、保管容器、収納方法の検討						
3. 処理・処分概念の構築と安全評価手法の開発								
							先行的処理方法の選定手法の構築	選定方法使用
		処分方法の安全性評価手法の開発						
		廃棄体化技術調査	安定化、固定化に関わる処理方法の技術開発					

# 3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 (③汚染水対策)

## 目標

- 汚染水問題に関する3つの基本方針（汚染源を「取り除く」、汚染源に水を「近づけない」、汚染水を「漏らさない」）の下、**構築された水位管理システムの強化及び適切な運用**を継続しつつ、**引き続き重層的な対策**に取り組み、**2020年内の建屋内滞留水の処理完了**を目指す。
- 今後本格化する**燃料デブリ取り出し等の廃炉工程との関係**を整理するとともに、**長期を見据えた汚染水対策の在り方**についての検討を進める。

## 戦略と課題

- 中長期ロードマップに示された汚染水対策の着実な遂行
- 燃料デブリ取り出し等との関係を踏まえた汚染水対策の検討
- ✓ 水処理設備の入口放射性物質濃度を確認するモニタリングの強化など、システム全体の検討が必要
- ✓ 設備の定期的な点検、更新を確実に行うとともに、建屋周辺の地下水を安定的に管理するため、地下水位や放射性物質のモニタリング体制の一層の拡充が必要

■ : 現場作業

■ : 各項目の現場工事等に関わる技術的検討等

年度	2019	2020	2021	2022	2023
関連するマイルストーン		汚染水発生量を150m <sup>3</sup> /日程度に抑制 建屋内滞留水の処理完了			
(1) 中長期ロードマップに示された汚染水対策					
・ 汚染源を「取り除く」		浄化設備による処理			
・ 汚染源に水を「近づけない」		地下水バイパス、サブドレン、陸側遮水壁の運用			
		敷地舗装、屋根のガレキ撤去、防水			
				汚染水の発生状況等を踏まえ適切に対応	
・ 汚染源を「漏らさない」		タンク容量確保			
		地盤改良や海側遮水壁の保守、地下水・港湾のモニタリング			
・ 建屋内滞留水処理		地下水・建屋内水位の引き下げ		タービン建屋等の床面露出状態の維持	
(2) 燃料デブリ取り出し等との関係を踏まえた汚染水対策		初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定	初号機の燃料デブリ取り出し開始		
		PCV循環冷却系やモニタリング方法の検討		燃料デブリ取り出しの段階に合わせて必要な対策を実施	



# 4.プロジェクトの総合的な取組と円滑な推進に関わる重要事項への対応等

## プロジェクトの総合的な取組

- 現状から短期～中期～長期へと一貫性のある廃炉全体の長期計画を策定し、この計画に沿って様々な取組を総合的に管理
  - リードタイムの確保
  - 限られたリソース（人、モノ、カネ、時間、スペース）の配分の最適化
- 長期計画の具体的な活用にあたっては、適切な時期に判断ポイントを設定し、長期計画を柔軟に改訂しながら運用

## プロジェクトの円滑な推進に関わる重要事項への対応

- 将来の研究者・技術者などの育成・確保のための取組を原子力に関わる産学官全体として着実に進める

## 研究開発への取組

- 東京電力は、現場適用に直結する自らの技術開発の比重を高める
- 研究開発の成果が現場に適時的確に提供される、エンジニアリングスケジュールに紐づいた形での研究開発のマネジメント
- 大学等においても、廃炉現場が有する課題意識の共有が重要

## 国際連携の強化

- リスク低減戦略として、各国が培ってきた技術や人材の活用を図るとともに、先行する事故炉の処置やレガシーサイトの教訓を学び廃炉に活かす
- 海外の廃止措置関係機関と長期的なパートナーシップの構築・強化
- NDFは、1 Fでの事故や廃炉工程で得た知見の他課題への応用といった海外の新たな関心にも積極的に応えるべく、国際共同活動へ積極的に参画



## 5. 地域との共生（1 / 2）

### 地域との共生の考え方

- 「廃炉と福島復興は車の両輪」
- 廃炉に関する正確な情報を適時・的確に発信、丁寧なコミュニケーションの実施によりその声に応えていく

### コミュニケーションの具体的取組

- 今後、燃料デブリ取り出し等の廃炉作業が進む中では、海外での様々な経験も参考にしつつ、政府、NDF、東京電力といった関係機関の適切な連携の下、一層丁寧な情報の提供や双方向のコミュニケーションを実践していくことが必要である。
- 特に、動画・WEBサイト・パンフレット等を活用し、地域住民の皆様・関係自治体の職員への積極的な説明・対話等により丁寧なコミュニケーションに取り組んでいくこととしている。



第4回福島第一廃炉国際フォーラム（2019年8月）  
（1日目・「地元の皆様と考える1F廃炉」富岡町）

### 福島第一廃炉国際フォーラム

NDFは、地域住民の皆様との双方向のコミュニケーションを重視したフォーラムを毎年開催しており、廃炉に関する情報を分かりやすく提供し、参加者と率直な意見交換を行うとともに、国内外の専門家と廃炉の最新の進捗や技術的成果の共有を図っている。

## 5. 地域との共生 (2/2)

### 風評被害への対応

- 風評被害は、リスクが顕在化しなくとも、不安があるというだけで被害がもたらされる場合もあり得る。
- 適時・的確な廃炉に関する情報発信と日頃からの地域とのコミュニケーションの実践による信頼関係の構築

### 地域の復興とともに歩む廃炉

- **安全かつ着実な廃炉と地元優先との両立**

地域の復興とともに廃炉を進めていくためには、廃炉に伴う物品や役務を地元から調達し、地元の人材を雇用するなど地域との接点を増やしていくことが重要である一方で、できるだけ早い廃炉を安全に進めることが求められていることを踏まえ、**安全かつ着実な廃炉と地元優先との両立**を図ることが必要

- 関係機関が持つ資源などを通して、**より多くの地元企業が廃炉作業に参画できる環境を整備**

地元企業が持つ技術力を廃炉作業に活用している事例として、地元に事業所を持つ企業が作業員の安全性向上につながる全面マスクの開発に携わる事例や、遠隔作業に関する高い技術力を持つ地元企業が排気筒解体工事で東京電力と連携しながら活躍する事例などがあり、地元企業の技術力が廃炉作業の一翼を担っている。



地元企業による排気筒の解体作業※

※ 出典：東京電力