

廃炉等実施計画書

2021 年 3 月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

1. 廃炉等実施計画書の位置付け	1
2. 廃炉等の実施に関する方針	2
3. 廃炉等の実施の状況	4
3.1 汚染水対策	4
3.1.1 3つの基本方針に従った汚染水対策の推進	4
3.1.2 滞留水処理の完了に向けた取組	6
3.1.3 汚染水対策の安定的な運用に向けた取組	7
3.2 使用済燃料プールからの燃料取り出し	10
3.2.1 1号機使用済燃料プールからの燃料取り出し	10
3.2.2 2号機使用済燃料プールからの燃料取り出し	12
3.2.3 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し	15
3.2.4 取り出した燃料の取扱い	16
3.3 燃料デブリ取り出し	17
3.3.1 原子炉格納容器内部調査	17
3.3.2 初号機の燃料デブリ取り出し方法	20
3.4 廃棄物対策	23
3.4.1 保管・管理	23
3.4.2 処理・処分	26
3.5 発電所敷地・労働環境	27
3.5.1 労働環境、労働条件の改善に向けた取組	27
3.5.2 作業員被ばく低減に向けた取組	28
3.6 上記以外の廃炉作業	29
3.6.1 原子炉の冷温停止状態の継続	29
3.6.2 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止	29
3.6.3 事故進展の解明に向けた取組	31
3.6.4 発電所における新型コロナウイルス対策について	32
3.6.5 2月13日福島県沖を震源とする地震	32
4. 廃炉等の実施に関する計画	34
4.1 汚染水対策	36

4.1.1 3つの基本方針に従った汚染水対策の推進.....	36
4.1.2 滞留水処理の完了に向けた取組.....	37
4.1.3 汚染水対策の安定的な運用に向けた取組.....	37
4.2 使用済燃料プールからの燃料取り出し.....	39
4.2.1 1号機使用済燃料プールからの燃料取り出し.....	39
4.2.2 2号機使用済燃料プールからの燃料取り出し.....	39
4.2.3 5,6号機使用済燃料プールからの燃料取り出し.....	40
4.2.4 燃料の取扱い.....	40
4.2.5 使用済み燃料プール内の高線量機器取り出し.....	40
4.3 燃料デブリ取り出し.....	41
4.3.1 エンジニアリングの実施.....	41
4.3.2 内部調査と研究開発の継続的な実施.....	41
4.3.3 線量低減・水位低下・敷地確保等の現場環境整備.....	42
4.4 廃棄物対策.....	43
4.4.1 保管・管理.....	43
4.4.2 処理・処分.....	44
4.5 発電所敷地・労働環境改善.....	45
4.6 上記以外の廃炉作業.....	45
4.6.1 原子炉の冷温停止状態の継続.....	45
4.6.2 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止.....	45
5. 廃炉等を実施するために必要な技術に関する研究及び開発の状況.....	47
6. 廃炉等の適切かつ着実な実施を確保するための体制.....	49
6.1 大規模プロジェクトを長期にわたり安全かつ着実に遂行する体制の整備.....	49
6.1.1 プログラム・プロジェクト遂行のための体制強化.....	49
6.1.2 人財の育成.....	50
6.2 地域との共生及びコミュニケーションの一層の強化.....	51
6.2.1 地域との共生.....	51
6.2.2 コミュニケーションの強化等.....	52
6.3 調達の更なる適正化.....	52
6.4 品質管理の強化.....	53

(最終ページ:53ページ)

1. 廃炉等実施計画書の位置付け

原子力損害賠償・廃炉等支援機構法(平成23年法律第94号)第55条5の規定に基づき、廃炉等実施認定事業者(東京電力ホールディングス株式会社。以下、「東電HD」という。)は、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(以下、「機構」という。)の毎事業年度開始の日(4月1日)の15日前までに、以下に掲げる事項を、機構を經由して主務大臣に届け出ることとされている。

- (1) 廃炉等の実施に関する方針
- (2) 廃炉等の実施の状況
- (3) 廃炉等の実施に関する計画
- (4) 廃炉等を実施するために必要な技術に関する研究及び開発の状況
- (5) 廃炉等の適正かつ着実な実施を確保するための体制

廃炉等実施計画書は、以上の事項並びに廃炉中長期実行プラン等を踏まえ、記載した書類として作成したものである。

2. 廃炉等の実施に関する方針

福島第一原子力発電所の廃炉を適正かつ着実に実施することは、福島再生の大前提である。東電HDは、国民にとっての廃炉は「事故を起こした者が、その責任を果たすため主体的に行うべき収束に向けた活動の一環」であることを深く認識し、自らの責任を果たし、廃炉を貫徹していく必要がある。

これまで東電HDは、「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止措置等に向けた中長期ロードマップ(2019年12月27日廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議決定)」(以下、「中長期ロードマップ」という。)や「東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(2021年3月3日原子力規制委員会決定)」(以下、「中期的リスクの低減目標マップ」という。)、「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2020(2020年10月6日機構公表)」(以下、「技術戦略プラン」という。)、新々・総合特別事業計画(2017年5月18日主務大臣認定)を踏まえ、リスク低減の考え方に基づいて、安全確保を大前提に福島第一原子力発電所の廃炉を実施している。

具体的には、汚染水対策や使用済燃料プール内の燃料取り出し等、相対的にリスクが高く優先順位が高いものについては、一部不具合によるトラブルがあったものの、着実な進展が見られている。

他方、「緊急的に取り組まざるを得ない状態」が一区切りし、今や「先々を見越して戦略的に進めていく段階」の中でも「未踏の領域に計画的に取り組む局面」に直面している。すなわち、不確実性及び技術的難易度が極めて高い燃料デブリの取り出しという未踏の挑戦が本格化していく中で、適正かつ着実な廃炉を実施するという、福島責任の貫徹において重要な局面に立っている。いわばこれからが福島第一原子力発電所の廃炉の正念場である。東電HDは、機構の廃炉関連部門とも緊密に連携し、福島第一原子力発電所の廃炉の特徴(特殊性)に対応するために「安全視点」、「オペレータ視点」を廃炉の作業に反映することを基本とする。また、早期のリスク低減を図るため、先行して着手すべき燃料デブリ取り出し工法を設定した上で、取り出しを進めながら徐々に得られる情報・経験に基づいて、柔軟に方向性を調整するステップ・バイ・ステップのアプローチを進める。

こうした状況の中、東電HDは、中長期ロードマップや中期的リスクの低減目標マップに掲げる目標を達成するための具体的な計画として、「廃炉中長期実行プラン2020」を策定し、今後10年程度の廃炉全体の主要な作業プロセスを示した。今後は、廃炉中長期実行プランに従い安全・着実かつ計画的・合理的に廃炉作業を進めるとともに、地域及び

国民の皆さまへ廃炉作業の今後の見通しをより丁寧にわかりやすく伝えていく。

なお、福島第一原子力発電所の廃炉作業は世界でも前例の無い取組が続くため、廃炉を安全かつ着実に進めるべく、本プランも廃炉作業の進捗や課題に応じて定期的に見直していく。

東電HDは、技術戦略プランを踏まえた機構の支援の下、安全確保を大前提に、本プランに基づき、廃炉作業全体の最適化の観点から個別作業の工程の具体化等を図ることを徹底することにより、廃炉を貫徹していく。

また、福島第一原子力発電所の廃炉は、世代を超えて日本全体の技術力の助けを借りた挑戦となる。燃料デブリ取り出しという未踏の挑戦が本格化することを踏まえ、東電HDは、引き続き政府機関、機構、地元企業をはじめとする協力会社その他の関係機関と緊密に連携する。また、大学等との共同研究を強力に進めていくとともに、日本原子力発電株式会社との協力事業も継続して進めていく。こうした取組を行い、国内外の叡智を取り込んだ「日本の総力を結集した廃炉推進体制」を確立していく。

3. 廃炉等の実施の状況

東電HDは、2014年4月に設置した福島第一廃炉推進カンパニーが中核となって、中長期ロードマップや技術戦略プラン及び中期的リスクの低減目標マップを踏まえ、目標を達成するまでのプロセスを取りまとめた廃炉中長期実行プランを作成し、福島第一原子力発電所の廃炉を実施してきた。

現在、原子炉での発熱は十分に小さくなり、継続的な注水冷却により冷温停止状態を維持している。原子炉建屋からの放射性物質の放出量等についても安定的に推移しており、発電所周辺海域の放射性物質濃度は、自然の放射性物質濃度とほぼ同程度にまで低減している。

これまでに、タンク内の高濃度汚染水の一旦の処理完了や海水配管トレンチ内の汚染水除去、3,4号機使用済燃料取り出しの完了、海側遮水壁の完成、敷地境界における実効線量評価値1mSv/年未満の達成、浄化設備により汚染水を浄化処理した水の貯蔵をすべて溶接型タンクで実施、建屋内滞留水の1,2号機間及び3,4号機間の連通部の切り離し達成、1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋を除く建屋について床面露出状態を維持出来る状態の達成、汚染水発生量を150m³/日程度に抑制等、着実に進捗している。

3.1 汚染水対策

3.1.1 3つの基本方針に従った汚染水対策の推進

2013年9月に決定された「東京電力(株)福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針」及び同年12月に決定された「東京電力(株)福島第一原子力発電所における廃炉・汚染水問題に対する追加対策」で掲げられた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、予防的・重層的な対策を進めてきている。

3.1.1.1 汚染源を「取り除く」

海側海水配管トレンチ内(2～4号機)の汚染水の除去は、2015年12月に完了した。

多核種除去設備等で処理した水の取扱いについては、国の「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」において、風評被害等社会的な観点等も含めて総合的な検討がされ、報告書が取りまとめられた。今後、同報告書の提言を受け、地元をはじめとした関係者の皆さまのご意見をお伺いした上で、国から基本的な方針が示されると認識している。東電HDは、関係者の皆さまの理解醸成に努めるとともに、国から示さ

れる方針を踏まえ適切に対応する。

多核種除去設備等で処理した水の二次処理の性能確認試験については、増設多核種除去設備(図 1 参照)による二次処理でトリチウムを除く告示濃度限度比総和が1未満となることを検証するとともに、核種分析の手順・プロセスを確認すること等を目的に、2020年9月から着手し、二次処理によりトリチウムを除く告示濃度限度比総和が1未満になることを12月に確認した。



図 1 増設多核種除去設備

3.1.1.2 汚染源に水を「近づけない」

汚染水発生量の抑制を目的として、建屋の屋根損傷部閉止等の屋根雨水対策を進めており、3号機タービン建屋の屋根上部のガレキ撤去を2019年7月から2020年9月に実施した。また、屋根損傷部への流入防止堰の設置作業を2020年5月から7月に、屋根損傷部へ雨水流入防止カバーの設置作業を7月から8月に実施し、屋上の防水塗装を10月に完了した。これにより、3号機タービン建屋屋根対策が完了した。

また、雨水浸透対策として建屋屋根の損傷部への補修等を行った他、サブドレンや陸側遮水壁等の確実な運用により、2020年内の汚染水発生量は約140m³/日(図 2 参照)であった。これにより、中長期ロードマップのマイルストーン(主要な目標工程)のうちの汚染水発生量を150m³/日程度に抑制することについて、達成している事を確認した。

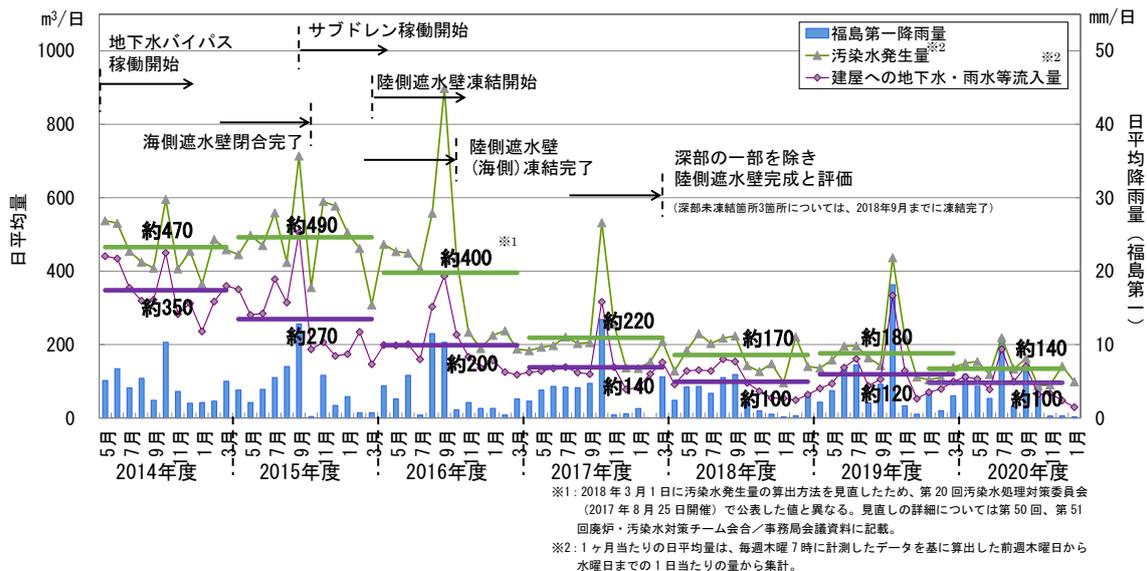


図 2 汚染水発生量と建屋への地下水・雨水等の流入量の推移

3.1.1.3 汚染水を「漏らさない」

日々発生する汚染水処理に必要な運用タンクを除き、多核種除去設備等の処理待ちとして一時貯留していたストロンチウム処理水の処理を2020年8月に完了した。

3.1.2 滞留水処理の完了に向けた取組

中長期ロードマップのマイルストーン(主要な目標工程)のうちの1つである2020年内の1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋を除く建屋の床面露出について、滞留水移送装置を追設する工事を進め、2020年10月に2号機タービン建屋、廃棄物処理建屋等の移送装置(A系統)の運用を開始したことから、床面露出状態を維持出来る状態とし、建屋内滞留水の水位を低下させ、12月に目標を達成したことを確認した。

プロセス主建屋最地下階のゼオライト土嚢について、プロセス主建屋地下階で確認されている高線量のゼオライト土嚢に加え、活性炭土嚢についてもサンプリングを実施した。採取した粒子の粒形(図 3参照)は数mm程度であり、表面線量率は約0.025mSv/時であることを確認し、これはゼオライト土嚢から採取した粒子(粒形数mm程度、表面線量率約1.3mSv/時)よりも2桁低い値であることを確認した。

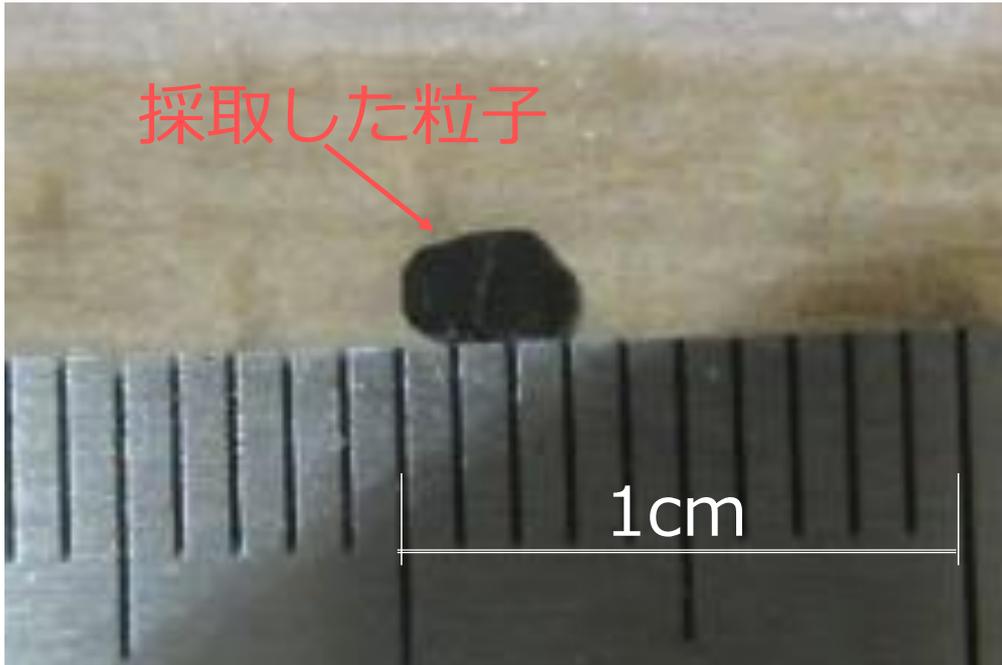


図 3 活性炭土嚢から採取した粒子(拡大)(2020年2月27日撮影)

3.1.3 汚染水対策の安定的な運用に向けた取組

汚染水が滞留する建屋等については、東日本大震災時の津波を踏まえた流出防止対策を実施している。

切迫性の高いとされている千島海溝津波による浸水の抑制及び重要設備の被害を最小限に抑えるため、防潮堤の設置を進めており、2019年9月よりL型擁壁の据付を開始し、2020年9月に完成した(図 4参照)。

また、2020年4月に内閣府「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」で、日本海溝津波が切迫性のあるものとして新たに評価されたことを踏まえ、再評価を進めた結果、日本海溝津波が来襲した場合には、1～4号機周辺エリアで、0.3m(1・4号機原子炉建屋)～1.4m(1号機タービン建屋)程度浸水する評価となった。切迫した日本海溝津波による浸水を抑制し、建屋流入に伴う滞留水の増加防止及び廃炉重要関連設備被害を軽減するため、「日本海溝津波防潮堤」(図 5参照)を2021～2023年度にかけて新設する。

なお、千島海溝津波防潮堤は完成しているが、日本海溝津波の評価結果を踏まえ、2020年度内は引き続き補強工事を実施している。

▼T.P.+11.0



図 4 千島海溝津波防潮堤

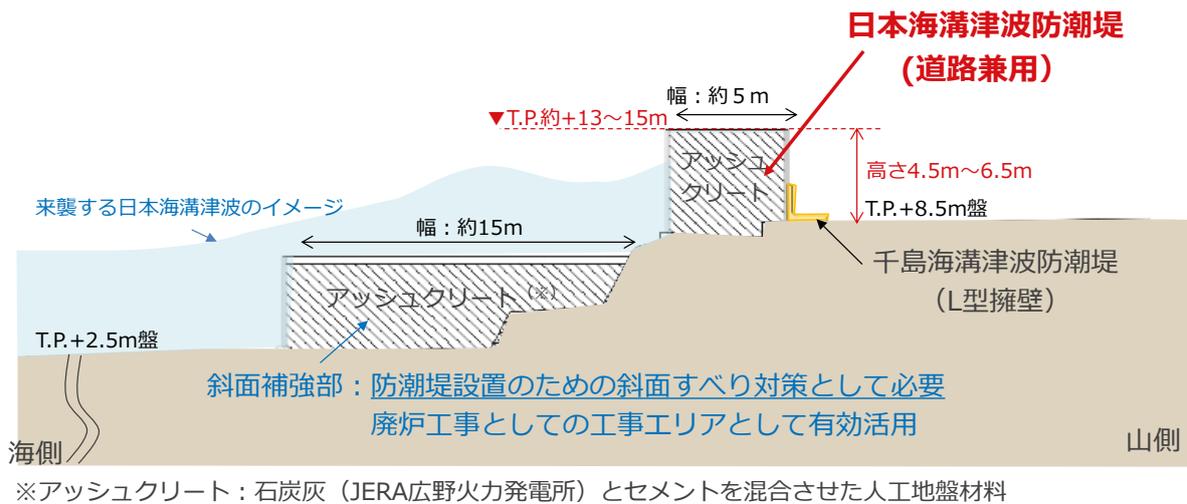


図 5 日本海溝津波防潮堤の基本構造案

津波による漂流リスクを低減させるため、メガフロートを1～4号機開渠内に移動し、護岸として活用するための工事について、2020年4月より内部のモルタル充填作業を開始し、8月に着底(図 6、図 7参照)したことで、津波により漂流するリスクが低減された。

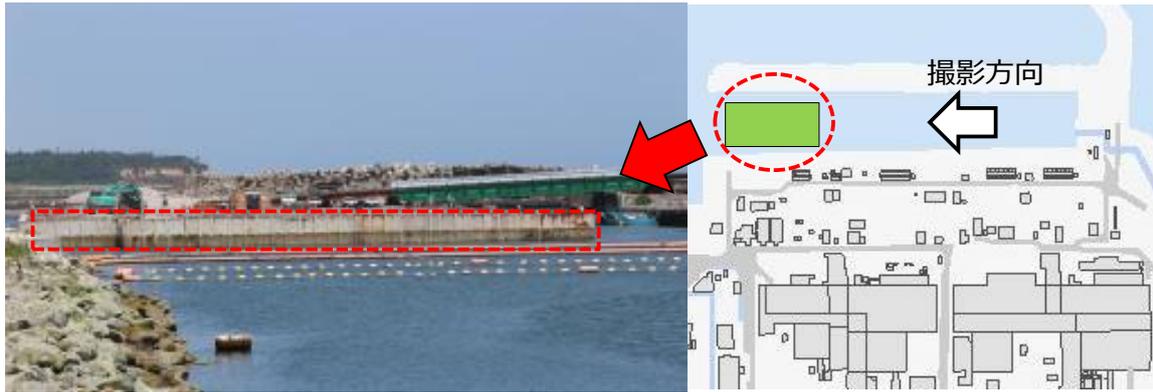


図 6 メガフロート着底場所

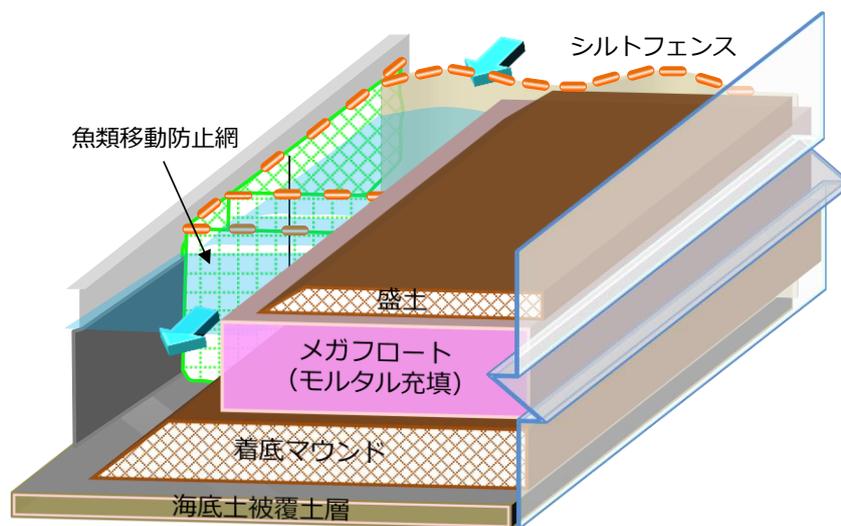


図 7 完成断面図

近年国内で頻発している大規模な降雨に備えD排水路の新設を計画している。豪雨時における敷地内の施設への影響を把握するため、浸水シミュレーションを実施した結果、1～4号機建屋周辺の浸水は、概ね解消されることが確認(図 8参照)された。2021年2月から準備工事を開始しており、2022年度の台風シーズン前迄に整備完了を目指す。

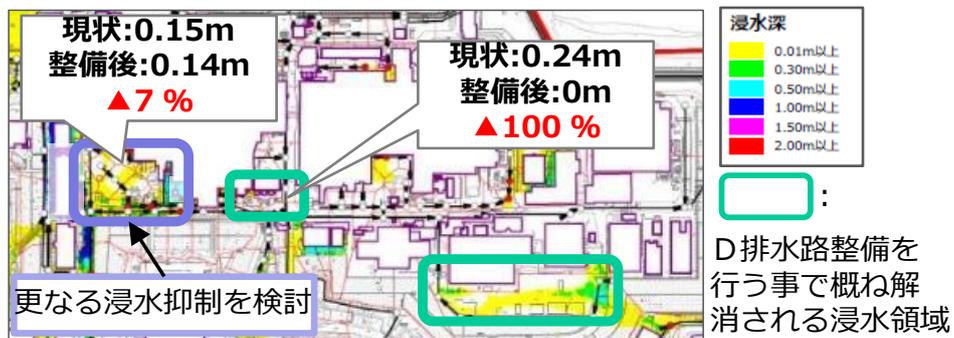


図 8 浸水シミュレーション結果によるD排水路整備結果

3.2 使用済燃料プールからの燃料取り出し

使用済燃料プール内の燃料については、水素爆発の影響を受けている可能性がある1,3,4号機の燃料のうち、その総量の過半を占める4号機¹の燃料の取り出しを2014年12月に、3号機の燃料取り出しを2021年2月に完了した。他の号機についても、順次、放射性物質の飛散を抑制しながら使用済燃料の取り出しに向けた取組を進めている。

なお、1～3号機のそれぞれにおいて実施した使用済燃料プール循環冷却設備の冷却停止試験の結果等から、使用済燃料プール内燃料のリスクがこれまでより低減していることを確認している。

3.2.1 1号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

1号機の使用済燃料プール内の燃料は、崩壊熱の発生量が漸次減少し、除熱管理により冷却状態が維持され、安定的な管理がなされており、2018年から開始したオペレーティングフロア（以下、「オペフロ」という。）のガレキ撤去作業を継続している。

これまでの調査で、オペフロ上に屋根板、建屋上部を構成していた鉄骨等の建築材及び天井クレーン等がガレキとして崩落していることや、ウェルプラグが大きくずれていること等を確認している。

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等へ落下するリスクを可能な限り低減するため（図 9参照）、使用済燃料プールゲートカバーの設置（2020年3月 図 10参照）、使用済燃料プール養生の設置（6月 図 11参照）、燃料取扱機支保の設置（10月 図 12参照）、天井クレーン支保の設置（11月 図 13参照）を実施した。これにより、天井クレーン・燃料取扱機の位置ずれや荷重バランスが変動し天井クレーン落下に伴うダスト飛散のリスク及び燃料等の健全性に影響を与えるリスクを低減した。

その後、1号機原子炉建屋に大型カバーを設置するため、干渉する建屋カバー（残置部）の解体を2020年12月より開始した。大型カバーは、放射性物質の大気への放出を抑制するため、合理的に可能な限り隙間を低減しており、あわせて換気設備を設置している。

¹ 震災時に定期検査中で、すべての燃料を原子炉圧力容器から、使用済燃料プールに取り出し、保管していた。

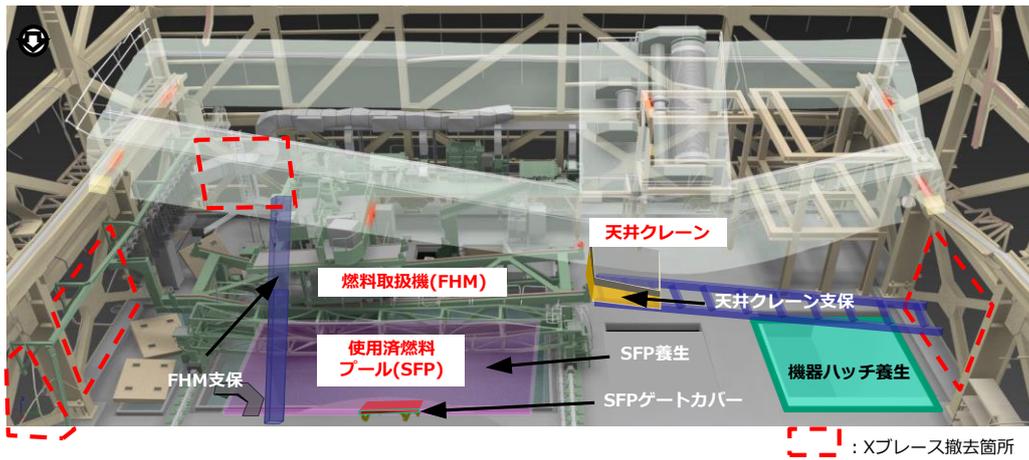


図 9 ガレキ落下防止・緩和対策の全体概要

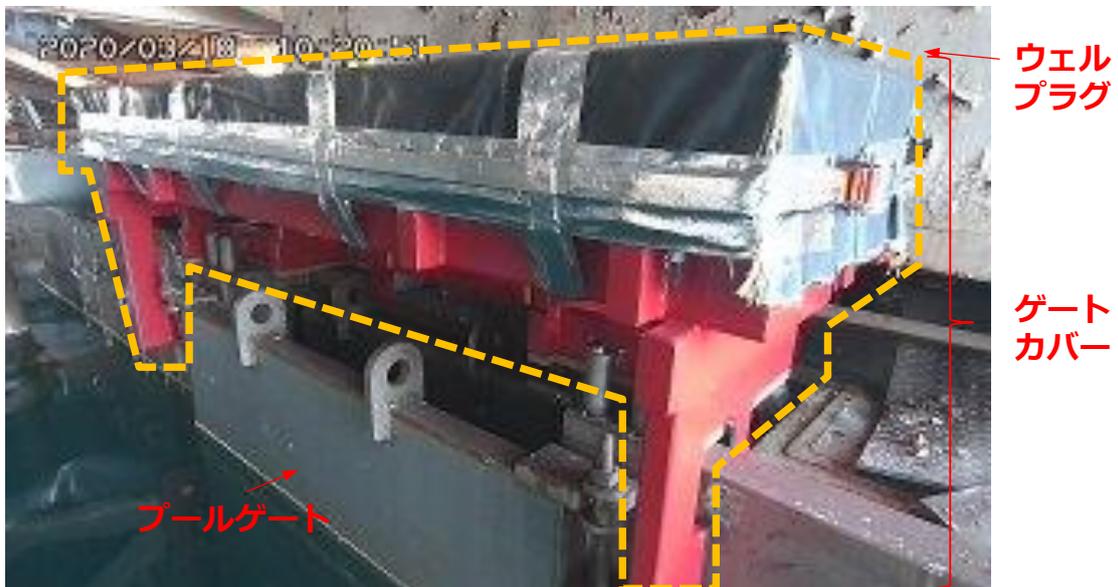


図 10 使用済燃料プールゲートカバー設置状況



図 11 使用済燃料プール養生の概要



図 12 燃料取扱機支保設置状況



図 13 天井クレーン支保設置作業完了後の状況

3.2.2 2号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

2号機については、2024～2026年度の燃料取り出し開始に向け、燃料取扱設備等の設備の設計を進めており、使用済燃料プールからの燃料取り出し用構台の設置については、共用ボイラ建屋の一部を残して解体を完了(図 14参照)する等、2号機原子炉建屋南側の整備を進めている。

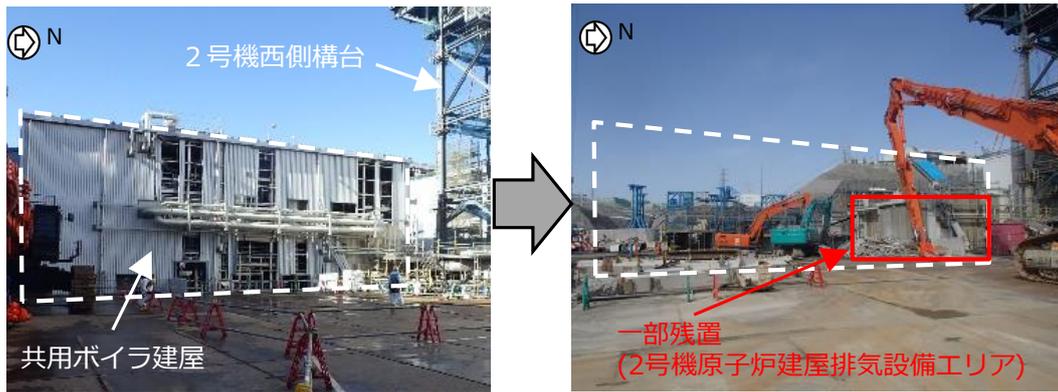


図 14 共用ボイラ建屋解体状況

また、震災後初めてとなる2号機使用済燃料プール内調査を2020年6月に実施(図 15参照)した。調査の結果、燃料ラックや燃料ハンドルの損傷等、燃料取り出しに支障となるような状況は確認されなかった。なお、今回の調査で使用した水中ROVについては、福島ロボットテストフィールド(南相馬市)を活用し、操作員のモックアップ訓練を実施した。



図 15 燃料・燃料ラック上部及び水中ROV

2号機原子炉建屋オペフロにおいて、今後、燃料取扱設備の設置を進めていくにあたり干渉する残置物について、回収した小コンテナを運搬・貯蔵用の大コンテナに収納し、2020年8月に固体廃棄物貯蔵庫へ運搬・貯蔵を開始し、12月に完了(図 16参照)した。

残置物撤去により環境が変化したことから、線量評価および線量低減対策の精度向上を目的に、遠隔操作機器(図 17参照)を使用し、空間線量率、表面汚染測定のほかオペフロ全域の γ カメラ撮影調査を2020年12月より開始した。



図 16 オペフロ残置物撤去前後の状況

調査に用いる遠隔操作機器			
遠隔操作機器			
	BROKK400D	Kobra	Packbot
役割	γカメラ測定	<ul style="list-style-type: none"> 空間線量率測定，表面汚染測定 調査助勢 	

図 17 調査に用いた遠隔操作機器

なお、原子力規制委員会の調査で、原子炉格納容器上部の蓋に大量の放射性物質の付着が具体的に確認されたことについては、十分に配慮しながら、燃料取り出しに向け準備を進める。

1・2号機排気筒は、損傷・破断箇所があることを踏まえ、耐震上の裕度を確保する観点から、遠隔解体装置を用いて2019年8月から解体を開始し、2020年4月に解体が完了した。5月に筒身頂部へ雨水侵入防止用の蓋を設置し、一連の作業が全て完了(図 18参照)した。

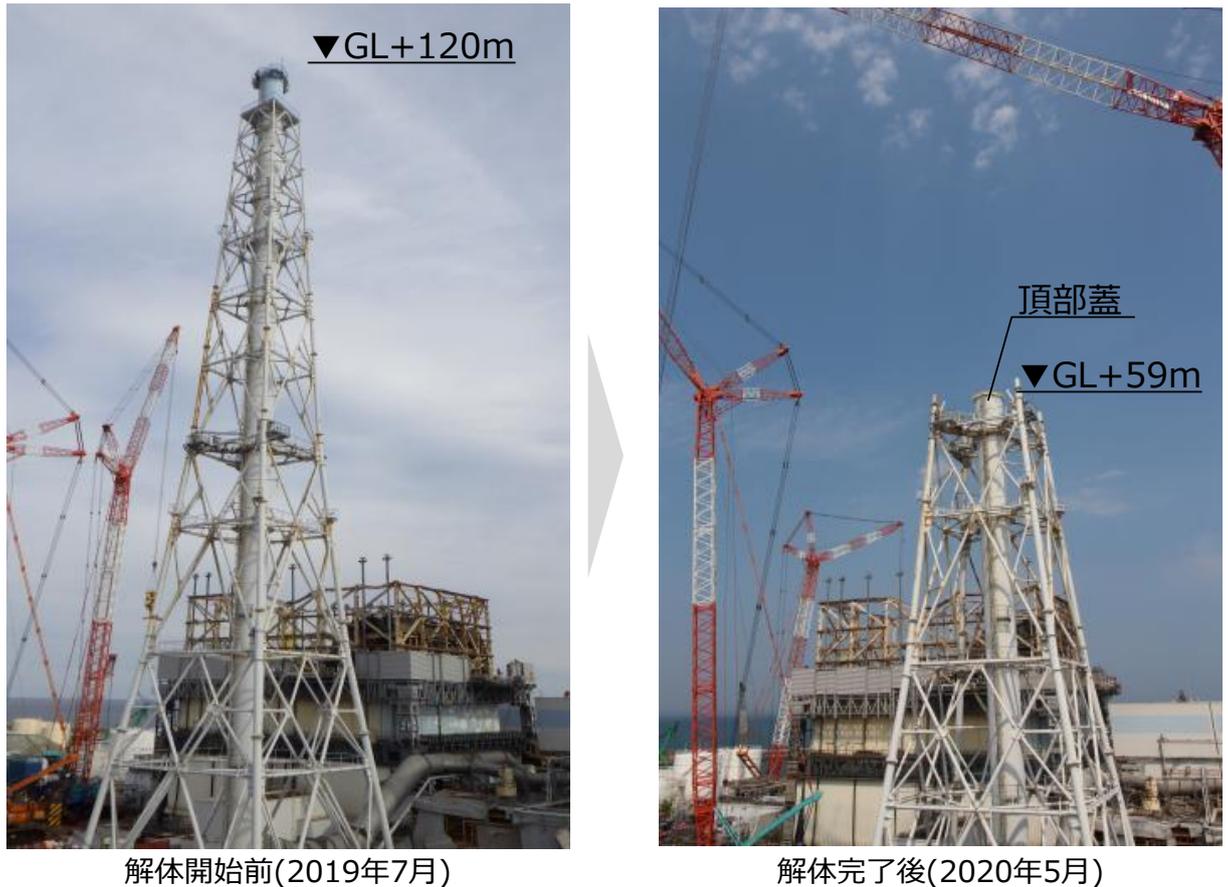


図 18 排気筒解体前後比較

3.2.3 3号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

3号機については、2019年4月に燃料取り出しを開始し、法令に基づくクレーン点検や燃料取扱機のケーブルがプール南側の壁面近傍の部材に引っ掛かり損傷したことによる中断はあったものの、燃料取り出し作業を継続的に実施し、並行してガレキ撤去作業を実施した。

使用済燃料プール内の燃料のうち、ハンドル変形燃料が18体確認されており、吊り上げ可能であることを2021年1月までに確認した。ハンドル変形量の大きい燃料に対応する輸送容器および収納缶の準備が完了し、共用プールでの取り扱い確認、訓練を2020年12月に実施した。3号機においてハンドル変形模擬燃料(図 19参照)による輸送容器への装填訓練を実施し、ハンドル変形燃料の取り出し作業を実施した。

また、並行して実施したガレキ撤去作業(図 20参照)も順調に進捗し、2020年7月には、制御棒の下にあったガレキの撤去を完了した。

これらの取組みにより、2021年2月に全燃料566体の取り出しが完了した。

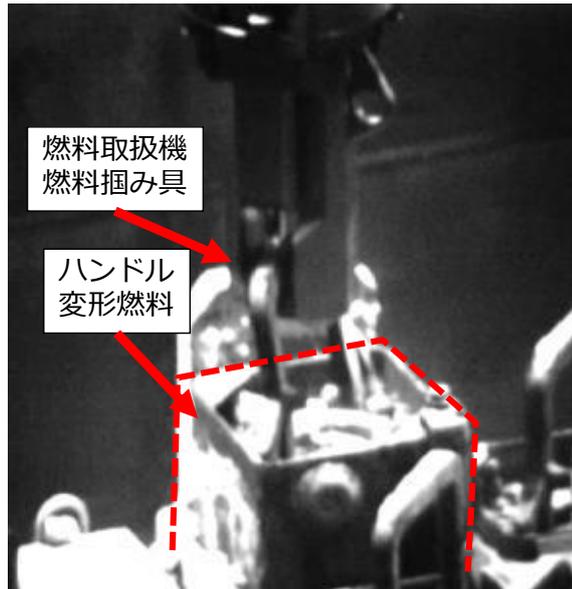


図 19 ハンドル変形模擬燃料の吊り上げ状況

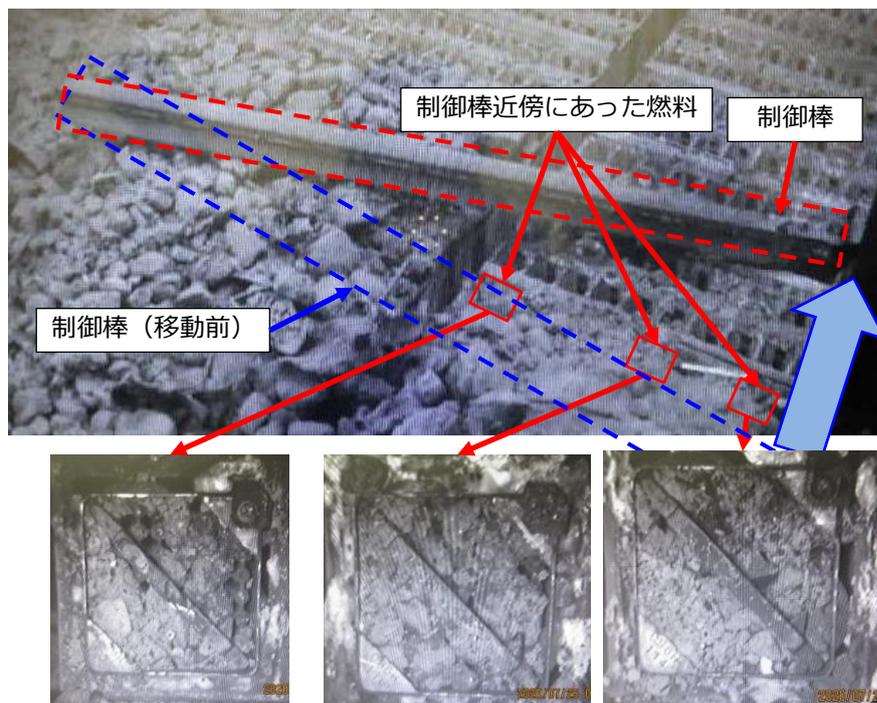


図 20 ガレキ撤去の状況

3.2.4 取り出した燃料の取扱い

取り出した燃料については、当面、共用プール等において適切に保管するとともに、共用プールの容量確保の観点から、共用プールに保管されている燃料を乾式キャスク仮保管設備へ移送・保管している(乾式キャスク:37基、使用済燃料:2,033体)。

3.3 燃料デブリ取り出し

燃料デブリ²については、安定的に冷却され、原子炉格納容器内の温度や、放射性物質の放出量に大きな変動はなく、冷温停止状態を維持している。

3.3.1 原子炉格納容器内部調査

燃料デブリ取り出しに向けて、2012年1月から原子炉格納容器内の調査を開始しており、2019年2月に実施した2号機原子炉格納容器の内部調査では、燃料デブリと思われる堆積物をつかんで動かせることを確認する等、1,2,3号機それぞれで原子炉格納容器内の状況把握を進めている。

3.3.1.1 1号機原子炉格納容器内部調査

1号機原子炉格納容器内部調査に向け、アクセスルート構築作業を2019年4月から開始しており、アクセスルート構築作業の一環であるX-2ペネ内扉の穿孔作業において、3箇所中1箇所目の孔の施工が2020年2月に、2箇所目が3月に、3箇所目が4月に完了(図 21参照)した。調査装置を入れるルート上の原子炉格納容器内干渉物の切断作業(図 22参照)を5月から開始しており、6月に手摺り部分の切断を完了させた。その後、7月に発生した研磨剤供給部の不具合に対して、ノズルユニットを交換、異常が無いことを確認した上で8月より作業を再開し、グレーチング切断作業を完了した。9月よりグレーチング下部鋼材切断に向け準備を行っていたが、切断範囲の下部に原子炉再循環系統の計装配管を確認したことから、干渉物の位置把握のため吊り下ろし式の新規カメラ(図 23参照)を製作し、下及び横方向を撮影する計画である。2021年1月にカメラ装置を挿入するための作業をしたところ、原子炉格納容器圧力が低下する事象(図 24参照)が発生した。原因は、新規カメラ装置の取付作業により負荷を加えたことから、X-2ペネ外扉シール部から漏えいが発生したものと推定している。対策として、新規カメラ装置取付作業時の負荷低減、当該シール部の補強を行ったうえで干渉物調査を進める。なお、設備の状態を圧力が低下する前の状態に戻したところ、圧力の回復を確認し、作業エリアのダストモニタ、モニタリングポスト等に有意な変動は無かった。

² 震災時に運転中であり、溶融を起こした1～3号機が対象。

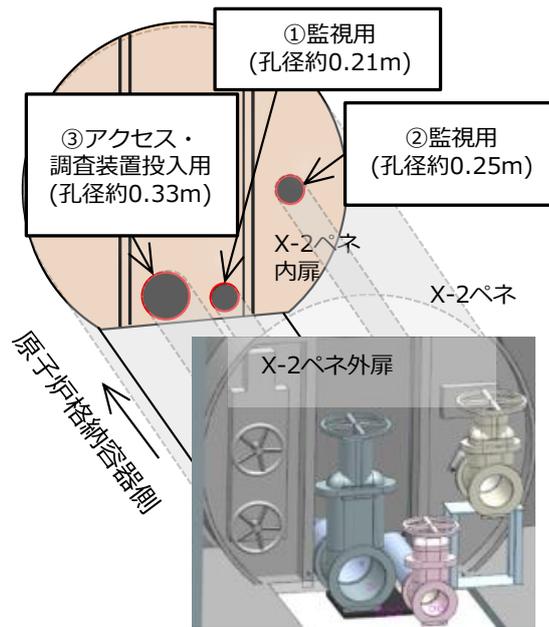


図 21 穿孔箇所イメージ

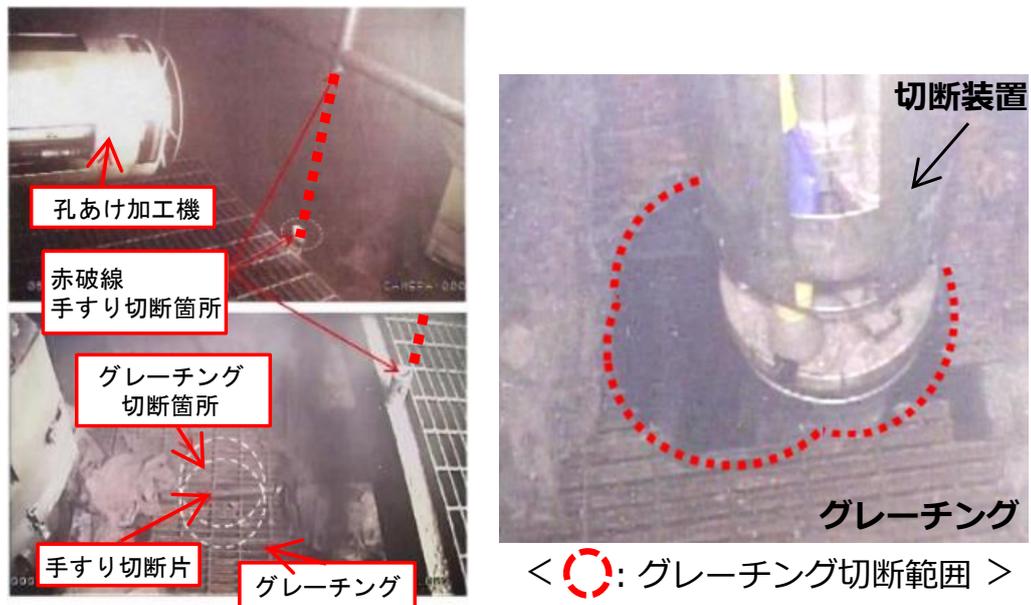
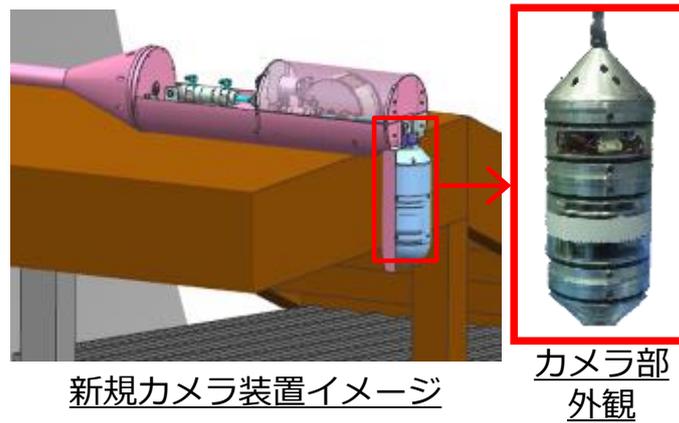


図 22 原子炉格納容器内干渉物の切断状況



新規カメラ装置イメージ

カメラ部
外観

図 23 新規カメラ装置イメージ及びカメラ部外観

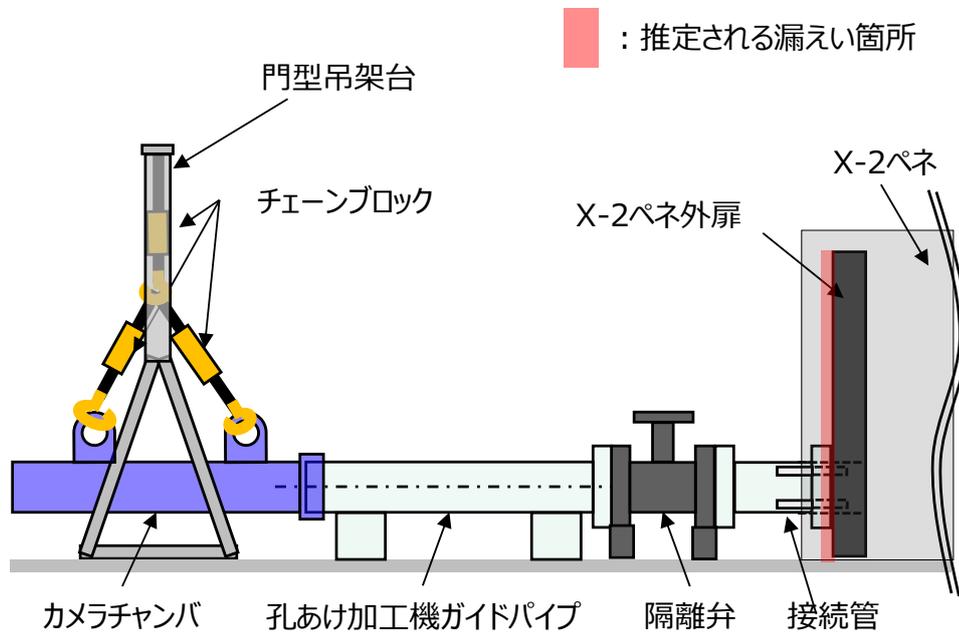


図 24 原子炉圧力容器内の圧力低下事象発生時のイメージ

3.3.1.2 2号機原子炉格納容器内部調査

2号機原子炉格納容器内部調査及び燃料デブリ試験的取り出しでは、アーム型装置を原子炉格納容器貫通孔(以下、「X-6ペネ」という。)から原子炉格納容器内に進入させる計画としている。X-6ペネ内には今後の作業に干渉する堆積物があり、除去する予定である。X-6ペネの堆積物接触調査(図 25参照)を2020年10月に実施し、接触することにより貫通孔内の堆積物は形状が変化し、固着していないことを確認(図 26参照)した。併せてX-6ペネ内の3Dスキャン調査を実施(図 27参照)し、堆積物等の分布に関する情報を取得した。

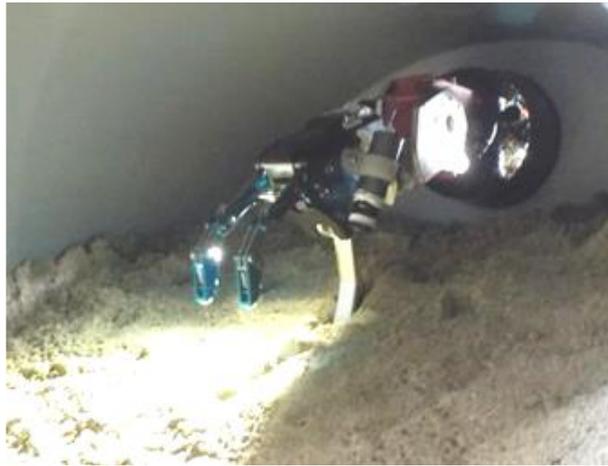


図 25 接触調査ユニットモックアップ状況



図 26 接触前後の堆積物の状況及び貫通孔前での作業状況

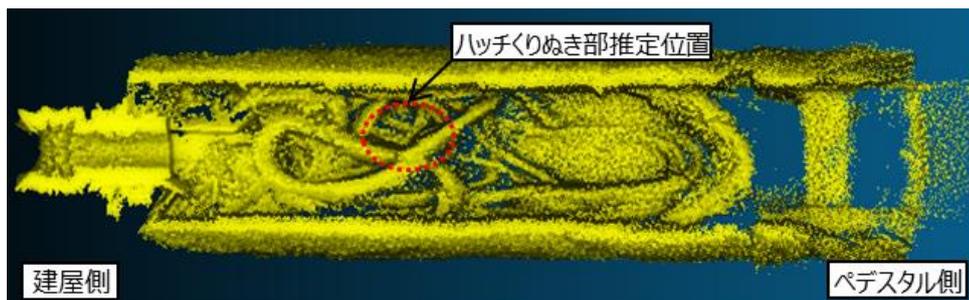


図 27 3DスキャンによるX-6ペネ上方からの堆積物の状況

3.3.2 初号機の燃料デブリ取り出し方法

初号機の燃料デブリ取り出しについて、機構が技術戦略プランにおいて提案した内容を踏まえ、東電HDは各号機の燃料デブリ分布の推定状況、原子炉格納容器内部調査進捗状況、建屋環境整備、建屋周辺作業の見通し等を考慮して検討した結果、原子炉格納容器内部調査が進んでいること、原子炉建屋1階の環境整備が進んでいるこ

と、使用済燃料取り出しと並行して作業可能な見込みがあること等から、初号機は2号機が妥当と評価した。

燃料デブリ取り出し方針、機構が技術戦略プランにおいて提案した内容及び上記検討結果を踏まえ、以下の「初号機の燃料デブリ取り出し方法」が中長期ロードマップにて示された。

① 燃料デブリの取り出し方法

現場の状況を大きく変えずに、格納容器内に通じる既存の開口部から取り出し装置を投入、把持・吸引等により試験的取り出しを開始し、徐々に得られる新たな知見を踏まえ、作業を柔軟に見直しつつ、段階的に取り出し規模を拡大していく一連の作業として進める。

取り出し開始後、得られた情報・経験を元に、燃料デブリの加工や干渉物除去についても計画する。

② 燃料デブリの収納・移送・保管方法

取り出した燃料デブリは、容器に収納の上、福島第一原子力発電所内に整備する保管設備に移送し、乾式にて保管を行う。

③ 燃料デブリ取り出しの初号機

「初号機」は、燃料デブリ取り出し作業における安全性、確実性、迅速性、使用済燃料の取り出し作業との干渉回避を含めた廃炉作業全体の最適化の観点から、2号機とする。

2号機燃料デブリの試験的取り出しにあたっては、ロボットアーム(図 28参照)で原子炉格納容器内にアクセスし、切断装置により原子炉格納容器内の干渉物を除去し、燃料デブリを付着させる金ブラシ型や吸引する真空容器型の回収装置により粉状の燃料デブリを回収することを検討している。高線量、狭い等の厳しい環境での遠隔作業となるため、事前に実物に近いモックアップ施設を活用した試験・訓練を実施した上で、安全最優先で着実に作業を実施する。

試験的に取り出した燃料デブリは金属製の密閉輸送容器へ収納し、既存の分析施設へ輸送する計画である。



燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型>



<真空容器型>

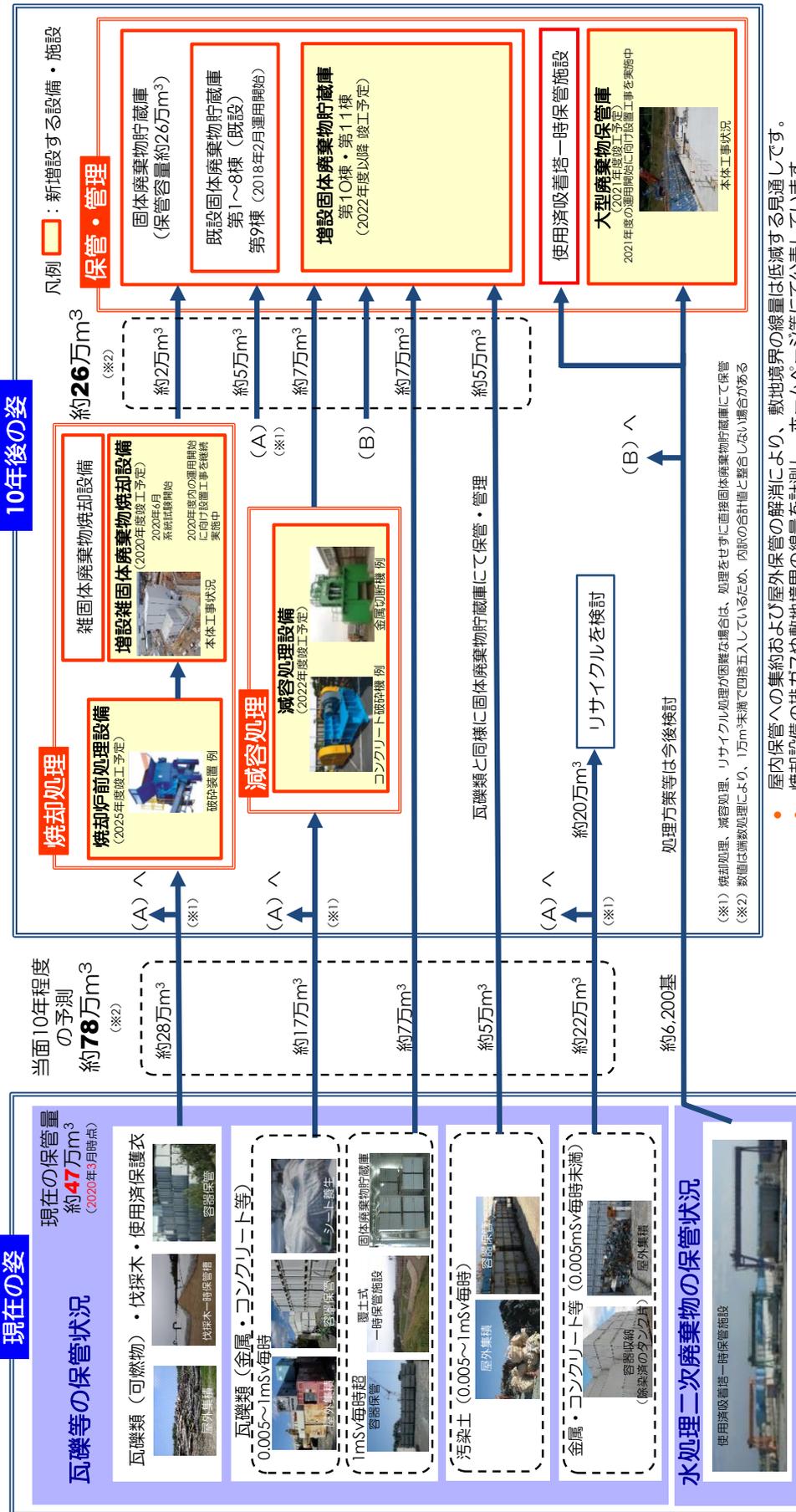
図 28 ロボットアーム(英国工場)

3.4 廃棄物対策

3.4.1 保管・管理

廃棄物については、2016年3月に、今後10年程度の廃棄物の発生量を予測した「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画」(以下、「保管管理計画」という。)を策定し、進捗状況等に応じた更新を実施しながら、固体廃棄物貯蔵施設・減容施設の増設や焼却炉による減容処理等、廃炉工程を進める上で増加する廃棄物を適切に保管・管理するための取組を進めている。

当面10年程度の発生量予測は今後の廃炉作業の進捗状況等により変動するため、年に1回発生量予測の見直しを行い、適宜保管管理計画を更新しており、2020年7月に4回目の改訂を行った。本改訂では、2020年3月末の実績の反映や、最新の工事計画等を踏まえた10年分の廃棄物発生量を予測し、設備設置の計画に影響が無いことを確認した(図 29、図 30参照)。



- 屋内保管への集約および屋外保管の解消により、敷地境界の線量は低減する見通しです。
- 焼却設備の排ガスや敷地境界の線量を計測し、ホームページにて公表しています。

図 30 福島第一原子力発電所の固体廃棄物対策について(保管管理計画2020年7月版)

可燃性ガレキ類(木材、梱包材・紙等)等を焼却するための増設雑固体廃棄物焼却設備(図 31参照)については、建屋及び主要機器の設置が完了し、2020年11月に火入式を実施した。その後、ロータリーキルンの摺動部に想定を上回る摩耗が確認された。原因調査の結果、ロータリーキルンの軸ブレで摺動部が局部当たりとなり摺動材の摩耗を加速したこと、固定側の摺動面合わせ部の段差により回転側の摺動面の摩耗を促進したことの2点と推定している。推定原因を踏まえて、対策案の具体化及び工程の見直しを進める。



図 31 増設雑固体廃棄物焼却設備建屋全景

3.4.2 処理・処分

処理・処分の検討を進めるためには、固体廃棄物の性状を把握する必要がある。廃棄物の性状を把握するため、放射性物質の分析・研究を実施する国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(以下、「JAEA」という。)と協働して「大熊分析・研究センター」(放射性物質分析・研究施設)の整備を進めており、施設管理棟は2018年3月より運用を開始した。また、低・中線量のガレキ類、焼却灰、水処理二次廃棄物等の分析を行う第1棟の建設及び燃料デブリ等、高線量の放射性物質の分析を行う第2棟の設計等を進めている。なお、本施設は、福島第一原子力発電所における特定原子力施設の一部として、東電HDが「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」を申請し、保安管理上の責任を有する。

3.5 発電所敷地・労働環境

3.5.1 労働環境、労働条件の改善に向けた取組

労働安全衛生については、給食センター・大型休憩所・協力企業棟等が完成するとともに、構内の大部分で一般作業服での作業が可能となる等、作業員の労働環境整備が進んでいる。また、安全水準の一層の向上を図り、あわせて健康管理対策を実施している。

ガレキの除去を始め、表土除去やフェーシング等を進めた結果、2015年度末には敷地内の線量率平均 $5\mu\text{Sv}/\text{時}$ を達成した(1～4号機建屋周辺や廃棄物保管エリアを除く)。また、線量率モニタやダストモニタの設置を進め、その測定値をリアルタイムに確認できる状況としている。

これら環境線量低減対策の進捗を踏まえて、1～4号機建屋周辺やタンク解体エリア等の汚染の高いエリアとそれ以外のエリアを区分し、区分に応じた防護装備の適正化を行い、一般作業服で作業可能なG zoneが構内の約96%(図 32参照)となっている。

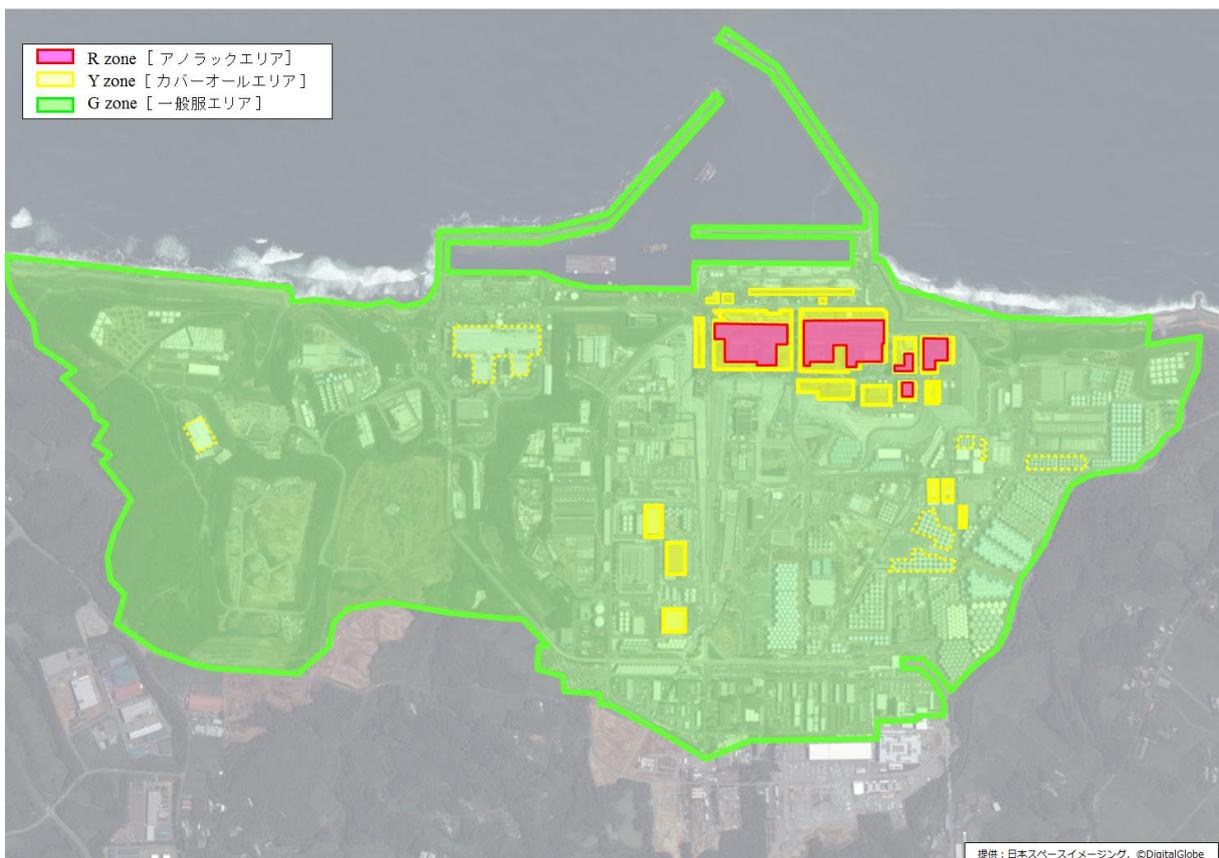


図 32 管理対象区域の運用区分 レイアウト

福島第一原子力発電所の労働環境の改善に向けたアンケート(11回目)を実施し、4,227人の作業員の方から回答を頂いた。その結果、働くことへの不安、やりがい、就労希望に対して肯定的な回答が増加した。また、福島第一原子力発電所構内外で不安

全と感じた場所に係る回答を踏まえ、当該場所を調査し、必要に応じ、照明や安全通路を設置する等、引き続き、作業員の皆様から頂いたご意見を踏まえ改善を図っていく。

3.5.2 作業員被ばく低減に向けた取組

作業計画段階において、集団線量が1人・Svを超える作業や個人最大線量が20mSv/年を超える作業については、発電所にてALARA会議を開催し、被ばく線量を低減するための諸対策について検討し、有効性を確認している。

作業実施段階において、集団線量や個人線量が高い作業については現場観察を行い、良好事例の収集・水平展開や改善の指導を行っている(図 33、図 34参照)。

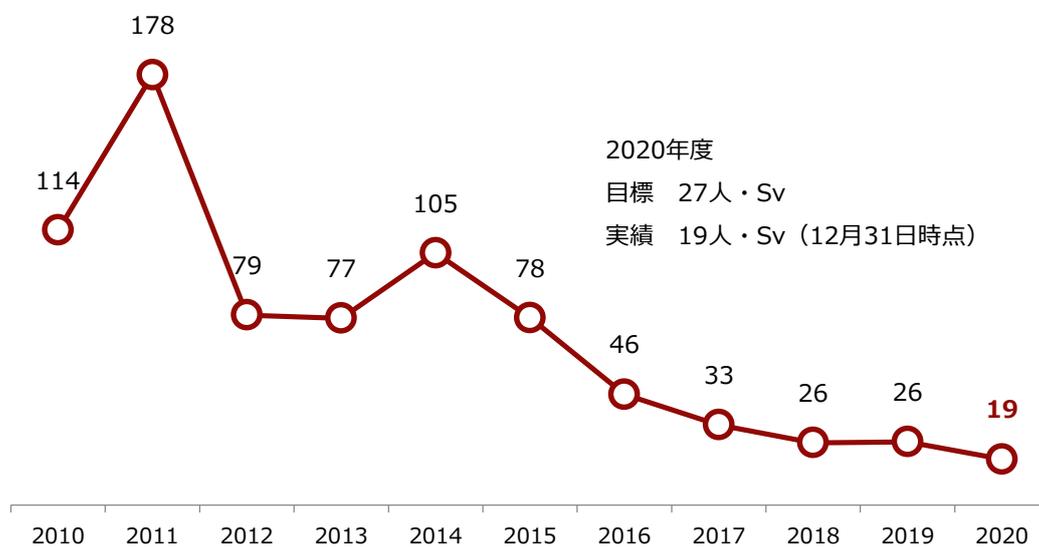


図 33 年度別累積集団線量の推移

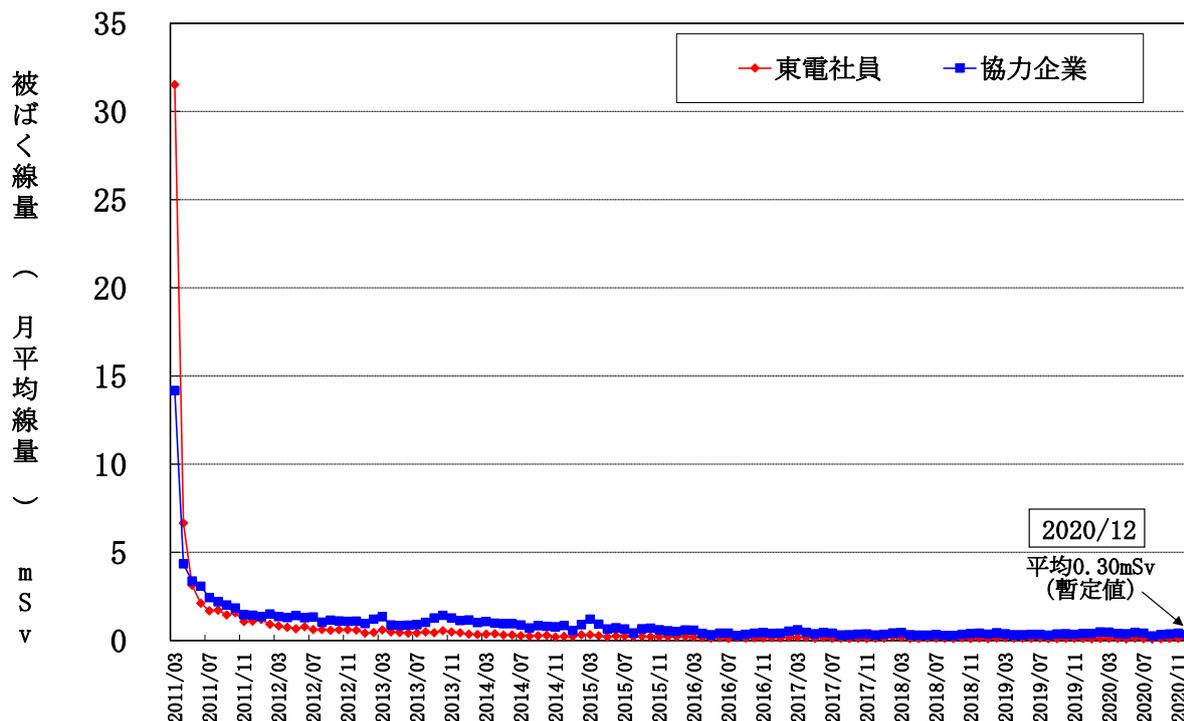


図 34 作業員の月別個人被ばく線量の推移(月平均線量)
(2011/3以降の月別被ばく線量)

3.6 上記以外の廃炉作業

3.6.1 原子炉の冷温停止状態の継続

原子炉格納容器内の温度等のパラメータ監視や、水素爆発のリスク低減のための窒素封入を引き続き実施し、原子炉の冷温停止状態を維持している。

緊急時対応手順の適正化等を目的に、1号機で2020年11～12月に、2号機で2020年8月に、注水停止試験を実施した。各種パラメータに異常は確認されず、概ね予測の範囲内で変動していることを確認した。

3.6.2 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止

施設全体からの放射性物質等による敷地境界での追加的な実効線量の評価値(以下、「実効線量」という。)については、タンク内の汚染水の浄化等により、1mSv/年未満にするという目標を達成した。引き続き、1mSv/年未満の水準を維持している。

3.6.2.1 海洋汚染拡大防止

港湾内の放射性物質濃度が告示に定める濃度限度を安定して下回るよう、護岸エリアの水ガラスによる地盤改良(2014年3月完了)や海側遮水壁の閉合(2015年10月完

了)、港湾内海底土被覆(2016年12月完了)、排水路の清掃・浄化材設置・補修等を実施した。その結果、港湾内海水中の放射性物質濃度は、大雨時を除き告示濃度限度以下に低下している(図 35参照)。

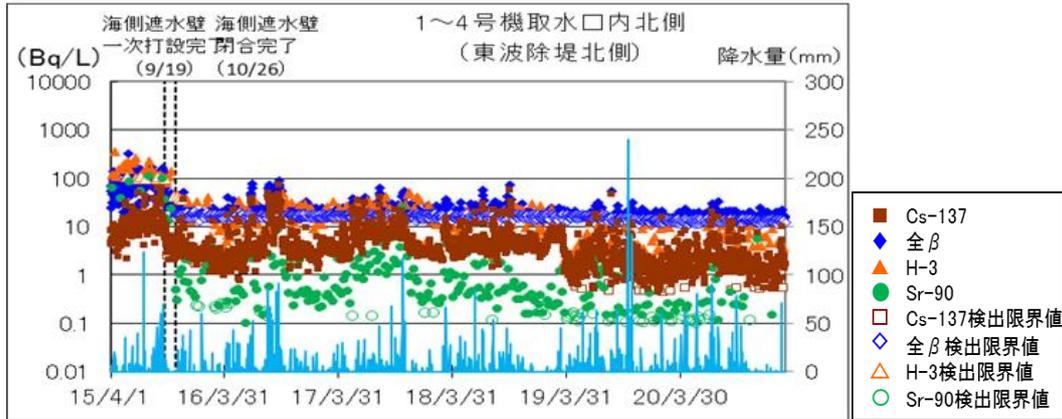


図 35 1～4号機取水口内北側(東波除堤北側)の海水中放射性物質濃度

3.6.2.2 気体・液体廃棄物の管理

気体廃棄物については、原子炉格納容器ガス管理設備により放射性物質を低減するとともに、各建屋において可能かつ適切な箇所において監視を行っている。また、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近において告示に定める周辺監視区域外の空气中濃度限度を下回っていることを確認している。

地下水バイパスについては、排水の都度及び定期的に分析を行い、排水の基準を十分下回っていることを確認している(2021年2月24日現在で累積排水量619,169m³、排水回数360回)。サブドレンについては、汲み上げた地下水を浄化し、排水の都度及び定期的に分析を行い、排水の基準を十分下回っていることを確認している(2021年2月24日現在で累積排水量1,044,850m³、排水回数1,493回)。

3.6.2.3 敷地内除染による線量低減

伐採、表土除去、天地返し、遮へい等による線量低減を行い、ガレキ保管エリア及び特に線量当量率が高い1～4号機周辺を除いた敷地内の線量当量率を、2015年度内に平均5 μ Sv/時以下とした。フェーシングやガレキ撤去等の工事の進捗により、2020年度上期における1～4号機周辺の平均線量率は、2019年12月測定より2.5m盤は40～50%程度、8.5m盤は15～30%程度の線量低下を確認した(図 36参照)。

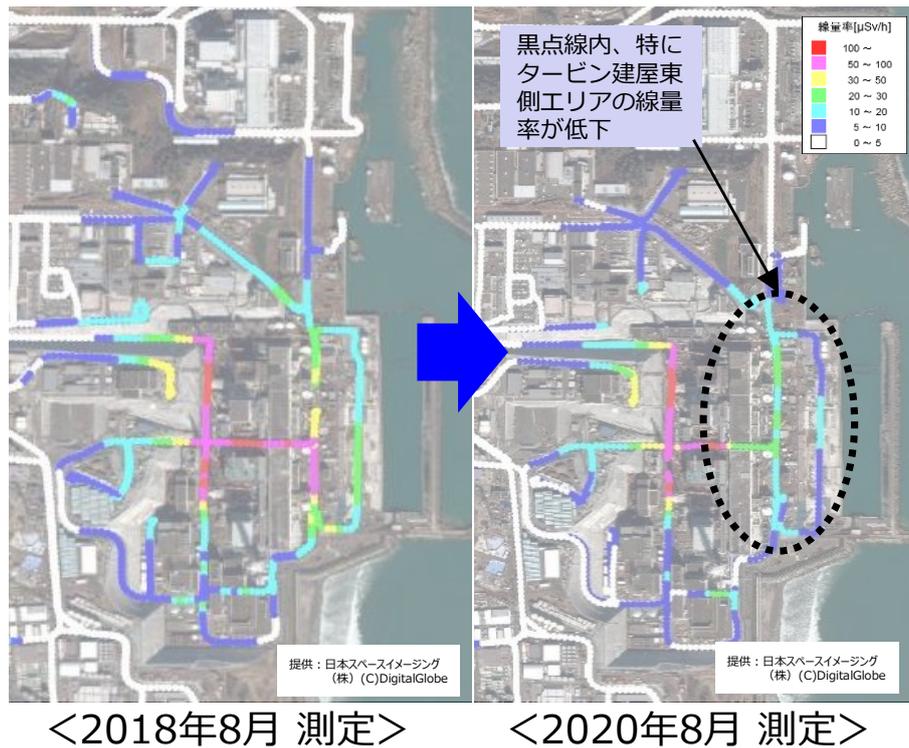


図 36 構内の線量低減傾向

3.6.2.4 リスクの総点検

敷地外に影響を与える可能性のあるリスクについて、総点検を実施し、放射性物質を含む液体やダストを中心に、追加対策の必要性等を整理した(2015年4月)。これまでにほぼすべての調査が完了するとともに、約7割で対策が完了している。

3.6.3 事故進展の解明に向けた取組

原子炉格納容器ベントに伴う放射性物質の放出挙動の解明に向けて、事故時の状態を留めており、廃炉作業との干渉が少ない1~4号機の非常用ガス処理系室内の調査を2020年8月から開始している(図 37参照)。

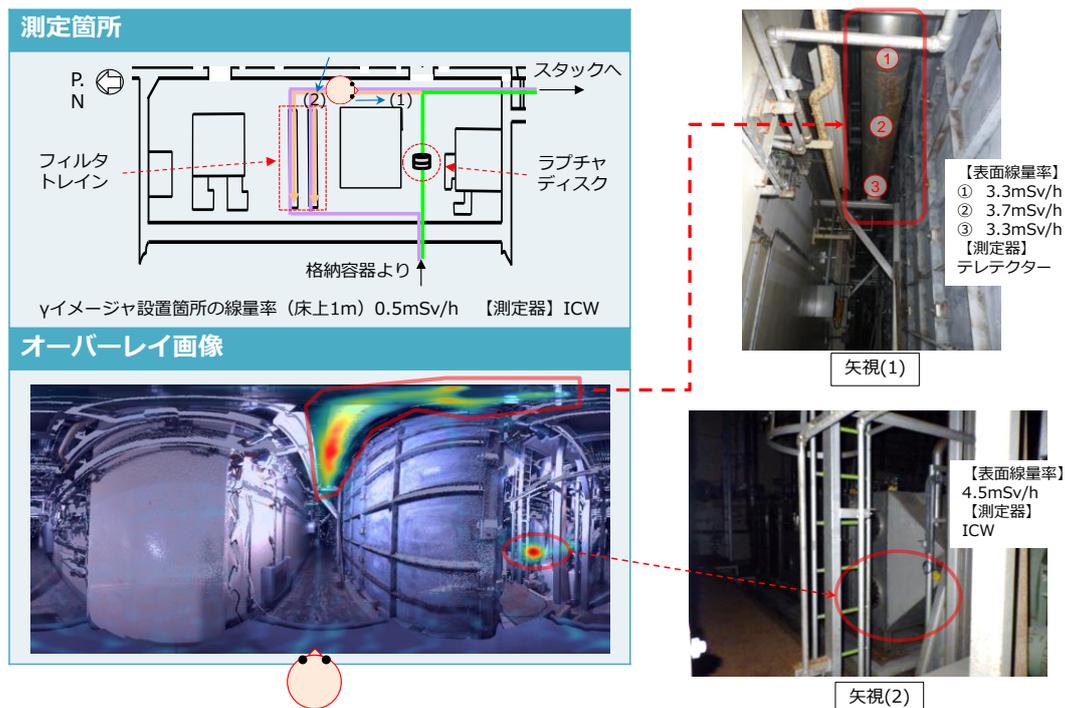


図 37 3号機非常用ガス処理系室内の調査

3.6.4 発電所における新型コロナウイルス対策について

福島第一原子力発電所では、出社前検温の実施やマスク着用の徹底、休憩所の時差利用等による3密回避等の感染拡大防止対策について、地域ごとの感染状況に応じて継続実施している。

さらに、感染者の発生や2021年1月の緊急事態宣言を踏まえ、これまでの感染防止対策に加え、「緊急事態宣言発出エリアをまたぐ往来についての慎重な判断」等、対策を強化している。

3.6.5 2月13日福島県沖を震源とする地震

2021年2月13日に福島県沖を震源とする地震(マグニチュード7.3)が発生した。

点検の結果、5,6号機及び共用の使用済燃料プール付近において、プール水が溢水したと思われる水溜りや5,6号機の滞留水等を貯留しているフランジタンクから漏えいを確認した。また、ガレキを入れたコンテナの一部の転倒や多核種除去設備サンプルタンク・処理水タンクに位置ずれ等を確認した。

加えて、原子炉格納容器水位が、1号機は2月15日以降、3号機は2月17日以降より低下傾向にあることを確認した。また、水位の低下により、2月21日には、1号機の原子炉格納容器内の圧力が注水停止試験時と同様に低下したことを確認した。

原子炉への注水は適切に行われていることを確認しているが、水位低下の要因とし

て、2月13日に発生した地震による原子炉格納容器損傷部の状況変化が考えられ、引き続き慎重に監視していく。

また、建屋の経年劣化の経過把握に活用するため、3号機原子炉建屋の2箇所に試験的に地震計を設置し、2020年4月より試運用を開始していた。その後、7月に大雨の影響により1台が水没し故障、10月にもう1台に不具合を確認したことから2台とも交換する計画で準備を進めていたところ、2021年2月13日に地震が発生した。2021年3月中に当該地震計を復旧し、観測を再開する予定であり、さらに、雨水による故障の再発防止対策を今後実施していく。

今回の地震において外部へ影響を及ぼすような異常はなかったが、地震後の対応や現有設備の安全性の再確認について検討する。

なお、地震発生時は監視データを基に環境への影響がないことを確認し、すぐに情報発信するとともに、その後、点検結果に基づく情報や、安全上問題は無いが、社会的に関心が高いと思われる情報についても、順次、情報発信している。

地震後に徐々に確認される事象に関しては、データに加え、その評価も伝える等、地域の皆さまや社会の皆さまにご不安を与えないよう、引き続き不断の改善を加え、迅速かつ透明性の高い情報発信に努める。

4. 廃炉等の実施に関する計画

2019年12月27日の中長期ロードマップ改訂において、燃料デブリ取り出し³開始から2031年末までの期間を、より本格的な廃炉作業を着実に実施するために、複数の工程を計画的に進める期間として定め、2031年末までの期間中の進捗管理を明確化するという観点から、廃炉工程の進捗状況を分かりやすく示すマイルストーンが定められている(表 1参照)。

³ 1～3号機の炉心溶融により生じた燃料デブリの取り出し作業やそれに付随して必要となる原子炉内構造物等の取り出し作業を「燃料デブリ取り出し」と呼ぶ。燃料デブリ取り出し方針を踏まえ、先行して着手する試験的な取り出しから始まり、内部調査と一体的かつ段階的に実施される一連の作業プロセスとなる。

表 1 中長期ロードマップにおけるマイルストーン(主要な目標工程)

分野	内容	時期
1. 汚染水対策		
汚染水発生量	汚染水発生量を150m ³ /日程度に抑制	2020年内
	汚染水発生量を100m ³ /日以下に抑制	2025年内
滞留水処理完了	建屋内滞留水処理完了*	2020年内
	原子炉建屋滞留水を2020年末の半分程度に低減	2022年度 ～2024年度
2. 使用済燃料プールからの燃料取り出し		
1～6号機燃料取り出しの完了		2031年内
1号機大型カバーの設置完了		2023年度頃
1号機燃料取り出しの開始		2027年度 ～2028年度
2号機燃料取り出しの開始		2024年度 ～2026年度
3. 燃料デブリ取り出し		
初号機の燃料デブリ取り出しの開始 (2号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大)		2021年内
4. 廃棄物対策		
処理・処分の方策とその安全性に関する技術的な見通し		2021年度頃
ガレキ等の屋外一時保管解消**		2028年度内

※1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却建屋を除く。

※※水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く

4.1 汚染水対策

4.1.1 3つの基本方針に従った汚染水対策の推進

4.1.1.1 汚染源を「取り除く」

これまでに浄化設備⁴で処理した水についても、必要に応じて多核種除去設備等で再度の処理を進め、施設全体からの放射性物質等による敷地境界での追加的な実効線量を1mSv/年未満で維持する。

多核種除去設備等処理水の取扱いについては、技術的な観点に加え、国の「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」において、風評被害等社会的な観点等も含めて総合的な検討がされ、報告書が取りまとめられた。今後、同報告書の提言を受け、地元をはじめとした関係者の皆さまのご意見をお伺いした上で、国から基本的な方針が示されると認識している。東電HDは、関係者の皆さまの理解醸成に努めるとともに、国から示される方針を踏まえ適切に対応する。

4.1.1.2 汚染源に水を「近づけない」

サブドレンや陸側遮水壁等、地下水を安定的に制御し建屋に地下水を近づけないシステムを確実に運用し、建屋内滞留水との水位差を確保しつつ、建屋周辺の地下水位を出来るだけ低位で安定的に管理する。

加えて、雨水浸透防止対策として、敷地舗装(フェーシング)に引き続き取組み、1～4号機建屋周辺の陸側遮水壁内側について、2023年度内に5割程度の敷地舗装を完了し、その後も、廃炉作業と調整しながら、敷地舗装を順次進めていく。また、雨水流入防止対策として、建屋屋根破損部の補修を進め、ガレキ撤去中の1号機原子炉建屋等についても、先行して大型カバーを設置することにより、2023年度頃までにすべての建屋屋根の補修完了を目指す。

こうした取組により、平均的な降雨に対して、2025年以内に100m³/日以下に抑制することを目指す。

4.1.1.3 汚染水を「漏らさない」

建屋内の滞留水については、周辺地下水の水位より建屋の水位を低位に保ち、建屋の外に流出しない状態を引き続き維持する。

⁴ 多核種除去設備、増設多核種除去設備及び高性能多核種除去設備(以下、「多核種除去設備等」という。)並びにモバイル型ストロンチウム除去装置、RO濃縮水処理設備、セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置及び第三セシウム吸着装置を指す。

浄化設備により浄化処理した水の貯蔵は、すべて溶接型タンクで実施しており、タンクからの漏えいリスクは大きく低減されている。今後、敷地の制約やタンクのみならず廃炉作業に様々な施設が必要となってくることを踏まえ、必要なタンク容量を計画的に確保する。

海側遮水壁については、設備のメンテナンスや地下水及び港湾内のモニタリングを継続的に実施する。

4.1.2 滞留水処理の完了に向けた取組

サブドレンや陸側遮水壁、敷地舗装等の効果による地下水位低下に合わせ、建屋内水位を引き下げていく。その際、建屋内滞留水⁵と地下水位の水位差を維持する等、建屋内の滞留水を外部に漏洩させないための対策を講じながら、地下水流入抑制を図る。

建屋内滞留水の水位低下に伴い、原子炉建屋から切り離され床面の露出した箇所については、建屋内のダスト対策等を講じつつ、流入する雨水等の汲み上げや建屋貫通部の止水等により、床面露出の状態を維持する。

循環注水を行っている1～3号機については、タービン建屋等を切り離した循環注水システムを構築した上で、原子炉建屋の水位低下等により、原子炉建屋から他の建屋へ滞留水が流出しない状況を構築する。

原子炉建屋については、滞留水処理の進捗に伴い、 α 核種が検出されていることを踏まえ、 α 核種の濃度を低減するための除去対策を進めつつ、2022～2024年度に滞留水の量を2020年末の半分程度に減少させる。

プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋については、最地下階に高線量のゼオライト土嚢が存在することを踏まえ、ゼオライト土嚢に対する線量緩和対策を実施し、滞留水処理完了を目指す。また、滞留水処理と並行して、ゼオライト土嚢の安全な管理方法の検討を進め、対応を行う。

4.1.3 汚染水対策の安定的な運用に向けた取組

汚染水対策の安定的な運用に向け、2018年までに完了したサブドレン浄化設備の二重化や汲み上げ容量の増強に加え、防潮堤等の津波対策や、排水路の強化等の豪雨対策等、大規模自然災害リスクに備え、必要な対策を計画的に実施していく。汚染水対

⁵ 1～4号機建屋、高温焼却炉建屋、プロセス主建屋及び海水配管トレンチ内に滞留する水を指す。

策の効果を将来にわたって維持するため、設備の定期的な点検、更新を確実に行う。
さらに、初号機の燃料デブリ取り出しが開始され、段階的に取り出し規模が拡大していくことを踏まえ、必要に応じ、追加的な汚染水対策について検討を行っていく。

4.2 使用済燃料プールからの燃料取り出し

4.2.1 1号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

1号機の使用済燃料プール内の燃料は、崩壊熱の発生量が漸次減少し、除熱管理により冷却状態が維持され、安定的な管理がなされている。

1号機は、これまでの調査で、オペフロ上に屋根板、建屋上部を構成していた鉄骨等の建築材及び天井クレーン等がガレキとして崩落していることや、ウェルプラグが大きくずれていること等を確認している。特に、既設天井クレーン・燃料交換機がガレキ撤去の際に使用済燃料プールやオペフロ床面へ落下するおそれがある現場状況に加え、周辺地域で住民の帰還と復興の取組が徐々に進みつつある状況を踏まえ、より信頼性の高いダスト飛散対策や慎重な作業が必要である。

こうした状況を踏まえ、ガレキ撤去に先行して大型カバーを設置する新たな工法を採用し、燃料取り出しに向けた作業を進めていく(図 38参照)。具体的には、オペフロ南側のガレキ撤去に先行して、2023年度頃までに大型カバーを設置する。その後、カバー内でガレキや崩落した天井クレーン等の撤去、オペフロの線量低減を行った上で、燃料取扱設備等を設置する。2027年度～2028年度に燃料取り出しを開始し、2年程度をかけて取り出し完了を目指す。

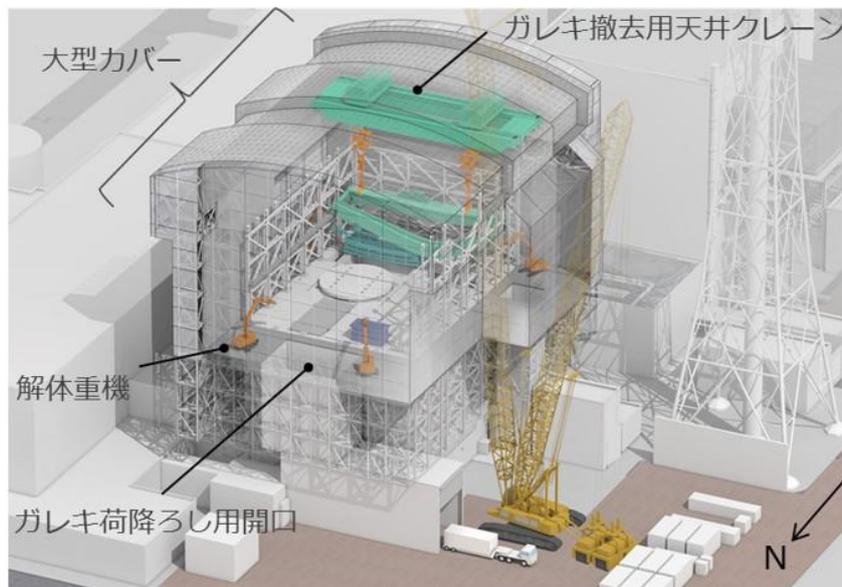


図 38 1号機大型カバー(イメージ)

4.2.2 2号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

2号機の使用済燃料プール内の燃料も他の号機と同様に崩壊熱の発生量が漸次減少し、除熱管理により冷却状態が維持され、安定的な管理がなされている。また、2号機は水素爆発の影響を受けておらず、建屋の健全性が保たれている。

2号機では、2018年度下期にオペフロ内調査を実施し、空間線量が一定程度低減していることが判明している。こうした状況や燃料取扱設備の小型化検討を踏まえ、ダスト飛散をより抑制すべく、建屋を解体せず、建屋南側からアクセスする工法を採用した(図 39参照)。2024～2026年度に燃料取り出しを開始し、2年程度をかけて取り出し完了を目指す。

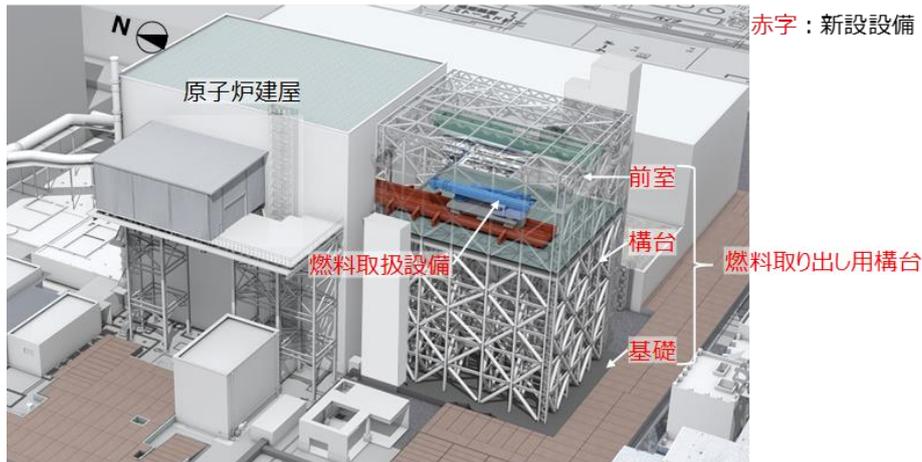


図 39 2号機燃料取り出し用構台(イメージ)

4.2.3 5,6号機使用済燃料プールからの燃料取り出し

1～6号機すべての燃料取り出し完了に向けて、1,2号機からの取り出し作業の進捗を考慮し、作業全体の最適化を図りつつ、燃料取り出し作業に着手する。

これらの取組を進め、2031年内に、1～6号機すべての燃料取り出し完了を目指す。

4.2.4 燃料の取扱い

1～4号機の使用済燃料プール内の燃料については、まずは使用済燃料プールからの取り出しを進め、当面、共用プール等において適切に保管するとともに、共用プールの容量確保の観点から、共用プールに保管されている燃料を乾式キャスク仮保管設備へ移送・保管する。また、今後、1～6号機すべての燃料取り出し完了に向けて、乾式キャスク仮保管のため、必要な敷地を確保していく。並行して、海水の影響等も踏まえた燃料の長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討を行い、その結果を踏まえ、将来の処理・保管方法を決定する。

4.2.5 使用済み燃料プール内の高線量機器取り出し

各号機での燃料取り出し後、使用済制御棒等の高線量機器の取り出しを実施する。

4.3 燃料デブリ取り出し

中長期ロードマップで示された燃料デブリ取り出し方針と初号機の燃料デブリ取り出し方法を踏まえ、2号機での試験的取り出しの開始に向けて、東電HDにおいて、エンジニアリングを継続するとともに、内部調査と研究開発の継続的な実施、線量低減・水位低下・敷地確保等の現場環境整備を進める。

なお、英国内の新型コロナウイルス感染拡大の影響で装置の開発に遅れが出ているが、工程遅延を1年程度に留められるよう、性能確認試験等を日本で実施する。

取り出し規模の更なる拡大については、初号機の燃料デブリ取り出しを通じて得られる情報・経験、エンジニアリング及び内部調査と研究開発の成果、線量低減・水位低下・敷地確保等の現場環境整備の進捗を慎重に見極めつつ、収納・移送・保管方法を含め、その方法の検討を進める。

燃料デブリの保障措置については、燃料デブリの取り出し・保管を行うまでに、実施手法を構築する。

また、取り出した燃料デブリの処理・処分方法の検討に資するため、燃料デブリ取り出し開始後に、燃料デブリの性状の分析等を進める。

4.3.1 エンジニアリングの実施

燃料デブリ取り出しシステムの概念検討等のこれまでの研究開発成果が現場で実際にどのように適用可能かを確認するため、実際の取り出し作業の前段階として、燃料デブリ取り出しに向けた実際の作業工程を具体化する。また、現場で実際に適用していくため、燃料デブリ取り出しシステムの設計を進める際には、基本的な安全に係る評価をあわせて検討する。

現場適用性の検討においては、燃料デブリ取り出しに必要な設備等のメンテナンス容易性、配置、動線等に関し、現場状況を十分に踏まえ検討する等、手戻りの最小化を図る。また、エンジニアリングの結果を踏まえ、必要に応じて燃料デブリ取り出し工法を見直す。

4.3.2 内部調査と研究開発の継続的な実施

燃料デブリ取り出しに向けて、内部調査と研究開発を継続的に実施する。

これまでの原子炉格納容器内部調査より、大型の測定機器等を投入する詳細な内部調査を進める。併せて、原子炉圧力容器内部を調査する工法の開発を進める。また、燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発を進める。なお、調査・分析

の際には、福島第一原子力発電所の事故の解明の観点も十分に考慮して進める。

取り出し規模の更なる拡大において、気中工法を実現するため、放射性物質を封じ込める管理システム(負圧管理システム、循環冷却システム等)の開発を進める。また、気中工法を適用する場合においても、各号機の状況に応じて原子炉格納容器底部の水位を適切に設定する必要があるため、原子炉格納容器からの取水技術等の水位を安定的に制御する技術の開発を行う。

また、気密性を有した大型のセルを原子炉格納容器の側面に接続し、放射性物質の閉じ込め機能を確保する技術を確立する。

さらに、干渉物除去を含め燃料デブリ取り出し作業を効率化するための技術の開発や、燃料デブリ由来のダストの飛散を防止する技術の開発を進める。

このほか、燃料デブリ取り出しの作業効率性を規定することとなる燃料デブリの収納・移送・保管に関するシステムの準備、燃料デブリと廃棄物との仕分け方法に関する研究開発等も進める。

4.3.3 線量低減・水位低下・敷地確保等の現場環境整備

燃料デブリへの横からのアクセスを実現するためには、まず、作業現場の放射線量の低減を図る必要がある。このため、各号機の原子炉建屋1階について、線源の調査や撤去等を進める。

また、3号機については、横からのアクセスが可能となるように現状の原子炉格納容器内の水位を下げる等、燃料デブリ取り出しのためのアクセスルートを確保する。

さらに、取り出し規模の更なる拡大に向けて、大型の取り出し装置や放射性物質を封じ込める管理システム、保管施設等の新設や、そのための敷地の確保について、他の廃炉作業の進捗及びそれに伴う敷地利用を考慮した上で検討を進める。

4.4 廃棄物対策

4.4.1 保管・管理

固体廃棄物を必要に応じて、容器収納や固定化等により、飛散・漏えいしないよう閉じ込める。また、保管場所を適切に設定し、保管場所に固体廃棄物を保管することにより隔離した上で、モニタリング等の適切な管理を行う(図 40参照)。

固体廃棄物量を低減するため、廃棄物となるものの搬入の抑制、再利用・再使用及び減容等の取組を継続していく。

東電HDは、当面10年間程度に発生する固体廃棄物の物量予測を行い、固体廃棄物の発生抑制と減容を図った上で、一時保管エリアにおける保管や、遮へい・飛散抑制機能を備えた施設(固体廃棄物貯蔵庫第10棟・第11棟、大型廃棄物保管庫)の計画的な導入、継続的なモニタリングによる適正な保管を前提とした保管管理計画を策定しており、今後の廃炉作業の進捗状況や計画等により変動するものであることから一年に一度発生量予測を見直し、適宜更新を行う。

こうした方針に基づき、固体廃棄物焼却設備や減容処理設備の整備を進め、2028年度内までに、水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象⁶を除くすべての固体廃棄物(伐採木、ガレキ類、汚染土、使用済保護衣等)の屋外での保管を解消し、作業員の被ばく等のリスク低減を図る。なお、ロータリーキルン摺動部に設計上の想定を上回る摩耗が確認された増設雑固体廃棄物焼却設備については、推定原因を踏まえて、対策案の具体化及び工程の見直しを進める。このことによる、中長期ロードマップのマイルストーンであるガレキ等の屋外一時保管解消⁷(2028年度内)への影響はない。

水処理二次廃棄物のうち、多核種除去設備等で発生したスラリーについては脱水処理を行うとともに、除染装置から発生した廃スラッジについてはプロセス主建屋からの抜き出し・高台移転によって漏えいリスクを大幅に低減させる。また、並行して水処理二次廃棄物(吸着塔類)の大型廃棄物保管庫を設置するとともに、屋内保管に移行し、一時保管を可能な限り解消することで、早期にリスクの低減を図る。

燃料デブリ取り出しに伴って発生する固体廃棄物について、保管・管理方法等の検討を、燃料デブリ取り出し方法の検討と合わせて進める。

⁶ 表面線量率が0.005mSv/時未満であるガレキ類。

⁷ 水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く。



図 40 ガレキ等及び水処理二次廃棄物の管理状況

4.4.2 処理・処分

処理・処分の検討を進めるためには、固体廃棄物の性状を把握する必要がある。廃棄物の物量が多く、核種組成も多様なため分析試料数が増加する。これに対応するため、JAEAと協働して進めている放射性物質分析・研究施設の整備の他、東電HDの分析施設の整備や、JAEA及び東電HDの分析要員の育成・確保による分析能力の向上について、計画的に進める。性状把握のための分析データとモデルに基づく手法を組み合わせた固体廃棄物の性状を把握する方法の構築とともに、分析試料数の最適化及び分析方法の研究開発により、性状把握の効率化を進める。

先行的処理が施された場合の固体廃棄物の仕様毎に、設定した複数の処分方法に対する安全性を評価し、その結果に基づいて処理方法を選定するための手法を構築する。

その上で、機構の技術戦略プランにおいて、2021年度頃までを目処に、処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通しが示されることとなっている。

以上の取組と並行して、東電HDは、保管・管理時の安全確保に係る対処方針や性状把握に有用な測定データを早期に示す等、適切に対応する。

さらに、固体廃棄物の性状分析等を進め、その後、廃棄体の仕様や製造方法を確定する。その上で、発電所内に処理設備を設置し、処分の見通しを得た上で、廃棄体の製造を開始し、搬出する。

4.5 発電所敷地・労働環境改善

長期にわたり廃炉作業を実施するためには、継続的に現場作業を担う人財を確保・育成することが必要となる。このため、労働環境の改善に向けて、法定被ばく線量限度（100mSv/5年、50mSv/年）の遵守に加え、工事の発注段階から、工法、設備、施設、施工機械等に関わる被ばく線量低減対策を検討するとともに、それら対策を施工計画に盛り込むこと等により可能な限りの被ばく線量の低減を図る。

また、元請事業者及び関係請負人と共にリスクアセスメントの実施や体感型訓練施設の活用、現場の巡視、作業間の連絡調整の徹底等により労働安全衛生水準の不断の向上等を図る。

4.6 上記以外の廃炉作業

4.6.1 原子炉の冷温停止状態の継続

引き続き、安定状態を維持していくため、原子炉格納容器内の温度等のパラメータ監視や、水素爆発のリスク低減のための窒素封入を引き続き実施するとともに、新たに策定する長期保守管理計画に基づく設備及び管理・運用面の対策等による信頼性の維持・向上を図る。

4.6.2 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止

施設全体からの放射性物質等による敷地境界での追加的な実効線量については、引き続き、1mSv/年未満の水準を維持し、低減に向けた取組を継続していく。

4.6.2.1 海洋汚染拡大防止

港湾内の放射性物質濃度が告示に定める濃度限度を安定して下回るよう、港湾内へ流出する放射性物質の濃度をできるだけ低減させる。建屋屋上からの雨水対策及び建屋周辺の路盤整備等、港湾内へ流入する排水路の放射性物質濃度の低減対策を継続し、降雨時における港湾内の放射性物質濃度の上昇を抑制する。

4.6.2.2 気体・液体廃棄物の管理

気体・液体廃棄物については、モニタリングを継続し、厳重な放出管理を行い、告示に定める濃度限度を遵守することはもとより、合理的な手法に基づき、できる限り濃度の低減を図る。

4.6.2.3 敷地内除染による線量低減

ガレキ保管エリア及びプラントからの影響が大きい1～4号機周辺を除いたエリアについて、引き続き、平均5 μ Sv/時以下を維持する。

4.6.2.4 リスクの総点検

引き続き、敷地外に影響を与えるリスクを低減するための対策を着実に進めていくとともに、適切にフォローアップを図っていく。

また、リスクは、廃炉作業の進捗に応じた環境の変化により、変化していくものであり、抽出されたリスクについては、この変化を適宜反映しながら継続的に管理するとともに、これ以外のリスクの可能性も含めて定期的に見直しを行う。

5. 廃炉等を実施するために必要な技術に関する研究及び開発の状況

福島第一原子力発電所の廃炉は、技術的難度が極めて高くこれまでにないチャレンジな課題を多く伴うものであり、中長期ロードマップに基づき、各種対策を着実に実施するためには、これらを解決する新たな技術の開発や、現場への適用を目指した信頼性が高い技術の開発が必要である。

研究開発としては、国の廃炉・汚染水対策事業に採択された補助事業者が実施する研究開発プロジェクト等が進められており、東電HDは、福島第一原子力発電所の廃炉の実施主体として、プロジェクト管理機能を強化していく中で、国の研究開発プロジェクトについても、現場適用に向けたマネジメントを通じて、一体となって研究開発を実施していく(図 41参照)。

また、東電HDでは、これまでの廃炉・汚染水対策事業の研究開発成果等の現場適用性も踏まえて燃料デブリ取り出し等のためのエンジニアリングを進めている。また、中長期を見据えた技術開発を行うため、機構と共同で研究開発中長期計画を策定しており、技術開発実施状況や、エンジニアリングの進捗及び現場ニーズにより新たに必要性が明らかになった技術開発要素については、機構とも情報共有し、プロジェクト管理体制の下で、必要な技術開発が適時的確に実施されるようマネジメントを行っていく。また、廃炉・汚染水対策事業での実施プロジェクトも含め、必要な技術開発課題をエンジニアリング・スケジュールに紐づけて管理していく。また、人材育成の一環として引き続き4大学⁸との共同研究を実施していく。

以上のように、廃炉作業に必要となる技術開発課題をプロジェクト管理体制の下で整理し、現場適用に向け技術開発を企画・管理し着実に実施していく。

また、叡智を結集した国際的な廃炉研究拠点の形成を目指し、福島イノベーション・コースト構想の一翼を担う廃炉関連施設を引き続き活用する。例えば、廃炉作業に必要な遠隔操作機器・装置の開発実証等において、「櫛葉遠隔技術開発センター」(モックアップ試験施設)を活用する。

⁸ 国立大学法人東京大学、国立大学法人東北大学、国立大学法人東京工業大学、国立大学法人福島大学

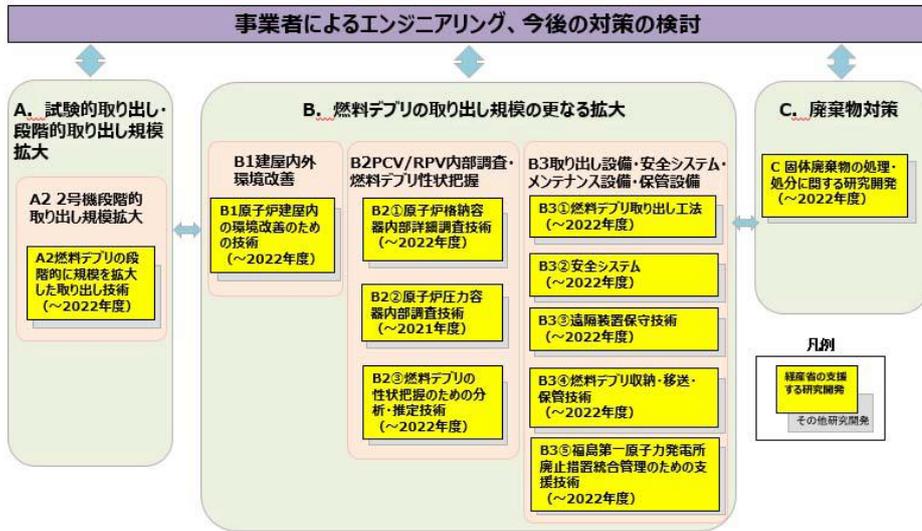


図 41 福島第一原子力発電所の廃炉研究開発の全体構成図

(2021年1月28日 廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議 経済産業省資料より引用)

6. 廃炉等の適切かつ着実な実施を確保するための体制

6.1 大規模プロジェクトを長期にわたり安全かつ着実に遂行する体制の整備

東電HDは、2020年3月に廃炉中長期実行プラン2020を公表し、主体的に廃炉に取り組む姿勢を明らかにするとともに、4月に福島第一廃炉推進カンパニーはプロジェクトマネジメント機能や安全・品質面の強化を目的に、組織改編を行った。今後、燃料デブリ取り出し等の不確実性及び技術的難易度の極めて高い取組みが本格化していく中で、改編された組織の下、安全かつ確実に遂行していくために、人材育成を含め、プロジェクト管理機能の一層の強化と現場・現物を把握し安全確保に努めるとともに、エンジニアリング力の強化に取り組む。

また、東電HDは、廃炉作業における計画段階から運転・保守の実施段階に至る一連の業務プロセスのうち、重要なものについて、廃炉事業者である東電HDまたはグループ会社自らが業務をできるようにする内製化を進めることで、オーナー⁹としてのエンジニアリング能力の向上を図る。

さらに、長期にわたる廃炉事業を円滑に遂行していくための基盤として、廃炉作業に合った人材の育成に取り組む。人材の育成にあたっては、固体廃棄物の処理・処分方策の検討及び安全かつ着実な燃料デブリの取り出しに資するため、分析戦略を考える人材(分析評価者)や現場分析員等分析人材の育成も考慮する。

6.1.1 プログラム・プロジェクト遂行のための体制強化

2020年度の組織改編に伴い、従来の各部に属する要員がプロジェクトマネージャー・メンバーも兼ねるマトリクス型の体制から、プログラム部・プロジェクトグループがプロジェクト業務を行い、プロジェクトマネージャーが十分な責任と権限を有してプロジェクトが遂行できる体制とした(図 42参照)。

⁹ オーナーには発災責任者、特定原子力施設認可者、設備所有者の3つの立場がある。東電HDはこの3つの立場から廃炉事業を執行している。(廃炉の事業執行者)

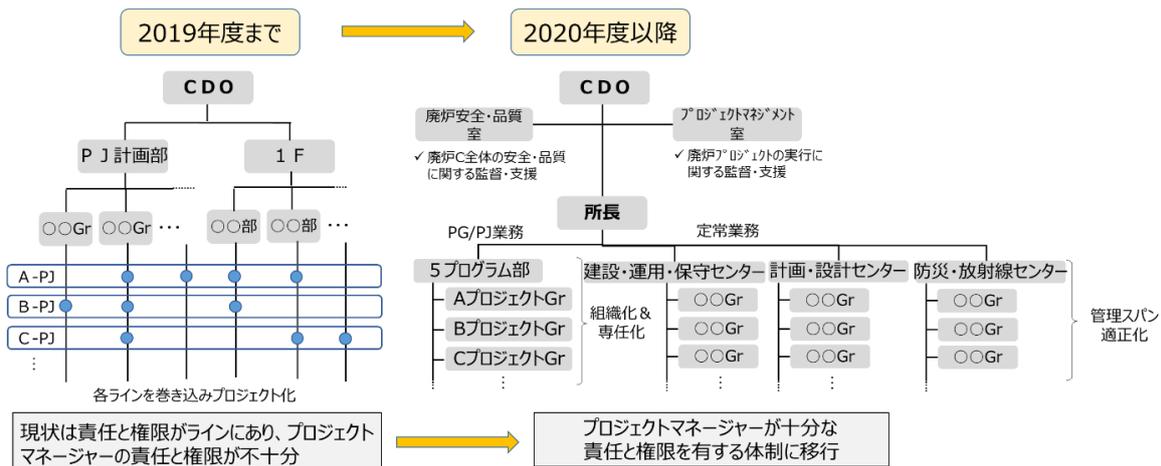


図 42 プロジェクト管理機能の強化イメージ

また、廃炉プロジェクト全体の総合的な監督及び経営層へ報告するための基盤を構築し、プロジェクトマネジメント室（Project Management Office、以下、「PMO」という。）を設置した。PMOは、現場の進捗に応じて各プロジェクトミッションに対しミッションの更新・修正を適宜指示するとともに、各プロジェクトの進捗状況のモニタリング、進捗状況に応じた必要な是正の指示、プロジェクトの進捗に応じたリソースコントロールを行っていく。さらに、機構における理事長直下のスタッフ部門であるプログラム監督・支援室（以下、「PSO」という。）に廃炉の進捗状況及び予算の執行状況等を定期的に報告しつつ、PSOから廃炉の実施状況について指導・助言を受けるプロセスを構築した。

予算計画については、2019年度の計画と実績に10%程度の差が生じている。東電HDは、体制面の整備に合わせ、各プロジェクトの進捗、課題、リスク、予算への影響等を上層部と早期に共有する会議の本格化、上層部とリスクを共有する会議の始動、変更管理の試運用等を開始した。また、全プロジェクトの工程データを統一のシステムで管理することによる、工程管理・調整・報告等の効率化を目的に導入した工程管理ソフトの定着活動を推進させるとともに、サプライチェーンに発注する調達仕様をできるだけ具体化した上で積算を行う等、予算計画の精度向上に向け継続的な改善に取り組む。

6.1.2 人財の育成

プロジェクトマネジメント能力を高める取組として、プロジェクトマネージャーに責任と権限を付与しプロジェクトマネジメントに専念させる。また、発注者視点でのプロジェクトマネジメント基礎教育に加え、国際基準に基づく体系的な学習のためのクラストレーニングを新たに導入し、教育を拡充する。

エンジニアリング能力を高める取組としては、他の電力会社はもとより、メーカー、ゼ

ネコン、エンジニアリング企業等と連携しながら、海外等外部専門家の知見を活用しつつ、エンジニアリング能力を含めた技術やノウハウを蓄積・継承する。

また、プロジェクトマネジメント力とエンジニアリング力を確認するためのツールを導入し、プロジェクトマネージャーを含め管理職の気づきを促していく。

さらに、東電HDは、今後の廃炉作業に合った人財の育成のために廃炉中長期実行プランに照らして将来必要となる技術者の人数及び必要となる時期を想定して人財の育成及び要員の確保策を検討していく。中でも、廃炉作業の進捗に対して十分対応できるように分析に係る人財の育成・確保並びに体制の構築を図る。

6.2 地域との共生及びコミュニケーションの一層の強化

長期にわたる廃炉作業を進めていくに当たっては、「復興と廃炉の両立」の大原則の下、より一層のリスク低減や安全確保を最優先としつつ、地域との共生を進め、コミュニケーションを強化していくことが必要である。このような観点から、廃止措置等に向けた取組みを通じて、地域の廃炉関連産業が活性化し、雇用や技術が生まれることで、福島の復興に貢献するとともに、その成果が他の地域や産業に広がっていくことが重要である。東電HDは、その実現に向け、地域の一員として全力を尽くす決意として、「復興と廃炉の両立に向けた福島の皆さまへのお約束」(以下、「お約束」という。)を策定し、2020年3月に公表した。

6.2.1 地域との共生

東電HDは、お約束の具体的な展開として、廃炉中長期実行プラン2020に基づき廃炉事業の見通しと必要な機材・技術等に関する情報をまとめた「廃炉中長期発注見通し」を作成し、それに関する説明会を開催した。「廃炉中長期発注見通し」については、今後も情報を適宜アップデートしつつ、地元を中心に説明会を開催していく。また、地元企業を対象としたマッチングイベント等を福島相双復興推進機構や福島イノベーション・コースト構想推進機構と協力して開催し、地元企業の皆様に廃炉事業に御参画いただく機会の拡大にも継続的に取り組んでいく。

また、地元からの声に基づき、さらなる地元企業の廃炉作業への参入のための支援、人財育成に取り組むとともに、元請け企業等による地元企業への技術支援や将来的な取引企業の地元への誘致等を進めていく。

6.2.2 コミュニケーションの強化等

廃炉事業を着実に進めていくには、地域・社会(国内外)の関心や疑問に応え、不安を払拭し、廃炉に関する取組への理解を得ていくことが重要である。この実現に向け、リスク低減に向けた安全対策の取組みや廃炉作業の進捗状況、トラブル情報や放射線データ等について、定例の報道関係者向け会見¹⁰の開催、政府や県等が主催する各種会議体¹¹への参画、Webサイト(日・英)の充実、廃炉情報誌等の紙媒体の展開等を通じて、情報発信をより一層強化していく。

とりわけ、トリチウムについては、その特性や影響等を分かりやすく解説したパンフレット「『トリチウム』について」を、ご覧頂いた方々のご意見を踏まえながら作成・更新し、よりご理解いただけるよう取組みを行った。今後も、廃炉作業トピックス等の分かりやすいパンフレットや動画を、英語版を含めてタイムリーに制作・更新し、Webサイトを活用しながら情報発信していく。

また、発電所の視察や、地域でのイベント等の機会をとらえて、地域・社会の関心や疑問、懸念に直接向き合い、真摯に応えていくことにより、地域の皆さまをはじめとした様々な立場の方々との双方向コミュニケーションの充実を図っていく。

なお、発電所視察については、地域を中心とした受け入れの拡大、視察者に即した説明等、内容の充実に引き続き取り組む。2021年度の視察受け入れ人数の目標(年間)は、新型コロナウイルスの影響を踏まえ、今後検討する。

6.3 調達の変なる適正化

東電HDは、より品質の高い物品や役務をより合理的に調達できるようにする等、長期にわたる適正かつ着実な廃炉の実施を支えるための調達の仕組みの構築を目指し、調達の変なる適正化に向けた取組を加速し、定着させる。

特に、燃料デブリ取り出しのように、長期にわたり、技術的難易度が高く、現場情報に大きな不確かさを含み、資金の掛かる大規模プロジェクトにおいては、海外廃止措置等における事例を参考にしながら、請負契約者(サプライチェーン上の企業)及び東電HD

¹⁰ 定例記者会見(月・木)、福島県政記者クラブ定例レク(朝・夕/平日)

¹¹ 「廃炉・汚染水対策福島評議会」(政府主催)、「福島県原子力発電所の廃炉に関する安全確保県民会議」(福島県主催)、「福島第一廃炉国際フォーラム」(機構主催) 等

が適切に「リスクを分担¹²⁾」する等、互いに協調して「合意した目標¹³⁾」を達成することを目指す。

6.4 品質管理の強化

東電HDは、海外調達や地元調達に対する品質保証を充実させていく観点から、自らの品質管理能力を一段と高めるため、2020年4月に廃炉・汚染水対策最高責任者の直下に廃炉安全・品質室を設置した。廃炉安全・品質室はプロジェクトにおける品質の確保状況の確認や現場のリスク抽出活動強化のためオブザーベーション能力向上等の支援を実施していくよう、業務プロセスの見直しを行った。

加えて、東電HDは、プロジェクトの全体進捗と各プロセスの運用の確認を担当するプロジェクトマネジメント室と廃炉安全・品質室の連携を一層高め、品質の高い廃炉作業を維持していくため調達・設計管理の強化、業務・設備品質の向上等業務プロセス改善を継続的に実施する。

一方、長期にわたる廃炉を適正かつ着実に実施していく上で、建物・建築構造物及び廃炉・汚染水対策関連設備(以下、「設備等」という。)の経年劣化対策を確実にを行い、設備等の不具合を減らすことが、今後更に重要となる。

東電HDは、設備等の重要度や管理状態を踏まえて、長期保守管理計画を作成し適宜更新する。設備主管箇所は、長期保守管理計画に基づき計画的に保全(点検や修理、取替、モニタリング等)を行うことにより、設備等の不具合に起因する中長期的リスクを減らす。廃炉安全・品質室は、設備主管箇所の実施状況を確認するとともに、長期保守管理計画の更新状況を適宜確認し、必要に応じ、計画の見直し等の指示を設備主管箇所に対して行う。

以上

¹²⁾ 請負契約者に結果(価格及び工期)の保証を求めると受注者は契約の中に過剰なコンテンツを盛り込むことになり、契約締結が困難となるケースがある。これを回避するためには、ゼロサムでなくお互いでリスク分担する発想を持つ必要がある。

¹³⁾ 燃料デブリ取り出しのような不確実性の大きなプロジェクトは段階的な目標設定することによって、複雑な問題を小規模な解決策に分割することが可能となる。