東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所の
廃炉のための技術戦略プラン 2025

2025 年 10 月 30 日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

目次

1. はじめに 7
1.1 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた体制・制度 8
1.2 第３期において議論すべき課題 9
1.2.1 中長期ロードマップに掲げられた目標達成に向けた取組状況 9
1.2.2 燃料デブリ取り出し本格化に向けた課題 12
1.3 技術戦略プラン 2025 におけるポイントと主な変更点 13

2. 福島第一原子力発電所の廃炉のリスク低減の考え方 16
2.1 福島第一原子力発電所廃炉の基本方針 16
2.1.1 第３期において取り組むべきリスク低減策 16
2.1.2 リスク低減に向けた検討項目 17
2.1.2.1 ＰＣＶからの放射性物質の放出抑制策 17
2.1.2.2 原子炉格納容器（ＰＣＶ）・原子炉建屋の長期健全性評価 18
2.1.2.3 「取り出し規模の更なる拡大」のための検討項目 18
2.2 放射性物質に起因するリスク低減の考え方 18
2.2.1 リスクの定量的把握 18
2.2.2 リスク低減戦略 24
2.2.2.1 リスク低減戦略における当面の目標 24
2.3 廃炉作業リスクの低減の考え方 28
2.3.1 廃炉作業リスクの低減のための基本方針～安全最優先の浸透・徹底～ 28
2.3.2 廃炉作業リスクの低減において考慮すべき事項 29
2.3.2.1 廃炉実施期間全体を見据えた安全確保 29
2.3.2.2 労働安全上のリスクの低減 30
2.3.2.3 安全を基軸に「オペレータ視点」も取り込んだ計画立案 30
2.3.2.4 ステップ・バイ・ステップによる不確かさの克服 31
2.3.2.5 廃炉作業リスクの低減に向けた自主的取組の一層の強化 32

3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略 33
3.1 燃料デブリ取り出し 33
3.1.1 目標 33
3.1.2 進捗 33
3.1.3 主要な課題と技術戦略 42
3.1.3.1 各号機の燃料デブリ取り出し戦略 42
3.1.3.2 燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査 45
3.1.3.3 「段階的な取り出し規模の拡大」 46
3.1.3.4 「取り出し規模の更なる拡大」 48
3.1.3.5「取り出し規模の更なる拡大」に係る研究開発 61
3.1.3.6 保障措置方策の課題 68
3.1.4 主な技術課題のまとめ 68
3.2 廃棄物対策 70
3.2.1 目標 70
3.2.2 進捗 70
3.2.3 主要な課題と技術戦略 76
3.2.3.1 性状把握 80
3.2.3.2 保管・管理 81
3.2.3.3 処理、処分 83
3.2.4 主な技術課題のまとめ 85
3.3 汚染水・処理水対策 87
3.3.1 目標 87

3.3.2 進捗 87
3.3.3 主要な課題と技術戦略 95
3.3.3.1 汚染水発生量の抑制 95
3.3.3.2 建屋滞留水の処理 99
3.3.3.3 燃料デブリ取り出し等の廃炉工程を見据えた汚染水対策の課題 101
3.3.3.4 ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に関する今後の取組 102
3.3.4 主な技術課題と今後の計画 103
3.4 使用済燃料プールからの燃料取り出し 104
3.4.1 目標 104
3.4.2 進捗 104
3.4.3 主要な課題と技術戦略 108
3.4.3.1 プール内燃料取り出し 108
3.4.3.2 将来の処理・保管方法の決定 110
3.4.4 主な技術課題のまとめ 113

4. 廃炉の推進に向けた分析戦略 114
4.1 廃炉に係る分析の概要 114
4.1.1 廃炉に係る分析の目標 114
4.1.2 分析の全体像 115
4.2 分析に係る現状と戦略 116
4.2.1 分析の体制・手法の強化 116
4.2.1.1 分析体制の強化 116
4.2.1.2 分析計画の更新 116
4.2.1.3 分析・評価手法の開発 118
4.2.1.4 分析施設の確保 119
4.2.1.5 分析人材の確保 121
4.2.2 分析結果の品質向上 126
4.2.3 サンプルサイズ・量の増加に向けた分析技術の多様化 127
4.2.3.1 多様な分析・計測手法による総合的な評価 127
4.2.3.2 サンプル分析と非破壊計測の利用 127
4.2.3.3 分析数の改善 129
4.3 分析戦略のまとめ 130
4.3.1 燃料デブリの分析 130
4.3.2 固体廃棄物の分析 130

5. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発への取組 131
5.1 研究開発の意義と現状 131
5.2 主な課題と戦略 133
5.2.1 研究開発中長期計画 133
5.2.2 廃炉・汚染水・処理水対策事業への取組 134
5.2.3 廃炉現場と大学・研究機関における連携の促進 139

6. 技術戦略を支える取組 143
6.1 廃炉を進めるための能力、組織、人材等 143
6.1.1 東京電力が福島第一原子力発電所のオーナーとして有するべき能力、組織 143
6.1.1.1 廃炉プロジェクト管理の意義と現状 143
6.1.1.2 オーナーが有するべき能力 151
6.1.1.3 組織に関する取組 154
6.1.2 取引企業との協働的な関係性の構築 155
6.1.2.1 長期廃炉事業を見据えた契約の在り方の検討 155
6.1.2.2 協力企業と協調した現場管理の在り方の検討 157
6.1.3 廃炉を担う人材の確保や次世代の育成と国民理解の促進 158

6.1.3.1 東京電力における人材の確保と育成に関する取組 159
6.1.3.2 将来の廃炉を担う次世代の育成 161
6.1.3.3 廃炉及び廃炉に関わる放射線安全等に関する基礎的知識の普及と国民理解の促進 162
6.2 国際連携の強化 164
6.2.1 国際連携の意義と現状 164
6.2.1.1 国際連携の意義 164
6.2.1.2 国際連携の現状 165
6.2.2 主な課題と戦略 166
6.2.2.1 世界の英知の結集と還元 166
6.2.2.2 廃炉に対する国際社会の理解・関心や協力関係の維持・発展 167
6.3 地域共生 170
6.3.1 地域共生の意義と現状 170
6.3.1.1 基本的な考え方 170
6.3.1.2 現状における具体的な取組 170
6.3.2 主な課題と戦略 172
6.3.2.1 コミュニケーションに関する課題と戦略 172
6.3.2.2 廃炉を通じた地域の産業・経済基盤の創出に関する課題と戦略 173

付録：略語・用語集 176

図表目次

図 1-1 中長期ロードマップの工程 7
図 1-2 福島第一原子力発電所の廃炉に係る関係機関等の役割分担 8
図 1-3 廃炉等積立金制度を踏まえた技術戦略プランの位置付け 9
図 2-1 福島第一原子力発電所の主要なリスク源が有するリスクレベル 23
図 2-2 福島第一原子力発電所が有するリスクの低減 23
図 2-3 主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗（2025 年３月時点） 26
図 2-4 安全を基軸とした工法・装置の選定（イメージ） 31
図 3.1-1 １～３号機の燃料デブリ分布の推定、アクセスルート及び周囲の構造物の状況 37
図 3.1-2 燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査の作業ステップ 38
図 3.1-3 テレスコ式装置による燃料デブリ把持状況 39
図 3.1-4 燃料デブリ取り出し設備のイメージ（「試験的取り出し」及び「段階的な取り出し規模の拡大」） 39
図 3.1-5 燃料デブリ取り出しから保管までのイメージ（「段階的な取り出し規模の拡大」） 40
図 3.1-6 １回目に採取した燃料デブリサンプルの外観 40
図 3.1-7 １回目に採取した燃料デブリサンプルの元素マッピングの結果 40
図 3.1-8 １回目に採取した燃料デブリサンプルの化学組成分析の結果 41
図 3.1-9 ２回目に採取した燃料デブリサンプルの外観 41
図 3.1-10 取り出しシナリオの考え方①～③イメージ図 52
図 3.1-11 取り出しシナリオの実施項目と流れ 53
図 3.1-12 準備工程における主な想定と今後の検証事項 60
図 3.1-13 燃料デブリ取り出しに係る主な技術課題と今後の計画（工程表） 70
図 3.2-1 ＮＤＡにおける廃棄物ヒエラルキーの概念と福島第一原子力発電所における対応策 75
図 3.2-2 個別廃棄物ストリーム検討の必要性 78
図 3.2-3 個別廃棄物ストリーム検討における各分野のオプションの抽出 78
図 3.2-4 個別廃棄物ストリームにおける各分野のオプション設定の考え方 79
図 3.2-5 個別廃棄物ストリームオプション案の評価と蓄積 79
図 3.2-6 固体廃棄物の安全な処理・処分方法を合理的に選定するための手法 85
図 3.2-7 廃棄物対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表） 86
図 3.3-1 汚染水対策の概要 87
図 3.3-2 汚染水抑制対策の進捗と汚染水発生量の推移 89
図 3.3-3 滞留水の貯蔵状況の推移 91
図 3.3-4 ＡＬＰＳ処理水の分析・評価の体制 92
図 3.3-5 迅速測定（海水）の採取点 93
図 3.3-6 Ｊ９エリアの場所とタンク解体作業の状況 94
図 3.3-7 汚染水発生量抑制対策の概要 95
図 3.3-8 建屋流入量と福島第一原子力発電所の降雨量との関係 96
図 3.3-9 近似式の傾きＡと切片Ｂの経年変化 96
図 3.3-10 建屋貫通部の深度分布 97
図 3.3-11 サブドレンと建屋の水位低下 98
図 3.3-12 建屋間ギャップ部端部の止水イメージ 98
図 3.3-13 ３号機周り建屋間ギャップ端部止水対策の実施状況 98
図 3.3-14 ゼオライト土嚢の回収作業概要 100
図 3.3-15 滞留水一時貯留設備の概要 101
図 3.3-16 汚染水・処理水対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表） 103
図 3.4-2 燃料の貯蔵状況（2025 年４月末） 104

図 3.4-1 共用プール・乾式キャスク仮保管設備配置図、及び作業の流れ 104
図 3.4-3 １号機オペフロ崩落ガレキの状況 105
図 3.4-4 １号機 プール内燃料取り出し工法 106
図 3.4-5 ２号機 プール内燃料取り出し工法 106
図 3.4-6 福島第一原子力発電所　年度末における燃料体数 108
図 3.4-7 乾式貯蔵キャスクの例 111
図 3.4-8 米国における乾式貯蔵実績 112
図 3.4-9 プール内燃料取り出しに関する主な技術課題と今後の計画（工程表） 113
図 4-1 分析対象物の分析ニーズ、分析に必要な設備及び線量率の関係 115
図 4-2 福島第一原子力発電所の廃炉における分析戦略の三要素 115
図 4-3 燃料デブリ取り出しと新設分析棟の工事・運用スケジュール 121
図 4-4 分析調整会議と分析サポートチームの構成 123
図 4-5 燃料デブリ取り出し後のハンドリング工程における非破壊計測の一例 129
図 5-1 廃炉研究開発の研究範囲と実施機関 131
図 5-2 福島第一原子力発電所の廃炉に係る研究開発実施体制の概略 132
図 5-3 廃炉補助事業の枠組み 134
図 5-4 各研究開発の関係性 135
図 5-5 2025 年度廃炉研究開発計画一覧 136
図 5-6 ＲＦＩと事業レビュー 138
図 5-7 福島におけるＪＡＥＡの廃炉研究拠点 142
図 6.1-1 標準的なリスクマネジメント・ワークフロー 147
図 6.2-1 第９回福島第一廃炉国際フォーラムの様子 165

付図 1 原子炉建屋内構造図 179
付図 2 原子炉圧力容器（ＲＰＶ）内構造図 179

表 1-1 リスク起源に応じたリスク分類 10
表 2-1 福島第一原子力発電所の主要なリスク源 22
表 3.1-1 ２回目と１回目において採取した燃料デブリサンプルの非破壊分析の比較 42
表 3.1-2 横アクセス燃料デブリ取り出しの各段階の概要 54
表 3.1-3 上アクセス燃料デブリ取り出しの各段階の概要 56
表 3.1-4 上アクセス用支持構造物の検討例 57
表 3.1-5 上アクセス用支持構造物が南北構台案の場合の工程 58
表 3.1-6 上アクセス用支持構造物が東西架台案の場合の工程 59
表 3.2-1 固体廃棄物の保管・管理状況 74
表 3.3-1 ＡＬＰＳ処理水の放出実績 90
表 3.3-2 ＡＬＰＳ処理水の測定項目と運用目標 91
表 3.3-3 海水トリチウム濃度の迅速測定結果 93
表 4-1 分析計画策定のねらい 118
表 4-2 東京電力－ＪＡＥＡ間及び東京電力－ＮＦＤ間の人材交流の状況 122
表 4-3 分析施設内で実施するサンプル分析と分析施設外で実施する非破壊計測における主要諸元の相対比較 128
表 6.1-1 2020 年４月以降の東京電力における組織改編 145
表 6.1-2 「Making」と「Buying」の違い 153

1. はじめに

東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所（以下「福島第一原子力発電所」という。）の長期にわたる廃炉に係る取組は、政府が策定する「東京電力ホールディングス㈱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」[1]（以下「中長期ロードマップ」という。）に基づいて進められている（図 1-1）。

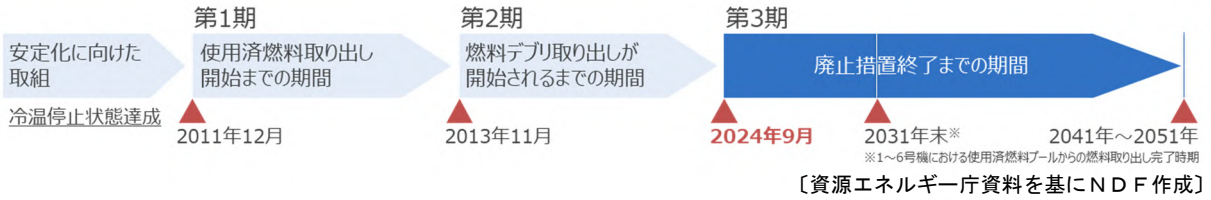


図 1-1 中長期ロードマップの工程

現在は、燃料デブリの「試験的取り出し」に着手し、第３期に入っており、引き続き燃料デブリの「試験的取り出し」や、取り出されたサンプルの分析、燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」の工法検討等が進められ、廃炉作業は進展している。

第３期では、事故影響の拡大防止等の応急措置的な対応を主に進めてきた段階から、燃料デブリの取り出し等による計画的に長期的なリスクの低減を図る段階に移行した。これに伴い東京電力ホールディングス㈱（以下「東京電力」という。）は、３号機での燃料デブリの本格的な取り出しに必要な準備工事の全体像を示した。廃炉作業の困難度、複雑さが徐々に明らかになりつつあることから、東京電力は廃炉事業の貫徹が最優先の責務であるとの認識の下、断固たる姿勢で事業を遂行するとともにこれまでの廃炉作業の実施体制の見直しを進めていく。具体的には、東京電力は①廃炉の長期戦略とそれに基づく工程を策定・管理する能力を獲得し、廃炉作業を高度にマネジメントしていく。②廃炉を持続可能なものとするため、今後、被ばく・安全上のリスクが高い作業について、作業員の育成及び作業管理等を含め、協力企業と一体的に協働していく体制を構築する。③この事業を支えるために必要な人材を持続的に確保していく。④復興と廃炉の両立に向けて、廃炉作業への地元企業の参画拡大に取り組む。原子力損害賠償・廃炉等支援機構（以下「ＮＤＦ」という。）も機能を強化し、廃炉の段階の移行に合わせた指導・助言を進めていく。

ＮＤＦは 2014 年以降、廃炉の実施に必要な研究開発、助言、指導等を行う組織として福島第一原子力発電所の廃炉に係る取組を支援している。「東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン」（以下「技術戦略プラン」という。）は、この支援の一環として、以下の目的で 2015 年以降毎年取りまとめているものである（添付資料１-１）。

- 中長期ロードマップに確固とした技術的根拠を与え、その円滑かつ着実な実行及び改訂の検討に資する。

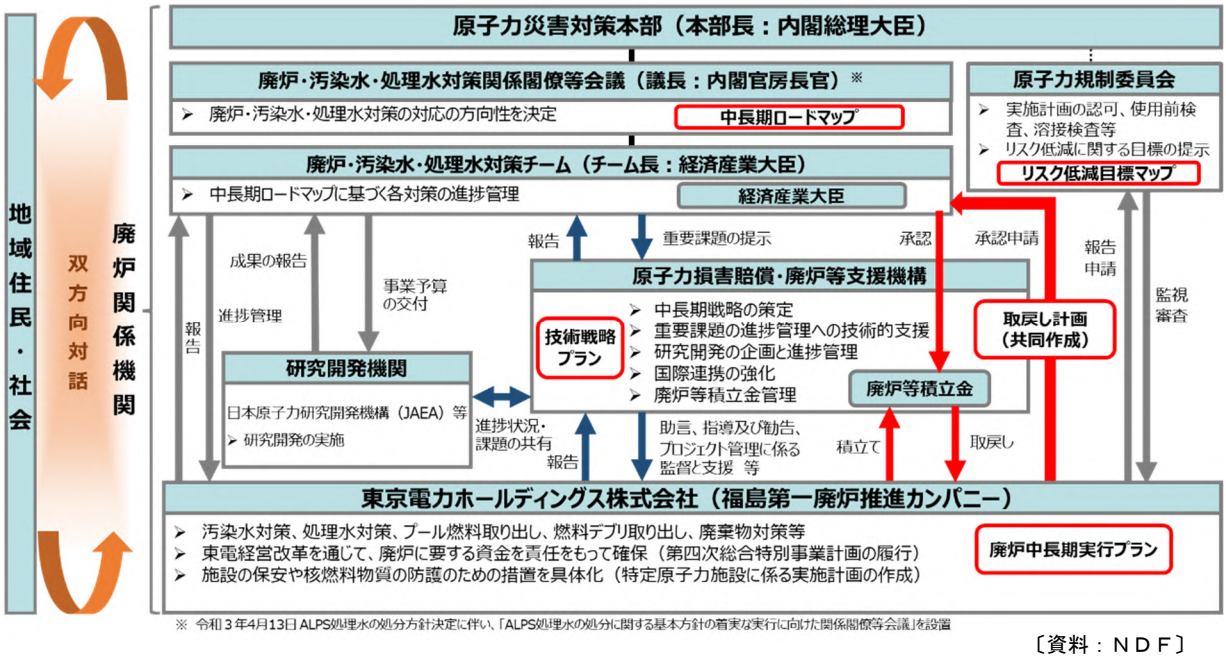
[1] 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議．「東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」. 2019 年 12 月 27 日

- 廃炉等積立金の取戻しに関する計画の作成方針（以下「取戻し計画作成方針」という。）に根拠を与える。

なお、原子力規制委員会が策定する「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」（以下「リスク低減目標マップ」という。）は、中長期ロードマップの工程を考慮しているため、技術戦略プランはリスク低減目標マップで掲げる目標達成にも資することとなる。

1.1 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた体制・制度

福島第一原子力発電所の廃炉を安全かつ着実に遂行していくため、政府、ＮＤＦ、東京電力、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。）等の研究開発機関が、各々の役割に基づき連携して取組を進めている。この廃炉に係る関係機関等の役割分担は図 1-2 のとおり。このような体制の中、事業者である東京電力は、廃炉作業の中長期を見据え各課題への対応を計画的に実施し廃炉作業を着実に進めていくため、プロジェクト管理体制の強化に取り組んでいる（詳細は６章）。



〔資料：ＮＤＦ〕

図 1-2 福島第一原子力発電所の廃炉に係る関係機関等の役割分担

また、資金面においては、当面の廃炉作業を確実なものとしていくため、2017 年５月に成立した原子力損害賠償・廃炉等支援機構法の一部を改正する法律により創設された廃炉等積立金制度に基づき、廃炉作業が進められている。その主な流れは以下のとおりである。

① 毎年度ＮＤＦが定め、経済産業大臣が認可した金額を東京電力が積み立てる

② ＮＤＦと東京電力が共同で「廃炉等積立金の取戻しに関する計画（以下「取戻し計画」という。）」を作成する

③ 経済産業大臣が承認した取戻し計画に基づいて、東京電力が積立金を取り戻し、廃炉を実施する

この制度においてＮＤＦは、東京電力による廃炉の実施の管理・監督を行う主体として、廃炉に係る資金についての適切な管理、適切な廃炉の実施体制の管理、積立金制度に基づく着実な作業管理等の役割と責任を担っている。具体的にはＮＤＦは、取戻し計画の策定に先立って、技術戦略プラン等を踏まえた取戻し計画作成方針を取りまとめ、取戻し計画に盛り込むべき作業目標及び主要作業を東京電力に提示する。そして、取戻し計画を東京電力と共同で作成する過程を通じて、東京電力の取組内容についてプロジェクト遂行の観点から妥当性を評価するとともに、計画に盛り込むべき作業等の精査及び提示等を行い、適正かつ着実な廃炉の実施を支えている（図1-3）。

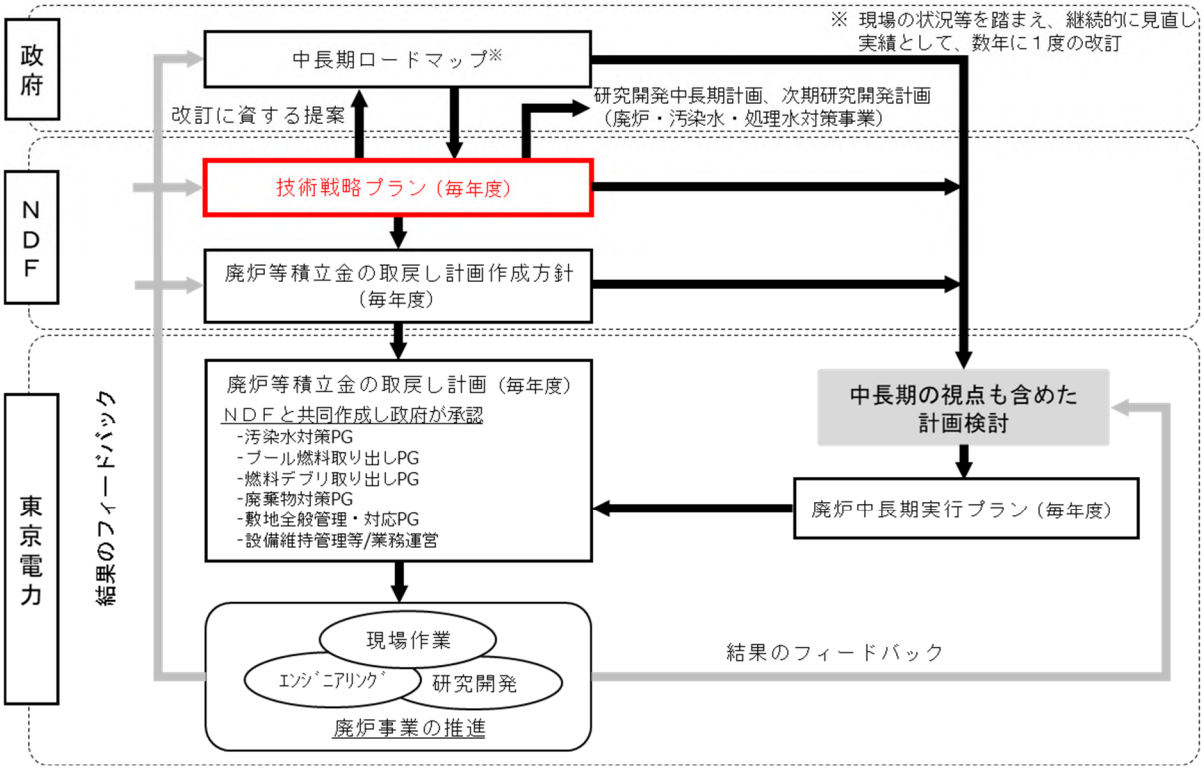


図 1-3 廃炉等積立金制度を踏まえた技術戦略プランの位置付け 〔資料：ＮＤＦ〕

1.2 第３期において議論すべき課題

福島第一原子力発電所の廃炉は、2024 年９月に中長期ロードマップ上の第３期という新たな段階に入った。これは事故後の緊急時対応による短期的なリスク低減が主の段階から、燃料デブリ取り出し及び同作業を行うための環境整備をはじめとする様々な廃炉作業や、廃炉作業を進めるための設備追設等が同時に進行する中長期のリスク低減が主の段階に移行したことも意味している。

1.2.1 中長期ロードマップに掲げられた目標達成に向けた取組状況

福島第一原子力発電所の廃炉は、中長期ロードマップをベースに進められている。中長期ロードマップでは、「施設全体のリスク低減を図るための措置を取ることが必要」とされている。加えて、原子力規制委員会の中長期リスクの低減目標マップでの指摘も踏まえ、東京電力はリスクを

分類し、その大きさに応じて優先順位をつけて対応を進めている。中長期ロードマップに基づくリスク起源に応じたリスク分類を表 1-1 に示す。

表 1-1 リスク起源に応じたリスク分類

No.	リスク分類	具体例（上段）／対処方針（下段）
1	相対的にリスクが高く優先順位が高いもの	使用済燃料プール内燃料、汚染水 設備等の状況、放射性物質の飛散・漏えい、作業員の被ばく等のリスクに十分配慮しつつ、速やかに対処
2	直ちにリスクが顕在化するとは考えにくいが、拙速に対処した場合にかえってリスクを増加させ得るもの	燃料デブリ 必要な情報や技術を蓄積し、周到な準備を行った上で、経年劣化や、外部への影響、作業員の被ばく等のリスクに十分配慮しつつ、安全・確実・慎重に対処
3	将来的にもリスクが大きくなるとは考えにくいが、廃炉工程において適切に対処すべきもの	固体廃棄物 経年劣化、放射性物質の飛散・漏えい、作業員の被ばく等のリスクに十分配慮しつつ、長期的に対処

〔中長期ロードマップを基にＮＤＦ作成〕

中長期ロードマップに掲げられた目標を達成するため、東京電力は体制面の強化に取り組んできた。まずは、2011 年６月に、それまで福島第一原子力発電所と本店で実施していた事故対応を一元化し事故対応力強化を図ることを目的に、福島第一安定化センターを福島第二原子力発電所構内に設置した。

続いて、2014 年４月に廃炉・汚染水対策に関する責任の明確化・組織の集中化を目的に、福島第一廃炉推進カンパニーを発足させた。福島第一廃炉推進カンパニーでは、2020 年４月にプロジェクトマネジメント制を導入し、その後も組織改編等の体制強化を図りながら現在に至るまで廃炉を推進している。トラブルは継続して発生しているが、敷地外に影響を及ぼす事象や死亡災害等の重大なトラブルは 2016 年以降発生していない。この体制の下、中長期ロードマップに掲げられた目標に対して、一部遅延も発生してはいるものの、建屋滞留水を 2020 年度末から半減という目標については、目標通りに達成している他、汚染水発生量の低減については前倒して達成するなど、全体的には着実に進捗している。以下に、表 1-1 に示したリスク分類毎の具体例についての進捗・達成状況を記す。

① 相対的にリスクが高く優先順位が高いもの

- 使用済燃料プール内燃料

福島第一原子力発電所の各原子炉建屋内の使用済燃料プール（以下「ＳＦＰ」という。）内には、それぞれの原子炉運転によって発生した使用済燃料が大量に貯蔵されていた。原子炉格納容器（以下「ＰＣＶ」という。）閉じ込め機能喪失に至った１～３号機、水素爆発を経験した１・３・４号機は、長期的な観点から原子炉建屋構造健全性やＳＦＰ冷却機能維持に疑義が生じていたことから速やかにＳＦＰから使用済燃料を取り出す方針が示され、既に３・４号機からの取り出しは完了し、１・２号機に関しても着実に準備を進めている段階にある。

また、水素爆発を経験していない５・６号機についても、長期的なリスク低減の観点からＳＦＰからの使用済燃料取り出しは進められており、６号機は完了し新燃料が残るのみとなって

いる。今後は５号機の使用済燃料取り出しも含め、2031 年内の完了を目指して作業を進めていく。

- 汚染水

汚染水に対する具体的方策は、汚染水発生量抑制、建屋滞留水減少、及び多核種除去設備等による処理の推進である。

汚染水は、燃料デブリ冷却用の冷却水、原子炉建屋へ流入してくる雨水・地下水等（建屋流入水）や原子炉建屋へ移送されてくる海側（2.5m 盤）で汲み上げられた水（建屋移送水）等が原子炉建屋内で混合したものであり、過去には最大で約 490m^3／日（年平均）発生していた。汚染水発生量抑制策として、主に陸側遮水壁構築やサブドレンの運用、雨水流入抑制（フェーシング、屋根補修等）等の取組を進めており、2024 年度の実績値として平均発生量を約 70m^3／日（平年雨量相当に補正すると約 80m^3／日）まで抑制した。今後は、さらなる汚染水発生量抑制を図るために 2028 年度末までに約 50～70m^3／日まで抑制することを目標として設定し取り組んでいる。なお、循環しているため汚染水発生量抑制には影響しないながら、冷却水は燃料デブリの崩壊熱減少に伴い注入量を減少させている。

建屋滞留水減少については、原子炉建屋から他の建屋へ汚染水を移行させないようにする切り離し策を取っており、１～３号機原子炉建屋、高温焼却炉建屋（以下「ＨＴＩ」という。）、プロセス主建屋（以下「ＰＭＢ」という。）以外は床面露出を達成している。また、原子炉建屋については水位低下を図ってきており、「2022～2024 年度に原子炉建屋滞留水を 2020 年度末の半分程度に低減」という目標を設定し 2023 年３月に達成した。

ストロンチウム処理水[2]のうち、フランジ型タンクに貯留していたものについては、2018 年度までに多核種除去設備（以下「ＡＬＰＳ」という。）により処理を完了しており、現在発生しているストロンチウム処理水は、溶接タンクに貯留の上、ＡＬＰＳにより処理を実施している。また、ＡＬＰＳ処理水[3]については、2023 年８月から海洋放出を開始し継続的に実施しており、溶接タンクに保管されているＡＬＰＳ処理水量も減少している。

建屋地下階には、スラッジ状の堆積物や震災前からタンクに格納されている樹脂類が存在しており、汚染水の処理を進める上で、これらも適切に処理する必要がある。スラッジについての具体的な方策は集積・回収後、脱水して容器に収納し、当面の間、安定保管することである。

このうち事故当初にＰＭＢ、ＨＴＩの地下階に設置されたゼオライト土嚢については、遠隔装置を用いて集積・容器封入作業を実施する計画で、ＨＴＩにおいて集積作業を開始したところである。ＰＭＢ内の貯槽に保管されている除染装置スラッジについては、高台への移送に向け、廃スラッジ回収設備の設計、並びにＰＭＢ内の線量低減を進めている。また、水処理に伴い発生したＡＬＰＳスラリーについては、現状、保管容器（ＨＩＣ）にて厳重に保管・管理されており、安定化処理（脱水処理）に向けた準備を進めている。

[2] 汚染水をセシウム吸着装置により処理しセシウムとストロンチウムを重点的に取り除いた水
[3] ストロンチウム処理水をＡＬＰＳによりトリチウム以外の放射性物質が規制基準値を確実に下回るまで処理した水

② 直ちにリスクが顕在化するとは考えにくいが、拙速に対処した場合にかえってリスクを増加させ得るもの

- 燃料デブリ

2024 年９月に２号機で着手した「試験的取り出し」は 2024 年 11 月及び 2025 年４月にそれぞれ完了し、取り出した燃料デブリの詳細な分析が進められている。また、ロボットアームによる内部調査・燃料デブリ取り出し作業を準備している。

また、現在３号機を対象に「取り出し規模の更なる拡大」に向けた検討が、東京電力によって進められている。

③ 将来的にもリスクが大きくなるとは考えにくいが、廃炉工程において適切に対処すべきもの

- 固体廃棄物

ＮＤＦは「処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通し」を、中長期ロードマップの目標通り 2021 年に提示し、それを踏まえて廃棄物の発生源から処分までの廃棄物全体の流れを描く「廃棄物ストリーム」を構築中である。

また、2028 年度内に達成することを目標としている「ガレキ等の屋外一時保管解消」に向け、固体廃棄物貯蔵庫等の設備・施設の整備が進められており、屋内での安全な保管に移行しつつある。

1.2.2 燃料デブリ取り出し本格化に向けた課題

2024 年３月、ＮＤＦの廃炉等技術委員会の下に設置された「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会（委員長：更田豊志）」（以下「小委員会」という。）は、３号機を対象として 2030 年代に開始しようとする燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」に関して、工法選定への提言等を報告書に取りまとめた。東京電力は小委員会報告書の内容に沿って設計検討を進め、その進捗を適宜小委員会に報告し、助言等を受けた。また、2025 年７月の小委員会では東京電力が取りまとめた検討結果が議論され、小委員会より今後検討すべきポイントが示された。東京電力はこれらのポイントに沿って、引き続き、設計検討を進めているところである。

燃料デブリの取り出しは、高線量の厳しい環境の下で、難度の高い遠隔作業を進める文字どおり、前例のない技術的挑戦であり、調査から設計、施工、取り出し作業、見直し、管理の各段階にわたって、東京電力は協力企業と一体となって前人未到の取組を貫徹する必要がある。

取り出された燃料デブリについては、一旦、安全な容器等に収納して敷地内で保管するのが基本的考え方となる。まずは、サンプルの性状を把握し分析を行って保管の技術的条件を明確にした上で、取り出し作業を進めつつ、着実に安定保管を進めることとなる。

その後の処理・処分の具体的方法や時期については、取り出され保管される燃料デブリの性状を把握し分析を行った上で検討することとなる。このため、具体的処分の在り方については、燃料デブリの取り出しがある程度進み、分析と検討が進んだ段階で、技術戦略プランにおいて具体的な技術要件を示すこととする。

燃料デブリの取り出し規模を拡大していくという新たな段階においては、廃炉における課題や困難さを含む技術的見通しについて、地元・社会と共有しながら進めることが重要である。廃炉

に関する情報を一方的に届けるのではなく、むしろ地元ならではの懸念や不安を聞き取りながら廃炉に生かしていく姿勢が必要となる。燃料デブリの取り出しばかりでなく、その他の技術的取組についても、また、その後の将来像を含めて、地域社会としての理解に至るべく、誠実で透明な対話を重ねていく必要がある。

対話の在り方については、できるだけ早い段階で形を示し見直しを重ねることが必要である。自治体、議会、団体、マスコミ等様々なチャンネルを通じて対話を重ねる必要があるが、最も重要な対話の相手は地元の住民一人一人であることを銘記する必要がある。

ＮＤＦは、2024 年３月の小委員会報告書について、2024 年６月に 13 市町村において初めて地域の住民と直接の対話の機会を持ち、2024 年 11 月～12 月及び 2025 年５月～８月には 16 市町村の地域の住民と意見交換を行った。厳しい意見や質問もあったものの、総じてこうした機会が強く求められていたこと、今後も改善しつつ継続して欲しいとの意向が示され、直接の対話も重要なチャンネルであると受け止めた。海外の例においては、こうしたタウンホール・ミーティングの積み重ねこそが対話の本質であるとする意見もある。今後、ＮＤＦでは、直接の対話を継続するとともに、対象地域を拡大していく。

1.3 技術戦略プラン 2025 におけるポイントと主な変更点

技術戦略プラン 2025 のポイントは以下のとおりである。

- ２号機「試験的取り出し」（燃料デブリ採取・燃料デブリ分析結果）の実施状況、トラブルに係る評価
- ３号機に係る取り出し工法の小委員会報告を踏まえたエンジニアリングの実施状況
- ＡＬＰＳ処理水の海洋放出・分析の実施状況

技術戦略プラン 2025 においては、主に以下の変更を行っている。

- 第３期において議論すべき課題を２章から１章へ移動
- ２章におけるリスクの考え方について整理し、記載を明確化
- ３章・４章の技術戦略を明確にするため目標に、「どのように」の観点を記載

上記を含め、技術戦略プラン 2025 での各章における変更箇所は以下のとおりである。なお、これまでの福島第一原子力発電所に係る取組実績は添付資料 1-2 に示す。

１章　　はじめに

- 技術戦略プラン 2024 で２章に記載していた「第３期において議論すべき課題」を１章へ移動。その中で中長期ロードマップ上に掲げられた目標達成に向けた取組状況を記載

２章　　福島第一原子力発電所の廃炉のリスク低減の考え方

- ＳＥＤ評価[4]について、2025 年３月末時点での各リスク源の放射能量や管理状態を踏まえ、潜在的影響度や安全管理要求度の見直しを実施。2024 年３月末時点からの主な変化

[4] 放射性物質に起因するリスクの大きさ（リスクレベル）を表現するため、英国原子力廃止措置機関が開発した Safety and Environmental Detriment（ＳＥＤ）をベースとした手法、詳細は添付資料 2-2 を参照。

として、作業環境改善に伴うプール内燃料（２号機）の安全管理要求度の低下及び１号機Ｓ／Ｃ内包水の移動に伴う建屋内滞留水の一時的な潜在的影響度の上昇、について記載

- 廃炉作業リスク低減のための基本方針を整理し、廃炉実施期間全体を見据えた安全確保や労働安全上のリスク低減の必要性等について記載を明確化

３章　　福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略

- 技術戦略を明確にするため各目標に、「どのように」の観点を記載

(1) 燃料デブリ取り出し

- １号機について、Ｓ／Ｃの耐震性向上に向けたＰＣＶ水位低下の状況及びＰＣＶ内部環境調査結果を記載
- ２号機の「試験的取り出し」について、燃料デブリの採取・分析の実施状況及び作業トラブルに係る評価、今後計画しているロボットアーム適用に向けた準備状況を記載
- ３号機の「取り出し規模の更なる拡大」に向けて、小委員会報告書の内容に沿った東京電力における設計検討の概要及び基本設計の今後の進め方を記載

(2) 廃棄物対策

- 固体廃棄物の各分野における技術開発等の進捗に応じて検討可能と判断された個別廃棄物ストリームの評価を実施している旨を記載
- 東京電力により 2025 年３月に分析計画が更新され、性状把握及び保管・管理の適正化の達成に必要な分析を早期実現するため、放射性物質・分析研究施設第１棟を主として、分析能力の拡充と分析手法の合理化等の検討を進める必要があることを記載

(3) 汚染水・処理水対策

- 2028 年度末に汚染水発生量を 50～70m^3／日程度に抑制する目標の達成後は、燃料デブリ取り出し作業との整合を図りつつ、汚染水発生量低減の取組を継続していく旨を記載
- プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の滞留水処理完了に向けたゼオライト土嚢の回収作業状況を記載
- 2023 年８月に開始したＡＬＰＳ処理水の海洋放出・分析の実施状況及び今後の取組を記載

(4) 使用済燃料プールからの燃料取り出し

- １～６号機から共用プールに移送された使用済燃料について、今後建設する「共用プール燃料用の乾式貯蔵設備」へ移送を進める旨の目標を記載
- １～４号機の使用済燃料プールの高線量機器の移送を進め、プール水抜きにより原子炉建屋の荷重を軽減し耐震性を向上させる旨の目標を記載
- ２号機で燃料取扱設備を新規に設置し、試運転を開始した旨を記載

４章　　廃炉の推進に向けた分析戦略

- 燃料デブリ、固体廃棄物、ＡＬＰＳ処理水の分析及び分析体制・手法の強化についてそれぞれ目標を整理するとともに、目標を「どのように」達成するかの観点を記載
- 分析人材の確保・育成に資する「分析調整会議」、「分析サポートチーム」の取組を記載

５章　　福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発への取組

- 燃料デブリ取り出し等に係る研究開発及び基礎・基盤研究と応用実用化研究の連携を一層推進していく必要性について記載
- 廃炉補助事業の研究開発成果の利活用につながるアーカイブ化・広報の必要性を記載

６章　　技術戦略を支える取組

（1）廃炉を進めるための能力、組織、人材等

- 新設した調達組織の取組状況、リスク低減に向けた協働契約の必要性及び検討状況、運転保守業務契約のあり方の検討状況を記載
- 全ての階層で働く協力企業との「チームによる業務遂行」の必要性や『運転員／作業員ファーストの体制・教育の強化』および『運転員／作業員ファーストの設備・環境の改善』に向けた取組を記載

（2）国際連携の強化

- 先行する海外の廃止措置活動等で得られた経験を生かすために必要な取組を記載

（3）地域共生

- ＮＤＦが行っている、廃炉の進捗状況を伝え、地域住民の不安や疑問に直接耳を傾ける双方向のコミュニケーションによる対話会の取組状況を記載
- 廃炉における地元企業の参画拡大に向けた環境整備に向けて、福島廃炉等地域共生協議会の初会合を開催し、必要な対策等を議論した旨を記載

2. 福島第一原子力発電所の廃炉のリスク低減の考え方

2.1 福島第一原子力発電所廃炉の基本方針

＜福島第一原子力発電所廃炉の基本方針＞

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[1]を継続的、かつ、速やかに下げること

福島第一原子力発電所は、事故後、継続的に講じた諸対策により一定の安全を保った状態で維持・管理されており、原子力規制委員会が定める「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項」も満足している。

しかしながら、現時点においても、使用済み燃料や燃料デブリ等大量のインベントリ（リスク源に含まれる放射性物質の量）が事故による損傷を受けた建屋内に存在すること、事故によって損傷を受けた建屋・施設の状態が十分に把握できていないこと、汚染水やその処理に伴う放射性廃棄物が発生し続けていること、発電所内に大量の放射性廃棄物が保管されていること、等引き続きリスクを抱えている状態である。これらに対して何も対策を取らなければ、経年劣化によるリスク増加が想定されることから、速やかにリスク低減を図っていく必要がある。

このため、福島第一原子力発電所の廃炉は、リスク低減のための特段の対策を講ずることを通じて、「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」を基本方針とする。事故を起こした施設のリスクを低減させるには、①損傷した施設の閉じ込め機能を改善すること、②閉じ込められている放射性物質の性状や形態をより安定な状態に持ち込むこと、③異常の発生や進展を抑制・緩和できるように設備等の監視や制御性を高めること等の措置が有効であり、また、それらを総合的に実現するためには、④損傷した施設や不十分な閉じ込め状態から放射性物質を回収して、より頑健な保管状態に移行させることが有効である。

2.1.1 第３期において取り組むべきリスク低減策

第３期においても中長期ロードマップにおけるマイルストーンに従い以下の複数のリスク低減のための取組を並行して進める。

- １～６号機の使用済燃料プールからの燃料取り出しの完了を目指す。
- 燃料デブリ取り出しについて、段階的にその取り出し規模を拡大していく。
- 汚染水発生量を最小限にとどめ安定的に維持する。
- 廃棄物対策としてガレキ等の屋外一時保管を解消する。

[1] 特に断りのない限り、２章では公衆に対する被ばくリスクを単にリスクと表記しており、作業員に係るリスク（労働災害、作業に伴う被ばく）も含める場合は廃炉作業リスクと表記している。

燃料デブリ取り出しについては、より本格的な廃炉作業となる「取り出し規模の更なる拡大」に向けた工法の準備を進めていく。現在は冷温停止状態の宣言から約 14 年が経過しＰＣＶ内の温度や圧力は安定的な状態にあるが、燃料デブリの取り出しが始まるとＰＣＶ内の状態は変動する。取り出しの進捗に従って燃料デブリに起因するリスクは低減するが、従前小さいと認識していたリスクが相対的に大きくなったり、未知であったリスクが新たに顕在化したりする可能性がある。「取り出し規模の更なる拡大」に向けてリスク低減を実効的なものとしていくためにＰＣＶ内の状態把握能力を向上させるべきである。そのため、現場施工の困難さはあるものの、監視対象の種類や数の拡充に向けた検討を進めていくべきである。例えば、「取り出し規模の更なる拡大」においては取り出し作業に伴うＰＣＶ内のダスト濃度が上昇することが予想されることからダスト濃度上昇抑制を図るとともに、先行する「試験的取り出し」や「段階的な取り出し規模の拡大」の段階からＰＣＶ内のダスト濃度モニタリングを実施し、取り出し作業の場所や規模等とダスト濃度の相関を把握することができれば、取り出し作業に伴うＰＣＶ内ダスト濃度やＰＣＶ外へのダスト移行に係る不確かさを低減でき、適切な安全裕度を維持しつつ作業効率を高めることができる。

また、ＰＣＶ内の状態をより多角的に把握できるようになると、「取り出し規模の更なる拡大」のために検討している設備類の要・不要の判断材料を提供でき、リソースの最適化に寄与することも期待できる。

さらに、工法に関わる設備類の設計・製造・設置を進めることに加え、操作員・保守要員の確保・教育や管理体制の整備、取り出した燃料デブリに対する合理的な分析体制を構築していくことも重要である。

2.1.2 リスク低減に向けた検討項目

2.1.2.1 ＰＣＶからの放射性物質の放出抑制策

ＰＣＶからの放射性物質の漏えい・放出を低減することを目的に、燃料デブリ取り出しに向けて閉じ込め能力を向上させる。

具体的には、気相からの放出抑制策としては、ＰＣＶ圧力の均圧化と、2.1.1 で示したような、取り出し作業に伴うダスト飛散抑制及びＰＣＶ内のダスト濃度モニタリングの充実化、並びに取り出し作業とＰＣＶ内ダスト濃度の相関を把握することによるＰＣＶ外へのダスト移行量が推定できるようにする。

液相からの放出抑制策としては、具体的には、現在東京電力にて進められているサプレッションチェンバ（以下「Ｓ／Ｃ」という。）の水位低下について、燃料デブリ取り出し工法の検討や中長期的な汚染水対策の在り方の検討と整合を図りつつ、ＰＣＶ内の保有水量の最小化を進める。

上記を進めるに当たっては、その可否の見極めや課題の所在、困難さを判断するために、原子炉注水停止試験や窒素供給量と排気量の調整試験等、現在の設備構成で可能な試験を、2.3.2.4「ステップ・バイ・ステップによる不確かさの克服」で示す考え方に則って積極的に実施すべきである。

2.1.2.2 原子炉格納容器（ＰＣＶ）・原子炉建屋の長期健全性評価

原子炉圧力容器（以下「ＲＰＶ」という。）は溶融燃料により底部が溶融貫通していること、ＰＣＶは過熱・過圧により損傷していることが判明している。また、１号機ＰＣＶペデスタル底部では内壁の配筋やインナースカートの露出が確認されていることからもわかるように、ＰＣＶ底部ではＲＰＶから落下してきた溶融燃料との接触や溶融物の熱によってコンクリートの劣化が発生していると考えられる。

これに加え、金属材の腐食による強度低下や閉じ込め性能の劣化、雨水等によるコンクリート構造の強度低下が想定されることから、ＰＣＶの閉じ込め性能や原子炉建屋の長期的な健全性を把握することが必要である。

このためには、特にＰＣＶ内部の損傷状況の確認を鋭意進め必要な情報を得るとともに、地震や経年劣化等の今後生じるハザードを想定しＰＣＶや原子炉建屋の健全性評価を進める必要がある。なお、損傷状態調査等から得られる健全性評価に必要な情報は限定的であることから、不確かさが常に伴うが、不確かさを低減するためにも継続的に調査・データ収集を行い評価用データの更新等に努める必要がある。

2.1.2.3 「取り出し規模の更なる拡大」のための検討項目

「取り出し規模の更なる拡大」の段階において、安全かつ確実な燃料デブリ取り出し作業を行うために以下の事項が必要となる。

- 「試験的取り出し」から知見を得て、その後の「段階的取り出し規模の拡大」に活用するとともに、それを「取り出し規模の更なる拡大」に生かす。
- 工法に関わる設備類の設計・製作・設置を進める。
- 操作員の確保・教育や管理体制を整備し、必要な訓練を実施する。
- 取り出し準備作業等においては高線量の原子炉建屋での作業が必要となることから、現場の環境改善を進めるとともに、作業が長期にわたるため作業員の被ばく管理はもとより長期的な作業員の確保ができることを確認する。
- ハード整備の事前準備として、排気筒、廃棄物処理建屋の解体・撤去等の周辺環境整備を進める。
- 取り出した燃料デブリに対して、合理的な分析ができるように分析計画、分析施設及び分析体制を関係機関で協議、整備しておく。
- 以上の作業に支障が出ないよう、廃棄物保管の整備を推進する。

以上の、具体的な取組については３章及び４章に記載する。

2.2 放射性物質に起因するリスク低減の考え方

2.2.1 リスクの定量的把握

「リスク」という用語は分野や場面ごとに様々な用法で用いられているが、一般的にその適切な管理を検討する場合、リスクとは何らかの事象によってもたらされる負の影響の期待値として

理解される。すなわち、個々の対象（リスク源）が有するリスクの大きさ（リスクレベル）は、対象において発生し得る事象の「影響度」とその「起こりやすさ」の積で示される。

技術戦略プランでは、放射性物質に起因するリスクの大きさ（リスクレベル）を表現するため、英国原子力廃止措置機関（以下「ＮＤＡ」という。）が開発した Safety and Environmental Detriment（以下「ＳＥＤ」という。）をベースとした手法を用いる。ＳＥＤで表すリスクレベルは以下の計算式で与えられる。

ＳＥＤで表すリスクレベル　＝　「潜在的影響度」×「安全管理要求度」　　（式１）

ここでの「潜在的影響度」とは、事象の影響度（リスク源の放射性物質が人体に取り込まれた場合の内部被ばくの影響度）の指標であり、リスク源に含まれる放射性物質の量（放射性物質が有する毒性）であるインベントリと、リスク源の形態やリスク顕在化までの余裕時間に依存する係数の積で定義される。また、「安全管理要求度」とは、事象の起こりやすさの指標であり、施設の健全性等やリスク源の梱包・監視状態等に依存する係数で定義される（添付資料 2-2）[2]。

福島第一原子力発電所の主要なリスク源を表 2-1 に示す。これらリスク源は、中長期ロードマップを基本とし、以下３つに分類している。

① 相対的にリスクが高く優先順位が高いもの（使用済燃料プール内燃料、汚染水 等）

② 直ちにリスクが顕在化するとは考えにくいが、拙速に対処した場合にかえってリスクを増加させ得るもの（燃料デブリ）

③ 将来的にもリスクが大きくなるとは考えにくいが、廃炉工程において適切に対処すべきもの（固体廃棄物 等）

福島第一原子力発電所全体のリスク低減戦略を検討するに当たり、上述のＳＥＤはある時間断面での放射性物質に起因するリスクの相対的な関係を半定量的に示したものであり、リスク源の対応の優先順位を定める上で有用な情報を提供する手法である。そこで、ＮＤＦでは上記の基本分類に基づきリスク源を分類し、ＳＥＤ評価を行った。その結果である各リスク源の 2025 年３月末時点でのリスクレベルを図 2-1 に示す。なお、①に属するリスク源を桃色、②に属するリスク源を黄色及び③に属するリスク源を緑色で示した。このうち「十分に安定管理されている領域」（水色の領域）にあるリスク源については、水色で表している[3]。また、これらのリスク源の総和としての福島第一原子力発電所のリスクレベル及びその経年変化を図 2-2 に示す。

図 2-1 では 2025 年３月末時点での各リスク源の放射能量や管理状態を踏まえ潜在的影響度や安全管理要求度の見直しを行っている。特に 2024 年３月末時点からの変化が顕著なものとしては、２点、①２号機の使用済燃料プールにおいてオペフロの干渉物撤去、除染、遮蔽設置の一連

[2] 技術戦略プラン 2022 まで名称を「管理重要度」としていたが、技術戦略プラン 2023 で名称を「安全管理要求度」に見直した。この見直しは、リスク源を内包する施設の健全性や梱包・監視状態等が不十分な場合や、リスク源そのものの反応性が高い場合には、より高いレベルの安全管理上の措置が要求されることを明示的に表すため行ったものである。

[3] 図 2-1 において「十分に安定管理されている領域」は、共用プール、乾式キャスク等の事故前から安全に設計・使用されており、事故の影響を受けていない施設、吸着塔類等の事故後に長期保管できるよう設計された施設に保管されているリスク源の安全管理要求度を内包するように定めている。

の作業が完了したことによる作業環境の改善を反映した「プール内燃料（２号機）」の安全管理要求度の低下[4]、②１号機のＳ／Ｃ水位低下に伴うＳ／Ｃ内包水（「建屋内汚染構造物等」の汚染の一部）の原子炉建屋地下滞留水への移行による滞留水の放射能濃度の上昇を踏まえた「建屋内滞留水」の潜在的影響度の上昇が挙げられる[5]。②のＳ／Ｃ水位低下は、Ｓ／Ｃ下部に接続された系統からの漏えいにより内包水が原子炉建屋地下滞留水に流入したことで放射能濃度が上昇したと推定されている。１号機のＳ／Ｃ水位低下に伴う内包水の移行量の減少及び浄化処理の継続により、原子炉建屋地下滞留水の放射能濃度は低下し、上昇した潜在的影響度も減少していくと推定される。また、１号機のＳ／Ｃ水位の低下によりＰＣＶの耐震性が向上することで、ＰＣＶの損傷により「燃料デブリ（１号機）」の閉じ込め性能が低下するリスクを低減できる。なお、「ＡＬＰＳスラリー（移替え対象ＨＩＣ）」の移替え作業や[6、7]、「共用プール内燃料」から「乾式キャスク内燃料」への使用済燃料の移送等のリスク低減に寄与する作業も進行しているが、リスク源毎の潜在的影響度に対する変動割合が小さいため顕著な変化としては表れていない。これは「溶接型タンク内貯留水」についても同様であり、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出の潜在的影響度への寄与は僅かであるため有意なリスク低下は見られない。

以上が 2025 年３月末時点でのリスクレベルの評価結果であるが、現状の安全管理要求度の評価方法は、リスク源の現状を直接的に表せるようになっていないことから評価方法の改善について現在検討している。安全管理要求度は、ＦＤ（Facility Descriptor、閉じ込め機能の十分性を示す指標）とＷＵＤ（Waste Uncertainty Descriptor、長期的安定性を示す指標）の積で表され、このＦＤとＷＵＤの評価では、あらかじめ用意されたリスク源の性質を説明する各々10 種類の記述（カテゴリ）とスコアの組合せに対して評価対象となるリスク源を当てはめることにより評価がなされるが、リスク源の性質を説明する記述は大まかなものであり、どのカテゴリに分類するかは現状を分析した上での総合的な判断を必要とする。ＦＤのカテゴリ分類を例にとると、現状の評価では放射性物質の拡散抑制機能の有無、安全評価基準を満足するか否かといった二択の判断をもとにカテゴリ分類を行うが、このようなリスク源を評価する際の判断基準を従前よりも詳細に記述し、判断基準毎にリスクの大小関係を表した結果を統合することで総合的なリスク源の序列を表すことを検討している。ＦＤについては、放出に至るおそれのある反応性の有無や、放射性物質の閉じ込め機能を担う施設や設備の状態に関する判断基準を詳細化し、ＷＵＤについては、リスク源の監視状態や物理的安定性、作業現場の環境等、リスク源の安定性や取り扱いに影響を

---

[4] 東京電力．２号機燃料取り出しに向けた工事の進捗について（資料３－５），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 125 回）．令和６年４月 25 日.

[5] 東京電力．１号機 Ｓ／Ｃ水位の低下の状況について（資料３－５），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 134 回）．令和７年１月 30 日.

[6] 東京電力．『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（2024 年３月版）』の進捗状況について（資料２－１），特定原子力施設監視・評価検討会（第 115 回）．令和６年 12 月 16 日.

[7] ＡＬＰＳスラリー安定化処理設備の運用開始までに積算吸収線量が 5,000kGy を超えると評価されるＨＩＣについて、順次、移替えが計画されており、2025 年度末までに移替え作業が計画されている分を「ＡＬＰＳスラリー（移替え対象ＨＩＣ）」に含めている（26 基）。現状、年度毎に積算吸収線量が 5,000kGy を超えるＨＩＣの基数は増え、移替え作業により逐次対処している状況にある。技術戦略プラン 2025 の評価対象基数は、技術戦略プラン 2024（2024 年度の移替え基数）の 29 基と同等である。2026 年度末、2027 年度末、2028 年度末までに新たに積算吸収線量が 5,000kGy を超えるＨＩＣの基数は各々48 基、23 基、32 基と評価されており、今後の移替え作業の進捗に応じて次年度以降の「ＡＬＰＳスラリー（移替え対象ＨＩＣ）」の潜在的影響度の評価は増減する。

与える要因に関する判断基準を詳細化することを検討している。このような判断基準に対して個別のリスク源を当てはめた結果がリスク源の安全管理要求度に直接表れるような評価手法の改善に現在取り組んでいるところであり、今後評価に反映していく予定である。

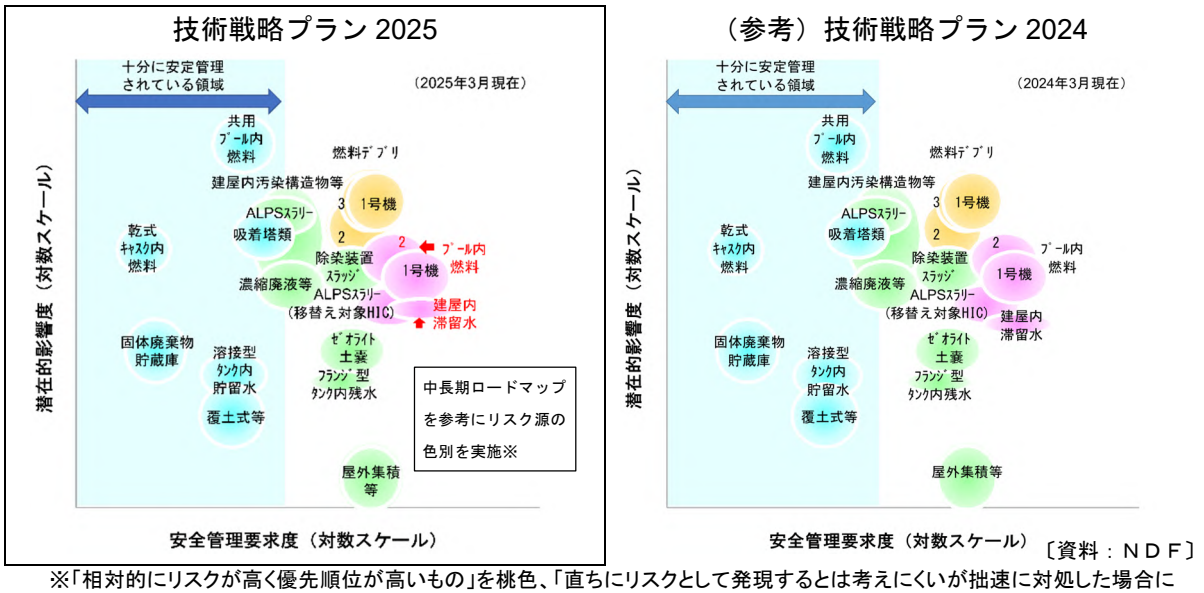
なお、福島第一原子力発電所の主要なリスク源は表 2-1 のとおりであるが、廃炉作業全体を長期的に見据えた場合には事故前から存在する廃棄物や、潜在的影響度が必ずしも高くはないが十分に安定管理されていないものが存在する。これらは、技術戦略プラン 2019 から提示しており、特に、これまで明示的に検討の対象としていなかったリスク源を収納する設備については、地震、津波、雨水等の外部事象を考慮した調査・検討を進めている。調査・検討によりリスク源の情報が明らかになり、主要なリスク源と同様に優先順位を付けて対処すべきと判断されたものについては今後リスクレベルを評価していく（添付資料 2-3）。

また、廃炉作業中の長期的な時間経過に従い、事前に想定できていない事象の発生をこれまで経験しており、今後もそのような事象が発生する可能性がある。想定外のリスクの抽出は容易ではないが、リスクがないかを問いかけ続け、想定外の事象が発生した場合にはその事象を丁寧に分析し、これまで想定できていなかった要因を明らかにしていくことでリスク抽出の糸口となる。このような取組によりリスクを抽出することで、重大な結果の発生防止に役立てることが重要である。

表 2-1 福島第一原子力発電所の主要なリスク源

燃料デブリ		１～３号機の原子炉圧力容器（ＲＰＶ）／原子炉格納容器（ＰＣＶ）内の燃料デブリ
使用済燃料	プール内燃料	１～２号機の使用済燃料プール内に保管されている燃料集合体
	共用プール内燃料	共用プール内に保管されている燃料集合体
	乾式キャスク内燃料	乾式キャスク内に保管されている燃料集合体
汚染水等	建屋内滞留水	１～３号機原子炉建屋、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋内に滞留する汚染水、１～３号機建屋底部のα放射性核種含有スラッジ
	ゼオライト土嚢	プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋地下階に設置された土嚢内のゼオライト等
	溶接型タンク内貯留水	溶接型タンク内に保管されているストロンチウム処理水、ＡＬＰＳ処理水
	フランジ型タンク内残水	フランジ型タンク底部に残っている濃縮塩水の残水及びα放射性核種含有スラッジ
水処理二次廃棄物	吸着塔類	セシウム吸着装置等の各種の汚染水処理設備から発生した使用済吸着塔等
	ＡＬＰＳスラリー	多核種除去設備、増設多核種除去設備で発生した、高性能容器（ＨＩＣ）に保管されているスラリー、廃吸着材
	ＡＬＰＳスラリー（移替え対象ＨＩＣ）	β線照射の影響を受けたＨＩＣのうち、積算吸収線量が基準値5,000kGy（落下に対する構造健全性が確認できている積算吸収線量）を超えた又は超える時期が近いと評価され、ＨＩＣ移替えが計画されているＡＬＰＳスラリー
	除染装置スラッジ	除染装置の運転に伴って発生した凝集沈殿物
	濃縮廃液等	濃縮塩水を蒸発濃縮装置で更に濃縮減容した濃縮廃液及び濃縮廃液から収集した炭酸塩スラリー
ガレキ等	固体廃棄物貯蔵庫	固体廃棄物貯蔵庫内に収納されているガレキ類（30 mSv/h 超）
	覆土式等	覆土式一時保管施設、容器収納にて保管されているガレキ類（１～30 mSv/h）、一時保管槽にて保管されている伐採木
	屋外集積等	屋外シート養生にて保管されているガレキ類（0.1～１ mSv/h）、屋外集積にて保管されているガレキ類（0.1 mSv/h 未満）、屋外集積にて保管されている伐採木
建屋内汚染構造物等		原子炉建屋、ＰＣＶ／ＲＰＶ内で、事故により飛散した放射性物質により汚染された構造物・配管・機器等（シールドプラグ・非常用ガス処理系配管等）及び事故以前の運転時の放射化物

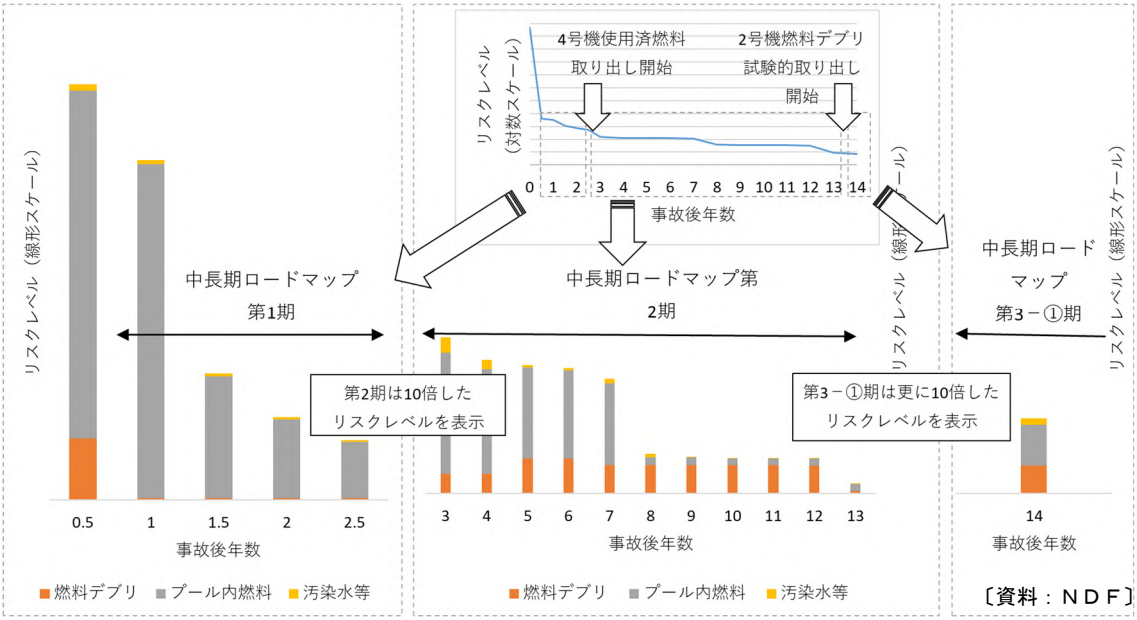
〔資料：ＮＤＦ〕



〔資料：ＮＤＦ〕

※「相対的にリスクが高く優先順位が高いもの」を桃色、「直ちにリスクとして発現するとは考えにくいが拙速に対処した場合にかえってリスクを増加させ得るもの」を黄色、「将来的にもリスクが大きくなるとは考えにくいが廃炉工程において適切に対処すべきもの」等を緑色で示し、このうち「十分に安定管理されている領域」にあるリスク源を水色で示す。また、朱記は技術戦略プラン 2024（2024 年3月時点評価）からの変化が顕著なリスク源を表し、矢印の元は技術戦略プラン 2024 の位置を示している。プール内燃料（2号機）は、オペフロの干渉物撤去、除染、遮蔽設置の一連の作業が完了したことによる作業環境の改善を反映し、安全管理要求度が低下することで左側に移動している。建屋内滞留水は、1号機のS／C水位低下に伴うS／C内包水の原子炉建屋地下滞留水への移行による滞留水の放射能濃度の上昇を反映し、潜在的影響度が上昇することで上方に移動している

図 2-1 福島第一原子力発電所の主要なリスク源が有するリスクレベル



〔資料：ＮＤＦ〕

※1 事故直後は燃料デブリによるリスクレベルが高かったが、事故後1年にかけて燃料デブリ中の放射性物質の減衰により潜在的影響度が大きく減少したため、リスクレベルが大きく低下している。

※2 事故後8年の評価において、使用済燃料プールの冷却停止後の水温上昇がこれまでの想定よりも緩やかであるとの知見を取り入れた結果、リスクが顕在化するまでの時間的余裕が増すことから、プール内燃料のリスクはそれ以前の評価よりも低くなっている。

※3 事故後 13 年の評価において、PCV内の窒素封入と排気が停止した場合の水素濃度の可燃限界（4%）に至る時間が事故後初期よりも大幅に伸びているという知見を踏まえ、水素濃度の可燃限界に至る時間の評価を見直した結果、リスクが顕在化するまでの時間的余裕が増すことから、燃料デブリのリスクはそれ以前の評価よりも低くなっている。

※4 上述のリスクが顕在化するまでの時間的余裕については、潜在的影響度を構成する指標である Control Factor（CF）で考慮されており、「数日」、「数週間」、「数か月」といった大まかな分類に応じてCFに離散的な値を与えることにより潜在的影響度が評価されることから、リスクレベルの変化も離散的に表れる。

図 2-2 福島第一原子力発電所が有するリスクの低減

2.2.2 リスク低減戦略

2.2.2.1 リスク低減戦略における当面の目標

式１で示されるように、ＳＥＤで評価されるリスクレベルを低減させるための対策としては、「潜在的影響度」で表される放射性物質の公衆への影響を低減させる方法と、「安全管理要求度」を低減させる方法がある。

「潜在的影響度」は、リスク源に含まれる放射性物質の量であるインベントリと、リスク源の気体、液体、固体等の性状の相違による放出のされやすさや安全機能喪失時のリスク顕在化までの余裕時間に係る指標との積で表される。「潜在的影響度」を低減させる例としては、放射性崩壊に伴うインベントリや崩壊熱の低下、液体や気体を移動しにくい形態に変化させること等がある。汚染水を処理して二次廃棄物にすることは形態変化の例である。

「安全管理要求度」は、リスク源を内包する施設の閉じ込め機能の十分性（以下「閉じ込め性」という。）に係る指標と、リスク源の特性（劣化や活性度）や梱包、監視状態等のリスク源の長期的な安定性や取扱い性に係る指標の２つの積を用いて表される。

「安全管理要求度」で表される事象の起こりやすさを低減させる方法としては、第一にリスク源を内包する施設の閉じ込め性を改善することである。閉じ込め性の改善方法としては、リスク源を津波の影響を受けにくい高台のより健全な施設へ移送することや、現状の保管施設の損傷箇所の修復等がある。第二にリスク源の取扱いの不確かさを低減し、リスク源の特性を踏まえた管理を長期的かつ安定的に可能にすることで、長期的安定性を改善することである。そのためには、リスク源の分布の調査、分析・測定による性状把握、監視状態の改善等により、十分な情報を取得し、リスク源の特性に応じて回収方法や保管方法に適切に反映することが重要となる。このようなリスク源の取扱いの不確かさを低減するための取組は、リスク源の回収作業等のリスク低減措置に伴う一時的なリスクレベルの増加を低く抑えることにも役立つ。

様々なリスク低減対策のうち一般に工学的に実現しやすいものは、この「安全管理要求度」で表される事象の起こりやすさの低減である。したがって、「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」（2.1 節参照）を基本方針とする福島第一原子力発電所の廃炉におけるリスク低減策の当面の目標としては、上述の方法によりリスク源の「安全管理要求度」を、図 2-1 の「十分に安定管理されている領域」（水色の領域）に持ち込むこととする。「十分に安定管理されている領域」の中でも「安全管理要求度」を更に下げていくことは、安定状態を維持するための注水や窒素封入等の動的な対応が不要な状態である受動的安全性が確保された状態を達成することにつながる。

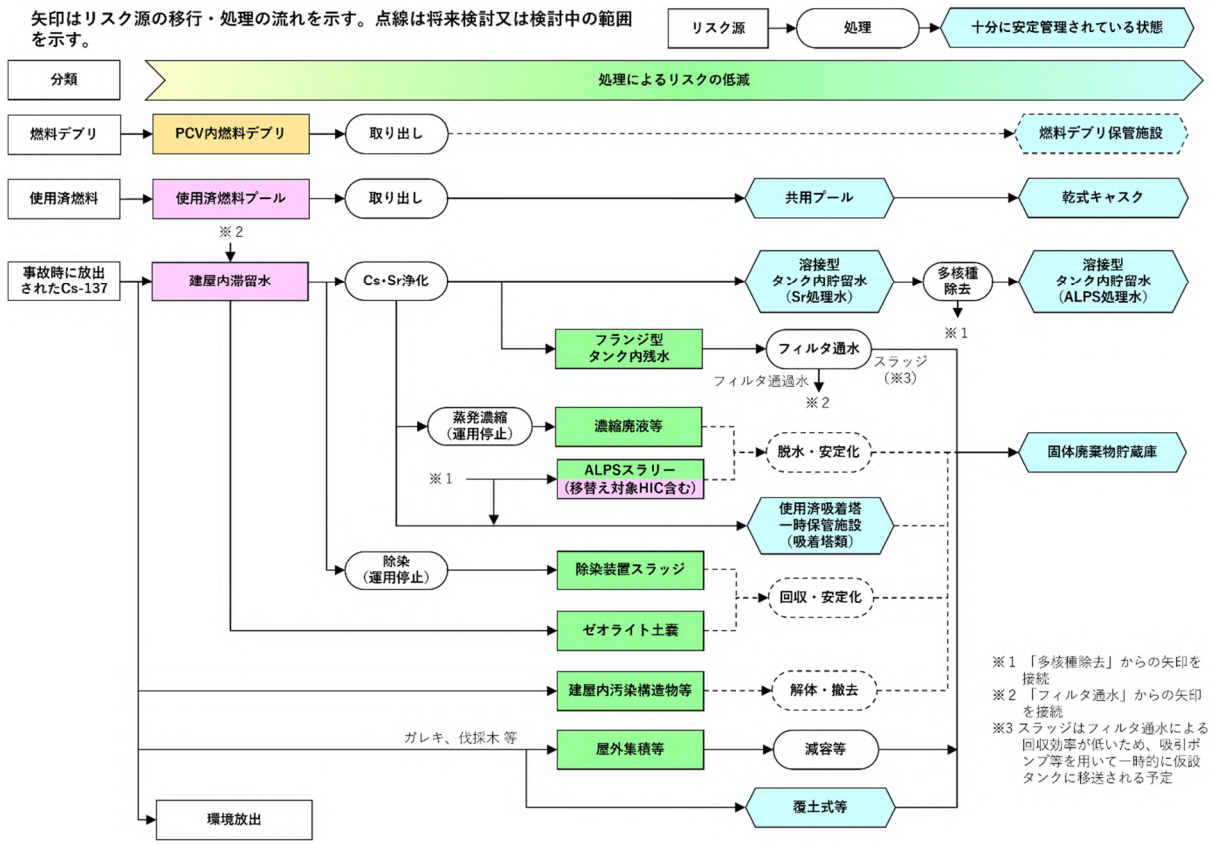
主要なリスク源について、当面の目標である「十分に安定管理されている領域」に持ち込むまでのプロセス及びそのプロセスに沿った廃炉作業の進捗を図 2-3 に示す。

図 2-3(a)は、これまでの廃炉作業及び今後の計画の概要をフロー化し、俯瞰的に廃炉作業全体の流れを示すとともに、図 2-1 の色別を用いて各リスク源のリスクレベルを表すことにより、リスクの低減の流れを提示している。このフローを基に、燃料デブリ、使用済燃料及び事故時に放出された Cs-137 について展開することにより、事故時に比べ、どのようにリスク源が移行したのかを可視化することが可能である。図 2-3(b)には、使用済燃料について、作業進捗が分かりやすい燃料集合体数を指標として、図 2-3(c)には、Cs-137 について、様々な形態で存在するリスク源

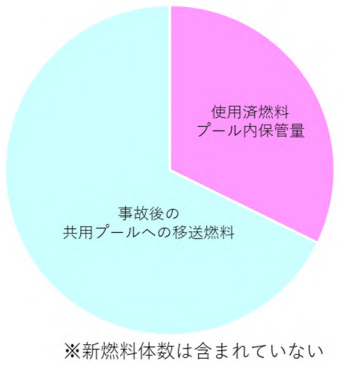
に共通する放射能推定値（Bq）を指標として、「十分に安定管理されている領域」への移行状況を、各々円グラフにより表現し、廃炉作業の進捗状況を提示している。図 2-3(b)は技術戦略プラン 2024 からの変化はない。図 2-3 (c)には、2024 年度中の建屋内滞留水量の変動、吸着塔類の増加、固体廃棄物貯蔵庫等での保管量の増加、減衰分の増加による Cs-137 の増減を反映し、そのうち、割合の大きい減衰分の増加を明灰色で示している。図 2-3(d)には、フロー中に示されたリスク源とその処理プロセスに対応する安全管理要求度の推移をリスク源の分類ごとグラフで示している。ここで示す安全管理要求度は、上述の安全管理要求度を低減させる方法と対応付けるため、閉じ込め性に係る成分と長期的安定性に係る成分の２つに分けて表示している[8]。これによりリスク源を十分に安定管理されている領域に移行させるために、閉じ込め性又は長期的安定性のどちらの対策を優先的に取り組むべきか判別ができる。また、フローで将来検討又は検討中の範囲としている処理プロセスにおいて、安全管理要求度を十分に安定管理されている領域（グラフ中の水色の領域）まで低減させる際に改善すべき対象を、図 2-3 (d)でそれぞれ青色と橙色の矢印により示した。なお、図 2-3 (d-1)における取り出した燃料デブリや、図 2-3 (d-4)の安定化処理後の水処理二次廃棄物の安全管理要求度の閉じ込め性については乾式キャスクや固体廃棄物貯蔵庫等の施設と同等とし、長期的安定性については、リスク源が有する反応性を考慮して適切な保管管理ができる状態を想定している。この想定は現時点での仮定であり、今後の検討の進捗等により変わり得る。

各リスク源のリスク低減に係る具体的な戦略は３章で詳述する。

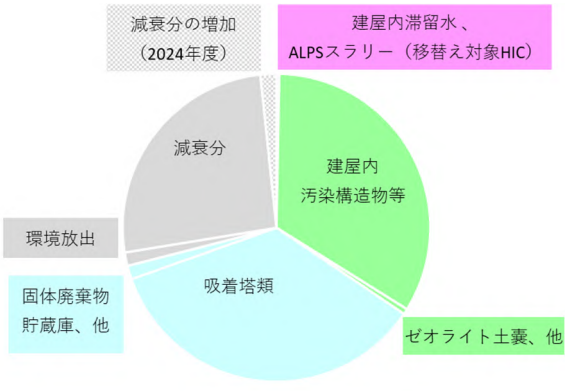
[8] 添付資料 2-2 に示される安全管理要求度の指標のうち、ＦＤに係る成分を閉じ込め性に、ＷＵＤに係る成分を長期的安定性に対応付けた。図 2-3(d)では各々のリスク源の安全管理要求度（ＦＤ×ＷＵＤ）[4]の対数をとることにより、安全管理要求度を閉じ込め性に係る成分と長期的安定性に係る成分に分解して表示している。青色と橙色の棒の高さは、潜在的影響度に安全管理要求度を乗じる際に、閉じ込め性に係る成分と長期的安定性に係る成分によって何倍にされるかを対数で表している。なお、当該リスク源が複数のリスク源から構成される場合、その中で代表的なリスク源について表示している。



(a) リスク低減プロセス



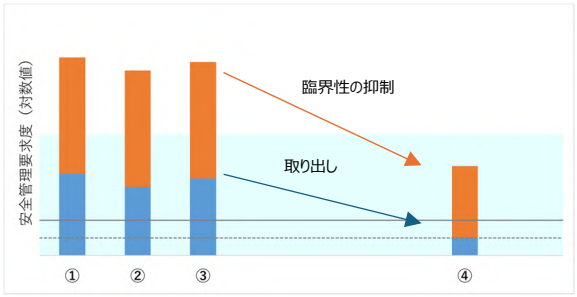
(b) 使用済燃料の燃料集合体体数
（１号機～４号機）



(c) 事故時に放出された Cs-137 の放射能
（１号機～３号機）

〔資料：ＮＤＦ〕

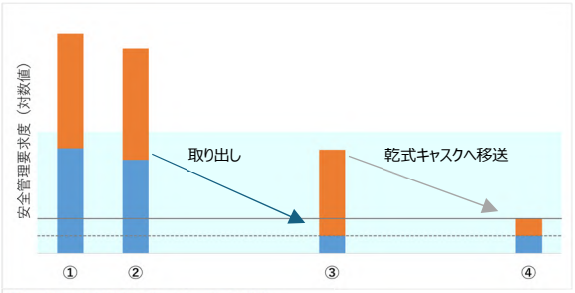
図 2-3 主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗（2025 年３月時点）（１／２）



① 燃料デブリ（1号機）
② 燃料デブリ（2号機）
③ 燃料デブリ（3号機）
④ 燃料デブリ保管施設

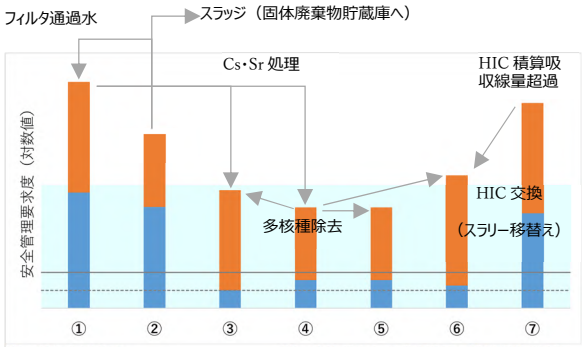
※①～③の閉じ込め性に係る成分の違いは、拡散抑制機能を有する構成物の多重性の違いによる。
※④の安全管理要求度は現時点での想定であり、今後の検討の進捗等により変わり得る。

(d-1) 燃料デブリ



① 使用済燃料プール（1号機）
② 使用済燃料プール（2号機）
③ 共用プール
④ 乾式キャスク

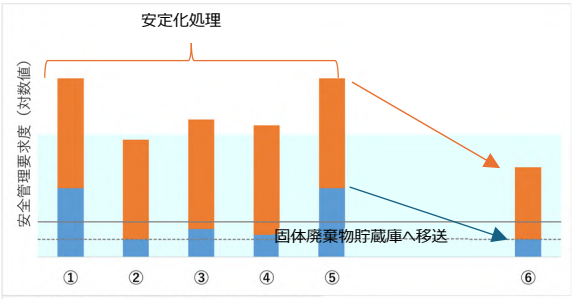
(d-2) 使用済燃料



① 建屋内滞留水
② フランジ型タンク内残水
③ 吸着塔類
④ 溶接型タンク内貯留水（Sr処理水）
⑤ 溶接型タンク内貯留水（ALPS処理水）
⑥ ALPSスラリー
⑦ ALPSスラリー（移替え対象HIC）

※ 汚染水処理で発生した水処理二次廃棄物③、⑥の処理は(d-4)に表示

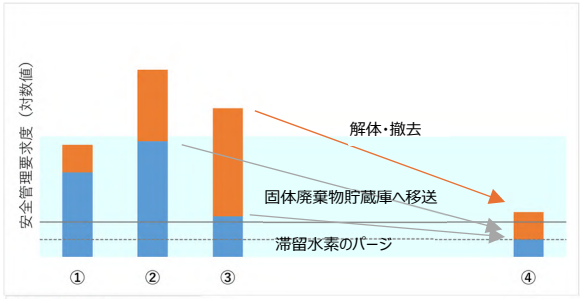
(d-3) 汚染水



① ゼオライト土嚢
② 吸着塔類
③ 濃縮廃液等
④ ALPSスラリー
⑤ 除染装置スラッジ
⑥ 固体廃棄物貯蔵庫

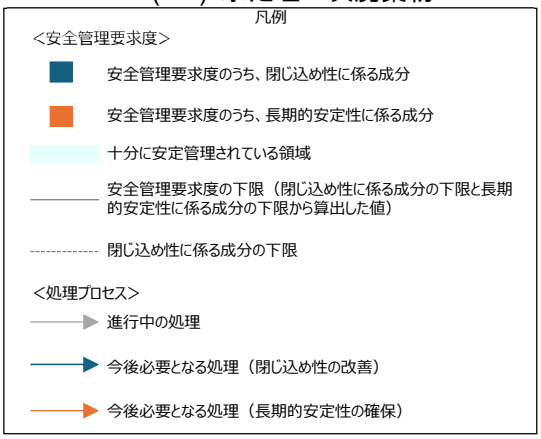
※⑥の安全管理要求度は現時点での想定であり、今後の検討の進捗等により変わり得る。

(d-4) 水処理二次廃棄物



① 覆土式等
② 屋外集積等
③ 建屋内汚染構造物等
④ 固体廃棄物貯蔵庫

(d-5) ガレキ等、建屋内汚染構造物等



(d) 主要なリスク源の安全管理要求度の推移

〔資料：ＮＤＦ〕

図 2-3 主要なリスク源のリスク低減プロセスとその進捗（2025 年３月時点）（２／２）

2.3 廃炉作業リスクの低減の考え方

2.3.1 廃炉作業リスクの低減のための基本方針～安全最優先の浸透・徹底～

福島第一原子力発電所の廃炉作業に必要なプラントの状態や燃料デブリの性状及び位置等の情報には不確かさが含まれている。このような不確かさを克服し廃炉作業を進めるためには、多様な着目点から進めようとしている廃炉作業の評価・分析を行うとともに、それらから得られた情報を使って総合的に判断することが重要であり、廃炉作業リスクを低減させることに繋がる。

ＮＤＦでは、この総合的な判断を行う際の着目点として以下に示す安全・確実・合理的・迅速・現場指向の５つを提案している。

（５つの着目点）

- 安全　放射性物質によるリスクの低減及び労働災害の発生防止
  （検討例：放射性物質の閉じ込め（環境への影響）、作業員の被ばく、リスク低減効果、労働災害防止策）
- 確実　信頼性が高く、柔軟性のある技術の採用
  （検討例：要求事項への適合性、効果、不確かさに対する柔軟性、機動的対応手順）
- 合理的　リソース（ヒト、モノ、カネ、スペース等）の有効活用
  （検討例：廃棄物発生量の抑制、コスト、効率性、作業エリア・敷地の確保）
- 迅速　時間軸の意識
  （検討例：燃料デブリ取り出しにかかる期間、ＲＰＶ・ＰＣＶ・建屋長期健全性）
- 現場指向　徹底的な三現（現場、現物、現実）主義
  （検討例：作業性（環境、アクセス性、操作性）、保守性（メンテナンス、トラブル対応））

これら着目点の中では“安全”が最重要、最優先、という認識に立ち、安全が確保されていることを前提に総合的に判断することが必要である。東京電力は、安全が確保されていること及び総合的判断の内容の説明責任を有することを認識する必要がある。また、安全が最重要・最優先であることを廃炉作業に係わる全ての関係者に浸透させることも、廃炉作業リスクの低減の観点からは同様に重要であり、そのためには、東京電力の経営層から直接「安全が特別なものであり、特別な意識を向ける必要があることを訴求し続ける」ことも重要である。なお、ここでいう安全とは、公衆被ばく及び環境に対する放射線影響のみならず、作業員被ばくや労働安全も含む概念であることに注意する必要がある。加えて、福島第一原子力発電所には以下に示すような固有の特徴が存在しており、着目点毎の検討にあたっては、これらの特徴が着目点に対してどのような影響を与えるかについて十分考慮することが必要である。

（福島第一原子力発電所の特徴）

- 多量の放射性物質（内部被ばくに大きな影響をもつα放射性核種を含む）が通常にない様々な形態（非定型）で非密封状態にあること
- 原子炉建屋、ＰＣＶといった放射性物質を閉じ込める障壁が完全でないこと
- これらの放射性物質や閉じ込め障壁の状況等に大きな不確かさがあること
- 現場の放射線レベルが高い等の制約から現場へのアクセスや現場情報を得るための計装装置の設置が困難であること
- 現状の放射線レベルが高く、又閉じ込め障壁等の更なる劣化が懸念されることから時間軸を意識した対応が必要なこと
- 他方、事故後 10 年以上が経過し内在エネルギー（崩壊熱）も小さく状態変化も緩慢であるため、故障等の異常状態の収束のために充当できる時間的余裕が大きいこと

2.3.2 廃炉作業リスクの低減において考慮すべき事項

2.3.2.1 廃炉実施期間全体を見据えた安全確保

燃料デブリの取り出しに限らず、廃炉に係るすべての作業、活動に対して法令順守を前提に、安全確保は最も優先されるべきことである。

燃料デブリの取り出し工法及びその準備工程について検討、調査を進める中で、これまでに東京電力が行ってきた様々な申請の内容に対するものも含め、安全確保に関して、工程の各段階一つ一つに対して取り得る最高レベルの安全確保を図り、それを積み重ねていくことが、必ずしも廃炉実施期間全体を通じてみた場合の最適な安全確保をもたらさない可能性がある、という課題が浮き彫りとなった。例えば、一時的な廃炉作業リスクの上昇をすべて排除しようとすると、廃炉実施期間全体にわたるリスクの高止まりやリスク累積値の増大等、長期的な廃炉作業リスクの低減の停滞を招く可能性がある。

今後、東京電力は福島第一原子力発電所の廃炉を進めるにあたってこれらの課題を踏まえ、各段階における短期的な廃炉作業リスクのみならず、廃炉実施期間全体を捉えた長期的な廃炉作業リスクも重視した安全の確保を図っていく必要がある。

さらに、廃炉実施期間中の安全確保を確実に行うためには、福島第一原子力発電所の持つ大きな不確かさを踏まえる必要がある。このような状況において、従来通りの保守的な評価に基づく設備設計・運用では、廃炉実施期間全体にわたる防護の最適化が困難となるだけではなく、現実から乖離した保守的な想定をしてしまうことで十分な検討がなされず、かえって抽出されるべきリスクシナリオを見逃す可能性もある。今後は、既存知見の活用や情報取得の取り組みにより、最も現実に起こると考えられる評価に基づく設備設計・運用と、万が一評価を超える状況が生じた場合にその影響を緩和できる備えを持つこと等、安全確保策のあり方に対する東京電力としての考え方を検討し、原子力規制委員会（2025 年８月 27 日）での議論[9]にもあったとおり、原子力規制庁（以下「ＮＲＡ」という。）とも引き続き十分に議論しながら認識の共有を進めていく。

[9] 原子力規制庁. 「令和７年度原子力規制委員会 第 27 回会議議事録」. 2025 年８月 27 日.

2.3.2.2 労働安全上のリスクの低減

2023 年 10 月に発生した「増設ＡＬＰＳ配管洗浄作業における身体汚染」以降、複数のトラブルが連続で発生した。これらに共通して言えることは、実際に作業を行っている作業員が被ばくや労働災害といった労働安全上のリスクの受け手になっていたことである。このことは、従来いわゆる“安全”の観点で考慮の対象としていた“敷地外への放射性物質の放出による公衆被ばく及び環境への影響”に係るリスク低減は当然として、設備の巡視や点検等を含む廃炉に係わる作業に係る労働安全上のリスク低減に更に着目すべきであることを示している。

今後は、デブリ取り出しのような、より難度の高い作業が求められることから、これまで以上に現場作業員の労働安全上のリスク低減に焦点を当てる必要がある。そのためには、東京電力が掲げている「運転員／作業員ファーストの設備と環境の改善」が重要な課題である。特に労働安全上のリスク低減のため、作業環境の整備を進めるとともに、個々の作業の事前のリスクシナリオ及び評価を充実させ作業計画を立案していく必要がある。その際には、作業員被ばく抑制のための装備による動作制限や作業時間制限等による労働災害発生の可能性、同一エリアで所管が違う作業が同時並行的に行われていることへの考慮（他の作業に労働安全上のリスクを与えないか等の考慮）、等が必要である。

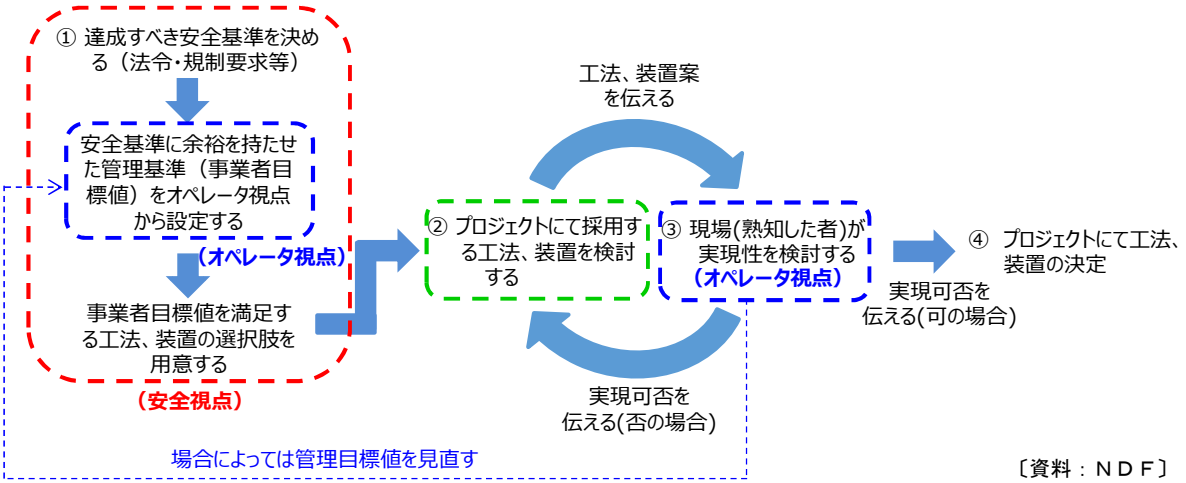
2.3.2.3 安全を基軸に「オペレータ視点」も取り込んだ計画立案

福島第一原子力発電所の廃炉は、2024 年９月の燃料デブリの取り出し着手によってロードマップの第３期に入り、今後ますます本格化することが期待される。このように本格化していく廃炉作業リスクの低減において重要な役割を果たすのが「オペレータ視点」すなわち現場での運転操作、保全、放射線管理、計装、分析等の実務を担う現場を熟知した人や組織の着眼点や判断等である。

福島第一原子力発電所の廃炉は、そもそものプラントの状態把握が十分にできず大きな不確かさを含んだ状況下での作業となるので、現場での実現性には十分配慮が必要であり、実際の現場から得られた情報やオペレータ視点を設備設計や実際の作業計画に的確かつ柔軟に反映していくことが、廃炉作業リスクの低減に不可欠である。

例えば、工法・装置を決める判断には、「安全の基準をはっきりさせ（安全視点）」、「現場での実現性等について指摘する（オペレータ視点）」、それを「プロジェクトで検討、議論（プロジェクトマネジメント）」していくというサイクルを回しながら、最終的に採用する工法・装置を決めていくことが大切である。この図 2-4 に示されるように、廃炉作業リスクを低減させるという観点において、安全視点とオペレータ視点は相互補完的であり、安全視点をベースにプロジェクトが行った工法・装置選定の判断は、オペレータ視点をベースとした実現性のチェックを経て、最終的な工法・装置の決定に至る。安全視点が実際に現場に反映されるためにはオペレータ視点が不可欠であり、一方、オペレータ視点が生かされるためには安全視点をベースにした判断が必要である。

なお、本項に必要な具体的な施策等は、「6.1.1.2.1 安全最優先の浸透及び安全とオペレータ視点を基盤とする技術力」にて述べる。



〔資料：ＮＤＦ〕

図 2-4 安全を基軸とした工法・装置の選定（イメージ）

2.3.2.4 ステップ・バイ・ステップによる不確かさの克服

福島第一原子力発電所は事故時の水素爆発の影響や放出された放射性物質による汚染のため十分に現状把握することができず、大きな不確かさを含んだ状況の下、設備設計や廃炉作業を進める必要がある。また、原子炉建屋等の構造物や閉じ込め障壁等の経年劣化、今後の自然事象（地震や津波等）発生の可能性等を考慮すると、不確かさの把握や可能な限りの縮小は早急に行うことが求められる。

このような状況下においては、ステップ・バイ・ステップで進めることが有効である。これは、作業を幾つかの段階に分け、予め想定した範囲内に廃炉作業リスクを留めることができる規模の「最初の段階の作業」を実施し、その間に得られる情報の分析・評価を行い、その結果を用いて作業規模を拡大し「次の段階の作業」を実施していくものである[10]。この取組では、各段階の作業において、どのような情報を得ることが「次の段階の作業」に有効かとの観点からモニタリングの対象を設定することや、万が一の際に作業制限を行う閾値や機動的対応手順等を予め定めておくこと[11]も必要である。

今後は、廃炉作業リスクの低減のための取組の中で、モニタリングから得られる情報及びその分析・評価から得られる情報も十分に取り込み、知見として積み上げていくことを方針として明確にすることが望ましい。この過程で得られる上手くいった経験や上手くいかなかった経験を実績として積み上げることで廃炉作業に伴う大きな不確かさを徐々に小さくすることができる。なお、モニタリングは不確かさの低減を図るために重要であることから、モニタリング技術の開発も重要である。

[10] セラフィールドの廃止施設等、英国でも用いられており、リード・アンド・ラーン（Lead & Learn）と呼ばれている。

[11] 例としては、臨界防止の観点から、実現可能な範囲での核計装を設置する、燃料デブリ加工量を制限する、放射性ダスト濃度の管理値を定めて作業を規制する、などの措置を講ずること。

2.3.2.5 廃炉作業リスクの低減に向けた自主的取組の一層の強化

2025 年３月 12 日の原子力規制委員会において、発電炉に対しては 2020 年度から導入されている原子力規制検査制度（新検査制度）の手法を福島第一原子力発電所実施計画検査へ導入することが決定された。

原子力規制検査の特徴は、①フリーアクセス、②パフォーマンスや重要度に基づいた評価、③①②を通じた事業者の自主的な取組促進、である。

この特徴からもわかるとおり、東京電力として原子力規制検査への対応を進める上で、まずは自主的に廃炉作業リスクの低減に取り組んでいくべきである。そのためには、既に導入されている発電炉での電力各社の取組を参考に、ＣＭ（コンフィギュレーション管理）やＣＡＰ（コレクティブアクションプログラム）等のより一層の充実化を図り、リスク要因の早期発見や重要度に応じた迅速な対処等を進めるべきである。

福島第一原子力発電所の廃炉は、政府、ＮＤＦ、東京電力等のみならず、地域の皆様を含む幅広い方々の理解を得ながら進める必要がある。このためには、本章で述べたリスク低減の全体の取組について十分に理解いただき、廃炉事業への理解を得ていくことが必要不可欠である。特に、廃炉作業がどのようなリスク低減戦略に基づいて行われるのか、廃炉作業の安全がどのように確保されるのか、廃炉作業によってサイト全体のリスク低減がどのように継続的に進んでいるか等について、幅広い方々にとって分かりやすいリスクの継続的な監視の仕組みを整え、社会に発信していくことが重要である。

ＮＤＦでは、技術戦略プランを通して継続的に福島第一原子力発電所の廃炉に係るリスクの状況を提示することに加え、2.2.2.1 に示した廃炉作業の進捗に伴うリスク低減プロセスを提示する検討を進めている。東京電力においても、サイト全体のリスクを把握する仕組みを整備するとともに、リスク低減の状況について東京電力自ら社会への発信を意識した対応が求められる。

3. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略

3.1 燃料デブリ取り出し

3.1.1 目標

周到な準備をした上で燃料デブリを安全に回収し、これを適切な保管容器及び保管施設において十分に管理された安定保管の状態に持ち込む。そのために、

- ２号機での燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査を推進し、引き続き、「段階的な取り出し規模の拡大」等の一連の作業を進める。
- ＲＰＶ／ＰＣＶの内部調査及び原子炉建屋内外の環境整備を進める。
- 「取り出し規模の更なる拡大」について、２号機の燃料デブリ取り出し、内部調査、研究開発、環境整備等で得られる情報、経験等を活用すると共に、準備・取り出し・収納・移送・保管方法を決定する。

3.1.2 進捗

燃料デブリ取り出しに関わる各号機の取組状況について以下に示す。

また、各号機の燃料デブリ分布の推定、アクセスルート及び周囲の構造物の状況を図 3.1-1 に示す。

a. １号機

Ｓ／Ｃの耐震性を向上するため、2024 年３月より原子炉注水量低減によるＰＣＶ水位低下作業を実施し、Ｄ／W側の水位は概ね床面まで低下している。Ｓ／Ｃ側の水位の低下も確認しており、今後も監視を継続し、Ｓ／Ｃ水位低下の計画に反映していく。

ＰＣＶ水位低下により、一部の堆積物については気中に露出したものと推定している。このようにＰＣＶ内の環境が変化している可能性があったため、今後の調査に向け、ＰＣＶ内部の環境を調査する目的で 2024 年９月（夏季）、2025 年２月（冬季）に X-２ペネ（ＰＣＶ貫通部ペネトレーション。以下「ペネ」という。）周辺のＰＣＶ内部環境調査を実施した。ＰＣＶ内の靄の量については、ＰＣＶ水位低下前後で著しい差はないが、夏季・冬季では冬季の方が多いと推測された。本調査で取得した線量率、温度、映像データ及び X-２ペネ周辺のレーザースキャンデータを、今後の調査装置の設計やモックアップ試験・訓練の環境設定に反映する。

原子炉建屋の線量低減のため、高線量になっている原子炉補機冷却系（ＲＣW系）の熱交換器を対象に、内包水抜取作業の準備を進めている。入口ヘッダ配管内調査の結果、高濃度の水素ガスを確認したため、窒素ガス封入によるガスパージ作業により、水素ガス濃度を可燃限界以下に低減させた。また、出口ヘッダ配管でも高濃度の水素ガスを確認したため、2025 年５月までに、同様にガスパージ作業を実施した。今後は、熱交換器の内包水抜取作業について検討する予定である。

b. ２号機

東京電力は、「試験的取り出し」の一連の作業を図 3.1-2 に示すように段階的に進めてきている。燃料デブリの採取を早期かつ確実に行うため、テレスコ式装置を用い、2024 年 11 月７日に１回目の採取作業を、2025 年４月 23 日にサンプル数を増やして知見を拡充するための２回目の採取作業も完了した（図 3.1-3）。この作業は、規模は小さいながらも、ＰＣＶの既存 X-６ペネのハッチを開放して、ＰＣＶ外側に閉じ込め障壁を拡張するという現場構成が、今後の取り出し作業の基本的な形として成立することを確認し、今後の「段階的な取り出し規模の拡大」だけでなく、３号機における「取り出し規模の更なる拡大」においても活用される知見となる。

今後、ロボットアームによる燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査を実施する計画で準備を進めている。

ロボットアームについては、ＪＡＥＡ楢葉遠隔技術開発センターにおいて、実機模擬環境における検証試験（以下「モックアップ試験」という。）を実施しており、エンクロージャ（機械類を格納する筐体）内へロボットアームを組み込んだ状態での確認試験（組合せワンスルー試験）を完了し、一連の作業の成立性を確認した（図 3.1-4）。その後、搭載カメラ変更に伴う検証を追加したことから、内部調査の着手時期は 2026 年度となる見込みである。

「段階的な取り出し規模の拡大」については、「試験的取り出し」装置の検証段階で判明した改善点等も踏まえ、可搬重量の増加やアクセス性を向上する等の改良を行う必要があるため、ロボットアームとエンクロージャ等について、性能に関わる要求事項や設計・据付時の要求事項を明確化して設計検討を進めている。取り出した燃料デブリは、エンクロージャ内で燃料デブリ取り出し容器及び構内輸送容器に収納された後、第一保管施設（受入・払出セル及び保管設備等）まで構内移送され、保管される。また、分析のために受入・払出セルで燃料デブリの一部分を採取し、ＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第２棟や茨城県にある分析施設に移送する計画である。現在、第一保管施設の基本設計が終了して詳細設計を実施中である（図 3.1-5）。

初めてとなるＲＰＶ内部調査については、既設の計装配管内に小径の耐放射線ファイバースコープを挿入してＲＰＶ内部（シュラウドの外側）を調査する計画で準備を進めている。

「試験的取り出し」により２つの燃料デブリサンプルが採取され、ＪＡＥＡ大洗原子力工学研究所等の構外の分析施設へ輸送され、分析が開始されている。１回目に採取した燃料デブリサンプルの大きさは約９mm×７mm、質量は 0.693g、線量率は約８mSv/h（γ線：ポリプロピレン製容器に収納状態、試料から１～２cm の距離）であった[1]。図 3.1-6 及び図 3.1-7 にサンプルの外観観察及び元素マッピングの結果を示す[2]。元素マッピングの結果からウランを含んでいることがわかるが、その分布状態は観察位置によって異なっており一様には分布していない。鉄等の他の元素においても分布状況は一様ではないことがわかる。図 3.1-8 に化学組成分析の結果を示す。分析に用いた部位によってウラン濃度が異なり、30～45mass%[3]であった。

---

[1] 日本原子力研究開発機構．「燃料デブリサンプルの非破壊分析結果（資料３―３）」，廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 133 回）. 2024 年 12 月 26 日.

[2] 日本原子力研究開発機構．「燃料デブリサンプルの非破壊分析結果(続報)と分取結果について（資料３－３）」，廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 134 回）. 2025 年１月 30 日.

[3] 日本原子力研究開発機構，東京電力ホールディングス(株)．「燃料デブリサンプル（１回目）の分析結果について（資料３－３）」，廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 140 回）. 2025 年７月 31 日

他の物質と溶融・混合したため、健全なウラン燃料ペレットと比較し低い値を示している。U-235 の同位体比（U-235/全ウラン）分析の結果は、約 1.9at%（約 1.9mass%）であり、事故時の２号機の解析値である炉心平均のウラン同位体比（U-235/全ウラン）である約 1.9mass%[4、5]と近い値であった。この要因については、今後の分析も含め検討していく必要がある。特徴の一つとして、Cs-137 の濃度が炉心平均の使用済燃料の値と比較して 1/1000 程度と低いことがあげられる。セシウムは揮発性・水溶性が高く、燃料溶融時に揮発、あるいはその後の注水により水中へ溶出したものと考えられる。

２回目に採取した燃料デブリサンプルの外観を図 3.1-9 に示す[6]。２回目に採取した燃料デブリサンプルの大きさは約５mm×４mm、質量は 0.187g、線量率は約 0.3mSv/h（γ線：ポリプロピレン製容器に収納状態、試料から１～２cm の距離）であった。表面の元素分析から、ウラン（Ｕ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、鉄（Ｆｅ）、クロム（Ｃｒ）、ニッケル（Ｎｉ）及び酸素（Ｏ）の６元素が検出されている [5]。表 3.1-1 に２回目と１回目の燃料デブリサンプルの非破壊分析の比較を示す。「試験的取り出し」で採取した燃料デブリサンプルの分析を継続して実施しており、最終的な分析結果は今後示すことになる。なお、今回の分析でも見られたように、燃料デブリの元素や組織は、一様・均質に分布しておらず、採取した小片により異なっている。そのため、分析結果は一つの例を示すものであり、燃料デブリ全体を代表するものではない。今後の燃料デブリ取り出しの進捗とともに分析を継続し、データを蓄積することが重要である。

c. ３号機

東京電力は、３号機を先行して、「取り出し規模の更なる拡大」における燃料デブリ取り出し工法[7]の概念検討を進めてきた。2023 年２月より、ＮＤＦの廃炉等技術委員会の議決を経て、同委員会の下に、「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」を設置し、安全を大前提に各工法の技術成立性等を総合的に検討・評価することとした。小委員会は 12 回の審議を経て 2024 年３月に工法選定に関する提言等をまとめた報告書[8]を作成した。これを受けて、東京電力は 2024 年度より本報告書の内容に沿って設計検討を実施し、工法等を設定した上で、一定の想定の下、

---

[4] 西原健司，岩元大輔，須山賢也．「福島第一原子力発電所の燃料組成評価」. JAEA-Data/Code 2012-018，日本原子力研究開発機構, 2012.

[5] 日本原子力研究開発機構，東京電力ホールディングス(株). 「燃料デブリサンプル（２回目）の非破壊分析結果（継続）と分取結果について（資料３－３）」，廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 141 回）. 2025 年８月 28 日.

[6] 日本原子力研究開発機構，東京電力ホールディングス(株). 「燃料デブリサンプル（２回目）の非破壊分析結果について（速報）（資料３－３）」，廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 138 回）. 2025 年５月 25 日.

[7] 本節で使用する「取り出し工法」（又は、「工法」）及び「取り出しシナリオ」の言葉の使い分けは以下のとおり。

「取り出し工法」／「工法」: 燃料デブリ取り出しにおける環境や設備の構成・施工方法、取り出し方法、保守方法などを示す。なお、燃料デブリ取り出しの準備から完了までの全体を指す場合（例えば、気中工法、冠水工法など）と一部分を指す場合（例えば、上／横アクセス工法、吸引回収工法など）がある。また、一部分の工法は更に細分化される場合や複数の選択肢がある場合もあり得る。

「取り出しシナリオ」: 一部分の工法の組み合せ方、順序、時期、分岐の有無等を検討し、燃料デブリ取り出しの準備から完了までの道筋を示す。

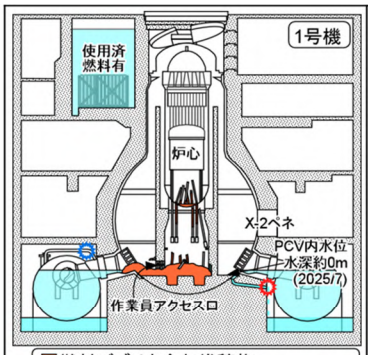
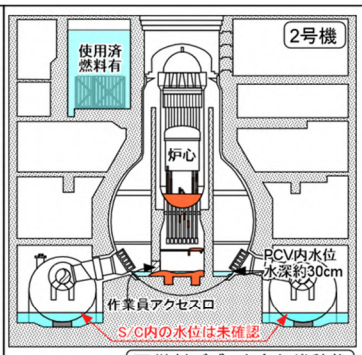
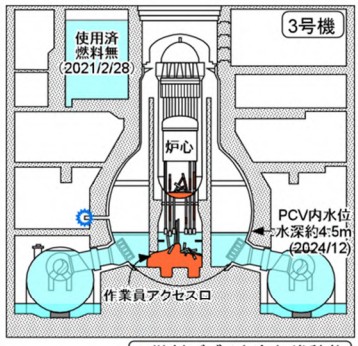
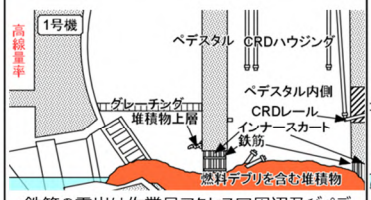
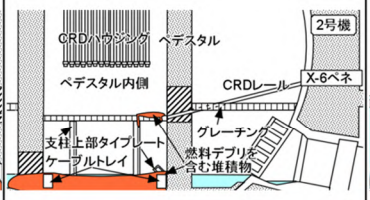
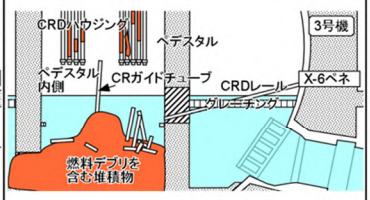
[8] 原子力損害賠償・廃炉等支援機構　燃料デブリ取り出し工法評価小委員会. 「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」報告書. 令和６年３月７日.

本格的な取り出し開始までの準備に係る作業内容とその工程（準備工程）等を取りまとめた。（詳細は 3.1.3.4 項を参照）

ペデスタル外側のＰＣＶ内部の状態を確認するために、過去に使用実績のある X-53 ペネからマイクロドローンをＰＣＶ内に入れて映像を得る気中部調査を今年度中に実施する計画で準備を進めている。加えて、ＴＩＰ室から X-35 ペネを経てＰＣＶ内に入っているＴＩＰ案内管を活用したファイバースコープによる作業員アクセス口付近のペデスタル外側における燃料デブリの流出状態の調査についても検討を進めている。

今後のＰＣＶ内部調査や燃料デブリ取り出しにおけるアクセスルートとしての活用検討のため、X-６ペネ前室を調査した。遮へい体を穿孔し調査装置を挿入してカメラによる映像確認、線量測定等を実施した結果、2 号機と比較して、フランジ面に溶融物の付着は確認されず、ＰＣＶからの漏えい痕は確認されなかった。また、空間線量率は１桁程度低く（最大 124mSv/h）、線源のほとんどはＰＣＶ内部からのものと推測された。また、制御棒駆動系水圧制御ユニット（ＨＣＵ）の線量低減方法の検討及び事故調査のため、内包水をサンプリング・分析した。通常時（事故前）は満水の系統であるが、採取された内包水は少量（約 10～50mL）であった。分析の結果は Cs-137 濃度が 10 乗[Bq/L]オーダー、H-3 濃度が７乗[Bq/L]オーダーであり、過去に実施した１号機ＲＣW熱交換器内包水の分析結果と同程度の濃度であることがわかった。

ＰＣＶ内部調査やＳ／Ｃの耐震性を向上するために、ＰＣＶ水位を低下させる計画である。現状は、Ｓ／Ｃ内に確認された滞留水素のパージ作業を進めており、その後、ＰＣＶ水位の低下を開始する計画である。

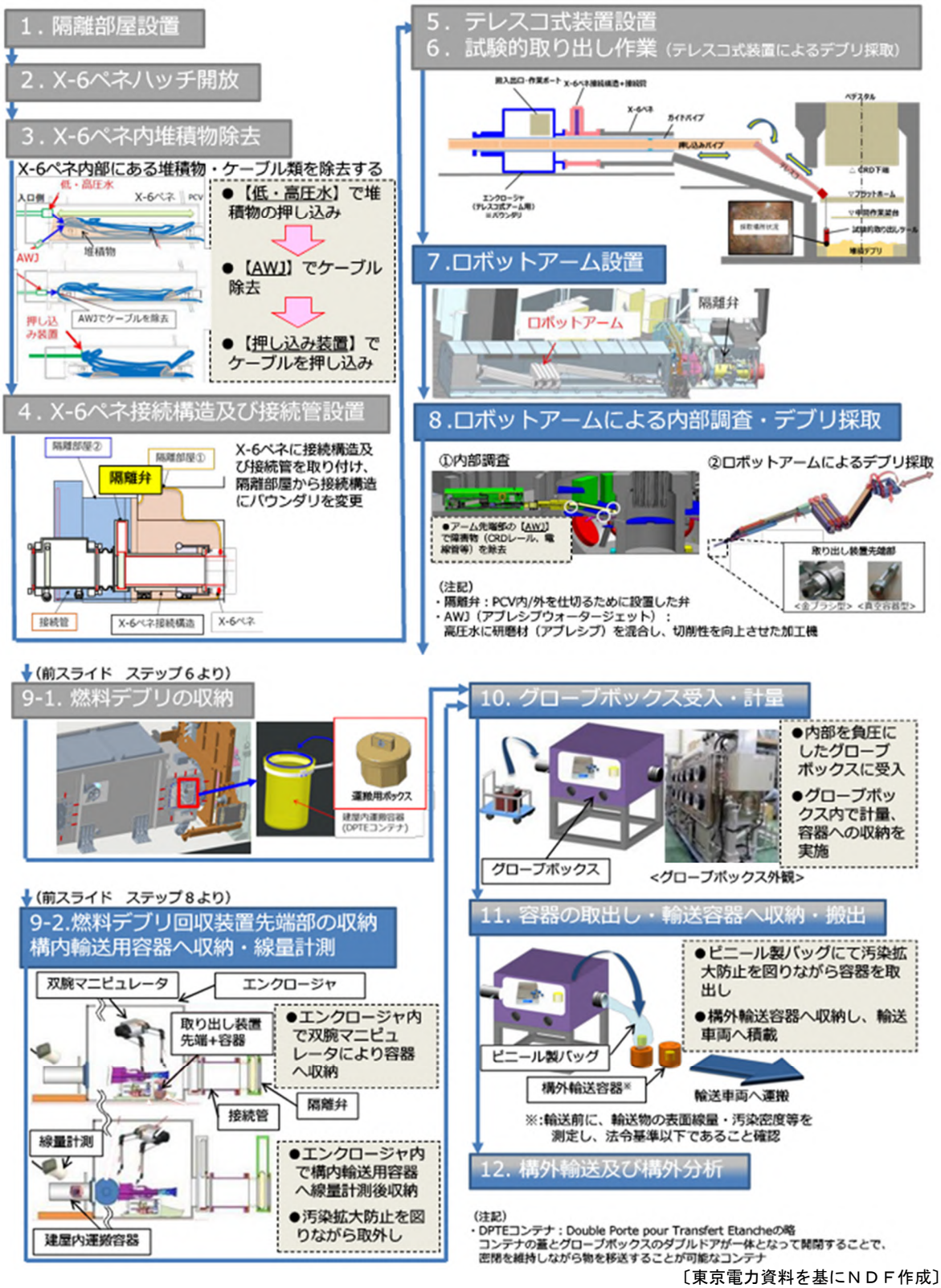
	1号機	2号機	3号機
	 ■燃料デブリを含む堆積物 ○漏水箇所(目視確認) ○過去の漏水箇所	 ■燃料デブリを含む堆積物	 ■燃料デブリを含む堆積物 ○過去の漏水箇所
炉心部	・炉心部にはほぼ燃料デブリなし。	・炉心部にはほぼ燃料デブリなし (外周部に切り株状燃料の残存の可能性あり)。	・炉心部にはほぼ燃料デブリなし。
RPV底部	・RPV底部に少量の燃料デブリが存在。 ・CRDハウジング内部及び外表面などに少量の燃料デブリが存在。	・RPV底部に多くの燃料デブリが存在。 ・CRDハウジング内部及び外表面などに少量の燃料デブリが存在。	・RPV底部に一部の燃料デブリが存在。 ・CRDハウジング内部及び外表面などに少量の燃料デブリが存在。
PCV底部 (ペデスタル内側)	・ペデスタル内側床面に大部分の燃料デブリが存在。	・ペデスタル内側床面に一定量の燃料デブリが存在。	・ペデスタル内側床面に2号機と比較して多くの燃料デブリが存在。
PCV底部 (ペデスタル外側)	・作業員アクセス口を通してペデスタル外側に燃料デブリが拡がった可能性あり(堆積物を確認)。	・作業員アクセス口を通してペデスタル外側に燃料デブリが拡がった可能性は小さい。	・作業員アクセス口を通してペデスタル外側に燃料デブリが拡がった可能性あり。
作業現場の線量※	・。R/B１階の線量は全体的に１～５mSv/h程度であるが、X-6ペネ周りの線量が高い（145mSv/h）。	・R/B１階の線量は全体的に2～５mSv/h程度まで低減している。。	・R/B１階の線量は数～数十mSv/h以上であり、線量が高い。
	   ・鉄筋の露出は作業員アクセス口周辺及びペデスタル内側表面で確認。		
燃料デブリへのアクセスルートに関する情報※2	・グレーチング上側から、ペデスタル外側のドライウェル底部へのアクセス可能。 ・X-6ペネからペデスタル内につながるCRDレール上に脱落したCRDハウジングが落下。	・CRDレール上やペデスタル開口部付近には大きな障害物なし。 ・ペデスタル開口部からペデスタル内側底部へのアクセスが可能であることを確認。	・ペデスタル開口部からペデスタル内側底部へのアクセスが可能であることを確認
周囲の構造物の状況に関する情報	・作業員アクセス口部において、内部の鉄筋、インナースカートが露出し、RCW系配管が欠損。 ・ペデスタル外側の作業員アクセス口周辺で厚さ約1mの堆積物を確認(但し、堆積物内部の状態(空洞の存在等)については評価できていない)。 ・グレーチング上側のペデスタル外側壁面に大きな損傷なし。 ・ペデスタル外側の堆積物から中性子線とEu-154のガンマ線を検出。	・ペデスタル内底部に燃料集合体の一部が落下していたが、調査した範囲では、CRDハウジングサポートには大きな損傷はなし。 ・ペデスタル内側壁面及びペデスタル内の既設構造物(CRD交換機等)には大きな損傷なし。	・ペデスタル内において複数の構造物の損傷や落下物(一部は炉内構造物と推定可能)、CRDハウジングサポートの一部脱落、変形を確認。 ・ペデスタル内側壁面に大きな損傷なし。

〔東京電力資料等を基にＮＤＦ作成〕

※１東京電力提供資料

※２横アクセスによる燃料デブリ取り出しのための有力なアクセスルートと考えられる、X-6ペネからペデスタル内側へ至るルートに、落下物等による支障がないかを判断するための情報として、これまでの内部調査で確認された内容を記載。
PCV内の燃料デブリ取り出しのアクセスルートについては、機器ハッチ等からのアクセスルートを廃炉・汚染水対策事業で検討中。
1号機のX-6ペネの周りは高線量率であるため、作業環境整備が困難な場合は、機器ハッチをアクセスルートとする可能性がある。

図 3.1-1　１～３号機の燃料デブリ分布の推定、アクセスルート及び周囲の構造物の状況



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

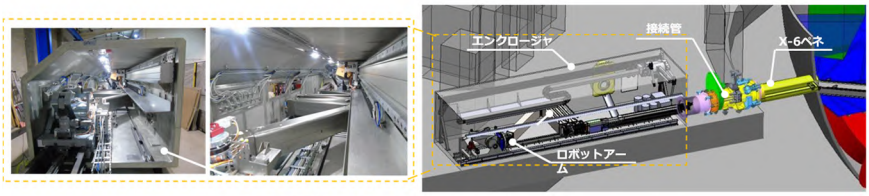
作業タイトル色のグレーは実施済み、ブルーは今後の計画、グレー／ブルーはテレスコ式装置で実施済み／ロボットアームの今後の計画を表している。

図 3.1-2 燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査の作業ステップ

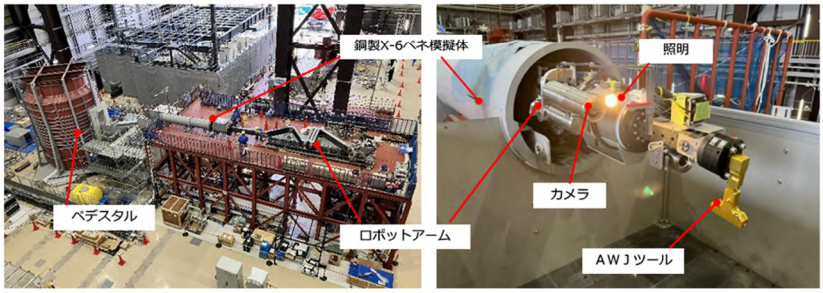


燃料デブリを先端治具で把持した状況（2024 年 10 月 30 日）〔資料：東京電力〕

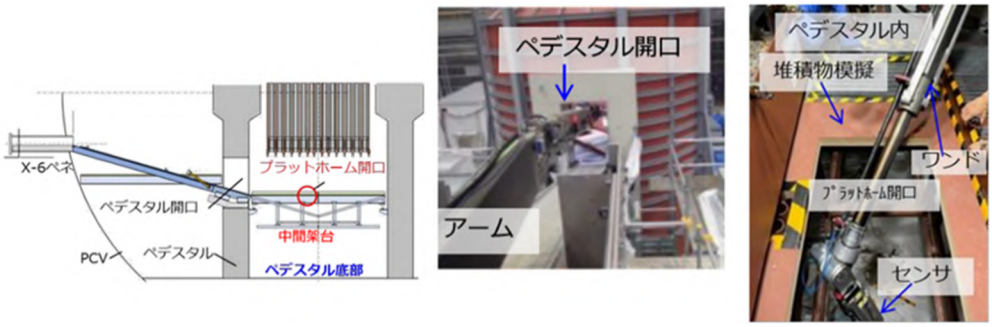
図 3.1-3 テレスコ式装置による燃料デブリ把持状況

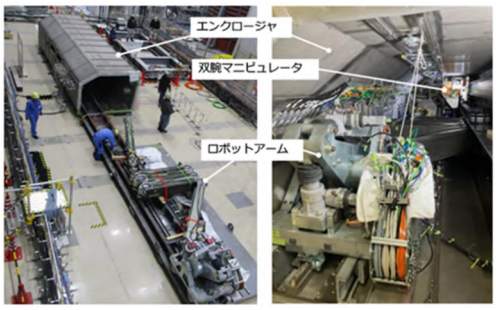


写真：ロボットアーム、エンクロージャ



写真：ロボットアームのX-6ペネ通過性確認試験の状況（楢葉遠隔技術開発センター（JAEA)試験設備）

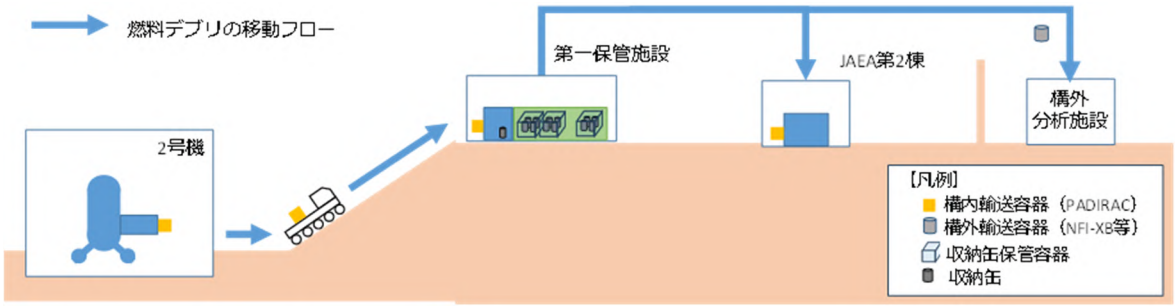




エンクロージャへのロボットアーム組み込み状況

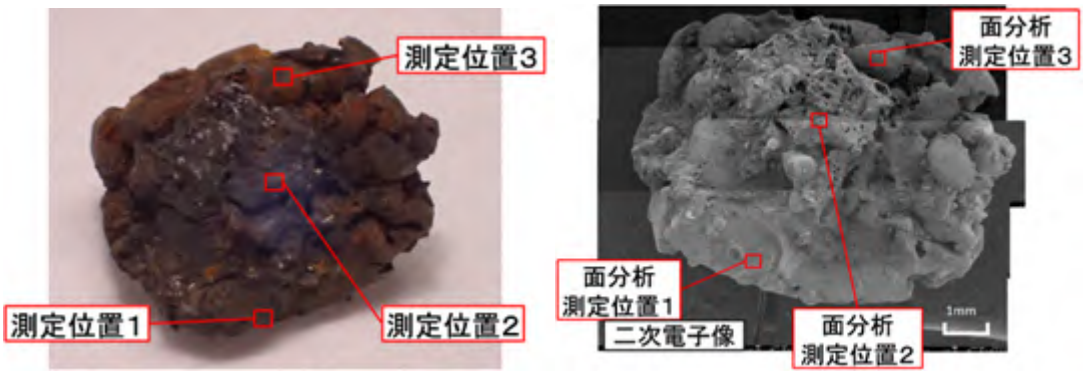
〔東京電力、ＩＲＩＤ資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.1-4 燃料デブリ取り出し設備のイメージ（「試験的取り出し」及び「段階的な取り出し規模の拡大」）



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

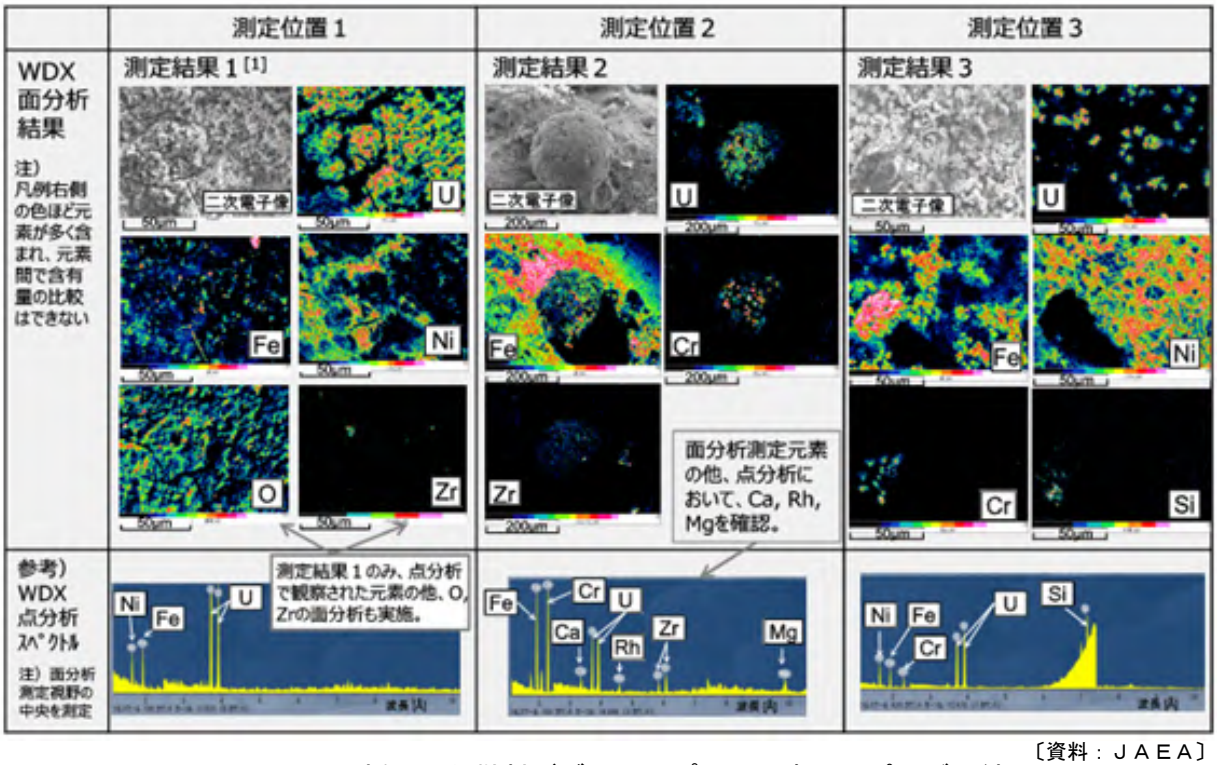
図 3.1-5 燃料デブリ取り出しから保管までのイメージ（「段階的な取り出し規模の拡大」）



外観写真　　走査型電子顕微鏡による観察結果

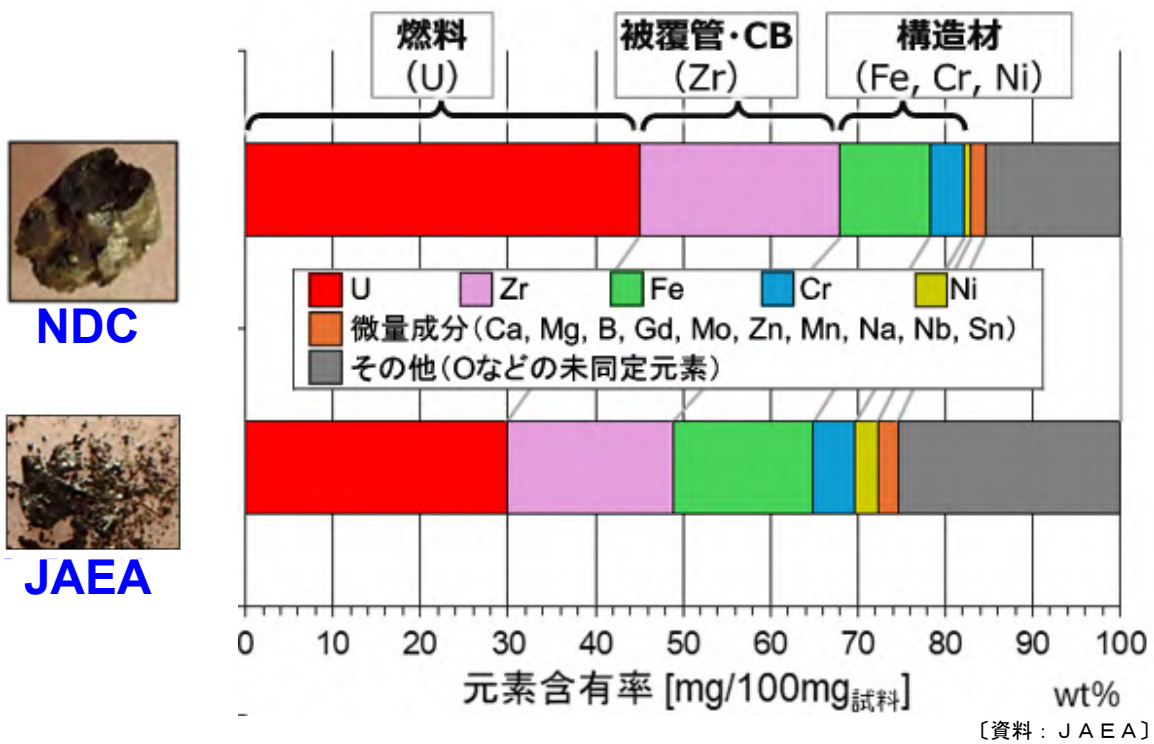
〔資料：ＪＡＥＡ〕

図 3.1-6　１回目に採取した燃料デブリサンプルの外観



〔資料：ＪＡＥＡ〕

図 3.1-7　１回目に採取した燃料デブリサンプルの元素マッピングの結果



〔資料：ＪＡＥＡ〕

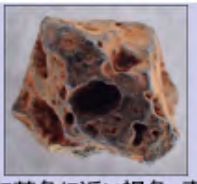
図 3.1-8　１回目に採取した燃料デブリサンプルの化学組成分析の結果



〔資料：ＪＡＥＡ〕

図 3.1-9　２回目に採取した燃料デブリサンプルの外観

表 3.1-1　２回目と１回目において採取した燃料デブリサンプルの非破壊分析の比較

項目	2回目サンプル	(参考)1回目サンプル	備考
外観	 全体的に茶色に近い褐色・表面の一部が黒色、空孔	 全体的に赤褐色・表面の一部が黒色、光沢領域	色味の違いは鉄の酸化状態等の可能性もあり、詳細分析で確認予定
重量	0.187g (サンプル総重量)	0.693g	–
大きさ	約5mm×約4mm	約9mm×約7mm	–
線量率	約0.3mSv/h (γ線)	約8mSv/h (γ線)	–
γスペクトル	^{241}Am、$^{154, 155}$Eu、^{125}Sb、^{137}Cs、^{60}Coを検出	^{241}Am、$^{154, 155}$Eu、^{125}Sb、^{137}Cs、^{60}Coを検出	同様の結果
X線CT	CT値は不均一 空隙と推定される密度低が分布 体積：約0.026cm^3	CT値は不均一 空隙と推定される密度低が分布 体積：約0.1cm^3	同様の結果
表面観察 SEM-WDX	U、Zr、Fe、Cr、Ni、Oを検出 Si、Ca、Al等は未検出	U、Zr、Fe、Cr、Ni、Oに加え、 Si、Ca、Al等を検出	2回目は均質の傾向
分取状況	人力でステンレス棒で破砕	人力でステンレス棒で破砕	–
詳細分析	今後、4機関で実施予定	5機関で実施中	–

〔資料：ＪＡＥＡ〕

3.1.3 主要な課題と技術戦略

燃料デブリ取り出しに係る設計や計画に対しては、今後得られる知見（内部調査、研究開発成果等）や2号機の「試験的取り出し」を通して得られる情報、経験等をその後の「段階的な取り出し規模の拡大」及び「取り出し規模の更なる拡大」の検討に的確に反映することが課題である。

この項では以下の流れで記載する。

- 3.1.3.1：各号機の燃料デブリ取り出し戦略
- 3.1.3.2：「試験的取り出し」（内部調査及び燃料デブリ採取）
- 3.1.3.3：「段階的な取り出し規模の拡大」
- 3.1.3.4：「取り出し規模の更なる拡大」
- 3.1.3.5：事故分析活動の状況
- 3.1.3.6：研究開発の状況

3.1.3.1 各号機の燃料デブリ取り出し戦略

以下に各号機共通及び各号機の戦略を示す。これらの戦略のうち、特に重要と考える項目を四角枠 で囲んで明記した。

(1) 各号機に共通の戦略

- 各号機共直接的な映像情報が得られていないエリアが多く、更なる内部調査を推進し、種々の情報を得ることが重要であり、「取り出し規模の更なる拡大」を想定した場合、どのエリアを優先して調査すべきかを明確にするため、新しく開発される調査技術も取り込み今後の内部調査計画を策定・更新しつつ進めていく。中でもドローンが非常にアクセス性の良い有用な調査ツールであることが実証できたため、水中ＲＯＶ含め更に活用していく。エンジニアリングの後戻りを避けるため、及び選択する工法の確実性を高めるためにも、これらの内部調査で取得した情報を基に燃料デブリ取り出し戦略の方向性を確認していくべきである。

- これまで経験してきた現場トラブルについて、原因分析・究明を実施した上で、組織、体制等も含めて改善することが課題であり、再発防止策を次の作業に反映していく。また、これらの経験を基に、想定されるリスクを排除できる工法を策定し、排除できないリスクはそのリスクが発生した際の対応策をあらかじめ準備しておくべきである。
- 燃料デブリ取り出しは、高線量下という厳しい環境での作業となる。様々な状況下で遠隔操作装置を使用することになるが、作業員による現場作業も少なからず発生する。また、遠隔操作装置の保全や故障時の復旧も考慮する必要がある。このような取り出しの準備から完了までに至る全体工事シーケンス及び必要な投入リソース・物量（廃棄物）を含めた各プロセスを考慮した工法検討が課題である。
- 現場状況が全て特定できなくても取り出しが成立する工法、地震等の外部事象に影響されにくい工法（ロバストな工法）を施設・設備の損傷状況等の現場状況を踏まえつつ検討すべきである。
- 高線量下の作業が必要となることから、以下の取組を引き続き進めるべきである。
  - ✓ 作業員全体の被ばく低減（除染・遮へいなどによる環境改善を含む。）
  - ✓ 作業員被ばくの特定の個人への偏り防止
  - ✓ 長期的視点での人的資源の確保
  - ✓ 作業計画、被ばく管理を効率化できる被ばく評価システムの整備
  - ✓ 模擬環境設備を用いた作業員の習熟訓練の実施
- 今後は各号機の内部調査等により知見を拡充させていくとともに、事故時の考察を進めていくべきである。１号機においては、堆積物がペデスタル外へ流出したことが確認されており、他号機も含め、ペデスタル内外の堆積物の取り出し方法、Ｓ／Ｃへの堆積物の流入可能性等の検討を行い、燃料デブリ取り出し工法へ反映していくべきである。

(2) １号機

「取り出し規模の更なる拡大」に向け、以下を考慮して計画を進めるべきである。

- 研究開発とその成果を現場適用するためのエンジニアリングを推進し、２号機の「試験的取り出し」、「段階的な取り出し規模の拡大」を通じて得られる知見を装置設計や取り出し

手順、安全評価等へ反映する。また、先行する３号機における工法検討結果等も反映していく。

- これまでのミュオンを用いた調査・解析等により、炉心部にはほぼ燃料デブリはないと評価されている。また、これまでにＰＣＶ内部調査は行われているが、ＲＰＶ内の調査は未実施である。これらの状況を踏まえ、更にＲＰＶ・ＰＣＶ内部の情報を得ることが課題であり、そこで得られる情報を考慮する。

- ＰＣＶ内部調査（水中ＲＯＶ及びドローン調査）の結果、以下の事項等が分かっており、これらを考慮する。
  - ✓ ペデスタル外には幅広い範囲に堆積物が分布している。
  - ✓ ペデスタル内底部にほぼ一様な高さの堆積物とＣＲＤハウジング等上部の構造物の一部が存在している。
  - ✓ 脱落したＣＲＤハウジング（複数のＣＲＤ関連機器を含む）がペデスタル内側からＣＲＤ交換用開口部の一部を塞いでいる。
  - ✓ ペデスタル開口（作業員アクセスロ）部付近やペデスタル内壁面ではほぼ全周にわたり下部のコンクリートが消失している。一方、上部のコンクリートについては、ペデスタル内壁面で大きな損傷は確認されていない。

- 以下の他号機との差異も適切に考慮する。
  - ✓ ２、３号機と比較してＲＰＶやＰＣＶのサイズが小さく、設備の配置も異なっている。
  - ✓ これまでの調査の結果から、ペデスタル内外の堆積物分布は２、３号機と異なっている。

(3) ２号機

- 現在、「試験的取り出し」を進めており、その後、「段階的な取り出し規模の拡大」を実施していく計画である。

- 「段階的な取り出し規模の拡大」に向け、「試験的取り出し」を通じて得られる知見の活用が課題である。この知見を踏まえ、燃料デブリ取り出しに必要となる以下設備の設計・製作・設置を進めるべきである。
  - ✓ 燃料デブリ取り出し設備・付帯システム（閉じ込め、燃料デブリ冷却、臨界管理等）
  - ✓ 燃料デブリ保管施設（第一保管施設）
  - ✓ 取り出し設備のメンテナンス設備
- これまでに実施されたＰＣＶ内部（ペデスタル内）の調査及びミュオンを用いた調査・解析等では、ＲＰＶ底部に多くの燃料デブリが存在すると考えられており、また炉心部にも燃料が一部存在している可能性が指摘されている。さらに、ＰＣＶ底部に落下した燃料デブリはペデスタル外へ広がった可能性は低いとされている。なお、ＲＰＶ内部とペデスタル外の調査は未実施である。これらの状況を踏まえ、更にＲＰＶ・ＰＣＶ内部の情報を得ることが課題である。

- 「取り出し規模の更なる拡大」に向けては、２号機の取り出しを通じて得られる知見の活用が課題である。ただし、横アクセス工法にて実施するこの取り出しでは、全ての燃料デブリを取り出す計画ではないため、得られた知見、先行する３号機における工法検討結果等も踏まえ、取り出し方法を検討すべきである。

(4) ３号機

- プール燃料の取り出しが完了し他の作業との干渉が少ないこと及び原子炉建屋の環境改善が１号機より早く進められることを勘案し、他の号機に先行して「取り出し規模の更なる拡大」に向けた工法の検討及び実機への適用を進める。
- これまでにＰＣＶ内部（ペデスタル内）の調査が実施され、ＣＲＤハウジングサポートの一部脱落、変形している状況や、ペデスタル内下部には、炉内構造物と推定されるものを含む複数の構造物が落下している状況が確認されており、また、燃料デブリと推定される堆積物も確認されている。さらに、ミュオン調査・解析等から２号機よりも多くの燃料デブリがペデスタル内に落下し、作業員アクセスロからペデスタル外へ広がった可能性が推定されている。なお、ＲＰＶ内部とペデスタル外の調査は未実施である。これらの状況を踏まえ、更にＲＰＶ・ＰＣＶ内部の情報を得ることが課題である。

3.1.3.2 燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査

２号機での「試験的取り出し」は、ＰＣＶの外からペデスタル内部までアクセスして、更なる内部調査を行い、併せて微量の燃料デブリを採取することを目的としている。

この作業では、従来の閉じ込め障壁の位置がX-６ペネのハッチであったものから、X-６ペネハッチ開放作業時に設置する隔離部屋（ロボット搬入部屋等から構成）や新たに設置するエンクロージャ（テレスコ式装置あるいはロボットアーム等を内蔵）に拡張したことになる。これは、規模は小さいながらも、ＰＣＶの既設X-６ペネのハッチを解放して、ＰＣＶ外側に閉じ込め障壁を拡張するという今後の取り出し作業の基本的な現場構成の形であり、テレスコ式装置による「試験的取り出し」作業で実現可能であることが確認できたことは大きな成果である。

テレスコ式装置による「試験的取り出し」作業の１回目においては、押し込みパイプの接続順番が異なっていたことや、先端治具のカメラ映像が得られなくなった事象により作業を中断することとなったが、原因を検討し、対策を行い無事完了することができた。

前者の事象では、パイプ運搬といった運搬・開梱等の一般的な準備作業等においては、東京電力による現場作業の確認が行われていなかったことに加えて、高線量環境下の作業制約を考慮した現場視点の不足や模擬環境での作業訓練不足が原因として挙げられた。このため、押し込みパイプ番号識別方法の改善や作業工程全般の再確認・検証、摸擬環境での作業訓練による確認・検証等を確実に行った上で、東京電力社員が現場作業を直接確認しながら作業を実施することで「試験的取り出し」を無事に完了することができた。高線量環境下での作業不具合は、過去の隔離部屋での不具合対応同様に、作業員被ばくを増大させ、作業員リソース不足にもつながる重大な問題となるため、事前の検討・準備において、発生する可能性のある事象を幅広く抽出して、発生頻度を極力下げる対策、万一発生した際の対処方法を十分検討しておくことが重要である。

また、後者の耐放射性カメラの映像異常事象については、高い放射線に起因して発生した電荷によるカメラ内基板への影響が原因であると推定された。高線量下ではこういった不測の事態が起こり得ることも念頭に、今後は現場作業での使用方法を加味した試験データ等による検証が不可欠であることがわかった。

前者及び後者の事象を通して得られた経験、知見等を今後の現場作業への教訓として反映すべきである。なお、２回目の燃料デブリ取り出し作業については、１回目の作業経験を踏まえた装置の改良や作業員の習熟訓練等を行うことで、計画どおりに完了することができた。

燃料デブリの取り出しは福島第一原子力発電所で初めてとなったことから、検討から取り出し作業までのプロセスで得られた経験や取り出したサンプルの分析により得られた情報は今後の廃炉の取組の中で活用される。

今後、ロボットアームによる燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査を実施する計画を進めている。ＪＡＥＡ楢葉遠隔技術開発センターにおけるモックアップ試験で一連の作業の最終確認を行っており、実作業を模擬した手順、オペレータの操作性、装置の信頼性を踏まえて、実際の現場適用性について確認している。また、テレスコ式装置カメラ映像異常の水平展開として、ロボットアーム搭載カメラの照射試験を実施したところ、現場環境よりも厳しい条件下での照射試験及び実際の現場環境に合わせた条件の照射試験においてメーカ仕様通りの耐放射線性を確認できないものがあった。加えて、同カメラの予備機を入手できない状況であるため、当該カメラのうち、運用上重要なものについては、テレスコ式装置で使用実績のあるカメラへ変更することとした。このため、今後、搭載カメラ変更に伴う視認性確認やマニピュレータでの交換作業の検証を追加することから、ロボットアームによる燃料デブリの「試験的取り出し」を含む内部調査作業の着手時期は 2026 年度となる見込みである。

不確かな現場へのロボットアームの適用に向けて、様々な状態での機能を検証すること及び万一の際に装置を確実に救出できることが課題である。そのため、現場を模擬したモックアップ試験等で要求機能を満足していることを確実に確認し、抽出されたリスクを確実に潰していく取組などの必要な準備を整え、さらに、モックアップ試験では、事故を経た現在の状態等を模擬していない部分があることを認識し、実機適用時の必要な方策を十分に準備すべきである。

ＰＣＶ内部状況の不確かさゆえに、実際の現場の状況次第では、追加作業や作業のやり直し等が発生し、計画した作業どおりに行かない可能性を想定し、安全かつ慎重に作業を進めるべきである。また、一つ一つの作業は未経験の作業であるため、これらの作業を通して得られる貴重な情報、経験等を、他号機を含む後続の取り出し作業に的確に生かしていくべきである。加えて、トラブル時の対応やその体制についても事前に検討しておくことで速やかに対処できるようにしておくことも重要である。

3.1.3.3 「段階的な取り出し規模の拡大」

「段階的な取り出し規模の拡大」については、「取り出し規模の更なる拡大」が開始されるまでの期間において、取り出し装置の検証、取り出し作業中の環境影響のデータ取得、取り出し量の増加、より多くのサンプルからの燃料デブリ組成や性状等のデータ取得、作業員の取り出し経験の蓄積などの主な目的が達成できるように、「試験的取り出し」での経験・課題等も踏まえて準備を進める必要がある。

(1) 取り出し用装置について

「段階的な取り出し規模の拡大」に適用する取り出し用の装置（ロボットアーム等）は、「試験的取り出し」装置の検証段階で判明した改善点等も踏まえ、可搬重量の増加やアクセス性を向上する等の改良を行う。取り出し範囲については、実績を積みながら、ステップ・バイ・ステップで範囲を拡大していく計画である。把持・吸引できる燃料デブリから取り出しを開始し、切削を伴う燃料デブリ取り出しに拡大していく。あわせて、プラットフォームの梁切断の可否や切断範囲を検討していく計画である。内部にロボットアーム等を内蔵するエンクロージャについては、ＰＣＶ内部から燃料デブリをエンクロージャ内に持ち込むため、遮へい、水素対策や汚染拡大防止の対策、燃料デブリをエンクロージャ外へ持ち出すための方法、閉じ込め障壁や動的機器の機能維持の確認及び遠隔メンテナンス方法が検討されている。

以下に主な技術課題と対応策について述べる。

- 燃料デブリを持ち込むエンクロージャの閉じ込め性の確保

取り出し作業は、ＰＣＶ内から取り出した燃料デブリをエンクロージャへ持ち込み、ユニット缶[9]に収納し、構内移送のためエンクロージャ外へ搬出するという作業を繰り返し行うことになる。このため、エンクロージャ内が徐々に汚染するため、閉じ込め性の確保が課題である。

こうした作業は、ロボットアームの出し入れに合わせて、エンクロージャ内の圧力をコントロールしながら実施する。このため、エンクロージャの耐久性を含めた気密性能や動作の信頼性を確認するため、事前のモックアップ試験、装置設置後の試験、その後の異常監視が課題である。

- マニピュレータの信頼性確保

エンクロージャ内に設置されるマニピュレータは、エンクロージャ内で様々な作業・保守を行う重要な役割を担っている。このため、作業の再現性を確保することが課題である。事前に様々な作業・保守に対する十分な訓練を行い、運転員の養成を行っていくべきである。

- 供用期間中の装置類保守の確保と対応

作業期間が数年オーダーになるため、定期的な保守に加えて、万一の故障に備えた準備が課題である。エンクロージャが設置される２号機の原子炉建屋内は線量が高く、その場での保守は困難であるため、建屋外にメンテナンス建屋を設け、そこまで装置類あるいはエンクロージャごと移送し、その中で、除染、解体、補修あるいは交換等を実施することを計画している。また、こうした供用期間中の装置類保守によって得られる経験を、「取り出し規模の更なる拡大」にも生かしていくことも課題である。故障履歴や対応結果を含めたメンテナンス記録を確実に残す仕組みを構築すべきである。

ＮＤＦとしても引き続き、研究開発及び東京電力のエンジニアリングの両面から、取り出し用装置の技術開発の状況や現場への適用準備の状況を適時把握して、安全性確保や現場適用性の観点から確認していく。

---

[9] 燃料デブリをＰＣＶ内からユニット缶に入れて取り出し、燃料デブリの入ったユニット缶を収納缶に格納して保管することを、一つの案として検討している。

(2) 第一保管施設について

第一保管施設は、設計時には取り出された燃料デブリの受入れや分析施設への試料の移送等の関連施設との取り合いがある。据付時にも周辺の関連施設の工事を含む多岐にわたる工事間の取り合いが多い。また、第一保管施設は燃料デブリを安定保管する最初の本格的な施設である。このため、設計、据付時において、懸案事項の解決や工程管理等に対して東京電力による緻密で多面的なプロジェクト管理が必須である。この工事での経験や知見は今後の「取り出し規模の更なる拡大」に必要となる設備の設計、工事のプロジェクト管理、工事管理に生かされることが期待される。

第一保管施設における燃料デブリの取扱いでは多様な遠隔操作装置を使用する計画であり、実際の作業においてこれらを計画どおりに使用できる必要がある。設計段階においてこれらの装置を用いた作業内容を十分に確認し、潜んでいるリスクに対する対策を検討して設計に反映しておくべきである。さらに、先行するＰＣＶ内部調査や「試験的取り出し」で得られた遠隔操作装置に関する知見や経験を参考にして、設計の検証やモックアップ試験・訓練を行っていくべきである。

3.1.3.4 「取り出し規模の更なる拡大」

燃料デブリ取り出しは廃炉事業の重要なプロセスであり、その確実な実施は廃炉事業の成否を左右することを踏まえて、技術的な成立性のみならず、リソースや工程などを含めた総合的な見地から、東京電力は責任を持って燃料デブリ取り出し工法の検討に取り組んでいく必要がある。

本項では、まず、燃料デブリ取り出しを困難にしている主な要因を挙げ、それを踏まえ、工法の検討や評価をする際の留意点について述べている。次に、小委員会報告書の内容を踏まえた東京電力における設計検討の概要を示し、最後に、今後の進め方について記載している。参考として、これまでの技術戦略プランにおける工法検討の変遷を添付資料 3.1-2 に示す。

3.1.3.4.1 燃料デブリ取り出しを困難にしている主な要因

事故炉である福島第一原子力発電所は通常炉とは大きく異なる特殊な環境であり、燃料デブリ取り出しを困難にしている以下の要因を十分認識する必要がある。

① ＰＣＶ・ＲＰＶ内が極めて高線量

ＰＣＶ・ＲＰＶ内の線量当量率は数 Sv/h～数百 Sv/h オーダーであり、人が入ることができない。

② 原子炉建屋内が高線量

原子炉建屋内の線量当量率は数 mSv/h～数十 mSv/h オーダーであり、人が入るのは短い時間に限定される。

③ 現場情報の不足

上記①、②の制約から現場情報の取得が困難であり、大きな不確かさを伴う推定に基づき検討しなければならない部分が多い。

④ 閉じ込め障壁構築

既存の原子炉建屋、ＰＣＶを閉じ込め障壁とする場合は、事故により損傷していること及び経年劣化を考慮しなければならない。一方、新たな閉じ込め障壁を構築する場合には現場の状況に応じた耐震性などを考慮する必要がある。

⑤ 臨界の可能性

未臨界状態が維持されているＰＣＶ・ＲＰＶ内の状況に対して、燃料デブリの分布などに変化を与えた際の臨界の可能性について考慮が必要である。

⑥ 廃棄物の発生物量

廃炉作業に伴い新たに発生する固体廃棄物については、敷地における保管管理全体の負荷を軽減するため、可能な限り発生物量を低減していく必要がある。

3.1.3.4.2 工法の検討や評価をする際の留意点

上記の燃料デブリ取り出しを困難にしている主な要因を踏まえ、工法の検討や評価をする際の留意点を以下に示す。

(1) 工法を検討する際の留意点

- 安全確保に係る要求事項の適切な設定

燃料デブリ取り出し工法の設計検討を進めるに当たっては、最終的に目指す安全のレベルや、そのために必要な作業期間等を考慮の上、プロジェクト推進の観点から総合的に判断することが必要である。このため、地震や臨界等の安全に係る事象が起きた時の影響評価を実施した上で、要求事項を適切に設定することが重要である。

- 工法検討に必要となる情報の推定

工法を検討する上で燃料デブリの位置・量・性状、環境（線量、汚染密度、温度、湿度等）、ＰＣＶ内部状況等の現場情報が必要となる。このため、これらの情報が未知の場合は、これまでの内部調査による推定、解析による推定、過去の事故・研究の知見及び実験による推定等を基に総合的な分析・評価を行い、検討条件としている。今後もこのような取組を継続し、内部調査等で新たに得られる成果を適宜、工法検討のための情報に反映していくことにより工法検討の精度を向上させるべきである。特に、２号機の「試験的取り出し」、「段階的な取り出し規模の拡大」の取組では、現場状況の不確かさが大きい中、徐々に取り出し量を増加していく各段階で、取り出し設備の検証結果、加工による環境への影響データやより多くのサンプル分析による燃料デブリ組成、性状等のデータ、安全・被ばくに係わる作業経験などにおいて、新たな情報、知見を得ることが期待でき、次の段階へのインプット情報となる。これらの実機で得られる貴重な情報、知見は適宜「取り出し規模の更なる拡大」における取り出し・収納・移送・保管設備設計、安全確保策、被ばく低減方策等の工法検討に反映すべきである。

- 燃料デブリ取り出しシナリオの策定

ＰＣＶ内の状況把握が限定的な中、工法の検討では、号機ごとに燃料デブリ取り出しシナリオを検討し、準備段階から取り出し・収納・移送・保管までの道筋を明らかにすることが必要

である。燃料デブリ取り出しシナリオの検討においては、現場の不確かさや技術の開発状況等により複数の選択肢が想定される。こうした複数の道筋を検討した上で、その後得られる情報に応じ、道筋の組合せや絞り込みを行うことが重要である。なお、その後得られる情報によっては検討してきた取り出しシナリオ自体が合理的でないと判断される場合もありえる。その時は、一度立ち返って改めて取り出しシナリオの見直しに取り組むべきである。

- 要求事項の明確化

「取り出し規模の更なる拡大」については、２号機の燃料デブリ取り出し（「試験的取り出し」、「段階的な取り出し規模の拡大」）に比べ、作業、装置及び施設が大規模化し、工事範囲が広域化することから、他工事も含めて福島第一原子力発電所全体を見据えた検討が課題となる。このため、工法に係る作業・装置に求める要求事項（閉じ込め、臨界管理、操作性、メンテナンス性、処理能力等）に加え、発電所全体を見据えた要求事項（敷地利用面積、既存設備との取り合い、地下水対策、廃棄物対策等）をより明確に設定して進めるべきであり、要求事項の相互の関係にも留意すべきである。

- 課題の抽出と現場適用性、技術成立性の確認

策定した工法案に潜む課題を体系的に抽出する方法として、準備工事から燃料デブリ取り出し作業、保守、取り出し完了までの工事シーケンスを検討し、各プロセスの作業に対し、現場適用性、技術成立性に大きく影響する可能性のある課題を抽出することがその有効な手段である。また、工事シーケンスについては可能な限り細分化することにより、抽出される課題の網羅性を高めることができる。更に、抽出された課題の対応策を検討の上、次の検討段階に進む前に、対応できることを確認しておくべきである。

(2) 工法を評価する際の留意点

- 判断指標と判断基準の設定

工法を評価する際は、５つの視点(安全、確実、合理的、迅速、現場指向)に基づき、目標とする安全レベルを満足し、現場適用性、技術成立性を確認する評価に加え、リソース、工程、作業員確保、社会受容性などの評価も判断指標とする必要がある。また、工法検討の初期段階から判断指標を設定し、評価に用いる判断基準を明確にすべきである。加えて、判断基準については客観的に判断するための材料（例えば、被ばく評価、構造評価等）をあらかじめ明らかにしておくべきである。

3.1.3.4.3 東京電力における設計検討の概要

東京電力は３号機を対象として 2024 年度より小委員会報告書の内容に沿って燃料デブリ取り出し工法の設計検討を実施し、取り出しシナリオ、設備計画、配置計画、工程などの検討結果を取りまとめた。これらの検討結果のうち、小委員会においては、一定の技術的根拠をもって示すことができる本格的な取り出し開始までの準備に係わる作業内容とその工程（準備工程）等について主に議論された。また、燃料デブリの本格的な取り出し以降は、現時点では現場の不確かさが大きいため、今後の内部調査や研究開発などで得られる情報により、作業や設備等を見直していくものとしている。技術戦略プランでは、まず、東京電力の検討結果の全体概要として、工法

検討の方針、取り出しシナリオの概要を記載する。次に、工程に関し、現時点で示すことができる本格的な取り出し開始までの工程（準備工程）について記載する。なお、取り出しシナリオにおいて、今後の内部調査等で得られる情報により、例えば、燃料デブリの分布が検討条件として設定したものと大きく異なり、新たな課題が判明することも考えられる。そうした場合は、取り出しシナリオの変更や、場合によっては遡って工法自体の見直しもあり得る。

東京電力の設計検討においては、ＮＤＦは東京電力の設計検討の状況を適宜確認し、東京電力はＮＤＦとの議論の結果を設計検討に反映した。

3.1.3.4.3.1 工法検討の方針

小委員会報告書の工法選定への提言で示されたように、工法は気中工法と気中工法オプションの組み合わせをベースとするが、従来の工法に囚われることなく、各工法の特長を活かし、課題を補完するよう検討することが適切である。この方針に基づき、工法検討で特に重視した方針を以下に示す。（小委員会報告書で示されている各工法の長所と課題、工法選定への提言等の内容は添付資料 3.1-2 を参照）

① 小さい開口（小開口）からのアクセス

気中工法オプションの考え方の特長を踏まえ、燃料デブリへのアクセスは小開口を基本とする。開口が小さいことにより、既存の生体遮へい壁等による遮へい機能が活用でき、ＰＣＶ内から漏れ出る放射線量を抑制できる。また、これにより追加する遮へい機能を有する設備の規模を小さく抑えられる。

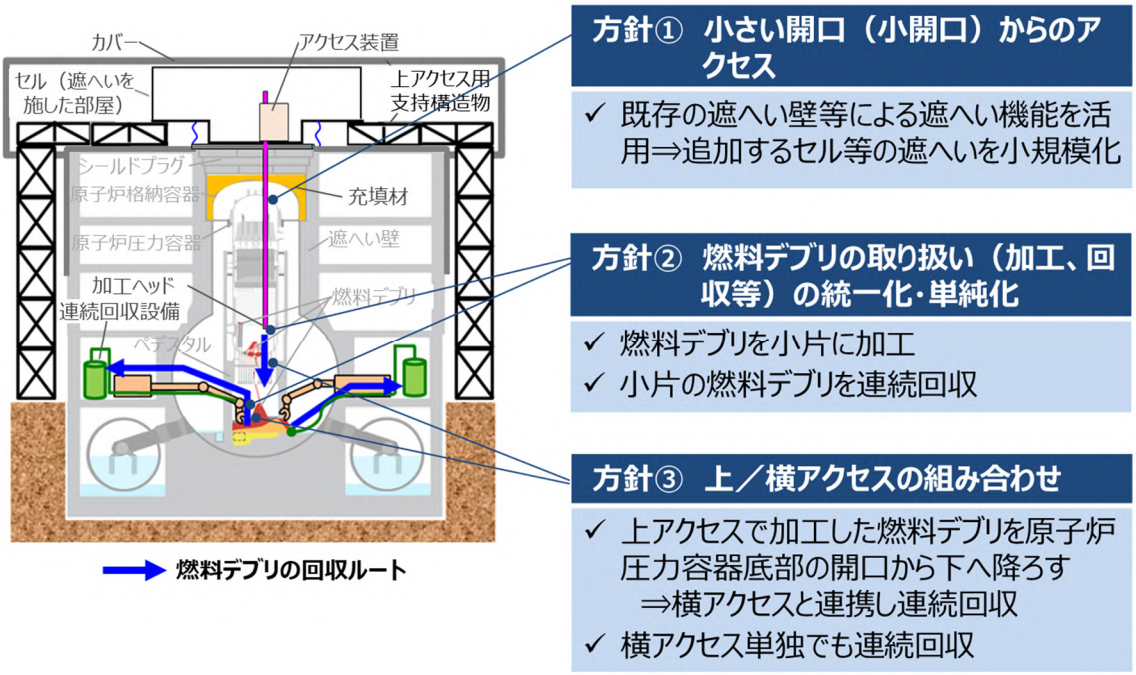
② 燃料デブリの取り扱い（加工、回収等）の統一化・単純化

気中工法オプションの考え方の特長を踏まえ、燃料デブリの加工、回収等の取り扱いを統一化、単純化するよう計画する。対応策として、燃料デブリを小片に加工し、ＰＣＶ底部に降ろし、堆積した燃料デブリの小片を連続回収する方法が考えられる。

③ 上／横アクセスの組み合わせ

横アクセスについては、ＰＣＶ内に早期にアクセスできる可能性があることから、上アクセスに先行して、単独でＰＣＶ底部の燃料デブリを回収する。また、処理能力の向上のため、連続回収できるよう計画する。上アクセスについては、①小開口からのアクセスを適用する。燃料デブリ等の回収ルートは原則としてオペフロを経由しないようにし、オペフロ上に設置するセル、取り出し用機器等が過大な重量にならないよう計画する。そのため、燃料デブリを小片に加工して、損傷が推定されているＲＰＶ底部の開口からペデスタル内底部へ降ろすよう計画する。上アクセスの準備が整い次第、上／横アクセスを連携し連続回収する。

上記の①～③のイメージ図を図 3.1-10 に示す。



〔資料：東京電力〕

図 3.1-10 取り出しシナリオの考え方①～③イメージ図

3.1.3.4.3.2 燃料デブリの取り出しシナリオの概要

燃料デブリ取り出しシナリオの全体像は、始めに、「内部調査・少量回収の段階」として、内部調査によるＰＣＶやＲＰＶ内部の状況把握、燃料デブリを少量回収し組成や性状等の分析情報を基に、その取り出し工法に係わる設計検討の精度を向上させる。次に、「加工・回収技術等の検証の段階」として、燃料デブリの試験的な加工（試加工）によりダスト飛散、水質変動のデータ等を取得し、付帯設備である気体システム・液体システム（主にＰＣＶ内の気体・液体に含まれる放射性物質を低減する設備）等の設計に反映する。また、少量回収を継続し、燃料デブリ性状等のデータを拡充させ、保管設備等の設計に反映する。そして、上記を反映した技術、設備等を用いて「本格的な取り出しの段階」に進む。各段階で得られた新たな情報、経験等は次ステップ設計のインプット情報とするようステップ・バイ・ステップで進める。これらの各段階において、安全に作業を実施するためには、適切な環境を整備しておくことが不可欠である。このため、現場作業開始までに必要となる環境整備（線量低減、干渉物撤去等）を実施する。また、ＰＣＶやＲＰＶ内へは、上（オペフロ）及び横（原子炉建屋１階ペネ）からアクセスするものとし、上／横アクセス単独、又は連携して、燃料デブリを取り出す（図 3.1-11 参照）。以下の例では横アクセスで先行して取り出しを開始し、上アクセスの準備ができ次第、上／横アクセスを連携し取り出す。

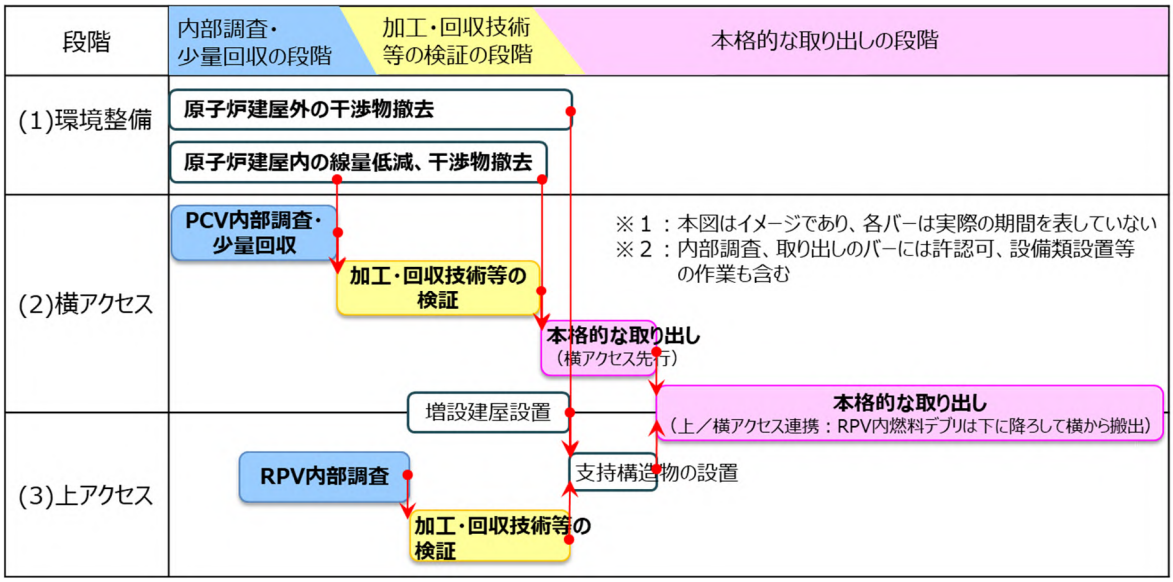


図 3.1-11 取り出しシナリオの実施項目と流れ

〔資料：東京電力〕

a. 横アクセス燃料デブリ取り出しの各段階の概要

- 内部調査・少量回収の段階

目的は加工・回収技術等の検証に必要な情報を取得することである。内部調査により、ペデスタル内外の状態・環境データ、ＰＣＶ内の燃料デブリの分布・量に関する情報を取得し、燃料デブリ少量回収により、燃料デブリの性状データ等を取得する。３号機は 2017 年７月に水中ＲＯＶによるペデスタル内調査が行われているが、ペデスタル内プラットフォーム上やペデスタル外などは調査されていない。このため、具体的には X-53 ペネからドローンによるペデスタル内上部等の調査、X-35 ペネから内視鏡による地下階ペデスタル外の調査、X-６ペネからドローンによるペデスタル内外の調査や遠隔操作装置による少量回収等を実施する。本作業を開始するまでの主な環境整備として、アクセスルート構築のために、X-６ペネ周辺の線量低減、干渉物撤去を行う必要がある。

- 加工・回収技術等の検証の段階

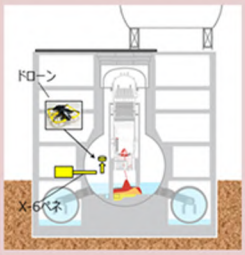
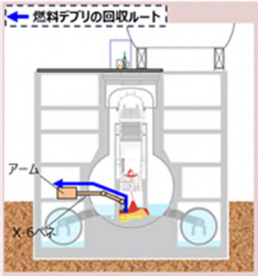
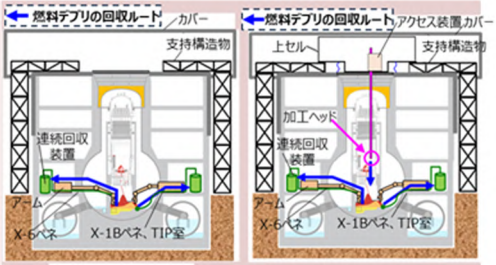
目的は本格的な取り出しに必要な情報を取得することである。試加工によりＰＣＶ内の干渉物、燃料デブリ加工時のダスト飛散、水質変動のデータ等を確認し、主に、付帯設備である気体システム・液体システム等の設計に反映する。また、本格的な取り出し時の連続回収を見据えて、加工した粒子状の燃料デブリが回収できることを検証する。試加工については、X-６ペネからＣＲＤ開口を通してペデスタル内へのアクセスルートを構築し、アクセス装置のアームの先端に加工装置を取付け、試加工を実施する。本作業を開始するまでの主な環境整備として、アクセスルート構築のために、原子炉建屋１階西側の線量低減、干渉物撤去を行う必要がある。

- 本格的な取り出しの段階

目的はペデスタル内外燃料デブリの取り出しを完了することである。X-６ペネ以外のＰＣＶ内アクセスルート（候補：X-1B、ＴＩＰ（X-35）室）を構築し、ペデスタル内外で取り出した燃料デブリの搬出口や固液分離した水の戻り口等に活用する。また、ペデスタルの作業員開口からの搬出ルート確保のために干渉物を撤去すると共に、ＰＣＶ内の燃料デブリを加工し、連

続回収する。アクセス性のよい横アクセスで先行して取り出しを開始し、上アクセスの準備が整い次第、上／横アクセスを連携し燃料デブリを取り出す。本作業を開始するまでの主な環境整備として、アクセスルート構築のために、X-1B またはＴＩＰ室周辺の線量低減、干渉物撤去を行う必要がある。

表 3.1-2 横アクセス燃料デブリ取り出しの各段階の概要

段階	内部調査・少量回収	加工・回収技術等の検証	本格的な取り出し
概要図			
目的	・加工・回収技術等の検証に必要な情報取得	・本格的な取り出しに必要な情報取得	・ペデスタル内外燃料デブリの取り出し完了
主な実施内容	・ペデスタル内外の状態・環境データの取得 ・PCV内の燃料デブリの分布・量に関する情報取得 ・燃料デブリ少量回収　等	・干渉物、燃料デブリ加工時のダスト影響確認 ・水質変動の影響データの確認 ・粒子状の燃料デブリの回収　等	・X-6ペネ以外のPCV内アクセスルート構築 ・ペデスタルの作業員開口からの搬出ルート確保のための干渉物撤去 ・PCV内燃料デブリの加工 ・PCV内燃料デブリの連続回収　等
必要な環境整備作業	・X-6ペネ周辺の線量低減、干渉物撤去	・R/B1階西側の線量低減、干渉物撤去	・X-1BまたはTIP室周辺の線量低減、干渉物撤去

〔資料：東京電力〕

b. 上アクセス燃料デブリ取り出しの各段階の概要

- 内部調査の段階

目的は本格的な取り出しの段階に必要な情報を取得することである。ＲＰＶ内へのアクセスルートを構築した上で、ＲＰＶ内の既設炉内構造物の状態、線量に関する情報、炉心部・炉底部の燃料デブリの分布・量に関する情報を内部調査によって取得する。小開口上アクセスによる内部調査は、炉心部、炉底部を調査することができ、その後の加工・回収技術等の検証の段階へ拡張することが期待できることから主案として計画を進める。なお、ＲＰＶ内部調査としては、蒸気乾燥器・気水分離器ピット（以下「ＤＳＰ」という。）からアクセス、既設配管を用いたアクセス、ＲＰＶ底部からのアクセスも併行して検討しており、可能なものを現場適用していく計画である。小開口上アクセスによる内部調査を可能な限り早期に実施することを目指すため、使用済燃料取り出しカバー、既設遮へい体、シールドプラグを撤去せず、オペフロから小開口で穿孔されたアクセスルートを通して調査する。この調査ではオペフロに設置したツールボックスから調査装置を吊降ろし、ＲＰＶ内部の損傷状況、燃料デブリ分布などの映像、線量情報を取得する。

- 加工・回収技術等の検証（サンプリング含む）の段階

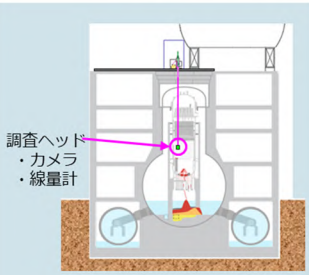
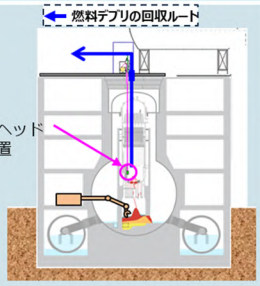
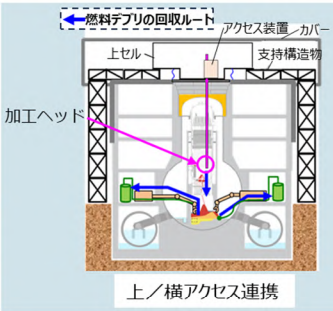
目的は本格的な取り出しの段階に必要な情報を取得することである。上記の小開口上アクセスによる内部調査のアクセスルートを流用し、オペフロには加工・回収装置を内蔵したツールボックスなどを設置する。ツールボックスから炉内に加工装置を吊降ろし、燃料デブリを試加

エすることによってダスト飛散影響を確認する。また、同様に炉内に回収装置を吊降ろし、少量の粒子状燃料デブリを回収することによって燃料デブリの性状データ等を取得する。

- 本格的な取り出しの段階

目的はＲＰＶ内の燃料デブリの取り出しを完了することである。燃料デブリの回収ルートは原則としてオペフロを経由しないようにし、上アクセス用支持構造物上に設置するセル、取り出し用機器等が過大な重量にならないよう計画する。また、二次閉じ込め障壁の建屋カバー、一次閉じ込め障壁の上セルを設置する。加えて、本格的な取り出しにおいても小開口でのアクセスとし、炉心部・炉底部全領域の燃料デブリを加工できるよう複数のアクセスルートを構築する。ＲＰＶ内の燃料デブリ搬出ルートは、損傷が想定されているＲＰＶ底部の開口からペデスタル内底部へ降ろすルートを確保する。上セル内に設置する加工装置は、小開口の通過と非常回収に適した形状のマスト型（先端に加工ヘッドを取り付けたパイプ状の装置）とする。加工ヘッドについては、燃料デブリの性状（硬さ、靭性、形状等）によらず統一した加工方法で対応できること、離れた場所から加工できること、燃料デブリを小片に加工できることを考慮し、例えば、ＷＪ（ウォータジェット）やレーザーなどを想定する。これらの上アクセス取り出し設備の準備が整い次第、上／横アクセスを連携させ、燃料デブリの加工及び回収を行う。本作業を開始するまでに必要な主な環境整備は、上アクセス設備の準備工事に干渉する構造物等の撤去である。

表 3.1-3 上アクセス燃料デブリ取り出しの各段階の概要

段階	内部調査	加工・回収技術等の検証	本格的な取り出し
概要図			
目的	・本格的な取り出しの段階に必要な情報取得	・本格的な取り出しの段階に必要な情報取得	・RPV内の燃料デブリ取り出し完了
主な実施項目	・既設の炉内構造物の状態確認 ・調査用のRPV内アクセスルート構築 ・線量に関する情報取得 ・炉心部と炉底部の燃料デブリの分布・量に関する情報取得　等	・粒子状燃料デブリの回収 ・燃料デブリの試加工 ・燃料デブリ加工時のダスト影響確認　等	・取り出し用のRPV内アクセスルート構築 ・RPV内の燃料デブリ搬出ルートの確保 ・燃料デブリの本格的な加工 ・燃料デブリの回収（横アクセス）等
必要な環境整備作業	—	—	・上アクセス設備の準備工事に干渉する構造物等の撤去

〔資料：東京電力〕

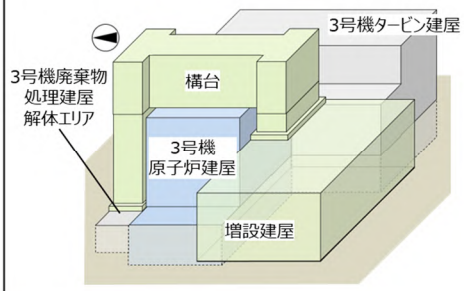
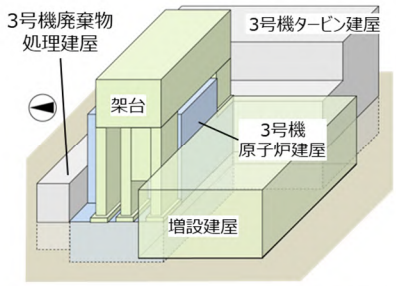
c. 増設建屋設置の概要

本格的な燃料デブリ取り出し時には、付帯設備として、気体システム・液体システム、燃料デブリ／廃棄物受入れ・移送前処理システム等の設備及び、ユーティリティとして、電源設備、圧縮空気供給設備等が必要となる。これらの設備は、スペース上の制約から原子炉建屋内に全て配置できないため、上記設備の一部を収納する建屋（以下「増設建屋」という。）を原子炉建屋南側に建設する。現状、増設建屋には上記設備のうち、気体システム・液体システム、ユーティリティを設置する計画である。なお、気体システム・液体システムを合理的な設備とするため、加工・回収技術等の検証の段階で得られたデータに基づき設計する（増設建屋は上／横アクセス共通設備であるため、図 3.1-11 では上アクセスと横アクセスの境界に記載）。本作業を開始するまでに必要な主な環境整備は、原子炉建屋外において、増設建屋設置工事と干渉する建屋・構造物の撤去である。

d. 上アクセス用支持構造物設置の概要

上アクセス用支持構造物は、原子炉建屋が損傷していることを考慮した支持方法とする必要がある。この支持構造物には、表 3.1-4 に示すように、南北構台案と東西架台案がある。南北構台案は、支持構造物の荷重を地盤で支持するよう原子炉建屋を南北方向に跨いで構台を設置する案である。本案は原子炉建屋にほとんど荷重を掛けないが、廃棄物処理建屋の撤去が必要となること等が課題である。一方、東西架台案は、工事物量低減を目指し、原子炉建屋の健全な部分で支持するよう東西方向に架台を設置する案である。本案は原子炉建屋に荷重を掛けるため、架台に設置するセルや取り出し用機器等の重量が制限されること等が課題である。現状では明確な優劣をつけがたいため、両者を主案として検討していく。本作業を開始するまでに必要な主な環境整備は、南北構台案は３号機廃棄物処理建屋の解体・撤去、使用済燃料取り出しカバーの撤去等、東西架台案は使用済燃料取り出しカバーの撤去等である。

表 3.1-4 上アクセス用支持構造物の検討例

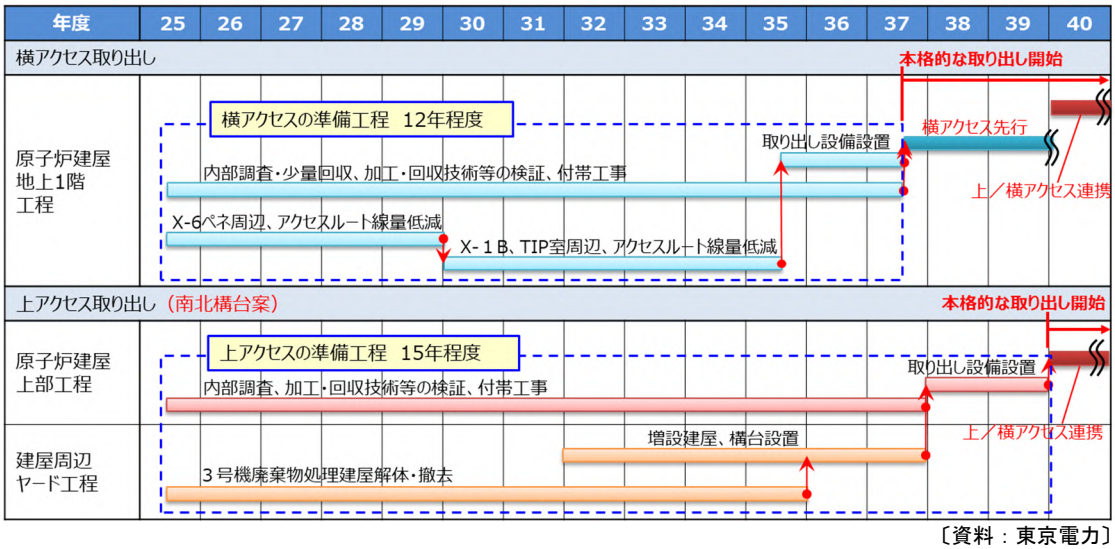
検討例	南北構台案	東西架台案
概要図		
想定される主な課題	■ 3号機廃棄物処理建屋との干渉	■ 原子炉建屋の耐荷重による積載設備の制約

〔資料：東京電力〕

3.1.3.4.3.3 本格的な取り出し開始までの工程（準備工程）

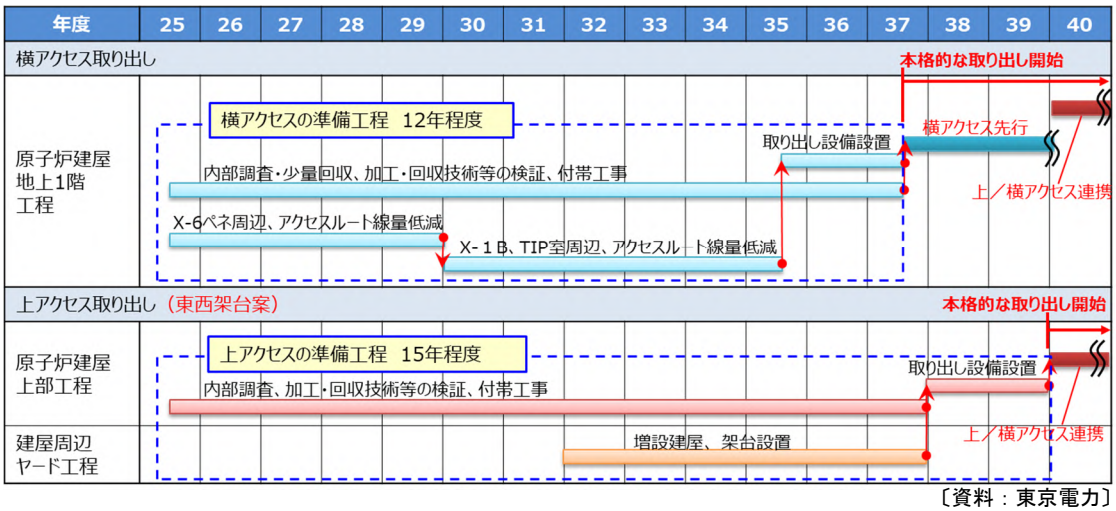
現状の設計検討においては、一定の想定の下、本格的な取り出し開始までの工程（準備工程）を対象に検討した。本格的な取り出し開始以降の工程は不確かさが大きいため、今回の検討対象とはしていない。また、前述のように、上アクセス用支持構造物は、南北構台案と東西架台案の２案があるため、それぞれの工程を検討した。表 3.1-5 及び表 3.1-6 に両案の工程を示す。現時点では、南北構台案、東西架台案共に、横／上アクセスの準備工程は、各々12 年／15 年程度（12～15 年程度）要すると評価した。ただし、本検討結果は更なる確認が必要な項目（現場情報が不足している項目、或いは設計検討が更に必要な項目等）がある中で、想定どおり進捗するとしたものである。

表 3.1-5 上アクセス用支持構造物が南北構台案の場合の工程



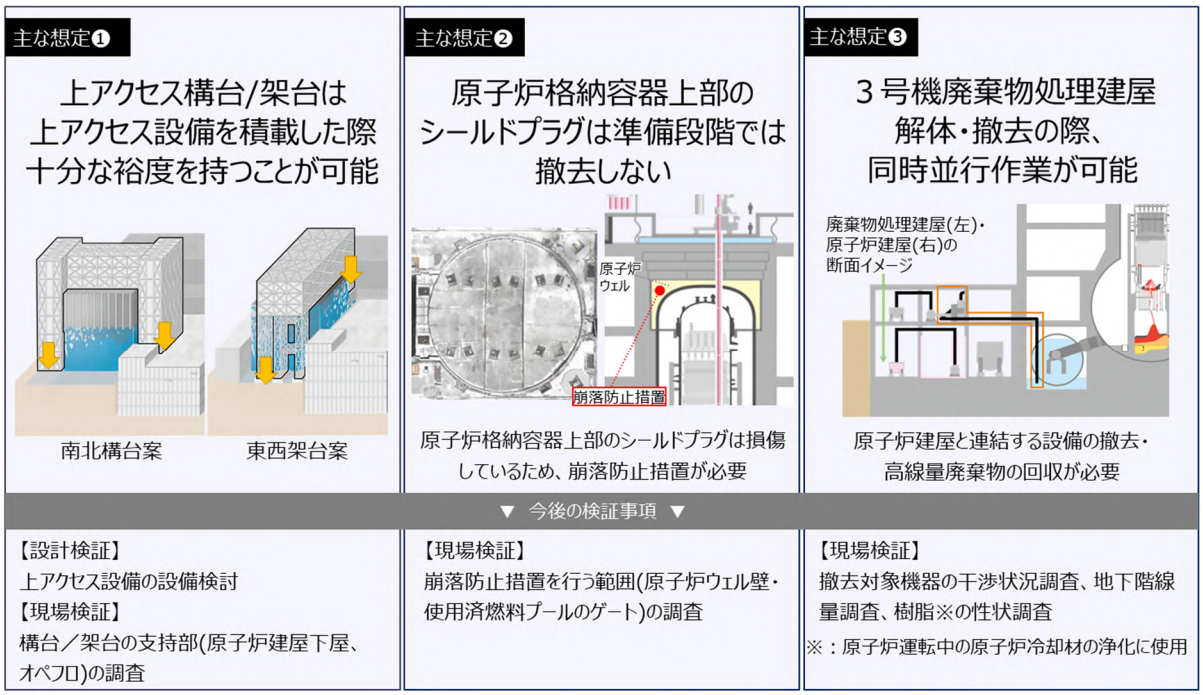
〔資料：東京電力〕

表 3.1-6 上アクセス用支持構造物が東西架台案の場合の工程



〔資料：東京電力〕

東京電力は、上アクセス用支持構造物の南北構台案と東西架台案の２案について、更なる確認が必要な項目に対して、設計検討の精度を上げるために、１～２年程度で現場検証・設計検証を進めていく。図 3.1-12 に更なる確認が必要な項目における主な想定と今後の検証事項を示す。主な想定①では、上アクセス用支持構造物に対し、上アクセス用セルや取り出し設備等を積載した際、支持部の強度が十分な裕度を持つと想定したものである。これらの今後の検証として、上アクセス設備の具体的な設備検討を実施し、支持部に掛かる荷重と許容強度の比較により、強度上の裕度を評価する。また、東西架台案の支持部（原子炉建屋下屋、オペフロ）の調査を実施し、損傷の程度を踏まえた支持部の健全性を評価する。主な想定②では、原子炉格納容器上部のシールドプラグを撤去せず、崩落防止措置として原子炉ウェルに充填材を充填固化し、シールドプラグの上から小開口のアクセスルートが構築できると想定したものである。これらの今後の検証として、崩落防止措置を行う範囲（原子炉ウェル壁・使用済燃料プールのゲート）の調査を行い、原子炉ウェルへの充填固化の可否及び崩落防止措置の有効性について評価する。主な想定③では、３号機廃棄物処理建屋解体・撤去の際、原子炉建屋と連結する設備の撤去作業（滞留水移送装置の移設や干渉物の撤去作業）と高線量廃棄物（撤去対象タンクが保有している高線量樹脂等）の回収作業の同時並行作業が可能と想定したものである。これらの今後の検証として、撤去対象機器の干渉状況調査、地下階線量調査、高線量樹脂の性状調査を行い、作業エリアや作業手順などを具体化することにより、同時並行作業の可否について評価する。



〔資料：東京電力〕

図 3.1-12 準備工程における主な想定と今後の検証事項

3.1.3.4.4 今後の進め方

第 16 回燃料デブリ取り出し工法評価小委員会（2025 年 7 月 23 日）において、東京電力が取りまとめた「３号機 燃料デブリ取り出しに係る設計検討について」が議論された。そのポイントは以下のとおりである。今後、東京電力はこれらのポイントに沿って、引き続き、設計検討を進めていき、１～２年を目途に見通しを示すこととしている。このため、小委員会は当面存続し、継続して東京電力の検討状況をフォローアップする。ＮＤＦは東京電力の設計検討の状況等を適宜確認し、また、小委員会のフォローアップを通して、小委員会の助言等が得られるよう進める。

【ポイント】

- 小開口であれば上アクセス設備も小規模になるため、東西架台案は現実的である。ただし、途中で南北構台案への移行が必要となる可能性も考慮しておくべき。
- 南北構台案の工程についてもう少し精査が必要。
- 東西架台案から南北構台案への移行可能性や使用済樹脂・スラッジのリスク低減の必要性等を踏まえ、廃棄物処理建屋（ラドウェスト建屋）については１～４号機とも解体・撤去すべき。
- いずれの案でも必要となる廃棄物処理建屋の解体・撤去、内部調査、原子炉建屋内線量低減を進めることが重要。
- ３号機だけでなく、１・２号機の準備工程の併行作業についても検討が必要。
- 今回報告で想定した条件の検証や新たな課題について検討を進め、１～２年を目途に見通しを示すこと。
- 不確かさが大きいことから、今後の検討に当たって柔軟な見直しを躊躇しないこと

3.1.3.4.5 事故分析（事故時の発生事象等の明確化）活動の継続

福島第一原子力発電所事故の事故分析活動は、東京電力だけでなく各組織において行われている。ＮＲＡでは、東京電力と協働して、事故の原因を究明するとともに、将来の原子力安全性の向上に資するため、事故分析で得られた知見の検討を進めている。日本原子力学会においても、事故分析に関わる活動が継続している。国際協力については、ＯＥＣＤ／ＮＥＡにおいて、各国・各機関の知見に基づいて、事故分析に係るプロジェクトが進んでいる。

東京電力自身による事故分析活動として、事故時の発生事象等を明確化するため、「福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明事項」として 52 件の課題を抽出し、内部調査で得られた知見などに基づく調査・検討の進捗を報告している。2013 年 12 月の第１回進捗報告において、地震の影響による１号機での冷却水喪失の可能性の検討等の 10 件の課題についての検討結果が報告され[10]、2022 年 11 月の第６回進捗報告までに、「炉内損傷状況とデブリ位置について」を含めた 38 件の検討結果が示された[11]。東京電力は、これらの事故分析の結果を参照してＲＰＶやＰＣＶの状態推定に関する検討を進め、現場調査の計画的な実施及び燃料デブリ取り出し工法、保管管理等の検討に反映している。一方で、溶融炉心物質とコンクリートとの反応や、ベント時の格納容器からの放射性物質の放出等の 14 件の課題については、今後の現場知見の拡充に基づいて検討に着手する予定である。また、現時点までに一定の評価結果が得られている 38 件の課題についても、新たな現場知見に基づいて、さらに理解を深めていくことが重要である。

ＮＲＡは、「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」（以下「事故分析検討会」という。）を設置して事故分析に係る検討を進めている。2014 年の中間報告[12]では、東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（以下、国会事故調）や東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（以下、政府事故調）等において引き続き確認すべきとされた課題、原子炉等の設備・機器が事故及びその後の対応によって受けた影響に係る課題、今後の安全規制に反映するために技術的に解明すべき課題、の３項目に課題整理されて検討が行われ、１号機について津波以外の原因による非常用ディーゼル発電機の機能喪失の可能性が低いことなど、国会事故調や政府事故調で異なる見解が示されていた課題については一定の結論が得られた。その後、廃炉作業の進捗状況を踏まえて、調査・分析項目が、アクシデントマネージメント対策、放射性物質の放出経路と時期、原子炉の冷却、の３分野に整理され、2019 年から事故分析検討会の活動が再開された。直近の 2024 年版の中間とりまとめ[13]では、１号機ＰＣＶ内部調査で明らかになったペデスタルコンクリート損傷状態に関する調査・分析の現状等が報告された。

---

[10] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第１回進捗報告」. 2013 年 12 月 13 日.

[11] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第６回進捗報告」（添付資料２【検討課題リスト】）. 2022 年 11 月 10 日.

[12] 原子力規制委員会. 東京電力福島第一原子力発電所事故の分析 中間報告書. https://www.nra.go.jp/data/000069286.pdf, 2014 年 10 月８日.

[13] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会. 東京電力福島第一原子力発電所における事故の調査・分析に係る中間とりまとめ（2024 年版）. https://www.nra.go.jp/data/000473308.pdf, 2024 年６月 11 日.

２号機の「試験的取り出し」で得られる知見・データなどの調査・分析の進捗により、これらの事故分析活動に有用な情報を得られることが期待される。本節に係る経緯と進捗については添付資料 3.1-4 に、ＯＥＣＤ／ＮＥＡの活動の詳細は４章に記述した。

3.1.3.5「取り出し規模の更なる拡大」に係る研究開発

福島第一原子力発電所の廃炉に向けて、技術的難易度が高い課題については国が支援する廃炉・汚染水・処理水対策事業にて研究開発を行ってきている。この研究開発は５章に記載する研究開発中長期計画及び次期廃炉研究開発計画に従って進められており、網羅的、計画的及び効率的に、また廃炉の実施主体である東京電力のニーズに沿ったものであることを確認しながら進めている。現在実施中の研究開発の概要について以下に記載する。

3.1.3.5.1 ＲＰＶ内部調査技術

ＲＰＶ内部の燃料デブリ取り出し工法におけるエンジニアリングの後戻りを避けるためには、燃料デブリの分布やＲＰＶ内の状況、線量等の環境条件を確認することが有用である。

廃炉・汚染水・処理水対策事業ではこれまでに、上部から炉心にアクセスする工法（上部穴開け調査工法）と側面から炉心にアクセスする工法（側面穴開け調査工法）が検討され、2019 年度までに、実機適用に向けた装置の機能確認までを実施した。上部穴開け調査工法では、炉内構造物（乾燥器、気水分離器、シュラウドヘッド）の穿孔（開口）にはアブレシブウォータージェット（ＡＷＪ）を使用する計画であるが、ＡＷＪ切断に伴う多量の研磨剤がＰＣＶ内及びＲＰＶ内に入ることになるため、内部調査への影響、廃棄物の増加等の問題が指摘された。

このため、2020 年度から二次廃棄物（研磨剤等）を少なくする加工技術を検討し、小型ノズルのＡＷＪ、レーザー切断を候補技術として選定した。2023 年度までに、この加工装置を用いたオペフロからの遠隔施工性を試験で確認した。

上部穴開け調査工法については、使用済燃料プールからの燃料取り出し作業との干渉、ＲＰＶ内部調査装置を設置する現場状況の調査、現場環境の整備等のエンジニアリング作業の計画を具体化する必要がある。また、2024 年度からは、より早期にＲＰＶ内の蒸気乾燥器・気水分離器・シュラウド等の損傷状況を確認できる可能性がある工法として、ＤＳＰに調査装置を設置して、ＤＳＰプラグ、ＰＣＶ、ＲＰＶを穿孔してＲＰＶ内部を調査する工法（上部側面アクセス調査工法）の検討を開始した。システム及び調査装置の概念検討を行い、主要な課題に関する要素試験を実施中である。

より早期にＲＰＶ内部調査を実施可能な工法の開発を進めることも重要であると考え、ＰＣＶ内部調査のために構築されたアクセスルート等を利用してＰＣＶ内部へ調査装置を投入し、ＲＰＶ底部に存在すると想定される開口部から調査装置をＲＰＶ内に挿入して内部を調査する下部アクセス調査工法を 2020 年度から検討している。検討の結果、１号機はＣＲＤ開口部から小型ドローンをペデスタル内に入れて調査する方法、２号機及び３号機はＣＲＤ開口部からロボットアームに搭載したテレスコ式装置をペデスタル内に入れて調査する方法を開発した。2023 年度までに、これらの下部アクセス調査装置の実機適用性を試験で確認した。2024 年度からは、ペデスタル内下部に干渉物が多数確認されている３号機を想定した下部アクセス調査工法について、新た

なアクセス装置の開発も含め、継続して検討を開始した。システム及び調査装置の概念検討を行い、主要な課題に関する要素試験を実施中である。

東京電力が簡易な調査方法として検討している小径の耐放射線性ファイバースコープを既設の計装配管（小口径配管）に挿入してＲＰＶ内部（シュラウド外側）にアクセス、調査する工法の発展として、シュラウド内部にアクセス可能な既存配管を利用した内部調査の技術課題（配管途中の逆止弁や T 型の管継手等の閉塞部の通過等）に取り組んでいる。2022 年度から廃炉・汚染水・処理水対策事業にて、課題解決のための要素技術の開発を行い、2023 年度までに、炉心スプレイ系（ＣＳ系）、主蒸気系（ＭＳ系）、原子炉再循環系（ＰＬＲ系）を実機適用先の候補として抽出し、必要な機能を有する装置の開発を行った。2024 年度からは、早い時期に現場適用が期待できるＣＳ系（２号機）とＭＳ系（３号機）を対象に継続検討を行っており、2023 年度までに抽出された課題の対応策を立案し、現場配管形状を模擬した要素試験にて現場適用性を確認中である。

各号機ともＲＰＶ内部の直接的な映像情報が得られていないため、廃炉・汚染水・処理水対策事業での技術開発と開発された技術を活用したエンジニアリングを推進して、ＲＰＶ内部の情報を早期に得ることが課題である。エンジニアリングの後戻りを避けるため、及び選択する工法の確実性を高めるためにも、取得した情報を基に燃料デブリ取り出し戦略の方向性を確認していくことになる。

3.1.3.5.2 原子炉建屋内の環境改善のための技術

中長期ロードマップ、東京電力の廃炉中長期実行プランに沿い、作業エリア・アクセスルートの作業環境の改善として、原子炉建屋内の干渉物撤去、線量低減が進められている。今後、燃料デブリ取り出し関連作業では、高線量・高汚染の設備等の干渉物に対して、安全で合理的な撤去方法の構築及び作業エリアの線量低減等による作業時の被ばく低減が環境改善の課題であり、東京電力のエンジニアリングを支援するために廃炉・汚染水・処理水対策事業による原子炉建屋内の環境改善のための技術に関する研究開発を進めている。

燃料デブリ取り出し関連作業では、主な作業エリアは原子炉建屋内等の高線量区域である上、内部被ばくの際の線量寄与が大きいα放射性核種を含む核燃料物質等を取り扱うことになる。このため、環境改善の方策の検討に当たっては、構造物、設備機器、放射線源、線量等の作業環境や除染、遮へい、撤去等の作業形態に基づいた放射線防護対策を適切に実施することで、作業者の過度な被ばくを防止し、被ばく低減を実現することが基本となる。外部被ばく防護に関しては、作業エリアの対象線源と線量率及び作業時間から被ばく線量を評価し、「時間、距離、遮へい」の三原則にのっとり、合理的に達成可能な被ばく低減対策を実施する必要がある。また、内部被ばく防護に関しては、放射性ダストの飛散抑制、汚染拡大防止等に対する設備上の措置に加え、作業エリアの汚染状態に応じた防護対策を選定し吸入摂取や身体汚染の防止に努めることが肝要である。このような考え方を念頭に置き、除染、遮へい、遠隔技術等の方策の適切な組合せを目指すべきである。

特に、燃料デブリ取り出し作業において、考慮すべき重要な観点を以下に示す。

- X-６ペネ、オペフロ等からＰＣＶ内にアクセスするために、原子炉建屋内の作業環境を十分確保すべきである。

- 原子炉建屋内は、事故による損傷状態が不明な箇所が残りいまだに線量が高い環境であるため、線量分布、汚染状況について対象範囲の周囲の寄与も含めて十分に調査し、線源位置、強度を可能な限り特定して作業計画を立てることに取り組む。
- 作業エリア・アクセスルートの目標線量率は、作業の成立性を十分に検証し、法令で定められた作業者の被ばく線量限度（50mSv／年及び 100mSv／5 年）に対する裕度も考慮して設定する。
- 高線量区域の線量低減計画は、作業ニーズを明確化し、線量限度に従う作業時間と作業達成に必要な作業時間について、可能な限り総被ばく線量を抑制して作業を達成するための対策を検討する。
- 高所の設備機器、重量物など比較的撤去が難しい干渉物の遠隔撤去技術の開発に取り組む。

これらを踏まえ、廃炉・汚染水・処理水対策事業による研究開発として、安全・効率的な作業計画の策定に向けて、環境調査データを用いた放射線源の特定、デジタル技術によって可視化する環境・線源分布のデジタル化技術の開発に 2021 年度から着手した。2023 年度から現場適用に向けて、プロトタイプシステムの高機能化を目指した開発を進めており、2024 年度には、検討項目に対する現場適用性の評価を行った。結果として、現場で放射線量分布から線源を逆推定解析する機能、作業被ばく線量をサイバー空間上で推定して蓄積できる機能などを含むシステムの有効性を確認し、終了した。今後は東京電力のエンジニアリングで活用され、長期的に運用することで、実績のある知見を蓄積可能なシステム構築への一助となると考えられる。また、高所の設備機器、重量物など比較的撤去が難しい干渉物撤去については、高線量下における環境改善・干渉物撤去のための遠隔技術の開発を 2020 年度から着手し、選定した撤去対象物に対する要求機能を踏まえた遠隔操作装置の仕様を提案し、2022 年度に終了した。この成果を踏まえ、具体化に向けた開発を東京電力のエンジニアリングで進めている中で、汚染流体や水素などを内包する可能性のある高線量のＰＣＶ貫通配管等の撤去については、密集性への対応、干渉物が多い場所での遠隔監視による視認性の確保など難易度の高い課題が抽出された。そこで、2024 年度から、ＰＣＶ貫通配管等の撤去のための遠隔監視及び撤去作業システムの技術開発に着手し、システムの概念検討を実施した。2025 年度は、現場適用性の評価と仕様提案を実施する。

3.1.3.5.3 被ばく線量評価のための分析手法の技術開発

α放射性核種等の作業者身体への内部取り込み事象の発生時は、体外計測法（肺モニタ）やバイオアッセイ法により預託実効線量を適切に評価する必要がある。このため、以下の事項が重要である。

- 事前に被ばく評価において重要なα放射性核種を選定し、空気中濃度の管理、防護装備の着用基準、機器校正管理へ反映しておくこと。
- 区域区分を超えた汚染拡大を早期に発見し、遊離性汚染から再浮遊したダストによる内部取り込みを未然に防止するために、作業環境や入退域の作業者身体における表面密度を管理すること。

原子炉建屋内では、一部に比較的高い α 放射性核種による汚染が確認されているとともに、廃炉作業の進捗に従って原子炉建屋内作業の頻度が高くなっている。トラブル事象への人の作業による回復作業も発生していることから、従前よりも内部取り込みに対し、十分注意して作業を進める必要がある。今後の燃料デブリ取り出しの本格化に向けては、内部取り込みに対する防護機能の向上及び万一内部取り込み事象が発生した場合への対応・対策の検討をより適確にするため、取り込んだ放射性物質の放射能量を速やかに把握して線量を評価することが課題である。

α放射性核種の内部取り込みに対しては、α 線測定の困難さ、内部被ばく線量への寄与が大きいこと等のため、可能な限り早期のバイオアッセイ等による評価が必須になる。近年ではプルトニウムによる内部被ばくに対して薬剤投与等の医療介入が行われる等、取り込み事象へのより複雑な対応が課題となる。さらに、福島第一原子力発電所の廃炉に係る作業環境は、取り扱う放射性物質の核種組成や濃度、管理対象となる作業の状況・従事者数等が、国内外の既存施設とは大きく異なるという特殊性を考慮すべきである。

これらを踏まえ、2021 年度から内部取り込み防護と取り込み時の線量評価のための廃炉・汚染水・処理水対策事業による研究開発に着手し、内部被ばく線量評価プログラムの概念の検討、バイオアッセイ手法の迅速化等に関する調査・検討、防護装備の最適化等の技術開発を進めた。これらの成果を踏まえ、2023 年度からの２年間で、バイオアッセイ手法の高度化や皮膚汚染、創傷汚染測定に関する検討など内部被ばく線量の測定・評価に係わる技術開発、及び内部被ばく線量評価体系の整備及び標準の開発により、内部被ばく線量評価プログラムの開発を進めた。2025 年度からは、これまでに抽出された課題を踏まえ、多数の内部取り込み者が発生した場合に対応するためのバイオアッセイ技術の開発、及び皮膚汚染時の評価精度向上と身体のα放射性核種による汚染の迅速かつ確実な検出のための技術開発を進める。

3.1.3.5.4 液体処理システム（α放射性核種除去技術）

燃料デブリ取り出しにおいては、燃料デブリに対し湿潤若しくは水中環境下で切削加工等が加えられることから、汚染水には粒子状及び溶解性のα放射性核種が現状よりも高い濃度で混入・溶出する可能性がある。福島第一原子力発電所の廃炉においては、特にα放射性核種の除去が重要な課題であり、現在、汚染水から放射性物質を除去する水処理設備（ＳＡＲＲＹ、ＡＬＰＳ等）が運用中であるが、α放射性核種の濃度が高くなった場合でも、汚染水からα放射性核種を除去し、所定の濃度まで低減できる技術の確立が必要である。そのため、廃炉・汚染水・処理水対策事業にてこれまで放射性核種を含む粒子の除去技術や実機環境も模擬した状態での溶解性α放射性核種の除去技術、並びに二次廃棄物処理技術が研究開発されてきた。しかしながら、燃料デブリ取り出し時の汚染水の水質は、実際に取り出しが開始されるまでは明確にはならず、除去設備の設計においては、除去が難しいコロイド状のα放射性核種の存在等、その不確かな点をカバーできるよう、保守的に設備仕様を設定することとなる。そのため、既存の建屋に滞留している汚染水を用いて試験することで、これまでの研究開発で候補に挙がっている除去方法の知見を拡充し技術の開発を続けることがより合理的な設計を実現するために有用と考えられている。また、二次廃棄物の処理技術については、後続の作業である移送・保管の検討と連携しながら更に研究を進める必要がある。2023 年度からの２年間において、コロイド状α放射性核種にも対応し得る複数の処理システム（例えば、吸着槽によるバッチ処理や水質調整など）について、コロイドを

含む試験液の製作方法も含め各種要素試験等を行い、実機適用性を評価した。また、実液（建屋滞留水）を使用する試験の準備（試験液の調整方法などの検討・要素試験）を行った。二次廃棄物処理技術の開発では、各種技術の要素試験等を行って実機適用性を評価した。また、関連事業との取り合いを整理した。

一方、燃料デブリ取り出し工法は小委員会報告書の内容に沿って具体的に検討されている段階となっている。液体処理システムは燃料デブリ取り出し工法に付帯するものであり、工法がある程度定まってから検討される。したがって、今後は燃料デブリ取り出し工法と共に液体処理システムのエンジニアリングを進め、その過程において難易度の高い課題を改めて確認した場合には廃炉・汚染水・処理水対策事業による技術開発を検討する。

なお、液体処理システムの基本設計・詳細設計においては、研究開発の成果を順次取り込みながら進めることができればより合理的であり、その点を考慮してエンジニアリングを進めるべきである。

3.1.3.5.5 燃料デブリ収納・移送・保管技術

「段階的な取り出し規模の拡大」の開始までに、未臨界維持、閉じ込め、水素発生対策、冷却等の安全機能を備え、取り出した燃料デブリ（塊状～粉状）の収納から移送、保管までの一連のシステムを構築する必要がある。そのため、廃炉・汚染水・処理水対策事業において 2023 年度までに以下の検討が進められてきた。

- 収納缶[9]の基本仕様、すなわち取扱性を考慮した高さや作業効率と未臨界維持を考慮した内径、材質、蓋構造等の策定と、試験による収納缶の構造健全性の実証
- 収納缶に収納した燃料デブリからの現実的かつ合理的な水素発生予測法の検討とその予測法を用いた収納缶の蓋に設置される水素ガス放出用のベント機構の検討と移送容器内の水素ガスの蓄積を考慮した安全な移送条件の設定
- ユニット缶内に収納された燃料デブリに対して適用可能で効率的な乾燥技術の開発及びその技術を用いた乾燥システム及び乾燥処理条件の検討

これらの検討は主として塊状、粒状の燃料デブリを対象としてきた。燃料デブリの回収のための加工（切断、切削等）に伴って発生する粉状の燃料デブリは、ガス管理システムや冷却水循環システムにおいて粉状、スラリー・スラッジ状態で回収することが検討されている。そのため、廃炉・汚染水・処理水対策事業においてスラリー・スラッジ状の燃料デブリを収納・移送・保管するための技術的課題の抽出を 2020 年度に実施した。その結果を踏まえて 2021 年度からはスラリー・スラッジ状燃料デブリの乾燥方法、水素ガス発生量の評価方法・水素ガスの放出特性、及び移送から保管までの取扱中の水素ガス挙動について主として机上での検討や評価を実施してきた。2023 年度から関連する廃炉・汚染水・処理水対策事業や東京電力での検討、及び燃料デブリの性状やＰＣＶ内状況に関する新たな知見等を踏まえて、水素ガス発生量の評価方法・水素ガスの放出特性の机上検討結果を要素試験等によって確認することを進めている。並行して、収納缶に設置するフィルタの寿命評価を要素試験等によって確認した。これらの活動を着実に進めて、粉状、スラリー・スラッジ状の燃料デブリを安全、確実、合理的に保管するために必要なプロセスの確立とそれに必要な機器・設備の設計に資する情報を蓄積・共有していく必要がある。

また、燃料デブリを保管するためには、収納缶を含む保管容器類の閉じ込めバウンダリ—の健全性が維持されていることが重要である。燃料デブリと共に回収される冷却水、ＰＣＶ内の構造物や回収時に使用される可能性のある副資材等を踏まえて燃料デブリ保管中の保管容器類内の環境を推定するとともに、保管容器類に使用する鋼材の種類や燃料デブリの性状、放射線の状況を踏まえた腐食発生進展モデルの検討にも着手した。

一方、東京電力において、上述の検討結果も参考にして「段階的な取り出し規模の拡大」に必要となる収納缶や第一保管施設（受入・払出セル、保管設備等）を、関連する他のプロジェクトと協調しながら具体化する活動が継続されている。また、「取り出し規模の更なる拡大」に向けて、移送・保管のプロセスの検討、保管技術・形式の調査と候補の絞り込み、及び燃料デブリの保管前に必要となる処理、保管場所までの移送方法やルート等の検討も進められてきている。しかしながら、現時点での燃料デブリの性状に関する情報、知見が限定的であることから、燃料デブリの性状等を保守的に想定して機器・設備を設計している。

「試験的取り出し」や段階的に規模を拡大した取り出しにおいては燃料デブリからの水素発生量や燃料デブリ性状等の各種計測データが収集・蓄積される。また、燃料デブリの移送から保管までの作業における燃料デブリの取扱いに関する知見や経験も獲得できる。「取り出し規模の更なる拡大」における燃料デブリの収納・移送・保管のための機器・設備の設計ではこれらのデータや知見及び経験を可能な限り活用して合理化を進めることが重要である。また、燃料デブリの収納から保管までの機器・設備の具体化に際して、保障措置の要求に対しても配慮する必要がある。

燃料デブリが収納されたユニット缶や収納缶の取扱いは遠隔操作装置を用いて安全かつ確実に継続して実施していく必要がある。そのため、詳細設計の初期の段階で実際に使用する又は類似の遠隔操作装置を用いて想定される作業のモックアップ試験を行うことや、先行している類似の作業の経験や知見及び反省点等を活用することが有用である。さらに、モックアップ試験で得られた知見を踏まえて燃料デブリの収納・移送・保管のための機器・設備の仕様、サイズ、配置や燃料デブリの動線等を確定していくというアプローチは設計の後戻りの抑制の観点から有用と考えられる。

3.1.3.5.6 ダスト飛散に係る影響評価技術

「取り出し規模の更なる拡大」に向けて、燃料デブリ取り出し工法や事故事象に対する安全評価技術の開発が必要である。安全評価は、燃料デブリ取り出しにおける加工、切削等により発生するダストに対し、取り出し箇所から気中への移行、量の把握に加え、根拠となる飛散、沈着、再浮遊等を含めた移行挙動を把握する必要がある。本検討では、その点に着目し、燃料デブリ取り出し環境を模擬したダスト飛散に係るデータ取得を通じて、ダスト発生や移行等のダスト飛散に関する知見の取得が行われている。

この安全評価技術の開発のため、燃料デブリ取り出し時に発生するダスト飛散の基礎的な挙動を把握することを目的とした乾燥条件のダスト飛散率データが 2022 年度までに取得された。また、燃料デブリ取り出し時に想定されるＰＣＶ内の湿潤環境における複数の工法を対象としたダスト飛散率データが 2024 年度までに取得された。湿潤条件下では、加工工法や浸水水位等の条件によって差は見られるが、乾燥条件下と比べてダスト飛散率が低減されることや、飛散粒子の

粒径分布が大粒径側にシフトすること等、ダストが環境中へ放出されにくくなる傾向が確認された。

今後は、2024 年度までに取得された乾燥条件・湿潤条件での基本的なデータを踏まえ、より実態に近い加工を想定した環境における試験が行われる。特に熱的加工については、ウラン等の重いアクチニド核種とセシウム等の揮発性の高い核分裂生成物が非均質に含まれる組成に対して与える影響や、水中から気相部に放出されるまでに生じる凝集等の現象の把握が期待されている。

加えて、ダスト発生箇所から環境に放出されるまでの環境移行率に対する影響把握試験が行われる。発生したダストは環境に放出されるまでの移行経路で除去されることが考えられ、この除去効果に対するダスト飛散率データ取得試験を通じて確認した飛散影響パラメータの依存性について、大規模試験装置を用いた試験等により評価される。

今後の福島第一原子力発電所の廃炉作業における、燃料デブリ取り出し時の安全評価と実際の加工時に取得されるデータに基づくダスト飛散影響の推定の技術的根拠に用いるため、上記のダスト飛散率及び環境移行率データに係る体系的な整備が進められていく。

3.1.3.5.7 燃料デブリ取り出し工法

「取り出し規模の更なる拡大」における燃料デブリ取り出し工法については、燃料デブリ取り出し作業が高線量下・高汚染下、不確定要素を含む環境下での遠隔作業になることを前提に、ＰＣＶ内へのアクセスルート構築や燃料デブリ取り出しに必要な機器・装置及びシステムに係る技術開発等が課題となっている。これらの課題に対して、中長期ロードマップ（2017 年９月 26 日）の「燃料デブリ取り出し方針」において、気中工法に重点を置いた取組方針が示されたことから、それ以降の研究開発は、気中工法の横アクセス、上アクセスによる取り出し方法及び横・上アクセス共通の要素技術の開発が廃炉・汚染水・処理水対策事業の中で進められている。横アクセスによる取り出し方法の要素技術として、燃料デブリ回収システム（吸引、把持等）、燃料デブリ切削・集塵システム、Ｓ／Ｃへの汚染拡大防止技術、アクセスルート構築に係るセル構造、搬入・設置技術、ＰＣＶとの接続技術、干渉物の撤去技術、遠隔操作支援システム等が開発されてきている。上アクセスによる取り出し方法としては、当初は燃料デブリを原子炉内で細断し搬出する取り出し方法を検討していたが、2019 年度より処理能力向上を目的に、炉内構造物や燃料デブリを大型一体で切断し搬出する取り出し方法を検討している。この要素技術として、大型一体で切断する方法・装置、大型搬送装置、オペフロと増設建屋間の汚染拡大防止のための隔離機構、大型搬出容器等が開発されてきている。横・上アクセス共通の要素技術としては、汚染した装置の遠隔除染・保守技術の開発、燃料デブリの加工時のダスト飛散抑制材の開発等を進めてきている。

2023 年度からの２年間で、ウェルシールドプラグの解体撤去を対象とした大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発として、３工法（１号機ＳＦＰ燃料取り出し用大型カバー設備を用いた工法、３号機大型一体搬出工法、３号機ウェルシールドプラグ用カバーを用いた撤去工法）について装置、施工方法等の概念設計、要素試験等を実施し、実機適用性を評価した。また、充填安定化の技術開発として、２テーマ（Ａ：ジオポリマーを用いたＲＰＶ内充填安定化の技術開発、Ｂ：ＲＰＶ内以外に適用する汎用性のある充填安定化の技術開発）について充填材の基礎特性試験、充填注入試験等を実施し、実機適用性を評価した。更に、落下対策の技術開発として、３つの対

応策（緩衝体、落下防止シート、ダスト飛散防止材）について対応策の材質・構造等の検討、実機を模擬した試験等を実施し、実機適用性を評価した。

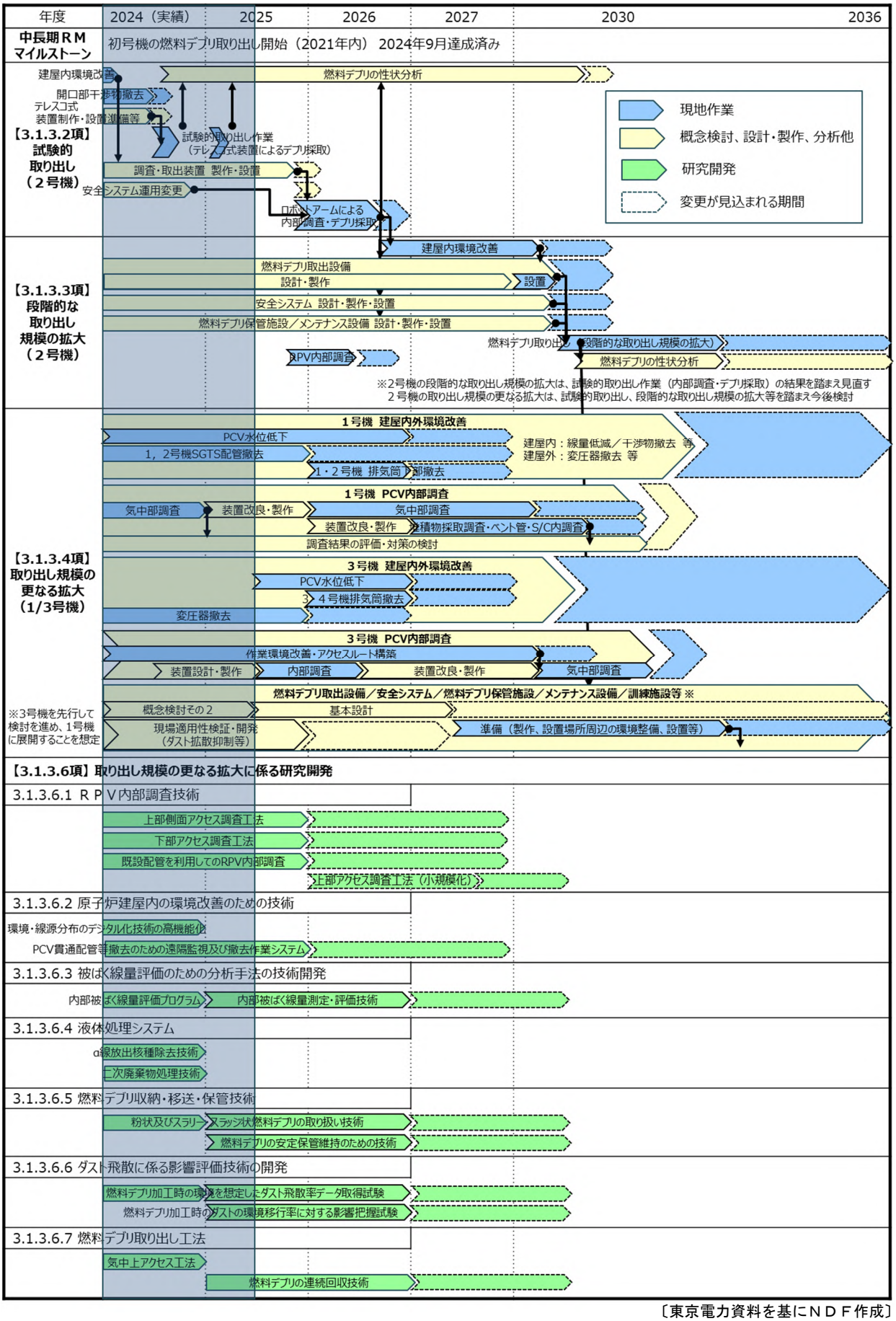
2025 年度からは、3.1.3.4 で示したように、東京電力は小委員会報告書の内容に沿って設計検討を実施した。この検討の中で新たに抽出された成立性に関わる課題のうち、ＰＣＶ底部に堆積する粒子状の燃料デブリを対象に、これを連続的に効率よく回収する技術の開発を進めている。

3.1.3.6 保障措置方策の課題

取り出した燃料デブリに対する計量管理及び査察対応は前例のないことであり、その検討や現場への適用に際して東京電力が技術的課題に直面する可能性がある。このため、ＮＤＦは、計量管理や査察対応に関わる既存技術を広範囲に調査することで東京電力の技術支援に備えるとともに、エンジニアリング的視点も踏まえながら、計量管理及び査察対応の適用に係る設備対応が廃炉工程に影響を与えないことをプロジェクト進捗状況から確認していく。

3.1.4 主な技術課題のまとめ

本節に述べた主な技術課題と今後の計画を整理すると、図 3.1-13 のとおりである。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.1-13 燃料デブリ取り出しに係る主な技術課題と今後の計画（工程表）

3.2 廃棄物対策

3.2.1 目標

① 当面 10 年間程度に発生する固体廃棄物[1]の物量予測を定期的に見直しながら、固体廃棄物の保管管理計画の策定・更新を実施するとともに、それに基づいて発生抑制と減容、保管・管理状況のモニタリング等の適正な保管管理を遂行する。

② 保管・管理、処理、再利用、処分の検討を進める上で必要な分析計画の策定・更新を実施するとともに、それに基づいた分析を着実に進める。

③ 2021 年度に示した処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通し（以下「技術的見通し」という。）を踏まえ、性状把握を進めつつ、保管・管理、処理、再利用、処分に係る方策の選択肢の創出とその比較・評価を行い、固体廃棄物の発生から再利用、処分までの具体的な固体廃棄物管理全体について適切な方策の提示に向けた検討を進める。そのためにはまず、固体廃棄物管理全体のうち、個別の固体廃棄物に対する性状把握から再利用、処分に至るまで一体となった対策の流れである個別廃棄物ストリームを評価し、その中で安全性や成立性が認められた個別廃棄物ストリームオプション案を蓄積する。そののち、全ての個別廃棄物ストリームオプション案を統合して、全体の廃棄物ストリーム（以下「廃棄物ストリーム」という。）を構築する。

3.2.2 進捗

廃棄物対策は、発生から保管・管理、処理等を経て表面線量率が極めて低い金属・コンクリートの構内再利用（以下「再利用」という。）、処分に至るまでの各段階でリスクを低減しつつ、最終的な処分の実施の見通しを得る必要がある長期にわたる取組である。ＩＡＥＡによる放射性廃棄物管理に係る用語集[2]を基に作成した固体廃棄物管理に関する用語について添付資料 32-1 に、国内外の放射性廃棄物の分類と処分について添付資料 3.2-2 に示す。

福島第一原子力発電所の廃炉に伴い発生する固体廃棄物は、多種多様な性状を有する廃棄物が大量に存在することから、中長期ロードマップで取りまとめられた以下の固体廃棄物についての基本的考え方に基づく取組を推進する。

＜「固体廃棄物についての基本的考え方」のポイント＞

① 閉じ込めと隔離の徹底

・人が有意な被ばくを受けないように、放射性物質と人の接近を防ぐための閉じ込めと隔離を徹底

---

[1] 中長期ロードマップにおいて「固体廃棄物」は、「事故後に発生したガレキ等には、後述のとおり、敷地内での再利用等により廃棄物あるいは放射性廃棄物とされない可能性があるものもあるが、これらや水処理二次廃棄物及び事故以前から福島第一原子力発電所に保管されていた放射性固体廃棄物を含めて、以下「固体廃棄物」という。」とされている。

[2] IAEA, IAEA Safety Glossary Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2007 Edition, p.216, (2007).

② 固体廃棄物量の低減

・廃炉作業に伴って発生する固体廃棄物について、可能な範囲で物量を低減

③ 性状把握の推進

・固体廃棄物の処理、処分の検討を進めていくための、分析試料数の増加に対応した適切な性状把握

④ 保管・管理の徹底

・発生した固体廃棄物について、その性状を踏まえた安全かつ合理的な保管・管理

・福島第一原子力発電所の敷地内で確実に保管・管理できるよう、保管容量の確保

⑤ 処分を念頭に置いた先行的処理方法の選定手法の構築

・処分の技術的要件が決定される前に、安定化・固定化するための処理（先行的処理）の選定手法を構築し、先行的処理方法を選定

⑥ 固体廃棄物の管理全体を俯瞰した効率的な研究開発の推進

・性状把握、処理、処分の研究開発の各分野が連携し、固体廃棄物の管理全体を俯瞰した上で、必要な研究開発課題を確認

⑦ 継続的な運用体制の構築

・固体廃棄物の管理全体を安全かつ着実に継続していくため、関連する施設の整備や人材の育成を含めた継続的な運用体制の構築

⑧ 作業員の被ばく低減対策等

・関連する法令に基づいた被ばく管理、健康管理、安全管理を徹底

東京電力には発生する固体廃棄物の安全かつ合理的な保管・管理を徹底することが求められている。固体廃棄物の性状把握から保管・管理、処理、再利用、処分に至るまで一体となった対策の専門的検討は、ＮＤＦを中心に関係機関が各々の役割に基づき取組を進めており、性状把握のための分析能力の向上、柔軟で合理的な廃棄物ストリームの構築に向けた開発の成果を踏まえ、2021 年度に、技術的見通しを示した。中長期ロードマップでは、第３期には、固体廃棄物の性状分析等を進め、廃棄体の仕様や製造方法を確定するとされている。固体廃棄物の各分野における技術開発等の進捗に応じて、性状把握から再利用、処分に至るまで一体となった対策の流れ（以下「個別廃棄物ストリーム」という。）が検討可能と判断された個別の固体廃棄物に対する個別廃棄物ストリームの評価を実施しており、今後、これらの結果を統合し、固体廃棄物の具体的管理について全体としての適切な方策の提示につなげていく。

固体廃棄物に関する廃炉・汚染水・処理水対策事業は、2021 年度までＩＲＩＤがＪＡＥＡを核とした体制の下、その中心を担ってきたが、2022 年度開始事業以降はＪＡＥＡが単独でその中心を担う体制となっている。

a. 福島第一原子力発電所における保管・管理の現状

固体廃棄物の現在の保管・管理状況は表 3.2-1 のとおりである。これら固体廃棄物の適切な保管・管理を行うため、東京電力は 2016 年３月に保管管理計画の初版を公表し、今後 10 年程

度の固体廃棄物の発生量の予測とそれに伴い必要となる廃棄物関連施設の設置等の方針を示している。保管管理計画は、年に１回見直しを行うとしている。

計画中の施設の設計ならびに工事の進捗状況と合わせて、ガレキ等・水処理二次廃棄物の発生量実績・発生量予測値の更新を反映し、2024 年 12 月に８回目の改訂を行った。

この計画に基づき、水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く全ての固体廃棄物の屋外での一時保管を 2028 年度内までに解消するとしており、それに必要な設備の整備を進めるとともに（添付資料 3.2-3）、それに関わる処理計画[3]及び移送計画[4]の検討を行った。

新たな廃棄物関連施設として、2024 年２月に減容処理設備、2024 年８月に固体廃棄物貯蔵庫第 10 棟を運用開始した。計画中の焼却炉前処理設備については、設置場所や設計の再検討を行うため、竣工時期を 2025 年度から 2027 年度以降に見直した。また、計画中の溶融設備についても、設計検討に時間を要しているため、竣工目標時期を 2027～2029 年度頃から 2029～2031 年度頃に見直した。

廃棄物処理設備の建設・運用が進む中で、減容処理設備の空調バランスの不具合や 2024 年 2 月に増設雑固体焼却設備建屋における火災報知機の作動事象が発生している。増設雑固体焼却設備建屋は、設備の点検及び復旧を行っており、2026 年度の運転再開を目標としている。保管に向けた減容化や焼却を計画どおりに進めるため、必要な対策を検討・実施すると共に今後の設備計画に反映する必要がある。

また、これまでの廃棄物の保管・管理では、大量に発生するガレキ等がフォールアウト起因汚染であったため、表面線量率を指標とした区分による管理をしてきた。今後は、より適切な保管・管理を行っていく上で、構内での再利用を進めることを念頭に、廃棄物ごとの分析による放射能濃度の把握を行っていくこととしている。

技術的見通しにおいて、廃棄物ヒエラルキーの概念（廃棄物対策は、①廃棄物発生量抑制、②廃棄物量最小化、③再使用、④再利用、⑤処分の優先順位で可能な限り取り組み、⑤の処分は最終的な対策とする考え方（図 3.2-1））を実践している諸外国の例を示したが、東京電力でもこの概念に基づく考え方に対応して取組が実行されている。東京電力はこの考え方を福島第一原子力発電所員に配布しているハンドブックにも記載し、廃棄物の発生量抑制を徹底するとともに、協力会社に対する意識付けを進めている。なお、①廃棄物発生量抑制、②廃棄物量最小化、③再使用は、固体廃棄物の発生量を減らすための方策であり、個別廃棄物ストリームの評価では、固体廃棄物としての管理が必要となる④再利用、⑤処分に向けた検討を実施する。

再利用・再使用対象のうち、コンクリートガラについては破砕し、表面線量率がバックグラウンド相当と確認した上で、福島第一原子力発電所構内の路盤材として再利用を実施している。また、金属については、再利用に供するための除染方法として溶融除染等の検討が行われている。廃炉・汚染水・処理水対策事業においても、この実現に必要な研究開発として、溶融・除染時の核種分配挙動及び溶融処理後の検認に向けた放射能濃度の確認方法に係る検討に取り組んでいる。

[3] 必要な減容処理が完了することについて、各減容設備の竣工時期から運用期間並びに処理期間を試算して確認
[4] 固体廃棄物貯蔵庫の竣工時期の影響という観点から、受入作業への影響を評価

水処理二次廃棄物についても、内包する放射能量の大きい吸着塔を優先的に建屋内保管に移行する計画としており、吸着塔類の保管施設として、大型廃棄物保管庫の建設が進められている。また、含水率が高く流動性のある多核種除去設備等で発生したＡＬＰＳスラリー及び除染装置スラッジについては、より安全に保管・管理を行うため、前者については特定原子力施設・監視評価検討会及び特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合における保管リスク低減や減容等に関する論点を踏まえた上で、安定化（脱水）処理の実施に向けた検討を行い（脱水処理開始予定：2028 年度[5]）、後者については、現在の保管場所である建屋内地下貯槽から回収し、脱水処理、容器収納して高台の保管施設へ移送（回収着手予定：2028 年度[6]）することとしている。福島第一原子力発電所の中長期リスクの低減目標マップでは、水処理廃棄物等について、2025 年度までに水処理二次廃棄物の固化処理方針を策定し、2033 年度に実現すべき姿として「屋外保管の解消と適切な保管」及び「固化処理の開始」が示されている。

これらの福島第一原子力発電所において適切な保管・管理が求められる固体廃棄物は一部を除いて今後も継続的に発生する。また、2024 年 12 月公表の保管管理計画では、今後の燃料デブリ取り出し準備工事等において相当量の廃棄物が発生することが見込まれていると記載されている。この廃棄物発生量については、燃料デブリ取り出し工法が決まっていないことによる不確かさがあることを前提にした上で、具体的には、１～４号機周辺の建屋の解体及び震災前に発生した樹脂等で、少なくとも約 30 万 m^3 の廃棄物が発生すると試算されている。なお、今後この廃棄物発生量については、焼却・破砕等の減容効果を見込み精査される予定である。さらに、燃料デブリ取り出しに伴っても、固体廃棄物が発生する。この固体廃棄物に係る対応についても今後、検討する必要がある。

[5] 原子力規制庁. 「ＡＬＰＳスラリー安定化処理設備設置の進捗状況について（資料２－２）」, 第 115 回特定原子力施設監視・評価検討会. 2024 年 12 月 16 日.

[6] 原子力規制庁. 「廃スラッジ回収装置の進捗状況について（資料２－３）」, 第 115 回特定原子力施設監視・評価検討会. 2024 年 12 月 16 日.

表 3.2-1 固体廃棄物の保管・管理状況

(a) ガレキ類・伐採木・使用済保護衣等の管理状況（2025.8.31 時点）

ガレキ類

分類	保管量（m^3）／保管容量（m^3） （割合）
屋外集積（表面線量率≦0.1mSv/h）	318,100 / 397,900 (80%)
シート養生（表面線量率 0.1～1 mSv/h）	29,900 / 55,300 (54%)
覆土式一時保管施設、容器（表面線量率 1～30 mSv/h）	15,800 / 17,200 (92%)
容器*（固体廃棄物貯蔵庫内）	49,000 / 133,500 (37%)
合計	412,800 / 603,900 (68%)

伐採木

分類	保管量（m^3）／保管容量（m^3） （割合）
屋外集積（幹・根・枝・葉）	31,500 / 134,000 (23%)
一時保管槽（枝・葉）	37,300 / 41,600 (90%)
合計	68,800 / 175,600 (39%)

使用済保護衣等

分類	保管量（m^3）／保管容量（m^3） （割合）
屋外集積	10,500 / 25,300 (42%)

*水処理二次廃棄物（小型フィルタ等）を含む

なお保管量は端数処理で 100m^3 未満を四捨五入しているため、合計と内訳が整合しない場合がある。

(b) 水処理二次廃棄物の管理状況（2025.9.4 時点）

吸着塔類

保管場所			保管量		保管量／保管容量 （割合）
使用済吸着塔保管施設	セシウム吸着装置使用済ベッセル		779	本	5,931 / 6,884 (86%)
	第二セシウム吸着装置使用済ベッセル		265	本	
	第三セシウム吸着装置使用済ベッセル		27	本	
	多核種除去設備等保管容器		4,511	基	
	高性能多核種除去設備使用済ベッセル	高性能	90	本	
	多核種除去設備処理カラム	既設	17	塔	
	モバイル式処理装置等使用済ベッセル及びフィルタ類		242	本	

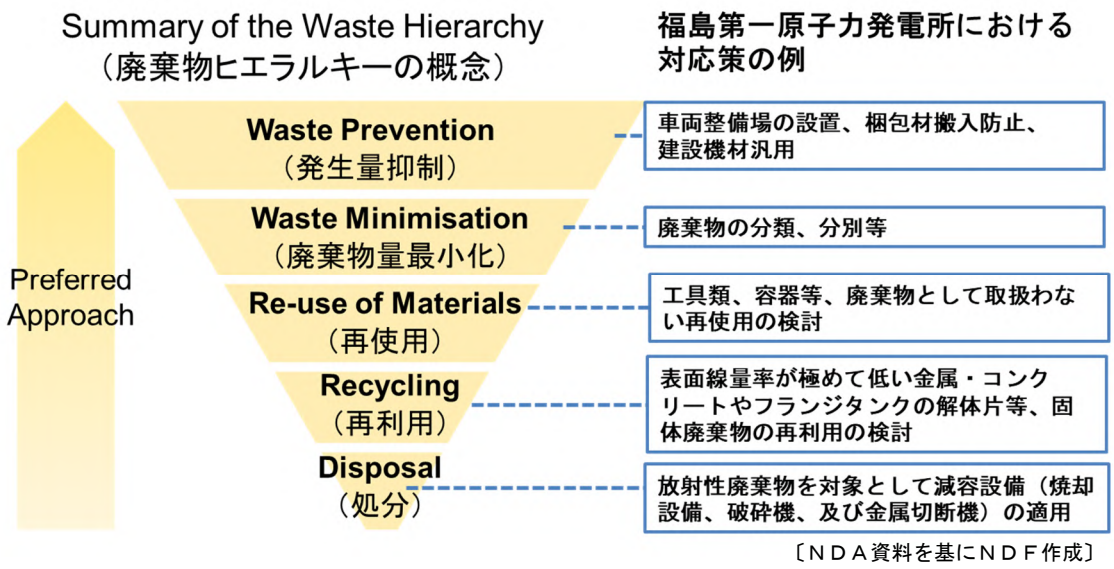
廃スラッジ

保管場所	保管量（m^3）／保管容量（m^3）（割合）
廃スラッジ貯蔵施設	516 / 700 (74%)

濃縮廃液

保管方法	保管量（m^3）／保管容量（m^3）（割合）
濃縮廃液タンク	9,483 / 10,300 (92%)

〔資料：東京電力〕



〔ＮＤＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.2-1 ＮＤＡにおける廃棄物ヒエラルキーの概念と福島第一原子力発電所における対応策

b. 処理・処分方策の検討

性状把握について、対象とする固体廃棄物とその優先度、分析の定量目標等を定める中長期的な分析戦略を策定するための方法論確立に向けた検討を行っている。これまでに検討してきたデータを簡易・迅速に取得するための分析手法については、その成果をＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第１棟において、標準的な分析法として利用するために模擬試料を用いて妥当性を確認した。福島第一原子力発電所から採取されたガレキ試料に同分析手法を適用した結果、妥当性評価試験と同等な結果が得られることを確認し、実試料への適用性を実証した。さらに処分安全評価上重要となる難測定核種について、C-14 の化学形態（有機／無機）を同定する測定法、I-129 をより低濃度まで測定可能な分析法の開発を進めている。また、高線量廃棄物の分析データの取得に向け、福島第一原子力発電所構内において採取したセシウム吸着塔（ＫＵＲＩＯＮ及びＳＡＲＲＹ）の吸着材を茨城地区の分析施設に輸送し、分析法の検討を進めるとともに、一部核種について分析に着手した。得られた分析結果は分析データベース「ＦＲＡｎＤＬｉ」に収録し、一般に公開している。また、採取場所の詳細、輸送履歴、保管場所、

残量といった、分析した試料に係る関連情報を試料データベース「SampleBase」に収録し、関係者間で共有している。

保管・管理については、金属廃棄物の減容・再利用技術のため汚染金属を溶融・除染する際の核種分配挙動及び溶融処理後の検認に向けた放射能濃度の確認方法について検討を行っている。

処理技術については、低温処理技術に関し、実規模試験による実機適用の見通しの確認やＡＬＰＳ炭酸塩スラリーの低温処理技術による実規模試験時に発生した急結メカニズムの解明を行うとともに、固化可能性検査手法の適用範囲の拡大や各種処理技術により作製された固化体の安定性（浸出特性、長期変質現象、放射線影響等）評価手法について検討を行っている。また、低温処理技術の適用範囲の拡大等、技術オプションの拡大に資するため、中間処理技術の候補として検討している熱分解処理について、熱分解の基礎試験等から減重率が大きく、無機化が可能な廃樹脂への適用可能性の確認を行っている。廃樹脂は津波により海水が混入したため、塩分による熱分解処理への影響の確認を行っている。また、廃樹脂の熱分解処理による実規模試験時に発生した炉内付着物の除去方法等の検討を行っている。ＡＬＰＳスラリー等の固化処理方針策定に向けて、方針策定に必要な廃棄物性状に関する情報整備を優先的に進めるよう、東京電力は分析計画[7]を更新している。さらに、今後の廃炉作業で発生する固体廃棄物は多種多様な性状を有し、大量であるため、柔軟かつ合理的に対応する必要がある。その予備検討として、有害物等が含まれた雑多なガレキ類を一括固化する技術及び脱水処理後のＡＬＰＳ炭酸塩スラリーを脱水物保管容器ごと処理する技術の適用可能性の確認に取り組んでいる。

処分技術については、固体廃棄物の全体像がまだ明らかでないため、当面は既存の廃棄物区分及び処分概念を前提に、それらの処分区分を決定する重要シナリオにおける被ばくメカニズムを検討している。特に、発生量の多い水処理二次廃棄物及びガレキ・解体廃棄物に着目し、それらから選定した廃棄物について、これらの重要シナリオにおける被ばく対策を検討した。それを既存処分概念に反映した処分概念オプション案を検討するとともに、その成立性を示すエビデンスの拡充を進めている。

3.2.3 主要な課題と技術戦略

中長期ロードマップにおいて、第３期には、固体廃棄物の性状把握等を進め、廃棄体の仕様や製造方法を確定するとされている。このため、性状把握、保管・管理、処理、処分の各分野の連携の下、必要な研究開発課題を確認しつつ、具体的な固体廃棄物管理について全体としての適切な方策の提示に向けた検討を進めていく。なお、検討を進めるに当たって、性状把握から処分までの各分野におけるこれまでの研究開発の成果・検討状況を整理しておくことが重要である（添付資料 3.2-4）。

個別廃棄物ストリームの検討にあたっては、その種類（個別の固体廃棄物）毎の特徴を踏まえ、性状把握、保管・管理、処理、処分の各分野の連携の下、不確実性[8]の低減に向けた適切なアプロ

[7] 東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた固体廃棄物の分析計画.

[8] 3.2 節では、不確実性を「個別の固体廃棄物の物理・化学的特性や放射線学的特性に関する情報が不完全または予測不可能な状況」としている。

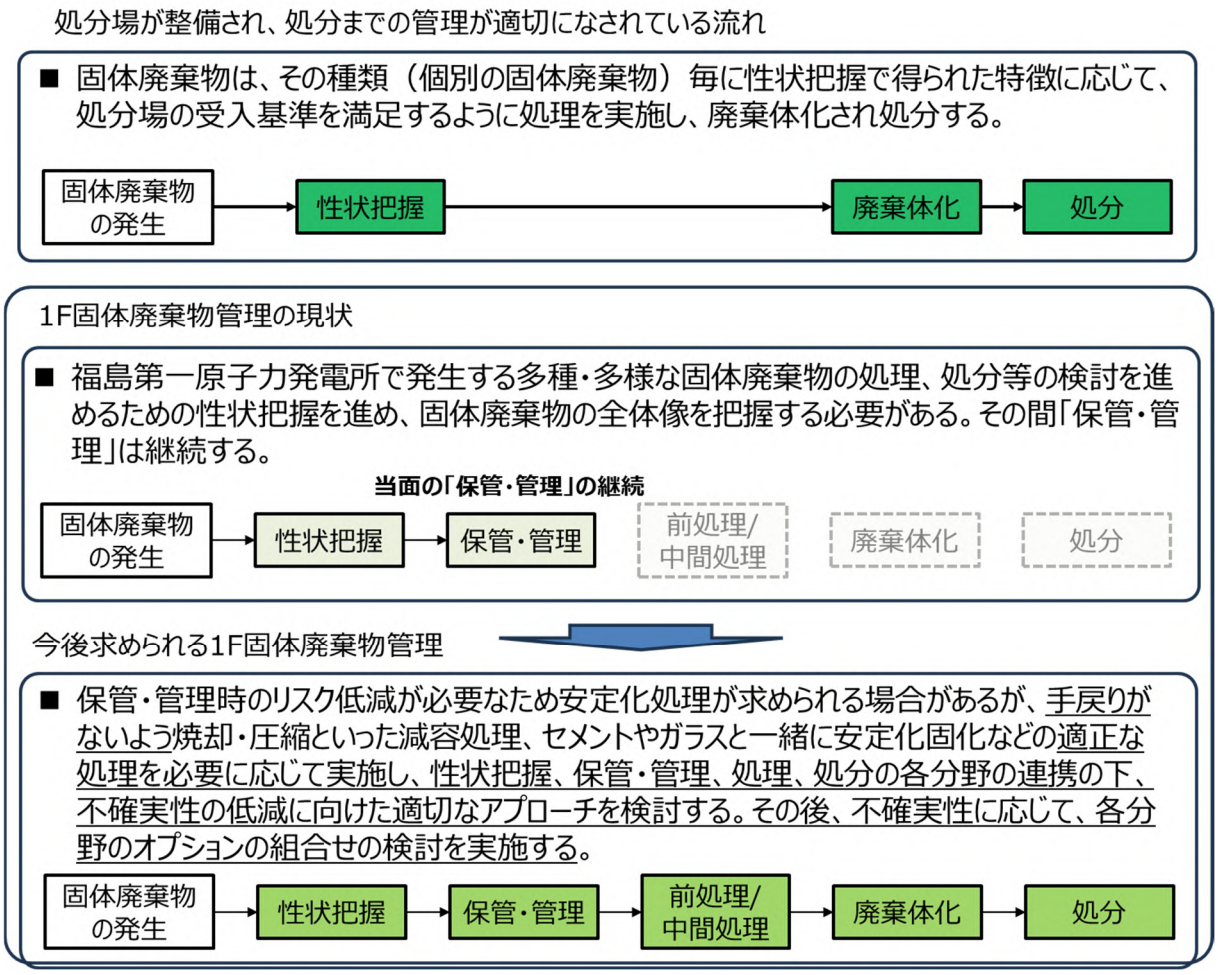
ーチを検討する。その後、不確実性に応じて、各分野のオプションの組合せの検討を実施する（図 3.2-2）。具体的な検討の流れは以下の通りである。

- 保管・管理、処理、再利用及び処分の各分野におけるオプション案の検討により、個別廃棄物ストリームにおける各分野のオプションを抽出・分類する（図 3.2-3）。
- 性状把握の不確実性の低減に向けた取組みを継続しつつ、不確実性を評価して得られた結果である想定リスクに対応するハザード[9]の大きさに応じて安全性を担保可能な各分野のオプションの評価・選択、組合せを実施する。性状把握や処理技術の不確実性が大きい個別廃棄物については、その評価結果に基づくハザードに適合するために各分野で適用可能な性能の技術オプションの選択が必要となる（図 3.2-4）。
- その上で、各分野の研究成果を相互にフィードバックしながら検討を繰り返すことで、安全性や成立性が認められた個別廃棄物ストリームのオプション案について、その特徴を評価し、個別廃棄物ストリームオプション案を蓄積する（図 3.2-4 及び図 3.2-5）。また、この検討を通じて、各分野の研究開発課題や固体廃棄物の管理に係る課題等を抽出・整理する。
- 全ての個別廃棄物ストリームオプション案を統合し、それらを評価・検討して絞り込みを行った全体の廃棄物ストリームを構築し、固体廃棄物管理について全体としての適切な方策を示す。

これら固体廃棄物の性状把握から保管・管理、処理、再利用、処分に至るまで一体となった対策の専門的検討は、「3.2.2 進捗」で述べたのと同じく、ＮＤＦを中心に関係機関が各々の役割に基づき取組を推進する。

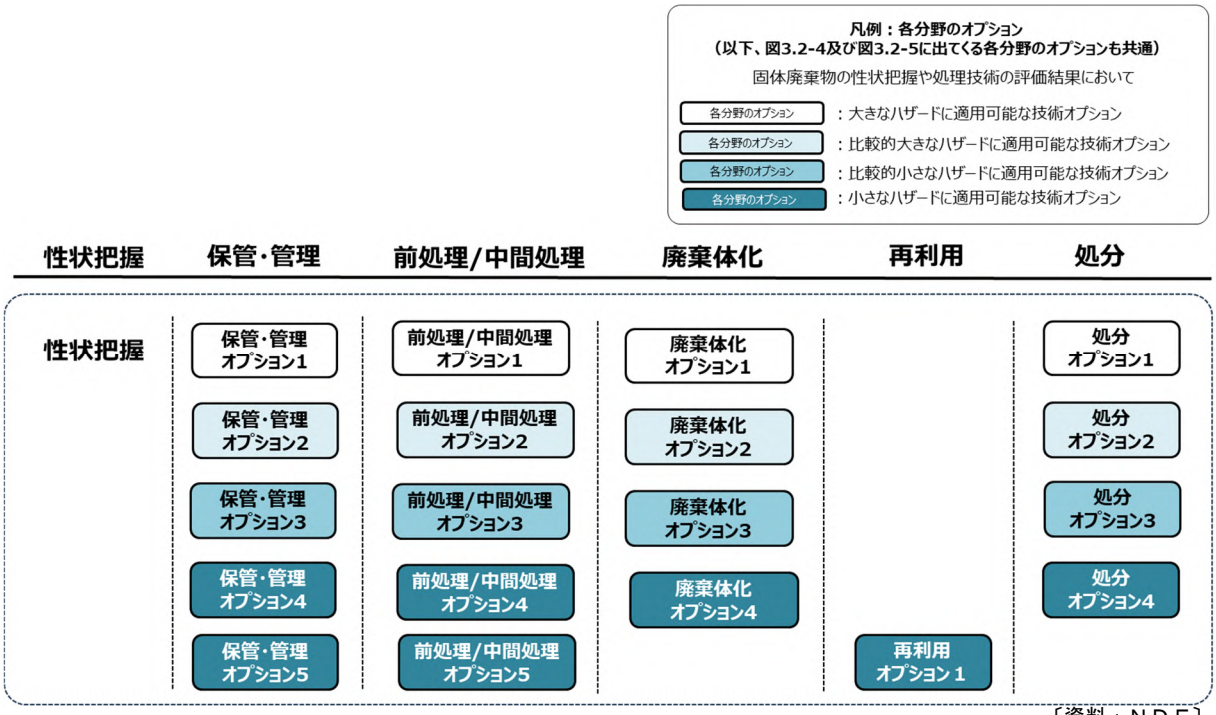
これらを円滑に進めるために、関係機関は、引き続き高いレベルでの技術・人材を備えた研究開発体制による取組の継続に向け、廃棄物分野の人材育成・技術力向上に不断に努めるとともに、廃棄物分野内での連携強化、成果の相互活用等によるリソースの効率的な活用に取り組むことが不可欠である。また、廃棄物管理の各段階で必要な要素技術及びそれを支える周辺技術等のサプライチェーンの維持・強化を可能とする環境の整備についても検討するべきである。

[9] 3.2 節では、ハザードを「安全性を担保可能な各分野のオプションの組合せの検討に対して、各分野において顕在化する可能性のある事象または状態」としている。



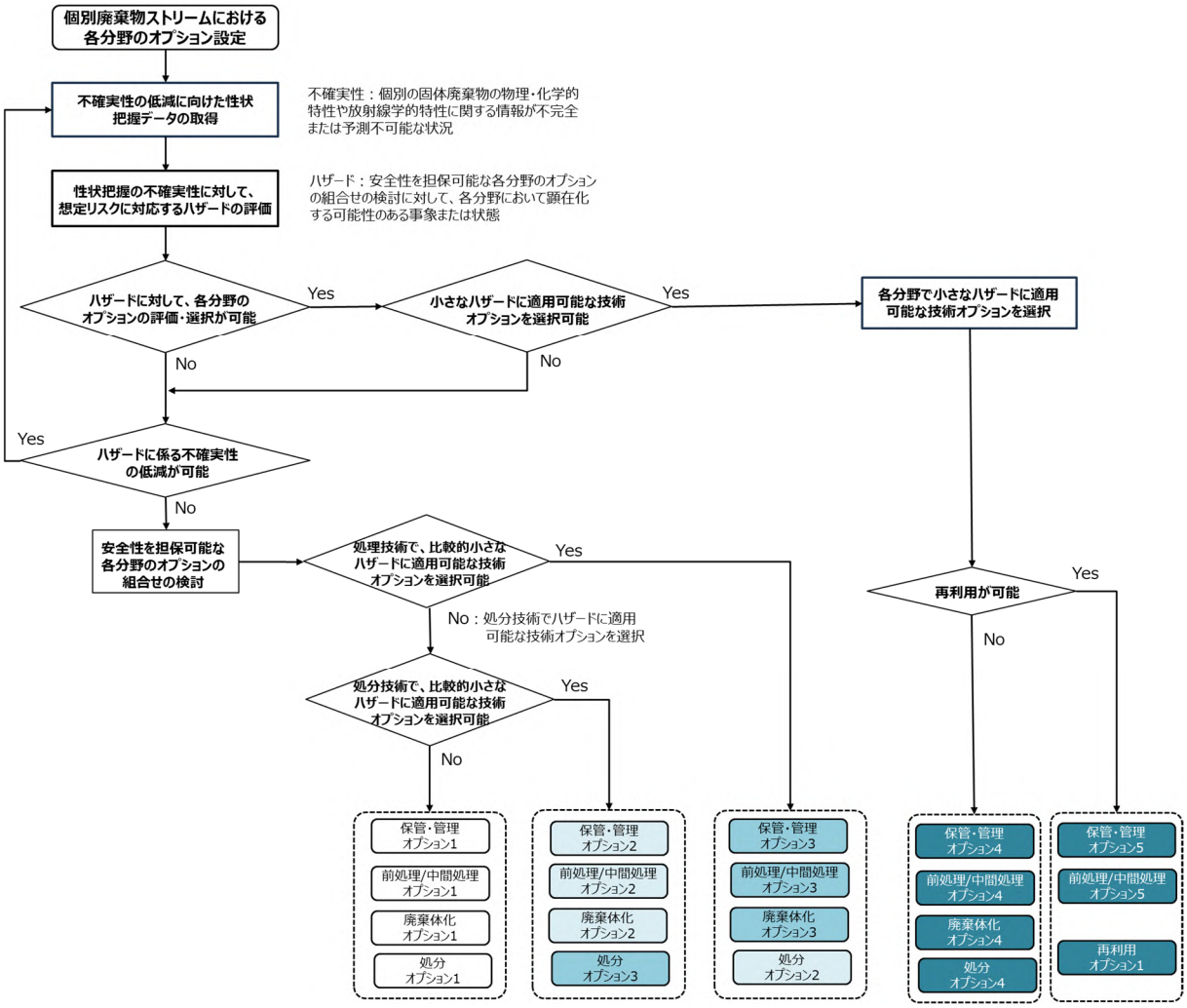
〔資料：ＮＤＦ〕

図 3.2-2 個別廃棄物ストリーム検討の必要性



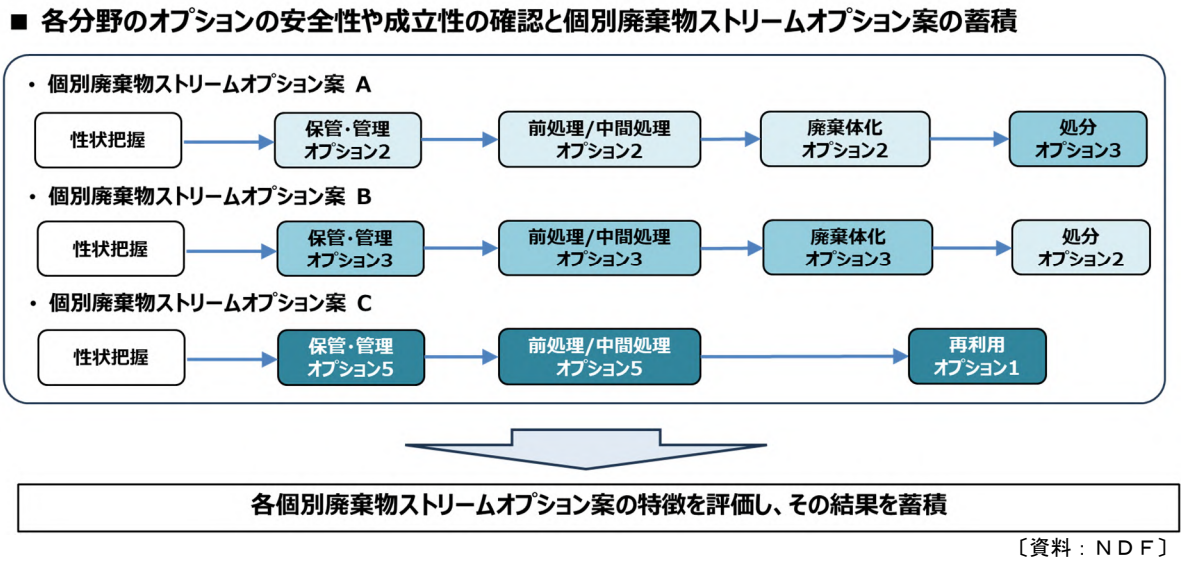
〔資料：ＮＤＦ〕

図 3.2-3 個別廃棄物ストリーム検討における各分野のオプションの抽出



〔資料：ＮＤＦ〕

図 3.2-4 個別廃棄物ストリームにおける各分野のオプション設定の考え方



〔資料：ＮＤＦ〕

図 3.2-5 個別廃棄物ストリームオプション案の評価と蓄積

3.2.3.1 性状把握

a. 分析データの取得・管理等

処理、処分を含む固体廃棄物対策検討の基礎情報である固体廃棄物のインベントリについて、分析データを蓄積しながら不断の改善を行っていく。その際には、ガレキ類等の低線量廃棄物、水処理二次廃棄物や燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物等の高線量廃棄物について、それぞれの特徴に応じた取組を進める。

低線量廃棄物については、物量が膨大なこと、高線量廃棄物については、試料採取や分析自体が困難で取得される分析データの数が限定される、といった特徴から、必要な精度を効率的に担保するアプローチが重要となり、共にＤＱＯプロセス[10]と統計論的方法を組み合わせた効率的な分析計画法の確立に取り組んでいるところであり、その取組を継続する。

また、セシウム吸着塔から採取した試料や燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物等の分析や難測定核種の分析等に必要な技術開発に取り組んでおり、セシウム吸着材については一部試料の分析結果が得られている。この分析結果を、今後の分析計画及び水処理二次廃棄物の固化処理方針策定に反映していく。

b. 分析能力の向上及び分析を着実に実施していくための枠組み整備

性状把握を着実に推進するため、施設整備、分析人材の育成、分析技術力の継承・強化の取組を進めている。2022 年６月にＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第１棟が竣工したことにより分析能力が増強されたことから、その能力を前提として、廃炉工程における課題の解決に資する分析を試料の優先度を踏まえ計画的に実施する。

これまで廃炉・汚染水・処理水対策事業において、中長期的な分析戦略策定から、年度の分析計画策定、データ取得・分析、取得したデータの処理・処分方策検討への反映とその効果の評価、評価結果に基づく次期中長期分析計画の策定、フローの確立を進めている。取得したデータは廃棄物対策全般に活用されるべきであり、東京電力は、分析のサプライチェーン[11]の調整も含む、固体廃棄物の性状把握に関して統括的な管理を行うべきである。

東京電力は、2023 年３月に固体廃棄物の処理・処分方法、再利用方策の検討に向けた性状把握及び保管管理の適正化を目的として分析計画を策定した。同計画は 2025 年３月に更新され、解体モデルケース検討、ガレキ類の放射能濃度管理手法の構築、水処理二次廃棄物等の固化処理方針策定、といった優先すべき分析目標・工程、及び分析対象核種に引き続き取組んでいくことが示された。今後はそれを基にＪＡＥＡと協働し、以下に取り組む。

- 具体的な分析業務への落とし込み
- 分析計画の見直し
- 必要な技術開発課題の具体化
- 分析のサプライチェーンの運用体制の早期確立

2024 年度に実施した分析及び試料採取において、

[10] 米国環境保護庁により開発された、意思決定のために分析試料のサンプリングを計画する方法。
[11] 試料採取、分析を行う施設の確保、試料の輸送等に係る工程全体

- コンクリートコアの処理方法（深さ方向の分割等）の確定
- 難測定核種（C-14 や I-129 等）の分析の迅速化
- 高線量エリアからの試料採取

が課題として確認された。

この対応・改善方法として、以下の取組について、東京電力を中心に、関係機関各々の役割に基づいて行っていくとしている。

- 分析試料の加工・分取・前処理方法の検討及び実施方法の具体化、機材調達等について関係個所と調整を実施していく。
- 難測定核種の分析の迅速化・合理化及びリソース配分の見直しを進めていく。検出下限値の改善が望ましい核種もあるため、分析技術の開発や要求される検出下限値の評価の適正化など、多角的に検討を進めていく。
- 高線量エリアからの合理的な試料採取方法・技術に関する調査・検討を進める。必要な分析数の見直しを図る（過度な試料採取を減らす）。

東京電力はこれらの取組を分析計画に反映するとともに、それを基にＪＡＥＡ及び他の機関は性状把握を進めていくべきである。

ＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第１棟では、2022 年 10 月に放射性物質を用いた分析作業を開始し、固体廃棄物分析に着手した。当初想定していた固体廃棄物の分析のほか、ＡＬＰＳ処理水の第三者分析、内部調査時に得られた新たな試料の分析、ＮＲＡの現場調査で得られたスミヤ試料の分析といった新たなニーズが生まれたために、固体廃棄物に充当する分析能力に関する調整等が必要となっている。そのためＪＡＥＡでは、

- 分析対象とする廃棄物の種類の内訳は東京電力の分析計画に基づき協議し、調整する。
- 前処理に関しては、更なる分離プロセスの合理化による分析作業の簡易・迅速化[12]、測定に関しては、要求される分析精度に応じた分析装置の使い分けによる装置占有率の改善及び測定時間の迅速化[13]といった技術開発を並行して進める。

としている。固体廃棄物分析を含め今後もニーズの拡大が見込まれるところであるが、直近の分析計画に対応できるようにするため、固体廃棄物に充当された当面の分析能力を最大限活用するように上記の対策を早急に進めるべきである。また、東京電力による新たな分析施設は 2020 年代後半運用開始が予定されている。上記の分析計画及び今後の廃炉工程における分析ニーズを踏まえて、茨城地区を含む固体廃棄物に係る分析施設との適切な役割分担を十分考慮し、分析のサプライチェーンを計画的に整備・運用する。

3.2.3.2 保管・管理

固体廃棄物の保管・管理については、放射能濃度や性状等、リスクに応じて適切に行う。また、保管・管理状況のモニタリングやサーベイランスにより必要な情報を得つつ、性状把握に資する多様な情報という観点からも、測定項目・測定時期等を見直していくことが重要である。

---

[12] 燃焼法による揮発性核種分析法の検討
[13] LEP-AES による元素分析の簡易・迅速化、チェレンコフ光測定による Sr-90 分析法の検討

a. 放射能濃度区分による管理への移行

現在の保管・管理は、大量に発生するガレキ類等がフォールアウト汚染起因であることから表面線量率による区分で行われている。今後の廃炉の進捗に伴う固体廃棄物の発生量の増大に備え、固体廃棄物を放射能濃度による管理に移行し、合理的な廃棄物区分や構内再利用等を検討していく。

福島第一原子力発電所の中長期リスクの低減目標マップにおいて、表面線量率によるガレキ類の放射能濃度管理手法の構築が、低線量・ＢＧ相当のガレキ類に対しては 2025 年度までに、中線量のガレキ類に対しては 2028 年度までの目標として示されている。このため、Cs-137 をキー核種とした核種濃度比に関するデータの蓄積・評価を行い、必要に応じて汚染傾向の類似性を考慮したグループの見直しや分析データの追加取得等について分析計画へフィードバックしながら検討を進めていく。

将来、膨大な量の固体廃棄物の発生が見込まれる建屋解体廃棄物等については、これまで、廃棄物発生後に表面線量率により区分・管理を実施し、放射能濃度の管理は未実施であったが、今後は、あらかじめ核種分析により施設の汚染状況を把握し、それに応じた除染・解体及び解体物の保管管理を行う方法に移行させて合理的な処理、処分につなげていく。まずは、将来実施する施設の解体、発生解体物等の対策に展開するため、特定の施設を対象に解体モデルケースを検討していくことが重要である。

b. 屋外一時保管の解消に向けた取組

中長期ロードマップでは、水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く全ての固体廃棄物の屋外一時保管を 2028 年度内までに解消するとされている。この目標の達成のため、焼却・減容施設、固体廃棄物貯蔵庫等の必要な設備・施設を計画的に整備し、固体廃棄物の建屋内保管への集約を着実に進める必要がある。また、特定原子力施設・監視評価検討会及び特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合における低レベルコンクリート等廃棄物の保管に関する現実性・合理性に関する見解[14]も加味した上で、長期的な処理・処分方法、再利用方策を視野に入れた主要核種の特徴に応じた分類等、安全かつ合理的で、実現可能な保管・管理の在り方について検討を進めることが重要である。

c. ＡＬＰＳスラリーの保管・管理

ＡＬＰＳスラリー安定化処理設備の設置時期の遅れは生じているものの、保管施設の増設により、当面の保管容量は確保されている。また、安定化処理までに積算吸収線量の上限値（5,000kGy）を超えると評価されるため、移替えが必要となるＨＩＣが継続的に発生している。当面の保管容量の確保及び移替えを確実に実施するとともに、より安定な状態へ移行するため、安定化処理設備の設置及び処理を計画的に進める。

d. 燃料デブリ取り出しに伴い発生する固体廃棄物の保管・管理

燃料デブリ「取り出し規模の更なる拡大」により発生すると想定した高線量廃棄物の保管・管理についての課題と対策は、2021 年度までの廃炉・汚染水・処理水対策事業の成果によって

14 原子力規制庁. 「中期的リスクの低減目標マップにおける固形状の放射性物質の目標に対する進め方（資料３－１）」, 第 107 回特定原子力施設監視・評価検討会. 2023 年 4 月 14 日.

明確にしたところであり[15]、今後は燃料デブリ取り出し工法の検討に応じた見直しを行う。なお、それ以前に行われる燃料デブリ取り出し作業（「試験的取り出し」、「段階的な取り出し規模の拡大」）において発生が想定される固体廃棄物の保管・管理についても確実に対策を講じる。

燃料デブリ取り出し準備工事では、取り出し工法によらず、１～４号機周辺の建屋の解体及び震災前に発生した樹脂等で少なくとも約 30 万 m^3 の廃棄物が発生すると試算されている[16]。この廃棄物発生量については、焼却・減容設備による減容効果を見込んでおらず、今後精査が必要ではあるものの、今後の廃炉作業で固体廃棄物の発生は継続することから、固体廃棄物の保管容量を増大する対応のみではいずれ限界となる。まずはこれまで実行している物量低減に関する対策（図 3.2-1）を着実に継続するとともに、より物量を低減するために他国の先進事例を参考にする等、更なる物量低減可能性に係る検討を進めることが必須である。

e. 固体廃棄物管理全体の適正化に向けた検討

今後の廃炉の進捗に伴う固体廃棄物の発生量増大に対応できるように福島第一原子力発電所の廃炉戦略策定とその展開を強化すべき施策を検討していくことは極めて重要である。その一環として、東京電力と連携のもと、ＮＤＦが中心となって関係機関が各々の役割に基づいて廃棄物ストリームの検討を行い、固体廃棄物管理全体（固体廃棄物の発生から再利用、処分までの管理）の具体化を進める。その上で、今後の中長期的な廃炉計画に関連し、廃棄物対策としても適切な方策の提示に向けた検討を進めていく。

3.2.3.3 処理、処分

個別廃棄物ストリームにおける各分野の研究成果を、相互にフィードバックしながら知見を幅広く得て、安全性や成立性が認められた個別廃棄物ストリームオプション案の特徴を評価し、その結果を蓄積する。その個別廃棄物ストリームオプション案を統合し、それらを評価・検討して絞り込みを行った適切な廃棄物ストリームの構築に向けた検討を進める。そのため、図 3.2-6 の一連の検討に必要となる処理技術、処分技術の研究開発に継続して取り組む。

a. 処理技術

これまで研究開発を進めてきた低温・高温処理技術について、

- まだ適用性が検討されていない個別廃棄物ストリームについての評価
- 作製される固化体の安定性等の評価

等、未対応となっている課題への取組を継続する。

低温処理技術については、固化可能性検査手法や固化体の変質に関する検討を行う。ＡＬＰＳ炭酸塩スラリー脱水物の均質固化時に発生した急結のメカニズムを解明し、急結を抑制する遅延剤が選定された。さらに、東京電力ではＡＬＰＳスラリーをフィルタープレスで脱水し、容器に収納して保管することを計画している。作業員の被ばく低減の観点から、容器から脱水物を回収・粉砕する必要のない充填固化の検討を進め、処理技術のオプション拡大に資するこ

15 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 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 2021 添付資料 11 処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通し. 161-166 ページ.
16 東京電力. 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画 2023 年 11 月版.

とが有益である。高温処理技術では、固化処理プロセスだけでなく供給系や排気系を含めた処理システム全体としての成立性が課題であり、処理の開始時期に応じた適切な時期に検討を行う必要がある。

また、震災影響を受けた運転廃棄物や水処理二次廃棄物を対象とし、保管時の安定化が必要な場合のために手戻りのない中間処理技術の開発を進めている。中間処理技術では、津波により海水が混入した廃樹脂の塩分による熱分解処理への影響、熱分解処理時に発生した炉内付着物等の除去方法を検討する必要がある。また、塩分濃度に応じた残渣の性状を把握し、固化処理への影響を検討する必要がある。

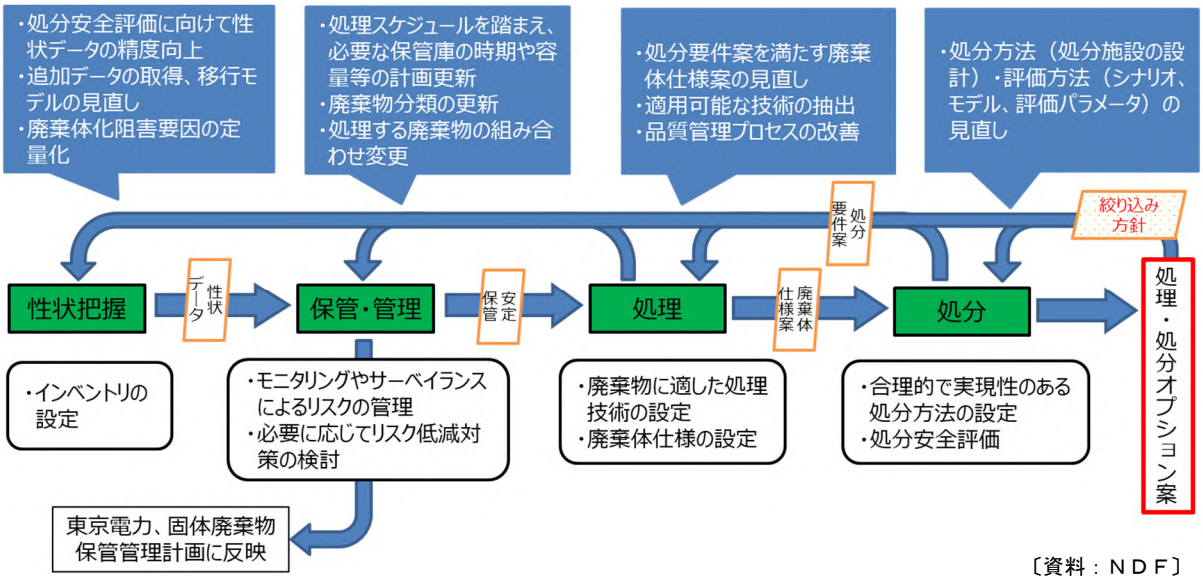
ＡＬＰＳスラリーについては、水処理で継続的に発生し保管容量が課題となっていることから、特定原子力施設・監視評価検討会及び特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合におけるスラリー脱水処理技術に係る論点を踏まえた上で、脱水処理に伴う課題についても十分に勘案し、適用する処理技術の選定に関する要件について優先的に検討を行い、2025 年度に固化処理方針を策定する。

中長期的な廃棄物ストリームの確立の課題に対する対策に加え、当面の廃炉作業で想定される課題に対し、柔軟かつ合理的に対応するための検討に以下のように取り組む。

- 分別が困難で、有害物等が含まれている可能性がある雑多で多量なガレキ類についての対策として、分別せずに一括固化する技術の可能性に関する検討を行う。なお、分別によるアプローチに関しても、検討の対象とすべく情報収集を継続する。
- 早期の設置が必要としているスラリーの安定化処理設備で得られるスラリー脱水物を処理する際、前工程が簡素化され、容器からの取り出しに係る開発を不要とするスラリー脱水物とその容器の一体処理技術の可能性について検討する。

b. 処分技術

処分技術に関しては、放射性廃棄物の特徴を踏まえ、処分施設の長期変遷挙動等の検討に基づき処分の成立性に大きな影響を及ぼし得る重要シナリオを抽出し、その重要シナリオ等に基づき処分概念に求められるニーズを把握して、ニーズへの対応策として、高度化を図ってきた安全評価技術や国内外の知識等を適時活用し、処分概念オプション案を構築・改良する。さらに、この処分概念オプション案を反映した個別廃棄物ストリームの対象を広げ、福島第一原子力発電所の放射性廃棄物全体を俯瞰した処分概念オプション案の検討を行うとともに、性状把握で必要な精度や廃棄体性能の目標の提示等といった処分以外の分野で得られる知見と連携して、処分概念オプション案及びその成立性を示すエビデンスの拡充を進め、固体廃棄物の具体的管理について全体としての適切な方策検討に寄与する。



〔資料：ＮＤＦ〕

図 3.2-6 固体廃棄物の安全な処理・処分方法を合理的に選定するための手法

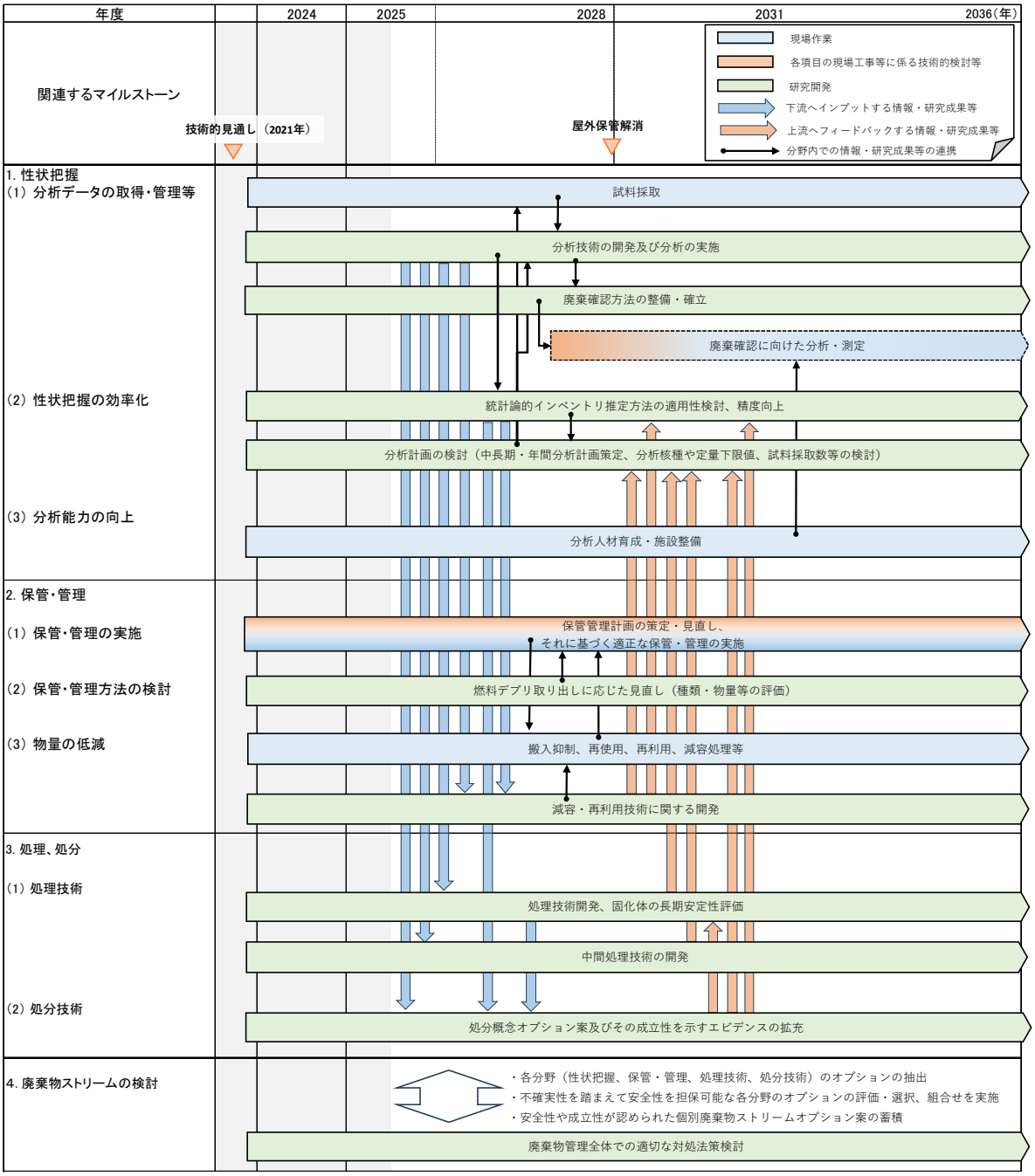
3.2.4 主な技術課題のまとめ

本節に述べた主な技術課題と今後の計画を整理すると、図 3.2-7 のとおりである。

中長期ロードマップにおいて、第３期には、固体廃棄物の性状分析等を進め、廃棄体の仕様や製造方法を確定するとされているため、今後、固体廃棄物の具体的管理に関する全体としての適切な方策の提示に向けた検討を推進する。具体的には、関係機関が各々の役割に基づいて分析データの蓄積と統計論的方法の適用により評価された性状データを反映した現実的インベントリ設定等の検討を実施し、その成果を基に東京電力と連携のもと、ＮＤＦが中心となって以下の検討を実施する。

- 安全確保を前提とした適切な個別廃棄物ストリームの設定の試行例を積み重ね、個別廃棄物ストリームごとの知見を幅広く得る。
- その上で、全ての個別廃棄物ストリームオプション案を統合し、それらを評価・検討して絞り込みを行った廃棄物ストリームの適切な全体像の具体化に向けた検討を進め、その考え方を明らかにする。

これらの検討の際には、最新知見を反映すること及び利用可能な最良の技術（Best Available Techniques）の概念を適用することにより、利用実績や経済的実現性をも考慮して、適切な方策を柔軟に検討することが重要である。検討が進み、廃棄物の全体像に対する処理・処分方策を固めていくに当たっては、地元・社会と問題意識を共通理解にする等、全体最適化に向けた検討の過程を共有することが重要である。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.2-7 廃棄物対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表）

3.3 汚染水・処理水対策

3.3.1 目標

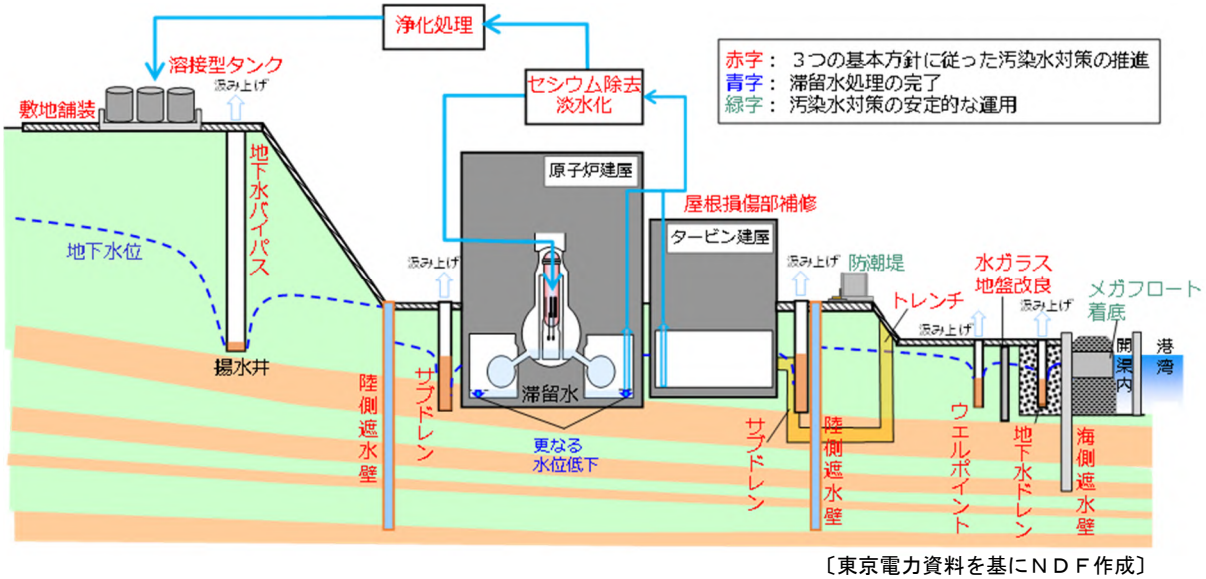
① 汚染水問題に関する３つの基本方針（汚染源を「取り除く」、汚染源に水を「近づけない」、汚染水を「漏らさない」）の下、構築された水位管理システム運用を継続しつつ、雨水流入対策や建屋の局所止水対策によって、汚染水発生量を 2028 年度末に約 50～70m^3／日程度に抑制する。

② 今後本格化する燃料デブリ取り出し等の廃炉工程と汚染水対策との関係を整理するとともに、中長期を見据えた汚染水対策についての検討を進める。また、汚染水対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や更新を計画的に実行する。

③ 敷地等のリソースを確保し、廃炉作業全体を着実に推進するため、ＡＬＰＳ処理水[1]の安全かつ確実な放出を継続し、貯留タンクの解体を計画的に進めていく。

3.3.2 進捗

汚染水問題に対しては当初から、「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」という３つの基本方針で様々な取組が実施されてきた。汚染水対策の概要を図 3.3-1 に示す[2]。燃料デブリに接触した冷却水と建屋に流入した地下水・雨水が混合した汚染水である建屋滞留水は、相当量のインベントリが存在する液体であり、放射性物質に起因するリスクの低減対策という観点では安全管理要求度が高い状態にある。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-1 汚染水対策の概要 [2]

---

[1] 多核種除去設備（ＡＬＰＳ）等により、トリチウム以外の放射性物質について安全に関する規制基準値を確実に下回るまで浄化した水

[2] 東京電力. 廃炉・汚染水・処理水対策の概要（資料２－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 124 回）. 2024 年３月 28 日.

この建屋滞留水は、循環注水を行っている１～３号機原子炉建屋、浄化処理のため汚染水を一時的に貯水しているプロセス主建屋（以下「ＰＭＢ」という。）及び高温焼却炉建屋（以下「ＨＴＩ」という。）に存在しており、保有水量は大幅に低減してきている（「原子炉建屋滞留水量を 2020 年末の半分程度に低減」を 2022 年度に達成済み）。

現在、汚染水・処理水対策として、主に以下の４つの取組が進められている。

a. 汚染水発生量の低減に向けた取組

汚染水が増加する主要因は建屋に流入する地下水や雨水であり、これらを抑制する対策が進められている。陸側遮水壁、サブドレン等の重層的な汚染水対策により原子炉建屋周辺の地下水位を低位で安定的に管理するとともに、建屋屋根の損傷部補修や構内のフェーシング（１～４号機建屋周辺エリア全体（約６万 m^2）のうち 2025 年３月時点で約 55%が完了（1 号機北西部仮フェーシングを含めると約 67%）[3、5]）等の雨水浸透防止対策により降雨時の汚染水発生量も抑制傾向を呈している。その結果、2024 年度の汚染水発生量は約 70m^3／日（平年雨量相当に補正すると 80m^3／日）であり、2023 年度に達成した 100m^3／日以下について、2024 年度も継続した[3]。

さらに、2028 年度末頃に汚染水発生量を約 50～70m^3／日程度に抑制することを目指し、建屋流入量の抑制策として建屋外壁局所止水（建屋間ギャップ部[4]端部止水）を進めている。2023 年度に実施した５、６号機対象の試験施工結果を踏まえ、2024 年度より３号機への施工を開始している。

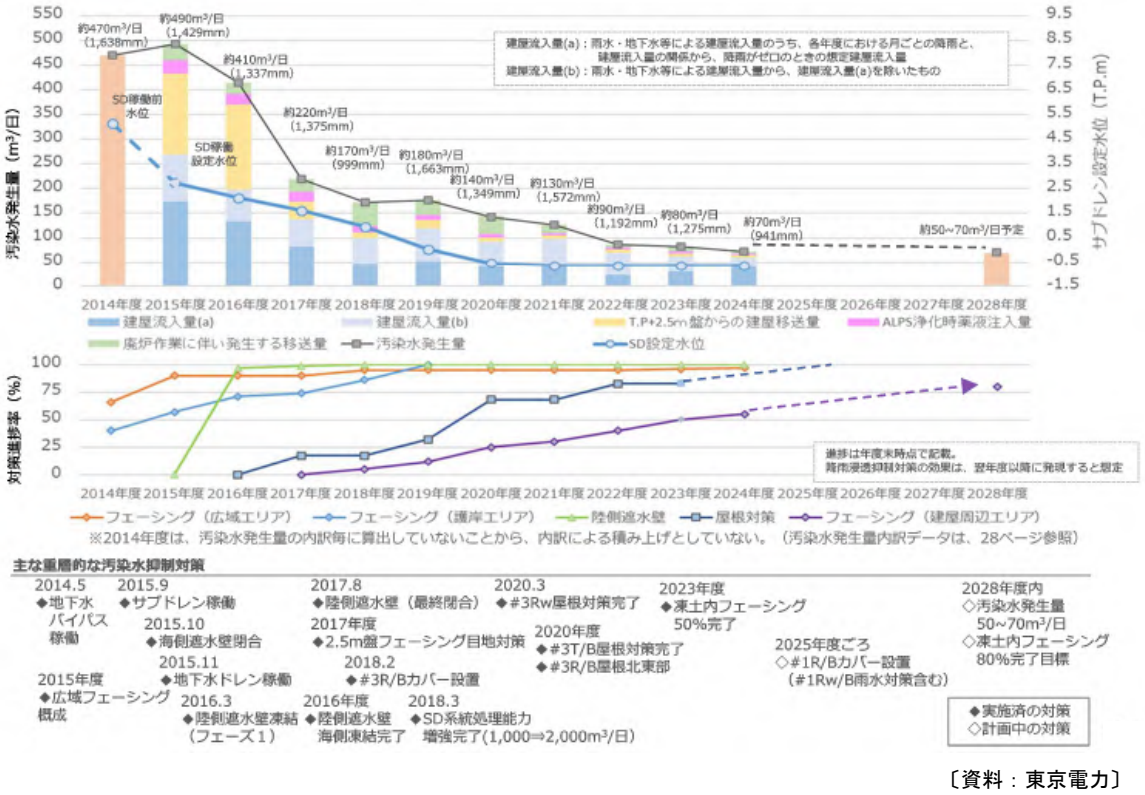
また、これまでＰＭＢへ移送していたトレンチ内の溜まり水についても、雨水処理基準を満たす水については雨水処理設備へ移送し、浄化後に構内散水することで、汚染水発生量の抑制に寄与している（2024 年度の移送量は 550 m^3 程度）[3]。

図 3.3-2 に汚染水抑制対策の進捗と汚染水発生量の推移[5]を示す。重層的な汚染水対策の進捗に伴い、汚染水発生量は降雨の影響があるものの、年々減少傾向を示している。

[3] 東京電力. 建屋周辺の地下水位、汚染水発生量の状況（2024 年度の汚染水対策の進捗）（資料３－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 137 回）. 2025 年４月 24 日.

[4] 建屋間ギャップ（原子炉建屋周辺の建屋同士を隣接して建設する際に生じる外壁間の隙間のことで、配管等の貫通部が存在）の端部を対象とした止水など

[5] 東京電力. 汚染水抑制対策の現況について（資料１），汚染水処理対策委員会（第 28 回）. 2025 年５月 13 日.



〔資料：東京電力〕

図 3.3-2 汚染水抑制対策の進捗と汚染水発生量の推移 [5]

b. 建屋滞留水の処理完了に向けた取組

原子炉建屋内に存在する滞留水の系外漏えいリスク低減を目的に、建屋滞留水の貯留量低減（建屋滞留水の水位低下）、滞留水に含まれる放射性物質の濃度低減及び汚染水発生量の低減が進められてきた。その結果、2020 年度に１～３号機原子炉建屋、ＰＭＢ及びＨＴＩを除く建屋の床面露出を完了させたことに加え、2022 年度には、中長期ロードマップのマイルストーンである「2022 年度～2024 年度に、原子炉建屋滞留水量を 2020 年末の半分程度に低減」を達成した。なお、引き続き以下の取組が進められている。

- 床面露出が完了した１～４号機タービン建屋等については、床面に存在するスラッジ等の回収方法の検討
- ＰＭＢ及びＨＴＩについては、床面露出に向け、最下階に設置しているゼオライト土嚢等の回収作業

c. 汚染水対策の安定的な運用に向けた取組

津波に伴うリスク低減対策として、2020 年９月に千島海溝津波防潮堤、2022 年１月に建屋開口部の閉止対策が完了し、2024 年３月に日本海溝津波防潮堤設置工事が完了した。また、設備側の対策として、現在 2.5m 盤に設置しているサブドレン他集水設備を 33.5m 盤へ移転する工事を行っており、汲み上げを停止することなく既設設備を運用しながら、高台のタンクへ順

次切り替えていく予定である[6]。ＰＭＢ内の貯槽に保管されている除染装置スラッジについては、高台への移送に向け、除染装置スラッジ移送設備の設計、並びにＰＭＢ内の線量低減を進めている。

豪雨対策としては、１～４号機周辺における浸水リスクの解消を目指すため、2022 年８月よりＤ排水路の供用を開始するとともに、既存排水路の排水機能を計画的に強化している。また、陸側遮水壁等の重層的な対策の重要性は変わっていないものの、設備の一部で不具合が発生していることも踏まえ、予防保全、状態監視保全を組み合わせた管理体制の構築が進められている。

d. ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に向けた取組

ＡＬＰＳ処理水の海洋放出については、表 3.3-1 に示すように、2023 年８月の放出開始以降、2023 年度に４回、2024 年度に７回、2025 年度に４回（2025 年９月末現在）の放出が実施され、これまでのＡＬＰＳ処理水の総放出量は約 12 万 m^3、放出トリチウム量は約 27 兆ベクレルであった[7]。なお、海洋放出に至るまでの取組については添付資料 3.3-1 に記載した。滞留水貯留量は図 3.3-3 に示すように、2023 年８月の放出開始以降、減少に転じている[8]。

表 3.3-1 ＡＬＰＳ処理水の放出実績[7]

年度	放出回	期間	希釈前のトリチウム濃度	トリチウム以外の放射性核種濃度（告示濃度比総和）	希釈後のトリチウム濃度最大値	放出量	トリチウム総量
2023年度	第1回	‘23/8/24～9/11	14万 Bq/L	0.28（<1）	220 Bq/L	7,788m^3	約1.1兆 Bq
	第2回	10/5～10/23	14万 Bq/L	0.25（<1）	189 Bq/L	7,810m^3	約1.1兆 Bq
	第3回	11/2～11/20	13万 Bq/L	0.25（<1）	200 Bq/L	7,753m^3	約1.0兆 Bq
	第4回	‘24/2/28～3/17	17万 Bq/L	0.34（<1）	254 Bq/L	7,794m^3	約1.3兆 Bq
2024年度	第1回	‘24/4/19～5/7	19万 Bq/L	0.31（<1）	266 Bq/L	7,851m^3	約1.5兆 Bq
	第2回	5/17～6/4	17万 Bq/L	0.17（<1）	234 Bq/L	7,892m^3	約1.3兆 Bq
	第3回	6/28～7/16	17万 Bq/L	0.18（<1）	276 Bq/L	7,846m^3	約1.3兆 Bq
	第4回	8/7～8/25	20万 Bq/L	0.12（<1）	267 Bq/L	7,897m^3	約1.6兆 Bq
	第5回	9/26～10/14	28万 Bq/L	0.078（<1）	405 Bq/L	7,817m^3	約2.2兆 Bq
	第6回	10/17～11/4	31万 Bq/L	0.083（<1）	436 Bq/L	7,837m^3	約2.4兆 Bq
	第7回	‘25/3/12～3/30	31万 Bq/L	0.076（<1）	403 Bq/L	7,859m^3	約2.4兆 Bq
2025年度	第1回	4/10～4/28	37万 Bq/L	0.083（<1）	489 Bq/L	7,853m^3	約2.9兆 Bq
	第2回	7/14～8/3	25万 Bq/L	0.11（<1）	351 Bq/L	7,873m^3	約2.0兆 Bq
	第3回	8/7～8/25	38万 Bq/L	0.12（<1）	500 Bq/L	7,908m^3	約3.0兆 Bq
	第4回	9/11～9/29	21万 Bq/L	0.12（<1）	288 Bq/L	7,872m^3	約1.7兆 Bq

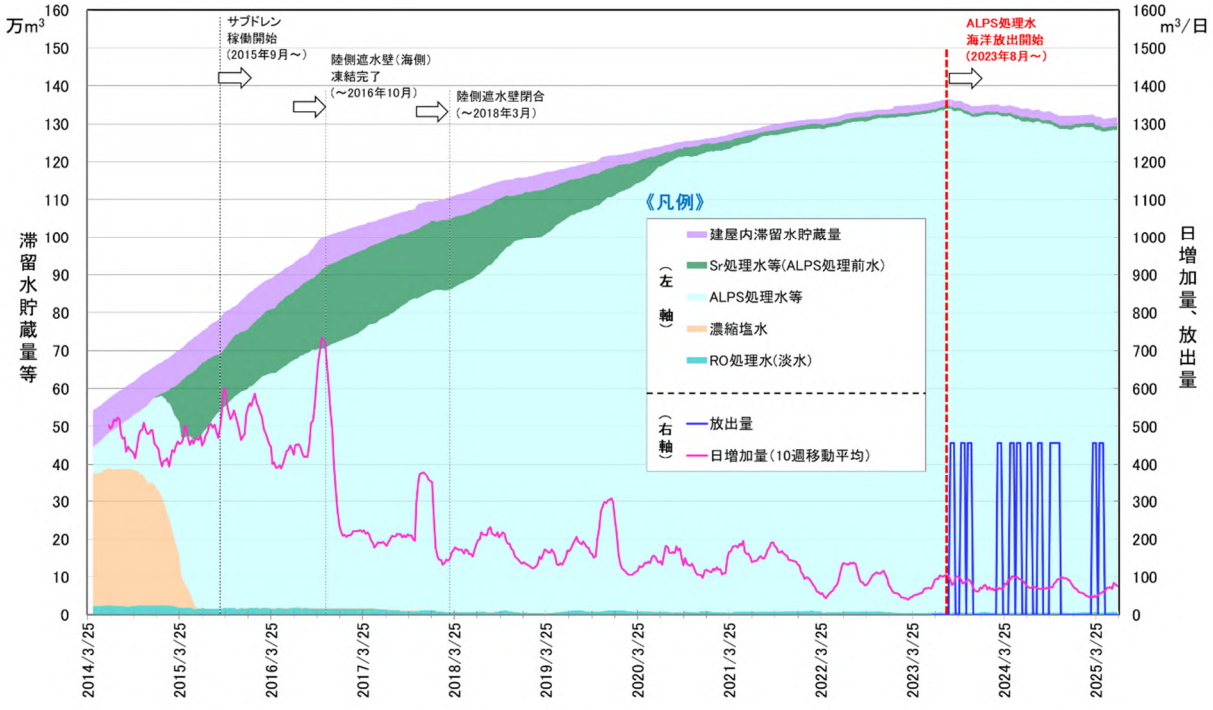
〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

---

[6] 東京電力．サブドレン他水処理施設の運用状況等（資料３－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 131 回）．2024 年 10 月 31 日．

[7] 東京電力．処理水ポータルサイト．https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/performance_of_discharges/

[8] 東京電力．滞留水の貯蔵状況（資料１－２），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 138 回）．2025 年５月 29 日．



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-3 滞留水の貯蔵状況の推移 [8]

ＡＬＰＳ処理水の海洋放出にあたっては、測定・確認用タンクから希釈前の処理水を採取し、表 3.3-2 に示す測定項目について運用目標[9]を満足することを確認した上で、トリチウム濃度が 1500 Bq/L 以下になる様に海水で希釈しつつ海洋放出している。なお、測定・評価対象核種は、技術戦略プラン 2024[10]発行時には 30 核種であったが、Ce-144 が減衰によるインベントリの減少により対象核種から除外され、2025 年度第３回の放出から 29 核種となっている[11]。なお、Ce-144 については、対象核種からの除外後も引き続き、海洋放出前に自主的に測定し、検出限界値未満であることを確認していく。

表 3.3-2 ＡＬＰＳ処理水の測定項目と運用目標 [9]

測定項目		要求根拠	運用目標
1	測定・評価対象核種(29 核種)	実施計画	トリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比の和が１未満
2	トリチウム		トリチウム濃度が 100 万 Bq/L[12]未満
3	自主的に有意に存在していないことを確認している核種(39 核種)	自主管理	対象とする核種が有意に存在していないことを確認
4	一般水質 44 項目		国、県の水質基準の確認

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

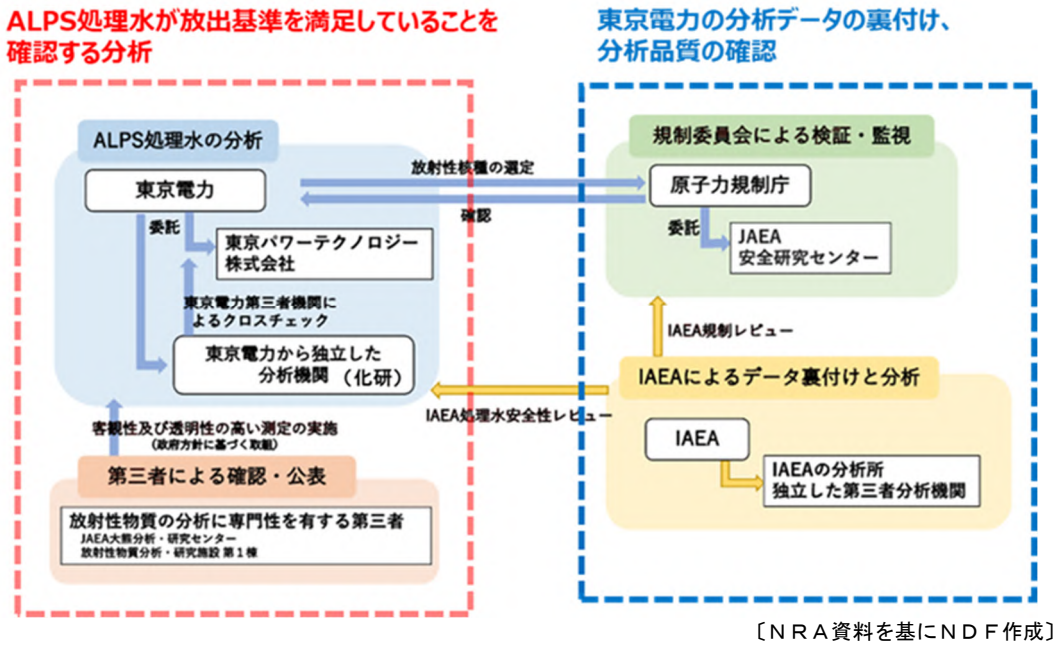
[9] 東京電力．ＡＬＰＳ処理水海洋放出の状況について（資料１－１），特定原子力施設監視・評価検討会（第 109 回）. 2023 年 10 月５日.

[10] 原子力損害賠償・廃炉等支援機構．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 2024. 2024 年 10 月 31 日.

[11] 東京電力．処理水ポータルサイト．
https://www.tepco.co.jp/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2025/2h/rf_20250804_1.pdf

[12] 希釈後のトリチウム濃度が 1500Bq/L 未満となるよう，実施計画に定めた上限の濃度

表 3.3-2 の測定項目１～３の分析については、図 3.3-4 の赤枠内に示すように、東京電力が分析を委託している東京パワーテクノロジーに加えて、東京電力から独立した分析機関として化研にも分析を委託し、クロスチェックできる体制としている。また、政府方針に基づく取組として、ＪＡＥＡ大熊分析・研究センターが、放射性物質の分析に専門性を有する第三者の立場で、処理水の分析を実施している[13]。各々の機関において、希釈前のＡＬＰＳ処理水のトリチウム濃度、及び測定・評価対象核種の濃度を分析し、結果は東京電力の処理水ポータルサイトに迅速、かつ透明性をもって公表されている。



〔ＮＲＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-4 ＡＬＰＳ処理水の分析・評価の体制 [13]

周辺海域のモニタリングに関しては、政府の総合モニタリング計画[14]に従い、環境省、原子力規制委員会、福島県、東京電力等が連携して、福島第一近傍海域から半径 300km に及ぶ外洋海域に至るまで、海水、海底土、海洋生物を採取して、その放射性物質の濃度の測定を実施している。図 3.3-5 に示す発電所近傍（港湾外３km 圏内）の 10 地点、及び発電所正面の 10km 四方内の４地点の海水中のトリチウム濃度については検出限界値を 10Bq/L 程度に上げた迅速に結果を得るモニタリング（迅速測定）を実施しており、特に港湾外３km 圏内の 10 地点については、放出期間中及び放出終了から１週間は測定頻度を高めモニタリングを強化している[15]。これまで 15 回の放出における海水トリチウム濃度の迅速測定結果を表 3.3-3 に示す [7]。

各調査点では、運用上の指標として放出停止判断レベルや調査レベルが設定されているが、いずれの地点においても、これまでに測定されたトリチウム濃度は、指標（放出停止判断レベ

[13] 原子力規制庁．ＡＬＰＳ処理水の分析体制（資料１－１別添２），特定原子力施設・監視評価検討会（第 101 回）．令和４年７月 25 日.

[14] モニタリング調整会議．配布資料 総合モニタリング計画（令和６年３月 21 日改定），モニタリング調整会議（第 16 回）

[15] 東京電力．ＡＬＰＳ処理水海洋放出の状況について（資料３－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 141 回）. 2025 年８月 28 日

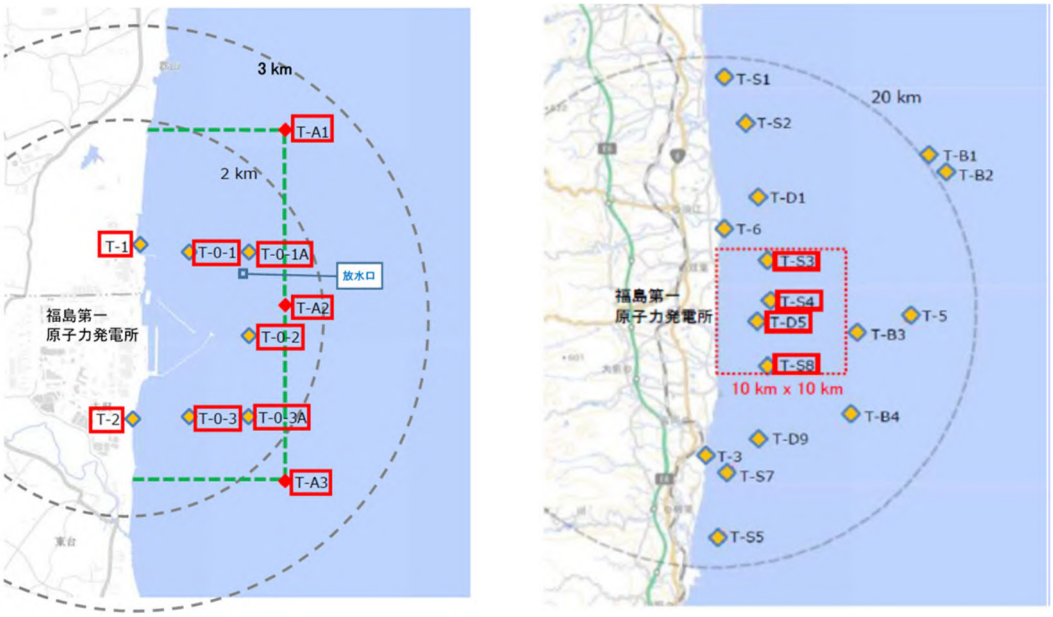
ル、調査レベル）を下回る値で推移しており、これまでの海洋放出が安全に実施されたことを示している。

表 3.3-3 海水トリチウム濃度の迅速測定結果 [7]

項 目			発電所から3km以内	発電所正面の10km四方内
運用指標	放出停止判断レベル		700 Bq/L	30 Bq/L
	調査レベル		350 Bq/L	20 Bq/L
迅速測定※結果	2023年度	第1回	最大 10 Bq/L	検出せず
		第2回	最大 22 Bq/L	検出せず
		第3回	最大 11 Bq/L	検出せず
		第4回	最大 16 Bq/L	検出せず
	2024年度	第1回	最大 29 Bq/L	検出せず
		第2回	最大 7.7 Bq/L	検出せず
		第3回	最大 18 Bq/L	検出せず
		第4回	最大 9.0 Bq/L	検出せず
		第5回	最大 33 Bq/L	検出せず
		第6回	最大 48 Bq/L	検出せず
		第7回	最大 56 Bq/L	検出せず
	2025年度	第1回	最大 27 Bq/L	検出せず
		第2回	最大 31 Bq/L	検出せず
		第3回	最大 61 Bq/L	検出せず
		第4回	最大 23 Bq/L	検出せず

※ トリチウムの検出下限値を10Bq/L程度とし、測定時間を短縮して迅速に結果を得る測定

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕



(a) 発電所近傍（港湾外 3km 圏内）　(b) 発電所正面の 10 km 四方内

〔資料：東京電力〕

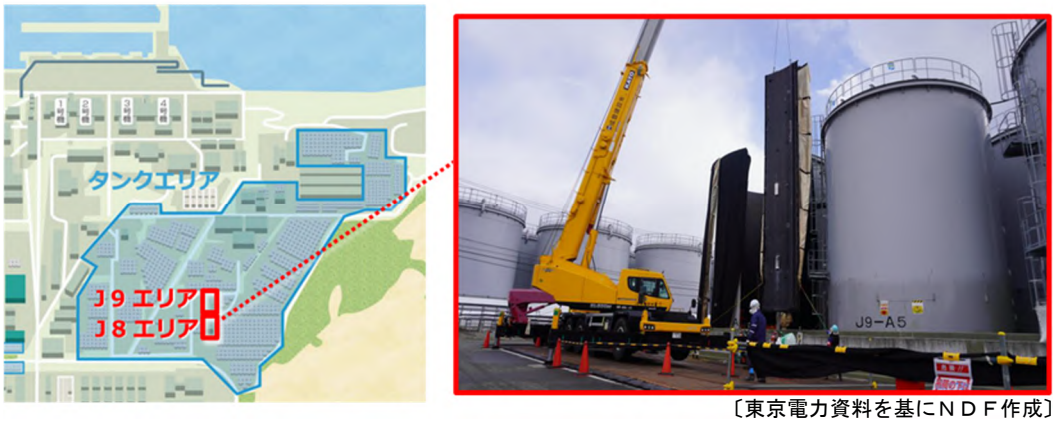
図 3.3-5 迅速測定（海水）の採取点 [15]

2025 年９月、ＩＡＥＡは海洋放出開始後４回目となるＡＬＰＳ処理水の海洋放出に関する安全性レビューミッションについての報告書を公表した[16]。報告書では、これまでＩＡＥＡが公表した報告書と同様に、ＩＡＥＡタスクフォースは、「機器及び設備が実施計画及び関連する国際安全基準に合致した方法で設置され、運用されていることを確認した」と結論づけている。

また 2025 年３月、ＩＡＥＡは「ＡＬＰＳ処理水の放射性核種分析における第３回分析機関間比較」に関する報告書を公表した[17]。本報告書には、ＩＡＥＡ立会の下で測定・確認用タンクから採取されたＡＬＰＳ処理水について、ＩＡＥＡの研究所、及びＩＡＥＡが選定した第三国の分析機関（合わせて７か所）が実施した分析値の比較結果が示され、東京電力が信頼できる、質の高いＡＬＰＳ処理水のモニタリングを実施する能力を有していると結論づけた。

東京電力は、放出開始から１年間の放出実績をもとに、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出にあたっての放射性物質の人や環境への影響を評価し、2024 年 12 月、「ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に係る放出開始後１年間の放射線環境影響評価（運用段階）」を公表した[18]。評価は国際的に認知されたＩＡＥＡの安全基準文書に従って実施され、前回（建設段階・改訂版の評価）と同様に「ＡＬＰＳ処理水の海洋放出にあたっての人及び動植物への影響は極めて軽微である」との結果が示された。

ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に伴い、空になったタンクエリアを有効利用し、跡地に廃炉に必要な設備を建設する計画である。2024 年度から 2026 年度にかけて、まずは図 3.3-6 に示す J8、J9 エリアのタンク計 21 基を解体する予定で、J9 エリアから解体が進められている。この敷地には３号機からの燃料デブリ取り出し作業に関連する設備が建設される予定である[19、20]。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-6 Ｊ９エリアの場所とタンク解体作業の状況 [19、20]

---

[16] IAEA Review of Safety Related Aspects of Handling ALPS-Treated Water at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Report 4: Fourth Review Mission to Japan after the Start of ALPS Treated Water Discharge (May 2025), September 2025

[17] IAEA Review of Safety Related Aspects of Handling ALPS-Treated Water at TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, Third Interlaboratory Comparison on the Determination of Radionuclides in ALPS Treated Water, March 2025

[18] 東京電力．多核種除去設備等処理水（ＡＬＰＳ 処理水）の海洋放出に係る放出開始後 １年間の放射線環境影響評価報告書（運用段階）, 2024 年 12 月.

[19] 東京電力．処理水ポータルサイト．https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/_assets/images/press_briefing_250410-j.pdf

[20] 東京電力．処理水ポータルサイト．https://www.tepco.co.jp/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2025/1h/rf_20250220_1.pdf

3.3.3 主要な課題と技術戦略

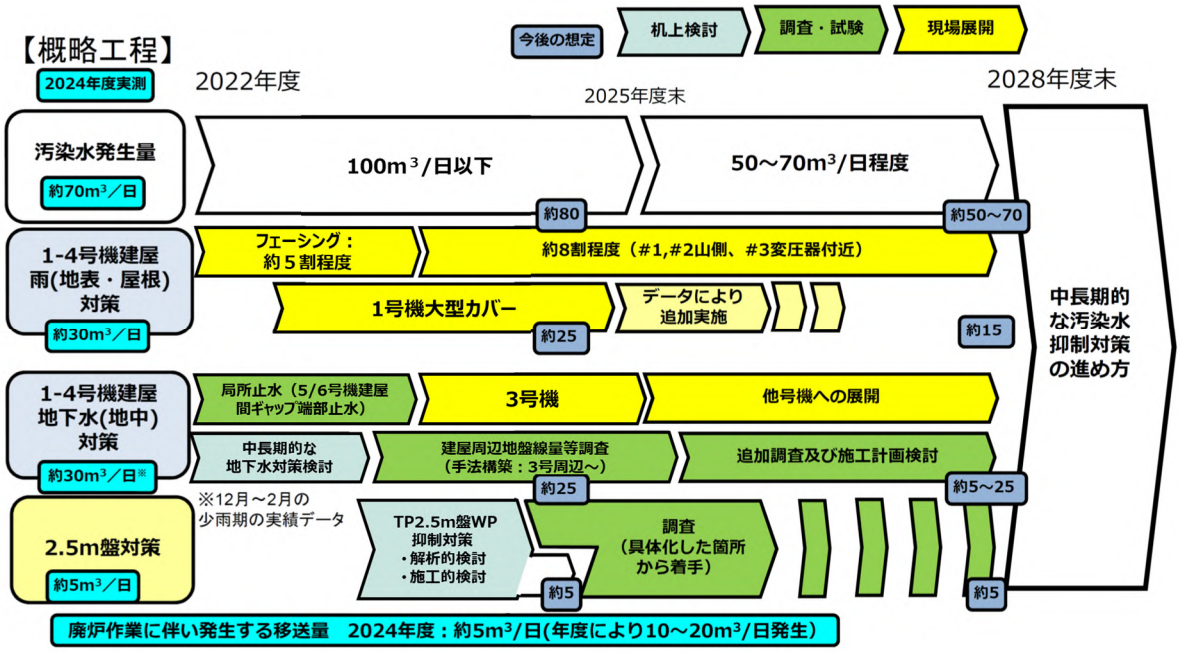
3.3.3.1 汚染水発生量の抑制

汚染水発生量は、建屋流入量（雨水・地下水）、2.5m 盤からの移送量、薬注量、廃炉作業に伴う発生量で構成される。個々の構成要素ごとの発生量抑制対策の概要を図 3.3-7 に示す[5]。

雨水流入対策としては、陸側遮水壁内側のフェーシング（敷地舗装）、及び１号機の大型カバー設置や建屋屋根破損部の補修を継続して進めていく。地下水流入対策としては、これまで進めているサブドレン、陸側遮水壁の維持管理を継続し、建屋周辺の地下水を低位で安定的に管理するとともに、１～４号機建屋周辺の局所止水として、建屋間ギャップ端部や建屋深部外壁貫通部の止水工事を展開していく。

また、2.5m 盤には事故直後に建屋から海水配管トレンチを介して漏えいした汚染水が残存しており、主としてウェルポイント（ＷＰ）からの地下水の汲み上げによって汚染水の流出防止を図っている。汚染水発生量抑制の観点からは、中長期的な対策として、まず建屋止水対策を着実に進め、その効果が発揮されることが前提となるが、今後行う調査検討を踏まえ、2.5m 盤の汚染土壌への対策を含む、ＷＰ汲み上げ量抑制対策を検討する必要がある。

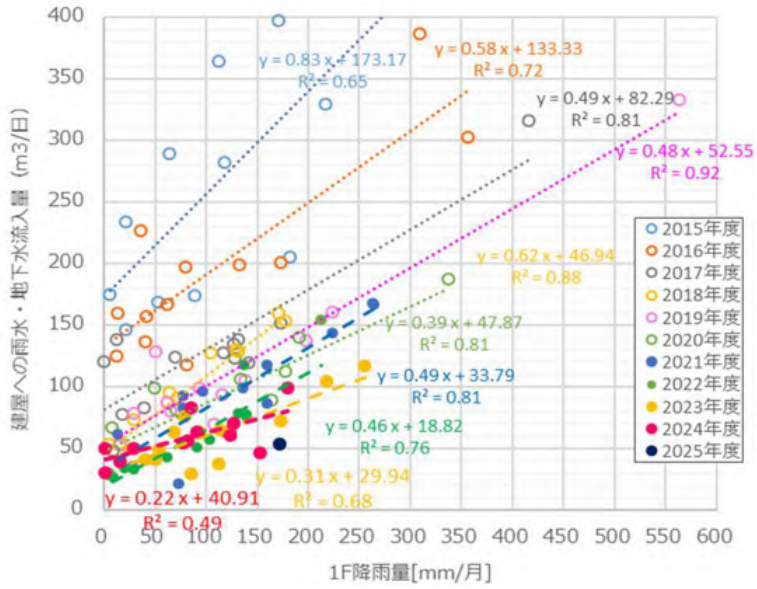
これらの対策によって、「汚染水発生量を 50～70m^3／日程度に抑制（2028 年度末）」の目標達成を目指す。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-7 汚染水発生量抑制対策の概要[5]

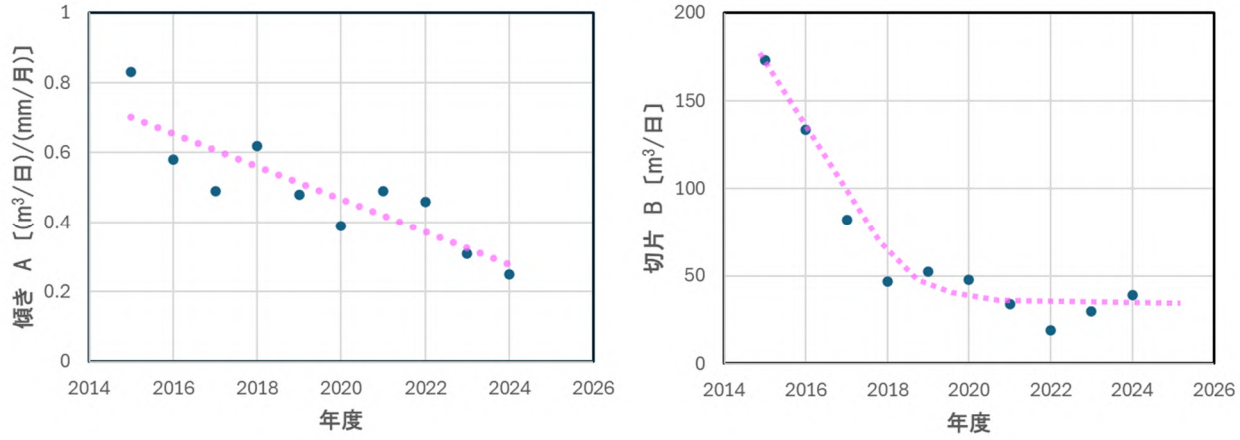
各年度における建屋流入量（建屋への雨水・地下水流入量）と福島第一原子力発電所における降雨量（月平均）との関係を図 3.3-8 に示す[5]。年度ごとの建屋流入量（y）と降雨量（x）の関係は、概ね一次関数（y = Ax+B）で近似できる。



〔資料：東京電力〕

図 3.3-8 建屋流入量と福島第一原子力発電所の降雨量との関係[5]

次に、各年度における近似式の傾き A と切片 B の経年変化を図 3.3-9 に示す。傾き A は年度ごとに減少傾向にあり、フェーシングや屋根補修等の雨水流入対策の効果が着実に現れている。一方、地下水流入量に依存すると考えられる切片 B は、2018 年度までは凍土壁やサブドレン汲み上げにより顕著に減少し、その後は収束傾向となっている。傾き A の減少により切片 B の比重が高まってきており、今後の汚染水発生量抑制対策は、切片 B の低減に着目することが重要である。建屋間ギャップ端部や建屋深部外壁貫通部等の建屋局所止水対策は切片 B の低減への効果が期待される。



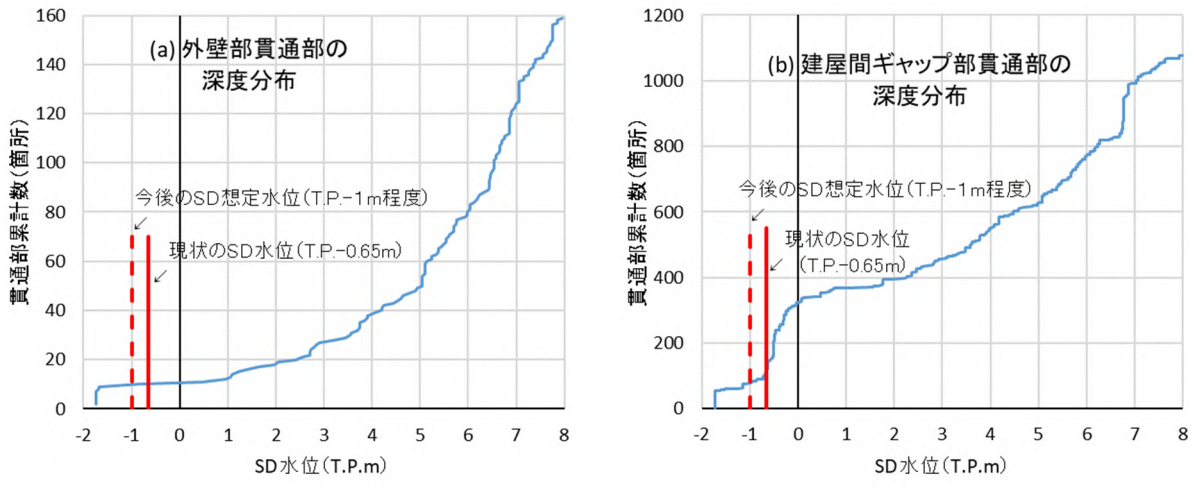
〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-9 近似式の傾き A と切片 B の経年変化

ここで、建屋への地下水流入の主要因と考えている外壁部及び建屋間ギャップ部（50～100mmの隙間）の貫通部は図 3.3-10 に示すような深度分布となっている[21]。特に建屋間ギャップ部では、現状のサブドレン水位（Ｌ値）である T.P.-0.65m（図 3.3-11）[21] に対して約 150 か所程度の貫通部が存在し、今後 T.P.-1m 程度まで地下水位を下げたとしても、T.P.-1m 以深にはまだ 100 か所近い貫通部が残存する。

そのため、ギャップ部の貫通箇所からの地下水流入を抑制する目的で、ギャップ端部にボーリングを削孔し、モルタル等を充填することで止水する対策（図 3.3-12）を実施している[5]。2022 年度末より、５／６号機原子炉建屋（Ｒ／Ｂ）、タービン建屋（Ｔ／Ｂ）の建屋間ギャップ端部で試験施工を実施し、施工が可能であること、及び建屋流入量を低減できることを確認した。さらに、Ｙ装備（全面マスク）を必要とする４号機Ｒ／Ｂ周辺で作業性を確認し、作業効率はＧ装備の５／６号機と同等であることを確認した。2024 年８月より３号機の建屋間ギャップ端部止水工事を進めており（図 3.3-13）、それ以降、他号機へ展開し、2028 年度末の目標（汚染水発生量：約 50～70m^3／日程度）を目指す計画である[22]。汚染水発生量 50～70m^3／日達成後には、並行して進められる燃料デブリ取り出し工法検討の中で、取り出し作業との整合を図りつつ、汚染水発生量低減の取組を継続していく必要がある。

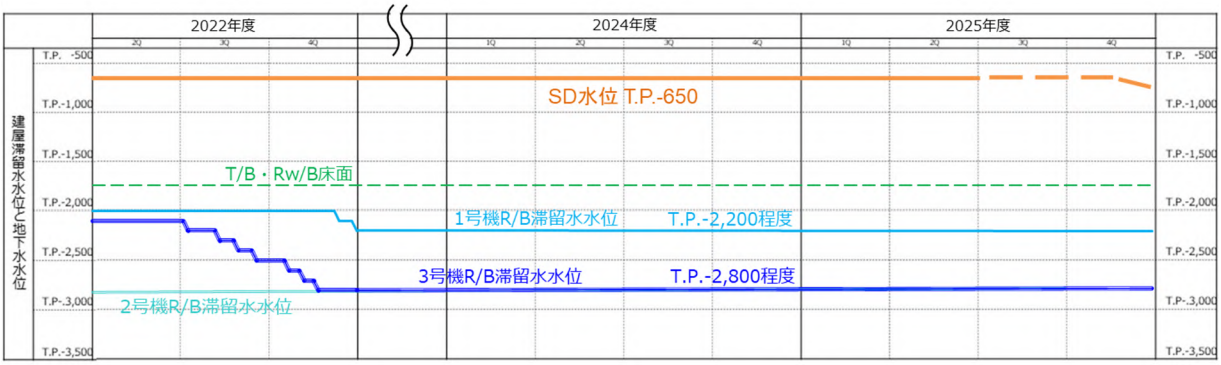
中長期的な汚染水対策の検討においては、廃炉に関して、燃料デブリ取り出し工法が検討されている現在、取り出し作業や関連施設との干渉性等を考慮する必要があり、現場適用性や技術成立性をはじめ工事計画との整合性、課題等を整理するなど、廃炉工程全体の進捗と整合を図りつつ、並行して検討の具体化を進めるべきである（3.3.3.3 で後述）。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

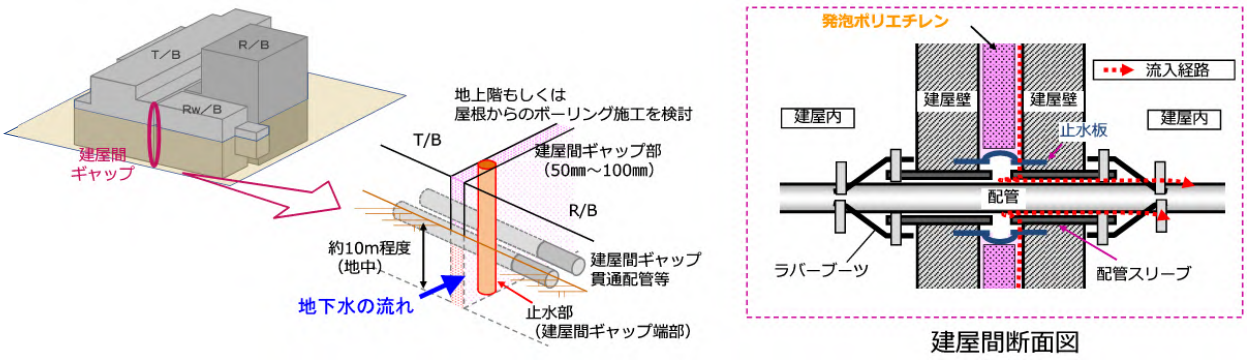
図 3.3-10 建屋貫通部の深度分布[21]

[21] 東京電力. 汚染水抑制対策の現況について（資料２），汚染水処理対策委員会（第 27 回）. 2024 年 1 月 30 日.
[22] 東京電力. 汚染水対策の現況について（資料１－１），特定原子力施設監視・評価検討会（第 115 回）. 2024 年 12 月 16 日.



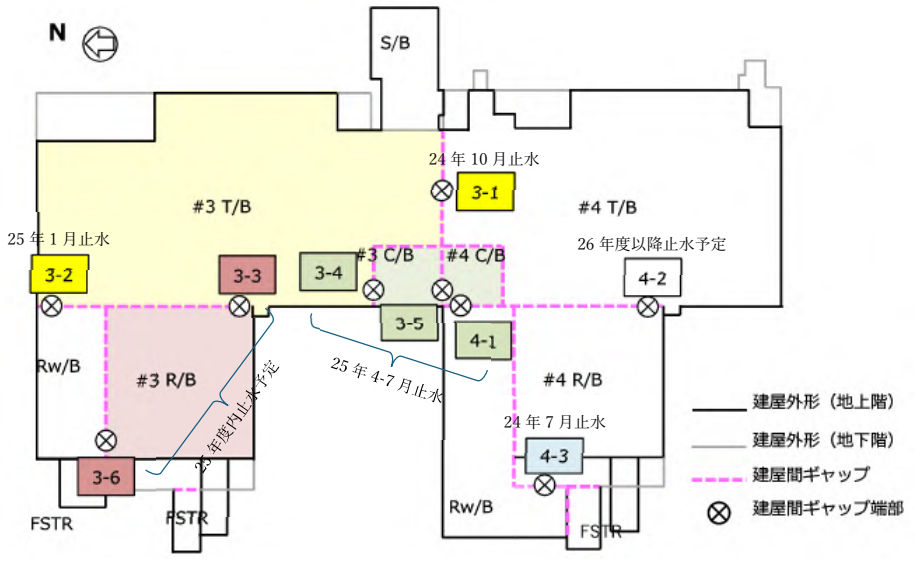
〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-11 サブドレンと建屋の水位低下 [21]



〔資料：東京電力〕

図 3.3-12 建屋間ギャップ部端部の止水イメージ [5]



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-13 ３号機周り建屋間ギャップ端部止水対策の実施状況 [5]

3.3.3.2 建屋滞留水の処理

a. 滞留水量の更なる低減

原子炉建屋の床面近傍にはセシウムやα放射性核種を含む高線量のスラッジが存在するため、建屋滞留水量を減らすために建屋水位を過度に下げた場合、以下の懸念がある。

- 水の遮へい効果が低下し原子炉建屋内の線量上昇やダスト飛散等を引き起こし作業環境が悪化
- ＫＵＲＩＯＮやＳＡＲＲＹ等のセシウム吸着装置に通常よりも数桁高い放射能濃度の汚染水が流入することにより浄化性能が低下

原子炉建屋滞留水量を 2020 年末の半分程度（約 3,000m^3）に低減させることは達成されたが、更なる低減については燃料デブリ取り出し工法との一体的な検討が必要である。例えば、気中工法においても建屋内をドライアップするのか、それとも滞留水を循環させてかけ流すのかによって、建屋滞留水量の低減目標は異なってくる。このため、燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」の工法検討に併せて、滞留水管理のあるべき姿を具体化していくことが重要である。

b. ＰＭＢ及びＨＴＩの滞留水処理

現在、ＰＭＢ及びＨＴＩの地下階にも、建屋滞留水が貯留されている。建屋の床面露出に向けた水位低下を実現するためには、以下の対応が必須となる。

- ＰＭＢ及びＨＴＩの地下階に存在する高線量のゼオライト土嚢の回収[23]
- ＰＭＢ及びＨＴＩの地下階への貯留に代わる滞留水一時貯留設備の設置[24]

ＰＭＢ及びＨＴＩ共に地下階には、事故直後に滞留水の水質改善を目的として設置されたゼオライト土嚢が高線量状態（表面最大線量：約 4,400mSv/h）で存在している。また、階段室には活性炭土嚢も存在することが確認されている。滞留水も高線量線源であるものの、地下階を床面露出した場合、より高線量であるゼオライト土嚢の水遮へいがなくなることにより、地上階の開口部についても線量の大幅な上昇が予想される。

現在実施されているゼオライト土嚢の回収に係る作業手順は以下のとおりである。また、回収作業の概要を

図 3.3-14 に示す。

① 集積作業用ＲＯＶ[25]を地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送

② 集積されたゼオライト等を容器封入作業用ＲＯＶで地上階に移送。建屋内で脱塩、脱水を行い、金属製の保管容器に封入し、一時保管施設に移送

---

[23] 東京電力．「ゼオライト土嚢等処理の検討状況について」（資料２－２），特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（第５回）. 2023 年２月１日.

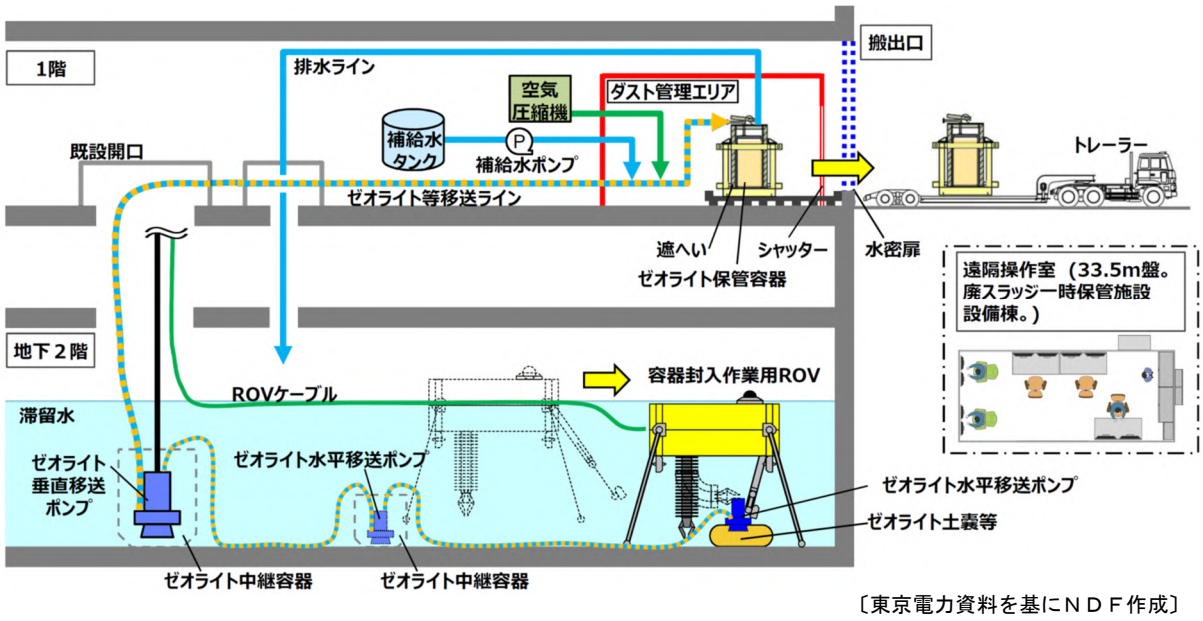
[24] 東京電力．建屋滞留水一時貯留設備の設置に関する実施計画の変更認可申請について（資料３－１），特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（第 14 回）. 2023 年 11 月２日.

[25] ＲＯＶ：Remotely Operated Vehicle の略

①の集積作業は、狭隘な地下階で高線量物を遠隔で回収する難易度の高い作業であることから、モックアップ試験で得られた知見を基に改良を重ね、2025 年３月からＨＴＩでの現場作業を開始しており、実施状況の調査後、連続作業へ移行する。

また、②の集積されたゼオライトの容器封入作業では、実規模モックアップ試験の充填途中で設計差圧を超過し、満充填まで回収できないことが判明した。原因は、容器への移送中のゼオライト粒子の細粒化であり、現在、垂直移送ポンプの見直しを行っている。今後、モックアップ試験や既設機器撤去の後、実作業に着手する計画である。

これらの作業で得られた知見は、今後計画される原子炉建屋の床面に堆積する高線量スラッジの回収作業等にも適用が可能であり、今後の廃炉作業の進展において非常に重要な知見となる。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-14 ゼオライト土嚢の回収作業概要 [23]

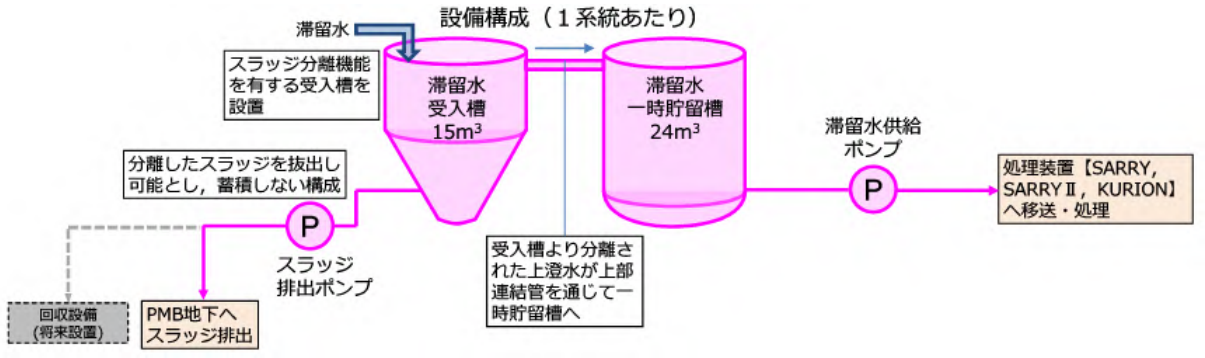
一方、ＰＭＢ及びＨＴＩの床面露出に向けた水位低下を行うことで、これら建屋への建屋滞留水の貯留ができなくなる。そのため、ＰＭＢ及びＨＴＩが持つ建屋滞留水の一時貯留機能、およびスラッジの分離機能を有する滞留水一時貯留設備の製作が進められている。

滞留水一時貯留設備は図 3.3-15 に示すように、滞留水に含まれるスラッジの分離機能を有する受入槽と滞留水の一時貯留機能を有する一時貯留槽の２種類の槽で構成され、2026 年度から運転確認等が実施される予定である[26]。

受入槽にて分離・回収されたスラッジは、当面の間、ＰＭＢの地下階の限定されたエリアに排出し、水分は床ファンネル（床面に設けられた排水口）を通じて滞留水一時貯留設備へ回収することで、水抜きされたスラッジが貯留される計画である。将来的には、受入槽から直接ス

[26] 東京電力．建屋滞留水処理等の進捗状況について（資料３－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 127 回）．令和６年６月 27 日．

ラッジを回収する設備を設置することで、ＰＭＢ地下階でのスラッジの貯留をなくし、更なるリスク低減を図ることとしている。



〔資料：東京電力〕

図 3.3-15 滞留水一時貯留設備の概要 [26]

3.3.3.3 燃料デブリ取り出し等の廃炉工程を見据えた汚染水対策の課題

a. α放射性核種の拡大防止と燃料デブリ取り出しに向けた水処理設備の検討

α放射性核種は吸入摂取した場合の実効線量係数が顕著に高く[27]、建屋滞留水や水処理設備に広がった場合には特別な管理や対策が必要となるため、α放射性核種の広がりをできるだけ限られた範囲に抑えることが課題である。

これまでの建屋滞留水の分析では、α放射性核種は主として粒子状で存在することが確認されており[28]、セシウム吸着装置（ＳＡＲＲＹ／ＳＡＲＲＹⅡ）出口では、現状 10Bq/L 以下の全α濃度が維持され、下流側へのα放射性核種の移行は抑えられている。今後、燃料デブリ取り出し等の作業やＰＭＢ、ＨＴＩの滞留水の水位低下に伴って、建屋滞留水の底部に沈降しているスラッジが巻き上げられて、汚染水へのスラッジ混入が多くなり、水処理設備入口での全α濃度が上昇する可能性がある。こうした懸念に対応するため、セシウム吸着装置の後段に設置するフィルタ設備（α核種除去設備）の準備工事を進めている[29]。設備設計では、実液によるフィルタ性能試験においてフィルタの閉塞事象が確認されたため、前処理プロセス（凝集剤等添加）を追加することを計画している。

また、燃料デブリ取り出し時には切削等の加工により多量の微粒子を含む汚染水が発生し、燃料デブリに含まれるα放射性核種も微粒子やイオン、コロイド等様々な形態で存在する可能性がある。汚染水の水質は切削等の加工の方法に依存するが、燃料デブリ取り出し工法が確定していない状況では水質の想定が難しいため、燃料デブリ取り出し時の水処理システムは想定し得る水質の変動範囲やそれに対応したα放射性核種の形態を考慮してシステム設計を実施するべきである。

---

[27] 日本アイソトープ協会：アイソトープ法令集（Ⅰ）2005 年版、科学技術庁告示第５号（放射線を放出する同位元素の数量等を定める件）別表第２、2005 年 10 月.

[28] 東京電力. 建屋滞留水処理等の進捗状況について（資料３－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 100 回）. 2022 年３月 31 日.

[29] 東京電力. α核種除去設備の進捗状況について（資料２－５），特定原子力施設監視・評価検討会（第 115 回）. 2024 年 12 月 16 日.

b. 汚染水対策設備の中長期的対応

汚染水対策の効果を中長期にわたって維持するため、陸側遮水壁やサブドレン設備、既存の水処理設備（ＳＡＲＲＹ、ＡＬＰＳ等）等、各設備の定期的な点検、更新を確実に行うことが課題である。そのためには、経年変化に伴う設備機能の低下、材料劣化や自然災害で生じる配管の損傷等様々なリスクを想定し、監視・早期復旧対策の体制強化や安定運用に向けた予備・代替品の調達手配等を整えるなど、計画的に維持管理・設備更新を進めるべきである。

また、燃料デブリ取り出し完了までには長期間を要することから、現在進められている燃料デブリ「取り出し規模の更なる拡大」の工法選定と併せ、中長期を見据えた汚染水対策を俯瞰し、より安定的な汚染水対策の在り方や各設備のより適切な維持・管理を考慮すべきである。現行の地下水流入抑制対策の継続を含め、汚染水のアウトリーク防止を前提としてインリーク抑制策も取られた汚染水対策工法であることが望ましく、燃料デブリ取り出しのための構築物設置や周辺施設解体期間中の汚染水管理を含めた対策が必要である。中長期的な汚染水対策においては、現場適用性や技術成立性の確認と併せ、燃料デブリ取り出し工法等の廃炉工程全体の進捗と整合を図りつつ検討を進めるべきである。

3.3.3.4 ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に関する今後の取組

東京電力はＡＬＰＳ処理水の海洋放出において、政府が策定した「ＡＬＰＳ処理水の処分に関する基本方針」の着実な実行に向けた行動計画に基づき、自ら立案した計画どおり確実に設備を運用し、その状況をタイムリーに透明性高く発信することを継続していくことが必要である。

a. 今後の放出・運用計画

放出計画の考え方については、当面の間、放出を円滑に進めるため、原則としてトリチウム濃度の低いもの、二次処理が不要と見込まれる既貯留分、測定・確認用設備に近い貯留タンクから順次放出するように策定されている。今後は、敷地等のリソース確保に向けて、「処理途上水の二次処理」、「処理水のタンク間移送」、「空きタンクの除染（必要により）・解体」、「解体タンクの保管」等の一連のプロセスを安全、かつ合理的に進められるよう貯留タンクの運用計画を策定していく必要がある。

また、長期にわたり安定した移送・放出を継続するために、処理水の移送、受入工程の効率化を図り、放出をより確実なものとすることが重要である。一例として、既設のタンクを処理水受入前のバッファタンクとして活用し、測定・確認用設備（K4-ABC 群タンク）への移送配管・ポンプ・フィルタを本設化することにより受入工程の短縮が図れる見通しであり、計画の具体化を進めていく。

b. 分析・モニタリングについて

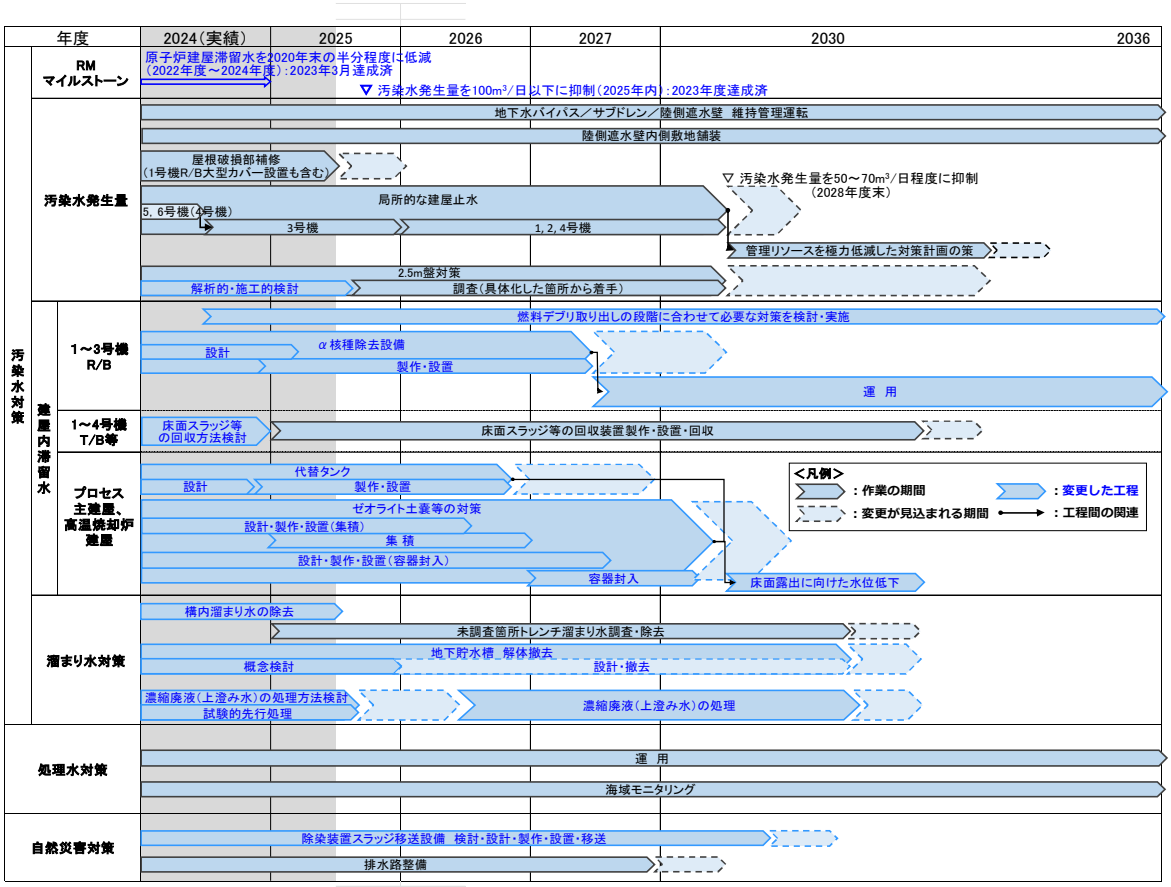
ＡＬＰＳ処理水の分析については、前述のとおり、東京電力（東京パワーテクノロジー）、化研、およびＪＡＥＡ大熊分析・研究センターのクロスチェック体制で進められており、今のところ分析結果に有意な差は生じていない。またＩＡＥＡは傘下の研究所に加えて、第三国の複数の研究所が参加する分析機関間比較（ＩＬＣ）を継続的に実施し、東京電力の分析手法、および分析結果の妥当性を客観的にレビューできる仕組みを構築している。

分析においては、測定・評価対象核種（トリチウムを除く 29 核種）に加えて、東京電力が自主的に有意に存在していないことを確認している核種（39 核種）についても、東京電力、化研、ＪＡＥＡの三者において、分析・評価を実施し、その結果を公表している[30]。これらの核種については、減衰による変化や測定実績を定期的に再評価し、分析・評価の必要性について検討を継続していくとともに、対象核種を削減することに対しても、科学的根拠に基づいた分かりやすい説明により、公衆の理解を求めていくことが重要である。

ＩＡＥＡは、政府と東京電力が実施する安全確保の取組に対して放出前、放出中及び放出後と継続的にレビューすることをコミットしており、ＩＡＥＡ職員が福島第一原子力発電所に常駐し、確認を継続する体制が構築されている。政府と東京電力は、今後もＩＡＥＡと必要な情報共有を継続するとともに、日本国内及び国際社会に対して高い透明性をもって科学的根拠に基づく説明を続けていくことが重要である。

3.3.4 主な技術課題と今後の計画

本節に述べた汚染水対策、処理水対策及び自然災害対策の関連項目について主な技術課題と今後の計画を整理すると、図 3.3-16 のとおりである。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.3-16 汚染水・処理水対策に係る主な技術課題と今後の計画（工程表）

[30] 東京電力．処理水ポータルサイト．
https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/measurementfacility/

3.4 使用済燃料プールからの燃料取り出し

3.4.1 目標

① 2031 年内に１～６号機の全てで使用済燃料プールからの燃料取り出しの完了を目指す。

② 周辺地域で住民の帰還と復興が徐々に進む中、放射性物質の飛散防止をはじめとしたリスク評価・安全確保を確実に行い、１号機は 2027～2028 年度、２号機は 2024～2026 年度にプール内燃料取り出しを開始する。

③ 海水やガレキの影響を受けた１～４号機の燃料については、使用済燃料プールから取り出した後に共用プール等に移送して適切に貯蔵することにより、安定管理状態とする。なお、共用プールの容量確保に向け、共用プールに貯蔵されている燃料を乾式キャスク仮保管設備へ移送・貯蔵する。

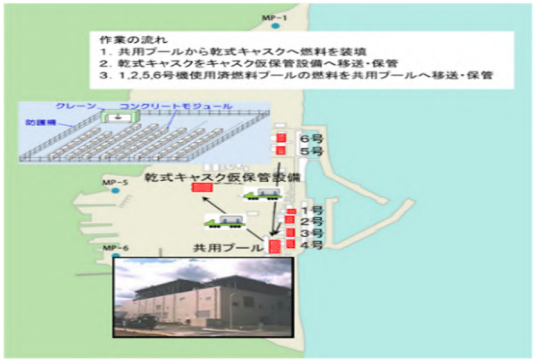
④ １～６号機の使用済燃料プールから共用プールに移送された使用済燃料については、今後建設する「共用プール燃料用の乾式貯蔵設備」への移送を進める。

⑤ １～４号機の使用済燃料プールについて高線量機器の移送を進め、プール水抜きにより使用済燃料プールを管理不要な状態にするとともに、原子炉建屋の荷重を軽減し、耐震性を向上させる。

⑥ 取り出し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、将来の処理・保管方法を決定する。

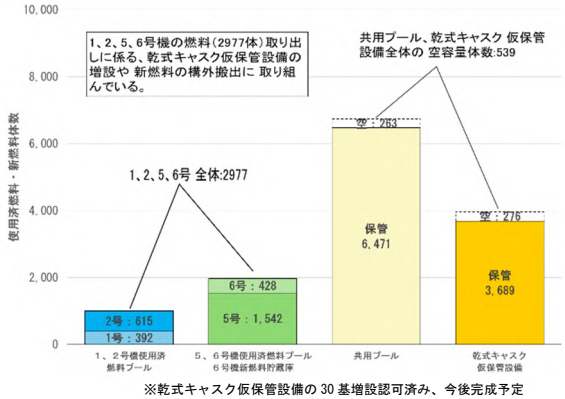
3.4.2 進捗

中長期ロードマップ及び廃炉中長期実行プランに示された作業計画に基づき、2031 年内に１～６号機の全てで使用済燃料プールからの燃料取り出し完了に向け、取組を進めている。図 3.4-1 に使用済燃料の共用プール及び乾式キャスク仮保管設備の配置図及び作業の流れの全体像、図 3.4-2 に空き容量の状況を示す。５、６号機を含むプール内燃料を全て取り出して共用プールに貯蔵するためには、共用プールの空き容量を確保する必要がある。このため、共用プール内燃料の一部を乾式キャスク仮保管設備へ移送するべく、乾式キャスク仮保管設備の増設や計画的な新燃料の所外搬出に取り組んでいる。これらの取組を進め、2031 年内に全ての号機の燃料取り出しを完了



〔資料：東京電力〕

図 3.4-1 共用プール・乾式キャスク仮保管設備配置図、及び作業の流れ



〔資料：東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.4-2 燃料の貯蔵状況（2025 年４月末）

する計画である。新燃料の海外を含めた所外搬出については、2025 年度に開始する計画としている。なお、６号機にある４号機から取り出した新燃料については、線量測定を 2022 年３月に完了している。

a. １号機

水素爆発により、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なり崩落している（図 3.4-3）。住民の帰還が進む中、ダスト飛散リスクの更なる低減の観点から、オペフロ全体を大型カバーで覆い、カバー内においてガレキ撤去やプール内燃料取り出しを行う工法への変更が 2019 年 12 月に行われた。本工法のイメージを図 3.4-4 に示す。

大型カバー設置やその後のガレキ撤去作業の準備として、使用済燃料プール養生、天井クレーンや燃料取扱機への支保の設置等が完了している。

その後、原子炉建屋周辺の整備を進めてきたが、非常用ガス処理系配管（以下「ＳＧＴＳ配管」という。）の撤去作業（遠隔操作による高線量配管の撤去）の遅延により準備工事に遅れが生じた。また、その後、原子炉建屋南側壁面で高い線量箇所が発見されたため、追加の除染や遮へい作業の実施や設備不具合により工程延伸が生じており大型カバー設置工事に時間を要している。下部・上部架構設置、一部の外周鉄骨撤去作業が完了し、構外ヤードでの大型カバーの可動屋根、ガレキ撤去用クレーンの地組作業が終了している。現在、１号機原子炉建屋では、引き続き、ボックスリング、可動屋根の準備・設置を進めている。これらを踏まえ、大型カバー設置工事完了時期を 2025 年度内までとしている。その後、ガレキ撤去用天井クレーンの設置を行い、オペフロのガレキ撤去、除染・遮へい、燃料取り出し設備設置等の一連の工事を行い、１号機燃料取り出し開始は 2028 年度を目標としている。

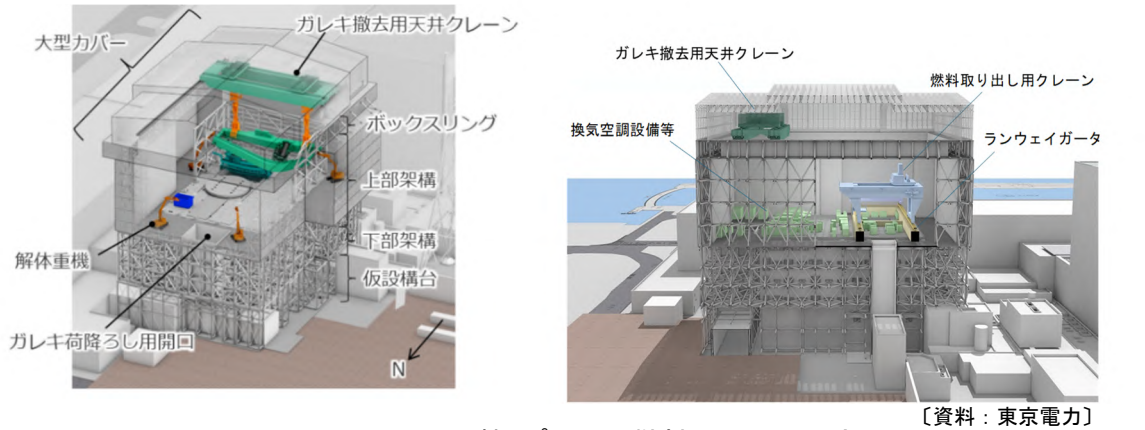


崩落屋根下の既存設備の状況（イメージ図）


南側崩落屋根の状況

〔資料：東京電力〕

図 3.4-3　１号機オペフロ崩落ガレキの状況



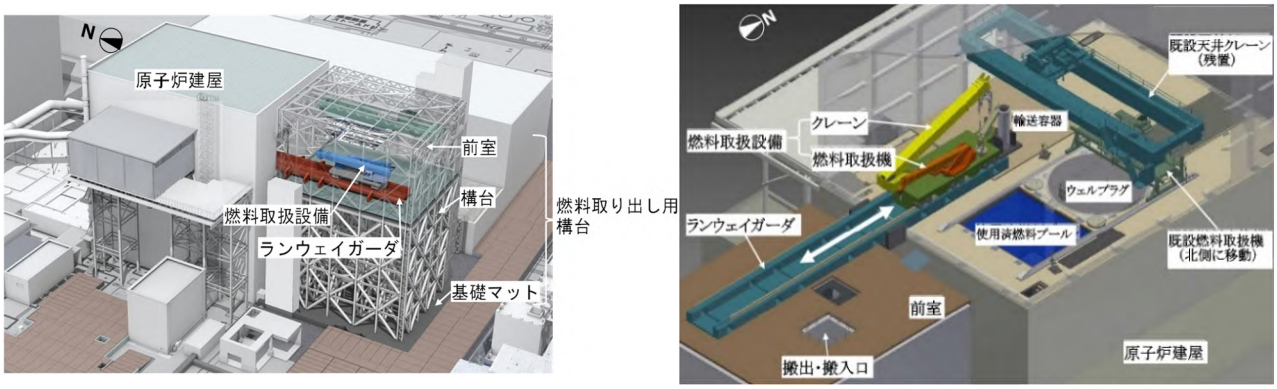
〔資料：東京電力〕

図 3.4-4　１号機　プール内燃料取り出し工法

b. ２号機

ダスト飛散リスクの更なる低減の観点から、オペフロ上部を解体せず、原子炉建屋南側に設置する燃料取り出し用構台からアクセスする工法が採用されている。本工法のイメージを図 3.4-5 に示す。

原子炉建屋南側では、2024 年６月に燃料取り出し構台及び前室設置を完了した。その後、原子炉建屋への開口部、及びランウェイガーダ設置に続き、2025 年５月に燃料取扱設備を据付し、８月より単体動作試験を開始した。なお、工場にて事前の燃料取扱設備の機能確認は完了している。燃料取り出しに向けてスケジュール管理を確実に行い、燃料取り出し開始は 2026 年度前半の見込みである。また、燃料取り出しに関しては設備トラブル時の迅速な対応を目的として、東京電力社員を工場に常駐させ、国内初となるブーム式燃料取扱設備の操作・機能の習得を図った。



燃料取り出し工法（前室透視イメージ図）　　燃料取扱設備（イメージ図）

図 3.4-5　２号機　プール内燃料取り出し工法

〔資料：東京電力〕

c. ５、６号機

１、２号機の作業に影響を与えない範囲で燃料取り出し作業を実施する方針である。６号機については、使用済燃料プールから共用プールへの移送を 2022 年８月に開始した。その後、更に共用プールの空き容量を確保するため、共用プールから乾式キャスク仮保管設備への燃料移送作業を進めていたが、３号機ＳＦＰ内の燃料を共用プールに移送した際に混入したガレキ等の影響により、乾式キャスクの気密性が担保できなくなり、燃料装荷前後の作業内容を見直

したため、工程が遅延した。2024 年２月に６号機使用済燃料移送分の乾式キャスクによる燃料移送・貯蔵が全て完了し、共用プールの空き容量が確保できた。それにより、６号機使用済燃料プールから共用プールへの使用済燃料移送を 2024 年５月から再開し、2025 年４月に完了した。なお、６号機使用済燃料プールに 198 体、新燃料貯蔵庫には 230 体の新燃料が残っている。その後、共用プールの空き容量確保後、５号機使用済燃料プールから共用プールへの移送を７月に開始した。

また、2025 年８月に乾式キャスク仮保管設備の増設が実施計画認可となり、図 3.4-6 に示す 2031 年の目標とする容量が確保できた。仮保管増設エリアへの貯蔵開始は 2026 年を予定している。

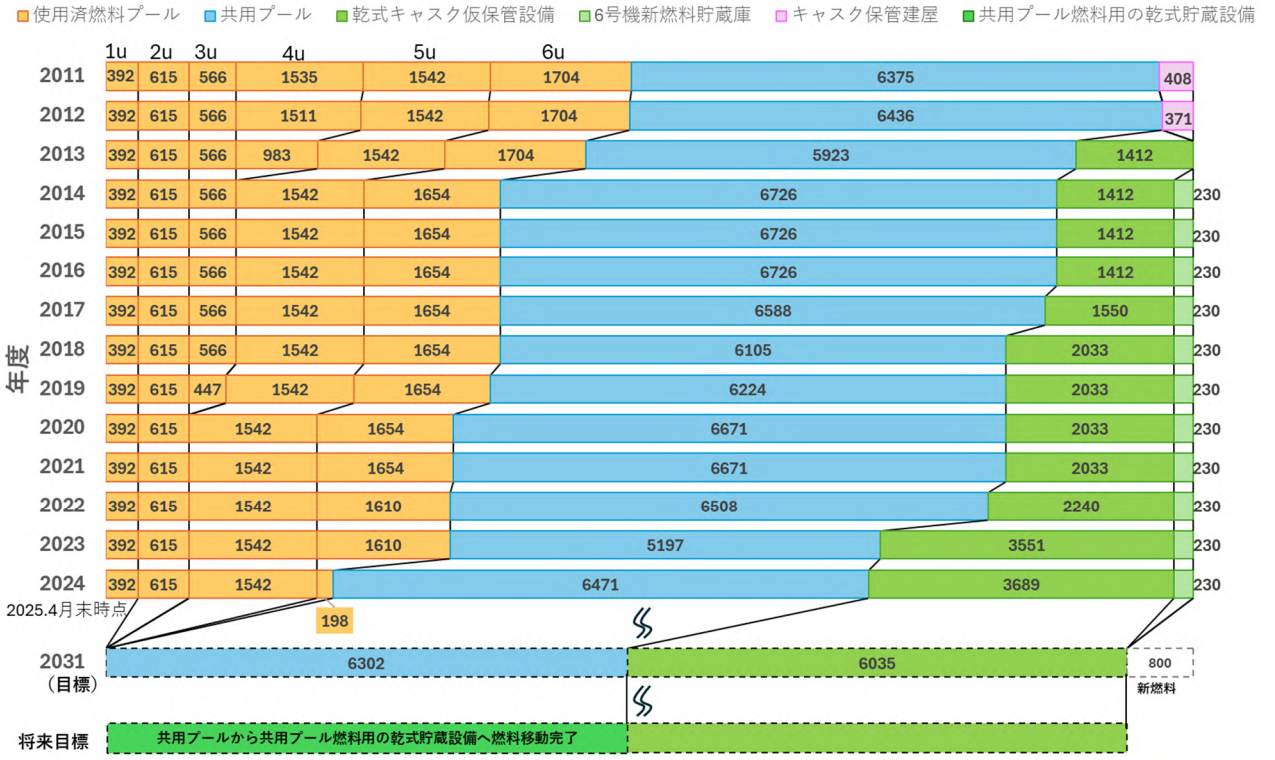
d. 高線量機器の取り出し

各号機の使用済燃料プール内には、燃料以外に制御棒、チャンネルボックス、フィルタ等の高線量機器が保管されている。これらについては、冷却は不要だが、遮へいが必要であり、プール水が漏えいした場合にプール内の線源が露出する等のリスクが残っている。そのため、リスク低減の観点から、プール内燃料に続いてこれらの高線量機器の取り出しが進められている。使用済燃料プール側の燃料取扱設備、受入れ側のサイトバンカの準備が整ったことから、2023 年３月に３号機使用済燃料プールからの高線量機器取り出しを開始した。その後、燃料取扱設備[1]の内、クレーン主巻ホース巻取り機の動作不良、主巻水圧ホースリール付近からの作動流体漏えい等の複数のトラブルが発生したが、それらの不具合対応が完了し、高線量機器の取り出しを 2024 年３月に再開し、３号機は全ての制御棒のサイトバンカへの移送が 2024 年 12 月に完了した。その後、４号機使用済燃料プールの高線量機器のサイトバンカへの移送を 2025 年３月に開始し、一部の制御棒、チャンネルボックスを 2025 年８月までに移送した。引き続き、３号機使用済燃料プールのフィルタ等の移送を開始した。

[1] 使用済燃料プールからの高線量機器の取り出しでは、燃料取り出しに利用したクレーン等を流用する。

e. 燃料の貯蔵状況推移

事故直後からの燃料の推移は図 3.4-6 のとおりである。



※乾式キャスク仮保管設備：2013 年運用開始　4 号機：2014 年使用済燃料プール取り出し完了　3 号機：2021 年使用済燃料プール取り出し完了　6 号機：2025 年新燃料 198 体を除き使用済燃料プール取り出し完了

キャスク保管建屋（事故前から物揚げ場脇に設置されていたキャスクを貯蔵）：貯蔵していた乾式キャスクは 2013 年度に乾式キャスク仮保管設備へ移送完了

2031 年時点新燃料（800 体）　乾式キャスク仮保管設備キャスク 95 基貯蔵予定

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.4-6 福島第一原子力発電所　年度末における燃料体数

3.4.3 主要な課題と技術戦略

3.4.3.1 プール内燃料取り出し

１、２号機については、決定された工法の実現に向けて、着実に作業を進めることが必要である。

プロジェクトを進めるに際しては、作業に伴う安全性を評価し、必要十分な安全の確保を確認した上で、技術的な確実性、合理性、作業工程に関わる迅速性、現場適用性、プロジェクト上のリスク等を総合的に考慮して、課題への対応を行うことが基本である。

a. １号機

オペフロ上部には、天井クレーンが、落下防止の支保は設置されているものの、不安定な状態で存在しており、燃料交換機への崩落及びそれに伴うこれらの使用済燃料プールへの落下を防止するため、安全かつ確実に天井クレーンを撤去することが主要な課題の一つである。そのため、現在進めている天井クレーンの撤去方法の検討に当たっては、安全評価を行うことが前

提であり、以下を行い作業の合理性や他の作業への影響等の観点を踏まえ、総合的に検討していくことが重要である[2]。

- リスク項目を抽出し得る具体的な作業手順及び作業計画の作成
- 想定されるリスクシナリオとその対策の立案
- 作業員被ばく等のオペレータ視点に立った考慮事項の抽出

天井クレーンの撤去方法については、現時点では屋根スラブ下部の状況に関する情報が限られているため、スラブを除去後に詳細調査を行うこととなる。この結果によってはクレーン解体工程が遅延するリスクがあることから、調査や確認等の必要作業を抽出した上で作業手順等を立案し、調査が可能となった段階で速やかに天井クレーン等の調査を行い、リスクケースを含め安全評価、ガレキ撤去計画に反映すべきである。

１～３号機のウェルプラグの汚染状態については、福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会にて、その汚染の高さから、「安全面及び廃炉作業面において非常に重要な意味を持つ」と指摘されている[3]。このうち、１号機のウェルプラグについては、２、３号機の数十 PBq に比べ２桁程度低い汚染であることが上記検討会にて評価されているものの、事故時の爆発の影響でずれが生じ、不安定な状態になっているため、対処方策の検討を進めている。今後、ウェルプラグへの対応方法は、検討結果を踏まえ、プール内燃料取り出しや後段作業である燃料デブリ取り出しへの影響を考慮し、安全評価を尽くした上で、総合的に判断すべきである。

なお、１号機のプール内に事故前より貯蔵されている被覆管の破損した燃料 67 体についても、2031 年の燃料取り出し完了に向けて、取扱計画の具体化を進めているところである。特に、事故後の状況の確認、取扱方法の検討とその開発、取扱いに係るリスク検討等を確実に実施すべきである。

b. ２号機

これまで国内原子力施設では経験のないブーム型クレーン式の燃料取扱設備を用いて、プール内燃料取り出しを行う予定であり、この燃料取扱設備での取扱いは初めてであるため、操作・設備トラブルに関するリスクを抽出し、その対策を確実に施すことが肝要である。今後、試運転・訓練を経たのち、燃料取り出しに着手する。試運転・訓練では、燃料取扱作業に係る関係者が、設備の機能を十分理解した上で、以下の取り組みを着実に進める必要がある。

- 実際の作業者による現場での操作手順の確認
- その結果を踏まえ、必要に応じて、操作手順へのフィードバック

オペフロから前室の間を燃料取扱設備が移動するため、前室と作業員の汚染防止のため作業手順を確立し、確実に実施することや燃料取扱設備トラブル時を想定し、可能な限りリスク低減に努めるべきである。

---

[2] ＮＤＦ. 「福島第一１号機燃料取り出し工法（プラン）の選定に関する評価」（資料３－２）, 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 73 回）. 2019 年 12 月 19 日.

[3] 原子力規制委員会. 「意見募集の結果等を踏まえた中間取りまとめ（案）の修正案について」（資料３(P.81～83)）, 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 19 回会合）. 令和３年３月５日.

また、使用済燃料プールには破損燃料[4]が１体存在するため、当該燃料移動に関しては状況を把握し、安全に取り出す方法を確立するとともに、リスク管理を十分に行うことが重要である。

c. 高線量機器取り出し

プール水が漏えいした場合のリスク低減の観点から、高線量機器取り出しが課題であり、取り出しに向けた取組が進められている。高線量機器取り出しが完了すれば、プールの水抜きを行うことができ、オペフロの活用の自由度が増し、その後の燃料デブリ取り出し作業の円滑な実施にもつながるとともに、使用済燃料プールに関連する設備を管理対象から除外でき管理の簡素化にもなる。併せて、水抜きにより原子炉建屋上層階の荷重を軽減でき、原子炉建屋の耐震性の向上にも資する。

高線量機器の取り出しに際しては、燃料取り出しやガレキ撤去に用いた装置等を活用することが効率的である。既存装置の保守管理の観点からも、保管先の確保等の取り出しに向けた準備が整い次第、速やかに進めるべきである。今後設置される１号機の燃料取り出し設備についても、高線量機器の取り出し等を見据えて設計、保守を進めるべきである。また、取り出しを開始した３号機の高線量機器を保管する既設サイトバンカの容量にも限りがあることから、新設のサイトバンカ等の検討を進めている。保管形態に関しては、湿式や乾式でどちらが最適であるか検討するべきである。使用済燃料プール、既設サイトバンカのプール水が漏えいする可能性があるため、監視強化及び漏えい対策を策定することが重要である。

また、プールの水抜きに際しては、事前に水抜き後のプールからの線量やダスト飛散を評価し、安全性を確認しておくべきである。

3.4.3.2 将来の処理・保管方法の決定

プール内燃料の将来の処理・保管方法は、事故時に受けた海水やガレキの影響、及び事故前から貯蔵している破損燃料等を考慮した上で決定することが必要である。これまで、４号機から取り出した燃料について海水やガレキの影響評価を行い、これらの影響は少ないと見通されている。他方、今後取り出した燃料の状況を踏まえ、長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討を進め、将来の処理・保管方法を決定すべきである。

2031 年内までに全ての号機のプール内燃料を共用プールへ移送する計画であるが、その後は、津波リスクも考慮し、共用プール内の既存燃料を含め、高台での乾式貯蔵に向けた検討を進めている。東京電力は乾式貯蔵設備として既存の金属キャスクに加えて、海外で実績があり下記のメリットが期待できるキャニスタ（金属製筒型容器）を用いたコンクリートキャスクの導入も視野に入れた準備を進めている。

- 海外で多数の健全・破損燃料等の貯蔵実績
- コンクリート製造に関して地元企業の参画
- 金属部分が少なく使用後の廃棄物量を低減
- 乾式貯蔵設備の選択肢が拡大し調達リスク低減

[4] 燃料を落下させる事象があり、被覆管は破損しなかったが結合燃料棒下部端栓が全数折損し上下に分断した。その後ステンレス製ワイヤー等を用いて分断した燃料を一体化している。

現在、数種類のコンクリートキャスクに対して、技術的な成立性の検討を進めている。コンクリートキャスクでは特に、キャニスタへの塩分付着による応力腐食割れ（ＳＣＣ）が生じた場合の密封機能の劣化のリスクがあり、この対応策を確立する必要がある。また、コンクリートキャスクを適用する場合には、円滑な運用開始に向けて実証試験等の必要な確認項目を明確にしたエンジニアリングスケジュールを設定し、計画的に進めることが肝要である。

一方、金属キャスクのメリットは、これまで国内外で多数の健全燃料の貯蔵実績があることが挙げられる。しかしながら、破損燃料等の貯蔵に関しては、海外での事例も限られ、国内では事例はない。いずれの乾式貯蔵設備を選択するに際してもプール内に存在する破損燃料等の貯蔵が課題である。

海水やガレキの影響を受けた燃料も含めて、両キャスクの得失及び福島第一原子力発電所の特徴を踏まえた上で、適用する乾式貯蔵設備を判断すべきである。

参考として、以下に一般的な金属キャスク、コンクリートキャスク例を図 3.4-7 に示す。米国では、空間線量低下や耐震性向上を考慮した地下保管タイプや地上置きで専用貯蔵設備に入れるコンクリートキャスクなどがある。なお、米国ではコンクリートキャスクでの乾式貯蔵が主流であり、既にコンクリートキャスクで約 3,300 基（燃料集合体で約 143,000 体）を超える実績を有する。貯蔵方式の選定に当たっては、上記の課題に対する技術的成立性を確保するとともに、耐震性や敷地境界線量への観点も含めて検討する必要がある。

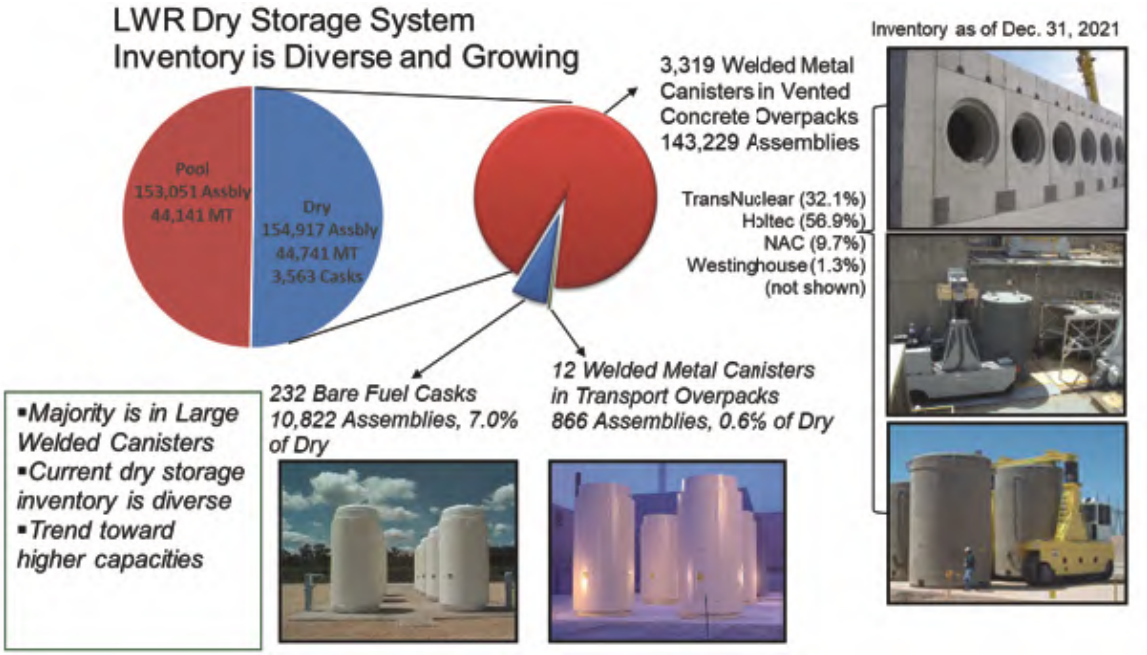


金属キャスク（例）　　コンクリートキャスク（例）

〔資料：電気事業連合会〕

図 3.4-7 乾式貯蔵キャスクの例[5]

[5] 電気事業連合会. 使用済燃料貯蔵対策の取り組み. https://www.fepc.or.jp/sp/chozo/result.html



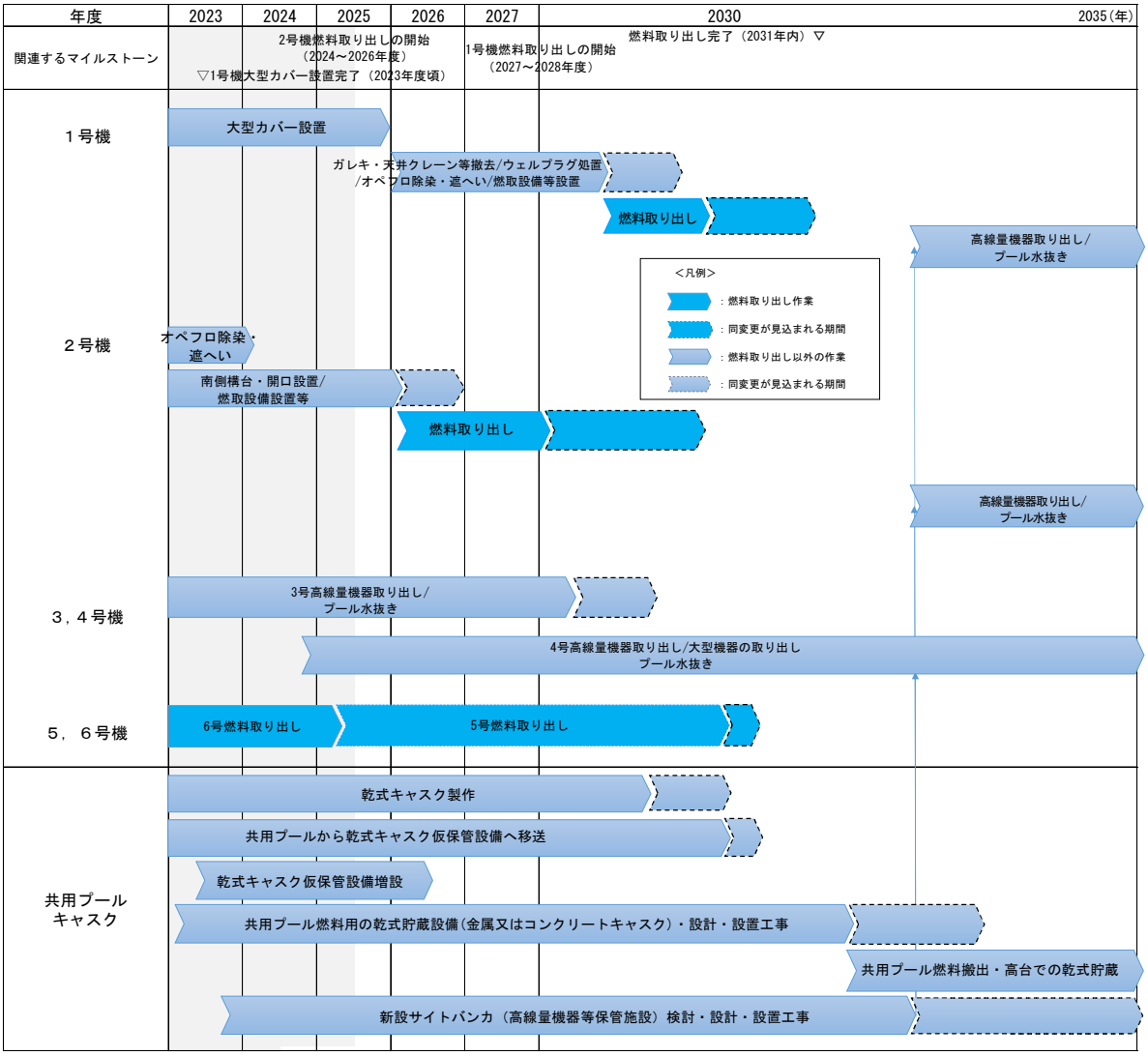
〔資料：Pacific Northwest National Laboratory〕

図 3.4-8 米国における乾式貯蔵実績[6]

[6] 出典：https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-33938.pdf

3.4.4 主な技術課題のまとめ

本節に述べた主な技術課題と今後の計画を整理すると、図 3.4-9 のとおりである。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 3.4-9 プール内燃料取り出しに関する主な技術課題と今後の計画（工程表）

4. 廃炉の推進に向けた分析戦略

4.1 廃炉に係る分析の概要

4.1.1 廃炉に係る分析の目標

福島第一原子力発電所の事故は、世界で前例のない沸騰水型原子炉の炉心溶融事故であるとともに、事故時の停電により温度を始めとする多くの記録が存在しない。さらに、安全機器の作動状況が不明瞭であること、事故収束のために海水注入が行われたこと等が影響して、炉内状況、燃料デブリの状態、核分裂生成物の放出経路等に多くの不確かさが存在する。そのため、事故によって発生した燃料デブリや固体廃棄物を安全に取り扱い、適正に保管・管理等を行うことを目的にこれらについて分析を実施している。

分析対象物ごとに分析を進める上での目標を以下に示す。

① 燃料デブリについて、安全に取り扱い、適正に保管・管理等を行うことが最優先である。採取した燃料デブリサンプルの分析を行い、U-235/全ウラン同位体比、ウラン濃度等の範囲や燃料デブリを構成する組織、元素分布等を確認し、取り扱い、保管・管理等の検討に反映する。

② 固体廃棄物について、保管時の安全性向上及び処理、再利用、処分方策の検討に資するため、物理的・化学的性状の把握及び核種組成・放射能濃度等のデータを取得するための分析を進める。

③ ＡＬＰＳ処理水について、その海洋放出を安全に実施するため、放出前に基準を下回っていること等を分析により確実に確認する。さらに、環境中の放射性物質の状況を確認するため海域での環境モニタリング活動を継続する。

④ 上記を中心に多岐にわたる分析を着実に進めるため、分析施設の整備や分析人材の育成等に取り組むとともに、効率的な分析・評価手法を開発する。

燃料デブリは、生成過程に上述のような不確かさが存在し、人為的な管理下でもないために、化学組成、ミクロ組織、密度等の各種物性値において不均質性を有するものと考えられる。原子炉内での燃焼に伴い、核分裂性の U-235 の含有量は低下している上、周囲の構造材と溶融・混合によっても U-235 の含有率は低下している可能性が高いと考えられる。安全性の評価に用いるデータが不明な場合には、多くの裕度を含ませた安全対策とするため、多くのリソース、時間を割くことになる。燃料デブリの各種物性値の範囲、状況等の性状を確認することで評価の妥当性を検証でき、廃炉の迅速性、合理性の向上が可能となる。

中長期ロードマップでは、第３期に固体廃棄物の性状分析等を進め、廃棄体の仕様や製造方法を確定する、としている。このため、固体廃棄物の分析の着実な実施は、廃棄体の仕様や製造方法の確定を含めた固体廃棄物対策全般を着実に進めていく上で、重要な課題である。

ＡＬＰＳ処理水の海洋放出を安全に進めるには、東京電力による放出前のＡＬＰＳ処理水及び放出中の海域での放射性物質の濃度の確認に加え、他の機関による分析及び結果の公表が重要である。現在、各機関の分析結果も透明性高く発信されているが、引き続き継続する必要がある。

図 4-1 に示すように、廃炉作業における分析は対象物等が多岐にわたる。さらに、固体廃棄物は性状が多様で、かつ物量が多いことを踏まえると、施設や人材育成等に取り組むとともに、性状把握を効率的に実施するための分析・評価手法を活用して分析を実施する必要がある。そのため、これまでの取組の成果を基に、分析を計画的に行うための体制整備に取り組むことが必須である。

4.1.2 分析の全体像

福島第一原子力発電所の廃炉作業においては、図 4-1 に示すような、分析対象物、目的、線量率が多岐に及ぶ分析を行わなければならない。福島第一原子力発電所の廃炉作業を安全かつ着実に進捗させるため、上述の目的に照らして適切な分析結果を得ることが不可欠である。これを取得するには図 4-2 に示すように、分析の手法・体制、分析結果の品質、サンプルのサイズ・量を向上させることが有効であり、そのための取組が現在進められている。

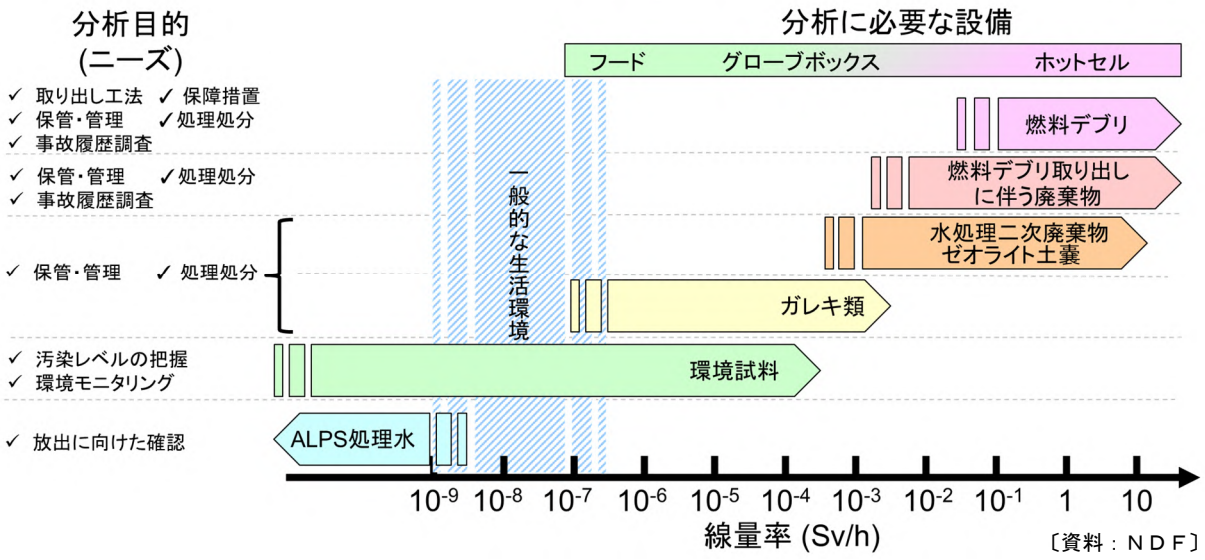


図 4-1 分析対象物の分析ニーズ、分析に必要な設備及び線量率の関係

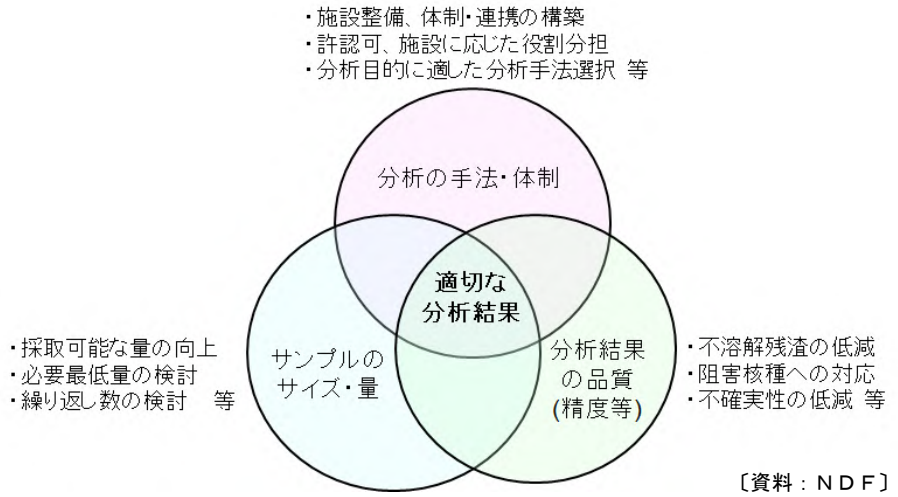


図 4-2 福島第一原子力発電所の廃炉における分析戦略の三要素

4.2 分析に係る現状と戦略

4.2.1 分析の体制・手法の強化

4.2.1.1 分析体制の強化

これまで、政府が中心となり中長期ロードマップを策定するとともに、東京電力、ＪＡＥＡ、ＮＤＦ等の関係機関は、分析施設の整備、国内ホットラボ機関の連携、分析・評価手法の開発、人材交流等の分析体制の構築を連携しながら進めている。2024 年９月に最初の燃料デブリサンプルの取り出し作業に着手したことから第３期に入り、これまで取り組んできた分析体制の整備、強化を一層加速することが重要である。

東京電力、ＪＡＥＡ、ＮＤＦ等の関係機関では、分析体制の強化として、分析計画の検討、分析・評価手法の開発、分析施設の確保、分析人材の確保等の取組を着実に進めるとともに、関係機関間の連携強化を図っている。これら分析体制の整備に係る当面の対応方策を資源エネルギー庁が取りまとめ、廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議、原子力規制委員会等において公表・報告している（関係機関個別の実行計画については添付資料 4-1 参照）[1,2,3]。今後も当面の取組を着実に実施するとともに、状況を踏まえ必要な対応を実施していく。

4.2.1.2 分析計画の更新

東京電力は、廃炉作業の進捗に伴い、分析対象物の種類と量が増加し、それに応じて分析需要が拡大すると想定している[4]。ＡＬＰＳ処理水、環境試料等のより低濃度領域の分析需要が拡大すると、含まれる放射性元素の量が少ないことから検出精度の向上を行う必要が生じる。一方、燃料デブリや高線量廃棄物等の高線量領域の分析需要が拡大すると、遮へい及び閉じ込めのような放射線防護機能の拡充や元素分布や構造解析のような分析項目の多様化を行う必要がある。このような分析需要の変化に柔軟に対応し、分析が原因で廃炉作業が停滞しないよう計画的に準備を進めなければならない。特に、燃料デブリや水処理二次廃棄物に代表される高い線量率を有する対象物は、遮へい及び閉じ込め能力を有するホットセルを分析設備として必要とするが、その数に限りがある。これらを有効に活用するため、分析対象物に対して取得を望む情報とその数量、検出精度、分析頻度等に関してバランスを取り、分析設備の定期メンテナンス等を考慮した計画を立案することが重要である。

原子力規制委員会では、福島第一原子力発電所のリスク低減に向けた措置に関する目標を示すことを目的として、中期的リスクの低減目標マップを決定した[5]。それ以降、リスク低減に係る活動の進捗等に応じて見直しを行っており、2024 年には放射性物質の安定的な保管への移行の重要

---

[1] 資源エネルギー庁. 「東京電力福島第一原子力発電所の分析体制強化に係る取り組みの状況について」（資料４－１），福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議（第 14 回）. 2025 年４月 16 日.

[2] 資源エネルギー庁. 「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた分析体制の整備に係る当面の対応について」（資料３－４），廃炉･汚染水･処理水対策チーム会合／事務局会議（第 112 回）. 2023 年３月 30 日.

[3] 資源エネルギー庁. 「東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所の分析体制の強化に係る政策的取組」（資料１）,原子力規制委員会（2023 年度第１回）. 2023 年４月５日.

[4] 東京電力. 「分析体制構築に向けた取り組み状況について」（資料１－３－２），特定原子力施設監視・評価検討会（第 104 回）. 2022 年 12 月 19 日.

[5] 原子力規制庁. 「東京電力株式会社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（平成 28 年３月版）（案）について」（資料４），原子力規制委員会（2015 年度第 53 回）. 2016 年２月３日.

性に鑑み、固体状の放射性物質に対して優先して取り組むべきリスク低減に向けた分野として、水処理廃棄物等、ガレキ類等、建屋解体物等、核種分析に対して 2033 年度（10 年後）に実現すべき姿を示している[6]。2024 年が大幅な見直しであったことから、2025 年では、必ずしもリスクマップの改定の必要はなく、東京電力の対応状況を監視・指導することの方が重要としている[7]。

東京電力では、固体廃棄物の性状に応じた合理的な保管方法や再利用等の廃棄物対策を進めていくにあたり、放射能濃度の把握・管理は不可欠であり、今後、放射能濃度による管理へ移行させていく必要があるとしている。戦略的に固体廃棄物の性状の把握を進め、そのために必要な分析施設、分析人材等を確保するため、分析の進捗状況や保管・管理上のリスク等を踏まえて分析優先度の高い固体廃棄物を抽出し、各廃棄物の特徴を踏まえた性状把握方針及び分析計画を 2023 年に策定している[8]。表 4-1 に分析計画策定のねらいを示す。2024 年度には、中長期リスクの低減目標マップへの反映として、水処理二次廃棄物等の固化処理方針策定のための分析、ガレキ類の放射能濃度管理手法構築のための分析、建屋解体物等の解体モデルケースの検討のための分析、分析優先度の見直し、及び試料採取状況等を踏まえた分析数の更新を行った[9]。固体廃棄物に対する分析対象核種として 30 核種を設定し、特に安全上の重要度の高い 10 核種について優先して分析を進めるものとした。2025 年度には、中長期リスクの低減目標マップ関連課題の検討進捗に伴う分析ニーズ更新と最新の廃炉作業工程の反映を行った[10]。今後、計画の取組を実行するとともに、その進捗及び実績を踏まえ、分析計画の不断の見直しを行う。

表 4-1 分析計画策定のねらい

廃炉進捗に伴う対応	内容
放射能濃度による 廃棄物管理への移行	・全ての廃棄物について下記を踏まえた放射能濃度管理へ移行 ✓廃棄物毎の特性に応じた合理的な安全対策等の検討に資するデータ取得 ✓処分・再利用に向けたデータ蓄積・管理（より幅広い放射性核種に対する放射能濃度の管理）
安全で安定的な 保管管理の実施	・保管時の廃棄物の挙動評価及び適切な安全対策を検討し、長期にわたり閉じ込めを維持できる保管方法の検討のための廃棄物の物理的・化学的特性の把握
試料採取・分析の 高難度化対応	・デブリ取り出しに伴う試料採取、分析難易度の高い試料等に対応できる技術、人材の整備
体系的な 試料採取・分析の実施	・代表性に配慮した体系的な試料採取・分析の実施 ・廃棄物毎の特性を踏まえた合理的な性状把握の実施

〔資料：東京電力〕

[6] 原子力規制庁. 「東京電力ホールディングス株式会社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の改定（２回目）」（資料２），原子力規制委員会（2023 年度第 67 回）. 2024 年２月 28 日.

[7] 原子力規制庁. 「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所のリスク低減に係る活動の進捗とリスクマップの取扱い」（資料１），原子力規制委員会（2024 年度第 53 回）. 2025 年１月 15 日.

[8] 東京電力. 「東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた固体廃棄物の分析計画」（資料３－４），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 112 回）. 2023 年３月 30 日.

[9] 東京電力. 「東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた固体廃棄物の分析計画の更新について（2024 年度）」（資料３－４），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 124 回）. 2024 年３月 28 日.

[10] 東京電力. 「東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた固体廃棄物の分析計画(2025 年度)」（資料３－４），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 136 回）. 2025 年３月 27 日.

これまで、ＪＡＥＡは、日本核燃料開発株式会社（以下「ＮＦＤ」という。）及びＭＨＩ原子力研究開発株式会社（以下「ＮＤＣ」という。）とともに、ＰＣＶ内部調査に伴う堆積物、付着物、固体廃棄物サンプル等の分析を実施してきている[11,12,13]。これにより燃料デブリや廃棄物の性状の一部が明らかになっている。ＪＡＥＡでは、これまでの経験と実績に基づいて、廃炉作業を安全かつ着実に進めるニーズの観点で課題解決に必要な燃料デブリの分析対象項目や分析フローを検討している[14]。「試験的取り出し」で得られた燃料デブリサンプルについては、福島第一原子力発電所からＪＡＥＡ大洗原子力工学研究所へ輸送後、非破壊計測とサンプルの分割等を行い、分析内容に応じて、ＪＡＥＡ大洗原子力工学研究所、ＪＡＥＡ原子力科学研究所、ＪＡＥＡ播磨放射光ＲＩラボラトリー、ＮＦＤ及びＮＤＣへ輸送、分析を実施した[15]。今後は、ＪＡＥＡの検討に加え、後述する燃料デブリ分析の評価検討作業会の協力を得ながら、燃料デブリの分析計画を策定することになる。

4.2.1.3 分析・評価手法の開発

固体廃棄物は、核種組成や放射能濃度が多様かつ物量が多い特徴を有することから、通常の発電炉における廃棄物確認方法の整備と異なり、スケーリングファクター法、その他の評価方法設定のためのデータ取得、蓄積、整理、統計的手法の適用といった福島第一原子力発電所の固体廃棄物に特有な廃棄物確認方法の整備に係る開発業務が必要である。また、適切な処理、再利用、処分方策の検討を行っていく上で、性状把握データの取得を迅速かつ効率的に進めていく必要がある。このため、データを簡易・迅速に取得するための分析手法を開発、試料前処理の合理化・自動化等により迅速化した分析方法の標準化[16]及び様々な試料形態や難測定核種に対応するための測定・分析法の開発に取り組んでいる。また、この取組とともに、ＤＱＯプロセスとベイズ統計を用いた分析計画法や統計論的インベントリ推定手法といった、少ない分析データで性状把握を行うための手法の構築への取組を廃炉・汚染水・処理水対策事業等において行っている。標準的な分析手法の開発については、ＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第１棟において実試料への適用性を実証した。さらに処分の安全評価上重要となる難測定核種の測定・分析法の開発を進めている。確立された測定・分析法によって得られた分析結果を、今後の分析計画に反映し、性状把握を行う計画である[17]。また、燃料デブリ取り出し時の固体廃棄物については、溶融燃料や構造材料が混在しているため、損傷した支柱や配管等への付着物中にウランが含まれるか否かを迅

---

[11] ＩＲＩＤ. 「廃炉・汚染水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発）2021 年度実施分成果」. 2022 年 11 月.

[12] ＪＡＥＡ. 「廃棄物の性状把握に関する最近の成果-主要なリスク源の性状把握」（資料３－４），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 108 回）. 2022 年 11 月 25 日.

[13] ＩＲＩＤ. 令和３年度開始「廃炉・汚染水対策事業費補助金（固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発）」2021 年度最終報告. 2022 年９月.

[14] ＪＡＥＡ燃料デブリ等研究戦略検討作業部会. 「東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所燃料デブリ等分析について」, JAEA-Review 2020-004. 2020 年５月.

[15] ＪＡＥＡ. 東京電力福島第一原子力発電所２号機から取り出された燃料デブリに係る分析機関の決定について（お知らせ）. 2025 年１月８日.

[16] ＩＲＩＤ. 令和３年度開始「廃炉・汚染水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発)」2021 年度最終報告. 2022 年９月.

[17] 資源エネルギー庁. 「分析・評価手法の開発の流れ」（資料１－３－３），第 104 回特定原子力施設監視・評価検討会. 2022 年 12 月 19 日.

速に確認することができれば、作業性の向上が期待できる。そのため、簡易（その場）分析の技術開発として、レーザー誘起ブレークダウン分光分析法による技術開発を実施している。

4.2.1.4 分析施設の確保

福島第一原子力発電所の廃炉においては、燃料デブリや水処理二次廃棄物を安全に保管管理するために、それらの性状を把握する必要があるが、いずれも高い線量率を有している。分析設備として、遮へい及び閉じ込め能力を有するホットセルを必要とするが、照射済核燃料やγ線源を非密封状態で取り扱うことができるホットセルが設置されている施設は、茨城地区に立地していた。これまで、福島第一原子力発電所構内で採取された高線量のサンプルは少量であったことから、茨城地区まで構外輸送（Ａ型輸送）を行い、分析を実施していた。採取サンプルのサイズ・量が大きくなると、構外輸送をＢ型輸送へ変更しなければならず、輸送準備の時間・リソースがさらに必要になり、迅速な分析へとつながらないことが懸念されていた。今後、本格化する燃料デブリの分析、増加する固体廃棄物等の分析を進める上で、分析施設の確保が重要であり、福島第一原子力発電所周辺で施設を整備するとともに、既存の茨城地区の分析施設と役割を分担することが有効である。

施設整備に向けては、福島第一原子力発電所の廃炉に必須な施設として、政府の補正予算（2012年度）[18]によりＪＡＥＡが放射性物質分析・研究施設の整備・運用を福島第一原子力発電所の隣接地にて実施している[19]。これらは運用開始時に、福島第一原子力発電所の周辺監視区域内の施設として順次設定するため、構外輸送にならない利点がある。これらの施設を生かして基礎的な物性を迅速に把握し、安全評価、作業手順等へ反映させることが有効である。このうち放射性物質分析・研究施設第１棟では固体廃棄物の分析及びＡＬＰＳ処理水の第三者分析[20]、放射性物質分析・研究施設第２棟では燃料デブリの分析を行うことを目的としている。放射性物質分析・研究施設第１棟は 2022 年 10 月から放射性物質を用いた分析作業を開始し[21]、2023 年３月にＡＬＰＳ処理水の第三者分析を開始した[22]。放射性物質分析・研究施設第１棟でのトリチウム分析に関しては、正確な測定／校正結果を生み出す能力があることを示す国際規格である、ＩＳＯ／ＩＥＣ17025の認定を 2024 年２月に受けている[23]。放射性物質分析・研究施設第１棟では、ＡＬＰＳ処理水の第三者分析に加え、２号機 X-６ペネのハッチ蓋部のスミアろ紙[24]、ＮＲＡが現場調査の際に採取

---

[18] 資源エネルギー庁. 「廃炉関係の研究開発拠点施設の整備について」（資料３－１）, 第 24 回特定原子力施設監視・評価検討会. 2014 年７月７日.

[19] ＪＡＥＡ. 「大熊分析・研究センター施設管理棟の開所」（資料３－４）, 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 52 回）. 2018 年３月 29 日.

[20] 東京電力・ＪＡＥＡ. 「放射性物質分析・研究施設第１棟の整備状況について」（資料４）, 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 100 回）. 2022 年３月 31 日.

[21] ＪＡＥＡ. 「放射性物質分析・研究施設第１棟の分析作業開始について」（資料その他）, 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 106 回）. 2022 年９月 29 日.

[22] ＪＡＥＡ. 放射性物質分析・研究施設第１棟におけるＡＬＰＳ処理水第三者分析の開始について. 2023 年３月 30 日.

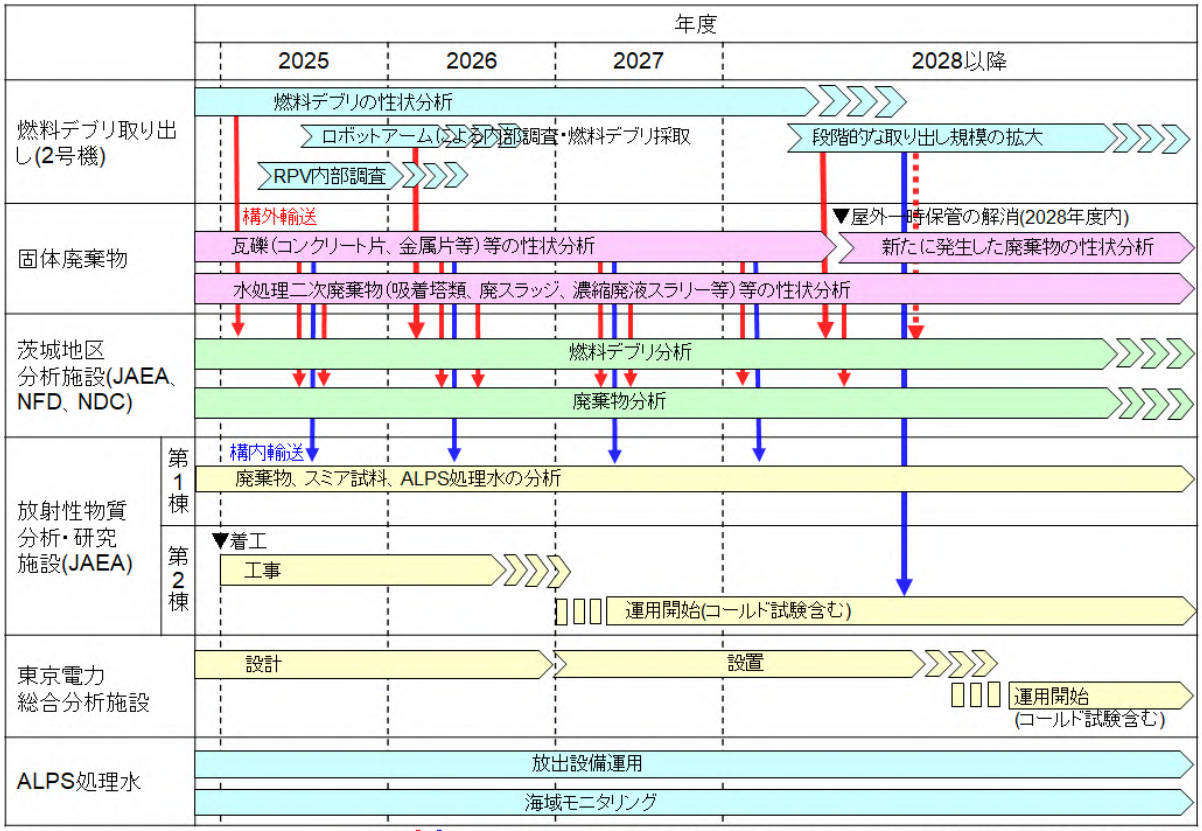
[23] ＪＡＥＡ. 「大熊分析・研究センター分析部分析課で ISO/IEC17025 認定証が授与されました」. 2024 年３月 29 日.

[24] 東京電力. 「２号機 X-6 ペネトレーション関連試料の分析」（資料６－３）, 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 50 回）. 2025 年３月 28 日.

したスミア試料[25]の分析も行っている。このような当初想定していなかった分析作業にリソースを割いていることから、分析業務量の増加に対応可能なように、ＪＡＥＡでは東京電力と分析計画の協議・調整を行い、放射性物質分析・研究施設第１棟の分析能力の拡充、分析手法の合理化等の検討を進めるべきである。放射性物質分析・研究施設第２棟は 2025 年３月に着工しており[26]、2028 年４月の竣工を目指している[27]。東京電力も現行のルーチン分析のほか、燃料デブリや固体廃棄物を分析対象とした分析施設（総合分析施設）の設計を検討しており、2020 年代後半の竣工を目指している。

図 4-3 に示すように、放射性物質分析・研究施設第２棟と総合分析施設が燃料デブリの「試験的取り出し」以降の運用開始予定のため、それまでの間、茨城地区の分析施設での分析を行うことになる。固体廃棄物の分析では、含まれる放射性同位元素の種類と量を同定することが中心となるが、燃料デブリに対しては、金属組織観察、ミクロ組織観察、元素マッピング等が追加され、固体廃棄物の分析よりも分析項目が多くなることが見込まれる。また、遮へい能力が高いコンクリート製ホットセルは放射性物質分析・研究施設第２棟に設置されるため、放射性物質分析・研究施設第２棟の運用開始以降においては、分析の負荷が集中する可能性がある。放射性物質分析・研究施設第２棟の分析の負荷軽減として、放射性物質分析・研究施設第２棟の運用開始後も高線量を有するサンプルの前処理に特別な技術が必要、あるいは分析や試験に長時間が必要な場合は、(i)研究者、技術者が多くおり、(ii)特殊な分析装置の種類も多く、(iii)ホットセルの数・用途の選択肢が多い茨城地区で引き続き分析を行うことが有効である。現在、放射性物質分析・研究施設第１棟では核燃料物質の使用許可を取得していないが、長期的には放射性物質分析・研究施設第２棟で燃料デブリの溶解、希釈を行った後、放射性物質分析・研究施設第１棟において希釈溶液を用いた分析の可能性を検討し、福島第一原子力発電所の敷地内・隣接地において迅速な分析が可能なサンプルを優先することも燃料デブリの分析キャパシティの拡大策の一つである。

[25] ＪＡＥＡ. 「原子力規制庁依頼スミヤろ紙の分析」（資料５－１），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 50 回）. 2025 年３月 28 日.
[26] ＪＡＥＡ. 「放射性物質分析・研究施設第２棟の建設工事の着工について」. 2025 年３月 31 日.
[27] ＪＡＥＡ. 「放射性物質分析・研究施設第２棟に係る実施計画変更認可申請について」. 2025 年８月８日.



〔東京電力、ＪＡＥＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

図 4-3 燃料デブリ取り出しと新設分析棟の工事・運用スケジュール

固体廃棄物の分析についても、燃料デブリの取り出しの進捗に伴い、微細な燃料デブリや核分裂生成物を捕獲したフィルタ等、これまで経験していない固体廃棄物が発生することが予想される。このような経験が乏しく、かつ、高線量の固体廃棄物については、上記の(i)から(iii)と同様の理由により茨城地区で分析することが望ましく、放射性物質分析・研究施設第１棟の運用開始後もしばらくの間は茨城地区での固体廃棄物分析を継続することが必要である。これらを踏まえ、福島第一原子力発電所の敷地内・隣接地の分析施設と茨城地区の分析施設では、使用許可の対象核種や構外輸送の有無等が異なることから、特徴に応じた役割分担とし、燃料デブリ及び固体廃棄物の分析データの拡充を図ることが有効である。ただし、茨城地区の分析施設はいずれも運用開始後 30 年以上経過しており、特に、ＪＡＥＡでは施設の集約化・重点化を計画している[28]ことから、今後も使用を継続する施設に関して使用時期を検討する必要がある。

4.2.1.5 分析人材の確保

茨城地区の分析施設はもとより、福島第一原子力発電所の敷地内・隣接地の分析施設では安定的な施設稼働を継続するために必要な人的資源は不足しており、分析人材の確保と維持が必要である。この際には、種々の分析業務に対して各分析人材に期待される資質をあらかじめ考慮し、求められる役割が適切に達成されるように分析人材を計画的に育成することが重要である。東京

[28] ＪＡＥＡ. 「施設中長期計画」. 2022 年４月１日.

電力では、分析要員を 2023 年度末から 20 名増員し、139 名（2024 年度末）としている。さらに、2028 年度末に向けて 20 名程度の増員を計画している。廃棄物・燃料デブリ分野の分析については、ＪＡＥＡ等の社外での実務訓練を経て技術を習得し、社内検証・反復訓練を行っている[29]。ＪＡＥＡの施設中長期計画では廃炉を含むバックエンド対策の実施を示しており、ＪＡＥＡにおいても廃炉に関連する分析に必要な人材の育成は重要な問題である。ＪＡＥＡでは、民間の分析機関、東京電力、大学等との連携・分担体制として、分析技術ネットワークを構築し、分析手法の確立や精度向上を図りながら分析・評価を実施している。また、将来の分析ラボへの展開・反映も意識しつつ、相互に技術力向上、人材確保・育成を進めている[30,31]。東京電力及びＪＡＥＡが時間経過に伴う分析ニーズの変化と課題を相互に抽出、連携しながら人材育成を進め、資源エネルギー庁、ＮＤＦ等の関係機関も支援を行うことが必要である。

通常の原子力発電所においては、燃料は燃料被覆管の中に密封されており、福島第一原子力発電所においても事故前は非密封状態のα放射性核種を直接取り扱うことはなかった。事故により生じた燃料デブリは、非密封状態の燃料、核分裂生成物を含んでおり、分析の際には、内部・外部被ばくや汚染拡大のリスクを伴うことになる。このため、東京電力にとっては経験の少ない分野での人材育成を可能な限り短時間で行わねばならない。α放射性核種の取扱いや燃料の分析技術に関して十分な知識と経験を有するＪＡＥＡ及び民間企業の協力[32,33]を得ながら、東京電力が分析技術者の育成に効率的に取り組むことが必要である。東京電力－ＪＡＥＡ間及び東京電力－ＮＦＤ間での人材交流の状況を表 4-2 に示す。

表 4-2 東京電力－ＪＡＥＡ間及び東京電力－ＮＦＤ間の人材交流の状況

		年度 ※2025 年度は 2025 年 8 月末時点							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
東京電力→JAEA	出向・派遣・外来研究員	1	1	3	3	4	4	3	1
	移籍・再雇用	0	0	0	1	0	1	0	0
JAEA→東京電力	出向・派遣等	0	3	11	4	1	1	1	1
	移籍・再雇用	0	0	1	0	0	0	0	1
東京電力→NFD	出向・派遣	0	0	0	0	0	0	1	1
	移籍・再雇用	0	0	0	0	0	0	0	0
NFD→東京電力	出向・派遣	0	0	1	0	0	0	0	0
	移籍・再雇用	1	1	0	1	0	0	0	1

〔資料：ＮＤＦ〕

[29] 東京電力. 「東京電力福島第一原子力発電所の分析体制強化に係る取組の状況について(東京電力 HD の取組)」（資料４－２），福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議（第 14 回）. 2025 年４月 16 日.

[30] ＪＡＥＡ. 「東京電力福島第一原子力発電所の分析体制強化に係る取組の状況について(ＪＡＥＡの取組)」（資料４－３），福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議（第 14 回）. 2025 年４月 16 日.

[31] ＪＡＥＡ. 「分析技術ネットワークを通じた人材確保・育成」（資料３－２），廃炉研究開発連携会議（第 13 回）. 2025 年３月 25 日.

[32] 東京電力・日本原燃㈱. 「福島第一原子力発電所の廃止措置に関する技術協力についての協定書」の締結について. 2022 年１月 27 日.

[33] 東京電力・日本核燃料開発㈱. 「福島第一原子力発電所デブリ分析業務等の協力に関する覚書」の締結について. 2022 年８月１日.

今後、想定される分析需要の拡大に伴い、あらかじめ分析結果の活用方法を見越した分析計画の立案が可能な高度な人材が必要となることが予想される。この業務を担う分析評価者としては、(i)評価結果を廃炉工程上必要な箇所（取り出し工法、保障措置、保管・管理、処理、再利用、処分）へ適切に反映させること、(ii)次のサンプル採取において適切な指示を出せること、及び(iii)分析結果から事故事象を論理的かつ的確に理解していることが求められる。しかしながら、個人でこれらの全ての能力に対応することは困難である。そのため、図 4-4 に示す「分析調整会議」及び「分析サポートチーム」をＮＤＦ内に発足させた[34]。分析調整会議は対象物の種類と数の増加に対応する分析計画の確認や課題解決に関する助言を行うこととしている。分析実務に豊富な経験・知見を有する研究者、技術者から構成された分析サポートチームは提起された課題の解決に向けた議論・検討を行い、課題解決手法の提案、進捗状況の報告を行うこととしている。ＮＤＦは、分析調整会義の第１回及び第２回会合を、それぞれ 2023 年８月及び 2024 年 10 月に開催し、分析の計画と課題解決に向けた議論を行った[35]。一例として、分析データの信頼性を向上させるための技能試験について議論されており、それを受けて、ＮＤＦでは固体廃棄物のうち、コンクリートガレキの模擬試料を用いた技能試験の実施を目指して、標準試料の作製方法について検討している。

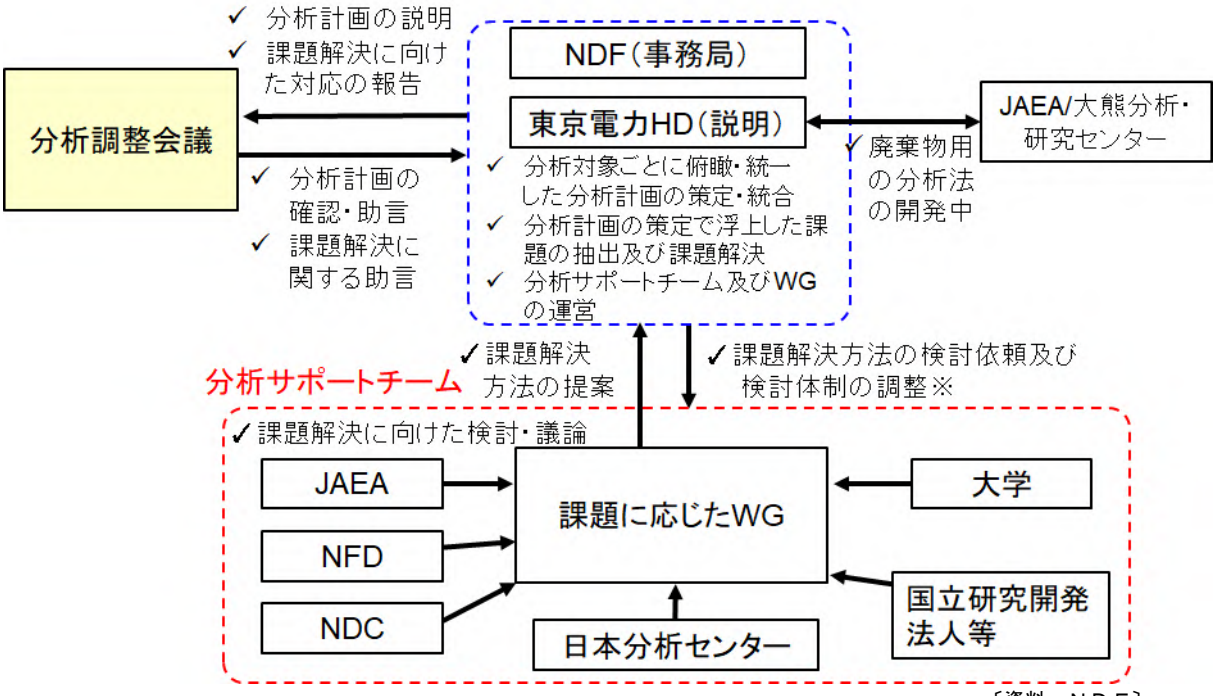


図 4-4 分析調整会議と分析サポートチームの構成 〔資料：ＮＤＦ〕

分析サポートチームの中で「課題に対応したワーキンググループ（ＷＧ）」を設けるとしており、ＮＤＦでは燃料デブリ分析の評価検討ＷＧを設置した[36]。燃料デブリの「試験的取り出し」が開始されたことから、燃料デブリ分析の評価検討ＷＧでは、これまでＰＣＶ内部調査等から得られた

[34] ＮＤＦ．「東京電力福島第一原子力発電所の分析体制強化に係る取組の状況について(ＮＤＦの取組)」（資料４－４），福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議（第 14 回）．2025 年４月 16 日．
[35] 分析調整会議．議事要旨，分析調整会議（第２回）．2024 年 10 月２日．
[36] ＮＤＦ．燃料デブリ分析評価検討作業会 第１回・第２回(2024 年度実施分)報告書．2025 年７月．

付着物、堆積物の分析結果と燃料デブリの分析結果について、幅広く、かつ深い議論を行い、得られる考察を事故進展、安全な保管・管理、処理・処分等の関連分野へ適切に反映させることを目的としている。さらに、燃料デブリサンプルから取得すべきデータとその重要性、取得方法についても検討する。ＷＧのメンバーについては、議論の継続性の観点から、中長期的に議論に参加可能な若手、中堅の研究者、技術者等を中心とし、東京電力もオブザーバーとして参加し、議論を通して、分析評価者、分析技術者の育成を図ることを目指している。

≪分析結果を廃炉へつなげる活動：燃料デブリ分析の評価検討ＷＧ≫

分析結果から直接的に理解できることもあるが、福島第一原子力発電所の廃炉では事故時の不確かさの影響により直接的には理解しにくい事象・事例も存在する。そこで、燃料・材料、分析等の専門家の協力を得ながら、分析結果に間接的な考察を加えて信頼性を向上させた上で、検討結果を廃炉に役立たせることが重要である。

燃料デブリ分析の評価検討ＷＧは、燃料デブリ等の分析結果を廃炉の関連分野へ反映させるために設置しており、議論のテーマを大きく２つに分類している。一方が「これまで」の分析結果から事故時の事象を考えながら必要な確認事項を抽出し、廃炉の関連分野へ反映させることである。もう一方は、「これから」の燃料デブリ分析のコンセプト、分析項目等を検討することである。第３期に入ったことにより、今後の保管・管理、処理・処分の検討に向けて、取得すべきデータとその重要性、取得方法の検討を行うものである。

「燃料デブリの臨界性について　U-235 の同位体比」及び「堆積物・付着物サンプルの組織、合金相および核種の検出状況について」を議題として２回の議論を行った。これまで、ウランを含む微粒子がＰＣＶ内部調査等により採取、分析されており、データが蓄積されつつある。燃料デブリの臨界評価として、U-235／全ウランを５％程度に設定したものが多く行われているが、実際に検出されている U-235 の同位体比を確認することを目的として第１回の議論を行った。第２回では、燃料が制御棒や炉内構造物と溶融・凝固した結果、どのような合金相、酸化物相が生成しているかを確認するとともに、核分裂生成物や超ウラン元素のウランとの帯同性を確認することを目的として議論を行った。非破壊計測技術の開発において、Eu-154、Cm-244 を指標としてウラン量を評価する手法が検討されており、それに資するためである。以下に第１回及び第２回の議論のまとめを示す。このように燃料デブリの性状に関する信頼性を向上させるために、分析結果を議論、評価を継続することが重要である。

第 1 回 燃料デブリ分析の評価検討 WG のまとめ

議題：燃料デブリの臨界性について U-235 の同位体比

現在までの堆積物・付着物サンプルの分析の結果からは以下の通りである。

① 現時点での堆積物・付着物サンプルの ^{235}U 濃縮度(同位体比)は、1 号機で 1.22～1.87at%、2 号機で 0.79～2.07at%、3 号機で 1.72～1.81at%の範囲である。1 号機では SGTS ラインまで未溶融の燃料粒子が飛んでいる例もあるので、注意が必要である。今後、燃料デブリ取り出しが進むに従い、分析結果も増えることになるので、継続して確認する必要あり。

② 堆積物・付着物の ^{235}U 濃縮度は、計算値(1 号機：1.7wt%、2 号機：1.9wt%、3 号機：1.9wt%)に近い値になっている。

③ 燃料集合体中の異なる ^{235}U 濃縮度のペレットの配置状態から、溶融過程を経ても ^{235}U 濃縮度が 4.9%のものが残るとは考えにくい。溶融過程と分析が相互に歩み寄って推定、説明を行う。

④ ^{235}U 濃縮度が 4.9%のように高い物は早く燃焼してしまう。燃料デブリ中の B 濃度についても非破壊計測のアクティブ、パッシブ中性子法において極めて関心が高い。

⑤ 分析の幅(誤差範囲)も一緒に示して精度、信頼性が高いことを示していく。

⑥ Pu の臨界性についても、今後議論する。

第 2 回 燃料デブリ分析の評価検討作業会(2024/12/9)でのまとめ

議題：堆積物・付着物サンプルの組織、合金相および核種の検出状況について

現在までの堆積物・付着物サンプルの分析の結果からは以下の通りである。

① 1～3 号機において、U を含む相として、UO_2、$(U,Zr)O_2$、$(Zr,U)O_2$、$(U,Fe)O_2$ 、$(U,Fe,Cr)O_2$ が共通して検出されている。

② 燃料被覆管由来として、1 および 3 号機において α-Zr(O)が、2 号機において ZrO_2 が検出されている。

③ B は 1～3 号機の一部で検出されており、最大濃度は、1 号機で 0.024wt%、2 号機で 0.026wt%、3 号機で 0.0036wt%である。上記は最大値であり B 濃度は大きな幅がある。

④ U が検出されても ^{154}Eu が検出されない例がある。2 号機の TIP 案内管閉塞物では、採取位置により最大 100 倍の差がある。

⑤ U が検出されても ^{244}Cm が検出されない例がある。2 号機の TIP 案内管閉塞物では、採取位置により最大一桁程度の差がある。

⑥ TRU については、1号機 PCV 底部堆積物や 2 号機 PCV 貫通部（X-6、X-53）において、$^{234,235,236}U$、^{237}Np、$^{239,240,241}Pu$(^{241}Am 含む)が ^{238}U の検出とともに、検出される。

4.2.2 分析結果の品質向上

燃料デブリは、難測定核種、妨害元素、不溶解性物質等を含み、サンプルの均一溶解、同重体の選別等の前処理や測定時の課題があることから、分析により微量成分までの全ての元素、同位体の同定・定量を精密に行うことは難しい。このため、誤差要因の影響を考慮してサンプルの分析結果に対して多角的な視点を持つことが重要である。サンプルの分析結果の検証の意味も兼ねて、解析、調査、試験結果等の既存知見と照らし合わせて検討し、矛盾のない性状評価を導出することが分析結果の信頼性を向上させ、分析結果の品質向上へつながることになる。

燃料デブリの分析結果の品質向上のため、ＪＡＥＡ、ＮＦＤ、ＮＤＣ、東北大学が協力して共通試料を用いて化学分析や構造解析を 2020 年度から実施している[37,38]。現在は燃料デブリデータ拡充のため、茨城地区の事業所間において、最新の分析技術を用いてＴＭＩ－２デブリの分析を実施している。また、事故時の挙動等を推定する活動を東京電力とＪＡＥＡが協力して実施している[39]。

固体廃棄物の分析においても、今後の固体廃棄物の再利用、処分を見据えて、分析結果に対する国内及び国際的な信頼性の向上を目指す必要がある。分析に関する技術力については、国際規格として、ＩＳＯ／ＩＥＣ 17025[40]及びＩＳＯ／ＩＥＣ 17043[41]がある。廃棄物分析に関わる事業所を対象に、放射性同位元素を含む模擬試料を用い、ＩＳＯ／ＩＥＣ 17043 に準拠した技能試験を通して分析技能と信頼性の向上を図ることが有効である。技能試験における模擬試料としては、各分析機関で分析値に差が生じないように含まれる放射性同位元素が均一に分布していることが重要である。しかしながら、十分な撹拌により均一になる液体試料と異なり、固体試料では添加した放射性同位元素の分布が不均一となる場合がある。このため、ＮＤＦでは 2024 年度からコンクリートガレキの模擬試料の作製方法の検討を開始している。

国際的な議論を行い、事故進展や燃料デブリ分析・評価技術を吸収するための場として、ＯＥＣＤ／ＮＥＡのプロジェクトとして実施してきた、ＢＳＡＦ、ＢＳＡＦ－２、ＰｒｅＡＤＥＳ及びＡＲＣ－Ｆが終了し、2022 年７月からＦＡＣＥプロジェクトが開始されている[42]。ＦＡＣＥプロジェクトは、(i)核分裂生成物の移行挙動や水素爆発等を含む事故進展に係る詳細な検討、(ii)原子炉建屋等から採取されたウラン含有粒子の特性評価及び廃止措置に向けた燃料デブリ分析技術の構築、(iii)データ、情報の収集及び共有をスコープとしている。13 か国から 24 機関が参加し、我が国からは、ＮＲＡ、資源エネルギー庁、ＪＡＥＡ、一般財団法人電力中央研究所、一般財団法人エネルギー工学総合研究所及びＮＤＦの６機関が参加している。これまで、５回の会合を開き、上記の(i)から(iii)に関する議論を行っている。

---

[37] ＪＡＥＡ. 令和３年度開始 廃炉・汚染水対策事業費補助金に係る補助事業「燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発（燃料デブリの分析精度の向上、熱挙動の推定及び簡易分析のための技術開発）」2022 年度最終報告. 2023 年 10 月.

[38] 池内, 小山, 逢坂ら. ＪＡＥＡ. 「燃料デブリの分析精度向上のための技術開発 2020 年度成果報告（廃炉・汚染水対策事業費補助金）」. JAEA-Technology 2022-021.

[39] ＪＡＥＡ. 令和４年度開始「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発（原子炉圧力容器の損傷状況等の推定のための技術開発））」2022 年度最終報告. 2023 年９月.

[40] ＩＳＯ／ＩＥＣ 17025（ＪＩＳ Ｑ 17025：2018），試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項

[41] ＩＳＯ／ＩＥＣ 17043（ＪＩＳ Ｑ 17043：2011），適合性評価－技能試験に対する一般要求事項

[42] Organisation for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency, 「Post-Fukushima Daiichi accident nuclear safety project FACE begins」. (2022)

固体廃棄物においては、限られた分析データから多量の固体廃棄物全体の性状を把握するため、必要な精度を効率的に担保するアプローチが重要となり、ＤＱＯプロセスを用いた効率的な分析計画法、及びベイズ統計を用いた統計論的インベントリ推定方法の開発を進めている。

分析データの品質の指標の一つとして検出下限値等の精度があるが、精度と計測時間は相互に関連しており、計測時間を長くすれば、精度の向上は期待できる。一方で、計測時間が数週間から数か月を要するのであれば、分析量の増加に対応することは困難となる。そのため、分析目的、対象物、分析手法に応じて、精度、計測時間及び当該分析手法による計測頻度を適切に選択することも重要である。

4.2.3 サンプルサイズ・量の増加に向けた分析技術の多様化

4.2.3.1 多様な分析・計測手法による総合的な評価

現在、ＰＣＶ内部調査等で採取された付着物、堆積物等のサンプル分析は、茨城地区の分析施設へ輸送後、電子顕微鏡を用いた分析を中心に行っている。微小、少量のサンプルでは、密度や硬さ等の測定不可能な項目があるため、今後、燃料デブリ取り出し工程の進捗に伴い、サンプルのサイズ、量共に増加させる必要がある。ホットセル内の分析工程ではマニピュレータを用いての分析であり、一つの工程ごとに時間を要する上、各々のホットセルでは取り扱える核種ごとに使用量が定められていることから多量に分析することは困難である。このため、取り出し・保管量と分析量の間に大きなかい離が生じてしまう。

特に、燃料デブリは不均質性を持つために採取された部位に応じて分析値に幅がある上、十分な量を分析できる状況ではなく、評価結果に幅が生じることになる。分析品質の向上やサンプル量の改善に制限がある中で、従来のホットラボでのサンプル分析での数量の増加に注力するだけでなく、他の分析・計測手法の多様化も必要である。他の手法により得られる分析項目の短所、長所を把握した上で、分析結果の用途に応じて相互に補完することを検討し、総合的な評価をすることが有効である。また、用途によっては、単独の項目を計測することしかできない手法を検討することも価値がある。

4.2.3.2 サンプル分析と非破壊計測の利用

ホットラボ施設でのサンプル分析では多くの分析項目を行えるが、分析に要する時間は長く、１回の分析量も少量である。試料そのものが核燃料を含み、放射性物質の微粒子が付着している可能性も高いことから、被ばく事故や汚染拡大のリスクを伴うことになる。機器の養生、除染、分析時に生じた放射性廃液の処理等に割くリソースも常に一定以上あり、迅速に多量のサンプル分析を行うことは困難である。

サンプル分析の結果を補完する分析・計測の手法の一つとして、サンプルから放出、散乱、又は透過した放射線、量子等を利用して、サンプルを破壊せずに核燃料や放射能の量等を評価する手法（以下「非破壊計測」という。）がある。表 4-3 に分析施設内で実施するサンプル分析と分析施設外で実施する非破壊計測の項目やサンプル量等を相対的に比較したものを示す。サンプル分析では多くの分析項目を行えるが、分析に要する時間は長く、１回の分析量も少量である。固体廃棄物のうち、燃料デブリ取り出しに伴って発生する高線量廃棄物については、非破壊計測可能な Cs-137 や Co-60 等からのγ線を計測し、これらの核種を指標として、その他の難測定核種等

の放射能評価を目指した技術開発を実施している。非破壊計測ではサンプル分析よりも計測可能な項目が少ないものの、計測時間は短く、１回の計測につき多くの量が計測でき、汚染拡大防止のために密封容器に対象物を収納しての計測も可能であり、放射性廃液の発生もない。

表 4-3 分析施設内で実施するサンプル分析と分析施設外で実施する非破壊計測における主要諸元の相対比較

	分析施設内で実施する* サンプル分析	分析施設外で実施する** 非破壊計測
分析・計測時間	長(△)	短(○)
分析・計測項目	多(◎)	少(△)
1回の分析・計測量	少(△)	多(◎)
廃液の発生	有(△)	無(○)
分析・計測時の閉じ込め性	非密封	非密封、密封どちらも可
ダスト対策	必要	必要
放射線の遮へい施設	必要	必要

◎：優　○：良　△：可

*：燃料デブリのサンプルを取り扱うのに適したホットラボ等の分析専用の施設内での実施。
**：燃料デブリを取り出して保管・管理するまでの工程で利用する施設であり、分析専用ではない施設での実施。

〔資料：ＮＤＦ〕

燃料デブリは核燃料の溶融時に周囲の制御棒(中性子吸収材)を取り込んでいるため、中性子を利用した非破壊計測技術では正確性に懸念が示されている。また、燃料集合体が健全であれば、透過力の強いγ線源である Cs-137 からのγ線を計測することで燃焼度を評価する手法も利用できたが、核燃料の溶融時に Cs-137 が揮発してしまったためにγ線量と燃焼度の対応が取れなくなっている。このように、燃料デブリには、非破壊計測の阻害要因が含まれているため、それら阻害要因が計測に及ぼす影響の程度を確認する必要がある。このため、廃炉・汚染水・処理水対策事業において、シミュレーション解析と既存試験装置を活用した計測試験により現場適用を目指した技術開発を実施している[43]。燃料デブリ中のウラン量を評価する手法として、核燃料の核分裂に伴う中性子を検出するアクティブ中性子法と素粒子ミュオンの散乱を利用する手法に注力している。これらは、核燃料を含む燃料デブリ及びα放射性核種に汚染した固体廃棄物を対象とした計測には有効であるが、α放射性核種を含まない固体廃棄物には適さない。一方、燃料デブリ取り出し後に安全に保管するためには、燃料デブリ中の放射性元素の種類を特定・定量する必要があり、核分裂生成物や放射化物からのγ線、自発核分裂性の核種からの中性子を計測する手法が核種の特定・定量には有効である。容器の内容物の充填度等の情報を得るにはＸ線ＣＴ法が有効である。核燃料の定量以外の目的であれば、既に、工業用、医療用で実用化しているこれらの手法を適用することが技術開発の短縮化、省力化につながることになる。

非破壊計測を適用する場合の一例として、燃料デブリ取り出しから、保管・管理までのハンドリング工程での非破壊計測の利用を図 4-5 に示す。図中の[非破壊計測①]では固体廃棄物のレベ

[43] ＩＲＩＤ. 令和４年度開始廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金「燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発（仕分けに必要な燃料デブリ等の非破壊計測技術の開発）」最終報告. 2023 年 10 月.

ル分け、[非破壊計測②]では未臨界維持、[非破壊計測③]では輸送・保管用の値付けを目的としている。図 4-5 は一例の提示であり、今後の研究開発、検討の結果に応じて変更となる可能性があるが、非破壊計測を燃料デブリの収納容器又は固体廃棄物の保管容器に対して実施できれば、サンプル分析数の補足、最小臨界質量未満の迅速な確認、未臨界状態を維持しての次の工程への移行、保管・管理時の負担軽減等に資することが可能となる。このとき、サンプルの分析数、サンプル採取時の座標情報等のサンプルに関する情報量を増やしてデータの信頼性を向上させながら、可能な限り燃料デブリの持つ性状を基にした評価値の幅を小さく抑えることが望ましい。

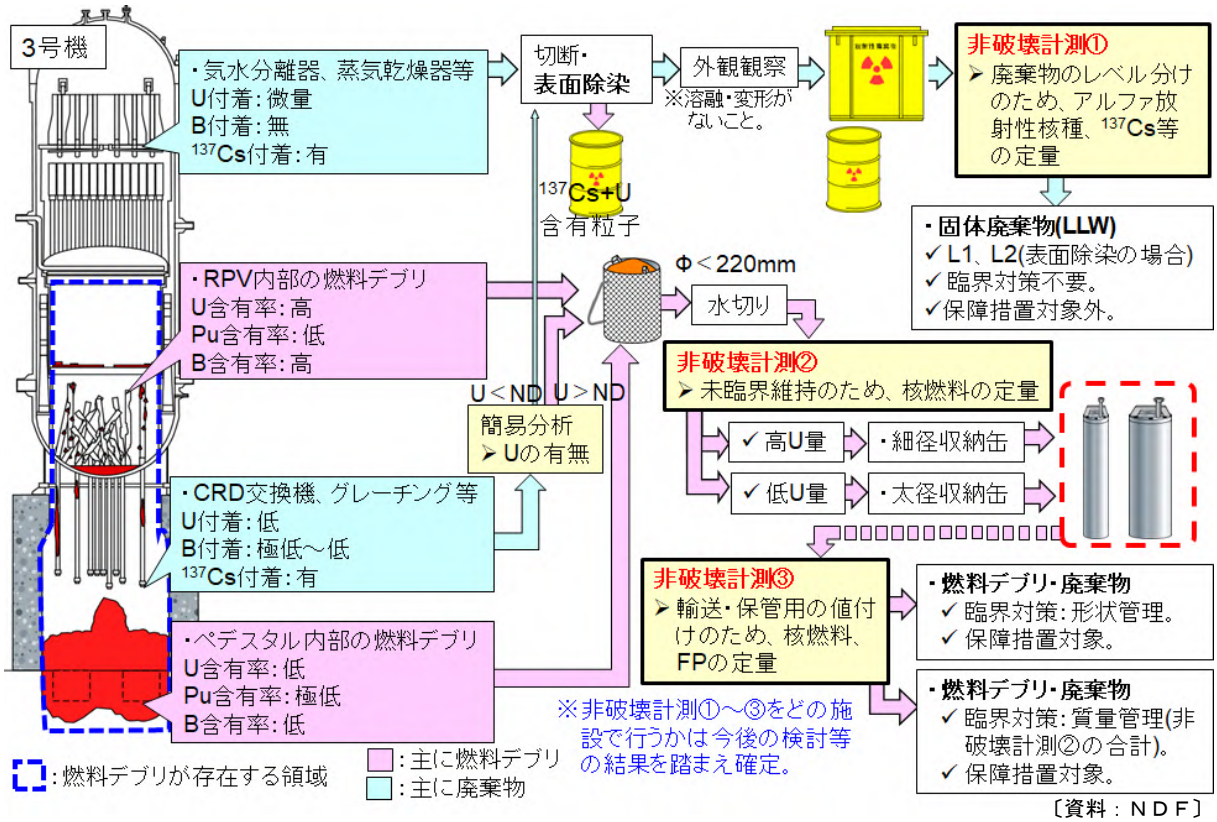


図 4-5 燃料デブリ取り出し後のハンドリング工程における非破壊計測の一例

4.2.3.3 分析数の改善

燃料デブリ取り出し時には、汚染状況のモニタリングのため、多くのサンプルを採取し、分析する必要がある。このうち、放出するエネルギーが弱い、あるいは微量の放射性核種は放射線の検出が困難であることから、質量分析を行うことになる。サンプル数が多くなれば、比例して前処理を含む分析に要する全体の時間も長くなり、汚染状況のモニタリングに支障を来すことになる。核燃料物質、難測定核種等の分析における迅速化・効率化を目指して、これらを同時に自動定量するための技術開発を実施している[44]。

いずれのサンプルに対しても全体を把握するために分析数を増やすことは重要であるが、燃料デブリやセシウム吸着塔サンプルのような高線量を有し、サンプルの採取自体が困難な場合につ

[44] 国立大学法人福島大学．「福島大学が廃炉・汚染水・処理水対策事業において分析の迅速化・効率化技術の開発を開始します」（プレス発表資料１）．2024 年６月 12 日．

いては、分析数が足りている状態ではない。採取装置の開発等を通して、採取数の改善を図ることも重要である。

4.3 分析戦略のまとめ

4.3.1 燃料デブリの分析

燃料デブリの「試験的取り出し」により採取された燃料デブリサンプルの分析が開始された。今後のサンプルのサイズ、量の増加に対応するため、燃料デブリの分析体制の整備、分析結果の精度向上、国内及び国際的な議論等を進めてきた。年間の分析数が６～12 サンプル程度であれば、茨城地区への輸送の準備も含めて対応可能と見込まれることから、「試験的取り出し」での燃料デブリ分析については、茨城地区で十分に対応可能と判断している。その後の「段階的な取り出し規模の拡大」では分析するサンプル数が徐々に増加することになり、確実に分析を行うためにも、ＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第２棟の整備を着実に進める必要がある。続く「取り出し規模の更なる拡大」に向けて、総合分析施設の検討、非破壊計測システムや簡易分析の技術開発との連携も重要である。また、燃料デブリの処理・処分方法は第３期に決定することから、採取した燃料デブリを用い、熱物性や水の放射線分解による水素の発生量の測定等の安全な処理・処分を検討するためのデータの取得を検討する必要がある。このため、「試験的取り出し」の開始に伴い、これらの課題に係る検討を一層進めていく。

4.3.2 固体廃棄物の分析

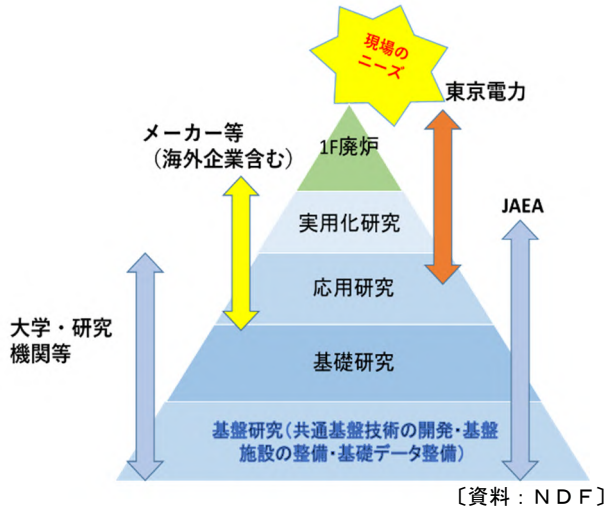
固体廃棄物の分析については、ＪＡＥＡの放射性物質分析・研究施設第１棟の運用が開始されたが、引き続き茨城地区の分析施設も活用し、分析を着実かつ効率的に実施していく。東京電力が策定・更新した分析計画に基づき効率的に分析データを取得しつつ、高線量廃棄物に対してはサンプリング方法を検討している。また、固体廃棄物は物量が多量であることから、簡易・迅速な分析技術の開発を継続して進めるとともに、ＤＱＯプロセスとベイズ統計を用いた分析計画法や統計論的インベントリ推算手法を用いて、少ない分析データで性状把握を行うための手法の構築に向けた検討を継続する。分析のための人材育成や総合分析施設の整備も引き続き行う。

5. 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発への取組

5.1 研究開発の意義と現状

福島第一原子力発電所の廃炉を安全、確実、合理的、迅速及び現場指向の視点で推進していく上では、研究開発が必要となる困難な技術課題が多数存在する。2024 年９月、２号機において最初の燃料デブリ取り出しに着手し、廃炉は中長期ロードマップの第３期に入った。第３期においては、燃料デブリの取り出しについて、段階的に取り出し規模を拡大していく計画であることから、燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」に向け、現場での適用を見据えた研究開発を一層推進していく必要がある。

これら技術課題を解決するため、国内外の大学やＪＡＥＡ等の研究機関による基礎・基盤研究及び応用研究、メーカー、東京電力等による応用研究、実用化研究、現場実証等が海外企業を含む産学官の多様な主体により実施されている（図 5-1）。



〔資料：ＮＤＦ〕

図 5-1 廃炉研究開発の研究範囲と実施機関

政府は、廃炉に向けた応用研究、実用化研究のうち技術的難易度の高い課題の解決を目指すため廃炉・汚染水・処理水対策事業（以下「廃炉補助事業」という。）により、また、国内外の大学、研究機関等の基礎・基盤研究及び人材育成の取組を推進するため「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（以下「英知事業」という。）」等により各機関が行う研究開発を支援している。

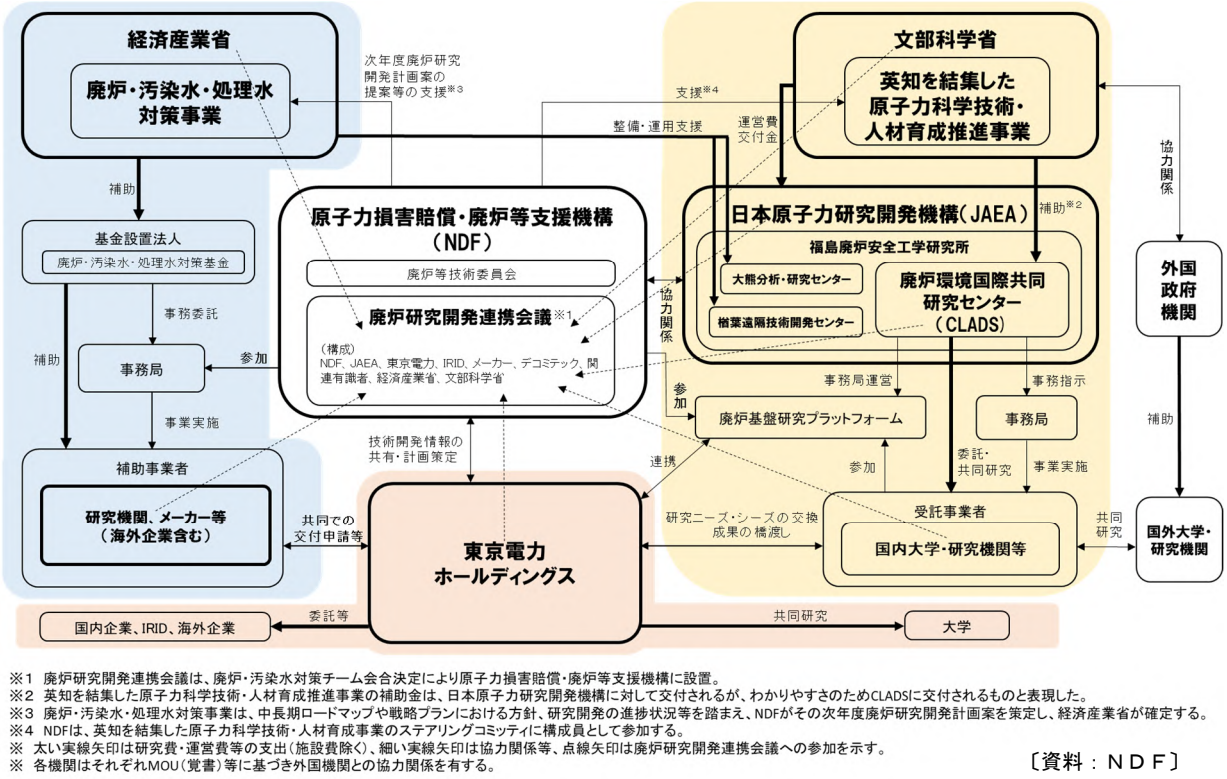
東京電力においては、現場適用に直結した技術開発に取り組むとともに、廃炉中長期実行プランに紐づいた研究・技術開発課題の抽出と解決策の検討、技術開発の進捗管理と開発計画への反映等を行っている。

ＮＤＦにおいては、研究開発中長期計画や廃炉補助事業の次年度研究開発計画の企画検討及び英知事業の支援を行うとともに、関係機関の代表者や大学等の有識者をメンバーとする「廃炉研究開発連携会議」を設置し、研究開発のニーズとシーズの情報共有、廃炉作業のニーズを踏まえた研究開発の調整、研究開発・人材育成に係る協力促進等の諸課題について取り組んでいる。ま

た、基礎・基盤研究と応用実用化研究の連携強化が廃炉研究開発連携会議等を通じて進められている。

ＪＡＥＡは英知事業の実施主体として基礎・基盤研究、人材育成を推進するとともに、廃炉補助事業においてＪＡＥＡの知見や経験等を活用し燃料デブリの性状把握のための分析・推定、廃棄物対策等の研究開発において主要な役割を果たしている。また、ＪＡＥＡとしても、運営費交付金により自ら廃炉に向けた研究開発を実施している。

廃炉研究開発は、経済産業省の行う廃炉補助事業、文部科学省の行う英知事業及び東京電力独自の技術開発の三つが主要な開発である。ＮＤＦはその中で各事業の連携協力を推進している。これら研究開発実施体制の概略を図 5-2 に示す。



※1 廃炉研究開発連携会議は、廃炉・汚染水対策チーム会合決定により原子力損害賠償・廃炉等支援機構に設置。
※2 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業の補助金は、日本原子力研究開発機構に対して交付されるが、わかりやすさのためCLADSに交付されるものと表現した。
※3 廃炉・汚染水・処理水対策事業は、中長期ロードマップや戦略プランにおける方針、研究開発の進捗状況等を踏まえ、NDFがその次年度廃炉研究開発計画案を策定し、経済産業省が確定する。
※4 NDFは、英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業のステアリングコミッティに構成員として参加する。
※ 太い実線矢印は研究費・運営費等の支出（施設費除く）、細い実線矢印は協力関係等、点線矢印は廃炉研究開発連携会議への参加を示す。
※ 各機関はそれぞれMOU（覚書）等に基づき外国機関との協力関係を有する。

〔資料：ＮＤＦ〕

図 5-2 福島第一原子力発電所の廃炉に係る研究開発実施体制の概略

炉内調査の進展により廃炉作業の現場ニーズが明確になってきたこと、東京電力が燃料デブリ取り出しに向けたエンジニアリングを本格的に開始したことを踏まえ、2023 年度から廃炉補助事業はこれまでの国際廃炉研究開発機構（以下「ＩＲＩＤ」という。）中心から東京電力のニーズをベースにし、研究機関、東双みらいテクノロジー株式会社（以下「デコミテック」という。）等の民間事業者を実施主体とした新たな研究開発体制となってきている。これに伴い、研究開発の実施主体と東京電力の円滑な連携が求められている。東京電力においては、共同事業実施者として求められる事業のプロジェクト管理に加えて、研究開発成果の活用を視野に入れたプロジェクトマネジメントを通じて現場適用性のある研究開発に責任を持って取り組んでいくことが求められる。ＮＤＦは、このような実施主体の移行に対処するため、情報提供依頼（Request for Information（以下「ＲＦＩ」という。））を 2022 年度から、廃炉補助事業に対する事業レビューを 2023 年度

から立ち上げ、研究開発内容の企画提案や廃炉補助事業の現場適用性の向上において廃炉補助事業の支援を強化している。

ＮＤＦは、2024 年３月に小委員会報告書を公表し、この中で燃料デブリ取り出しに係る工法選定への提言を示している。これを受け、2030 年代に予定されている燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」に向け東京電力においてエンジニアリングが進められている。東京電力は工法シナリオに基づくエンジニアリングを加速するとともに、課題解決のため研究開発に対するニーズを積極的に出していくことが求められ、関係機関（東京電力、ＪＡＥＡ、ＮＤＦ等）は東京電力のエンジニアリングから出てくるニーズを踏まえた基礎・基盤研究を含む課題の検討を行い、廃炉補助事業、英知事業、東京電力の技術開発等において、燃料デブリ取り出し等に係る研究開発を一層推進していくことが求められる。

現在、福島第一原子力発電所においてはＰＣＶ内部調査や燃料デブリの「試験的取り出し」が進められているが、その際には、ロボットアームなどの廃炉補助事業の開発成果が活用されるとともに、東京電力が技術開発した無線小型ドローン、ヘビ型ロボット、テレスコ式装置が使用され、廃炉補助事業と東京電力の技術開発が補完的に組み合わされた形で進められている。東京電力の技術開発については、英知事業や廃炉補助事業の成果を活用し、今後も積極的に取組を進めていくべきである。

2024 年 11 月に「試験的取り出し」で初めて燃料デブリが取り出された。燃料デブリの分析は廃炉補助事業で開発された分析手法により分析が進められている。効率的な燃料デブリ取り出しや合理的な保管方法の検討等のため、今後も引き続き燃料デブリの性状把握を進めるべきである。

また、その場分析を可能にするＬＩＢＳ[1]や燃料デブリ取り出し工法のうち充填工法に用いられる充填材候補であるジオポリマーなど英知事業の成果が廃炉補助事業の研究開発の中で取り上げられるなど現場適用に向けての開発が進められており、基礎・基盤研究と応用実用化研究の連携が図られつつあるが、更に連携を促進していくことが望まれる。

このほか、ＮＤＦは、福島国際研究教育機構（Ｆ－ＲＥＩ）での研究開発や人材育成の状況について、引き続き情報交換を行っていく。

5.2 主な課題と戦略

5.2.1 研究開発中長期計画

ＮＤＦ及び東京電力は、福島第一原子力発電所の廃炉に係る研究開発が網羅的、計画的、効率的に進むように、廃炉の今後約 10 年程度の研究開発の全体を俯瞰した研究開発中長期計画を 2020 年度から毎年度作成・更新している。研究開発中長期計画は、政府の中長期ロードマップを実現するための廃炉の具体的作業プロセスである東京電力の廃炉中長期実行プランに基づき、求められる研究開発を洗い出し、その研究成果が必要とされる時期に適切に反映されるよう作成している。また、2022 年度からは基礎・基盤から応用実用化まで廃炉研究全体を統合した計画とするため、関連する基礎・基盤研究についても計画に含めている。2023 年度からは、東京電力、デ

[1] レーザー誘起ブレークダウン分光法（Laser Induced Breakdown Spectroscopy）：気体、液体、固体等の測定対象物にパルスレーザー光を直接集光照射してプラズマを発生させ、生成プラズマの発光を分光してその場で迅速に元素組成を計測する手法

コミテック、ＪＡＥＡ及びＮＤＦの四者で福島第一原子力発電所廃炉の研究開発の連携強化のための課題共有（以下「四者連携活動」という。）を行い、その検討結果を研究開発中長期計画に反映している。2024 年度は四者連携活動の中で特別タスクを設置し小委員会の提言を踏まえた課題検討を行った。今後、燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」に向けた検討において出てくるニーズを踏まえた基礎・基盤研究を含む研究開発課題の具体化検討を四者連携活動等の中で行い、必要に応じて研究開発中長期計画への反映を進める。研究開発中長期計画を添付資料 5-1 に示す。

5.2.2 廃炉・汚染水・処理水対策事業への取組

(1) 廃炉・汚染水・処理水対策事業の概要

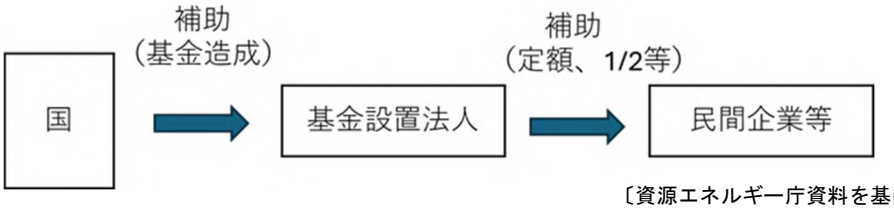
政府は、福島第一原子力発電所事故直後の 2011 年度から廃炉に係る様々な課題解決のため、研究開発を支援する取組を行っている。2013 年度からは廃炉に向けた技術的難易度の高い課題解決を目指すため廃炉補助事業を立ち上げ各機関が行う研究開発の支援を行ってきている。

a. 事業の目的

廃炉を進めていく上で、技術的に難易度が高い研究開発等を支援し、国が前面に立って、廃炉・汚染水・処理水対策の取組を安全かつ着実に進めることを目的とする。

b. 事業の枠組み

国からの補助により造成した基金により研究開発を支援する。



〔資源エネルギー庁資料を基にＮＤＦ作成〕

図 5-3 廃炉補助事業の枠組み

c. これまでの取組

福島第一原子力発電所の廃炉を成し遂げる上で、解決すべき主要な課題としては以下があげられる。

① 使用済燃料プール内からの使用済燃料集合体の移動と安全な保管

② 汚染水の処理と発生量の低減

③ 炉心溶融により発生した燃料デブリの取り出しと安全な保管

④ 事故により発生した廃棄物及び今後燃料デブリ取り出しに伴い発生する廃棄物の保管、処理、処分

これらのうち、①使用済燃料プール内からの使用済燃料集合体の移動と安全な保管及び②汚染水の処理と発生量の低減に関する研究開発については、2011 年度から研究開発が実施され、至近の課題解決に向けて一定の目途がついたため 2016 年度までに研究開発は終了し、東京電力のエンジニアリングフェーズに移行している。③の燃料デブリ取り出しに係る研究開発及び

④の廃棄物対策に係る研究開発については、検討範囲が多岐にわたるとともに難度の高い技術課題を多く含むことから、2011 年度の事故直後から今日に至るまで研究開発が継続して実施されてきている。研究開発のこれまでの取組と主な成果を添付資料 5-2 に示す。

d. 現在取り組んでいる研究開発

現在取り組んでいる研究開発及び関係性は以下のとおりである。なお、研究開発テーマの選定理由、開発成果と課題は添付資料 5-3 に示す。

【燃料デブリ取り出しに係る研究開発】

- ＰＣＶ／ＲＰＶ内部調査
- 燃料デブリの性状把握に関する研究開発
- 原子炉建屋内の環境改善に関する研究開発
- 燃料デブリ取り出し工法に関する研究開発
- 安全システムに関する研究開発
- 燃料デブリの収納・移送・保管に関する研究開発
- 福島第一原子力発電所の廃止措置統合管理のための支援技術の開発

【廃棄物対策に係る研究開発】

- 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発

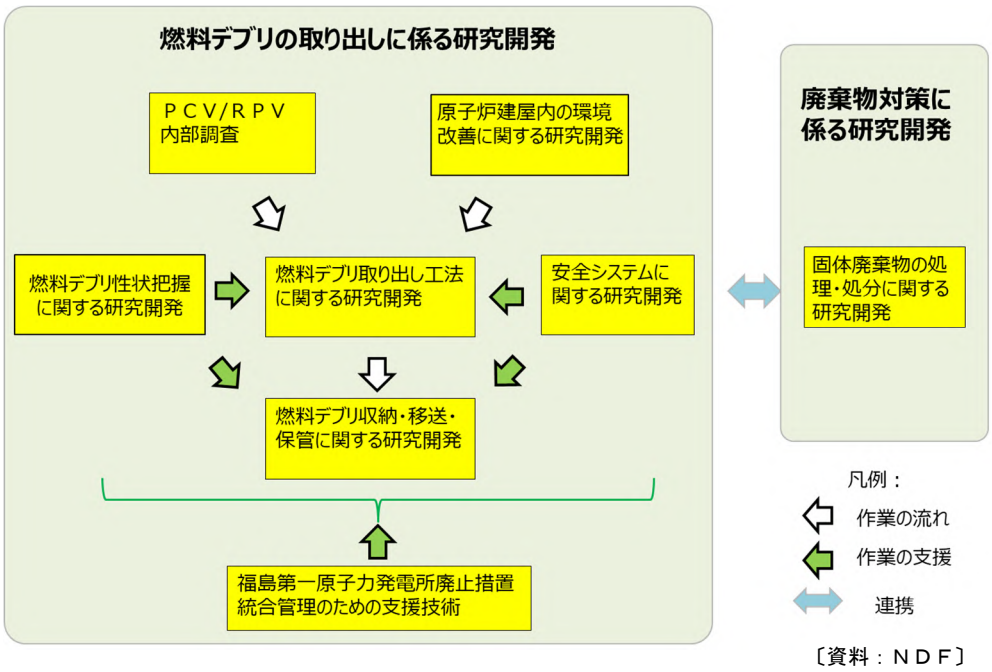
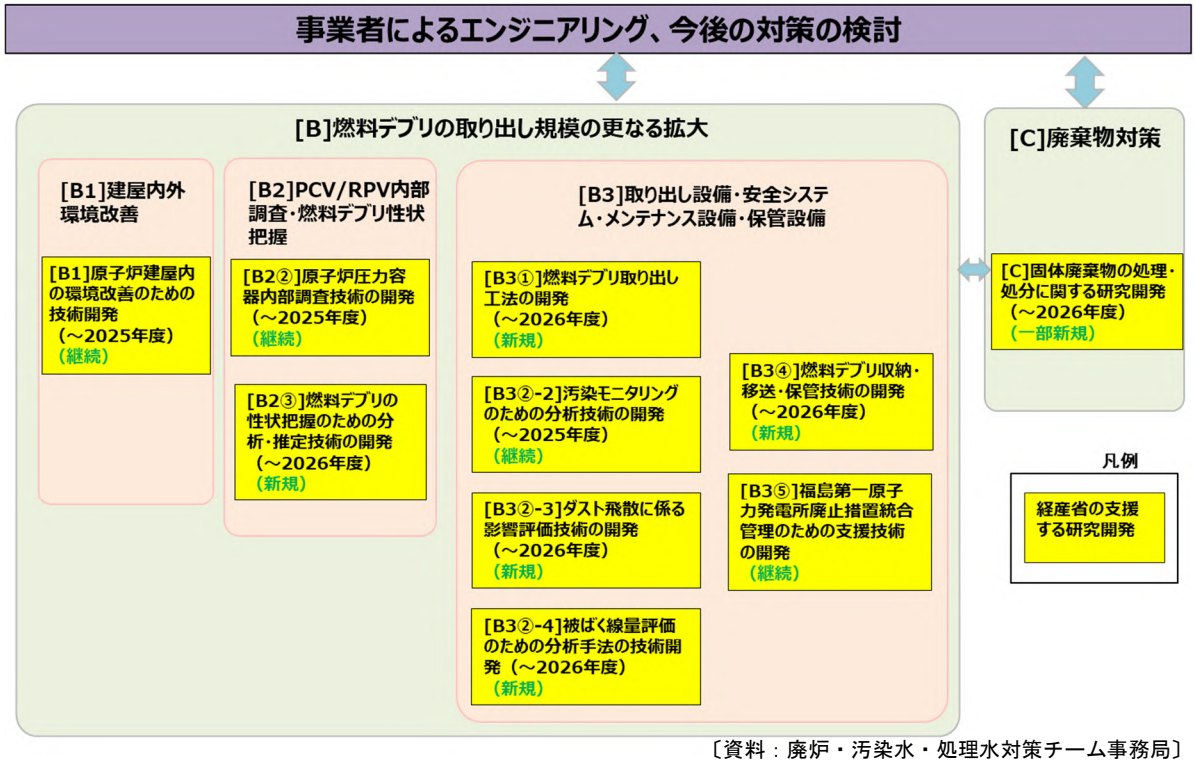


図 5-4 各研究開発の関係性

以上のように、廃炉補助事業の実施により徐々に炉内状況が明らかとなり、課題解決に向けての検討が進んできているが、廃炉の完遂までには依然として必要な研究開発が多く存在すると想定されるため、引き続き、廃炉補助事業は廃炉の完遂のための重要な研究開発事業として推し進めていくべきである。

(2) 次年度廃炉研究開発計画

ＮＤＦは、廃炉補助事業を円滑・着実に推進するため、毎年度、直近２年間の次年度廃炉研究開発計画を策定している。次年度廃炉研究開発計画は、東京電力、経済産業省と検討・調整し、文部科学省も参加する研究開発企画会議で確認の上、ＮＤＦの委員会である燃料デブリ取り出し専門委員会、廃棄物対策専門委員会での審議を経た後、廃炉等技術委員会で審議しＮＤＦ提案として取りまとめている。この次年度廃炉研究開発計画は、経済産業省から廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議に報告され、これに沿って廃炉補助事業が実施されている。2025 年２月の第 135 回廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議[2]で報告された 2025 年度廃炉研究開発計画一覧を図 5-5 に示す。



〔資料：廃炉・汚染水・処理水対策チーム事務局〕

図 5-5 2025 年度廃炉研究開発計画一覧

次年度廃炉研究開発計画の検討においては、これまでの研究開発成果を評価し、更に達成度を向上すべき課題や新たに出てきた課題を抽出するとともに、福島第一原子力発電所の廃炉に向けて取り組むべき研究開発内容を広く募集するＲＦＩにより提案された案件について必要性、優先度の観点で取り上げるべき課題を選定して技術課題を整理している。課題の抽出に当たっては、網羅的に課題を抽出するとともに、各課題が廃炉の実施主体である東京電力のニーズに沿ったものであることを確認し、研究開発成果が東京電力のエンジニアリングに活用されるものを目指すことが重要である。

2025 年度廃炉研究開発計画の作成においては、小委員会の提言を受けた課題について四者連携活動の特別タスクで研究開発内容を具体化し、その中で廃炉補助事業において実施するこ

[2] 廃炉・汚染水・処理水対策チーム事務局．「2025 年度廃炉研究開発計画の各プロジェクト概要」（資料４），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 135 回）．2025 年２月 27 日．

とが適当な研究開発課題を盛り込んだ。2026 年度の廃炉研究開発計画の作成においても四者連携活動での研究開発課題の検討結果を反映する。

(3) 廃炉・汚染水・処理水対策事業に係る課題と対応

a.実施主体の移行

5.1 研究開発の意義と現状に記したように、廃炉研究開発はＩＲＩＤによる技術研究組合主体の取組から東京電力のエンジニアリングに基づく開発を進める段階になってきている。これらの環境変化を踏まえ、2023 年度から、廃炉補助事業の実施主体は研究機関、デコミテック等の民間事業者になり、東京電力が補助事業者と共同での交付申請を行い補助事業者との円滑な連携を図るとともに、事業のプロジェクト管理に責任を持つ体制としている。こうした新たな実施体制に移行したことに対処するため、ＮＤＦは、研究開発の企画提案機能の確保のためにＲＦＩを、研究開発成果の現場適用性確保に係る機能をより一層強化していくため事業レビューを実施し、廃炉補助事業を円滑・着実に推進している（図 5-6）。また、今後は、国内外、大企業／ベンチャー企業の多様な層から技術情報を集約するとともに、基礎・基盤研究と応用実用化研究の連携の一層の強化にも取り組む。

① 情報提供依頼（ＲＦＩ：Request for Information）

ＲＦＩは、研究開発の企画提案として、福島第一原子力発電所の廃炉に向けて取り組むべき研究開発内容を広く募集する取組である。具体的には、研究開発テーマ、研究開発の内容（解決すべき技術的課題と実施内容）、研究開発の規模、想定される共同研究開発先、研究開発分野等について公募により情報提供を求めるものである。これまでのＩＲＩＤを中心とした補助事業の体制においては、新たな事業者の参入が少なかったことと、新たな研究開発シーズの掘り起こしが課題であった。このため、ＲＦＩを通じて、廃炉補助事業に参入する事業者の裾野を広げるとととともに、研究開発シーズを公募により広く集め、廃炉の課題解決の加速につなげていくことを目的に実施している。

2022 年度から 2025 年度に行ったＲＦＩにおいては、合わせて約 160 件の提案がなされ、その中の多くの提案が次年度の廃炉研究開発計画に反映された。また、複数の海外事業者や大学から提案があったこと、さらには、2024 年度の廃炉補助事業の新規公募においてＲＦＩの提案から発展して、大学が補助事業者として採択されたことは、廃炉補助事業への新規参入事業者の拡大の点で成果であった。今年度のＲＦＩについては、新規参入者の拡大や情報提供者のため、各プロジェクトにおける現状の課題を丁寧に説明するとともに必要とされる主な技術を示した。今後も引き続き、本制度の改善を図っていく予定である。

② 事業レビュー

事業レビューとは、廃炉補助事業を対象に目標達成に向けたマイルストーンを適切に設定した上で、適切なタイミングで補助事業者の計画、試験、設計、製作等の活動に対して、以下の観点で専門家、関係機関による確認を行い必要な指導・助言（以下「提言」という。）を行う取組である。

- 設定された目標に向けた計画となっているか

- 実機エンジニアリング、現場への適用性の確認

本事業レビューは 2023 年度から開始し、２年半が経過した。福島第一原子力発電所の現場に詳しい専門家や関係各機関の担当者から現場適用を図る上での意見・コメント（「類似事例の調査と反映」、「他事業との連携」、「実機適用に向けての注意点」、「現場に役立つ成果のまとめ方」など）が出され、補助事業の成果の向上につながっている。

2024 年度においては 13 件の事業について延べ 19 回のレビューを行い、それぞれの事業について専門家、関係機関の確認結果に基づき提言を行った。2025 年度においては上記 13 件のうち 2025 年度も継続している 5 件の廃炉補助事業のレビューに加え、今年度新たに開始した 6 件の廃炉補助事業についても事業レビューを実施している。

本事業レビューについては、実施結果について振り返りを行い、継続的に制度の改善を図っていく。

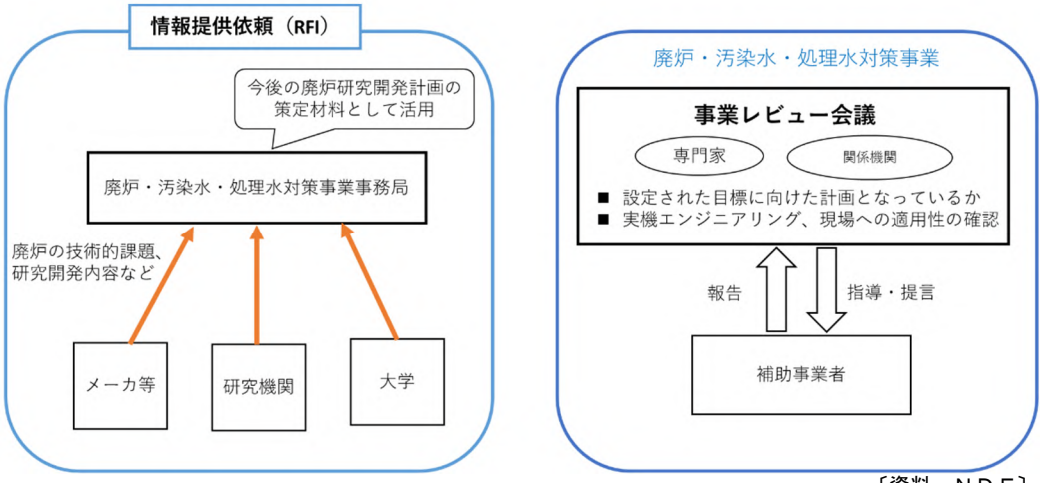


図 5-6 ＲＦＩと事業レビュー

〔資料：ＮＤＦ〕

b.基礎・基盤研究と応用実用化研究との連携強化

政府の廃炉研究開発は主に、英知事業において基礎・基盤研究が、廃炉補助事業において応用実用化研究が進められている。英知事業と廃炉補助事業の連携の実例として、英知事業の成果の幾つかが廃炉補助事業に展開されてきているが、今後、より一層廃炉作業に係る課題のブレイクスルーや安全性の向上を効率的・効果的に進めていく上では両者の連携が重要である。

2024 年度、四者連携特別タスクにおいて、これまで成果があった連携事例について、基礎・基盤研究成果を応用実用化研究に橋渡ししていくポイントや改善点（教訓）等を検討した。その結果、以下のポイントが重要であるとされた。

・シーズ側とニーズ側の密なコミュニケーション
・実機実装までに何が必要で何が足りていないかの深い洞察
・技術単体での研究開発を進めるだけではなく、実装を想定した周辺技術との統合
・実現可能性検証などで技術確認が手軽にできる仕組み

この他、研究成果報告書をインプットした生成ＡＩを構築し、ＡＩを利用したニーズ・シーズのマッチング（検索）をできる仕組みの構築などが提案された。

今後上記のポイントを含め、連携を進めていく上での課題を整理し、対応策を検討することで連携の一層の向上を図り、効率的・効果的な廃炉の課題解決を目指す。

c.研究開発成果のアーカイブ化

廃炉補助事業については目標とする成果が得られた段階で終了し、次の段階として、継続事業または東京電力の技術開発による残された課題の解決、あるいは東京電力のエンジニアリングに移行していくことが必要である。また、福島第一原子力発電所の廃炉が国家的・社会的課題であることから、これまで廃炉補助事業により開発されてきた成果について、成果情報の散逸防止と広く一般への情報公開を可能にすること及び廃炉の研究開発に参画する原子力関係者や原子力分野外の技術者・研究者がそれら研究開発成果を効果的に活用できる体制を構築することが課題である。そのため、効果的な情報公開や廃炉技術の利活用につながる仕組みを取り入れたアーカイブ化・広報を進める必要がある。アーカイブ化・広報を進めるに当たっては、アクセスしやすいこと、検索しやすいこと、他のアーカイブと連携できること、開示範囲等の情報管理ができること等にも留意すべきである。構築に当たっては、上記の観点に立って、概念検討、システムの構築を行うとともに、実際の運営管理体制についても検討を行っていく必要がある。

5.2.3 廃炉現場と大学・研究機関における連携の促進

(1) 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業

基礎・基盤研究を担う大学・研究機関には、将来、理工学的知見を要する技術課題が発生したときに即応できる人材、知識・基盤を維持・育成していくことが期待され、大学・研究機関においても、廃炉現場が抱える課題や認識を共有しておくことが重要である。長期にわたる福島第一原子力発電所の廃炉を推進するに当たっては、中長期的な観点から、原理の理解や理論に基づいた理工学的検討も重要である。

このような背景の下、文部科学省においては英知事業として、大学・研究機関等を対象とし、原子力分野の垣根を越え、国際共同研究も含めて緊密に融合・連携させることにより、国内外の英知を結集し、福島第一原子力発電所の廃炉等の課題解決に資する基礎・基盤研究及び人材育成の取組を推進してきている。英知事業の実施はＪＡＥＡ福島廃炉安全工学研究所廃炉環境国際共同研究センター（以下「ＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳ」という。）が担い、大学・研究機関等との連携を強化し、廃炉に資する中長期的な研究開発・人材育成をより安定的かつ継続的に実施する体制としている。なお、この英知事業の公募に当たっては、汚染水対策から廃棄物の処理・処分まで含めた廃炉全体を俯瞰し、求められる研究開発のニーズとシーズを整理した福島第一原子力発電所の廃炉のための「基礎・基盤研究の全体マップ」を活用している[3]。

英知事業では、以下の３つのプログラムを実施している。

- 課題解決型廃炉研究プログラム
  廃炉現場の課題解決に資する研究開発を推進
- 国際協力型廃炉研究プログラム
  国際共同研究により国外の知見を廃炉に向けて取り込むための研究開発を推進

[3]『基礎・基盤研究の全体マップ』は、６つの重要研究開発課題を含め廃炉に必要な研究要素を整理したもの。なお、６つの重要研究開発課題とは、2016 年にＮＤＦに設置された研究連携タスクフォースで抽出し、研究連携タスクフォース中間報告（平成 28 年 11 月 30 日）で取りまとめたもの。

- 研究人材育成型廃炉研究プログラム

  廃炉に関する研究を通じて過酷環境の課題に対処でき得る人材の育成を図るとともに、今後の福島第一原子力発電所の廃炉で求められる国際的な研究人材の育成を推進

2025 年度は、「課題解決型廃炉研究プログラム」[4]と、「国際協力型廃炉研究プログラム」で新規課題を８件採択している。過去に採択された英知事業の選定課題を添付資料 5-4 に示す。

各プログラムの実施に当たっては、東京電力や廃炉に携わる企業参加のワークショップを開催し廃炉ニーズと研究シーズのマッチングの取組を行っている。また、各研究開発の実施状況をフォローするため東京電力を含む外部有識者のプログラムオフィサー（ＰＯ）、廃炉現場への成果の活用や成果を最大化するためのＪＡＥＡ担当者のリサーチ・サポーター（ＲＳ）[5]を置いている。

今後とも、研究成果を廃炉現場に伝えるため、英知事業で得られた成果は、広く公開されることが重要である。事業終了後の研究成果報告書はＪＡＥＡレポートとしてまとめられるとともに、2022 年度からは、研究成果を視覚的に理解できるようＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳのウェブサイト[6]で動画を公開している。また、残された課題の深堀りや得られた成果の更なる発展などのため、研究開発成果が簡易に利活用できることも求められる。このため、ＪＡＥＡはデータベースの構築に取り組んでおり、ＪＯＰＳＳ[7]では、英知事業のみならずＪＡＥＡの研究論文をキーワードで検索できるように整備している。

以上のように、廃炉現場の課題解決に資する基礎・基盤研究の成果を廃炉現場に十分に反映していく取組を進め、引き続き、廃炉研究開発連携会議等の場を活用した廃炉現場からのニーズと大学・研究機関のシーズのマッチングや英知事業により得られた優れた成果の橋渡しを進めていくことが重要である。

(2) ニーズとシーズのマッチング及び東京電力における産学連携の取組

ニーズとシーズのマッチングの深化及び基礎・基盤研究から応用実用化研究までの廃炉研究開発の連携に向け、ニーズとシーズのマッチングのための英知事業におけるワークショップ活動やＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳが英知事業で培った研究ネットワークを活用して実施する企業側とのニーズとシーズのマッチング、四者連携活動がなされてきている。

また、研究成果の現場適用に向けては東京電力との更なる連携が求められる。

東京電力においては、基礎・基盤研究分野を中心に、原子力分野だけでなく、大学が持つ幅広い研究リソースから廃炉に役立つニーズに合った技術シーズを発掘するため大学（東京大学、東京科学大学、東北大学、福島大学）との産学連携の取組を行っている。

---

[4] 2025 年度は、「基礎・基盤研究の全体マップ」の中で、「基礎・基盤研究の追求により課題解決につながるもの」と評価された課題に加え、ＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳが廃炉現場のニーズをよく把握している関係機関と調整のうえ四者連携等を活用し抽出した「特定ニーズ課題」と国内の研究機関から募集した意見を踏まえ設定した「ＲＦＩ提案課題」について公募を実施。

[5] リサーチサポーターとは、個々の英知事業採択機関に対してＪＡＥＡとして研究をサポートする担当者のこと。

[6] ＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳ研究紹介動画（https://clads.jaea.go.jp/video/）

[7] JAEA Original Paper Searching System（https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/interSearch）

政府、ＪＡＥＡ、ＮＤＦ、東京電力等の関係機関はニーズとシーズのマッチング及び成果の橋渡しの強化に向けて、更に連携を強化していくべきである。

(3) 基礎研究拠点・研究開発基盤の構築

長期にわたる福島第一原子力発電所の廃炉を技術面においてより着実なものとしていくためには、基盤技術や基礎データの整備・活用、研究拠点や研究施設・設備の構築、人材の育成等の研究開発基盤の整備・活用や技術知識の蓄積が必要不可欠である。福島第一原子力発電所の廃炉の研究開発においては、こうした蓄積がイノベーションの源泉となっていくことが期待される。

ＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳの「国際共同研究棟」（福島県富岡町）が、廃炉に係る研究開発・人材育成を実施するため､大学･研究機関等が供用できる施設として 2017 年から運用されている。ＪＡＥＡはＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳを中核とし、国内外の大学、研究機関、産業界等の人材が交流できるネットワークを形成しつつ、産官学による研究開発と人材育成を一体的に進める体制を構築している。

また、ハードウェアとしての研究開発基盤の構築も重要である。2016 年４月に福島県楢葉町で本格運用を開始したＪＡＥＡ楢葉遠隔技術開発センター（試験棟）は、遠隔操作機器・装置の開発・実証のためのモックアップ試験が行える施設である。特に人間がアクセスできない過酷環境への機器投入に先立って、実スケールでのモックアップ試験を行うことは、性能検証のみならず遠隔操作の訓練や操作手順の確立のために必要不可欠である。

さらに、福島県大熊町においては、福島第一原子力発電所の廃炉に向け固体廃棄物及び燃料デブリ等の性状把握を通じた研究開発を行うため、ＪＡＥＡ大熊分析・研究センター（放射性物質分析・研究施設）の運用・建設が進んでいる（当該センターの整備に関する進捗は 4.2.1.4 項参照）。放射性廃棄物の確実な処理・処分方策とその安全性に関する技術基盤の確立や燃料デブリの性状解明等の活用に必要な燃料デブリ等の高線量試料の分析のため、第１棟の継続的な整備・運用、第２棟の早期運用開始が望まれる。

このように、福島県内に、ＪＡＥＡの廃炉事業に関連する研究施設が立地してきており、廃炉研究開発の世界的な拠点が形成され、中長期を見通した研究開発基盤が構築されつつある（図 5-7）。

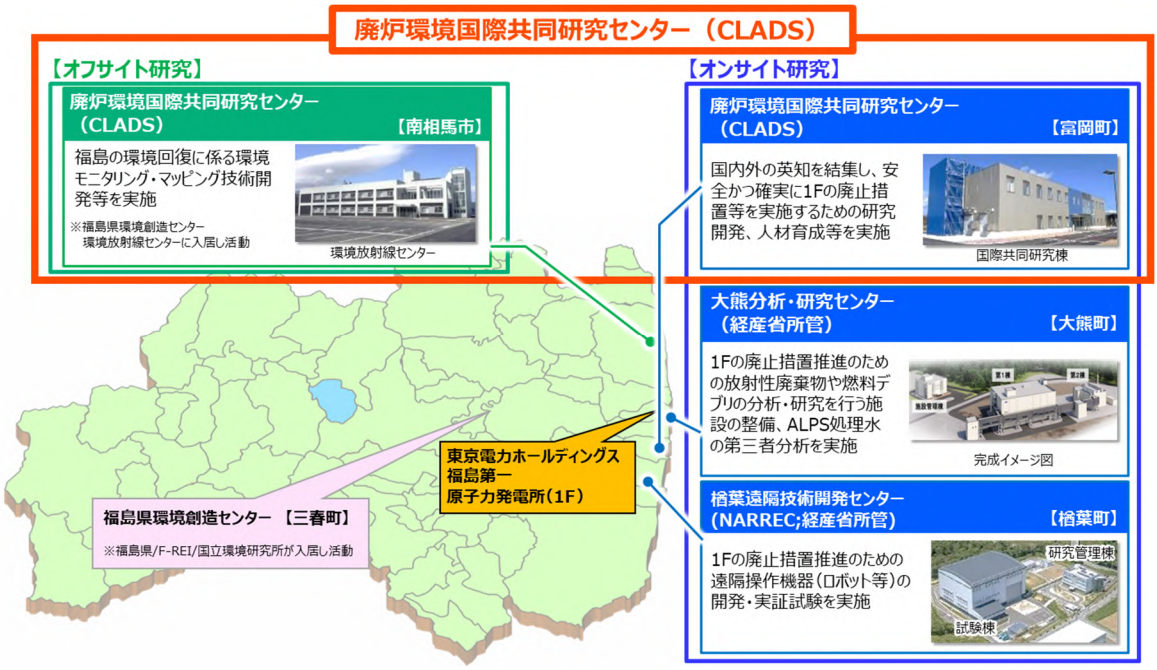


図 5-7 福島におけるＪＡＥＡの廃炉研究拠点[8]　〔資料：文部科学省〕

[8] 文部科学省．「英知事業の状況と今後の方向性について」（資料１－２），廃炉研究開発連携会議（第 13 回）．2025 年３月 25 日．（なお、ＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳが三春町で実施していた放射性物質の環境動態研究は、令和７年度よりＦ－ＲＥＩに統合している。）

6. 技術戦略を支える取組

6.1 廃炉を進めるための能力、組織、人材等

福島第一原子力発電所の廃炉は世界に類を見ない事業であり多くの経営資源（人・資金・時間）を必要とする。この事業をやり遂げるためには、東京電力が福島第一原子力発電所の廃炉は自らの責任事業であるという全社一丸となった強い覚悟を持つことが不可欠であり、さらに、政府も安全かつ着実な廃炉が遂行されるようサポートを行う必要がある。

東京電力は 2020 年度から、廃炉の 10 年計画を「廃炉中長期実行プラン」として公表し、概ね計画通り廃炉作業を進めているが不確実性の高いプロジェクトにおいて一部遅れが生じてきていることから、技術的及びプロジェクトマネジメント面でのリスクを勘案した工程とすること、及び長期にわたる廃炉を持続可能とするために、廃炉中長期実行プランにおける作業に優先順位を付け作業量を平準化していくことも重要である。

また、東京電力は、中長期ロードマップ第３期に適応するためのオーナー[1]として有すべき能力や戦略組織のあり方、さらには協力企業との関係性についても熟慮を重ね段階的に進化させていかなければならない。福島第一原子力発電所の廃炉事業を、責任を持って完遂するためには、東京電力だけではカバーしきれない部分もある。これからは、東京電力が目指す姿を協力企業と共有し、一緒になって力を合わせて働くことで信頼関係を築き、対等な仲間（ワンチーム）として知恵を紡いで課題を解決し、安全と品質のレベル向上を目指していく姿へと、舵をとるべきである。

6.1.1 東京電力が福島第一原子力発電所のオーナーとして有するべき能力、組織

東京電力は福島第一原子力発電所の廃炉に責任を持つサイトオーナーとして廃炉プロジェクトを管理する主体であるとともに、ユーティリティーとしての責務を担っている組織でもある。両者に共通するものもあるが、新たに福島第一原子力発電所のサイトオーナーとして必要となる技術戦略をいかに実行するかが福島第一原子力発電所の廃炉にとっては極めて重要である。ここでは東京電力による廃炉プロジェクト管理の現状及び今後、東京電力が廃炉技術戦略を実行するために有するべき能力、組織に関する取組について記載する。

6.1.1.1 廃炉プロジェクト管理の意義と現状

福島第一原子力発電所における廃炉作業のようなプロジェクト型の業務においては「何のためにいつまでに何をするか」の目的を明確化し、目的を達するための手段となる具体的な作業内容を定め、その安全性や効率性を確認し、必要な設備等を設計／製造／構築し、必要な要員を確保し、それらを活用して目的を達成することが一連の作業となる。したがって、目的、手段、必要資源とスケジュールを明確化し、目的を達するためにプロジェクト実行を計画的に管理することがプロジェクト管理の意義である。

---

[1] ここでいう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。東京電力はこの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）

東京電力はこれまでプロジェクト管理体制の構築・強化に取り組んできており、2020 年４月に組織を改編し、プロジェクト型の組織運営はほぼ定着した。なお、プロジェクト遂行にあたっては、これを推進するのみでなく、状況をオーバーサイト（監視、監督）し、安全、品質上の課題等を見極める組織として 2020 年４月の組織改編の際には、福島第一廃炉推進カンパニー廃炉・汚染水対策最高責任者（以下「ＣＤＯ」という。）直轄の廃炉安全・品質室[2]を設置している。中長期ロードマップ上の第３期に入り、廃炉作業がより難度と不確かさを増していくにつれ、中長期を見据えたプロジェクト全体を調整・整合させながら円滑に進めていくためには、これに関係する組織が達成目標に向かって協働していく管理体制を一層強化し、その総合力を高めていくことがより重要となる。

東京電力における 2024 年度までの主な取組例としては、現場の状況変化や社会・地元のニーズに適切に対応するための組織の見直し、リスクマネジメント強化、先を見据えた計画（廃炉中長期実行プラン）の作成等がある。主な取組内容を以下に示す。

a. 現場の状況変化や社会・地元のニーズに適切に対応するための組織の見直し

東京電力は、2020 年４月にプロジェクト型組織に大きく舵を切って以降も、現場の状況変化や社会・地元ニーズを踏まえ柔軟かつ迅速に組織の見直しを臨機応変に行ってきている。

中長期ロードマップ第３期に入り燃料デブリ取り出し作業が本格化するにつれ、遠隔重機を使用した排気筒等の干渉物撤去、水中ＲＯＶやドローンによるＰＣＶ内部調査など、遠隔装置を用いた高線量環境下における作業のニーズが今後ますます高まるものと予想される。このため、東京電力は 、「遠隔技術活用推進室」（仮称）を新たに設置し、遠隔専門スキルを有する人材を一箇所に集め長期的な社内人材の育成・確保に努めると共に、地元企業及び関係機関と連携し遠隔作業を効率よく安全かつ着実に進める考えである。

2020 年４月から 2025 年度中までに予定されている主な組織改編を表 6.1-1 に示す。

[2] 廃炉安全・品質室は福島第一原子力発電所長直下から福島第一廃炉推進カンパニーＣＤＯ（本社）直下の組織に見直した。この見直しにより廃炉安全・品質室室長は、発電所長と対等な立場で意見できる職位となり、組織の独立性を担保している。

表 6.1-1 2020 年４月以降の東京電力における組織改編

年月	主な変更内容	目的
2020 年４月	プロジェクトマネジメント室（ＰＭＯ）、プログラム部、廃炉安全・品質室、設計・計画センター、建設・運用・保守センター、防災・放射線センターの設置	プロジェクトマネジメント機能の強化、安全・品質の管理機能の強化、現場・現物主義の推進
2020 年 10 月	浜通り産業プロジェクト室	廃炉事業における中長期実行プランに即した廃炉関連産業の形成、事業スキーム等の策定
2021 年８月	廃炉技術開発センターの設置	廃炉・汚染水対策に係る技術開発を一元管理し、エンジニアリング能力の向上を推進
2021 年８月	廃炉情報・企画統括室の設置	地域目線を反映した情報発信や設備形成を実行させるための司令塔の設置
2021 年９月	ＡＬＰＳ処理水プログラム部の設置	組織的な責任を明確にして、政府方針の決定から２年後程度にＡＬＰＳ処理水海洋放出できる状態となるよう、設備形成及び計画策定を主目的に設置
2022 年５月	セキュリティ管理部の設置	核物質防護及びサイバーセキュリティの強化（東京電力全体としての組織設置）
2023 年７月	組織再編準備室の設置	福島における事業に関連する組織の再編と連携強化を推進
2024 年７月	水処理センターの設置、ＡＬＰＳ処理水プログラム部の廃止	滞留水の汲み上げからＡＬＰＳ処理水の海洋放出に至る一連の水処理プロセスを長期的に一層安全・着実に実行していくため、水処理プロセスに関わる組織を改編
2024 年７月	調達部の設置、廃炉資材調達センターの廃止	原子力・廃炉の調達を一元的に対応し、調達力を強化。大型プロジェクト案件での上流参画、仕様標準化、サプライヤマネジメント強化を図るとともに、契約業務の効率化を推進
2024 年８月	廃炉戦略室の設置	燃料デブリの「試験的取り出し」の着手により中長期ロードマップにおける期間区分が第３期へ移行することから、廃炉を一層戦略的に進めるため
2025 年度中（予定）	遠隔技術活用推進室（仮称）の設置	廃炉を安全かつ着実に進めるために、遠隔技術へのニーズがますます高まる。遠隔専門スキルを有する人材の育成・確保、および遠隔作業を効率よく安全かつ着実に進めるため

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

b. リスクマネジメント強化

東京電力は 2020 年４月にプロジェクト型組織に転換して以降、プロジェクト運営に伴うリスクマネジメント[3]及び設備の運用保守に伴うリスクマネジメントに力を注ぎ、リスクマネジメントの能力向上に努めてきた。しかし、増設ＡＬＰＳ配管洗浄作業における身体汚染を始めとした４事案[4]に対する共通分析の結果から、現場作業の着手前に実施するリスクマネジメント（以下「現場リスクマネジメント」という。）に弱さがあることが判明し、協力企業と一体となり現場リスクマネジメント強化に取り組んでいる。

① プロジェクト運営に伴うリスクマネジメント

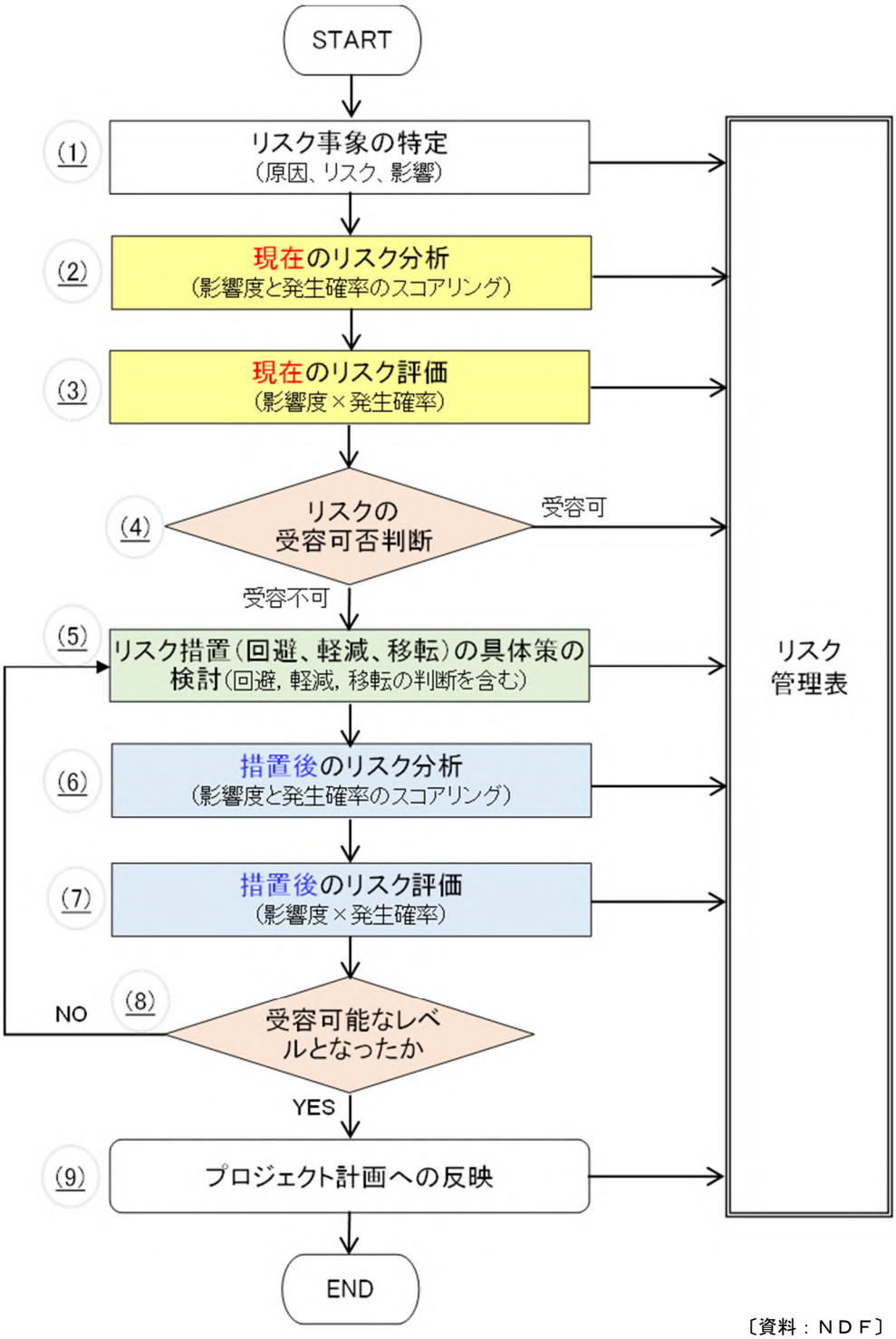
リスクマネジメントとは、不確かな事象が顕在化する前に把握し、プロジェクトにマイナスの影響が発生しないよう「未然に対処する」、あるいは発生した場合でも「その影響を最小限にとどめる」ように対処する活動である。

東京電力は実際の廃炉作業を通じてリスクマネジメントの重要性を認識しており、現在図 6.1-1 に示すワークフローに沿って体系的リスクマネジメント強化の取組を進めている。実際に、例えばＳＧＴＳ配管撤去作業において遅延が発生した件[5]等、事前に対策すべきであったと考えられるリスクについての認識不足が原因となった事例が認められている。リスクの内容は、安全に関するもの、プロジェクト成立性に関するもの等、多岐にわたるが、第３期以降本格化する廃炉作業において、このようなリスクの顕在化による影響を未然に防ぐ、あるいは最小限にとどめるために、リスクマネジメントの重要性は増大する。なお、2.1.1 で示された『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』と『プロジェクトマネジメント遂行上や経営上のリスク』を相互に考慮し、今後の廃炉戦略を検討することが重要となる。

[3] リスクマネジメントとは、リスクを組織的に管理（マネジメント）し、損失等の回避又は低減を図る業務プロセスをいう。

[4] 増設ＡＬＰＳ配管洗浄作業における身体汚染（2023 年 10 月）、ＨＴＩからの放射性物質を含む水の漏えい（2024 年２月）、増設雑固体焼却設備 廃棄物貯留ピット水蒸気等の発生による火災警報発生（2024 年２月）及び所内電源Ａ系停止と負傷者発生（2024 年４月）の計４事案。

[5] 配管切断装置の噛み込み、クレーン油圧ホース油漏れ、ウレタン未充填箇所切断等、モックアップと実際の現場状況とのギャップに関する認識をはじめとするリスク認識の不足により配管撤去工程が大幅に遅延した。リスクマネジメントの不足によりリスク顕在化を招いた事例と考えられる。



〔資料：ＮＤＦ〕

図 6.1-1 標準的なリスクマネジメント・ワークフロー

② 設備の運用保守に伴うリスクマネジメント

福島第一原子力発電所では廃炉を進めるために多くの設備を設置し運用しているが、それら設備に対してリスク評価を実施し、適切に保守し、確実に運用する必要がある。そのため、東京電力では、リスクマネジメントの一環として、設備を運転、運用していく上で考えられる設備のリスク評価を実施し、発生確率と影響度を軸に評価を行っている。リスクが高いと評価した設備に対し、必要な対応を優先的に進め、効果的にリスクの低減対策を図っている。なお、

東京電力は上記設備の経年劣化リスクの対応として、保全対象機器のデータベース化を通じた設備情報等の一元管理化を進め、同情報を基に経年劣化リスク評価を行い、その結果を長期保守管理計画に反映するシステムの開発を進めている。なお、本システム開発に当たっては、従来の膨大なデータがグループごとの記載要領、様式にまとめられており、これらのデータの一元化には、相当な時間と労力を要するが、今後の廃炉事業の円滑な推進のため、信頼性の高いデータベース構築を目指している。

③ 現場リスクマネジメント

東京電力は４事案が発生する以前から、労働災害の発生防止を目的とした安全事前評価、作業員の被ばく低減を目的としたＡＬＡＲＡ検討、新設設備の設計レビュー等を、協力企業と共に現場リスクマネジメントの一環として実践してきた。

しかし、４事案に対する共通要因分析の結果、リスクアセスメントの弱さ（作業に対するリスク因子の特定の弱さ、リスクが顕在化した場合の顕在化シナリオ（悪影響）の検討不足、リスク情報が全員で共有できていない等）が共通的な弱みとして抽出された。このため、東京電力は、これまでの“どうすればうまく行くか”という視点だけではなく“うまく行かなかった場合どうなるか”という視点も加え、より現場に即した実効性の高いリスクアセスメントへと改善を図っており、重篤な災害は減少傾向にある。

主な、対策状況を以下に示す。

ⅰ）リスクアセスメントの強化

・ 作業計画段階において、最新の現場状況を確認、作業に携わる方全ての人が双方向で議論するリスクアセスメントを実施。作業実施段階においては、リスクアセスメントで抽出したリスクに対し、現場ＫＹ[6]等で実効性や現場の変化、残余リスク等がないか確認を実施

ⅱ）脆弱性調査に基づく設備・手順書の改善

・ 単一のヒューマンエラーによる「環境への影響」や「身体汚染・内部被ばく」などを発生させる可能性のある設備に対し、手順書や現場実態を確認の上、エラーにつながる箇所を特定し、設備・手順書を見直す。

ⅲ）リスクアセスメント教育によるリスク因子に基づく分析手法の浸透

・ 東京電力および協力企業に対して、リスク因子に基づくリスクアセスメント手法を浸透させるための教育を実施

・ 東京電力の設計担当者に対して、設計管理におけるハザード・リスク分析手法を浸透させるための教育を実施

ⅳ）危険意識を高める安全教育の強化

・ 協力企業に対して、「危険意識を高める」安全教育の継続実施

---

[6] 現場 KY とは、作業に潜む危険を予測し、それに対する対策を立てる活動。具体的には、作業前に作業に携わるもの全員参加で、以下のステップで進める。①危険の洗い出し（作業手順、作業環境における危険要因の特定）⇒②危険の予測（特定された危険要因がどのような現象（事故）を引き起こす可能性があるかを予測）⇒③対策の検討（予測された危険に対する対策を検討し、具体的な行動目標を立てる）⇒④指差し呼称（作業開始前に、指差し呼称で危険箇所と対策を確認し、安全を確保）

ｖ）Condition report （以下「ＣＲ」という。）[7]の更なる活用

・ 通常と異なる運転状況について、ＣＲを起票するよう所内教育等を通じて浸透する。起票されたＣＲを発電所大で分析し、そこから得られた共通的な弱み（作業点検結果、四半期の振り返りから得られた教訓、社内他部門からの共通的な改善提言等）について、水平展開を確実に図る。

ⅵ）「変化があった場合は必ず立ち止まること」のワンボイスによる浸透

・ 現場状況の変化等により、実効的な対策にならない場合は必ず立ち止まることを、あらゆる機会（安全事前評価、事前検討会、現場ＫＹ、カウンターパート活動等）での作業関係者との対話活動を通じ、繰り返し伝える。

c. 先を見据えた計画（廃炉中長期実行プラン）の作成

東京電力は、福島第一原子力発電所の事故以降、原子力災害対策特別措置法及び原子炉等規制法[8]に基づく要求や、廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議において決定された中長期ロードマップ並びに原子力規制委員会が作成したリスク低減目標マップの目標工程（マイルストーン）を道標として廃炉事業を実施してきたが、中長期ロードマップ並びにリスク低減目標マップのマイルストーンを達成するための具体的な作業計画を示すことを目的として廃炉中長期実行プランを作成、2020 年３月に公表した。これにより、東京電力が自ら主導的に中長期的な作業の工程計画を立案し、実行することを明示的に示すこととなった。以降、作業進捗を踏まえて廃炉中長期実行プランを毎年更新している。2024 年３月に公表されたリスク低減目標マップは、中長期的な視点で、廃炉の進め方に関する方針を記載するように改定された。本方針に基づき 2024 年３月に廃炉中長期実行プラン 2024 を公表し、2025 年３月に更新した。同プランでは至近約 10 か年の作業計画を主な対策ごとに示しており、同プランの至近３か年の計画を基に廃炉等積立金の取戻し計画を作成している。

中長期的な工程策定においては、今後の廃炉作業の難易度はますます高くなる一方であり、上述の通り安全最優先とするが、そのためのリソースの確保、適正配分等を考慮した、継続的に廃炉作業を進められる工程であることが重要となる。

廃炉中長期実行プランは複雑かつ長期にわたる廃炉事業に一定の透明性を与えており、地元や社会の皆さまとの効果的なコミュニケーションツールとしても重要なものとなっている。

d. 研究開発中長期計画[9]の作成

今後プロジェクト難易度や不確かさが高まると予想されることから、プロジェクト成立性を確保する上で、研究開発との連携の重要性が高まっている。東京電力は技術開発課題の検討や実施計画を推進するための研究開発の企画・管理機能の強化を目的として、2021 年８月に廃炉技術開発センターを設立し、廃炉中長期実行プランに紐づいた技術開発課題を抽出するとともに、重要な課題については研究開発中長期計画への反映を進めている。

---

[7] 現場におけるリスク兆候への気付き、良好事例、ヒヤリハット、要望推奨など、現場の改善に繋がる事項を起票するレポートのこと。現場において通常と異なる状況を発見した際に起票する。

[8] 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

[9] 詳細については５章を参照のこと。

このような動きは廃炉作業を円滑に進めるために必要であり、今後更にプロジェクト難易度や不確かさが高まることを考えれば、その成立性を左右する技術開発について、体制を整備しつつ、プロジェクト上流段階から中長期的かつ戦略的に進めることの重要性は増大している。

e. 予算計画の強化

毎年度、廃炉に必要なプログラム／プロジェクト作業、プログラム外の作業（維持管理やユーティリティ設備）及び運営費の予算計画を策定しており、廃炉中長期実行プランを踏まえた件名の計上、早期設計確定、予算月報差異理由書の作成・分析、請求時期の管理強化等の取組により、予算精度の向上に取り組んできた。こうした取組により、仕事の進め方の問題（検討不足、調整不足、確認不足等）が原因となった予実差は減少傾向にある。

一方、プロジェクトを進めるために実施する工事等についてはいまだに会計年度を意識して契約期間を設定しているため、検収時期が年度末に集中している。このため、期中で工程遅延が生じると、年度内での検収ができなくなり、翌年度へと繰り延べされるケースが見られる。よりプロジェクトオリエンテッドに契約期間を設定することで、業務負荷を平準化し、効率的に業務を進めることが肝要である。

東京電力におけるこれまでの予算管理は、取戻し計画に照らし単年度での予実差管理を主としてきた。しかし、近年、不確実性が大きくかつ技術的難易度が高いプロジェクトにおいて、プロジェクト総予算が不足するケースがいくつか発生している。中長期ロードマップ第３期に入り、不確実性が大きくかつ技術的難易度が高いプロジェクトはさらに増えていくものと予想されることから、東京電力は 2025 年度より、一定金額を超える大型プロジェクトに対して、単年度予算に加え、プロジェクト総予算も同時に管理する取組を開始した。さらに、工程遅延や予算超過の兆候や前兆となる変化を早期に検知し、リスクがイシューとなる前に対策を講じ損失を未然に防ぐ（または損失を最小限にする）ことを目的とした予兆管理の取組も一段と強化した。

f. プロジェクトを横断する課題への対応

α放射性核種拡散防止、耐震設計に関する統一的な考え方の整備、１～４号機建屋周辺における作業錯綜の解消といった複数プロジェクトを横断する課題への対応は、相互に関連するプロジェクトの数が増え、複雑化するにつれ重要性を増す。東京電力では個々のプログラム／プロジェクトに収まらない横断的課題に対しては部門横断的な体制を構築し対応している。このような仕組みは現在機能しており、ＣＤＯをはじめとする経営層ともこのような横断課題に対する認識を共有しつつ解決に向けて取り組んでいる。

g. 核セキュリティに関する対応

東京電力は柏崎刈羽原子力発電所（以下「柏崎刈羽」という。）におけるＩＤカード不正使用及び核物質防護設備の機能の一部喪失に関わる核物質防護事案に鑑み、廃炉に取り組む福島第一原子力発電所においても、2022 年５月に、発電所の核セキュリティ全般を管理・運営するため、発電所長の直下に「セキュリティ管理部」を新設した。「セキュリティ管理部」では、核セキュリティに係る警備（監視・巡視）、出入管理及び設備管理に加え、サイバーセキュリティの維持が行われている。福島第一原子力発電所では使用済燃料プールからの燃料取り出しや、燃

料デブリの「試験的取り出し」等が予定されているが、全ての業務に対して、核セキュリティに関わる脅威が常にあり、細心の注意を払うことを、東京電力社員のみならず、協力企業社員にもより一層理解されることが求められる。

6.1.1.2 オーナーが有するべき能力

事業者である東京電力が「サイトオーナー」及び「ライセンスホルダー」として求められる能力として、「プロジェクトマネジメント力」、「安全とオペレータ視点を基盤とする技術力」及び「福島第一原子力発電所の特殊性に鑑み廃炉全体戦略を高度化し、復興と廃炉の両立を進めるための能力」が必要とされる。東京電力は、2022 年に海外原子力関連施設の廃止措置に豊富な経験を有する AMENTUM 社（旧 Jacobs 社）との間でパートナーシップ契約を締結し、現在彼らの支援を受けながら、国際的良好事例等をベンチマークとしてオーナーが有するべき能力の強化に取り組んでいる。

以下の各項では、ＮＤＦとして東京電力が今後、戦略的に強化すべきと考える能力について述べるが、東京電力においては指摘された事項のみに取り組むのではなく、廃炉事業の戦略・計画作成から実行に至るまでの全ての活動に必要となる能力について、その中でも何を優先的に獲得すべきかを自ら考え、主体的にその獲得に努める姿勢を今後も継続すべきである。

6.1.1.2.1 安全最優先の浸透[10]及び安全とオペレータ視点[10]を基盤とする技術力

前章までに記載のとおり、福島第一原子力発電所は事故前と現場の状況が大きく変化し、原子炉建屋、ＰＣＶといった放射性物質を閉じ込める障壁が完全でない中で多量の放射性物質が非定型・非密封状態で存在している状態にある上、天候・地震等の自然事象や機器・建物等の経年劣化により常に状態が変化し得る環境にあり、放射性物質や閉じ込め障壁の状況等に不確かさを含んでいる。高線量及び機器・建物等の損傷により人・設備のアクセス性にも制約があり、現場情報を完全に把握することが困難な状況にある。また、他発電所と異なり、個々の作業の目的を達成する上で安全上どのような要件を満足すべきかの詳細が必ずしも明確になっていない。

また、事故後新たに設置した機器が廃炉作業の進捗とともに増加していることに加え、現場の状態が事故前とは異なり事故前の設計情報がそのまま活用できないため、事故前に構築したプラントコンフィギュレーション管理[11]の仕組みを見直す必要がある。

現在は、燃料デブリ、汚染水等の放射性物質を安定な状態にコントロールできているが、福島第一原子力発電所の廃炉は過去の建設、運転、保守等において経験したことがない作業が連続する現場であるため、東京電力は、引き続き、予測困難な事態が発生し得るということを常に念頭に置きつつ現場に目を向け、現場の変化を一早く察知し、現場目線で適切に物事を考える必要がある。

ここで、東京電力は、福島第一原子力発電所が特殊であっても同所の廃炉に関する安全を軽視してよいことにはならない点を肝に銘じるべきである。例えば、通常炉において安全機能維持のために求められる保全作業や老朽化対策等を、そのまま福島第一原子力発電所に当てはめること

[10] 詳細については２章を参照のこと。
[11] コンフィギュレーション管理とは、原子力発電所の各設備・機器が設計で要求されたとおりに製作・設置され、運転・維持（保守）されていることを常に確認、保証する仕組みをいう。

は労働安全上の制約等から困難な場合もあるが、そのような事情のみから安易に長期保全や劣化管理上の要件等を緩和してよいわけではない。また、そのような安易な管理により劣化等に起因する不具合が生じた場合、地域社会の反応はより厳しいものになる点も肝に銘じるべきである[12]。東京電力は、安全を最優先とすることを福島第一原子力発電所で働く全員に対して浸透させ続ける必要がある。

また、そのためには福島第一原子力発電所の現場を熟知している者の現場目線はもちろんのこと、非密封放射性物質のハンドリング等、東京電力が経験のない分野での現場目線までも考慮しなければならない。したがって、そのような考慮に際しては単一組織の守備範囲を超える知見・経験の広さ、深さが求められるゆえ、東京電力には学際的体制の構築[13]も求められる。

つまり、東京電力は、前例がなく、かつ不確かさが大きい福島第一原子力発電所において、自ら適切に安全要件を定め、様々なステークホルダーとの間で自ら定めた事項について合意を形成し、その合意の下で他者と協調、連携しつつ廃炉作業を進めるべきである。

その上で、現場を熟知するオペレータが現場の実情[14]に立脚し、安全を総合的にチェックし、それを基に同所に適した安全要件を定め、作業するプロセスを確立する必要がある。そのために必要となる現場力[15]を始めとする能力の総体が、安全とオペレータ視点を基盤とする技術力であり、東京電力に当該能力の一層の強化が求められることは論を待たない。また、東京電力が現在進めている手の内化[16]は、このような能力の強化につながる重要な施策であり、適用案件を適切に選択し、今後も引き続き精力的に取り組むべきである。

6.1.1.2.2 プロジェクト上流側における検討能力

前述のとおり、通常の原子力発電所のように設計の上流側における考え方や基準等が整備されていない福島第一原子力発電所の廃炉作業において、東京電力は倣うべき前例、確立された基準や手法がない中で、非常に難しく不確かさの大きい課題を前にして何をすべきかを自ら見出す必要がある。福島第一原子力発電所の廃炉作業においては、プロジェクトを起案し進めた後に、ど

---

[12] 例えば 2021 年２月、福島第一原子力発電所３号機原子炉建屋に試験的に設置した地震計の故障情報が組織内で共有されず、かつ長期間修理・復旧がなされなかった事例が報告され、社外からも厳しい指摘を受けている。東京電力は本事例を反省し、現在長期保全プロセスの改善等に取り組んでいる。

[13] 特に燃料デブリ取り出しの様なプロジェクトは極めて複雑、かつ技術的難易度が高く、一つの組織が持つ技術のみにてやり遂げることは困難である。したがって、東京電力には個々の技術の良し悪しを判断する工学的判断能力を備え、取り入れるべき要素技術をシステムとして統合し所定の性能を発揮させる能力が求められる。そのために、東京電力には、技術開発や技術の適用に関し、経験を有する複数の国内外組織と連携する、あるいは経験の豊富な外部人材を取り入れるなど、学際的体制の構築が求められる。

[14] 福島第一原子力発電所において何らかの作業を行う際には、通常の発電所における「実情」に加え、福島第一原子力発電所特有の現場情報の不確かさ、作業経験の少なさ、線量の高さ、規制の違い、内包エネルギーの少なさ、動的機器の少なさや、それらに備えるための安全マージンに関する過剰／過少判断の難しさ等を踏まえ、逐次型の取組の様なアプローチも含めて作業の実施可否や改善を考える必要がある。「現場の実情」とはこのような状況を指す。

[15] ここでいう現場力とは、予測困難な事態が発生し得るということを常に念頭に置きつつ現場に目を向け、現場の変化を一早く察知し、現場目線で適切に物事を考える力のことを指す。

[16] 手の内化とは、東京電力自ら、仕事の勘所、安全・品質上の問題点を熟知したうえで、作業を標準化し、外注先と同等以上のレベルで業務を担いリードできる状態となることで、安全・品質の向上を図ること。

のような機能を実現すべきか、そのためにはどのような安全要件を満足する必要があるかの検討に再度、立ち戻った例[17]が認められている。

また、３章に記載のとおり、燃料デブリ取り出しに向けた準備作業において発生する廃棄物等、廃炉作業の進捗に伴い発生する廃棄物等について、あらかじめどのように対処、管理すべきか検討を進める必要がある。今後、東京電力はプロジェクトを進める意義や目標（何のためにいつまでに何をするか）・安全要件を明確化し、発生抑制、再利用等を含む総合的な廃棄物に関する計画を策定し、その上でプロジェクト成立性を確保すべきである。そのためには、廃炉作業の計画から実施までのプロセスにおいて、特に上流側の検討能力についての拡充を進める必要がある。東京電力はこの上流側検討能力強化のため AMENTUM 社の支援の下、ＦＥＥＤ（Front End Engineering Design）[18]の導入に取り組んでいる。

ただし、福島第一原子力発電所における廃炉に特有の非常に高い不確かさゆえに、上流側における検討を充実させるとしても、全てがその結果どおりに進行するとは限らない点にも留意すべきである。東京電力は、今後もある程度のイタレーション型エンジニアリングが必要であることを前提に、研究開発等の最新の知見も加えた上で、プロジェクト上流側における検討能力の最適化を目指すべきである。

6.1.1.2.3 プロジェクトマネジメントを高度化する能力

今後想定される、より大規模かつ複雑であり、不確かさの大きい高難度プロジェクトの実施に当たっては、発注者、受注者双方が協調し、契約上のリスクを分担し、合意した達成目標を目指すような新たな概念によるプロジェクト運営が、米国はじめ欧米諸国の官民を問わず、高難度の大型プロジェクト遂行の場で提唱されている。発注者から受注者といった一方通行のモノ買い（Buying）ではなく、開発から製造そして運用保守までも考慮し、発注者と受注者がパートナーとして協働し「モノを作り上げていく」（Making）ことで“ 最終成果を獲得する（Acquisition）”ことを目指すものである（表 6.1-2）。

表 6.1-2 「Making」と「Buying」の違い

	Making	Buying
目的	プロジェクトの最終成果の獲得（Acquisition）	仕様に適合した製品（モノ）を購入
受注者の呼び方、役割	Contractor（請負契約者）、プロジェクトの最終成果を獲得するための Partner	Vender（ベンダー）、仕様に適合した機器の供給
受注者の決め方	提案内容と実現性で選定	価格で選定
契約方法	リスク配分に沿った契約　等	確定価格契約

〔資料：ＮＤＦ〕

このような Making 型プロジェクトに対応するためには、仕様を具体化する技術力を向上させることに加え、“成果の獲得”を主眼としたプロジェクトマネジメント力が求められる。

---

[17] ３章に記載のＡＬＰＳスラリー安定化処理設備設置時期遅延はその一例である。放射性物質の閉じ込めに係る安全要件についての認識が不足していたことから施設設計に手戻りが生じている。

[18] プロジェクト進捗後に安全要件の見直し等による手戻りを防止するため、エンジニアリングプロセスにおける上流段階において、後段まで見据えて論拠を構築する手法。

東京電力は 2022 年より、このようなプロジェクト運営を熟知する AMENTUM 社の支援を受け、今後の廃炉作業において必要となるプロジェクトマネジメント、及びその実行に必要となる能力や仕組みについて検討を続けている。AMENTUM 社は英国ＮＤＡのセラフィールドサイトや米国エネルギー省（以下「ＤＯＥ」という。）の原子力サイト等で豊富な廃止措置に係る経験を有している。東京電力は、AMENTUM 社が有している豊富な先行事例を基に、国際的良好事例と東京電力の現状とのギャップについて分析を実施中である。加えて、東京電力は、英国セラフィールドと協力協定を結び、社員を出向させ、知見獲得、人材育成等の取組を続けている。どのようなプロジェクト運営がベストなものであるかはプロジェクトの特徴や国情、オーナー及び受注者の抱える事情等により異なるため、安易な他事例の模倣は控えるべきであるが、東京電力は、Buying 型での業務遂行が容易ではなくなってくる状況に適応すべく、受注者との関係及び契約の仕方を含め、プロジェクトマネジメントの高度化を進めるべきである。

中でも、リスクが大きく先を見通し難いプロジェクトについて、「成果を獲得するためのパートナー」として受注者と協働する体制の有効性を見極め、その導入について検討すべきである。

6.1.1.2.4 核セキュリティ管理能力

柏崎刈羽において発生した核物質防護事案に対する改善措置に関しては、福島第一原子力発電所では事情が異なる点も多いが、共通点については水平展開し改善を確実に進める必要がある。

福島第一原子力発電所においては、燃料デブリの「試験的取り出し」作業が開始されており、引き続き核セキュリティや安全意識の不断の向上に取り組むことが求められる。これらの取組を通じて、地元や社会に対して、安全な状態が維持されている旨を発信することが必要である。

6.1.1.3 組織に関する取組

福島第一原子力発電所では、これまで「廃炉事業をやり遂げる」という視点から、プロジェクト管理体制の構築・強化をはじめ、様々な施策に取り組んできた。同時に、2020 年に東京電力が公表した「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。）」の実現に向けて、福島本部、福島第二原子力発電所といった福島地区に所在する他事業所と連携しつつ、発電所内で行われる廃炉作業等の地元発注の拡大等にも取り組んでおり、一定の成果も生まれ始めている。

今後、東京電力が更に「復興と廃炉の両立」を進めていくためには、福島第一原子力発電所内外を問わず、この地域に東京電力としてどのような貢献を行えるのかについて、全ての社員が同じ志と責任感を持ち、より一層、組織の壁を越えて最善を尽くしていかなければならない。

これを実現するため、東京電力は、現在は原子力・立地本部に所属する福島第二原子力発電所とその本社機能について福島第一廃炉推進カンパニーへの統合・再編を検討することとし、その統括組織として 2023 年 7 月に「組織再編準備室」を設置し、統合に向けた検討を進めている。

これまでは「事故炉である福島第一原子力発電所は福島第一廃炉推進カンパニー」「通常炉である福島第二原子力発電所は原子力・立地本部」という整理をしてきたが、「福島第二原子力発電所が廃炉を進めるに当たっては、既に廃炉を 10 年以上進めてきている福島第一原子力発電所のノウハウを共有することが有効であること」「地元発注拡大等の地域共生推進には、両発電所一体となって取り組むことが望ましいこと」等の理由により、今後は福島第一廃炉推進カンパニーが両

発電所の廃炉を一元的に実施すべきとの判断に至ったものである。この組織改編を通じ、東京電力は復興と廃炉の両立に向けた取組をより加速していく予定である。

ＮＤＦとしてもこの東京電力の取組を前向きに受け止めており、また、今後、統合・再編が進み、復興と廃炉の両立に向かって東京電力が歩みを強めていくよう、その取組を支援していく。

6.1.2 取引企業との協働的な関係性の構築

6.1.2.1 長期廃炉事業を見据えた契約の在り方の検討

(1) 調達機能の集約・強化

東京電力は、安定的な調達、地元企業の参入拡大を目的として、基本設計の更に上流となるプロジェクトの立ち上げ段階から調達部門が参画し、2022 年度以降、分離発注が比較的進めやすい廃棄物対策プログラム（ＰＧ４）をターゲットに置き、主管部門（廃棄物対策プログラム部）と調達部門が、プロジェクトの立ち上げ段階から組織的な連携を開始した。この取組を通じて、ＰＧ４の特定プロジェクトにおける設計製作を含む調達品の一部については、透明性、公平性を確保した上で、東京電力が主導したサプライヤーへと切り替えることができた。

2020 年４月プロジェクト型組織発足以降、福島第一原子力発電所廃炉推進カンパニーに設置された廃炉資材調達センターがその機能を担ってきたが、調達能力のさらなる強化及び調達機能の最適化を図るため、原子力資材調達センター、廃炉資材調達センター及びその他資材調達組織を統合した「調達部」を 2024 年７月に設立した。調達部における重要な戦略的取組の一つが大型プロジェクトへの上流参画であり、プロジェクトの概念段階から調達部も参画し、技術部門と調達部門が協調して調達方針（ＥＰＣ[19]一括／分離、発注先選定、契約方式、仕様標準化等）を決定する取組を開始した。これまでに、発注先の早期決定による設計の早期着手、発注先との共創による仕様標準化、リスクに応じた契約形態の使い分け（ＥＰＣ一括／分離、固定価格/実費償還等）、技術部門/調達部門が連携したリスクの予兆管理等、一定の成果が出てきている。

(2) 不確実性[20]の大きな大型・長期プロジェクトにおける契約のあり方について

これまで東京電力が発注者として採用している一括請負・固定価格方式[21]は、受注者に高いリスク分担を求めており、放射線等の影響で事前の現場検証が難しく、工事を進めながらでないとリスクが顕在化しない状況（例えば、ガレキを撤去してみないと現場状況が分からないシチュエーション）において、工程遅延や予算超過が発生し、また、不確実性が大きな工事では、一括請負・固定価格方式を忌避する受注者も出てきており、円滑な廃炉工事に課題が生じている。

---

[19] Engineering（設計）、Procurement（機材調達（製品製作））、 Construction（据付）

[20] ここで記載の「不確実性」とは将来の出来事や結果の予測が難しい状態をいう。

[21] 福島第一原子力発電所の標準約款（請書）では、業務の遂行につき第三者に損害を与えた場合、“その損害が発注者受注者双方の責に帰することができない事由により生じたことが明らかなとき、または発注者もしくは受注者いずれかの責に帰すべき事由により生じたものかが明らかでないときは、その措置にかかる費用については、各自の負担の有無および割合につき発注者受注者協議して定める”との条文が定められており、一概に受注者が 100%リスクを負うことにはなっていない。

昨年９月の２号機の燃料デブリの「試験的取り出し」着手により中長期ロードマップ第３期に移行した。第３期では、不確実性の高い大規模デブリ取り出しをはじめとした大型・長期のプロジェクトがさらに増えると予想されることから、東京電力が責任をもって受注者の協力のもとにプロジェクト全体をコントロールしていくことが、廃炉の成否を分ける要因となることから、受注者との契約のあり方もより協調的なものへと変えていく必要がある。すなわち、不確実性の大きな大型・長期のプロジェクトにおいては、発注者・受注者どちらか一方がリスク負担をするのではなく、発注者・受注者の双方がプロジェクトのミッション及び特性（技術的難易度、不確実性、サプライチェーン構造）を理解・共有した上で、リスクを共に軽減し解消する、協力的なプロジェクト進行を促す協働型の契約方式（以下「協働契約」という。添付資料 6.1-1 参照。）の導入が円滑なプロジェクト遂行の重要な要素となる。

受注者がパートナーとして早期にプロジェクトに参画し、そのノウハウが最大限活用されることにより予見可能性（predictability）が向上することが期待される。工事計画の段階で工事のリスクを徹底的に検討する。その結果、契約価格や工期に余計なコンティンジェンシー[22]を見込む必要がなくなり、施工段階で予定が狂う可能性も減少する。コスト・工期が削減・短縮されること自体より、施工中のリスクが減少し、工事が予定通り完成することが、発注者にとって大きなメリットとなる一方で、受注者にとっても、レピュテーション[23]が上がることにより次に受注機会が拡大するという好循環が生まれてくる[24]。

ＮＤＦは、海外で使われている協働契約並びに協働契約を採用している海外プロジェクトの事例調査を昨年度実施した。事例の選定にあたっては、福島第一原子力発電所の廃炉プログラムと共通性（不確実、大規模・長期、関係者多数）の高いと考えられる５事例を選定し、詳細な調査と事例分析を行った。その結果、受注者がリスクを負担し管理する従来型契約方式（リスクマネジメントの主体が受注者側にある契約方式。例えばリスク込みの固定価格方式等）を採用している事例ではコスト増・遅延が発生しているのに対し、協働契約を採用している事例では、共同でのリスク管理を行っていることで要件変更へ柔軟に対処し、プロジェクトの円滑な遂行といった一定の効果が確認されている。また、協働契約は、発注者の積極的関与が必要となり、プロジェクトマネジメントの負担が増大するため、協働契約を採用している事例では、リスクマネジメントに関する助言を担う外部コンサルタントやプロジェクトアドバイザー、技術・コスト管理の観点から専門的助言を行うサービスプロバイダー等を活用することで、発注者の負担軽減を図っていることも確認された。

東京電力は一昨年より、今後のプロジェクト、特にリスク・不確実性の高いプロジェクトをよりよくマネジメントできるようにするための新たな契約方式の導入検討をＮＤＦと合同で取り組んでいる。ＮＤＦが昨年度行った調査結果についても東京電力と共有・討議をしており、

---

[22] プロジェクト進捗に伴い予期せぬ問題が発現し設計変更が発生するような事態になった際でも、プロジェクト継続を可能にするための計画や対策。

[23] レピュテーションとは、風評、評判を意味する言葉で、これが上がるということは、組織や企業の信用やブランド価値が上がることを指す。

[24] 協働契約のデメリットとしては、パートナリングという新しい概念を工事契約に取り込んだため、当事者の法的権利義務が不明確になったという点が挙げられている。このため、米国ではパートナリングを請負契約の外に置いており、法的拘束力を持たないヴォランタリーな活動としている。一方、英国ではパートナリングを法的契約（ＮＥＣ４、ＦＡＣ－１等）として制度化を図っている。

ここで得られた知見を基に福島第一廃炉における協働契約の“枠組み[25]”の構築作業に今年度着手する方向で話し合いを進めている。

(3) 運転保守業務における契約方式のあり方について

廃炉が進捗するにつれ、燃料デブリ取り出しや廃棄物関連の新たな設備が増える上、既存設備の経年劣化リスクに適切に対処していくための設備の維持管理業務も増えるため、運転保守業務の比重が長期的に高まっていくと予想する。東京電力は昨年度、協力企業が安心して長期的な人材育成・確保に取り組めるよう、運転保守業務の中核を担っている協力企業１社（以下「協力企業Ａ社」という。）と共に、持続的かつ平準化を狙いとした運転保守業務の契約のあり方について検討を行った。ここでの検討を踏まえ、東京電力は 2025 年度から、複数年の予報発注[26]を部分的に導入する等、運転保守業務においても協力企業とのパートナリングを重視した契約方式を採用しようとしている。

東京電力に対し、本取組の効果を確認するための定量的な指標（ＫＰＩ：Key Performance Indicator）を設定し、協力企業Ａ社と協働でモニタリングする運用体制を確立すると共に、ここでの検証を踏まえた上で、他の協力企業に対しても順次水平展開を図るためのアクションプランを作成することを提言する。

6.1.2.2 協力企業[27]と協調した現場管理の在り方の検討

廃炉事業全体を安全に進めていくため、東京電力はオーナー（発注者）として全体を監督し、安全・品質上の齟齬がないかを注意深く管理していく責任がある。したがって、東京電力の包括的な責任の下で、協力企業がそれぞれの責任を果たし安全・品質を徹底して確保していくことが重要である。その際、特に、福島第一原子力発電所の現場は放射線量が高く、同一の作業者が長く従事することが難しい、言い換えれば熟練作業者を育成しにくい環境にあるということを考慮して対応する必要がある。また、福島第一原子力発電所の廃炉の社会的な重要性に鑑み、このような安全・品質の確保について、地元や社会に丁寧に説明を行っていくことも重要である。

ＮＤＦは、増設ＡＬＰＳ配管洗浄作業における身体汚染等の 2023 年 10 月以降に発生したトラブル４事案の背景要因に、多層請負構造における現場管理の難しさ[28]があると見ている。多層請負構造は、発注された案件を元請が受注し、下請に再度委託（請負契約[29]を締結）する構造が、多層

---

[25] ここで言う“枠組み”とは、契約条項の構成及び各条項に盛り込むべき重要な事柄等を整理した契約書の基となる概念書を意味する。

[26] 予報発注とは、詳細設計に基づく見積依頼を行う前に、工事会社と技術的検討などを行う必要があると判断した件名については、工事計画の概要、予定工期などを示し、あらかじめ契約先を内定することをいう。この場合、文書により通知し、詳細設計確定後見積依頼を行い、以降通常の手続きを行う。

[27] 東京電力の取引企業のうち福島第一原子力発電所の現場作業に従事している企業を協力企業と呼ぶ。

[28] 多層請負構造では、東京電力が元請企業に発注し（元請契約）、元請企業が一次請企業に発注し（一次請契約）、一次請企業が二次請企業に発注し（二次請契約）更にその先の請負企業へと発注する、というように契約体系も多層化している。このため、階層が深くなるにつれ責任範囲が曖昧なグレーゾーンが広がるという潜在的なリスクがある。また、請負契約は各層の責任（“個”の責任）に立脚した契約体系のため、本来一つの作業を安全にやり遂げるという共通の目的（ゴール）があるにもかかわらず、他社の責任範囲に対してのアンテナが低くなり自社の責任範囲にだけ目が向きがちとなり、グレーゾーンをお互いにカバーし合う連帯感が醸成されにくいという弱さがある（技術戦略プラン 2024 より引用）。

[29] 請負契約とは、仕事を依頼する側（発注者）と、仕事を請け負う側（請負人）の間で、仕事の完成を約束し、その成果に対して報酬を支払う契約をいう。

的に連なっている状態を指す。多層請負構造は、責任の所在が曖昧になる、下請になるほど労働条件が悪化する、人が育たないなどのデメリットがある一方、特定の分野に特化した専門的な技術やノウハウを持っている企業を活用することで工事の品質を高める、受注の機会が増えるというメリットもある。

多層請負構造の中でも現場の安全と品質のレベルを向上させていくためには、東京電力と協力企業の双方が、働く全員を「仲間（パートナー）」として捉える意識を持ち対等な関係を築き、共通目標を持って行動できるチーム作りが鍵となる。東京電力は、当事者間の契約の中身にまで立ち入るべきではないが、どういった企業がどういう作業を請け負っているのか、適材適所の請負体制となっているのか、更にはどこの企業にはどういう強みがあるのかなど、福島第一原子力発電所で働く協力企業の実態を把握し理解しておくことは、パートナーをよく知る上で必要最小限なことである。福島第一原子力発電所で働いている協力企業は約 1,000 社[30]にものぼりその実態把握は容易ではないが、例えば１社１社の企業カタログを作成しデータベース化した上で、将来的には福島第一原子力発電所で働く協力企業のみならず調達先を含めたサプライチェーン全体をシステム上で検索できるようにするのも一策である。

東京電力は、トラブル４事案を契機に、『運転員／作業者ファーストの体制・教育の強化』および『運転員／作業者ファーストの設備・環境の改善』に段階的に取り組んでいる。前者の『運転員／作業者ファーストの体制・教育の強化』の具体的な取り組みの一つとして、設備の運転・保守作業の「ワンチーム化」[31]を掲げており、2025 年度から、ＡＬＰＳの保守作業（吸着材逆洗作業、吸着材交換作業、クロスフローフィルター洗浄作業等）を発注者である東京電力と受注者である協力企業がチームを作り、協働して保守作業を実施する試験的取組を開始している。この試験的取組の結果を踏まえ、将来的には新設ＡＬＰＳの保守作業、さらには水処理設備以外においても、被ばく・安全上のリスクが高い業務を対象に範囲を拡大していくことを検討している。

東京電力によるワンチーム化の取組はヒューマンエラーを減らし現場の作業安全を確保することに加え、発注者／受注間の協働精神を培い、マイプラント意識の浸透、安全に対する意識の高揚につながる、重要な取組である。これらの活動状況が着実に進められていること、及び活動に必要な予算が確保されていることを引き続き確認していく。

6.1.3 廃炉を担う人材の確保や次世代の育成と国民理解の促進

長期にわたる福島第一原子力発電所の廃炉を継続的に実施していくためには、東京電力自らが必要となる人材を計画的に確保・育成していくことが極めて重要である。それに加えて、廃炉に必要な研究開発活動を行うため研究者・技術者の育成・確保及び確実な技術・知見の継承も不可欠である。さらに、福島第一原子力発電所の廃炉には、工学的に非常に難易度の高いエンジニアリングが要求されるため、原子力を専門とする人材のみならず、他分野の科学や技術を備えた、多様なバックグラウンドを持った人材の参画も重要である。こうした廃炉を担う人材を現在から

---

[30] 2024 年 9 月 1 日時点における数値。

[31] ワンチームとは、広い意味では、共通の目的や目標を達成するために、協力して活動する集団を意味する。福島第一原子力発電所におけるワンチームは、同じ理念に基づき、将来廃炉業務の要となる水処理、廃棄物処理、デブリ取り出し等（運転・保全業務）のうち被ばく・安全上のリスクの高い作業を対象に、東京電力と協力企業の固定化された作業員が一緒にリスクの高い作業に従事し、作業内容への理解を深め無駄を排除、プロセスのカイゼンを行い、安全・品質向上と効率化を進める取組である。

将来にわたって持続的に育成・確保し、様々な場面で活躍してもらうためには、関係機関が協力し、現場と合わせ次世代を担う高等・中等教育の階層に応じた取組を着実に進めていく必要がある。

また、難易度が高く長期にわたる廃炉を円滑・かつ確実に進めるためには、国民の理解を広くかつ持続的に得ていくことが不可欠である。福島第一原子力発電所について基礎的な知識を身に付けることは、廃炉に関する国民的な理解を促進するための基礎となる。このため、関連する知識を学ぶ機会を確保していくことに加え、多くの人が廃炉について関心を寄せ、その取組を知るきっかけとなる機会の提供も重要である。

6.1.3.1 東京電力における人材の確保と育成に関する取組

福島第一原子力発電所では、燃料デブリ取り出し計画の進捗に伴う業務の拡大への対応、及びヒューマンエラー防止等、一層の作業信頼性向上のための体制強化等を見据え、今後も計画的に人材の確保・育成を進めていく必要がある。具体的には、後述の短期的なニーズへの対応を行いつつ、中長期の業務見通しに基づき必要な能力・資質と要員数を含む人材配置計画を立案すること、それを達成するための方策をまとめた組織としての人材確保計画を立案すること、併せて要員のモチベーション向上策を展開することである。さらに、2020 年以降取り組んできた「お約束」の一段の活動のシンカ（深化／進化）に向け、福島第一原子力発電所の廃炉にとどまらず、復興と廃炉の両立に向けて広く人材配置を考える姿勢が求められる。

6.1.3.1.1 短期的な取組

福島第一原子力発電所の廃炉事業は、ここ数年における最も重要なマイルストーンである燃料デブリの「試験的取り出し」に着手した段階にあり、燃料デブリの取り出し規模の段階的な拡大に合わせるように、発電所全体の業務量も増加しつつある。そのような中、発電所における繁忙感も年々強くなってきており、現場で求められる人員数も増加している。

東京電力では、現場での旺盛な人員に対する需要を少しでも満たすべく積極的な採用活動を行っているが、相手のあることであり、必ずしも望む人材を獲得できるとは限らない。

したがって、積極的な採用活動は継続すべきであるが、加えて、リーダー[32]による業務の優先順位明確化と優先度に応じたリソース配分の推進及び現有人材の多能化／生産性向上のための人材育成の推進が必須である。東京電力では従来から品質・安全向上を目的としたカイゼン活動に取り組んでいるが、副次的にはリソース課題解決にも役立つゆえ、今後も精力的に継続すべきである。そのほかにも教育・訓練[33]やＤＸ（Digital Transformation）[34]を進め、限られたリソースによって必要なアウトプットを得る努力が不可欠である。

---

[32] リーダーとは、課題や目標に向かってチームを率い、成果を求められるポジションの者であり、東京電力の職位で言えば、ＣＤＯからチームリーダーまでを含む。

[33] 直接的業務ニーズに応じたＯＪＴ(On the Job Training)等の教育を含む教育・訓練による要員育成・多能化はもちろん、その他、社外コミュニケーションエラーに起因する社会不安増大の回避、社内コミュニケーションにおける心理的安全性確保を通じたエラー防止、プロジェクトをスムーズに進めるためのマネジメント能力向上などを目的とする教育・訓練は、人的リソースの効率的活用に効果的である。

[34] 東京電力の進める設備・機器類長期保全管理高度化などはＤＸ推進を通じた人的リソース節約例でもある。

6.1.3.1.2 中長期的な取組

東京電力の目指す復興と廃炉の両立は、福島第一原子力発電所内で行われる廃炉作業のみでは成し得ず、福島の復興と廃炉に関わる全ての組織に関して必要な業務運営やガバナンスの在り方の見直しはもとより、必要な人材の確保及び育成の在り方についても今後具体化していくことが望まれる。東京電力が検討を進める福島第二原子力発電所とその本社機能の福島第一廃炉推進カンパニーへの統合・再編は、組織の改編を通じ、事業所の枠を超えて人材活用の最適化を目指す意味においても重要なものである。統合に伴い要員の多能化や業務運営共通化・効率化を進め、必要な人材の確保にもつながる取組とすべきである。

さらに、中長期的な人材確保を進める際、福島第一廃炉推進カンパニーがユーティリティーとしてのルーチン型業務実施組織から廃炉サイトオーナーとしてのプロジェクト型業務実施組織への移行を進めている点には十分留意する必要がある。従来東京電力が継続してきた通常発電所の運営・保守を前提とした人材確保策を引き続き適用すべき範囲を見定め、一方で今後業務量増大が予想される廃炉作業において、逐一変化していくプロジェクト型業務に必要となる人材、及びプロジェクト実行の結果新たに設置される施設等の運転・保全に必要となる人材を確保するため、中長期的にいつ頃どのような人材が必要となるかを東京電力自身が見定め、早くからその必要性を明確に提示し、様々なチャンネルを通じて広く社内外から人材を確保するための活動を進められるようにすべきである。このことは、採用[35]のためにも、中長期を見据えた社員のリスキリング[36]のためにも、若手社員に対する魅力的なキャリアパスデザイン等の人材マネジメントのためにも、地域理解促進[37]のためにも、そして、外部組織との連携[38]によって人材を補うためにも必要である。

また、廃炉が長期間にわたる取組であることに鑑みれば、東京電力は中長期的視点で計画的かつ体系的に廃炉を担うリーダー育成に取り組む必要がある。困難かつ多様な多くの短期的・中長期的な課題を前に、日々、業務の優先順位に応じた取捨選択をし、やるべきことに取り組む体制を作るため、特に、かつてない困難な廃炉のプロジェクトを担うリーダーには、他のプロジェクトに比べるとより高度の胆力・人間力が求められることは論を待たないが、それらに加え、変化する事業環境を先取りする嗅覚や変化への適応能力、学習能力等が必要となる。さらに、組織における他の人間が、ナショナルチャレンジたる廃炉に取り組むリーダー達や、リーダーに連なる指導層の姿に影響を受け、自身の可能性に気付き、成長へのモチベーションを持つことができれば、それは廃炉人材の中長期的確保・育成にもつながる。リーダー育成には長い時間を要し、育

---

[35] 例えば専門人材の獲得に向けた取組には、多くの最先端技術を必要とする前人未到のプロジェクトであることや、海外も含め多種多様な高度人材との交流を期待できること等、効果的にアピールできる要素を整理しておく必要がある。

[36] 例えばアクチニド化学、分析評価、耐震、環境影響評価等、高度かつ将来需要が高まりそうな業務知識は何なのかを見定め、戦略的に習得を進める必要がある。

[37] 例えば地元の高校や高等専門学校、大学からの採用、あるいは各地に進学した地元出身者の採用など、地元人材の獲得に向けた取組は、長期にわたって復興と廃炉の両立を地元と共に目指す上で、副次的に地域理解が深まる効果も期待できる。

[38] 例えば分析要員の育成、確保は急務であり、東京電力はＪＡＥＡ等、分析の専門分野を有する組織でのＯＪＴによる育成に着手している。この様な連携により、分析実施者のみならず、分析計画策定や評価等、高度技能を有する分析技術者を含め、分析要員の育成を進める必要がある。

成に適したキャリアパスを設定すべきであることから、東京電力はその育成を計画的に進めるべきである。

なお、ＮＤＦは、社外との連携による人材育成の活動において、海外で行われている同様な計画のベンチマークを行うことは有用と考える。

6.1.3.2 将来の廃炉を担う次世代の育成

東京電力による廃炉人材の確保に加えて、大学・大学院・高等専門学校・高校等から卒業し、科学や技術に関する専門性を備えた優秀な人材が、廃炉に携わる様々な組織にいかに継続的に供給される道筋を付けるかが課題である。これを安定的に実現していくためには、高等・中等教育機関において、専門的な知識に加え周辺知識を学習・獲得する場の形成、関連するシステム及び制度が教員を含め全体として機能するように維持されることが必要である。

基礎・基盤研究を担う大学・研究機関には、将来、理工学的知見を要する技術課題が発生したときに即応できる人材を育成していくことが期待され、大学・研究機関においても、廃炉現場が抱える課題や認識を共有しておくことが重要である。今後とも次世代を担う人材確保・育成のための取組を関係機関がそれぞれの役割・階層に応じ、引き続き推進・強化していくべきである。

6.1.3.2.1 大学・研究機関等における取組

文部科学省及びＪＡＥＡでは、英知事業において、国内外の多様な分野の知見を組織の垣根を越えて融合・連携させることにより、中長期的な廃炉現場のニーズに対応する研究開発及び人材育成を推進している。英知事業の「研究人材育成型廃炉研究プログラム」では、2024 年度から、福島第一原子力発電所の廃炉に関する研究を通じて、不確かさが大きく過酷な環境下の課題に対処でき得る人材の育成を図るとともに、今後の廃炉で求められる国際的な研究人材の育成を目的とした第３期プログラム[39]が開始した。また、ロボット製作を通じて、学生に廃炉に関心を持ってもらうとともに、学生の創造性等を養うため、英知事業の一環として高専生を対象とした廃炉創造ロボコンを実施している。これまで９回開催されており、競技をきっかけとして参加高専と東京電力や地元企業との共同研究に発展するなど、人材育成の取組は着実に進展している。さらに、学生を対象とした研究発表の場である「次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス（ＮＤＥＣ）」は、学生と廃炉に携わる研究者・技術者とが直接交流できる機会としてこれまで 10 回の実施を重ねている。第９回から、廃炉関連事業者によるブースが設けられ、参加者による活発な意見交換が行われている。

英知事業発足から 10 年を経て、これらの取組は、高等教育機関の研究・人材育成の両面から大きな成果を創出しており、卒業生が実際に廃炉関連事業に従事する等の人材の活性化にもつながっている。引き続き、こうした取組の下、福島第一原子力発電所の廃炉現場と高等教育機関の活動の視点が一層一致することを目指し、事業を実施していくべきである。

---

[39] 英知事業の「研究人材育成型廃炉研究プログラム」では、これまで、大学等による人材育成体制の構築を目的とした第１期プログラム（平成 26 年度から令和元年度）及び大学等において培ってきた多様な分野の知見や経験をＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳに結集させる体制を構築することを目的とした第２期プログラム（令和元年度から令和５年度）を実施してきた。

6.1.3.2.2 中等教育段階における取組

高等教育より手前の段階の高等学校、中学校の中等教育段階の生徒に対しては、廃炉を含む原子力分野に携わる魅力を紹介し、廃炉に特化した技術的な関心を寄せる取組や福島第一原子力発電所の廃炉や復興、広くは理系の進路等について理解を広げる取組が大切である。中等教育段階は、自らの個性を伸ばし、興味・関心を探索しつつ、社会に参画・貢献する前の大切な準備段階である。こうした時分に、社会で活躍する研究者・技術者、理系教員等から刺激を受け、主体的な選択と進路の決定に役立ててもらうことは大きな意義がある。こうした観点から、ＮＤＦでは、ＯＥＣＤ／ＮＥＡと連携して「国際メンタリングワークショップ Joshikai in Fukushima」を 2019 年から開催している。これは、廃炉をはじめとした福島の課題に取り組む理工系女性人材の獲得を目指すもので、福島県をはじめとした女子高校生等を対象に、国内外の理工系女性研究者・技術者との交流を通じて科学・工学への関心を高めるイベントである。2025 年はこれまでのイベントの高い評価を受け、人材獲得・育成への更なる貢献を目的に、イベント名称を「国際ＳＴＥＡＭ[40]ワークショップ in Fukushima」と改め、女子学生から男子学生まで含めた中等教育段階にある学生全体へと参加対象を拡大した。この機会を将来の進路について具体的に検討する時期にある 50 名程度の高校生等に提供することで、廃炉と復興等に向けた理解を広げ、興味・関心及び貢献意欲の醸成を図っている。

こうした取組を通じて、福島第一原子力発電所の廃炉に係る人材の育成は、基礎研究や関連研究等にその裾野を広げていくことも必要である。日本の基礎技術基盤全体を底上げするという方向性の中で、原子力レガシーへの対応や原子力安全への取組が広く定着していくことが期待される。

6.1.3.3 廃炉及び廃炉に関わる放射線安全等に関する基礎的知識の普及と国民理解の促進

多くの国民が、福島第一原子力発電所の事故・廃炉、災害対応、放射線安全、食品安全等について基礎的な知識を身に付けることは、廃炉及びそれに関係する放射線安全等に関して正確な情報に基づく議論の基礎となり、国民理解の促進には重要である。特に、今後の様々な災害へのレジリエンス（強靭性）を高める観点からも、原子力や廃炉に関する知識・体験を得るとともに、子供の発達段階に応じた学ぶ機会を確保していくべきである。子供は教員や親等の周囲の大人の知識・体験を通じて興味・関心を持つことからも、初等教育機関に従事する者も含めた幅広い者に対して原子力や廃炉に関する科学的根拠に基づく知識の一層の普及が効果的である。こうしたことから、政府では、「ＡＬＰＳ処理水の処分に関する基本方針の着実な実行に向けた行動計画」（2024 年８月）を踏まえ、放射線に関する教職員研修及び出前授業の実施、放射線副読本の活用促進等が進められている。また、ＮＤＦにおいても、上述のような地元の学生等を対象にした廃炉と復興について考えるワークショップを開催している。

また、廃炉の現状を広く知ってもらう観点から、東京電力においては、福島第一原子力発電所の視察受入れやウェブサイトでも廃炉現場を巡るバーチャルツアーを公開しているとともに、「東

[40] Science、Technology、Engineering、Mathematic（ＳＴＥＭ、いわゆる従来の理工系）に、Arts（芸術、教養）を加えその頭文字をとったもの。各教科での学習を実社会での問題発見・解決に生かしていくための教科等横断的なＳＴＥＡＭ教育の推進が、文部科学省の科学技術・イノベーション基本計画でもうたわれている。

京電力廃炉資料館」では原子力発電所事故の経過と廃炉の進捗を展示している。引き続き、福島第一原子力発電所の廃炉の現状を正しく伝えることで国民の関心を喚起し、廃炉への理解促進に資する取組を積極的に推進していくべきである。

6.2 国際連携の強化

6.2.1 国際連携の意義と現状

6.2.1.1 国際連携の意義

近年、原子力利用の黎明期に建設された原子炉や核燃料サイクル関連施設が運転寿命を迎え、各国ではこれらの施設の廃止措置が本格化しているとともに、ＡＩ等の進展に伴う電力確保を背景とした原子炉の再利用、米国エネルギー省を含めた米国行政機関の効率化、ウクライナのチョルノービリ原子力発電所４号機（ＣｈＮＰＰ－４）の廃炉の進捗と紛争による影響等、廃止措置をめぐり世界において様々な動きがみられる。このような中、過酷事故を起こした英国のウィンズケール原子炉１号炉（Windscale Pile-1）、米国のスリーマイルアイランド原子力発電所２号機（ＴＭＩ－２）、ＣｈＮＰＰ－４といった施設では長年にわたって安定化作業、安全対策等が講じられてきているとともに海外にある過去の核関連施設（以下「レガシーサイト」という。）においては、多種多様な放射性物質の管理に大きな不確かさが存在し、その廃止措置及び環境修復の取組は長期にわたることが見込まれている。これらの施設やレガシーサイトの設備やそれぞれの状態は多様であるが、いずれにおいても各国は、「unknown unknowns」（何が分からないかが分からない）とも言われる技術的な困難や、長期にわたるプロジェクト運営、多額の資金の確保といった課題に直面しながらも、それらを乗り越えるための挑戦を続けている。

福島第一原子力発電所の廃炉は長期にわたると見込まれ、原子炉建屋、ＰＣＶ、ＲＰＶ等の内部の状況を推定する調査や解析、燃料デブリ取り出し及びそれらを実行するための研究開発並びに作業従事者の訓練を含むモックアップ試験等において、難度が高い工学的課題が存在している。こうした課題に取り組むに当たっては、世界の廃止措置活動で得られた経験や教訓を学びつつ廃炉を進めることが必要となる。中長期ロードマップが第３期に入り、今後、燃料デブリについて段階的に取り出し規模の拡大を進めるとともに、廃炉作業や研究開発等の進捗状況を踏まえ、廃炉に関する事項を定める必要がある。このような背景のもと、我が国と同様の中長期にわたる海外サイトでの廃炉の取組において、福島第一原子力発電所の廃炉作業の円滑化に資する技術動向を把握し、当該技術を必要に応じて福島第一原子力発電所の廃炉作業に応用するための技術協力を推進するとともに、廃炉に関する事項を定める際の先例や地域との関わり、意思決定のプロセス等について経験や教訓を得ることが肝要である。このための手段として、例えば、各相手国の事情に即した形で双方に便益のある二国間の協力関係を構築するとともに、原子力に関する専門機関であるＩＡＥＡの安全基準や原子力技術に関する世界の知見を集約した会議や、ＯＥＣＤ／ＮＥＡの原子力技術や経済性の専門家会合へ参画し、海外の専門家と交流することは有益である。

また、これらの国際機関は、廃止措置に関する国際基準の策定、技術情報の集約や紹介、研究者や技術者間の連携や組織化、国際基準や良好事例経験に基づいたピアレビュー、国際的広報活動等多数の重要で有用な役割を担っている。我が国の廃炉の経験を基に技術者や研究者が国際基準の策定、技術課題の集約やピアレビュー等に参画していくことは、福島第一原子力発電所の廃炉を国際的に開かれた形で進めるために有意義である。また、事故後の多くの取組を経て我が国内に蓄積されている知識や情報を各国に共有することで、国際社会に対する責任の一端を果たすことも期待される。

我が国が福島第一原子力発電所の廃炉を進める上で、国際社会の理解を得ることは重要である。そのためには、英知の結集や経験の還元に加えて、国際社会に対する透明性の高い情報の発信と継続的な対話が必要である。

6.2.1.2 国際連携の現状

こうした国際連携の意義の観点から、我が国では、廃炉に関する二国間協力のため、政府間の枠組みとして、各国行政機関や研究機関との情報共有を行う年次対話の開催や会議の設置がなされており、ＮＤＦ及び東京電力は、こうした政府間の枠組みと連携しつつ、米国、英国、仏国等の廃止措置活動において実績ある専門組織と協力協定を結ぶ等して、国際連携を図ってている。ＮＤＦは、二国間協力について、関係各国と年に１回の定期的な会合（年次会合）、来訪・往訪に合わせた不定期な会談を実施する等、継続的なコミュニケーションを図っている。

他方、多国間協力についても、政府及び国内の各関係機関は、国際機関の各種会議や専門委員会に参画してきている。東京電力及びＮＤＦは、ＩＡＥＡ及びＯＥＣＤ／ＮＥＡが開催する各種会議やＯＥＣＤ／ＮＥＡの福島第一原子力発電所事故の情報収集と評価に関するプロジェクト（ＦＡＣＥ）への参加等により、廃炉に関する多国間協力の基盤維持への貢献と情報発信に取り組んできている（添付資料 6.2-1）。

日本政府、東京電力、ＮＤＦ及び関係機関のそれぞれが、各々のカウンターパートと廃炉に関する技術協力、情報、経験、教訓等の共有等を図っており、今後の長期的な廃炉を見据えた強固な協力関係の構築を目指している。

福島第一原子力発電所のエンジニアリングが本格化する中、世界の優れた技術や人材の最新状況を把握し、これらを有効に活用することが重要である。現在、国内外を問わず、廃炉は多数の企業と廃止措置事業者との契約の下で実施されており、その世界市場は広がりを見せている。そのような中、東京電力は海外の民間企業との技術交流を活発に行ってきている。

ＮＤＦは、世界各国の専門家の知見を収集、活用する基盤維持の観点から、国際機関の各種会議や専門委員会へ参加しているほか、ＩＡＥＡやＯＥＣＤ／ＮＥＡ等の原子力に関連する国際機関や各国の原子力に関連する専門家等が参加する福島第一廃炉国際フォーラム（以下「国際フォーラム」という。）を毎年開催し、海外の廃炉の事例や円滑に廃炉を進める上での知見を共有してもらうほか、福島第一原子力発電所の廃炉の現状や課題について継続的な国際社会に対する情報発信を行っている。



図 6.2-1 第９回福島第一廃炉国際フォーラムの様子
（2025 年８月）
〔資料：ＮＤＦ〕

6.2.2 主な課題と戦略

6.2.2.1 世界の英知の結集と還元

難度の高い工学的課題を扱う福島第一原子力発電所の廃炉を着実に進めるためには、困難を伴う廃止措置を実施する海外の原子力施設での実績、レガシーサイトの廃止措置活動等の事例から教訓を学び、廃炉に生かしていくことや、世界最高水準の技術や人材を国内の技術に活用することが要求される。すなわち、世界の英知を結集し、活用すると同時に国内の研究開発を進め、経験と実績を積み上げつつ課題解決を実現することが求められる。このため、我が国としても、国際社会への廃炉に関する課題等の情報発信や国際共同活動への参画等を通じ、海外の政府機関、規制当局や研究開発機関の職員、若しくは独立の有識者から様々な支援を受けてきたところである。

各国のレガシーサイトの廃止措置は、公的な廃止措置実施機関が中心となってこれを推進しており、モデルとして技術面や運営面等において参考になる点が多い。例えば技術面では、原子炉等の運転・保守とは異なる専門的知識や考え方、新技術の必要性等、運営面では、制度・政策、戦略策定と事業計画・運営、安全確保、地域コミュニケーション等の課題への対応方法が参考になる。東京電力は、レガシーサイトへ駐在員を派遣し、廃炉の技術的知見、運営ノウハウ等について、実務経験を通して得ているほか、視察の実施や受入れ、廃止措置関連機関・企業との定期的な情報交換等を行っている。ＮＤＦは、各国で中心的な役割を担う公的な廃止措置実施機関として、英国ＮＤＡ、仏国原子力・代替エネルギー庁（ＣＥＡ）、米国ＤＯＥ等との長期的なパートナーシップを通して、世界の高難度措置を実施する施設やレガシーサイトでの廃止措置で得られた技術的知見、運営ノウハウ等に係る教訓等の英知を継続して、集めていく必要がある。

これらを踏まえ、下記３つの戦略を意識して、廃炉に取り組んでいく。

(1) カウンターパートとの連携

東京電力は廃炉を着実に進めるための実施主体として、ＮＤＦは中長期的な視点から、廃炉の適正かつ着実な実施の確保を図るための助言、指導等を行う組織として、それぞれのカウンターパートとの連携を維持・強化することが重要である。それぞれは、国内関係機関間の連携に加えて、現在有する海外専門家との人脈を技術者レベル、役員レベルそれぞれにおいて高度に維持し、引き続き定期的な情報交換を実施する。このことにより、福島第一原子力発電所の廃止措置の実現に向けて、技術面・運営面で世界の英知を集め、所要の課題解決に最大限反映・活用していく。

(2) 廃炉に資する幅広い技術情報の活用

福島第一原子力発電所の廃炉は、遠隔技術をはじめとした、原子力分野だけに限らない様々な分野の知見を組み合わせながら未踏の工学的課題を解決していくプロセスであり、福島第一原子力発電所の廃炉がイノベーション創出の有力な場になり得るものと期待できる。より多くの技術を廃炉に応用する可能性を模索するために、上記（１）に加えて、原子力技術を利用していない国々や原子力以外の産業の専門家から協力を得るべく、あらゆる分野に注意を払い、技術的な情報を継続して収集していく。

(3) 互恵的関係の継続

事故から 14 年が経ち、これまで国内で蓄積した事故原因や廃炉に係る様々な情報、ノウハウや成果を国際社会に対して還流・還元することを意識しつつ、互恵的関係の継続を図ることも戦略として堅持する。我が国は、国際共同活動への参画に当たって、我が国にとっての最優先課題である廃炉の着実な実施を前提としつつ、国際社会の利益の確保にも留意するべきである。また、成果の還元の側面からは、例えば、事故や廃炉そのものだけでなく原子力以外の課題への応用といった側面にも関心が広がりつつある。こうした国際社会の変化に応えることで、その関心の維持に努めることも有効である。

世界から多様な知見や経験を福島に集約することは、第一義的には福島第一原子力発電所の廃炉そのものを着実に進めるための重要な取組であるが、廃炉プロセスを通じて生み出されるイノベーションを地元産業の復興につなげ、長期にわたる廃炉を進めるに当たって不可欠な地域との共生関係を構築・維持していこうとする各種取組について、相互に情報を共有することも重要な取組である。

6.2.2.2 廃炉に対する国際社会の理解・関心や協力関係の維持・発展

福島第一原子力発電所の廃炉に世界の英知を結集し、廃炉の実施に対する対立的構造のリスクを可能な限り抑えるためには、国際社会の理解・関心や協力関係の維持・発展が課題となる。国際世論は、廃炉の進捗や成否に相当の影響を与えかねない。このため、海外において福島第一原子力発電所の廃炉に関する誤った認識が広がることのないよう「福島第一原子力発電所の廃炉は安全に実施できる」とする見方が国内のみならず、海外に十分に行き渡るよう国際連携を戦略的に検討し実施することは重要である。

必要かつ現実的で実施可能と考えられる新たな技術的取組や政策的議論の立ち上がり時に、海外の社会において理解不足を伴うような状況が存在すれば、この取組等に対する懸念が表明され、更に進めば国際的安心のためには取組を停止するよう求められる等の影響が想定され得る。このリスクは、ＮＤＦ及び国内関係機関によってこれらの可能性を事前に評価し、前向きに発信していくことで低減できるが、逆に対応が遅れれば廃炉プロジェクトに支障をきたし、ひいては地域の復興が遅延するリスクが伴うことになる。また、昨今の気候変動対策への取組、国際紛争に伴うエネルギー安全保障政策の変化、エネルギー供給インフラの強靭化ニーズの拡大等、世界のエネルギー情勢の変化に対応し、各国においてエネルギー政策の見直しが行われている。このような中においても、各国の最新の状況を的確に把握しつつ、福島第一原子力発電所の廃炉に向けて、各国との円滑な協力関係を維持していくことが課題である。

国際社会の理解・関心や協力関係の維持・発展を図るための戦略として、①海外専門家へのアプローチと、②海外一般市民へのアプローチに分けて対応する必要がある。

① 海外専門家へのアプローチ

福島第一原子力発電所の廃炉に向けた取組が、科学的・技術的に妥当であることが、海外の専門家に正確に理解されることは国際社会の理解を得る基礎である。事故から約 14 年が経過し、近年国際的な学会等では、福島第一原子力発電所の廃炉に関する論文発表数の減少等、廃炉技術や進捗への国際的な関心低下の兆しがうかがえる。海外の関心を維持するためにも、官

民の枠を超えて、技術の実務に関与する技術実施者、技術開発者及び研究者が各々のレベルにおいて海外専門家と対話し、交流を活性化していくべきである。

これまでは、廃炉技術の協力のための枠組みに基づいて、レガシーサイトを保有する原子力先進国等を主な相手方とし、情報発信・交流が行われてきた。例えば、ＮＤＦ及び東京電力は、国際フォーラム、二国間の定例会合、多国間枠組みへの参加等の様々な機会を通して、世界へ向けて廃炉の現状や課題に関する技術的な説明や情報発信を行ってきた。加えて、東京電力は、海外専門家らの福島第一原子力発電所の視察機会を積極的に提供している。こうした活動は、海外の専門家に対して、最新の技術情報を直接伝えることができる点で国際広報を補完する意義があり、国際的な理解を得る上で重要である。さらに、燃料デブリ取り出し、廃棄物管理等、福島第一原子力発電所の特殊な環境の上で進める前例のない取組については、周辺諸国や原子力技術を使用していない国々の多くの専門家との対話を通じて、新たな視点からの意見を取り入れるとともに、取組に対する正確な理解を得ていくことも重要である。そうした専門家らの理解を足掛かりとして、その国で正しい理解が広まることも期待される。社会的に影響力を持つ専門家らが自身の国で正しい知識に基づき発言をし、最終的に国際世論に良い影響をもたらせるように、我が国としても支援していくべきである。今後は、日本政府機関、東京電力、また特にＩＡＥＡの原子力安全セキュリティ部局とが相互に協力した上で、幅広く議論を実施し、戦略的に強靭な新たな国際連携を構築することを目指す。

科学的で正確な情報に基づく国際世論の形成に資するためには、まずは、世界の専門家に正しく理解してもらう。このことを認識し、我が国は、各国政府機関や国際機関と連携し、廃炉に向けた取組の実績について情報発信することはもちろんのこと、一層丁寧な対話に努め、これらを継続していくべきである。

② 海外一般市民へのアプローチ

情報の受け手の関心等が事故当時から変化しているほか、理解のベースとなる知識や情報量に国ごとに異なる部分もある。また、我が国として、原子力先進国以外の国々に対しても、国際機関と連携し、福島第一原子力発電所の事故及び廃炉に向けた取組、実績等について、積極的に情報発信を行うべきである。

このため、以下のような配慮が求められる。

- 専門家だけでなく非専門家にも分かりやすい情報を発信すること
- 動画やイラストを効果的に用いる等、受け手の関心や理解度を考慮しつつ説明に工夫を加えること
- 日本語や英語以外の多言語で情報を発信すること　等

こうしたことにより受け手の理解を深めることは、結果として、情報の透明性を高め、信頼関係の構築につながるため、継続して取り組むべきである。また、事故を起こした我が国の責務として、行政機関、大学、研究機関、民間企業を含む国内関係機関が、廃炉に関して透明性の高い、正確な情報発信を継続することが、国際社会の理解・関心や協力関係の維持・発展のための課題である。国内外全ての一般市民から意見を聞くことは難しいが、これらの懸念や疑問に答える形で情報発信を行う姿勢は必要である。

ＡＬＰＳ処理水の海洋放出については、外務省、経済産業省が中心となって、科学的な見地に基づき、閣僚級会合、国際会議、二国間対話、在外公館等における説明を数多く実施しているほか、経済産業省、原子力規制委員会等がＩＡＥＡによるレビュー実施に対応する等、日本政府一丸となった方策が取られている。このように、日本政府は外交チャンネルを生かし、国際機関、各国政府、海外の報道機関等への説明を強化し、多言語での情報発信、海外報道機関への情報提供ウェブサイトやメディアを通じ発信する等の積極的な広報を継続して実施している。また、事実と異なる報道があった際には、メディアへの説明に加えて、反論記事を掲載する等、適切な報道対応を実施している。

福島第一原子力発電所の廃炉は、世界の理解なくして進めることは難しい。このため、福島第一原子力発電所の事故に関する調査研究及び廃炉を進める中で得られた知見等を国際社会に積極的かつ戦略的に還元していくことで、信頼を構築できるように努めていくことが重要である。また、事故を起こした我が国の責務として、政府をはじめとした国内関係機関が、廃炉に関する透明性高く正確な情報発信を継続することが課題であり、今後とも戦略的に取り組んでいくべきである。

6.3 地域共生

6.3.1 地域共生の意義と現状

6.3.1.1 基本的な考え方

福島第一原子力発電所の廃炉における大原則は復興との両立（「復興と廃炉の両立」）である。避難指示が解除された地域において、住民の帰還や事業活動の再開はもとより、域外からの移住・定住や新たな投資の促進等、復興への歩みが徐々に進んでいる中にあっては、より一層の周辺環境へのリスク低減や安全確保を最優先としつつ、地域からの信頼を獲得するため、地域とのコミュニケーションを強化するとともに地域との共生を進めていくことが必要である。廃炉に対する不安感や不信感によって、廃炉が住民の帰還や移住・定住等の復興の動きの妨げになることは決してあってはならない。

そのため、一方的な情報発信ではなく、地域住民の不安や疑問に真摯に耳を傾け、双方向のコミュニケーションを通じて、地域住民が廃炉について理解を深め、その不安を取り除いていくことが重要である。

また、長期にわたる廃炉を貫徹するためには、地元企業を中心とした企業の継続的な協力が不可欠である。それと同時に、地元企業が廃炉事業に参画することで、この地で廃炉関連産業が活性化し、雇用や技術が生まれるのみならず、他の地域や産業への成果の広がりにつながることから、福島の復興に貢献するための重要な柱でもある。

福島第一原子力発電所において、約 3,600～4,900 人の作業員[1]が業務に従事している。なお、地元雇用率[2]は約７割[3]となっている。このように、廃炉事業は地域の方々によって支えられており、引き続き長きにわたる廃炉事業を着実かつ安定的に進めていくためには、こうした地元雇用の観点での貢献も重要である。

このことを踏まえ、「福島イノベーション・コースト構想」の取組とも連携しつつ、廃炉を通じて地域の雇用創出、人材育成、産業・経済基盤の創造等に貢献し、「復興と廃炉の両立」の実現を目指すこととしている。

6.3.1.2 現状における具体的な取組

(1) コミュニケーションの取組

政府においては、「廃炉・汚染水・処理水対策福島評議会」等、主催する会議体における地元関係機関等との意見交換、廃炉の現状をまとめた動画やウェブサイト、パンフレット等による情報発信、地域住民や関係自治体を対象とした説明会・座談会の開催等を行っている。

---

[1] 福島第一原子力発電所において放射線業務従事者登録をしている協力企業と東京電力の社員のうち、2025 年８月までの至近２年間に、実際に発電所構内での作業に従事した各月の平日１日あたりの平均人数。東京電力. 「廃炉・汚染水・処理水対策の概要」（資料２），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 142 回）. 2025 年９月 25 日.

[2] 2025 年８月時点における雇用率。東京電力. 「廃炉・汚染水・処理水対策の概要」（資料２），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 142 回）. 2025 年９月 25 日.

[3] 福島第一原子力発電所構内で廃炉作業に従事した協力企業および東京電力社員のうち住民票を福島県内においている方の割合

ＮＤＦにおいては、国内外の専門家との廃炉に関する最新の知見や技術的成果・課題の共有を目的に国際フォーラムを開催し、地域住民をはじめとした参加者と関係機関等との廃炉に関する率直な意見交換も行っている。なお、意見交換の促進のため、国際フォーラム開催前に地元の方々と対話を行う「ヒアリング活動」を例年実施しており、「生の声」を収集、整理及び編集し、冊子「ぼいすふろむふくしま」にまとめ、国際フォーラムで配布しているほか、政府や地元自治体主催の会議等での廃炉に関する進捗の説明等に努めている。

東京電力においては、政府や福島県主催の会議体における地域代表者等への説明・対話の取組のほか、報道機関向けの定例の会見やレクチャー、自社のウェブサイト、パンフレット等を活用した情報発信を継続的に行っている。また、廃炉の現状を見聞きして、率直な意見を交わすことが共通理解の形成に資することから、視察受入れは非常に有効である。こうした考えの下、福島第一原子力発電所の視察受入れを積極的に行っている（視察者数：2019 年度 18,238 人、2020 年度 4,322 人、2021 年度 6,138 人、2022 年度 14,728 人、2023 年度 18,516 人、2024 年度 20,542 人）。一方、新型コロナウイルス感染症の影響で視察に制限が必要となった等、今後もその必要が生じる可能性があることや、直接視察を行えない方もいることから、東京電力のウェブサイトで 2018 年から福島第一原子力発電所の廃炉現場を巡るバーチャルツアーを公開しており、こうした疑似体験プログラムも活用した積極的な情報発信に取り組んでいる。加えて、原子力発電所事故の経過と廃炉の進捗を学べる場として富岡町に設置している「東京電力廃炉資料館」では、2025 年３月末時点で累計約 18 万人を超える来場者数となっている。2020 年度からは、福島県が双葉町に開所した「東日本大震災・原子力災害伝承館」との連携を図っている。

(2) 廃炉を通じた地域の産業・経済基盤の創造に向けた取組

東京電力は、2020 年３月末に策定した「お約束」に基づき、廃炉産業集積に向けた取組を大きく「①地元企業の参画拡大」、「②地元企業のステップアップサポート」、「③地元での新規産業創出」の３つに整理し、段階的に着手している。また、これらの地域共生の取組を着実に進めるため、東京電力は組織改編を随時実施している。具体的には、2020 年４月に福島第一廃炉推進カンパニー内に地域パートナーシップ推進グループを、2020 年 10 月には福島第一原子力発電所内に地域との共生に取り組む専門部署を設置したほか、社長直轄として浜通り廃炉産業プロジェクト室を設置した。それぞれ役割分担の下、社内外の調整や地元での現場対応、中長期的な方向性の検討等を行っている。

①及び②の取組については、福島イノベーション・コースト構想推進機構及び福島相双復興推進機構と連携し、以下を実施している。

- 廃炉事業への参画希望や興味・関心を持つ地元企業と地元企業への発注を検討している元請企業とのマッチングを支援するための共同相談窓口の設置・運用
- 元請企業と地元企業との廃炉関連産業マッチングの開催
- 元請企業と地元企業との関係構築のための廃炉関連産業交流会の開催
- 地元企業への個別訪問
- 地元企業を対象とした福島第一原子力発電所の視察ツアー　等

廃炉作業における地元企業への発注は、主として元請企業を介した間接的な形により行われることから、元請企業・地元企業双方に対するアプローチが必要となる。このため、人材育成に関する元請企業・地元企業双方へのニーズ調査、複数の大学との共同研究等に着手しているほか、2020 年９月に作成した「中長期発注見通し」の内容を、廃炉作業の進捗に合わせて適宜更新し、元請企業はもとより、地元の商工団体や地元企業に対する説明会を順次実施している。特に、2022 年度からは「中長期発注見通し」に地元企業参画の候補となる具体的な作業を明示する工夫を実施し、地元企業に対して参画の検討に資する情報の共有を行っているほか、元請企業に対する説明会において地元企業参画に対する東京電力の思い・考えを示すこと等により、元請企業の理解促進や、地元企業とのマッチング支援を行っている。

これらの取組により、2020 年７月のマッチングサポート事務局（東京電力、福島イノベーション・コースト構想推進機構及び福島相双復興推進機構で組織）開設以降、2025 年９月末までにおいて、廃炉関連マッチング（成約）件数が累計 1,728 件になる等、着実に成果につながっている。

③の取組については、地元で「開発・設計」から「製造」、「運用」、「保管」、「リサイクル」という一貫した廃炉事業の実施体制を構築するため、これまで海外を含め福島県外に発注していた比較的難度の高い設計や技術開発、高機能な製品の製造等を浜通り地域で完結できるよう、2020 年代に複数の新たな施設の設置・運用を予定している。特に「開発・設計」及び「製造」については、パートナー企業と共同事業体を設立し、地元企業との緊密な連携を図ることで、地域の雇用創出、人材育成、産業・経済基盤の創造等を目指している（2022 年４月 27 日公表）。具体的な取組として、2022 年 10 月、燃料デブリ「取り出し規模の更なる拡大」に必要なシステム・設備の基本設計、必要となる研究開発を行う「東双みらいテクノロジー株式会社」、及び使用済燃料キャスク等、廃炉に向けて必要となる様々な中核製品を製造する「東双みらい製造株式会社」を設立した。

東双みらい製造株式会社では、廃炉関連製品製造の手始めとして福島第二原子力発電所で使用する金属キャスクを製造・納入する計画としている。浜通り・県内を中心とした採用活動、地元企業の協力による浜通り工場（楢葉町）の建設（2027 年度竣工予定）、部品加工・設備の製作などの製造サプライチェーン構築に向けた県内企業説明会の開催等、関係機関と連携を図りながら本格製造開始に向けた諸準備を進めている。

6.3.2 主な課題と戦略

6.3.2.1 コミュニケーションに関する課題と戦略

廃炉に関する誤解や懸念、風評の発生は、廃炉に対する地域はもとより社会全体の評価・信頼を失墜させ、廃炉の遅れのみならず福島の復興への妨げにつながることから、東京電力は、様々な手段を講じて廃炉の現状を正確かつ分かりやすく速やかに発信する取組を継続していく必要がある。このため、引き続き視察や座談会といった直接対面する取組に加え、バーチャルツアーのような疑似体験プログラムやオンライン会議システムといったツールの積極的な活用、写真・動画コンテンツの一層の充実を図る等、非対面・非接触でも可能なコミュニケーションも活用していくべきである。

また、政府、ＮＤＦ及び東京電力が適切に連携し、情報提供をより一層丁寧に行い、地域との信頼構築に努めることも課題となる。このため、座談会の開催や地域の会議体・行事へ参加する等、機会を捉えた地域住民との直接対話や関係機関等との連携を積極的に図っていくとともに、国際フォーラム等のイベントを通じ、不安や疑問に真摯に耳を傾ける等、対話による双方向のコミュニケーションを図り、正確な情報を分かりやすく丁寧に伝えていくことがより求められる。

そのため、ＮＤＦは、原子力被災 12 市町村をはじめとする福島県内において、廃炉の進捗状況について地域住民にお伝えするとともに、不安や疑問に真摯に耳を傾ける双方向のコミュニケーションによる対話会に取り組んでおり、2025 年においても引き続き実施していく（開催実績：2024 年６月 13 市町村[4]、2024 年 11 月～12 月 16 市町村[5]、2025 年５月～12 月 16 市町村[6]各２回予定）。また、東京電力においても、地域との対話による双方向のコミュニケーションや福島第一原子力発電所視察・座談会を実施しており、2025 年度においてもこれらの取組を継続していく必要がある。こうした機会を捉え、地域や東京電力、政府、ＮＤＦ、関係機関等が、様々な状況変化の中で、共に知見を深めてくべきである。

また、政府においては、ＡＬＰＳ処理水の処分に関して、「ＡＬＰＳ処理水の処分に関する基本方針の実施状況と今後の対策の方向性について」（2024 年８月 30 日策定）等に基づき、科学的根拠に基づく安全性を発信する等、風評を生じさせない対策や、漁業者の設備投資や販路拡大に対する支援、基金や賠償等のセーフティネットの充実を行うことで風評に打ち勝つための対策を実施している。

東京電力においては、「多核種除去設備等処理水の海洋放出の開始について」（2023 年８月 22 日公表）に基づき、「処理水ポータルサイト」による情報発信や関係機関による安全確認等を通じた風評影響の抑制に向けて取り組んでいる。2024 年８月 19 日には燃料デブリに関する情報を分かりやすく伝えることを目的に「燃料デブリポータルサイト」を開設した。引き続き、地元等の理解醸成に最大限取り組み、信頼を積み重ねるべきである。

6.3.2.2 廃炉を通じた地域の産業・経済基盤の創出に関する課題と戦略

6.3.1.2(2)で示したように、東京電力は、「お約束」の実現に向けた様々な取組を進めているが、これらはすぐに目に見える成果が出るものではなく、一定の期間を要する。「③地元での新規産業創出」の取組である 2020 年代の複数の新たな施設を設置・運用、及びパートナー企業と共同企業の設立については、比較的大規模な投資であり、浜通り地域への大きな経済効果が見込まれることから、着実に取組の推進・強化を行っていくことが求められる。一方、特に高機能製品の製造については高度な技術を要することから、地元企業の技術力の向上を図る等、地元企業の積極的な参画につなげられるかが課題となる。よって、当面は「①地元企業の参画拡大」「②地元企業のステップアップサポート」といった現状の取組もしっかりと継続・強化するとともに、新たな廃炉関連施設の立地場所や規模、建設・運用までのスケジュール、雇用・協業・発注における地元

[4] いわき市、田村市、南相馬市、川俣町、広野町、楢葉町、富岡町、川内村、大熊町、双葉町、浪江町、葛尾村、飯舘村。
[5] 脚注４に福島市、会津若松市、郡山市を加えた市町村。
[6] 脚注４に福島市、会津若松市、郡山市を加えた市町村。

との関わりなど諸々の検討状況について、地元の自治体、商工団体及び関係機関に丁寧に説明し、理解・協力を得ながら取組を進めていくべきである。

また、前述のとおり、廃炉作業における地元企業への発注は、主として元請企業を介した間接的な形により行われることから、地元企業の参画拡大に当たっては元請企業各社による理解・協力が欠かせない。これまでも元請企業は福島復興に貢献すべく地元企業参画に注力しているが、東京電力及びＮＤＦをはじめとする関係機関が、そうした取組状況や、元請企業の視点から見た課題・意見を把握し、共有して一緒に議論していくことで、元請企業が今後更に地元企業の参画を得やすくなるような環境整備を行っていくべきである。そのため、経済産業省、福島県、福島イノベーション・コースト構想推進機構、福島相双復興推進機構、東京電力及びＮＤＦが中心となり、元請企業も参加いただく形で、福島廃炉等地域共生協議会（以下「協議会」という。）の初会合を 2025 年１月に開催した。協議会は「復興と廃炉の両立」の大原則の下、地元企業の参画の拡大を図るため、官民双方の取組の共有、意見交換、必要な対策等の議論を行い、官民が連携した体制構築を目指していく。

地元企業の中には、必ずしも元請となることを希望しておらず、まずは下請けとして参入して技術や経験を得ることを望む声もある。こうした地元企業の意向やニーズを適切に把握した上で、東京電力と元請企業が連携して発注・契約を含めた様々な取組を具体的に検討し、試行的に実施することも重要である。例えば、元請企業による技術指導を含めた地元企業への発注や人材育成に関し一定の成果があった場合には、複数年契約や優先発注のような契約上のインセンティブを元請企業に付与する仕組みを構築する等、両者にメリットが生じるような手法を取り入れることで、地元企業の受注促進に寄与するものと考えられる。引き続き、地元企業が参画しやすくなる取組や、地元企業が継続した一定規模の発注を見通すことができる取組を検討する等、今後長期にわたる廃炉作業を地元福島と共に進めていくという姿勢を示していくべきである。

あわせて、人材育成の取組に関しては、2018 年に発足し、これまで放射線防護教育、低圧電気取扱等の特定事項に関する特別教育等を実施してきている福島原子力企業協議会の福島廃炉技術者研修センターを活用し、地元企業向けに特化した研修を拡充させることが課題である。こうした様々な取組を状況の変化に適宜対応しながら着実に進め、廃炉事業を通じた地元産業・経済の基盤づくりと地元企業・人材の育成を図っていくべきである。

さらに、廃炉に関する研究開発はもとより、域外企業の進出や地元企業への技術指導等が今後進んでくると、域外から来訪・滞在する技術者や研究者の増加が見込まれる。そうした外部人材が地域社会に溶け込み、その一員として活躍することができるよう、必要な環境整備や支援体制の構築が課題である。特に環境整備については、単身はもとより家族ぐるみで安心して生活できるよう、日常生活や教育等の機能を幅広く考慮する必要がある。こうした課題に対応するため、福島県が住民の帰還促進に加え、広域的な移住・定住を促進することで避難地域の復興を加速化させるため、主に県外から 12 市町村への移住・定住を支援する「ふくしま 12 市町村移住支援センター」を開設し、全国の移住に関心を持つ層への情報発信や 12 市町村への移住希望者に対する各種支援等を行っている。東京電力は、こうした地元の取組との連携・協力の可能性を検討していくべきである。

これらの地域共生の取組を着実に進めるには、東京電力社内における各部署間の緊密な連携が不可欠である。6.3.1.2(2)で示した、東京電力が組織改編により地域共生の専門部署を順次設置し、

廃炉を通じた地元の産業振興に向けた取組が少しずつではあるが前に進んでおり、地元からも一定の評価を得つつある。この流れを絶やさず着実に進めつつ、更なる地元の産業振興に向け、必要に応じて社内の取組を強化していくべきである。

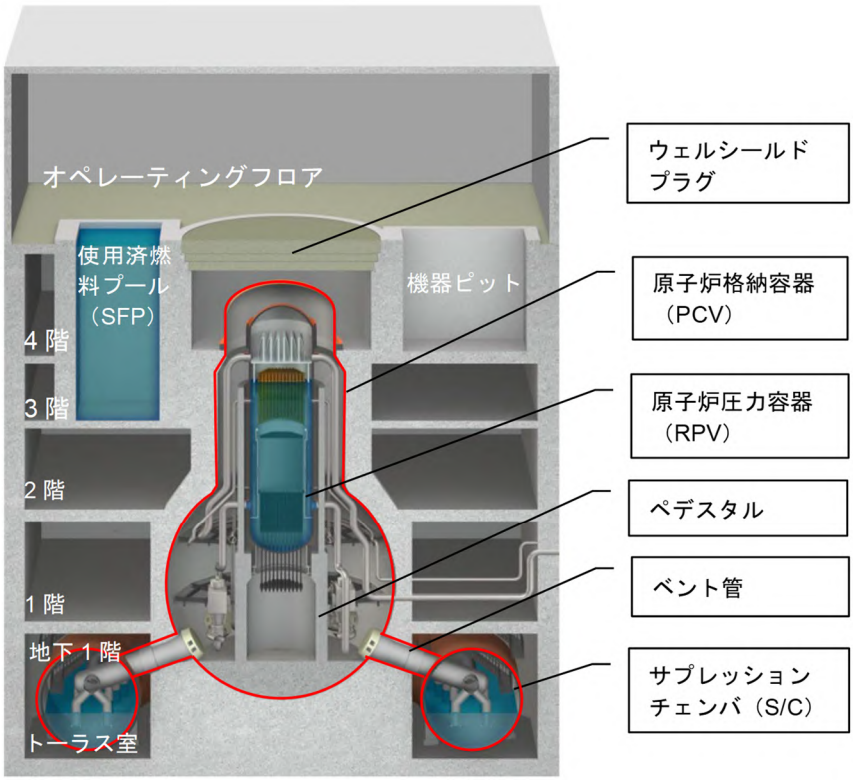
さらに、福島県をはじめとする地元自治体、共同相談窓口の運用やマッチング会の共催等を行っている福島イノベーション・コースト構想推進機構、福島相双復興推進機構をはじめとする地元関係機関との連携・協働をより一層強化していく必要がある。ＮＤＦは、東京電力の地域共生に関する取組を適切に支援するとともに、協議会等の機会を通した地元自治体、関係機関等との連携・協働の強化に努めていく。

付録：略語・用語集

略　語	正　式　名　称
ＡＬＡＲＡ	As Low As Reasonably Achievable：全ての被ばくは社会的、経済的要因を考慮に入れながら合理的に実行可能な限り低く抑えるべきである、という被ばく管理の基本精神
ＡＬＰＳ処理水	多核種除去設備（ALPS：Advanced Liquid Processing System）等を使って「汚染水」からトリチウム以外の放射性物質を規制基準以下まで取り除いたもの
ＡＷＪ	Abrasive Water Jet（アブレシブウォータジェット）
ＣＲＤ	Control Rod Drive：制御棒駆動機構
ＤＯＥ	United States Department of Energy：米国エネルギー省
ＤＱＯプロセス	Data Quality Objectives プロセス:米国環境保護庁により開発された、意思決定のために分析試料のサンプリングを計画する方法
ＦＰ	Fission Products：核分裂生成物
Ｆ－ＲＥＩ	Fukushima Institute for Research, Education and Innovation：福島国際研究教育機構
ＦＡＣＥ	ＯＥＣＤ／ＮＥＡの福島第一原子力発電所事故の情報収集と評価に関するプロジェクト
ＨＩＣ	High Integrity Container：高性能容器
ＨＴＩ	高温焼却炉建屋
ＩＡＥＡ	International Atomic Energy Agency：国際原子力機関
ＩＬＣ	Interlaboratory Comparison：分析機関間比較
ＩＲＩＤ	International Research Institute for Nuclear Decommissioning：国際廃炉研究開発機構
ＪＡＥＡ	Japan Atomic Energy Agency：日本原子力研究開発機構
ＪＡＥＡ／ＣＬＡＤＳ	JAEA Collaborative Laboratories for Advanced Decommissioning Science：JAEA 福島研究開発部門福島研究開発拠点 廃炉環境国際共同研究センター
ＭＡＤＡ評価	多属性効用分析手法
ＮＲＡ	Nuclear Regulation Authority：原子力規制委員会
ＮＤＡ	Nuclear Decommissioning Authority：英国原子力廃止措置機関
ＮＤＣ	MHI：原子力研究開発株式会社
ＮＤＦ	Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation：原子力損害賠償・廃炉等支援機構
ＮＦＤ	Nippon Nuclear Fuel Development Co.,Ltd：日本核燃料開発株式会社
ＯＥＣＤ／ＮＥＡ	OECD Nuclear Energy Agency：経済協力開発機構/原子力機関
ＯＲＢＳ	Overarching Radiation-monitoring data Browsing System in the coastal ocean of Japan：包括的海域モニタリング閲覧システム

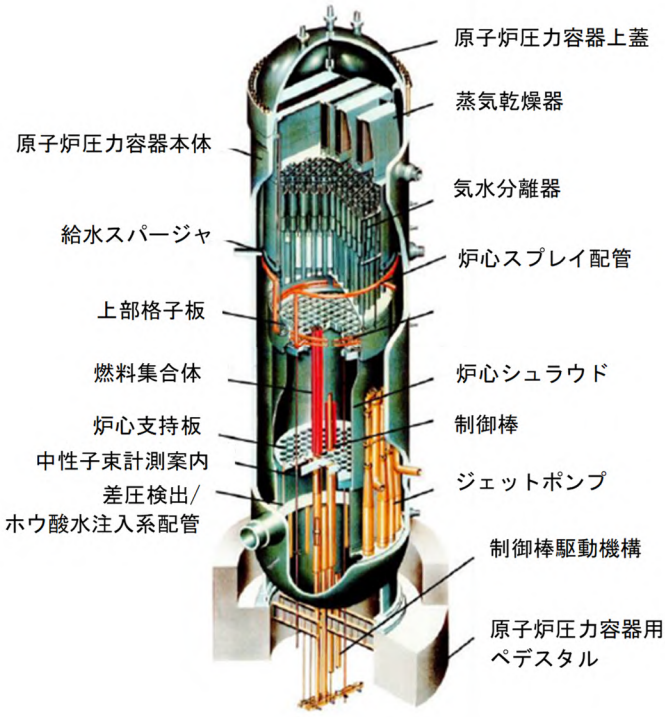
略　語	正　式　名　称
ＰＣＶ	Primary Containment Vessel：原子炉格納容器
ＰＭＢ	プロセス主建屋
ＲＯＶ	Remotely Operated Vehicle
ＲＰＶ	Reactor Pressure Vessel：原子炉圧力容器
Ｓ／Ｃ	Suppression Chamber：サプレッションチェンバ
ＳＥＤ	Safety and Environmental Detriment：英国原子力廃止措置機関が開発したリスクレベルを表現する手法
ＳＦＰ	Spent Fuel Pool：使用済燃料プール
ＳＧＴＳ	Standby Gas Treatment System：非常用ガス処理系
ＴＭＩ－２	Three Mile Island Nuclear Power Plant Unit 2：米国スリーマイルアイランド原子力発電所２号機
ペネ	ＰＣＶ貫通部ペネトレーション
英知事業	英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業
オペフロ	オペレーティングフロア
お約束	復興と廃炉の両立に向けた福島の皆さまへのお約束
柏崎刈羽	東京電力ホールディングス㈱柏崎刈羽原子力発電所
技術戦略プラン	東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン
技術的見通し	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
工法小委	燃料デブリ取り出し工法評価小委員会
国際フォーラム	福島第一廃炉国際フォーラム
事故分析検討会	東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会
水中ＲＯＶ	潜水機能付ボート型アクセス調査装置（ROV：Remotely Operated Vehicle）
中長期ロードマップ	東京電力ホールディングス㈱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
東京電力	東京電力ホールディングス㈱
取戻し計画	廃炉等積立金の取戻しに関する計画
非破壊計測	サンプルから放出、散乱、又は透過した放射線、量子等を利用して、サンプルを破壊せずに核燃料や放射能の量等を評価する手法
福島第一原子力発電所	東京電力ホールディングス㈱福島第一原子力発電所
ミュオン測定（ミュオンによる燃料デブリ検知技術）	宇宙や大気から降り注ぐミュー粒子（ミュオン）が物質を通り抜ける際に、密度の違いにより粒子の数や軌跡が変化する特性を利用して燃料の位置や形状を把握する技術
リスク低減目標マップ	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

用　語	説　明
インベントリ	リスク源に含まれる放射性物質の量（放射能、放射性物質の濃度または放射性物質が有する毒性）
ウェルプラグ（シールドプラグ）	原子炉格納容器の上部にある遮へい用のコンクリート製上蓋（運転中は原子炉建屋最上階の床面となっている。）
エンジニアリング	技術要素を現場に適用するための設計等の作業
キャスク	使用済燃料の輸送や貯蔵に用いられる専用の容器
サブドレン	建屋近傍の井戸
除染装置スラッジ	汚染水を処理するため 2011 年６月～９月にかけて運転していた除染装置（ＡＲＥＶＡ）により発生した高濃度の放射性物質を含むスラッジ
スプレイカーテン	ダストを封じ込めて、沈降を促すための散水
スラッジ	泥状物質、汚泥
スラリー	液体中に鉱物や汚泥等が混ざった液状の懸濁物
ゼオライト	セシウム等の放射性物質を回収するために用いる吸着材
トーラス室	非常用炉心冷却系の水源として用いる水を擁する大きなドーナツ状の圧力抑制室を収納する部屋
燃料デブリ	原子炉冷却材の喪失等により核燃料が炉内構造物の一部と溶融した後に再度固化した状態
バイオアッセイ法	被ばく量の推定ため、排泄物など人体からの試料を分析することにより、体内に摂取された放射性核種の種類と量を評価する方法
フェーシング	発電所構内の地表面をアスファルト等で覆うこと
プラットフォーム	ペデスタル内側で原子炉圧力容器の下に設置された作業用の足場
フランジ型タンク	ボルト締めによる組み立て式のタンク
ペデスタル	原子炉本体を支える基礎
マニピュレータ	燃料デブリ取り出しのサポートを行うロボットアーム
モックアップ	実物とほぼ同様に似せて作られた模型



〔資料：ＩＲＩＤ〕

付図１ 原子炉建屋内構造図



〔資料：ＩＲＩＤ〕

付図２ 原子炉圧力容器（ＲＰＶ）内構造図

添付資料

目次

添付資料 1-1 中長期ロードマップの改訂とこれまで公表した技術戦略プランについて..... 181
添付資料 1-2 福島第一原子力発電所の廃炉に係るこれまでの主な実績..... 183
添付資料 2-1 これまでに実施した主なリスク低減対策と今後の計画..... 189
添付資料 2-2 ＳＥＤ指標の概要..... 195
添付資料 2-3 主要なリスク源として明示的に取り扱っていないリスク源 201
添付資料 2-4 リスクの時間変化..... 203
添付資料 3.1-1 燃料デブリ取り出しの対象となる燃料デブリについて..... 204
添付資料 3.1-2 これまでの工法検討の変遷 206
添付資料 3.1-3 ＰＣＶ・建屋等の構造健全性の確保に関する課題..... 216
添付資料 3.1-4 事故分析（事故時の発生事象等の明確化）活動の継続（最近の活動の進捗） 220
添付資料 3.2-1 固体廃棄物管理に関する用語..... 231
添付資料 3.2-2 放射性廃棄物処分について 232
添付資料 3.2-3 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画の全体イメージ..... 236
添付資料 3.2-4 固体廃棄物毎の各分野における技術の開発・検討状況..... 238
添付資料 3.3-1 ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に向けたこれまでの取組 239
添付資料 4-1 分析に係る関係機関個別の実行計画..... 247
添付資料 5-1 研究開発中長期計画 249
添付資料 5-2 廃炉・汚染水・処理水対策事業における研究開発のこれまでの取組..... 251
添付資料 5-3 現在取り組んでいる研究開発..... 256
添付資料 5-4 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業（英知事業）選定課題 259
添付資料 6.1-1 協働契約発展の歴史と国際的に使用されている標準約款について（豆知識） 268
添付資料 6.2-1 国際連携の強化に係る主な活動実績..... 274

添付資料1-1 中長期ロードマップの改訂とこれまで公表した技術戦略プランについて

【中長期ロードマップ　初版（2011 年 12 月 21 日）】

- 事故発生後に政府及び東京電力で取りまとめた「東京電力福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋　当面のロードマップ」におけるステップ２が完了したことに伴い、確実に安定状態を維持するための取組、使用済燃料プールからの燃料取り出しや燃料デブリの取り出し等の中長期に亘って進めるべき必要な措置を、東京電力、資源エネルギー庁、原子力安全・保安院の３者にて取りまとめ、政府・東京電力中長期対策会議で決定
- 中長期の取組の実施に向けた基本原則の提示や、廃止措置終了までの期間を使用済燃料取り出し開始までの期間（第１期）、第１期終了後から燃料デブリ取り出し開始までの期間（第２期）、第２期終了後から廃止措置終了までの期間（第３期）に区分した上で時期的目標を設定

【中長期ロードマップ　改訂第１版（2012 年７月 30 日）】

- ステップ２以降に東京電力が策定した「中期的な信頼性向上のために優先的に取り組むべき事項についての具体的な計画」の反映や、作業の進捗状況に応じた目標の明確化

【中長期ロードマップ　改訂第２版（2013 年６月 27 日）】

- 使用済燃料プールからの燃料取り出し、燃料デブリ取り出しについて号機ごとの状況を踏まえたスケジュールの検討（複数プランの提示）及びこれを踏まえた研究開発計画の見直し

【技術戦略プラン 2015（2015 年４月 30 日）】

- 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観点から、中長期ロードマップにしっかりとした技術的根拠を与えるために初版となる技術戦略プランを公表
（ＮＤＦは 2014 年８月 18 日に既存の原子力損害賠償支援機構を改組する形で発足）
- 福島第一原子力発電所の廃炉を「過酷事故により顕在化した放射性物質によるリスクから人と環境を守るための継続的なリスク低減活動」と位置付け、リスク低減のための５つの基本的考え方（安全、確実、合理的、迅速、現場指向）を提示
- 燃料デブリ取り出し分野について、冠水－上アクセス工法・気中－上アクセス工法・気中－横アクセス工法を重点的に検討する工法と位置付け、実現可能性のあるシナリオを検討
- 廃棄物対策分野について、処分の安全確保や処理の在り方の基本的考え方を踏まえ、中長期的観点から保管・管理等の方針を検討

【中長期ロードマップ　改訂第３版（2015 年６月 12 日）】

- リスク低減を重視し、長期的にリスクが確実に下がるように取組の優先順位付けを実施
- 燃料デブリ取り出し方針の決定（２年後を目処）、建屋内滞留水中の放射性物質の量を半減（2018 年度）等、数年間の目標の具体化

【技術戦略プラン 2016（2016 年７月 13 日）】

- 技術戦略プラン 2015 公表からの廃炉の進捗状況を踏まえつつ、中長期ロードマップで規定された 2017 年夏頃の「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」、2017 年度の「放射性廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方のとりまとめ」等の目標工程に向けて、技術戦略プラン 2015 の考え方や取組の方向性に従って具体的な考え方や方法を展開

【技術戦略プラン 2017（2017 年８月 31 日）】

- 燃料デブリ取り出しの重点３工法について実現性評価等を行い、燃料デブリ取り出し方針の決定に向けた提言と予備エンジニアリング等方針決定以降の取組を戦略的提案として提言
- 固体廃棄物の処理・処分に関する基本的考え方の取りまとめに向けた提言

【中長期ロードマップ　改訂第４版（2017 年９月 26 日）】

- ＮＤＦの技術提言を踏まえ、燃料デブリ取り出し方針と当面の取組を決定
- 固体廃棄物の処理・処分に関する基本的考え方の取りまとめ
- 個別作業を具体化するに当たり、「廃炉作業全体の最適化」の視点

【技術戦略プラン 2018（2018 年 10 月２日）】

- 汚染水対策及び使用済燃料プールからの燃料取り出し等も含めた構成とし、福島第一原子力発電所廃炉の取組全体を俯瞰した中長期的視点での方向性を提示

【技術戦略プラン 2019（2019 年９月９日）】

- 初号機の燃料デブリ取り出し方法を確定するための戦略的提案を提示するとともに、廃棄物対策等も含め、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

【中長期ロードマップ　改訂第５版（2019 年 12 月 27 日）】

- 燃料デブリを取り出す初号機と、その取り出し方法を確定
- １、２号機のプール内燃料の取り出しに係る工法を変更
- １日当たりの汚染水発生量について、2020 年内に 150m^3 まで低減させる目標は堅持。加えて、2025 年内に 100m^3 まで低減させる新たな目標を設定

【技術戦略プラン 2020（2020 年 10 月６日）】

- 廃炉中長期実行プランが策定されたこと、規模の更なる拡大に向けた燃料デブリ取り出し方法の検討に必要な要求事項の抽出、廃炉作業における安全確保の考え方の明確化、研究開発の重要性の高まりを受けた管理体制の強化等を特徴的に記載

【技術戦略プラン 2021（2021 年 10 月 29 日）】

- 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提示するとともに、新型コロナウイルス感染症の影響を最小限にするための「試験的取り出し」に向けた課題、「取り出し規模の更なる拡大」の工法選定に向けた論点整理、ＡＬＰＳ処理水に係る取組等を記載

【技術戦略プラン 2022（2022 年 10 月 11 日）】

- ２号機の「試験的取り出し」に向けた準備状況、「取り出し規模の更なる拡大」に向けた工法検討として俎上に上がった工法の例（気中工法、冠水工法）の概要と課題、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に向けた取組状況、廃炉の推進に向けた分析戦略等を記載

【技術戦略プラン 2023（2023 年 10 月 18 日）】

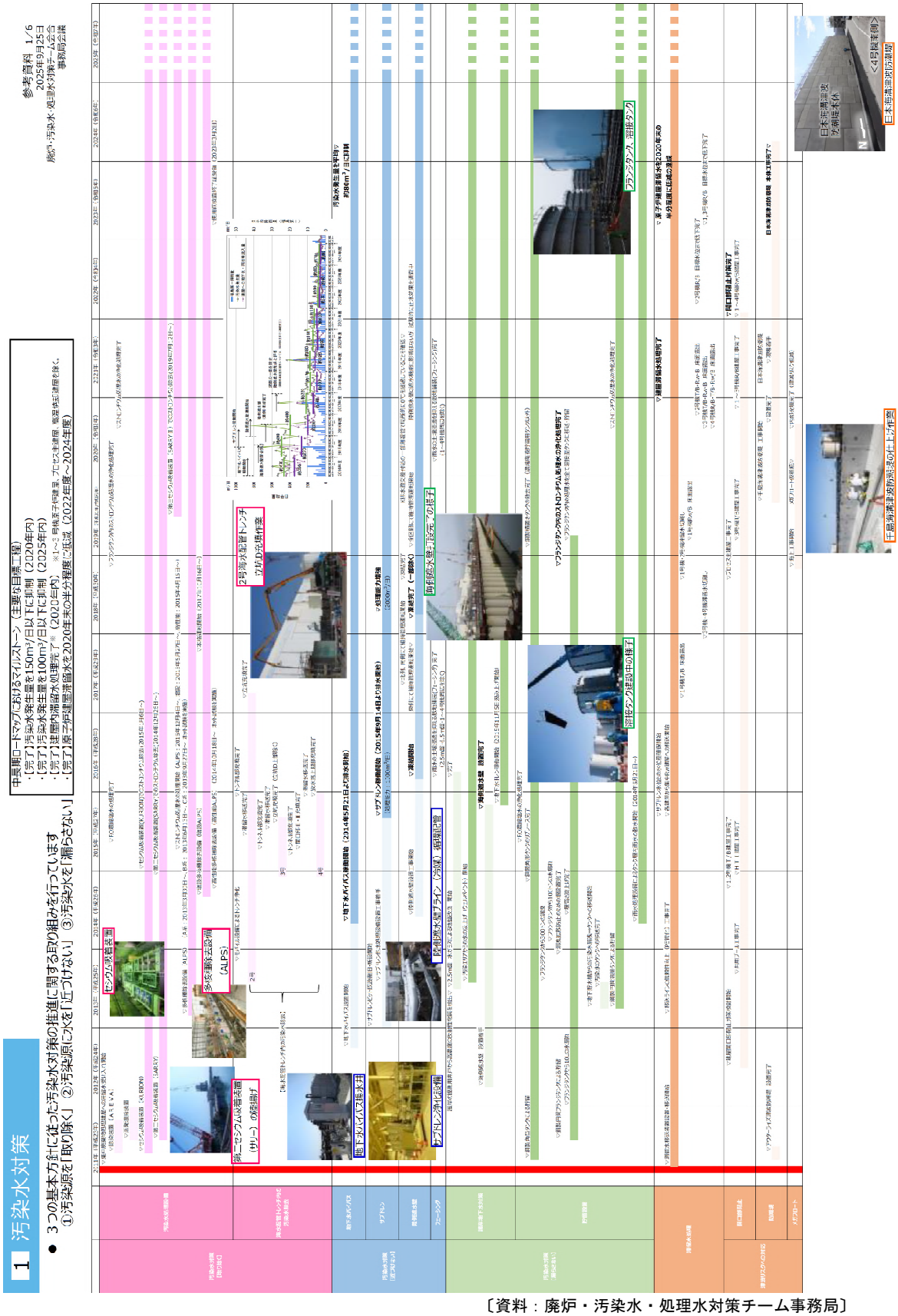
- １号機のペデスタルの健全性に関する調査及び評価、２号機の「試験的取り出し」に係る準備、３号機燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」の工法選定に係る検討、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出、分析体制の強化等を記載

【技術戦略プラン 2024（2024 年９月 27 日）】

- 中長期ロードマップの第３期において議論すべき課題、１号機のドローン等による内部調査の実施結果、２号機の「試験的取り出し」に係る準備・実施状況、３号機の燃料デブリの「取り出し規模の更なる拡大」の工法選定に係る検討結果及び対応状況、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出・第三者分析の実施状況等を記載

〔資料：ＮＤＦ〕

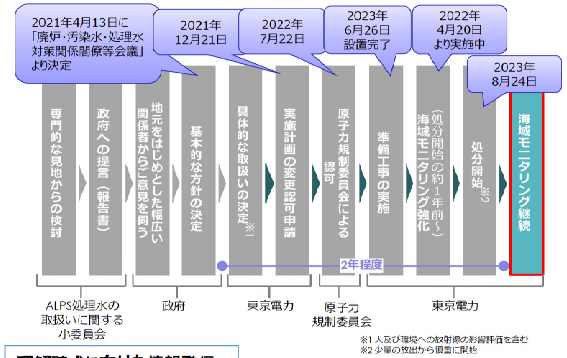
添付資料1-2 福島第一原子力発電所の廃炉に係るこれまでの主な実績[1]

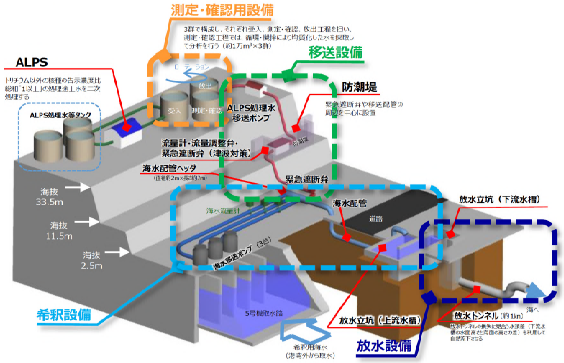

1 汚染水対策
● 3つの基本方針に従った汚染水対策の推進に関する取組みを行っています
①汚染源を「取り除く」 ②汚染源に水を「近づけない」 ③汚染水を「漏らさない」
中長期ロードマップにおけるマイルストーン（注要な目標二項）
・【完了】汚染水発生量を150m³/日以下に抑制（2020年内）
・【完了】汚染水発生量を100m³/日以下に抑制（2025年内）
・【完了】建屋内滞留水処理完了※（2020年内） ※1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋、廃棄物処理建屋を除く。
・【完了】原子炉建屋滞留水を2020年末の半分程度に低減（2022年度～2024年度）
参考資料 1/6
2025年9月25日
廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合
事務局会議
凍土壁
陸側遮水壁
<4号機海側>
日本原燃 使用済燃料貯蔵施設
<1～3号機海側>
千島海溝津波防潮堤の仕上げ作業
フランジタンク、溶接タンク
2号等の建屋トレンチ
立坑の充填作業
建屋滞留水の処理完了
多核種除去設備（ALPS）
第二セシウム吸着装置（サリー）の設置開始
第一セシウム吸着装置（KURION）
セシウム吸着装置（SARRY）
地下水バイパス揚水開始
サブドレン他水処理開始
陸側遮水壁「フェーシング（舗装）」開始
溶接タンク建設中の様子
廃棄物処理建屋
廃棄物処理建屋
廃棄物処理建屋

2 多核種除去設備等処理水の処分

2021年4月13日、「廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議」が開催され、多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針が決定されました。これを踏まえて、4月16日に東京電力の対応について公表しました。

ALPS処理水の海洋放出に当たっては、安全に関する基準等を遵守し、人及び周辺環境、農林水産品の安全を確保してまいります。また、風評影響を最大限抑制するべく、強化したモニタリングの実施、第三者による客観性・透明性の確保、IAEAによる安全性確認などに継続的に取り組むとともに、正確な情報を透明性高く、発信していきます。





理解醸成に向けた情報発信・コミュニケーション

■ 様々な媒体を通じた廃炉に関するコミュニケーションや発電所視察により理解を深めて頂くよう取り組みを実施します。



■ 当社ホームページ内の特設サイト「処理水ポータルサイト」（日・英・中・韓）にて、放射性物質モニタリング結果等もタイムリーに公開



座談会（対話）の様子

■ 福島第一原子力発電所の視察・座談会を2019年度から、浜通りの13市町村を対象に開催。2021年度以降は福島県内に拡大して実施



■ 訪問説明や説明会等のさまざまな機会を通じ、関係者のご意見をお伺いし、その想いを真摯に受け止めながら、当社の取組や考え、風評対策等をお伝えするコミュニケーションを継続

ALPS処理水の取扱いに関する検討



大型休憩所から見たタンクエリア（2015年10月29日）

トリチウム水タスクフォース（2013/12～2016/5、15回）

2016/6 トリチウム水タスクフォース報告書

多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会（2016/11～2020/1、17回）

2018/8 説明・公聴会、意見募集

2020/2 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書

2021/4/13 多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針決定

2021/4/16 東京電力の対応について公表

多核種除去設備等処理水の取扱いに係る関係者の御意見を伺う場（2020/4～2020/10、7回）

2021/12/21 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請書」の申請

2021/12/28 「ALPS処理水の処分に関する基本方針の着実な実行に向けた行動計画」の策定

多核種除去設備等処理水の処分に係る実施計画に関する審査会合（2021/7～2022/4、15回）

2022/4/28、5/13、7/15 実施計画変更認可申請書 一部補正の申請

2022/7/22 実施計画変更認可申請書 認可

2022/8/4 工事着工

2022/8/30 「福島第一原子力発電所におけるALPS処理水の処分に伴う対策の強化・追充の考え方」とりまとめ

2022/11/14 実施計画変更認可申請書の申請（組織体制、測定・評価対象核種の改定等）

2023/2/14,20 実施計画変更認可申請書の申請（組織体制、測定・評価対象核種の選定等）

2023/5/10 認可

2023/6/26 設置工事完了

2023/7/7 使用前検査終了証受領

2023/8/24 放出開始

2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023

●ALPS処理水海洋放出の状況

2023年8月24日よりALPS処理水の海洋放出を開始し、9月11日に初回の放出を完了しました。現在までに、以下のとおり実施しています。

放出期間中、国、福島県、東京電力が実施している海域モニタリングにおいても、異常は認められていません。

＜2025年度の実績＞

放出したタンク群	A群
トリチウム濃度	37万ベクレル/ℓ以
放出開始	2025年4月10日
放出終了	2025年4月28日
放出量	7,853m^3
トリチウム総量	約2.9兆ベクレル

●海洋生物の飼育試験

計画していた海洋生物の飼育試験を全て完了した。飼育試験で確認したことは以下のとおり。

・「通常海水」と「海水で希釈したALPS処理水」の双方の環境下で海洋生物の飼育試験を実施し、飼育状況等のデータにより生育状況の比較を行い、生育状況に差がないことを確認した。

・過去の知見と同様に「生体内でのトリチウムは濃縮されず、生体内のトリチウム濃度が生育環境以上の濃度にならないこと」を確認した。

・通常海水で飼育を行っていたヒラメおよびアワビについて、「環境中に放出された水」を使い飼育を開始したが、その前後でヒラメおよびアワビの生育状況に著しい変化はないことを確認した。約半年間の環境中に放出された水を使った飼育において、ヒラメ、アワビは変わりなく生育していることを確認した。

●国際原子力機関（IAEA）の安全性レビュー包括報告書



ALPS処理水の取扱いに係る安全性レビューを総括する報告書が2023年7月4日、IAEAから公表されました。

同報告書の要旨では、①日本のALPS処理水に係る活動は関連する国際的な安全基準に整合的であること、②ALPS処理水の海洋放出が人及び環境に与える放射線の影響は無視できるものであること が結論付けられています。

今後とも、IAEAに対する必要な情報共有を継続するとともにALPS処理水の海洋放出について、国際社会の一層の理解を醸成していくことに努めます。

https://www.iaea.org/topics/response/fukushima-daiichi-alps-treated-water-discharge-comprehensive-reports

［資料：廃炉・汚染水・処理水対策チーム事務局］

3 使用済燃料プールからの燃料の取り出し作業

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）
- ・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）

凡例：がれき撤去　等 ／ 燃料取り出し設備の設置 ／ 燃料取り出し ／ 燃料の保管搬出

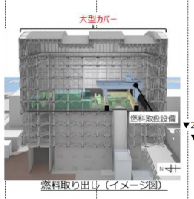
1号機

1号機は、建屋全体を覆う大型カバーを設置し、
大型カバーの中で、ガレキ撤去を行う計画です。

<参考>これまでの経緯
2018年1月よりオペフロ上部にガレキ撤去を開始し、順次進めている。2019年7月、8月には正面の位置からずれが生じているウェルプラグの調査、8月、9月には天井クレーン※大型カバー設置を踏まえ、これらの調査結果を踏まえ、ダスト飛散に留意した慎重な作業が求められる事から、ガレキ撤去後に燃料取り出し用カバーを設置する工法と、ガレキ撤去前に大型カバーを設置し、カバー内でガレキ撤去を行う工法の2案の検討を進めてきた。

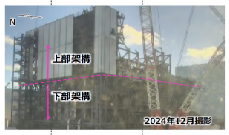


ガレキ撤去（イメージ図）



燃料取り出し（イメージ図）

▼2017.12 建屋カバー解体 防風フェンス設置完了
▼2018.1～2020.2 原子炉建屋上部ガレキ撤去作業
▼2018.9～12 Xブレース撤去作業
▼2020.3～6 使用済み燃料プール養生設置
▼2020.9～11 ガレキ落下防止・緩和対策
▼2020.11～2021.5 飛散カバー解体
▼2021.8 大型カバー準備工事開始
▼2022.4 大型カバー設置工事開始



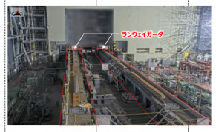
1号機原子炉建屋への大型カバー設置に当り、東面外壁で高線量箇所が確認されたため、遮ぺい低減対策として、高線量箇所に対する遮へいの設置を実施。
大型カバーの設置は、南面で確認されたホットスポットの除染（2023年12月公表）等を踏まえ、2025年度後半の完了を目指してきた。
下部梁構を設置し、オペフロからの線量影響を詳細に確認できるようになり、より安全に作業を進めるため必要な遮へい対策が新たに必要となったことに加え、降雨等により作業中止を伺われた日数が多かったこと、作業に用いるクレーンの不具合等による工程遅延が発生している。
今後も同事象による工程遅延が発生する可能性に加え、夏季の猛暑による作業時間の短縮等を想定する必要があることを踏まえ、大型カバー設置完了の見通しについては、2025年度後半から2025年度末に変更する。
中長期ロードマップでのマイルストーンである、2027年度から2028年度としている：号機燃料プールからの燃料取り出し着手の時期については、ガレキ撤去後の作業において、作業手順の見直し等により、今後の工程短縮が可能であると考えるが、現時点での見直しは行わない。

2号機

2号機は、使用済燃料取り出しに向け、
建屋南側に「燃料取り出し用構台（構台・前室）」
の建設を行います。

<参考>これまでの経緯
当初、既設天井クレーン・燃料交換機の復旧を検討していたが、オペフロ内の線量が高いことから、2013年11月に建屋上部解体が必要と判断。2018年1月～2019年2月のオペフロ内調査の結果、限定的な作業であれば、実施できる見通しが得られたことから、建屋南側からアクセスする二法の検討を進めてきた。

▼2018.8～2020.12 残置物移動片付け
▼2020.5 使用済み燃料プール内調査実施
▼2021.6～2022.1 原子炉建屋オペフロ除染（その1）
▼2021.5～2022.5 原子炉建屋オペフロ遮蔽体設置（その1）
▼2022.5～2022.6 燃料交換機 移動
▼2022.7～2023.1 燃料交換機操作室 撤去・片付
▼2022.12～2023.3 オペフロ既設設備撤去
▼2023.6～2023.11 原子炉建屋オペフロ除染（その2）
▼2023.12～2024.4 原子炉建屋オペフロ遮へい（その2）
▼2024.4 開口設置に向けた準備作業開始
▼2024.5 燃料取出用構台設置完了
▼2024.9 使用済燃料搬出機設置開始
▼2024.10 ランウェイガーダー設置作業開始
▼2025.3 ランウェイガーダー設置完了



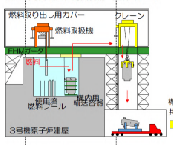
<ランウェイガーダの設置状況>
（2025年3月19日撮影）

2号機使用済燃料プールからの燃料取出しに向けて、2018年12月～2019年2月のオペフロ内調査の結果を踏まえ、建屋上部を全面解体する工法から遮蔽機能（小規模開口）を設置し、プール内クレーンを用いる工法へ変更することとした。引き続き、2024～2026年度の燃料取り出し開始に向け、検討を進める。

▼2015.3～2016.11 ヤード整備工事
▼2016.5～2017.4 西側構台設置工事
▼2017.5 西側外壁開口
▼2021.10～2022.4 地盤改良工事
▼2023.1 鉄骨建方開始
▼2023.2 内側隔設設備解体着手

3号機

3号機は、2021年2月に
全ての燃料取り出しが完了しました。



カバー内部燃料取扱設備 全体イメージ

燃料取り出し用カバー設置に向けて、プール内大型ガレキ撤去作業が2015年11月に完了。安全・着実に燃料取り出しを進めるため、現場に設置する燃料取扱設備を用いて、工場にて遠隔操作訓練を実施（2015年2月～12月）。2018年1月23日燃料取り出し用カバー設置完了。
燃料取り出しに向けては、燃料取り出し訓練と併せて計画していたガレキ撤去訓練を2019年3月15日より開始し、2019年4月15日より燃料取出しを開始。2021年2月28日燃料取り出しを完了。



<3号機 燃料取り出し用カバー（ドーム屋根）2019/2/21撮影>

▼2013.10 原子炉建屋最上階床面に大きなガレキ撤去完了
▼2015.8 使用済み燃料プール内の燃料交換機の撤去完了
▼2016.12 原子炉建屋最上階天蓋に遮へい体設置完了
▼2017.1 燃料取り出し用カバーの設置開始
▼2019.4.15 燃料取り出し作業開始
▼2021.2.28 燃料取り出し作業完了（566体）

4号機

4号機は、2014年12月に
全ての燃料取り出しが完了しました。


<4号機 燃料取り出し用カバー>


燃料取り出し状況

中長期ロードマップでは、ステップ２完了から２年以内（～2013年12月）に初号機の使用済燃料プール内の燃料取り出しを第１期の目標としてきた。
2013年11月18日より初号機である4号機の使用済燃料プール内の燃料取り出しを開始し、第２期へ移行した。
燃料取り出し作業開始から１年以内となる2014年12月5日に、プール内の使用済燃料1,331体の共用プールへの移送が完了した。残り3体燃料は6号機使用済燃料プールへの移送は、2014年12月22日に完了。（使用料2体については燃料調査のため2012年7月に先行して取出し済）
これにより、4号機原子炉建屋からの燃料取り出しが完了した。

▼2011.11～2012.7 原子炉建屋最上階のガレキ撤去作業
▼2012.4～2013.3 地震対策および屋根工事
▼2013.4～2013.7 外壁・屋根パネル設置
▼2013.6～2013.10 天井クレーン、燃料取り扱い機設置
▼2013.8～2013.10 原子炉ウェルプラグ、プール内大型ガレキ撤去
▼2013.11.18 燃料取り出し作業開始
▼2014.12.22 燃料取り出し作業完了（1533体）

※写真の一部については、核物質防護などに関する機微情報を含むことから掲載しております。

［資料：廃炉・汚染水・処理水対策チーム事務局］

4 燃料デブリの取り出しに向けた作業

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）

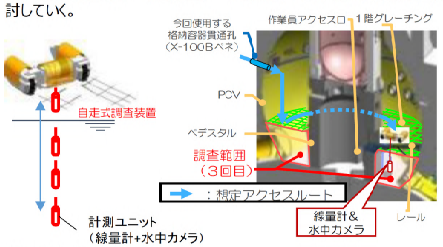
初号機の燃料デブリ取り出しの開始 2号機から着手。段階的に取り出し規模を拡大（2024年9月10日より、燃料デブリ試験的取り出し開始）

燃料デブリ取り出しに先立ち、燃料デブリの位置等格納容器内の状況把握のため原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査を実施。

1号機 調査概要

・2015年4月に、狭隘なアクセスロ(内径φ100mm)から調査装置を格納容器内に進入させ、格納容器1階内部の映像、空間線量等の情報を取得。

・2017年3月、ペデスタル外地下階へのデブリの広がりを調査するため、自走式調査装置を用いた調査を実施し、PCV底部の状況を初めて撮影。得られた画像データと線量データを元に、PCV内部の状況を継続検討していく。



<測定イメージ>

・2022年2月に、調査を円滑に進める装置である「ガイドリング」を取付。2023年3月28日よりROV-A2によるペデスタル内の調査を開始し、ペデスタル内側の基礎部において一部配筋が露出していることを確認。ペデスタルの健全性に関しては、過去IRIDで実施した耐震性評価より、ペデスタルが一部欠損していても重大なリスクはないと評価しているが、現時点の情報は部分的なものであるため、可能な限り多くの情報取得をすべく、引き続き調査を継続し評価していく。



<1号機 PCV内部調査実績>

PCV内部調査実績	1回目（2012年10月）	・映像取得 ・雰囲気温度、線量測定 ・水位、水温測定 ・滞留水の採取 ・常設監視計器設置
	2回目（2015年4月）	PCV1階の状況確認 ・映像取得 ・雰囲気温度、線量測定 ・常設監視計器交換
	3回目（2017年3月）	PCV地下1階の状況確認 ・映像取得 ・線量測定 ・堆積物の採取 ・常設監視計器交換
	4回目（2022年2月～）	PCV内部（ペデスタル内外）の情報収集 ・映像取得 ・堆積物厚さ測定、採取 ・堆積物デブリ検知、3Dマッピング
PCVからの漏えい箇所		・PCVベント管真空破壊ラインベローズ部(2014年5月確認) ・サンドクッションドレンライン（2013年11月確認）
ミュオン測定による燃料デブリ位置評価 炉心部に大きな燃料がないことを確認。（2015年2月～5月）		

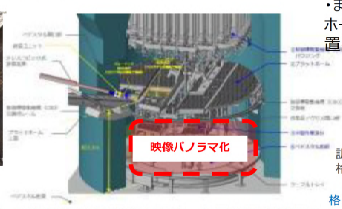
2号機 調査概要

・2017年1月に、格納容器貫通部からカメラを挿入し、ロボットが走行するレールの状況を確認。一連の調査で、ペデスタル内のグレーチングの脱落や変形、ペデスタル内に多くの堆積物があることを確認。

・2018年1月、ペデスタル内プラットホーム下の調査を実施。取得した画像を分析した結果、燃料デブリを含むと思われる堆積物がペデスタル底部に堆積している状況を確認。堆積物が周囲より高く堆積している箇所が複数あることから、燃料デブリの落下経路が複数存在していると推定。

・2019年2月、ペデスタル底部及びプラットホーム上の堆積物への接触調査を実施し、小石状の堆積物を把持して動かせること、把持できない硬い岩状の堆積物が存在する可能性があることを確認。


ペデスタル底部の状況（パノラマ合成処理後）



・2020年10月、PCV貫通部（X-6ペネ）の堆積物接触調査を実施。今回の調査範囲において、接触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。



<接触前後の堆積物の状況>


<貫通孔前での作業状況>

・2024年9月10日より、テレスコ式装置の先端治具が隔離弁を通過し、燃料デブリ試験的取り出しを開始。10月30日に燃料デブリを先端治具で把持し、11月2日にガイドパイプの引き抜きを完了し、テレスコ式装置をエンクロージャ内に格納。11月7日に燃料デブリをエンクロージャ側面のハッチから搬出し、試験的取り出し作業を完了。


燃料デブリを先端治具で把持した状況



把持した燃料デブリを運搬容器カバスに収容する様子

<2号機 PCV内部調査実績>

PCV内部調査実績	1回目（2012年1月）	・映像取得 ・雰囲気温度測定
	2回目（2012年3月）	・水面確認 ・水温測定 ・雰囲気線量測定
	3回目（2013年2月～2014年6月）	・映像取得 ・滞留水の採取 ・水位測定 ・常設監視計器設置
	4回目（2017年1月～2月）	・映像取得 ・雰囲気線量測定 ・雰囲気温度測定
	5回目（2018年1月）	・映像取得 ・雰囲気線量測定 ・雰囲気温度測定
	6回目（2019年2月）	・映像取得 ・雰囲気線量測定 ・雰囲気温度測定 ・一部堆積物の性状把握
PCVからの漏えい箇所		・トーラス室上部漏えい無 ・S/C内側・外側全周漏えい無
ミュオン測定による燃料デブリ位置評価 圧力容器底部及び炉心下部、炉心外周域に燃料デブリと考えられる高密度の物質が存在していることを確認。燃料デブリの大部分が圧力容器底部に存在していると推定。（2016年3月～7月）		

3号機 調査概要

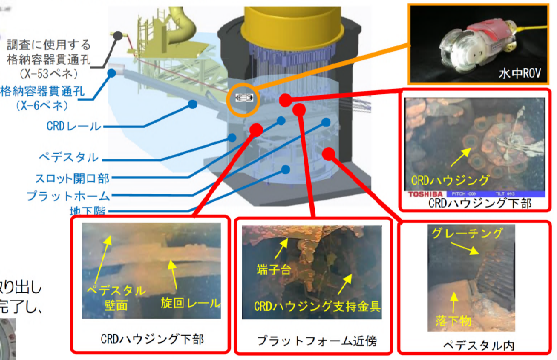
・2014年10月、PCV内部調査用に予定しているPCV貫通部（X-53ペネ）の水没確認を遠隔超音波探傷装置を用いて調査を実施し、水没していないことを確認。

・2015年10月、PCV内を確認するため、X-53ペネから格納容器内部へ調査装置を入れ、映像、線量、温度の情報を取得、内部の滞留水を採取。格納容器内の構造物・壁面に損傷は確認されず、水位は推定値と一致しており、内部の線量は他の号機に比べて低いことを確認。

・2017年7月に、水中ROV(水中遊泳式遠隔調査装置)を用いて、ペデスタル内の調査を実施。調査で得られた画像データの分析を行い、複数の構造物の損傷や炉内構造物と推定される構造物を確認。

・また、調査で得られた映像による3次元復元を実施。復元により、旋回式のプラットホームがレール上から外れ一部が堆積物に埋まっている状況等、構造物の相対的な位置を視覚的に把握することが出来た。

<ペデスタル内部の状況>



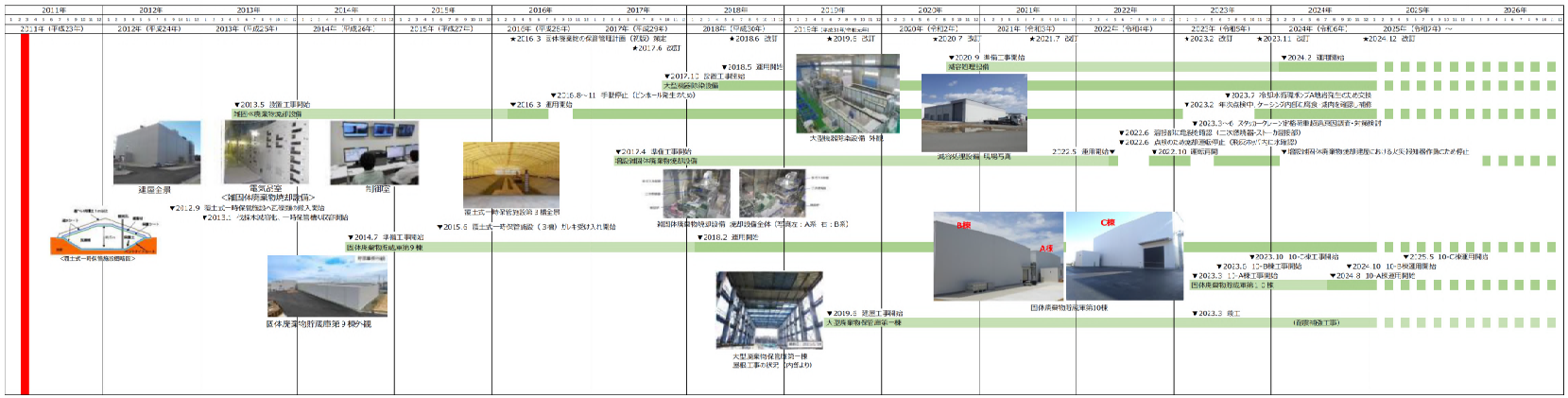
<3号機 PCV内部調査実績>

PCV内部調査実績	1回目（2015年10月～12月）	・映像取得 ・雰囲気温度、線量測定 ・水位、水温測定 ・滞留水の採取 ・常設監視計器設置（2015年12月）
	2回目 （2017年7月）	・映像取得 ・常設監視計器交換（2017年8月）
PCVからの漏えい箇所		・主蒸気配管ベローズ部（2014年5月確認）
ミュオン測定による燃料デブリ位置評価 もともと燃料が存在していた炉心域に大きな塊は存在しないこと、原子炉圧力容器底部に一部燃料デブリが存在している可能性があることを評価。（2017年5月～9月）		

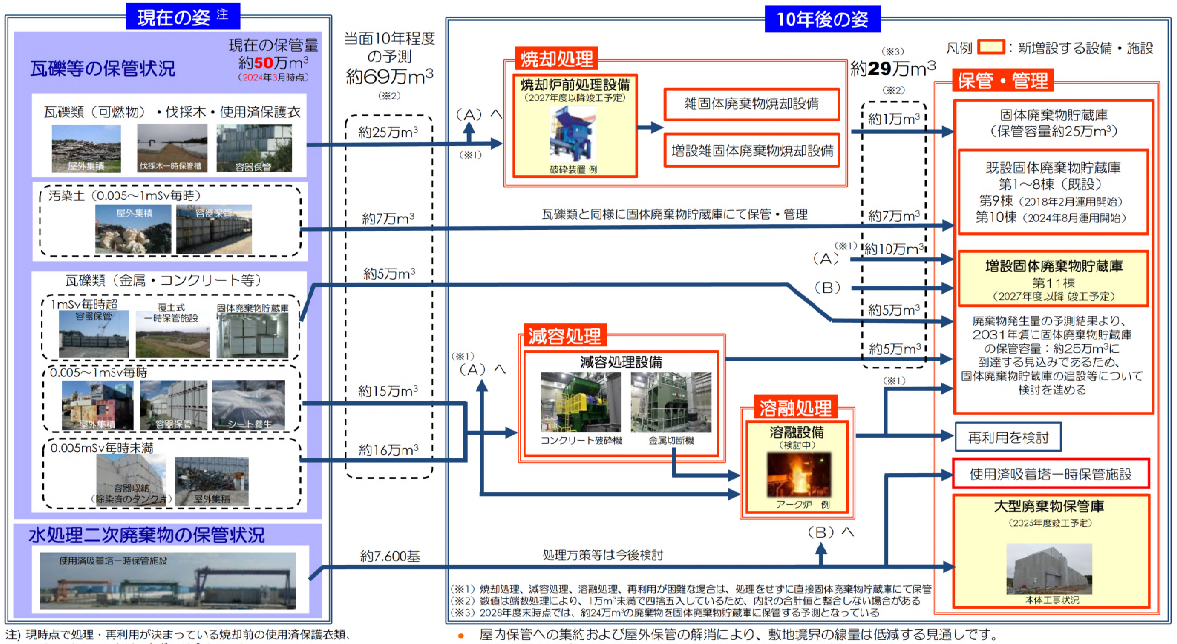
画像提供：国際廃炉研究開発機構（IRID）

5 放射性固体廃棄物の管理

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）
ガレキ等の屋外一時保管解消 ※水処理二次廃棄物及び再利用・再使用対象を除く （2028年度内）



●福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画（2024年12月版）



注）現時点で処理・再利用が決まっている焼却前の使用済保護衣類、BGレベルのコンクリートガラは含んでいない

- 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、ホームページ等にて公表しています。

6 労働環境の改善

作業員の被ばく線量管理を確実に実施しながら長期に亘って要員を確保。また、現場のニーズを把握しながら継続的に作業環境や労働条件を改善

発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止については、これまでガレキ撤去や表土除去、フェーシングを行うことで構内の放射線量を低減するとともに、環境改善が進んだ範囲をグリーンゾーンとして、身体的負荷の少ない一般作業服と使い捨て式防塵マスクで作業できるよう運用の改善も図ってまいりました。



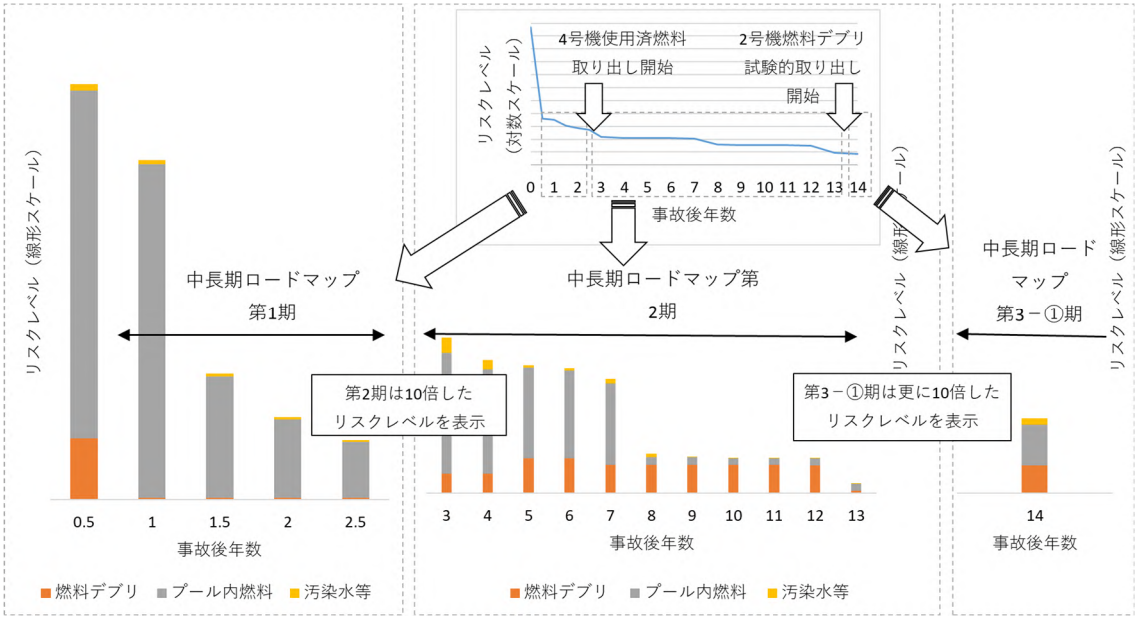
［資料：廃炉・汚染水・処理水対策チーム事務局］

添付資料2-1 これまでに実施した主なリスク低減対策と今後の計画

福島第一原子力発電所が有するリスクレベルの時間的変化をＳＥＤで評価すると、図Ａ2-1-1 のとおりである。同図中の上部に示したグラフの縦軸は常用対数スケールのリスクレベルであり、横軸は事故後年数を示している。

事故後０年時点では、冷却機能が失われたプール内燃料や溶融した核燃料によりリスクレベルは高い状態にあったが、燃料プールの冷却機能回復、炉心スプレイ系注水による燃料デブリの冷却、窒素注入等の安全対策が行われ（2011 年）、放射性物質の減衰によるインベントリ及び崩壊熱の減少も寄与し、事故後 0.5 年にかけて潜在的影響度・安全管理要求度ともに大きく低下してリスクレベルが低下している。

事故後 0.5 年から 2.5 年までについては同図中の左下部の縦軸を線形スケールにしたグラフにおいて、リスクレベルを主なリスク源（燃料デブリ、プール内燃料、汚染水等）ごとの内訳とともに示しており、さらに、事故後３年以降のリスクレベルについては同図中の右下部に線形スケールの縦軸を 10 倍に拡大したグラフとして示している。いずれからも、継続的なリスク低減が図られていることが確認できる。



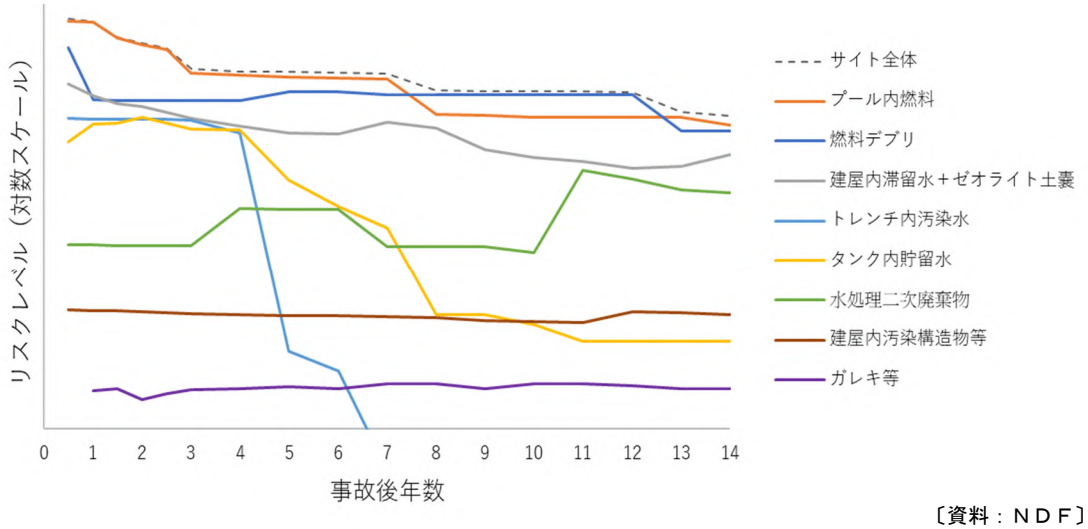
※事故後８年のプール内燃料の評価は、冷却停止試験の水温上昇結果を反映（詳細は本文図 2-2）

〔資料：ＮＤＦ〕

図Ａ2-1-1 福島第一原子力発電所が有するリスクの低減

この事故後 0.5 年以降のリスクレベルの変化を、更に詳細なリスク源ごとに示すと図Ａ2-1-2 のとおりである。同図におけるリスク源は、対数スケールで表示することによって、線形スケールの図 Ａ 2-1-1 では小さすぎて表示されなかったリスク源についても表示されている。なお、十分に安定管理がなされている共用プール内燃料と乾式キャスク内燃料は省略した。また、図Ａ2-1-2 に示す「建屋内滞留水＋ゼオライト土嚢」は事故後０～８年の間は建屋内滞留水の情報に基づいて評価したが、事故後９年後からは、プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋地下階に設置されたゼオライト入り土嚢の情報が明らかになってきたためこれを評価に取り入れた。

主なリスク源の中でも、燃料デブリ、プール内燃料、建屋内滞留水及びゼオライト入り土嚢、水処理二次廃棄物は、比較的リスクレベルが高い。近年は、建屋内滞留水の処理が進み、「建屋内滞留水＋ゼオライト土嚢」のリスクレベルは事故直後と比較して低下しているものの、高線量状態で存在するゼオライト土嚢は今後の廃炉作業において支障を及ぼす可能性があるため留意が必要である。水処理二次廃棄物については、ＡＬＰＳスラリーが保管されている一部のＨＩＣについてβ線照射の影響を踏まえ移替えが必要になったことにより、リスクレベルが事故後 11 年で高くなったが、移替え作業が進捗したことにより事故後 12 年以降では低下している。また、タンク内貯留水（フランジ型タンク及び溶接型タンク）は、フランジ型タンク内残水の処理の進行に従ってリスクレベルが低下しており、濃縮塩水残水の処理完了によって、更にリスクが低下する見込みである。建屋内汚染構造物等については、事故時にＰＣＶに接続された系統内へ流入した水素の滞留及び当該配管における万一の水素爆発を仮定した健全性評価結果等を踏まえ、事故後 12 年の評価でリスクレベルが上昇した。



〔資料：ＮＤＦ〕

図Ａ2-1-2 主なリスク源ごとのリスクレベルの推移

(1) プール内燃料

事故後１年頃から、４号機について、燃料取り出し準備としてガレキ撤去や燃料取り出し用カバー設置等が行われ、プール内燃料のガレキ等による損傷リスクや損傷時における拡散抑制機能が強化されたこと、また、事故後 2.5 年から燃料の取り出しが行われ安全管理要求度の低い共用プールに移送したことにより、リスクレベルが低減した（2014 年完了）[1]。

１号機の建屋カバー（2011 年設置）の拡散抑制機能により、安全管理要求度の低減によるリスクレベルの低減効果があったが、プール内燃料取り出し準備のために建屋カバーが取り外されたことにより（2015 年）、現在ではこの効果はなくなっている[2]。今後、ガレキ撤去時のダスト飛散

[1] 東京電力. 廃炉プロジェクト 廃炉作業の状況４号機燃料取り出し作業. https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/removal/unit4/index-j.html

[2] 東京電力. 「福島第一原子力発電所１号機 進捗状況およびオペレーティングフロア北側のがれき撤去について」（資料７），特定原子力施設監視・評価検討会 （第 57 回）. 2017 年 12 月 26 日.

抑制のため、大型カバーを設置し、2027 年度～2028 年度にプール内燃料の取り出しを開始する計画である[3]。

２号機については、原子炉建屋の南側に燃料取り出し用構台を設置し、2024 年度～2026 年度にプール内燃料の取り出しを開始する計画である[3]。

３号機については、プール内燃料取り出し準備としてガレキ撤去等を実施した後に、2018 年に燃料取り出し用カバーが設置され、2019 年４月からプール内燃料取り出しを開始した。その後、2021 年２月に共用プールへの移送が完了した[4]。

なお、プール内燃料の冷却が停止した場合、崩壊熱によりプール水温度の上昇及びプール水位の低下が考えられる。事故後８年目以降においては、使用済燃料プールの冷却停止後の水温上昇がこれまでの想定よりも緩やかであるとの知見を取り入れた結果、水位低下等のリスクが顕在化するまでの時間的余裕が増すことから、プール内燃料のリスクレベルはこれまでの評価よりも低くなっている。

(2) 燃料デブリ

燃料デブリは事故直後、溶融状態にあり、また、放射性物質の放出リスクが顕在化したため、リスクレベルの高い状態にあったが、放射性物質の減衰に加え、冷却機能の回復・強化により潜在的影響度・安全管理要求度が低減し、リスクレベルが低減した。

なお、(1)に記載のとおり、１号機の建屋カバーの拡散抑制機能により、燃料デブリの飛散に伴うリスクが低減し、安全管理要求度の低減によるリスクレベルの低減効果があったが、現在ではこの効果はなくなっている。また、事故後 13 年目において、ＰＣＶ内の窒素封入と排気が停止した場合の水素濃度の可燃限界（４%）に至る時間が事故後初期よりも大幅に伸びているという知見を踏まえ[5]、余裕時間（Control Factor、添付資料 5 参照）に影響を及ぼす窒素封入停止後の水素濃度の変化を、放射能の減衰や燃料デブリの分布などを考慮して見直した結果、リスクが顕在化するまでの時間的余裕が増すことから、燃料デブリのリスクレベルはこれまでの評価よりも低くなっている。

(3) 建屋内滞留水＋ゼオライト土嚢

建屋内滞留水は、燃料デブリの冷却及び地下水の建屋内への侵入等によって発生するが、セシウム吸着装置（ＫＵＲＩＯＮ）及び第二セシウム吸着装置（ＳＡＲＲＹ）の運転開始、サブドレン・陸側遮水壁の効果、復水器中の水抜き、第三セシウム吸着装置（ＳＡＲＲＹⅡ）の運転開始等により、リスクレベルは低減傾向であった。事故後 14 年目においては、１号機Ｓ／Ｃ水位低下に伴うＳ／Ｃ内包水の原子炉建屋地下滞留水への以降により放射能濃度が上昇したものの、内包水の減少及び浄化処理の継続により今後放射能濃度は減少していくと推定される。この建屋内滞留水の処理は、プール内燃料取り出しに次いで、これまでサイト全体のリスクレベル低減に大きく寄与している。原子炉建屋の建屋内滞留水の移送先であるプロセス主建屋及び高温焼却炉建屋

[3] 東京電力. 廃炉中長期実行プラン. 2025 年３月 27 日.
[4] 東京電力. 廃炉プロジェクト 廃炉作業の状況３号機使用済燃料プールからの燃料取り出し. https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/removal/unit3/index-j.html
[5] 東京電力. ＰＣＶの閉じ込め機能強化に関する検討状況について（ＰＣＶ内の水素爆発）（資料１－３），特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（第 10 回）. 2023 年６月５日.

の滞留水については、床面露出に向けた水位低下を実施するために、地下階に設置されたゼオライト土嚢の回収、原子炉建屋の滞留水を受入する設備の設置、α核種除去設備の設置が計画されている[6]。

(4) トレンチ内汚染水

２～４号機の海水配管トレンチには事故直後から高濃度の汚染水が滞留していたが、トレンチ内を閉塞してその処理を完了している（2015 年完了）[7]。２～４号機に比べて低濃度である１号機の海水配管トレンチは、溜まり水の浄化について検討中である[8]。

(5) タンク内貯留水

タンク内貯留水には浄化処理の段階により放射性物質濃度が異なる複数種類の貯留水が存在する。まず、建屋内滞留水のＫＵＲＩＯＮ、ＳＡＲＲＹ及びＳＡＲＲＹⅡによる浄化処理で発生するストロンチウム処理水は溶接型タンク内貯留水として保管されている。その後、多核種除去設備（ＡＬＰＳ）等により、更にリスクレベルが低減され、ＡＬＰＳ処理水等（ＡＬＰＳ処理水及び処理途上水）として溶接型タンクに保管されている。事故直後の短期間のみ稼働した蒸発濃縮装置から発生した濃縮廃液等は、放射性物質濃度の高い沈殿状のスラリー（濃縮廃液スラリー）が分離され、残った液体（濃縮廃液）については、溶接型タンクに移送することにより、漏えいリスクの低減及びリスクレベルの低減を図っている。

ＡＬＰＳが稼働する前にＫＵＲＩＯＮによる処理で発生した濃縮塩水は、ＡＬＰＳ及び高性能多核種除去設備（高性能ＡＬＰＳ）の稼働により、2015 年に処理が完了している[9]。

これらのタンク内貯留水は、堰のかさ上げと２重化（既設タンクは 2014 年に完了）、フランジ型タンクから溶接型タンクへの移送、フランジ型タンク底部に残水として存在していたストロンチウム処理水の処理（2019 年）及びＡＬＰＳ処理水等の処理（2020 年）により、リスクレベルの低減が図られている。なお、濃縮塩水のフランジ型タンク底部の残水については、スラッジの回収、タンク解体を順次実施し、2025 年７月時点でタンク１基内に残るのみである[10]。

(6) 水処理二次廃棄物

汚染水の処理により、多くの放射性物質が水処理二次廃棄物に移行する。除染装置スラッジ、ＫＵＲＩＯＮ及びＳＡＲＲＹ稼働（2011 年）、ＳＡＲＲＹⅡ稼働（2019 年）による廃吸着塔、ＡＬＰＳの稼働（2013 年）によるＡＬＰＳスラリー、高性能ＡＬＰＳの稼働（2014 年）による廃吸着塔、海水配管トレンチを処理したモバイル式処理装置による廃吸着塔等が発生している。リスクレベルは、移替え対象ＨＩＣに保管されているＡＬＰＳスラリーの影響により、事故後 2011

---

[6] 東京電力. 「建屋滞留水処理等の進捗状況について」（資料４－２－３），特定原子力施設監視・評価検討会（第 111 回）. 2024 年２月 19 日.

[7] 東京電力. 廃炉プロジェクト 廃炉作業の状況 海水配管トレンチ内の汚染水除去. https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watermanagement/trench/index-j.html

[8] 東京電力. 福島第一原子力発電所のトレンチ内で発見された放射性物質を含む溜まり水の点検について（2023 年度）.

[9] 東京電力. 廃炉プロジェクト 廃炉作業の状況 汚染水の浄化処理. https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watermanagement/purification/index-j.html

[10] 東京電力. 「汚染水対策スケジュール」（資料３－１－１），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 140 回）. 2024 年７月 31 日.

年以降、水処理二次廃棄物の中でも支配的な要因となっている。積算吸収線量の基準値を超えた又は超える時期が近いと評価されたＨＩＣは移替えが計画されており、2024 年度末までの移替え作業の進捗を踏まえリスクレベルは低下傾向にある。2024 年度末、2025 年度末、2026 年度末までに新たに積算吸収線量が 5000kGy を超えるＨＩＣの基数は各々23 基、26 基、48 基と評価されており[11]、時間経過とともに積算吸収線量が基準値に近づくＨＩＣは徐々に増えていくが、移替え作業を計画的に実施し、積算吸収線量の基準値を超えないように管理できるようにすることでリスクレベルの低減につながる。それ以外のリスク源としては、除染装置スラッジの寄与が大きいが、除染装置スラッジは現在では新たに発生しておらず、水処理二次廃棄物全体のリスクレベルは増加傾向にはない。今後は、津波対策としてプロセス主建屋内（T.P. 8.5m 盤）に保管されている除染装置スラッジを抜き出し（2028 年度開始予定）、保管容器に入れ、高台エリア（T.P. 33.5m 盤）に移送する計画である[12]。

濃縮廃液から分離された濃縮廃液スラリーは、基礎がない地表に置かれ堰もない溶接型横置きタンクに収納されていたが、鉄筋コンクリートの基礎と堰が設置される安全対策がなされリスクレベルが低減した。

(7) 建屋内汚染構造物等

原子炉建屋、ＰＣＶ又はＲＰＶ内で事故により飛散した放射性物質により汚染された構造物・配管・機器等（シールドプラグ・非常用ガス処理系配管等）からなる建屋内汚染構造物等は、事故時にＰＣＶに接続された系統内へ流入した水素の滞留及び当該配管における万一の水素爆発を仮定した健全性評価結果等を踏まえリスクレベルが事故後 12 年目において上昇した。水素爆発を仮定した健全性評価において弾性変形範囲を超える結果となった３号機Ｓ／Ｃについてはパージ作業が開始されたが、滞留水素のパージは少量ずつ行われており長期間を要していることから事故後 14 年時点でのリスクレベルの低下はない[13、14]。

(8) ガレキ等

固体廃棄物のうちガレキ等は、固体廃棄物貯蔵庫、一時保管施設、屋外集積等、様々な状態で保管されており、それぞれで安全管理要求度が異なり、屋外シート養生や屋外集積のリスクレベルが最も高い。これまでにも、覆土式一時保管施設受入開始（2012 年）、伐採木一時保管槽受入開始（2013 年）、固体廃棄物貯蔵庫増設（2018 年）等により、より管理状態の良い施設が増強されてきた。また、仮設保管設備のガレキ等については、より管理状態の良い固体廃棄物貯蔵庫への移送を実施した（2020 年）。屋外に一時保管されているガレキ等については、焼却・減容処理をした上で、固体廃棄物貯蔵庫に保管することで 2028 年度までに屋外一時保管を解消する計画である。これらの取組のうち、焼却・減容処理については増設固体廃棄物焼却設備の運用開始

---

[11] 東京電力. 「ＨＩＣスラリー移替え作業の進捗状況について」（資料４－４），特定原子力施設監視・評価検討会（第 112 回）. 2024 年４月 26 日.

[12] 東京電力. 「廃スラッジ回収装置の進捗状況について」（資料２－３），特定原子力施設監視・評価検討会（第 115 回）. 2024 年 12 月 16 日.

[13] 東京電力. 「３号機 Ｓ／Ｃ内滞留ガスのパージ作業の開始について」（資料３－３），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 121 回）. 2023 年 12 月 21 日.

[14] 東京電力. 「３号機 SC 内滞留ガスパージ作業の状況について」（資料３－１），特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（第 18 回）. 2024 年４月５日.

（2022 年５月）と減容処理設備の運用開始（2024 年２月）により、可燃物と不燃物の両方について減容処理が可能となった。保管先である固体廃棄物貯蔵庫については、固体廃棄物の発生量予測が変動し、保管施設が不足する場合は、構内の敷地を確保した上で保管施設を増設する計画としている[3]。

添付資料2-2 ＳＥＤ指標の概要

サイト全体に存在する様々な特徴を有するリスク源について、リスク低減対策を実施すべき優先度を決定する上で重要な要素として、ＮＤＡが開発したＳＥＤ指標[15]を参考にして分析を実施した。福島第一原子力発電所への適用に当たっては、福島第一原子力発電所固有の特徴を反映しやすいように一部変更した（次ページ以降参照）。以下に、ＳＥＤ指標の概要と、福島第一原子力発電所への適用に当たって変更した部分について述べる。

ＳＥＤ指標は下式で表される。第一式は廃棄物等を対象として広くに用いられるもの、第二式は汚染土壌の評価に用いられるものである。各々の式において、第一項をリスク源が持つ潜在的影響度、第二項を安全管理要求度と呼ぶ。

$$SED = (RHP + CHP) \times (FD \times WUD)^4$$

または

$$SED = (RHP + CHP) \times (SSR \times BER \times CU)^4$$

潜在的影響度はリスク源が有する放射能等に基づく公衆への影響を表す指標であり、第一式の安全管理要求度はリスク源を内包する施設の閉じ込め機能の十分性や、リスク源の特性（劣化や活性度）等による長期的な安定性や取扱い性を表す指標である。第二式の安全管理要求度は、敷地境界までの距離や地下水の流れの状況等による汚染土壌の公衆へのリスク顕在化までの時間猶予、リスク低減対策を早期に実施することのメリット、現状評価及び将来予測の不確かさを表す指標である。福島第一原子力発電所の主要なリスク源のＳＥＤ指標は、第一式により評価を実施している。潜在的影響度と安全管理要求度は、両者ともリスク低減対策の優先度を決定する上で考慮されるべき要素であり、ＮＤＡが開発したＳＥＤ指標は、潜在的影響度と安全管理要求度の両者の優先度への寄与を大まかに表せるように、掛け算の形で表されている。閉じ込め機能が脆弱で多量の放射能を有するリスク源は対策の優先度が高く、反対に閉じ込め機能が十分で少量の放射能を有するリスク源の対策の優先度は低い。これらのリスク源の中間的な状態にある、閉じ込め機能が十分で多量の放射能を有するリスク源と、閉じ込め機能が脆弱で少量の放射能を有するリスク源を比較した場合には、後者の方が対策の優先度が高くなることから、優先度への寄与としては安全管理要求度の方が潜在的影響度よりも支配的になるように設定されるべきものである。しかしながら、後述するように潜在的影響度には放射能等の数値の影響が直接的に表れる一方で、第一式の安全管理要求度を構成するＦＤ及びＷＵＤにはそれぞれ２～100 の範囲のスコアが割り当てられることから、安全管理要求度をＦＤとＷＵＤの積のみで定義して潜在的影響度に乗じるだけでは、対策の優先度への寄与としては潜在的影響度の方が支配的になり得る。これらを考慮して、対策の優先度への安全管理要求度の寄与を大きくするために、ＳＥＤ指標では潜在的影響度にＦＤとＷＵＤの積の４乗で定義した安全管理要求度を乗じるように設定されている[16]。

---

[15] NDA Prioritization – Calculation of Safety and Environmental Detriment score, EPGR02 Rev.6, April 2011.
[16] The NDA Prioritisation Process - Development Process Route Map Report, EGR014 Rev.0, July 2006.

以下、各指標について説明する。ＣＨＰは化学物質の潜在的影響度であるが、ここでは使用しないので、説明は省略する。

(1) 潜在的影響度

Radiological Hazard Potential（ＲＨＰ）は、放射性物質の潜在的影響度を表す指標であり、放射性物質が全量放出された際に公衆に及ぼす影響を下式で表したものである。

$$RHP = Inventory \times \frac{Form\ Factor}{Control\ Factor}$$

Inventory は、下式のように、リスク源の放射能 Radioactivity と潜在的比毒性 Specific Toxic Potential（ＳＴＰ）で表され、実効線量に相当する[17]。ＳＴＰは、1TBq の放射性物質を水で希釈し、その一定量を１年間摂取した際の被ばく量が 1mSv となるような水の希釈量であり、線量係数に相当する。ＳＥＤ指標では保守的に、経口摂取と呼吸のうち大きい線量係数を用いている。

$$Inventory(m^3) = Radioactivity(TBq) \times STP(m^3/TBq)$$

Form Factor（ＦＦ）は、気体、液体、固体等の性状の相違によって、実際にどれだけの放射性物質が放出されるかを表す指標であり、表Ａ2-2-1 に与えられている。気体や液体は、閉じ込め機能を完全に喪失すると 100%放出、粉末は測定データに基づいて 10%放出としている。固体には明確な根拠はなく、放出されにくいことを表すために十分小さい数値として設定したものである。

表 Ａ2-2-1 では、ＮＤＡが使用している定義に、特に燃料デブリに対して想定される幾つかの形態を追加した。#4 と#5 はスコア自体、新たに設定したものである。

Control Factor（ＣＦ）は、リスク源の特徴として、発熱性、腐食性、可燃性、水素発生等の可能性、空気や水との反応性、臨界性等を考慮したものであり、安定している現状を維持するための安全機能が喪失した場合に、復旧するまでにどの程度の時間余裕があるかを示す指標であり、

表Ａ2-2-2 に与えられている。ＣＦはＮＤＡの定義どおりである。

(2) 安全管理要求度－ＦＤ，ＷＵＤ

Facility Descriptor（ＦＤ）は、施設の閉じ込め機能が十分かどうかを表す指標である。施設の健全性、閉じ込め機能の多重性、安全対応状況等の要素の組合せによってリスク源を序列化する。

Waste Uncertainty Descriptor（ＷＵＤ）は、リスク源の取り出しが遅れた場合に影響が生じるかどうかを表す指標である。リスク源の劣化や活性度、梱包や監視状態等の組合せによってリスク源を序列化する。

これらは、ＮＤＡの定義のままでは福島第一原子力発電所に適用することが困難であったため、各々表Ａ2-2-3 及び表Ａ2-2-4 のように再設定した。

[17] Instruction for the calculation of the Radiological Hazard Potential, EGPR02-WI01 Rev.3, March 2010.

(3) 安全管理要求度－ＳＳＲ，ＢＥＲ，ＣＵ

汚染土壌の安全管理要求度評価に用いるＳＳＲ，ＢＥＲ，ＣＵはＮＤＡの定義のままであり、各々のスコアを表Ａ2-2-5 に示す。

Speed to Significant Risk（ＳＳＲ）は、敷地境界までの距離や地下水の流れの状況等、公衆が影響を受けるまでの時間に関するもので、対策の緊急度を評価するための指標である。

Benefit of Early Remediation（ＢＥＲ）は、リスク対策を早期に実施することのメリットを評価するための指標である。

Characterisation Uncertainty（ＣＵ）は、リスク評価モデルの信頼性又は不確かさを評価するための指標である。

表Ａ2-2-1　ＦＦの定義とスコア

#	形態	ＦＦ
1	気体、液体、水分の多いスラッジ※及び凝集粒子※	1
2	その他スラッジ	1/10 = 0.1
3	粉及び遊離性汚染物（表面汚染等）※	1/10 = 0.1
4	固着性※または浸透汚染物（表面浸透汚染）※	1/100 = 0.01
5	脆く分解しやすい固体（空隙部の多い MCCI 等）※	1/10,000 = 1E-4
6	不連続な固体（ペレット等、人力で運搬可能な大きさと重さ）	1/100,000 = 1E-5
7	連続した固体	1/1,000,000 = 1E-6

※：福島第一原子力発電所への適合性を高める目的で、ＮＤＡでの定義に加えて追加した形態

〔資料：ＮＤＦ〕

表Ａ2-2-2 ＣＦの定義とスコア

#	リスクが顕在化するまでの時間裕度	ＣＦ
1	数時間	1
2	数日	10
3	数週間	100
4	数か月	1,000
5	数年	10,000
6	数十年	100,000

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A 2-2-3 ＦＤの判断基準とスコア

カテゴリ	判断基準 （福島第一原子力発電所への適合性を高める目的で、ＮＤＡでの定義を修正）	ＮＤＦ スコア
1	拡散抑制機能の構成物が存在しない。このため格納機能についての評価ができない。	100
2	事故の影響等により「評価時点[*1]」において、「安全評価基準[*2]」を満たさない。 拡散抑止機能の構成物は一重。	91
3	事故の影響等により「評価時点」において、「安全評価基準」を満たさない。 拡散抑制機能の構成物は多重。	74
4	拡散抑制機能の構成物に内包されるリスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）[*3]」まで、「安全評価基準」を満たさない。 「評価時点」では、「安全評価基準」を満足する拡散抑制機能の構成物が存在する。	52
5	リスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）」まで、拡散抑制機能の健全性が評価されており、「安全評価基準」を満足する。 「不測の事態[*4]」の発生頻度が高く、不測の事態が発生した際に、内包されるリスク源の拡散を防止する対策が不十分。 拡散抑制機能の構成物は一重。	29
6	リスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）」まで、「安全評価基準」を満足する。 「不測の事態」の発生頻度が高く、内包されるリスク源の拡散を防止する対策が不十分。 拡散抑制機能の構成物は多重。	15
7	リスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）」まで、「安全評価基準」を満足する。 周辺に「安全評価基準」を満足しない施設等があり、これら隣接施設へ（からの）リスク源の拡散影響[*5]を与える（受ける）可能性が高い。 拡散抑制機能の構成物は一重。	8
8	リスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）」まで、「安全評価基準」を満足する。 隣接施設へ（からの）リスク源の拡散影響を与える（受ける）可能性が高い。 拡散抑制機能の構成物は多重。	5
9	リスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）」まで、「安全評価基準」を満足する。 隣接施設へ（からの）リスク源の拡散影響を与える（受ける）可能性が低い。 拡散抑制機能の構成物は一重。	3
10	リスク源の「作業時点（移動、処理、回収等の作業を行う時点）」まで、「安全評価基準」を満足する。 隣接施設へ（からの）リスク源の拡散影響を与える（受ける）可能性が低い。 拡散抑制機能の構成物は多重。	2

[*1] ＳＥＤスコアを検討する「時点」、すなわち評価する「現時点」をいう。
[*2] ここでいう「安全評価基準」とは、「措置を講ずべき事項」、あるいは、「設計基準事象の範囲での拡散抑制機能の確保」をいう。
[*3] ＳＥＤスコアを検討する対象であるリスク源を、処分・搬出等のために「回収」する時点をいう。
[*4] 不測の事態としては外部事象（自然災害等）を想定する。
[*5] 不測の事態による外的影響や隣接施設における事象（火災等）等による影響を受けた際に、隣接施設へ（からの）リスク源の拡散の可能性がある。

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A 2-2-4 ＷＵＤの判断基準とスコア

カテゴリ	判断基準 （福島第一原子力発電所への適合性を高める目的で、ＮＤＡでの定義を修正）	ＮＤＦ スコア
1	燃料（核分裂性物質を含有するもの）であり、活性[*1]である。 処理や回収等の作業に必要な情報（存在量、存在箇所、放射能等）が不十分で（確認又は推定ができず）、モニタリング等による管理・監視が不可能な状態である。 ハンドリングに適した形状となっていない、あるいは、専用容器に収納されていない等の理由で、そのままの形態・状態ではハンドリングできない。	100
2	燃料であり、活性（核分裂性を有する）である。 処理や回収等の作業に必要な情報が不十分で、管理・監視が不可能な状態である。 ハンドリングに適した形状となっている、あるいは、専用容器に収納されている等の理由で、そのままの形態・状態でハンドリングできる。	90
3	活性であるが、燃料以外（廃棄物）である。 処理や回収等の作業に必要な情報が不十分。	74
4	燃料であり、活性（核分裂性を有する）である。 処理や回収等の作業に必要な情報が得られており（確認又は推定でき）、モニタリング等により管理・監視が可能な状態である。 そのままの形態・状態でハンドリングできない。	50
5	燃料であり、活性（核分裂性を有する）である。 処理や回収等の作業に必要な情報が得られており、管理・監視が可能な状態である。 そのままの形態・状態でハンドリングできる。	30
6	活性であるが、燃料以外（廃棄物）である。 処理や回収等の作業に必要な情報がある。	17
7	不活性[*2]であるが、物理的・幾何学的な不安定性がある。 そのままの形態・状態でハンドリングができない。	9
8	不活性であるが、物理的・幾何学的な不安定性がある。 そのままの形態・状態でハンドリングできる。	5
9	不活性であり、物理的・幾何学的な不安定性が無い、あるいは、十分低い。 そのままの形態・状態でハンドリングができない。	3
10	不活性であり、物理的・幾何学的な不安定性が無い、あるいは、十分低い。 そのままの形態・状態でハンドリングできる。	2

[*1] 「活性」とは、ＣＦで定義する反応性を、管理や作業に影響を及ぼす程度に顕著に有するもの。
[*2] 「不活性」とは、反応性を有さない、あるいは、十分低いもの。

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A2-2-5 ＳＳＲ，ＢＥＲ，ＣＵの定義とスコア

指標	スコア	判断基準	
ＳＳＲ	25	５年以内にリスクが顕在化する可能性がある。	
	5	40 年以内にリスクが顕在化する可能性がある。	
	1	40 年以上（リスクが顕在化する可能性はほぼ無い）。	
ＢＥＲ	20	対策の実施により、リスクを２桁以上低減可能、または管理が階段状に容易になる。	
	4	対策の実施により、リスクを１桁以上低減可能、ただし管理は容易にならない。	
	1	リスク低減効果が非常に小さく、管理も容易にならない。	
ＣＵ	20	①+②=5～6 点	①現状に対する評価 １点：主要な核種や拡散経路がモニタされている。 ２点：モニタされているが、評価モデルの構築に十分なデータはない。 ３点：モニタされていない。 ②将来予測に対する評価 １点：評価モデルの構築に十分なサイト特性が得られている。 ２点：サイトを代表する主要な特性が得られている。 ３点：将来予測に使用可能なモデルが無い。
	4	①+②=3～4 点	
	1	①+②=2 点	

〔資料：ＮＤＦ〕

添付資料2-3 主要なリスク源として明示的に取り扱っていないリスク源

主要なリスク源は本文表 2-1 のとおりであるが、福島第一原子力発電所全体の廃炉を見据えると、主要なリスク源では明示的に取り扱っていないリスク源にも着目しておく必要がある。表 A 2-3-1 では、事故前から存在する廃棄物や事故により拡散された低濃度の放射性物質等に着目し、原子力規制委員会の中期的リスクの低減目標マップ[18]も参考にして整理した。

表 A 2-3-1 主要なリスク源として明示的に取り扱っていないリスク源[19] (1/2)

分野	リスク源	概略
汚染水対策	建屋内床面スラッジ	１～４号機のタービン建屋及び廃棄物処理建屋、４号機の原子炉建屋は床面露出状態を維持し、これらの露出後のスラッジは 1.9×10[13]Bq[20]。なお、１～３号機の原子炉建屋、プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋は滞留水処理を継続中。
	建屋への雨水流入水	屋上のガレキ撤去・新規防水。雨樋への浄化材設置。排水管への逆止弁設置。ルーフドレインの改修・閉塞[21]。T.P.２m、陸側遮水壁外の T.P.6.5m 及び T.P.8.5m 盤のフェーシングを完了[22]。陸側遮水壁内の１～４号機建屋周辺エリア全体の約６万 m^2 のうち、約 55%のフェーシングが完了（１号機北西部仮フェーシングを含まず。含めると約 67%）[23]。
	地下貯水槽	全地下貯水槽の残水回収は完了[24]。解体・撤去の方針は検討中。
	構内溜まり水	2015 年のリスク総点検で抽出し[25]、以降、適宜、放射性物質濃度、水量を確認している状況[26]。
原子炉建屋内のリスクの低減	５／６号機プール内燃料	５号機：1,352 体、６号機：０体[27]
	使用済制御棒等	使用済制御棒等：22,305 本。シュラウド片等：193m^3 [28]。主要核種は Co-60。
	プール水	2013 年までに２～４号機の塩分除去完了。
固形状の放射性物質	建屋周辺のガレキ	水素爆発により建屋上屋に飛散したガレキの撤去が作業・計画中。物量については未確認。

〔ＮＲＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

[18] 原子力規制委員会. 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（2024 年３月版）.
[19] 技術戦略プラン 2023 までは本表にメガフロートを含めていたが、津波により漂流物となるリスクは十分に低減していることから削除した。メガフロートはモルタルを内部充填したうえで港湾内に着底しており、現在では護岸及び物揚場として活用されている。
[20] 東京電力.「建屋滞留水処理等の進捗状況について」(資料３－５), 特定原子力施設監視・評価検討会(第 87 回). 2021 年1月 25 日.
[21] 東京電力.「屋根雨水対策の進捗状況」(資料３－１), 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議(第 78 回). 2020 年5月 28 日.
[22] 東京電力.「汚染水発生抑制対策の進捗及び検討状況 建屋毎の地下水及び雨水流入量」(資料１－３), 特定原子力施設監視・評価検討会(第 84 回). 2020 年 10 月 19 日.
[23] 東京電力.「汚染水抑制対策の現況について」(資料1), 汚染水処理対策委員会(第 28 回). 2025 年5月 13 日.
[24] 東京電力.「発電所内のモニタリング状況等について(1～3号機放水路の状況、地下貯水槽の状況について)」(資料３－６), 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議(第 44 回). 2017 年7月 28 日.
[25] 東京電力. 福島第一原子力発電所の敷地境界外に影響を与えるリスク総点検～検討結果～. 2015 年4月 28 日.
[26] 東京電力.「汚染水等構内溜まり水の状況(2024.3.21 時点)」(資料1), 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議(第 124 回). 2024 年3月 28 日.
[27] 東京電力.「使用済燃料等の保管状況」(資料３－２－４), 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議(第 140 回). 2025 年7月 31 日.
[28] 東京電力.「福島第一原子力発電所における固体廃棄物について」, 福島第一原子力発電所における循環注水冷却・滞留水等に係る定例会. 2024 年4月5日.

表 A 2-3-1 主要なリスク源として明示的に取り扱っていないリスク源 (2/2)

分野	リスク源	概略
固形状の放射性物質	震災前廃棄物	ドラム缶相当で 185,816 本保管[29]。主要核種は Co-60。
廃炉作業を進める上で重要なもの	オペフロのダスト	放出管理目標値（1×10^{7}Bq/h）未満。徐々に低下傾向[30]。
	原子炉建屋の放射線源	１号機：３階では、非常用復水器（ＩＣ）の接続配管付近で最大で約 48mSv/h を測定。４階では、ＩＣの付近で最大で約 34mSv/h を測定[31]。 ３号機：１階では、南側通路の床面で線量が高く、最大 39mSv/h を測定。２階では、最大 90mSv を測定[31]。３階では、複数箇所の梁が損傷、最大 45mSv/h を測定。４階では 104mSv/h を確認[32]。
	排水路	A 排水路では Cs-137：ND～23Bq/L へ低下[33]。K 排水路では２号機原子炉建屋屋上の汚染源除去を実施し、67Bq/L まで低下。その他、浄化材を設置[34]、弁別型 PSF モニタの運用等の対策を実施[35]。豪雨対策として D 排水路の運用を 2022 年度に開始[36]。
	排気筒	１／２号機排気筒:2019 年８月より解体作業を実施し、全高 120m のうち、上部 61m を全 23 ブロックに分割して解体。2020 年５月１日に地上 59m の筒身部に雨水侵入防止用の蓋を設置し解体完了[37]。 ３／４号機排気筒：基部で 3mSv/h を測定[38]。2023 年６月に雨水による溜まり水（水深約１m）が確認され、その際に約 0.165～0.352mSv/h を測定[39]。
	汚染土壌	表土分析の結果、採取サンプルの半数以上が放射性物質対処措置法に基づく指定基準（8,000Bq/kg）を超過[40]。

〔ＮＲＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

[29] 東京電力、原子力規制委員会．被規制者との面談資料、「福島第一原子力発電所使用済燃料共用プール運用補助共用施設排気放射線モニタおよび燃料貯蔵区域換気空調系の復旧状況について」. 2018 年9月 21 日.

[30] 東京電力．福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果. https://www.tepco.co.jp/decommission/data/daily_analysis/

[31] 原子力規制庁．「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ（2023 年版）（案）」（資料1－3），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 36 回）. 2023 年3月7日.

[32] 原子力規制委員会．「現地調査の実施状況について」（資料3），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 14 回）. 2020 年 10 月 16 日.

[33] 東京電力．「K 排水路の廃水濃度低減対策状況について」（資料2），特定原子力施設監視・評価検討会（第 32 回）. 2015 年3月4日.

[34] 東京電力．「雨水流入抑制対策（タービン建屋雨水排水 浄化材設置の進捗状況）」（資料2），特定原子力施設監視・評価検討会（第 63 回）. 2018 年 10 月 15 日.

[35] 東京電力．「K 排水路における PSF モニタの運用開始について」（資料3－6），廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議（第 74 回）. 2020 年1月 30 日.

[36] 東京電力．ニュースリリース「福島第一原子力発電所D廃水路の運用開始（豪雨時の浸水リスク低減のため）」. 2022 年7月 19 日.

[37] 東京電力．「福島第一原子力発電所1／2号機排気筒解体作業完了について」. 2020 年5月1日.

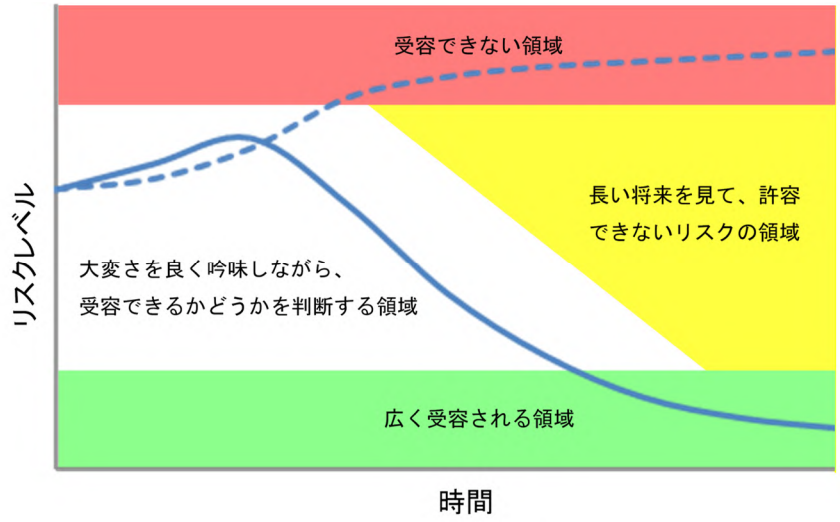
[38] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会．「東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間とりまとめ（案）」（資料4），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 19 回）. 2021 年3月5日.

[39] 東京電力．「3／4号機排気筒解体に向けた現場調査の実施状況について」（資料2－4），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 40 回）. 2023 年 10 月 30 日.

[40] 東京電力．福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果. https://www.tepco.co.jp/decommission/data/daily_analysis/

添付資料2-4 リスクの時間変化

英国のリスク管理の考え方の概要を、図 A 2-4-1 に示す。現在のリスクレベルが白色の領域にあるとしても、そのままの状態がいつまでも許容されるわけではなく、許容できない時期が到来する（黄色の領域）。さらに、時間の経過とともに、施設やリスク源の劣化等によりリスクレベルが増加する可能性がある（点線）。一方、リスク低減措置を実施する場合には、リスクレベルが一時的に増加する可能性があるものの、周到な準備と万全の管理によって、受容できない領域（赤色の領域）に入らないようにすることが可能である。このように、受容又は許容できない領域に入ることなく、リスクレベルを十分に下げることを目指すべきである（実線）。



〔資料：ＮＤＦ〕

図 A 2-4-1　リスクの時間変化[41]

[41] V. Roberts, G. Jonsson and P. Hallington, “Collaborative Working Is Driving Progress in Hazard and Risk Reduction Delivery at Sellafield” 16387, WM2016 Conference, March 6-10, 2016. M. Weightman, “The Regulation of Decommissioning and Associated Waste Management” 第１回福島廃炉国際フォーラム（2016 年４月）.

添付資料3.1-1 燃料デブリ取り出しの対象となる燃料デブリについて

「東京電力（株）福島第一原子力発電所１～４号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ（2011 年 12 月 21 日）」においては、燃料デブリを「燃料と被覆管等が溶融し再固化したもの」と解説しており、ＩＡＥＡのレポート[1,2]の趣旨に従うと、燃料デブリとは「燃料集合体、制御棒、炉内の構造材がともに溶融して固まった燃料」である。

ＰＣＶ内の状態を、これまでの内部調査、ＴＭＩ－２やチョルノービリ原子炉といった過去の事故事例、溶融再現試験等の結果から総合的に想定したものを図 A3.1-1-1 に示す。ただし、図の損傷状況は特定の号機を示しているものではない。図中に示されるように、詳細にみると、燃料デブリは損傷ペレット、デブリ、クラスト等のように形態に応じて呼称することができる。

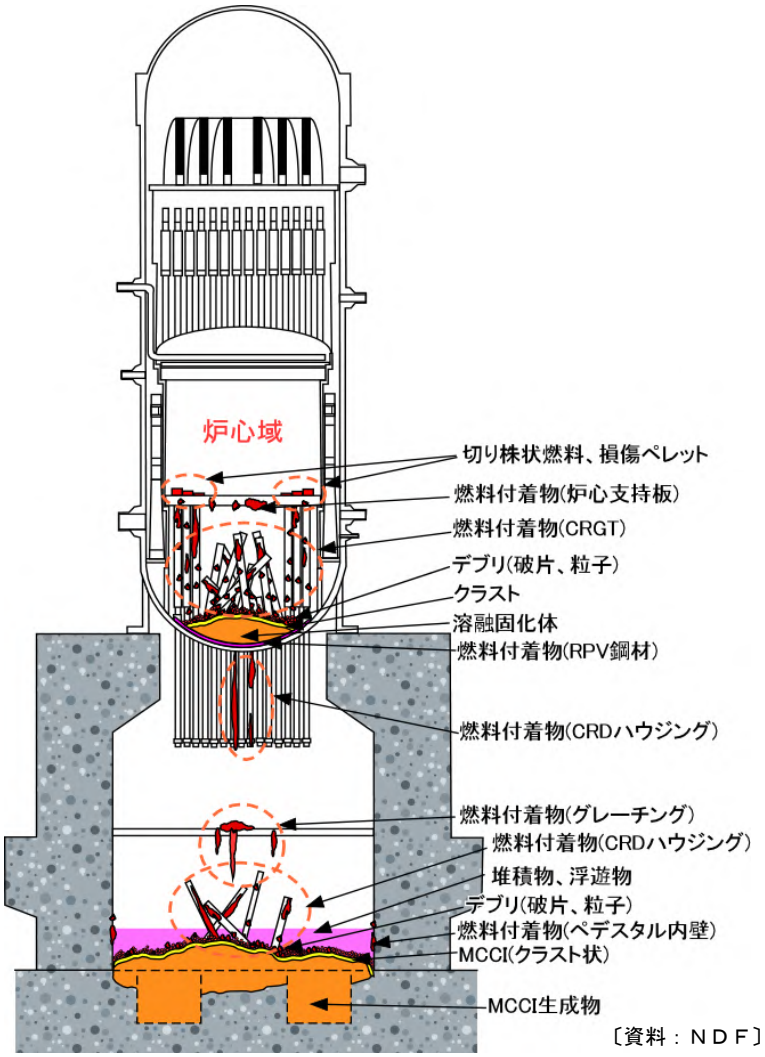


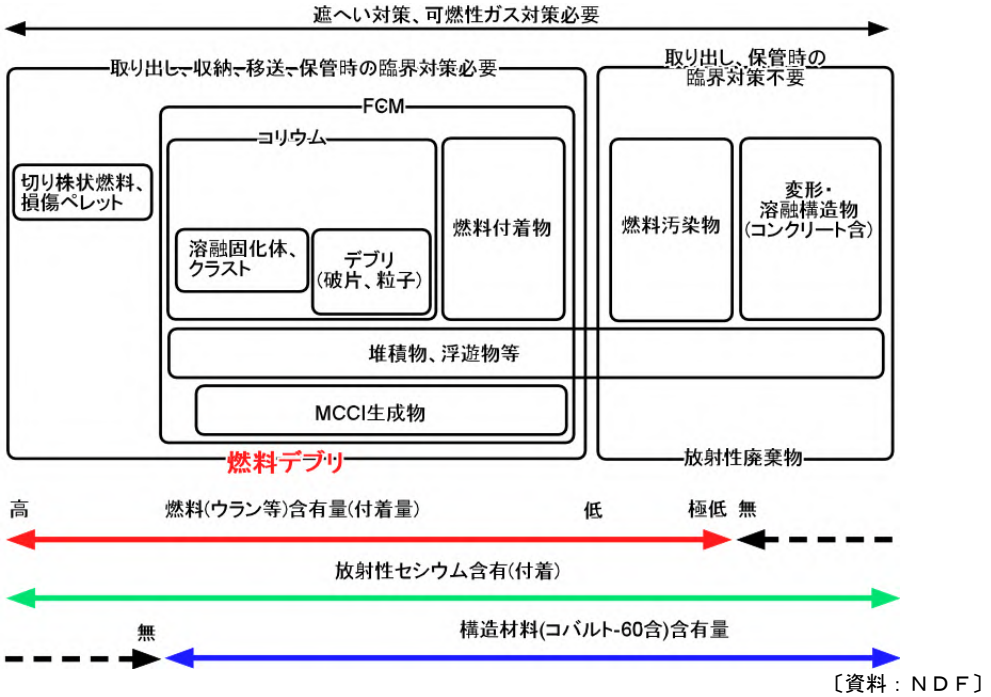
図 A3.1-1-1 福島第一原子力発電所で想定されるＰＣＶ内の状態

[1] International Atomic Energy Agency Experiences and Lessons Learned Worldwide in the Cleanup and Decommissioning of Nuclear Facilities in the Aftermath of Accidents, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-2.7, Vienna (2014)

[2] Managing the Unexpected in Decommissioning, IAEA Nuclear Energy Series No. NW-T-2.8, Vienna (2016)

核燃料物質を含むものには臨界性への配慮が必要であるため、今後の取り出し、収納・移送・保管の観点から、ＰＣＶ内に存在する物質は、核燃料物質を含むものと含まないものに大きく分類することが合理的であると考えられる。核燃料物質を含まないものであっても、放射性の Cs-137 や放射化生成物である Co-60 等の放射性物質が含有、あるいは付着していると想定される。その場合には放射性廃棄物として取り扱うことになる。

以上を踏まえ、燃料デブリ取り出しの対象としての燃料デブリの概念を整理した一例が図Ａ3.1-1-2 である。炉心損傷により生じた物質は、燃料成分の含有量、外観上の形態から様々な呼称があるが、臨界対策の必要性、燃料含有量により分類した。



〔資料：ＮＤＦ〕

図Ａ3.1-1-2 福島第一原子力発電所事故における燃料デブリ取り出しの対象となる燃料デブリの概念整理の例

【用語解説】

・ＦＣＭ　：Fuel Containing Materials（燃料含有物質）。溶融した燃料成分が構造材を巻き込みながら、固化したものを広義に指す。外観から、lava-like ＦＣＭ（溶岩状ＦＣＭ）と呼称することもある。

・コリウム　：corium。主に炉心成分である燃料集合体、制御棒成分が溶融固化したもの。

・クラスト　：crust。固い外皮、甲殻のこと。溶融した燃料が固化する際に表面層では冷却速度が大きいために、殻状に硬く固化することがある。

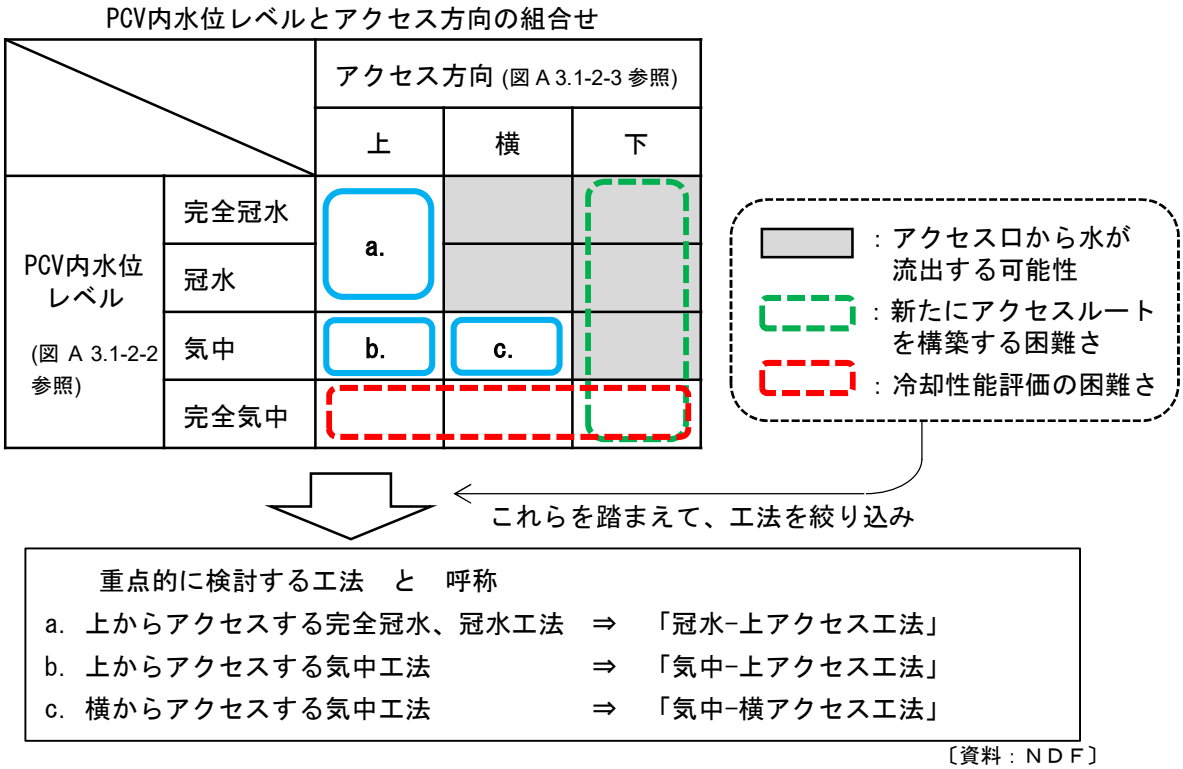
・ＭＣＣＩ生成物　：Molten Core Concrete Interaction（溶融炉心コンクリート相互作用）により生じたもの。コンクリート成分である、カルシウム、ケイ素等を含む。

・燃料付着物　：ＣＲＤハウジング、グレーチング等、元来、燃料成分を含まない部材に溶融した燃料が付着、固化したもので、目視で燃料の付着が確認可能なもの。

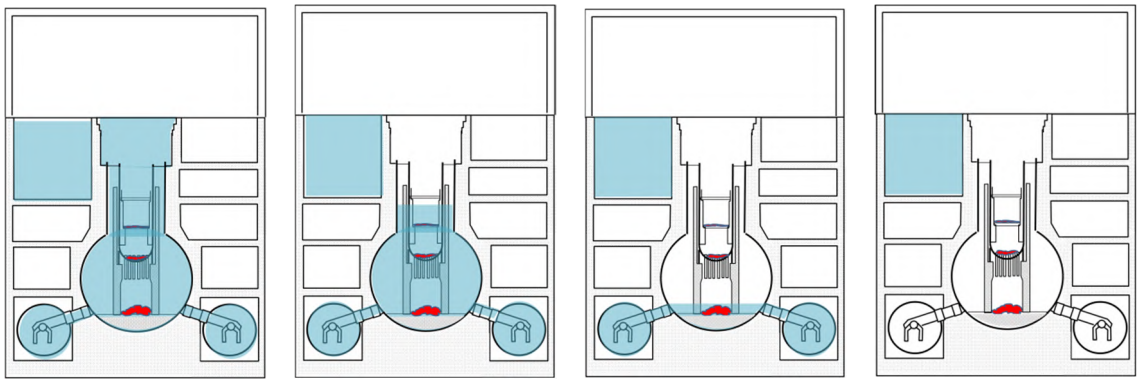
・燃料汚染物　：目視では溶融した燃料の付着が確認できないがα線検出器等により燃料成分が検知されるもの。付着している燃料成分の粒子の大きさが極めて小さく、かつ微量であるために、電子顕微鏡でなければ、燃料成分の所在が特定できないもの。

添付資料3.1-2 これまでの工法検討の変遷

技術戦略プラン 2015 及び 2016 では、ＰＣＶ内水位レベル（完全冠水、冠水、気中、完全気中）や燃料デブリへのアクセス方向（上アクセス・横アクセス・下アクセス）の組合せによる燃料デブリ取り出し工法オプションの検討を行い、重点的な検討を進めるべき３つの工法（①冠水-上アクセス工法、②気中-上アクセス工法、③気中-横アクセス工法）を選定し、その検討を進めてきた（図Ａ3.1-2-1～図Ａ3.1-2-3 参照）。



図Ａ3.1-2-1 ＰＣＶ水位と燃料デブリへのアクセス方向の組合せによる工法の検討



● 完全冠水工法：原子炉ウェル上部までの水張りを行う工法

● 冠水工法　　：燃料デブリ分布位置より上部までの水張りを行う工法

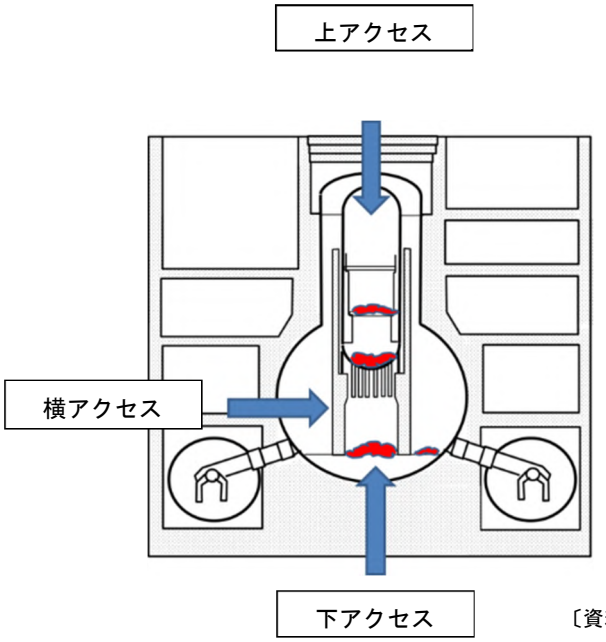
（補足）現状、燃料デブリは炉心領域より上に分布がないものと想定し、炉心領域上端部以上の水位では、冠水工法と呼ぶ。

● 気中工法　　：燃料デブリ分布位置最上部より低いレベルまで水張りを行い、気中の燃料デブリには水を掛けながら取り出しを行う工法

（補足）現状、炉心領域上端部より下の水位では、気中に露出する燃料デブリが存在すると想定し、気中工法と呼ぶ。

〔資料：ＮＤＦ〕

図Ａ3.1-2-2　ＰＣＶ内水位レベルに応じた工法分類



〔資料：ＮＤＦ〕

図Ａ3.1-2-3 燃料デブリへのアクセス方向

技術戦略プラン 2017 においては、上記の３つの燃料デブリ取り出し工法に関して、燃料デブリの安全な取り出しのために満足すべきものとして９つの技術要件（①閉じ込め機能、②冷却機能、③臨界管理、④構造健全性、⑤被ばく低減、⑥労働安全、⑦アクセスルート、⑧機器・装置開発、⑨系統設備・エリア構築）に加え、燃料デブリの安全・安定保管に係る３つの技術要件（①収納・移送・保管、②取り出し作業で発生する廃棄物の取扱い、③保障措置）に関してそれぞれ実現可能性評価を行い、５つの基本的考え方（安全、確実、合理的、迅速、現場指向）による総合評価の上で、燃料デブリ取り出し方針の決定に向けた戦略的提案（燃料デブリ取り出し方針の決定に向けた提言と決定以降の取組）を行った。2017 年９月に改訂された中長期ロードマップでは、この戦略的提案の内容を踏まえ、燃料デブリ取り出し方針が次のように決定されている。

燃料デブリ取り出し方針

① ステップ・バイ・ステップのアプローチ

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で進める。

燃料デブリ取り出し作業と原子炉格納容器内部及び原子炉圧力容器内部の調査は相互に連携させながら一体的に実施する。燃料デブリ取り出しは、小規模なものから始め、燃料デブリの性状や作業経験等から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。

② 廃炉作業全体の最適化

燃料デブリ取り出しを、準備工事から取り出し工事、搬出・処理・保管及び後片付けまで、現場における他の工事等との調整も含め、全体最適化を目指した総合的な計画として検討を進める。

③ 複数の工法の組み合わせ

単一の工法で全ての燃料デブリを取り出すことを前提とせずに、号機ごとに、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を組み合わせる。

現時点では、アクセス性の観点から、原子炉格納容器底部には横からアクセスする工法、原子炉圧力容器内部には上からアクセスする工法を前提に検討を進めることとする。

④ 気中工法に重点を置いた取組

原子炉格納容器上部止水の技術的難度と想定される作業時の被ばく量を踏まえると、現時点で冠水工法は技術的難度が高いため、より実現性の高い気中工法に軸足を置いて今後の取組を進めることとする。

なお、冠水工法については、放射線の遮へい効果等に利点があること等を考慮し、今後の研究開発の進展状況を踏まえ、将来改めて検討の対象とすることも視野に入れる。

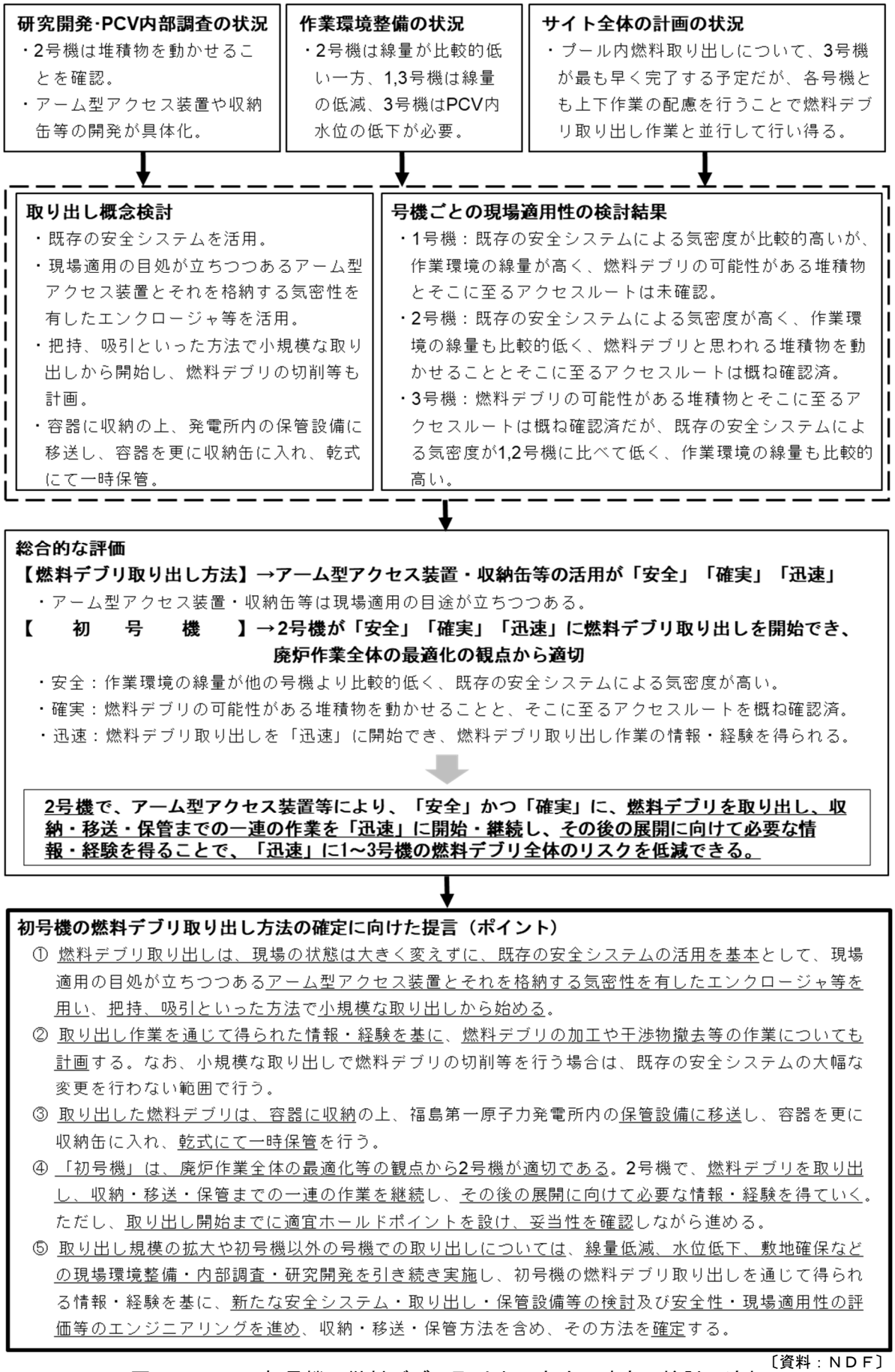
⑤ 原子炉格納容器底部に横からアクセスする燃料デブリ取り出しの先行

各号機においては、分布の違いはあるが、原子炉格納容器底部及び原子炉圧力容器内部の両方に燃料デブリが存在すると分析されている。取り出しに伴うリスクの増加を最小限に留めながら、迅速に燃料デブリのリスクを低減する観点から、以下の項目を考慮し、まず、原子炉格納容器底部にある燃料デブリを横からのアクセスで取り出すことを先行することとする。

〇原子炉格納容器底部へのアクセス性が最もよく、原子炉格納容器内部調査を通じて一定の知見が蓄積されていること
〇より早期に燃料デブリ取り出しを開始できる可能性のあること
〇使用済燃料の取り出し作業と並行し得ること

技術戦略プラン 2018 及び 2019 では、初号機とその燃料デブリ取り出し方法の検討を行っている。初号機とその取り出し方法の検討プロセスとしては、これまでの研究開発成果やＰＣＶ内部調査結果等を基に、東京電力による予備エンジニアリングにおける燃料デブリ取り出しシステムの概念検討とその号機ごとの現場適用性の評価に基づいたシナリオ（作業工程案）を踏まえ、各号機のシナリオとサイト全体の計画を組み合わせた全体最適化を検討して、初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定に向けた提言をまとめている。検討の流れを図Ａ3.1-2-4 に示す。

上記検討の結果、燃料デブリを取り出した上で、収納・移送した後に安定的に保管するまでの一連の作業を継続して行う「燃料デブリ取り出し方法」としては、取り出しに伴うリスク増加を最小限に留めながら、「迅速」に小規模な取り出しを開始し、取り出し規模を拡大した取り出しや初号機以外での取り出しに向けた情報・経験等を「迅速」に得ることで、１～３号機の燃料デブリ全体のリスクを低減する。具体的には、現場の状態は大きく変えずに、既存の安全システムの活用を基本として、現場適用の目処が立ちつつあるアーム型アクセス装置とそれを格納する気密性を有したエンクロージャ等を用い、把持、吸引といった方法から始めることで、「安全」、「確実」、「迅速」に実施できる可能性があると評価している。なお、把持、吸引だけでなく、小規模な取り出しで燃料デブリの切削等を行う場合は、既存の安全システムの大幅な変更を行わない範囲で行う。



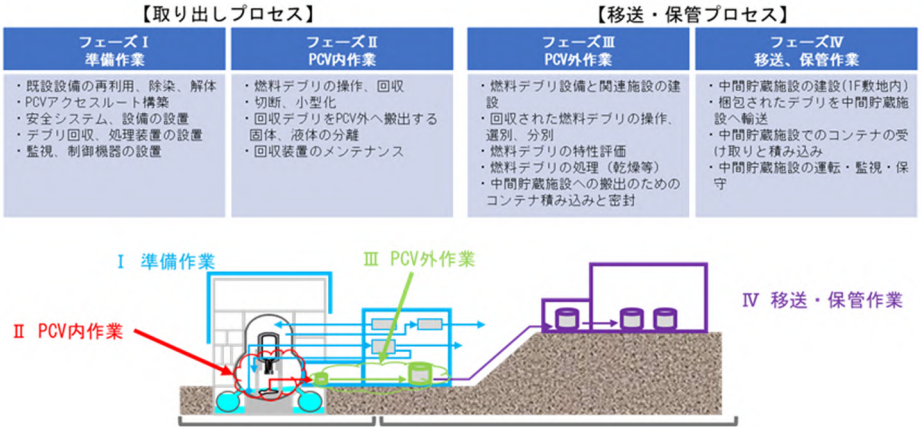
〔資料：ＮＤＦ〕

図 A 3.1-2-4　初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定の検討の流れ

その後、技術戦略プラン 2022 までに進められた工法の検討状況を以下に示す。

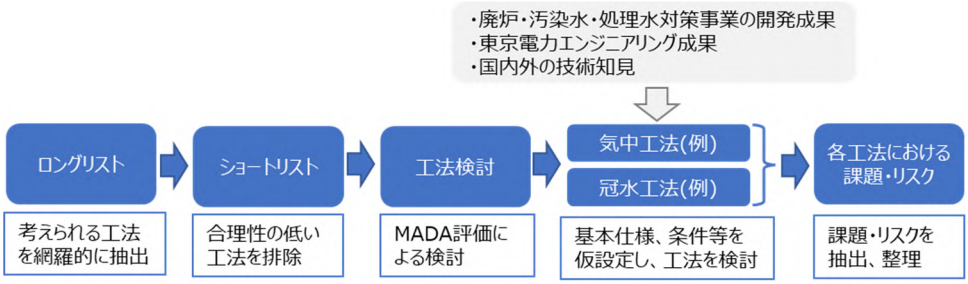
東京電力は、「取り出し規模の更なる拡大」についての概念検討を、３号機を先行して実施中であり、燃料デブリ取り出しシナリオを検討するとともに工法の検討を進めている。

2021 年度に実施した内容を以下に示す。工法を検討するに当たって、作業プロセスを取り出しプロセスと移送・保管プロセスの大きく２つに分け、さらに、取り出しプロセスは準備作業とＰＣＶ内作業、移送・保管プロセスはＰＣＶ外作業と移送・保管作業の合計４つの主要な作業フェーズⅠ～Ⅳに分類した（図Ａ 3.1-2-5 参照）。作業フェーズごとに工法の検討を行うため、各作業フェーズで考えられる工法をあらゆる可能性を排除せず幅広く網羅的に抽出（ロングリストの設定）した上で、合理性の低い工法を排除した（ショートリストへの整理）。次に、ショートリスト各々に対し、多属性効用分析評価[3]（ＭＡＤＡ評価）によりスコアリングを実施した。また、候補に上がった工法に対し、廃炉・汚染水・処理水対策事業の開発成果や東京電力のエンジニアリング成果や国内外の技術知見を取り入れ、基本仕様、条件等を仮設定した上で工法を検討し、課題・リスクを抽出、整理した（図Ａ 3.1-2-6 参照）。



図Ａ 3.1-2-5 各作業フェーズのイメージ（プロセスの分割）

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕



図Ａ 3.1-2-6 2021 年度　工法の検討フロー（概要）

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

[3] 意思決定を行う際にひとつの属性（評価項目）だけではなく複数の属性（評価項目）に着目し優劣を判断する手法。この手法を工法策定プロセスに当てはめ「Σ（各属性（評価項目）の評価）×（各属性（評価項目）の重み＝重要度）」の得点が高い工法を残す。今回、工法の検討で活用したが、今後も複数の工法オプション（例えば、アクセス装置等）の絞り込みの際には本手法の評価も有効であると考える。

上記の検討により、気中工法及び冠水工法が候補に上がってきている。今回の気中工法は、従来から考えられてきた上アクセス工法と横アクセス工法を単独ではなく組み合わせした形の工法としている（今回の気中工法のイメージ図は図 A 3.1-2-7 参照）。

一方、今回の冠水工法については、以下に示すように従来の冠水の考え方と相違している。従来の冠水工法（ＰＣＶに水を張る工法：ＰＣＶ冠水工法）は放射線の遮へい効果等に利点があるものの、ＰＣＶ上部止水の技術的難度と作業時の被ばく量を踏まえると、実現性が低いと判断されていた（従来の冠水工法（ＰＣＶ冠水工法）のイメージ図は図 A 3.1-2-8 参照）。このため、2017 年及び 2019 年の中長期ロードマップにおける取り出し方針では、気中工法に軸足を置いて進めることとし、冠水工法については研究開発の進展状況を踏まえ、将来改めて検討の対象とすることとしていた。今回の冠水工法は、上述のＰＣＶ冠水工法と相違し、新たな発想により、閉じ込め障壁として船殻構造体 と呼ばれる新規構造物で原子炉建屋全体を囲い、原子炉建屋を冠水させる方式の工法である（今回の冠水工法（船殻工法）のイメージ図は図 A 3.1-2-9 参照）。

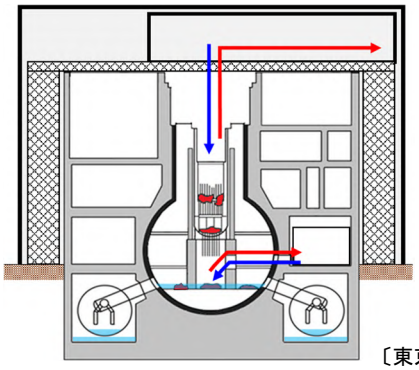


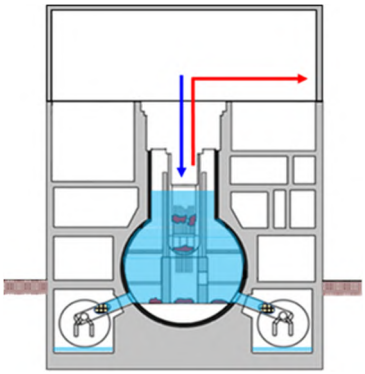
図 A 3.1-2-7～図 A 3.1-2-9 共通

装置類のアクセス方向

燃料デブリ、廃棄物等の搬出方向

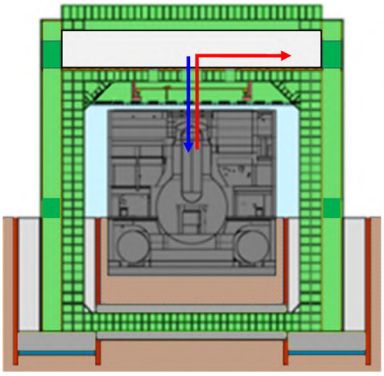
〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 A 3.1-2-7 気中工法の一例
（上アクセスと横アクセスの組合せのイメージ図）



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

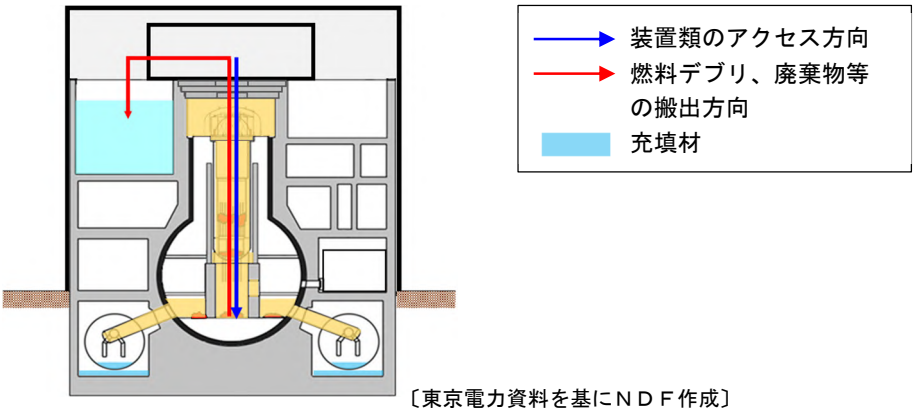
図 A 3.1-2-8 参考：従来の冠水工法
（ＰＣＶ冠水工法のイメージ図）



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 A 3.1-2-9 冠水工法の一例
（船殻工法のイメージ図）

技術戦略プラン 2023 では、まず燃料デブリ取り出しを困難にしている６項目の要因を抽出し、これらを踏まえ、工法を検討・評価する際の留意点を整理している。次に、気中工法、気中工法オプション（ＲＰＶ充填固化）、冠水工法（船殻工法）の各工法について、工事シーケンスから抽出した課題を上記要因６項目に分類し、それらの課題と取組方針を整理・検討している。なお、気中工法オプション（ＲＰＶ充填固化）は、気中工法の課題の困難さを下げる可能性のある方策として考案されたもので、ペデスタル底部、ＲＰＶ、原子炉ウェル等を充填材で固めて物理的に安定化させた上で、充填材とともに燃料デブリを掘削して取り出す工法である（図 Ａ 3.1-2-10）。



〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

図 Ａ 3.1-2-10 気中工法オプション（ＲＰＶ充填固化）案の一例

上記のように、「取り出し規模の更なる拡大」の工法として、気中工法、気中工法オプション（充填固化工法）、冠水工法の３工法が候補に挙がった。他方、2030 年代の「取り出し規模の更なる拡大」の作業開始を考慮すると、工法を絞り込み、設計検討を加速していくことが適切である。このような状況を踏まえ、不確かさが大きい中で設計検討の方向性を絞り込むに当たっては、政府、東京電力、ＮＤＦが協力して検討を進めるとともに、内外の技術的知見を集めた専門的かつ集中的な検討が必要であった。このため、2023 年２月より「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」を設置し、安全を大前提に工法の技術成立性等を総合的に検討・評価することとした。小委員会は 12 回の審議を経て 2024 年３月に工法選定への提言等を報告書に取りまとめた。技術戦略プラン 2024 では、小委員会報告書の概要及び小委員会の提言を踏まえた東京電力の取組状況について記載している。以下に小委員会報告書の主な成果として、各工法の長所と課題、工法選定への提言について示す。

■各工法の長所と課題

小委員会では、各工法の準備工事、建設工事、燃料デブリ取り出し作業、移送・保管、保守の一連の作業プロセスを分析し、そこに内在する課題を抽出し対応策を検討した上で、技術成立性を評価している。これらの評価に基づき、工法の長所と課題について整理した結果を以下に示す。

- 気中工法の長所と課題

＜長所＞

・ 気中工法は、現在気中で維持されている状況を大きく変化させずに取り組むため、状態変更に伴う懸案等が少ない。

・ 上アクセスの中でも複数の工法の中からの選択、また、上アクセスと横アクセスの組合せなど、内部の状況に応じた燃料デブリ加工・回収方法を選定できる。

＜課題＞

・ 現場が高線量であるため、他工法と比較して多種多様の遠隔操作装置が必要であり、開発・設計・検証に長い期間を要する。

・ 遠隔操作装置のレスキューに相当な時間が掛かる。

・ 高線量の燃料デブリと廃棄物を上から取り出すため、オペフロに高重量のセル、取り出し機器の設置が必要となり、これらを支持し十分な耐震性を確保するための構台の規模が大きくなる。

- 気中工法オプションの長所と課題

＜長所＞

・ 設備全体の規模が小さく装置がシンプルであり、燃料デブリ等を充填材で固めることにより一旦安定化させることができる。

・ 取り出しの際の扱いを統一化・単純化させることができる。

・ 充填材による遮へい効果、及び比較的小さな開口から炉内にアクセスすることなどから、オペフロでの線量低減が期待される。これにより、オペフロに設置するセルやそれを覆うセルカバー、これらを支持する構台等の規模を簡素化できる可能性がある。

・ 機器故障時のレスキューにおいてオペフロでの作業員による直接操作が期待できる。

＜課題＞

・ 技術的な検討が不足していることが否定できず、工法単独での成立性の判断は時期尚早である。

・ 充填材の選定（流動性・硬化時間調整性・固化後の機械的物性・熱伝導性・化学的安定性・放射線による劣化性等）、充填方法、充填状態の確認方法の確立が必要。

・ 掘削対象物に応じた先端ビット等の選定、検証が必要。

・ 充填範囲に応じて廃棄物発生量が増大する。

・ スラッジ状で回収する場合には、その取扱いに注意が必要。

- 冠水工法の長所と課題

＜長所＞

・ 炉内からの強いγ線に対して、水遮へいによりオペフロでの線量を低減させることで、上部からの遠隔操作が容易となり、作業員被ばくの低減等への裕度を拡大させる。あわせて、ダスト飛散抑制の効果も期待できる。

・ 強固な閉じ込め障壁（船殻構造体）により、原子炉建屋全体を外部から完全に隔離できる。

・ 遠隔機器故障時のレスキューは、オペフロから人手による操作が可能である。

＜課題＞

- 建屋の下部地盤での船殻構造体構築における現場施工性（施工中における地震時の地盤安定性、施工時の地下水対策、大規模な船殻構造体製作の品質保証等）の検証と安定化設備のタービン建屋以外の移設先の確保等が必要である。
- 大量の保有水の管理（水質管理・漏えい防止・腐食対策等）に加えて、入念な臨界管理が必要である。
- 船殻構造体の設備規模が膨大である。
- 準備工事期間が最も長く、燃料デブリ取り出し作業の開始時期が最も遅い。

■工法選定への提言

各工法の評価から、小委員会では結論として以下のように提言している。

- ✓ 気中工法と気中工法オプションの組合せによる設計検討・研究開発を開始することとする。
- ✓ これと併行して、小規模な上アクセス等による内部調査を進める。
- ✓ 水遮へいの機能を活用した工法についても、併行して検討を行う。

添付資料3.1-3 ＰＣＶ・建屋等の構造健全性の確保に関する課題

ＰＣＶ、ＲＰＶペデスタル等の主要機器と原子炉建屋に関して、事故後、東京電力の検討や廃炉・汚染水・処理水対策事業において、構造健全性等の評価が進められた。その結果、主要機器と原子炉建屋等が一定の耐震裕度を有していることが確認されている。

今後は、既設の主要機器と原子炉建屋等、及び、燃料デブリ取り出しのために今後新設する機器・設備と建屋（既設の機器・設備と建屋の改造部を含む）が、要求機能を満足し、比較的長期にわたる燃料デブリ取り出しにおいて、①作業を安全に実施できること、②地震と津波をはじめとする外部事象に対して所要の安全性を確保できることが必要である。また、③長期的な保守管理を前提としつつ、④今後のＰＣＶ内部調査や燃料デブリ分析結果等で得られる新たな知見を燃料デブリ取り出し設備の設計や工法の検討にフィードバックすることが重要である。主な要求機能を以下に例示する。

- 既設の機器・設備と建屋に関して（改造部を含む。必要に応じて経年影響も考慮）
  - ・ ＰＣＶ、ＲＰＶ及び原子炉建屋等の閉じ込め機能の劣化を抑制し、放射性物質の大量放出を抑制・防止する（閉じ込め機能の維持）。
  - ・ 原子炉建屋等が、既設の主要機器に加えて、燃料デブリ取り出しのために原子炉建屋等に新たに設置される機器・設備を安全に支持する（支持機能の維持）。
- 燃料デブリ取り出しのために新設する機器・設備と建屋に関して（既設の機器・設備への接続部を含む）
  - ・ 設計要求に応じた機能を有し、放射性物質の大量放出を抑制・防止する（閉じ込め機能の確保）。
  - ・ 燃料デブリ取り出しのために設置される機器・設備を安全に支持する（支持機能の確保）。
  - ・ 新設する建屋等が所要の安全な作業環境を提供する（遮へい性能の確保等）。

東京電力では、既設の構内の設備・機器と建屋に対し、劣化進展を考慮した長期保守管理計画を 2020 年度に策定し、運用を開始している。今後の調査等により事故についての新たな事実が明らかになった時には、事故進展解析等の評価を行って特に損傷等の事故影響を明らかにするとともに、劣化進展を考慮の上で廃炉期間にわたる機能の確保を図ることが必要である。また、既設の機器・設備と建屋に関し、2021 年２月 13 日及び 2022 年３月 16

日に発生した福島県沖を震源とする地震[1,2]では、１、３号機のＰＣＶの水位低下が確認された。いずれの地震でも冷却機能は維持されたが、両地震も踏まえ、中長期を見据えた上記の機能を有する機器・設備と建屋を保全管理するために、事故影響、経年劣化、並びに今後の廃炉期間中に想定される外部事象（地震、津波等）に対する影響評価を進めておく必要がある。既往の影響評価では設備・機器の情報が限定的であったことから、今後の更なる状況把握のための調査計画の検討においては既往の技術や調査結果を最大限活用するとともに新たな技術の開発も必要である。その際には、安全性を優先しつつ、原子力分野だけでなく、広く他分野の最新知見と実績の積極的な導入を図ることが有用である。

上記の影響評価に基づいて、今後想定される地震や経年劣化によるリスクへの備えをできることから実施していくことが重要である。以下に地震リスクと経年劣化リスクへの備えについて述べる。ここで、地震リスクとは、設備・機器と建屋に地震による損傷が生じてそれらの要求機能を損なうリスクを想定している。経年劣化リスクとは、設備・機器と建屋に経年劣化による損傷が生じてそれらの要求機能を損なうリスクを想定している。ただし、地震リスクを検討する際には経年劣化の影響も考慮する。

(1) 地震リスクへの備え

今後想定される地震リスクへの備えとして、耐震評価を踏まえて機器・設備と建屋の裕度を見極めた上で対策を具体化することが重要であるが、その際には現場の不確かさと作業の難易度、作業員被ばくを十分に考慮しなければならない。

耐震評価のためには、事故による影響や減肉等の経年劣化の実状を適切に把握する必要がある。しかし、高線量環境下にあるために把握できる情報は限定的であり、検討条件の多くを推定に基づいて保守的に設定することにより対策の難易度を高めてしまう可能性がある。したがって、事故時の影響のほか、経年劣化の実状を精度良く把握することに努めることが重要である。例えば、計測できるところは限定的ではあるが、配管等の腐食進展速度の計測結果を、モデル分析を踏まえて測定できない場所の推定に生かす等、そのフィードバックの範囲や仕方について、不確かさを低減するべく工夫していく必要がある。

そのほか、地震リスクへの備えの一つとして地震時に発生する応力や変形を低減させる方法がある。この例としては、事故の影響によって水位が通常運転時よりも高い１、３号機のＳ／Ｃを対象とした水位低下計画を立案し、１号機では徐々にＰＣＶ水位を低下させている。

---

[1] 福島県沖を震源とする地震。宮城県と福島県で最大震度６強を観測した。福島第一原子力発電所では、６号機原子炉建屋の地下２階（基礎盤上）に設置した地震計で最大加速度 235gal の揺れが記録された。

[2] 福島県沖を震源とする地震。宮城県と福島県で最大震度６強を観測した。福島第一原子力発電所では、６号機原子炉建屋の地下２階（基礎盤上）に設置した地震計で最大加速度 221gal の揺れが記録された。

１～３号機の原子炉建屋については、事故後の損傷状態を考慮した耐震評価により一定の安全性を確認している。しかし、上記の主要な設備と同様、燃料デブリ取り出し期間中の長期にわたって、耐震安全性を確認していく必要がある。そのためには、高線量下のため、実施困難な状況にあるとはいえ、継続的な調査を行い、損傷状態や劣化・腐食状況の把握に努めなければならない。例えば、ロボットやドローン等を活用した無人化・省人化技術を適用した調査等のこれまでの取組を継続し、得られた知見を蓄積して情報として集約することが重要である。

また、耐震評価上考慮している部材に対して、上記の調査等により、構造性能の低下、大地震による損傷の追加等の新たな事実や知見が明らかになった場合には、機器・設備と建屋の状態に関する情報を更新し、耐震評価に適宜反映することが重要である。

(2) 経年劣化リスクへの備え

ＲＰＶやＰＣＶ等の経年劣化としては腐食による減肉が想定されるため、経年的には構造強度が低下していく傾向にある。このための備えとしては、構造物そのものへの対策と、構造物が置かれている環境への対策が考えられる。前者としては、一般的にはコーティング等があるが、人が容易に近づけないことを考えると難易度が極めて高い。このため、後者の環境への取組を優先して検討する。現状の取組として、原子炉注水に対しては、タンク内での窒素バブリングやヒドラジン注入により、溶存酸素濃度の低減を図る対策を講じており、気相部に関してはＰＣＶ内部に窒素を封入する対策を講じている。ただし、今後、燃料デブリの取り出しを進める過程で、現状と異なる環境とする可能性もある。その場合には、燃料デブリの合理的な取り出しに向けて、経年劣化の抑制のありかたも含めて検討する必要がある。

一方でＰＣＶは損傷しており、経年劣化も進展していくことも考えると、特にＰＣＶ内部の酸素濃度が低い状態を適切に継続的に維持していく取組が重要である。

また、既設及び新設の機器・設備と建屋に関しては、燃料デブリ取り出し時の検討条件（新設される機器・設備の配置、大きさ、重量、ＰＣＶ／生体遮へい壁への開口部等）が今後の設計進捗に応じて具体化される。機器・設備と建屋の構造健全性の確保に向け、サイトの状況を反映しつつ、それらの最新の設計情報に基づいて着実に検討を進める。

なお、新設する機器・設備と建屋の具体的な設計では、原子力規制委員会が決定した新耐震設計方針[3]に示されている地震動と耐震クラスに基づいて耐震評価を行うことが重要である。一方、事故で損傷した建屋や主要機器等については、いまだに高線量の環境下で補修や補強も容易でない状況にある。このため、リスク評価の観点も含めて適用する地震動と耐震クラスを適切に設定する。その際、今後の燃料デブリ取り出しをはじめとする個々の廃炉作

[3] 原子力規制庁. 「令和３年２月 13 日の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方（２回目）」（資料２）, 原子力規制委員会（第 30 回）. 2021 年９月８日.

業に必要な設備の設計方針に関し、安全確保最優先であることは当然として、適用する地震動や解釈等について、審査の独立性を担保しつつ、申請前に東京電力が原子力規制庁と意見交換のできる枠組みを継続して運用することが重要と考える。

そのほか、既設の機器・設備と建屋の評価において、耐震性に直接影響がない部材や耐震評価上、無視している部材についても、事故影響で破損した部位等が崩落・落下した場合には、構造上及び放射線安全上の支障が生じなくても社会的に大きな影響を与える可能性がある。それを避けるため、日々のモニタリングにより劣化の進行がないか注視するとともに、人身安全、設備安全の観点からの管理を徹底する必要がある。

添付資料3.1-4 事故分析（事故時の発生事象等の明確化）活動の継続（最近の活動の進捗）

福島第一原子力発電所事故の事故分析活動は、東京電力だけでなく各組織において行われている。原子力規制庁は、東京電力と協働して、事故の原因を究明するとともに、将来の原子力安全性の向上に資するため、事故分析で得られた知見の検討を進めている。日本原子力学会においても、事故分析に関わる活動が継続している。国際協力については、ＯＥＣＤ／ＮＥＡにおいて、各国・各機関の知見に基づいて、事故分析に係るプロジェクトが進んでいる。

東京電力自身による事故分析活動として、事故時の発生事象等を明確化するため、「福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明事項」として 52 件の課題を抽出し、内部調査で得られた知見などに基づく調査・検討の進捗を報告している（表 A3.1-4-1 ）。2013 年 12 月の第１回進捗報告において、地震の影響による１号機での冷却水喪失の可能性の検討（１号機-４）等の 10 件の課題についての検討結果が報告された[4]。これら 10 件のうち、津波の詳細な到達時刻や浸水経路（共通-14）等の５件は特に重要な課題として報告された。さらに、重要課題のうち消防車による原子炉注水量（共通-２）及び3号機 HPCI 停止後の原子炉水位の挙動(3号機−5)の２件については検討が継続された。2014 年 8 月の第２回進捗報告において、継続された２件を含む残り 44 件の課題について、事故を理解する上で優先順位が高い課題 10 件と事故進展メカニズムの理解を助ける課題 34 件に改めて整理された[5]。その後、2015 年 12 月の第４回進捗報告までに優先順位が高い 10 件の課題について検討結果が示され、さらに 2022 年 11 月の第６回進捗報告までに事故の理解を助ける課題のうち「炉内損傷状況とデブリ位置について」を含めた 20 件の検討結果が示された[6,7,8,9]。一方で、溶融炉心物質とコンクリートとの反応や、ベント時の格納容器からの放射性物質の放出等の 14 件の課題については、まだ十分な検討が進められていない。

未確認・未解明事項は、現場で得られる知見が少ないために課題として抽出されている。まだ十分検討されていない 14 件の課題については、今後の現場知見の拡充とそれに基づく他機関との連携を含む事故進展解析により検討が進むと期待される。現時点までに一定の検討結果が得られている課題についても、新たな現場知見に基づいてさらに理解を深めて

---

[4] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第１回進捗報告」. 2013 年 12 月 13 日.

[5] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第２回進捗報告」. 2014 年８月６日.

[6] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第３回進捗報告」. 2015 年５月 20 日.

[7] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第４回進捗報告」. 2015 年 12 月 17 日.

[8] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第５回進捗報告」. 2017 年 12 月 25 日.

[9] 東京電力. 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第６回進捗報告」. 2022 年 11 月 10 日.

いくことが重要である。東京電力は、原子炉建屋内で事故の痕跡を留める場所については、事故時の情報が失われる前に先行して調査を行い検討に役立てることを計画し、「福島第一原子力発電所事故調査中長期計画」として公表している[10]。今後、２号機の「試験的取り出し」で採集されたデブリの分析や、１～３号機で計画されている内部調査により、これらの事故分析活動に有用な情報を得られることが期待される。

表 A 3.1-4-1 福島第一原子力発電所事故における未確認・未解明問題の報告状況[11]

（□報告済、□未報告）

課題番号	課題件名	進捗報告での報告状況
共通-１ （優先順位が高い課題）	炉心損傷後のＳＲＶの動作について	第４回 第６回（追加報告）
共通-２[#1] （優先順位が高い課題）	消防車による原子炉注水量について （第２回以降に引き継ぎ）	第１回 第２回、第５回（追加報告）
共通-３	水位計の基準面器配管の水の蒸発挙動について	第３回 第５回（追加報告）
共通-４	ＰＬＲメカニカルシールからの漏えいについて	未報告
共通-５	コア・コンクリート反応について	未報告
共通-６ （優先順位が高い課題）	溶融炉心の下部プレナム落下挙動	第４回
共通-７	放射性物質の大気放出のタイミングとモニタリングデータの関連について	第５回
共通-８	ベント時の格納容器からの放射性物質の放出挙動について	未報告
共通-９ （優先順位が高い課題）	３月 20 日前後の線量上昇について	第３回
共通-10	炉心損傷状況とデブリ位置について	第５回 第６回（追加報告）
共通-11	原子炉建屋の水素爆発について	第５回
共通-12	巨大連動型地震及び巨大津波発生に関する知見について	未報告
共通-13	福島県浜通り南部地域における地震活動の活発化について	未報告
共通-14[#2] （優先順位が高い課題）	津波の福島第一主要建屋への詳細な到達時刻や浸水経路について	第１回 第５回（追加報告）
共通-15	津波の波力による影響について	未報告
共通-16	ヒューマンファクターの観点からの検討	未報告
１号機-１	１号機水素によるＩＣの除熱劣化について	第３回
１号機-２	１号機ＩＣ動作の場合の挙動について	第３回
１号機-３	１号機指示不良後の原子炉水位計指示値の挙動について	第３回

[10] 東京電力. 【検討課題リスト】（添付資料２）, 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果のご報告「第６回進捗報告」. 2022 年 11 月 10 日.

[11] 東京電力. 【検討課題リスト】（添付資料２）, 福島第一原子力発電所事故発生後の詳細な進展メカニズムに関する未確認・未解明事項の調査・検討結果「第６回進捗報告」について. 2022 年 11 月 10 日.（https://www.tepco.co.jp/decommission/information/accident_unconfirmed/pdf/221110j0106.pdf）

課題番号	課題件名	進捗報告での報告状況
１号機-４[#3] （優先順位が高い課題）	１号機地震の影響によるＬＯＣＡの可能性について	第１回
１号機-５	１号機原子炉圧力容器の気相漏えいについて	未報告
１号機-６	１号機格納容器の気相漏えいについて	未報告
１号機-７	１号機３月 11 日の原子炉建屋内の線量上昇について	未報告
１号機-８	１号機原子炉建屋１階南東エリアの高線量汚染の原因の特定	第６回
１号機-９ （優先順位が高い課題）	１号機ＲＣＷ配管の高線量汚染の原因の特定	第４回 第６回（追加報告）
１号機-10	１号機ＳＧＴＳ配管周辺の高線量汚染について	未報告
１号機-11[#6]	１号機消防車による注水条件の変更 （共通-２に集約）	第１回
２号機-１	２号機制御電源喪失後のＲＣＩＣ流量について	第１回
２号機-２	２号機ＲＣＩＣの停止原因について	未報告
２号機-３	２号機３月 14 日 21 時以降のＳ／Ｃ圧力計の挙動について	第６回
２号機-４	２号機津波到達後のＲＨＲ系統の状況について	第１回
２号機-５	２号機 14 日 13 時頃からの格納容器圧力挙動について	第１回
２号機-６	２号機ＳＲＶ強制開時のＰＣＶ圧力について	第４回
２号機-７ （優先順位が高い課題）	２号機強制減圧後の原子炉圧力の上昇について	第２回 第３回（追加報告）
２号機-８	２号機原子炉圧力容器の気相漏えいについて	第４回
２号機-９ （優先順位が高い課題）	２号機ラプチャディスクの作動の有無について	第３回
２号機-10	２号機水素リッチな蒸気を放出した際の凝縮挙動	第３回 第４回（追加報告）
２号機-11	２号機原子炉格納容器の気相漏えいについて	第６回
２号機-12	２号機 15 日のＣＡＭＳ指示値の急上昇について	第３回 第４回、第６回（追加報告）
２号機-13	２号機水素爆発が起きなかったことについて	未報告
３号機-１ （優先順位が高い課題）	３号機ＲＣＩＣの停止原因について	第２回
３号機-２	３号機指示不良後の原子炉水位計指示値の挙動について	第５回
３号機-３ （優先順位が高い課題）	３号機圧力抑制プールの温度成層化について	第４回
３号機-４[#7]	３号機ＨＰＣＩ運転中の原子炉水位の挙動 （３号機-５に集約）	第１回
３号機-５[#4] （優先順位が高い課題）	３号機ＨＰＣＩ停止後の原子炉水位の挙動 （第２回以降に引き継ぎ）	第１回 第２回、第５回（追加報告）
３号機-６[#5] （優先順位が高い課題）	３号機 13 日９時頃の原子炉圧力の急速減圧挙動	第１回 第２回（追加報告）
３号機-７	３号機 13 日急速減圧後の原子炉圧力の挙動	第１回 第２回（追加報告）
３号機-８	３号機ベント操作時の格納容器圧力の挙動	第４回

課題番号	課題件名	進捗報告での報告状況
		第６回（追加報告）
３号機-９	３号機原子炉圧力容器の気相漏えいについて	第６回
３号機-10	３号機格納容器の気相漏えいについて	第４回 第６回（追加報告）
３号機-11	３号機原子炉建屋上部からの大量の蒸気発生	第４回
３号機-12	３号機消防車による注水条件の変更	未報告

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

第１回から第６回の進捗報告の過程で、東京電力が提示した未確認・未解明問題は、事故を理解する上で優先順位が高い課題 13 件、炉心損傷状況とデブリ位置に関する課題１件（共通-10）、及び、事故進展メカニズムを理解する上で助けになる課題 38 件に区分され、調査・検討が進められている。第６回進捗報告までに、事故進展メカニズムを理解する上で助けになる課題 14 件以外について、調査・検討結果が報告された。

#1-5 これらの５課題は、第１回進捗報告において事故を理解する上で重要な課題として、東京電力による検討結果が報告された。そのうち共通-２と３号機-５の２課題は、第２回進捗報告以降で検討継続する、優先順位が高い 10 件の課題の中に再編された。また、共通-14 については、第１回進捗報告での検討結果に対して別の見解を示す専門家がいたことから、第５回進捗報告で調査結果が追加報告された。

#6 １号機-11 については、共通-２に集約され、第２回進捗報告以降に引き継がれた。

#7 ３号機-４については、３号機-５に集約され、第２回進捗報告以降に引き継がれた。

また、東京電力は、燃料デブリ取り出し工法や保管管理等の検討、並びに、炉内損傷状態や燃料デブリ分布の推定を含む未確認・未解明問題の検討にむけて、福島第一原子力発電所の１号機から３号機の原子炉建屋内やＰＣＶ内部の調査や廃炉作業で得られる知見の整理、及び、採取された堆積物やデブリなどの現場サンプルの分析を進めている。

最近の主な進捗としては、１号機については、2023 年度に、ＰＣＶ底部の破損状態や燃料デブリを含んでいると考えられる堆積物の観測結果について検討が進められた。取得されたサンプルの分析では、鉄錆が主成分であり、わずかにウランとジルコニウム、及び、シリコンとアルミニウムを含む微粒子が検出された。また、ドローンを使ったＰＣＶ気中の内部調査が行われ、ＲＰＶ下のＣＲＤハウジングが破損し、燃料デブリの可能性がある物質が付着していることなど、ペデスタル内やＰＣＶ上部の観測データが取得された。これらの知見に基づいて、３Ｄモデル作成が進められた。さらに、高線量が観測されているＲＣＷ熱交換器残留水や滞留ガス、ＰＣＶ内の水位低下に向けたＳ／Ｃ内包水、Ｘ-２ペネの扉内側付着物などのサンプル採集と分析が進められた。2024～2025 年度にかけて、新たに取得されたＰＣＶ底部堆積物の分析が継続され、従来サンプルと同様に鉄錆成分が多くウラン含有粒子が含まれていることが報告された。また、ＰＣＶ水位低下の準備作業と、Ｘ-25 ペネのアクセス性確認などの調査が行われた。

２号機については、2023 年度に、試験的デブリ取り出しで使用するＸ-６ペネの内部調査と堆積物の除去作業が進められ、堆積物のサンプリングが行われた。また、事故後に約

３日間作動していたＲＣＩＣの停止原因の究明に向けた原子炉建屋地階へのアクセス性の調査、ＲＰＶ内部調査に向けた原子炉系計装配管の線量低減・洗浄作業及びサンプル採集が行われた。2024 年度から、デブリ取り出し作業と回収したデブリの分析が開始された。また、デブリ取り出しのアクセスルートとして堆積物の除去が行われたＸ-６ペネ関連試料の分析が新たに行われ、堆積物の由来が推定された。

３号機では、2023 年度に、ＰＣＶ内の水位低下に向けたＳ／Ｃ内包水と滞留ガスの調査が行われた。2024 年度には、事故時に原子炉底部のＣＲＤが損傷し、ＦＰが流入したと推定されているＨＣＵ内包水のサンプリングが行われた。さらに、３号機建屋内の空間情報や線量率情報について、今後の詳細調査の要否判定に向けて、現状把握が進められた。これに基づいて、３号機Ｘ-６ペネ前室内調査が行われた。2025 年度には、Ｓ／Ｃ内滞留ガスパージ作業が開始された。

これらの調査や解析の結果は、経済産業省の廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合のサイトに公開されている[12]。また、得られた知見は、炉内状況推定図に反映され、事故原因の究明等に利用されている。なお、検討結果と炉内状況推定図は debrisWiki により一般に公開されている[13]。

事故の継続的な調査・分析を所掌する原子力規制庁は、東京電力と協働して、「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（以下、「事故分析検討会」という。）」を設置して事故分析に係る検討を進めている[14]。2013 年に実施された第１回事故分析検討会において、主要な検討課題について、

① 国会事故調、政府事故調等において、引き続き確認すべきとされた技術的な論点
② 原子炉等の設備・機器が事故及びその後の対応によって受けた影響
③ その他、今後の安全規制に反映するために技術的に解明すべき点

の観点で整理された[15]。表 A 3.1-4-2 に、原子力規制庁が整理した主要な検討課題について、東京電力が整理した未確認・未解明事項と関連づけて示す。事故分析検討会では、上記課題のうち、①と②から優先的に検討を進めることとなった。

[12] 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議：
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning_team_archive.html
[13] debrisWiki メインページ： https://fdada-plus.info/wiki/index.php?title=メインページ
[14] 原子力規制委員会設置法第４条第１項第 11 号「原子炉の運転等に起因する事故の原因及び原子力事故により発生した被害の原因を究明するための調査に関すること」
[15] 原子力規制庁. 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会について, 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第１回）. 2013 年５月１日.

表 A 3.1-4-2 東京電力福島第一原子力発電所事故分析における当面の検討課題
（第１回事故分析検討会）

課題の分類	検討項目	東京電力による未確認・未解明問題との対応
① 国会事故調、政府事故調等において、引き続き確認すべきとされた技術的な論点	地震動による安全上重要設備への影響：津波襲来前の小規模ＬＯＣＡ発生の可能性	１号機−４
	地震動による安全上重要設備への影響：津波以外の原因での一部電源喪失の可能性	共通−14
	１号機ＩＣの作動状況、出水元の特定	１号機−１、２、４
	１号機ＳＲＶの作動状況	共通−1
	3号機使用済み燃料プールにおける再臨界の可能性	−
	4号機原子炉建屋の水素爆発における水素発生源	共通−11
② 原子炉等の設備・機器が事故及びその後の対応によって受けた影響	PCVの破損箇所の特定	1号機−6 2号機−5、11 3号機−6、10
	PCVの劣化などに係る分析（海水影響、高温高圧による影響）	同上
	溶融落下したデブリの状況確認	共通−10
③ その他、今後の安全規制に反映するために技術的に解明すべき点	放射性物質の漏えい経路および放出量評価	共通−7、8、9 1号機−5、6、7、8、9、10 2号機−8、9、11、12 3号機−8、9、10、11
	圧力抑制室における温度成層化の可能性	2号機−3 3号機−3

〔ＮＲＡ、東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

この検討方針に基づいて現地調査や事故時データの評価に基づく検討が行われ、検討結果は 2014 年版の東京電力福島第一原子力発電所事故の分析中間報告書として公開された[16]。課題①について、１号機原子炉建屋内での出水は、使用済燃料プールからのスロッシングに起因する可能性が高く、地震動により小規模のＬＯＣＡが発生していたとは考えにくく、従って逃がし安全弁が不作動となった可能性も低いと評価された。１号機非常用ディーゼル発電機については、事故当時の記録データと現地調査により、津波襲来時点まで稼働していたと評価された。ＩＣの作動状況については、理論的には、ＩＣ配管の破断検出回路の直流電源喪失後も交流電源が働き続け、交流駆動弁が閉止するシナリオがありうると評価された。また、使用済燃料プールの現地調査、白煙発生箇所の特定、再臨界可能性の解析結果、などから、３号機原子炉建屋からの白煙は使用済燃料プールからのものではなく、使用

[16] 原子力規制委員会．東京電力福島第一原子力発電所事故の分析 中間報告書．平成 26 年 10 月８日．（https://www.nra.go.jp/data/000069286.pdf）

済燃料プール内の臨界の可能性はないことが判明した。４号機原子炉建屋爆発の水素発生源については、３号機原子炉建屋で発生した水素が、ＰＣＶベントの際に４号機非常用ガス処理系配管を経由して４号機原子炉建屋内に流入した、と考えることが最も妥当であると評価された。

2019 年からは、現場での廃炉作業によって事故分析に必要な情報が失われてしまうおそれがある一方、事故分析のために現場保存等を東京電力に求めることで廃炉作業への干渉や作業が重複ケースも考えられるため、「福島第一原子力発電所廃炉・事故調査に係る連絡・調整会議」を設けて、作業方針や実施計画が関係組織間で共有・確認することとなった[17]。一方、事故分析の具体的な内容については、「東京電力福島第一原子力発電所における事故分析に係る検討会」で検討を継続することとなった。廃炉作業の進捗と原子炉建屋内外の除染作業の進捗により、これまで現地調査が困難であった箇所についても、一部で現地調査が可能な状況となってきた状況を踏まえて、当面の調査・分析項目が改めて整理され、事故分析検討会の活動が再開された。表 A3.1-4-3 に、2019 年に再度整理された当面の調査・分析項目（３課題 13 項目）と 2019 年 9 月から 2020 年 11 月までの検討状況を示す。これらの検討結果は、2021 年版の東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に関わる中間とりまとめ（2021 年版中間とりまとめ）として公開された[18]。

[17] 原子力規制庁. 東京電力福島第一原子力発電所事故に係る継続的な調査・分析の進め方について（資料２），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第７回）. 2019 年 10 月 18 日.

[18] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会. 東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ～2019 年９月から 2021 年３月までの検討～. 2020 年３月５日.（https://www.nra.go.jp/data/000345595.pdf）

表 A 3.1-4-3 東京電力福島第一原子力発電所事故分析に関する調査・分析項目と検討の進捗（第７、17 回事故分析検討会）

課題の分類	調査・分析項目、対象設備	事故分析検討会における検討
① ＡＭ対策としての耐圧強化ベントに係る課題	(1) １、２号機ベント配管の汚染 (2) １～３号機耐圧強化ベント (3) 非常用ガス処理系（ＳＧＴＳ）逆流汚染 (4) ラプチャーディスク（ＲＤ）の動作	１、２号機ベント配管系の汚染状況とその形成メカニズム（第８、10、11、14 回）
② 放射性物質の放出経路にかかわる課題	(5) ３号機原子炉建屋４階付近の汚染 (6) ３号機ＰＣＶフランジヘッド (7) １～３号機の漏えい (8) 建屋のＤＦ (9) １号機原子炉建屋オペフロウェルプラグ	１～３号機オペレーティングフロア及びシールドプラグ付近の放射線調査と２、３号機シールドプラグ下面でのセシウム大量捕獲の可能性（第９、11、12、14、15 回） ３号機水素爆発の詳細分析（第９、13、15 回）
③ 原子炉の冷却に関する設計等	(10) １号機非常用復水器（ＩＣ） (11) ３号機自動減圧系（ＡＤＳ） (12) 消防車による原子炉注水	３号機ＲＰＶ圧力のベント時点までの挙動分析（第 10、12、14、15 回） ３号機ＰＣＶの圧力挙動（第 14 回）
基礎情報	(13) 設計、運転記録等の基礎情報	－

〔ＮＲＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

2021 年版中間とりまとめに対する事業者との意見交換やパブリックオピニオンを考慮して、次の２年間で検討すべき課題について再度整理が行われた[19]。表 A3.1-4-4 に、2020～2022 年で進められた事故分析の調査・分析項目を示す。2021 年版中間とりまとめで検討された課題が整理され、ベントラインの汚染メカニズムの解明、１～３号機シールドプラグの汚染量の確定、核種放出のタイミングとメカニズムの分析について、調査・分析が継続された。耐圧強化ベントにおけるＰＣＶ破損防止の設計確認と１号機ＩＣの運用変更の確認についても継続された。水素爆発の発生メカニズム究明のために、水素燃焼の物理・化学的検証が行われた。設計・運転記録等の基礎情報収集も継続された。燃料デブリの広がりやコンクリートの損傷状態についての、１号機内部調査で得られた新たな知見についても調査・分析が進められた。これらの検討結果は、2023 年版の東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に関わる中間とりまとめ（2023 年版中間とりまとめ）として公開された[20]。

[19] 原子力規制委員会. 福島第一原子力発電所の事故分析に関する調査・分析項目（資料２-２），東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会（第 20 回）. 2021 年５月 18 日.

[20] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会. 東京電力福島第一原子力発電所における事故の調査・分析に係る中間とりまとめ（2023 年版）. 2023 年３月７日.（https://www.nra.go.jp/data/000425218.pdf）

表 A 3.1-4-4 福島第一原子力発電所事故分析における主な調査・分析項目
（第 20 回事故分析検討会）

課題の分類	調査・分析項目、対象設備	2021 年版中間とりまとめまでの進捗と次の２年間での調査・分析の目的
① 放射性物質の放出経路に係る課題[#1]		
ベントラインの汚染メカニズムの解明	１/２号機ＳＧＴＳ配管の汚染メカニズムの検討 瓦礫、サンプ水等の試料分析 ＳＧＴＳフィルタドレイン内部の滞留水の分析 ＳＧＴＳ配管内流動解析、ＦＰ沈降の検討 ベントガス中のセシウム-水素-水蒸気の濃度と挙動の分析 １/２号機ＳＧＴＳフィルタドレイン、不活性ガス系の汚染状況調査 ・ベントライン、ＳＧＴＳ、排気筒等の線量率測定 ・原子炉建屋内空調ダクト等の汚染分布調査	[2021 年版中間とりまとめ] ・ベント配管系汚染状況の調査 [次の２年間での調査・分析] ・汚染メカニズムの解明 ・ベントガス中の放射性核種の濃度や挙動、配管内の流動解析
１～３号機シールドプラグの汚染量の確定	１～３号機シールドプラグ裏面、原子炉ウェル等の汚染状況調査 ＦＰ付着シミュレーション	[2021 年版中間とりまとめ] ・シールドプラグ下面の汚染量を推定 [次の２年間での調査・分析] ・現地追加調査により、汚染量を確定
核種放出のタイミングとメカニズムの分析	モニタリングポスト等のデータに基づく核種放出挙動の分析 セシウム等の核種の化学形態、移行挙動の検討	[2021 年版中間とりまとめ] ・進捗なし [次の２年間での調査・分析] ・原子炉内の事象進展と敷地内外の放射線量率の測定データを基に、核種放出の時期、メカニズムを分析
② 水素爆発に係る課題[#2]		
水素燃焼の物理・化学的検証	水素爆発時の炎色、噴煙、凝縮波の検討 水素爆発時のガス組成の検討 水素-水蒸気-可燃性ガス混合気体の燃焼実験 ３号機原子炉建屋火災への可燃性ガスの影響分析 １号機シールドプラグ等のずれ・破	[2021 年版中間とりまとめ] ・水素爆発の映像分析 ・建屋損傷状況の確認 ・水素爆発の事象進展推定 [次の２年間での調査・分析] ・水素混合気体の基礎的な特性の把握

課題の分類	調査・分析項目、対象設備	2021 年版中間とりまとめまでの進捗と次の２年間での調査・分析の目的
	壊シミュレーション	
③ ＡＭ策等の機器の設計方針[#3]		
耐圧強化ベントにおけるＰＣＶ破損防止の設計確認	耐圧強化ベントの系統構成に係る設計確認	[2021 年版中間とりまとめ] ・進捗なし [次の２年間での調査・分析] ・ベントの作動条件と動作状態の解明に向け、ＰＣＶベントの系統構成に係る設計と実際の運用を確認
１号機ＩＣの運用変更の確認	１号機ＩＣの設計・運用等の確認	[2021 年版中間とりまとめ] ・進捗なし [次の２年間での調査・分析] ・１号機におけるＩＣの機能要求と設計・運用の変更の経緯を確認
その他[#4]		
現場情報のアーカイブ化	３Ｄレーザースキャナーによる損傷状況調査 原子炉建屋内の汚染状況調査	・事故情報の喪失を防止するため、損傷状況や汚染状況の調査・集約を継続的に実施
設計、運転記録等の基礎情報	設計図面、運転記録等の確認	・継続的に実施

[#1] 放射性物質の放出経路に係る課題は、2021 年版中間とりまとめから引き継ぎ、３件の小課題に再分類された。

[#2] 水素爆発に係る課題は、独立した課題として再分類された。

[#3] ＡＭ対策としての耐圧強化ベントに係る課題と原子炉の冷却に関する設計等は、2021 年版中間とりまとめでの検討結果を引き継いで課題統合され、２件の小課題に再分類された。

[#4] 設計、運転記録等の基礎情報については、情報収集が継続されると共に、現場情報のアーカイブ化が明記された。 〔ＮＲＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

2024 年度以降も、現場情報の拡充等に基づいて、事故分析・調査活動が継続している。東京電力福島第一原子力発電所事故の調査･分析に係る中間取りまとめの 2024 年版では[21]、１号機原子炉補機（ＲＣＷ）冷却系統で確認された高線量率、事故初期における原子炉建屋

[21] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会. 東京電力福島第一原子力発電所における事故の調査・分析に係る中間とりまとめ（2024 年版）. 2024 年６月 11 日.
（https://www.nra.go.jp/data/000473308.pdf）

内と原子炉建屋外での高線量率、２号機原子炉キャビティ差圧調整ラインのバルブ状態に関する調査・分析結果が示された。また、ペデスタルコンクリートの損傷状態に関して、2024 年度時点での調査・分析結果が整理された。水素爆発に係る課題や、新たに現場調査で確認された２号機Ｘ－６ペネ堆積物、１／２号機ＳＧＴＳ配管の内面汚染、等についての調査・分析結果も報告された。また、2024 年度に調査する項目が示され、１号機では、非常用 IC の動作、シールドプラグの変形、ペデスタルコンクリートの損傷について調査・検討が継続している。２号機では、Ｘ－６ペネ堆積物の分析と形成メカニズムの調査、「試験的取り出し」で採集されたデブリの分析が進められている。３、４号機では、水素爆発メカニズムの分析が継続している。さらに、共通課題として、ＳＡ対応に係る教訓の検討、モニタリングポストデータの分析、シールドプラグ汚染メカニズムの検討、等が進捗している。これらの進捗状況については、原子力規制庁のサイトで公開されている[22]。

また、日本原子力学会は、「東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」（学会事故調）[23]を設置して検討し、その背景と根本原因を明らかにするとともに各分野にわたる提言をまとめ、平成 26 年３月に最終報告書を発刊した[24]。さらに、「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」を発足させ、課題の抽出と対応策の検討など専門性を生かした廃炉に関わる活動を継続している[25]。2024 年春の年会と 2025 年秋の大会では、廃炉委員会の企画により「福島第一原子力発電所廃炉完了までを見据えたリスクへの対応」、「１Ｆ廃炉に貢献するロボット技術開発」をテーマにしたセッションがそれぞれ実施された。2025 年春の年会では、「福島第一原子力発電所廃炉作業効率化とソースターム予測技術向上に向けた核分裂生成物挙動に関する技術課題の検討」、「福島復興を支える廃炉・環境放射線計測の現場からの報告」をテーマにしたセッションがそれぞれ実施された。

事故分析活動については、事故後 10 年以上が経過した現時点では、今なお原子炉格納容器内部をはじめとして、高放射線下などのために人間が接近することが困難な部分は多いものの、現場の環境改善や廃炉作業の進捗により、原子炉建屋内部などへのアクセス性が向上し、事故の分析に必要な試料の採取や施設の状態確認が可能となってきている。廃炉等の作業を進める中で、東京電力が公表する現場知見や情報も増えつつある。一方で、事故時の痕跡をとどめる場所については、事故時の情報が失われる前に先行して調査を行い、今後の詳細調査の要否を検討していくことが重要となってきている。

---

[22] 東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会
（https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/jiko_bunseki01/index.html）

[23] 一般社団法人 日本原子力学会. 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会の発足について. 2012 年８月 17 日.
（https://www.aesj.net/uploads/dlm_uploads/PR20120817R.pdf）
（https://www.nra.go.jp/data/000425218.pdf）

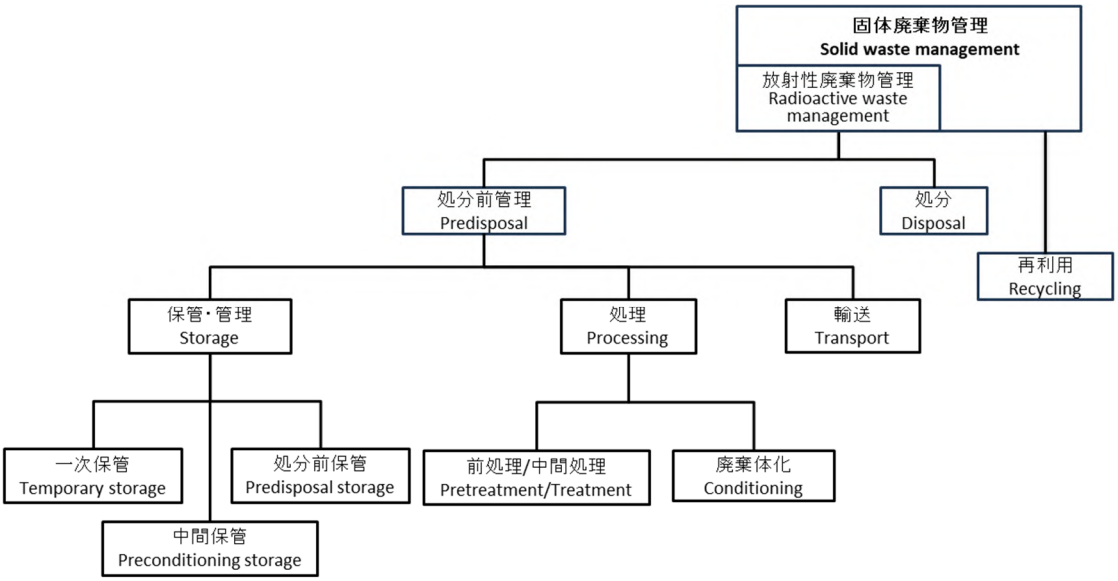
[24] 日本原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会. 福島第一原子力発電所事故その全貌と明日に向けた提言: 学会事故調 最終報告書, 丸善出版. 2014 年.

[25] 原子力学会. https://www.aesj.net/aesj_fukushima/fukushima-decommissioning

添付資料3.2-1 固体廃棄物管理に関する用語

ＩＡＥＡの安全要件 GSR-Part5[1]では、保管・管理、処理及び輸送を含む、発生から処分に至るまでの放射性廃棄物の管理におけるあらゆる段階を包含するものとして放射性廃棄物の処分前管理を位置づけている。ＩＡＥＡによる放射性廃棄物管理に係る用語集[2]を基に作成した固体廃棄物の管理に関する用語を図 A 3.2-1-1 に示す。処分前管理の中で、放射性廃棄物の処理は、前処理、中間処理及び廃棄体化に分けられる。処理は選択あるいは予想される処分オプションに適合する廃棄物の形態であるように実施されるとともに、保管・管理及び輸送のために適した形態であることも必要であるとされている。

再利用については、放射性物質との接触がないもの、一旦、放射性廃棄物としての管理を経て、放射線防護目的で規制管理からクリアランス、規制免除の基準を満たしたものをまとめて固体廃棄物管理の対象とした。



■ **保管・管理**：固体廃棄物を安全・安定な状態を維持・管理する以下の工程の総称。
- **一次保管**：固体廃棄物の発生後に、前処理/中間処理を実施するまでの当面の保管。
- **中間保管**：固体廃棄物に対して前処理/中間処理を実施した後に、廃棄体化処理を実施するまでの保管。
- **処分前保管**：固体廃棄物を安全かつ安定的な廃棄体とした後に、処分場に定置するまでの保管。

■ **処理**：固体廃棄物に対して行う処理工程の総称。
- **前処理/中間処理**：固体廃棄物の発生後に、収集、分別、化学調整、除染などの操作を前処理という。
  その後必要に応じ、保管・管理の安全性及び処理・処分全体の合理性を考慮して行う処理工程を中間処理という。
- **廃棄体化**：取り扱い、輸送、保管・管理及び（又は）処分に適した廃棄体パッケージを製造する工程。

■ **処分**：放射性廃棄物を最終的に処分場に定置すること。

〔ＩＡＥＡ資料を基にＮＤＦ作成〕

図 A 3.2-1-1 固体廃棄物管理に係る用語

---

[1] IAEA, Predisposal Management of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 5, (2009).（原子力安全研究協会, IAEA 安全基準 放射性廃棄物の処分前管理 一般安全要件第５巻 No. GSR-Part5, 2012 年７月）

[2] IAEA, IAEA Safety Glossary Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2007 Edition, p.216, (2007).

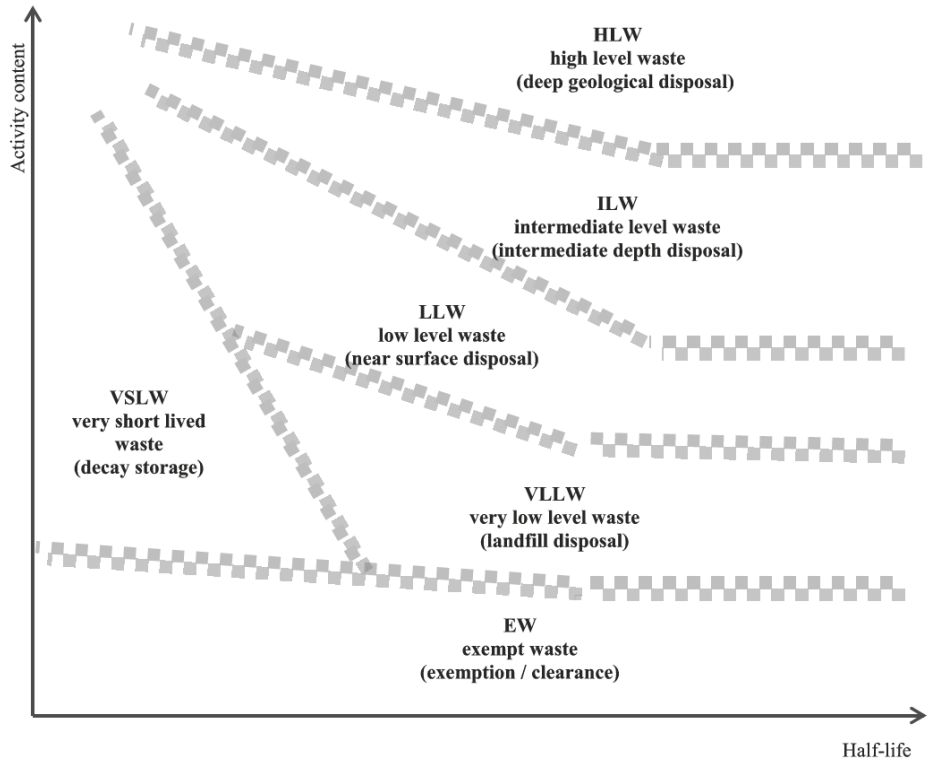
添付資料3.2-2 放射性廃棄物処分について[3,4,5]

１．国際的な放射性廃棄物の分類

原子力発電所の運転や解体、医療あるいは産業での放射性同位元素の利用等により、放射性物質で汚染された放射性廃棄物が発生する。放射性廃棄物は、人間の生活環境に影響がないように、廃棄物の放射能レベル、性状、放射性物質の種類等に応じて適切に分類し、厳重に管理し、それに応じて合理的な処理・処分を行う。

ＩＡＥＡの個別安全要件 SSR-5 “Disposal of Radioactive Waste”(2011)[6]では、国際的に合意されている放射性廃棄物の管理に関する好ましい戦略は、放射性廃棄物の発生を最小化した上で、廃棄物を閉じ込め、生活環境から隔離することとしている。必要な隔離と閉じ込めは、廃棄物の危険性の程度と時間に応じて決まり、それに応じた処分オプション（施設の設計、深度）が選定されることとなる。

ＩＡＥＡの一般安全指針 GSG-1” Classification of Radioactive Waste” [7]では、放射性廃棄物の危険性の程度（放射能量）と持続時間（半減期）に応じた廃棄物分類と処分オプションの関係を図 A 3.2-2-1 のように示している。また、各分類について表 A 3.2-2-1 のとおり示している。



〔資料：ＩＡＥＡ〕

図 A 3.2-2-1 廃棄物分類の概念図

[3] 朽山修、放射性廃棄物処分の原則と基礎　公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター(2016)
[4] https://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/
[5] https://www.fepc.or.jp/nuclear/haikibutsu/index.html
[6] IAEA SSR-5 “Disposal of Radioactive Waste”(2011)
[7] IAEA GSG-1” Classification of Radioactive Waste” (2009)

表 A 3.2-2-1 GSG-1 における放射性廃棄物の分類

分類	分類の説明
規制免除廃棄物 （ＥＷ）	放射線防護目的での規制管理からのクリアランス、規制免除の基準を満たす廃棄物。
極短寿命廃棄物 （ＶＳＬＷ）	規制機関によって承認された、数年までの限られた期間にわたって減衰保管され、その後規制管理から除かれる廃棄物。
極低レベル廃棄物 （ＶＬＬＷ）	ＥＷの基準を必ずしも満たしていないが、高度な閉じ込めと隔離を必要としない廃棄物。規制管理が限定される、浅地中の埋立タイプの施設での廃棄に適する。
低レベル廃棄物 （ＬＬＷ）	クリアランスレベルを超えているが、長寿命の放射性核種の量が限られている廃棄物。最長で数百年の期間にわたって強固な隔離と閉じ込めが必要であり、浅地中での工学的施設での処分に適している。
中レベル廃棄物 （ＩＬＷ）	含有する核種、特に長寿命放射性核種のために、浅地中処分よりも高度な閉じ込めと隔離が必要な廃棄物。ただし、除熱への考慮はほとんど必要としない。ＩＬＷには浅地中処分では管理できないレベルの長寿命放射性核種（特にアルファ核種）の濃度を含むことがあるため、数十から数百メートルの処分深度が必要となる。
高レベル廃棄物 （ＨＬＷ）	高い放射能濃度レベルで大量の熱の発生を伴う廃棄物、又はそのような廃棄物の処分施設と同等の設計を検討する必要がある大量の長寿命放射性核種を含む廃棄物。通常、地表から数百メートル以深の安定した地層での処分が一般的である。国によっては使用済燃料をＨＬＷとしている。

〔資料：ＩＡＥＡ〕

２．我が国における分類と処分

我が国では、放射性廃棄物は、原子力発電所の運転等に伴い発生する放射能レベルの低い「低レベル放射性廃棄物」（GSG-1 のＶＬＬＷ～ＩＬＷに相当）と、原子力発電の運転に伴って発生する使用済燃料を再処理することで生じる放射能レベルの高い廃液をガラス固化体にした「高

レベル放射性廃棄物」（GSG-1 のＨＬＷに相当）とに大別している。処分に当たっては、廃棄物の放射能レベル、性状、放射性物質の種類等に応じて適切に分類し、厳重に管理し、それに応じて発生者責任の原則の下、合理的な処理・処分を行うこととしている。

「高レベル放射性廃棄物」は原子力発電の運転に伴って発生する使用済燃料を再処理することで生じる放射能レベルの高い廃液をガラス固化体にしたものである。日本では、法律（特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法））で地下 300 メートルよりも深い地層に処分することが決められている。

「低レベル放射性廃棄物」は「高レベル放射性廃棄物」以外の放射性廃棄物全体のことを呼び、発生場所や放射能レベルによって更に複数の分類に分けられている。

原子力発電の運転に伴い発生する放射性廃棄物の種類や想定されている処分の方法を表 A 3.2-2-2 に示す。

これらのうち既に処分が開始されているのは、原子力発電所の運転に伴い発生した放射能レベルの比較的低い廃棄物のみで、平成４年より、青森県六ケ所村にある日本原燃（株）六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センターでピット処分が行われている。現在の施設を含めて 200 リットルドラム缶で約 100 万本相当を埋設する計画であり、最終的には 200 リットルドラム缶で約 300 万本相当の規模にすることも考えられている。

表 A 3.2-2-2 原子力発電の運転に伴い発生する放射性廃棄物の種類

廃棄物の種類			廃棄物の例	発生場所	処分の方法（例）
低レベル放射性廃棄物	発電所廃棄物	放射能レベルの極めて低い廃棄物	コンクリート、金属等	原子力発電所	トレンチ処分
		放射能レベルの比較的低い廃棄物	廃液、フィルター、廃器材、消耗品等を固形化		ピット処分
		放射能レベルの比較的高い廃棄物	制御棒、炉内構造物		中深度処分
	ウラン廃棄物		消耗品、スラッジ、廃器材	ウラン濃縮・燃料加工施設	中深度処分、ピット処分、トレンチ処分、場合によっては地層処分
	超ウラン核種を含む放射性廃棄物（TRU廃棄物）		燃料棒の部品、廃液、フィルター	再処理施設、MOX燃料加工施設	地層処分、中深度処分、ピット処分
高レベル放射性廃棄物			ガラス固化体	再処理施設	地層処分
クリアランスレベル以下の廃棄物			原子力発電所解体廃棄物の大部分	上に示した全ての発生場所	再利用/一般の物品としての処分

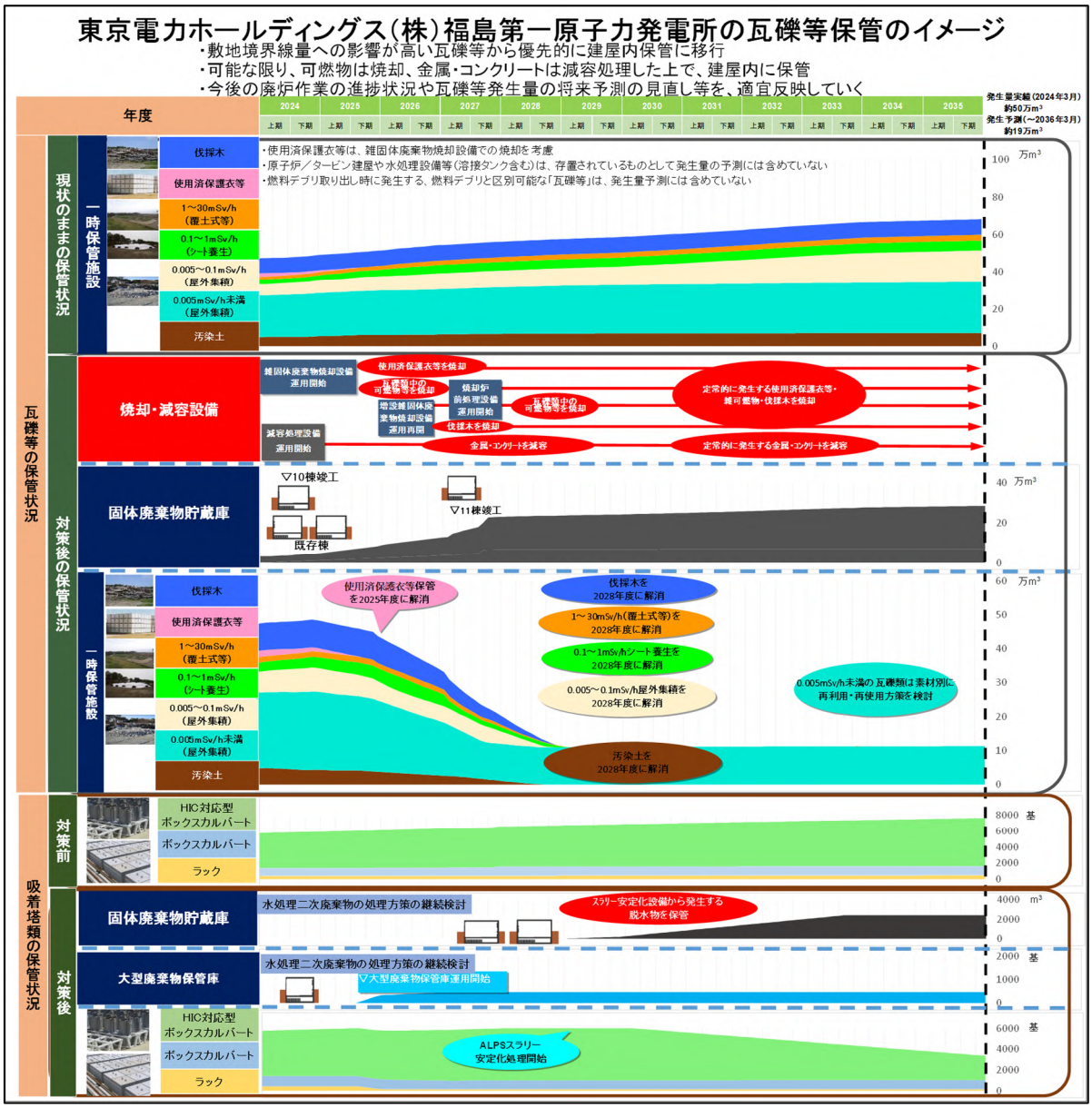
〔資料：日本原子力文化財団〕



〔資料：日本原燃（株）〕

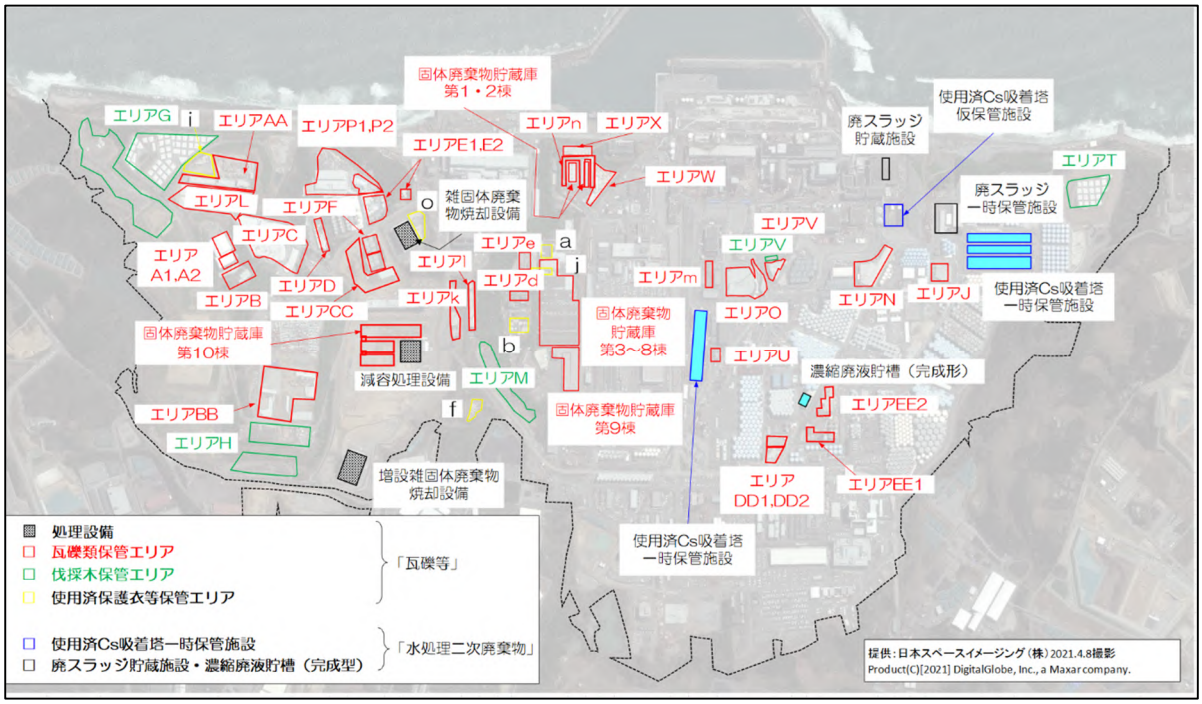
図 A 3.2-2-2 日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センター

添付資料3.2-3 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画の全体イメージ[8]

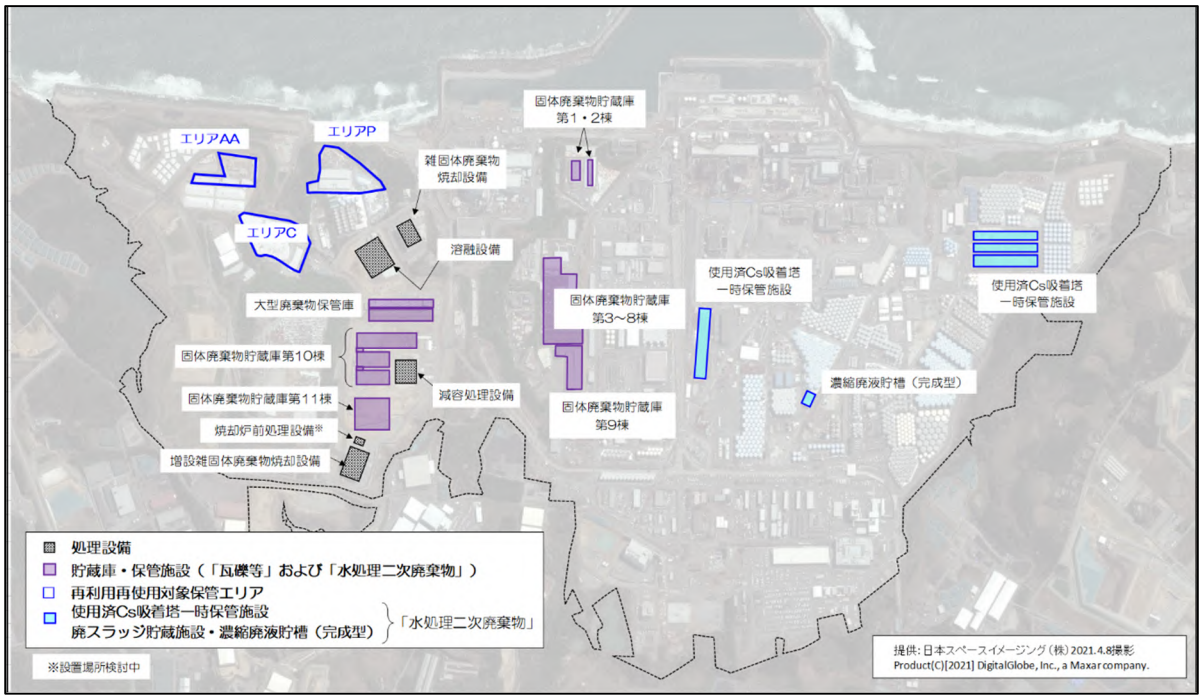


〔資料：東京電力〕

[8] 東京電力．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. 2024 年 12 月版.



(a)　「ガレキ等」及び「水処理二次廃棄物」の保管状況



(b)　「ガレキ等」及び「水処理二次廃棄物」の保管の将来像

〔資料：東京電力〕

図 A 3.2-3-1 福島第一原子力発電所構内における「ガレキ等」及び「水処理二次廃棄物」の保管状況及び保管の将来像

添付資料3.2-4 固体廃棄物毎の各分野における技術の開発・検討状況

性状把握から処分までの各分野におけるこれまでの研究開発の成果・検討状況を整理しておくことが、個別廃棄物ストリームの検討を進めていく上で重要である。このため、固体廃棄物毎の各分野における技術の開発・検討状況を整理している。昨年度末時点での技術の開発・検討状況の進捗に応じて、見直した結果を表 A 3.2-4-1 に示している。

技術戦略プラン 2024 の添付資料 14 からの変更箇所を赤枠で囲っている。

表 A 3.2-4-1 固体廃棄物ごとの各分野における技術の開発・検討状況の一覧

固体廃棄物（個別廃棄物ストリーム）	ストリーム番号	固体廃棄物管理 / 放射性廃棄物管理 性状把握	一次保管	前処理/中間処理	中間保管	廃棄体化	処分前保管	処分	再利用
解体廃棄物									
圧力容器	S1								
格納容器金属	S2								
格納容器コンクリート	S3								
建屋内金属	S4								
建屋内コンクリート	S5								
瓦礫類									
ガレキ金属	S6								
ガレキコンクリート	S7								
可燃性雑固体、伐採木									
可燃物（伐採木、保護衣類など）	S8								
水処理二次廃棄物									
吸着塔①（KURION、SARRY）	S9								
吸着塔②（モバイル浄化装置）									
多核種除去装置①（スラリー）	S10								
多核種除去装置②（吸着材）									
多核種除去装置③（処理カラム）									
除染装置スラッジ	S11								
フィルタ	S12								
濃縮廃液	S13								
デブリ取出しに伴う発生廃棄物									
燃料デブリ取出しに伴う発生廃棄物	S14								
汚染土壌等									
汚染土壌	S15								

実用技術としての成立性は確認しており、前後の分野と適合するためのエンジニアリング検討が可能な段階
要素技術としての成立性は確認しており、前後の分野との適合性について検討が可能な段階
要素技術としての成立性を確認している段階
各分野における技術的検討は未着手だが、技術の難易度が低く個別廃棄物ストリームの検討が開始可能な段階
各分野における技術的検討が未着手又は検討開始の条件が不成立な段階
技術戦略プラン2024（添付資料14）からの変更箇所

〔資料：ＮＤＦ〕

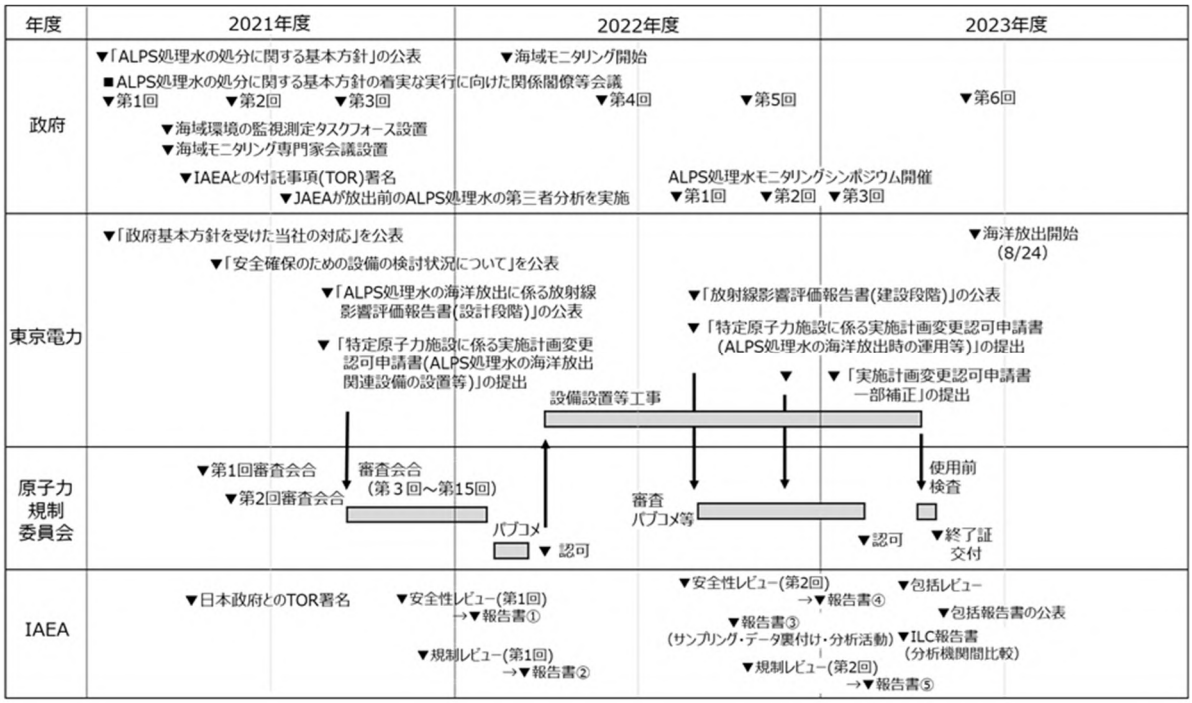
添付資料3.3-1 ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に向けたこれまでの取組

(1) ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に至った経緯

ＡＬＰＳ処理水の処分方法については、６年以上に及ぶ専門家会議[1,2]での総合的な議論を経て2020 年２月に公表された報告書において「海洋放出がより現実的」と結論付け、これに対しＩＡＥＡも「科学的根拠に基づく」と評価した。その後、政府は、自治体や農林水産業者等との数百回に及ぶ意見交換や各省副大臣による意見聴取、更に書面による意見募集（４千件を超える意見）を踏まえて、2021 年４月、「廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議」において基本方針[3]が決定された。基本方針には、「復興と廃炉の両立」に向けた基本的な考え方、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出の具体的な方法、風評影響への対応についてまとめられた。同時に、基本方針に定めた事項の実施状況をフォローアップし、必要な追加対策を機動的に実施するため、「ＡＬＰＳ処理水の処分に関する基本方針の着実な実行に向けた関係閣僚等会議」を立ち上げた。

表Ａ3.3-1-1 に基本方針公表以後のＡＬＰＳ処理水の海洋放出に向けた主な取組を示す。政府は同関係閣僚等会議をこれまで７回開催し、当面の対策と具体的な行動計画を取りまとめ、進捗を管理している。また、2021 年以降、海域環境の監視測定タスクフォース、海域モニタリング専門家会議が継続的に開催され、海域モニタリングの強化に向けた取組が実施されている。

表Ａ3.3-1-1 ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に向けた主な取組



〔資料：ＮＤＦ〕

---

[1] トリチウム水タスクフォース．トリチウム水タスクフォース報告書. 2016 年６月３日.

[2] 多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会．多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書. 2020 年２月 10 日.

[3] 廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議．東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針（案）（資料１），廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議（第５回）. 2021 年４月 13 日.

2022 年 10 月からは水産物の流通・小売事業者の方々を対象にした「ＡＬＰＳ処理水モニタリングシンポジウム」が開始され、食の安全・安心を守るためのモニタリング等の取組について、丁寧な説明と対話を進めてきた。

東京電力は政府の基本方針を踏まえ、ＡＬＰＳ処理水希釈放出設備及び関連施設の設計・運用等の具体的な検討を進め、2021 年 12 月に「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請書（ＡＬＰＳ処理水の海洋放出関連設備の設置等）」を原子力規制委員会に提出し、2022 年７月に認可を取得した。

その後、ＡＬＰＳ処理水希釈放出設備の運転・保守管理等の組織体制の明記、海洋放出前に放出基準を満足していることを確認するための測定・評価対象核種の選定、さらに、測定・評価対象核種の選定を踏まえた人と環境への放射線影響評価の改訂を行い、2022 年 11 月に「特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請書（ＡＬＰＳ処理水の海洋放出時の運用等）」を提出した。その後に開催された、原子力規制庁による特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合における議論を反映し、2023 年２～４月に実施計画変更認可申請書の一部補正が実施され、同年５月に認可された。

ＡＬＰＳ処理水希釈放出設備に関しては、2022 年８月から海底トンネル等の本格工事に着手し、2023 年６月に工事が完了、その後、原子力規制委員会による使用前検査を受検し、７月に終了証を受領した。

ＩＡＥＡは政府との付託事項に基づき、ＡＬＰＳ処理水の取扱いに係る安全性や規制及びサンプリング・分析に関するレビューを実施しており、それぞれのレビューについて、報告書を公表しているが、2023 年７月にレビューを総括した包括報告書が公表された。ここでＩＡＥＡは、

- ＡＬＰＳ処理水の海洋放出へのアプローチ、並びに、東京電力、原子力規制委員会及び日本政府による関係する活動は、関連する国際的な安全基準に合致している
- 東京電力が現在計画しているＡＬＰＳ処理水の海洋放出は、人及び環境に対し無視できるほどの放射線影響（negligible radiological impact）である

と結論付けた。

2023 年８月に開催された「廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議（第６回）」、及び第６回「ＡＬＰＳ処理水の処分に関する基本方針の着実な実行に向けた関係閣僚等会議」において、ＡＬＰＳ処理水の処分に係る安全確保や風評対策に関するこれまでの取組状況について政府全体での確認がなされ、ＡＬＰＳ処理水の具体的な海洋放出時期の見込みが提示されたことを踏まえ、８月 24 日にＡＬＰＳ処理水の海洋放出が開始された。

(2) ＡＬＰＳ処理水の海洋放出設備の概要

東京電力が公表している海洋放出設備の概念図を図Ａ 3.3-1-1 に示す[4]。この海洋放出設備は、［処理］→［分析・確認］→［希釈］→［放出］のプロセスで構成され、主要な設備と手順は次のとおりである。

[4] 東京電力．ＡＬＰＳ処理水希釈放出設備及び関連施設の新設について（資料２－２），特定原子力施設監視・評価検討会（第 98 回）. 2022 年３月 14 日.

① 測定・確認用設備

測定・確認用設備にてＡＬＰＳ処理水を循環・撹拌して均質化をした後、試料採取・分析を行い、トリチウム以外の放射性核種濃度が放出に関する規制基準値（トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比総和が１未満）を確実に下回るまで浄化されていること、トリチウム濃度が 100 万 Bq/L を下回っていること、除去対象核種[5]が有意に存在しないこと、及び水質に問題が無いことを確認する。

② 希釈設備

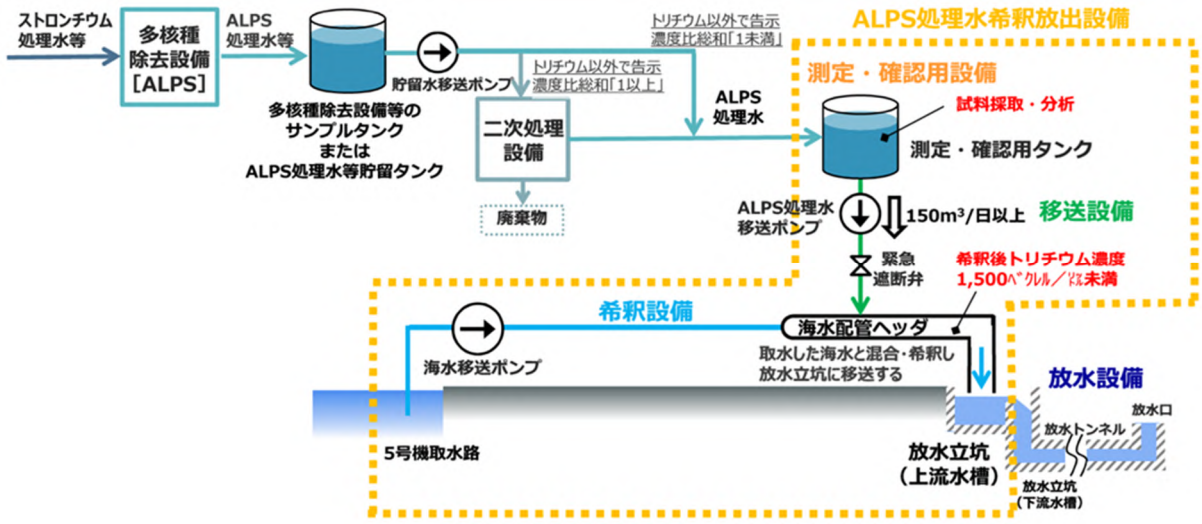
規制基準値を満たすことが確認されたＡＬＰＳ処理水について、トリチウム濃度が 1,500 Bq/L 未満[6]となるように、海水を用いて混合・希釈する。希釈後のトリチウム濃度は、ＡＬＰＳ処理水の流量と希釈する海水の流量をリアルタイムに監視し、両者の割合から確認する。

③ 取水・放水設備

取水設備については、港湾内の放射性物質の影響を避けるため、５、６号機取水路開渠に仕切堤を構築するとともに、港湾外から希釈用海水を取水するために北防波堤の透過防止工の一部を撤去した。放水設備については、放出した水が取水した海水に再循環することを抑制するため、海底トンネル（約１km）を経由して放出する。

④ 異常時の措置

希釈用の海水ポンプが停止した場合は、緊急遮断弁を速やかに閉じて放出を停止する。また、海域モニタリングで放出停止判断レベルを超える値が確認された場合も、一旦放出を停止し状況調査を実施する。



〔資料：東京電力〕

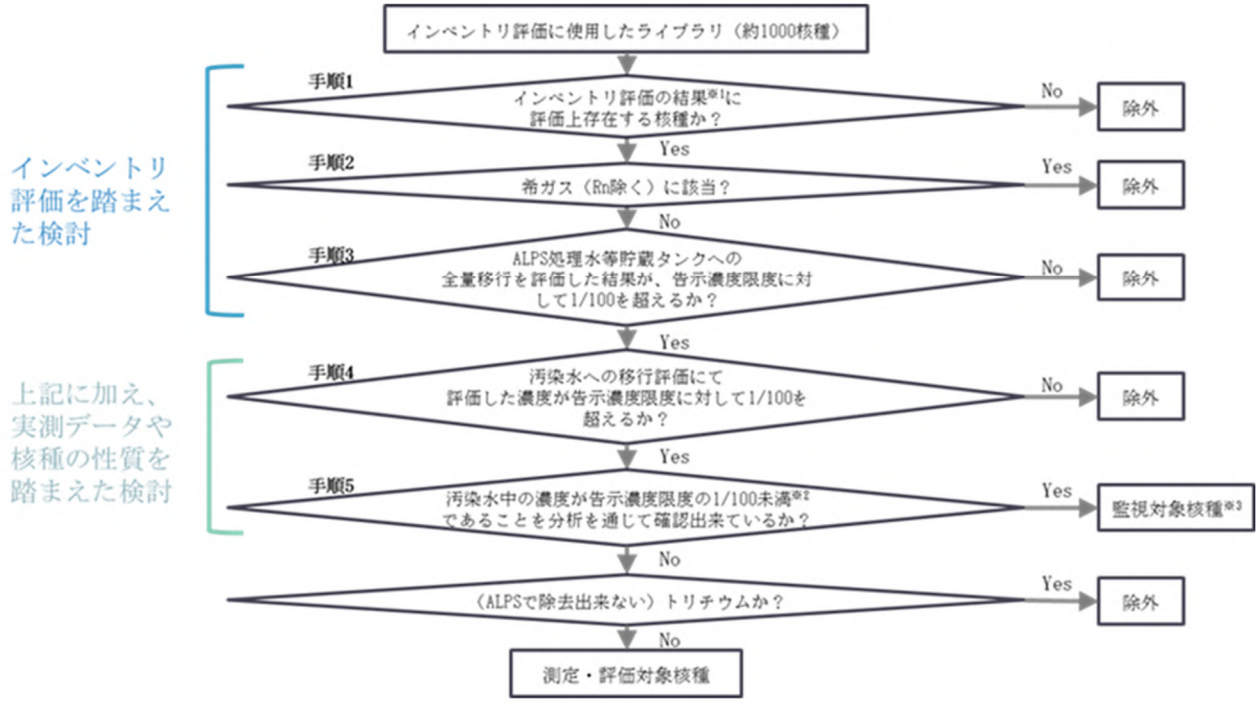
図Ａ3.3-1-1 海洋放出設備の概念図

[5] 測定・評価対象核種（29 核種）以外のＡＬＰＳ除去対象核種（39 核種）

[6] 告示濃度限度（60,000 Bq/L）の 1/40 であり、ＷＨＯ飲料水基準（10,000 Bq/L）の 1/7 程度

(3) ＡＬＰＳ処理水の測定・評価対象核種の選定

ＡＬＰＳ処理水の海洋放出前に測定・評価する対象核種については、国内における原子力発電所の廃止措置や埋設施設に関する知見を踏まえ、セシウム吸着装置やＡＬＰＳなどで処理される前の汚染水中に有意に存在し得る核種を改めて検証した上で、測定・評価対象核種を選定した。対象核種の選定に際しては、専門家の意見も踏まえ、インベントリ評価と、建屋滞留水等の核種濃度の実測データ、及び核種の物理・化学的な性質の考察を組み合わせて、図Ａ3.3-1-2 に示す対象核種の選定フローを構築した。



※1：インベントリ評価の減衰期間は、選定結果を使用する時期に応じて適切に設定（初回は2023年（事故後12年）に設定）
※2：過去に検出されたことのある核種は検出値の最大値、一度も検出されたことのない核種は検出下限値の最小値で確認
※3：汚染水中に有意に存在しないか継続して確認する核種

〔資料：東京電力〕

図Ａ3.3-1-2 測定・評価対象核種の選定フロー

この手順に基づき、測定・評価対象核種として表Ａ3.3-1-2 に示す 29 核種（トリチウムを除く）を選定した[7]。ＡＬＰＳ処理水の海洋放出に当たっては、選定した測定・評価対象核種の告示濃度限度比の和が１未満を満足しているかを確認してきた。また、ＡＬＰＳで除去対象とした 62 核種のうち、測定・評価対象外とした 39 核種[8]についても、風評抑制の観点から、放出前に自主的に測定・評価し、有意に存在しないことを確認してきた。測定・評価対象核種は 2024 年度第３回の放出までは表Ａ3.3-1-2 に示す 29 核種であったが、2024 年２月に実施したＡＬＰＳ

[7] 東京電力．多核種除去設備等処理水の取扱いに関する「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画 変更認可申請書」の一部補正について．2023 年２月 20 日．
https://www.tepco.co.jp/press/release/2023/1664859_8713.html

[8] 選定した 29 核種にはＡＬＰＳ除去対象 62 核種に含まれていない６核種（C-14, Fe-55, Se-79, U-234, U-238, Np-237）が含まれる。したがって、62 核種から測定・対象外とした核種は 62-(29-6)=39 核種。

処理前の汚染水の分析において監視対象としている６核種[9]のうちカドミウム 113m について告示濃度限度の 1/100 を上回る濃度が検出されたため、図 A 3.3-1-2 に示す選定フローに基づき、2024 年度第４回の放出よりカドミウム 113m を測定・評価対象核種に追加（計 30 核種）することとした。これに伴い、東京電力が海洋放出前に自主的に測定・評価し、有意に存在しないことを確認している核種はカドミウム 113m が除外されて 38 核種となった。今回、カドミウム 113m が検出された水はＡＬＰＳ処理前の汚染水であり、これまでの処理水についても東京電力は海洋放出前に、カドミウム 113m を含む 39 核種を自主的に測定し、カドミウム 113m については告示濃度限度の約 1/500 未満であることを毎回確認しており、放出されたＡＬＰＳ処理水の安全性に問題はない。

選定された測定・評価対象核種については、今後、減衰によって対象から外れる核種が生じてくる。減衰計算によれば、今後 10 年で５核種が対象外になると評価される。また、評価対象核種の中には、炉心のインベントリ評価結果を用いて、評価された核種も存在する。したがって、定期的にインベントリを再評価し、その結果に応じて測定・評価対象核種選定の手順に従い、対象核種を見直していく必要がある。

同様に東京電力が自主的に有意に存在しないことを確認している 39 核種についても、そのうち 18 核種は測定・評価対象核種の選定の際に、手順１のインベントリ評価で対象外と判定された核種であり、過去６回の放出において有意な存在は一度も確認されていないことから、測定・評価の必要性について検討する必要がある。

表 A 3.3-1-2 測定・評価対象核種とその定量方法

No.	核種	定量方法	検出限界値*1 〔Bq/L〕	No.	核種	定量方法	検出限界値*1 〔Bq/L〕
1	C-14	化学分離後，β線測定	1.50E+00	16	Ce-144	γ線核種分析	3.80E-01
2	Mn-54	γ線核種分析	2.60E-02	17	Pm-147	代表核種（Eu-154）の放射能濃度より評価	3.30E-01
3	Fe-55	化学分離後，X 線測定	1.90E+01	18	Sm-151		1.30E-02
4	Co-60	γ線核種分析	2.30E-02	19	Eu-154	γ線核種分析	7.40E-02
5	Ni-63	化学分離後，β線測定	9.10E+00	20	Eu-155	γ線核種分析	2.60E-01
6	Se-79	化学分離後，β線測定	8.80E-01	21	U-234	全α放射能に包含されるものとして評価	2.80E-02
7	Sr-90	化学分離後，β線測定	3.90E-02	22	U-238		
8	Y-90	Sr-90 と放射平衡	3.90E-02	23	Np-237		
9	Tc-99	ICP-MS 測定	2.10E-01	24	Pu-238		
10	Ru-106	γ線核種分析	2.50E-01	25	Pu-239		
11	Sb-125	γ線核種分析	9.60E-02	26	Pu-240		
12	Te-125m	Sb-125 と放射平衡	3.60E-02	27	Pu-241	代表核種（Pu-238）の放射能濃度より評価	7.80E-01
13	I-129	ICP-MS 測定	1.00E-02				
14	Cs-134	γ線核種分析	3.30E-02	28	Am-241	全α放射能に包含されるものとして評価	2.80E-02
15	Cs-137	γ線核種分析	3.40E-02	29	Cm-244		

〔東京電力資料を基にＮＤＦ作成〕

*1：第７回放出前の測定・確認用タンク水分析（2024 年６月 26 日報告）における東京電力の値を例示

[9] 過去の分析において汚染水中に有意な濃度で存在しないことを確認しているものの、理論上汚染水中に存在する可能性がある６核種（塩素 36，ﾆｵﾌﾞ 93m，ﾆｵﾌﾞ 94，ﾓﾘﾌﾞﾃﾞﾝ 93，ｶﾄﾞﾐｳﾑ 113m，ﾊﾞﾘｳﾑ 133）

(4) 海域モニタリングの強化・拡充

福島第一原子力発電所の事故に係るきめ細やかな放射線モニタリングを確実に、かつ計画的に実施するため、政府は、原子力災害対策本部の下に環境大臣を議長とするモニタリング調整会議を設置し、総合モニタリング計画[10]を策定、これに基づき、関係府省、自治体、事業者が連携してモニタリングを実施することとした。

2021 年４月に決定された政府の「ＡＬＰＳ処理水の処分に関する基本方針」に、海域モニタリングを強化・拡充することが盛り込まれたことに基づき、同年、モニタリング調整会議の下に環境省が主導する「海域環境の監視測定タスクフォース」、及び「ＡＬＰＳ処理水に係る海域モニタング専門家会議」が設置され、海域モニタリング強化に向けた取組がなされてきた（図 A 3.3-1-3）。専門家からの助言を踏まえ、2022 年３月に総合モニタリング計画が改定され、４月には海洋放出前の海域モニタリングが開始されたが、これによれば、福島第一原子力発電所近傍の海域では、東京電力に加え、環境省、原子力規制委員会、福島県も同じ海域を独立してモニタリングすることとされており、東京電力を含めてそれぞれが客観性・透明性を高めてモニタリングを実施する枠組みが構築されている。また、海洋放出期間中、及び放出終了後一定期間中は、設定された地点における海水のトリチウム濃度の迅速測定を行い、その結果を速報で公表する取組を進めている。

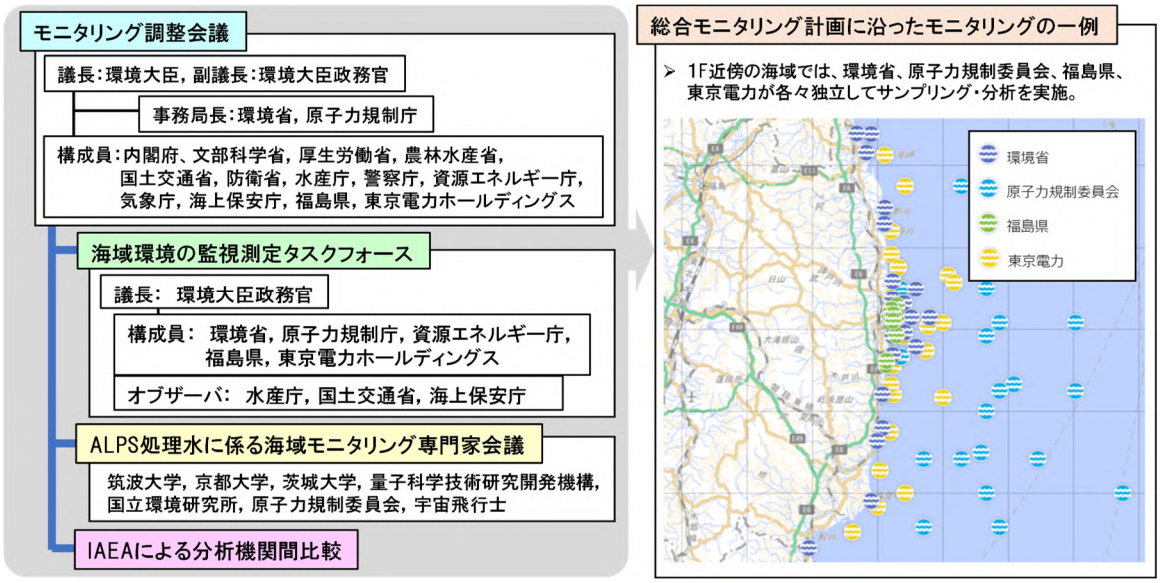


図 A 3.3-1-3 海域モニタリングに係る議論の枠組みと実施体制

〔モニタリング調整会議資料[11]、東京電力ホームページ[12]等を基にＮＤＦ作成〕

風評影響抑制の観点では、分析の迅速化及びモニタリング結果の分かりやすく、タイムリーな情報発信が重要である。海域モニタリングでは、極めて低濃度の放射性核種を検出するため、高度な分析技術と長時間の測定が必要となる。分析を迅速化するためには、放射性核種を濃縮する

[10] 原子力規制委員会ホームページ、https://radioactivity.nra.go.jp/cont/ja/plan/meetings/204_01_20240321.pdf
[11] 環境省ホームページ、https://www.env.go.jp/content/000120258.pdf
[12] 東京電力ホームページ、https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/monitoring/

ための前処理に加えて、短時間分析による速報値と長時間分析による確定値を時間差で公表する等、運用面での工夫が進められている。

東京電力は分析結果を分かりやすく情報発信するため、処理水ポータルサイト内に、モニタリング結果を視覚的に分かりやすく表示したページを公開し、多言語化（英語、中国語、韓国語）することで、国内外へ最新の情報を提供している。さらに、各者の分析結果を分かりやすく確認できるサイトとして、2023 年３月に包括的海域モニタリング閲覧システム（ＯＲＢＳ）を開設している[13]。

海域モニタリングでは、東京電力、環境省、原子力規制委員会、福島県など複数の機関でサンプリング・分析が実施されるため、それらのデータが迅速かつ透明性をもって公表されるよう、今後も継続して同システムを運用していくことが重要である。

2023 年８月、東京電力はＡＬＰＳ処理水の海洋放出に係る取組を確実に進めるため、社内関係部署を横断的に統括する社長直轄の「ＡＬＰＳ処理水統合対策プロジェクトチーム」、及び福島のみならず全国の様々な地域も含めた情報発信・風評対策・賠償対応に一元的に対応する「ＡＬＰＳ処理水影響対策チーム」を設置する等体制を強化した。

また、訪問説明や説明会等、様々な機会を捉えたコミュニケーション、ホームページ（処理水ポータルサイト）等の様々な媒体を通じた情報発信により、タイムリーに分かりやすく現場状況を公開する取組が進められている。一例として、処理水ポータルサイトでは、ＡＬＰＳ処理水の海洋放出における各設備の状況を一つにまとめたページが新たに公開され、「希釈・放水設備の状況」のページでは海水やＡＬＰＳ処理水の流量、希釈後のＡＬＰＳ処理水のトリチウム濃度等のリアルタイムのデータを一目で確認することができる。これらのデータはＩＡＥＡのウェブサイトにおいても公開されている。

(5) 海洋放出シミュレーション

タンクに貯留している処理水中のトリチウム量は、海洋放出による減少に加え、減衰によって毎年約５%減少する。これらの変化を考慮し、2051 年末にタンク内のトリチウム量がゼロとなる前提で、海洋放出するトリチウム量ができる限り少なくなるような設定で、放出シミュレーションが実施された[14]。なお、本シミュレーションは、年間 22 兆ベクレルの範囲内でＡＬＰＳ処理水を 2051 年末までに放出完了できることを示す目的で作成されたものであり、2024 年度以降の年間トリチウム放出量の計画値を示すものではない。シミュレーションに用いられた諸条件を表Ａ3.3-1-3 に示す。

[13] 東京電力. 包括的海域モニタリング閲覧システム（ＯＲＢＳ）の開設について. 2023 年３月 13 日

[14] 東京電力. ＡＬＰＳ処理水海洋放出の状況について（資料１）, 汚染水処理対策委員会（第 27 回）. 2024 年１月 30 日.

表 A 3.3-1-3 シミュレーションに用いられた諸条件

共通条件

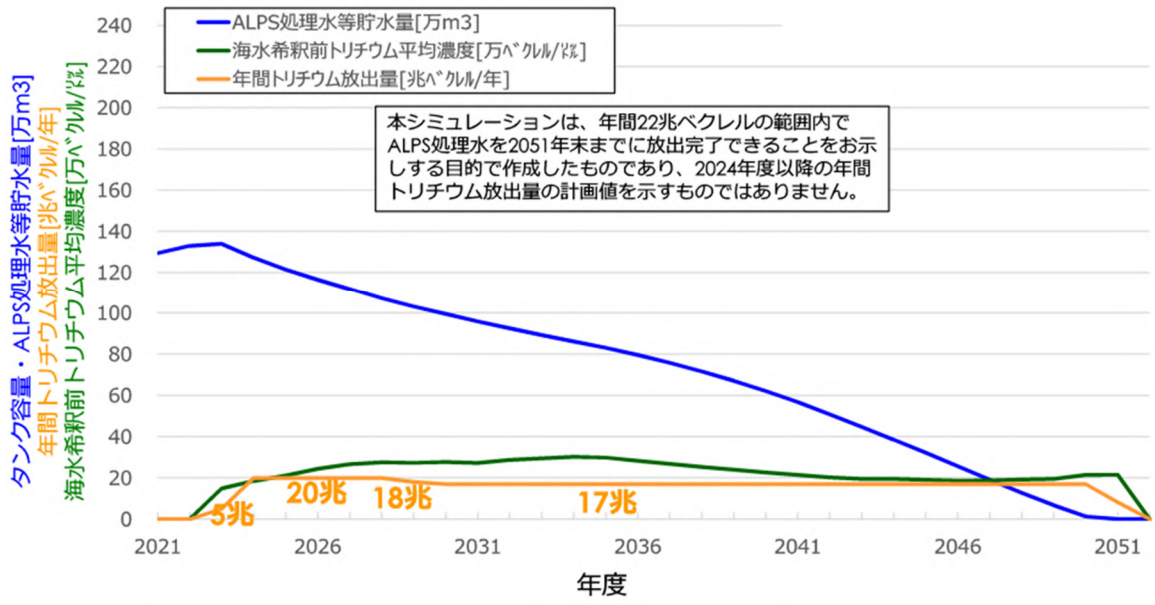
年間トリチウム放出量（22兆ベクレル/年未満）	敷地利用計画に影響を与えない範囲で海洋放出完了が2051年度となる放出総量を設定
シミュレーション放出開始年度	2023年度（年度ごとのシミュレーション）
ALPS処理水流量	最大約460m³/日
希釈用海水流量	約34万m³/日（海水移送ポンプ2台）
ALPS処理水放出順序	測定・確認用設備として使用するK4タンク約3万m³をトリチウム濃度の薄い順に放出 その後、他のタンク・新規ALPS処理水は可能な限りトリチウム濃度の薄い順に放出
トリチウム減衰	半減期12.32年として考慮（1年間で約5.5%減少）、新規発生分も減衰考慮
ALPS処理水発生量	2023年度:120m³/日、2024年度:110m³/日、2025年度:100m³/日、 2026年度:90m³/日、2027年度:80m³/日、2028～2051年度:70m³/日、
放出日数	292日（稼働率8割）

パラメータ

ケース	A （トリチウム総量が最も多いケース）	B （現時点の情報でトリチウム総量が最も少ないケース）
日々処理ALPS処理水トリチウム濃度	58.9万ベクレル/リットル （2022/12/23、2022年度最大）	25.4万ベクレル/リットル （2022/4/8、2022年度最小）
建屋内トリチウム総量（2023/3/31時点）	約1020兆ベクレル （事故時3400兆ベクレルが建屋・タンクに全量残存）	約80兆ベクレル （建屋内滞留水貯水量及び濃度より推計）

〔資料：東京電力〕

ここでは、パラメータ A のトリチウム総量が最も多いケースのシミュレーション結果を図 A 3.3-1-4 に示す。図中の青線で示すように、トリチウム総量が最も多いケースにおいても、トリチウム放出量が年間 22 兆ベクレルの範囲内で、ＡＬＰＳ処理水を 2051 年末までに放出完了できることが示されている。



〔資料：東京電力〕

図 A 3.3-1-4 海洋放出シミュレーション結果（トリチウム総量が多いケース）

添付資料4-1 分析に係る関係機関個別の実行計画

〔資料：ＮＤＦ〕

施策の柱①：人材育成確保に向けた取組

対策１：人材の確保

これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【東京電力】 ・分析人材（分析技術者、分析管理者及び分析作業者）に必要な用件を整理した。 ・燃料デブリ、廃棄物、バイオアッセイを中心に分析体制を整理するとともに増員を開始した。 【JAEA】 ・スキルや経験がある人材を含む新規採用（新卒、キャリア）の実施した。	【東京電力】 ・分析人材の増員(新卒、キャリア等)。【継続】 ・大学関係者への積極的な広報活動。【新規】 【JAEA】 ・スキルや経験がある人材を含む新規採用（新卒、キャリア）の実施。【継続】	【東京電力】 ・１F廃炉の分析機能がサステナブルな状態を維持できるよう、分析人材を確保する。【継続】 【JAEA】 ・JAEA全体での経験者の活用とその展開。 ・スキルや経験がある人材を含む新規採用（新卒、キャリア）の実施。【継続】

対策２：人材の育成

これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【東京電力】 ・分析人材に必要な用件を整理し、燃料デブリ、廃棄物、バイオアッセイを中心に分析技術の構築に向けて人材の育成を開始した。 ・分析技術者については、社外分析機関においてOJTによる実践形式で育成を開始した。 ・外部機関等による育成支援等を活用して分析作業者の育成を行うこととした。 【JAEA】 ・東電１F及び民間分析所での研修を実施。 ・JAEA茨城地区及び大熊第1棟でのOJTを実施。 ・廃炉・汚染水・処理水対策事業、英知事業における研究開発に従事。 ・JAEA茨城地区及び大学を活用した分析技術ネットワークを形成した。	【東京電力】 ・分析技術者候補を社外分析機関(JAEA、NFD等)に出向させ、OJTによる訓練を実施する。【継続】 ・1Fオンサイトにおける分析作業者のOJTによる訓練を開始する。【新規】 ・分析管理者／分析作業者について、順次外部機関等による育成支援を活用した育成を開始する。【継続】 【JAEA】 ・JAEA茨城地区及び大熊第1棟でのOJTにより育成行う。【継続】 ・廃炉・汚染水・処理水対策事業、英知事業における研究開発に従事。【継続】 ・JAEA全体での分析人材育成体制を検討する。 ・JAEA茨城地区及び大学を活用した分析技術ネットワークを形成し、分析の検証、分析技術の高度化等の実施を通して人材の確保・育成を図る。【継続】	【東京電力】 ・1F廃炉の分析機能がサステナブルな状態を維持できるよう、分析実務の中で技術を伝承する。【継続】 【JAEA】 ・JAEA茨城地区及び大熊第1棟・第2棟でのOJTにより育成を行う。【継続】 ・廃炉・汚染水・処理水対策事業、英知事業における研究開発に従事。【継続】 ・JAEA全体での分析人材育成体制を構築し、より高度な人材育成を行う。

対策３：人材育成の支援

これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【JAEA】 ・JAEA茨城地区及び大熊第1棟において東京電力の分析技術者候補者の受け入れを検討・調整を行った。 【NDF】 ・福島第一原子力発電所廃炉に係る分析計画及び分析に関する課題に対して助言を与える分析調整会議及び課題解決に向けた議論・検討を行う分析サポートチームを組織した。 ・若手・中堅の有識者を中心とした「燃料デブリ分析の評価検討WG」を設置し、燃料デブリ分析の結果と今後のデータ取得の議論を開始した。	【JAEA】 ・JAEA茨城地区及び大熊第1棟において、東京電力の分析技術者候補者を受け入れ、研究開発の現場に参加させる。 【NDF】 ・分析調整会議において、東京電力の分析計画に対する助言を行う。 ・分析サポートチームにおいて、新たな分析の課題に対し、必要に応じてワーキンググループを設け、課題解決に向けた検討・助言を行う。 ・燃料デブリ分析の評価検討WGにおいて、燃料デブリ分析の結果と今後のデータ取得の議論を行い、分析評価者等の育成を図る。【継続】	【JAEA】 ・JAEA茨城地区及び大熊第1棟・第2棟において、東京電力の分析技術者候補者を受け入れ、研究開発の現場に参加させる。【継続】 【NDF】 ・分析調整会議において、東京電力の分析計画に対する助言を行う。【継続】 ・分析サポートチームにおいて、新たな分析の課題に対し、必要に応じてワーキンググループを設け、課題解決に向けた検討・助言を行う。【継続】 ・東京電力と分析コミュニティとの連携をより強固なものとするとともに、その協力のもとで、東京電力が分析計画の調整及び遂行を主体的に行う能力を身に着けるよう支援する。

施策の柱②：分析施設整備に向けた取組

対策４：分析施設の整備・運用

これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【東京電力】 ・総合分析施設の整備に関して、概念検討を完了し、設計検討（基本設計）を開始した。 【JAEA】 ・茨城地区における廃棄物試料、内部調査サンプル等の分析、燃料デブリ分析に係る許認可取得、分析装置の導入。 ・大熊第1棟が運用開始した。 ・大熊第2棟が着工した。	【東京電力】 ・総合分析施設の整備に関して、設計検討（基本設計/詳細設計）を行い、認可取得に着手する。 【JAEA】 ・茨城地区と大熊第１棟が相補的に分析の研究開発に取組み、人材育成に活用。 ・大熊第1棟において分析を実施し、分析能力（設備・人員）の拡充の必要性を検討する。 ・大熊第2棟の施設整備を行う。【継続】	【東京電力】 ・総合分析施設に関して、2020年代後半の着実な竣工に向け、認可を取得し、工事を完了させる。 【JAEA】 ・茨城地区と大熊第１棟・第2棟が相補的に分析の研究開発に取組み、人材育成に活用。【継続】 ・大熊第1棟おいて分析を継続して実施し、必要に応じて分析能力の拡充を行う。 ・大熊第2棟に関しては、早期の竣工、運用開始を目指す。

対策５：分析能力拡充のための手法開発

これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【資源エネルギー庁】 ・大熊分析・研究センターの安定的運営のために必要な措置を講じている。 【NDF】 ・廃炉・汚染水・処理水対策事業において、燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発及び固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発を行っている。 ・固体廃棄物の分析技能の確認に関する議論を行っている。 ・燃料デブリ、固体廃棄物ともに、分析技術の高度化（迅速化・自動化・省力化）を開始した。 【JAEA・NDF】 ・OECD/NEAプロジェクトにおいて、事故進展、炉内状況推定、燃料デブリ分析の予備検討等を実施した。 【JAEA】 ・測定が困難なサンプル・核種の分析手法の開発。 ・統計的に分析点数を設定する分析計画法（DQOプロセス）の開発に取り組んでいる。 ・燃料デブリに関し、分析精度の向上、簡易・迅速化のための新規分析手法（ICP-MS/MSやSIMS等）の研究開発を実施している。	【資源エネルギー庁】 ・大熊分析・研究センターの安定的運営のために必要な措置を講じる。【継続】 ・大熊第1棟で実施しているALPS処理水の第三者分析を安定的に進めるための議論を行う。 【NDF】 ・廃炉・汚染水・処理水対策事業において、分析の迅速化・自動化・省力化に関して必要な技術開発を行う。また、従来とは異なる燃料デブリ非破壊計測技術の検討と必要に応じて技術開発を行う。 ・燃料デブリ、固体廃棄物ともに、分析技術と高度化（迅速化・自動化・省力化）の開発を行い、取得した分析データを燃料デブリ取り出し、廃棄物保管・管理、処理処分の検討に反映する。【継続】 ・固体廃棄物の分析技能の確認を行う。 ・分析調整会議及び分析サポートチームの提案に基づき、必要に応じて分析課題解決のための技術開発を行う。 【JAEA・NDF】 ・OECD/NEAプロジェクトを通して、燃料デブリ性状、炉内損傷状況に関して議論を行い、世界の知見を吸収し、国際的な情報発信を行う。 【JAEA】 ・測定が困難なサンプル・核種の分析手法の開発。【継続】 ・統計的に分析点数を設定する分析計画法の開発を継続。 ・燃料デブリに関し、分析精度の向上、簡易・迅速化のための新規分析手法（ICP-MS/MSやSIMS等）の研究開発を継続。	【資源エネルギー庁】 ・大熊分析・研究センターの安定的運営のために必要な措置を講じる。【継続】 【NDF】 ・燃料デブリ、固体廃棄物ともに、分析技術の開発と高度化（迅速化・自動化・省力化）を行い、取得した分析データを燃料デブリ取り出し、廃棄物保管・管理、処理処分の検討に反映する。 【JAEA・NDF】 ・燃料デブリ性状に関してはOECD/NEAプロジェクト等を通じて世界の知見を吸収し、廃止措置に役立てるとともに、国際的な情報発信を行う。 【JAEA】 ・測定が困難なサンプル・核種の分析手法の開発。【継続】 ・分析計画を踏まえた必要な分析手法の開発と検証を行う。【継続】

施策の柱③：分析を着実に実施していくための枠組みの整備

対策６：分析計画、体制の見直し

これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【東京電力】 ・分析優先度や今後の廃炉イベントの進展を踏まえた分析計画を策定し、それに応じた分析体制に係る検討を行った。	【東京電力】 ・毎年度の分析実績及び分析ニーズを踏まえ、原則、毎年度分析計画及び必要な体制の見直しを行う。	【東京電力】 ・毎年度の分析実績及び分析ニーズを踏まえ、原則、毎年度分析計画及び必要な体制の見直しを行う。【継続】

対策７：分析試料の採取、輸送、施設の確保等に係る全体工程の調整

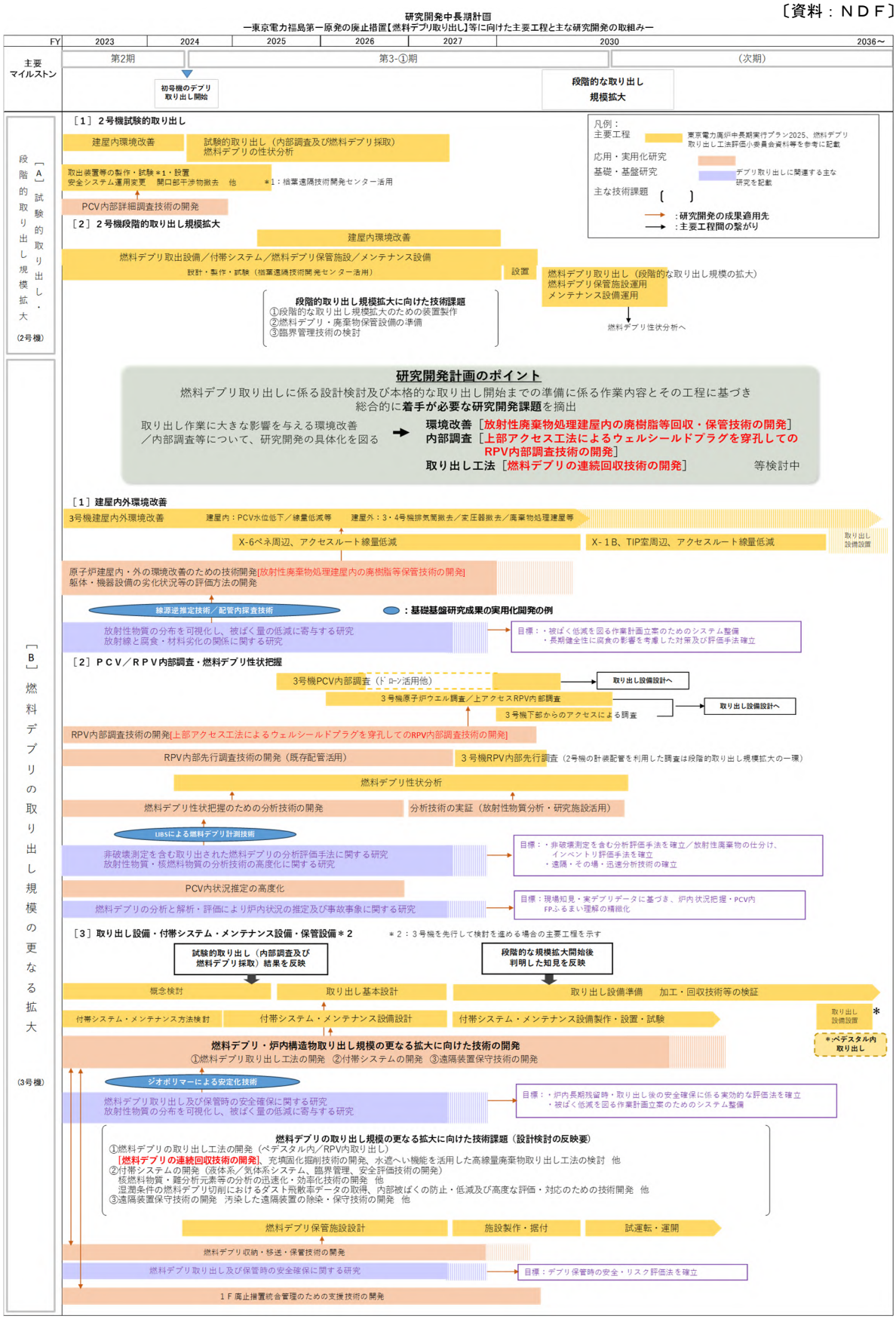
これまでの取組	短期（今後２年程度）の取組	中長期（１０年程度）の取組
【東京電力】 ・2号機の燃料デブリを試験的に取り出した。 【東京電力・JAEA】 ・JAEA大熊第1棟への1F瓦礫試料を輸送した。 ・茨城地区施設へ燃料デブリ、固体廃棄物の試料の輸送を行った。	【東京電力】 ・サンプリングの内容及びスケジュールを検討し、関係機関と調整の上、サンプリング・輸送及び分析施設の確保に関して必要な措置を講じる。 ・分析計画に基づき、JAEA大熊第1棟・茨城施設への試料輸送。【継続】	【東京電力】 ・サンプリングの内容及びスケジュールを検討し、関係機関と調整の上、サンプリング・輸送及び分析施設の確保に関して必要な措置を講じる。【継続】 ・総合分析施設での試料分析を実施。 ・分析手法の開発が必要となる試料は引き続きJAEA施設への輸送。【継続】

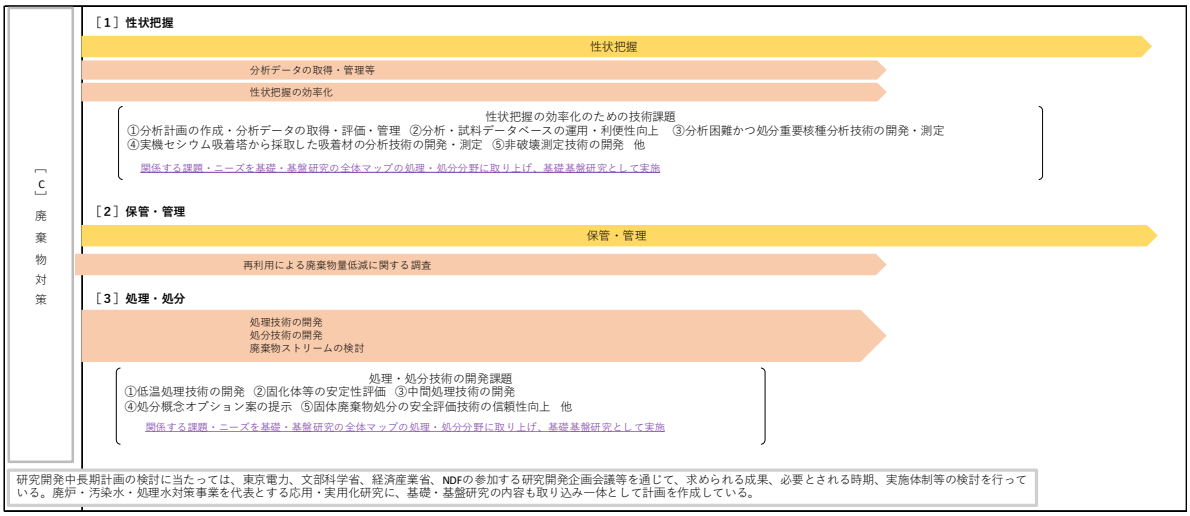
対策８：アクションプランの策定、見直し、フォローアップ

【NDF】 ・技術戦略プランにおいて、分析戦略を燃料デブリ中心から福島第一原子力発電所における廃炉作業全般で求められる分析全般に広げるとともに、当該アクションプランを作成した。	【NDF】 ・アクションプランに記載されている取り組みにの進捗状況を政府とともにフォローアップするとともに、技術戦略プランの改訂に合わせて、内容の見直し、具体化を行う。	【NDF】 ・アクションプランに記載されている取り組みにの進捗状況を政府とともにフォローアップするとともに、技術戦略プランの改訂に合わせて、内容の見直し、具体化を行う。【継続】

添付資料5-1 研究開発中長期計画

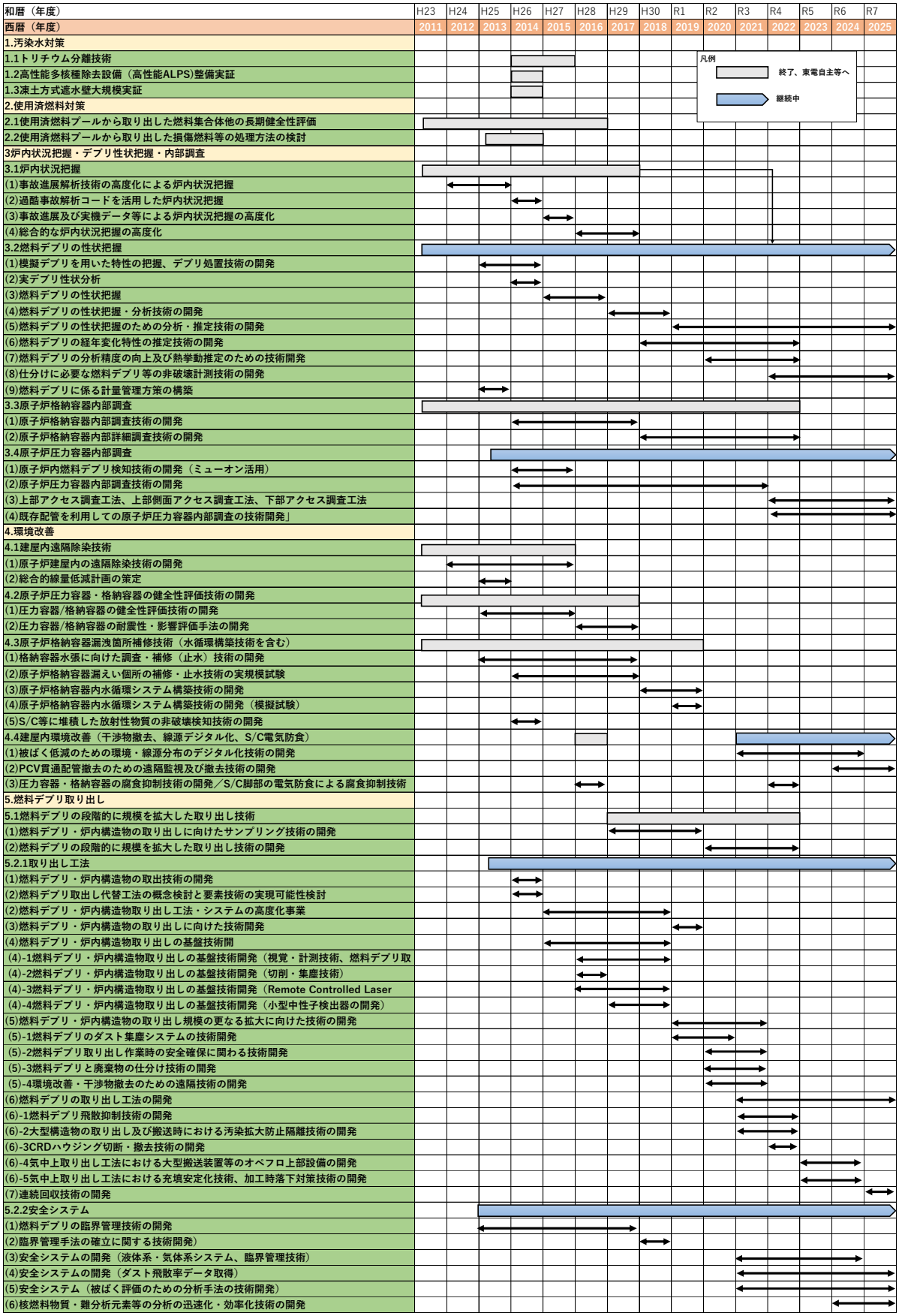
〔資料：ＮＤＦ〕

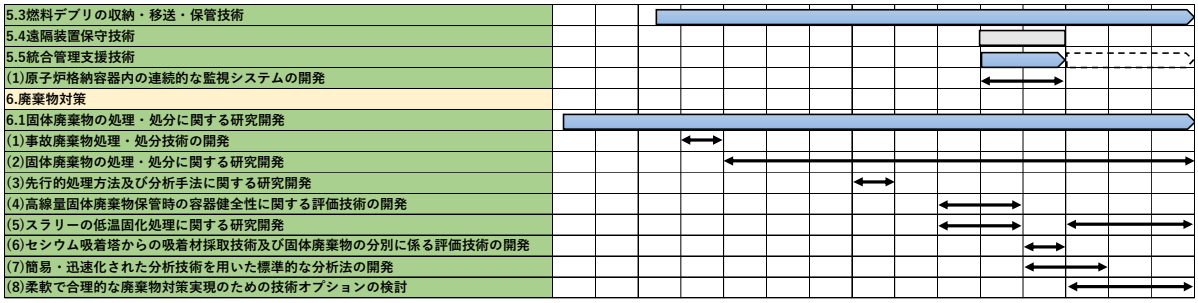



［C］廃棄物対策
［1］性状把握
性状把握
分析データの取得・管理等
性状把握の効率化
性状把握の効率化のための技術課題
①分析計画の作成・分析データの取得・評価・管理　②分析・試料データベースの運用・利便性向上　③分析困難かつ処分重要核種分析技術の開発・測定
④実機セシウム吸着塔から採取した吸着材の分析技術の開発・測定　⑤非破壊測定技術の開発　他
関係する課題・ニーズを基礎・基盤研究の全体マップの処理・処分分野に取り上げ、基礎基盤研究として実施
［2］保管・管理
保管・管理
再利用による廃棄物量低減に関する調査
［3］処理・処分
処理技術の開発
処分技術の開発
廃棄物ストリームの検討
処理・処分技術の開発課題
①低温処理技術の開発　②固化体等の安定性評価　③中間処理技術の開発
④処分概念オプション案の提示　⑤固体廃棄物処分の安全評価技術の信頼性向上　他
関係する課題・ニーズを基礎・基盤研究の全体マップの処理・処分分野に取り上げ、基礎基盤研究として実施
研究開発中長期計画の検討に当たっては、東京電力、文部科学省、経済産業省、NDFの参加する研究開発企画会議等を通じて、求められる成果、必要とされる時期、実施体制等の検討を行っている。廃炉・汚染水・処理水対策事業を代表とする応用・実用化研究に、基礎・基盤研究の内容も取り込み一体として計画を作成している。

添付資料5-2 廃炉・汚染水・処理水対策事業における研究開発のこれまでの取組

〔ＩＲＩＤ、ＪＡＥＡ資料を基にＮＤＦ作成〕




5.3燃料デブリの収納・移送・保管技術
5.4遠隔装置保守技術
5.5統合管理支援技術
(1)原子炉格納容器内の連続的な監視システムの開発
6.廃棄物対策
6.1固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発
(1)事故廃棄物処理・処分技術の開発
(2)固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発
(3)先行的処理方法及び分析手法に関する研究開発
(4)高線量固体廃棄物保管時の容器健全性に関する評価技術の開発
(5)スラリーの低温固化処理に関する研究開発
(6)セシウム吸着塔からの吸着材採取技術及び固体廃棄物の分別に係る評価技術の開発
(7)簡易・迅速化された分析技術を用いた標準的な分析法の開発
(8)柔軟で合理的な廃棄物対策実現のための技術オプションの検討

事業成果のリンク先

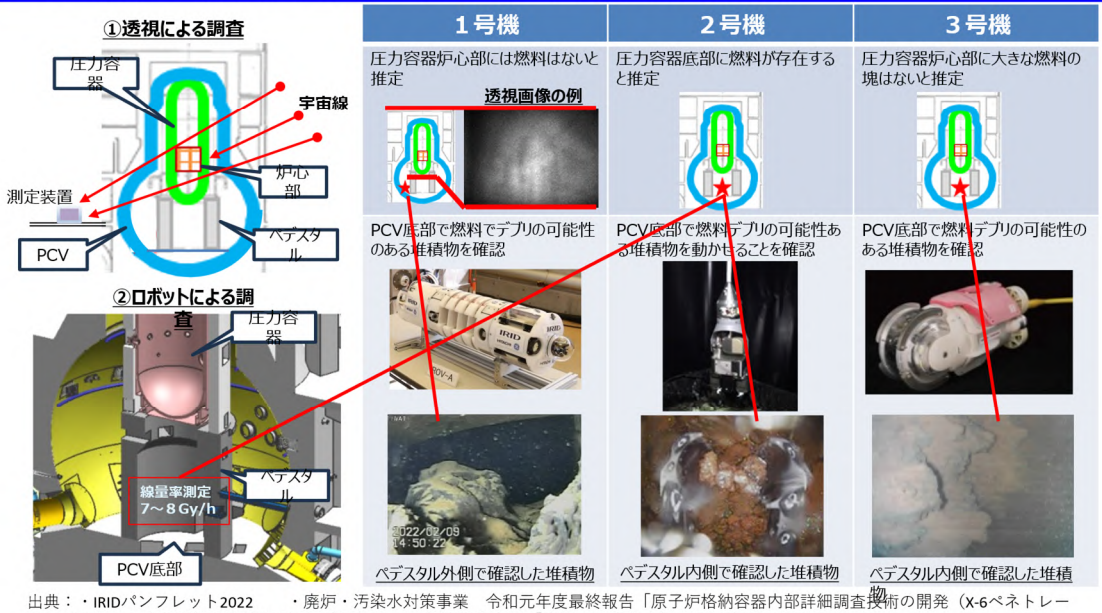
※事業成果のリンク先は下記を参照してください。
2013（平成25）年度実績及び2014年度計画：廃炉・汚染・処理水対策チーム会合/事務局会議（第4回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20140327_02/140327_02_025.pdf
2014（平成26）年度実績及び2015年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第15回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/150226/150226_01_4_1_03.pdf
2015（平成27）年度実績及び2016年度計画：廃炉・汚染・処理水水対策チーム会合/事務局会議（第27回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2016/pdf/0225_4_3a.pdf
2016（平成28）年度実績及び2017年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第39回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2017/02/4-02-01.pdf
2017（平成29）年度実績及び2018年度計画：廃炉・汚染水・処理水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第51回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2018/03/4-02.pdf
2018（平成30）年度実績及び2019年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第63回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2019/02/4-1.pdf
2019（平成31）年度実績及び2020年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第75回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2020/02/4-2-2.pdf
2020（令和2）年度実績及び2021年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第86回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2021/01/4-1.pdf
2021（令和3）年度実績及び2022年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第98回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2022/01/4-1-1.pdf
2022（令和4）年度実績及び2023年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第111回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2023/02/02/4-1.pdf
2023（令和5）年度実績及び2024年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第123回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2024/02/02/4-1-2.pdf
2024（令和6）年度実績及び2025年度計画：廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議（第135回）
https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2025/02/02/4-1-2.pdf
＜廃炉・汚染水・処理水対策事業事務局　事業一覧＞
https://dccc-program.jp/project
＜廃炉研究開発情報ポータルサイト＞
http://www.drd-portal.jp/

成果の例

【開発成果の現場適用例①】燃料デブリ検知技術（ミューオンによる調査）・原子炉格納容器内部調査技術の開発

目的　燃料デブリ取り出しに向けて、燃料デブリが存在する原子炉格納容器(PCV)内の状況把握を進めることが重要であり、PCV内の調査を進めている。

成果　燃料デブリのある1～3号機のPCV内は放射線量も高く、容易に人が近づける環境ではないため、①透過力の強い宇宙線「ミューオン」を利用した透視技術による調査、②内視鏡やロボット等による調査を1～3号機で実施した。こうした調査により、圧力容器内の燃料の状況を推定でき、また、PCV底部に燃料デブリの可能性のある堆積物を確認すると共に、線量率等のPCV内のデータも取得した。2019年2月に実施した2号機PCV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など、燃料デブリ取り出しに向けて重要な情報を取得することができた。



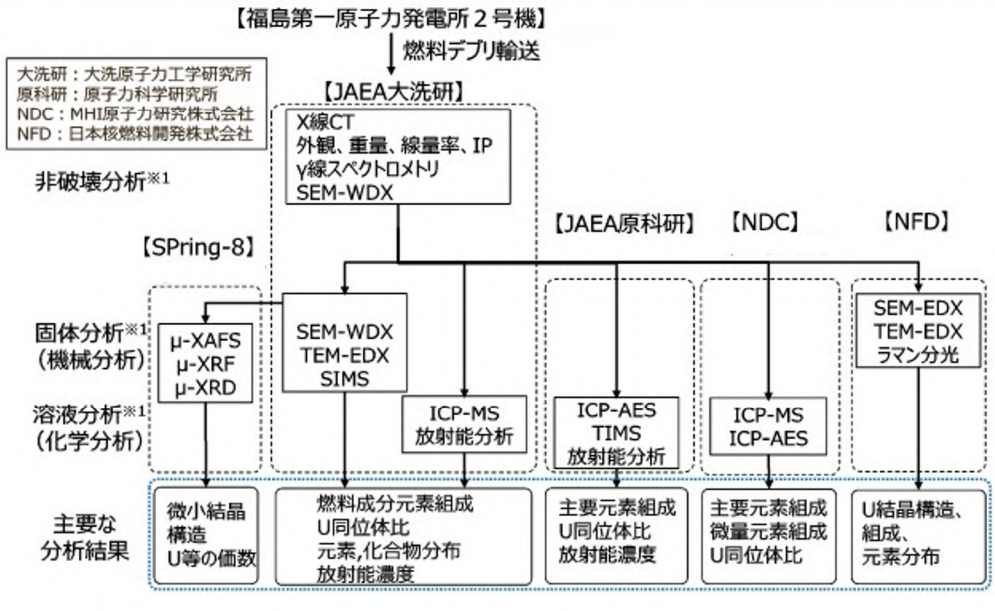
出典：・IRIDパンフレット2022　・廃炉・汚染水対策事業　令和元年度最終報告「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発（X-6ペネトレーションを用いた内部詳細調査技術の現場実証）」　・経済産業省HP「廃炉・汚染水・処理水対策ポータルサイト」
・福島第一原子力発電所2号機 原子炉格納容器内部調査 実施結果2018年2月1日東京電力

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

【開発成果の現場適用例②】燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発(1/3) 分析フロー

目的 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し方法、燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発等に資するため、燃料デブリの成分の定量分析及び性状の推定の実施に必要な技術の開発等を行っている。

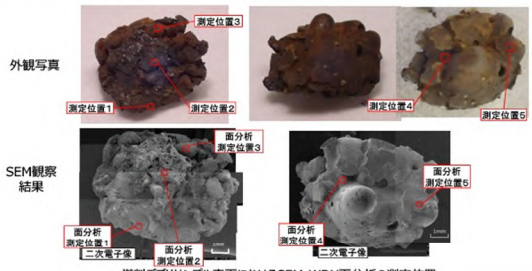
成果 2号機PCV底部から採取された燃料デブリ試料を、開発した分析技術により分析しすることにより燃料デブリの性状把握を行った。燃料デブリ試料は2024年11月及び2025年3月に採取され、茨城県の分析施設等において分析された。



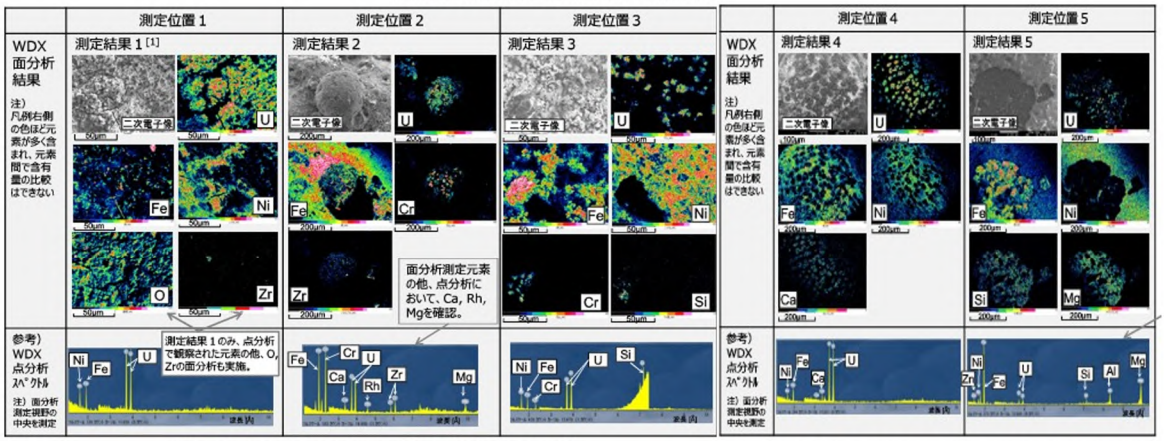
出典：令和7年1月30日第134回廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議資料3-3-4

無断複製・転載禁止 原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発(2/3) １回目の燃料デブリ試料の分析結果



燃料デブリサンプル表面におけるSEM-WDX面分析の測定位置



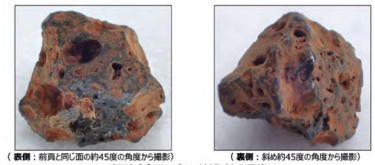
燃料デブリサンプルのSEM-WDX測定結果（測定位置１～３）

燃料デブリサンプルのSEM-WDX測定結果（測定位置４～５）

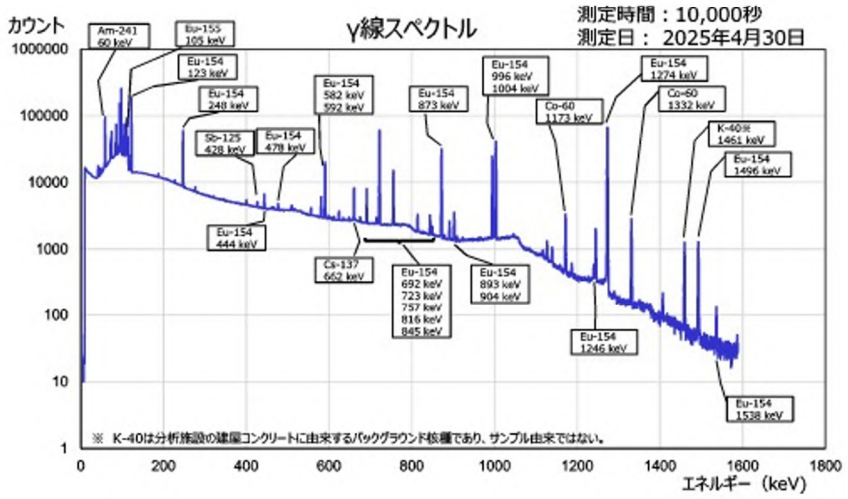
出典：令和7年1月30日第134回廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議資料3-3-4

無断複製・転載禁止 原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

燃料デブリ性状把握のための分析・推定技術の開発(3/3)　2回目の燃料デブリ試料の分析結果



燃料デブリサンプルの外観・拡大写真



出典：令和7年５月29日第138回廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議資料3-3

無断複製・転載禁止　原子力損害賠償・廃炉等支援機構
©Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

添付資料5-3 現在取り組んでいる研究開発

〔資料：ＮＤＦ〕

区分	研究開発の名称	選定理由	開発成果	残された課題
	原子炉圧力容器（RPV）内部調査	RPV 内部の燃料デブリの取り出しの検討に資するため、RPV 内部の燃料デブリ等の状況を把握するための調査技術を開発する。	透過力の強い宇宙線（ミューオン）調査により RPV 内の燃料の残存状態の推定を行った。1 号機 RPV 炉心部に燃料無し、2 号機 RPV 底部に燃料が存在、3 号機 RPV 炉心部に大きな燃料塊無しとの推定結果であった。 また、RPV 内に直接アクセスして調査するため、ドライヤ・セパレータピットを起点とした上部側面アクセス調査工法、下部アクセス調査工法（ロングアーム（閉接型）・伸縮ロッド（縦旋型）等）及び既存配管を利用した内部調査（炉心スプレー系配管、主蒸気系配管）について開発を進め、実機適用に向けた装置の機能確認を行った。	各号機とも RPV 内部の直接的な映像等の情報が得られていないため、RPV 内部の情報を早期に得ることが課題である。 また、工法評価小員会の提言から、過去国プロで開発した上部穴開け工法を踏まえて、上アクセス RPV 内部調査工法の小規模化を検討しており、今後必要な技術開発を行う必要がある。
	燃料デブリの性状把握に関する研究開発	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し方法、燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発等に資するため、燃料デブリの成分の定量分析及び性状の推定の実施に必要な技術の開発等を行う。	燃料デブリの分析を迅速、的確に行うための模擬デブリを用いた分析手法の標準化、PCV 内部調査で得られた堆積物等の分析、炉内状況の推定及び炉内状況推定図の 3 DCG 化、ウランの有無を判別する簡易分析技術の開発、その他 OECD/NEA プロジェクト等への参加・協力を行ってきた。 これまで燃料デブリ分析に関する技術開発で得られた技術を活用して、燃料デブリの試験的取り出しで採取した 2 つの燃料デブリサンプルの分析を行った。 燃料デブリ中の核燃料を迅速に定量するため、非破壊計測技術の開発として、シミュレーション解析、要素技術確認試験、指標核種の帯同性の検討を行った。これにより、5 つの候補のうち、非破壊計測技術をアクティブ中性法とミュオン散乱法の 2 つに絞った。	燃料デブリ分析では、現状の取組を引き続き行うことに加え、1F で採取する燃料デブリや比較用のスリーマイル島原発 2 号機の燃料デブリの分析、サンプルのサイズ・量の増加への対応及び簡易分析技術の現場適用が課題である。 非破壊計測技術の開発では、アクティブ中性子法とミュオン散乱法の適用時の不具合の抽出、燃料デブリの収納容器への適用性及び簡易スクリーニング手法の絞り込みが今後の課題である。 なお、2025 年度からはシミュレーション解析と要素技術確認試験を継続しつつ、実際にシステムとして組込んだ場合の成立性、非破壊計測を利用する工程のシナリオ、簡易スクリーニング法の検討を行っている。
	原子炉建屋内の環境改善に関する技術開発	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、事故による損傷状態が不明な場所が残り、未だに線量率が高い原子炉建屋内において、作業を安全・効率的に行うために必要となる環境改善に係る技術開発を実施する。	安全・効率的な作業計画の策定に向けて、環境調査データを用いた放射線源の特定、デジタル技術によって可視化する環境・線源分布のデジタル化技術の開発に 2021 年度から着手した。2023 年度から現場適用に向けて、プロトタイプシステムの高機能化を目指した開発を進め、2024 年度には、検討項目に対する現場適用性の評価を行いシステムの有効性を確認した。また、高所の設備機器、重量物などの撤去が難しい干渉物の遠隔撤去技術の開発を 2020 年度から 2022 年度で行った。 2024 年度から、汚染流体や水素などを内包する可能性のある高線量の PCV 貫通配管等の撤去のための遠隔監視及び撤去作業システムの技術開発を行いシステムの概念設計を行った。	PCV 貫通配管等の撤去のための遠隔監視及び撤去作業システムの技術開発について、現場適用性評価を行い、早期に解決すべき技術的課題があれば、取り組み方を含めて検討することが課題である。
	燃料デブリ取り出し工法に関する研究開発	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、取出し工法の成立性に関し必要となる要素技術の開発及び試験を実施し、現場適用性を評価する。	気中工法の横アクセス、上アクセスによる取り出し方法及び横・上アクセス共通の要素技術開発を実施した。横アクセスについて、燃料デブリ回収システム、切削・集塵システム、干渉物撤去技術、遠隔操作支援システム等を開発した。上アクセスについて内部構造物や燃料デブリを大型一体で切断する方法、大型搬送装置等を開発。横・上アクセス共通の要素技術として遠隔除染・保守技術、加工時のダスト飛散抑制材等を開発した。2023-2024 年度はウェルシールドプラグ解体撤去を対象とした大型搬送装置等のオペフロ上部設備の開発として装置、施工方法の概念設計、要素試験を実施し実機適用性を評価した。また、充填安定化の技術開発として、充填材の基礎特性試験、充填注入試験等を実施し実機適用性を評価した。落下対策の技術開発として、対応策の検討、実機を模擬した試験等を実施し実機適用性を評価した。	東京電力は「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」報告書に沿った設計検討を進めている。その中で新たに抽出された課題のうち、開発の必要性が高く、技術的難易度が高いと判断された課題について取り組む必要がある。 なお、2025 年度からは工法評価小委員会の報告書に沿った設計検討の中で抽出された新たな課題のうち、ＰＣＶ底部に堆積する粒子状の燃料デブリを対象に、これを連続的に効率よく回収する技術の開発を進めている。

区分	研究開発の名称	選定理由	開発成果	残された課題
	安全システムに関する研究開発（汚染モニタリングのための分析技術の開発）	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、作業時の安全を確保するために必要となる要素技術開発及び試験を実施するため。 今後、廃炉工程の進捗に伴い、分析を行うべき試料の種類及び数が増加することになる。そのため、前処理を含む分析工程全体において、迅速化、自動化、または省力化するための技術を開発し、分析に係る作業の効率を向上させ、建屋内のモニタリングを迅速に行う必要があるため。	① α放射性元素の分析における迅速化、効率化のための技術開発 U、Pu、Am、Cm、Np 及び Th のα線放出核種と燃料被覆材である Zr の分析を目的とした多核種同時分析システムの構築に向け、固相吸着材料の吸着条件の最適化と溶液のフローデバイスの構築を行った。 ② β放射性元素の分析おける迅速化、効率化のための技術開発 溶液中に陰イオンで存在する複数のβ核種を固相抽出ラインにより分離し、Cl-36、Tc-99、I-129 を分析するイオンクロマトグラフィーラインと Sr-90 を分析する ICP-MS/MS ラインを接続することで 4 核種を全自動で分離・分析できるシステムの構築を行った。ホウ素の酸化物イオンの高感度分析の検討を行った。 ③ 弱エネルギー放射性元素の迅速な前処理のための技術開発 Fe-55 及び Nb-93 分析のための固相吸着材料の開発と吸着するための最適条件の検討を行った。	核燃料物質・難分析元素等の分析の迅速化・効率化技術の開発が課題である。また、β放射性元素のうち、微量かつ弱エネルギーの C14 の分析の迅速化・効率化の技術開発も課題である。
	安全システムに関する研究開発（ダスト飛散に係る影響評価技術の開発）	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、取り出し作業の安全確保に必要なダスト飛散に関連した影響評価技術を開発する。	燃料デブリ取り出し時に発生するダスト飛散の基礎的挙動を把握することを目的とした乾燥条件のダスト飛散率データを 2022 年度までに取得した。燃料デブリ取り出し時に想定される PCV 内の湿潤環境にける複数の工法を対象としたダスト飛散率データを 2024 年度までに取得した。湿潤条件下では、加工工法や浸水水位等の条件によって差はみられるが、乾燥条件と比べダスト飛散率が低減されること、飛散粒子の粒径分布が大型粒径側にシフトすること等、ダストが環境中へ放出されにくくなる傾向を確認した。	今後の福島第一原子力発電所の廃炉作業における、燃料デブリ取り出し時の安全評価と実際の加工時のダスト飛散影響の推定の技術的根拠に用いるため、ダスト飛散率及び環境移行率データに係る体系的な整備を進めることが課題である。 なお、2025 年度からは乾燥条件・湿潤条件での基本的データを踏まえ、より実態に近い加工を想定した試験を行っている。加えて、ダスト発生箇所から環境に放出されるまでの環境移行率に対する影響把握試験を行い、発生したダストが環境に放出されるまでの移行経路で除去されることが考えられるため、この除去効果に対するダスト飛散率データ取得試験を通じて確認した飛散影響パラメータの依存性について、大規模試験装置を用いた試験等による評価をしている。
	安全システムに関する研究開発（被ばく線量評価のための分析手法の技術開発）	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、作業時の安全を確保するために必要となる要素技術開発及び試験を実施する。 今後の燃料デブリ取り出しの本格化に向けては、内部取り込みに対する防護機能の向上及び万一内部取り込み事象が発生した場合への対応・対策の検討をより適確にするため、取り込んだ放射性物質の放射能量を速やかに把握して線量を評価することが課題であるため。	2021 年度から内部取り込み防護と取り込み時の線量評価のための研究開発に着手し、内部被ばく線量評価プログラムの概念の検討、バイオアッセイ手法の迅速化等に関する調査・検討、防護装備の最適化等の技術開発を進めた。これらの成果を踏まえ、2023 年度からの 2 年間で、バイオアッセイ手法の高度化や皮膚汚染、創傷汚染測定の検討など内部被ばく線量の測定・評価に係る技術開発、及び内部被ばく線量評価体系の整備及び標準の開発により、内部評価線量評価プログラムの開発を進めた。	内部被ばく線量の測定・評価に係る技術開発及び身体汚染の測定・評価に係わる技術開発が課題である。 なお、2025 年度からはこれまでに抽出された課題を踏まえ、多数の内部取り込み者が発生した場合に対応するためのバイオアッセイ技術の開発、及び皮膚汚染時の評価制度向上と身体α汚染の迅速かつ確実な検出のための技術の開発を進めている。

区分	研究開発の名称	選定理由	開発成果	残された課題
燃料デブリ取り出しに係る研究開発	燃料デブリの収納・移送・保管に関する研究開発	燃料デブリ取出しから保管に係るシナリオを確立するために、取り出した燃料デブリを安全、確実かつ合理的に収納、移送、保管するためのシステムを開発する。	塊状、粒状燃料デブリを主な対象とした収納缶の基本仕様の策定と試験による収納缶の構造健全性の実証。収納缶に収納した燃料デブリからの水素発生予測法の検討及びその予測法を用いた収納缶のベント機構の検討と安全な移送条件の設定。回収された燃料デブリに対して適用可能な乾燥技術の開発と乾燥システムの検討を実施してきた。 スラリー・スラッジ状の燃料デブリを収納・移送・保管するための技術的課題の抽出を 2020 年度に実施。その結果を踏まえ 2021 年度からは乾燥方法、水素ガス発生量の評価方法・水素ガスの放出特性、及び移送から保管までの取扱中の水素ガス挙動について主に机上での検討や評価を実施。2023 年度からは水素ガス発生量の評価方法・水素ガスの放出特性の机上検討結果を要素試験等により確認している。また、収納缶に設置するフィルタの寿命評価を要素試験等によって確認した。	スラリー・スラッジ状燃料デブリを安全、確実、合理的に移送、保管するためのプロセスの確立、及び、燃料デブリの安全な安定保管のための技術の開発が課題である。 なお、2025 年度からは燃料デブリを保管するためには、収納缶を含む保管容器類の閉じ込めバウンダリーの健全性が維持されていることが重要であるため、燃料デブリ保管中の保管容器類内の環境を推定するとともに、保管容器類に使用する鋼材の種類や燃料デブリの性状、放射線の状況を踏まえた腐食発生進展モデルの検討を行っている。
	1F 廃止措置統合管理のための支援技術の開発	燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大を含む1F廃止措置の統合管理を円滑に実施するのに必要な統合管理に係る技術開発を行う。	燃料デブリの取り出し規模の更なる拡大において、安全上の要求やスループット維持の観点から、PCV 内の環境変化を連続的に監視するための監視システムの開発（監視項目の抽出、監視方法の検討、技術的課題及び開発要素の抽出）を行った。	統合管理支援システムの全体概念の検討及びデジタル技術を利用した統合的管理技術の開発が課題である。
廃棄物対策に係る研究開発	固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発	2021 年度に示した処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通しを踏まえ、固体廃棄物の特徴に応じた廃棄物ストリームの構築に向けて、性状把握を進めつつ、保管・管理、処理、再利用、処分に係る方策の選択肢の創出とその比較・評価を行い、具体的な固体廃棄物管理全体（固体廃棄物の発生から再利用、処分までの管理）について適切な対処方策の提示に向けた検討を進める。	性状把握、保管・管理、処理・処分に関する技術的知見や評価方法を整備することにより、技術的見通しの提示に貢献した。また、技術的見通しを踏まえた固体廃棄物の管理全体についての適切な対処方策の提示に向け、以下をこれまで実施してきた。 ・分析データの蓄積と性状把握の効率化に向けた開発 ・物量低減のための減容・再利用技術に関する開発 ・低温処理の適用性に関する課題の検討、各種処理技術により作製された固化体の安定性に関する検討等 ・処分概念構築に必要な情報・知識の調査及び安全評価技術の信頼性向上の試行	具体的な固体廃棄物の管理全体について適切な対処方策を提示に向けた、個別廃棄物ストリームオプション案の蓄積及び全ての個別廃棄物ストリームオプション案を束ね、評価・検討するために必要となる技術的知見の構築が課題である。

添付資料5-4 英知を結集した原子力科学技術・人材育成事業（英知事業）選定課題

課題解決型廃炉研究プログラム　令和７年度　選定課題（６課題）

〔英知事業ホームページ等を基にＮＤＦ作成〕

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
多粒径対応型荷電式スプレーとＡＩ技術を統合した革新的エアロゾル制御技術の開発と実証	三輪　修一郎 ［東京大学］	日本原子力研究開発機構
１Ｆ廃棄物受入基準の設定に向けた安全評価シナリオの構築	渡辺　直子 ［北海道大学］	東海大学、東北大学、株式会社太平洋コンサルタント、電力中央研究所、日本原子力研究開発機構
超高線量率場における放射線環境情報取得を目指した無線線量計開発	黒澤　俊介 ［東北大学］	理化学研究所、産業技術総合研究所
α汚染可視化ハンドフットモニタ、可搬型ダストモニタ等の開発	北川　裕一 ［北海道大学］	産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構
臨界近接監視への適用を見据えたＴＩＢｒ半導体検出器を用いたＦＰガスモニタの高感度化	渡辺　賢一 ［九州大学］	東北大学、日本原子力研究開発機構
群知能を用いた多リンク型ロボットによる多視点環境情報計測及び機器操作・試料採取技術に関する研究	趙　漠居 ［東京大学］	福島大学、日本原子力研究開発機構

国際協力型廃炉研究プログラム（日英原子力共同研究）　令和７年度　選定課題（２課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
難処理廃棄物への適用に向けたリン酸ガラス固化技術の開発	宇留賀　和義 ［電力中央研究所］	九州大学、Sheffield Hallam University
燃料デブリ輸送のためのマルチフィジックスシミュレーションモデル	酒井　幹夫 ［東京大学］	兵庫県立大学、産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構、Imperial College London

課題解決型廃炉研究プログラム　令和６年度　選定課題（７課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
高放射線耐性を有する無線データ伝送用チップセットの要素開発（ベースバンド回路開発）	宮原　正也 ［高エネルギー加速器研究機構］	岡山大学、株式会社 Piezo Studio
高放射線耐性を有する無線データ伝送用チップセットの要素開発（高周波アナログ回路開発）	白根　篤史 ［東京工業大学］	大熊ダイヤモンドデバイス株式会社、名古屋大学、北海道大学
高線量かつ不可視環境下での炉内可視化を可能とするレーザ偏向検出型超音波広帯域３Ｄイメージングシステムの開発	木倉　宏成 ［東京工業大学］	室蘭工業大学、エネルギー総合工学研究所、合同会社玉浦ラボ、日本原子力研究開発機構
視界不良・高線量下での空間認識のための超音波可視化技術	林　高弘 ［大阪大学］	日本大学、東北大学
耐放射線性を有するレーザスキャナとＡＩ・画像処理による３Ｄモデリング法の開発	福田　知弘 ［大阪大学］	理化学研究所、クモノスコーポレーション
データ駆動型オンサイト診断技術：長期的健全性を確保するための微生物腐食リスク予測	若井　暁 ［海洋研究開発機構］	物質・材料研究機構、電力中央研究所、日本製鉄株式会社、日本原子力研究開発機構
デブリ取り出しの安全性確保を目的とした中性子源等のイメージング手法の研究	松林　錦 ［京都大学］	福島大学、東北大学、日本原子力研究開発機構

研究人材育成型廃炉研究プログラム　令和６年度　選定課題（２課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
燃料デブリ取り出しに向けた遠隔ロボット-計測技術の統合のための研究教育人材育成	斉藤　拓巳 ［東京大学］	福島大学、神戸大学、東北大学、工学院大学、会津大学、富山高等専門学校、福島工業高等専門学校、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ研究とＳＥＥＭ学構築を基軸とした研究人材育成	渡邉　豊 ［東北大学］	福井大学、京都大学、理化学研究所、東京工業大学、東双みらいテクノロジー株式会社、日本原子力研究開発機構

課題解決型廃炉研究プログラム　令和５年度　選定課題（７課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
遮蔽不要な耐放射線性ダイヤモンド中性子計測システムのプロトタイプ開発	金子　純一 ［北海道大学］	高エネルギー加速器研究機構、産業技術総合研究所、名古屋大学、九州大学、日本原子力研究開発機構
簡易非破壊測定に向けた革新的なｎ・γシンチレーション検出システムの開発	鎌田　圭 ［東北大学］	東京大学、産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構
ペデスタル部鉄筋コンクリート損傷挙動の把握に向けた構成材料の物理・化学的変質に関する研究	五十嵐　豪 ［名古屋大学］	東京大学、東北大学、日本原子力研究開発機構
動画像からの特徴量抽出結果に基づいた高速３次元炉内環境モデリング	中村　啓太 ［札幌大学］	岩手県立大学、日本原子力研究開発機構
放射性コンクリート廃棄物の減容を考慮した合理的処理・処分方法の検討	小崎　完 ［北海道大学］	福井大学、電力中央研究所、日本原子力研究開発機構
高バックグラウンド放射線環境における配管内探査技術の開発	鳥居　建男 ［福井大学］	大阪大学、神戸大学、東北大学、埼玉大学、日本原子力研究開発機構
PCV 気相漏洩位置及び漏洩量推定のための遠隔光計測技術の研究開発	椎名　達雄 ［千葉大学］	レーザー技術総合研究所

国際協力型廃炉研究プログラム（日英原子力共同研究）　令和５年度　選定課題（２課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
革新的分光画像解析による燃料デブリの可視化への挑戦と LIBS による検証	牟田　浩明 ［大阪大学］	日本核燃料開発株式会社、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ除去に向けた様々な特性をもつメタカオリンベースのジオポリマーの設計と特性評価	Yogarajah Elakneswaran ［北海道大学］	日本原子力研究開発機構

課題解決型廃炉研究プログラム　令和４年度　選定課題（６課題）

提案課題名	研究代表者 [所属機関]	参画機関
革新的アルファダスト撮像装置と高線量率場モニタの実用化とその応用	黒澤　俊介 [東北大学]	三菱電機株式会社、京都大学、日本原子力研究開発機構
３次元線量拡散予測法の確立と γ 線透過率差を利用した構造体内調査法の開発	谷森　達 [京都大学]	福島 SiC 応用技研株式会社、日本原子力研究開発機構
α 汚染可視化ハンドフットクロスモニタの要素技術開発	樋口　幹雄 [北海道大学]	産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構
高放射線耐性の低照度用太陽電池を利用した放射線場マッピング観測システム開発	奥野　泰希 [京都大学]	木更津工業高等専門学校、産業技術総合研究所、理化学研究所、宇宙航空研究開発機構、東北大学、量子科学技術研究開発機構
障害物等による劣悪環境下でも通信可能なパッシブ無線通信方式の開発	新井　宏之 [横浜国立大学]	新潟大学、名古屋工業大学
無線 UWB とカメラ画像分析を組合せたリアルタイム 3D 位置測位・組込システムの開発・評価	松下　光次郎 [岐阜大学]	東京大学、LocationMind 株式会社、福島工業高等専門学校、名古屋大学、日本原子力研究開発機構

国際協力型廃炉研究プログラム（日英原子力共同研究）　令和４年度　選定課題（２課題）

提案課題名	研究代表者 [所属機関]	参画機関
耐放射線プロセッサを用いた組み込みシステムの開発	渡邊　実 [岡山大学]	神戸市立工業高等専門学校、ランカスター大学
マイクロ・ナノテクノロジーを利用したアルファ微粒子の溶解・凝集分散に及ぼすナノ界面現象の探求	塚原　剛彦 [東京工業大学]	早稲田大学、日本原子力研究開発機構、University College London

課題解決型廃炉研究プログラム　令和３年度　選定課題（８課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
建屋応答モニタリングと損傷イメージング技術を活用したハイブリッド型の原子炉建屋長期健全性評価法の開発研究	前田　匡樹 ［東北大学］	芝浦工業大学、東京工業大学、日本工業大学、木更津工業高等専門学校、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ周辺物質の分析結果に基づく模擬デブリの合成による実機デブリ形成メカニズムの解明と事故進展解析結果の検証によるデブリ特性データベースの高度化	宇埜　正美 ［福井大学］	大阪大学、東京工業大学、東北大学、日本原子力研究開発機構
ジオポリマー等による PCV 下部の止水・補修及び安定化に関する研究	鈴木　俊一 ［東京大学］	東京都市大学、産業技術総合研究所、株式会社アトックス、日本原子力研究開発機構
世界初の同位体分析装置による少量燃料デブリの性状把握分析手法の確立	坂本　哲夫 ［工学院大学］	名古屋大学、東京電力ホールディングス株式会社、日本原子力研究開発機構
アルファ微粒子の実測に向けた単一微粒子質量分析法の高度化	豊嶋　厚史 ［大阪大学］	京都大学
連携計測による線源探査ロボットシステムの開発研究	人見　啓太朗 ［東北大学］	富山高等専門学校、福島大学、日本原子力研究開発機構
中赤外レーザー分光によるトリチウム水連続モニタリング手法の開発	安原　亮 ［自然科学研究機構 核融合科学研究所］	弘前大学
福島原子力発電所事故由来の難固定核種の新規ハイブリッド固化への挑戦と合理的な処分概念の構築・安全評価	中瀬　正彦 ［東京工業大学］	原子力環境整備促進・資金管理センター、岡山理科大学、東北大学、日本原子力研究開発機構

国際協力型廃炉研究プログラム　令和３年度　選定課題（４課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
日英原子力共同研究：２課題		
福島第一原子力発電所の廃止措置における放射性エアロゾル制御及び除染に関する研究	三輪　修一郎 ［東京大学］	株式会社アトックス、日本原子力研究開発機構、University of Bristol
燃料デブリ取り出しのための機械式マニピュレータのナビゲーションおよび制御	淺間　一 ［東京大学］	有限会社ライテックス、日本原子力研究開発機構、University of Sussex
日露原子力共同研究：２課題（※令和５年度より課題解決型廃炉研究プログラムに移管）		
福島第一発電所２、３ 号機の事故進展シナリオに基づく FP・デブリ挙動の不確かさ低減と炉内汚染状況・デブリ性状の把握	小林　能直 ［東京工業大学］	九州大学、日本原子力研究開発機構、Saint Petersburg State University
非接触測定法を用いた燃料デブリ臨界解析技術の高度化	小原　徹 ［東京工業大学］	産業技術総合研究所、National Research Nuclear University（ＭＥＰｈＩ）

課題解決型廃炉研究プログラム　令和２年度　選定課題（８課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
若手研究：２課題		
燃料デブリにおける特性の経年変化と環境劣化割れの調査	楊　会龍／村上　健太 ［東京大学］	長岡技術科学大学
健全性崩壊をもたらす微生物による視認不可腐食の分子生物・電気化学的診断及び抑制技術の開発	岡本　章玄 ［物質・材料研究機構］	海洋研究開発機構、電力中央研究所、日本原子力研究開発機構
一般研究：６課題		
遮蔽不要な臨界近接監視システム用ダイヤモンド中性子検出器の要素技術開発	田中　真伸 ［高エネルギー加速器研究機構］	北海道大学、産業技術総合研究所、名古屋大学、日本原子力研究開発機構
α／β／γ線ラジオリシス影響下における格納容器系統内広域防食の実現：ナノバブルを用いた新規防食技術の開発	渡邉　豊 ［東北大学］	量子科学技術研究開発機構、物質・材料研究機構、日本原子力研究開発機構
β、γ、X 線同時解析による迅速・高感度放射性核種分析法の開発	篠原　宏文 ［日本分析センター］	新潟大学、九州大学、大成建設株式会社、量子科学技術研究開発機構、日本原子力研究開発機構
合理的な処分のための実機環境を考慮した汚染鉄筋コンクリート長	丸山　一平 ［東京大学］	国立環境研究所、株式会社太平洋コンサルタント、太平洋セメント

期状態変化の定量評価		株式会社、名古屋大学、北海道大学、日本原子力研究開発機構
溶脱による変質を考慮した汚染コンクリート廃棄物の合理的処理・処分の検討	小崎　完 ［北海道大学］	福井大学、電力中央研究所、日本原子力研究開発機構
マイクロ波重畳 LIBS によるデブリ組成計測の高度化と同位体の直接計測への挑戦	池田　裕二 ［アイラボ株式会社］	日本原子力研究開発機構

国際協力型廃炉研究プログラム　令和２年度　選定課題（２課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
日英原子力共同研究：２課題		
革新的水質浄化剤の開発による環境問題低減化技術の開拓	浅尾　直樹 ［信州大学］	自然科学研究機構分子科学研究所、東北大学、Diamond Light Source
無人航走体を用いた燃料デブリサンプルリターン技術の研究開発	鎌田　創 ［海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所］	高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構、ランカスター大学

共通基盤型原子力研究プログラム　令和元年度（平成 31 年度）　選定課題（７課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
若手研究：２課題		
ウラニル錯体化学に基づくテーラーメイド型新規海水ウラン吸着材開発	鷹尾　康一朗 ［東京工業大学］	日本原子力研究開発機構
動作不能からの復帰を可能とする多連結移動ロボットの半自律遠隔操作技術の確立	田中　基康 ［電気通信大学］	ー
一般研究：５課題		
一次元光ファイバ放射線センサを用いた原子炉建屋内放射線源分布計測	瓜谷　章 ［名古屋大学］	日本原子力研究開発機構
低線量・低線量率放射線被ばくによる臓器別酸化ストレス状態の検討	鈴木　正敏 ［東北大学］	広島大学、大阪大学
単一微粒子質量分析法に基づくアルファ微粒子オンラインモニタリングに向けた基礎検討	豊嶋　厚史 ［大阪大学］	（同一機関内連携）
幹細胞動態により放射線発がんを特徴付ける新たな評価系の構築	飯塚　大輔 ［量子科学技術研究開発機構］	東京大学
耐放射線性ダイヤモンド半導体撮像素子の開発	大曲　新矢 ［産業技術総合研究所］	北海道大学

課題解決型廃炉研究プログラム　令和元年度（平成 31 年度）　選定課題（４課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
Multi-Physics モデリングによる福島２・３号機ペデスタル燃料デブリ深さ方向の性状同定	山路　哲史 ［早稲田大学］	大阪大学、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ取出しに伴い発生する廃棄物のフッ化技術を用いた分別方法の研究開発	渡邉　大輔 ［日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社］	埼玉大学、日本原子力研究開発機構
アパタイトセラミックスによる ALPS 沈殿系廃棄物の安定固化技術の開発	塚原　剛彦 ［東京工業大学］	電力中央研究所、日本原子力研究開発機構
拡張型スーパードラゴン多関節ロボットアームによる圧力容器内燃料デブリ調査への挑戦	高橋　秀治 ［東京工業大学］	日本原子力研究開発機構

研究人材育成型廃炉研究プログラム　令和元年度（平成 31 年度）　選定課題４課題

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
燃料デブリ取り出し時における炉内状況把握のための遠隔技術に関する研究人材育成	淺間　一 ［東京大学］	福島大学、神戸大学、日本原子力研究開発機構
化学計測技術とインフォマティックスを融合したデブリ性状把握手法の開発とタイアップ型人材育成	高貝　慶隆 ［福島大学］	株式会社パーキンエルマージャパン、株式会社化研、日本原子力研究開発機構
放射線・化学・生物的作用の複合効果による燃料デブリ劣化機構の解明	塚原　剛彦 ［東京工業大学］	株式会社ヴィジブルインフォメーションサービス、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ分析のための超微量分析技術の開発	永井　康介 ［東北大学］	長岡技術科学大学、日本核燃料開発株式会社、九州大学、日本原子力研究開発機構

国際協力型廃炉研究プログラム　令和元年度（平成 31 年度）　選定課題（４課題）

提案課題名	研究代表者 ［所属機関］	参画機関
日露原子力共同研究：２課題		
燃料デブリ取出し臨界安全技術の高度化	小原　徹 ［東京工業大学］	東京都市大学、ロシア国立原子力研究大学
微生物生態系による原子炉内物体の腐食・変質に関する評価研究	金井　昭夫 ［慶應義塾大学］	理化学研究所、日本原子力研究開発機構、カザン大学
日英原子力共同研究：２課題		
高い流動性および陰イオン核種保持性を有するアルカリ刺激材料の探索と様々な放射性廃棄物の安全で効果的な固化	佐藤　努 ［北海道大学］	アドバンエンジ株式会社、日本原子力研究開発機構、シェフィールド大学
再臨界前の中性子線増に即応可能な耐放射線 FPGA システムの開発	渡邊　実 ［静岡大学］	神戸市立工業高等専門学校、ランカスター大学

（注）採択後生じた事情の変更等により、実施内容（事業計画、契約金額等）の変更及び採択の取消しを行うことがある

添付資料6.1-1 協働契約発展の歴史と国際的に使用されている標準約款について（豆知識）

協働契約には正式な定義がありません。本戦略プランでは、「発注者・受注者の双方がプロジェクトのミッションおよび性質（技術的難易度、不確実性等）を理解・共有した上で、リスク低減に向けた協力的なプロジェクト進行を促す新たな契約方式」を協働契約と定義し、「協力的プロジェクト遂行」に重点を置いています。

では、この協力的プロジェクト遂行を採用している契約（協働契約）として、具体的にどんな契約があるのでしょう。そこで、協働契約発展の歴史と国際的に使用されている建設標準約款について、豆知識としてまとめてみました。

◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇

◆ 協働契約発展の歴史[1]

協力的プロジェクト遂行を採用している契約は、各国、各業界で何らかの形が存在していますが、中でも英国では、発注者、受注者（および設計者）が相互信頼と協力の精神に基づき、計画段階から共同でプロジェクトを進める協働契約の検討が進められてきました。

このような手法は、英国において 1970 年代から 1980 年代にかけての建設業界の競争激化を背景に生まれました。英国では、当時契約における責任の明確化、および厳密な定義が重要視され、契約後の変更点や差異は「クレーム」として取り扱われることが一般的とされてきました。しかしながら英国の建設調達は、一般競争入札による価格競争の激化と、契約後のクレーム対応が常態化しており、プロジェクトのコスト超過や工期遅延が頻発していました。このような状況は、発注者と受注者である施工業者の対立関係を強め、訴訟や仲裁が多発し、リーガルフィーの出費が膨らむ「社会的損失」の構造を生むことになりました。

これを受け、建設業界の効率性や協力体制の向上を目的に、イギリス建設業界の改革を促した 1994 年のレイサムレポート[2]および 1998 年のイーガンレポート[3]があります。この二つのレポートを受け相互信頼と協力の精神に基づく契約の導入が正式に提唱され、「統合的なプロジェクト・プロセスの構築」が重要な施策として位置付けられました。その後、1990 年代後半から 2000 年代にかけて、英国の公的機関（財務省ＯＧＣや道路庁など）がパートナリングを公共調達に積極的に取り入れ、発注プロセスの効率化が図られてきました。

---

[1] 参考文献｜建設マネジメント技術 2004 年 7 月号「英国および米国のパートナリングについて」

[2] 1994 年にイギリスで発表された、「Constructing the Team（チームの構築）」と題する報告書。サー・マイケル・レイサム（Sir Michael Latham）によって執筆され、建設業界の対立的な契約関係を改善し、パートナーシップ型の協力体制を推進した。

[3] 1998 年に発表された、「Rethinking Construction（建設の再考）」と題する報告書。サー・ジョン・イーガン（Sir John Eagan）が主導し、レイサムレポートの提言をさらに発展させ、建設業界の生産性向上や革新の必要性を強調。契約関係とチームワークの改善に焦点を当てたレイサムレポートに対し、イーガンレポートでは、生産性向上とリーン生産方式（Lean Production）の導入など、より実務的な改善策を提案。

現在英国では、パートナリングを法的拘束力のある契約として整備している点が特徴的です。特に「ターゲットコスト方式」[4]が導入されており、ターゲットコスト（目標価格）を設定し、コスト超過時の負担割合やコスト削減時の利益分配を事前に定める「ペイン・シェア／ゲイン・シェア方式」を採用しています。パートナリングのメリットとしては、コスト削減、工期短縮、品質向上、紛争防止が挙げられます。一方、パートナリング契約に関する判例や仲裁事例が少なく、契約でありながら法的権利義務が不明確である点、業者の固定化による競争性の低下が懸念される点が課題として指摘されています。

なお、英国以外の諸外国でも英国のようなパートナリングの概念が発展しているところもありますが､国際レベルで使用されている建設標準約款の多くは､英国発祥のものが多いようです。

◆ 国内／海外で使用されている建設標準約款

国内における建設標準約款としては２つの約款が有名です（表 A6.1-1-1)。ただし、この２つの約款は「協力的プロジェクト遂行」に重点を置いているものではないので、本戦略プランで言う協働契約には該当しません。

表 A6.1-1-1 国内で使用されている標準約款[5]

約款名称 （発行団体）	概要
ＥＮＡＡモデルフォーム国際標準契約書	（財）エンジニアリング振興協会（現一般財団法人エンジニアリング協会（ＥＮＡＡ））が海外プラント建設における標準的な契約の枠組みとして、プラント建設工事用の標準約款を発行。発注者と受注者の責任範囲を明確にする従来型契約形式。
公共工事標準請負契約約款及び民間建設工事標準請負契約約款	中央建設業審議会が発行する約款であり、公共工事に適用される公共工事標準請負契約約款、建設工事標準下請契約約款、民間工事に適用される民間工事標準請負契約約款（甲、乙）がある。発注者と受注者の責任範囲を明確にする従来型契約形式。

〔資料：ＮＤＦ〕

他方、海外で使用されている建設契約標準約款としては、ＦＩＤＩＣ、ＩＣｈｅｍＥ、ＮＥＣ４、ＡＣＡが、信頼性、使いやすさといった観点から、国際的に広く使用されています（表 A6.1-1-2 表２)。最も広く使用されているのがＦＩＤＩＣでありますが、ＮＥＣ４も複数の国で標準約款として指定されるなど、国際的な使用が広がっています。

[4] 節約分または超過分を発注者と受注者で分担することで、両者のリスクを適切に分配し、両者の協力関係を強化する効果がある。ただし、コスト管理とインセンティブ調整を適切に行う必要があり、管理が複雑になりやすいため、プロジェクトマネジメントの負担が増す可能性がある。

[5] 標準約款とは、契約の内容や条件を定めた標準化された契約ひな型であり、複数の契約形態が体系的に整理されたものを指している。

表 A 6.1-1-2 国際的に使用されている標準約款

約款名称	概要	発行年	発祥
ＦＩＤＩＣ	• 国際コンサルティング・エンジニア連盟（FIDIC）が発行する国際建設契約の標準約款 • 国際開発金融機関（世界銀行、JICA 等）で広く使用される国際標準約款 • 発注者・受注者の明確なリスク分担を基本としつつ、中立的なエンジニアの関与により協働を促進 • 契約形態の多様性あり（請負事業者の責任範囲に応じて選択可能）	1957 年	ベルギー
ＩＣｈｅｍＥ	• 英国化学工学会（Institution of Chemical Engineers）が発行する化学工学プロジェクト向けの標準契約約款 • 化学・プロセス産業に特化した技術性の高い契約 • 約款報酬方式に応じた複数の契約タイプ（Lump Sum, Reimbursable 等）を提供 • リスク分担・変更管理の明確化が図られており、高リスクな工程を含むプロジェクトに適応可能	1968 年	英国
ＮＥＣ （現行版：ＮＥＣ４）	• 英国土木学会（Institution of Civil Engineers, ICE）の商業部門であるトーマス・テルフォード社（Thomas Telford Ltd.）が発行する約款エンジニアリングおよび建設プロジェクト向けに設計した標準約款 • 協働的な契約運営を前提に設計された契約のフレームワーク • 早期警告制度、リスク登録簿、定期的な進捗確認などの制度を備える	1993 年	英国
ＡＣＡ	• アソシエーション・オブ・コンサルタント・アーキテクツ（Association of Consultant Architects） によって発行された、パートナーシップおよびアライアンス型契約（FAC-1、PPC2000 など） • 複数契約を統合する枠組契約として設計され、協働体制の構築に特化 • サプライチェーン全体との長期的なパートナーシップを前提に、全体調整・整合性を確保 • 個別契約（NEC や FIDIC など）と併用可能で、包括的な契約管理を実現 • 代表的な約款である FAC-1 は欧州復興開発銀行（EBRD）および NEC から推奨	2000 年	英国

〔資料：ＮＤＦ〕

「協力的プロジェクト遂行」をする上で最も重要な点（最も揉める点）は、発注者・受注者間のリスク負担の取り決めです。リスク負担の調整方法としては、以下の３つが考えられます。

- リスクの分担：リスクがイシューとなった際に、公平となるように一次的な分担者を定める。
- リスクの共有：一次的な分担者が負担したリスクの一部を他の当事者へと共有する（コストの増加や利益の増加を当事者間で公平に分配する（ペイン・シェア／ゲイン・シェア））。
- リスクの移転：第三者（保険会社など）にリスクを移転する。

上記４つの国際契約約款におけるリスクの負担の考え方は大きく二つに分かれています。ＦＩＤＩＣ（レッドブック）及びＩＣｈｅｍＥ（レッドブック）は、リスクの分担を公平かつ明確に定めることで、リスク負担を調整しています。一方、ＮＥＣ４（ＥＣＣ）およびＡＣＡ（ＦＡＣ－１）は、リスクを共有する仕組みを設けています（表Ａ6.1-1-3「基本的な考え」）。

表Ａ6.1-1-3 リスクの負担に関する標準約款の定め

約款名称	ＦＩＤＩＣ	ＩＣｈｅｍＥ	ＮＥＣ４	ＡＣＡ
契約形態	レッドブック[6]	レッドブック	ＥＣＣ[7]	ＦＡＣ-１
基本的な考え方	リスク分担を明確にすることで当事者間の公平を図る	リスク分担を明確にすることで当事者間の公平を図る	明確なリスク分担を定め、リスクと成果を共有する仕組みも設ける	当事者間でリスクと成果を共有する仕組みを設ける
リスク分担	発注者負担	発注者負担	発注者負担	発注者負担
リスク共有	なし	なし ただし、別の契約形態ではリスク共有が可能	あり	あり
リスク移転	受注者が行う	受注者中心	発注者が行う	個別契約による

〔資料：ＮＤＦ〕

ｉ．リスク分担

リスクの分担において、大きな課題となるのが、当事者の責めによらない、予見できない事象に対する対応です。当事者の責めによらない事象の一つとして不可抗力事象が挙げられ、不可抗力事象に起因するコスト増が生じた場合、そのリスクをどの程度発注者が負担するかは、約款によって異なります。発注者の負担については、ＦＩＤＩＣ（レッドブック）、ＩＣｈｅｍＥ（レ

[6] ＦＩＤＩＣでは契約形態（報酬の支払い方法）に「レッドブック」、「シルバーブック」、「イエローブック」、「エメラルドブック」の４種類がある。レッドブックは単価契約（工事単価を決め、施工数量に応じて支払う）、シルバーブックは固定一括総額（ランプサム）契約（契約金額の変動は限定的。受注者は合意した契約価格と工期の超過が生じないよう、高度な確実性が求められる。）、イエローブックは一括総額（ランプサム）契約（支払いは主要管理点（マイルストーン）を達成した時点で一括払い。追加が発生した場合、受注者が追加費用 を受け取る権利を定めている）、エメラルドブックはイエローブックを基に、不確実性に対して柔軟な支払いメカニズムなどの仕組みを備えている。

[7] Engineering and Construction Contract の略。建設工事およびエンジニアリングプロジェクト向けの主要契約形式。

ッドブック)、ＮＥＣ４（ＥＣＣ）の順で段階的に発注者に重い負担を課しています。一方、ＡＣＡ（ＦＡＣ-１）は、当事者間でコスト負担について合意によって解決を図っています。

いずれの約款も、契約当事者が管理・回避できる範囲を超えた事象は、原則として発注者が負担することが経済的合理性に資することから発注者がコストを負担する点で共通していますが、合理的な（得られたであろう）利益も請求可能か否かは、約款によって異なります。ＦＩＤＩＣにおいては、費用の請求ができるのみですが、ＩＣｈｅｍＥ、ＮＥＣ４においては一定の条件を満たせば、合理的な（得られたであろう）利益の追求も認められています。

ⅱ．リスク共有（ペイン・シェア／ゲイン・シェア）

報酬の算定方法には、総価契約 （Lump Sum Contract)、単価契約（Unit Price Contract)、目標価格契約 （Target Cost Contract)、実費償還契約 （Cost Reimbursable Contract）などがあります（表Ａ6.1-1-4)。

リスクの共有は、主に目標価格契約 （Target Cost Contract）により可能となります。目標価格契約 （Target Cost Contract） は、受注者の実コストと目標金額を比較し、コスト超過は発注者・受注者で分担、節約分も双方で分配する仕組みです。目標金額を上回る場合、受注者はその超過分の一部を負担する一方、目標金額を下回る場合、受注者はその差額の一部を利益として受け取ることで、当事者間の公平が図られます。また受注者のコスト削減を動機づける仕組みともなります。

表Ａ6.1-1-4 報酬の算定方法

総価契約 （Lump Sum Contract）	事前に定額で契約し、受注者がコスト超過リスクを負担
単価契約 （Unit Price Contract）	工事単価を決め、施工数量に応じて支払う
目標価格契約 （Target Cost Contract）	目標価格を設定し、コスト超過・削減分を発注者と受注者で分配
実費償還契約 （Cost Reimbursable Contract）	実費（コスト）+受注者の報酬（フィー）を発注者が負担

〔資料：ＮＤＦ〕

ⅲ．第三者へのリスク移転

発注者と受注者のリスクが過度に偏らないよう、リスク移転の手段として保険が活用されます。ＦＩＤＩＣ、ＩＣｈｅｍＥ、ＮＥＣ４の順で発注者の負担が重くなっています。ＦＩＤＩＣでは、受注者が保険費用を全額負担するのに対し、ＩＣｈｅｍＥやＮＥＣ４では、発注者も一定の保険負担を担う仕組みとなっています。

◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇　◇

福島第一原子力発電所の廃炉プログラムには大きく３つの難しさがあります。１点目は「“不確実性”が大きいことよる仕様特定およびリスク予見性の難しさ」、２点目は「“関係者多数性”によるプロジェクト調整の難しさ」、３点目は“長期化・大規模化”による受注者確保とコストコントロールの難しさ」です。

こういった難しさがあるプロジェクトに対して、東京電力においてこれまで主流であった「一括請負・固定価格の契約方式」では柔軟性に欠けるため、円滑に契約締結することが困難になってきています。協働契約は従来の契約方式（一括請負・固定価格の契約方式）に比べてリスク負担の面で柔軟性が高いものの、発注者がより深くプロジェクトマネジメントに関与する必要があり、発注者の負担が重くなり、また高度なプロジェクトマネジメント能力が要求されます。

契約とプロジェクトマネジメントは「車の両輪」のようなものです。両方が上手く回って初めて成果に結びつきます。

今後の福島第一原子力発電所の廃炉プログラムを健全に維持するためには、ＮＥＣ４のようなリスク管理および発注者によるプロジェクトマネジメントへの関与は必要不可欠と考えますが、「一括請負・固定価格の契約方式」から急にＮＥＣ４に移行するのは無理があります。最初はＮＥＣ４のうち重要な機能に絞って契約に組み込み、プロジェクトマネジメント能力の向上と歩調を合わせて段階的にＮＥＣ４の機能を拡張していくアプローチが堅実なやり方と言えます。

以上

添付資料6.2-1 国際連携の強化に係る主な活動実績

表 A 6.2-1-1 政府間の枠組み

枠組み	内　　容
日英原子力年次対話	2012 年４月の日英首脳会談における共同声明の付属文書として発出された「日英民生用原子力協力の枠組み」に基づき開催（2012 年２月～）
原子力エネルギーに関する日仏委員会	2012 年 10 月の日仏首脳会談の際に発表された共同宣言に基づき設立（2012 年２月～）
日米廃炉及び環境管理ワーキンググループ	2011 年３月の原子力事故後の日米協力関係に基づき、民生用二国間協力を一層強化するため、2012 年４月に設立が決定。同委員会の下に「廃炉及び環境管理ワーキンググループ（ＤＥＭＷＧ）」が設置された（2012 年 12 月～）
日露原子力ワーキンググループ	2016 年９月の日露首脳会談で承認された８項目の協力プランの一つとしてエネルギー分野が掲げられたことに基づき、原子力ワーキンググループが設置された（2016 年９月～）

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A 6.2-1-2 組織間の協力協定・取り決め

国内機関	海外機関	内　　容
ＮＤＦ	ＮＤＡ	廃炉等に関わる様々な技術的知見に関する情報交換、人材交流等について定めている（2015 年２月締結）
ＮＤＦ	ＣＥＡ	廃炉等に関わる様々な技術的知見に関する情報交換、人材交流等について定めている（2015 年２月締結）
東京電力	ＤＯＥ	アンブレラ契約を締結し、必要に応じて情報交換を実施（2013 年９月締結）
東京電力	セラフィールド社	廃止措置時のサイト運営等に関する分野での情報交換協定を締結（2014 年９月）
東京電力	ＣＥＡ	廃止措置に関する分野での情報交換協定を締結（2015 年９月）
ＪＡＥＡ	ＮＮＬ	原子力の研究開発に関する先進技術、先進燃料サイクル、高速炉、放射性廃棄物に関する包括的取り決め
ＪＡＥＡ	ＣＥＡ	溶融炉心-コンクリート相互作用等に関する特定技術課題に関する協力取り決め
ＪＡＥＡ	ベルギー原子力研究センター	原子力研究開発分野及び福島事故の研究に関する協力取り決め
ＪＡＥＡ	原子力安全問題研究センター（ウクライナ）	福島第一原子力発電所とチョルノービリの廃止措置研究等に関する覚書の締結
ＪＡＥＡ	ＩＡＥＡ	燃料デブリの特性把握に関する研究取り決め

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A 6.2-1-3 海外に向けた情報発信（国際会議の開催、登壇（2021 年９月～2022 年８月））

会議名称	時期	発信機関
第 64 回ＩＡＥＡ総会サイドイベント	2021 年９月	ＮＤＦ 経済産業省 東京電力
ＩＡＥＡ福島第一原子力発電所事故後 10 年の進捗に関する国際会議	2021 年 11 月	ＮＤＦ 経済産業省 東京電力
日英原子力対話	2021 年 12 月	経済産業省
海外向けブリーフィング	2022 年２月	経済産業省
米国 Waste Management 2022	2022 年３月	東京電力 ＩＲＩＤ
米国 Regulatory Information Conference	2022 年３月	ＮＤＦ
福島リサーチカンファレンス	通年実施	ＪＡＥＡ

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A 6.2-1-4 海外に向けた情報発信（英語版ウェブサイト等による情報発信）

名称	発信機関
廃止措置に向けた取組 （https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/）	経済産業省
各国大使館への福島第一原子力発電所からの海洋放出及び海水モニタリングに関する年次報告	経済産業省 外務省
原子力損害賠償・廃炉等支援機構ホームページ （https://www.dd.ndf.go.jp/english/）	ＮＤＦ
廃炉研究開発情報ポータルサイト（https://www.drd-portal.jp/en/）	ＮＤＦ
廃止措置に向けた取組（https://fukushima.jaea.go.jp/en）	ＪＡＥＡ
技術研究組合国際廃炉研究開発機構ホームページ（https://irid.or.jp/en/）	ＩＲＩＤ
福島への責任 （https://www.tepco.co.jp/en/hd/responsibility/revitalization/index-e.html）	東京電力
各国メディアへのプレスリリース英文概要提供	東京電力
廃炉・汚染水・処理水対策事業事務局（https://en.dccc-program.jp/）	三菱総合研究所 （事業受託者）

〔資料：ＮＤＦ〕

表 A 6.2-1-5 主な海外機関との連携プロジェクト

プロジェクト名	内容・期間	国内対応機関
ＩＡＥＡ プロジェクト		
ＤＡＲＯＤ	・損傷原子力施設の廃止措置・修復に関する課題への取組で得られた知識や経験（規制、技術、制度・戦略）を各国で共有 ・実施期間：2015 年～2017 年	ＮＤＦ
ＯＥＣＤ／ＮＥＡ プロジェクト		
ＢＳＡＦ	・11 か国の研究機関や政府機関が参加し、各国参加機関において過酷事故解析コードを用いた福島第一原子力発電所事故の進展、炉内の燃料デブリとＦＰの分布等に関するベンチマークを実施。各国参加機関による現象論のモデル化に関する知見等を活用 ・事故時の測定データや事故後の放射線量に関する情報データベースを共有 ・実施期間：2015 年～2018 年	ＩＲＩＤ ＪＡＥＡ 東京電力
ＡＲＣ-Ｆ	・12 か国の研究機関や政府機関が参加し、ＢＳＡＦプロジェクトを引き継いで、更に詳細に事故の状況を探り、今後の軽水炉の安全性向上のための研究に活用 ・実施期間：2019 年～2021 年	原子力規制庁 電力中央研究所 ＪＡＥＡ
ＰｒｅＡＤＥＳ	・燃料デブリの相状態や組成情報等、その特徴を理解するのに役立つ特性情報を共有 ・燃料デブリ分析ニーズ及び優先度をまとめた「燃料デブリ分析表」の拡充 ・分析の課題及び分析施設情報の整理 ・実施期間：2018 年～2021 年	経済産業省 原子力規制庁 電力中央研究所 ＪＡＥＡ ＩＲＩＤ ＮＤＦ、東京電力
ＦＡＣＥ	・ＡＲＣ-Ｆ及びＰｒｅＡＤＥＳを統合する形で立ち上がったプロジェクト ・燃料デブリのサンプル分析や事故シナリオの解析を実施 ・分析の結果を参加国間で共有する ・実施期間：2022 年～2026 年	経済産業省 原子力規制庁 ＪＡＥＡ ＮＤＦ 東京電力
ＴＣＯＦＦ	・福島第一原子力発電所（１Ｆ）の事故進展を参考に、炉心・燃料溶融モデルやＦＰふるまいモデル、及びその基礎となる熱力学データベースを高度化。得られた材料科学的な知見に基づき、１Ｆ事故条件での炉心・燃料溶融、核分裂生成物ふるまい、デブリ特性や生成メカニズムを詳細評価。材料科学的知見及び詳細評価の結果をＰｒｅＡＤＥＳ、ＡＲＣ-Ｆ、ＴＡＦ-ＩＤ等の国際協力及びＩＲＩＤ事業等の国際廃炉プロジェクトに提供 ・プロジェクト予算を文部科学省が拠出 ・実施期間：2017 年～2019 年	文部科学省 ＪＡＥＡ 電力中央研究所 東京工業大学
ＥＧＣＵＬ	・由来が不明な廃棄物に対するキャラクタリゼーション方法について議論	経済産業省 ＮＤＦ、ＪＡＥＡ 東京電力

〔資料：ＮＤＦ〕