

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 2016

概要版

2016年7月13日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

目次

1. はじめに.....	1
2. 戦略プランについて.....	1
1) 福島第一原子力発電所廃炉の1年間の進捗.....	1
2) 戦略プランの位置付け及び目的.....	2
3) 戦略プランの基本方針.....	2
4) 5つの基本的な考え方.....	3
5) 国際連携の進め方.....	3
3. リスク低減戦略.....	3
1) 放射性物質によるリスクの低減戦略.....	3
i. 主要なリスク源.....	3
ii. リスク分析.....	4
iii. リスク源の分類と対応方針.....	5
2) 廃炉プロジェクトの着実な推進.....	6
i. プロジェクトリスク管理.....	6
ii. 安全確保の基本的考え方.....	7
iii. 社会との関係.....	7
4. 燃料デブリ取り出し分野の戦略プラン.....	8
1) 燃料デブリ取り出し（リスク低減）の検討方針.....	8
2) 炉内状況把握のための調査戦略と最新情報.....	10
i. 炉内状況把握の基本的考え方.....	10
ii. 実機調査.....	11
iii. 炉内状況の総合的な分析・評価.....	12
3) 燃料デブリ取り出し工法の実現性の検討.....	14
i. 燃料デブリ取り出し工法.....	14
ii. 燃料デブリ取り出し作業時の安全確保.....	16
iii. 燃料デブリ取り出し方法実現に向けての検討.....	18
4) 燃料デブリ取り出し方針に向けて.....	20
5. 廃棄物対策分野の戦略プラン.....	22
1) 廃棄物分野の検討方針.....	22
2) 国際的な放射性廃棄物対策における安全確保の基本的考え方.....	22
i. 放射性廃棄物の処分に対する安全確保の基本的考え方.....	22
ii. 放射性廃棄物の管理の在り方.....	23
3) 現行の中長期ロードマップに基づいた取組の現状と評価・課題.....	24
4) 廃棄物対策における中長期観点からの対応方針と今後の対応.....	25
6. 研究開発への取組.....	26
1) 研究開発の基本的な方針と概観.....	26
2) 廃炉作業への適用に向けた研究開発のマネジメント.....	27
3) 研究開発の連携強化.....	27
4) 研究開発の拠点整備.....	29
5) 人材の育成・確保.....	29
7. 今後の進め方.....	30

1. はじめに

東京電力(株)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。）事故を受け、これまで汚染水対策等の差し迫った課題を最優先として対応が行われてきた。しかし、短期的対応と併せて、事故炉には「長期にわたり、放射性物質によるリスクを低減し廃炉を進めていく」という中長期的な廃炉戦略の検討が不可欠である。原子力損害賠償・廃炉等支援機構（以下「NDF」という。）は、原子力損害賠償・廃炉等支援機構法に基づき、法定業務である「廃炉等の適正かつ着実な実施の確保を図るための助言、指導及び勧告」及び「廃炉等を実施するために必要な技術に関する研究及び開発」の一環として、「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」（以下「戦略プラン」という。）を取りまとめていくこととしている。

2015年4月30日に戦略プラン2015を公表してから約1年間の現場や技術開発等の様々な取組の進捗を踏まえて、戦略プラン2016を取りまとめた。

2. 戦略プランについて

1) 福島第一原子力発電所廃炉の1年間の進捗

福島第一原子力発電所等の状況には以下のような進捗が見られた。

(1) 汚染水対策

建屋内に流入する地下水が、燃料デブリを冷却する水と混合して発生する汚染水については、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」）に基づき対策が進められている。「取り除く」については、多核種除去設備等による汚染水浄化を継続するとともに、海水配管トレンチを止水・閉塞した。「近づけない」については、地下水バイパス、サブドレン稼働による建屋流入水の減少に加え、陸側遮水壁の凍結運転を開始した。「漏らさない」については、海側遮水壁を閉合するとともに、地下水ドレンによる地下水汲み上げを実施中である。

(2) 使用済燃料プールからの燃料の取り出し

1号機 建屋カバーを解体し、ガレキ撤去を実施中である。2号機 原子炉建屋は、上部全面解体の方針とした。3号機 使用済燃料プール内の大型ガレキ撤去を完了し、オペレーティングフロア（以下「オペフロ」という。）線量低減を実施中である。

(3) 炉内状況調査

1号機はミュオンによる調査及びロボットによる原子炉格納容器（以下「PCV」という。）内調査を実施した。2号機はミュオンによる測定中に加え、ロボットによるPCV内の調査を準備中である。3号機は調査装置をPCV内部に挿入し、情報取得した。

(4) 廃棄物

汚染水処理の進展による水処理二次廃棄物及びガレキ撤去等による固体廃棄物の保管量が増加した。東京電力ホールディングス(株)（以下「東京電力」という。）は廃棄物管理部門の体制強化を図り、廃棄物発生抑制を進めている。また、当面10年程度の廃棄物の保管管理の計画を公表した。

(5) 作業環境

サイト内の線量低下（敷地境界の追加的な実効線量 1mSv/年未満）を達成した。建屋内の高線量エリアの低減対応に時間を要しているが、鋭意除染を実施中である。

(6) 研究開発の取組

廃炉・汚染水対策チーム会合は廃炉研究開発連携会議を NDF に設置し、各機関で進められている研究開発を、実際の廃炉作業に効果的に結び付けていくための取組を開始した。日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）は国際的な研究開発組織として、「廃炉国際共同研究センター（CLADS）」を設置した。また、遠隔操作機器（ロボット等）の開発・実証試験を行う「櫛葉遠隔技術開発センター」の運用を開始した。

2) 戦略プランの位置付け及び目的

NDF は、「東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」（以下「中長期ロードマップ」という。）の着実な実行や改訂の検討に資すること、確かな技術的根拠を与えることを目的に戦略プランを策定する。具体的には、中長期的視点から重要な課題である燃料デブリ¹の取り出し及び廃棄物対策について、戦略、方針及び取組の計画を取りまとめる。

燃料デブリ取り出しに関しては、これまでの各号機の調査や評価により得られてきた情報に基づき、安全確保に係る技術要件の検討や 5 つの基本的考え方からの視点を考慮して燃料デブリ取り出し方針を決定する道筋を示す。廃棄物対策に関しては、対策の基本的考え方を検討するとともに、取組の現状を評価した上で今後の課題を整理する。さらに、これらの検討を踏まえ、研究開発や技術調査を含め必要な取組を明確にする。

戦略プランは、今後の現場状況の変化や研究開発成果等を踏まえて、継続的に評価・見直しを行う。

戦略プラン 2016 は、2015 年 6 月に改訂された中長期ロードマップを円滑・着実に実行するために必要な技術的根拠に資するものとして、戦略プラン 2015 の考え方、取組の方向性に従って、具体的な考え方や方法を展開したものである。

3) 戦略プランの基本方針

福島第一原子力発電所は、特定原子力施設として原子力規制委員会が要求する安全上必要な措置を講じており、一定の安定状態で維持管理されている。しかしながら、現状のまま何もしなければ放射性物質によるリスクが存在する状態が継続し、放射能の減衰によりリスクは徐々に下がるものの、中長期的な施設の閉じ込め機能の劣化等によりリスクが上がる可能性もあり、リスクは必ずしも時間とともに単調に減少するとはいえない。

このため、戦略プラン 2015 でも示したとおり福島第一原子力発電所の廃炉は、「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よるリスクを、継続的、かつ、速やかに下げること」を基本方針とする。したがって、戦略プランとは中長期の時間軸に沿った「リスク低減戦略の設計」といえる。

¹原子炉冷却材の喪失により核燃料が炉内構造物の一部と熔融した後に再度固化した状態をいう。

4) 5つの基本的な考え方

上記基本方針を達成する上で重要となる5つの基本的考え方を示す。

- 基本的考え方1：安全 放射性物質によるリスクの低減^(注)及び労働安全の確保
(注) 環境への影響及び作業員の被ばく
- 基本的考え方2：確実 信頼性が高く、柔軟性のある技術
- 基本的考え方3：合理的 リソース（ヒト、モノ、カネ、スペース等）の有効活用
- 基本的考え方4：迅速 時間軸の意識
- 基本的考え方5：現場指向 徹底した三現（現場、現物、現実）主義

5) 国際連携の進め方

(1) 叢智の結集

今後とも、福島第一原子力発電所の廃炉に向けた取組を、効率的かつ効果的に進めるため、海外での廃止措置等に関する知見・経験を十分に活用していくなど、国内外の叢智の結集と活用に努めていくことが重要である。

(2) 積極的な情報発信

福島第一原子力発電所の事故を起こした我が国の国際社会に対する責任として、二国間・多国間の枠組み等による活動の中で、廃炉・汚染水対策の現状や廃炉に携わる研究機関及び企業が行ってきた研究開発の成果等の積極的な情報発信を行い、海外専門家からの助言・評価を得て、核物質防護や保障措置の観点にも配慮しつつ、国際社会に開かれた形で廃炉を進めることが引き続き重要である。

(3) 国内関係機関の密接な連携

国際的な取組を進めるにあたっては、今後とも、政府、NDF、東京電力及び研究機関等が密接に連携して進めることが重要である。

3. リスク低減戦略

戦略プランでは、福島第一原子力発電所の廃炉の基本方針を達成するために、放射性物質によるリスクの低減戦略の設計を行う。そのためにここでは、様々な放射性物質を特定し、その特徴をとらえて分析及び評価を実施し、優先順位を決定した上でリスク低減のための対応を決定する。

さらに、リスク低減戦略を着実に進める上で、廃炉プロジェクトの進捗に大きな影響を及ぼし得るプロジェクトリスクを特定して適切に管理するとともに、地域住民の皆様をはじめとする様々な関係者の理解を得ながら社会と共同で廃炉を進めていくという考え方が重要である。

1) 放射性物質によるリスクの低減戦略

i. 主要なリスク源

福島第一原子力発電所における主要なリスク源として以下を対象とする。

- 1～3号機PCV内燃料デブリ
- 1～3号機使用済燃料プール内燃料（以下「プール内燃料」という。）、共用プール内燃料、

乾式キャスク内燃料

- 1～4号機建屋及び集中廃棄物処理建屋内汚染水（以下「建屋内汚染水」という。）、タンク内に保管されている濃縮廃液（以下「濃縮廃液」という。）
- 水処理二次廃棄物（廃吸着塔、廃スラッジ、高性能容器に収納されたHICスラリー）
- 放射性固体廃棄物（貯蔵庫内に保管されている貯蔵庫内固体廃棄物、屋外に保管されている一時保管固体廃棄物）
- 事故により飛散した核分裂生成物により汚染された機器・配管等のPCV内構造物及び原子炉建屋内部、放射化された炉内構造物（両者を総称して、以下「PCV内構造物等」という。）

ii. リスク分析

リスクの大きさ「リスクレベル」は、上記リスク源に含まれる放射性物質が放出された場合の影響である「結果」とその「起こりやすさ」の組合せとして表される。ここでは、英国原子力廃止措置機関NDAが開発したSED指標（Safety and Environmental Detriment Score）を参考にし、リスク分析を行う。

「結果」を表す指標として、SED指標の「潜在的影響度」をそのまま適用した。これは、リスク源が持つ放射性物質の全量に、漏えい又は移動のしやすさの観点から気体、液体、固体等の性状を加味し、安全機能が喪失した場合の復旧までの時間余裕を考慮に加えたものである。

「起こりやすさ」を表す指標として、SED指標の「安全管理指標」を参考にした。これは、施設の健全性や閉じ込め機能等の要素の組合せでリスク源を序列化する因子とリスク源の状態変化や梱包・監視状態等を組合せ要素とする因子とで構成され、各因子とも10分類され各分類にスコアが設定されている。ここでは、福島第一原子力発電所の状況に柔軟に対応できるように、SED指標の固定された分類は用いず、各因子の組合せ要素の観点で相対比較してリスク源を序列化した。

主要なリスク源について、2016年3月時点の情報に基づいたリスク分析の例を図-1に示す。

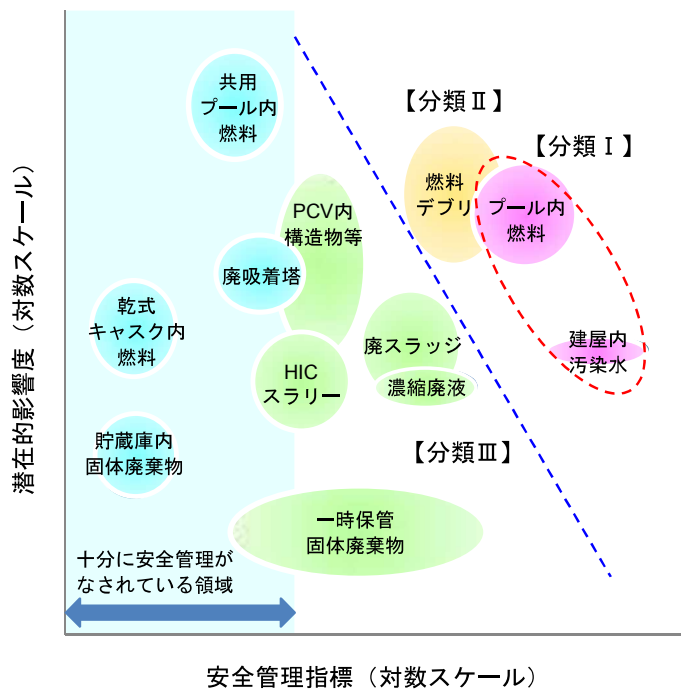


図-1 福島第一原子力発電所のリスク分析の例

図では、不確かさの影響を広がりによって示してある。潜在的影響度に関しては、放射性物質の濃度や量、性状及び時間余裕に対する推定の不確かさを考慮した。PCV 内構造物等及び燃料デブリについては、性状の不確かさを大きく設定した。安全管理指標に関しては、二つの因子が本来定性的な情報を定量化したものであることを踏まえて、各分類が持つスコアの幅を不確かさとした。一時保管固体廃棄物については様々な保管形態を考慮した。今後、リスク源の分類や分析手法等について、より現場作業と整合するよう改良し、廃炉作業に反映できるようにしていく。

iii. リスク源の分類と対応方針

主要なリスク源のリスクレベルを分析した結果、以下のように3分類して対応すべきである。

【分類Ⅰ】可及的速やかに対処すべきリスク源

プール内燃料は放射性物質の量が多く、一部の号機では建屋天井が欠損しガレキや重量物が落下している。建屋内汚染水は移動性が高く、水位制御により閉じ込めを維持している。これらのリスク源については、リスク低減のための対応方針は明確であり、その実行は容易ではないものの中長期にわたる研究開発課題はなく、既に具体的な対応が進行中である。

プール内燃料については、安全管理指標が十分小さい共用プールへの移送のためにガレキ撤去等の準備が進められている。4号機については2014年に移送が完了している。建屋内汚染水は、水位を下げるとともに、陸側遮水壁により地下水の流入量を抑制し、貯蔵量を減少させることを目指している。処理された汚染水に含まれていた放射性物質は、水処理二次廃棄物に移行し、安全管理指標が大きく改善されている。

なお、分類Ⅰのリスク源については、NDFは実行上の様々な課題に対して技術支援を行っているが、戦略プランの対象とはしない。

【分類Ⅱ】周到な準備と技術によって安全・確実・慎重に対処し、より安定な状態に持ち込むべきリスク源

燃料デブリは一定の安定状態にあるものの、放射性物質の量が多く位置や性状について不確かさも大きいため、周到な準備と技術によって安全・確実・慎重に対処すべきである。取り出された燃料デブリは、臨界・遮へい・除熱等の点で十分安全に設計された収納缶に収納され、安全管理指標が十分小さい状態で保管される。

【分類Ⅲ】より安定な状態に向けて措置すべきリスク源

タンク内に保管されている高濃度の放射性物質を含む汚染水として、濃縮塩水と濃縮廃液がある。前者は2015年に処理が完了し、リスク低減に大きく貢献した。濃縮廃液は、今後増加することはないが、高濃度の廃液が長期間にわたって保管されている。廃スラッジを保管する造粒体固化貯槽は長期保管用に設計されたものではなく、屋外の一時的保管固体廃棄物も恒久的なものではない。PCV内構造物等は、放射化物は内部に固定されているが、付着した核分裂生成物は固定していないものもある。高性能容器は、事故後に長期保管できるよう設計されたものであるが、水が滴下する事象が発生したため、収納量を制限するとともに水抜きを実施し、現在も水素発生の影響の監視を継続している。これらは、より安定な状況に向けて計画的に対

処すべきである。なお、PCV 内構造物等については、炉内状況の把握が進展し核分裂生成物の固着状況等が明らかになれば、これをリスク分析に反映していく。

上記以外のリスク源は、十分安定・安全な状態にある。共用プール、乾式キャスク及び貯蔵庫内固体廃棄物は、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。廃吸着塔は、事故後に長期保管できるよう設計されたものである。これらについては、今後も確実に管理を継続することによって、十分リスクレベルが低い状態を維持することができる。

なお、トレンチ内汚染水は、放射性物質濃度が高い2~4号機の除去が2015年に完了しており、リスク低減に大きく貢献した。

リスク低減の対策を実施する上で、時間軸の考慮が重要である。リスク源が現在一定の安定状態にあるとしても、いつまでもその状態が許容されるわけではなく、何もしなければ施設の劣化やリスク源の状態変化等によりリスクレベルが増加する可能性がある。リスクレベルが許容できなくなる前に対策を実施しなければならないことはもちろんであるが、一方で、準備が整わないままでは作業員の被ばく等の新たなリスクを生じさせることにもなりかねない。このような時間に伴うリスクレベルの変化はリスク源によって異なるので、リスク源の特徴に応じた適切なタイミングを設定し、それに向けて周到な準備を行うことが重要である。

さらに、リスク低減の作業を実施する場合、施設状態の変化や作業そのものによって一時的にリスクレベルが増加する可能性がある。その増加を十分に抑制することはもちろんであるが、作業によって得られる現存リスクの低減効果との比較等も考慮して、合理的な作業を行うべきである。また、様々な不確かさの下で作業を進めざるを得ないため、不確かさが解明されるたびに立ち止まって、計画を見直す柔軟さが必要である。

2) 廃炉プロジェクトの着実な推進

設計したリスク低減戦略を着実に進捗させ、放射性物質によるリスクを継続的かつ速やかに下げるといった基本方針を達成するためには、廃炉プロジェクトの進捗に係るリスクを洗い出し、それらの重要度を分析し、重要なリスクに対して対策を講じておく必要がある。技術開発の失敗、要員及びスペースの不足、コストの増加、安全の考え方が不確かなことによる手戻り発生等を含めてプロジェクトリスクを広く検討していくことが重要である。

また、福島第一原子力発電所の廃炉の進捗は、避難されている地元住民の方々の帰還に深く関わり、また軽微なトラブルや環境影響であっても風評被害等を通じて周辺地域の住民の皆様には大きな影響を与えかねない。したがって、社会に対して廃炉プロジェクトの見通しを明確に伝えるとともに、様々なリスクと対策を地域住民の皆様と共有することは極めて重要である。

i. プロジェクトリスク管理

廃炉プロジェクトの進捗に係るリスクを洗い出し、重要なリスクに対して対策を講じておくことがプロジェクトリスク管理であり、これはまさに戦略プランを通じて具体的な取組を展開することに他ならない。さらに体系的にリスク管理をするために、一般に使用されている手法を適用することができる。

一般的なリスク管理手法では、プロセス又は機能ごとに想定し得る失敗を列挙し、結果とその大きさ、失敗の原因とその起こりやすさ、制御又は検知の方法とその実施可能性について評価を行い、リスクの重要度とすることが多い。このうち重要度の大きいリスクに対して対策を計画し、その対策の有効性を予測した上で実行する。また、リスクを不確かさが廃炉の目的に及ぼす影響（脅威と機会の両方）と捕え、脅威を最小化し、機会を最大化することがリスク管理であるとする手法がある。そこでは、不確かさに対して設定した前提条件が成立しない可能性をリスクとしている。これらの手法は福島第一原子力発電所の廃炉プロジェクトのリスク管理の参考になる。

プロジェクトリスク管理では、放射性物質による直接的な影響だけでなく、作業員の安全、コストや投資対効果、地域経済への影響等、様々な要因を考慮する必要がある。

ii. 安全確保の基本的考え方

燃料デブリ取り出しのように、これまでに経験がなく現状に大きな変化をもたらす作業の実施にあたっては、十分に計画を検討し、安全を確保する必要がある。手戻りを発生させないためには、原子力規制委員会が定めた「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」に則した安全確保の基本的考え方をあらかじめ策定し、関係者と共有することが重要である。

iii. 社会との関係

廃炉を着実に進める上で、地域住民の皆様とのコミュニケーションの重要性は、国内外の有識者及び廃炉を経験した機関から指摘されている。その第一歩は正確でタイムリーな情報発信であり、トラブルはいうに及ばず、作業員の多大な労苦によって廃炉が進展している状況等も積極的に発信すべきである。

その上で、廃炉工程の各段階において、地域住民の皆様に対して、リスクの状況をその管理の方法とともに説明し、リスクレベルの目標像に対する共通理解を得ていく必要がある。また、リスク低減戦略においては、迅速さは慎重さとトレード・オフの関係にあり、可及的速やかに除去すべきリスクと慎重に取り組むべきリスクに分ける必要があることについても、地域住民の皆様と共通理解とすることが重要である。

このようなコミュニケーションは、発信側と受信側とで情報を共有するだけでは不十分であり、発信側と受信側のギャップを縮小するように相互に努力し、こうした過程を経て意思決定に向かうことが重要である。

風評被害は、放射性物質の漏えい等が発生した場合に、大々的に報道されることによって、本来安全な食品や商品であっても人々が危険視し、消費を止めることによって引き起こされる経済的被害が代表的である。ただし、顕在化せずともリスクが存在するというだけで風評被害がもたらされる場合もあり得る。しかも、起こりやすさは考慮されず、結果の大きさだけがリスクとして認識されることが一般的であるといわれている。

すでに発生している風評被害への対応や放射性物質によるリスクの低減等を実施するにあたって、更なる風評被害の発生を予防するために追加的な対策が求められたり、対策の実施自体に理解が得られない可能性がある。その結果、対応の遅れ、作業員の被ばく量やコストの増加等が発

生し、廃炉の取組に対する社会の評価を低下させ、これらが更に対策の実施を遅らせるという悪循環にも繋がりがかねない。

このような風評被害の更なる発生を防止するためには、放射性物質の漏えい等を発生させないように適切に管理するとともに現存するリスクを速やかに低減することが、何よりも重要である。加えて、地域住民、報道関係者、市場関係者及び流通業者はもちろん、海外を含む消費者に対して正確な情報を発信することが重要である。

4. 燃料デブリ取り出し分野の戦略プラン

1) 燃料デブリ取り出し（リスク低減）の検討方針

燃料デブリは、「核燃料物質を含み、被覆管に閉じ込められておらず、他の材料と混ざった状態で存在している」という特徴を有しており、このため、臨界、崩壊熱、閉じ込め、高放射線に係るリスクや、水素発生、支持構造の健全性劣化のリスク関連要因がある。これらのリスク管理を実施する上で、炉内状況が十分把握できていないという“不確かさ”、事故により溶融した燃料や損傷した施設という“不安定さ”、厳しい放射線環境によるアクセスが困難なことによる“不十分な管理”という困難を抱えている。

燃料デブリは、現在その放射エネルギー（Bq）が事故当時の約数百分の1と大きく減衰している上、東京電力の「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」に基づく管理により、臨界、冷却、閉じ込め等に関するプラントパラメータは安定状態を維持している。しかしながら、基本方針である燃料デブリのリスクを継続的、かつ、速やかに下げるためには、中期的リスクの低減と長期的リスクの低減という2つの視点の戦略が必要である。

中期的視点からのリスクとは、燃料デブリについて現在のところ維持されている”一定の安定状態”からの逸脱が発生するリスクであり、その可能性は低いと期待されるものの、直接的な管理を確立できていない原子炉内部の状況に対して、なるべく早い状況の掌握やリスク源の除去の対策が望まれる。

長期的視点からのリスクとは、毒性の高い核燃料物質が、建屋の劣化に伴って将来的に環境中に漏えいして環境汚染が発生するリスクである。本来我が国では、使用済燃料は、再処理により高レベル廃棄物を分離・安定化した上で人間環境から隔離する（地層処分）ことによって、超長期の安全性を確保することが基本方針とされている。このため、原子炉建屋での閉じ込めを確保できる期間内（数十年程度）に燃料デブリを回収して、これを、十分に管理された安定保管の状態に移した上で、最終的には、バックエンド事業と同程度のリスクにすることが、基本方針である。

こうした視点を踏まえれば、チェルノブイリ原子力発電所4号機の事故への取り組みから懸念されるように、核燃料物質を回収の見通しなく長期的に放置することは、当面の閉じ込めに効果があるとしても、長期にわたる安全管理が困難であり、世代間での安易な先送りと言わざるを得ない。

したがって、福島第一原子力発電所の廃炉においては、このような取り組みは採用せず、以下

のように燃料デブリの取り出しの取り組みを進めることとする。

中期的リスクの低減戦略として、現在の安定状態の維持をベースに、上述のリスク管理上の困難を克服すべく以下の検討を進め、「状況をより確かに把握し、より安定に管理された状態」を目指す。このような燃料デブリのリスク低減の進め方を図-2「燃料デブリのリスク低減に向けたロジック・ツリー」としてとりまとめた。

- (1) 燃料デブリの状況・性状把握（不確かさの減少）
- (2) 燃料デブリ取り出しによる炉内状況の改善（不安定さの解消）
- (3) 燃料デブリを安定な保管状態で管理（管理レベルの向上）

燃料デブリ取り出しでは、中期的リスク低減と長期的リスク低減の両方が重要であるが、前者には時間的に早い対応と炉内安定化の実効性が求められ、後者については、やや時間がかかるとしても燃料デブリの高い回収率が期待される。このため、燃料デブリ取り出しの初期のオペレーションにおいては、中期的リスクの低減を重視し、同時に、できるだけ効率的な燃料デブリの回収が可能な方法を選定する必要がある。この方法で一定の燃料デブリが取り出され中期的リスクが低減され、原子炉建屋の安全が受動的な手法で確保できるようになれば^(注)、「広く社会に許容される低いリスクレベル」になると言える。その上で、その後の更なる燃料デブリ取り出しや施設解体などの取組によって、より長期的な視点でのリスク除去（核燃料物質の除去と隔離）を目指すこととなる。したがって、当面、中期的リスクの低減に向けたデブリの取り出しを目指すことが求められる。

(注)：燃料デブリの冷却、再臨界防止、放射性核種の流出防止、水素爆発防止等が受動的な手法で確保されている状態

なお、上記の、燃料デブリの取り出しの戦略の検討においては、燃料デブリ取り出し作業に付随するリスクが、許容される範囲を超えるほど高い場合には、取り出し作業自体が正当化されないことに注意が必要である。また、廃炉に投入できる人材、時間等のリソースは無限ではない。安全を確保した上で、現実的に可能な燃料デブリ取り出しの技術的戦略を探り、リスク低減を達成することが重要である。中長期ロードマップ（2015年6月改訂）に記載する「工程優先ではなくリスク本位の姿勢」が、その取組の基本であることを認識する必要があり、燃料デブリ取り出しの工程は、リスクを慎重に評価しつつ柔軟に設定していくべきである。

要するに、燃料デブリ取り出し戦略とは、トレードオフの関係にある「事故炉の中長期的リスクの解消」と「取り出し作業に付随するリスク」の間の最適点を、技術仕様、時間的な設定、作業に伴う安全の確保、作業現場の現実的条件との整合、などの視点とバランスさせながら探ることに他ならない。

燃料デブリ取り出し戦略に係わる中長期ロードマップの目標工程は、2021年12月までに「初号機の燃料デブリ取り出しを開始する」ことであり、そのためのマイルストーンとして、2018年度上半期に「初号機燃料デブリ取り出し方法を確定する」、さらに手前の2017年夏頃に「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」を目指している。

これに向けて、燃料デブリの状況・性状を把握・推定し、燃料デブリ取り出し工法の技術的要件の実現性を検討・評価した上で、各号機において優先的に設計・技術開発を進める燃料デブリ取り出し方法を検討する必要がある。

燃料デブリ取り出し工法や適用技術の評価・判断する際には、戦略プラン 2015 で示したように5つの基本的考え方に基づき、取り組むものとする。

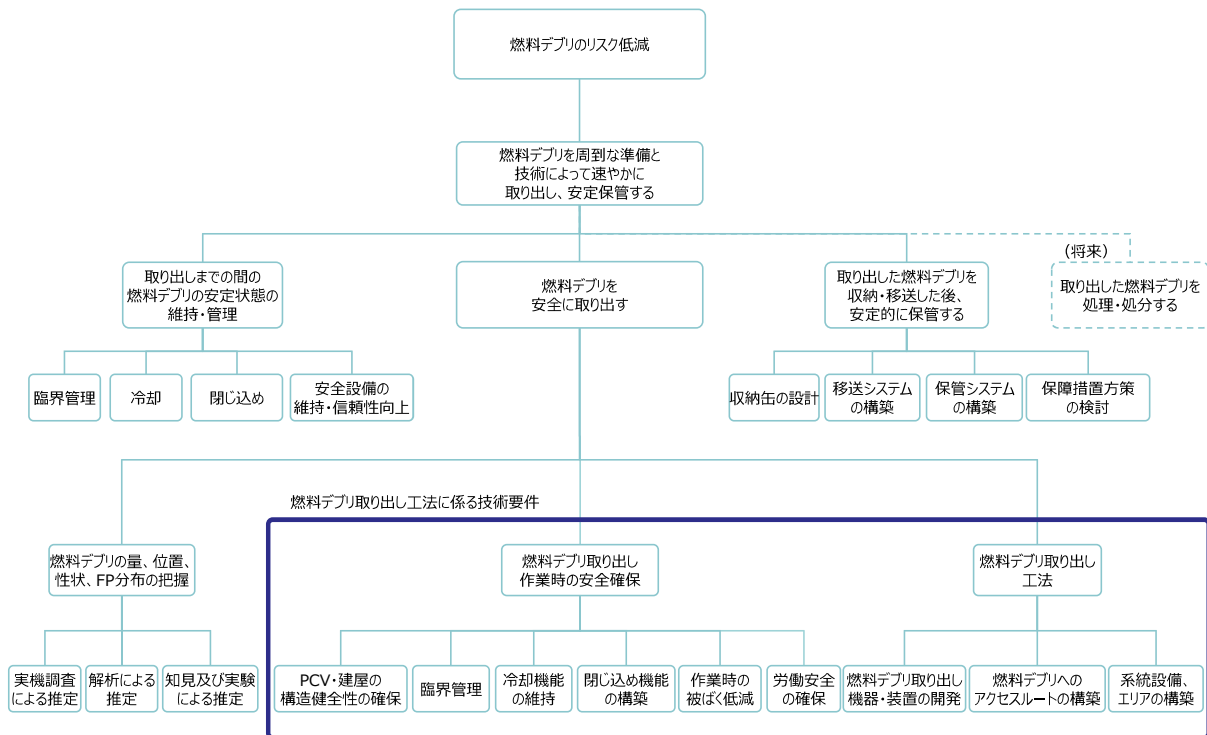


図-2 燃料デブリのリスク低減に向けたロジック・ツリー

2) 炉内状況把握のための調査戦略と最新情報

i. 炉内状況把握の基本的考え方

燃料デブリ取り出し工法の検討を進める上で、プラント状況、燃料デブリを含めた炉内状況を把握することが極めて重要である。しかしながら、高い線量率等厳しい環境条件を踏まえると必要な情報を全て実機調査することは、技術的にも、時間的にも困難である。

このため、必要な情報は、その必要時期、精度、重要性を勘案した優先度をつけた上で、実機調査のみならず、事故進展解析の結果やプラントパラメータに基づく評価等も最大限活用して最も確からしい結果が得られるよう総合的に分析・評価することが肝要となる。なお、情報取得のための「労力(被ばく)・時間・費用」と取り出し工法における「安全対策・取り出し装置及び設備設計・費用」のバランスを考慮し、価値のある情報取得に努めることが重要である。

事前に情報を取得するのが困難な場合は、最尤法による推定に基づく判断を行い、不測の事態に備えた対応策も含め保守的な作業計画を策定し、作業を進めつつ、実機の状況を確認し、フィードバックして、炉内状況把握の精度を上げた上で、作業計画の絞り込み、具体化、見直しを実施するという進め方も検討する。この考え方は、類似の事故プラントである TMI-2 の経験に基づくものである。このような進め方のイメージを図-3 に示す。

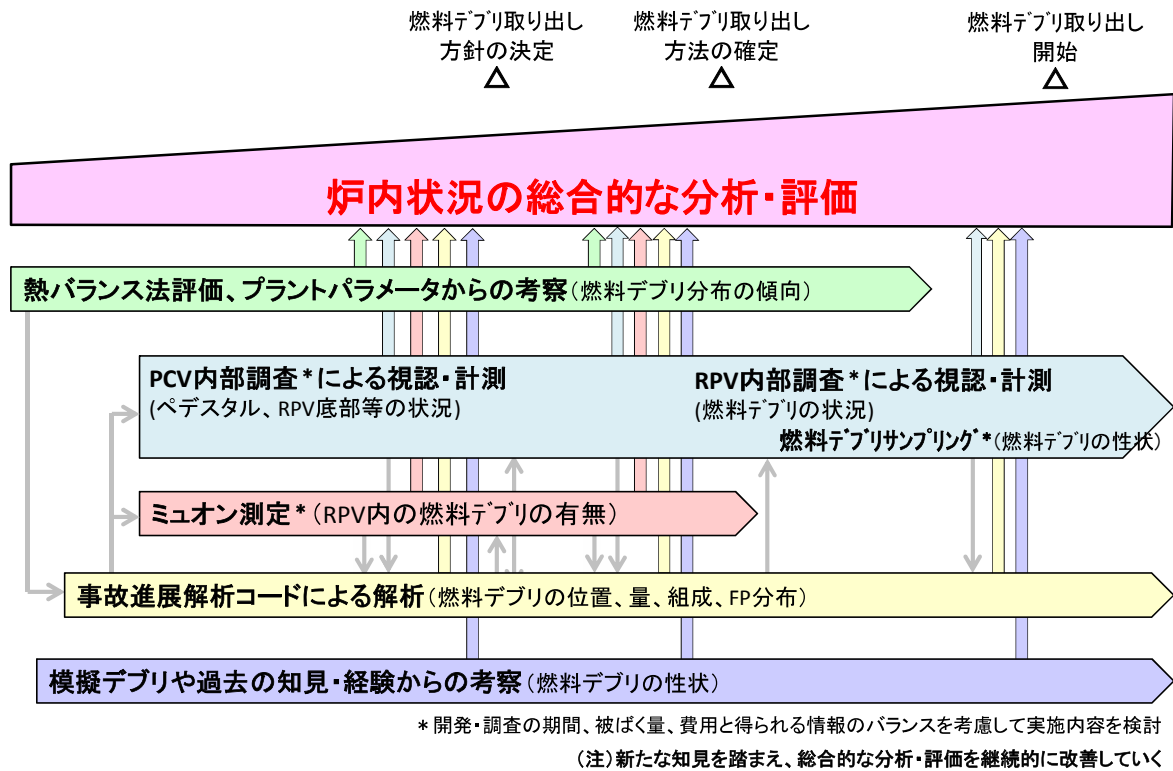


図-3 炉内状況把握のための調査戦略（総合的な分析・評価）

取り出し作業に関連して必要となる情報の目的と時期を、大きく分けて以下のように考えている。

目的	必要な情報	必要な時期
(1) 燃料デブリ取り出し方針の決定	燃料デブリ分布	2017年夏頃
(2) 安全確保の高度化	燃料デブリ分布、性状	2017年夏頃
(3) 取り出し機器・装置設計の合理化	上記の情報の精度向上、FP分布等	2018年度以降適時
(4) 取り出し工法のさらなる合理化、適合性向上	内部詳細状況、サンプリングによる燃料デブリ性状	燃料デブリ取り出し開始以降含めて継続

(1)は、アクセス方向の検討や燃料デブリの取り出しの動線、システム概念検討に必要な情報である。(2)は、再臨界や冷却状態の評価など安全確保のために必要であり、情報に応じて工法の保守性を合理的に見直すことが可能となる。(3)は、情報量に応じてより実機に向けて設計の合理化が可能になる。(4)は、取り出し開始まで、さらに開始以降も現場状況に応じた取り出し作業を実施するために必要な調査である。

以下に、実機調査と炉内状況の総合的な分析・評価に係る進捗結果と今後の課題について述べる。

ii. 実機調査

戦略プラン2015以降、以下のような調査の進捗と今後の課題が明らかになっている。

- 1号機については、ミュオン検知（透過法）を実施し、炉心部には大量の燃料デブリがないと評価された。また、PCV内ペDESTAL外側調査（B1調査）を実施し、線量率が10Sv/h程度であること、調査範囲においては大きな損傷がないことが確認されたが、D/W底部に

は堆積物が広く分布していることが新たに判明し、今後の調査や燃料デブリ取り出し時における堆積物対策が必要なことが分かった。このため、PCV 内ペDESTAL外側の調査（B2 調査）は、2016 年度に延期した。

- 2号機については、ミュオン検知（透過法）による炉心部、炉底部の測定を2015年度末に開始し、測定中である。また、PCV 内ペDESTAL内側調査（A2 調査）を計画していたが、CRD ハッチ（X-6 ペネ）周辺にペネ内からの溶出物が確認され、線量低減対策のため2016年度に延期した。
- 3号機については、PCV 内1st エントリーを実施し、線量率は1Sv/h程度と1、2^(*)号機に比べて低い。PCV 内水中の透明度は良好であったが、1号機と同様に堆積物も確認された。PCV 内ペDESTAL内側調査として、2017年度第一四半期頃に水中遊泳型装置等を投入予定である。

(*) 2号機線量率 最大73Sv/h程度；2012年3月計測

iii. 炉内状況の総合的な分析・評価

ミュオン検知やロボット等を用いたPCV 内部調査による映像、温度、放射線量等の実機調査から炉内状況を確認するとともに、より燃料デブリの挙動を反映できるように改良した事故進展解析コードによる解析で全体像の把握を行った。また、実機のプラントパラメータを用いて熱バランスやトレンドからも燃料デブリの位置、量の推定を行った。

これらに基づき、炉内状況について総合的な分析・評価を行った結果とこれに対する考察を以下に述べる。

- 燃料デブリの分布は、表-1に示すとおり、1～3号機とも割合の差はあるものの、炉底部、D/W 底部（RPV ペDESTAL内及び外）に存在しており、D/W 底部の方が量は多い。また、炉心部にはほとんど残っていないため、切り株燃料による臨界リスクは小さい。
- ただし、2号機の評価では、事故時の注水量（不確かさが大きい）により、炉底部に残る燃料デブリの量は変化が大きいため、実機調査による確認を実施することが望ましい。
- また、D/W 底部におけるMCCIによるコンクリートの侵食や生成物の性状、RPV ペDESTAL内外の燃料デブリの割合については、不確かさが大きいため、実機調査を含めさらなる分析・評価が必要である。
- 炉内構造物は事故時に相当な高温になり、変形している可能性が示唆されているため、燃料デブリ取り出し方法の検討をする際には、考慮する必要がある。
- FP 分布については、解析コード間で差が大きいため、更なる検討が必要である。
- 1、3号機PCV 内部調査によると、滞留水中の構造物に堆積物が存在しているため、今後の調査、燃料デブリ取り出し方法の検討に当たっては、考慮する必要がある。

炉内状況の総合的な分析・評価は、様々なプラント・データや実機調査の結果に加え、燃料デブリやFPの生成・移行挙動など事故時にプラントで起こった物理現象を推定することにより継続的に行う。なお、燃料デブリ位置・分布等の把握のための不確かさの要因を明らかにし、その不確かさを低減するために解析コードを活用した感度解析等を行い、総合的な分析・評価の精度を高めていくことが必要である。

表-1 1号機～3号機のプラント状況 (燃料デブリ分布の推定含む)

燃料デブリ分布(推定) ^{*3}	1号機		2号機		3号機	
	評価値 ^{*1}	代表値 ^{*2}	評価値 ^{*1}	代表値 ^{*2}	評価値 ^{*1}	代表値 ^{*2}
位置						
炉心部	0-3	0	0-51	0	0-31	0
炉底部	7-20	15	25-85	42	21-79	21
RPV ⁺ デブリ内側	120-209	157	102-223	145	92-227	213
RPV ⁺ デブリ外側	70-153	107	3-142	49	0-146	130
合計	232-357	279	189-390	237	188-394	364
PCV内線量率	約5~10 Sv/h (2015年4月10~16日測定、水面上0.7mの気相中、グレーチング上約半周)					
漏えい確認部位他	<ul style="list-style-type: none"> ・サンドクッションドレン管 (㊸) 及びS/C真空破壊ラインの伸縮継手カバー (㊸) からの漏えいを確認 ・既設備 (PLRポンプ、PCV内壁面、HVHなど) に大きな損傷なし ・DMW底部に堆積物が広く分布 ・PLR配管遮へい体が落下 					
PCV内部調査等	<ul style="list-style-type: none"> ・RPVペデスタル開口部から内部を撮影した写真によりRPV下部の構造物が確認できたため、RPV底部の破損は大規模ではない可能性あり ・PCV貫通部から調査装置を挿入することによるPCV内部調査によりPCV内の構造物・壁面に、確認した範囲では損傷なし 					
プラント調査状況	<ul style="list-style-type: none"> ・主蒸気配管Dの伸縮継手周辺 (㊸) からの漏えいを確認 ・PCV貫通部から調査装置を挿入することによるPCV内部調査によりPCV内の構造物・壁面に、確認した範囲では損傷なし 					
燃料デブリ分布(推定) ^{*3}	約0.75~1 Sv/h (2015年10月20日測定、水面上0.55mの気相中、X-53ペネ付近)					

[単位:ton]

*1:評価結果の範囲を示す。

*2:複数の解析結果等を踏まえて推定した現時点における最も確からしい値を示す。

*3:燃料デブリの重量は、燃料+溶融・凝固した構造材 (コンクリート成分を含む) の重量を示す。

燃料デブリ分布: IRID 提供資料を基に作成
プラント調査状況: 東京電力提供資料を基に作成

3) 燃料デブリ取り出し工法の実現性の検討

i. 燃料デブリ取り出し工法

燃料デブリを取り出す工法における PCV 水位に関し、PCV 上部まで完全に冠水する場合、水位を PCV 上部より下とした状態で燃料デブリ取り出しを行う場合、空冷による完全気中で行う場合が選択肢として考えられる。水位により、燃料デブリ取り出し工法として異なる特徴を持つ。図-4 に PCV 水位ごとの工法を示す。

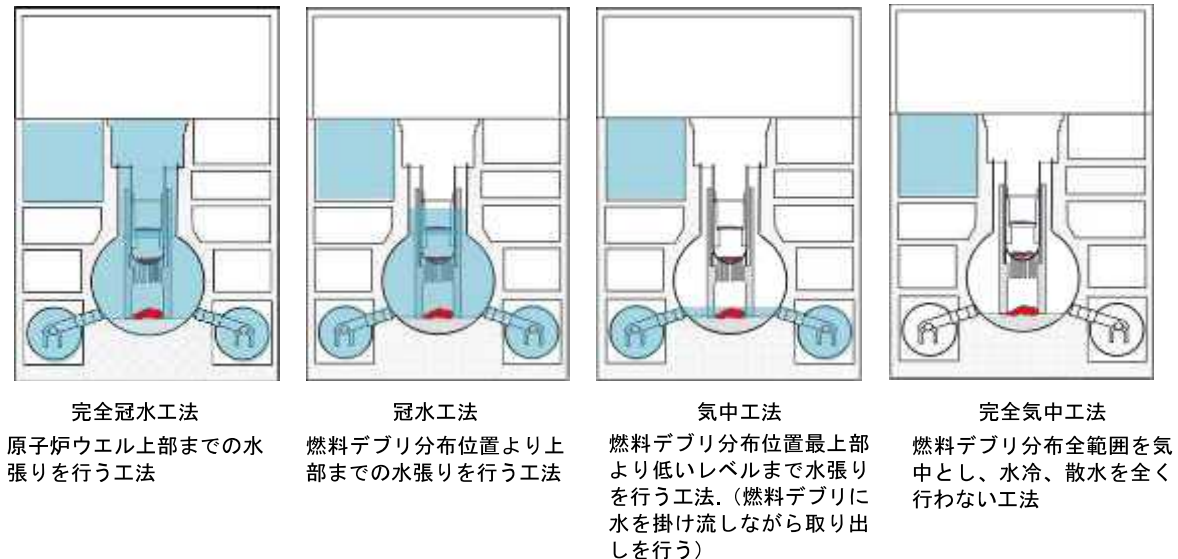


図-4 PCV 水位ごとの工法の種類

また、水位による整理に加え、燃料デブリへのアクセス方向について考えると、上からアクセスする場合、横からアクセスする場合、下からアクセスする場合の3通りが考えられるが、燃料デブリの存在する位置に応じ、アクセス方向ごとの特徴が考えられる。水位とアクセス方向の組合せにより、複数の工法が考えられる。

アクセス方向のうち、PCV 下側からアクセスする工法については、アクセスルートを構築できる可能性はあるが、長期的な水密性確保による汚染水管理や、建屋地下のアクセストンネルを経由した燃料デブリの搬出、小型で広範囲の取り出しに対応できる装置の開発等、実現に向けて技術的課題の難度が高いと判断されることから重点的な検討対象とはしないものとする。

横アクセス工法において、アクセス口より PCV 水位が高い場合は、水密性が課題となり、水の流出を防止する大規模な水密ハッチや、その長期的保守が必要となり、実現のための難度が高いことから、重点的な検討対象とはしないものとする。




完全気中工法については、燃料デブリの崩壊熱を考えると、燃料デブリを取り出す時点において、空冷による燃料デブリ冷却の難度が高く、また、燃料デブリ切削時の放射性物質飛散を防止することが極めて難しいことも考え、重点的な検討対象とはしないものとする。

完全冠水工法や、冠水工法が実現できるかは、PCV 水位に応じた PCV 補修の実現可否に大きく依存する。現在、号機ごとにその見極めを図るべく注力している。

燃料デブリを取り出すためのアクセス方向と PCV 水位の組合せに対して、実現可能性の観点から図-5 に示すように重点的に取り組む工法を絞り込んでいる。この絞り込みの検討は、戦略プラ

ン 2015 で実施したものである。

		アクセス方向		
		上	横	下
水位	完全冠水	a.		
	冠水			
	気中	b.	c.	
	完全気中			

-  : アクセス口から水が流出する可能性
-  : 新たにアクセスルートを構築する困難さ
-  : 冷却の困難さ

水位による特徴、アクセス方向による特徴、工事に関連する課題の重さを勘案し、重点的に検討する工法を選んだ。

重点的に取り組む工法

- a. 冠水-上アクセス工法^{注1}
- b. 気中-上アクセス工法
- c. 気中-横アクセス工法^{注2}

注1：冠水には完全冠水を含む。
注2：水位はアクセス口より低いことを前提とする。

図-5 燃料デブリ取り出し工法の絞り込み

重点的に取り組む3工法の具体的なイメージを図-6に示す。

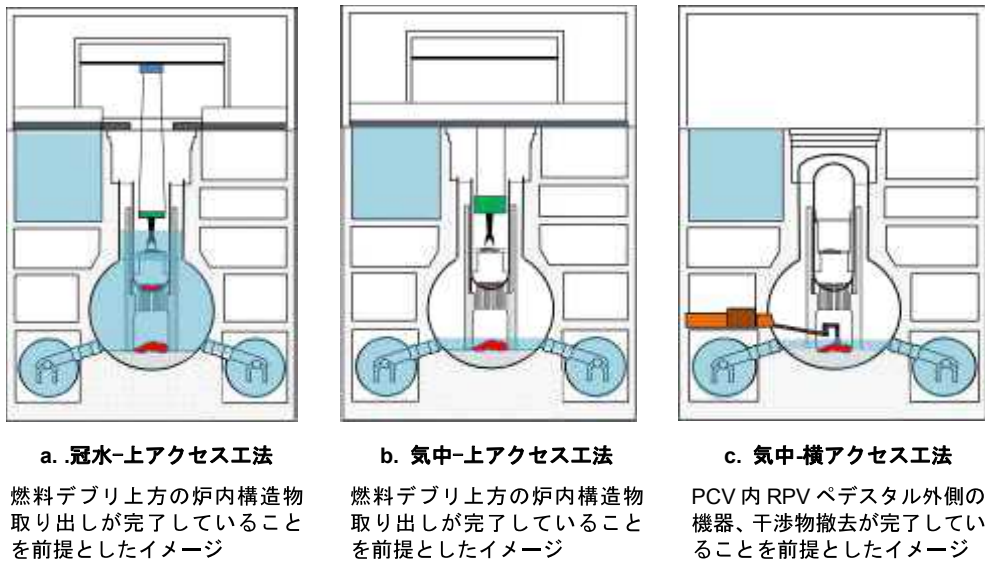


図-6 重点的に取り組む3工法（イメージ）

(参考)

上アクセス工法は、RPV内の燃料デブリの取り出しに適している。RPV内に引き続いて、炉底部に開口を設けてRPVペDESTAL内側の燃料デブリを取り出すことも可能と考えられるが、RPVペDESTAL外側の燃料デブリへのアクセスは難度が高い。

横アクセス工法については、DW底部(RPVペDESTAL内側、外側)の燃料デブリの取り出しには適しているが、RPV内の燃料デブリへのアクセスは難度が高い。

従って、燃料デブリの分布状況により、3つの工法（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）を単独で適用する場合と2つの工法を組み合わせる場合が想定される。

図-2 で示したロジック・ツリーにおいて、燃料デブリ取り出し工法の実現に向けて重要と考えられる技術課題として、以下がある。

- PCV・建屋の構造健全性の確保
- 臨界管理
- 冷却機能の維持
- 閉じ込め機能の構築
- 作業時の被ばく低減
- 労働安全の確保
- 燃料デブリへのアクセスルートの構築
- 燃料デブリ取り出し機器・装置の開発
- 系統設備、エリアの構築
- 取り出した燃料デブリを収納、移送、安定的に保管するシステムの構築

これらの技術課題を踏まえた取組状況について、以下に整理する。

ii. 燃料デブリ取り出し作業時の安全確保

● 安全確保の基本的考え方

安全確保の目的は、①住民と環境、②作業者を放射性物質の影響から守ることであり、過酷事故が発生した後の現存状態を前提として、燃料デブリ取り出し完了による現状レベルからのリスク低減が目標である。各号機とも、事故時の揮発性 FP 放出及び崩壊熱は減衰したものの、原子炉建屋、PCV 等の施設は事故により損傷した状態であり、高放射線環境となっている。

燃料デブリ取り出し作業（定常作業時及び想定される異常時）中において、現存状態からのリスクの増加を極力小さくして、ある限度以下に抑える。限度については、住民と環境への影響を評価して、今後検討していく。また、外部事象（地震、津波、竜巻他）に起因するリスクの検討を行い、その対応については、過酷事故後のプラントであることを踏まえた考え方を検討する。

● 燃料デブリ取り出し作業時の安全確保のための重要技術課題の取組状況

燃料デブリ取り出し作業時の安全確保のための重要技術課題は、重点的に取り組む3工法に共通であるが、冠水工法と気中工法では、燃料デブリ取り出し時の環境条件他の違いから、工法に応じて特に重要な技術課題がある。

冠水-上アクセス工法では、閉じ込め機能の構築（PCV 補修（止水））、臨界管理、PCV・建屋の構造健全性の確保が、気中-上アクセス工法、気中-横アクセス工法では、閉じ込め機能の構築（放射性ダスト飛散防止）、燃料デブリ取り出し作業時の被ばく低減が、特に重要な課題である。これらの技術課題への取組状況と今後の対応を以下に記載する。

(1) PCV・建屋の構造健全性の確保

燃料デブリ取り出し時に必要な設備・機器や冷却水などの重量及び構造物の腐食等による

劣化を考慮した RPV/PCV の地震時における重要機能への影響評価を行い、影響がある場合はその波及的影響と対応策を評価する必要がある。

- ✓ 基準地震動 Ss に対して RPV/PCV やその周辺の機器・設備の耐震安全性の評価を実施しているが、比較的裕度が小さいと考えられる S/C 脚部等については詳細な解析による評価を進める。
- ✓ 溶融した燃料が DW 底部に落下していると推定されており、今後の PCV 内や RPV ペDESTAL 内部の調査などにより燃料デブリの広がりの方析を行った上で、必要に応じ RPV ペDESTAL への侵食の影響を評価する。

(2) 臨界管理

水位上昇・燃料デブリ取り出し作業時において、水位や燃料デブリの形状が変化した場合に未臨界を維持するとともに、万一再臨界が発生した場合でも未臨界状態に移行させることによって作業員の被ばく及び環境への影響を防止する必要がある。

未臨界維持の観点からはホウ素等の溶解性中性子吸収材を冷却材として使用することが望ましいが、核種除去を含む水質管理設備の実現性、五ホウ酸ナトリウム漏えい時における環境への影響などの課題があり、慎重に検討を進めている。また、純水による水位上昇については RPV 下部ヘッドまでは現実的な燃料デブリ組成の範囲では再臨界となる可能性が小さく、炉心部までについても 2 号機の場合燃料集合体 5×5 体より小さければ再臨界となる可能性が小さいことが示されているが、PCV 内が明らかでない状況のため、万一の臨界の可能性も念頭に影響緩和策も含めた検討を実施している。

- ✓ 水位上昇、燃料デブリ切削時他の各作業ステップでの未臨界維持の管理方法を検討中である。
- ✓ 今後は、万一の臨界事象の評価を行い、実機適用性を踏まえた仕様を検討する。

(3) 閉じ込め機能の構築（PCV 補修（止水））

PCV 漏えい箇所の補修方法、PCV 循環冷却ループ、漏えい水回収・水位管理システムの開発・検討を実施し、PCV 水位を安全に管理できるシステムを構築する必要がある。

- ✓ これまでは、要素試験等により PCV 下部（トラス室天井以下）を対象としたベント管やダウンカマの止水技術、方法の成立性を主に開発してきた。
- ✓ 今後はこれまでに明らかとなった課題の解決と施工品質、長期信頼性に関する試験に注力が必要である。
- ✓ ベント管止水及びダウンカマ止水はグラウトによる補修で完全な止水が期待できないため、ある程度のトラス室への漏えいを許容する必要がある。燃料デブリ取り出し時においては、トラス室水位を地下水位よりも低く保つ現状の内外水位差管理を基本とし、万一の大量漏えいに備えた建屋外への汚染水流出対策を検討する必要がある。
- ✓ PCV 上部については、現場の線量状況を踏まえた補修技術開発を検討する。

(4) 閉じ込め機能の構築（放射性ダスト飛散防止）

放射性ダストが外部に飛散しないように、燃料デブリの取り出し方法や飛散防止対策を検討する必要がある。

- ✓ 燃料デブリ切削時のダスト飛散防止は、作業用セル、PCV、建屋で隔壁を構成し、内部を負圧に維持するシステムを構築することで達成を図る方針である。閉じ込めに必要な

負圧管理システムの仕様を検討するとともに、故障等により負圧管理システムが停止した場合の閉じ込め機能への影響とその対策を検討する。

- ✓ PCV 上部の損傷想定箇所については、必要に応じ、気体の漏えい防止を前提とした合理的な補修工法も検討する。

(5) 作業時の被ばく低減

燃料デブリやFP、放射化物による放射線により、作業員や公衆に与える影響を考慮した遮へいを行う必要がある。また、遮へい材による重量等が原子炉建屋に与える影響を考慮する必要がある。

- ✓ 原子炉建屋内の除染

2号機PCV内部調査の準備作業としてのX-6ペネ廻りの除染が、予想外に困難を極めて長期間を要することとなっており、今後のよりPCVに近づいた場所の除染・線量低減には、さらなる周到的な準備と取組が必要である。

除染工程が遅延すると内部調査やPCV補修工事他の現地工程の遅延につながる可能性がある。高線量部位では、状況調査を遠隔ロボット等に頼らざるを得ず的確な汚染状況の把握が困難な場合が想定されるため、予め有効と考えられる複数の除染計画を立案、準備して状況に応じた臨機応変な対応を可能とし、除染工程の遅延を回避する必要がある。

- ✓ 燃料デブリ取り出し時の遮へい

燃料デブリが全て炉心部に存在すると仮定した場合でも、オペフロ線量率1mSv/h程度を実現する遮へいは可能な見通しを得ているが、炉内状況把握による燃料デブリ分布の推定結果や内部調査から得られる線量データを踏まえて、合理的な遮へい仕様を検討する。横アクセス工法におけるセルの遮へい仕様についても、同様な検討を進める。

(6) 労働安全の確保

燃料デブリ取り出しの作業に関して、労働安全を確保するため、事前の安全評価を実施するとともに、関係者全員で強い安全意識を共有し、作業環境、作業条件の改善を行うことが必要である。

iii. 燃料デブリ取り出し方法実現に向けての検討

● 燃料デブリ取り出し方法実現のための重要技術課題

燃料デブリを取り出す作業に直接関係する技術課題として、燃料デブリへのアクセスルートの構築、燃料デブリ取り出し機器・装置の開発、系統設備・エリアの構築がある。これらの課題への取組状況と課題、今後の対応を以下に記載する。

(1) 燃料デブリへのアクセスルートの構築

燃料デブリ取り出し作業のために必要な建屋内のアクセスルート及びオペフロ又は建屋横側から、内部の燃料デブリにアクセスするためのルートを構築することが必要である。上アクセス工法においては、内部の燃料デブリにアクセスするには、ウェルシールド・プラグやPCVヘッド、RPVヘッド、炉内構造物等の構造物を撤去することが必要である。横アクセス工法においては、建屋1階からPCV内部にアクセスする前に、障害となる既存の配管や機器の撤去を行い、PCVに至るルートを構築することが必要である。

アクセスルートの構築においては、内部からの放射性物質の放出を防ぐことが重要である。

- ✓ 重点的に取り組む 3 工法の計画において、燃料デブリへのアクセスルート構築の中で、放射性物質の外部放出防止の要となる箇所について、燃料デブリ取り出しの方針決定までに見通しを得るべく、実現性を見極めるための要素試験を進めている。
- ✓ 現場状況を踏まえた具体的検討についても早めに行い、今後のスケジュールの支障とならないように、準備作業を含めたアクセス範囲の除染・遮へい作業、横アクセス工法の場合の建屋内、PCV 内の既存設置機器、配管等干渉する構造物の撤去計画等を進めることが必要である。

(2) 燃料デブリ取り出し機器・装置の開発

燃料デブリ取り出し作業に必要な機器・装置を開発することが必要である。燃料デブリ取り出し機器・装置が高放射線量の燃料デブリ等にさらされるため、取り出し作業に大きな影響を与えない程度の耐放射線性が要求される。また、構成する部品の交換や点検等の保守管理、トラブル発生時の対応を考慮した設計が必要である。さらに、今後明らかとなってくる現場状況に対応して、迅速な開発を含めた対応が求められる可能性がある。

- ✓ 重点的に取り組む 3 工法の計画において、使用を計画している取り出しのための機器・装置に関し、燃料デブリ取り出しの方針決定までに見通しを得るべく、実現性を見極めるための要素試験を進めている。

(3) 系統設備・エリアの構築

燃料デブリ取り出しのために、建屋に追加設置するコンテナや、燃料デブリ取り出し作業時のダスト飛散防止の機能を持つセル、燃料デブリ取り出しに係る重要なシステムのプロットプランの概念検討を行い、設備・システムの設置・運用、必要な作業エリアの確保・運用のための整備を行うことが必要である。

- ✓ システムを構成する装置、設備の概略検討、レイアウト検討、取り出し機器の仮置きエリア、燃料デブリ保管エリアを考慮した敷地内プロットプランの検討が必要であり、工法の実現性確認に必要な事項から順次進めているところである。建屋増設の必要性についても早い時期に検討し、適切な時期に計画を立案することが必要である。
- ✓ 工法の準備と取合う建屋外の状況（他の工事や、線量低減計画、地盤改良等）との整合についても確認が必要である。
- ✓ 重点的に取り組む 3 工法の実現性判断に係る、システム全体に関する安全性の考え方や、循環注水冷却システム、負圧管理システム、放射性ダスト処理システム、臨界管理システム等重要システムに関し、概念検討を進めている。燃料デブリ取り出しの方針決定までに主要なシステムの実現性を見通しを得、工法の実現性を見極める計画である。

これら、燃料デブリ取り出し方法実現のための重要技術課題の検討に当たっては、資源エネルギー庁による廃炉・汚染水対策補助事業の一環として、2014 年 6 月に国際公募が実施された「気中にて燃料デブリを安全かつ確実に取り出す代替工法の概念検討」、「代替工法のための視覚・計測技術の実現可能性検討」、「代替工法のための燃料デブリ切削・集塵技術の実現可能性検討」各事業の有効な成果を活用して進めている。

● 取り出した燃料デブリを収納・移送した後、安定的に保管するための重要課題

取り出した燃料デブリを収納缶に収納し、保管施設に移送し、安定的に保管することが必要である。関連する課題への取組状況と今後の対応を以下に記載した。

(1) 燃料デブリの収納・移送・保管システムの構築

取り出した燃料デブリを収納する収納缶の設計・製作から移送・敷地内保管までのシステム構築を行うことが必要である。収納缶に関し、多様な燃料デブリを想定し、条件設定を行った上で収納・移送・保管システムに関して検討する。

- ✓ 収納缶の設計条件、基本機能、基本仕様案を設定し、詳細検討を進めている。
- ✓ 移送・保管手段の具体化と施設の基本設計を行うことが必要である。
- ✓ PCV 内に堆積しているスラッジ回収や、滞留水浄化の際に燃料デブリ片が回収されると想定されることから、これらに対応できるよう検討が必要である。
- ✓ 上記システムの構築に当たっては、適切に保障措置が適用されるよう関係者間の緊密な連携が必要である。

4) 燃料デブリ取り出し方針に向けて

前述のように各号機の炉内状況把握のための調査・評価及び重点的に取り組む3工法に関する燃料デブリ取り出し工法実現性の検討が進められており、2016年度中を目途に成果をとりまとめ、2017年夏頃の「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」に資することとしている。

現時点での炉内状況の推定によれば、燃料デブリは各号機とも炉底部とD/W底部（RPVペダスタル内外）に分散して分布しており、これら全ての箇所の燃料デブリを一つの燃料デブリ取り出し工法で取りきれるとは限らず、燃料デブリの場所に応じて複数の工法を組み合わせる取り出す方針を決める可能性もある。この場合、最初の取り出し対象箇所に対する取り出し作業と併せて、他の箇所の燃料デブリの調査や検討を進め、その燃料デブリの取り出し方法を適宜改善し、次の段階の作業を継続していくことが考えられる。

「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」では、それまでの検討結果、知見に基づき、号機ごとに最初に取り出す燃料デブリ位置と安全性確保等の観点から確度の高いと考えられる工法を選定することとなる。

具体的には、燃料デブリ取り出しに係るリスク等を評価するため、以下の検討を行う。

- (1) 燃料デブリの性状、量等の推定結果に基づき、号機ごと、燃料デブリ位置ごとに、取り出すことによる炉内の不安定さの解消によるリスクの低減効果を評価する。
- (2) 重点的に取り組む3工法の特徴、検討結果を踏まえて、号機ごと、燃料デブリ位置ごとに、アクセスルート、PCV水位を含めた取り出し方法を想定し、取り出し作業に伴って懸念される臨界、放射性物質の漏えい等の安全確保上のリスクを評価する。
- (3) (1)、(2)の評価を含め、表-2に示す5つの基本的考え方に基づく評価指標に対する評価を総合的に勘案して、号機ごとに最初に取り出す燃料デブリとその取り出し方法を選定する。特に、技術開発の難易度、作業に伴う被ばく量や、エリアの確保といった現地の制約条件、必要期間等は重要である。

なお、初号機が想定される号機については、取り出し工事の実績がない状態で開始する

ことになるので、燃料デブリ取り出し作業に伴う困難さが小さいことを重視すべきと考えられる。

- (4) 最初に取り出す燃料デブリ以外の燃料デブリについても、どのようなアクセスルートやPCV水位により取り出すのかを検討して、最初の燃料デブリの取り出し方法がその後の燃料デブリ取り出しに対して影響を及ぼさないことを確認する。

燃料デブリ取り出しは、3つの号機の燃料デブリを取り出し、安定保管することであることから、号機ごとの個別の取り出し方法の選定だけに捉われることなく、3つの号機全体で最適とする視点も重要である。3つの号機の燃料デブリ取り出しの開始順序、時期をどのように計画するかによって、複数号機での工事期間が重なる場合には、工事リスクの重畳、必要人的リソースの増大が生じる一方で、完全にシリーズ工事とした場合には、先行号機の経験を次号機に反映できるメリットがあるものの、全体工事期間の長期化を招くことになる。これらを踏まえて、3つの号機の燃料デブリ取り出しの全体像を検討しておくことにより、全体最適の検討が進むものと考えられる。

表-2 5つの基本的考え方に基づく評価の指標

5つの基本的考え方		評価指標
安全	放射性物質によるリスクの低減及び労働安全の確保	放射性物質の閉じ込め（環境への影響）
		作業員の被ばく（作業時間、環境）
		労働安全の確保
		リスク低減効果
確実	信頼性が高く、柔軟性のある技術	技術開発の難易度・技術成熟度
		要求事項への適合性
		不確実性に対する柔軟性・ロバスト性 ^(注)
		代替策等の対応計画
合理的	リソース（ヒト、モノ、カネ、スペース等）の有効活用等	要員の確保（研究者、エンジニア、作業員）
		廃棄物発生量の抑制
		コスト（技術開発、設計、現場作業）
		作業エリア、敷地の確保
		廃止措置の後工程への影響
		適切な保障措置の適用
迅速	時間軸の意識	燃料デブリ取り出しへの早期着手
		燃料デブリ取り出しにかかる期間
現場指向	徹底した三現（現場、現物、現実）主義	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）
		各号機への適用性

(注) ロバスト性とは、想定した条件が多少変わっても機能を発揮する頑健性を有することをいう。

燃料デブリ取り出し方針の決定後の検討においては、号機ごとに最初に取り出す燃料デブリに特化した炉内状況把握のための調査を行うとともに、燃料デブリ取り出しに向けた系統設備、取り出し機器の基本設計、現地の具体的設備設置エリア計画等の準備を進める必要がある。初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定に向けて、速やかに具体的な設計・検討、技術開発の加速を図る必要がある。

5. 廃棄物対策分野の戦略プラン

1) 廃棄物分野の検討方針

福島第一原子力発電所廃炉に向けては、施設全体のリスク低減及び最適化を図るために必要な措置の迅速かつ効率的な実施が求められている。廃棄物対策としては、事故等で発生した固体廃棄物^{*2}は、破損した燃料に由来した放射性物質等の付着、塩分の含有等、従来の原子力発電所で発生していた廃棄物とは特徴が異なるが、その安全かつ安定な保管管理とともに、中長期を見据えた処理方法や処分概念の検討が重要である。

現行中長期ロードマップにおいては、2017年度に、固体廃棄物の処理・処分に関する基本的考え方を取りまとめ、2021年度頃を目途に、固体廃棄物の処理・処分における安全性の見通しを確認することが次工程へ進む判断の重要なポイントとして設定されている。本戦略プランにおいても、中長期ロードマップで示されたポイントを目標に検討を実施する。

このため、廃棄物対策分野の戦略プランとしては、以下の手順で検討を実施した。

- (1) 今後、固体廃棄物の処分方策を具体化していくに当たり、国際的に取りまとめられている一般的な放射性廃棄物の処分に対する安全確保の基本的考え方を整理しておくとともに、それに関連して留意すべき管理のあり方も整理する。
- (2) 固体廃棄物に関する現行ロードマップの記載事項について、取組の現状を評価するとともに、今後の固体廃棄物対策の取組の内容又はスケジュールに影響を与え得る課題を抽出する。
- (3) 上記(1)の基本的考え方、上記(2)で抽出された課題等を踏まえ、中長期的な固体廃棄物対策において、現時点から対応又は留意すべき事項について記載する。
- (4) 上記(2)(3)を踏まえ、研究開発も含めて、固体廃棄物対策に関わる今後の対応について述べる。

なお、今後の進展に応じて、適宜この戦略プランを見直し、内容の充実を図っていくこととする。

2) 国際的な放射性廃棄物対策における安全確保の基本的考え方

国際放射線防護委員会（ICRP）や国際原子力機関（IAEA）において国際的に取りまとめられている一般的な放射性廃棄物対策における安全確保の基本的考え方をまとめると以下のとおりである。

i. 放射性廃棄物の処分に対する安全確保の基本的考え方

放射性廃棄物について、以下の基本的考え方を単独で又は組み合わせることにより、有意な健康影響を与えないよう措置される。

^{*2} 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、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、「固体廃棄物」とされている。

- (1) 廃棄物を閉じ込める。
- (2) 廃棄物を生活環境から隔離することにより、意図せずに人が接触する可能性を減らす。
- (3) 放射性物質の生活環境への移行を抑制し、遅らせることにより、放射性物質濃度を減らす。
- (4) 放射性物質が移行し生活環境に到達する量が、有意な健康影響を与えないほど低いことを確保する。
- (5) 有意な健康影響を与えない放射性物質濃度であることを確保するよう管理放出する。

ii. 放射性廃棄物の管理の在り方

- (1) 放射性廃棄物の管理においては、処理（前処理、処理、廃棄体化）、貯蔵及び輸送を含む発生から処分までのあらゆる管理段階において、放射性廃棄物の性状を把握し、分類が行われる必要がある。
- (2) 放射性廃棄物の処理の主な目的は、廃棄物の安全な処理そのもの、輸送、貯蔵及び処分のための受入れ規準を満たすように廃棄物形態を作製することにより安全を高めることであり、廃棄物処分の安全性を確保するものである。
- (3) 処理は、廃棄物の特性及び管理段階（前処理、処理、廃棄体化、輸送、貯蔵及び処分）によって課せられる要求を適切に反映しなければならない。処理の決定を行う際に、各管理段階で将来的に予想されるあらゆる要求が、可能な限り考慮されなければならない。その際、放射線による健康影響だけでなく、非放射性の含有物質による環境影響や社会的及び経済的要因も含む様々な要因が考慮されるべきである。
- (4) 廃棄物をどの段階まで処理するか決定する際には、処理の対象となる放射性廃棄物の量、放射能及び物理的・化学的性質、利用できる技術、敷地利用可能面積、貯蔵容量、及び処分の受入可能性が考慮される。
- (5) 処分の要件が定まっていない時点で処理を行う場合は、処分の要件が定まった際に、それに適合する処理が可能でなければならない。
- (6) 貯蔵は廃棄物管理戦略において検討されるべき選択肢の一つである。廃棄物の隔離と環境保護を確実にするために、処分前のすべての管理段階において適切な貯蔵が実施可能であるべきである。貯蔵は、様々な管理段階において時間的調整を可能とし、管理に柔軟性を付与する手段として重要であり、クリアランス等に向けた放射能減衰のための時間を確保する、あるいは将来の管理が未決定の廃棄物を保持するため等に利用される。
- (7) 廃棄物は、その後の管理に適した状態で、検査、モニタリング、取り出し、及び保存されることが可能な方法で貯蔵されなければならない。予期される貯蔵期間に十分な考慮が払われなければならない。可能な限り受動的な手法で安全が確保されなければならない。特に長期間の貯蔵では、廃棄物閉じ込めの劣化を防止するための措置が採られなければならない。

放射性廃棄物対策では、安全に処分することが最終的な目的であるため、処理は、安全性向上の観点から保管管理における含水物の漏えいや飛散の危険性の低減のための対策等を施す場合でも、処分方策と整合できる柔軟性が求められる。また、減容処理についても、処分方策との整合性を確保しつつ、貯蔵容量の制約や経済合理性の観点からその実施が積極的に検討されるべきで

ある。

3) 現行の中長期ロードマップに基づいた取組の現状と評価・課題

現行の中長期ロードマップに基づいた取組の現状と課題について述べる。

(1) 発生量低減

廃棄物管理部門は体制強化が図られるとともに、廃炉に伴う工事計画策定の段階から関与しており、廃棄物管理が推進されている。敷地内へ持ち込む梱包材や資機材等の持込抑制、再使用、再利用などの固体廃棄物の発生量低減対策が推進されている。

(2) 保管管理

発生した固体廃棄物の保管対策として、その線量率に応じて、貯蔵庫や一時保管施設への分別保管等が行われている。

現在、固体廃棄物貯蔵庫第9棟を建設中であり、今後10～13棟等を順次建設し貯蔵容量を増加させて、固体廃棄物の屋外集積、覆土式一時保管、等の一時保管状態を解消させる計画が提示されている。増加する固体廃棄物に対しては、可能な限り可燃物は焼却、ガレキ中の金属及びコンクリートは減容処理した上で建屋内に保管する対策をとっていくこととしている。それにより、現状のままの保管状況では2027年度頃までに約75万m³に増加すると予想される屋外における一時保管量を、約20万m³（主に0.005mSv/h未満）程度に抑える計画である。

水処理二次廃棄物の保管については、さらなるリスク低減対策の必要性について引き続き検討していくことが重要である。

(3) 性状把握

固体廃棄物の性状把握に関して、ガレキの分析、水処理二次廃棄物の性状評価、難測定放射性物質の分析手法の開発等が行われている。高線量等の理由で、まだ試料の採取が困難な箇所（建屋内高線量エリアのガレキ、水処理二次廃棄物等）の分析は極一部にとどまっていたが、高線量試料の採取方法に係わる検討が着手されている。また、今後、燃料デブリ取り出し時に発生する固体廃棄物や除染に伴って発生する二次廃棄物等の分析も重要である。

2015年度から新たな機関の協力を得て、分析能力として従来の年間約50試料から約70試料の分析を行うことが可能となった。

分析については、その結果を廃炉工程に活かすとともに、今後の廃炉工程の進捗や研究の進展を柔軟に反映することが適切である。

(4) 処理及び処分方策に関する検討

固体廃棄物に関して、廃棄体化を含めた既存の処理技術の調査、廃棄体化技術の基礎試験、既存の処分概念や安全評価手法の調査・検討などが行われている。固体廃棄物について、その発生から保管、処理を経て、処分に至る廃棄物管理全体の安全性及び合理性を確保するとともに、全体を俯瞰し、研究開発を効率的に進めることを目的として、これらの一連の取り扱い（廃棄物ストリーム）の検討が進められている。

固体廃棄物の性状把握等を踏まえつつ、上記取組を着実に実施し、固体廃棄物の処理・処分に係る基本的考え方として、取りまとめていく。

4) 廃棄物対策における中長期観点からの対応方針と今後の対応

放射性廃棄物対策における安全確保の基本的な考え方や現行の中長期ロードマップに基づいた取組から抽出された課題を踏まえ、福島第一原子力発電所の中長期的な固体廃棄物対策において、現時点から対応又は留意すべき事項について述べる。

(1) 発生量低減

現状の固体廃棄物に係る発生量低減対策は、廃炉に伴う工事に係る計画策定の段階から廃棄物管理部門が関与することにより持込抑制、構内再利用等の取組がなされ、一定の成果を上げている。今後更なる発生量低減を図るべく、対策を継続的に検討し実施することが重要である。

英国でも廃棄物の発生量及び処分量を最小限に抑えるとの観点から、廃棄物ヒエラルキーの概念に沿った廃棄物管理を行うことにより最終処分量を抑制することに成功している。

固体廃棄物の除染方法の選択をする場合、二次廃棄物の発生に留意し、二次汚染抑制はもとより、発生する二次廃棄物の性状や処分への影響を評価し、適切な技術を選択することが重要である。減容設備を導入する場合、二次廃棄物を加えた全体の減容効果、及び二次廃棄物の処理についても考慮が必要である。

(2) 保管管理

中長期ロードマップに記載されている工事等により発生する固体廃棄物の物量予測を行い、それに基づく保管管理計画が策定された。廃炉工程の進捗に合わせた減容設備の導入によって固体廃棄物の増加量を大幅に抑制した上で、一時保管エリアを解消して建屋内への保管に移行させる計画となっており、固体廃棄物の飛散・漏えいリスクの低減を目指した、適切な計画となっている。今後は、保管管理計画を確実に実施することにより、固体廃棄物に起因するリスクの低減を図っていくことが重要である。

多核種除去設備の前処理設備から発生している HIC スラリーについては、安定化の観点から、脱水処理方法に係る研究開発について基礎的な段階での目処がつつある。水処理二次廃棄物のリスク低減の観点から、廃スラッジや濃縮廃液についても、より安定な保管に向けた検討を加速するべきである。

燃料デブリ取り出し作業の際に発生する固体廃棄物に関して、適切な保管場所や保管方法について、燃料デブリ取り出し工法の検討と並行して検討しておくことが必要である。

(3) 性状把握

保管管理や処理・処分の具体的な方策を検討していくには、性状把握のための分析計画に基づき計画的に分析を行い、固体廃棄物の性状把握を行うことが極めて重要である。効率的にデータを取得するためには、廃炉工程の推進や処理及び処分方策の検討に資することができるデータの取得を最優先にすべきである。

性状把握のための分析に関して、既存の分析施設の活用、新規の放射性物質分析・研究施設の整備及びそれらの運用体制の強化・整備により、分析能力の増強を図ることが極めて重要である。

(4) 処理及び処分方策に関する検討

固体廃棄物の処理及び処分方策を安全かつ合理的なものとするため、固体廃棄物の特徴の

把握、それに適した処分方策、その処分方策を念頭においた処理のあり方など、総合的な検討を行うことにより、処理及び処分方策を具体化していくことが極めて重要である。

固体廃棄物の発生履歴等の属性、汚染履歴、包含される放射性物質濃度等の情報を保存・管理し、それに基づき区分管理を行うことが重要である。

固体廃棄物に関する規制制度が円滑に整備されていくためには、必要な情報を規制機関に適宜提供していくことが重要である。

6. 研究開発への取組

1) 研究開発の基本的な方針と概観

- (1) 戦略プラン 2015 では、燃料デブリ取り出し分野、廃棄物対策分野で提示された研究開発課題を踏まえて取り組むべき研究開発の全体計画を提示し、研究開発や研究開発の実効性を向上するためのマネジメント強化や、人材育成、基礎・基盤研究などを行う大学や研究機関と、実用開発などを行う IRID、廃炉作業を行う東京電力との連携強化に取り組んできた。福島第一原子力発電所の廃炉は、汚染水対策に一定の成果が見え始め、燃料デブリ取り出しなどの中長期的な取組に軸足を移しつつあるが、この未踏領域への挑戦には、研究開発の実効性、関係機関の連携、海外機関の協力、研究施設の活用、人材育成をより一層推進し、我が国の総力を結集して取り組むことが重要である。
- (2) 技術的難度の高い課題が多い福島第一原子力発電所の廃炉に向けて、様々な実施主体において、多様な内容の研究開発が進められてきている。NDF は、研究開発を実効的かつ効率的に推進するため、これらの研究開発を一元的に把握・レビューするとともに、実施主体の特性や期待される成果を踏まえた上で、役割分担のさらなる明確化・調整と、関係機関との密接な連携により、全体の最適化に取り組んでいる。(図-7 参照)

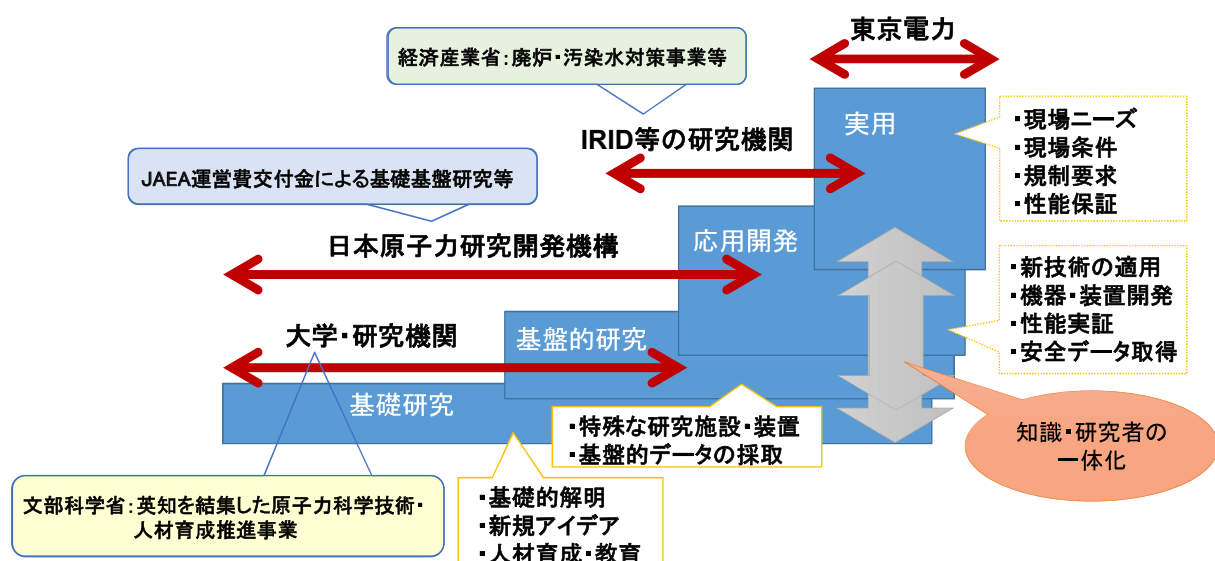


図-7 福島第一原子力発電所の廃炉に関連する研究開発の全体像

2) 廃炉作業への適用に向けた研究開発のマネジメント

- (1) 福島第一原子力発電所の廃炉は、燃料デブリ取り出しなどの中長期的な取組に軸足を移しつつあるところ、東京電力と IRID、NDF はより一層関係を緊密化し、IRID 等が進める現場適用を念頭に置いた（応用）研究開発を、廃炉作業の状況に合わせてさらに実効的になるよう見直し・強化するとともに、研究機関や大学等を含めた関係機関が、廃炉作業のニーズを踏まえて一層緊密に連携できる体制にシフトしていくことが重要である。
- (2) 研究開発を着実に進めるためには、目的の達成に直結する適切な目標を各々の研究開発に設定すること、この際、現場の工事自体や、現場の工事等に関する技術的検討を含めた取組を全体的に捉える研究開発マネジメントが重要である。さらに、研究開発開始後においても、個々の研究開発の進捗・課題、廃炉現場の状況やニーズ、マイルストーンごとの目標達成状況等の定期的なモニタリング、次のステージへの移行に関する有識者レビューなどの研究開発マネジメントの仕組みが重要である。
- (3) 2017 年夏頃の「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」、2018 年度上半期の「初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定」に向けた取組においては、「廃炉・汚染水対策事業」で実施している「燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システム高度化」の途中経過や成果を見つつ、燃料デブリへのアクセス、放射性物質の閉じ込め、被ばく低減における重要課題から、更なる研究開発ニーズを把握し機動的に既存、若しくは新規の研究開発等に反映していくことが重要である。
- (4) 原子力発電所をはじめ、原子力関連施設の廃止措置や環境修復の経験を通じて、英国、米国、仏国等では様々な「知見・経験」を蓄積している。福島第一原子力発電所の廃炉作業においては、各国の「知見・経験」が直接、間接に役立つと考えられるため、国内関係機関では積極的に海外との連携を進めており、今後とも廃炉作業のニーズを踏まえ、海外の「知見・経験」を積極的に取り入れていくことが重要である。

3) 研究開発の連携強化

- (1) 2015 年 5 月 21 日の廃炉・汚染水対策チーム会合において廃炉研究開発連携会議を NDF に設置することが決定され、廃炉技術の基礎・基盤研究で得られる成果や知見を廃炉作業や実用化開発に活かしていくための取組が強化された。これまで、産業界、大学、学会等においてそれぞれの立場で独立して進められていた取組を統合していくことにより、関係者間で具体的に情報を共有し、コミュニケーションを活性化させる。これらの取組によって、多様な研究開発成果が廃炉作業に適用されることが求められている。(図-8 参照)

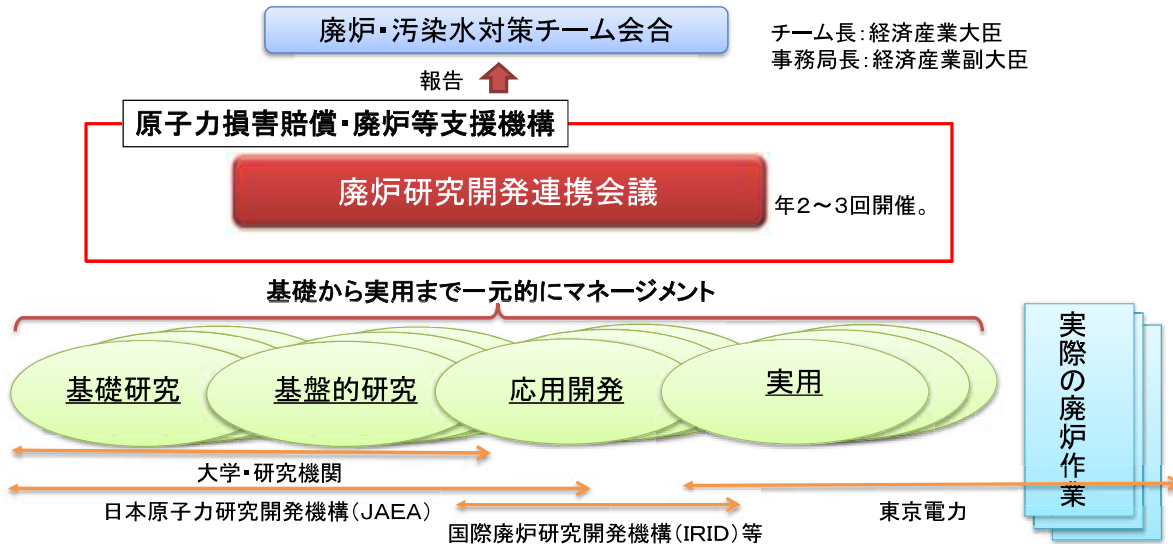


図-8 廃炉研究開発連携会議の機能

- (2) 研究開発の連携強化のためには、関係者が所有している研究開発シーズ、研究開発・廃炉作業のニーズ等の情報を発信、共有することが重要である。基礎・基盤研究における情報共有に関しては、JAEAが、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、産学官による研究開発と人材育成を一体的に進めることを目的として、廃炉国際共同研究センター（CLADS）を2015年4月に設置した。また、日本原子力学会は、様々な分野の学会等とのより広範な連携強化を目的に、「福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会（参加33団体）」を2015年12月に立ち上げた。関係機関は、このような場も大いに活用して情報を発信・共有していくことが重要である。
- (3) 廃炉作業のニーズは、研究開発ニーズそのものではないことが多いため、研究者がもつ研究開発シーズとは単純には整合しない。また、廃炉作業のニーズは、その時点での現場状況や関連する研究開発の状況などが背景にあるため、研究開発シーズの探索に先立って、廃炉作業のニーズから「適切な研究開発ニーズ」を拾い出すことが必要である。合わせて、将来的に必要となる基礎・基盤技術を幅広く探し、拾い集めるために、福島第一原子力発電所の廃炉に関する課題の全体像を把握する取組も必要である。
- (4) 必要性が明らかな技術については、具体的な調整の場の設定を進めるとともに、ポテンシャルと関心を持つと考えられる研究者に対しては、「廃炉研究開発情報ポータルサイト」や、JAEA等が立ち上げた「廃炉基盤研究プラットフォーム」を通じて情報を発信するとともに、福島第一原子力発電所の廃炉研究開発への参加を促す取組が必要である。
- (5) これらの取組を踏まえつつ、福島第一原子力発電所の廃炉に向けて戦略的かつ優先的に取り組むべき更なる研究開発ニーズを見出し、研究開発シーズとのマッチングを進めていく上での優先順位付けを行い、研究開発の技術成熟度などを踏まえて関係機関の事業に適確に展開していくためのタスクフォースが設けられた。NDF、JAEAを中心として、東京電力をはじめとする関係機関との連携を図りながら、タスクフォースや廃炉基盤研究プラットフォームにおける活動を積極的に推進していく。

4) 研究開発の拠点整備

- (1) 研究開発の拠点整備や運用に当たっては、効率的で実効的な研究遂行のため、異なる分野、役割、専門性を持つ人材を糾合できるような枠組みの構築を、オープンイノベーション拠点に求められる機能なども参考に整備することが重要である。さらに、大学等とも密接に連携し、基礎・基盤研究と人材育成も一体的に進めるべきである。
- (2) また、福島県及び周辺の地域における復興や研究拠点構想（環境回復、健康管理、地域経済振興等）との連携に加え、既存施設（TMIのデブリを保管しているJAEA東海や大洗における学術的研究、福島第一原子力発電所の廃炉に係る業務の分担、もしくはバックアップなど）の活用を含めて検討を進めていくことが重要である。JAEAによるモックアップ試験施設、放射性物質分析・研究施設及び廃炉国際共同研究センターの機能を以下に記す。

モックアップ試験施設 （「櫛葉遠隔技術開発センター」と呼称） ー 研究管理棟 ー 試験棟	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遠隔操作機器・装置の開発・実証のための施設 ・ 福島第一原子力発電所の建屋内の作業環境を模擬したモックアップ、バーチャルリアリティ、ロボットシミュレータなどによってリアルに再現 ・ 廃炉作業に必要な機器のモックアップによる実証試験やバーチャルリアリティによる作業者の訓練等
放射性物質分析・研究施設 （「大熊分析・研究センター」と呼称） ー 施設管理棟 ー 第1棟 ー 第2棟	<ul style="list-style-type: none"> ・ 放射性廃棄物、燃料デブリ等の分析のための施設 ・ 放射性廃棄物の適切な処理に資するためのデータを取得する分析設備を設置 ・ 高レベルの放射性廃棄物である燃料デブリについては、基礎的なデータの取得も可能な設備を設置
廃炉国際共同研究センター ー 国際共同研究棟	<ul style="list-style-type: none"> ・ 多様な分野の国内外の大学、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、研究開発と人材育成を一体的に推進 ・ 廃棄物の性状把握と保管、処理、処分に関する研究開発 ・ 燃料デブリに関する性状把握、取扱い、分析等の研究開発 ・ 炉内物質の化学挙動や移行挙動の解明に向けた研究開発 ・ 燃料デブリの調査、廃炉に向けた放射線可視化に関する研究開発

5) 人材の育成・確保

長期にわたる福島第一原子力発電所の廃炉を継続していくための人材育成・確保は、将来の廃炉工程全体、廃炉に携わる人材を俯瞰した上で、必要となる人材像や重点的に育成すべき技術分野等を具体化して行くことが重要である。一方、継続的に人材を確保していくためには、原子力業界全体としての取組も重要である。学生に対する原子力産業に関する理解活動や、魅力を伝える活動を、産業界と教育機関が連携して継続的に実施していくことに加えて、福島第一原子力発電所の廃炉が世界にも例のない極めて高度な技術的挑戦であるという「魅力」を発信すること、研究者・技術者が活躍するための多様な「キャリアパス」を構築し具体的に示すことなど、福島第一原子力発電所の廃炉における活躍の道筋を示していくことが必要である。

7. 今後の進め方

リスク低減戦略については、廃炉作業や炉内状況把握の進展に伴う状況の変化を考慮して見直すと共に、廃炉を着実に進展させるために、プロジェクトリスクをはじめとする様々なリスクへの対応を検討していく。

燃料デブリ取り出し及び廃棄物対策分野については、2017年度に各々「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」、「処理・処分の基本的考え方の取りまとめ」といった中長期ロードマップで示されたマイルストーンの年を迎えることとなり、これからの1年は非常に重要な期間となる。

このため、これまでの諸活動で得られた調査・検討結果を踏まえて、重要な技術課題等について、関係機関と密接に連携し、今後の研究開発の成果も反映しつつ継続的な評価・見直しを繰り返すことで戦略のスパイラルアップを図り、2017年夏頃の燃料デブリ取り出し方針の決定に資する。さらに、その後の燃料デブリ取り出し方法の確定や実機の燃料デブリ取り出しなど廃炉作業の着実な推進に向けた戦略検討に繋げていく。

廃棄物対策については、福島第一原子力発電所の廃棄物の特徴に起因する課題の解決に係る方向性を明確にした処理・処分の基本的考え方の骨子を戦略プラン2017に提示することを目指す。

また、研究開発においては、福島第一原子力発電所の廃炉が未踏領域への挑戦であることを踏まえ、研究開発の実効性向上、関係機関の連携強化、海外機関との協力、研究施設の一層の活用を推進し、実用化に向けた取組を続けていく。

当資料に関する一切の権利は、引用部分を除き原子力損害賠償・廃炉等支援機構に属し、いかなる目的であれ当資料の一部または全部を無断で複製、編集、加工、発信、販売、出版、デジタル化、その他いかなる方法においても、著作権法に違反して使用することを禁止します。