

**IAEA**

International Atomic Energy Agency

【仮訳】**レビュー報告書**

東京電力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管理に関する進捗状況及び
多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会
報告書に係るIAEAフォローアップ・レビュー

ウィーン、オーストリア

2020年4月2日

エグゼクティブサマリー

背景

2011年3月11日の東京電力福島第一発電所事故後、「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（以下、「ロードマップ」という。）が日本政府により策定された。ロードマップには日本政府と東京電力の一体となった取組による福島第一原子力発電所の廃止措置のために実行される主な手順と活動の説明が含まれている。

日本政府の要請により、IAEAはこれまでに、2013年4月、2013年11月～12月、2015年2月及び2018年11月の4回、ロードマップに関する国際ピア・レビュー・ミッション（以下、「IAEAピア・レビュー・ミッション」という。）を実施した。これらのミッションは、ロードマップの実施において日本政府を支援するほか、国際協力を強化し、将来の廃止措置プロセスで取得される事故に関する情報と知識を国際社会と共有することを目的としている。

福島第一原子力発電所からの汚染水は、多核種除去設備（以下、「ALPS」という。）によって処理され、敷地内のタンクに保管されている。現在の建設計画の範囲内では、タンク貯蔵容量は2020年末までにおおよそ137万m³まで増加するが、全てのタンクが2022年夏頃に満杯になると予想されている。

日本政府の一連の検討委員会は、2013年以降、ALPS処理水の取扱い方法を含む汚染水問題の解決策を検討してきた。これまでの4回のIAEAピア・レビュー・ミッションも全て、この点について助言している。例えば、前回（第4回）のレビュー・ミッション¹の重要な助言として、サイト内タンクに蓄積し続けられている「ALPS処理水」の処分について喫緊に決定すべきであることを日本政府に推奨した。

¹ IAEAピア・レビュー・ミッション（2018年11月5-13日）報告書（2019年1月31日）の助言1：

「IAEA調査団は、廃炉活動及び安全で効果的なその他のリスク低減措置の実施の持続可能性を確保するために、トリチウム及びその他の放射性核種を含む、必要に応じて更に処理した後の保管されたALPS処理水の処分方針につき、全てのステークホルダーの関与を得ながら喫緊に決定されるべきであると考えます。

IAEA調査団は、処分方針の決定後、東京電力は、法規制に準拠した処分の実施に係る原子力規制庁への包括的な認可申請にあたり、処分前の水の管理を含む環境影響の安全性評価や分析など、公衆・作業員及び環境の放射線安全に関する資料を準備し、提出すべきである。

選択された処分の実施のため、ステークホルダーや一般公衆への積極的かつタイムリーな情報伝達のためのコミュニケーション計画に支えられた、強固な総合モニタリング計画について、東京電力が原子力規制庁の認可を得ることが必要である。」

日本政府の検討委員会であるALPS処理水の取扱いに関する小委員会（以下「ALPS小委員会」という。）は、ALPS処理水の処分に利用可能な選択肢を示すために2020年2月10日に報告書を取りまとめ、日本政府に提出した。この報告書は、実施しうるALPS処理水の処分方法の概要を示している。

日本政府は、2018年のIAEAピア・レビュー・ミッション報告書の助言事項に関する進捗状況を報告するため、ALPS小委員会報告書をIAEAに提供した。経済産業省は、IAEAに対し、ALPS小委員会報告書のレビューを含む水の管理の進捗のレビューを、2020年2月10日付の公式文書により、在ウィーン国際機関日本政府代表部を通じて要請した。

主な調査結果と結論

IAEA調査団は、水の管理に係る日々の活動（サブドレンや2018年に完成した「凍土壁」を含む多層的な対策の実施）が適切に管理されており、水の流入量の更なる減少をもたらしたと考える。IAEA調査団は、2019年12月に公表された中長期ロードマップの改訂で設定された、汚染水発生量を2020年末までに平均150 m³/日、2025年末までに100 m³/日まで更に減少させるという目標についても留意する。

汚染水発生の根本的原因への対処が改善されたものの、IAEA調査団は、持続可能な廃止措置活動には、水の管理、特にタンクに保管されているトリチウムおよびその他の放射性核種を含むALPS（多核種除去設備）処理水の処分方針に係る決断が重要であると、依然として認識している。

IAEA調査団は、意思決定に向けた進捗、2020年2月10日に公表されたALPS小委員会報告書を歓迎する。IAEA調査団は、この報告書が、最も直接的に関与するステークホルダーの意見聴取を含む対話プロセスを経て、小委員会の専門家により作成された点に留意する。IAEA調査団は、この報告書が意思決定のために必要な、技術的、非技術的及び安全性の側面について検討していることを積極的に留意する。

技術的側面に関して、IAEA調査団は、小委員会による提言は十分に包括的な分析と健全な科学的・技術的根拠に基づいていると考える。IAEA調査団は、廃止措置作業の終了時までALPS処理水の処분을完了するという目標は、現在の国際的な良好事例に沿うものと考えられる。IAEA調査団は、5つの当初の方法から選択された2つの方法（管理された水蒸気放出と管理された海洋放出。後者は、世界中の原子力発電所や核燃料サイクル施設で日常的に実施されている）が技術的に実施可能であり、時間軸の目標を達成できると考える。

2022年夏頃にALPS処理水量の計画タンク容量の約137万m³に達すると予測されており、日本政府が検討する処分方法の実施には、希釈前にALPS処理水が放出にかかる規制基準を満足するための更なる処理と、放出前に保管された水の管理が必要となることを考慮にいれ

て、日本政府は、処分方針に関する決定を全てのステークホルダーの関与を得ながら喫緊になされる必要がある。

安全で効果的なALPS処理水の処分実施は、数十年におよぶと予測される、独特かつ複雑な事案である。したがって、IAEA調査団は、持続的な留意、安全性のレビュー、規制機関の監督、強固なコミュニケーション計画に支えられた包括的なモニタリングプログラム、全てのステークホルダーの適切な関与が必要であると考えます。

日本政府が処分方法を決定した際には、IAEAは、処分の前・中・後の放射線安全にかかる支援のフレームワークを、日本政府と協力して構築する用意がある。

以下の全般的な所見及び助言事項、ALPS処理水の処分方針に直接は関係しない特定分野での所見点及び助言事項は、IAEAの調査団によって伝達される。

全体的な所見

所見 1

IAEA調査団は、潜在的なトリチウム分離技術を含めたALPS処理水の取扱い方法の見極めや、可能な処分方針を評価するために、ALPS小委員会が行った検討を評価する。IAEA調査団は、関連するステークホルダー、特に地域社会との継続中の対話も評価する。IAEA調査団は、この報告書が意思決定に必要な技術的、非技術的及び安全性の側面について検討していることを積極的に留意する。

所見 2

IAEA調査団は、廃炉作業の終了時までALPS処理水の処分を完了するという目標は、現在の国際的な良好事例に沿うものと考えます。また、この目標は、サイトのリスク低減戦略と、中長期ロードマップに記載されている「復興と廃炉の両立」の原則にも沿っている。

所見 3

IAEA調査団は、トリチウム分離技術のレビューがトリチウム水タスクフォースでの評価を元に適切に行われたと考える。IAEA調査団は、ALPS処理水の濃度と量に見合ったトリチウムの分離について、現在利用可能な解決策を承知していない。

所見 4

IAEA調査団は、ALPS処理水を処分するための選択肢について、当初の5つから2つ（管理された水蒸気放出と管理された海洋放出²。後者は、日本及び世界の稼働中の原子力発電所や

² “放出”については、IAEA 安全基準において“ガス状・エアゾール状及び液体の放射性物質を計画され管理された状態で環境中へ放出すること”（GSG-9）と規程されている。

核燃料サイクル施設で日常的に実施)に絞り込むために用いられた方法論と基準は、意思決定を目的とした健全な方法論に基づいていると考える。選択された2つの方法は技術的に実行可能であり、時間軸の目標を達成できる。IAEA調査団は、他の3つの方法は更に技術開発が必要であり、仮に実行可能としても、時間軸の目標に合致しないと考える。IAEA調査団は、希釈前に排出基準を満足するため、ALPS処理水が、必要に応じて更に浄化処理されることにも留意する。

所見 5

IAEA調査団は、2つの解決策による将来的な放射線影響を推定するために使用された方法は、意思決定に用いられる目的として現時点では適切であり、国の規制機関（原子力規制庁）と議論を開始できると考える。IAEA調査団は、日本の専門家の、公衆への放射線被ばく評価手法に関する理解水準と、UNSCEARによる十分に確立された手法を日本の特定事例に適応させる努力について、肯定的に留意する。

特定分野での所見 1

IAEA調査団は、東京電力が、損傷した施設への地下水の流入と、建物やサイトからの汚染水の漏洩に対する一連の対策を実施し、これが汚染水の発生量の削減や作業員・公衆・環境の保護や敷地境界線量の管理に貢献したことを称賛する。

全体的な助言事項

助言事項 1

IAEA調査団は、廃炉活動や安全で効果的なその他リスク低減措置の実施の持続可能性を確保するために、トリチウム及びその他の放射性核種を含む、必要に応じて更に処理した後の保管されたALPS処理水の処分方針につき、安全性を考慮しつつ、全てのステークホルダーの関与を得ながら、喫緊に決定されるべきとの意見を有する。

助言事項 2

IAEA調査団は、日本政府による処分方針の決定後、東京電力は、公衆・作業員及び環境の放射線安全に対処するために、法律及び規制に準拠し、処分の特性を含めた安全性評価や処分前の水の管理を含む環境影響の分析などを踏まえた、処分の実施に係る包括的な提案を準備し、原子力規制庁に提出すべきであるとの意見を有する。

助言事項 3

IAEA調査団は、選択された処分方針の実施のため、全てのステークホルダー及び一般公衆に

必要な情報を積極的かつタイムリーに提供するための地域・国内・国際的なコミュニケーション計画に支えられた強固かつ包括的なモニタリングプログラムが必要であるとの意見を有する。

助言事項4

IAEA調査団は、IAEA安全基準が、後の段階で、放出許可の申請に伴う線量評価を実施する際は、サイト固有の追加データを用いて、UNSCEARに類似する手法で線量予測評価を実施するよう推奨していることを留意する。

特定の助言事項1

燃料デブリを冷却するために注入されている水は、流入した水と混ざり、汚染水の発生につながる。IAEA調査団は、東京電力に対し、継続的な冷却の必要性を分析し、結果に応じて、注入水の量をさらに削減するか、ある時点で注入水による冷却を終了するか、または閉じた冷却ループを確立することを推奨する。

1. 背景、目的、レビューの範囲

1.1 背景

2011年3月11日の東京電力福島第一原子力発電所の事故後、「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」（以下、「本ロードマップ」という）が政府・東京電力中長期対策会議において2011年12月に決定された。本ロードマップは、経産省ウェブサイトで参照可能である。

https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/111221_02.pdf

本ロードマップは2012年7月、2013年6月、2015年6月、2017年9月、2019年12月に改訂された。本ロードマップには、福島第一原発の廃炉のために日本政府と東京電力の一体となった取組を通じて実行されるべき主な手順と活動の説明が含まれている。

日本政府より要請を受け、国際原子力機関（IAEA）は、原子力安全に関するIAEA行動計画（IAEA Nuclear safety Action Plan）の枠組の中で実施される本ロードマップの国際ピア・レビュー調査団を2013年4月と2013年11月-12月、2015年2月、2018年11月の4回にわたり組織した。これらの調査団は国際的な協力の強化と将来の廃炉プロセスより得られる事故に関する情報と知見の国際社会への共有を目的としたものである。

第1回ピア・レビュー調査団は、廃炉戦略の評価、廃炉フェーズの計画とタイミング、いくつかの特定の短期的課題（例えば、放射性廃棄物、使用済み燃料と燃料デブリの管理、関連する線量と従業員の放射線被ばくの管理、原子炉建屋やその他の建造物の構造的完全性の評価など）のレビューを含むロードマップの初期レビューを行うことを主な目的として、2013年4月15日から22日に実施された。第1回ミッションの最終報告書は、IAEAのウェブサイトですべて入手できる。

<https://www.iaea.org/sites/default/files/missionreport220513.pdf>

第1回レビューの後、日本政府と東京電力は同報告書の所見を考慮しつつ、ロードマップの改訂を実施した。2013年6月27日に改訂されたロードマップは、経産省ウェブサイトですべて参照可能である。

https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20180530_01b.pdf

第2回レビュー・ミッションは、2013年11月25日から12月4日まで実施された。第2回ミッションの目的は、改訂ロードマップと中期的な課題（貯蔵プールからの使用済み燃料の取り出し、原子炉からの燃料デブリの取り出し、汚染水の管理、海水のモニタリング、放射性廃棄物の管理、地下水の流入を抑えるための対策、安定性と信頼性の維持と強化、廃止措置前および廃止措置活動に関連するシステムおよびコンポーネント（SSC）、および研究開発

(R&D)を含む)の詳細かつ全体的なレビューを提供することである。第2回ミッションの最終報告書は、IAEAのウェブサイトで購入が可能である。

<https://www.iaea.org/sites/default/files/missionreport041213.pdf>.

第3回ミッションは2015年2月9日から17日に実施された。第3回ミッションの目的は、福島第一原子力発電所の廃止措置の計画と実施に関連する以下の活動を含め、独立したレビューを提供することである。

東京電力福島第一原子力発電所の現状についてのレビュー、2013年に実施された第2回のIAEAピア・レビュー・ミッションのフォローアップ、ロードマップの第2改訂案のレビュー、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)が策定した技術戦略プラン案のレビュー、汚染水の管理、地下水の流入問題への対策、使用済み燃料集合体の取り出し、1-4号機からの損傷燃料デブリの取り出し、放射性廃棄物の管理などの特定の分野における研究開発活動を含めた進捗状況と将来計画のレビュー及び制度的・組織的問題(関連機関間での責任配分、人員配置と従業員の訓練、安全文化、公衆とのコミュニケーション及び学んだ教訓の普及)

第3回ミッションの最終報告書は次のウェブサイトで購入できる。

<https://www.iaea.org/sites/default/files/missionreport170215.pdf>.

第3回ミッションの後、日本政府と東京電力は、ロードマップの次の改訂において3回目のミッション報告書で与えられた助言を考慮した。改訂版のロードマップ「東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた中長期ロードマップ」(2015年6月12日)は、経済産業省のウェブサイトで購入できる。

https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20150725_01b.pdf.

2015年6月のロードマップの改訂以降、廃止措置と汚染水管理が進展し、サイトの状態は改善されている。ロードマップは再び改訂され、2017年9月26日に公表されており、経済産業省のウェブサイトで購入できる。

https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20170926_01a.pdf.

2018年9月の日本政府の要請に続き、東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた中長期ロードマップの国際ピア・レビューの第4回ミッションが2018年11月5日から13日に行われた。日本政府と東京電力は、ロードマップの実施に関する現状と将来の計画に関する包括的な情報を提供した。IAEA調査団は更新された情報を評価し、現在の状況をよりよく理解するため、日本の関連機関と広範な議論を行い、東京電力の福島第一原子力発電所を訪問した。第4回ミッションの最終報告書は以下のウェブサイトで購入できる。

<https://www.iaea.org/sites/default/files/19/01/missionreport-310119.pdf>.

第4回ミッションの後、日本政府と東京電力は、ロードマップの改訂において、第4回ミッション報告書を通じて与えられた助言を考慮した。改訂版の「東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた中長期ロードマップ」（2019年12月27日）は、経済産業省のウェブサイトで見ることができる。

https://www.meti.go.jp/english/earthquake/nuclear/decommissioning/pdf/20191227_3.pdf

福島第一原子力発電所から発生する汚染水は、多核種除去設備（以下「ALPS」という。）によって処理され、敷地内のタンクに貯蔵されている。現在の建設計画の範囲内では、タンクは2022年夏頃に満杯になると予想されている。日本政府の一連の検討委員会は、2013年以降、ALPS処理水の取扱いを含む汚染水問題の解決策を検討してきた。4回にわたるIAEAピア・レビュー・ミッションの全てにおいて、この点について助言をしてきた。例えば、前回レビュー・ミッションでの重要な助言ポイントとして、日本政府に、サイトに貯蔵されたタンクに蓄積しているALPS処理水の処分に関して緊急に決定をするよう推奨した。

2016年9月27日、汚染水処理対策委員会は、ALPS処理水の取扱いに関するALPS小委員会（以下「ALPS小委員会」という。）を設置し、トリチウム水タスクフォース報告書で示された選択肢に基づき、社会的観点を含む幅広い観点からALPS処理水の取扱いを議論した。ALPS小委員会は、2020年2月10日にその所見に係る報告書を公表した。

日本政府は、この報告書をIAEAに提供し、ALPS処理水の喫緊の処分に関連する2018年のIAEAピア・レビュー・ミッションの報告書の「タンクに保管されているALPS処理水の管理」及び「汚染水のマネジメントと地下水流入への対策」の部分に対する進捗状況として通知した。さらに、経済産業省は、2020年2月10日に、日本政府代表部を通じて、第4回IAEAレビュー・ミッション報告書の助言事項に照らして、ALPS小委員会報告書のIAEAレビューを要請した。

1.2 目的

本レビューは、2019年1月31日付けIAEA第4回ピア・レビュー・ミッション報告書の「タンクに保管されているALPS処理水の管理」、「汚染水のマネジメントと地下水流入への対策」に対するフォローアップを実施するものである。

その目的は、中長期ロードマップの実施において日本政府を支援するため、前回のIAEAピア・レビュー以降の水管理の進捗と、ALPS小委員会報告書の結論について独立したレビュー

ーを実施することである。

本レビューは、IAEA安全基準、関連する安全レポートシリーズ出版物、関連する原子力エネルギーシリーズレポート、関連するIAEA TECDOC、およびその他のIAEAピア・レビュー・ミッションの結果を基にしている。日本が参考文献として使用した他の出版物もレビューの対象として検討された（例：放射線源、影響、電離放射線のリスクに関するUNSCEAR 2016 報告書（原子放射線の影響に関する国連科学委員会発行））。

特に、本レビューの意図は、

- ALPS小委員会報告書を含む、水管理の技術的側面および関連する安全性配慮に関する考慮事項を提供すること
- IAEAの第4回ピア・レビュー・ミッション報告書の助言事項の実施に関する考慮事項を提供すること、及び
- 事故後の運用に関する良好事例と教訓の国際社会への共有を促進すること、である。

1.3 レビューの範囲

本レビューは以下の項目をカバーしている。

項目1：2018年のIAEAピア・レビュー・ミッション以降の東京電力福島第一原子力発電所におけるALPS処理水管理状況の変化のレビュー

項目2：2018年のIAEAピアレビューミッションやそれ以前のミッションにおいて提供された助言事項がどのように日本政府およびALPS小委員会によって考慮されたか、また、どのようにALPS小委員会が処分方法について技術的・科学的な分析をレビューしたか（例えば、ALPS処理水の取扱いの方法論がどのように評価されたか、ステークホルダーとの対話がなされたか否か、環境への影響がどのように検討されたか等）についてのレビュー

項目3：ALPS小委員会によって提案され、日本政府によって実施される将来の行動が、2018年のIAEAピアレビューミッションやそれ以前のレビューによって提供された以下の助言事項に合致しているかについてのレビュー

- ALPS 処理水の処分に必要な手順（すなわち、ALPS 処理水の処理方法の決定の適時性、追加の除染（再浄化）措置、規制プロセス、モニタリング計画、研究開発など）。及び
- ALPS 処理水の処分前および処分中の汚染水マネジメント。

2. レビューの実施

6人のIAEA専門スタッフを含むレビューは、オーストリアのウィーンで2020年2月-3月に実施された。関係するIAEAの専門家と日本人参加者のリストは、付録に記載されている。専門家の内部作業と日本のカウンターパートとのウェブ会議（3回）が、レビューの主要な方法であった。

日本のカウンターパートは、ALPS小委員会の報告書と参考文書を提供した（日本政府が提供した参考文献リストを参照）。参照文書は、レビュー中の独習と効果的な作業のために専門家に利用された。さらに、専門家によって提起された技術的および安全性に関する質疑は、ウェブ会議と、その後の情報交換により実施された。追加の参考文書と包括的な情報は、調査団の専門家の要請に応じて提供され、日本のカウンターパートによるウェブ会議中に紹介された。

3. 主な調査結果、所見及び助言事項

3.1. ALPS処理水の取扱いに関する小委員会

日本政府の一連の検討委員会は、2013年以降、ALPS処理水の取扱いを含め、汚染水の問題の解決策を検討してきた。4回のIAEAピア・レビュー・ミッションの全てにおいて、この点についても助言している。

2016年9月27日、汚染水処理対策委員会は、日本政府の検討委員会であるALPS処理水の取扱いに関する小委員会（以下、「ALPS小委員会」）の設立を決定した。ALPS小委員会では、社会的観点を含む幅広い観点からALPS処理水の取扱いについて議論が行われた。ALPS小委員会は、同年11月11日に第1回会合を開催した。

ALPS小委員会は、風評被害のメカニズムと現状、国・県、この問題に対処するその他の機関が講じた措置に関してヒアリングを開催した。さらに、ALPS小委員会は、ALPS処理水を処分する際の懸念について意見を聞くために説明公聴会を開催した。また風評被害は、福島県だけでなく日本全体に関連するものであり、日本国民の考えや懸念を理解した後、ALPS処理水の実際の取り扱いを検討する必要があることも議論された。

ALPS小委員会は、2020年2月10日に、ALPS処理水を処分するための利用可能な方法を示すために報告書を取りまとめ、日本政府に提出した。この報告書は、ALPS処理水の処分にかかる潜在的に利用可能な方法の概要を示している。

所見 1

(再掲)

3.2. 2018年のIAEAピア・レビュー・ミッション以降のALPS処理水管理にかかる状況変化に関するレビュー

福島第一原子力発電所では、原子炉内の溶融した燃料及び燃料デブリに注水することで冷却を続けている。その結果、建物の地下で一定量の汚染水が滞留している。原子炉建屋の爆発やその他の事故（例えばタービン建屋の屋根の損傷）により、雨水が原子炉及びタービン建屋に入り、地下水がパイプなどの壁貫通部から流入している。建物を取り巻く地下水の水位と建物内の汚染水に関しては、建物外の地下水の水位を建物内の汚染水の水位よりも高くすることで、汚染水が建物外に漏れることを防いでいる。

東京電力は、汚染水発生量を低減させ、漏洩や海への意図しない放出を防ぎ、放射性物質を

低減するための浄化処理を実施し、敷地内で処理水を安全に保管するという包括的な対策を実施し続けている。これらの対策は、3つの方針に基づいている：1) 汚染源を取り除く、2) 地下水を汚染源に近づけない、3) 汚染水を漏らさない。

地下水と雨水の原子炉建屋への流入は、地下水バイパスやサブドレン、1-4号機の原子炉建屋およびタービン建屋周囲に巡らされた凍土壁の安定的な運用やその他の対策（敷地表面の舗装）により、平均で100m³/日（2018年度平均）に維持されている。損傷した1号機建屋の屋根の補修は、2023年内に終了予定であり、さらなる雨水の流入防止に貢献する。2014年5月の440m³/日に比べると大きく減少しているものの、地下水と雨水の流入量は、年あたり5-6万m³のALPS処理水の増加に寄与している。ALPS処理水は、原子炉建屋に冷却が必要な燃料デブリがあり続ける限り、そして滞留水が1-4号機の原子炉建屋とタービン建屋に残る限りは発生し続ける。

最近の中長期ロードマップの改訂では、汚染水の更なる低減について、2025年までに汚染水発生量を100m³/日以下、原子炉建屋内滞留水量を2022-2024年の間に、2020年末のレベルの半分程度に低減するとの新たな目標を設定している。

2019年4-5月に、東京電力は、2号機の注水減少試験を実施し、一時的に注水量を、1時間あたり3m³から1.5m³、あるいは3m³から0m³に減少させ、連続的に原子炉圧力容器底部温度変化を観測した。この試験は、一義的には緊急時の対応手順の最適化を検討するために行われたが、結果は、冷却水を徐々に低減する検討にも用いることが可能であり、これはALPS処理を要する汚染水の発生量低減に資するものである。2019年10月に、同様の試験が1号機でも実施された。

ALPSの運用は安定的で信頼できる状態を継続している。ALPS処理水は、平均的におよそ1000m³の容量を有する溶接タンク（2020年2月20日時点で977タンク）に保管され、漏洩により周辺が汚染されることを軽減するための二重堰が設けられている。ALPS処理水の総量は、現時点では約120万m³である。

敷地境界での被曝線量を年1mSvまで低減するために優先してとられたその他の作業により、ALPSで処理された水は、必ずしも常時、排出基準を目標とした運用が行われていなかった。ALPSは日々、一貫してトリチウム以外の62種類の放射性核種を規制基準以下まで除去する能力を有しており、タンクに保管されているALPS処理水の合計量のおおよそ28%（2019年12月時点）が、トリチウム以外について、環境への排出基準を満たしている。

将来的には、保管されたALPS処理水のうち、規制基準を超えるもの（ALPS処理水全体の72%の分量：2019年12月時点）については、希釈前に必要に応じ、放出のための規制基準に適合するためにALPSによって再度浄化される。

地下水バイパスおよびサブドレンから集水された水も、放射線測定及び、必要に応じた処理のために保管され、その後、規制機関の認可の下で海に放出されている。この保管と放出の

システムはALPS処理水の保管とは別のシステムである。これまでに、地下水バイパスから集水された水は300回以上、サブドレン水は1000回以上、全体で、おおよそ140万m³の放出が、東京電力及び独立した第三者機関による水質測定を実施し、運用目標を満足することを確認した後に実施された。また、環境モニタリングプログラムは実施中である。

特定分野での所見 1

(再掲)

特定の助言事項 1

(再掲)

3.3. ALPS小委員会におけるトリチウム管理及び処分方法

トリチウム処分方法

ALPS小委員会は2016年にまとめられたトリチウムタスクフォース報告書に提示された5つの方法について、総合的な見地からの評価を実施した。これに加え、貯蔵継続（サイト内外）、トリチウム分離を含む追加的な選択肢の検討も実施した。その評価は、技術的な側面と社会的な側面からの評価の双方を含むとともに、そうした選択肢の議論を支える前提や主張についての科学的なファクト・チェックも含んでいる。

前回のレビュー・ミッションで述べたとおり、IAEA調査団は、トリチウムおよびその他核種を含むALPS処理水を地上タンクで保管することは、一時的な方法であり、より持続的な解決策が求められるとの見解である。小委員会の報告書では2つの方法（管理された水蒸気放出及び管理された海洋放出。後者は、世界中の原子力発電所や核燃料サイクル施設で日常的に実施されており、多くの情報が入手可能である）を提案している。

貯蔵の継続

ALPS小委員会の報告書は、敷地での貯蔵量増加に向けた技術的な分析（より大きな容量のタンク設置、地下タンクの設置、海面タンクの設置など）を行い、それぞれの難点を指摘している。代替タンクの種類や設置方法毎に、単位面積あたりの貯蔵効率が顕著には上がらない点や自然災害による漏洩・損傷のリスクを含めた難点が提示された。ALPS小委員会の報告書はまた、追加的なタンクを建設する際の廃炉作業の効率性に係る運用上の制約についても認識している。優先されるリスク低減のための廃炉作業（使用済み燃料や燃料デブリの取り出し・保管など）には、新規施設を建設するための場所と柔軟な対応を要する。新たに発生するALPS処理水を保管するための新規タンクの建設は、これらの廃炉作業に欠かせない

設備の導入を制約しうる。さらに、処分でなく、貯蔵の継続は、福島の高濃度廃炉活動の時間軸と処分の時間軸を合わせるべきとの重要な前提と矛盾する。

調査団は、敷地内で全てのALPS処理水を収容するためのタンク容量を増強し続けることにはメリットはないというALPS小委員会報告書の結論は合理的であると評価し、2018年の第4回レビュー・ミッション報告書の“福島第一の高濃度廃炉は持続可能性を確保し、全ての必要なリスク低減措置を効果的に実施するべき”という助言と整合するものと評価する。また、調査団は、最適な処分方法を決定する際には、貯蔵施設の運用は作業者に長期の被爆影響を与える点に留意すべき、という点は重要と考えている。

この結論の検討において、ALPS小委員会はまた、敷地外への移送と敷地外での貯蔵の可能性も検討した。報告書は、最適な土地の特定・確保や規制・社会の受容、大容量のALPS処理水を安全に移送するための技術的な難解さなど、敷地外貯蔵に関連する課題を挙げた。ALPS小委員会は、敷地外移送と貯蔵は、相当な時間を要するとともに、多岐にわたる関係者との事前調整が必要であり、タンク貯蔵容量の限界に近づきつつある時間軸と両立しない、と結論づけた。

報告書に記されたデータと分析により、調査団は、ALPS小委員会と見解と同じくする。

トリチウム分離方法

調査団は、トリチウム分離は、トリチウムの処分に関し、完全な解を与えるものではなく、何らかのさらなる処理、貯蔵、処分が必要となることに留意する。他方、トリチウムの分離は、トリチウム水の総量を減ずることにより、その他の処分方針の実行を円滑化する可能性がある。しかしながら、ALPS処理水の処分方法に係る課題をみるに、現時点において、さらにトリチウム分離の方法を追求することには明確な優位性がないといえる。

ALPS小委員会報告書は、トリチウム分離の技術的な概要を示し、大量のトリチウム除去により、少量の高濃度トリチウムを含む水と多量の低濃度トリチウムを含む水が生じるとしている。得られた低濃度トリチウムを含む水はリサイクル（原子力発電所の場合）または環境に放出される。高濃度トリチウムを含む水は貯蔵される。

世界で日常的に使われている成熟したトリチウム分離技術（例：CANDU炉原子力発電所）は、ALPS処理水のような比較的トリチウム濃度が低く多量の水には適用できない。これらの分離技術の適用はまた、貯蔵を要するトリチウム水の総量を考慮すると、優位性がないといえる。

調査団は、既存のトリチウム分離技術は、技術的に現実的ではなく、貯蔵を要するALPS処理水の量に鑑みて優位性がないとの結論に同意する。

2014-2016年に日本はトリチウム分離実証のための研究開発を実施し、これによって得られ

た結果から、委員会はどの方法も技術的に成熟しておらずその時点では現実的な検討のために更なる考慮を行うメリットもないと結論づけた。調査団はその所見に賛同する。

他方、調査団は、早急に健全な処分策を見いだすべきとの指摘にかかわらず、日本には引き続き新規の技術や技術開発状況を注視し、仮に将来性のある技術が存在すれば、将来計画に取り入れるべきであると推奨する。

トリチウム処分方法の絞り込みプロセス

トリチウム水タスクフォースは、ALPS処理水の処分に関し5つの技術的に実行可能な方法を評価した。

- 地層注入
- 管理された海洋放出
- 管理された水蒸気放出
- 水素放出 及び
- 地下埋設

タスクフォースは、技術的成立性、規制成立性、期間、コスト、規模、二次廃棄物、労働者被ばくなどの基準に対し、それぞれの方法を評価した。

調査団は、ALPS小委員会の評価方法とアプローチは適切かつ包括的であると認識する。選択基準は、よく考えられたものであり、これらに対する分析は技術的に適切で客観的である。

ALPS小委員会における5つの方法の評価において、3つの方法（地層注入、水素放出及び地下埋設）には前例がないと整理された。これに加え、これらが、初めて実施する類の選択肢であるため、解決されていない技術上及び規制上の大きな不確実性とリスクがある。

調査団は、ALPS小委員会の下した3つの処分方法は技術的に未成熟で実証されておらず、これらの実施に際しては未解決の課題を解決する必要があるとの結論に同意する。これらの処分方法に係る不確実性は、ALPS処理水の処分が廃止措置の終了と同じ時間軸で行われるとする場合、運用安全、技術開発、認可及び社会的受容の各面において高いリスクをもたらす。

ALPS小委員会は、このため、残り2つの方法（管理された水蒸気放出と管理された海洋放出）について、技術的に成熟した実行可能な選択肢であり、国内外に前例が存在することから、より詳細な評価を実施した。時間的制約（福島第一の廃止措置と同じ時間軸においてALPS処理水の処分を実施する）と、社会的受容の重要性に鑑みると、調査団は、技術的に成熟しており、前例が存在し、多くの情報が入手可能な方法に焦点を当てることは、より成

功裏に結果を出しうるとの理由から、合理的であると考えている。

ALPS小委員会の報告書は、それぞれの方法の利点と欠点に言及している。

調査団は、ALPS小委員会による2つの方法の分析は、健全な科学的・技術的根拠や、過去・現在における健全な先行事例（スリーマイル島事故後のトリチウム蒸気の放出、日本国内外の原子力発電所から日常的に実施されるトリチウムの排出）と、確立された良例（海洋モニタリング）に基づき、十分に総合的な検討が行われていると考える。第4回ピア・レビュー・ミッションにおいてIAEAが助言したとおり、選択されたALPS処理水の処分方法は、包括的な環境モニタリングプログラムと、積極的でタイムリーな利害関係者や一般公衆への情報提供とともに実施されるべきである。

全体的な所見

所見2

（再掲）

所見3

（再掲）

所見4

（再掲）

助言事項

助言事項1

（再掲）

助言事項2

（再掲）

助言事項3

（再掲）

3.4. UNSCEARモデルを用いた線量評価の予測

調査団は、ALPS小委員会が、ALPS処理水の処分方法に対し、トリチウム及びその他の核種

を含むALPS処理水を大気及び海洋に放出した際の公衆被ばく線量を評価するのに用いた方法を考察した。この方法は、原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）によるUNSCEARレポート2016附属書Aに基づいている。

UNSCEARの方法論は、主要核種を大気、海洋に対して単位量放出した際における、個人の被ばくを評価するものである。個人は放出地点近くに住んでおり、この地域に居住する人々と同様の慣習を有しているものとされる。UNSCEARの方法論は、外部被ばく及び内部被ばくから被ばく量を評価するために公表されている線量係数を用いている。

評価に用いられた放射線被ばくの経路は、次の通りである：(i) 海洋への液体放出の場合、海洋生物の摂取による内部被ばくと海浜における砂からの外部被ばくが考慮される。(ii) 大気への放出の場合、大気と土壌からの外部被ばくと吸入及び食物摂取による内部被ばくが考慮される。

評価は、トリチウムと炭素-14を含む64の放射性核種について実施された。公衆への年間被ばくの評価には、タンクに保管されているALPS処理水全てを1年で放出し、同様の量をその後100年くり返した場合（更に汚染水が発生しうるとの非常に保守的な仮説）という仮定が用いられた。評価には生物濃縮を考慮した係数のほか、子孫核種による被ばくが考慮されている。

UNSCEARの方法論は、地域のデータ、たとえば魚の消費に関してはアジア太平洋地域の平均値を用いる等により、最適な放射線被ばくの評価について考慮されている。地域レベルでのより現実に近い仮定を置くために、例えば、日本の国民調査のデータを用いることにより魚（優位な被ばく経路のひとつ）の消費について高い消費量を適用した。

IAEA調査団は、この詳細を、ウェブ会議において日本側参加者と議論した。議論の結果、調査団は、この2つの方法において、予備的な放射線学的な影響を評価した方法は、現段階において適切であり、解決法の決定を知らせ、規制当局との議論を開始するという目的においてIAEA安全標準に於ける推奨に準拠していると結論づける。

IAEA安全標準（GSG-9）は、後の段階において、同様な方法論を用いつつ、放出のための当局への申請を補足するために、追加的にサイトに特徴的なデータや保守性を考慮して予測線量評価を実施することを推奨している。

所見5

（再掲）

助言事項4

（再掲）