

多核種除去設備等処理水（ALPS 処理水）の海洋放出に係る
放射線影響評価報告書
（設計段階）

2021年11月

東京電力ホールディングス株式会社

本報告書の評価は、海洋放出に係る計画の設計・運用に関する検討の進捗、各方面からの意見、IAEAの専門家によるレビュー、第三者評価によるクロスチェックなどを通じて得られる知見の拡充により、適宜見直していくものである。

はじめに

本書は、福島第一原子力発電所からのALPS処理水の海洋放出による放射線影響評価についてとりまとめた報告書である。本報告書では、まず2011年の東北地方太平洋沖地震に伴う福島第一原子力発電所の事故により、汚染水がどのように発生し、どのように管理され、処理され、貯蔵されているのかといった説明から始まり、次に、海洋放出以外の代替案の検討経緯、ALPS処理水の最適な放出方法、水質の評価について説明する。その後、ALPS処理水の放出をモデル化し、濃度を求めます。最後に、放出された水が、人および海生動植物、海洋環境に与える影響について評価する。

東北地方太平洋沖地震において未曾有の事故を経験した福島第一原子力発電所においては、損傷した原子炉および原子燃料を冷却するため、事故以来、炉内への冷却水の注入を継続している。注入された水は損傷した燃料に触れた後、建屋最下階に滞留する。

一方、建屋最下階には、津波由来の海水が滞留した他、損傷した建屋天井や壁を通過して雨水や地下水が浸入し続けている。これらが、先述の冷却水と混じり合うことによって汚染水となっていると考えられる。

当社は、重層的な対策¹により、現在では汚染水が建屋外に漏えいしないよう管理するだけでなく、その発生量自体を、日量約540m³（2014年5月実績）より約140m³（2020年実績）まで低減し、さらに2025年には同100m³以下に抑制することを目標としている。

汚染水は、セシウム吸着装置と、多核種除去設備（Advanced Liquid Process System、以下、ALPS）によって浄化処理され、敷地内のタンクに貯蔵される。2021年6

¹ 重層的な対策の例：

- a 汚染水発生量を抑制するため、事故により損傷した原子燃料の冷却に用いられる冷却水には、汲み上げられた汚染水をセシウム吸着装置により浄化し、その後逆浸透膜装置により淡水化した水を再利用している。
- b 加えて、建屋内に流入する地下水の量を抑制している。具体的には、高台および建屋近傍から地下水を汲み上げるとともに、建屋周辺に陸側遮水壁（凍土壁）を設置すること等により、建屋内近傍の地下水位を低い状態で管理している。
- c 建屋内で発生した汚染水の系外への漏えいを防止するため、建屋内の汚染水の水位を常に建屋外の地下水位より若干低めになるように、建屋内汚染水を汲み上げて管理している。
- d 汲み上げられた汚染水は、汚染拡大防止および線量低減のため、セシウム吸着装置やALPS等により構成される水処理設備により処理した後、高台に設置されたタンク内に貯留している。

月時点で、ALPS 処理水等²とストロンチウム処理水³を貯蔵するタンクは 1,047 基あり、設置済みの容量約 137 万 m³に対し、保管量は約 126.5 万 m³となっている。汚染水発生抑制対策の効果や今後の汚染水発生量の予測について慎重に見極めていく必要はあるものの、これまでの汚染水発生量の実績を踏まえれば、2023 年春頃には計画した容量に達する見込みである。

国が 2019 年 12 月の廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議で改訂した「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」 [1]に示したとおり、福島第一原子力発電所における廃炉作業は、すでに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である。今後、数十年に及ぶ福島第一原子力発電所の廃炉に向けた長期の工程の中には、燃料デブリの取り出しや、使用済燃料の一時保管場所の確保といった、より大きな放射線リスクを抱える諸課題への対応が必要であり、これらの諸課題に的確に対応していくため、中長期的観点から総合的なリスクを着実に低減させることが不可欠である。

これは汚染水問題の取り扱いにおいても同様であり、これまでもいわゆる重層的な対策により多量の放射性物質を含む汚染水発生量を抑制し、含まれる放射性物質を ALPS 等により除去することで、敷地境界における放射線被ばく線量を国際放射線防護委員会（以下、ICRP）が勧告している一般公衆に対する線量限度である 1mSv/年未満にまで低減する等リスクを着実に低減してきた。今後、数十年に及ぶ廃炉作業を安全かつ着実に進めていくため、ALPS 等を通して放射性物質を可能な限り取り除いた上で、人や海洋環境に実質的な影響を与えないような安全な方法で処分を実施する必要がある。

これまで、汚染水や ALPS 処理水等の処分方法については、国の廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議を筆頭に、複数年に亘り、国や国際原子力機関（以下、IAEA）、専門家とともに、地方行政や地域住民の意見を踏まえながら検討してきた。国では 2013 年に汚染水処理対策委員会の下にトリチウム水タスクフォースを設置し、トリチウムに関する科学的知見の整理や先行事例を踏まえ提起された 5 つの処分方法案（地層注入、海洋放出、水蒸気

² ALPS 処理によりトリチウム以外の核種の告示濃度限度に対する濃度の比の総和（以下、告示濃度比総和）が 1 未満となったものを「ALPS 処理水」、ALPS により一度処理を行ったものの告示濃度比総和が 1 未満となっていないものを「処理途上水」、「ALPS 処理水」と「処理途上水」をまとめて「ALPS 処理水等」と呼ぶ。

ここで、告示濃度限度とは、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に定められた、放射性廃棄物を環境中へ放出する際の基準。当該放射性廃棄物が複数の放射性物質を含む場合は、告示濃度比総和が 1 未満となる必要がある。

³ 汚染水から、セシウムとストロンチウムの大半を取り除いた水。

放出、水素放出、地下埋設)の比較等の技術的な検討を実施した [2]。さらに 2016 年からは、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会を設置し、トリチウム水タスクフォースの成果を踏まえつつ、風評被害など社会的な観点等も含めた総合的な検討を行ってきた [3]。

また、国は 2013 年から 2021 年にかけて、5 回に亘り IAEA の廃炉ミッションを受け入れ、その見解を検討に反映してきた。IAEA の廃炉ミッションは、ALPS 処理水の処分計画の重要性を指摘してきた。IAEA は、2015 年の報告書において、タンクによる保管は一時的な措置に過ぎないと評価した上で、より持続可能な解決が必要であると指摘した⁴。その後、2019 年の報告書においては、更なる必要な処理を実施した上で、ALPS 処理水が速やかに処分されなければならないとの見解を示した⁵。

こうした中で、国の多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会は、2020 年 2 月に報告書を取りまとめ、5 つの処分方法案については、モニタリングの実現可能性をも含む多角的な検討を行った上で、海洋放出および水蒸気放出が現実的な選択肢であり、その中でも、海洋放出がより確実に実施可能であるとの結論を示した⁶。また、同委員会は、タンクによる長期保管についてタンク増設の余地が限定されていることや、長期保管に伴う老朽化や災害等による漏洩のリスクの高まりも指摘した。

さらに、国は、多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会において報告書がとりまとめられた後、説明・公聴会を開催するとともに、書面を含め、広く意見を募集した。その結果、提出された意見の中には、ALPS 処理水の海洋放出が周辺環境に与える影響などに対する懸念も示された。

国は、これらの検討や意見を踏まえて、今般、ALPS 処理水の取扱いに関して、「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」(2021 年 4 月 13 日、廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議) [4] にて、安全性を確保した上で海洋放出するとの基本的方針を示した。

⁴ Mission Report, IAEA International Peer Review Mission on Mid-And-Long-Term Roadmap Towards the Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Units 1-4, issued 13 May, 2015, p. 13, available at <<https://www.iaea.org/sites/default/files/missionreport130515.pdf>>

⁵ Mission Report, IAEA International Peer Review Mission on Mid-And-Long-Term Roadmap Towards the Decommissioning of TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Units 1-4, issued 31 January, 2019, p. 8, available at <<https://www.iaea.org/sites/default/files/19/01/missionreport-310119.pdf>>

⁶ 海洋放出とそれ以外の代替処分方法案の基本要件(規制成立性、技術成立性)や制約となり得る条件(期間、コスト、規模、二次廃棄物、作業被ばく等)について比較検討した経緯は、参照文献[3] 5～7 ページを参照。

当社は、この国の方針を踏まえ、同年4月16日に、「多核種処理設備等処理水の処分に関する政府の基本方針を踏まえた当社の対応について（以下、「基本方針を踏まえた当社の対応」という）」[5]を公表し、以下の考え方を示した。

- ALPS 処理水の海洋放出にあたっては、法令に基づく規制基準等の遵守はもとより、関連する国際法や国際慣行に基づくとともに、更なる取り組みにより放出する水が安全な水であることを確実にして、公衆や周辺環境、農林水産品の安全を確保する。
- 公衆や周辺環境の安全を確保するため、放出水中のトリチウムおよびトリチウム以外の放射性物質の濃度は、国際標準（IAEA 安全基準文書や ICRP 勧告等）に沿った国の規制基準や各種法令等を確実に遵守する。
- この条件のもとで放出を行った場合の人および環境への放射線の影響について、原子力規制委員会による必要な認可手続を開始するまでに、安全性を評価する。その結果を公表し、IAEA の専門家等のレビューを受ける。

本報告書は、海洋放出に係る計画の設計段階にある現時点における情報を基に、IAEA や ICRP 等、国際的に認知された機関が定めた基準やガイドラインに従って、ALPS 処理水の海洋放出に係る人および環境に対する放射線の影響評価を暫定的に実施し、その結果を記したものである。本報告書の作成にあたっては、人の放射線防護、環境防護、海洋拡散計算の3分野について、社外より専門家を招聘した。

なお、本報告書の評価は、海洋放出に係る計画の設計段階にある現時点における情報を基に実施したものであり、今後、計画に係る設計・運用に関する検討の進捗、各方面からの意見、IAEA の専門家によるレビュー、第三者評価によるクロスチェックなどを通じて得られる知見の拡充により、適宜見直していくものである。

また、当社は、海洋放出の実施に当たっては、周辺環境に与える影響等を確認しつつ、慎重に少量での放出から開始する計画であり、万が一、故障や停電などにより希釈設備等が機能不全に陥った場合や、モニタリングにより異常値が検出された場合には、安全に放出できる状況を確認するまでの間、確実に放出を停止することとしている。

目次

海洋放出にかかる評価の主要点	1
1. 評価実施の目的	4
2. 評価の考え方	5
3. ALPS 処理水等の水質と放出方法	6
3-1. ALPS 処理水等の水質について	6
3-2. 放出方法	8
3-3. 放出設備	10
4. 評価方法	13
4-1. ソースターム（核種毎の年間放出量）	13
4-2. 放出後の拡散、移行のモデリング	14
4-3. 被ばく経路の設定	16
4-4. 被ばく評価の対象となる代表的個人の設定	24
4-5. 線量評価の方法	24
5. 被ばく評価	40
5-1. ソースタームの設定	40
5-2. 移流・拡散の評価	40
5-3. 評価に使用する核種毎の海水中濃度の算出	48
5-4. 被ばく評価結果	48
6. まとめ	65
参照文献	66
参考 A 潜在被ばくの評価	68
参考 B 環境防護に関する評価	71
B 1. 評価の考え方	71
B 2. 評価手順	71
B 3. 評価方法	72
B 4. 評価結果	84
参考 C ALPS 除去対象核種選定の考え方	96
C 1. 除去対象核種の選定	96
C 2. 除去対象核種の選定方法及び選定結果	97
参考 D ALPS 処理水等の水質について	101

D 1. ALPS 処理水等のうち、告示濃度比総和が 1 未満と推定できるタンク群の水質について	101
D 2. 64 核種の分析結果	103
参考 E 運用管理値の設定について	115
E 1. 運用管理対象核種の選定	115
E 2. 運用管理値の設定	128
参考 F 放水位置による拡散範囲の違いについて	131
参考 G 実測値によるソースタームにおける不検出核種の寄与について	134
参考 H 被ばく評価結果の核種毎の内訳	136
H 1. 人の内部被ばく評価	136
H 2. 環境防護に関する評価結果	151
参考 I 本評価の不確実性について	159
I 1. 放出計画に係わる不確実性	159
I 2. 評価条件に係わる不確実性	159
用語集	161
作成メンバー	163

海洋放出にかかる評価の主要点

本報告書における評価は、現時点の ALPS 処理水の海洋放出方法の検討状況に基づき、IAEA 安全基準文書 GSG-9 “Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment” [6]（以下、GSG-9）に示される計画的な放出による人への線量評価を行った。また、評価の具体的な手順は、IAEA 安全基準文書 GSG-10 “Prospective Radiological Environment Impact Assessment for Facilities and Activities” [7]（以下、GSG-10）に従った。また、GSG-9 の対象外となっている潜在被ばく⁷および環境防護に関する評価も、GSG-10 の手順に従って実施した。

本報告書のとりまとめにあたっては、社内より放射線影響評価について知見を有する職員を選定・配置するとともに、放射線影響評価を行う上で特に重要な分野である、人の放射線防護、環境防護、海洋拡散計算の3分野について、社外より専門家をメンバーとして招聘した。

評価対象核種は、トリチウム（H-3）、炭素 14（C-14）および ALPS による除去対象 62 核種の合計 64 核種とした。このうち、トリチウムは、ALPS 処理後も規制基準である 60,000Bq/L を超えていることから、それを満足できるまで希釈しなければならない。国は、規制基準を厳格に遵守するだけでなく、一般公衆の安心感を可能な限り醸成するため、ALPS 処理水を放出する際に 1,500Bq/L⁸を下回ることを当社に求めている。当社は「基本方針を踏まえた当社の対応」において、放出水の濃度で 1,500Bq/L 未滿かつ年間放出量の上限值を 22 兆 Bq⁹（2.2E+13Bq）¹⁰とした。

ALPS 処理水の核種組成はタンク群¹¹毎に異なり、トリチウム以外の核種については告示濃度比総和¹²を 1 未滿となるよう管理する。そのため、評価に使用する ALPS 処理水の核種

⁷ 潜在被ばく：確実に起こるとは予想されないが、予想される運転上の出来事、あるいは、線源の事故又は機器の故障や操作ミスを含めた確率的な性質の事象又は事象シーケンスによる、将来を見越して考慮した被ばく。

⁸ 既に排水の実績のある地下水バイパスおよびサブドレンの排水濃度の運用目標値と同じ値とした。この値は、「実施計画Ⅲ3.2.1 放射性廃棄物等の管理」に記載し、原子力規制委員会により認可されている。

なお、このトリチウム濃度 1,500Bq/L は、告示濃度限度 60,000Bq/L の 40 分の 1、WHO 飲料水水質ガイドライン 10,000Bq/L の約 7 分の 1 である。

⁹ 事故前の福島第一原子力発電所の放出管理目標値。

¹⁰ E+〇〇は 10 の〇〇乗の意。2.2E+13 は、 2.2×10^{13} を示す。

¹¹ 連結して使用している複数のタンクのグループ。

¹² 複数の放射性物質を含む場合に、それぞれの核種の濃度の核種毎に定められた法令上の濃度限度である告示濃度限度 [8]に対する比の総和。告示濃度比総和が 1 の水を生涯飲み続けた場合、平均被ばく線量が 1mSv/年となる。

組成としては、64核種の測定・評価が完了したタンク群3群の核種組成と、被ばくが保守的に大きくなるように仮想したALPS処理水の核種組成（トリチウム以外の告示濃度比総和1）の4つのケースについて評価を行った。

国際的に認知されたICRP勧告に基づく規制基準に照らせば、ALPS処理水に含まれるトリチウム以外の核種の濃度は、安全に直接海洋に放出できる濃度である。トリチウムを1,500Bq/L未満にするためには、海水で100倍以上に希釈する必要があり、海水希釈後の放出水のトリチウム以外の63核種による告示濃度比総和は0.01未満となり、さらに安全性が高まることとなる。

海域における拡散計算は、福島第一原子力発電所事故後の海水中セシウム濃度の再現計算により再現性が確認されたモデル[9]を元に、発電所近傍海域を高解像度化したモデルにより評価した。海洋に放出された放射性物質の移行モデルとしては、①海流による移流・拡散、②海流による移流・拡散→船体への付着、③海流による移流・拡散→海浜砂への付着、④海流による移流・拡散→漁網への付着、⑤海流による移流・拡散→魚介類等海洋生物による取り込み・濃縮の5ケースを考慮した。

被ばく経路の設定では、大きく外部被ばくと内部被ばくに分け、外部被ばくでは、先行事例を基に、①海上作業における海面からの放射線による外部被ばく、②海上作業における船体に付着した放射性物質からの外部被ばく、③遊泳・海中作業における外部被ばく、④海浜における外部被ばく、⑤漁網に付着した放射性物質からの外部被ばくの5ケースを想定した。一方、内部被ばくでは、海水から海洋生物に移行した放射性物質を、海産物摂取に伴い体内に取り込むことによる被ばく経路を評価した。

被ばく評価の対象となる代表的個人の実態は、“発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について”[10]により設定したが、海産物摂取量は“令和元年度国民健康・栄養調査報告”[11]より引用した摂取量データから、①海産物を平均的に摂取する個人と、②海産物を多く摂取する個人の2ケースについてそれぞれ評価を行った。

計算結果の評価は、一般公衆の線量限度1mSv/年、および最適化の目標として、国内の原子力発電所に対する線量目標値である0.05mSv/年との比較により行ったが、外部と内部を合わせた被ばくの合計値は、全てのケースで一般公衆の線量限度および国内の原子力発電所に対する線量目標値のいずれも下回った。

また、併せて実施したGSG-10に基づく潜在被ばく評価では、ALPS処理水が希釈されないまま海洋に放出され続ける場合を想定した評価を試みた。この場合の移行経路は、短期的に影響を受け、被ばくをコントロールできない海水からの外部被ばくを対象（海表面からの外部被ばくで最も影響が大きいTe-127の放出率が最大となるケースにて評価）とし、被

ばく時間は保守的に1日(24時間)とした。その結果、潜在被ばくの実効線量は、GSG-10に示されている事故時評価の基準と比較し非常に小さい値となった。

さらに、環境防護に関する評価として、GSG-10付属書Iに示される手順に従い、ALPS水放出設備の通常運転時における動植物の防護のための評価も行った。評価に使用するALPS処理水の核種組成としては、人の被ばく評価と同じく4ケース(実測値による3ケースと仮想したALPS処理水によるケース)としたが、動植物に関する評価は人の被ばく評価と計算方法が異なることから、仮想したALPS処理水の核種組成(トリチウム以外の告示濃度比総和1)については、あらためて核種の選定から行った(参考B参照)。評価対象となる動植物としては、ICRPが提示している標準動物および標準植物¹³から、周辺海域に生息する動植物を踏まえて、標準扁平魚(ヒラメ・カレイ類)、標準カニ(ヒラツメガニ・ガザミ)、標準褐藻(ホンダワラ類・アラメ)を選定した。線量評価は、ICRPが示した手法により行い、標準動植物の生息環境における線量率を誘導考慮参考レベル(DCRL)¹⁴と比較した。その結果、標準動植物の生息環境における線量率は、いずれも誘導考慮参考レベルの下限値と比較し100分の1以下であった。

なお、本報告書の評価は、海洋放出に係る計画の設計段階にある現時点における情報を元に実施したものであり、今後、計画に係る設計・運用に関する検討の進捗、各方面からの意見、IAEAの専門家によるレビュー、第三者評価によるクロスチェックなどを通じて得られる知見の拡充により、適宜見直していくものである。

本報告書の結論としては、計画している福島第一原子力発電所からのALPS処理水の放出による放射性物質による被ばくは、国際的に認知されている文書に従って評価した結果、線量限度やDCRLの範囲に対して十分低いということである。

¹³ 標準動物、植物：環境からの放射線被ばくを、線量と影響に関連付けるために想定する、特定タイプの動植物。

¹⁴ 誘導考慮参考レベル(DCRL, Derived consideration reference level)：ICRPが提唱する生物種ごとに定められた1ケタの幅を持った線量率の範囲。これを超える場合には影響を考慮する必要がある線量率レベル。

1. 評価実施の目的

本放射線影響評価の目的を以下のとおりとする。

目的 1：当社が ALPS 処理水の処分を行った場合の放射線による影響について、国際的に認知された手法（IAEA 安全基準文書、ICRP 勧告）に照らした評価を行う。

目的 2：評価を行った結果を、国内外に向けて発信し、各方面からの意見を踏まえ、必要に応じ見直し等を行うことにより、処分に係るリスクを最適化する方法を検討する。

2. 評価の考え方

現時点では、海洋放出設備の詳細設計が決まっていないが、現時点の検討状況に基づき、人の放射線防護の観点からリスクを確認するため、GSG-9 に示されている計画的な放出による代表的個人への線量評価を行う。評価の具体的な手順は、GSG-10 に示されている、図 2-1 の手順に従って行う。

なお、GSG-10 においては、GSG-9 の対象外となっている潜在被ばくの評価と環境防護に関する評価についても評価手法が記載されている。これらの評価についても、それぞれ参考 A と参考 B にて試算を行った。

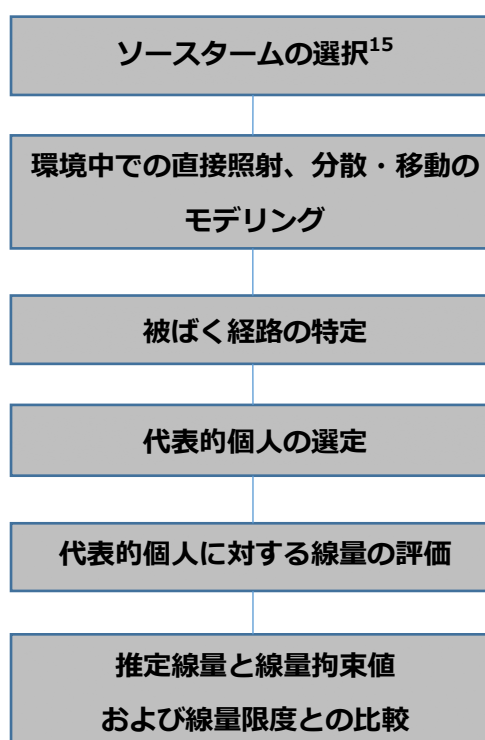


図 2-1 被ばく評価の手順 (GSG-10 より作成)

¹⁵ 本評価において、ソースタームとは、1 年間に希釈して海洋に放出される ALPS 処理水に含まれる核種毎の年間放出量（総量）を意味する。

3. ALPS 処理水等の水質と放出方法

3-1. ALPS 処理水等の水質について

現在タンクに保管されている ALPS 処理水等は、汚染水に含まれる放射性核種のうち、トリチウムと C-14 を除く 62 核種を除去できるよう設計された ALPS によって浄化処理を行った水である。ALPS による除去対象 62 核種選定の考え方を参考 C に示した。

ALPS は、トリチウムと C-14 以外の 62 種類の放射性物質を告示濃度比総和 1 未満まで浄化する能力を有しているが、処理を開始した当初の性能向上前の処理や、敷地境界における追加の被ばく線量を下げるため処理量を優先したこと等により、ALPS 処理水等の約 7 割（2019 年 12 月 31 日までに満水となったタンク群の内訳に基づく）は、トリチウム以外の放射性物質が環境中へ放出する際の基準（告示濃度比総和 1 未満）を超えて含まれている、いわゆる「処理途上水」である。こうした十分に処理されていない処理途上水については、処分前にトリチウム以外の放射性物質が告示濃度比総和 1 未満になるまで確実に浄化処理（二次処理）を行い、ALPS 処理水とした上で処分を行う。トリチウム、C-14 および ALPS による処理対象 62 核種の告示濃度限度を表 3-1 に示す。

ALPS による二次処理については、2020 年 9 月より 2 つのタンク群合計 2,000m³を対象に、二次処理性能確認試験を実施し、それぞれのタンク群においてトリチウムを除く核種の告示濃度比総和が 1 未満に低減できることを確認した [12]。二次処理性能確認試験の結果を含め、ALPS 処理水等の水質については、参考 D に示した。

表3-1 ALPS 除去対象 62 核種とトリチウム、C-14 の告示濃度限度

	対象核種 (物理半減期)	告示濃度限度 (Bq/L)		対象核種 (物理半減期)	告示濃度限度 (Bq/L)
1	H-3 (約 12 年)	6.0E+04	33	Te-129m (約 34 日)	3.0E+02
2	C-14 (約 5700 年)	2.0E+03	34	I-129 (約 1600 万年)	9.0E+00
3	Mn-54 (約 310 日)	1.0E+03	35	Cs-134 (約 2.1 年)	6.0E+01
4	Fe-59 (約 44 日)	4.0E+02	36	Cs-135 (約 230 万年)	6.0E+02
5	Co-58 (約 71 日)	1.0E+03	37	Cs-136 (約 13 日)	3.0E+02
6	Co-60 (約 5.3 年)	2.0E+02	38	Cs-137 (約 30 年)	9.0E+01
7	Ni-63 (約 100 年)	6.0E+03	39	Ba-137m (約 2.6 分)	8.0E+05
8	Zn-65 (約 240 日)	2.0E+02	40	Ba-140 (約 13 日)	3.0E+02
9	Rb-86 (約 19 日)	3.0E+02	41	Ce-141 (約 33 日)	1.0E+03
10	Sr-89 (約 51 日)	3.0E+02	42	Ce-144 (約 280 日)	2.0E+02
11	Sr-90 (約 29 年)	3.0E+01	43	Pr-144 (約 17 分)	2.0E+04
12	Y-90 (約 64 時間)	3.0E+02	44	Pr-144m (約 7.2 分)	4.0E+04
13	Y-91 (約 59 日)	3.0E+02	45	Pm-146 (約 5.5 年)	9.0E+02
14	Nb-95 (約 35 日)	1.0E+03	46	Pm-147 (約 2.6 年)	3.0E+03
15	Tc-99 (約 21 万年)	1.0E+03	47	Pm-148 (約 5.4 日)	3.0E+02
16	Ru-103 (約 39 日)	1.0E+03	48	Pm-148m (約 41 日)	5.0E+02
17	Ru-106 (約 370 日)	1.0E+02	49	Sm-151 (約 90 年)	8.0E+03
18	Rh-103m (約 56 分)	2.0E+05	50	Eu-152 (約 14 年)	6.0E+02
19	Rh-106 (約 30 秒)	3.0E+05	51	Eu-154 (約 8.6 年)	4.0E+02
20	Ag-110m (約 250 日)	3.0E+02	52	Eu-155 (約 4.8 年)	3.0E+03
21	Cd-113m (約 14 年)	4.0E+01	53	Gd-153 (約 240 日)	3.0E+03
22	Cd-115m (約 45 日)	3.0E+02	54	Tb-160 (約 72 日)	5.0E+02
23	Sn-119m (約 290 日)	2.0E+03	55	Pu-238 (約 88 年)	4.0E+00
24	Sn-123 (約 130 日)	4.0E+02	56	Pu-239 (約 24000 年)	4.0E+00
25	Sn-126 (約 23 万年)	2.0E+02	57	Pu-240 (約 6600 年)	4.0E+00
26	Sb-124 (約 60 日)	3.0E+02	58	Pu-241 (約 14 年)	2.0E+02
27	Sb-125 (約 2.8 年)	8.0E+02	59	Am-241 (約 430 年)	5.0E+00
28	Te-123m (約 120 日)	6.0E+02	60	Am-242m (約 140 年)	5.0E+00
29	Te-125m (約 57 日)	9.0E+02	61	Am-243 (約 7400 年)	5.0E+00
30	Te-127 (約 9.4 時間)	5.0E+03	62	Cm-242 (約 160 日)	6.0E+01
31	Te-127m (約 110 日)	3.0E+02	63	Cm-243 (約 29 年)	6.0E+00
32	Te-129 (約 70 分)	1.0E+04	64	Cm-244 (約 18 年)	7.0E+00

※半減期は、ICRP Publication 107 “Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations” [13]より引用

(注) E+〇〇は10の〇〇乗の意

3-2. 放出方法

海洋への放出方法については、「基本方針を踏まえた当社の対応」において、次の通り方針を示した。

- 海洋放出に必要な設備の設計および運用については、法令を遵守し、原子力規制委員会による必要な認可を受ける。
- 処理途上水は、安全に関する規制基準値を確実に下回る（トリチウム以外の核種の告示濃度比総和が1未満になる）まで何回でも二次処理を実施する。
- 希釈放出前に、ALPS 処理水中の放射性物質濃度（トリチウム、62 核種および C-14）の濃度を測定・評価し、測定・評価した結果を毎回公開するとともに、第三者による測定・評価や公開等も実施する。
- その後、取り除くことの難しいトリチウムについては、大量の海水で（100 倍以上）希釈してから放出する。これによりトリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和は 0.01 未満となる。
- 放出水のトリチウム濃度は、国の安全規制の基準（告示濃度限度）60,000Bq/L および世界保健機関（WHO）飲料水水質ガイドラインである 10,000Bq/L を十分下回るものとし、現在実施している地下水バイパスやサブドレン等の排水濃度の運用目標と同様に 1,500Bq/L 未満とする。
- 海洋放出にあたっては、少量から慎重に開始することとし、設備の健全性や ALPS 処理水の移送手順、放射性物質の濃度の測定プロセス、放出水のトリチウムの希釈評価および海洋への拡散状況等を検証する。
- 万一、故障や停電等により移送設備や希釈設備等が計画している機能を発揮できない場合は、直ちに放出を停止する。また、海域モニタリングで異常値が検出された場合には、いったん放出を停止するとともに、その状況を調査する。放出を再開する際には、安全に放出できることを確認した上で実施する。
- トリチウムの年間放出量は、当面、事故前の福島第一原子力発電所の放出管理目標値である年間 22 兆 Bq ($2.2E+13$ Bq) を上限とし、これを下回る水準とする。

「基本方針を踏まえた当社の対応」で示した具体的な実施事項は表 3-2 の通り。

表3-2. 具体的な実施事項

処理途上水の二次処理	<ul style="list-style-type: none"> ・処理途上水については、二次処理を実施し、安全に関する規制基準値を確実に下回る（トリチウム以外の告示濃度比総和が1未満になっている）ことを確認する。
ALPS 処理水の分析	<ul style="list-style-type: none"> ・ALPS 処理水中のトリチウム、62 核種（多核種除去設備等除去対象核種）および C-14 の放射性物質の濃度の測定・評価結果については、希釈放出前に毎回公開するとともに、第三者による測定・評価や公開等も実施する。
希釈・放出 (緊急時の措置含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・トリチウム濃度が告示濃度限度を十分下回るよう、十分な量の海水を用いて希釈（100 倍以上）して放出する。これに伴い、放出水のトリチウム以外の核種による告示濃度比総和は、0.01 未満となる。 <ul style="list-style-type: none"> －トリチウム濃度は、地下水バイパスおよびサブドレン等の排水濃度の運用目標（1,500Bq/L 未満）と同じとする。 ・トリチウムの年間放出量は、当面、事故前の福島第一の放出管理目標値である年間 22 兆 Bq を上限とし、これを下回る水準とする。 なお、トリチウムの年間放出量は、廃炉の進捗等に応じて適宜見直す ・故障や停電等により移送設備や希釈設備が計画する機能を発揮できない場合は、直ちに放出を停止する。 ・海域モニタリングで異常値が検出された場合には、いったん放出を停止するとともに、その状況を調査する。放出を再開する際には、安全に放出できることを確認したうえで実施する。
海域モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ・放出開始予定の約 1 年前から強化した計画に従い海域モニタリングを開始する。 ・海水および魚類・海藻類のモニタリングを強化する。 <ul style="list-style-type: none"> －これまでの Cs-137 を中心としたものに加え、トリチウムも重点的に測定・評価する。 －測定試料は引き続き海水が中心であるが、加えて魚類、海藻類の採取数を増加させる。 ・放出時の放射能測定結果は随時公開する。 <ul style="list-style-type: none"> －第三者による分析や公開等について検討する。

これに加え、ALPS 処理水の放出前の運用管理として、同じ告示濃度比の場合に魚介類による濃縮などの影響により人への被ばく影響が相対的に大きくなる 8 核種について、自主的な運用管理値を設け、さらなる放射線環境影響の低減を図る。運用管理値の検討内容は参考 E に示した。運用管理対象核種と運用管理値を表 3-3 に示す。

また、海洋放出の実施に当たっては、周辺環境に与える影響等を確認しつつ、慎重に少量での放出から開始することとする。万が一、故障や停電等により希釈設備等が機能不全に陥った場合や、モニタリングにより異常値が検出された場合には、安全に放出できる状況を確認できるまでの間、確実に放出を停止することとする。

なお、ALPS 処理水を放出する際には、トリチウム濃度が地下水バイパスおよびサブドレ
ンの運用基準である 1,500Bq/L を下回るよう、海水により 100 倍以上希釈してから海洋に
放出することから、これらの核種を含めたトリチウム以外の核種の告示濃度比総和は 0.01
未満となる。

表 3 - 3 .運用管理値

対象核種	告示濃度限度 [Bq/L]	運用管理値 [Bq/L]	告示濃度比
C-14	2.0E+03	5.0E+02	2.5E-01
Fe-59	4.0E+02	2.0E-01	5.0E-04
Ag-110m	3.0E+02	6.0E-02	2.0E-04
Cd-113m	4.0E+01	2.0E-01	5.0E-03
Cd-115m	3.0E+02	4.0E+00	1.3E-02
Sn-119m	2.0E+03	6.0E+01	3.0E-02
Sn-123	4.0E+02	8.0E+00	2.0E-02
Sn-126	2.0E+02	4.0E-01	2.0E-03

3 - 3 . 放出設備

「基本方針を踏まえた当社の対応」では、海洋放出設備の概念図（図 3 - 1）を示してい
るが、以下に示すその後の放出設備の検討状況を念頭に置き試算を行った。

- ① 希釈・海洋放出設備は、希釈前の ALPS 処理水の放射性物質濃度を確認するサンプル
タンク、ならびに海水を汲み上げ放出する海水移送ポンプおよび海水移送配管、
ALPS 処理水をサンプルタンクから海水配管まで移送する処理水移送ポンプおよび処
理水移送配管、弁類により構成される。
- ② サンプルタンクは、ALPS 近傍の海拔 33.5m の敷地中央に設置されたタンクを使用
する。タンク 10 基約 1 万 m³分を 1 群として構成し、各タンク内に攪拌装置、タン
ク群毎に循環装置を設ける。同時に受入・分析・放出の 3 用途が必要なため、タンク
群は 3 群設けローテーションしながら運用する。ALPS 処理水の排水量は、最大
500m³/日である。

- ③ 海水移送ポンプおよび海水移送配管は5,6号機海側の海拔2.5mの地点に設置する。大量の海水による希釈（100倍以上）により、トリチウム濃度を1,500Bq/L未滿とすることを確実にするため、海水移送配管には流量計を設ける。海水移送ポンプは保守性を考慮し、3台設置とする。海水による十分な希釈が出来るよう、海水移送ポンプの能力は流量測定可能な最大流量のポンプ（約17万m³/日/台）とする。
- ④ 処理水移送ポンプは海拔33.5mのサンプルタンク近傍に設置する。ALPS処理水放出時の流量調整を行うため流量調整弁を設ける。
- ⑤ 処理水移送配管は海拔33.5mのサンプルタンクから海拔2.5mの海水配管までを繋ぐように設置する。異常時にALPS処理水の移送を停止できるよう、処理水移送配管には緊急遮断弁を2箇所設ける。1箇所は異常時のALPS処理水の放出量を最小限とするよう海水配管近傍に、もう1箇所は想定される津波による水没等により前者の緊急遮断弁が機能しない場合に備え海拔13.5mの防潮堤内側に設置する。

なお、今回の評価においては、沖合約1kmの海底から放出される案を念頭に置く（図3-2）¹⁶。

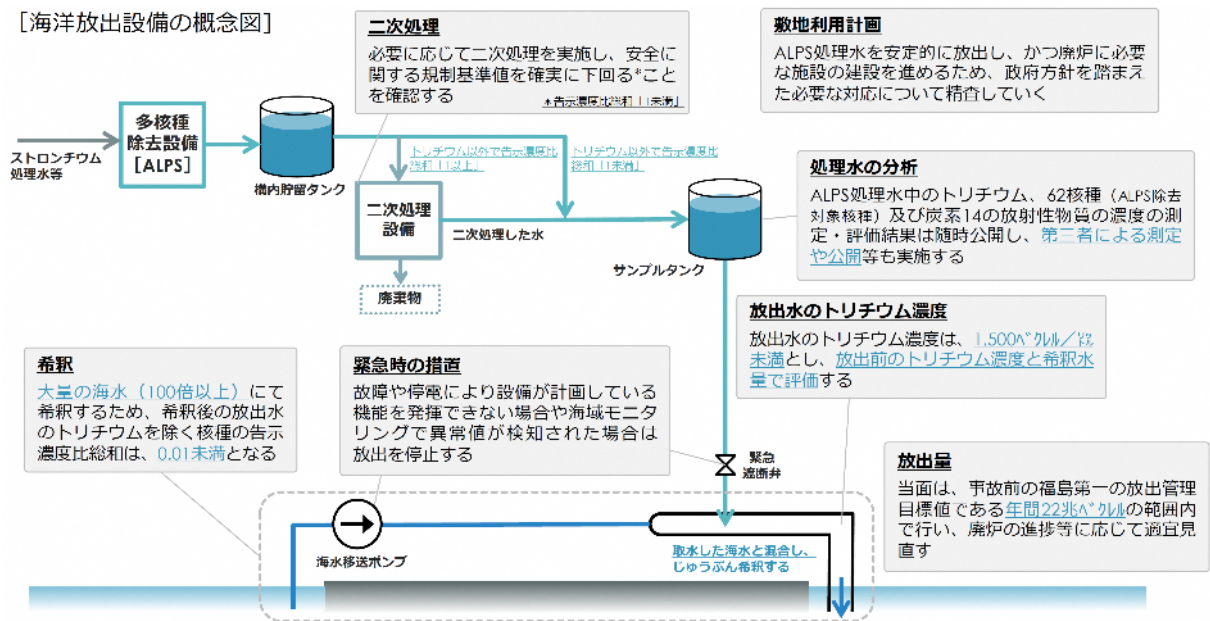


図3-1 海洋放出設備の概念図

¹⁶ この案は、既存の放水口を使う案と比較し、放出水が沖合にて拡散するため、海水が再循環しにくい（希釈用海水として再取水されにくい）。



出典：地理院地図(電子国土Web)をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>
※共同漁業権非設定区域

図3-2 放水位置図(検討中)

4. 評価方法

4-1. ソースターム（核種毎の年間放出量）

ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価の対象核種は、トリチウム、C-14 および ALPS による除去対象 62 核種の合計 64 核種とした（表 3-1）。このうち、トリチウムについては「基本方針を踏まえた当社の対応」において、年間放出量の上限を当面事故前の福島第一原子力発電所の放出管理目標値である 22 兆 Bq ($2.2E+13Bq$) としている。

トリチウム以外の 63 核種の放出量は、ALPS 処理水の核種組成（核種毎の濃度）と年間排水量の積によって算出する。保管されている ALPS 処理水等のトリチウム濃度には、約 15 万 Bq/L～約 216 万 Bq/L と幅があるため、年間排水量は、放出する ALPS 処理水のトリチウム濃度によって変化する。年間排水量は、トリチウム濃度と逆比例の関係であり、トリチウム以外の 63 核種の放出量は、トリチウム濃度が低い方が増加する。

ALPS 処理水の核種組成はタンク群毎に異なることから、以下の通り、複数の核種組成の ALPS 処理水を放出した場合の評価を行うこととした。

(1) 64 核種の実測値

- i. K4 タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.29）
- ii. J1-C タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.35）
- iii. J1-G タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.22）

(2) 仮想した ALPS 処理水（トリチウム以外の 63 核種のうち、被ばく影響が相対的に大きい核種のみで告示濃度比総和 1 となる核種組成）

以下の 2 通りの手順でソースタームを設定する。

(1) 64 核種の実測値によるソースターム

- ① トリチウムの年間放出量は、上限である 22 兆 Bq ($2.2E+13Bq$) とする。
- ② ①と実測したトリチウム濃度から、年間排水量を求める。
- ③ 実測した 63 核種の濃度と年間排水量の積により、核種毎の年間放出量を求める。検出下限未満の核種についても、保守的に検出下限値により算出する。

(2) 仮想した ALPS 処理水によるソースターム

- ① トリチウムの年間放出量は、上限である 22 兆 Bq ($2.2E+13Bq$) とする。
- ② 評価に使用する ALPS 処理水のトリチウム濃度を、これまでに確認されたトリチウムの最低濃度（約 15 万 Bq/L）を下回る 10 万 Bq/L と低く設定すること

で、ALPS 処理水の年間排水量を 2.2 億 L (2.2E+08L) と多く見積もる。これにより、トリチウム以外の核種の年間放出量も多く見積もることとなる。

- ③ トリチウム以外の 63 核種のうち、被ばくへの影響が相対的に大きい運用管理対象 8 核種の濃度は、上限値である運用管理値とする。8 核種の告示濃度比総和は 0.32 である。
- ④ その他の 55 核種については、運用管理対象 8 核種の次に被ばく影響が相対的に大きい Zn-65 を代表核種として評価することとし、Zn-65 の濃度を告示濃度比 0.68 に相当する 140Bq/L とする。これにより、トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和は放出管理上の上限値である 1 となる。
- ⑤ 運用管理対象 8 核種および Zn-65 の濃度に②の年間排水量を乗じて 9 核種の年間放出量を設定する。

なお、実際に ALPS 処理水を放出する際には、3-2. で示したとおり、トリチウム濃度が地下水バイパスおよびサブドレンの運用目標値である 1,500Bq/L を下回るよう、海水により 100 倍以上希釈してから海洋に放出することから、放出水のトリチウム以外の核種による告示濃度比総和は、0.01 未満になる。

4-2. 放出後の拡散、移行のモデリング

① 海域における拡散計算

領域海洋モデル「ROMS:Regional Ocean Modeling System」を一般財団法人電力中央研究所にて福島沖に適用したモデルを使用する。本モデルは、過去の実気象、海象のデータにより福島第一原子力発電所事故によって漏えいした海水中セシウム濃度の再現計算を実施し、実測データとの比較によって再現性が高いことを確認している。(Tsumune et al., 2020) [9]。本モデルは、2020 年 3 月 24 日公表の「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を受けた当社の検討素案について」[14]でも使用しており、このモデルを元に、放出地点および発電所港湾設備をより正確に設定するために、発電所近傍海域を高解像度化したモデルにより濃度を計算した。高解像度化によって、福島第一原子力発電所事故によって漏えいした海水中セシウム濃度の再現性が向上することを確認している。

主な計算条件は次の通り。

海域の流動データ

- ・海表面の駆動力に気象庁短期気象予測データを内挿したデータ(橋本ら、2010) [15]を使用
- ・外洋の境界条件およびデータ同化(ナッジング)¹⁷の元データとして、海洋の再解析データ(JCOPE2(Miyazawa et al., 2009) [16])を使用

モデルの範囲(図4-1参照)

解像度(全体) : 南北約 925m x 東西約 735m (約 1km)、鉛直方向 30 層

解像度(近傍) : 南北約 185m x 東西約 147m (約 200m)、鉛直方向 30 層

モデル範囲 : 北緯 35.30~39.71 度、東経 140.30~143.50 度
(490km×270km)、発電所周辺南北約 22.5km×東西約 8.4km の赤と青のハッチが交錯した海域が 200m メッシュになるよう、青線と赤線に挟まれた海域を段階的に約 1km メッシュから高解像度化

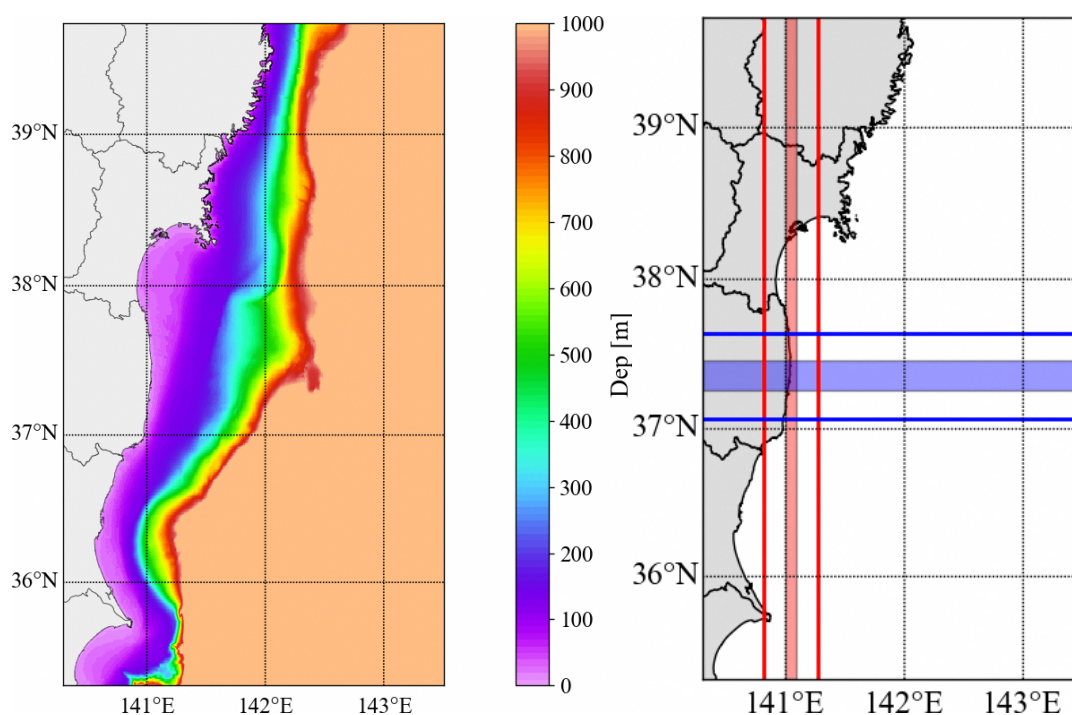


図4-1 モデルの範囲と水深分布

(右図において、赤と青のハッチが交錯した海域を 200m メッシュに高解像度化)

¹⁷ データ同化 : 数値シミュレーションに実測データを取り入れる手法。

②移行モデル

海洋に放出された放射性物質の移行モデルとしては、以下を考慮する。

- (1)海流等による移流、拡散
- (2)海流等による移流、拡散→船体への付着
- (3)海流等による移流、拡散→海浜の砂への付着
- (4)海流等による移流、拡散→漁網への付着
- (5)海流等による移流、拡散→魚介類等海洋生物による取り込み、濃縮

4-3. 被ばく経路の設定

以下に被ばく経路毎の評価モデルおよびパラメータを示す。

①外部被ばく

(1) 海上作業における海水面からの放射線による外部被ばく

海上作業時に、海水中の放射性物質から受ける外部被ばくについて、図4-2に示すモデルによる評価を行う。

海水面からの放射線による実効線量 D_1 (mSv/年)の計算式を式(1)に示す。

$$D_1 = \sum_i (K_1)_i \cdot (x_1)_i \cdot t_1 \quad (1)$$

ここで、

$(K_1)_i$ は核種 i の海水面からの γ 線による実効線量換算係数((mSv/h)/(Bq/L))、

$(x_1)_i$ は核種 i の海水中濃度(Bq/L)

t_1 は年間の被ばく時間(h/年)

である。

海水面からの γ 線による実効線量換算係数は、廃止措置工事環境影響評価ハンドブック [17] (以下、廃止措置ハンドブック) の値を使用した。実効線量換算係数の算出は、点減衰核積分法を用いた簡易遮へい計算コード QAD-CGGP2 が使用されている。廃止措置ハンドブックに示されていない核種は、 $\beta \cdot \gamma$ 核種については Co-60、 α 核種については Am-243 とそれぞれ保守的に最も大きい値を用いた(表4-1)。年間の被ばく時間については、4-4. に示す。

評価地点は、漁船等の一般船舶が日常的に立ち入る事の無い発電所前面海域の日常的に漁業が行われていないエリアより外側の周辺海域とし、最寄りの港湾までの距離が 5km 以上離れていることから、評価に使用する海水中放射性物質濃度は、日常的に漁業が行われていないエリア内も含めた周辺 10km×10km 圏内の海表面（最上層）の年間平均濃度とした。発電所周辺の海域図を図 4 - 3 に示す。（具体的な海水中濃度の計算方法は、5 - 1.、5 - 2.、5 - 3. に示す。）

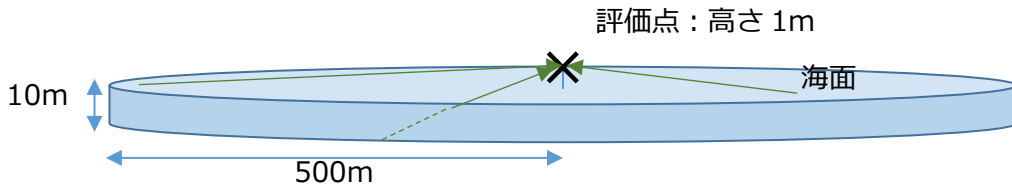


図 4 - 2 廃止措置ハンドブックにおける海面からの被ばく評価モデル

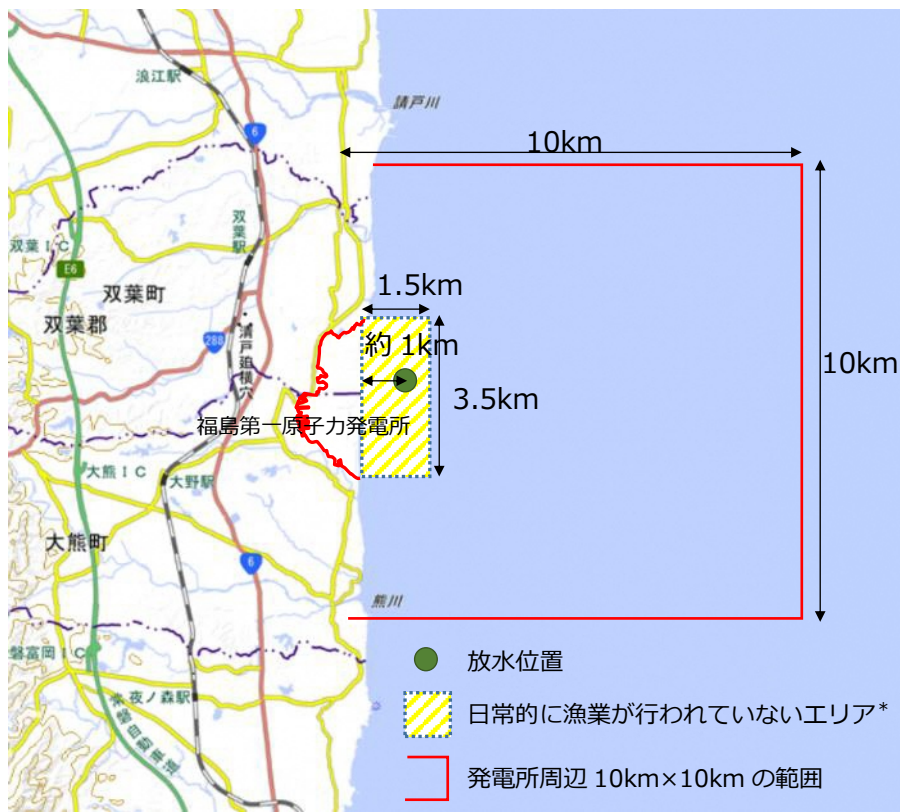


図 4 - 3 評価に使用する海水濃度の算出に係るエリア図

出典：地理院地図（電子国土 Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

(2) 海上作業における船体に付着した放射性物質からの外部被ばく

海上作業時に、海水から船体に移行した放射性物質から受ける外部放射線被ばくについて、図4-4に示すモデルによる評価を行う。

船体からの実効線量 D_2 (mSv/年)の計算式を式(2)、(3)に示す。

$$D_2 = \sum_i (K_2)_i \cdot (S_2)_i \cdot t_2 \quad (2)$$

$$(S_2)_i = (F_2)_i \cdot (x_2)_i \quad (3)$$

ここで、

$(K_2)_i$ は核種 i の船体からの γ 線による実効線量換算係数((mSv/h)/(Bq/m²))

$(S_2)_i$ は核種 i の船体における汚染密度(Bq/m²)

t_2 は年間の被ばく時間(h/年)

$(F_2)_i$ は核種 i の海水中から船体の移行係数((Bq/m²)/(Bq/L))

$(x_2)_i$ は核種 i の評価地点での海水中濃度(Bq/L)

である。

船体に付着した放射性物質からの γ 線による実効線量換算係数は、廃止措置ハンドブックの値を使用した。実効線量換算係数の算出は、点減衰核積分法を用いた簡易遮へい計算コード QAD-CGGP2 が使用されている。廃止措置ハンドブックに示されていない核種は、 $\beta \cdot \gamma$ 核種については Co-60、 α 核種については Am-243 とそれぞれ保守的に最も大きい値を用いた(表4-2)。年間の被ばく時間については、4-4. に示す。船体への移行係数は、“六ヶ所事業所再処理事業指定申請書”(日本原燃サービス、1989) [18]より $100((\text{Bq}/\text{m}^2)/(\text{Bq}/\text{L}))$ とした。

評価地点および評価に使用する海水中放射性物質濃度は、(1) 海上作業における海水中の放射性物質からの外部被ばくと同じとした。(具体的な海水中濃度の計算方法は、5-1.、5-2.、5-3. に示す。)

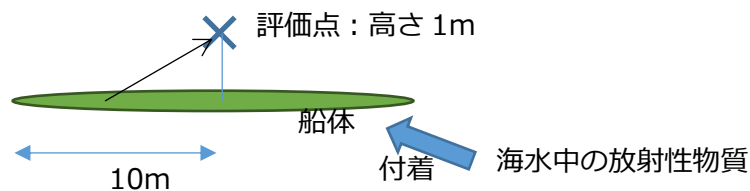


図4-4 廃止措置ハンドブックにおける船体からの被ばく評価モデル

(3) 遊泳、海中作業における外部被ばく

遊泳、海中作業時に、周囲の海水中の放射性物質から受けるγ線による外部被ばくについて、サブマージョンモデル¹⁸による評価を行う。

遊泳、海中作業時の海水からの放射線による実効線量 D_3 (mSv/年)の計算式を式(4)に示す。

$$D_3 = \sum_i (K_3)_i \cdot (x_3)_i \cdot t_3 \quad (4)$$

ここで、

$(K_3)_i$ は核種 i の海水からのγ線による実効線量換算係数((mSv/h)/(Bq/L))、

$(x_3)_i$ は核種 i の海水中濃度(Bq/L)

t_3 は年間の被ばく時間(h/年)

海水中からのγ線による実効線量換算係数は、廃止措置ハンドブックの値を使用した。廃止措置ハンドブックに示されていない核種は、β・γ核種についてはCo-60、α核種についてはAm-243とそれぞれ保守的に最も大きい値を用いた(表4-3)。年間の被ばく時間については、4-4.に示す。

評価地点および評価に使用する海水中放射性物質濃度の考え方は、(1)海上作業における海水からの放射性物質からの外部被ばくと同じとするが、水中での被ばくのため海表面から海底までの全層の平均濃度を使用する。(具体的な海水中濃度の計算方法は、5-1.、5-2.、5-3.に示す。)

(4) 海浜における外部被ばく

砂浜滞在時に、海水から海浜の砂に移行した放射性物質から受ける外部被ばくについて、図4-5に示すモデルによる評価を行う。

海浜砂からのγ線による実効線量 D_4 (mSv/年)の計算式を式(5)に示す。

$$D_4 = \sum_i (K_4)_i \cdot (x_4)_i \cdot (F_4)_i \cdot t_4 \quad (5)$$

¹⁸ 周囲を放射性物質に囲まれた状態で周囲の放射性物質からの放射線による被ばくを計算するモデル

ここで、

$(K_4)_i$ は核種 i の海浜砂からの γ 線による実効線量換算係数((mSv/h)/(Bq/kg))

$(x_4)_i$ は核種 i の海水中濃度(Bq/L)

$(F_4)_i$ は核種 i の海水から砂浜への移行係数((Bq/kg)/(Bq/L))

t_4 は年間の被ばく時間(h/年)

海浜砂からの γ 線による実効線量換算係数は、廃止措置ハンドブックの値を使用した。実効線量換算係数の算出は、点減衰核積分法を用いた簡易遮へい計算コード QAD-CGGP2 が使用されている。廃止措置ハンドブックに示されていない核種は、 $\beta \cdot \gamma$ 核種については Co-60、 α 核種については Am-243 とそれぞれ保守的に最も大きい値を用いた（表 4 - 4）。砂浜への核種の移行係数は、“発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について”より、すべての核種について $1,000[(\text{Bq/kg})/(\text{Bq/L})]$ とした。年間の被ばく時間については、4 - 4. に示す。

評価地点は、図 4 - 3 の日常的に漁業が行われていないエリア以遠の砂浜とするが、評価に使用する海水中放射性物質濃度の考え方は、(1) 海上作業における海水中の放射性物質からの外部被ばくと同じとし、沿岸部では上下層の海水が混合するものと考え全層の平均濃度を使用する。（具体的な海水中濃度の計算方法は、5 - 1.、5 - 2.、5 - 3. に示す。）

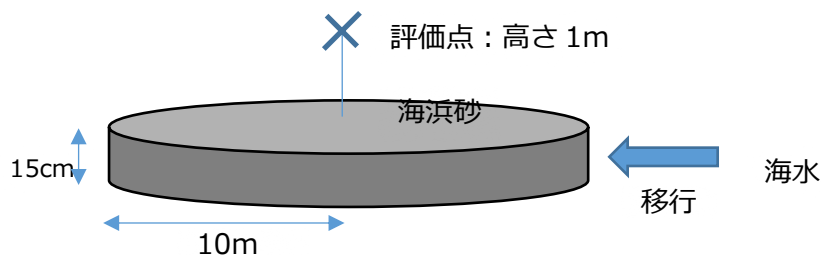


図 4 - 5 廃止措置ハンドブックにおける海浜砂からの被ばく評価モデル

(5) 漁網に付着した放射性物質からの外部被ばく

漁業に従事する際に、海水から放射性物質が漁網に移行し、その漁網を船上、あるいは陸上に置いた際に漁網に付着した放射性物質から受ける外部被ばくについて、図4-6に示すモデルにより評価を行う。

漁網に付着した放射性物質からの実効線量 D_5 (mSv/年)の計算式を式(6)、(7)に示す。

$$D_5 = \sum_i (K_5)_i \cdot (S_5)_i \cdot t_5 \quad (6)$$

$$(S_5)_i = (F_5)_i \cdot (x_5)_i \quad (7)$$

ここで、

$(K_5)_i$ は核種 i の漁網からの γ 線による実効線量換算係数((mSv/h)/(Bq/kg))

$(S_5)_i$ は漁網中の核種 i の濃度(Bq/kg)

t_5 は年間の被ばく時間(h/年)

$(F_5)_i$ は核種 i の海水から漁網への移行係数((Bq/kg)/(Bq/L))

$(x_5)_i$ は漁網を使用する海域における核種 i の海水中濃度(Bq/L)

実効線量換算係数は、廃止措置ハンドブックの値を使用した。実効線量換算係数の算出は、点減衰核積分法を用いた簡易遮へい計算コード QAD-CGGP2 が使用されている。廃止措置ハンドブックに示されていない核種は、 $\beta \cdot \gamma$ 核種については Co-60、 α 核種については Am-243 とそれぞれ保守的に最も大きい値を用いた(表4-5)。年間の被ばく時間については、4-4. に示す。漁網への移行係数は、“六ヶ所事業所再処理事業指定申請書”よりトリチウム以外のすべての核種について $4,000((\text{Bq/kg})/(\text{Bq/L}))$ とした。

評価地点および評価に使用する海水中放射性物質濃度の考え方は、(1) 海上作業における海水中の放射性物質からの外部被ばくと同じとするが、漁網は、捕獲対象とする魚種によって様々な深さで使用されることから、全層の平均濃度を使用する。(具体的な海水中濃度の計算方法は、5-1.、5-2.、5-3. に示す。)

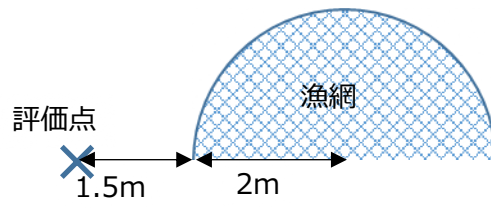


図 4 - 6 廃止措置ハンドブックにおける漁網からの被ばく評価モデル

②内部被ばく

海水から海洋生物に移行した放射性物質を、海産物摂取に伴い体内に取り込むことによる内部被ばくについて、以下のモデルによる評価を行う。

海産物摂取による実効線量 D_6 (mSv/年)の計算式を式(8)、(9)に示す。

$$D_6 = \sum_k \sum_i (K_F^{50})_i \cdot H_{ki} \quad (8)$$

$$H_{ki} = 365 \cdot 10^{-3} \cdot x_i \cdot (CF)_{ki} \cdot F_k \cdot W_k \cdot f_{ki} \quad (9)$$

ここで、

$(K_F^{50})_i$ は核種 i の経口摂取による実効線量係数((mSv)/(Bq))

H_{ki} は核種 i の海産物 k による摂取率(Bq/年)

x_i 核種 i の海水中濃度

$(CF)_{ki}$ は核種 i の海産物 k に対する濃縮係数((Bq/kg)/(Bq/L))¹⁹

F_k は市場希釈係数

W_k は海産物 k の摂取量 (g/日)

f_{ki} は海産物 k の採取から摂取までの核種 i の減衰比

$365 \cdot 10^{-3}$ は、単位の換算 (365 日/年、 10^{-3} kg/g) による係数

経口摂取による実効線量係数は、ICRP Publication 72 "Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides; Part 5 Compilation of Ingestion and inhalation Dose Coefficients" [19]に定める係数を使用した (表 4 - 6)。

最寄りの漁港までの距離が 5km 以上離れていることから、漁業が行われる海域を発電所周辺の 10km×10km の範囲と設定し、評価に使用する海水中放射性物質濃度は、日常的に漁業が行われていないエリアも含めた周辺 10km×10km 圏内の全層平均濃度を使用する。(具体的な海水中濃度の計算方法は、5 - 1.、5 - 2.、5 - 3. に示す。)

海産物の濃縮係数は、IAEA Technical Reports Series No.422 "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine

¹⁹ 海洋生物 (原則可食部) 中放射性核種濃度 (湿重量当たり) の、生息している環境海水中放射性核種濃度に対する関係を示す便宜的な係数で、生物への移行評価モデルで用いられる (IAEA, 2004)

Environment” [20]および UCRL-50564 Rev.1 “CONCENTRATION FACTORS OF CHEMICAL ELEMENTS IN EDIBLE AQUATIC ORGANISMS” [21]に定める係数を使用した（表4-7）。

海産物の摂取量については、4-4. に示す。また、市場希釈、海産物の採取から摂取までの核種の減衰は考慮しないこととした。

4-4. 被ばく評価の対象となる代表的個人の設定

被ばく評価の対象となる代表的個人の特性を、“発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について”等より以下の通り設定した。

- ・ 漁業に年間120日（2880時間）従事し、そのうち80日（1920時間）は漁網の近くで作業を行う。
- ・ 海岸に年間500時間滞在し、96時間遊泳を行う。
- ・ 海産物の摂取量は、厚生労働省の“令和元年国民健康・栄養調査報告”の食品群別摂取量を引用し、以下の2ケースの評価を行うこととした。

（1）海産物を平均的に摂取する個人

20歳以上の平均摂取量を成人の値とし、幼児、乳児は“発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針” [22]より成人のそれぞれ1/2、1/5の摂取量とした。

（2）海産物を多く摂取する個人

20歳以上の平均摂取量に標準偏差の2倍を加えた値を成人の値とし、幼児、乳児は成人の1/2、1/5とした。

設定した海産物の摂取量を表4-8、4-9に示す。

4-5. 線量評価の方法

4-1～4で設定した評価方法により被ばく計算を行う。

計算結果については、一般公衆の線量限度1mSv/年と比較する。また、日本においては線量拘束値は設定されていないため、最適化の目標として、国内の原子力発電所に対する線量目標値0.05mSv/年との比較も行う。

表4-1 海水面からの放射線による実効線量換算係数

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/L))	備考
H-3	5.4E-15	
C-14	3.7E-12	
Mn-54	1.7E-07	
Fe-59	3.2E-11	
Co-58	2.0E-07	
Co-60	5.0E-07	
Ni-63	2.3E-13	
Zn-65	1.2E-07	
Rb-86	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-89	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-90	1.6E-09	
Y-90	—	親核種 Sr-90 に含まれる
Y-91	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Nb-95	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tc-99	1.5E-11	
Ru-103	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ru-106	4.5E-08	
Rh-103m	—	親核種 Ru-103 に含まれる
Rh-106	—	親核種 Ru-106 に含まれる
Ag-110m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cd-113m	7.4E-11	
Cd-115m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-119m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-123	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-126	1.1E-08	
Sb-124	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sb-125	8.7E-08	
Te-123m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-125m	6.6E-09	
Te-127	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-127m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-129	—	親核種 Te-129m に含まれる

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/L))	備考
Te-129m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
I-129	4.6E-09	
Cs-134	3.1E-07	
Cs-135	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-136	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-137	1.2E-07	
Ba-137m	–	親核種 Cs-137 に含まれる
Ba-140	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-141	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-144	1.3E-08	
Pr-144	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pr-144m	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pm-146	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-147	8.2E-12	
Pm-148	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-148m	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sm-151	1.7E-12	
Eu-152	2.3E-07	
Eu-154	2.5E-07	
Eu-155	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Gd-153	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tb-160	5.0E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pu-238	4.7E-11	
Pu-239	2.6E-11	
Pu-240	4.6E-11	
Pu-241	2.9E-08	
Am-241	4.6E-09	
Am-242m	3.1E-09	
Am-243	4.4E-08	
Cm-242	4.8E-11	
Cm-243	4.4E-08	保守的に Am-243 と同じ値とした
Cm-244	4.5E-11	

表4-2 船体からのγ線による実効線量換算係数

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/m ²))	備考
H-3	1.4E-14	
C-14	1.3E-12	
Mn-54	1.4E-09	
Fe-59	4.2E-12	
Co-58	1.6E-09	
Co-60	3.5E-09	
Ni-63	2.5E-13	
Zn-65	1.0E-09	
Rb-86	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-89	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-90	5.8E-11	
Y-90	—	親核種 Sr-90 に含まれる
Y-91	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Nb-95	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tc-99	2.8E-12	
Ru-103	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ru-106	4.0E-10	
Rh-103m	—	親核種 Ru-103 に含まれる
Rh-106	—	親核種 Ru-106 に含まれる
Ag-110m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cd-113m	7.2E-12	
Cd-115m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-119m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-123	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-126	2.3E-10	
Sb-124	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sb-125	8.3E-10	
Te-123m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-125m	4.4E-10	
Te-127	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-127m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-129	—	親核種 Te-129m に含まれる

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/m ²))	備考
Te-129m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
I-129	3.0E-10	
Cs-134	2.4E-09	
Cs-135	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-136	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-137	9.5E-10	
Ba-137m	–	親核種 Cs-137 に含まれる
Ba-140	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-141	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-144	1.6E-10	
Pr-144	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pr-144m	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pm-146	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-147	1.9E-12	
Pm-148	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-148m	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sm-151	8.7E-13	
Eu-152	1.8E-09	
Eu-154	1.8E-09	
Eu-155	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Gd-153	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tb-160	3.5E-09	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pu-238	1.1E-10	
Pu-239	3.9E-11	
Pu-240	1.0E-10	
Pu-241	7.7E-10	
Am-241	2.0E-10	
Am-242m	8.3E-10	
Am-243	1.1E-09	
Cm-242	1.1E-10	
Cm-243	1.1E-09	保守的に Am-243 と同じ値とした
Cm-244	1.0E-10	

表4-3 遊泳、海中作業における海水からの放射線による実効線量換算係数

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/L))	備考
H-3	0.0E+00	
C-14	0.0E+00	
Mn-54	4.8E-07	
Fe-59	6.8E-07	
Co-58	4.7E-07	
Co-60	1.4E-06	
Ni-63	0.0E+00	
Zn-65	3.3E-07	
Rb-86	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-89	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-90	7.2E-13	
Y-90	—	親核種 Sr-90 に含まれる
Y-91	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Nb-95	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tc-99	4.0E-13	
Ru-103	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ru-106	1.2E-07	
Rh-103m	—	親核種 Ru-103 に含まれる
Rh-106	—	親核種 Ru-106 に含まれる
Ag-110m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cd-113m	4.2E-11	
Cd-115m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-119m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-123	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-126	3.2E-08	
Sb-124	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sb-125	2.5E-07	
Te-123m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-125m	2.0E-08	
Te-127	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-127m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-129	—	親核種 Te-129m に含まれる

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/L))	備考
Te-129m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
I-129	1.4E-08	
Cs-134	9.0E-07	
Cs-135	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-136	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-137	3.4E-07	
Ba-137m	–	親核種 Cs-137 に含まれる
Ba-140	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-141	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-144	2.8E-08	
Pr-144	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pr-144m	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pm-146	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-147	2.5E-12	
Pm-148	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-148m	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sm-151	8.3E-12	
Eu-152	6.6E-07	
Eu-154	6.4E-07	
Eu-155	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Gd-153	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tb-160	1.4E-06	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pu-238	1.1E-09	
Pu-239	5.2E-10	
Pu-240	9.9E-10	
Pu-241	8.1E-08	
Am-241	1.9E-08	
Am-242m	1.4E-08	
Am-243	1.4E-07	
Cm-242	1.1E-09	
Cm-243	1.4E-07	保守的に Am-243 と同じ値とした
Cm-244	9.0E-10	

表 4-4 海浜砂からのγ線による実効線量換算係数

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/kg))	備考
H-3	4.3E-15	
C-14	1.4E-12	
Mn-54	1.6E-07	
Fe-59	1.6E-11	
Co-58	1.9E-07	
Co-60	4.7E-07	
Ni-63	1.1E-13	
Zn-65	1.1E-07	
Rb-86	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-89	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-90	1.2E-09	
Y-90	—	親核種 Sr-90 に含まれる
Y-91	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Nb-95	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tc-99	6.3E-12	
Ru-103	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ru-106	4.3E-08	
Rh-103m	—	親核種 Ru-103 に含まれる
Rh-106	—	親核種 Ru-106 に含まれる
Ag-110m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cd-113m	4.1E-11	
Cd-115m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-119m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-123	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-126	5.2E-09	
Sb-124	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sb-125	8.3E-08	
Te-123m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-125m	1.9E-09	
Te-127	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-127m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-129	—	親核種 Te-129m に含まれる

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/kg))	備考
Te-129m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
I-129	1.3E-09	
Cs-134	3.1E-07	
Cs-135	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-136	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-137	1.2E-07	
Ba-137m	–	親核種 Cs-137 に含まれる
Ba-140	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-141	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-144	1.0E-08	
Pr-144	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pr-144m	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pm-146	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-147	3.5E-12	
Pm-148	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-148m	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sm-151	6.3E-13	
Eu-152	2.1E-07	
Eu-154	2.3E-07	
Eu-155	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Gd-153	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tb-160	4.7E-07	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pu-238	3.6E-11	
Pu-239	2.1E-11	
Pu-240	3.5E-11	
Pu-241	2.0E-08	
Am-241	1.7E-09	
Am-242m	2.0E-09	
Am-243	3.1E-08	
Cm-242	3.7E-11	
Cm-243	3.1E-08	保守的に Am-243 と同じ値とした
Cm-244	3.6E-11	

表4-5 漁網からのγ線による実効線量換算係数

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/kg))	備考
H-3	1.9E-16	
C-14	1.5E-13	
Mn-54	3.2E-08	
Fe-59	2.2E-12	
Co-58	3.7E-08	
Co-60	9.9E-08	
Ni-63	7.8E-15	
Zn-65	2.3E-08	
Rb-86	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-89	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sr-90	2.1E-10	
Y-90	—	親核種 Sr-90 に含まれる
Y-91	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Nb-95	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tc-99	7.9E-13	
Ru-103	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ru-106	8.2E-09	
Rh-103m	—	親核種 Ru-103 に含まれる
Rh-106	—	親核種 Ru-106 に含まれる
Ag-110m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cd-113m	5.9E-12	
Cd-115m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-119m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-123	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sn-126	7.0E-10	
Sb-124	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sb-125	1.5E-08	
Te-123m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-125m	2.3E-10	
Te-127	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-127m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Te-129	—	親核種 Te-129m に含まれる

核種	実効線量換算係数 ((mSv/h)/(Bq/kg))	備考
Te-129m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
I-129	1.6E-10	
Cs-134	5.9E-08	
Cs-135	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-136	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Cs-137	2.2E-08	
Ba-137m	–	親核種 Cs-137 に含まれる
Ba-140	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-141	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Ce-144	2.0E-09	
Pr-144	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pr-144m	–	親核種 Ce-144 に含まれる
Pm-146	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-147	4.2E-13	
Pm-148	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pm-148m	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Sm-151	5.8E-14	
Eu-152	4.3E-08	
Eu-154	4.7E-08	
Eu-155	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Gd-153	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Tb-160	9.9E-08	保守的に Co-60 と同じ値とした
Pu-238	1.7E-12	
Pu-239	1.9E-12	
Pu-240	1.8E-12	
Pu-241	3.1E-09	
Am-241	2.1E-10	
Am-242m	2.7E-10	
Am-243	4.8E-09	
Cm-242	1.8E-12	
Cm-243	4.8E-09	保守的に Am-243 と同じ値とした
Cm-244	2.1E-12	

表4-6 経口摂取による実効線量係数

対象核種	実効線量係数 (mSv/Bq)			備考
	成人	幼児	乳児	
H-3	1.8E-08	3.1E-08	6.4E-08	
C-14	5.8E-07	9.9E-07	1.4E-06	
Mn-54	7.1E-07	1.9E-06	5.4E-06	
Fe-59	1.8E-06	7.5E-06	3.9E-05	
Co-58	7.4E-07	2.6E-06	7.3E-06	
Co-60	3.4E-06	1.7E-05	5.4E-05	
Ni-63	1.5E-07	4.6E-07	1.6E-06	
Zn-65	3.9E-06	9.7E-06	3.6E-05	
Rb-86	2.8E-06	9.9E-06	3.1E-05	
Sr-89	2.6E-06	8.9E-06	3.6E-05	
Sr-90	2.8E-05	4.7E-05	2.3E-04	
Y-90	—	—	—	親核種 Sr-90 にて評価する。
Y-91	2.4E-06	8.8E-06	2.8E-05	
Nb-95	5.8E-07	1.8E-06	4.6E-06	
Tc-99	6.4E-07	2.3E-06	1.0E-05	
Ru-103	7.3E-07	2.4E-06	7.1E-06	
Ru-106	7.0E-06	2.5E-05	8.4E-05	
Rh-103m	—	—	—	親核種 Ru-103 にて評価する。
Rh-106	—	—	—	親核種 Ru-106 にて評価する。
Ag-110m	2.8E-06	7.8E-06	2.4E-05	
Cd-113m	2.3E-05	3.9E-05	1.2E-04	
Cd-115m	3.3E-06	9.7E-06	4.1E-05	
Sn-119m	3.4E-07	1.3E-06	4.1E-06	
Sn-123	2.1E-06	7.8E-06	2.5E-05	
Sn-126	4.7E-06	1.6E-05	5.0E-05	
Sb-124	2.5E-06	8.4E-06	2.5E-05	
Sb-125	1.1E-06	3.4E-06	1.1E-05	
Te-123m	1.4E-06	4.9E-06	1.9E-05	
Te-125m	8.7E-07	3.3E-06	1.3E-05	
Te-127	1.7E-07	6.2E-07	1.5E-06	
Te-127m	2.3E-06	9.5E-06	4.1E-05	

対象核種	実効線量係数 (mSv/Bq)			備考
	成人	幼児	乳児	
Te-129	－	－	－	親核種 Te-129m にて評価する。
Te-129m	3.0E-06	1.2E-05	4.4E-05	
I-129	1.1E-04	1.7E-04	1.8E-04	
Cs-134	1.9E-05	1.3E-05	2.6E-05	
Cs-135	2.0E-06	1.7E-06	4.1E-06	
Cs-136	3.0E-06	6.1E-06	1.5E-05	
Cs-137	1.3E-05	9.6E-06	2.1E-05	
Ba-137m	－	－	－	親核種 Cs-137 にて評価する。
Ba-140	2.6E-06	9.2E-06	3.2E-05	
Ce-141	7.1E-07	2.6E-06	8.1E-06	
Ce-144	5.2E-06	1.9E-05	6.6E-05	
Pr-144	－	－	－	親核種 Ce-144 にて評価する。
Pr-144m	－	－	－	親核種 Ce-144 にて評価する。
Pm-146	9.0E-07	2.8E-06	1.0E-05	
Pm-147	2.6E-07	9.6E-07	3.6E-06	
Pm-148	2.7E-06	9.7E-06	3.0E-05	
Pm-148m	1.7E-06	5.5E-06	1.5E-05	
Sm-151	9.8E-08	3.3E-07	1.5E-06	
Eu-152	1.4E-06	4.1E-06	1.6E-05	
Eu-154	2.0E-06	6.5E-06	2.5E-05	
Eu-155	3.2E-07	1.1E-06	4.3E-06	
Gd-153	2.7E-07	9.4E-07	2.9E-06	
Tb-160	1.6E-06	5.4E-06	1.6E-05	
Pu-238	2.3E-04	3.1E-04	4.0E-03	
Pu-239	2.5E-04	3.3E-04	4.2E-03	
Pu-240	2.5E-04	3.3E-04	4.2E-03	
Pu-241	4.8E-06	5.5E-06	5.6E-05	
Am-241	2.0E-04	2.7E-04	3.7E-03	
Am-242m	1.9E-04	2.3E-04	3.1E-03	
Am-243	2.0E-04	2.7E-04	3.6E-03	
Cm-242	1.2E-05	3.9E-05	5.9E-04	
Cm-243	1.5E-04	2.2E-04	3.2E-03	

対象核種	実効線量係数 (mSv/Bq)			備考
	成人	幼児	乳児	
Cm-244	1.2E-04	1.9E-04	2.9E-03	

表4-7 海産物に対する濃縮係数

対象核種	濃縮係数 ((Bq/kg) / (Bq/L))			備考
	魚類	無脊椎動物	海藻	
H-3	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	
C-14	2.0E+04	2.0E+04	1.0E+04	
Mn-54	1.0E+03	5.0E+04	6.0E+03	
Fe-59	3.0E+04	5.0E+05	2.0E+04	
Co-58	7.0E+02	2.0E+04	6.0E+03	
Co-60	7.0E+02	2.0E+04	6.0E+03	
Ni-63	1.0E+03	2.0E+03	2.0E+03	
Zn-65	1.0E+03	8.0E+04	2.0E+03	
Rb-86	9.0E+00	1.7E+01	1.7E+01	UCRL-50564 Rev.1 より引用
Sr-89	3.0E+00	1.0E+01	1.0E+01	
Sr-90	3.0E+00	1.0E+01	1.0E+01	
Y-90	-	-	-	親核種 Sr-90 にて評価する
Y-91	2.0E+01	1.0E+03	1.0E+03	
Nb-95	3.0E+01	1.0E+03	3.0E+03	
Tc-99	8.0E+01	5.0E+02	3.0E+04	
Ru-103	2.0E+00	5.0E+02	2.0E+03	
Ru-106	2.0E+00	5.0E+02	2.0E+03	
Rh-103m	-	-	-	親核種 Ru-103 にて評価する
Rh-106	-	-	-	親核種 Ru-106 にて評価する
Ag-110m	1.0E+04	6.0E+04	5.0E+03	
Cd-113m	5.0E+03	8.0E+04	2.0E+04	
Cd-115m	5.0E+03	8.0E+04	2.0E+04	
Sn-119m	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	
Sn-123	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	
Sn-126	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	
Sb-124	6.0E+02	3.0E+02	2.0E+01	
Sb-125	6.0E+02	3.0E+02	2.0E+01	
Te-123m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
Te-125m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
Te-127	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
Te-127m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	

対象核種	濃縮係数 ((Bq/kg) / (Bq/L))			備考
	魚類	無脊椎動物	海藻	
Te-129	－	－	－	親核種 Te-129m にて評価する
Te-129m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
I-129	9.0E+00	1.0E+01	1.0E+04	
Cs-134	1.0E+02	6.0E+01	5.0E+01	
Cs-135	1.0E+02	6.0E+01	5.0E+01	
Cs-136	1.0E+02	6.0E+01	5.0E+01	
Cs-137	1.0E+02	6.0E+01	5.0E+01	
Ba-137m	－	－	－	親核種 Cs-137 にて評価する
Ba-140	1.0E+01	1.0E+01	7.0E+01	
Ce-141	5.0E+01	2.0E+03	5.0E+03	
Ce-144	5.0E+01	2.0E+03	5.0E+03	
Pr-144	－	－	－	親核種 Ce-144 にて評価する
Pr-144m	－	－	－	親核種 Ce-144 にて評価する
Pm-146	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Pm-147	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Pm-148	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Pm-148m	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Sm-151	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Eu-152	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Eu-154	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Eu-155	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Gd-153	3.0E+02	7.0E+03	3.0E+03	
Tb-160	6.0E+01	3.0E+03	2.0E+03	
Pu-238	1.0E+02	3.0E+03	4.0E+03	
Pu-239	1.0E+02	3.0E+03	4.0E+03	
Pu-240	1.0E+02	3.0E+03	4.0E+03	
Pu-241	1.0E+02	3.0E+03	4.0E+03	
Am-241	1.0E+02	1.0E+03	8.0E+03	
Am-242m	1.0E+02	1.0E+03	8.0E+03	
Am-243	1.0E+02	1.0E+03	8.0E+03	
Cm-242	1.0E+02	1.0E+03	5.0E+03	
Cm-243	1.0E+02	1.0E+03	5.0E+03	
Cm-244	1.0E+02	1.0E+03	5.0E+03	

※無脊椎動物としては、軟体動物（頭足類を除く）の値を使用した。

表 4 - 8 海産物を平均的に摂取する個人の摂取量 (g/日)

	魚類	無脊椎動物	海藻類
成人	58	10	11
幼児	29	5.1	5.3
乳児	12	2.0	2.1

表 4 - 9 海産物を多く摂取する個人の摂取量 (g/日)

	魚類	無脊椎動物	海藻類
成人	190	62	52
幼児	97	31	26
乳児	39	12	10

5. 被ばく評価

5-1. ソースタームの設定

4-1. で示した手順に従って設定したソースターム（年間放出量, Bq）を、表5-1～4に示す。なお、実際にALPS処理水を放出する際には、トリチウム濃度が地下水バイパスおよびサブドレンの運用目標値である1,500Bq/L未満となるよう、海水により100倍以上に希釈してから海洋に放出し、これに伴い放出水のトリチウム以外の核種による告示濃度比総和は、0.01未満となる。

5-2. 移流・拡散の評価

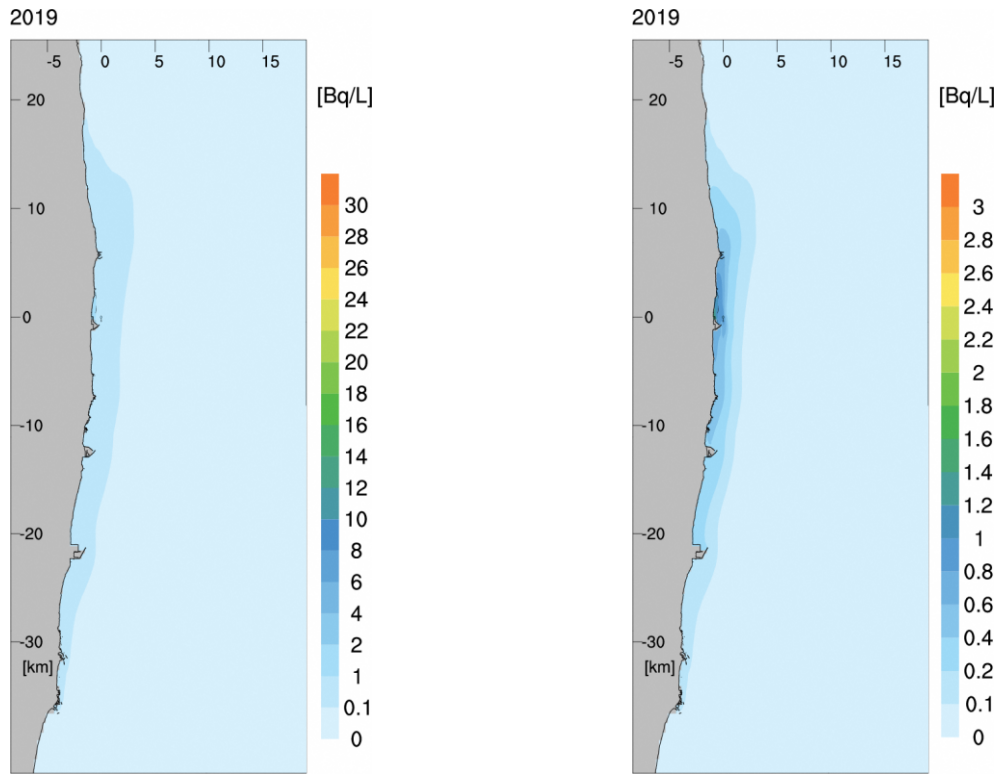
4-2. に示したモデルを用いて、発電所沖合約1kmの海底から、年間22兆Bq（ $2.2E+13$ Bq）のトリチウムを、年間を通じて均等に放出し続ける条件で、移流・拡散による海水中のトリチウム濃度変化の計算を実施した。気象、海象条件は、2014年および2019年の2年分実施した。2年間の結果に大きな違いは無いが、発電所周辺の平均濃度が相対的に高い2019年の気象、海象条件による計算結果を図5-1～5に示す。図5-1は広域の海表面の年間平均濃度、図5-2は発電所周辺の海表面の年間平均濃度を図示したものである。海表面で1Bq/Lを超える濃度範囲は、発電所周辺の3km範囲程度となっている。

図5-3、図5-4は、海中の年間平均濃度を東西方向、南北方向の断面で図示したものであり、海底の放水地点付近では30Bq/L程度となるものの、周辺では速やかに濃度が低下している。

図5-5は、四季毎の海表面の平均濃度分布を示したものである。海表面で1Bq/Lを超える濃度範囲は、図5-1に比べて季節によるばらつきが見られるものの、発電所周辺に留まっている。

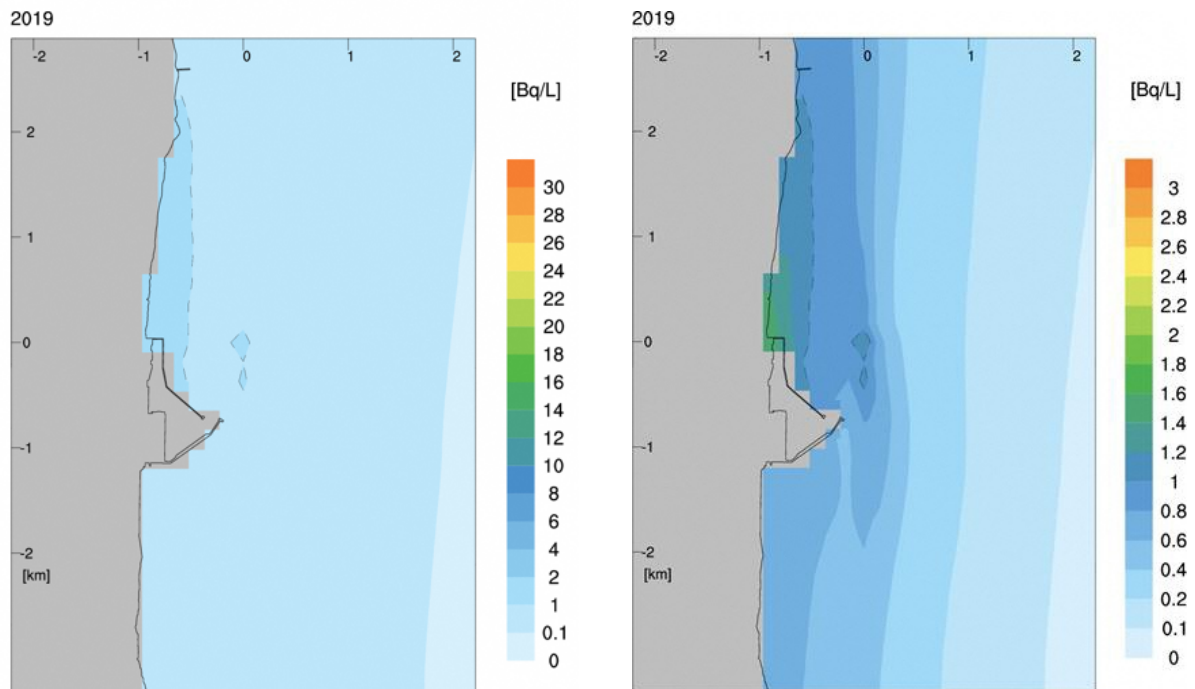
図5-6、図5-7は、年間を通じた海表面の日平均濃度分布のうち、それぞれ最も北に拡がる場合、南に拡がる場合、東に拡がる場合を図示したものである。

なお、放出方法の検討において比較検討していた沿岸からの放出との計算結果の比較を参考Fに示した。



左図の濃度区分を詳細にしたもの

図5-1 海表面の年間平均濃度分布図
(トリチウム $2.2E+13Bq$ を年間を通じて均等に放出)



左図の濃度区分を詳細にしたもの

図5-2 海表面の年間平均濃度分布図 (近傍拡大図)
(トリチウム $2.2E+13Bq$ を年間を通じて均等に放出)

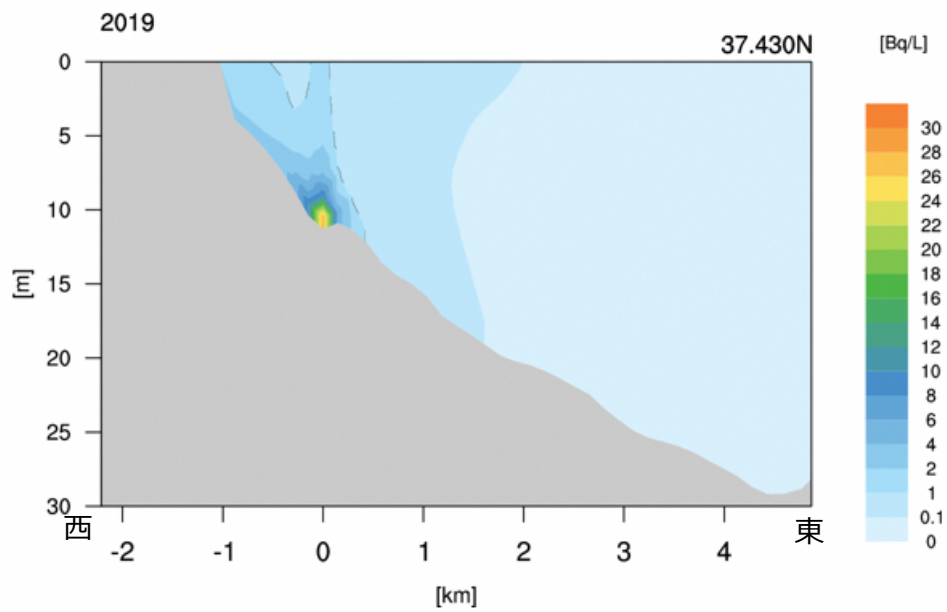


図5-3 海中の年間平均濃度分布図（放水位置東西断面）
 （トリチウム $2.2E+13Bq$ を年間を通じて均等に放出）

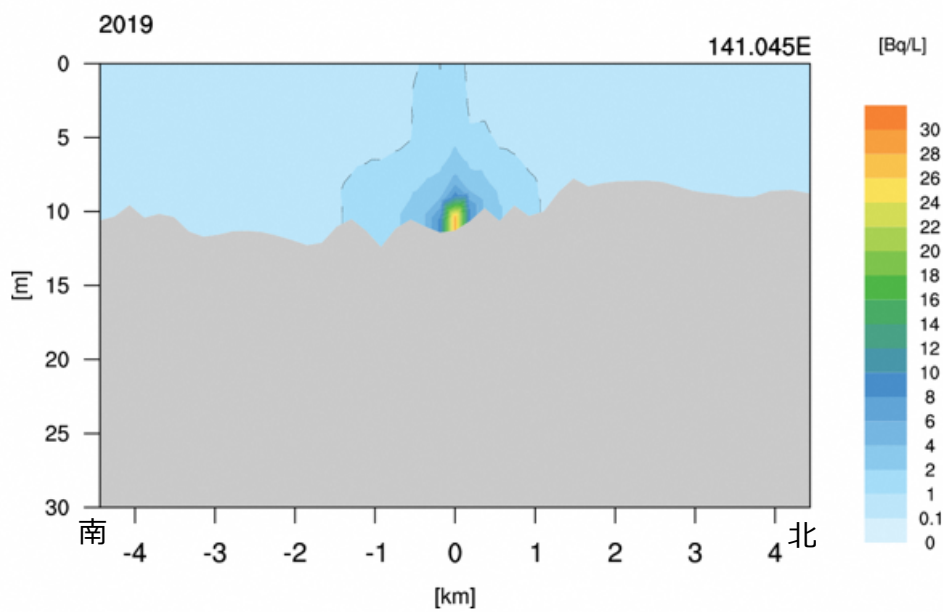
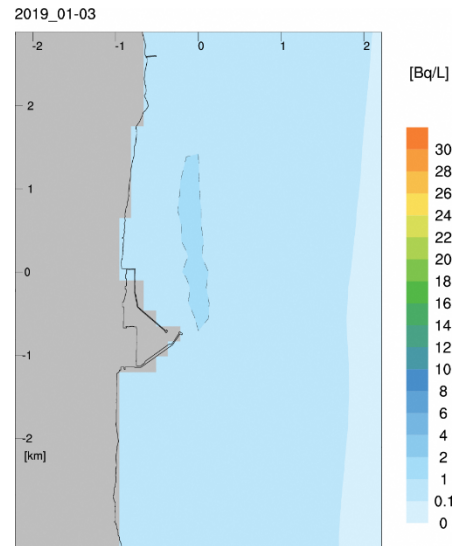
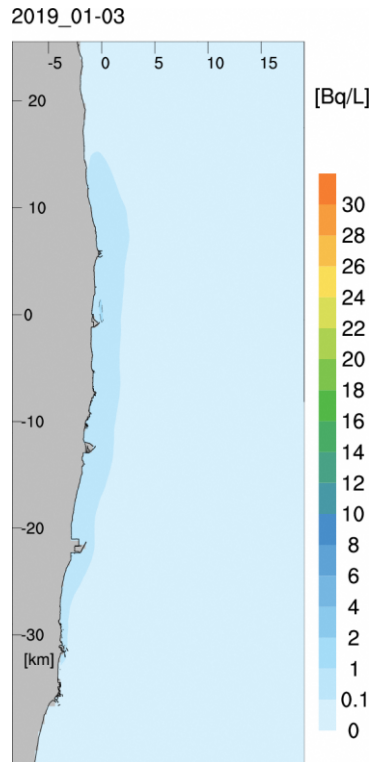
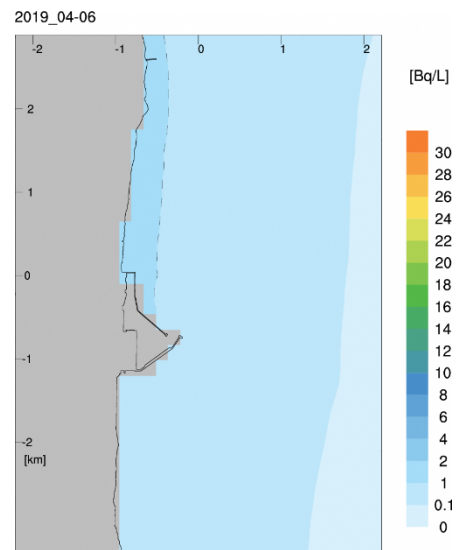
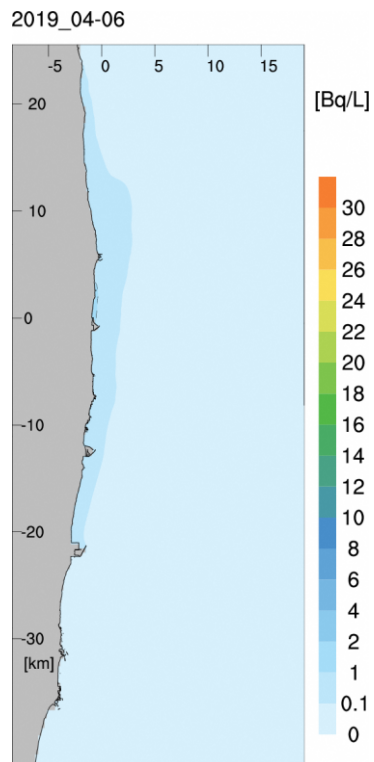


図5-4 海中の年間平均濃度分布図（放水位置南北断面）
 （トリチウム $2.2E+13Bq$ を年間を通じて均等に放出）



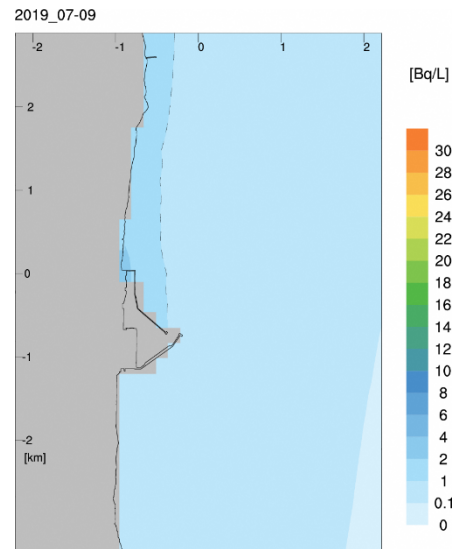
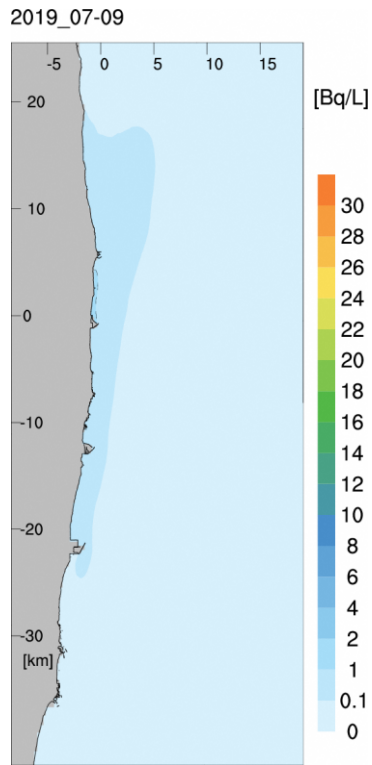
左図の発電所周辺を拡大したもの

図 5 - 5 (1) 季節毎の海表面の平均濃度分布図
(1 - 3 月平均)



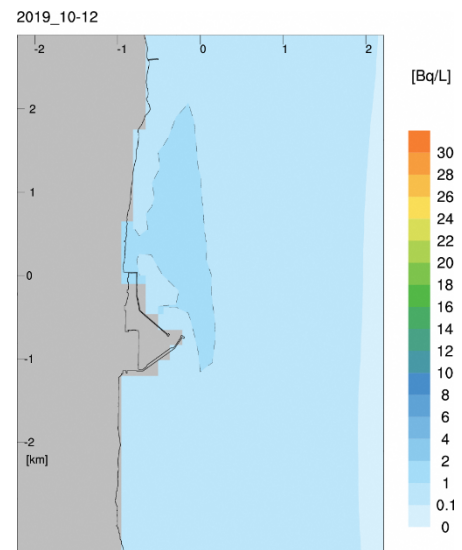
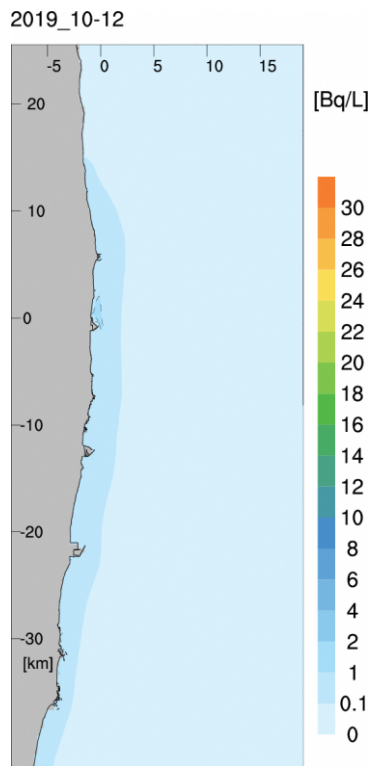
左図の発電所周辺を拡大したもの

図 5 - 5 (2) 季節毎の海表面の平均濃度分布図
(4 - 6 月平均)



左図の発電所周辺を拡大したもの

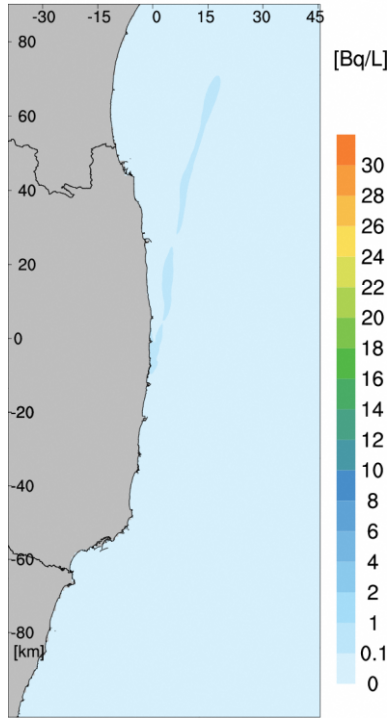
図 5 - 5 (3) 季節毎の海表面の平均濃度分布図
(7 - 9 月平均)



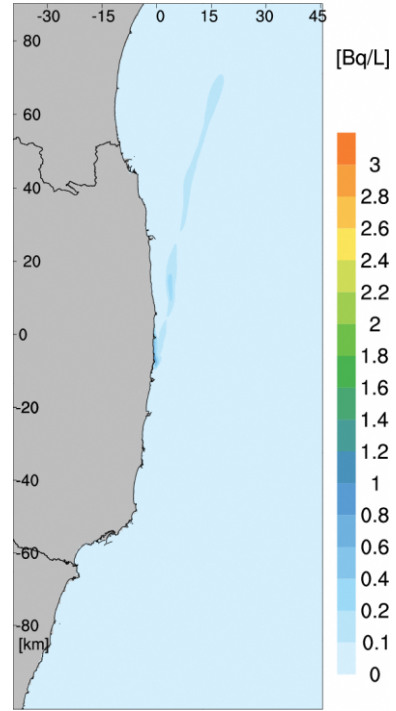
左図の発電所周辺を拡大したもの

図 5 - 5 (4) 季節毎の海表面の平均濃度分布図
(10 - 12 月平均)

20190827



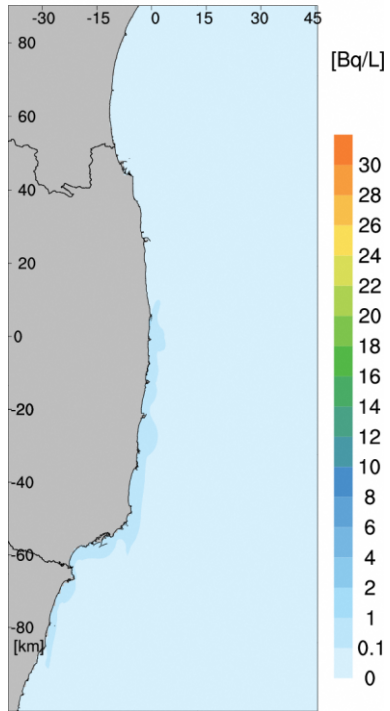
20190827



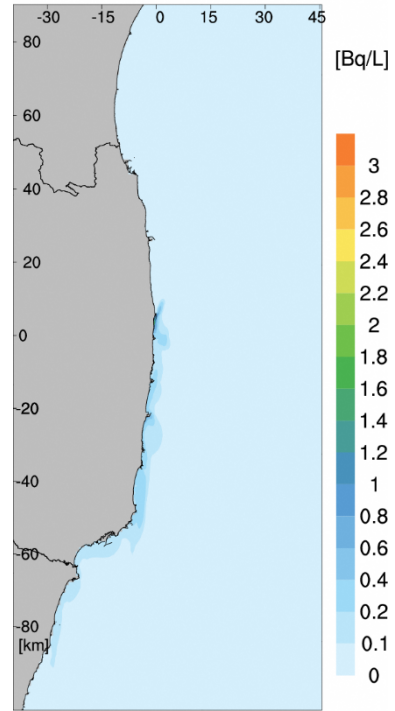
左図の濃度区分を詳細にしたもの

図5-6(1) 海表面の日平均濃度分布図
(0.1Bq/Lの範囲が最も北に広がる場合)

20191027



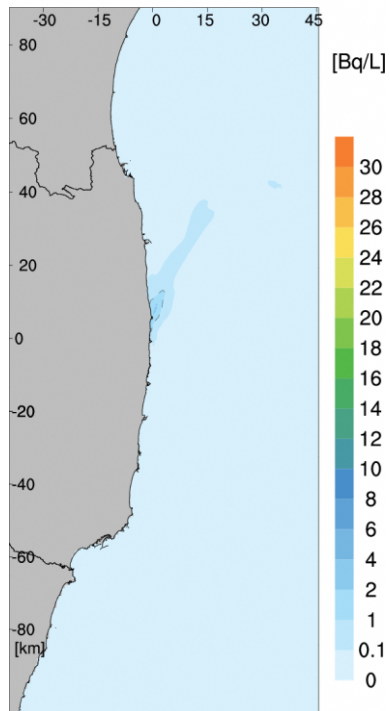
20191027



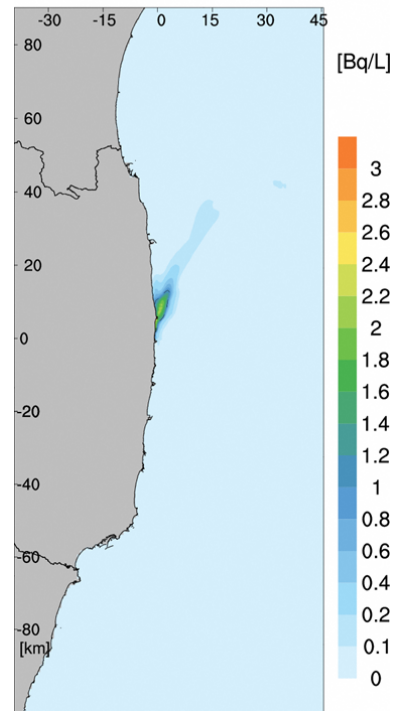
左図の濃度区分を詳細にしたもの

図5-6(2) 海表面の日平均濃度分布図
(0.1Bq/Lの範囲が最も南に広がる場合)

20190806



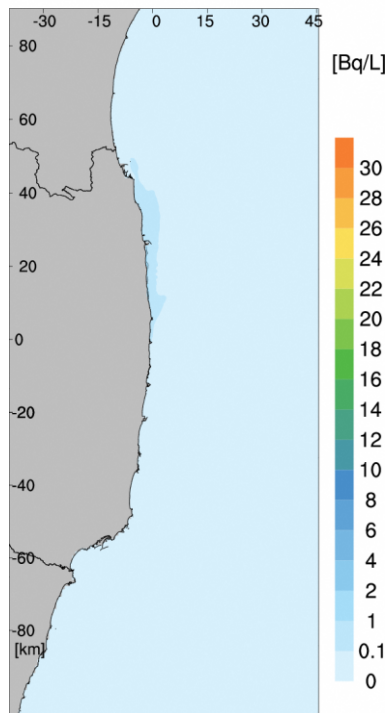
20190806



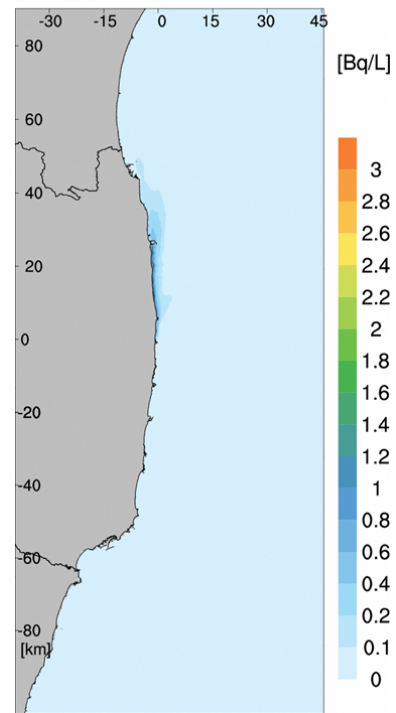
左図の濃度区分を詳細にしたもの

図 5 - 6 (3) 海表面の日平均濃度分布図
(0.1Bq/L の範囲が最も東に広がる場合)

20190521



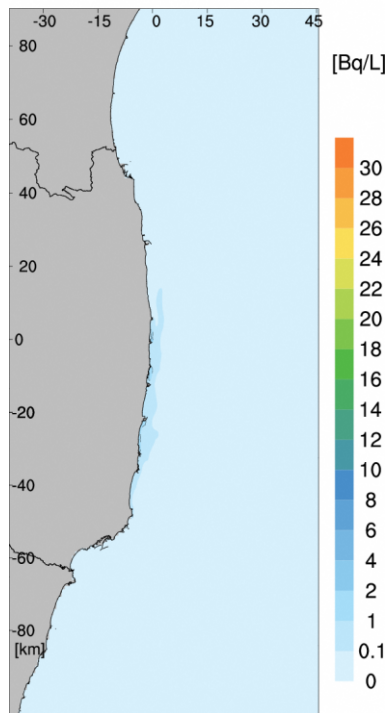
20190521



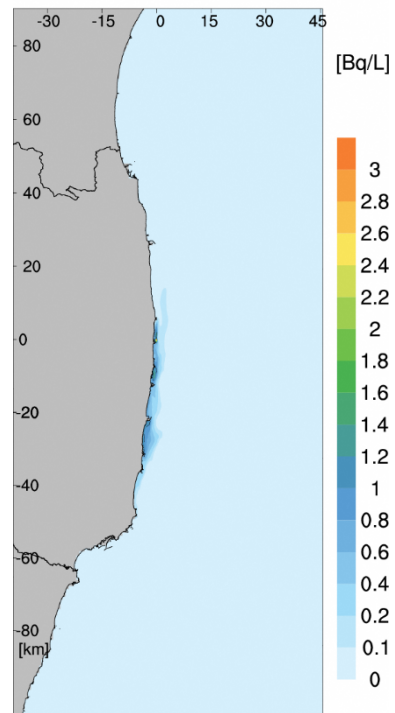
左図の濃度区分を詳細にしたもの

図 5 - 7 (1) 海表面の日平均濃度分布図
(1Bq/L の範囲が最も北に広がる場合)

20190211



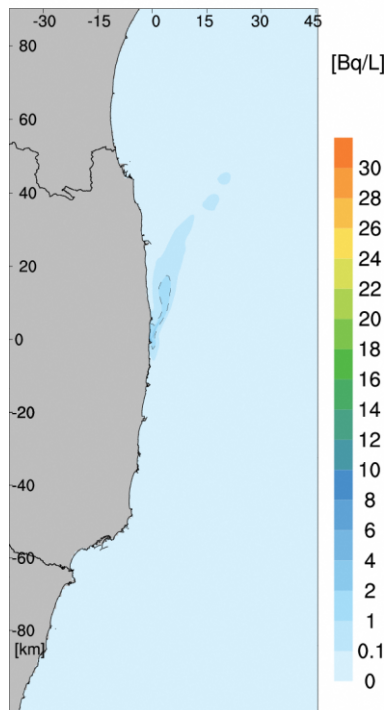
20190211



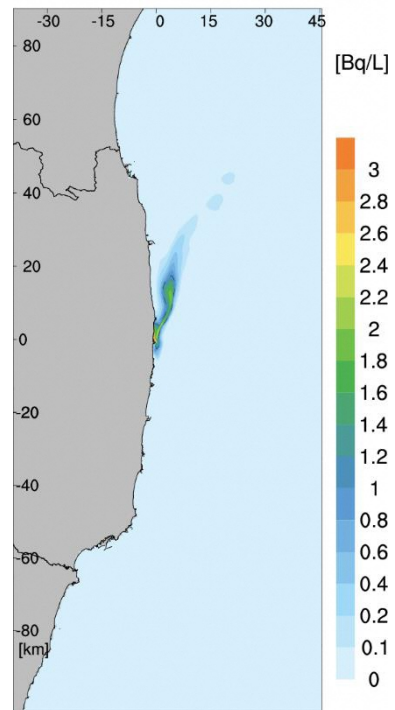
左図の濃度区分を詳細にしたもの

図 5 - 7 (2) 海表面の日平均濃度分布図
(1Bq/L の範囲が最も南に広がる場合)

20190829



20190829



左図の濃度区分を詳細にしたもの

図 5 - 7 (3) 海表面の日平均濃度分布図
(1Bq/L の範囲が最も東に広がる場合)

5-3. 評価に使用する核種毎の海水中濃度の算出

トリチウムに対する移流・拡散の評価結果を基に、ソースタームにおけるトリチウムと他の核種の年間放出量の比によって、他の核種の濃度を求める。

表5-5に、トリチウムを年間22兆Bq ($2.2E+13Bq$) 放出した場合の、発電所周辺10km×10km圏内の海水中トリチウム濃度(年間平均濃度)を示す。2014年の濃度に対する2019年の濃度の変化率は20%未満であった。また、評価の元となるモデルでは、福島第一原子力発電所から漏洩したCs-137の再現計算を実施し、論文として発表している(Tsumune et al., 2020 [9])。2013年から2016年の4カ年の気象条件を用いて計算した年間平均濃度分布はそれぞれ相似であることを示しており、当該海域の年間平均濃度分布の予測可能性は高いと述べている。年変動の影響は小さいが、ここではより大きな2019年の濃度を被ばく評価に用いることとした。

本結果と、表5-1~4の核種毎の年間放出量から求めた、評価用の海水中放射性物質濃度を表5-6~9に示す。

5-4. 被ばく評価結果

表5-6~9の海水中濃度を使用し、以下の4ケースの被ばく評価を行った結果を表5-10、5-11に示す。

(1) 実測値の核種組成によるソースターム

- i. K4タンク群(トリチウム以外の63核種の告示濃度比総和0.29)
- ii. J1-Cタンク群(トリチウム以外の63核種の告示濃度比総和0.35)
- iii. J1-Gタンク群(トリチウム以外の63核種の告示濃度比総和0.22)

(2) 仮想したALPS処理水によるソースターム

(トリチウム以外の63核種の告示濃度比総和1)

実測値の核種組成によるソースタームを用いた場合の評価結果は、 0.000017 ($1.7E-05$) ~ 0.00031 ($3.1E-04$) mSv/年と、いずれの場合も一般公衆の線量限度1mSv/年はもとより、国内の原子力発電所に対する線量目標値0.05mSv/年も大きく下回る結果であった。また、被ばくの影響が相対的に大きい核種だけが含まれる仮想したALPS処理水によるソースタームを用いて、海産物を多く摂取する個人という極めて保守的な条件で評価を行った場合でも、被ばく評価の結果は 0.0021 ($2.1E-03$) mSv/年と、線量限度1mSv/年はもとより、線量目標値0.05mSv/年も大きく下回る結果であった。実測値によるソースターム

での評価は、検出下限値未満の核種（不検出核種）についても検出下限値で含まれるものとして評価したことから、評価結果は保守的なものと考えられる。評価結果のうち、不検出核種の寄与について、参考 G に示した。

また、実効線量係数が大きく、内部被ばくの評価値が高くなる乳児においても、内部被ばくの評価結果は最も小さい K4 タンク群の 0.000029 (2.9E-05) mSv/年から、最も大きい仮想した ALPS 処理水によるソースタームを用いた評価結果 0.0039 (3.9E-03) mSv/年の範囲に収まっており、線量限度 1 mSv/年はもとより、線量目標値 0.05mSv/年も大きく下回る結果であった。

これらの評価結果の、核種別の内訳は参考 H に示した。

表5-1 実測値 (K4 タンク群) の核種組成によるソースターム (年間放出量)

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
H-3	1.9E+05	1.2E+08	2.2E+13	・トリチウムの年間放出量は、年間放出量の上限值とした。 ・放出する際には、トリチウム濃度が1,500Bq/L未滿となるよう、海水により100倍以上に希釈してから放出する
C-14	1.5E+01		1.7E+09	
Mn-54	6.7E-03		7.8E+05	
Fe-59	1.7E-02		2.0E+06	
Co-58	8.0E-03		9.3E+05	
Co-60	4.4E-01		5.1E+07	
Ni-63	2.2E+00		2.5E+08	
Zn-65	1.5E-02		1.7E+06	
Rb-86	1.9E-01		2.2E+07	
Sr-89	1.0E-01		1.2E+07	
Sr-90	2.2E-01		2.5E+07	
Y-90	2.2E-01		2.5E+07	
Y-91	2.2E+00		2.5E+08	
Nb-95	1.0E-02		1.2E+06	
Tc-99	7.0E-01		8.1E+07	
Ru-103	1.0E-02		1.2E+06	
Ru-106	1.6E+00		1.9E+08	
Rh-103m	1.0E-02		1.2E+06	
Rh-106	1.6E+00		1.9E+08	
Ag-110m	5.6E-03		6.5E+05	
Cd-113m	1.8E-02		2.1E+06	
Cd-115m	6.4E-01		7.4E+07	
Sn-119m	1.7E-01		2.0E+07	
Sn-123	1.2E+00		1.4E+08	
Sn-126	2.7E-02		3.1E+06	
Sb-124	9.5E-03		1.1E+06	
Sb-125	3.3E-01		3.8E+07	
Te-123m	9.2E-03		1.1E+06	
Te-125m	3.3E-01		3.8E+07	
Te-127	3.2E-01		3.7E+07	
Te-127m	3.2E-01		3.7E+07	
Te-129	8.1E-02		9.4E+06	
Te-129m	3.2E-01		3.7E+07	
I-129	2.1E+00		2.4E+08	
Cs-134	4.5E-02		5.2E+06	
Cs-135	2.5E-06		2.9E+02	
Cs-136	3.0E-02		3.5E+06	
Cs-137	4.2E-01		4.9E+07	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Ba-137m	4.2E-01		4.9E+07	
Ba-140	9.5E-02		1.1E+07	
Ce-141	2.5E-02		2.9E+06	
Ce-144	6.3E-02		7.3E+06	
Pr-144	6.3E-02		7.3E+06	
Pr-144m	6.3E-02		7.3E+06	
Pm-146	9.8E-02		1.1E+07	
Pm-147	1.9E-01		2.2E+07	
Pm-148	5.0E-01		5.8E+07	
Pm-148m	8.4E-03		9.7E+05	
Sm-151	9.0E-04		1.0E+05	
Eu-152	2.8E-02		3.2E+06	
Eu-154	1.2E-02		1.4E+06	
Eu-155	3.3E-02		3.8E+06	
Gd-153	3.2E-02		3.7E+06	
Tb-160	2.8E-02		3.2E+06	
Pu-238	6.3E-04		7.3E+04	
Pu-239	6.3E-04		7.3E+04	
Pu-240	6.3E-04		7.3E+04	
Pu-241	2.8E-02		3.2E+06	
Am-241	6.3E-04		7.3E+04	
Am-242m	3.9E-05		4.5E+03	
Am-243	6.3E-04		7.3E+04	
Cm-242	6.3E-04		7.3E+04	
Cm-243	6.3E-04		7.3E+04	
Cm-244	6.3E-04		7.3E+04	

表5-2 実測値 (J1-C タンク群) の核種組成によるソースターム (年間放出量)

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
H-3	8.2E+05	2.7E+07	2.2E+13	・トリチウムの年間放出量は、年間放出量の上限值とした。 ・放出する際には、トリチウム濃度が1,500Bq/L未滿となるよう、海水により100倍以上に希釈してから放出する
C-14	1.8E+01		4.8E+08	
Mn-54	3.8E-02		1.0E+06	
Fe-59	8.7E-02		2.3E+06	
Co-58	4.1E-02		1.1E+06	
Co-60	3.3E-01		8.9E+06	
Ni-63	8.5E+00		2.3E+08	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Zn-65	9.4E-02		2.5E+06	
Rb-86	5.0E-01		1.3E+07	
Sr-89	5.4E-02		1.4E+06	
Sr-90	3.6E-02		9.7E+05	
Y-90	3.6E-02		9.7E+05	
Y-91	1.7E+01		4.6E+08	
Nb-95	5.0E-02		1.3E+06	
Tc-99	1.2E+00		3.2E+07	
Ru-103	5.3E-02		1.4E+06	
Ru-106	1.4E+00		3.8E+07	
Rh-103m	5.3E-02		1.4E+06	
Rh-106	1.4E+00		3.8E+07	
Ag-110m	4.3E-02		1.2E+06	
Cd-113m	8.5E-02		2.3E+06	
Cd-115m	2.7E+00		7.2E+07	
Sn-119m	4.2E+01		1.1E+09	
Sn-123	6.6E+00		1.8E+08	
Sn-126	2.9E-01		7.8E+06	
Sb-124	9.7E-02		2.6E+06	
Sb-125	2.3E-01		6.2E+06	
Te-123m	9.2E-02		2.5E+06	
Te-125m	2.3E-01		6.2E+06	
Te-127	4.7E+00		1.3E+08	
Te-127m	4.9E+00		1.3E+08	
Te-129	6.2E-01		1.7E+07	
Te-129m	1.4E+00		3.8E+07	
I-129	1.2E+00		3.2E+07	
Cs-134	7.6E-02		2.0E+06	
Cs-135	1.2E-06		3.2E+01	
Cs-136	4.7E-02		1.3E+06	
Cs-137	1.9E-01		5.1E+06	
Ba-137m	1.9E-01		5.1E+06	
Ba-140	2.0E-01		5.4E+06	
Ce-141	2.6E-01		7.0E+06	
Ce-144	5.7E-01		1.5E+07	
Pr-144	5.7E-01		1.5E+07	
Pr-144m	5.7E-01		1.5E+07	
Pm-146	6.7E-02		1.8E+06	
Pm-147	8.0E-01		2.1E+07	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Pm-148	2.3E-01		6.2E+06	
Pm-148m	4.8E-02		1.3E+06	
Sm-151	1.1E-02		3.0E+05	
Eu-152	2.8E-01		7.5E+06	
Eu-154	1.1E-01		3.0E+06	
Eu-155	3.4E-01		9.1E+06	
Gd-153	2.6E-01		7.0E+06	
Tb-160	1.4E-01		3.8E+06	
Pu-238	3.3E-02		8.9E+05	
Pu-239	3.3E-02		8.9E+05	
Pu-240	3.3E-02		8.9E+05	
Pu-241	1.2E+00		3.2E+07	
Am-241	3.3E-02		8.9E+05	
Am-242m	5.9E-04		1.6E+04	
Am-243	3.3E-02		8.9E+05	
Cm-242	3.3E-02		8.9E+05	
Cm-243	3.3E-02		8.9E+05	
Cm-244	3.3E-02		8.9E+05	

表5-3 実測値 (J1-G タンク群) の核種組成によるソースターム (年間放出量)

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
H-3	2.7E+05	8.1E+07	2.2E+13	<ul style="list-style-type: none"> ・トリチウムの年間放出量は、年間放出量の上限值とした。 ・放出する際には、トリチウム濃度が1,500Bq/L未滿となるよう、海水により100倍以上に希釈してから放出する
C-14	1.6E+01		1.3E+09	
Mn-54	3.8E-02		3.1E+06	
Fe-59	7.2E-02		5.9E+06	
Co-58	3.7E-02		3.0E+06	
Co-60	2.3E-01		1.9E+07	
Ni-63	8.8E+00		7.2E+08	
Zn-65	8.0E-02		6.5E+06	
Rb-86	4.7E-01		3.8E+07	
Sr-89	4.5E-02		3.7E+06	
Sr-90	3.2E-02		2.6E+06	
Y-90	3.2E-02		2.6E+06	
Y-91	1.2E+01		9.8E+08	
Nb-95	4.7E-02		3.8E+06	
Tc-99	1.3E+00		1.1E+08	
Ru-103	5.1E-02		4.2E+06	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Ru-106	4.8E-01		3.9E+07	
Rh-103m	5.1E-02		4.2E+06	
Rh-106	4.8E-01		3.9E+07	
Ag-110m	4.0E-02		3.3E+06	
Cd-113m	8.6E-02		7.0E+06	
Cd-115m	2.3E+00		1.9E+08	
Sn-119m	4.0E+01		3.3E+09	
Sn-123	6.3E+00		5.1E+08	
Sn-126	1.5E-01		1.2E+07	
Sb-124	8.4E-02		6.8E+06	
Sb-125	1.4E-01		1.1E+07	
Te-123m	6.7E-02		5.5E+06	
Te-125m	1.4E-01		1.1E+07	
Te-127	4.3E+00		3.5E+08	
Te-127m	4.5E+00		3.7E+08	
Te-129	5.9E-01		4.8E+07	
Te-129m	1.2E+00		9.8E+07	
I-129	3.3E-01		2.7E+07	
Cs-134	6.7E-02		5.5E+06	
Cs-135	2.1E-06		1.7E+02	
Cs-136	3.6E-02		2.9E+06	
Cs-137	3.3E-01		2.7E+07	
Ba-137m	3.3E-01		2.7E+07	
Ba-140	1.7E-01		1.4E+07	
Ce-141	1.2E-01		9.8E+06	
Ce-144	5.5E-01		4.5E+07	
Pr-144	5.5E-01		4.5E+07	
Pr-144m	5.5E-01		4.5E+07	
Pm-146	6.3E-02		5.1E+06	
Pm-147	7.2E-01		5.9E+07	
Pm-148	4.5E-01		3.7E+07	
Pm-148m	4.1E-02		3.3E+06	
Sm-151	1.0E-02		8.1E+05	
Eu-152	1.9E-01		1.5E+07	
Eu-154	1.0E-01		8.1E+06	
Eu-155	1.8E-01		1.5E+07	
Gd-153	1.9E-01		1.5E+07	
Tb-160	1.4E-01		1.1E+07	
Pu-238	2.8E-02		2.3E+06	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Pu-239	2.8E-02		2.3E+06	
Pu-240	2.8E-02		2.3E+06	
Pu-241	1.0E+00		8.1E+07	
Am-241	2.8E-02		2.3E+06	
Am-242m	5.1E-04		4.2E+04	
Am-243	2.8E-02		2.3E+06	
Cm-242	2.8E-02		2.3E+06	
Cm-243	2.8E-02		2.3E+06	
Cm-244	2.8E-02		2.3E+06	

表5-4 仮想したALPS処理水によるソースターム（年間放出量）

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
H-3	1.0E+05	2.2E+08	2.2E+13	<ul style="list-style-type: none"> ・トリチウムの年間放出量は、年間放出量の上限值とした。 ・なお、実際に放出する際には、トリチウム濃度が1,500Bq/L未滿となるよう、海水により100倍以上に希釈してから放出することから、放出水のトリチウム以外の63核種の告示濃度比総和は0.01未滿となる。
C-14	5.0E+02		1.1E+11	
Fe-59	2.0E-01		4.4E+07	
Zn-65	1.4E+02		3.1E+10	
Ag-110m	6.0E-02		1.3E+07	
Cd-113m	2.0E-01		4.4E+07	
Cd-115m	4.0E+00		8.8E+08	
Sn-119m	6.0E+01		1.3E+10	
Sn-123	8.0E+00		1.8E+09	
Sn-126	4.0E-01		8.8E+07	

表5-5 トリチウムを年間 $2.2E+13$ Bq 放出した場合の海水中トリチウム濃度

	深さ	計算結果 (Bq/L)			評価用濃度 (Bq/L)
		2014年 気象海象	2019年 気象海象	差異 (%)	
発電所周辺 10km×10km 圏内 の平均濃度	全層	4.8E-02	5.6E-02	17	5.6E-02
	最上層	1.0E-01	1.2E-01	18	1.2E-01

表5-6 評価に使用する海水中濃度 (K4 タンク群の核種組成によるソースターム)

対象 核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	5.6E-02	1.2E-01
C-14	1.7E+09	4.4E-06	9.5E-06
Mn-54	7.8E+05	2.0E-09	4.2E-09
Fe-59	2.0E+06	5.0E-09	1.1E-08
Co-58	9.3E+05	2.4E-09	5.1E-09
Co-60	5.1E+07	1.3E-07	2.8E-07
Ni-63	2.5E+08	6.5E-07	1.4E-06
Zn-65	1.7E+06	4.4E-09	9.5E-09
Rb-86	2.2E+07	5.6E-08	1.2E-07
Sr-89	1.2E+07	2.9E-08	6.3E-08
Sr-90	2.5E+07	6.5E-08	1.4E-07
Y-90	2.5E+07	6.5E-08	1.4E-07
Y-91	2.5E+08	6.5E-07	1.4E-06
Nb-95	1.2E+06	2.9E-09	6.3E-09
Tc-99	8.1E+07	2.1E-07	4.4E-07
Ru-103	1.2E+06	2.9E-09	6.3E-09
Ru-106	1.9E+08	4.7E-07	1.0E-06
Rh-103m	1.2E+06	2.9E-09	6.3E-09
Rh-106	1.9E+08	4.7E-07	1.0E-06
Ag-110m	6.5E+05	1.7E-09	3.5E-09
Cd-113m	2.1E+06	5.3E-09	1.1E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Cd-115m	7.4E+07	1.9E-07	4.0E-07
Sn-119m	2.0E+07	5.0E-08	1.1E-07
Sn-123	1.4E+08	3.5E-07	7.6E-07
Sn-126	3.1E+06	8.0E-09	1.7E-08
Sb-124	1.1E+06	2.8E-09	6.0E-09
Sb-125	3.8E+07	9.7E-08	2.1E-07
Te-123m	1.1E+06	2.7E-09	5.8E-09
Te-125m	3.8E+07	9.7E-08	2.1E-07
Te-127	3.7E+07	9.4E-08	2.0E-07
Te-127m	3.7E+07	9.4E-08	2.0E-07
Te-129	9.4E+06	2.4E-08	5.1E-08
Te-129m	3.7E+07	9.4E-08	2.0E-07
I-129	2.4E+08	6.2E-07	1.3E-06
Cs-134	5.2E+06	1.3E-08	2.8E-08
Cs-135	2.9E+02	7.4E-13	1.6E-12
Cs-136	3.5E+06	8.8E-09	1.9E-08
Cs-137	4.9E+07	1.2E-07	2.7E-07
Ba-137m	4.9E+07	1.2E-07	2.7E-07
Ba-140	1.1E+07	2.8E-08	6.0E-08
Ce-141	2.9E+06	7.4E-09	1.6E-08
Ce-144	7.3E+06	1.9E-08	4.0E-08
Pr-144	7.3E+06	1.9E-08	4.0E-08
Pr-144m	7.3E+06	1.9E-08	4.0E-08
Pm-146	1.1E+07	2.9E-08	6.2E-08
Pm-147	2.2E+07	5.6E-08	1.2E-07
Pm-148	5.8E+07	1.5E-07	3.2E-07
Pm-148m	9.7E+05	2.5E-09	5.3E-09
Sm-151	1.0E+05	2.7E-10	5.7E-10
Eu-152	3.2E+06	8.3E-09	1.8E-08
Eu-154	1.4E+06	3.5E-09	7.6E-09
Eu-155	3.8E+06	9.7E-09	2.1E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Gd-153	3.7E+06	9.4E-09	2.0E-08
Tb-160	3.2E+06	8.3E-09	1.8E-08
Pu-238	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Pu-239	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Pu-240	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Pu-241	3.2E+06	8.3E-09	1.8E-08
Am-241	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Am-242m	4.5E+03	1.1E-11	2.5E-11
Am-243	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Cm-242	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Cm-243	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
Cm-244	7.3E+04	1.9E-10	4.0E-10
対象とする被ばく評価		遊泳 海浜砂 漁網 海産物摂取	海水 船体

表5-7 評価に使用する海水中濃度 (J1-C 群タンク水によるソースターム)

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	5.6E-02	1.2E-01
C-14	4.8E+08	1.2E-06	2.6E-06
Mn-54	1.0E+06	2.6E-09	5.6E-09
Fe-59	2.3E+06	5.9E-09	1.3E-08
Co-58	1.1E+06	2.8E-09	6.0E-09
Co-60	8.9E+06	2.3E-08	4.8E-08
Ni-63	2.3E+08	5.8E-07	1.2E-06
Zn-65	2.5E+06	6.4E-09	1.4E-08
Rb-86	1.3E+07	3.4E-08	7.3E-08
Sr-89	1.4E+06	3.7E-09	7.9E-09

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Sr-90	9.7E+05	2.5E-09	5.3E-09
Y-90	9.7E+05	2.5E-09	5.3E-09
Y-91	4.6E+08	1.2E-06	2.5E-06
Nb-95	1.3E+06	3.4E-09	7.3E-09
Tc-99	3.2E+07	8.2E-08	1.8E-07
Ru-103	1.4E+06	3.6E-09	7.8E-09
Ru-106	3.8E+07	9.6E-08	2.0E-07
Rh-103m	1.4E+06	3.6E-09	7.8E-09
Rh-106	3.8E+07	9.6E-08	2.0E-07
Ag-110m	1.2E+06	2.9E-09	6.3E-09
Cd-113m	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Cd-115m	7.2E+07	1.8E-07	4.0E-07
Sn-119m	1.1E+09	2.9E-06	6.1E-06
Sn-123	1.8E+08	4.5E-07	9.7E-07
Sn-126	7.8E+06	2.0E-08	4.2E-08
Sb-124	2.6E+06	6.6E-09	1.4E-08
Sb-125	6.2E+06	1.6E-08	3.4E-08
Te-123m	2.5E+06	6.3E-09	1.3E-08
Te-125m	6.2E+06	1.6E-08	3.4E-08
Te-127	1.3E+08	3.2E-07	6.9E-07
Te-127m	1.3E+08	3.3E-07	7.2E-07
Te-129	1.7E+07	4.2E-08	9.1E-08
Te-129m	3.8E+07	9.6E-08	2.0E-07
I-129	3.2E+07	8.2E-08	1.8E-07
Cs-134	2.0E+06	5.2E-09	1.1E-08
Cs-135	3.2E+01	8.2E-14	1.8E-13
Cs-136	1.3E+06	3.2E-09	6.9E-09
Cs-137	5.1E+06	1.3E-08	2.8E-08
Ba-137m	5.1E+06	1.3E-08	2.8E-08
Ba-140	5.4E+06	1.4E-08	2.9E-08
Ce-141	7.0E+06	1.8E-08	3.8E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Ce-144	1.5E+07	3.9E-08	8.3E-08
Pr-144	1.5E+07	3.9E-08	8.3E-08
Pr-144m	1.5E+07	3.9E-08	8.3E-08
Pm-146	1.8E+06	4.6E-09	9.8E-09
Pm-147	2.1E+07	5.5E-08	1.2E-07
Pm-148	6.2E+06	1.6E-08	3.4E-08
Pm-148m	1.3E+06	3.3E-09	7.0E-09
Sm-151	3.0E+05	7.5E-10	1.6E-09
Eu-152	7.5E+06	1.9E-08	4.1E-08
Eu-154	3.0E+06	7.5E-09	1.6E-08
Eu-155	9.1E+06	2.3E-08	5.0E-08
Gd-153	7.0E+06	1.8E-08	3.8E-08
Tb-160	3.8E+06	9.6E-09	2.0E-08
Pu-238	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Pu-239	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Pu-240	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Pu-241	3.2E+07	8.2E-08	1.8E-07
Am-241	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Am-242m	1.6E+04	4.0E-11	8.6E-11
Am-243	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Cm-242	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Cm-243	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
Cm-244	8.9E+05	2.3E-09	4.8E-09
対象とする被ばく評価		遊泳 海浜砂 漁網 海産物摂取	海水 船体

表5-8 評価に使用する海水中濃度 (J1-G 群タンク水によるソースターム)

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	5.6E-02	1.2E-01
C-14	1.3E+09	3.3E-06	7.1E-06
Mn-54	3.1E+06	7.9E-09	1.7E-08
Fe-59	5.9E+06	1.5E-08	3.2E-08
Co-58	3.0E+06	7.7E-09	1.6E-08
Co-60	1.9E+07	4.8E-08	1.0E-07
Ni-63	7.2E+08	1.8E-06	3.9E-06
Zn-65	6.5E+06	1.7E-08	3.6E-08
Rb-86	3.8E+07	9.7E-08	2.1E-07
Sr-89	3.7E+06	9.3E-09	2.0E-08
Sr-90	2.6E+06	6.6E-09	1.4E-08
Y-90	2.6E+06	6.6E-09	1.4E-08
Y-91	9.8E+08	2.5E-06	5.3E-06
Nb-95	3.8E+06	9.7E-09	2.1E-08
Tc-99	1.1E+08	2.7E-07	5.8E-07
Ru-103	4.2E+06	1.1E-08	2.3E-08
Ru-106	3.9E+07	1.0E-07	2.1E-07
Rh-103m	4.2E+06	1.1E-08	2.3E-08
Rh-106	3.9E+07	1.0E-07	2.1E-07
Ag-110m	3.3E+06	8.3E-09	1.8E-08
Cd-113m	7.0E+06	1.8E-08	3.8E-08
Cd-115m	1.9E+08	4.8E-07	1.0E-06
Sn-119m	3.3E+09	8.3E-06	1.8E-05
Sn-123	5.1E+08	1.3E-06	2.8E-06
Sn-126	1.2E+07	3.1E-08	6.7E-08
Sb-124	6.8E+06	1.7E-08	3.7E-08
Sb-125	1.1E+07	2.9E-08	6.2E-08
Te-123m	5.5E+06	1.4E-08	3.0E-08
Te-125m	1.1E+07	2.9E-08	6.2E-08
Te-127	3.5E+08	8.9E-07	1.9E-06

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Te-127m	3.7E+08	9.3E-07	2.0E-06
Te-129	4.8E+07	1.2E-07	2.6E-07
Te-129m	9.8E+07	2.5E-07	5.3E-07
I-129	2.7E+07	6.8E-08	1.5E-07
Cs-134	5.5E+06	1.4E-08	3.0E-08
Cs-135	1.7E+02	4.4E-13	9.3E-13
Cs-136	2.9E+06	7.5E-09	1.6E-08
Cs-137	2.7E+07	6.8E-08	1.5E-07
Ba-137m	2.7E+07	6.8E-08	1.5E-07
Ba-140	1.4E+07	3.5E-08	7.6E-08
Ce-141	9.8E+06	2.5E-08	5.3E-08
Ce-144	4.5E+07	1.1E-07	2.4E-07
Pr-144	4.5E+07	1.1E-07	2.4E-07
Pr-144m	4.5E+07	1.1E-07	2.4E-07
Pm-146	5.1E+06	1.3E-08	2.8E-08
Pm-147	5.9E+07	1.5E-07	3.2E-07
Pm-148	3.7E+07	9.3E-08	2.0E-07
Pm-148m	3.3E+06	8.5E-09	1.8E-08
Sm-151	8.1E+05	2.1E-09	4.4E-09
Eu-152	1.5E+07	3.9E-08	8.4E-08
Eu-154	8.1E+06	2.1E-08	4.4E-08
Eu-155	1.5E+07	3.7E-08	8.0E-08
Gd-153	1.5E+07	3.9E-08	8.4E-08
Tb-160	1.1E+07	2.9E-08	6.2E-08
Pu-238	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Pu-239	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Pu-240	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Pu-241	8.1E+07	2.1E-07	4.4E-07
Am-241	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Am-242m	4.2E+04	1.1E-10	2.3E-10
Am-243	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Cm-242	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Cm-243	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
Cm-244	2.3E+06	5.8E-09	1.2E-08
対象とする被ばく評価		遊泳 海浜砂 漁網 海産物摂取	海水面 船体

表5-9 評価に使用する海水中濃度 (仮想した ALPS 処理水によるソースターム)

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	5.6E-02	1.2E-01
C-14	1.1E+11	2.8E-04	6.0E-04
Fe-59	4.4E+07	1.1E-07	2.4E-07
Zn-65	3.1E+10	7.8E-05	1.7E-04
Ag-110m	1.3E+07	3.4E-08	7.2E-08
Cd-113m	4.4E+07	1.1E-07	2.4E-07
Cd-115m	8.8E+08	2.2E-06	4.8E-06
Sn-119m	1.3E+10	3.4E-05	7.2E-05
Sn-123	1.8E+09	4.5E-06	9.6E-06
Sn-126	8.8E+07	2.2E-07	4.8E-07
対象とする被ばく評価		遊泳 海浜砂 漁網 海産物摂取	海水面 船体

表5-10 人に関する被ばく評価結果

評価 ケース	ソース ターム	(1) 実測値によるソースターム						(2) 仮想した ALPS 処理水による ソースターム	
		i. K4 タンク群		ii. J1-C タンク群		iii. J1-G タンク群			
	海産物 摂取量	平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い
外部 被ばく (mSv/ 年)	海水面	6.5E-09		1.7E-08		4.7E-08		1.8E-07	
	船体	5.2E-09		1.3E-08		3.4E-08		1.4E-07	
	遊泳	2.8E-10		7.6E-10		2.0E-09		7.9E-09	
	海浜砂	5.0E-07		1.3E-06		3.6E-06		1.4E-05	
	漁網	1.6E-06		4.3E-06		1.2E-05		4.5E-05	
内部被ばく (mSv/年)	1.5E-05	6.1E-05	2.8E-05	1.1E-04	7.9E-05	3.0E-04	4.8E-04	2.0E-03	
合計 (mSv/年)	1.7E-05	6.3E-05	3.4E-05	1.1E-04	9.4E-05	3.1E-04	5.4E-04	2.1E-03	

表5-11 年齢別の内部被ばく評価結果

評価 ケース	ソース ターム	(1) 実測値によるソースターム						(2) 仮想した ALPS 処理水による ソースターム	
		i. K4 タンク群		ii. J1-C タンク群		iii. J1-G タンク群			
	海産物 摂取量	平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い
内部 被ばく (mSv/ 年)	成人	1.5E-05	6.1E-05	2.8E-05	1.1E-04	7.9E-05	3.0E-04	4.8E-04	2.0E-03
	幼児	2.4E-05	9.4E-05	5.1E-05	2.0E-04	1.5E-04	5.6E-04	7.5E-04	3.1E-03
	乳児	2.9E-05	1.1E-04	6.7E-05	2.5E-04	1.9E-04	7.1E-04	9.4E-04	3.9E-03

6. まとめ

福島第一原子力発電所において計画中の ALPS 処理水の海洋放出について、現時点（設計段階）の情報を基に、人に対する被ばく評価を行った。複数のソースタームと複数の食品摂取量を設定して計算を行った結果、年間の被ばく量は $1.7\text{E}-05\text{mSv/年}$ ～ $2.1\text{E}-03\text{mSv/年}$ と、ICRP 勧告に示されている一般公衆の線量限度 1mSv/年 はもとより国内の原子力発電所に対する線量目標値 0.05mSv/年 も大きく下回った。

本評価結果の不確実性については、参考 I に示した。

今後、本報告書を国内外に向けて発信し、IAEA の専門家によるレビュー、第三者によるクロスチェックなども行いつつ、各方面からいただいた意見を適切に反映することにより、必要に応じて処分に係るリスクを最適化していく。それに応じて、本報告書の評価も、適宜見直していく計画である。

参考文献

- [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(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ, 2019.
- [2] トリチウムタスクフォース, トリチウム水タスクフォース報告書, 2016.
- [3] 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.
- [4] 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, 2021.
- [5] 東京電力ホールディングス株式会社, 多核種処理設備等処理水の処分に関する政府の基本方針を踏まえた当社の対応について, 2021.
- [6] IAEA, IAEA Safety Standards Series No.GSG-9 "Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment", 2018.
- [7] IAEA, IAEA Safety Standards Series No.GSG-10 "Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities", IAEA, 2018.
- [8] 原子力規制委員会, 核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示, 2015.
- [9] D.Tsumune, T.Tsubono, K.Misumi, Y.Tateda, Y.Toyoda, Y.Onda, and M.Aoyama, "Impacts of direct release and river discharge on oceanic ¹³⁷Cs derived from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident", 2020.
- [10] 原子力安全委員会, 発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について, 1989.
- [11] 厚生労働省, 令和元年国民健康・栄養調査報告, 2020.
- [12] 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多核種除去設備等処理水の二次処理性能確認試験結果(終報), 2020.
- [13] ICRP, ICRP Publication 107 "Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations", 2008.
- [14] 東京電力ホールディングス株式会社, 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を受けた当社の検討素案について, 2020.
- [15] 橋本 篤, 平口 博丸, 豊田 康嗣, 中屋 耕, 温暖化に伴う日本の気候変化予測(その1) -気象予測・解析システム NuWFAS の長期気候予測への適用-, 電力中央研究所報告, 2010.

- [16] Y.Miyazawa, R.Zhang, X.Guo, H.Tamura, D.Ambe, J.-S.Lee, A.Okuno, H.Yoshinari, T.Setou, and K.Komatsu, *Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis*, 2009.
- [17] 財団法人 電力中央研究所, 発電用原子炉廃止措置工事環境影響評価技術調査-環境影響評価パラメータ調査研究-(平成 18 年度経済産業省委託調査) 添付資料 廃止措置工事環境影響評価ハンドブック (第 3 次版) , 2007.
- [18] 日本原燃サービス株式会社, 六カ所事業所再処理事業指定申請書, 1989.
- [19] ICRP, ICRP Publication 72 "Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides; Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients", ICRP, 1995.
- [20] IAEA, Technical Reports Series No.422 "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment", 2004.
- [21] Stanley E. Thompson, C. Ann Burton, Dorothy J. Quinn, Yook C. Ng, CONCENTRATION FACTORS OF CHEMICAL ELEMENTS IN EDIBLE AQUATIC ORGANISM, LAWRENCE LIVERMORE LABORATORY, 1972.
- [22] 原子力委員会決定, 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針, 1976.

参考 A 潜在被ばくの評価

IAEA の安全基準文書 GSG-9 “Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment”[A1]は、環境への放射性物質の放出という行為に対して、放射線防護の三原則（正当化、最適化、線量限度）を適用する第一歩として、通常運転時の施設からの放射性物質放出による公衆の防護のみを対象としている。

本報告書本文では、通常運転時の人に対する被ばく評価のみを対象としているが、「【概要版】多核種除去設備等処理水の処分に係る政府の基本方針を踏まえた当社の対応について」[A2]の“2. 必要な設備の設計及び運用”に示されている概念図には、故障や停電により設備が計画している機能を発揮できない場合は放出を停止するとの記載があり、緊急遮断弁が設けられている。ここでは、希釈用の海水ポンプが停止し、緊急遮断弁が動作しない場合を想定し、潜在被ばく²⁰の評価を試みた。

想定事象としては、通常の放出中に希釈用の海水移送ポンプが停止し、緊急遮断弁が動作せずにサンプルタンクから ALPS 処理水が希釈されないまま海洋に放出され続ける事象とした。移行経路としては、廃止措置工事環境影響評価ハンドブック [A3]の5. 事故時の環境影響評価モデルの1)想定する環境移行経路の考え方を参照し、短期的に影響を受け、被ばくをコントロールできない海水面からの外部被ばくを対象とした。具体的な被ばく評価の方法および結果は以下の通り。

①ソースターム

放出される ALPS 処理水は、放出前にサンプルタンクに移送し、放射性物質濃度の確認が行われたものである。本事象では、希釈用の海水ポンプが停止するだけであるので、核種の放出率は通常運転と変わらず、放出水の濃度のみが高くなる。

ここでは、海水面からの外部被ばくに限定して、最も影響が大きい Te-127 の放出率が最大となるケース（H-3 濃度が 10 万 Bq/L の場合）で評価した。

- ・ 対象核種 Te-127（半減期約 9 時間）
- ・ 濃度 5000Bq/L（告示濃度限度）
- ・ 放出率は、10 万 Bq/L の H-3 濃度を、希釈用海水 34 万 m³/日で 1,500Bq/L まで希釈する際（67 倍希釈）の ALPS 処理水の流量 5,100m³/日から、5,000Bq/L×5,100m³/日 =2.6E+10Bq/日となる。

②拡散評価

²⁰ 潜在被ばく：確実に起こるとは予想されないが、予想される運転上の出来事、あるいは、線源の事故又は機器の故障や操作ミスを含めた確率的な性質の事象又は事象シーケンスによる、将来を見越して考慮した被ばく。

人の被ばく評価で使用した領域海洋モデルにより、2014年と2019年の気象海象データを使用して拡散計算を行った。

福島第一原子力発電所の前面海域は、海岸線に平行な南北方向の流れが高頻度であることから、放水位置から南北方向で一般の船舶が作業をしている可能性のある日常的に漁業が行われていないエリア境界付近（北に約1km）を評価点とした。

実気象による海洋拡散シミュレーションでは流向は変動するため、放水口を中心に半径1kmの同心円上各点の海表面濃度を1日ごとに平均し、そのうちの年間最大値を評価用の海水濃度とした。

2014年と2019年の年間時系列変化のうち、最大濃度は6.1Bq/Lであった。

③被ばく評価

サンプルタンクは、タンク10基分が連結されて1系列のため、流出は最大で2日程度継続する可能性が考えられるが、船舶は当該海域からの退避や立ち入りの制限が可能であることから、被ばく時間は1日（24h）とする。

Te-127の線量換算係数は $5.0E-07[(\text{mSv/h})/(\text{Bq/L})]$ であるので、濃度および継続時間から、海水面からの外部被ばくの実効線量は、

$$\begin{aligned}\text{実効線量} &= 6.1[\text{Bq/L}] \times 5.0E-07[(\text{mSv/h})/(\text{Bq/L})] \times 24[\text{h}] \\ &= 7.3E-05[\text{mSv}]\end{aligned}$$

となり、GSG-10に示されている事故時の推定線量の判断基準5mSvと比べて非常に小さい値となった。

以上の通り、希釈用海水ポンプの停止という想定事象に伴い、一時的に海水の放射性物質濃度が上昇するものの、それに伴う被ばくは事故時の判断基準に比べてわずかである。

以上

参照文献

- [A1] Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment、IAEA General Safety Guide No.GSG-9、2018年
- [A2] 【概要版】多核種除去設備等処理水の処分に関する政府の基本方針を踏まえた当社の対応について、東京電力ホールディングス株式会社、2021年4月16日

[A3] 発電用原子炉廃止措置工事環境影響技術調査-環境影響評価パラメータ調査研究-（平成 18 年度経済産業省委託調査）添付資料 廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（第 3 次版）、財団法人電力中央研究所、2007 年 3 月

参考 B 環境防護に関する評価

環境防護に関する評価は、IAEA 安全基準文書 GSG-10 “Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities”では、本文ではなく附属書 I とされている。本報告書においては参考として、GSG-10 附属書 I の手順に従って環境防護に関する評価を試みた。

B 1. 評価の考え方

IAEA 安全基準文書 GSG-10 附属書 I に示されている、通常運転時における動植物の防護のための評価を行う。

B 2. 評価手順

図 B—1 の手順にて評価を行う。

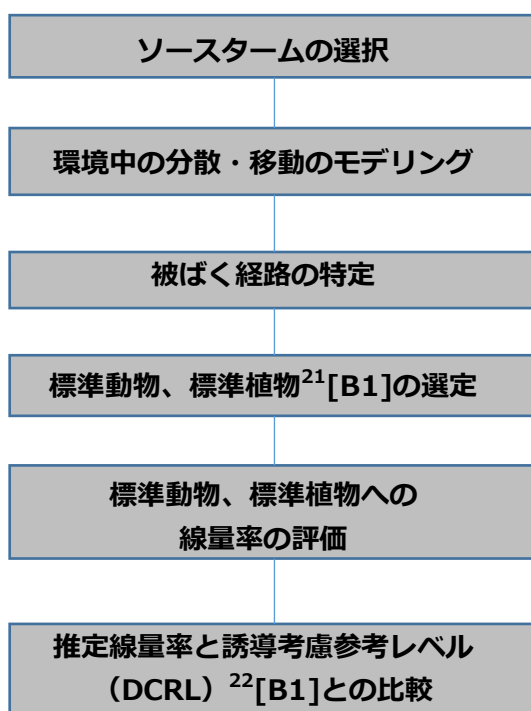


図 B—1 環境防護に関する評価の手順（GSG-10 より作成）

²¹ 標準動物、標準植物：環境からの放射線被ばくを、線量と影響に関連付けるために想定する、特定タイプの動植物。

²² 誘導考慮参考レベル(DCRL, Derived consideration reference level)：ICRP が提唱する生物種ごとに定められた 1 ケタの幅を持った線量率の範囲。これを超える場合には影響を考慮する必要がある線量率レベル。

B 3. 評価方法

a. ソースターム

4-1. ソースタームと同じ考え方で、ソースタームを設定する。64 核種の実測値によるソースタームは、表 5-1~3 に示したものを使用する。仮想した ALPS 処理水については、表 E-5 に基づき、被ばくへの影響が相対的に大きい運用管理対象核種 2 核種 (Fe-59、Sn-126) が上限である運用管理値で含まれ (告示濃度比総和 0.0025)、その他の 61 核種の代表核種として Pm-148m が 499Bq/L (告示濃度比 0.9975) で含まれる ALPS 処理水 (告示濃度比総和 1) から年間放出量を設定する。

b. 放出後の拡散、移行のモデリング

①海洋拡散モデル

人の防護に関する評価と同じモデルを使用する。

②移行モデル

海洋に放出された放射性物質の移行モデルとしては、以下を考慮する。

(1) 海流等による移流、拡散

(2) 海流等による移流、拡散→海底の堆積物への移行

c. 被ばく経路の設定

標準動物、標準植物が受ける、海水から体内に取り込んだ放射性物質からの放射線による内部被ばく、並びに海水中の放射性物質からの放射線および海底の堆積物に移行した放射性物質からの放射線による外部被ばくを以下のモデルにより計算する。

吸収線量率 D_E (mGy/日) の計算式を式(B1)に示す。

$$D_E = \sum_i (DCF_{int})_{ki} \cdot (x_7)_i \cdot (CR)_{ki} + 0.5 \cdot \left\{ \sum_i (DCF_{ext})_{ki} \cdot (x_7)_i \cdot (1 + (K_d)_i) \right\} \quad (B1)$$

ここで、

$(DCF_{int})_{ki}$ は核種 i の海生動植物 k に対する内部被ばく線量換算係数
(mGy/日)/(Bq/kg)

$(x_7)_i$ は評価海域における核種 i の海水中濃度(Bq/L)

$(CR)_{ki}$ は核種 i における海生動植物 k と海水の濃度比((Bq/kg)/(Bq/L))

$(DCF_{ext})_{ki}$ は核種 i の海生動植物 k に対する外部被ばく線量換算係数
((mGy/日)/(Bq/kg))

$(K_d)_i$ は核種 i の海水から堆積物への濃度分配係数((Bq/kg)/(Bq/L))

発電所のある福島県沿岸には、多年生海藻のアラメを主体とした小規模な藻場が広く分布している [B2]。発電所周辺に、天然記念物に指定された海生動植物の生息地のような特別な海域は見られない[B3]ことから、評価に使用する海水の放射性物質濃度は、人の防護に関する評価と同様、発電所周辺 10km×10km の平均濃度とするが、堆積物による外部被ばくを評価するため、海底付近（最下層）の濃度を使用する。

動植物に対する内部被ばく線量換算係数および外部被ばく線量換算係数²³は、ICRP Publication 136 "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation"(ICRP,2017)[B4]および ICRP の BiotaDC プログラム[B5]より引用した（表 B - 1、B - 2 に示す）。なお、Sn-126 の線量換算係数のみ BiotaDC で計算できなかったため、保守的な値として、内部被ばく線量換算係数は Ru-106、外部被ばく線量換算係数は Ag-110m の値を用いた。

動植物と海水の濃度比²⁴は、ICRP Publication 114 "Environmental Protection : Transfer Parameters for Reference Animals and Plants"(ICRP,2009)[B6]より引用したが、ここに示されていない元素については、IAEA TRS-422 "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment"(IAEA,2004)[B7]の濃縮係数を引用した（表 B - 3 に示す）。海水と海底の堆積物の濃度分配係数は、IAEA TRS-422 の 2.3.OCEAN MARGIN K_{ds} に定める係数を使用した（表 B - 4 に示す）。

²³ 動植物への線量換算係数：環境の放射性核種による生物への内部被ばくと外部被ばく線量を簡略化して計算するために定められた値。

²⁴ 濃度比（CR, Concentration ratio）：動植物に対する環境からの放射線被ばく評価への利用を目的として、水圏に生息する水棲生物中放射性核種濃度の、環境水中濃度に対する比率を、経験的に求めた移行係数である（ICRP, 2009）。濃縮係数のように可食部には限らない。

d. 標準動物、標準植物（評価対象となる生物）の選定

周辺海域に生息する動植物を踏まえて、ICRP Publication 136 に示されている標準動物、標準植物を以下の通り選定した。

- ・標準扁平魚（発電所周辺海域には、ヒラメ、カレイ類が広く生息）
- ・標準カニ（発電所周辺海域には、ヒラツメガニ、ガザミが広く生息）
- ・標準褐藻（発電所周辺海域には、ホンダワラ類、アラメが広く分布）

e. 線量評価

線量評価は、標準動植物の種類毎に、ICRP Publication 124 “Protection of the Environment under Different Exposure Situations”にて示されている誘導考慮参考レベル（DCRL）との比較により行う。

表B-1 海生動植物に対する内部被ばく線量換算係数

	対象核種	内部被ばく線量換算係数 ((mGy/日)/(Bq/kg))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
1	H-3	7.9E-08	7.9E-08	7.9E-08	
2	C-14	7.0E-07	7.0E-07	7.0E-07	
3	Mn-54	1.1E-06	1.4E-06	9.4E-07	
4	Fe-59	2.9E-06	3.4E-06	2.0E-06	
5	Co-58	1.6E-06	2.1E-06	1.5E-06	
6	Co-60	3.8E-06	5.0E-06	3.6E-06	
7	Ni-63	2.4E-07	2.4E-07	2.4E-07	
8	Zn-65	7.7E-07	1.0E-06	7.0E-07	
9	Rb-86	8.8E-06	9.1E-06	6.9E-06	
10	Sr-89	7.7E-06	7.9E-06	7.7E-06	
11	Sr-90	1.4E-05	1.5E-05	1.4E-05	
12	Y-90	—	—	—	親核種 Sr-90 に含まれる
13	Y-91	8.0E-06	8.1E-06	6.4E-06	
14	Nb-95	1.5E-06	1.9E-06	1.4E-06	
15	Tc-99	1.4E-06	1.4E-06	1.4E-06	
16	Ru-103	2.1E-06	2.3E-06	2.0E-06	
17	Ru-106	1.7E-05	1.9E-05	1.7E-05	
18	Rh-103m	—	—	—	親核種 Ru-103 に含まれる
19	Rh-106	—	—	—	親核種 Ru-106 に含まれる
20	Ag-110m	4.3E-06	5.5E-06	4.1E-06	
21	Cd-113m	2.5E-06	2.5E-06	2.4E-06	
22	Cd-115m	8.0E-06	8.2E-06	6.4E-06	
23	Sn-119m	1.2E-06	1.2E-06	1.1E-06	
24	Sn-123	7.0E-06	7.1E-06	5.8E-06	
25	Sn-126	1.7E-05	1.9E-05	1.7E-05	Ru-106 の値を使用
26	Sb-124	7.0E-06	7.9E-06	6.7E-06	
27	Sb-125	2.0E-06	2.2E-06	1.9E-06	
28	Te-123m	1.6E-06	1.7E-06	1.4E-06	
29	Te-125m	1.7E-06	1.8E-06	1.6E-06	
30	Te-127	3.1E-06	3.1E-06	2.9E-06	
31	Te-127m	4.2E-06	4.2E-06	4.0E-06	

	対象核種	内部被ばく線量換算係数 ((mGy/日)/(Bq/kg))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
32	Te-129	—	—	—	親核種 Te-129m に含まれる
33	Te-129m	8.4E-06	8.6E-06	8.2E-06	
34	I-129	1.0E-06	1.1E-06	1.0E-06	
35	Cs-134	4.1E-06	4.8E-06	3.8E-06	
36	Cs-135	1.2E-06	1.2E-06	1.2E-06	
37	Cs-136	4.3E-06	5.3E-06	4.1E-06	
38	Cs-137	4.1E-06	4.3E-06	4.1E-06	
39	Ba-137m	—	—	—	親核種 Cs-137 に含まれる
40	Ba-140	1.4E-05	1.5E-05	1.4E-05	
41	Ce-141	2.4E-06	2.6E-06	2.4E-06	
42	Ce-144	1.6E-05	1.7E-05	1.6E-05	
43	Pr-144	—	—	—	親核種 Ce-144 に含まれる
44	Pr-144m	—	—	—	親核種 Ce-144 に含まれる
45	Pm-146	2.3E-06	2.6E-06	1.5E-06	
46	Pm-147	8.6E-07	8.6E-07	8.5E-07	
47	Pm-148	9.9E-06	1.1E-05	7.3E-06	
48	Pm-148m	5.2E-06	6.1E-06	3.3E-06	
49	Sm-151	2.8E-07	2.8E-07	2.8E-07	
50	Eu-152	3.1E-06	3.6E-06	2.9E-06	
51	Eu-154	5.0E-06	5.8E-06	5.0E-06	
52	Eu-155	1.0E-06	1.0E-06	9.8E-07	
53	Gd-153	8.5E-07	9.2E-07	7.0E-07	
54	Tb-160	4.8E-06	5.4E-06	3.7E-06	
55	Pu-238	7.7E-05	7.7E-05	7.7E-05	
56	Pu-239	7.2E-05	7.2E-05	7.2E-05	
57	Pu-240	7.2E-05	7.2E-05	7.2E-05	
58	Pu-241	7.4E-08	7.4E-08	7.4E-08	
59	Am-241	7.7E-05	7.7E-05	7.7E-05	
60	Am-242m	3.6E-06	3.6E-06	3.4E-06	
61	Am-243	7.9E-05	7.9E-05	7.8E-05	
62	Cm-242	8.6E-05	8.6E-05	8.6E-05	
63	Cm-243	8.4E-05	8.4E-05	8.4E-05	

	対象核種	内部被ばく線量換算係数 ((mGy/日)/(Bq/kg))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
64	Cm-244	8.2E-05	8.2E-05	8.2E-05	

表B-2 海生動植物に対する外部被ばく線量換算係数

	対象核種	外部被ばく線量換算係数 ((mGy/日)/(Bq/kg))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
1	H-3	1.9E-14	2.4E-16	2.4E-16	
2	C-14	4.3E-10	5.3E-10	5.3E-10	
3	Mn-54	1.1E-05	1.0E-05	1.1E-05	
4	Fe-59	1.5E-05	1.5E-05	1.6E-05	
5	Co-58	1.2E-05	1.2E-05	1.2E-05	
6	Co-60	3.1E-05	3.1E-05	3.4E-05	
7	Ni-63	2.6E-11	4.1E-11	4.1E-11	
8	Zn-65	7.4E-06	7.2E-06	7.4E-06	
9	Rb-86	1.7E-06	1.4E-06	3.7E-06	
10	Sr-89	3.6E-07	2.0E-07	4.1E-07	
11	Sr-90	1.2E-06	5.5E-07	1.2E-06	
12	Y-90	—	—	—	親核種 Sr-90 に含まれる
13	Y-91	4.4E-07	2.5E-07	2.0E-06	
14	Nb-95	9.6E-06	9.4E-06	9.8E-06	
15	Tc-99	3.1E-09	3.4E-09	3.6E-09	
16	Ru-103	6.2E-06	6.0E-06	6.2E-06	
17	Ru-106	5.3E-06	3.8E-06	5.3E-06	
18	Rh-103m	—	—	—	親核種 Ru-103 に含まれる
19	Rh-106	—	—	—	親核種 Ru-106 に含まれる
20	Ag-110m	3.6E-05	3.4E-05	3.6E-05	
21	Cd-113m	1.7E-08	1.6E-08	1.4E-07	
22	Cd-115m	8.2E-07	6.2E-07	2.4E-06	
23	Sn-119m	1.0E-07	8.0E-08	1.7E-07	
24	Sn-123	3.7E-07	2.5E-07	1.6E-06	

	対象核種	外部被ばく線量換算係数 ((mGy/日) / (Bq/kg))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
25	Sn-126	3.6E-05	3.4E-05	3.6E-05	Ag-110m の値を使用
26	Sb-124	2.4E-05	2.3E-05	2.4E-05	
27	Sb-125	5.5E-06	5.3E-06	5.5E-06	
28	Te-123m	1.8E-06	1.7E-06	2.0E-06	
29	Te-125m	2.9E-07	2.4E-07	4.3E-07	
30	Te-127	8.9E-08	8.3E-08	2.9E-07	
31	Te-127m	1.8E-07	1.6E-07	4.2E-07	
32	Te-129	—	—	—	親核種 Te-129m に含まれる
33	Te-129m	1.2E-06	1.1E-06	1.3E-06	
34	I-129	2.2E-07	1.9E-07	2.4E-07	
35	Cs-134	2.0E-05	1.9E-05	2.0E-05	
36	Cs-135	2.2E-09	2.6E-09	2.6E-09	
37	Cs-136	2.6E-05	2.6E-05	2.6E-05	
38	Cs-137	7.2E-06	7.0E-06	7.2E-06	
39	Ba-137m	—	—	—	親核種 Cs-137 に含まれる
40	Ba-140	3.1E-05	3.1E-05	3.4E-05	
41	Ce-141	9.6E-07	9.1E-07	9.8E-07	
42	Ce-144	2.6E-06	1.5E-06	2.6E-06	
43	Pr-144	—	—	—	親核種 Ce-144 に含まれる
44	Pr-144m	—	—	—	親核種 Ce-144 に含まれる
45	Pm-146	9.5E-06	9.1E-06	1.0E-05	
46	Pm-147	9.9E-10	1.1E-09	1.0E-08	
47	Pm-148	8.1E-06	7.5E-06	1.1E-05	
48	Pm-148m	2.5E-05	2.4E-05	2.7E-05	
49	Sm-151	7.7E-11	8.4E-11	7.6E-10	
50	Eu-152	1.5E-05	1.4E-05	1.5E-05	
51	Eu-154	1.6E-05	1.5E-05	1.6E-05	
52	Eu-155	7.4E-07	7.0E-07	7.4E-07	
53	Gd-153	1.2E-06	1.1E-06	1.4E-06	
54	Tb-160	1.4E-05	1.4E-05	1.5E-05	

	対象核種	外部被ばく線量換算係数 ((mGy/日) / (Bq/kg))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
55	Pu-238	4.6E-09	3.8E-09	5.5E-09	
56	Pu-239	2.6E-09	2.3E-09	3.1E-09	
57	Pu-240	4.3E-09	3.6E-09	5.3E-09	
58	Pu-241	1.9E-11	1.9E-11	2.0E-11	
59	Am-241	2.9E-07	2.6E-07	2.9E-07	
60	Am-242m	2.4E-07	2.3E-07	4.2E-07	
61	Am-243	2.9E-06	2.8E-06	3.2E-06	
62	Cm-242	5.3E-09	4.3E-09	6.2E-09	
63	Cm-243	1.6E-06	1.5E-06	1.6E-06	
64	Cm-244	4.8E-09	3.8E-09	5.5E-09	

表B-3 海生動植物に対する濃度比

	対象核種	濃度比 ((Bq/kg) / (Bq/L))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
1	H-3	1.0E+00	1.0E+00	3.7E-01	
2	C-14	1.2E+04	1.0E+04	8.0E+03	
3	Mn-54	2.5E+02	2.5E+03	1.1E+04	
4	Fe-59	3.0E+04	5.0E+05	2.0E+04	TRS422 より引用
5	Co-58	3.3E+02	4.7E+03	6.8E+02	
6	Co-60	3.3E+02	4.7E+03	6.8E+02	
7	Ni-63	2.7E+02	9.1E+02	2.0E+03	
8	Zn-65	2.2E+04	3.0E+05	1.3E+04	
9	Rb-86	3.6E+01	1.4E+01	1.2E+01	同族の Cs の値を使用する
10	Sr-89	1.0E+01	2.4E+00	4.3E+01	
11	Sr-90	1.0E+01	2.4E+00	4.3E+01	
12	Y-90	—	—	—	親核種 Sr-90 にて評価する
13	Y-91	2.0E+01	1.0E+03	1.0E+03	TRS422 より引用
14	Nb-95	3.0E+01	1.0E+02	8.1E+01	
15	Tc-99	8.0E+01	1.9E+02	3.7E+04	
16	Ru-103	1.6E+01	1.0E+02	2.9E+02	
17	Ru-106	1.6E+01	1.0E+02	2.9E+02	
18	Rh-103m	—	—	—	親核種 Ru-103 にて評価する
19	Rh-106	—	—	—	親核種 Ru-106 にて評価する

	対象核種	濃度比 ((Bq/kg) / (Bq/L))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
20	Ag-110m	8.1E+03	2.0E+05	1.9E+03	
21	Cd-113m	1.3E+04	1.2E+04	1.6E+03	
22	Cd-115m	1.3E+04	1.2E+04	1.6E+03	
23	Sn-119m	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	TRS422 より引用
24	Sn-123	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	TRS422 より引用
25	Sn-126	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	TRS422 より引用
26	Sb-124	6.0E+02	3.0E+02	1.5E+03	
27	Sb-125	6.0E+02	3.0E+02	1.5E+03	
28	Te-123m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
29	Te-125m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
30	Te-127	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
31	Te-127m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
32	Te-129	—	—	—	親核種 Te-129m にて評価する
33	Te-129m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	
34	I-129	9.0E+00	3.0E+00	1.4E+03	
35	Cs-134	3.6E+01	1.4E+01	1.2E+01	
36	Cs-135	3.6E+01	1.4E+01	1.2E+01	
37	Cs-136	3.6E+01	1.4E+01	1.2E+01	
38	Cs-137	3.6E+01	1.4E+01	1.2E+01	
39	Ba-137m	—	—	—	親核種 Cs-137 にて評価する
40	Ba-140	9.6E+00	8.0E+02	1.6E+03	
41	Ce-141	2.1E+02	1.0E+02	9.5E+02	
42	Ce-144	2.1E+02	1.0E+02	9.5E+02	
43	Pr-144	—	—	—	親核種 Ce-144 にて評価する
44	Pr-144m	—	—	—	親核種 Ce-144 にて評価する
45	Pm-146	7.3E+02	2.4E+04	5.9E+03	同族の Eu (魚、カニ) 、 La (褐藻) の値を使用
46	Pm-147	7.3E+02	2.4E+04	5.9E+03	同族の Eu (魚、カニ) 、 La (褐藻) の値を使用
47	Pm-148	7.3E+02	2.4E+04	5.9E+03	同族の Eu (魚、カニ) 、 La (褐藻) の値を使用
48	Pm-148m	7.3E+02	2.4E+04	5.9E+03	同族の Eu (魚、カニ) 、 La (褐藻) の値を使用
49	Sm-151	7.3E+02	2.4E+04	5.9E+03	同族の Eu (魚、カニ) 、 La (褐藻) の値を使用
50	Eu-152	7.3E+02	2.4E+04	1.1E+03	
51	Eu-154	7.3E+02	2.4E+04	1.1E+03	
52	Eu-155	7.3E+02	2.4E+04	1.1E+03	

	対象核種	濃度比 ((Bq/kg) / (Bq/L))			備考
		扁平魚	カニ	褐藻	
53	Gd-153	7.3E+02	2.4E+04	5.9E+03	同族の Eu (魚、カニ)、La (褐藻) の値を使用
54	Tb-160	6.0E+01	4.0E+03	2.0E+03	TRS422 より引用
55	Pu-238	2.1E+01	3.8E+01	2.4E+03	
56	Pu-239	2.1E+01	3.8E+01	2.4E+03	
57	Pu-240	2.1E+01	3.8E+01	2.4E+03	
58	Pu-241	2.1E+01	3.8E+01	2.4E+03	
59	Am-241	1.9E+02	5.0E+02	7.7E+01	
60	Am-242m	1.9E+02	5.0E+02	7.7E+01	
61	Am-243	1.9E+02	5.0E+02	7.7E+01	
62	Cm-242	1.9E+02	5.0E+02	8.4E+03	
63	Cm-243	1.9E+02	5.0E+02	8.4E+03	
64	Cm-244	1.9E+02	5.0E+02	8.4E+03	

表B-4 海水と海底の堆積物の分配係数

	対象核種	濃度分配係数 ((Bq/kg) / (Bq/L))	備考
1	H-3	1.0E+00	
2	C-14	1.0E+03	
3	Mn-54	2.0E+06	
4	Fe-59	3.0E+08	
5	Co-58	3.0E+05	
6	Co-60	3.0E+05	
7	Ni-63	2.0E+04	
8	Zn-65	7.0E+04	
9	Rb-86	4.0E+03	同族の Cs の値を使用する
10	Sr-89	8.0E+00	
11	Sr-90	8.0E+00	
12	Y-90	—	親核種 Sr-90 にて評価する
13	Y-91	9.0E+05	
14	Nb-95	8.0E+05	
15	Tc-99	1.0E+02	
16	Ru-103	4.0E+04	
17	Ru-106	4.0E+04	
18	Rh-103m	—	親核種 Ru-103 にて評価する
19	Rh-106	—	親核種 Ru-106 にて評価する
20	Ag-110m	1.0E+04	

	対象核種	濃度分配係数 ((Bq/kg) / (Bq/L))	備考
21	Cd-113m	3.0E+04	
22	Cd-115m	3.0E+04	
23	Sn-119m	4.0E+06	
24	Sn-123	4.0E+06	
25	Sn-126	4.0E+06	
26	Sb-124	2.0E+03	
27	Sb-125	2.0E+03	
28	Te-123m	1.0E+03	
29	Te-125m	1.0E+03	
30	Te-127	1.0E+03	
31	Te-127m	1.0E+03	
32	Te-129	—	親核種 Te-129m にて評価する
33	Te-129m	1.0E+03	
34	I-129	7.0E+01	
35	Cs-134	4.0E+03	
36	Cs-135	4.0E+03	
37	Cs-136	4.0E+03	
38	Cs-137	4.0E+03	
39	Ba-137m	—	親核種 Cs-137 にて評価する
40	Ba-140	2.0E+03	
41	Ce-141	3.0E+06	
42	Ce-144	3.0E+06	
43	Pr-144	—	親核種 Ce-144 にて評価する
44	Pr-144m	—	親核種 Ce-144 にて評価する
45	Pm-146	2.0E+06	
46	Pm-147	2.0E+06	
47	Pm-148	2.0E+06	
48	Pm-148m	2.0E+06	
49	Sm-151	3.0E+06	
50	Eu-152	2.0E+06	
51	Eu-154	2.0E+06	
52	Eu-155	2.0E+06	
53	Gd-153	2.0E+06	
54	Tb-160	2.0E+06	
55	Pu-238	1.0E+05	
56	Pu-239	1.0E+05	
57	Pu-240	1.0E+05	
58	Pu-241	1.0E+05	
59	Am-241	2.0E+06	
60	Am-242m	2.0E+06	

	対象 核種	濃度分配係数 ((Bq/kg) / (Bq/L))	備考
61	Am-243	2.0E+06	
62	Cm-242	2.0E+06	
63	Cm-243	2.0E+06	
64	Cm-244	2.0E+06	

B 4. 評価結果

a. ソースターム

B 3 に示したとおり、実測値によるソースタームは、表 5 - 1 ~ 3 を使用する。

核種毎に告示濃度限度で含まれた ALPS 処理水を放出した場合の評価結果は、表 B - 5 に示すとおり。運用管理対象核種である Fe-59、Sn-126 の次に Pm-148m が相対的に被ばく影響が大きい核種となった。

この結果より、仮想した ALPS 処理水によるソースタームは、Fe-59、Sn-126 が運用管理値の濃度（告示濃度比総和が 0.0025）で含まれ、その他の 61 核種を代表する核種として Pm-148m が 499Bq/L（告示濃度比 0.9975）で含まれる、告示濃度比総和が 1 の評価用の ALPS 処理水に年間排水量を乗じて求めた。設定したソースタームを表 B - 6 に示す。

b. 移流・拡散の評価結果

人の防護に関する評価と同様、移流・拡散の計算結果およびソースタームから、被ばく評価に使用する海水濃度を算出した。被ばく評価で海底堆積物の影響を考慮することから、ここでは最下層の濃度を使用する。

表 B - 7 に、トリチウムを年間 22 兆 Bq ($2.2E+13$ Bq) 放出した場合の、発電所周辺 10km×10km 圏内の最下層における海水中トリチウム濃度（年間平均濃度）を示す。評価用濃度は、人の被ばく評価と同じく 2019 年の気象海象による濃度とした。

本結果と、表 5 - 1 ~ 3 および表 B - 6 のソースタームから求めた核種毎の被ばく評価に使用する海水濃度を表 B - 8 ~ 11 に示す。

c. 被ばく評価結果

標準動植物に対する被ばく評価の結果は表 B - 12 のとおり。いずれの結果も、誘導考慮参考レベルの下限値と比べて 100 分の 1 以下の低い線量率であった。

表B-5 核種毎に告示濃度限度で放出した場合の環境防護に関する被ばく評価結果

No.	対象核種	扁平魚 [mGy/日]	カニ [mGy/日]	褐藻 [mGy/日]	備考
1	Fe-59	5.4E-01	5.4E-01	5.8E-01	運用管理の対象
2	Sn-126	9.7E-03	9.3E-03	9.0E-03	運用管理の対象
3	Pm-148m	7.5E-03	7.2E-03	8.1E-03	代表核種
4	Mn-54	6.6E-03	6.0E-03	6.6E-03	
5	Eu-152	5.4E-03	5.1E-03	5.4E-03	
6	Pm-146	5.1E-03	4.9E-03	5.4E-03	
7	Tb-160	4.2E-03	4.2E-03	4.5E-03	
8	Eu-154	3.8E-03	3.6E-03	3.8E-03	
9	Nb-95	2.3E-03	2.3E-03	2.4E-03	
10	Gd-153	2.2E-03	2.3E-03	2.5E-03	
11	Pm-148	1.5E-03	1.4E-03	2.0E-03	
12	Eu-155	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	
13	Co-58	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	
14	Sn-123	1.0E-03	9.7E-04	1.0E-03	運用管理の対象
15	Sn-119m	9.6E-04	9.1E-04	6.7E-04	運用管理の対象
16	Ce-141	8.6E-04	8.2E-04	8.8E-04	
17	Co-60	5.6E-04	5.6E-04	6.1E-04	
18	Ce-144	4.7E-04	2.7E-04	4.7E-04	
19	Ru-103	7.4E-05	7.2E-05	7.5E-05	
20	Ag-110m	3.9E-05	2.3E-04	3.4E-05	運用管理の対象
21	Y-91	3.6E-05	2.2E-05	1.6E-04	
22	Zn-65	3.1E-05	6.6E-05	3.1E-05	
23	Cd-115m	2.1E-05	1.9E-05	8.3E-06	運用管理の対象
24	C-14	1.0E-05	8.4E-06	6.7E-06	運用管理の対象
25	Te-127	9.4E-06	9.4E-06	8.7E-05	
26	Cs-136	9.4E-06	9.4E-06	9.4E-06	
27	Am-243	8.7E-06	8.5E-06	9.6E-06	
28	Ru-106	6.4E-06	4.7E-06	6.7E-06	
29	Cm-243	5.8E-06	5.6E-06	8.3E-06	
30	Ba-140	5.6E-06	7.7E-06	1.0E-05	
31	Sb-124	5.1E-06	4.6E-06	6.1E-06	
32	Sb-125	3.2E-06	2.9E-06	4.0E-06	

No.	対象核種	扁平魚 [mGy/日]	カニ [mGy/日]	褐藻 [mGy/日]	備考
33	Pm-147	2.2E-06	8.2E-06	2.3E-05	
34	Te-129m	1.6E-06	1.6E-06	1.5E-05	
35	Cs-134	1.4E-06	1.4E-06	1.4E-06	
36	Sm-151	1.0E-06	6.9E-06	6.4E-06	
37	Te-125m	1.0E-06	1.0E-06	8.8E-06	
38	Am-241	9.1E-07	9.0E-07	8.9E-07	
39	Te-123m	9.0E-07	9.2E-07	5.4E-06	
40	Cd-113m	7.9E-07	7.3E-07	1.4E-07	運用管理の対象
41	Cs-137	7.9E-07	7.6E-07	7.8E-07	
42	Cm-242	7.8E-07	1.7E-06	2.6E-05	
43	Te-127m	7.7E-07	7.7E-07	7.2E-06	
44	Am-242m	7.2E-07	7.0E-07	1.3E-06	
45	Rb-86	6.7E-07	5.3E-07	1.3E-06	
46	Ni-63	2.3E-07	7.9E-07	1.7E-06	
47	Cm-244	8.6E-08	1.9E-07	2.9E-06	
48	Tc-99	6.7E-08	1.6E-07	3.1E-05	
49	Cs-135	1.7E-08	7.9E-09	7.1E-09	
50	Sr-89	1.4E-08	3.6E-09	6.0E-08	
51	H-3	4.7E-09	4.7E-09	1.8E-09	
52	Pu-238	4.4E-09	7.5E-09	4.4E-07	
53	Pu-240	4.1E-09	7.0E-09	4.2E-07	
54	Pu-239	3.9E-09	6.8E-09	4.2E-07	
55	Sr-90	2.6E-09	6.9E-10	1.1E-08	
56	Pu-241	3.0E-10	4.5E-10	2.1E-08	
57	I-129	9.1E-11	5.4E-11	7.6E-09	
58	Y-90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
59	Rh-103m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
60	Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
61	Te-129	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
62	Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
63	Pr-144	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
64	Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価

表B-6 仮想したALPS処理水によるソースターム（年間放出量）

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)
H-3	1.0E+05	2.2E+08	2.2E+13
Fe-59	2.0E-01		4.4E+07
Sn-126	4.0E-01		8.8E+07
Pm-148m	5.0E+02		1.1E+11

表B-7 トリチウムを年間 2.2E+13Bq 放出した場合の海水中トリチウム濃度

評価地点	深さ	計算結果 (Bq/L)			評価用濃度 (Bq/L)
		2014年 気象海象	2019年 気象海象	差異 (%)	
発電所周辺 10km×10km 圏内 の平均濃度	最下層	5.0E-02	6.0E-02	19	6.0E-02

表B-8 評価に使用する海水中濃度（K4 タンク群の核種組成によるソースターム）

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	6.0E-02
C-14	1.7E+09	4.7E-06
Mn-54	7.8E+05	2.1E-09
Fe-59	2.0E+06	5.4E-09
Co-58	9.3E+05	2.5E-09
Co-60	5.1E+07	1.4E-07
Ni-63	2.5E+08	6.9E-07
Zn-65	1.7E+06	4.7E-09
Rb-86	2.2E+07	6.0E-08
Sr-89	1.2E+07	3.2E-08
Sr-90	2.5E+07	6.9E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
Y-90	2.5E+07	6.9E-08
Y-91	2.5E+08	6.9E-07
Nb-95	1.2E+06	3.2E-09
Tc-99	8.1E+07	2.2E-07
Ru-103	1.2E+06	3.2E-09
Ru-106	1.9E+08	5.1E-07
Rh-103m	1.2E+06	3.2E-09
Rh-106	1.9E+08	5.1E-07
Ag-110m	6.5E+05	1.8E-09
Cd-113m	2.1E+06	5.7E-09
Cd-115m	7.4E+07	2.0E-07
Sn-119m	2.0E+07	5.4E-08
Sn-123	1.4E+08	3.8E-07
Sn-126	3.1E+06	8.5E-09
Sb-124	1.1E+06	3.0E-09
Sb-125	3.8E+07	1.0E-07
Te-123m	1.1E+06	2.9E-09
Te-125m	3.8E+07	1.0E-07
Te-127	3.7E+07	1.0E-07
Te-127m	3.7E+07	1.0E-07
Te-129	9.4E+06	2.6E-08
Te-129m	3.7E+07	1.0E-07
I-129	2.4E+08	6.6E-07
Cs-134	5.2E+06	1.4E-08
Cs-135	2.9E+02	7.9E-13
Cs-136	3.5E+06	9.5E-09
Cs-137	4.9E+07	1.3E-07
Ba-137m	4.9E+07	1.3E-07
Ba-140	1.1E+07	3.0E-08
Ce-141	2.9E+06	7.9E-09
Ce-144	7.3E+06	2.0E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
Pr-144	7.3E+06	2.0E-08
Pr-144m	7.3E+06	2.0E-08
Pm-146	1.1E+07	3.1E-08
Pm-147	2.2E+07	6.0E-08
Pm-148	5.8E+07	1.6E-07
Pm-148m	9.7E+05	2.7E-09
Sm-151	1.0E+05	2.8E-10
Eu-152	3.2E+06	8.8E-09
Eu-154	1.4E+06	3.8E-09
Eu-155	3.8E+06	1.0E-08
Gd-153	3.7E+06	1.0E-08
Tb-160	3.2E+06	8.8E-09
Pu-238	7.3E+04	2.0E-10
Pu-239	7.3E+04	2.0E-10
Pu-240	7.3E+04	2.0E-10
Pu-241	3.2E+06	8.8E-09
Am-241	7.3E+04	2.0E-10
Am-242m	4.5E+03	1.2E-11
Am-243	7.3E+04	2.0E-10
Cm-242	7.3E+04	2.0E-10
Cm-243	7.3E+04	2.0E-10
Cm-244	7.3E+04	2.0E-10
対象とする被ばく評価		環境防護

表B-9 評価に使用する海水中濃度 (J1-C タンク群の核種組成によるソースターム)

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	6.0E-02
C-14	4.8E+08	1.3E-06
Mn-54	1.0E+06	2.8E-09
Fe-59	2.3E+06	6.4E-09
Co-58	1.1E+06	3.0E-09
Co-60	8.9E+06	2.4E-08
Ni-63	2.3E+08	6.2E-07
Zn-65	2.5E+06	6.9E-09
Rb-86	1.3E+07	3.7E-08
Sr-89	1.4E+06	4.0E-09
Sr-90	9.7E+05	2.6E-09
Y-90	9.7E+05	2.6E-09
Y-91	4.6E+08	1.2E-06
Nb-95	1.3E+06	3.7E-09
Tc-99	3.2E+07	8.8E-08
Ru-103	1.4E+06	3.9E-09
Ru-106	3.8E+07	1.0E-07
Rh-103m	1.4E+06	3.9E-09
Rh-106	3.8E+07	1.0E-07
Ag-110m	1.2E+06	3.1E-09
Cd-113m	2.3E+06	6.2E-09
Cd-115m	7.2E+07	2.0E-07
Sn-119m	1.1E+09	3.1E-06
Sn-123	1.8E+08	4.8E-07
Sn-126	7.8E+06	2.1E-08
Sb-124	2.6E+06	7.1E-09
Sb-125	6.2E+06	1.7E-08
Te-123m	2.5E+06	6.7E-09
Te-125m	6.2E+06	1.7E-08
Te-127	1.3E+08	3.4E-07

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
Te-127m	1.3E+08	3.6E-07
Te-129	1.7E+07	4.5E-08
Te-129m	3.8E+07	1.0E-07
I-129	3.2E+07	8.8E-08
Cs-134	2.0E+06	5.6E-09
Cs-135	3.2E+01	8.8E-14
Cs-136	1.3E+06	3.4E-09
Cs-137	5.1E+06	1.4E-08
Ba-137m	5.1E+06	1.4E-08
Ba-140	5.4E+06	1.5E-08
Ce-141	7.0E+06	1.9E-08
Ce-144	1.5E+07	4.2E-08
Pr-144	1.5E+07	4.2E-08
Pr-144m	1.5E+07	4.2E-08
Pm-146	1.8E+06	4.9E-09
Pm-147	2.1E+07	5.9E-08
Pm-148	6.2E+06	1.7E-08
Pm-148m	1.3E+06	3.5E-09
Sm-151	3.0E+05	8.0E-10
Eu-152	7.5E+06	2.0E-08
Eu-154	3.0E+06	8.0E-09
Eu-155	9.1E+06	2.5E-08
Gd-153	7.0E+06	1.9E-08
Tb-160	3.8E+06	1.0E-08
Pu-238	8.9E+05	2.4E-09
Pu-239	8.9E+05	2.4E-09
Pu-240	8.9E+05	2.4E-09
Pu-241	3.2E+07	8.8E-08
Am-241	8.9E+05	2.4E-09
Am-242m	1.6E+04	4.3E-11
Am-243	8.9E+05	2.4E-09

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
Cm-242	8.9E+05	2.4E-09
Cm-243	8.9E+05	2.4E-09
Cm-244	8.9E+05	2.4E-09
対象とする被ばく評価		環境防護

表B-10 評価に使用する海水中濃度 (J1-G タンク群の核種組成によるソースターム)

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	6.0E-02
C-14	1.3E+09	3.6E-06
Mn-54	3.1E+06	8.4E-09
Fe-59	5.9E+06	1.6E-08
Co-58	3.0E+06	8.2E-09
Co-60	1.9E+07	5.1E-08
Ni-63	7.2E+08	2.0E-06
Zn-65	6.5E+06	1.8E-08
Rb-86	3.8E+07	1.0E-07
Sr-89	3.7E+06	1.0E-08
Sr-90	2.6E+06	7.1E-09
Y-90	2.6E+06	7.1E-09
Y-91	9.8E+08	2.7E-06
Nb-95	3.8E+06	1.0E-08
Tc-99	1.1E+08	2.9E-07
Ru-103	4.2E+06	1.1E-08
Ru-106	3.9E+07	1.1E-07
Rh-103m	4.2E+06	1.1E-08
Rh-106	3.9E+07	1.1E-07
Ag-110m	3.3E+06	8.9E-09
Cd-113m	7.0E+06	1.9E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
Cd-115m	1.9E+08	5.1E-07
Sn-119m	3.3E+09	8.9E-06
Sn-123	5.1E+08	1.4E-06
Sn-126	1.2E+07	3.3E-08
Sb-124	6.8E+06	1.9E-08
Sb-125	1.1E+07	3.1E-08
Te-123m	5.5E+06	1.5E-08
Te-125m	1.1E+07	3.1E-08
Te-127	3.5E+08	9.6E-07
Te-127m	3.7E+08	1.0E-06
Te-129	4.8E+07	1.3E-07
Te-129m	9.8E+07	2.7E-07
I-129	2.7E+07	7.3E-08
Cs-134	5.5E+06	1.5E-08
Cs-135	1.7E+02	4.7E-13
Cs-136	2.9E+06	8.0E-09
Cs-137	2.7E+07	7.3E-08
Ba-137m	2.7E+07	7.3E-08
Ba-140	1.4E+07	3.8E-08
Ce-141	9.8E+06	2.7E-08
Ce-144	4.5E+07	1.2E-07
Pr-144	4.5E+07	1.2E-07
Pr-144m	4.5E+07	1.2E-07
Pm-146	5.1E+06	1.4E-08
Pm-147	5.9E+07	1.6E-07
Pm-148	3.7E+07	1.0E-07
Pm-148m	3.3E+06	9.1E-09
Sm-151	8.1E+05	2.2E-09
Eu-152	1.5E+07	4.2E-08
Eu-154	8.1E+06	2.2E-08
Eu-155	1.5E+07	4.0E-08

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
Gd-153	1.5E+07	4.2E-08
Tb-160	1.1E+07	3.1E-08
Pu-238	2.3E+06	6.2E-09
Pu-239	2.3E+06	6.2E-09
Pu-240	2.3E+06	6.2E-09
Pu-241	8.1E+07	2.2E-07
Am-241	2.3E+06	6.2E-09
Am-242m	4.2E+04	1.1E-10
Am-243	2.3E+06	6.2E-09
Cm-242	2.3E+06	6.2E-09
Cm-243	2.3E+06	6.2E-09
Cm-244	2.3E+06	6.2E-09
対象とする被ばく評価		環境防護

表B-11 評価に使用する海水中濃度 (仮想した ALPS 処理水によるソースターム)

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水中濃度 (10km×10km 圏内)
		最下層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	6.0E-02
Fe-59	4.4E+07	1.2E-07
Sn-126	8.8E+07	2.4E-07
Pm-148m	1.1E+11	3.0E-04
対象とする被ばく評価		環境防護

表B-12 環境防護に関する評価結果

評価 ケース		(1) 実測値によるソースターム			(2) 仮想した ALPS 処理水によ るソースターム
		i. K4 タンク群	ii. J1-C タンク群	iii. J1-G タンク群	
被ばく (mGy/ 日)	扁平魚	1.7E-05	2.2E-05	5.6E-05	7.8E-03
	カニ	1.7E-05	2.2E-05	5.5E-05	7.5E-03
	褐藻	1.9E-05	2.3E-05	5.9E-05	8.4E-03
誘導考慮参考レベル(DCRL)					
扁平魚：1-10 mGy/日 カニ：10-100mGy/日 褐藻：1-10mGy/日					

参照文献

- [B1] ICRP ,ICRP Publication 124 "Protection of the Environment under Different Exposure Situations" ,2013
- [B2] 環境庁,第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書(干潟、藻場、サンゴ礁調査),1994
- [B3] 文化庁,天然記念物緊急調査、植生図・主要動植物地図、福島県,1971
- [B4] ICRP, ICRP Publication 136 "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation"(,2017
- [B5] ICRP ,BiotaDC v.1.5.1 <http://biotadc.icrp.org/> ,2017
- [B6] ICRP ,ICRP Publication 114 "Environmental Protection : Transfer Parameters for Reference Animals and Plants",2009
- [B7] IAEA ,Technical Reports Series No.422 "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment",2004

参考C ALPS 除去対象核種選定の考え方

C 1. 除去対象核種の選定

多核種除去設備の処理対象水（淡水、RO 濃縮塩水および処理装置出口水）は、1～3号機原子炉内の燃料に由来する放射性物質（以下、FP 核種）およびプラント運転時の保有水に含まれていた腐食生成物に由来する放射性物質（以下、CP 核種）を含んでいると想定される。多核種除去設備の設計として、処理対象水が万一環境へ漏えいした場合の周辺公衆への放射線被ばくのリスクを低減するため、処理対象水に含まれる FP 核種および CP 核種のうち、多核種除去設備で除去すべき高い濃度で存在する核種を推定することが必要となる。

よって、処理対象水に含まれる放射性物質の濃度を推定するにあたり、FP 核種については、炉心インベントリの評価結果から有意な濃度で存在すると想定される核種を選定し、そのうち、2011年3月に放射性物質の測定を実施している核種については、測定結果から滞留水中の濃度を推定し、測定していない核種については、炉心インベントリの評価結果から滞留水に含まれる濃度を推定した。

また、CP 核種については、プラント運転時の原子炉保有水に含まれていた核種が滞留水に移行していること、また、高温焼却炉建屋に滞留水を移送した際に、濃縮廃液タンクの保有水に含まれていた核種が混入したことが考えられることから、プラント運転時の原子炉及び濃縮廃液タンクの保有水に対する CP 核種の測定結果を用いて、滞留水に含まれる濃度を推定した。

FP 核種、CP 核種共に多核種除去設備の稼動時期が原子炉停止後より1年後(365日後)以降となると想定されたことから、半減期を考慮し原子炉停止365日後の滞留水中濃度を減衰補正により推定した。減衰補正により得られた原子炉停止後365日後の推定濃度が告示濃度限度に対し、1/100を超える核種を滞留水中に有意な濃度で存在するものとして多核種除去設備の除去対象核種として選定した。なお、1/100以下となることから除外した核種の推定濃度と告示濃度限度との比の総和は、最大で0.05程度であることから、除外した核種の濃度は十分低いものとする。

C 2. 除去対象核種の選定方法および選定結果

(1) FP 核種からの除去対象核種の選定方法および選定結果

FP 核種からの除去対象核種の選定は、図 C - 1 のフローに従い実施した。その結果、56 核種を除去対象核種として選定した。

(2) CP 核種からの除去対象核種の選定方法および選定結果

CP 核種からの除去対象核種の選定は、図 C - 2 のフローに従い実施した。その結果、6 核種を除去対象核種として選定した。

(3) 除去対象核種選定結果のまとめ

FP 核種から選定した 56 核種に、CP 核種から選定した 6 核種を加えた計 62 核種を除去対象核種として選定した（表 C - 1 参照）。

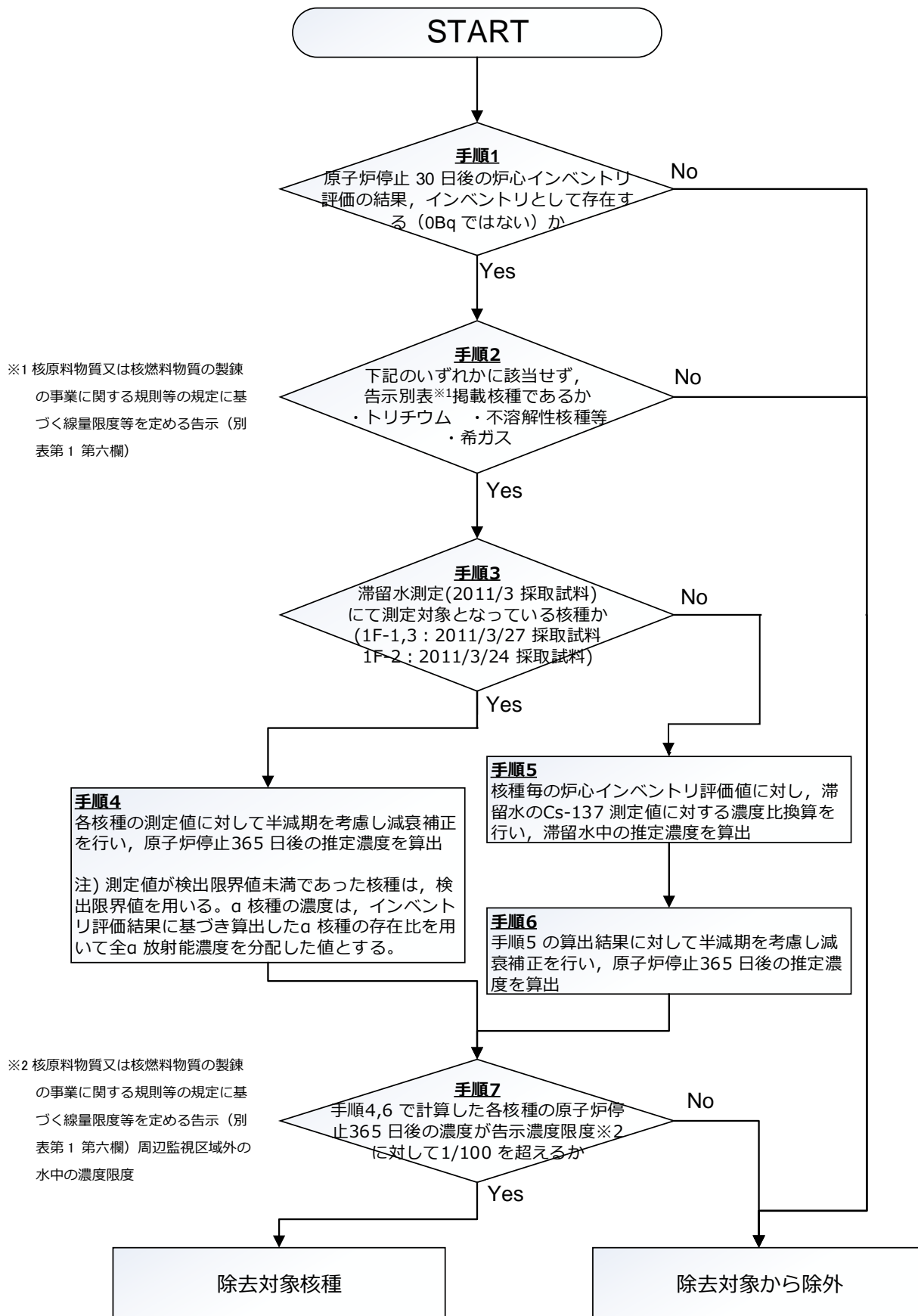
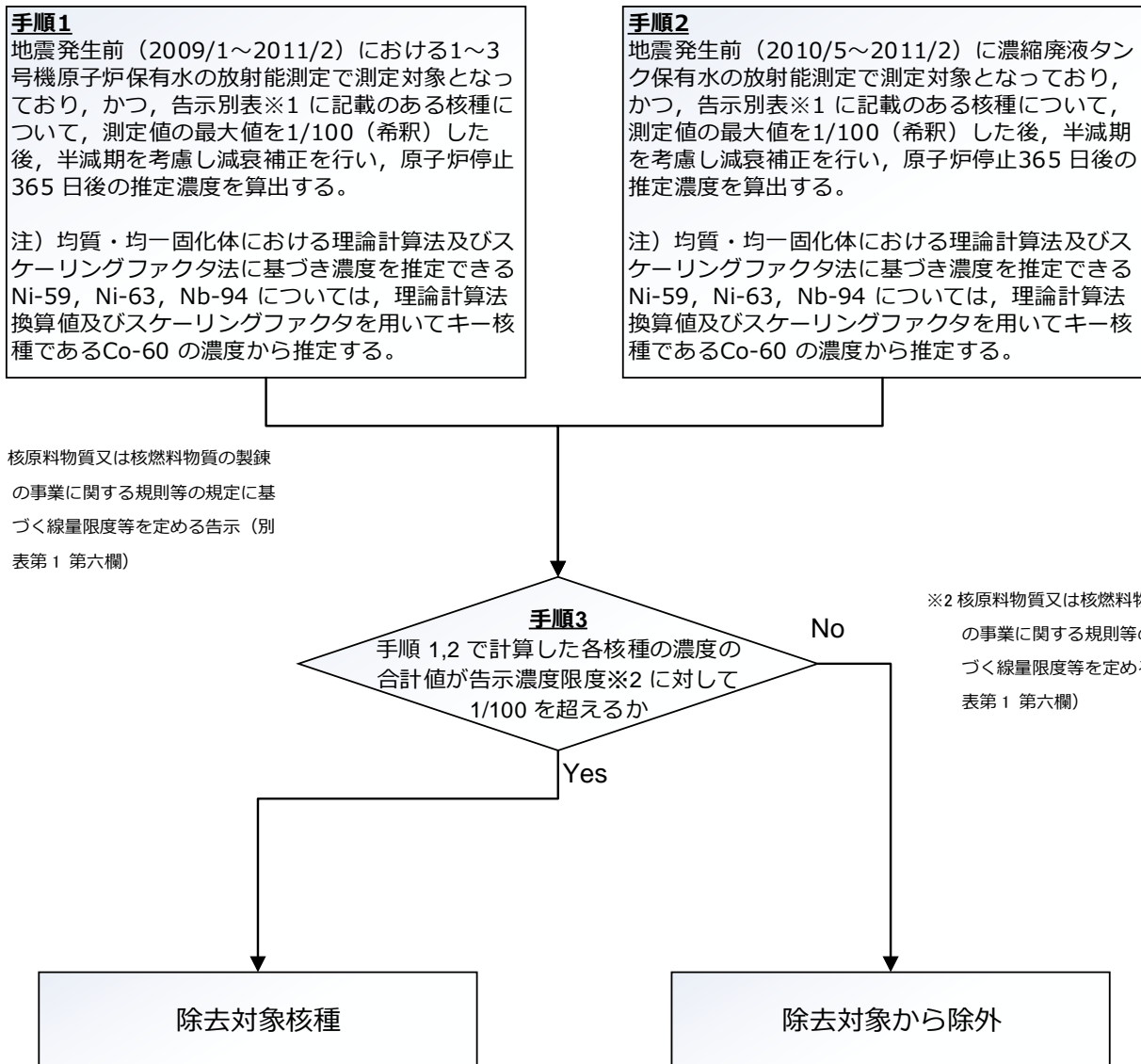


図 C - 1 : FP 核種における除去対象核種選定フロー



図C-2 CP核種における除去対象核種選定フロー

表 C - 1 除去対象核種一覧

No.	核種	物理半減期	線種	No	核種	物理半減期	線種
1	Mn-54	310d	γ	32	I-129	1.6E+07y	$\beta\gamma$
2	Fe-59	44 d	γ	33	Cs-134	2.1y	$\beta\gamma$
3	Co-58	71d	γ	34	Cs-135	2.3E+06y	β
4	Co-60	5.3y	$\beta\gamma$	35	Cs-136	13d	$\beta\gamma$
5	Ni-63	100y	β	36	Cs-137	30y	$\beta\gamma$
6	Zn-65	240d	$\beta\gamma$	37	Ba-137m	2.6m	γ
7	Rb-86	19d	$\beta\gamma$	38	Ba-140	13d	$\beta\gamma$
8	Sr-89	51d	β	39	Ce-141	33d	$\beta\gamma$
9	Sr-90	29y	β	40	Ce-144	280d	$\beta\gamma$
10	Y-90	64h	β	41	Pr-144	17m	$\beta\gamma$
11	Y-91	59d	$\beta\gamma$	42	Pr-144m	7.2m	γ
12	Nb-95	35d	$\beta\gamma$	43	Pm-146	5.5y	$\beta\gamma$
13	Tc-99	2.1E+05y	β	44	Pm-147	2.6y	$\beta\gamma$
14	Ru-103	39d	$\beta\gamma$	45	Pm-148	5.4d	$\beta\gamma$
15	Ru-106	370d	β	46	Pm-148m	41d	γ
16	Rh-103m	56m	$\beta\gamma$	47	Sm-151	90y	$\beta\gamma$
17	Rh-106	30s	γ	48	Eu-152	14y	$\beta\gamma$
18	Ag-110m	250d	$\beta\gamma$	49	Eu-154	8.6y	$\beta\gamma$
19	Cd-113m	14 y	γ	50	Eu-155	4.8y	$\beta\gamma$
20	Cd-115m	45d	$\beta\gamma$	51	Gd-153	240d	γ
21	Sn-119m	290d	γ	52	Tb-160	72d	$\beta\gamma$
22	Sn-123	130d	$\beta\gamma$	53	Pu-238	88y	α
23	Sn-126	2.3E+05y	$\beta\gamma$	54	Pu-239	2.4E+04y	α
24	Sb-124	60d	$\beta\gamma$	55	Pu-240	6.6E+03y	α
25	Sb-125	2.8y	$\beta\gamma$	56	Pu-241	14y	β
26	Te-123m	120d	γ	57	Am-241	430y	α
27	Te-125m	57d	γ	58	Am-242m	140y	α
28	Te-127	9.4h	$\beta\gamma$	59	Am-243	7.4E+03y	α
29	Te-127m	110d	$\beta\gamma$	60	Cm-242	160d	α
30	Te-129	70m	$\beta\gamma$	61	Cm-243	29y	α
31	Te-129m	34d	$\beta\gamma$	62	Cm-244	18y	α

参考D ALPS 処理水等の水質について

D 1. ALPS 処理水等のうち、トリチウム以外の告示濃度比総和が 1 未満と推定できるタンク群の水質について

これまで、満水となったタンク群（ALPS からの受入時に連結している 5～10 基のタンク）毎に主要 7 核種（ALPS 処理の過程で有意に検出される Cs-137, Cs-134, Co-60, Sb-125, Ru-106, Sr-90, I-129 の 7 核種）およびトリチウム、全 β の測定を実施してきた。サンプル数は 1-2 サンプル/タンク群を採取し、一部のタンク群では上記核種に加え C-14, Tc-99, 全 α の測定を実施した。

下記に示す当社公表データを基に、トリチウム以外の告示濃度比総和が 1 未満と推定できるタンク群の分析結果を抽出し、主要 7 核種の濃度分布を図 D-1 に整理した[※]。（なお、実際の放出にあたっては放出前に 64 核種（除去対象 62 核種、C-14、トリチウム）の分析を実施し、トリチウム以外の放射性物質が告示濃度比総和 1 未満であることを確認する。）

タンク群毎の放射能濃度実測値（再利用タンクを除く）（2021 年 3 月 31 日現在）[D 1]

二次処理試験水

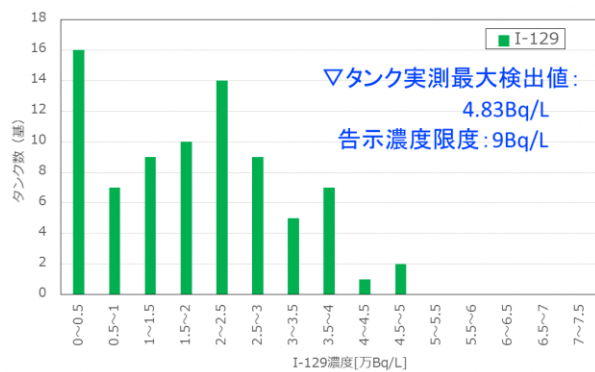
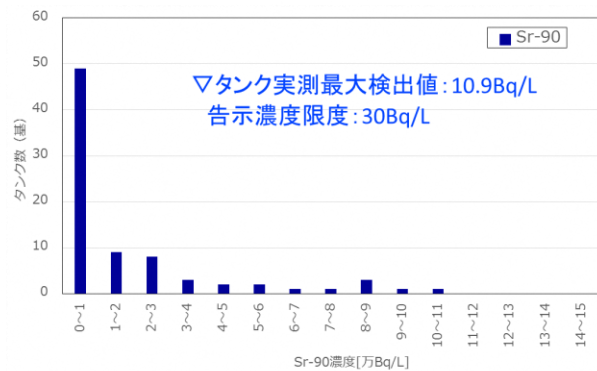
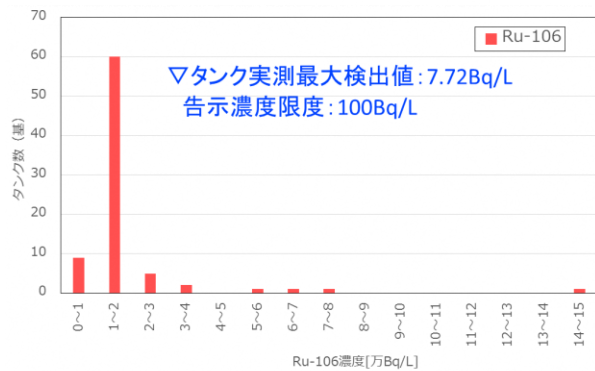
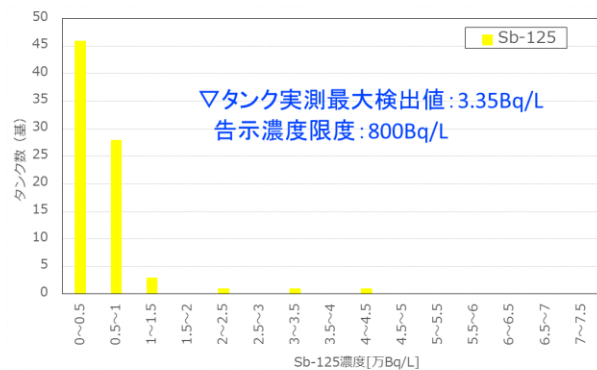
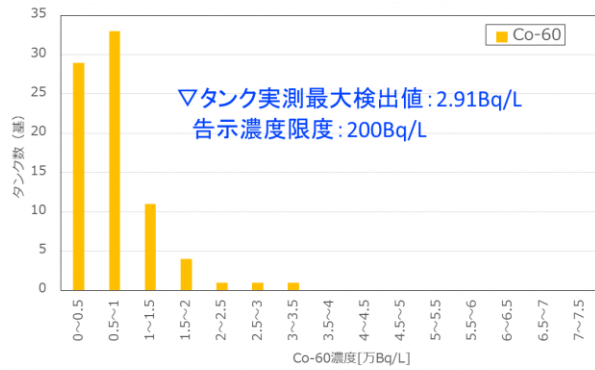
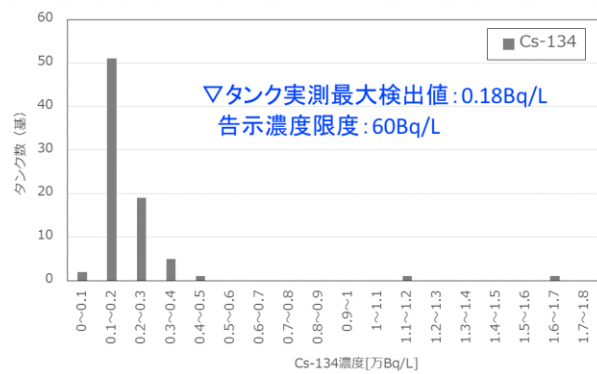
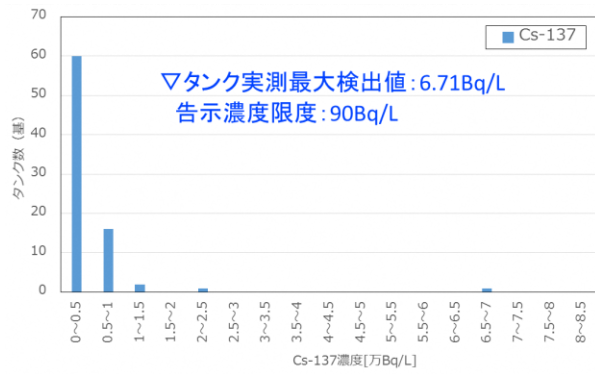
https://www.tepco.co.jp/decommission/information/newsrelease/reference/pdf/2020/2h/rf_20201224_1.pdf

※各タンク群に貯蔵している水のトリチウム以外の告示濃度比総和の推定計算式を以下に示す。主要 7 核種以外の 56 核種については、これまでの実績に基づく推定により、告示濃度比総和で 0.41 程度にまでなると考えられることから、主要 7 核種の総和が 0.59 未満のものを、トリチウム以外の告示濃度比総和 1 未満と推定できる水として整理を行った。

主要 7 核種の 告示濃度比総和 (実測値)	+	C-14 の 告示濃度比 (最大値 : 0.11 ^{※1})	+	その他 55 核種の 告示濃度比総和 (推定値 : 0.30 ^{※2})
------------------------------	---	--	---	--

※1:最大 215 Bq/L (図D-2 参照)

※2:2015～2017 年度の ALPS 出口水 62 核種分析結果（第 10 回多核種除去設備等処理水の取扱に関する小委員会 参考資料 2）[D2]におけるその他 55 核種の告示濃度比総和より 0.3 と推定



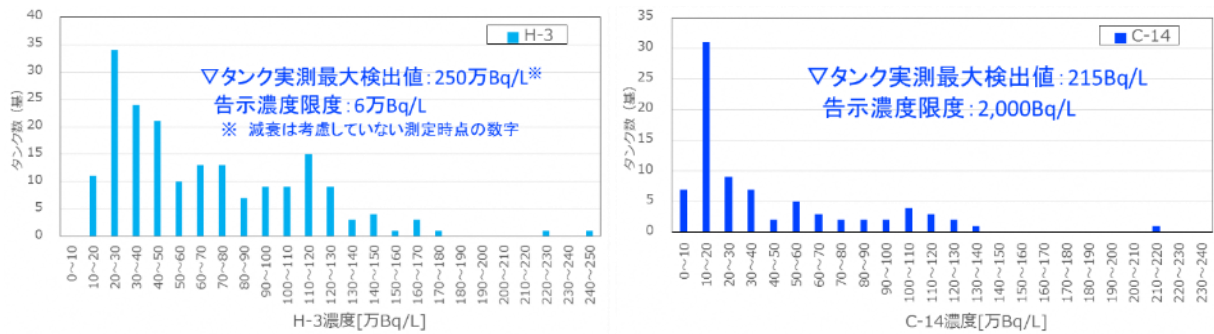
図D-1 ALPS 処理水等の分析結果における主要7核種の濃度分布

※主要7核種告示濃度比総和 0.59 未満の分析結果(80基分)をプロット

(二次処理試験水は除く)

※縦軸はタンクの数を示す

また、ALPS の除去対象ではないトリチウムと C-14 について、これまでに分析を実施したタンクの分析結果[D1]を抽出し、作成した分析結果濃度分布を図D-2に示す。



図D-2 ALPS 処理水等の分析結果におけるトリチウム、C-14 の濃度分布

※タンク群の分析結果(トリチウムは 189 基分、C-14 は 81 基分)をプロット
 (二次処理試験水は除く)
 ※縦軸はタンクの数を示す

D 2. 64 核種の分析結果

64 核種すべての分析結果がそろっている K4 タンク群[D1][D3]および昨年実施した二次処理性能確認試験における 2 つのタンク群の分析結果 [D4]を表D-1~3に示す。

表D-1 K4タンク群における分析結果

核種	告示濃度限度 [Bq/L]	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	備考
H-3	6.0E+04	1.9E+05	3.2E+00	1,500Bq/L 未満まで希釈してから放出する
C-14	2.0E+03	1.5E+01	7.5E-03	
Mn-54	1.0E+03	< 6.7E-03	6.7E-06	
Fe-59	4.0E+02	< 1.7E-02	4.3E-05	
Co-58	1.0E+03	< 8.0E-03	8.0E-06	
Co-60	2.0E+02	4.4E-01	2.2E-03	
Ni-63	6.0E+03	2.2E+00	3.7E-04	
Zn-65	2.0E+02	< 1.5E-02	7.5E-05	
Rb-86	3.0E+02	< 1.9E-01	6.3E-04	
Sr-89	3.0E+02	< 1.0E-01	3.3E-04	
Sr-90	3.0E+01	2.2E-01	7.3E-03	
Y-90	3.0E+02	2.2E-01	7.3E-04	Sr-90 と放射平衡
Y-91	3.0E+02	< 2.2E+00	7.3E-03	
Nb-95	1.0E+03	< 1.0E-02	1.0E-05	
Tc-99	1.0E+03	7.0E-01	7.0E-04	
Ru-103	1.0E+03	< 1.0E-02	1.0E-05	
Ru-106	1.0E+02	1.6E+00	1.6E-02	
Rh-103m	2.0E+05	< 1.0E-02	5.0E-08	Ru-103 と放射平衡
Rh-106	3.0E+05	1.6E+00	5.3E-06	Ru-106 と放射平衡
Ag-110m	3.0E+02	< 5.6E-03	1.9E-05	
Cd-113m	4.0E+01	< 1.8E-02	4.5E-04	

核種	告示濃度限度 [Bq/L]	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	備考
Cd-115m	3.0E+02	< 6.4E-01	2.1E-03	
Sn-119m	2.0E+03	< 1.7E-01	8.5E-05	Sn-123 の放射能濃度より評価
Sn-123	4.0E+02	< 1.2E+00	3.0E-03	
Sn-126	2.0E+02	< 2.7E-02	1.4E-04	
Sb-124	3.0E+02	< 9.5E-03	3.2E-05	
Sb-125	8.0E+02	3.3E-01	4.1E-04	
Te-123m	6.0E+02	< 9.2E-03	1.5E-05	
Te-125m	9.0E+02	3.3E-01	3.7E-04	Sb-125 と放射平衡
Te-127	5.0E+03	< 3.2E-01	6.4E-05	
Te-127m	3.0E+02	< 3.2E-01	1.1E-03	Te-127 の放射能濃度より評価
Te-129	1.0E+04	< 8.1E-02	8.1E-06	
Te-129m	3.0E+02	< 3.2E-01	1.1E-03	
I-129	9.0E+00	2.1E+00	2.3E-01	
Cs-134	6.0E+01	4.5E-02	7.5E-04	
Cs-135	6.0E+02	2.5E-06	4.2E-09	Cs-137 の放射能濃度より評価
Cs-136	3.0E+02	< 3.0E-02	1.0E-04	
Cs-137	9.0E+01	4.2E-01	4.7E-03	
Ba-137m	8.0E+05	4.2E-01	5.3E-07	Cs-137 と放射平衡
Ba-140	3.0E+02	< 9.5E-02	3.2E-04	
Ce-141	1.0E+03	< 2.5E-02	2.5E-05	
Ce-144	2.0E+02	< 6.3E-02	3.2E-04	

核種	告示濃度限度 [Bq/L]	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	備考
Pr-144	2.0E+04	< 6.3E-02	3.2E-06	Ce-144 と放射平衡
Pr-144m	4.0E+04	< 6.3E-02	1.6E-06	Ce-144 と放射平衡
Pm-146	9.0E+02	< 9.8E-02	1.1E-04	
Pm-147	3.0E+03	< 1.9E-01	6.3E-05	Eu-154 の放射能濃度より評価
Pm-148	3.0E+02	< 5.0E-01	1.7E-03	
Pm-148m	5.0E+02	< 8.4E-03	1.7E-05	
Sm-151	8.0E+03	< 9.0E-04	1.1E-07	Eu-154 の放射能濃度より評価
Eu-152	6.0E+02	< 2.8E-02	4.7E-05	
Eu-154	4.0E+02	< 1.2E-02	3.0E-05	
Eu-155	3.0E+03	< 3.3E-02	1.1E-05	
Gd-153	3.0E+03	< 3.2E-02	1.1E-05	
Tb-160	5.0E+02	< 2.8E-02	5.6E-05	
Pu-238	4.0E+00	< 6.3E-04	1.6E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
Pu-239	4.0E+00	< 6.3E-04	1.6E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
Pu-240	4.0E+00	< 6.3E-04	1.6E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
Pu-241	2.0E+02	< 2.8E-02	1.4E-04	Pu-238 の放射能濃度から評価
Am-241	5.0E+00	< 6.3E-04	1.3E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
Am-242m	5.0E+00	< 3.9E-05	7.8E-06	Am-241 の放射能濃度より評価
Am-243	5.0E+00	< 6.3E-04	1.3E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
Cm-242	6.0E+01	< 6.3E-04	1.1E-05	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
Cm-243	6.0E+00	< 6.3E-04	1.1E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価

核種	告示濃度限度 [Bq/L]	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	備考
Cm-244	7.0E+00	< 6.3E-04	9.0E-05	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
トリチウム以外の 63 核種の 告示濃度比総和			2.9E-01	

※C-14 はタンク 5 基の測定結果の平均値、H-3 はタンク 7 基の測定結果の平均値[D1]、
その他の核種はコンポジット試料の分析結果[D3]

表D-2 二次処理性能確認試験における分析結果 (J1-C 群)

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
H-3	6.0E+04	8.51E+05	1.4E+01	8.22E+05	1.4E+01	1,500Bq/L 未満まで希 釈してから放出する
C-14	2.0E+03	1.53E+01	7.6E-03	1.76E+01	8.8E-03	
Mn-54	1.0E+03	< 3.62E-01	3.6E-04	< 3.83E-02	3.8E-05	
Fe-59	4.0E+02	< 6.41E-01	1.6E-03	< 8.66E-02	2.2E-04	
Co-58	1.0E+03	< 3.44E-01	3.4E-04	< 4.11E-02	4.1E-05	
Co-60	2.0E+02	3.63E+01	1.8E-01	3.33E-01	1.7E-03	
Ni-63	6.0E+03	5.19E+01	8.6E-03	< 8.45E+00	1.4E-03	
Zn-65	2.0E+02	< 7.19E-01	3.6E-03	< 9.41E-02	4.7E-04	
Rb-86	3.0E+02	< 4.11E+00	1.4E-02	< 4.97E-01	1.7E-03	
Sr-89	3.0E+02	< 6.72E+03	2.2E+01	< 5.37E-02	1.8E-04	
Sr-90	3.0E+01	6.46E+04	2.2E+03	3.57E-02	1.2E-03	
Y-90	3.0E+02	6.46E+04	2.2E+02	3.57E-02	1.2E-04	Sr-90 と放射平衡
Y-91	3.0E+02	< 8.45E+01	2.8E-01	< 1.65E+01	5.5E-02	

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Nb-95	1.0E+03	< 3.50E-01	3.5E-04	< 4.96E-02	5.0E-05	
Tc-99	1.0E+03	1.74E+01	1.7E-02	< 1.23E+00	1.2E-03	
Ru-103	1.0E+03	< 7.21E-01	7.2E-04	< 5.27E-02	5.3E-05	
Ru-106	1.0E+02	< 5.00E+00	5.0E-02	1.43E+00	1.4E-02	
Rh-103m	2.0E+05	< 7.21E-01	3.6E-06	< 5.27E-02	2.6E-07	Ru-103 と放射平衡
Rh-106	3.0E+05	< 5.00E+00	1.7E-05	1.43E+00	4.8E-06	Ru-106 と放射平衡
Ag-110m	3.0E+02	< 5.41E-01	1.8E-03	< 4.26E-02	1.4E-04	
Cd-113m	4.0E+01	< 2.05E+01	5.1E-01	< 8.52E-02	2.1E-03	
Cd-115m	3.0E+02	< 2.26E+01	7.5E-02	< 2.70E+00	9.0E-03	
Sn-119m	2.0E+03	< 3.90E+02	1.9E-01	< 4.24E+01	2.1E-02	Sn-123 の放射能濃度より評価
Sn-123	4.0E+02	< 6.06E+01	1.5E-01	< 6.59E+00	1.6E-02	
Sn-126	2.0E+02	< 2.88E+00	1.4E-02	< 2.92E-01	1.5E-03	
Sb-124	3.0E+02	< 2.79E-01	9.3E-04	< 9.67E-02	3.2E-04	
Sb-125	8.0E+02	8.30E+01	1.0E-01	2.26E-01	2.8E-04	
Te-123m	6.0E+02	< 8.32E-01	1.4E-03	< 9.19E-02	1.5E-04	
Te-125m	9.0E+02	8.30E+01	9.2E-02	2.26E-01	2.5E-04	Sb-125 と放射平衡
Te-127	5.0E+03	< 7.25E+01	1.5E-02	< 4.69E+00	9.4E-04	
Te-127m	3.0E+02	< 7.53E+01	2.5E-01	< 4.87E+00	1.6E-02	Te-127 の放射能濃度より評価
Te-129	1.0E+04	< 1.27E+01	1.3E-03	< 6.15E-01	6.1E-05	

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Te-129m	3.0E+02	< 1.31E+01	4.4E-02	< 1.37E+00	4.6E-03	
I-129	9.0E+00	2.99E+01	3.3E+00	1.16E+00	1.3E-01	
Cs-134	6.0E+01	2.93E+01	4.9E-01	< 7.60E-02	1.3E-03	
Cs-135	6.0E+02	3.81E-03	6.4E-06	1.18E-06	2.0E-09	Cs-137 の放射能濃度より評価
Cs-136	3.0E+02	< 3.77E-01	1.3E-03	< 4.68E-02	1.6E-04	
Cs-137	9.0E+01	5.99E+02	6.7E+00	1.85E-01	2.1E-03	
Ba-137m	8.0E+05	5.99E+02	7.5E-04	1.85E-01	2.3E-07	Cs-137 と放射平衡
Ba-140	3.0E+02	< 2.40E+00	8.0E-03	< 2.02E-01	6.7E-04	
Ce-141	1.0E+03	< 1.51E+00	1.5E-03	< 2.62E-01	2.6E-04	
Ce-144	2.0E+02	< 6.84E+00	3.4E-02	< 5.69E-01	2.8E-03	
Pr-144	2.0E+04	< 6.84E+00	3.4E-04	< 5.69E-01	2.8E-05	Ce-144 と放射平衡
Pr-144m	4.0E+04	< 6.84E+00	1.7E-04	< 5.69E-01	1.4E-05	Ce-144 と放射平衡
Pm-146	9.0E+02	< 1.23E+00	1.4E-03	< 6.66E-02	7.4E-05	
Pm-147	3.0E+03	< 4.08E+00	1.4E-03	< 8.04E-01	2.7E-04	Eu-154 の放射能濃度より評価
Pm-148	3.0E+02	< 6.49E-01	2.2E-03	< 2.33E-01	7.8E-04	
Pm-148m	5.0E+02	< 6.34E-01	1.3E-03	< 4.84E-02	9.7E-05	
Sm-151	8.0E+03	< 5.77E-02	7.2E-06	< 1.14E-02	1.4E-06	Eu-154 の放射能濃度より評価
Eu-152	6.0E+02	< 2.70E+00	4.5E-03	< 2.84E-01	4.7E-04	
Eu-154	4.0E+02	< 5.77E-01	1.4E-03	< 1.14E-01	2.8E-04	

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Eu-155	3.0E+03	< 3.43E+00	1.1E-03	< 3.36E-01	1.1E-04	
Gd-153	3.0E+03	< 3.17E+00	1.1E-03	< 2.64E-01	8.8E-05	
Tb-160	5.0E+02	< 1.66E+00	3.3E-03	< 1.43E-01	2.9E-04	
Pu-238	4.0E+00	5.70E-01	1.4E-01	< 3.25E-02	8.1E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Pu-239	4.0E+00	5.70E-01	1.4E-01	< 3.25E-02	8.1E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Pu-240	4.0E+00	5.70E-01	1.4E-01	< 3.25E-02	8.1E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Pu-241	2.0E+02	2.07E+01	1.0E-01	< 1.18E+00	5.9E-03	Pu-238 の放射能濃度から評価
Am-241	5.0E+00	5.70E-01	1.1E-01	< 3.25E-02	6.5E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Am-242m	5.0E+00	1.03E-02	2.1E-03	< 5.87E-04	1.2E-04	Am-241 の放射能濃度より評価
Am-243	5.0E+00	5.70E-01	1.1E-01	< 3.25E-02	6.5E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Cm-242	6.0E+01	5.70E-01	9.5E-03	< 3.25E-02	5.4E-04	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Cm-243	6.0E+00	5.70E-01	9.5E-02	< 3.25E-02	5.4E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Cm-244	7.0E+00	5.70E-01	8.1E-02	< 3.25E-02	4.6E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
トリチウム以外の 告示濃度比総和		-	2.4E+03	-	3.5E-01	

表D-3 二次処理性能確認試験における分析結果 (J1-G 群)

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
H-3	6.0E+04	2.73E+05	4.6E+00	2.72E+05	4.5E+00	1,500Bq/L 未満まで希釈してから放出する
C-14	2.0E+03	1.26E+01	6.3E-03	1.56E+01	7.8E-03	

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Mn-54	1.0E+03	< 2.02E-01	2.0E-04	< 3.79E-02	3.8E-05	
Fe-59	4.0E+02	< 3.51E-01	8.8E-04	< 7.17E-02	1.8E-04	
Co-58	1.0E+03	< 2.11E-01	2.1E-04	< 3.74E-02	3.7E-05	
Co-60	2.0E+02	1.31E+01	6.5E-02	2.33E-01	1.2E-03	
Ni-63	6.0E+03	< 1.84E+01	3.1E-03	< 8.84E+00	1.5E-03	
Zn-65	2.0E+02	< 4.35E-01	2.2E-03	< 7.97E-02	4.0E-04	
Rb-86	3.0E+02	< 2.56E+00	8.5E-03	< 4.67E-01	1.6E-03	
Sr-89	3.0E+02	< 7.87E+02	2.6E+00	< 4.52E-02	1.5E-04	
Sr-90	3.0E+01	1.04E+04	3.5E+02	< 3.18E-02	1.1E-03	
Y-90	3.0E+02	1.04E+04	3.5E+01	< 3.18E-02	1.1E-04	Sr-90 と放射平衡
Y-91	3.0E+02	< 4.82E+01	1.6E-01	< 1.18E+01	3.9E-02	
Nb-95	1.0E+03	< 2.56E-01	2.6E-04	< 4.70E-02	4.7E-05	
Tc-99	1.0E+03	1.20E+00	1.2E-03	< 1.29E+00	1.3E-03	
Ru-103	1.0E+03	< 3.39E-01	3.4E-04	< 5.06E-02	5.1E-05	
Ru-106	1.0E+02	< 2.27E+00	2.3E-02	4.83E-01	4.8E-03	
Rh-103m	2.0E+05	< 3.39E-01	1.7E-06	< 5.06E-02	2.5E-07	Ru-103 と放射平衡
Rh-106	3.0E+05	< 2.27E+00	7.6E-06	4.83E-01	1.6E-06	Ru-106 と放射平衡
Ag-110m	3.0E+02	< 2.92E-01	9.7E-04	< 4.00E-02	1.3E-04	
Cd-113m	4.0E+01	< 2.04E+01	5.1E-01	< 8.55E-02	2.1E-03	
Cd-115m	3.0E+02	< 1.16E+01	3.9E-02	< 2.29E+00	7.6E-03	

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Sn-119m	2.0E+03	< 2.13E+02	1.1E-01	< 4.03E+01	2.0E-02	Sn-123 の放射能濃度 より評価
Sn-123	4.0E+02	< 3.31E+01	8.3E-02	< 6.26E+00	1.6E-02	
Sn-126	2.0E+02	< 1.16E+00	5.8E-03	< 1.47E-01	7.3E-04	
Sb-124	3.0E+02	< 2.20E-01	7.3E-04	< 8.42E-02	2.8E-04	
Sb-125	8.0E+02	3.23E+01	4.0E-02	1.37E-01	1.7E-04	
Te-123m	6.0E+02	< 3.83E-01	6.4E-04	< 6.67E-02	1.1E-04	
Te-125m	9.0E+02	3.23E+01	3.6E-02	1.37E-01	1.5E-04	Sb-125 と放射平衡
Te-127	5.0E+03	< 3.53E+01	7.1E-03	< 4.33E+00	8.7E-04	
Te-127m	3.0E+02	< 3.67E+01	1.2E-01	< 4.50E+00	1.5E-02	Te-127 の放射能濃度よ り評価
Te-129	1.0E+04	< 4.71E+00	4.7E-04	< 5.94E-01	5.9E-05	
Te-129m	3.0E+02	< 6.61E+00	2.2E-02	< 1.21E+00	4.0E-03	
I-129	9.0E+00	2.79E+00	3.1E-01	3.28E-01	3.6E-02	
Cs-134	6.0E+01	5.94E+00	9.9E-02	< 6.65E-02	1.1E-03	
Cs-135	6.0E+02	7.51E-04	1.3E-06	2.10E-06	3.5E-09	Cs-137 の放射能濃度よ り評価
Cs-136	3.0E+02	< 1.96E-01	6.5E-04	< 3.63E-02	1.2E-04	
Cs-137	9.0E+01	1.18E+02	1.3E+00	3.29E-01	3.7E-03	
Ba-137m	8.0E+05	1.18E+02	1.5E-04	3.29E-01	4.1E-07	Cs-137 と放射平衡
Ba-140	3.0E+02	< 1.22E+00	4.1E-03	< 1.73E-01	5.8E-04	
Ce-141	1.0E+03	< 9.39E-01	9.4E-04	< 1.19E-01	1.2E-04	
Ce-144	2.0E+02	< 3.02E+00	1.5E-02	< 5.53E-01	2.8E-03	

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Pr-144	2.0E+04	< 3.02E+00	1.5E-04	< 5.53E-01	2.8E-05	Ce-144 と放射平衡
Pr-144m	4.0E+04	< 3.02E+00	7.6E-05	< 5.53E-01	1.4E-05	Ce-144 と放射平衡
Pm-146	9.0E+02	< 5.26E-01	5.8E-04	< 6.30E-02	7.0E-05	
Pm-147	3.0E+03	< 2.53E+00	8.4E-04	< 7.20E-01	2.4E-04	Eu-154 の放射能濃度より評価
Pm-148	3.0E+02	< 5.19E-01	1.7E-03	< 4.52E-01	1.5E-03	
Pm-148m	5.0E+02	< 2.76E-01	5.5E-04	< 4.09E-02	8.2E-05	
Sm-151	8.0E+03	< 3.57E-02	4.5E-06	< 1.02E-02	1.3E-06	Eu-154 の放射能濃度より評価
Eu-152	6.0E+02	< 1.21E+00	2.0E-03	< 1.90E-01	3.2E-04	
Eu-154	4.0E+02	< 3.57E-01	8.9E-04	< 1.02E-01	2.5E-04	
Eu-155	3.0E+03	< 1.38E+00	4.6E-04	< 1.75E-01	5.8E-05	
Gd-153	3.0E+03	< 1.21E+00	4.0E-04	< 1.85E-01	6.2E-05	
Tb-160	5.0E+02	< 6.88E-01	1.4E-03	< 1.35E-01	2.7E-04	
Pu-238	4.0E+00	< 3.19E-02	8.0E-03	< 2.80E-02	7.0E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Pu-239	4.0E+00	< 3.19E-02	8.0E-03	< 2.80E-02	7.0E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Pu-240	4.0E+00	< 3.19E-02	8.0E-03	< 2.80E-02	7.0E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Pu-241	2.0E+02	< 1.16E+00	5.8E-03	< 1.02E+00	5.1E-03	Pu-238 の放射能濃度から評価
Am-241	5.0E+00	< 3.19E-02	6.4E-03	< 2.80E-02	5.6E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Am-242m	5.0E+00	< 5.77E-04	1.2E-04	< 5.05E-04	1.0E-04	Am-241 の放射能濃度より評価
Am-243	5.0E+00	< 3.19E-02	6.4E-03	< 2.80E-02	5.6E-03	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価
Cm-242	6.0E+01	< 3.19E-02	5.3E-04	< 2.80E-02	4.7E-04	全α放射能の測定値に包絡されるものとし評価

核種 (半減期)	告示濃度 限度 [Bq/L]	二次処理前		二次処理後		備考
		分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	分析結果 [Bq/L]	告示 濃度比	
Cm-243	6.0E+00	< 3.19E-02	5.3E-03	< 2.80E-02	4.7E-03	全α放射能の測定値に包 絡されるものとし評価
Cm-244	7.0E+00	< 3.19E-02	4.6E-03	< 2.80E-02	4.0E-03	全α放射能の測定値に包 絡されるものとし評価
トリチウム以外の 告示濃度比総和		-	3.9E+02	-	2.2E-01	

参照文献

- [D1] タンク群毎の放射能濃度推定値（2021年3月31日現在）（東京電力ホールディングス株式会社,2021年）
- [D2] 第10回多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 参考資料2 ALPS 処理水データ集（62核種評価結果）（東京電力ホールディングス株式会社,2018年）
- [D3] 第10回多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 参考資料3 ALPS 処理水データ集（タンク群毎）（東京電力ホールディングス株式会社,2018年）
- [D4] 多核種除去設備等処理水の二次処理性能確認試験の状況について（東京電力ホールディングス株式会社,2020年12月21日）

参考 E 運用管理値の設定について

ALPS 処理水の海洋放出では、トリチウム以外の 63 核種について告示濃度比総和 1 未満であることを確認し、放出の際にはトリチウム濃度が告示濃度を大きく下回るよう海水により 100 倍以上に希釈することから、十分な安全性は担保されるが、外部環境への影響のさらなる低減により放射線防護の最適化を図るため、被ばく上重要な核種について個別の運用管理を行うこととした。運用管理値の設定は、以下の手順で行った。

1. 被ばく上重要な核種の選定
2. 選定した核種の運用管理値の設定

設定した運用管理値を上回る濃度が検出された場合には、放出を中止して貯留タンクに移送する。

E 1. 運用管理対象核種の選定

告示濃度限度は、液体に含まれる放射性物質を毎日継続して経口摂取した場合に、年間の被ばくが 1 mSv を超えないよう設定されている。従って、核種が異なっても告示濃度比が同じであれば、直接経口摂取する場合の年間の被ばく量は同程度であり、複数核種が含まれる場合でも告示濃度比総和が 1 未満であれば年間の被ばくが 1mSv を超えることは無い。

一方、環境中では、生物への移行等、元素によってふるまいが異なるため、同じ告示濃度比で放出した場合も被ばくに対する影響は核種によって異なる。

そのため、同じ告示濃度比で放出した場合の核種毎の被ばく影響を確認するため、すべての核種について、当該核種のみが告示濃度限度で含まれた（告示濃度比総和が 1）仮想の ALPS 処理水を放出した場合の被ばく評価を行い、被ばく上重要な核種を選定した。

a. ソースターム

以下の条件により、核種毎の年間排出量を表 E - 1 のとおり設定した。

- ・トリチウムの年間排出量は、上限値である 22 兆 Bq ($2.2E+13$ Bq) とした。
- ・被ばくへの影響が大きいトリチウム以外の核種の影響を確認する観点から、排出する ALPS 処理水のトリチウム濃度を ALPS 処理水のトリチウム濃度(約 15 万 Bq/L～250 万 Bq/L)に対して低い 10 万 Bq/L とし、年間排水量を 2.2 億 L($2.2E+08$ L)と保守的に高く見積もることとした。
- ・核種毎に告示濃度と年間排水量の積により年間排出量を設定した。

b. 被ばく評価に使用する核種毎の海水濃度

被ばく評価に使用する核種毎の海水中濃度は、表 5 - 5 の海水中トリチウム濃度（全層）を基に、トリチウムと各核種の年間排出量の比により求めた。評価に使用した核種毎の海水中濃度を表 E - 2 に示す。

c. 被ばく評価結果と運用管理対象核種の選定

海産物摂取による内部被ばくの評価方法は 4 - 3. ②と同じ方法とし、被ばく評価対象となる個人は、海産物を多量に摂取する個人とした。

核種毎に告示濃度限度で排水した場合の成人に対する内部被ばくの評価結果を、値の大きい順に並べ替えたものを表 E - 3 に示す。告示濃度限度で排水した場合の被ばく量が、0.001mSv/年を超える 8 核種を、被ばく評価への影響の大きい核種として、運用管理対象核種として選定した。

なお、外部被ばくについても、漁網への移行等を考慮した場合に告示濃度限度で排水した場合の被ばく量が 0.001mSv/年を超える核種があるが、表 E - 4 に示すとおり、これらの核種はすべて Co-60 の線量換算係数を使用した核種であり、各核種が放出する光子のエネルギーや放出率を考慮すれば実際の外部被ばくへの影響は Co-60 に比べてわずかであり、運用管理の対象とする必要は無いものと判断した。

d. 環境防護に関する確認

ここまでの検討は、人に対する被ばく影響に着目して行ったが、環境防護の観点から運用管理の対象とすべき核種が無いかの確認を行った。

具体的には、a. のソースタームを用いて、参考 B に示した評価方法により海生動植物に対する核種毎の被ばく影響を評価した。評価結果を、値の大きい順に並べ替えたものを表 E - 5（表 B - 5 再掲）に示す。

最も被ばく影響の大きい核種は、Fe-59 であるが、誘導考慮参考レベルの下限值よりも低い結果となっている。Fe-59 が、人の被ばく低減の観点から運用管理の対象となっていること、その他の核種は、Fe-59 に比べて評価値が 1 桁以上小さいことから、環境防護の観点から運用管理の対象として追加すべき核種は無いものと判断した。

表 E-1 トリチウム以外の 63 核種の影響を確認するためのソースターム（年間放出量）

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
H-3	1.0E+05	2.2E+08	2.2E+13	<p>・トリチウムの年間放出量は、上限値とした。</p> <p>・トリチウムの濃度は、年間排水量を多めに設定するため、貯蔵中の ALPS 処理水等の濃度より低く設定した。</p> <p>・本ソースタームは、核種毎の被ばく影響を確認するため、当該核種のみが告示濃度限度で含まれた（告示濃度比総和が 1）仮想の ALPS 処理水を放出した場合の評価用のソースタームであり、実際にこのような水質の水が放出されることは無い。</p>
C-14	2.0E+03	2.2E+08	4.4E+11	
Mn-54	1.0E+03	2.2E+08	2.2E+11	
Fe-59	4.0E+02	2.2E+08	8.8E+10	
Co-58	1.0E+03	2.2E+08	2.2E+11	
Co-60	2.0E+02	2.2E+08	4.4E+10	
Ni-63	6.0E+03	2.2E+08	1.3E+12	
Zn-65	2.0E+02	2.2E+08	4.4E+10	
Rb-86	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Sr-89	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Sr-90	3.0E+01	2.2E+08	6.6E+09	
Y-90	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Y-91	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Nb-95	1.0E+03	2.2E+08	2.2E+11	
Tc-99	1.0E+03	2.2E+08	2.2E+11	
Ru-103	1.0E+03	2.2E+08	2.2E+11	
Ru-106	1.0E+02	2.2E+08	2.2E+10	
Rh-103m	2.0E+05	2.2E+08	4.4E+13	
Rh-106	3.0E+05	2.2E+08	6.6E+13	
Ag-110m	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Cd-113m	4.0E+01	2.2E+08	8.8E+09	
Cd-115m	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Sn-119m	2.0E+03	2.2E+08	4.4E+11	
Sn-123	4.0E+02	2.2E+08	8.8E+10	
Sn-126	2.0E+02	2.2E+08	4.4E+10	
Sb-124	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Sb-125	8.0E+02	2.2E+08	1.8E+11	
Te-123m	6.0E+02	2.2E+08	1.3E+11	
Te-125m	9.0E+02	2.2E+08	2.0E+11	
Te-127	5.0E+03	2.2E+08	1.1E+12	
Te-127m	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Te-129	1.0E+04	2.2E+08	2.2E+12	
Te-129m	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
I-129	9.0E+00	2.2E+08	2.0E+09	
Cs-134	6.0E+01	2.2E+08	1.3E+10	
Cs-135	6.0E+02	2.2E+08	1.3E+11	
Cs-136	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Cs-137	9.0E+01	2.2E+08	2.0E+10	
Ba-137m	8.0E+05	2.2E+08	1.8E+14	
Ba-140	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Ce-141	1.0E+03	2.2E+08	2.2E+11	
Ce-144	2.0E+02	2.2E+08	4.4E+10	
Pr-144	2.0E+04	2.2E+08	4.4E+12	
Pr-144m	4.0E+04	2.2E+08	8.8E+12	
Pm-146	9.0E+02	2.2E+08	2.0E+11	
Pm-147	3.0E+03	2.2E+08	6.6E+11	
Pm-148	3.0E+02	2.2E+08	6.6E+10	
Pm-148m	5.0E+02	2.2E+08	1.1E+11	
Sm-151	8.0E+03	2.2E+08	1.8E+12	
Eu-152	6.0E+02	2.2E+08	1.3E+11	
Eu-154	4.0E+02	2.2E+08	8.8E+10	
Eu-155	3.0E+03	2.2E+08	6.6E+11	
Gd-153	3.0E+03	2.2E+08	6.6E+11	
Tb-160	5.0E+02	2.2E+08	1.1E+11	
Pu-238	4.0E+00	2.2E+08	8.8E+08	
Pu-239	4.0E+00	2.2E+08	8.8E+08	
Pu-240	4.0E+00	2.2E+08	8.8E+08	
Pu-241	2.0E+02	2.2E+08	4.4E+10	
Am-241	5.0E+00	2.2E+08	1.1E+09	
Am-242m	5.0E+00	2.2E+08	1.1E+09	
Am-243	5.0E+00	2.2E+08	1.1E+09	
Cm-242	6.0E+01	2.2E+08	1.3E+10	

対象核種	核種濃度 (Bq/L)	年間排水量 (L)	年間放出量 (Bq)	備考
Cm-243	6.0E+00	2.2E+08	1.3E+09	
Cm-244	7.0E+00	2.2E+08	1.5E+09	

表 E - 2 評価に使用する海水中濃度

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
H-3	2.2E+13	5.6E-02	1.2E-01
C-14	4.4E+11	1.1E-03	2.4E-03
Mn-54	2.2E+11	5.6E-04	1.2E-03
Fe-59	8.8E+10	2.2E-04	4.8E-04
Co-58	2.2E+11	5.6E-04	1.2E-03
Co-60	4.4E+10	1.1E-04	2.4E-04
Ni-63	1.3E+12	3.4E-03	7.2E-03
Zn-65	4.4E+10	1.1E-04	2.4E-04
Rb-86	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Sr-89	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Sr-90	6.6E+09	1.7E-05	3.6E-05
Y-90	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Y-91	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Nb-95	2.2E+11	5.6E-04	1.2E-03
Tc-99	2.2E+11	5.6E-04	1.2E-03
Ru-103	2.2E+11	5.6E-04	1.2E-03
Ru-106	2.2E+10	5.6E-05	1.2E-04
Rh-103m	4.4E+13	1.1E-01	2.4E-01
Rh-106	6.6E+13	1.7E-01	3.6E-01
Ag-110m	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Cd-113m	8.8E+09	2.2E-05	4.8E-05
Cd-115m	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Sn-119m	4.4E+11	1.1E-03	2.4E-03
Sn-123	8.8E+10	2.2E-04	4.8E-04

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Sn-126	4.4E+10	1.1E-04	2.4E-04
Sb-124	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Sb-125	1.8E+11	4.5E-04	9.6E-04
Te-123m	1.3E+11	3.4E-04	7.2E-04
Te-125m	2.0E+11	5.0E-04	1.1E-03
Te-127	1.1E+12	2.8E-03	6.0E-03
Te-127m	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Te-129	2.2E+12	5.6E-03	1.2E-02
Te-129m	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
I-129	2.0E+09	5.0E-06	1.1E-05
Cs-134	1.3E+10	3.4E-05	7.2E-05
Cs-135	1.3E+11	3.4E-04	7.2E-04
Cs-136	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Cs-137	2.0E+10	5.0E-05	1.1E-04
Ba-137m	1.8E+14	4.5E-01	9.6E-01
Ba-140	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Ce-141	2.2E+11	5.6E-04	1.2E-03
Ce-144	4.4E+10	1.1E-04	2.4E-04
Pr-144	4.4E+12	1.1E-02	2.4E-02
Pr-144m	8.8E+12	2.2E-02	4.8E-02
Pm-146	2.0E+11	5.0E-04	1.1E-03
Pm-147	6.6E+11	1.7E-03	3.6E-03
Pm-148	6.6E+10	1.7E-04	3.6E-04
Pm-148m	1.1E+11	2.8E-04	6.0E-04
Sm-151	1.8E+12	4.5E-03	9.6E-03
Eu-152	1.3E+11	3.4E-04	7.2E-04
Eu-154	8.8E+10	2.2E-04	4.8E-04
Eu-155	6.6E+11	1.7E-03	3.6E-03
Gd-153	6.6E+11	1.7E-03	3.6E-03
Tb-160	1.1E+11	2.8E-04	6.0E-04
Pu-238	8.8E+08	2.2E-06	4.8E-06

対象核種	年間放出量 (Bq)	評価に使用する海水濃度 (10km×10km 圏内)	
		全層平均濃度 (Bq/L)	最上層平均濃度 (Bq/L)
Pu-239	8.8E+08	2.2E-06	4.8E-06
Pu-240	8.8E+08	2.2E-06	4.8E-06
Pu-241	4.4E+10	1.1E-04	2.4E-04
Am-241	1.1E+09	2.8E-06	6.0E-06
Am-242m	1.1E+09	2.8E-06	6.0E-06
Am-243	1.1E+09	2.8E-06	6.0E-06
Cm-242	1.3E+10	3.4E-05	7.2E-05
Cm-243	1.3E+09	3.4E-06	7.2E-06
Cm-244	1.5E+09	3.9E-06	8.4E-06
対象とする被ばく経路		遊泳 海浜砂 漁網 海産物摂取	海水 船体

表 E - 3 核種毎に告示濃度限度で放出した場合の内部被ばく評価結果 (成人)

(0.001mSv/年を超える 8 核種を運用管理対象として選定)

No.	対象核種	告示濃度限度 [Bq/L]	海産物摂取による内部被ばく線量 (mSv/年)	備考
1	Sn-126	2.0E+02	2.6E-02	運用管理対象
2	Sn-123	4.0E+02	2.3E-02	運用管理対象
3	Sn-119m	2.0E+03	1.9E-02	運用管理対象
4	Fe-59	4.0E+02	5.6E-03	運用管理対象
5	Cd-115m	3.0E+02	1.4E-03	運用管理対象
6	C-14	2.0E+03	1.3E-03	運用管理対象
7	Cd-113m	4.0E+01	1.3E-03	運用管理対象
8	Ag-110m	3.0E+02	1.0E-03	運用管理対象
9	Zn-65	2.0E+02	8.4E-04	
10	Mn-54	1.0E+03	5.2E-04	
11	Co-58	1.0E+03	2.5E-04	
12	Co-60	2.0E+02	2.3E-04	

No.	対象核種	告示濃度限度 [Bq/L]	海産物摂取による内部被ばく線量 (mSv/年)	備考
13	Tc-99	1.0E+03	2.1E-04	
14	Te-129m	3.0E+02	1.4E-04	
15	Te-127	5.0E+03	1.3E-04	
16	Te-123m	6.0E+02	1.3E-04	
17	Eu-155	3.0E+03	1.3E-04	
18	Te-125m	9.0E+02	1.2E-04	
19	Pm-148m	5.0E+02	1.1E-04	
20	Eu-152	6.0E+02	1.1E-04	
21	Te-127m	3.0E+02	1.1E-04	
22	Gd-153	3.0E+03	1.1E-04	
23	Pm-146	9.0E+02	1.1E-04	
24	Pm-148	3.0E+02	1.1E-04	
25	Eu-154	4.0E+02	1.1E-04	
26	I-129	9.0E+00	1.1E-04	
27	Sm-151	8.0E+03	1.0E-04	
28	Pm-147	3.0E+03	1.0E-04	
29	Am-241	5.0E+00	1.0E-04	
30	Am-243	5.0E+00	1.0E-04	
31	Te-129	1.0E+04	9.9E-05	
32	Am-242m	5.0E+00	9.7E-05	
33	Pu-239	4.0E+00	8.4E-05	
34	Pu-240	4.0E+00	8.4E-05	
35	Ce-144	2.0E+02	8.4E-05	
36	Pu-241	2.0E+02	8.1E-05	
37	Pu-238	4.0E+00	7.8E-05	
38	Ni-63	6.0E+03	7.7E-05	
39	Pr-144	2.0E+04	6.7E-05	
40	Cm-243	6.0E+00	6.3E-05	
41	Cm-244	7.0E+00	5.9E-05	
42	Ce-141	1.0E+03	5.7E-05	
43	Cm-242	6.0E+01	5.0E-05	
44	Tb-160	5.0E+02	4.9E-05	

No.	対象核種	告示濃度限度 [Bq/L]	海産物摂取による内部被ばく線量 (mSv/年)	備考
45	Rh-103m	2.0E+05	3.6E-05	
46	Nb-95	1.0E+03	2.7E-05	
47	Sb-125	8.0E+02	2.4E-05	
48	Sb-124	3.0E+02	2.0E-05	
49	Ru-103	1.0E+03	2.0E-05	
50	Y-90	3.0E+02	2.0E-05	
51	Ru-106	1.0E+02	1.9E-05	
52	Y-91	3.0E+02	1.7E-05	
53	Cs-135	6.0E+02	6.2E-06	
54	Cs-137	9.0E+01	6.1E-06	
55	Cs-134	6.0E+01	5.9E-06	
56	Cs-136	3.0E+02	4.7E-06	
57	Ba-140	3.0E+02	9.8E-07	
58	Rb-86	3.0E+02	6.3E-07	
59	Sr-90	3.0E+01	2.9E-07	
60	Sr-89	3.0E+02	2.7E-07	
61	H-3	6.0E+04	1.1E-07	
62	Rh-106	3.0E+05	0.0E+00	親核種にて評価
63	Ba-137m	8.0E+05	0.0E+00	親核種にて評価
64	Pr-144m	4.0E+04	0.0E+00	親核種にて評価

表 E - 4 核種毎に告示濃度限度で放出した場合の漁網からの外部被ばく評価結果

	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	漁網からの被ばく [mSv/年]	備考
1	Te-127	5.0E+03	2.1E-03	線量換算係数に Co60 の値を参照
2	Eu-155	3.0E+03	1.3E-03	線量換算係数に Co60 の値を参照
3	Gd-153	3.0E+03	1.3E-03	線量換算係数に Co60 の値を参照
4	Sn-119m	2.0E+03	8.5E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
5	Nb-95	1.0E+03	4.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
6	Ru-103	1.0E+03	4.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
7	Ce-141	1.0E+03	4.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照

	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	漁網からの被ばく [mSv/年]	備考
8	Pm-146	9.0E+02	3.8E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
9	Te-123m	6.0E+02	2.6E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
10	Cs-135	6.0E+02	2.6E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
11	Pm-148m	5.0E+02	2.1E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
12	Tb-160	5.0E+02	2.1E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
13	Sn-123	4.0E+02	1.7E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
14	Co-58	1.0E+03	1.6E-04	
15	Mn-54	1.0E+03	1.4E-04	
16	Rb-86	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
17	Sr-89	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
18	Y-91	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
19	Ag-110m	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
20	Cd-115m	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
21	Sb-124	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
22	Te-127m	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
23	Te-129m	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
24	Cs-136	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
25	Ba-140	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
26	Pm-148	3.0E+02	1.3E-04	線量換算係数に Co60 の値を参照
27	Eu-152	6.0E+02	1.1E-04	
28	Co-60	2.0E+02	8.5E-05	
29	Eu-154	4.0E+02	8.1E-05	
30	Sb-125	8.0E+02	5.2E-05	
31	Zn-65	2.0E+02	2.0E-05	
32	Cs-134	6.0E+01	1.5E-05	
33	Cs-137	9.0E+01	8.5E-06	
34	Ru-106	1.0E+02	3.5E-06	
35	Pu-241	2.0E+02	2.7E-06	
36	Ce-144	2.0E+02	1.7E-06	
37	Te-125m	9.0E+02	8.9E-07	
38	Sn-126	2.0E+02	6.0E-07	
39	Cm-243	6.0E+00	1.2E-07	線量換算係数に Am243 の値を参照
40	Am-243	5.0E+00	1.0E-07	

	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	漁網からの被ばく [mSv/年]	備考
41	Sr-90	3.0E+01	2.7E-08	
42	I-129	9.0E+00	6.2E-09	
43	Am-242m	5.0E+00	5.8E-09	
44	Pm-147	3.0E+03	5.4E-09	
45	Am-241	5.0E+00	4.5E-09	
46	Fe-59	4.0E+02	3.8E-09	
47	Tc-99	1.0E+03	3.4E-09	
48	Sm-151	8.0E+03	2.0E-09	
49	C-14	2.0E+03	1.3E-09	
50	Cd-113m	4.0E+01	1.0E-09	
51	Cm-242	6.0E+01	4.6E-10	
52	Ni-63	6.0E+03	2.0E-10	
53	H-3	6.0E+04	8.2E-11	
54	Cm-244	7.0E+00	6.3E-11	
55	Pu-239	4.0E+00	3.3E-11	
56	Pu-240	4.0E+00	3.1E-11	
57	Pu-238	4.0E+00	2.9E-11	
58	Y-90	3.0E+02	0.0E+00	親核種にて評価
59	Rh-103m	2.0E+05	0.0E+00	親核種にて評価
60	Rh-106	3.0E+05	0.0E+00	親核種にて評価
61	Te-129	1.0E+04	0.0E+00	親核種にて評価
62	Ba-137m	8.0E+05	0.0E+00	親核種にて評価
63	Pr-144	2.0E+04	0.0E+00	親核種にて評価
64	Pr-144m	4.0E+04	0.0E+00	親核種にて評価

※ハッチングは運用管理の対象核種

表 E - 5 核種毎に告示濃度限度で放出した場合の環境防護に関する評価結果

	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	被ばく評価結果 (mGy/日)			備考
			扁平魚	カニ	褐藻	
1	Fe-59	4.0E+02	5.4E-01	5.4E-01	5.8E-01	
2	Sn-126	2.0E+02	9.7E-03	9.3E-03	9.0E-03	
3	Pm-148m	5.0E+02	7.5E-03	7.2E-03	8.1E-03	

	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	被ばく評価結果 (mGy/日)			備考
			扁平魚	カニ	褐藻	
4	Mn-54	1.0E+03	6.6E-03	6.0E-03	6.6E-03	
5	Eu-152	6.0E+02	5.4E-03	5.1E-03	5.4E-03	
6	Pm-146	9.0E+02	5.1E-03	4.9E-03	5.4E-03	
7	Tb-160	5.0E+02	4.2E-03	4.2E-03	4.5E-03	
8	Eu-154	4.0E+02	3.8E-03	3.6E-03	3.8E-03	
9	Nb-95	1.0E+03	2.3E-03	2.3E-03	2.4E-03	
10	Gd-153	3.0E+03	2.2E-03	2.3E-03	2.5E-03	
11	Pm-148	3.0E+02	1.5E-03	1.4E-03	2.0E-03	
12	Eu-155	3.0E+03	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	
13	Co-58	1.0E+03	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	
14	Sn-123	4.0E+02	1.0E-03	9.7E-04	1.0E-03	
15	Sn-119m	2.0E+03	9.6E-04	9.1E-04	6.7E-04	
16	Ce-141	1.0E+03	8.6E-04	8.2E-04	8.8E-04	
17	Co-60	2.0E+02	5.6E-04	5.6E-04	6.1E-04	
18	Ce-144	2.0E+02	4.7E-04	2.7E-04	4.7E-04	
19	Ru-103	1.0E+03	7.4E-05	7.2E-05	7.5E-05	
20	Ag-110m	3.0E+02	3.9E-05	2.3E-04	3.4E-05	
21	Y-91	3.0E+02	3.6E-05	2.2E-05	1.6E-04	
22	Zn-65	2.0E+02	3.1E-05	6.6E-05	3.1E-05	
23	Cd-115m	3.0E+02	2.1E-05	1.9E-05	8.3E-06	
24	C-14	2.0E+03	1.0E-05	8.4E-06	6.7E-06	
25	Te-127	5.0E+03	9.4E-06	9.4E-06	8.7E-05	
26	Cs-136	3.0E+02	9.4E-06	9.4E-06	9.4E-06	
27	Am-243	5.0E+00	8.7E-06	8.5E-06	9.6E-06	
28	Ru-106	1.0E+02	6.4E-06	4.7E-06	6.7E-06	
29	Cm-243	6.0E+00	5.8E-06	5.6E-06	8.3E-06	
30	Ba-140	3.0E+02	5.6E-06	7.7E-06	1.0E-05	
31	Sb-124	3.0E+02	5.1E-06	4.6E-06	6.1E-06	
32	Sb-125	8.0E+02	3.2E-06	2.9E-06	4.0E-06	
33	Pm-147	3.0E+03	2.2E-06	8.2E-06	2.3E-05	
34	Te-129m	3.0E+02	1.6E-06	1.6E-06	1.5E-05	
35	Cs-134	6.0E+01	1.4E-06	1.4E-06	1.4E-06	
36	Sm-151	8.0E+03	1.0E-06	6.9E-06	6.4E-06	

	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	被ばく評価結果 (mGy/日)			備考
			扁平魚	カニ	褐藻	
37	Te-125m	9.0E+02	1.0E-06	1.0E-06	8.8E-06	
38	Am-241	5.0E+00	9.1E-07	9.0E-07	8.9E-07	
39	Te-123m	6.0E+02	9.0E-07	9.2E-07	5.4E-06	
40	Cd-113m	4.0E+01	7.9E-07	7.3E-07	1.4E-07	
41	Cs-137	9.0E+01	7.9E-07	7.6E-07	7.8E-07	
42	Cm-242	6.0E+01	7.8E-07	1.7E-06	2.6E-05	
43	Te-127m	3.0E+02	7.7E-07	7.7E-07	7.2E-06	
44	Am-242m	5.0E+00	7.2E-07	7.0E-07	1.3E-06	
45	Rb-86	3.0E+02	6.7E-07	5.3E-07	1.3E-06	
46	Ni-63	6.0E+03	2.3E-07	7.9E-07	1.7E-06	
47	Cm-244	7.0E+00	8.6E-08	1.9E-07	2.9E-06	
48	Tc-99	1.0E+03	6.7E-08	1.6E-07	3.1E-05	
49	Cs-135	6.0E+02	1.7E-08	7.9E-09	7.1E-09	
50	Sr-89	3.0E+02	1.4E-08	3.6E-09	6.0E-08	
51	H-3	6.0E+04	4.7E-09	4.7E-09	1.8E-09	
52	Pu-238	4.0E+00	4.4E-09	7.5E-09	4.4E-07	
53	Pu-240	4.0E+00	4.1E-09	7.0E-09	4.2E-07	
54	Pu-239	4.0E+00	3.9E-09	6.8E-09	4.2E-07	
55	Sr-90	3.0E+01	2.6E-09	6.9E-10	1.1E-08	
56	Pu-241	2.0E+02	3.0E-10	4.5E-10	2.1E-08	
57	I-129	9.0E+00	9.1E-11	5.4E-11	7.6E-09	
58	Y-90	3.0E+02	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
59	Rh-103m	2.0E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
60	Rh-106	3.0E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
61	Te-129	1.0E+04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
62	Ba-137m	8.0E+05	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
63	Pr-144	2.0E+04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
64	Pr-144m	4.0E+04	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価

※ハッチングは運用管理の対象核種

E 2. 運用管理値の設定

これまでに分析したタンクおよび ALPS 出口水の分析結果において、運用管理対象核種のうち、C-14 を除く 7 核種は不検出であった。不検出の核種については、二次処理性能確認試験における検出下限値（2 タンク群の結果の数字が大きいもの）に、誤差を考慮して 20% を上乗せした濃度を切り上げて運用管理値とし、検出されている C-14 については、最大値の 2 倍の濃度を切り上げて運用管理値として設定した。

運用管理値の設定フローを図 E - 1、設定した運用管理値を表 E - 6 に示す。

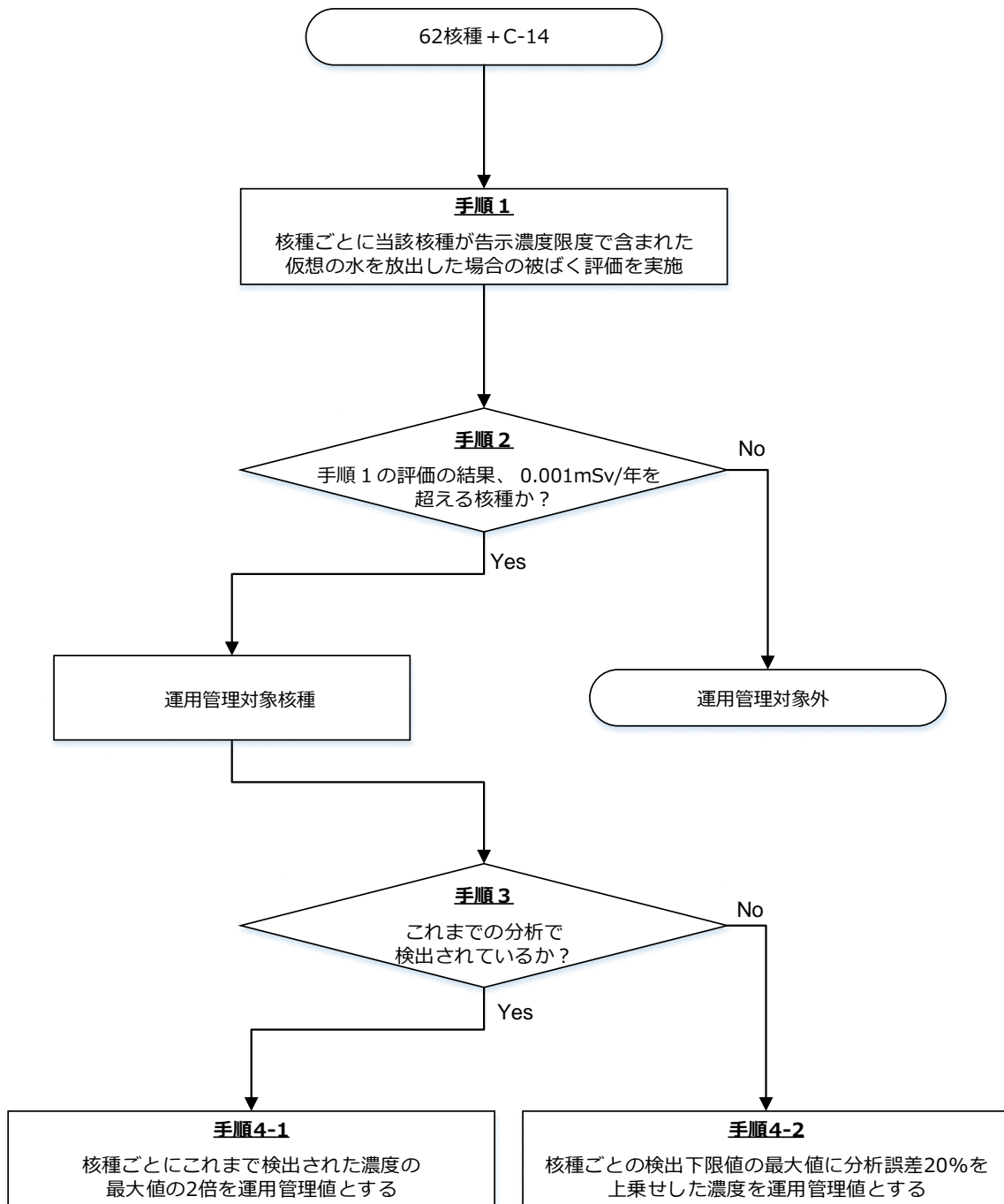


図 E - 1 運用管理値設定の流れ

表 E - 6 設定した運用管理値

不 検 出 核 種	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	検出下限値 [Bq/L]	検出下限値×1.2 [Bq/L]	運用管理値 [Bq/L]	告示濃度比
	Fe-59	4.0E+02	8.66E-02	1.04E-01	2.0E-01	5.0E-04
	Ag-110m	3.0E+02	4.26E-02	5.11E-02	6.0E-02	2.0E-04
	Cd-113m	4.0E+01	8.55E-02	1.03E-01	2.0E-01	5.0E-03
	Cd-115m	3.0E+02	2.70E+00	3.24E+00	4.0E+00	1.3E-02
	Sn-119m	2.0E+03	4.24E+01	5.09E+01	6.0E+01	3.0E-02
	Sn-123	4.0E+02	6.59E+00	7.91E+00	8.0E+00	2.0E-02
	Sn-126	2.0E+02	2.92E-01	3.50E-01	4.0E-01	2.0E-03
検 出 核 種	核種	告示濃度限度 [Bq/L]	検出最大値 [Bq/L]	検出最大値×2 [Bq/L]	運用管理値 [Bq/L]	告示濃度比
	C-14	2.0E+03	2.15E+02	4.30E+02	5.0E+02	2.5E-01
告示濃度比合計						3.2E-01

参考F 放水位置による拡散範囲の違いについて

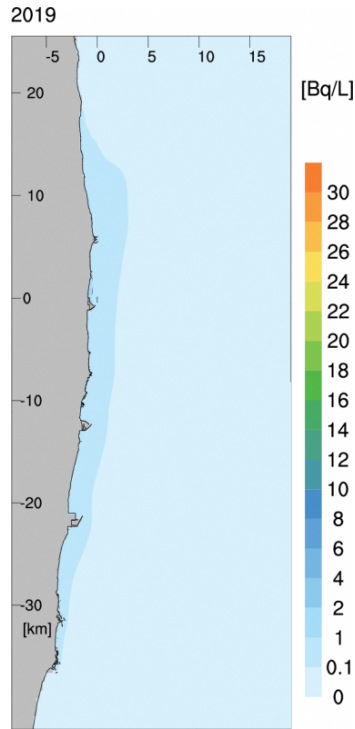
ALPS 処理水の放出方法の検討にあたり、当初は5,6号機が通常運転していた時と同様に、5,6号機放水口から放水する案を検討していた。本計画で検討中の放水位置と、5,6号機放水口の位置を図F-1に示す。

放水位置の違いによる拡散シミュレーション結果の比較を図F-2～4に示す。0.1Bq/Lの濃度範囲については大きな違いはみられないが、発電所周辺の濃度は沖合1kmからの放水の方が低くなっている。

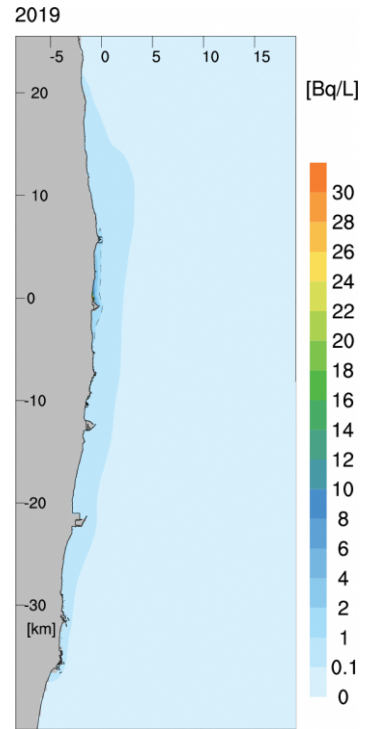


出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>
※共同漁業権非設定区域

図F-1 現在の計画における放出位置と5,6号機放水口の位置

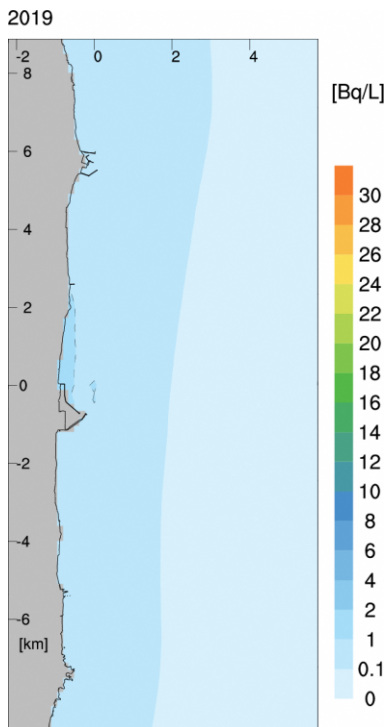


(沖合 1km からの放水)

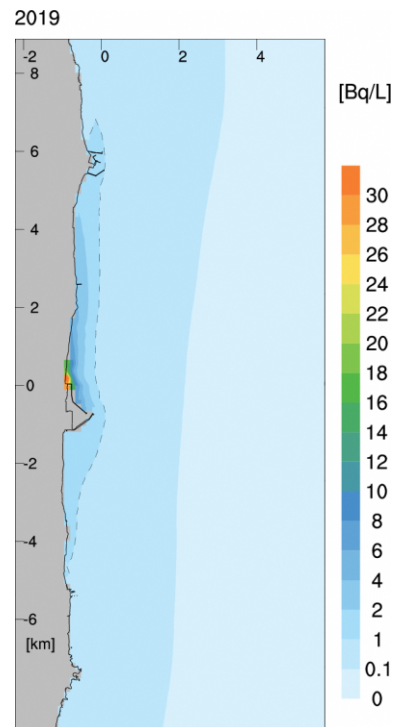


(5,6号機放水口からの放水)

図 F - 2 放水位置の違いによる海表面の年間平均濃度分布図の比較 (広域)



(沖合 1km からの放水)



(5,6号機放水口からの放水)

図 F - 3 放水位置の違いによる海表面の年間平均濃度分布図の比較 (拡大図)

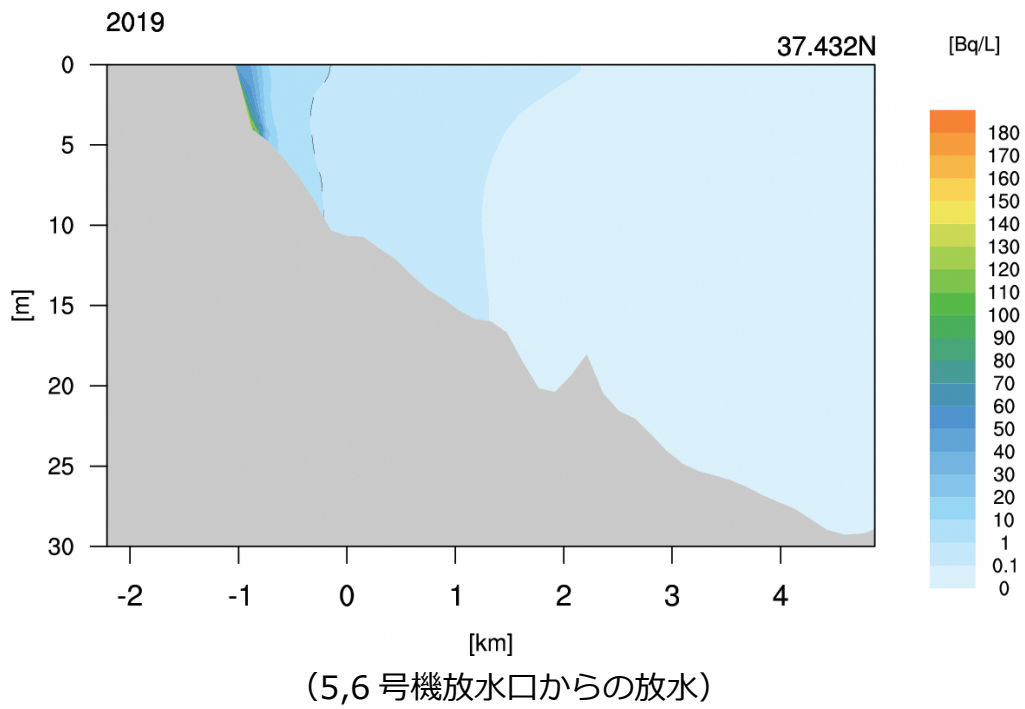
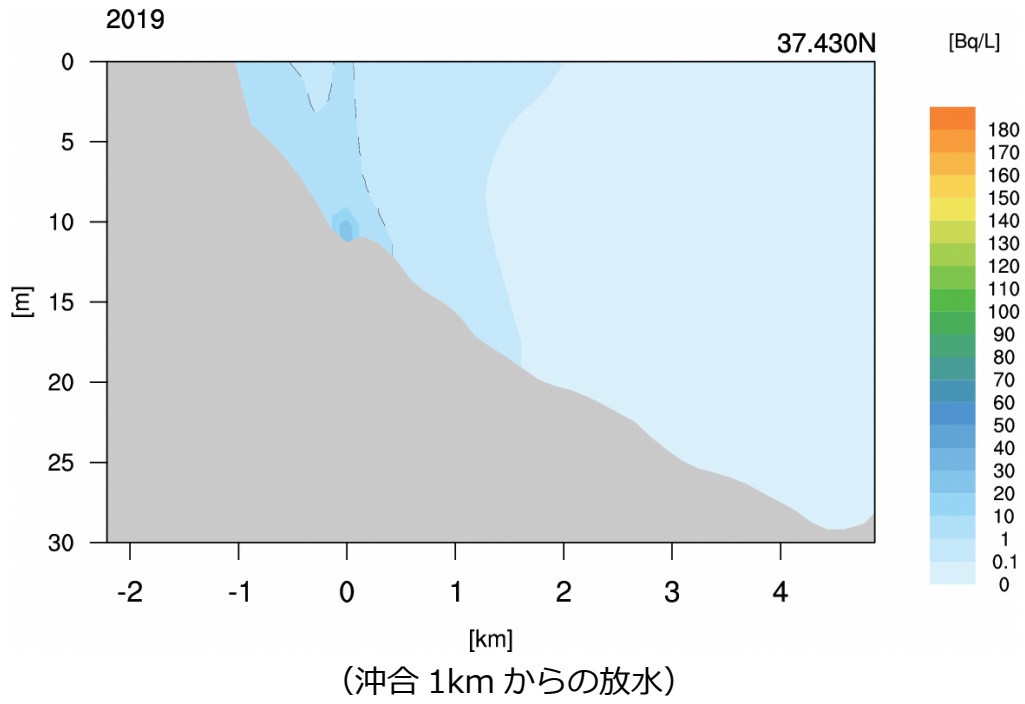


図 F - 4 放水位置の違いによる海表面の年間平均濃度分布図の比較 (断面図)

参考 G 実測値によるソースタームにおける不検出核種の寄与について

本評価の対象とした 64 核種には、これまでの分析評価において一度も検出されたことのない不検出核種が多く含まれている。4-1. に示したとおり、実測値によるソースタームにおいては、検出下限未満の核種についても、保守的に検出下限値で含まれているものとして年間放出量を設定しているが、一度も検出されたことのない核種については、半減期等も考慮すれば実際は検出下限値よりもずっと低い濃度であるものも多いと推定される。

ここでは、被ばく評価の結果における保守性を確認するため、核種毎の被ばく評価結果を検出核種と不検出核種に分けて集計を行った。

結果を表 G-1~4 に示す。

いずれのケースにおいても、不検出核種による寄与は大きく、評価結果は大きな保守性を含んでいるものと考えられる。

表 G-1 検出核種と不検出核種の寄与（人の被ばく）

評価 ケース	ソース ターム	(1) 実測値によるソースターム					
		i. K4 タンク群		ii. J1-C タンク群		iii. J1-G タンク群	
		平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い
被ばく* (mSv/年)	検出核種	4.5E-06	1.9E-05	8.3E-07	3.4E-06	1.5E-06	5.7E-06
	不検出核種	1.3E-05	4.4E-05	3.3E-05	1.1E-04	9.2E-05	3.1E-04
	合計	1.7E-05	6.3E-05	3.4E-05	1.1E-04	9.4E-05	3.1E-04
合計に占める 不検出核種の割合		74%	70%	98%	97%	98%	98%

* 被ばくは外部被ばくと内部被ばくの合計

表G-2 検出核種と不検出核種の寄与（環境防護、K4 タンク群）

評価ケース		K4 タンク群		
		扁平魚	カニ	褐藻
被ばく (mGy/日)	検出核種	7.5E-07	7.3E-07	8.1E-07
	不検出核種	1.7E-05	1.6E-05	1.8E-05
	合計	1.7E-05	1.7E-05	1.9E-05
合計に占める 不検出核種の割合		96%	96%	96%

表G-3 検出核種と不検出核種の寄与（環境防護、J1-C タンク群）

評価ケース		J1-C タンク群		
		扁平魚	カニ	褐藻
被ばく (mGy/日)	検出核種	1.5E-05	1.5E-05	1.5E-05
	不検出核種	7.6E-06	7.1E-06	7.8E-06
	合計	2.2E-05	2.2E-05	2.3E-05
合計に占める 不検出核種の割合		34%	33%	33%

表G-4 検出核種と不検出核種の寄与（環境防護、J1-G タンク群）

評価ケース		J1-G タンク群		
		扁平魚	カニ	褐藻
被ばく (mGy/日)	検出核種	2.9E-07	2.8E-07	3.0E-07
	不検出核種	5.6E-05	5.4E-05	5.8E-05
	合計	5.6E-05	5.5E-05	5.9E-05
合計に占める 不検出核種の割合		99%	99%	99%

参考H 被ばく評価結果の核種毎の内訳

H 1. 人の内部被ばく評価

5-4. に示した以下の被ばく評価について、内部被ばくの核種別の評価結果を表H-1～8に示す。

(1) 64 核種の実測値によるソースターム

- i. K4 タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.29）
- ii. J1-C タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.35）
- iii. J1-G タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.22）

(2) 仮想した ALPS 処理水によるソースターム

（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 1）

表H-1 人の内部被ばく評価結果（実測値（K4 タンク群）、海産物を平均的に摂取）

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-123	9.8E-06	1.8E-05	2.4E-05	運用管理対象核種
I-129	2.7E-06	2.0E-06	8.6E-07	
C-14	1.4E-06	1.2E-06	6.8E-07	運用管理対象核種
Sn-126	4.9E-07	8.4E-07	1.1E-06	運用管理対象核種
Cd-115m	3.0E-07	4.4E-07	7.4E-07	運用管理対象核種
Sn-119m	2.3E-07	4.3E-07	5.6E-07	運用管理対象核種
Cd-113m	5.8E-08	5.0E-08	6.1E-08	運用管理対象核種
Co-60	4.9E-08	1.2E-07	1.6E-07	
Ru-106	3.3E-08	5.7E-08	7.6E-08	
H-3	2.9E-08	2.5E-08	2.1E-08	
Fe-59	2.3E-08	4.8E-08	1.0E-07	運用管理対象核種
Te-129m	1.8E-08	3.6E-08	5.3E-08	
Pm-148	1.7E-08	3.1E-08	3.9E-08	
Tc-99	1.6E-08	2.8E-08	4.9E-08	
Te-127m	1.4E-08	2.8E-08	4.9E-08	
Y-91	1.3E-08	2.3E-08	2.9E-08	
Zn-65	5.5E-09	7.0E-09	1.0E-08	
Te-125m	5.5E-09	1.0E-08	1.6E-08	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Cs-137	4.1E-09	1.5E-09	1.4E-09	
Ni-63	3.6E-09	5.4E-09	7.6E-09	
Ce-144	2.7E-09	4.9E-09	6.8E-09	
Ag-110m	2.1E-09	2.9E-09	3.6E-09	運用管理対象核種
Sb-125	1.5E-09	2.3E-09	3.1E-09	
Y-90	1.4E-09	2.6E-09	3.2E-09	
Am-241	1.4E-09	9.2E-10	5.0E-09	
Am-243	1.4E-09	9.2E-10	4.9E-09	
Pu-239	1.4E-09	8.8E-10	4.4E-09	
Pu-240	1.4E-09	8.8E-10	4.4E-09	
Pu-238	1.2E-09	8.3E-10	4.2E-09	
Pu-241	1.2E-09	6.5E-10	2.6E-09	
Pm-146	1.1E-09	1.8E-09	2.5E-09	
Te-127	1.0E-09	1.9E-09	1.8E-09	
Cm-243	7.2E-10	5.1E-10	3.0E-09	
Pm-147	6.4E-10	1.2E-09	1.8E-09	
Cs-134	6.4E-10	2.2E-10	1.8E-10	
Cm-244	5.8E-10	4.4E-10	2.7E-09	
Eu-152	5.1E-10	7.4E-10	1.2E-09	
Mn-54	3.2E-10	4.3E-10	4.8E-10	
Eu-154	3.1E-10	5.1E-10	7.7E-10	
Tb-160	2.7E-10	4.5E-10	5.3E-10	
Sr-90	2.5E-10	2.1E-10	4.2E-10	
Te-123m	2.5E-10	4.2E-10	6.6E-10	
Co-58	2.0E-10	3.4E-10	3.8E-10	
Pm-148m	1.8E-10	3.0E-10	3.2E-10	
Ce-141	1.5E-10	2.7E-10	3.3E-10	
Eu-155	1.4E-10	2.4E-10	3.6E-10	
Gd-153	1.1E-10	2.0E-10	2.4E-10	
Te-129	9.8E-11	1.6E-10	2.3E-10	
Sb-124	9.7E-11	1.6E-10	2.0E-10	
Am-242m	8.3E-11	4.9E-11	2.6E-10	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Cs-136	6.7E-11	6.8E-11	6.9E-11	
Cm-242	5.8E-11	9.1E-11	5.5E-10	
Rb-86	5.0E-11	8.9E-11	1.1E-10	
Ba-140	3.9E-11	6.7E-11	9.4E-11	
Nb-95	2.8E-11	4.2E-11	4.3E-11	
Pr-144	2.3E-11	3.7E-11	5.6E-11	
Ru-103	2.1E-11	3.4E-11	4.0E-11	
Sr-89	1.1E-11	1.8E-11	3.0E-11	
Sm-151	1.1E-12	1.9E-12	3.5E-12	
Rh-103m	1.7E-13	2.9E-13	4.2E-13	
Cs-135	3.7E-15	1.6E-15	1.6E-15	
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	1.5E-05	2.4E-05	2.9E-05	

表H-2 人の内部被ばく評価結果 (実測値 (K4 タンク群)、海産物を多く摂取)

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-123	3.7E-05	7.0E-05	8.9E-05	運用管理対象核種
I-129	1.3E-05	1.0E-05	4.1E-06	
C-14	5.2E-06	4.5E-06	2.5E-06	運用管理対象核種
Sn-126	1.9E-06	3.2E-06	4.0E-06	運用管理対象核種
Cd-115m	1.6E-06	2.3E-06	3.8E-06	運用管理対象核種
Sn-119m	8.5E-07	1.6E-06	2.1E-06	運用管理対象核種
Cd-113m	3.1E-07	2.6E-07	3.1E-07	運用管理対象核種
Co-60	2.7E-07	6.8E-07	8.4E-07	
Ru-106	1.6E-07	2.9E-07	3.8E-07	
Fe-59	1.2E-07	2.6E-07	5.3E-07	運用管理対象核種
H-3	1.1E-07	9.8E-08	8.0E-08	
Pm-148	9.4E-08	1.7E-07	2.0E-07	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Te-129m	8.0E-08	1.6E-07	2.3E-07	
Tc-99	7.7E-08	1.4E-07	2.3E-07	
Y-91	6.7E-08	1.2E-07	1.5E-07	
Te-127m	6.1E-08	1.3E-07	2.1E-07	
Zn-65	3.3E-08	4.1E-08	5.9E-08	
Te-125m	2.4E-08	4.5E-08	7.0E-08	
Cs-137	1.5E-08	5.6E-09	4.9E-09	
Ni-63	1.5E-08	2.3E-08	3.1E-08	
Ce-144	1.4E-08	2.5E-08	3.4E-08	
Ag-110m	9.9E-09	1.4E-08	1.7E-08	運用管理対象核種
Y-90	7.5E-09	1.4E-08	1.7E-08	
Pu-239	7.0E-09	4.6E-09	2.3E-08	
Pu-240	7.0E-09	4.6E-09	2.3E-08	
Am-241	6.7E-09	4.6E-09	2.4E-08	
Am-243	6.7E-09	4.6E-09	2.3E-08	
Pu-238	6.4E-09	4.3E-09	2.2E-08	
Pm-146	6.1E-09	9.6E-09	1.3E-08	
Pu-241	6.0E-09	3.4E-09	1.3E-08	
Sb-125	5.2E-09	8.2E-09	1.1E-08	
Te-127	4.5E-09	8.3E-09	7.8E-09	
Cm-243	3.5E-09	2.5E-09	1.4E-08	
Pm-147	3.4E-09	6.4E-09	9.2E-09	
Cm-244	2.8E-09	2.2E-09	1.3E-08	
Eu-152	2.7E-09	4.0E-09	6.1E-09	
Cs-134	2.3E-09	8.1E-10	6.4E-10	
Mn-54	1.8E-09	2.5E-09	2.7E-09	
Eu-154	1.7E-09	2.7E-09	4.1E-09	
Tb-160	1.5E-09	2.5E-09	2.8E-09	
Sr-90	1.1E-09	9.6E-10	1.8E-09	
Co-58	1.1E-09	1.9E-09	2.1E-09	
Te-123m	1.1E-09	1.9E-09	2.8E-09	
Pm-148m	9.9E-10	1.6E-09	1.7E-09	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Ce-141	7.5E-10	1.4E-09	1.7E-09	
Eu-155	7.4E-10	1.3E-09	1.9E-09	
Gd-153	6.0E-10	1.0E-09	1.3E-09	
Te-129	4.2E-10	7.1E-10	9.9E-10	
Am-242m	4.0E-10	2.4E-10	1.2E-09	
Sb-124	3.4E-10	5.8E-10	6.9E-10	
Cm-242	2.8E-10	4.5E-10	2.6E-09	
Cs-136	2.5E-10	2.5E-10	2.5E-10	
Rb-86	2.1E-10	3.7E-10	4.6E-10	
Ba-140	1.6E-10	2.9E-10	4.0E-10	
Nb-95	1.4E-10	2.2E-10	2.1E-10	
Pr-144	1.1E-10	1.9E-10	2.7E-10	
Ru-103	1.1E-10	1.7E-10	2.0E-10	
Sr-89	4.8E-11	8.2E-11	1.3E-10	
Sm-151	6.1E-12	1.0E-11	1.8E-11	
Rh-103m	9.4E-13	1.6E-12	2.2E-12	
Cs-135	1.4E-14	5.9E-15	5.6E-15	
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	6.1E-05	9.4E-05	1.1E-04	

表H-3 人の内部被ばく評価結果（実測値（J1-Cタンク群）、海産物を平均的に摂取）

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-119m	1.3E-05	2.5E-05	3.2E-05	運用管理対象核種
Sn-123	1.3E-05	2.3E-05	3.1E-05	運用管理対象核種
Sn-126	1.2E-06	2.1E-06	2.7E-06	運用管理対象核種
C-14	3.8E-07	3.3E-07	1.9E-07	運用管理対象核種
I-129	3.6E-07	2.7E-07	1.1E-07	
Cd-115m	2.9E-07	4.3E-07	7.2E-07	運用管理対象核種

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Cd-113m	6.4E-08	5.4E-08	6.7E-08	運用管理対象核種
Te-127m	5.0E-08	1.0E-07	1.8E-07	
H-3	2.9E-08	2.5E-08	2.1E-08	
Fe-59	2.7E-08	5.7E-08	1.2E-07	運用管理対象核種
Y-91	2.3E-08	4.1E-08	5.1E-08	
Te-129m	1.9E-08	3.6E-08	5.4E-08	
Am-241	1.7E-08	1.1E-08	6.1E-08	
Am-243	1.7E-08	1.1E-08	5.9E-08	
Pu-239	1.6E-08	1.1E-08	5.4E-08	
Pu-240	1.6E-08	1.1E-08	5.4E-08	
Pu-238	1.5E-08	1.0E-08	5.1E-08	
Pu-241	1.1E-08	6.5E-09	2.6E-08	
Cm-243	8.7E-09	6.2E-09	3.6E-08	
Co-60	8.6E-09	2.2E-08	2.7E-08	
Zn-65	8.0E-09	1.0E-08	1.5E-08	
Cm-244	7.0E-09	5.4E-09	3.3E-08	
Ru-106	6.6E-09	1.2E-08	1.5E-08	
Tc-99	6.5E-09	1.1E-08	1.9E-08	
Ce-144	5.8E-09	1.0E-08	1.4E-08	
Ag-110m	3.7E-09	5.2E-09	6.4E-09	運用管理対象核種
Te-127	3.5E-09	6.3E-09	6.2E-09	
Ni-63	3.2E-09	4.9E-09	6.8E-09	
Pm-148	1.9E-09	3.4E-09	4.1E-09	
Eu-152	1.2E-09	1.7E-09	2.7E-09	
Te-125m	8.9E-10	1.6E-09	2.6E-09	
Cm-242	7.0E-10	1.1E-09	6.6E-09	
Eu-154	6.6E-10	1.1E-09	1.6E-09	
Pm-147	6.2E-10	1.2E-09	1.7E-09	
Te-123m	5.7E-10	9.8E-10	1.5E-09	
Cs-137	4.3E-10	1.6E-10	1.4E-10	
Mn-54	4.2E-10	5.7E-10	6.4E-10	
Ce-141	3.6E-10	6.4E-10	7.9E-10	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Eu-155	3.3E-10	5.6E-10	8.7E-10	
Tb-160	3.1E-10	5.2E-10	6.1E-10	
Am-242m	2.9E-10	1.7E-10	9.1E-10	
Cs-134	2.5E-10	8.5E-11	7.0E-11	
Pm-148m	2.4E-10	4.0E-10	4.3E-10	
Sb-125	2.4E-10	3.7E-10	4.9E-10	
Co-58	2.3E-10	4.1E-10	4.6E-10	
Sb-124	2.3E-10	3.9E-10	4.7E-10	
Gd-153	2.1E-10	3.7E-10	4.5E-10	
Pm-146	1.8E-10	2.8E-10	4.0E-10	
Te-129	1.7E-10	2.8E-10	4.1E-10	
Y-90	5.4E-11	9.9E-11	1.2E-10	
Pr-144	4.7E-11	7.8E-11	1.2E-10	
Nb-95	3.2E-11	4.9E-11	5.0E-11	
Rb-86	3.1E-11	5.4E-11	6.9E-11	
Ru-103	2.6E-11	4.2E-11	4.9E-11	
Cs-136	2.4E-11	2.5E-11	2.5E-11	
Ba-140	1.9E-11	3.3E-11	4.6E-11	
Sr-90	9.6E-12	8.1E-12	1.6E-11	
Sm-151	3.2E-12	5.5E-12	9.8E-12	
Sr-89	1.3E-12	2.3E-12	3.7E-12	
Rh-103m	2.1E-13	3.6E-13	5.2E-13	
Cs-135	4.2E-16	1.8E-16	1.7E-16	
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	2.8E-05	5.1E-05	6.7E-05	

表H-4 人の内部被ばく評価結果（実測値（J1-Cタンク群）、海産物を多く摂取）

核種	被ばく評価結果（mSv/年）			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-119m	4.9E-05	9.4E-05	1.2E-04	運用管理対象核種
Sn-123	4.7E-05	8.9E-05	1.1E-04	運用管理対象核種
Sn-126	4.6E-06	8.0E-06	9.9E-06	運用管理対象核種
I-129	1.7E-06	1.3E-06	5.4E-07	
Cd-115m	1.5E-06	2.3E-06	3.7E-06	運用管理対象核種
C-14	1.4E-06	1.3E-06	7.0E-07	運用管理対象核種
Cd-113m	3.4E-07	2.9E-07	3.4E-07	運用管理対象核種
Te-127m	2.2E-07	4.5E-07	7.6E-07	
Fe-59	1.5E-07	3.1E-07	6.2E-07	運用管理対象核種
Y-91	1.2E-07	2.2E-07	2.7E-07	
H-3	1.1E-07	9.8E-08	8.0E-08	
Pu-239	8.5E-08	5.6E-08	2.8E-07	
Pu-240	8.5E-08	5.6E-08	2.8E-07	
Am-241	8.2E-08	5.5E-08	2.9E-07	
Am-243	8.2E-08	5.5E-08	2.8E-07	
Te-129m	8.1E-08	1.6E-07	2.3E-07	
Pu-238	7.8E-08	5.3E-08	2.6E-07	
Pu-241	5.9E-08	3.4E-08	1.3E-07	
Zn-65	4.8E-08	6.0E-08	8.6E-08	
Co-60	4.7E-08	1.2E-07	1.5E-07	
Cm-243	4.2E-08	3.1E-08	1.7E-07	
Cm-244	3.4E-08	2.7E-08	1.6E-07	
Ru-106	3.3E-08	5.9E-08	7.6E-08	
Tc-99	3.1E-08	5.5E-08	9.2E-08	
Ce-144	2.9E-08	5.3E-08	7.1E-08	
Ag-110m	1.8E-08	2.5E-08	3.0E-08	運用管理対象核種
Te-127	1.5E-08	2.8E-08	2.7E-08	
Ni-63	1.3E-08	2.1E-08	2.8E-08	
Pm-148	1.0E-08	1.8E-08	2.2E-08	
Eu-152	6.3E-09	9.3E-09	1.4E-08	
Te-125m	3.9E-09	7.3E-09	1.1E-08	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Eu-154	3.5E-09	5.8E-09	8.6E-09	
Cm-242	3.4E-09	5.5E-09	3.2E-08	
Pm-147	3.4E-09	6.2E-09	9.0E-09	
Te-123m	2.5E-09	4.4E-09	6.6E-09	
Mn-54	2.4E-09	3.2E-09	3.6E-09	
Ce-141	1.8E-09	3.3E-09	4.0E-09	
Eu-155	1.8E-09	3.0E-09	4.6E-09	
Tb-160	1.7E-09	2.8E-09	3.3E-09	
Cs-137	1.6E-09	5.8E-10	5.1E-10	
Am-242m	1.4E-09	8.4E-10	4.4E-09	
Pm-148m	1.3E-09	2.1E-09	2.3E-09	
Co-58	1.3E-09	2.2E-09	2.4E-09	
Gd-153	1.1E-09	2.0E-09	2.4E-09	
Pm-146	9.7E-10	1.5E-09	2.1E-09	
Cs-134	9.1E-10	3.2E-10	2.5E-10	
Sb-125	8.4E-10	1.3E-09	1.7E-09	
Sb-124	8.1E-10	1.4E-09	1.6E-09	
Te-129	7.5E-10	1.3E-09	1.8E-09	
Y-90	2.9E-10	5.3E-10	6.3E-10	
Pr-144	2.3E-10	3.9E-10	5.7E-10	
Nb-95	1.6E-10	2.5E-10	2.5E-10	
Ru-103	1.3E-10	2.1E-10	2.4E-10	
Rb-86	1.3E-10	2.3E-10	2.8E-10	
Cs-136	8.9E-11	9.2E-11	9.0E-11	
Ba-140	8.0E-11	1.4E-10	1.9E-10	
Sr-90	4.3E-11	3.6E-11	7.0E-11	
Sm-151	1.7E-11	2.9E-11	5.2E-11	
Sr-89	6.0E-12	1.0E-11	1.6E-11	
Rh-103m	1.2E-12	2.0E-12	2.8E-12	
Cs-135	1.5E-15	6.5E-16	6.3E-16	
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	1.1E-04	2.0E-04	2.5E-04	

表H-5 人の内部被ばく評価結果（実測値（J1-G タンク群）、海産物を平均的に摂取）

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-119m	3.7E-05	7.1E-05	9.2E-05	運用管理対象核種
Sn-123	3.6E-05	6.7E-05	8.8E-05	運用管理対象核種
Sn-126	1.9E-06	3.3E-06	4.2E-06	運用管理対象核種
C-14	1.0E-06	8.8E-07	5.1E-07	運用管理対象核種
Cd-115m	7.5E-07	1.1E-06	1.9E-06	運用管理対象核種
I-129	3.0E-07	2.3E-07	9.5E-08	
Cd-113m	2.0E-07	1.7E-07	2.0E-07	運用管理対象核種
Te-127m	1.4E-07	2.8E-07	4.9E-07	
Fe-59	6.8E-08	1.4E-07	3.0E-07	運用管理対象核種
Te-129m	4.9E-08	9.5E-08	1.4E-07	
Y-91	4.8E-08	8.8E-08	1.1E-07	
Am-241	4.4E-08	2.9E-08	1.6E-07	
Am-243	4.4E-08	2.9E-08	1.5E-07	
Pu-239	4.2E-08	2.8E-08	1.4E-07	
Pu-240	4.2E-08	2.8E-08	1.4E-07	
Pu-238	3.9E-08	2.6E-08	1.3E-07	
H-3	2.9E-08	2.5E-08	2.1E-08	
Pu-241	2.9E-08	1.6E-08	6.6E-08	
Cm-243	2.3E-08	1.6E-08	9.3E-08	
Tc-99	2.1E-08	3.7E-08	6.4E-08	
Zn-65	2.1E-08	2.6E-08	3.8E-08	
Co-60	1.8E-08	4.6E-08	5.7E-08	
Cm-244	1.8E-08	1.4E-08	8.4E-08	
Ce-144	1.7E-08	3.0E-08	4.1E-08	
Pm-148	1.1E-08	2.0E-08	2.4E-08	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Ag-110m	1.0E-08	1.5E-08	1.8E-08	運用管理対象核種
Ni-63	1.0E-08	1.5E-08	2.2E-08	
Te-127	9.9E-09	1.8E-08	1.7E-08	
Ru-106	6.9E-09	1.2E-08	1.6E-08	
Eu-152	2.4E-09	3.6E-09	5.5E-09	
Cs-137	2.3E-09	8.3E-10	7.5E-10	
Eu-154	1.8E-09	3.0E-09	4.5E-09	
Cm-242	1.8E-09	2.9E-09	1.7E-08	
Pm-147	1.7E-09	3.2E-09	4.7E-09	
Te-125m	1.6E-09	3.0E-09	4.8E-09	
Mn-54	1.3E-09	1.7E-09	1.9E-09	
Te-123m	1.3E-09	2.2E-09	3.4E-09	
Tb-160	9.4E-10	1.6E-09	1.9E-09	
Am-242m	7.6E-10	4.5E-10	2.4E-09	
Cs-134	6.7E-10	2.3E-10	1.9E-10	
Co-58	6.4E-10	1.1E-09	1.2E-09	
Pm-148m	6.4E-10	1.0E-09	1.1E-09	
Sb-124	6.0E-10	1.0E-09	1.2E-09	
Eu-155	5.3E-10	9.0E-10	1.4E-09	
Pm-146	5.2E-10	8.1E-10	1.1E-09	
Ce-141	5.0E-10	9.0E-10	1.1E-09	
Te-129	5.0E-10	8.2E-10	1.2E-09	
Gd-153	4.7E-10	8.2E-10	1.0E-09	
Sb-125	4.4E-10	6.9E-10	9.1E-10	
Y-90	1.4E-10	2.7E-10	3.3E-10	
Pr-144	1.4E-10	2.3E-10	3.4E-10	
Nb-95	9.2E-11	1.4E-10	1.4E-10	
Rb-86	8.8E-11	1.5E-10	2.0E-10	
Ru-103	7.6E-11	1.2E-10	1.4E-10	
Cs-136	5.7E-11	5.8E-11	5.8E-11	
Ba-140	4.9E-11	8.4E-11	1.2E-10	
Sr-90	2.6E-11	2.2E-11	4.3E-11	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sm-151	8.9E-12	1.5E-11	2.7E-11	
Sr-89	3.4E-12	5.8E-12	9.4E-12	
Rh-103m	6.2E-13	1.1E-12	1.5E-12	
Cs-135	2.2E-15	9.4E-16	9.3E-16	
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	7.9E-05	1.5E-04	1.9E-04	

表H-6 人の内部被ばく評価結果 (実測値 (J1-G タンク群)、海産物を多く摂取)

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-119m	1.4E-04	2.7E-04	3.4E-04	運用管理対象核種
Sn-123	1.4E-04	2.6E-04	3.3E-04	運用管理対象核種
Sn-126	7.3E-06	1.3E-05	1.6E-05	運用管理対象核種
Cd-115m	4.0E-06	5.9E-06	9.7E-06	運用管理対象核種
C-14	3.9E-06	3.4E-06	1.9E-06	運用管理対象核種
I-129	1.4E-06	1.1E-06	4.5E-07	
Cd-113m	1.0E-06	8.8E-07	1.1E-06	運用管理対象核種
Te-127m	6.0E-07	1.3E-06	2.1E-06	
Fe-59	3.7E-07	7.7E-07	1.6E-06	運用管理対象核種
Y-91	2.6E-07	4.7E-07	5.8E-07	
Pu-239	2.2E-07	1.4E-07	7.1E-07	
Pu-240	2.2E-07	1.4E-07	7.1E-07	
Am-241	2.1E-07	1.4E-07	7.5E-07	
Am-243	2.1E-07	1.4E-07	7.3E-07	
Te-129m	2.1E-07	4.2E-07	6.0E-07	
Pu-238	2.0E-07	1.4E-07	6.8E-07	
Pu-241	1.5E-07	8.6E-08	3.4E-07	
Zn-65	1.2E-07	1.5E-07	2.2E-07	
H-3	1.1E-07	9.8E-08	8.0E-08	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Cm-243	1.1E-07	8.0E-08	4.5E-07	
Tc-99	1.0E-07	1.8E-07	3.0E-07	
Co-60	1.0E-07	2.5E-07	3.1E-07	
Cm-244	8.7E-08	6.9E-08	4.1E-07	
Ce-144	8.5E-08	1.6E-07	2.1E-07	
Pm-148	6.0E-08	1.1E-07	1.3E-07	
Ag-110m	5.0E-08	7.0E-08	8.4E-08	運用管理対象核種
Te-127	4.3E-08	7.8E-08	7.4E-08	
Ni-63	4.2E-08	6.5E-08	8.8E-08	
Ru-106	3.4E-08	6.1E-08	8.0E-08	
Eu-152	1.3E-08	1.9E-08	2.9E-08	
Eu-154	9.8E-09	1.6E-08	2.4E-08	
Pm-147	9.2E-09	1.7E-08	2.5E-08	
Cm-242	8.7E-09	1.4E-08	8.2E-08	
Cs-137	8.2E-09	3.1E-09	2.7E-09	
Mn-54	7.4E-09	9.9E-09	1.1E-08	
Te-125m	7.1E-09	1.4E-08	2.1E-08	
Te-123m	5.5E-09	9.6E-09	1.5E-08	
Tb-160	5.1E-09	8.6E-09	9.9E-09	
Am-242m	3.6E-09	2.2E-09	1.1E-08	
Co-58	3.5E-09	6.1E-09	6.7E-09	
Pm-148m	3.4E-09	5.5E-09	5.9E-09	
Eu-155	2.8E-09	4.9E-09	7.4E-09	
Pm-146	2.8E-09	4.3E-09	6.0E-09	
Ce-141	2.5E-09	4.6E-09	5.6E-09	
Gd-153	2.5E-09	4.4E-09	5.2E-09	
Cs-134	2.4E-09	8.5E-10	6.8E-10	
Te-129	2.2E-09	3.6E-09	5.1E-09	
Sb-124	2.1E-09	3.6E-09	4.3E-09	
Sb-125	1.6E-09	2.5E-09	3.2E-09	
Y-90	7.7E-10	1.4E-09	1.7E-09	
Pr-144	6.8E-10	1.2E-09	1.7E-09	

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Nb-95	4.6E-10	7.2E-10	7.1E-10	
Ru-103	3.8E-10	6.3E-10	7.1E-10	
Rb-86	3.6E-10	6.5E-10	8.0E-10	
Cs-136	2.1E-10	2.1E-10	2.1E-10	
Ba-140	2.1E-10	3.7E-10	5.0E-10	
Sr-90	1.2E-10	9.8E-11	1.9E-10	
Sm-151	4.8E-11	8.1E-11	1.4E-10	
Sr-89	1.5E-11	2.6E-11	4.1E-11	
Rh-103m	3.4E-12	5.8E-12	8.1E-12	
Cs-135	8.1E-15	3.5E-15	3.3E-15	
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	3.0E-04	5.6E-04	7.1E-04	

表H-7 人の内部被ばく評価（仮想したALPS処理水、海産物を平均的に摂取）

核種	被ばく評価結果 (mSv/年)			備考
	成人	幼児	乳児	
Sn-119m	1.5E-04	2.9E-04	3.7E-04	運用管理対象核種
Sn-123	1.2E-04	2.3E-04	3.0E-04	運用管理対象核種
Zn-65	9.8E-05	1.2E-04	1.8E-04	
C-14	8.7E-05	7.4E-05	4.3E-05	運用管理対象核種
Sn-126	1.4E-05	2.4E-05	3.0E-05	運用管理対象核種
Cd-115m	3.5E-06	5.2E-06	8.8E-06	運用管理対象核種
Cd-113m	9.2E-07	7.9E-07	9.6E-07	運用管理対象核種
Fe-59	5.1E-07	1.1E-06	2.2E-06	運用管理対象核種
Ag-110m	7.1E-08	9.9E-08	1.2E-07	運用管理対象核種
H-3	2.9E-08	2.5E-08	2.1E-08	
合計	4.8E-04	7.5E-04	9.4E-04	

表H-8 人の内部被ばく評価（仮想したALPS処理水、海産物を多く摂取）

対象核種	被ばく評価結果（mSv/年）			備考
	成人	幼児	乳児	
Zn-65	5.9E-04	7.3E-04	1.0E-03	
Sn-119m	5.7E-04	1.1E-03	1.4E-03	運用管理対象核種
Sn-123	4.7E-04	8.8E-04	1.1E-03	運用管理対象核種
C-14	3.3E-04	2.9E-04	1.6E-04	運用管理対象核種
Sn-126	5.2E-05	9.1E-05	1.1E-04	運用管理対象核種
Cd-115m	1.9E-05	2.8E-05	4.5E-05	運用管理対象核種
Cd-113m	6.5E-06	5.6E-06	6.6E-06	運用管理対象核種
Fe-59	2.8E-06	5.8E-06	1.2E-05	運用管理対象核種
Ag-110m	2.0E-07	2.8E-07	3.4E-07	運用管理対象核種
H-3	1.1E-07	9.8E-08	8.0E-08	
合計	2.0E-03	3.1E-03	3.9E-03	

H 2. 環境防護に関する評価結果

参考 B に示した以下の被ばく評価について、核種別の評価結果を表 H - 9 ~ 1 2 に示す。

(1) 64 核種の実測値によるソースターム

- i. K4 タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.29）
- ii. J1-C タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.35）
- iii. J1-G タンク群（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 0.22）

(2) 仮想した ALPS 処理水によるソースターム

（トリチウム以外の 63 核種の告示濃度比総和 1）

表 H - 9 環境防護の評価結果（実測値（K4 タンク群）によるソースターム）

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Fe-59	1.2E-05	1.2E-05	1.3E-05	運用管理対象核種
Sn-123	1.6E-06	1.5E-06	1.7E-06	運用管理対象核種
Pm-148	1.3E-06	1.2E-06	1.7E-06	
Sn-126	6.9E-07	6.6E-07	6.4E-07	運用管理対象核種
Co-60	6.5E-07	6.5E-07	7.1E-07	
Pm-146	2.9E-07	2.8E-07	3.1E-07	
Y-91	1.4E-07	8.4E-08	6.3E-07	
Eu-152	1.3E-07	1.2E-07	1.3E-07	
Tb-160	1.2E-07	1.2E-07	1.3E-07	
Ce-144	7.8E-08	4.5E-08	7.8E-08	
Pm-148m	6.6E-08	6.4E-08	7.2E-08	
Eu-154	6.1E-08	5.7E-08	6.1E-08	
Ru-106	5.4E-08	3.9E-08	5.6E-08	
Sn-119m	4.3E-08	4.1E-08	3.0E-08	運用管理対象核種
C-14	4.0E-08	3.3E-08	2.7E-08	運用管理対象核種
Cd-115m	2.4E-08	2.2E-08	9.3E-09	運用管理対象核種
Mn-54	2.3E-08	2.1E-08	2.3E-08	
Gd-153	1.2E-08	1.3E-08	1.4E-08	
Nb-95	1.2E-08	1.2E-08	1.2E-08	
Ce-141	1.1E-08	1.1E-08	1.2E-08	

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	力二	褐藻	
Eu-155	7.7E-09	7.5E-09	7.7E-09	
H-3	4.7E-09	4.7E-09	1.8E-09	
Co-58	4.5E-09	4.6E-09	4.5E-09	
Cs-137	1.9E-09	1.9E-09	1.9E-09	
Zn-65	1.2E-09	2.6E-09	1.2E-09	
Ba-140	9.3E-10	1.3E-09	1.7E-09	
Te-129m	9.1E-10	9.2E-10	8.4E-09	
Sb-125	7.0E-10	6.2E-10	8.7E-10	
Am-243	5.8E-10	5.6E-10	6.4E-10	
Cs-134	5.7E-10	5.4E-10	5.7E-10	
Cs-136	4.9E-10	4.9E-10	4.9E-10	
Te-127m	4.3E-10	4.3E-10	4.1E-09	
Ru-103	3.9E-10	3.8E-10	3.9E-10	
Ag-110m	3.8E-10	2.2E-09	3.3E-10	運用管理対象核種
Cm-243	3.2E-10	3.1E-10	4.6E-10	
Te-127	3.2E-10	3.2E-10	2.9E-09	
Rb-86	2.2E-10	1.8E-10	4.5E-10	
Te-125m	1.9E-10	2.0E-10	1.7E-09	
Cd-113m	1.9E-10	1.7E-10	3.4E-11	運用管理対象核種
Sb-124	8.5E-11	7.6E-11	1.0E-10	
Pm-147	7.5E-11	2.7E-10	7.5E-10	
Am-241	6.1E-11	5.9E-11	5.9E-11	
Ni-63	4.5E-11	1.5E-10	3.3E-10	
Tc-99	2.5E-11	5.9E-11	1.1E-08	
I-129	1.1E-11	6.7E-12	9.3E-10	
Sr-90	1.0E-11	2.7E-12	4.2E-11	
Te-123m	7.3E-12	7.4E-12	4.4E-11	
Cm-242	4.3E-12	9.4E-12	1.4E-10	
Cm-244	4.1E-12	8.9E-12	1.4E-10	
Am-242m	3.0E-12	2.9E-12	5.2E-12	
Sr-89	2.5E-12	6.3E-13	1.1E-11	
Pu-238	3.7E-13	6.2E-13	3.7E-11	

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Pu-240	3.4E-13	5.8E-13	3.4E-11	
Pu-239	3.3E-13	5.7E-13	3.4E-11	
Sm-151	5.9E-14	4.1E-13	3.8E-13	
Pu-241	2.2E-14	3.3E-14	1.6E-12	
Cs-135	3.8E-17	1.7E-17	1.5E-17	
Y-90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Rh-103m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Te-129	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	1.7E-05	1.7E-05	1.9E-05	

表H-10 環境防護の評価結果（実測値（J1-Cタンク群）によるソースターム）

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Fe-59	1.4E-05	1.4E-05	1.5E-05	運用管理対象核種
Sn-119m	2.5E-06	2.3E-06	1.7E-06	運用管理対象核種
Sn-123	2.0E-06	2.0E-06	2.1E-06	運用管理対象核種
Sn-126	1.7E-06	1.6E-06	1.6E-06	運用管理対象核種
Eu-152	3.1E-07	2.9E-07	3.1E-07	
Y-91	2.5E-07	1.5E-07	1.1E-06	
Ce-144	1.6E-07	9.4E-08	1.6E-07	
Tb-160	1.4E-07	1.4E-07	1.5E-07	
Pm-148	1.4E-07	1.3E-07	1.9E-07	
Eu-154	1.3E-07	1.2E-07	1.3E-07	
Co-60	1.1E-07	1.1E-07	1.2E-07	
Pm-148m	8.8E-08	8.4E-08	9.5E-08	
Pm-146	4.7E-08	4.5E-08	4.9E-08	
Mn-54	3.1E-08	2.8E-08	3.1E-08	

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Ce-141	2.7E-08	2.6E-08	2.8E-08	
Cd-115m	2.3E-08	2.1E-08	9.1E-09	運用管理対象核種
Gd-153	2.3E-08	2.4E-08	2.7E-08	
Eu-155	1.8E-08	1.8E-08	1.8E-08	
Nb-95	1.4E-08	1.4E-08	1.4E-08	
C-14	1.1E-08	9.2E-09	7.4E-09	運用管理対象核種
Ru-106	1.1E-08	8.0E-09	1.1E-08	
Am-243	7.0E-09	6.9E-09	7.7E-09	
Co-58	5.4E-09	5.4E-09	5.4E-09	
H-3	4.7E-09	4.7E-09	1.8E-09	
Cm-243	3.9E-09	3.7E-09	5.6E-09	
Zn-65	1.8E-09	3.8E-09	1.8E-09	
Te-127m	1.5E-09	1.5E-09	1.4E-08	
Te-127	1.1E-09	1.1E-09	1.0E-08	
Te-129m	9.2E-10	9.4E-10	8.5E-09	
Am-241	7.4E-10	7.2E-10	7.1E-10	
Ag-110m	6.8E-10	4.0E-09	5.9E-10	運用管理対象核種
Ru-103	4.8E-10	4.7E-10	4.8E-10	
Ba-140	4.6E-10	6.3E-10	8.5E-10	
Cs-134	2.2E-10	2.1E-10	2.2E-10	
Cd-113m	2.0E-10	1.9E-10	3.7E-11	運用管理対象核種
Cs-137	2.0E-10	2.0E-10	2.0E-10	
Sb-124	2.0E-10	1.8E-10	2.4E-10	
Cs-136	1.8E-10	1.8E-10	1.8E-10	
Rb-86	1.4E-10	1.1E-10	2.7E-10	
Sb-125	1.1E-10	1.0E-10	1.4E-10	
Pm-147	7.3E-11	2.7E-10	7.3E-10	
Cm-242	5.2E-11	1.1E-10	1.8E-09	
Cm-244	4.9E-11	1.1E-10	1.7E-09	
Ni-63	4.0E-11	1.4E-10	3.0E-10	
Te-125m	3.1E-11	3.2E-11	2.7E-10	
Te-123m	1.7E-11	1.7E-11	1.0E-10	

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Am-242m	1.0E-11	1.0E-11	1.8E-11	
Tc-99	9.8E-12	2.3E-11	4.5E-09	
Pu-238	4.5E-12	7.5E-12	4.5E-10	
Pu-240	4.2E-12	7.0E-12	4.2E-10	
Pu-239	4.0E-12	6.9E-12	4.2E-10	
I-129	1.5E-12	8.8E-13	1.2E-10	
Sr-90	3.8E-13	1.0E-13	1.6E-12	
Sr-89	3.1E-13	7.8E-14	1.3E-12	
Pu-241	2.2E-13	3.3E-13	1.6E-11	
Sm-151	1.7E-13	1.2E-12	1.1E-12	
Cs-135	4.2E-18	1.9E-18	1.7E-18	
Y-90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Rh-103m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Te-129	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	2.2E-05	2.2E-05	2.3E-05	

表H-11 環境防護の評価結果（実測値（J1-G タンク群）によるソースターム）

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Fe-59	3.6E-05	3.6E-05	3.8E-05	運用管理対象核種
Sn-119m	7.1E-06	6.8E-06	5.0E-06	運用管理対象核種
Sn-123	5.9E-06	5.7E-06	6.1E-06	運用管理対象核種
Sn-126	2.7E-06	2.6E-06	2.5E-06	運用管理対象核種
Pm-148	8.1E-07	7.5E-07	1.1E-06	
Eu-152	6.3E-07	5.9E-07	6.3E-07	
Y-91	5.3E-07	3.2E-07	2.4E-06	
Ce-144	4.8E-07	2.8E-07	4.8E-07	

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	力二	褐藻	
Tb-160	4.4E-07	4.4E-07	4.7E-07	
Eu-154	3.6E-07	3.4E-07	3.6E-07	
Co-60	2.4E-07	2.4E-07	2.6E-07	
Pm-148m	2.3E-07	2.2E-07	2.5E-07	
Pm-146	1.3E-07	1.3E-07	1.4E-07	
Mn-54	9.3E-08	8.4E-08	9.3E-08	
Cd-115m	5.9E-08	5.5E-08	2.4E-08	運用管理対象核種
Gd-153	5.1E-08	5.4E-08	5.9E-08	
Nb-95	4.0E-08	3.9E-08	4.1E-08	
Ce-141	3.8E-08	3.6E-08	3.9E-08	
C-14	3.0E-08	2.5E-08	2.0E-08	運用管理対象核種
Eu-155	3.0E-08	2.9E-08	3.0E-08	
Am-243	1.8E-08	1.8E-08	2.0E-08	
Co-58	1.5E-08	1.5E-08	1.5E-08	
Ru-106	1.1E-08	8.3E-09	1.2E-08	
Cm-243	1.0E-08	9.6E-09	1.4E-08	
H-3	4.7E-09	4.7E-09	1.8E-09	
Zn-65	4.6E-09	9.8E-09	4.6E-09	
Te-127m	4.3E-09	4.3E-09	4.0E-08	
Te-127	3.0E-09	3.0E-09	2.8E-08	
Te-129m	2.4E-09	2.4E-09	2.2E-08	
Ag-110m	1.9E-09	1.1E-08	1.7E-09	運用管理対象核種
Am-241	1.9E-09	1.9E-09	1.8E-09	
Ru-103	1.4E-09	1.4E-09	1.4E-09	
Ba-140	1.2E-09	1.6E-09	2.2E-09	
Cs-137	1.1E-09	1.0E-09	1.1E-09	
Cd-113m	6.3E-10	5.8E-10	1.1E-10	運用管理対象核種
Cs-134	6.0E-10	5.7E-10	6.0E-10	
Sb-124	5.3E-10	4.7E-10	6.4E-10	
Cs-136	4.2E-10	4.2E-10	4.2E-10	
Rb-86	3.9E-10	3.1E-10	7.8E-10	
Sb-125	2.1E-10	1.9E-10	2.6E-10	

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Pm-147	2.0E-10	7.3E-10	2.0E-09	
Cm-242	1.3E-10	2.9E-10	4.5E-09	
Ni-63	1.3E-10	4.3E-10	9.4E-10	
Cm-244	1.3E-10	2.8E-10	4.3E-09	
Te-125m	5.7E-11	6.0E-11	5.0E-10	
Te-123m	3.7E-11	3.8E-11	2.2E-10	
Tc-99	3.2E-11	7.7E-11	1.5E-08	
Am-242m	2.7E-11	2.6E-11	4.8E-11	
Pu-238	1.1E-11	1.9E-11	1.2E-09	
Pu-240	1.1E-11	1.8E-11	1.1E-09	
Pu-239	1.0E-11	1.8E-11	1.1E-09	
I-129	1.2E-12	7.4E-13	1.0E-10	
Sr-90	1.0E-12	2.7E-13	4.3E-12	
Sr-89	7.9E-13	2.0E-13	3.3E-12	
Pu-241	5.6E-13	8.4E-13	4.0E-11	
Sm-151	4.6E-13	3.2E-12	3.0E-12	
Cs-135	2.2E-17	1.0E-17	9.1E-18	
Y-90	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Rh-103m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Rh-106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Te-129	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Ba-137m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
Pr-144m	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	親核種にて評価
合計	5.6E-05	5.5E-05	5.9E-05	

表H-12 環境防護の評価結果（仮想したALPS処理水によるソースターム）

核種	被ばく評価結果 [mGy/日]			備考
	扁平魚	カニ	褐藻	
Pm-148m	7.5E-03	7.2E-03	8.1E-03	
Fe-59	2.7E-04	2.7E-04	2.9E-04	運用管理対象核種
Sn-126	1.9E-05	1.9E-05	1.8E-05	運用管理対象核種
H-3	4.7E-09	4.7E-09	1.8E-09	
合計	7.8E-03	7.5E-03	8.4E-03	

参考 I 本評価の不確実性について

本評価における放出計画並びに評価手法に関して、想定される不確実性の内容が本報告書の評価に与える影響についてまとめた。

I 1. 放出計画に係わる不確実性

本計画の放出設備、放出方法等については、地元の了解、規制の審査、関係機関のレビュー等により、放出計画自体に変更が生じる可能性がある。

放出計画に変更が生じた場合には放射線影響評価の内容を見直して、報告書の改訂版を作成していくが、「基本方針を踏まえた当社の対応」において示した ALPS 処理水の水質（トリチウム以外の告示濃度比総和 1 未満）、トリチウム放出量の上限値年間 22 兆 Bq(2.2E+13Bq)、希釈後のトリチウム濃度 1,500Bq/L などの、被ばく評価に直接影響するパラメータについては、被ばく評価結果が増加するような変更は行わないことから、本評価結果に大きな影響を及ぼすものでは無いと考えている。

I 2. 評価条件に係わる不確実性

本報告書で用いたデータ、パラメータ、各種の仮定は不確実性を含んでいる。しかしながら、ソースタームの設定や保守的な仮定により、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている（表 I - 1）。

表 I - 1 評価条件に係わる不確実性について

項目	不確実性の内容	評価への影響
ソースターム	新たに評価対象となる核種が追加される可能性がある	新たに核種が追加された場合は、放射線影響評価を再度実施し、必要に応じて報告書の改訂を行うこととするが、これまでの分析実績から新たに濃度の高い核種が追加される可能性はほとんど無く、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている。
ソースターム	トリチウム以外の核種の測定結果が少なく、核種毎の濃度（核種組成）が定まっていない	核種毎に告示濃度で放出した場合の事前評価を行い、影響の大きい核種のみで告示濃度比 1 となる仮想した ALPS 処理水によるソースタームで評価を実施していることから、今後どのような測定結果が出てきてもソースタームを見直す必要は無いと考えるが、逆に実際の放出量に対してソースタームの設定が過大である可能性はある。

項目	不確実性の内容	評価への影響
移流・拡散評価	実際の気象、海象は、年変動や長期的な変動が考えられる	<p>2年分の気象、海象データにより評価を行い、平均濃度が高くなる年のデータを評価に使用した。また、本評価で使用したモデルは、セシウムの拡散計算を2013年～2016年までの4年間実施し、年変動がそれほど大きく無いことを検証したモデルを元に行っていることから、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている。</p> <p>長期的な変動は、海洋放出開始後の環境モニタリングにおいて確認し、対応する。</p>
移流・拡散評価	核種による移流・拡散の不確実性	<p>本報告書の移流・拡散計算では、粒子の沈降や海底の堆積物等への移行は考慮していないが、このことは海水濃度の評価としては保守的な仮定である。また、動植物の被ばく評価では、上記の仮定による海水濃度の計算結果を基に海底の堆積物への移行を分配係数を用いて計算している。評価は保守的な仮定を行っており、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている。</p>
核種の移行	濃縮係数や分配係数などのパラメータ自体の不確実性がある。また、魚種や海底土の性状による違いなどにも不確実性がある。	<p>濃縮係数や分配係数については、国際的に認知されたIAEAの文書から引用している。また、移行係数についても国内の安全審査等で使用されたデータを引用している。これらの係数には不確実性があるものの、ソースタームなどで保守的な評価を行っていることから、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている。</p>
代表的個人	生活習慣のデータは地域のデータが反映されていない。	<p>海産物摂取量は、成人の摂取量として全国の統計データを使用した。年齢別ではない地区別のデータがあるが、全国の統計データと東北地区の差は10%程度である。</p> <p>また、使用した生活様式は発電所の線量評価のために全国で調査して設定したデータであるが、ソースタームなど他のパラメータにおいて保守的な評価を行っていることから、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている。</p>
外部被ばく評価	64核種全ての線量換算係数が揃っていない。	<p>線量換算係数が用意されていない核種には、$\beta \cdot \gamma$核種とα核種それぞれの中で最大の換算係数を流用し、保守的な評価を行っていることから、本報告書の評価結果が、線量限度などの評価の基準を上回る可能性は大きくは無いと考えている。</p>

用語集

用語	説明
多核種除去設備 (ALPS)	汚染水に含まれるトリチウム以外の 62 種類の放射性物質を、法令に定められた基準を満たすレベルまで浄化できる水処理設備。(Advanced Liquid Process System)
ALPS 処理水	トリチウム以外の放射性物質が、安全に関する規制基準値を確実に下回るまで、多核種除去設備等で浄化処理した水。(トリチウムを除く告示濃度比総和 1 未満)
処理途上水	多核種除去設備等で浄化処理した水のうち、安全に関する規制基準値 (トリチウムを除く告示濃度比総和 1 未満) を満たしていない水。
ALPS 処理水等	ALPS 処理水と処理途上水の総称。
ストロンチウム処理水	汚染水から、セシウムとストロンチウムの大半を取り除いた水。
二次処理	トリチウム以外の放射性物質が、告示濃度比総和 1 未満まで浄化されていない処理途上水を、再度多核種除去設備等で浄化処理を行うこと。
地下水バイパス	山側から海側に流れている地下水を、原子炉建屋等から離れた場所にある井戸から汲み上げ、排水基準を満たしていることを確認後に、海洋へ排水することで、原子炉建屋等に近づく地下水の量を減少させる施策。
サブドレン	地下水が原子炉建屋等に流れ込むことで増加する汚染水の量を減らすため、サブドレン (建屋近傍の井戸) で汲み上げて浄化処理を行い、排水基準を満たしていることを確認後に海洋に排水する施策。
告示濃度限度	「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」に定められた、放射性廃棄物を環境中へ放出する際の基準。当該放射性廃棄物が複数の放射性物質を含む場合は、告示濃度比総和が 1 未満となる必要がある。
放出管理目標値	原子力発電所が年間に放出する放射性物質の量を管理するために、放出する核種毎に設ける管理目標値。福島第一では、事故前のトリチウムの放出管理目標値として 22 兆 Bq (2.2E+13Bq) を定めていた。
運用管理値	ALPS 処理水を処分する際に、被ばくへの影響が大きいと考えられる 8 核種について、被ばく低減の観点から当社が独自に定める濃度限度値。これを超える濃度が検出された場合は放出を中止して貯留タンクに移送する。
世界保健機関 (WHO) 飲料水水質ガイドライン	飲料水の安全性確保のため、世界保健機関が定めた飲料水の水質に関するガイドライン。放射性物質の他、微生物、化学物質等の観点から、飲み続けても問題の無い水質が示されている。放射性物質濃度としては、Cs-137 で 10Bq/L、トリチウムで 10,000Bq/L といった値が示されている。
国際放射線防護委員会 (ICRP) 勧告	ICRP が勧告する放射線防護の基本的な考え方 (概念) と基本となる数値的基準を示した文書。
国際原子力機関 (IAEA) 安全基準文書	IAEA が、原子力安全確保に係る活動として、放射線や放射性物質の利用に際して、人の健康や生命、財産等の安全を守るための基準を示した文書。安全原則、安全要件、安全指針等からなり、守るべき考え方や基準等が示されている。IAEA 安全基準文書は、全 IAEA 加盟国のコメントを踏まえて作成されている。

用語	説明
代表的個人	放射線防護の検討のために行う一般公衆の被ばく評価において、被ばくを受ける対象者として設定する仮想の個人。被ばく量が多くなるような環境、生活習慣等を考慮する。
潜在被ばく	確実に起こるとは予想されないが、予想される運転上の出来事、あるいは、線源の事故又は機器の故障や操作ミスを含めた確率的な性質の事象又は事象シーケンスによる、将来を見越して考慮した被ばく。放射線防護の検討に用いる。
日常的に漁業が行われていないエリア	漁業協同組合の組合員が一定の水域を共同を利用して漁業を営む権利（共同漁業権）が設定されていない区域。共同漁業権非設定区域。
領域海洋モデル	米国ラトガース大学で開発された海流の数値解析モデル。
サブマージョンモデル	人が周囲を放射性物質に囲まれた状態（サブマージョン）を仮定した外部被ばく線量計算モデル。
濃縮係数	海洋生物（原則可食部）中の放射性核種濃度（湿重量あたり）を、生息している環境海水中放射性核種濃度に対する関係を示す便宜的な係数で、生物への移行評価モデルで用いられる。
実効線量換算係数	放射性物質からの放射線により、人が受ける被ばく量を評価するための換算係数。
実効線量係数	放射性核種の吸入量や摂取量から、人が受ける内部被ばく線量を評価するための換算係数。
環境防護	人以外の生物を電離放射線による有害な影響から守ること。
標準動植物	環境からの放射線被ばくを、線量と影響に関連づけるために想定する、特定タイプの動植物。
動植物に関する線量換算係数	環境の放射性核種による、生物の内部被ばく線量と外部被ばく線量を簡略化して計算するための換算係数。
誘導考慮参考レベル（DCRL）	ICRP が提唱する生物種ごとに定められた 1 ケタの幅を持った線量率の範囲。これを超える場合には影響を考慮する必要がある線量率レベル。（Derived consideration reference level）
濃度比	動植物に対する環境からの放射線被ばくへの利用を目的に、水棲生物中放射性核種濃度（全体）の、環境水中濃度に対する比率を、経験的に求めた移行係数。
分配係数	放射性物質について、海水中の濃度（Bq/L）と、海底の堆積物中の濃度（Bq/kg）が平衡状態にある時の比率。海水から海底の堆積物への、放射性物質の移行評価に使用する。

作成メンバー

本報告書のとりまとめにあたっては、社内より放射線影響評価について知見を有する職員を選定・配置するとともに、放射線影響評価を行う上で特に重要な分野である、人の放射線防護、環境防護、海洋拡散計算の3分野について、社外より専門家をメンバーとして招聘した。

・スポンサー

松本 純一（東京電力ホールディングス株式会社）

・評価メンバー

チームリーダー：岡村 知巳（東京電力ホールディングス株式会社）

チームメンバー：清岡 英男（東京電力ホールディングス株式会社）

一場 雄太（東京電力ホールディングス株式会社）

田口 涼太（東京電力ホールディングス株式会社）

占部 逸正（福山大学名誉教授，環境影響評価）

立田 穰（電力中央研究所サステナブルシステム研究本部客員研究員，
海生動植物被ばく評価）

服部 隆利（電力中央研究所サステナブルシステム研究本部研究参事，
人の被ばく評価）

升本 順夫（東京大学教授，拡散計算）

津旨 大輔（電力中央研究所サステナブルシステム研究本部副研究参事，
拡散計算）

・オブザーバー

小山 正史（電力中央研究所首席研究員）

・事務局

佐藤 学（東京電力ホールディングス株式会社）

松崎 勝久（東京電力ホールディングス株式会社）

以上