

# 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結果（設計段階\*）の改訂について

**TEPCO**

---

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。

# 改訂の概要

- 2021年11月に「ALPS処理水の海洋放出に係る放射線影響評価結果（設計段階）」公表後、当社における検討の進捗や、意見募集で国内外から寄せられた意見、IAEAの職員および国際専門家によるレビュー、原子力規制委員会との議論等を踏まえて、以下の通り評価を一部見直し、改訂
- 放射線影響評価に関し、一般公衆の線量限度や線量拘束値\*、国際機関が提唱する生物種ごとに定められた値を大幅に下回る、との結論は、改訂前後で変わらない

章	主な変更点
エグゼクティブ・サマリー	新たにサマリーを追加
評価の概要	1～10章の変更内容反映
1.背景	ALPS処理水等の発生等の背景情報を追加
2.ALPS処理水の取扱いの検討	ALPS処理水の取扱いに関する検討経緯を追加
3.評価実施の目的	変更なし
4.評価の考え方	次頁「評価に関する主な変更点」参照
5.ALPS処理水等の水質と放出方法	検討進捗（実施計画・審査会合等）を反映
6.人（公衆）の防護に関する評価	次頁「評価に関する主な変更点」参照
7.環境防護に関する評価	参考資料から本文へ位置づけを変更
8.評価に係る不確かさに関する考察	次頁「評価に関する主な変更点」参照
9.ALPS処理水の海洋放出に伴い実施されるモニタリング	検討進捗（審査会合・総合モニタリング計画等）を追加
10.まとめ	評価に関する変更内容を反映

# 評価に関する主な変更点

- 今回の改訂では、被ばく経路の追加等により、人に対する線量評価値が微増したが、線量拘束値と比較して影響が極めて軽微である、との結論は変わらない
- 2022年2月、原子力規制委員会が放射線影響評価の確認における考え方と評価の目安として、国内の原子力発電所の線量目標値（年間0.05ミリシーベルト）がIAEA 安全基準における線量拘束値に相当するとの見解を示したことを受けて、この値（年間0.05ミリシーベルト）を本評価における線量拘束値として取り扱う
- 海産物摂取による内部被ばく評価において、摂取するトリチウムの10%が有機結合型のトリチウム（OBT）であると仮定
- 本報告書の評価における、放射性物質の蓄積に関する仮定（平衡状態）について、記載を充実
- 人の防護に関する評価において、ソースターム（放出される放射性物質の種類と量）、被ばく経路や評価に用いる海水中放射性物質濃度の一部について見直し評価
- 拡散シミュレーションの結果、計算領域境界部の濃度が海水中トリチウム濃度より十分低いことを明記
- 潜在被ばくに関する評価で、配管からの漏えい、タンクからの漏えいの2つのシナリオとして見直し、事故時の基準（5ミリシーベルト）を下回っていることを確認
- 本報告書の評価結果の不確かさについて考察し、ソースタームにおける核種組成と、魚介類の濃縮係数などの移行係数の不確かさが大きい、と評価

# 本評価について

- 政府の「基本方針」を踏まえ、当社が検討した設備設計および運用に則り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、国際的に認知された手法（国際原子力機関（IAEA）安全基準文書、国際放射線防護委員会（ICRP）勧告）に従って評価する手法を定めました。
- それに従って評価すると、線量限度や線量目標値、また国際機関が提唱する生物種ごとに定められた値を大幅に下回る結果となり、人および環境への影響は極めて軽微であることが示されました。
- 今後も、原子力規制委員会による実施計画の認可取得に向けて必要な手続きを行うとともに、IAEAの専門家等のレビュー、各方面からの意見やレビュー等を通じて、評価を見直していきます。
- また、国内外の方々の懸念払拭ならびに理解醸成に向けて、人および環境への放射線の影響に関する科学的情報を、透明性高く継続的に発信していきます。

東京電力は、一般の方々や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その他の放射性物質の濃度について、国際標準（IAEA安全基準文書やICRP勧告）に準拠した国の規制基準や各種法令等を確実に遵守します。

- 1. 評価の前提となる放出方法**
2. 評価の方法
3. 評価の結果
4. その他の変更点
5. 参考

# 評価の前提となる放出方法

- 放出するALPS処理水は、トリチウム以外の62核種および炭素14の告示濃度比総和\*が1未満となるまで浄化したもの
- 放出前にこれら64核種すべてを測定・評価（第三者機関による測定・評価を含む）し、上述のとおり浄化されていることを確認する
- トリチウムの年間放出量は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22兆ベクレル未満とする
- 放出にあたっては、海水により100倍以上に希釈し、排出口でのトリチウム濃度を1,500ベクレル/ℓ(Bq/L)未満とする。これにより、トリチウム以外の62核種および炭素14の告示濃度比総和も100分の1未満に希釈される
- 希釈後のALPS処理水は、放出水が希釈用の海水として再取水されにくくするため、発電所沖合約1kmの海底より放出する
- ALPS処理水の希釈率や性状に異常が発生した場合は、緊急遮断弁を速やかに閉じるとともに、ALPS処理水の移送ポンプを停止して放出を停止する

\* 告示濃度比総和：排水中に複数種の放射性物質が含まれる場合に、各核種の濃度の法令上の限度に対する比を求め、それを合計したもの。福島第一原子力発電所では、排水口にて告示濃度比総和が1を超えてはならないと法令で定められている。今回計画している海洋放出にあたっては、トリチウム以外の放射性物質は、希釈放出前の段階で告示濃度比総和が1未満となるようALPS等により処理を行い、トリチウム濃度は告示濃度(60,000ベクレル/ℓ未満)の40分の1のレベル(1500ベクレル/ℓ)になるまで、100倍以上の海水で希釈する。これにより、トリチウム以外の放射性物質の濃度は、告示濃度をはるかに下回ることになる。

1. 評価の前提となる放出方法
- 2. 評価の方法**
3. 評価の結果
4. その他の変更点
5. 参考

# 放射線影響評価の手順

国際原子力機関（IAEA）の安全基準文書<sup>\*1</sup>にしたがい、以下の手順で評価しました

## 人に対する評価

## 環境防護（人以外の生物）に関する評価

ソースタームの選択

- 処理水の海洋放出により放出される放射性物質の種類と量を定義

ソースタームの選択

- 処理水の海洋放出により放出される放射性物質の種類と量を定義

環境中での直接照射、  
拡散・移動のモデリング

- 海洋に放出された各放射性物質がどのような経路で拡散・移動・蓄積するのかを検討

環境中での拡散・移動  
のモデリング

- 海洋に放出された各放射性物質がどのような経路で拡散・移動・蓄積するのかを検討

被ばく経路の特定

- 環境中で拡散・移行した放射性物質から人がどのような経路で被ばくするのかを検討

被ばく経路の特定

- 環境中で拡散・移行した放射性物質から海生動植物がどのような経路で被ばくするのかを検討

代表的個人の選定

- 評価対象とする集団で上記被ばく経路から最も被ばくする人を定義

標準動物・植物の選定

- 評価対象とする種を選定（ICRP文書を基に扁平魚・カニ・褐藻類を選定）

代表的個人に対する  
線量の評価

- 代表的個人が受ける線量を評価

標準動物および標準植  
物への線量率の評価

- 標準動物および植物が受ける線量率を評価

推定線量と線量拘束値<sup>\*2</sup>  
および線量限度との比較

- 線量拘束値（0.05ミリシーベルト/年）および一般公衆の線量限度（1ミリシーベルト/年）と比較し判定

推定線量率と誘導考慮  
参考レベルとの比較

- 生物種ごとに定められた誘導考慮参考レベルと比較し判定

\*1 IAEA GSG-9 “Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment”

IAEA GSG-10 “Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities”

\*2 線量拘束値：線量限度に到達する前に、ある放射線作業または施設に責任を持つ者が、防護の安全の最適化のために定める数値。福島第一原子力発電所では、2022年2月16日に原子力規制委員会より、原子力発電所の線量目標値（年間0.05ミリシーベルト）はIAEA安全基準における線量拘束値に相当するとの見解が示された。

# ソースターム（放出される放射性物質の種類と量）の選択

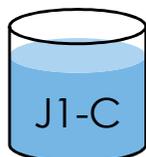
- より現実的な想定とする観点から、実際のALPS処理水のうち、64核種の実測値がすべて揃っているタンク群3群それぞれの水が、海水で希釈後、放出期間中継続して放出されると仮定して評価
- これまでに検出されたことがない放射性物質についても、検出下限値で含まれているものと仮定して評価
- 2021年11月時点の本報告書で設定した「仮想したALPS処理水によるソースターム」による評価結果は、被ばくへの影響が相対的に大きい核種だけが含まれると仮想した過大な評価であるため、他の評価結果とは並列に記載をせず、参考C「運用管理値と仮想したALPS処理水による被ばく評価結果について」として掲載



## i. K4タンク群

トリチウム濃度：約19万ベクレル/ℓ

トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和\*：0.29



## ii. J1-Cタンク群

トリチウム濃度：約82万ベクレル/ℓ

トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和：0.35



## iii. J1-Gタンク群

トリチウム濃度：約27万ベクレル/ℓ

トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和：0.22

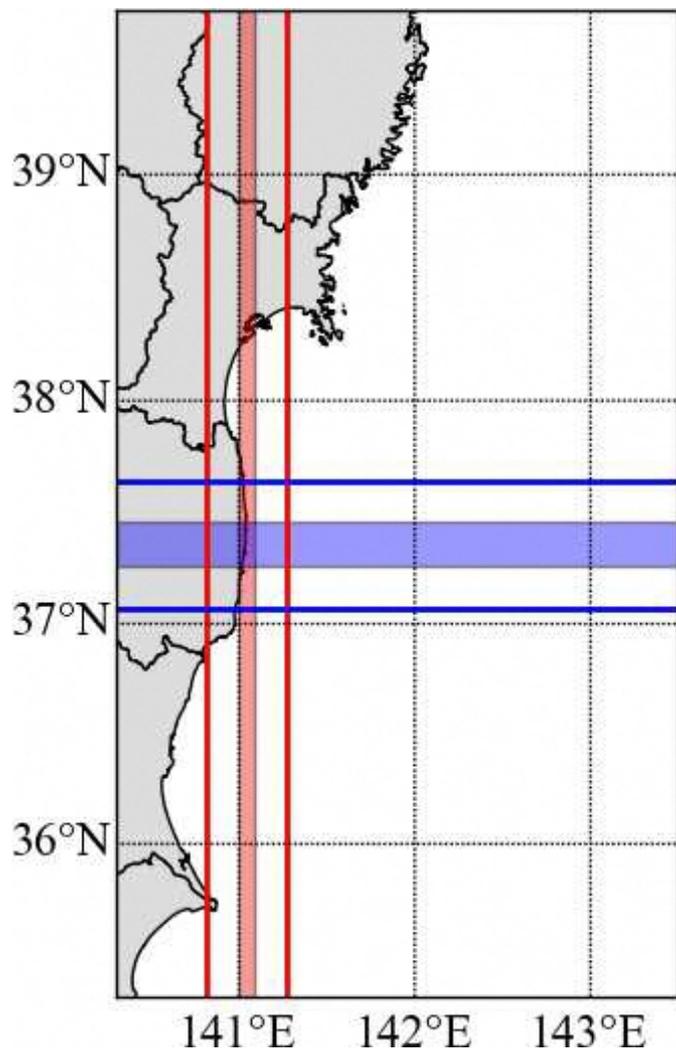
いずれのケースでも、

- 年間のトリチウムの放出量は22兆ベクレルの範囲で放出を行う
- 希釈後のトリチウム濃度が1,500ベクレル/ℓ未満となるように希釈することを前提としています

\*告示濃度比総和：排水中に複数種の放射性物質が含まれる場合に、各核種の濃度の法令上の限度に対する比を求め、それを合計したもの。福島第一原子力発電所では、排水口にて告示濃度比総和が1を超えてはならないと法令で定められている。今回計画している海洋放出にあたっては、トリチウム以外の放射性物質は、希釈放出前の段階で告示濃度比総和が1未満となるようALPS等により処理を行い、トリチウム濃度は告示濃度(60,000ベクレル/ℓ未満)の40分の1のレベル(1500ベクレル/ℓ)になるまで、100倍以上の海水で希釈する。これにより、トリチウム以外の放射性物質の濃度は、告示濃度をはるかに下回ることになる。

# 環境中での拡散・移行（海域における拡散計算）

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で再現性が確認されたモデルを使用  
さらに、発電所近傍海域を詳細にシミュレーションできるように高解像度化して計算



- 領域海洋モデル（Regional Ocean Modeling System: ROMS）を福島沖に適用
- 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<sup>[1]</sup>を使用
  - 外洋の境界条件およびデータ同化\*の元データとして、海洋の再解析データ（JCOPE2<sup>[2]</sup>）を使用
- 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の海域を段階的に高解像度化
  - 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（左図の赤と青のハッチが交差した海域）
- 気象・海象データ
  - 2014年および2019年の2年分実施

\*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のこと。ナッジングともいう。

[1] 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.

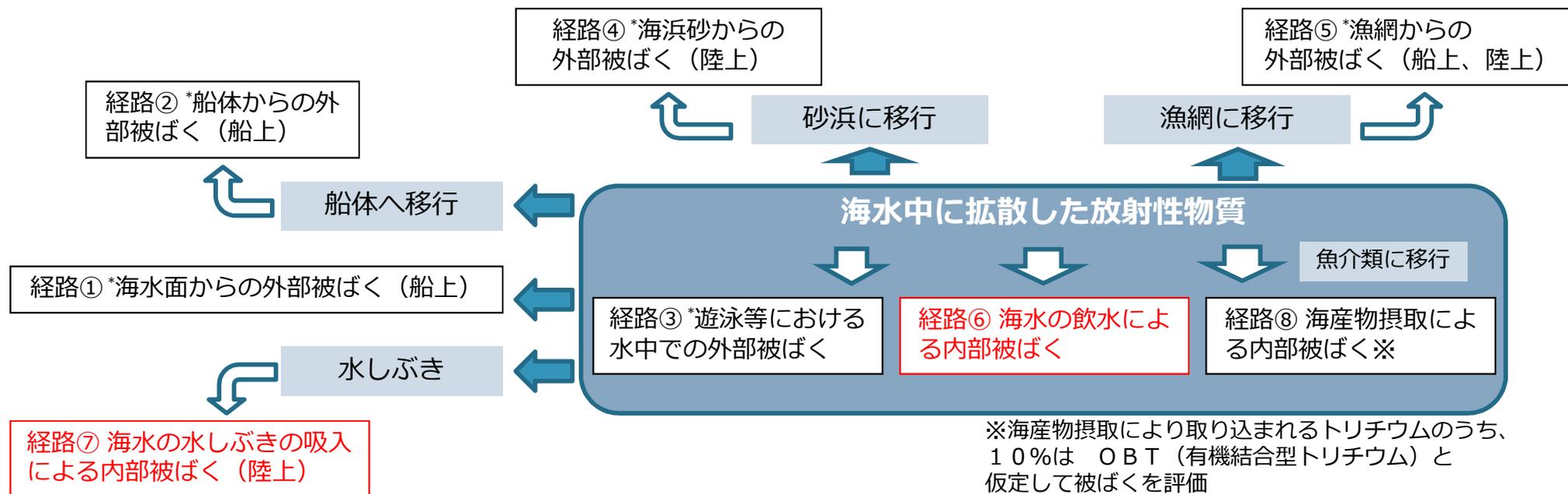
[2] Y.Miyazawa, R.Zhang, X.Guo, H.Tamura, D.Ambe, J.-S.Lee, A.Okuno, H.Yoshinari, T.Setou, and K.Komatsu,, “Water mass variability in the western North Pacific detected in a 15-year eddy resolving ocean reanalysis,” 2009.

# 被ばく経路の特定（評価モデル）

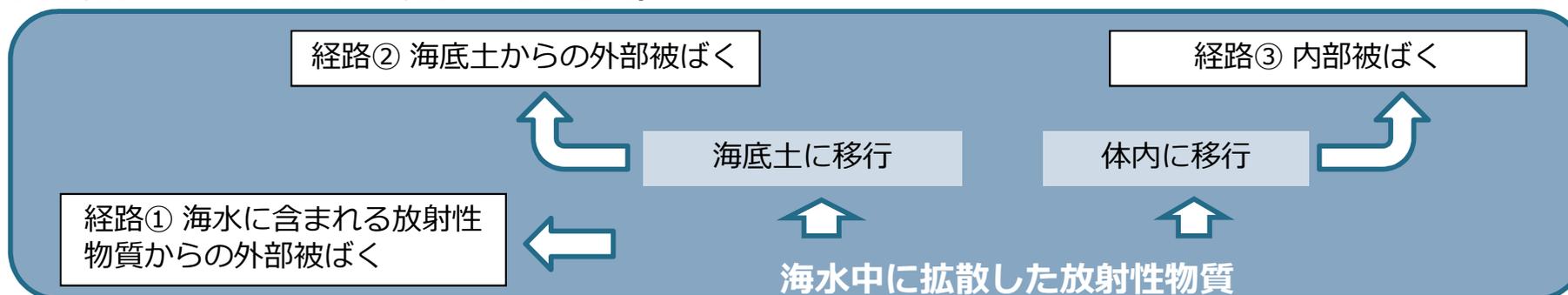
## （1）移行経路および被ばく経路（人の被ばく）

- IAEA安全基準文書や国内の事例等を参考に設定（選定の経緯等は、添付VI「評価対象以外の移行経路、被ばく経路について」に掲載）

※外部被ばくについては、放射性物質を希釈して放出することで影響は小さいと予想されることから、ガンマ線のみを対象として評価（\*の経路）



## （2）移行経路および被ばく経路（動植物）



# 環境中での拡散・移行（評価用放射性物質濃度の算出）

- トリチウムを年間を通じて均等に放出し、年間の実気象・海象データを使用して海域のトリチウム濃度を計算
- 発電所の周辺 10km×10kmの領域で、トリチウムの年間平均濃度を算出
- 遊泳等における水中からの外部被ばく、海浜砂からの外部被ばく、海水の飲水による内部被ばく、および海水の水しぶきの吸入による内部被ばくについては、砂浜滞在時の被ばくとして評価地点を見直し
- その他の被ばく経路については、発電所の周辺 10km×10kmの領域で評価を実施
  - 上層（海水面、船体からの外部被ばく）、全層（漁網からの外部被ばく、海産物摂取による内部被ばく）、下層（動植物の被ばく）のそれぞれを計算
  - 算出したトリチウム濃度から、放出量の比例計算によりその他63核種の濃度を算出
- なお、評価対象とする海域の範囲による結果の不確かさについても評価するため、5km×5kmの範囲および20km×10kmの範囲についても被ばく評価を実施（添付XII「被ばく評価に使用する海水濃度の評価範囲による影響について」に掲載）



\*共同漁業権非設定区域

## 線量評価に使用する 海水濃度の評価地点

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>

※なおトリチウム以外の核種についても、海水に溶けた状態で拡散・移行するものと評価。

# 代表的個人および標準動植物の設定

## (1) 代表的個人 (人の被ばく)

- 生活習慣 (外部被ばく) 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」により設定
  - 年間120日 (2,880時間) 漁業に従事し、そのうち80日 (1,920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
- 海産物年間摂取量 (内部被ばく) は、最新の食品摂取データから平均的な摂取量と魚介類を多く摂取する人の摂取量 (平均+2σ\*) の2種類評価

表 6-1-13 海産物を平均的に摂取する個人の摂取量 (g/日)

(厚労省・令和元年国民健康・栄養調査 [6]を基に設定)

	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 6-1-14 海産物を多く摂取する個人の摂取量 (g/日)

(厚労省・令和元年国民健康・栄養調査 [6]を基準に設定)

	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

## (2) 標準動植物 (環境防護)

ICRP Pub.136\*\*で示された海洋環境における標準動植物から、標準扁平魚、標準カニ、標準褐藻を選定

- 扁平魚：周辺海域にヒラメ・カレイ類が広く生息しており、重要な操業対象魚
- カニ：周辺海域にヒラツメガニやガザミなどが広く生息
- 褐藻類：周辺海域にホンダワラ類やアラメが広く分布

\*σ：標準偏差

\*\* ICRP Pub.136 "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation"

# 代表的個人に対する線量の評価

## 外部被ばく（経路①②③④⑤）

- 船舶による移動や水中作業時の海水からの放射線による被ばく（経路①③）

被ばく量 = 実効線量換算係数 × 海水中の放射性物質濃度

- 海水から船体や砂浜などに移行した放射性物質からの放射線による被ばく（経路②④⑤）

被ばく量 = 実効線量換算係数 × 移行係数 × 海水中の放射性物質濃度

- 各放射性物質1ベクレル/ℓから人が受ける放射線量を示す実効線量換算係数は、廃止措置工事環境影響ハンドブック\*1に定める係数を使用
- 海水中に含まれる各放射性物質1ベクレル/ℓから船体や砂浜などにどれだけ放射性物質が移行するのかを示す移行係数は、主に六ヶ所再処理工場の許認可書類\*2に定める係数を使用。砂浜移行係数のみ旧原子力安全委員会指針類\*3に定める係数を使用

\*1 「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」, (財)電力中央研究所

\*2 「六ヶ所事業所再処理事業指定申請書」, 日本原燃サービス株式会社

\*3 「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」, 原子力安全委員会

# 代表的個人に対する線量の評価

## 内部被ばく（経路⑥⑦⑧）

被ばく量 = 実効線量係数 × 摂取率

- 遊泳中などに、誤って海水を飲む場合の摂取率は0.2ℓ/時と設定（経路⑥）
- 海浜で波による水しぶきを吸入した場合の摂取率（経路⑦）

摂取率 = 海水中の放射性物質濃度 × 呼吸率 × 水しぶきの空気中濃度 ÷ 海水密度

- 呼吸率は、旧原子力安全委員会指針類\*1に定める係数を使用
- 水しぶきの空気中濃度は、TECDOC-1759\*2に定める係数を使用

- 海産物摂取に関する摂取率（経路⑧）

摂取率 = 海水中の放射性物質濃度 × 濃縮係数 × 海産物年間摂取量

- 実効線量係数は、IAEA GSR Part 3\*3に定めるものを使用
- 濃縮係数は、IAEA TRS No.422\*4に定める魚類、無脊椎動物（イカ、タコ除く）、海藻の値を使用
- 海産物の市場での希釈や採取から摂取までの各放射性物質の減衰は考慮せず
- なお、海産物の摂取率は、魚類、無脊椎動物（エビ、カニ、イカ、タコ含む）、海藻に分類して算出

\*1 「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」, 原子力安全委員会

\*2 IAEA-TECDOC-1759, "Determining the Suitability of Materials for Disposal at Sea under the London Convention 1972 and London Protocol 1996: A Radiological Assessment Procedure"

\*3 IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, "Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards"

\*4 IAEA Technical Report Series No.422, "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment"

# 代表的個人に対する線量の評価

## 評価基準（外部被ばくと内部被ばくの合算で評価）

- 一般公衆の線量限度 1 ミリシーベルト/年と比較
- 2022年2月、原子力規制委員会が、放射線影響評価の確認における考え方と評価の目安として、0.05ミリシーベルト/年（50マイクロシーベルト/年）をIAEA安全基準における線量拘束値に相当するとの見解を示したことを受けて、この値（0.05ミリシーベルト/年）を本評価の線量拘束値として取り扱う

### 記載の充実：トリチウム以外の核種の移行、蓄積の評価について（4章）

- トリチウムの年間放出量は、上限値22兆Bqにて評価
- 7年間の拡散シミュレーション計算で、海洋における移流、拡散の年毎の変動が小さいことを確認
- 本来時間をかけて進む放射性物質の移行、濃縮は、すぐに平衡状態まで達したものと評価
  - 本評価は1年間の被ばく評価であるが、長期間にわたる放出により、環境中で放射性物質が蓄積した状態での評価となっており、放出期間を通じてこれ以上高い被ばくとなることはないと考えられる

# 標準動植物に対する線量率の評価

## 動植物

- 動植物については、生息環境における線量率を評価
- ICRPが示している標準動植物および線量換算係数を使用し、下記の計算式で計算
- 外部被ばくは、海水からの被ばくと海底土からの被ばくを考慮

内部被ばく量 = 内部線量換算係数 × 海水中の放射性物質濃度 × 濃度比 (経路③)

外部被ばく量 = 0.5 × 外部線量換算係数 × 海水中の放射性物質濃度 (経路①)

+ 0.5 × 外部線量換算係数 × 海水中の放射性物質濃度 × 分配係数 (経路②)

- 内部、外部の線量換算係数は、ICRP Pub. 136<sup>\*1</sup> およびBiotaDC<sup>\*2</sup>に定めるものを使用
- 濃度比は、ICRP Pub. 114<sup>\*3</sup>、IAEA TRS-479<sup>\*4</sup>及びTRS-422<sup>\*5</sup>の濃縮係数に定めるものを使用
- 分配係数は、IAEA TRS-422に定めるものを使用 (2.3.OCEAN MARGIN *K*ds)

## 評価基準

- ICRPがPub.124<sup>\*6</sup>にて提示している誘導考慮参考レベル (DCRL) <sup>\*7</sup>と比較

\*1 ICRP Pub.136, "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation"

\*2 ICRP BiotaDCプログラム v.1.5.1 (<http://biotadc.icrp.org/>)

\*3 ICRP Pub.114, "Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants"

\*4 IAEA Technical Report Series No.479, "Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife"

\*5 IAEA Technical Report Series No.422, "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment"

\*6 ICRP Pub.124 "Protection of the Environment under Different Exposure Situations"

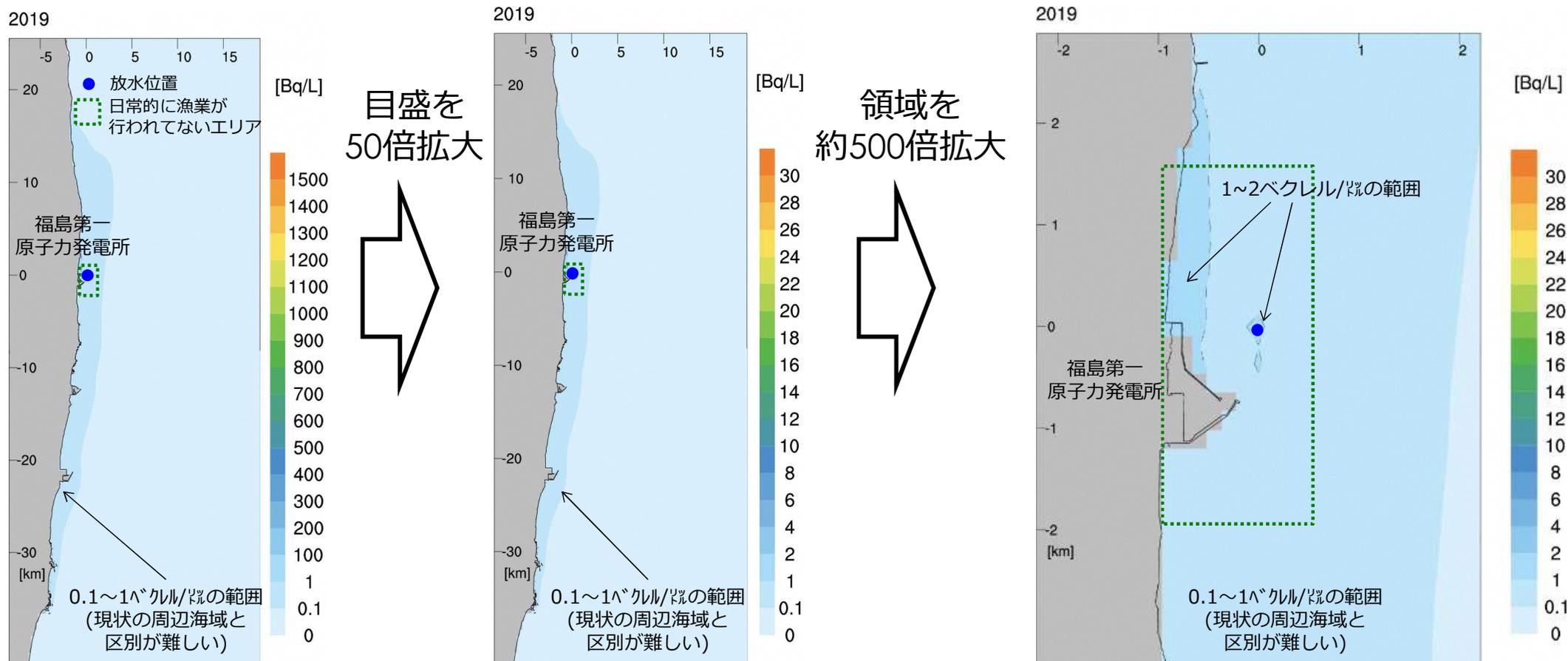
\*7 誘導考慮参考レベル (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : ICRPが提唱する生物種ごとに定められた1ケタの幅を持った線量率の範囲。これを超える場合には影響を考慮する必要がある線量率レベル。

1. 評価の前提となる放出方法
2. 評価の方法
- 3. 評価の結果**
4. その他の変更点
5. 参考

# 海洋における拡散シミュレーション結果

2019年の気象・海象データを使って評価した結果、現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度 (0.1~1ベクレル/ℓ※) よりも濃度が高くなると評価された範囲 (点線の内側の範囲) は、発電所周辺の2~3kmの範囲に留まる

※WHO飲料水ガイドライン10,000ベクレル/ℓの10万分の1~1万分の1



目盛を50倍拡大

領域を約500倍拡大

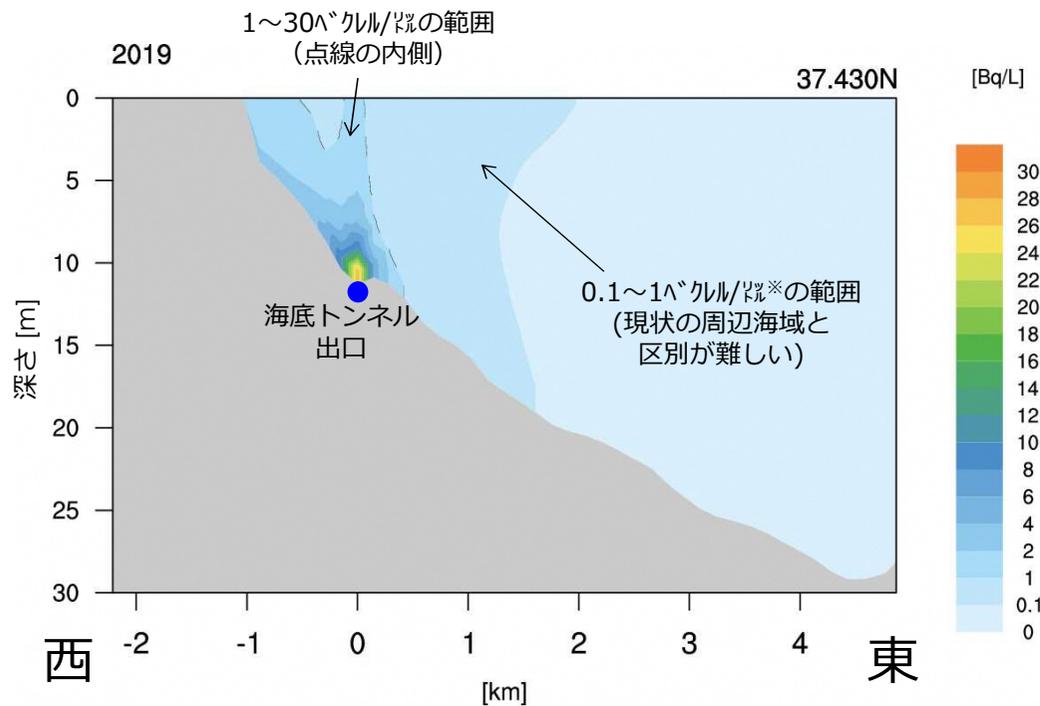
福島県沖拡大図 (最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

発電所周辺拡大図 (最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

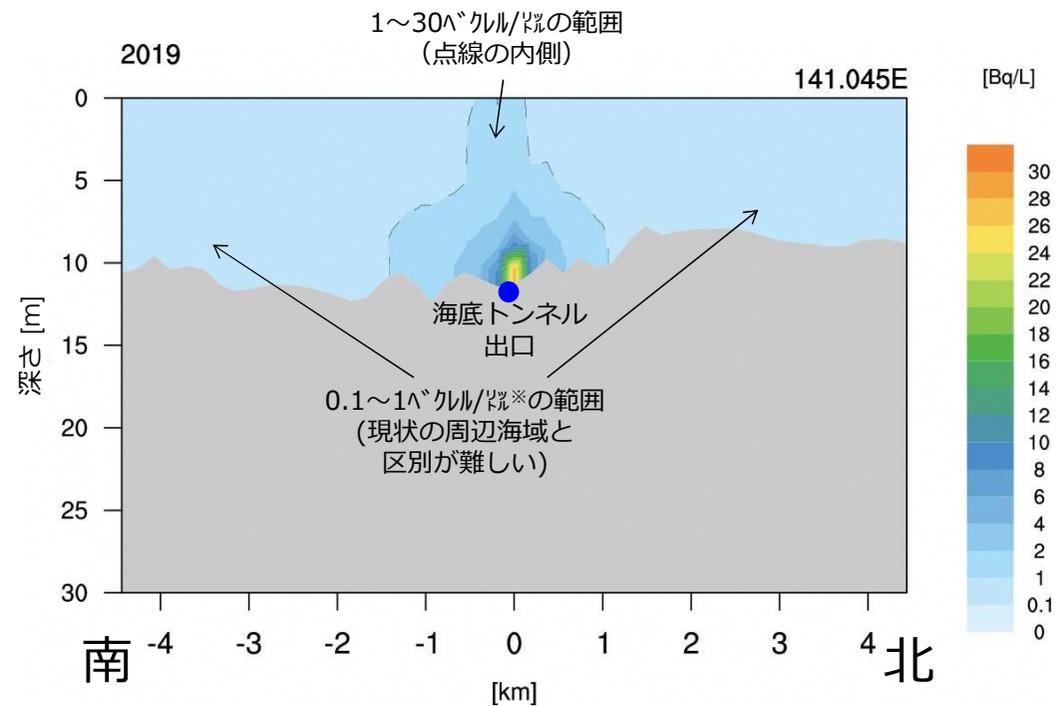
# 海洋における拡散シミュレーション結果 (トンネル出口周辺) **TEPCO**

拡散する前のトンネル出口の周辺で速やかに濃度が低下

なお、ICRPの勧告に沿って定められている国内の規制基準 (6万ベクレル/ℓ) や **WHO 飲料水ガイドライン (1万ベクレル/ℓ)** を大幅に下回る



トンネル出口東西断面図  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

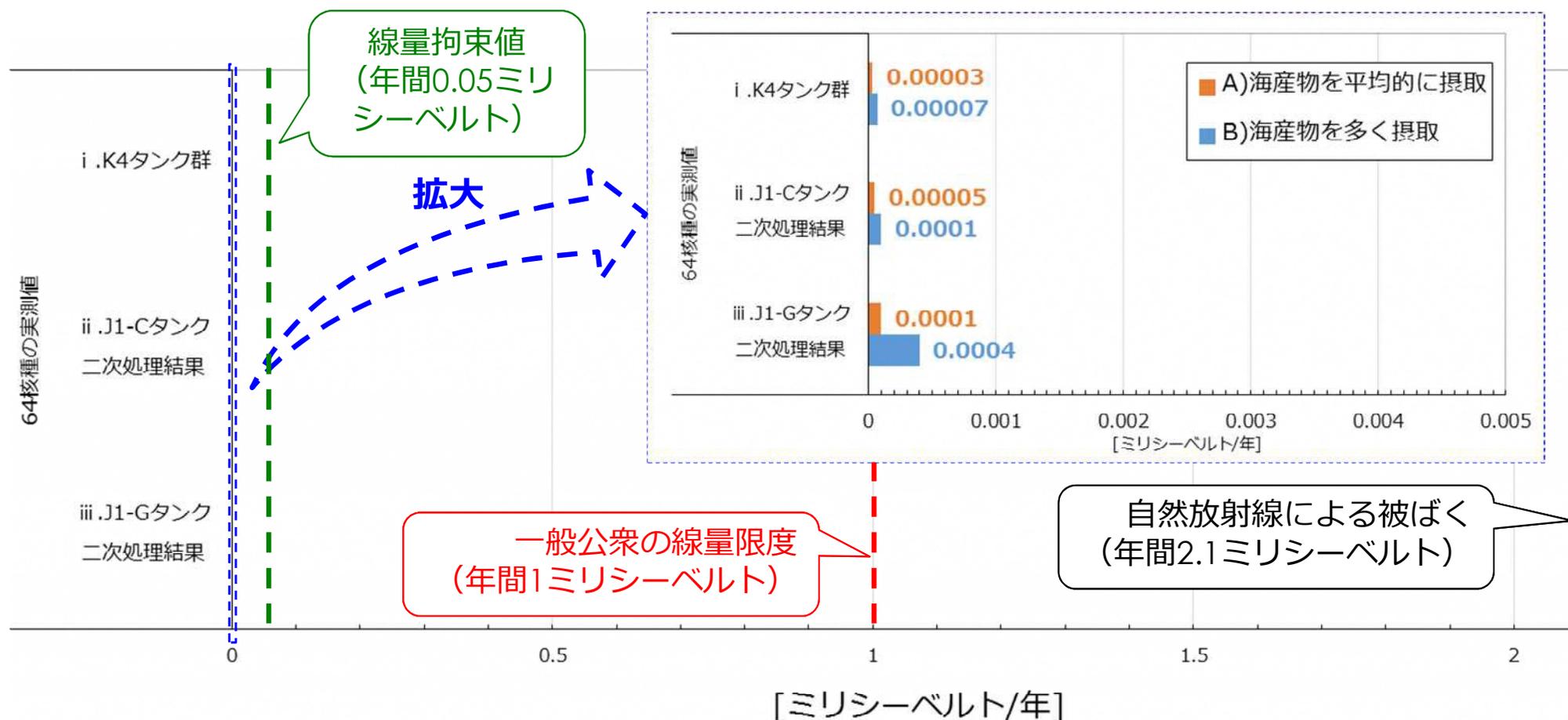


トンネル出口南北断面図  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

※WHO飲料水ガイドライン10,000ベクレル/ℓの10万分の1~1万分の1

# 人への被ばく評価結果 (設計段階、64核種の実測値による評価)

- 64核種の実測値による評価結果は、一般公衆の線量限度 (年間1ミリシーベルト) の約3万分の1～約3000分の1、線量拘束値に相当する国内の原子力発電所に対する線量目標値 (年間0.05ミリシーベルト) との比較では約2000分の1～約100分の1



(注) 代表で成人の結果のみ示す。この評価は、一度も検出されたことのない不検出核種についても検出下限値で存在すると仮定して試算したもの。なお、この評価は現時点での結果であり、今後の検討の進捗や社内外のレビューの結果等に応じ、評価を更新することがある。

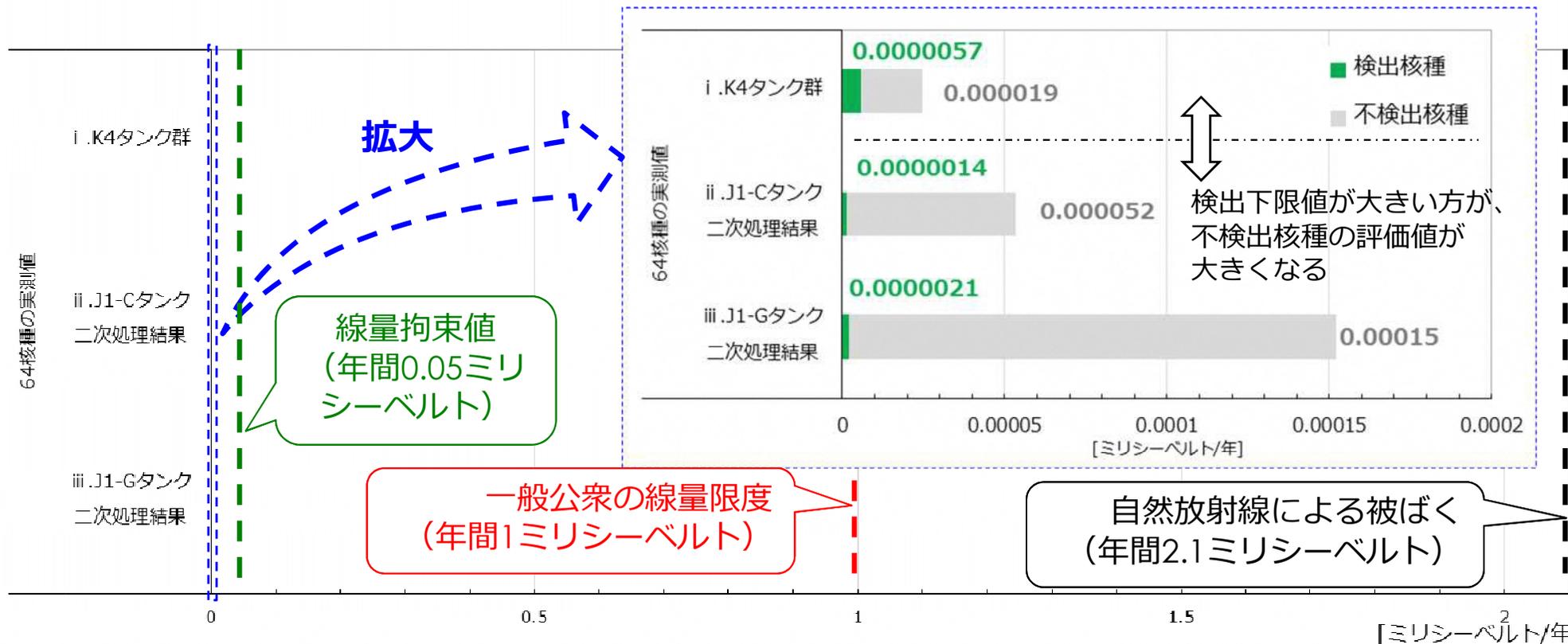
# 評価結果 (設計段階、実測値による評価) の不検出核種に関する考察

- 64核種の実測値による評価では、これまでの分析評価では一度も検出されたことのない不検出核種についても検出下限値で存在すると仮定したため、「不検出核種」による寄与が大部分を占めており、実際の評価結果はさらに低いものと推定

- ✓ 今後、通常よりも低い検出下限値による測定を年1回程度行うことで、不検出核種による影響の水準を把握するべく努める

i .K4:検出下限値を低くした詳細分析  
ii .J1-C, iii .J1-G:継続的に運用可能な検出下限値

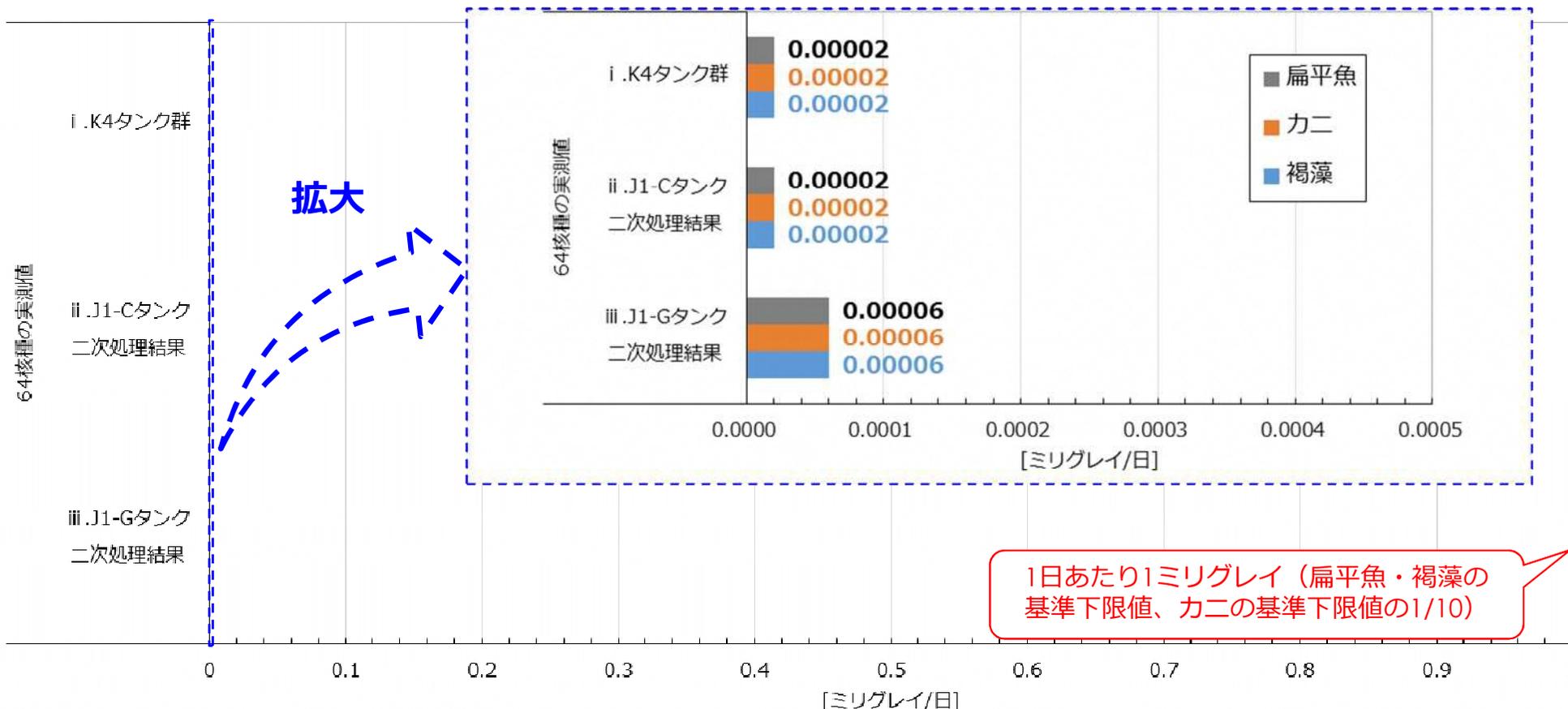
被ばくにおける不検出核種の寄与 (海産物を平均的に摂取する場合)



(注) 代表で成人の結果のみ示す。なお、この評価は現時点での結果であり、今後の検討の進捗や社内外のレビューの結果等に応じ、評価を更新することがある。

# 動植物の被ばく評価結果 (設計段階、64核種の実測値による評価)

- 64核種の実測値による評価結果は、評価上の基準である誘導考慮参考レベル\* (扁平魚1~10 ミリグレイ\*\*/日、カニ10~100 ミリグレイ/日、褐藻1~10 ミリグレイ/日) の下限値に対して約5万分の1~約2万分の1 (カニでは約50万分の1~約20万分の1)



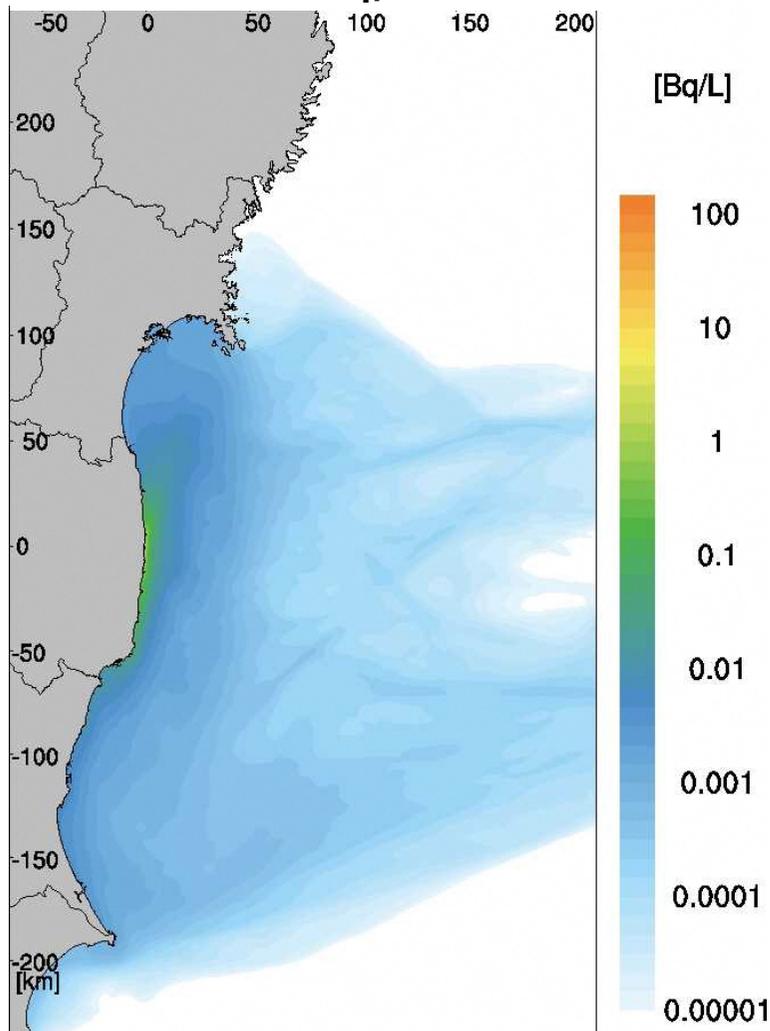
(注) この評価は、一度も検出されたことのない不検出核種についても検出下限値で存在すると仮定して試算したもの。なお、この評価は現時点での結果であり、今後の検討の進捗や社内外のレビューの結果等に応じ、評価を更新することがある。

\* 誘導考慮参考レベル (Derived Consideration Reference Level, 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。  
 \*\* グレイ : 物質の吸収線量 (吸収したエネルギーの量) を示す単位、シーベルトは、人体が受けた放射線による影響の大きさを示す単位。正確には シーベルト = 修正係数 × グレイ だが、ガンマ線、ベータ線ではほぼ同等

1. 評価の前提となる放出方法
2. 評価の方法
3. 評価の結果
- 4. その他の変更点**
5. 参考

# その他の変更点 (シミュレーションの計算領域外への影響)

計算領域全体の年間平均濃度分布図  
(2019年、 $1E-05$ Bq/Lまで図示)



数字は、発電所からの距離[km]

- 2019年の気象海象データで計算した全領域の年間平均濃度について、 $1E-05$ Bq/Lまで図示した結果を左図に示す。
- 計算範囲の境界における2014年～2020年までの年間平均濃度の最大値は、下表に示すとおり全て東側で、 $1.1E-04$ ～ $2.6E-04$ Bq/Lであり、日本周辺海域における海水中トリチウム濃度 (約 $1.0E-01$ Bq/L)と比較して十分低い。
- 発電所周辺 $10\text{km} \times 10\text{km}$ の範囲の年間平均濃度から計算した被ばく評価結果は、一般公衆の線量限度  $1\text{ mSv/年}$ はもとより、線量拘束値 $0.05\text{ mSv/年}$ と比べても大幅に低いことを踏まえれば、計算領域から外側においてはそれ以下の濃度となるため、放射線影響を評価する必要はないものとする。

各年のモデル境界 (南北、東) における年間平均濃度の最大値と位置

年	濃度 (Bq/L)	位置 (距離は発電所からの距離)		
		東西	南北	表層からの深さ
2014	$1.1E-04$	東へ約218km	南へ約162km	約9.0m
2015	$2.6E-04$	東へ約218km	南へ約102km	約0.6m
2016	$1.4E-04$	東へ約218km	南へ約6km	約5.5m
2017	$2.4E-04$	東へ約218km	南へ約30km	約9.0m
2018	$1.9E-04$	東へ約218km	南へ約97km	約0.6m
2019	$1.6E-04$	東へ約218km	南へ約68km	約1.7m
2020	$1.9E-04$	東へ約218km	南へ約25km	約1.7m

## その他の変更点（潜在被ばくに関する評価の見直し）

- 潜在被ばくに関する評価は、改訂前は参考として評価したが、原子力規制委員会のALPS処理水の処分に係る実施計画に関する審査会合における議論で、設備を考慮したシナリオの選定、現実的なソースタームの使用、移行経路、被ばく経路の網羅性といった意見をいただき、下表のとおり評価方法の見直しを行い、本文に記載した。
- シナリオの選定見直しにより流出量や被ばく経路が変更となり、評価値は大きくなったものの、事故時の基準である5 mSvと比較して小さい結果は変わらない。

評価手順	改訂前報告書	本報告書
シナリオの選定	配管破断により、1日でALPS処理水5000m <sup>3</sup> が流出	ケース1：配管破断により1日500m <sup>3</sup> で20日間流出 ケース2：タンク破損で1日で30000m <sup>3</sup> が流出
ソースターム	全てTe-127	実測値によるソースターム
移行、被ばく経路	海表面からの外部被ばくのみ	通常時の被ばくと同じ
代表的個人	放水口から1km地点で作業中	通常の生活中に砂浜評価地点で被ばく、内部被ばくも考慮
評価結果	7.3E-05mSv	ケース1 7E-04～5E-03mSv ケース2 4E-02～2E-01mSv

## その他の変更点（不確かさの考慮）

- IAEAのGSG-10では、放射線影響評価において、データのばらつきや不確かさについて考慮することを求めている。
- 改訂前の報告書では、巻末に参考として不確かさについて述べた。
- 本報告書では、原子力規制委員会のALPS処理水の処分に係る実施計画に関する審査会合における議論を踏まえ、より多くのパラメータや条件について、パラメータサーベイ的な手法も使って詳細な評価を試みた。
- 不確かさとして大きいものは、ソースタームの核種組成と、魚介類の濃縮係数などの移行係数が挙げられるが、被ばく評価の結果は線量限度 1 mSv/年や線量拘束値 0.05mSv/年に比べて十分小さく、評価の保守性が損なわれることはないと考えている。

1. 評価の前提となる放出方法
2. 評価の方法
3. 評価の結果
4. その他の変更点
5. **参考**

# 【参考】安全確保のための設備の全体像

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

当面の間、海水とALPS処理水が混合・希釈していることを、立坑を活用して直接確認した後、放出を開始

## 二次処理設備（新設逆浸透膜装置）

トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1～10」の処理途上水を二次処理する

## 二次処理設備（ALPS）

トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1以上」の処理途上水を二次処理する

## 測定・確認用設備（K4タンク群）

3群で構成し、それぞれ受入、測定・確認、放出工程を担い、測定・確認工程では、循環・攪拌により均質化した水を採取して分析を行う（約1万m<sup>3</sup>×3群）

## ALPS処理水移送ポンプ

## 防潮堤

緊急遮断弁や移送配管の周辺を中心に設置

## ALPS処理水等タンク

## 流量計・流量調整弁・緊急遮断弁（津波対策）

## 海水配管ヘッダ（直径約2m×長さ約7m）

## 緊急遮断弁

## 放水立坑（下流水槽）

## 道路

## 放水立坑（上流水槽）

## 放水トンネル（約1km）

海へ

希釈用海水（港湾外から取水）

5号機取水路

## 海水移送ポンプ（3台）

海拔33.5m

海拔11.5m

海拔2.5m

ローテーション

受入

測定・確認

放出

海水流量計

海水配管

道路

放水立坑（上流水槽）

放水トンネル（約1km）

海へ

希釈用海水（港湾外から取水）

5号機取水路

## 海水移送ポンプ（3台）

海拔33.5m

海拔11.5m

海拔2.5m

ローテーション

受入

測定・確認

放出

海水流量計

海水配管

道路

放水立坑（上流水槽）

放水トンネル（約1km）

海へ

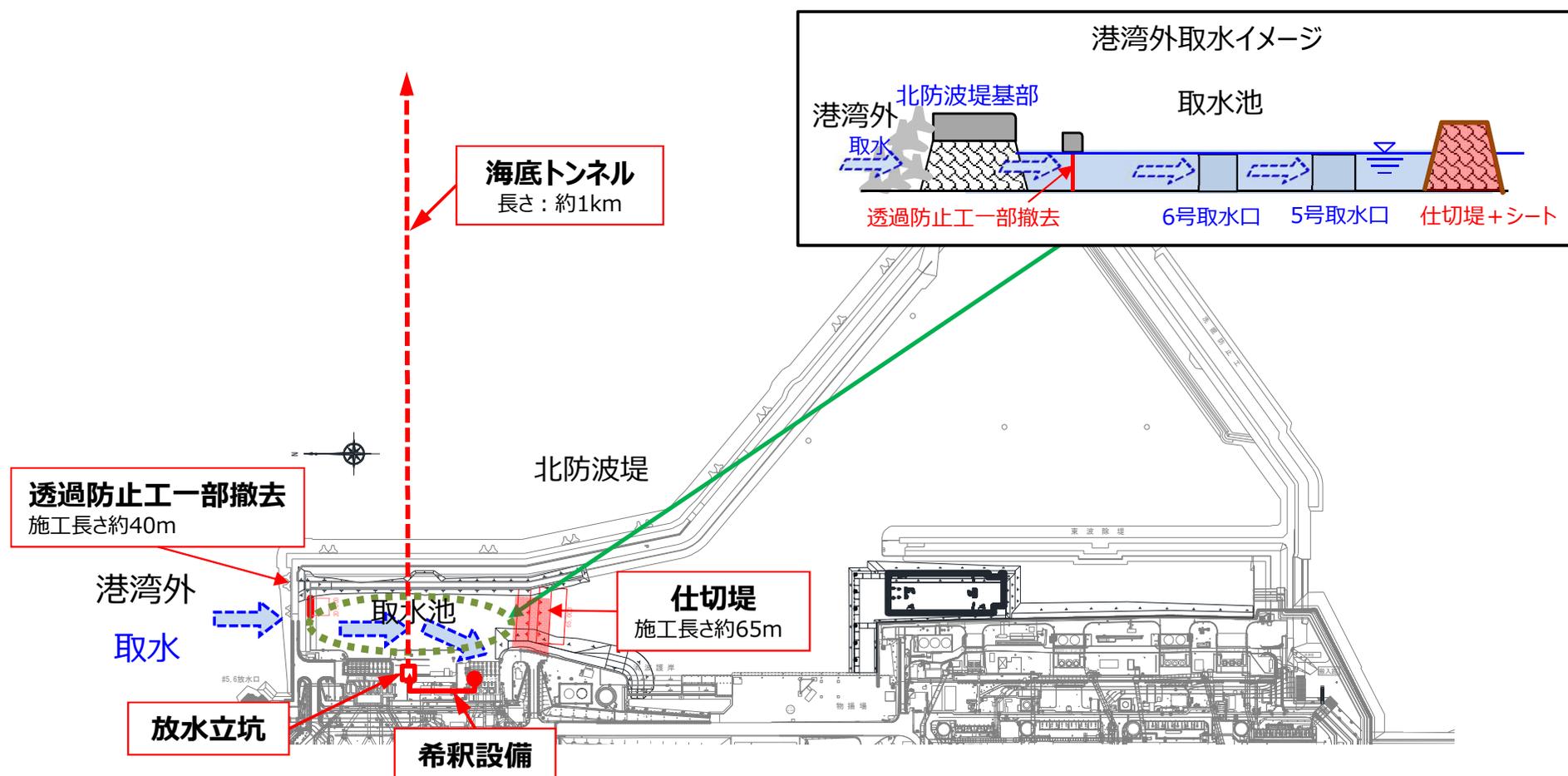
希釈用海水（港湾外から取水）

5号機取水路

## 海水移送ポンプ（3台）

## 【参考】 港湾の設計

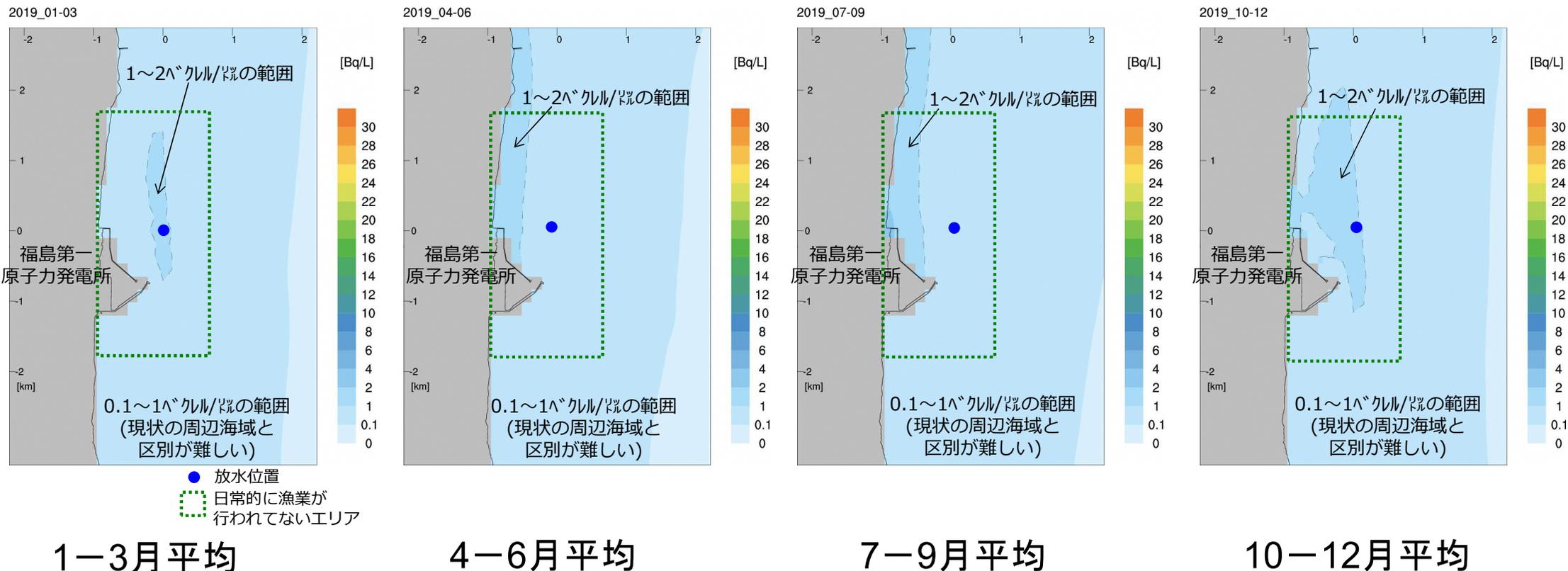
- 北防波堤の一部を改造して、港湾外の海水を希釈用として取水し、仕切堤で港湾内と分離することで、港湾内の海水が希釈用の海水と直接混合しないようにする。
- 沿岸から約1km離れた場所からの放水とすることにより、海水が再循環しにくい（希釈用海水として再取水されにくい）設計とする。
- 海底トンネルについては、海上ボーリング調査等を実施後に詳細を検討する。



# 【参考】 海洋における拡散シミュレーション結果 (季節平均) **TEPCO**

現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度 (0.1~1ベクレル/ℓ※) よりも濃度が高くなると評価された範囲 (点線の内側範囲) は、季節平均をとっても、**発電所周辺に留まる。**

※WHO飲料水ガイドライン10,000ベクレル/ℓの10万分の1~1万分の1



# 【参考】 海洋における拡散シミュレーション結果 (拡散傾向) **TEPCO**

シミュレーション結果の中で、現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度 (0.1~1ベクレル/ℓ※) よりも濃度が高くなると評価された範囲 (1ベクレル/ℓを超える範囲) が最も広がる日の場合でも、放出口の南北30km程度の範囲に留まる。

※WHO飲料水ガイドライン10,000ベクレル/ℓの10万分の1~1万分の1

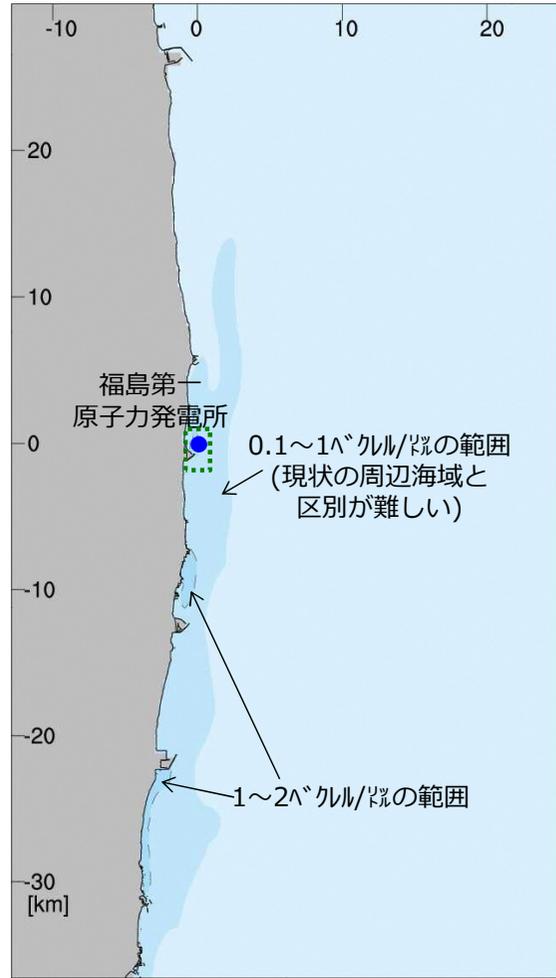
20190521

20190211

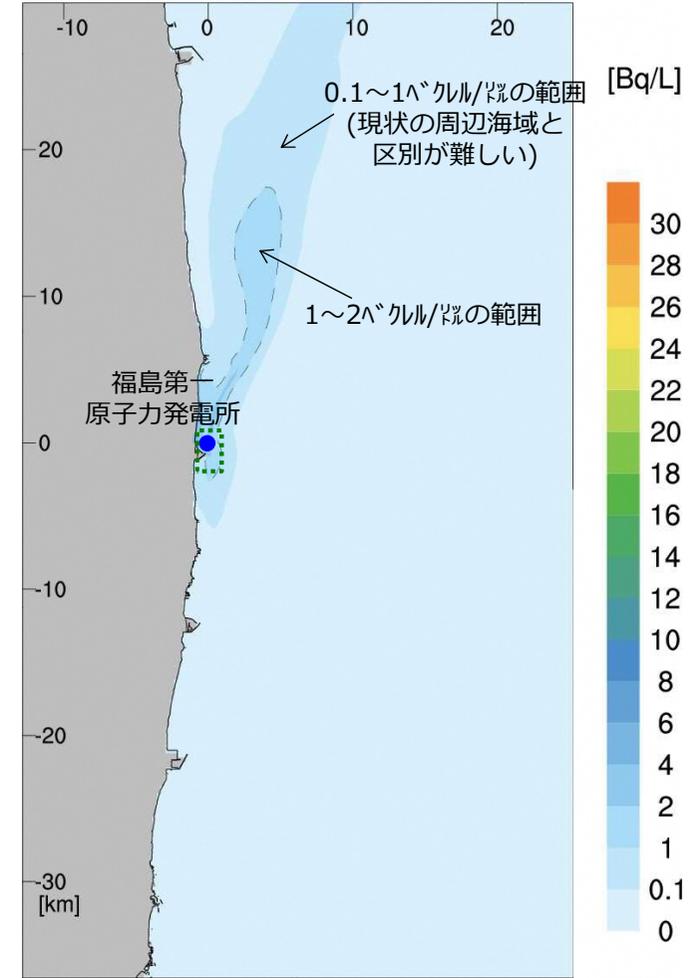
20190829



最も北に広がる場合  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)



最も南に広がる場合  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)



最も東に広がる場合  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

# 【参考】 海洋における拡散シミュレーション結果 (拡散傾向) **TEPCO**

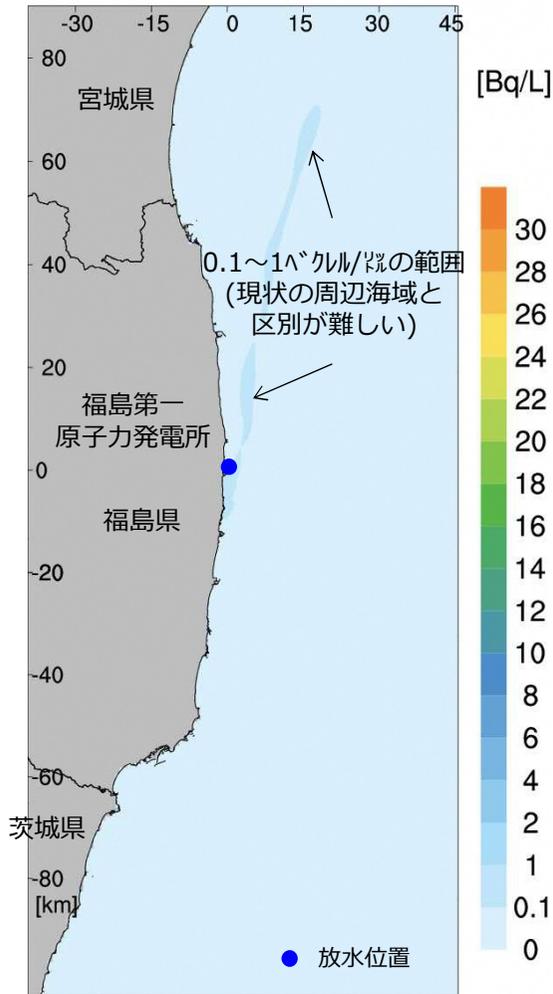
更に実測では現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度 (0.1~1ベクレル/ℓ※) と区別できない低い濃度 (0.1ベクレル/ℓを超える範囲) についても、シミュレーション結果から最も拡がる日における拡散範囲を確認してみると、以下の傾向が見られる。

※WHO飲料水ガイドライン10,000ベクレル/ℓの10万分の1~1万分の1

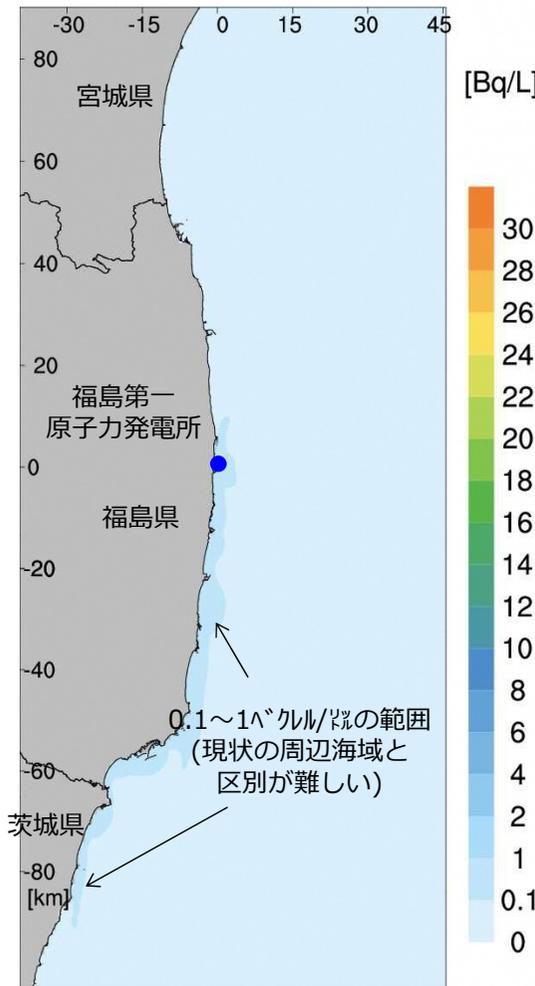
20190827

20191027

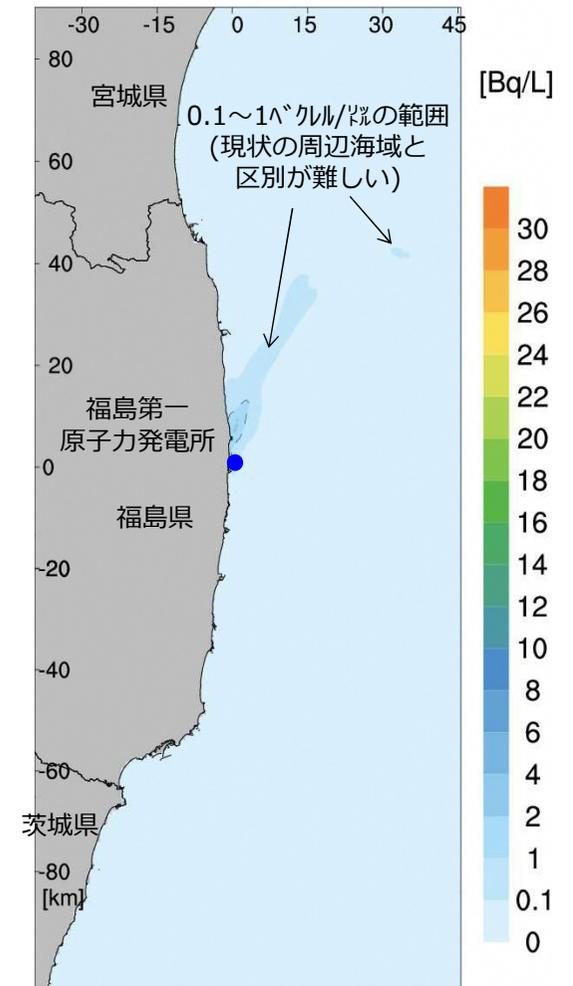
20190806



最も北に拡がる場合  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)



最も南に拡がる場合  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)



最も東に拡がる場合  
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

# 【参考】 放出位置の違いによる拡散への影響の考察

今回の計画に沿った拡散シミュレーションとともに、放出位置を現在の5・6号機放水口位置とした沿岸放出を想定した場合のシミュレーションも実施（ただし、取水位置による再循環は無視）

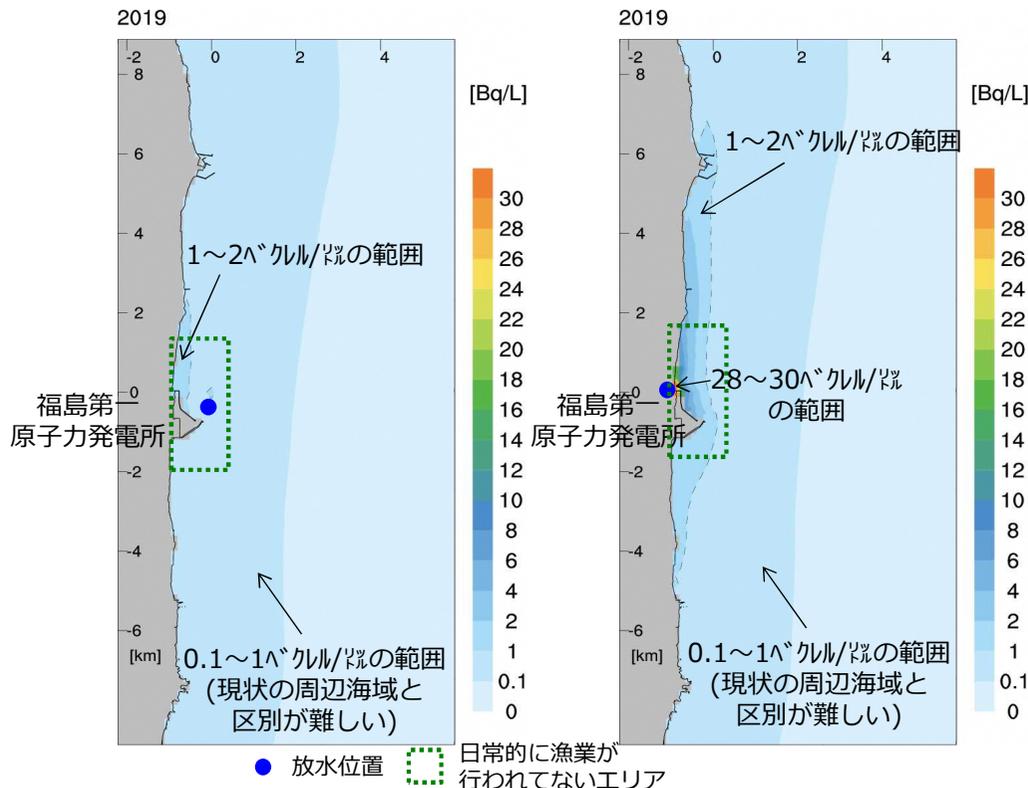
現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度（0.1～1ベクレル/ℓ※）よりも濃度が高くなると評価される範囲（点線の内側の範囲）は、沿岸放出の場合発電所周辺の6～7kmの範囲となるのに対し、**現状案（海底トンネル）は2～3kmの範囲に留まる。**

※WHO飲料水ガイドライン10,000ベクレル/ℓの10万分の1～1万分の1

## 福島県沖拡大図

現状案

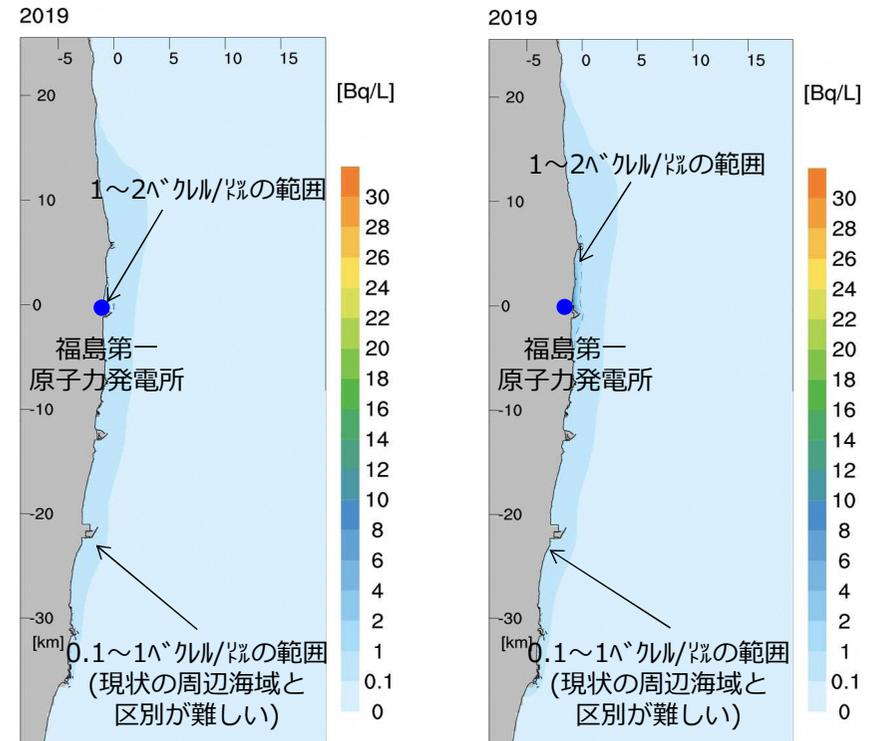
沿岸放出案



## 広域図

現状案

沿岸放出案



## 【参考】人および環境への放射線影響評価の前提条件

- トリチウム放出量：年間22兆ベクレル

評価ケース	i. K4タンク群	ii. J1-Cタンク 二次処理結果	iii. J1-Gタンク 二次処理結果
トリチウム濃度 [Bq/L]	19万	82万	27万
年間ALPS処理水 放出量[m <sup>3</sup> /年]	12万	2.7万	8.1万

- 海洋での移流・拡散を考慮し、福島第一原子力発電所周辺10km×10km圏内の平均海水濃度を用いて評価
  - ✓ 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
- 被ばく経路として、以下の経路を設定

人への放射線影響評価	環境への放射線影響評価
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 海水面からの外部被ばく</li> <li>✓ 船体からの外部被ばく</li> <li>✓ 遊泳中における外部被ばく</li> <li>✓ 海浜砂からの外部被ばく</li> <li>✓ 漁網からの外部被ばく</li> <li>✓ 海水の飲水による内部被ばく</li> <li>✓ 海水の水しぶきの吸入による内部被ばく</li> <li>✓ 海産物摂取による内部被ばく</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 海水からの外部被ばく</li> <li>✓ 海底の堆積物からの外部被ばく</li> <li>✓ 体内に取り込んだ放射性物質からの内部被ばく</li> </ul>

# 【参考】人への放射線影響評価結果詳細

評価条件	ソースタームの核種組成	実測値によるソースターム <span style="float:right;">()内は改訂前の値</span>					
		i .K4タンク群		ii .J1-Cタンク二次処理結果		iii .J1-Gタンク二次処理結果	
		A:平均	B:多い	A:平均	B:多い	A:平均	B:多い
外部被ばく (mSv*/年)	海水面	6.5E-09(6.5E-09)		1.7E-08(1.7E-08)		4.7E-08(4.7E-08)	
	船体	4.8E-09(5.2E-09)		1.2E-08(1.3E-08)		3.3E-08(3.4E-08)	
	遊泳中	4.5E-09(2.8E-10)		1.2E-08(7.6E-10)		3.2E-08(2.0E-09)	
	海浜砂	7.8E-06(5.0E-07)		2.1E-05(1.3E-06)		5.6E-05(3.6E-06)	
	漁網	1.6E-06(1.6E-06)		4.3E-06(4.3E-06)		1.2E-05(1.2E-05)	
内部被ばく (mSv/年)	飲水	3.3E-07(-)		3.1E-07(-)		3.2E-07(-)	
	しぶき吸入	9.3E-08(-)		2.0E-07(-)		4.0E-07(-)	
	海産物摂取	1.5E-05 (1.5E-05)	6.1E-05 (6.1E-05)	2.8E-05 (2.8E-05)	1.1E-04 (1.1E-04)	7.9E-05 (7.9E-05)	3.0E-04 (3.0E-04)
<b>合計 (mSv/年)</b>		<b>3E-05</b> <b>(1.7E-05)</b>	<b>7E-05</b> <b>(6.3E-05)</b>	<b>5E-05</b> <b>(3.4E-05)</b>	<b>1E-04</b> <b>(1.1E-04)</b>	<b>1E-04</b> <b>(9.4E-05)</b>	<b>4E-04</b> <b>(3.1E-04)</b>

一般公衆の線量限度：1mSv/年

線量拘束値に相当する国内の原子力発電所に対する線量目標値：0.05mSv/年

# 【参考】動植物の放射線影響評価結果詳細

評価 ケース		実測値によるソースターム ( )内は改訂前の値		
		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	2E-05 (1.7E-05)	2E-05 (2.2E-05)	6E-05 (5.6E-05)
	カニ	2E-05 (1.7E-05)	2E-05 (2.2E-05)	6E-05 (5.5E-05)
	褐藻	2E-05 (1.9E-05)	2E-05 (2.3E-05)	6E-05 (5.9E-05)
<b>誘導考慮参考レベル(DCRL)</b> 扁平魚 : 1-10 mGy/日      カニ : 10-100mGy/日      褐藻 : 1-10mGy/日				

\*mGy : ミリグレイ

## 【参考】放射線影響評価報告書に対する意見募集への対応

- 昨年11月の本報告書の公表と同時に、報告書のさらなる充実を目的に意見募集を実施した。
  - 募集期間：2021年11月18日午前0時から2021年12月18日午前0時の1か月間  
(いずれも日本時間)
  - 応募方法：当社ホームページ上の応募フォームへの入力のみ
  - 使用言語：日本語および英語
  
- 応募意見数：全414件（システムの不具合が原因とみられる重複投稿14件含む）
  - 日本語による応募：395件，英語による応募：19件
  
- 募集意見の反映状況
  - 評価の追加・見直し（評価条件の追加など）：9件
  - 記載の充実化（評価条件の記載追加など）：32件
  - 記載の適正化（誤記の訂正など）：5件
  
- ➡ いただいた代表的なご意見に対する当社の回答は次頁参照

# 【参考】放射線影響評価報告書への主要な反映事項

	反映内容の具体例
評価の追加・見直し	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 被ばく経路の追加（遊泳中の飲水および海の水しぶきの吸入）</li> <li>■ 潜在被ばく評価方法の見直し</li> <li>■ 有機結合型トリチウムの影響の考慮</li> <li>■ すでに環境に放出された放射性物質による影響</li> <li>■ モデル境界での具体的濃度によるモデル外での影響の考察</li> <li>■ 評価に用いる海水濃度に関するケーススタディ</li> </ul>
記載の充実化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 処分方法選定の経緯に関する章および参考の追加</li> <li>■ 環境中での核種の蓄積に関する記載の追加</li> <li>■ シミュレーションで使用したモデルおよび評価条件の追記</li> <li>■ 報告書公表以降の検討および原子力規制庁による審査の進捗の反映</li> <li>■ これまでに公表した文書記載の情報の転記（放出期間の考察など）</li> <li>■ 放射線以外の環境影響に関する評価結果</li> <li>■ モニタリングに関する記載の追記</li> </ul>
記載の適正化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ わかりにくい表現の見直し</li> <li>■ 英訳版の翻訳品質の改善（今後公開予定）</li> <li>■ 誤記の修正</li> </ul>