

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*）について

TEPCO

2021年11月17日

* 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。

- 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、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. 参考

- 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. 参考

国際原子力機関（IAEA）の安全基準文書^{*1}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^{*2}
および線量限度との比較

- 発電所の線量目標値（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”

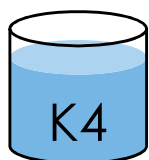
IAEA GSG-10 “Prospective Radiological Environment Impact Assessment for Facilities and Activities”

*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。日本では、法令上線量拘束値は導入されていないため、原子力発電所の線量目標値との比較を行った。

ソースターム（放出される放射性物質の種類と量）の選択①

①64核種の実測値によるソースターム

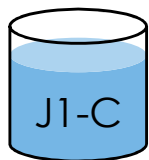
実際のALPS処理水のうち、64核種の実測値がすべて揃っているタンク群3群それぞれの水が、海水で希釈後、放出期間中継続して放出されると仮定して評価
また、これまでに検出されたことがない放射性物質についても、検出下限値で含まれているものと仮定して評価



①-1 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



①-2 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



①-3 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

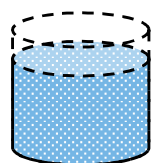
ことを前提としています

*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。

② 仮想したALPS処理水によるソースターム

非常に保守的な評価として、実際にそのような処理水が存在するわけではないが、被ばく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ALPS処理水が放出期間中継続して放出されるものとして評価

- 人の被ばく評価上重要*な放射性物質8核種を選択し**運用管理値**を設定（次頁参照）
- 線量評価値を保守的に最大化するため、この8核種に加え、その次に重要な放射性物質（亜鉛65）を告示濃度比総和が1となるまで加える（亜鉛65の告示濃度比：0.68）**
- トリチウム放出量は年間22兆ベクレルを下回る水準にすることとしており、その他の放射性物質の放出量はトリチウム濃度が低いほど多くなるため、評価値を保守的に大きくするために、評価に使用する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15万ベクレル/ℓ）を下回る10万ベクレル/ℓと設定



② 仮想したALPS処理水

トリチウム濃度：10万ベクレル/ℓ

トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和：1.00

* 魚介類により濃縮されやすく、同じ告示濃度比で放出した場合に相対的に被ばく評価値が大きくなる傾向のある放射性物質（次頁参照）

** 人以外の生物に対しては、上位2核種（鉄59、スズ126）は運用管理対象核種であることから、この2つの核種が運用管理値上限で含まれる（告示濃度比：0.0025）と仮定し、その次に影響の大きい⁹⁰ Srが告示濃度比1に不足する残りの部分（同：0.9975）をすべて占めるものとして評価を行った。

【参考】評価上重要な放射性物質の選定

- ALPS処理水の放出は、告示濃度比の総和を基に管理される。しかし、同じ告示濃度比であっても、核種ごとに環境中のふるまいは異なる。よって、被ばく影響が相対的に大きい（=0.001mSv/年を超える）8核種を選定した上で、環境影響の更なる低減を図るため、これらに対して新たな運用管理値（※）を設けることとした。
- 具体的には、当該核種のみを告示濃度限度で含む水を仮想し、この水を放出した際の環境中のふるまい（主に魚介類による濃縮）を考慮した被ばく評価を実施し、（64核種の中で）評価値が高い上位8核種を選定した。こうした方針のもとで、上位8核種が運用管理値の限度で含まれ、かつ8核種の告示濃度比総和で1に足りない部分をその次に影響の大きい亜鉛65が占める仮想の水を設定し、この水に対する放射線影響評価を実施した。

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/日]	海産物摂取による 内部被ばく線量 (mSv/年)	備考
1	スズ126	2.0E+02	2.6E-02	運用管理対象
2	スズ123	4.0E+02	2.3E-02	運用管理対象
3	スズ119m	2.0E+03	1.9E-02	運用管理対象
4	鉄59	4.0E+02	5.6E-03	運用管理対象
5	カドミウム115m	3.0E+02	1.4E-03	運用管理対象
6	炭素14	2.0E+03	1.3E-03	運用管理対象
7	カドミウム113m	4.0E+01	1.3E-03	運用管理対象
8	銀110m	3.0E+02	1.0E-03	運用管理対象
9	亜鉛65	2.0E+02	8.4E-04	
10	マンガン54	1.0E+03	5.2E-04	
11	コバルト58	1.0E+03	2.5E-04	
12	コバルト60	2.0E+02	2.3E-04	
13	テクネチウム99	1.0E+03	2.1E-04	

※【運用管理値の設定】

- これまでに検出されたことがある核種：検出値の最大値の2倍
- これまでに検出されたことがない核種：検出下限値の最大値の1.2倍
- これら8核種による告示濃度比総和は、0.32となる

⇒運用管理値を超えたALPS処理水については、63核種の告示濃度比総和が1未満であっても二次処理を行い、運用管理値未満とする

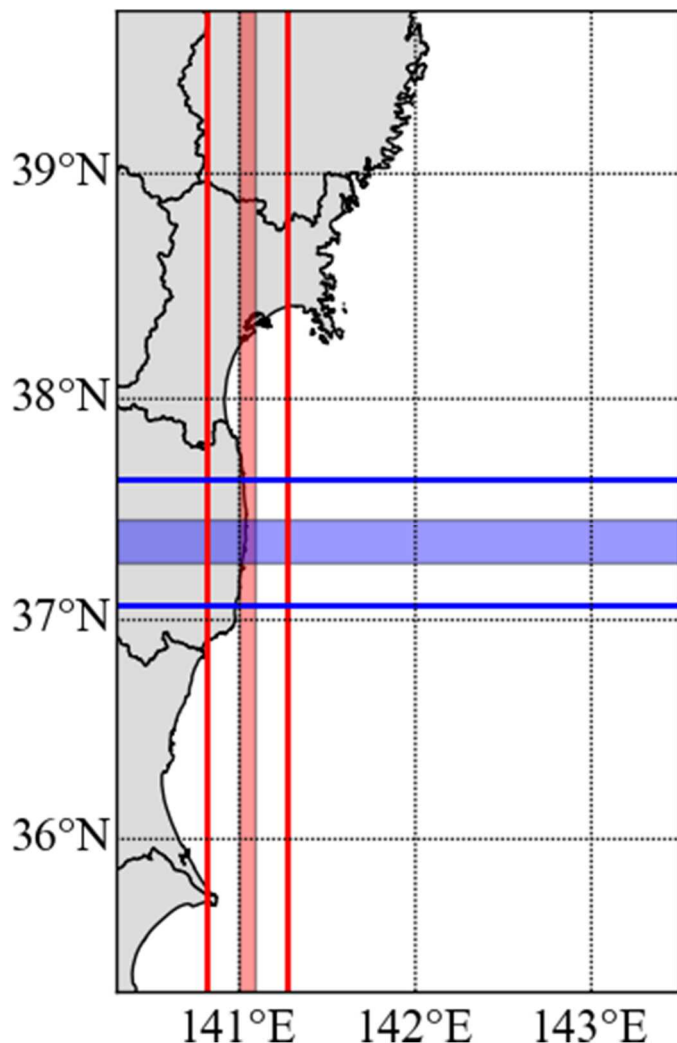
【参考】 「②仮想したALPS処理水」 の核種別濃度一覧



対象核種	告示濃度 [Bq/L]	最大値 [Bq/L]	運用管理値 [Bq/L]*	告示 濃度比	備考
運用管理対象核種					8核種の 告示濃度比総和 0.32
不検出核種					
鉄59 (約45日)	4.0E+02	<8.66E-02	2.0E-01	5.0E-04	
銀110m (約250日)	3.0E+02	<4.26E-02	6.0E-02	2.0E-04	
カドミウム113m (約15年)	4.0E+01	<8.55E-02	2.0E-01	5.0E-03	
カドミウム115m (45日)	3.0E+02	<2.70E+00	4.0E+00	1.3E-02	
スズ119m (約290日)	2.0E+03	<4.24E+01	6.0E+01	3.0E-02	
スズ123 (約130日)	4.0E+02	<6.59E+00	8.0E+00	2.0E-02	
スズ126 (約10万年)	2.0E+02	<2.92E-01	4.0E-01	2.0E-03	
検出核種					
炭素14 (約5700年)	2.0E+03	2.15E+02	5.0E+02	2.5E-01	
その他核種					亜鉛65の 告示濃度比総和 1-0.32=0.68 亜鉛65の濃度 200[Bq/L]×0.68 =136[Bq/L]
亜鉛65 (約240日)	2.0E+02	-	(評価上の設定濃度は1.4E+02)	6.8E-01	
告示濃度比総和				1	

※運用管理値：不検出核種は検出下限値の1.2倍、検出核種は検出値の最大値の2倍を有効数字1桁で切上げ
 その他核種は運用管理値ではなく評価上の設定濃度

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^[1]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^[2]）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.

- 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
- 上層（海面からの外部被ばく）、全層（海中での外部被ばく、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



* 共同漁業権非設定区域

評価に使用する海水中の放射性物質濃度の算出に係るエリア図

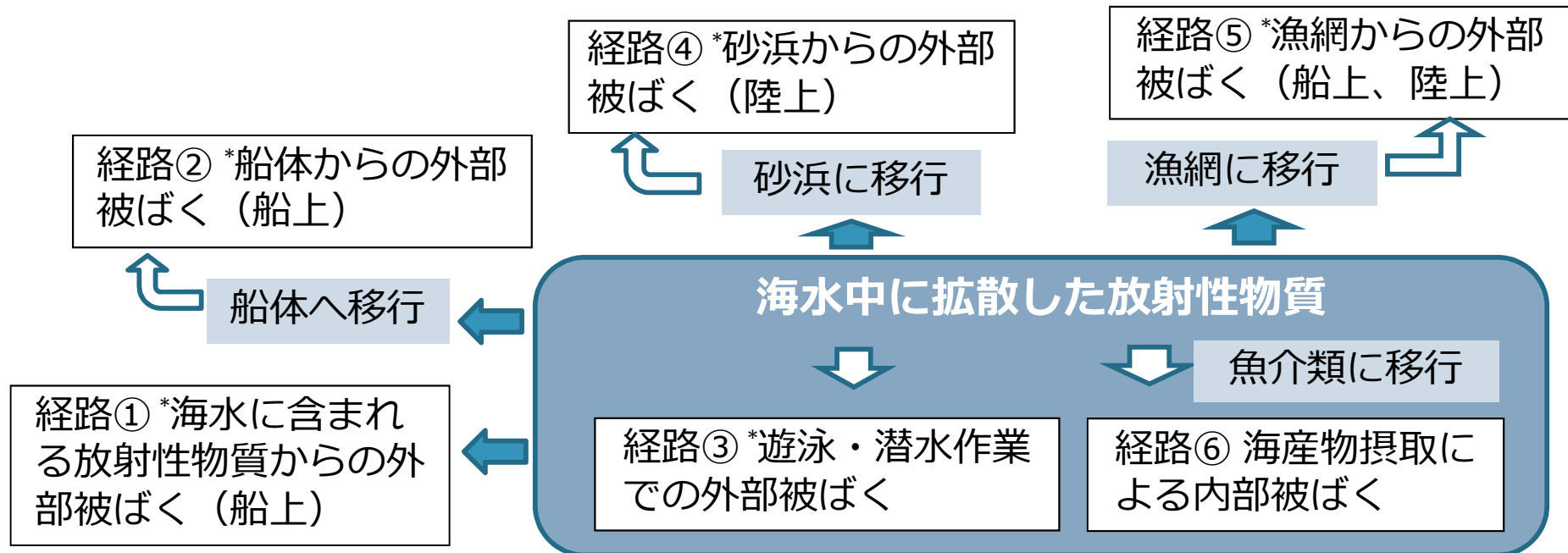
出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成

<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

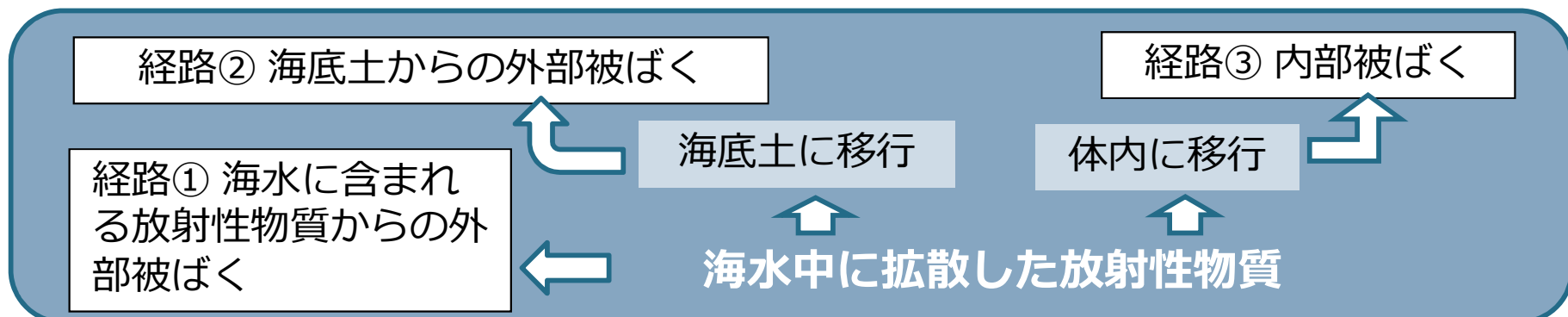
被ばく経路の特定（評価モデル）

（1）移行経路および被ばく経路（人の被ばく）

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）



(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+2 σ *）の2種類評価

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

(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”

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

内部被ばく（経路⑥）

被ばく量 = 実効線量係数 × 摂取率

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、ICRP Pub. 72^{*1}に定めるものを使用
- 濃縮係数は、IAEA TRS No.422^{*2}に定めるものを使用
- 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、対象とする海産物は、魚類、無脊椎動物（イカ、タコ除く）^{*3}、海藻

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
- 線量拘束値^{*4}は日本には導入されていないことから、発電所の線量目標値 0.05ミリシーベルト/年と比較

*1 ICRP Pub.72, "Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides; Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Doses Coefficients"

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

*3 ICRP Pub.72における「軟体動物（イカ・タコを除く）」というデータセットを利用。

*4 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られる数値。
日本では、法令上線量拘束値は導入されていない。

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

$$\begin{aligned} \text{内部被ばく量} &= \text{内部線量換算係数} \times \text{海水中の放射性物質濃度} \times \text{濃度比 (経路③)} \\ \text{外部被ばく量} &= 0.5 \times \text{外部線量換算係数} \times \text{海水中の放射性物質濃度 (経路①)} \\ &\quad + 0.5 \times \text{外部線量換算係数} \times \text{海水中の放射性物質濃度} \times \text{分配係数 (経路②)} \end{aligned}$$

- 内部、外部の線量換算係数は、ICRP Pub. 136^{*1} およびBiotaDC^{*2}に定めるものを使用
- 濃度比は、ICRP Pub. 114^{*3}およびIAEA TRS-422^{*4}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 Kds)

評価基準

- ICRPがPub.124^{*5}にて提示している誘導考慮参考レベル (DCRL) ^{*6}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.422, "Sediment Distribution Coefficients and Concentration Factors for Biota in the Marine Environment"

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

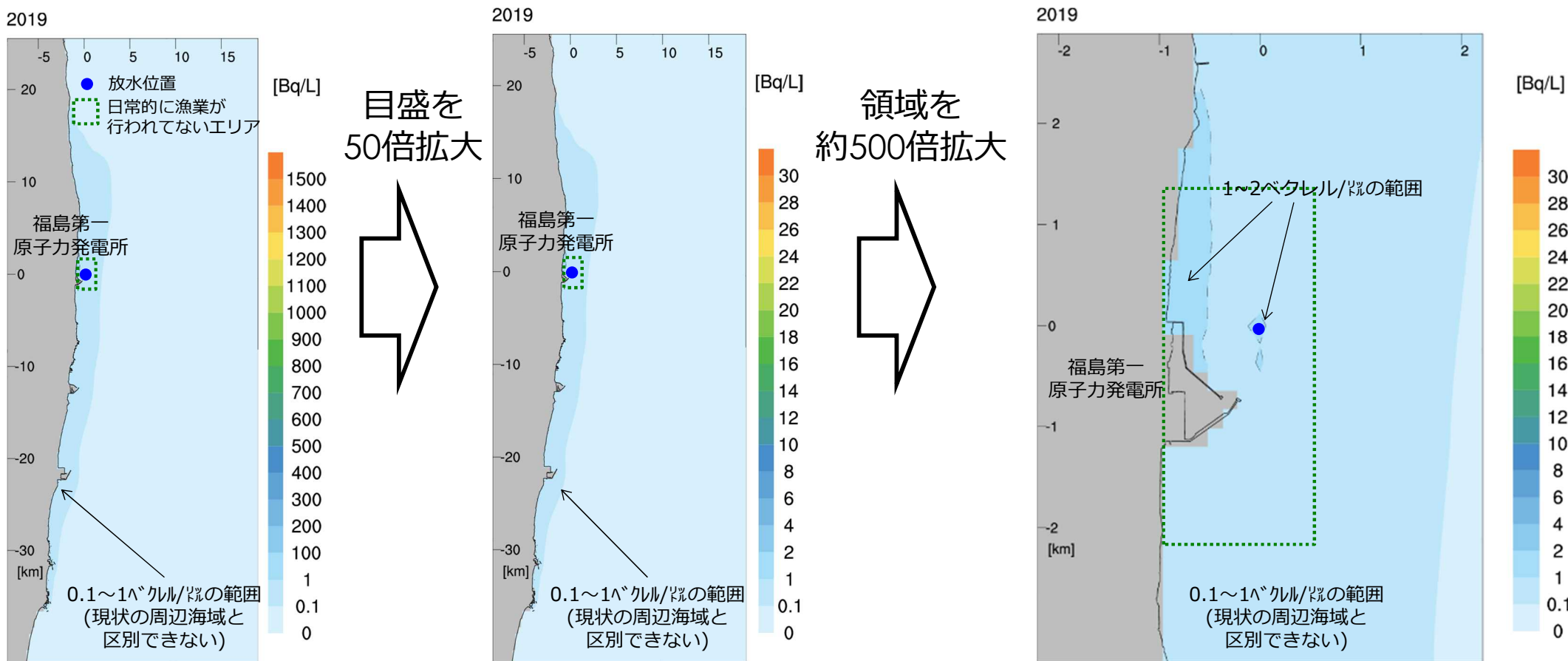
*6 誘導考慮参考レベル (Derived Consideration Reference Level, DCRL) : ICRPが提唱する生物種ごとに定められた1ケタの幅を持った線量率の範囲。これを超える場合には影響を考慮する必要がある線量率レベル。

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. 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



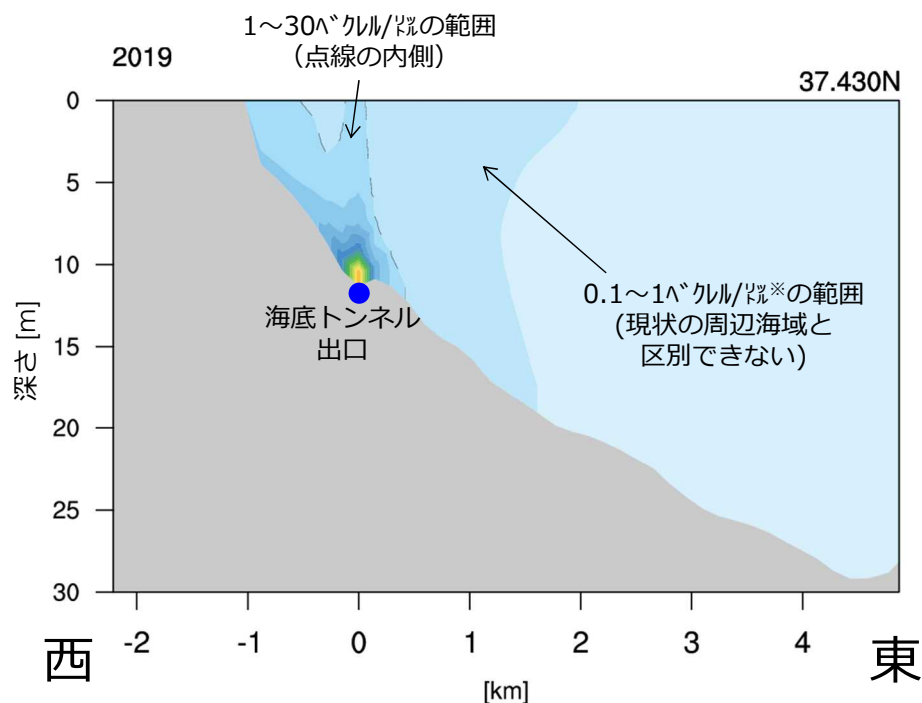
福島県沖拡大図
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

発電所周辺拡大図
(最大目盛30ベクレル/ℓにて作図)

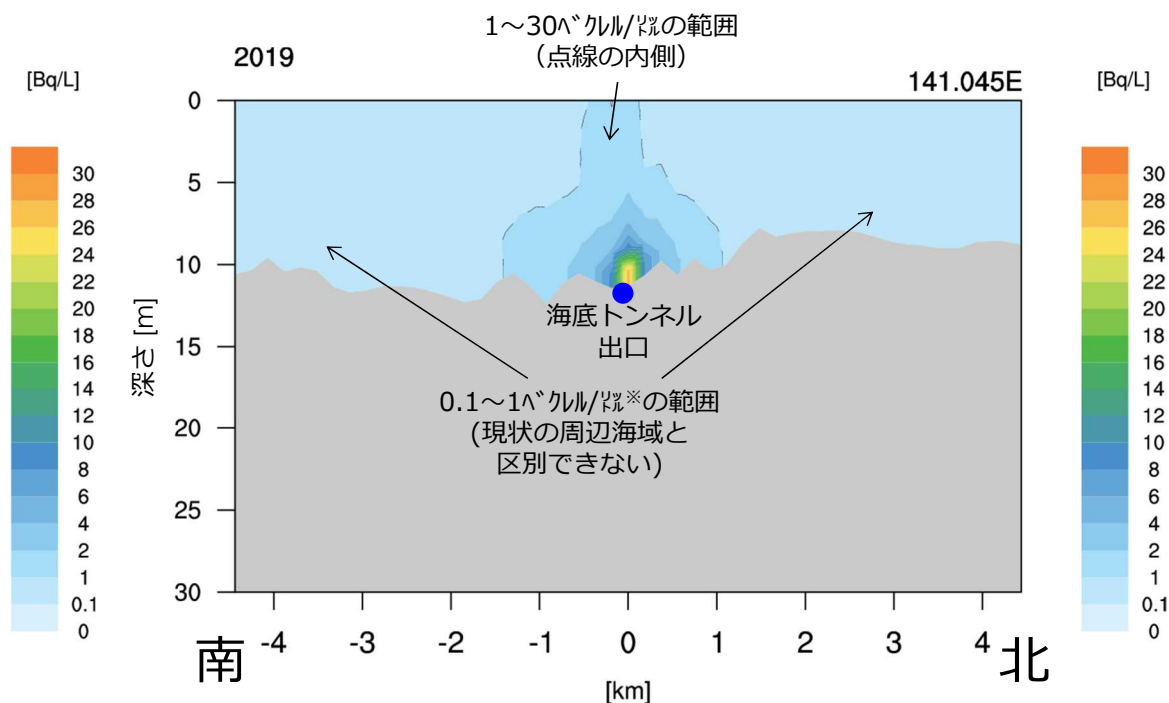
海洋における拡散シミュレーション結果（トンネル出口周辺） TEPCO

拡散する前のトンネル出口の直上付近では、30ベクレル/ℓ程度を示す箇所も見られるが、その周辺で速やかに濃度が低下

なお、トンネル出口の直上付近に見られる30ベクレル/ℓであっても、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）

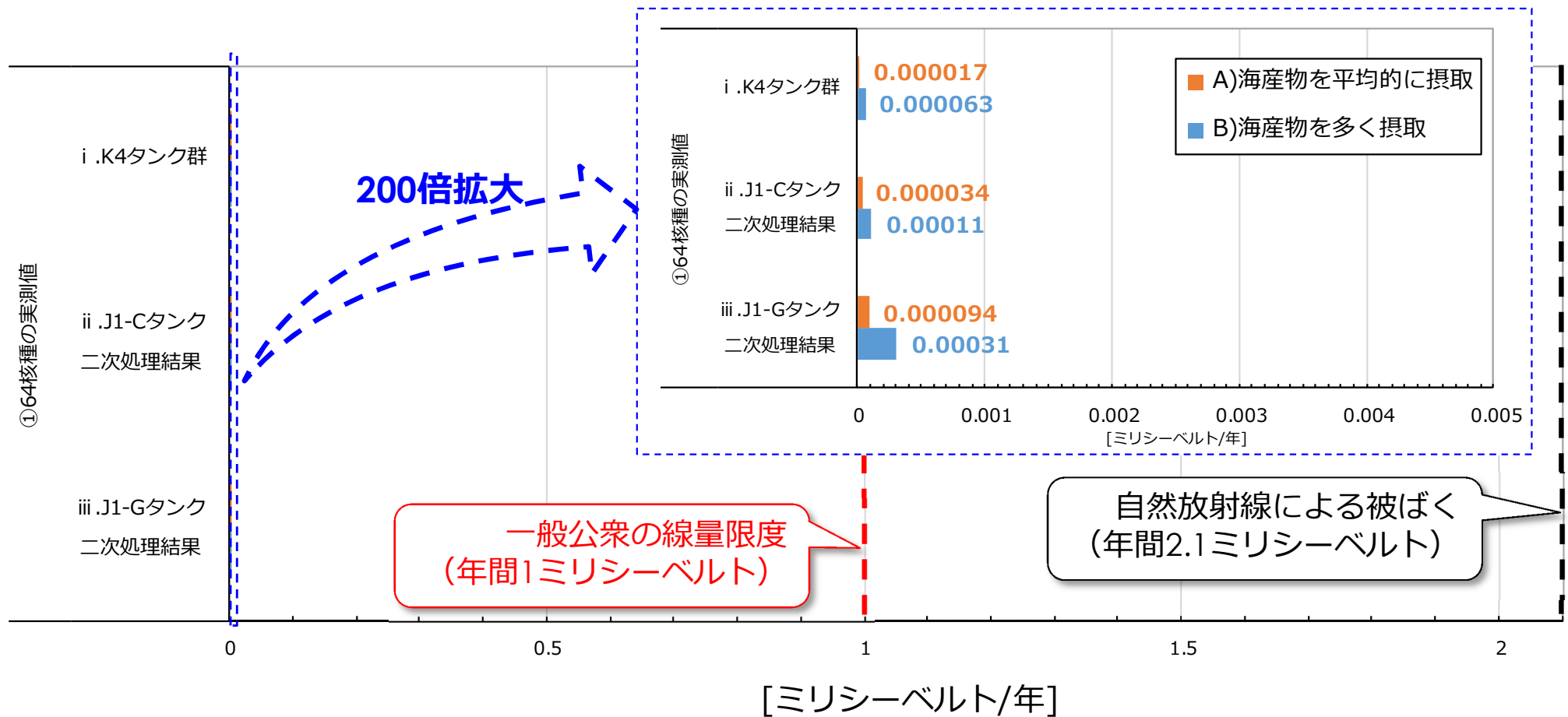


トンネル出口南北断面図
（最大目盛30ベクレル/ℓにて作図）

※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、①64核種の実測値による評価)

- ①64核種の実測値による評価結果は、海産物を平均的に摂取する人 (一般の方が相当) では一般公衆の線量限度 (年間1ミリシーベルト) の約6万分の1～約1万分の1、自然放射線による被ばく (年間2.1ミリシーベルト) との比較では約12万分の1～約2万分の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。

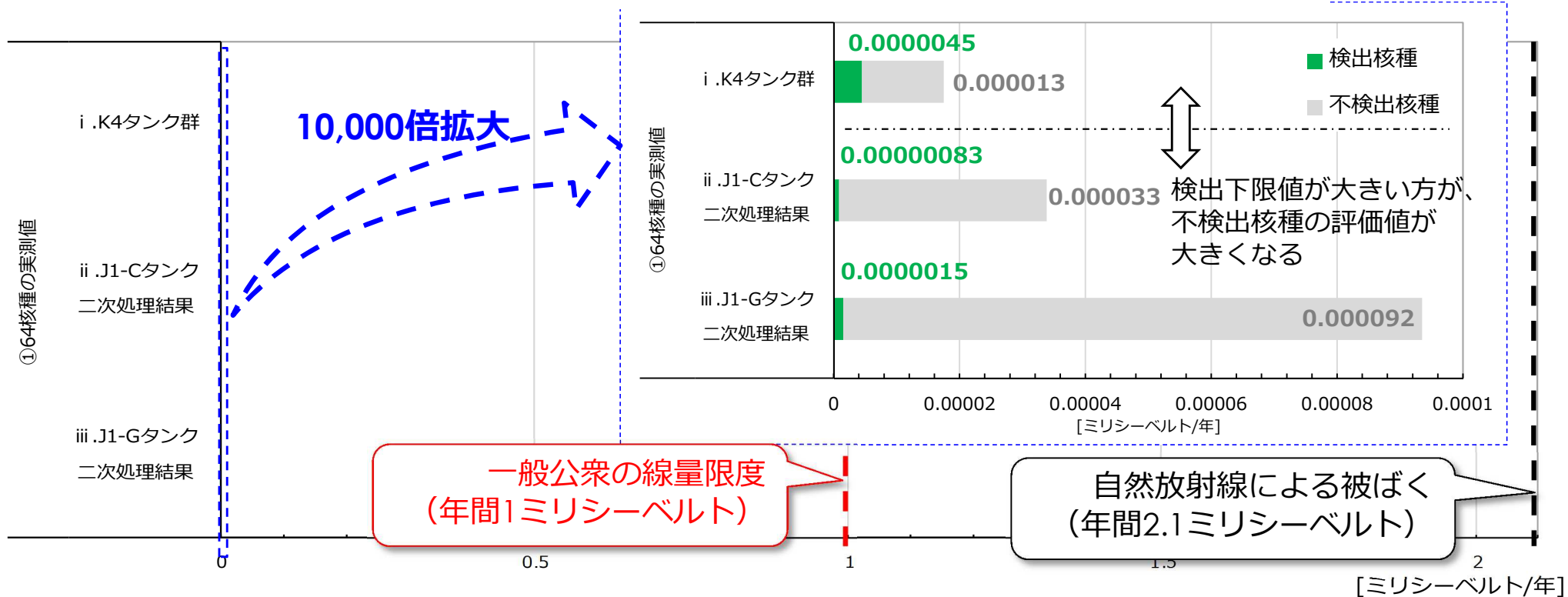
評価結果 (設計段階、①実測値による評価) の不検出核種に関する考察 TEPCO

■ ①64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)

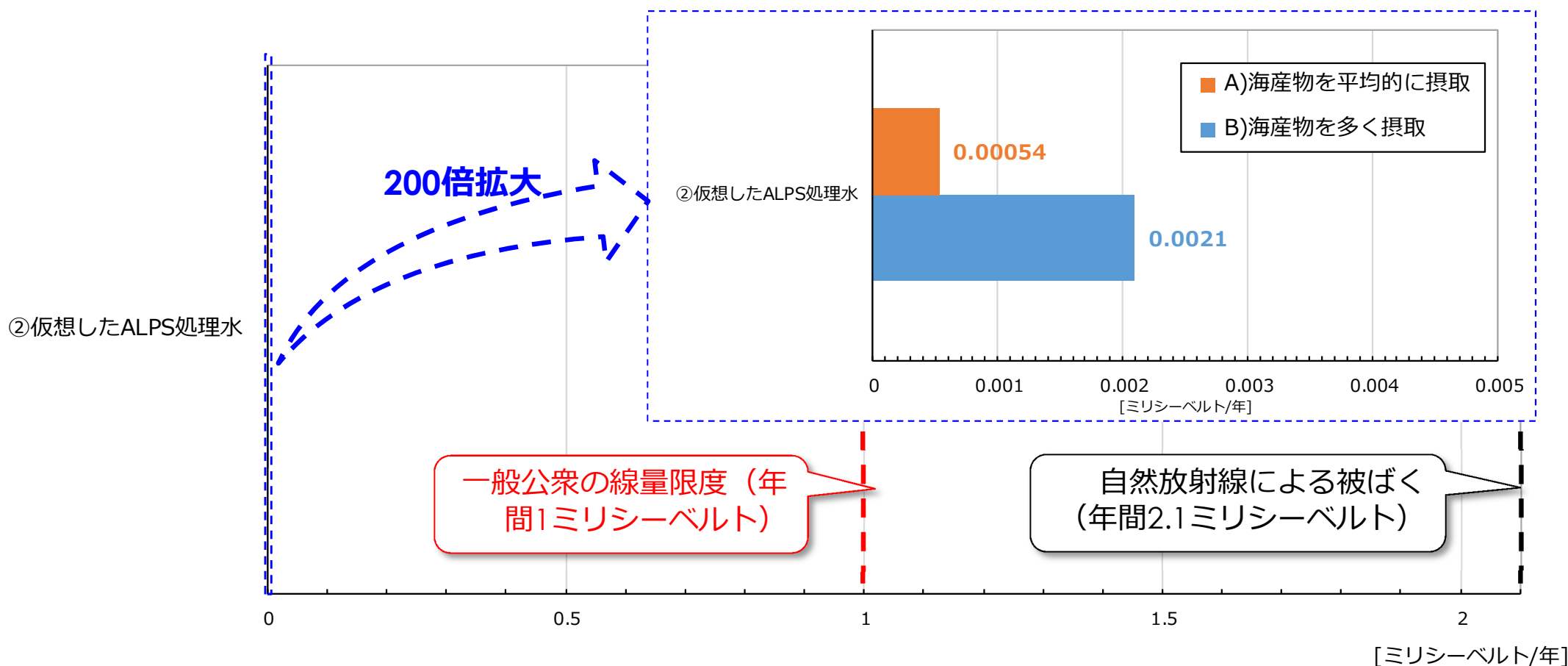


(注) 代表で成人の結果のみ示す。なお、この評価は現時点での結果であり、今後の検討の進捗や社内外のレビューの結果等に応じ、評価を更新することがある。

人の被ばく評価結果

(設計段階、②仮想したALPS処理水による評価)

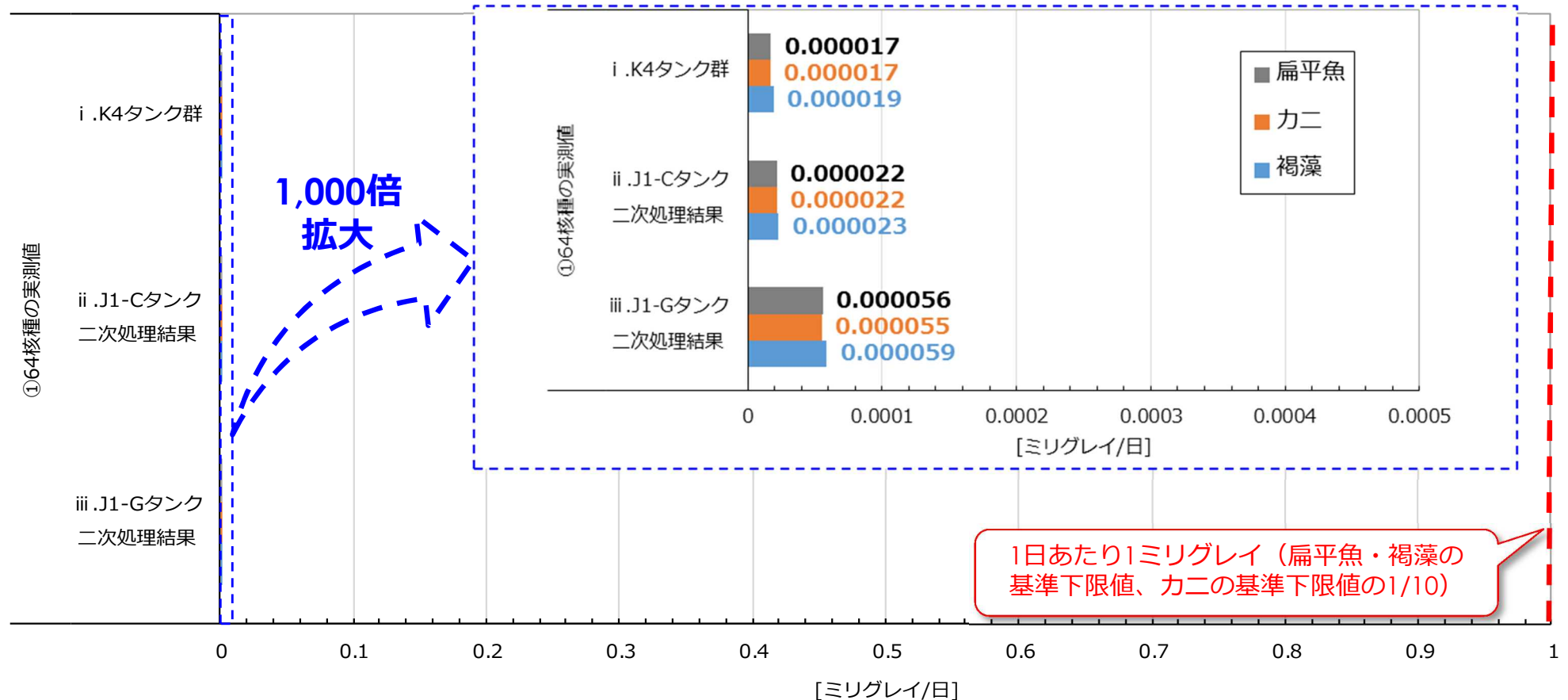
- ②被ばくの影響が相対的に大きい核種だけが含まれると仮想したALPS処理水を用いて非常に保守的に評価した場合でも、一般公衆の線量限度（年間1ミリシーベルト）の約2,000分の1～約500分の1、自然放射線による被ばく（年間2.1ミリシーベルト）との比較では約4,000分の1～約1,000分の1



(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、①64核種の実測値による評価)

- ①64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6万分の1~約2万分の1 (カニでは約60万分の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。

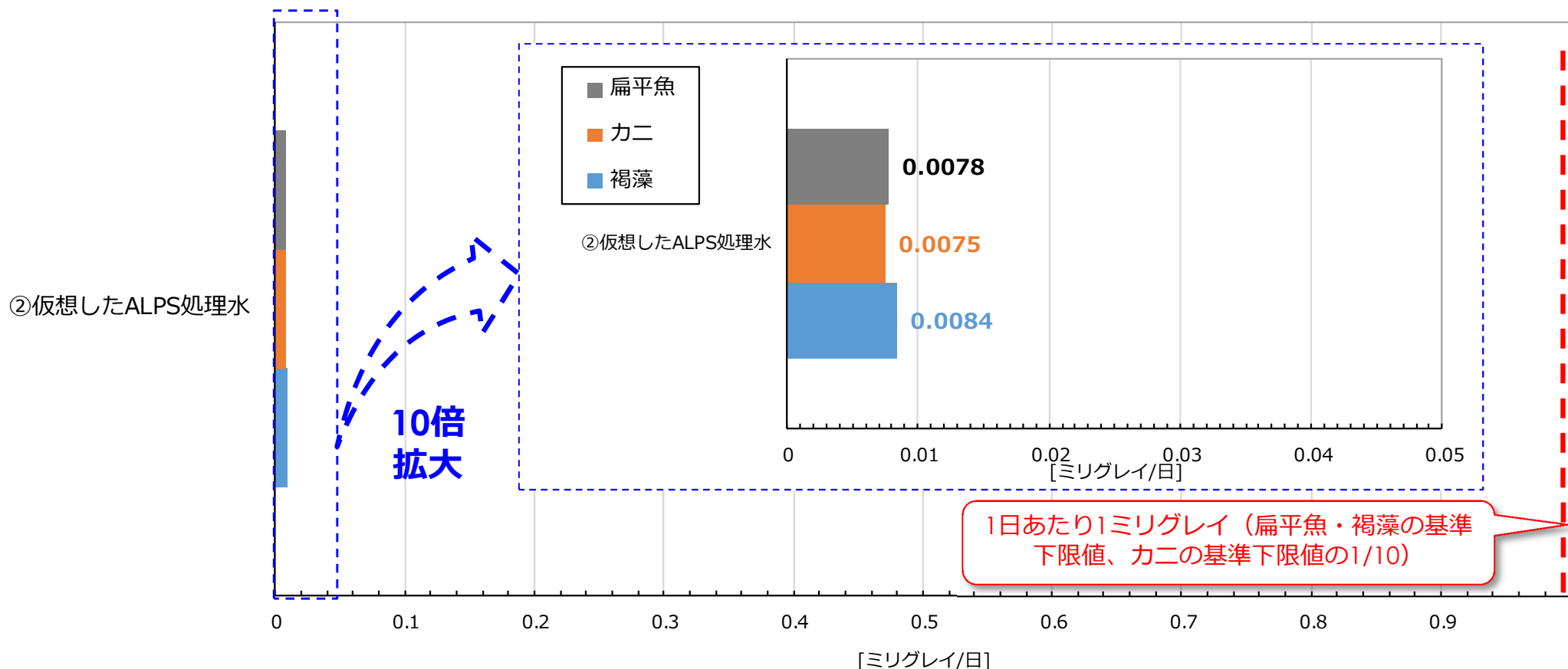
** グレイ : 物質の吸収線量 (吸収したエネルギーの量) を示す単位、シーベルトは、人体が受けた放射線による影響の大きさを示す単位。

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

動植物の被ばく評価結果

(設計段階、②仮想したALPS処理水による評価)

- ②被ばく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ALPS処理水を用いて非常に保守的に評価した場合でも、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) の約130分の1~約120分の1程度 (カニでは約1,300分の1~約1,200分の1)



(注) 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。

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. **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=c1j0h0k0l0u0f0z0r0s0m0f1>



二次処理設備（新設逆浸透膜装置）

トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和「1~10」の処理途上水を二次処理する

二次処理設備（ALPS）

トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和「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、連続的な放出を可能とする（約1万m³×3群）

移送ポンプ

容量：500m³/日

ローテーション

放出
測定・確認
受入

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）

ヘッダー管

（直径約2m×長さ約7m）

海水流量計

緊急遮断弁

放出管

道路

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

海拔33.5m

海拔11.5m

海拔2.5m

新設海水ポンプ

（容量：約17万m³/日/台×3台）

5号取水路

放水立坑

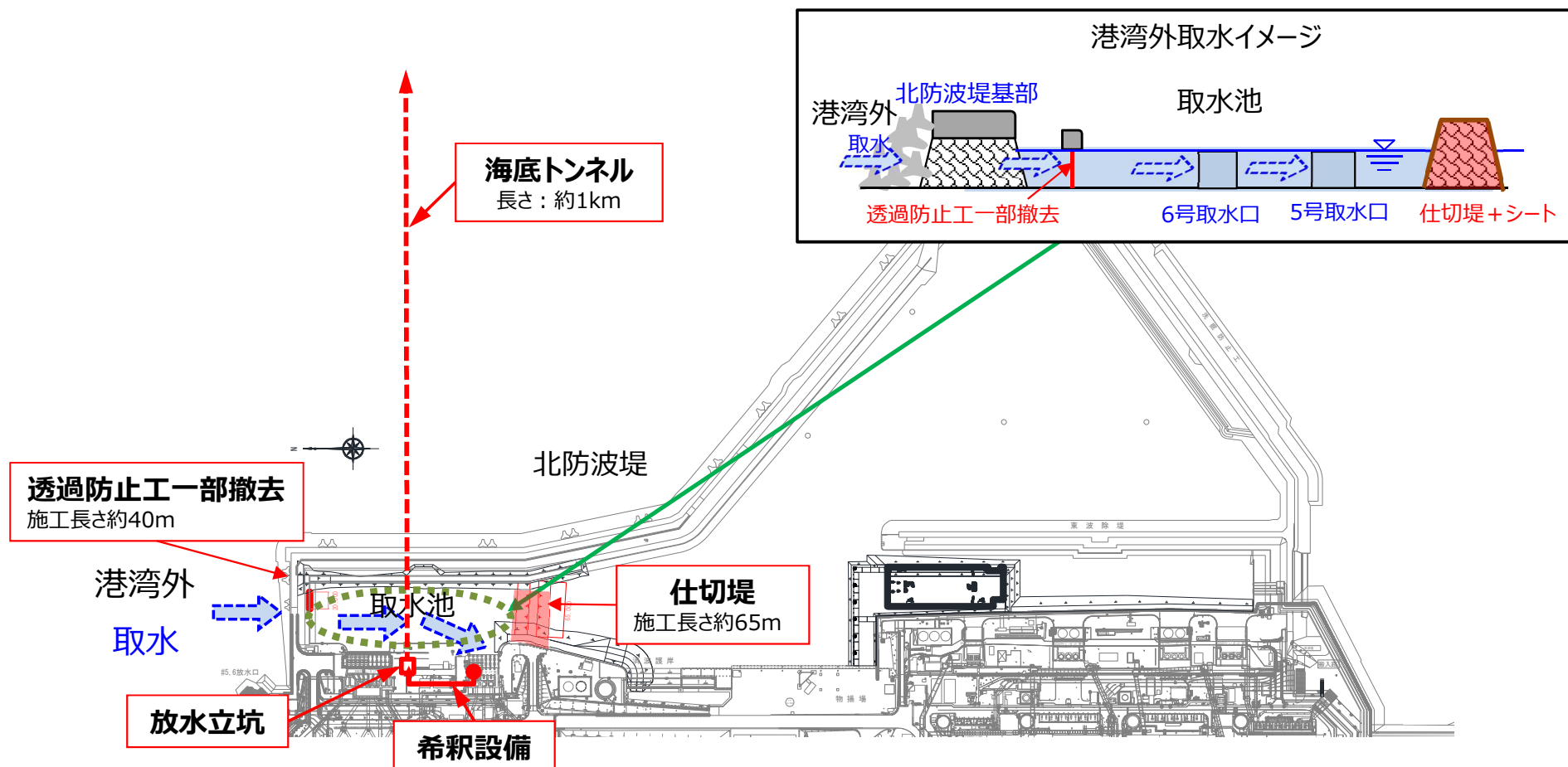
海底トンネル（約1km）

海へ

希釈用海水（港湾外から取水）

【参考】 港湾の設計

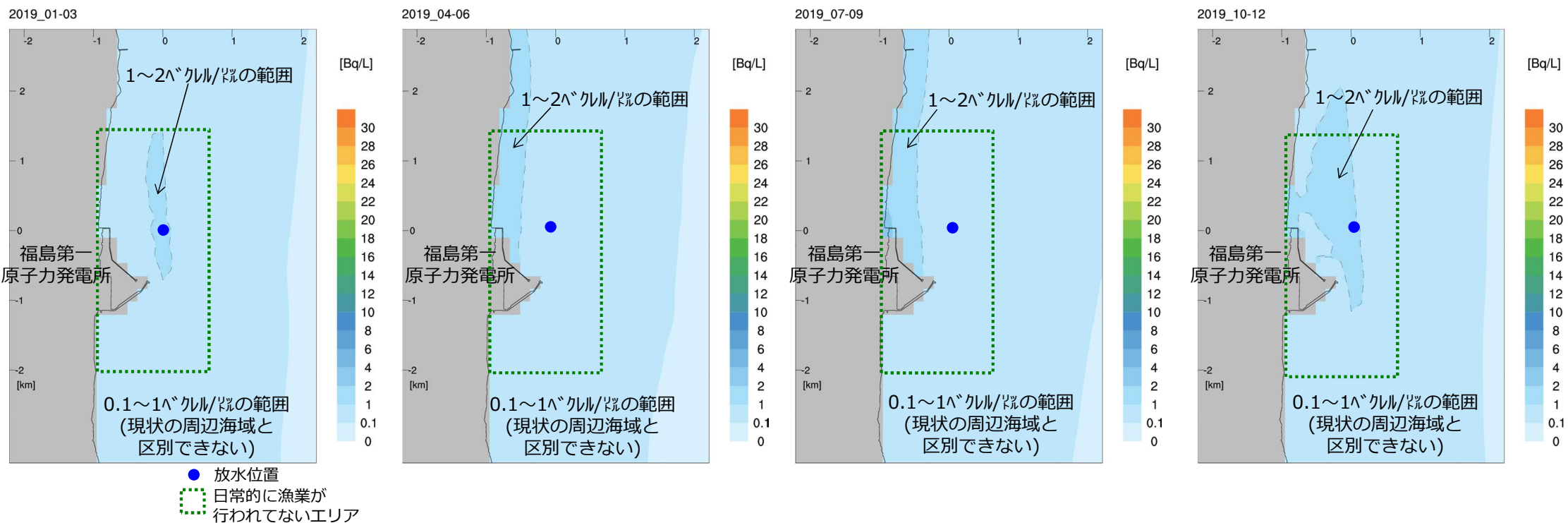
- 北防波堤の一部を改造して、港湾外の海水を希釈用として取水し、仕切堤で港湾内と分離することで、港湾内の海水が希釈用の海水と直接混合しないようにする。
- 沿岸から約1km離れた場所からの放水とすることにより、海水が再循環しにくい（希釈用海水として再取水されにくい）設計とする。
- 海底トンネルについては、海上ボーリング調査等を実施後に詳細を検討する。



【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



1-3月平均

4-6月平均

7-9月平均

10-12月平均

【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**

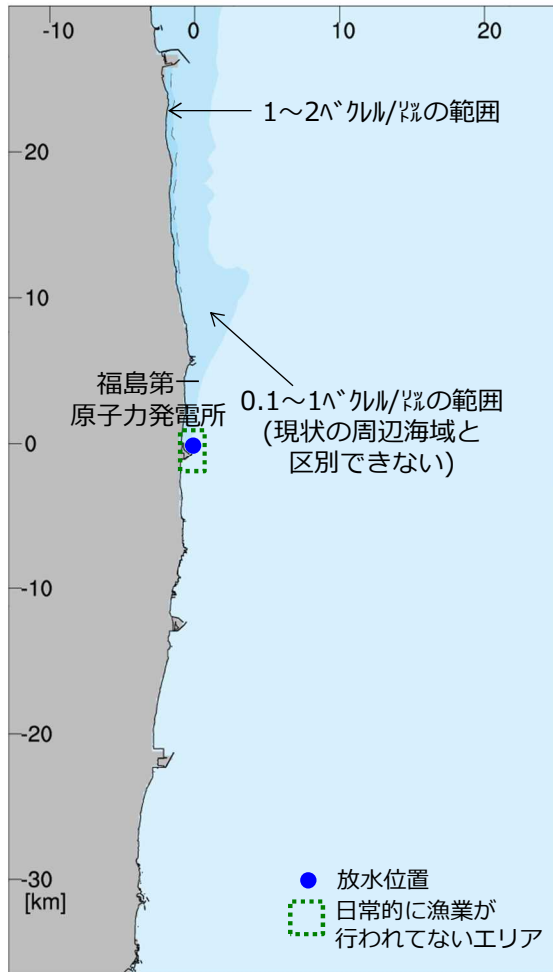
シミュレーション結果の中で、現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度 (0.1~1ベクレル/ℓ※) よりも濃度が高くなると評価された範囲 (1ベクレル/ℓを超える範囲) が最も広がる日の場合でも、放出口の南北30km程度の範囲に留まる。

※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

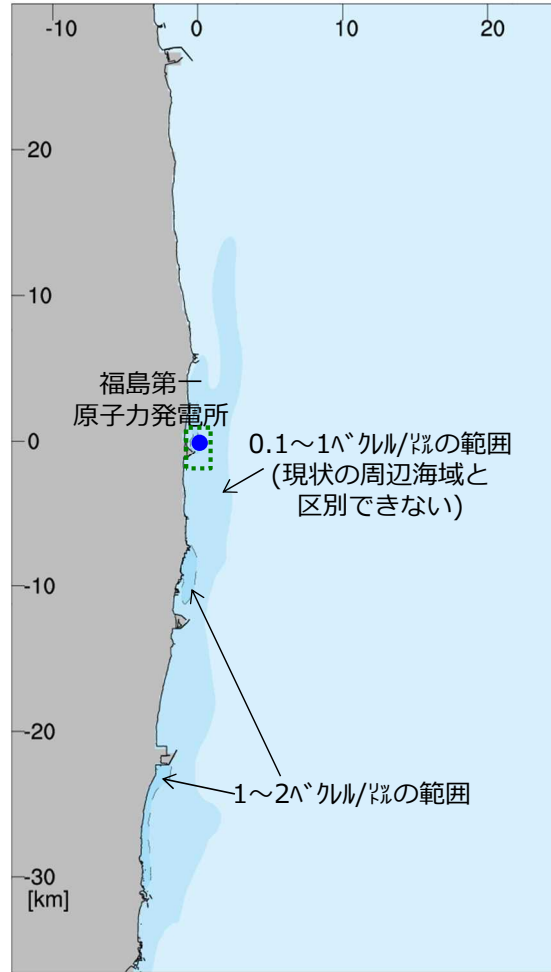
20190521

20190211

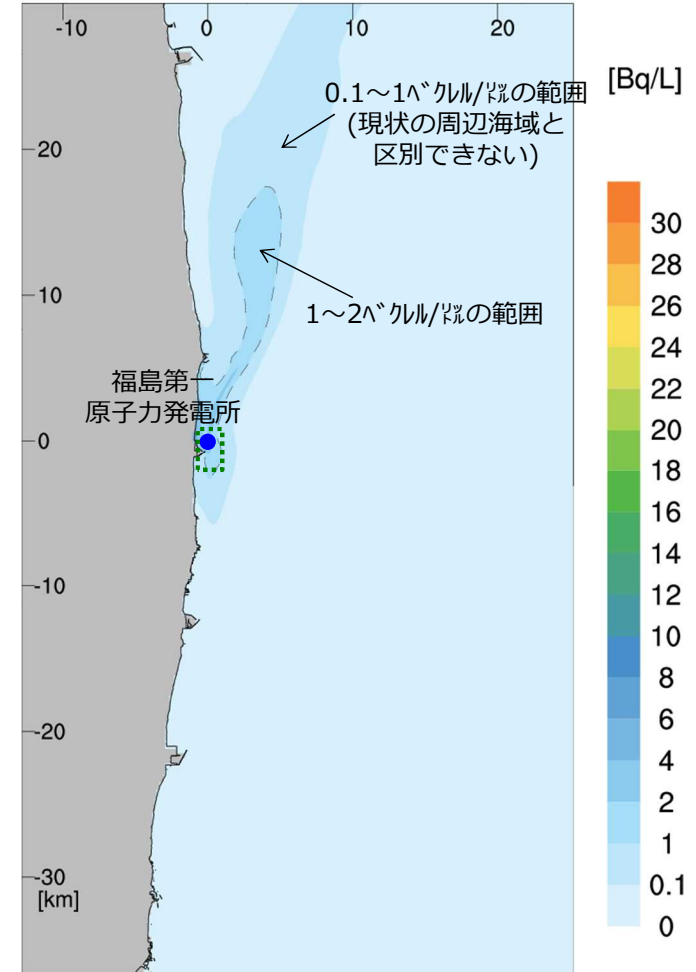
20190829



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**

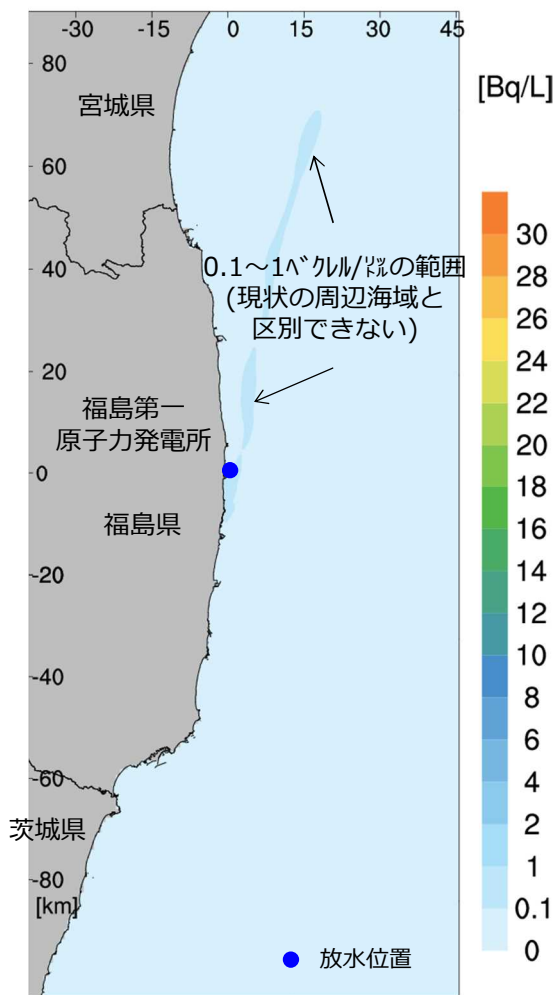
更に実測では現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度 (0.1~1ベクレル/ℓ※) と区別できない低い濃度 (0.1ベクレル/ℓを超える範囲) についても、シミュレーション結果から最も拡がる日における拡散範囲を確認してみると、以下の傾向が見られる。

※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

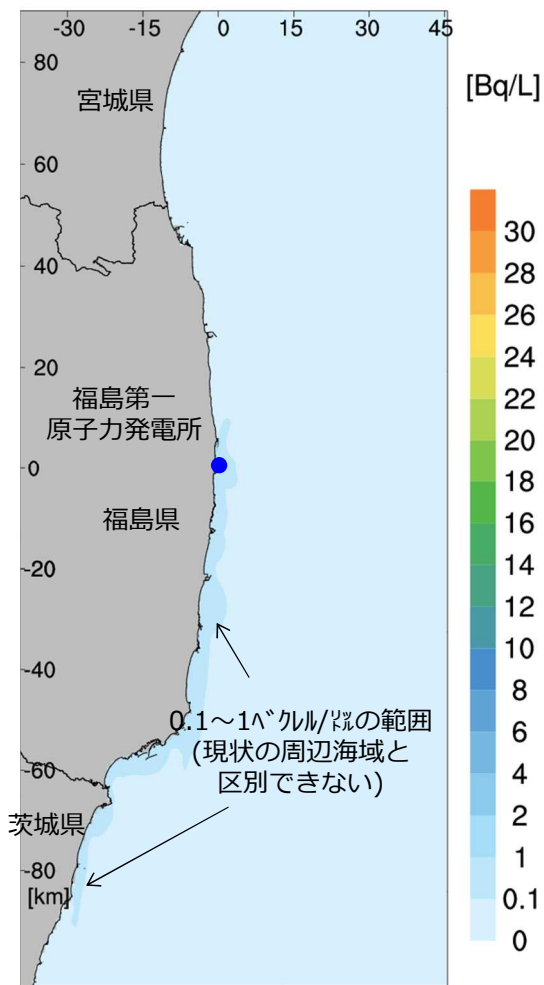
20190827

20191027

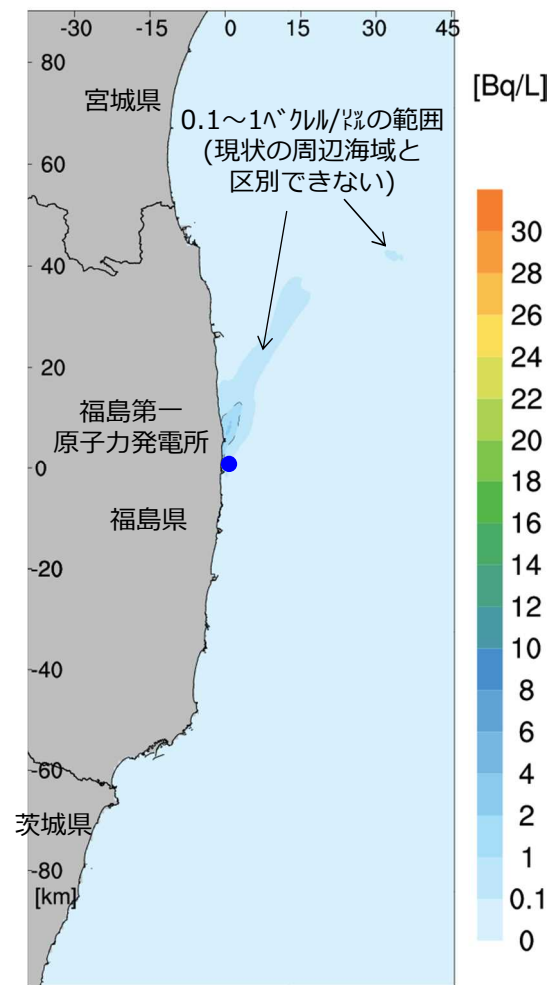
20190806



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

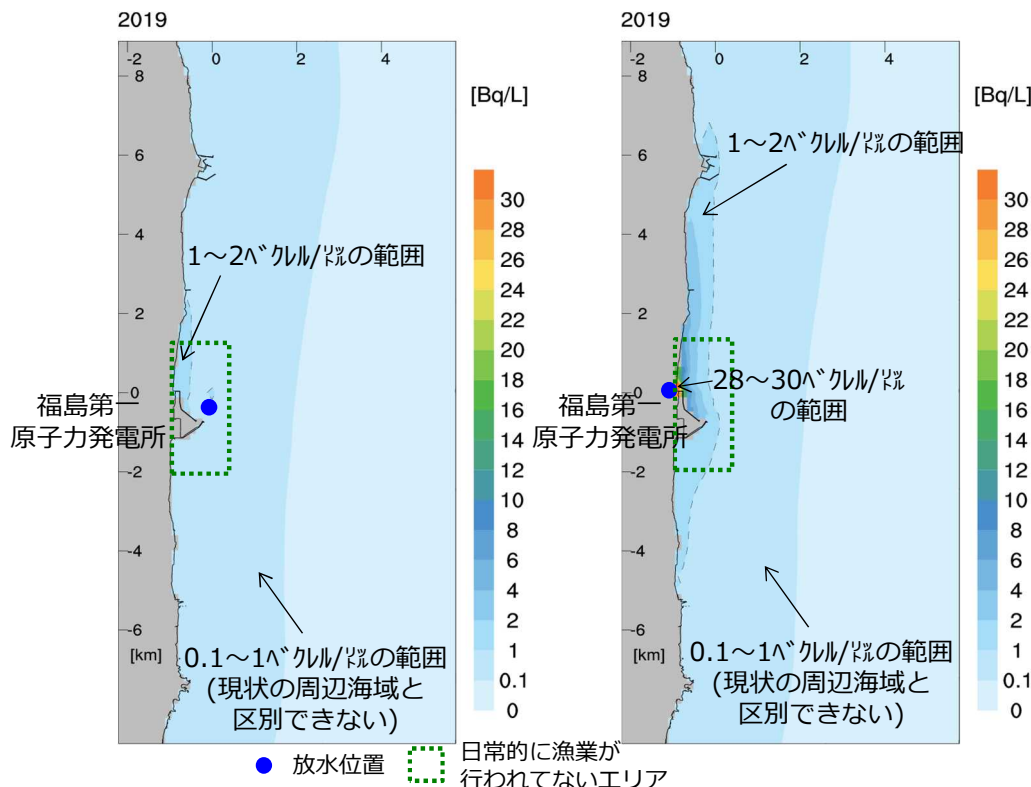
今回の計画に沿った拡散シミュレーションとともに、放出位置を現在の5・6号機放水口位置とした沿岸放出を想定した場合のシミュレーションも実施（ただし、取水位置による再循環は無視）
 現状の周辺海域の海水に含まれるトリチウム濃度（0.1～1ベクレル/ℓ※）よりも濃度が高くなると評価される範囲（点線の内側の範囲）は、沿岸放出の場合発電所周辺の6～7kmの範囲となるのに対し、**現状案（海底トンネル）は2～3kmの範囲に留まる。**

※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

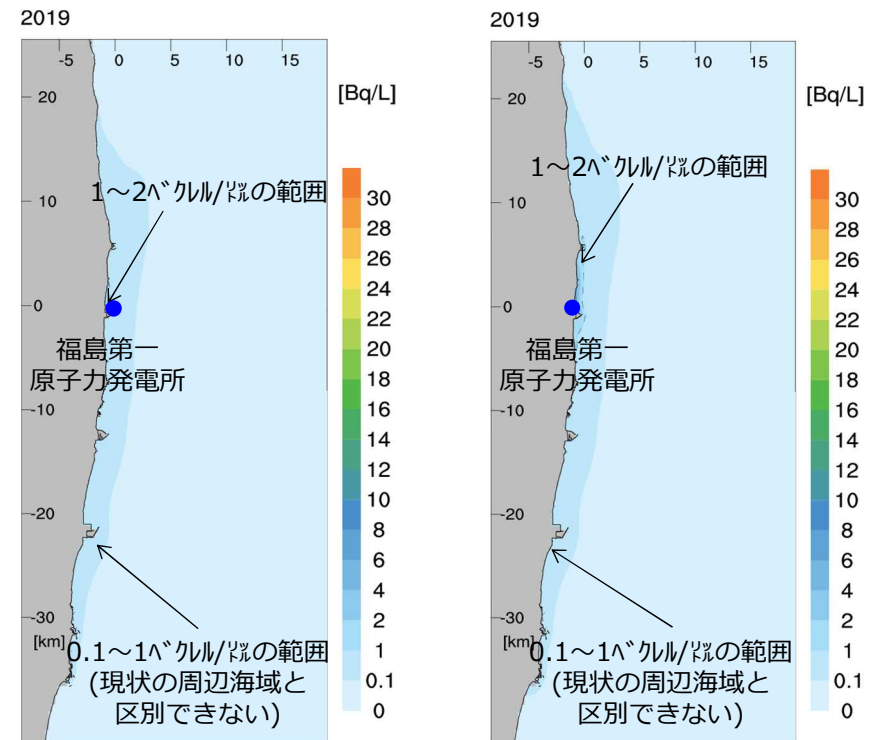
沿岸放出案



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	① i. K4タンク群	① ii. J1-Cタンク 二次処理結果	① iii. J1-Gタンク 二次処理結果	② 仮想した ALPS処理水
トリチウム濃度 [Bq/L]	19万	82万	27万	10万※
年間ALPS処理水 放出量[m ³ /年]	12万	2.7万	8.1万	22万

※トリチウム以外の核種の影響が大きくなるよう、これまで測定されたトリチウム濃度の最小値よりも低い値を設定

● 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"> ✓ 海水面からの外部被ばく ✓ 船体からの外部被ばく ✓ 海中作業における外部被ばく ✓ 砂浜からの外部被ばく ✓ 漁網からの外部被ばく ✓ 海産物摂取による内部被ばく 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 海水からの外部被ばく ✓ 海底の堆積物からの外部被ばく ✓ 体内に取り込んだ放射性物質からの内部被ばく

【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	①64核種の実測値					
		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	
	海産物摂取量	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)	海水面からの被ばく	6.5E-09		1.7E-08		4.7E-08	
	船体からの被ばく	5.2E-09		1.3E-08		3.4E-08	
	海中作業における被ばく	2.8E-10		7.6E-10		2.0E-09	
	砂浜からの被ばく	5.0E-07		1.3E-06		3.6E-06	
	漁網からの被ばく	1.6E-06		4.3E-06		1.2E-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
合計 (mSv/年)		1.7E-05	6.3E-05	3.4E-05	1.1E-04	9.4E-05	3.1E-04
<p>一般公衆の線量限度：1mSv/年 国内の原子力発電所に対する線量目標値（最適化の目標）：0.05mSv/年</p>							

【参考】動植物の放射線影響評価結果詳細

評価 ケース		(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
被ばく (mGy*/日)	扁平魚	1.7E-05	2.2E-05	5.6E-05
	カニ	1.7E-05	2.2E-05	5.5E-05
	褐藻	1.9E-05	2.3E-05	5.9E-05
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	

*mGy : ミリグレイ

【参考】放射線影響評価結果詳細 (②仮想したALPS処理水による評価)

人への放射線影響評価結果

被ばく経路		海産物摂取量	
		A:平均	B:多い
外部被ばく (mSv*/年)	海水面からの被ばく	1.8E-07	
	船体からの被ばく	1.4E-07	
	海中作業における被ばく	7.9E-09	
	砂浜からの被ばく	1.4E-05	
	漁網からの被ばく	4.5E-05	
内部被ばく (mSv/年)		4.8E-04	2.0E-03
合計 (mSv/年)		5.4E-04	2.1E-03
一般公衆の線量限度 : 1mSv/年 国内の原子力発電所に対する線量目標値 (最適化の目標) : 0.05mSv/年			

*mSv : ミリシーベルト

環境への放射線影響評価結果

標準動植物	被ばく (mGy*/日)
扁平魚	7.8E-03
カニ	7.5E-03
褐藻	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	

*mGy : ミリグレイ