参考資料2

ALPS処理水海洋放出の状況について

2023年12月22日

（2023年12月15日時点の情報）

東京電力ホールディングス株式会社

概要

■ ALPS処理水海洋放出について、以下の通り実施。

- ✓ ALPS処理水放出の第１段階として、ごく少量のALPS処理水（約1 m^3）を海水（約1,200 m^3）で希釈し、 ALPS処理水が想定通り希釈できていることを確認するために、放水立坑（上流水槽）に貯留し、希釈したALPS処理水を採取。
- ✓ 希釈したALPS処理水のトリチウム濃度について、分析値が計算上の濃度の不確かさの範囲内であること、及び1,500 Bq/Lを下回っていることを確認し、ALPS処理水の海洋放出を開始。

＜第1回放出＞

放出タンク群	トリチウム濃度	放出開始	放出終了	放出量	トリチウム総量
B群	14万 Bq/L	2023年8月24日	2023年9月11日	7,788 m^3	約1.1兆 Bq

＜第2回放出＞

放出タンク群	トリチウム濃度	放出開始	放出終了	放出量	トリチウム総量
C群	14万 Bq/L	2023年10月5日	2023年10月23日	7,810 m^3	約1.1兆 Bq

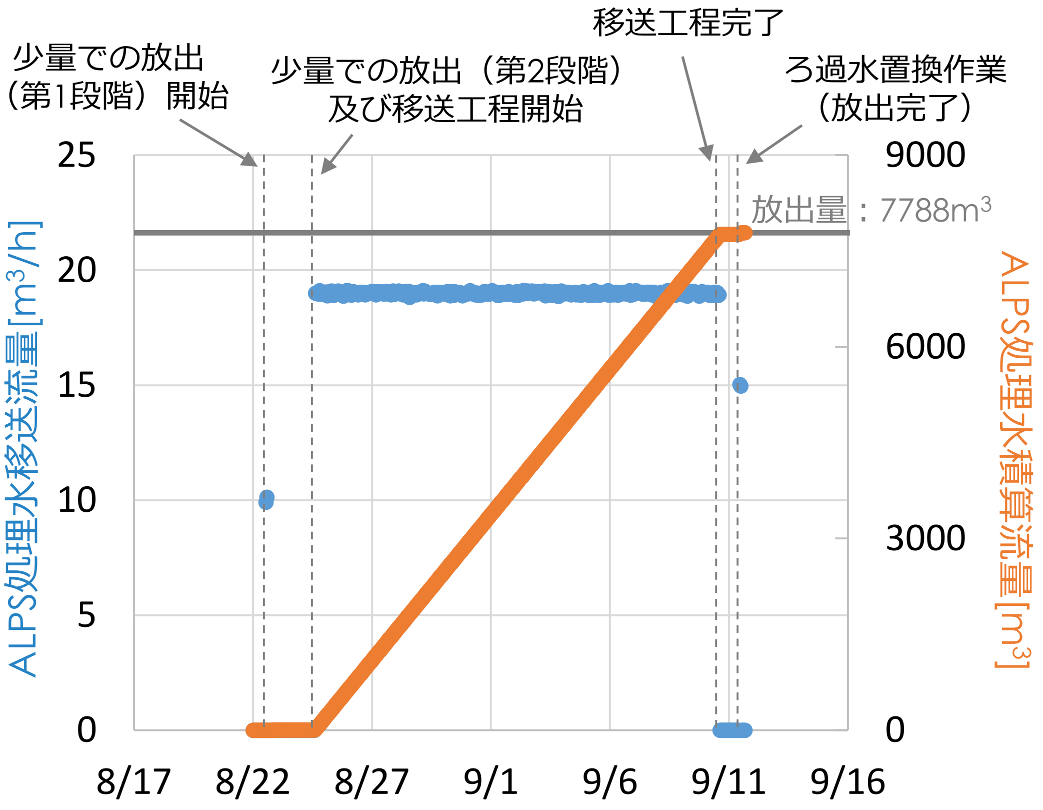
＜第3回放出＞

放出タンク群	トリチウム濃度	放出開始	放出終了	放出量	トリチウム総量
A群	13万 Bq/L	2023年11月2日	2023年11月20日	7,753 m^3	約1.0兆 Bq

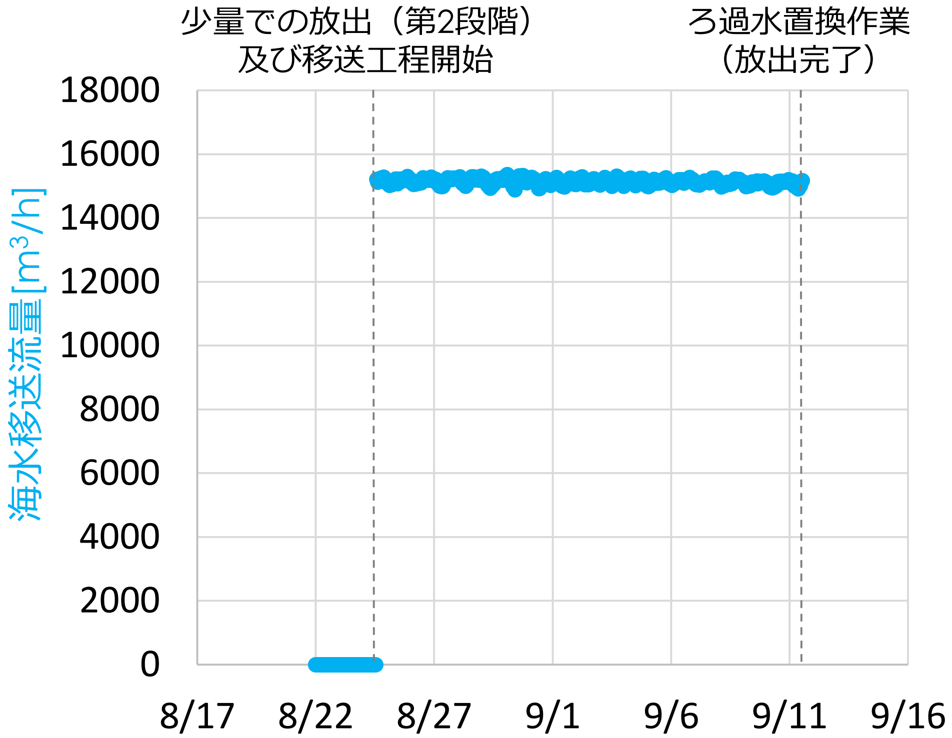
1-1. 第１回放出期間中の運転パラメータの実績

TEPCO

■ ALPS処理水移送系統及び海水系統ともに異常無く、運転することができた。



ALPS処理水移送流量及び積算流量



海水移送流量

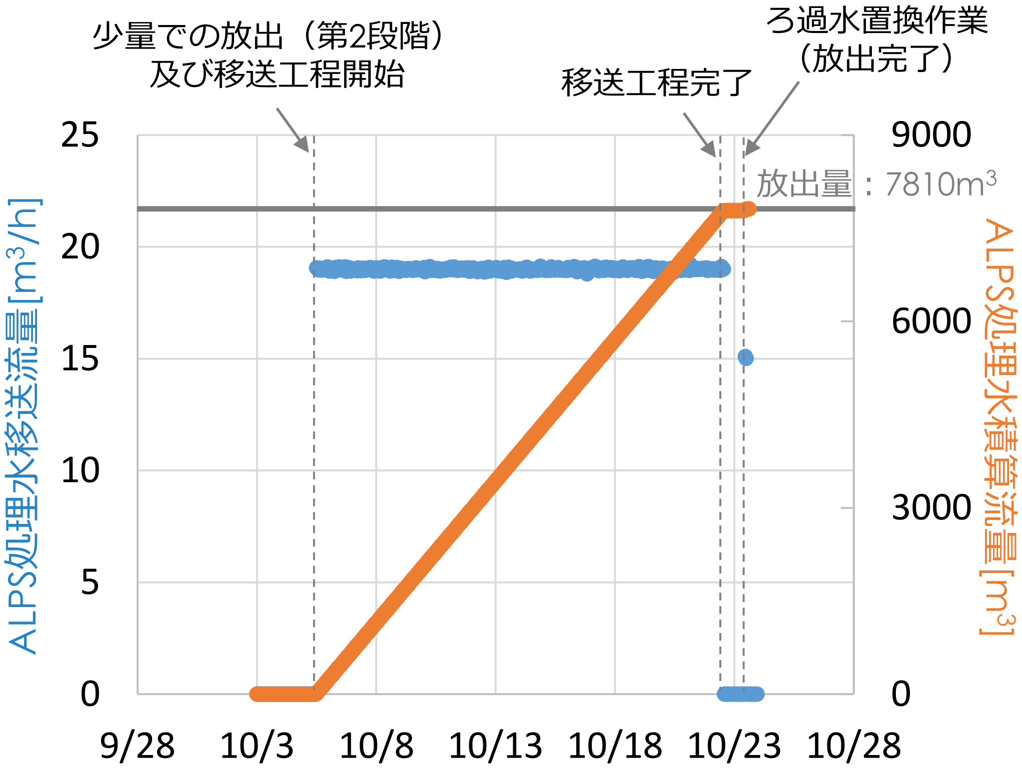
● ALPS処理水移送流量※1　● ALPS処理水積算流量　● 海水移送流量※2

※1：流量計は2重化しているため、2つの値のうち、高い方をプロット
※2： A/B系統の合計値をプロット

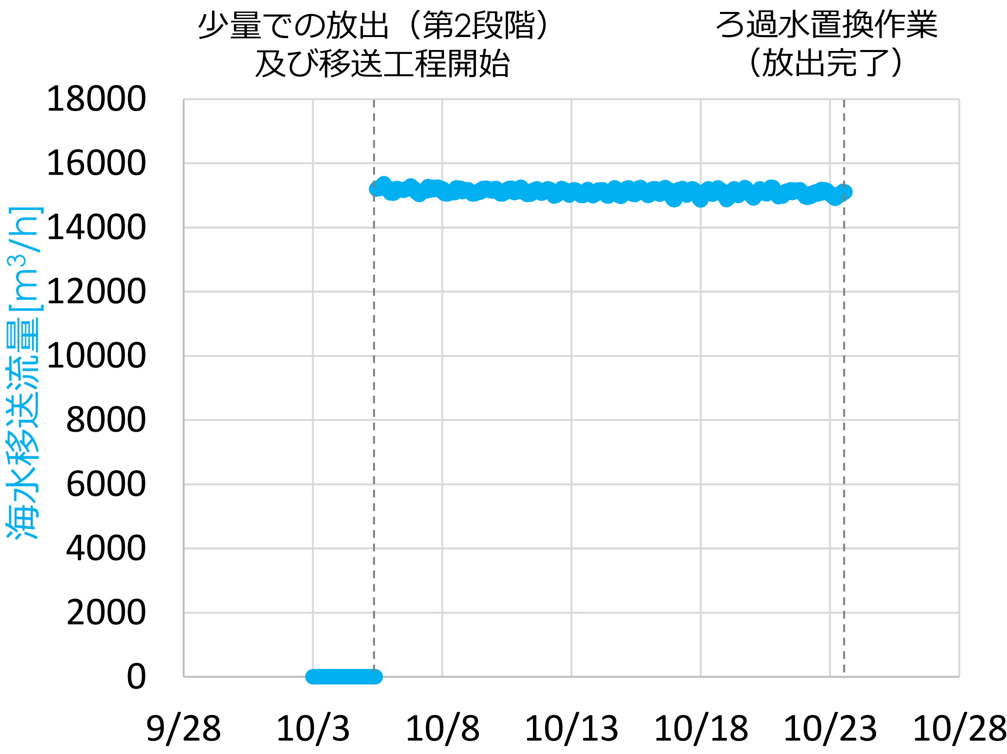
1-2. 第２回放出期間中の運転パラメータの実績

TEPCO

■ ALPS処理水移送系統及び海水系統ともに異常無く、運転することができた。



ALPS処理水移送流量及び積算流量



海水移送流量

● ALPS処理水移送流量※1　● ALPS処理水積算流量

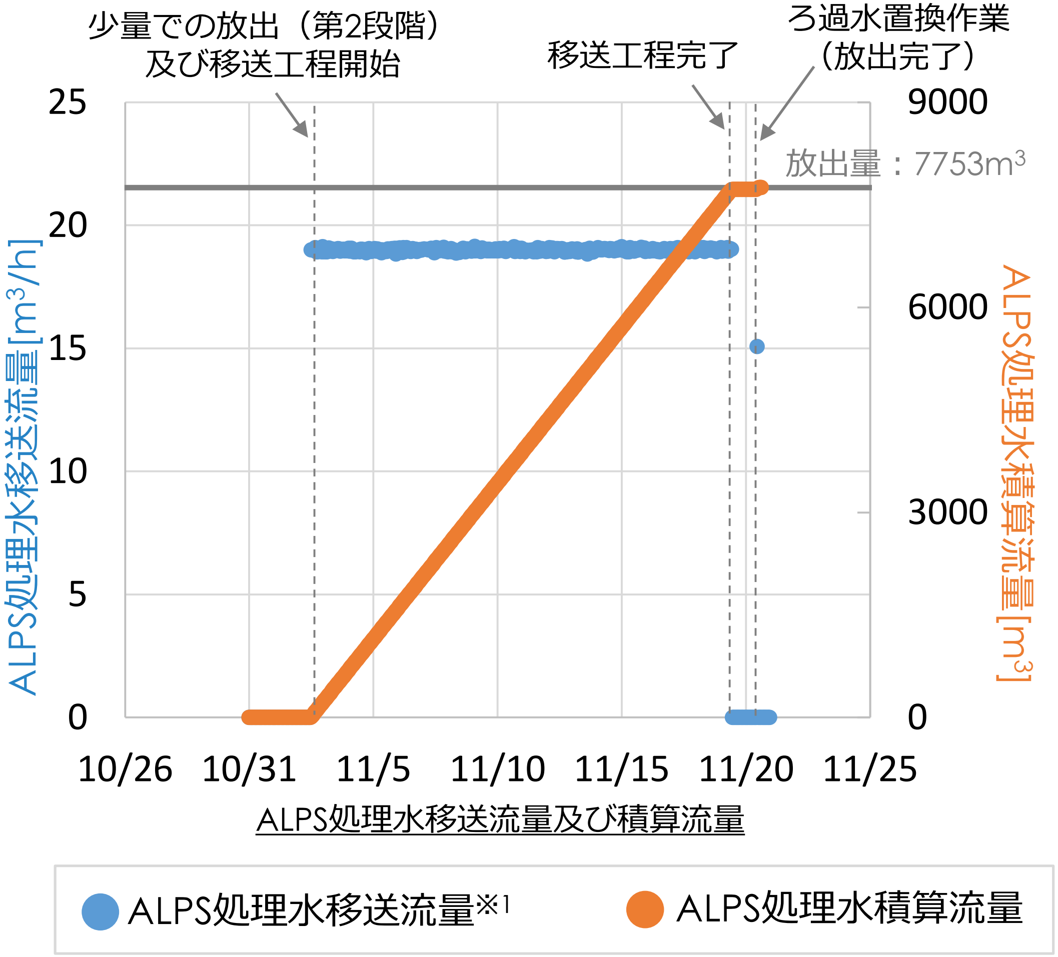
● 海水移送流量※2

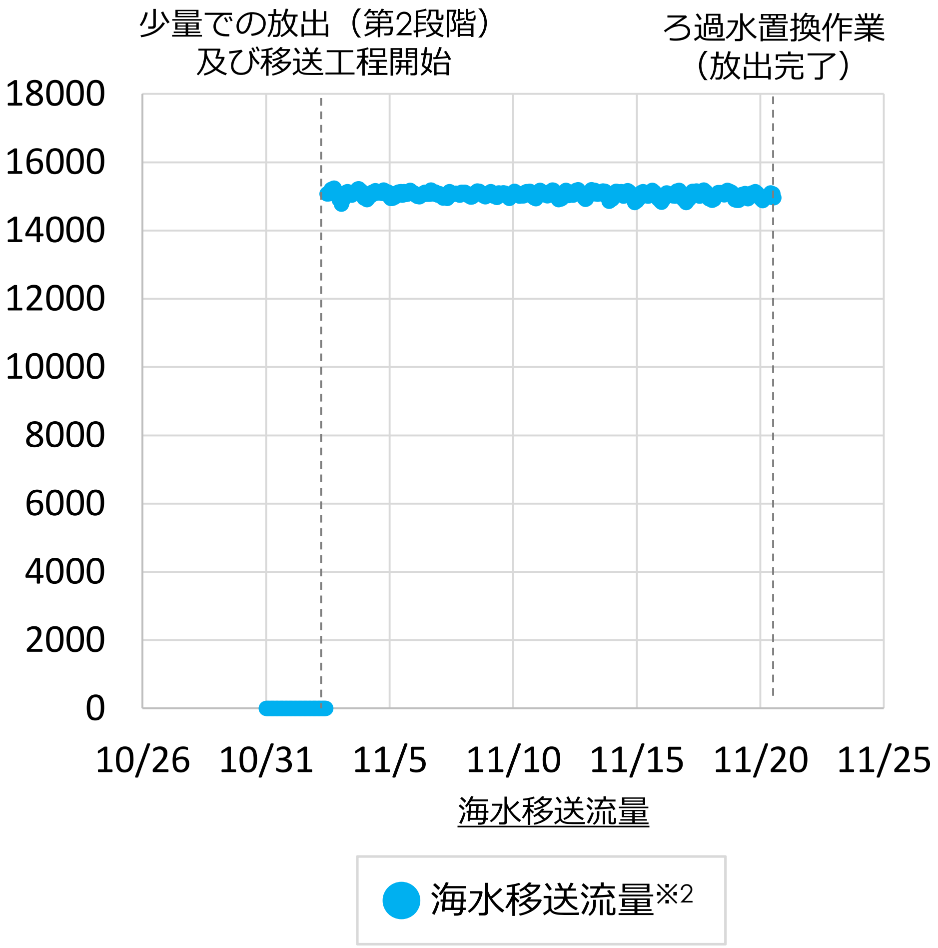
※1：流量計は2重化しているため、2つの値のうち、高い方をプロット
※2： A/B系統の合計値をプロット

1-3. 第３回放出期間中の運転パラメータの実績

TEPCO

■ ALPS処理水移送系統及び海水系統ともに異常無く、運転することができた。



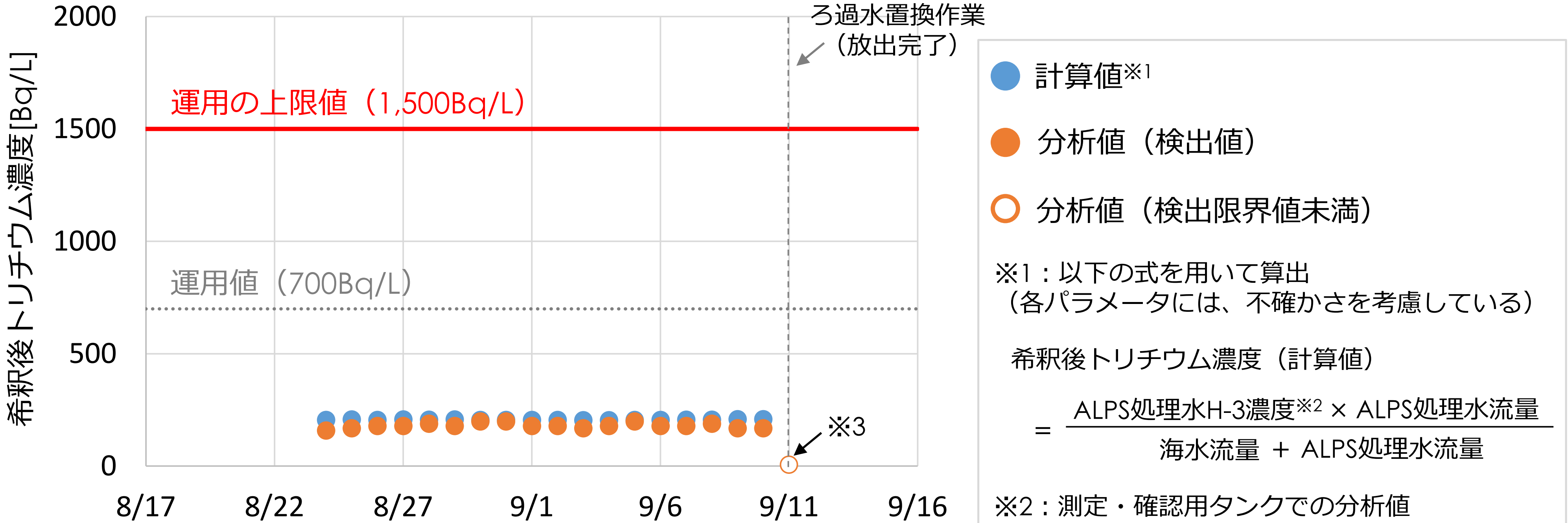


※1：流量計は2重化しているため、2つの値のうち、高い方をプロット
※2： A/B系統の合計値をプロット

2-1. 第１回放出期間中の希釈後トリチウム濃度

TEPCO

- 放出期間中は毎日、海水配管ヘッダ下流の水を採取し、トリチウム濃度を分析。
  ⇒運用の上限値である1,500Bq/L未満であることを確認。
- なお、9/11はALPS処理水移送配管に配管容積以上のろ過水を移送した時点で試料を採取し、その試料を分析した結果、検出限界値未満となったことから、ALPS処理水移送配管内がろ過水に置換されたことを確認した。



希釈後トリチウム濃度（計算値及び分析値）

※1：以下の式を用いて算出
（各パラメータには、不確かさを考慮している）

希釈後トリチウム濃度（計算値）

$$= \frac{\text{ALPS処理水H-3濃度}^{※2} \times \text{ALPS処理水流量}}{\text{海水流量} + \text{ALPS処理水流量}}$$

※2：測定・確認用タンクでの分析値

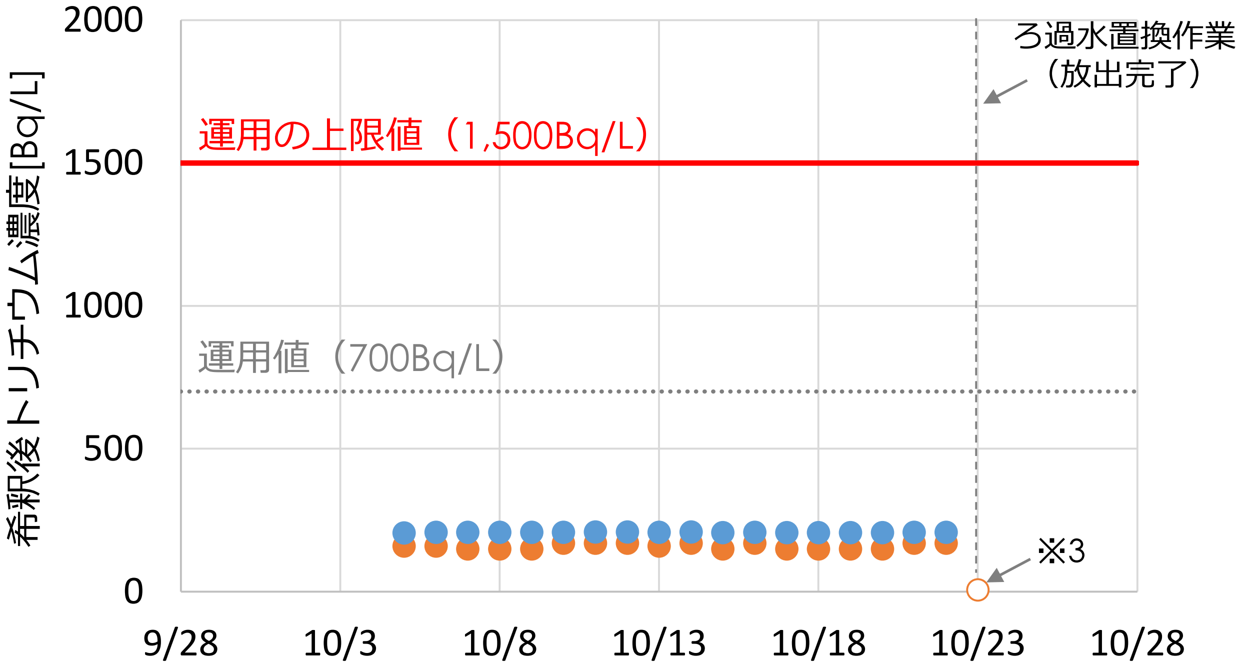
※3：ろ過水置換作業を実施しているため、計算値は無い。

	8/24	8/25～9/10	9/11
計算値：データ抽出時間	16:00	7:00	−
分析値：試料採取時間	15:22	7:00～10:00	12:11

2-2. 第２回放出期間中の希釈後トリチウム濃度

TEPCO

- 放出期間中は毎日、海水配管ヘッダ下流の水を採取し、トリチウム濃度を分析。
  ⇒運用の上限値である1,500Bq/L未満であることを確認。
- なお、10/23はALPS処理水移送配管に配管容積以上のろ過水を移送した時点で試料を採取し、その試料を分析した結果、検出限界値未満となったことから、ALPS処理水移送配管内がろ過水に置換されたことを確認した。



希釈後トリチウム濃度（計算値及び分析値）

- 計算値※1
- 分析値（検出値）
- 分析値（検出限界値未満）

※1：以下の式を用いて算出
（各パラメータには、不確かさを考慮している）

希釈後トリチウム濃度（計算値）

$$= \frac{\text{ALPS処理水H-3濃度}^{※2} \times \text{ALPS処理水流量}}{\text{海水流量} + \text{ALPS処理水流量}}$$

※2：測定・確認用タンクでの分析値

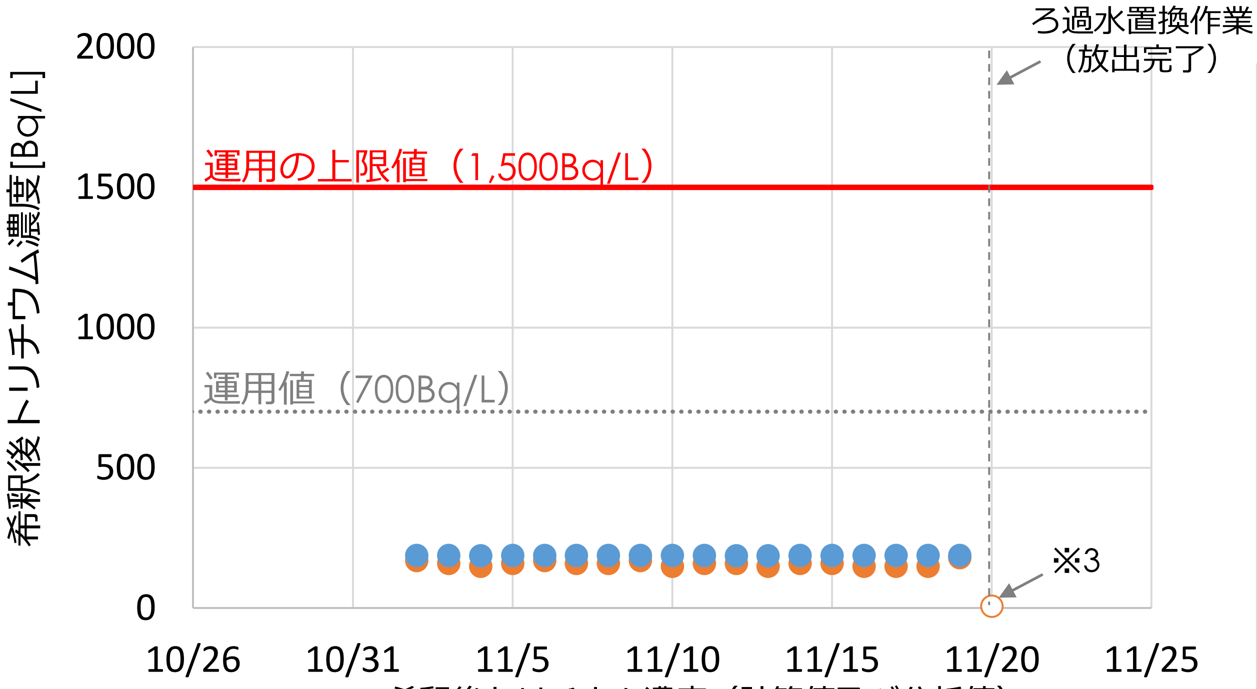
※3：ろ過水置換作業を実施しているため、計算値は無い。

	10/5	10/6～10/22	10/23
計算値：データ抽出時間	14:00	7:00	－
分析値：試料採取時間	14:13	7:00～10:00	11:54

2-3. 第３回放出期間中の希釈後トリチウム濃度

TEPCO

- 放出期間中は毎日、海水配管ヘッダ下流の水を採取し、トリチウム濃度を分析。
  ⇒運用の上限値である1,500Bq/L未満であることを確認。
- なお、11/20はALPS処理水移送配管に配管容積以上のろ過水を移送した時点で試料を採取し、その試料を分析した結果、検出限界値未満（ND）となったことから、ALPS処理水移送配管内がろ過水に置換されたことを確認した。



希釈後トリチウム濃度（計算値及び分析値）

※1：以下の式を用いて算出
（各パラメータには、不確かさを考慮している）

希釈後トリチウム濃度（計算値）

$$= \frac{\text{ALPS処理水H-3濃度}^{※2} \times \text{ALPS処理水流量}}{\text{海水流量} + \text{ALPS処理水流量}}$$

※2：測定・確認用タンクでの分析値

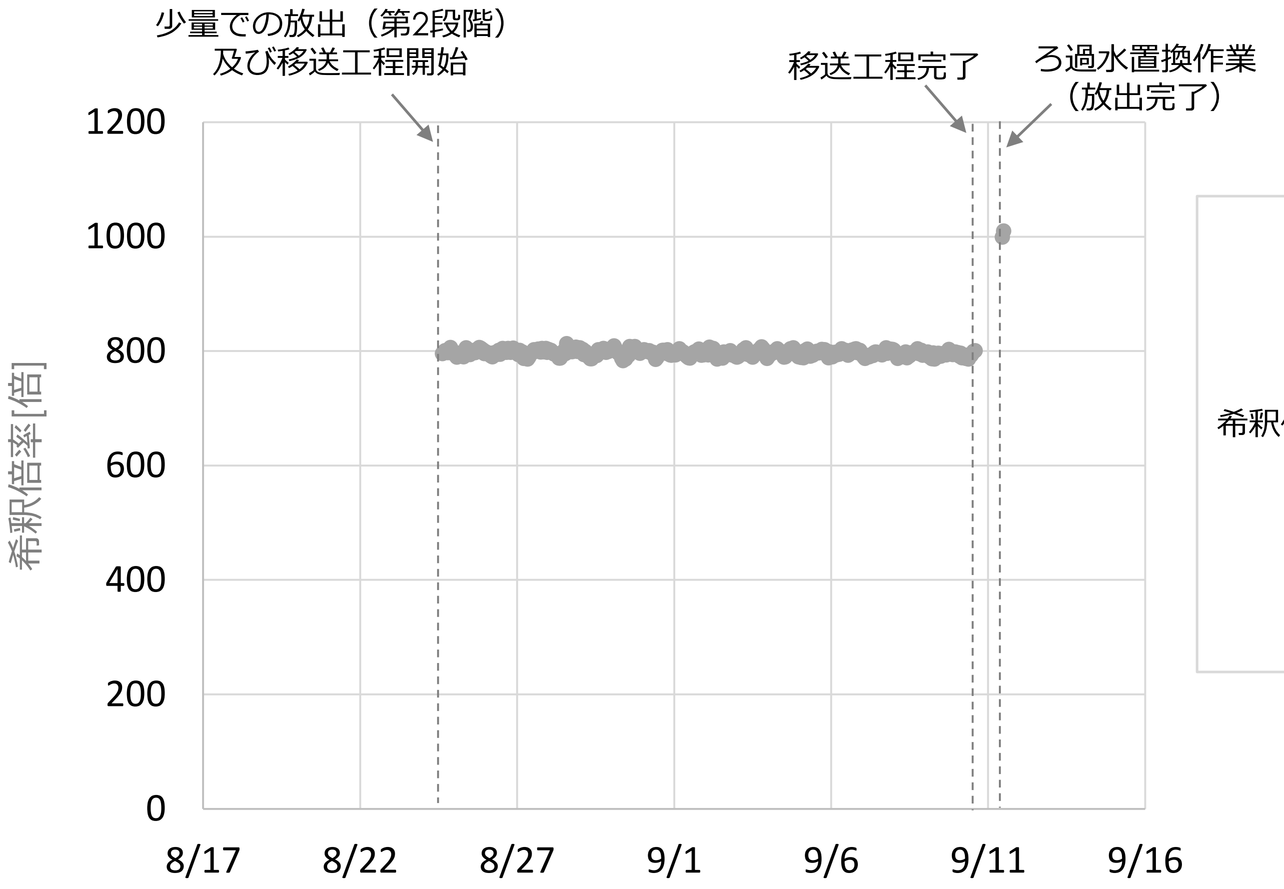
※3：ろ過水置換作業を実施しているため、計算値は無い。

	11/2	11/3～11/19	11/20
計算値：データ抽出時間	14:00	7:00	－
分析値：試料採取時間	14:13	7:00～10:00	11:41

3-1. 第１回放出期間中のALPS処理水の希釈倍率

TEPCO

■ ALPS処理水の希釈倍率は常時100倍以上で運転することができた。



ALPS処理水の希釈倍率

● 希釈倍率※1

※1：以下の式を用いて算出

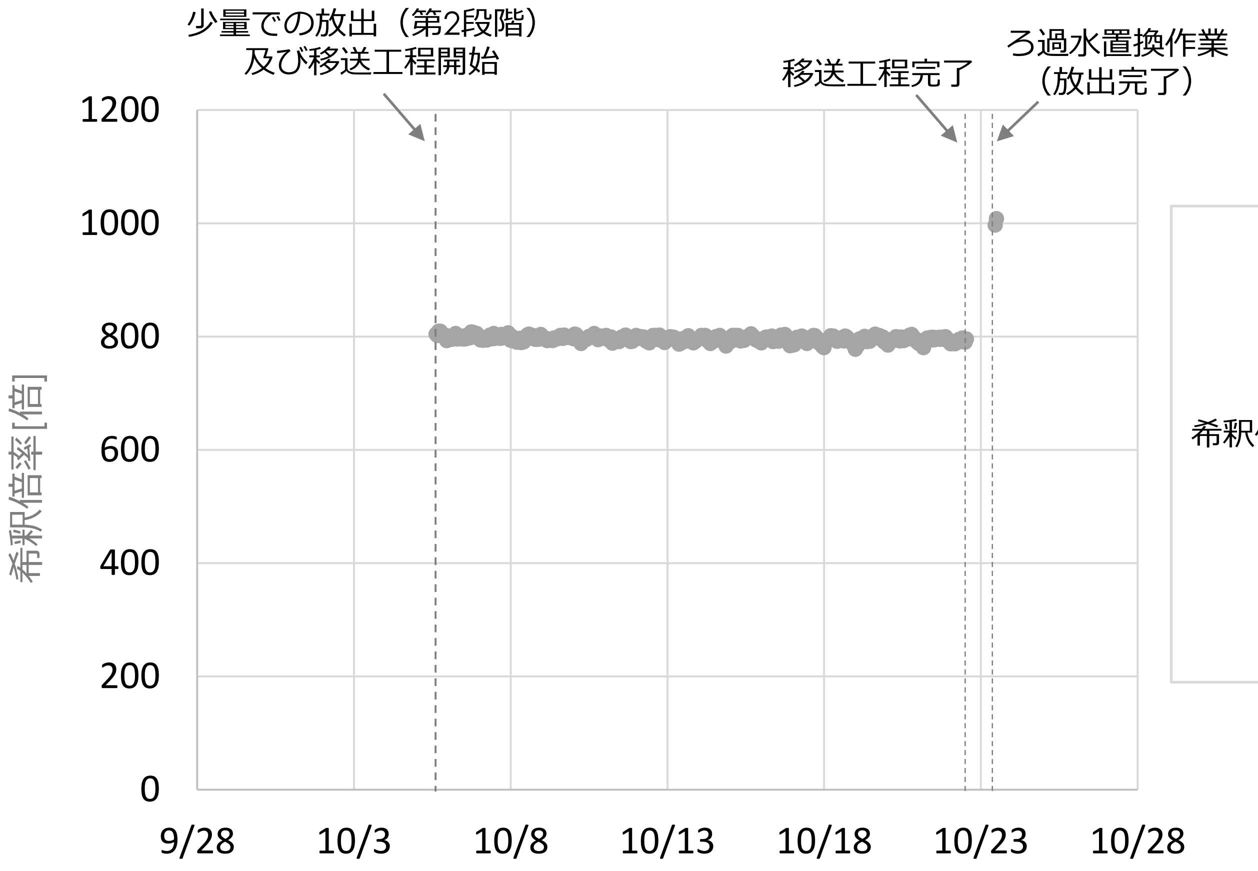
$$希釈倍率 = \frac{海水流量^{※2} + ALPS処理水流量^{※3}}{ALPS処理水流量^{※3}}$$

※2： A/B系統の合計値
※3：流量計は2重化しているため、2つの値のうち、高い方の値から算出

3-2. 第２回放出期間中のALPS処理水の希釈倍率

TEPCO

■ ALPS処理水の希釈倍率は常時100倍以上で運転することができた。



ALPS処理水の希釈倍率

● 希釈倍率※1

※1：以下の式を用いて算出

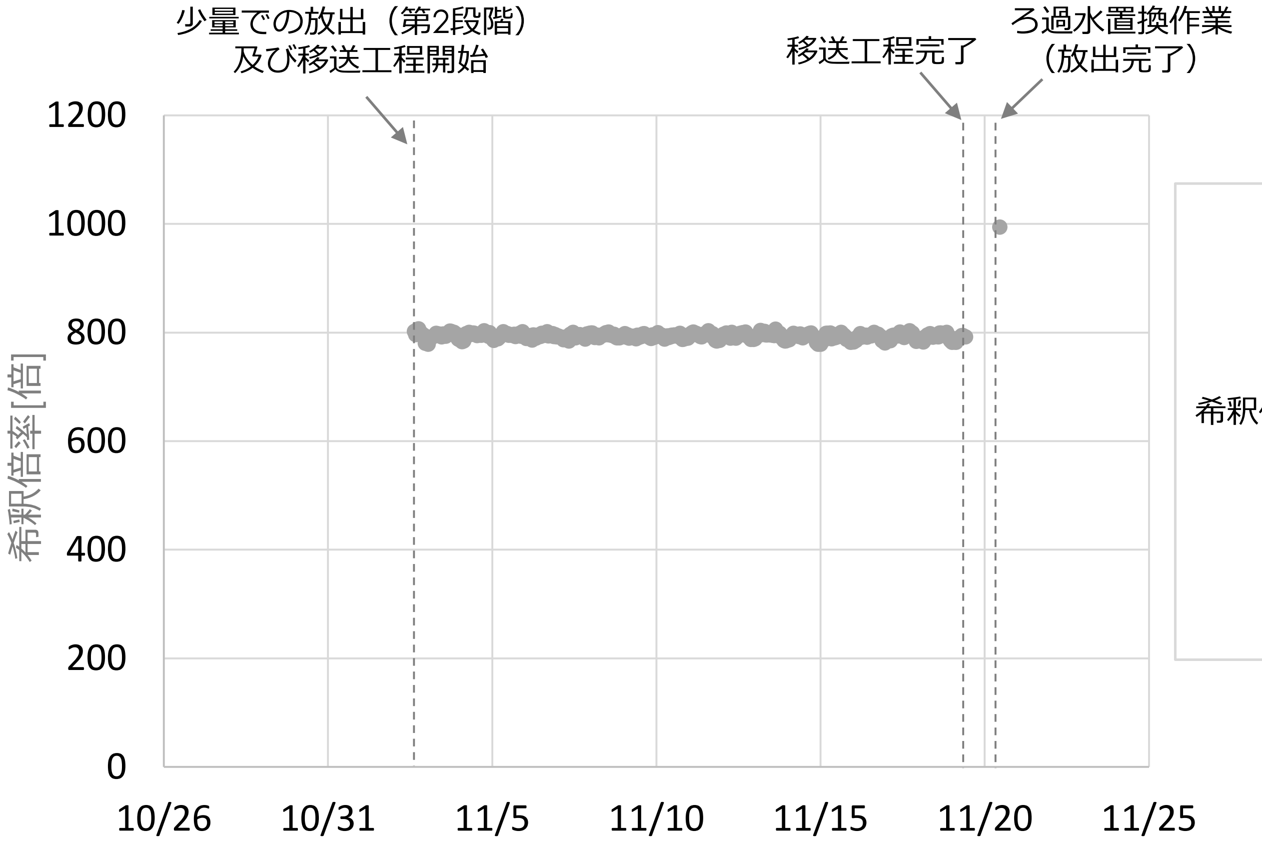
$$\text{希釈倍率} = \frac{\text{海水流量}^{※2} + \text{ALPS処理水流量}^{※3}}{\text{ALPS処理水流量}^{※3}}$$

※2： A/B系統の合計値
※3：流量計は2重化しているため、2つの値のうち、高い方の値から算出

3-3. 第３回放出期間中のALPS処理水の希釈倍率

TEPCO

■ ALPS処理水の希釈倍率は常時100倍以上で運転することができた。



ALPS処理水の希釈倍率

● 希釈倍率※1

※1：以下の式を用いて算出

$$希釈倍率 = \frac{海水流量^{※2} + ALPS処理水流量^{※3}}{ALPS処理水流量^{※3}}$$

※2： A/B系統の合計値
※3：流量計は2重化しているため、2つの値のうち、高い方の値から算出

【参考】測定・評価対象核種（29核種）の放射能総量（1/3）

TEPCO

- 第1回放出（B群）における、測定・評価対象核種（29核種）の放射能総量[Bq]は以下の通り。（それぞれの分析値※1[Bq/L]と放出量（7,788m³）から算出。）

※1：告示濃度比総和は0.28となり、1未満であることを確認

- なお、分析値が検出限界値未満である核種の放射能総量は算出しない。

核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]	核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]	核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]
C-14	1.4E+01	1.1E+08	Sb-125	1.8E-01	1.4E+06	U-234※3	<2.1E-02	－
Mn-54	<2.6E-02	－	Te-125m※2	6.4E-02	5.0E+05	U-238※3	<2.1E-02	－
Fe-55	<1.5E+01	－	I-129	2.0E+00	1.5E+07	Np-237※3	<2.1E-02	－
Co-60	3.5E-01	2.7E+06	Cs-134	<3.3E-02	－	Pu-238※3	<2.1E-02	－
Ni-63	<8.8E+00	－	Cs-137	4.7E-01	3.6E+06	Pu-239※3	<2.1E-02	－
Se-79	<9.3E-01	－	Ce-144	<3.6E-01	－	Pu-240※3	<2.1E-02	－
Sr-90	4.1E-01	3.2E+06	Pm-147※2	<3.1E-01	－	Pu-241※2	<5.8E-01	－
Y-90※2	4.1E-01	3.2E+06	Sm-151※2	<1.2E-02	－	Am-241※3	<2.1E-02	－
Tc-99	6.8E-01	5.3E+06	Eu-154	<7.0E-02	－	Cm-244※3	<2.1E-02	－
Ru-106	<2.5E-01	－	Eu-155	<1.9E-01	－			

※2：放射平衡等により分析値を評価

※3：全α測定値

【参考】測定・評価対象核種（29核種）の放射能総量（2/3）

- 第2回放出（C群）における、測定・評価対象核種（29核種）の放射能総量[Bq]は以下の通り。（それぞれの分析値※1[Bq/L]と放出量（7,810m^3）から算出。）

※1：告示濃度比総和は0.25となり、1未満であることを確認

- なお、分析値が検出限界値未満である核種の放射能総量は算出しない。

核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]	核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]	核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]
C-14	1.3E+01	1.0E+08	Sb-125	<8.8E-02	−	U-234※3	<3.0E-02	−
Mn-54	<2.3E-02	−	Te-125m※2	<3.1E-02	−	U-238※3	<3.0E-02	−
Fe-55	<1.4E+01	−	I-129	1.8E+00	1.4E+07	Np-237※3	<3.0E-02	−
Co-60	2.4E-01	1.9E+06	Cs-134	<3.0E-02	−	Pu-238※3	<3.0E-02	−
Ni-63	<8.9E+00	−	Cs-137	4.5E-01	3.5E+06	Pu-239※3	<3.0E-02	−
Se-79	<8.7E-01	−	Ce-144	<3.6E-01	−	Pu-240※3	<3.0E-02	−
Sr-90	<3.2E-02	−	Pm-147※2	<3.2E-01	−	Pu-241※2	<8.1E-01	−
Y-90※2	<3.2E-02	−	Sm-151※2	<1.2E-02	−	Am-241※3	<3.0E-02	−
Tc-99	<1.9E-01	−	Eu-154	<7.1E-02	−	Cm-244※3	<3.0E-02	−
Ru-106	<2.1E-01	−	Eu-155	<2.4E-01	−			

※2：放射平衡等により分析値を評価

※3：全α測定値

【参考】測定・評価対象核種（29核種）の放射能総量（3/3）

- 第3回放出（A群）における、測定・評価対象核種（29核種）の放射能総量[Bq]は以下の通り。（それぞれの分析値※1[Bq/L]と放出量（7,753m^3）から算出。）

※1：告示濃度比総和は0.25となり、1未満であることを確認

- なお、分析値が検出限界値未満（ND）である核種の放射能総量は算出しない。

核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]	核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]	核種	分析値[Bq/L]	放射能総量[Bq]
C-14	1.4E+01	1.1E+08	Sb-125	<9.4E-02	－	U-234※3	<2.4E-02	－
Mn-54	<2.5E-02	－	Te-125m※2	<3.3E-02	－	U-238※3	<2.4E-02	－
Fe-55	<1.6E+01	－	I-129	1.9E+00	1.5E+07	Np-237※3	<2.4E-02	－
Co-60	3.3E-01	2.6E+06	Cs-134	<2.9E-02	－	Pu-238※3	<2.4E-02	－
Ni-63	<9.0E+00	－	Cs-137	3.8E-01	2.9E+06	Pu-239※3	<2.4E-02	－
Se-79	<8.9E-01	－	Ce-144	<4.0E-01	－	Pu-240※3	<2.4E-02	－
Sr-90	4.1E-02	3.2E+05	Pm-147※2	<3.4E-01	－	Pu-241※2	<6.5E-01	－
Y-90※2	4.1E-02	3.2E+05	Sm-151※2	<1.3E-02	－	Am-241※3	<2.4E-02	－
Tc-99	<2.0E-01	－	Eu-154	<7.7E-02	－	Cm-244※3	<2.4E-02	－
Ru-106	<2.3E-01	－	Eu-155	<2.6E-01	－			

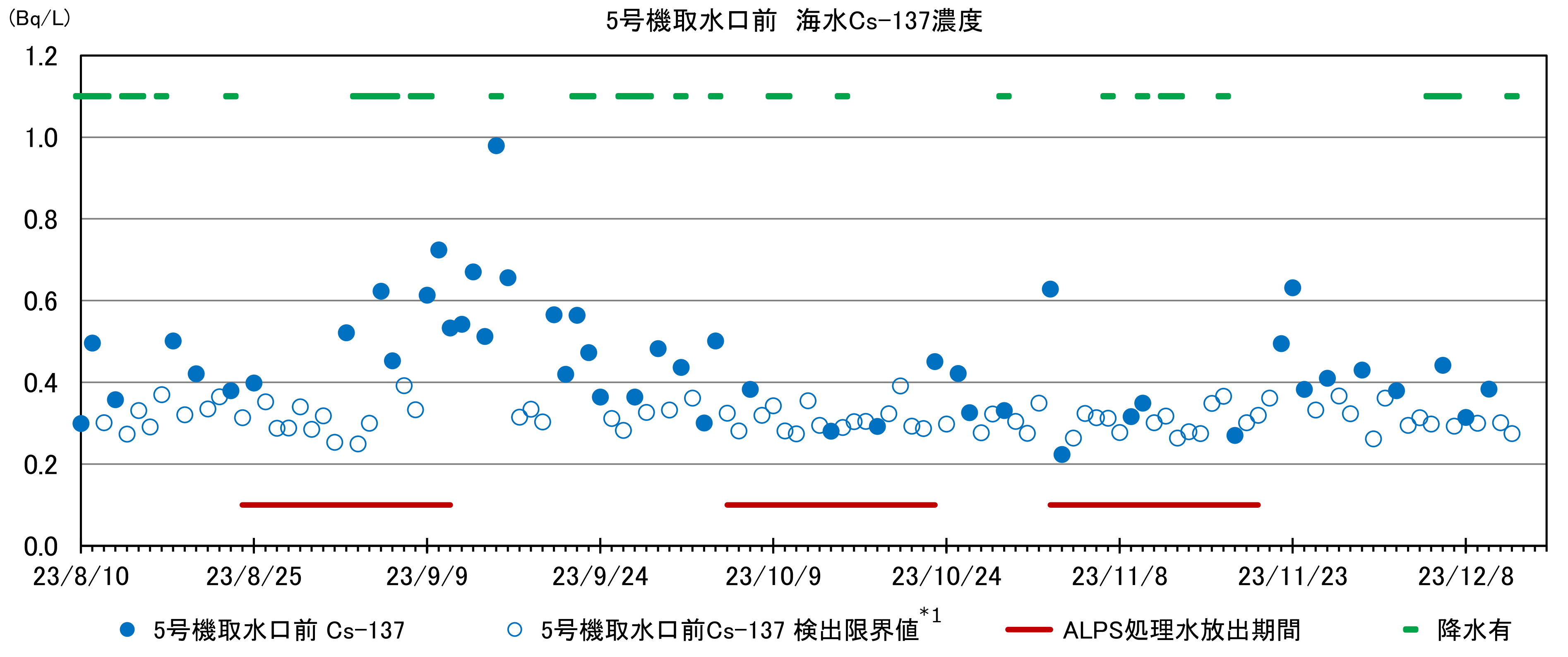
※2：放射平衡等により分析値を評価

※3：全α測定値

4. 5号機取水路の海水Cs-137濃度について

TEPCO

■ ALPS処理水の放出期間中の希釈用海水の取水口付近での海水モニタリング結果は、放出期間外の値と同等であることを確認している。



*1：検出限界値未満の場合に検出限界値を表示

※5,6号機取水路開渠内の海水モニタリング位置を、希釈用海水の取水口付近の採取地点に変更して実施している（6号機取水口前から5号機取水口前）。

5-1. 放出中の気象海象データを用いた拡散シミュレーションについて

TEPCO

- 放射線環境影響評価に用いた海洋拡散シミュレーションの妥当性を確認するため、実際のトリチウム放出量と実際の気象・海象データを用いて、トリチウムの拡散計算を実施中
- 現時点では、第1回の放出期間（8月22日~9月11日）について、計算・評価をしているところ。
- 今後、第2回、第3回の拡散計算を行うとともに、海域モニタリング結果と比較検証を進めていく。

第1回の放出期間における計算条件（モデルは放射線環境影響評価書と同じ）

トリチウムの放出量

・8/24 13:03~9/10 14:52まで一定

放出率＝2.66E+09Bq/時（＝14万Bq/L×456m3/日×1000L/m3÷24h/日）

・9/11 10:33~12:15

放出率＝1.32E+09Bq/時（＝14万Bq/L×16m3×1000L/m3÷102/60時）

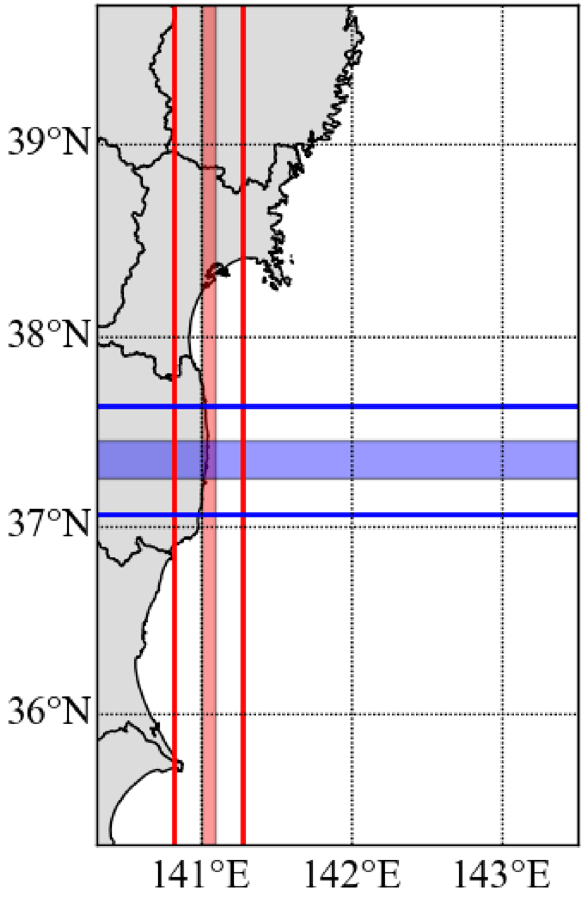
環境情報

・放出期間中の気象、海象データ（気象庁、海洋研究開発機構等）

【参考】拡散シミュレーション（領域海洋モデル）の概要

TEPCO

- 福島第一原子力発電所事故後の海水中セシウム濃度の拡散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（JCOPE2M[2][3]）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
- 気象・海象データ
  - 放出期間の気象・海象データを使用

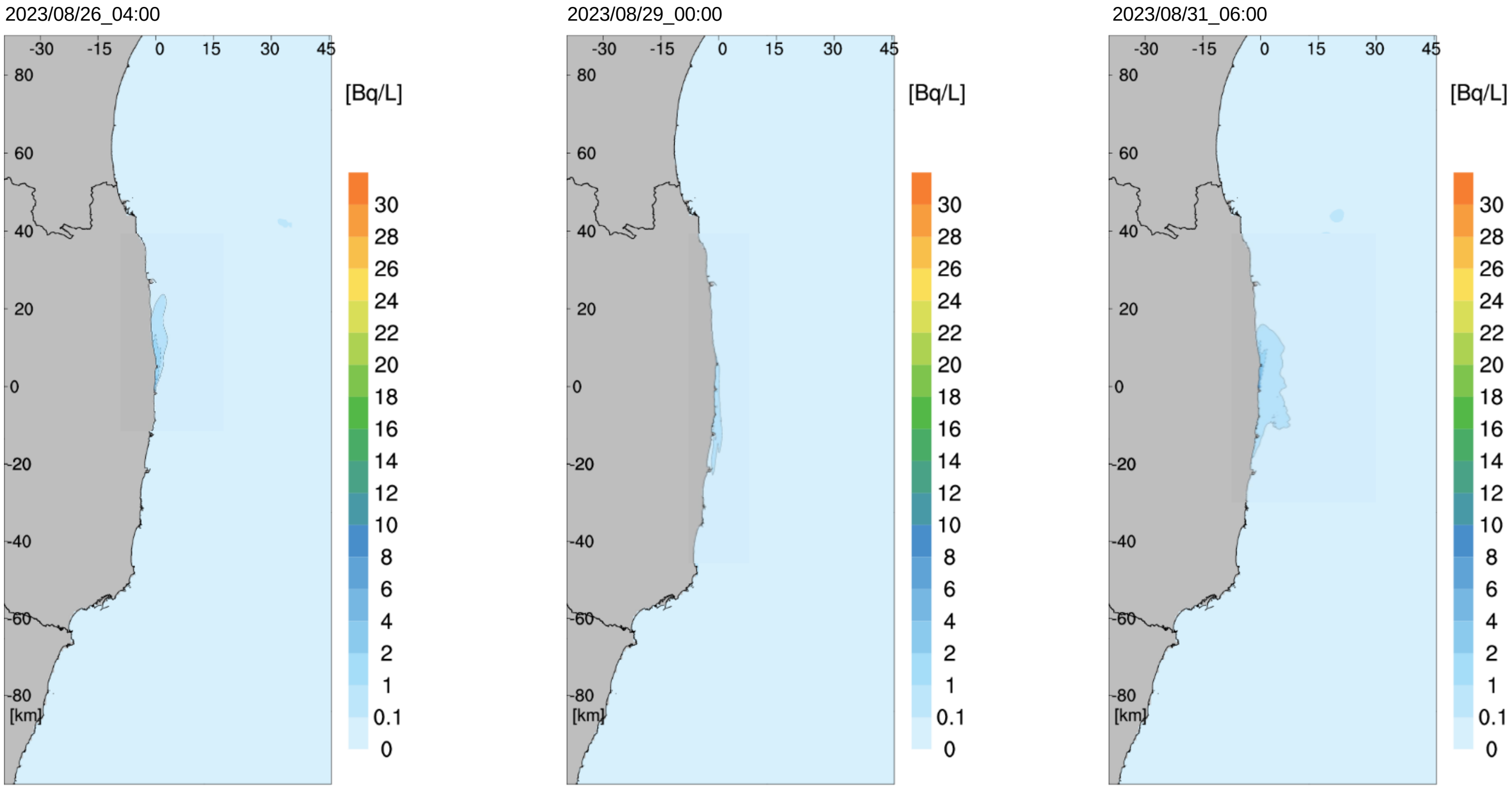
*データ同化：数値シミュレーションに実測データを取り入れる手法のこと。ナッジングともいう。

[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] Miyazawa, Y., A. Kuwano-Yoshida, T. Doi, H. Nishikawa, T. Narazaki, T. Fukuoka, and K. Sato, 2019: Temperature profiling measurements by sea turtles improve ocean state estimation in the Kuroshio-Oyashio Confluence region, Ocean Dynamics, 69, 267-282.
[3] Miyazawa, Y., S. M. Varlamov, T. Miyama, X. Guo, T. Hihara, K. Kiyomatsu, M. Kachi, Y. Kurihara, and H. Murakami, 2017: Assimilation of high-resolution sea surface temperature data into an operational nowcast/forecast system around Japan using a multi-scale three dimensional variational scheme, Ocean Dynamics, 67, 713-728.

5-2. 放出期間中の気象海象データによる拡散計算結果（計算例）

TEPCO

■ 放出期間中のトリチウム放出量及び気象海象データを用いた拡散計算結果の例は以下の通り。今後、海水モニタリング結果との比較を行う。



8月26日 4:00
（北向きの流れ）

8月29日 0:00
（南向きの流れ）

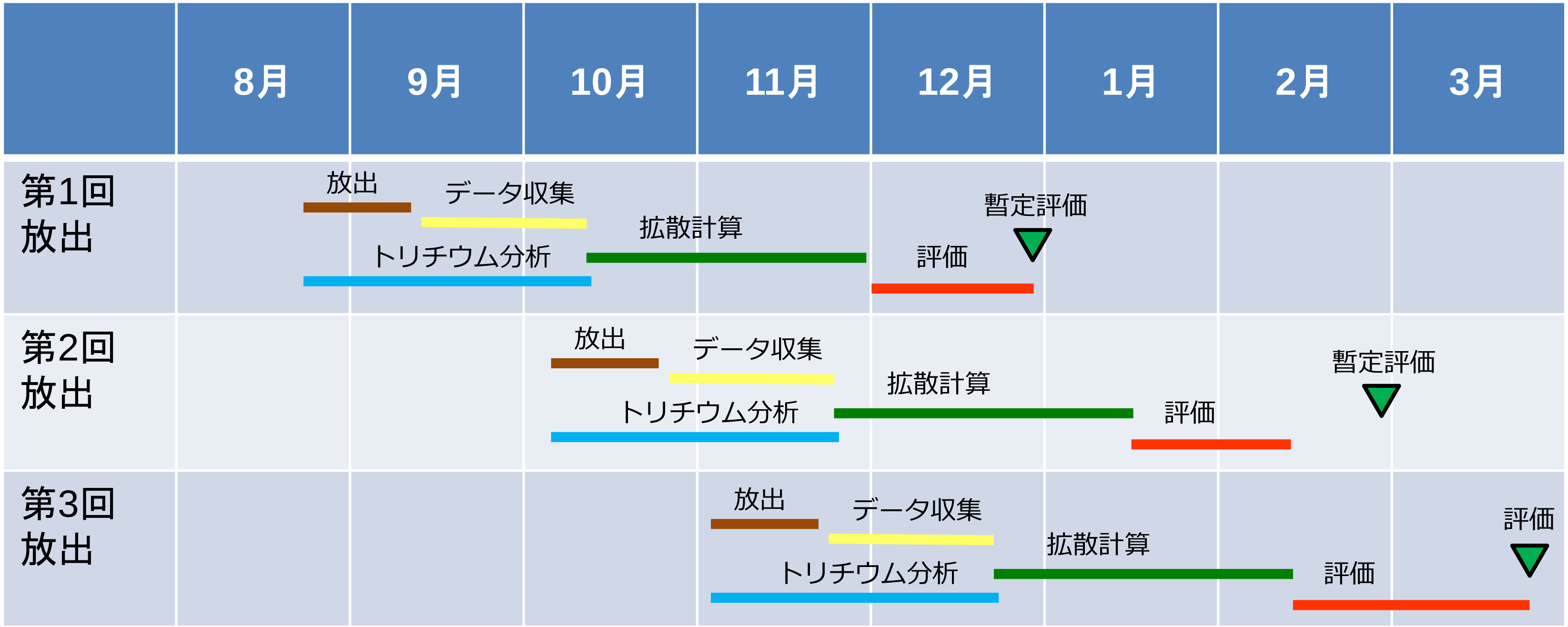
8月31日 6:00
（低流速の場合）

図　拡散計算結果（海表面の1時間平均濃度分布図）

5-3. 拡散シミュレーションの検証工程

TEPCO

- 放出期間中に採取した海水のトリチウム分析に1か月程度を要する。
- また、気象海象データは再解析があるため入手は約1ヶ月後となる。
- その後拡散計算を実施し評価を行うため、全体の工程としては放出完了から評価までに3か月程度を要する。
- 12月に第1回放出の暫定的な評価、来年2月に第2回放出の暫定的な評価、来年3月末に第3回放出までをまとめた評価を予定



6-1. 第4回放出の計画

TEPCO

- 第4回放出に向けた、K4エリアE群及びK3エリアA群から測定・確認用設備B群への移送は12/11に完了。
- 12/15から循環攪拌運転を実施しており、12/22にサンプリング予定。
- 2024年2月下旬から、第4回放出を開始する予定。

回	対象	容量	二次処理	トリチウム濃度	トリチウム総量	状況
第1回放出	測定・確認用設備（K4エリア）B群	：約7,800m³	：無	：14万ベクレル/リットル	：1.1 兆ベクレル	完了
第2回放出	測定・確認用設備（K4エリア）C群	：約7,800m³	：無	：14万ベクレル/リットル	：1.1兆ベクレル	完了
第3回放出	測定・確認用設備（K4エリア）A群	：約7,800m³	：無	：13万ベクレル/リットル	：1.0 兆ベクレル	完了
第4回放出	K4エリアE群（測定・確認用設備 B群※2に移送） K3エリアA群（測定・確認用設備 B群※2に移送）	：約4,500m³ ：約3,300m³	：無	：17～21万ベクレル/リットル ※1	：1.4兆ベクレル ※1	

➡ 2023年度放出トリチウム総量：約5兆ベクレル

※1　タンク群平均、2023年7月1日時点までの減衰を考慮した評価値
※2 第1回放出後、空になったB群に移送

6-2. 放出計画の考え方

TEPCO

- 原則として、**トリチウム濃度の低いものから順次放出。**
- 本原則を踏まえつつ、トリチウム濃度に加えて廃炉に必要な施設や今後のタンクの運用等も勘案して、**毎年度末に翌年度の放出計画を策定、公表する。**

※放出計画の策定にあたり考慮すべき事項

- トリチウム以外の放射性物質の濃度が国の基準（告示濃度比総和１未満）を確実に満たした上で、年間トリチウム放出総量を減らすために、日々発生分のトリチウム濃度の傾向を踏まえ、翌年度に日々発生分と既貯留分のどちらを優先して放出するかを決定。
- 当面の間、円滑に放出を進めるため、二次処理が不要と見込まれる既貯留分を放出。
- 測定・確認用設備へのALPS 処理水の移送作業を考慮し、測定・確認用設備に近い貯留タンクから放出。