

ALPS処理水放出に関する 海洋拡散シミュレーションについて

2024年6月12日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1-1. 海洋拡散シミュレーションの妥当性検証について

- 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（以下、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気象・海象データを用いたトリチウムの拡散シミュレーション結果と、海水モニタリング結果との比較評価を実施した。
- 今回、第3回の放出期間（11月2日～11月20日）について、拡散計算の結果と海水モニタリングデータの比較検証を行うとともに、第1回、第2回の放出期間について、その後公表されたモニタリングデータの追加等を行い、第1回から第3回まで全体を通しての評価をとりまとめた。



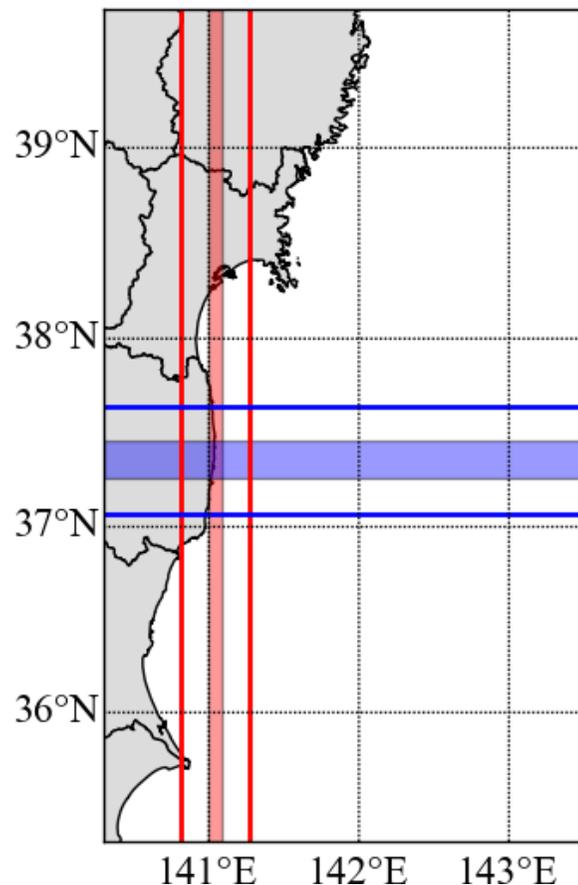
1-2. 本報告における妥当性検証の考え方について

以下の考え方に基づき、妥当性の検証を実施した。

- 比較対象とした当社のモニタリング地点は、濃度の上昇を確認可能と考えられる放水口付近（発電所港湾から3km以内）の10地点及び発電所正面の10km四方内の放水口付近を除く4地点とした。
- なお、放水口付近で行われている他機関（環境省、原子力規制庁、福島県）のモニタリングデータについても、評価の対象とした。
- 不確かさの小さいと考えられる通常モニタリングの結果を対象とした。（迅速分析は対象外とした）
- 検出された海水モニタリングデータが少ないこと、シミュレーションには不確かさがあること、さらにシミュレーションはある地点での濃度を精緻に再現するためのものではないことから、**妥当性の検証は、数字の比較ではなく、濃度上昇傾向（拡散の傾向）が再現されているかを評価した。**

1-3. 拡散シミュレーション（領域海洋モデル）の概要

- 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（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（左図の赤/青のハッチング部と赤/青線のあいだを段階的に最小評価エリア約200m四方まで解像度を変化）
 - 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.

海洋拡散シミュレーションの妥当性検証

第1回放出期間（2023年8月24日～9月11日）の評価

2-1. 第1回の放出期間における検証について

- 第1回の放出期間（8月24日～9月11日）について、以下の条件で拡散計算を行い、放出期間中のモニタリング結果との比較を行った。
 - 拡散モデルは、放射線環境影響評価にて用いたモデルをそのまま適用。
 - トリチウムの放出率を測定・確認用設備で測定した濃度と日々の放出水量から計算し、モデルに入力。

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

- ・ 9/11 10:33～12:15

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

気象・海象データ

- ・ 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

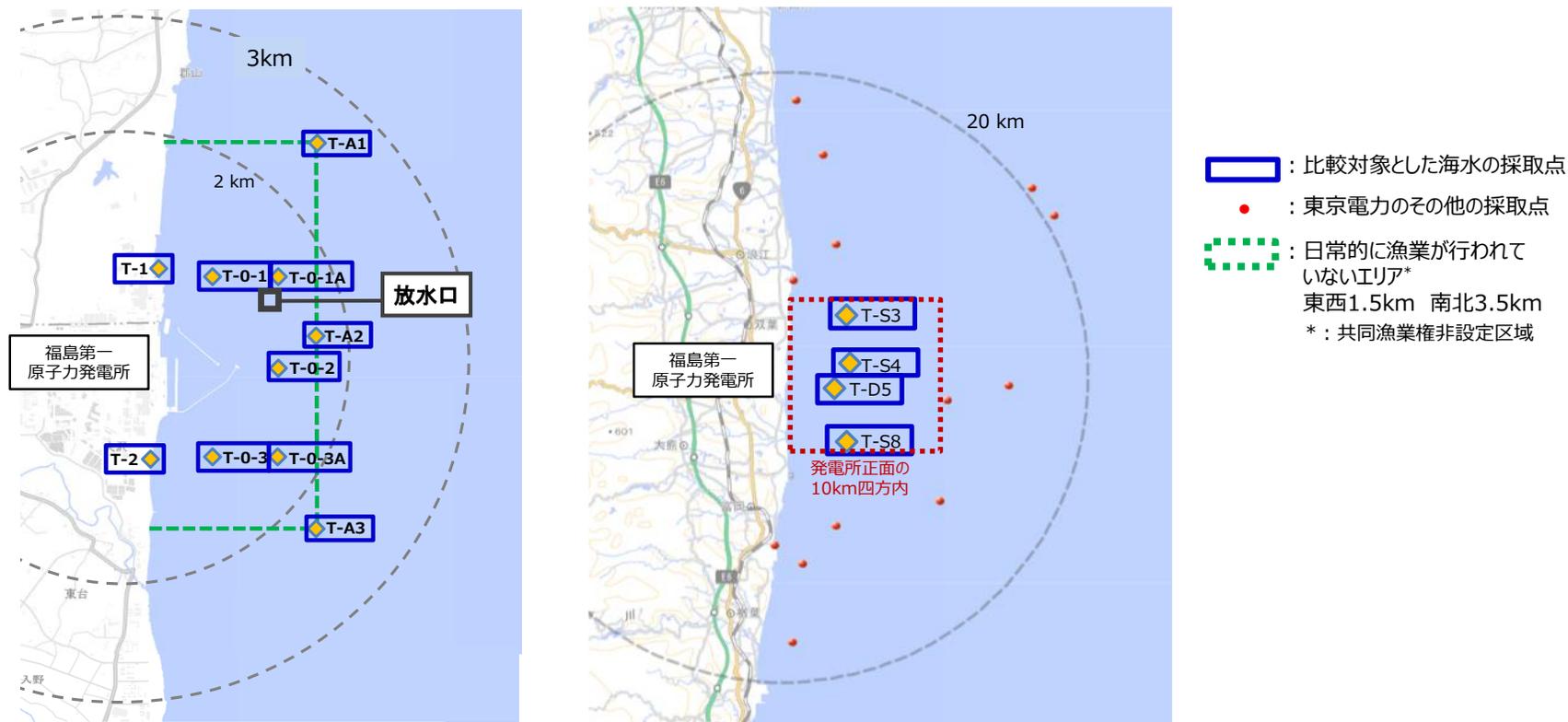
放射線環境影響評価書で拡散シミュレーションを行った際のトリチウムの放出量

- ・ 年間を通じて一定

放出率 = $2.51E+09$ Bq/時（= 22兆Bq/年÷8760時/年）

2-2. 第1回放出期間中のモニタリング結果（概要）

- 8月24日の放出開始以降、放水口付近（発電所から3km以内）の10地点、放水口付近の外側（発電所正面の10km四方内）の4地点で採取した海水についてトリチウムの迅速に分析結果を得る測定（目標検出下限値10Bq/L未満）を実施した。第1回放出期間中（8月24日～9月11日）の最大濃度は8月31日にT-0-1A地点で採取した海水の10Bq/Lであり、いずれも指標（放出停止判断レベル、調査レベル）を下回っている。
- 通常モニタリング（目標検出下限値0.4Bq/L未満または0.1Bq/L未満）においては、放水口付近（発電所から3km以内）で最高2.6Bq/L（8月24日のT-0-1A）、放水口付近の外側（発電所正面の10km四方内）で検出された最も高い濃度は0.59Bq/L（8月31日のT-D5）であった。



2-3-1. 第1回放出期間中のモニタリング結果 (1/3)

- 第1回放出期間中の海水モニタリング結果を下表に示す。
- 検証は、放水口付近の通常分析で0.1Bq/Lを超える濃度のトリチウムが検出された8月24日,26日,30日,9月4日,9月11日について実施した。(黒枠部)

(単位：Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	8月											
			24日 *1	24日 通常 *1,2	25日	26日	26日 通常 *3	27日	28日	29日	30日	30日 通常 *2,3	31日	31日 通常 *3
放水口 付近	T-1	1回/週*	<6.3	<0.34	<5.6	<6.6	0.97	<6.2	<7.3	<5.9	<6.4	1.0	<6.8	—
	T-2	1回/週*	<6.3	<0.33	<5.5	<6.5	1.1	<6.2	<7.3	<5.9	<6.3	1.3	<6.8	—
	T-0-1	1回/週*	<8.0	<0.34	<6.8	<6.1	0.66	<6.1	—*4	—*4	<6.8	<0.32	<8.2	—
	T-0-1A	1回/週*	<4.6	2.6	<7.6	<6.2	0.087	<6.1	—*4	—*4	<6.9	0.43	10	—
	T-0-2	1回/週*	<8.1	<0.35	<6.8	<6.1	0.92	<6.1	—*4	—*4	<6.8	1.4	<8.2	—
	T-0-3A	1回/週*	<4.7	<0.33	<7.6	<6.8	<0.068	<6.8	—*4	—*4	<7.6	<0.32	<5.1	—
	T-0-3	1回/週*	<8.0	<0.34	<6.9	<6.1	0.14	<6.1	—*4	—*4	<6.8	<0.31	<8.3	—
	T-A1	1回/週*	<6.6	<0.32	<7.6	<6.8	0.13	<6.8	—*4	—*4	<7.6	1.1	<5.1	—
	T-A2	1回/週*	<6.6	<0.32	<7.6	<6.8	0.065	<6.8	—*4	—*4	<7.7	1.5	<5.1	—
	T-A3	1回/週*	<6.6	<0.32	<6.9	<6.8	<0.072	<6.8	—*4	—*4	<7.6	1.1	<5.2	—
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<6.8	0.59
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.6	0.070	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.7	0.073	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.7	0.062	—	—

※：<○ は検出限界値○Bq/L未滿を示す。 ：ALPS処理水放出期間(B群)
*：放出開始後当面の間は毎日実施

*1：放出開始後の15時以降に採取
*3：検出限界値 0.1 Bq/L

*2：検出限界値 0.4 Bq/L
*4：高波の影響により採取中止

2-3-2. 第1回放出期間中のモニタリング結果 (2/3)

(単位 : Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	9月											
			1日	2日	3日	4日	4日 通常 *1	5日	6日	6日 通常 *1	7日	8日	9日	10日
放水口 付近	T-1	1回/週*	<7.2	<6.8	<5.8	<6.6	0.68	<7.1	<7.1	—	<6.1	<5.9	<6.0	<7.8
	T-2	1回/週*	<7.4	<6.8	<5.8	<6.6	0.90	<7.1	<7.1	—	<6.1	<5.9	<6.0	<7.8
	T-0-1	1回/週*	<7.3	<7.3	<6.8	<6.9	<0.34	<6.6	<6.6	—	<8.7	<6.9	<8.0	<7.0
	T-0-1A	1回/週*	<7.3	<8.2	<6.8	<6.9	<0.33	<7.0	<6.6	—	<8.7	<6.9	<8.0	<7.1
	T-0-2	1回/週*	<7.3	<7.3	<6.7	<7.0	0.74	<6.5	<6.6	—	<8.6	<6.8	<8.0	<7.0
	T-0-3A	1回/週*	<7.0	<7.8	<6.5	<5.9	<0.33	<7.6	<6.3	—	<5.3	<7.4	<6.5	<6.5
	T-0-3	1回/週*	<7.3	<8.2	<6.7	<6.8	<0.34	<7.8	<6.6	—	<8.7	<6.9	<8.0	<7.1
	T-A1	1回/週*	<7.1	<7.9	<6.5	<5.9	1.1	<7.6	<6.3	—	<5.3	<7.4	<6.4	<6.5
	T-A2	1回/週*	<7.1	<7.8	<6.5	<7.3	0.88	<7.6	<6.2	—	<5.3	<7.3	<6.6	<6.4
	T-A3	1回/週*	<7.1	<7.9	<6.5	<7.3	0.82	<7.6	<6.3	—	<5.3	<7.3	<6.5	<6.5
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	—	—	<7.1	<0.34	—	—	—	—
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※ : <○ は検出限界値○Bq/L未満を示す。 : ALPS処理水放出期間(B群)

*1 : 検出限界値 0.4 Bq/L

* : 放出開始後当面の間は毎日実施

2-3-3. 第1回放出期間中のモニタリング結果 (3/3)

(単位 : Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	9月											
			11日 *1	11日 通常 *1,2	12日	12日 通常 *2	13日	13日 通常 *2	14日	15日	16日	17日	18日	18日 通常 *3
放水口 付近	T-1	1回/週*	<7.0	0.21	<7.2	—	<7.2	—	<6.5	<7.3	<6.7	<7.0	<7.6	<0.31
	T-2	1回/週*	<7.0	0.24	<7.2	—	<7.2	—	<6.5	<7.4	<6.8	<6.9	<7.6	<0.31
	T-0-1	1回/週*	<6.8	0.10	<7.7	—	<6.6	—	<7.5	<7.8	<7.6	<7.8	<7.4	<0.36
	T-0-1A	1回/週*	<6.8	0.12	<7.8	—	<6.5	—	<7.5	<7.7	<7.5	<7.7	<7.3	<0.34
	T-0-2	1回/週*	<6.8	0.13	<7.7	—	<6.5	—	<7.5	<7.7	<7.6	<7.7	<7.3	<0.31
	T-0-3A	1回/週*	<6.2	0.10	<7.0	—	<5.9	—	<6.6	<7.4	<6.8	<6.9	<7.6	<0.35
	T-0-3	1回/週*	<6.8	0.16	<7.8	—	<6.5	—	<7.5	<7.7	<7.5	<7.8	<7.3	<0.34
	T-A1	1回/週*	<7.0	0.078	<7.0	—	<5.9	—	<6.7	<5.5	<7.2	<5.5	<6.7	<0.31
	T-A2	1回/週*	<7.0	0.097	<7.0	—	<5.9	—	<6.7	<5.5	<7.3	<5.4	<6.7	<0.31
	T-A3	1回/週*	<7.0	0.16	<7.0	—	<5.9	—	<6.7	<5.5	<7.2	<5.5	<6.7	<0.31
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	<7.2	0.11	—	—	—	—	—	—
	T-S3	1回/月	—	—	<7.1	<0.068	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	<7.1	0.087	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S8	1回/月	<6.2	0.098	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※ : <○ は検出限界値○Bq/L未満を示す。

* : 放出開始後当面の間は毎日実施

 : ALPS処理水放出期間(B群)

*1 : 放出終了前の9時以前に採取

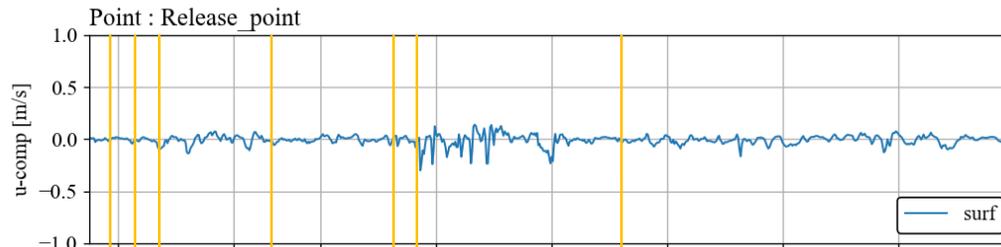
*2 : 検出限界値 0.1 Bq/L *3 : 検出限界値 0.4 Bq/L

2-4. 放水口地点表層における海流の流向流速（拡散シミュレーション結果）



- 放出を開始した8月24日0:00以降の海象は下図のとおり。

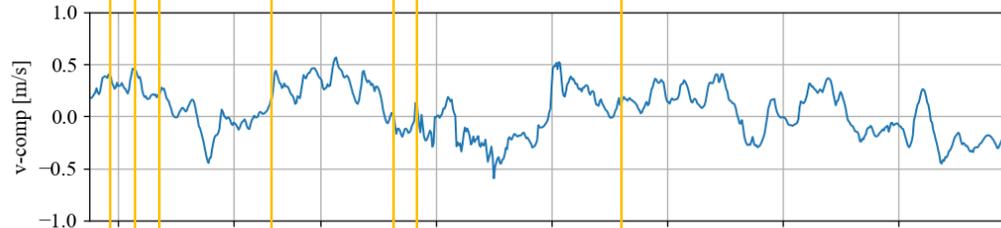
流速の東西成分
(東向きが+ ※)



東向き※

西向き※

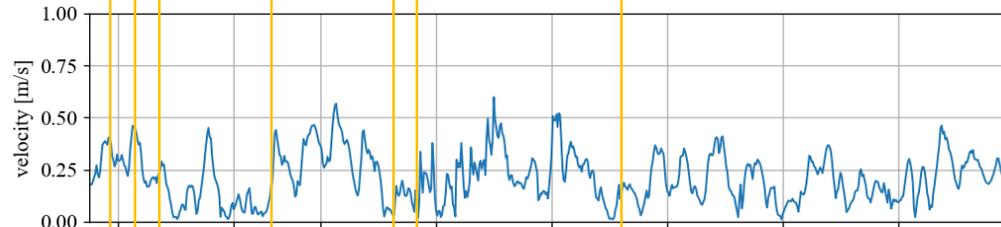
流速の南北成分
(北向きが+)



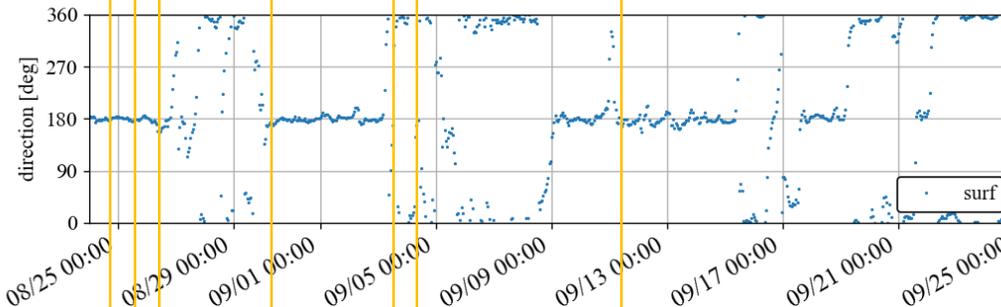
北向き

南向き

流 速



流 向
(0度,360度が南向き,
90度が西向き,
180度が北向き,
270度が東向き)



南向き

東向き※

北向き

西向き※

南向き

海水モニタリング
実施時間帯

8/24 16:00
8/25 12:00
8/26 08:00
8/30 08:00
9/3 12:00
9/4 07:00
9/11 07:00

2-5-1. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（8月24日16:00）

- 放出開始後約3時間後である8月24日16:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション上の海流は北向きの流れとなっており、北側に拡散する傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。（海流については、2-4. 放水口地点表層における海流の流向流速（拡散シミュレーション結果）を参照）

2023/08/24_16:00

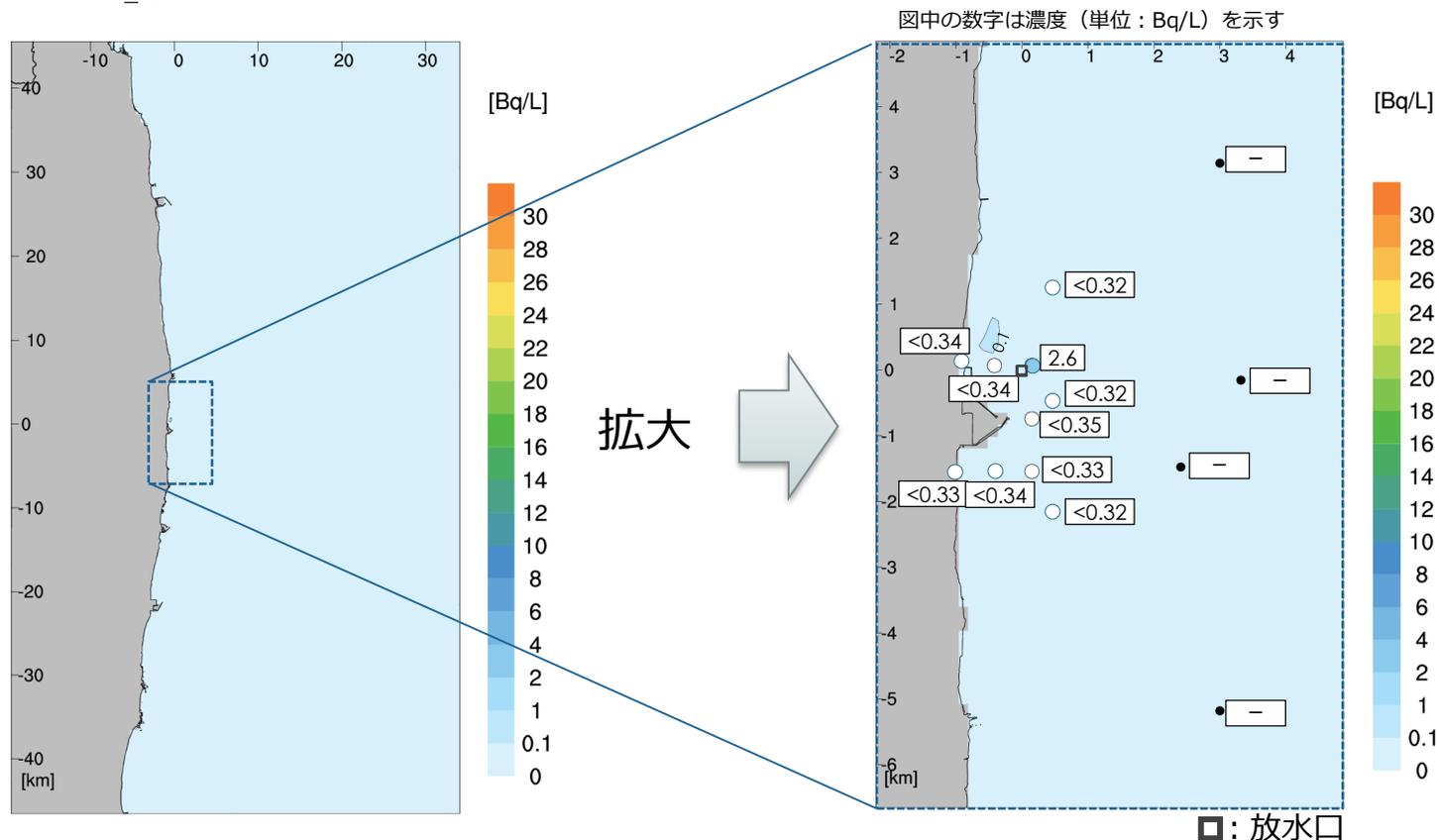


図 8月24日16:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

2-5-2. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（8月26日8:00）

- 8月26日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた8月26日の海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション上の海流は北向きの流れとなっており、北向きに拡散する傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

2023/08/26_08:00

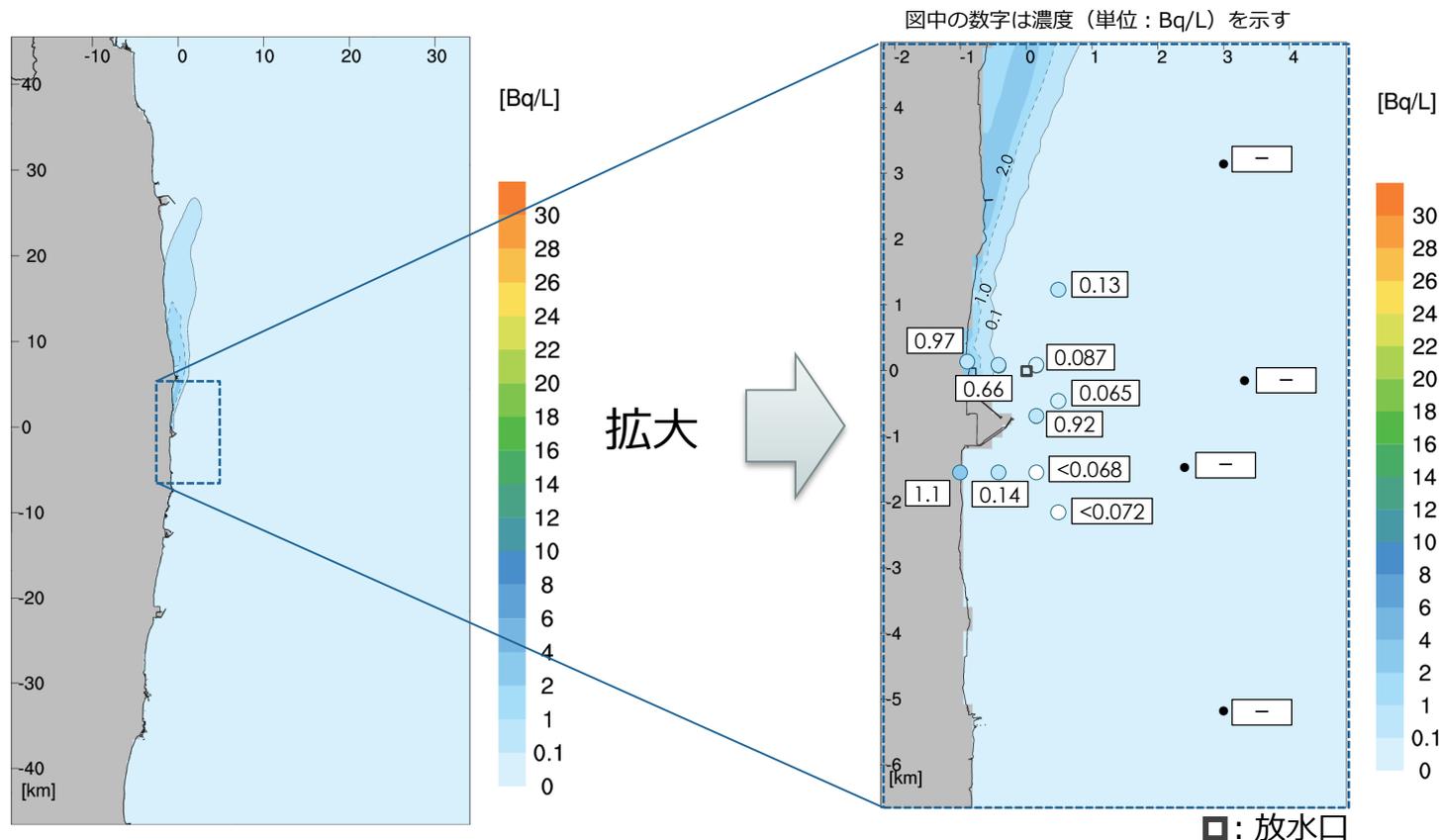


図 8月26日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

2-5-3. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（8月30日8:00）

- 8月30日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション上の海流は、南北方向の流れが低流速となっており、拡散範囲が南北両方向に広がる傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

2023/08/30_08:00

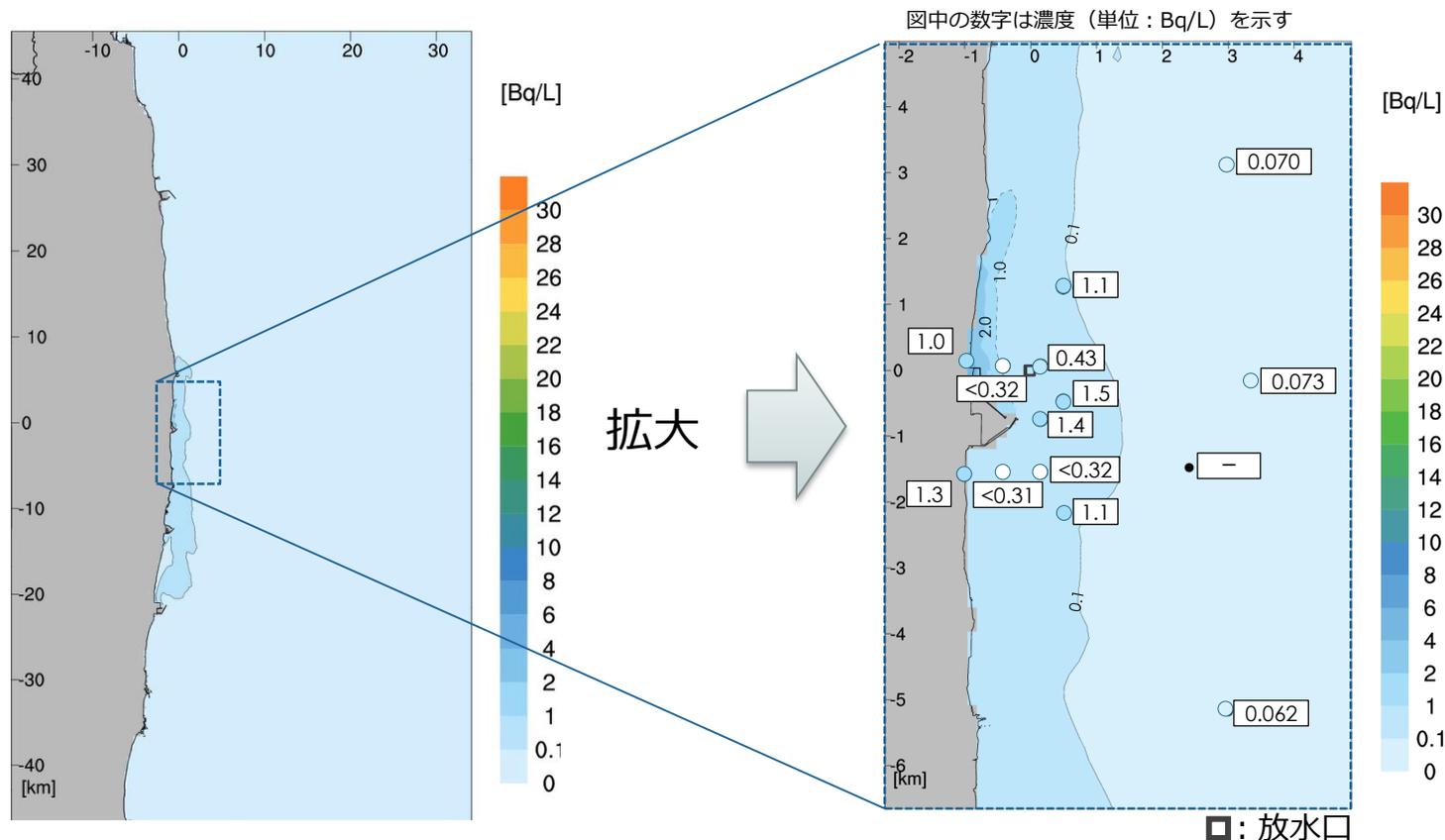


図 8月30日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

2-5-4. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（9月4日7:00）

- 9月4日7:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- 拡散シミュレーション上の海流は、南北方向の流れが低流速となっており、拡散範囲が南北両方向に広がる傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と概ね一致している。

2023/09/04_07:00

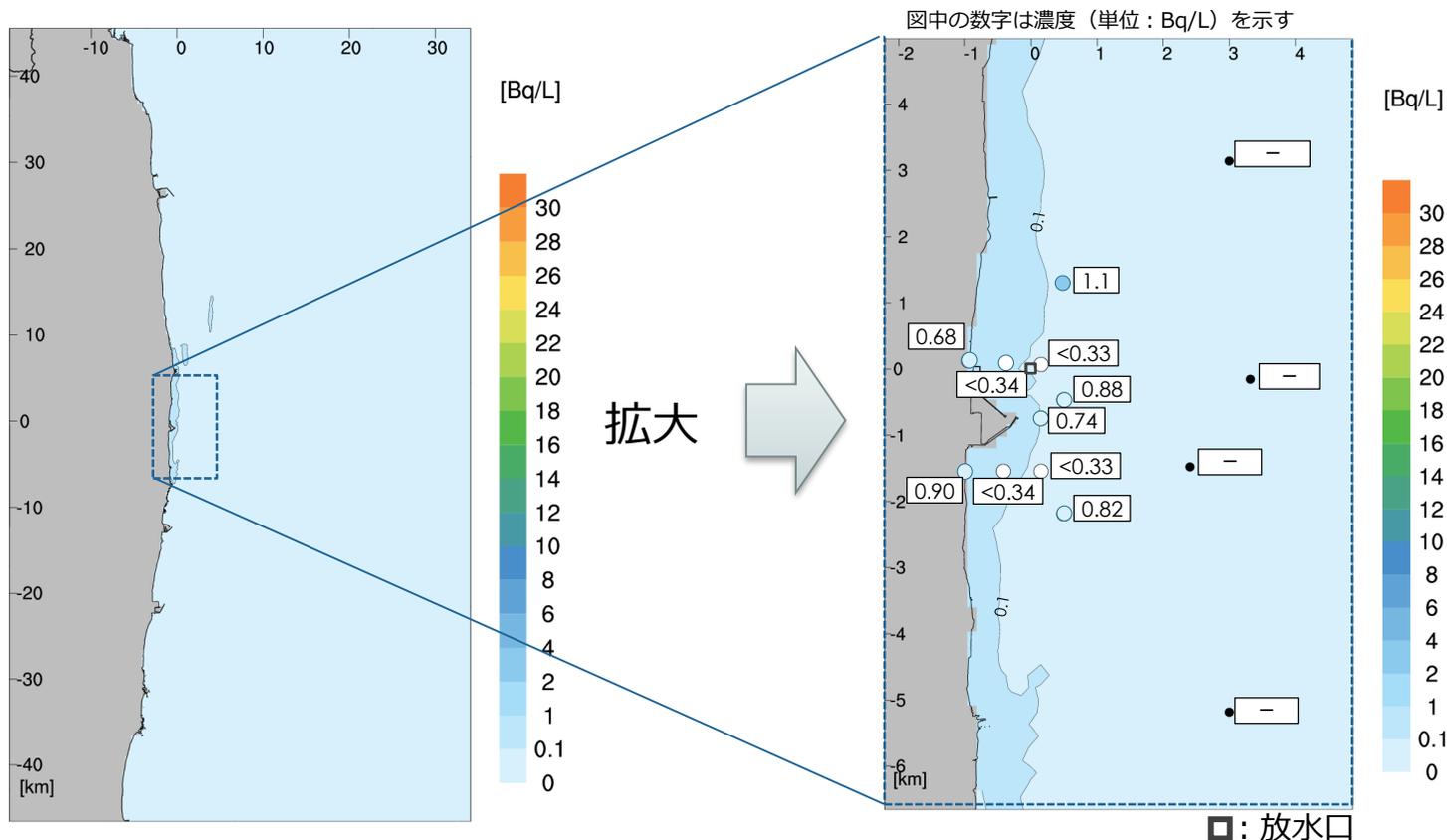


図 9月4日7:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

2-5-5. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（9月11日7:00）

- 9月11日7:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- 拡散シミュレーション上の海流は、南北方向の流れが低流速となっており、拡散範囲が南北両方向に広がる傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と概ね一致している。

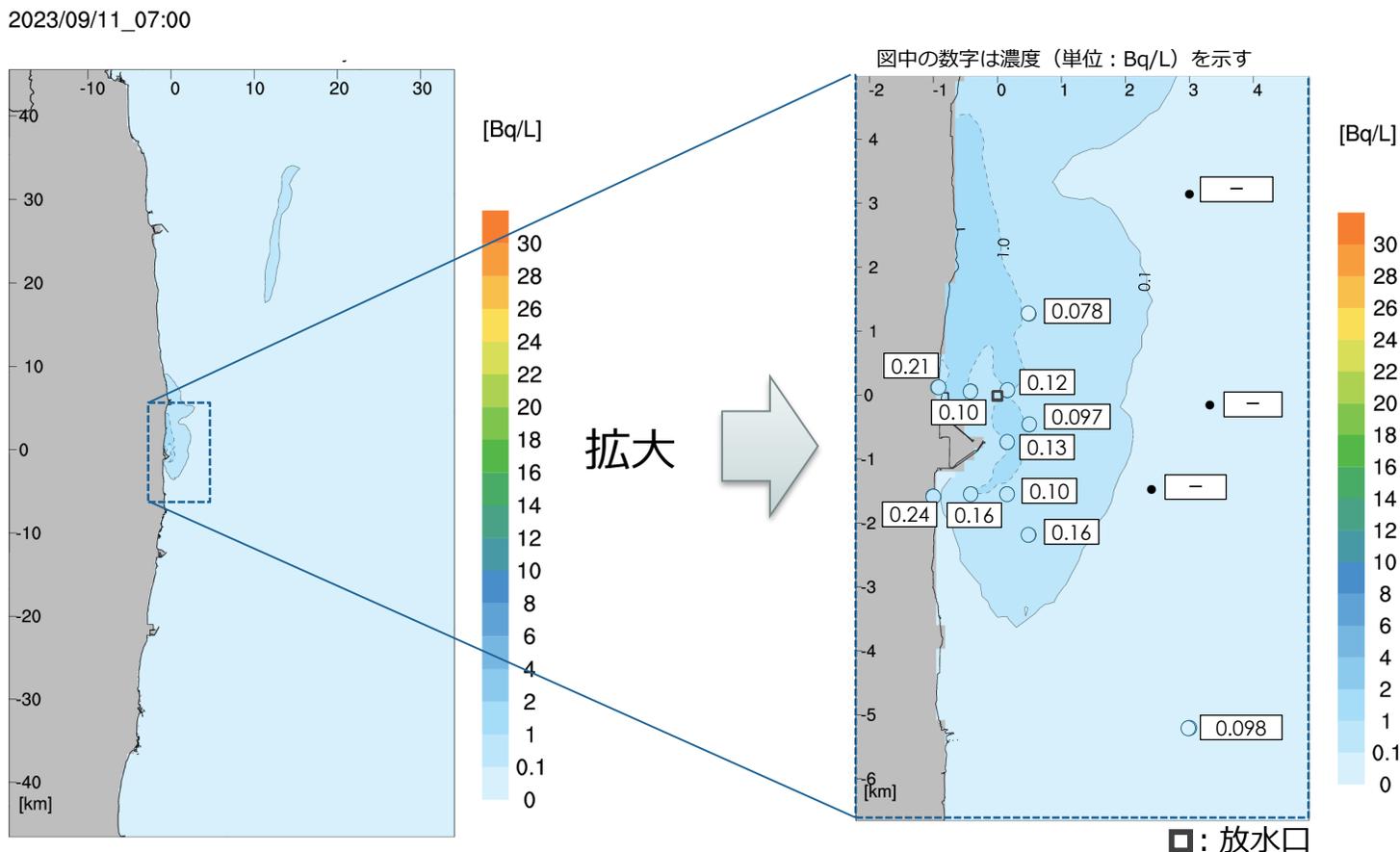


図 9月11日7:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

2-6-1. 他機関のモニタリング結果（第1回放出期間）について

- 当社以外に、環境省、原子力規制委員会、福島県が発電所周辺3km圏内でALPS処理水放出期間中にモニタリングを実施していることから、これらの調査点におけるトリチウムの分析結果についても第2回報告より本検証の対象としたが、第1回報告時には対象としていなかったことから今回評価することとした。
- 各機関で実施している調査点は、右図のとおり。
- 第1回放出期間（2023年8月24日～9月11日）中に各機関が行った海水モニタリング結果の概要は以下の通り。
- 環境省では、8月25日にモニタリングを実施しており、最大5Bq/Lの濃度が確認されたことから、検証の対象とした。
- 原子力規制委員会では、9月1日にモニタリングを実施。M-101～104の4地点で0.1Bq/Lを超える濃度は確認されなかったことから、検証の対象外とした。
- 福島県では、9月3日にモニタリングを実施。検出されたトリチウム濃度は、ALPS処理水放出前と変わらないものの、発電所近傍で0.1Bq/Lを上回る地点が複数あったことから、検証の対象とした。

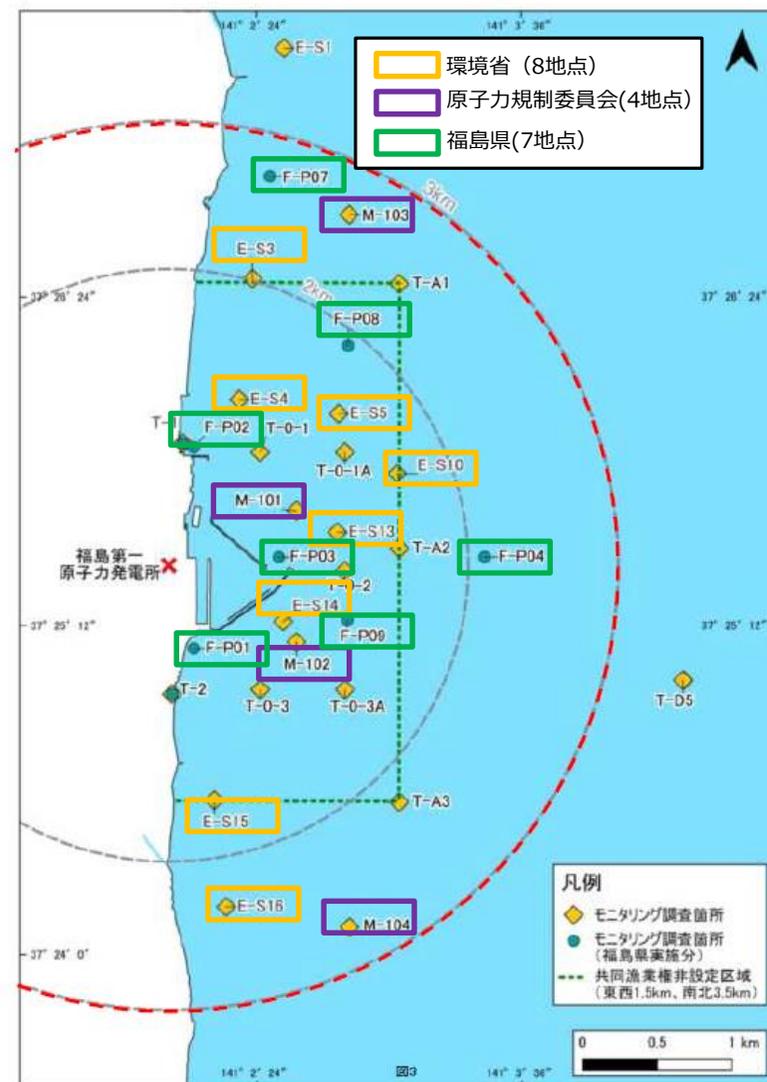


図 発電所から3km圏内の他機関調査位置図

2-6-2. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（8月25日12:00）

- 8月25日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた環境省の海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、北向きの流れが継続しており、拡散範囲が北側に広がる傾向が示された。モニタリング結果では、放水口の南側が高い傾向となっており、シミュレーションとの違いが見られた。

2023/08/25_12:00

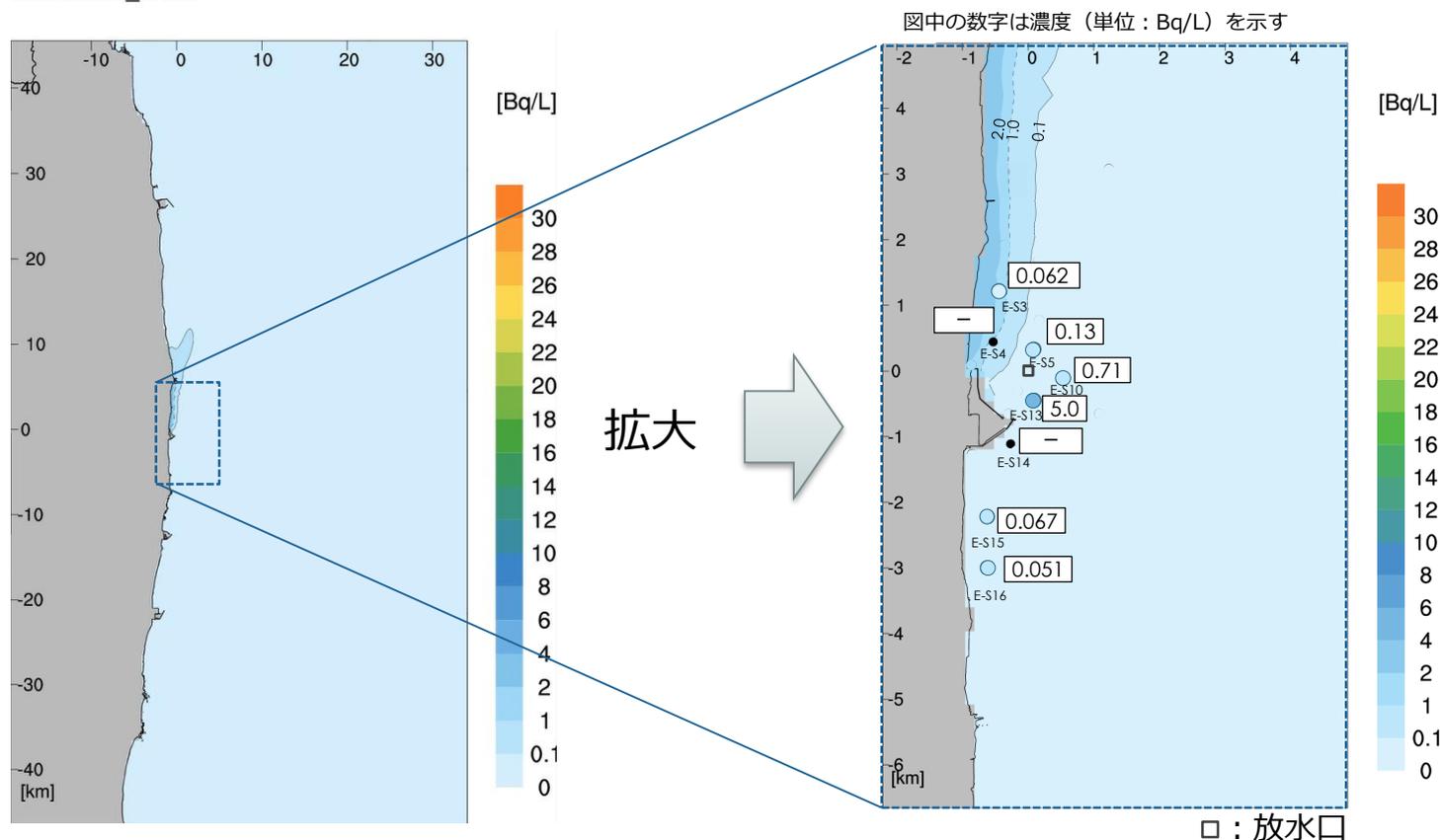


図 8月25日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

2-6-3. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較 (9月3日12:00)

- 9月3日12:00の拡散シミュレーション結果と,当日行われた福島県の海水モニタリング結果を下図に示す。
- 拡散シミュレーション結果では,8月30日以降北向きの流れが継続していたが,9月3日には流速が低下して南向きの流れに変わっており, 拡散範囲は北側に広がっているものの,放水口近傍では南側にも広がりつつある傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と概ね一致している。

2023/09/03_12:00

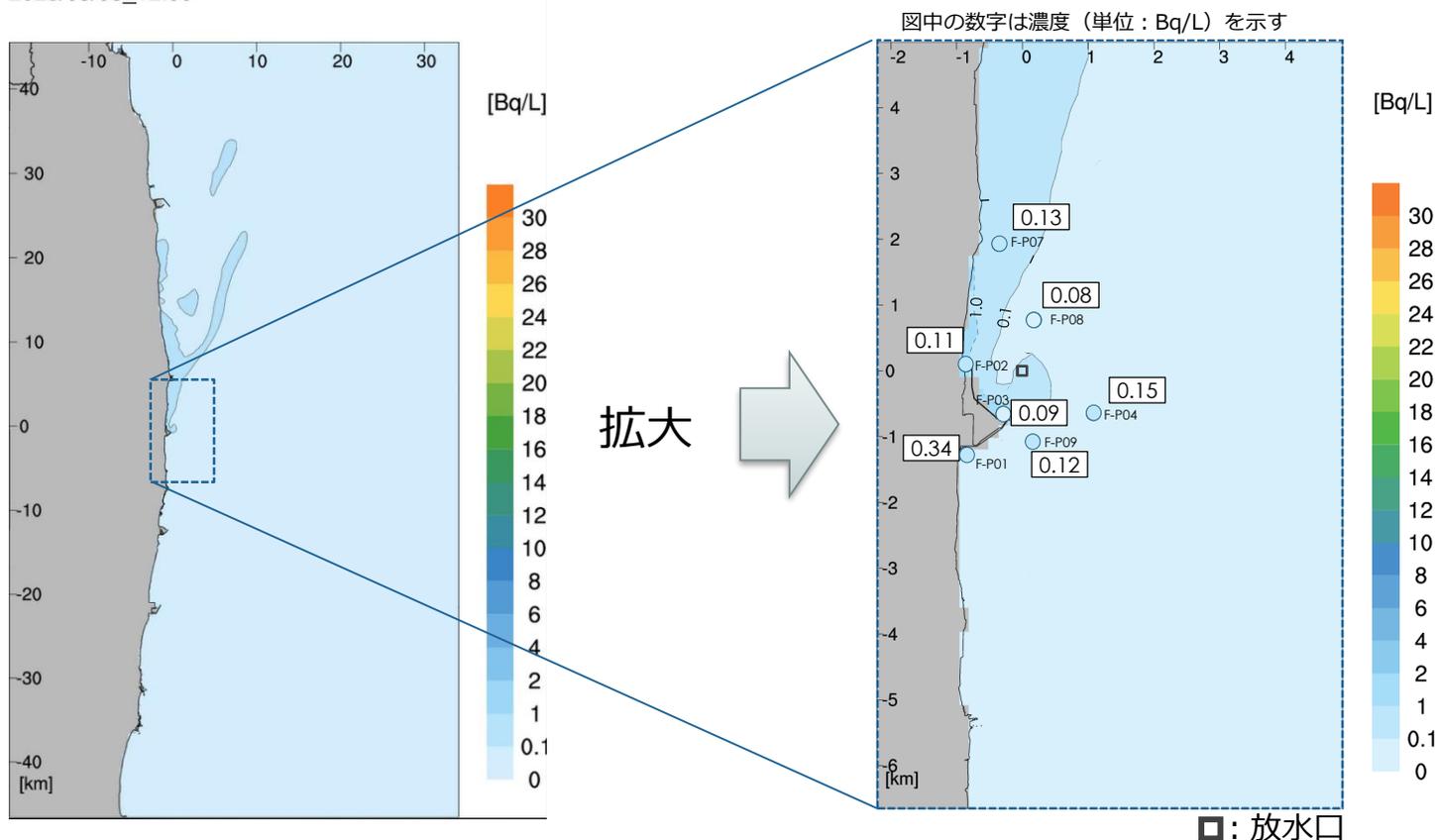


図 9月3日12:00の拡散計算結果 (海表面の濃度分布図) とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し,白丸はNDを示す。

2-7. 第1回放出期間における比較検証のまとめ

- 第1回放出期間中（2023年8月24日～9月11日）に実施した海域モニタリングの結果と、同期間の実気象、海象データを用いて実施した拡散シミュレーションの結果について比較を行った。
- 比較対象は、8月24日、26日、30日、9月4日、9月11日の当社モニタリングに加え、8月25日の環境省、9月3日の福島県モニタリングの結果とした。
- 第1回放出期間中のモニタリング結果からも、放出された希釈後のALPS処理水は、海洋において速やかに拡散が進んでいることが確認された。
- 拡散シミュレーションで示された傾向と、今回評価対象とした発電所周辺のモニタリング結果を比較した結果、一部のモニタリング結果では違いも見られたが、全体としては概ね傾向が一致している場合が多かった。

海洋拡散シミュレーションの妥当性検証

第2回放出期間（2023年10月5日～10月23日）の評価

3-1. 第2回の放出期間における検証について

- 第2回の放出期間（10月5日～10月23日）について、以下の条件で拡散計算を行い、放出期間中のモニタリング結果との比較を行った。
 - 拡散モデルは、放射線環境影響評価にて用いたモデルをそのまま適用。
 - トリチウムの放出率を測定・確認用設備で測定した濃度と日々の放出水量から計算し、モデルに入力。

第2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

- ・ 10/5 10:18～10/22 13:19まで一定

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

- ・ 10/23 10:26～12:08

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

気象・海象データ

- ・ 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

放射線環境影響評価書で拡散シミュレーションを行った際のトリチウムの放出量

- ・ 年間を通じて一定

放出率 = $2.51E+09$ Bq/時（= 22兆Bq/年÷8760時/年）

3-2. 第2回放出期間中のモニタリング結果（概要）

- 第2回放出は、10月5日～10月23日にかけて実施。迅速分析、通常モニタリングの結果ともに放水口付近の外側では低濃度となっており、海域で拡散が進んでいる状況を確認。
- 迅速分析（目標検出下限値10Bq/L未満）の最大濃度は、10月21日にT-0-1A地点で採取した海水の22Bq/Lであり、指標（放出停止判断レベル、調査レベル）を下回っている。
- 通常モニタリング（目標検出下限値0.4Bq/L未満または0.1Bq/L未満）においては、放水口付近（発電所から3km以内）で最高14Bq/L（10月16日のT-0-1A）、放水口付近の外側（発電所正面の10km四方内）で検出された最も高い濃度は0.065Bq/L（10月12日のT-S8）であった。

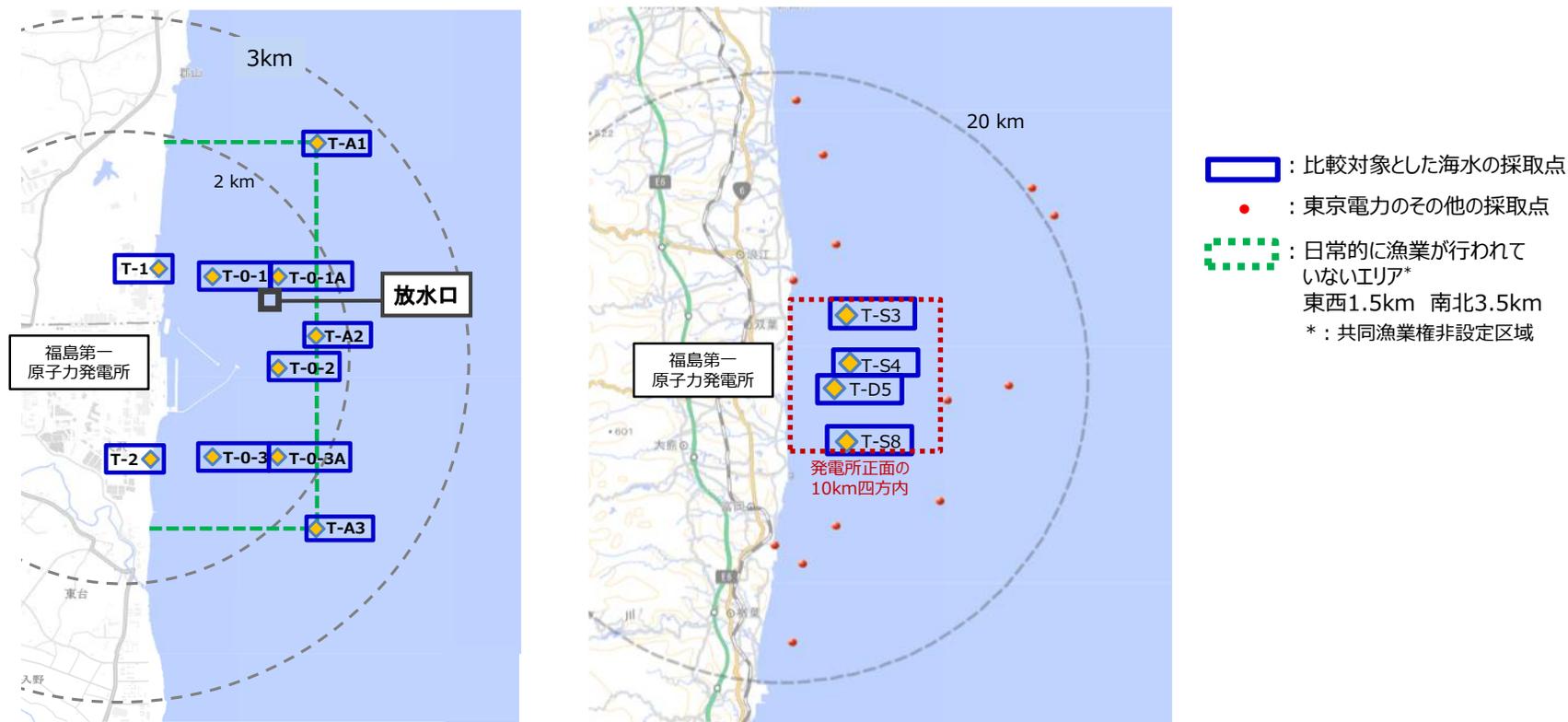


図 拡散シミュレーションとの比較対象とした海水採取点

3-3-1. 第2回放出期間中のモニタリング結果 (1/3)

- 第2回放出期間中の海水モニタリング結果を下表に示す。
- 検証は、放水口付近の通常分析で0.1Bq/Lを超える濃度のトリチウムが検出された10月5日,9日,16日,23日について実施した。(黒枠部)

(単位：Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	10月											
			5日 *1	5日 通常 *1,2	6日	7日	8日	9日	9日 通常 *3	10日	11日	12日	12日 通常 *3	13日
放水口 付近	T-1	1回/週*	<5.8	<0.31	<5.8	<5.8	<6.1	<7.2	0.40	<6.9	<6.5	<6.3	—	<6.5
	T-2	1回/週*	<5.7	<0.31	<5.7	<5.8	<6.1	<7.1	0.77	<6.9	<6.6	<6.3	—	<6.5
	T-0-1	1回/週*	<7.8	<0.31	<7.0	<6.7	<8.2	<7.9	1.4	—*4	<7.3	<7.3	—	<7.3
	T-0-1A	1回/週*	<7.6	5.2	<7.4	9.4	<8.2	11	12	—*4	<7.3	14	—	11
	T-0-2	1回/週*	<7.6	<0.33	<7.0	<6.8	<8.1	<7.9	0.43	—*4	<7.3	<7.3	—	<7.3
	T-0-3A	1回/週*	<5.9	<0.32	<5.8	<5.8	<6.1	<7.2	<0.072	—*4	<6.8	<6.3	—	<6.5
	T-0-3	1回/週*	<7.7	<0.32	<6.4	<6.7	<8.2	<7.8	0.45	—*4	<7.3	<7.2	—	<7.2
	T-A1	1回/週*	<7.7	<0.30	<7.0	<6.4	<5.5	<6.7	0.43	—*4	<6.8	<8.7	—	<8.6
	T-A2	1回/週*	<7.7	<0.31	<7.0	<5.9	<5.5	<6.7	0.25	—*4	<6.8	<8.6	—	<8.6
T-A3	1回/週*	<7.6	<0.30	<7.1	<5.8	<5.5	<6.8	<0.073	—*4	<6.8	<8.6	—	<8.6	
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<6.4	<0.070	—
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<6.4	<0.071	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<6.4	<0.070	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<6.5	0.065	—

※：<○ は検出限界値○Bq/L未滿を示す。

*：放出開始後当面の間は毎日実施

 ：ALPS処理水放出期間(第2回)

*1：放出開始後の14時以降に採取

*3：検出限界値 0.1 Bq/L

*2：検出限界値 0.4 Bq/L

*4：悪天候により採取中止

3-3-2. 第2回放出期間中のモニタリング結果 (2/3)

(単位：Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	10月											
			14日	15日	16日	16日 通常 *1	17日	18日	19日	19日 通常 *1	20日	21日	22日	23日
放水口 付近	T-1	1回/週*	<6.1	<5.5	<6.0	4.3	<6.5	<7.1	<7.2	—	<5.5	<5.6	<5.3	<6.5
	T-2	1回/週*	<6.2	<5.5	<6.0	0.66	<6.5	<7.1	<7.1	—	<5.5	<5.6	<5.2	<6.5
	T-0-1	1回/週*	<8.7	<7.3	<7.8	1.0	<6.7	<5.9	<8.3	—	<7.0	<6.8	<7.3	<6.7
	T-0-1A	1回/週*	<8.7	14	16	14	<6.7	<5.8	<8.5	—	<7.0	22	16	<6.7
	T-0-2	1回/週*	<8.7	<7.3	<7.8	1.2	<6.7	8.9	<8.4	—	<7.0	<6.8	<7.3	<6.7
	T-0-3A	1回/週*	<6.1	<5.6	<6.0	0.74	<6.5	<7.1	<7.1	—	<5.5	<5.6	<5.3	<6.5
	T-0-3	1回/週*	<8.6	<7.3	<7.8	1.0	<6.7	<6.7	<8.4	—	<7.0	<6.8	<7.3	<6.7
	T-A1	1回/週*	<6.2	<7.2	<7.2	0.50	<8.3	<7.2	<7.5	—	<7.5	<8.5	<5.7	<6.8
	T-A2	1回/週*	<5.6	<7.2	<7.2	0.56	<8.3	<7.2	<7.5	—	<7.5	<8.4	<5.7	<6.9
	T-A3	1回/週*	<5.7	<7.2	<7.2	0.80	<8.3	<7.2	<7.5	—	<7.5	<8.5	<5.7	<6.8
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	—	—	<7.5	<0.34	—	—	—	<6.9
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※：<○ は検出限界値○Bq/L未満を示す。 ：ALPS処理水放出期間(第2回) *1：検出限界値 0.4 Bq/L

*：放出開始後当面の間は毎日実施

3-3-3. 第2回放出期間中のモニタリング結果 (3/3)

(単位：Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	10月								
			23日 通常 *1,2	24日	25日	26日	27日	28日	29日	30日	31日
放水口 付近	T-1	1回/週*	1.3	<6.5	<5.8	<6.5	<6.4	<7.2	<6.8	<6.4	<7.1
	T-2	1回/週*	0.80	<6.5	<5.8	<6.6	<6.3	<7.2	<6.8	<6.4	<7.1
	T-0-1	1回/週*	1.3	<7.8	<7.5	<7.6	<7.8	<8.3	<7.8	—*3	—*3
	T-0-1A	1回/週*	0.71	<7.7	<7.5	<7.7	<7.8	<8.3	<7.9	—*3	—*3
	T-0-2	1回/週*	0.40	<7.7	<7.5	<7.6	<7.8	<8.3	<7.9	—*3	—*3
	T-0-3A	1回/週*	<0.33	<6.5	<5.8	<6.6	<6.3	<7.3	<6.9	—*3	—*3
	T-0-3	1回/週*	1.0	<7.7	<7.5	<7.6	<7.8	<8.3	<7.9	—*3	—*3
	T-A1	1回/週*	0.37	<7.5	<7.8	<6.2	<6.6	<6.6	<6.6	—*3	—*3
	T-A2	1回/週*	<0.31	<7.5	<7.8	<6.2	<6.5	<6.6	<6.6	—*3	—*3
	T-A3	1回/週*	<0.32	<7.5	<7.8	<6.2	<6.6	<6.6	<6.6	—*3	—*3
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	<0.32	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※：<○ は検出限界値○Bq/L未満を示す。 23日
通常
*1,2：ALPS処理水放出期間(第2回)
*：放出開始後当面の間は毎日実施

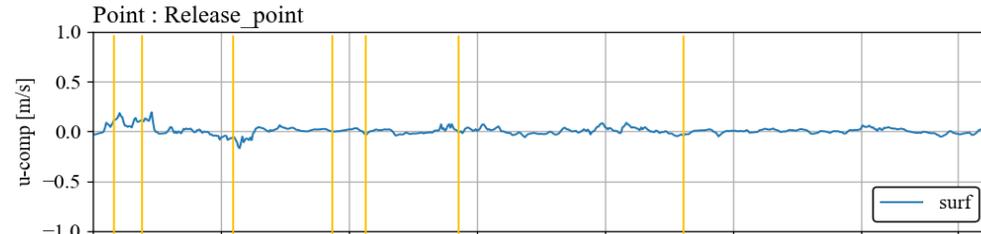
*1：検出限界値 0.4 Bq/L *2：放出終了前の9時以前に採取
*3：悪天候により採取中止

3-4. 放水口地点表層における海流の流向流速（拡散シミュレーション結果）



- 放出を開始した10月5日の0:00以降の海象は下図のとおり。

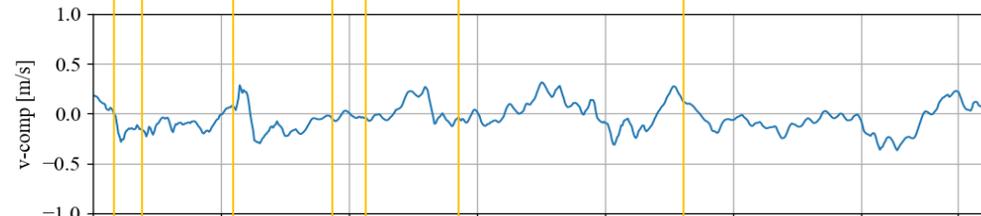
流速の東西成分
(東向きが+)



東向き

西向き

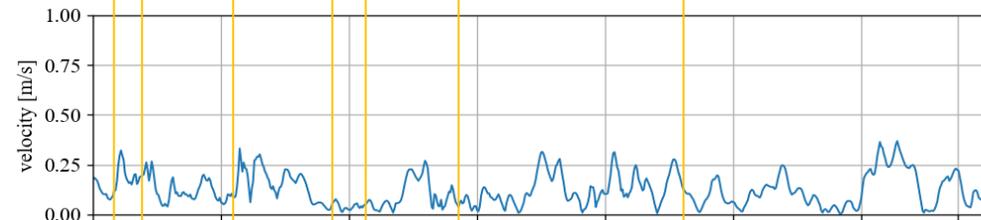
流速の南北成分
(北向きが+)



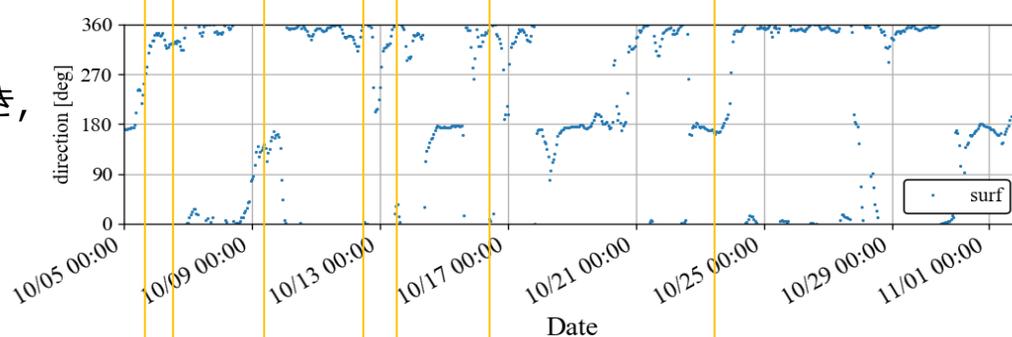
北向き

南向き

流速



流向
(0度,360度が南向き,
90度が西向き,
180度が北向き,
270度が東向き)



南向き

東向き

北向き

西向き

南向き

海水モニタリング
実施時間帯

3-5-1. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（10月5日14:00）

- 放出開始約4時間後である10月5日14:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、放出開始時点で弱い北向きの流れとなっており、北側に拡散範囲が拡がりつつある傾向が示された。モニタリング結果では、放水口北東側のT-0-1A地点のみ検出されており、シミュレーション結果と概ね一致している。（海流については、3-4. 放水口地点表層における海流の流向流速（拡散シミュレーション結果）を参照）

2023/10/05_14:00

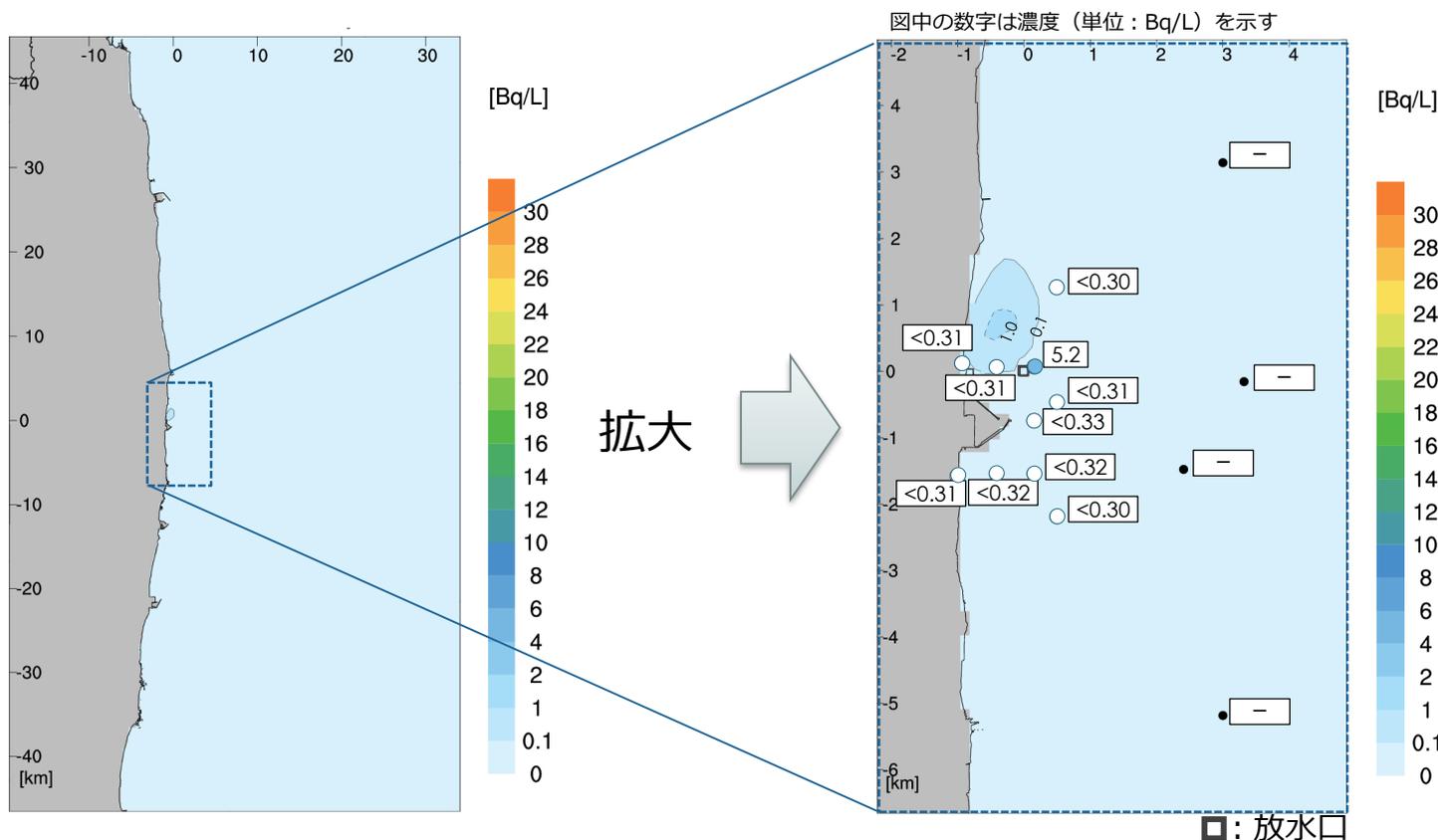


図 10月5日14:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

3-5-2. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（10月9日8:00）

- 10月9日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、前日までの南向きの海流が北向きに変変わった直後となっており、拡散範囲は南側に広がっているが、北側にも広がりつつある傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

2023/10/09_08:00

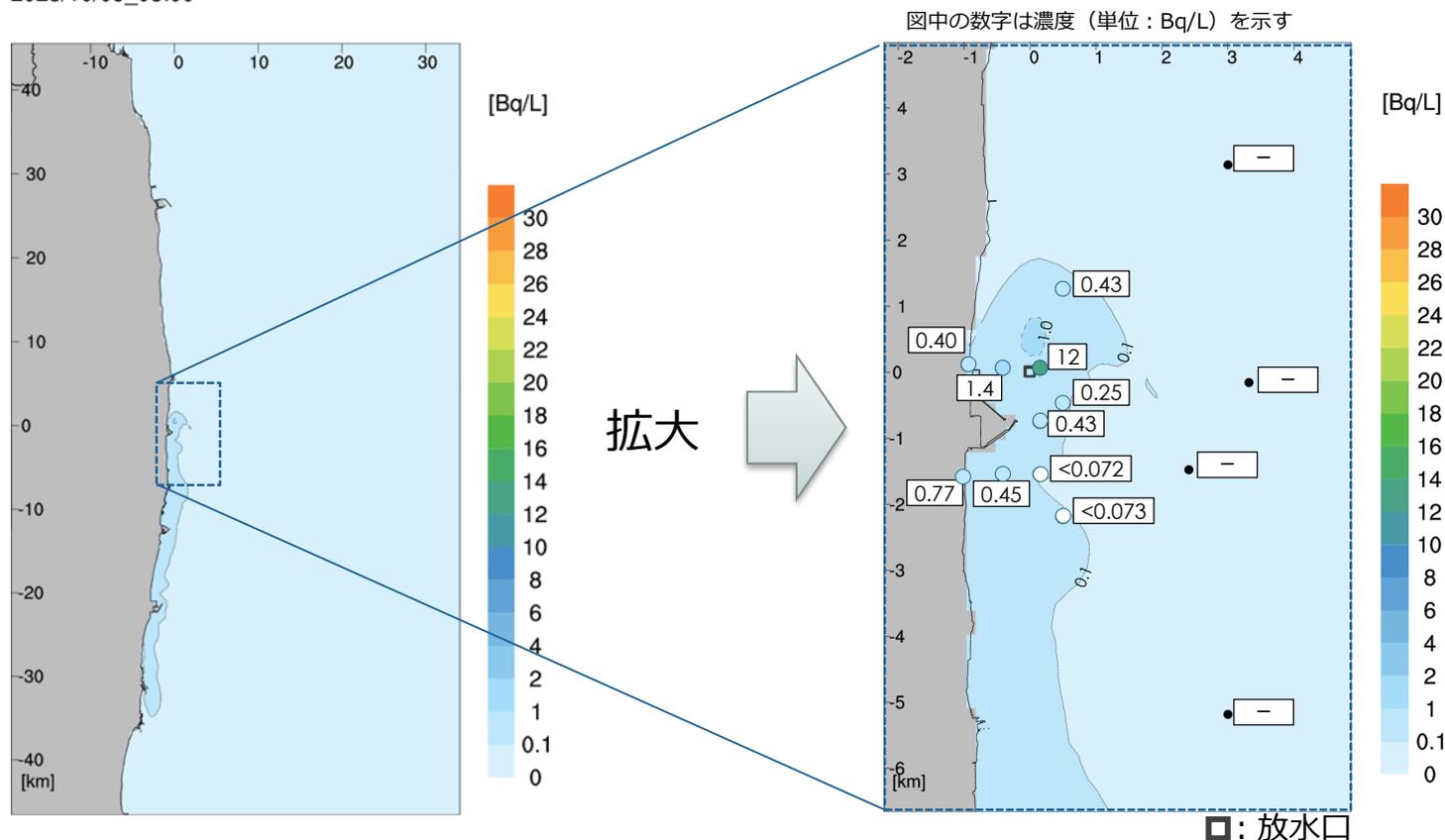


図 10月9日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

3-5-4. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（10月23日8:00）

- 10月23日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、10月21～22日に南向きの流れだった海流が23日は北向きの流れに変わっており、南北両方向に拡散範囲が広がっている傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と概ね一致している。

2023/10/23_08:00

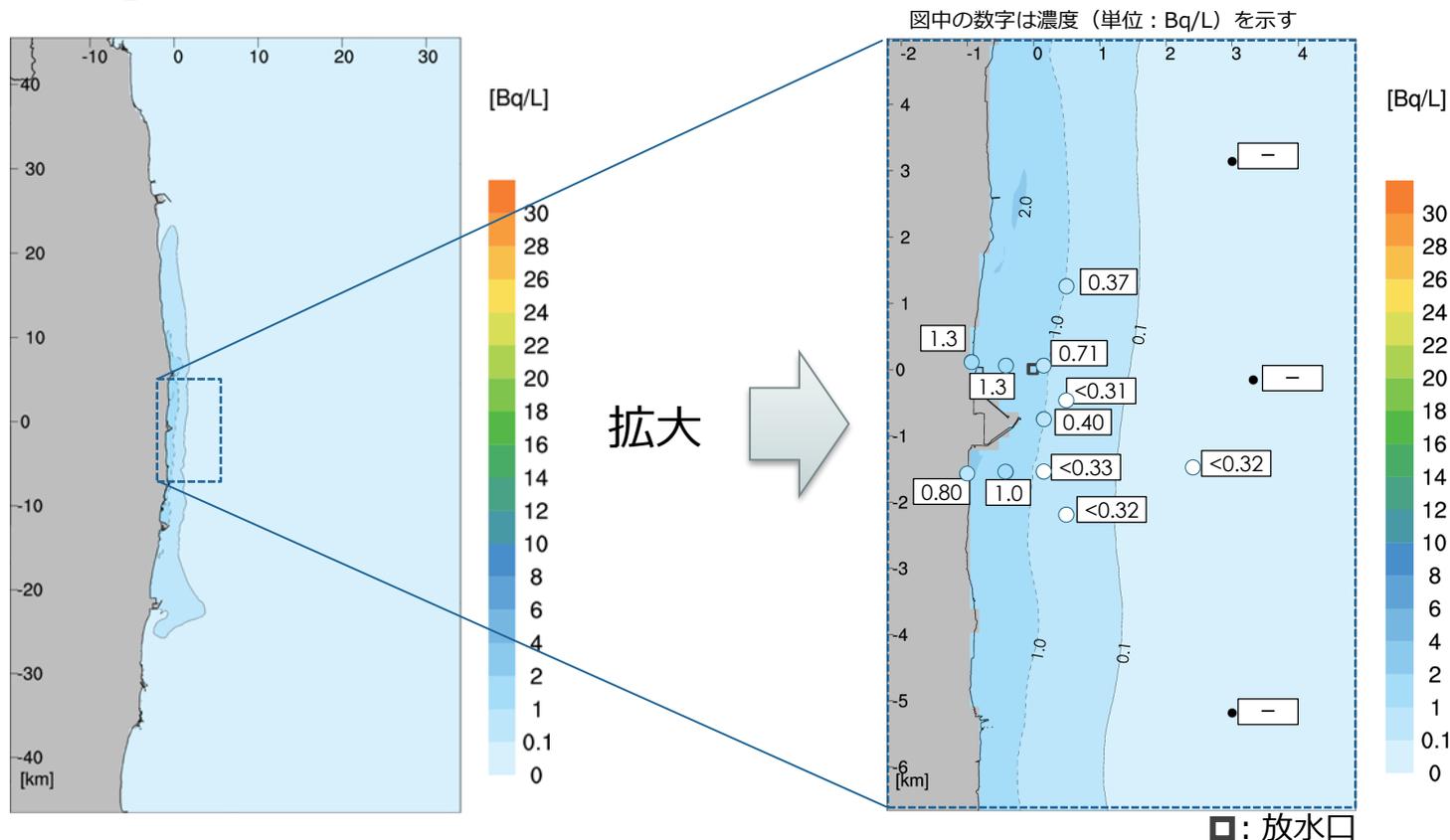


図 10月23日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

3-6-1. 他機関のモニタリング結果（第2回放出期間）について

- 当社以外に、環境省、原子力規制委員会、福島県が発電所周辺3km圏内でALPS処理水放出期間中にモニタリングを実施していることから、これらの調査点におけるトリチウムの分析結果についても本検証の対象とした。
- 各機関で実施している調査点は、右図のとおり。
- 第2回放出期間（2023年10月5日～10月23日）中に各機関が行った海水モニタリング結果の概要は以下の通り。
- 環境省では、2023年10月13日、17日にモニタリングを実施。17日は1点のみのため、13日を検証の対象とした。
- 原子力規制委員会では、10月6日にモニタリングを実施。M-103地点で1.1Bq/Lの検出があったことから、検証の対象とした。
- 福島県では、10月12日にモニタリングを実施。検出されたトリチウム濃度は、ALPS処理水放出前と変わらないものの、発電所近傍で0.1Bq/Lを上回る地点が複数あったことから、検証の対象とした。

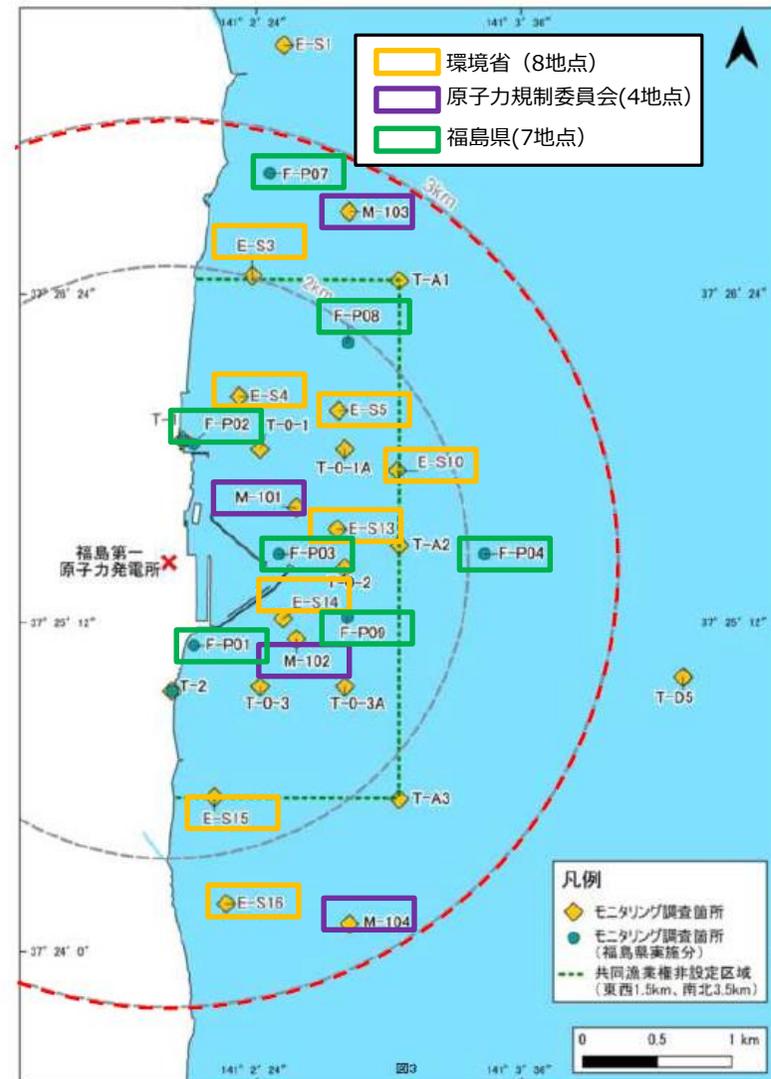


図 発電所から3km圏内の他機関調査位置図

3-6-2. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（10月6日12:00）

- 10月6日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた原子力規制委員会の海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、前日以降南向きの流れが継続しており、拡散範囲が南側に広がる傾向が示された。モニタリング結果では、南側に広がっている傾向は一致しているが、北側M-103地点については、シミュレーションとの違いが見られた。

2023/10/06_12:00

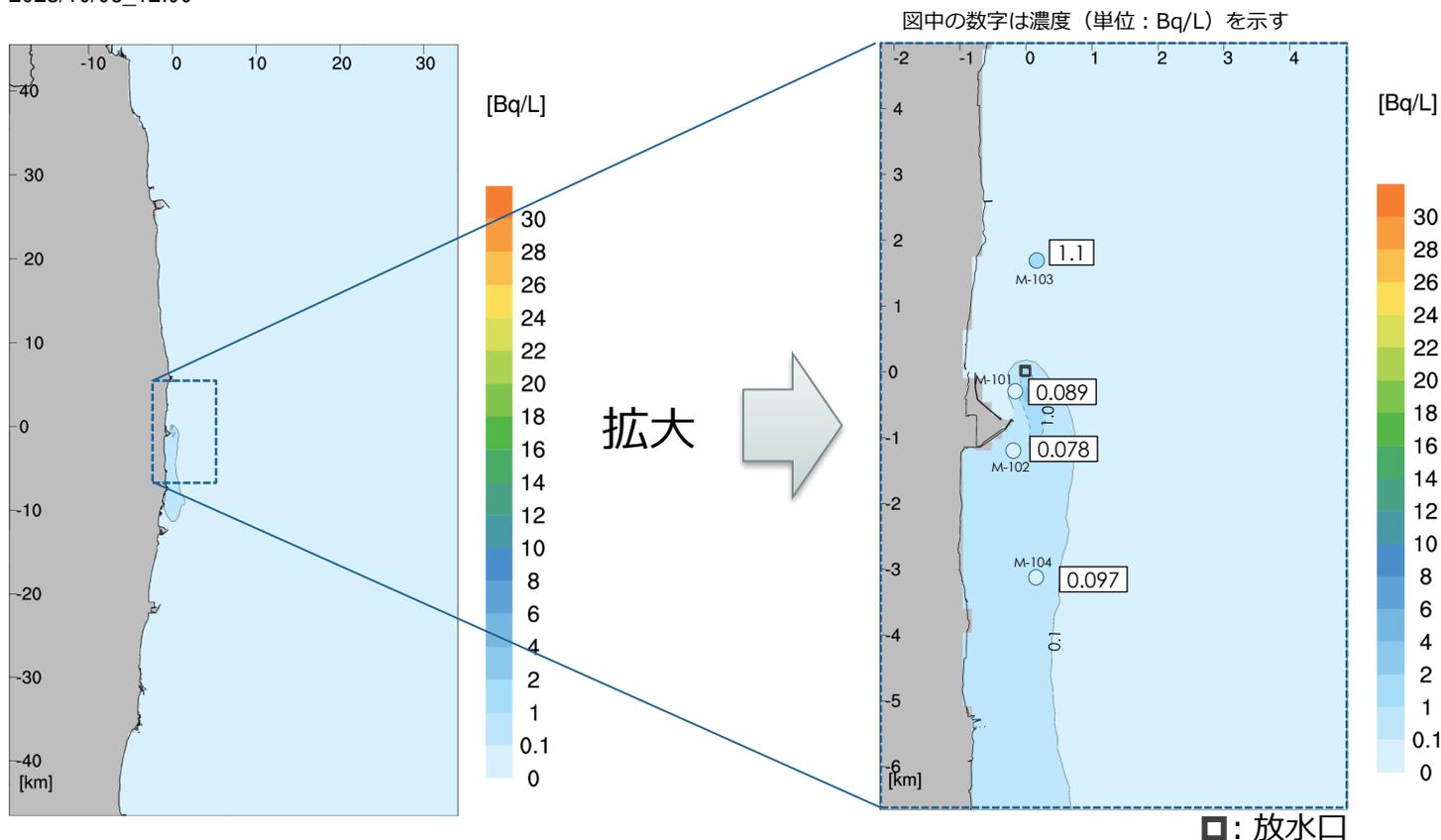


図 10月6日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はNDを示す。

3-6-3. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（10月12日12:00）

- 10月12日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた福島県の海水モニタリング結果を下図に示す。
- 拡散シミュレーション結果では、10月10日以降南向きの流れが継続しており、南側に拡散範囲が広がっている傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と概ね一致している。

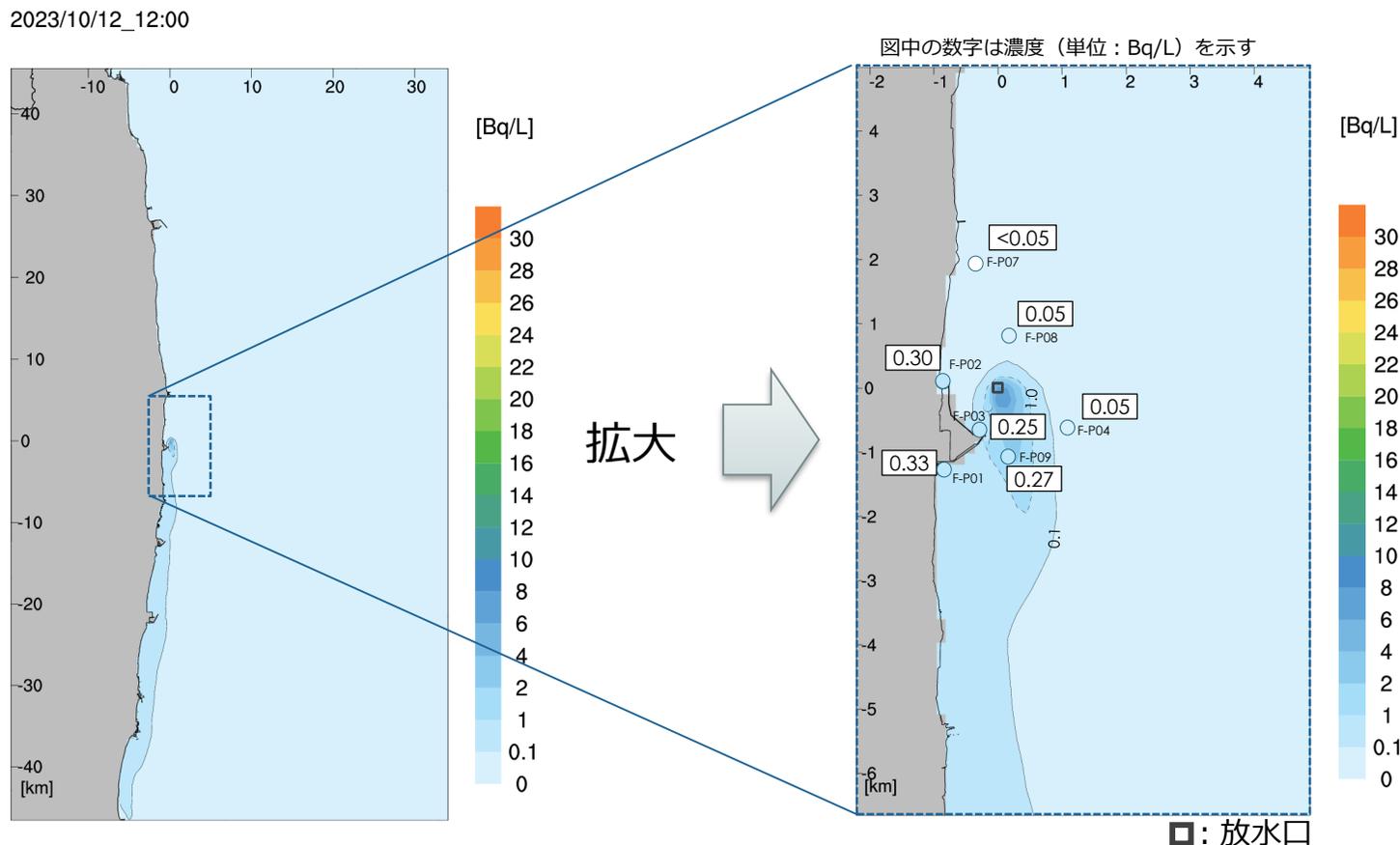


図 10月12日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はNDを示す。

3-6-4. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（10月13日12:00）

- 10月13日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた環境省の海水モニタリング結果を下図に示す。
- 拡散シミュレーション結果では、10月10日以降南向きの流れが継続しているが、12日以降は低流速となっており、南側に加えて放水口近傍の拡散範囲が広がっている傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と矛盾するものではないが、モニタリング地点が少なく判断は難しい。

2023/10/13_12:00

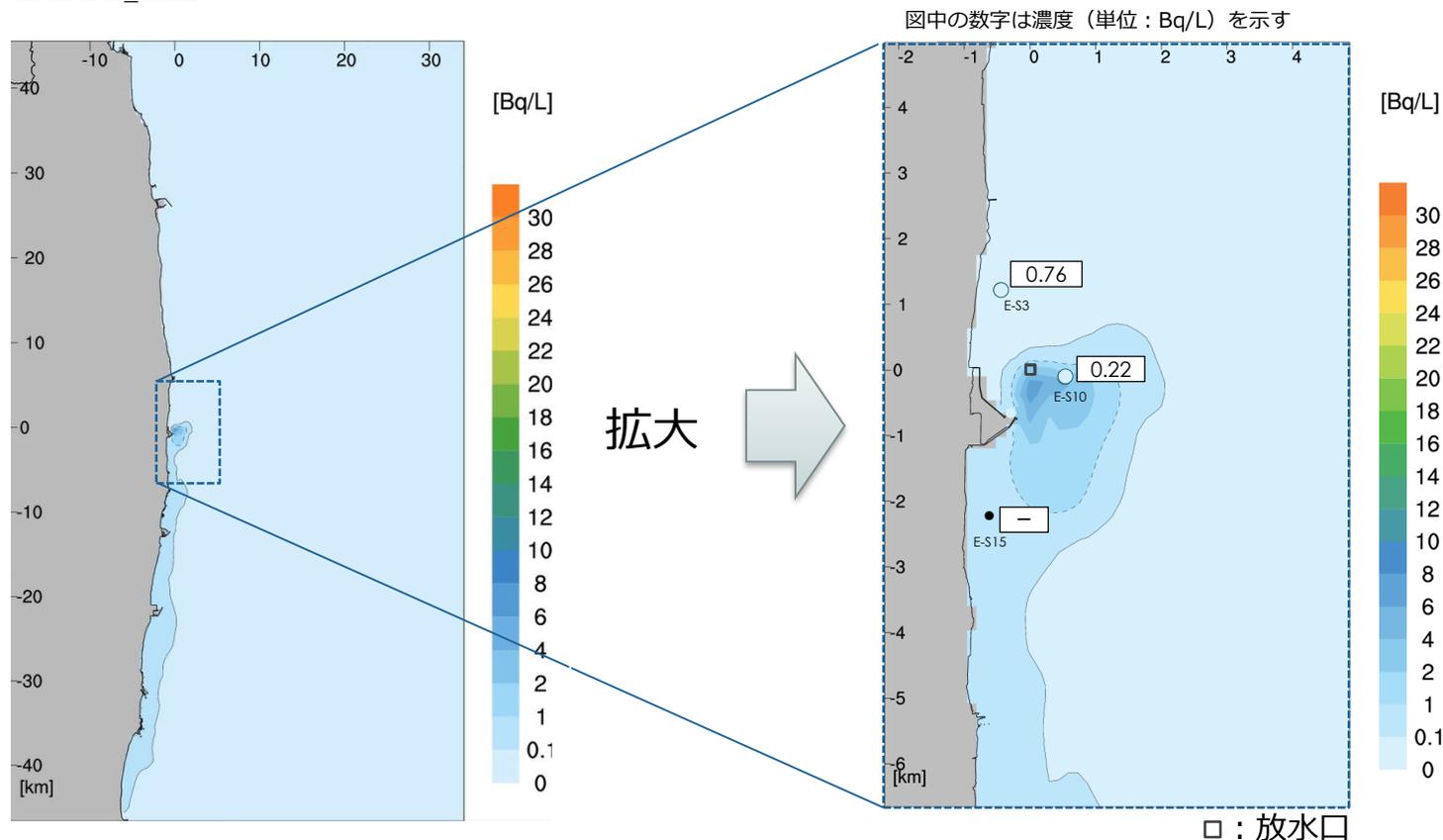


図 10月13日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

3-7. 第2回放出期間における比較検証のまとめ

- 第2回放出期間中（2023年10月5日～10月23日）に実施した海域モニタリングの結果と、同期間の実気象、海象データを用いて実施した拡散シミュレーションの結果について比較を行った。
- 比較対象は、10月5日、9日、16日、23日の当社モニタリングに加え、10月6日の原子力規制委員会、10月12日の福島県、10月13日の環境省モニタリングの結果とした。
- 第2回放出期間中のモニタリング結果からも、放出された希釈後のALPS処理水は、海洋において速やかに拡散が進んでいることが確認された。
- 拡散シミュレーションで示された傾向と、今回評価対象とした発電所周辺のモニタリング結果を比較した結果、一部のモニタリング結果では違いも見られたが、全体としては概ね傾向が一致している場合が多かった。

海洋拡散シミュレーションの妥当性検証

第3回放出期間（2023年11月2日～11月20日）の評価

4-1. 第3回の放出期間における検証について（計算条件等）

- 第3回の放出期間（11月2日～11月20日）について、以下の条件で拡散計算を行い、放出期間中のモニタリング結果との比較を行った。
 - 拡散モデルは、放射線環境影響評価にて用いたモデルをそのまま適用。
 - トリチウムの放出率を測定・確認用設備で測定した濃度と日々の放出水量から計算し、モデルに入力。

第3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

- ・ 11/2 10:21～11/19 10:18まで一定

放出率 = $2.47\text{E}+09\text{Bq/時}$ （= $13\text{万Bq/L} \times 456\text{m}^3/\text{日} \times 1000\text{L/m}^3 \div 24\text{時/日}$ ）

- ・ 11/20 10:18～12:01

放出率 = $1.21\text{E}+09\text{Bq/時}$ （= $13\text{万Bq/L} \times 16\text{m}^3 \times 1000\text{L/m}^3 \div 103/60\text{時}$ ）

気象・海象データ

- ・ 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

放射線環境影響評価書で拡散シミュレーションを行った際のトリチウムの放出量

- ・ 年間を通じて一定

放出率 = $2.51\text{E}+09\text{Bq/時}$ （= $22\text{兆Bq/年} \div 8760\text{時/年}$ ）

4-2. 第3回放出期間中のモニタリング結果（概要）

- 第3回放出は、11月2日～11月20日にかけて実施。迅速分析、通常モニタリングの結果ともに放水口付近の外側では低濃度となっており、海域で拡散が進んでいる状況を確認。
- 迅速分析（目標検出下限値10Bq/L未満）の最大濃度は、11月10日にT-0-1A地点で採取した海水の11Bq/Lであり、指標（放出停止判断レベル、調査レベル）を下回っている。
- 通常モニタリング（目標検出下限値0.4Bq/L未満または0.1Bq/L未満）においては、放水口付近（発電所から3km以内）で最高9.5Bq/L（11月6日のT-0-1A）、放水口付近の外側（発電所正面の10km四方内）で検出された最も高い濃度は0.12Bq/L（11月8日のT-S3及び11月15日のT-D5）であった。

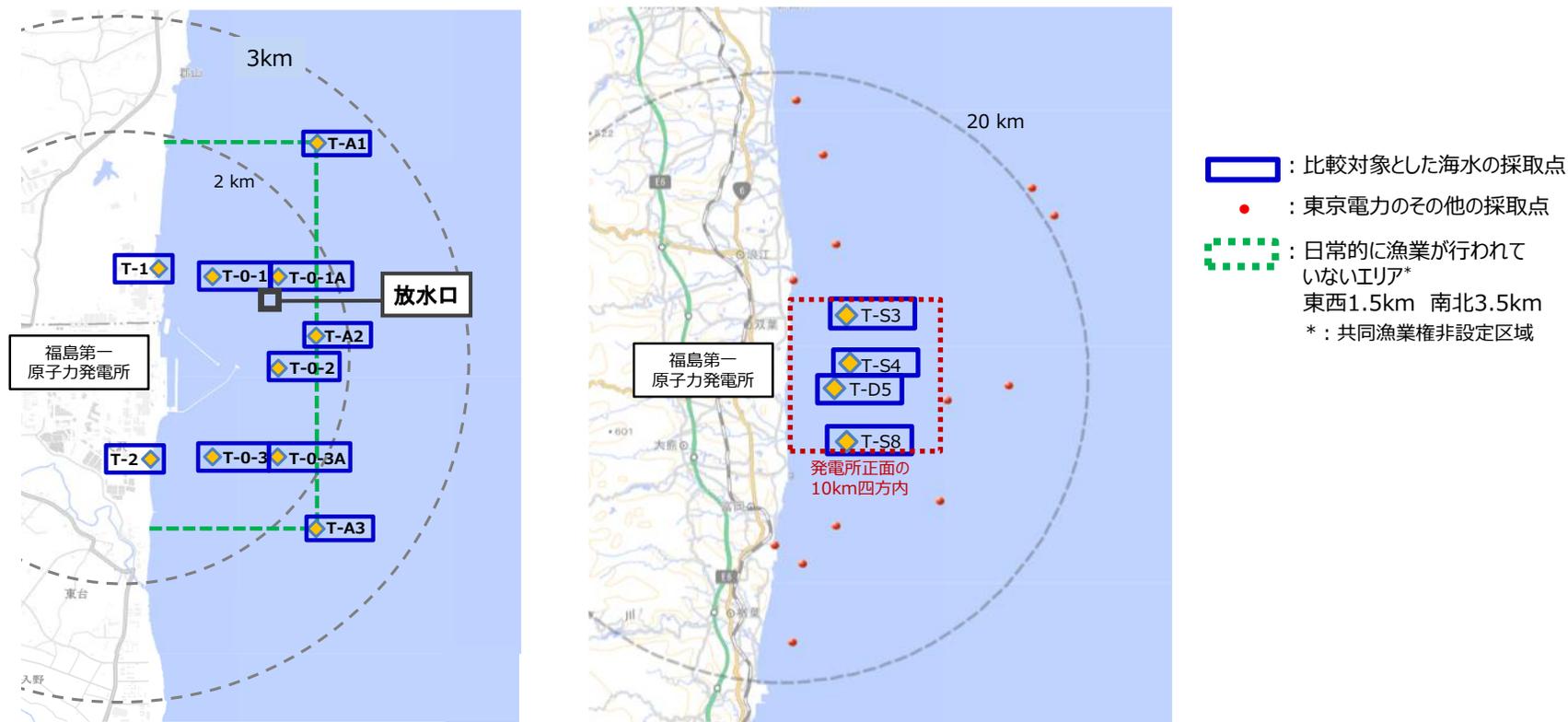


図 拡散シミュレーションとの比較対象とした海水採取点

4-3-1. 第3回放出期間中のモニタリング結果 (1/3)

- 第3回放出期間中の海水モニタリング結果を下表に示す。
- 検証は、放水口付近の通常分析で0.1Bq/Lを超える濃度のトリチウムが検出された11月2日,6日,13日,20日について実施した。(黒枠部)

(単位：Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	2023年11月											
			2日 *1	2日 通常 *1,2	3日	4日	5日	6日	6日 通常 *2	7日	8日	8日 通常 *3	9日	9日 通常 *2
放水口 付近	T-1	1回/週*	<6.0	0.35	<8.1	<8.0	<7.6	<5.6	<0.34	<6.9	<5.5	—	<5.5	—
	T-2	1回/週*	<8.3	0.36	<8.1	<8.2	<7.5	<5.5	0.38	<6.9	<5.5	—	<5.5	—
	T-0-1	1回/週*	<8.0	<0.36	<6.2	<6.3	<7.5	<7.2	0.36	—*4	<6.7	—	<6.4	—
	T-0-1A	1回/週*	<8.0	6.9	7.1	<6.2	<7.6	9.0	9.5	—*4	<6.8	—	<6.4	—
	T-0-2	1回/週*	<8.1	<0.37	<6.2	<6.2	<7.5	<7.1	<0.31	—*4	<6.7	—	<8.4	—
	T-0-3A	1回/週*	<5.4	<0.26	<8.1	<8.2	<7.6	<5.4	0.54	—*4	<5.5	—	<5.6	—
	T-0-3	1回/週*	<8.0	<0.36	<6.2	<6.2	<7.5	<7.1	<0.31	—*4	<6.7	—	<6.4	—
	T-A1	1回/週*	<8.2	<0.31	<5.7	<9.2	<5.7	<6.5	<0.39	—*4	<7.2	—	<7.5	—
	T-A2	1回/週*	<8.2	<0.30	<5.7	<9.2	<5.7	<6.5	<0.38	—*4	<7.2	—	<7.5	—
	T-A3	1回/週*	<8.2	<0.31	<5.7	<9.2	<5.7	<6.5	<0.39	—*4	<7.2	—	<7.6	—
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.5	<0.34
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.7	0.12	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.7	0.10	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	<7.8	0.097	—	—

※：<○ は検出限界値○Bq/L未滿を示す。

*：放出開始後当面の間は毎日実施

：ALPS処理水放出期間(第3回)

*1：放出開始後の14時以降に採取

*3：検出限界値 0.1 Bq/L

*2：検出限界値 0.4 Bq/L

*4：悪天候により採取中止

4-3-2. 第3回放出期間中のモニタリング結果 (2/3)

(単位：Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	2023年11月											
			10日	11日	12日	13日	13日 通常 *1	14日	15日	15日 通常 *1	16日	17日	18日	19日
放水口 付近	T-1	1回/週*	<6.9	<5.8	<7.0	<6.3	0.25	<5.8	<6.9	—	<8.8	<7.8	<9.3	<6.3
	T-2	1回/週*	<7.0	<5.8	<6.9	<6.3	0.25	<5.9	<6.9	—	<8.6	<7.7	<9.3	<6.2
	T-0-1	1回/週*	<8.1	—*2	<4.7	<9.0	0.15	<6.6	<6.2	—	<7.1	<7.9	—*2	<7.4
	T-0-1A	1回/週*	11	—*2	<4.6	<9.0	0.14	7.2	10	—	<7.3	<7.9	—*2	<7.4
	T-0-2	1回/週*	<8.1	—*2	<4.7	<8.9	0.17	<6.5	<6.2	—	7.9	<7.8	—*2	<7.4
	T-0-3A	1回/週*	<7.0	—*2	<6.9	<6.3	0.49	<5.7	<6.9	—	<8.8	<8.0	—*2	<6.3
	T-0-3	1回/週*	<8.1	—*2	<5.1	<9.0	0.44	<6.6	<6.2	—	<7.3	<7.9	—*2	<7.3
	T-A1	1回/週*	<6.9	—*2	<7.8	<7.6	0.082	<6.8	<8.6	—	<8.8	<5.5	—*2	<8.6
	T-A2	1回/週*	<6.9	—*2	<7.8	<7.6	0.16	<6.8	<8.8	—	<8.6	<5.5	—*2	<8.8
T-A3	1回/週*	<6.8	—*2	<7.8	<7.6	0.15	<7.0	<8.6	—	<8.8	<5.5	—*2	<8.8	
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	—	—	—	—	<8.6	0.12	—	—	—	—
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※：<○ は検出限界値○Bq/L未満を示す。

：ALPS処理水放出期間(第3回)

*1：検出限界値 0.1 Bq/L

*2：悪天候により採取中止

*：放出開始後当面の間は毎日実施

4-3-3. 第3回放出期間中のモニタリング結果 (3/3)

(単位 : Bq/L)

	試料採取点 (図参照)	頻度	2023年11月										
			20日 *1	20日 通常 *1,2	21日	21日 通常 *2	22日	23日	24日	25日	26日	27日	27日 通常 *2
放水口 付近	T-1	1回/週*	<7.0	1.7	<6.6	—	<6.5	<5.5	<5.3	<6.3	<7.1	<5.7	<0.34
	T-2	1回/週*	<7.1	0.60	<6.5	—	<6.4	<5.5	<5.2	<6.3	<7.1	<5.8	<0.34
	T-0-1	1回/週*	<8.1	1.2	<7.0	—	<7.1	<6.4	<7.2	<7.3	<8.1	<6.4	0.38
	T-0-1A	1回/週*	<8.1	1.0	<7.0	—	<7.0	<6.4	<7.2	<7.3	<8.2	<6.5	<0.33
	T-0-2	1回/週*	<8.1	0.77	<7.1	—	<7.0	<6.5	<7.3	<7.3	<8.1	<6.5	<0.26
	T-0-3A	1回/週*	<7.0	0.87	<6.7	—	<6.6	<5.5	<5.2	<6.3	<7.1	<5.7	<0.33
	T-0-3	1回/週*	<8.1	0.92	<7.2	—	<7.1	<6.5	<7.3	<7.3	<8.2	<6.4	<0.33
	T-A1	1回/週*	<7.3	1.5	<9.0	—	<7.4	<7.2	<5.7	<5.2	<5.7	<7.8	<0.36
	T-A2	1回/週*	<7.2	0.60	<8.9	—	<7.7	<7.2	<5.7	<5.2	<5.6	<7.8	<0.36
	T-A3	1回/週*	<7.2	0.37	<8.9	—	<7.6	<7.2	<5.6	<5.2	<5.7	<7.8	<0.36
放水口 付近の 外側	T-D5	1回/週	—	—	<7.2	<0.33	—	—	—	—	—	<7.8	<0.34
	T-S3	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S4	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T-S8	1回/月	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

※ : <○ は検出限界値○Bq/L未満を示す。

: ALPS処理水放出期間(第3回)

*1 : 放出終了前の8時以前に採取

*2 : 検出限界値 0.4 Bq/L

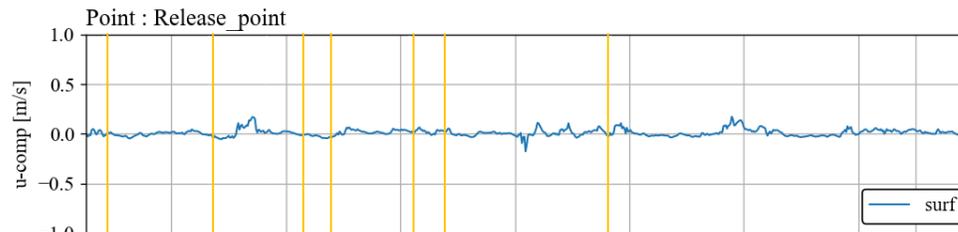
* : 放出開始後当面の間は毎日実施

4-4. 放水口地点表層における海流の流向流速（拡散シミュレーション結果）



- 放出を開始した11月2日の0:00以降の海象は下図のとおり。

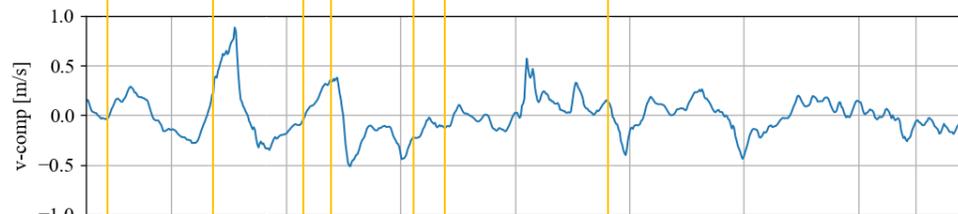
流速の東西成分
(東向きが+)



東向き

西向き

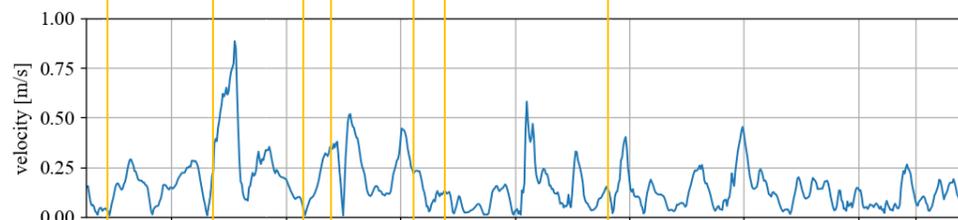
流速の南北成分
(北向きが+)



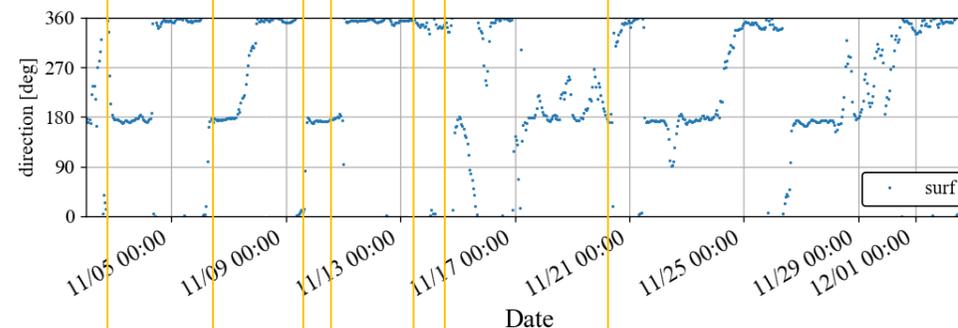
北向き

南向き

流速



流向
(0度,360度が南向き,
90度が西向き,
180度が北向き,
270度が東向き)



南向き

東向き

北向き

西向き

南向き

海水モニタリング
実施時間帯



4-5-1. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月2日14:00）

- 放出開始約4時間後である11月2日14:00の拡散シミュレーション結果と,当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では,弱い北向きの流れとなっており,北側に拡散範囲が拡がりつつある傾向が示された。モニタリング結果では,放水口北東側のT-0-1A地点のみ周囲より高い濃度で検出されており,シミュレーション結果と概ね一致している。（海流については,4-4. 放水口地点表層における海流の流向流速（拡散シミュレーション結果）を参照）

2023/11/02_14:00

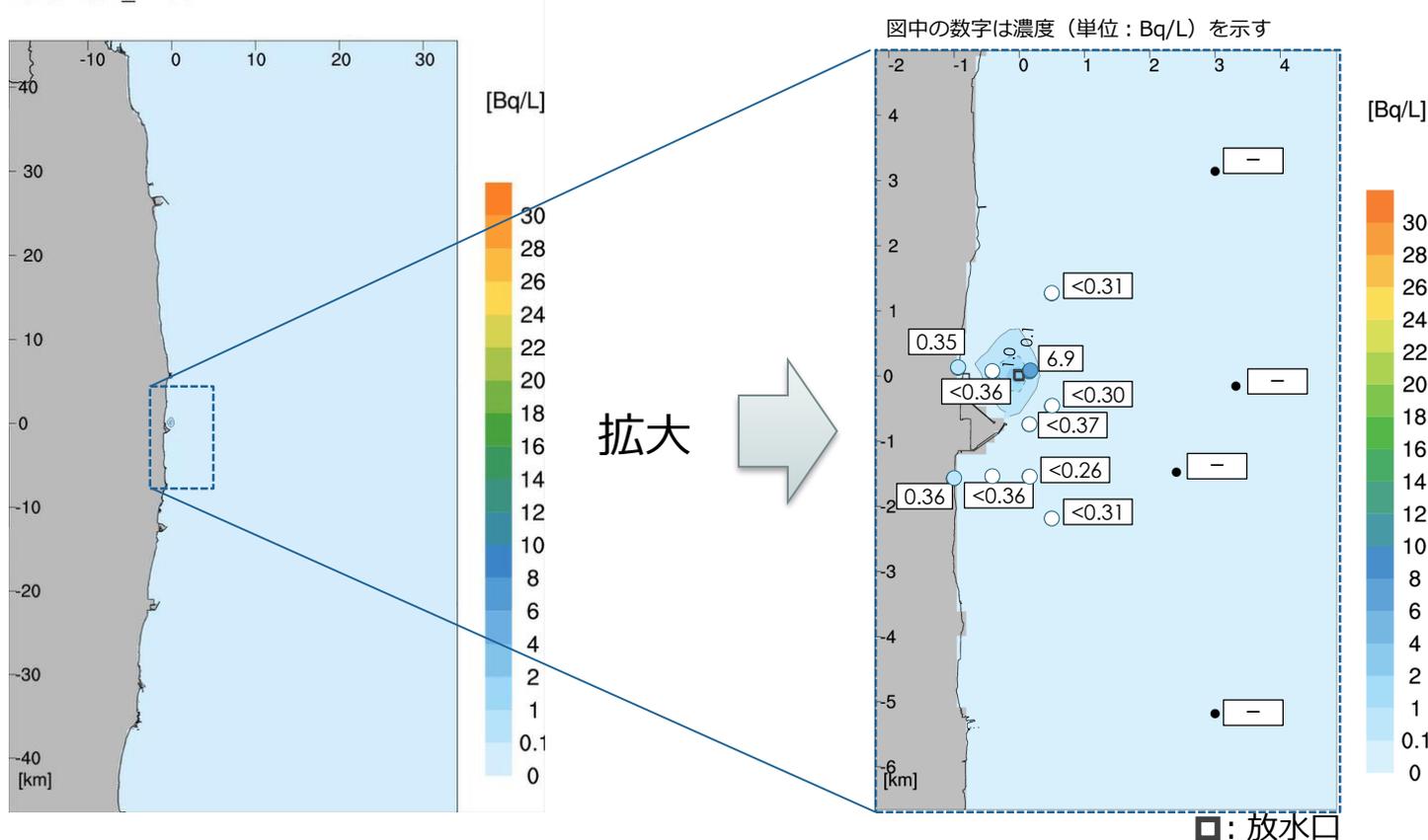


図 11月2日14:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し,白丸はND, ●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

4-5-2. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月6日8:00）

- 11月6日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、前日までの南向きの海流が北向きに変変わった直後となっており、拡散範囲自体は南に広がっているが、北側に拡がりつつある傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

2023/11/06_08:00

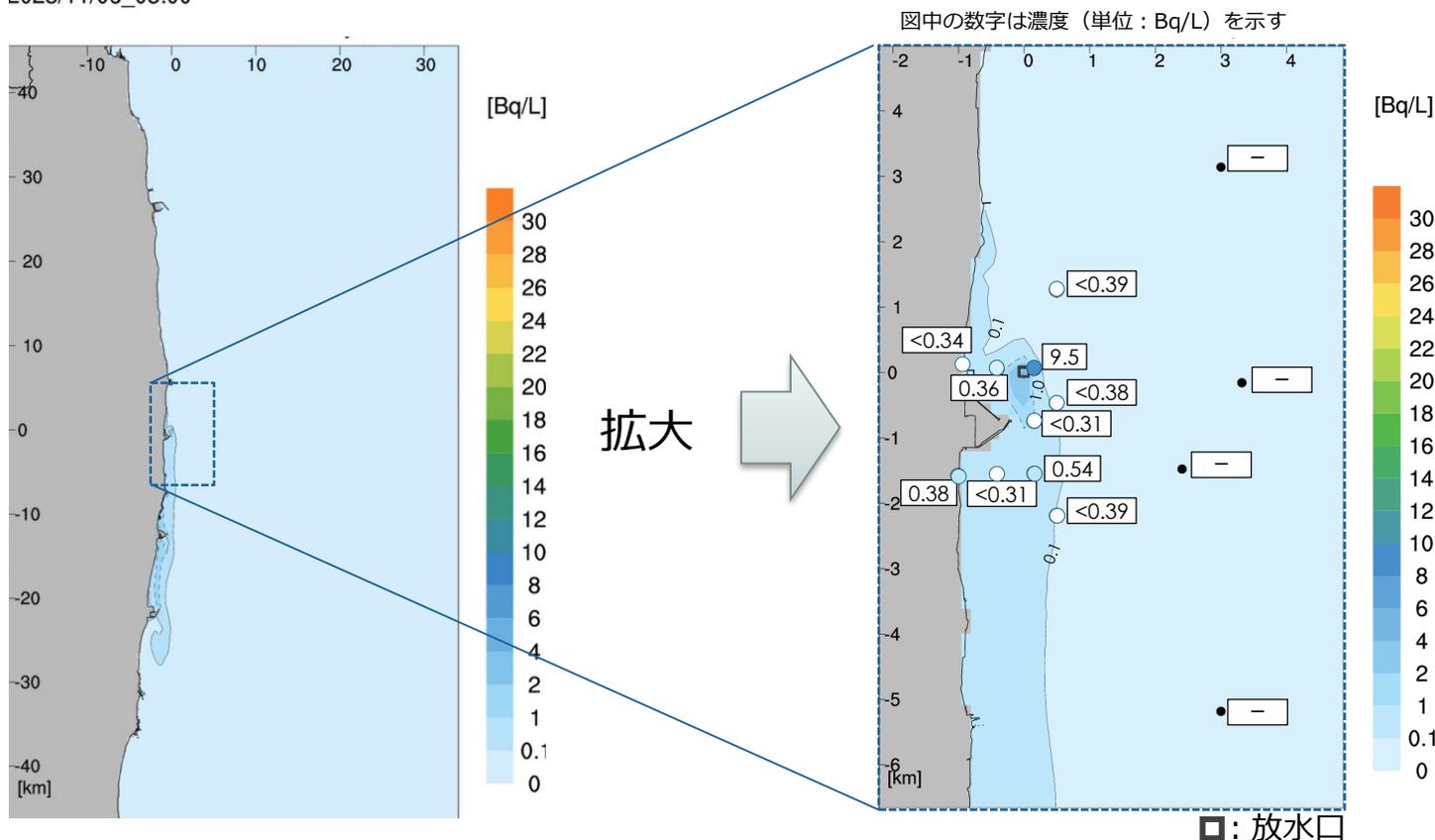


図 11月6日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

4-5-3. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月13日8:00）

- 11月13日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、11月11日頃から南向きの流れが継続しており、南側に拡散範囲が広がっている傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

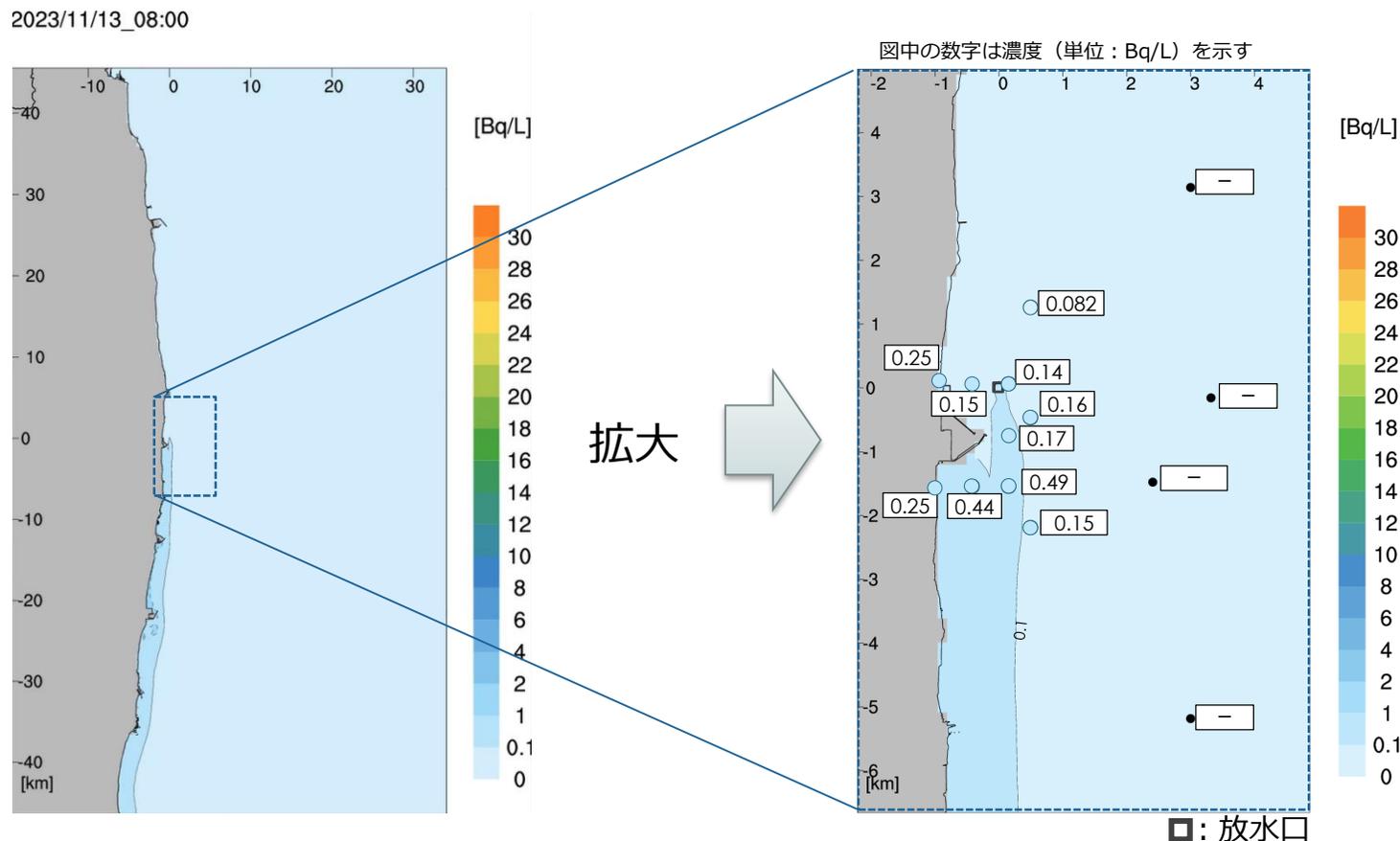


図 11月13日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

4-5-4. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月20日8:00）

- 11月20日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、11月18日から低流速の北向きの流れが継続し、20日に南向きが変わっており、南北両方向に拡散範囲が広がっている傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

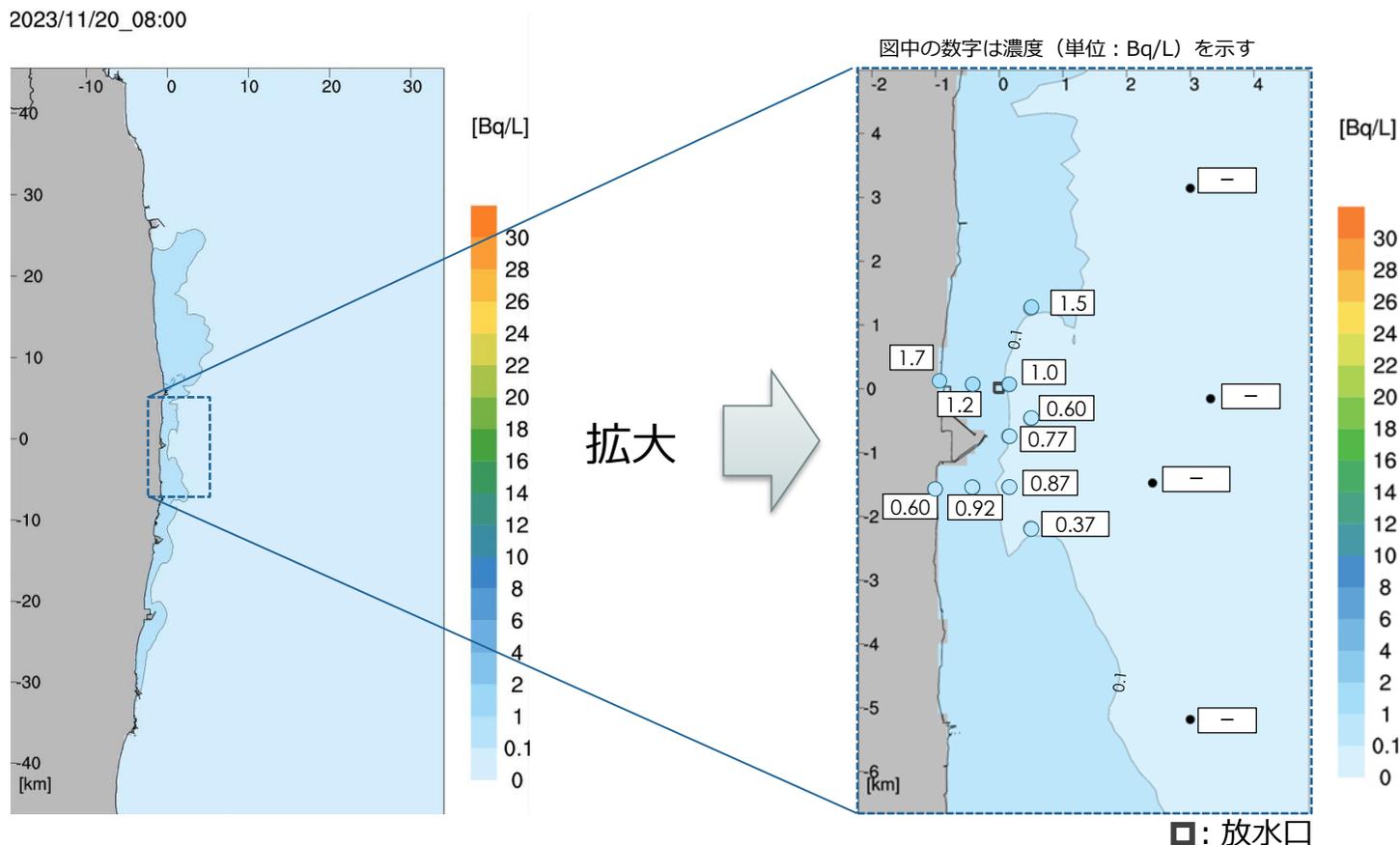


図 11月20日8:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

4-6-1. 他機関のモニタリング結果（第3回放出期間）について

- 当社以外に、環境省、原子力規制委員会、福島県が発電所周辺3km圏内でALPS処理水放出期間中にモニタリングを実施していることから、これらの調査点におけるトリチウムの分析結果についても本検証の対象とした。
- 各機関で実施している調査点は、右図のとおり。
- 第3回放出期間（2023年11月2日～11月20日）中に各機関が行った海水モニタリング結果の概要は以下の通り。
- 環境省では、11月14日、15日にモニタリングを実施しているが、最大3.5Bq/Lの検出があった14日を検証の対象とした。
- 原子力規制委員会では、11月10日にモニタリングを実施。M-101～104の4地点で0.42～0.63Bq/Lの検出があったことから、検証の対象とした。
- 福島県では、11月9日にモニタリングを実施。検出されたトリチウム濃度は、全地点で0.1Bq/Lを上回る検出があったことから、検証の対象とした。

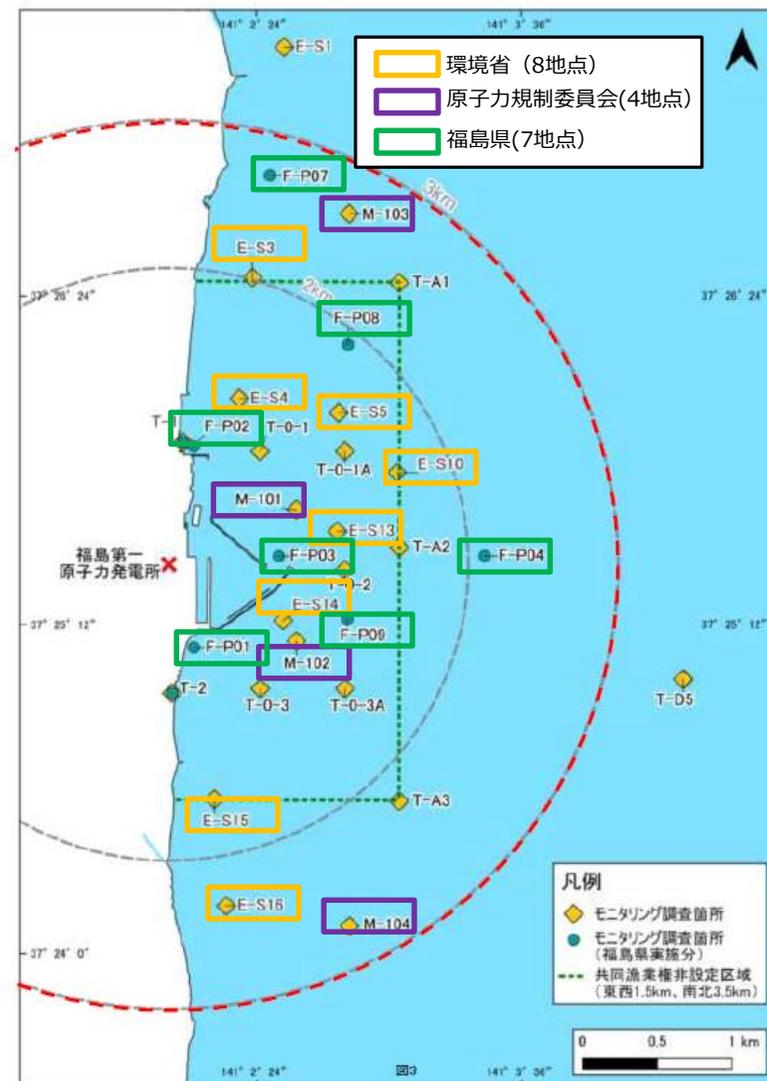


図 発電所から3km圏内の他機関調査位置図

4-6-2. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月9日12:00）

- 11月9日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた福島県の海水モニタリング結果を下図に示す。
- 拡散シミュレーション結果では、11月8日に北向きから南向きの流れに変わっており、南北両方向に拡散範囲が広がっている傾向が示された。この傾向はモニタリング結果と概ね一致している。

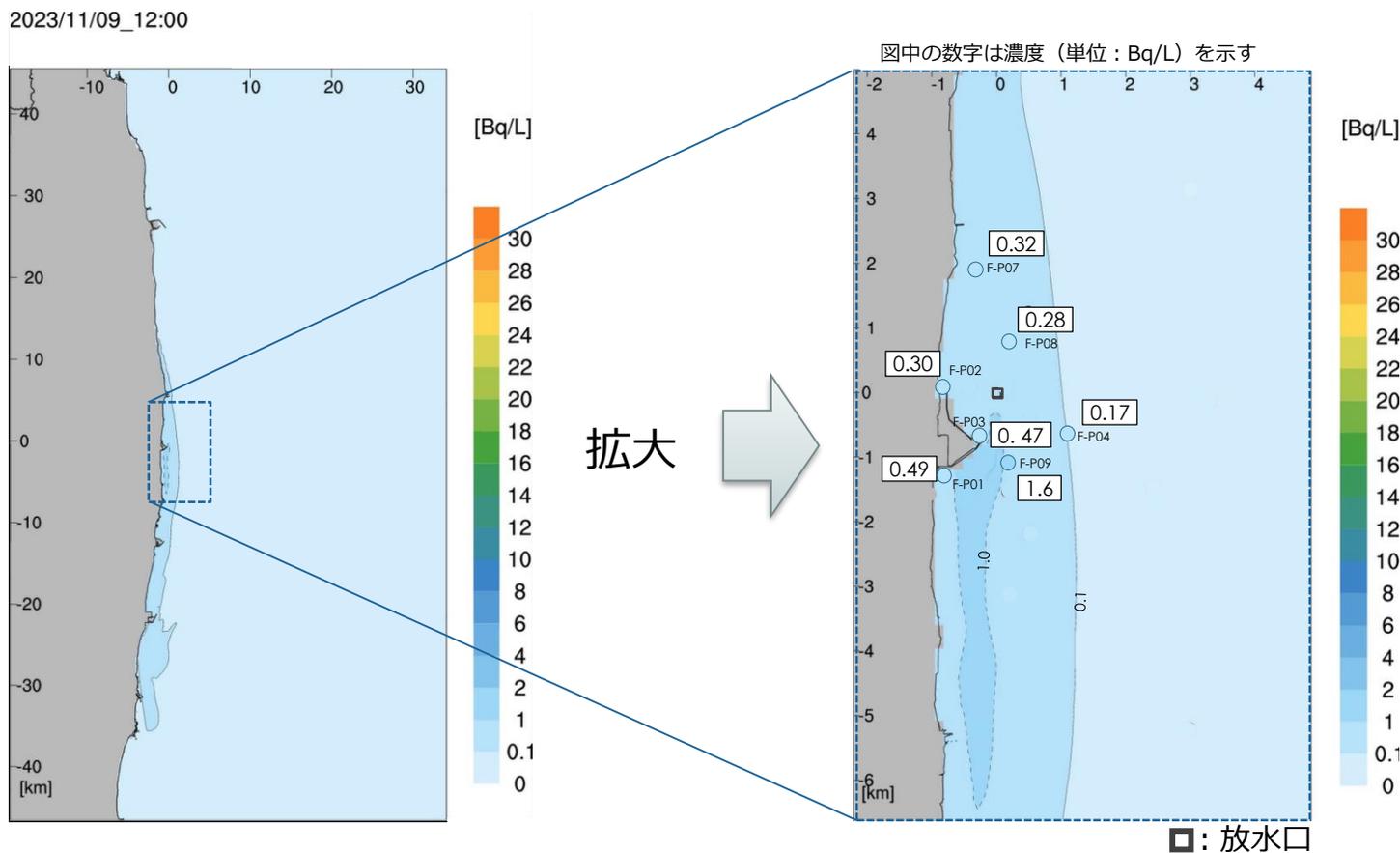


図 11月9日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はNDを示す。

4-6-3. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月10日12:00）

- 11月10日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた原子力規制委員会の海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、前日までの南向きの流れが北向きになり、拡散範囲が南北両方向に広がっている傾向が示された。この傾向は、モニタリング結果と概ね一致している。

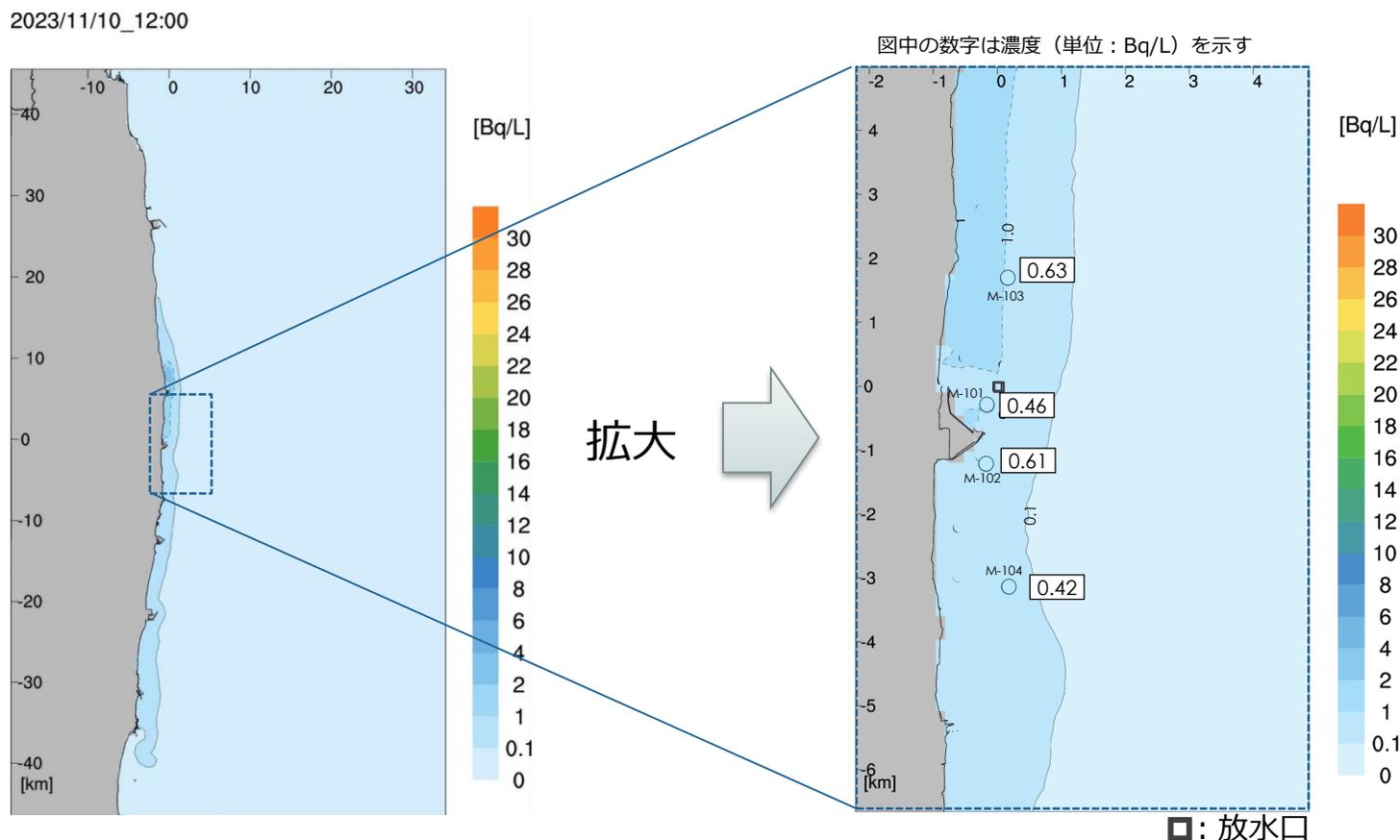


図 11月10日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はNDを示す。

4-6-4. 拡散計算結果とモニタリング結果の比較（11月14日12:00）

- 11月14日12:00の拡散シミュレーション結果と、当日行われた環境省の海水モニタリング結果を下図に示す。
- シミュレーション結果では、南向きの流れが継続しており、拡散範囲が南側に広がる傾向が示された。モニタリング結果では、南北両方で検出が見られたが、放水口の北側がより高い傾向となっており、シミュレーションとの違いが見られた。

2023/11/14_12:00

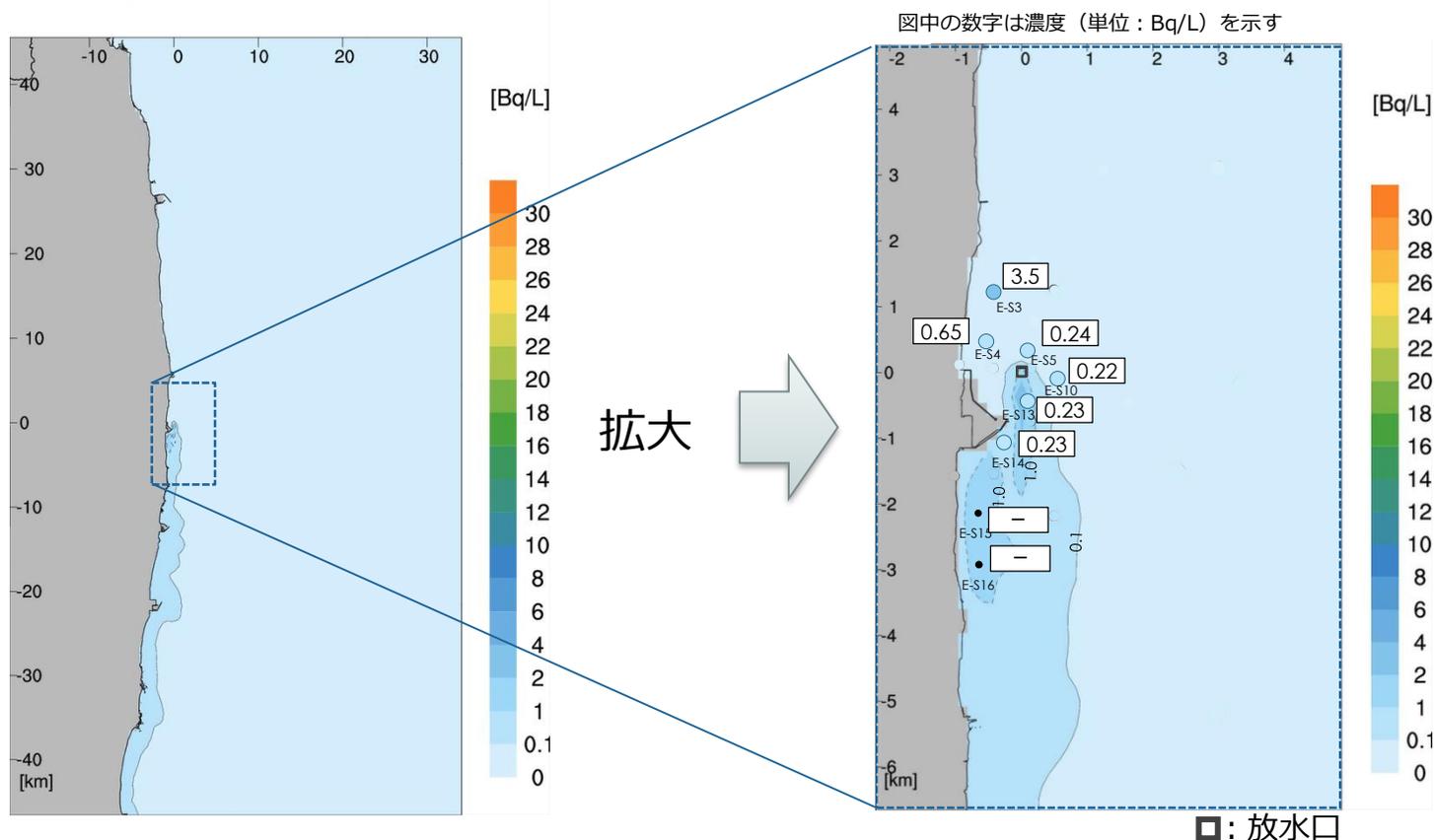


図 11月14日12:00の拡散計算結果（海表面の濃度分布図）とモニタリング結果の比較
○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

4-7. 第3回放出期間における比較検証のまとめ

- 第3回放出期間中（2023年11月2日～11月20日）に実際した海域モニタリングの結果と、同期間の実気象、海象データを用いて実施した拡散シミュレーションの結果について比較を行った。
- 比較対象は、11月2日、6日、13日、20日の当社モニタリングに加え、11月9日の福島県、11月10日の原子力規制委員会、11月14日の環境省モニタリングの結果とした。
- 今回評価を実施し、第3回放出期間中のモニタリング結果からも、放出された希釈後のALPS処理水は、海洋において速やかに拡散が進んでいることが確認された。
- 拡散シミュレーションで示された傾向と、今回比較対象とした発電所周辺のモニタリング結果を比較した結果、一部のモニタリング結果では違いも見られたが、全体としては概ね傾向が一致している場合が多かった。

海洋拡散シミュレーションの妥当性検証

第1回～第3回放出全体の評価

5. 全体まとめ

- 2023年8月～11月に実施した3回のALPS処理水の放出について、各放出期間中に行われた海域モニタリングの結果を用いて、拡散シミュレーションの妥当性検証を行った。
- 比較対象は、濃度の上昇を確認可能と考えられる放水口周辺のモニタリング地点とし、当社だけでなく他機関（環境省、原子力規制庁、福島県）のモニタリングデータも対象とした。
- 放出期間中の**モニタリング結果からも、放出された希釈後のALPS処理水は、海洋において速やかに拡散が進んでいることが確認された。**
- 放出開始直後であり検出された海水モニタリングデータが少ないため、年間平均値などの統計的な比較ができないこと、シミュレーションには不確かさがあり、時間的、空間的な変動が大きい海洋における拡散現象は、シミュレーションによりある時刻のある地点での濃度を精緻に再現することは難しいことから、妥当性の検証は、数字の比較ではなく、濃度上昇傾向（拡散の傾向）が再現されているかを評価した。
- 今回検証を行った3回の放出期間においては、拡散シミュレーションで示された拡散の傾向と、発電所周辺のモニタリング結果を比較した結果、全体としては概ね傾向が一致している場合が多く、**拡散シミュレーションは発電所周辺における拡散の傾向を再現できており、放射線環境影響評価に用いた拡散シミュレーションに問題ないことを確認した。**
- 海洋拡散現象は時間的、空間的な変動が大きいいため、シミュレーションは年間平均値をもとに検証されており、モニタリングの継続によるデータの蓄積をはかっていく。

【参考】放水口付近の上方への拡散に関する考察

- 今回使用したモデルは、数百kmに及ぶ拡散を計算するためのものであり、計算の解像度が最小でも南北約185m×東西約147mであることや、放出されるトリチウムを海底の計算メッシュに投入して海流や潮汐による拡散計算を行っており、放水流によってトリチウムが上方に移動する現象を再現していない。
- この現象を再現するためには、あらかじめ放水流による上昇を考慮し海表面付近の計算メッシュにトリチウムを投入して（海表面付近に仮想の放出源を設定して）拡散計算を行う方法などが考えられるが、放水流はきわめて局所的な現象であり、周辺海域における拡散に大きな違いは無く、放射線環境影響評価の結果に影響を与えるものではない（下表参照）。仮想の放出源の設定にも不確かさがあることから、放射線環境影響評価では底層放出による評価を行った。
- 参考として、第2回放出期間について海面付近に仮想の放出源を設定して行った計算（表層放出：放出源を海面下0-1mに設定）を実施し、これまでの計算結果（底層放出：放出源を海面下10-11mに設定）との比較を行った例を次ページ以降に示す。

表 表層放出と底層放出における発電所周辺10km×10kmの平均濃度の比較（第2回放出期間）

放出源深さ	10km×10km平均濃度 (Bq/L)		
	海表面 (人の外部被ばく評価に使用)	海底 (動植物の被ばく評価に使用)	全層 (人の内部被ばく評価に使用)
表層放出	1.4E-01	4.2E-02	5.8E-02
底層放出※	1.2E-01(1.2E-01)	4.8E-02(6.0E-02)	5.9E-02(5.6E-02)

※ () 内は、放射線環境影響評価報告書の被ばく評価に使用した年間平均濃度

【参考】 図1. 表層放出と底層放出の比較（10月5日14:00）

- 10月5日14:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果について、表層放出と底層放出の比較を示す。
- 周辺の拡散傾向に大きな違いは無いが、表層放出の方が放水口付近の濃度がモニタリング結果に近い濃度となっている。

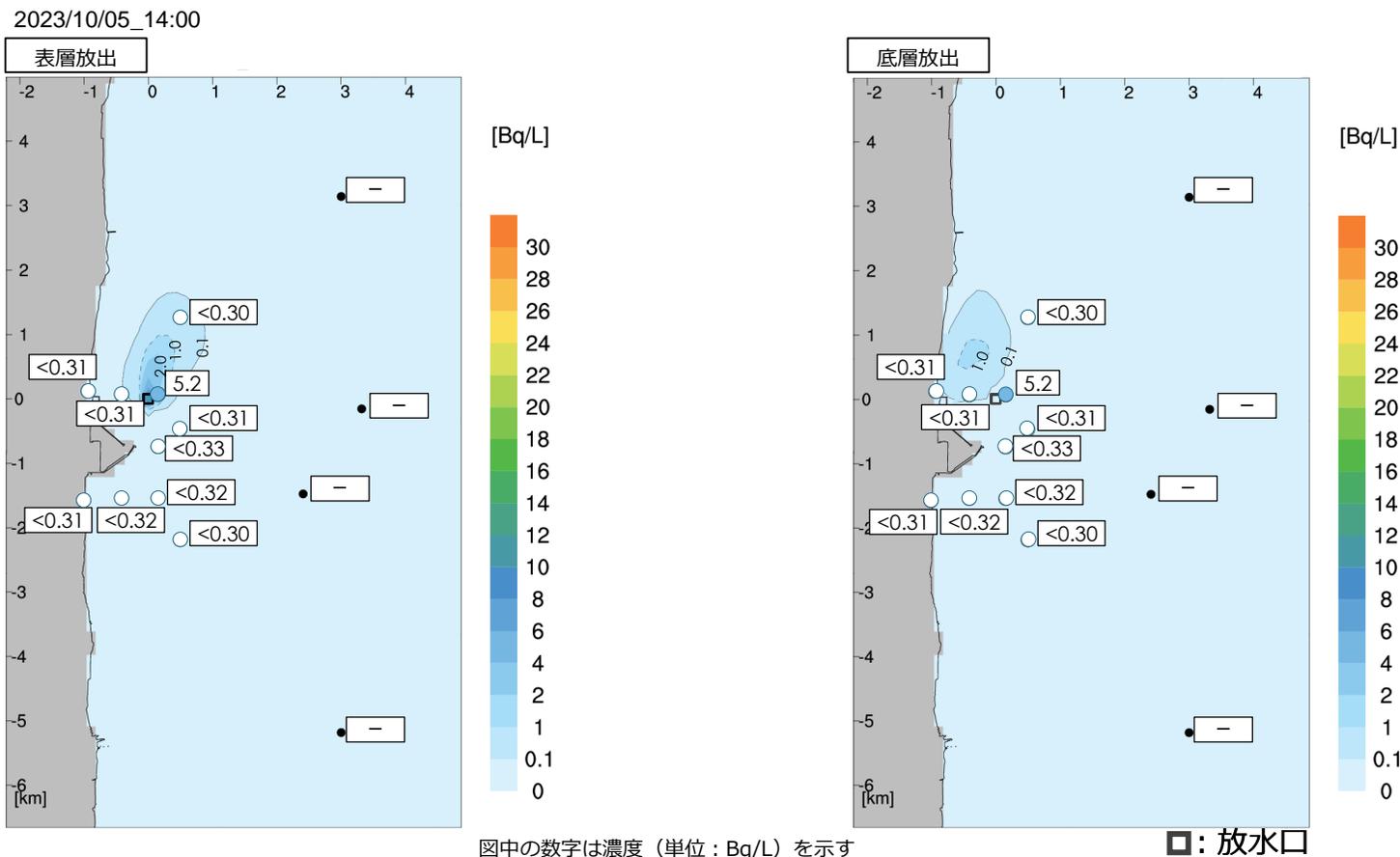


図 10月5日14:00の拡散計算結果の比較（表層放出と底層放出）

○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

【参考】 図2. 表層放出と底層放出の比較（10月9日8:00）

- 10月9日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果について、表層放出と底層放出の比較を示す。
- 広域の拡散傾向に大きな違いは無いが、表層放出の方が放水口付近の濃度がモニタリング結果に近い濃度となっている。

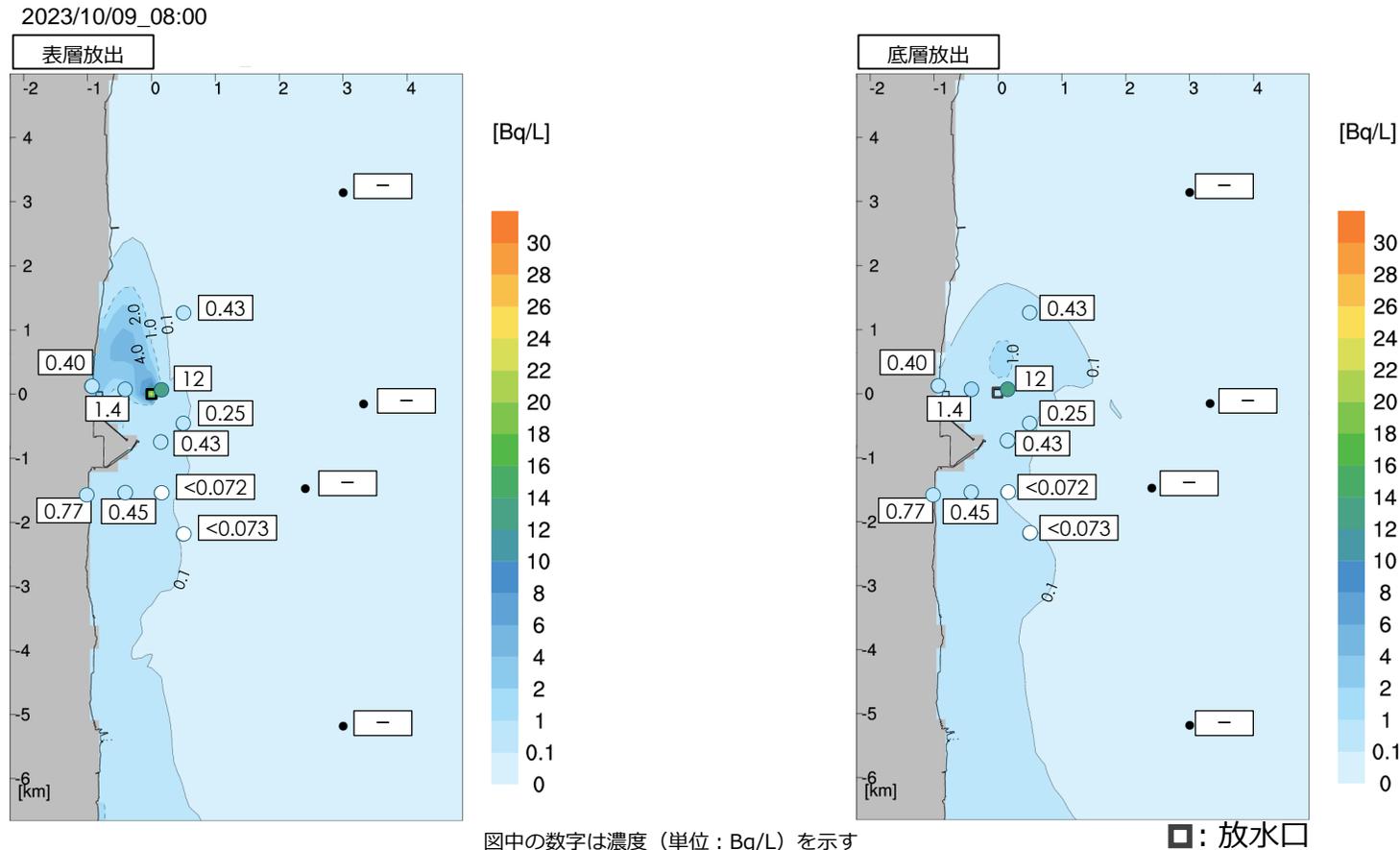


図 10月9日8:00の拡散計算結果の比較（表層放出と底層放出）

○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

【参考】 図3. 表層放出と底層放出の比較（10月16日8:00）

- 10月16日8:00の拡散シミュレーション結果と、当該時間帯に行われた海水モニタリング結果について、表層放出と底層放出の比較を示す。
- 周辺の拡散傾向に大きな違いは無いが、表層放出の方が放水口付近の濃度がモニタリング結果に近い濃度となっている。

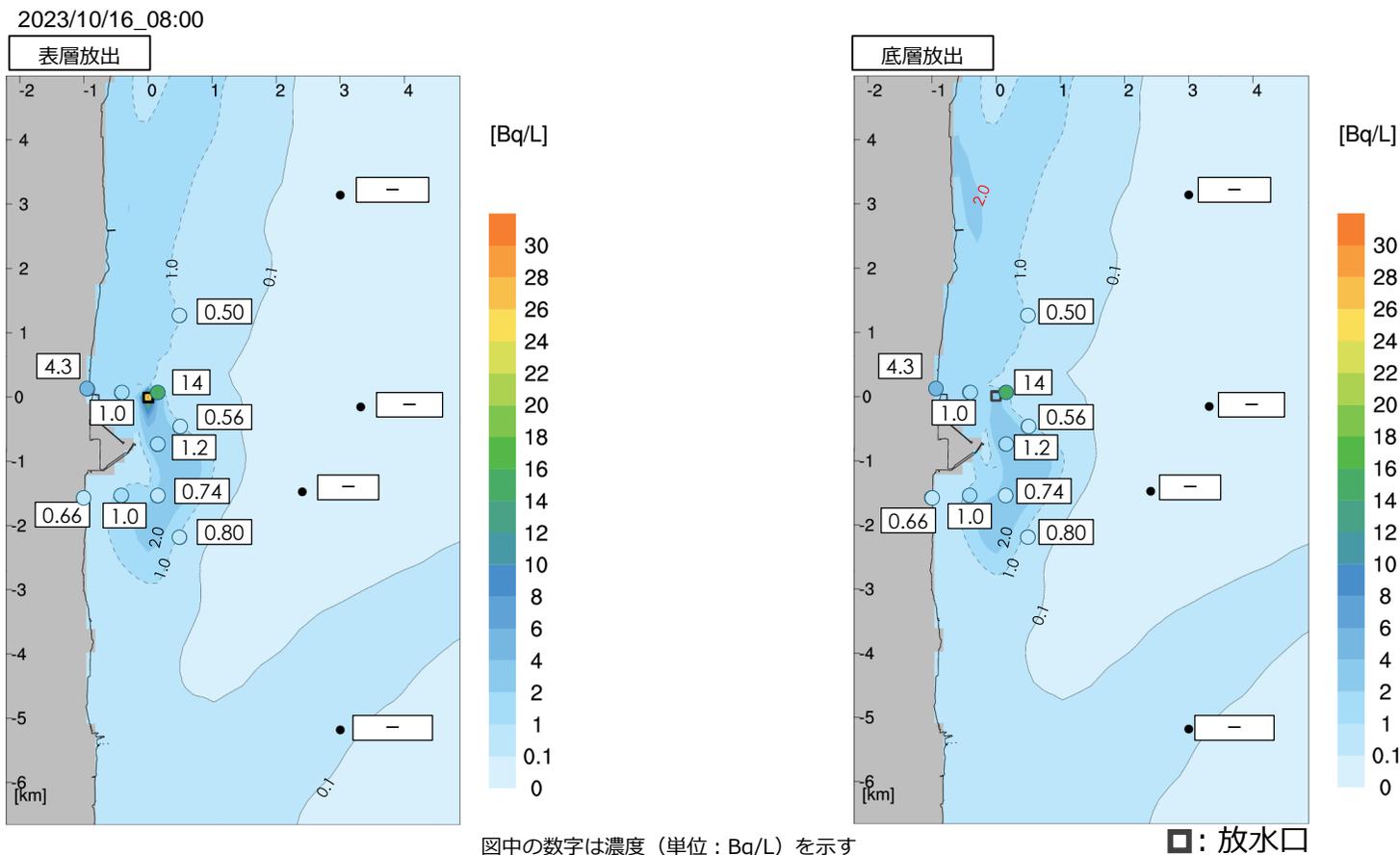


図 10月16日8:00の拡散計算結果の比較（表層放出と底層放出）

○の色はモニタリング結果の濃度を示し、白丸はND、●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。

【参考】 図4. 表層放出と底層放出の比較（10月23日8:00）

- 10月23日8:00の拡散シミュレーション結果と,当該時間帯に行われた海水モニタリング結果について,表層放出と底層放出の比較を示す。
- 比較的流速が早かったため,放水口付近,周辺ともにトリチウム濃度の違いは小さかった。

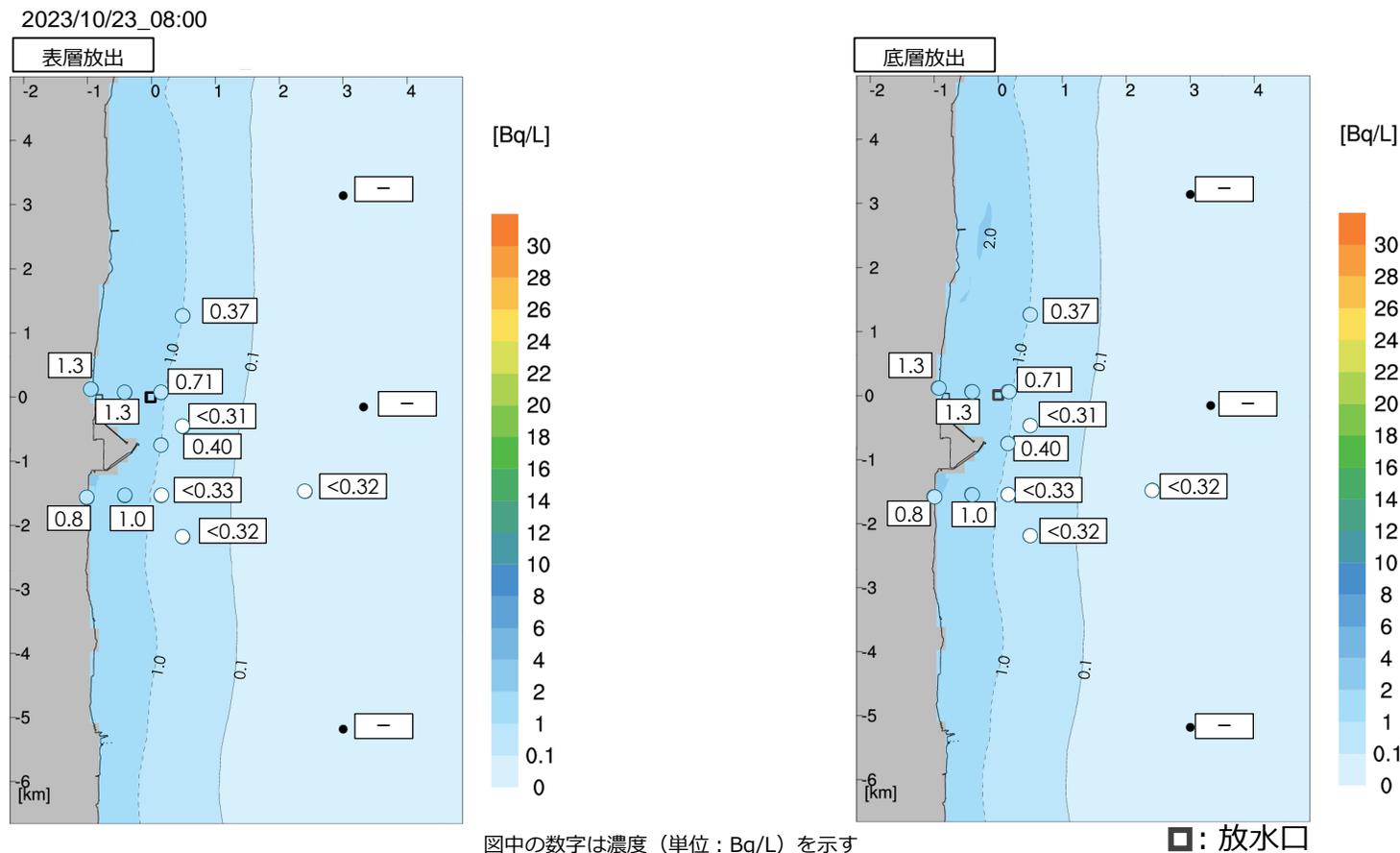


図 10月23日8:00の拡散計算結果の比較（表層放出と底層放出）

○の色はモニタリング結果の濃度を示し,白丸はND, ●はこの時間帯においてモニタリングを行っていないことを示す。