

図-6.9.2.2.20(6) 供用時の流速分布の変化 (冬季、下げ潮時)
第6層[20m以深]

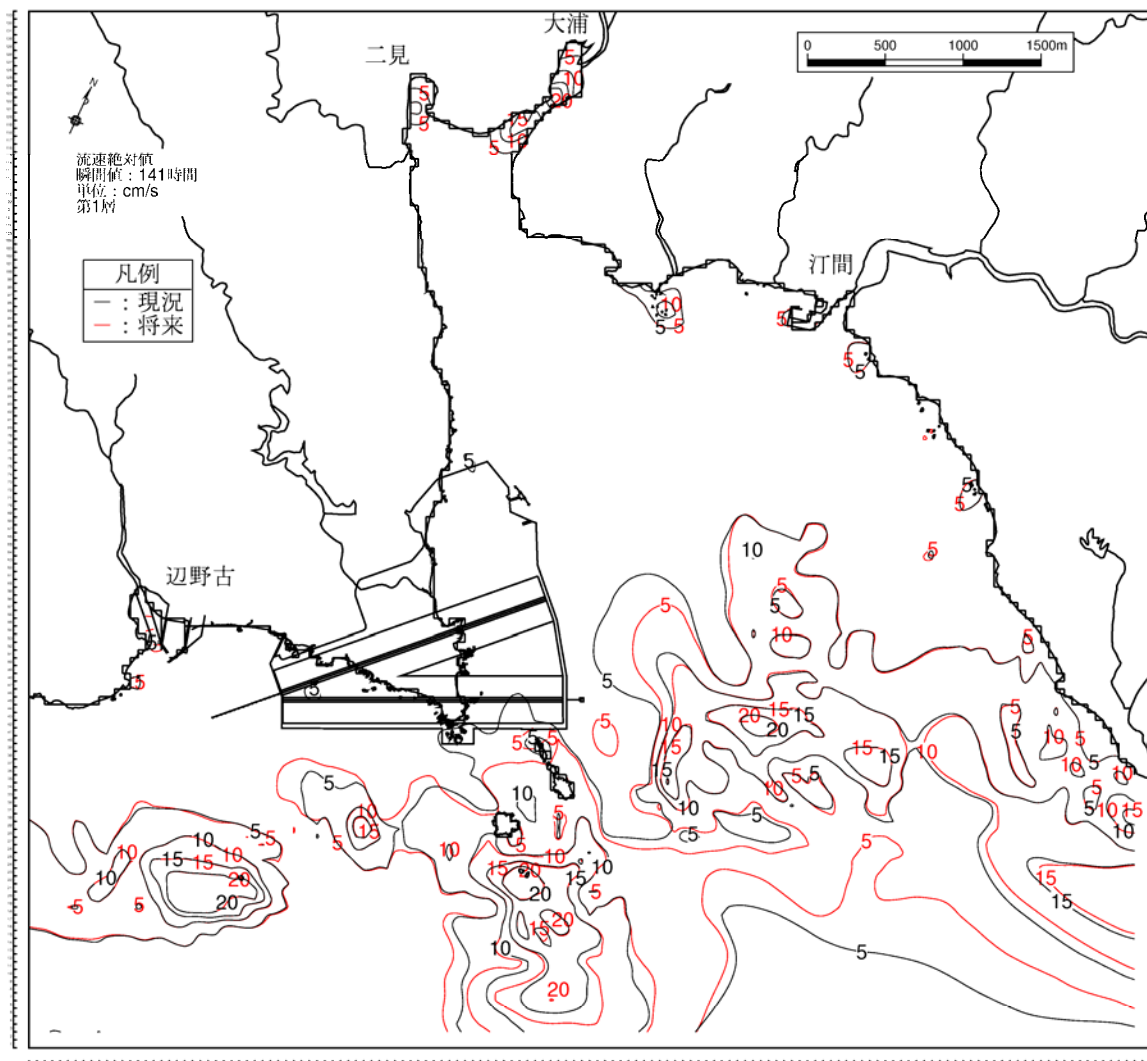
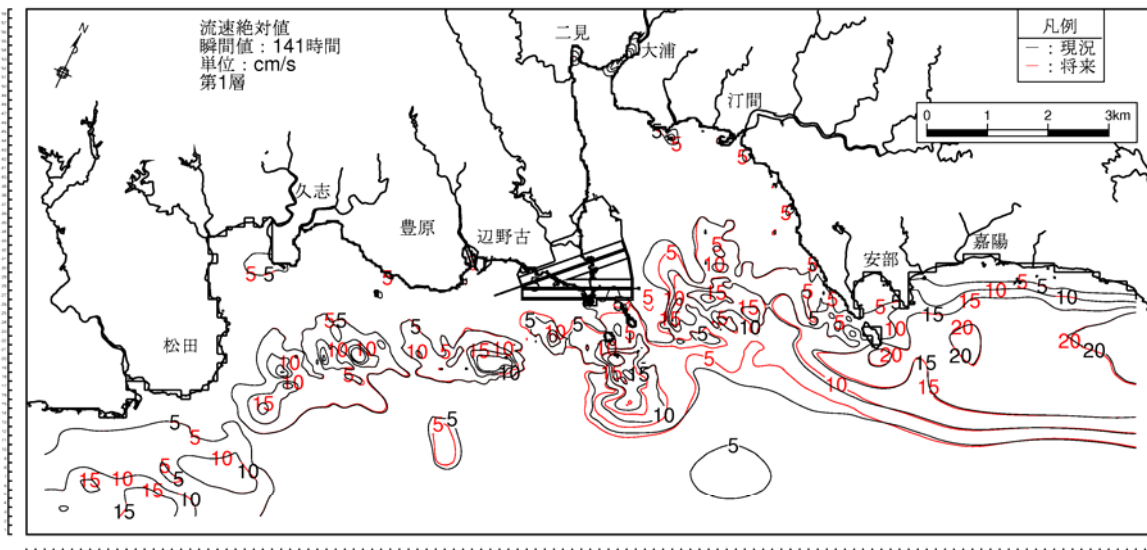


図-6.9.2.2.21(1) 供用時の流速分布の変化（冬季、上げ潮時）
第1層[0~2m]

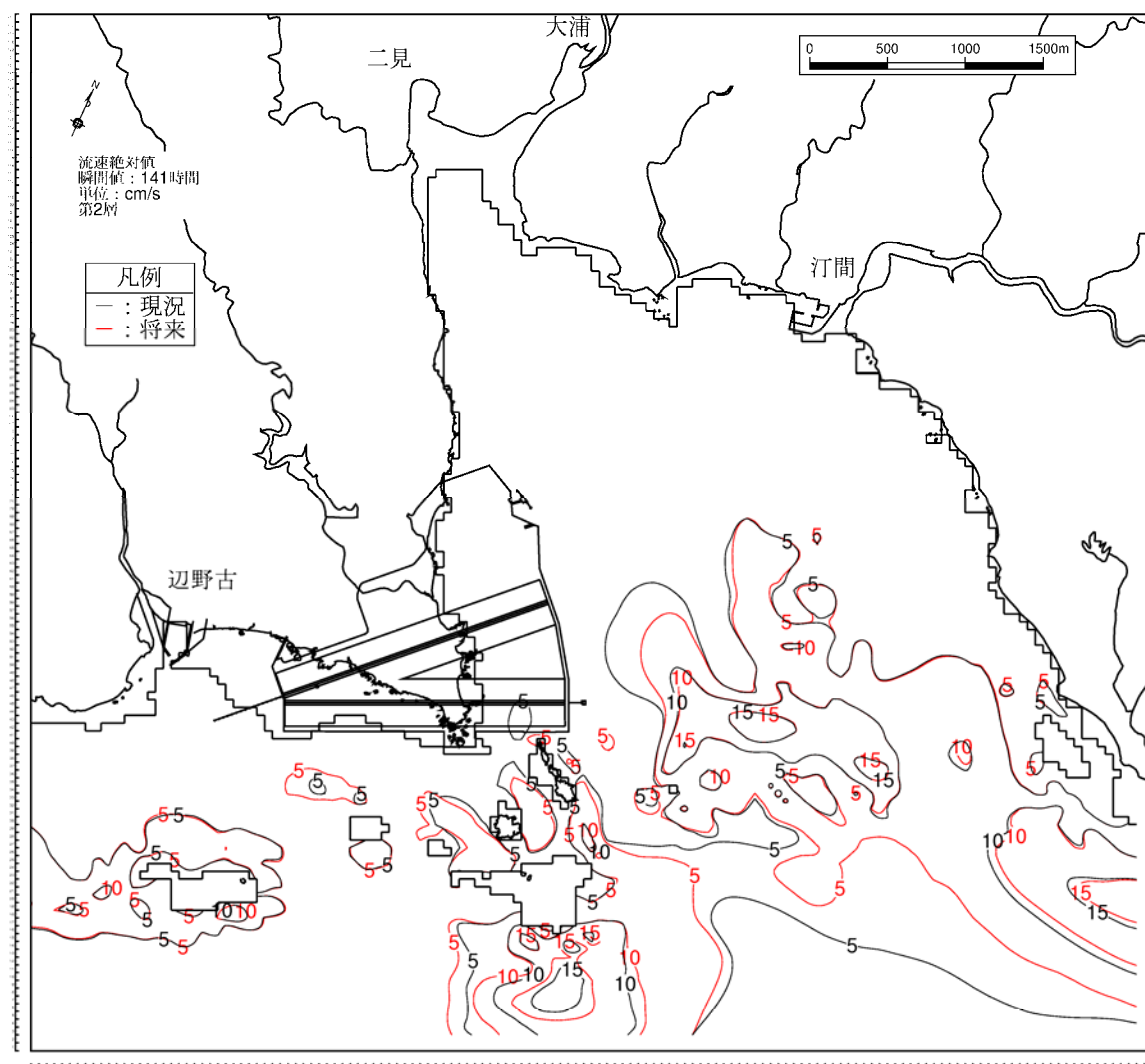
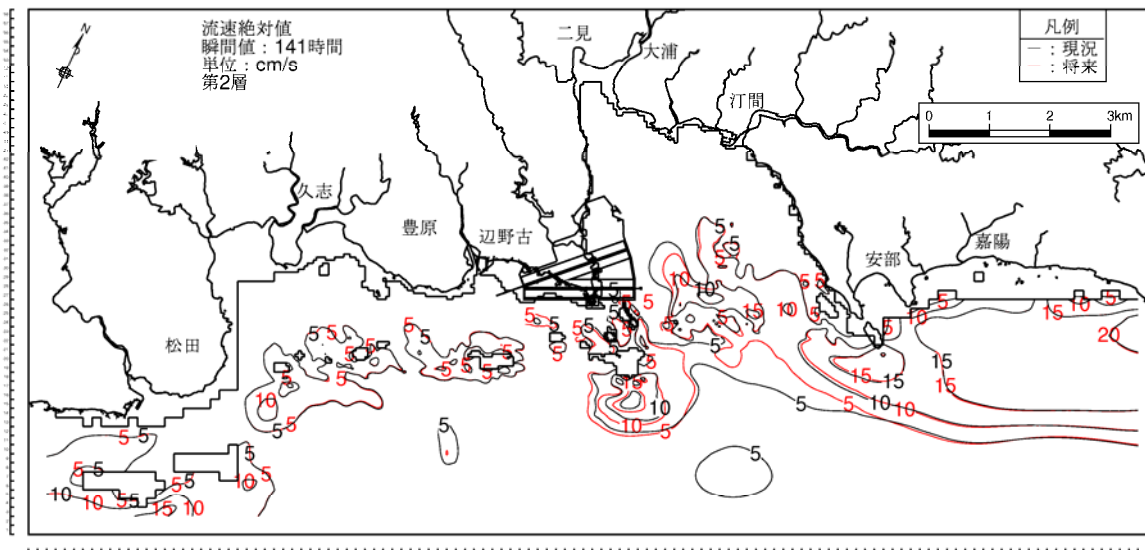


図-6.9.2.2.21(2) 供用時の流速分布の変化 (冬季、上げ潮時)
第2層[2~4m]

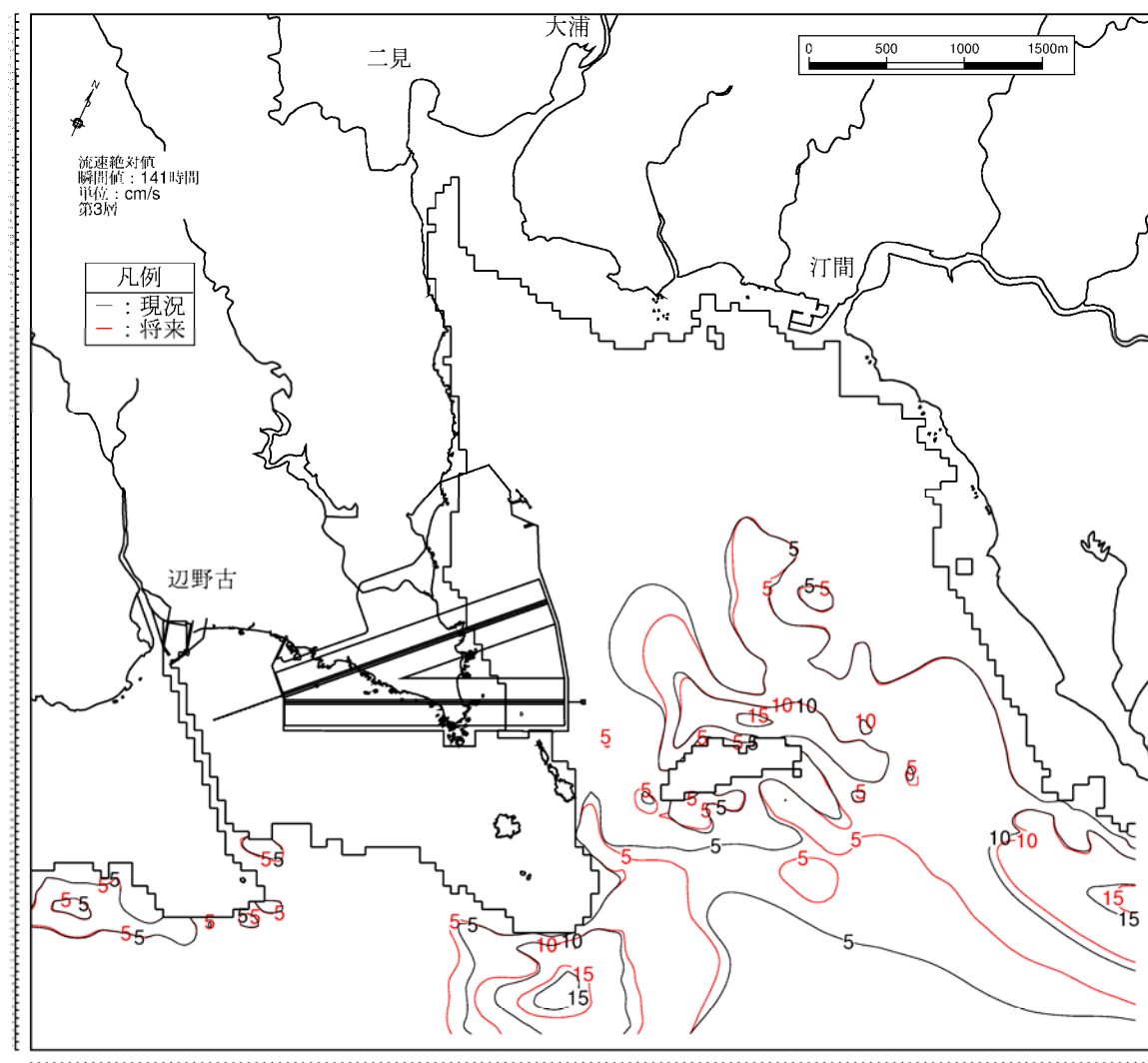
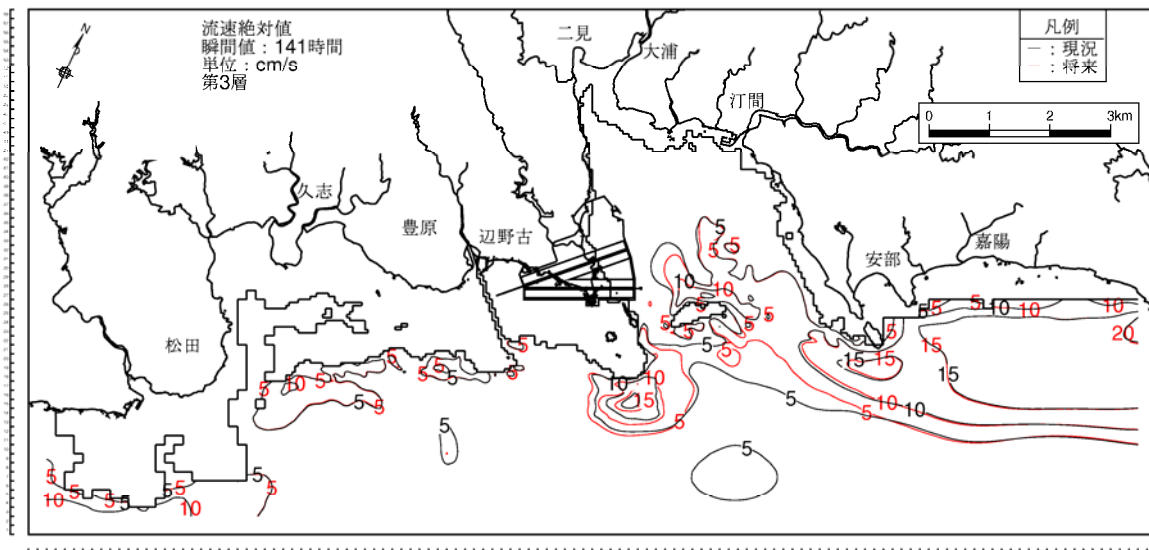


図-6.9.2.2.21(3) 供用時の流速分布の変化（冬季、上げ潮時）
第3層[4~6m]

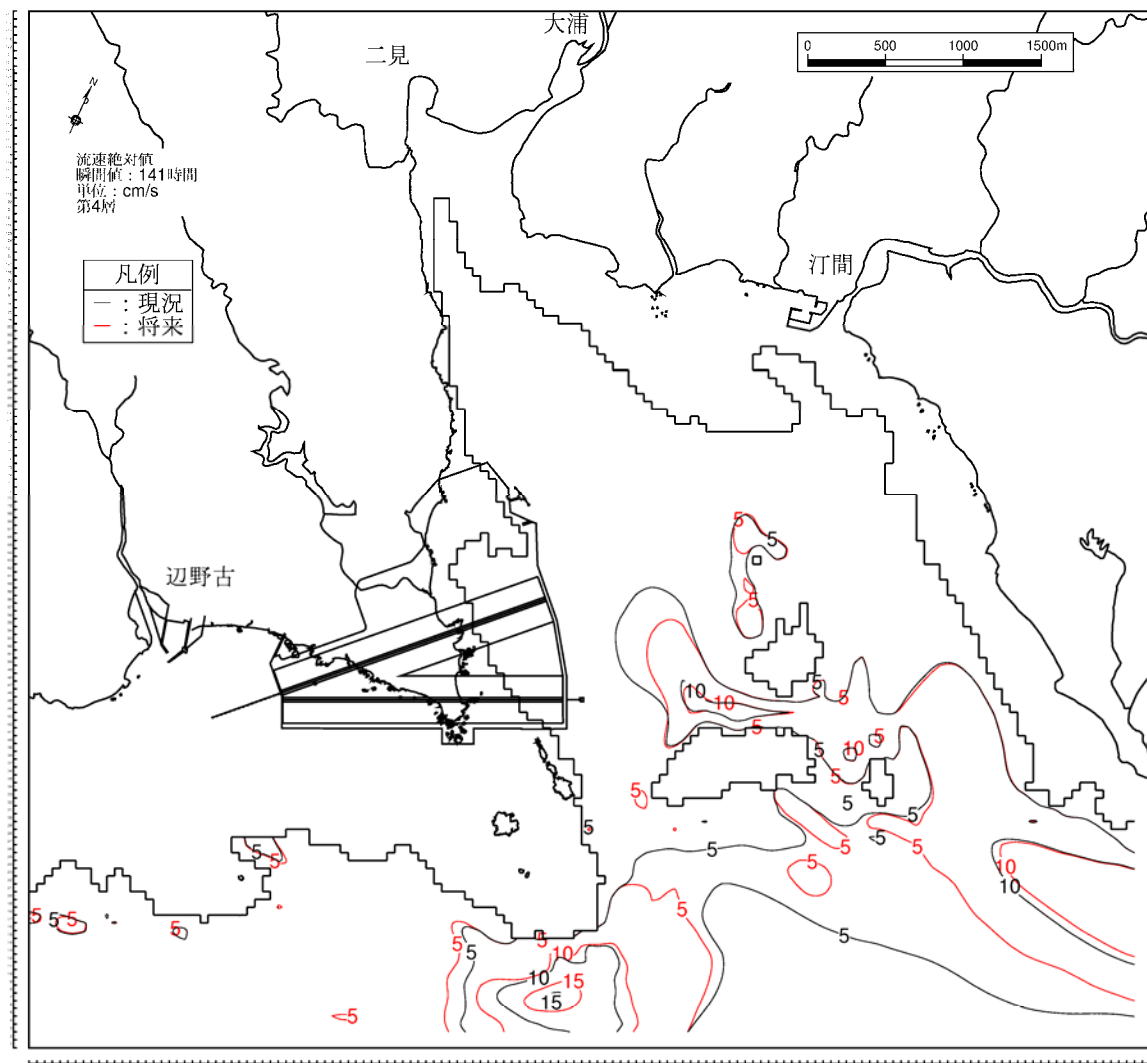
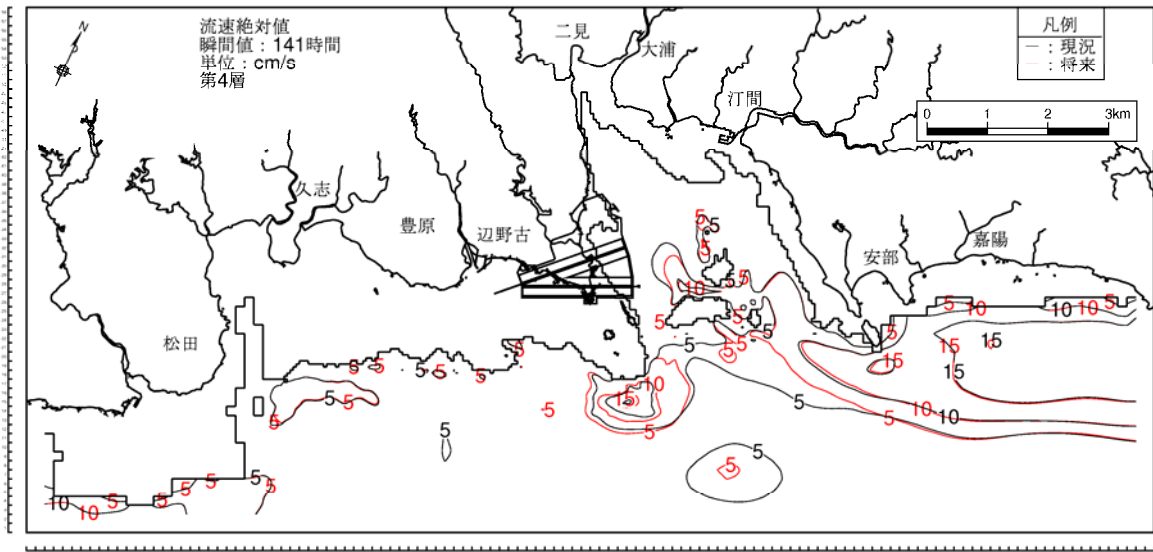


図-6.9.2.2.21(4) 供用時の流速分布の変化 (冬季、上げ潮時)
第4層[6~10m]

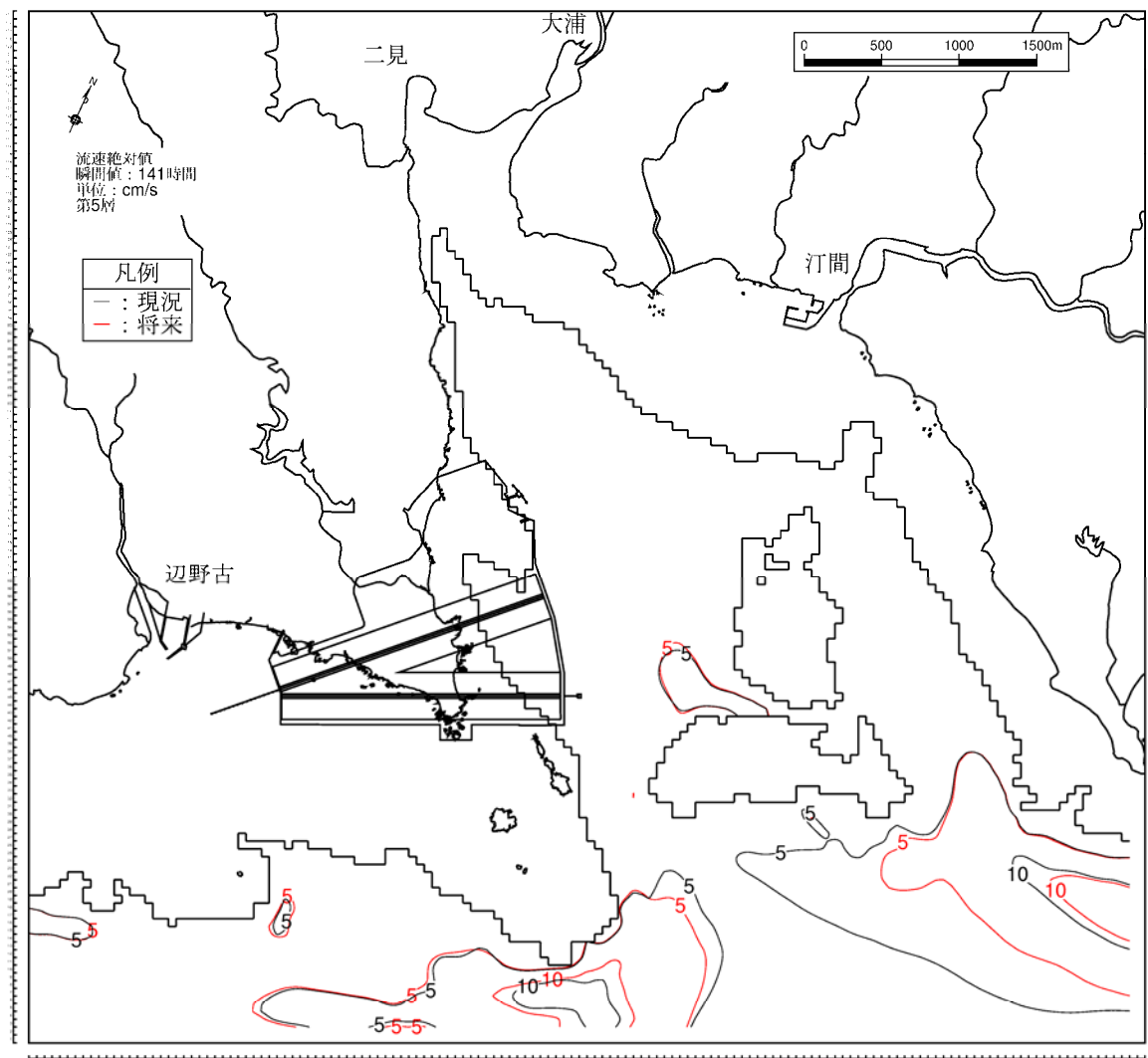
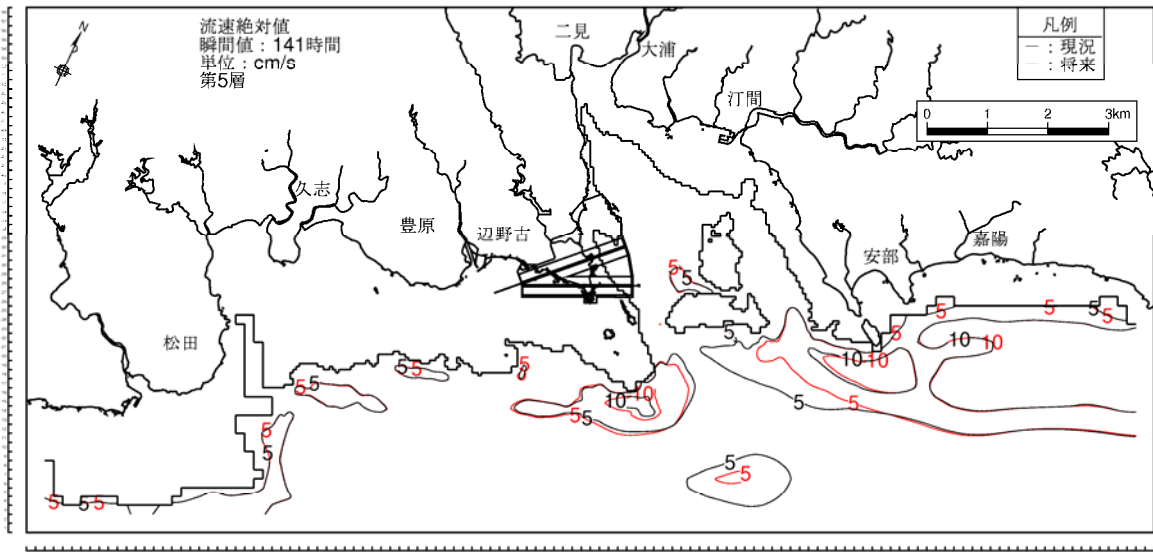


図-6.9.2.2.21(5) 供用時の流速分布の変化 (冬季、上げ潮時)
第5層[10~20m]

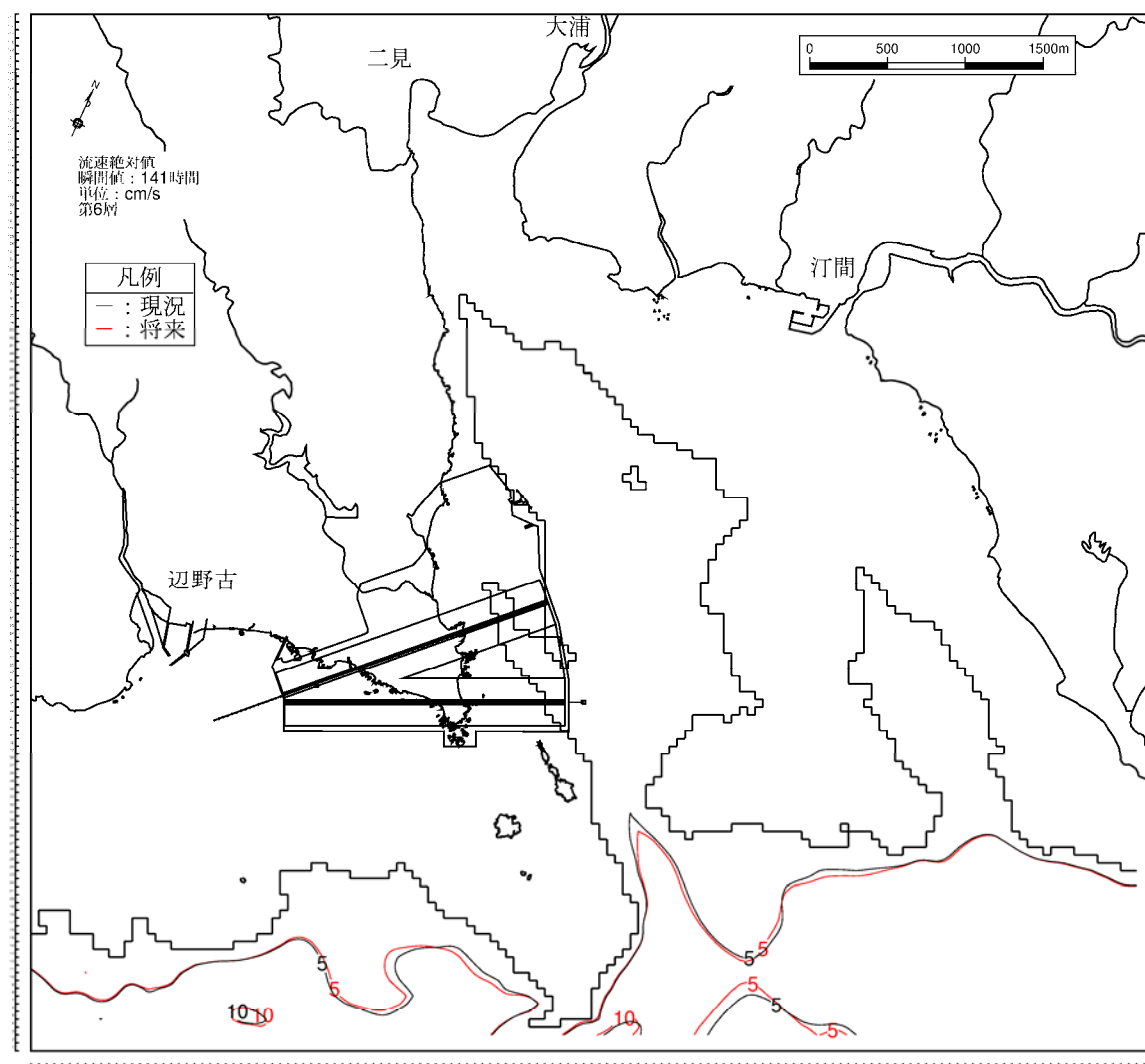
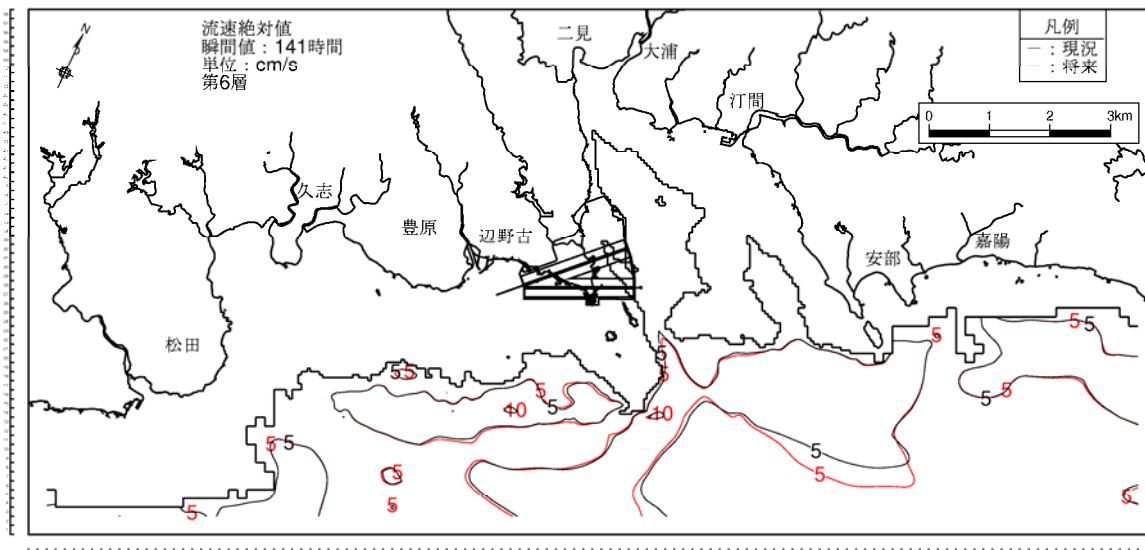


図-6.9.2.2.21(6) 供用時の流速分布の変化（冬季、上げ潮時）
第6層[20m以深]

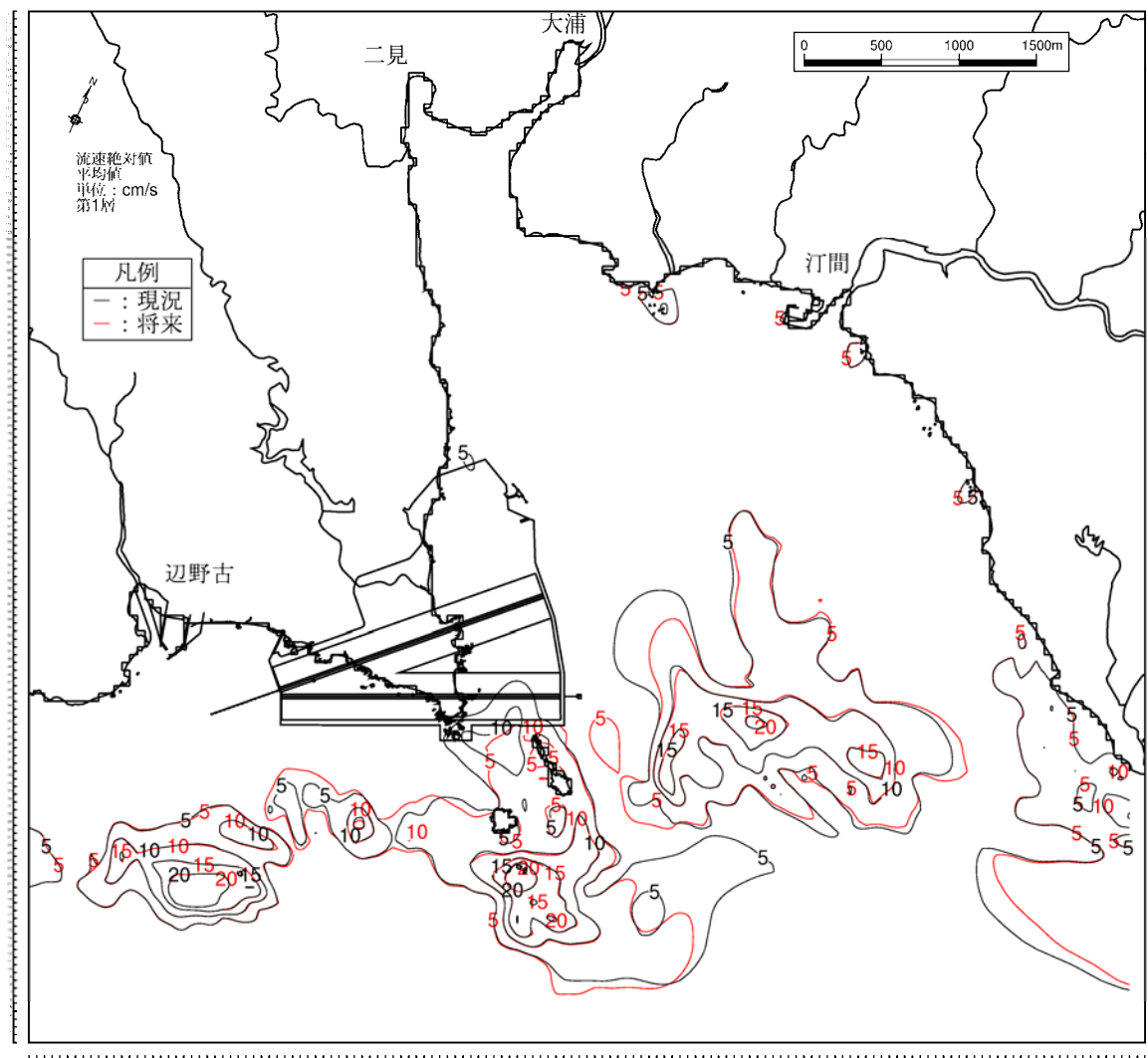
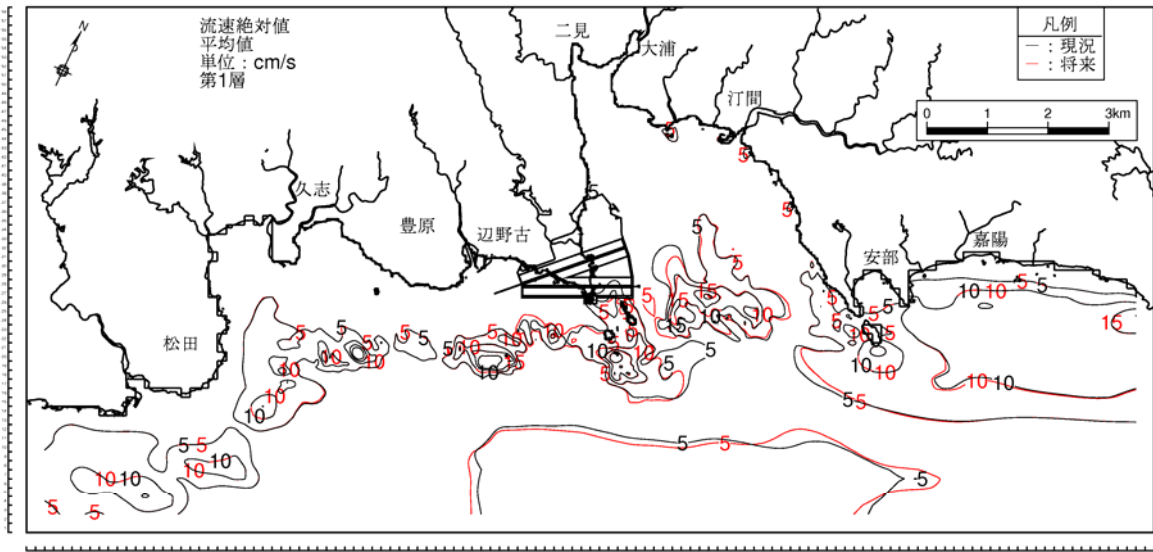


図-6.9.2.2.22(1) 供用時の流速分布の変化 (冬季、恒流(平均流))
第1層[0~2m]

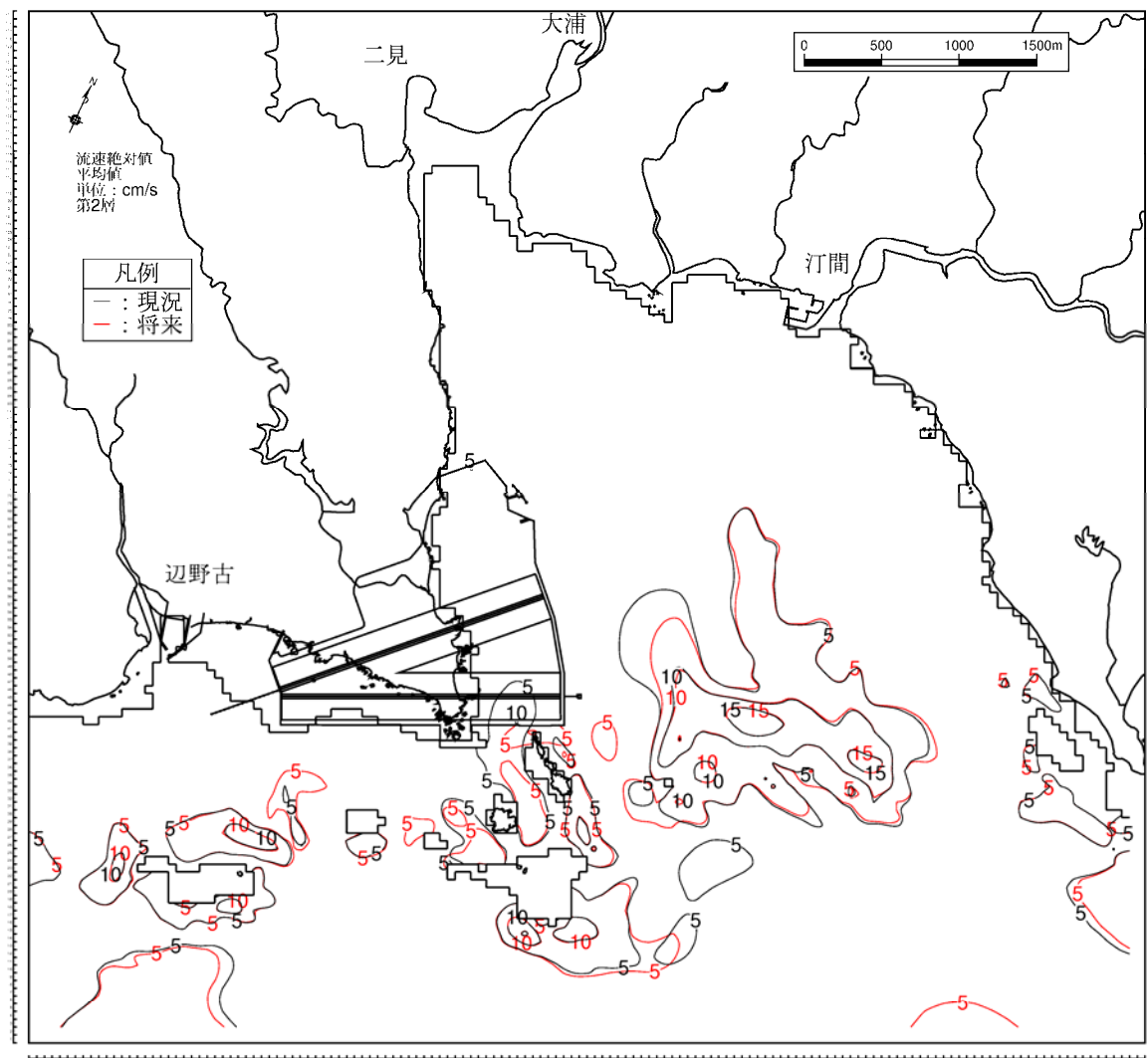
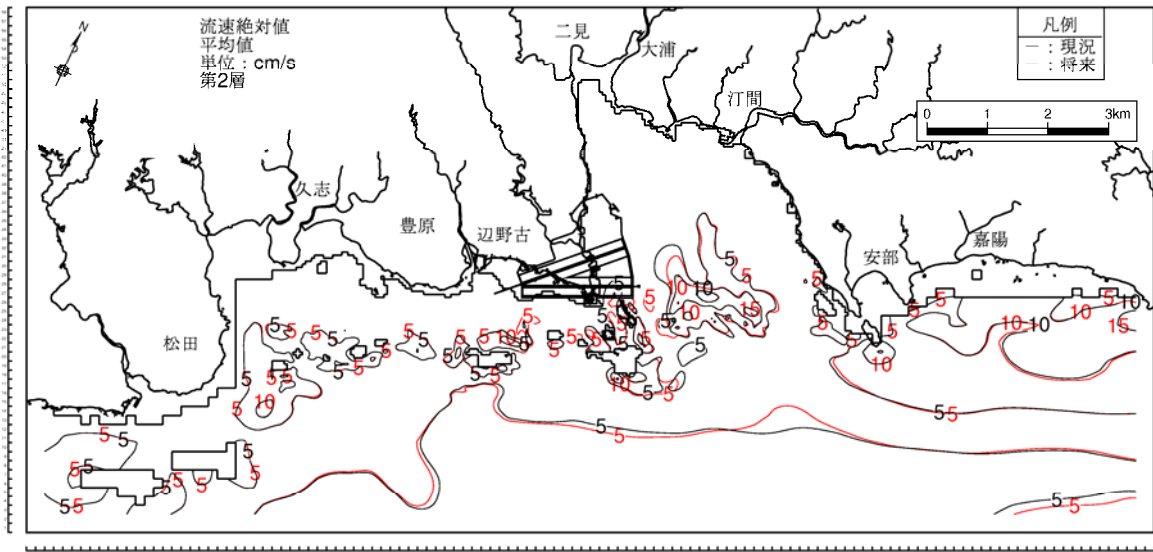


図-6.9.2.2.22(2) 供用時の流速分布の変化 (冬季、恒流(平均流))
第2層[2~4m]

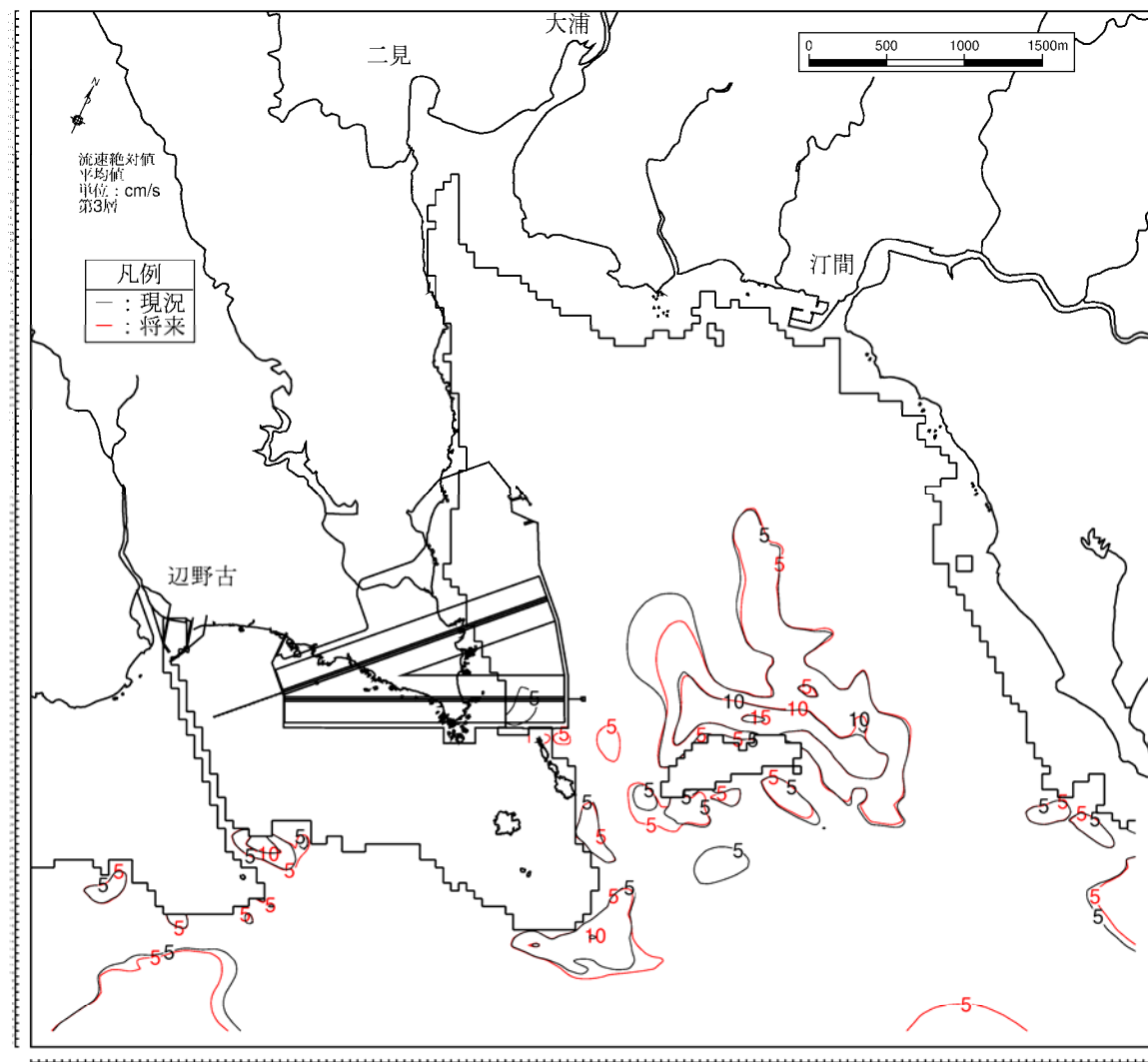
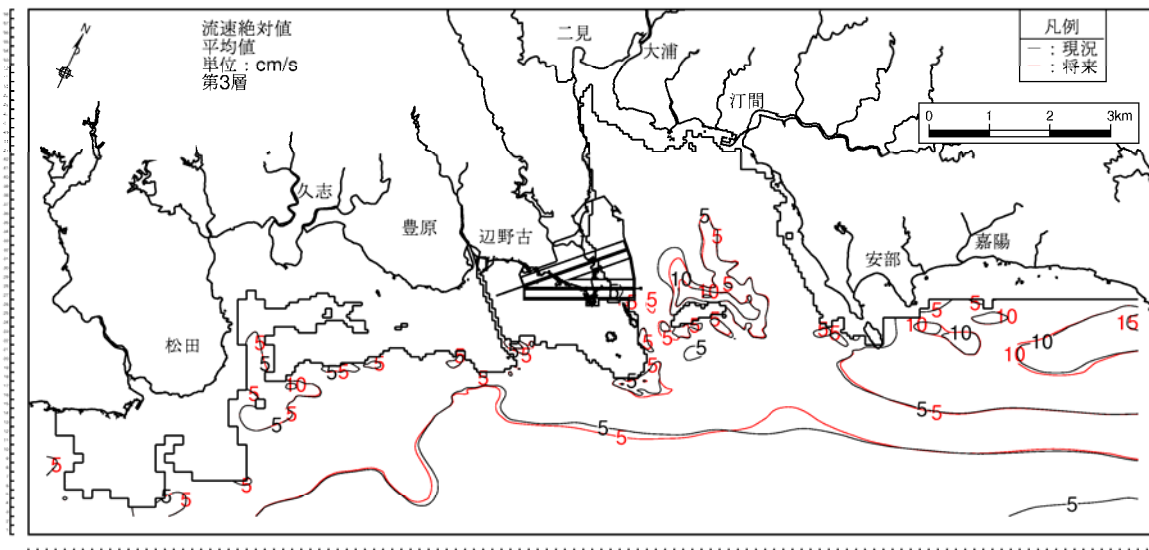


図-6.9.2.2.22(3) 供用時の流速分布の変化 (冬季、恒流(平均流))
第3層[4~6m]

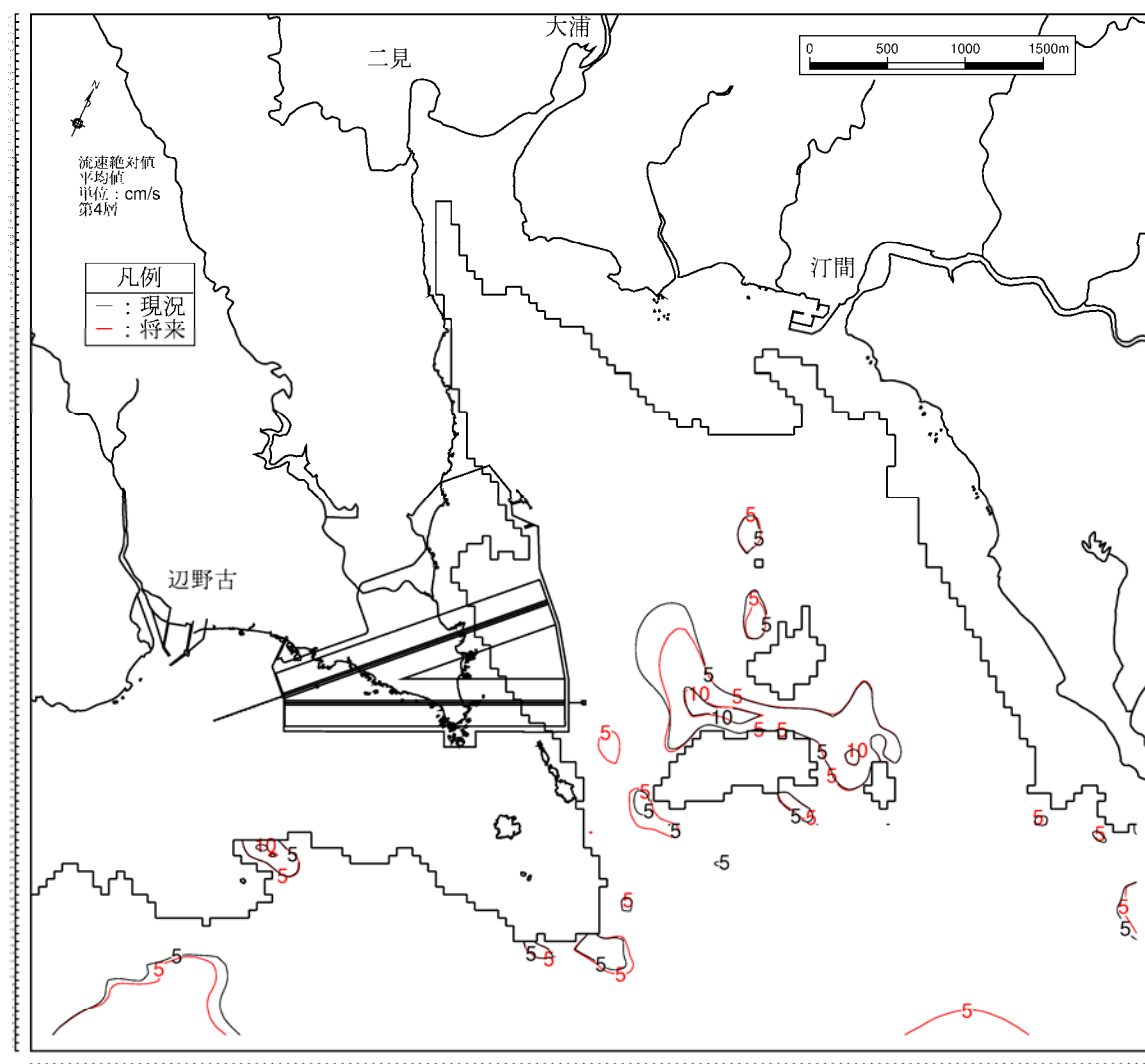
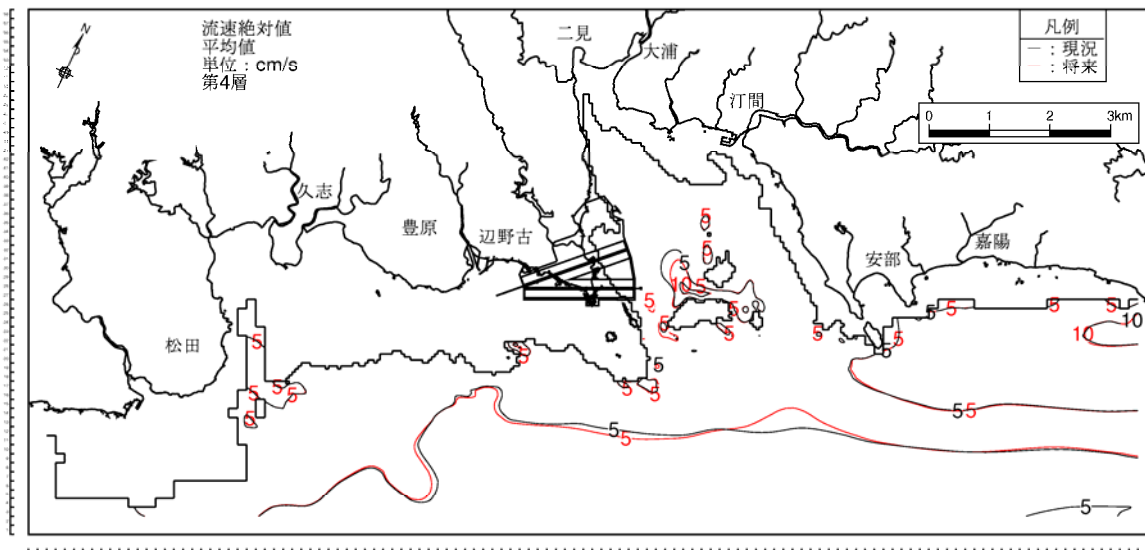


図-6.9.2.2.22(4) 供用時の流速分布の変化 (冬季、恒流(平均流))
第4層[6~10m]

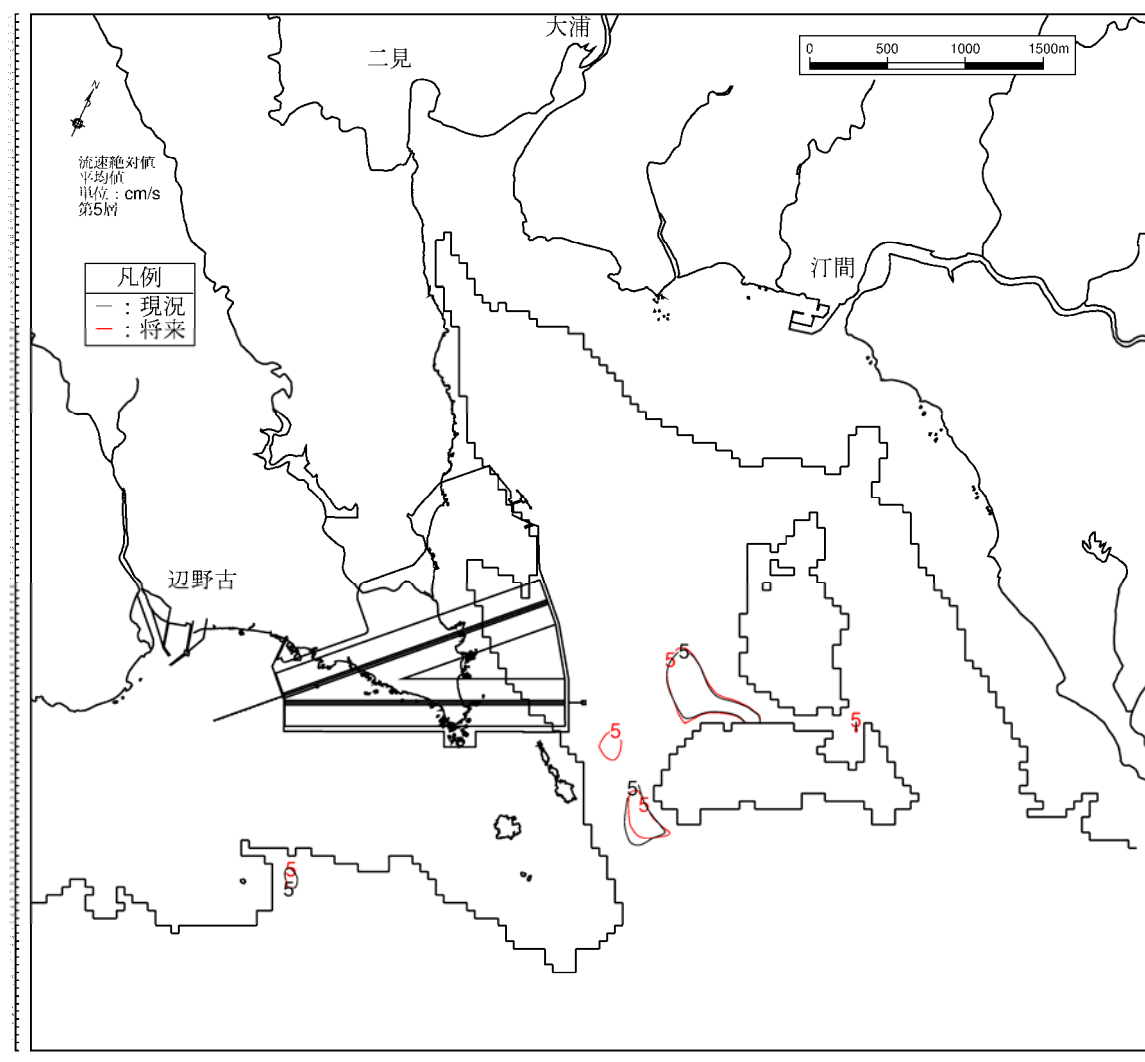
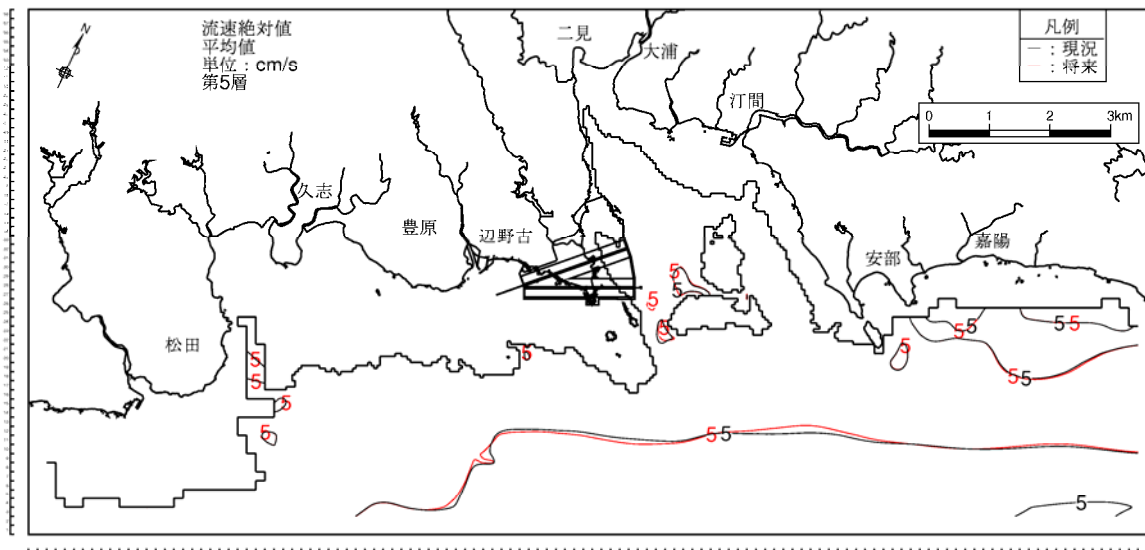


図-6.9.2.2.22(5) 供用時の流速分布の変化 (冬季、恒流(平均流))
第5層[10~20m]

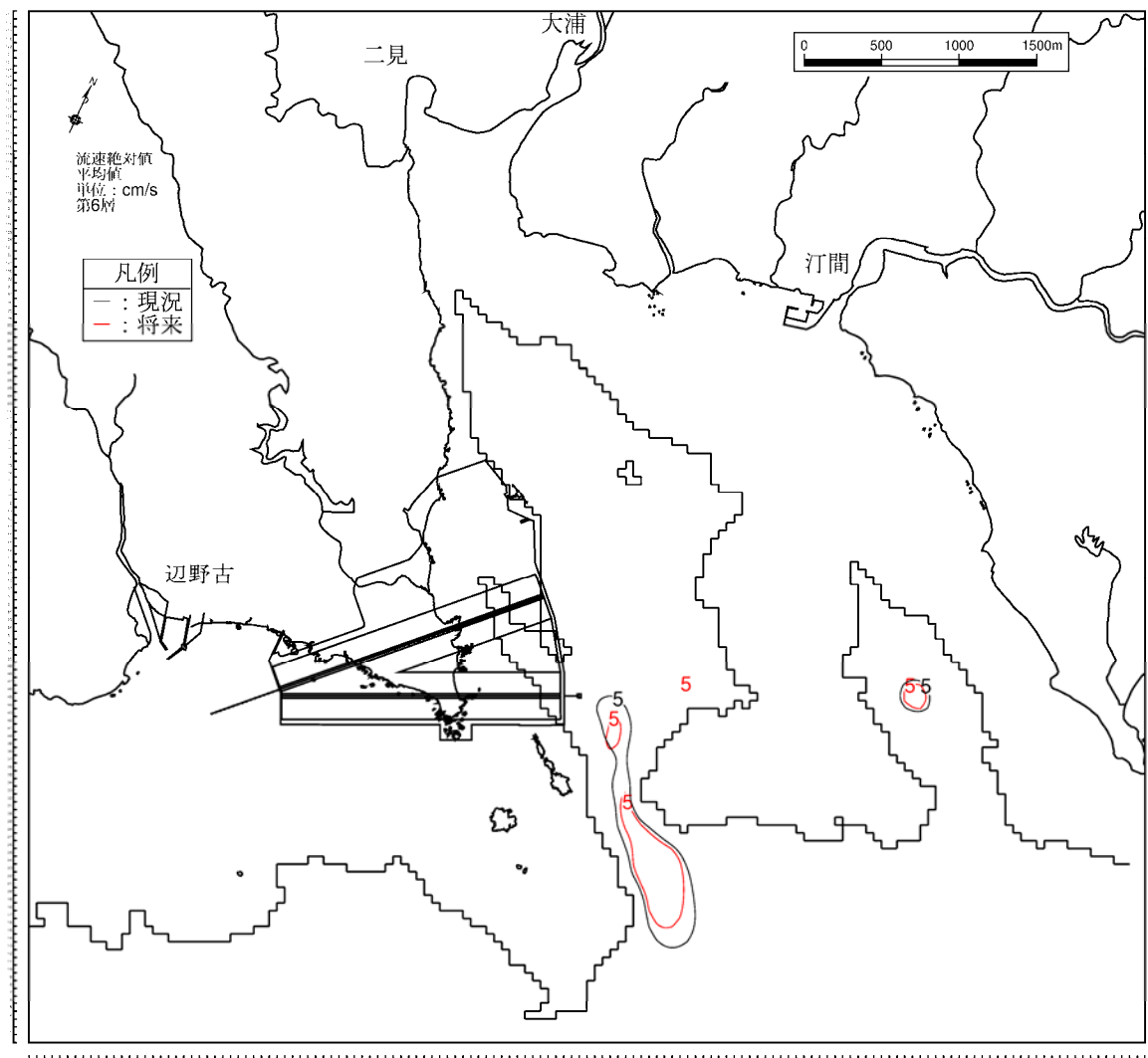
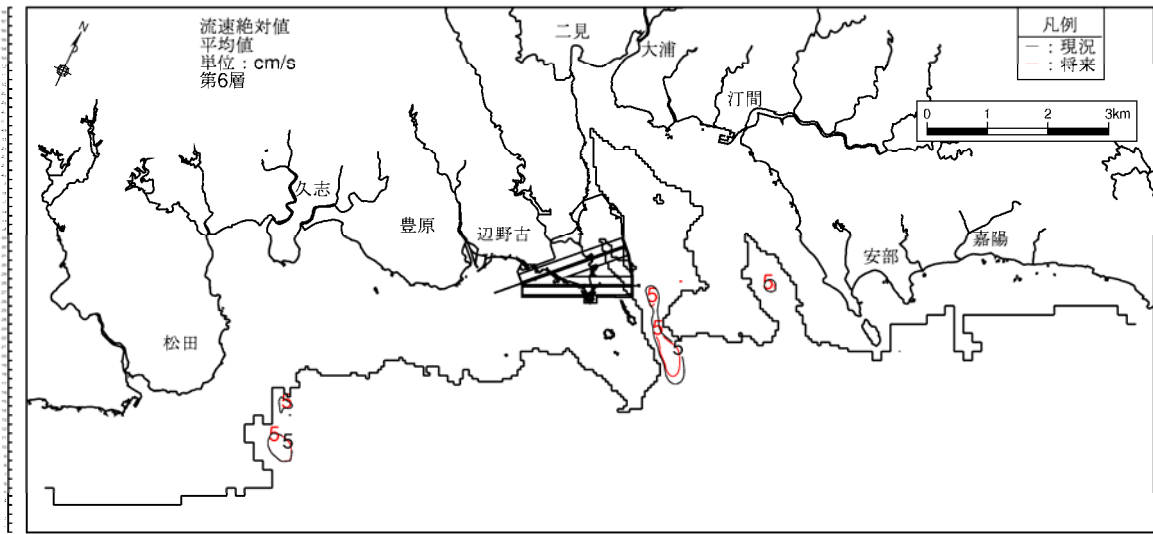
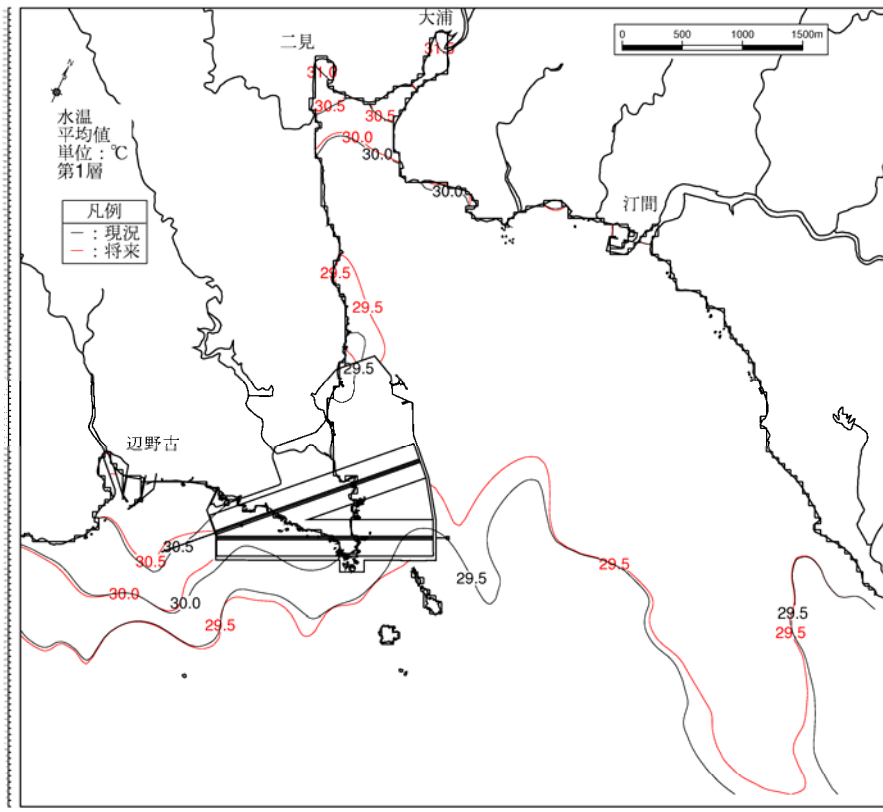


図-6.9.2.2.22(6) 供用時の流速分布の変化 (冬季、恒流(平均流))
第6層[20m以深]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

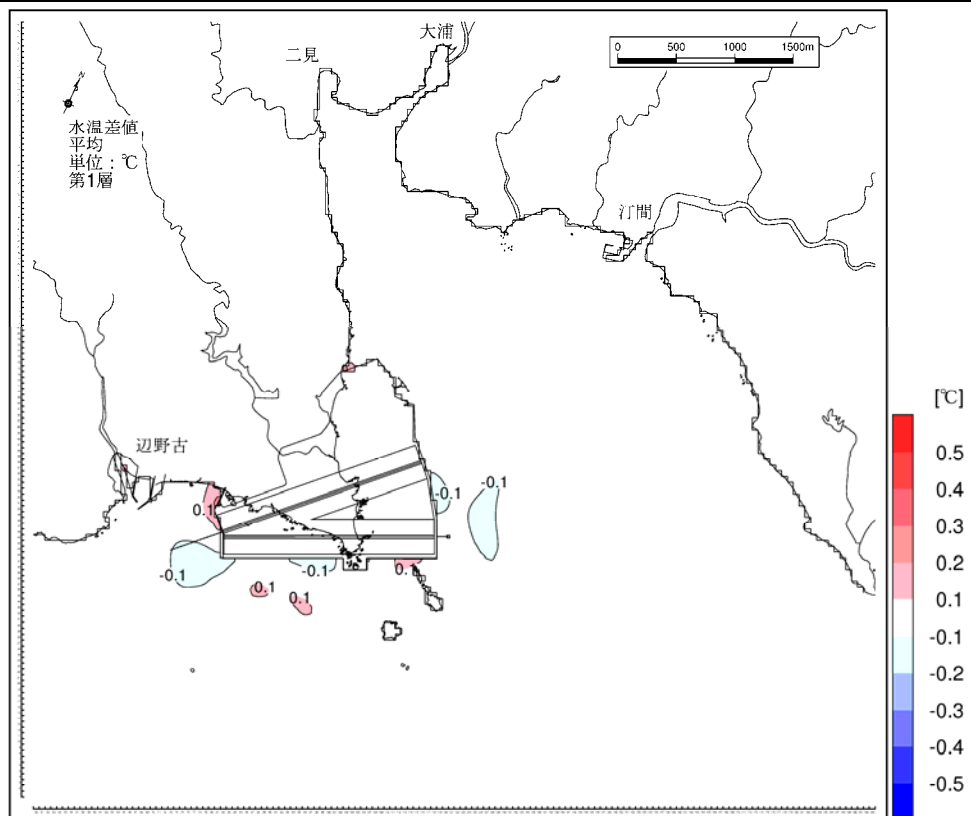
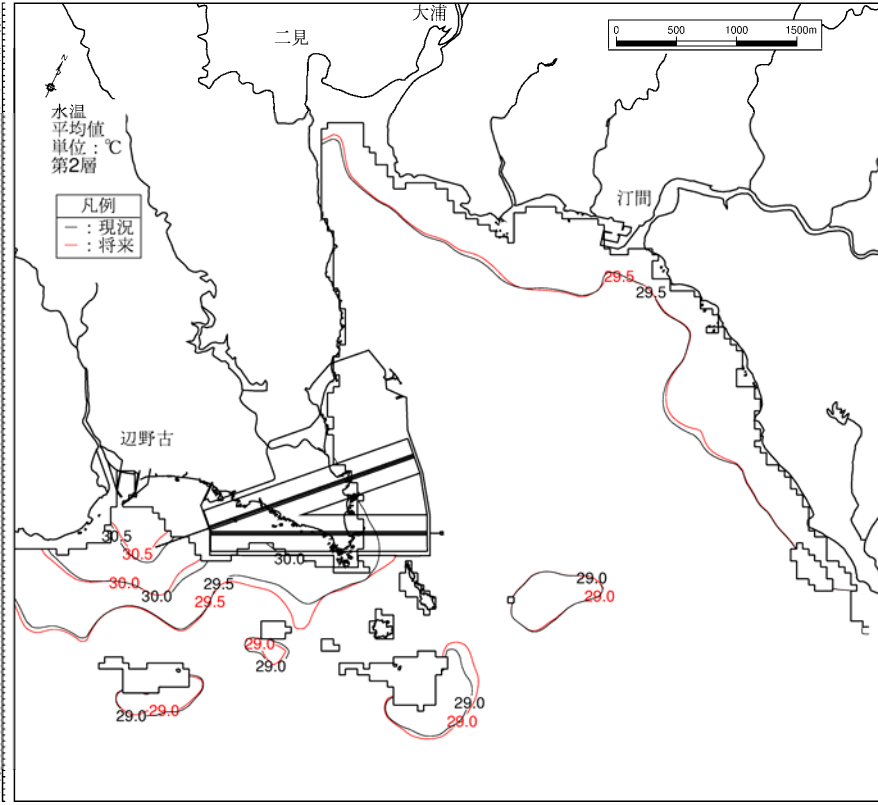


図-6.9.2.2.23(1) 供用時の水温変化 (夏季)
第1層[0~2m])

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

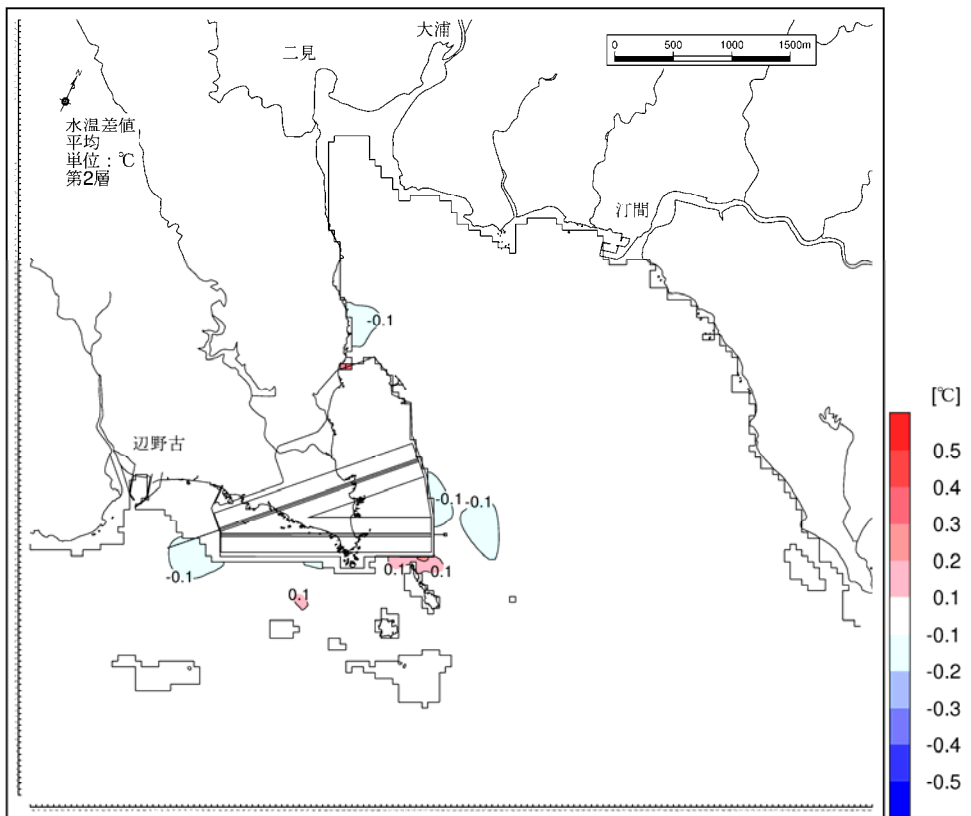
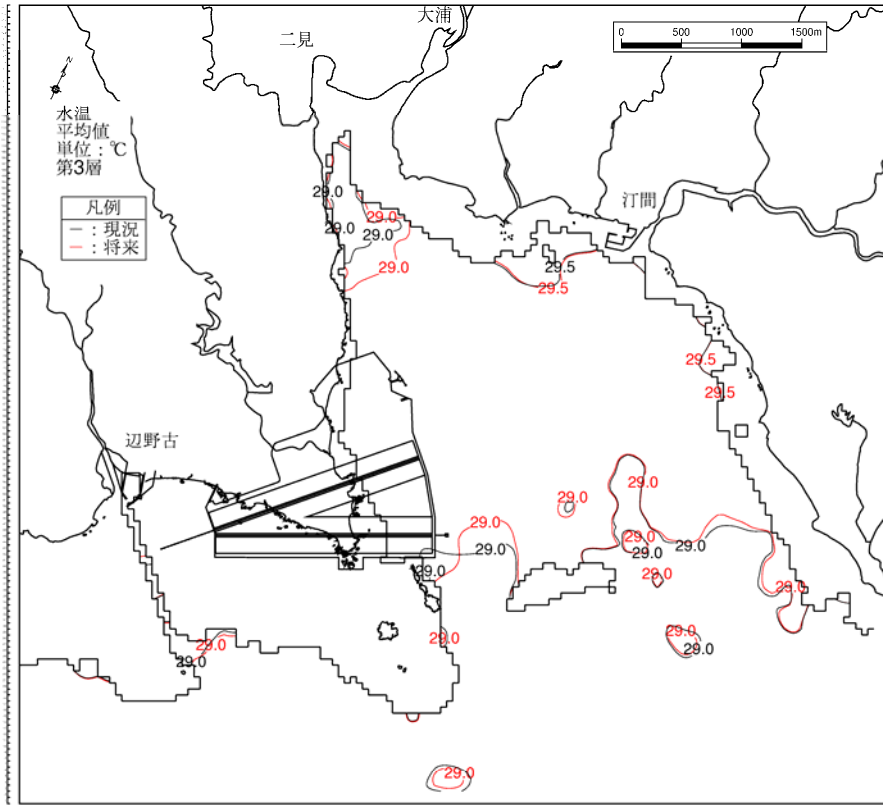


図-6.9.2.2.23(2) 供用時の水温変化 (夏季)

第2層[2~4m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

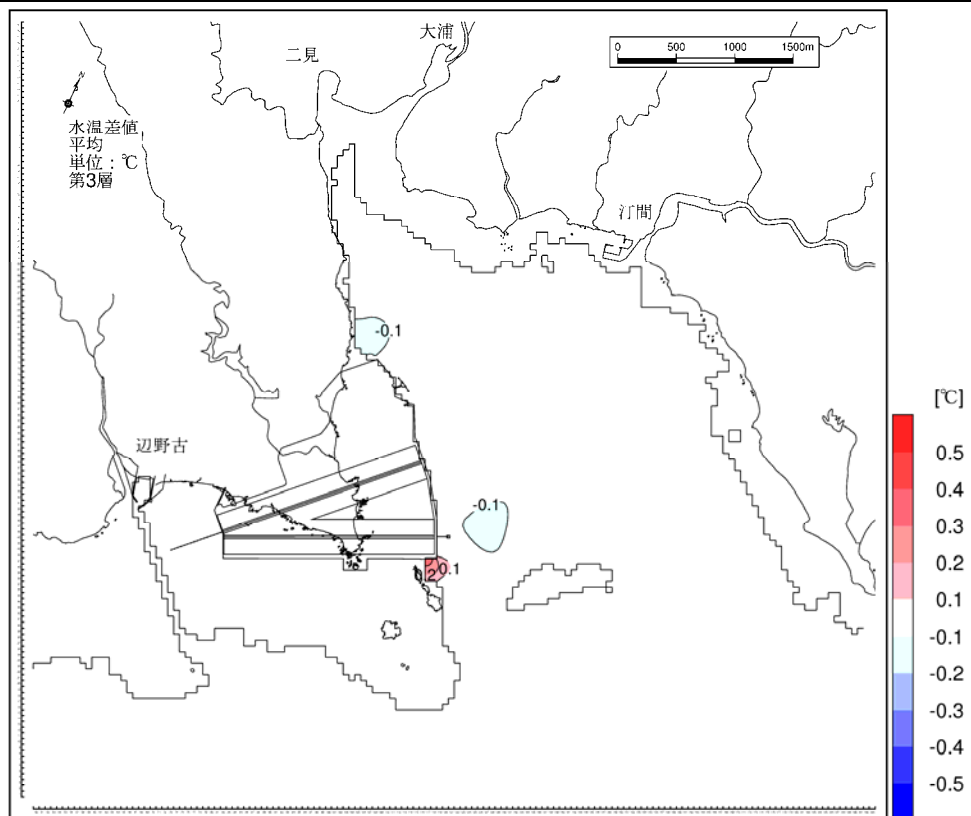
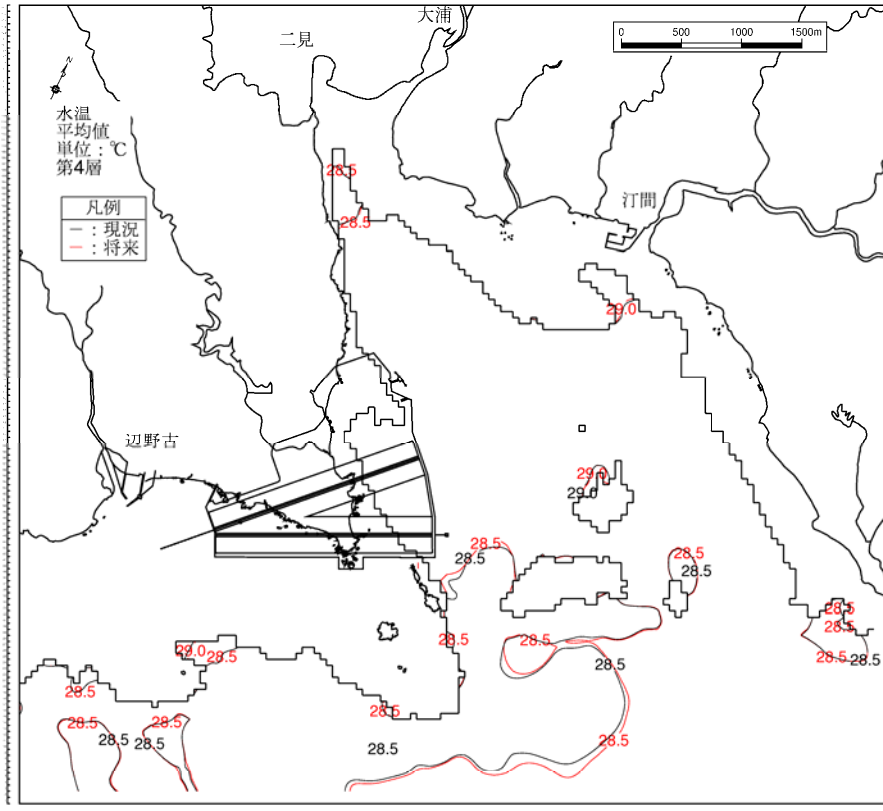


図-6.9.2.2.23(3) 供用時の水温変化 (夏季)
第3層[4~6m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

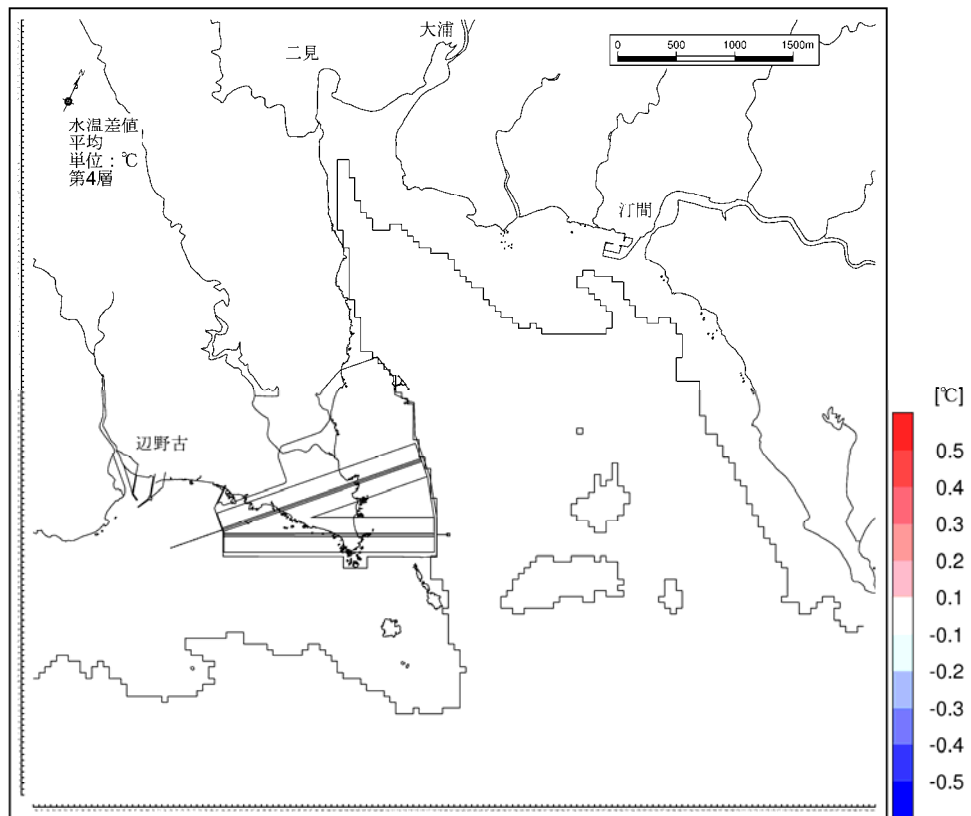
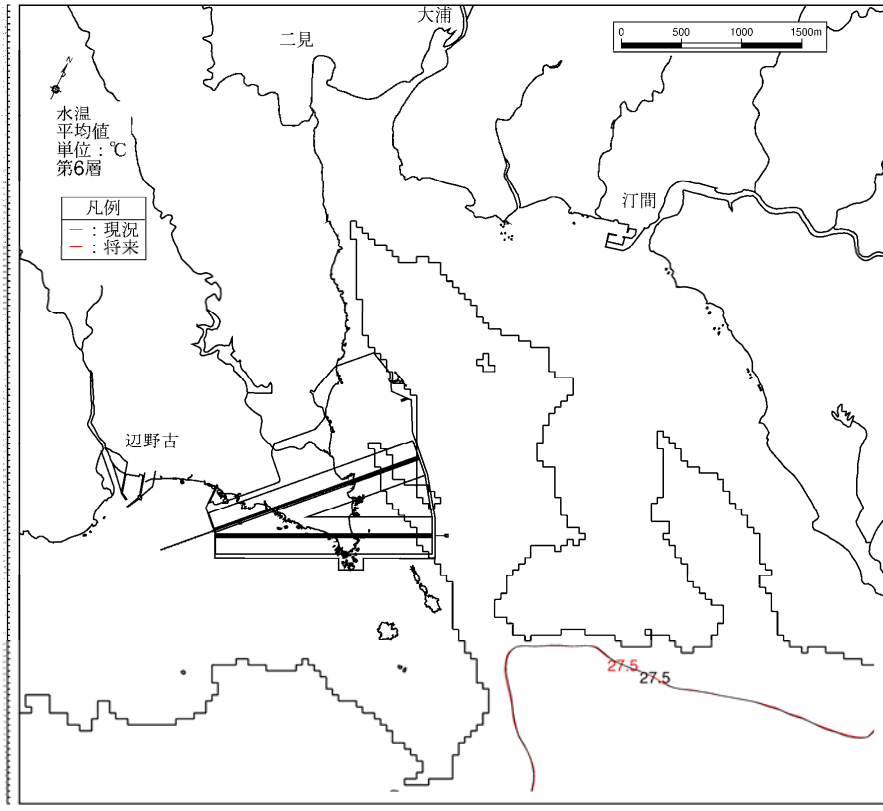


図-6.9.2.2.23(4) 供用時の水温変化 (夏季)

第4層[6~10m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

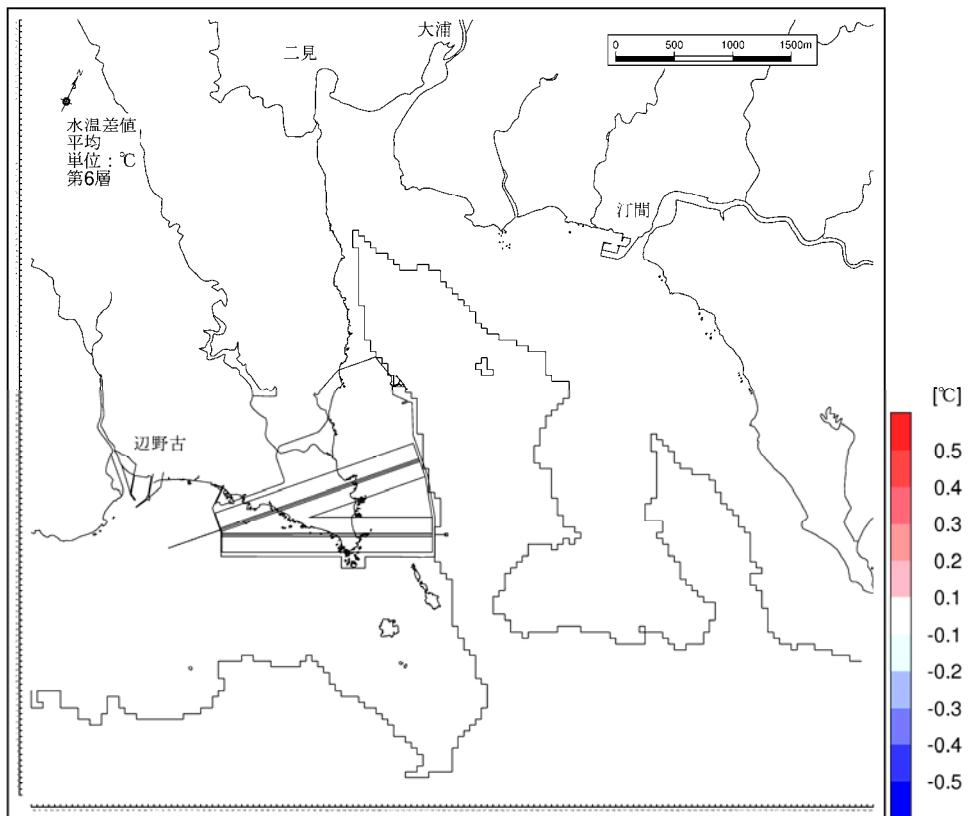
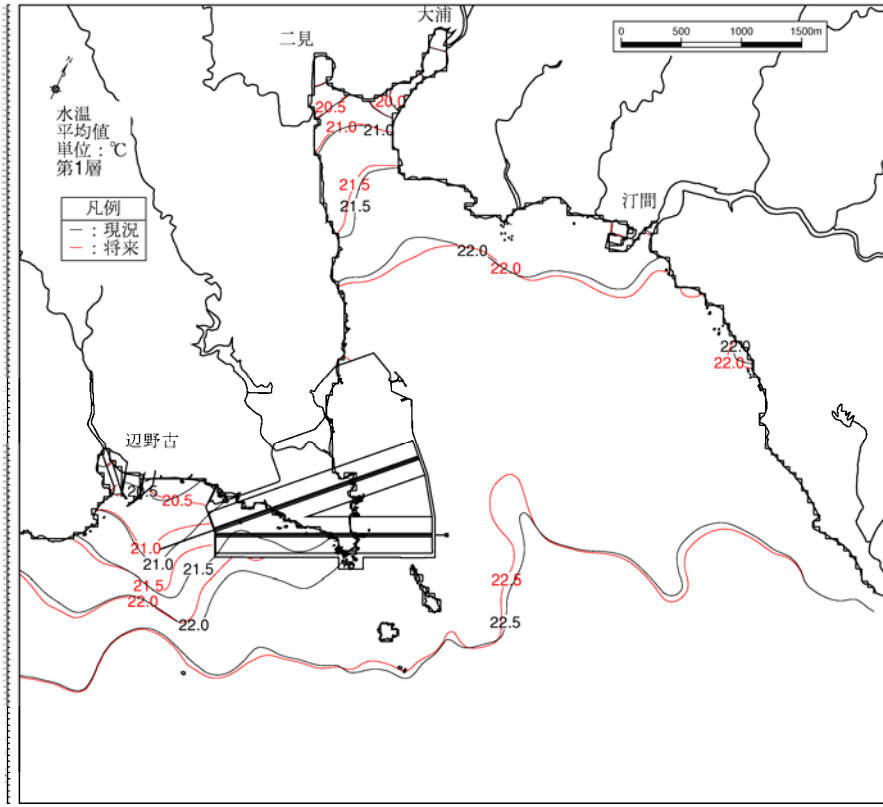


図-6.9.2.2.23(6) 供用時の水温変化 (夏季)

第6層[20m以深]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

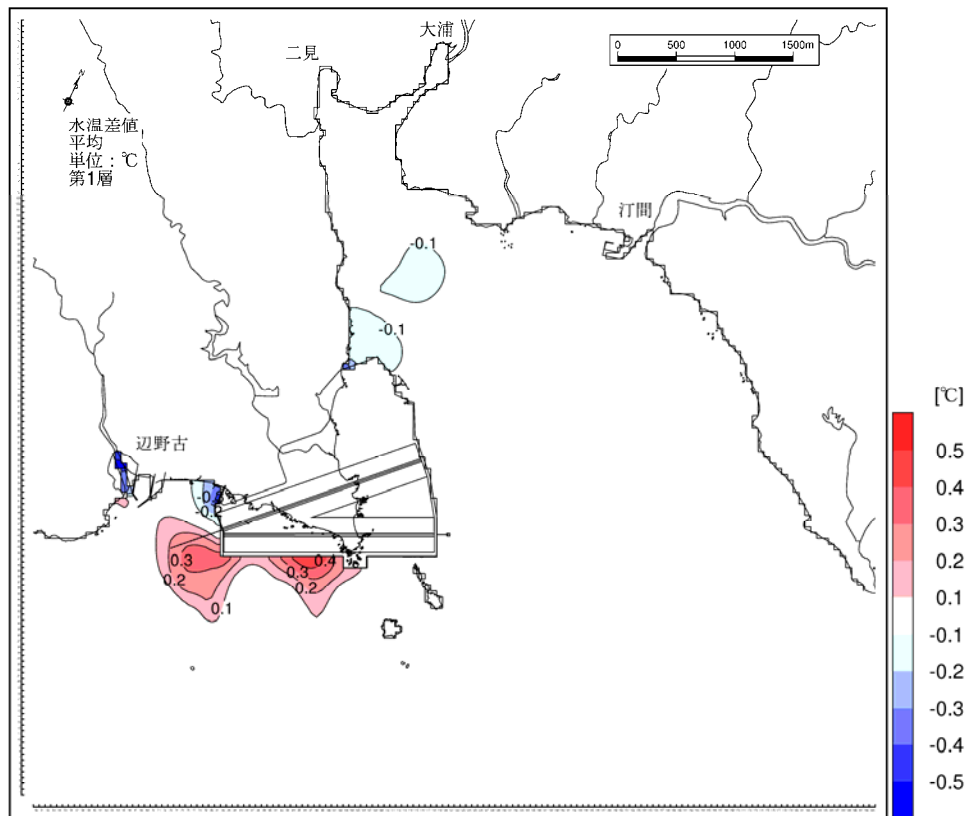
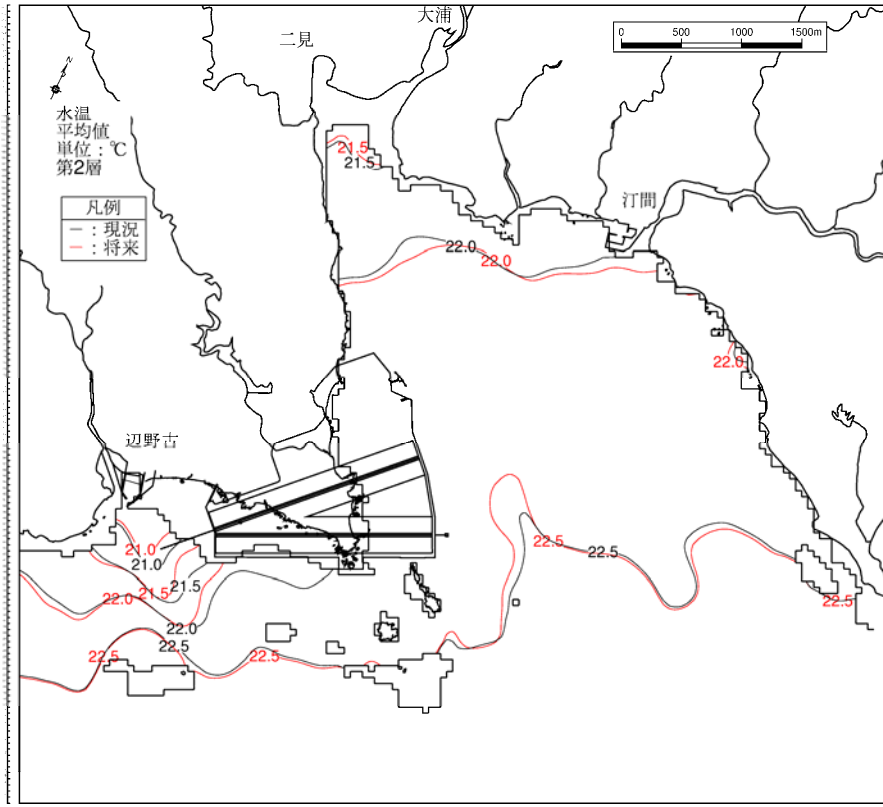


図-6.9.2.2.24(1) 供用時の水温変化 (冬季)
第1層[0~2m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

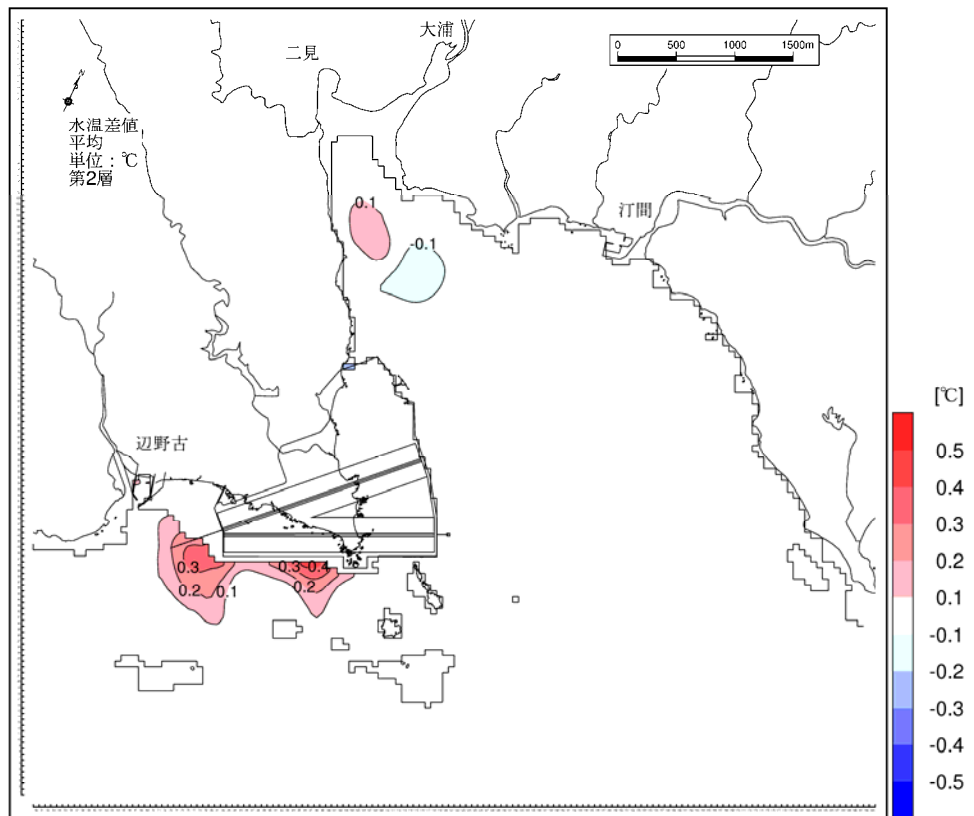
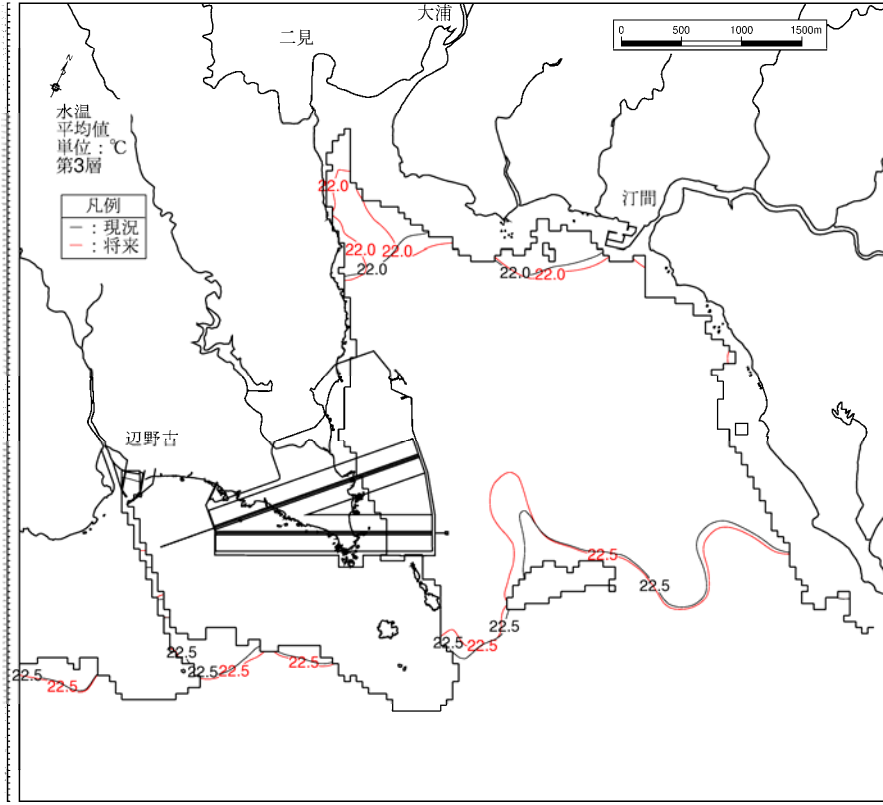


図-6.9.2.2.24(2) 供用時の水温変化 (冬季)

第2層[2~4m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

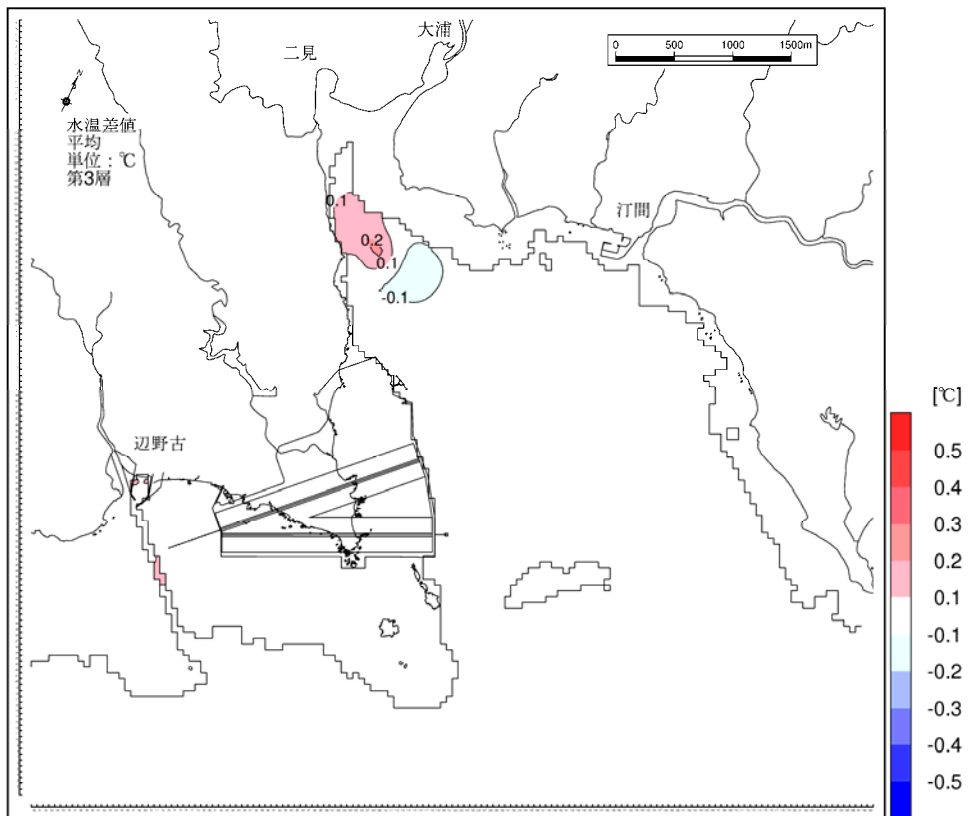
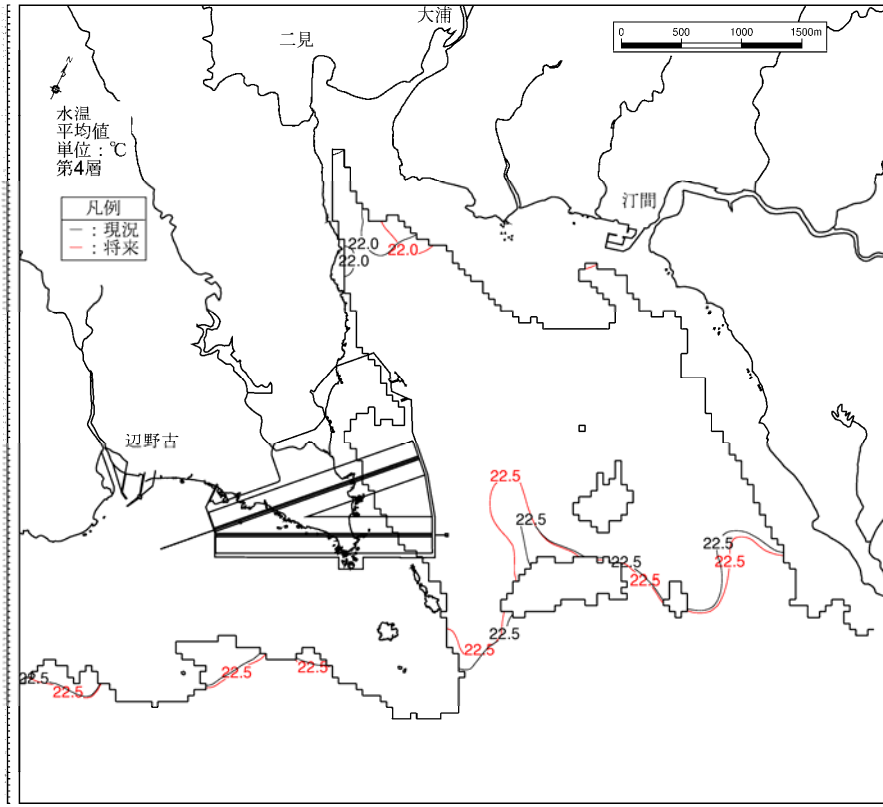


図-6.9.2.2.24(3) 供用時の水温変化 (冬季)
第3層[4~6m])

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

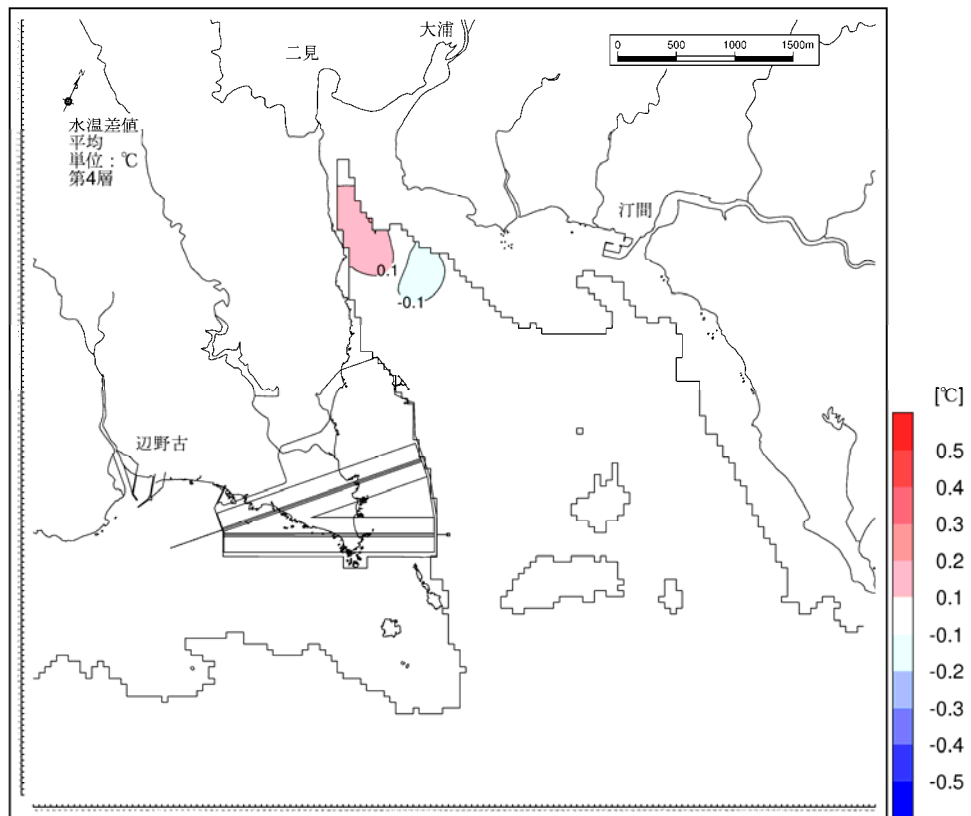
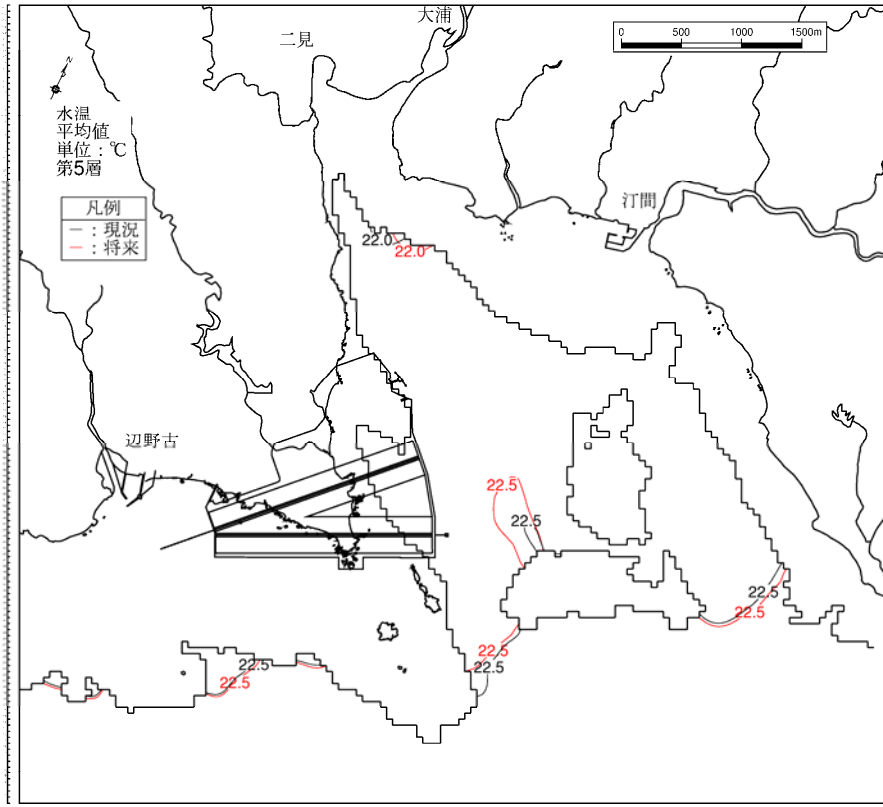


図-6.9.2.2.24(4) 供用時の水温変化 (冬季)

第4層[6~10m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

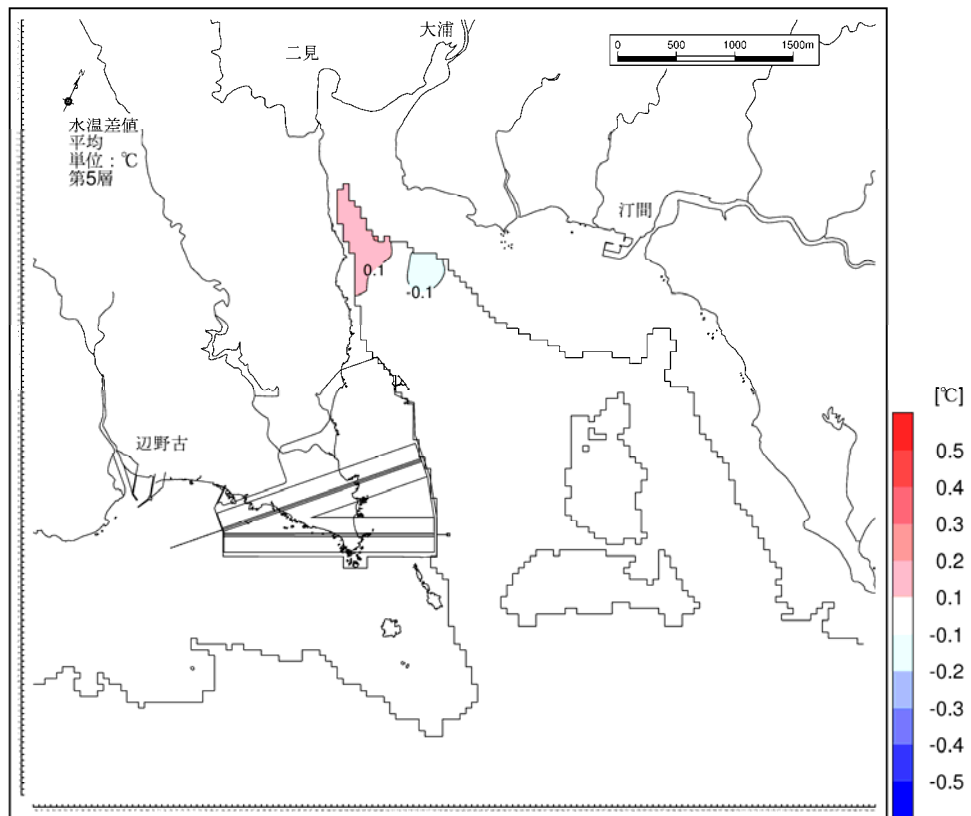
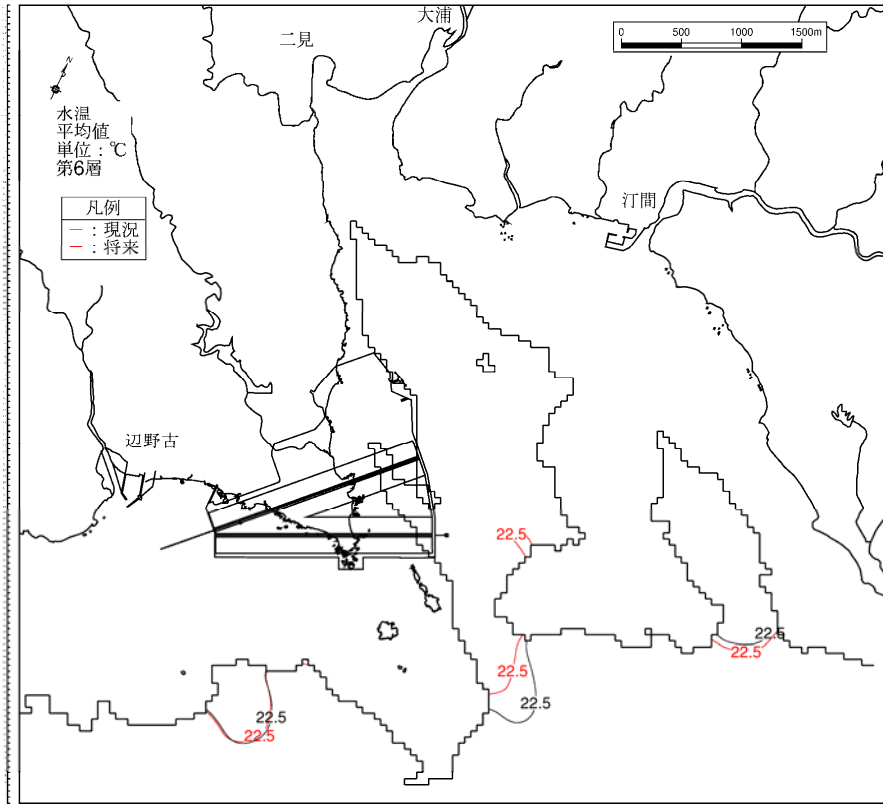


図-6.9.2.2.24(5) 供用時の水温変化 (冬季)
第5層[10~20m]

水温分布



水温変化
(供用時-現況)

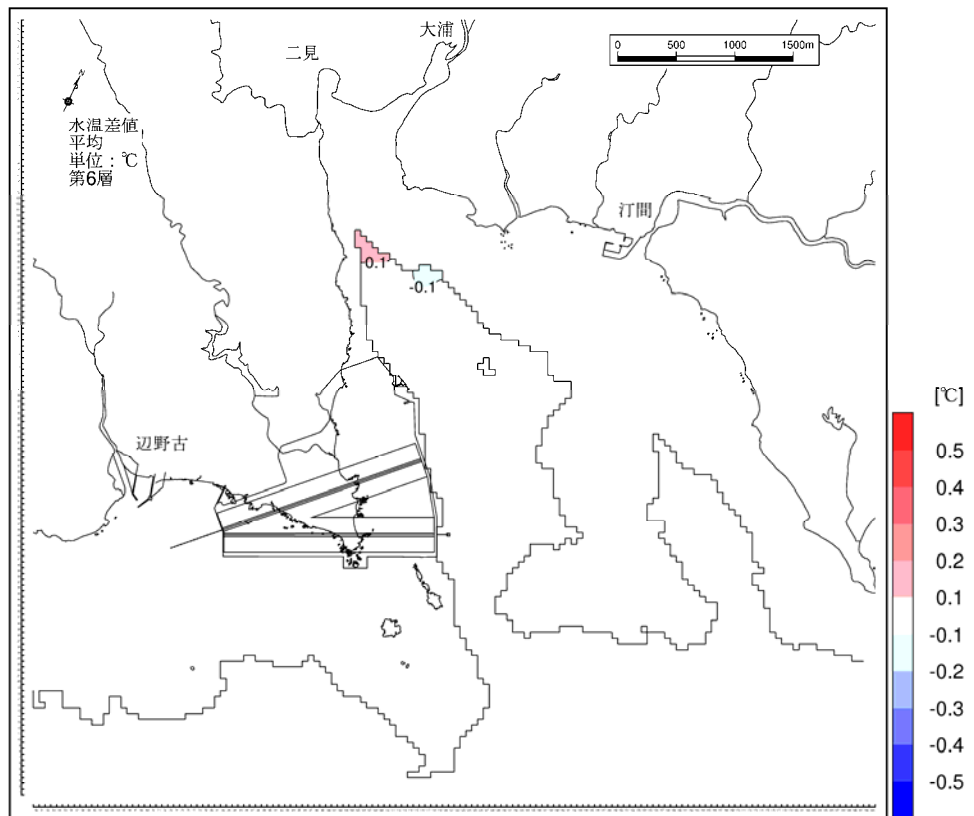
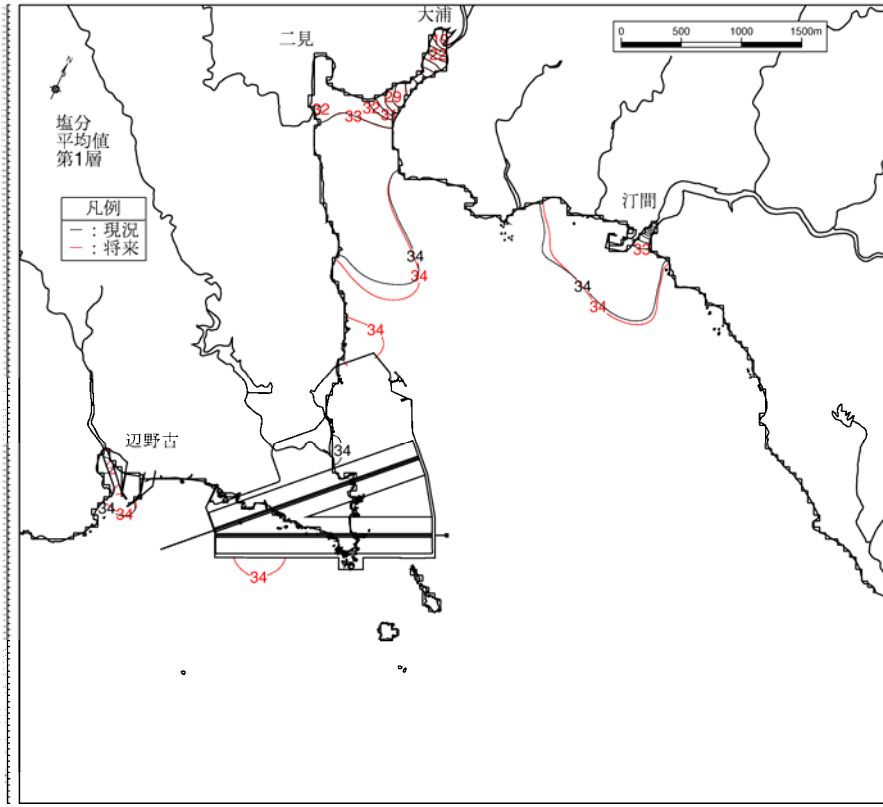


図-6.9.2.2.24(6) 供用時の水温変化 (冬季)

第6層[20m以深]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

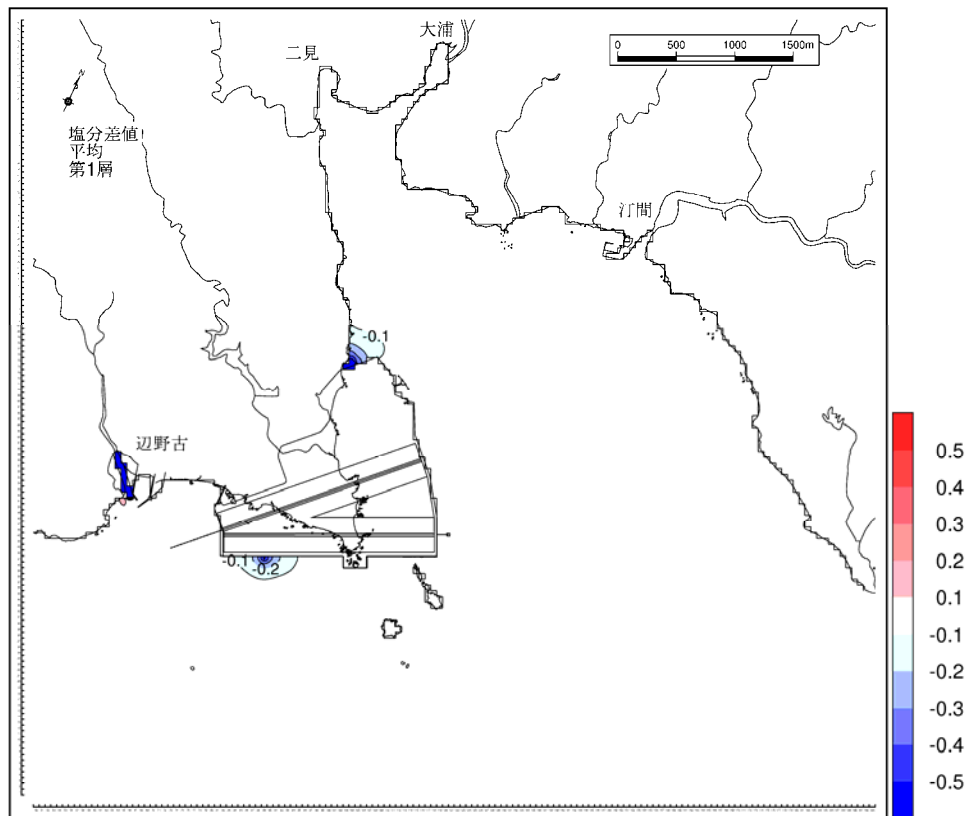
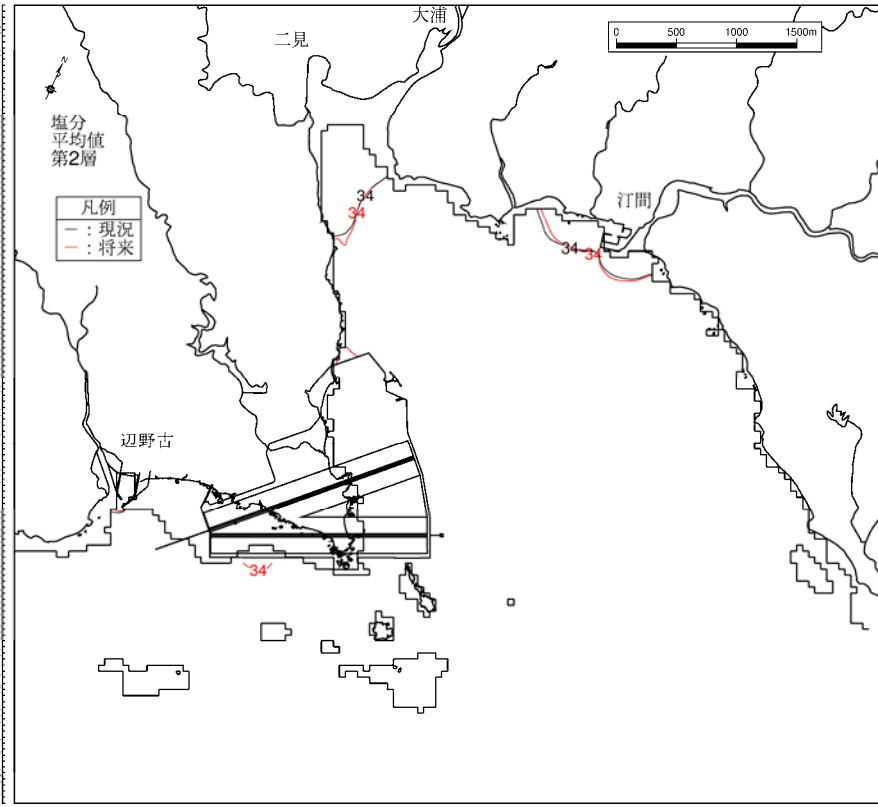


図-6.9.2.2.25(1) 供用時の塩分変化 (夏季)

第1層[0~2m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

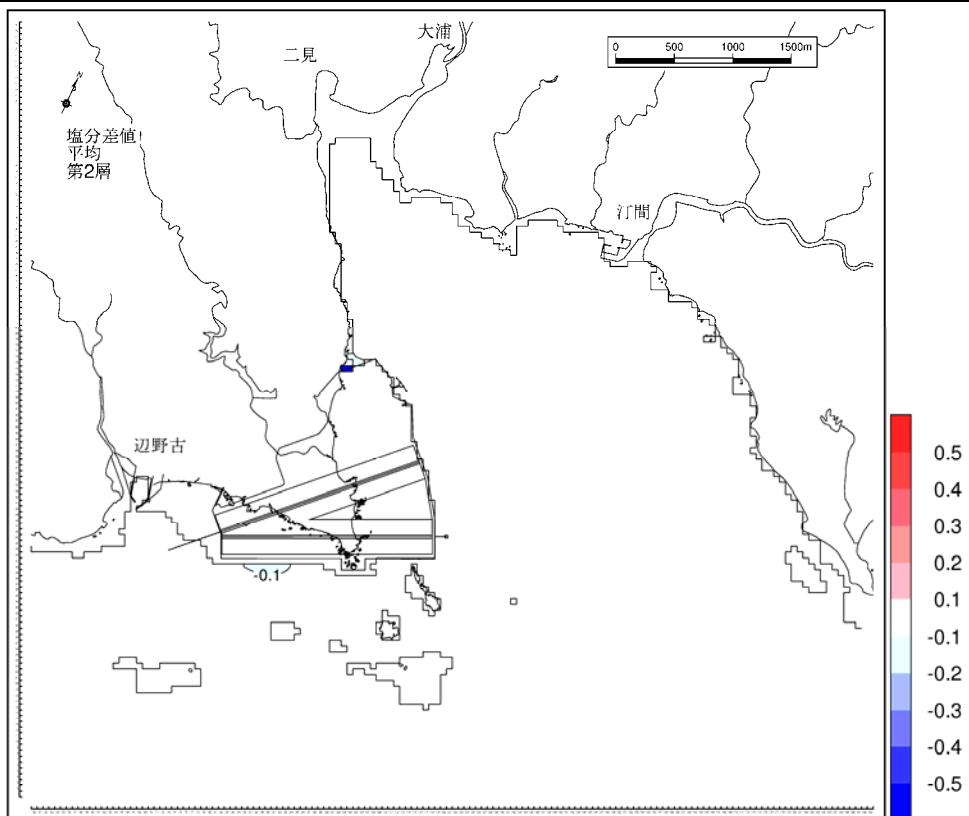
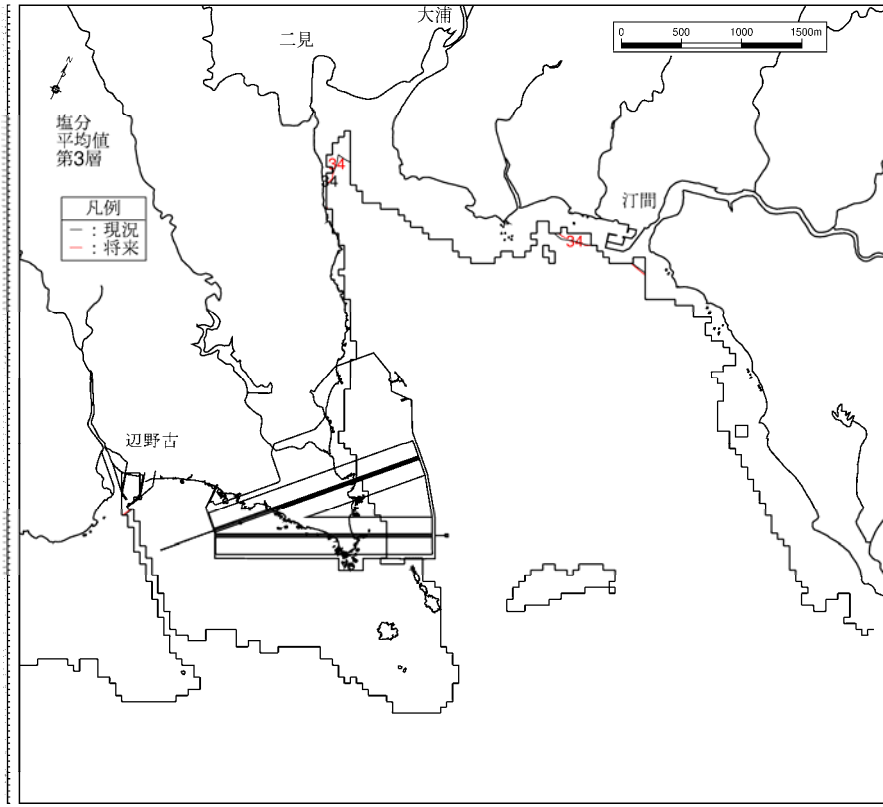


図-6.9.2.2.25(2) 供用時の塩分変化 (夏季)

第2層[2~4m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

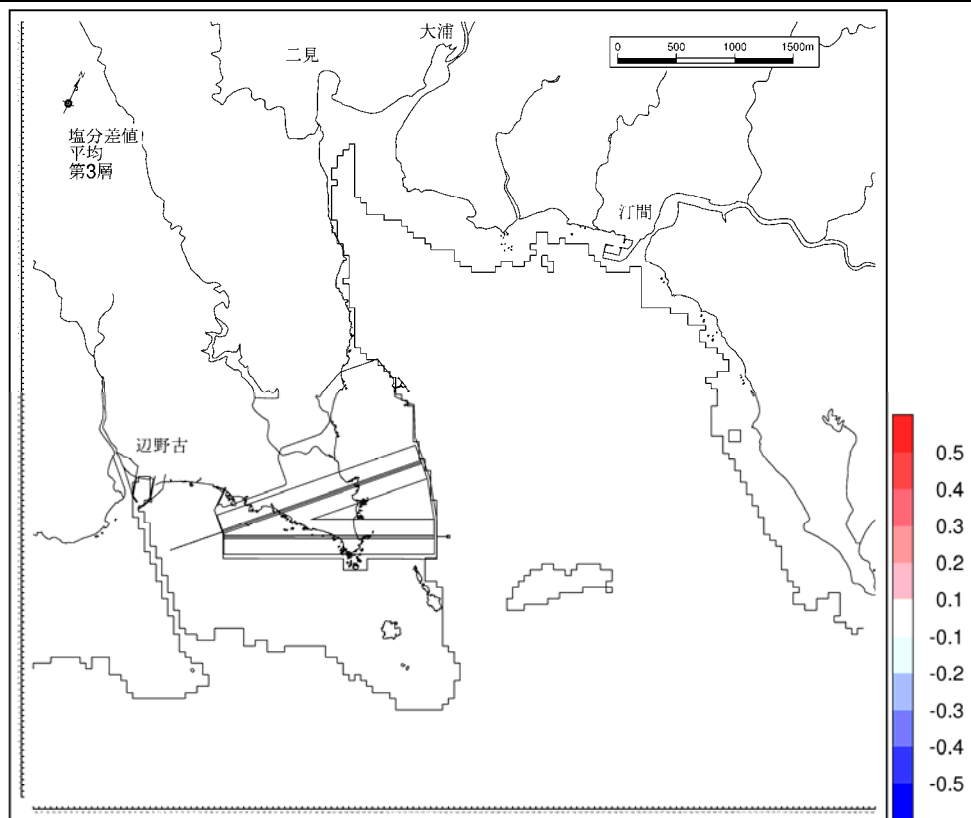
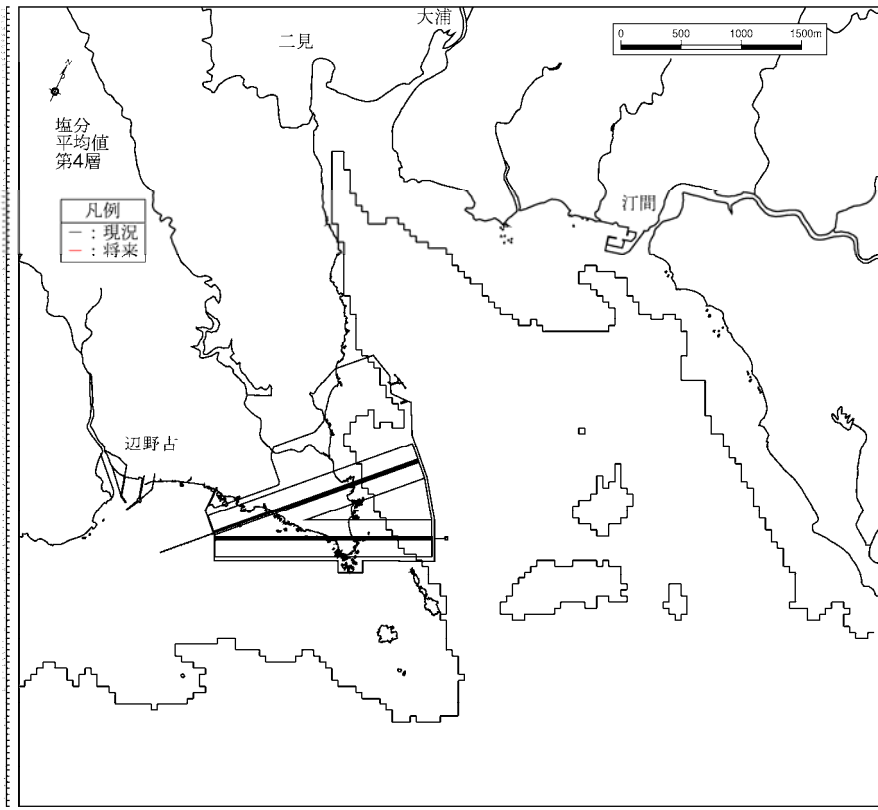


図-6.9.2.2.25(3) 供用時の塩分変化 (夏季)

第3層[4~6m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

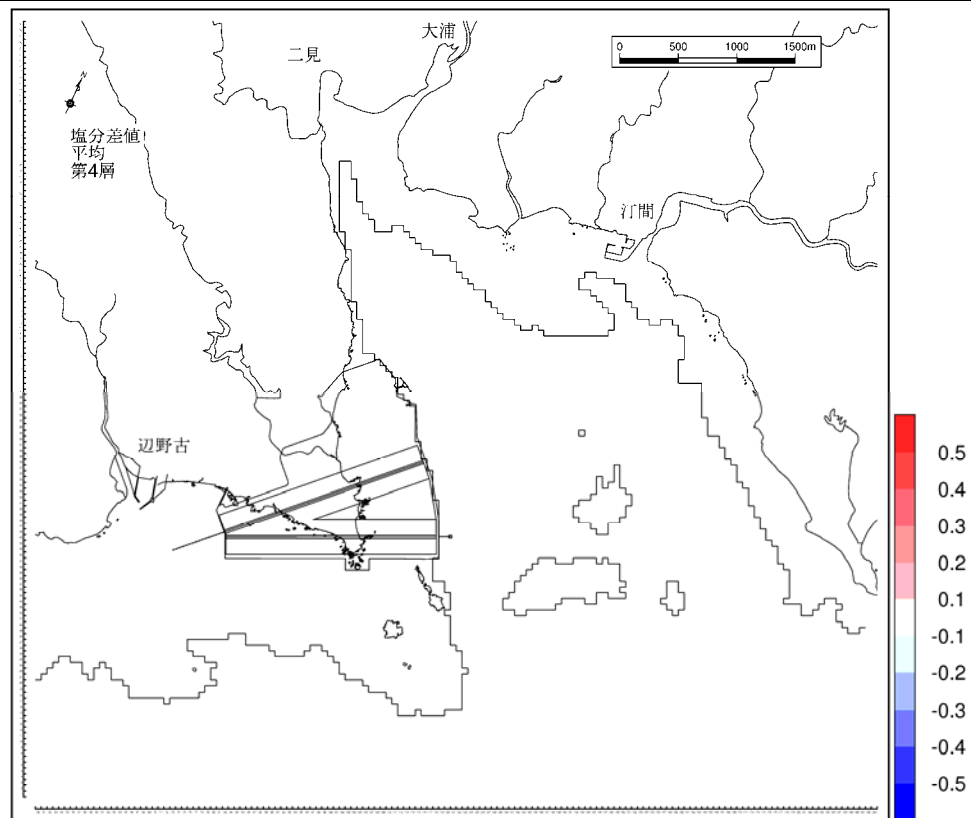
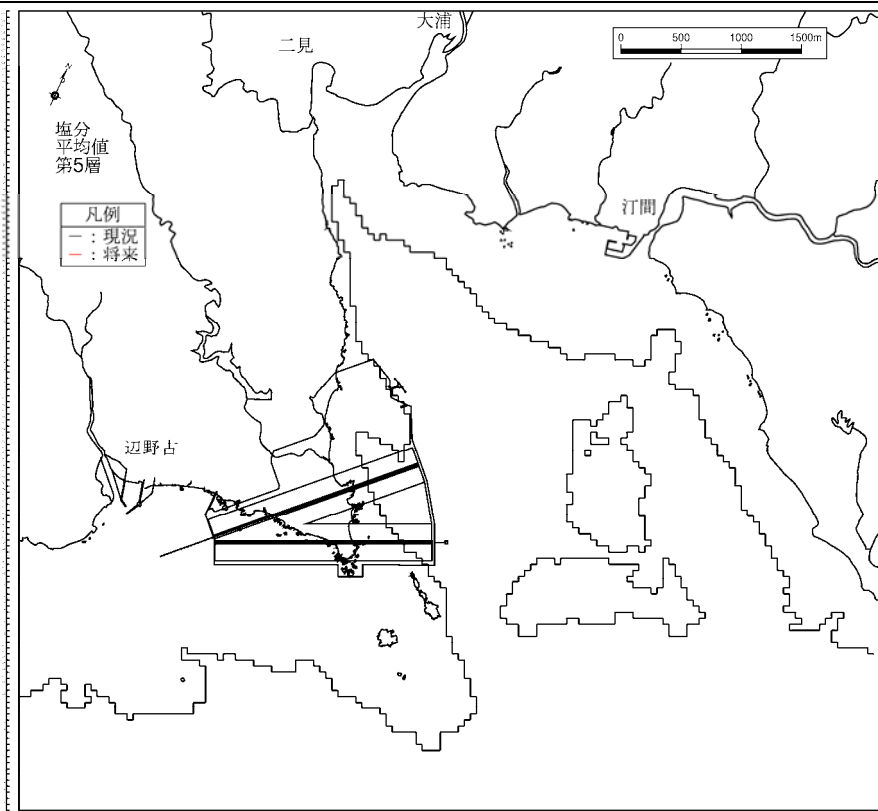


図-6.9.2.2.25(4) 供用時の塩分変化 (夏季)

第4層[6~10m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

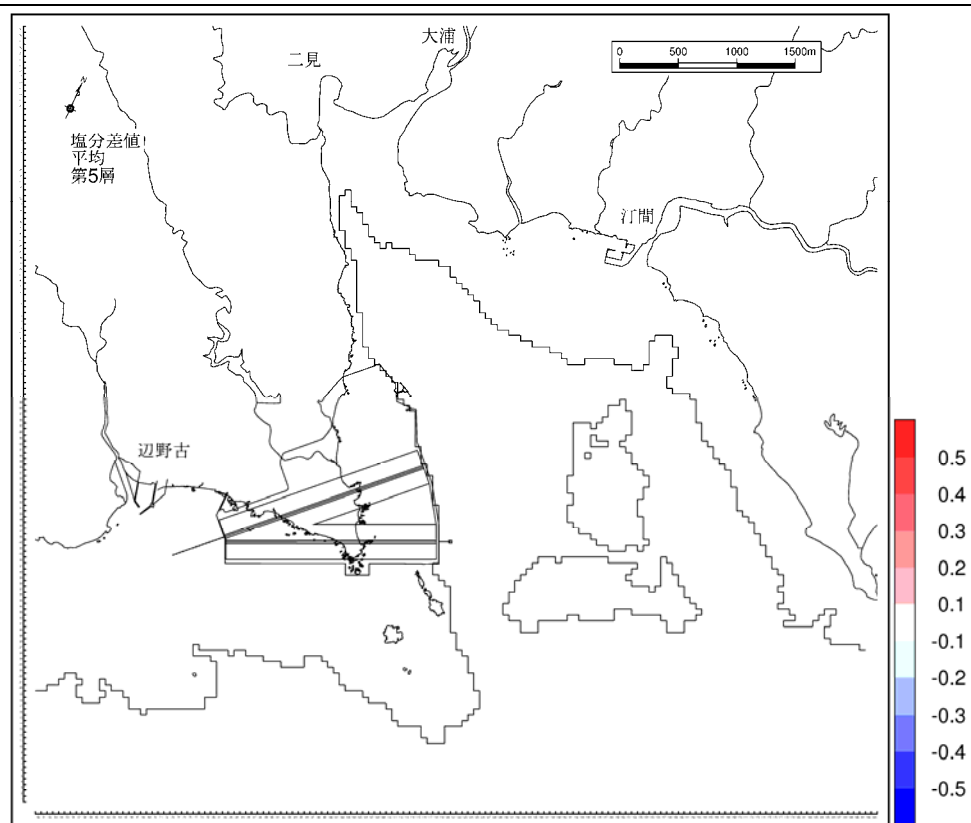
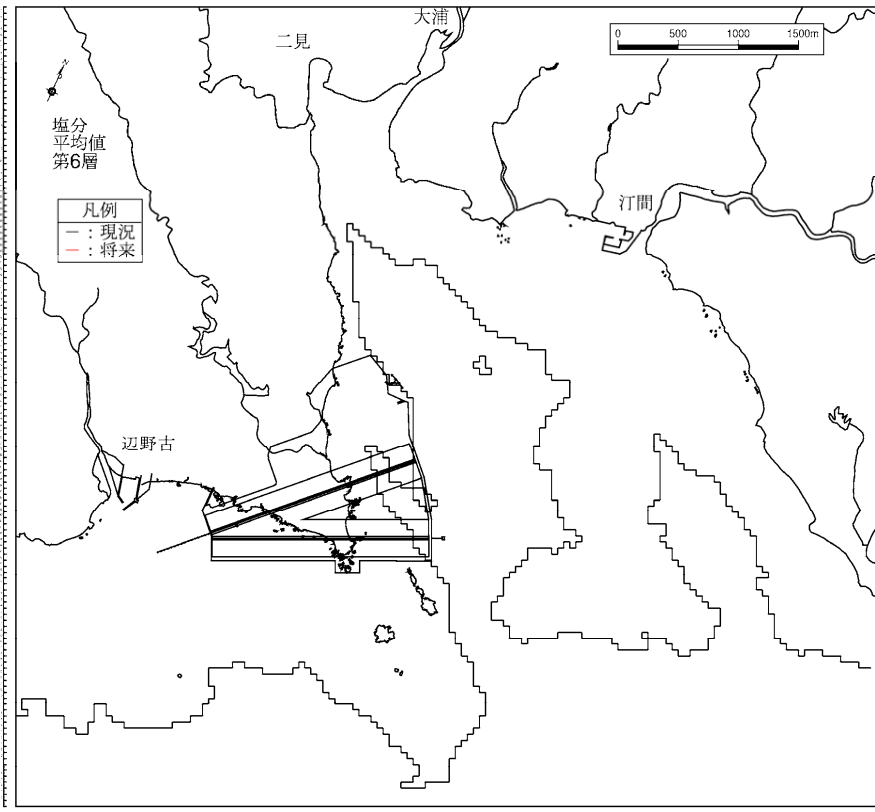


図-6.9.2.2.25(5) 供用時の塩分変化 (夏季)

第5層[10~20m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

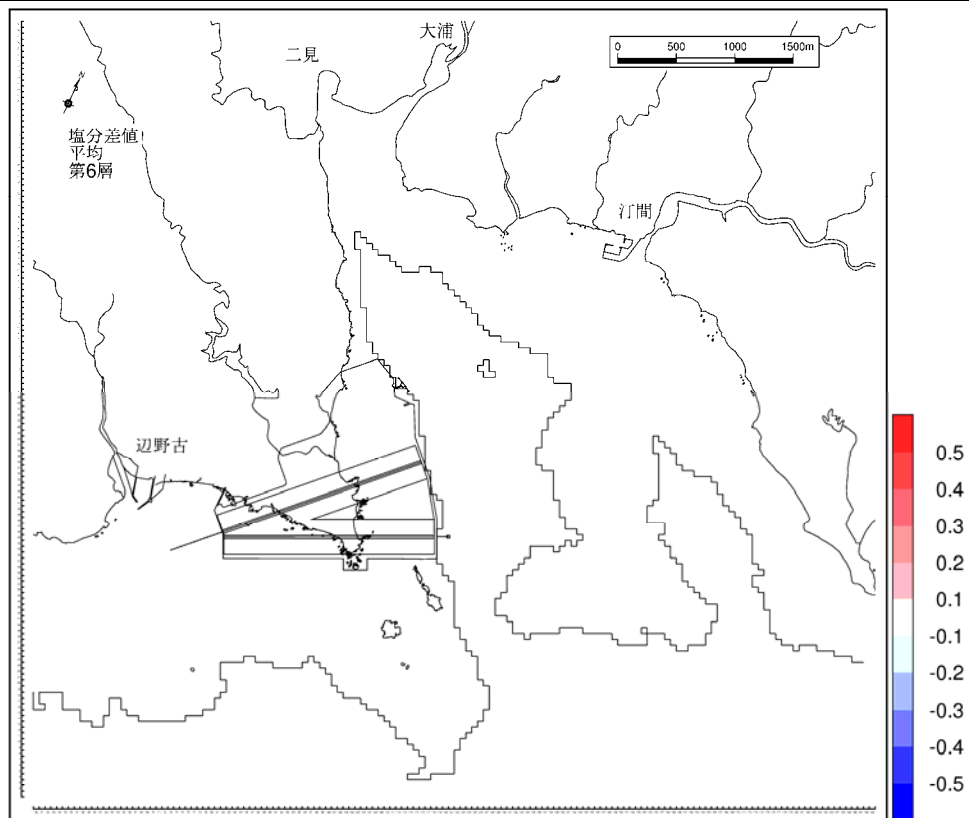
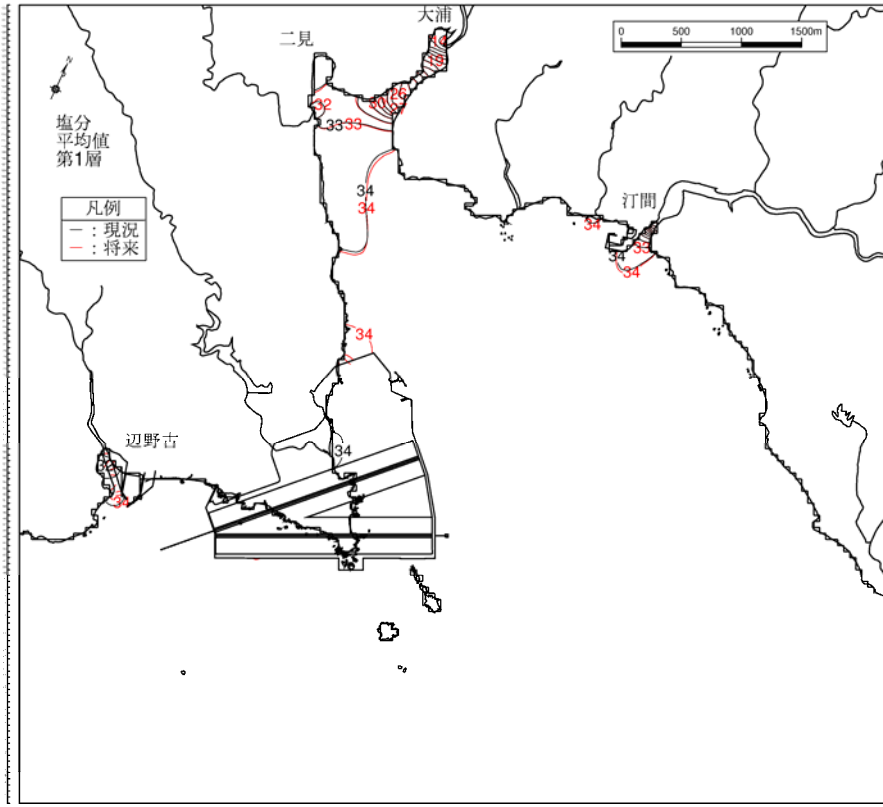


図-6.9.2.25(6) 供用時の塩分変化 (夏季)

第6層[20m以深]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

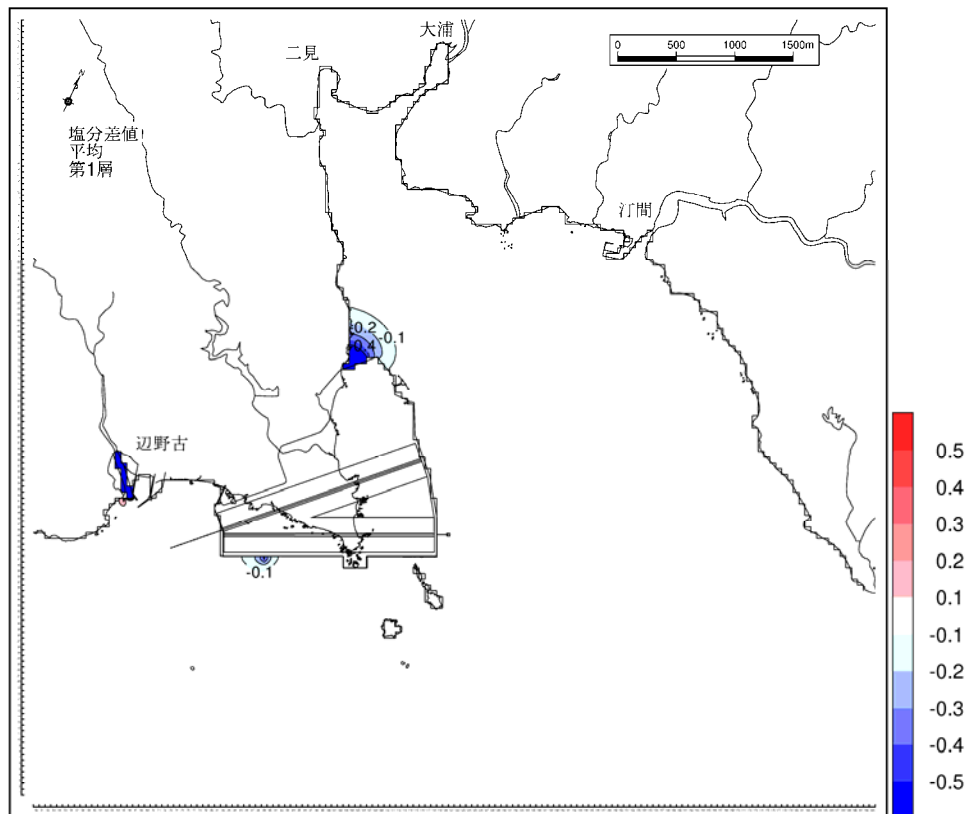
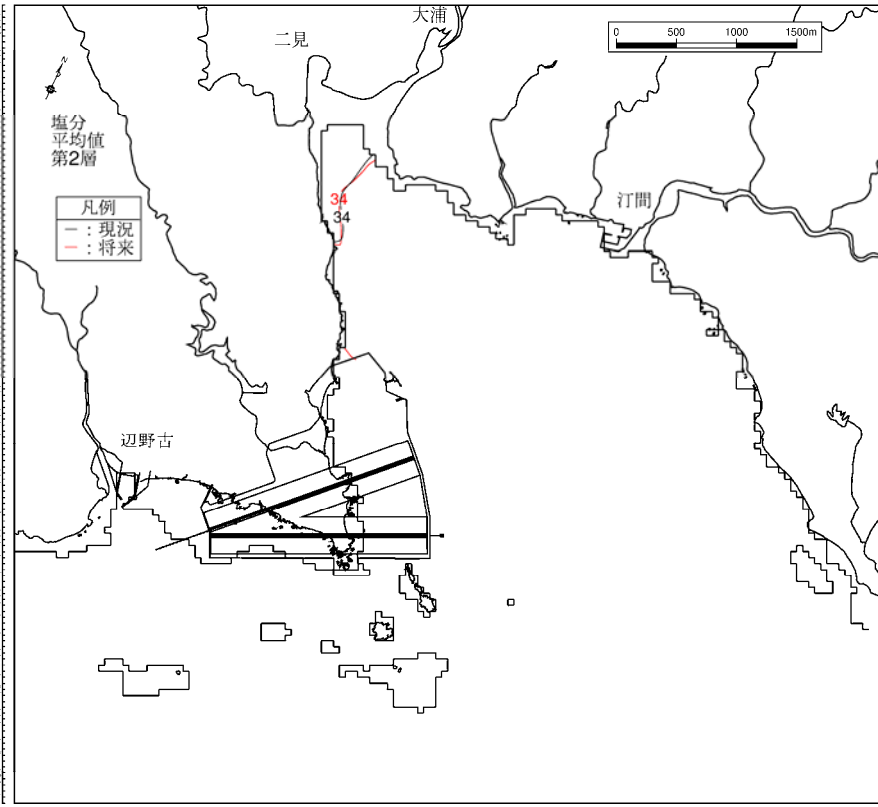


図-6.9.2.2.26(1) 供用時の塩分変化 (冬季)

第1層[0~2m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

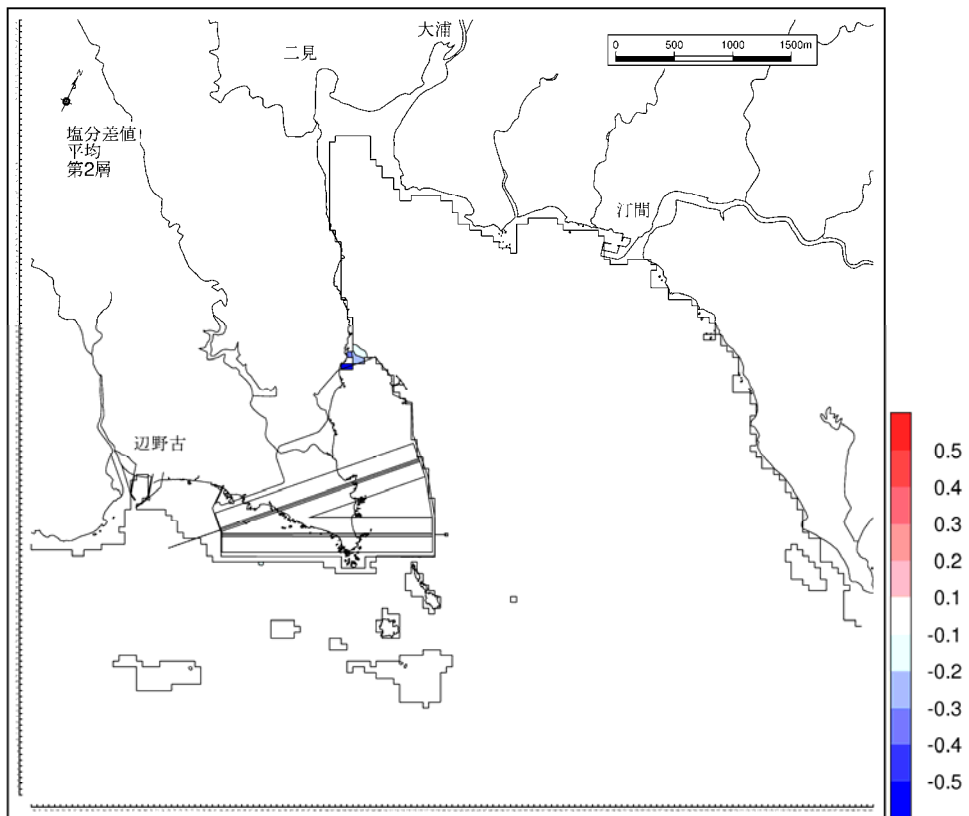
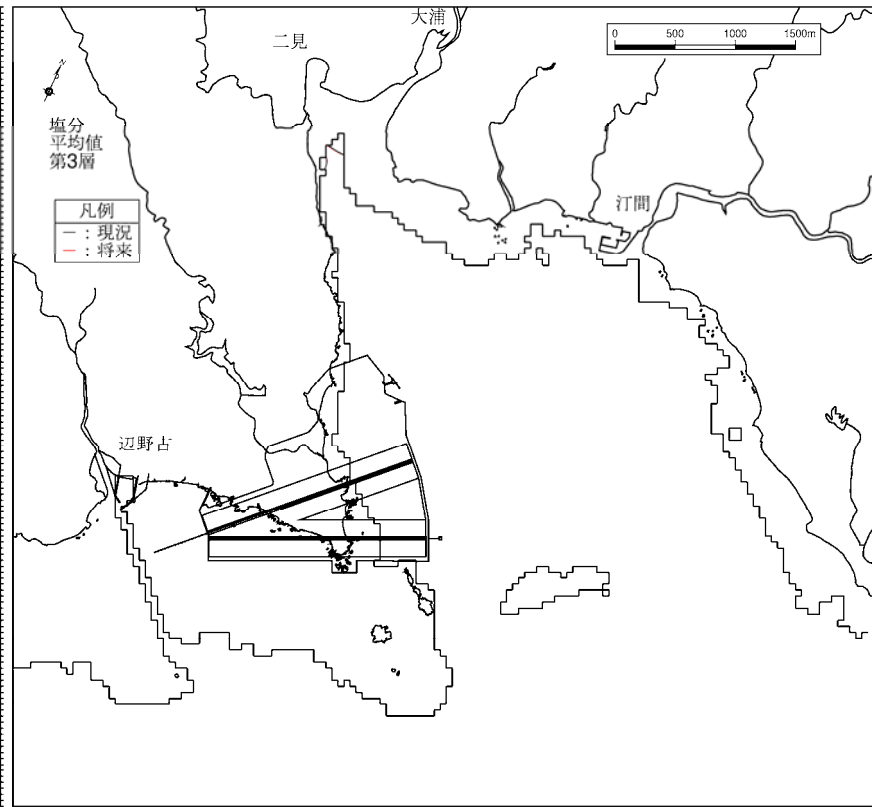


図-6.9.2.2.26(2) 供用時の塩分変化 (冬季)

第2層[2~4m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

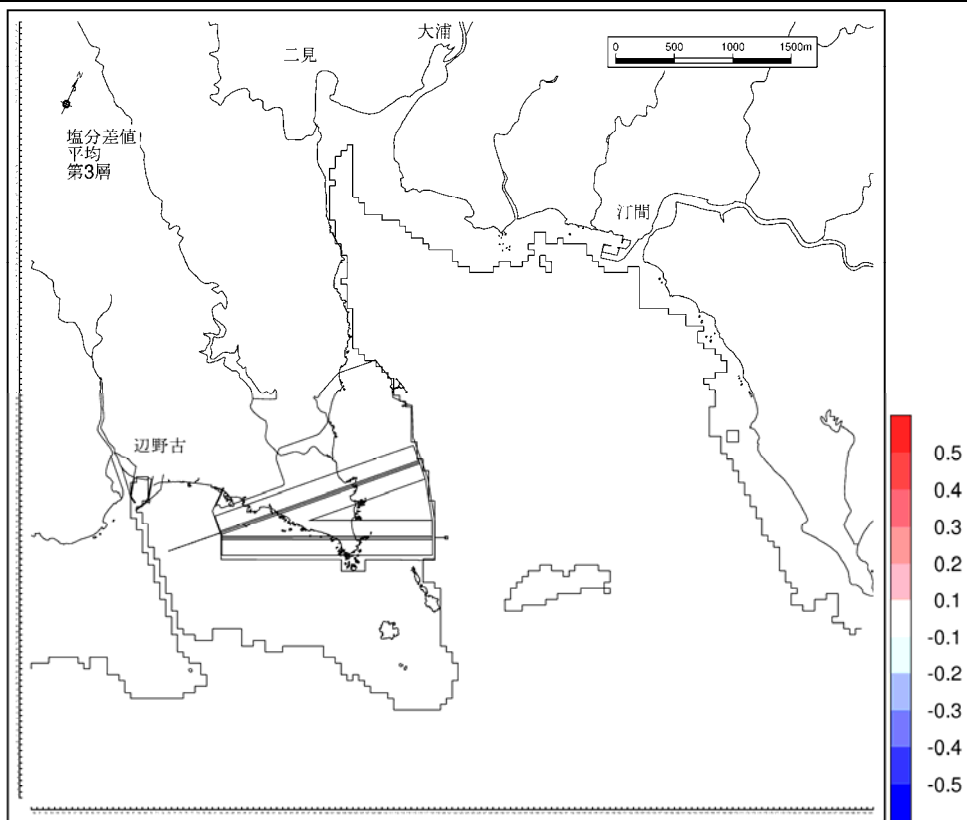
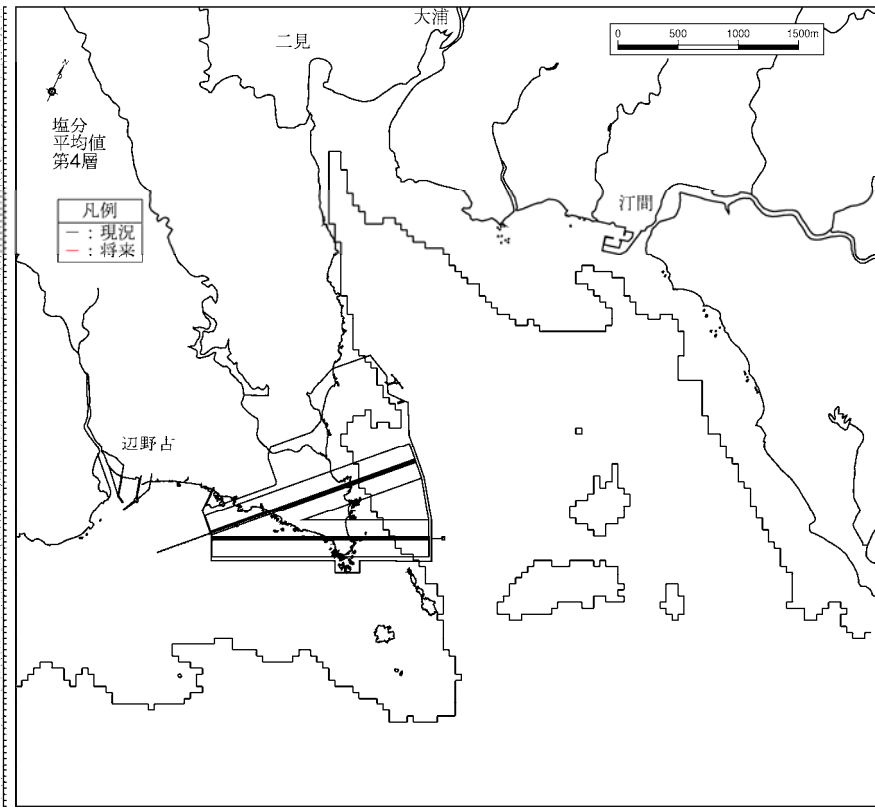


図-6.9.2.2.26(3) 供用時の塩分変化 (冬季)
第3層[4~6m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

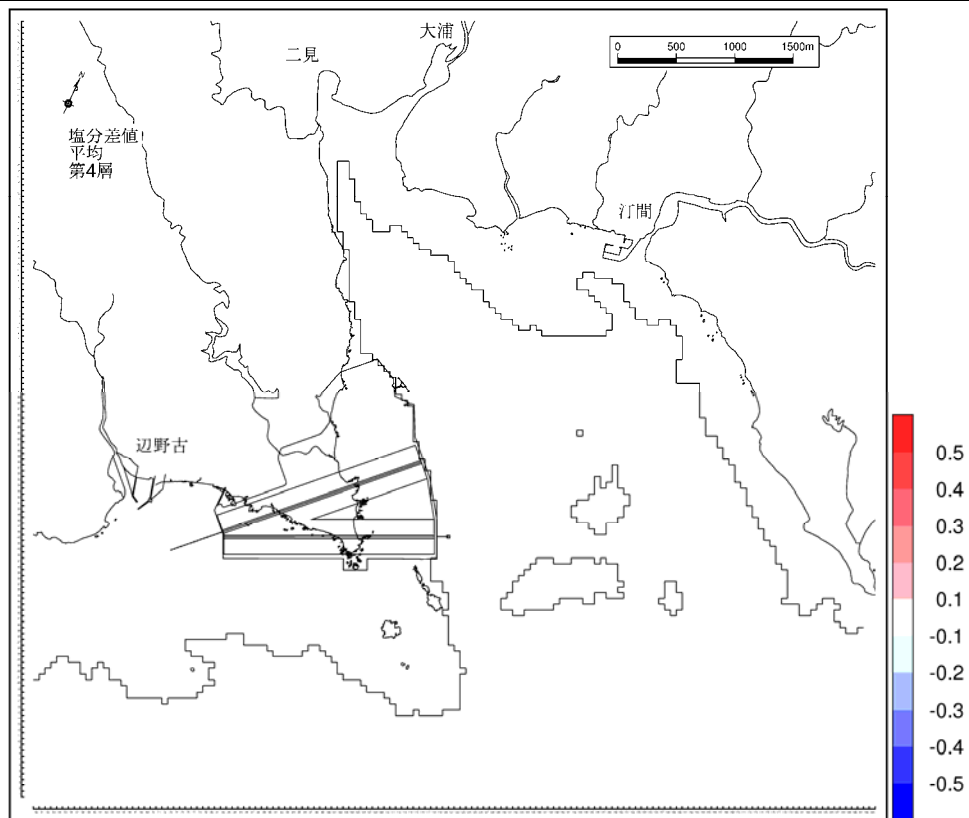
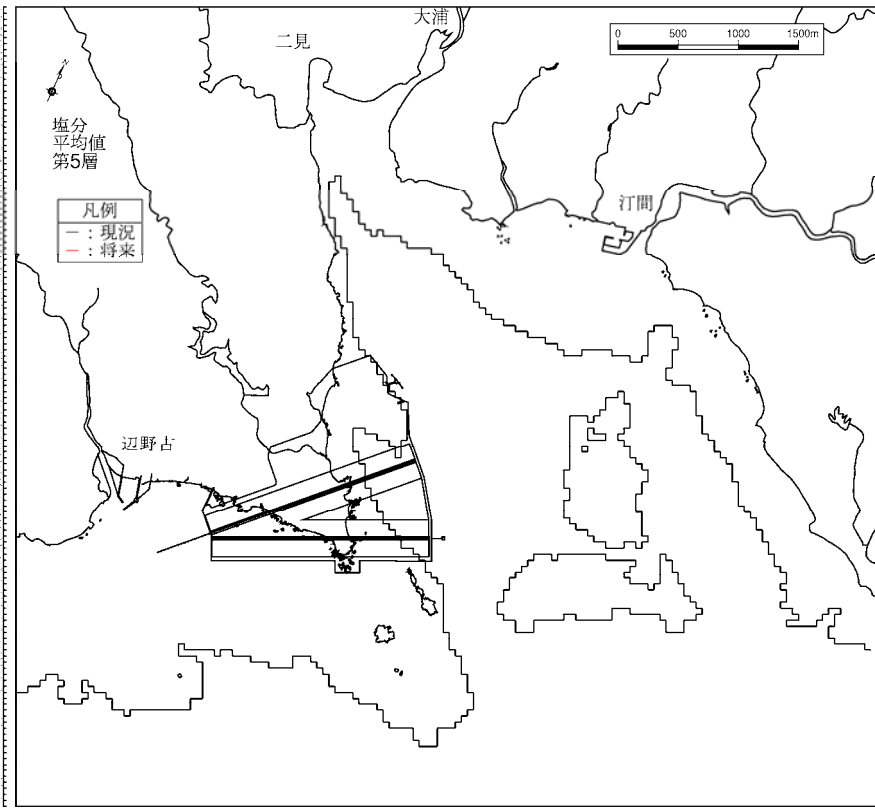


図-6.9.2.2.26(4) 供用時の塩分変化 (冬季)

第4層[6~10m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

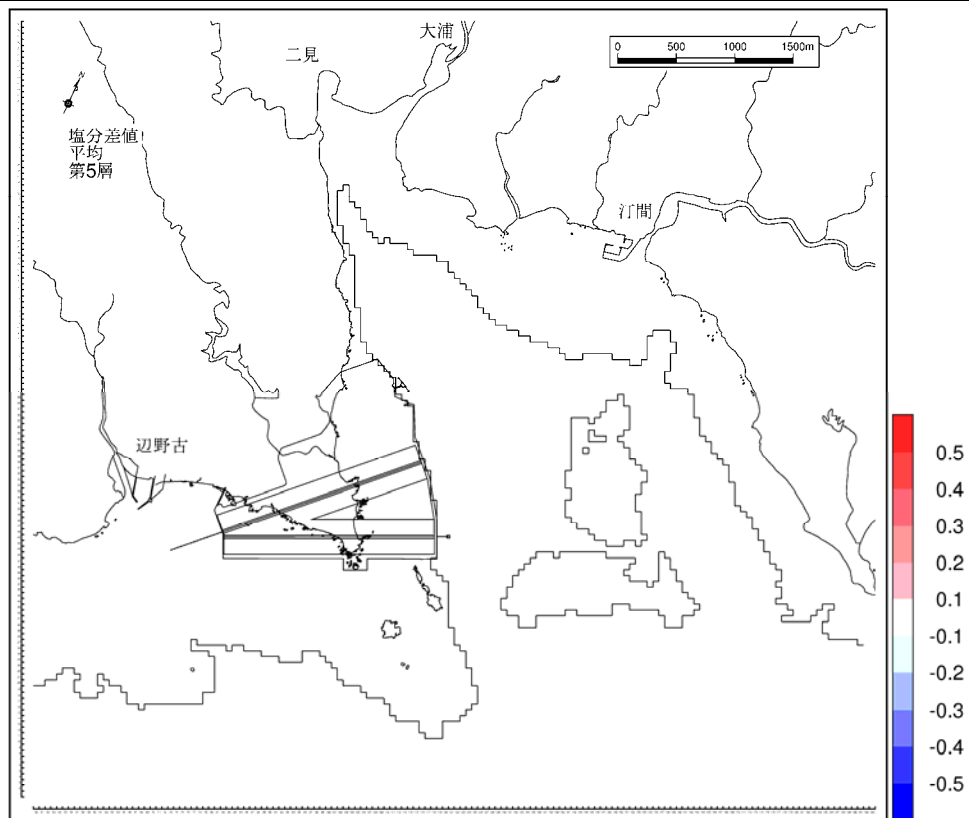
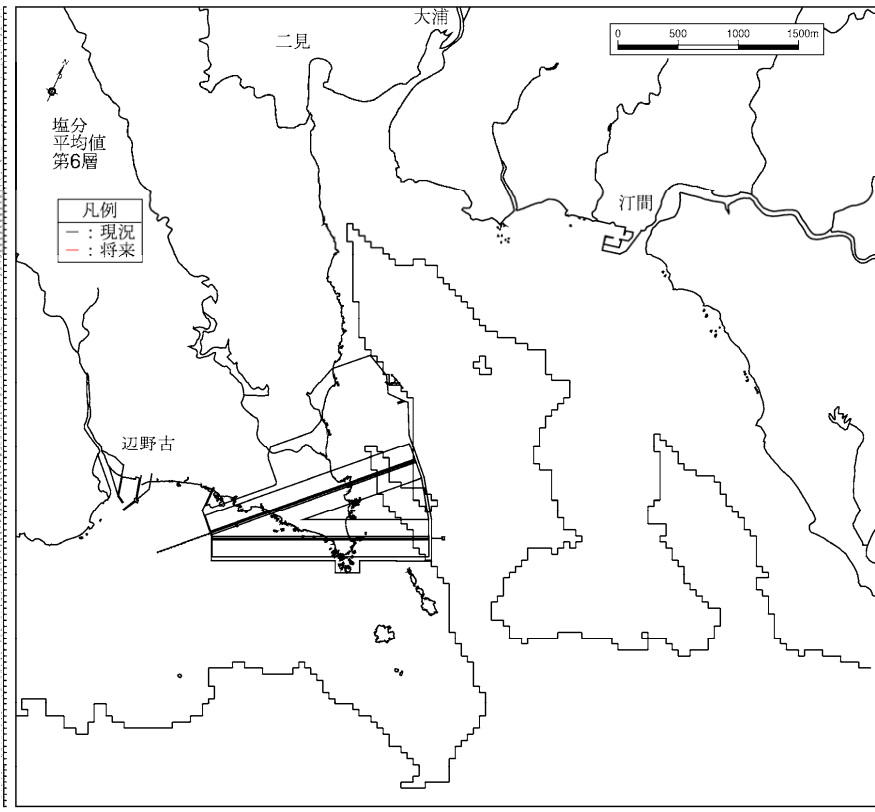


図-6.9.2.2.26(5) 供用時の塩分変化 (冬季)

第5層[10~20m]

塩分分布



塩分変化
(供用時-現況)

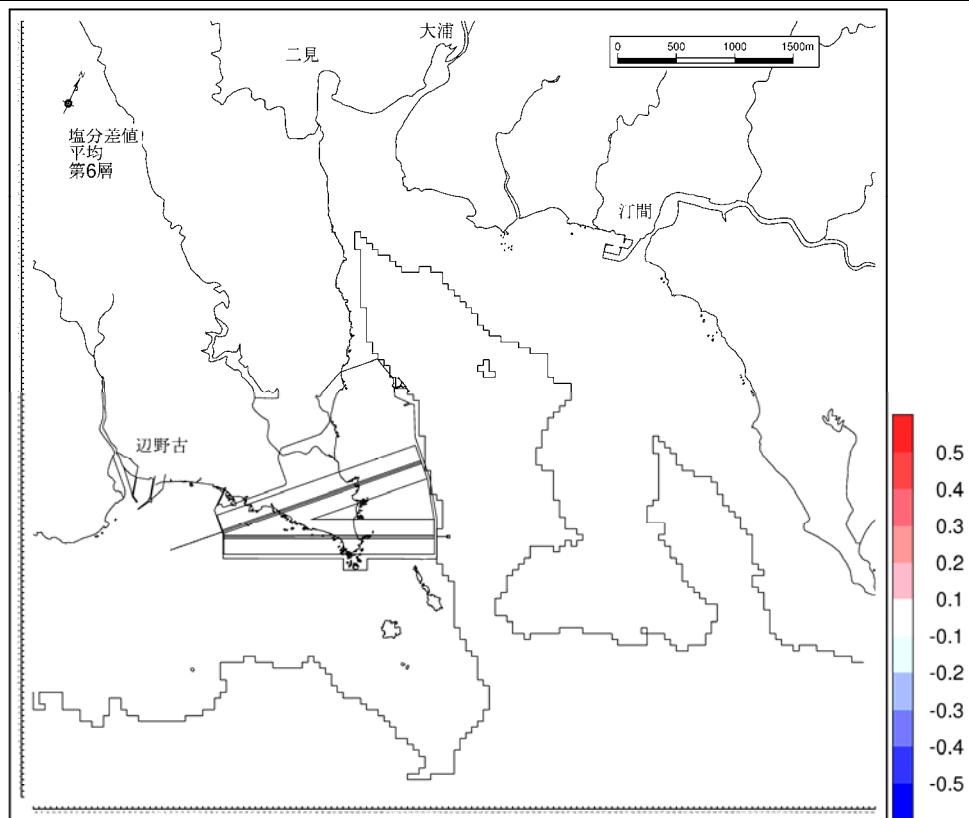


図-6.9.2.2.26(6) 供用時の塩分変化 (冬季)

第6層[20m以深]

非定常の流動計算に関する検討資料

(1) 予測の概要

環境影響評価書における水象(流動、波浪)の予測は、夏季と冬季の平均場(静穏時)を対象とした定常計算により実施しています。これは、卓越している潮汐周期(M_2 分潮)を考慮した計算で、気象・海象条件は平均的な条件を与えて、対象海域の平均的な状況を再現するものです。また、そのモデルを用いて行った将来予測は、現況と比較することで水象への影響を評価しており、水象への影響を把握する方法として一般的な手法であると言えます。

一方で、実際の海における波浪や流れの現象は、気象・海象条件に応じて時々刻々変化しており、高波浪時には静穏時に比べて水象の変化の程度が変わってくる事が予想されます(図- 6.9.2.2.27参照)。

そこで、本モデルの妥当性を検証するために、気象・海象条件を時間変化させた場合の水象(流動、波浪)の非定常計算を実施し、強風時や高波浪時における水象の変動の程度を検討しました。

定常計算と本検討の非定常計算の違いについては、図-6.9.2.2.28に示しますように、モデルは同じモデルを用いますが、その計算条件となります気象・海象条件が異なっています。

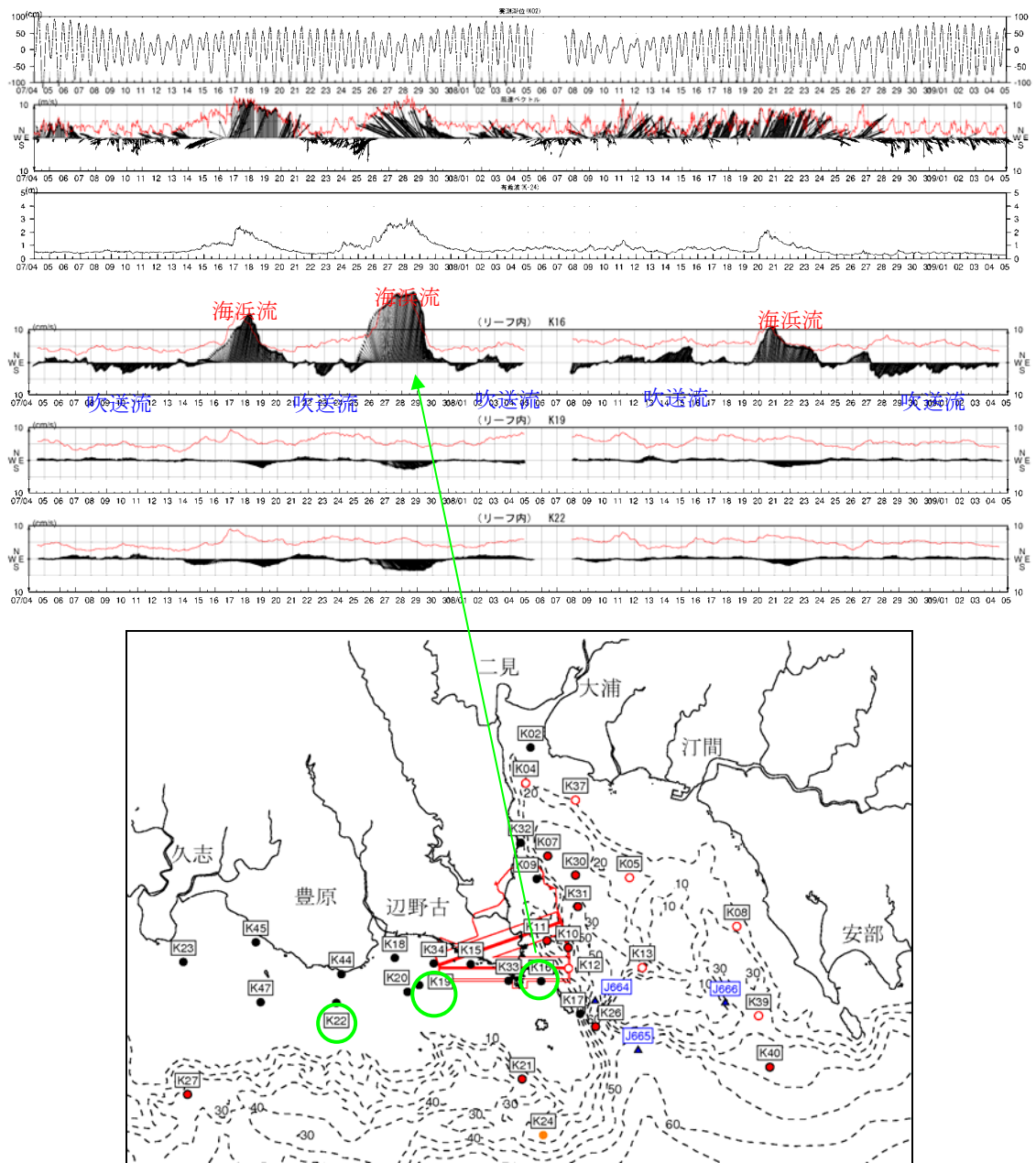


図-6.9.2.27 観測された流れの経時変化（平成20年度夏季、25時間移動平均値）

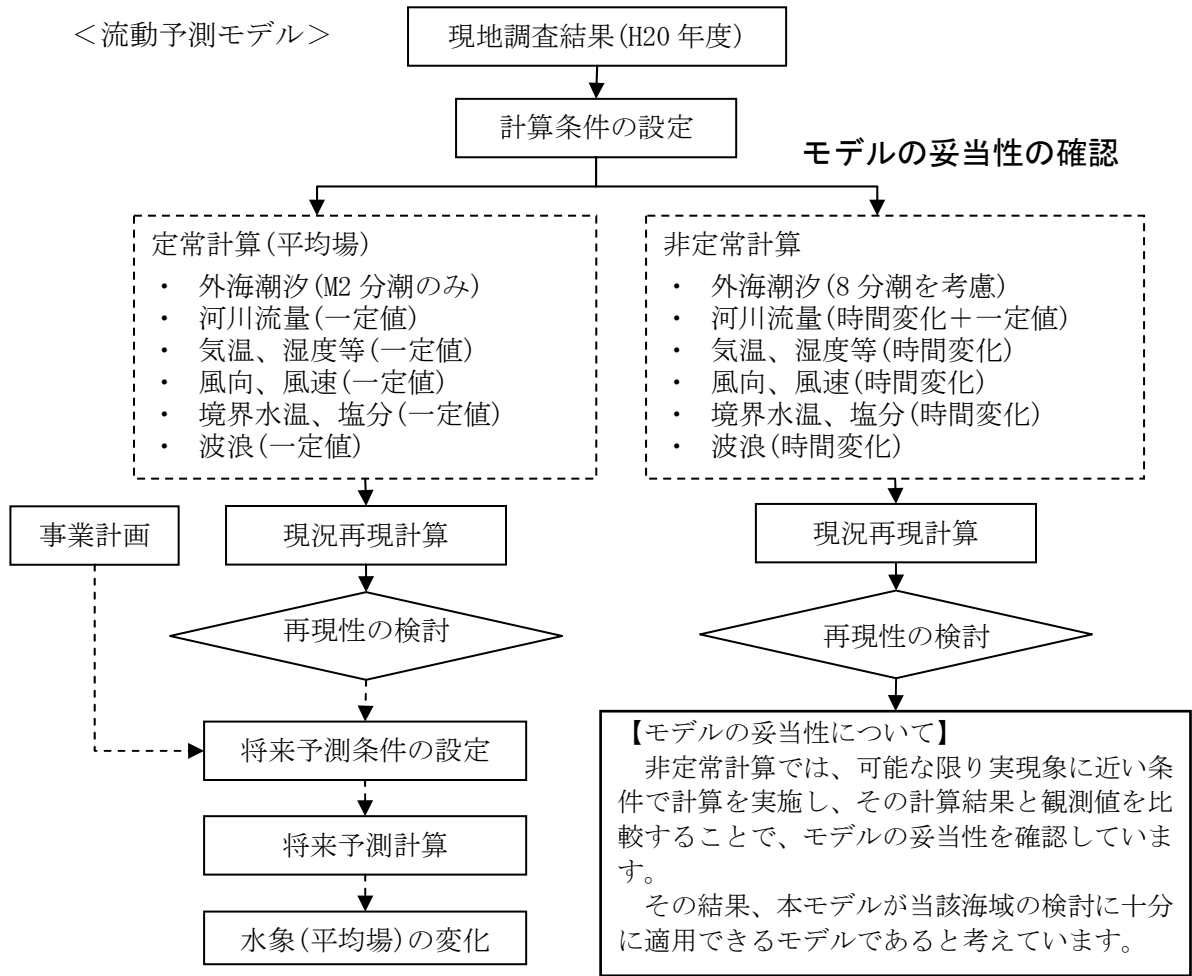


図-6.9.2.2.28 定常計算と非定常計算の違い(流動予測モデル)

(2) 予測方法

1) 予測モデル

非定常計算に用いた予測モデルや基礎式は、「6.9 水象」で実施しています定常計算に用いたモデルと同様です。また、計算範囲や層数及び地形条件、計算パラメータも同様です。

2) 計算条件

非定常計算を実施するにあたり、設定した計算条件を以下に示します。

なお、ここで記載しました条件以外のパラメータ等については、「6.9 水象」と同じ条件としました。

(a) 計算期間

計算期間は波浪と流況の連続観測期間のうち、高波浪時と静穏時を含む以下の期間としました。

平成 20 年度の夏季：2008 年 7 月 4 日～9 月 3 日

平成 20 年度の冬季：2008 年 12 月 1 日～2009 年 1 月 2 日

(b) 境界潮位

「6.9 水象」と同様に、図-6.9.2.2.29に示しました緩衝領域の開境界において、主要 8 分潮の潮汐調和定数を与えました。8 分潮の振幅と遅角は、日本周辺海洋潮汐モデル*の値と現地調査で測定した波高計の水位データの調和解析結果を参考に、大浦湾周辺の潮位及び流れが再現できるよう検討を行った結果、表-6.9.2.2.1に示すとおり設定しました。

(c) 波浪

波浪条件は図-6.9.2.2.30に示しますように、毎正時の沖波条件と潮位条件を波浪観測結果から設定し、波浪変形計算によって波高と波向の空間分布を設定しました。波浪変形計算に用いた予測モデルや基礎式は、「6.9 水象」で用いたモデルと同様です。

* Matsumoto, K., T. Takanezawa, and M. Ooe: Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model Around Japan, Journal of Oceanography, 56, 567-581, 2000.

表-6.9.2.2.1 外海潮汐の条件

分潮名	境界 A, B		境界 C, D	
	振幅 (cm)	遅角 (°)	振幅 (cm)	遅角 (°)
K ₁	20.9	200.2	20.9	198.7
O ₁	15.3	181.3	16.0	180.8
P ₁	7.0	200.2	7.5	199.7
Q ₁	2.8	167.7	3.0	167.2
M ₂	54.6	182.4	55.0	179.8
S ₂	23.0	207.3	22.5	205.3
N ₂	11.0	185.0	9.3	182.3
K ₂	6.2	207.3	6.1	205.3

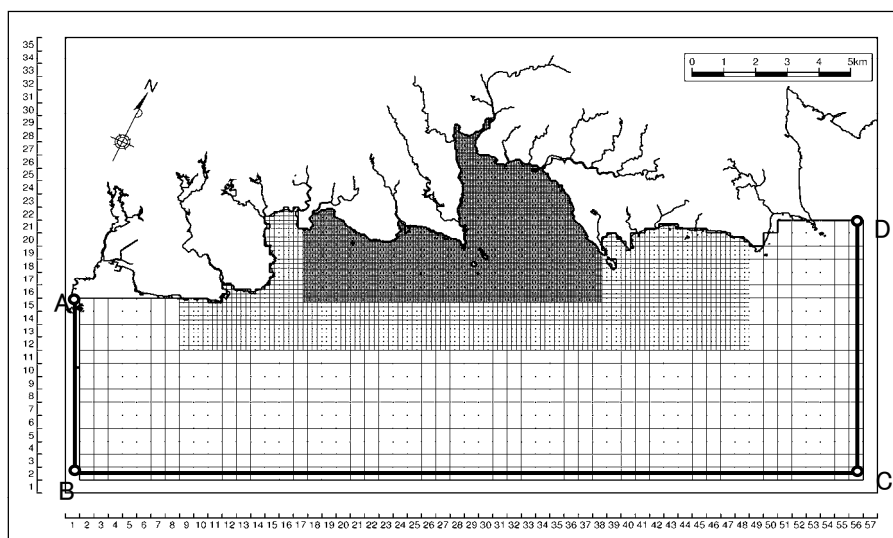


図-6.9.2.2.29 開境界の設定位置

(d) 気象条件

気象条件は図-6.9.2.2.30に示しますように、事業実施区域(辺野古崎)における気象観測結果(平成20年4月～平成21年1月)に基づいて毎正時の値を設定しました。なお、雲量については、那覇測候所(気象庁)のデータを用いました。

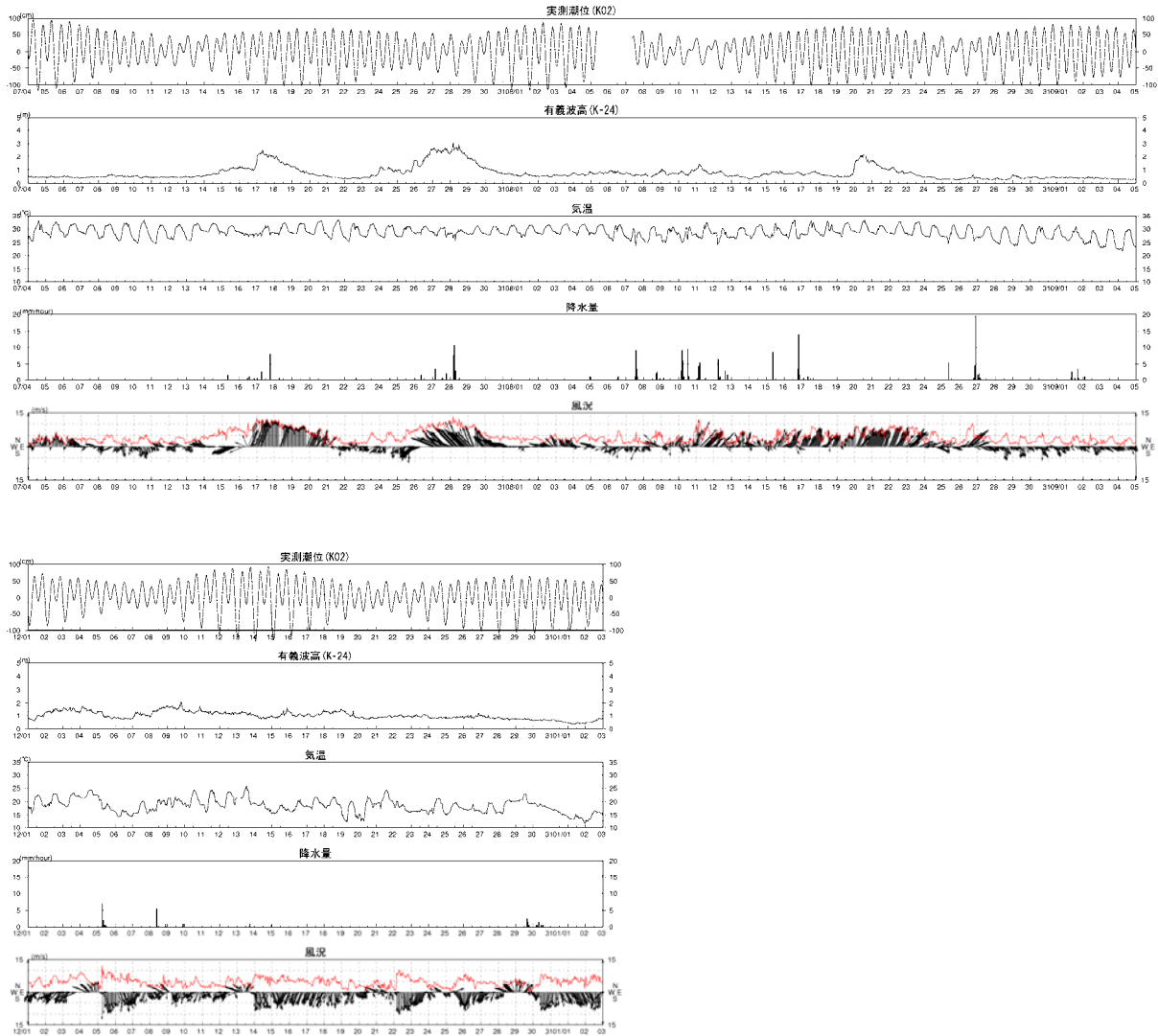


図-6.9.2.2.30 計算期間内の波浪・潮位及び気象条件
(上段：平成20年度の夏季、下段：平成20年度の冬季)

(e) 水温・塩分の初期値・境界値

水温の初期値・境界値は平成20年度に実施しました多層の連続観測結果（下図に示すK-21, 25, 28の3地点）から毎正時の鉛直分布値を設定しました。一方、塩分はデータを精査した結果、異常値が多く見られたため、「6.9水象」と同じ一定値を用いました。境界に設定しました水温の経時変化を図-6.9.2.2.31に示します。

なお、初期値は計算範囲で全域一様とし、計算開始時の境界値と同じ値を設定しました。

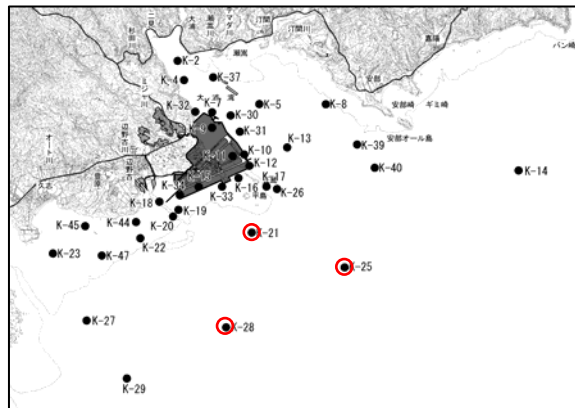
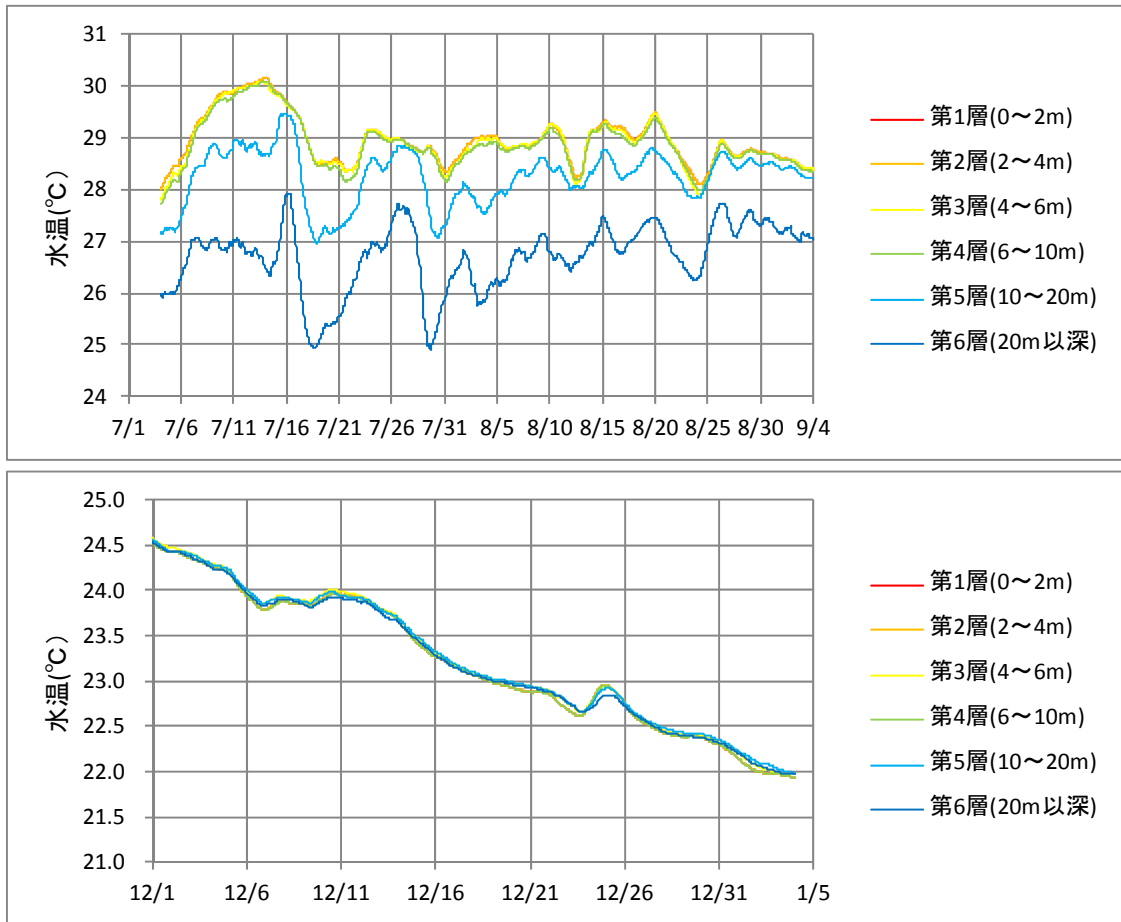


図-6.9.2.2.31 境界水温の経時変化
 (上段：平成20年度の夏季、下段：平成20年度の冬季)

(f) 淡水流入量

事業実施区域周辺海域に流入する主な河川は図-6.9.2.2.32に示す 16 河川です。このうち、辺野古川・杉田川・大浦川・汀間川・美謝川の 5 河川については流量の連続調査が行われており、夏季及び冬季の計算対象期間について調査結果を検討した結果、4 河川(辺野古川・杉田川・大浦川・汀間川) は以下の方法で流量と河川水温の時間データを設定しました。

その他の河川については、「6.9 水象」と同様に平成 20 年度に実施された流量と水温の現地調査結果(一定値)を設定しました。

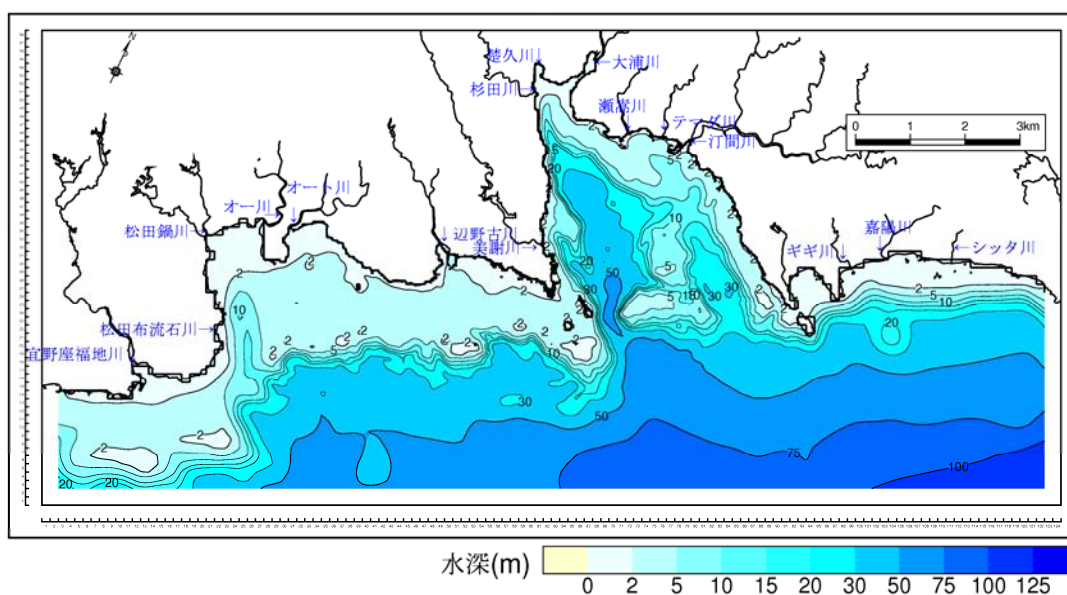


図-6.9.2.2.32 流入河川と流入位置(現況)

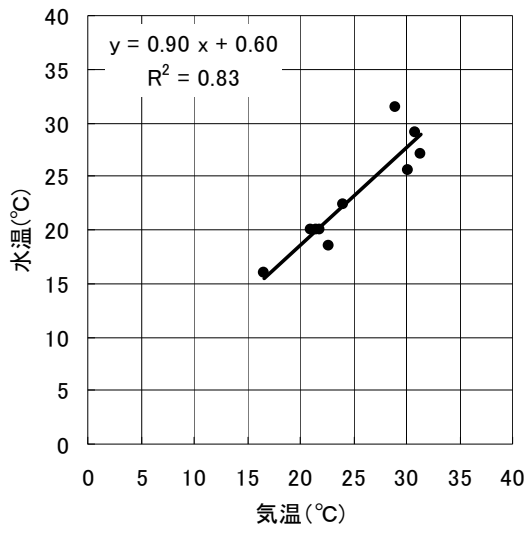
a) 河川水温

水の汚れの現地調査結果を用いて、気温と河川水温の相関式を作成し、気温(辺野古崎の観測値)から毎正時の河川水温を推定しました。時系列データを作成した 4 河川における気温と河川水温の相関式を図-6.9.2.2.33に、計算期間の河川水温・流量の経時変化を図-6.9.2.2.35に示します。

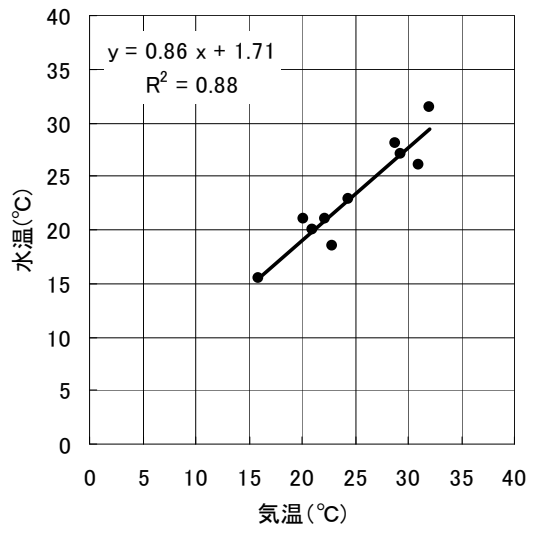
b) 河川流量

平成 20 年度の降雨時連続調査結果(平成 20 年 9 月 12 日～13 日に実施)から降雨量と流量の相関式を作成し、降雨データ(辺野古崎の観測値)から毎正時の河川流量を推定しました。時系列データを作成した 4 河川における降雨量と流量の相関式を図-6.9.2.2.34に、計算期間内の河川水温・流量の経時変化を図-6.9.2.2.35に示します。

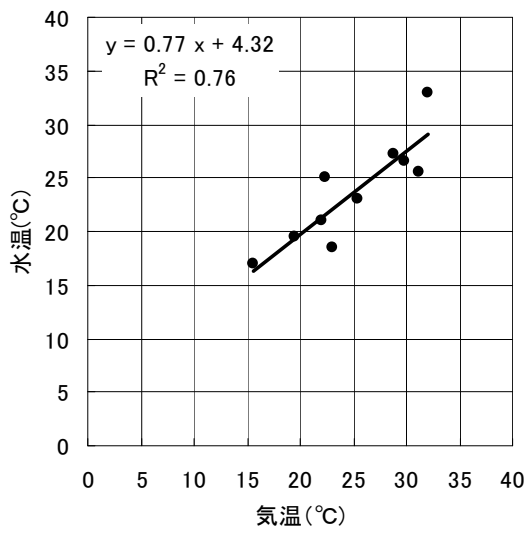
RW-6(辺野古川)



RW-8(杉田川)



RW-9(大浦川)



RW-12(汀間川、下流)

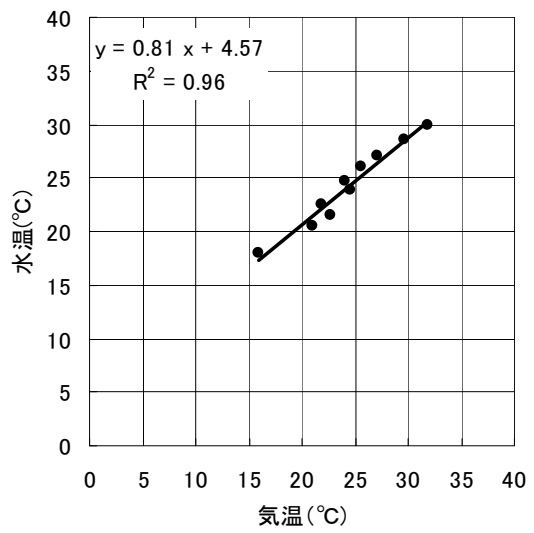


図-6.9.2.2.33 気温と河川水温の関係

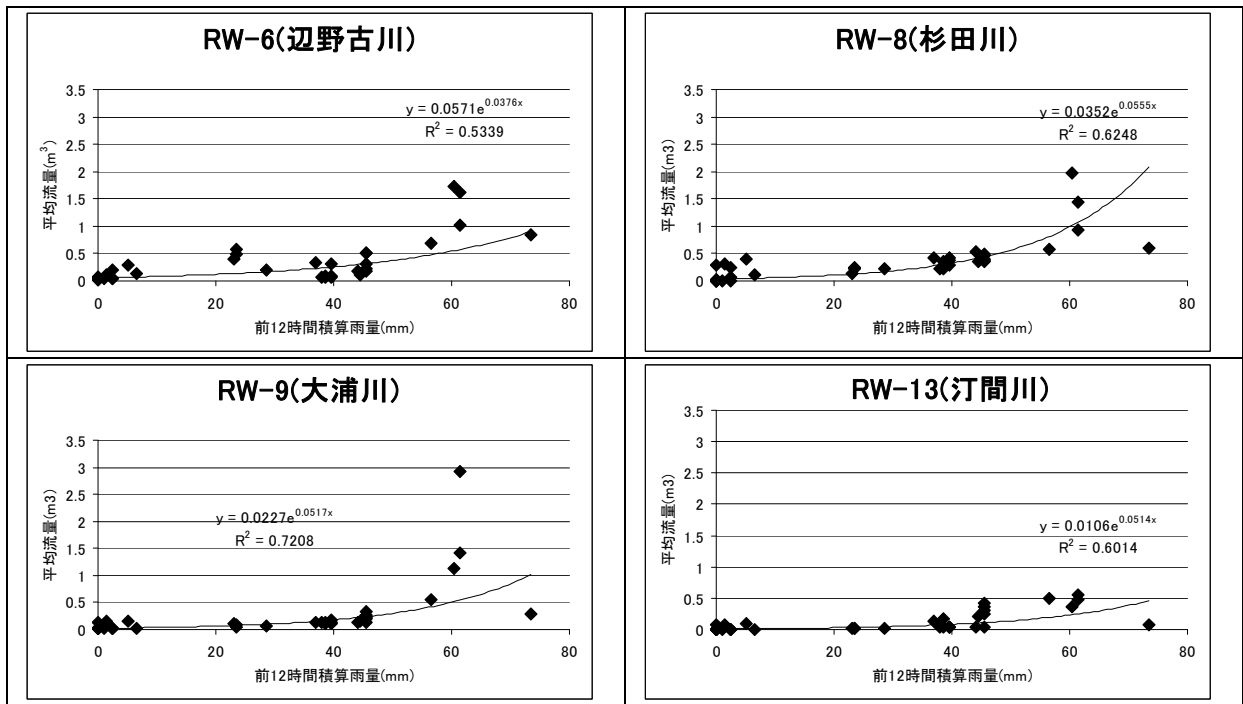


図-6.9.2.2.34 降雨量と流量の関係

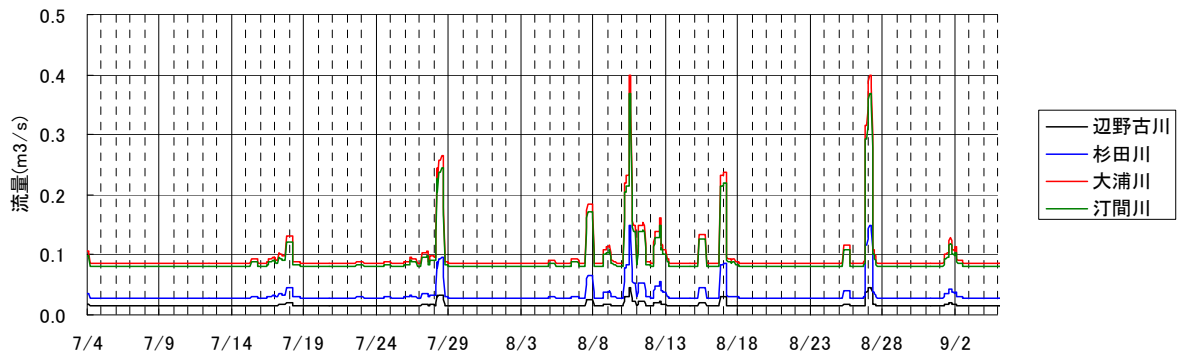
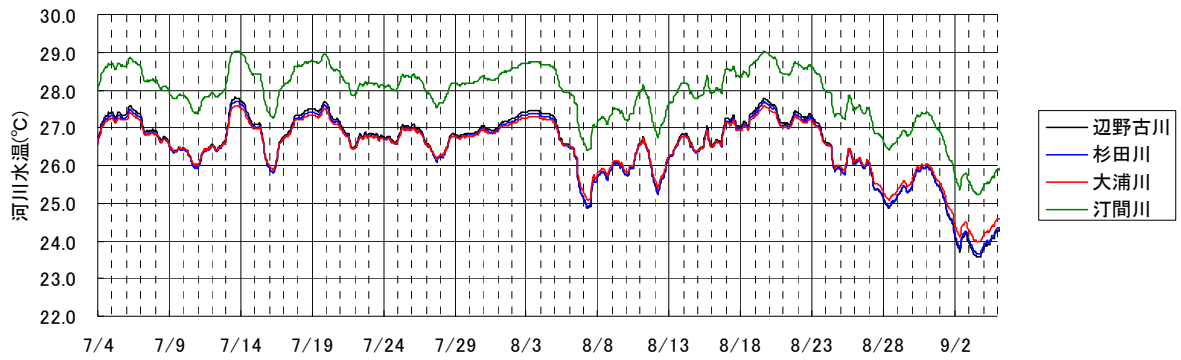


図-6.9.2.2.35(1) 計算期間内の河川水温・流量の経時変化(平成20年度の夏季)

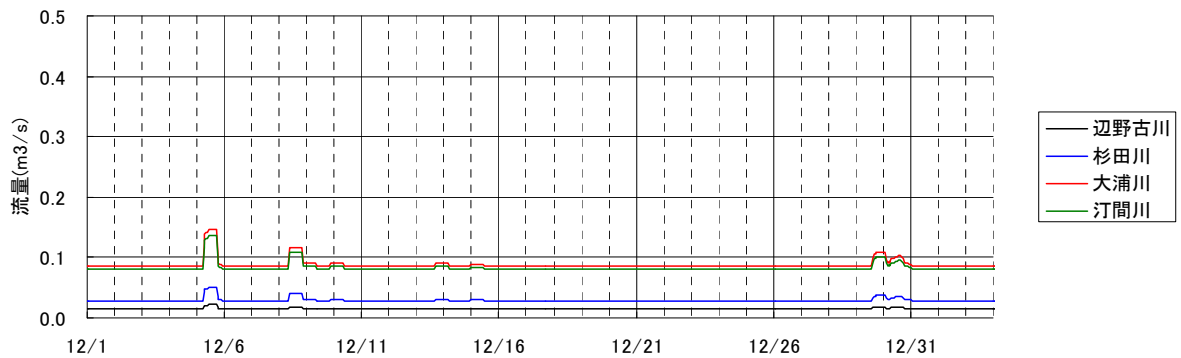
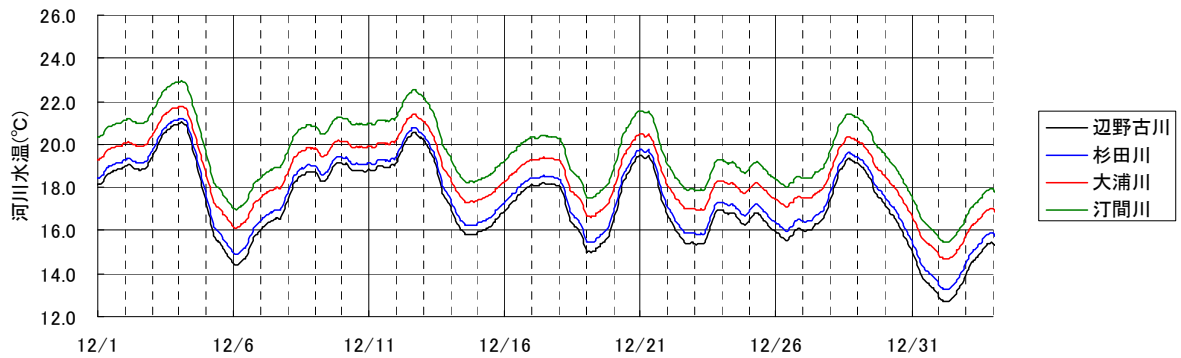


図-6.9.2.2.35(2) 計算期間内の河川水温・流量の経時変化(平成20年度の冬季)

(3) モデルの妥当性の検討

1) 現況再現計算結果の検証方法

現況再現計算結果の検証には、夏季（平成 20 年 7～9 月）及び冬季（平成 20 年 12 月）に実施した流動及び波浪の調査結果を用いました。流動・波浪の調査位置を図-6.9.2.2.36に、調査期間を表-6.9.2.2.2に示します。

表-6.9.2.2.2 観測期間

季節	観測期間
夏季	平成 20 年 7 月 4 日～平成 20 年 9 月 5 日(約 60 昼夜連続観測)
冬季	平成 20 年 12 月 1 日～平成 21 年 1 月 2 日(約 30 昼夜連続観測)

非定常計算の再現性の検証は以下の項目について実施しました。

◆ 潮汐

波高計にて測定された水位データに対して調和解析を行い、得られた主要 4 分潮 (M_2, S_2, O_1, K_1) の潮汐調和定数を再現目標としました。夏季の解析期間は平成 20 年 7 月 4 日～8 月 3 日、冬季は平成 20 年 12 月 3 日～平成 21 年 1 月 1 日としました。

◆ 波浪

波高計にて測定された有義波高の経時変化を再現目標としました。

◆ 潮流

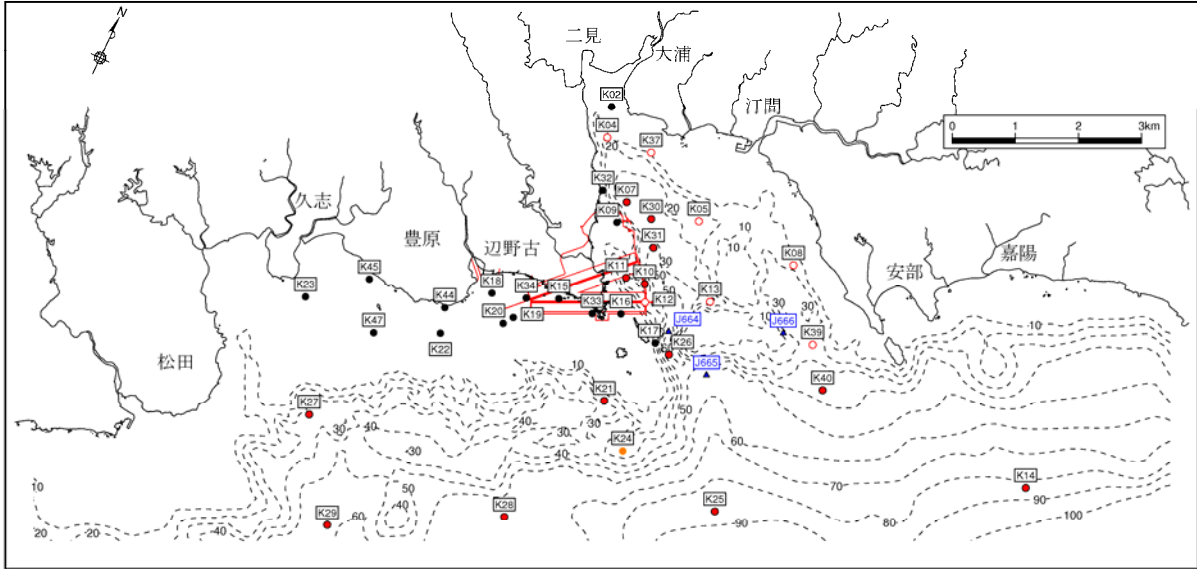
流速計にて測定された流向・流速データに対して調和解析を行い、得られた主要 4 分潮 (M_2, S_2, O_1, K_1) の潮流調和定数を再現目標としました。夏季の解析期間は比較的静穏な平成 20 年 8 月 6 日～9 月 5 日、冬季は平成 20 年 12 月 1 日～12 月 31 日としました。また、時々刻々変化する流動場の再現性を検討するため、観測期間における流向・流速の頻度分布も合わせて再現目標としました。

◆ 恒流(平均流)

海浜流や吹送流を含めた恒流(平均流)は、上記に示した潮流の解析期間(30 昼夜)における恒流(平均流)の空間分布とともに、観測期間中の気象・海象条件に伴い変化する恒流(平均流)の経時変化を再現目標としました。

◆ 水温・塩分

水温・塩分計にて測定された水温の経時変化を再現目標としました。



● : 電磁流速計、○ : 超音波流速計、● : 超音波+電磁流速計、● : 波高計
 ▲ : 第十一管区海上保安本部の調査地点 (電磁流速計及び超音波流速計)

図-6.9.2.2.36(1) 流動調査の位置

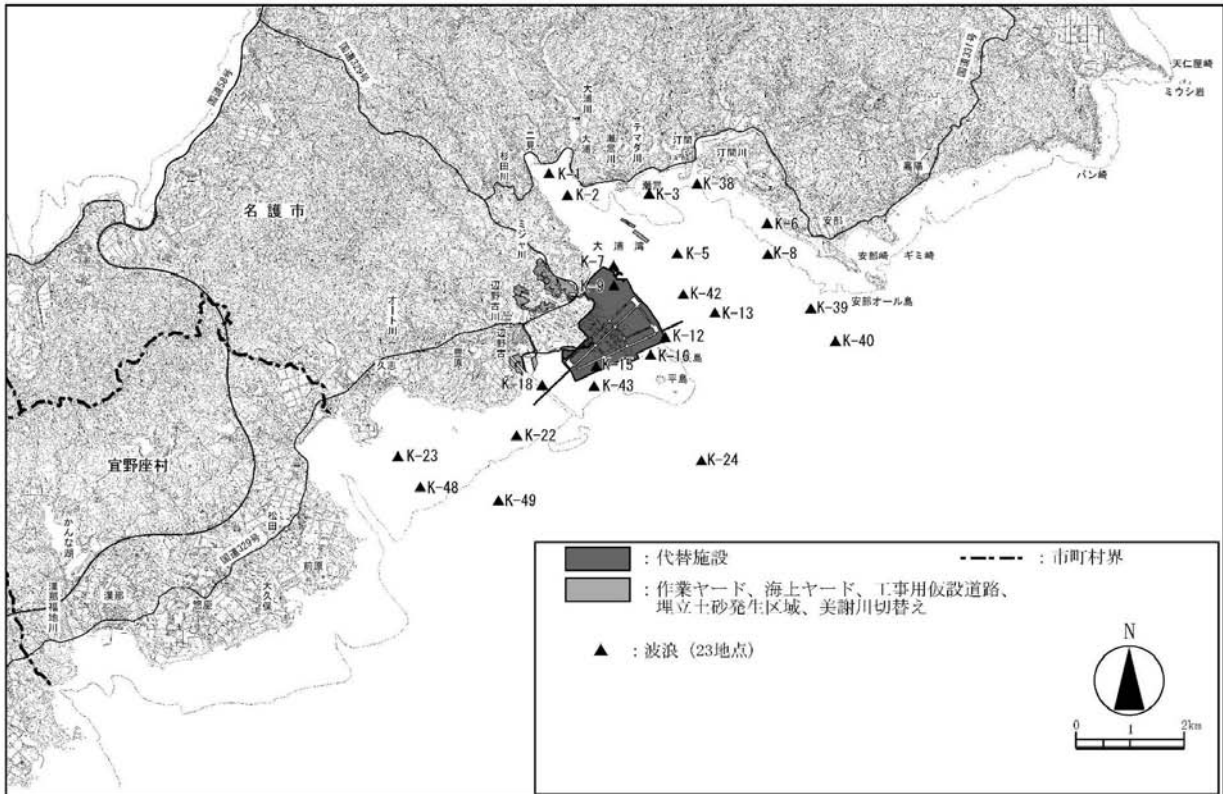


図-6.9.2.2.36(2) 波浪調査の位置

2) 潮汐の再現性

久志～安部の沿岸域における主要 4 分潮の潮汐調和定数（振幅と遅角）の比較を図-6.9.2.2.37に示します。

各地点とも S_2 、 K_1 、 O_1 分潮に比べて M_2 分潮の振幅が最も大きく、計算値は観測値の傾向を再現できていると考えています。また、 M_2 、 O_1 分潮に比べて S_2 、 K_1 分潮の遅角が大きいという観測値の傾向を良く再現しています。

大浦湾奥の K-2 地点における観測期間中の潮位経時変化の比較を図-6.9.2.2.38に示します。計算値と観測値の潮位変動は概ね一致しており、主要な分潮を考慮したことで大潮・小潮や日潮不等など複雑な潮位変化を再現できていると考えています。

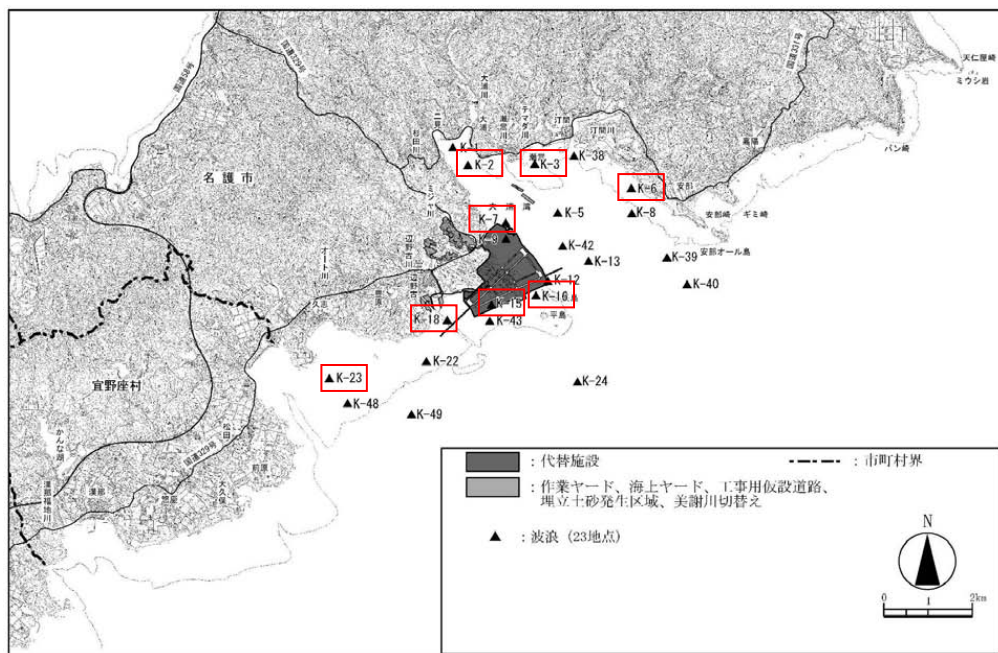
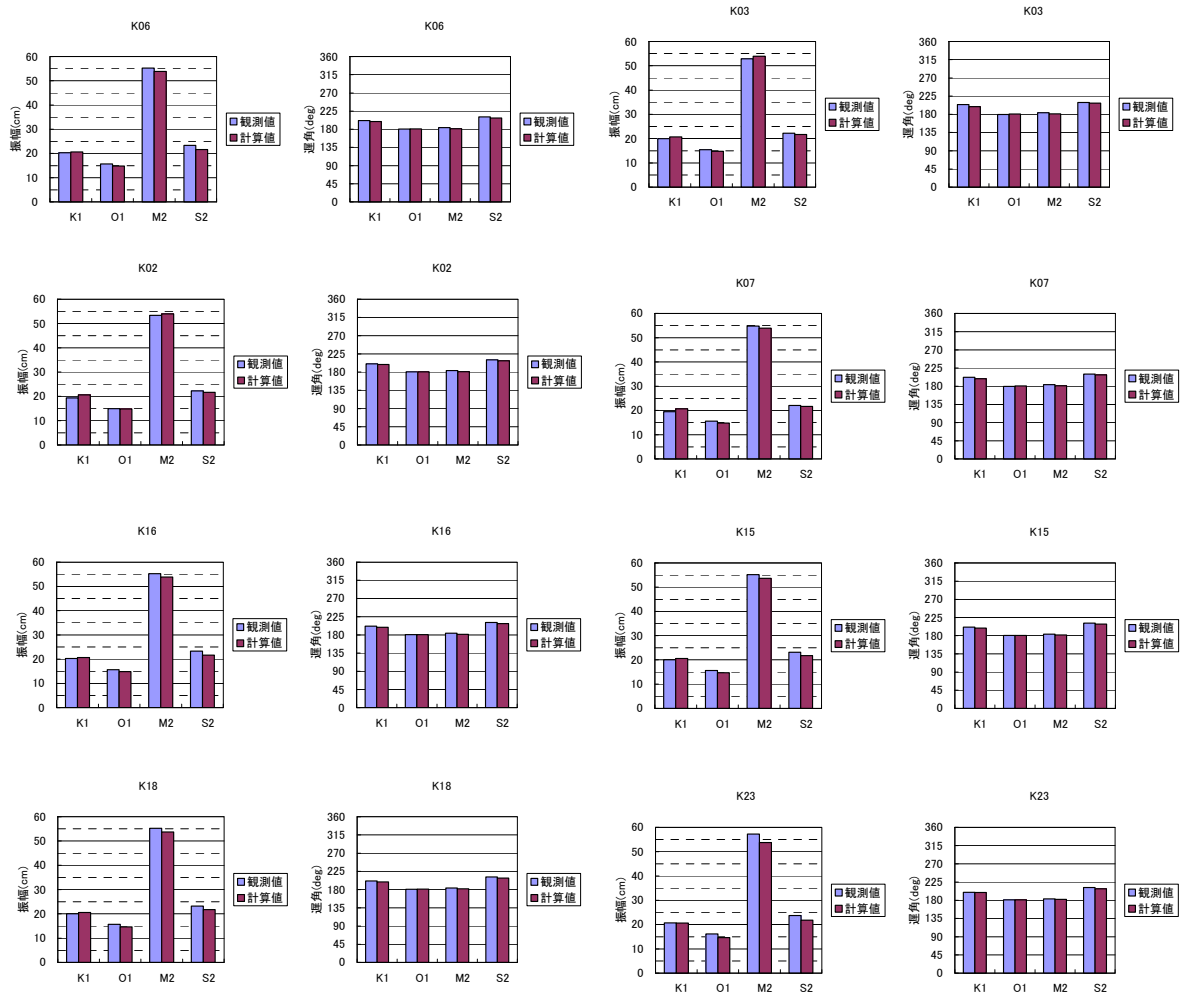
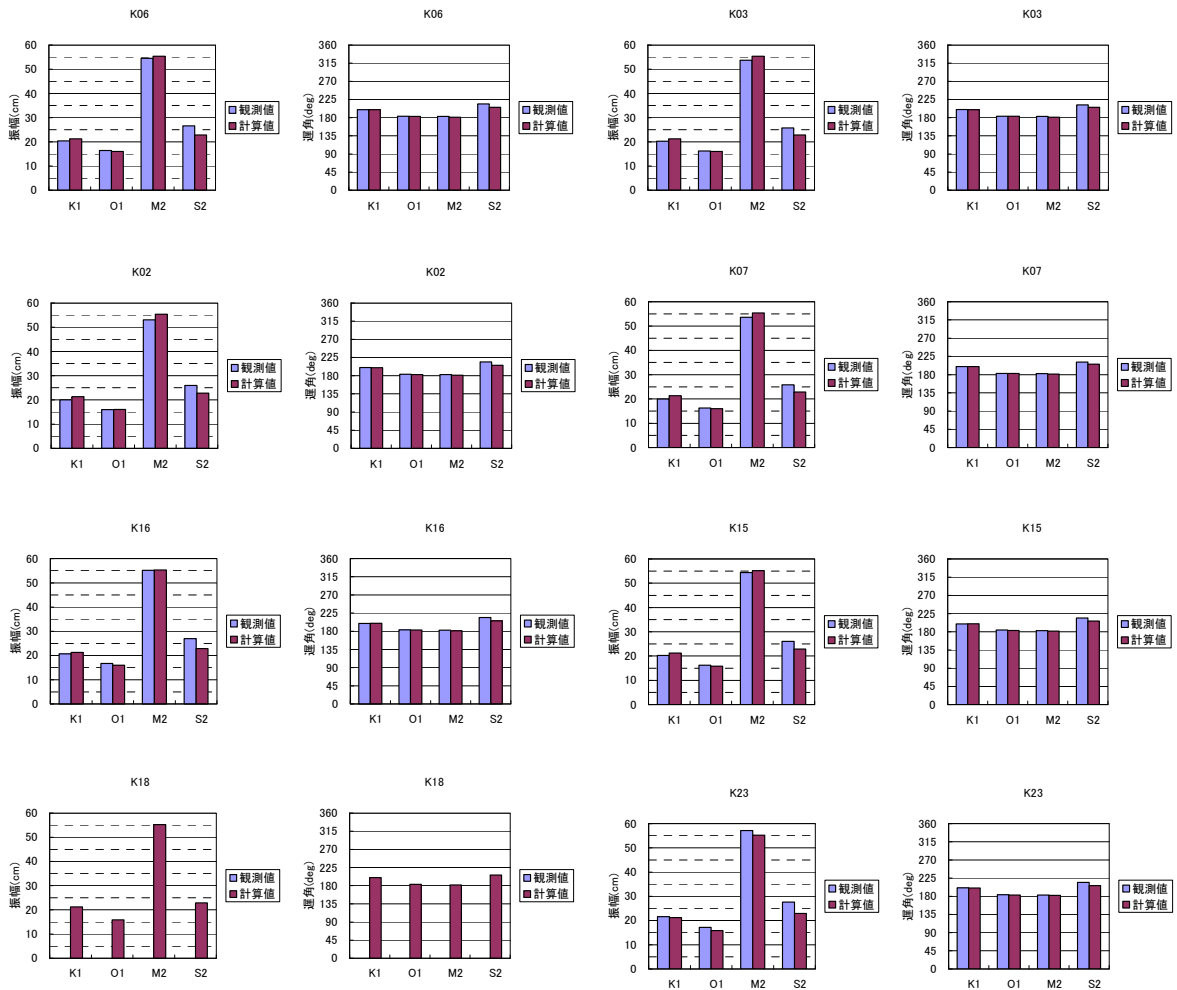


図-6.9.2.2.37(1) 潮汐調和定数の比較 (夏季)



※)K-18 は観測値が正常に取得できていないと判断されたため対象外としました。

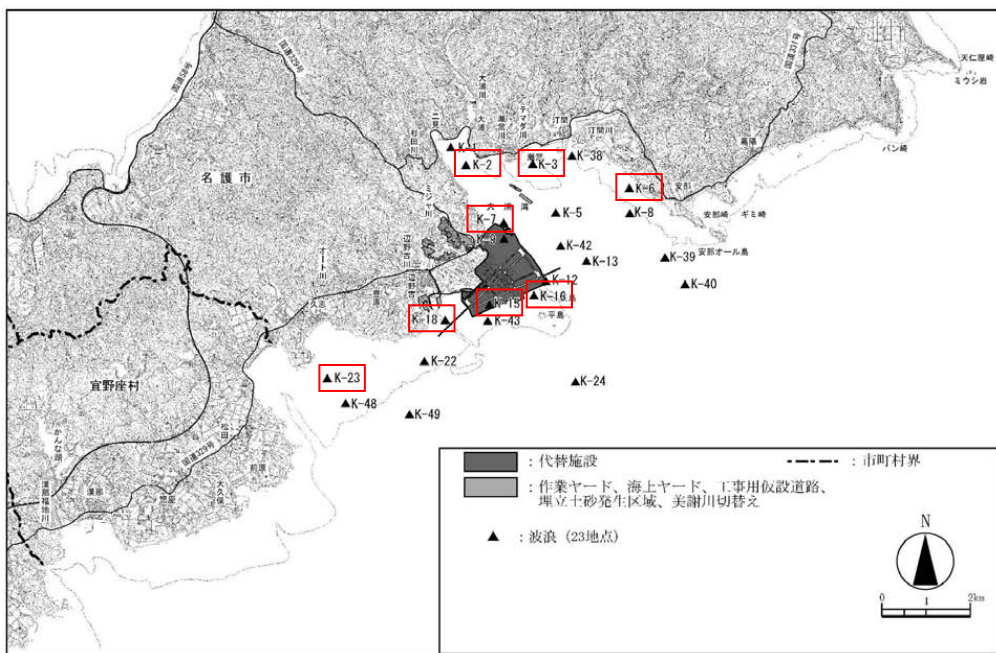
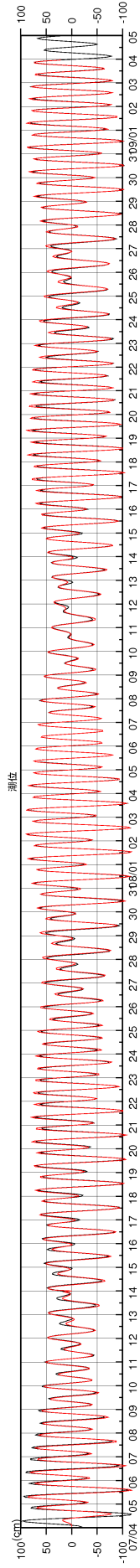
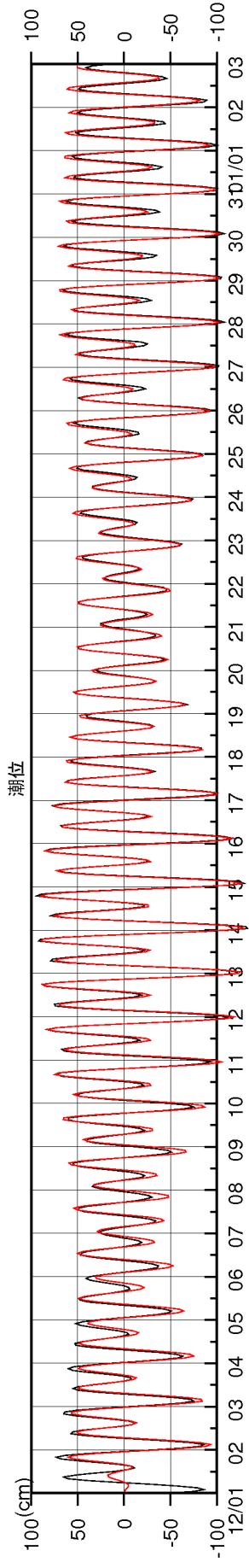


図-6.9.2.2.37(2) 潮汐調和定数の比較 (冬季)

夏季



冬季



(黒線：観測値、赤線：計算値)

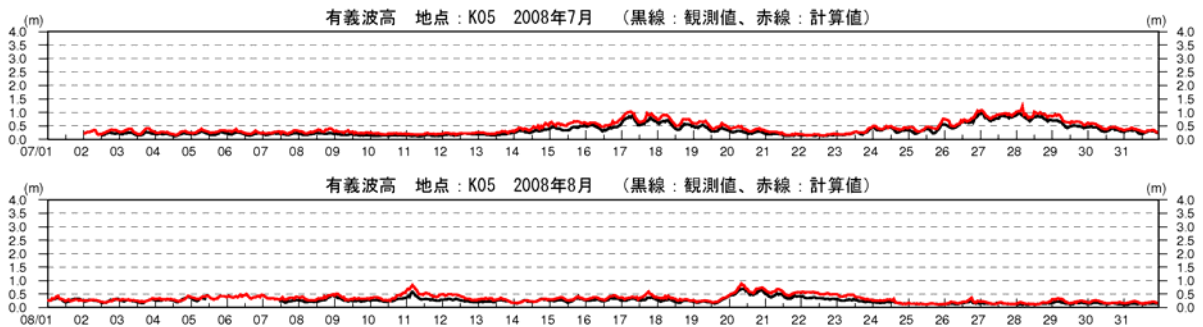
図-6.9.2.2.38 観測期間中の潮位の経時変化の比較

3) 波浪の再現性

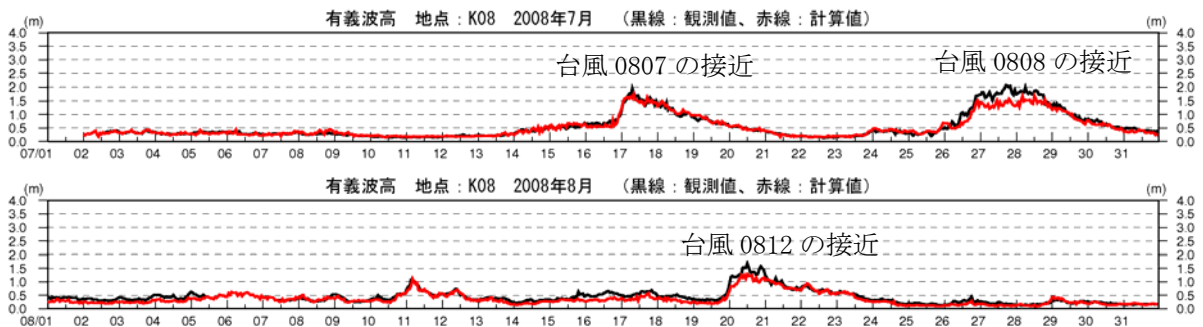
代表地点における有義波高の経時変化の比較を図-6.9.2.2.39及び図-6.9.2.2.40に示します。

夏季の湾中央部や湾東部の地点における低気圧（台風）接近に伴う有義波高の増大、湾奥部やリーフ上の地点においては有義波高が小さくなる観測値の傾向を再現できています。冬季は夏季に比べて有義波高の時間変化が小さく、観測値と計算値は概ね一致しています。

(K-5、湾中央部)



(K-8、湾東部)



(黒線：観測値、赤線：計算値)

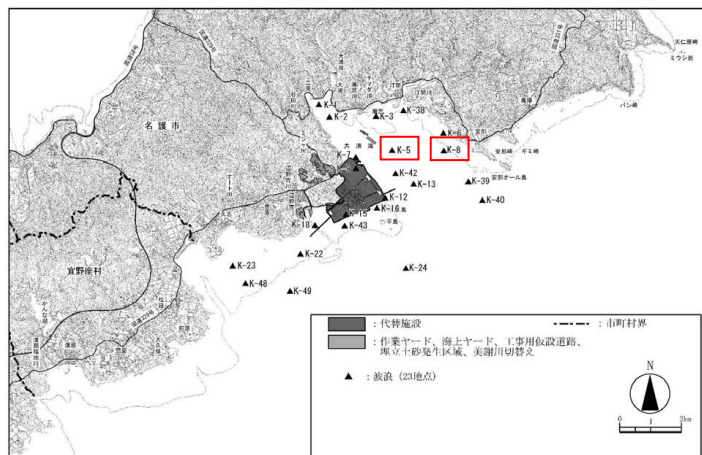
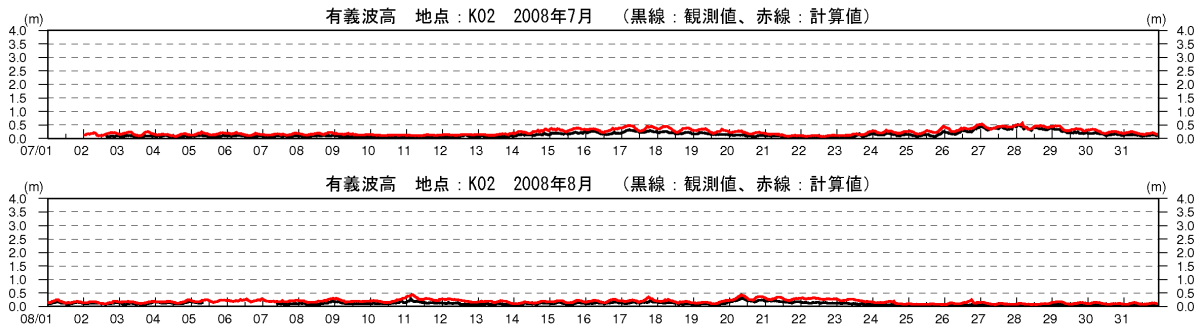
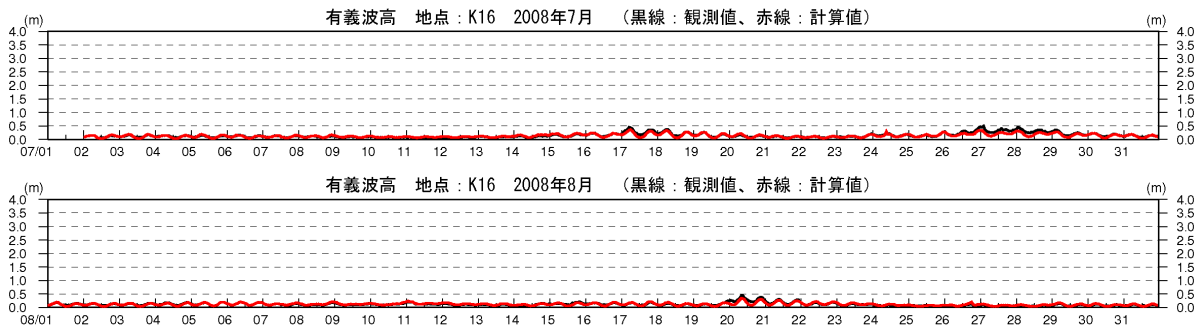


図-6.9.2.2.39(1) 有義波高の観測値と計算値の経時変化(夏季)

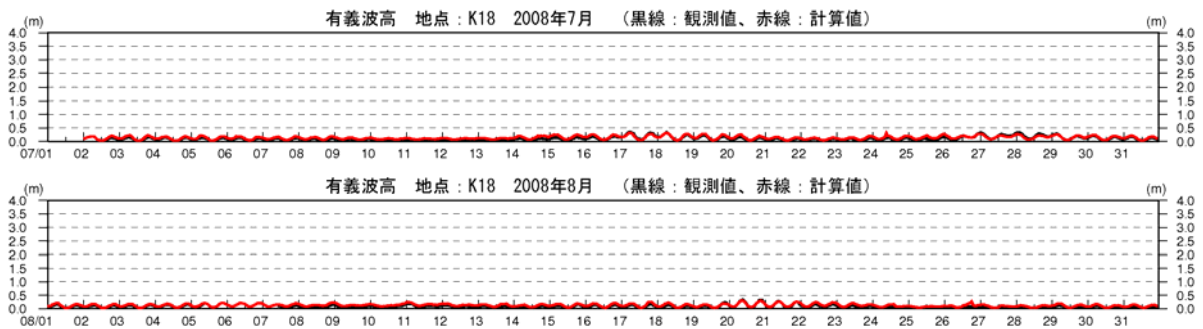
(K-2、湾奥部)



(K-16、辺野古崎と長島の間)



(K-18、辺野古漁港前面)



(黒線: 観測値、赤線: 計算値)

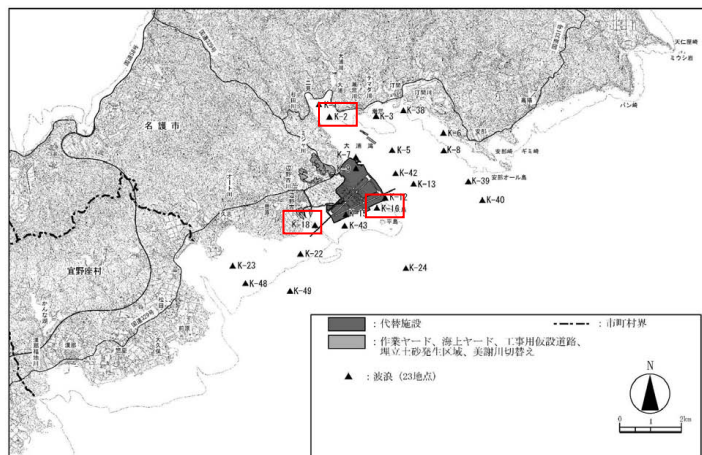
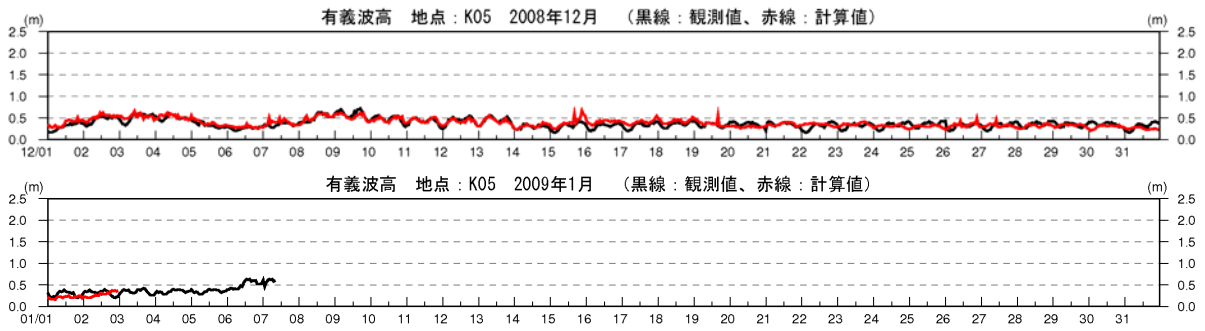
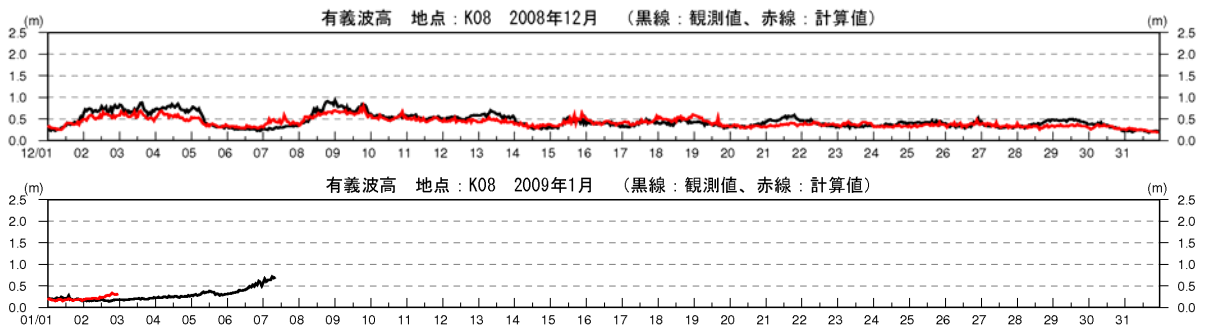


図-6.9.2.2.39(2) 有義波高の観測値と計算値の経時変化 (夏季)

(K-5、湾中央部)



(K-8、湾東部)



(黒線：観測値、赤線：計算値)

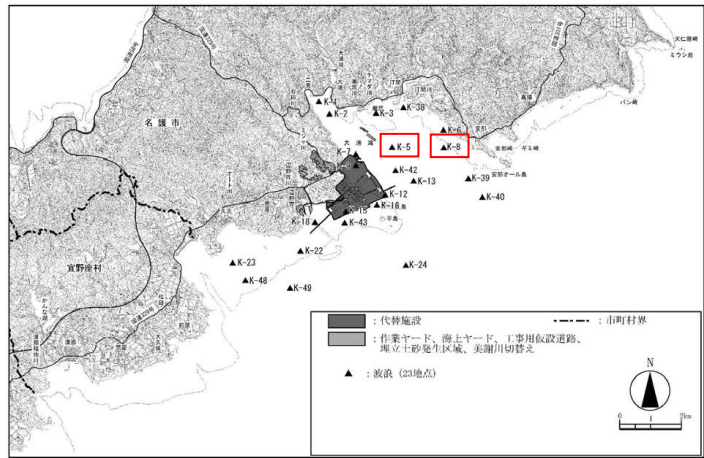
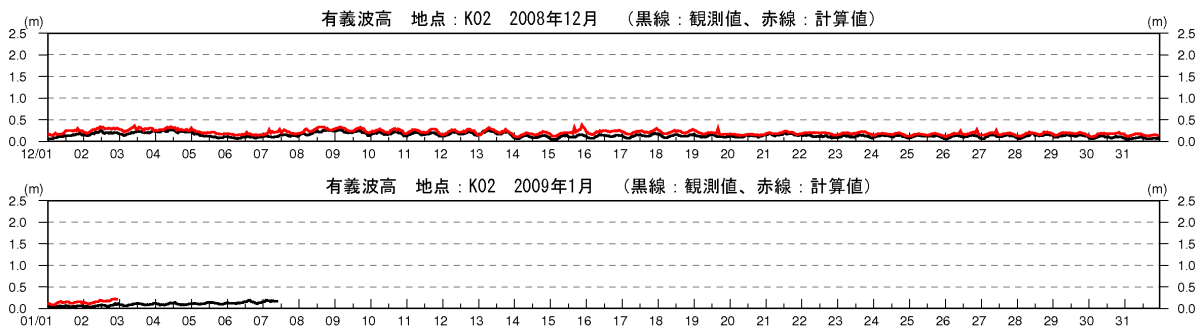
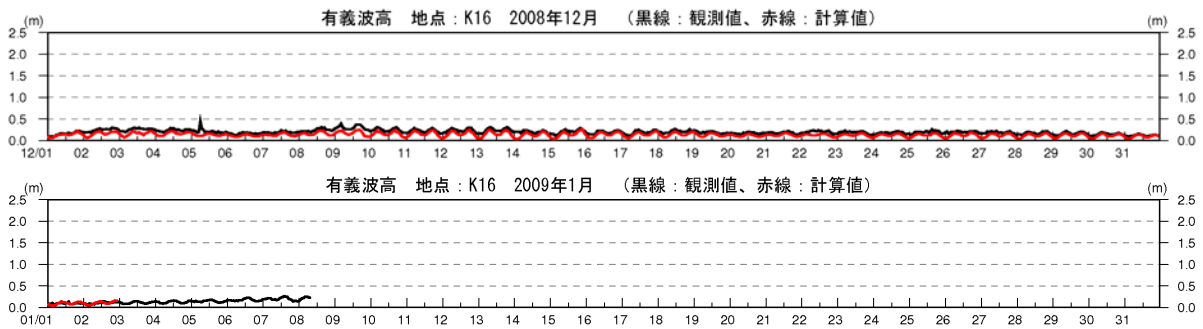


図-6.9.2.2.40(1) 有義波高の観測値と計算値の経時変化(冬季)

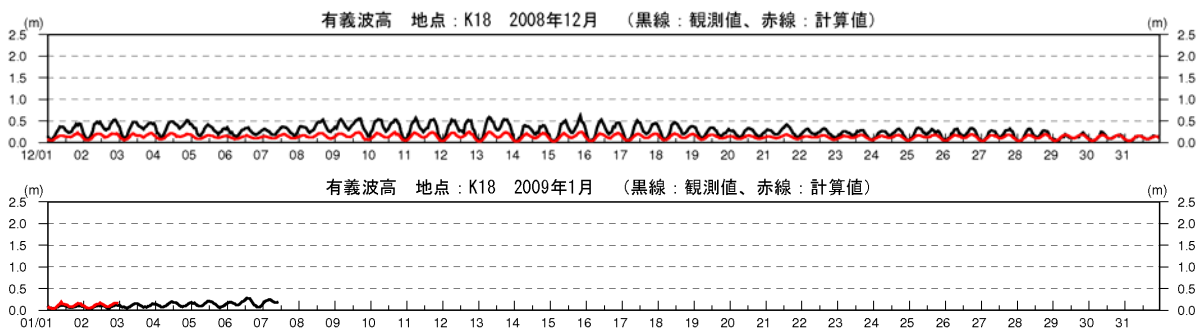
(K-2、湾奥部)



(K-16、辺野古崎と長島の間)



(K-18、辺野古漁港前面)



(黒線: 観測値、赤線: 計算値)

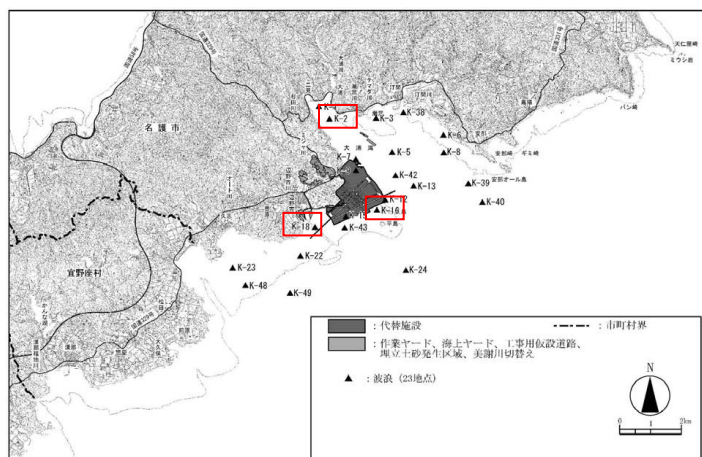


図-6.9.2.2.40(2) 有義波高の観測値と計算値の経時変化 (冬季)

4) 潮流の再現性

(a) 潮流楕円

リーフ内、大浦湾内、リーフ外における主要 4 分潮の潮流楕円の比較を図-6.9.2.2.41及び図-6.9.2.2.42に示します。

辺野古リーフ上においては、海岸線に沿った東西方向の往復流や辺野古崎と長島との南北方向の往復流が概ね再現できていると考えられます。大浦湾内は、表層の楕円が一致していない地点もありますが、全体的には湾軸に沿った北西～南東方向の往復流が再現できており、湾奥に比べて湾口の潮流が強い傾向も計算値と観測値は概ね一致しています。リーフ外(沖合)は大浦湾や辺野古リーフ上に比べて潮流が強く、東西方向の往復流が卓越する傾向にあると考えられます。

また、全体的に S_2 、 K_1 、 O_1 分潮に比べて M_2 分潮の潮流振幅が大きいという観測値の傾向も計算値は再現できていると判断しています。

(b) 流向・流速の頻度分布

リーフ内、大浦湾内、リーフ外における流向・流速頻度分布の比較を図-6.9.2.2.43及び図-6.9.2.2.44に示します。

辺野古リーフ上においては、観測値と計算値の頻度分布は類似しており、東西方向の流れの出現頻度が高く、特に夏季には東流、冬季には西流傾向となっています。また、辺野古崎と長島の間(K16)においては南北方向の往復流が卓越しており、夏季には計算値の北流がやや大きい傾向にありますが、計算値の出現頻度は観測値の特徴をよく再現できていると判断しています。

大浦湾の表層においては、湾西側で夏季に南東流・冬季に北～北西流の頻度が高くなる傾向、湾東側で夏季に南東流・冬季に北西流が卓越する観測値の傾向をよく再現できていると判断しています。

リーフ外(沖合)においても地形に沿った流れの出現頻度は計算値と観測値で概ね一致しています。

以上より、地形の影響を受けて変化する流れの卓越流向や気象・海象条件の変化に伴う流れの出現頻度の季節変化など、計算結果は観測値の傾向を概ね再現できていると判断しています。

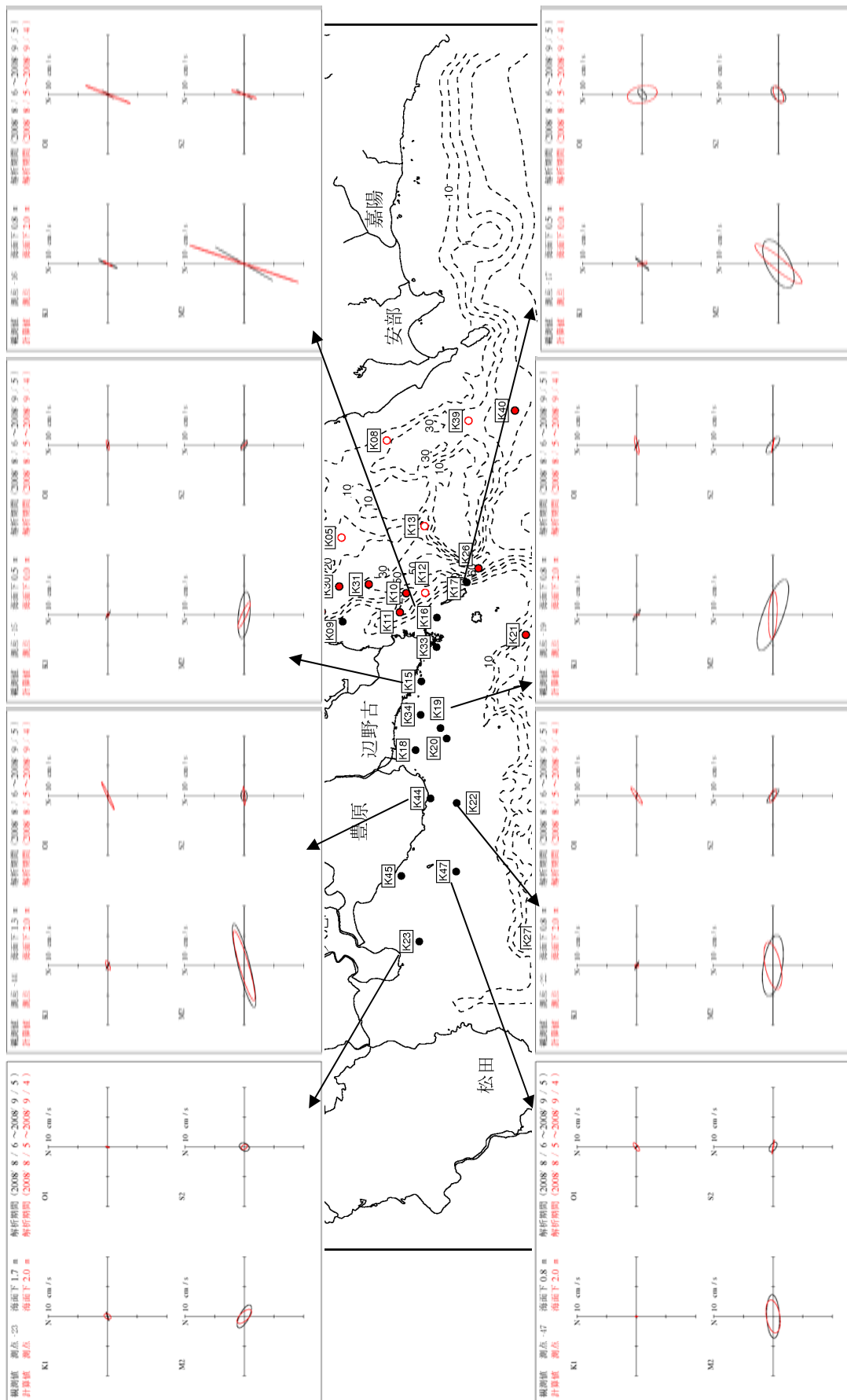


図-6.9.2.2.41(1) 主要4分潮の潮流流速の比較(夏季、2008年8月、リーフ内) (黒：観測値、赤：計算値)

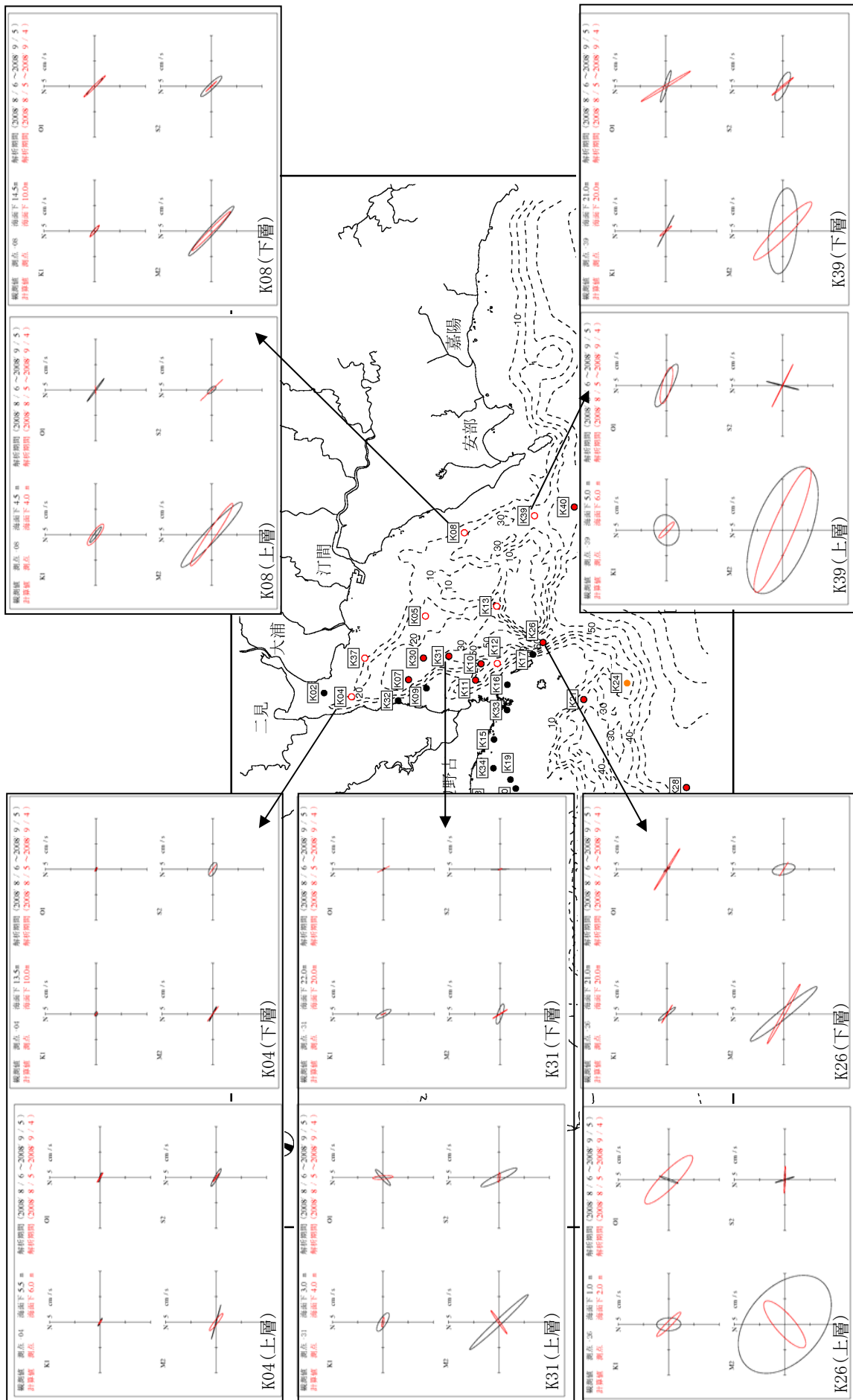


図-6.9.2.2.41(2) 主要4分潮の潮流楕円の比較(夏季、2008年8月、大浦湾内) (黒：観測値、赤：計算値)

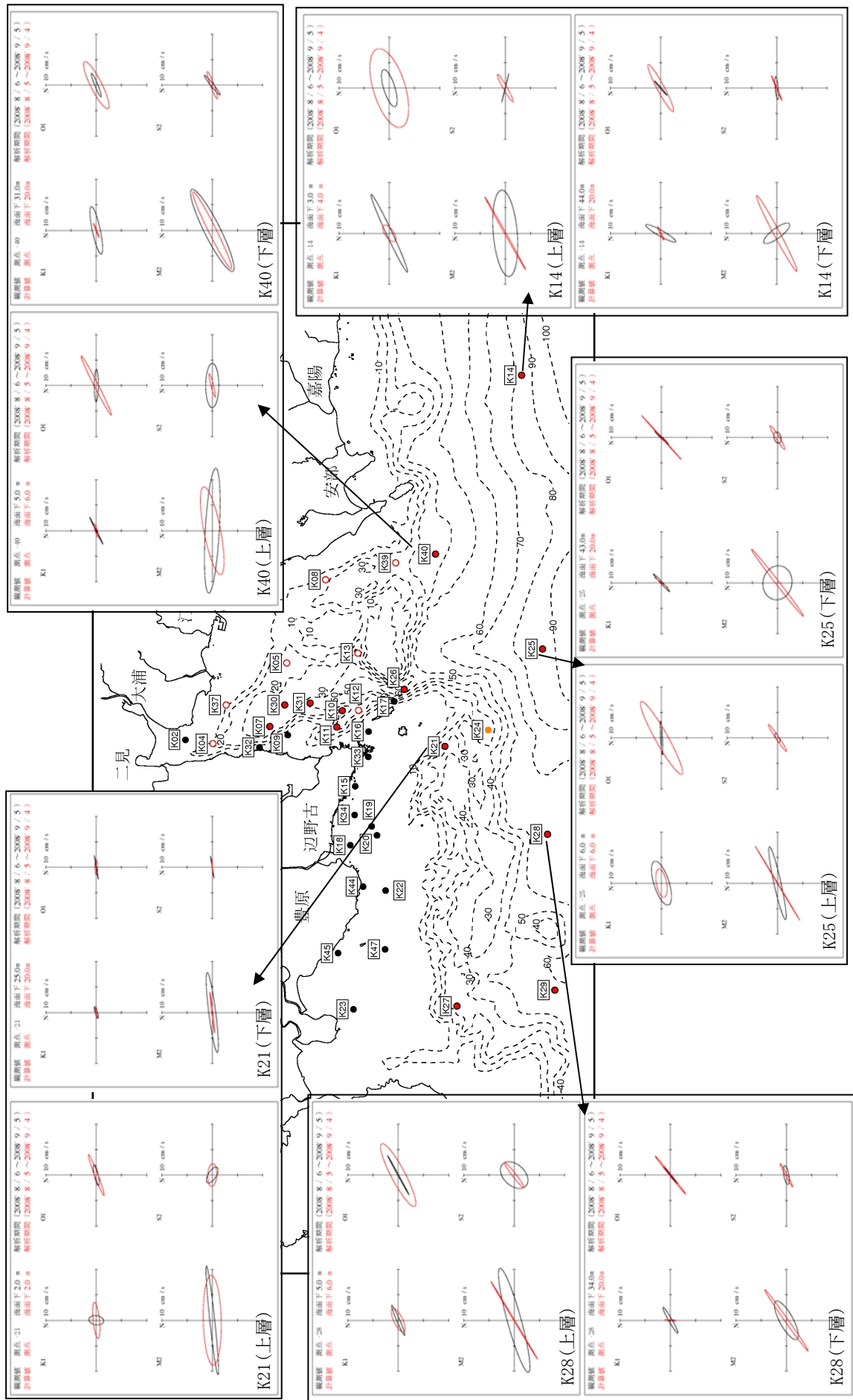


図-6.9.2.2.41(3) 主要4分潮の潮流楕円の比較(夏季、2008年8月、リーブ外) (黒：観測値、赤：計算値)

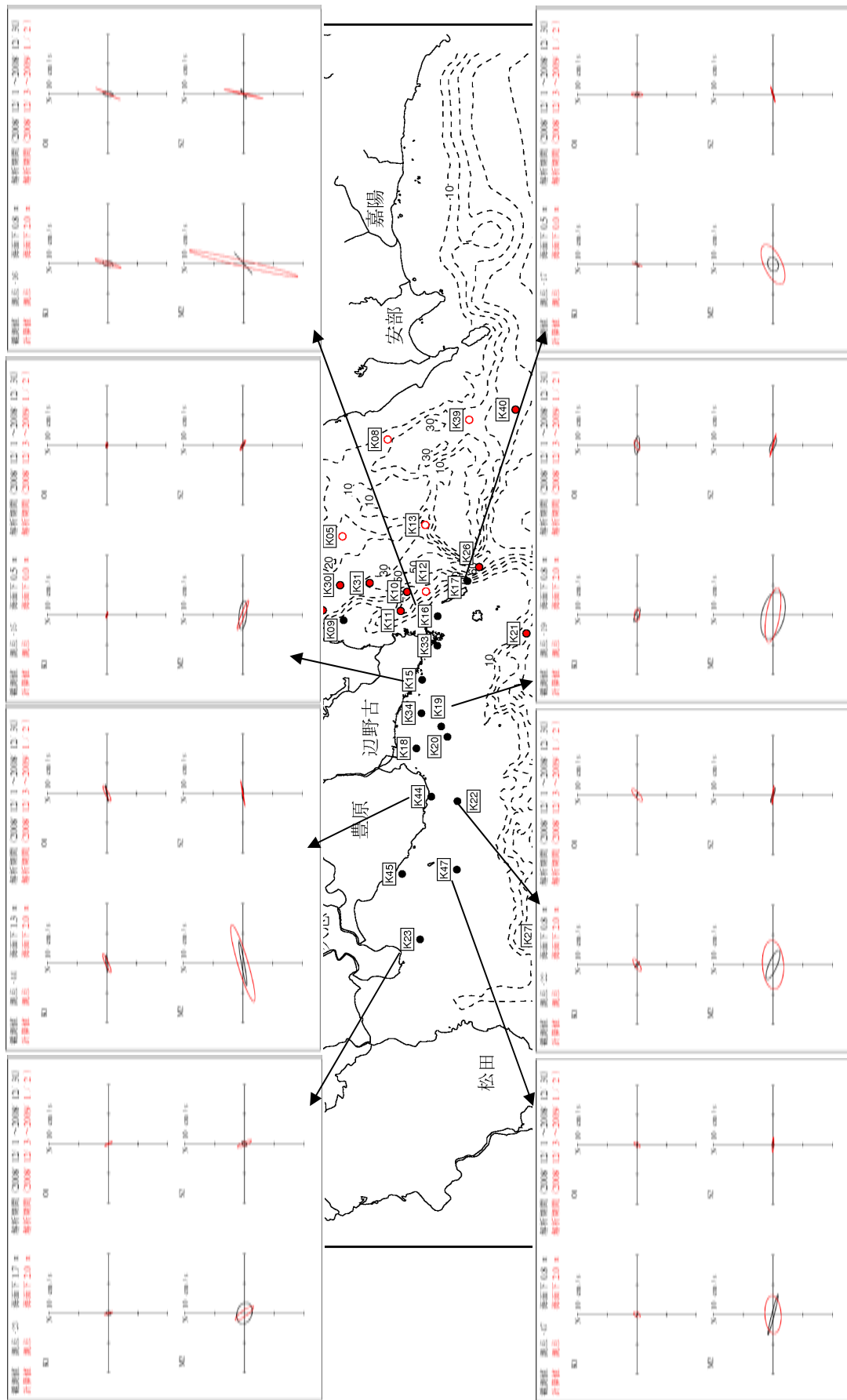


図-6.9.2.2.42(1) 主要4分潮の潮流楕円の比較(冬季(2008年12月、2009年1月内)) (黒：観測値、赤：計算値)