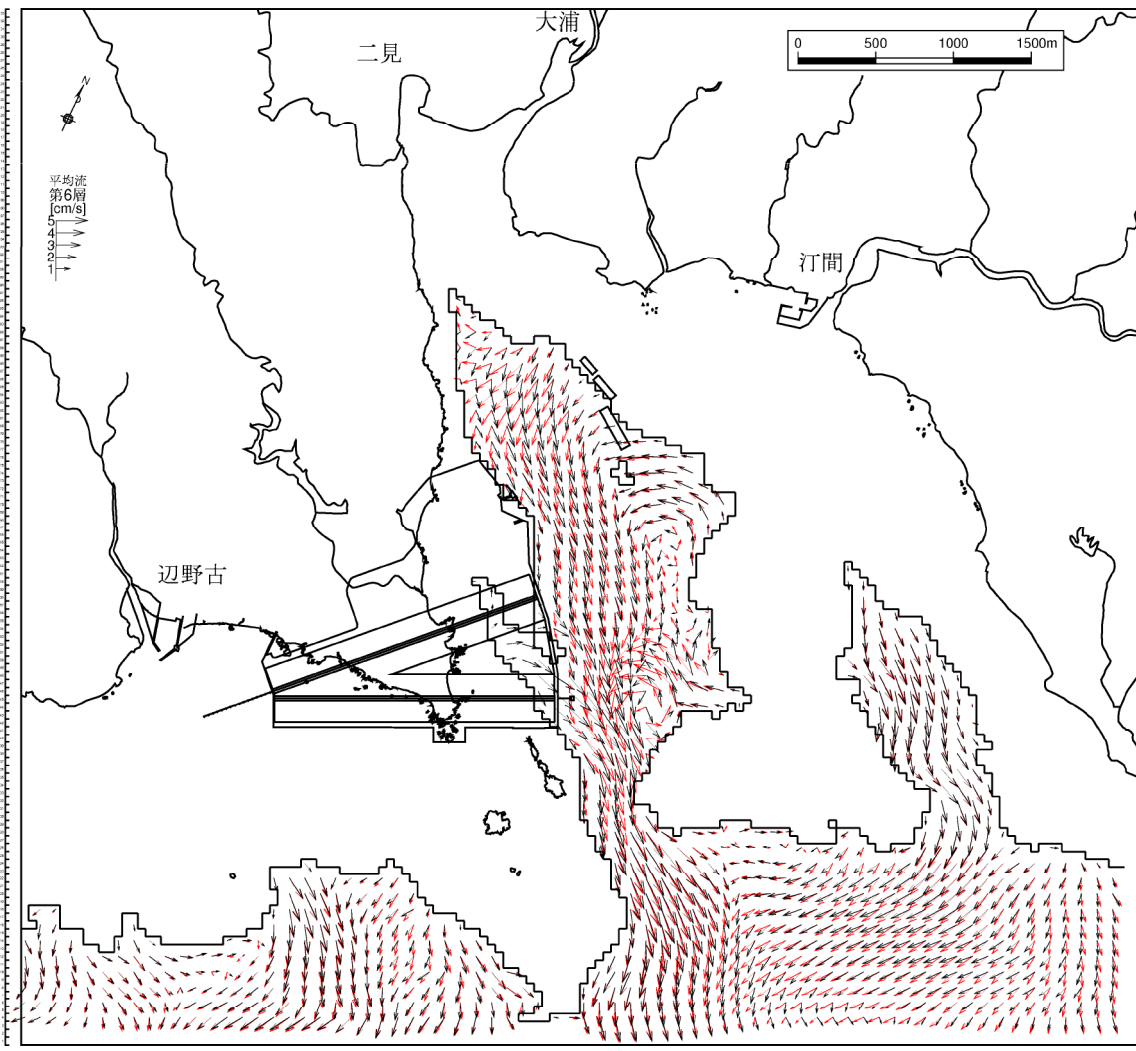
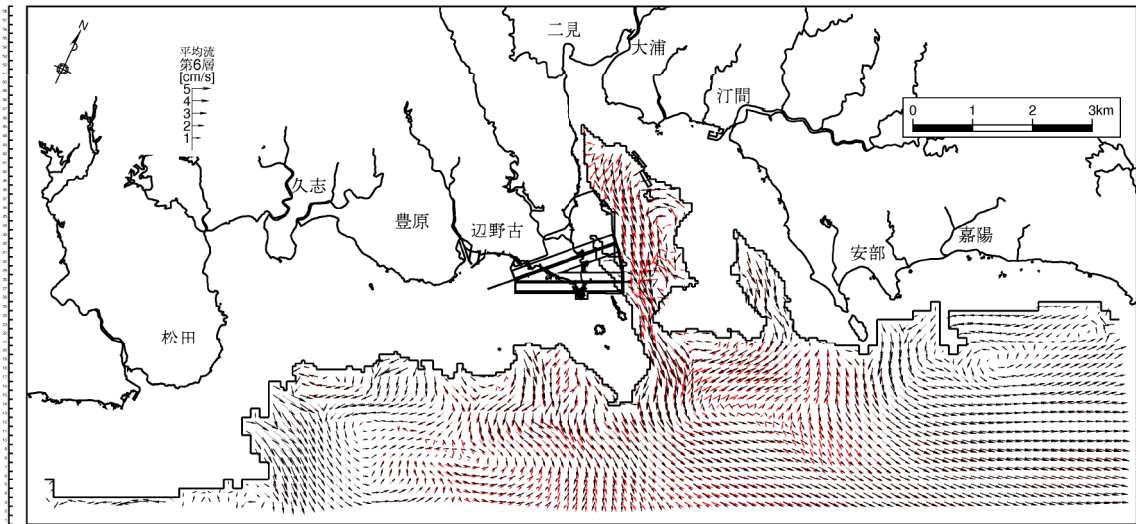


→ : 現況、→ : 存在時

注) 拡大図 : 流速ベクトルは 2 格子毎に表示

図-6.9.2.3.34(5) 存在時の流速ベクトルの変化
(冬季、恒流(平均流)、第5層[10~20m])



→ : 現況、→ : 存在時

注) 拡大図 : 流速ベクトルは 2 格子毎に表示

図-6.9.2.3.34(6) 存在時の流速ベクトルの変化
(冬季、恒流(平均流)、第6層[20m以深])

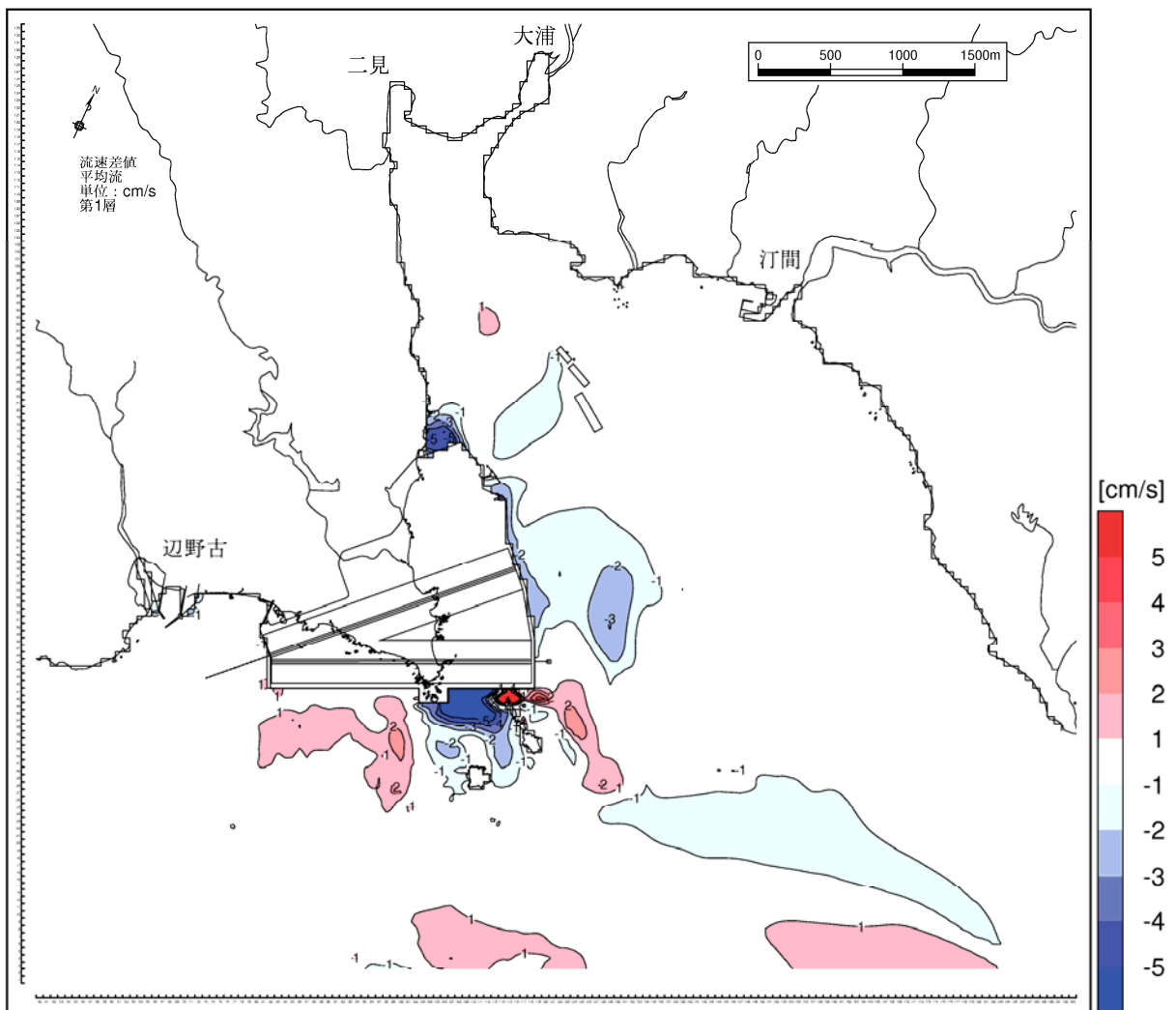
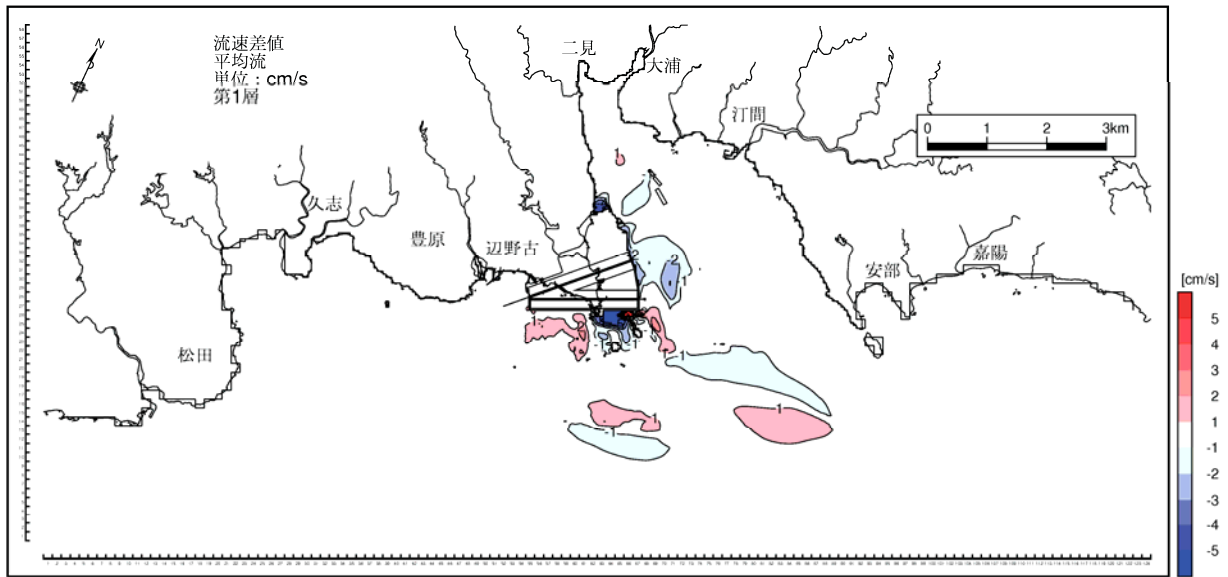


図-6. 9. 2. 3. 35(1) 存在時の流速絶対値の変化
(冬季、恒流(平均流)、第1層[0~2m])

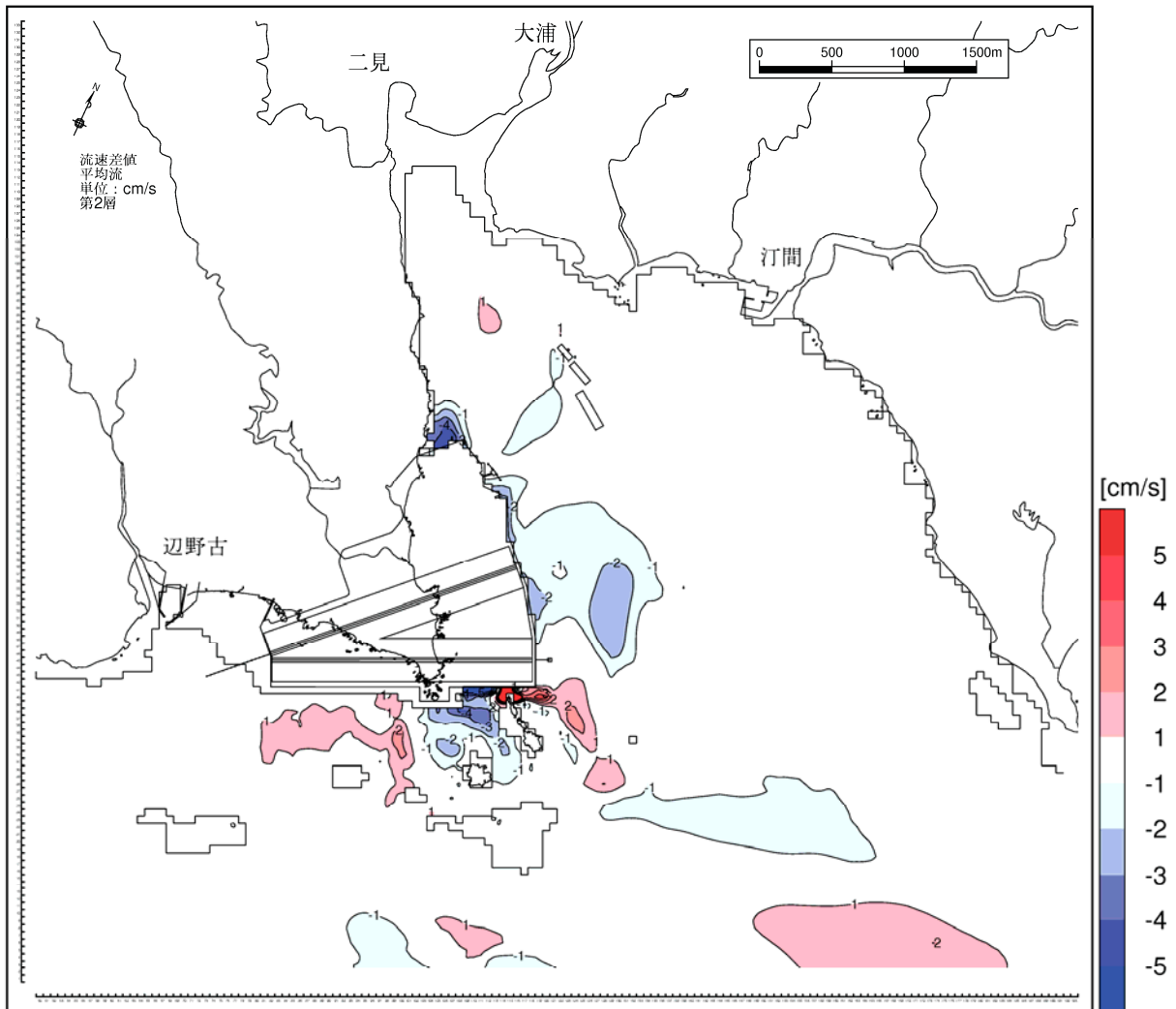
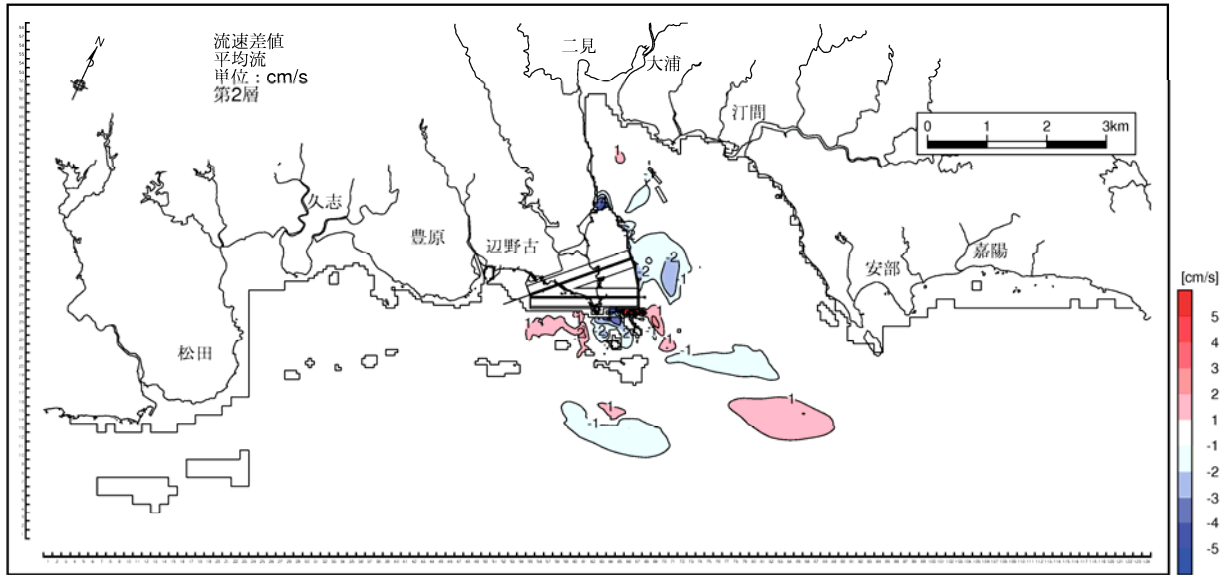


図-6.9.2.3.35(2) 存在時の流速絶対値の変化
(冬季、恒流(平均流)、第2層[2~4m])

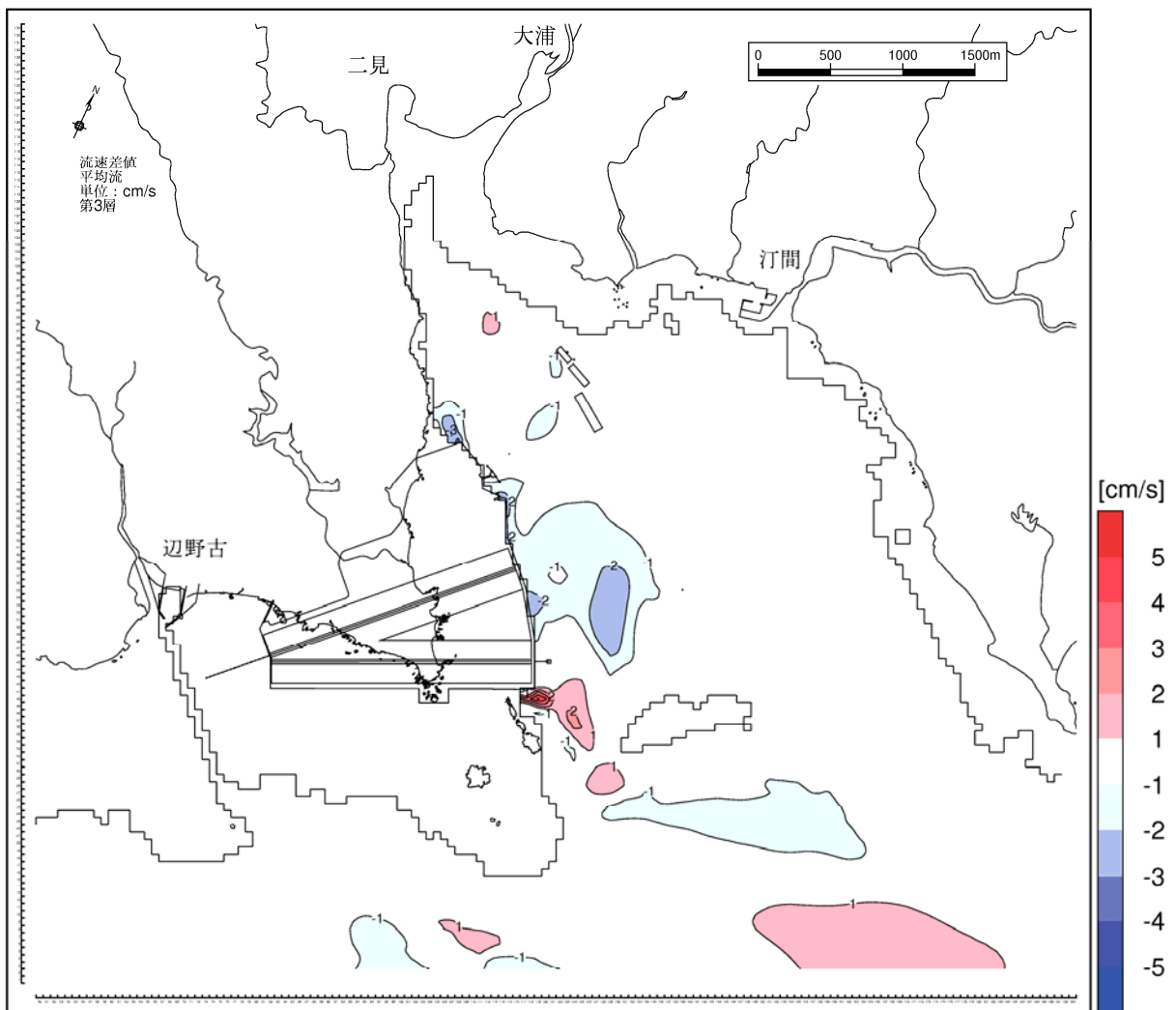
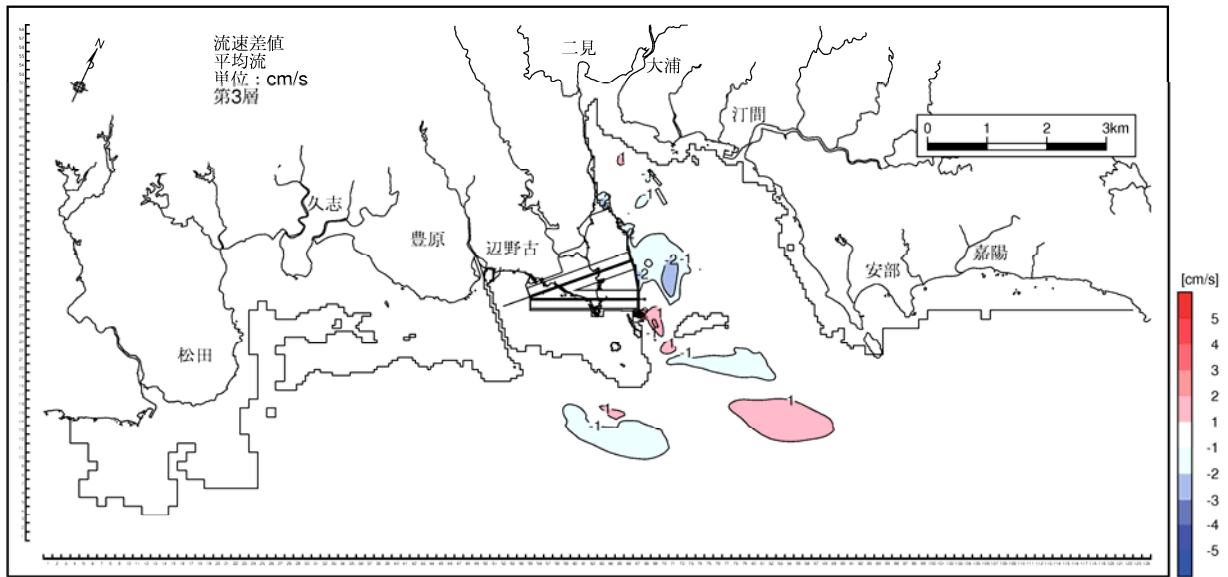


図-6. 9. 2. 3. 35(3) 存在時の流速絶対値の変化
(冬季、恒流(平均流)、第3層[4~6m])

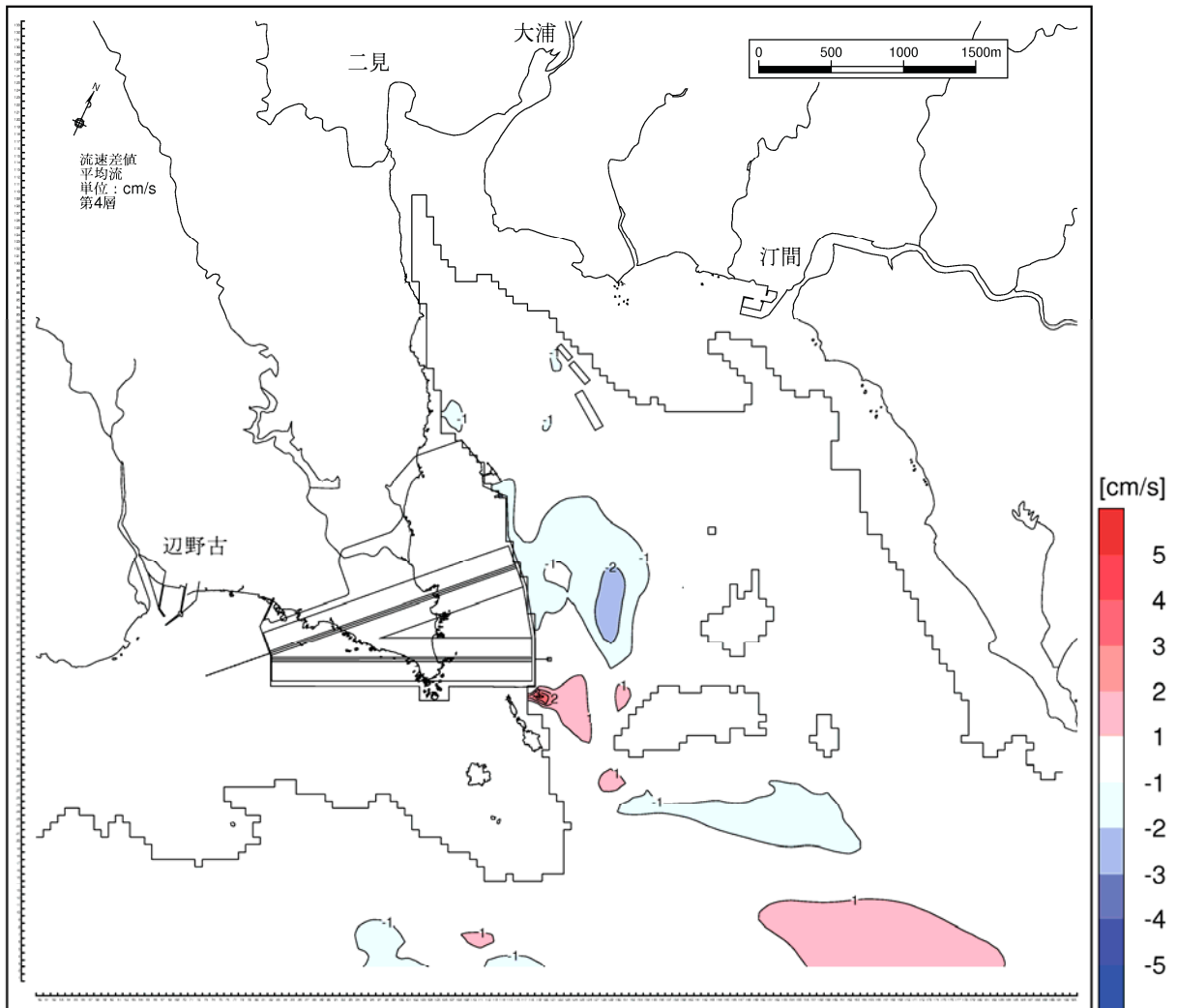
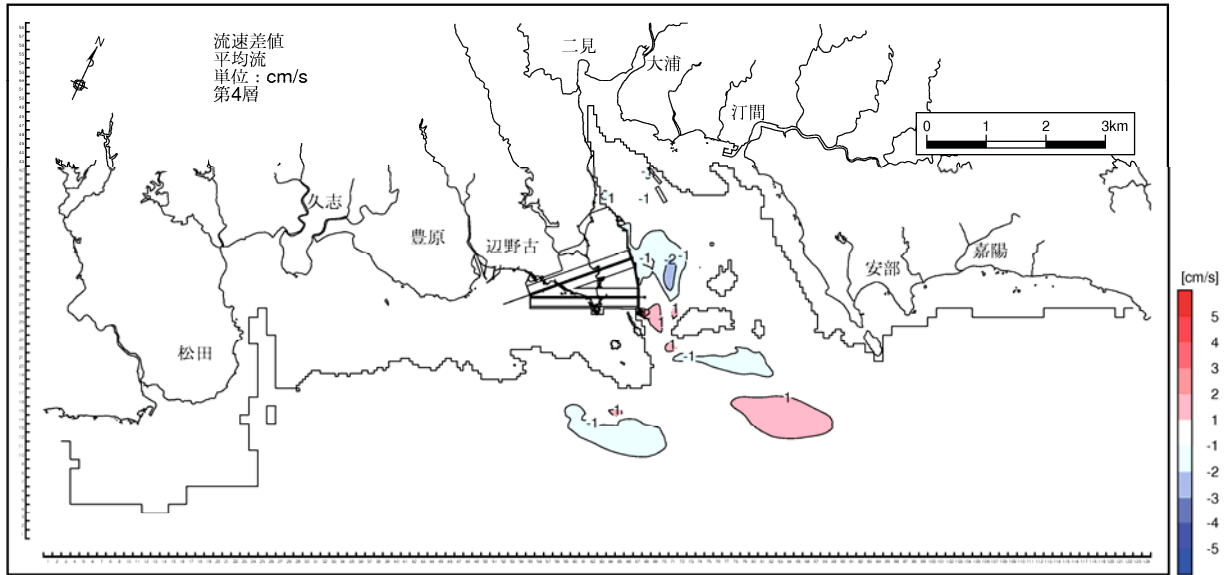


図-6.9.2.3.35(4) 存在時の流速絶対値の変化
(冬季、恒流(平均流)、第4層[6~10m])

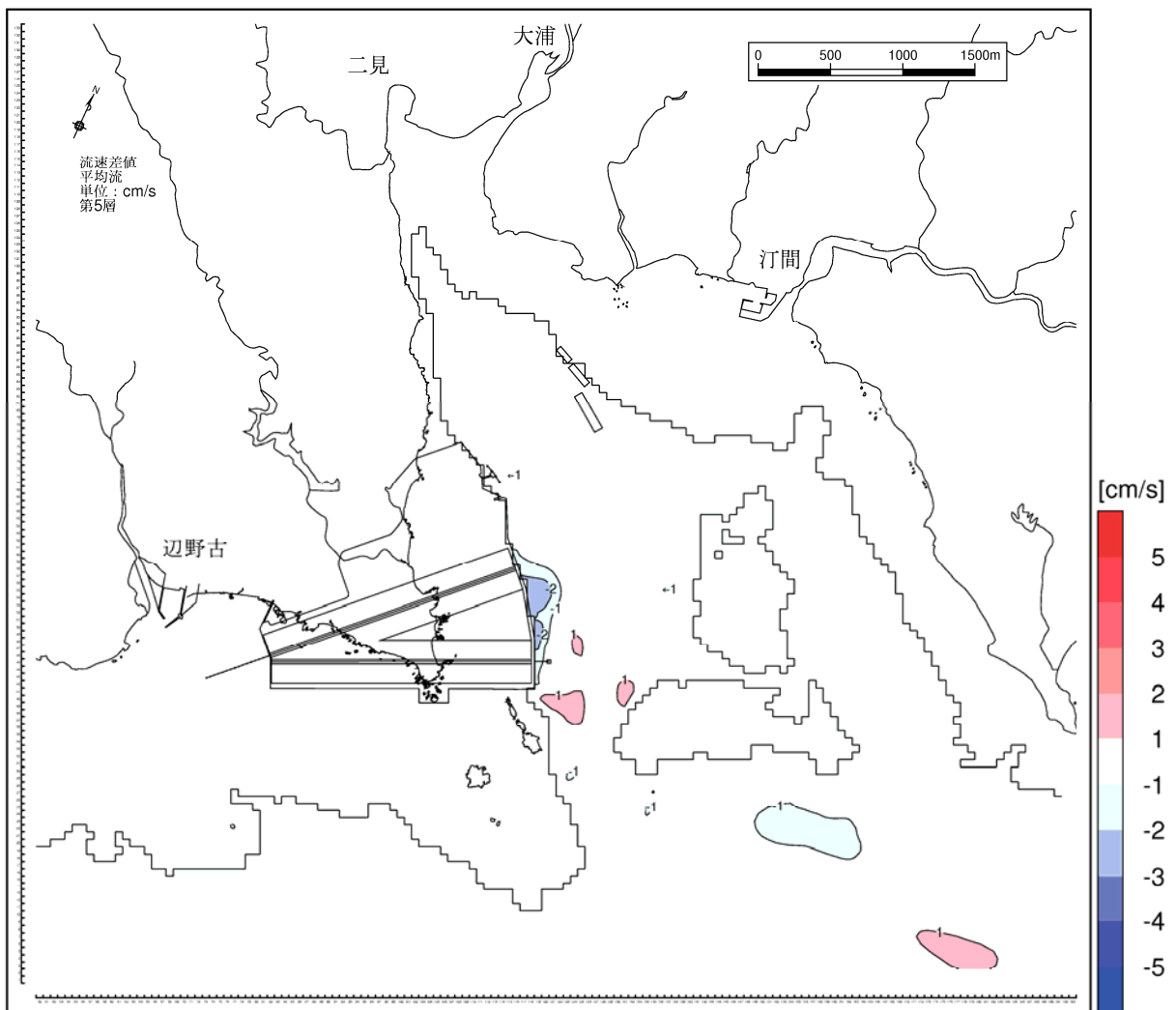
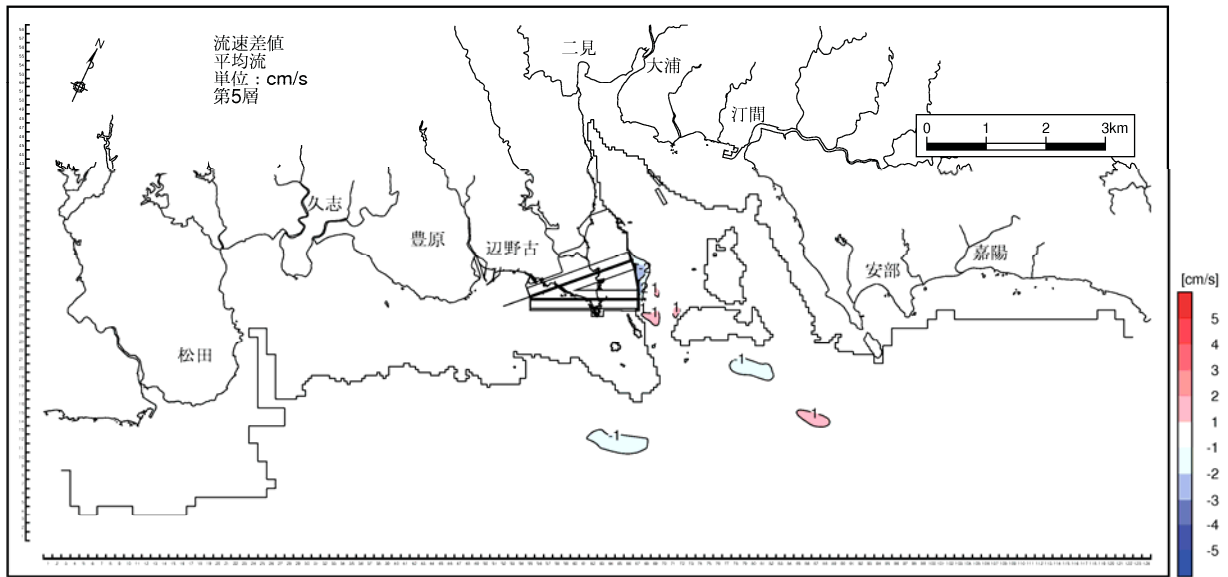


図-6. 9. 2. 3. 35(5) 存在時の流速絶対値の変化
(冬季、恒流(平均流)、第5層[10~20m])

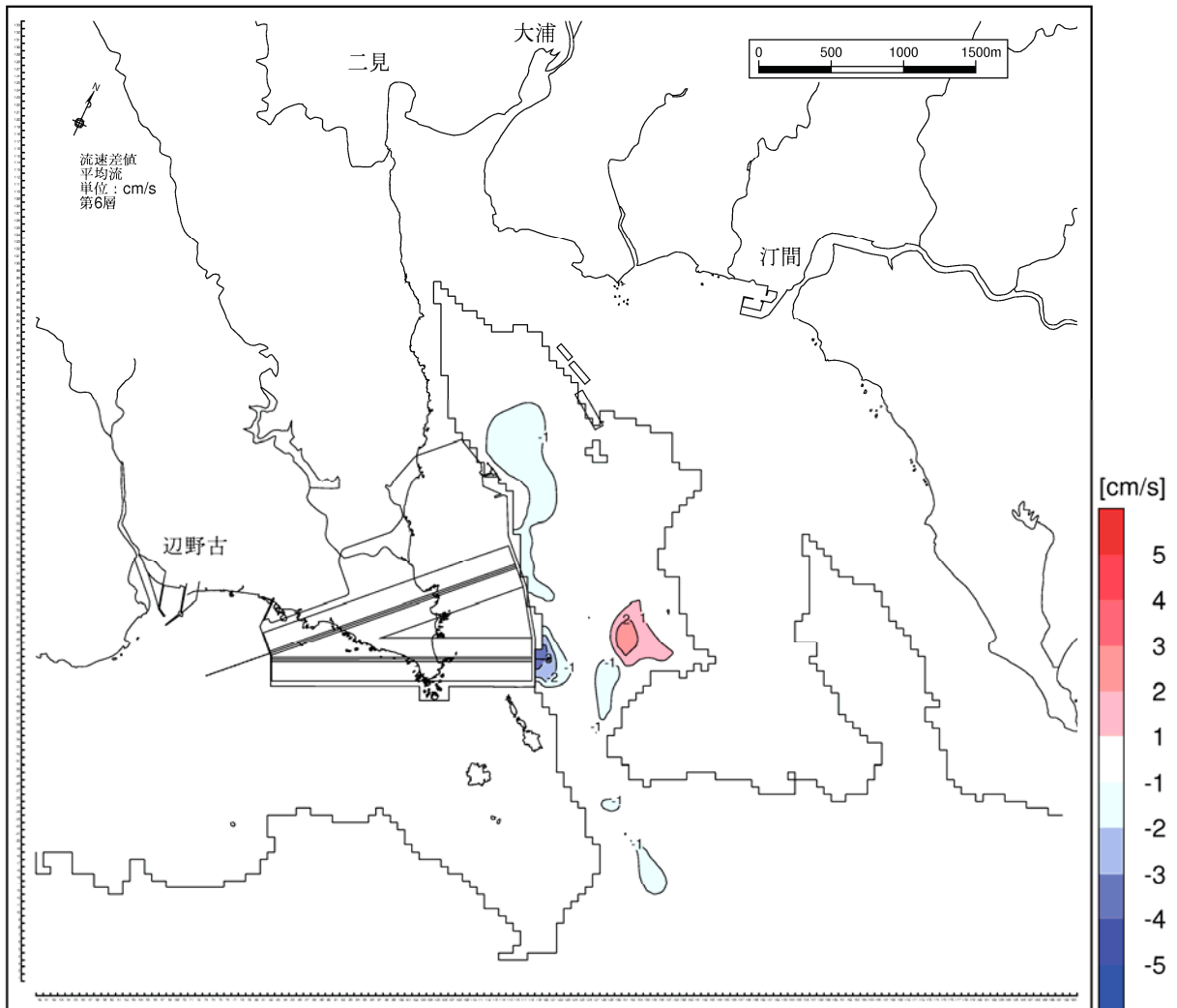
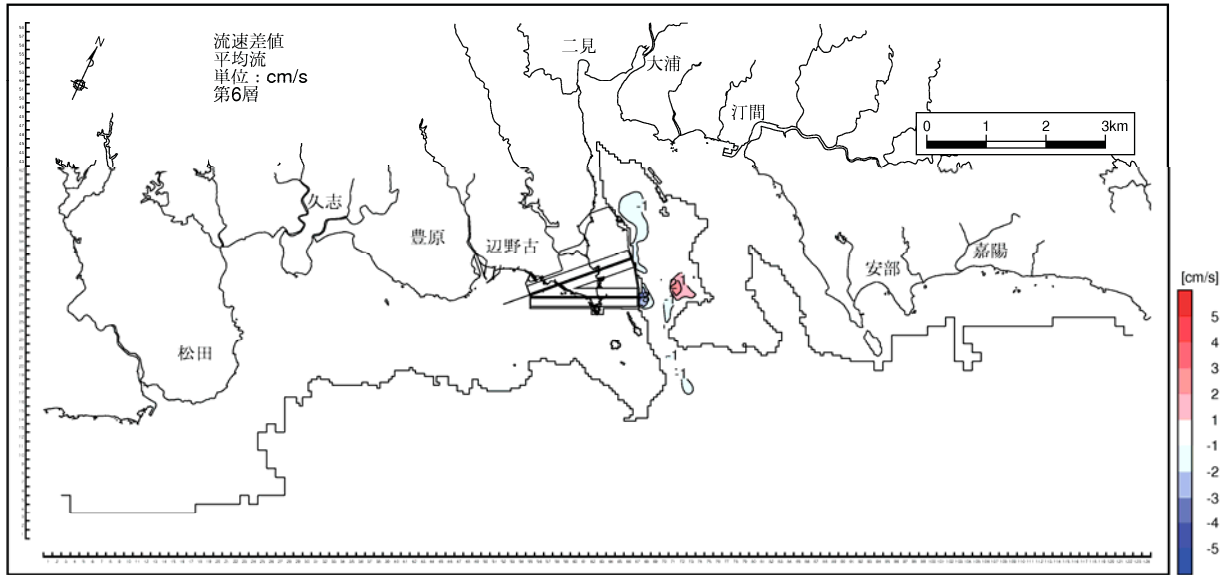


図-6. 9. 2. 3. 35(6) 存在時の流速絶対値の変化
(冬季、恒流(平均流)、第6層[20m以深])

(b) 水温・塩分の変化

「現況」と「代替施設等の存在時」のケースにおける夏季と冬季の水温の変化を代表層について図-6.9.2.3.36及び図-6.9.2.3.37に、塩分の変化を代表層について図-6.9.2.3.38及び図-6.9.2.3.39に示しました。なお、代表層は第1層(海面下0~2m)と第2層(海面下2~4m)とし、第3層より下層の海面下4m以深については水温・塩分変化がほとんどみられなかったため、資料編に示しました。

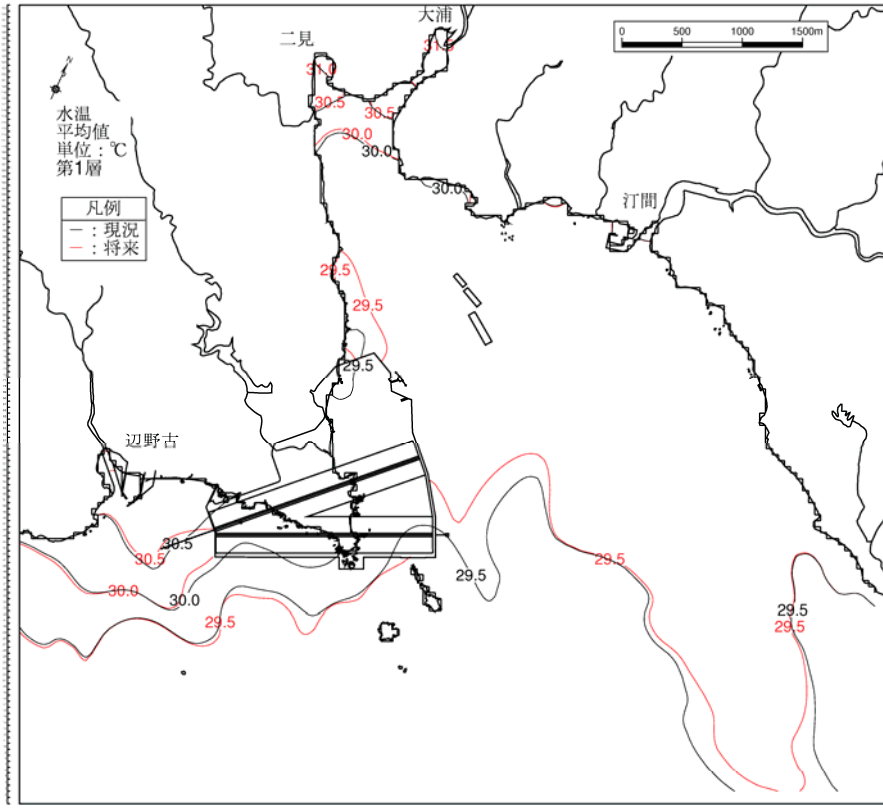
a) 水温

- ・ 夏季における水温の変化は、代替施設本体周辺で $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 程度の変化がみられる程度で、全体として大きな水温変化はみられません。
- ・ 冬季における水温の変化は、弾薬搭載エリア西側の前面海域と辺野古漁港の間で $+0.1\sim+0.5^{\circ}\text{C}$ 変化しています。これは、代替施設本体の存在により流れが西向きに変化し、水温の高い沖合の海水が辺野古漁港周辺に輸送されやすくなったことが原因と考えられます。また、美謝川河口や辺野古川河口部及び代替施設本体の西側護岸背後では水温が $-0.1\sim-0.6^{\circ}\text{C}$ 変化しています。

b) 塩分

- ・ 夏季における塩分の変化は、辺野古川河口の上層で $-1.0\sim-4.0$ の塩分変化、美謝川河口の上層では $-0.1\sim-1.0$ 程度の塩分変化が局所的にみられます。
- ・ 冬季における塩分の変化は、夏季と同様に、辺野古川河口の上層で $-1.0\sim-5.0$ の塩分変化、美謝川河口の上層では $-0.1\sim-3.0$ の塩分変化が局所的にみられます。
- ・ これらの塩分変化は、辺野古川では辺野古地先水面作業ヤードの存在により、河川水の影響を受けやすい場所、受けにくくなる場所が現れるために生じたためと考えられます。美謝川の塩分低下については、美謝川の切替えによって、現況とは異なる場所に新たに淡水が流入するために生じたと考えられます。

水温分布



水温変化
(存在時-現況)

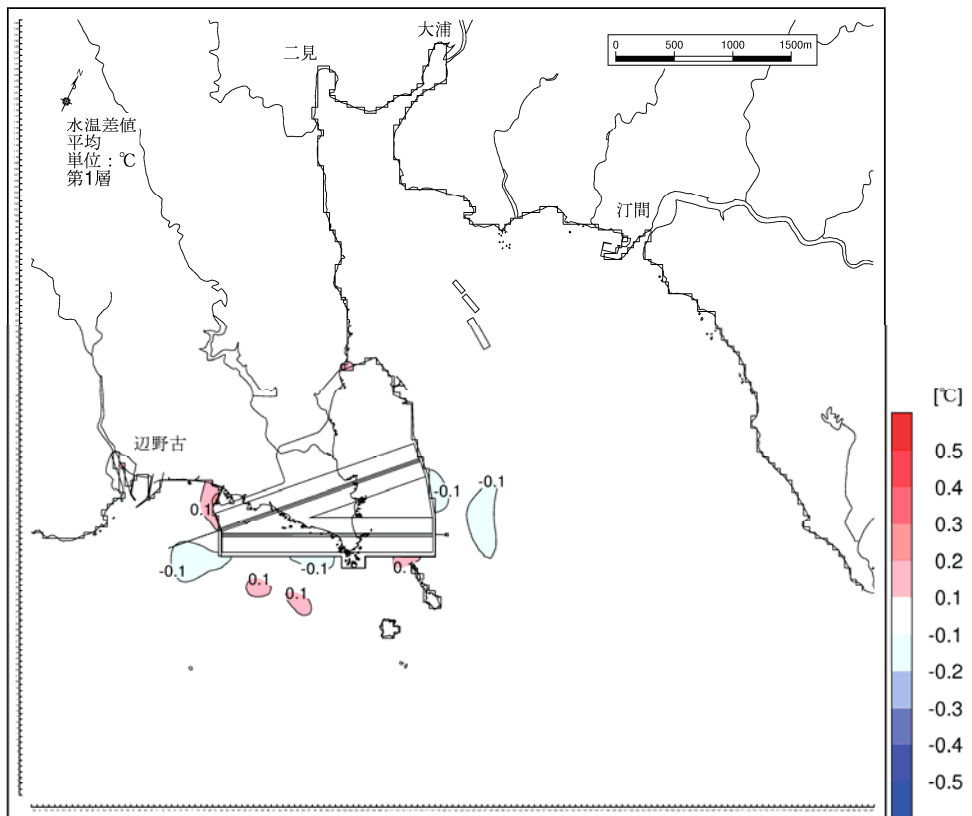
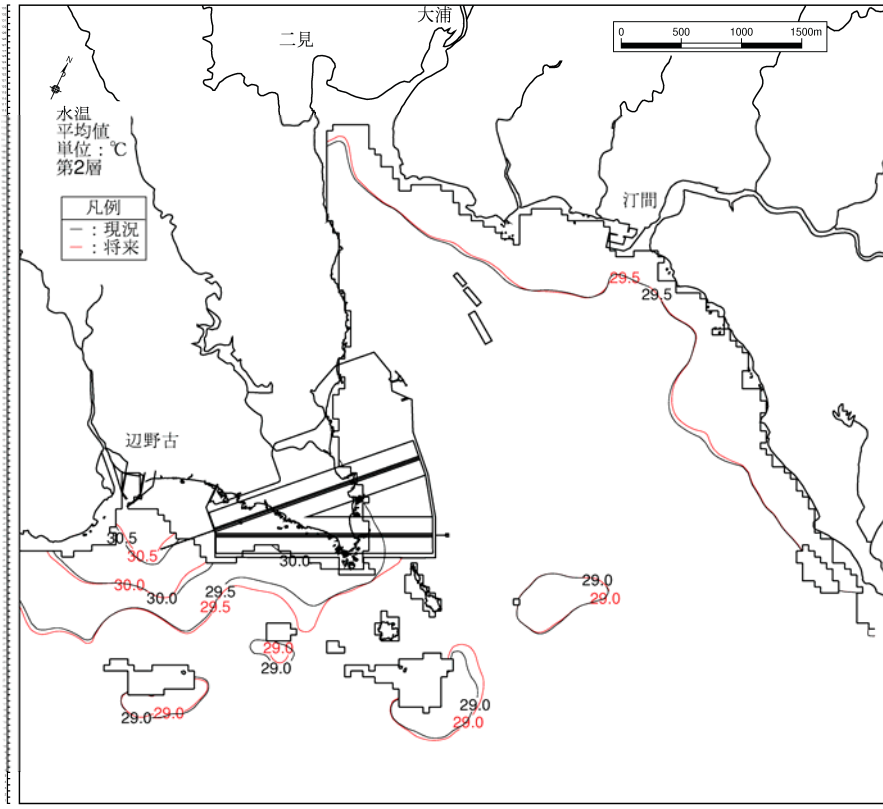


図-6.9.2.3.36(1) 存在時の水温変化（夏季、第1層[0~2m]）

水温分布



水温変化
(存在時-現況)

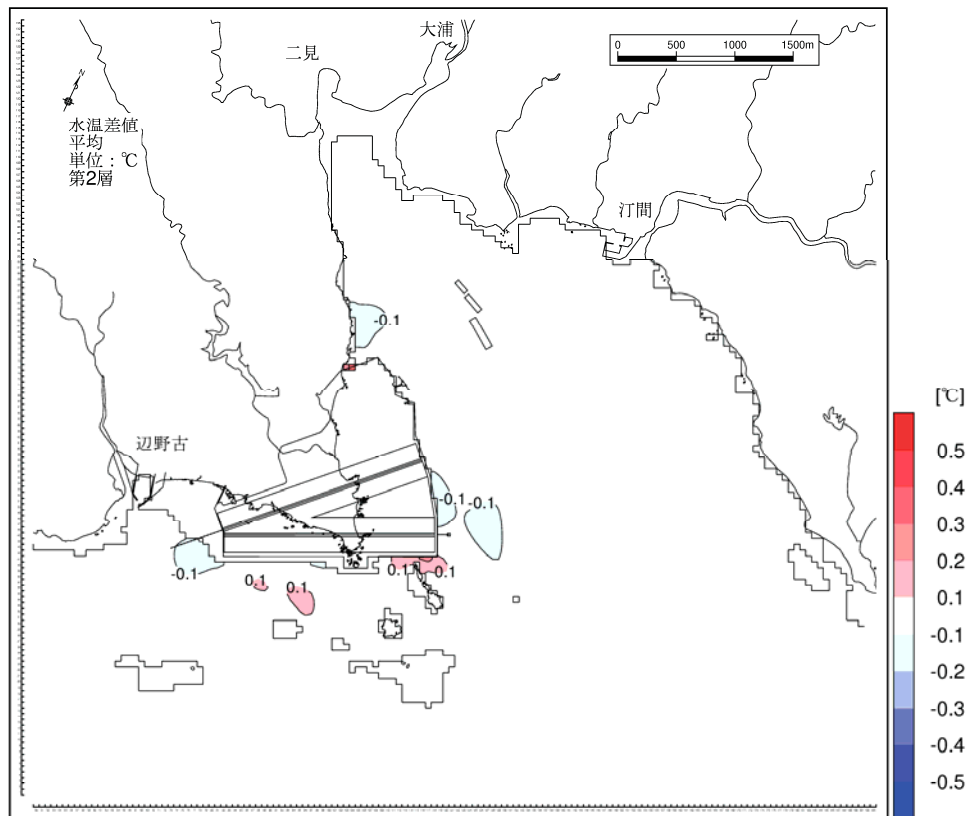
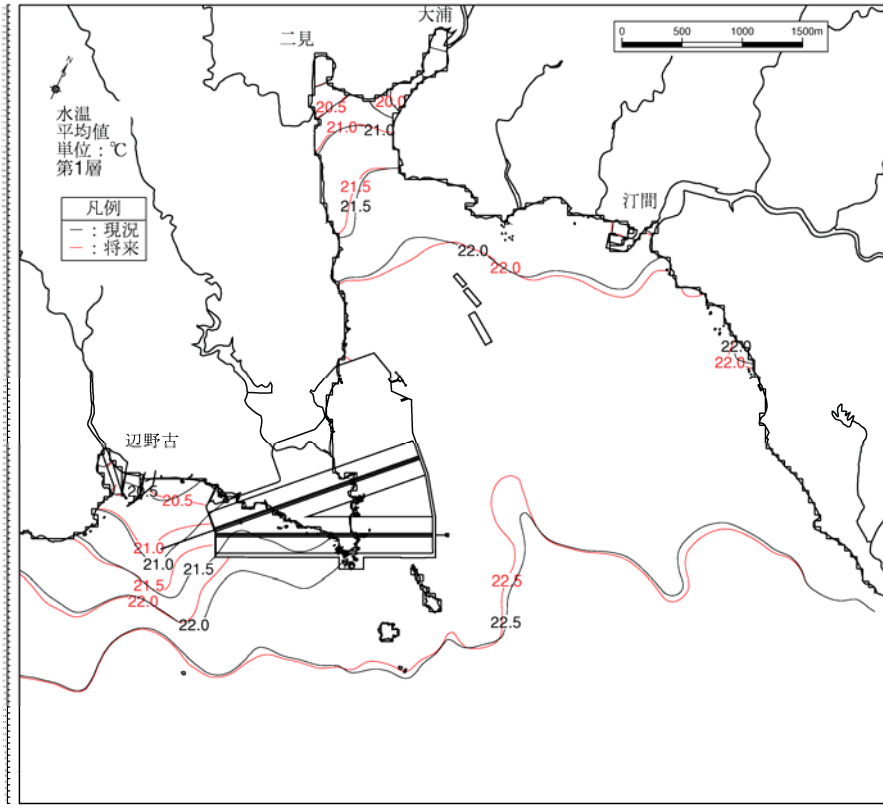


図-6.9.2.3.36(2) 存在時の水温変化 (夏季、第2層[2~4m])

水温分布



水温変化
(存在時-現況)

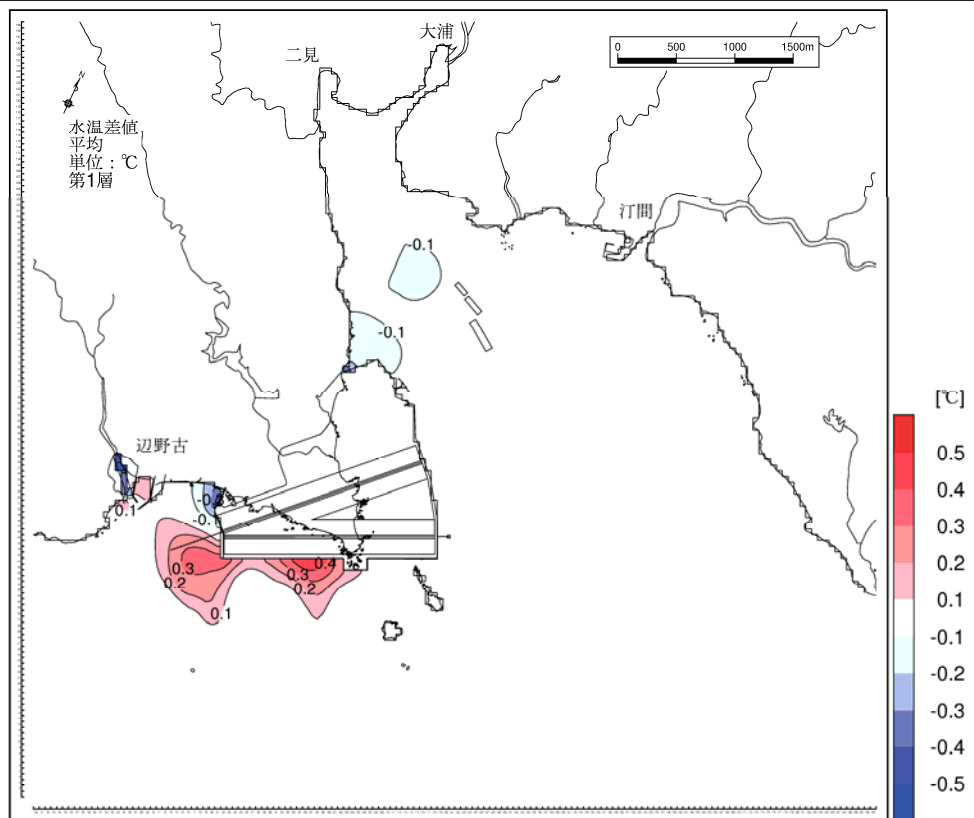
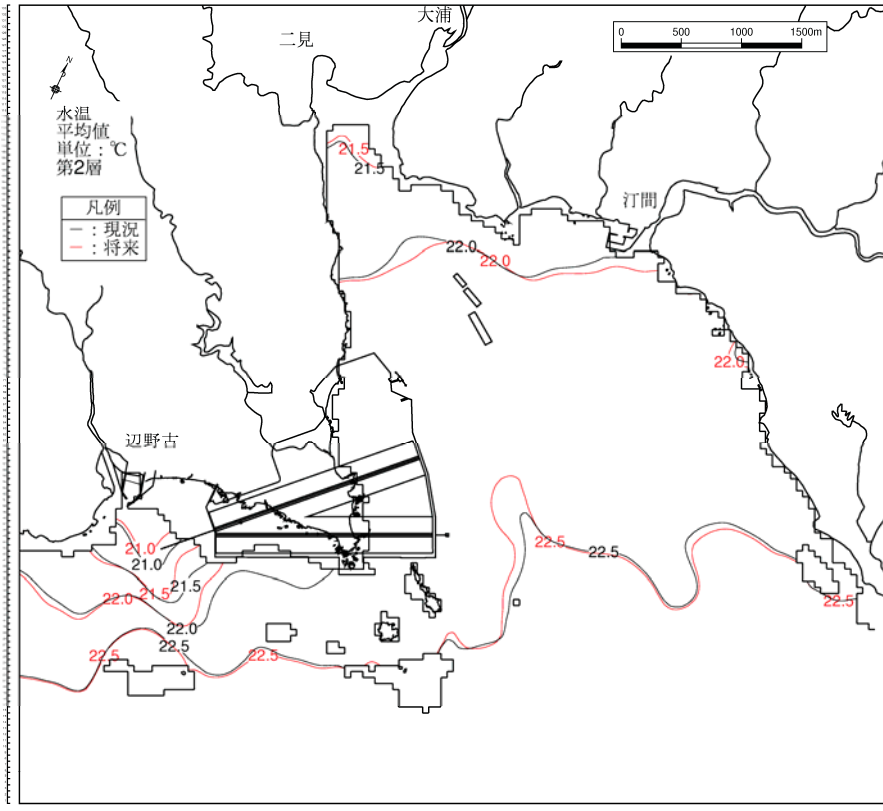


図-6.9.2.3.37(1) 存在時の水温変化（冬季、第1層[0~2m]）

水温分布



水温変化
(存在時-現況)

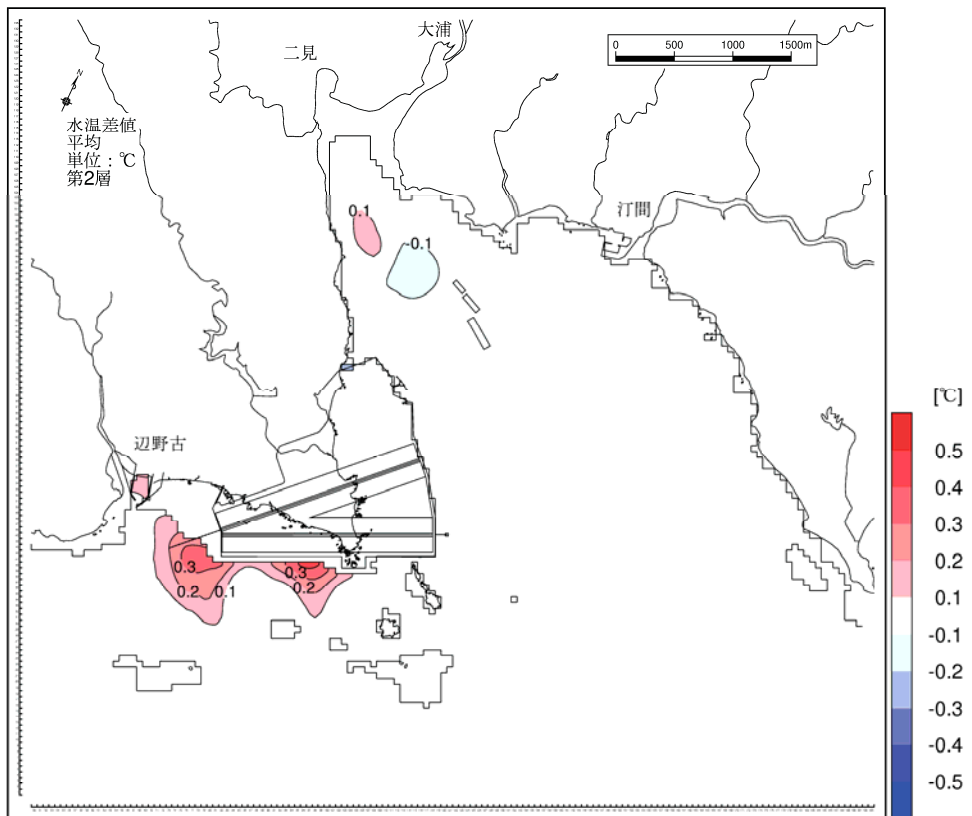
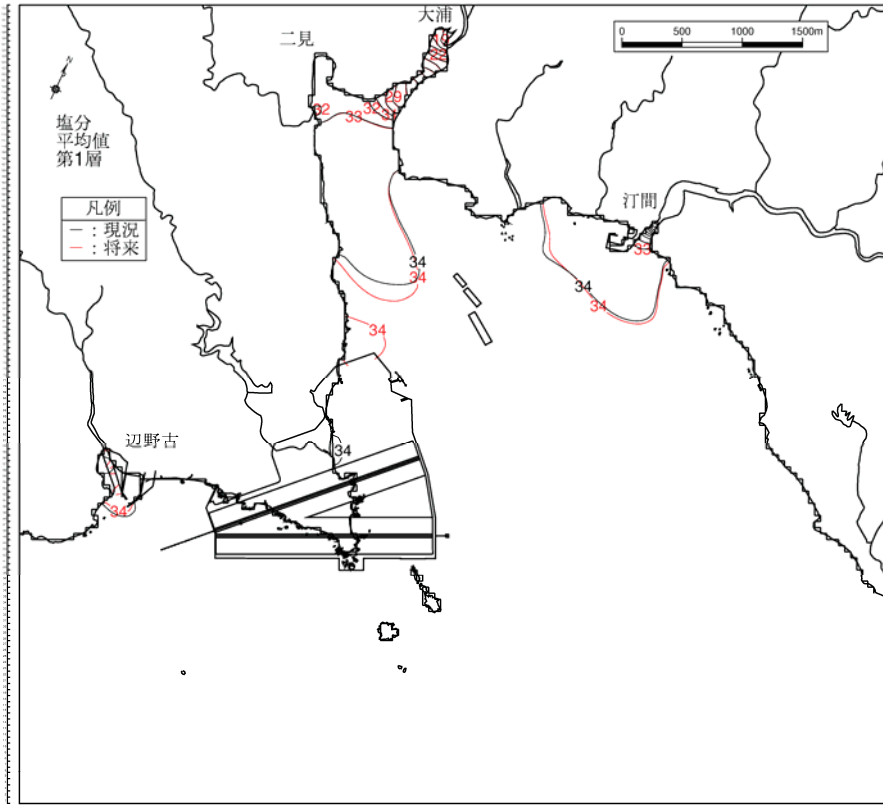


図-6.9.2.3.37(2) 存在時の水温変化 (冬季、第2層[2~4m])

塩分分布



塩分変化
(存在時-現況)

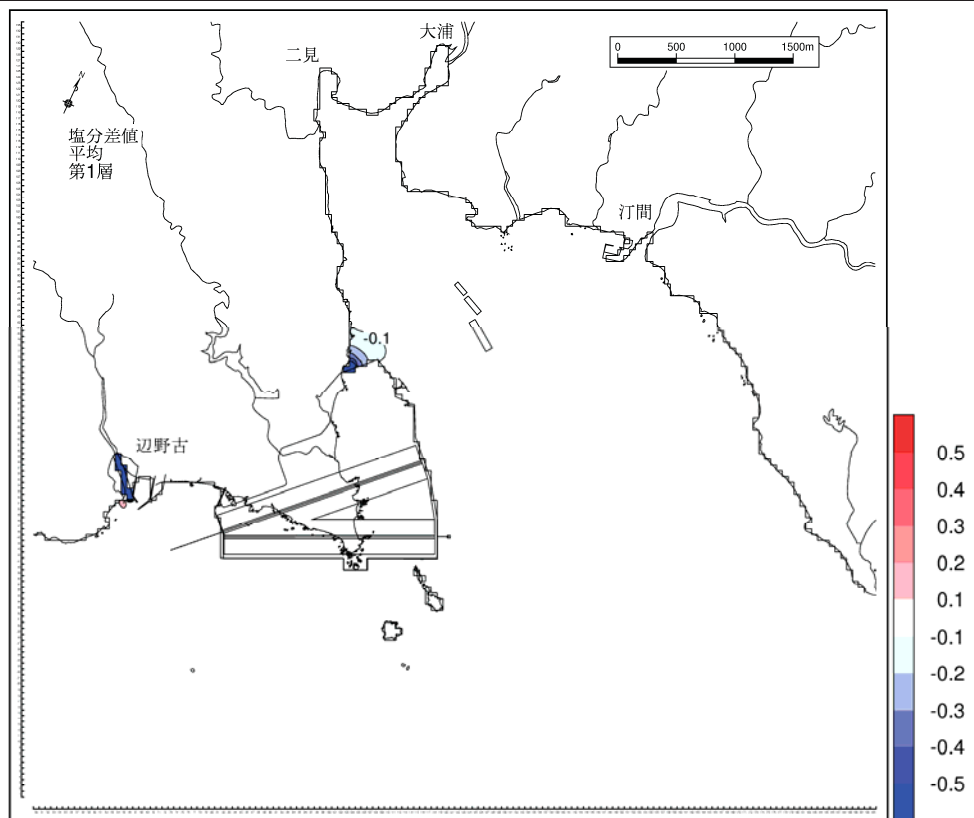
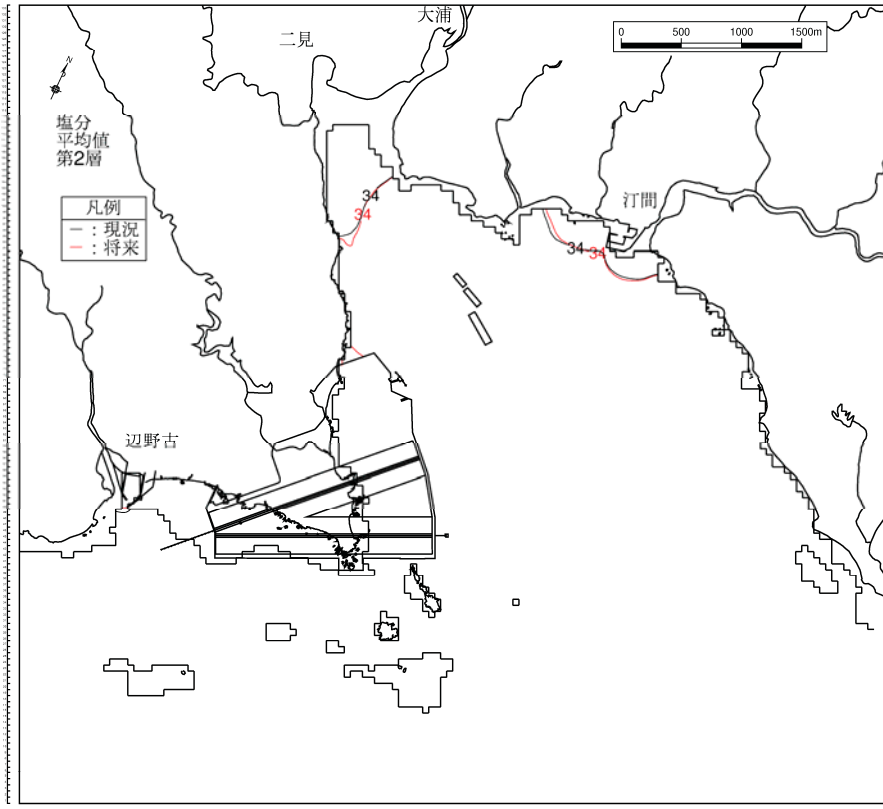


図-6.9.2.3.38(1) 存在時の塩分変化 (夏季、第1層[0~2m])

塩分分布



塩分変化
(存在時-現況)

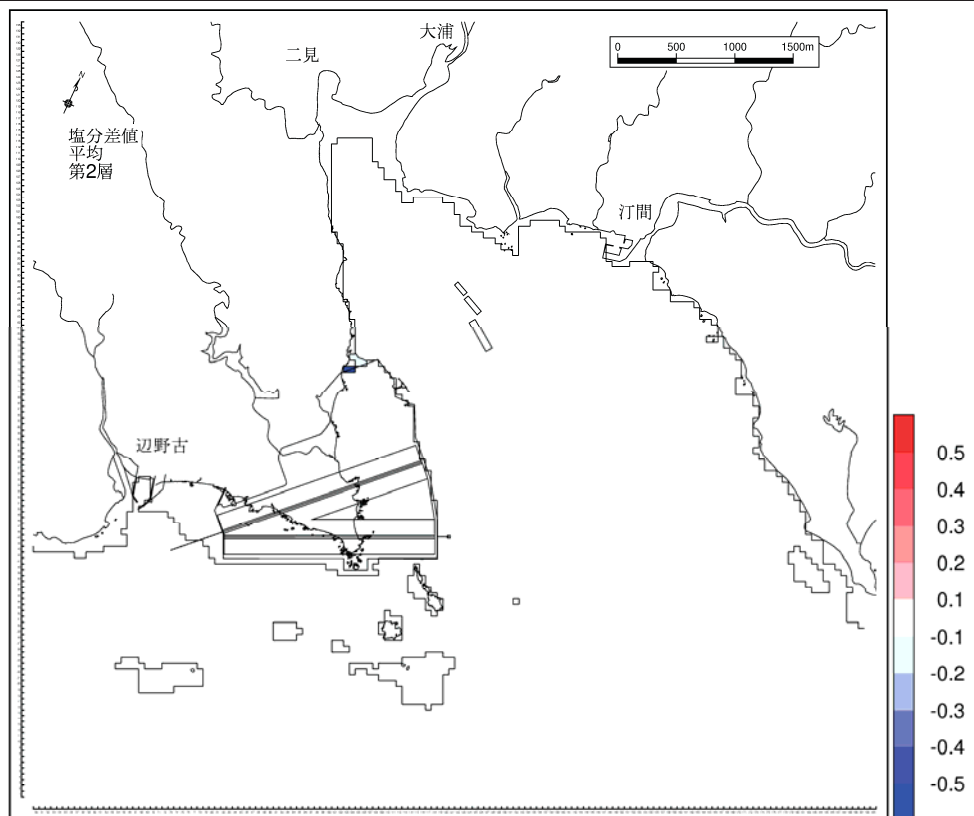
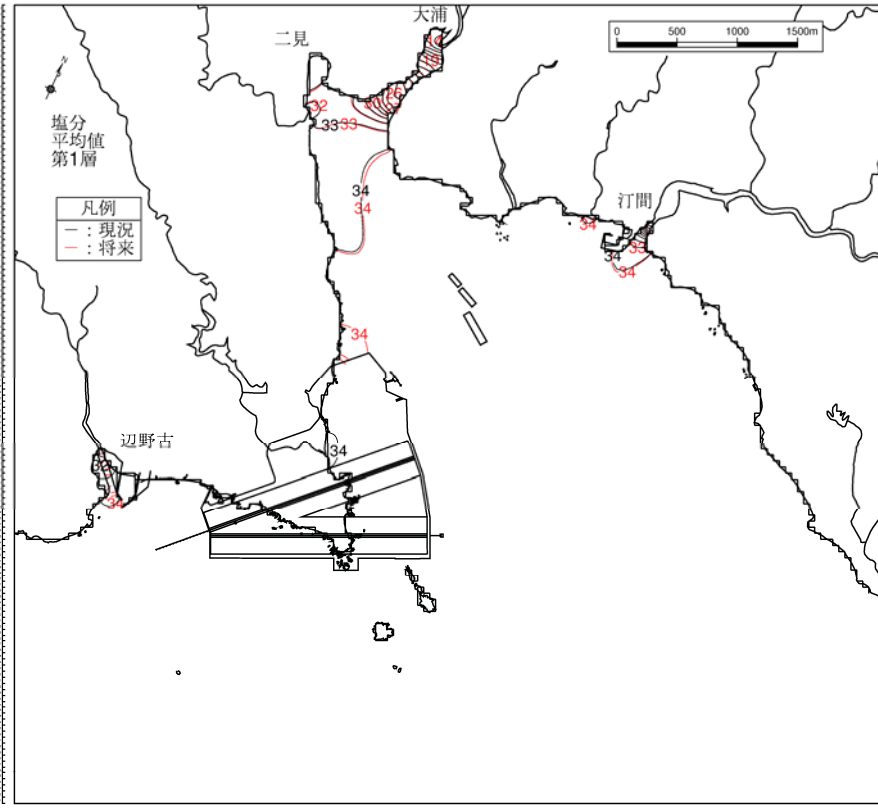


図-6.9.2.3.38(2) 存在時の塩分変化 (夏季、第2層[2~4m])

塩分分布



塩分変化
(存在時-現況)

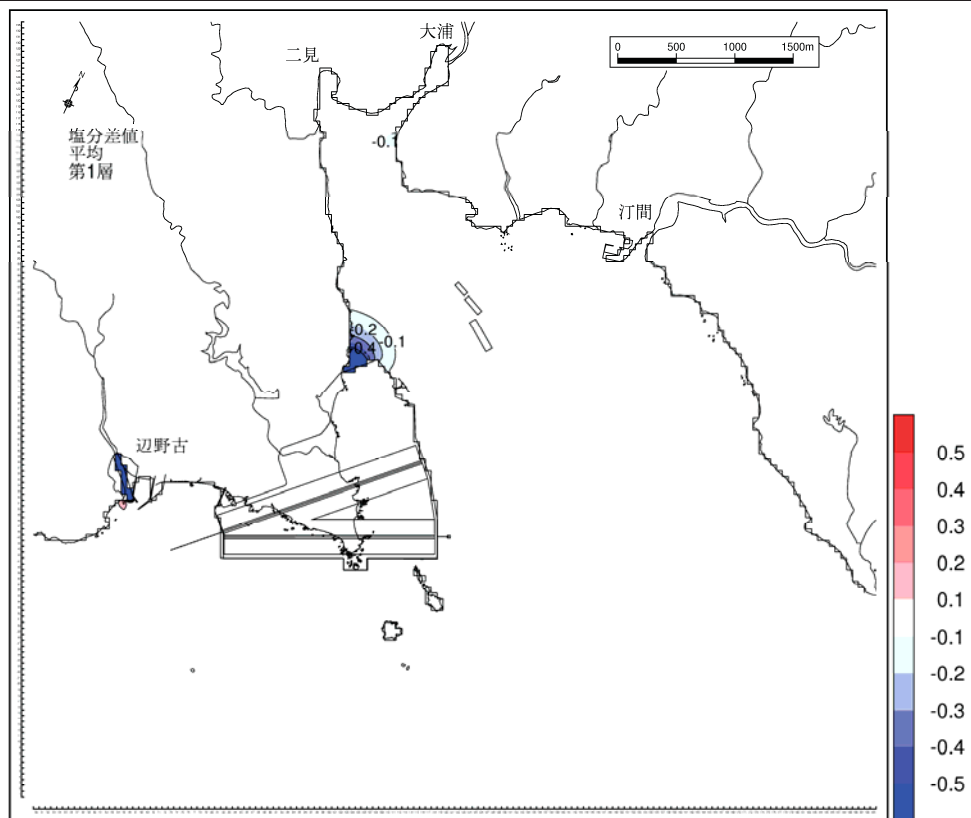
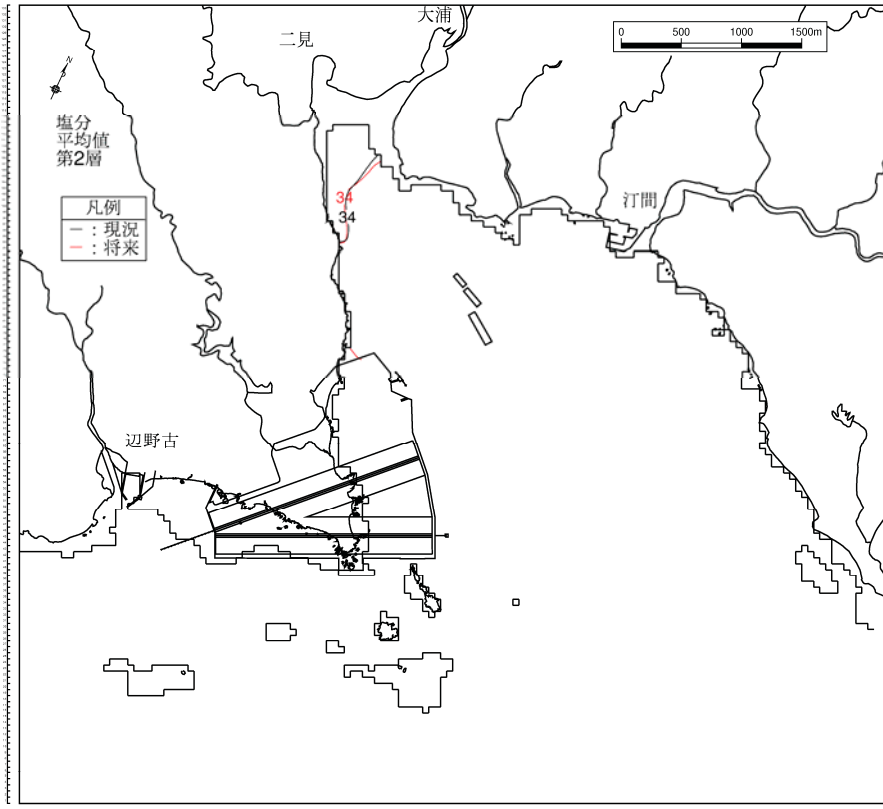


図-6.9.2.3.39(1) 存在時の塩分変化 (冬季、第1層[0~2m])

塩分分布



塩分変化
(存在時-現況)

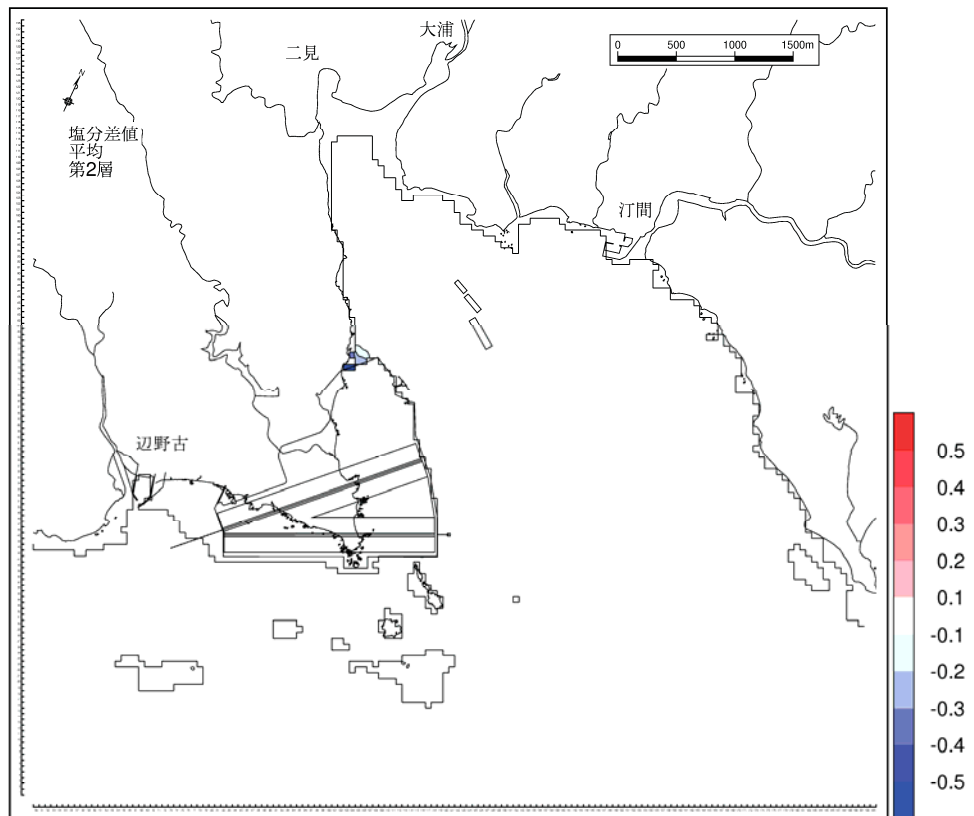


図-6.9.2.3.39(2) 存在時の塩分変化 (冬季、第2層[2~4m])

(c) 波浪の変化

a) 通常時

沖から伝播する波浪はリーフエッジで砕波するので、高潮位の条件ほど減衰が小さく、リーフ内の波高が高くなります。よって、波浪の変化も高潮位の条件ほど大きくなります。

平均高潮位（HWL）の条件で計算した施設等の存在時の波高分布を図-6.9.2.3.40及び図-6.9.2.3.41に、現況地形に対する波高の変化を図-6.9.2.3.42及び図-6.9.2.3.43に示しました。

代替施設本体の南側傾斜堤護岸前面で波高の増加がみられますが、現況との差は0.1m未満です。また、代替施設本体の北側傾斜堤護岸前面は遮蔽域となるため、波高が0.2m程度減少しますが、変化域は局所的で、海上ヤード付近でも波高の増加域がみられますが、0.02m程度の極めて小さな変化です。

リーフエッジで砕波した波は北側に向かうため、代替施設本体の東側では護岸に沿う方向に伝播する成分が多く、波の反射の影響はほとんどみられません。東側護岸の北側は波の遮蔽域となり、波高はわずかに減少します。

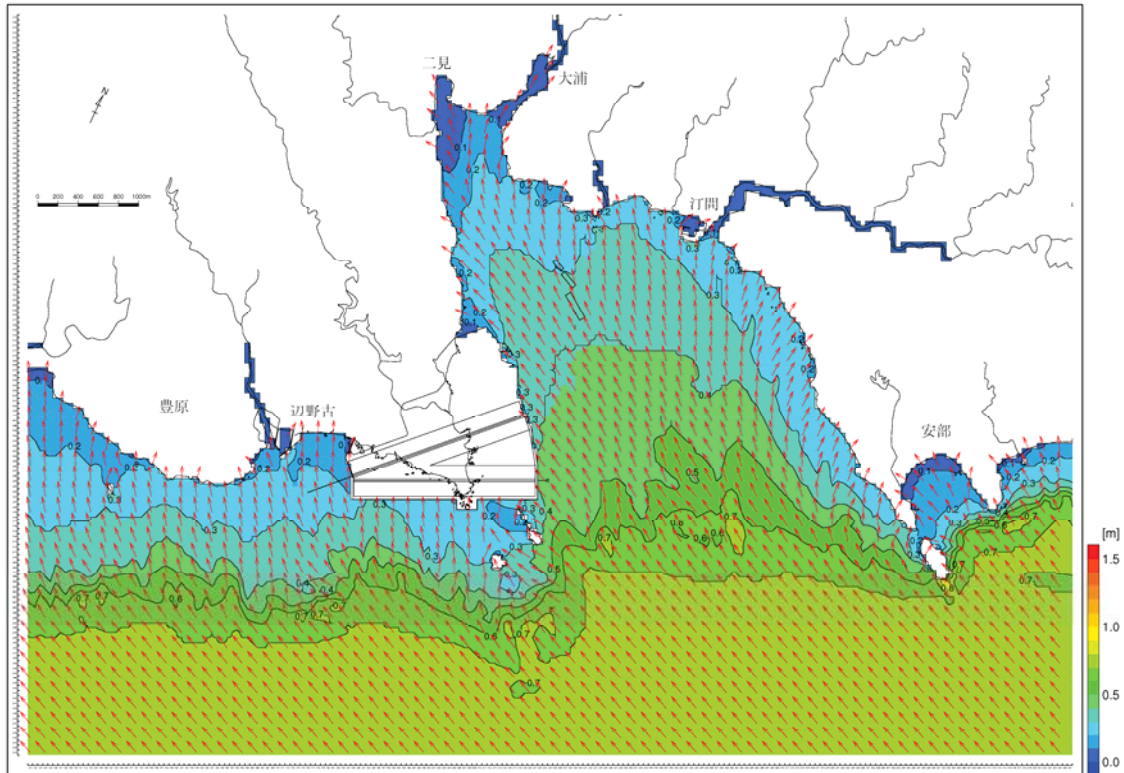
なお、夏季と冬季の波浪条件による影響の差はほとんどみられません。

b) 高波浪時

通常時波浪と同様に平均高潮位（HWL）の条件で計算した施設等の存在時の波高分布を図-6.9.2.3.44、図-6.9.2.3.46及び図-6.9.2.3.48に示しました。また、現況地形に対する波高の変化を図-6.9.2.3.45、図-6.9.2.3.47及び図-6.9.2.3.49に示しました。

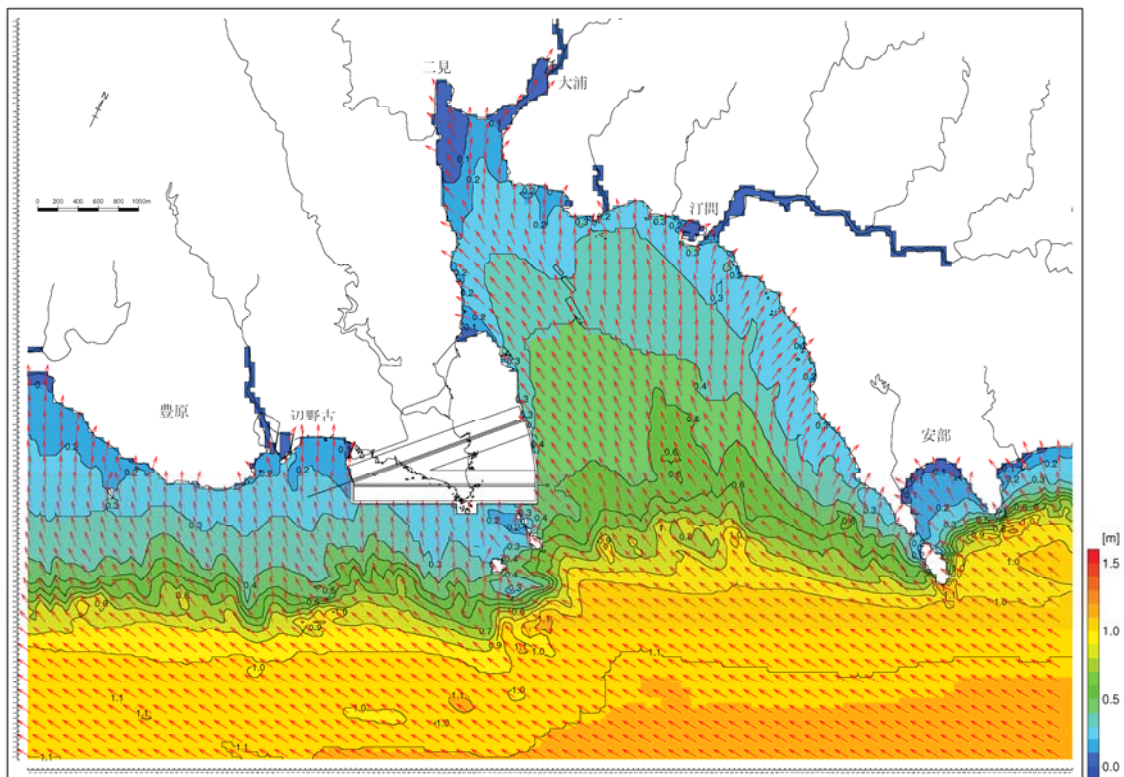
通常時波浪と同様に代替施設本体の南側傾斜堤護岸前面及び海上ヤード周辺で波高の増加がみられますが、変化域は局所的で、

代替施設本体の北側傾斜堤護岸前面は遮蔽域となるため、局所的に波高が1m程度減少します。また、代替施設本体の東側ケーソン式護岸の南端からの波の反射による波高の増加がみられますが、異常波浪時（沖波波高8.4m）でも0.2m程度の増加であり、沖波波高に比べて極めて小さな変化です。



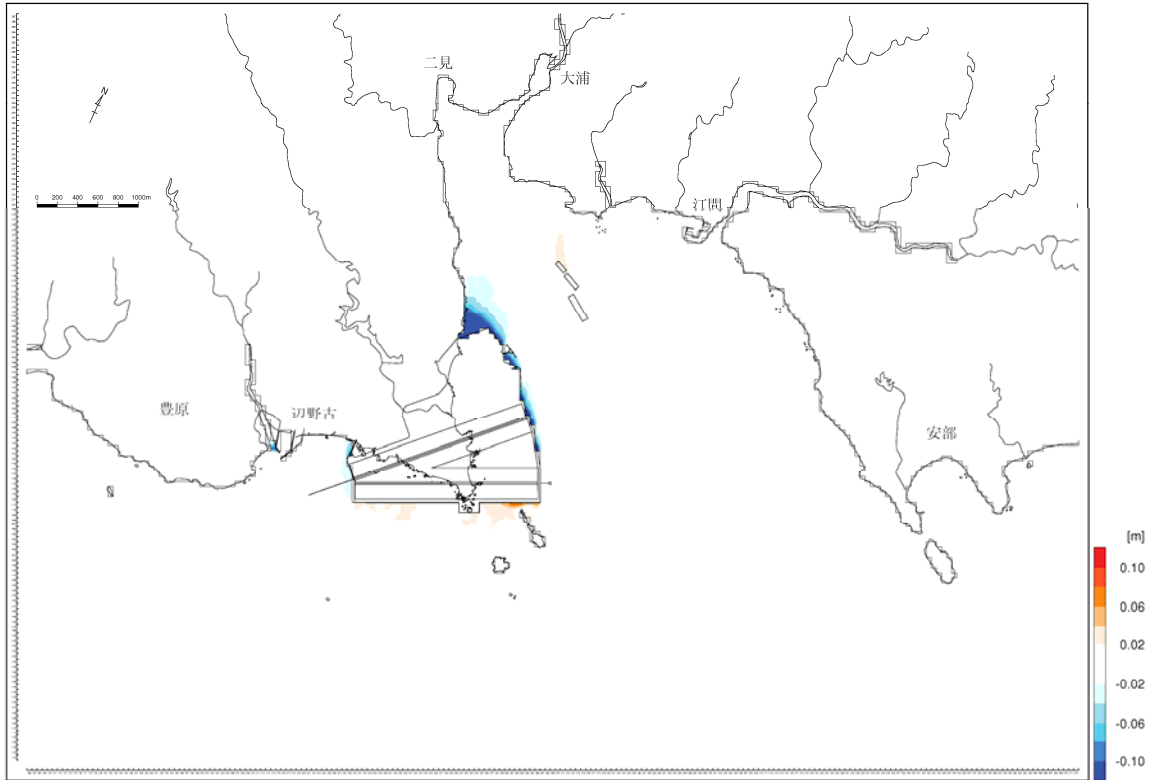
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.40 波高分布 (波浪条件：夏季の代表波浪, 潮位条件：HWL)



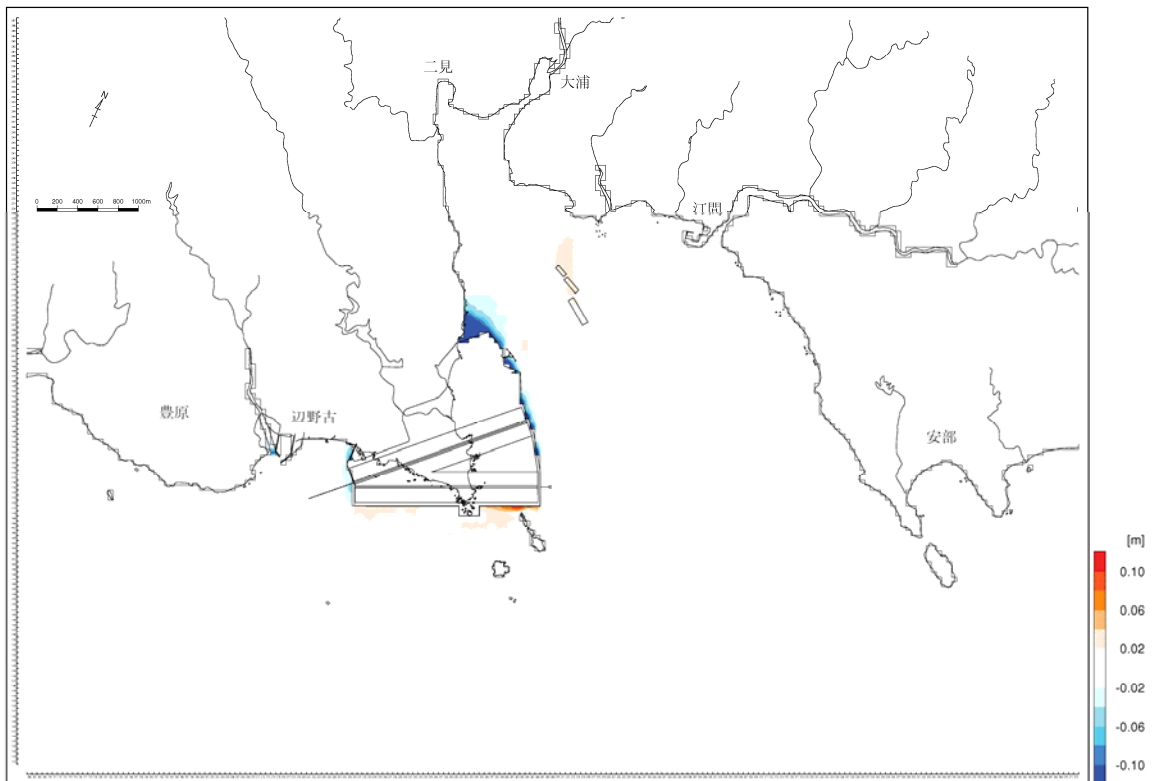
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.41 波高分布 (波浪条件：冬季の代表波浪, 潮位条件：HWL)



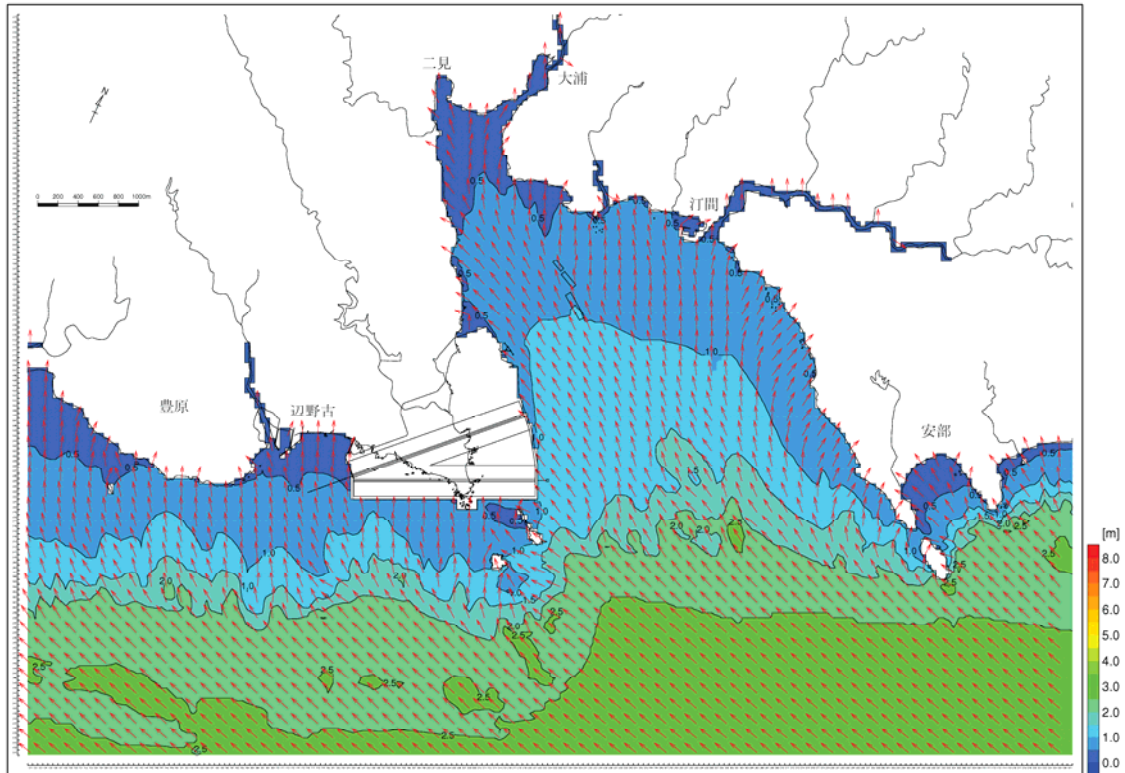
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.42 現況との波高の差異 (波浪条件：夏季の代表波浪, 潮位条件：HWL)



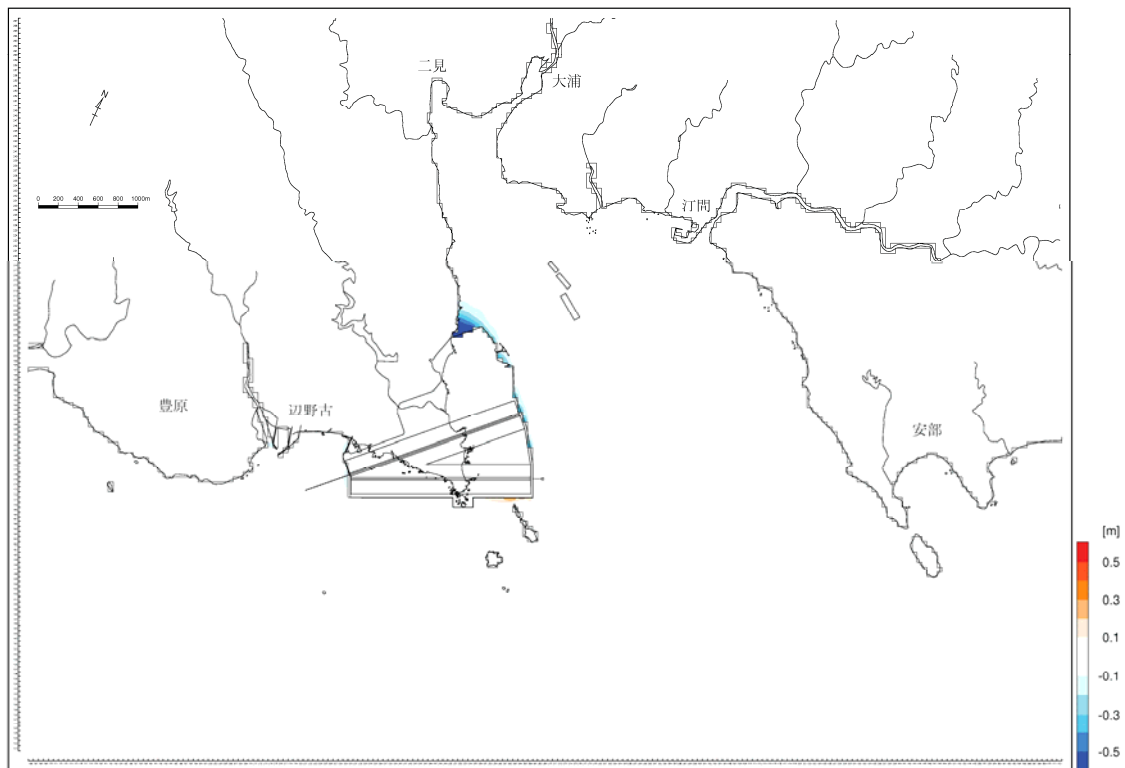
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.43 現況との波高の差異 (波浪条件：冬季の代表波浪, 潮位条件：HWL)



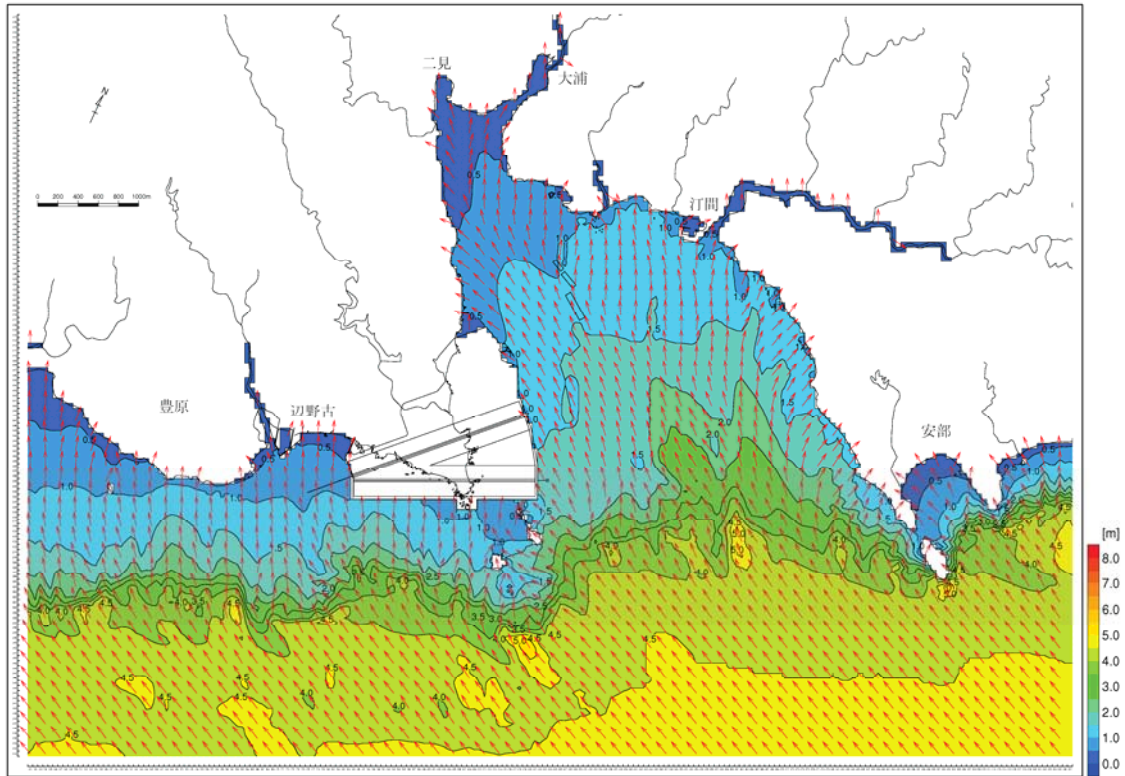
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.44 波高分布 (波浪条件：高波浪，潮位条件：HWL)



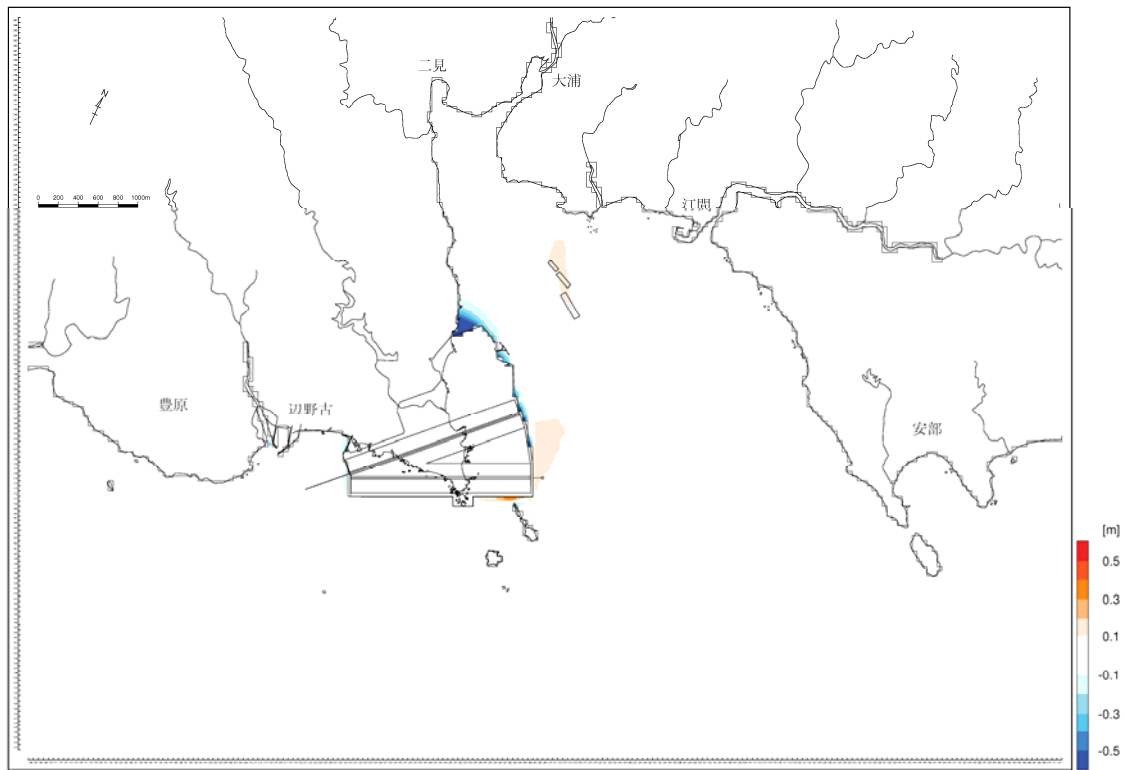
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.45 現況との波高の差異 (波浪条件：高波浪，潮位条件：HWL)



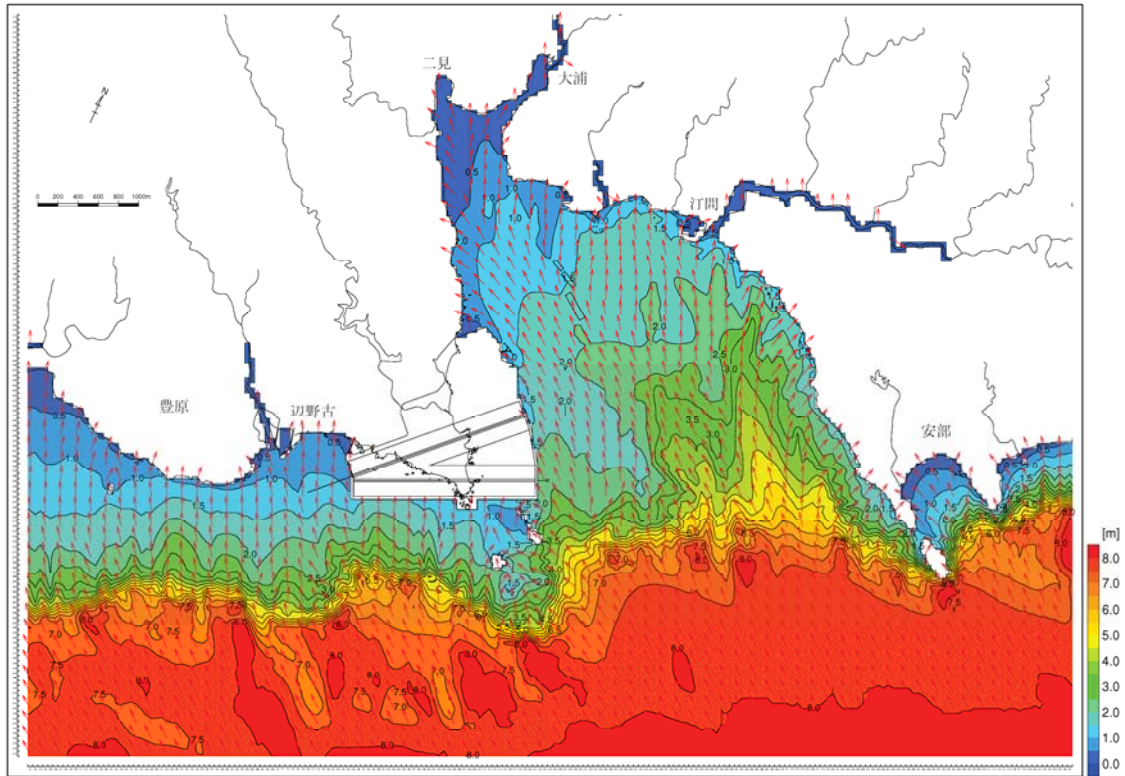
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.46 波高分布 (波浪条件：年最大波浪，潮位条件：HWL)



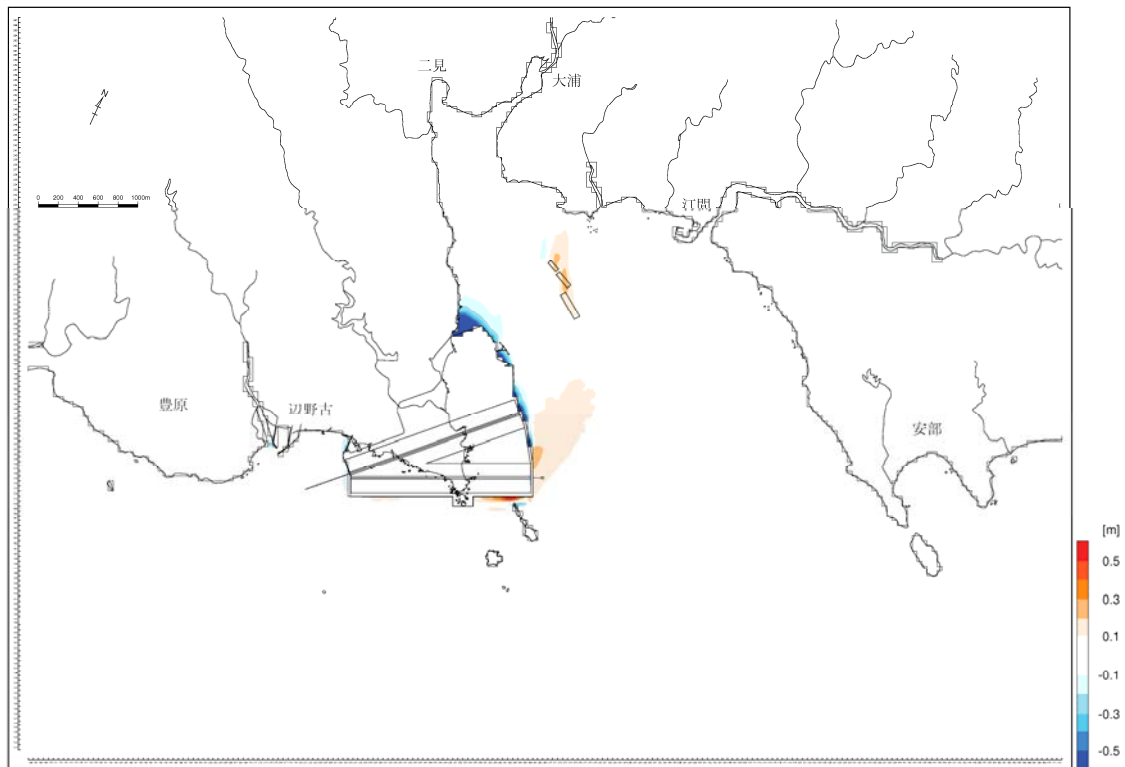
(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.47 現況との波高の差異 (波浪条件：年最大波浪，潮位条件：HWL)



(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.48 波高分布 (波浪条件：異常波浪，潮位条件：HWL)



(施設等の存在時)

図-6.9.2.3.49 現況との波高の差異 (波浪条件：異常波浪，潮位条件：HWL)

(d) 辺野古地先水面作業ヤードの存在に伴う水象の変化

辺野古地先水面作業ヤードの存在に伴う水象変化を詳細に検討するため、辺野古川河口域周辺の流れの変化を代表層について図-6.9.2.3.50に、水温及び塩分の変化を代表層について図-6.9.2.3.51に示しました。

なお、代表層は第1層(海面下0~2m)とし、第2層より下層の海面下2m以深については変化傾向が第1層と同様であったため、資料編に示しました。

- 辺野古地先水面作業ヤードの存在により、辺野古漁港近傍では流速ベクトル及び流速コンターが変化していますが、夏季及び冬季ともに流速変化は±1cm/s程度です。
- 辺野古川河口域は元々流れが小さく、夏季及び冬季ともに±1cm/s以上の流速変化はみられません。一方、夏季及び冬季ともに河口域においては-2.0~-5.0の塩分変化がみられます。これは、辺野古地先水面作業ヤードの存在により、河川水の影響を受けやすい場所、受けにくくなる場所が現れるために生じたためと考えられます。冬季の水温も同様の理由により最大-0.6℃変化しています。
- 辺野古地先水面作業ヤードの前面海域においては、夏季及び冬季ともに代替施設本体の存在により流れが漁港に向かう方向に変化していますが、流速変化は±1cm/s未満です。そのため、水温・塩分コンターは漁港寄りに変化し、夏季は水温が低下し、冬季は水温が上昇する傾向にありますが、変化値は±0.5℃未満です。また、前面海域の塩分に大きな変化はみられません。

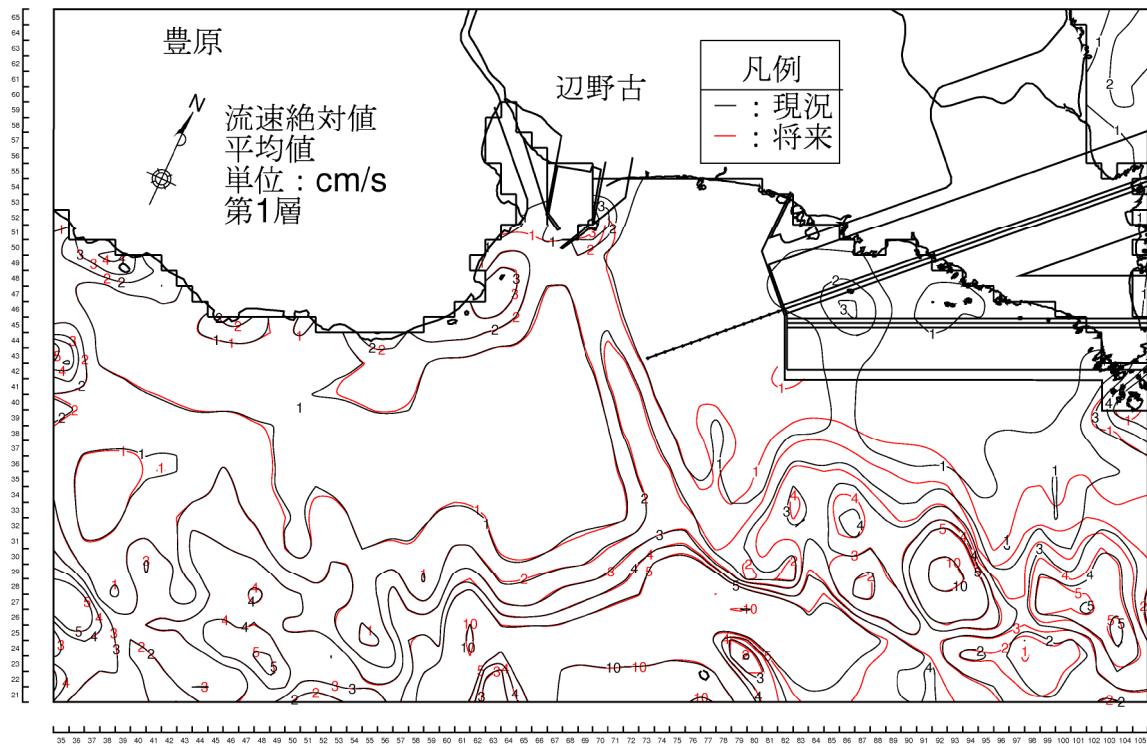
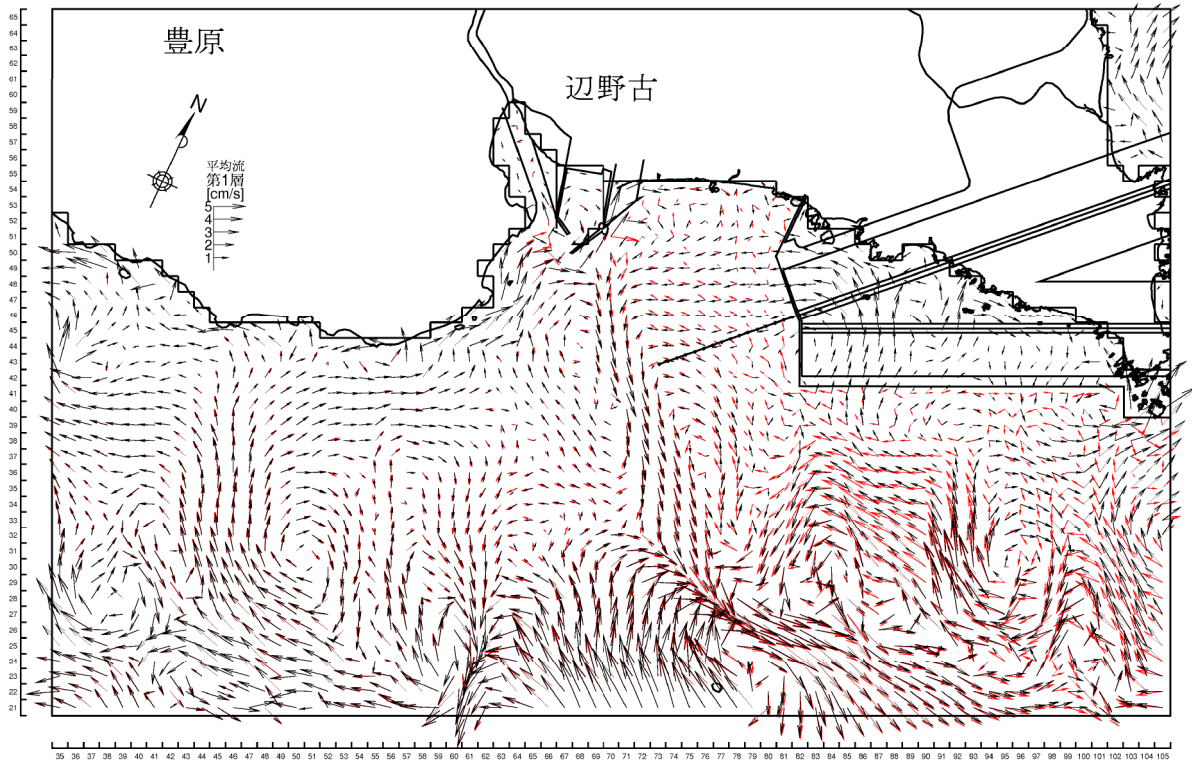


図-6. 9. 2. 3. 50(1) 辺野古川河口周辺における流れのベクトルと流速の変化
(夏季、恒流(平均流)、第1層[0~2m])

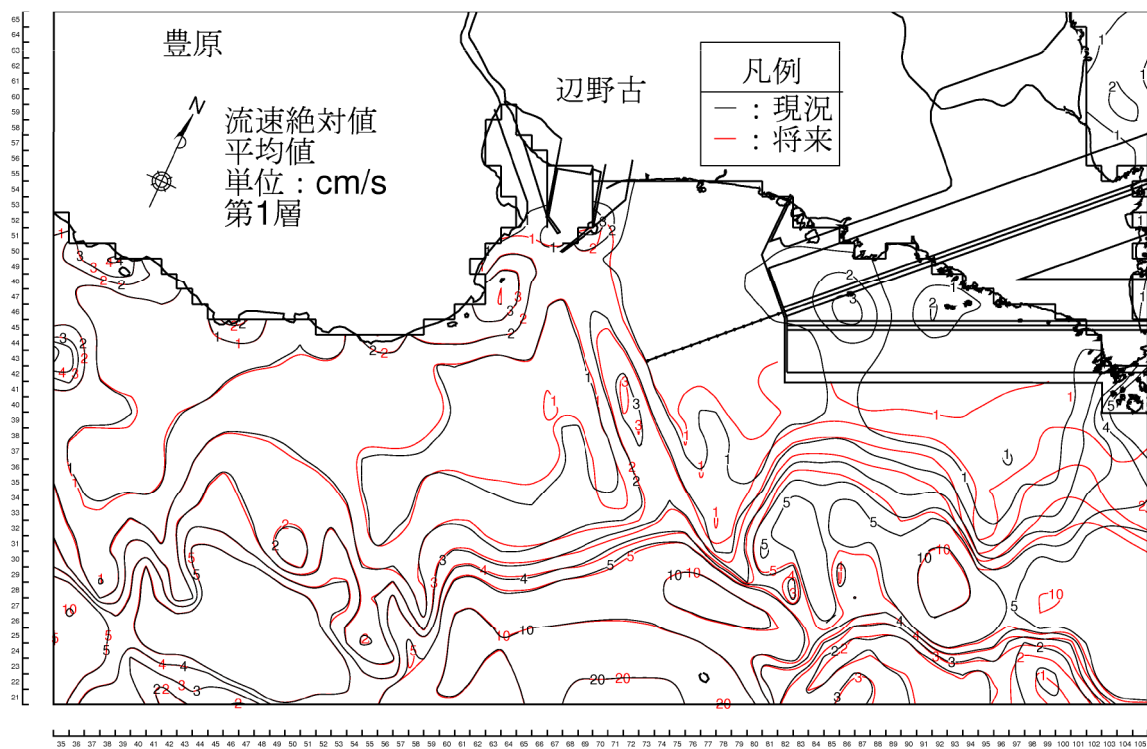
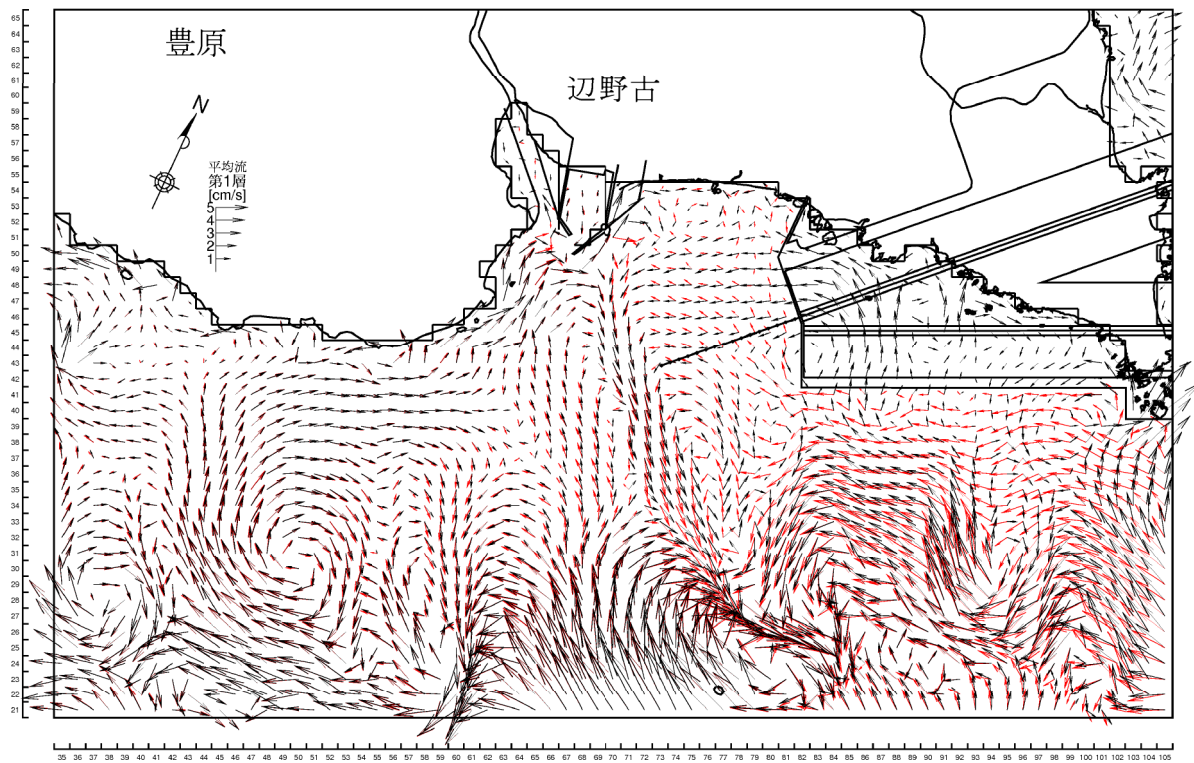


図-6. 9. 2. 3. 50(2) 辺野古川河口周辺における流れのベクトルと流速の変化
(冬季、恒流(平均流)、第1層[0~2m])

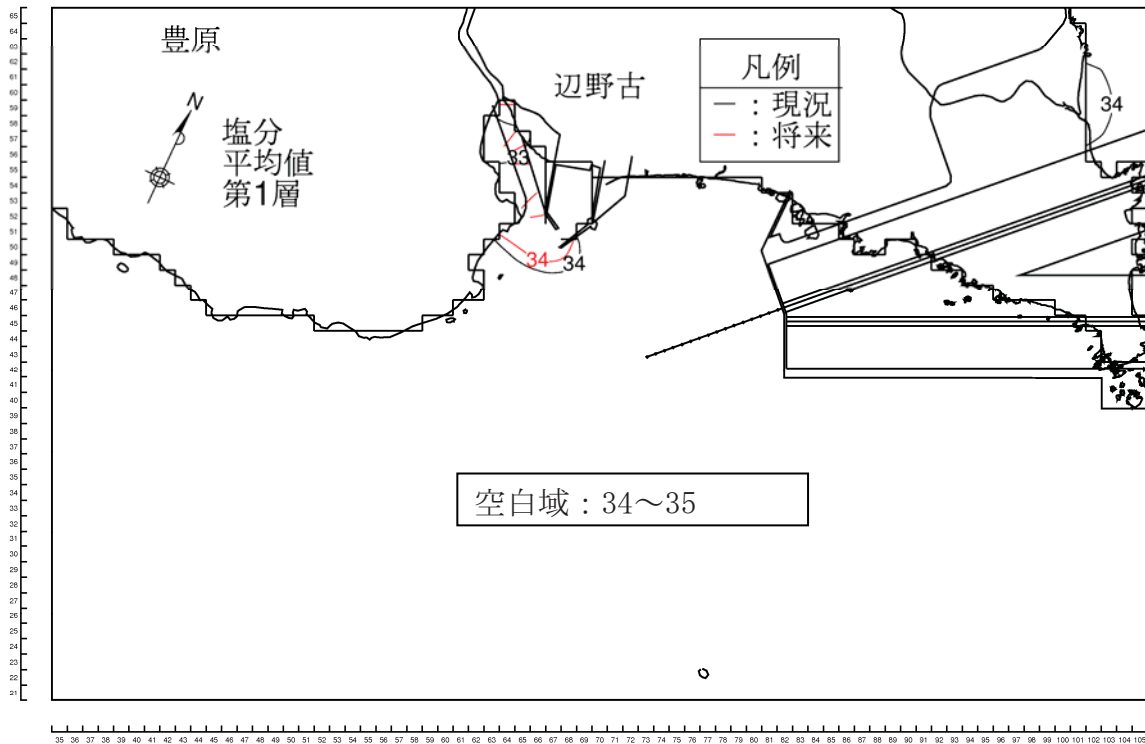
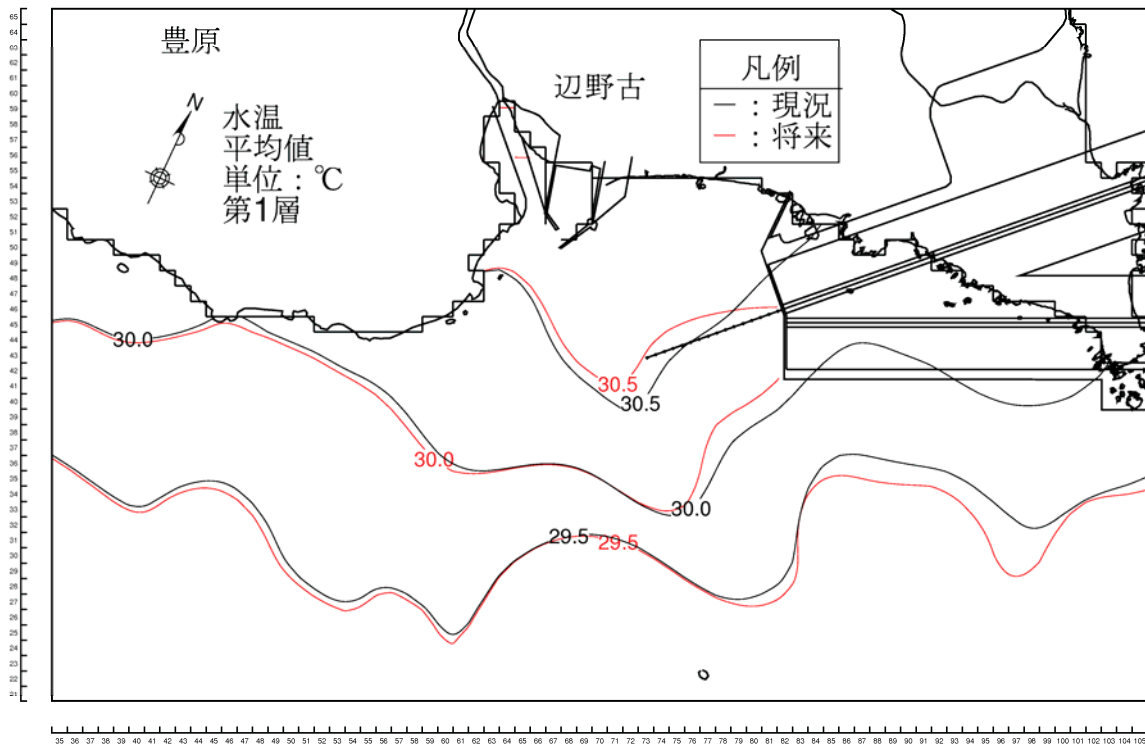


図- 6.9.2.3.51(1) 辺野古川河口周辺における水温と塩分の変化
(夏季、恒流(平均流)、第1層[0~2m])

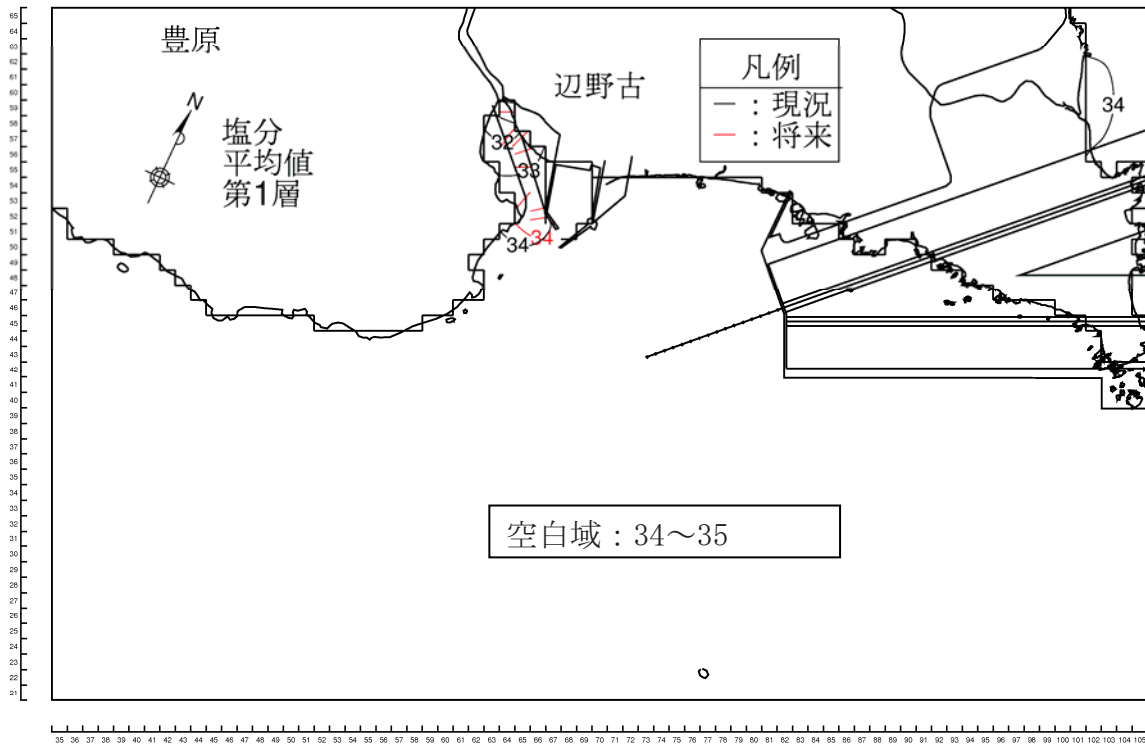
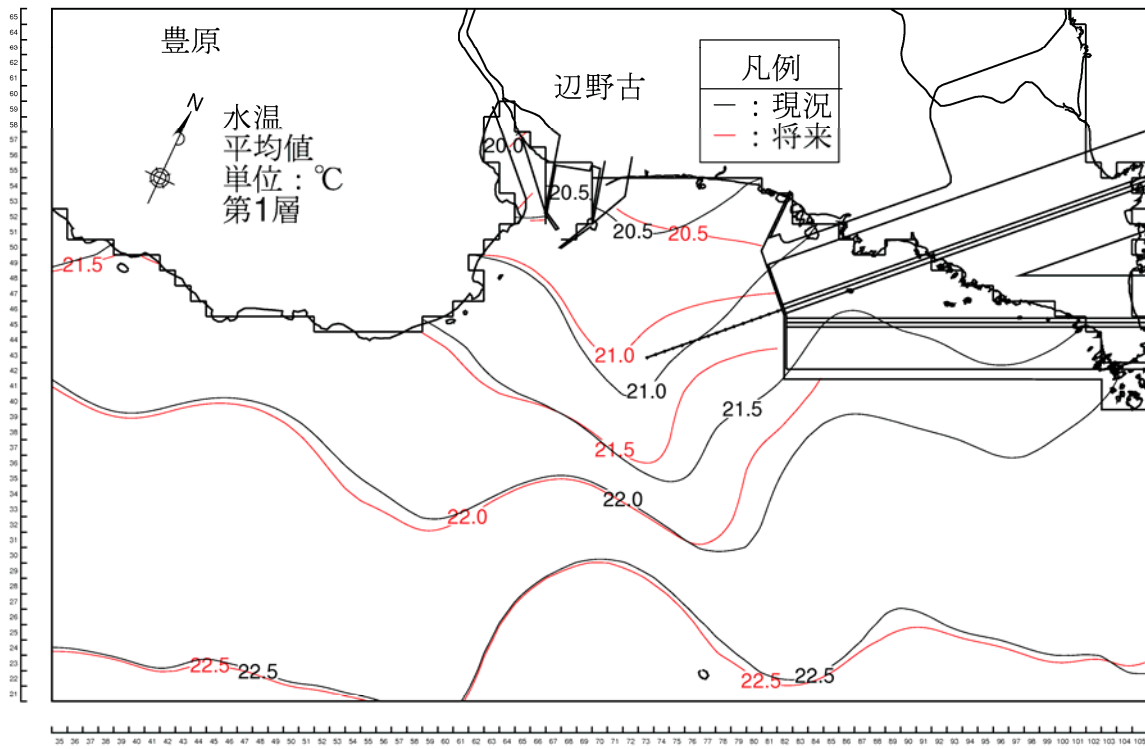


図- 6.9.2.3.51(2) 辺野古川河口周辺における水温と塩分の変化
(冬季、恒流(平均流)、第1層[0~2m])

(e) 進入灯の存在に伴う水象の変化

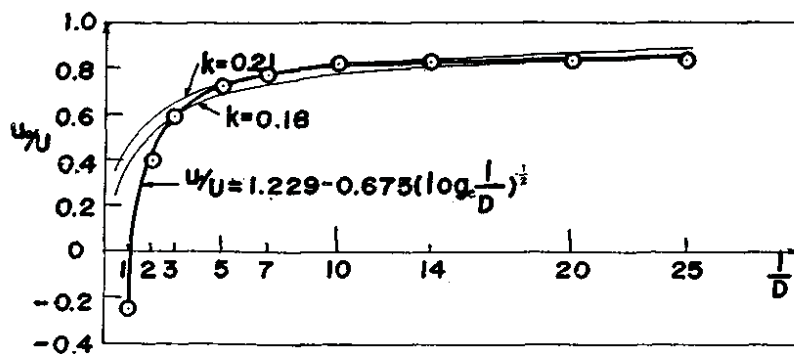
西側進入灯は直径 1.0m の鋼管が約 30m 間隔で辺野古リーフ上に設置されます。東側進入灯はジャケット式で、1 本の鋼管の直径は 1.2m、最下部は約 26m×31m です。

永井ら(1971)^{※1}によると、流れに対する影響は杭径の 5 倍程度(図-6.9.2.3.52 参照)、杭径の 4 倍以上離れていれば杭間の相互干渉はないものとされています。従って、西側進入灯の場合は単杭扱いとなり、影響範囲は 5m 程度と考えられます。東側進入灯もジャケット構造(杭間隔は下層で約 30m、上層で 10~15m)を考慮すると、単杭の場合と同様に影響範囲は周辺 5m 程度と考えられます。また、波浪に対する影響は、杭の投影面積と透過エネルギーから波の透過率を概算すると約 98%の波浪エネルギーが透過することになります。

以上より、進入灯の存在による流れ及び波浪の変化は局所的であると考えられます。

次に、杭周辺の洗掘現象については、既往知見によると洗掘深は最大でも杭径の 2 倍程度とされています。また、近接する杭が洗掘に及ぼす影響として、杭間隔が杭径の 4 倍より大きい場合は各々の杭で洗掘が生じるとされています^{※2}。杭周辺の洗掘範囲については、明石海峡大橋の現地実験^{※3}によると杭径と同程度の範囲とされています。

以上より、東西の進入灯における洗掘は局所的な現象であり、大局的にみて大きな変化はないと考えられます。



注) u_0/U : 背後流速/前面流速、 L/D : 流下方向距離/円柱径

図-6.9.2.3.52 円柱背後の流速減少率

※1 永井・倉田 (1971) : 開水路流れの中の円柱の相互干渉, 土木学会論文報告集, 第 196 号, pp. 57-64

※2 土木学会 : 水理公式集、平成 11 年版

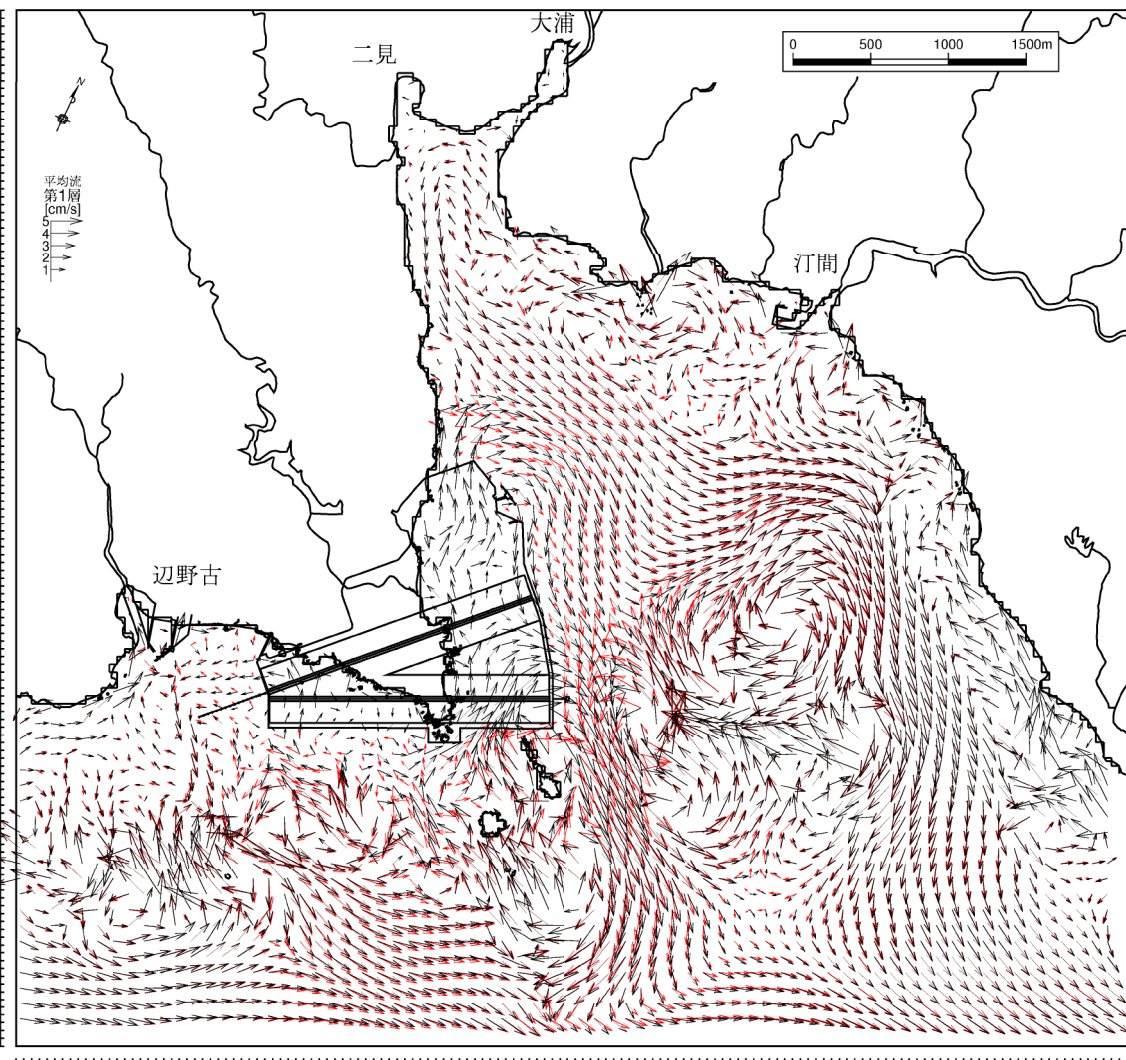
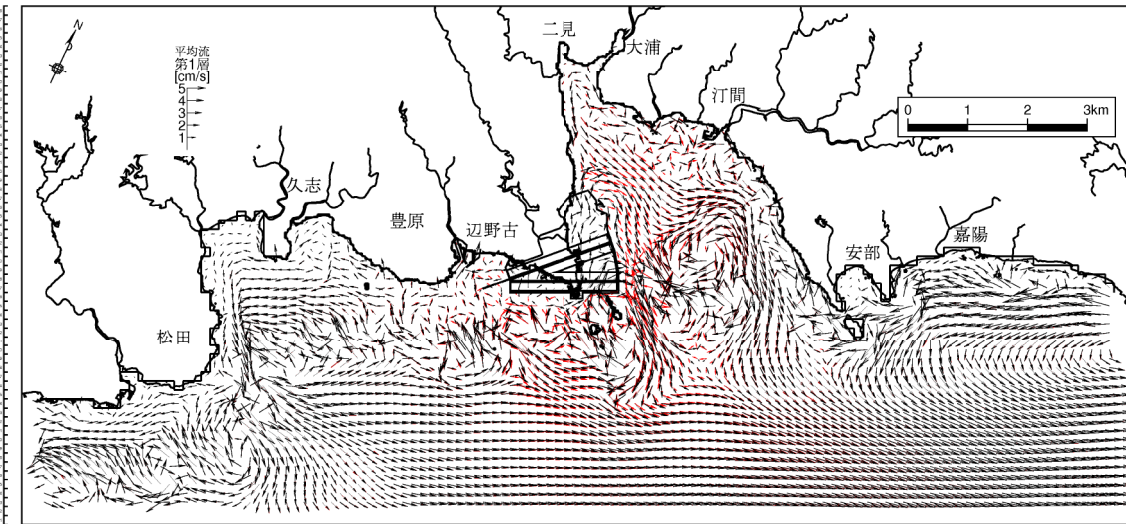
※3 北川他(1991) : 強潮流下における大規模橋梁基礎の洗掘防止工に関する研究, 土木学会論文報告集, No. 438/II-17, pp. 61-70

2) 飛行場の施設の供用に伴う水象の変化

(a) 流れの変化

流れの変化は濁り等の物質輸送に重要な役割を果たす恒流(平均流)に着目しました。「現況」と「飛行場の施設の供用時」のケースにおける夏季と冬季の恒流(平均流)の流速ベクトルの比較を図-6.9.2.3.53及び図-6.9.2.3.55に、流速絶対値の変化(供用時—現況)を図-6.9.2.3.54及び図-6.9.2.3.56に示しました。なお、下げ潮時及び上げ潮時の流速ベクトルの比較や流速絶対値の変化は資料編に示しました。

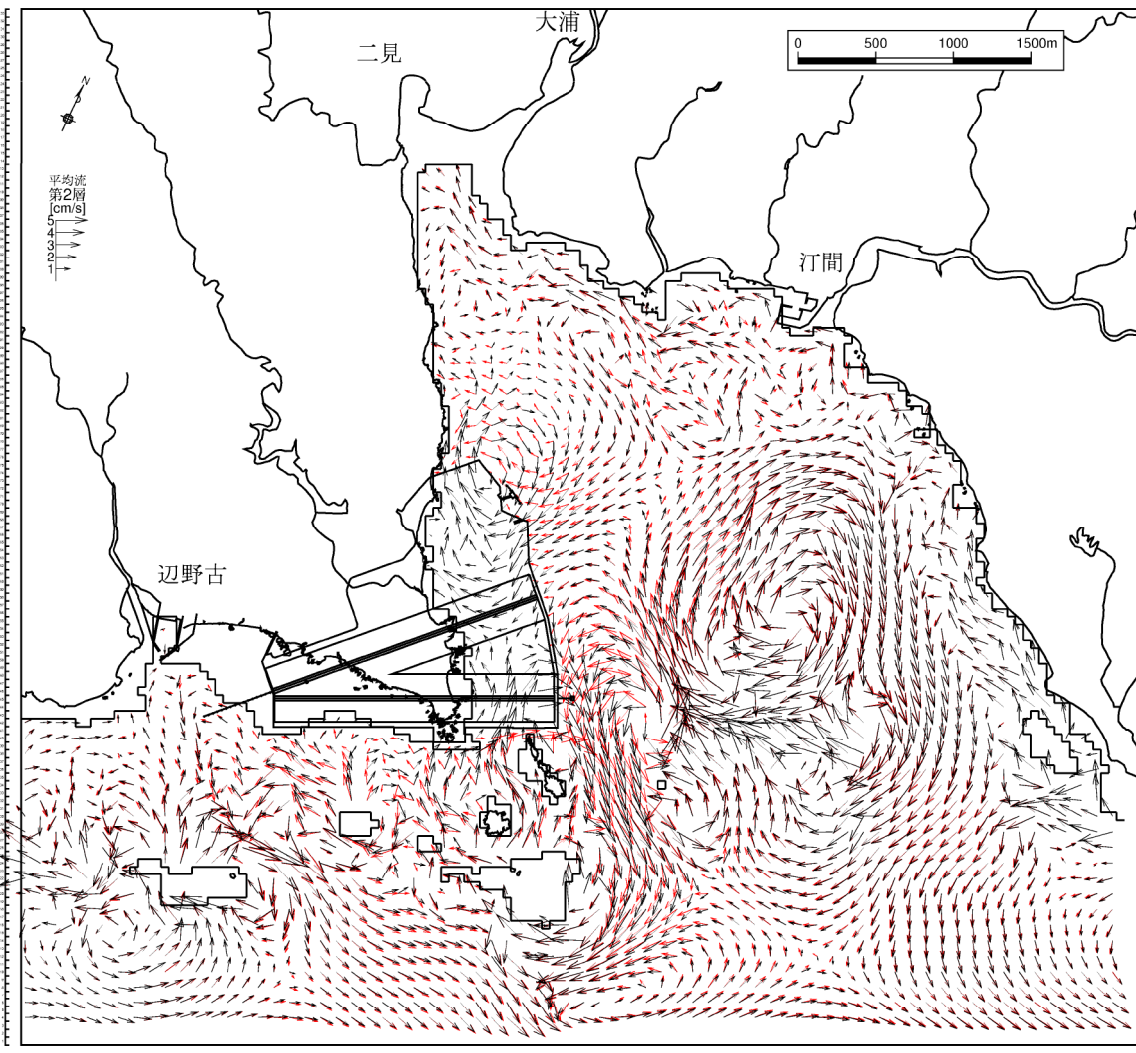
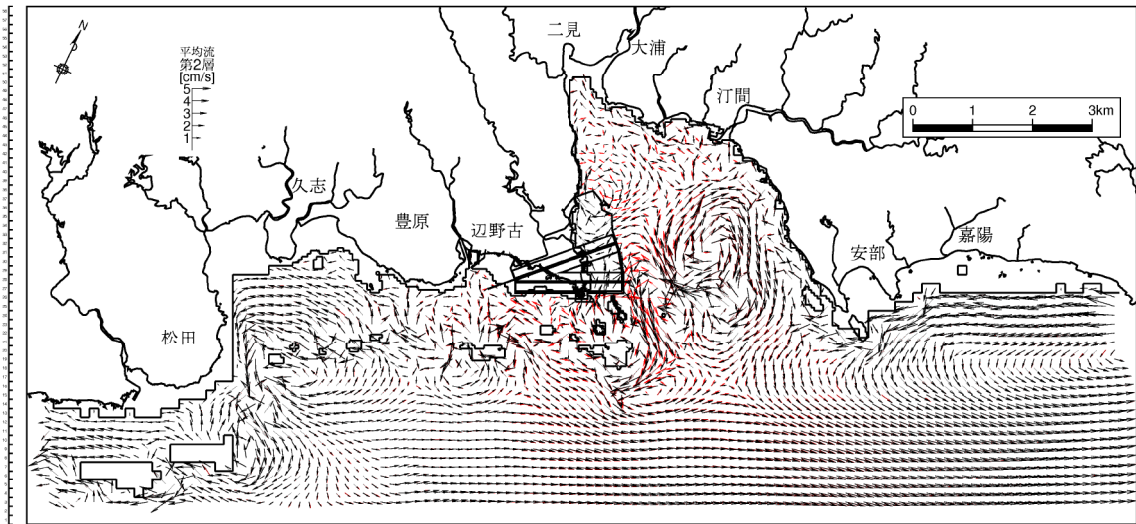
- 全体的な恒流(平均流)の変化は、夏季及び冬季ともに前述した存在時と同様の傾向であり、局所的には $\pm 10\text{cm/s}$ 前後の流速増減がみられますが、流速変化域は代替施設本体周辺に限られ、 $\pm 1\sim\pm 2\text{cm/s}$ の流速変化が大半を占めています。
- 海上ヤード周辺では存在時にみられていた -1cm/s 程度の流速変化が供用時(海上ヤードの撤去後)にはみられなくなっています。
- 代替施設本体からの汚水処理水の排水先周辺では存在時に比べて大きな流れの変化はみられず、代替施設本体からの汚水処理水の排水が流れに与える影響はほとんどないものと考えられます。



→ : 現況、→ : 供用時

注) 拡大図 : 流速ベクトルは2格子毎に表示

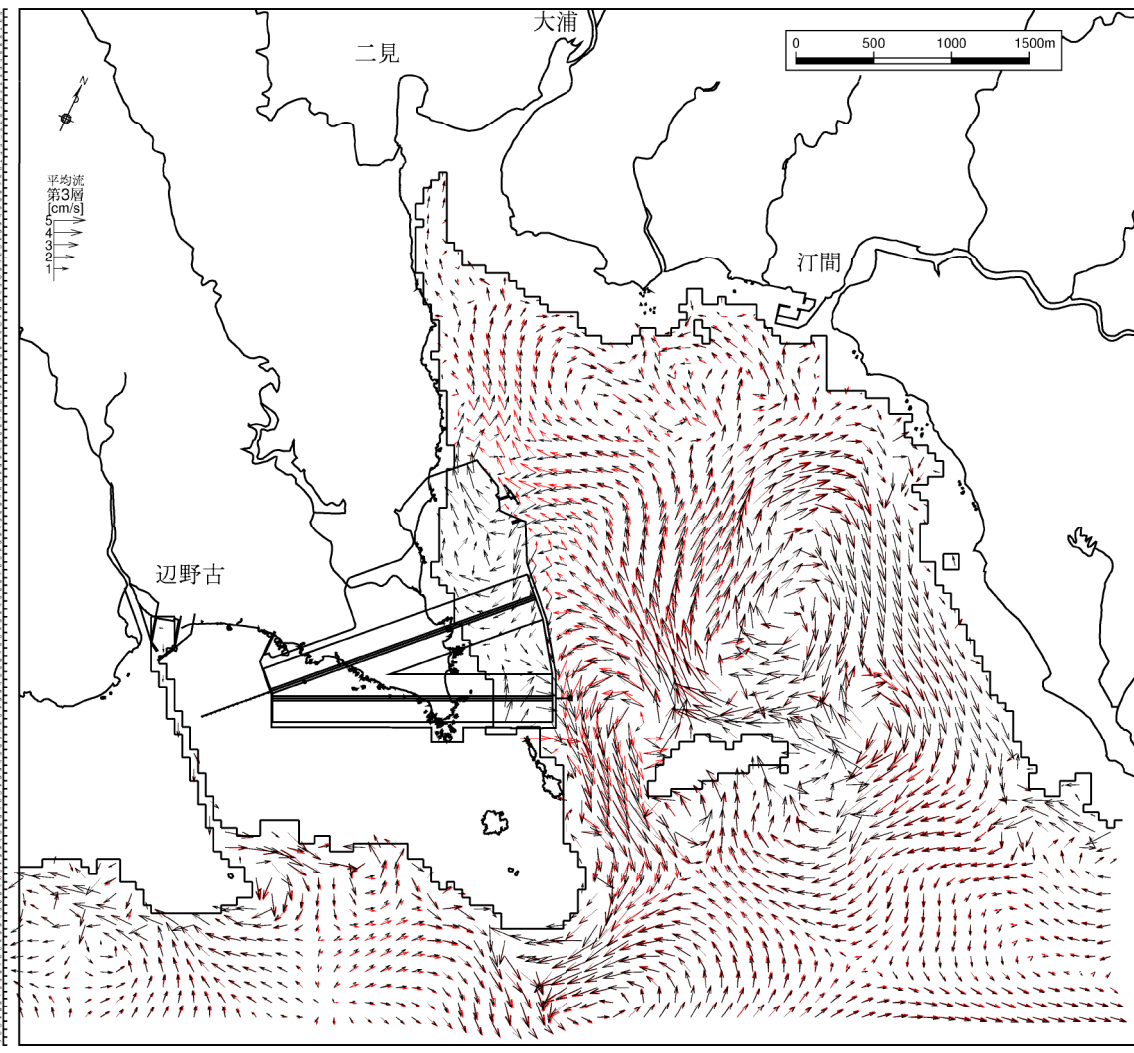
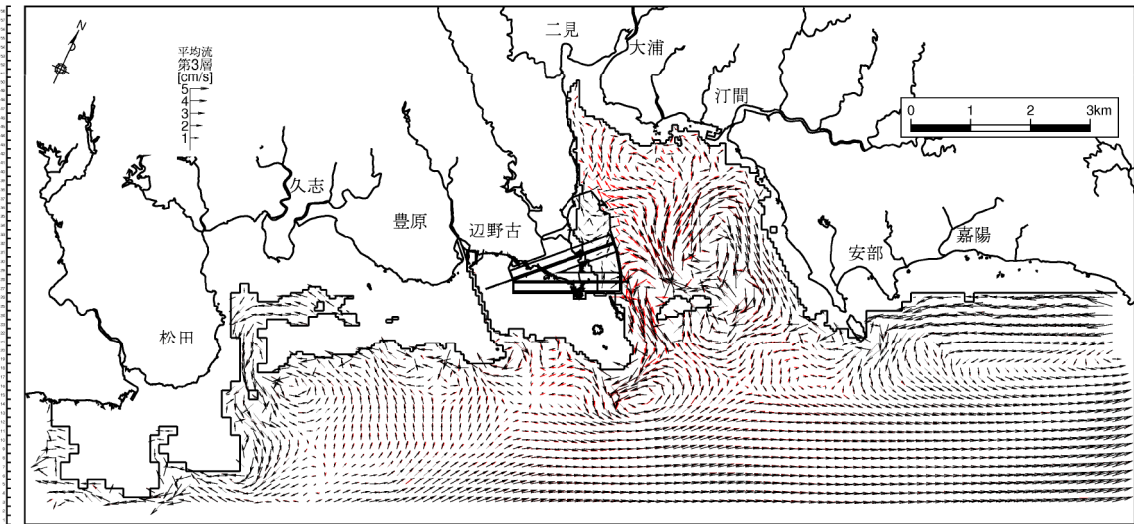
図-6.9.2.3.53(1) 供用時の流速ベクトルの変化
(夏季、恒流(平均流)、第1層[0~2m])



→ : 現況、→ : 供用時

注) 拡大図 : 流速ベクトルは 2 格子毎に表示

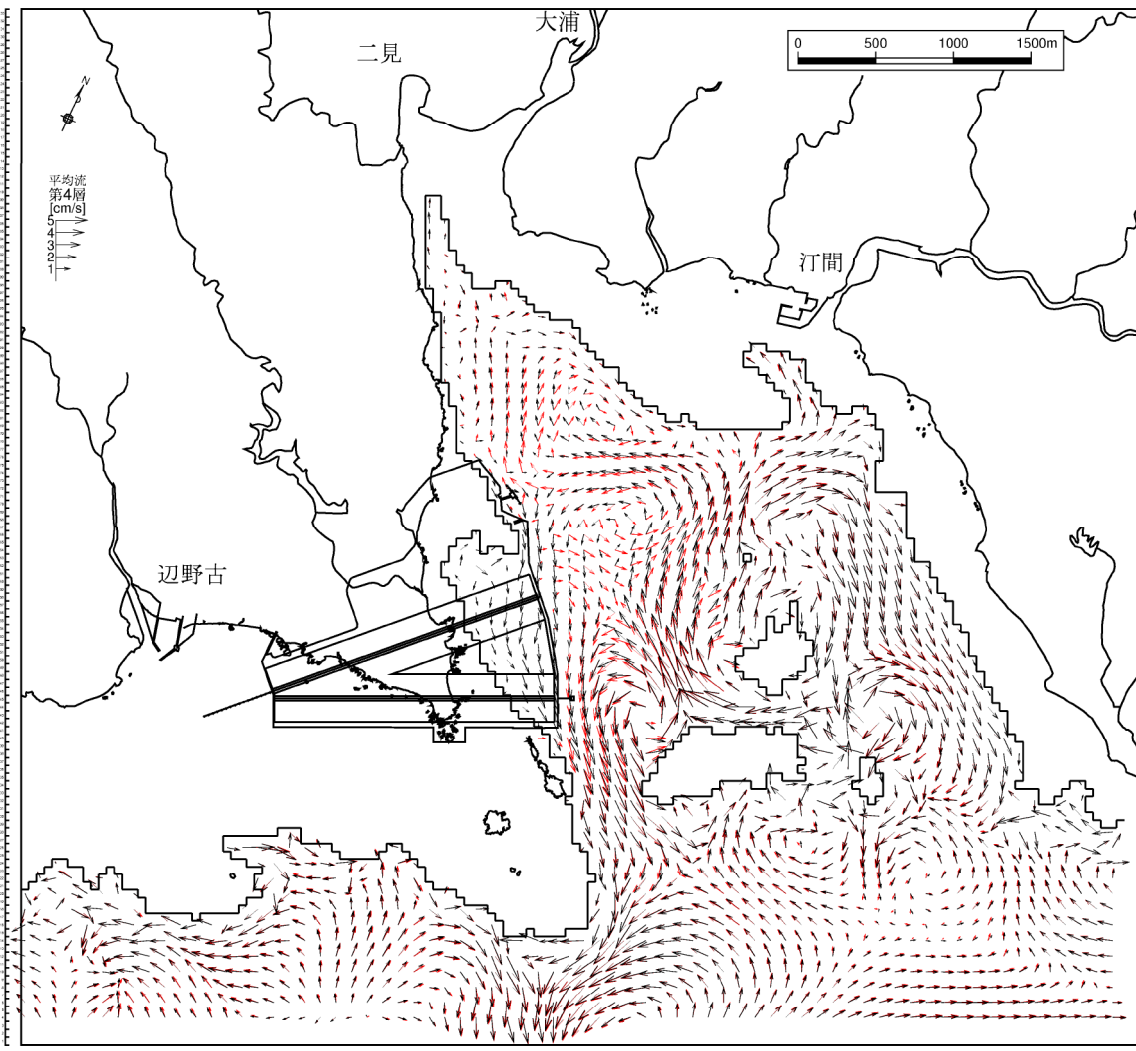
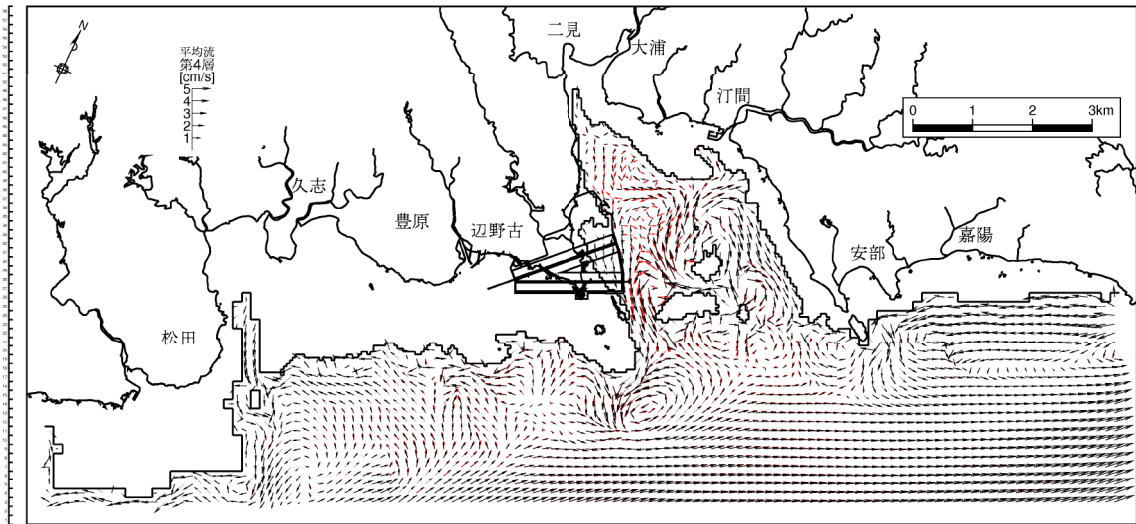
図-6.9.2.3.53(2) 供用時の流速ベクトルの変化
(夏季、恒流(平均流)、第2層[2~4m])



→ : 現況、→ : 供用時

注) 拡大図 : 流速ベクトルは 2 格子毎に表示

図-6.9.2.3.53(3) 供用時の流速ベクトルの変化
(夏季、恒流(平均流)、第3層[4~6m])



→ : 現況、→ : 供用時

注) 拡大図 : 流速ベクトルは 2 格子毎に表示

図-6.9.2.3.53(4) 供用時の流速ベクトルの変化
(夏季、恒流(平均流)、第4層[6~10m])