

物質収支モデルでの実証試験の効果検討結果について

目次

1. 実証試験の効果検討内容	1
1-1 三河湾地域	1
1-2 播磨灘北東部地域	2
2. 三河湾地域	3
2-1 2009 年現況再現性の検討	3
2-2 対策ケース①の効果検討	10
2-3 対策ケース②の効果検討	13
2-4 望ましい姿の検討と現況との比較	18
3. 播磨灘北東部地域	24
3-1 施策の効果検討の考え方	24
3-2 下水処理場から排出される窒素を増加させた場合の効果検討	26
3-3 河川等を利用した港湾内と沿岸～沖合域の海水交換促進の効果検討	37
4. 三津湾地域	44
4-1 物質収支モデルの構築方針	44
4-2 流動モデル	44
4-3 水質－底質結合生態系モデル	57
5. まとめと今後の課題	62
6. 物質収支モデルの構築とその利活用	63

1. 実証試験の効果検討内容

三河湾地域および播磨灘北東部地域において地域検討委員会から要望のあった、物質収支モデルにより効果を検討する実証試験の内容およびその対応状況を示した。

なお、今年度から追加された三津湾地域においては、ベースとなるモデルの構築状況について示した。

1-1 三河湾地域

三河湾地域においては、地域検討委員会から要望された次の内容に関する検討を行っている。

効果を検討する実証試験の内容	対応状況
(1) 中山水道ブイが設置された 2009 年を現況再現年次とし、ブイの観測値を再現性の検証に用いる	流動については、現況再現計算終了。 水質については、夏季の底層 DO 濃度が実測より低めに計算されている。
(2) 2009 年の現況計算に対し、干潟・浅場 600ha 造成および深掘埋め戻し対策時の効果を検討する。 (対策ケース①)	流動については、計算終了。 水質については、結果の解析中。
(3) 2009 年の現況計算に対し、干潟・浅場 600ha 造成および深掘埋め戻しに加え、浅場造成箇所のうち過去にアマモ場が確認されている場所に喪場を造成する対策の効果を検討する。 (対策ケース②)	流動については、(2)と同様の結果を適用。 水質については、結果の解析中。
(4) 1960 年代の地形における流動および水質計算を行い、物質循環等、現在と過去の比較を行う。 (望ましい姿)	流動については、計算終了。 水質については、結果の解析中。

上記の他、冬季に負荷量を増加させるケース（対策ケース③）と実証試験から設定する新たな対策案の効果検討ケース（対策ケース④）があるが、これらについては今後着手する予定である。

1-2 播磨灘北東部地域

播磨灘北東部地域においては、地域検討委員会から要望された次の内容について実証試験の効果検討を行った。

課題	対応内容	対応結果
<課題 1> 流動モデルについて、風向風速場に分布を与える。	計算領域内の沿岸部に位置する 19 地点のアメダスを用い、風向風速場に分布を与えた。	対応済み。
<課題 2> 潮流の大きさが観測値よりも小さいことを踏まえ、パラメータチューニング等により流動モデルの再現性向上を図る。	パラメータおよび地形条件等を精査する。	対応済み。 パラメータおよび地形条件等を精査し、再現性の向上を図った。
<課題 3> 水質モデルについて、境界値に分布を与える。	水質モデルを改良し、境界値に分布を与えた。	対応済み。
<課題 4> 水質モデルについて、海藻類としてノリを追加し、播磨灘北東部地域における物質循環の精度向上を図る。	観測結果を踏まえ、モデルの再現性が固まったのちに導入する予定である。	モデルの再現性向上を進めているところであり、その後対応する予定である。
<課題 5> 900m 格子で表現している播磨灘北東部地域について加古川等流入する河川を適切に表現できるよう細格子化を行う。	播磨灘北東部地域について細格子化を行う。	対応済み。 播磨灘北東部地域を 300m 格子に、加古川河口周辺は 100m 格子に細格子化した。

効果を検討する実証試験の内容	対応状況
(1) 泊川河口の下水処理場から排出される窒素を 1.5 倍に増加させた場合の効果を検討する	検討にあたって、加古川河口周辺は詳細な地形で検討する必要があることから、格子サイズをさらに細かく（300m→100m 格子に細格子化）した上で検討を行った。 検討結果は地域検討委員会に報告済み。
(2) 泊川に隣接する加古川の河川水を泊川に導水させた場合の効果を検討する	
(3) 泊川の河川水を隣接する加古川に導水させた場合の効果を検討する	

2. 三河湾地域

2-1 2009 年現況再現性の検討

昨年度構築した三河湾の物質循環モデルを用いて、中山水道バイが設置された 2009 年を対象に現況再現計算を実施している。

図 2.1 に示した三河湾 1 号～3 号バイと中山水道バイにおける観測値と計算結果の比較を図 2.2～図 2.5 に示す。

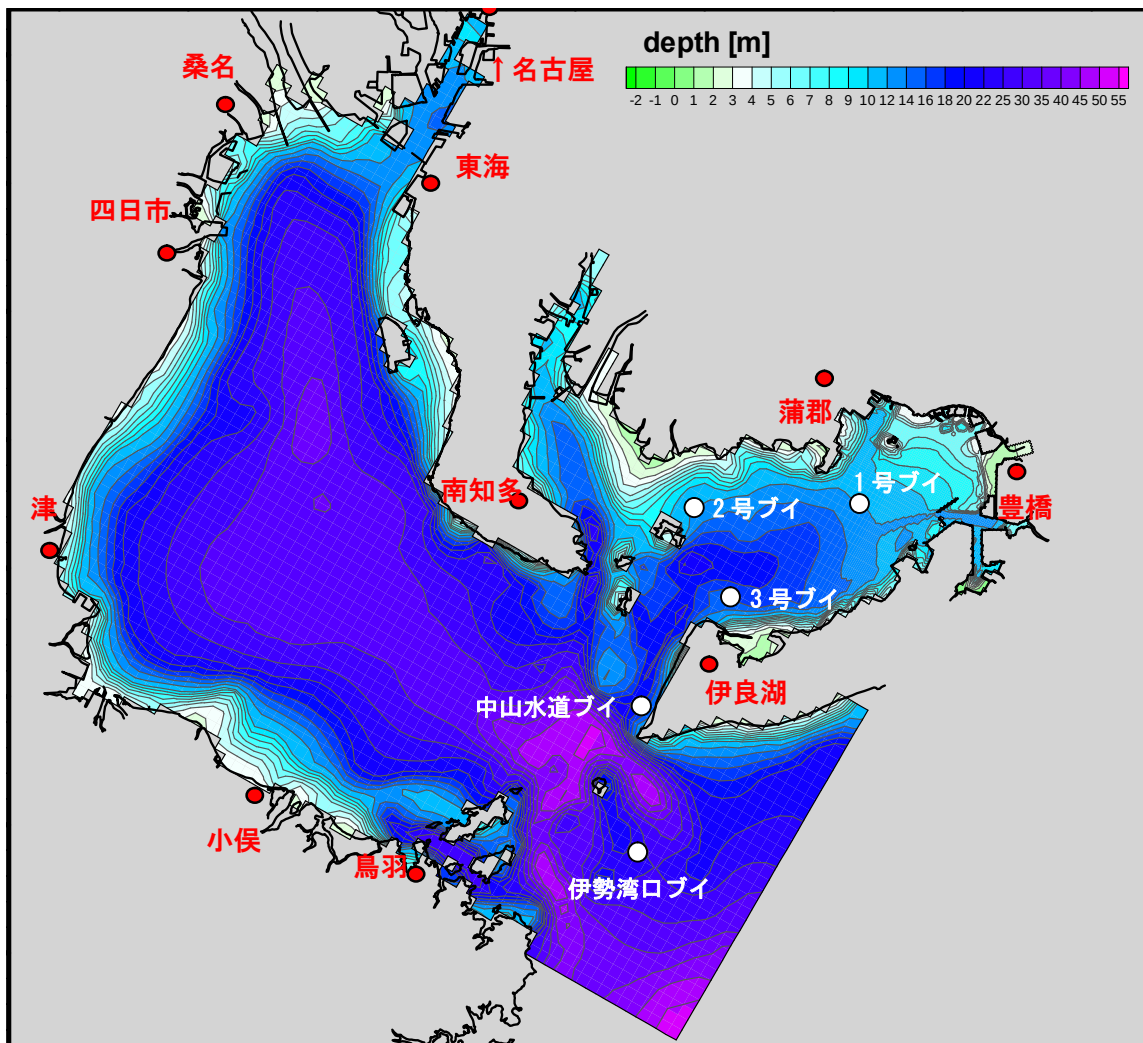


図 2.1 観測値と計算結果の比較地点

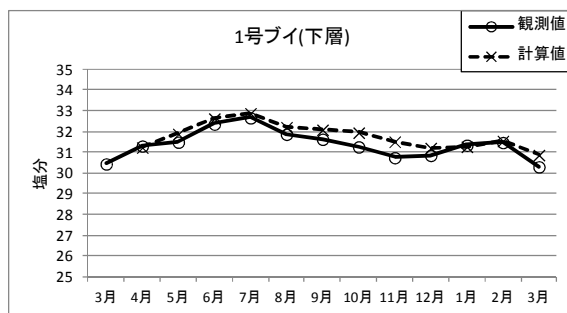
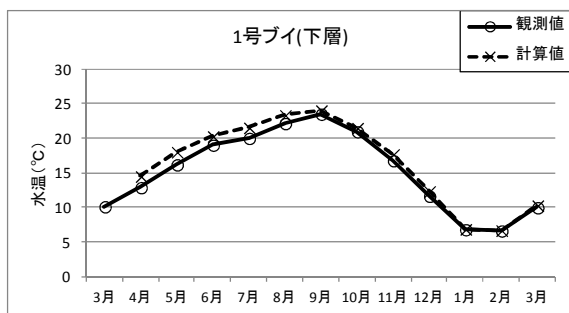
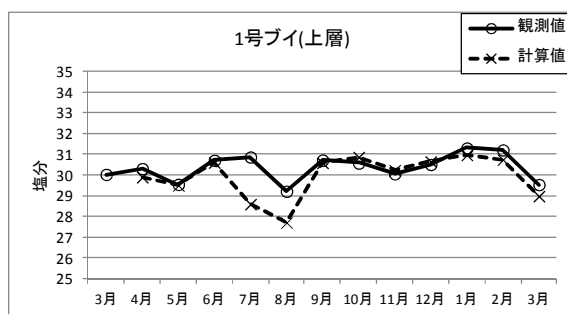
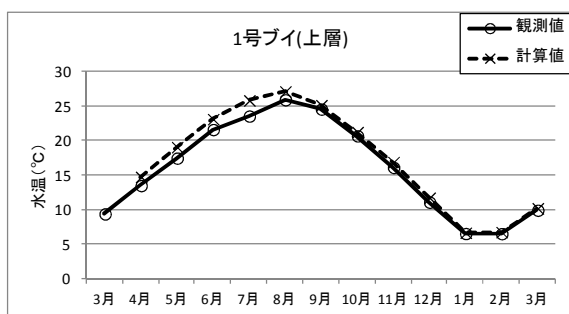


図 2.2 三河湾 1 号パイの観測値と計算結果の比較

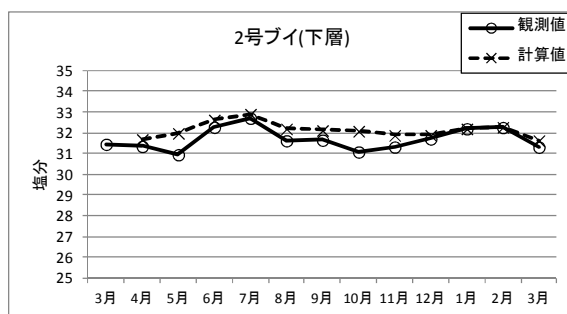
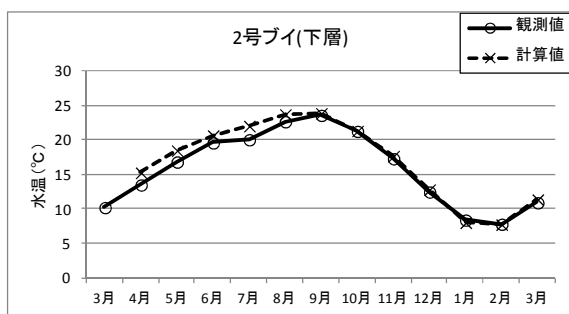
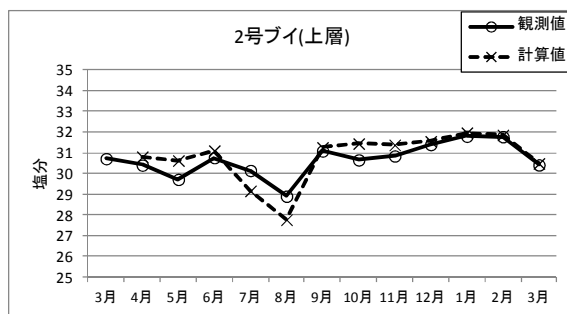
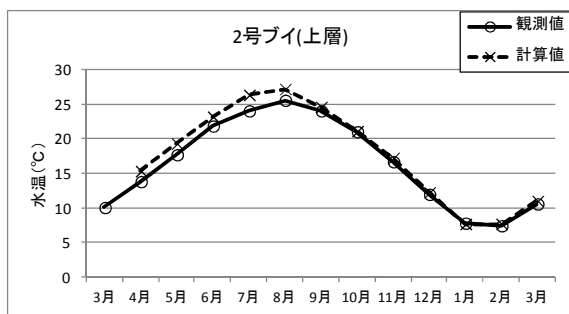


図 2.3 三河湾 2 号パイの観測値と計算結果の比較

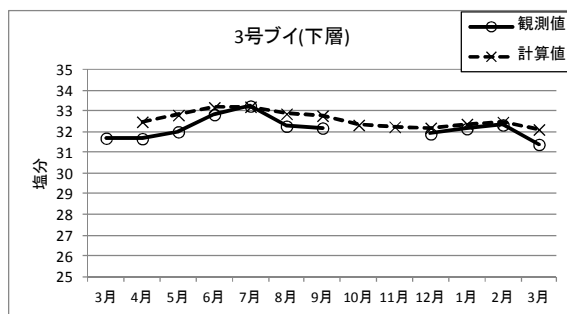
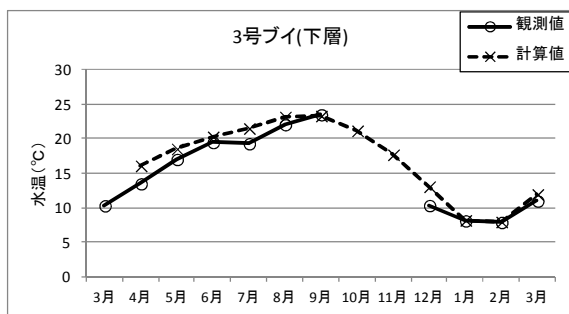
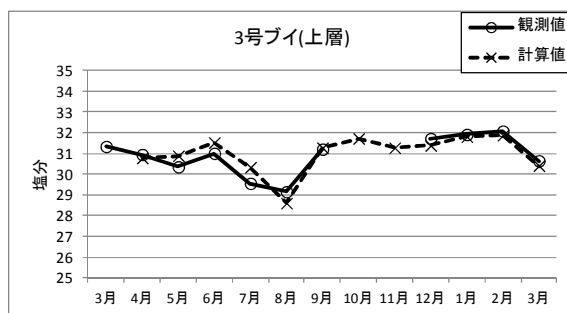
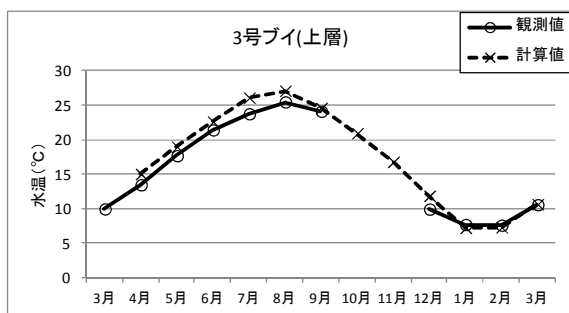


図 2.4 三河湾 3 号パイの観測値と計算結果の比較

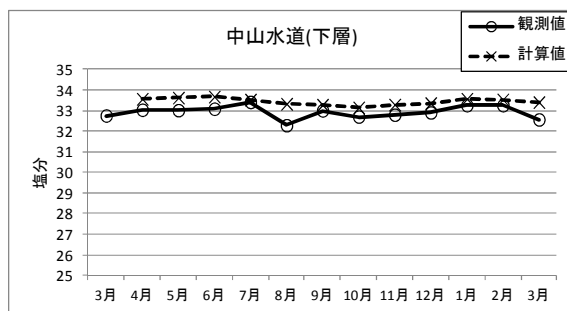
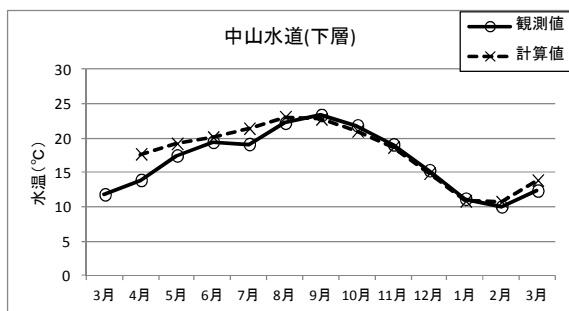
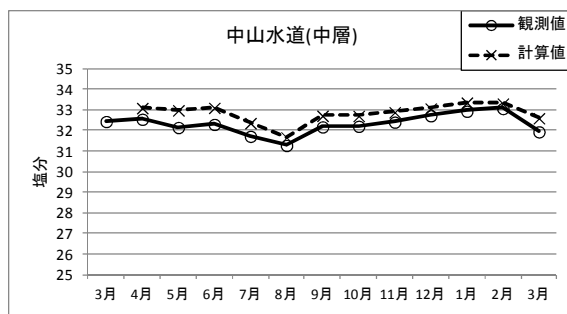
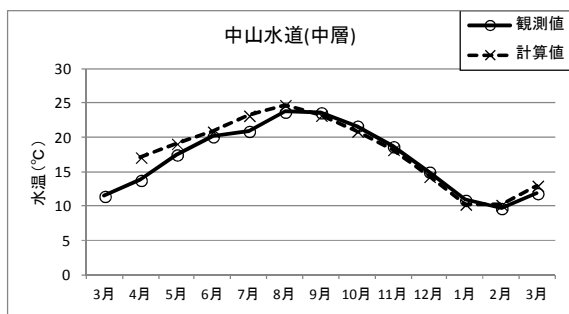
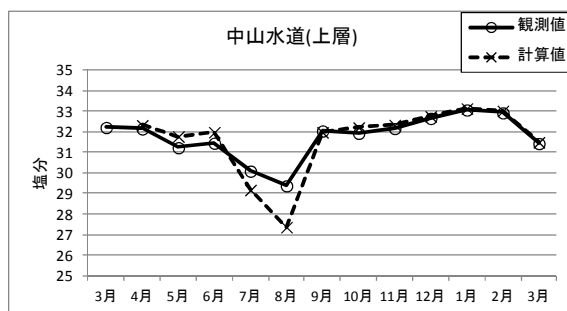
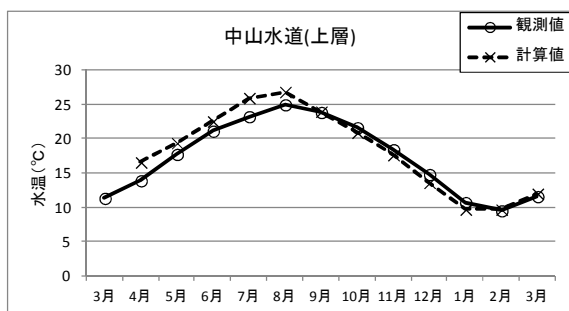


図 2.5 中山水道パイの観測値と計算結果の比較

図 2.6 に示した Stn.1～6 における実測値と計算結果の比較を以下に示す。

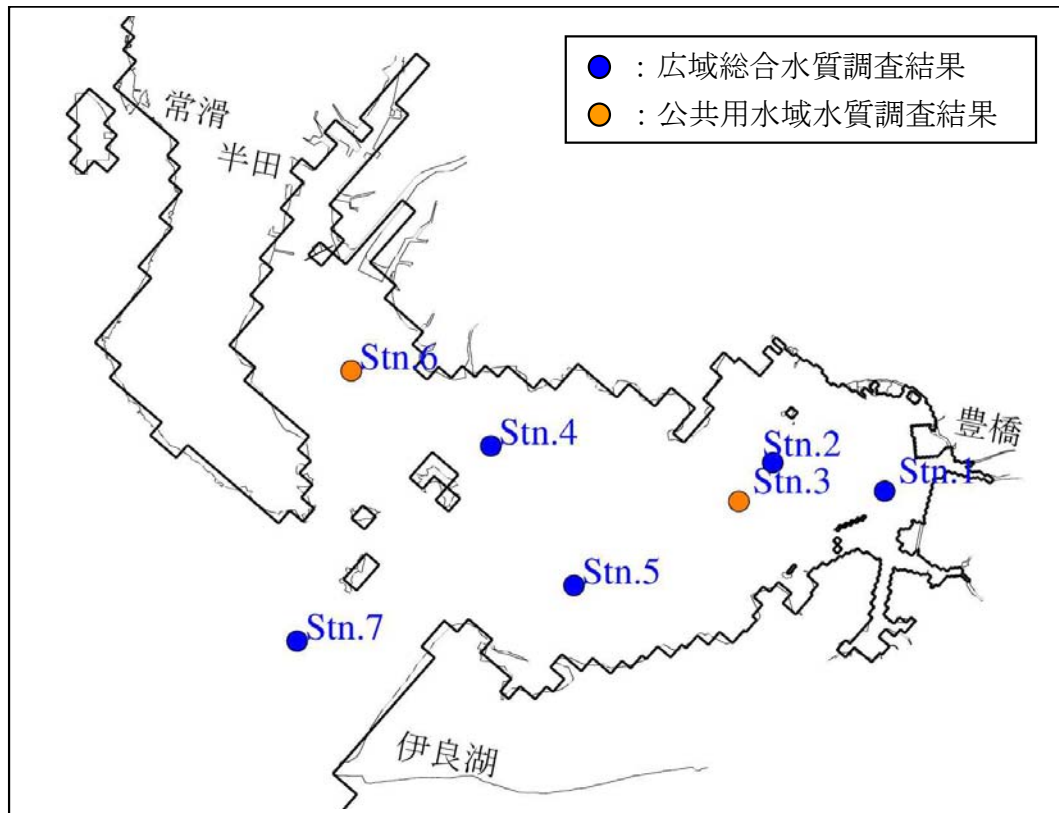
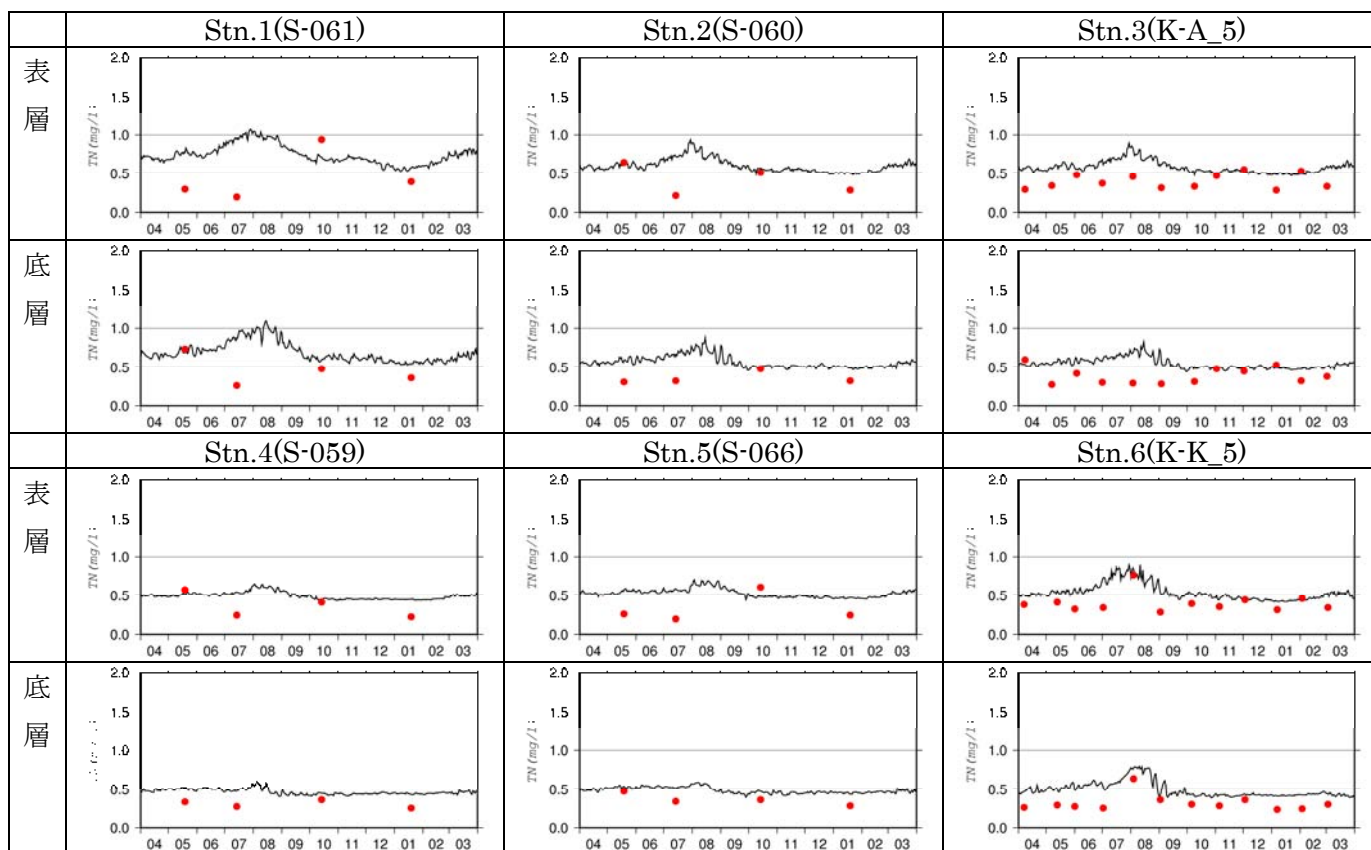


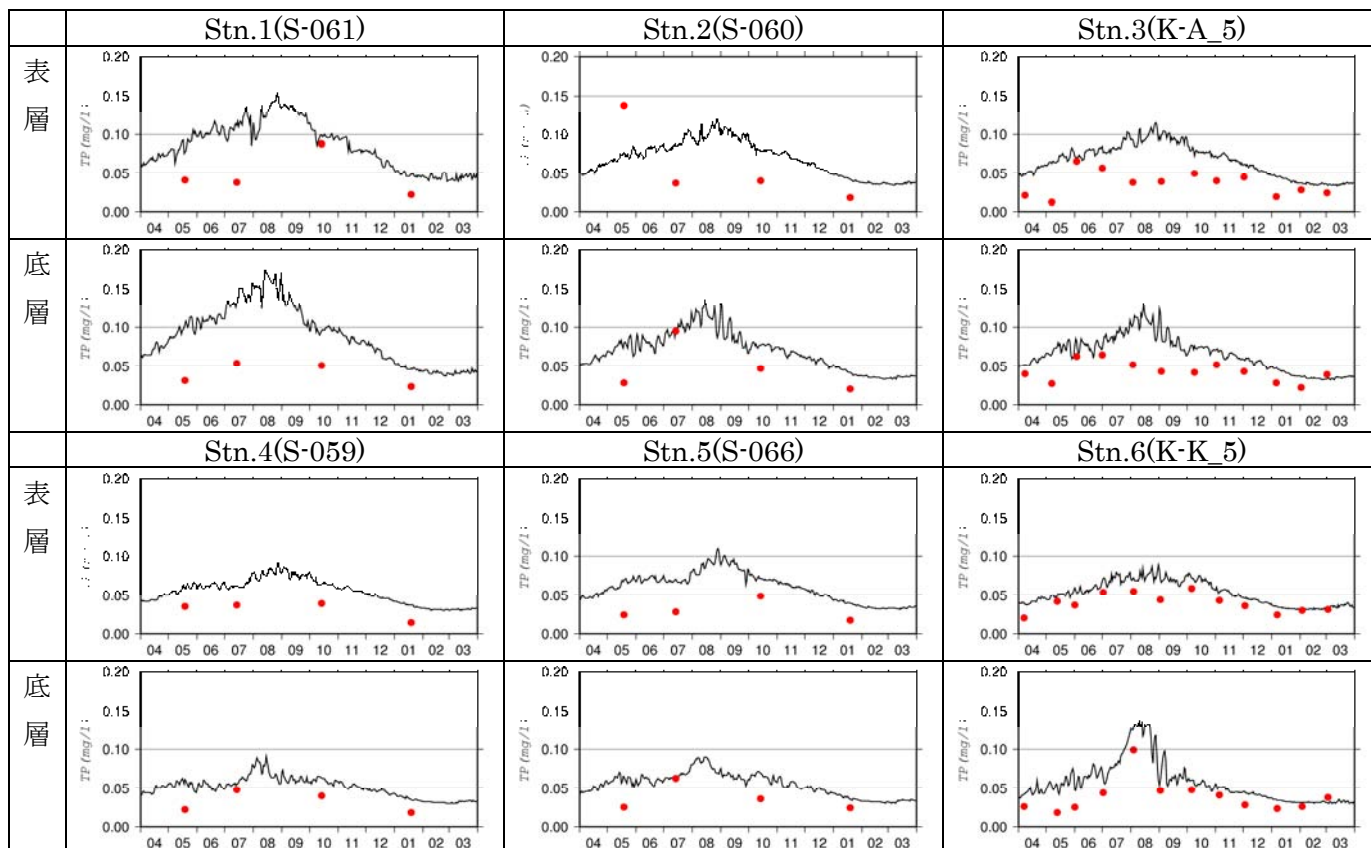
図 2.6 実測値と計算結果の比較地点

計算条件は、2006 年度の再現計算に用いたものと同様のものを用いている。その結果、夏季の底層溶存酸素濃度が低めに計算されており、その影響を受けて底層からの $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出が過大に計算されている。

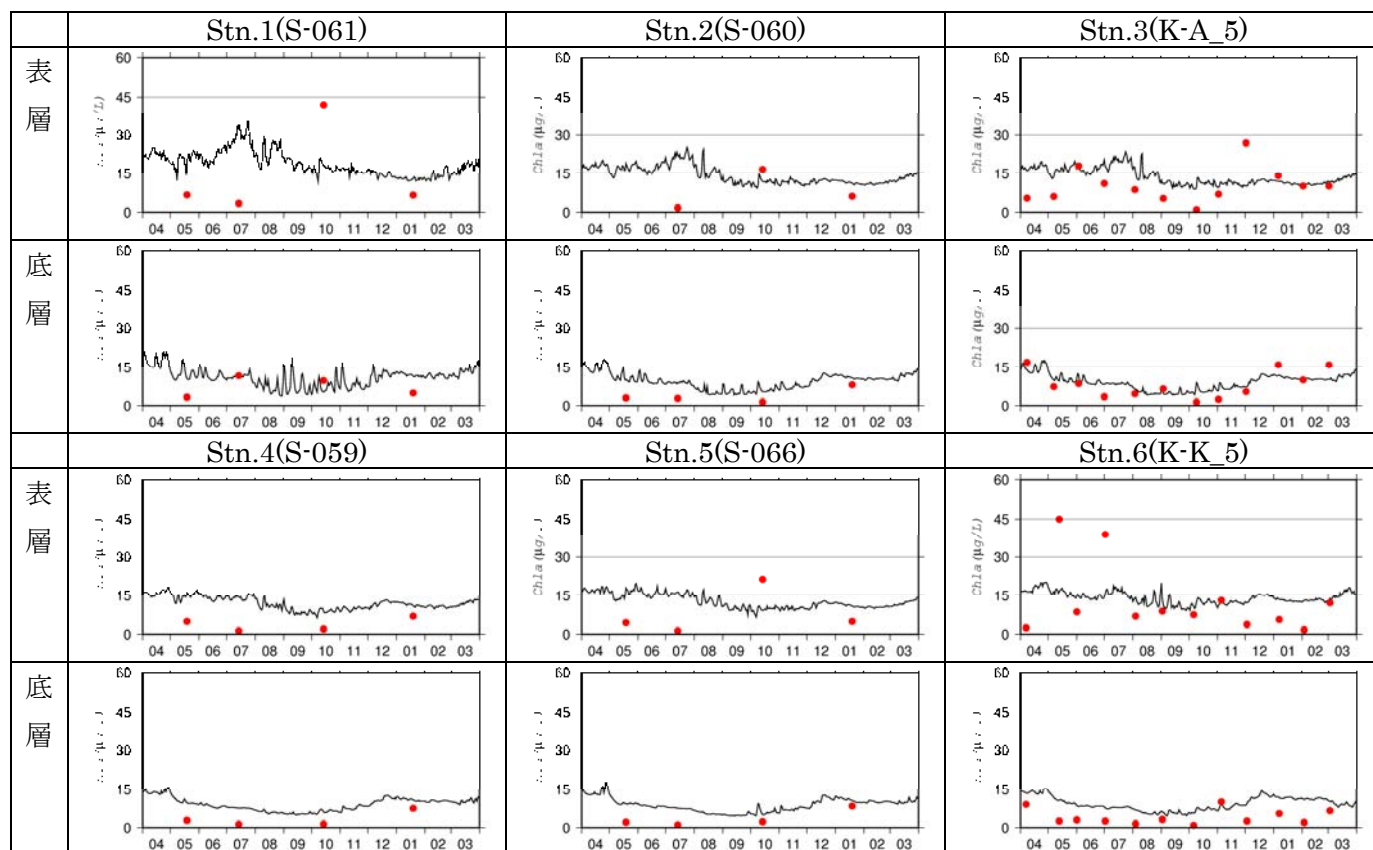
T-N



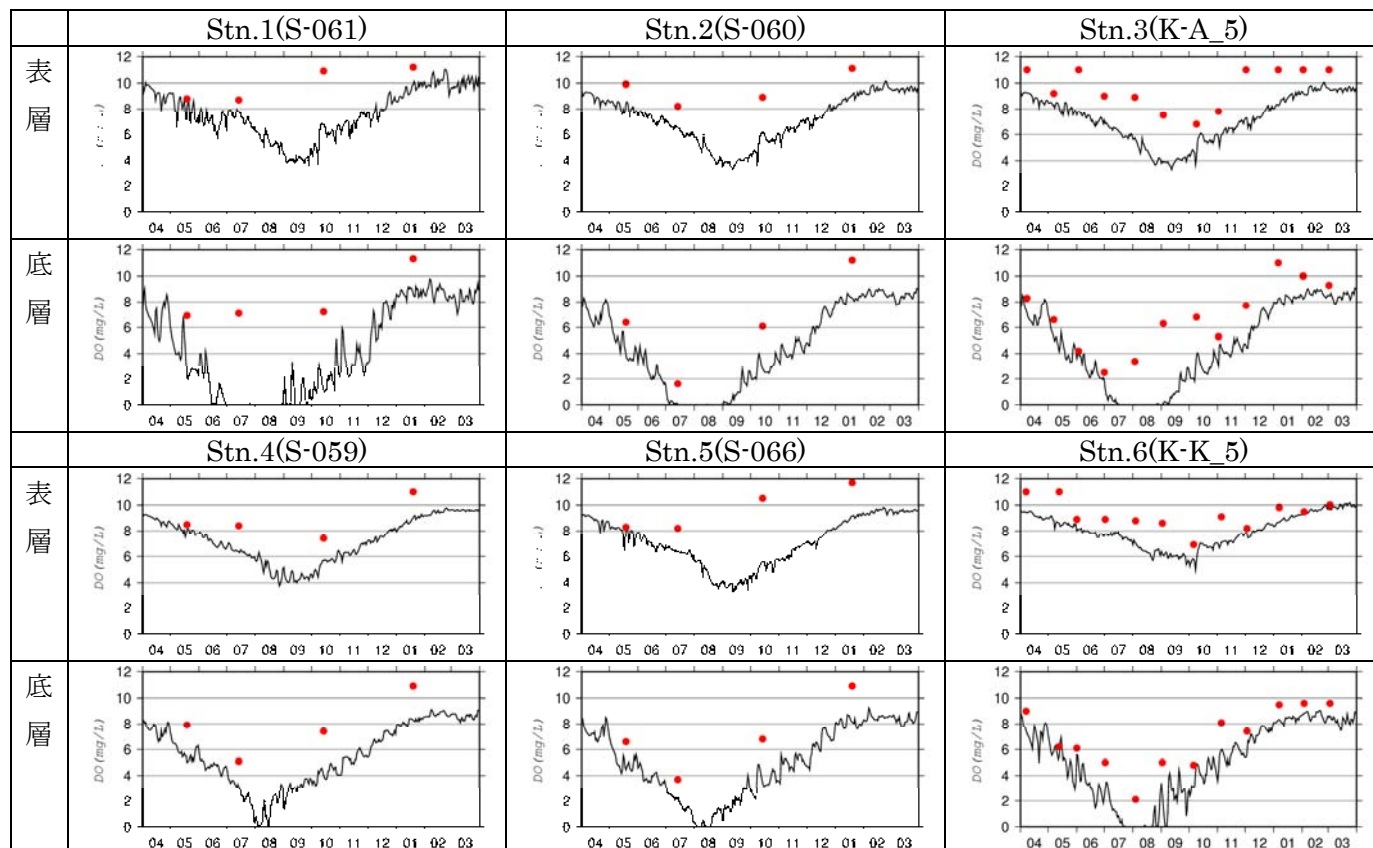
T-P



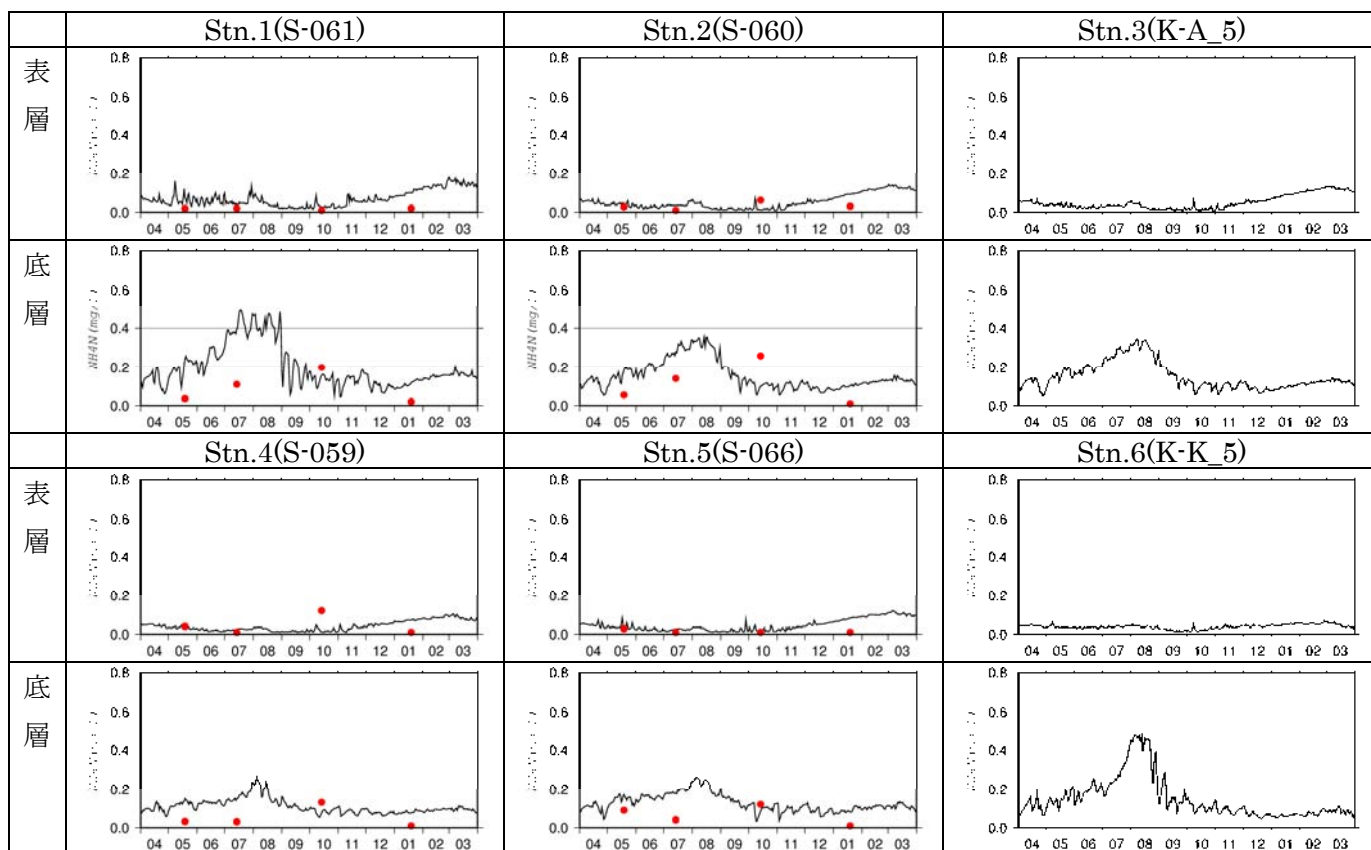
Chl-a



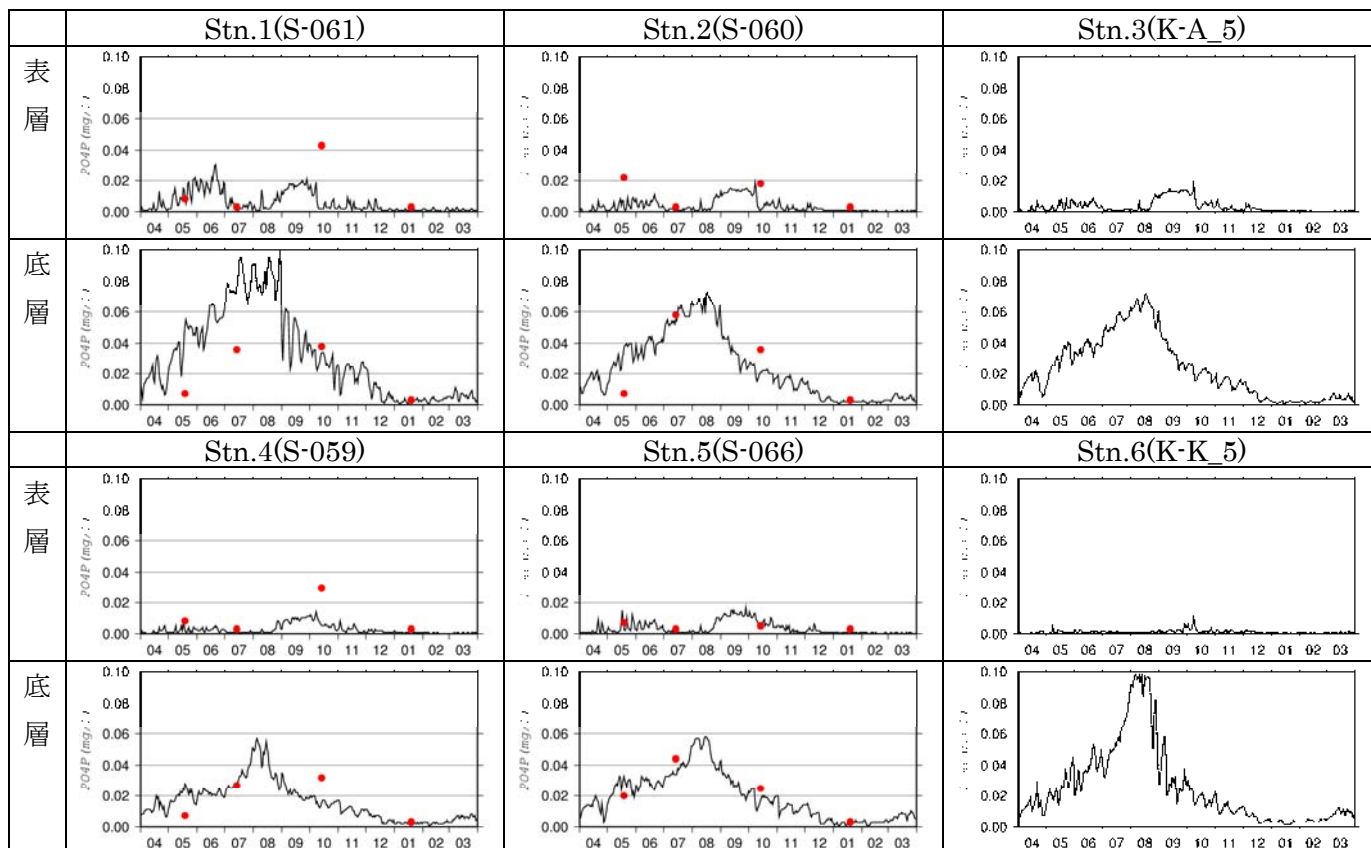
DO



NH4-N



PO4-P



2-2 対策ケース①の効果検討

造成する干潟および浅場の位置は、図 2.7 のオレンジで示された箇所であり、流動計算に用いる該当格子の水深は $TP \pm 0m$ にかさ上げした。

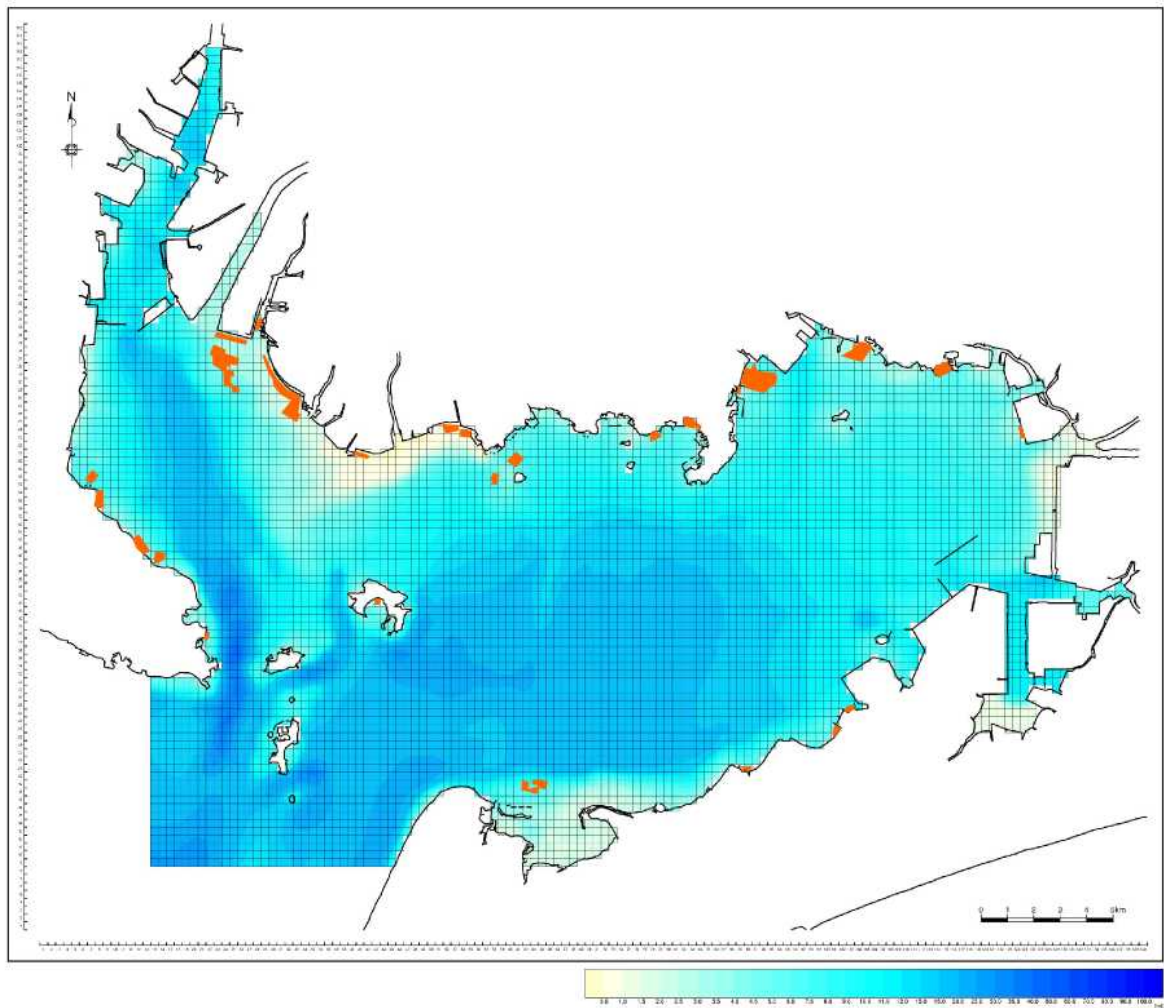


図 2.7 対策ケース①の地形条件

図 2.8 に三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量（各格子の濃度×各格子の容量）の比較を示す。これによると、これらの項目について、対策①は 2009 年現況と明確な差は見られない。

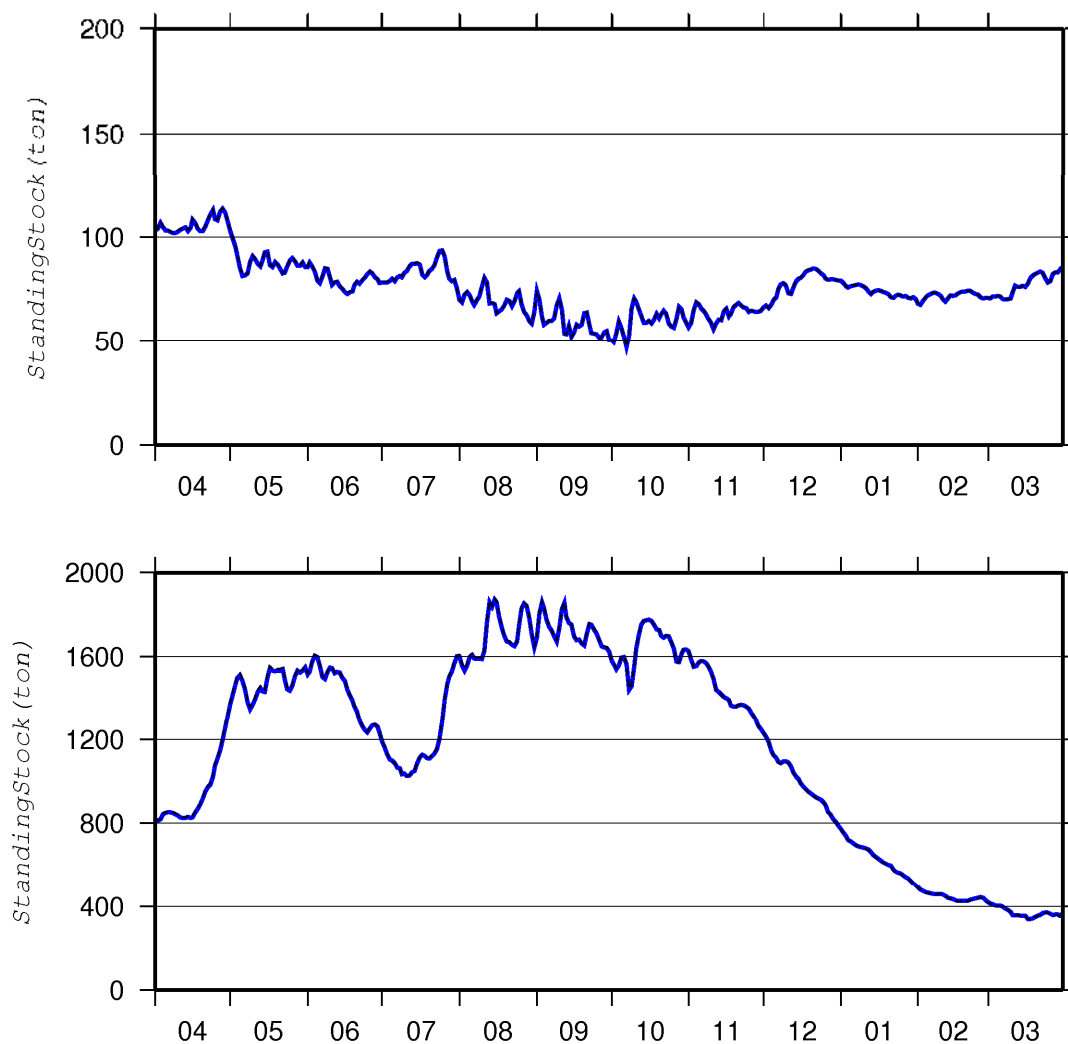


図 2.8 植物プランクトン(上)と動物プランクトン存在量比較（点線：2009 年、青線：対策①）

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L 以下の面積と体積、酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積の 2009 年現況との比較を以下に示す。これによると、これらの項目について、対策①は 2009 年現況と明確な差は見られない。

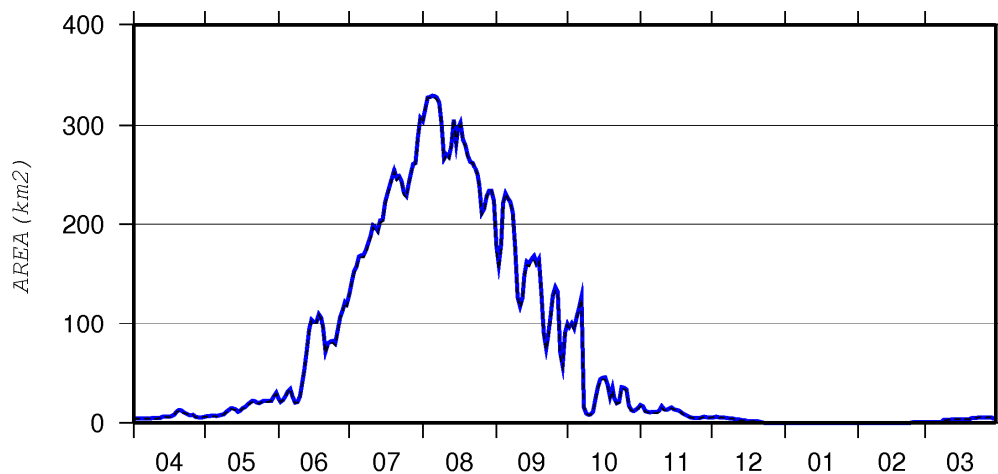


図 2.9(1) 溶存酸素 2mg/L 以下の面積比較 (点線：2009 年、青線：対策①)

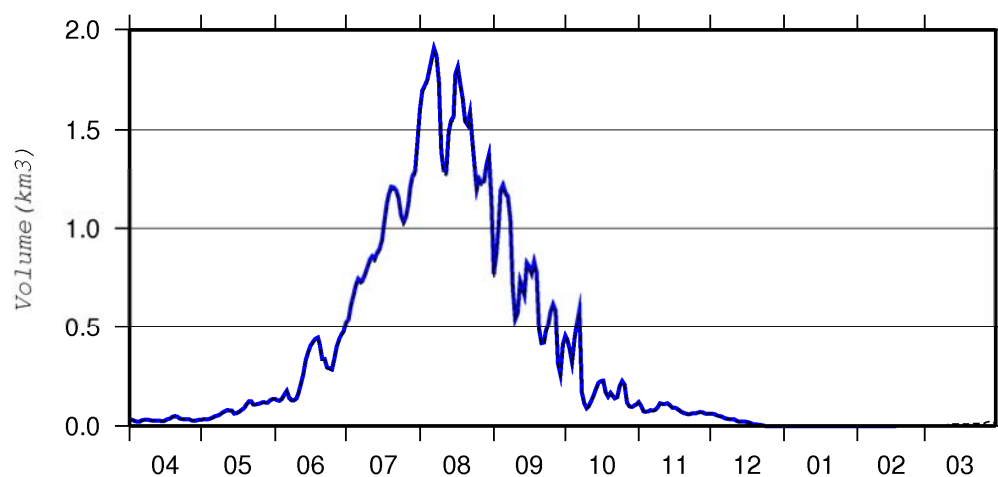


図 2.9(2) 溶存酸素 2mg/L 以下の体積比較 (点線：2009 年、青線：対策①)

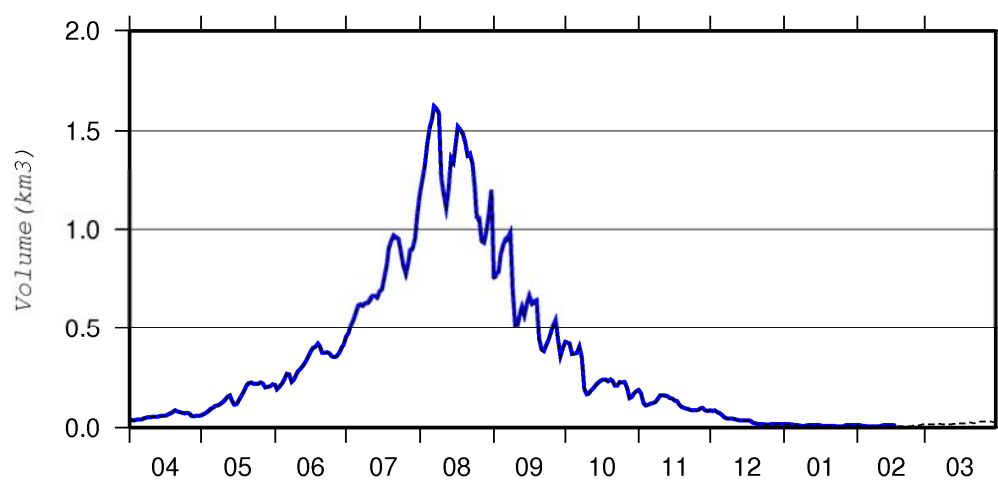


図 2.9(3) 酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積比較 (点線：2009 年、青線：対策①)

2-3 対策ケース②の効果検討

造成するアマモ場の位置は、図 2.10 のオレンジで示された箇所である。

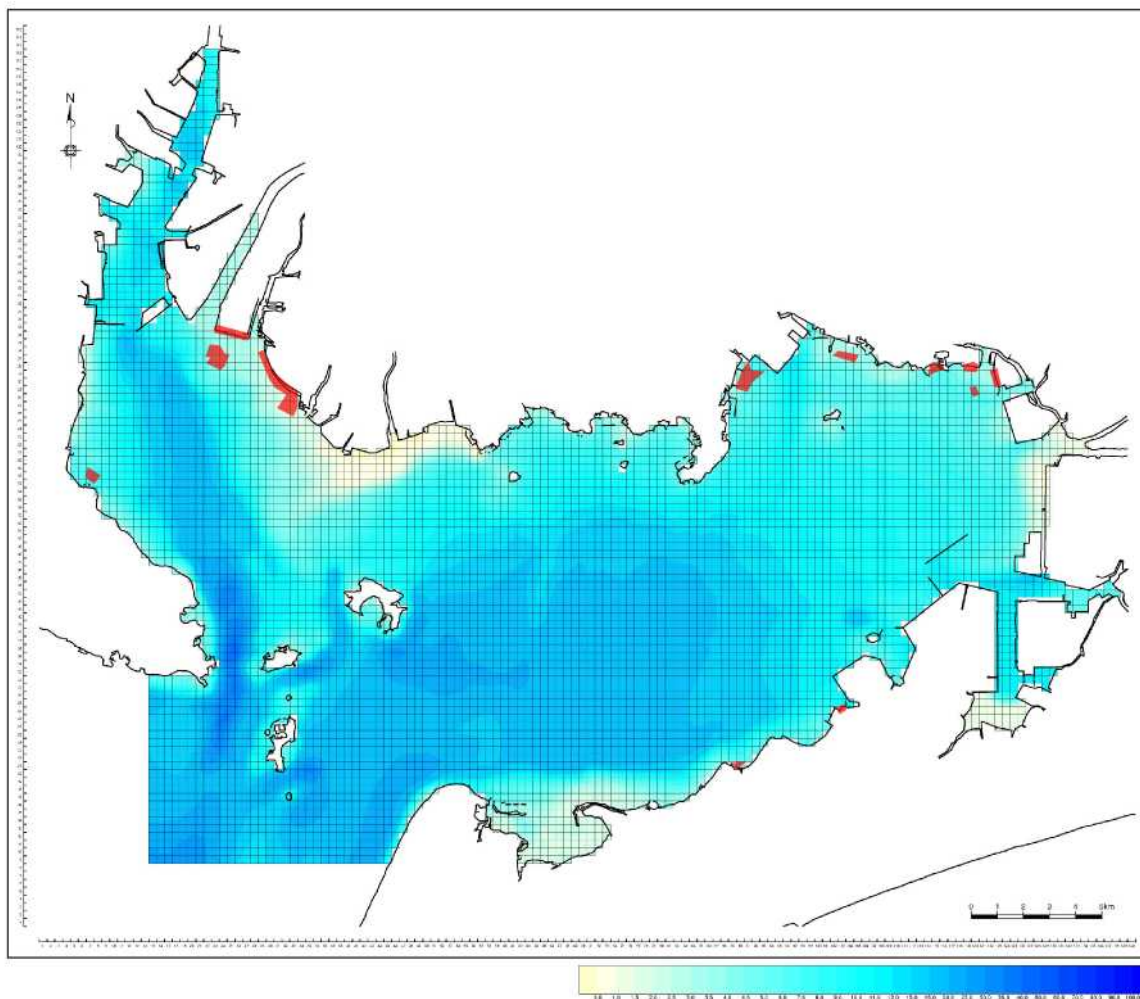


図 2.10 対策ケース②の地形条件

図 2.11 に三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量（各格子の濃度×各格子の容量）の比較を示す。これによると、これらの項目について、対策②は 2009 年現況と明確な差は見られない。

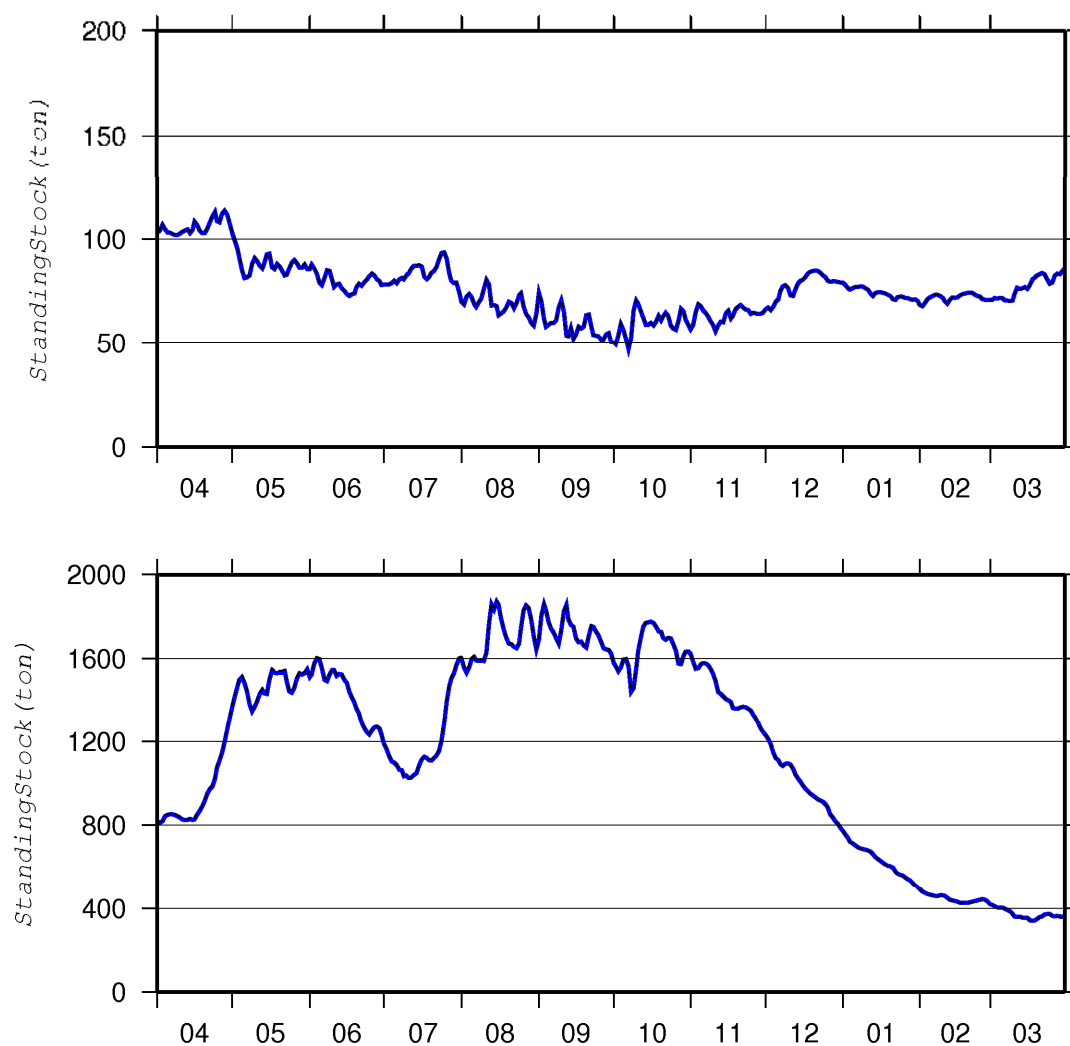


図 2.11 植物プランクトン(上)と動物プランクトン存在量比較（点線：2009 年、青線：対策②）

水質モデルの計算結果として、三河湾全域における溶存酸素 2mg/L 以下の面積と体積、酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積の 2009 年現況との比較を図 2.12 に示す。これによると、これらの項目について、対策②は 2009 年現況と明確な差は見られない。

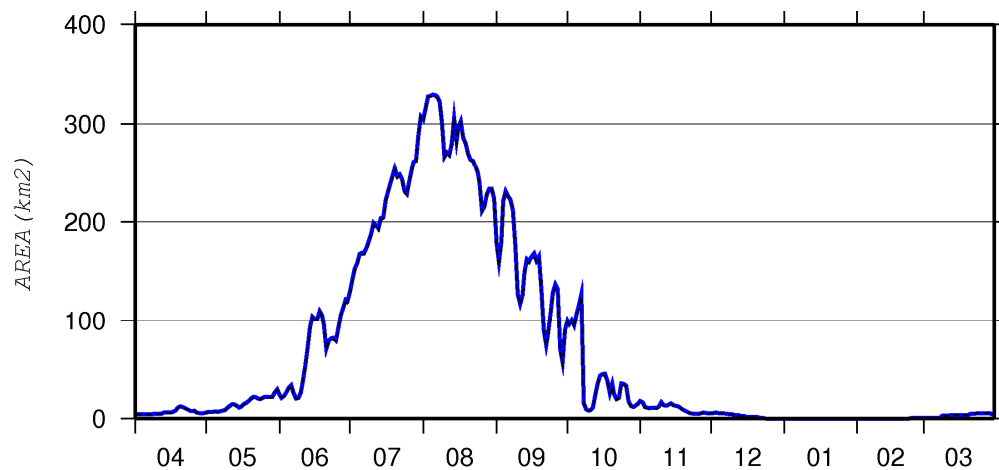


図 2.12(1) 溶存酸素 2mg/L 以下の面積比較 (点線：2009 年、青線：対策②)

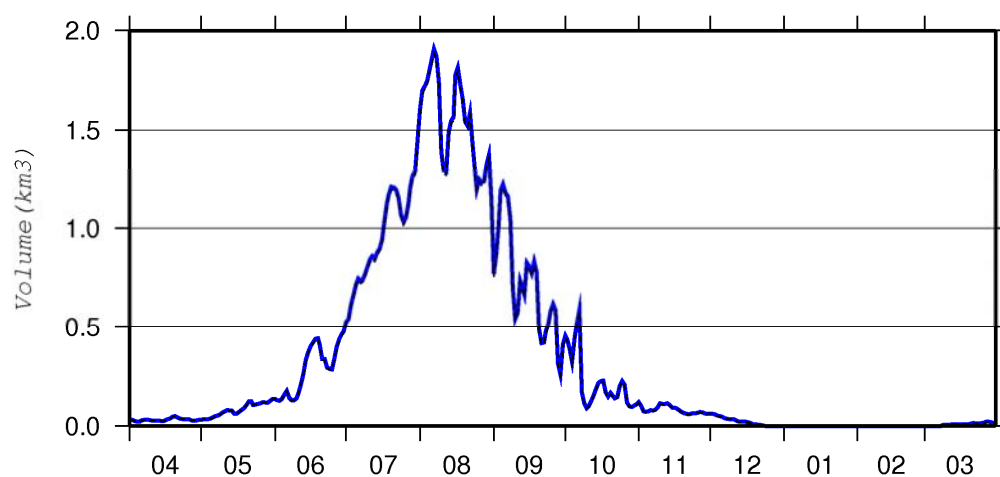


図 2.12(2) 溶存酸素 2mg/L 以下の体積比較 (点線：2009 年、青線：対策②)

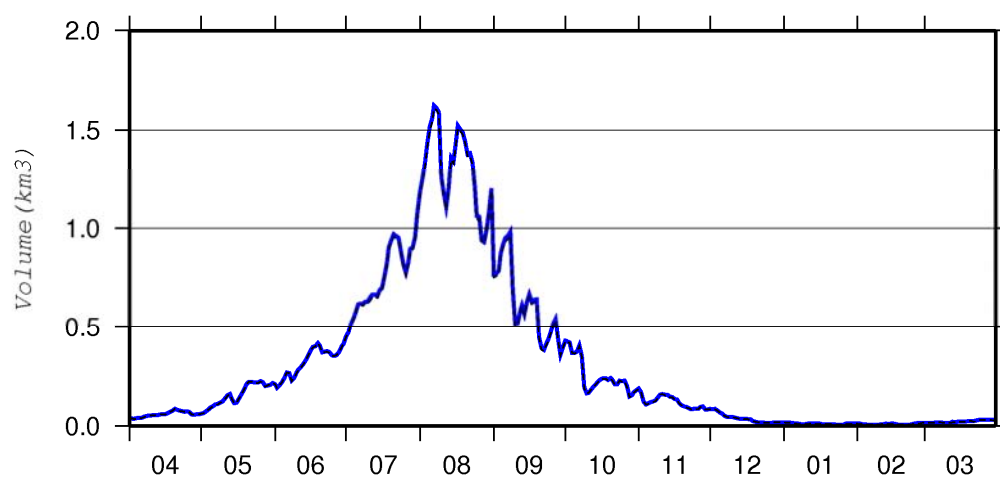


図 2.12(2) 酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積比較 (点線：2009 年、青線：対策②)

対策①および②の結果において、三河湾全体の水質濃度や貧酸素水塊に対して対策前（2009年現況計算）と比べて明らかな改善効果を見ることはできなかった。しかしながら、対策を講じた局所的な水域（ボックス）に限ってみると、その効果を確認することができる。例として、対策を講じた水域における底泥からの硫化物溶出速度を図 2.13 および図 2.14 に示す。

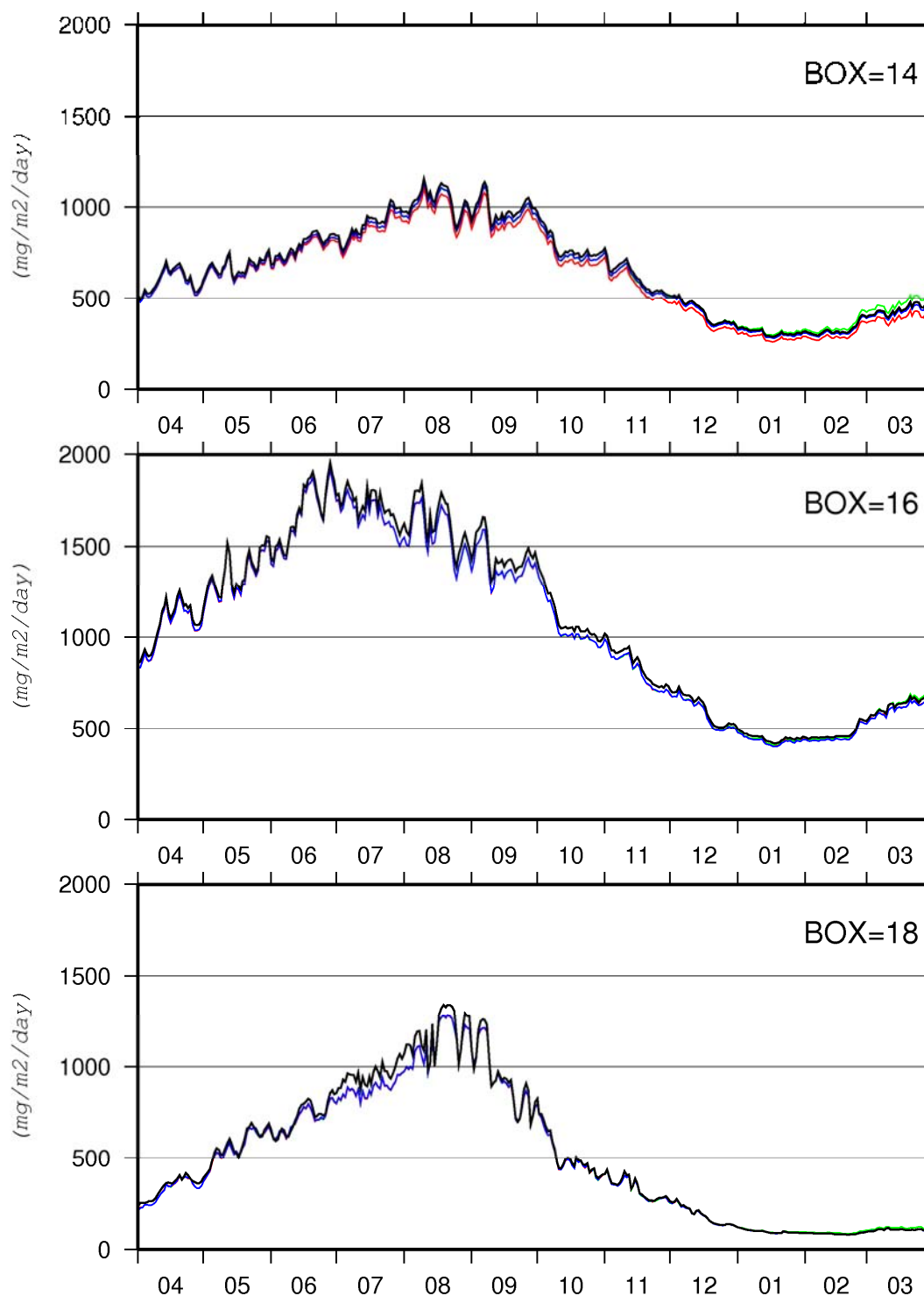


図 2.13 硫化物溶出速度比較【干潟・浅場ボックス】（黒：2009年現況、青：対策①、赤：対策②）

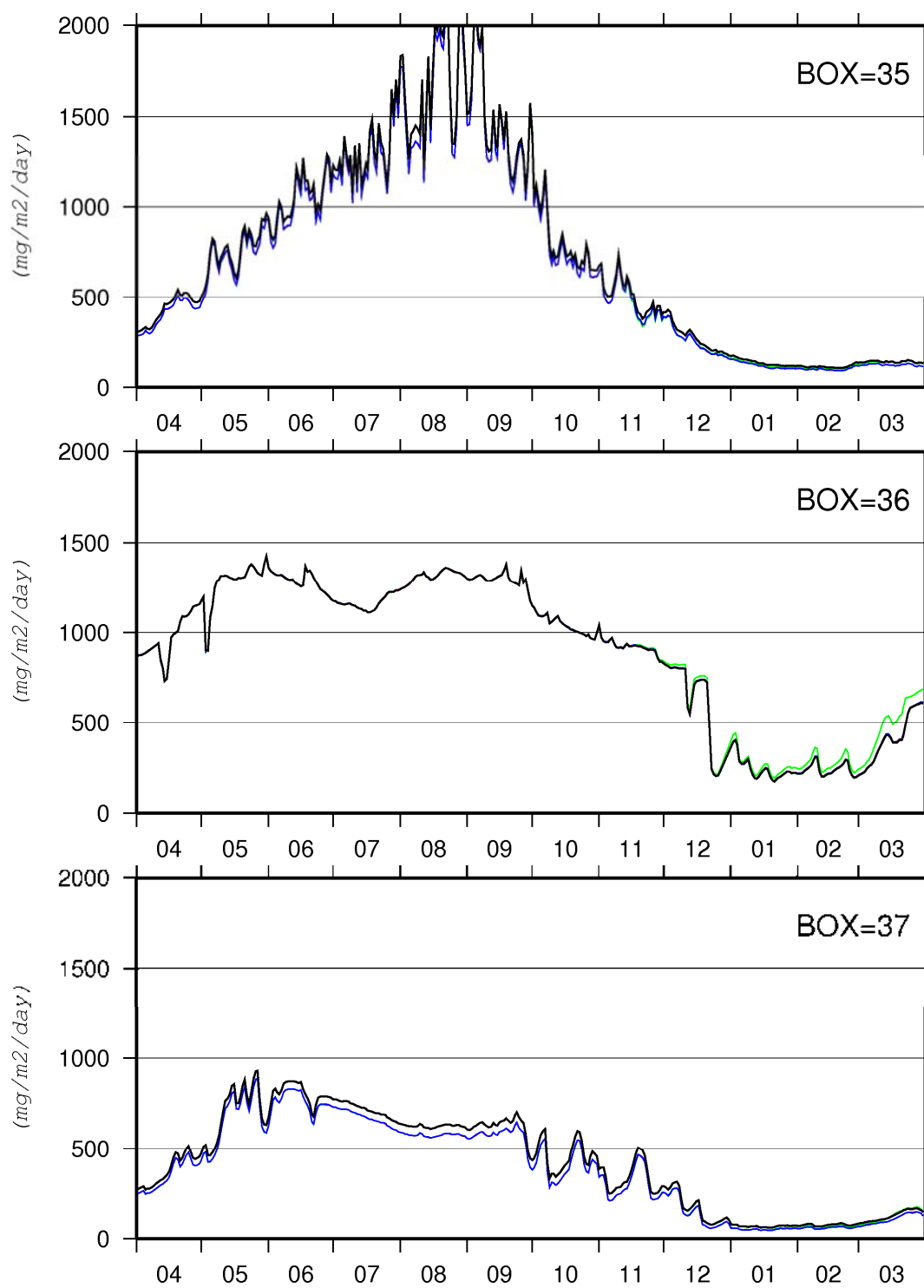


図 2.14 硫化物溶出速度【深掘埋め戻しボックス】（黒：2009年現況、青：対策①、赤：対策②）

2-4 望ましい姿の検討と現況との比較

1960 年代の計算条件として用いた地形および水深は図 2.15 に示すとおりである。流動計算においては、地形・水深以外の諸条件は、2009 年現況計算と同様とした。水質計算においては、地形・水深以外に、流入負荷における有機炭素の懸濁態の比率を 2009 年現況の 2 割から 8 割にし、有機物の易分解と難分解の割合を 5:5 から 8:2 に変更している。

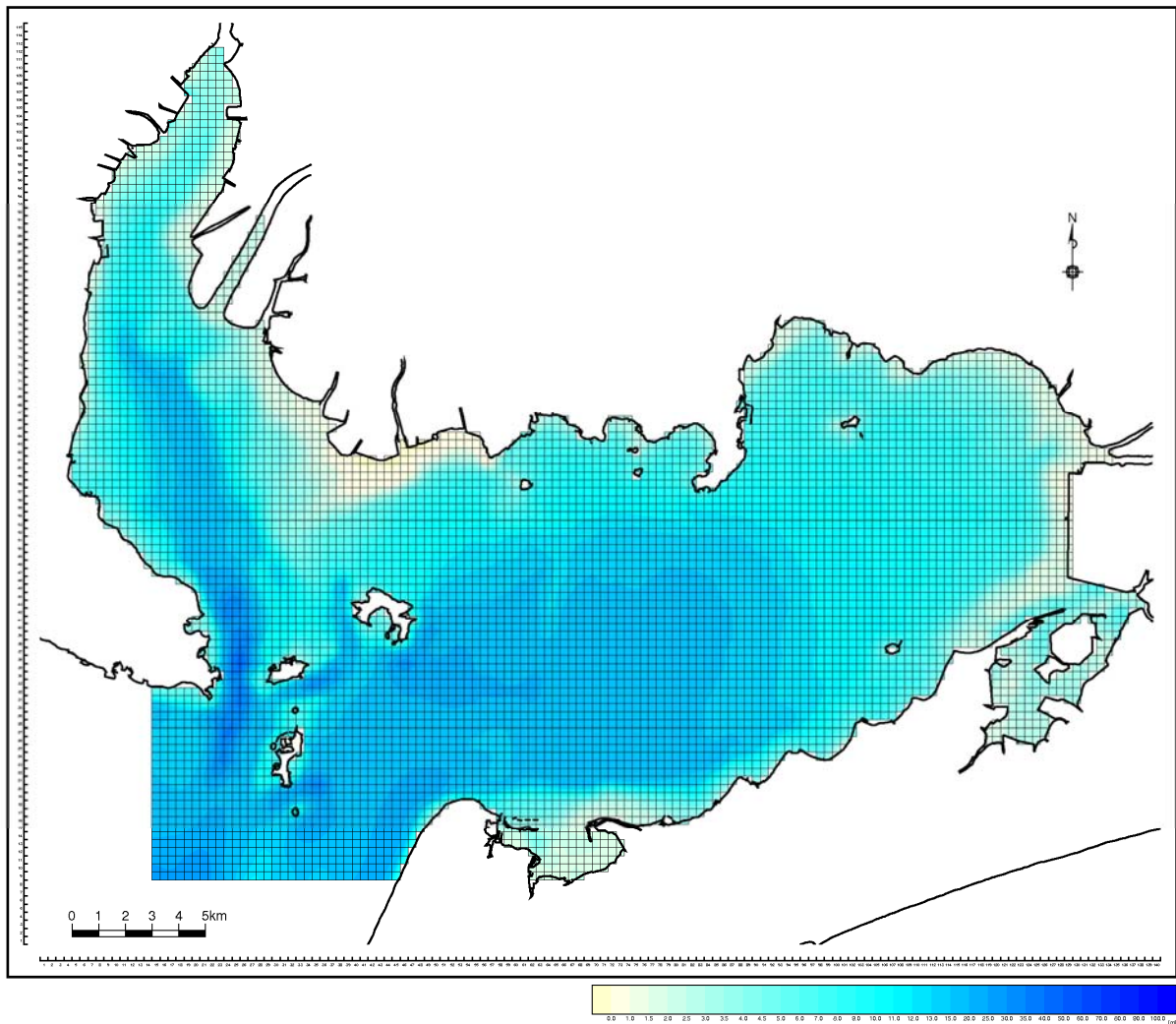
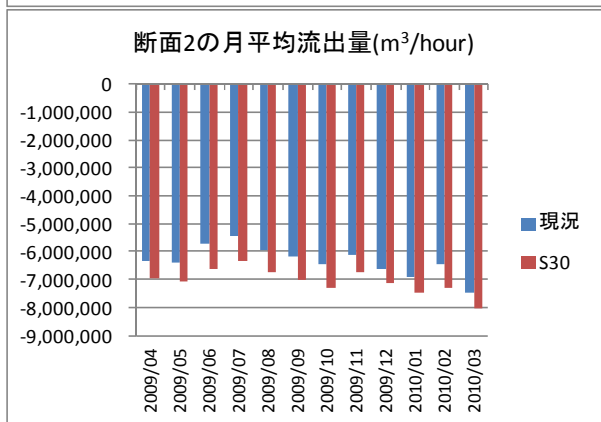
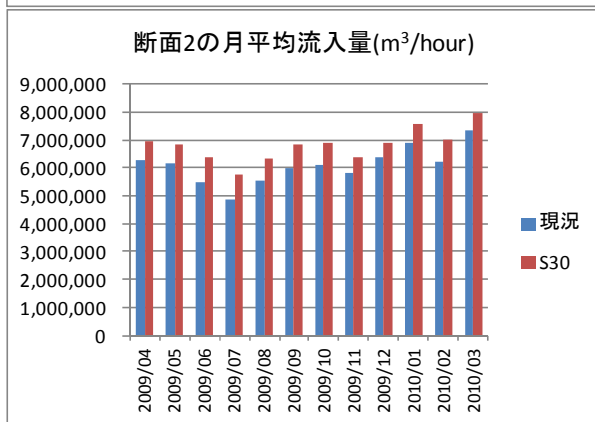
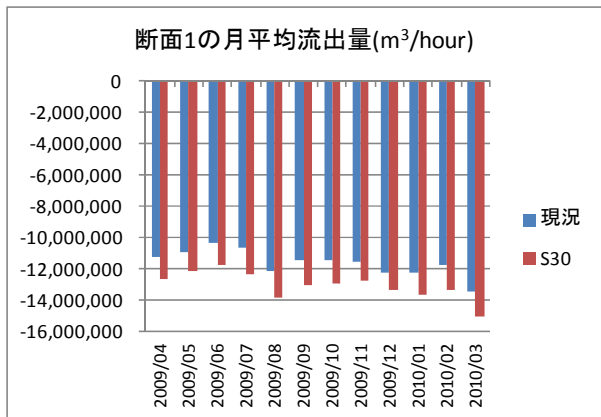
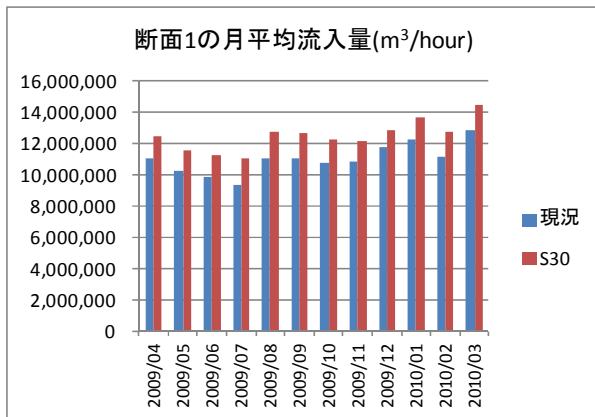
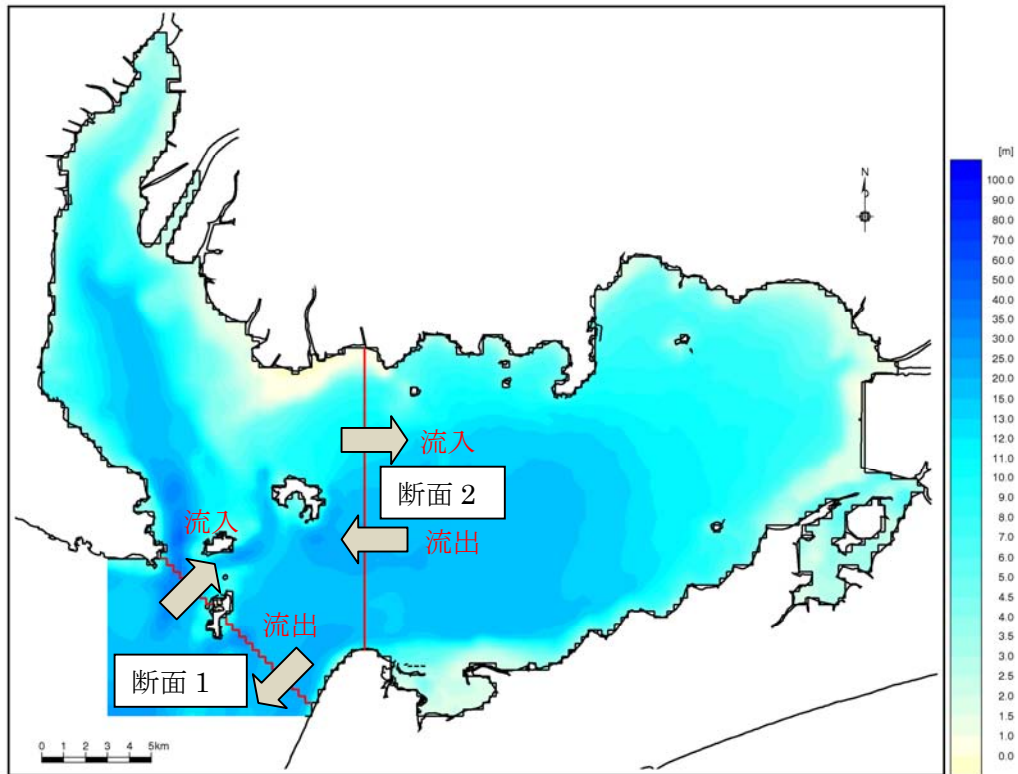


図 2.15 1960 年代の地形・水深条件

図 2.16 に、三河湾における任意の断面での各月の通過流量の比較を示す。これによると、すべての月において、1960 年代の地形条件の方が現況より流入・流出量が多く、湾内と湾外との海水交換量が多い結果となっている。今後、流動特性等について解析を行う。



注) 流入量を正の値、流出量を負の値で示した。

図 2.16 断面1 および2 における通過流量の比較 (現況と 1960 年代の地形)

図 2.17 に三河湾内における植物プランクトンと動物プランクトンの存在量（各格子の濃度×各格子の容量）の比較を示す。

これによると、動物プランクトンの存在量が 1960 年代地形条件の方が大きい結果となっている。

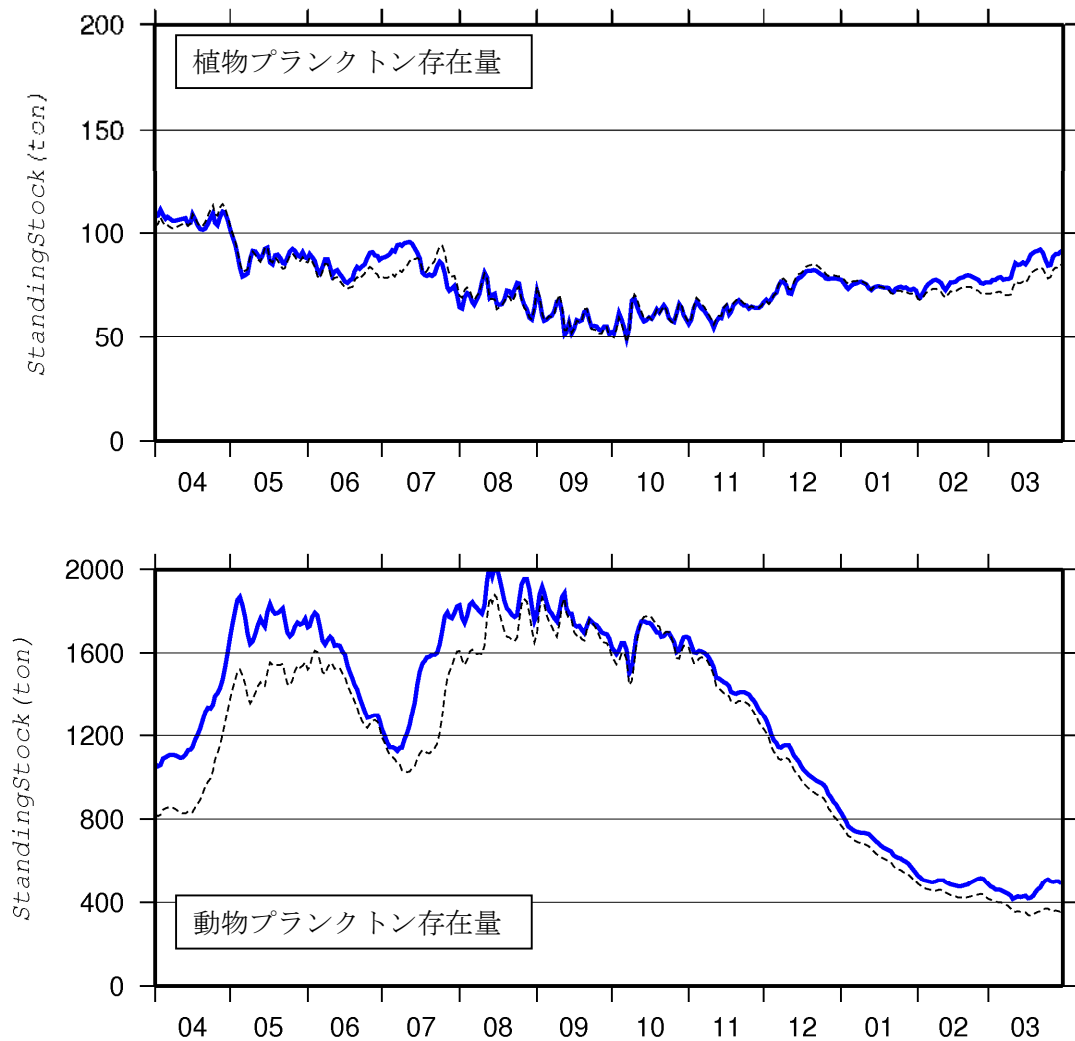


図 2.17 植物プランクトンと動物プランクトン存在量比較（点線：2009 年、青線：1960 年代）

水質モデルの計算結果として、溶存酸素 2mg/L 以下の面積と体積、酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積、酸素消費物質の存在量の 2009 年現況との比較を図 2.18 に示す。これによると、1960 年代の地形条件での計算結果は、夏季に貧酸素化するものの、期間は 2009 年現況に比べて 2 ヶ月以上短く、また、夏季においても面積・体積ともに規模は小さくなっている。

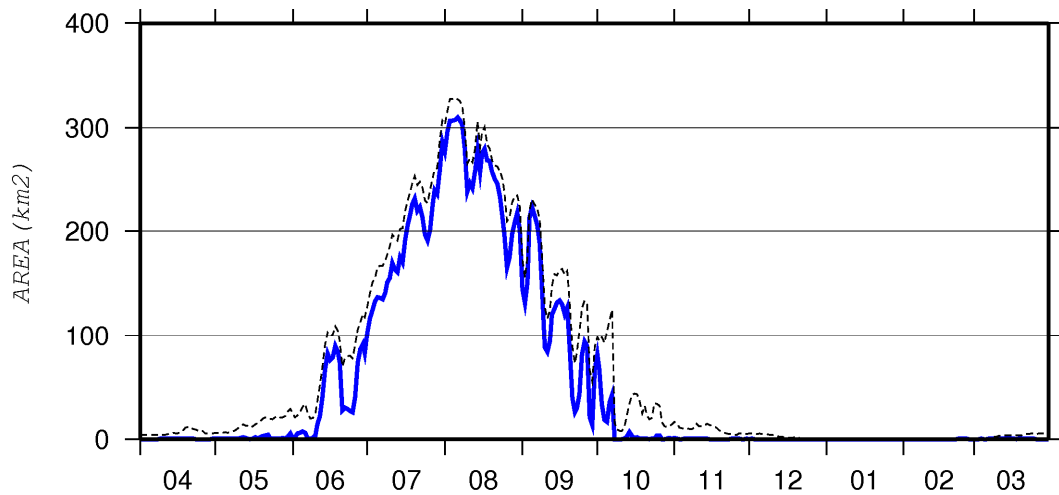


図 2.18(1) 溶存酸素 2mg/L 以下の面積比較 (点線：2009 年、青線：1960 年代)

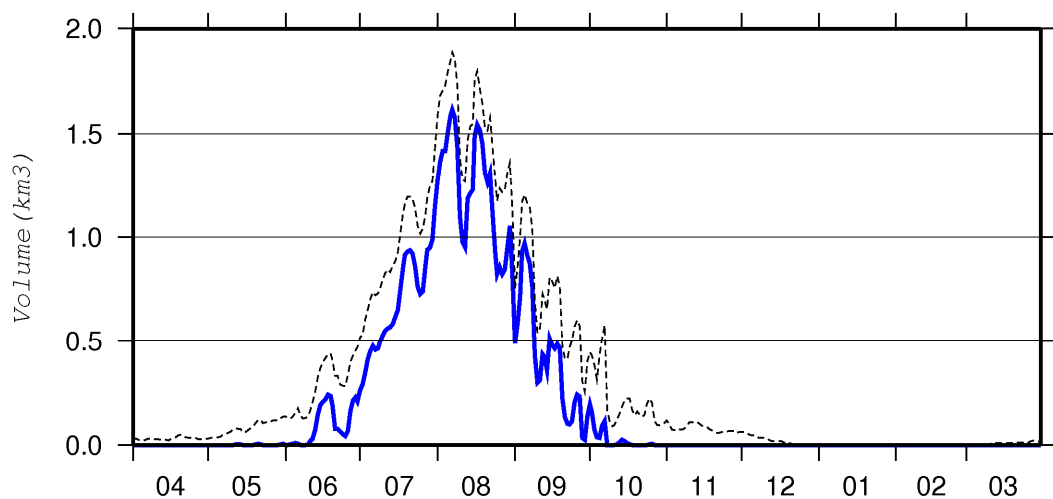


図 2.18(2) 溶存酸素 2mg/L 以下の体積比較 (点線：2009 年、青線：1960 年代)

酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積については、1960 年代の地形条件での計算結果は 2009 年現況より若干規模が小さい結果となっているが、各計算格子の濃度に格子容積を乗じて算出した酸素消費物質の存在量については、1960 年代地形条件の方が小さく、酸素消費物質の濃度が 1960 年代地形条件の方が低く、底生生物に対してのリスクが低い結果となっている（図 2.19）。

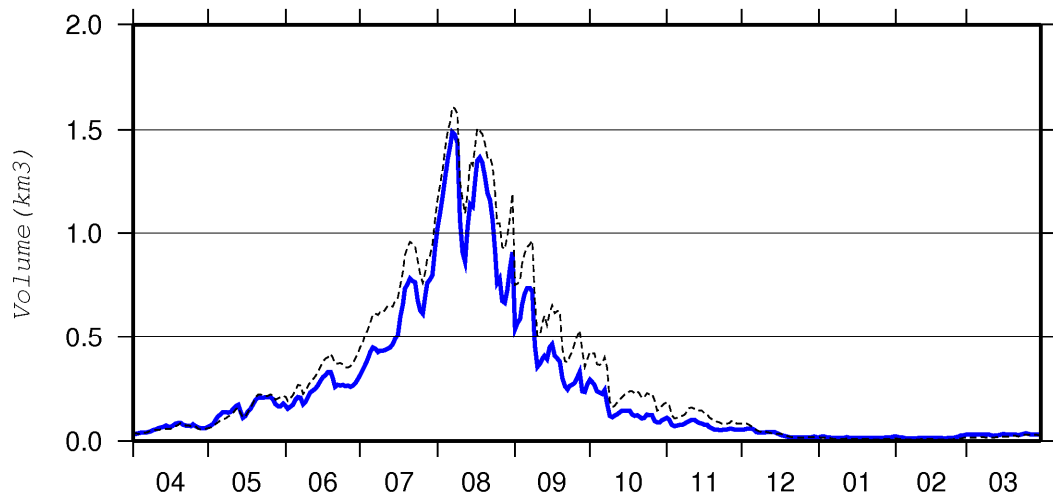


図 2.19(1) 酸素消費物質 0.01mg/L 以上の体積比較（点線：2009 年、青線：1960 年代）

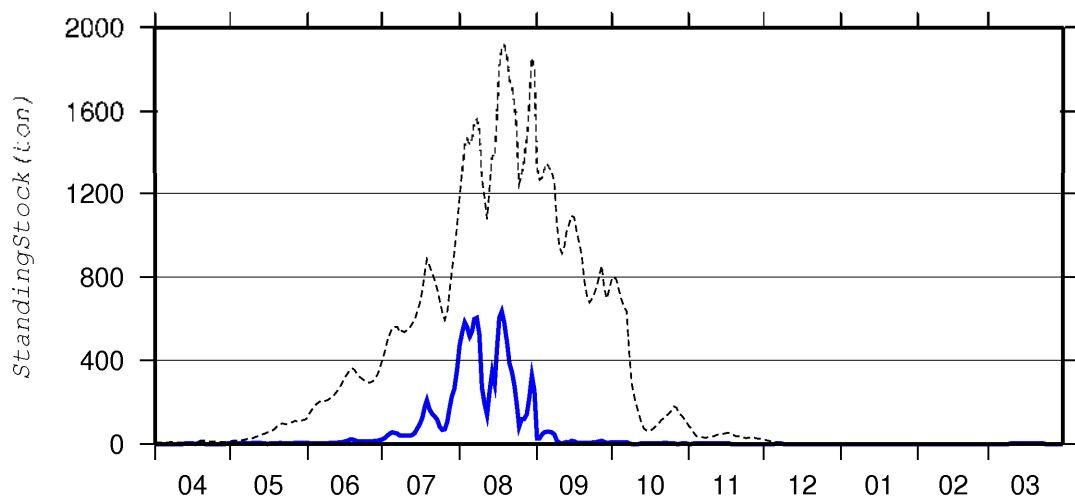


図 2.19(2) 酸素消費物質の存在量の比較（点線：2009 年、青線：1960 年代）

図 2.20 に各計算ケースにおける三河湾内の底生生物の存在量を示す。ここで、1960 年代②というケースは、1960 年代地形条件に 2009 年現況と同じ流入負荷量を入れたケースである。これは、1960 年代の地形条件の計算結果において、地形の影響と流入負荷量の分画を変えた影響を切り分けることを目的として行った。

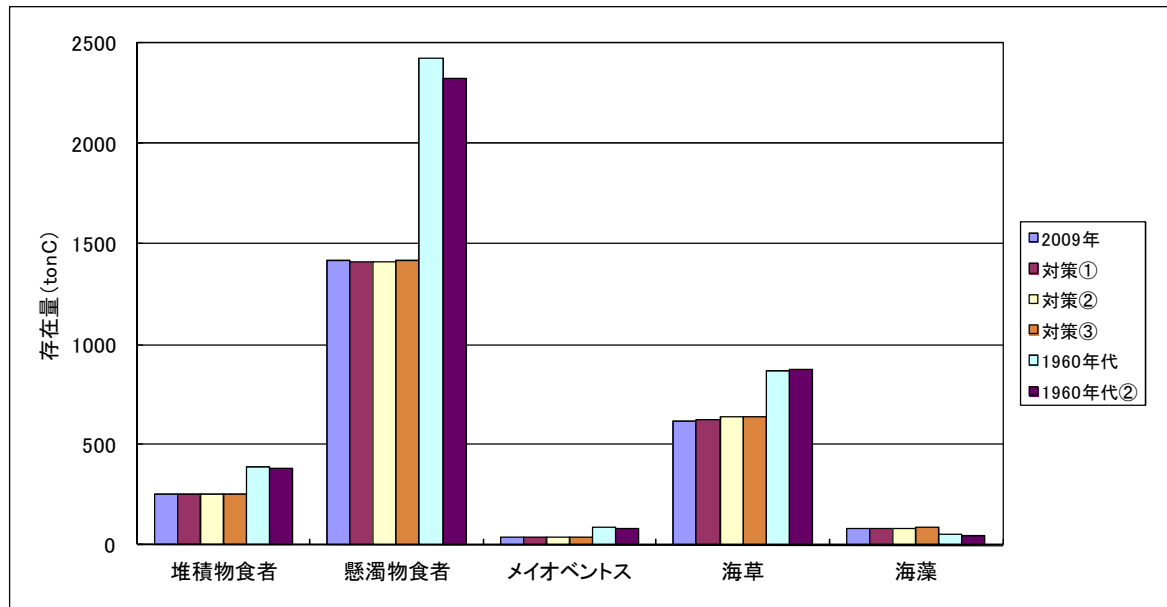


図 2.20 三河湾内における底生生物の存在量

図 2.21 に各計算ケースにおけるプランクトンの存在比率を示す。2009 年現況に対して、対策ケースではプランクトン比率に違いは見られないが、1960 年代地形のケースでは、植物プランクトンは中・大型のものが減少し、小型のものが増加した。動物プランクトンについては、逆に小型のものが減少し、中・大型のものが増加した。今後、地域 WG における実証試験の結果を踏まえ、底生生物によるプランクトンサイズ選択摂餌等をモデルに反映させる。

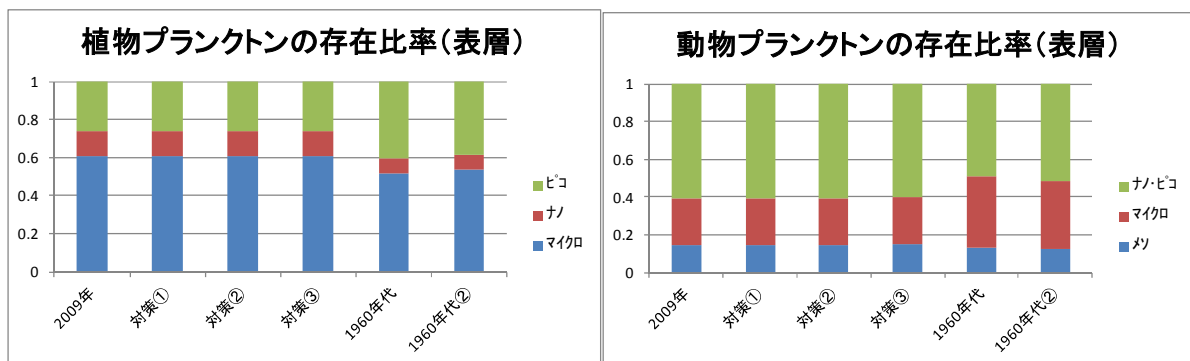


図 2.21 三河湾におけるプランクトンの存在比率

3. 播磨灘北東部地域

3-1 施策の効果検討の考え方

境界条件の設定上の都合から大阪湾、紀伊水道を含む瀬戸内海東部を 900m 格子の計算領域とするとともに、検討対象である播磨灘北東部周辺海域については 300m 格子として、シミュレーションを行い、流動および水質モデルの再現性を確認したところである。

しかし、施策ケースの検討にあたっては、加古川河口周辺海域を対象に詳細な検討を行うこととなった。そこで 900m-300m 格子による広域の計算結果を用いて、流動モデルおよび水質モデルの境界条件、初期条件を作成し、加古川河口周辺海域を切り出して 100m 格子に細格子化（図 3.22）し、シミュレーションを実施した。

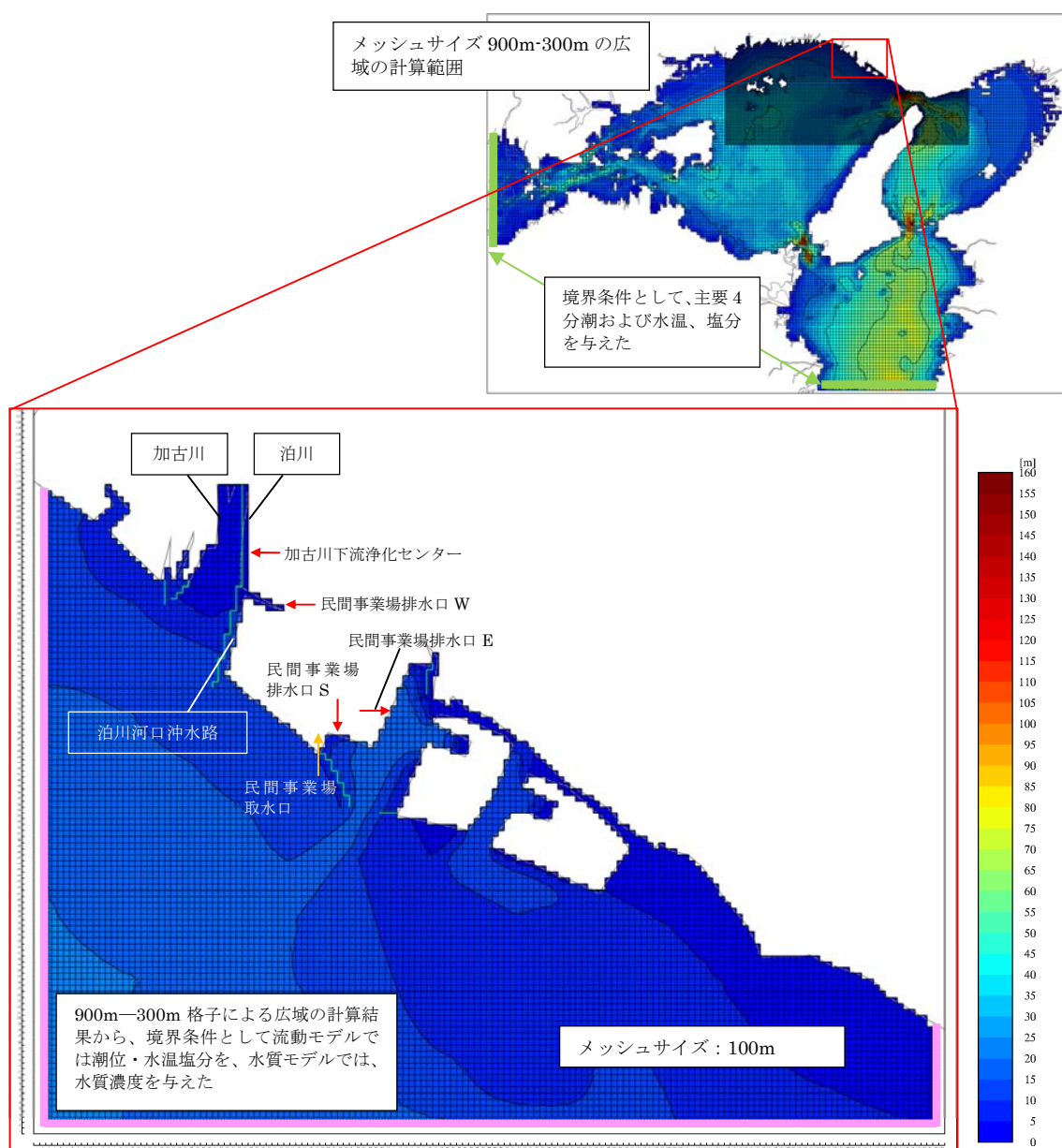


図 3.22 加古川河口周辺海域を対象としたシミュレーションの計算範囲および水深

施策の効果検討シミュレーションの計算条件を表 3.1 に、泊川河口沖水路周辺の浄化センターや近傍の民間事業場の流入条件の設定方法を表 3.2 に示す。

表 3.1 計算条件

気象条件		風向風速は「明石」の風向風速を、計算範囲の全域に同じ値を与えた
流入条件	河川	領域内の 1 級・2 級・主要河川流量と負荷量(COD、TN、TP)を与えた。
	事業場	排水量上位 20 位の事業場と周辺の下水处理場の流入量と負荷量(COD、TN、TP)を与えた
湾口境界条件	潮位振幅	大・中領域計算の計算結果を与えた
	水温・塩分	大・中領域計算の計算結果を与えた
	水質	大・中領域計算の計算結果を与えた
初期条件	水温・塩分	大・中領域計算の計算結果を与えた
	水質	大・中領域計算の計算結果を与えた

表 3.2 泊川河口沖水路周辺の流入負荷設定方法

加古川下流 浄化センター	排水口は「第一排水口」と「第二排水口」の 2 か所あるが、今回の計算では図中の 1 カ所のみからの排水が行われるものとして計算を行っている
民間事業場	取水口から取水した海水を冷却水等に利用し排水と混合された状態で 3 つの排水口(排水口 E・S・W)より排出しており、『特定排水』と『冷却水』が排出されている 『特定排水(総量規制に係る排水)』: 毎日測定されている流量と負荷量を東排水口・南排水口・西排水口それぞれ(0.30 : 0.45 : 0.25)の割合で分配している 『冷却水(冷却にのみ使用される海水)』: 月 3 回測定されている取排水量を時間方向に線形補間している。水質は一定値を与えている

3-2 下水処理場から排出される窒素を増加させた場合の効果検討

(1) 検討条件

加古川に隣接する泊川の河口に位置する加古川下流浄化センターについて、排出する窒素濃度を増加させる場合（窒素増加運転の実施）の効果を検討した。

これまでに実施された通常運転時と窒素増加運転時の水質分析結果から、窒素増加運転時の形態別の窒素濃度は通常時に比べて表 3.3 に示すような倍率になっていた。そこで表 3.3 の関係を満たすように、全窒素の流入負荷量を 1.39 倍にし、窒素の分画比を表 3.4 のように設定することで物質収支モデル上で窒素増加運転時を想定した計算を行った。ただし、 $\text{NH}_4\text{-N/DIN}$ 比の値は暫定的な値である。

参考のため、加古川下流浄化センターの排水の各態の窒素の分析結果と、その結果をもとに設定された窒素の分画比を図 3.23 に示した。また、確認のため、設定された分画比を用いて各態の窒素濃度を算出した結果も同時に示した。

表 3.3 窒素増加運転時の各態の窒素濃度の倍率

全窒素濃度	1.39 倍
NH_4 濃度	4.09 倍
NO_x 濃度	1.36 倍
DIN 濃度	1.45 倍

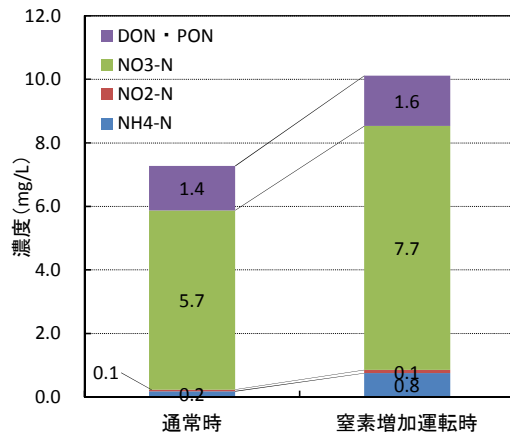
表 3.4 窒素の分画比の設定

	通常運転*	窒素増加運転
DIN/全窒素	0.73	0.76
$\text{NH}_4\text{-N/DIN}$	0.42	0.42

分画比に係る注意事項)

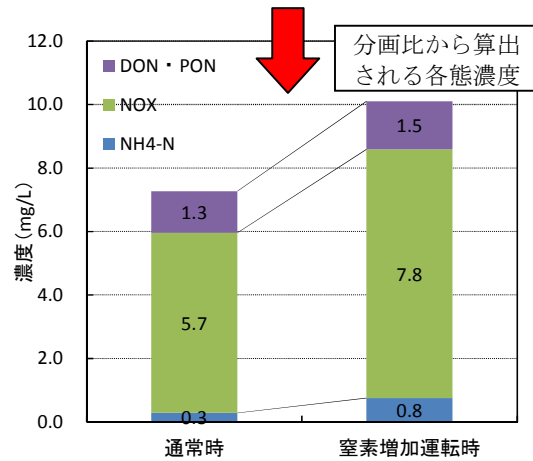
* 通常運転の窒素の分画比は、暫定的に河川水の値を参考にして設定してある。 $\text{NH}_4\text{-N/DIN}$ 比などは実際よりも大きい値になっている。

各態別窒素濃度の測定結果



測定結果から求められた分画比

	通常時	窒素増加運転時 (全窒素×1.39)
DIN/全窒素	0.82	0.85
NH4-N/DIN	0.048	0.088



(通常時は、H21 および H22 年の 11、12、3 月の測定結果の平均値。
窒素増加運転は同年の 1、2 月の測定結果の平均値)

図 3.23 加古川下流浄化センター排水の各態の窒素濃度と分画比の設定

(2) 検討結果

通常運転ケースと窒素増加運転ケースについて、大潮・小潮期の潮位（下げ潮最強時・干潮・上げ潮最強時・満潮）ごとの水質(例として全窒素を示した)の水平的な分布と鉛直的な分布をそれぞれ図 3.24、図 3.26 に示した。また、両ケースの差値も同時に示した。

図 3.27 には、泊川河口沖水路に沿った断面の表層での水質の経時変動を示した。

窒素増加運転による差値は、泊川河口沖水路内の上流ほど高く、出口付近(断面位置 B)では差値はほとんど見られない。また、泊川河口沖水路の表層で全窒素の差値が高くなっている。

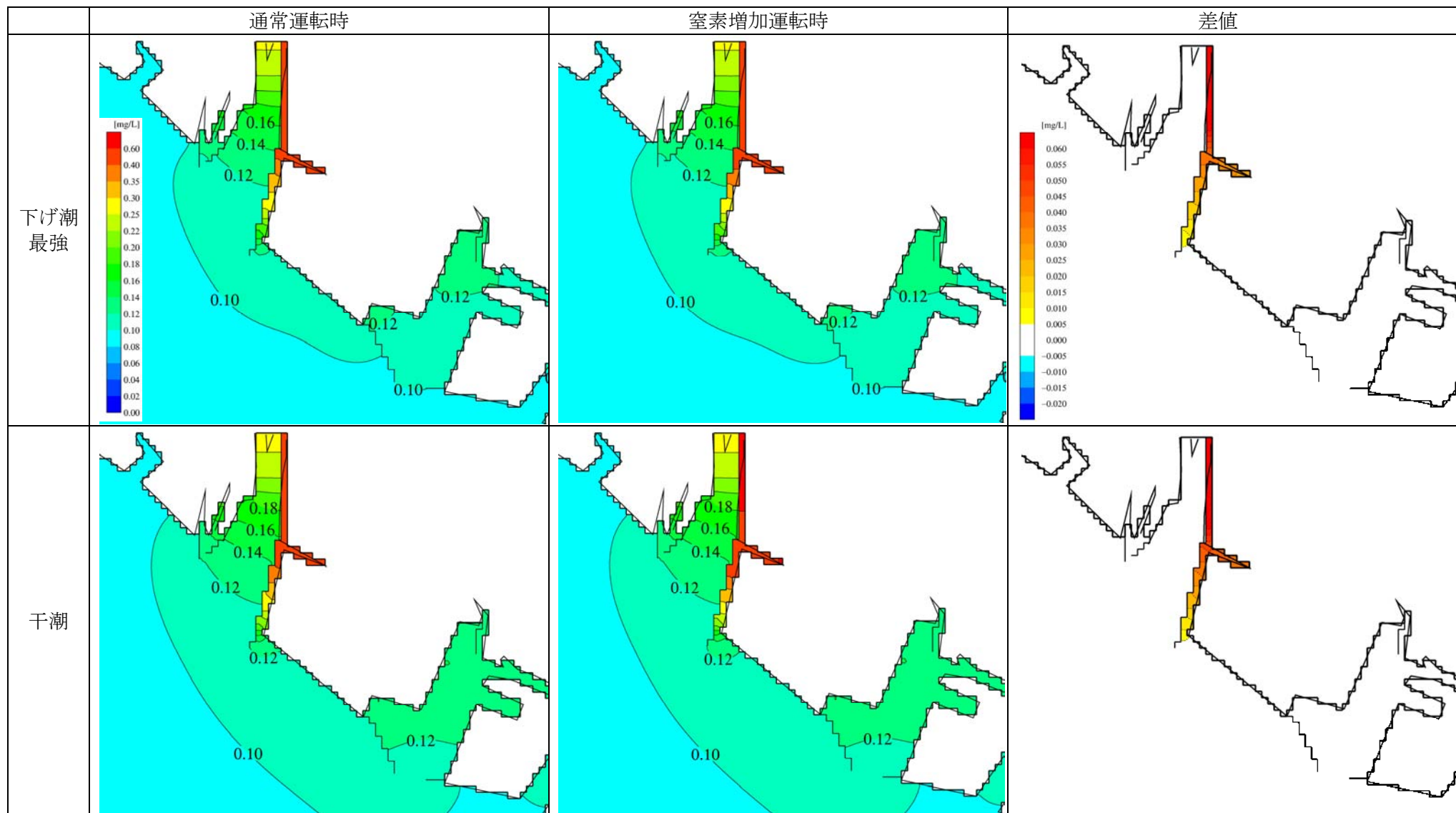


図 3.24(1) 大潮期の水質の水平分布 (T-N)

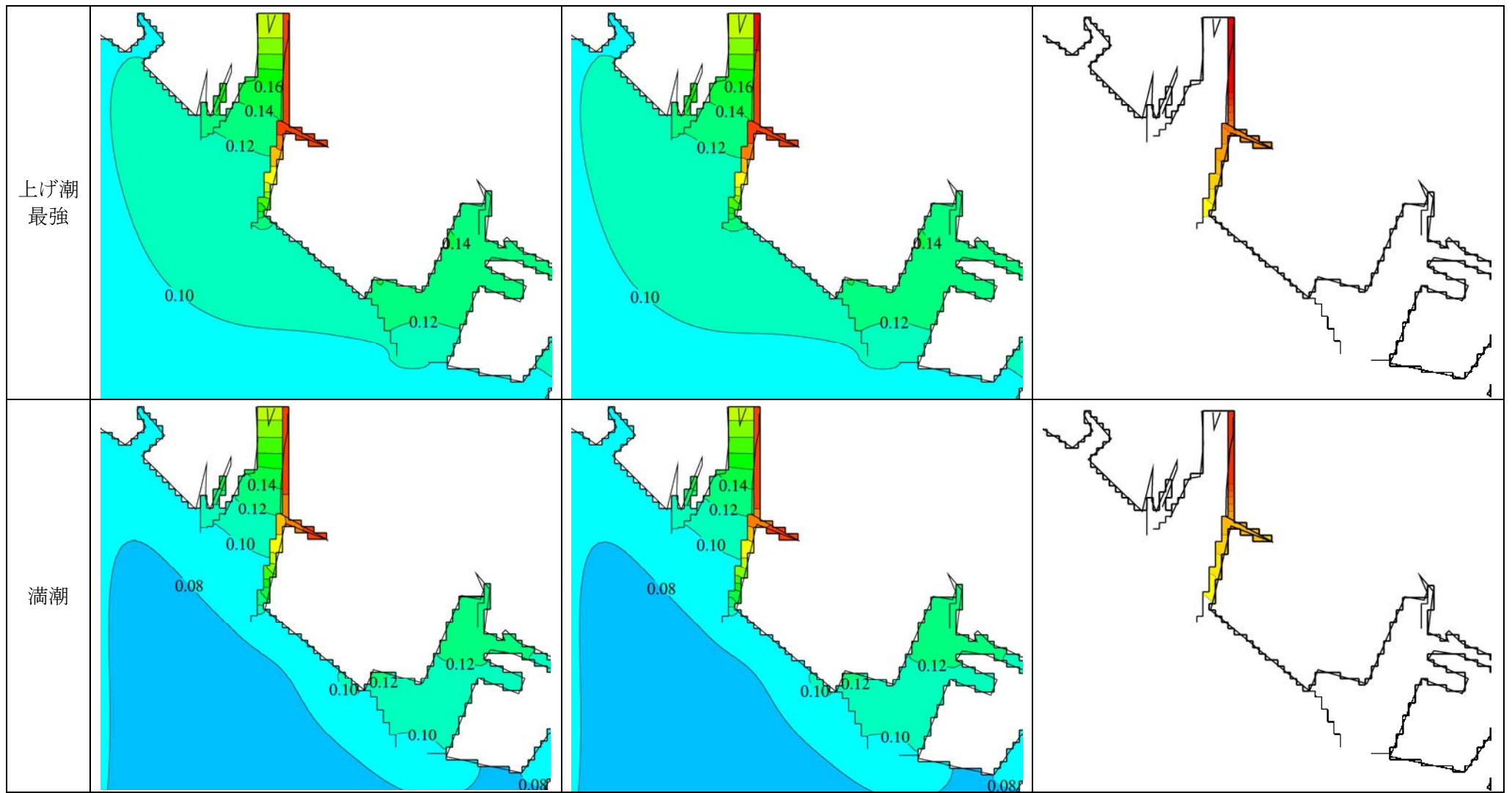


図 3.24(2) 大潮期の水質の水平分布 (T-N)

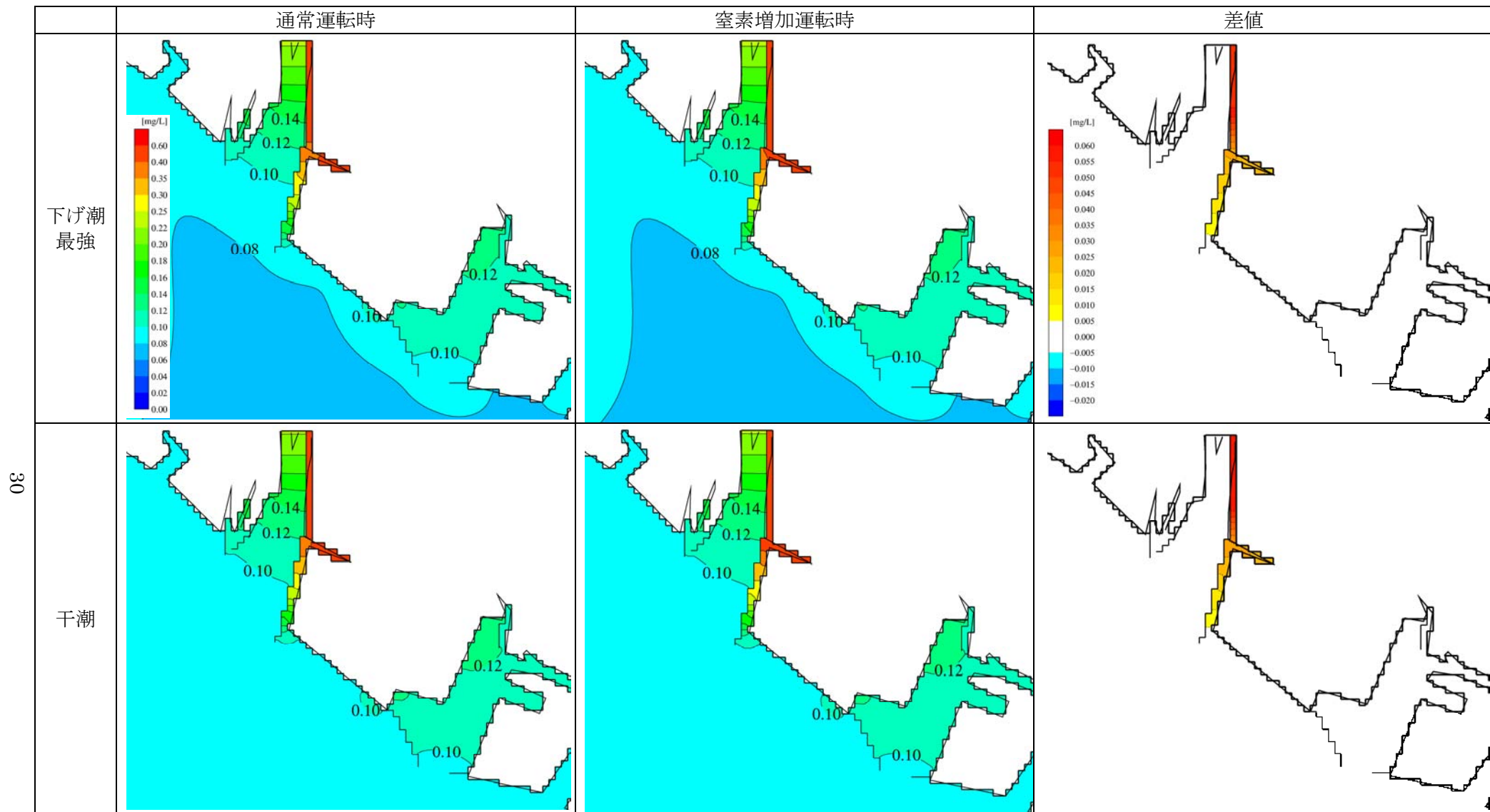


図 3. 25 (1) 小潮期の水質の水平分布 (T-N)

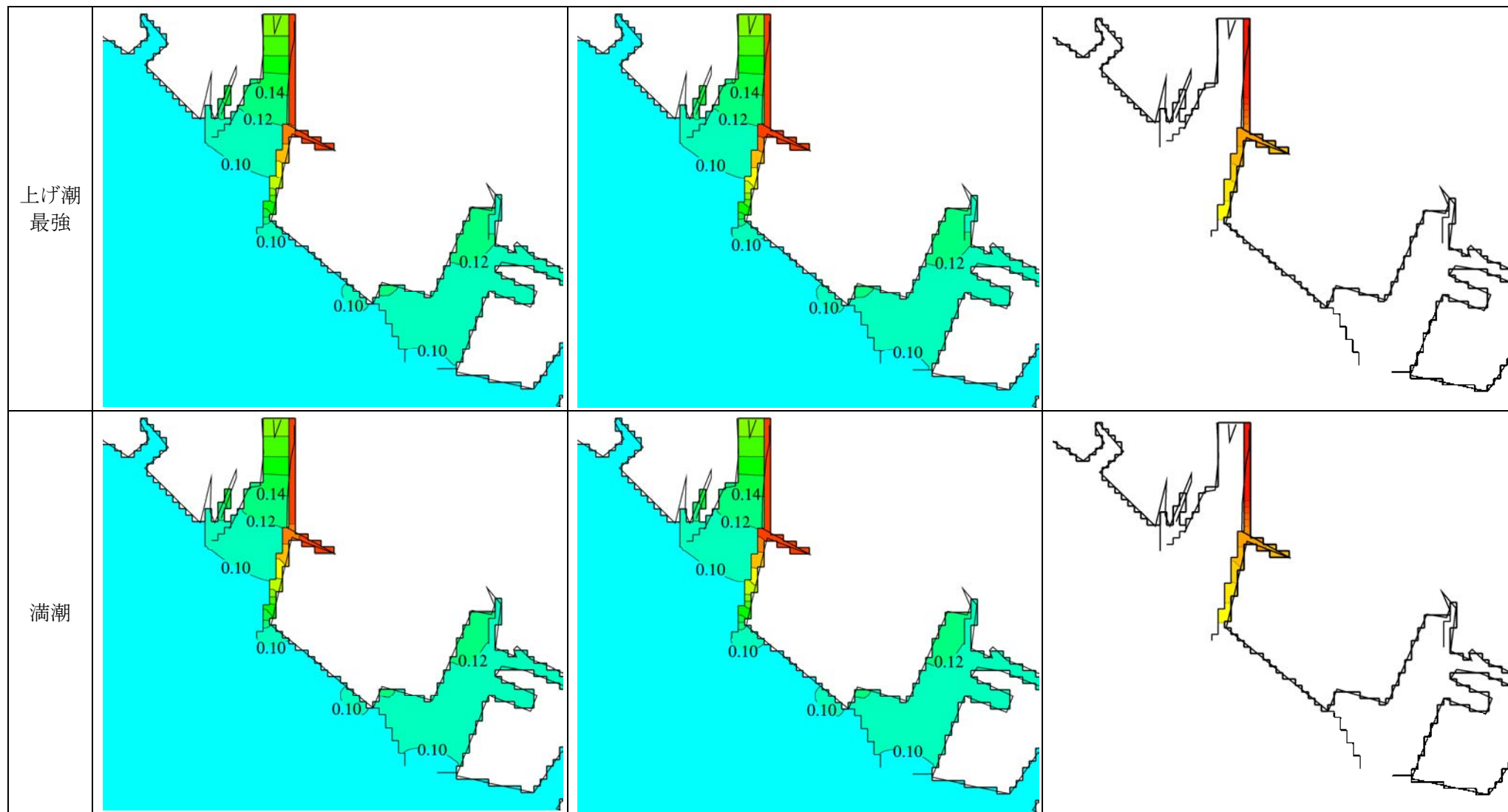


図 3.25(2) 小潮期の水質の水平分布 (T-N)