

### 3. 播磨灘北東部地域

#### 3-1 地形データ反映による再現性向上

播磨灘北東部地域では、港湾奥部の滞留域における栄養塩類濃度の高止まり、夏季の底層の貧酸素化や、沿岸～沖合域の栄養塩類濃度の低下などの「栄養塩類の偏在化」が問題視されている。この「栄養塩類の偏在化」の解消により物質循環の健全化を図る方針が地域により検討されていることから、以下の2つを重視して数値シミュレーションの精度向上を行ってきた。

①沿岸部に局所的な構造による栄養塩の滞りを表現する

⇒加古川河口周辺海域を切り出して100m格子に細格子化した(図3.1)

②表層の流動場と栄養塩類の循環状況の再現性を向上する

⇒鉛直方向の格子分割に $\sigma$ 座標系を用いた

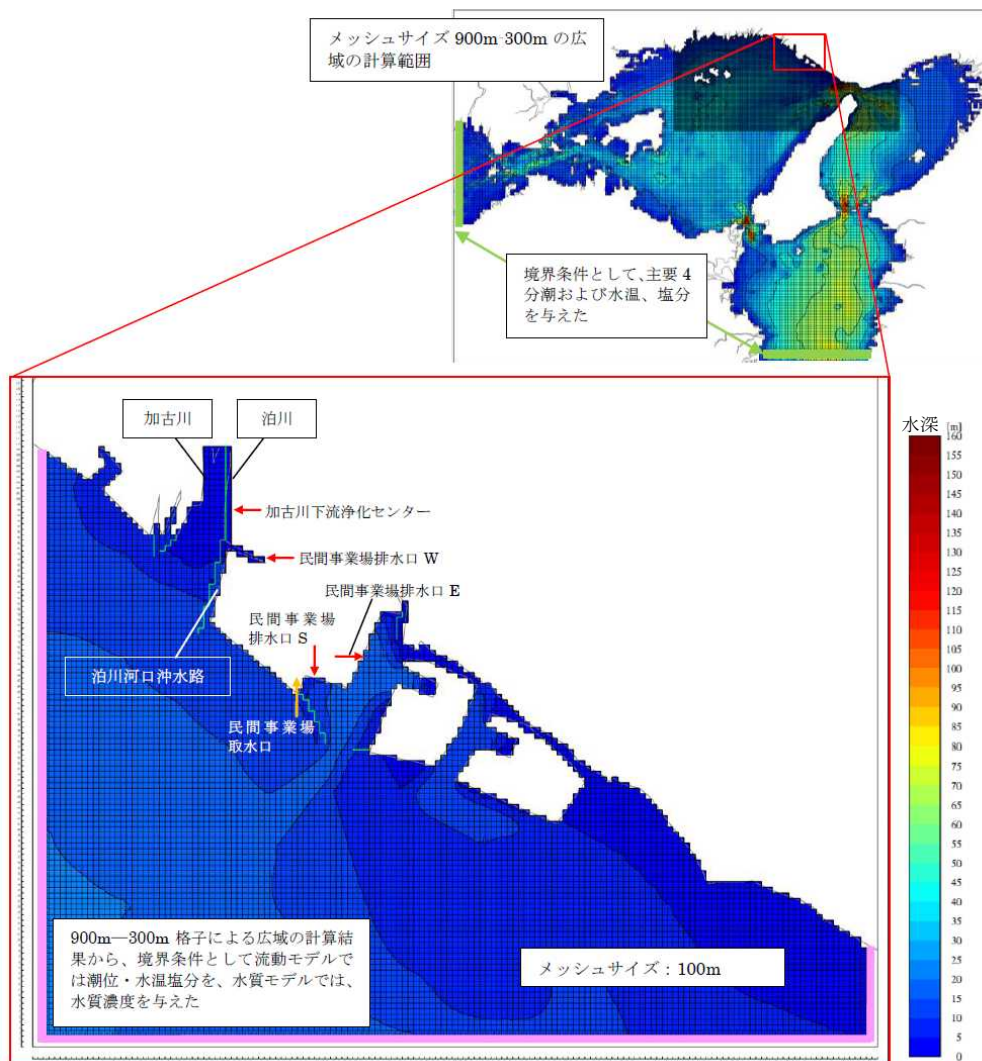


図 3.1 加古川河口周辺海域を対象としたシミュレーションの計算範囲および水深

平成 23 年度に用いたシミュレーションモデルについての課題として、泊川河口沖水路内の地形データの取得の必要性が挙がっていたことから、平成 24 年 7 月 30 日に現地で深淺測量を実施し、その結果をモデルの地形データに反映することにより再現性の向上を図った。

地形データの反映前後の計算結果を図 3.2 に示す。泊川河口沖水路奥部の東西方向の水路における水深が浅くなったことにより、民間事業場からの排水の流れが反映前より速くなり、その結果、加古川下流浄化センターからの排水の影響範囲が現況に近付いた。よって、現地の深淺測量結果を用いたことによりモデルの再現性が高まったと考えられる。

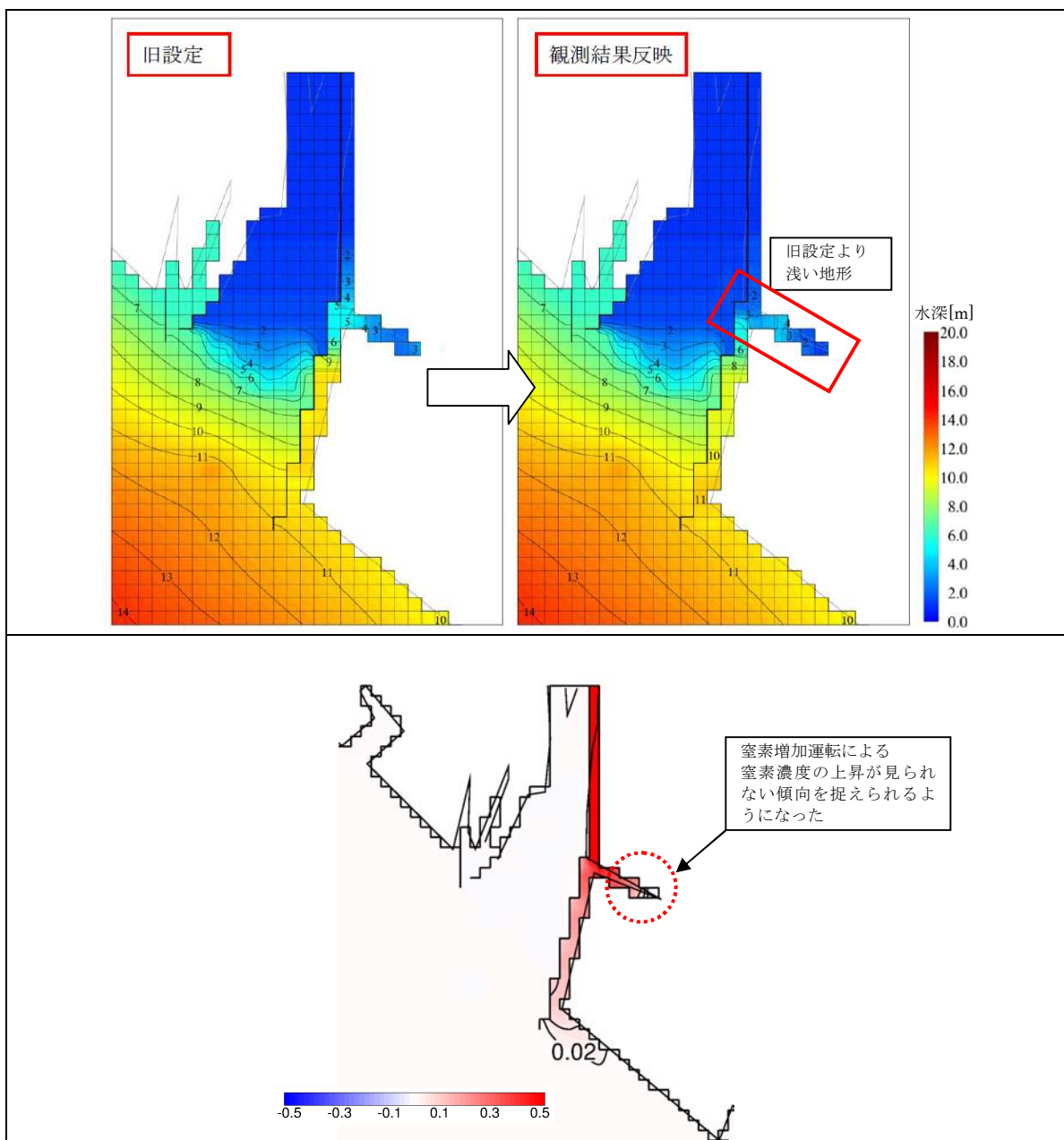


図 3.2 泊川河口沖水路内の地形データを反映した結果

### 3-2 滞りの要因解析

に挙げた播磨灘北東部地域において栄養塩類が偏在化している問題について、要因として考えられる事象は次のとおりである。

- ① 港湾奥部に事業場（下水処理場を含む）排水が流入  
⇒臨海部に位置する大部分の事業場が排水を閉鎖的である港湾内に排出
- ② 港湾内の海水が滞留し、系外に栄養塩類が出にくい構造  
⇒人工島や防波堤等の設置により閉鎖性海域が生じている
- ③ 陸域から沿岸～沖合域への栄養塩類の供給量の減少  
⇒加古川の栄養塩類濃度の低下による海域への負荷量の減少、事業場の負荷量の減少  
⇒港湾内外の低調な海水交換による港湾内から港湾外への栄養塩類の供給量の減少
- ④ 隣接する湾灘からの栄養塩類の供給量の減少  
⇒播磨灘北東部地域と同様の現象が瀬戸内海各地で発生

以上のうち、①と③の要因について、問題事象との関連や影響の程度を確認するシミュレーションモデルによる計算を行う。それぞれの要因については下に示す3項目の個別の事象について解析を実施することにより、問題の要因の関係を予測することができると考えられる。なお、ここで挙げている個別の事象は要因を解析するために計算上で変化させているものであり、対策の検討ではない。

- I 加古川下流浄化センターの排水の影響
- II 加古川からの流入水の影響
- III 泊川河口に位置する民間事業場の排水の影響

#### 問題発生の想定要因と検証する条件

問題発生の想定要因	検証する個別の事象
①港湾奥部に事業場（下水処理場を含む）排水が流入	I、III
③陸域から沿岸～沖合域への栄養塩類の供給量の減少	I、II、III

## 計算条件と計算結果

それぞれの要因に係る個別の事象について、計算結果等を以下に示す。

- 加古川下流浄化センターの排水の影響（I）

泊川に排水している加古川下流浄化センターの排水量をゼロとして計算を行うことにより、加古川下流浄化センターの排水の影響の程度を調べた。

塩分：加古川下流浄化センターの排水は淡水であるため、それがなくなることにより泊川河口沖水路内の塩分が上昇している。

水温：泊川、泊川河口沖水路の水温が低下しているが、奥部の東西方向の水路では混合の減少や滞留化により水温が上昇している。

全窒素、全りん：泊川河口沖水路内の全窒素の濃度が減少したが、事業場排水の影響で依然として濃度が高い。

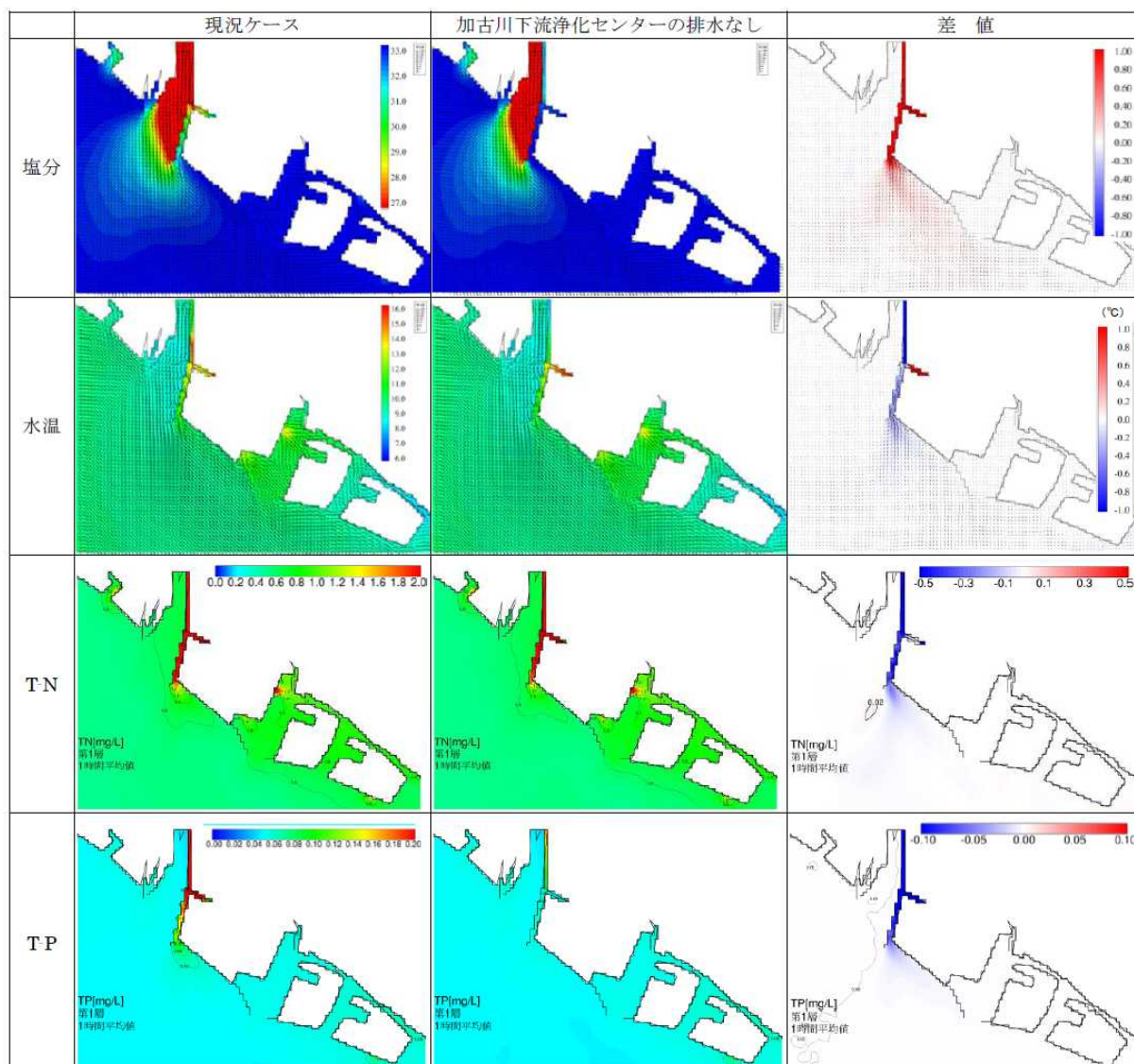


図 3.3 加古川下流浄化センターの排水の影響（日平均）



- 加古川からの流入水の影響（Ⅱ）

加古川からの流入量をゼロとして計算を実施することにより、加古川の流れや栄養塩類の影響を調べた。

塩分、水温：沿岸域の分布状況が変化し、流れ場自体も大きく変化している。

全窒素：泊川河口沖水路や東播磨港とその港口前面で濃度が高くなっており、加古川河川水が泊川河口沖水路や東播磨港内外の水循環を助長していると考えられた。

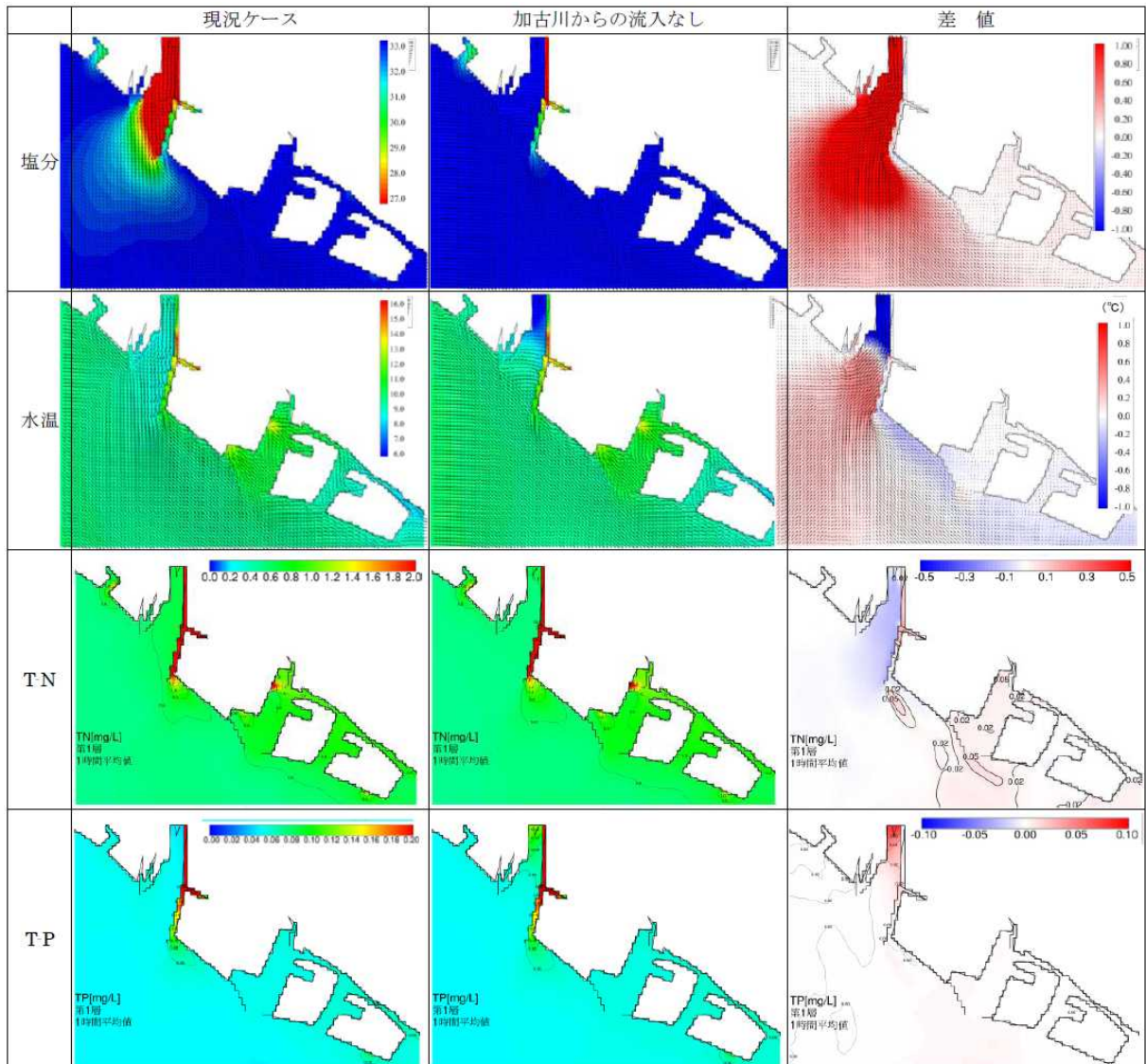


図 3.4 加古川からの流入水の影響（日平均）

- 泊川河口に位置する民間事業場の排水の影響（Ⅲ）

泊川河口に位置する最も栄養塩類負荷量の大きい民間事業場の排水量をゼロとした場合を計算することにより、排水による流れや栄養塩類の影響を調べた。

**塩分：**泊川河口沖水路内が低塩分化している。民間事業場の海水に近い濃度の排水がなくなったことと、流れが抑制されて滞留化していることが要因とみられる。

**水温：**泊川河口沖水路内と東播磨港の水温が低下している。民間事業場の高温の排水がなくなったことと、流れが抑制されたことが要因とみられる。

**T-N：**水温と同様の傾向で、泊川河口沖水路内と東播磨港の濃度が低下している。

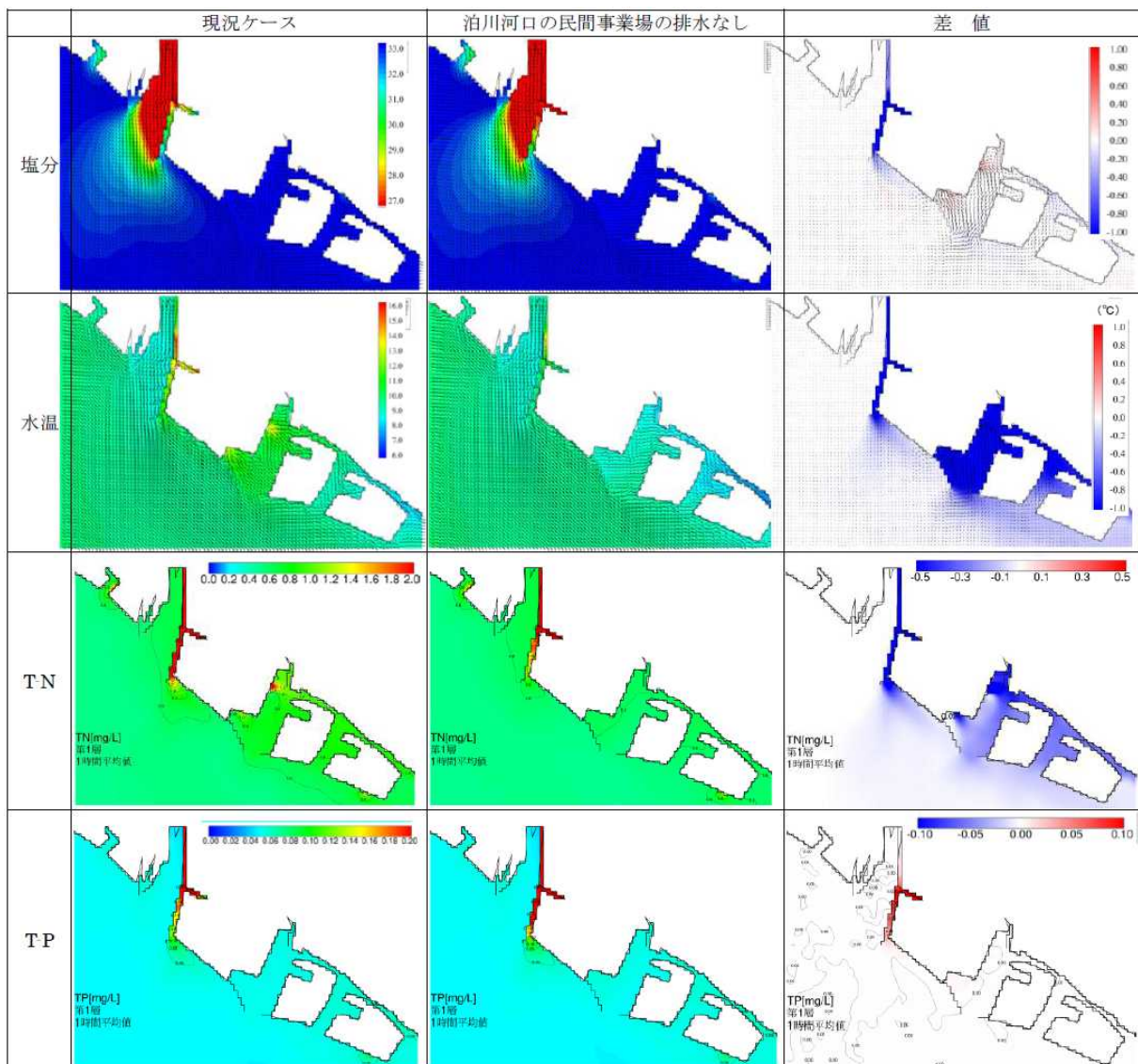


図 3.5 泊川河口に位置する事業場の排水の影響（日平均）

- まとめ：

下水処理場を含む事業場の排水が港湾内の高い栄養塩類濃度に大きな影響を与えている状況や、加古川や事業場等の陸域からの栄養塩類の供給が沿岸域の濃度形成に関係していることが明らかになった。また、加古川から大量の淡水が海域に流入することにより、港湾内外の海水交換を助長する働きがあり、港湾内外の海水交換が適正な栄養塩類の状態を実現するうえで重要であることが分かった。よって、港湾内の滞留化が問題となっている海域においては、近傍の大きな河川の流入水を効果的に利用することも港内の環境改善の一つの方法となり得る可能性が示唆された。

これらの結果については対策の検討を行う際に参考とするとともに、任意地点での濃度変化量等の詳細な解析を今後実施することにより、定量的に要因を解析することとする。

### 3-3 施策の方針と検討施策ケースの概要

播磨灘北東部地域においては情報収集、現地調査、シミュレーションモデルによる現況再現の結果等から、「港湾奥部の滞留域における栄養塩類濃度の高止まり、夏季の底層の貧酸素化 (①)」や「沿岸～沖合域での栄養塩類濃度の低下 (②)」が生じており、栄養塩類の偏在化が問題として挙げられた。

また、滞りの要因解析の結果として、上記の問題の①と②の要因は下水処理場を含む事業場の排水や加古川からの流入水、港湾内外の海水交換の影響が示されたことから、当地域における循環バランスの向上対策としては表 3.3 に示す対策案が考えられた。対策案については特徴（利点）を示すとともに課題や問題点についても示した。

シミュレーションモデルを用いた効果の検討については、表 3.3 のうち、以下の 4 つを検討し、本報告では、そのうちの以下の 3 つのケースについて、計算結果を整理し、施策効果の検討を行う。

- 加古川下流浄化センター窒素増加運転
- 河川を利用した海水交換促進対策
- 以上の両者を同時に行う組み合わせ対策



表 3.3 播磨灘北東部地域の問題解決のための対策案

対策名	特徴	課題、問題点
加古川下流浄化得センターの窒素増加運転 【②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常は高度処理を実施しているが、冬季に硝化抑制・脱窒抑制運転を実施することにより排水中の窒素濃度を増加させる。</li> <li>・民間事業場に比べて排水の濃度管理が実施しやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・播磨灘流総計画や排水基準、総量規制基準等の目標値や規制基準値を考慮する必要がある、濃度の増加分が限定的である。</li> <li>・スカムの発生や DO の管理により現場作業量が増加する。</li> <li>・瀬戸内海環境基本計画や兵庫地域公害防止計画等の計画においては高度処理を進めるとされており、整合性に関しての説明が必要である。</li> </ul>
シミュレーション実施し結果を整理		
民間事業場の排水の栄養塩類濃度の増加 【②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・臨海部に位置する民間事業場の排水の栄養塩類濃度を増やすことにより、海域の栄養塩濃度が増加することが期待される。</li> <li>・当海域における民間事業場の栄養塩類排出量が占める割合が高いため大きな効果が期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成 23 年度に実施した民間事業場を対象としたヒアリングの結果から、大部分の事業場では排水の濃度を増加させることは困難であると予想される。</li> </ul>
河川を利用した海水交換促進対策 【①、②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加古川の河川水を泊川河口沖水路内の底層に導水することにより、エスチュアリー循環流を促進させ、海水交換量を増加させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水路内の流量が増加し流れが変化するため、船舶への影響等について考慮する必要がある。</li> <li>・河川管理者あるいは港湾管理者の許可が必要となる。</li> <li>・ポンプを使用する場合、設置費用や維持管理費用等について検討が必要である。</li> </ul>
シミュレーション実施し結果を整理		
事業場排水の排水口位置の変更 【①、②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加古川下流浄化センターの排水を加古川に直接流すことで、河川の流れを利用して沖合域まで栄養塩を拡散させる。</li> <li>・港湾奥部に排水している民間事業場の排水を港外に変えることにより、港湾内の富栄養化の防止と沿岸～沖合域の栄養塩類濃度の増加が期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排水口の位置を変えるには大規模な土木工事が必要となり費用的に難しい。</li> <li>・環境事故が発生した際に有害物質が広範囲に広がってしまう可能性がある。</li> <li>・港湾内への流入水量の減少により港湾内の停滞性が増加する可能性がある。</li> <li>・ノリ区画によっては現状より栄養塩類濃度が減少する可能性がある。</li> </ul>
出水時の流出負荷の平準化 【①、②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・下水処理に関する出水時の対応について、出水時に蓄えた栄養塩を出水後にコンスタントに供給されるような管理を実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出水時のオーバーフローの状況等、現況の水質や流量の把握が必要となる。</li> <li>・施設の更新費用の確保や関係機関との調整が必要である。</li> </ul>
ため池の池干し 【②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬季にため池の水を抜く池干しを実施し、池に溜まった栄養分を海域に供給する。</li> <li>・池干しの実施はため池の維持管理上において良い。</li> <li>・漁業者と農業者の協働による取組であり、社会的意義が大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・池干しの実施による栄養塩類の供給量は河川や事業場からの供給量と比べると少量である。</li> <li>・池の管理主体の高齢化や権利等の問題で池干しを実施できる箇所が限られている。</li> </ul>
海水交換防波堤の設置 【①、②】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・港内の水質改善のために波浪制御効果と海水交換機能を併せもつ防波堤を設置する。港内から港外への高栄養塩水の供給も期待される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設置費用が大きいと予想されるため、防波堤の改修に合わせて導入する等の工夫が必要となる。</li> <li>・精度の高い効果予測と、設置後の効果の検証が実施される必要がある。</li> </ul>
シミュレーション実施予定		

※ 対策名に書かれた数字は以下の問題のどちらへの対応であることを示している。

- ① 港湾奥部の滞留域における栄養塩類濃度の高止まり、夏季の底層の貧酸素化
- ② 沿岸～沖合域での栄養塩類濃度の低下

\* 「加古川下流浄化センター窒素増加運転」と「河川を利用した海水交換促進対策」を、同時に行うケースについても検討する



### 3-4 施策効果の検討

#### (1) 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転

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 3.4 に示すような倍率になっていた。そこで表 3.4 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 3.5 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、NH<sub>4</sub>-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表 3.5 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 3.4 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 <sub>4</sub> 濃度	(4.09 倍)
NO <sub>x</sub> 濃度	1.36 倍
DIN 濃度	1.45 倍

表 3.5 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
NH <sub>4</sub> -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。NH<sub>4</sub>-N/DIN 比などは実際よりも大きい値になっている。

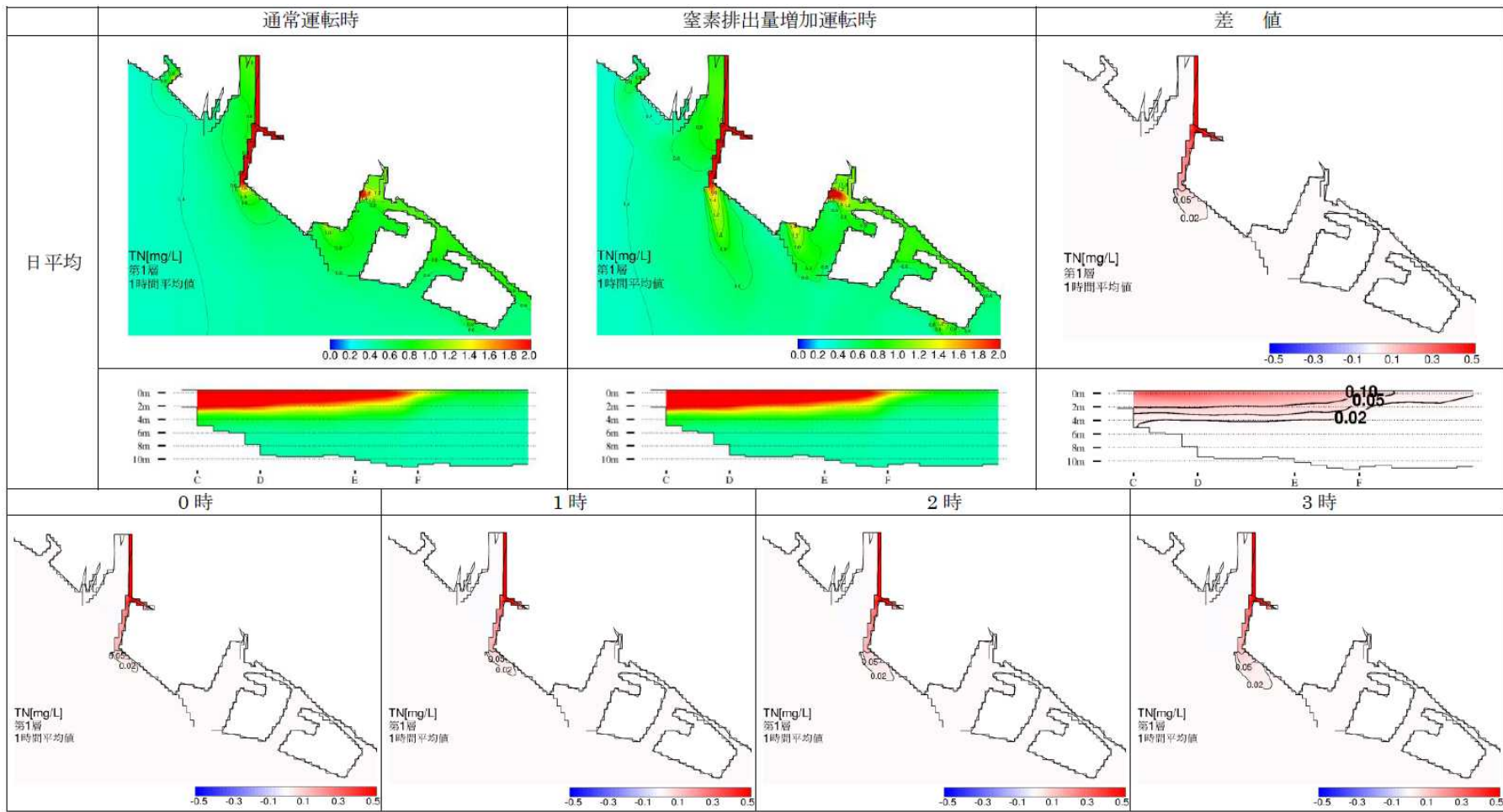


図 3.6(1) 窒素排出量増加運転による全窒素の影響 (2005年12月15日)

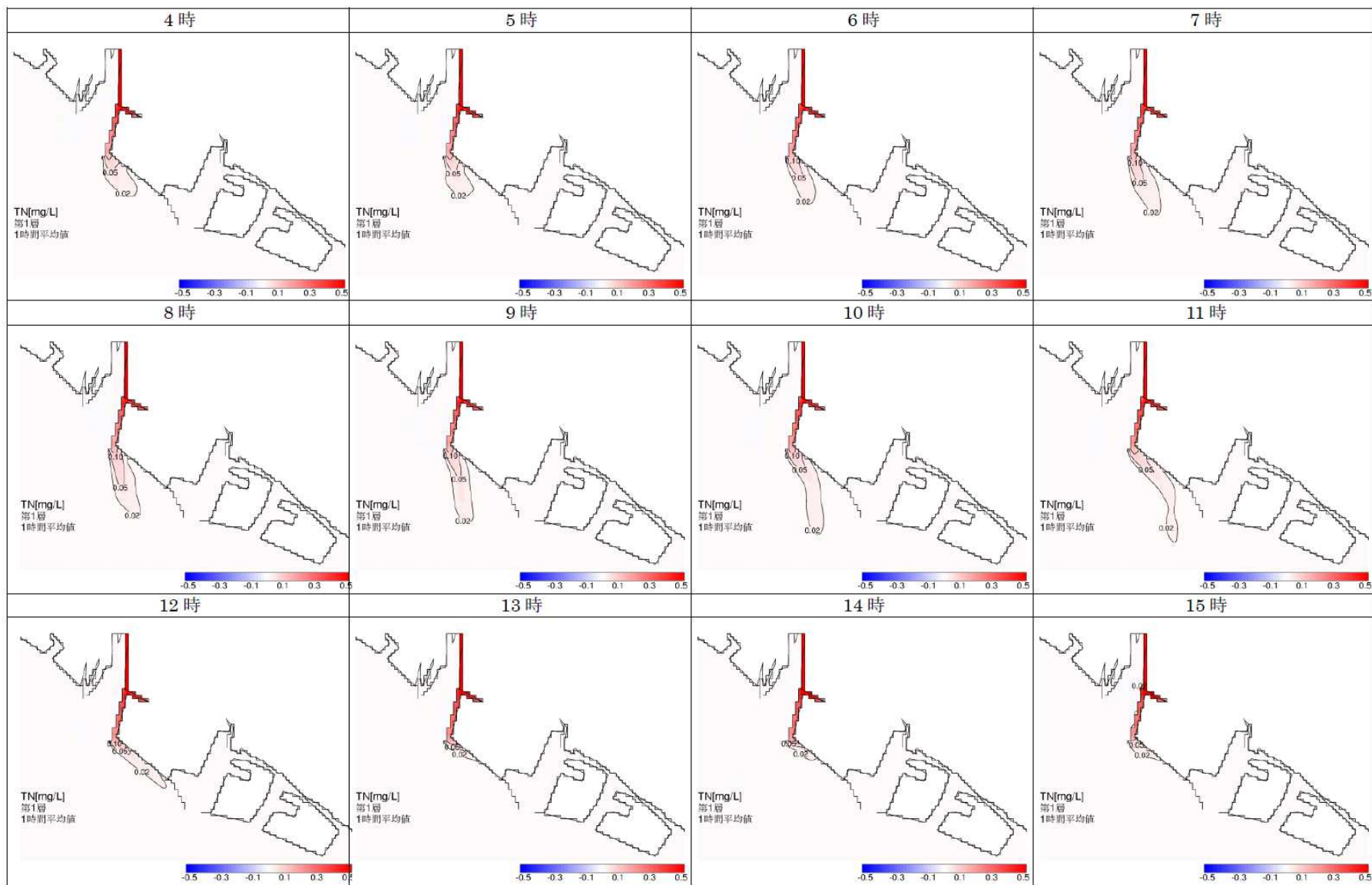


図 3.6(2) 窒素排出量増加運転による全窒素の影響 (2005年12月15日)



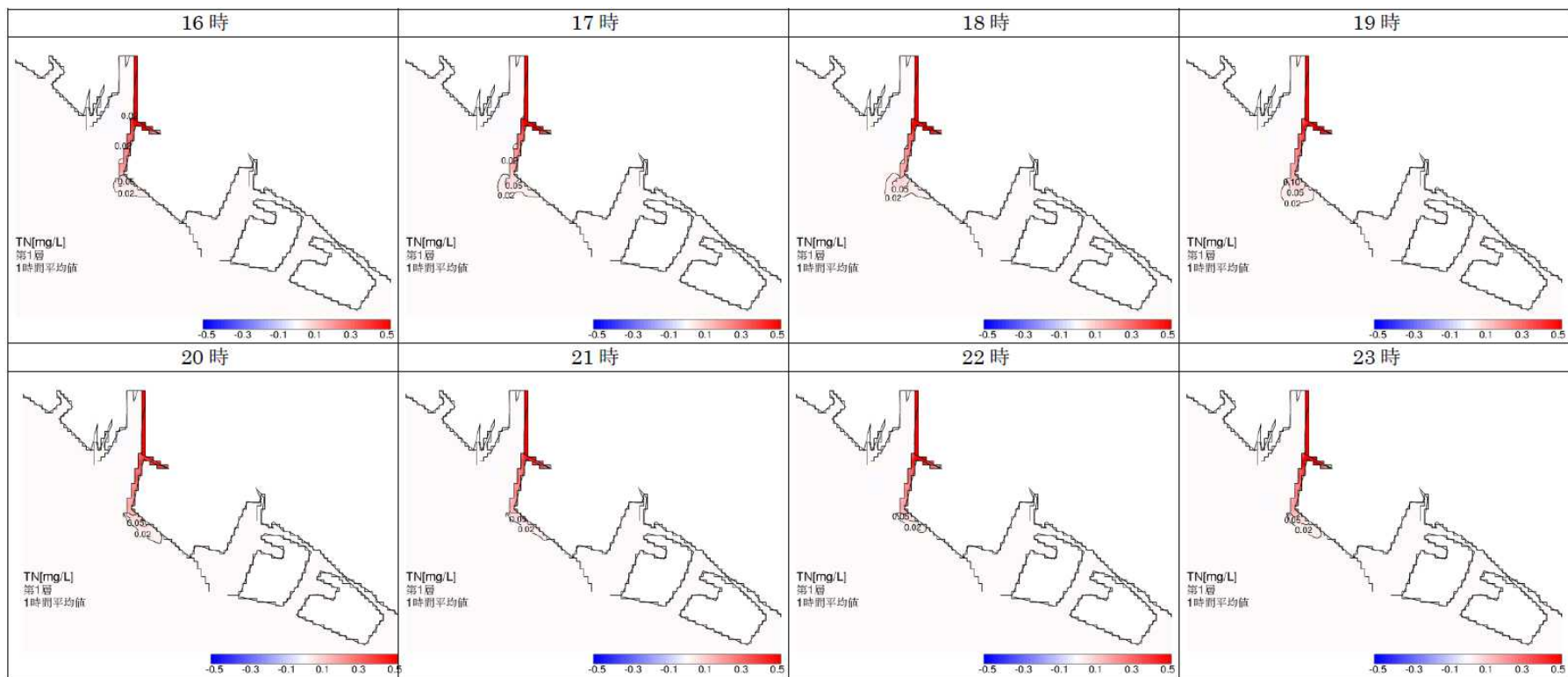


図 3.6(3) 窒素排出量増加運転による全窒素の影響 (2005年12月15日)

## (2) 河川を利用した海水交換の促進対策

加古川の河川水を泊川河口沖水路奥部へ導水することにより、表層では河川部から沿岸域へ流出する流れが発生し、中・下層では河川を遡上する方向の流れが発生する河口域での循環流（以下、エスチュアリー循環流）を促進させ、水路奥部の高栄養塩類濃度水塊と沿岸～沖合域の低栄養塩類濃度水塊の海水交換量を増加させることを目的とした計算を実施した。ここでは加古川の河川水を図に示す排水地点の下層から  $1\text{m}^3/\text{s}$  で放水した結果を示す。

計算の結果、導水なしと比較すると導水を実施することにより泊川河口沖水路内においてエスチュアリー循環流が促進され、下層と表層の水塊が混合されることにより水路内の全窒素濃度が減少している。一方で、水路内の流れが増加し表層水を押出す力が増加したことで、沿岸～沖合域において全窒素濃度が導水なしの場合と比較して増加している状況も確認された。

これらのことから、導水実施の目的であった港湾奥部の栄養塩類濃度を下げ、一方で沿岸～沖合域の栄養塩類濃度を上昇させることにより、栄養塩類の偏在化を解消させることについて、一定の効果があると考えられた。

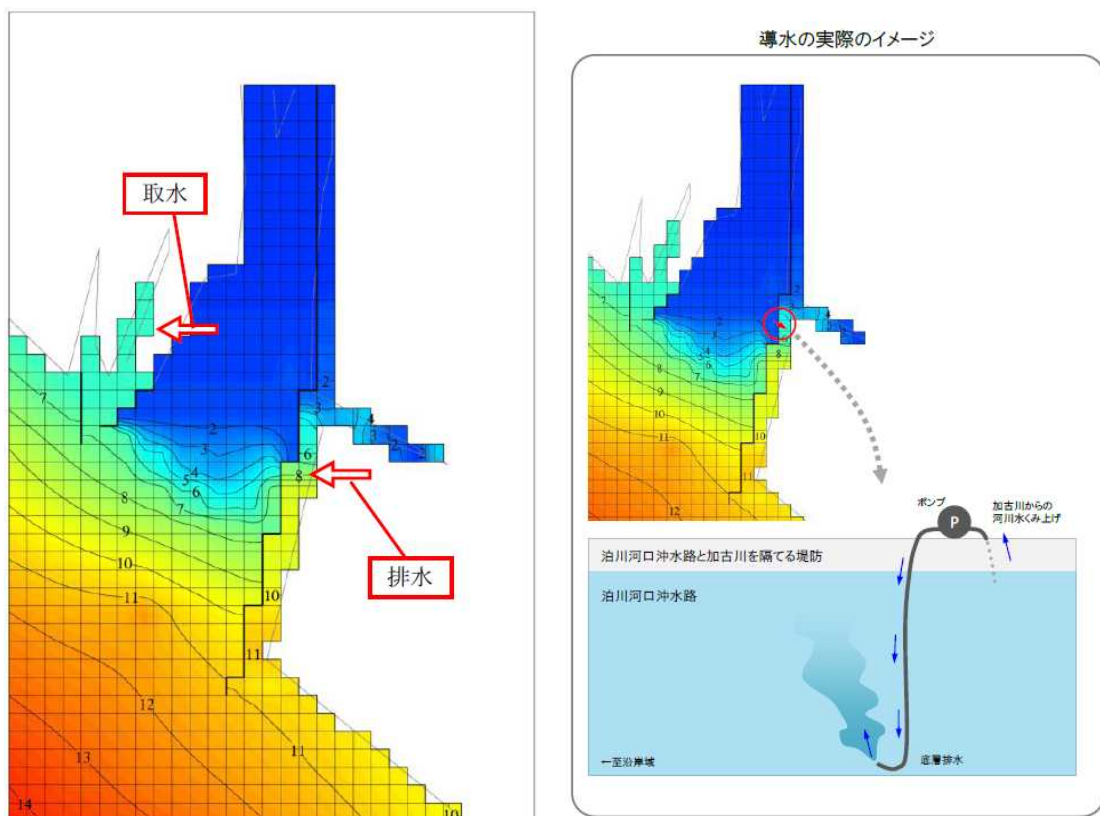


図 3.7 地点図

\*図中では、取水位置と排水位置が離れているが、実海域では、排水位置付近の加古川と泊川河口沖水路の間にある防波堤位置について、加古川からの取水と泊川河口沖水路への排水を行う。

泊川河口沖水路への加古川河川水の排水は、泊川河口沖水路の底層に排水する。底層に排水することにより、表層に排水する場合よりもより強く河口循環流を促進することができることが知られている。

本計算では、底層への排水により、1 ton/s の排水で、14ton/s もの河口循環流の流量の増加が見られている。(表層への河川水の排水では、1 ton/s の排水で、2 ton/s 程度にしかならない)

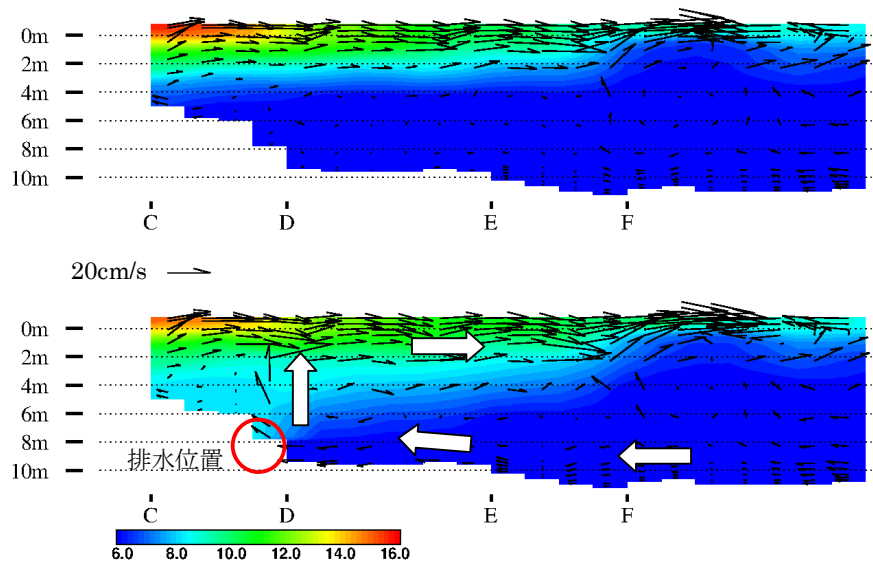


図 3.8 泊川河口沖水路底層へ河川水を排水した場合の河口循環流の促進  
(計算例)



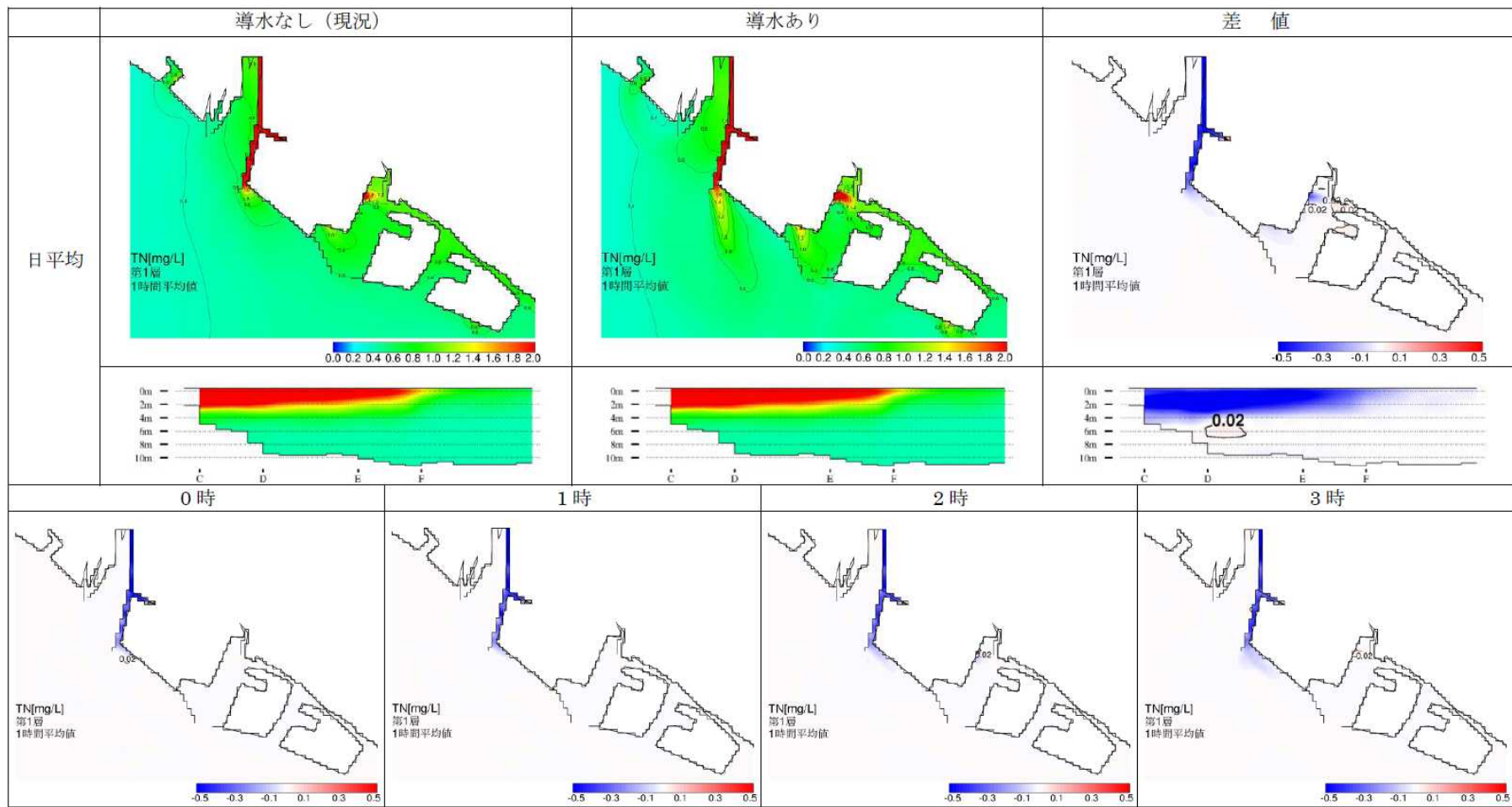


図 3.9(1) 加古川から泊川河口沖水路へ導水した際の全窒素の影響 (2005年12月15日)

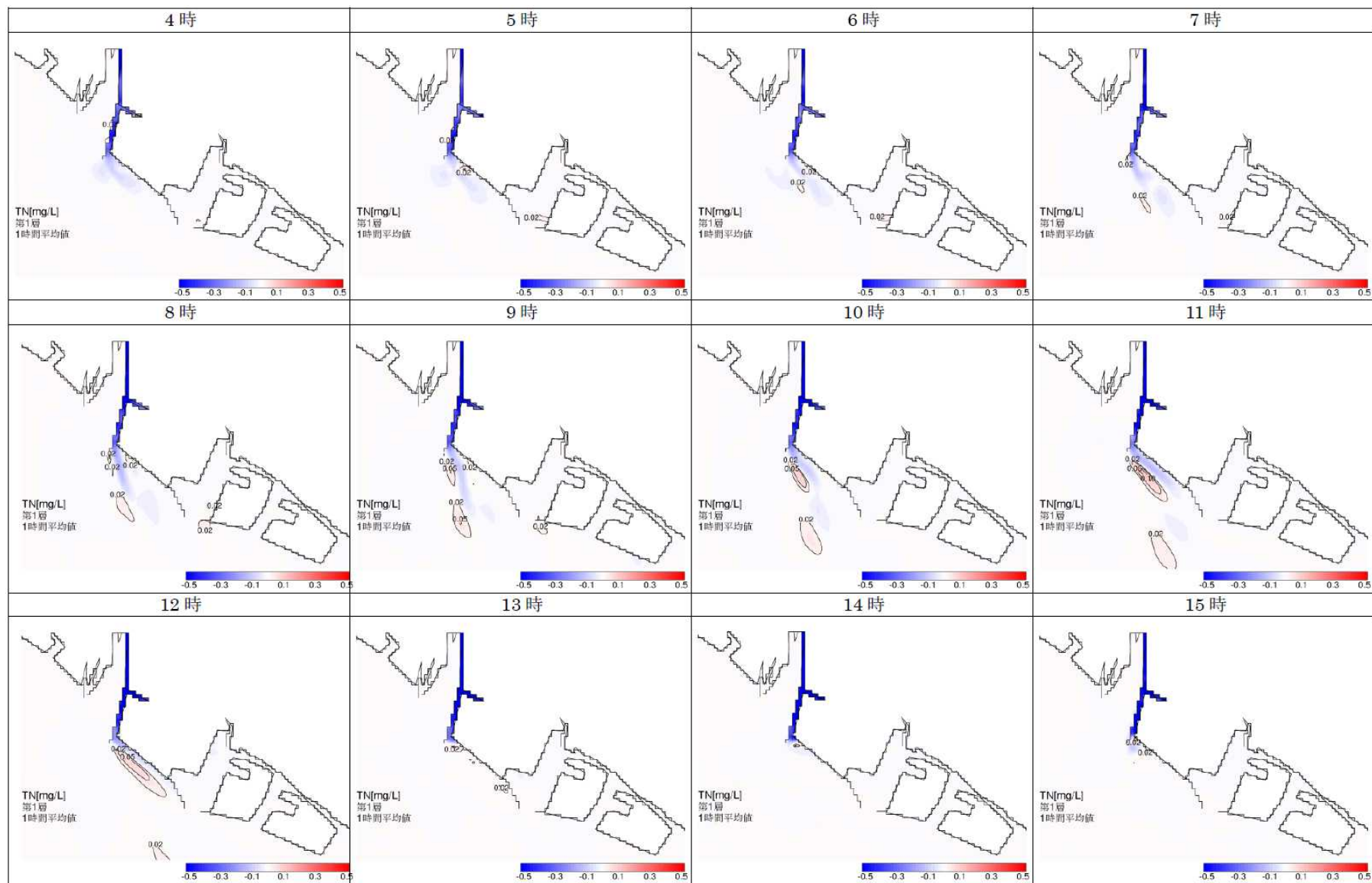


図 3.9(2) 加古川から泊川河口沖水路へ導水した際の全窒素の影響 (2005年12月15日)

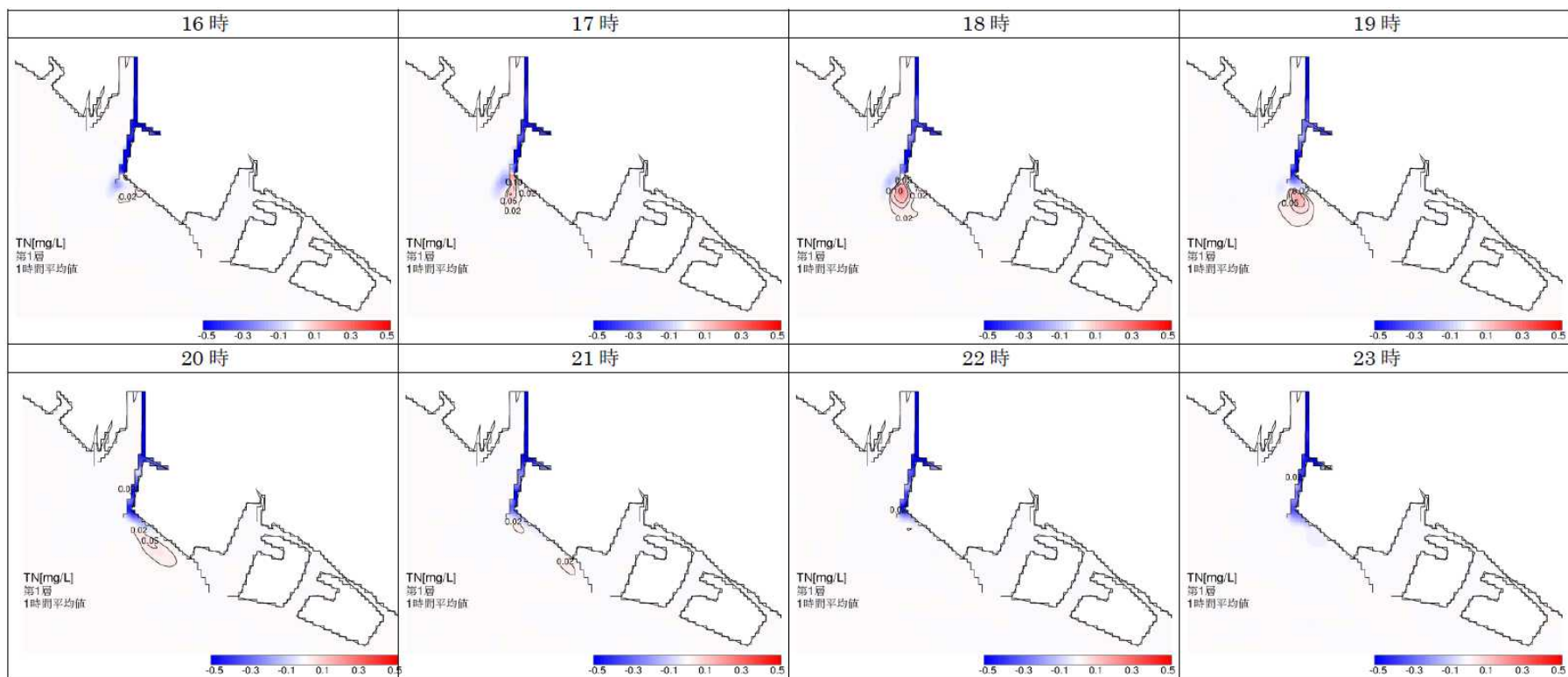


図 3.9(3) 加古川から泊川河口沖水路へ導水した際の全窒素の影響 (2005年12月15日)



### (3) 対策の組み合わせによる効果検討

(1)で検討した加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転の実施に限ると、泊川河口沖水路の奥部における栄養塩類濃度がさらに上昇することになるため、(2)で検討した加古川の河川水を利用した海水交換の促進対策を組み合わせることにより、水路奥部の濃度の減少と沿岸～沖合域の濃度の上昇を期待した対策の効果検証を行った。計算条件としては(1)と(2)で示したものと同様とした。

シミュレーションモデルによる計算の結果、(2)で示した加古川を利用した海水交換の促進対策と同様に泊川河口沖水路奥部において全窒素濃度が低下し、一方で水路の外側の沿岸～沖合域において濃度が上昇していた。加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転の効果により、沿岸～沖合域における全窒素濃度の上昇幅は(2)の結果より大きくなっていた。

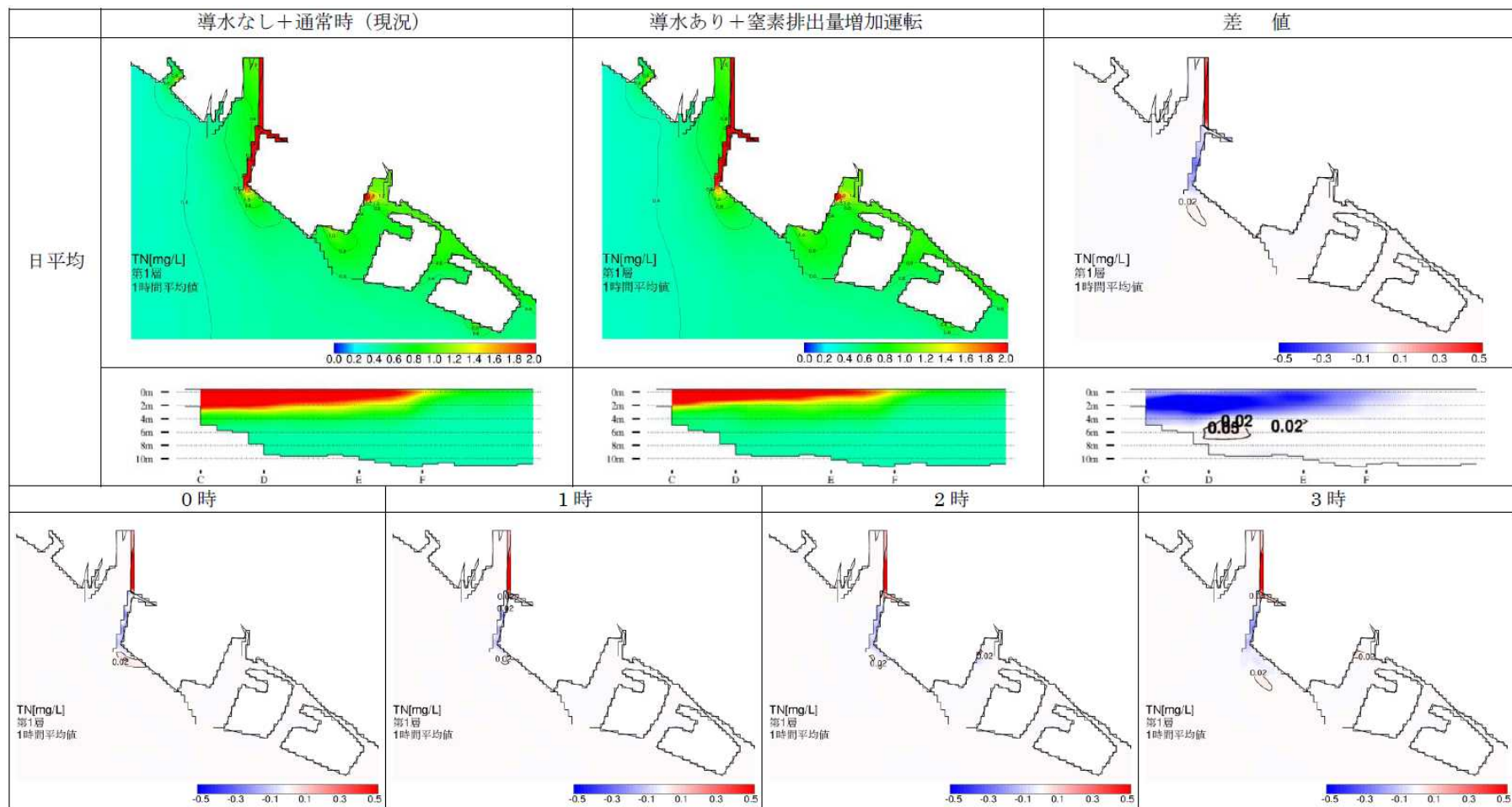


図 3.10(1) 加古川から泊川河口沖水路への導水と窒素排出量増加運転を同時に実施した際の全窒素の影響(2005年12月15日)

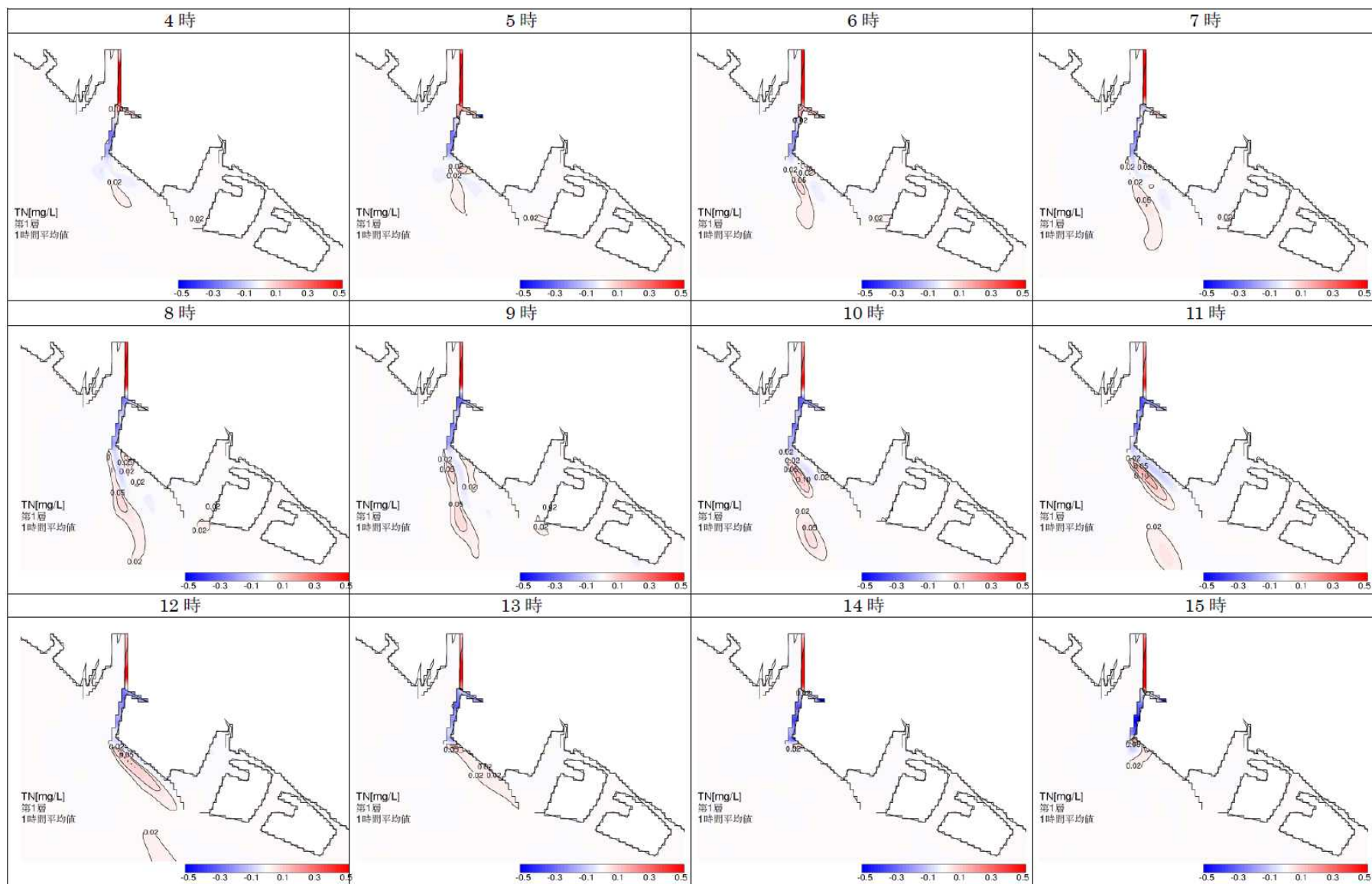


図 3.10(2) 加古川から泊川河口沖水路への導水と窒素排出量増加運転を同時に実施した際の全窒素の影響(2005年12月15日)



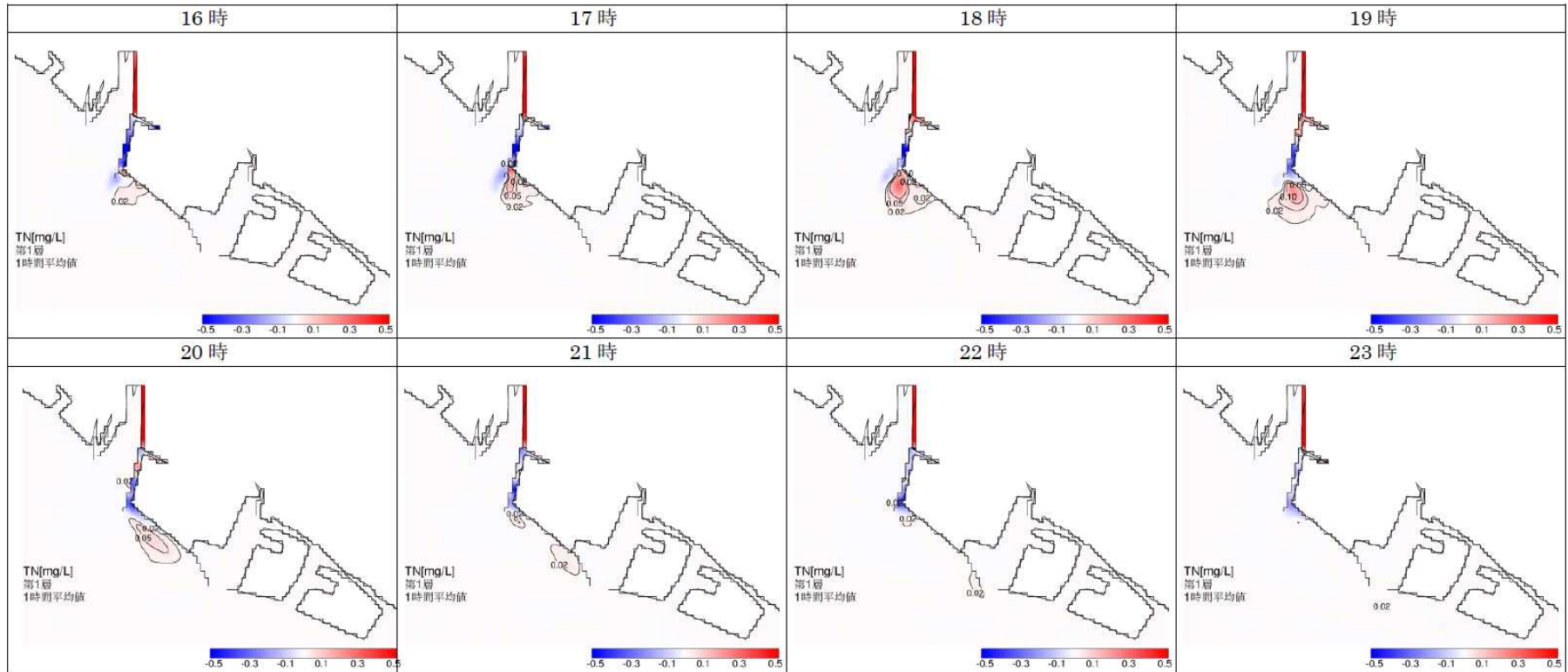


図 3.10(3) 加古川から泊川河口沖水路への導水と窒素排出量増加運転を同時に実施した際の全窒素の影響(2005年12月15日)

#### (4) 海水交換防波堤を設置した場合の効果検討

東播磨港（別府港）では港内が滞留域であることから富栄養化状態にあり、夏季には底層で貧酸素水塊が生じている。そのため、滞留域を解消し港内の栄養塩類濃度を低下させ、反対に貧栄養化した状態となっている沖合域に港内の富栄養水を供給する対策が望まれている。そこで、東播磨港の湾口部に位置する二つの防波堤（東播磨港別府西防波堤、東播磨港別府東防波堤）を海水交換型防波堤に変えて、港湾内外の海水交換を促進させることにより、栄養塩類濃度が港湾内と港湾外でどの程度変化するかをシミュレーションモデルにより予測する予定である。

図 3.11 の赤丸に示す防波堤を対象とする。防波堤の周辺の水深は約 9m である。波浪などの条件から、1 メッシュ(100m、底層)あたり、40ton/s 程度の海水交換を行う予定である。

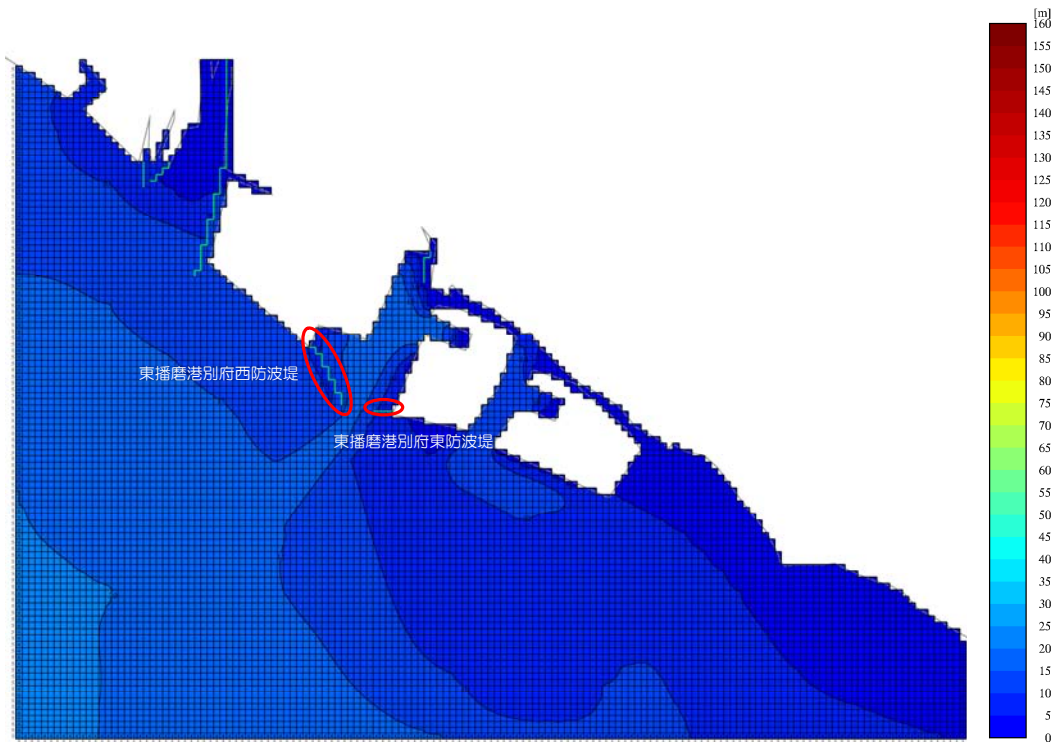


図 3.11 計算対象防波堤の位置

### (5) 栄養塩フラックス、生化学フラックスの変化

図 3.12 に示す断面位置・領域内の栄養塩（例として T-N）のフラックス（日平均値）を図 3.13 に示す。

領域は、「泊川河口沖水路」「東播磨港」「沿岸域①」「沿岸域②」の 4 つに区分し、「泊川河口沖水路」と「沿岸域①」の流出入フラックス及び、「東播磨港」と「沿岸域②」の流出入フラックスについては、表層（水深約 2.0m 以浅）と中・下層（水深約 2.0m 以深）を分けて記載した。

- 「泊川河口沖水路」と「沿岸域①」については、栄養塩が表層で流出傾向にあることがわかる。
- 窒素増加運転により、「泊川河口沖水路」から「沿岸域①」へ流出する硝酸・亜硝酸態窒素は 0.2ton/day 増加しており、10.4%程度の増加の効果が得られている
- 導水により、「泊川河口沖水路」から「沿岸域①」へ流出する硝酸・亜硝酸態窒素は 0.28ton/day 増加しており、14.6%程度の増加の効果が得られている
- 窒素増加運転と導水の組み合わせ対策により、「泊川河口沖水路」から「沿岸域①」へ流出する硝酸・亜硝酸態窒素は 0.48ton/day 増加しており、25.0%程度の増加の効果が得られている。これは、両者の効果を単純に加算した効果とほぼ同程度の効果である。

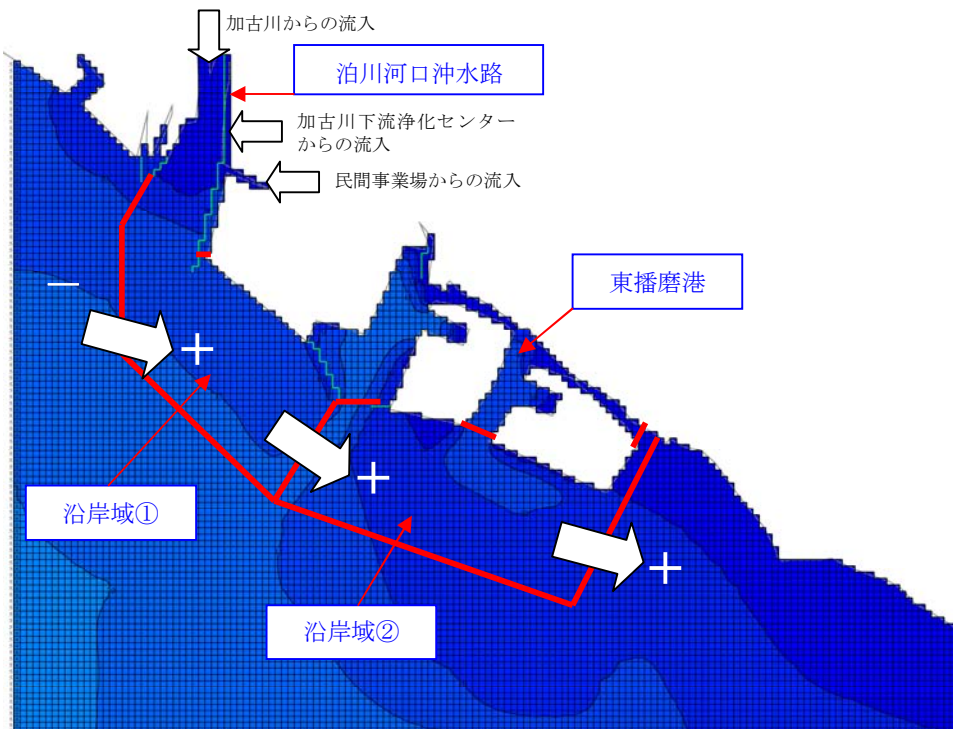


図 3.12 フラックスを出力する領域図

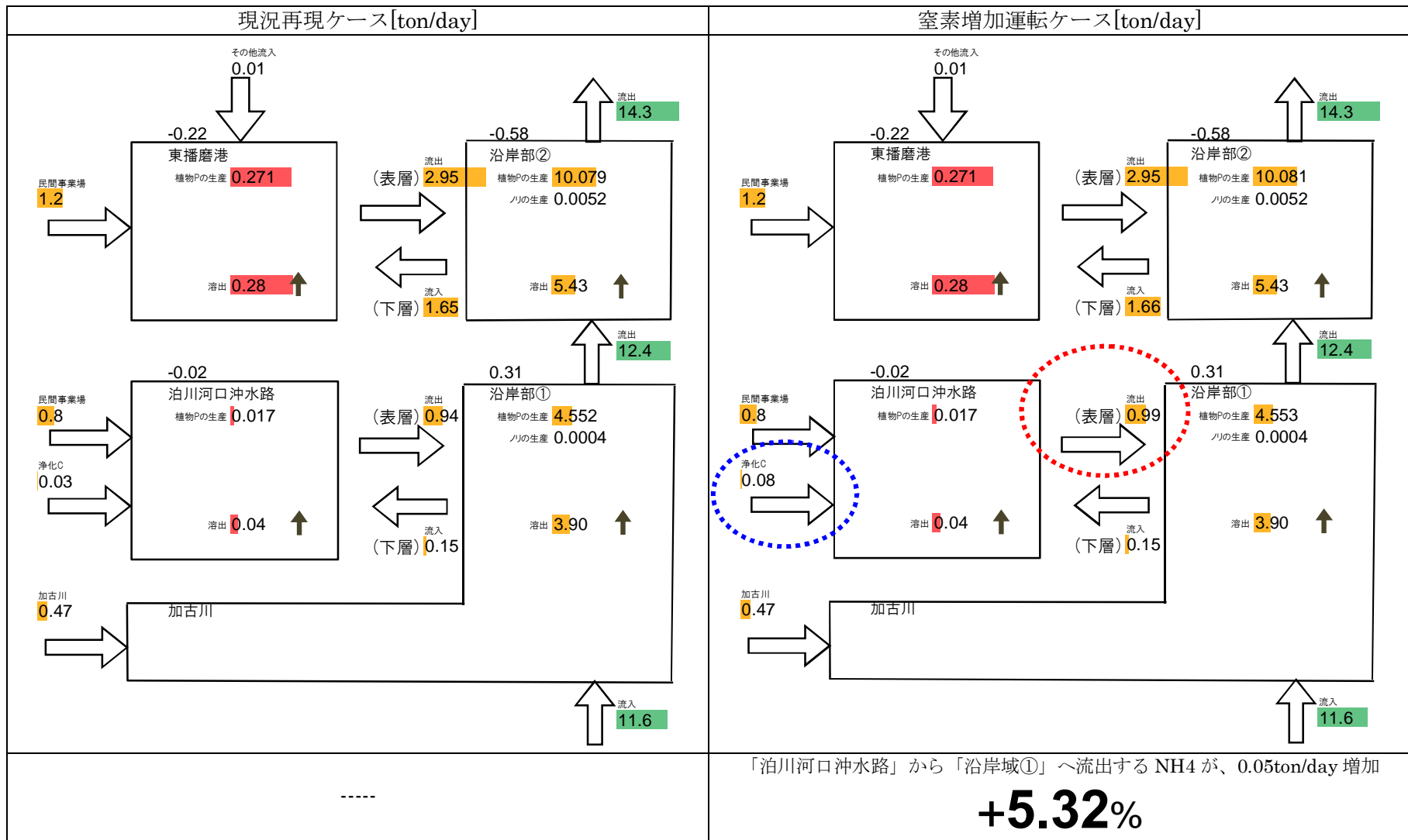


図 3.13 (1) 各ケースの生化学フラックス図 (2005年12月7日の日平均アンモニア態窒素)

※ノリの窒素取り込みには、セル・クウォーターは考慮されていない



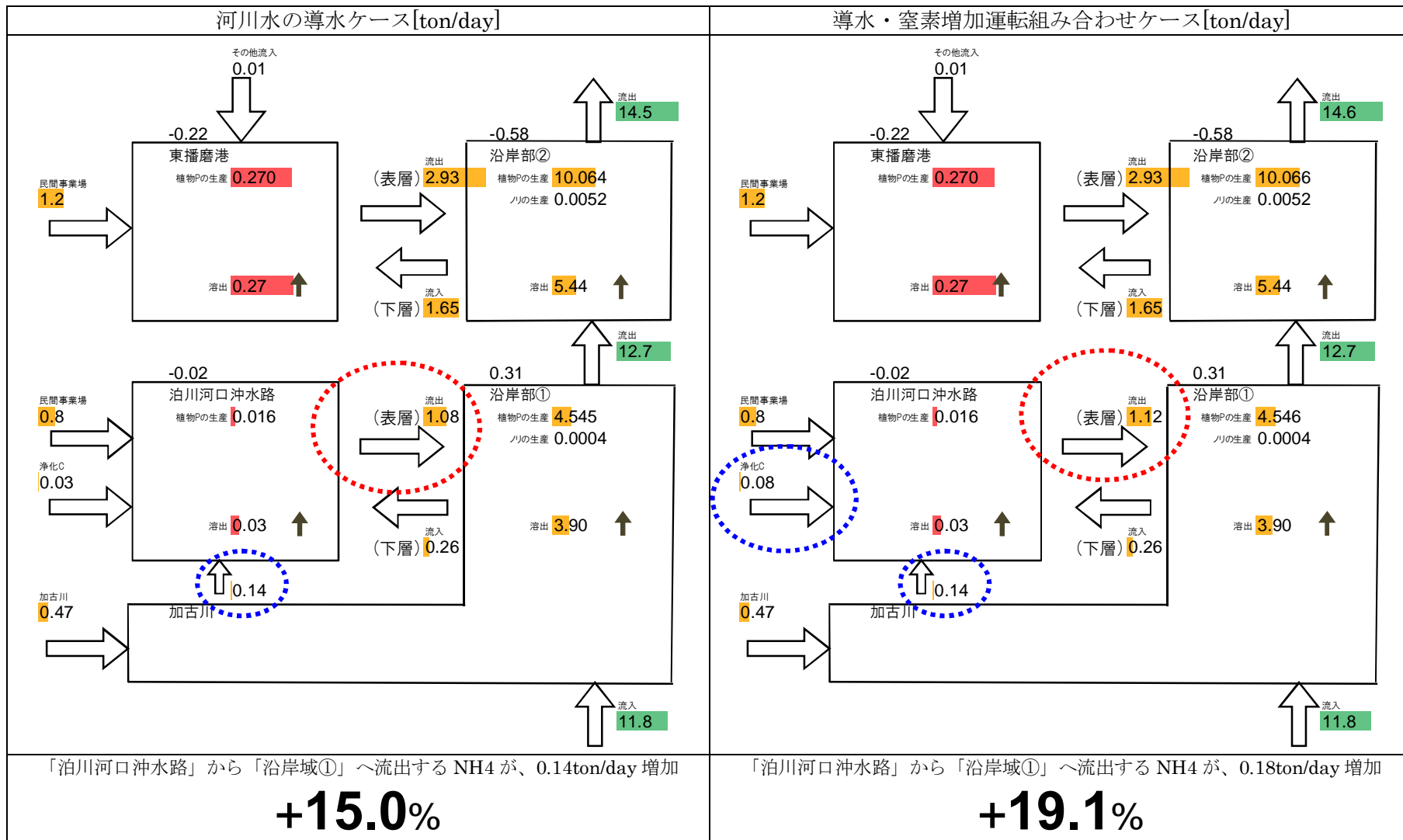


図 3.13(2) 各ケースの生化学フラックス図 (2005年12月7日の日平均アンモニア態窒素)

※ノリの窒素取り込みには、セル・クウォーターは考慮されていない

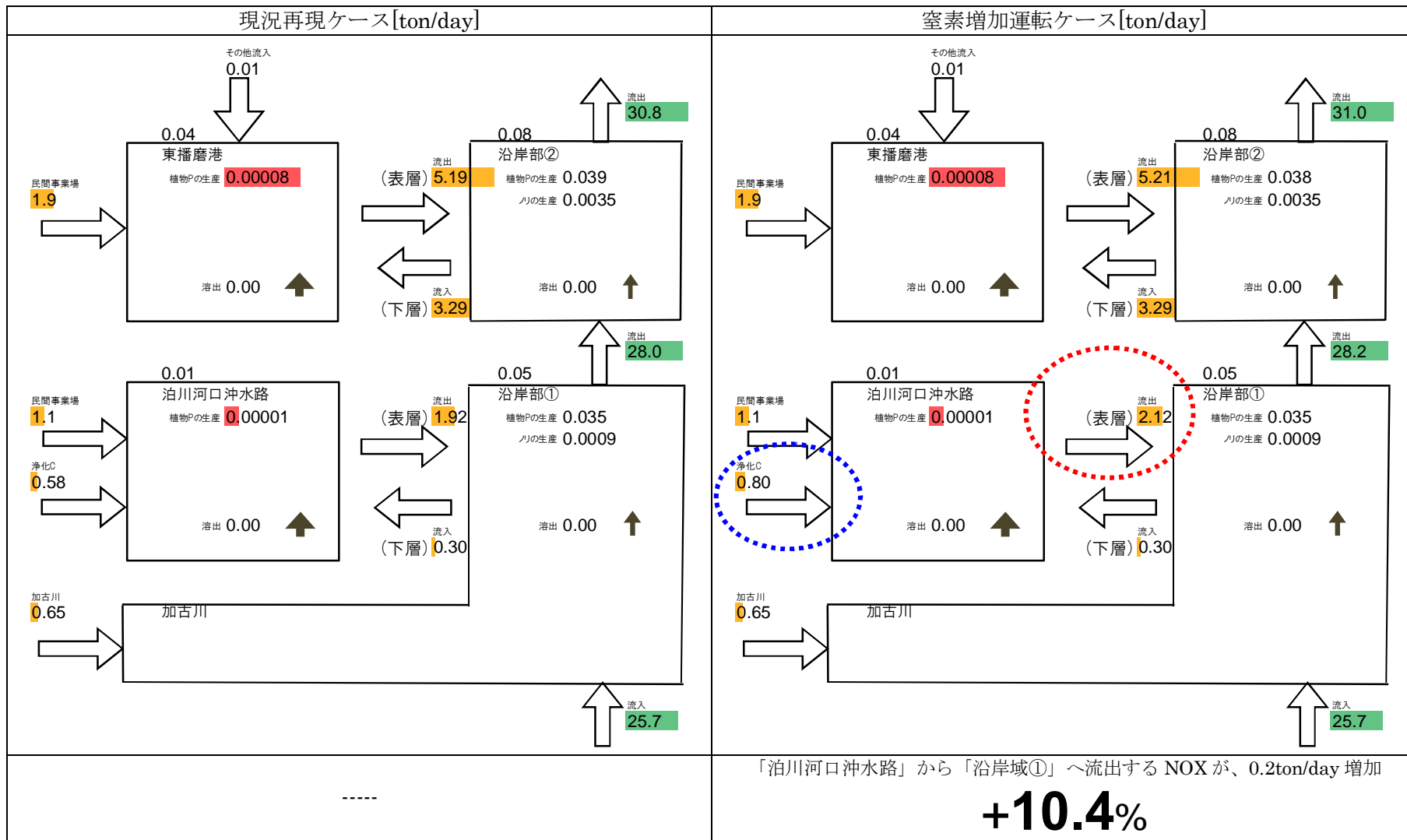


図 3.13(3) 各ケースの生化学フラックス図 (2005年12月7日の日平均硝酸・亜硝酸態窒素)

※ノリの窒素取り込みには、セル・クウォーターは考慮されていない

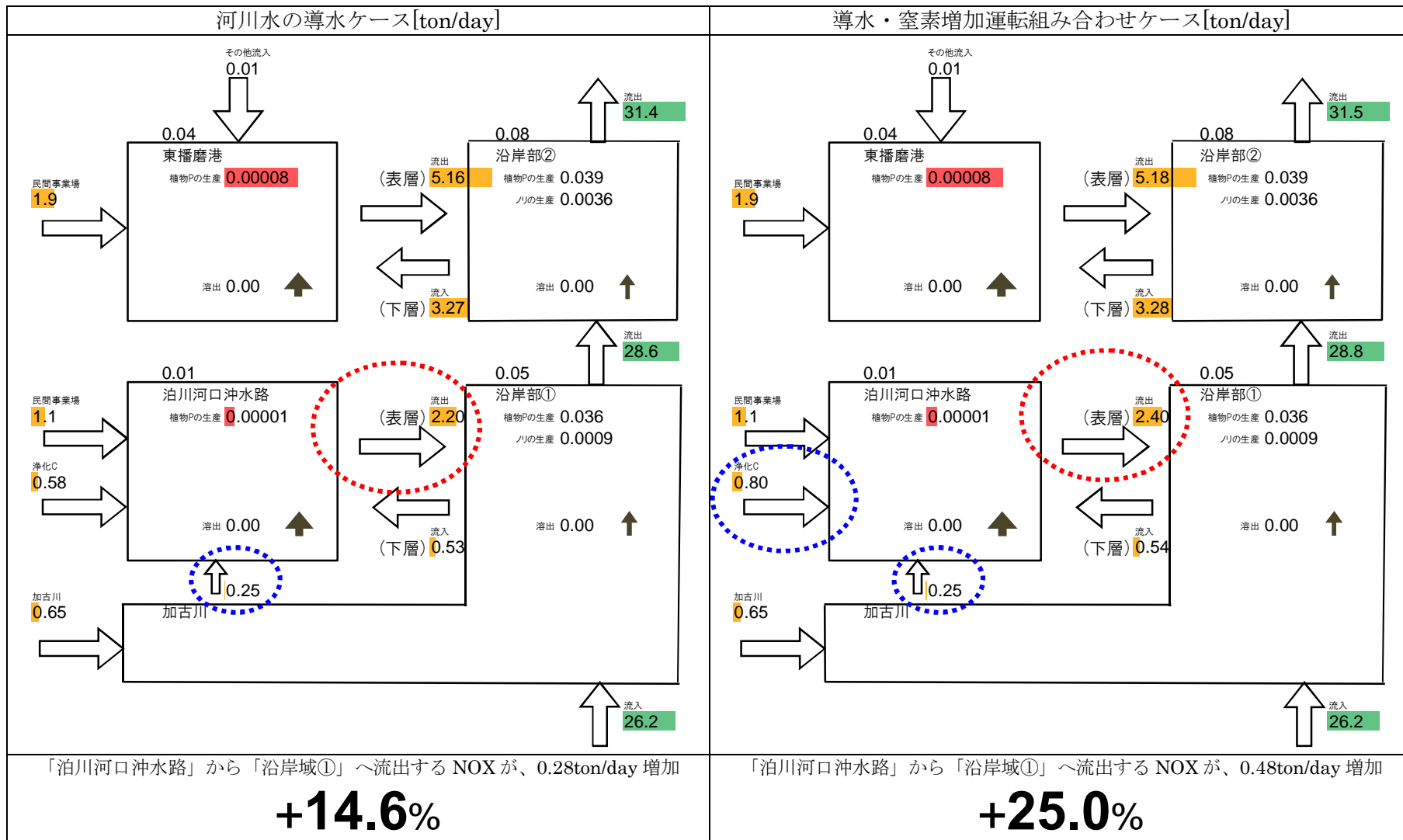


図 3.13(4) 各ケースの生化学フラックス図 (2005年12月7日の日平均硝酸・亜硝酸態窒素)

※ノリの窒素取り込みには、セル・クウォーターは考慮されていない

#### (6) 沿岸域における窒素類濃度への影響

植物プランクトンやノリは、日光と栄養塩の条件がそろった場合に成長すると考えられていたが、高栄養の水塊を体の周辺に貯蓄しておくことができる機能（セル・クウォーター）を有する種類がいることが明らかになってきている。ノリについても、暗条件での高栄養水塊の暴露実験により成長するといった実験事例が報告されており、ノリの成長には、瞬間的な窒素濃度の高い水塊が暴露されるだけである程度有用な効果が得られることが期待できる。

溶存態窒素濃度が、 $3\mu\text{M}$  ( $0.042\text{mg/L}$ ) 程度を下回る場合にノリの色落ちが起こるといわれており、「施策対策により沿岸～沖合域の溶存態窒素濃度を  $3\mu\text{M}$  よりも高い値にする頻度を増加したかどうか」が施策効果の評価に対する一つの焦点となる。ここでは、 $0.1\text{mg/L}$  以上の溶存態窒素濃度（アンモニア態窒素、硝酸・亜硝酸態窒素）を超える濃度の頻度を図 3.14 に整理した。また、図 3.15 には、施策ケースごとの頻度の増加の空間的な分布状況を整理した。

港湾域付近では、溶存態窒素濃度（アンモニア態窒素、硝酸・亜硝酸態窒素）が  $0.1\text{mg/L}$  以上になる頻度が高いが、沖合に行くにつれて、その頻度が低下している。

窒素増加運転の実施により、硝酸・亜硝酸態窒素が  $0.1\text{mg/L}$  未満であったに期間に、あらたに  $0.1\text{mg/L}$  以上の濃度になった期間が、2005年12月15日～12月31日の間の2%程度の期間で見られ、沿岸～沖合域の広い範囲で頻度の増加が見られた。また、河川水の導水と組み合わせることで、大きくて4%程度の頻度の増加が沿岸～沖合域の広い範囲で見られた。

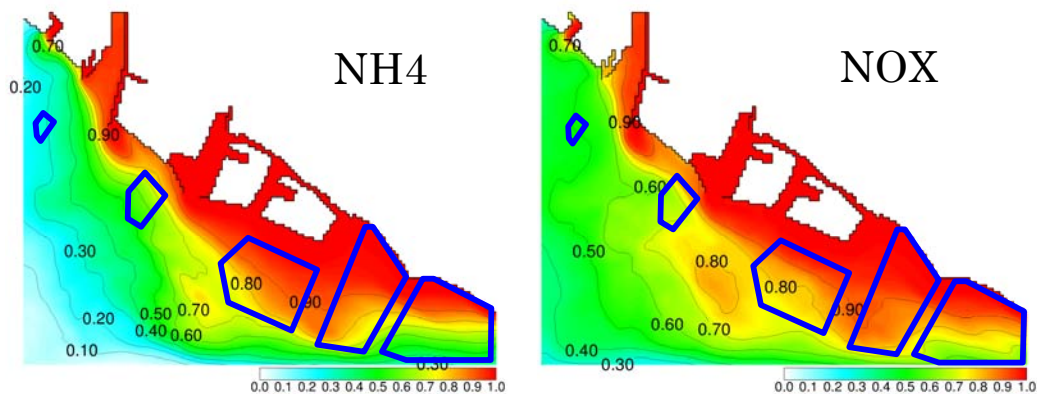


図 3.14 溶存態窒素濃度  $0.1\text{mg/L}$  を超える頻度分布

データ整理期間：2005年12月15日～12月31日



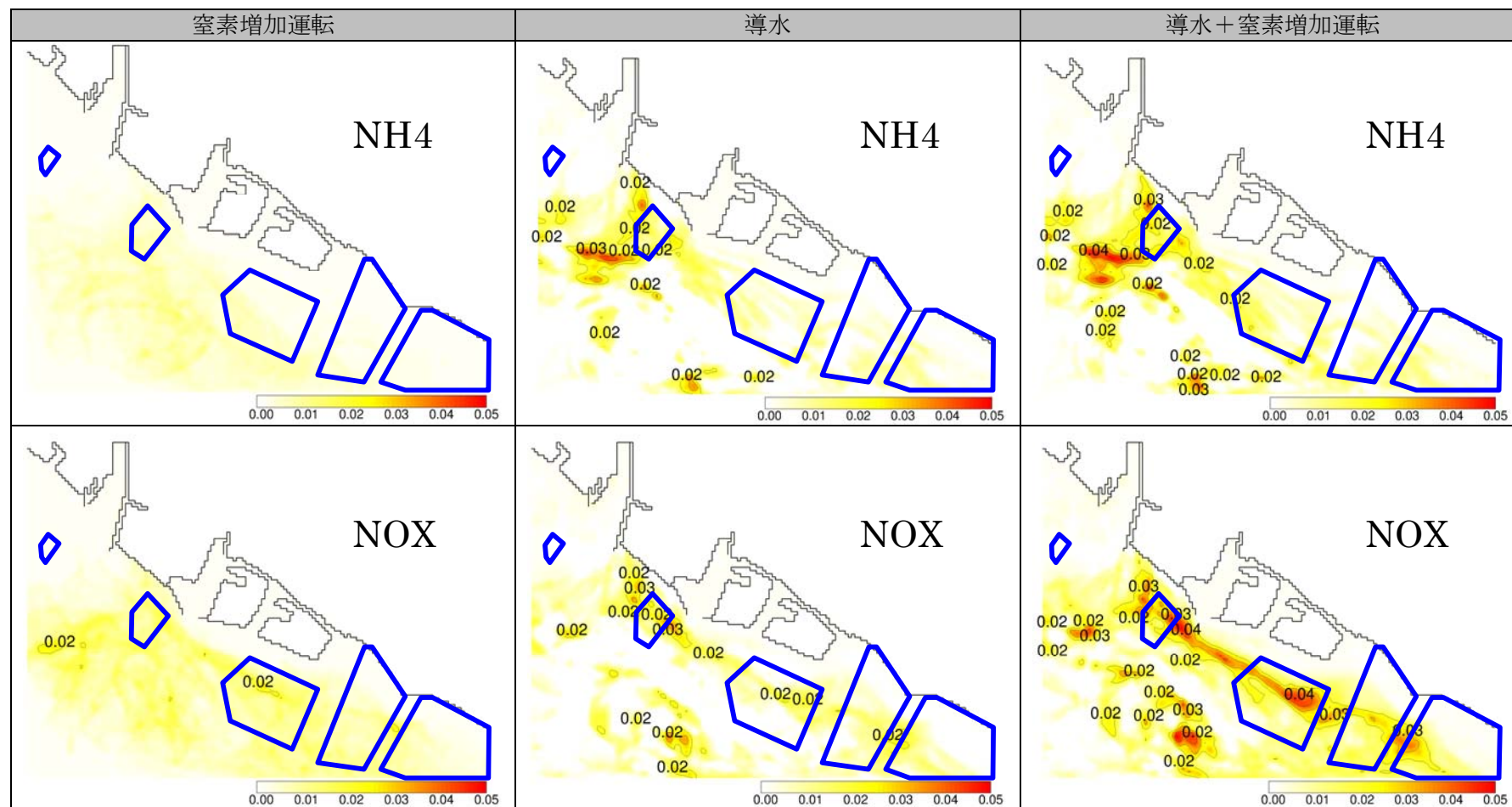


図 3.15 溶存態窒素濃度 0.1mg/L を超える頻度の増加の分布状況

データ整理期間：2005年12月15日～12月31日

## (7) まとめ

図 3.16 には、施策の効果を、施策ケースごとにまとめる。

### 【窒素増加運転】

沿岸域に 0.02~0.05mg/L 程度の窒素濃度増加が見られ、のり養殖場付近においても瞬間的に 0.02mg/L 程度の濃度上昇が期待できる。泊川河口沖水路から流出する硝酸・亜硝酸態窒素の日平均フラックスは、0.2ton/day 程度表層からの流出が促進される。ただし、泊川河口沖水路内の T-N 濃度は 0.3 mg/L 程度上昇する。

### 【河川水の導水】

河川水を底層に導水することにより、1ton/s 程度の導水であっても、14ton/s 程度の河口循環流の促進が見込まれた（表層に導水する場合は、1ton/s 程度の導水で 2ton/s 程度）。泊川河口沖水路から流出する硝酸・亜硝酸態窒素の日平均フラックスは、窒素増加運転よりも大きい 0.28ton/day 程度が表層から流出しており、0.02mg/L 程度の濃度上昇は、窒素増加運転の場合よりも広範囲に沿岸域に拡散している。さらに、泊川河口沖水路内において、硝酸・亜硝酸態窒素濃度は減少しており、栄養塩濃度の偏在の解消に寄与していることが考えられる。

### 【導水と窒素増加運転の組み合わせケース】

泊川河口沖水路から流出する硝酸・亜硝酸態窒素の日平均フラックスは、導水による増加分と、窒素増加運転による増加分の総和にほぼ等しい値をとり、対策同士の効果の相殺は小さい。泊川河口沖水路から流出する硝酸・亜硝酸態窒素の日平均フラックスは、対策なしと比べて実に 25%もの増加が見込まれ、導水ケースと同様、沿岸域の広い範囲での窒素濃度の上昇が見られた。泊川河口沖水路内においても、奥部で硝酸・亜硝酸態窒素濃度の上昇がみられるほかは、水路内での濃度低下が見られ、栄養塩濃度の偏在の解消に寄与していることが考えられる。

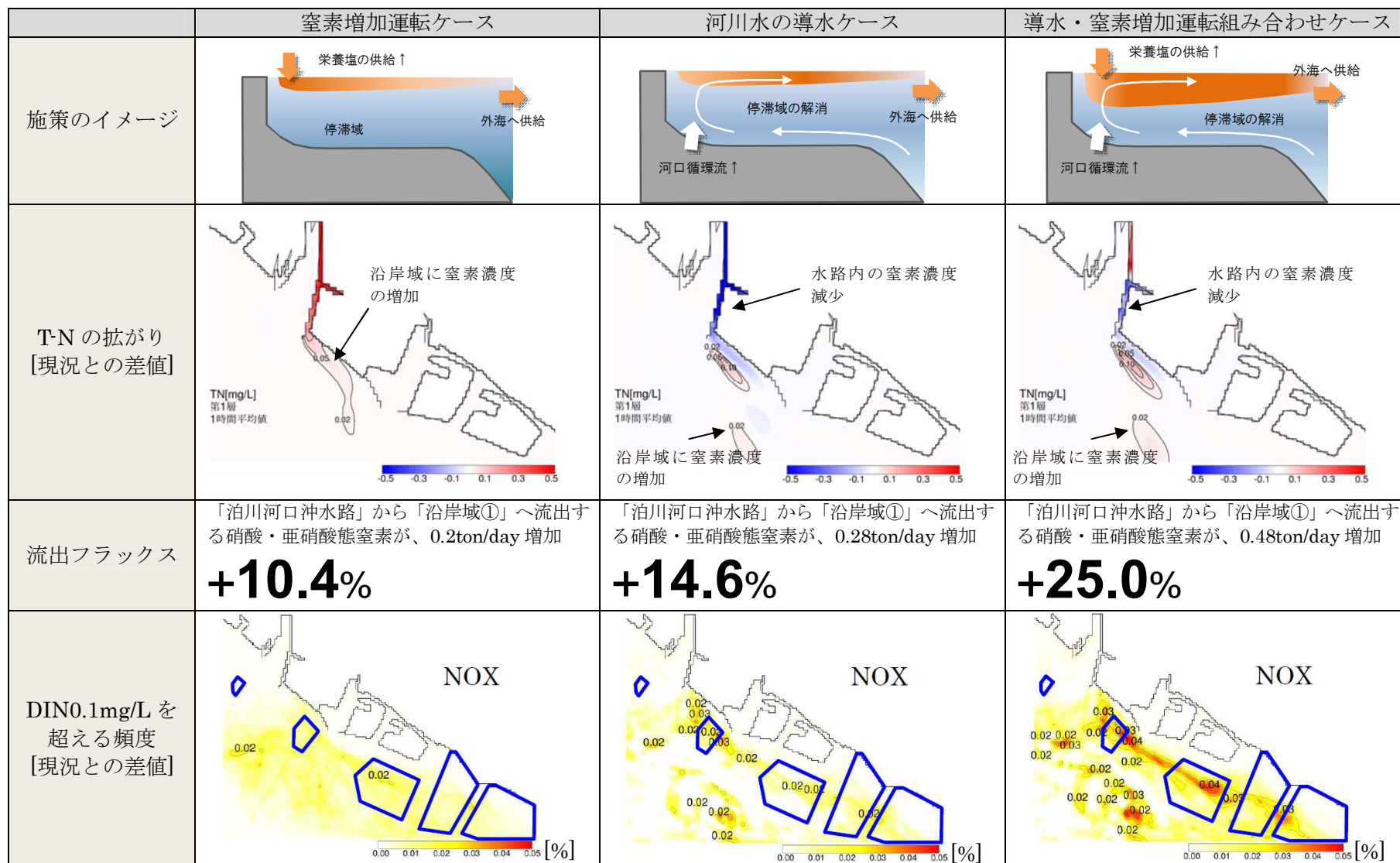


図 3.16 施策効果のまとめ