

## 栄養塩類の循環バランス向上対策の検討

播磨灘北東部海域における栄養塩類の循環バランス向上対策の検討については、第2回地域検討委員会において「加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転」、「河川を利用した海水交換の促進対策」、「海水交換防波堤（遊水室型）の設置」、それらの対策を組み合わせた場合のシミュレーションモデルによる効果予測の解析結果を示した。本資料においては、対策効果予測の時期を変更した場合の濃度分布の経時変化と領域間のDINフラックス量に加え、植物プランクトンとノリの取り込みフラックス量への対策効果について解析した結果を示す。

### 1 対策効果の検証（計算期間の変更）

#### 1.1 計算条件

本業務において構築したシミュレーションモデルは、本年度から $\sigma$ 座標系へ変更し、また、現地調査結果の反映も実施したため、冬季のうちの1~2月の計算が終了していなかった。そのため、平成18年1~2月における対策実施時の流動計算と水質計算を実施した。

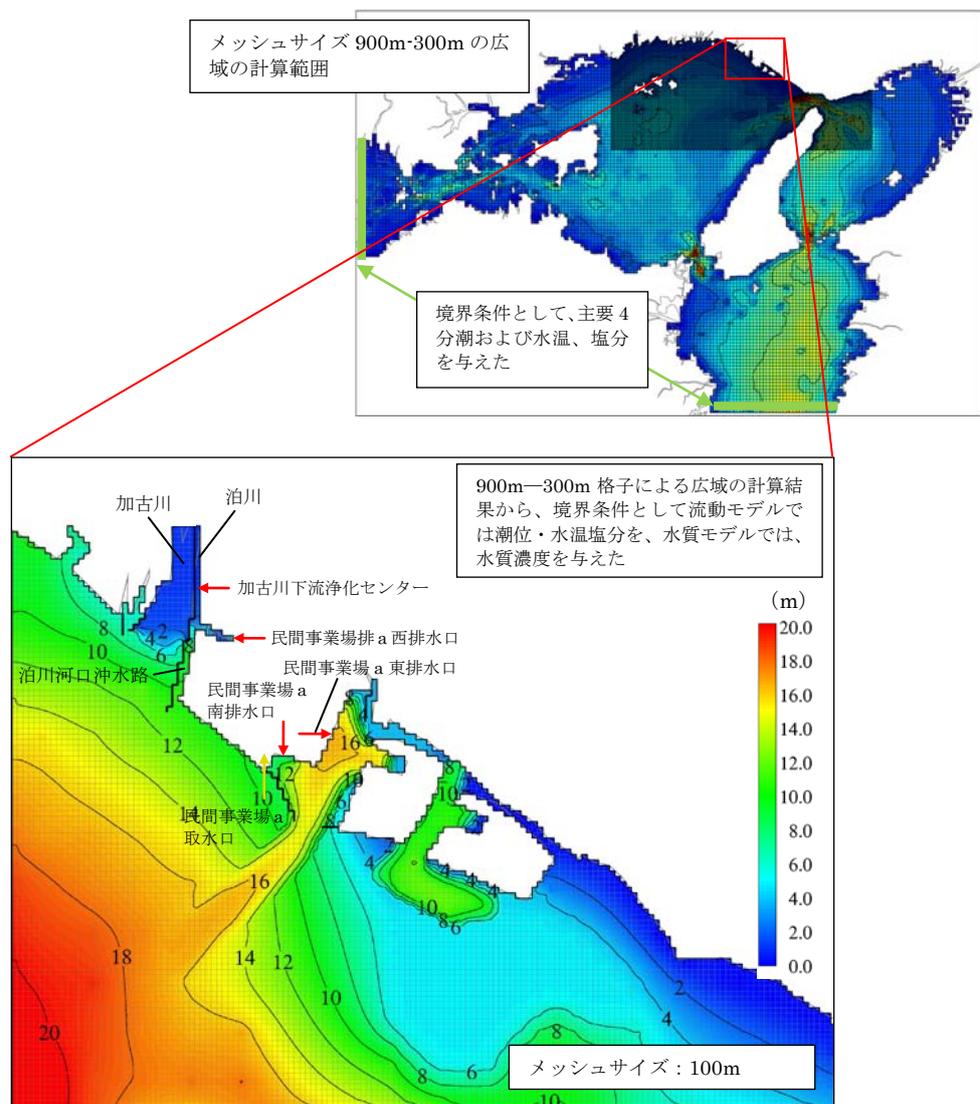


図 1.1-1 加古川河口周辺海域を対象としたシミュレーションの計算範囲および水深

## 1.2 計算結果

### (1) 窒素濃度の経時変化

#### 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転

窒素排出量増加運転時の海域における窒素濃度から通常運転時の窒素濃度を差し引いた差値について見ると、沿岸～沖合域では 0.02～0.05mg/L 程度の全窒素濃度の増加が見られ、ノリ養殖場付近においても濃度が 0.05mg/L 上昇する時間帯があった（図 1.2-1）。なお、濃度や分布の傾向は平成 17 年 12 月の効果予測結果と同様であった。

#### 河川を利用した海水交換の促進対策（導水対策）

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窒素濃度が減少することが明らかになった。一方で、水路内の流れが増加し表層水を押し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増加している状況も確認された。平成 17 年 12 月の効果予測結果と比較すると、沿岸～沖合域の窒素濃度の増加幅が大きく、濃度の増加範囲も広がっていた。また、泊川河口沖水路内においては窒素濃度の減少幅が大きくなっており、水路外においても濃度の減少する領域があった（図 1.2-3）。

#### 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転と導水対策の組み合わせ

導水対策と同様に泊川河口沖水路内で濃度が低下し、沿岸～沖合域では窒素排出量増加運転の効果で、導水対策を単独で実施した場合よりもさらに濃度が高く、影響範囲も拡大していた。したがって、それぞれの対策を個別に実施するよりも二つの対策を同時に実施することで、窒素の偏在化の一層の軽減効果が期待できるとみられた（図 1.2-5）。

### (2) フラックス量（輸送量）

#### 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転

対策の実施により泊川河口沖水路から沿岸域①へ流出する DIN フラックス量は現況と比較して 0.20ton/day 増加した。この結果は加古川下流浄化センターでの窒素排出量増加運転により排水中の DIN 濃度が上昇するためである（図 1.2-2）。

#### 河川を利用した海水交換の促進対策（導水対策）

泊川河口沖水路から沿岸域①へ流出する DIN フラックス量は現況と比べて 5.6%増加した。導水対策については窒素分を添加していないにもかかわらず沿岸域への供給量が増えていた（図 1.2-4）。よって、DIN の偏在化の解消に導水対策が役立つと期待される。

#### 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転と導水対策の組み合わせ

窒素排出量増加運転と導水対策を組み合わせると同時に実施することにより、泊川河口沖水路から沿岸域①への DIN フラックス量は現況と比較して 0.38ton/day 増加しており、15.3%程度の増加の効果が得られた（図 1.2-6）。これは、それぞれの対策を個別に実施した時の供給量の増加量を合計した値と同程度である。

### (3) 沿岸域における窒素濃度の増加量

#### 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転

平均値・最大値ともに泊川河口沖水路内で濃度が高い結果となっているが、沿岸～沖合域においても濃度上昇が確認できた。加古川下流浄化センターの排水は硝酸・亜硝酸性窒素の割合が大きいため、硝酸・亜硝酸性窒素の増加範囲や濃度上昇幅がアンモニア性窒素のそれを上回っていた。

#### 河川を利用した海水交換の促進対策（導水対策）

この対策は水路内外の海水交換の促進により元々存在していた窒素を有効利用するものであるため、沿岸域における窒素の増加量の平均値は全ての対策ケースの中で最も小さいが、対策の実施により泊川河口沖水路から流出する流量が増加するため、最大値の範囲については窒素排出量増加運転ケースよりも広範囲に影響が及んでいた。

#### 加古川下流浄化センターの窒素排出量増加運転と導水対策の組み合わせ

窒素排出量増加運転を単独で実施した場合と比較して、平均値の図の沿岸～沖合域においては大きな差が見られなかったが、水路内においては濃度の上昇が抑えられている様子が認められた。沿岸～沖合域における硝酸・亜硝酸性窒素の最大値の分布状況により、窒素排出量増加運転と導水対策を組み合わせることで、窒素排出量増加運転で濃度が上昇した水塊を広範囲に拡散させることができると考えられた。

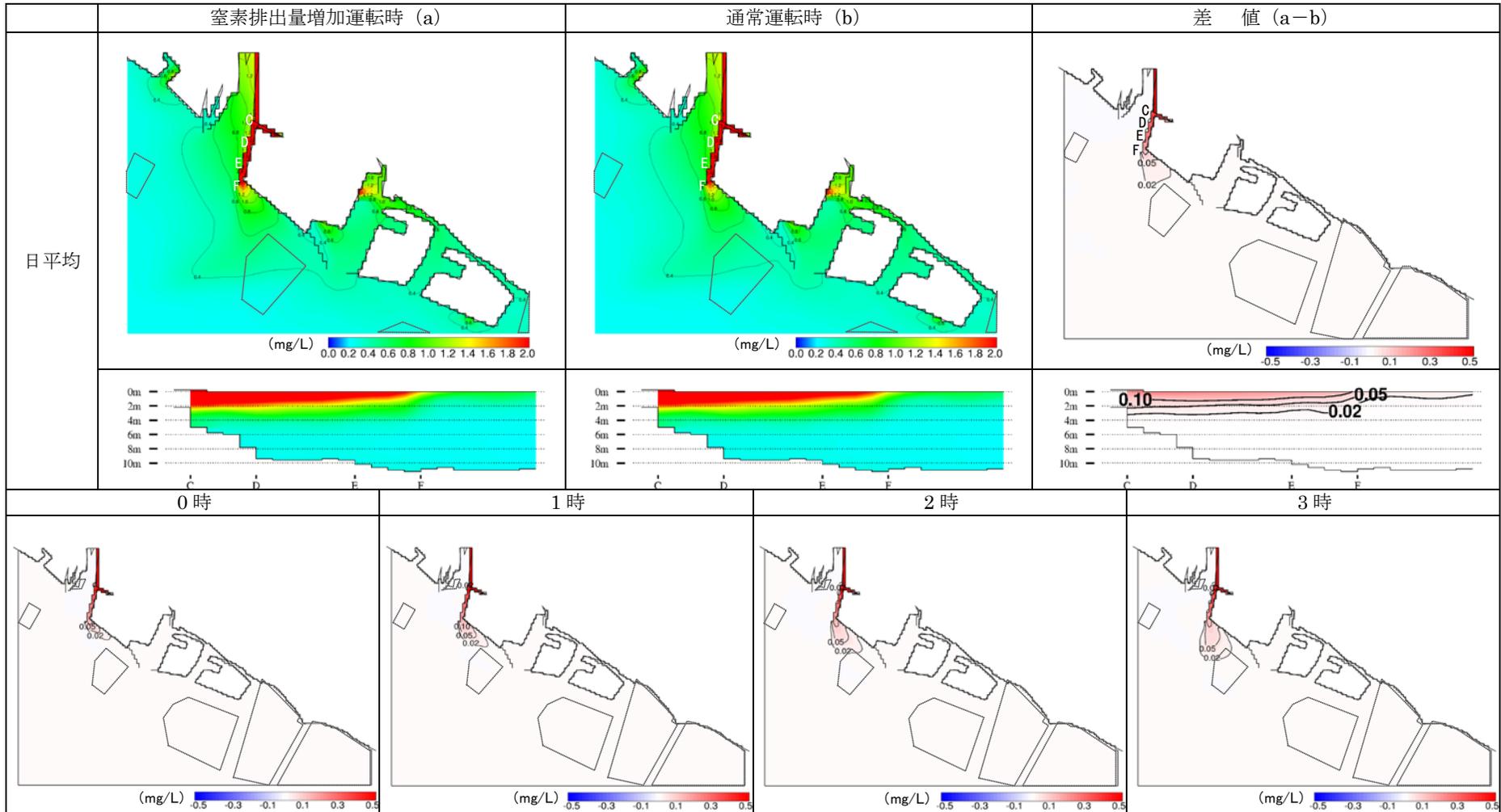


図 1.2-1 (1) 窒素排出量増加運転による全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 11 日]

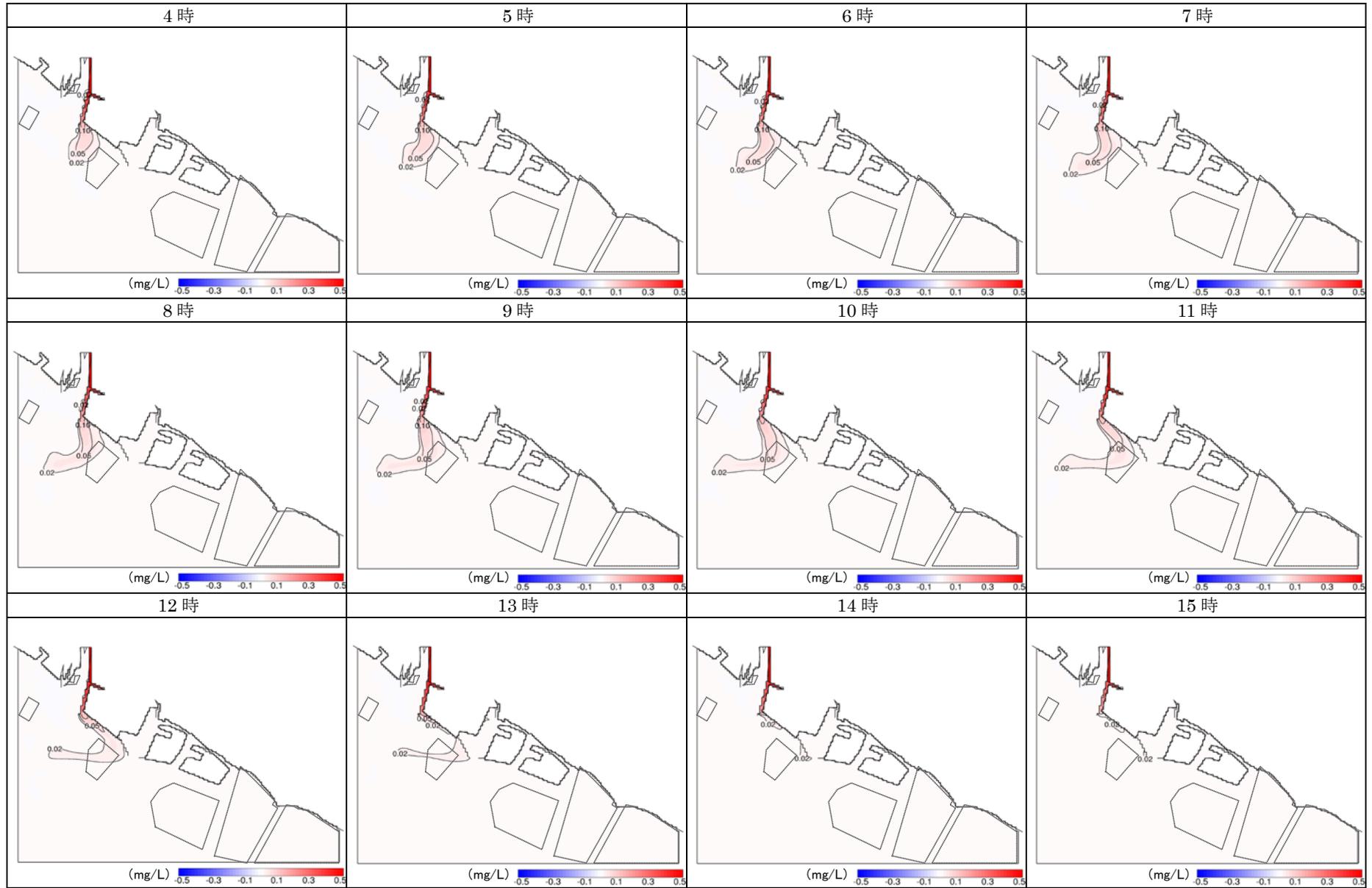


図 1.2-1 (2) 窒素排出量増加運転による全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 11 日]

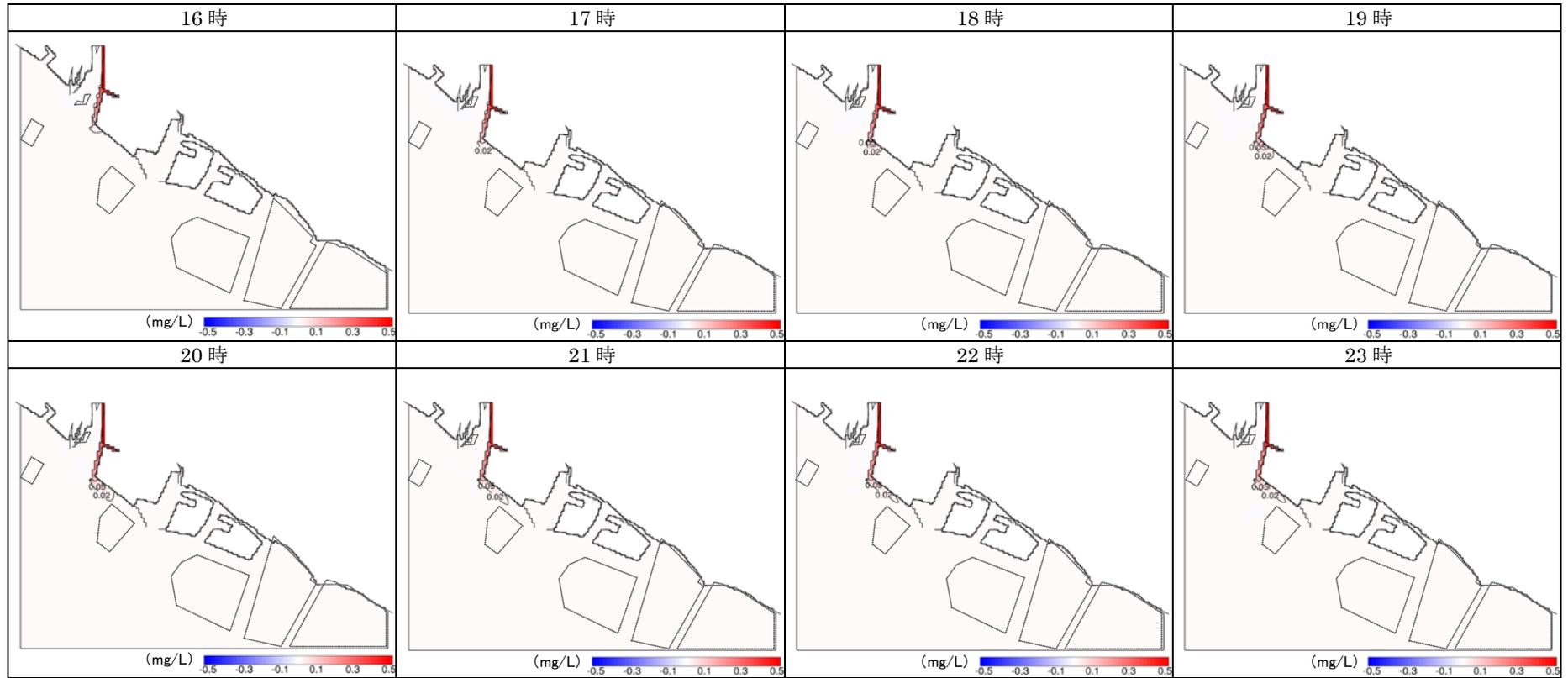


図 1.2-1 (3) 窒素排出量増加運転による全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 11 日]

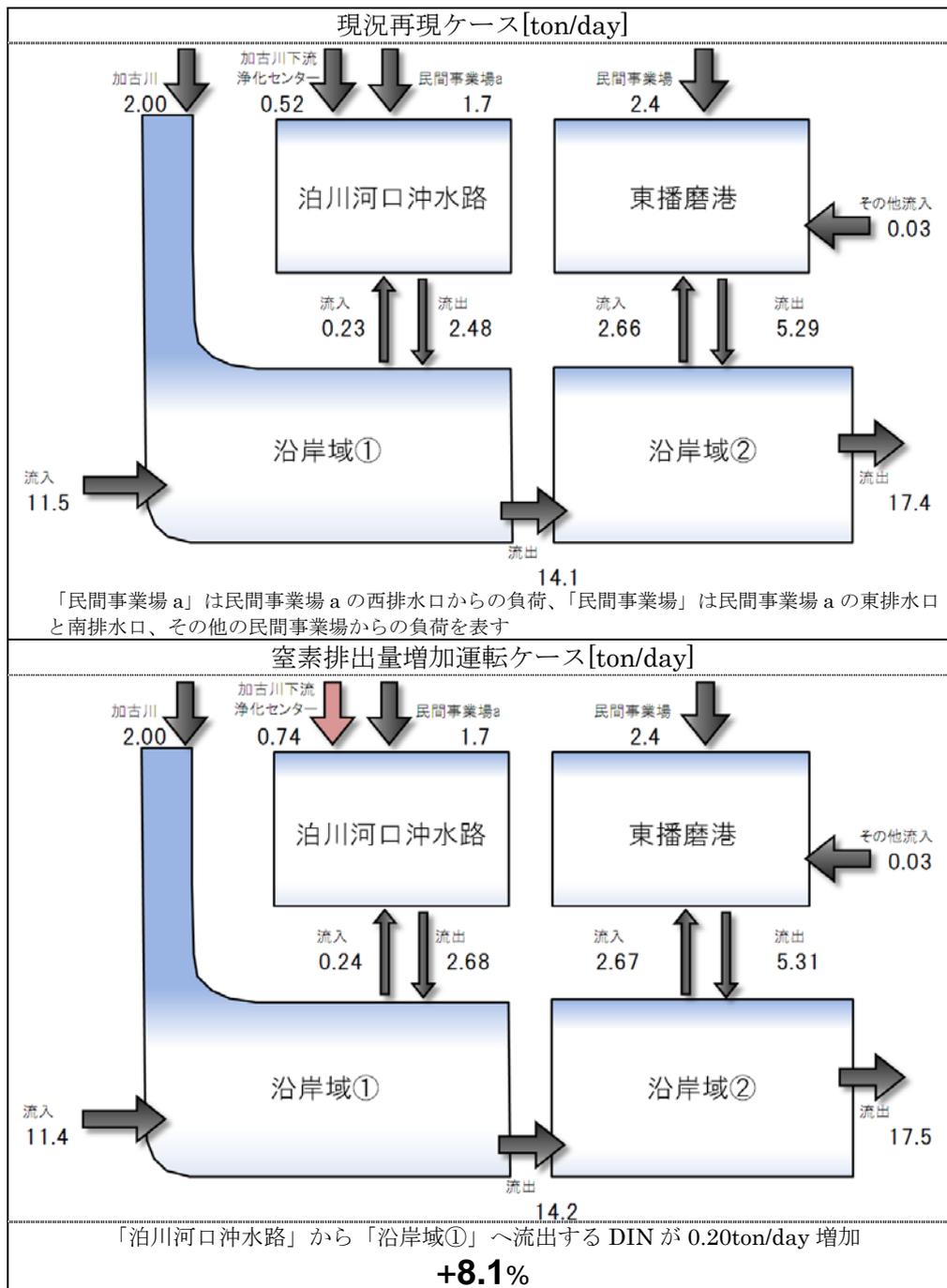


図 1.2-2 窒素排出量増加運転の DIN フラックス図 (平成 18 年 2 月 1 日～28 日の平均)

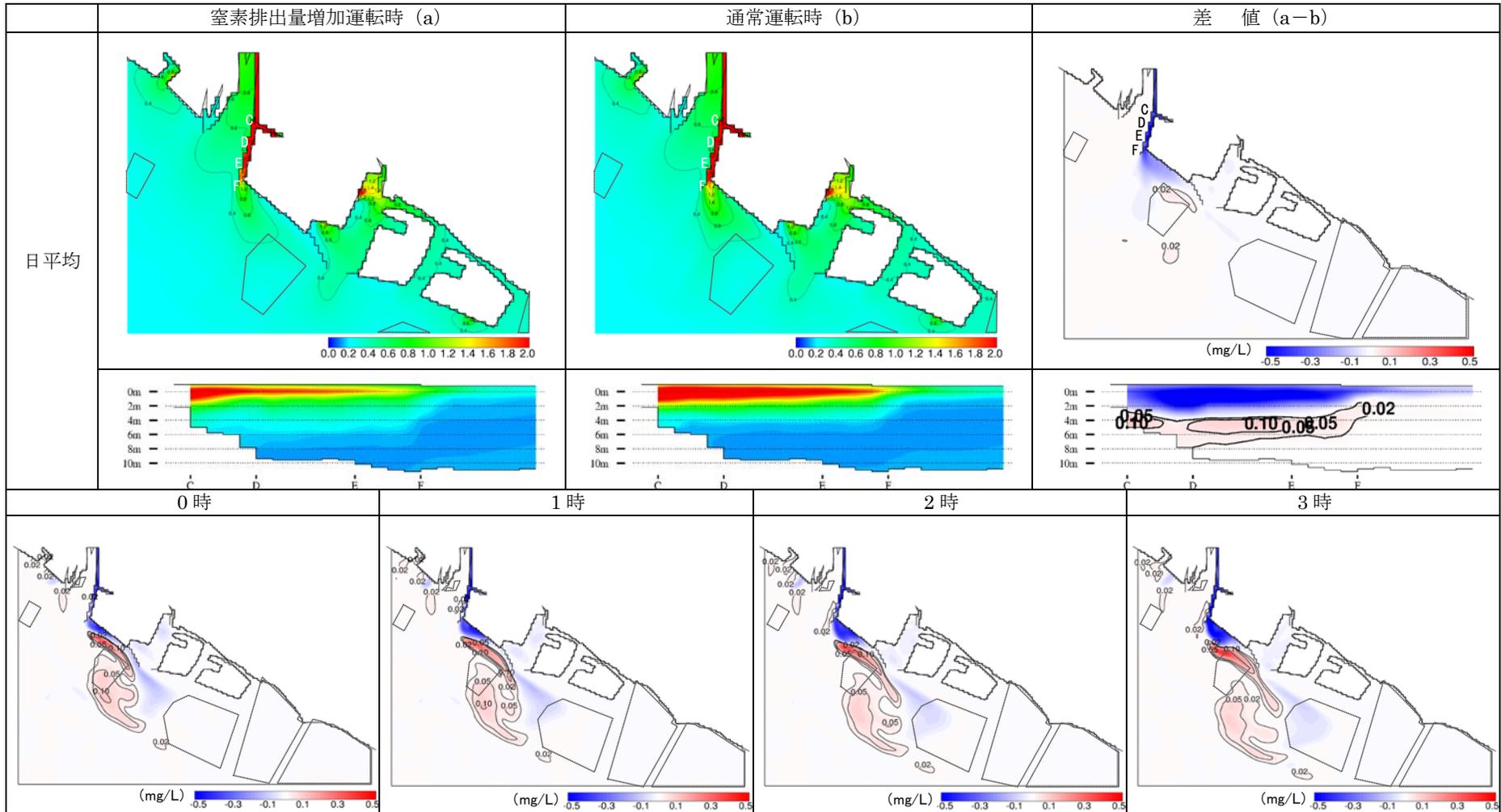


図 1.2-3 (1) 加古川から泊川河口沖水路に導水した際の全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 15 日]

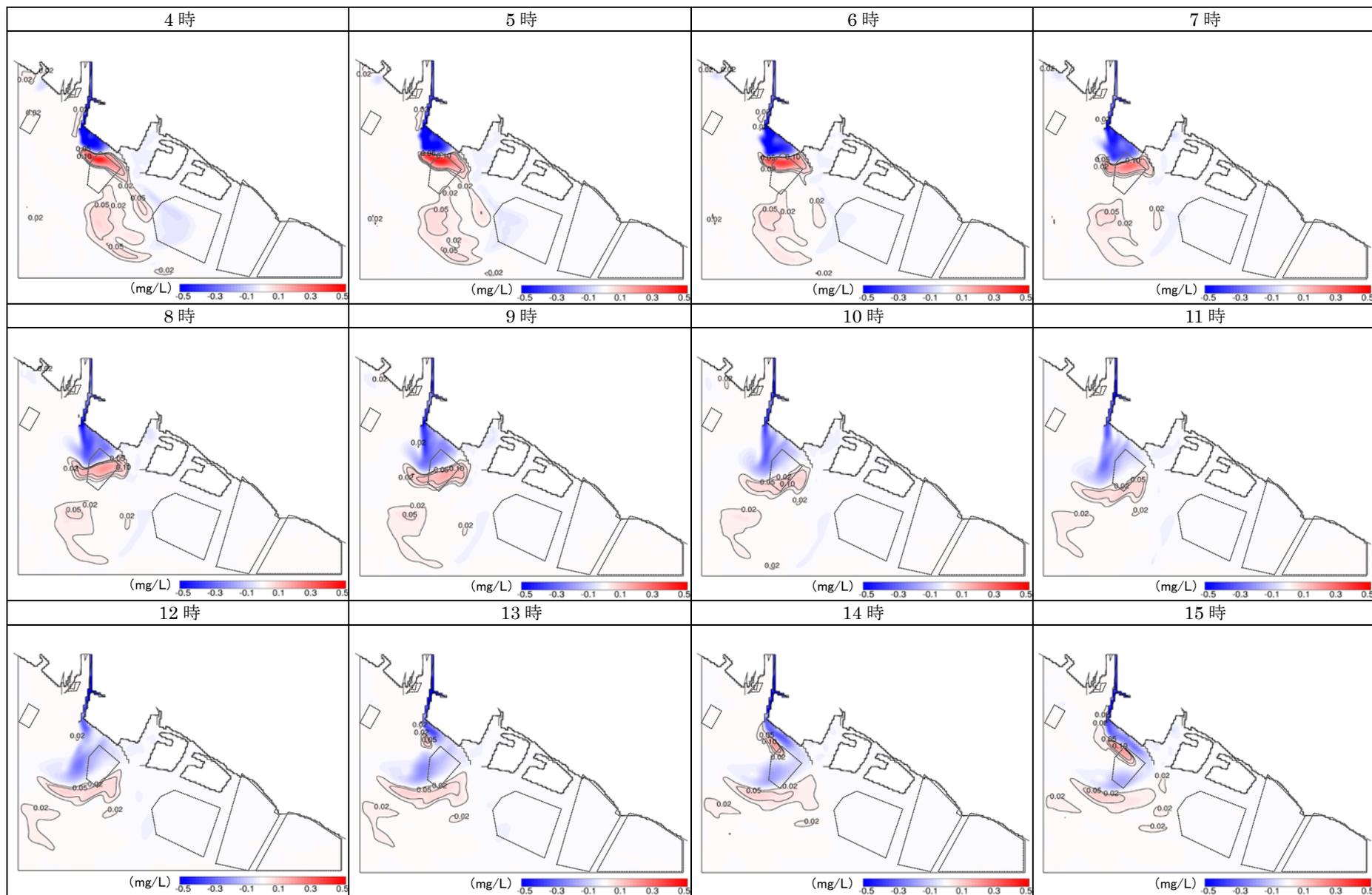


図 1.2-3 (2) 加古川から泊川河口沖水路に導水した際の全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 15 日]

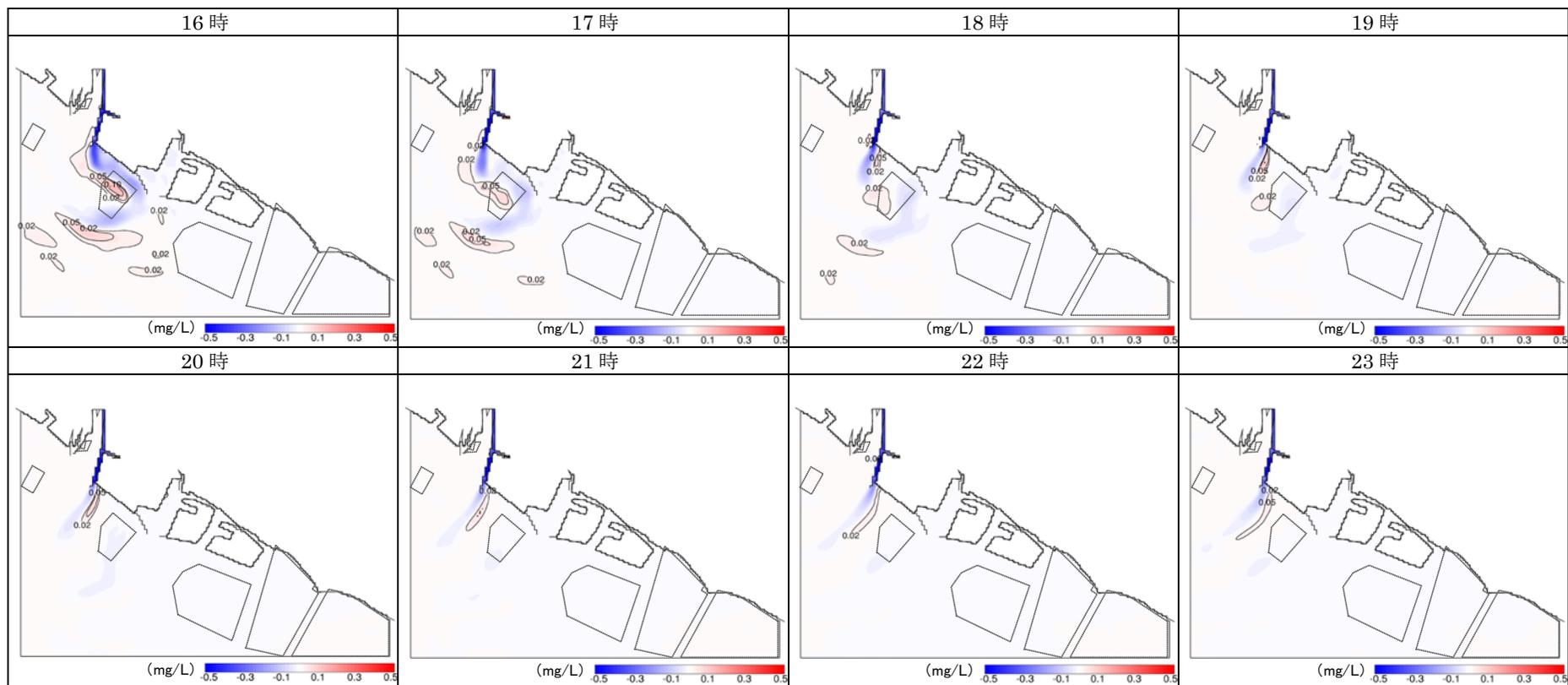


図 1.2-3 (3) 加古川から泊川河口沖水路に導水した際の全窒素の影響（毎時結果は差値）[平成 18 年 2 月 15 日]

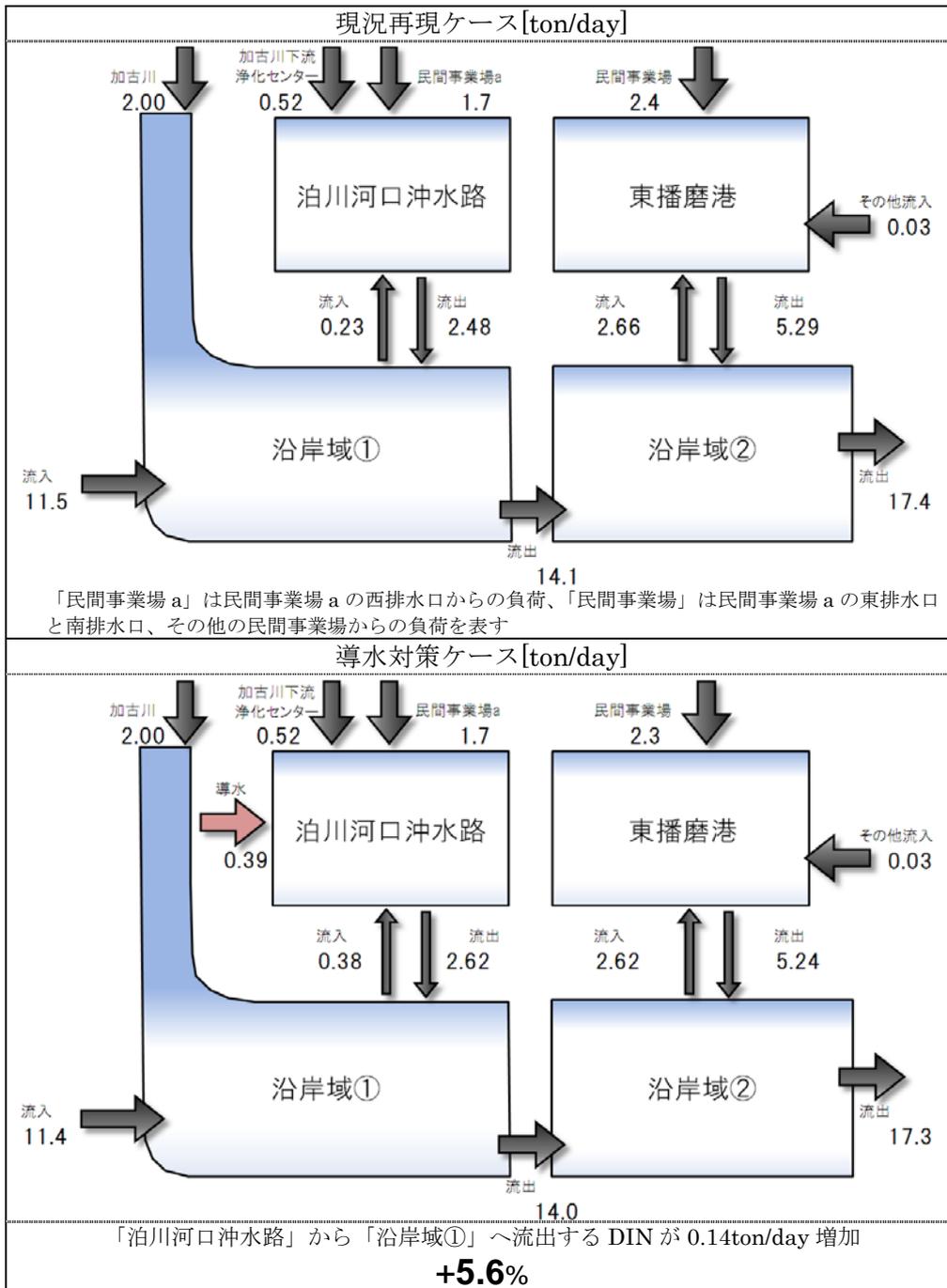


図 1.2-4 加古川から泊川河口沖水路への導水対策の DIN フラックス図  
(平成 18 年 2 月 1 日～28 日の平均)

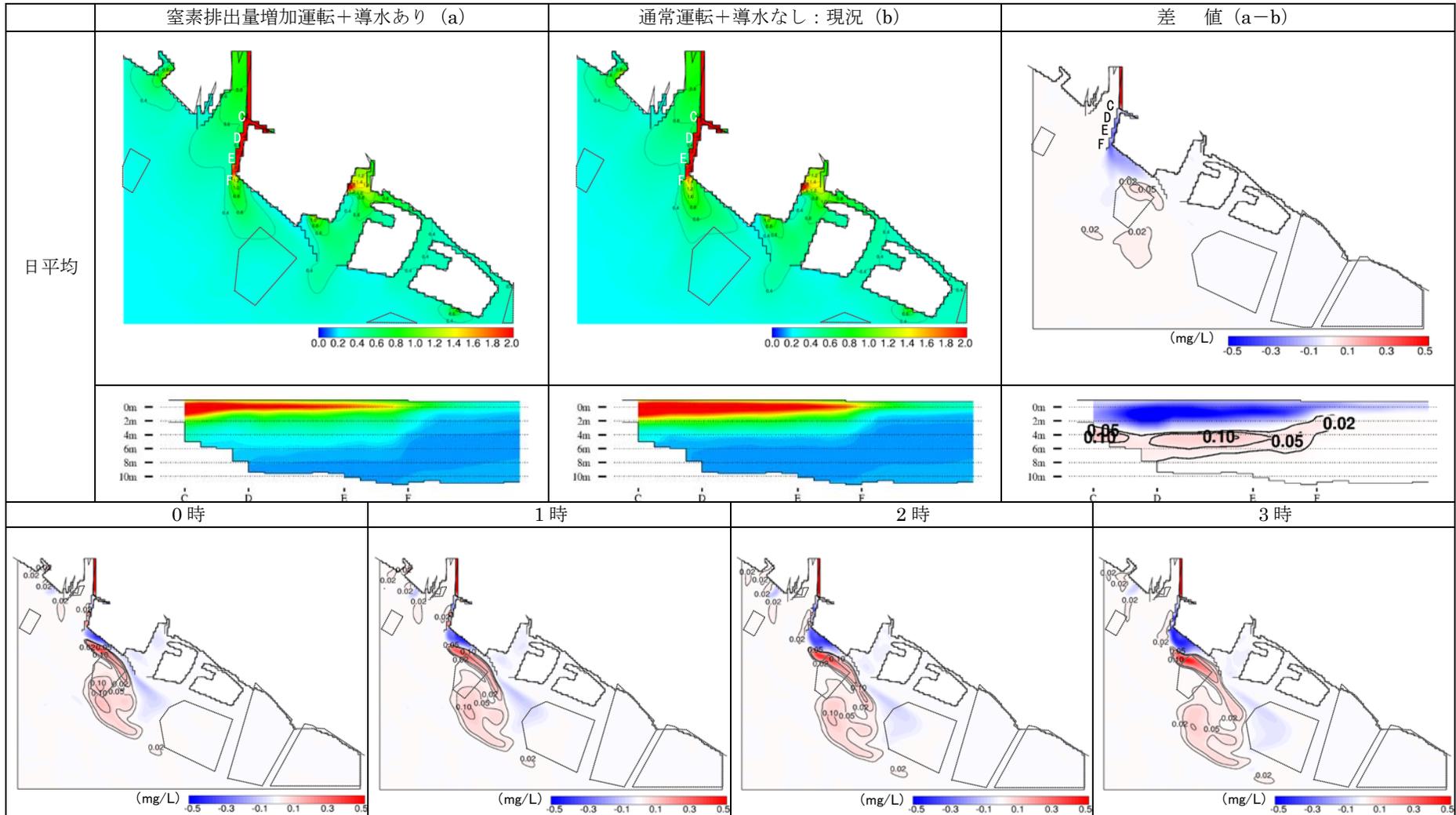


図 1.2-5 (1) 窒素排出量増加運転と導水対策を同時に実施した際の全窒素の影響（毎時結果は差値）[平成 18 年 2 月 15 日]

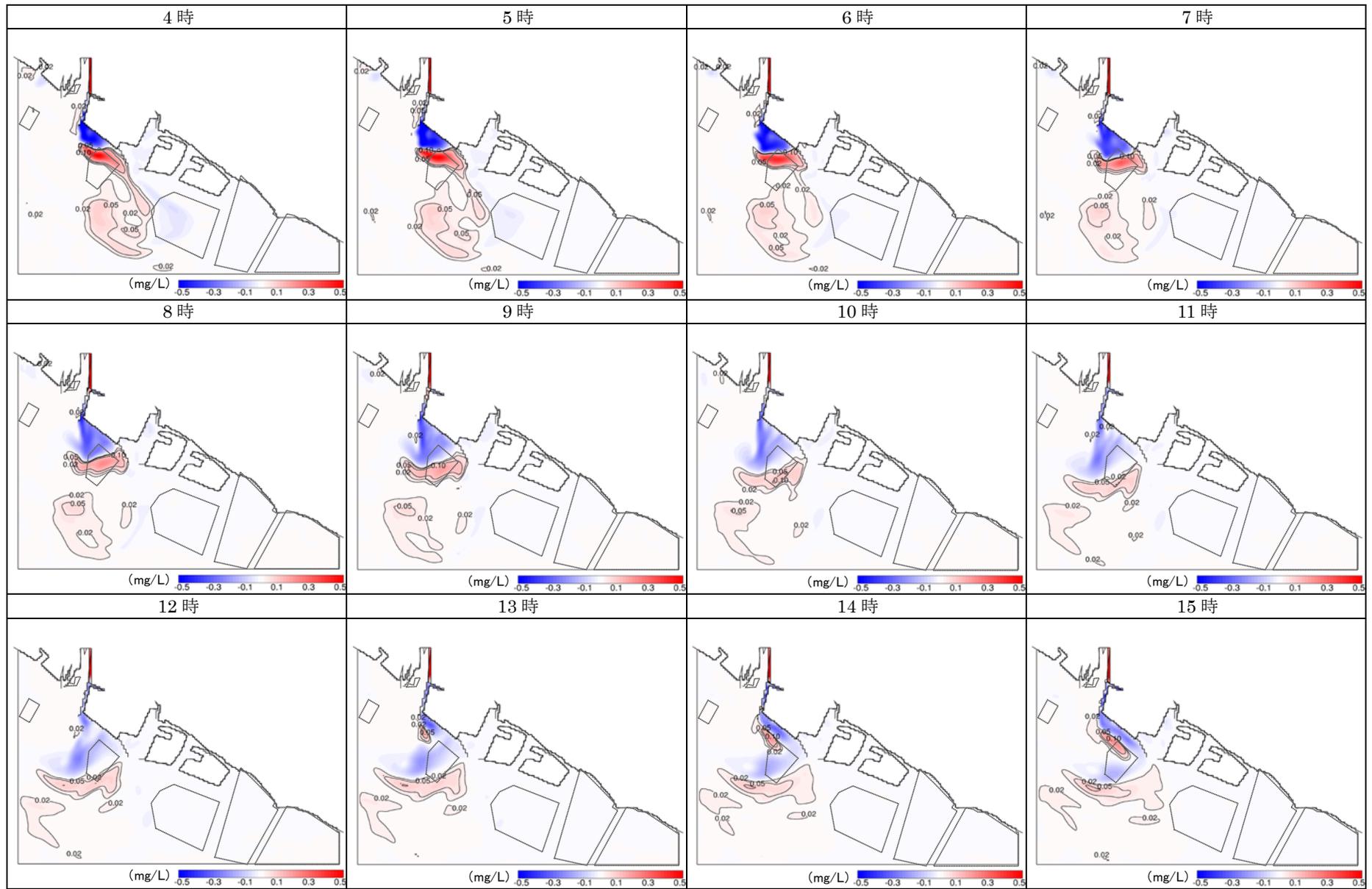


図 1.2-5 (2) 窒素排出量増加運転と導水対策を同時に実施した際の全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 15 日]

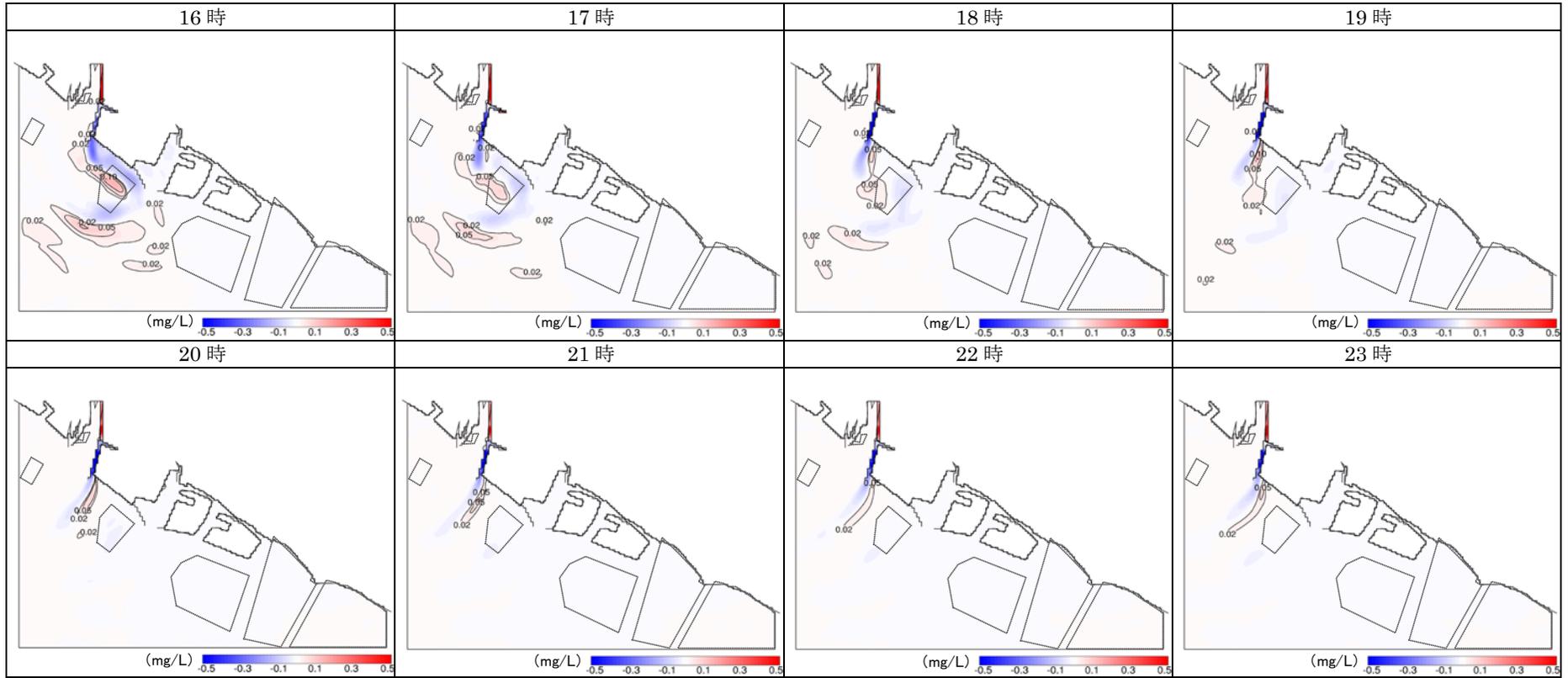


図 1.2-5 (3) 窒素排出量増加運転と導水対策を同時に実施した際の全窒素の影響 (毎時結果は差値) [平成 18 年 2 月 15 日]

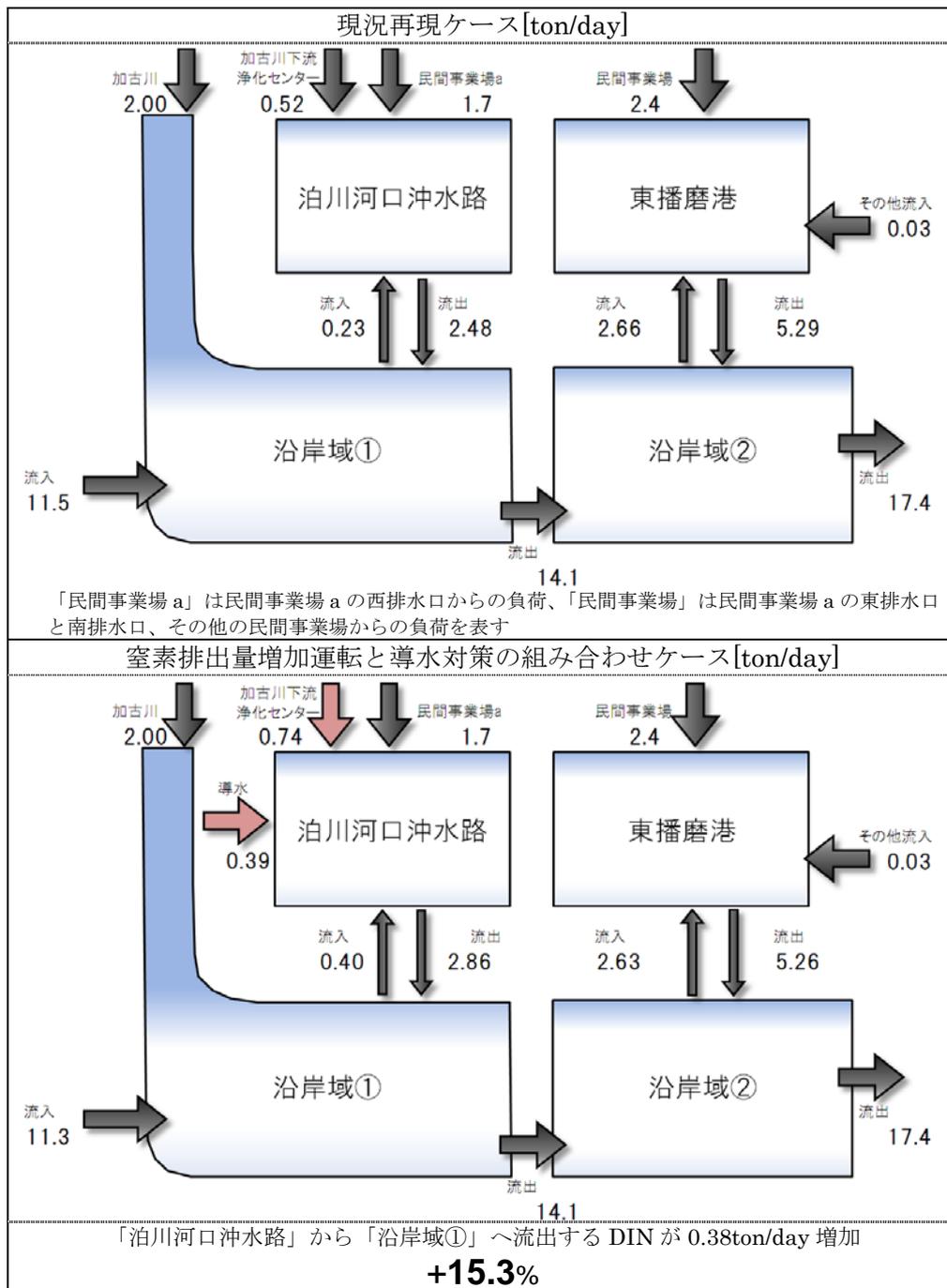
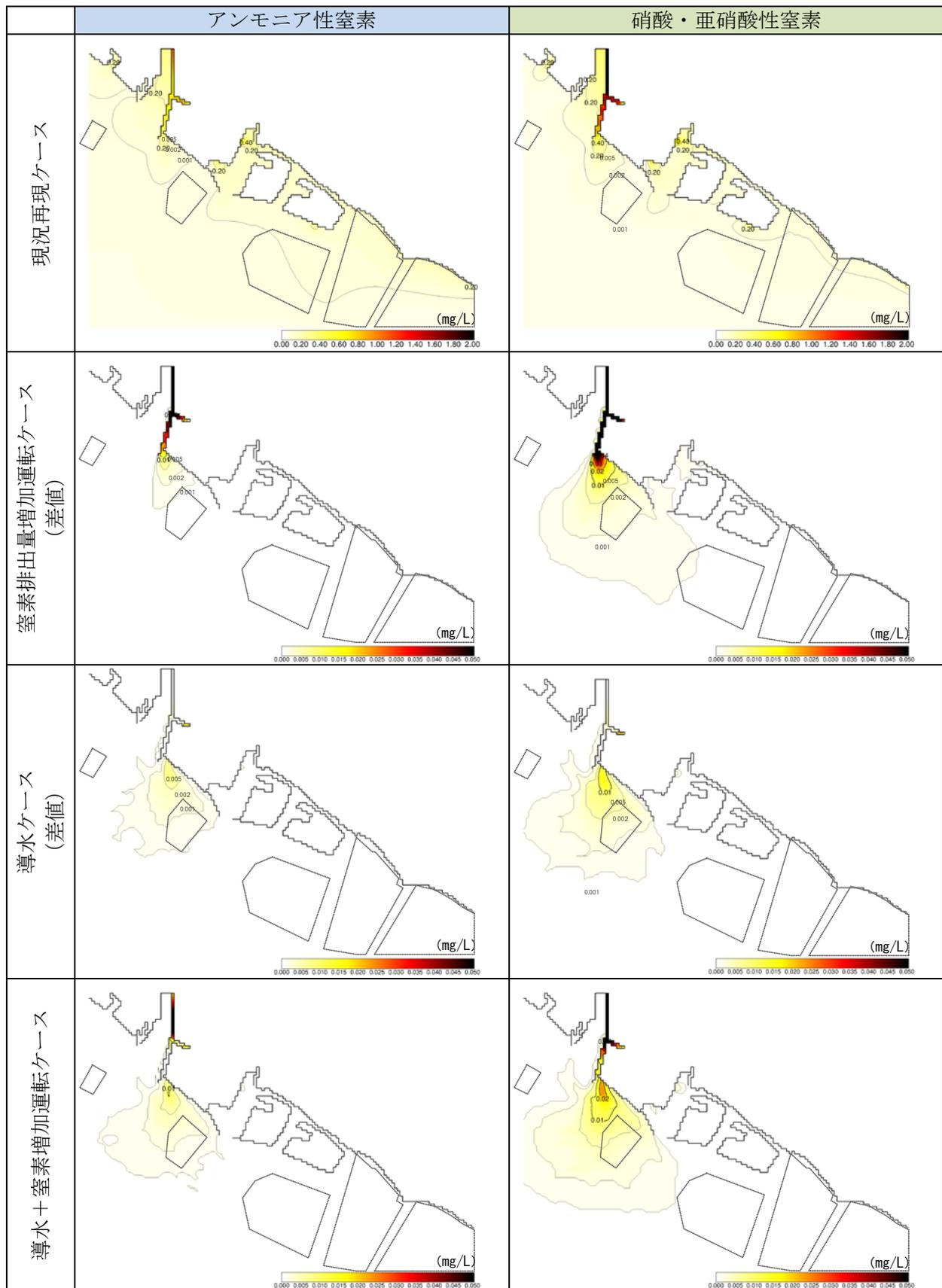
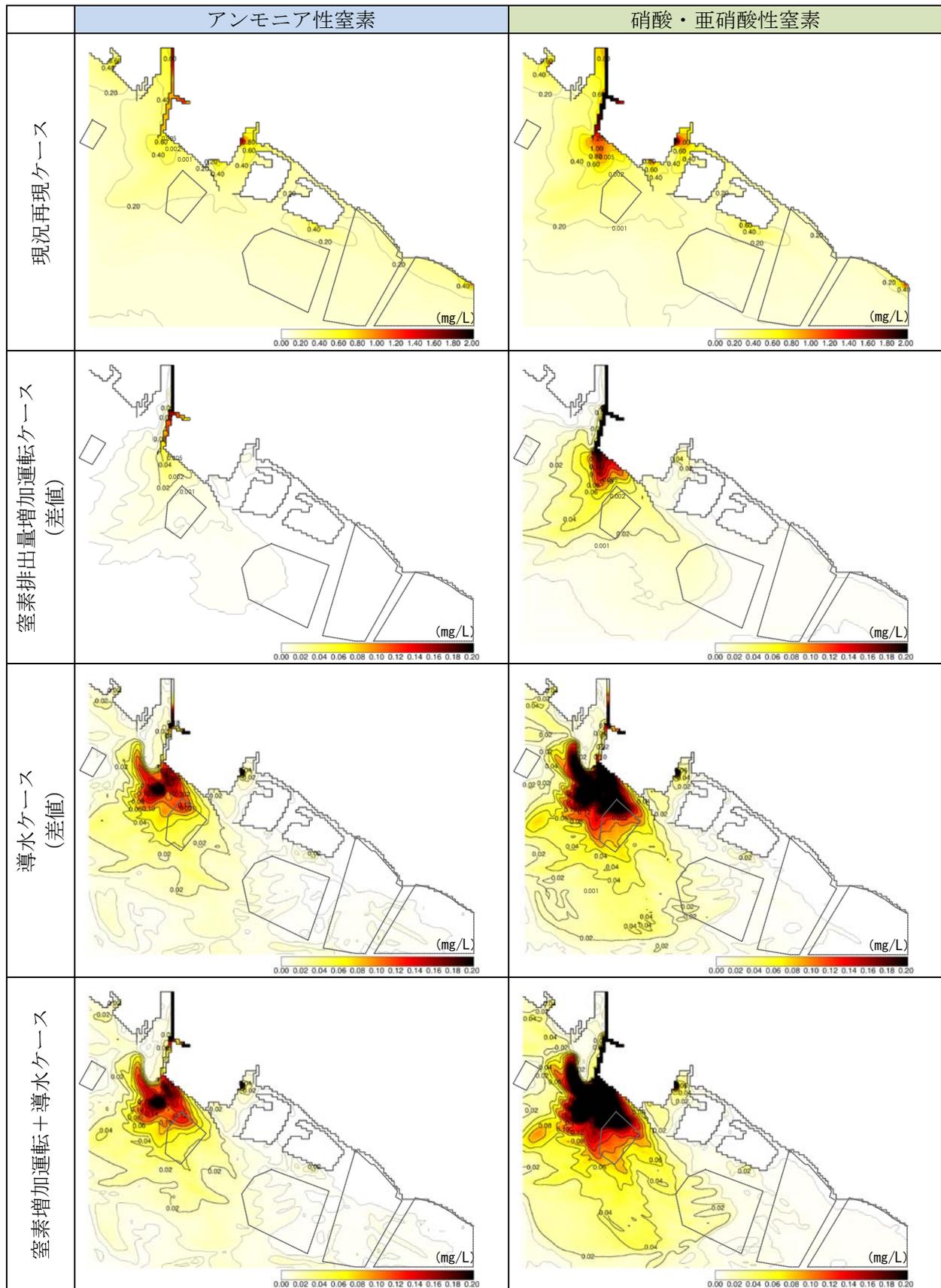


図 1.2-6 窒素排出量増加運転と導水対策の組み合わせのDINフラックス図  
(平成18年2月1日～28日の平均)



※ データ整理期間：平成 18 年 2 月 1 日～2 月 28 日

図 1.2-7 現況ケースと濃度増加量（計算期間平均値）



※ データ整理期間：平成 18 年 2 月 1 日～2 月 28 日

図 1.2-8 現況ケースと濃度増加量（計算期間最大値）

## 2 植物プランクトンとノリの取り込みフラックスへの影響

### 2.1 解析方法

対策を実施した場合、図 2.1-1 に示す領域における植物プランクトンとノリの DIN の取り込みフラックスの増加量と、図 2.1-1 に示す地点①における DIN 濃度の増加量の経時変化を図 2.2-1～図 2.2-3 に示す。

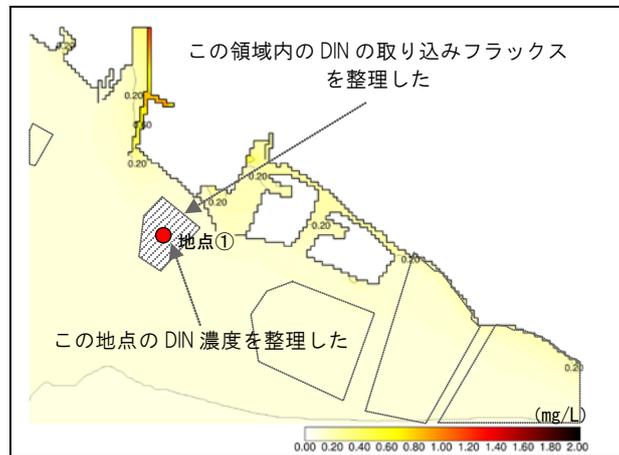


図 2.1-1 解析の実施領域と地点

### 2.2 解析結果

#### 窒素排出量増加運転

- ・ 対策の実施により対象域の DIN 濃度が上昇したため、植物プランクトン、ノリともに DIN の取り込みフラックス量が増加している。
- ・ 植物プランクトンによる DIN の取り込み量は大きく変化しないが、ノリによる DIN の取り込みは大きく増加するタイミングがある。

#### 河川を利用した海水交換の促進対策（導水対策）

- ・ 地点①における DIN 濃度は現況より上昇する時と低下する時がある。そのため、植物プランクトンとノリの DIN の取り込みフラックス量についても、現況と比べて増加する場合と減少する場合が見られる。
- ・ 植物プランクトンの取り込みフラックス量の変動が大きくなっている。理由として植物プランクトンはアンモニア性窒素を多く消費するパラメータの設定になっており、導水対策により水路内のアンモニア性窒素が断続的に供給されたことが考えられる。

#### 窒素排出量増加運転と導水対策の組み合わせ

- ・ 個別に対策を実施した場合と比べて DIN 濃度の変動幅が大きくなっているため、特にノリの取り込みフラックス量の変動が大きくなっている。理由として、窒素排出量増加運転により負荷された硝酸・亜硝酸性窒素が、導水対策の効果で領域に高い濃度で達したためとみられる。

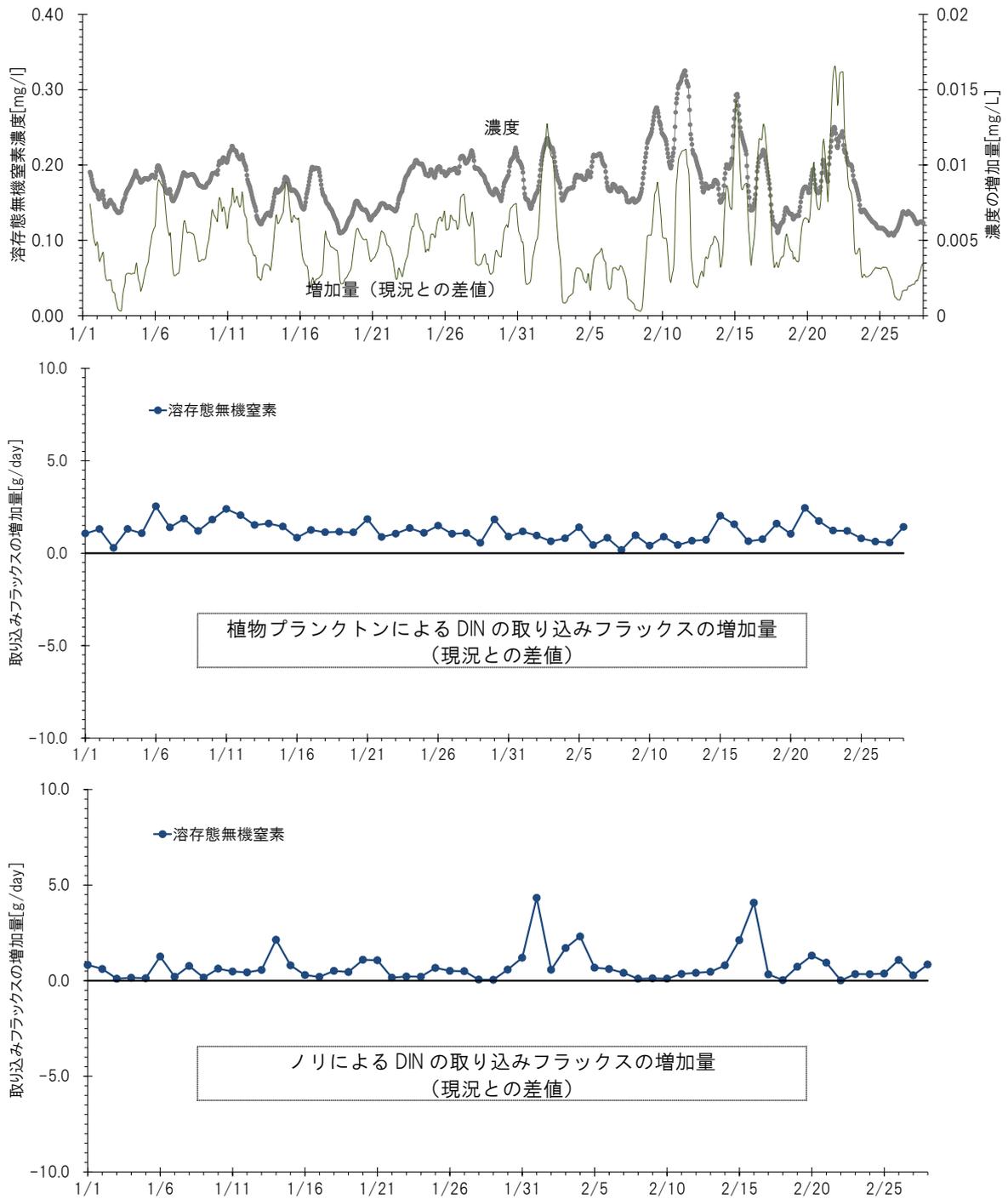


図 2.2-1 窒素増排出量加運転時における DIN 濃度・取り込みフラックスの変化

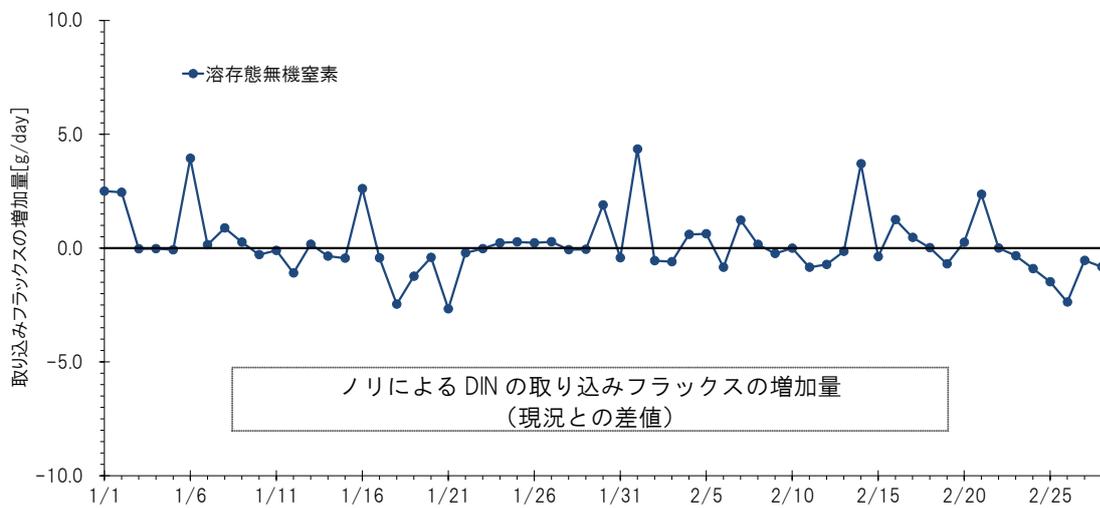
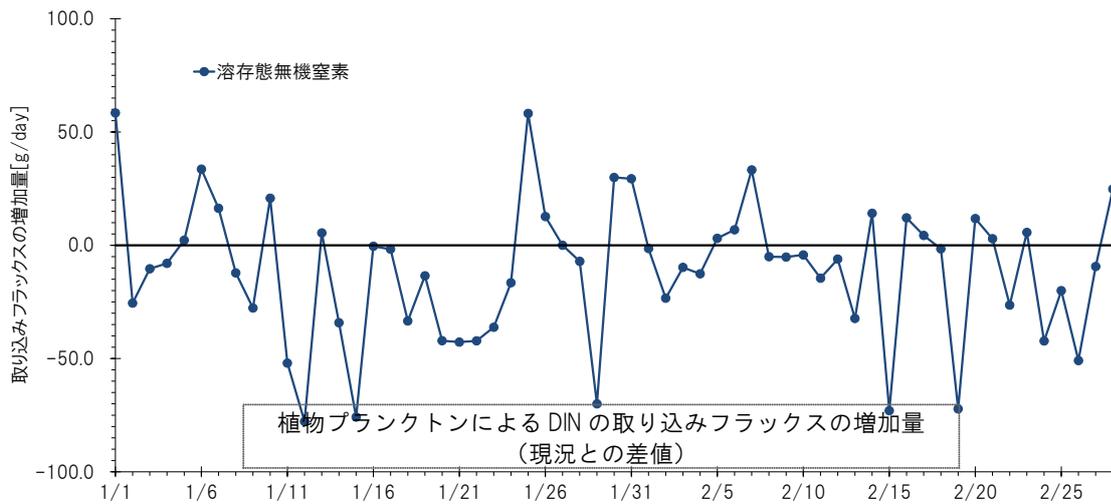
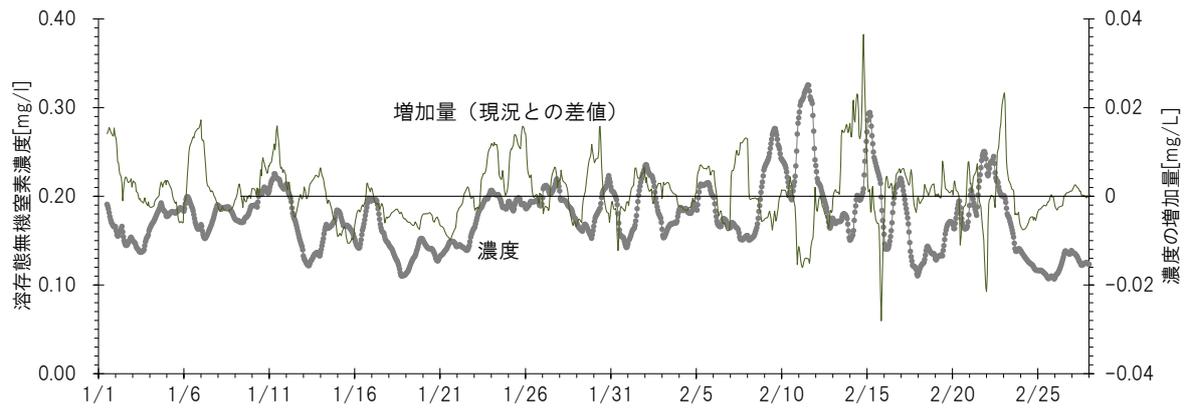


図 2.2-2 導水対策時における DIN 濃度・取り込みフラックスの変化

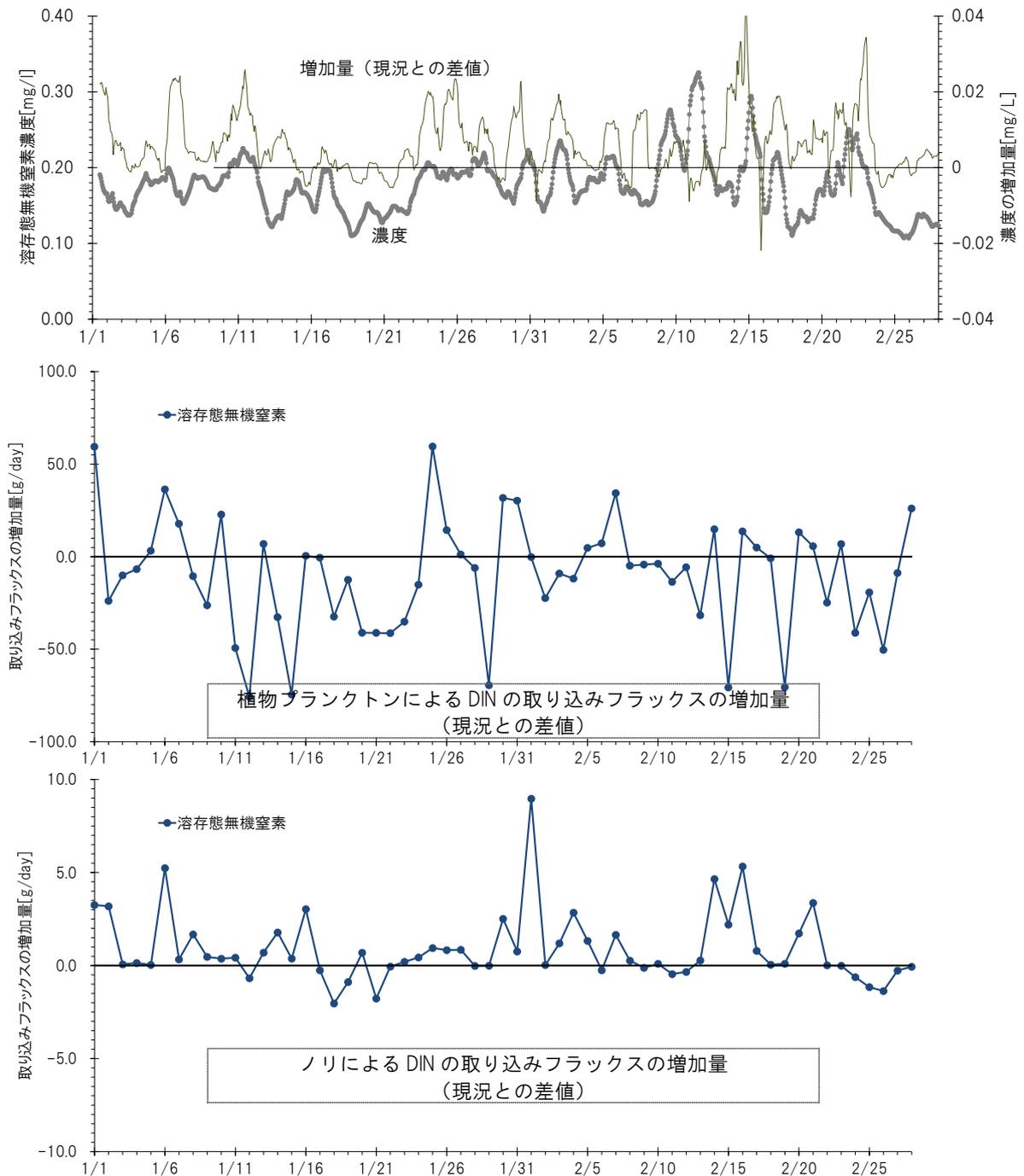


図 2.2-3 窒素排出量増加運転と導水対策の組み合わせのDIN濃度・取り込みフラックスの変化