

厚岸湖における物質循環の評価 — 数値シミュレーションによる解析 —

北海道大学大学院 環境科学院 阿部博哉
北海道大学 厚岸臨海実験所 伊佐田智規

1. 背景・目的

沿岸域の特徴

・陸と海の接点に位置する沿岸域は淡水と海水が混じり合う複雑な環境をもち、生産性が高い水域として知られている

・これまで、河川負荷の増大や河川改変による水質悪化、貧酸素水塊の発生とそれに伴う二枚貝類の大量死、海草藻場の減少などの様々な問題が報告されている

・**数値シミュレーション(生態系モデル)**は環境に対する生態系の応答を機構的に解明することができる有効なツールの一つである

数値シミュレーションの利点

- ①観測データを説明するための仮説の妥当性を検討することができる
- ②観測データの内挿・外挿および物質収支の算出が可能である
- ③観測されていないデータに対する知見を得ることができる

重光・山中(2011)

厚岸湖の特徴

- ・湖口～湖央付近のアサリ島を除くほぼ全域に海草藻場(アマモ場)が広がる
- ・二枚貝養殖が盛ん



- 1) 現地調査により水底質環境を把握する
- 2) 数値シミュレーションにより現況及び環境変化時の物質循環(水質, 底質, 漁業生物の動態)を評価する

2. 方法 — 現地観測 —

- ◆ 調査日程：2014年6月，9月，11月，12月
- ◆ 調査地点：厚岸湖，厚岸湾，別寒辺牛川，大別川
- ◆ 調査項目：水温，塩分，溶存酸素濃度（水質計）
水柱Chl-a，底質Chl-a
水柱栄養塩（ NO_2+NO_3 ， NH_4 ， PO_4 ， $\text{Si}(\text{OH})_4$ ）

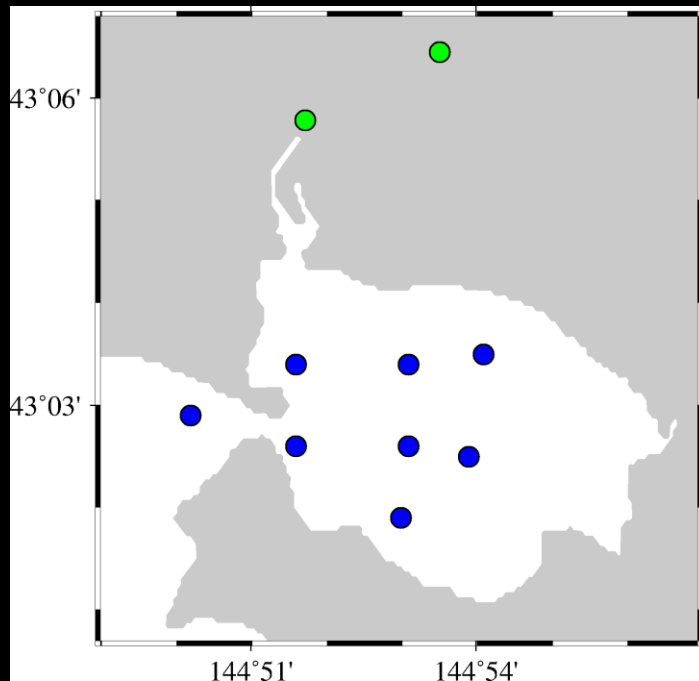
Chl-a

植物プランクトン量の指標となる。クロロフィルは光合成を担う色素

栄養塩

植物の増殖に必要で，環境水中でよく枯渇して植物の増殖を制限する元素

調査地点



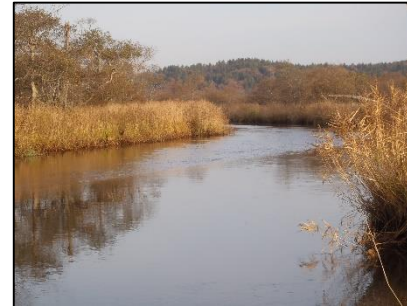
厚岸湖内カキ養殖場



厚岸湖内アマモ場



別寒辺牛川



大別川

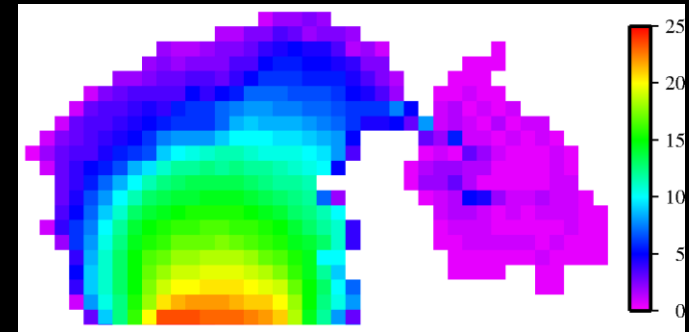


2. 方法 — 数値シミュレーション—

3次元物理-生態系結合モデル

- ◆物理モデル: Princeton Ocean Model
⇒水温・塩分・流れ場を計算
- ◆生態系モデル: 浮遊系-底生系結合モデル
⇒生物化学要素を計算

計算領域と水深(m)



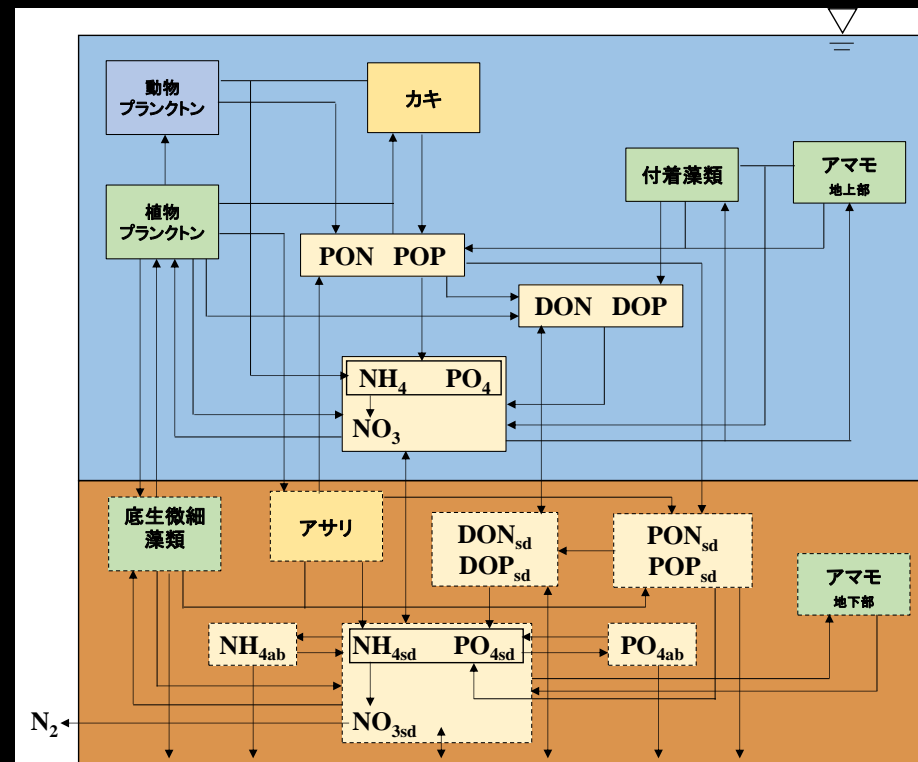
計算条件

- ◆計算対象期間: 2014年4月～12月
- ◆計算領域: 厚岸湖～厚岸湾
- ◆平面座標: 直交座標系(500m格子)
- ◆鉛直座標: σ 座標系(鉛直4層)

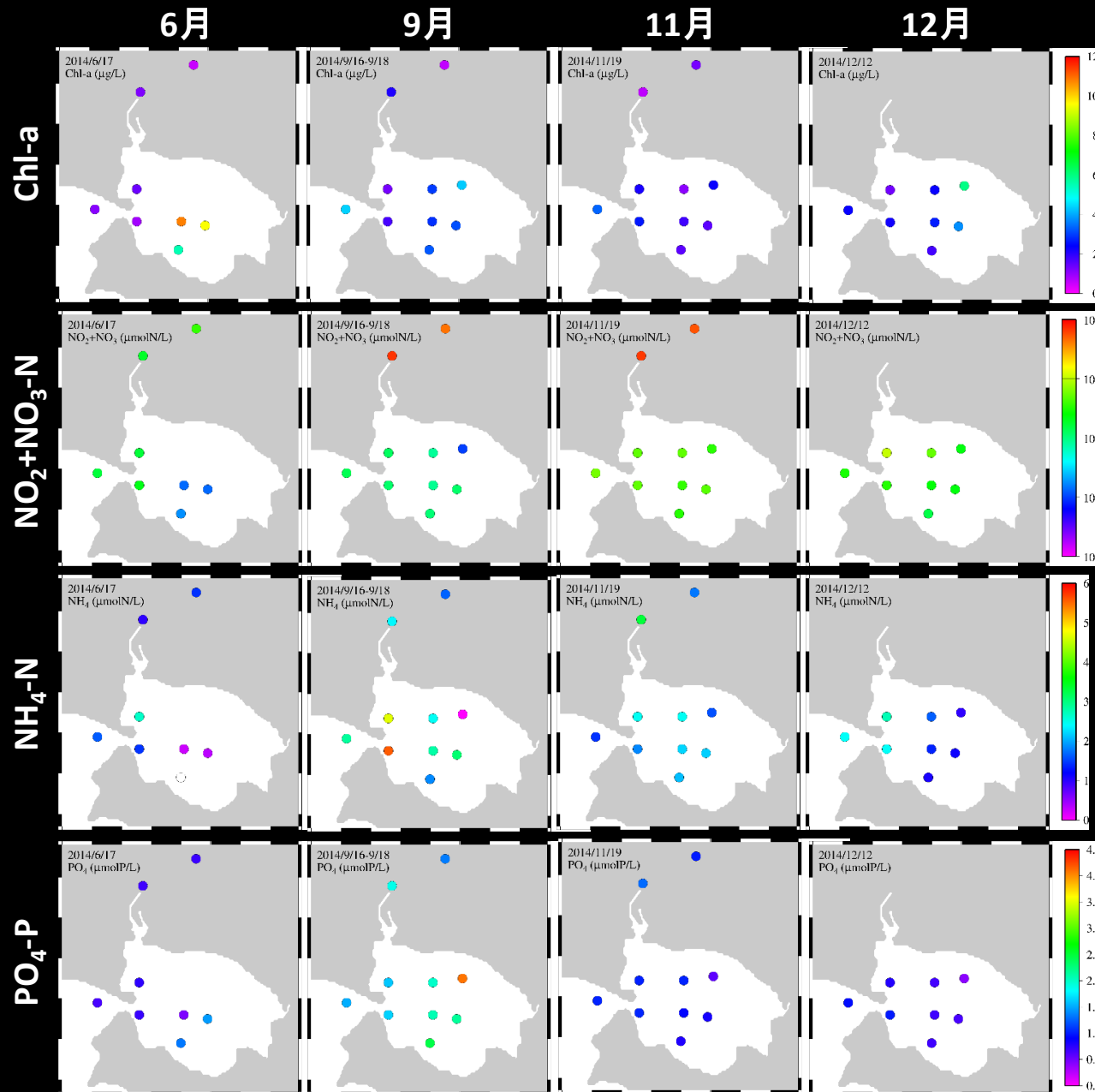
計算ケース

- ①現況(スタンダード)
 - ②アマモ・付着藻類無
 - ③付着藻類無
 - ④カキ養殖密度4倍
 - ⑤カキ養殖密度0.25倍
 - ⑥河川水栄養塩濃度4倍
 - ⑦河川水栄養塩濃度0.25倍
- } アマモ場の役割の評価
 } 適正養殖量の検討
 } 富栄養化・貧栄養化への応答

厚岸湖・厚岸湾の生態系の模式図



3. 結果・考察 — 現地観測 —



◇Chl-a
時空間変動が大きかった。

◇NO₂+NO₃-N
河川水中で高く、湖内では夏季に非常に低かった。

◇NH₄-N
水温の高い夏季に高い値を示した。河川水中と湖内では濃度の大きな差はみられなかった。

◇PO₄-P
NH₄と同様に夏季に高かった。河川水中と湖内では濃度の大きな差はみられなかった。

・栄養塩の水平分布から、湖内ではNO₃は主に河川由来、NH₄とPO₄は主に内部生産由来であることが示唆された

・窒素とリンの存在比 (Redfield 1964) から、植物プランクトンの生長には概ね窒素が制限要因となっていた

河川だけでなく、厚岸湾からの物質の供給を見積もることが今後の課題である

3. 結果・考察 — 数値シミュレーション①アマモ場の影響 —

6月
平均

スタン
ダード

アマモ・
付着藻無

付着藻
無

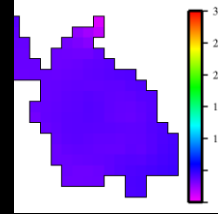
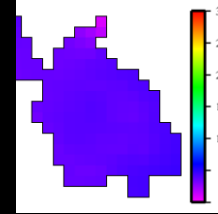
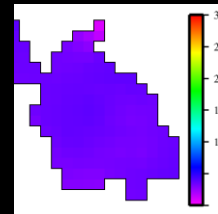
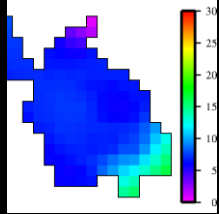
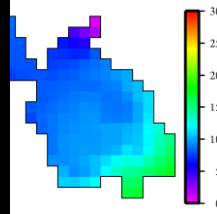
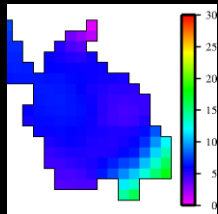
スタン
ダード

アマモ・
付着藻無

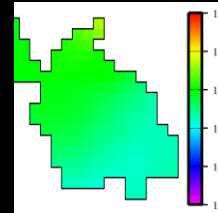
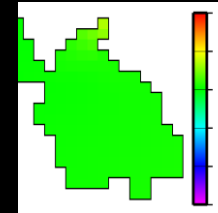
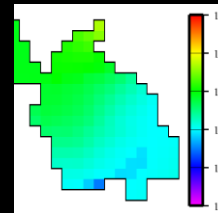
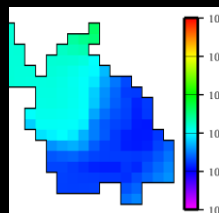
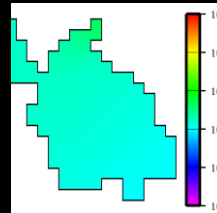
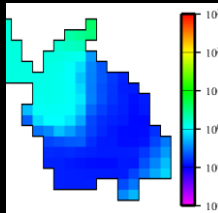
付着藻
無

12月
平均

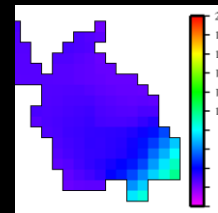
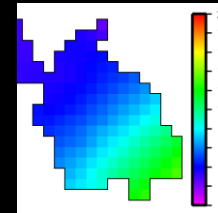
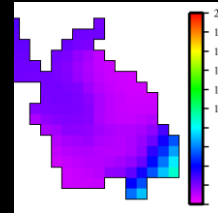
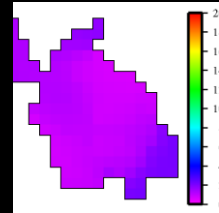
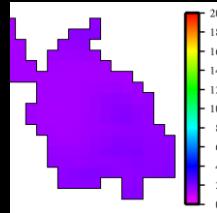
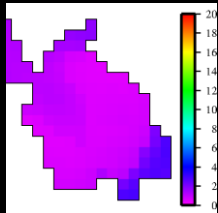
水柱Chl-a
($\mu\text{g L}^{-1}$)



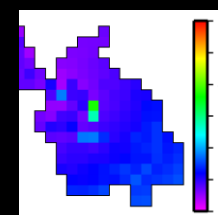
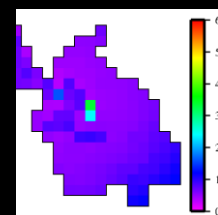
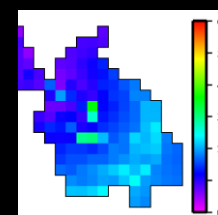
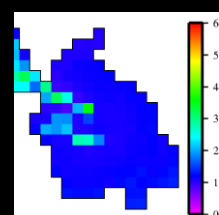
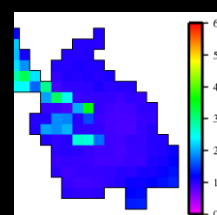
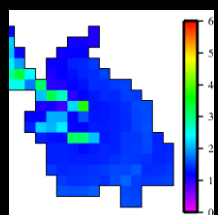
水柱NO₃
($\mu\text{mol L}^{-1}$)



水柱NH₄
($\mu\text{mol L}^{-1}$)



底質TN
(mg gDW^{-1})



アマモ・付着藻類が無しのケースでは栄養塩濃度が大幅に増加する
 →水柱のChl-a濃度もそれに応じて上昇
 →アマモ場による栄養塩の吸収量は非常に大きい

アマモ場の果たす役割
 水質の浄化, 流速の減少, 底質の安定化
 堆積化の促進, 魚介類の隠れ場, ...

➡ アマモ場の存在は、湖内の水底質環境に非常に大きな影響を与えている

3. 結果・考察 — 数値シミュレーション②カキ養殖の影響 —

6月
平均

スタン
ダード

カキ養殖量
4倍

カキ養殖量
0.25倍

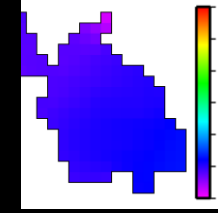
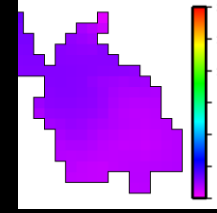
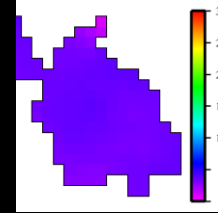
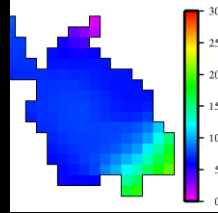
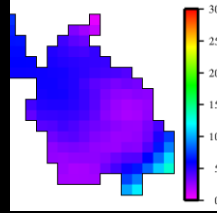
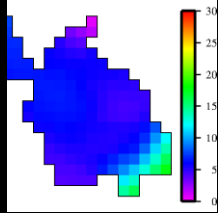
スタン
ダード

カキ養殖量
4倍

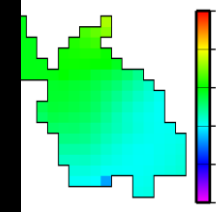
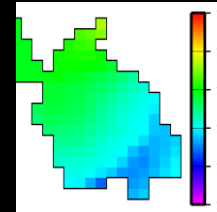
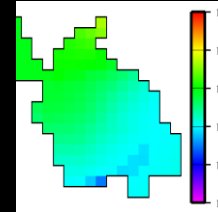
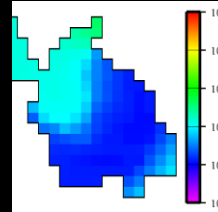
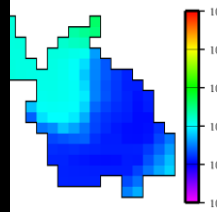
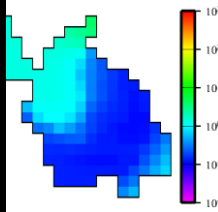
カキ養殖量
0.25倍

12月
平均

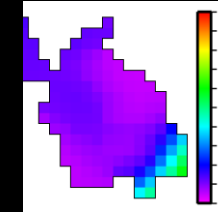
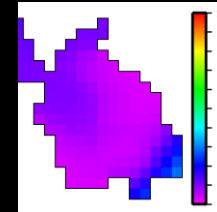
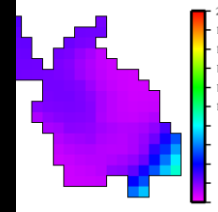
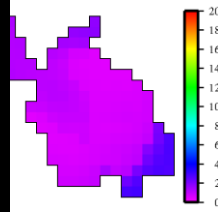
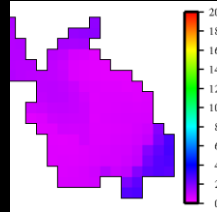
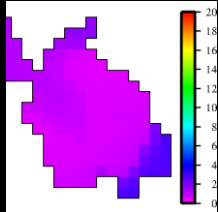
水柱Chl-a
($\mu\text{g L}^{-1}$)



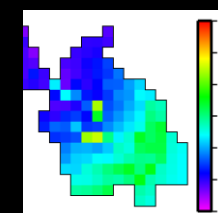
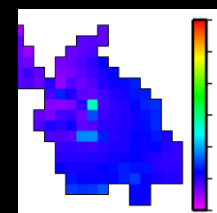
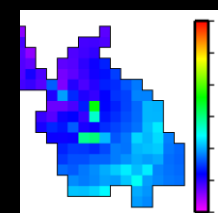
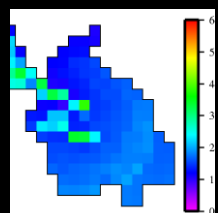
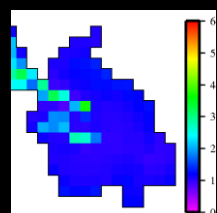
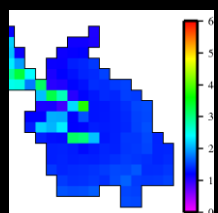
水柱NO₃
($\mu\text{mol L}^{-1}$)



水柱NH₄
($\mu\text{mol L}^{-1}$)



底質TN
(mg gDW^{-1})



カキ養殖量を増加させた場合
植物プランクトン濃度は減少
底質のTN濃度は減少
成長率は大幅に低下

←カキの濾水活動による効果
←有機物の沈降フラックスの減少による効果

濾過食性二枚貝類の果たす役割

高い濾過能力, 栄養塩の再生, 排泄物の堆積, ...

➡ 養殖密度の検討では、水底質とカキの成長率のバランスを考慮することが不可欠

3. 結果・考察 — 数値シミュレーション③河川負荷の影響 —

6月
平均

スタン
ダード

河川負荷
4倍

河川負荷
0.25倍

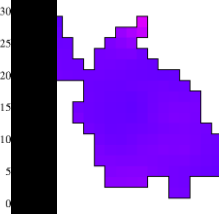
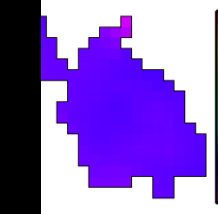
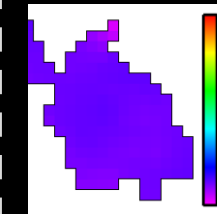
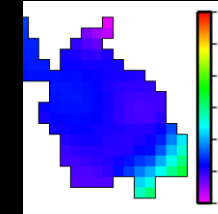
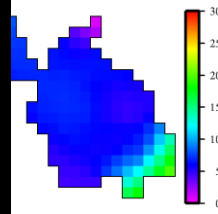
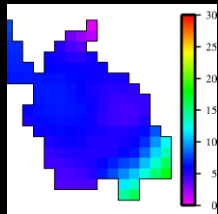
スタン
ダード

河川負荷
4倍

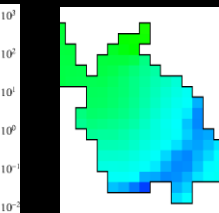
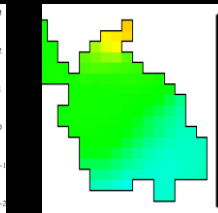
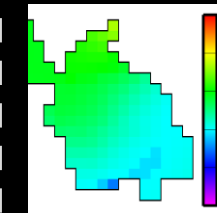
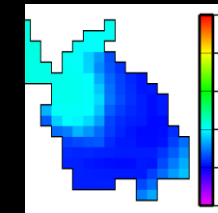
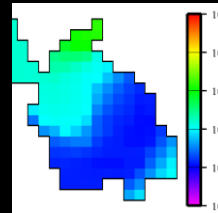
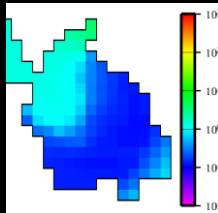
河川負荷
0.25倍

12月
平均

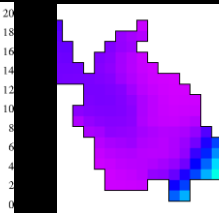
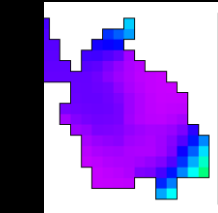
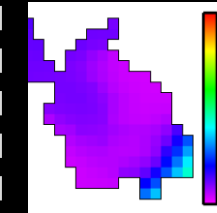
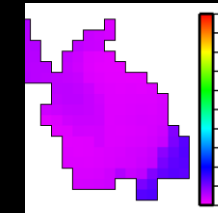
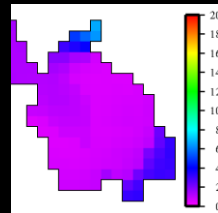
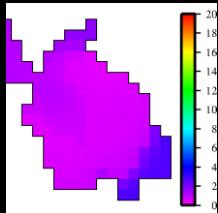
水柱Chl-a
($\mu\text{g L}^{-1}$)



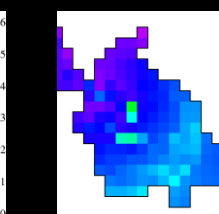
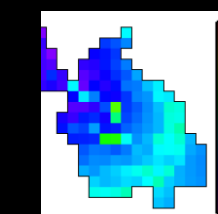
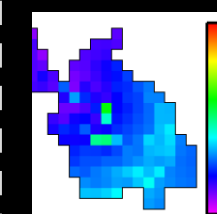
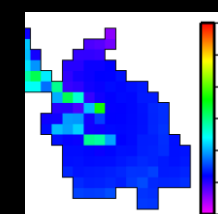
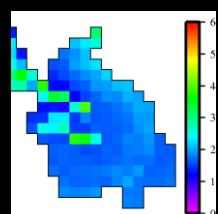
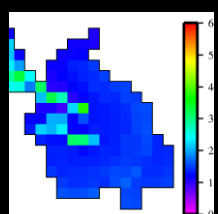
水柱NO₃
($\mu\text{mol L}^{-1}$)



水柱NH₄
($\mu\text{mol L}^{-1}$)



底質TN
(mg gDW^{-1})



- ・NO₃の負荷量の増加により河口付近では濃度が大幅に増加するが、その影響は限定的である
- ・河川負荷量を増加させても、極端にChl-a濃度が高くなることはない ←二枚貝類の高い摂食圧の存在+植物による吸収
- ・有機物負荷量が増加した場合、堆積物中のTN濃度はやや上昇する

➡ 河川負荷量の増加により、極端な富栄養化が生じる可能性は低いと考えられる