

平成21年 6月 8日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19560507
 研究課題名（和文） 汽水湖の塩分成層と栄養塩循環の構造解明とその予測モデルの開発
 研究課題名（英文） Structure of Halocline and Nutrient Cycle in a Brackish Lake and the Development of Numerical Model for the Predictions.
 研究代表者
 信岡 尚道（NOBUOKA HISAMICHI）
 茨城大学・工学部・准教授
 研究者番号：00250986

研究成果の概要：浅い汽水湖での水質に及ぼす栄養塩の鉛直分布について、その成分の特徴までを塩水と淡水でわかれる成層期とそうでない混合期に分けて、現地調査の実施と分析を進めた。懸濁物は湖底に向かうほど多くなるが、成層期には塩水層で植物プランクトン由来の懸濁物が少なく、底泥由来の懸濁物が多くなる傾向を明らかにした。数値モデルでの予測からは、まず植物プランクトンの種類による変動を取り組むこと、次の成層を正しく表現して予測することが重要であること示した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：海岸、河川

1. 研究開始当初の背景

汽水域は上流からの自然的かつ人工的な栄養塩の供給により、水質悪化に苦しんでいる。近年、沿岸域の水質、生態系の構造解明や予測モデルの技術は大きく発展してきたが、これら知識や技術を汽水湖に適用しても実態を十分に表すことはできず、適宜パラメータを調整するテクニカルジャッジメントを導入する必要がある。さらに水深が3m未満の茨城県澗沼をみても湖底で50cm未満の

極めて薄い塩分躍層が発達し、湖内の水質に大きな影響を及ぼしている。

2. 研究の目的

平均水深が2.1mでCOD値が1998年には全国湖沼ワースト4となった茨城県澗沼を対象に観測、分析と数値予測を行った。

観測では、セジメントラップによる懸濁物質の捕集および水質の観測を行った。水

と塩分の観測結果から混合期と成層期に分別し、捕集した懸濁物質の分析結果と比較して、栄養塩の循環を調べることを第一の目的とした。さらに湖内の流動プロセス、湖底の溶存酸素や栄養塩溶出・循環を含む水質プロセス、動植物プランクトンやシジミを含む生態系プロセスからなる数値シミュレーション予測モデルを構築し、涸沼の水質変動の再現を確立すること、リンの循環を明らかにすることを第二の目的とした。

3. 研究の方法

30分ごとの連続で、流速計、水温・塩分計、溶存酸素計を用いて各鉛直分布を捕え、また中間ではクロロフィルを捕えた。得られたデータは日平均化して分析に用いた。流速については、水戸地方気象台により公開されている日平均風速との見解も調べた。

セジメントトラップを上述の観測器による観測深度に合わせ、上層と下層に設置した。セジメントトラップの形状は、直径8cm、高さ28cmの円筒型捕集容器を用い、各層に3器ずつ設置した。1回のセジメントトラップによる観測期間は、1~2週間とした。

セジメントトラップにより捕集された懸濁物質を回収し、SS（懸濁物質量）、POC（懸濁有機炭素量）、PON（懸濁有機窒素量）、PP（懸濁態リン量）を分析した。また、植物プランクトン量を表す指標としてChl.a（クロロフィルa）、死滅した植物プランクトン量を表す指標としてPhaeo（フェオフィチン）を分析し、それらの合計を植物色素量として算出した。SSおよびPPは上水試験方法(2001)、植物色素量はLorenzen法、POC、PONはCHNコーダーを用いて分析した。また、得られたそれぞれの重量データを観測期間の日数と容器の開口部断面積で除することにより、単位時間・単位面積あたりの沈降フラックスを求めた。

3次元空間の数値シミュレーションを用いた涸沼の水質予測では、計算領域を那珂川河口の大洗から、涸沼川への分岐を含め、涸沼全域とその上流河川の観測値が存在する地点までとした。モデルの構成は、水温と塩水による密度変化を考慮した流動モデルと、一次生産の動植物プランクトンに涸沼の代表的な底生生物であるヤマトシジミを考慮した水質生態系モデルからなる。水質生態系モデルに用いる植物プランクトンの種類を、1種類としたケース、珪藻類、藍藻類、緑藻類の3種類としたケースで検討した。また涸沼で数10年前に比べれば減ってはいるが、他の湖沼に比べ豊富に生存しているヤマトシジミを、一般的なシジミとしてモデルの中に組み込んだ。これらには各種のパラメーター

が存在するが、他の研究で用いられているパラメーター値の範囲内で、水質の観測で得られた傾向と一致するように調整を行った。

4. 研究成果

セジメントトラップを含む水質観測と分析から次の栄養塩の構造を明らかにした。沈降フラックスは上層よりも下層で大きくなる傾向があり（図-1）、その組成は湖水状態によって次のように決定されると考えられた。塩分侵入が少なく、湖水が成層化していないとき、懸濁物質の組成は植物プランクトンのそれに近くなった（表-1）。仮に懸濁物質中の有機炭素の全量を植物プランクトンのものとする、涸沼において植物プランクトンが懸濁物質に占める割合は17%程度と推定された。

塩分浸入により密度成層ができると、懸濁物質の有機物含有量は混合期と比較して大きくなった。これは植物プランクトンの沈降速度が弱まったことに加え、底層の流速が弱まり湖底上に浮泥層が形成されたことによるものと推測された。これにより比較的弱い流速のときでも有機成分の多い浮泥が湖水中に巻き上がり懸濁物質中の有機物含有量が増加すると考えられた。また、流速がある一定以上になると底質までも巻き上げるため、懸濁物質の有機成分は若干減少すると考えられた。

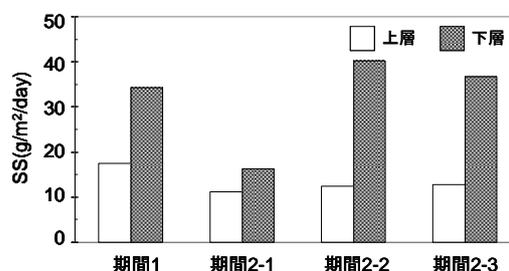


図-1 懸濁物質量の推移の例(期間1は混合、期間2-1~2.3は成層期)

表-1 植物色素量と懸濁態CNPとの関係

		期間			
		1	2-1	2-2	2-3
POC/SS (mg-C/g-SS)	上層	63	119.5	76.8	80.8
	下層	56.8	77.3	61.5	62.4
PON/SS (mg-N/g-SS)	上層	9.9	18.5	14.4	13.1
	下層	8.1	11.6	9.3	9.5

植物プランクトンとそれに関わる栄養塩が涸沼の水質環境に大きく影響しているこ

とから、植物プランクトンの種による予測の違いについて検討した。植物プランクトンの種類を各季節で代表するものに改良した結果を図-2に示す。これらの結果を茨城県公害技術センター（現茨城県霞ヶ浦環境センター）が観測してきた年間の植物プランクトンの傾向や、本研究室で観測した水質データと比較したところ、水温が低い期間で増殖する珪藻類や夏季に増殖する藍藻類の再現精度が向上し、水質面では夏季の精度は維持し、

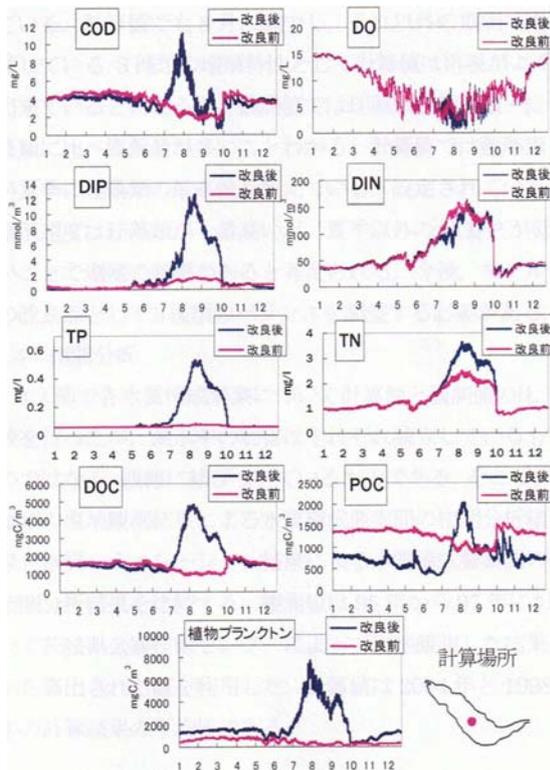


図-2 植物プランクトンの種類による水質再現結果の比較（改良前1種類，改良後3種類）

春季や秋季の精度が向上した。

水質生態系モデルによる2004年の再現結果から、リン律束といわれている湖沼のリン物質循環を算定した結果を図-3に示す。湖内で最大の資源量を持つ植物プランクトンを基軸とした循環が行われている。供給源としては湖底からの溶出が上流河川からの流入負荷よりも4倍程度大きい結果となった。計算結果に基づくが、特に湖底から溶出が大きくなった月は8月であった。8月の湖沼は、外海の潮位が高いのと河川流量が少ないことにより、比較的塩水が浸入しやすい月であり、しかも気温が高いことにより水温も上昇することから、湖底での嫌気的な状態を作り出し、リン溶出が活性化されていると考えられた。

同数値シミュレーションを用いて、高COD

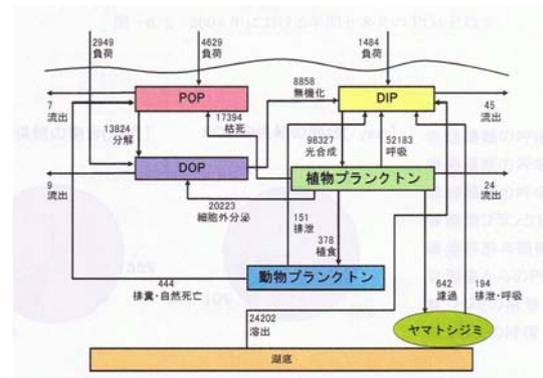


図-3 湖沼におけるPO₄-P収支の推定結果（2004年の1年間を対象とした計算）

の対策案として、覆砂対策とシジミによる浄化を検討した。湖沼の中では水深が3mと深く塩水成層が維持されやすい湖内の中心部の半分に対してのみ覆砂した場合、湖内の広い範囲で覆砂した場合と、浅場造成を行いシジミの資源量を現状比3倍まで増やしシジミによる湖水濾過増加策をとった場合の3ケースについて計算をおこなった。

覆砂対策を、湖内の広範囲で実施した場合（図-4の上段）と塩水が停滞しやすく底泥の溶出が活発になる所で実施した場合（図-4の下段）、特に夏季で湖内全般のCODの低下が算定された。両結果に差がなかったことから、湖央の覆砂対策が経済的にも有効であると考えられた。ただし、この計算には含まれて

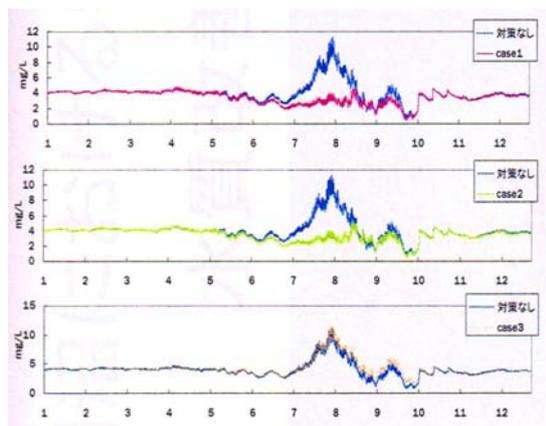


図-4 対策別のCODの回復推定

上段：湖底覆砂(広範囲)，中段：湖底覆砂(中心)，下段：浅場造成・シジミ資源増によるシジミによる浄化

いない底泥，特に浮泥の移動を考慮した計算など検討を継続する必要はある．シジミを増量させ個体にリン蓄積を期待して検討した（図-4の下段）が湖内のCODの変化に影響を及ぼすものではなかった．

以上より，涸沼の水質構造に及ぼす栄養塩については，植物プランクトンの役割が大きく，上流対策を推進したとしても，枯死した植物プランクトンを含め長年蓄積された底泥から溶出する栄養塩があらたな植物プランクトンを増殖させることがあると推察された．したがって，各種の対策の効果が水質改善の成果として現れるまでには長い年月を要する可能性があり，継続した流域対策や底泥および底泥からの溶出の改善策が必要と言える．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① 小山由美子・藤田昌史・信岡尚道・三村信男，
涸沼における懸濁物質の挙動と特性，海岸工学論文集，56 巻，2009，印刷中．

6. 研究組織

(1) 研究代表者

信岡 尚道 (NOBUOKA HISAMICH)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号：00250986

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者