

## 課題講演 No. 3

# 湖沼生態系に及ぼす沿岸帯の機能評価

2KA01 ～ 2KA07

コンビーナー：一瀬 諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）  
奥村浩気（龍谷大学大学院理工学研究科）

日時：9月12日（木）9:30～12:00

会場：A会場（2号館120講義室）

## -琵琶湖における沿岸帯機能評価の概要-

\*一瀬諭、古田世子、廣瀬佳則、藤原直樹(滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)、馬場大哉(東レテクノ(株))、岸本直之(龍谷大・理工)、西村修(東北大・工学)

## 1. はじめに

湖沼の沖帯水質は沖帯の生物生産の影響を受けていることは疑いのない事実である。しかし、水深の深い湖沼では、一旦底層に沈降した植物プランクトンが有光層に回帰し、再増殖することは考えにくい。種の維持には水深の浅い沿岸帯が重要な役割を果たしていることが示唆される。さらに、沿岸帯は生物生産や底質における有機物分解も活発であることから、沖帯への有機物や N、P の供給源としても重要である。本研究では、沖帯への植物プランクトン種の供給源としての沿岸帯の評価を行うことを目的とし、(1)プランクトン動態および水質解析、(2)琵琶湖の沿岸帯のシードバンク機能評価、(3)浅い富栄養化池沼の好気、嫌気条件におけるシードバンクのポテンシャルの把握、(4)沖帯および沿岸帯の底質環境の分析と解析、(5)水塊に回帰してきたプランクトンの増殖、生産とそれに伴う水質影響評価について平成 23 年から実施している、今回、その全体概要と、琵琶湖沿岸帯と沖帯における動・植物プランクトンの動向解析結果を中心に発表する。

## 2. 方法

琵琶湖におけるプランクトン調査の地点は、滋賀県が定めた環境基準点である今津沖中央(17B)と長浜沖(17C')の水深 0.5m 層で実施した。植物プランクトンは湖水 1ml 中の各種類の細胞数に平均細胞体積を乗じて総細胞体積を求め、各網別に集計し評価した。動物プランクトンは湖水をグルタルアルデヒド固定液で固定した後、自然沈殿法により試料を濃縮し、1L 中の原生動物、ワミシ、甲殻類の個体数を計数した。

## 3. 結果および考察

沖帯の琵琶湖今津沖中央と沿岸帯の長浜沖における植物プランクトンと動物プランクトンの群集構造の相違について明らかにするため、1995 年、2000 年、2003 年の調査結果について検討した結果、1995 年の植物プランクトンの増加は、沖帯は沿岸帯より少し遅れて増加が始まる傾向が認められ、総体積量としては同じ程度であったが、藍藻の増加が沿岸帯で多かった。動物プランクトンの増加は、沖帯に比べ沿岸帯が原生動物やワミシ類が明らかに多かった。また、2000 年における原生動物は春季に沿岸帯でまず増加し、少し遅れて沖帯で増加傾向を示した。特に、ワミシ類については沿岸帯で特に多かった。2003 年における植物プランクトンは、沿岸帯も沖帯も総体積量としては同程度であったが、動物プランクトンは沖帯に比べ沿岸帯が明らかに多かった。これらの結果から、植物プランクトン量や Chl-a は沖帯も沿岸帯も同様の変動傾向で推移しているものの、動物プランクトンは繊毛虫やワミシを中心に明らかに沿岸帯で多く分布しており、これらの原生動物やワミシの植物プランクトンへの捕食圧を考えると沿岸帯での内部生産量が沖帯に比べ大きいと推察された。また、このことは、動物プランクトンが多い時期には、これらが捕食できない群体を形成するような種が多く分布しており、食べ残した植物プランクトンが内部生産量として評価されている可能性が高いことが示唆された。

## 謝辞

本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」(平成 23 年～平成 25 年度)の助成を受けて実施した。

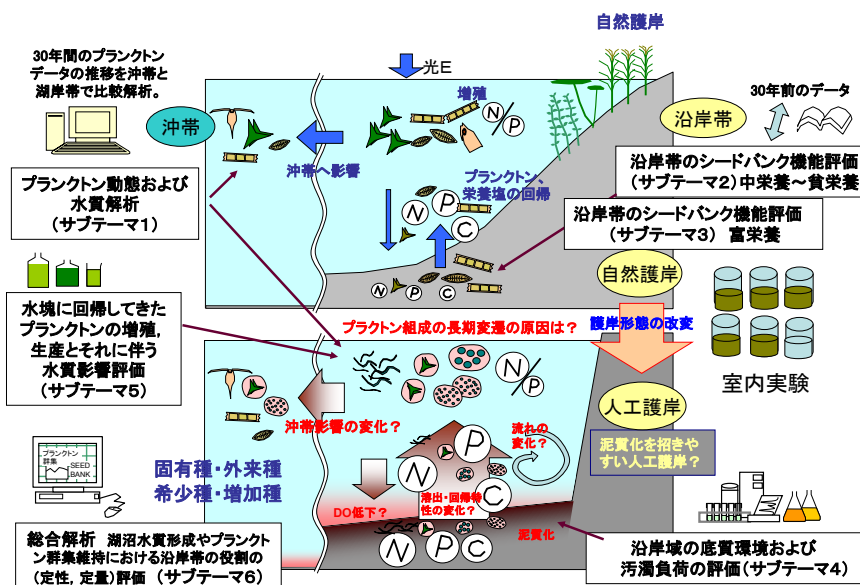


図 1. 琵琶湖における沿岸帯機能評価の概要

\*奥村浩気(龍谷大院・理工), 岸本直之(龍谷大・理工)

一瀬諭(滋賀県琵琶湖環境科学研究所センター), 馬場大哉(東レテクノ株式会社),  
田中仁志(埼玉県環境科学国際センター)

## 1. はじめに

全国の 43%の湖岸で人工改変が認められている(環境省 1993)。琵琶湖沿岸帯も 1972 年から 1997 年の間に行われた琵琶湖総合開発による湖岸堤や湖岸道路の建設によって大きな人工改変を受けた。その後、琵琶湖沿岸帯の湖底で泥の比率が高くなってきていることが明らかとなっており、アオコの形成などに影響を及ぼしている可能性が示唆されている。しかし、琵琶湖沿岸帯における泥質化と深度、湖岸形状、ダムの有無など様々な環境要因との明瞭な関係性については未だ解明されていない。

そこで本研究では、琵琶湖での北湖湖岸帯泥質化実態調査データに基づき、泥質化に及ぼす勾配および流れの影響について検討を試みた。

## 2. 方法

北湖湖岸帯泥質化実態調査の調査地点は琵琶湖北湖東岸の 9 測線で 1 測線につき沖合 300m 間で 30m ごとに 1 地点、計 90 地点である。各測点の水深の値より断面図を作成後、湖岸勾配と沖合での勾配変化量を求めた。湖岸勾配は各測線の湖岸線から最も湖岸に近い測点までの勾配であり、勾配変化量はその地点の湖岸側勾配から沖側勾配を差し引いたものである。泥質地点の評価には各測点でのシルト以下(粒径 0.075mm 以下)の重量割合(以下、含泥率)を用いた。人工湖岸と自然湖岸の湖岸類型、湖岸勾配、勾配変化量の影響を検討した。

流況観測では勾配が大きく泥質地点である長命寺と勾配が緩やかで遠浅な砂質地点である愛知川の 2 地点の湖底に ADCP を設置し鉛直方向 10cm ピッチで水面までのプロファイルを計測した。選定した 2 地点は直線距離で約 8.1km の距離にあり、陸からの距離はおよそ 160m、水深は 5m 前後と地理的条件としては似た環境にある。設置期間は 2012 年 9 月 13 日～9 月 20 日である。



図 1. 琵琶湖北湖東岸調査地点

解析では湖底直上 1m のデータを用いて測定期間内の平均流速、最大流速、最小流速、流向頻度、流速と流速頻度による全方位の合成速度ベクトルを求めた。

## 3. 結果および考察

人工湖岸、自然湖岸の 2 種類の湖岸類型に分け、泥質地点との関係を検討した結果、どちらの湖岸類型であっても泥質が溜まっている地点が確認できた。したがって、湖岸類型と泥質化の間に直接的な関係は見られない。一方、勾配による解析結果では湖岸勾配が 5%以上の測線あるいは勾配変化量 3%以上の勾配急変部より沖側で含泥率が高くなることが明らかとなった。したがって湖岸勾配の大きい湖岸や勾配急変部といった湖底形状により泥が溜まりやすい環境にあることが考えられた。このことより勾配変化が大きい場所は流速が遅くなることによって泥質化が促進されることが示唆された。

しかし、ADCP による流向流速の観測の結果によると平均流速、最大流速、最小流速に違いがほとんど見られなかった。ただし、流向頻度で違いは見られ、図 1 より泥質地点である長命寺では北方と南方の振動流、砂質地点である愛知川では西南西への一方向流が観測された。また合成速度ベクトルは長命寺が北西に  $0.37\text{ cm s}^{-1}$ 、愛知川が南南西に  $2.5\text{ cm s}^{-1}$  であった。このことから長命寺のような勾配が急な湖岸では振動流となり、水理営力により浮上したシルト等の微細粒子は沖に流されることなくその場に留まることができるが、愛知川のような遠浅な湖岸形状の場合、一方向流となり一旦浮上した粒子は沖に輸送されるため蓄積しにくいと考えられる。

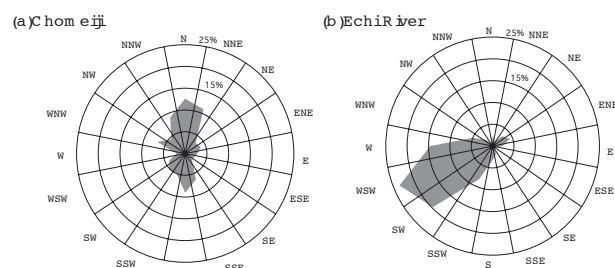


図 2. 測定地点における流向頻度(湖底直上 1m)

## 謝辞

本研究の一部は環境省環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」(H23～25 年度)の助成を受けて実施しました。

## 湖沼における沿岸帯の機能評価について(3) 「マイクロセンサーによる底泥直上・直下の溶存酸素分布測定結果」

\*馬場大哉、郡司房子（東レテクノ株式会社）、古田世子、一瀬諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）、奥村浩気、岸本直之（龍谷大）、村上綾、中野伸一（京都大生態学研究センター）

### 1. はじめに

湖沼における植物プランクトン群集においては、底質に存在する休眠細胞が、栄養細胞として水塊へ回帰することにより初期個体が供給されると考えられ、底質はシードバンクとして機能していると言える。琵琶湖では、水深が有光層の数倍以上あるため、湖内の植物プランクトンの種組成は、湖心ではなく沿岸帯におけるシードバンク機能に影響を受けていると考えられ、沿岸帯底質中の植物プランクトン種組成調査や、底質の状況として、底質の理化学分析が行われてきた<sup>1)</sup>。また、シードバンク機能に影響を与える環境因子として底層の溶存酸素量に注目し、溶存酸素量と、回帰する栄養細胞の種数、細胞数を知るための室内回帰試験も行われている。

しかしながら、室内実験結果を考察する上で参考となる、現場環境における溶存酸素の分布については詳細なデータが無い。そこで、本報告では、回帰試験に用いた試料を採取した現地における溶存酸素濃度の鉛直的な分布状況を知るために、現地測定による水塊の溶存酸素濃度分布測定および、持ち帰ったコアサンプルについて、マイクロセンサーを用いた、底泥の直上、直下の溶存酸素分布測定を行った。

### 2. 調査地点および測定方法

琵琶湖北湖東岸における2地点（長浜沖、長命寺沖）において、2012年9月に現地測定および採泥を実施した。現地測定は、HACH社製HQ-40dを用いて、表層から底泥直上まで、船上からセンサーをおろして測定する方法と、採取したコアサンプル内にセンサーを入れて測定する方法により実施した。底泥直上、直下の測定は、ユニセンス社製マイクロセンサーOX10を用いて、持ち帰ったコアサンプルの底泥表面上20mmから測定を開始して下方にセンサーを移動させる方法により、底泥表面から15mm下までを1mm間隔で測定した。

### 3. 結果および考察

長浜沖における測定結果を図1に示した。現地測定した溶存酸素濃度の鉛直分布によると、両地点とも、水面～底泥直上1m付近まで、ほぼ鉛直的に均一な溶存酸素濃度であったが、底泥直上付近では、

表層の溶存酸素濃度と比べて1～3(mg/L)濃度が低下していた。また、マイクロセンサーによる底泥直上、直下の測定の結果、底泥表面の直下1～5mmの間で、急激に溶存酸素濃度が低下していた。

このことにより、調査地点の底泥表層には酸化層が存在すること、酸化層の厚さが1～5mmであることが判明した。また、酸化層が底泥表面付近の薄い層であったことから、底泥中の休眠細胞が底泥表面の数ミリメートルより浅い部分に存在する場合と、それ以深に存在する場合で、溶存酸素環境から受ける影響が大きく異なることが示唆された。

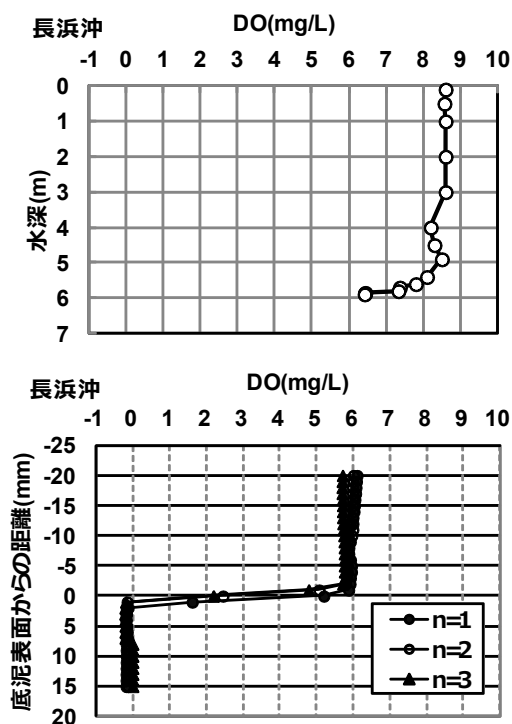


図1 長浜沖におけるDOの鉛直分布

- 1) 一瀬諭ら（2004）琵琶湖北湖沿岸帯湖底における泥質化の現状と藻類・アオコ形成種の分布,用水と排水,46(5), 391-401

謝辞 本研究は、環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」（研究期間：平成23年～25年）の一部として実施した。また、使用したマイクロセンサーは、京都大学生態学研究センターの共用施設を利用させていただいた。ここに記して謝意を表す。

\*竹本邦子（関西医大），馬場大哉（東レテクノ），小川雅裕，与儀千尋，中西康次，太田俊明（立命館大・SR センター），一瀬 諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

### 1. はじめに

硫黄は-2 から+6 価の様々な価数を取り，硫黄化合物は底質・土壌，水，大気中で様々な形態を取って存在している。湖沼の底質環境の泥質化にともなう嫌気化が進むと，硫酸還元菌が，底泥間隙水中の硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )を還元する。これによって，硫化物イオンが( $\text{S}^{2-}$ )生成し，チオプロローカやベギアトア等の硫黄細菌が，硫化水素をエネルギー源として利用し，硫黄を生成することが知られている。このことは，泥質環境中の硫黄の存在状態を知ることで，底質の酸化還元状態を理解できる可能性があることを示している。

従来の環境分析では，底質中での硫黄の存在状態を知るために，吸光光度法，中和滴定法，イオンクロマトグラフ法で得られた結果を組み合わせ，解析を行っていた。また，間隙水を採取するために遠心分離を用いる等を行う場合もあり，これら一連の試験操作中に，空気中の酸素との接触による化学状態変化が生じる懸念や，試験操作が多岐にわたる煩わしさがあった。

我々は，上記前処理なしで試料中の元素の化学状態を知ることが出来る X 線吸収端近傍構造(XANES)測定に着目し，硫黄の K 吸収端 XANES 測定を底質分析へ応用することを試みた。

### 2. 材料と方法

琵琶湖の沿岸帯の，底質環境が異なる地点で採取した底泥を試料とした。各底質は，採取後，測定まで，乾燥を防ぎながら冷暗所(4℃)で保管した。

XANES 測定は立命館大学 SR センターBL-10 軟 X 線 XAFS ビームラインを用いて行った。各底質を，含水状態を保持したまま測定した。測定は He ガス置換の大気圧条件下で行い，検出モードはシリコンドリフト検出器を用いた蛍光 X 線収量法にて行った。比較のための標準試料は高真空中で測定を行い，検出モードは試料電流測定による全電子収量にて行った。分光結晶には Ge(111)を用い，S K 吸収端のエネルギーは  $\text{K}_2\text{SO}_4$  のホワイトラインを 2481.7 eV として校正した[1]。

### 3. 結果と考察

図 1 に採取した底泥の代表的な S K 吸収端 XANES スペクトルを示す。底泥中の硫黄は含有量が少なく，また，主成分である  $\text{SiO}_2$  に由来する Si が大きなバックグラウンドとなり，低 S/B 比，低 S/N 比であったが，硫黄の化学状態分析が十分に可能なスペクトルを得ることができた。

A および B 両地点のスペクトルは， $\text{CuSO}_4$  や  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  と同様に， $\text{SO}_4^{2-}$ を示すエネルギー位置(約 2481 eV)に鋭いピーク構造を持った。このことから，両地点の底質土には  $\text{SO}_4^{2-}$ が含まれていることが分かった。

B 地点のスペクトルは単体硫黄(環状  $\text{S}_8$ )を示すエネルギー位置(2472 eV，図 1 矢印)にピーク構造を持っていたが，A 地点のスペクトルにはこの構造は含まれていなかった。これは底質環境の違いによると考えられる。

次に， $\text{SO}_4^{2-}$ と  $\text{S}_8$  の由来を詳細に調べるため，底質を泥質と水に分離した底質と，洗浄乾燥した泥質について XANES 測定を行った。2472 eV にピークを持つ粒径の大きな泥質を洗浄乾燥した後 XANES 測定を行ったところ，2481 eV および 2472 eV のシグナルがほとんど検出されなくなった。この結果は， $\text{SO}_4^{2-}$ は鉱物由来ではなく水由来であること， $\text{S}_8$  は湖内生産で生成されたことを示している。

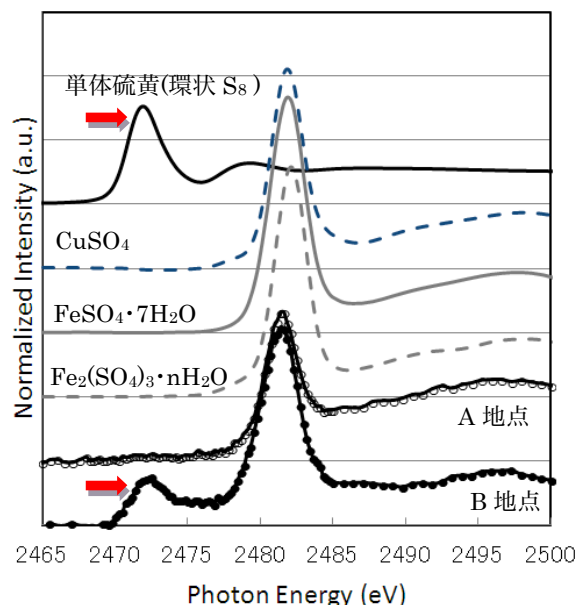


図1 底質と標準試料 S K 吸収端 XANES スペクトル

### 謝辞

本研究は，環境省環境技術開発等推進費（平成 23～25 年度）および財団法人琵琶湖・淀川水質保全機構水質保全研究助（平成 25 年度）の一部として実施したものである。記して謝意を表します。

### 参考文献

1. K. Nakanishi and T. Ohta, *J. Phys.: Condens. Matter* 21 (2009) 104214.



## -琵琶湖底質を用いた藻類のシードバンク機能について-

\*古田世子、廣瀬佳則、藤原直樹、一瀬諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）、馬場大哉（東レテクノ株式会社）  
岸本直之（龍谷大）、西村修（東北大院）

## 1. はじめに

琵琶湖では、流入負荷削減対策により有機物の流入負荷量は減少している。しかし、化学的酸素要求量(COD)は減少していない。これは COD の約 90%が溶存有機物で、主に藻類由来の内部生産によると報告<sup>1)</sup>されている。一方で植物プランクトン種の組成に変化が起き、藍藻類の増加による小型化や粘質鞘を有する種の増加傾向が報告<sup>2)</sup>されており、このような植物プランクトンの群集構造変化による内部負荷の影響が無視できない状況となっている。

しかし、植物プランクトンの群集構造の変化について、その原因は現在のところ明らかではない。

そこで、植物プランクトンの群集構造への影響因子として、緩やかな傾斜の自然的湖岸の底質と、急深な人工的湖岸の底質による、藻類のシードバンク機能の違いに着目し、これを明らかにすることを目的として底泥の回帰試験を実施している。本報告では、各底質の温度別保存条件による藻類の回帰状況について報告する。

## 2. 調査地点および回帰試験方法

## 【調査場所および採泥方法】

自然的湖岸の調査地点として愛知川沖を、人工的湖岸の調査地点として長浜沖（図1）を選定し、2011年11月に採泥調査を実施した。採泥は、エクスマンバーを用いて行い、採取した底泥の表層約1cmを試料とし、夾雑物を取り除いた後、攪拌を行い均一な試料とした。



図1 琵琶湖沿岸帯の調査地点

## 【温度別保存方法および回帰試験方法】

各底泥試料 200g を滅菌瓶に採取し、4℃、10℃、20℃、30℃の4段階の温度で4か月、6か月および

13か月保存を行った。

保存期間を終了した各地点の底泥試料 10g を滅菌瓶各3本に採取し、ろ過滅菌を行った直上水を 50ml 加え、20℃、12h/12h（明暗周期）で、培養を行い、48時間後に、添加した直上水を回収しこれを試料とした。この操作は好氣的条件と嫌氣的条件で行い各6回繰り返した。調査項目は、藻類同定計数、クロロフィルa量、溶存酸素濃度、ORP、pH等とした。

## 3. 結果および考察

愛知川沖と長浜沖の底泥を温度別に4か月間保存後、回帰試験(嫌気条件)を行った結果を図2に示した。愛知川沖で回帰細胞総数が最も多かったのは4℃(8,300cell/g dry)で、藍藻が69%を占めていた。長浜沖でも4℃(98,000cell/g dry)で、回帰細胞総数が最も多く、愛知川沖と比較すると10倍以上の回帰細胞数であり、藍藻が44%を占めていた。

好気条件による回帰試験では、愛知川沖と長浜沖ともに10℃で回帰細胞数が最も多く、愛知川沖では緑藻が56%、長浜沖でも緑藻が69%を占める結果となった。この結果から、底泥の保存温度は異なるものの、嫌氣的条件で藍藻が回帰し易く、好氣的条件で緑藻が回帰し易いことが示された。

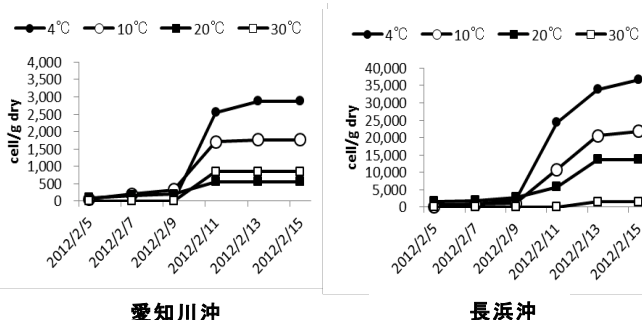


図2 愛知川沖と長浜沖の底泥を用いた保存温度別回帰試験（嫌気条件）

- 1) 佐藤祐一ら（2011）琵琶湖流域を対象とした水物質循環モデルの構築と行政施策への活用，水環境学会誌，34（9），125-141
- 2) 一瀬諭ら（2013）琵琶湖に棲息する植物プランクトンの総細胞容積および粘質鞘容積の長期変動解析，日本水処理生物学会誌，49（2），65-74

**謝辞** 本研究は、環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」（研究期間：平成23年～25年）の一部として実施した。ここに記して謝意を表す。

# 湖沼における沿岸帯の機能評価について(6) -浅い富栄養湖沼山ノ神沼における底層環境とシードバンク機能-

\*田中仁志（埼玉県環境科学国際センター）、古田世子、廣瀬佳則、藤原直樹  
一瀬 諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）、馬場大哉（東レテクノ㈱）  
岸本直之（龍谷大学・理工）、西村 修（東北大院・工）

## 1. はじめに

湖沼の富栄養化は、COD で評価した環境基準達成率が依然として低いといった社会的問題を引き起こしてきた。さらに底質の有機化に伴う酸素消費量の増加による底層溶存酸素量（D0）の減少が新たな問題となっている。底質は休眠した植物プランクトンが水中へ再回帰する際の供給源として重要な機能（シードバンク）を有すると考えられる。底層の貧酸素化は、植物プランクトンが休眠中に耐性の強い種が選択され、底質からの供給種が変化し、シードバンク機能に影響が生じる可能性があるため、解明すべき課題である。山ノ神沼（埼玉県蓮田市）は平均水深 1m 程度と浅い富栄養湖沼である。琵琶湖と比較して富栄養化が進行しているが、水深は浅いという特徴を有する湖沼に位置付けられる。例年、夏期にはアオコが発生する一方、冬期には珪藻が優占するなど、必ずしも藍藻のみが通年出現するわけではない。このことは夏期には藍藻や珪藻が底質から供給されるシードバンクが機能しているためと考えられる。そこで、浅い富栄養湖沼において植物プランクトンを対象にした底質のシードバンク機能に関する研究を行っている。ここでは山ノ神沼の水質の調査結果について報告する。

## 2. 方法

山ノ神沼は、面積約 3ha、平均水深 1m 程度の浅い天然湖沼である。富栄養化が進行し、毎年夏期にはアオコが発生する。山ノ神沼はかつて灌漑用水源であったが、現在は護岸改修に伴い、歩道が整備され、散歩や釣りなど主にレクリエーションで利用されている。水質調査は平成 24 年 5 月から平成 25 年 1 月まで 1 回/月の頻度で行った。ペイラーサンプラー（大起理化工業(株)製）を用いて、水面から底質面直上 10cm（水深 1m を超える地点では 90cm）まで水柱状に採水した全層沼水、および底質面直上 10cm（水深 1m を超える地点は水面下 90cm）の位置で採水した底層沼水の 2 種類である。採水時には、沼心における水質（水温、pH、溶存酸素量（D0）等）の同時測定が可能な多項目水質計（ハイドロラボ社製 MS5）を用いて、鉛直分布の調査を行った。

## 3. 結果および考察

山ノ神沼の全層水の水質分析結果の平均値は、Chl-a=280  $\mu$ g/L、COD=27mg/L（以上、図 1）、T-N=3.7mg/L、T-P=0.38mg/L であった。Chl-a と COD（ $r^2=0.56$ ）、T-P（ $r^2=0.77$ ）および SS（ $r^2=0.80$ ）の推移はよく一致した。また、COD に対する D-COD

の割合は、平均で 3 割程度であったことから、植物プランクトンが水質形成に大きく寄与していると考えられた。一方、T-N（ $r^2=0.02$ ）は Chl-a 量と相関が小さく、夏季に溶存態で存在する N の割合が大きくなることが原因と考えられた。SS は、6~11 月には全層に比べて底層の方が大きい値を示し、底層付近では底質の巻き上げなど懸濁物質が多く存在していたと推察された。

山ノ神沼の沼心における夏季の水質の 10cm ほどの鉛直分布を示す。緩やかな温度勾配が見られ、D0 は表層で 18mg/L の過飽和を示したが、沼底付近では 3.6mg/L まで D0 が大きく低下した（図 2）。夏季の日中は貧酸素状態にあることが疑われた。

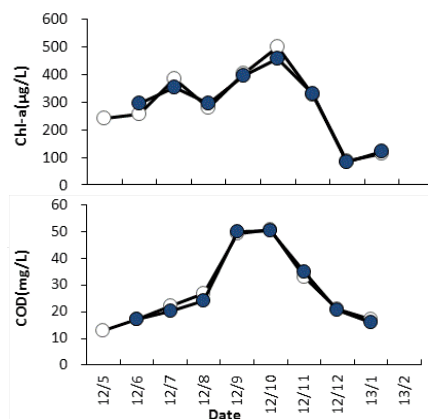


図 1. 山ノ神沼水質分析結果（Chl-a と COD）

○：全層水、●：底層水

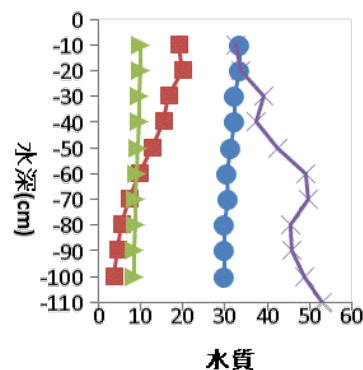


図 2. 山ノ神沼水質鉛直調査結果（H24 年 8 月）

●：水温（℃）、▲：pH、■：D0（mg/L）、×：Chl-a（ $\mu$ g/L）

**謝辞** 本研究は、環境省環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」（平成 23-25 年度）の一部として実施した。ここに記して謝意を表す。

\* 西村 修、野村 宗弘、藤林 恵、相川 良雄（東北大・工）、  
吉岡修也（立命館大・理工）、一瀬 諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

## 1. はじめに

富栄養化は利水障害のみならず生物多様性を危機的状況に陥れている。特に富栄養化しやすい特性を有している浅い閉鎖性水域では、底質有機汚濁化、巻き上げによる水質汚濁が著しく、沈水植物や二枚貝類等底生動物の消滅をもたらしている。

しかし、富栄養化研究の中で水質汚濁に関する研究が充実している一方、底質汚濁に関する研究は不十分である。

そこで本研究では水域の流動が底質に及ぼす影響について、砂地、泥地など底質環境特性の異なる場を選定してモニタリングを行い、それらの関係を解析した。また沿岸帯における傾斜が、流動と底質の関係に及ぼす影響を検討した。

## 2. 方法

### 1) 水域の流動と底質の関係

伊豆沼の5地点でモニタリング調査を行った。それぞれ河川流入部、北岸の人工護岸近傍、南岸の自然護岸近傍（岸边にはマコモ生育）、西端でヨシの繁茂する地点、人工護岸近傍で湖心方向にハスが繁茂する地点である。この5地点について、2010年12月から2011年12月まで計9回、表層堆積土0～1 cm について柱状採泥器を用いてサンプリングし、元素分析装置により有機炭素含有率を測定し、底質中の有機物指標として解析に用いた。また、2010年12月と2011年9月に、同観測地点の堆積物表層から直上5 cm の位置に電磁流速計を設置し、流速・流向を1ヶ月ずつ連続測定した。

### 2) 水域の流動と底質の関係に及ぼす沿岸帯の傾斜の影響

南岸の自然護岸近傍（岸边にはマコモ生育）では、岸沖方向に緩やかな傾斜が認められる。この地点に置いて2011年12月5日から12月21日まで、岸沖方向に6つ観測地点を設け、底質有機炭素含有率と流速・流向をそれぞれ観測した。岸から2 m の地点をC-1（水深：0.34 m）とし、湖心方向に向かって6m ずつ距離を置き、C-2、C-3、C-4、C-5、C-6（水深：0.76 m）とした。

## 3. 結果および考察

### 1) 水の流動と底質の有機炭素含有率の関係

有機炭素含有率と平均流速との間に有意な相関はみられなかった。そこで、10 分ごとに1秒間隔で30個観測した流速データのうち、流速が10 cm/s を超えるデータ数を全データ数で割ることで得られる流速超過確率を導入した。図1に底質の有機炭素含有率と流速超過確率の関係を示す。これは干潟域における既往研究のデータも含むものであるが、湖沼においてもおおむね流速超過確率が高いところで

は有機炭素含有率が低く、超過確率が低いところでは有機炭素含有率が高い傾向があることが示唆された。また、この結果から流速超過確率を0.01程度以上に保つことで泥化が防止できることが明らかとなった。流速超過確率で表現できたのは平均流速が平均の流れの速さを示すのに対し、流速超過確率は瞬間的な流れの速さを示し、巻き上げ、沈降の両方に対応した指標となり得るためと考えられる。今後さらにデータを増やして検証を行っていく必要があるが、流動を表す指標として流速超過確率を用いることが有望である。

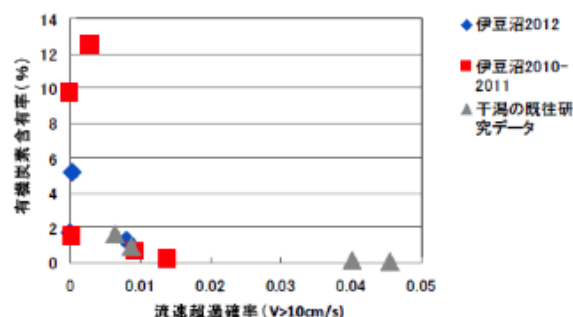


図1 底質の有機炭素含有率と流速超過確率の関係

次に自然護岸近傍の岸沖方向における現地観測の結果について、伊豆沼のStn. C 近傍の岸沖方向6地点における流速超過確率を図2に示す。岸に近いほど流速超過確率は大きくなっており、そのメカニズムは、傾斜構造が水の渦構造を発達させ、振動流を生じさせるためであることを理論的及び実験的に解析した。すなわち岸辺を緩傾斜化することによって沿岸部の流動を強化でき、底質の有機炭素含有率の制御が可能なが示された。

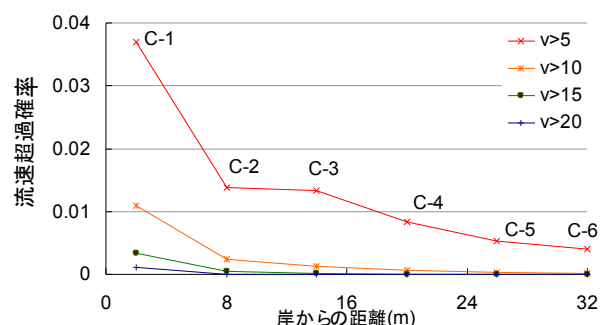


図2 地点Cにおける岸からの距離と流速超過確率の関係

**謝辞** 本研究は環境省環境研究総合推進費「浅い閉鎖性水域の底質環境形成機構の解析と底質制御技術の開発」（平成22年～平成24年度）の助成を受けて実施しました。