

# びわ湖 視点

## 論 点

**「ゆっくりと分解される有機物」の謎**

琵琶湖など湖の水中には、多種多様な有機物が、溶け込んだ状態や浮遊した状態で含まれています。湖の水中の有機物には、湖の生物（植物プランクトン、動物プランクトン、微生物など）が作った成分や、河川を通じて陸から流れ込む成分が含まれます。

水中の有機物は、湖の環境や生態系において、いくつもの重要な機能を持ちます。

まず、動物プランクトンや微生物の餌となることで、魚までつながる食物連鎖を支えています。さらに、有機物が生物の餌となって分解される時には、成分として含まれる窒素やリンが水中に放出されます。放出された窒素やリンは、植物プランクトンの光合成に必須な成分であり、すぐにまた植物プランクトンなどに取り込まれて再利用されます。このような、生物の作用で物質が形を変えながら循環するプロセス（物質循環）は、湖の環境や生態系を根幹から支えています。

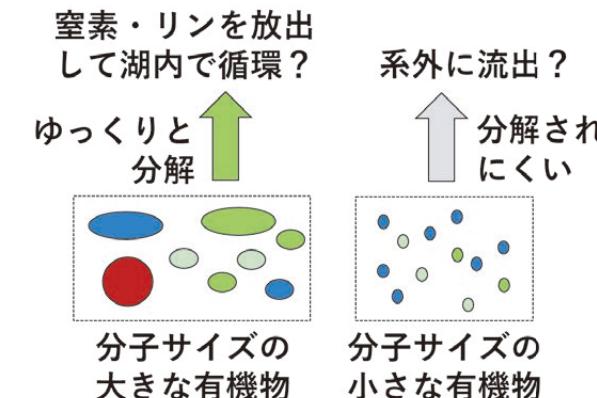
そのため、有機物の性質として、分解性（生物にとっての餌としての食べやすさ）が非常に重要になります。これまで、「数日以内にすぐに分解される有機物」（易分解性有機物）と、「100日以上経過しても分解されにくい有機物」（難分解性有機物）の二種類が、主に注目されてきました。「すぐに分解される有機物」は、水中の微生物などに活発に分解されることで、湖の物質循環を強力に駆動しています。ただし、すぐに分解されるため、水中濃度は低く保たれています。「分解されにくい有機物」は、水道水などを作る浄水プロセスでの副生成物生成や濾過膜の目詰まりなどの問題を引き起こすことが知られており、琵琶湖の水中では有機物濃度の半分以上を占めます。琵琶湖の「分解されにくい有機物」については、当センターでもこれまで、起源（どこで生成されたものか？）や特性（どのような成分か？）について重点的に研究を進めてきました。

一方で私たちは現在、これまで比較的注目度が低かった、両者の中間、つまり「数十日スケールでゆっくりと分解される有機物」（準易分解性有機物）について研究を進めています。この「ゆっくりと分解される有機物」は、琵琶湖では水中の有機物濃度の数十%程度と、多くの割合を占めます。「ゆっくりと分解される」性質のため、湖の物質循環や生態系に重要な役割を果たすことも分かってきました。湖の深層など、餌の少ない環境では、生物の主要な餌となります。夏の湖の表層など、窒素やリンに乏しい環境では、窒素・リンの主要な供給源となり、光合成など生物活動を支えます。しかし、「ゆっくりと分解される有機物」

の濃度は、湖の場所や水深、季節によっても大きく変化し、その要因はよく分かりません。さらに、その化学組成や、生成源となった生物の種類、分解を担う生物の種類なども明らかではありません。

私たちは、このように謎が多い「ゆっくりと分解される有機物」について、その正体や生成プロセス、分解プロセスを明らかにすべく、様々なアプローチで研究を進めています。

まず、長期間（数百日）にわたる湖水有機物の分解実験を行い、ゆっくりとした分解に伴う有機物の組成の変化を調べています。水中に溶け込んだ有機物の分子サイズ分析からは、分子サイズの大きな有機物は、ほぼ「ゆっくりと分解される有機物」であることが分かってきました（図1）。一方で、「分解されにくい有機物」は、ほぼ小さな分子サイズから構成されていました。細菌の指標となるアミノ酸鏡像異性体の分析からは、「ゆっくりと分解される有機物」に、湖水細菌由来の成分が多く含まれる可能性が見えてきました。今後、有機物を分解する微生物の種類の特定なども進める予定です。



総合解析部門 山口 保彦

さらに、「ゆっくりと分解される有機物」の詳細な化学組成を明らかにするために、湖水中の有機物を分子サイズ別に濃縮する技術の開発にも取り組んでいます。数十リットル以上の湖水から、特定の分子サイズの有機物を濃縮できるようになれば、様々な先端的な化学分析手法を適用することが期待できます。

こうした研究から、「ゆっくりと分解される有機物」が琵琶湖の物質循環に果たす役割を詳細に解明することで、湖の水環境や生態系の改善に貢献したいと考えています。

# びわ湖みらい

L B E R I N E W S

センターニュース

No. 32 2020/12



滋賀県琵琶湖環境科学研究所  
Lake Biwa Environmental Research Institute

## トピックス

### 新センター長 津野 洋からのごあいさつ



センターテラスより「津野 洋 センター長」

この4月1日付で、琵琶湖環境科学研究所長に就任いたしました。当センターは平成17年に、行政課題対応型の試験研究機関として、琵琶湖研究所と衛生環境センター環境部門が統合して開設されました。開設以来15年にわたり内藤前センター長が築かれた実績の後を引き継ぐことになりました。よろしくお願ひいたします。

琵琶湖は、古代湖で約60種もの固有種があり、また漁業や農業、生活用水、湖上交通など人々の生活と深いつながりのもとに共存してきました。水道水源としても重要で、学術研究の場、水鳥の生息地や観光資源としての価値も有しています。琵琶湖の水質は、かつての淡水赤潮やアオコ等の富栄養化の顕著な状況から、下水道等の整備、工場・事業場の放流水規制等の種々の施策により改善をしてきました。北湖の全りんに加えて、全窒素も近年改善傾向にあり昨年度は初めて環境基準を達成しました。しかしながら、難分解性の有機物の問題、大型藻類の突発的な増殖など植物プランクトンの種の変化、底質の悪化、魚介類の漁獲高の減少、南湖の水草の過繁茂、温暖化に伴う北湖の完全な循環の未完了、底層の貧溶存酸素化、生物多様性保全、外来生物などの問題が生じております。このような課題はますます複雑化多様化しております。湖内の問題のみならず、森林から川を経て湖までの流域での問題や、つながりの問題まで考えなくてはならない状況にもなっています。今後も引き続き、調査・研究を行い、現象の解明や事象間の関係、流域内での事象や湖内への影響などを明らかにしていく必要があります。

琵琶湖や流域内での環境現象の解明と課題解決への対策・施策は科学的な知見をもとに行なうことが重要です。センター

では、引き続き課題把握とその解決のための行政課題対応のための調査や試験研究を引き続き行なうことが求められます。さらには、その遂行のために常に新しい研究方法や知見の習得が必要です。そのための機会や研修も積極的にする環境も整える必要があります。環境問題の解決のためには、県民の皆様の活動も極めて重要ですが、昭和50年代の「石けん運動」から琵琶湖富栄養化防止条例につながった例のように、滋賀県では琵琶湖環境保全への県民の皆様の思いが環境保全に果たす役割は極めて大きいものがあります。琵琶湖環境保全への皆様の思いを胸に努力するとともに、センターで得られた知見の県民の皆様への情報発信も積極的に行って、皆様と一緒に活動の枠組みの研究も行なっておられます。今後ともよろしくお願いいたします。

センター長 津野 洋

### 新刊の紹介

#### 琵琶湖環境科学研究所ブックレット Vol.1

##### 「琵琶湖の科学 みずのこと・いきもののこと」

琵琶湖の水はどの方向に流れているのか、魚や水草の生活サイクルはどうなっているのか。知っているようで知らない琵琶湖のことが満載。

この本をきっかけに、琵琶湖の環境を良くしていこうという活動に繋がることを期待しています。

2020年3月サンライズ出版発刊。  
お求めは全国の書店にて。



### ■編集後記

新型コロナウイルスの拡大で、センターのイベントも中止・縮小を余儀なくされています。今年度の研究報告会「びわ湖セミナー」も、詳細は未定ですが、決まり次第皆様にお伝えしていきます。

### ■編集・発行

滋賀県琵琶湖環境科学研究所  
Lake Biwa Environmental Research Institute

〒520-0022 滋賀県大津市柳が崎5-34

TEL:077-526-4800 FAX:077-526-4803

<https://www.lberi.jp/>

この印刷物は古紙パルプを配合しています。

# 研究最前线

RESEARCH FRONT LINE

## 琵琶湖北湖深水層底層の状況について —琵琶湖の貧酸素状態の推移—

### 1 状況の把握に向けて

琵琶湖の北湖では、例年春季から初冬にかけて、湖面が温められ、水温の急勾配（水温躍層（やくそう））が生じることで、その層を挟んだ上層一下層の混合は起こりにくくなります。底層の溶存酸素濃度（以下、「DO」と言う。）は、水温躍層が形成される期間は躍層より下の深水層への酸素供給がなくなることに加え、湖底での有機物等の分解によって酸素が消費されていくため、徐々に減少していきます。気温が低い季節になっていくと、湖面が冷やされ、水温躍層が弱まり沈降していく、最終的には表層から底層まで循環（全層循環）し、底層DOは表層と同程度の値まで上昇します。

水深90m水域では、これまでにも、底層DOが貧酸素状態の目安である2mg/Lを下回ることが観測されています。酸素がなくなると、底層を利用する水生生物の生息に関する懸念や湖底から窒素・りん等が溶出される懸念などがあり、水質の悪化や生態系に影響が及ぶことが心配されます。さらに、平成30年度、令和元年度には、冬季にその水域で全層循環が起きず、底層DOが例年のような値まで回復せず、北湖深水層底層をとりまく状況を把握することは重要度が増してきました。

ここでは、センターが行っている調査とそこからわかることについて紹介します。

### コラム 北湖深水層底層DO調査の現場最前线

湖沼における底層DOが、平成28年3月に環境基準に追加されました。現在、琵琶湖における底層DOの環境基準について、国で基準値の設定（類型指定）が進められています。

北湖深水層底層DO調査における現場での作業を紹介します。現在の調査では、水温・DO・濁度等を同時に測定できる多項目水質センサーを用いています。調査船「びわかぜ」で目的の地点に到着すると、船からセンサーを降ろし目的の水深毎にデータを取得する作業を進めていきます。

センサーの測定値が表示される端末を見ながら、センサーを接続したケーブルを上下させて目的の水深に合わせます。目的の水深データを取れたことを目視で確認した後、次の水深に合わせるよう降ろしていき、この操作を繰り返します。



DO調査の様子

データを取得することに最も注意が必要なのは、底層（湖底直上1m）です。現場地点のおおよその水深はわかるものの正確な水深はわからないため、センサーを湖底近くと推測される水深まで降ろし、その後少しづつ下げていきます。そして、湖底に着いたことを濁度の値で確認し、センサーを船上まで引き上げます。取得データから湖底の水深を確定し、湖底から直上1mの水深データが取れているか確認し、次の調査地点へ向かいます。

この一連のセンサー測定作業は、風が強い時には困難を極めます。現在使用しているセンサーは長さ150mのケーブルを備えていますが、船が流されると、ケーブルが横方向に伸び、センサーが湖底まで届かないことがあります。さらに、荒浪では船上で立っていることさえ危ないことがあります。調査地点数を減らすことや調査自体を延期することもあります。

帰港後、取得データから各地点各水深における水温・DOを精査する作業を行います。このようにして蓄積された何年分ものデータはセンターのホームページでも公表しています。興味がある方は、ぜひ一度ご覧ください。

### 2 北湖深水層底層DO調査の結果と評価 ～平成30年度と令和元年度で起きたこと～

センターでは、水深別水質調査を複数の地点で実施し、その調査項目の一つとして底層（湖底直上1m）DOを測定しています。また、水深90m水域における底層DOの変動を注視するため、水深別水質調査に加え、北湖深水層底層DO調査を実施しています。地点は図1の水深90mの7地点（紫ライン内）で、底層DOが最も低くなる秋から頻度を増やしています。

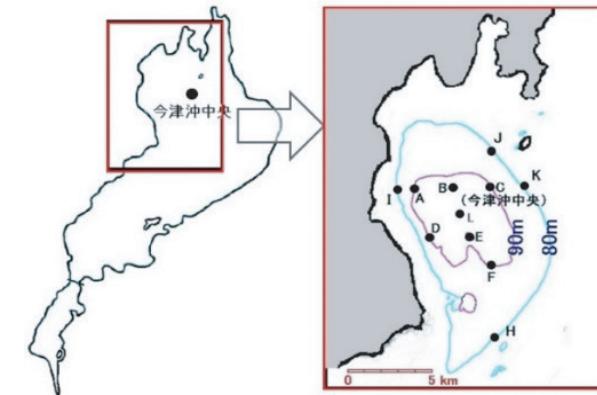


図1 水深90mおよび水深80m調査地点の位置

平成30年度は、水深90m地点の底層DOは2mg/Lを下回ることなく推移しました。冬季において、上層の水と徐々に混合し、値が短期間で大きく変動したものの、表層から底

層まで水温・DOが一様にはならない現象を観測しました。（全層循環がこの水域に達しなかったことを初めて確認）

令和元年度4月当初は7地点間におけるDO値の差が大きく見られましたが、5月中旬では7地点とも例年より1~2mg/L低い7mg/L程度に落ち着きました。これは、強風により深水層が混合され、底層に偏在していた水温・DOの低い水塊が均一化されたためと考えられます。その後は、底層をかき混ぜるような強い風が吹くこともなく底層DOは徐々に減少し、8月下旬には2mg/Lを下回りました。貧酸素状態が継続しその水塊の拡がりが懸念されたため、水深80m地点を追加した計11地点（図1の青ライン内）で状況の把握に努めました。その結果、貧酸素水塊は水深80mの水域全体に広がっていないものの、値が低い地点では2~3mg/Lを観測しました。また、冬季には前年度と同様の現象が観測され、2年連続全層循環しないまま春を迎えました。

令和元年度は、水深90m地点で底層DOが2mg/Lを下回った期間が、10月中旬の一時回復期間を除き、過去最長の約半年間に達しました。今津沖中央（図1のC地点）におけるDOの年度最低値は、過去からの推移（図2）を見ると、1.4mg/Lとこれまでに観測した低い年の値と同程度であったことがわかります。また、底層DO低下に伴い底泥からの溶出による窒素・りん濃度の上昇が懸念されましたが、水深別水質調査結果では、底層の全窒素は過年度最低値付近、全りんは過年度平均値付近を推移していました。注目すべきは、水深60mのDO最低値です。令和元年度は4.0mg/Lと過去最低値を下回りました。これは秋冬の強風による深水層の混合で、底層DOが回復した分、その上の層では減少したことを見唆しています。

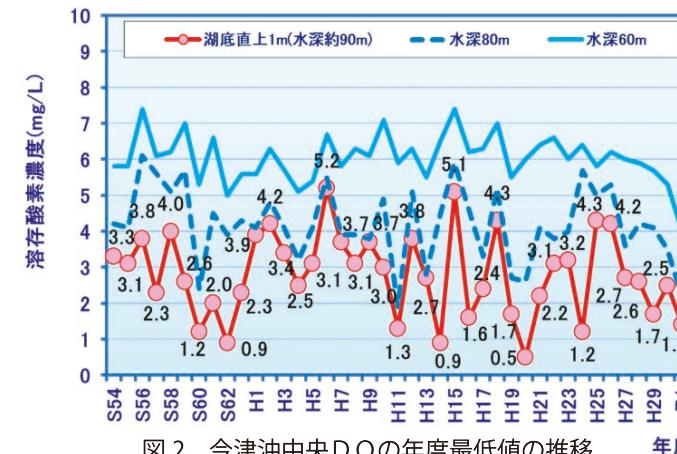


図2 今津沖中央DOの年度最低値の推移 年度

以上のことから、底層の水質だけを見るのではなく深水層全体を把握していくことが、より適切な評価につながると考えています。

### 3 水中ロボットを用いた調査 ～貧酸素にさらされる深湖底の生物たち～

北湖の深湖底には、イサザ、ウツセミカジカ、ニゴロブナ、ホンモロコ、アンデールヨコエビ、ビワオオウズムシ、ス

ジエビ等、琵琶湖の固有種や生態的に固有な特徴を有する生物が生息しています。有策型水中ロボット（写真1）を用いると、これらの生物を観察することができるため、平成24年から1~2ヶ月に1回の頻度で定期モニタリングをしています。



写真1 有策型水中ロボット（ROV）

近年、水深90m水域の中心部付近が貧酸素状態になると、イサザやアンデールヨコエビ等の死亡個体が見られることができます（写真2）。今のところ、DOの回復とともに、周囲から生物が戻ってくることから、貧酸素が直接的な原因となる個体群密度の減少はみられませんが、近い将来、貧酸素の範囲が広がることや、貧酸素の期間が長期化することで、深湖底でしか生きられない生物たちの生息域が失われ、最悪の場合、絶滅も危惧されます。注意深いモニタリングが求められています。



写真2 貧酸素で死亡したイサザ（黄緑矢印）とアンデールヨコエビ（青矢印）、2点の赤いレーザーポイントの間隔は9cm（琵琶湖北湖 水深90m 令和元年10月10日 石川可奈子撮影）

### 4 今後の展望

琵琶湖北湖の一部水域で全層循環しなかったという初めての事象が、それも2年連続で起こり、今後同様に循環しない年が現れる可能性があります。全層循環しなかった場合、その後のDOや生物の生息域がどのように変動していくかが深水層底層の状況を評価する上で非常に重要です。センターでは、引き続き調査に注力していきます。

総合解析部門 石川 可奈子  
環境監視部門 山田 健太