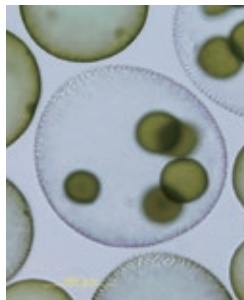


## センターの中にもう一つの研究所!? ～国立環境研究所 琵琶湖分室～

令和6年10月、「古代湖琵琶湖から球形緑藻ボルボックスの新種 " ビワコエンシス " を発見～琵琶湖からボルボックス愛を込めて～」というプレスリリース※がありました。茨城県つくば市に本部を置く国立環境研究所による発表で、琵琶湖の豊かな生態系とその研究の重要性を改めて示す内容です。でもなぜ、滋賀から遠く離れた研究所が、琵琶湖で新種を発見することができたのでしょうか？

実は、当センターの建物内に国立環境研究所の「琵琶湖分室」が設置されているのです。琵琶湖分室の研究チームが水質調査のため湖水を採取し、本部でサンプルを詳細に分析したところ、今回の発見につながりました。その採水地点は当センターのすぐ横にある棧橋だったそうです。



ボルボックス・ビワコエンシス  
(国立環境研究所提供)

琵琶湖分室は平成29年4月に設置されました。そのきっかけは、東京一極集中を是正するため政府機関の地方移転が議論され、地方創生や機能の維持・向上等を前提として地方からの提案が求められた際に、湖沼環境研究分野の研究連携拠点の設立を目指して、国立環境研究所の一部移転を滋賀県から政府に提案したことでした。

現在の琵琶湖分室は、当センター建物内のほか草津市の淡水環境プラザ内に「矢橋帰帆島ベース」を構え、職員13名（うち7名は本部兼務）の体制で、琵琶湖の保全および再生に向けた水質・底質・生態系を見渡した総合的な研究に取り組んでおられます。



環境省・国立環境研究所・滋賀県による  
基本協定の締結（平成29年2月）

一つの建物内に琵琶湖に関する二つの研究所 - 当センターと琵琶湖分室 - が同居し、まさに face-to-face の距離にあるため、日常的な業務から高度な研究まで様々なレベルで連携・協力しています。

例えば、当センターでは研究の内部報告会を隔週で開催し、進捗状況の確認や情報共有等を図っていますが、これに琵琶湖

分室の研究員も参加し、意見が交わされています。また、水質実験調査船「びわかぜ」に当センターと琵琶湖分室の研究員が一緒に乗り込むこともあります。湖上での調査は機会が限られるため、一度の出航で複数の調査を効率的にこなす必要があり、計測機器の設置・回収や採水など繊細な力仕事を互いに手伝いながら行っています。



「びわかぜ」での共同調査風景



令和5年には環境省の環境研究総合推進費に国立環境研究所との共同研究が採択され、底生動物が琵琶湖の水質・底質に与える影響に関する研究を3か年の計画で進めているところです。また昨年4月には、ホンモロコの産卵の観察会が琵琶湖分室の主催で開催されました。ホンモロコの資源は回復傾向にあり、数年前から付近の湖岸でも産卵行動がみられるようになっていました。この観察会には当センターの研究にご協力頂いている「里湖シジミの会」の皆様も参加されるなど、研究の成果が地域へと広がっています。



ホンモロコの産卵の観察会  
(国立環境研究所琵琶湖分室提供)

こうした取り組みについて琵琶湖分室の馬淵分室長によると「センターとの交流・連携のおかげで、調査・研究が効率的に進められているだけでなく、滋賀県の事情や状況をより踏まえながら研究やその成果の発信ができています」とのこと。これからも琵琶湖分室との連携を大切にしながら、より一層、琵琶湖研究の深化を目指して取り組んで参ります。

※<https://www.nies.go.jp/whatsnew/2024/20241009/20241009.html>

琵琶湖深水層における  
有機物の「隠れた循環」の可能性を探る

## 1 湖深水層におけるプロセスと生態系

琵琶湖などの大水深湖では、深水層（琵琶湖ではおおよそ水深 40m より深い範囲）は、表水層（琵琶湖ではおおよそ水深 20m より浅い範囲）とは大きく異なる環境であり、湖内での炭素、酸素、栄養塩などの移動や変換といった物質循環の上で重要な役割を持ちます。湖深水層の水中は、太陽光がほとんど届かず水温も低く、大型生物も少ないため、微生物が優占しています。溶存酸素の消費や、窒素・リン栄養塩の再生など、湖の生態系全体にとって重要なプロセスが駆動される場でもあります。地球温暖化に伴う水温上昇などの環境変動は、琵琶湖をはじめ世界中の湖で顕在化してきており、湖深水層の物質循環や微生物生態系への影響解明は、喫緊の重要課題です。

湖深水層の生態系の動態を駆動する、最も重要な要因の一つは、水中の有機物です。湖深水層水中の微生物の大半は、有機物を分解してエネルギー源とする従属栄養生物です。微生物により有機物が分解される際には、溶存酸素が消費され、窒素・リン栄養塩が放出されます。この記事では、私達の研究で明らかになってきた、琵琶湖深水層における有機物の動態についての新たな描像を紹介します。

## 2 琵琶湖深水層における過去の研究

当センターでは 2000 年代より、他の研究機関との共同研究も含め、琵琶湖水中有機物について様々な研究を進めてきました。当初は、湖水の化学的酸素要求量（COD：湖の水質基準の一つ）の値が高止まりしている現象に寄与している可能性から、生物に分解されにくい（難分解性）有機物について重点的に研究が実施されました。近年では、琵琶湖内の物質循環と生態系における有機物の機能に、より着目して、生物利用可能な（数日以内に分解される易分解性、および数ヶ月スケールで分解される準易分解性）有機物に重点をシフトして研究を進展させています。

水中の有機物は、濾紙に捕捉される粒子態有機物（POM）と、濾紙を通過する溶存態有機物（DOM）に大別されます。このうち DOM が、水中有機物濃度の大半を占めます。

琵琶湖など大水深湖の沖合における有機物の動態について、従来考えられてきた描像を図 1 に示します。琵琶湖における過去の研究から、循環期（冬季）に湖表水層から湖深水層へ輸送された DOM のうち、成層期（春季～秋季）に深水層内でゆっくりと分解されていく準易分解性の成分は、深水層での溶存酸素消費や窒素栄養塩再生に重要な寄与を持つことが分かっていました。また、成層期の深水層では同時に、表水層から沈降してきた POM などが微生物によって分解される際に、副産物として難分解性 DOM が放出されている可能性も見えていました

（当センターと京都大学の共同研究）。同様の現象はそれぞれ、海洋遠洋域の中深層でも報告されています。そのため、琵琶湖と海洋では、時空間スケールの違いこそあれ、同様の有機物動態プロセスが働いている可能性があります。

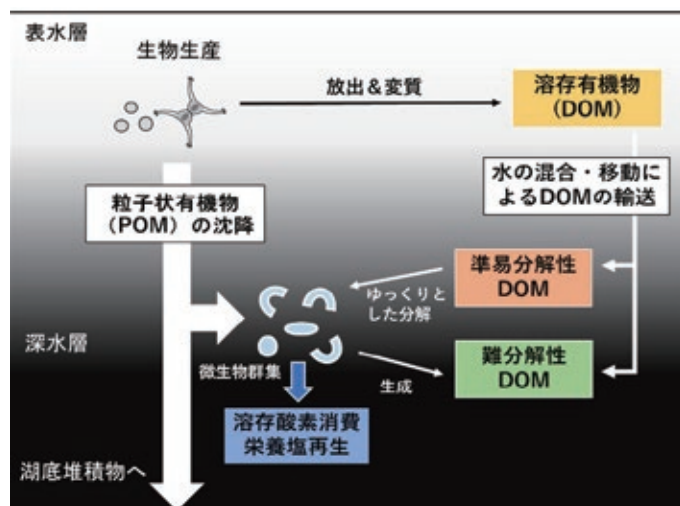


図1 琵琶湖などの大水深湖の沖合における水中有機物の動態に関する、従来の研究による描像。深水層の生態系は、表水層から運ばれてきた有機物を主に一方的に分解していく場として捉えられていた。

## 3 従来想定されていなかったプロセス

従来の描像（図 1）では、湖深水層の生態系は、湖表水層から供給される有機物をただ分解していく「受動的な場」であることが想定されています。ところが、私達の新たな研究から、少なくとも琵琶湖深水層では、従来の描像では考慮されていないプロセスが重要である可能性が浮上してきました。それは、「深水層において、微生物等により準易分解性 DOM が新たに生産される」というプロセスです。

研究の発端は、2018 年から開始した、琵琶湖水中 DOM に関する当センターと国立環境研究所琵琶湖分室の共同研究です。当センターでは長年、難分解性有機物の存在量把握を目的として、琵琶湖水を入れたボトルを長期的に一定温度（通常は 20℃）の暗所に置く有機物生分解実験を実施してきました。一方、国立環境研究所では長年、DOM を分子サイズによって分離して定量・特性解析するための新技術開発が進められていました。琵琶湖も含め、水中 DOM を分子サイズで分離すると、分子サイズの大きな成分（高分子 DOM）と、分子サイズの小さな成分（低分子 DOM）の 2 種類に大別できることも分かっていました。そこで、当センターで実施する有機物生分解実験の試料に、国立環境研究所の新技術を適用し、DOM の分解性と分子サイズの関係性を詳細に把握する研究を

実施しました。

琵琶湖表水層湖水の有機物生分解実験を 20℃で実施したところ、DOM のうち高分子 DOM は、湖水中微生物により数ヶ月以内にほぼすべてが分解される準易分解性成分だと分かりました。低分子 DOM の結果とも合わせて、DOM の分解性と分子サイズの関係性を詳細に把握するという当初の目的は達成できた一方で、この結果は、新たな謎をもたらしました。私達は、有機物生分解実験と並行して、琵琶湖沖合のフィールド調査により、湖水中 DOM を水深別に毎月採取して分子サイズ別定量する研究も進めていました。すると、数ヶ月以内に分解されてしまうはずの高分子 DOM が、深水層では春季～秋季にかけて、ほぼ同程度の濃度で維持されていました。

これらの一見矛盾する結果を説明するために、二つの仮説が考えられました。仮説①は、水温の違いです。有機物生分解実験は 20℃で実施しましたが、琵琶湖深水層は約 7～9℃と低温環境のため、高分子 DOM の分解がきわめて遅くなっている可能性が考えられました。仮説②は、深水層では高分子 DOM の生産が起きていて、生産と分解のバランスにより、見かけ上で一定濃度が維持されている可能性です。

#### 4 有機物動態の新たな描像

これら二つの仮説を区別して検証するために、2020 年 3 月から、室内の有機物生分解実験とフィールド調査を組み合わせた研究を開始しました。まず、循環期（3 月）の琵琶湖深水層湖水を用いた有機物生分解実験を、20℃条件に加えて、深水層現場水温と同じ 9℃条件でも実施しました。これらの比較により、水温が原因とする仮説①は検証できます。次に、2020 年 4～12 月には、有機物生分解実験のボトルから試料を採取するタイミング（1～2 ヶ月おき）に合わせて、ほぼ同時期に、琵琶湖のフィールド調査により深水層湖水を採取しました。室内の有機物生分解実験では、湖水をボトルに閉じ込めているため、新たな有機物の供給は無く、高分子 DOM は分解が進行する状態です。一方で、琵琶湖深水層では、表水層から沈降してくる POM など、外部から有機物が供給されており、高分子 DOM の新たな生産が活発に起きている可能性があります。このため、9℃条件の有機物生分解実験の結果を、深水層湖水の観測結果と比較すれば、仮説②を検証できると考えました。2020 年 3 月中旬に実験開始、4～12 月に試料採取というタイミングは、コロナ禍の初期（第一波～第三波）とも重なりましたが、試料採取はなんとか予定どおり実施できました。

採取した試料について、DOM を分子サイズ別定量したところ、高分子 DOM の見かけ上の分解速度は、速い順番に、20℃実験 > 9℃実験 > 深水層湖水でした。仮説①で想定していた水温の影響は、確かに存在するものの、深水層湖水における高分子 DOM の濃度維持を説明できるほどではありませんでした。この結果は仮説②を支持し、深水層で高分子 DOM が新たに生産されるプロセスの重要性を示すものでした。

深水層における高分子 DOM の実際の分解速度を、高分子 DOM の生産も考慮した簡易的なモデルから見積もったところ、見かけ上の分解速度（深水層での生産を考慮せずに推定した、従来想定されていた速度）に比べて、4 倍近い値となりました。つまり、深水層に供給された有機物（沈降 POM 等）から高分子 DOM が新たに生産され、数十日スケールで分解されるというダイナミックなプロセス（＝高分子 DOM の隠れた循環）が量的に重要であることが分かりました。このプロセスが、深水層の溶存酸素消費速度と関連している可能性も見えてきました。これらの知見をもとに私達が考えている、琵琶湖沖合の有機物の動態に関する新たな描像を、図 2 に示します。

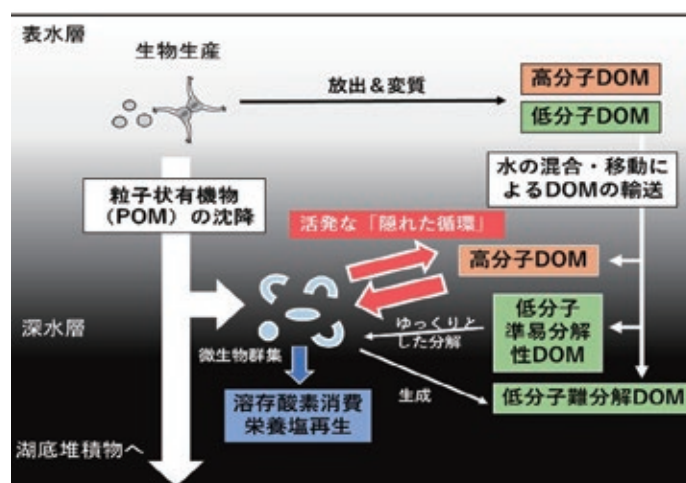


図 2 私達の最近の研究により明らかになってきた、琵琶湖沖合における有機物動態の新たな描像。高分子 DOM については、一方的な分解だけでなく、活発な「隠れた循環」が存在し、溶存酸素消費など深水層におけるプロセスに重要な役割を果たしている可能性がある。

この研究の発展型として、現在、当センターと京都大学などの共同研究プロジェクトとして、琵琶湖深水層における高分子 DOM の動態を詳細に調べています（科学研究費助成事業・基盤研究 A：2022～2025 年度）。高分子 DOM の詳細な化学組成を調べるための技術開発を進めてきたほか、深水層に沈降してくる POM や、深水層における微生物生態系の動態（群集組成や増殖速度の変動）のデータも採取し、高分子 DOM の動態との関連を調べています。これらの研究は、琵琶湖深水層における溶存酸素消費等のプロセスを駆動するメカニズムと制御要因の解明につながり、気候変動影響の評価にもつながると期待されます。

総合解析部門 山口 保彦

# びわ湖 視点 論 点

## ヒノキ高齢樹の成長量を測る

滋賀県の人工林は植栽してから 50 年以上経過した森林が多くなり、伐採して利用することができる森林が増えていきます。これまで木材価格の低迷が長く続いたこと、林業労働者の減少や高齢化等のため、人工林の伐採が控えられ、高齢の森林が増えてきました。しかし、近年では国産材の需要が増加してきており、県産材の生産量も増加してきています。

さて、樹木の成長状況は木材生産の基礎となる情報であり、森林所有者だけでなく森林・林業行政にとっても重要な情報です。これまで人工林は 50 年程度で伐採されることが多かったことから、これ以上の高齢林については成長状況がほとんど調査されてきませんでした。前述のとおり、今後は 50 年以上の森林の伐採が多くなると考えられることから、これらの成長を的確に把握する必要があります。そこで、センターでは過去の調査事例の少ないヒノキ高齢樹の成長過程を調査しました。試料木のヒノキは、植栽地が多い県南部の 7 箇所において、それぞれ 2 ～ 4 本伐採して解析に用いました。

温帯地域で育つ樹木では、毎年、年輪が形成され、この年輪幅を測定することで、樹木全体の成長を知ることができます。これを樹幹解析と呼び、今回はこの方法で調査を進めました。

樹幹解析では、樹木を伐採することから始めます（写真 1）。伐採後、地表面から高さ 2 ～ 4m 毎に厚さ約 5cm の横断円盤を切り取ります。樹木 1 本分なら、10 枚以上の円盤が取れます（写真 2）。採取した円盤は、室内で十分乾燥した後、年輪の計測をしていきます（写真 3）。

まず、いろいろな高さで採取した試料円盤の年輪幅を 1 年毎に計測することで、円盤を採取した高さの肥大成長量を知ることができます。その後、いくつかの計算を経て、樹高成長量と

材積成長量を推定することができます。

肥大成長量は、樹齢 30 年くらいまでは 3mm/ 年程度でしたが、その後は小さくなって 1.5 ～ 2mm/ 年程度になり、これが伐採されるまで続きました。このことから樹齢が若いときは、肥大成長が盛んだということがわかりました。また、調査地間での差異や植栽年による差異は認められませんでした。

樹高成長量は、100 年程度の樹齢の範囲ではその速度が特に小さくなることはなく、いわゆる「頭打ち」のような現象は認められませんでした。樹齢が大きくなるにつれて、調査地間で樹高成長量に差がみられました。これには、気候や地形、土壌等の立地条件が影響しているものと推察されました。

材積成長量も、この樹齢の範囲ではその速度が遅くなる傾向は認められず、いずれの調査地でも増大し続けていることがわかりました。なお、結果の詳細は当センターの研究報告書 19 号（2024 年 3 月発行※）に掲載されています。

ところで、樹幹解析では年輪幅を測定しますが、根気のいる作業で、樹齢が大きくなると作業時間も増えることになります。加えて、調査する私たちも「高齢化」が進んでおり、長時間こまかい作業を続けると目がショボショボしてきて、余計に時間を取られることになります。また、高齢木は材積が大きくなるため必然的に高価となります。このため、森林所有者が伐採される木や台風等の災害で倒れた木の一部を頂くことで試料を調達しており、試料数の確保は容易ではありません。

しかし、この調査を通じて、滋賀県のヒノキ林の成長過程を明らかにするための貴重なデータが得られたと考えられ、今後、森林所有者等の林業経営や地域森林計画等の森林・林業政策に活用されることが期待されます。

※ [https://www.lberi.jp/multidatabases/multidatabase\\_contents/detail/92/073ae50e6fad3e5e44bc192a3e13bd4f](https://www.lberi.jp/multidatabases/multidatabase_contents/detail/92/073ae50e6fad3e5e44bc192a3e13bd4f)



写真 1 調査木の選定・伐採状況



写真 2 採取した試料円盤



写真 3 年輪幅の計測状況

総合解析部門 小島 永裕

### ■ 編集後記

国連で 8 月 27 日が「世界湖沼の日」として採択されました。第 1 回世界湖沼会議の開会日がこの日であり、開催地は滋賀県大津市でした。滋賀県や琵琶湖にまつわる記念日が増えることは喜ばしいですね。

### ■ 編集・発行

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター  
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/>