



山萩

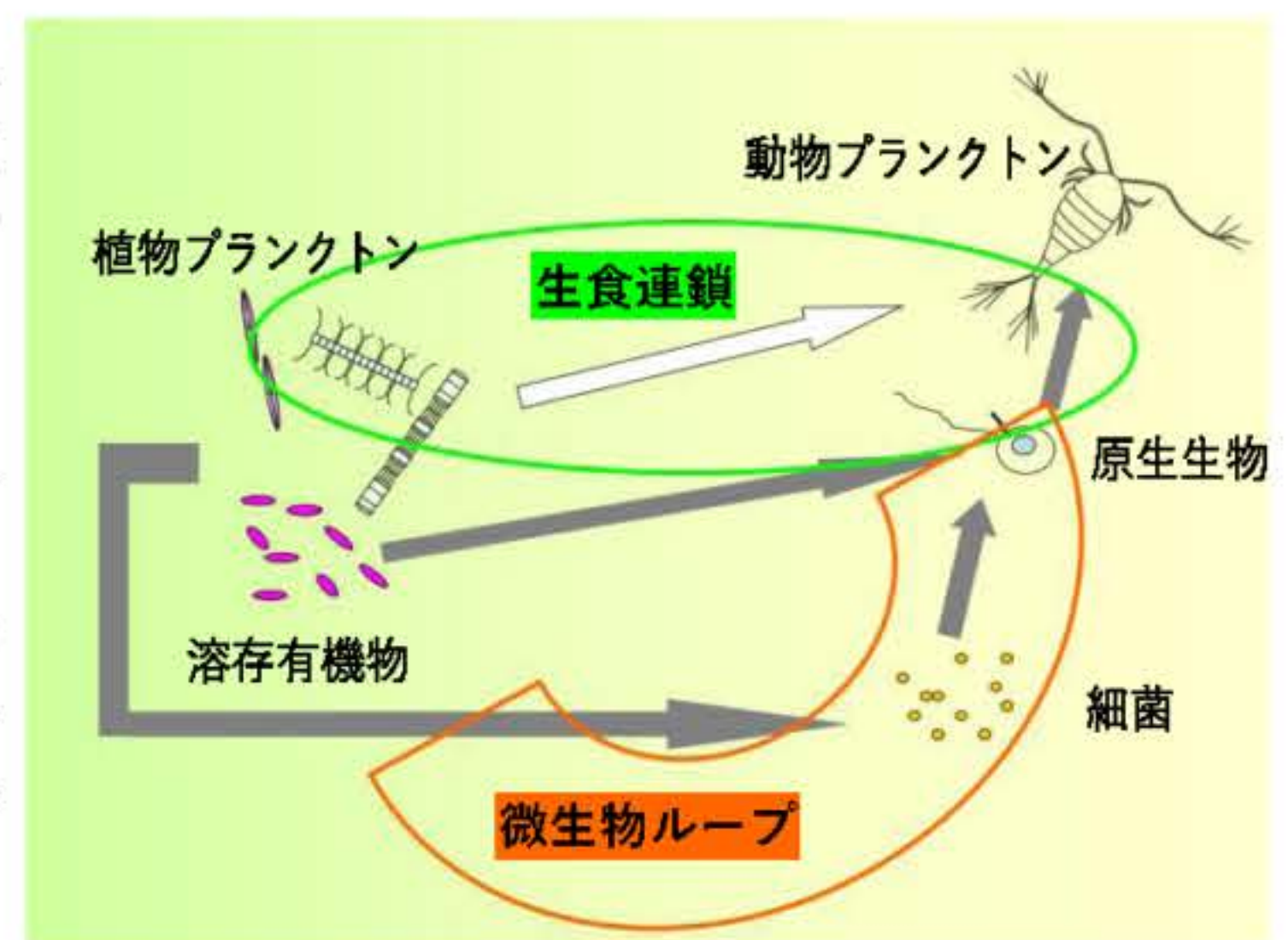
## 琵琶湖の底にあるちょっと変わった食物連鎖

中野 伸一

京都大学生態学研究センター長

### 1. 微生物ループとは？

微生物ループとは、植物プランクトンが光合成の中間代謝物や自己の分解物として排出する溶存態有機物を細菌が栄養基質(餌)として利用し、細菌を鞭毛虫や繊毛虫などの原生生物が摂食する食物連鎖のことです(図1)。この食物連鎖は微生物食物網とも呼ばれ、さらに原生生物が甲殻類等の大型動物プランクトンに捕食されることによって生食連鎖へとつながります。つまり、これまで単に分解者として位置づけられていた細菌や原生生物は、実は微生物ループを介して動物プランクトンの餌資源としても貢献するのです。海洋や湖沼のプランクトンの食物連鎖では、植物プランクトンが動物プランクトン



に食べられる「生食連鎖」も機能しています(図1)。つまり、水域の食物連鎖では、従来良く知られている生食連鎖と、微生物ループが相互に関係し合いながら全体の生態系を駆動します。

### 2. 琵琶湖における溶存有機物のたどる運命

わが国の湖沼では、生活環境の保全に関する環境基準の項目における有機物負荷・汚濁に関するものとして、化学的酸素要求量(COD)を指標としてきました。1980年代から2000年代にかけて、琵琶湖では全リン濃度の低下や透明度の上昇など水質改善の兆しが見えてきたにもかかわらず、CODの上昇が見られるようになりました(現在は横ばい状態)。つまり、湖水の見た目(透明度)や水中のリン量(全リン濃度)といった指標では、琵琶湖の水は「キレイ」になってきているにもかかわらず、COD値が高いために、日本政府としては「琵琶湖の水は、まだ汚濁されている」こととなります。

CODの内容は、主に水中の溶存有機物(DOM)です。私たちの研究グループは、これまで、琵琶湖のCOD上昇に関係するDOM生成メカニズムの一端を解明してきました。琵琶湖では、夏季に表水層でDOM濃度が上昇します。これは、水面から水深数mから20mくらいまでの表水層で植物プランクトンが溶存有機物(タンパク質様DOM)を生産するのですが、表水層の窒素・リンが枯渇しているために細菌による分解が促進されず、細菌による分解は窒素・リンが比較的多く供給される水温躍層<sup>※1</sup>で起こります。この際、タンパク質様DOMは難分解な腐植様DOMへと変換され、水中に放出されます(p.2 図2)。また、水温成層<sup>※2</sup>する夏季の琵琶湖の表水層において生産された植物プランクトンの体(バイオマス)は、深水層に沈降した後、細菌による分解を受け、これもまた難分解な腐植様DOMに変換されます(図2)。

※1 水温躍層は、夏季から秋季にかけて、湖水が縦方向に温かい表水層と冷たくて深い深水層に分かれる際に、これら2層の間にできる温度が急激に変化する層。

※2 水温成層とは、夏季から秋季にかけて、湖水が縦方向に、温かい表水層、水温躍層、冷たくて深い深水層に分かれること。

このようにして生じた難分解な腐植様DOMは、次の年の夏季を含む数か月間をかけてゆっくりと細菌により分解されます。このことから私たちは、琵琶湖における難分解DOMの蓄積およびCODの上昇は、分解が遅れて残存するDOMがCODとして検出されたものとの仮説を持っています。

また、私たちの研究グループは、夏季の水温成層している琵琶湖北湖全域の深水層でクロロフレクサス門に属するCL500-11細菌一種が優占することを発見しました。深水層ではもともとDOM濃度が低いため、この細菌は腐植様DOMを餌資源として利用できるかが注目されています。さらに私たちは、夏季の

琵琶湖深水層では細菌食者であるキネトプラスチド鞭毛虫が、全鞭毛虫の45%も占めていることを解明しました。すなわち、琵琶湖の深水層では、腐植様DOMがCL500-11細菌に利用され、CL500-11細菌はキネトプラスチド鞭毛虫に摂食されるという、深水層特有の微生物ループが駆動しているのかもしれないと、私たちは考えています(図2)。

### 3. 琵琶湖の富栄養化と気候変動

琵琶湖では、1960年代から1970年代あるいは1980年代にかけて富栄養化が進行しましたが、1970年代に開始された官民産が一体となる水質改善策を継続的に取り組んだ結果、1990年代後半になってようやく水質の改善(湖水中の全リン濃度が下がり、植物プランクトンの量の指標であるクロロフィル濃度も下がった。その結果、水の透明度が上がった)が確認されました。また、1980年代以降は気候温暖化による水温上昇が顕在化し、2019年と2020年にはいわゆる「琵琶湖の深呼吸<sup>※3</sup>」が十分に起こらず、琵琶湖の重要水産有用魚種の一つであるイサザが大量へい死するなど、琵琶湖の深層や底泥の酸素環境に深刻な影響をもたらすようになりました。このことは、私たちの研究グループが扱っている深水層の微生物ループにも、何らかの影響があるのかもしれませんが、さらに、過去数十年にわたってゲリラ豪雨などの短時間局地的強雨の頻度も高まっています。このように、地球規模で進む気候変動は、琵琶湖の水中や底泥の環境に大きな影響を与えてきました。

そして、気候変動が原因なのか、2000年に入ってから、琵琶湖ではミクラステリアスという大型の緑藻が植物プランクトンの中で優占するようになりました(図3)。この緑藻は大型で突起状の形をしており、動物プランクトンはこのような植物プランクトンを食べることができないことから、先述の生食連鎖が機能しなくなります(図4)。先述の通り、1990年代以降は琵琶湖の水質が改善されたのですが、動物プランクトンにとって、水質改善の結果、植物プランクトンの量が減ったことに加えて、生き残っている植物プランクトンは食べることのできないミクラステリアスばかりなので、餌がありません。そうすると、餌を失った動物プランクトンの個体数や量も減ってしまいます(図4)。動物プランクトンは魚の餌ですので、魚も餌が無くなります(図4)。このことに加えて、ブラックバスやブルーギルなどの外来魚による捕食

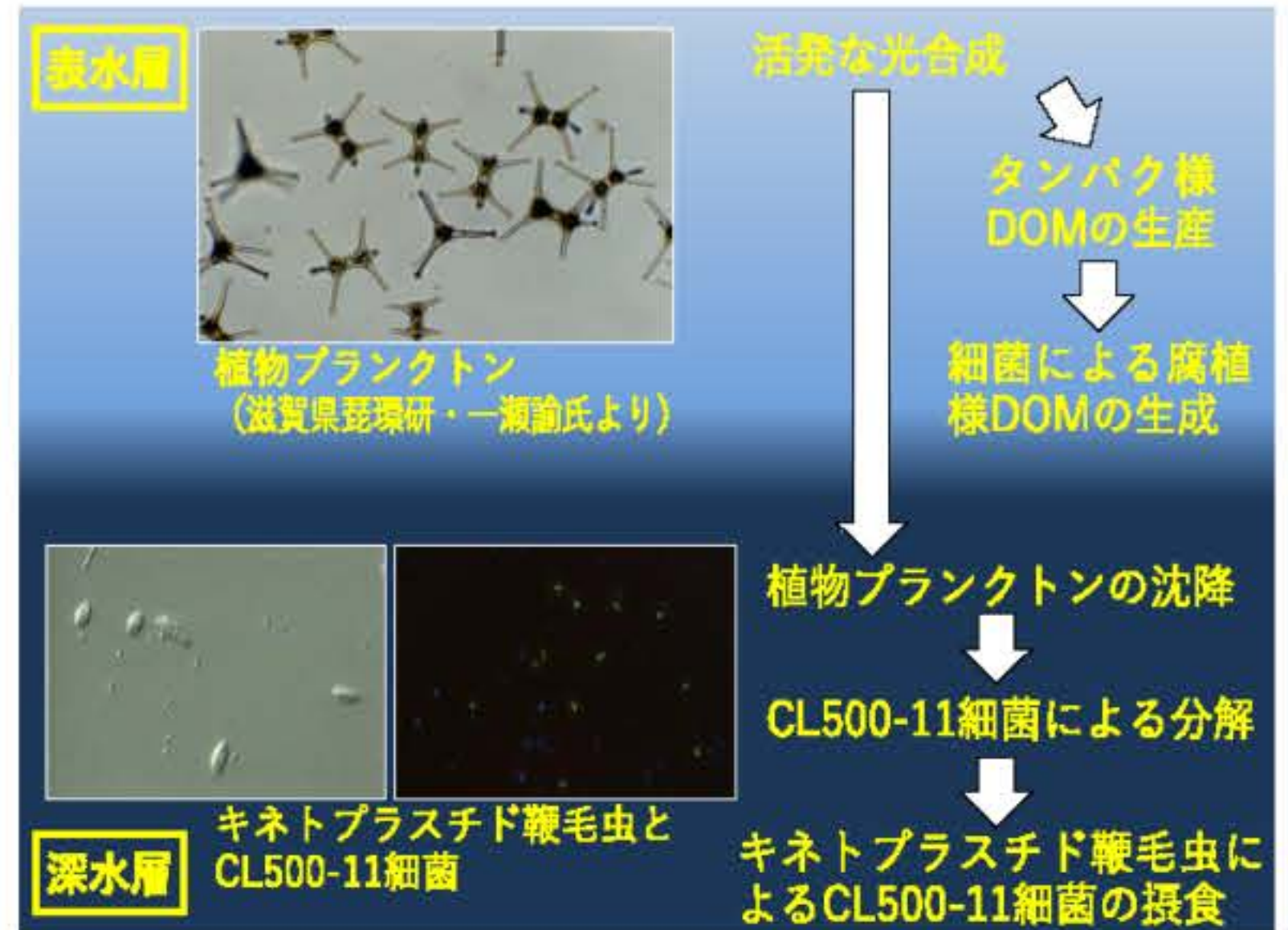


図2 琵琶湖深水層に発達する微生物ループ

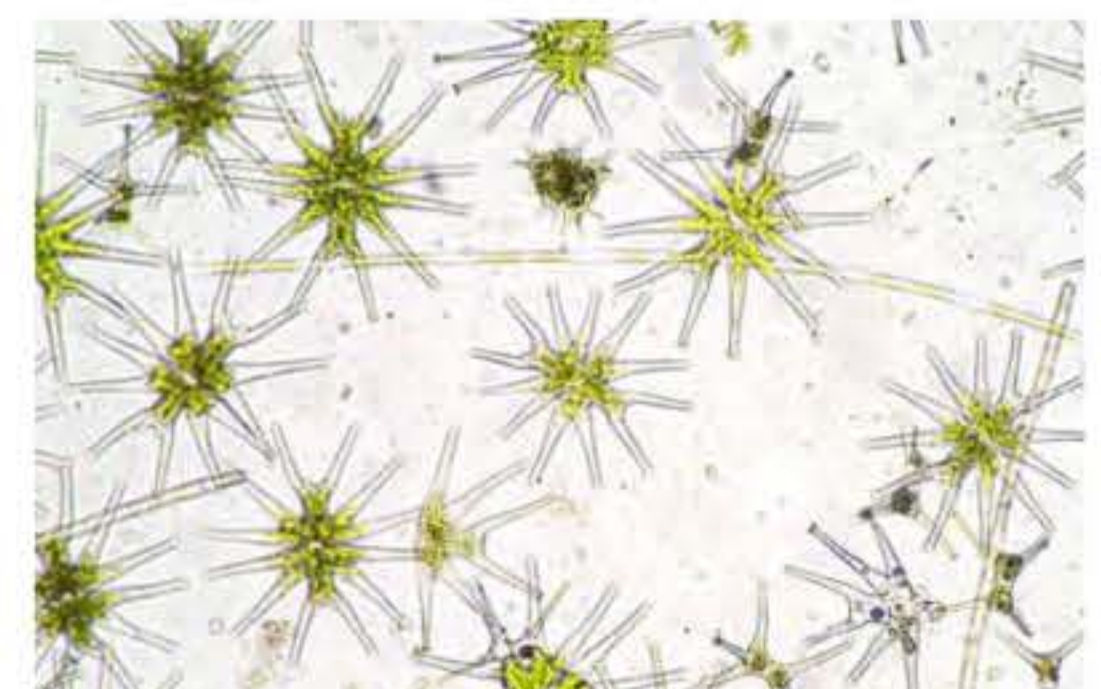


図3 現在の琵琶湖で優占するミクラステリアス (合田幸子(京都大学)氏撮影)

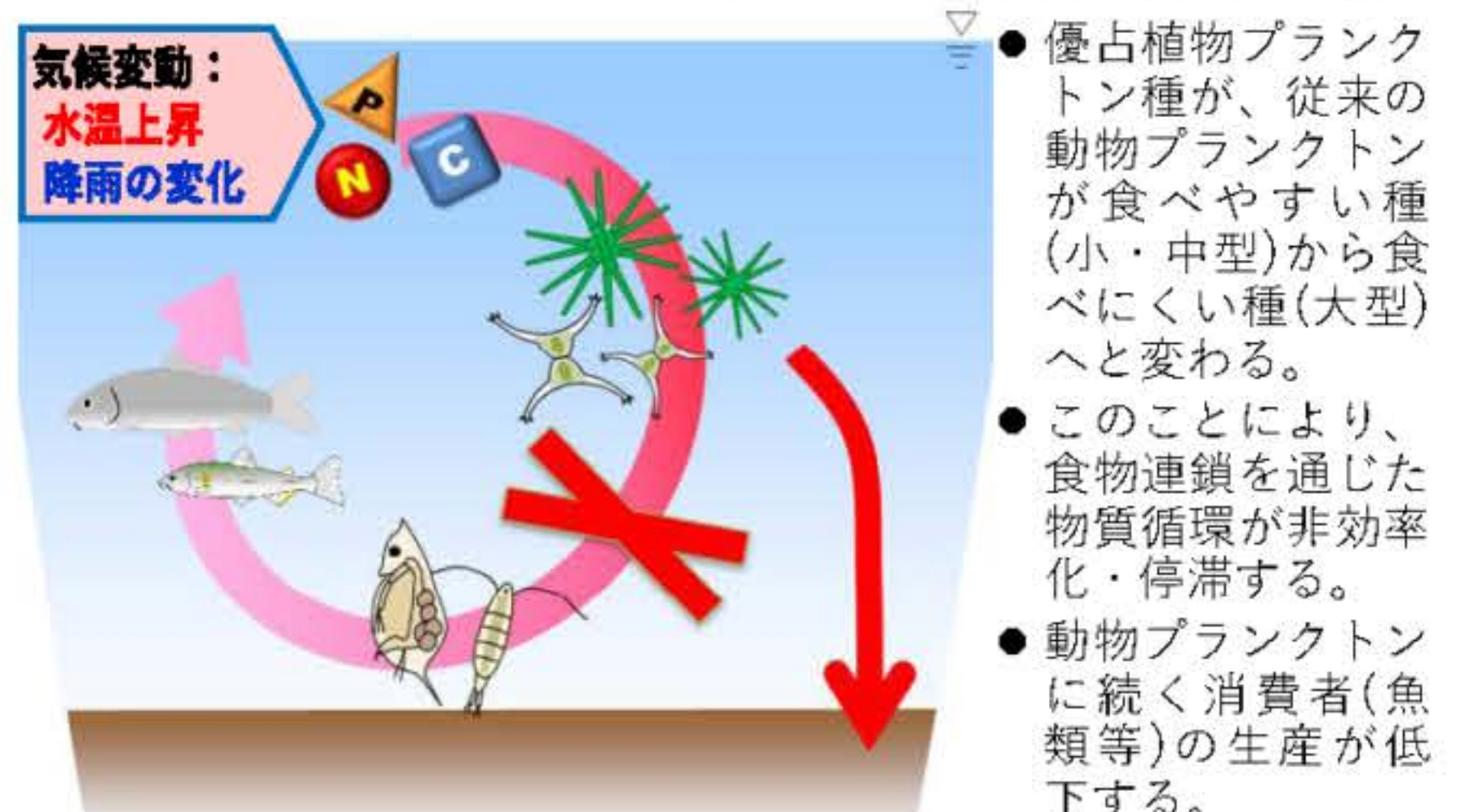


図4 気候変動により想定される琵琶湖でのシナリオ 早川和秀氏(滋賀県)による図を中野が改変

※3 琵琶湖は通常、毎年1月中下旬から3月下旬あたりまで、湖の表層から底泥直上の深層までの湖水が完全に混合し(全循環)、琵琶湖の深層に酸素が供給される。この現象を滋賀県では広く「琵琶湖の深呼吸」という。

もあります。外来魚による捕食から逃げようとしても、逃げるために必要な沿岸ヨシ帯などの「隠れ家」は、湖岸開発などで無くなっています。沿岸ヨシ帯は、在来魚にとって「隠れ家」だけでなく産卵場所でもあったのですが、在来魚はこれらの生活上重要な場を失ってしまったと考えられます。

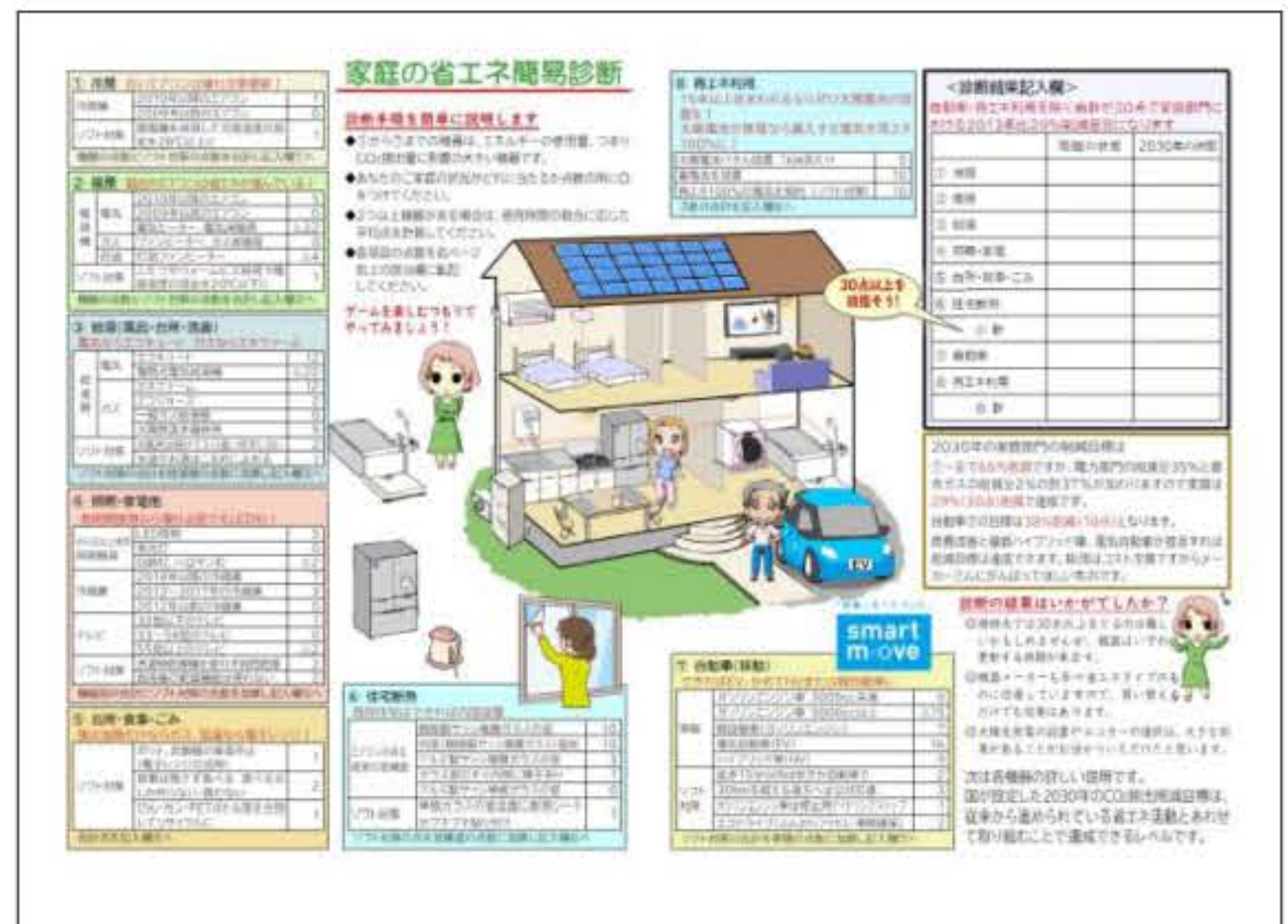
#### 4. 琵琶湖のこれから

琵琶湖の生態系は、今後、どのように変わっていくのでしょうか？ 1990年代以降、琵琶湖の水質は改善され、私たちはいわゆる「きれいな水」を手に入れつつあります。一方、「水清ければ魚棲まず」と言われるように、琵琶湖の漁獲量は年々低下し、これは上記の通り、いくつもの要因が複合的に影響していると考えられますが、ではどの要因が特に重要なのか？は、まだ分かっていません。私たちは、まだまだ自然を知らない、琵琶湖を十分に知っていないのです。「彼を知り己を知れば百戦殆からず(孫子)」と言いますが、私たちは琵琶湖生態系の実態把握を不断に行い、琵琶湖のことをもっと良く知らねばなりません。

### □ おおつエコフェスタ2024 大津市地球温暖化防止活動推進センター出展ブース紹介

7月28日、大津市地球温暖化防止活動推進センターは、ピアザ淡海で「おおつエコフェスタ2024」を開催しました(次項参照)。また、ブースも出展し、住宅断熱の重要性を説くとともに、希望者56人に対し、当センター発行の小冊子「家庭の省エネ簡易診断(2024年版)」を用いて診断を行いました。また、窓断熱レベルの違いによる室温上昇の違いを模型を用いて実演しました。子どもたちには手回し発電機で省エネの大切さを体験していただきました。

簡易診断を受診いただいた方には、窓断熱用簡易断熱シート(プチプチ)または簡易温湿度計をお持ち帰りいただきました。



診断に用いた採点表

### □ 5月～7月開催一般参加イベント報告

7月28日 **おおつエコフェスタ2024** 於ピアザ淡海 参加約1,200人

21の企業・団体のブース出展、4団体のステージ出演を得て開催しました。参加の子どもたちはシールラリーに誘われてか、多くのブースを訪れヨシ工作やリサイクル工作、発電体験などを楽しんだり、クイズに参加していました。大津市のブースでは大津市センターが運営する「おおつエコライフチャレンジ」に挑戦されていました。



5月29日 **大津市ゼロカーボンシティセミナー** 於 コラボしが21 参加65人

「未来を拓く脱炭素社会を目指して」

大津市環境部長初田久徳氏；ゼロカーボンシティ実現に向けた大津市の取り組み状況と脱炭素先行地域のイメージ  
 ㈱日本政策投資銀行設備投資研究所 長竹ヶ原啓介氏；2050年脱炭素を実現させるための世界的な産業構造転換の動きと脱炭素実現のために私たちに求められる役割と行動



5月11日 **おおつ市民環境塾 講座1**

「春の自然観察会」於 衣川湖岸緑地 参加10人

おおつ環境フォーラム会員山本等氏の解説で植物の見分け方、名前の由来、有用性などを学ぶ



**5月18日 自然家族事業 里の日1**



「サツマイモの苗植え」於 大將軍2丁目畑 参加9家族25人  
秋の収穫を楽しみにサツマイモの苗を植える

**6月1日 自然家族事業 里山の日1**



「オタマジャクシと遊ぼう」於 春日山公園 参加12家族29人  
ビオトープで泥んこになって生きものを探す

**6月6日 おおつ市民環境塾 講座2**



「大津市柳が崎浄水場施設見学会」於 柳が崎浄水場 参加24人  
新装なった浄水場内を見学し大津市の水道水のできるまでを学ぶ

**6月8日 自然家族事業 川の日1**



「大宮川の生きものと水質調べ」於 坂本コミュニティセンター/大宮川 参加8家族23人  
日吉大社境内の大宮川に棲む生きものを探し、その種類から川のきれいさを知る

**6月22日 おおつ市民環境塾 講座3**



「断熱リフォームで快適省エネ住宅を」於 ふれあいプラザ 参加15人  
おおつ環境フォーラム山和孝氏と滋賀県総合企画部間野智也氏から住宅断熱の効用・補助金について学ぶ

**7月13日 おおつ市民環境塾 講座4**



「気候変動と防災」於 ふれあいプラザ 参加25人  
大津市災害ボランティアセンター長丸山忠司氏から地震災害や豪雨災害などに備える知識を学ぶ

**□ イベント案内 10月～12月**

対象：おおつ市民環境塾は一般市民、自然家族事業は4歳～小学生の児童とその保護者  
参加ご希望の方は、開催の10日前までに下記までお申し込みください。参加費不要  
☎ 077-526-7545    ✉ info@otsu.ondanka.net    メールはこちら ▶▶▶



**10月5日(土) 9:30～12:30**    オールオプテックス (雄琴5丁目)  
**自然家族事業**    **びわ湖の日2**  
びわ湖でのカヌー体験やプランクトン採集・観察(未就学児は貝ひろい)を通じて、家族で自然に親しみます。



**10月12日(土) 10:00～12:00**    大石緑地スポーツ村 (大石淀1丁目) 予備日10月14日  
**自然家族事業**    **川の日2「大石川たんけん」**  
大石川に入り、家族一緒に川に棲む生きものさがしをします。身近な川や川に棲む生きものに親しみ自然環境について考えるきっかけとします。



**11月9日(土) 14:00～16:00**    明日都浜大津5Fふれあいプラザ  
**おおつ市民環境塾 講座7 講演会「持続可能な公共交通を考える」**  
人口減少など社会情勢が大きく変化する中で、これからのまちづくりと公共交通のあり方について学びます。 講師：立命館大学名誉教授 塚口博司氏



**11月23日(土) 10:00～12:00**    春日山公園 (堅田駅西) 予備日11月24日  
**自然家族事業**    **里山の日1「ドングリをひろって遊ぼう」**  
自然の中で、ドングリひろいをしたり、ドングリゴマやクリスマスリースをつくったりします。家族で自然に親しむきっかけづくりの場とします。



**12月14日(土) 10:00～13:00**    平野コミュニティセンター (膳所駅すぐ)  
**おおつ市民環境塾 講座8 エコ料理教室「エコで得して 楽しく食べよう」**  
環境に優しい食材や調理法で、梅じゃこご飯、大豆ミートとお餅の春巻、豆腐入りチーズケーキなど簡単ながらバラエティー豊かな料理を作ります。調理初心者可



発行  
大津市地球温暖化防止活動推進センター  
(特定非営利活動法人 おおつ環境フォーラム)  
520-0047大津市浜大津4-1-1明日都浜大津4F  
Tel：077-526-7545  
E-mail：info@otsu.ondanka.net  
HP：https://otsu.ondanka.net/  
編集責任：西山 克己