

大項目	2	持続可能な社会の実現に向けた地球的課題と国際協力			
中項目	2-3	持続可能な開発と国際協力			
小項目	2-3-1	持続可能な地球・世界とSDGs, Future Earth			
細項目 (発問)	2-3-1-7	琵琶湖・マザーレイクゴールズ (MLGs 13) : 持続可能な地域づくりとはどのようなことですか			
作成者名	馬淵浩司・霜鳥孝一	作成日	2021/2022/2023/2024 年	Ver.	1.3

キーワード 5~10 個程度	滋賀県, 琵琶湖, 石けん運動, マザーレイクゴールズ, 有機物循環, 全層循環, 在来魚, 造成ヨシ帯, 魚のゆりかご, 水田,
-------------------	---

発問の意図と説明

(1) なぜ、持続可能な地域づくりが重要なのかを考える

現在の日本は、気候変動による自然災害の頻発・激甚化といったグローバルな問題から、東京圏以外での急速な少子高齢化と人口減少といったローカルな問題まで、社会の存続を脅かすさまざまな問題を抱えています。日本社会が、現在の繁栄をできるだけ維持しながら全体としてバランスよく存続していくためには、それぞれの地方が、グローバルな問題に取り組むと同時に、その土地に人々が住み続けるようにすることが必要です。

気候変動の原因とされる大気中の温室効果ガス（二酸化炭素やメタン）の濃度上昇といった問題については、世界中のどの地域も多かれ少なかれ責任の一端がありますので、気候変動による人類の共倒れを回避するためには、国内でもそれぞれの地域で対策を行う必要があります。その一方で、地方から人がいなくなるとは、日本列島全体としての繁栄・存続にはなりません。生物多様性を含めた健全な国土の維持には、人による適度な干渉も必要であることから、この点でも人口の分散＝地域の存続は重要です。人がその地域に住み続けるには、そこで生活の糧が得られることと、健康で安全に居住できる環境が維持されることが必要です。また、自由に移住できる現在のような条件の中では、そこでの生活に何らかの魅力があることも重要です。

しかし、このような地域社会を実現するためには、温室効果ガスの削減とともに、環境保全や廃棄物の処理、少子高齢化など、さまざまなローカルな問題を克服しなければなりません。このような問題の中には、地域間で共通するものもある一方で、地域ごとにその項目や軽重は異なっており、また、対策として生かせる地域資源も地域ごとに千差万別です。そのため、持続可能な地域社会を実現するためには、現実に即した対策を柔軟に遂行するために、地域自らが主体的に考えて行動しなければなりません。

(2) 持続可能な地域社会に向けての地域の取組例を学習する

持続可能な地域社会を実現するための地域の取組の実例として、滋賀県の例を紹介します。日本最大の湖である琵琶湖を有する滋賀県は、水質が悪化した 1970 年代に、市民による主体的な「石けん運動」（赤潮の原因となるリンを含む合成洗剤の使用をやめ、粉石けんを使おうという運動：[参考 URL1](#)）により琵琶湖の水質を改善した経験を持っています。住民はとくに琵琶湖に関する環境意識が高く、行政側も環境基本計画を策定して定期的に刷新し、実効性の高い環境施策を行うことに努めています。現在は、2019 年度から 2030 年度までの環境施策の基本方針を規定した「第五次滋賀県環境総合計画」（[参考 URL2](#)）に基づいた施策が進行しています。また、2021 年の 7 月 1 日（県が定める「びわ湖の日」）には、「持続可能な開発目標（SDGs）」を滋賀県民にとってより身近な内容に置き換えた「マザーレイクゴールズ Mother Lake Goals (MLGs)」（[参考 URL3](#)）が県などにより策定されました。これは、琵琶湖を切り口とした 2030 年の持続可能な社会へ向けた 13 の目標であり、乗り越えるべき現在の問題とそれへの取組みの方向性が読み取れます（[図 1](#)）。

このように、琵琶湖とそれを取り巻く問題は、滋賀県で持続可能な社会を築くにあたって中心的な位置を占めていますが、以下では、人との関連からみた琵琶湖の自然環境の問題点について概観してみましょう。琵琶湖は利水、治水、水産資源の利用、農業、環境教育の場として地域の人々の生活に密接に関係しています。上述のように琵琶湖の水質は一時赤潮が出るほど悪化しましたが、「石けん運動」など人々の努力によって現

図と表のページ

- | | | | |
|---|---|--|--|
|  | <p>アオコや赤潮などのプランクトンの異常発生が抑制され、飲料水としても問題がなく、思わず触れたいくなるような清らかな水が維持される</p> |  | <p>日常生活や事業活動から排出される温室効果ガスを減らす取組が広がり、琵琶湖の全層循環未完了などの異変の進行が抑えられる</p> |
|  | <p>在来魚介類の生息環境が改善し、資源量・漁獲量が持続可能な形で増加するとともに、人々が湖魚料理を日常的に楽しむ</p> |  | <p>豪雨や渇水、温暖化などの影響を把握・予測し、そうした事態が起きても大きな被害を受けない暮らしへの転換が進む</p> |
|  | <p>生物多様性や生態系のバランスを取り戻す取組が拡大し、野生生物の生息状況が改善するとともに、自然の恵みを実感する人が増加する</p> |  | <p>地域の自然の恵みを活かした商品や製品、サービスが積極的に選ばれ、地域内における経済循環が活性化し、ひいては環境が持続的に守られる</p> |
|  | <p>川や湖にゴミがなく、砂浜や水生植物などが適切に維持・管理され、誰もが美しいと感じられる水辺景観が守られる</p> |  | <p>琵琶湖や流域、自分が生活する地域を環境学習のフィールドとして体験・実践する機会が豊富に提供され、関心を行動に結びつけられる人が増加する</p> |
|  | <p>水源涵養や生態系保全、木材生産、レクリエーションなどの多面的機能が持続的に発揮される森林づくりが進み、人々が地元の森林の恵みを持続的に享受する</p> |  | <p>レジャーやエコツーリズムなどを通じて自然を楽しむ様々な機会が増え、琵琶湖への愛着が育まれる</p> |
|  | <p>森から湖、海に至る水や物質のつながりが健全に保たれ、湖と川、内湖、田んぼなどを行き来する生き物が増加する</p> |  | <p>水を敬い、水を巧みに生活の中に取り込む文化や、水が育む生業や食文化が、将来世代へと着実に継承される</p> |
|  | <p>年代や性別、所属、経験、価値観などが異なる人同士、また異なる地域に住まう人同士がつながり、琵琶湖や流域の現状、これからについて対話を積み重ね、その成果を共有できる機会が十分に提供される</p> | | |

図1 滋賀県版のSDGs「マザーレイクゴールズMother Lake Goals (MLGs)」が掲げる2030年の琵琶湖と琵琶湖に根ざす暮らしに向けた13のゴール (http://mlgs.shiga.jp/wp-content/uploads/2021/06/MotherLakeGoals_Agenda_20210701.pdf の p. 3 より引用) (2024年3月閲覧)

在は改善されています。しかし、在来魚介類の減少、水草の異常繁茂、外来動植物の増加等、生態系の変調を示す新たな環境問題が生じてきています。ごく近年では、2018年度より2年連続で琵琶湖北湖の全層循環が未完了になるという気候変動の影響とみられる現象も観測されています。

滋賀県の「シン・びわ湖なう 2023」(参考 URL4)では、MLGs で掲げた13のゴールについて、現状と傾向の2つの側面から評価しています(表1)。琵琶湖の水のきよらかさや、魚介類の漁獲量や推定資源量などについて評価されています。水質は改善傾向にあるものの生態系の変調が生じていること、特定の魚種の推定資源量に回復の兆しがあること、自然界での魚類の繁殖環境の重要性が読み取れます。琵琶湖やその流入河川の水質や生態系を取り巻く環境の変化と、そこで顕在化している環境問題、そして潜在的なリスクとはどのようなものでしょうか? 以下の項では、生態系の基礎である水環境と、漁獲対象となる在来魚に関する問題に焦点を当て、より詳しい現状(滋賀県の施策を含む)の解説を行い、あわせて問題の解決に向けた国立環境研究所・琵琶湖分室(以下、琵琶湖分室)の調査・研究例を紹介します。

(3) 琵琶湖の水環境の現状と問題点および調査・研究の内容を理解する

①琵琶湖の水環境保全の取り組みと生態系の変化について理解する

琵琶湖では1970年代に生じた富栄養化現象(栄養塩類の増加により、植物プランクトンの異常繁茂や水中の溶存酸素低下が起こる)を機に、「石けん運動」が展開され、1979年の「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例(富栄養化防止条例)」が制定されました。加えて、滋賀県民の琵琶湖の環境保全に対する意識の高さは琵琶湖総合保全整備計画(マザーレイク21計画)(参考 URL5)といった取り組みに繋がり、その流れが上述の「琵琶湖版のSDGs」である「マザーレイクゴールズ」に引き継がれています。

人々の生活に密接している琵琶湖の環境保全は滋賀県の持続可能社会形成に不可欠として、前述したような様々な取り組みが行われています。これらの取り組みにより、琵琶湖内に流入する人為起源の栄養塩類は減少し水質改善は進みました。しかし、その一方で、近年、琵琶湖の生態系には変化が生じたと見られています。図2には微生物を介した有機物の循環(有機物循環)の概要が示されています。湖では、河川や湖底の泥から供給される栄養塩類(リンや窒素)を、生産者である植物プランクトンが利用し光合成によって有機物を生産(一次生産)します。有機物は原生動物、動物プランクトンといった消費者に利用され最終的には魚類へと至ります。バクテリアのような分解者は有機物を分解し無機物(栄養塩類)へと戻します。この生産者、消費者、分解者がバランスを保ちながら有機物を循環させることで健全な湖の生態系が保たれます。図3には琵琶湖の現在の有機物循環と理想とする有機物循環の略図を示しました。現在の琵琶湖は図3の左の状態にあると考えられており、魚類の餌となる動物プランクトンが食べづらい大型藻類の出現(参考 URL6)などが魚類の餌資源の不足に繋がり、在来魚介類の賑わいの低下を招いていると考えられています。そのため、豊かな琵琶湖の生態系を取り戻すべく、滋賀県の研究機関や琵琶湖分室で有機物循環に関する調査、研究が行われています。

②琵琶湖の全層循環と気候変動との関係について考える

琵琶湖の全層循環が停止したというニュースを耳にしたことはあるでしょうか。2018、2019年と琵琶湖北湖では全層循環停止が観測されましたが、全層循環とはどのようなものでしょうか(参考 URL7)。有機物循環は水中の微生物が主体となって有機物を循環させていますが、全層循環においては「温度」が鍵となります。湖では夏季に暖められた表層の水と湖底の水には温度差が生じ、湖底の水は水温が低く密度が高いため表層の水と混合しない現象が起こります。これを水温躍層と言います。この水温躍層によって湖水の上下混合が妨げられます。それが、冬季になると表層の水が冷やされ湖底の水と水温が一定になることで、水が全層に渡って循環することを全層循環と呼んでいます。この全層循環が起こらないと湖底に酸素が豊富な水が供給されず、湖底に住む生物の生息環境が悪化するとともに、底泥溶出と言われる泥からの栄養塩類の溶出を促進し、水質悪化を招く可能性もあります。琵琶湖における全層循環停止メカニズムや水質に関わる問題に対しての調査、研究は始まったばかりですが、気候変動における環境影響を目に見える形で実感できることから大きな注目を集めています。また、琵琶湖の全層循環を通じて人々が持続可能性社会で重要な課題となる気候変動について考えるきっかけとなることが期待されています。

図と表のページ

	状 態			取 向		
	良い	悪くない	悪い	改善している	変わらない	悪化している
1 清らかな水を感じる水に				↑		
2 豊かな魚介類を取り戻そう			↓			↓
3 多様な生き物を守ろう			↓			~
4 水辺も湖底も美しく		↑		↑		
5 豊かな水辺の森を守ろう			↓	→		
6 森川里湖海のつながりを健全に		↑		↑		
7 びわ湖のためにも 温室効果ガスの排出を減らそう				↑		
8 気候変動や自然災害に強い暮らしに						~
9 生態系保全に地域の資源を活用しよう				↑		
10 地元も訪れも学びの場に	↑					↓
11 びわ湖を楽しみ 愛する人を増やそう					→	
12 水とつながる新りと暮らしを次世代に			↓			↓
13 つながりあって目標を達成しよう				→		



表1 MLGs で掲げた 13 のゴールについての評価
 「シン・びわ湖なう 2023」(滋賀県 2023年9月)
<https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/5429626.pdf>
 p.8 より引用 (2024年2月閲覧)

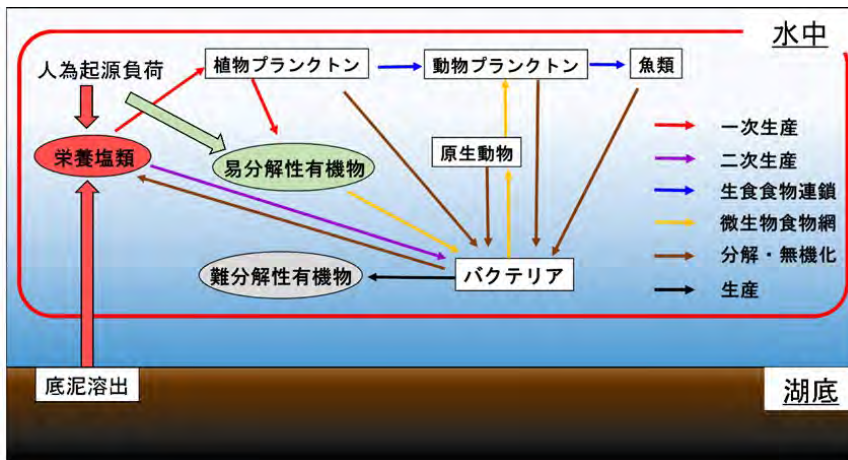


図2 水中の有機物循環 (霜鳥作成)

③琵琶湖における水環境研究

有機物循環に関する研究：気候変動により日本では短時間強雨の発生回数増加と降水日の減少が確認されています。降雨によって琵琶湖内に流入する濁水には栄養塩類が多く含まれるため、降水パターンの変化は有機物循環に影響を及ぼし生態系の変調を招くと考えられます。そのため、滋賀県の研究機関や琵琶湖分室で琵琶湖の有機物循環に関する調査、研究が行われています。琵琶湖分室では、独自に開発した世界最先端の分析機器を用いて水中の有機物の質の評価に力を入れています（参考 URL8）。水中の有機物にはバクテリアが利用可能な有機物（易分解性有機物）と利用できない有機物（難分解性溶存有機物）があります。易分解性有機物は微生物が利用し有機物循環を駆動させる働きを持ちます。一方、難分解性有機物は湖の有機物の大半を占め、水質汚濁の環境基準である化学的酸素要求量を左右します。そのため、易分解性有機物と難分解性有機物、両者の生成過程や動態把握が重要となります。図4は、琵琶湖北湖の表層と底層（水深60m）の溶存有機物の質の分析結果を示しています。植物プランクトンが生息する表層では易分解性有機物の割合が多くなっていることが分かります。易分解性有機物と難分解性有機物のバランスと琵琶湖の水質や生態系との関連は明らかとなっており、その解明は琵琶湖の健全な水環境保全の課題となっています。

全層循環に関する研究：2018、2019年度と続けて観測された琵琶湖の全層循環停止には、地球規模の気候変動の影響が表れているとの指摘があり、注目を集めています。琵琶湖分室では2018年度の全層循環のメカニズムについて、スーパーコンピューターを用いたシミュレーション解析を行い、2018年度は気温が高く顕熱輸送が弱かったこと、湖面風が弱く潜熱輸送も弱かったことが、全層循環停止の大きな要因である可能性を見出しました。琵琶湖の全層循環には近年の気候変動影響が表れることから、気候変動影響評価においても重要な役割を担うと考えられます。

（4）琵琶湖の在来魚の現状と問題および調査・研究の内容を理解する

①滋賀県における在来魚の重要性と問題点

滋賀県においては、琵琶湖の在来魚は持続可能な社会の実現の上で象徴的な位置を占めています。この湖にしか生息しない固有種を含み、生物多様性の保全上重要なだけでなく、鮎寿司（フナズシ）など伝統的な食文化を支える食材でもあります。多くの水産重要種は、普段は沖合など湖中で生活しながら、春から夏の産卵期になると湖岸のヨシ帯や流入河川さらには水田など、人の生活場所に近い水面に侵入して産卵し、孵化後の初期成長を経て湖に戻ります。水田稲作を中心とした伝統的な地域社会では、このような魚の生活環が琵琶湖周辺の全域で繰り返され、伝統的な漁業によって適度に漁獲されて、人々の重要なタンパク源となっていました。持続可能性という点で理想的な人と在来魚の共生社会が成立していましたが、1980-90年代を境に漁獲量が激減してしまいました。

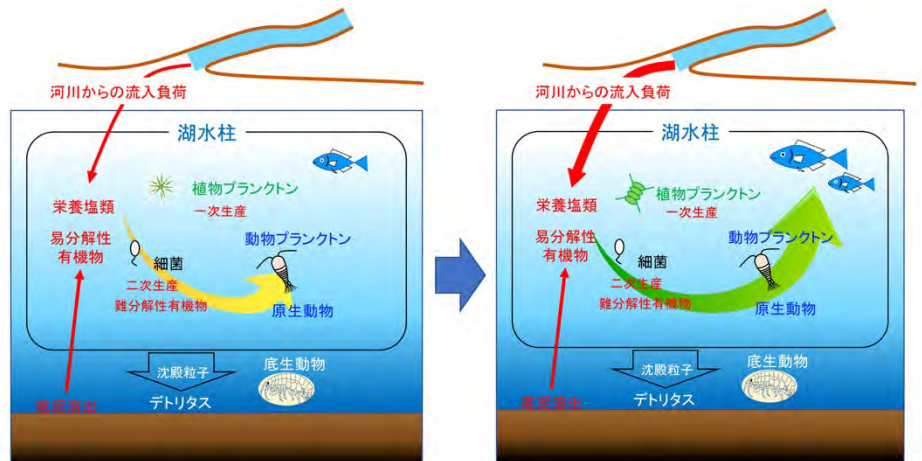
在来魚が激減したのは、この時期に激増した魚食性の強い外来魚オオクチバスやブルーギルによる捕食も大きな原因ですが、同時期に進行した湖岸堤の建設や圃場整備によって、多くの場所で産卵場所の環境が改変され、またそこへの移動が阻害されたことが大きな要因と考えられています。在来魚が激減した結果、在来魚を食べたり魚取りなど遊びで触れたりする機会もなくなり、住民の琵琶湖生態系との共生感は大きく失われてしまいました。

滋賀県は、かつて県内で広く成立していた（現在でも部分的に残存している）上述のような循環型の農業・漁業を「琵琶湖システム」（参考 URL9）と名づけており、2022年7月にはFAOの世界農業遺産に認定されました。認定の直接的な効果としては、県内産の農林水産物のブランド化や、エコツアーなどへの観光客誘致を通じた地域の活性化を謳っていますが、地域の魅力とその認知度を高める効果も期待でき、究極の目標は持続可能な社会の実現といえます。

②産卵場の保全再生に向けた滋賀県の施策

琵琶湖は、京阪神地域に水を供給する「近畿の水がめ」と形容されることがあります。湖岸堤（図5左）は、この下流域の水需要により水位が大幅に低下する際に、湖周辺の水田や水路がその影響（水路が干上がるなど）を受けないようにすることを主目的として、1976-1991年にかけて湖岸のヨシ帯の前面や内側に建設されました。現在、湖岸堤の上は道路となっている所が多く、眺望の良い湖岸道路として役立っていますが、この湖岸堤の建設により、在来魚の産卵場所であったヨシ帯が破壊され、また、内湖や水田地帯への自由な産卵遡上が

図と表のページ



現在の琵琶湖の有機物循環
 貧栄養化、大型藻類の出現等で魚類の餌が減少

理想の琵琶湖の有機物循環
 水質と魚類等の生態系のバランスが改善

図3 現在の琵琶湖の物質循環と理想とする琵琶湖の物質循環の略図 (霜鳥作成)

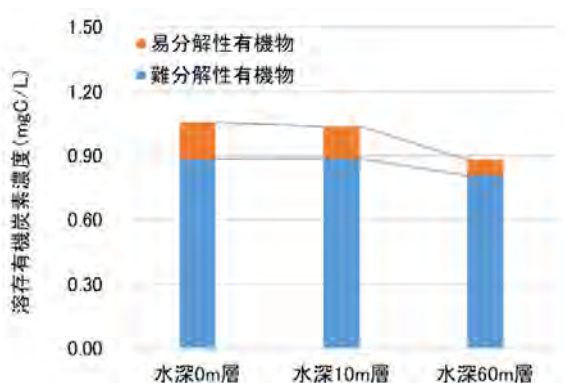


図4 琵琶湖北湖における水中の有機物の質の違い (霜鳥作成)

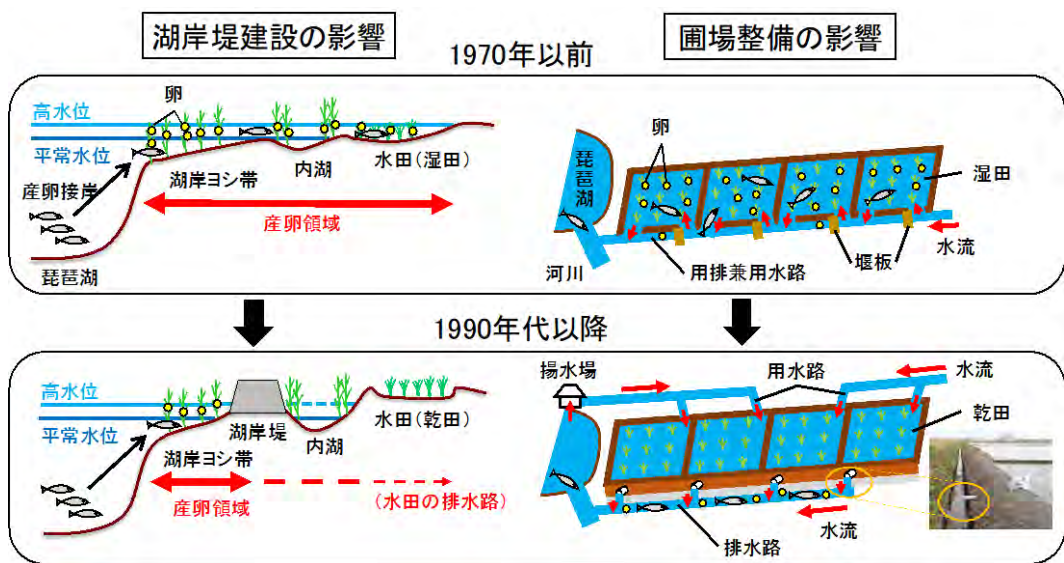


図5 湖岸堤の建設と圃場整備による在来魚の産卵場所への影響 (馬淵作成)

阻害されることになりました。

湖岸堤の建設とほぼ同時期に水田地帯で行われたのが圃場整備 (図 5 右) です。かつての水田では、水を供給する用水路と水を排出する排水路は同一 (用排兼用水路) であり、水田と水路の高さにはあまり差がなく、琵琶湖から水路まで遡上した親魚は容易に水田にまで進入できました。しかし、圃場整備の結果、用水路と排水路は分離され、用水路や水田の取水口は湖からポンプで汲み上げられた水が流れることになり (魚はこの経路を遡上できない)、一方の排水路は湖と繋がっているものの、排水の効率を高めるために水田面よりかなり低い位置を流れるよう設定されました。その結果、琵琶湖の在来魚は、水田横の排水路まで遡上できたとしても、水田内部には進入できなくなり、産卵可能な場所の面積が激減しました。

以上のような状況を改善するため、滋賀県はさまざまな施策を行なっています。まず、湖岸堤の建設によって破壊されたヨシ帯を補填するために、湖岸に人工のヨシ帯を造成しています (図 6 左)。県のヨシ帯造成の資料 (参考 URL10 の p. 30) によると、昭和 49 年に 99ha あった水ヨシ帯 (産卵場になる水に浸かったヨシ帯) の面積は、平成 15 年には 68ha まで減少しましたが、これを回復するため、平成 23 年までに 26.7ha の水ヨシ帯が造成されています。

一方、水田に関しては、「魚のゆりかご水田」 (参考 URL11) という取組みが行われています。これは、水田面よりかなり低くなっている排水路において、堰板で水面を階段状に上げたり (堰上げ式魚道)、滑り台状の樋 (一筆式魚道) を設置したりして、在来魚 (主に鮎寿司の材料であるニゴロブナ) が水田内へ遡上できるようにすることを奨励する取組みです (図 6 右)。水田内の環境が孵化・初期発育の場所としても良好となるよう、農薬も減らします。多くの農家に取組んでもらうため、このような措置をとってニゴロブナが遡上し稚魚が育った水田については、そこで収穫されたお米を「魚のゆりかご水田米」として県がブランド認証する仕組みとなっています。

③産卵場のより効果的な保全に向けた調査・研究

滋賀県は産卵場所の保全再生のために上記を代表としたさまざまな取組みを行なっていますが、より効果的な保全を行うには、取組み前の状況やその後の効果を適切に評価する必要があります。とくに、同じような場所に産卵する在来魚にも習性が異なる複数種が含まれていますので、各魚種に対してしっかり配慮した保全を行うためには、種を区別した評価データが必要です。これまでの調査では、ニゴロブナを含むコイ・フナ類の卵は外見上の区別が困難なため、産着卵の調査では、魚種の違いは考慮されませんでした。そこで琵琶湖分室では、簡便な DNA 種判別技術を開発してこれに適用し、さらに、卵の採集地点ごとに GPS データを取得することによって、種による産卵場所の違いを明らかにする調査を行なっています。図 7 は、長浜市湖岸の古い造成ヨシ帯における調査例で、ゲンゴロウブナとニゴロブナ (及びギンブナ) では産卵場所の好み異なります、両種の産卵場の保護には異なる配慮が必要であることがわかりました。

参考 URL サイト (以下のホームページは 2024 年 3 月参照確認)

参考 URL1 <https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/22029.pdf> 滋賀県：「石けん運動とびわ湖の日」

参考 URL2 <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/kankyou/309153.html> 滋賀県：「環境行政の総合的な推進 (第 5 次滋賀県環境総合計画)」

参考 URL3 <https://www.pref.shiga.lg.jp/kensei/koho/e-shinbun/oshirase/319619.html> 滋賀県：「マザーレイクゴールズ (MLGs) アジェンダ」

参考 URL4 <https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/5429626.pdf> 滋賀県：「シン・びわ湖なう 2023」(滋賀県 2023 年 9 月)

参考 URL5 <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/biwako/11350.html> 滋賀県：「マザーレイク 21 計画 (琵琶湖総合保全整備計画)」

参考 URL6 <https://www.lberi.jp/learn/jikken/junkan> 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター：「琵琶湖の全層循環」

参考 URL7 https://www.lberi.jp/read/publications/news/no34_shitenronten 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター：「センターニュースびわ湖みらい第 34 号」

参考 URL8 <http://www.nies.go.jp/biwakobranch/projects/TOC-SEC.html> 国立環境研究所琵琶湖分室：「溶存有機物の分子サイズの測定」

図と表のページ

造成ヨシ帯



造成直後(ヨシ株が基盤目状に植栽)

魚のゆりかご水田



堰上げ式の魚道

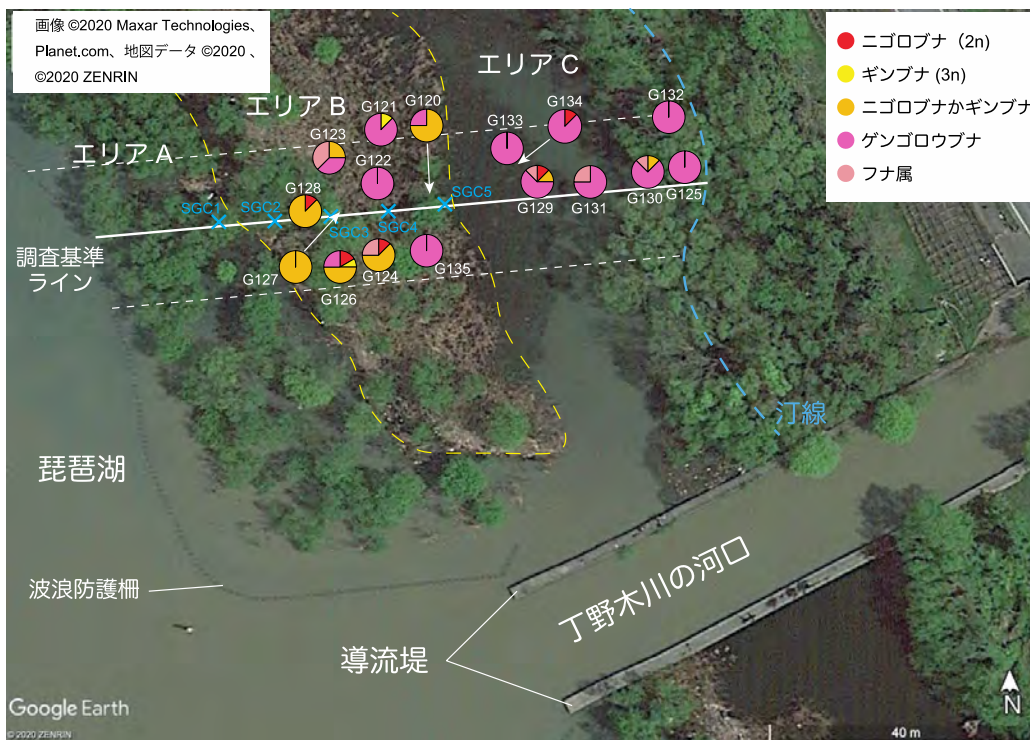


経年変化後(湖側からヤナギが進入)



一筆式の魚道

図6 在来魚の産卵場として整備された造成ヨシ帯と「魚のゆりかご水田」(馬淵作成)

図7 古い造成ヨシ帯(図6の左下のヨシ帯)における魚種を区別した産着卵分布の調査例(馬淵作成: https://www.jstage.jst.go.jp/article/izu/15/0/15_31/_pdf/-char/ja より引用) (2021年8月閲覧)

文章のページ

参考 URL8 <http://www.nies.go.jp/biwakobranch/projects/TOC-SEC.html>

国立環境研究所琵琶湖分室：「溶存有機物の分子サイズの測定」

参考 URL9 <https://www.pref.shiga.lg.jp/biwako-system/> 滋賀県：「琵琶湖システム」

参考 URL10 <https://www.pref.shiga.lg.jp/file/attachment/5209445.pdf>

滋賀県：「参考資料1」のp.30「農政水産部水産課が実施するヨシ帯造成」

参考 URL11 <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/shigotosangyou/nougyou/nousonshinkou/18537.html>

滋賀県：「魚のゆりかご水田プロジェクト」