

「在来魚介類のにぎわい復活に向けた研究」総括レポート

1. はじめに

琵琶湖の水質は改善傾向にある一方で、水草の大量繁茂やプランクトン種組成の変化など生態系において新たな課題が顕在化している。特に在来魚介類については、種苗放流やヨシ帯造成、外来魚駆除などを行っているにもかかわらず、琵琶湖漁業全体の漁獲量は減少傾向にあり、大きな課題となっている。

このような状況に対して、琵琶湖環境研究推進機構（以下「推進機構」という。）では、平成26年度より、在来魚介類の減少に対する総合的視点からの改善に向けた研究として、「在来魚介類のにぎわい復活に向けた研究」を実施した。

2. 研究の概要

本研究では、在来魚介類のにぎわい復活に対して「生息環境」と「餌環境」に着目し、「水系のつながり（森－川－里－湖）」と「生物のつながり（栄養塩－植物プランクトン－動物プランクトン－魚介類）」の視点から、それぞれの研究に取り組んできた（図2-1）。第1期（平成26年度～平成28年度）では、「底質・湖岸環境」「流域環境」「餌環境」に着目し、第2期（平成29年度～令和元年度）では、第1期の研究で得た知見をもとに、生息環境（水系のつながり）について、「沿岸環境」と「流域環境」を、また餌環境（生物のつながり）について、「物質循環」に着目して実施した。第3期（令和2年度～令和4年度）では、「沿岸環境」「流域環境」「物質循環」に加え、物質循環の研究で得た知見を踏まえた「生産力回復技術の実証」を実施した。

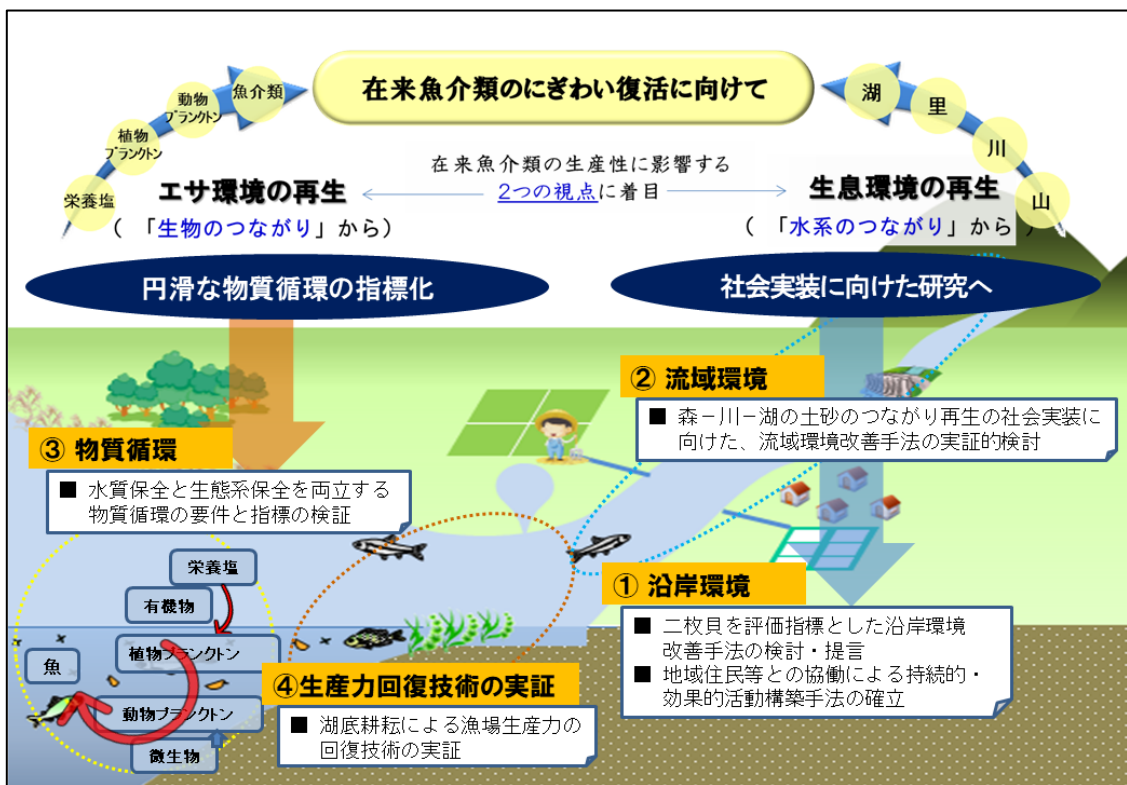


図2-1. 「在来魚介類のにぎわい復活に向けた研究」概要図

3. 各研究の概要・成果・施策への活用等

(1) 沿岸環境

ア. 概要

沿岸・湖辺の環境改善に向けた対策の一つとして、二枚貝等を評価指標とした生息環境・餌環境を形成する要因を評価するとともに、住民参加による湖辺環境修復活動の手法を検討した。また、養浜等の事業による底質や生物の影響を評価した。

イ. 主な成果

- 二枚貝の良好な餌環境の条件として、珪藻類が多く、藍藻類や大型緑藻類が少ない環境が重要である(図3-1)。
- 二枚貝の良好な生息環境の要素として、粒径0.34~0.5mm程度の砂地が重要である。ただし、琵琶湖の生物多様性は湖辺環境の多様性に支えられたものであり、砂地だけを保全すればよいのではないことに留意すべきである。
- 二枚貝の増加に向けたモデル構築と解析の結果、①流動改善による止水域の解消、②砂質化による底泥酸素消費の抑制、③餌供給量に見合った二枚貝の資源量管理が有効である。
- 湖沼温暖化の影響をモデルにより解析したところ水温の上昇が琵琶湖のシジミの生育に負の影響を与えることが明らかになった。
- 湖底耕耘や水草除去などにより生息環境・餌環境が改善する可能性が示された(図3-2)。
- 住民や漁業者との協働も有効であり、参加を推進するにはわかりやすい指標を設定し、目標や現状評価に共通認識を形成することが重要である。
- 砂地の造成により底生生物の生息環境改善を図る場合、湖底の浸食・堆積状況や、ライフサイクルの長いシジミ類の定着に要する期間を数年見込む必要がある。

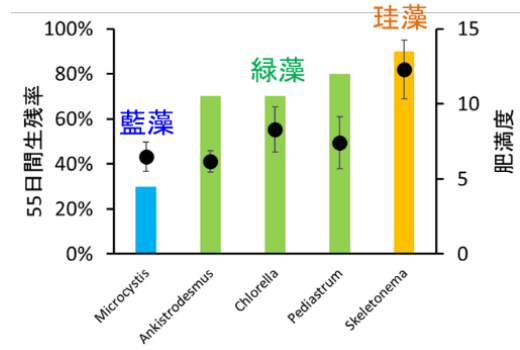


図3-1. 各植物プランクトン種を給餌した試験におけるシジミ類稚貝の生存率と肥満度

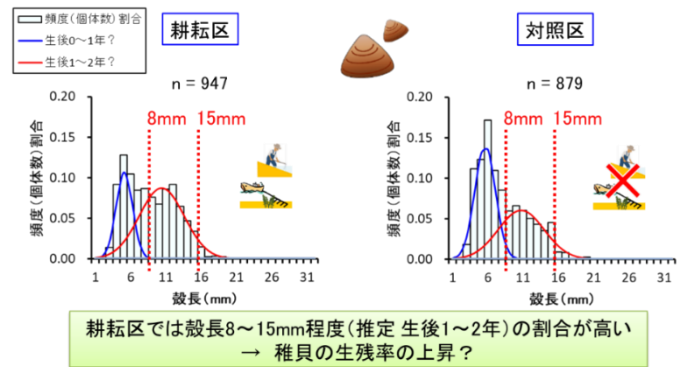


図3-2. 湖底耕耘の耕耘区・対照区においてコドラート(方形枠:50cm×50cm、ふるい目合2mm)で採取されたシジミ類殻長の出現分布。nは採集個体数。

ウ. 施策への活用・今後の展開

- 上記の成果等に基づき、全国の湖沼において湖辺環境改善に活用されることを目指した「事例集」を作成した(令和4年3月)。この「事例集」の内容は、保全活動の担い手が効果的に環境改善活動を広げるためだけでなく、今後の水産における漁場環境改善等の取組への科学的基礎情報としても活用できる。
- 今後は、研究成果の実証および事例集を踏まえた施策の社会実装を図るため、住民主体の活動を支援していく。

(2) 流域環境

ア. 概要

森林から湖までの土砂の動きが、魚介類の生息・産卵環境の形成に影響があることが徐々に明らかになる中で、「森-川-河口」の土砂移動メカニズムを把握するとともに、地域主体の自然再生活動の継続性に焦点を当て、地域における自然再生活動を継続させるための要件を検討した。

イ. 主な成果

- 森から湖までの河川において、堆積しながら移動する1 cm 程度の小礫がアユやビワマスの産卵床に重要であり、小礫が移動する環境のためには森ではシカ対策や間伐等の森の手入れ、河川では適宜の土砂管理や施工、河川構造物の土砂の透過設備の充実などが有効である。
- ドローン等の最新技術が、河床の粒径分布や3次元測量などに応用できることが明らかとなった。
- 森林において下層植生の植被率が60%以上の場合、30%未満と比較して、単位面積当たりの年間土砂流出量が97%減少する(図3-3)。
- 河床耕耘によるアユの産卵に適した粒径(8~16mm)の礫移動が、アユの産卵などの生息環境改善に役立つことがわかった。
- 多様な主体の協働を継続するために重要な要素は、多様な人たちを巻き込む場づくり、分かりやすい目標、成果の積み重ねの3つである。
- 大河川では河川管理者主導で多自然川づくりが望ましいが、中小河川では多様な主体による在来魚の保全の取り組みとして、魚道設置や河床耕耘、バースト¹設置などの「小さな自然再生」による川づくりを進めれば、限られた水域であっても在来魚介類の再生につながる事が明らかとなった(写真3-1)。

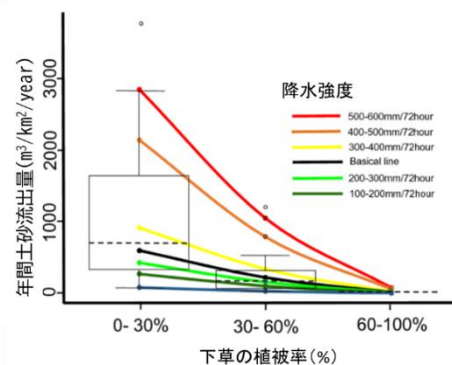


図3-3. 各降水強度での下層植生の植被率と年間土砂生産量の関係



写真3-1. 仮設魚道の設置

ウ. 施策への活用・今後の展開

- 成果を踏まえ、河川における在来魚の産卵環境や生息環境を取りまとめた手引きや、住民参加で河床環境の改善につなげるための観察会の実践方法を取りまとめた手引きを作成した。
- 研究成果や手引きを踏まえ、地域住民等が主体となった小さな自然再生に向けた活動の取組拡大につながった。
- 地域創生に役立つビジネス、例えばサイエンスエコツアー等のガイドを養成することにより、環境への意識を醸成し、地域住民を主体とした河床耕耘や環境測定等の継続した環境保全活動の定着を目指す。
- 今後は河川流域における生態系が有する防災などのグリーンインフラ機能に関する研究に河川管理者とも連携しながら、つなげていく。

¹ 河岸から斜め上流側の方向に設置する、石積みなどによる水制で、平瀬に寄り洲や深堀により瀬淵の形成を促す河川工法

(3) 物質循環

ア. 概要

琵琶湖では流入負荷の削減により水質は改善している一方、漁獲量が減少している。この要因の一つとして、植物プランクトンから動物プランクトン、魚介類につながる物質循環が滞っている可能性があることから、湖内の物質循環の状況を把握するとともに、良好な水質と生態系保全の両立の観点から望ましい湖内物質循環のあり方を検討した。

イ. 主な成果

- 可食サイズの植物プランクトンは1980年代から2000年代前半にかけて増加し、その後減少傾向にある。動物プランクトン(ミジンコ類等)は、1970年代から1990年代まで横ばいから増減を繰り返し、2000年代後半にピークとなって、その後減少傾向にある(図3-4)。
- 水質保全と魚類資源量の増加を両立させるためには、植物プランクトンから動物プランクトン、動物プランクトンから魚への転換効率²(各生産量(生産速度)の比率)の向上が重要である。
- 高次捕食者への物質伝達は、夏季の沿岸帯を除いて微生物食物連鎖(細菌→原生動物→動物プランクトン)より生食食物連鎖(植物プランクトン→動物プランクトン)が主体である。
- 大きさが45 μm未満の小型の植物プランクトンが動物プランクトンの生産に寄与するため、小型の植物プランクトンが多くなる環境を整えることで、転換効率が上がり、魚類資源量の増加につながる事が示唆された。
- 動物プランクトンとその餌となる小型粒子(45 μm未満)の関係では、粒子量が動物プランクトンの量や生産量につながっていた。また、粒子の質(C:N比、C:P比)が動物プランクトンの質につながっていたが、動物プランクトンの成長制限にはなっていなかった。一方、小型粒子の量や質、生産量と栄養塩濃度の間には、明瞭な関係が見られなかった(図3-5)。総じていえば、現在の環境では小型植物プランクトンや動物プランクトンを増やすために栄養塩を増加させる対策を行うことの積極的な理由は見い出せなかった。
- 小型粒子は沿岸帯に多く、大型粒子に比べて粒子の質もよく、また沿岸帯では、沖帯に比べて動物プランクトンの量や生産量も多いので、生物生産の場として沿岸帯が重要である。
- 数理モデルを用いた感度分析³では、暖冬や豪雨に代表される近年の気象が物質循環の円滑さに影響している可能性が示唆された。

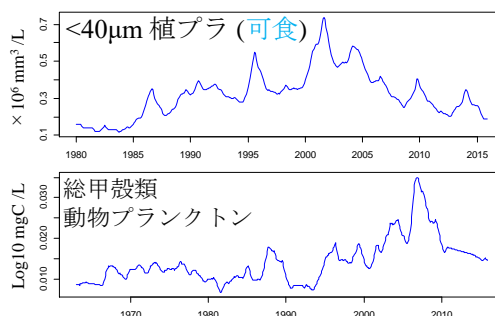


図3-4. 40μm未満の植物プランクトン体積積算と総甲殻類動物プランクトン現存量を状態空間モデルにより推定した長期トレンド解析結果

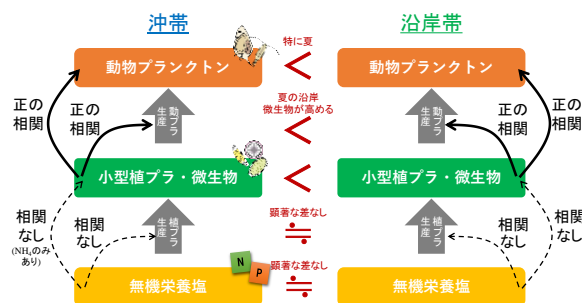


図3-5. 北湖の沖帯と沿岸帯(12B, 12C)における栄養塩、小型植物プランクトン・微生物(本文中の小型粒子)、動物プランクトンの量的関係のまとめ

² 植物プランクトンが動物プランクトン等に効率よく取り込まれる

³ 条件を変えて計算し、結果の違いをみる手法

ウ. 施策への活用・今後の展開

- これまでの研究成果も踏まえて、令和4年度から環境省事業として実施している「琵琶湖保全再生対策調査検討業務」において、将来の良好な水質と多様で豊かな生態系が両立する湖沼水環境の実現を目指し、これまでの水質汚濁の削減に重点をおいた水質管理に加え、気候変動の影響や生態系保全を踏まえた、円滑な物質循環に着目した新たな湖沼水質管理の方策の検討に活用している。

(4) 生産力回復技術の実証

ア. 概要

近年頻発する琵琶湖の漁場生産力低下を示唆する現象を改善するために、湖内生物の餌資源を増やす手法を検討することを目的として、湖底に蓄積した栄養塩を湖底耕耘等により湖水中に回帰させることによる漁場（湖内）生産力の回復技術の実証研究を行った。

イ. 主な成果

- 底泥を柱状採泥し、転倒攪拌することにより、アンモニア態窒素を水中へ回帰させることが可能なことが判明したが、より現場の耕耘条件に近い模擬漁具を使用した耕耘では、耕耘後、間隙水濃度が上昇したものの、希釈の影響か直上水の濃度は上がらなかった。しかし耕耘による表層泥の剥ぎ取り効果が確認され、強度の耕耘によって濃度の高い深層泥を露出させ、再懸濁させることで、アンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）を湖水に回帰させられる可能性がある。
- 実験的には柱状採泥した底泥を転倒攪拌することで、緑藻および珪藻が顕著に増加することが分かった。

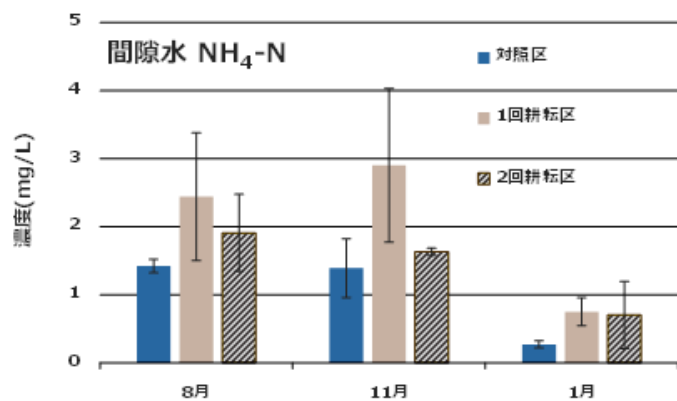


図 3-6. 場内試験での底泥間隙水中のアンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）濃度平均値の変化

ウ. 施策への活用・今後の展開

- 湖底には、シジミなどに優良な餌料プランクトンである珪藻の休眠細胞があると考えられることから、湖底耕耘によりそれを直上水中に巻き上げ、発芽、増殖させることの可能性について検討していく。

(5) その他の研究

在来魚介類のにぎわい復活に向けた研究に関連して、「下水処理水を用いた魚類飼育試験」を実施した。研究ではニゴロブナを用いて下水処理水による魚類への生理的な影響を調査したところ、生残・成長・肥満度・成熟について特段の影響は認められなかった。また、アユを用いて着臭試験を実施したところ、水産資源としての価値に影響する着臭は確認されなかった。

4. まとめ

それぞれの研究において、在来魚介類のにぎわい復活に向けた必要な要件を明らかにし、生息環境改善に向けた取組の社会実装等を試みてきたところ、湖辺では砂地の確保に加えて湖底耕耘や水草除去による生息環境・餌環境の改善によって二枚貝（シジミ）稚貝の増加の兆しがみられた。また、河川でも「小さな自然再生」の活動によって水系のつながりを再生し、これまでに確認されていなかった場所でもビワマスの産卵がみられるようになった。このように、森－川－里－湖の視点から在来魚介類の生息や産卵に適した環境の創生や魚道の設置、湖底耕耘などの取組を、市民や事業者、行政、研究者など多様な主体が協働して進めることで、着実に在来魚介類の再生が図れることが明らかとなった。研究成果については各部局で施策に活用されており、主なものを表 4-1 に示す。また、推進機構の取組や関係機関の努力により、ビワマスやホンモロコなどの一部の魚種では資源の状況が回復傾向にあるなど、明るい兆しも見えてきている。

一方で、暖冬や豪雨に代表される気候変動の影響によって円滑な物質循環が妨げられている可能性があることなどが分かってきており、今後も各所属においてこれまでの研究成果を踏まえながらそれぞれ研究を進めていくこととする。なお、分野横断的な連携が必要となる課題が生まれた場合には、推進機構のつながりを活用して連携・共有を進めていくこととする。

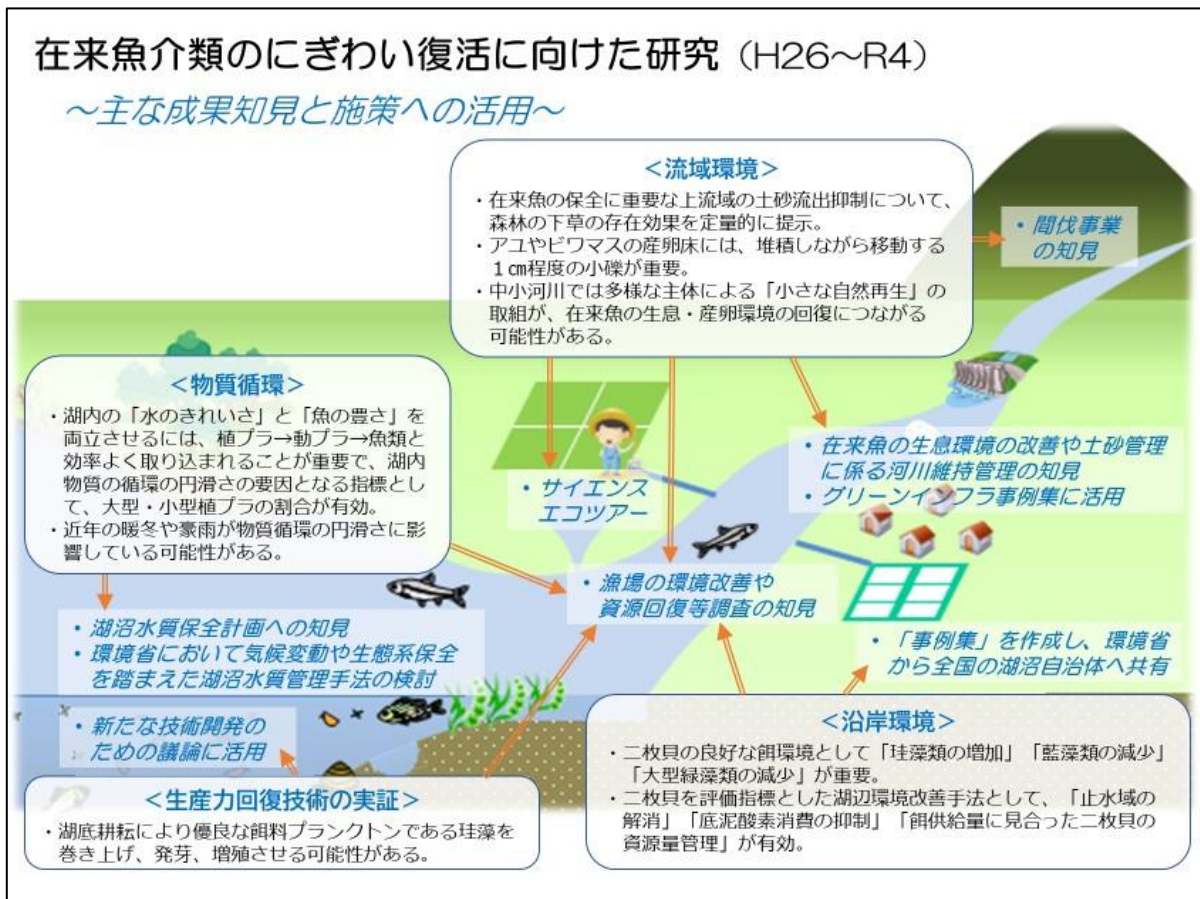


図 4-1. 主な成果知見と施策への活用イメージ

表 4-1. 各研究の施策への活用状況と今後の研究課題

研究内容	施策への活用等	今後の研究課題
	<p>沿岸環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水質と生態系の両立に向けた新たな施策等の基礎情報として活用を予定。(琵琶湖保全再生課) ● セタジミ漁場環境改善や資源量調査の参考資料として活用を予定。(水産課・水産試験場) ● 湖岸の環境再生調査の見学会を開催。(環境政策課・琵琶湖センター) ● 児童とその保護者を対象とした湖底耕耘などの活動体験イベントを開催。(琵琶湖センター) ● 本研究成果をまとめた事例集が全国の指定湖沼の行政担当者等へ配布。(環境省) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 住民が主体となった湖辺の環境改善活動を進めるための支援・促進手法を検討。
<p>水系のつながり ↳ 生息環境の再生 ↳</p> <p>流域環境</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 「みんなでできる愛知川の小さな自然再生の手引き」を作成し、観察会などで活用。(環境政策課) ● 科学的な知見を活用したエコツアー(サイエンスエコツアー)のプログラム開発やガイドブックの作成、人材育成講座で活用。(環境政策課) ● 愛知川の自然再生をテーマに研究成果発表会やワークショップを開催。(環境政策課・琵琶湖センター・東近江市) ● 「小さな自然再生」の取組拡大に活用を予定。(琵琶湖保全再生課) ● 下草を意識した間伐事業で活用を予定。(森林政策課) ● 河川漁場の環境改善の取組や調査における基礎情報として活用を予定。(水産課・水産試験場) ● 愛知川内水面漁業振興協議会において研究成果を共有。(水産課) ● 永源寺ダム下流の河川環境改善手法の検討に活用予定。(耕地課) ● 在来魚の生息環境の改善や土砂管理に係る河川維持管理の参考として活用を予定。(流域政策局) ● 「滋賀県が取り組むグリーンインフラ事例集」の作成や、グリーンインフラ大賞(国土交通省)の応募用資料に活用。(流域政策局) ● 河床測量にドローンを用いた測量技術の活用を予定。(流域政策局) ● 河川環境(水中環境も含む)のモニタリング手法の現場への適用性や課題も踏まえ、総合土砂管理に係る河川維持管理に活用を予定。(流域政策局) ● 「小さな自然再生」の他地域への展開、推進に向けた検討や治水と河川環境に配慮した多自然川づくりの推進に向けた施策検討に活用を予定。(流域政策局) ● 東近江市の博物館にてドローンなどの愛知川研究に関する企画展示を開催。(東近江市) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川流域の森林域や河畔林などの生態系が有する減災などのグリーンインフラ機能の把握と評価。 ● 「小さな自然再生」の他地域への展開に必要な社会的要件の整理
<p>生物のつながり ↳ 餌環境の再生 ↳</p> <p>物質循環</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 湖沼水質保全計画の策定にシミュレーション結果等を使用。(琵琶湖保全再生課) ● 漁場環境や重要魚介類資源の調査・モニタリングの参考として活用を予定。(水産試験場) ● 「アユ資源緊急対策会議」において、アユの不漁原因と対応について協議した際に琵琶湖の餌環境について情報を共有。(環境政策課・琵琶湖保全再生課・水産課・水産試験場・琵琶湖センター) ● 気候変動や生態系保全に着目した新たな湖沼水質管理手法の検討に活用。(環境省) ● 「今後の水・大気環境行政の在り方について(意見具申)」[令和5年6月]において、新たな湖沼水質保全に係る今後の施策の在り方に反映。(中央環境審議会) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 異なる水温等で植物プランクトンの増殖実験を行い、どのような環境で大型プランクトンが発生しやすいのか評価。 ● 気候変動に伴う全層循環未完了や気温・水温・降水量等の変化が水質や生態系に及ぼす複合的な影響をモデル解析。
	<p>生産力回復技術の実証</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 湖底耕耘による漁場管理事業の参考資料として活用を予定。(水産課) ● 水産多面的機能発揮対策事業の活動組織に、湖底耕耘についての基礎情報として提供を予定。(水産課) ● 次年度以降の漁場生産力回復に向けた技術開発のための議論(栄養塩環境説明検討会)に活用予定。(水産課・水産試験場) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 湖底耕耘によりシジミなどの餌となる珪藻の発芽や増殖させることの可能性について検討。