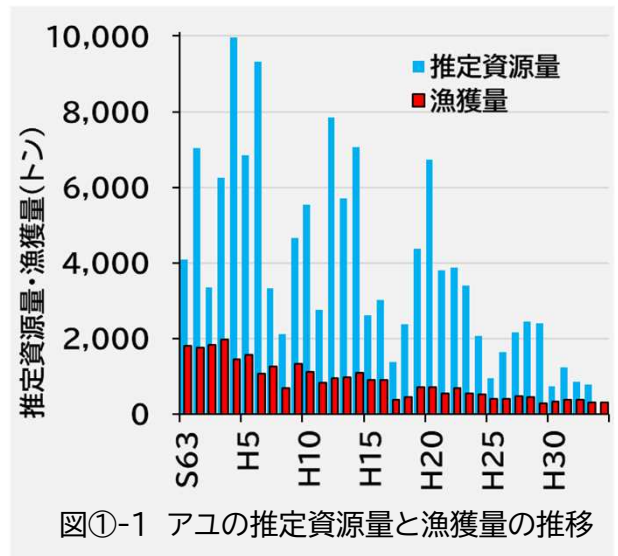


琵琶湖の環境と水産資源の状況について

1. 主要魚種の資源の状況

●琵琶湖の主要な水産資源について、琵琶湖の**水質改善**の一方で顕在化している**漁場環境の変化の影響**の観点から説明する。

①アユ ○資源量は減少傾向が顕著



図①-1 アユの推定資源量と漁獲量の推移

産卵から見ると



図①-2 アユの産卵数の推移

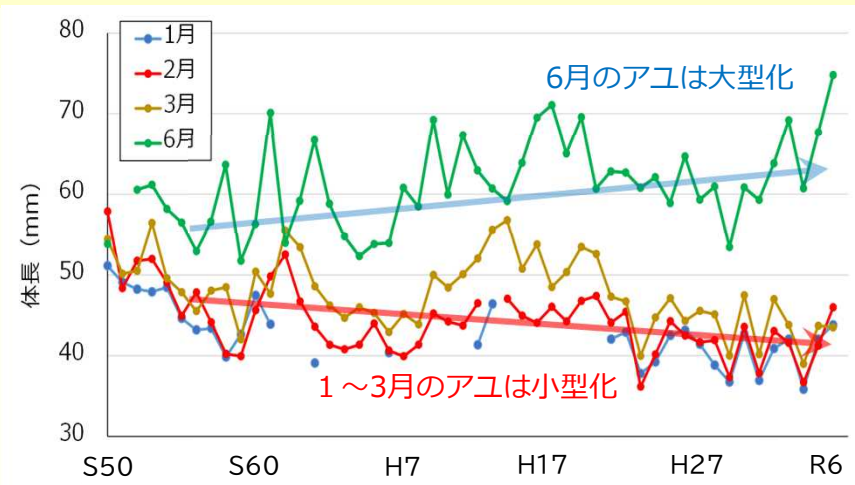
- 著しい**肥満度低下**(平成24年)や**成長不良**(平成29年)が発生
➡ 産卵数減少
- 令和5年と6年は、**産卵期の河川の高水温と少雨**
➡ 産卵数減少や産卵期前半の産卵不調

表① 近年のアユの産卵が不調となった年の主な要因		
年	産卵数	要 因
平成24年	7億粒	春までの餌が少なく、アユの栄養状態が悪化し、産卵期までに減耗したため、産卵量が著しく減少
平成29年	3億粒	アユの成長不良により、成熟サイズに達しなかったり抱卵数が少なかったため、産卵量が著しく減少
令和 4年	59億粒	高時川からの濁水により、主要産卵河川である姉川の河床が泥化し、姉川では産卵量が減少
令和 5年	15億粒	河川の高水温と少雨により産卵量が著しく減少
令和 6年	33億粒	河川の高水温と少雨により産卵期前半の不調と全体産卵量が減少

※平成26年から令和5年の産卵数の平均値は71.3億粒(平均値は、最大値・最小値および出水のため調査不十分だった平成30年を除く)

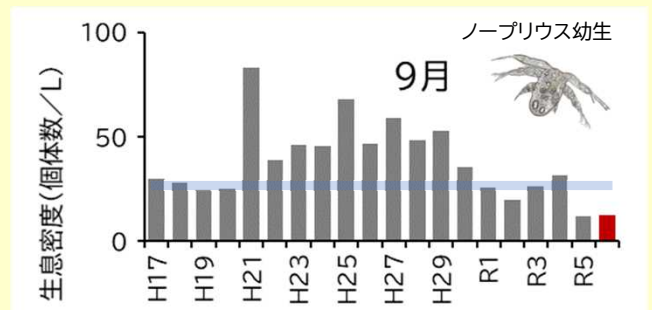
成長から見ると

- **1～3月のアユは小型化傾向**
⇒秋～冬季の栄養状態悪化により生残率も低下している可能性
- **6月になると大型化傾向**
⇒冬季の生残が悪いために、春以降の餌の競合が弱まった可能性



図①-3 エリ漁によるアユ漁獲魚の体長の推移

- ふ化後間もないアユの餌の密度は**低下傾向**(ケンミジンコ類のノープリウス幼生)
- 令和6年生まれのアユにおいて、9月中の**成長が遅れた一因**と推定

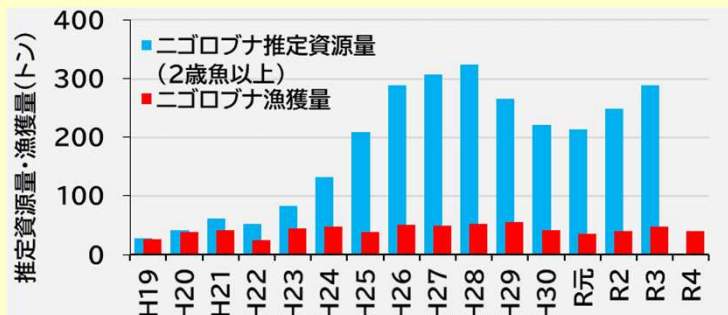


図①-4 アユの餌となるケンミジンコ類のノープリウス幼生の生息密度

➡ アユを取り巻く琵琶湖の環境(水温、餌環境)に変化

②ニゴロブナ

- ニゴロブナの資源量(2歳魚以上)は、平成19年に開始した小型親魚の保護(漁獲サイズの引き上げ)を契機に**増加**



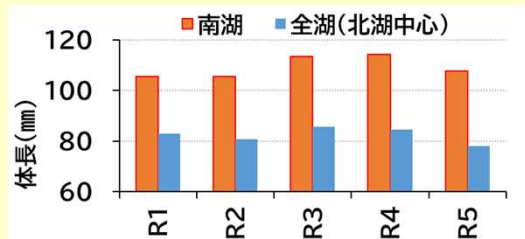
図②-1 ニゴロブナの推定資源量と漁獲量の推移

- 資源が増加しかけた平成22年頃以降を境に**体長が小型化**し、その後、資源尾数が少ない年でも小型となっている



図②-2 ニゴロブナの体長の推移(0歳魚冬期)

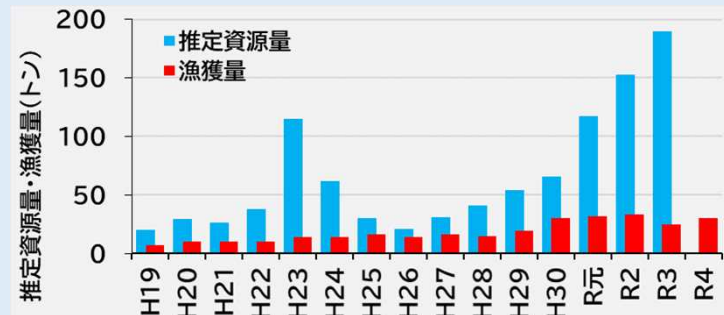
- **南湖では大きく成長** ⇒ 北湖は餌環境が悪い可能性



図②-3 南湖と全湖(北湖主体)ニゴロブナの体長の比較(0歳魚冬期)

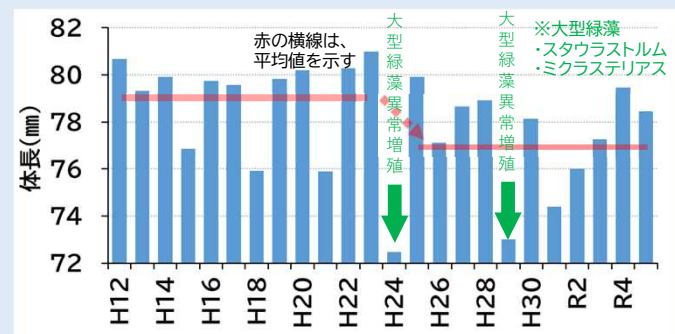
③ホンモロコ

- ホンモロコの資源量は、平成27年以降、**回復傾向**



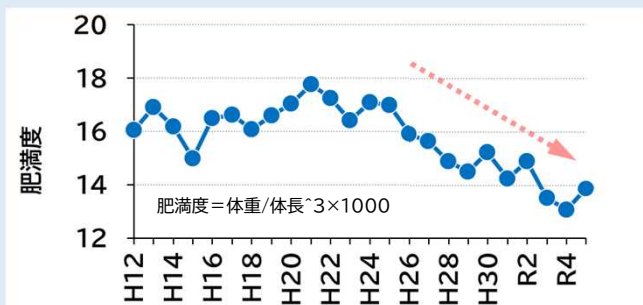
図③-1 ホンモロコの推定資源量と漁獲量の推移

- 平成24年以降に生まれた0歳魚では、資源の多少に係わらず**小型化**
- **大型の緑藻**が多かった平成24年および29年生まれは**著しく小型化**

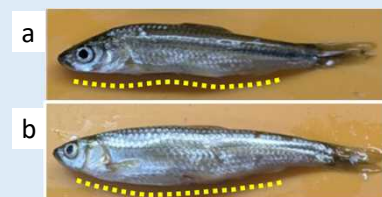


図③-2 ホンモロコの体長の推移(0歳魚冬期)

- **肥満度は近年顕著に低下**



図③-3 ホンモロコの肥満度の推移(0歳魚冬期)

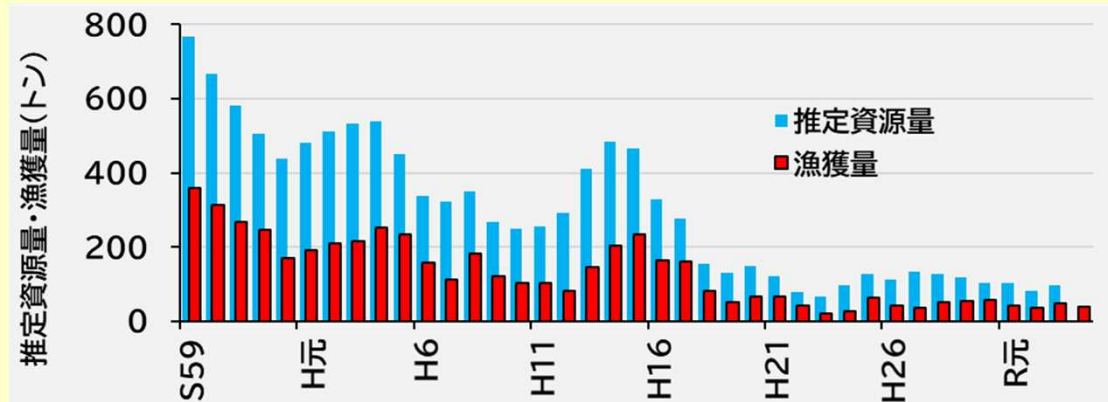


図③-4 痩せたホンモロコの例

- a: 痩せた個体 (肥満度13.2)
- b: 平均的な個体 (肥満度14.6)

④セタシジミ

○ 資源量は減少が続いており、近年は100トン前後で推移。



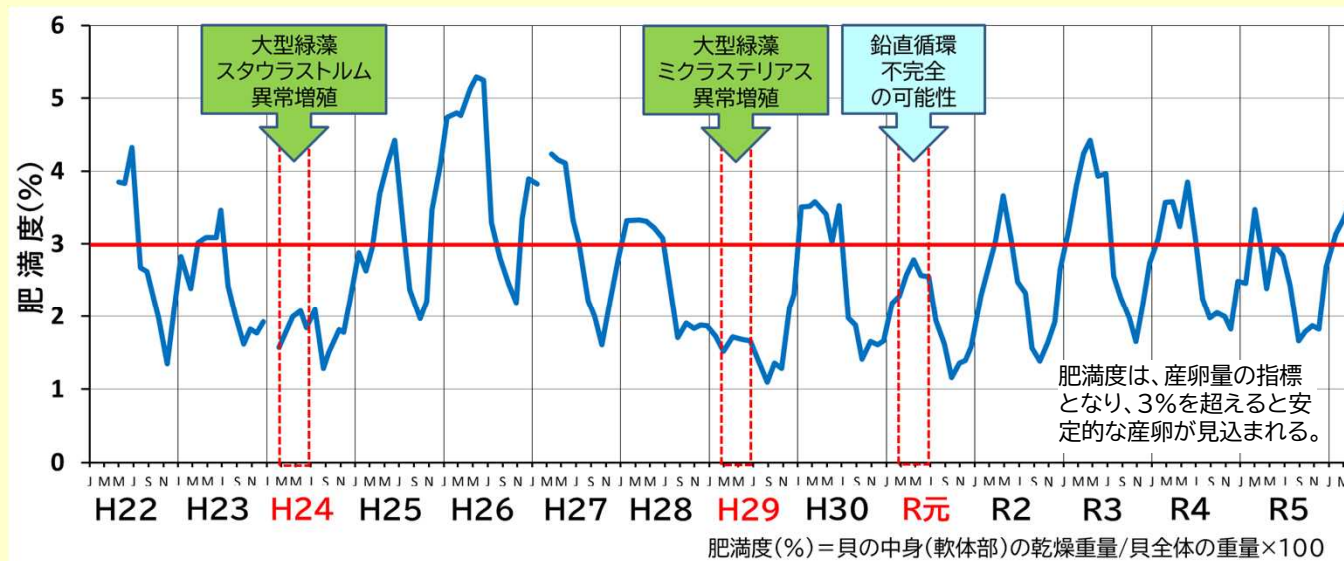
図④-1 セタシジミの推定資源量と漁獲量の推移

○ 資源の減少要因は、湖底環境の悪化の他、肥満度の低下により十分に繁殖できていない年の発生などが考えられる。



図④-2 セタシジミ親貝の栄養状態
肥満度が高い親貝(左)ほど産卵量が多く、
肥満度が低い親貝(右)は繁殖できない。

○ 平成24年と平成29年は、大型緑藻の異常増殖、令和元年は湖水の鉛直循環が不十分であったため、産卵期になっても肥満度が低いままで、十分に繁殖できなかった可能性



図④-3 セタシジミの肥満度の変動と大型緑藻異常増殖、鉛直循環との関係

➡ 近年のセタシジミ資源には餌環境の変化が大きく影響している可能性

2. 近年の環境変化を踏まえた主な水産資源対策と試験研究

【現在の取組】

●アユ産卵河川の水温上昇に関する取組

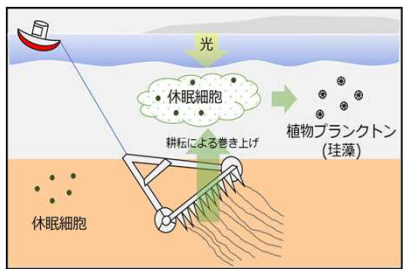
- **アユ人工河川**への親魚の追加放流により、天然河川での産卵減少を補填



●餌環境に関する取組

- 漁場生産力向上研究(水産試験場)

- ・ **湖底耕耘**により、湖底の栄養塩を湖水に回帰させる効果、湖底に沈んでいる植物プランクトン「珪藻類の休眠細胞」を発芽させる効果について検討中



- 琵琶湖栄養塩環境解明検討会(水産試験場)

- ・ 琵琶湖環境科学研究センター、大学、国などの専門の研究者の助言のもと、海域での取組なども参考に、環境条件と水産資源の生産性の関係を解明するため、**今後の試験研究の方向性**について検討中



- 生産力の高い南湖の積極的活用

- ・ 現在、北湖に比べて相対的に**生産力が高いと考えられる南湖**を活用し、**ニゴロブナ**や**ホンモロコ**等の**資源増大**を図るため、水草の除去、外来魚駆除、種苗放流などの集中的な取組

【今後の新たな取組】

●アユ産卵河川の水温上昇に関する取組

- 【アユ人工河川】 気候変動に対応し最大限能力を発揮させるための検討
 - ・ **仔魚の流下時期**など運用方法の検討
 - ・ **親魚収容能力の向上**や**機能維持向上**などの検討

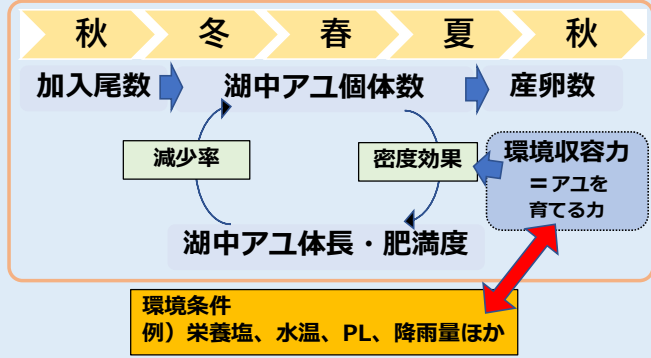
- 【天然河川】 産卵環境の整備
 - ・ 比較的**水温の低い河川**(知内川など)において河床耕耘によりアユ産卵場を拡大



●餌環境に関する取組

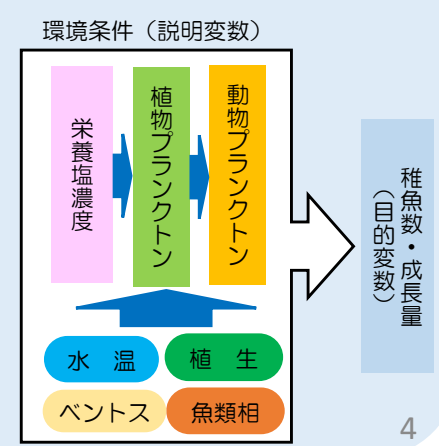
【沖合の漁場生産力の評価 指標:アユ】

- 水産試験場によるアユ資源の蓄積データから、**アユ生活史モデル**を構築し、**環境収容力**と**環境条件**(水温、プランクトン、栄養塩等)との関係を分析
- 現在の沖合の漁場生産力を評価するとともに、漁場生産力が不足する時期や項目を抽出し、その回復手法を検討



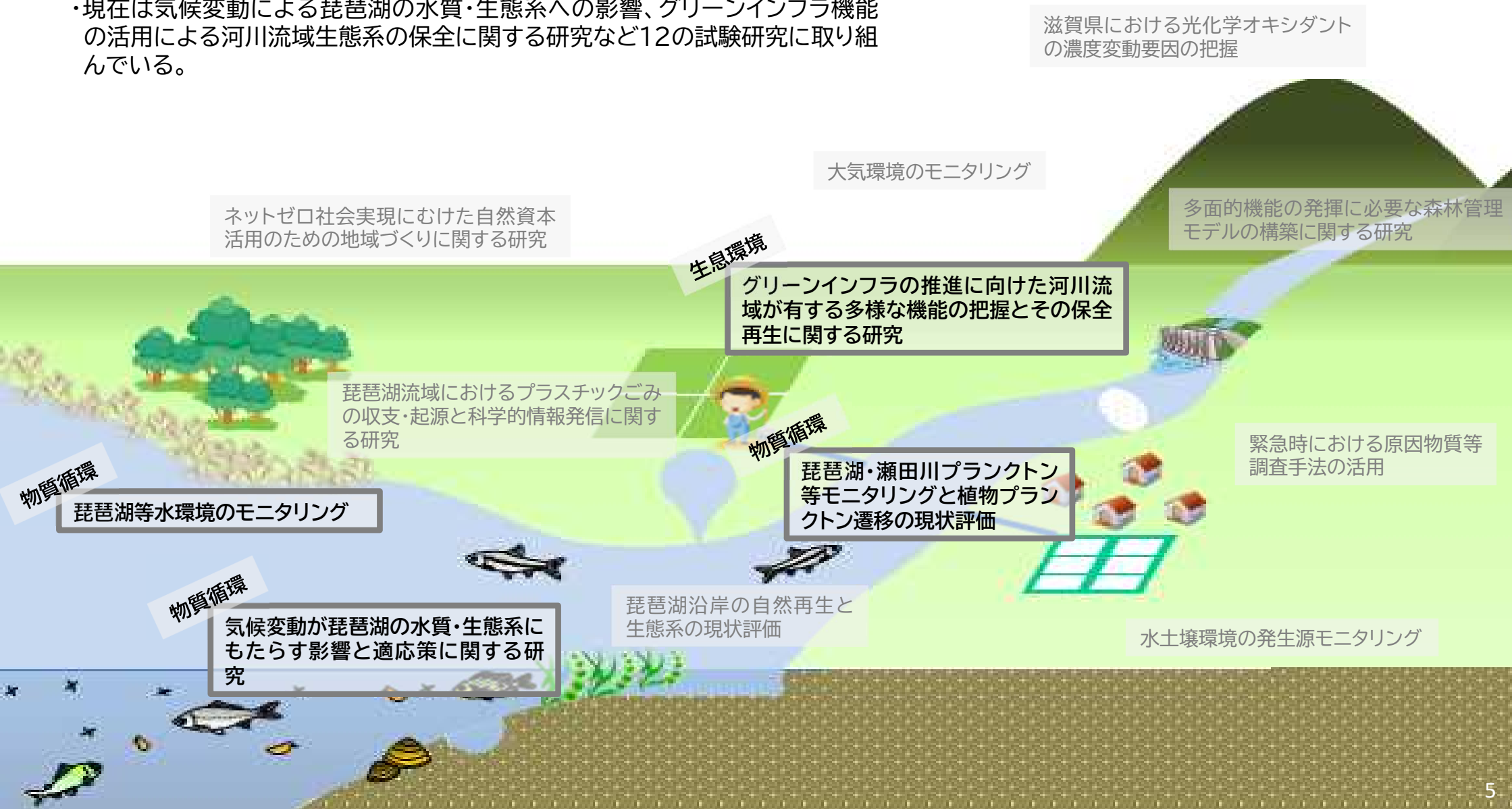
【沿岸の漁場生産力の評価 指標:ニゴロブナ】

- 近年の水産試験場の研究により、ニゴロブナ稚魚の成長や生残が**水域**によって大きく異なることが明らかになりつつある。
- これに注目してニゴロブナ稚魚の成長・生残に関わる**要因を抽出**し、本種の成長・生残からみた沿岸の漁場生産力を評価
- さらに、抽出された要因をもとに**漁場生産力の回復手法**を検討



3. 琵琶湖環境科学研究センターの研究テーマ

- 琵琶湖環境科学研究センターは、琵琶湖とその流域を一体のものとしてとらえ、健全な水循環、物質循環、生態系の保全といった視点から琵琶湖と滋賀の環境に関する試験研究を推進している。
- 現在は気候変動による琵琶湖の水質・生態系への影響、グリーンインフラ機能の活用による河川流域生態系の保全に関する研究など12の試験研究に取り組んでいる。



4. 在来魚介類の”生息環境”に着目した研究成果

(1)アユやビワマスが産卵に好む河床調査

- ・河川において、堆積しながら移動する礫(アユの産卵床には2-16mm、ビワマスの産卵床には17-64mm)が産卵床に重要であることを確認。
- ・河床耕耘による礫移動が、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。



図.4-1 河床耕耘前(左)と耕耘後(右)

(2)森林における下層被覆率と土砂流出量の関係

- ・森林において下草植生の植被率が60%以上の場合、これが30%未満と比較して、単位面積あたりの年間土砂流出量が97%減少

国際誌に掲載 Mizuno, T., Kojima, N. & Asano, S. The risk reduction effect of sediment production rate by understory coverage rate in granite area mountain forest. Sci Rep 11, 14415 (2021).

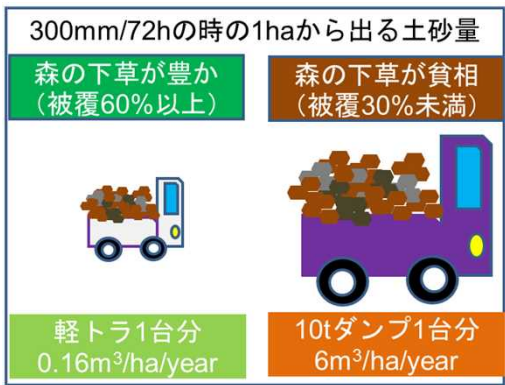
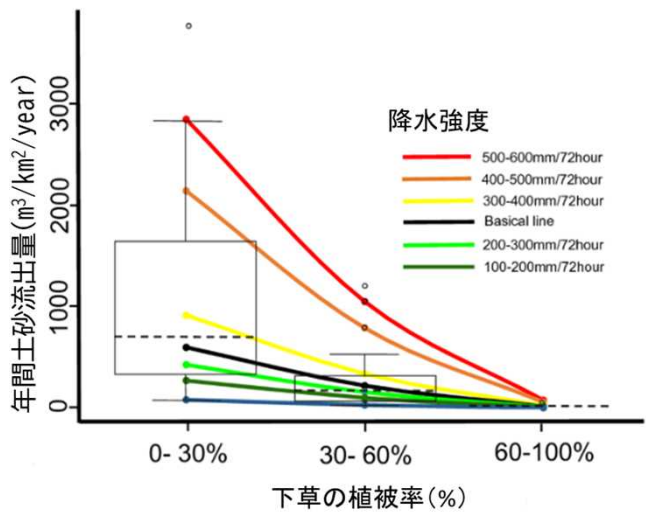


図.4-2 森林の下草の植生被覆割合別の降雨量別の推定土砂生産量

→ 流域の生態系が有する減災などのグリーンインフラ機能の視点を加えて研究を継続

4. 在来魚介類の”生息環境”に着目した研究成果

(3) 多様な主体の協働による小さな自然再生

■ 家棟川流域（平成27年～）

- ・継続したビワマス遡上・産卵(稚魚)を確認
- ・土木事務所が工事を担いビワマス魚道の本設設置
- ・夜間パトロール実施等による密漁被害減少
- ・浚渫工事にあわせたバース工の設置



■ 愛知川(渋川)（令和3年～）

- ・流域政策局とも連携し、ビワマス仮設魚道設置
- ・漁協関係者、県、東近江市、市民、研究者らで課題を共有
- ・愛知川漁業組合が主催した仮設魚道の設置に延べ300人以上が参加
- ・ワークショップ・アンケートによる活動への意識把握



本取組は、川を遡上する在来魚の保全に有効であることを確認

プロセス構成要素の 体系的整理

中小河川で拡大することを目的に具体的な事例から各段階でのポイントを把握し、ステイクホルダーの役割を体系的に整理

【査読付き論文】佐藤祐一ら(2022)中小河川における「小さな自然再生」推進に向けたプロセス構成要素の把握と適用.河川技術論文集, 公益社団法人土木学会.

5. 在来魚介類の”物質循環”に着目した研究成果

(1) 湖中の食物網構造

- ・漁獲量の減少は、外来魚の捕食、人為的な水位操作、湖岸の改変などの様々な要因が在来魚に悪影響を及ぼし、在来魚の資源魚量が減少したためと考えられている。(藤岡, 2013)
- ・資源魚量に影響する要因の一つとして、餌不足の可能性も指摘されている。
- ・琵琶湖漁業の主要魚種とされるアユやホンモロコは、動物プランクトンを捕食すると考えられており、餌の影響を評価するためには、動物プランクトンの量や質を調べる必要がある。

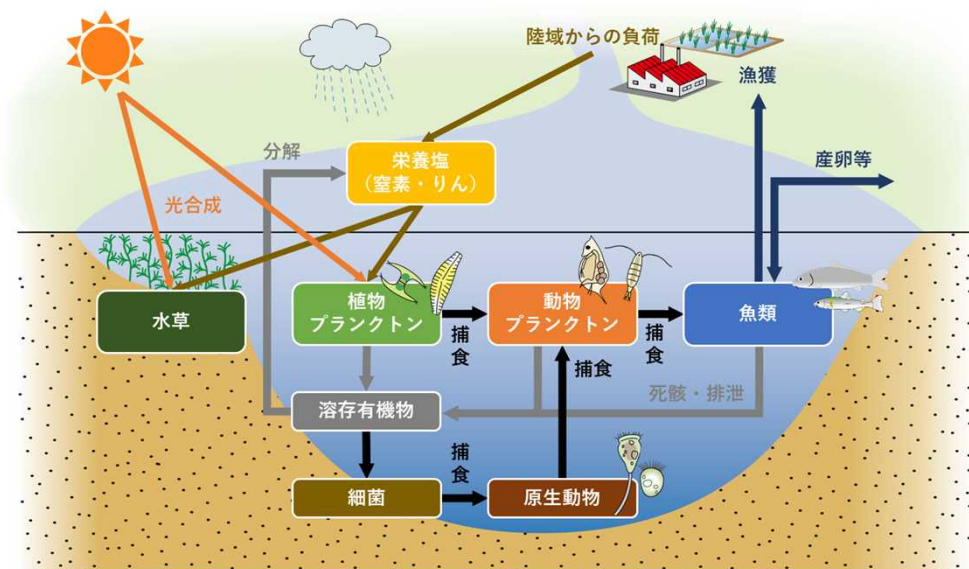


図.5-1 湖中の食物網構造のイメージ図

(2) 動物プランクトンの餌のサイズ

- ・動物プランクトンはどんな種の植物プランクトンでも餌に利用できる訳ではなく、摂食可能なサイズ範囲がある。
- ・サイズ範囲の上限を超える植物プランクトンは摂食できない (Burns, 1968)。
- ・動物プランクトンの変動を把握するためにも、餌(主に植物プランクトン)の量や質を評価することが重要

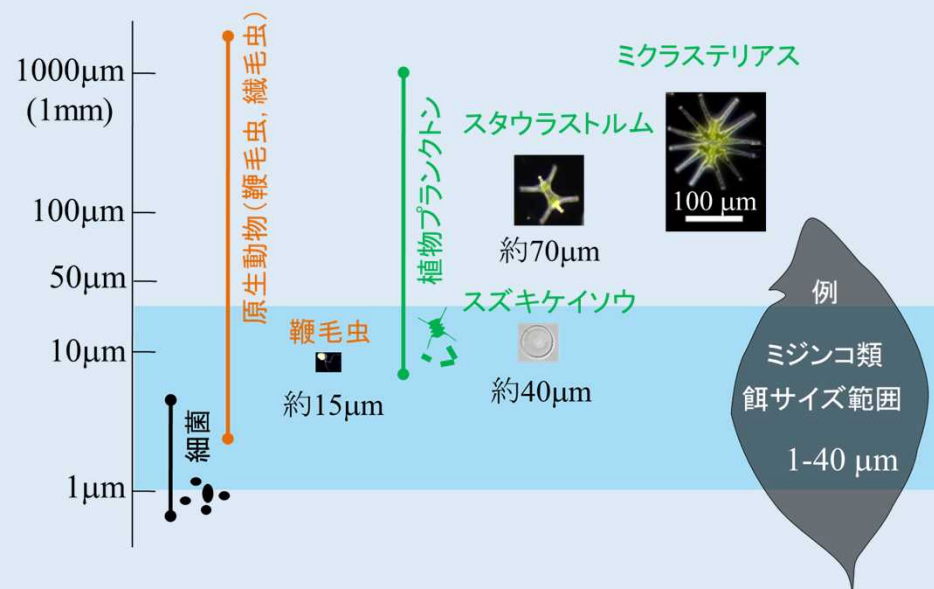


図.5-2 動物プランクトンの餌になり得る生物のサイズ

5. 在来魚介類の”物質循環”に着目した研究成果

(3) 植物プランクトンの傾向

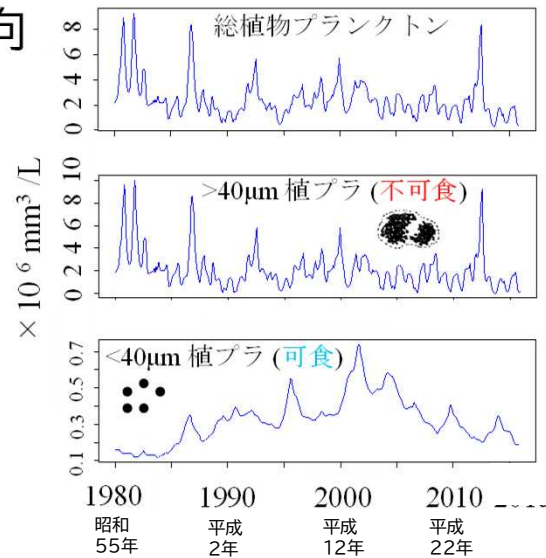
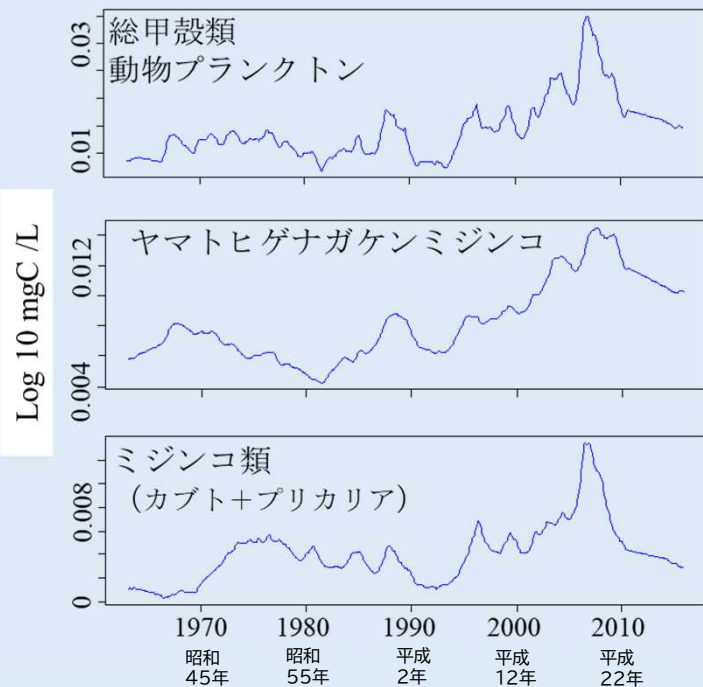


図.5-3 状態空間モデルで推定した植物プランクトンのトレンド

- ・昭和55年(1980年)から平成27年(2015年)までのサイズで分類した植物プランクトンの細胞体積データを状態空間モデルに当てはめ、経年的な増減傾向を調べた。
- ・動物プランクトンの餌となる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ものの、1980～90年代と同程度である。

(4) 動物プランクトンの傾向



- ・昭和38年(1963年)から平成22年(2010年)および平成26年(2014年)から平成27年(2015年)までの北湖沖帯 0～20m層の甲殻類動物プランクトンの現存量データを状態空間モデルに当てはめ、経年的な増減傾向を調べた。
- ・魚類の餌となる甲殻類動物プランクトンの現存量は平成18年(2006年)までは増加傾向にあり、その後は減少しつつあるものの平成12年(2000年)以前と同等かやや多い。

図.5-4 状態空間モデルで推定した動物プランクトンのトレンド

(北湖, 水深0～20m層, Data: 1980-2010年水産試験場、滋賀県立大伴教授, 2014-年は琵琶湖)

5. 在来魚介類の”物質循環”に着目した研究成果

(5) 沖帯と沿岸帯において、動物プランクトンの餌の量(小型植物プランクトン量など)を調査解析

- ・沿岸帯は動物プランクトンの量や生産量が沖帯に比べ多く、生物生産の場として重要であることがわかった。
- ・小型植物プランクトンや微生物が多ければ、動物プランクトンの量も多くなる
- ・小型植物プランクトンと栄養塩濃度の間には、明瞭な関係が見られなかった
- ・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。

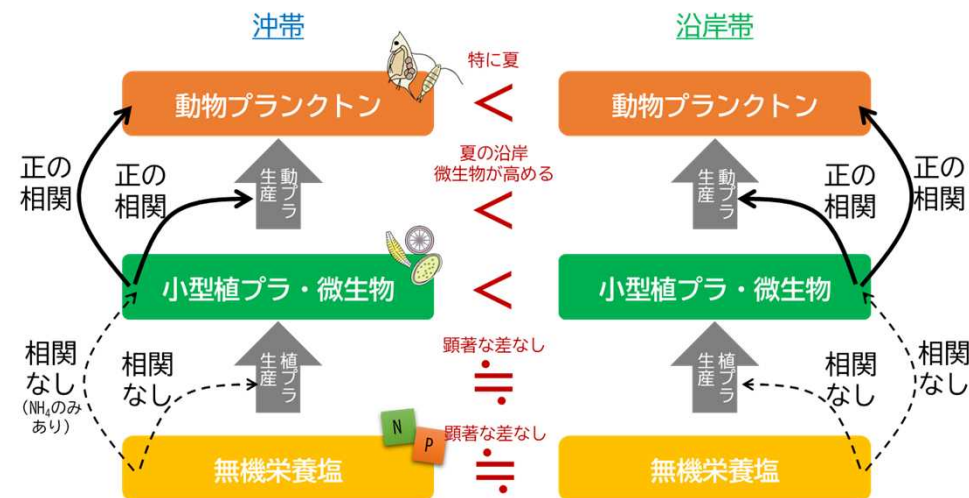


図.5-5 沖帯と沿岸帯の餌環境の量の関係

(6) 湖内生態系モデルによるシナリオ計算

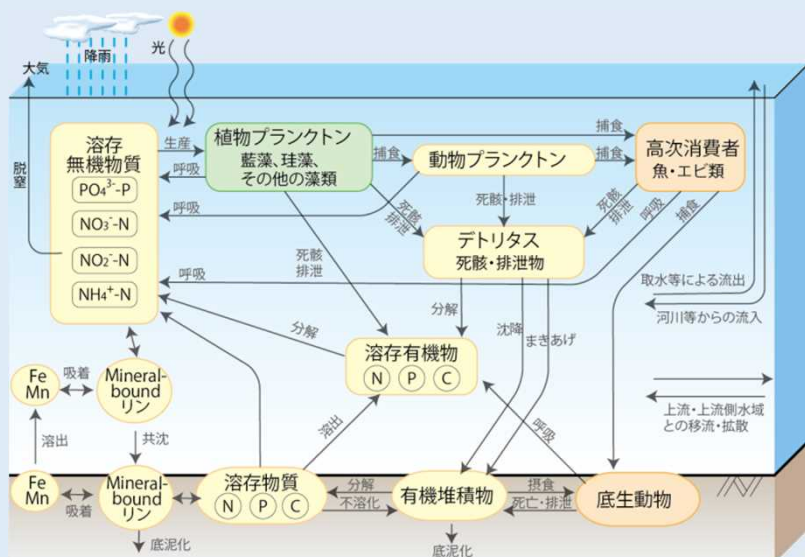


図.5-6 湖内生態系モデルの概要

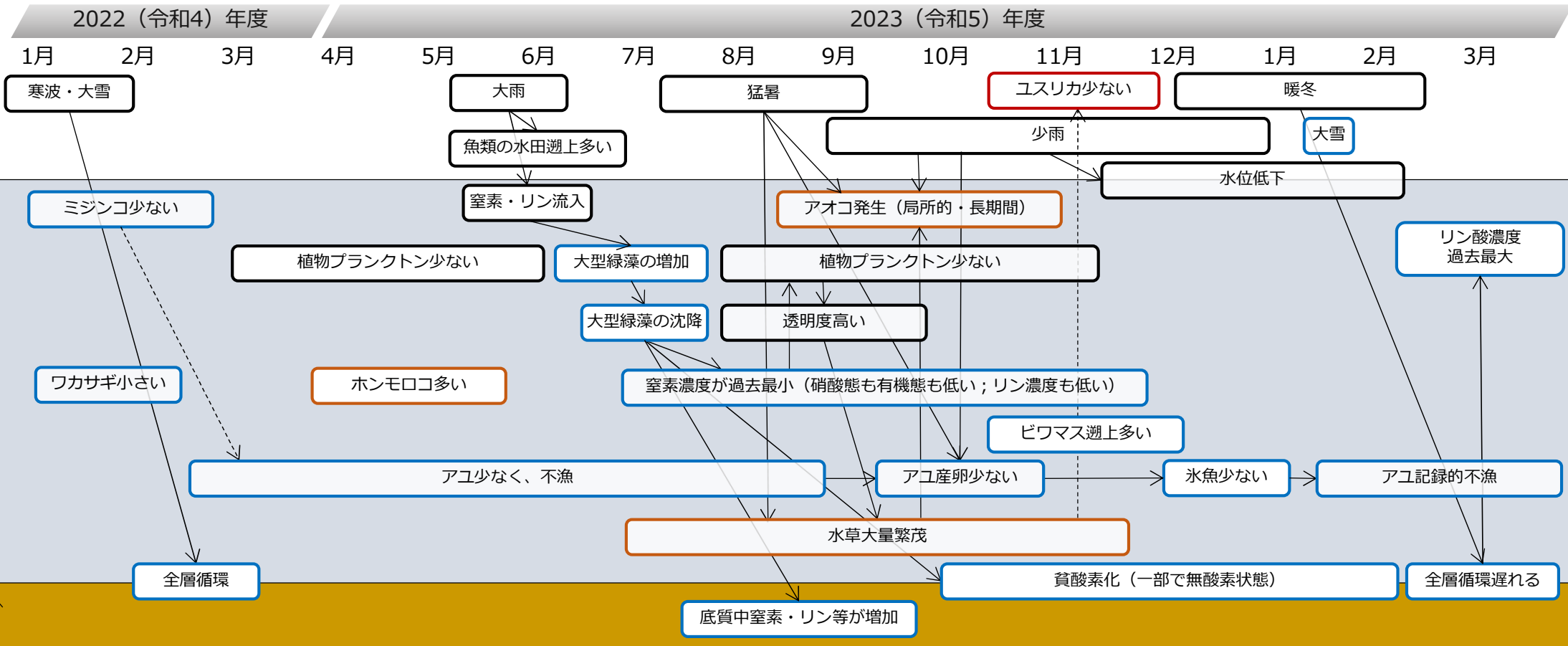
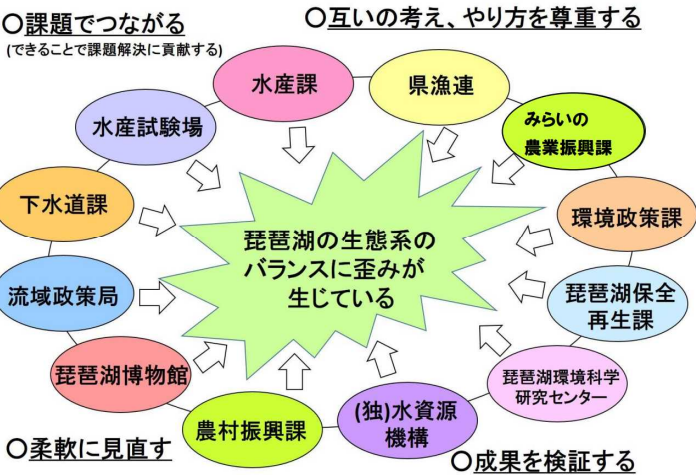
- ・平成30(2018)～令和3(2021)年度の間に生じた豪雨や暖冬、猛暑等の気象イベントについて、当該期間中の気象データを平年気象に差し替える等により、それらがなかった場合のシナリオ計算を実施
- ・大型プランクトンをモデルに取り込んだところ、気候変動が物質循環の円滑さに影響を与えていることが示唆され、より詳細な調査が必要と考えられた。



「気候変動が琵琶湖の水質・生態系にもたらす影響と適応策に関する研究」として継続研究

6. 令和5年度に琵琶湖で生じた事象間の関係性

琵琶湖の生態系のバランスを是正し、本来の在来 魚介類のにぎわいを復活させるため、行政、事業者の枠をこえた「**魚たちのにぎわいを協働で復活させるプロジェクト**」チームを結成し、琵琶湖で生じた現象の把握や課題の整理を行っている。



※この模式図は、琵琶湖の状況について関係者の意見等を整理したものであり、各事象間の関係性について科学的に実証されたものではありません。

図. 6-1 令和5年度に琵琶湖で生じた事象間の関係性

7. 気候変動が琵琶湖の水質・生態系にもたらす影響と適応策に関する研究

琵琶湖環境科学研究センター第七期中期計画(令和5年度～令和7年度)

琵琶湖内の円滑な物質循環を妨げる要因として、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評価する。

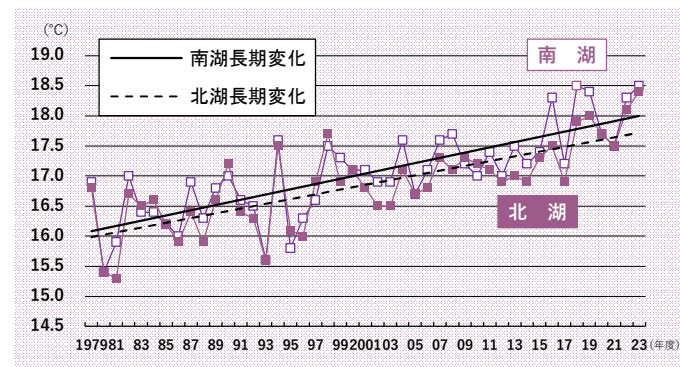


図. 7-1 琵琶湖の表層水温の推移

1 気候変動が表層の生態系と底層の貧酸素化にもたらす影響の評価

表層の植物プランクトンの生産と沈降から、深水層・底層の有機物分解や酸素消費までのつながり(物質循環)に着目して解明

2 気候変動の影響評価に向けた底生生物の分布の把握

底生生物と温度・DOとの関係評価、底層DO等の分布把握により、気候変動が底生生物の分布に及ぼす影響を評価

3 全層循環未完了が水質に及ぼす影響のモデル解析と適応策の検討

琵琶湖流域水物質循環モデルを表層・底層の物質循環に着目して精緻化

全層循環未完了後に生じうる水質等への複合的な影響や適応策の効果を評価

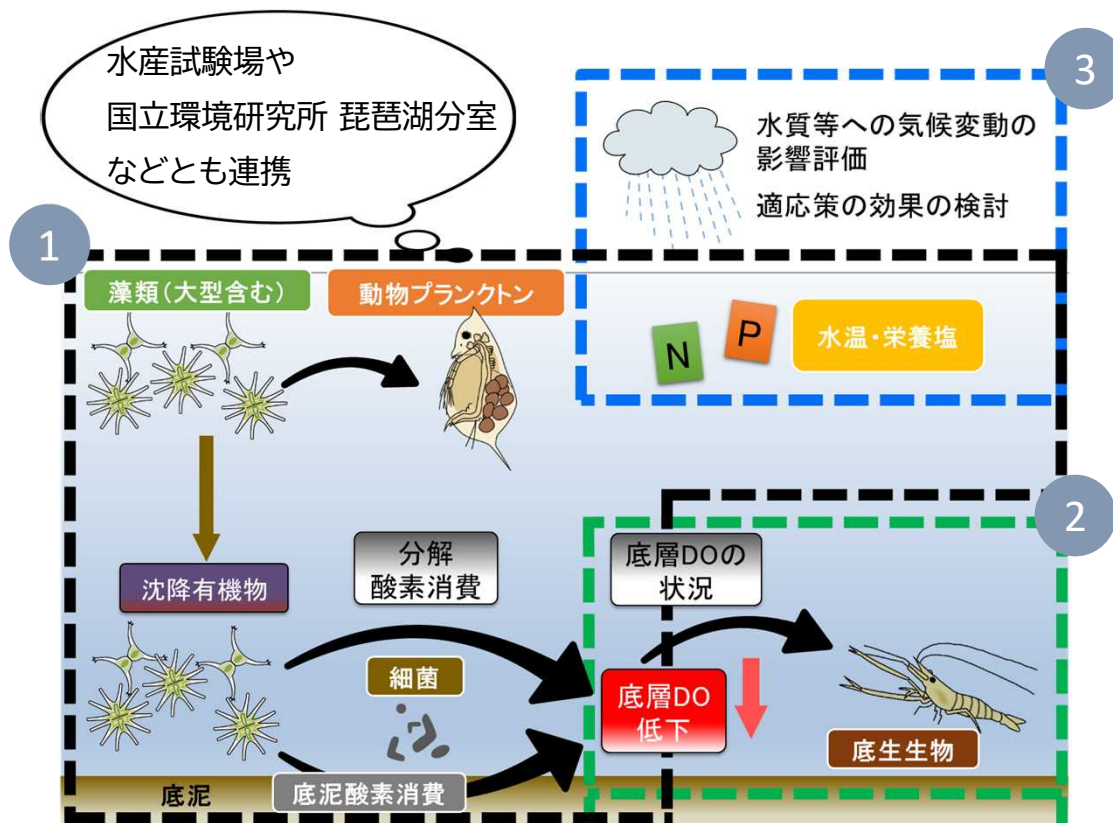


図. 7-2 研究概要図

<参考> 研究成果のまとめと施策への活用

研究成果	施策への活用
<u>生息環境</u> - 森林において下草植生の植被率が60%以上の場合、これが30%未満と比較して、単位面積あたりの年間土砂流出量が97%減少することがわかった。 - 森から湖までの河川において、堆積しながら移動する礫（アユの産卵床には2-16mm、ビワマスの産卵床には17-64mm）が産卵床に重要であることがわかった。 - 中小河川における在来魚の保全の取り組みとして、魚道設置や河床耕耘など多様な主体による「小さな自然再生」の有効性が確認できた。	「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（琵琶湖環境部） - エコツアーガイドブック、ガイド動画を作成し、地元NPO団体がエコツアーを実施（琵琶湖環境部） - 家棟川では研究成果を基に常設魚道が設置（土木交通部） - 永源寺ダム下流の河川環境改善手法の検討に活用予定（農政水産部）
<u>物質循環</u> - 沿岸帯は動物プランクトンの量や生産量が沖帯に比べ多く、生物生産の場として重要 - 現在の湖内環境において栄養塩濃度と小型植物プランクトン・微生物に相関関係は見られなかった。 - 数理モデルを用いた分析の結果、暖冬や豪雨に代表される近年の気象が水質や物質循環の円滑さに影響している可能性が示唆された。	- 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（琵琶湖環境部） - 琵琶湖栄養塩環境解明検討会で活用（農政水産部） - 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）