

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

第五期中期計画 提言・成果集

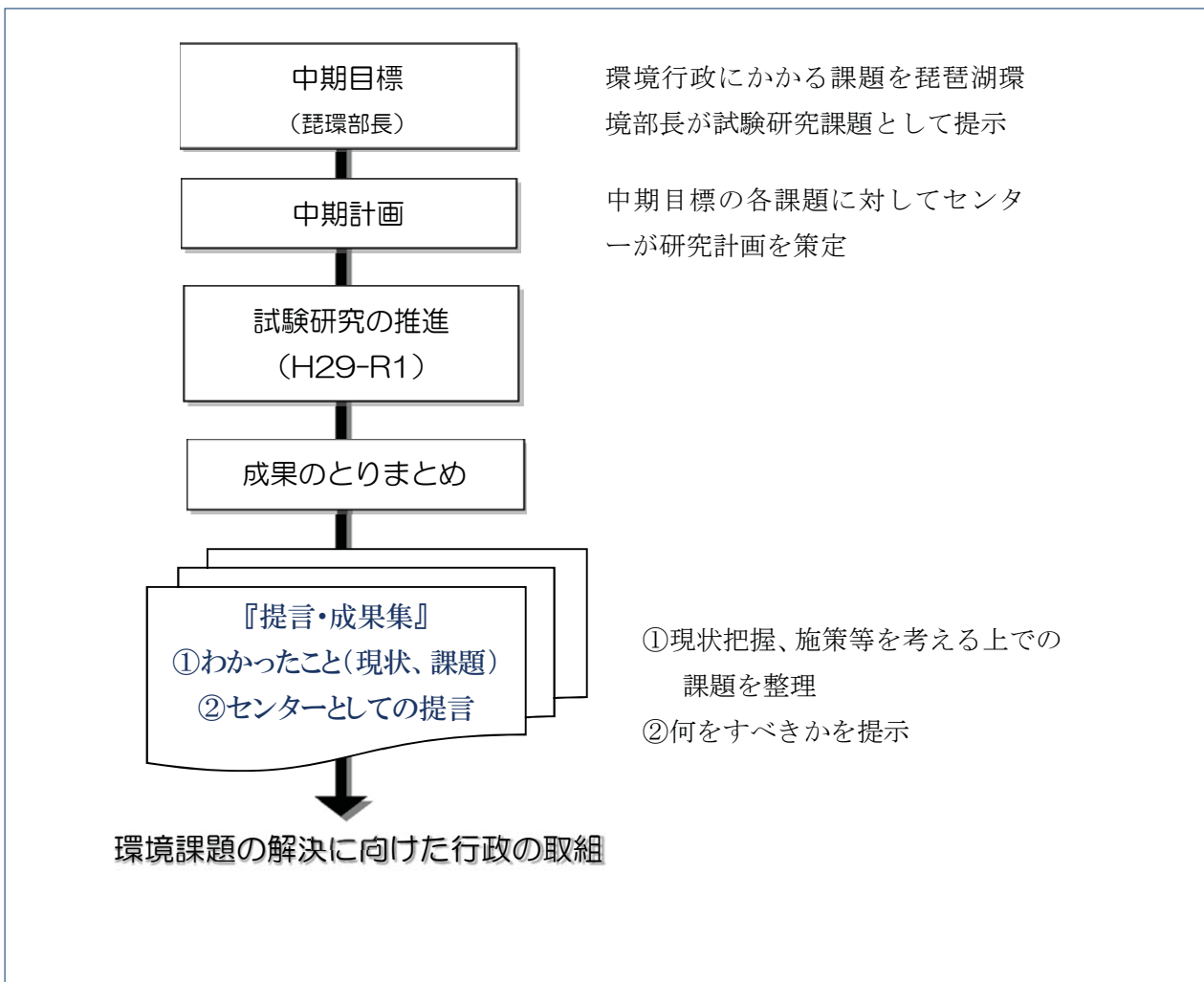
(平成29～令和元年度)



1. 提言・成果集のまとめ方

- 当センターでは、中期目標の基本方針をふまえ、示された政策課題に対応する形でセンター中期計画（五期：H29～R1）を策定しており、得られた成果については、行政への政策提案や課題提起等の「提言・成果」としてまとめる。
- 「提言・成果」については、①わかったこと、②センターとしての提言の2つの区分に整理して記載する。

※ なお、本提言・成果集は、第五期中期計画の研究成果をもとに、令和2年11月にまとめた提言・成果を掲載している。



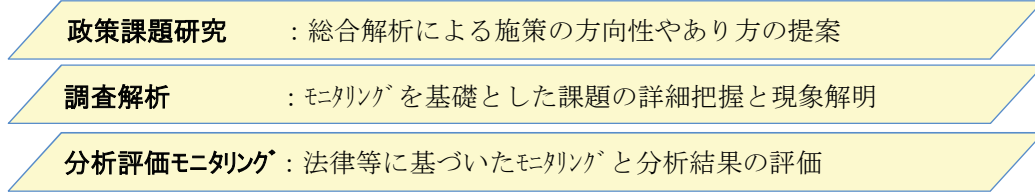
2. 琵琶湖環境科学研究センター第五期中期計画の試験研究概要 (研究体系と研究課題)

[基本的課題] (=「中期目標」に明記)

- ① 琵琶湖流域生態系の保全・再生
- ② 環境リスク低減による安全・安心の確保

③ 豊かさを実感できる持続可能社会の構築

[試験研究区分]

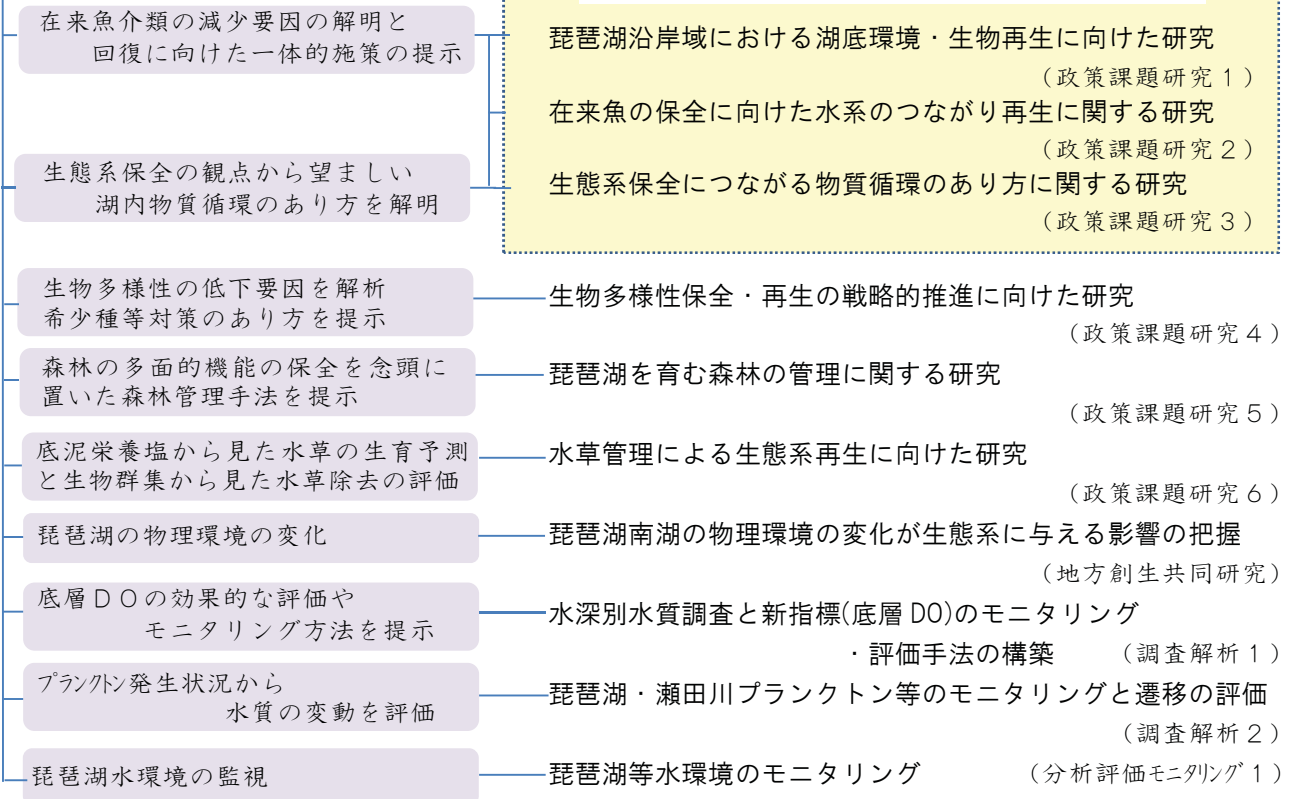


< 試験研究の体系 >

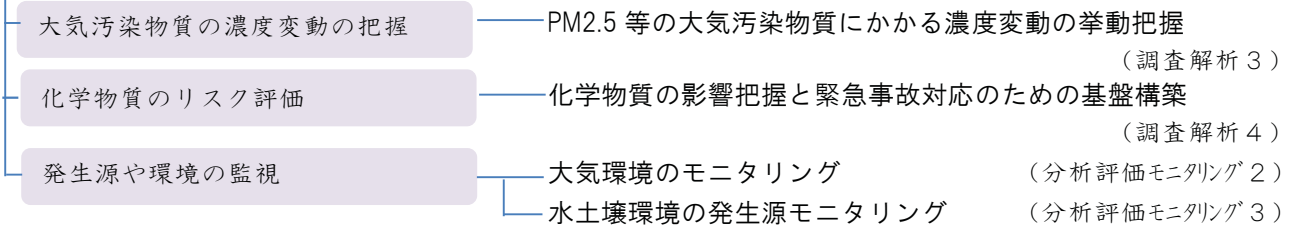
① 琵琶湖流域生態系の保全・再生

琵琶湖環境研究推進機構

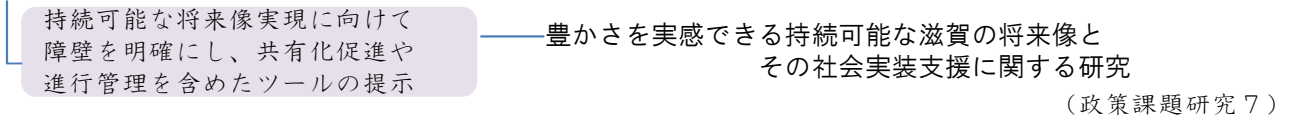
「在来魚介類のにぎわい復活」に向けた研究



② 環境リスク低減による安全・安心の確保



③ 豊かさを実感できる持続可能社会の構築



3. 「提言・成果」の考え方

センターの試験研究は、環境現況の把握等を目的としたモニタリングから、具体的な施策等の提言を目的とした課題解決型の研究まで、いくつかの段階に分かれている。

試験研究の目的・ねらい〔研究区分別〕

- 政策課題研究 (PS)
 - ⇒ 施策等の方向性やあり方の提言、課題の要因解析、施策効果の総合的な検証
- 地方創生共同研究 (RR)
 - ⇒ 国立環境研究所と共同で総合的に湖沼環境を評価する
- 調査解析 (IA)
 - ⇒ 課題の詳細把握、予見される現象の整理
- 分析評価モニタリング (RM)
 - ⇒ 基礎的データの収集、分析結果の評価、環境の変化や課題を明らかにする

成果をまとめるにあたっては、試験研究を通してわかったこと（現況把握、課題）とセンターとしての提言（施策等の方向性やあり方の提案）の2つに分けてとりまとめた。

なお、分析評価モニタリングは、法律等に基づき、発生源からの負荷や環境基準への適合状況等を継続して監視するものであるため、本提言・成果集には含まない。

○ 試験研究を通してわかったこと

現状把握や課題について報告

(= 今、どういう状況であり、それが何を示唆しているのか？『気づき』)

(= 施策等を考える前段階として、どういう視点や考え方が必要か？)

○ センターとしての提言

課題解決に向けた施策等の具体的な方向性やあり方が見えていないことに対して、施策等の方向性やあり方の提案

(= 課題を解決するために何をすべきなのか？)

4. 提言・成果集目次

※ 本提言・成果集では、分析評価モニタリングを除く調査研究にかかる提言・成果を記載。

番号	提言・成果タイトル	ページ
〔琵琶湖流域生態系の保全・再生〕		
政策課題研究 1		
琵琶湖沿岸域における湖底環境・生物再生に向けた研究		
PS1	琵琶湖沿岸域における湖底環境・生物再生に向けた方向性	276
政策課題研究 2		
在来魚の保全に向けた水系のつながり再生に関する研究		
PS2-1	在来魚の保全に向けた森-川の総合的な対応施策	277
PS2-2	在来魚の保全に向けた森林管理	277
PS2-3	在来魚に好適な河川環境の条件とその把握手法	278
PS2-4	多様な主体の協働による在来魚保全・再生活動の進行管理	279
政策課題研究 3		
生態系保全につながる物質循環のあり方に関する研究		
PS3-1	物質循環の円滑さを評価する指標について	280
PS3-2	「水のきれいさ」と「魚の豊かさ」の両立に向けた施策等の方向性について	281
PS3-3	湖内有機物収支を用いた環境評価について	282
PS3-4	有機物指標の整理	282
PS3-5	有機物の分解性を把握する指標について	283
政策課題研究 4		
生物多様性保全・再生の戦略的推進に向けた研究		
PS4-1	社会経済活動における生物多様性の組み込み推進方策について	284
PS4-2	外来生物種の繁茂の影響、琵琶湖沖帯で絶滅が危惧されている固有種の保全	285
PS4-3	生物分布情報の集約と一元化の必要性について	286
政策課題研究 5		
琵琶湖を育む森林の管理に関する研究		
PS5	琵琶湖を育む森林の適切な管理方策に関する提言	288
政策課題研究 6		
水草管理による生態系再生に向けた研究		
PS6-1	底泥の栄養塩量とそこから見た今後の水草繁茂について	289
PS6-2	生物・生態系保全の視点からみた水草刈取り・除去について	290

地方創生共同研究

湖沼の生態系の評価と管理・再生に関する研究

～琵琶湖南湖の物理環境の変化が生態系に与える影響の把握～

RR	南湖湖底における貧酸素状態の把握とその要因としての流れの水平分布の解析	291
調査解析 1		
水深別水質調査と新指標（底層 DO）のモニタリング・評価手法の構築		
IA1-1	水深別水質調査の継続実施	292
IA1-2	底層 DO 調査の継続実施と、環境基準類型指定への対応	293
IA1-3	底層 DO の消費因子である底泥酸素消費量(SOD)の継続把握	294
調査解析 2		
琵琶湖・瀬田川プランクトン等のモニタリングと遷移の評価		
IA2	プランクトンの継続監視と遷移の評価について	295
〔環境リスク低減による安全・安心の確保〕		
調査解析 3		
PM2.5 等の大気汚染物質にかかる濃度変動の挙動把握		
IA3-1	PM2.5 濃度に県内地域差が生じる要因	296
IA3-2	PM2.5 と有害大気汚染物質や大気降下物との関連把握	297
調査解析 4		
化学物質の影響把握と緊急事故対応のための基盤構築		
IA4-1	未規制化学物質の一斉分析による実態把握	298
IA4-2	生態影響試験の活用方法の検討	298
IA4-3	緊急事故対応のための基盤構築	299
〔豊かさを実感できる持続可能社会の構築〕		
政策課題研究 7		
豊かさを実感できる持続可能な滋賀の将来像とその社会実装支援に関する研究		
PS7-1	将来像実現への進行管理指標と手法	301
PS7-2	将来像共有化の促進手法の提示	302
PS7-3	将来像の社会実装の支援手法	303

5. 提言・成果文

政策課題研究 1 琵琶湖沿岸域における湖底環境・生物再生に向けた研究

提言・成果の要旨

底生動物の再生について、シジミ類等の二枚貝を指標として検討した結果、良好な餌環境として、「珪藻類の増加」、「藍藻類の減少」の重要性が示唆された。

また、養浜実施場所において土砂搬入が底生動物等に及ぼす短期的な影響（数年）について把握したが、長期的（10年程度）な影響を把握するため、引き続き検証が必要である。

加えて、行政、住民等の協働により、沿岸域の生態系改善に向けた取組の推進に活用されるよう「(仮称)湖辺環境改善技術資料」を作成していく。

PS1. 琵琶湖沿岸域における湖底環境・生物再生に向けた方向性

【試験研究を通してわかったこと】

- ・シジミ稚貝の飼育実験結果を踏まえると、良好な餌環境の条件として「珪藻類の増加」、「藍藻類の減少」の重要性が示唆された。
- ・湖辺で環境修復活動を実施した場所におけるシジミ類の生息状況を踏まえると、シジミの増加に向けては、満2歳程度までの稚貝の生残率が低いことが課題と考えられる。
- ・住民参加による継続的な湖底耕耘や水草除去により、満1～2歳程度の稚貝が増加する可能性がある。
- ・養浜実施場所における底生動物の生息状況と湖底環境（湖底断面地形等）についての関係性から、砂地の造成により底生動物の生息環境改善を図る場合、短期的な視点からは、湖底の侵食・堆積状況や、ライフサイクルの長いシジミ類等の定着に要する期間を数年見込む必要がある。
- ・砂地の造成が底生動物の生息状況と生息環境に及ぼす長期的な影響について把握するため、10年程度前に養浜が実施された場所と未実施の場所において現状を把握し、比較検証する必要がある。

【センターとしての提言】

- ・湖辺の健全な生態的機能を回復させる手順を確立するため、琵琶湖での検証事例を基に、二枚貝を指標とした現状・課題把握の調査方法、目標の設定・達成に向けた施策の効果予測方法を「(仮称)湖辺環境改善技術資料」として令和2年度（2020年度）に作成し、この「技術資料」の内容を保全活動の担い手に提供し、効果的に環境修復活動を広げる必要がある。
- ・住民等による自発的な活動の推進においては、シジミ類等の分かりやすい評価指標を設定した上で、活動による環境改善効果の検証結果を共有し、環境改善の目標や手法等の共通認識を形成することにより、積極的・持続的な活動につなげる必要がある。

提言・成果の要旨（PS2-1. 在来魚の保全に向けた森-川の総合的な対応施策）

在来魚の保全、ひいてはにぎわい復活を図るためには、上流から下流までの水系のつながりを捉え、多様な主体が協働し一貫した考えのもと取り組んでいく必要がある。

森林では、砂泥の流出を抑止するため、下層植生の植被率が60%以上を保持できるよう、シカ防護柵の設置などを進める必要がある。

河川では、在来魚の産卵、生息環境を改善するため、河床の硬化や砂州、^{みおすじ}滞筋（主に水が流れている場所）の固定化を防止し、^{されき}産卵に適した粒径の砂礫が柔らかく堆積するような河床環境を増やすため、河川環境のモニタリング手法を活用しながら、多様な主体と協働し、河川環境の管理を進める必要がある。

これらの実施にあたっては、地域課題に基づく分かりやすい目標を立てるとともに、関係する多様な主体をつなげる場としての土砂総合管理協議会の設置や多様な主体による小さな自然再生活動の推進が重要である。

PS2-2. 在来魚の保全に向けた森林管理

【試験研究を通してわかったこと】

- ・シカの食害と人工林の間伐不足等により下層植生が衰退し、森林域の溪流の砂泥の割合が多くなる。一般的に砂泥が多くなるとアユやビワマス^の生息産卵環境に悪影響を与える可能性がある。
- ・下層植生に林床が被覆された森林では、土砂生産率が小さくなることが確かめられた。

【センターとしての提言】

- ・砂泥を苦手とする魚類（アユなど）のにぎわいを再生するためには、砂泥流出を抑止できる下層植生の豊かな森を育成・造成する必要がある。
- ・「シカ食害の防止」、「人工林の適切な間伐等の管理」、「^{けいはん}溪畔林に適した樹種の植栽」などにより、下層植生の植被率が60%以上を保持できるようにする森林管理を行う必要がある。
- ・その方策として、シカ不嗜好性植物^{ふしこう}を用いた林床の緑化やシカ防護柵の設置による下層植生の繁茂の促進が期待される。（政策課題研究5より）

PS2-3. 在来魚に好適な河川環境の条件とその把握手法

【試験研究を通してわかったこと】

- ・ 県内の河川中流域から河口までは、土砂不足や土砂移動の減少により、河床の硬化や砂州、^{みおすじ} 滯筋の固定化などの課題がある。
- ・ 固定化された砂礫堆を $50\text{m} \times 400\text{m} = 20,000\text{m}^2$ の面積を^{こうろん} 耕耘することによりアーマーコート破壊を実施して土砂移動を促した。その結果、令和元年（2019年）にはおよそ $2,500\text{m}^3$ の土砂流出が確認できた。
- ・ ^{こうろん} 耕耘下流部で小礫（主に粒径8-16mm）の土砂移動が見られた場所ではアユの生息環境が改善された。
- ・ ドローン撮影により詳細に土砂移動による地形変化の動向を把握することができた。
- ・ アユやビワマスの産卵環境の特徴などから、河床の硬化や砂州、^{みおすじ} 滯筋の固定化が起こるとアユやビワマス等の軟らかな礫床を産卵環境とする魚種に悪影響が生じている可能性が示唆された。

アユやビワマス等の在来魚の好適な産卵、生息環境について、以下のことを明らかにした。

- ・ 琵琶湖のアユの好適な産卵場は、 $1\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下の軟らかな小礫でできていること。
- ・ 琵琶湖のアユの好適な産卵場は、粒径2-16mmの礫が50%以上の構成割合であること。
- ・ 河床変動2次元シミュレーションと現地調査によれば、16mm以下の礫は $20\text{N}/\text{m}^2$ 以上のせん断力で流されること。

愛知川において、アユやビワマス等の産卵に適した粒径の砂礫が柔らかく堆積するような河床環境を増やすためには、砂礫堆（砂州）の地形変化による砂礫の流下促進といった短期的視点の対策検討と、上流からの砂礫供給を増加させるような長期的視点の対策検討の両方が必要である。

河川の土砂管理に必要なモニタリング手法について、以下のことを明らかにした。

- ・ 人工衛星、航空機は流域レベルの数kmから数百m程度の空間的に広範囲な地形変化を把握するには有効である。しかし、コストが高く河道内の土砂移動などの1m前後の比較的小さい地形変化に関しては得意ではない。それに対して、ドローン等の空撮データは数百mから数cmまでの空間的に微細な地形変化を把握するのに有効であり、なおかつ人工衛星や航空機レーザー測量と比較してコストも安価であり、解析もソフトウェアが充実しているため、高頻度に高精度の河川の土砂移動メカニズムの解明に必要な河道の滯筋変動や砂礫堆（砂州）の表層粒径分布を把握することが可能となった。将来的には、この技術は他の河川の河床環境の診断や、対策事業、自然再生活動の効果検証を行うための簡易分析ツールとして応用が可能である。
- ・ ドローンの空中撮影などの最新技術を導入すると土砂移動はモニタリングしやすくなり、低コストで高頻度、高精細な土砂管理や河川環境管理が容易になる。

【センターとしての提言】

- ・ 固定化した砂州を耕耘することにより、粒径8-16mmの粒径の礫を表層に出しつつ、表層を $2\text{kgf}/\text{cm}^2$ より軟らかな状態にして、大水時のおよそ $20\text{N}/\text{m}^2$ から $50\text{N}/\text{m}^2$ のせん断力（営力）で粒径8-16mmの土砂移動を促進することにより、アユやビワマスなどが好む河床環境に改善する。

PS2-4. 多様な主体の協働による在来魚保全・再生活動の進行管理

【試験研究を通してわかったこと】

- ・家棟川（野洲市）で平成 27 年（2015 年）に結成された「家棟川・童子川・中ノ池川にビワマス^{やなむね}を戻すプロジェクト」では、多様な主体がビワマスの生息・産卵環境の保全再生のために、①ビワマス産卵床の造成、②落差工への魚道の設置、③遡上調査と監視の 3 つの活動を実施。
- ・検討と実践を進めた結果、ビワマスの産卵が確認され、魚道を遡上するなど大きな成果を上げることができた。多様な主体が適切に協働し、順応的なプロセスのもとで自然再生を行うことで、在来魚の保全・再生につながるということが実証された。

多様な主体の協働による在来魚保全・再生活動の進行管理を進めるためのポイントは、以下の 3 点である。

- ・ 多様な人たちを巻き込む場づくりをすること
- ・ 地域課題にもとづき分かりやすい目標を立てること
- ・ 小さな成果を積み重ねること

【センターとしての提言】

- ・ 多様な主体が協働で取り組む「小さな自然再生」の進め方は、河川・流域により大きく異なるため、他の河川に展開していくためには、上記 3 点の基本認識を念頭に置きつつ、各河川の自然の営みや関わる人たちに寄り添いながら、共に考え、試行錯誤しながら実践していくことが何よりも重要である。

提言・成果の要旨

物質循環の円滑さに着目した琵琶湖の健全性を評価する指標として、①「過不足がない」：呼吸効率、②「滞りがない」：転換効率、③「偏りがない」：生物バランスの3つを提案する。

動物プランクトンが食べやすい中小サイズの植物プランクトンを増やすことは、動物プランクトンの増加を通じて「魚の豊かさ」の向上につながるだけでなく、「水のきれいさ」にもつながることが明らかとなった。

琵琶湖や流域で実施される各種施策の成果を総合的な視点から測る指標として、有機炭素ベースによる環境評価の活用を進めるべきである。また、湖内における物質循環状況を把握する観点から、有機物の生分解性を評価できる代替的な指標（BOD28 など）について活用を検討していく必要がある。

PS3-1. 物質循環の円滑さを評価する指標について

【センターとしての提言】

- ・流入負荷を削減して水質を保全するという考え方から、「水域の健全性」を第一の目標とした、新しい流入負荷管理へと転換していくことを提案する。具体的には、湖内で生産された有機物ができるだけ無駄なく活用され、上位の消費者等にも回っていくこと、すなわち湖内に残存する「ストック」としての有機物に着目するだけでなく、「フロー」としての物質循環が円滑であることが琵琶湖の健全性に直結し、その結果として水道や水産といった各種用途目標も一定達成されるという考え方である。これは人間の健康で例えると、体重を減らすために極度なダイエットを進めるのではなく、バランスの取れた食事を適量摂り、日々の生活や運動の中で適切に消化・分解されることを意味する。
- ・物質循環の円滑さを表す指標として、①「過不足がない」：“呼吸効率”（ $= \text{群集総呼吸量} / \text{一次生産量}$ ）、②「滞りがない」：“転換効率”（ $= \text{二次生産} / \text{一次生産等}$ ）を考え、さらに結果としての水質と魚介類資源のバランスを捉えるため、③「偏りがない」：“生物バランス”（ $= \text{魚類バイオマス} / \text{植物プランクトンバイオマス}$ ）を加え、これら3種の指標により琵琶湖の健全性を評価することを提案する。
- ・琵琶湖流域水物質循環モデルで指標値の試算を行ったところ、呼吸効率は年間を通じて大きな変動がない一方で、転換効率や生物バランスは季節的に大きく変動する可能性が示唆された。これらの指標値は既存の調査からすぐに明らかにできるものではないが、今後、新たな調査あるいはモデル解析などで把握するとともに、向上させるための施策を検討していくことが必要である。

PS3-2. 『水のきれいさ』と『魚の豊かさ』の両立に向けた施策等の方向性について

【センターとしての提言】

- ・湖内の食物連鎖には、植物プランクトンから動物プランクトン、魚に至る「生食食物連鎖」と、有機物から微生物（細菌、原生動物）、動物プランクトンに至る「微生物食物連鎖」がある。これらの寄与について調べたところ、栄養塩の負荷量が減少した琵琶湖でも、魚の餌となる動物プランクトンは、栄養塩で増える植物プランクトンを主に食べており、有機物で増える微生物はわずかしこ食べていなかった。よって、魚への物質伝達（餌と消費者の関係）としては、植物プランクトンで始まる生食食物連鎖の方が、微生物で始まる微生物食物連鎖よりも重要であることが明らかになった。
- ・動物プランクトンは、植物プランクトンの中でも小型（ $<20\ \mu\text{m}$ （マイクロメートル））のものを主食にしており、中型（ $20\text{--}45\ \mu\text{m}$ ）のものも時々食べるが、大型（ $>45\ \mu\text{m}$ ）のものはほとんど食べないことを確認した。実際、大型藻類（ $>45\ \mu\text{m}$ ）が大発生した時期には、数種の動物プランクトンの現存量や生産量が低くなる傾向があった。よって、動物プランクトンを増やすためには、高い増殖速度を持つ中小サイズの植物プランクトンが増えやすい環境づくりが必要である。
- ・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（生産された物質が食物連鎖で上位の種に伝達される効率）の向上が鍵であることが明らかになった。すなわち、動物プランクトンが食べやすい中小サイズの植物プランクトンを増やすことは、動物プランクトンの増加を通じて「魚の豊かさ」の向上につながるだけでなく、「水のきれいさ」にもつながることが明らかになった。
- ・中小サイズの植物プランクトンを増加させる方策としては、沿岸帯への小規模な栄養塩供給が一例として考えられるが、その具体策や有効性について調査・研究していくことが必要である。

PS3-3. 湖内有機物収支を用いた環境評価について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・有機炭素による一次生産から動物プランクトンまでのバイオマスとフローの記載により、生態系の生産実態を可視化して様相を整理できた。今後の湖岸整備や湖底耕耘、魚類の水田生育事業などの水域生態系や水産資源の保全施策が展開される中において、水質汚濁とのトレードオフや新たな生態系の変化につながらないように、取組成果を総合的な視点から測る指標として、有機炭素ベースによる環境評価の活用を進めるべきである。
- ・大型緑藻の増大が常態化しており、プランクトン食魚の餌環境や湖底の酸素消費へ影響を及ぼす可能性がある。大型緑藻は、気象や栄養塩環境との関係が示唆されており、今後、大型緑藻の制御に向けた栄養塩管理について検討を始めるべきである。
- ・植物プランクトン群集の現存量と一次生産を測定する光学的測定法は、近年、進歩を遂げ、高解像度で低コストになったことから、湖のモニタリングに活用できると期待される。今後、水質管理と水産資源管理のそれぞれの部局と連携して活用方法について検討を始めるべきである。
- ・琵琶湖湖水の溶存有機物（DOM）の起源として、植物プランクトンだけでなく、細菌も量的に重要であることが分かった。細菌によるプロセス（DOMの生産や再利用等）がDOMの生分解性に与える影響について、さらに知見を得ることが重要になる。

PS3-4. 有機物指標の整理

【試験研究を通してわかったこと】

- ・化学的酸素要求量（COD）は今後とも湖沼流域の一定の有機汚濁レベルを示す指標として有効であるが、正確な負荷量や水質検討には、有機炭素により環境評価を行う方が活用度が高い。
- ・有機炭素を環境評価に用いる観点から、公共用水域での水質測定に全有機炭素（TOC）を導入することが望ましいと考えられ、湖沼水環境保全に関する自治体連携などを通じて、TOC測定を普及するべきである。TOCの測定については、懸濁物を含む試料でも精度を損なわない方法を推奨するべきである。
- ・長期的な琵琶湖の細菌生産の減少が明らかとなり、長期のCODの横ばいや栄養塩の循環利用など、これまで不明であった水質のメカニズム解明に科学的進展が期待できる。よって、細菌活性や溶存有機物の生分解性、微生物構造について、さらに調査研究やモニタリングを進めるべきである。

PS3-5. 有機物の分解性を把握する指標について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・流入負荷が削減されてきた一方で湖水の COD が減少しないことから、その原因となる難分解性有機物が問題視されてきたが、湖内における有機物の循環の円滑さに着目するのであれば、循環に寄与する易分解性有機物の評価が重要となる。有機物の分解性を評価する手法として、これまで 100 日間におよぶ生分解試験が実施されてきたが、調査・分析の迅速性や簡便性に課題があることから、代替的に生分解性を評価できる指標の開発が急務である。
- ・微生物が利用可能な有機物量の間接的な把握方法として BOD（生物化学的酸素要求量）があるが、BOD 値の低い琵琶湖水においては従来の 5 日間の培養期間（BOD5）では精度に問題があった。そこで培養期間を 28 日間（BOD28）に延長することによって精度良く測定することを可能とし、BOD28 は有機物の生分解性の指標となることを明らかにした。
- ・琵琶湖水の粒子態有機物（POC）の炭素安定同位体比は、POC の生分解性の指標として有用な可能性がある。また、冬季に特異的に大型緑藻の増加が見られた場合にも炭素安定同位体比が上昇したため、難分解性 POC に大型緑藻が影響を及ぼしていることが示唆された。
- ・琵琶湖水の溶存態有機物（DOM）は、高分子 DOM と低分子 DOM という二つの画分に大別でき、前者は 100 日以内にはほぼ全て生分解されて栄養塩に回帰する易分解性であり、後者は 100 日程度経過しても大部分が残存する難分解性であることが分かった。両画分の濃度比等が、DOM の生分解性に関する新たな水質指標として有用である可能性もある。今後、各画分について起源や特性を詳細に把握することが重要になる。

提言・成果の要旨

地域の生物多様性に関して、生物多様性保全活動の効果を認識するため、各地域に適した「地域の環境ものさし」を設定することで保全活動は充実、拡大できる。

外来生物に関して、オオバナミズキンバイの繁茂により、溶存酸素濃度や光の透過率が低下し、他の水生生物の生息に対して悪影響が考えられた。また、同一水域の希少沈水植物の生育を阻害することを確認した。

北湖深層の固有種、希少種に関して、生物モニタリングを継続する必要がある。しかし、広大な琵琶湖の生物モニタリングは、調査手法による計測誤差も大きくなりやすいため、水中ロボット（ROV）、計量魚群探知機、底曳き網等、複数の手法による観測から総合的な現状把握を行う必要がある。

県内の生物多様性保全の取組を支援するためには、生物分布情報の集約、一元化が必要であり、そのための仕組みである「滋賀県生きものデータバンク」を構築した。今後は、データバンクの充実をはかる必要がある。

PS4-1. 社会経済活動における生物多様性の組み込み推進方策について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・生物多様性保全の地域活動は生物多様性保全に大きな効果を持つものの、一般県民がその効果を認識するのは難しい状態にあったが、中山間地域におけるニホンアカガエルといった「地域の環境ものさし」のような地域の中間目標を設定することにより保全活動のさらなる充実化と拡大が期待できることがわかった。
- ・滋賀県内の企業が生物多様性保全に積極的に取り組むにはしが生物多様性取組認証制度のような外部からの評価がインセンティブ（動機付け）になる。滋賀県企業のCSR報告書の解析から、活動の影響についての記載は不十分な状況であることがわかった。
- ・滋賀県企業の性質として生物多様性取組を実施している企業はまだ少なく、環境への配慮にとどまっている企業が多い。これらの企業のCSR活動を生物多様性に振り向けていくには、外部からの働きかけが必要である。
- ・様々な生物多様性保全活動が、各地で実施されるようになってはきたが、それを継続・充実化させることが課題である。そのためには研究者・専門家の適切なサポートが必要であり、行政は地域住民と専門家が協働できるような調整あるいは交流の機会を設けることが望ましい。

PS4-2. 外来生物種の繁茂の影響、琵琶湖沖帯で絶滅が危惧されている固有種の保全

【試験研究を通してわかったこと】

- ・侵略的外来水生植物であるオオバナミズキンバイの繁茂は、溶存酸素濃度を低下し、他の水生生物の生息環境を悪化させていた。また、光の透過率を低下させ、同一水域の希少沈水植物の生育阻害事例も確認された。
- ・数年に1回の頻度で貧酸素水塊^{すいかい}が形成され、令和元年（2019年）にはその規模が拡大した。現状では、深湖底に死亡個体が見られることもあるが、沖帯の固有種（アナンデルヨコエビ、イサザ、ウズムシ等）の個体群密度の急激な減少はない。しかし、今後、貧酸素水塊^{すいかい}の形成頻度の増加および長期化により個体群への影響が生じることも懸念される。
- ・琵琶湖の全層循環が起こらない年も生じる等、気候変動が琵琶湖の希少種・固有種の生息環境を急激に悪化させる事象が起こりつつある現状を踏まえ、貧酸素の状況把握と生物モニタリングを継続するべきである。しかし、広大な琵琶湖の生物モニタリングは、調査手法による計測誤差も大きくなりやすい。したがって、水中ロボット（ROV）、計量魚群探知機、底曳き網等、いくつかの手法による観測から総合的な現状把握を行う必要がある。
- ・種は一旦絶滅してしまうと、水質が回復しても生物は元には戻れないため、絶滅させない資源管理が重要である。
- ・深水層の現状を継続的に把握するため、琵琶湖で調査を行っている機関同士の迅速な情報交換ネットワークを維持する必要がある。

【センターとしての提言】

- ・滋賀県でも外来種や気候変動は、希少・固有種の生息に対し脅威となっているため、現状把握とともに「生物多様性しが戦略」において行動計画を引き続き推進することが期待される。

PS4-3. 生物分布情報の集約と一元化の必要性について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・県内の生物多様性保全施策を支援することを目的とし、滋賀県の生物分布情報を集約し、一元化するための仕組みである「滋賀県生きものデータバンク」を構築した。現在はまだ収集が少ないため、活用されるデータベースとなるには、今後、どれ程の情報収集ができるかが、成功の鍵となる。
- ・科学的な証拠が基本であり、その元となる十分な量の生物分布情報と、情報の蓄積を継続することが重要である。県民による広い情報提供と、調査困難な地点や精度の高い行政および専門家調査データの両方を上手く活用することが重要である。

【センターとしての提言】

- ・生物多様性保全には、多くの生物分布情報を迅速に集約し、現状把握することの重要性が理解され、専門家、県民、関係部局、関係機関の調査データが、もれなく収集できるように滋賀県をはじめとする多様なステークホルダーに情報提供の必要性が認知されるべきである。

提言・成果の要旨

省力的な森林更新に関する研究として、①伐採跡地の天然更新、②全国的に省力化技術として導入が進むコンテナ苗、および③下刈り省力化を目指した大苗^{おおなえ}に関する植栽試験を行い、成長過程を把握した。なお前記③について、下刈りの省略は可能であるが、シカによる枝葉の食害や皮剥ぎ防止のための対策は必要である。

シカ食害の防護柵について変形、破損の発生件数を調査したところ、秋季に増加しており、この時期に集中的な見回りが必要である。

シカ不嗜好性植物の中からイワヒメワラビ、アセビ、シキミを選定し、それらの成長や植被率に影響する要因について検討した。イワヒメワラビについては、約30%の相対照度があれば、第3生育期まで継続して生育区域が広がること、また、ポット苗は通年での植栽が可能であることがわかった。アセビ、シキミについては、第4生育期までの生存率や植被率を高める上で、望ましい挿し付け時期や相対照度があることがわかった。

PS5. 琵琶湖を育む森林の適切な管理方策に関する提言

【試験研究を通してわかったこと】

- ・人工林^{たくぼつ}択伐跡地において天然更新の調査を行った結果、周囲の広葉樹種の分布状況が侵入種の種数や個体数などの動態に影響するものと考えられた。天然更新の実現可能性を評価するためには初期段階の調査だけでは十分ではなく、継続調査が必要である。
- ・シカ不嗜好性植物である、イワヒメワラビ、アセビ、シキミを用いた緑化方法を調査した。イワヒメワラビについては、林床で生育を広げる相対照度とポット苗による植栽時期の検討を行った。その結果、林床では、約 30%の相対照度があれば、第 3 生育期までの期間で生育区域が広がることが分かった。また、ポット苗は通年で植栽が可能であることが分かった。アセビ、シキミについては、林床での生育を調査するため、直挿し活着後の生存率、および植被率を調査した。挿し付け時期は、アセビで春挿し、シキミで梅雨挿しが望ましく、両種ともに相対照度の高い林分で高い植被率を維持できることが分かった。
- ・防護柵の維持管理手法の調査を行った結果、複数の種類の変形や破損が確認され、それらの件数は徐々に増加していることが確認された。このうち、ネットのたるみに伴う柵高低下とネット穴開きの発生個所では実際にシカの侵入が確認されており、その発生件数が増加する秋季の集中的な見回りなどの対応が必要である。
- ・シカ不嗜好性植物^{ふしこうせい}が主構成種となった、単純化した森林における遷移動向^{せんい}を、アセビ群落を一例に検討した。アセビ群落の内部にコナラを植栽後、成長を調査した。その結果、アセビ群落の内部で育つ稚樹は、シカの食害を受けながらも、稚樹を覆うアセビ群落の成長に合わせ成長する可能性が示唆された。

【センターとしての提言】

- ・コンテナ苗と裸苗を用いた植栽試験を行った結果、調査期間の樹高の変化量はコンテナ苗が裸苗と比較して小さく、地際直径^{じぎわ}の変化量は両苗種で同程度であった。苗木の形質の改善^{いくびょう}や育苗期間の短縮について検討する必要がある。
- ・大苗^{おおなえ}の植栽試験を行った結果、下刈りの省略は可能であるが、シカによる枝葉の食害や皮剥ぎ被害を防止するための対策が必要であることが示された。大苗に適した地利の良い場所の検討や防護柵の設置に対する支援が必要であると考えられる。

提言・成果の要旨

現在の南湖底泥に含まれる生物が利用可能なリンは十分に存在し、リン以外の条件が良ければ、今後も水草が生え続けるポテンシャルがあると考えられる。

底生糸状藻類^{しじょうそうるい}について、刈取り・除去により少ない状態を維持し続けることは難しく、再び生長・増殖することを前提とした管理を考えることが重要である。

湖底上の貧酸素^{しやうちよう}は、中長期的にみると南湖全体では回復しつつある。

水草消長^{しやうちやう}モデルによる解析から、刈取量の増加、時期の変更等では南湖全体の水草量を大幅にコントロールすることは難しいこと、2010年代と比較して繁茂量が少ない1930年代は、刈取量のほか、水温、水草の光環境を制御する水質や水位も水草繁茂量に影響することが示された。

以上より、琵琶湖南湖では潜在的には水草が生育し続けること、現在の施策では南湖全体の水草量や糸状藻類を大幅にコントロールすることは難しいことを前提に、底生生物を含めたモニタリングを継続し、長期的視野に立って刈取り・除去を順応的に実施することが望ましい。

PS6-1. 底泥の栄養塩量とそこから見た今後の水草繁茂について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・現在の南湖底泥に含まれる生物が利用可能なリンは、1990年以降の水草の過剰繁茂によって減少していないことが明らかとなった。
- ・上記のリン量は、湖底から0-5cmの底泥に限ったとしても、大繁茂とされた平成26年(2014年)、平成27年(2015年)に生育した量の水草を十二分に支えられる量であった。また、少なくとも湖底下20cmまでの泥には表層と変わらない量のリンが存在することが明らかとなった。底泥に含まれるリンの挙動と水草の利用には未解明な部分が多いが、潜在的には、水草が生え続けるポテンシャルがあると考えられる。

【センターとしての提言】

- ・琵琶湖南湖では、潜在的には水草が生育し続けることを前提に、長期的視野に立って、刈取り・除去を計画していくことが重要である。

PS6-2. 生物・生態系保全の視点からみた水草刈取り・除去について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・水草繁茂による生態系への悪影響の1つであった湖底上の貧酸素は、中長期的にみると南湖全体で緩和されつつある。一方、刈取り・除去施策によって底生生物の回復には至っていなかった。
- ・底生糸状藻類^{しじょうそうるい}の経年変化、季節変化および特性等の分析を行った結果、刈取り・除去した後、少ない状態を維持し続けることは難しいことがわかった。また、湖底に糸状藻類がマット状に広がったところでは、底泥中の底生生物（水生ミミズ類）がほとんど見られず、生息環境を悪化させていると考えられた。
- ・水草消長^{しょうちやう}モデルによって、1980年代は水質が悪く光環境が悪いため水草が沿岸部だけに繁茂すること、1930年代は刈取量が近年よりはるかに大きかったほか、水位が高く水温が低いなど環境条件が異なっていたことが繁茂量の変化に影響していることが示された。
- ・また、上記モデルの解析から、刈取量をさらに増加（～5倍程度）させたり、あるいは刈取る時期を変更したりしても、南湖全体の水草量を大幅にコントロールすることは難しいことがわかった。一方で、沿岸部の悪臭対策や在来魚の回遊経路の確保、シジミ漁場における低酸素化の改善、航路の確保など、スポット的なコントロールには有効と考えられる。

【センターとしての提言】

- ・湖底の底生糸状藻類の除去効果は限定的で、再び生長・増殖するため、今後も底生生物を含めたモニタリングを継続し、刈取り・除去事業を順応的に実施するのが望ましい。
- ・今後の水草繁茂に対する施策の方向性を検討する上では、現在の施策では南湖全体の水草量を大幅にコントロールすることは難しいことを念頭に、刈取りのほか、光環境を制御する水質や水位も水草繁茂量に影響することを認識すべきである。

提言・成果の要旨

南湖に水草大量繁茂や砂利採取による窪地の形成などにより、多地点において、夏季には貧酸素状態となり、底生生物が生息できない湖底環境になった。

そこで、本研究では、南湖の流れ・溶存酸素（D0）の調査、流れの平面分布調査、また、3次元数理モデルで数値実験を行い、南湖の底層貧酸素水塊の発生メカニズムを明らかにすることで、「南湖湖底環境改善事業」や「水草対策事業」などに情報を提供すると共に、南湖の生態系の改善と再生を図る。

RR. 南湖湖底における貧酸素状態の把握とその要因としての流れの水平分布の解析

【試験研究を通してわかったこと】

- ・南湖湖底における一時的な貧酸素状態を監視するため、水温・D0濃度の自動連続観測機器での調査が必要である。
- ・平成29年（2017年）～令和元年（2019年）のいずれの年においても、夏季に南湖の多数の地点で、湖底直上が貧酸素状態（D0濃度が2mg/lより低い状態）になった。その後、秋になるとともに、表層と底層の水温差がなくなるとともに、乱流が強くなり、D0濃度は回復した。
- ・山ノ下湾以外の南湖の他の地点には、水草、底泥の酸素消費、風・波・船などの影響を受け、D0濃度の日変動はよく見えない。この湾には、風・波・船などの影響がないため、水草の影響と底泥の酸素消費だけ残り、また、底泥の消費の日変動があまりないことから、このD0濃度の日変動は、水草によるものと考えられる。詳しく見ると、昼間には、水温の上昇に伴い植物プランクトンや水草の光合成により、湖底近くでD0濃度が高くなるが、夜間には、D0濃度が低くなった。このことによる湖底付近でのD0濃度の日変動の幅は、6mg/lに上った。この結果から、南湖湖底の貧酸素水塊の形成における水草の影響が分かるようになった。
- ・瀬田川洗堰の放流量が、南湖底層のD0濃度に与える影響が大きい。

放流量が100m³/sと400m³/sの場合について数値実験を行い比較したところ、放流量が100m³/sの場合は、南湖全体の流れが弱かつD0濃度も全体的に低くなった。特に、底層において貧酸素になりやすいことが分かった。

- ・南湖湖水の滞留時間は、3日～1か月であり、南湖の生態系は瀬田川洗堰からの放流などによる物理環境の変化に影響されやすい。南湖の生態系の評価と管理・再生のためには、物理環境の変化の影響を解明していく必要がある。
- ・数理モデルでの数値実験によると、南湖の流れの水平分布は、主に水深・地形の影響、風の状況、水草繁茂状況および瀬田川洗堰の放流量などで決まることが示唆されており、今後さらに精査が必要である。

提言・成果の要旨

第五期期間(H29-R1)の水深別の水質はプランクトンや気候等の影響で大きく変動した。そのため、気候変動が水質に与える影響も考慮しながら、調査を継続する必要がある。

また、底層 DO 調査により、平成 30 年度(2018 年度)に、北湖第一湖盆の水深約 90m の調査地点で昭和 54 年(1979 年)のモニタリング開始以降初めて、全層循環が確認できなかった。

さらに、SOD と底層 DO の関係性を解析した結果、SOD が例年よりも高ければ、底層 DO がより早く減少することが示唆された。

IA1-1. 水深別水質調査の継続実施

【試験研究を通してわかったこと】

- 平成 29 年度(2017 年度)の水深別水質調査の結果、6 月から 7 月にかけて大型緑藻が増加したことにより、北湖今津沖中央(17B)の粒子態全有機炭素(POC)は、表層から深度 20m まで増加していることが認められた。10 月に襲来した台風 21 号の影響により、一時的な浮遊物質(SS)の上昇が観測された。これらの事象は、当該年度における北湖透明度低下の一因と考えられた。
- 平成 30 年度(2018 年度)の水深別水質調査の結果、^{しょうさん}硝酸態窒素は、冬季においても表層の濃度が低く底層の濃度が高いままであった。北湖表層の全窒素濃度年間平均値が過去最低であったが、その要因の一つとして、底層の硝酸態窒素の表層への回帰が大幅に遅れたことが考えられた。
- 令和元年度(2019 年度)の水深別水質調査について、全層循環の未完了や 17B の底層 DO 低下の影響により底層における窒素・りんなどの濃度上昇が懸念されたが、全窒素(T-N)は過年度最低値、全りん(T-P)は過年度平均値付近で推移した。一方で底層の全マンガンは 10 月以降濃度の上昇がみられた。
- 平成 29 年度(2017 年度)から令和元年度(2019 年度)までの水深別の琵琶湖水質は、植物プランクトンの消長、豪雨や強風による影響、高い気温による全層循環の未完了、底層 DO の低下の影響によって大きく変動した。気候変動が水質へ与える影響も考慮しながら、琵琶湖水質の変動メカニズム解明のために、調査を継続する必要がある。

IA1-2. 底層 D0 調査の継続実施と、環境基準類型指定への対応

【試験研究を通してわかったこと】

- ・平成 30 年度（2018 年度）は、昭和 54 年（1979 年）に琵琶湖水質モニタリングを開始して以降初めて、北湖第一湖盆の水深約 90 m の調査地点で全層循環が確認されなかった。また、平成 29 年度（2017 年度）および令和元年度（2019 年度）において底層 D0 が 2 mg/L を下回る貧酸素状態を観測した。全層循環の未完了や底層 D0 低下の頻度増加などの気候変動による影響把握も含め、当該水域で継続して底層 D0 の状況を調査する必要がある。
- ・平成 29 年度（2017 年度）に北湖深水層底層 D0 調査の効率化を検討し、平成 30 年（2018 年）以降に実施したところ、5～8月に調査頻度を削減しながら適切に変動を把握できることがわかった。
- ・一方で、令和元年度（2019 年度）は 8 月下旬に第一湖盆で貧酸素状態を観測して以降、強風により一時的に D0 が回復したものの、2 月上旬までこれまでで最も長い期間にわたり貧酸素状態が継続した。貧酸素水塊の拡がり懸念されたことから、水深 80m の 4 地点を追加して状況の把握に努めた。貧酸素水塊は、水深 90m の水域から広がっていたが、水深 80m の水域全域までは広がっていなかった。
- ・今後は、令和元年度（2019 年度）に観測された状況をふまえ、底層 D0 の変動を適切に把握するために必要な調査地点・調査頻度をさらに検討する必要がある。
- ・全層循環の未完了を受け、その後、底層 D0 が低下し、低下範囲の拡大が見られたことから、センターと水産試験場および京都大学がそれぞれ実施している深水層の底層 D0 調査結果の情報共有を行った。今後も引き続き工夫しながら情報共有を図る必要がある。
- ・平成 28 年（2016 年）に環境基準に設定された底層 D0 については、今後、類型指定が行われる予定である。琵琶湖全体として、底層 D0 を適切に評価できる調査地点などの検討を進める必要がある。
- ・北湖深水層における D0 の問題は、全層循環の未完了が現実になり、D0 の低下に影響を及ぼし得るという新たなステージに入った。底層 D0 低下に対する対策を講じるとしても県単独では困難であるとみられることから、環境省、国土交通省等と連携し、対応の検討を始める必要がある。

IA1-3. 底層 D0 の消費因子である底泥酸素消費量 (SOD) の継続把握

【試験研究を通してわかったこと】

- ・17B における底泥酸素消費量 (SOD) 年間平均値は、平成 26 年度 (2014 年度) の $0.28 \text{ gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ から上昇傾向を示し、平成 28 年度 (2016 年度) からは $0.40 \text{ gO}_2/\text{m}^2/\text{day}$ 程度と高い値で推移していることが分かった。
- ・春季においては、SOD から底層 D0 の減少度合いが推測できることが示唆された。春季の SOD と底層 D0 の減少速度との間には正の相関が認められ、SOD が例年よりも高ければ底層 D0 がより早く減少することが示唆された。底層 D0 の変動状況を把握するうえで、その消費因子となる SOD が底層 D0 の変動にどの程度寄与しているか、引き続き解析を進める必要がある。
- ・SOD と底泥の表層 (深度 0-5 mm) に含有される全炭素 (T-C) ・全窒素 (T-N) との間には正の相関が認められた。湖水中の全窒素は減少している一方で、北湖深層部の底泥における SOD は上昇しており、SOD の上昇に底泥表層における有機物量の増加が寄与していることが示唆された。引き続き、SOD の変動因子について調査・解析を進める必要がある。
- ・環境基準に設定された底層 D0 について、今後の類型指定作業に引き続き協力し、SOD の面的な把握に取り組む必要がある。その際、国立環境研究所が開発した SOD 簡易測定法の導入が必要である。

提言・成果の要旨

第五期の期間（H29-R1）においても、植物プランクトンの変動によって琵琶湖の水質に大きな影響を与える事象が発生している。水質の変動をとらえるためにも、植物プランクトンのモニタリングは重要であり、継続的なモニタリングを実施できた。

これまでに蓄積した瀬田川のプランクトンの調査結果を解析することで、動物プランクトン、植物プランクトンの経年変化や季節性が明らかになった。また、異臭味の原因となるプランクトンの経年変化や季節性も明らかになったことから水道事業体では処理に注意を要する時期が明確化され、リスクに備えることができるようになった。さらに動物プランクトンと植物プランクトンの捕食の関係性が明らかになったことから、予測手法の検討に活用できる可能性が示唆された。

IA2. プランクトンの継続監視と遷移の評価について

【試験研究を通してわかったこと】

- ・モニタリング調査の結果から平成 29 年度（2017 年度）は北湖で緑藻類の *Staurastrum dorsidentiferum* が、平成 30 年度（2018 年度）は北湖で同じく緑藻類の *Staurastrum dorsidentiferum*、南湖では藍藻類の *Anabaena affinis*が増加し、透明度の低下、有機物量の増加がもたらされた。
- ・このように植物プランクトンの変動は水質の変動と密接にかかわっており、水質の変動をとらえるためにも、植物プランクトンのモニタリングは重要である。
- ・また、瀬田川におけるプランクトン解析によって、動物プランクトン、植物プランクトンの経年的な変化や季節性が明らかになった。例えば、近年、水道事業体において、生ぐさ臭やカビ臭など異臭味の原因となるプランクトンの *Oscillatoria tenuis* は過去には夏季に出現していたが、現在ではあまり見られなくなったことや、*Anabaena macrospora* は過去には少なかったが、現在では夏季に見られるようになってきた。また、動物プランクトンと植物プランクトンの関係性を見ると、植物プランクトン *Uroglena americana* は動物プランクトン *Cephalodella* sp. に捕食される姿が確認され、これらのプランクトンの経時変化を見ると、双方とも春季に出現する傾向があり、相関関係が確認された。このように、動物プランクトンの捕食が植物プランクトンの遷移に影響する可能性が示唆された。
- ・このことから、今後も引き続きモニタリングを継続しながら、水質の変動評価に活用するとともに植物プランクトンの変動にかかわる要因を検討し、植物プランクトンの増加によって起こるリスクに備えるためのプランクトン予測手法を検討する必要性がある。

提言・成果の要旨

夏季において県北東部では大阪湾方面に加えて、若狭湾や伊勢湾方面からも PM2.5 が流入し、他地域と比べ PM2.5 濃度が高くなりやすいことがわかった。また、秋～冬季にかけては、地域的に発生・生成した植物燃焼由来の炭素粒子や硝酸アンモニウム粒子の蓄積により、特に県中東部において PM2.5 濃度が高くなりやすいことがわかった。

一部の有害大気汚染物質は、PM2.5 とともに国外からも含めた移流の影響により濃度が変動している可能性が示唆された。加えて、琵琶湖流域への降水による窒素負荷は、大気汚染の改善に伴って低減傾向にあることがわかった。

IA3-1. PM2.5 濃度に県内地域差が生じる要因

【試験研究を通してわかったこと】

- ・夏季に県北東部においては、大阪湾方面のみならず、若狭湾や伊勢湾方面からも PM2.5 が流入してくるため、他地域に比べ濃度が高めになりやすいことがわかった。これは、大阪湾方面からの移流と移流過程における反応の進行が県北部での濃度上昇要因となっている光化学オキシダント (Ox) とは異なるため、広域的な連携も含めて対策を検討する際には、京阪神地域のみならず東海・北陸地方の各自治体との連携も考慮する必要があると考えられる。
- ・秋～冬季にかけては、地域的な発生源由来の PM2.5 およびその前駆物質が蓄積・反応しやすいような気象条件下において、PM2.5 の濃度上昇が見られることがわかった。特に県中東部においては、植物燃焼に由来する有機粒子の寄与が大きいこと、また窒素酸化物 (NOx) とアンモニアガス由来の硝酸アンモニウム粒子の生成により、他地域よりも濃度が高めになりやすいことが示唆された。これには、自動車や工場等の排出ガス由来の NOx のほか、農業活動など地域的な特性との関連も考えられる。PM2.5 は特に国外からの越境移流が大きな注目を集めてきたが、このように季節や地域によっては、地域的な発生源による寄与も見られる。今回の研究成果は、対策の必要性が再び増した場合を想定し、県域内における地域的な発生源対策も一定の効果を持つ可能性を示すとともに、対策の優先順位等を検討する際には有用な基礎資料となると考えられる。

IA3-2. PM2.5 と有害大気汚染物質や大気降下物との関連把握

【試験研究を通してわかったこと】

- ・有害大気汚染物質（揮発性有機化合物（VOC）類および多環芳香族炭化水素（PAH）類）について詳細な調査を実施した結果、一部の物質については、微小粒子状物質（PM2.5）とともに国外からも含めた移流の影響により濃度の変動している可能性が示唆された。
- ・今回得られた知見は、有害大気汚染物質モニタリング調査の、個々の調査結果や経年変化傾向についての解釈や評価に活用できると考えられる。
- ・大気自動測定や湿性降下物（酸性雨）調査のモニタリングデータから、PM2.5 や窒素酸化物（NO_x）等大気汚染物質の濃度と降水による窒素降水量は連動しており、琵琶湖流域への降水による窒素負荷は、大気汚染の改善に伴って低減傾向にあることが示された。

調査解析 4 化学物質の影響把握と緊急事故対応のための基盤構築

提言・成果の要旨

一部の未規制化学物質の一斉分析法を確立した。この成果は今後の法定モニタリング項目の追加時の対応等につなげる。また、生態影響試験法については、環境省において公定法化は見送られたが、当センターで実施可能となった。試験魚（ゼブラフィッシュ）の飼育・継代培養に関する知見や技術を得ることができたため、今後は緊急時の調査手法の確立につなげる。さらに、ゼブラフィッシュを用いた急性毒性試験の有効性を確認できたため、今後も試験方法の改良等を行い、実用化を目指す。

IA4-1. 未規制化学物質の一斉分析による実態把握

【試験研究を通してわかったこと】

- ・数多くの未規制化学物質や増え続ける法定モニタリング項目の監視に対応するため、その一部について、分析機器（GC/MS、LC/MS）を用いた一斉分析法を確立し適用することにより、琵琶湖流域における未規制化学物質に係る情報を効率的に収集・蓄積することができた。
- ・これらの検討結果やノウハウは、法定モニタリング項目の追加時の対応等につながるものである。

IA4-2. 生態影響試験の活用方法の検討

【試験研究を通してわかったこと】

- ・環境省において生態影響試験（WET 試験）の公定法化の検討が見送られ、事業場の自主管理に用いることとされた。
- ・ゼブラフィッシュを用いた WET 試験について、試験法に係るノウハウを獲得し、当センターで実施できるようになった。国立環境研究所との共同研究により、試験精度の確認についても行うことができた。しかしながら、WET 試験の実施にあたっては、一定の技能と生物の確保が必要であり、試験実施に 9 日程度要する等、試験の導入にあたっての課題があることが分かった。
- ・試験魚（ゼブラフィッシュ）の飼育・継代培養に関する知見や技術を得ることができた。これらの一部については、第六期中期計画の調査解析 4 サブテーマ 2（魚類を用いた急性毒性試験による緊急時調査手法の検討）へとつなげていくことができる。

IA4-3. 緊急事故対応のための基盤構築

【試験研究を通してわかったこと】

- ・機器分析を用いた一斉分析法について、緊急時に活用できるよう検討を行った。事業場等からの化学物質の流出を想定し、PRTR データに基づいて選定した物質において、LC/MS を用いた分析方法を確立できた。化学物質は多岐にわたることから、より多くの化学物質に対応するために、当センター所有の分析機器（GC/MS、LC/MS）を用いて検討を進める必要がある。
- ・ゼブラフィッシュを用いた急性毒性試験は、技術的容易性や迅速性の観点から水質事故発生等の緊急時における安全確認に適していることが分かった。そのため、急性毒性試験の基盤構築を進め、緊急時の対応も一定可能となった。今後も試験方法の改良等を行う。

提言・成果の要旨

将来像実現への進行管理については、進行管理指標と手法を提言する。具体的には、消費ベース CO₂ 排出量分析の必要性、既存の緩和策と適応策間の関係性の整理の重要性、ならびに将来像と整合性の取れた評価指標で定量的に取組を評価し、進行管理を行っていくことの有益性等である。

将来像共有化の促進手法に関しては、地域の各ステークホルダーが望む将来像を把握することの必要性、各種対策の社会的合意形成が必要な部分における論点整理の必要性を提言する。なかでもマザーレイク 21 計画およびフォーラムに関して、計画の進行管理スキームを、ポスト・マザーレイク 21 計画の枠組みの議論にも反映させていくこと、分野の垣根を越えた創発による市民主導の琵琶湖保全・再生活動の展開が求められる中、これに参加・伴走・支援する行政のあり方を検討すること、および普及啓発を図るための広報、公共政策について話し合える場づくり等による多様な活動展開の必要性を提言する。

将来像の社会実装の支援手法に関しては、目指す将来像を自分事として理解し、活動してくれる市民や事業者をいかに増やすかが喫緊の課題である。提言する手法の一つ目は、地域住民が関心を持つ分野を主題とするワークショップや取組において、気候変動影響や将来像にむけた取組についての検討を入れることである。二つ目は、将来像に貢献できる取組を認証する過程を通じた、市民や事業者の将来像実現への気付きや、自治体職員における将来像に対する共感の広がり強化である。

PS7-1. 将来像実現への進行管理指標と手法

【試験研究を通してわかったこと】

- ・本県のCO₂排出量変化の要因分析については、温室効果ガスのうち90%以上がCO₂であることから、エネルギー由来のCO₂排出量のみを対象とすることで、ほぼ全体の傾向が把握可能である。
- ・平成25年度(2013年度)～平成29年度(2017年度)の変化では、CO₂排出減少量のうち58%が電力のCO₂排出原単位の減少による寄与であったが、エネルギー集約度の減少による寄与も51%と大きく、家庭や産業など各主体による削減努力が確認できた。
- ・地域内の活動のために地域内外でどれだけCO₂が排出されているかという消費ベースCO₂排出量を把握することで、地球全体へのCO₂排出量変化への寄与が把握できる。本県の場合、産業構造の影響が大きく、エネルギーを多く消費する特定の産業が衰退すると、地域内は削減できても、地域外の排出量を増加させてしまうことになる。
- ・気候変動対策としての緩和策と適応策間には、①トレードオフ、②相乗効果、③関係なしの3つの関係性がある。
- ・適応策と位置付けられていない既存の施策においても、気候変動適応策の面から評価できる潜在的適応策が少なからず存在することから、既存の施策を見直し適応策として位置づけることから始めることで、適応策の検討が行いやすくなることが示唆される。
- ・環境(CO₂排出削減量)、経済(地域循環額)、社会(地域で人や自然とつながる時間)の3の指標で、目指す将来像と地域内で行われる取組の貢献度をそれぞれ定量化することで、評価指標の整合性を担保し、将来像と各取組の活動を直結させて評価することが可能となる。
- ・将来像実現にむけた定量的な進行管理を行うための枠組みを構築し、東近江市を事例として適用した結果、個別の取組の貢献度を評価することで、どのような点を改善すると将来像の実現により貢献できるのかが明らかになった。

【センターとしての提言】

- ・CO₂排出量変化の要因分析は、業種別や世帯の人員数や類型別に、さらに詳細な分析を行うことが必要である。また国全体等の情報から推計せざるを得ない数値もあり、本県の特徴の把握が困難であるため、アンケートなどにより実態把握を行うことが望ましい。
- ・消費ベースCO₂排出量も地域の環境負荷を表す一つの指標として利用し、地域内の排出量削減が地域外の排出量を増加させていないかを分析することが望ましい。
- ・気候変動対策は、緩和策と適応策の両輪により進められるという国の方針もあることから、既存の緩和策と適応策間の関係性を整理し、適応策を位置づけた行程表の再構築が重要となる。
- ・目標とする将来像を環境、経済、社会の評価指標で定量的に示し、併せて取組の将来像実現への貢献度を将来像と整合性の取れた評価指標で定量的に評価し、進行管理を行っていくことが必要である。
- ・なお、貢献度の定量化に用いる「代表的取組」は、分野の網羅性、活動の活性度、将来像共有化に役立つもの(知名度の意味合いも含む)、取組の活性化の状況が県民にとって分かりやすいもの、他の取組とのつながりの強度、の視点から抽出する。

PS7-2. 将来像共有化の促進手法の提示

【試験研究を通してわかったこと】

- ・将来像の社会実装を促進するためには、実現のためのより具体的な行動や取組を、市民が親しみや意義を感じ、自らの行動と結びつけて考えられるよう、地域レベルのものから始めることが有効である。
- ・その際、福祉や農林水産業、若者の雇用など、社会的に喫緊の課題についてのワークショップにおいて、気候変動や琵琶湖環境を制約条件として加えた議論をする必要がある。
- ・こうしたワークショップには、ファシリテーションをはじめ、地域の現状把握のための環境・経済・社会に関するデータの提供、推計などをサポートする研究者の役割が重要である。
- ・将来像やその実現に向けた取組や事業においては、不確実性を伴うもので科学的合理性に基づくには限界があり、社会的合意形成が必要となるが、不確実性がどこに潜んでいるかなど所在を特定することが求められる。
- ・高島市の事例では、まちづくり活動の現場においては、人々の行動実践の目的は、「人口減少、少子高齢化への対応」、「地域コミュニティにおけるソーシャルキャピタルの形成」、「自然資本の活用」であり、気候変動対策としての緩和策や適応策を主目的とした活動は少なかった。
- ・まちづくりにおいて重要視される、上記の3項目は、既に地域社会において影響が出始めているものであり、具体的な行動実践は、人々のリスク認知が大きく影響している。

【センターとしての提言】

- ・市町や県の将来像と各ステークホルダーが取組、事業を通じて目指す短期的、中長期的な将来像が異なっていると、将来像の実現に向けた取組が進まない。ステークホルダー分析により、各ステークホルダーが目指している将来像について把握し論点整理をする必要がある。
- ・県が示す将来像やそれに伴って必要な対策、事業について、どの程度の科学的合理性が担保されているのか、また不確実性が高く、社会的合意形成が必要な部分はどこか、について十分に整理する必要がある。
- ・地域住民が関心を持つ分野を主題とするワークショップや取組において、気候変動影響や将来像にむけた取組についての検討を入れることが望ましい。

【マザーレイク 21 計画およびフォーラムについて】

- ・マザーレイク 21 計画（第 2 期）の進行管理にあたっては、琵琶湖に係る様々な指標の整理と、その共有をベースとした多様な主体による話し合いの場づくりを進めてきた。年月をかけて築き上げてきた計画の進行管理スキームは、現在ポスト・マザーレイク 21 計画の枠組みとして検討されている「(仮称) マザーレイク・フレームワーク」の議論にも反映させていく必要がある。
- ・多様な主体が興味を持ち自発的に行動するという「形態合理」な方法を通じて、琵琶湖の課題解決につなげることを模索する必要がある。これからは分野の垣根を越えた創発による市民主導の琵琶湖保全・再生活動の展開が求められ、これに参加・伴走・支援する行政のあり方を

検討することが必要である。

- ・マザーレイクフォーラムは計画における PDCA サイクルの C (Check) に注力した運営がなされてきたが、これまでの成果や課題を踏まえれば、より多様な活動展開が求められる。例えば、普及啓発を図るための広報、公共政策について話し合える場づくり、多様な主体の連携コーディネート、市民らによる活動展開の支援、琵琶湖に関する多様な情報の一元的集約と発信などである。他の組織・団体と連携して取り組むことで、新たな進め方や効率的な運営方法を試行することが必要である。

PS7-3. 将来像の社会実装の支援手法

【試験研究を通してわかったこと】

- ・気候変動対策や持続可能な社会実現への市民の認知度や行政施策としての優先順位は低く、社会実装は容易ではない。東近江市における事例では、市民・事業者・行政の参画の下、2030年の東近江市の望ましい将来像を作成し、その社会実装に取り組んでいるものの、将来像を理解し、活動してくれる市民や事業者をいかに増やすかが喫緊の課題である。
- ・東近江市を対象とし、市の将来像の実現に貢献できる事業者を「近江匠人（おうみしょうにん）」として認証するための枠組みを構築した。認証を与えるための評価軸は、2030年の東近江市の望ましい将来像の評価軸である社会、経済、環境を用いているが、生み出す物産そのものではなく、市内で物産を生み出す事業者の行動や思考に焦点を当て、「社会：人（地域）とのつながり」、「経済：本物へのこだわり」、「環境：未来へつなげる」志向をもち、地域愛を大切にしながら地域貢献への思いを持って活動する事業者を認証するのが特徴である。
- ・23の事業者から応募があり、13の事業者を認証した。応募者全体として、地元産材料を使い、本物にこだわって活動する者が多い一方で、環境への配慮や後継者を育てる側面はあまり意識しない事業者が多かった。
- ・地域での事業活動による影響が、環境・経済・社会の多側面に及ぶことを定量的に示すことで、あまり意識してこなかった環境への配慮や後継者を育てるといった側面への気づき生まれ、自らが生み出す物産を将来像実現の観点から見つめ直すことにつながった。また、事業活動の動機づけになるインセンティブを提供することで、事業者には、自らの活動に対するモチベーションを高める、市職員には、応募事業者へのヒアリング対応や審査基準の事業者への説明などを通じて、市の将来像への共感が広がるなどの副次的効果もあった。

【センターとしての提言】

- ・将来像実現に貢献できる事業者に対する認証制度の活用も有効である。
- ・将来像に貢献できる取組を認証する課程を通じた、市民や事業者の将来像実現への気付きや、自治体職員における将来像に対する共感の広がりを強化でき、社会実装が進む可能性を示唆した。

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
研究報告書第16号
平成29～31年度

RESEARCH REPORT
OF
LAKE BIWA ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE

NO.16 2017～2019
2021年3月発行
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター
〒520-0022 滋賀県大津市柳が崎5-34
[TEL:077-526-4800](tel:077-526-4800) / [FAX:077-526-4803](tel:077-526-4803)
<https://www.lberi.jp>



