滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

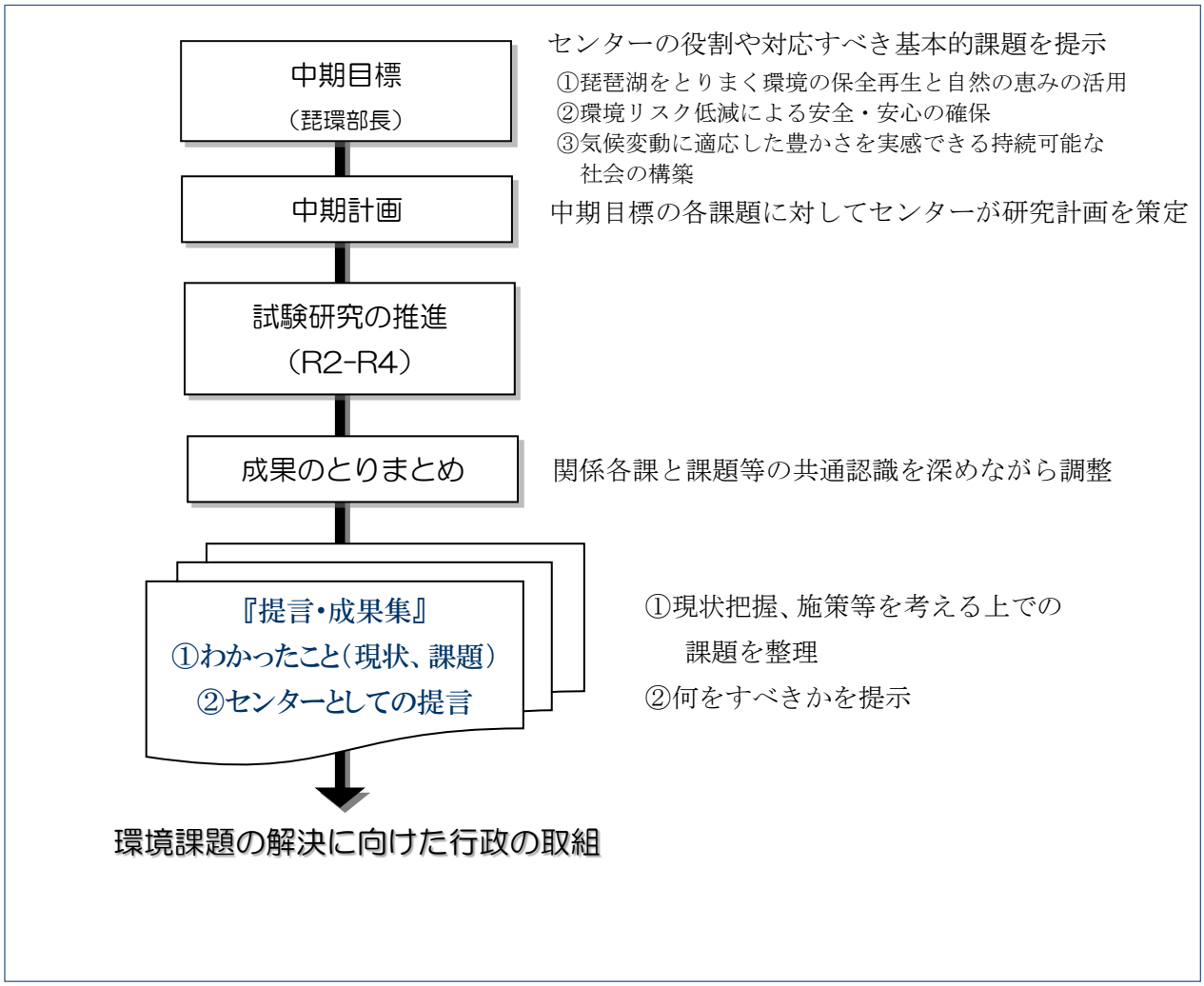
第六期中期計画　提言・成果集

（令和２～令和４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（六期：R2～R4）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、第六期中期計画の研究成果をもとに、令和５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六期中期計画の試験研究概要　（研究課題と研究体系）

［基本的課題］（＝「中期目標」に明記）

①　琵琶湖をとりまく環境の保全再生と自然の恵みの活用　　**②　環境リスク低減による安全・安心の確保**

③　気候変動に適応した豊かさを実感できる持続可能な社会の構築

［試験研究区分］

課題解決

政策課題研究　：総合解析による施策の方向性やあり方の提案

調査解析　：モニタリングを基礎とした課題の詳細把握と現象解明

分析評価ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ　：法律等に基づいたモニタリングと分析結果の評価

課題発見
現況把握

＜ **試験研究の体系** ＞　〔計 14 本（政策課題研究７本、調査解析４本、分析評価ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ３本）〕

①　琵琶湖をとりまく環境の保全再生と自然の恵みの活用

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」

- 森林から湖、沿岸帯、プランクトンから魚介類までのつながりに関する総合型研究の推進
  - (1) 二枚貝等を評価指標とした湖辺環境改善手法の検討・実装に関する研究　【政策課題研究１】
  - (2) 在来魚保全のための水系のつながり再生に向けた研究　【政策課題研究２】
  - (3) 湖沼の円滑な物質循環につながる要件と指標に関する研究　【政策課題研究３】
- 外来種対策を含めた生物多様性の保全・再生
  - (4) 生物多様性保全・再生に関する研究【政策課題研究４】
- 森林の多面的機能の保全および発揮に関する知見の提示
  - (5) 琵琶湖を育む森林に関する研究　【政策課題研究５】
- 南湖湖底の貧酸素状況および水草増減が生態系に与える影響の把握
  - (6) 南湖生態系に影響を及ぼす湖底環境等に関する研究　【政策課題研究６】
- 新たな環境基準（底層 DO）のモニタリング・評価方法の提示
  - (7) 新指標（底層 DO）等のモニタリング計画の策定と評価の具体的検討　【調査解析１】
- プランクトンの継続的なモニタリングと短期的予測手法の検討
  - (8) 琵琶湖・瀬田川プランクトン等モニタリングとプランクトン予測手法の検討　【調査解析２】
- 琵琶湖水環境の監視
  - (9) 琵琶湖等水環境のモニタリング　【分析ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ１】

※上記の他に国立環境研究所琵琶湖分室との連携研究として「健全な水環境保全のための水質・湖底環境に関する研究」「湖沼の生態系の評価と管理・再生に関する研究」を実施。

②　環境リスク低減による安全・安心の確保

- オキシダントの前駆物質の動態把握、長期変動要因の検証
  - (10) 滋賀県における光化学オキシダント等の濃度変動要因の把握　【調査解析３】
- 緊急時における原因究明、影響確認に活用できる調査手法の検討
  - (11) 緊急時における化学物質調査手法の検討　【調査解析４】
- 発生源や環境の監視
  - (12) 大気環境のモニタリング　【分析ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ２】
  - (13) 水土壌環境の発生源モニタリング　【分析ﾓﾆﾀﾘﾝｸﾞ３】

③　気候変動に適応した豊かさを実感できる持続可能な社会の構築

- 脱炭素社会および気候変動に適応する社会のシナリオ作成や緩和・適応策の社会実装に向けた支援　等
  - (14) 気候変動に対応する持続可能な社会にむけた戦略的シナリオに関する研究　【政策課題研究７】

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

○ 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？『気付き』）

（＝ 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	ﾍﾟｰｼﾞ
〔琵琶湖をとりまく環境の保全再生と自然の恵みの活用〕		
政策課題研究 1		
	二枚貝等を評価指標とした湖辺環境改善手法の検討・実装に関する研究	
PS1	二枚貝等を評価指標とした湖辺環境改善手法とその実装に向けた方向性	258
政策課題研究 2		
	在来魚保全のための水系のつながり再生に向けた研究	
PS2-1	森林域から川への土砂のつながりに関する提言	260
PS2-2	在来魚の保全に向けた河床の礫管理方法に関する提言	261
PS2-3	滋賀県における小さな自然再生の拡大・推進について	262
政策課題研究 3		
	湖沼の円滑な物質循環につながる要件と指標に関する研究	
PS3-1	物質循環の円滑さを評価する指標の体系および気象･気候との関係について	263
PS3-2	マザーレイクゴールズ（MLGs）の推進体制について	264
PS3-3	「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	265
PS3-4	湖水有機物の物質循環における役割とその指標について	266
政策課題研究 4		
	生物多様性保全・再生に関する研究	
PS4-1	オオバナミズキンバイの駆除および今後の管理について	267
PS4-2	琵琶湖沖帯で絶滅が危惧されている野生希少固有種の保全について	268
PS4-3	県内における生物多様性保全・再生の推進と生物多様性の把握について	269
政策課題研究 5		
	琵琶湖を育む森林に関する研究	
PS5	琵琶湖を育む森林の適切な管理方策に関する提言	270
政策課題研究 6		
	南湖生態系に影響を及ぼす湖底環境等に関する研究	
PS6-1	南湖湖底環境改善の検討について	272
PS6-2	南湖の流れの水平分布の変化のメカニズム解明について	273
PS6-3	水草の増減が湖底生態系に与える中長期的影響評価について	274
PS6-4	底質の有機炭素・窒素量やその比率に与える水草繁茂や除去事業の影響について	275

調査解析 1

新指標（底層 DO）等のモニタリング計画の策定と評価の具体的検討

IA1-1	琵琶湖における底層 DO のモニタリング･評価方法の提示	276
IA1-2	SOD（底層 DO の消費因子）の評価方法の構築	278

調査解析 2

琵琶湖・瀬田川プランクトン等モニタリングとプランクトン予測手法の検討

IA2	プランクトンの継続監視とプランクトン予測	280

〔環境リスク低減による安全・安心の確保〕

調査解析 3

滋賀県における光化学オキシダント等の濃度変動要因の把握

IA3-1	トレンドからみる Ox 濃度長期変動要因	281
IA3-2	Ox 生成と原因物質組成	282
IA3-3	有機マーカー成分による PM2.5 成分の起源の推定	282

調査解析 4

緊急時における化学物質調査手法の検討

IA4-1	機器分析による化学物質の緊急時調査手法の検討	283
IA4-2	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	284

〔気候変動に適応した豊かさを実感できる持続可能な社会の構築〕

政策課題研究 7

気候変動に対応する持続可能な社会にむけた戦略的シナリオに関する研究

PS7-1	気候変動による影響評価情報に基づく脆弱性の評価	285
PS7-2①	滋賀県内ステークホルダーの気候変動影響の認知状況の把握	287
PS7-2②	市民参加型社会的合理性に基づく政策形成のためのワークショップデザイン	288
PS7-2③	気候変動影響情報提供手法の検討	288
PS7-3①	2050 年 CO_2 ネットゼロ社会シナリオとその作成手法	289
PS7-3②	ゼロカーボン電力の生産者としての産業創成と気候変動適応を考慮した再生可能エネルギーの適切な土地利用	291

５．提言・成果文

政策課題研究１　二枚貝等を評価指標とした湖辺環境改善手法の検討･実装に関する研究

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、良好な生息環境を構成する水質、底質、流動等の条件、良好な餌環境として「珪藻類の増加」、「アオコ原因種等の藍藻類の減少」、「大型緑藻類の減少」が重要であることがわかった。良好な生息環境となる浅い砂地の確保に向けては、住民活動や工作物設置による、場所の特性に応じた手法の有効性を確認するとともに、積極的な住民活動の継続につながる共通認識の形成が重要な要素の一つであることがわかった。

また、養浜実施場所における底質と底生動物等の状況を把握した結果、短期的にはライフサイクルの長いシジミ類等の定着には工事後数年を要することがわかった。長期的には、工事後 10 年程度が経過しても砂地の侵食や泥質の堆積が顕著でない場所では、養浜されていない砂地と同様に、底生動物の生息状況は波浪による湖底攪乱の大小等を反映すると考えられた。砂地の造成により湖辺環境改善を図る場合、過度な波浪が生じない場所で実施し、長期的に砂地の侵食や泥質の堆積が抑制されれば効果が大きいと考えられた。

上記の成果に基づき作成した「湖辺環境改善に向けた考え方と実践」事例集を活用し、行政、住民等の協働により、湖辺の生態系改善に向けた取組を推進する必要がある。

PS1.　二枚貝等を評価指標とした湖辺環境改善手法とその実装に向けた方向性

【試験研究を通してわかったこと】

- 底生動物とその生息環境の対応関係の解析結果から、**底生動物組成を規定する主な環境因子は、餌環境と関連する水質・底質中の有機物・栄養塩、生息環境としての底質粒径、湖水の流動・波浪と関連する湖岸傾斜である**ことがわかった。**シジミ類の生息環境としては遠浅の砂地が最も適しており**、甲殻類の琵琶湖固有種ビワカマカも同様の生息環境が適していることから、ビワカマカもシジミ類と同様な環境指標となりうることがわかった。
- 南湖における水草繁茂状況と底生動物の生息状況を把握した結果、**近年は水草が減少し、底生動物が増加している**ことがわかった。
- シジミ類稚貝に 1 種または 2 種の植物プランクトンのみを給餌した飼育実験の結果、良好な餌環境の条件として**「珪藻類の増加」、「アオコ原因種等の藍藻類の減少」、「大型緑藻類の減少」**の重要性が示唆された。
- 湖辺で環境改善活動を実施した場所におけるシジミ類の生息状況を把握した結果、住民参加による**継続的な湖底耕耘や水草除去により、生後 1～2 年程度の稚貝が増加した。**
- シジミ類の増加に向けては、**生後 2 年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。

・過度な波浪を緩衝し砂地の攪乱を抑制する、**簡易な工作物を設置した場所における底生動物の生息状況を把握した結果、工作物内ではミミズ類等が増加し、シジミ類も増加傾向が認められた。**

・二枚貝の増減条件を記述した数理モデルによる解析の結果、湖辺環境改善手法として、**①流動改善による止水域の解消、②底質改善（砂質化）による底質酸素消費の抑制、③湖沼の一次生産量（餌供給量）に見合った二枚貝の資源量管理**、が有効と考えられた。

・養浜（ようひん）実施場所における底生動物の生息状況と湖底環境（底質、湖底断面地形）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・堆積状況により、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**必要があることがわかった。長期的には、工事後 10 年程度が経過しても砂地の侵食や泥質の堆積が顕著でない場所では、養浜（ようひん）されていない砂地と同様に、底生動物の生息状況は波浪による湖底攪乱の大小等を反映すると考えられたことから、**過度な波浪が生じない場所で砂地造成を実施し、長期的に砂地の侵食や泥質の堆積が抑制されれば効果が大きい**と考えられた。

【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、2021 年度に**「湖辺環境改善に向けた考え方と実践」事例集としてまとめた。この「事例集」の内容を保全活動の担い手に提供し、効果的に環境改善活動を広げる必要がある。また、今後の水産取組への科学的基礎情報としても活用できる。**

・住民等による自発的な活動の推進においては、**シジミ類等のわ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ことが出来る可能性がある。

・**砂地造成により湖辺環境改善を図る場合、シジミ類等の定着に数年を見込んだ上で、過度な波浪が生じない場所で実施し、**能動的、受動的にかかわらず、**長期的に砂地の侵食や泥質の堆積が抑制されれば効果が大きい**と考えられる。

・南湖の水草根こそぎ刈り取り等は、これまで水草の減少を図る目的で実施されてきたが、**水草の減少が続く間は湖底耕耘（こううん）として実施すれば、湖底環境の改善を図ることができる**と考えられる。

・シジミ類の増加に向けた課題として、**生後 2 年程度までの稚貝の生残率の向上**、**人の手で制御することが困難な餌環境等の改善手法**があげられ、今後の研究が望まれる。

政策課題研究 2　在来魚保全のための水系のつながり再生に向けた研究

提言・成果の要旨

在来魚のにぎわい復活を図るためには、上流から下流までの水と土のつながりを捉え、多様な主体が協働し一貫した考えのもと、以下の事項について取り組んでいくことが有効である。

・森林では、林床が明るく森の下草が被覆するような森林管理により、河川に流入する土砂を適度な質と量に調整するのが、在来魚のにぎわい再生にとって重要である。
・「ドローン測量」や「写真による河床材粒径測量」など、河川の土砂環境の変遷を定量的にモニタリングする技術の活用により、森―川―湖の土砂移動、堆積変動、河床の小中礫の分布状況など、在来魚のにぎわい再生に効果的な対策に寄与できる情報が得られる。また、地元住民等のステークホルダーと河床の土砂環境に関する情報を共有できて、流域環境管理の合意形成時に活用できる。
・大河川では多自然川づくりを推進し、中小河川では「小さな自然再生」により、多様な主体が関わって、アユやビワマスなどの在来魚が「降下遡上」や「産卵」できるような川づくりが重要である。

PS2-1.　**森林域から川への土砂のつながりに関する提言**

【試験研究を通してわかったこと】

・琵琶湖流域全域の森林表層からの泥の土砂流出の増加が、 森―川―湖の土砂のつながりにより、琵琶湖の湖岸や水質環境に影響を及ぼしている可能性があることがわかった。
・アユやビワマスの産卵床の小中礫への強い選択性などから、森―川―湖の泥分と小中礫のつながりの変化が在来魚のにぎわいに大きな影響を与えている可能性があることがわかった。
・森林の下草が砂泥分の多い森林表層の土砂流出を抑制する効果があることが定量的にわかった。
・森から川へ流入する泥分が多いとアユ、ビワマス、イワナなどの生息面積や産卵面積が減少する可能性があることが示唆された。
・アユ、ビワマス、イワナなどの在来魚は、森―川―湖を 10㎜ 前後の礫が容易に移動できて、フレッシュな礫がふんわりと堆積するような河床環境があれば、産卵床が再生創出されて生息量が増加する可能性があることがわかった。

【センターとしての提言】

・「森の下草」の土砂流出抑制効果を維持できるような、例えば、シカ食害管理、適切な間伐、広葉樹の植樹などのように、森林斜面からの泥の流出を適度に抑制するために被覆率 60%以上の明るい林床になるように森林管理を促進するのが良いと考えられる。そうすると、泥分の流出が抑制されてアユ、ビワマス、イワナ等の在来魚の生息環境の改善につながると考えられる。

PS2-2. **在来魚の保全に向けた河床の礫管理方法に関する提言**

【試験研究を通してわかったこと】

・水中写真測量技術を開発し、これまで測定がかなり困難であった水中の河床状況（表面粒径分布、３次元表面形状、表面色）を把握することができるようになった。

・愛知川におけるアユ産卵床は、上流からの土砂供給が少ないため、緩やかな瀬の周辺等の動きやすい小中礫（2-16㎜）が礫間にやわらかく堆積している河床においてのみ確認できた。その結果、アユが産卵場の小礫に関して強い選択性があることがわかった。

・渇水による瀬切れにより、上流域にある本来の産卵区間まで遡上できないときのビワマス産卵床は、下流域区間で臨時的に産卵可能であることが確認できた。さらに、小礫が多い下流区間でありながらも、産卵床には中礫（17-64㎜）を使っており、中礫に強い選好性があることが確認できた。

【センターとしての提言】

・「ドローン測量」や「写真による河床材粒径測量」などにより、例えばアユの産卵床に好適な 2-16㎜ の小中礫やビワマスの産卵床に好適な 17-64㎜ の中礫の分布など、河床の粒径分布を河床環境モニタリングの指標として、在来魚が産卵しやすい河川環境を再生創出することが望ましい。

・上流からの土砂供給が少なく移動する小中礫が足りない場合には、短期的に産卵環境を改善する対策方法の一つとして、固定化した河床の砂礫堆（砂洲）を耕耘等で強制的に変化させ、土砂の供給と移動を局所的に促進させる方法もある。

・産卵環境の改善には土砂移動の促進が重要ではあるが、例えばビワマスやアユなど遡上降下する魚種には「瀬切れを防ぐ川づくり」や「魚道により遡上経路の阻害解消」も重要である。

・アユやビワマスの産卵床に必要な小中礫が上流域から河口まで滞りなく流下していることが確認できるように、ドローン測量などにより、河道内の土砂堆積量の体積変化をモニタリングして、河川管理事業等において活用していくことが望ましい。

・河川管理者や地元住民、企業など多様な主体が河川の土砂環境の情報や生物多様性の情報を共有し、望ましい河床環境の在り方についての合意形成の過程で、土砂環境情報を利用できるようすることが望ましい。

PS2-3. **滋賀県における小さな自然再生の拡大・推進について**

【試験研究を通してわかったこと】

・多様な主体による在来魚の保全に資する、産卵床造成、バーブ工設置、魚道設置などの「小さな自然再生」は、小規模河川における保全・再生活動に有効であること。

・河川管理者が主導する従来の自然再生と比べた小さな自然再生の優位性は、大きく以下の 3 点が挙げられる。①費用が小さく、結果に応じてやり直せること。②持続的な維持管理につながること。③地域内外に広がり、様々な波及効果をもたらすこと。

【センターとしての提言】

・中小河川において「小さな自然再生」の技法や既存知見を活かして在来魚の保全を促進していく必要性がある。また、大河川での自然再生は河川管理者主導で実施することが望ましい。

・小さな自然再生の最も大きな課題は、体制づくりにある。河川管理者や行政部局などが住民らに声をかけて体制を構築すると、必然的に行政主導の場になってしまい、適切な役割分担を行うことが難しくなる。住民らが問題に気づいて声を上げ、そこに河川管理者や研究者らが協力するという順序で進めることが、対等な関係を構築する上で重要となる。

・これらの特徴を踏まえた上で、小さな自然再生を滋賀県各地で推進していくことが必要である。

政策課題研究 3　湖沼の円滑な物質循環につながる要件と指標に関する研究

提言・成果の要旨

動プラとその餌となる小型セストン（45μm未満の粒子）の関係に着目すると、小型セストンの量が動プラの量や生産量に、また小型セストンの質（C：N比・C：P比）が動プラの質につながっていることが示唆された。小型セストンは沿岸帯に多く、大型（45μm以上の粒子）に比べて質がよく（C：N比やC：P比が小さく）、また動プラの量や生産量も沿岸帯で多いので、生物生産の場として沿岸帯が重要であることが明らかになった。

一方で小型セストンの量や質、生産量と栄養塩濃度の間には明瞭な関係は見られなかった。過去調査と比較して、小型セストンの量、動プラの量や生産量が近年減少しているという傾向は見られておらず、小型セストンの質で見ても、動プラの成長の律速となっている状況は確認されていない。したがって、現在の環境では、小型植プラや動プラを増やすために栄養塩を入れるなどの対策を行うことの積極的な理由は見いだせなかった。

数理モデルを用いた感度分析では、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。今後、気候変動により水質・生態系に様々な影響が出たときに、現在の状況が続くという保証はない。本研究で提案した物質循環の円滑さやその要因に関わる様々な指標を定期的にモニタリングして状況の変化を把握するとともに、気候変動の進展が物質循環にどのような影響をもたらすか明らかにし、適応策を検討する必要がある。

PS3-1.　物質循環の円滑さを評価する指標の体系および気象・気候との関係について

【試験研究を通してわかったこと】

・琵琶湖流域水物質循環モデルを用いた解析の結果から、近年の気候の変化は流入負荷を増加させる一因となっていること、猛暑や暖冬が全層循環未完了に影響することが明らかになった。また、大型植プラの増加等の水質変化にも影響している可能性が示唆された。

【センターとしての提言】

・これまで、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、すなわち物質循環が円滑であることが、水質保全と生態系保全の両立に直結することを提示し、それを測る指標として「生物バランス」「呼吸効率」「転換効率」を提案してきた。本研究ではさらに、物質循環の円滑さの要因となる指標として、「大型（小型）植プラの割合」「サイズ別植プラ（セストン）のC：N：P（炭素：窒素：リン）比」「溶存有機物（DOM）の分解により供給される栄養塩量」を提案する。これらの指標は比較的容易に測定することが可能であり、物質循環の状況や対策効果を知る上で有用な情報となり得る。

・ただし、これら要因となる指標と物質循環の円滑さの関係は単純ではなく、その他の環境因子とあわせて複合的に影響するため、物質循環の円滑さの状況を理解する一手段と捉えるとともに、調査を継続して指標間の関係を把握していく必要がある。

・気候変動は全層循環未完了や底層DOの低下だけでなく、複雑なメカニズムによって水質や生態系に影響を与える可能性があり、その影響について調査を進めるとともに、対策について早急に検討を進める必要がある。

PS3-2.　マザーレイクゴールズ（MLGs）の推進体制について

【試験研究を通してわかったこと】

・2021 年 7 月策定された琵琶湖版 SDGs「マザーレイクゴールズ（MLGs)」は、多様な市民が関わりまた活動を起こす契機となった。この理由として、主に以下 3 点の理由が考えられる。①共有しやすいローカルな目標を掲げた。②活動の生態系を育むことを目指した。③環境分野にこだわらずに活動を広げた。

【センターとしての提言】

・MLGs は「活動の生態系を築き、創発を促す」ことを目標に掲げ、多様な主体の参画を容易にしたことから、これまでにない活動の展開を見ることができた。一方で、推進委員会事務局を中心とする関係者への負担が増大し、正常な運営に困難を来す事態も生じている。そこで今後、推進体制をより強化し、また持続可能としていくために、以下 3 点を提案する。

①**MLGs 案内人コミュニティを育み、更なる充実を図る**：案内人の数を増やすとともに、MLGs について理解を深めて幹事・事務局と連携して一層 MLGs の活動を推進していけるよう、研修制度（MLGs 案内人養成講座）を設ける。その上で、事務局に寄せられる依頼や相談の一部については、案内人から希望者を募って担当してもらうことなども検討する。

②**新しい分野や人々との連携を強化する**：市民らの創発を促すため、新しい分野・人々との連携はこれまで以上に積極的に取り組む。「環境」という枠を超えて、活動の生態系をつくる。

③**資金循環の仕組みの更なる検討や実践を進める**：寄附金を積極的に受領し、また活用できる体制を整える。国内外の資金循環の事例も参考に、志のあるお金が地域内で循環する仕組みをつくる。

PS3-3. 「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

【試験研究を通してわかったこと】

・沖帯では、動プラの餌となる小型セストンの量はアンモニア態窒素濃度と正の相関を示したが、それ以外の栄養塩濃度についてはそうした関係は見られなかった。沿岸帯の小型セストンは、全ての栄養塩濃度と関係性はみられなかった。琵琶湖において、アンモニア態窒素は硝酸態窒素等と比較して非常に少ないため、植プラはアンモニア態以外の形態の窒素も利用しないと増殖できないが、本研究では硝酸態窒素等とは相関はみられていない。また植プラが少量の無機栄養塩を積極的に利用するならば、むしろ両者は負の相関を示す場合もある。したがって、栄養塩濃度と小型セストン量の関係は必ずしも明確でないと考えられた。

・沿岸帯では、沖帯よりも動プラの餌の小型セストンが多く、特に夏季では、動プラの現存量や生産量も高まった。同化速度の実験結果から、夏季の沿岸帯における動プラの高い生産量を支えている餌は、植物プランクトンに加えて、微生物の鞭毛虫であることがわかった。夏季の沿岸帯では、生食食物連鎖だけでなく、微生物食物連鎖からのエネルギー（鞭毛虫等の微生物の餌）が、動プラの生産量を支えていることがわかった。

・沖帯および沿岸帯の小型植プラの生産量は、季節的な水温や栄養塩濃度の変化とは明瞭な関係性はみられなかった。今後は、小型植プラの生産量が高まる要件を明らかにするため、日射量や降水量等の気象条件の影響等も含めて解析する必要があると考えられる。

・動プラの餌となる小型セストンの質（C：P 比、C：N 比）については、動プラの生産が制限される閾値を下回ることは限定的で、小型セストンの質で見た場合、動プラの成長の律速となっている状況は確認されなかった。

・魚の餌となる動プラの体の質（C：P 比、C：N 比）については、一時的に C：P 比が 100 を超える時期もみられ、魚類の成長速度が制限される可能性が示唆された。稚仔魚期についてはリン要求量が高いため、アユ等のプランクトン食魚の成長段階ごとのリン要求量を求め、動プラの C：P 比によって成長が制限されていないかを評価することが今後の課題である。

【センターとしての提言】

・小型セストンの量や質、生産量と栄養塩濃度の間には明瞭な関係は見られなかったことから、小型植プラや動プラを増やすために栄養塩を入れるなどの対策を行うことの積極的な理由は見いだせない。

・夏季の沿岸帯で動プラの生産量を支える鞭毛虫は、有機物消費者の細菌を食べて増える。よって、沿岸帯において、湖岸の緩傾斜化等で有機物の沈降速度を緩やかにできれば、細菌による有機物の効率的な利用と細菌生産の増加を促し、植プラから動プラへの生食食物連鎖だけでなく、細菌－鞭毛虫－動プラの微生物食物連鎖の両面から動プラの生産量を上げることが可能と考える。これにより、動プラープランクトン食性魚（夏季に沿岸帯で生息するホンモロコ等）の転換効率が高まる可能性がある。ただし水質への影響が懸念されるため、その具体的な方法とともに慎重な検討が必要である。

PS3-4. 湖水有機物の物質循環における役割とその指標について

【試験研究を通してわかったこと】

・従来、水質の指標として、富栄養化度には全窒素（TN）等、有機汚濁には化学的酸素要求量（COD）や全有機炭素（TOC）等の水中バルク濃度情報が用いられてきたが、これらは、反応性・分解性が大きく異なる様々な成分が混合した結果の値である。汚濁削減と貧栄養化が一定進んできた現在の琵琶湖では、これらの指標は、生態系内では反応しない難分解性の溶存有機物（DOM）を多くの割合として含むため、物質循環を測る指標としては適切とは言えない。そのため、DOMの分解特性（易分解性画分の割合、分解速度等）を把握できる手法の開発が、生物利用可能な有機炭素や栄養塩の量を高精度に把握できる水質指標開発に必要となる。

・湖水有機物の生分解性を評価するために従来実施されてきた100日間の有機物生分解試験は、調査・分析の迅速性や簡便性に課題があった。DOMの蛍光・吸光特性の指標性を評価したところ、易分解性DOC濃度、難分解性DOC濃度などの情報を、高精度に予測可能であることがわかった。DOMの蛍光・吸光分析は、湖水採取後すぐに多数の試料に適用可能であるため、湖水有機物の生分解性の高頻度・多地点でのモニタリングに活用できる。

・DOMの分解特性は、分子サイズに着目して3画分（①高分子DOM、②低分子易分解性DOM、③低分子難分解性DOM）に分けて考えることで、2画分（①易分解性DOM、②難分解性DOM）に分ける従来法よりも高精度に把握できる。さらに、湖水DOMの分子サイズ分布情報からDOM分解特性を予測することで、湖水中におけるDOMの生産フラックスと分解フラックスの変動を、分子サイズ別に推定できる。湖内物質循環における重要なプロセスのフローを比較的簡便に把握できる手法として、DOM分子サイズ分布が活用できる。

・栄養塩濃度が低い貧栄養環境となっている夏季成層期の湖沖帯表層では、DOMの分解に伴い放出される窒素栄養塩が、生態系にとって重要な栄養塩供給源となっている。夏季成層期の湖沖帯表層では、大型植プラの割合が比較的低いため、DOMの栄養塩供給機能は、小型植プラの生産量の維持に重要な可能性がある。今後、水温等の環境条件や、DOMの生成源および化学組成が、DOMの栄養塩供給機能におよぼす影響について、知見を得ることが重要になる。

・動プラの生産につながる可能性がある細菌生産量については、酸素消費量が少なすぎて評価できないBOD5に変わり、28日間培養して分析するBOD28を測定することで、間接的にその影響を把握できることがわかった。

政策課題研究 4　生物多様性保全･再生に関する研究

提言・成果の要旨

・侵略的外来植物オオバナミズキンバイ群落内では、在来のヨシ群落と比べて、在来生物の減少をもたらすため、迅速・丁寧な駆除および巡回・監視で繁茂を防ぐ体制を維持すべきである。

・温暖化に伴う琵琶湖北湖における貧酸素の拡大と長期化は、深湖底の野生希少固有種のアナンデールヨコエビとビワオオウズムシの激減をもたらし、酸素回復から 2 年経っても個体群密度が回復していないため、次に深刻な貧酸素が生じると野生絶滅へ向かうと推測される危機的状況である。県として広域的で高感度な調査手法を開発し、現状をわかりやすく発信する一方で、県民とともに対策を考える必要がある。

・生物多様性保全・再生活動の成果の見える化および推進を支援するため、県内の生物情報を収集し、「滋賀県生きものデータバンク」を運用しているが、報告数が少なく、生物同定のデジタル技術的支援が必要であることがわかった。また、住民および民間主体のボトムアップの保全活動を支援することが長期的に重要であるが、当面は信頼性の高いデータで生物多様性の現状を県民にわかりやすく伝え行動を促すことが急務である。

・次期地域戦略では OECM の認定開始に向けて、客観的評価に基づき生物多様性を実質的に回復に向かわせるという認識を広め、デジタル評価ツールの開発適用等の支援をする等、認定エリアの拡大とそこでの順応的な取り組みを促すべきである。

PS4-1.　オオバナミズキンバイの駆除および今後の管理について

【試験研究を通してわかったこと】

・侵略的外来植物オオバナミズキンバイ群落内では、在来のヨシ群落と比べて、在来生物の減少をもたらす。琵琶湖沿岸の生物多様性を保全し、オオバナミズキンバイを管理していくためには、外来水生植物対策協議会が現在行っている「発見後の迅速・丁寧な駆除および駆除後の巡回・監視」が効果的な対策と考えられる。

【センターとしての提言】

・一旦侵入した外来生物の根絶は非常に困難で、その対策はしばしば長期間に渡る。したがって、侵略的外来種の駆除および生物多様性を保全する上では、侵入初期に駆除することで外来種を定着させないことと、継続した対策を行うことが重要である。これらの実現には、最新の外来生物の分布情報を収集・見える化することや、同定・監視方法・駆除方法などの技術や知識を普及・啓発をすることなど、効率的な駆除を実施できる体制を構築し、駆除の継続していくことが肝要である。

PS4-2. 琵琶湖沖帯で絶滅が危惧されている野生希少固有種の保全について

【試験研究を通してわかったこと】

・2019 年度、2020 年度に全層循環が 2 年連続して不完全であったことから、2020 年は第一湖盆の貧酸素が長期化し分布も第二湖盆まで拡大した。この影響を受け、琵琶湖深湖底に生息する底生生物の大量死が確認されたほか、深い地点に分布域が偏って生息する野生希少固有種のアナンデールヨコエビとビワオオウズムシの個体群密度が激減した。酸素が回復してから 2 年を経ても少ないままで元の状態に回復していないことが本研究で明らかになった。第五期(H29～H31）よりも貧酸素による影響が顕著になり、今後、同レベルまたはそれ以上に深刻な貧酸素水塊の拡大、頻度の増加ならびに長期化が生じると、今回激減したアナンデールヨコエビとビワオオウズムシは、新たな生息地へと移動しない限り急速に野生絶滅に向かうと懸念される。更なる生態系全体への波及については不明であるが、高次の捕食生物についても注視する必要があると考えられた。

【センターとしての提言】

・琵琶湖の全層循環が起こらない年が発生する等、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ふまえ、これまでセンターや関係機関で実施してきた貧酸素の状況把握と生物モニタリングを継続する必要がある。しかし、貧酸素の頻度が高まり深刻化するほど生物の個体群密度が低下するため、これまでの観測方法では検出しにくくなる。定量的モニタリングを継続できるよう広域的かつ高頻度、さらに希少種に対して捕獲に頼らない新たな調査手法の開発と適用（計量魚探・インターバルカメラの設置・環境 DNA 手法等）が急務である。

・固有種（＝長い歴史の中で、その環境に適して進化した生物）の絶滅は、生息地の環境変動を示す重要な指標のひとつとなる。気候変動への対策および適応策検討の一環として、琵琶湖の野生希少固有種が絶滅の危機に瀕していることについて、県民とともに対策を考える必要がある。

PS4-3. 県内における生物多様性保全・再生の推進と生物多様性の把握について

【試験研究を通してわかったこと】

・生物多様性保全・再生を推進する上で、保全活動を実質的効果という視点で客観的に評価し、次の活動につなげることが重要であるが、その基盤となる県内の生物多様性の情報把握が十分でない。そこで、生物分布データを一元化して管理するために「滋賀県生きものデータバンク」を構築・運用し、フレームワークを使って生物情報の収集・集約についての課題を整理した。質の高いデータが多く収集・整理されている状態が理想であるが、現実は様々な生物同定レベルのデータが混在し、報告数が少ない。これには、保全活動や調査をする者が生物調査データを報告・公表まで行うという認識がないこと、生物同定が誰にでも容易にできないこと、手間のかかる作業にモチベーションが上がらないこと等の要因が関わっていた。ただし、専門家やハイアマチュア以上の調査者からは、少ないながらも信頼性の高いデータが寄せられている。このことから、一定以上のレベルの生物分布情報を数多く収集するために、一般県民を取り込んでデータ収集するには、生物種の同定支援や分布情報の登録システムの操作について技術的支援が必要であるとわかった。

【センターとしての提言】

・地域の生物多様性の保全・再生は、環境省からのトップダウンの施策だけでは解決が難しいため、住民および民間主体のボトムアップの保全活動の促進と継続を、地方行政・研究機関・専門家がレベルに合わせて支援する体制を長期的に整えていく必要がある。ただし、現在直面している喫緊の課題に対しては、ハイアマチュア以上の優れた活動家が収集した信頼性の高いデータと知識で生物多様性の現状を県民にわかりやすく教示することが急務である。

・具体的には、今後、OECM（自然共生サイト）認定の開始に向けて、滋賀県内の保全・再生活動が生物多様性対して実質的に効果をもたらしたかといった評価視点を次期生物多様性地域戦略の中に組み込むこと、生物調査は知識と経験が必要だが経験が浅い人に対してもデジタル生物同定システムを使って情報収集（モニタリング）が可能になるよう支援すること等が必要である。県内の保全再生活動が「保全活動を実施しました」から、「実施後に調査するとこのように生物が回復しました」にレベルアップし、認定サイトが増えるようにデジタル評価ツールの開発・適用を促すべきである。

政策課題研究 5　琵琶湖を育む森林に関する研究

提言・成果の要旨

・多面的機能の持続的発揮に向けた森林づくりを実現していくためには、森林のゾーニングで必要となる自然的、社会的条件について、科学的かつ網羅的な基準と指標に基づいて検討することが重要である。

・100 年後を見据えた森林の目指す姿の検討に向け、ゾーニングにおいては、地域レベルと団地レベルの 2 つの空間スケールを設定し、特に地域レベルにおいては、社会経済状況の変化に関わらず普遍的な自然的条件を重視した管理目的の設定が重要になる。

・成長量曲線は、森林管理を進める上での重要な基礎データであり、地域森林計画に活用されることが期待される。

・針葉樹人工林における天然更新では、周囲に種子供給源が少ない森林であっても、防護柵を設置し、維持管理を行うことにより、広葉樹種の誘導を図り、天然更新を実現することが可能である。

・森林生態系の根幹である水・炭素循環のモデル化は、現実の森林管理に適用可能な段階まで発展しており、優先して取り組む課題である。

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】

・わが国は、米国やカナダなどを含む 12 か国の共通の基準・指針である「モントリオール・プロセス」に基づき、森林経営の持続可能性の評価に取り組んでいる。同基準・指針は、本県の琵琶湖森林づくり基本計画で重視する、森林の多面的機能の持続的な発揮を実現するためにも、ゾーニングにおける活用が必要である。

・既存のゾーニング手法では、考慮する機能が木材生産と水源涵養機能などに限定されるなど、網羅性が低いことが課題となってきた。今回、モントリオール・プロセスの基準・指標と、地域レベルと団地レベルの 2 つの空間スケールを用いた階層的ゾーニングの手法を組み合わせることにより、網羅的であり、多面的機能の持続的な発揮に資するゾーニングが可能になった。

・以下の項目はゾーニングを考える上で、情報が十分ではない；生物多様性に関する情報（動植物の種数と個体数)、価値意識に関する情報（人々にとっての森林の重要度)。また、ゾーニングを進めるためには、デジタル地理情報が重要なツールとなっているため、情報の整備が急務である。

・自然的、社会的条件を抽出し、整理した上で、地理情報システムとデジタル地理情報を用いて分析することにより、循環林や環境林などの森林配置を検討することができる。

・樹齢 100 年程度までのヒノキでは、伸長成長、肥大成長のいずれも成長し続ける結果が得られ、高齢化に伴う成長の極端な鈍化は認められなかった。

・周囲に広葉樹種子源が少ない針葉樹人工林においては、立地条件により、更新木の個体密度や樹高成長量が異なるものの、更新木の樹高成長が継続している。また、土壌の含水率が高い場合に、樹高成長が大きくなる傾向が示唆された。
・森林の多面的機能とその価値に関する研究会を開催し情報収集することで、森林の多面的機能を学術的にモデル化が可能な段階にあることが判明した。森林の多面的機能を維持していく森林管理を現実的に進めていくため、多面的機能をモデル化することを目標に設定した。一方で、森林の文化的価値などはモデル化が難しく、各地域で丁寧に価値評価を行う必要がある。
・森林の多面的機能評価モデルは、樹高や材積などの森林構造を予測する森林動態モデルが基礎となる。森林構造と各機能評価サブモデルを関連付けることで、森林管理が多面的機能に及ぼす影響を評価することが可能となる。
・森林生態系の根幹である水・炭素循環のモデル化は、現実の森林管理に適用可能な段階まで発展しており、優先して取り組む課題である。実現されたモデルを利用すれば、琵琶湖森林づくり基本計画で重要視されている「水源涵養機能」や、ネットゼロ社会に向けて喫緊に算定が求められている森林の「炭素固定機能」の評価を行うことができる点で優先度が高い。

【センターとしての提言】

・わが国が参加しているモントリオール・プロセスなど、科学的かつ網羅的な基準と指針に基づき、多面的機能の発揮に向けたゾーニングを進める必要がある。
・本県では、基本計画にある通り、100 年後を見据えた森林の目指す姿について検討することが求められている。ゾーニングにおいては、地域レベルと団地レベルの 2 つの階層を設定し、地域レベルでは、社会経済状況の変化に関わらず普遍的な自然的条件を重視した、管理目的の設定が重要である。
・デジタル地理情報が整備されていない、架線集材の範囲や、多様性条件、人々の価値意識に関する条件など、新たな調査によるデータ整備が必要である。
・周囲に広葉樹種子源が少ない針葉樹人工林においても、防護柵を設置し、維持管理することにより、天然更新が実現すると考えられる。
・森林生態系の根幹である水・炭素循環のモデル化は、現実の森林管理に適用可能な段階まで発展しており、優先して取り組む課題である。

政策課題研究 6　南湖生態系に影響を及ぼす湖底環境等に関する研究

提言・成果の要旨

烏丸半島から志那沖にかけての南湖東岸よりの多数の深い湖底穴では、夏に長期間無酸素状態になる。周りの DO を一時的に低下させたが、広範囲には影響を及ぼさなかった。

数値実験の結果、夏に長期間、6 m 以深の湖底穴に無酸素状態が続いた。また、琵琶湖の放流量は、南湖の流れの強さに大きく作用し、放流量が少ない場合、南湖全体の流れは弱くなり、湖底において貧酸素になりやすい。

南湖の魚類相について、環境 DNA 手法を用いて、南湖の在来および外来魚種を含めて 12 分類群が検出できた。南湖の湖底堆積物中の有機物炭素・窒素量と、その地点における水草繁茂量や 2017 年の水草根こそぎ除去の有無の間には密接な関係が認められなかった。

琵琶湖南湖では潜在的には水草が生育し続けること、種構成が変わり予測がますます困難になっていることを前提に、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.　南湖湖底環境改善の検討について

【試験研究を通してわかったこと】

- 夏の多地点の湖底では、時々一時的に貧酸素状態になり、南湖の湖底には、砂利採取により深い湖底穴が多数形成され、水深 10 m 以上の穴が 10 個確認され、最大水深は、12.5 m であり、これらの深い湖底穴では、夏に長期間、無酸素状態になることが確認された。これらの湖底穴の底において、栄養塩類、重金属類、硫化物イオンなどの濃度が高くなることが以前の調査研究で明らかになっており、湖底環境の悪化が危惧される。
- 5 つの湖底穴の湖底から 0.3 m の DO およびそれぞれの北、東、南、西方向の湖底穴周辺で実施した DO の現地調査から、5 つの湖底穴の無酸素状態に対し、それぞれの周辺地域では、貧酸素・無酸素の状態になったが、湖底穴から放出される貧酸素水塊は周りに流出し、周りの DO を一時的に低下させた。
- これらの湖底穴から放出される貧酸素水塊は、周囲の狭い範囲には影響を及ぼすが、広範囲への影響はない。

【センターとしての提言】

- 砂利採取による深い湖底穴の近くに湖水がよく窪地の南から北へ流れるため、窪地の埋め立ては、窪地の南から北へ実行するべきで、また、深い穴により多くの残土が必要であるので、窪地の埋め立てを効率的に実施するため、浅い穴から深い穴への順番に行われることが望ましい。

PS6-2. **南湖の流れの水平分布の変化のメカニズム解明について**

【試験研究を通してわかったこと】

・琵琶湖総放流量により計算された南湖湖水の滞留時間は、3 日～1 か月であった。南湖の流れの全体平均値と琵琶湖の総放流量には有意な相関があった。

・今までよく分からなかった南湖全体の流れの水平分布について詳しい構造を明らかにするため、超音波流速計（ADCP）で実測した。琵琶湖の総放流量が 469 m^3/s で多かった 2018 年 9 月 10 日には、南湖西側における南向きの流れ（貫流）が強く、南湖の南側の瀬田川出口の近くにも強い流れがあった。琵琶湖の総放流量が 107 m^3/s で少なかった 2022 年 2 月 24 日には、南湖全体で流れが弱く（流れの南湖全体平均値が＜2.0 cm/s)、南湖の南側には、反時計回りの環流があった。

・3 次元生態系と湖流系の統合動力学モデルで計算した結果、深い湖底穴では、夏に長期間無酸素状態になった。放流量が少ない場合、南湖全体の流れは弱くなり、底層が貧酸素になりやすい。

【センターとしての提言】

・今までよく分からなかった南湖全体の流れの水平分布についての研究結果を活用されることが望ましい。各市の水道団体が、浄水処理の事前準備のため、南湖の流れの状況を参考にされることが望ましい。

PS6-3. 水草の増減が湖底生態系に与える中長期的影響評価について

【試験研究を通してわかったこと】

・水草の増減変動が年によって著しく、琵琶湖博物館との共同調査における水草現存量と種構成の把握から、越冬種（センニンモ等）が主体の構成から植芽を作る１年生種（クロモ・ササバモ等）に変化した。そして、この種構成の変化により、翌年の水草繁茂の予測は、ますます困難になった。

・中長期的にみると、水草量の減少、種構成の変化とともに、南湖の湖底の貧酸素・低酸素状況が回復していることがわかった。ただし、水草繁茂の予測が困難なことから、再び貧酸素が生じる可能性も考えられるため、今後もモニタリングの継続が必要と考えられる。

・南湖 52 地点で採水した湖水から、環境 DNA 手法により魚類相を調べたところ、在来種を含む 12 分類群が検出され、中長期的にみた水草の量と種構成の変化、貧酸素および低酸素水塊の解消とともに、在来魚の回復が示唆された。一方、二枚貝の環境 DNA は湖水中からは検出できず、現存量が少ないと推察された。

・環境 DNA 手法を南湖の魚類モニタリングに適用したところ、捕獲なしで簡易に種組成および分布を推定ができることが確かめられた。しかし、定量性については未だ課題があり、引き続き環境 DNA を用いた魚類モニタリングには試験が必要と考えられた。

【センターとしての提言】

・水草の除去量との直接的な関係性は明らかでないが、中長期的にみて、水草過剰繁茂と湖底に貧酸素水塊の発生、および外来魚の現存量が多い状態は収まりつつあり、南湖生態系が回復に向かっていると言える。ただし、水草の繁茂が年毎に大きく変動し、予測が以前よりも難しくなったことから、再び突然に大量繁茂になる可能性も否定できないため、引き続き水草量と種組成および生態系のモニタリングと水草刈り取り・除去を含めた順応的管理体制を維持することが望ましい。

PS6-4.　底質の有機炭素・窒素量やその比率に与える水草繁茂や除去事業の影響について

【試験研究を通してわかったこと】

・南湖の湖底堆積物中の有機物炭素・窒素量とその地点における水草繁茂量の間には、密接な関係が認められなかった。本研究では、湖流などによる水草枯死有機物の物理的な移動については検討できていないが、少なくとも、水草が多く繁茂している地点において、より多くの有機物が湖底に堆積していることはないと考えられた。

・南湖の湖底堆積物中の有機物炭素・窒素量とその地点における 2017 年の水草除去には、密接な関係は認められなかった。少なくとも、底質の有機物量を用いて 2017 年の水草除去事業を評価することはできないことがわかった。

【センターとしての提言】

・水草除去の記録を整理する中で、除去の場所や努力量のデータが欠損している年や場所があった。このため、2011 年から続けられてきた水草除去事業全体については評価出来ていない。施策を科学的に評価し施策の改善・効率化を検討するためには、事業をいつ、どこで、どれだけの努力量で行ったか、正確に記録・整理しておくことが重要である。

調査解析１　新指標（底層 DO）等のモニタリング計画の策定と評価の具体的検討

提言・成果の要旨

月２～４回の底層 DO 調査により底層 DO 低下の状況やその広がりを的確に把握したとともに、全層循環の有無を確認し、結果を県民に共有できた。

底層水の調査により、底層 DO の低下に伴って変動する水質項目があることが分かった。

継続的な SOD 調査により、SOD はほとんどの年で８月～10 月に年度最高値を示すことや有機物の蓄積により増加する可能性があること等が分かった。

IA1-1.　琵琶湖における底層 DO のモニタリング・評価方法の提示

【試験研究を通してわかったこと】

【底層 DO の低下と回復について】

・令和２～４年度は底層 DO 調査を月２～４回の頻度で実施した。この３年間では、北湖第一湖盆において貧酸素状態（底層 DO: 2mg/L 未満）を毎年観測した。特に令和２年度には、同年春の全層循環未完了を受け、秋に北湖の深水層の広範囲で長期にわたって貧酸素状態、さらには無酸素状態に至ったことを観測した。一方、令和２～４年度は冬の冷え込みが厳しく、水柱全体が十分冷やされたことにより全層循環の完了を確認できた。これらの観測結果は琵琶湖保全再生課を通じて資料提供され、県民に広く共有することができた。

・令和２～４年度の冬の底層 DO の回復時には、底層において表層よりも水温が低く、DO が高い水が存在することが観測された。令和３年および４年の全層循環完了のメカニズムは、この『温度が低く DO が高い水』の潜り込みと混合によるものであり、いわゆる従来の『全層循環』のメカニズム、すなわち、表層から順に水温が下がり、やがて水柱全体の温度と DO が均一になるというものとは異なる様式だったと想定された。このような底層 DO の回復様式は、気候変動により今後頻発する可能性がある。令和３年 12 月に底層 DO の類型指定が告示され、令和５年度より環境基準点での測定が始まることから、環境基準の達成とそのための底層 DO の十分な回復が重要となる。今後は水柱全体での水質の均一化にこだわらず、底層 DO の回復に重点を置いた情報発信が重要になると考えられる。

・以上を踏まえると、第一湖盆水深 90m エリアの鉛直方向の水温や DO の把握がますます重要になるが、底層 DO の回復時には発達した低気圧に伴う強風により調査が困難になることも増加している。このエリアの調査時は、これまでの結果によれば、東西南北の端および中央である A、C、D、F 点および L 点の計５地点の把握によりおおむね第一湖盆全体の状況を把握できることが確認されているため、これら５地点を重点的に調査することが有用であると考えられる。

【底層 DO 低下時のモニタリング・データ共有の体制構築について】

・前述の令和２年秋の北湖深水層の広範囲での貧酸素化の際は、範囲の絞り込みや低下レベル、期間を把握するための調査について、水産試験場や京都大学生態学研究センターと連携してデータを収集・共有し、次の調査に活用する効果的な体制を琵琶湖保全再生課とともに構築した。

【底層 DO 低下範囲拡大時のモニタリング手法について】

・今後も気候変動の影響を受け、令和２年秋のように底層の貧酸素状態が長期広範囲に及ぶことが想定されることから、調査を効率的に進めるために、計量魚探により底層付近の魚群の状況や等深線図を活用した東西と南北で二分法により範囲を絞り込む方法が効果的であることがわかった。

【底層 DO 環境基準評価に向けた調査方法について】

・底層 DO の環境基準点が設定されると底層 DO の測定が開始されるが、結果の評価は国が告示する達成率等の目標設定に基づき行うことになる。評価において環境基準未達成となった場合は、その要因や水質影響を把握する項目の測定が必要となる。

・そこで、底層 DO の消費因子である SOD の把握調査に加え、令和４年度に底層水の調査を行ったところ、底層 DO の低下に伴って変動する水質項目や関連が弱い水質項目があることがわかった。関連のある項目の測定を既存の調査体制（計画）に落とし込むためには、底層 DO の低下に関わる水質項目と低下により影響を受ける水質項目を抽出し、調査が必要な期間や水域を予め設定することが効果的であることがわかった。そこで、今後も引き続き底層 DO の低下状況等に応じて底層水調査を行い、効果的なモニタリング方法を試行し、構築していく必要がある。

IA1-2. SOD（底層 DO の消費因子）の評価方法の構築

【試験研究を通してわかったこと】

【SOD の把握について】

・年４～６回の継続的な SOD 調査により、ほとんどの年で夏（８月）～秋（９、10 月）に SOD が年度内最高値を示すことがわかった。また、SOD は底層 DO の減少速度に一定の影響を及ぼすことや、有機物の蓄積により増加する可能性があることがわかった。これらのことから、底層 DO の低下リスクの把握のため、夏または秋に SOD と泥の有機物量の測定を継続して行うことが必要と考えられた。また、泥の有機物量には、プランクトンの大量繁茂・沈降や底生生物の生息の状況が重要であり、これらと SOD の関係について検討していく必要があると考えられる。

【SOD の簡易測定法の試行および面的分布の把握について】

・また、国環研が開発した簡易法（バイアル法）による複数地点での SOD 調査を試みた。まず、バイアル法と従来の大型アクリルパイプを使用した方法（コア法）を比較した結果、おおむね、既知の関係性に沿った結果が得られた。そこで、バイアル法により琵琶湖全域の複数地点で SOD を測定し、コア法の値に換算したところ、データが集積できている今津沖中央や南比良沖中央の値と大きな差はなかったが、沿岸部の砂質な場所では比較的 SOD が低いことがわかった。ただし、泥を培養する温度は調査時点の現地の底層水温に合わせたことから、SOD への温度影響については今後検討していく必要があると考えられる。水温は、季節だけでなく将来的な気候変動によっても変動し得ることから、SOD への温度影響は、特に水深が比較的浅く気温の変化の影響を受けやすい地点で今後重要度が増すものと考えられる。

調査解析 2　琵琶湖・瀬田川プランクトン等モニタリングとプランクトン予測手法の検討

提言・成果の要旨

第六期の期間（R2-R4）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。

瀬田川におけるプランクトン調査結果を毎週 HP 上で公開することで、県民や水道事業体に向けて速やかな情報提供を行った。

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活用することで、異臭味原因プランクトンのひとつであるウログレナについて、最近隣法による短期予測が可能となった。最近隣法では予測できない増加開始時期については、動物プランクトン観測用濃縮試料中の群体数を速報に掲載することにより植物プランクトン調査で検出される前に注意喚起を行った。

プランクトンのモニタリングを継続的に実施することによってプランクトン相の変化を的確に把握し、その変化の要因を調査・研究し、結果を県民や関係機関に発信することで施策等につなげていく必要がある。

IA2. プランクトンの継続監視とプランクトン予測

【試験研究を通してわかったこと】

・令和 2 年度（2020 年度）には、北湖・南湖とも 5 月～7 月にかけて、緑藻類のスタウラストルムの大きな増加が見られた。平成 28 年度（2016 年度）にミクラステリアスの大規模な増加が起こって以降、大型緑藻の増加が見られる年がある。

・南湖において、令和 3 年度（2021 年度）8 月にアナベナ・アフィニスとアファニゾメノンを主要な構成種とする藍藻類（アオコ形成種）の大きな増加が見られた。平成 28 年度（2016 年度）の夏季に南湖でアナベナ・フロスアクアエを主体とする藍藻類（アオコ形成種）の大きな増加が起こって以降、南湖でアオコ形成種の大きな増加が見られる年がある。

・近年、ミクラステリアス・ハーディー等の外来種や複数の藍藻類（アオコ形成種）等の以前にはほとんど見られなかった植物プランクトンの検出、増加が観測されている。

・富栄養化対策により、琵琶湖の窒素・りん濃度は低く抑えられているにも関わらず、近年、植物プランクトンの大規模な増加が頻発している。

・瀬田川プランクトン調査では、平成 28 年度（2016 年度）以降、藍藻（カビ臭原因種）のフォルミディウム・テヌエの検出頻度が増加している。琵琶湖南湖から取水する水道事業体では、令和 3 年度（2021 年度）以降、水道原水におけるカビ臭発生が長期間続いており、活性炭使用量が増大している。

・瀬田川におけるプランクトン調査データを用いた短期プランクトン予測について検討した結果、最近隣法による予測手法を確立し、その手法を水道事業体に提供した。

・最近隣法では不検出が続いた後の増加開始時期が予測できないことへの対応として、動物プランクトン観測用に濃縮した試料中のウログレナ群体検出情報を提供することで、従来よりも早く増加開始の情報を提供できた。

【センターとしての提言】

・異臭味等の利水障害原因プランクトンの動向を的確に把握し、発信した情報が有効に活用されるために、プランクトン速報の改善・充実、プランクトン予測技術の向上を図っていく必要がある。

・過去からのプランクトン相の変化を的確に把握し、その要因を追求するためには、プランクトンのモニタリングを継続する必要がある。

・植物プランクトンの大規模増加が頻発する要因解明のため、琵琶湖の現状評価や気候変動の影響評価を行う必要がある。

・これらの役割を果たすために必須のプランクトンの同定・計数技術を習得するには年数を要することから、業務を遂行するための体制を強化し、切れ目のない人材育成を行う必要がある。

調査解析 3　滋賀県における光化学オキシダント等の濃度変動要因の把握

提言・成果の要旨

Ox 濃度とその原因物質である NOx・VOC 濃度との経年変化の関係を解析した結果、Ox 濃度の上昇は、NO による Ox 消失効果の影響が小さくなったためと考えられた。また、Ox の濃度変動には県内で地域差があることがわかり、東近江が地域差の境界または特異点である可能性が示唆された。

VOC のうちアルデヒド類は、いずれの季節でも昼間に比率が高くなり、紫外線量との間に強い相関が認められたことから、Ox 生成と関係の深い物質であると推察された。

PM2.5 の指標成分について分析方法を確立した。

IA3-1.　トレンドからみる Ox 濃度長期変動要因

【試験研究を通してわかったこと】

- Ox 濃度とその原因物質である NOx および VOC 濃度における近年の経年変化について、Ox 濃度は多くの地点で上昇していたが、NOx 濃度は全地点で低下、「揮発性有機化合物（VOC）排出インベントリ（環境省、令和 4 年 3 月)」に基づく滋賀県の VOC 排出量（推計）は低下から横ばいの傾向であった。
- Ox 濃度から NO タイトレーション（Ox が大気中で NO と反応して消失すること）による減少分を差し戻したポテンシャルオゾン（PO）は、全県的に低下していることがわかった。このことから、Ox 濃度の上昇は NO タイトレーション効果の影響が小さくなったためと考えられた。実測の Ox 濃度は低下していないが、PO の低下から Ox 対策の効果は表れているものと考えられる。
- VOC 総濃度の指標とされる非メタン炭化水素（NMHC）の常時監視調査の値と、有害大気調査で測定する VOC 項目合計値の炭素換算濃度とを比較すると、NMHC に対して有害大気調査測定値は平成 17 年度（2005 年度）の約 60%をピークに減少し、平成 22 年度（2010 年度）以降は 10-20%程度になった。このことから、VOC の組成が変化し有害大気調査の測定項目だけでは VOC 成分全体を把握することは難しいことがわかった。このため、令和３年度（2021 年度）から、VOC 測定項目を増やした。
- Ox 濃度の経年変化を測定局ごとにみると、主に南西部の 8 地点では上昇していたが、主に北部の 3 地点では減少していた。また、４月から９月の暖候期において、各月の時刻別の Ox 濃度について経年変化率を調べたところ、南西部と北部とでは異なる変化を示した。このことから、Ox 濃度の経年変化に地域差があることがわかった。
- 県内の地域差について、Ox 生成速度が VOC・NOx 排出量のどちらにより強く依存するか（Ox 生成レジーム）を判定した。その結果、以前は VOC 律速（VOC 排出量に依存する状態）であったが、平成 27 年度（2015 年度）以降、NOx 律速（NOx 排出量に依存する状態）や VOC 律速・NOx 律速の中間状態となることがわかった。また、東近江は、草津または彦根のいずれかと同様の傾向を示すことが認められ、Ox 生成レジームの境界または特異点である可能性が示唆された。

IA3-2. Ox 生成と原因物質組成

【試験研究を通してわかったこと】

・VOC84 物質について、昼夜連続で測定を実施し、これらを 6 分類（アルデヒド類・芳香族・アルカン・アルケン・植物起源・その他）して解析を行った。

・質量濃度比では、アルカンの比率が最も大きく、季節および昼夜にかかわらず 30～40%程度であることがわかった。

・アルデヒド類は、いずれの季節でも夜間よりも昼間に比率が大きくなった。特に、Ox 生成が活発になりやすい条件である夏季の昼間ではその比率は約 30%になり、四季のうちで最も大きくなることがわかった。

・各物質が生成できる最大のオゾン量を示す係数を乗じて算出したオゾン生成ポテンシャルでは、夏季の昼間に、アルデヒド類の比率が約 60%となり 6 分類中で最も大きくなることがわかった。

・アルデヒド類濃度と紫外線量との間には、強い正の相関が認められた。このことから、昼間に光化学反応により二次生成するため濃度が高くなるものと考えられた。

・Ox は光化学反応により生成することから、アルデヒド類は、Ox 生成と関係の深い物質であると推察された。

IA3-3. 有機マーカー成分による PM2.5 成分の起源の推定

【試験研究を通してわかったこと】

・光化学反応による二次生成成分由来の PM2.5 の指標とされる低級ジカルボン酸について、人体に有害であるジクロロメタンを使用せずに、既報と遜色のない精度を担保した測定方法を確立した。

・PM2.5 の有機指標成分の 1 つであるレボグルコサンの令和３年度（2021 年度）の測定結果は、春・夏季に比べて秋・冬季は６倍程度高かった。レボグルコサンはセルロースの熱分解で生成されることから、季節的なバイオマス燃焼の影響を受けている可能性が示された。

調査解析 4　緊急時における化学物質調査手法の検討

提言・成果の要旨

GC/MS による全自動同定定量システム（AIQS-GC）を用いると従来法に比べて数多くの種類の物質について分析が可能になるとされている。そこで、当センター保有機器の GC/MS を用いて、AIQS-GC を用いたスクリーニング分析法の活用について検討した結果、活用できる可能性が示された。LC/MS 分析については、第五期で検討した分析方法が濁水においても適用可能であるか検討を行った結果、19 物質が分析可能であった。また、スクリーニングの視点から測定対象物を見直し、計 108 物質の測定が可能となった。

魚類急性毒性試験について死亡個体数および症状の有無により、ORCD ガイドラインの規定より短時間で影響を推定できる可能性が示された。新たに甲殻類急性遊泳阻害試験について導入検討を行い、精度がよくさらには応答性の面でもゼブラフィッシュと比較して優れている可能性が示された。

IA4-1.　機器分析による化学物質の緊急時調査手法の検討

【試験研究を通してわかったこと】

・GC/MS の装置調整において、シリンジの交換による注入方法の変更や機器内の吸着を防ぐために脂肪酸標準液を測定前に装置に注入することで装置評価基準を満たすことができたため、装置の試料測定可能な状態となった。

・国立環境研究所と地方環境研究所等との共同研究（以下「Ⅱ型共同研究」という）のテーマの１つである「災害時等の緊急調査を想定した GC/MS による化学物質の網羅的簡易迅速測定法の開発」（以下「Ⅱ型共同研究①」という）で指定された前処理方法（固相抽出法、液液抽出法）を用いて検討を行った結果、抽出法による差はなかったため、今後は固相抽出法を用いて精度確認を行う。

・Ⅱ型共同研究①の共通解析ソフトの習得演習に参加し、解析方法を取得した。

・第五期で確立した LC/MS の分析方法を用いて、高濁度が想定される自然災害時の事案について適用可能か検討を行った。高濁度の模擬濁水を作成し検討を行った結果、19 物質が測定可能であることが確認できた。

・スクリーニングの視点から精度よりも迅速性を優先した LC/MS 分析対象物質の見直し・分析方法の改良を図り、これまでの測定物質と合わせて 108 物質の分析が可能となった。

IA4-2. 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

【試験研究を通してわかったこと】

・ゼブラフィッシュを用いた魚類急性毒性試験の死亡個体数および症状の有無について、物質によってはORCDガイドラインの規定時間である96時間より短時間の24時間以内に影響を推定できる可能性が示された。

・新たに、ミジンコを用いた甲殻類急性遊泳阻害試験について影響把握を行うために導入を検討し試験を行ったところ、今回用いた物質では、経時的な影響が確認しやすくさらには応答性の面でもゼブラフィッシュと比較して優れている可能性が示された。

・Ⅱ型共同研究のテーマの１つである「生物応答を用いた各種水環境調査方法の比較検討」（以下「Ⅱ型共同研究②」という）に参画し、当センターにおける飼育方法・試験技術の確立と共に、他の生物種を用いた水環境調査方法との比較を行い精度の確認を行うことができた。

【センターとしての提言】（IA4-1.IA4-2）

・迅速な発生源特定・影響把握ができるようになることで、さらなる環境リスク低減および地域住民の早い安心安全の確保が期待できる。そのため、水質事故等緊急時において現場の行政機関が行う原因究明調査や環境影響把握について当センターと連携し、必要に応じた当該調査方法の活用を提案していきたい。

政策課題研究 7　気候変動に対応する持続可能な社会にむけた戦略的シナリオに関する研究

提言・成果の要旨

気候変動影響評価に大きな影響を与える気候予測は定期的に更新されるため、その更新に合わせて影響評価も更新していく必要がある。県民からの関心が高い気候変動影響のうち、日常生活に直結する熱中症を対象に推計を行った。地域の特徴を考慮した適応策の検討のため、熱中症の影響評価も傾向とともに不確実性の幅も含め地域レベルで把握し、その影響変化の要因を分析する必要がある。

適応策の検討においては、気候変動に対する脆弱性（地域システムの悪影響の受けやすさ、または、その素因）に関する因子の関係をインパクトチェーンとして作成し、脆弱性の因子とそれを変化させる施策の関係性の整理を行い、網羅性や優先度に基づいた適応策の検討を提言する。影響をうける各分野の脆弱性の構造に基づいた脆弱性を定量化し、適応策の進捗管理を行っていく必要がある。

気候変動対策の社会実装では、県民やステークホルダーの認識の把握が重要である。県民意見交換会や県政世論調査などを通じて、半数以上の県民が既に気候変動およびその影響について、幅広い分野で生じつつあり、将来的な悪影響を懸念していることがわかった。これら、幅広い分野の主体の影響認識に基づいた施策を推進するために、まずは県民意識を収集し可視化する方法を提言する。その際、地域社会での気候変動影響の更なる認識向上のために、地域の身近な対象を活用することが有効と考えられる。また、様々な統計データなどの時系列の変化量を提供することが有効と考えられる。

将来における社会経済情勢の方向性、既存の政策等でイメージされた将来社会の姿、これからの地域社会のあり方についての県民の意見などを反映した上で、2050 年 CO_2 ネットゼロを達成する社会シナリオを作成する手法を開発した。それを用いて、県が 2050 年に CO_2 ネットゼロ社会を実現するために必要な対策を見出し、CO_2 ネットゼロと地域経済の活性化は両立可能であることを定量的に示した。そのうち、再生可能エネルギーの導入にあたっては、気候変動影響への適応の視点を考慮すること、また、県内に拠点を構える事業者の積極的な事業参入を促すことが重要である。

PS7-1.　気候変動による影響評価情報に基づく脆弱性の評価

【試験研究を通してわかったこと】

・気候変動影響における健康分野の主要な要素である熱中症について、救急搬送者数を指標として影響評価を行った。地域全体のリスクを熱中症搬送者数の総数で、個人のリスクを年齢区分別 10 万人あたりの指標で把握した。

・県全体の熱中症搬送者数は、2010 年代（2010～2019）と比較して、**気温上昇が抑制されるシナリオ（RCP2.6）では、2030 年代が 1.4 倍、2040 年代が 1.5 倍、2050 年代が 1.6 倍となった。一方、大きな気温上昇が見込まれるシナリオ（RCP8.5）では、2040 年代が 1.6 倍、2050 年代が 1.9 倍と現状からの変化が大きくなる**ことがわかった。

・一つの気候シナリオであっても、例えば、2040 年代は 5 つのモデルの平均では 1.4 倍となるが、幅は 1.2～1.7 倍である。2050 年代には平均 1.8 倍に対して幅は 1.1～2.9 倍と大きくな

る。気候変動の影響には、気候シナリオにより経年的な傾向に大きな影響をうけるとともに、モデルによる不確実性の幅や年変動も存在する。

・地域全体の熱中症リスク（熱中症搬送者数）の変化を、人口、年齢構成、気温の 3 要素の寄与に要因分析した。例えば、気温上昇が中程度であるシナリオ（NIES-SSP2-RCP4.5）では、2040 年代の 1.5 倍の変化を要因分解すると、人口変化が 0.92 倍、年齢構成変化が 1.14 倍、気温変化が 1.41 倍となった。

・個人としての熱中症リスクである 2040 年代の 65 歳以上の 10 万人あたりの熱中症搬送者数は、県全体では対 2010 年代比 1.9 倍（SSP5-RCP8.5）であったが、市町別にみると 1.5～2.5 倍と大きな差が確認された。

・気候変動影響の主要な分野（農林業、自然災害、健康、自然生態系、水環境・水資源）を対象に、気候変動リスクに影響を与える要素（外力、直接の影響、脆弱性）について、その要素に含まれる因子の関係をインパクトチェーンとして図化した。進捗管理においては、脆弱性の要素（感受性、適応能力）の各指標の定量化では、「想定される気温上昇の幅に対する目標設定温度の比」、「実施の有無に関する指標は、望ましい／想定される状態に対する達成率」「実施期間に対する経過年」による定量化を行うことで、長期的な進捗管理に資する評価を行うことが可能となる。

【センターとしての提言】

・適切な適応策実施のため、気候変動影響は、気象予測の更新に合わせて更新することが望ましい。その中で熱中症搬送者数の影響評価は、地域全体のリスクと個人のリスクをそれぞれ把握することが重要である。用いる気候シナリオや気候モデルにより大きな差が生じる。複数の気候シナリオのデータセットを用いて影響評価を行うことが望ましい。

・経年的な傾向とともに、年変動の幅やモデルの幅などの不確実性があるため、それらも含めて把握しておく必要がある。

・地域特性を踏まえた適応策検討のため、熱中症搬送者数の影響評価は、市町別年齢区分別で行い、さらにその将来変化の要因分析をすることが望ましい。

・適応策の進捗管理においては、個々の事業での進捗のみならず、様々な適応策が当該分野全体の適応レベルの改善につながっているのかを把握することが望ましい。どのような社会経済的要素、適応策が、気候変動の脆弱性の変化につながっているのかを把握するためには、滋賀県における気候変動リスクのインパクトチェーンを作成することが有用である。

・気候変動の影響を受ける各分野においてインパクトチェーンに基づく脆弱性の因子とそれを変化させる施策の関係性の整理し、網羅性や優先度に基づいた適応策の検討を行うことが望ましい。

・適応策の進捗管理においては、長期的な気象予測や適応に関する目標を取り込んだ指標を用いた脆弱性評価に基づき行うことが望ましい。

PS7-2①. **滋賀県内ステークホルダーの気候変動影響の認知状況の把握**

【試験研究を通してわかったこと】

・滋賀県内の気候変動影響の認識状況を把握するために、企業や農林水産業関係者、環境活動団体などのステークホルダーを対象とした県民意見交換会を実施し、議事録の文章を対象に、同時に出現する割合の高いキーワード間のつながりを可視化し、視覚的に話題の推定を行う共起ネットワークグラフによる意見の可視化と要約を行った結果、主要な現状認識に関する話題として、**「四季変化」と「気温上昇影響」、「雪の減少」、「災害（氾濫・浸水）の懸念」、「琵琶湖生態系への影響懸念」、「獣害被害の拡大」、「水稲の品質低下」**などを特定することができた。また、この結果は、滋賀県が令和 3 年度に実施した「滋賀県の気候変動影響等とりまとめ」の結果と整合するものである。

・市民属性の主体は，気候変動影響を幅広く認識しており、農業、林業、漁業、企業などの関係主体は、関連分野についてより詳細に影響を認識していることがわかった。

・このようなことから、**様々な主体のテキストを統合することで，滋賀県内ステークホルダーの気候変動影響に対する現状認識を整理した、気候変動因果認識モデルを作成**することができると考えられる。

・特定された分野について一般県民の気候変動影響認識状況を調査した、2021 年度の県政世論調査結果と比較したところ、同様の傾向を示していたことから、本分析結果は、**滋賀県域においてある程度は一般化が可能**であると考えられる。よって、具体的に気候変動適応策を検討するにおいて、本分析で特定された分野の詳細な影響評価を優先的に実施することが有効と考えられる。

【センターとしての提言】

・滋賀 CO_2 ネットゼロ社会づくり推進計画に基づき、脱炭素施策の社会への定着を進めるには、まずは県民をはじめとする気候変動影響ステークホルダーの現状認識の把握が重要となることから、県民意見交換会などを通じて、幅広い分野の主体の影響認識を収集することが重要となる。

・収集した意見については、自然言語により記述された議事録を対象に、文章をキーワードに分割し、統計解析および機械学習手法を用いて、キーワードの出現頻度や相関関係から、話題の推定や分類などを行うテキストマイニング手法を用いることで、全体的な話題の要約を可視化することができる。また、様々な分野の主体のテキストを混ぜ合わせて分析することで、詳細な因果が補完され、地域で生じている気候変動影響の全体像を把握しやすくなると考えられる。

・ステークホルダー分析は、限られた主体のインタビュー調査やワークショップを元に、意見を収集することから、結果の一般化には注意を要する。県民世論調査などの、幅広い県民を対象とした統計調査などの結果と比較することで、一般化可能性について議論することが重要である。

PS7-2②. **市民参加型社会的合理性に基づく政策形成のためのワークショップデザイン**

【試験研究を通してわかったこと】

・従来の気候変動対策は、科学的合理性の観点から地球温暖化の進行を制御するという面から、一律的な目的設定が先行していたが、**地域社会では豊かさの維持やコミュニティの存続が喫緊の課題**となっていることも多い。地域コミュニティの文化的価値や行動原理などの**社会的合理性の観点を考慮しない地球温暖化対策の目的設定は、社会的受容性を低下させる**要因の一つと考えられる。

・社会的合理性の視点から気候変動対策の検討を行うワークショッププログラムを、第 3 期高島市まちづくり推進会議において公共交通をテーマに実施した。結果、少子高齢化および人口減少に直面している地域社会では、経済的合理性の観点から公共交通の存廃の議論が先行しており、気候変動対策としての公共交通利用促進という論点の社会的受容性は低い。このように、**地域によっては、地域特性や地域社会の現状を踏まえた社会的合理性に照らし合わせると、そもそも科学的合理性の観点からの気候変動対策を優先させることが困難な分野がある**と考えられる。

【センターとしての提言】

・県内市町においては、それぞれの地域特性に応じた社会的合理性が存在しており、単なる気候変動対策リストの提供だけでは、社会実装は困難と考えられる。地域社会において、気候変動対策を進めるにあたり、考慮すべき社会的合理性を把握するために、市民参加型によるワークショップを通じた検討が有効と考えられる。

・市町レベルにおいても、地理的条件や歴史的背景、コミュニティの現状が異なることから、まずは地域コミュニティレベルにおいて、地域特性がどのように異なるのか、これまでの統計データや調査などの情報を一元的に集約し、現状整理を行う必要がある。

PS7-2③. **気候変動影響情報提供手法の検討**

【試験研究を通してわかったこと】

・地域社会レベルで、気候変動影響リスク認識を向上させるために必要な情報について、市民参加ワークショップで検討した結果、身近な生物の変化や見慣れない動植物の写真、熱中症に関する呼びかけの情報など、既存の情報を取得しストックすることが有効であることがわかった。

・気候変動影響の認識のためには、気象や身近な自然環境、社会活動などの変化についての情報が重要である。

【センターとしての提言】

・地域社会レベルでの気候変動影響の認識向上のためには、まず身近な地域社会を対象とした情報を活用することが有効と考えられる。

・また、市域レベルでの気温や降雨データ、集落レベルでの人口や植生などの、様々な統計データから時系列を表す変化量を提供することが重要と考えられる。

PS7-3①.　2050 年 CO_2 ネットゼロ社会シナリオとその作成手法

【試験研究を通してわかったこと】

・将来における社会経済情勢の方向性、既存の政策等でイメージされた将来社会の姿、これからの地域社会のあり方についての県民の意見などを反映した上で、2050 年県全体のエネルギー起源 CO_2 排出量ネットゼロを達成する社会シナリオの作成手法を構築した。

・その手法を用いて、**「2050 年 CO_2 ネットゼロ社会シナリオ」を作成**した。**省エネ技術による CO_2 削減対策**の単なる積み重ねではなく、実際の政策の場において挙げられた、**望む将来社会に関する生活者目線での県民意見を反映**させていること、また、取組によって**地域社会にもたらされる便益（経済の地域内好循環）の定量推計**をしていることが特徴である。

・シナリオ作成の過程では、県民にシナリオを「自分事」として共有してもらうために必要なことは何か、どのような切り口で将来社会の様相を示すことが効果的かを明らかにした。県民にとっては、家庭やコミュニティ内での暮らしや仕事といった、**日常生活の将来変化について関心が高い**ことがわかった。これらの関心事に即した切り口で、地域の現在の状況等に関する情報を提供しながら、得られた意見をシナリオ作りに反映すること、そして**シナリオの実現が、自分たちの日常生活にどのような変化をもたらすのかを具体的に提示**することがシナリオの共有化促進のために重要と考えられた。

・本研究で作成したシナリオでは、将来の家庭での家事や育児の分担時間、余暇の過ごし方、近所の人たちと関わる時間、買い物の種類や場所、食生活、人とモノの移動距離や手段、仕事の種類や通勤の場所、働き方といったさまざまな物事の変化を具体的に描いた。そのことが結果として、ネットゼロという、大きな変化を伴う社会シナリオの県民との共有化の促進にもつながると考えられた。

・県が 2050 年 CO_2 ネットゼロ社会を実現するためには、**再生可能エネルギーを最大限に活用するゼロカーボン電力の供給と、あらゆる分野で用いられる機器類を可能な限り電化するエネルギーシフト、県民の行動変容も含む社会経済の思い切った変革、エネルギー需要そのものの削減、吸収源としての森林の適正管理**が重要であることを見出した。なお、**CO_2 排出量ネットゼロと経済の地域内好循環（地域経済の活性化）は両立可能**であることを定量的に示した。

・本研究のような手法により、CO_2 ネットゼロという、県民にとって決して関心が高いとは言えない目標と、日々の生活のあり方や地域課題といった、県民の生活者目線での身近な関心事を結びつけることが可能となった。なお、地域にとっての経済的な便益を定量的に示すことによって、作成したシナリオをより「自分事」として共有してもらう可能性を示唆した。

【センターとしての提言】

・CO_2 の大幅な削減には、それ単独の問題ではなく、人々の暮らしや働き方、産業、交通など、社会を構成する様々な要素と不可分のものとしてとらえ、地域社会の今後のあり方そのものを包括的に議論する必要がある。そのうえで、県民の関心が高く地域が直面している課題解決に繋がり、かつ削減にも有効な対策を見出すことが重要である。

・施策の策定者としては、ネットゼロ社会の実現という目標に、**県民の日常生活の様々な変化や得られる便益も含めた実現シナリオを提示**しつつ、県民には、地域課題を解決しながら、ネッ

トゼロも実現するような**地域社会の在り方について議論**してもらうというアプローチが求められる。

・したがって、ネットゼロ社会シナリオの作成のためには、**将来における社会経済情勢の方向性、既存の政策等でイメージされた将来社会の姿、これからの地域のあり方についての県民の意見などを反映した上で、CO_2排出量のネットゼロを達成する対策を見出す手法**が必要である。

・ネットゼロ社会シナリオの作成にあたっては、地域の社会的、経済的な特徴、抱えている課題、暮らしている人々の関心事は何か、といった点を的確に把握し、生活者にとって親しみや意義を感じられるような切り口で情報を提供し、それを受けての意見をシナリオ作りに反映する、また、生活者の目線で理解しやすいような切り口で、地域の将来の姿を提示することが必要である。

・県が 2050 年 CO_2 ネットゼロ社会を実現するためには、**再生可能エネルギーを最大限に活用するゼロカーボン電力の供給と、あらゆる分野で用いられる機器類を可能な限り電化するエネルギーシフト、高効率機器の導入**が、最も効果的な対策である。

・しかし一方で、そのために必要な取組を担う主体として、エネルギー転換部門と機械製造業の事業者らに過大な責任を与えることになりかねない。また、個人の立場、すなわち「生活者」としての視点に立つと、生活を取り巻くさまざまな技術が進歩していくなかで、自身が購入する製品やサービスが、とくに意識しなくとも脱炭素型のものに変わっていくことで解決するような印象を与えかねない。**生活者の暮らし方や働き方は、地域における CO_2 の排出構造に対して大きな影響力を持つものである。よって、ネットゼロ社会シナリオを作っていく上で、生活者の目線を加えながら将来社会のイメージを構築していくことは、ネットゼロのための技術革新に課せられた負担を軽減できる**という点において、シナリオの実現可能性を高めることにもつながる。

・**地域にとっての、生活者が変わることによってもたらされる CO_2 削減以外の複合的なメリットも強調**することが、気候変動施策に対する生活者の肯定的な態度形成に有効と考えられる。

PS7-3②.　ゼロカーボン電力の生産者としての産業創成と気候変動適応を考慮した再生可能エネルギーの適切な土地利用

【試験研究を通してわかったこと】

・県内で FIT 認定されている 882MW の太陽光発電のうち、**66%が県外の事業者**によって行われている。

・県が 2050 年 CO_2 ネットゼロ社会を実現するためには、ゼロカーボン電力の供給と、あらゆる分野で用いられる機器類を可能な限り電化するエネルギーシフトが必要である。その実現に向けて、**再生可能エネルギーの最大限活用によるゼロカーボン電力の生産**が重要であるとともに、事業費も含めた**地域主導で生産・消費する仕組みの構築**が急がれる。

・県における FIT 制度認定事業のうち、20kW 以上の太陽光発電事業は 5,694 件であり、年間予想発電量は 991GWh/y と推計された。設備の立地場所は、建物用地およびその他用地 48%、農地 25%、森林 20%、その他 7%であった。また、**洪水浸水想定区域(想定最大規模)内に 26.7%、土砂災害警戒区域内に 5.6%の設備が立地**していた。特に、農地に立地している太陽光発電設備は、１年の間に発生する確率が 1/1000(0.1%)程度の想定最大規模の洪水が発生した場合、57%が被災するリスクがある。

【センターとしての提言】

・県内においても、再生可能エネルギーは着実に普及しつつある。その点については、CO_2 ネットゼロ社会実現に向けた着実な進捗といえるが、それが県内事業者による新たな地域事業としてなされるのか、あるいは県外事業者によって県内の再エネ資源を提供する形でなされるかの違いは、地域経済への影響を大きく左右する。**既存、新規を問わず、県内に拠点を構える事業者が積極的に事業に参入できる施策が、地域経済循環の形成に重要**である。

・設備を災害時の初期復旧に活用するために、**自家消費用の回路や自立運転機能システムの構築も必要であると同時に、設備の設置場所そのものを災害リスクの低いところ**にすることが必要である。

・発電設備の立地場所は、農地と森林が全体の 45%を占める。設置・運用の仕方によっては、地域住民等の生活環境や、地域で保全しようとしている景観等に影響を及ぼすおそれがある。**営農型の導入や地元地域との合意形成**が重要であり、**環境影響評価条例の対象ともならないような小規模の事業であっても、環境に配慮し地域との共生**を図ることが必要である。

・再生可能エネルギーの導入にあたっては、単なる収益や CO_2 排出量の削減だけではなく、地域経済循環やコミュニティの再強化、エネルギーの地産地消、適切な土地利用、災害時のレジリエンスの強化といった、**地域社会が抱える様々な課題解決への貢献度を導入の基準**にすることが必要である。