

応用生態研究助成

WEC応用生態研究助成：令和6年度の概要

Ecology and Civil Engineering Research Fund of Water Resources
Environment Center: Summary of 2024

研究第三部 上席主任研究員 一柳 英隆
研究第三部 主任研究員 平岡 康介
元・研究第三部長 安達 孝実
研究第三部長 新宅 幸夫

一般財団法人水源地環境センターは、ダムに係わる応用生態工学分野の調査・研究の促進を図り、その研究成果を発表し、社会へ還元することを目的として、公募研究助成「WEC応用生態研究助成」を実施している。令和6年度には、継続研究2件、新規研究4件の計6件の研究に対して助成し、このうち4件の研究助成が終了した。

キーワード：WEC応用生態研究助成、概況報告

Water Resources Environment Center offers the research grant, "Ecology and Civil Engineering Research Fund of Water Resources Environment Center", with the aim of enhancing scientific research on natural surroundings of the reservoir. In 2024, we funded six research projects, two continuing research projects and four newly adopted projects. Four of them have been completed.

Key words：Ecology and Civil Engineering Research Fund of Water Resources Environment Center, summary report

1. はじめに

一般財団法人水源地環境センターは、公募研究助成「WEC応用生態研究助成」を行っている。この助成は、平成17年度を第1回として、毎年募集し、令和6年度で第20回を数えた。

本報告では、令和6年度に完了した研究について紹介する。

2. 制度概要

「WEC応用生態研究助成」は、ダムに係わる応用生態工学の調査・研究の促進を図り、その研究成果を発表し、社会へ還元することを目的としている。毎年1回の公募で、ダムに関わる調査・研究における課題を設定し、その課題に適応した研究に対して助成している。令和6年度募集課題は、「ダム貯水池に係わる生態系・水環境（上下流・周辺を含む。）に関する研究」であった。助成対象は、「大学、高等専門学校等の学校、独立行政法人等の法人、地方公共団体、公益法人、民間企業、NPO法人およびこれらに付属する機関に所属する研究者で、十分な遂行能力を有する者」であり、とくに若手や民間組織の研究者の応募を歓迎して

いる。

募集は、毎年2～4月に行われ、外部審査員による審査を経て、5月に採択研究を決める。研究期間は1～2年、助成金額は研究1件につき単年度最大100万円、2年間の研究については総額最大150万円である。

なお、令和5年度から若手研究者を積極的に採択するために、35歳以下の非常勤または有期雇用、無給の研究者または学生で、研究助成額50万円かつ研究期間が単年度の場合には、申請研究の内容だけでなく、申請者の将来性を考慮して採択する運用を開始した。

本助成は、この分野の発展に寄与するため、助成者に応用生態工学会等での発表を義務づけている。また、水源地環境センターが事務局を務める「水源地生態研究会」等の研究者、国土交通省関連研究機関や水源地環境センターの職員が参加する発表会を行い、完了研究の報告を受けている。成果報告に対しては、外部審査委員からなる研究助成審査委員会が審査し、今後の研究の発展に資するコメントを助成対象者に伝えている。

3. 令和6年度完了研究

令和6年度は、前年度からの継続研究2件にあわせ、新たに4件を採択し、合計6件の助成を行った。この

令和6年度に採択した6件のうち1件（助成番号2024-01）が、若手の将来性を考慮した採択であり、1年の研究である。この6件のうち、4件の助成が終了した。これら完了した研究の発表会は、令和7年8月4日に一般財団法人水源地環境センターの会議室で行われた。

以下にその4件を紹介する。これらの研究成果概要については、本所報pp.88—91を参照していただきたい。

a) 助成番号：2023-03

この助成は、東京大学大学院理学系研究科の板井啓明氏の「底質中铁の化学形態とリン酸保持機能に関する天然湖とダム湖の比較」と題する研究に対して行われたものである。

本研究は、天然湖とダム湖の物質循環、特にリン（P）の動態の違いに着目し、底質化学特性がリン酸の固定容量に及ぼす影響を評価することを目的としている。関東近郊のダム湖7水域の底質を採取し、現地調査と室内実験を実施した。湖水分析では、ダム湖が天然湖より複雑な水温・溶存酸素の鉛直分布を示し、PやFeの溶出の季節差が天然湖より明瞭ではなかった。底質分析の結果、天然湖はダム湖よりも酸水酸化鉄の量が多いことが示唆され、これはダム湖の成立年代が天然湖に比べて新しく、二次鉱物の湖底蓄積が限定的であるためと推察された。XAFS分析では、ダム湖底質中のFeは層状珪酸塩含有体の割合が大きいという、天然湖とは異なる結果が得られた。リン酸吸着実験からは、ダム湖において易動性Fe・Al酸化物の量からP保持容量を推定するアプローチが妥当であることが示され、また、相模湖では湖底曝気システムがリンの捕捉効率を向上させている可能性が示唆された。

審査委員会においては、ダム湖と天然湖における底質中の鉄とリン酸の保持機能に関する詳細な調査を通じ、湖の成立年代の違いが鉄およびリン酸の保持機能に影響を与えるという新たな知見が明らかにされた点が高く評価された。また、湖底曝気システムの有無がリンの捕捉効率に影響を与える可能性が示唆されたことは、ダム貯水池における新たな水質浄化手法の提案につながる可能性があり、注目に値する成果であると評価された。

b) 助成番号：2023-04

この助成は、鳥取大学工学部の宮本善和氏の「ダム水源地における撤退集落・農地の自然復元・再生に向けた参加・共創アプローチの方法論の開発」と題する

研究に対して行われたものである。

本研究は、ダム水源地域で増加する放棄農地を、住民参加のもとで生物多様性が高いハビタットに再生する手法を明らかにすることを目的としている。放棄農地の自然再生事例調査を行い、環境ポテンシャルを考慮した上で、自然再生の類型化と手法の体系化を図った。成果として、乾湿の環境条件と人為的働きかけ・遷移の条件から10タイプの自然再生手法に類型化し、選択できるようにアプローチマップを作成した。さらに、これらの手法の適用に関与する7つの社会的条件を整理し、環境条件、人為的働きかけ、社会的条件を考慮して企画・計画できる方法論を構築した。この方法論に基づき、岩手県の放棄農地での環境調査を通じて適用可能性を探り、植生の成立と環境要因（地下水位、土壌EC）の関係を分析した。最終的に、自治体、住民、NPO、企業等を対象とした「放棄農地の自然再生ガイドライン」を作成した。

審査委員会においては、耕作放棄地を類型化し、それぞれに適した生物多様性保全のアプローチを開発した点が高く評価された。特に、人口減少に伴い増加する放棄農地の自然再生に関し、複数の要素（乾湿、人為的関与、遷移）に基づいた合理的な類型化と、それを現場に適用するための具体的なガイドラインとして取りまとめた点は、実用的かつ充実した成果であると評価された。本研究から、放棄農地の自然再生に向けて技術的側面と社会的側面の両面から多くの示唆が得られた。

c) 助成番号：2024-01

この助成は、東京大学大気海洋研究所生物海洋学グループの竹中浩貴氏の「諫早湾干拓池に生息するエツの生態学的実態の解明」と題する研究に対して行われたものである。

本研究は、有明海にのみ生息する遡河回遊魚エツが、諫早湾干拓調整池内で安定して生息している状況に着目し、その生息環境と移動の生態学的実態を明らかにすることを目的としている。採集調査と環境データ収集に加え、耳石化学分析（ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ）の手法を用いて回遊履歴を推定した。成果として、調整池内は均質な水質環境を保っており、7月には本明川で高い仔稚魚密度が確認され、本明川での産卵状況が明らかになった。耳石分析の結果、ほとんどの個体は本明川で生まれた後、成長とともに干拓調整池へ移動し、そのまま留まる（陸封化）傾向にあることが示唆された。また、干拓調整池内のエツは、有明海の他の地域のものと比較して体サイズが有意に小さく、より小さな体サイズ

で成熟が見られるなど、生態学的に興味深い結果も得られた。

審査委員会においては、エツが諫早干拓地において陸封され、流入河川との関連のもとで繁殖していることを明らかにし、現状の把握という点では一定の成果が得られたと評価された。耳石のストロンチウム濃度分析により、多くの個体が河川で誕生・成長し、その後調整池内に留まるという移動履歴に関する知見が示された点は、エツの回遊および定着に関する理解を深める成果として評価された。また、今回用いられた分析手法は、他の調整池や水域にも応用可能であり、今後の展開に期待が持てる。

d) 助成番号：2024-02

この助成は、九州大学大学院農学研究院の三品達平氏の「ダム・堰によって孤立化した水生生物の集団健全性の遺伝子診断手法の開発」と題する研究に対して行われたものである。

本研究は、ダムや堰による移動制限で孤立化した水生生物の集団健全性評価指標として、従来の「中立遺伝標識に基づく遺伝的多様性」の限界に着目した。ホトケドジョウ属魚類をモデルとし、小集団・低多様性ながら長期存続する集団を含む種を対象に、長期存続要因の解明と集団健全性の評価手法の枠組みの構築を目指している。ホトケドジョウ類134個体の全ゲノム配列を解読し、遺伝的多様性、近親交配度合い、有害変異の蓄積状況などを包括的に調べた。成果として、ナガレホトケドジョウは遺伝的多様性が極めて乏しく、近親交配が重度に進行した驚きのゲノム特性を持つことが判明した。しかし、限られたゲノム領域には多様性が残存しており、特に免疫関連の遺伝子群が多く見られた。小集団から予想される有害変異の蓄積は見られず、機能遺伝子における多様性の維持と有害変異の効率的な排除が長期存続の鍵であると推察された。また、従来の遺伝的多様性による有害変異の蓄積状況予測は、ホトケドジョウでは相関が見られたものの、長期にわたり小集団で維持された種では予測性が低いことが判明し、その限界が浮き彫りとなった。

審査委員会においては、ホトケドジョウ類の隔離集団における遺伝的特性が明らかにされ、特に遺伝的多様性が低いにもかかわらず存続性が高い集団の背景に、免疫関連遺伝子の多様性が関与している可能性が示唆された点は、生物学的にも興味深く、予想を超える成果が得られたと評価された。従来の「遺伝的多様性」のみによる集団評価手法の有用性とその限界が明らかにされた点は重要であり、小集団の健全性評価に

は機能遺伝子や有害遺伝子の視点を含めた多面的な指標の活用が必要であることが示唆された。本研究で確立した多様な指標に基づく健全性の評価の枠組みは、孤立した生物集団への適切な保全施策立案に貢献するものと考えられる。

4. おわりに

WEC応用生態研究助成における過去の課題や概要については、WEBで公開している。

<http://www.wec.or.jp/support/season/result/index.html>

WEC応用生態研究助成は、令和6年度に新規研究4件、継続研究2件、令和7年度に新規研究5件、継続研究2件を採択している。今後も、ダムに関わる応用生態工学的研究が発展するよう、助成のあり方を引き続き検討していく予定である。

底質中鉄の化学形態とリン酸保持機能に関する 天然湖とダム湖の比較

東京大学大学院理学系研究科 板井啓明

1. 目的

本研究では、代表者が課題に先立ち実施してきた天然湖における微量元素挙動の研究成果から、ダム湖と天然湖の物質循環挙動の差に着目した研究を提案した。とくに、流域の生物生産制御因子として重要なリン(P)に着目し、天然湖とダム湖の底質化学特性の差がリン酸の固定容量に及ぼす影響を評価することを目的に、現地調査と室内実験を実施した。

2. 方法

関東近郊のダム湖として、千葉県の小櫃川流域、小糸川流域、神奈川県相模川流域、栃木県の鬼怒川流域から、計7水域の底質を採取した。また、亀山湖と相模湖(曝気設備あり)を重点解析水域として、循環期(10-12月)と成層期(8月)における鉛直水質分布の計測を実施した。底質は、非晶質鉄水酸化物をターゲットとしたシュウ酸抽出法によりPと鉄(Fe)を定量とするとともに、Feの化学形態をX線吸収微細構造法で解析した。また、各堆積物へのリン酸の吸着性を、バッチ式の吸着実験により評価した。

3. 成果

湖水の分析から、循環期における水質の均質化と、成層期における湖底の無酸素化・PとFeの溶出などが観察された。しかし、水温や溶存酸素の鉛直分布は密度流の影響などにより天然湖より複雑な形状を示し、底質からのPやFeの溶出も、天然湖より季節間の差が明瞭ではなかった。曝気設備を有する相模湖では、溶存酸素が豊富な冬期において、湖水中P濃度が高くなる傾向が認められたが、これは夏期の曝気により鉄水酸化物共沈態として底質に封じ込められたリン酸が、吸着の温度依存性を反映して冬期に脱着するためと推察された。

底質のシュウ酸抽出態度Fe濃度は、天然湖がダム湖よりも有意に高く、酸水酸化鉄の量が多いことが示唆された。これは、天然湖が最も若いものでも100年以上、多くは数1000年以上の歴史を有するのに対し、ダム湖はもっとも古い相模湖で76年であり、二次鉱物の湖底蓄積が限定的であるためと考えた。XAFS分析の結果、ダム湖底質中Feは層状珪酸塩含有体の割合が多いことが示唆され、天然湖の研究でferrihydriteやgoethiteなどの酸化鉄水酸化物が主体であることとは異なる結果であった。シュウ酸抽出態のFe+Alとの関係を分析すると、全プロットが直線に近い関係を示した。この関係は、天然湖よりダム湖により明瞭であったが、天然湖では湖底での酸水酸化鉄のagingが進行し、固相がより多様に変化したためと推察した。リン酸の吸着実験の結果、シュウ酸抽出態のPがもっとも高かった相模湖では、吸着実験から予測されるよりも多くのリン酸を堆積物に取り込んでいることが明らかになった。

4. 今後の展望

研究の結果から、底質の易動性Fe・Al酸化物の量からP保持容量を推定するアプローチが、ダム湖においてはとくに妥当なアプローチであることが示された。また、易動性Fe・Al酸化物の量は水域形成以降の年代の関数である可能性が示唆された。相模湖は、湖底曝気システムを有し、底泥から溶出したFeの再酸化が促進される。本研究の結果に基づくと、溶出と再酸化が短い時間スケールで循環繰り返される環境では、堆積物へのリンの補足効率が向上する可能性がある。この結果は、湖底の水浄化システムの最適化を検討する上で、示唆的な結果と考えられる。

ダム水源地における撤退集落・農地の自然復元・再生に向けた参加・共創アプローチの方法論の開発

鳥取大学工学部 宮本善和

1. 目的

日本の水資源ダムなどが立地する水源地域では、人口減少が顕著で、高齢化と後継者の不在等により放棄された農地が全国で増加傾向にある。このような中、生物多様性の損失を止め、種の多様性が高いハビタットを再興していくネイチャーポジティブの観点から、営農が継続しにくい放棄農地は、住民参加のもとでいい状態のハビタットに再生し山野に還すことが、選択肢としてありうる。本研究は水源地域において増加傾向にある放棄農地において、望ましい自然環境の再生の手法を明らかにするものである。

2. 方法

放棄農地の自然再生の事例調査を行い、それらの環境ポテンシャルを考慮した上で、自然再生の類型化を行うとともに、放棄農地の自然再生のアプローチについて考究し自然再生の手法の体系化を図った。また、得られた自然再生の手法を放棄農地に適用していく際に考慮すべき社会的条件について、様々な関係者からの聴き取り調査の結果の分析を通して明らかにした。さらに、それらの知見の実現可能性を検討するため、実際の放棄農地の種々の環境条件を計測した上で、自然再生手法の適用について検討した。以上をもとに、放棄農地の自然再生のガイドラインを作成した。

3. 成果

放棄農地の自然再生の計42の事例を調査し、乾湿の環境条件と人為的働きかけ・遷移の条件から10タイプの自然再生の手法として類型化して整理した(図1)。そして、そのような手法が選択できるようにアプローチマップを作成した(図2)。さらに、10タイプの自然再生手法の適用に関与する7つの社会的条件を整理し、10タイプをそれらで評価した。これらによって、放棄農地の自然再生を環境条件、人為的働きかけの条

件、社会的条件を考慮して企画、計画ができる方法論を得た。

また、開発した放棄農地の自然再生の方法論のフィージビリティスタディとして、岩手県の放棄農地において環境調査を行った上でその適用可能性を探った。植生の成立について地下水位と土壤ECなどをもとに決定木分析を行い、土壤のEC、地下水位の値で一定説明できることが分かった。そして、これらの結果と乾湿の環境条件と人為的働きかけ・遷移の条件、及び社会的条件を考慮して適用すべき自然再生手法をゾーニングし、そのイメージ図を作成した(図3)。そして、自然再生におけるタイプ選定のフローチャート(図4)を作成し、放棄農地の自然再生の方法論のツールとして付加した。

加えて、放棄農地の自然再生に適用可能な参加・共創アプローチとして、既往の諸制度や仕組みをリストアップするとともに、昨今、ネイチャーポジティブに関心が高まっている民間企業の参加と共創によって自然再生に取り組む方途についても考究した。

以上の調査・分析をもとに、放棄農地の自然再生に取り組もうとする自治体、住民、NPO、企業等を対象とした「放棄農地の自然再生ガイドライン」を作成した(図5)。

4. 今後の展望

放棄農地の自然再生とともに、調整池や遊水池の機能を付加するなど、グリーンインフラとしての機能を付加するなど、流域治水も考慮した自然再生の手法の方法論の開発を行っていきたい。

※図1～5については、この紙面では掲載していないものの、<https://www.wec.or.jp/support/season/result/pdf/summary/2023-04.pdf>で閲覧可能である。

諫早湾干拓池に生息するエツの生態学的実態の解明

東京大学大気海洋研究所 生物海洋学グループ 竹中浩貴

1. 目的

エツ (*Coilia nasus*) は、日本では有明海とその流入河川にのみ生息するカタクチイワシ科の遡河回遊魚である。一方でその漁獲は最盛期の約1/10にまで減少し、保全が急務とされる種でもある。エツの主な生息地は有明海湾奥部であり、かつては諫早湾ではエツはほとんど見られなかったが、干拓調整池が完成後は池内でその生息が安定して確認されるようになった。しかし、海に出られない環境で、川-海間を回遊しない場合の本種の生態については全く明らかとなっていない。また、調整池からの排水に混じることでエツは有明海へ流出する可能性があるものの、そうした個体が有明海全体におけるエツ資源にどれほど寄与しているかも明らかでない。そこで本研究は、諫早湾干拓調整池内において生息するエツを対象とし、採集調査と耳石化学分析の手法を用いてその生息環境を明らかにするとともに、エツの移動を追跡することで、調整池内のエツの生態を明らかにすることを目的として行った。

2. 方法

2024年5月29日、7月9日、8月24日、11月7日の4回にわたって、エツの採集と環境データの収集を行い、合計327個体(刺し網により122個体、稚魚ネットにより205個体)のエツ供試魚を採集した。得られた供試魚のうち、刺し網で得られた個体から10個体、稚魚ネットで得られた個体から10個体の合計20個体については形態計測後に耳石を摘出し、耳石の核から縁辺部までの $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ を測定した。この値と、河川水の $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ を比較することで、個体ごとの生涯の回遊履歴を推定した。次に稚魚ネットで得られた個体の耳石 $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ を、これまでの調査でエツが再生産を行っていることが分かっている有明海のほかの地域(筑後川、六角川、塩田川)から得られた個体と比較した。

3. 成果

得られた環境データから、諫早干拓調整池内の地点間の水質差異は非常に小さく、全体として均質な水質環境を保っていると評価された。7月には本明川で非常に高い仔稚魚密度が見られ、本明川でのエツの産卵の状況が明らかとなった。干拓調整池内では仔稚魚密度、SLともに地点間で有意差はなかった。刺し網で得られた干拓調整池内のエツは、有明海のほかの地域のものと比較してSLが有意に小さく、より小さな体サイズでも成熟が見られた。

耳石と河川水の $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ の比較により、個体ごとの生涯の回遊履歴を推定した。その結果、ほとんどの個体は本明川で生まれたのち成長とともに干拓調整池へ移動した後、そのまま留まることが明らかとなったが、一部の個体では本明川の上流方向への移動も見られた。耳石 $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ 有明海のほかの地域のものと比較したところ、六角川、塩田川との有意性は認められず、耳石 $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ によって、諫早由来のエツを判別することは難しいと考えられた。

4. 今後の展望

諫早干拓調整池内のエツは、他魚種の陸封型で見られる特徴を共通して有している可能性が示唆されたものの、その生態を明らかにするためには継続した調査が必要である。また、諫早エツの識別については、 $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ 以外のほかの微量元素や同位体を調べることで、識別の可能性があると期待される。

ダム・堰によって孤立化した水生生物の 集団健全性の遺伝子診断手法の開発

九州大学大学院農学研究院 三品達平

1. 目的

ダムや堰などによる移動制限は、生息地の分断化による小集団化を引き起こし、集団の絶滅につながります。この絶滅過程は、小集団化に伴う遺伝的多様性の喪失と、有害変異の蓄積が進むことが引き金となると考えられてきました。そのため、生物保全においては、集団健全性の評価指標として「中立遺伝標識に基づく遺伝的多様性」が長らく使われてきました。しかしながら、この評価手法は存続性を正しく反映せず、「遺伝子の機能に着目した多様性」に注目すべきという批判が高まりつつあります。本研究では、小集団・低い遺伝的多様性でありながら、例外的に長期にわたり存続する集団を含むホトケドジョウ属魚類をモデルとして、低い遺伝的多様性下での長期存続要因を解明するとともに、集団健全性の評価手法の枠組みの構築を目指しました。

2. 方法

計53地点から採集した134個体のホトケドジョウ属について、全ゲノム配列を解読しました。変異の情報に基づいて、遺伝的多様性、近親交配の進行度合い、過去の集団サイズ、機能遺伝子の多様性、有害変異の蓄積状況を包括的に調べました。

3. 成果

ナガレホトケドジョウは遺伝的多様性が極めて乏しく、かつ近親交配が重度に進行した、驚きのゲノム特性をもつことが明らかになりました。しかしながら、ゲノムの限られた領域には遺伝的多様性が平衡選択によって残存していること、こうした領域には免疫関連の遺伝子群が多く見られました。また、小集団から予想される有害変異の蓄積はありませんでした。本種が小集団ながらも長期存続できた要因は、機能遺伝子における多様性の維持と有害変異の効率的な排除が鍵であったと考えられます。また、遺伝的多様性によって有害変異の蓄積状況を予測できるか検証したところ、ホトケドジョウにおいては比較的よく相関し、その有用性が示されました。しかしながら、その限界も浮き彫りとなり、ホトケドジョウ属全体での評価には適用できないこと、ナガレホトケドジョウやトウカイナガレホトケドジョウのような長期にわたり小集団で維持された種では予測性が低いことが分かりました。

4. 今後の展望

河川の上流部には、自然に形成された落差や堰によって、孤立した生物集団が多く見られます。本研究で確立した多様な指標に基づく健全性の評価の枠組みは、こうした生物に対しても適切な保全施策を立案することに貢献すると考えられます。

