

## 応用生態研究助成

# WEC応用生態研究助成：令和2年度の概要

Ecology and Civil Engineering Research Fund of Water Resources  
Environment Center: Summary of 2020

研究第三部 上席主任研究員 一柳 英隆  
前・研究第三部長 金澤 裕勝  
研究第三部長 渡邊 茂

一般財団法人水源地環境センターは、ダムに係わる生態環境について調査・研究の促進を図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2年度には、継続研究3件、新規研究4件の計7件の研究に対して助成し、このうち5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 2020, we funded seven research projects, three continuing research projects and four newly adopted projects. Five 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、ダムに係わる生態環境についての公募研究助成「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2年度で第16回を数えた。

本報告では、令和2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、ダムに係わる生態環境について調査・研究の促進を図り、その研究成果の公表により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2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。

本助成は、この分野の発展に寄与するため、助成者に対して、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、今後の研究の発展を考慮し、外部審査委員からなる研究助成審査委員会で審査し、助成対象者にコメントしている。

## 3. 令和2年度完了研究

令和2年度は、前年度からの継続研究3件にあわせ、新たに4件の採択をし、合計7件の助成を行った。このうち、5件（2ヶ年度の研究3件、1ヶ年度研究2件）の助成が終了した。令和2年度は、新型コロナウイルス感染症拡大防止措置に関連して、2件の助成対象者に関して調査出張に支障が出るなどの影響があった。これに対しては、助成対象者の要望により研究期間を延長した。

5件の完了した研究の発表会は、令和3年8月31日に行われた。本助成の発表会は通常、一般財団法人水源地環境整備センター内の会議室で行うが、この発表

会は、新型コロナウイルス感染症の拡大防止としてオンラインで行われた。例年、会場の大きさの制約から参加者は30名程度としていたが、会場の制約が取り除かれたために、応用生態工学会等を通して一般にも周知し、約60名の参加があった。

以下にその5件の完了研究を紹介する。これらの研究成果概要については、本所報pp.76—80を参照していただきたい。

#### a) 助成番号 2019-02

この助成は、九州大学大学院農学研究院の鬼倉徳雄氏の「ダム撤去・ダム通砂による土砂供給の改善は河口干潟の生態系にどのように寄与したのか」と題する研究に対して行われたものである。

ダムは土砂の流れを遮断するため、ダム下流の生態系は変質する場合がある。熊本県を流れる球磨川は、河口から約20kmにある荒瀬ダムが撤去され、またその約10km上流にある瀬戸石ダムが2018年から本格的に通砂を始めた。それにより球磨川下流の土砂動態は変化することが想定される。この研究では、土砂動態の変化に応じた河口生態系の変化を明らかにするために、撤去や通砂の前後を通じて、モニタリングが実施された。その結果、大出水による干潟生態系の攪乱後、潮汐等での泥分の供給を受けながら、生物群集が徐々に変化していることが確認された。ただし、荒瀬ダム撤去は生態系変化の時間軸に影響したものの、その影響は小さかったと結論付けられている。

研究助成審査委員会においては、長期のモニタリングにより干潟底生動物群集の変化が確認されていること、攪乱による砂の供給とその後の攪乱がない期間の泥の卓越化に群集がそれに対応すること等が示されたことについて、重要な成果が得られたと評価された。

本研究は、2021年9月に行われた応用生態工学会全国大会において、一部が口頭発表された。

#### b) 助成番号 2019-03

この助成は、山口大学大学院創生科学研究科の中尾遼平氏の「ダム湖における外来魚調査のための環境DNAチップの開発」と題する研究に対して行われたものである。

オオクチバスのような特定外来魚のダム湖での駆除と侵入の抑制はダム管理上においても重要な課題の一つである。この研究は、近年、生物モニタリング手法として利用され始めている環境DNA手法と、臨床診断で実用化の進むDNAチップ技術を融合させることで、ダム湖において簡易的に特定外来魚を検出する環

境DNAチップの開発を行うことを目的として行われた。特定外来魚3種(オオクチバス、コクチバス、ブルーギル)を対象種として、環境DNAチップを開発した。通常、環境DNA分析の種特異的な分析で行われるリアルタイム定量PCR分析と開発したチップの検出力を比較したところ、種の検出についてはチップとリアルタイムPCR分析は、一致し、ダム湖のこれら外来魚の検出には十分適用可能と考えられた。

研究助成審査委員会においては、DNAチップが作成できたことや、環境DNAの検出感度についての知見が得られたことについて、重要な成果が得られたと評価された。また、検出感度や定量性の上昇、他種のチップの開発に期待が寄せられた。

本研究は、2021年11月に行われる環境DNA学会において発表される予定である。

#### c) 助成番号 2019-04

この助成は、島根大学エスチュアリー研究センターの南憲吏氏の「三春ダムの魚類および湖内環境の空間的評価とその関係の解明」と題する研究に対して行われたものである。

ダム湖内の水質環境は鉛直的・水平的に変化するが、その中で魚類等生物がどのように生活しているかは十分な知見がなかった。計量魚群探知機は波長の短い超音波を放射し、音響反射強度を定量的に計測することができ、通常の魚群探知機ではなしえなかった水中のモニタリングを可能にする。もともと機械が大型であり海洋域などで使われてきたが、小型・計量化されたことで比較的小さなボートにも乗せられるようになりつつある。それらの新しい機器を活用し、ダム湖魚類の生態を三次元的に明らかにすることを本研究は目的としている。それらの機器の使用により、ダム湖のウグイを中心とした魚類は、水温躍層直上に分布するということが明らかにされた。

研究助成審査委員会においては、計量魚群探知機のダム湖生態系把握にとっても有用性が示されたこと、ダム湖内のウグイの生息場所選択が明らかにされたことについて、重要な成果が得られたと評価された。また、ウグイの躍層直上の分布についての生態学的な要因探求についての期待が寄せられた。

本研究は、2021年9月に行われた日本水産学会秋季大会、及び応用生態工学会全国大会において、一部が口頭発表された。

#### d) 助成番号 2020-01

この助成は、島根大学生物資源科学部の高原輝彦氏

の「中海-宍道湖を介した流入河川を利用する回遊魚に対してダム・堰が及ぼす影響の評価」と題する研究に対して行われたものである。

河川には、ダムや堰などの横断工作物があり、それが回遊性魚類の移動を制限していると考えられる。近年、生物調査に活用されつつある環境DNAによる手法は、現場では水をすくうだけという簡便さから、時空的両面での高頻度化が期待できる。本研究では、環境DNAが時空的な高頻度化が可能な側面を利用し、回遊魚がどのように流入河川を利用するのか、その中で、ダムや堰がどの程度移動を制限しているのかを推定することを目的としている。中海-宍道湖と、その流入河川を対象として調査が進められ、種による分布の違い、流入河川による遡上パターンの違いが明らかになった。

研究助成審査委員会においては、基本的なデータは取得され、環境DNAの手法としての有効性が確認されたことについて、重要な成果が得られたと評価された。さらに、今後、環境DNAの多地点での調査が可能な特徴を活かし、堰の高さや構造、河川と環境の特徴との関係の解明に期待が寄せられた。

本研究は、2021年11月に行われる環境DNA学会において発表される予定である。

#### e) 助成番号 2020-02

この助成は、兵庫県立大学大学院情報科学研究科の土居秀幸氏の「定量PCR法を利用した水道水源地におけるカビ臭産生微生物の早期検出手法の開発」と題する研究に対して行われたものである。

ダム湖では、カビ臭原因物質を産生する藍藻類の異常増殖はしばしば問題になる。ただし、近縁種や同種の株によってもカビ臭原因物質の産生能力が異なるため、顕微鏡観察による原因生物の特定は難しい。この研究では、カビ臭合成遺伝子を環境DNAとして検出すること、それをモバイルPCRを用いて現場において迅速に検出すること、モバイルPCRの定量可能性を検討することを目的として行われた。その結果モバイルPCRにおいても定量PCRに匹敵する検出力があることが明らかとなった。さらに、アナベナなどのラン藻類の細胞数、カビ臭原因物質（ジェオスミン）との関連性も高く、環境DNAからこれら藻類とそこから産生されるカビ臭原因物質の動態を正確に捉えることができることが明らかとなった。

研究助成審査委員会においては、ダム湖のカビ臭産生ポテンシャルをそれに関わる遺伝子の環境DNAによって検出する手法として、携帯PCRと定量PCRの両

手法が同程度の感度で実用可能であることを示し、その応用性の高さについて、重要な成果が得られたと評価された。

本研究は、2021年9月に行われた応用生態工学会全国大会において、一部が口頭発表された。

## 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3年度も3件の新規研究を採択した。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。

# ダム撤去・ダム通砂による土砂供給の改善は河口干潟の生態系にどのように寄与したのか

九州大学大学院農学研究院 鬼倉徳雄

## 1. 目的

八代海に流入する球磨川下流（河口からの距離：約20km）に設置されていた荒瀬ダムの撤去に着目し、2012年度より球磨川河口域の干潟で、年1回のモニタリング調査を実施している。ダム撤去工事が開始される前、荒瀬ダムには67万トンの土砂が溜まっており、ダムが撤去されれば、それが河口域に流出して干潟に堆積すると考えたためである。また、その上流約10kmに位置する瀬戸石ダムでは、出水を利用して湖内に堆積した土砂を下流に排砂する通砂事業を、2018年度より本格的に開始しており、その土砂も河口域に流出してくると考えた。そこで、本研究では、それらによる土砂供給の変化が、河口干潟の生態系にどのように影響したのか、2012年からの長期モニタリングデータに基づいて解説する

## 2. 方法

本研究では、球磨川とその派川の前川の干潟に全114地点の定点を設け、2012年から2020年までに、毎年10月の大潮で干潟のマクロベントス調査を行っている。今回は、底質の変化がとらえやすい場所として、球磨川右岸下流側と前川左岸下流側のそれぞれ約30地点を解析対象とした。また、干潟での定住性が高いハゼ類、カニ類および二枚貝類のうち、両エリアの出現上位20種を整理し、クラスター分析や非MDS解析を行った。MDSの環境軸として、砂分含有率に加えて、大出水からの経過時間、ダム撤去・通砂イベントを加えた。

## 3. 成果

クラスター分析、MDS解析ともに、球磨川と前川のベントス群集は明瞭に二分された。そのため、球磨川と前川を別々にMDS解析したところ、球磨川では出水からの経過時間、荒瀬ダムのイベント、瀬戸石ダムのイベントが生物群集を説明する環境要素として選ばれた。出水で攪乱を受けた後、生物群集が徐々に変化し、種数を増加させ、その後、減少に転じるが、少なくとも、荒瀬ダム撤去時に土砂供給が改善されるイベントがあった際、その変化のプロセスをやや戻す傾向がうかがえた。前川については、ダムに関連する要素は選択されず、出水後の経過時間と砂分含有率が選ばれた。河口域が広い前川の場合、大出水による干潟生態系の攪乱後、潮汐等での泥分の供給を受けながら、生物群集が徐々に変化していったと考えられる。総じて、荒瀬ダム撤去が生態系遷移の時間軸に影響したものの、その影響は小さかったと結論付ける。

## 4. 今後の展望

2020年7月に球磨川の中流、球磨盆地で甚大な被害が出た、大きな出水が起き、干潟の生態系は著しい攪乱を受けた。今後は、その出水後の生物遷移をモニタリングし、本研究で明らかとなりつつある、干潟の生物遷移の裏付けをとりたい。

# ダム湖における外来魚調査のための 環境DNAチップの開発

山口大学大学院創生科学研究科 中尾 遼 平

## 1. 目的

オオクチバスのような特定外来魚の駆除と侵入の抑制は、ダム管理上の重要な課題のひとつである。しかし、ダム湖において外来魚の駆除および侵入対策を継続的に実施していくには多大な労力とコストがかかることから、より効率的かつ継続性に優れた手法が求められる。そこで本研究では、近年、生物モニタリング手法として利用され始めている環境DNA手法と臨床診断で実用化が進むDNAチップ技術を融合させることで、ダム湖において簡易的に特定外来魚を検出する環境DNAチップの開発を行なった。

## 2. 方法

本研究では、特定外来魚3種（オオクチバス、コクチバス、ブルーギル）を対象種として、すでに確立されている3種の種特異的検出系を転用し、それぞれを種特異的かつ並列的に検出するための環境DNAチップを開発した。その後、三春ダム（5地点）、七ヶ宿ダム（2地点）、宮ヶ瀬ダム（4地点）、天ヶ瀬ダム（2地点）、布目ダム（3地点）を対象として野外調査として各地点で1Lの水サンプルを採水し、そこから抽出したDNAサンプルを用いて環境DNAチップの野外適用を行なった。さらに、環境DNAチップによる対象種の検出感度を検証するために、リアルタイム定量PCRによる環境DNA分析の結果と比較した。

## 3. 成果

本研究では、種特異的検出系を用いた環境DNAチップを作成し、組織DNAを用いた種特異性の検討では、3種すべてで種特異性を確保した。また、ダム湖における野外適用でも対象3種の環境DNAをそれぞれ特異的に検出し、リアルタイム定量PCRの結果とも一致していたことから、環境DNAチップが野外適用可能であることを示すことができた。ただし、環境DNAチップの検出感度は定量PCRよりも低い傾向がみられており、定量PCRで定量限界や検出限界となる濃度のDNAは、環境DNAチップでは検出できないと考えられる。

## 4. 今後の展望

定量PCRに比べて検出感度は若干落ちる一方で、環境DNAチップは多種を並列的に検出でき、分析者間の測定誤差の回避できるといった利点が考えられる。今後は、環境DNAチップで検出種数を増加させることで、外来魚を同時並列的に検出できる手法として確立し、外来魚モニタリングの手法としてより利用しやすいツールにしていく必要がある。

# 三春ダムの魚類および湖内環境の空間的評価とその関係の解明

鳥根大学エスチュアリー研究センター 南 憲 吏

## 1. 目的

福島県にある三春ダム湖の水資源の維持管理は、福島県の生活に欠かすことのできないものの一つである。しかし、ダム湖は閉鎖的で水質悪化の影響を受けやすく、夏季における貧酸素水塊の発生による魚類の酸欠による斃死は、水質悪化の原因となっている。加えて、閉鎖的なため、その環境は鉛直的かつ水平的に変化する。従って、ダム湖内の魚類および湖内環境を空間的に把握し、それらの関係を明らかにすることは、ダム湖の生態系と水質を管理する上で非常に重要といえる。そこで、本研究では夏季の三春ダム湖内における魚類および湖内環境の空間的評価とその特徴の把握を目的として、①三春ダム湖における魚類分布と湖内環境の関係、②魚類(ウグイ)の行動と湖内環境との関係について明らかにした。

## 2. 方法

- ①魚類分布は、2019年8月に三春ダム湖全域を対象に昼と夜の二回、計量魚群探知機KSE-310を用いて音響計測を行い、深度1m毎に分布を把握した。また、音響計測と同時に湖内全域の70地点で多項目水質計RINKO-Profilierにより水温と溶存酸素を深度1m毎に測定した。得られた音響情報と環境情報は地理情報システムArcGISにより空間的に結合し、それらの関係を明らかにした。
- ②2019年と2020年に超音波発信機AQPX-1030Pを装着したウグイ6個体をダム湖内に放流し、設置型超音波受信機AQRM-2000により遊泳深度などの行動追跡を行った。得られた行動情報は環境情報(水温・溶存酸素濃度)と比較し、その行動と環境との関係を明らかにした。

## 3. 成果

①昼夜ともに三春ダム湖内の魚類は、約30℃の高水温となる深度2m以浅と溶存酸素濃度が0.01mg/lとなる18m以深には分布しない傾向を示した。また、活性が高まる夜間は、昼間よりも岸に近く浅い深度へと分布傾向が変化していた。さらに、②三春ダムのウグイは、低い水温となる深い深度帯を求め、溶存酸素濃度が低くなる躍層下の深度帯を利用することができず、躍層直上(深度17m)に分布するという特徴を示した。これら①と②の結果から夏季における三春ダム湖内の魚類は、空間的に水温と溶存酸素濃度に大きく制限を受け、その中で索餌や逃避行動により昼夜で分布域を変化させていると考えられた。

## 4. 今後の展望

今後、夏季のみでなく四季を通じた調査を実施し、季節変化の特徴などを含めた時空間的な評価を実施する予定である。そうした時空間的な評価は、季節により変化する生態系を考慮した水質管理による健全な水資源の持続的な確保に繋がると期待できる。

# 中海-宍道湖を介した流入河川を利用する 回遊魚に対してダム・堰が及ぼす影響の評価

島根大学生物資源科学部 高原輝彦

## 1. 目的

一級河川斐伊川水系の一部である宍道湖と中海は、豊富な栄養塩、浅い水深などによって、植物プランクトンによる一次生産が活発に行われ、多種多様な魚介類が生息している。また、アユなどの回遊魚にとって、産卵や成育といった生活史の一部を過ごす重要なハビタットでもある。そこで本研究では、簡便に広域の生物モニタリングが可能になる環境DNA（生物の排泄物などに由来する環境中のDNA）を用いて、宍道湖-中海の流出入河川に着目して、回遊魚の利用実態と堰堤の影響を明らかにすることを試みた。

## 2. 方法

代表的な回遊魚4種（アユ、ニホンウナギ、ワカサギ、シラウオ）を対象にして、宍道湖-中海の流出入河川8本（伯太川、飯梨川、意宇川、佐陀川、平田船川、斐伊川、来待川、玉湯川）において環境DNA調査した。その際、各河川の河口付近の1地点と堰堤のすぐ上流の1地点において、毎月1回、水サンプルを採集した（計16サンプル/月）。なお、堰堤が調査区間に設置されていない河川においては、河口付近の調査地点から約2km～6km離れた上流の地点で採水を実施した。持ち帰った水サンプルは濾過、および、DNA抽出・精製を行い、各魚種に特異的なプライマー・プローブを用いて、定量PCRでDNA濃度を測定した。

## 3. 成果

環境DNA分析の結果、各魚種のDNAがよく検出される河川と検出されない河川が存在することが明らかになった。また、アユやニホンウナギなどでは、小規模な堰堤においては上流への移動が可能であり、一方で、遊泳能力の低いシラウオやワカサギでは堰堤に遡上を阻害されている可能性も示された。さらに、回遊魚4種のDNA濃度には季節的な変動がみられ、各魚種の遡上・降河などの生活史を反映していると考えられた。以上のことから、環境DNAは宍道湖-中海の流出入河川における回遊魚のモニタリングに有用であることが示唆された。

## 4. 今後の展望

本研究では、これまでほぼ未解明であった斐伊川水系における回遊魚の利用実態（季節的な分布や生物量の推移など）と堰堤の影響の一端を解明することができた。さらに、この成果によって、湖沼や河川などにおける回遊魚のモニタリング調査を環境DNAで代替・補完できる可能性を見出したことから、今後、低コストで汎用的なモニタリング手法として、回遊魚を対象にした環境DNA技術が広く活用されるようになることを期待している。

# 定量PCR法を利用した水道水源地におけるカビ臭産生微生物の早期検出手法の開発

兵庫県立大学大学院情報科学研究科 土居 秀幸

## 1. 目的

水道水源地であるダム湖や貯水池では、富栄養化等の水質の悪化により、「カビ臭」の原因となる物質（2-MIBやジェオスミン）をつくりだすラン藻類や放線菌が異常増殖し、飲料水における異臭味被害が問題となっている。しかし、カビ臭産生ラン藻類については、同属でも種や株によってカビ臭原因物質の産生能力が異なり、顕微鏡観察による形態分類により見分けるには高度な知識・技術が必要とされ、判別に長時間を要する。なお、カビ臭原因物質を機器分析により直接測定することも有効であるが、カビ臭原因生物の種類を特定することはできない。近年、上記の問題を解決する新たな手法として、カビ臭産生能力のあるラン藻類が共通して保有するカビ臭合成遺伝子を定量PCR法により測定するモニタリング手法の研究が注目されている（Tsao et al. 2014）。そこで本研究では、水源地でカビ臭合成遺伝子について環境DNAからのPCR法による調査を行い、併せて関連するラン藻類の細胞数及びカビ臭原因物質を測定することで、PCRによるカビ臭産生ラン藻類の検出能力の評価を行った。PCRは現場での検出が可能なモバイルPCR方法（Doi et al. 2020）と、これまでの環境DNA測定方法である実験室濾過－リアルタイムPCRでの測定を行った。特に、どれくらい早期に（初期段階でカビ臭産生ラン藻類や原因物質が低濃度の条件下で）検出できるか、またモバイルPCRがどの程度定量可能かに着目した調査を行った。

## 2. 方法

神戸市最大の自己水源であり、ラン藻類によるカビ臭が発生している千苺貯水池において夏期を中心に7-11月まで調査を行った。貯水池内で例年カビ臭が発生しやすい地点（2-3地点）と発生が見られない1地点において採水し、モバイルPCRについては現場で濾過から測定まで行った。定量PCRサンプルについては水をBAC添加・冷蔵で輸送したのち濾過－測定を行った。

## 3. 成果

7－11月にて調査を行った結果、各季節でモバイル、定量PCRの両方の方法から同様に検出することができた。モバイルPCRにおいても定量PCRに匹敵する検出力があることが明らかとなった。さらに、アナベナなどのラン藻類の細胞数、カビ臭原因物質（ジェオスミン）との関連性も高く、環境DNAからこれら藻類とそこから産生されるカビ臭原因物質の動態が正確に捉えることができることが明らかとなった。また、早期発見については、細胞数、カビ臭原因物質が検出できた時には環境DNAも検出できており、感度はこれまで既存の観測と同程度であることが明らかとなった。

## 4. 今後の展望

水源地でのカビ臭産生ラン藻類の増殖を早期に把握できることがわかったため、水源地における殺藻や取水変更、浄水場における対策が効率化され、市民に提供する水道水への着臭リスクや対策費用の低減を図ることができる。さらに、本研究で検討した携行可能なモバイルPCR装置による高感度な現地測定が実現できれば、誰もが簡便に検査を行うことが可能となり、大幅な検査体制効率化が期待できる。