

応用生態研究助成

WEC応用生態研究助成：令和元年度の概要

Ecology and Civil Engineering Research Fund of Water Resources
Environment Center: Summary of 2019

研究第三部 上席主任研究員 一柳 英隆
研究第三部長 金澤 裕勝

一般財団法人水源地環境整備センターは、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。令和元年度には、継続研究4件、新規研究4件の計8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 2019, we funded eight research projects, four 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整備センターは、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、令和元年度で第15回を数えた。

本報告では、令和元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。令和元年度募集課題は、「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研究センターの職員が、30名ほど参加する発表会を行っている。成果報告に対しては、今後の研究の発展を考慮し、外部審査委員から助成対象者にコメントしている。

3. 令和元年度完了研究

令和元年度は、前年度からの継続研究4件にあわせ、新たに4件の採択をし、合計8件の助成を行った。このうち、5件（2ヶ年度の研究4件、1ヶ年度研究1件）の助成が終了した。以下にその5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.93—97を参照していただきたい。

a) 助成番号2018-01

この助成は、大分大学理工学部の北西滋氏の「ダム・堰は遺伝的攪乱から在来個体群を守るのか？ -在来系統の探索と遺伝的攪乱の実態解明-」と題する研究に対して行われたものである。

ダムや堰が、他地域から移入された外来個体群の移入を防ぎ、在来個体群を遺伝的攪乱から保護していることについてはいくつかの報告がある。本研究は、九州において、河川中流に生息するオイカワを対象に、遺伝的集団構造と遺伝的攪乱の実態を把握し、ダムや堰が遺伝的攪乱に与える影響を検討することを目的としている。審査委員会においては、ダムや堰の影響は曖昧な部分があるものの、広範なサンプル調査を実施し、在来・外来系統のオイカワの分布が解析されたこと、遺伝的集団構造の地理的空間分布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。

b) 助成番号2018-02

この助成は、信州大学学術研究院理学系の東城幸治氏の「日本初の荒瀬ダム撤去（貯水池撤去）事業に伴う、本川・支川の流水ネットワークとしての再接続化と水生昆虫の集団構造・遺伝子流動スケール・モニタリング」と題する研究に対して行われたものである。

ダムは堤体のみならず、貯水池の存在により、生物の移動を制限しうる。このことにより、近隣に生息する河川性生物の集団構造に影響を与える。本研究は、日本初の大ダム撤去である熊本県を流れる球磨川の荒瀬ダムにおいて、その撤去（貯水池消失）前後において、河川の瀬を中心に生息する水生昆虫であるヒゲナガカワトビケラを対象として、その遺伝子流動と移動分散の方向性や強度を明らかにすることを目的としている。ダム撤去後において、移動分散スケールの増大が示されている。審査委員会においては、SSRマーカーの開発をしたこと、ヒゲナガカワトビケラの遺伝子流動を詳細に解析したこと、撤去後に形成された瀬の局所集団の由来を明らかにしたことについて、重要な成果が得られたと評価された。

c) 助成番号2018-03

この助成は、東北大学大学院生命科学研究所の牧野渡氏の「DNAバーコーディングを応用したダム湖の動物プランクトンモニタリング調査の高度化」と題する研究に対して行われたものである。

プランクトンは、形態による同定が難しい場合があり、ダム湖の環境モニタリングの精度にしばしば問題が生じる。本研究は、ダム湖の動物プランクトンモニタリングを精度高く行うため、DNAバーコーディングの方法論を確立することも目的としている。福島県の三春ダムにおいて動物プランクトン組成を明らかにし、組成が明らかな集団を人為的に作成して、メタバーコーディングに供したところ、作成した集団のすべての種のDNAが検出されたものの、リード数は方法や条件によりことなり、増幅されにくい種があることが

わかった。審査委員会では、ダム湖に出現する甲殻類プランクトンのDNA配列ライブラリーが構築できたこと、DNAバーコーディングの問題点を客観的に指摘し、それに対する対応を提案したことについて、重要な成果が得られたと評価された。

d) 助成番号2018-04

この助成は、宮城教育大学生物学教室の棟方有宗氏の「ダム湖内および流入河川内における魚類の分布域探査システムの開発と実践」と題する研究に対して行われたものである。

ダム湖やそれにつながる河川においては、様々な魚種が生息し、ダム湖生態系にとって重要な役割を果たしていると考えられるが、その分布や移動は不明な点が多い。本研究は、それらの基礎生態を明らかにすることが可能な追跡装置を開発することを目的としている。研究では、宮城県にある七ヶ宿ダムのコクチバス等、複数地域の複数魚種に電波発信機をつけ、新しく開発された受信装置をドローンに搭載することで追跡している。審査委員会では、魚類の移動や分布を把握するためのドローンを用いたテレメトリー法が開発されたこと、その中で飛行高度と発信機IDの読み取り可能な水深や水平距離の情報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。

e) 助成番号2019-01

この助成は、東京農工大学農学研究所の五味高志氏の「ダム・貯水池に流入する流木量評価に向けた異なる林相の斜面崩壊地における流木生産・流出量の評価」と題する研究に対して行われたものである。

気候変動による豪雨等の増加が懸念される中、ダムに流入する流木や土砂の管理は重要な課題である。本研究は、平成29年7月九州北部豪雨で発生した崩壊地を対象として、発生地の特徴や土砂・流木量を明らかにすることを目的としている。審査委員会においては、斜面の崩壊面積と土砂生産量ならびに土砂生産量と発生流木量の関係を繋いで定量化できたことについて、重要な成果が得られたと評価された。

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2年度も4件の新規研究を採択した。今後も、ダムに関わる応用生態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・堰は遺伝的攪乱から在来個体群を守るのか？ － 在来系統の探索と遺伝的攪乱の実態解明－

大分大学理工学部 北 西 滋

1. 目的

ダムや堰は生息域の分断化や水質悪化などをもたらす、河川性魚類の生息に大きな影響を与えることが知られている。しかし近年、コイ科魚類オイカワを対象とした研究から、小規模ダムや堰が、他地域から導入された外来個体による競争や遺伝的攪乱から在来個体群を保護していることが示唆された。そこで本研究では、九州におけるオイカワの遺伝的集団構造と遺伝的攪乱の実態把握、ダム・堰が遺伝的攪乱に与える影響について調査した。

2. 方法

まず、九州における遺伝的攪乱の実態把握を行うため、ミトコンドリアDNAチトクロームb遺伝子領域を対象に、オイカワの在来系統と外来系統とを判別するプローブを作成した。次に、九州全域の73地点から採集した2,349個体を対象に、SNPジェノタイピングによる在来-外来系統判別を実施し、各地点における遺伝的攪乱実態を評価した。また、各地点における外来遺伝子数と環境特性(土地利用、ダム・堰の有無など)との関係性について評価した。

3. 成果

系統判別の結果、46地点(63.0%) 812個体(34.6%)が外来遺伝子を有する個体であった。外来個体の割合には地域差が見られ、長崎県や大分県、有明海沿岸地域では低い一方、九州南部では高かった。GLMの結果、外来遺伝子数に対して、水面面積、遺伝的エコリージョン、堰の3要因は負の影響を、ダムは正の影響を与えていた。

九州中央部の遺伝的多様性が最も高く、全体的には北西部から南東部に向かって遺伝的多様性が高くなっていく傾向が認められた。九州各地から多数の在来ハプロタイプが検出され、本種の高い遺伝的多様性が明らかとなったものの、在来ハプロタイプの分布に明瞭な地域性は認められず、九州全域での遺伝的攪乱による遺伝的構造の不明瞭化・消失が示唆された。

4. 今後の展望

本研究により九州全域における遺伝的集団構造および遺伝的攪乱の実態が明らかとなった。また、ダムが遺伝的攪乱に与える影響についてはある程度明らかとなった一方、堰の影響についてはさらなる調査が必要となった。今後、さまざまな河川における研究事例の蓄積を進め、遺伝的攪乱防除におけるダムや堰の効果について検証を進めていきたい。

日本初の荒瀬ダム撤去(貯水池撤去) 事業に伴う、 本川・支川の流水ネットワークとしての再接続化と 水生昆虫の集団構造・遺伝子流動スケール・モニタリング

信州大学学術研究院理学系 東城 幸治

1. 目的

日本初となるダム撤去事業(球磨川・荒瀬ダム)による連続的な流水環境の再生が生物の集団構造や遺伝構造に与える影響評価を目的とした。60年以上もの長期に渡りダム湖(湛水域)として存在した流域が再び瀬が連続する河川環境へと復元されたことを受け、ダム撤去前後での瀬環境に適応した水生昆虫の集団構造や遺伝構造の変遷に焦点を当てた。

ダム撤去は河川環境を大きく変容させ、とくに湛水域を瀬が連続する環境へと大きく変化させることは、「河川再生事業」と捉えることもできる。本研究では、止水域には生息できない水生昆虫を対象に、ダム撤去による河川ネットワークの変容が寄与する遺伝子流動のスケールや移動分散の方向性や強度の評価を試みることにした。

2. 方法

荒瀬ダムの上下流や支流の瀬に高密度で生息する水生昆虫・ヒゲナガカワトビケラを対象に、2012年にダム撤去前のサンプリングを実施した(25地点)。ダム撤去直後の2018年には、瀬が再生された地点(2地点)も調査地点に追加した(27地点)。mtDNA COI領域の解析を実施し、球磨川集団の系統的な位置づけを明確化すると共に、次世代シーケンサーを用いて種内・集団内の遺伝的多型を検出し得るSSRマーカーを開発し、球磨川水系内における本種の遺伝構造や移動分散の方向性や強度をBayesAss解析により評価した(ダム撤去の前後での比較・評価)。

3. 成果

COI領域の解析から、球磨川水系における本種の遺伝的多様性の高さが明確となった。また、SSRマーカー解析より、ダム撤去後の移動分散スケール増大が示された(ダム撤去の前後での遺伝的多様性については有意差なし)。荒瀬ダムの約8km上流側に、ほぼ同年代に建設された同規模の瀬戸石ダムを対照として位置づけたが、この瀬戸石ダム流域から荒瀬ダムの下流域までを含めた比較的長い流程での分散が、上流から下流へ向かう分散も、その逆方向の分散も共に大きく評価された。国内初のダム撤去事業であったことから、撤去後の河川再生と水生生物の移動分散の関連性に関する貴重な知見が提供できたと考えている。

4. 今後の展望

日本初のダム撤去の前と直後におけるヒゲナガカワトビケラの集団構造と遺伝構造を比較・検討した。荒瀬ダムの撤去は2018年に完了し、湛水域であった流域は瀬が連続する環境へと変容した。ダム撤去の「Before-After」比較として実施はしたものの、本研究では撤去前から撤去直後までのデータに過ぎない。球磨川本流と支流とが、瀬ハビタットで連続するような河川ネットワークが再構築されて、5年、10年と経過する中で、本種の集団構造や遺伝構造がどう変容するのかは、ダム撤去事業におけるモデルケースとしての重要性から、大きな関心が寄せられる課題と考えられ、中・長期的な時間スケールでのモニタリングも実施したい。

DNAバーコーディングを応用したダム湖の動物プランクトンモニタリング調査の高度化

東北大学大学院生命科学研究科 牧野 渡

1. 目的

動物プランクトン組成はダム湖の重要なモニタリング項目のひとつである。本研究では、プランクトン試料を超並列シーケンサー (NGS) のDNAメタバーコーディング (アンプリコンシーケンス) に供する方法論を確立することで、モニタリング調査を簡便化かつ高度化することを目指した。そのために三春ダム (福島県田村郡三春町) の動物プランクトン群集を材料として、以下の項目を調べた。

2. 方法

平成30年6月12日と同年8月21日に、ダムサイト近傍の網場にて、プランクトンネットの鉛直曳により動物プランクトンを採集し、エタノールで固定してラボに持ち帰った。採集では、応用生態工学研究所 (福島県田村郡三春町) の全面的な協力を得た。このサンプルから、種組成と個体数が既知であるモック集団を作成し、1) 市販のDNA抽出キット (カラム精製) を用いて集団ごと一括してDNA抽出を行う方法論を検討し、2) モック集団の組成が「正確に」反映されるNGSメタバーコーディング条件を検討した。

3. 成果

三春ダムでは、*Daphnia galeata* および *Eodiaptomus japonicus* が優占する、標高の低い水域でよく観察される動物プランクトン組成であった。(成果1) 5から9種の動物プランクトンを、2個体/種、10個体/種、20個体/種となるようにモック集団 (総個体数は最小10個体/集団から最大160個体/集団) を作成し、集団毎にDNA抽出に供したが、そのいずれでも、モック集団中の全ての種が、NGSアンプリコンシーケンスで検出できた。(成果2) ただしmtCOI遺伝子 (Folmer領域の3'末端側330bp) で解析した際には、*E. japonicus* の相対リード数は全リード数の0.5%程度となり、他種の値よりも著しく低かった。一方28SrDNA (D6領域を含む約330bp) で解析した際には、*E. japonicus* の相対リード数は30-60%となった。もう一方の優占種 *D. galeata* の相対リード数は、mtCOIでは60-70%、nr28Sでは30%程度であった。

4. 今後の展望

動物プランクトンのバルクサンプルから50-160個体の範囲でDNA抽出し、アンプリコン解析する道筋をつけた。今回解析したmtCOI領域は、諸外国では動物プランクトンのNGSアンプリコンシーケンスで多用されているが、本邦では、これが増幅されにくい *E. japonicus* が優占するダム湖や湖沼が非常に多い。従ってモニタリングにはmtCOI領域を単独で用いるのではなく、mtCOIと28SrDNAと併用することを推薦したい。

ダム湖内および流入河川内における魚類の 分布域探査システムの開発と実践

宮城教育大学生物学教室 棟方 有宗

1. 目的

ダム湖内や流入河川にはサクラマスやヘラブナ、外来種であるオオクチバスなど、生態系の中で注目すべき魚類が生息しているが、湖内での分布や移動などの基礎生態については不明な点が多い。これらの生態の解明は、これまで、採集や音波タグ標識などによって直接的に行われており、詳細な把握は難しいのが実情であった。本研究では、電波発信機を装着した魚類を上空のドローンから自動航法で追跡するシステムの開発を目指した。

2. 方法

市販のドローンに、受信装置（電波フィルター、アンプ、受信装置、受信した電波を解析するためのマイコン）を作成して搭載した。また指向性のあるモクソンアンテナを数タイプ試作し、最も受信感度の良い物を実装した。上空からの自動探索のため、LITCHIソフトウェア等によってドローンのオートフライトプログラムを開発した。宮城県七ヶ宿ダムにおいてコクチバス3尾に、また台湾の大甲溪の砂防ダム上流において台湾鱒5尾に、滋賀県安曇川でビワマス5尾に電波発信機（Lotek社）を挿入し、行動追跡実験を行った。

3. 成果

受信装置を搭載したドローンは、市販の電波発信機（LOTEK社 151.89MHz 0.016mW）を飛行しながら受信できることが確認された。またLITCHIソフトウェア等によってドローンを任意の高度と軌跡で自動運転することができた。これらのシステムを用いダム湖内で試験を行った結果、ドローンの飛行高度を約10mとした場合、水深約6～8mを遊泳する魚類を水平に約15m離れた距離からでも探知できることが示された。

七ヶ宿ダム湖で放流したコクチバス2尾を定期的に追跡したところ、越冬のために深場に潜ると思われる冬期を除いて概ね探知することができた。また河川に放流した台湾鱒5尾、ビワマス5尾の位置も放流から数日間にわたって概ね追跡することができた。

4. 今後の展望

今回のシステムで湖内のコクチバス、河川の台湾鱒、ビワマスの分布状況を概ね把握することができたことから、今後はより多くの魚種を対象とした詳細な分布・移動の把握が可能になると考えられる。また現在、サンショウウオやカワウ、シカ、イノシシといった陸生動物についても追跡システム開発を目指しているところである。

ダム・貯水池に流入する流木量評価に向けた異なる林相の斜面崩壊地における流木生産・流出量の評価

東京農工大学農学研究院 五味 高志

1. 目的

近年、降雨による土砂災害では流木による災害も顕在化している。降雨に伴う斜面崩壊やその後の土砂や流木の移動では地質、地形、林相等が関わっている。しかし、崩壊による土砂生産や流木発生量評価に関する研究が進められてきたものの、土砂生産量⇒生産流木量⇒流出流木量を一貫して評価した事例はない。そこで、本研究は、平成29年7月九州北部豪雨で発生した崩壊地を対象として、①斜面崩壊ごとの地質、勾配、樹種、林齢などの特徴の把握、②崩壊地における生産土砂量および発生・流出流木量の評価を目的とした。

2. 方法

本研究は、GISによる崩壊地解析と現地調査により実施した。立体視による空中写真判読を行い、崩壊地をArcGIS (Esri社製) でポリゴン化し、崩壊箇所数、崩壊面積などを算出した。地形はLiDARデータから5mDEMを作成し計測した。地質図と森林簿から各崩壊地の地質および林相情報を判別した。現地調査により、崩壊地調査や毎木調査を実施し、立木密度、材積密度、崩壊面積を用いて、発生流木本数、発生流木材積、流木流出率を算出した。

3. 成果

514箇所の崩壊地を確認し、崩壊地は30～40°での発生頻度が高く、地質や植生での明瞭な違いは確認できなかった。崩壊発生地の植生では、67%がスギ林、24%がヒノキ林、4%が広葉樹林、竹林とその他が5%であった。林齢と崩壊面積率の関係では、スギ林とヒノキ林ともに、既往研究は植栽後20年生までで崩壊面積率が大きいと示されているが、本研究では40～50年でも崩壊面積率が高い傾向があった。生産土砂量と発生流木材積の関係では、石川ら(1989)が示す傾向よりも発生流木材積が高い傾向がみられた(図-

1)。石川ら(1989)の調査から20年以上経過し、全国の人工林蓄積は2倍以上となり、人工林の成熟により発生流木材積も増加したと考えられた。

4. 今後の展望

流木の生産源対策から滞留、さらには流木流出までを一貫して把握することが、ダム・貯水池および上流の森林管理においては重要である。

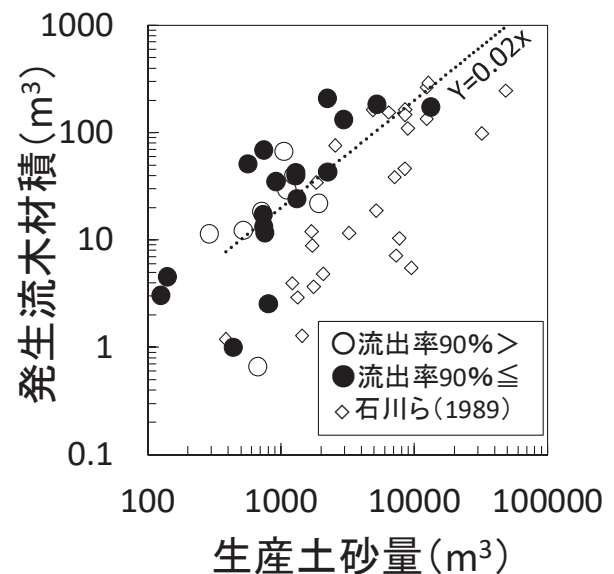


図-1 生産土砂量と発生流木材積。
図中の点線は石川(1989)で示された発生流木材積の上限值。