

在来魚保全のための水系のつながり再生に向けた研究

水野 敏明*・小島 永裕・東 善広・佐藤 祐一・法理 樹里・山中 大輔**・浅野 悟史***・小倉 拓郎****

*琵琶湖環境科学研究センター／総合地球環境学研究所, **琵琶湖博物館／流域政策局,

京都大学地球環境学堂 *筑波大学／東京大学空間情報科学研究センター

1. 目的

在来魚の保全・再生に向けて、平成 29-31 年度(2017-2019 年度)における研究では、「森-川-河口の土砂移動メカニズムの解明」および「地域主体の自然再生活動の継続性」に焦点をあててその課題解決を研究目的とした。令和 2-4 年度(2020-2022 年度)では、社会実装するための基盤となる科学研究および研究成果の適応方策の研究として、下記のサブテーマ①～③の視点から研究を展開した(図 1)。

第六期 在来魚保全のための水系のつながり再生に向けた研究 [第3期(R2～R4) 琵琶湖環境研究推進機構 流域環境研究]

サブテーマ①既存研究成果の現場活用

「森林域から河口までの土砂のつながり研究」

担当: 小島・水野・山中(琵琶湖/流域)・佐藤
・小倉(筑波大/東大)・浅野(京大)

サブテーマ②将来のための技術開発

「環境変遷モニタリング手法の開発」

担当: 東・水野・山中(琵琶湖/流域)・小倉(筑波大/東大)・浅野(京大)

サブテーマ③保全・再生活動の比較分析

「多様な主体の協働による在来魚保全・再生活動の展開に関する研究」

担当: 佐藤・法理・水野

上記の3つの視点からのアプローチにより、総じて、在来魚の保全のための「森-川-湖」の水と土砂のつながり再生に向けた合意形成に必要な科学情報に関する要点や課題を明らかにすることを研究の到達目標とする。



図 1 政策課題研究 2 のサブテーマと到達目標

2. 研究内容と結果

【サブテーマ①森林域から河口までの土砂のつながり研究】

サブテーマ①では川の上流から河口まで流域を通しての土砂移動と土砂によって形成される河床環境に着目して研究を行った。令和 3 年度は、イワナやアユなどの生息環境に強い影響があるものの、研究上の謎が未だ多く取扱いが難しかった「森-川の土砂移動のメカニズム」の解明に向けた総合解析を中心に研究を行った。大篠原試験地(日野川支流光善寺川)と比叡山調査地(大宮川集水域)、永源寺ダム(愛知川集水域)の土砂堆積データおよび植物の被覆に関するデータを用いて、一般化線形回帰分析のポアソン混合効果回帰モデルを用いて総合解析を行った。その結果、森の下草は土砂流出を抑える効果が非常に高く、森の下草の被覆が 30%より少ない場合と 60%以上の時を比較すると、60%以上の被覆の時は 30%より少ない被覆の時より 97%も土砂流出を減少させることがモデルから推察することができた(図 2)。

このように、生態系を活かした減災効果はEco-DRR(Ecosystem based Disaster Risk Reduction) と呼ばれ、気候変動への適応策として世界から注目されている。しかしながら、森の下草の土砂流出減災効果については、実際の測定データ（エビデンスデータ）に基づく定量的評価は世界的にほとんどなかった。そうした背景から、本研究成果はエビデンスデータに基づく Eco-DRR 効果を測定した希少な論文として、国際的に著名な総合学術誌である Springer Nature 社の Scientific Reports に掲載された。さらに、Scientific Reports に掲載された論文の中でも、特に「山の表面の形成過程と法則:Mountain surface processes and regulation」研究領域の「山の環境:Mountain environment」分野に関して興味深い論文として選定(Collection)されて世界に向けて情報発信された。この研究成果については、朝日新聞社滋賀版の記事やNHK 関西のニュースとしてマスメディアでも報道された。さらに、内閣府の TEAM 防災ジャパンや林野庁の SNS などでも記事が引用紹介されるなど、滋賀県や関西を中心に日本中の多くの関心のある人々に向けて研究成果の情報を多面的に発信することができた。

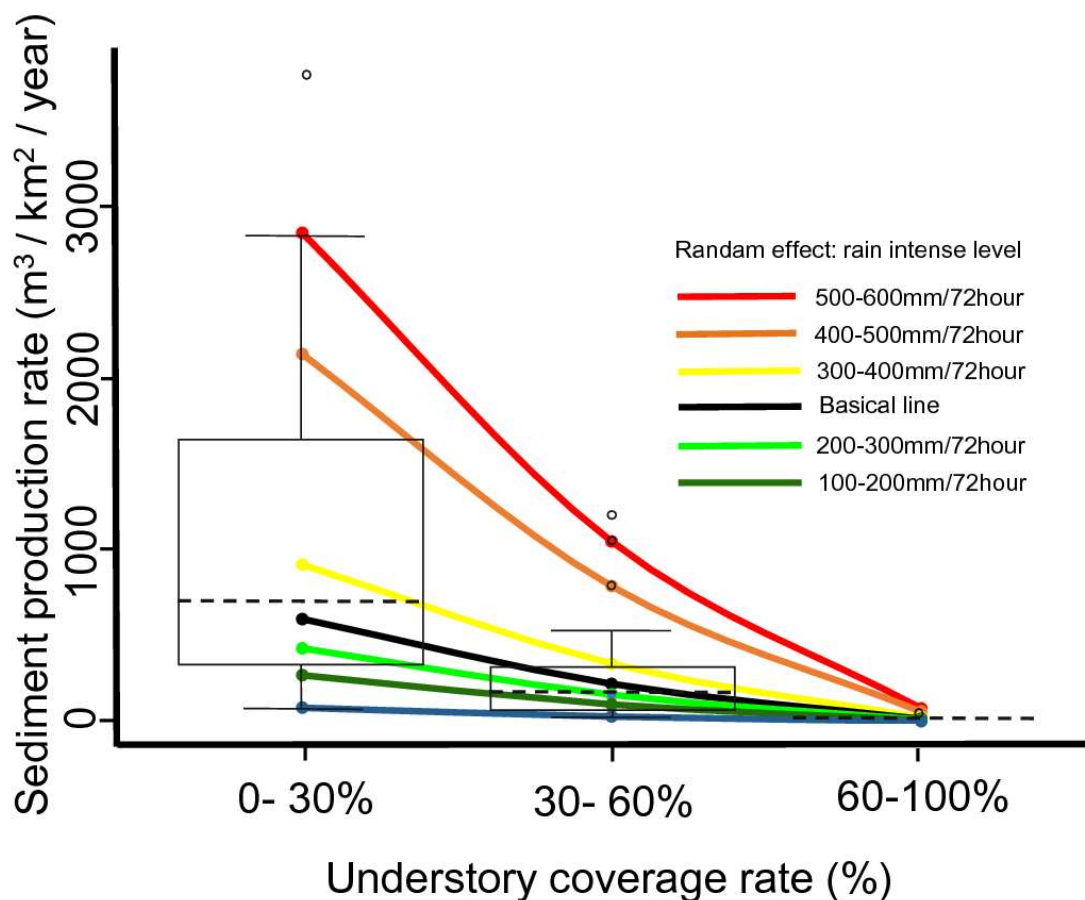


図 2 ポアソン混合効果 98n 回帰モデルによる森の下草被覆率と単位面積当たりの年間土砂流出量グラフ:

【解説】森の下草の被覆率が 60%以上あるときは 30%未満のときと比較して、72 時間雨量が多い時でも少ない時でも、年間の単位面積当たりの土砂生産量を、およそ 97%減少させることが示された。

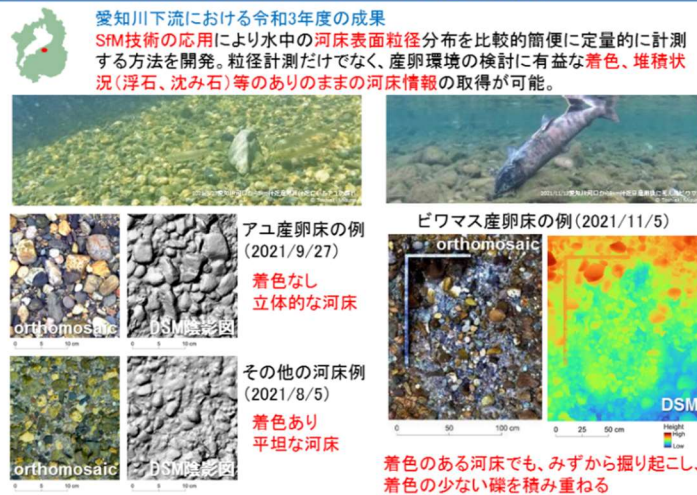
(図 2 のグラフは下記論文※の Figure. 1 をそのまま引用:

※Mizuno, T., Kojima, N. & Asano, S. The risk reduction effect of sediment production rate by understory coverage rate in granite area mountain forest. Sci Rep 11, 14415 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93906-1>(<https://www.nature.com/articles/s41598-021-93906-1/figures/1>)

【サブテーマ②環境変遷モニタリング手法の開発】

サブテーマ②では、アユやビワマスの生息環境や産卵環境にとって重要な要素である、河床の礫粒径や凸凹を評価する技術手法に着目して研究を展開した（図3）。

サブテーマ2：環境変遷モニタリング手法の開発



<左図解説>

「良いアユやビワマスの産卵床と河床の色の関係について」

アユやビワマスは河床に産卵するが、卵の呼吸に影響があるため、河床が付着藻類で茶色や緑色で「着色された」ような場所は産卵場所として忌避する性質があります。そこで本研究では、河床の「着色なし」を「産卵に適した環境」の指標として、「着色あり」を「産卵に適していない環境」の指標として解析を行った。

<右図解説>

「ビワマスが産卵床の立体構造：ビットとマウンドについて」

一番右下の図の赤いところは盛り上がり、他より10-30cm程度高い場所である。逆に青い部分は数cm掘り下がっているビットと呼ばれる部分である。ビワマスは産卵は高く盛り上がっているマウンドの中に産卵して、ビットから砂礫を巻き上げてマウンドに振りかけて、マウンドの中の礫の間の卵を隠す習性がある。

図3 SfM 技術を応用した水中撮影による河床表面粒径分布解析技術の開発

令和3年度(2020年度)は、産卵期に雨が少なく渇水状態になり、愛知川では河口から11km付近で瀬切れが生じていた。そのため、30km上流の産卵場所まで遡上できなくなったビワマスが、2-10km区間に産卵床を形成する様子を観察することができた。これは渇水時における産卵の対応と見られる。産卵にはあまり適さない区間においてどのようにビワマスは渇水環境に対応したのかを検討するため、ビワマス産卵床の水中三次元計測を行った。その結果、ビワマスの産卵床の3次元立体図の作製に成功することができた（図4）。立体図から、付着藻類が多くアーマーコート化されていた褐色の河床を、産卵親魚はまるで耕耘するかのように掘り返し、産卵に好適な付着藻類の少ない粒径数cm～十数cmの礫を敷きつめて立体的に産卵床を作ることが明らかとなった。



図4 渇水時の愛知川(河口から10km)におけるビワマスの産卵床の3次元立体図

【サブテーマ③ 多様な主体の協働による在来魚保全・再生活動の展開】

サブテーマ③では、第 5 期中期計画においてビワマスの保全・再生活動を行ってきた家棟川流域における活動を継続した。さらに、得られた知見・経験を他の流域に横展開した（図 5）。ビワマスが魚道を遡上し、また産卵床造成箇所の周辺で稚魚が確認されるなどの成果が得られた他、仮設魚道の本設化にむけた協議が進められた。



2

図 5 家棟川流域における自然再生活動の成果

家棟川で得られた知見・経験を県内の他地域で生かすため横展開を行った。他河川における事例の 1 つが大津市を流れる新大宮川である。新大宮川では、昨年にかけて魚道に堆積した土砂を市民参加により除去してアユの遡上経路を確保し、実際にアユが遡上していることを確認できた。また、アユの産卵場所を確保する自然保全活動を実施した。もう 1 つの事例が、東近江市を流れる愛知川の支川である渋川である。渋川は森からの流れが集まる溪流で、ビワマスが河口部から 30km 遡上して産卵することが知られている。ところが、渋川には愛知川との合流点から約 570m 上流に高さ約 2.5m の砂防堤があり、そこから先にビワマスが遡上できず産卵区間が限られる問題がある。その問題を解決するために、2021 年 10 月 30 日にはビワマスの観察会が開催され現場の状況が紹介された。その後、2021 年 11 月 7 日に東近江市三方よし基金 SIB 事業からの支援を受けて、愛知川漁業協同組合の方や、企業や行政、研究者らが参加して、ビワマス魚道の設置に向けた検討を行った。その結果、魚道設置可能性を把握するための予備的な作業「見試し」を実施することで合意した。（図 6）2021 年 11 月 30 日に多様な主体が集まり「見試し魚道」を作り上げた。その結果、組み上げた鉄パイプとコルゲート管部材で魚道が製作できることが確認できた。2022 年 2 月 5 日撤収作業を予定していたが、雪が多く撤収ができなくなったが、2022 年 2 月 15 日に無事に撤収することができた。



図6 地域展開：新大宮川のアユ遡上の取組と愛知川（洪川）におけるビワマス魚道の取組

令和3年度(2021年度)からは、「はじめる動機」、「参加の動機」、「継続したいと思う動機」など、動機や意識変容などの社会心理学的要因を把握して、それに応じた科学的知見の情報提供などにより多様な主体による自然再生活動を円滑化することを目的として研究を開始した。初年度は、主に地域概況把握と、アンケート調査データの収集を目的として研究を実施した。また、心理統計学によるモデル解析は次年度以降とする研究計画を立てた。具体的には、愛知川での活動参加者にヒヤリング調査を実施して、あるがゆう氏のグラフィックレコーディングの技法を用いて、活動参加者の意識変容について可視化して地域概況を把握した(図7)。アンケート調査は、「保全・再生活動に参画する関係者の意識変容の可視化と動機の解明」を目的として、東近江三方よし基金と協力してSIB(Social Impact Bond)事業関係者を対象として実施した。



<左図中央の図の解説>
環境問題における複雑な概況の視覚化技法:
「Rich Pictureとグラフィックレコード」

自然再生事業など持続可能な社会を形成するための環境問題では、背景や問題などが複雑に絡み合うことが多く、単純な因果関係で説明できないことが多い。そのため、こうした複雑な環境システムの概況を視覚化してシステム分析する際には、Rich Pictureの技法が有効であることが近年の研究からも指摘されている(Bell, S. et al 2015)。本研究で活用したグラフィックレコーディングの技法は、Rich Pictureの技法の要点をとりいれつつ、ヒヤリング対象者のコメントを要約せずできるだけ忠実に「記録」することに留意している点が特徴的な方法となっている。そのため、活動参加者の意識変容を可視化して地域概況を把握するには適した手法であると考えられる。

<引用文献>
Bell, Simon & Berg, Tessa & Morse, Stephen(2015)Rich Pictures: Sustainable Development Stakeholders- The Benefits of Content Analysis. Sustainable Development 24(2):pp.136-148.

図7 保全・再生活動に参画する関係者の意識変容の可視化と動機の解明

3. まとめ

令和3年度(2020年度)は、科学的な研究を継続しつつ既存の研究成果を社会実装していくために、サブテーマ①～③の視点からの各課題に焦点を当てた上で研究を進めた。

サブテーマ①では、「森一川の土砂移動のメカニズム」の解明に関する学術的な研究に関して大きな成果が得られた。また、イワナの生息地が森林の斜面から流入する砂泥で淵が埋まり生息範囲が狭くなった理由が、シカ被害等による森の下草の減少であるという原因究明にも貢献できた。これらの研究成果は、報道機関から新聞記事やテレビニュースとしての情報発信された、さらに、国機関からもSNSにより情報発信され多様なメディアにより広範囲に情報が発信された。

サブテーマ②では、河床の礫粒径や凸凹の評価に関する技術手法に着目して研究を展開した。さらに、10月期の極端な少雨にともない、愛知川で調査開始以来はじめて見られた渇水現象に対応して、下流の2-10km区間でビワマスが産卵していることが明らかとなった。さらに、開発した手法を適応して渇水時のビワマスの産卵床の状態を調べることができた。ビワマスは、付着藻類の多い河床を、まるで耕耘のように掘り返して、付着藻類の少ない粒径数cm～十数cmの礫を使い立体的に産卵床を形成することを、水中撮影データに基づく3次元ビワマス産卵床立体図を作って明らかにした。これら研究成果は、琵琶湖集水域の渇水が生態系におよぼす影響についての協議の際に報告され、政策に活かされた。

サブテーマ③では、第5期からの家棟川におけるビワマスの産卵遡上を保全する「小さな自然再生」活動を継続支援した。その結果、新たに落差工の上流にまでビワマスの産卵の範囲を広げることができたことが確認された。また仮設魚道の本設化という新たなステップの可能性についても関係者間で検討できた。

他地域への横展開の1つとして新大宮川では、アユを上流側まで遡上させるために、多様な主体の協働でアユが通れるように魚道や河道を整備開削する「小さな自然再生」活動も前年度に引き続き支援した。その結果、従来遡上出来なかった区間にまで、アユが安定的に遡上できるようになったことが確認できた。

他地域への横展開のもう1つとして令和3年からは、愛知川支川の渋川において多様な主体によるビワマス遡上の魚道づくりの「小さな自然再生」のプロジェクト支援を開始した。具体的には、家棟川の経験を踏まえたビワマス魚道設計に関する科学的知見の提供、河川における魚道の許認可手続きに関してのアドバイス、ビワマスの産卵遡上の概況についての科学的知見の情報提供などを行った。同様に、多様な主体からも参加者がそれぞれの得意分野に関して力を発揮し協力しあうことによって、当初は難しいと見込まれていた「当年における見直し魚道の設置」という大きな目標まで達成することができた。そのため、家棟川の経験にもとづく支援は愛知川における「小さな自然再生」の社会実装に役立ったと考えられる。

令和3年度(2021年度)からは社会心理学的な側面に関しても「保全・再生活動に参画する関係者の意識変容の可視化と動機の解明」を目的として研究に着手した。その結果、東近江三方よし基金など地元機関と共同でグラフィックレコーディングによる参加関係者の意識変容の可視化やアンケート調査を実施することができた。これらの結果は、中心的な活動関係者の理念や背景について共通認識するための資料にもなり、多様な主体が活動の意図を理解して共通認識をもつ過程の円滑化に役立ったものと考えられる。

謝辞

本研究における、愛知川の地形測量や博物館等を通じた地域住民への情報発信などに関しては、東京大学空間情報科学研究センターと「高頻度・高精細地形情報を用いた河床における地形変化解析方法および地域住民への空間情報発信方法についての研究(CSIS No. 814)」の共同研究として実施されました。

本研究における Eco-DRR に関する調査解析は、総合地球環境学研究所「人口減少時代における気候変動適応としての生態系を活用した防災減災(Eco-DRR)の評価と社会実装(Project No.14200103 研究代表:吉田丈人 総合地球環境学研究所・東京大学 准教授)」における「滋賀グループ(代表:深町加津枝 京都大学 准教授)」の「氾濫原チーム(代表:瀧健太郎 滋賀県立大学 准教授)」の研究として実施されました。



Mother Lake Goals
変えよう、あなたと私から

