

研究成果報告書

研 究 題 目		アユの再生産を促進するダムのフレキシブル運用に関する研究	実 施 年 度
			2021,2022 年度
代 表 研 究 者	所 属	山口大学大学院・創成科学研究科	
	氏 名	赤松 良久	印
1. 研究の目的・背景 我が国の多くの河川は元来高い生産性を有しており、さまざまな魚介類や甲殻類を育む重要な食料庫であった。しかし、高度成長期の急速なダム等の横断構造物の建設や陸域から汚濁負荷によって、河川の実産力が激減し、さらにはその後の乱獲や適切でない放流事業の悪影響により、河川からの自然の恵み（供給サービス）を享受することが不可能になってしまった。その後、高度成長期後の河川環境への関心の高まりや 1997 年の河川法の改正で「河川環境の整備と保全」が重要な課題となったことにより、河川の水質は順調に回復したものの、依然として河川の食糧生産の場としての機能は回復しておらず、むしろ種によっては、近年の減少が著しいものも見受けられる。その中でもアユは、古くからわが国で親しまれてきた資源であるが、近年は回復が困難な水準まで資源量が減少している。その理由としては、ダム等の横断構造物や、乱獲、不適切な放流、そして水温環境の影響等さまざまな影響が複合的に作用しているものの、明確な要因については明らかになっていない。近年、ダムには魚道が設置されてはいるものの、両側回遊魚であるアユには何らかの影響を与えているものと考えられる。しかし、アユの動態を正確にとらえることは極めて困難であるため、その実態は明らかになっていないのが現状である。 島根県に位置する江の川の浜原ダムでは、ダム上流に生息するアユが産卵期前に親魚としてダム下流にある産卵場まで降下しにくく、漁業者からこの問題の解決が望まれていた。我々の研究グループでは、環境 DNA によりアユの降下ルートとして発電用の取水ルートが有効であることを示したが、アユの降下を促進するに足る浜原ダムの出水の時期、頻度、量は再現されていない。ダム湖水の放水ならびにそれに伴う水位の低下は、電気エネルギーの安定供給の妨げに直結するため、放水の必要性は慎重に判断される必要がある。 そこで本研究では、近年急速に発達している環境 DNA 分析（採水するだけで、水域に生息する生物の在/不在や密度、現存量を把握可能）を用いて、江の川の浜原ダム上下流および浜原ダム湖内におけるアユの降下動態を把握し、降下行動を開始する条件（成熟状況、水温、出水）を明らかにする。さらに、ダム湖内の流動ミュレーションによりダム湖内に分布するアユの降下開始の契機となる放流のタイミングや放流量を明らかにする。この目的のために、1）浜原ダム上下流でのアユの降下動態モニタリング、2）ダム湖内のアユの分布および物理環境調査、3）アユの再生産を促進するダムのフレキシブル運用の検討の三つの目標を設定した。			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

1) 浜原ダム上下流でのアユの降下動態モニタリング

浜原ダムの上下流を含む江の川本川の 15 定点にて、環境 DNA 分析を用いたアユの降下動態モニタリングを実施した。調査範囲は、下流端を淡水域下端付近、上流端を鳴瀬堰付近とする約 120 km の区間とした（図-1）。本川に加えて、アユの移動経路として機能している可能性が考えられる発電用放水路の出口にも採水定点を設けた。調査は 2021 年と 2022 年の 6 月上旬から、アユの降下が終了したと考えられる 11 月下旬までとした。そのうち、アユの降下から産卵時期と考えられる 10 月以降は、おおむね 10 日間隔の頻度で採水調査を行った。また、調査範囲とその周辺の 14 地点にて水温ロガーを用いた水温の連続観測を実施した。

アユの環境 DNA は、全ての調査地点で検出された（図-2）。浜原ダムの下流では、両年ともにダム堤体下流 1.5 km の St. H で濃度が高く、アユがダムによる遡上阻害を受けて滞留している可能性が考えられた。江の川におけるアユの主要な産卵場である St. A では、両年ともに 10 月中旬から 11 月中旬の期間に環境 DNA 濃度が上昇し、この期間がアユの産卵期であることが推測された。ダム上流の区間では 10 月中旬以降に環境 DNA 濃度が低くなり、アユがダムへ降下したことが明らかになった。両年ともに 9 月下旬以降まとまった出水が無かった一方で、本川の水温は、10 月上旬には 20℃に、10 月中旬には 18℃に低下したことから、20℃以下に低下した水温がアユの降下を促したものと考えられた。また、両年ともにダム直下の St. I や St. 放水路では 10 月下旬以降に環境 DNA 濃度がやや上昇し、アユの降下ルートであることが示唆された。

2) ダム湖内のアユの分布および物理環境調査

浜原ダム湖内の 7 測線において、環境 DNA 調査を実施した。7 測線はダム堤体直上から約 7 km の区間内で、およそ 1 km ごとに測線を設けた。それぞれの測線は、右岸、流心、左岸と横断的に 3 地点に分け、さらに各地点で深度ごとにサンプル数を決定した（水深 3 m 未満: 1 本; 3 m 以上 5 m 未満: 2 本; 5 m 以上 10 m 未満: 3 本; 10 m 以上: 4 本）。調査は、2021

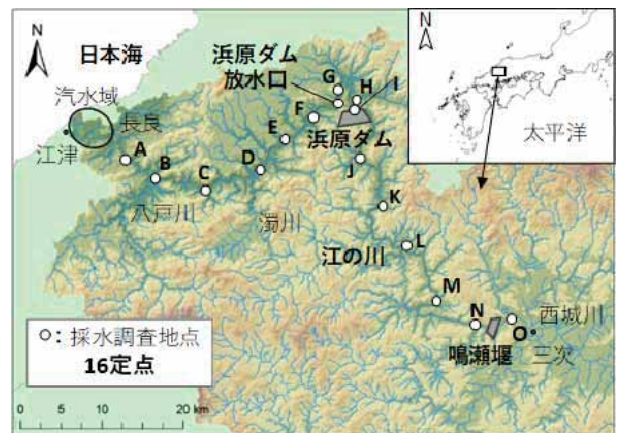


図-1 アユの降下動態調査地点。

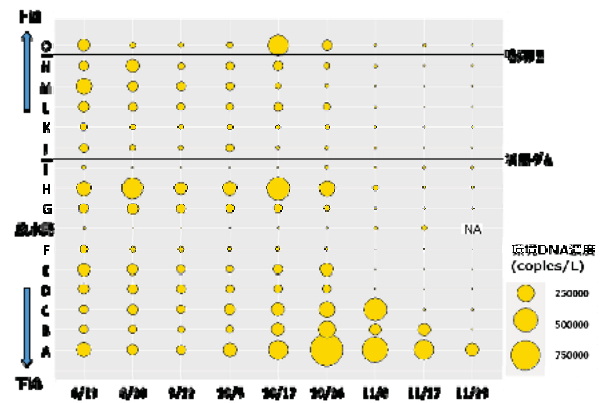


図-2 2022 年の江の川中下流域におけるアユの環境 DNA 濃度。

年と 2022 年の 10 月に約 10 日間隔で 3 回，11 月の上～中旬に 1 回とした．また，全ての地点で水温や濁度などの物理環境を多項目水質計で連続的に記録した．

10 月上旬～中旬のアユの環境 DNA 濃度は，河川流入水の影響を受ける測線 6 や 7 を除いて，ほとんどの地点で 1999 copies/L 以下と低かった．10 月下旬になると，2021 年はダム堤体に近い測線 1 と測線 2 で，2022 年は測線 1～5 で濃度が上昇し，アユの降下を確認した（図-3）．両年ともに，測線 1 の環境 DNA 濃度は発電用取水口のある左岸側や流心で高く，アユが取水口付近に集まっている様子が明らかとなった．この時期は，1）のダム湖

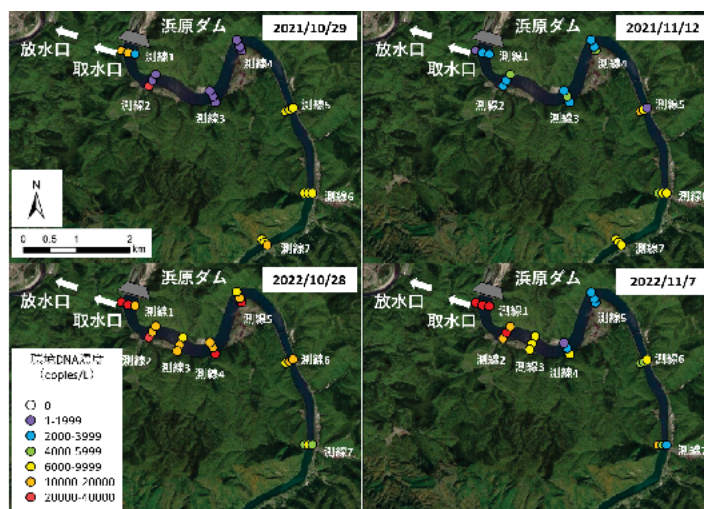


図-3 アユ滞留期における浜原ダム湖内の表層のアユの環境 DNA 濃度．

上流の本川のアユの降下時期と一致した．その後，2021 年は 11 月中旬になると，ダム堤体付近の環境 DNA 濃度は低くなり，アユがダム下へ降下した様子が明らかになった．しかし，2022 年は 11 月上旬になってもダム堤体から 1.0 km の範囲（測線 1 や 2）で環境 DNA 濃度が高く，アユがダム湖内に滞留していた．水温は測線 1 に近いほど高いこと，濁度は測線 1 に近く，かつ深い地点ほど高いなどの傾向を示したが，アユの分布と水温や濁度との関係は認められなかった．

3）アユの再生産を促進するダムのフレキシブル運用の検討

ダム湖内の流動ミュレーションには，三次元環境流体シミュレーターの **Fantom Refined** を用いた．計算期間は 2021 年 10 月 1 日から 11 月 31 日とした．地形データは 2021 年のダム湖内 24 測線の測量結果から作成し，水平解像度は約 40 m，鉛直解像度は 0.5 m 間隔一定，時間解像度は 10 sec とした．上流端境界条件は浜原ダム湖への流入流量を与え（図

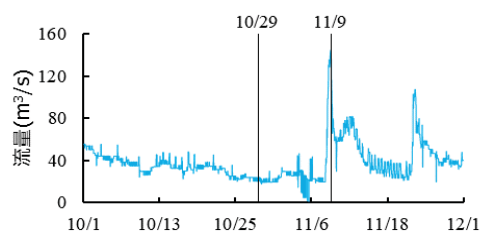


図-4 流動シミュレーションに与えた浜原ダム湖への流入流量．

-4)，下流端境界には排砂ゲート，魚道，発電取水口，洪水口の流出流量を与えた．なお，2021 年 11 月 9 日にはピーク流量が 160 m³/s に達する規模の出水があった．

アユが滞留していた平水時（図-5A）の流速は，測線 1 から測線 5 の区間は 0.05 m/s 程度かそれ以下，測線 5 より上流では 0.05 m/s 以上と，ダム湖の上流ほど流れが速かった．測線 1 付近では，発電用取水口がある左岸側で流れが強く，またアユの環境 DNA 濃度が高かったことから，流れを感知したアユが左岸側を中心に滞留していた可能性が明らかになった．アユが降下したと予想される出水時（図-5B）の流速は，測線 1 から測線 4 付近まで流

速 0.05~0.1 m/s, 測線 4 より上流では流速 0.1 m/s 以上と, ダム湖全体に流れが発生した. 出水時には発電用放水を止め, ダム堤体の洪水口流量が増えるため, 測線 1 付近では流心を中心に流速が速くなった. この出水の前後でアユの滞留が解消されたことから, 出水がアユの降下を促したと判断できる. 一方, 2022 年は洪水口からの出水が無く, まとまった降下は確認できなかったが, 取水口を通した降下は認められた. 以上の結果から, アユは発電用取水口を通して降下を行うが, それだけでは降下のための十分な流量は確保できないため, アユの滞留がはじまる 10 月下旬以降に洪水口から放水することで, アユのスムーズな降下を促すことが可能であることが示唆された.

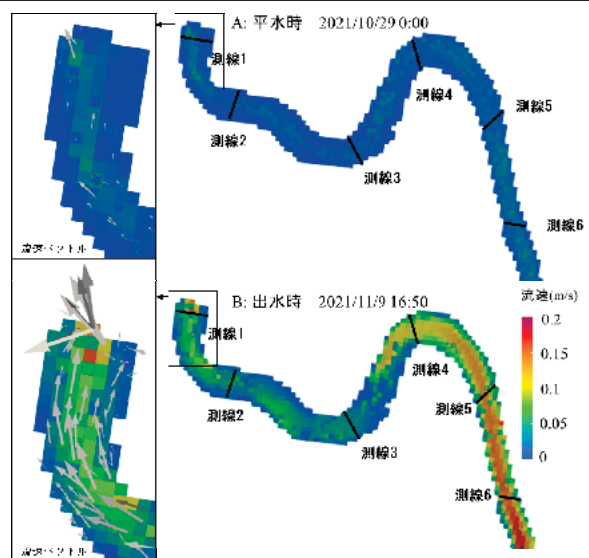


図-5 平水時と出水時の浜原ダム湖内の流速とダム堤体付近の流速ベクトル.

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

申請時の支出計画 200 万（消耗品費: 1,300,000 円, 旅費: 300,000 円, 謝礼金: 400,000 円）に対し採択時の支出額は 175 万円であり, 実際の支出は 175 万円（消耗品費: 1,498,780 円; 旅費: 176,967 円; その他: 74,253 円）と, おおむね予定通り経費として計上した. ただし, 環境 DNA 分析については研究室内で行ったため, 謝礼金は計上していない.

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

本研究は, 浜原ダム湖内のアユの滞留状況を把握し, 10 月下旬以降に放水があればアユが下流に降下できることを明らかにした. アユの降下とダムの出水との関係は未解明であったため, 適切なダム管理に対して有益な知見を得ることができた. 今後は電気エネルギーの安定供給に対してより適切な放水を行うために, アユが降下可能な下限の放水量を検討する必要がある. また, アユの資源量は年による増減が大きいことが知られている. 資源量が多いと降下や産卵の時期が長期化することから, より長い期間アユがダム湖に滞留することが予想される. そういった年には放水を複数回に分ける必要があるのかなど, 資源量と放水の関係についても明らかにし, アユの保護・保全を続けていくことが大切である.

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

2 年間の研究データを精査した後に, 学会発表および論文投稿を行う予定になります.