

環境 DNA を用いた一庫ダム湖陸封化アユの調査 について

滝本 雅之¹ ・ 内藤 信二²

¹ 独立行政法人水資源機構 一庫ダム管理所 (〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松 4-1)

² 独立行政法人水資源機構 一庫ダム管理所 (〒666-0153 兵庫県川西市一庫字唐松 4-1)

一庫ダムでは、ダム湖を海の代わりにしてダム湖と流入河川との間で生活史を完結する陸封化アユの存在が以前から確認されている。近年では、水産資源を保護するために漁業協同組合が行っていたアユ仔稚魚の放流が必要なくなるほど、ダム湖から遡上するアユは多くなっている。

今回、陸封化アユの環境資源としての有効性確認や、今後のより環境に配慮したダム管理のための基礎資料を得るため、近年研究が進んでいる環境 DNA を用いたダム湖内における陸封化アユの生息実態を把握する調査を、国立大学法人山口大学と共同で実施したことから、その結果について報告するものである。

キーワード：環境 DNA、陸封化アユ、生息実態調査

1. はじめに

一庫ダムは、淀川水系猪名川の左支川一庫大路次川に位置するダムで、洪水調節、水道用水の供給、流水の正常な機能維持を目的とし、2022年4月に管理開始39年を迎えた多目的ダムである。

一庫大路次川は、ダム建設前は、アユの友釣場として賑わっていたが、ダム完成後は、周辺環境の変化もあり、アユの姿を見かけることがなくなった。このため、2002年度に地元からかつてのようにアユが多く棲める河川への復元が強く要望されたこともあり、2003年度からダム下流



写真-1 流入河川(一庫大路次川_龍化溪谷)
を遡上するアユ(2019年7月)

では、フラッシュ放流や土砂還元、弾力的管理試験の実施による下流河川の環境改善に努めるとともに、ダム上流においても、ダム湖での外来魚駆除、アユの産卵床造成(通称：川の耕し隊)などの取り組みにより、アユを含む河川生物の生息環境の改善を図っている。この結果、近年では、ダム湖から遡上するアユが非常に多い状況が確認されている(写真-1)。

そこで、今回陸封化アユの環境資源としての有効性確認や、今後のより環境に配慮したダム管理のための基礎資料を得るため、近年研究が進んでいる環境 DNA を用いたダム湖内における陸封化アユの生息実態を把握する調査を山口大学と共同で実施することとしたものである。

2. 調査方法

(1) 環境 DNA 調査とは

環境 DNA 調査とは、環境中に含まれる「生物由来の DNA」を検出・分析する技術を用いた生物調査である。

日本国内では、「環境 DNA 調査・実験マニュアル ver.2.2」²⁾が公表されるなど、近年、生物調査の有効な一手段として実用化に向けた取り組みが活発に進められて

いる。

なお、環境 DNA 調査は、陸上の堆積物や、水中の堆積物、水等を分析試料として取り扱うことが出来るが、今回の調査は、アユが対象であることから、水を試料として調査を行った。

(2)従来調査との違い¹⁾

環境 DNA 調査と、定置網や投網などによる主に捕獲を主体していた従来生物調査との相違を表-1 に示す。

調査にかかる労力として、従来調査は、漁具等の取り扱いに労力・専門的な知識が必要なこと、使用する漁具等の種類により確認できる種にバイアスがかかること、捕獲した魚類の同定に知識が必要なことから、調査員が限定され広域を短期間に調査することが困難である。一方、環境 DNA 調査では、人為的な汚染や水質異常(赤潮、アオコなど)等に留意が必要であるものの、現地調査は主に採水作業のみであることから、広域を短期間に調査することが可能である。また、生物・生息環境への影響として、従来調査では、漁具による殺傷、立ち入りによる生息環境の踏み荒らしにより影響を与えてしまうが、環境 DNA 調査では、採水のための最小限の立ち入りとなるので、影響はほとんどない。ただし、体長や体重等は捕獲個体の情報は、環境 DNA 調査では得ることが出来ない。

今回の調査では、貯水池及び流入河川におけるアユの生息実態を把握するため定期的に多くの地点での調査が必要

要となることから、環境 DNA 調査は従来調査に比べ、効果的な調査であると考えられる。

(3)環境 DNA 分析の種類^{1) 2)}

環境 DNA の分析は、調査試料に含まれる調査対象の DNA を、ポリメラーゼ連鎖反応(以下、「PCR」という)で分析可能な量に増幅して検出・定量する技術である。魚類の生物種の検出には、PCR によって増幅される DNA 断片の両端に結合する短い人工の一本鎖 DNA (以下「プライマー」という)の特徴により、以下の2つの手法に分けられる。

- ・ Mifish 法・・・水中に漂う DNA を網羅的に増幅・検出する手法。
- ・ 種特異的検出・・・水中の漂う対象種(単一種)の DNA のみを増幅・検出させる方法。

今回の調査では、アユのみを対象とした調査であることから、種特異的検出による環境 DNA の分析を行うこととし、サンプル中の調査対象種の DNA や RNA 量を高い精度で定量することができるリアルタイム PCR 法による環境 DNA の分析を行った。

(4)調査内容

今回の調査は、ダム湖内における陸封化アユの生息実態の把握を行うため、アユの生活史を考慮し、環境 DNA 調査の試料採水位置、試料採取時期を次のとおり定めた。

- ・ 試料採水位置

試料採水位置を図-1 に示す。

アユはその生活史の中で流入河川から貯水池内を移動

表-1 環境 DNA 調査と従来調査との違い

比較項目	環境DNA調査	従来調査	
事前準備	調査の実施、生物捕獲にかかる許可申請等 調査機材	不要 採水キット 漁具等	
現地調査	調査手法	採水 (サンプルの輸送)	定置網・投網・タモ網による捕獲
	調査にかかる労力	1名×10~20分程度 ¹⁾ (1地点1回当たり)	3名×2日 ²⁾ (1湖沼3回地点当たり)
	調査者による精度のばらつき 生物・生息環境への影響	小さい ほとんどない	大きい あり (漁具による殺傷、立ち入りによる生息環境の踏み荒らし)
分析作業	捕獲個体からの情報	なし	あり (体長・体重等)
	サンプル処理等	Mifish法 (メタバーコーディング分析等) 種特異的検出 (リアルタイムPCR分析等)	種の同定等

1 試行調査(環境省業務)を基にした想定
2 モニタリングサイト1000 湖沼：淡水魚類調査マニュアルを基にした想定

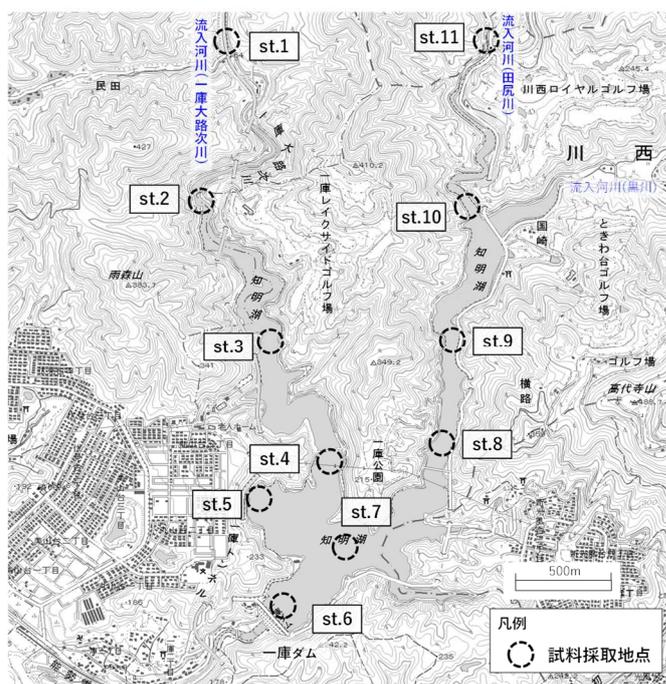


図-1 試料採水位置図



写真-2 現地作業状況(採水とフィールドデータ測定)

することから、流入河川（一庫大路次川、田尻川）における代表地点と過去にアユの産卵が確認されている地点の直下流、及び貯水池内をほぼ等間隔に7地点の計11地点とした。

・試料採水時期

アユの寿命は概ね1年程度であることから、2020年8月から2021年8月までの13カ月間において、月1回採水することとした。

(5) 調査手順

調査手順は、現地調査・採水、採水試料の輸送、環境DNAの分析、分析結果の整理解析となる。今回の調査では、一庫ダム、を山口大学が実施する。ここでは、一庫ダムが実施した手順、について説明する。

現地調査では、各採水地点において採水とフィールドデータを記録する(写真-2)。採水を行う際は、環境DNA分析の支障となる濁度の上昇や水質異常(赤潮、アオコなど)等がないか確認するとともに、採水場所以外からの環境DNA混入などの人為的な汚染を防ぐため、採水作業中のゴム手袋着用及び調査地点毎の交換、採水容器の交換、採水地点の水の攪拌を防ぐなど注意が必要である。また、採水した水を分析場所である山口大学まで輸送する必要があることから、環境DNAを固定するため、塩化ベンザルコニウム液(劣化防止剤)を入れる必要がある。

フィールドデータとしては、pH、水温、電気伝導率を測定した。

採水試料の輸送では、保冷剤などで保冷して、クール便で輸送する。なお、輸送時の汚染の有無を確認するため、天然水を採水試料として塩化ベンザルコニウム液を入れたものを、他の採水試料と共に輸送した。

3 調査結果

2020年8月から2021年8月までに行った環境DNA調査

の結果と流入河川の水温変化を、図-2に示す。

・2020年8月から2020年9月では、流入河川のみでアユの環境DNAが検出され、流入河川の採水地点より上流域でのみアユの生息が確認された。特に、2020年9月は環境DNA濃度が増加していることから、採水地点周辺へ産卵のためにアユが降下してきたものと考えられる。

・産卵期と思われる10月では、どの採水地点でもアユの環境DNAがほとんど検出されなかった。この時期は目視観察でもアユの魚影が確認できなかったことから、採水時期前にはアユの産卵が終了していたことが考えられる。

・2020年11月から2020年12月では、流入河川から貯水池までの全採水地点でアユの環境DNAが検出されており、これは、孵化仔魚が貯水池へと降下している様子を捉えたものと考えられる。

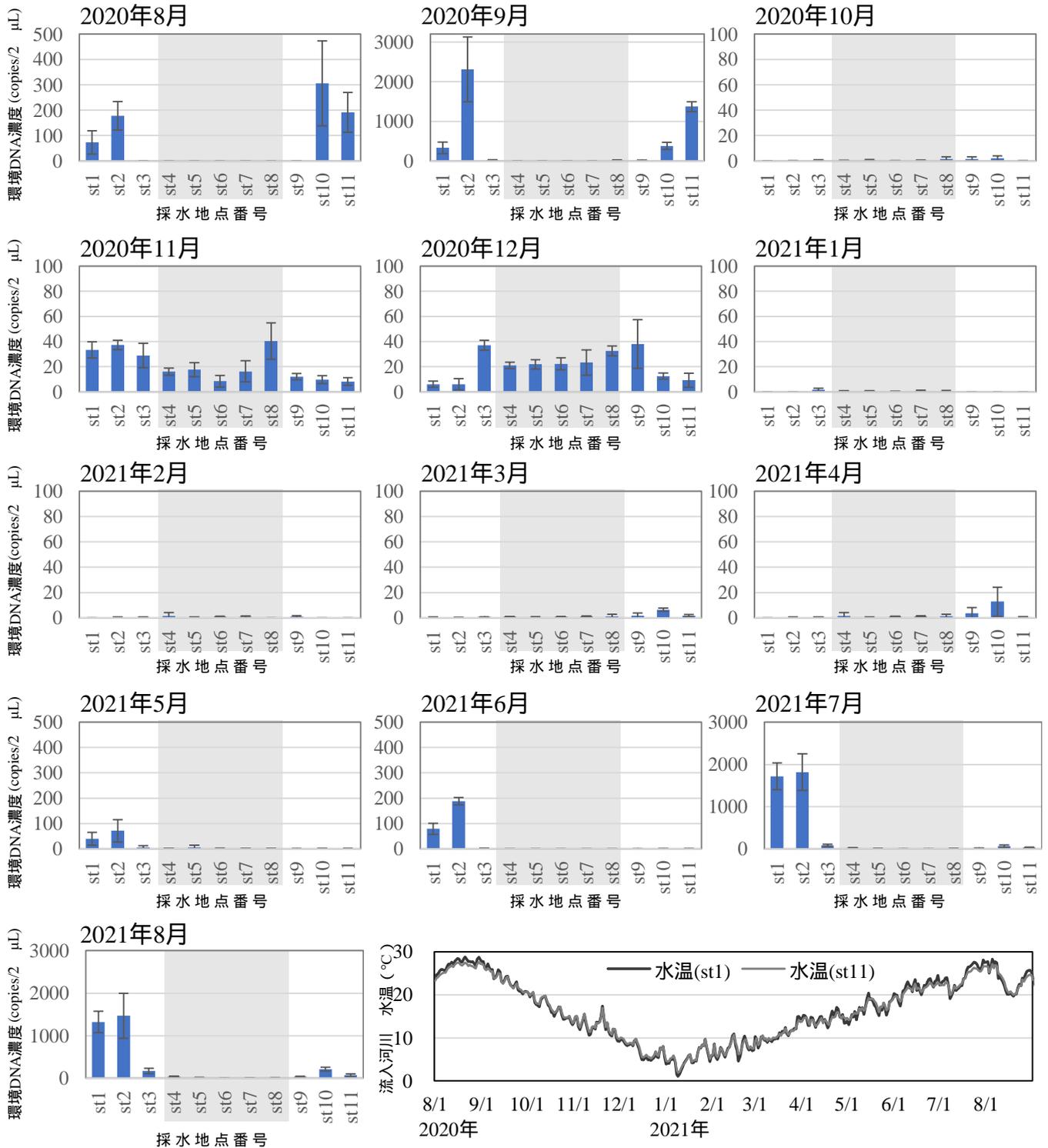
・2021年1月から2021年2月では、アユの環境DNAは全地点でほとんど検出されなかった。この時期は、水温が急激に下がっており、低水温を嫌うアユ仔魚が表層を避けて、貯水池の深場にもぐったため、表層水からでは環境DNAを検出できなかったと考えられる。

・2021年3月以降は、流入河川でアユの環境DNA濃度が増加した。これは、流入河川の水温上昇に伴いアユ仔魚が遡上したため、月毎の環境DNA濃度の変化から、田尻川(st9~11)では3月から4月にかけて、一庫大路次川(st1~3)では4月から5月にかけて遡上が始まったものと考えられる。また、一庫大路次川では、6月以降も環境DNAの検出数が高い状態を維持していることから、アユが試料採水地点の周辺またはその上流側を利用していると考えられる。

4 おわりに

今回の調査では、一庫ダムの陸封化アユは、3月から5月にかけて河川を遡上し、6月から8月に河川で生活するとともに成長、9月から10月末にかけて産卵し、その後孵化した仔魚が海の代わりである貯水池に降下していることが判明した。今後、今回調査を実施しなかった流入河川の上流域でアユの環境DNA濃度を調査することにより、ダム上流域全体のアユの生息実態を把握することができ、よりアユの保全対策に活用できると考えられる。

また、今回の調査により、環境DNA調査が魚類の生息実態の把握に有効であることが判明した。この適用により、アユの産卵床造成の場所や時期の検討、アユの移動を阻害する河川構造物の改善検討、外来魚のより効果的駆除も想定でき、アユの保全に役立てることができると考えられる。



網掛け部分は貯水池内の調査地点、棒グラフ中のエラーバーは標準偏差

図-2 各調査月における環境 DNA 濃度と流入河川水温の推移

謝辞:本調査に当たりまして共同で研究していただくとともに、技術的なご指導、ご助言いただきました、国立大学法人山口大学 赤松教授を始めとした関係者に皆様に、この場をお借りして感謝申し上げます。

参考文献

- 1)環境省自然環境局生物多様性センター(2020):環境 DNA 分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き 1版
- 2)一般社団法人環境 DNA 学会(2020):環境 DNA 調査・実験マニュアル ver.2.2