

ハイヅカ湖における陸封アユの生態と変動要因について (最終報告)

国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所 佐々木賢一
 国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所 ○山本 泰己
 鳥取大学大学院連合農学研究科 Dalia Khatun
 島根大学生物資源科学部 田中 智美
 島根大学学術研究院農生命科学系 荒西 太士

1. はじめに

灰塚ダムは2007年に完成した多目的ダムであり、2007年春に実施したダム河川環境調査により陸封アユが確認された。「陸封アユ」は、ダム湖の上流の流入河川で産卵した後、下流がダムでせき止められているため降海できず、ダム湖(残留群)や流入河川(遡上群)を回遊して一生を淡水域で過ごす生活史をもつ(図-1)。灰塚ダム貯水地(以下、ハイヅカ湖)水域内では、成長したアユが遡上する光景が毎年確認され、近年は魚道で捕獲した天然アユを地元の産業に活用する取り組みが進み、地域の関心も高まっている(図-2)。しかし、陸封アユの生態は全国的にも調査事例が少なく数年後に自然に消滅することも多いことから、現状のアユの成育環境や回遊生態を把握しておく必要がある。

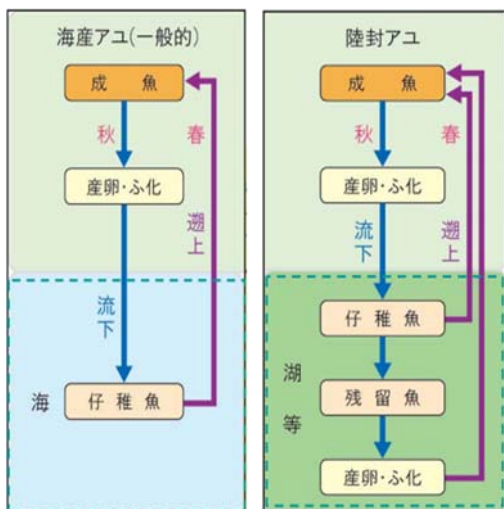


図-1. 両側回遊アユと陸封アユの生活史。



図-2. 灰塚ダム貯水域。

2. 現状と課題

ハイヅカ湖と流入河川に生息する陸封アユは、人工種苗が継続的に放流されている上、再生産が確認されているにもかかわらず²⁾、資源は増大していない²⁾。また、餌不足や食害などの資源の減耗の原因も特定されていない。そこで、2020~2022年の3年間に亘って陸封アユ資源の変動要因をアユの捕食(餌料環境)と被食(食害)の両面から調査する。さらに、個体群動態や再生産構造を解析して生活史の実態も調査する。本研究により、陸封アユの資源生態が明らかとなり、持続的かつ安定的な増殖生産や保全管理が期待される。

3. 調査内容

(1) 陸封アユの成長分析

当該水域において、2020年4月から2022年3月の36連続月に採集された仔稚若成魚合計1,546尾を分析した。秋季に田総川で産卵した後、11月には仔魚がハイヅカ湖内に流下して越冬し、晩冬から初春には稚魚が

キーワード 陸封アユ, 生態調査, ハイヅカ湖, 灰塚ダム

連絡先 〒729-4302 広島県三次市三良坂町仁賀1575 灰塚ダム管理支所 TEL:0824-44-4360

活動し始め、成長が早い若魚から順に田総川へ遡上する。遡上前の動物食あるいは雑食から遡上後は植物食（一部は雑食）に食性が変化して成長速度が亢進し、晩夏から初秋には成魚が成熟して産卵する。このような生活史に則り、11月から3月まではハイヅカ湖内で集魚灯と稚魚ネットにより仔稚魚、4月から6月ないしは7月までは川井堰堤の魚道上に設置した定置網により若魚、7月ないしは8月から10月までは田総川で刺網により成魚をそれぞれ採集した。月50尾を目途に全長と体長、体重を測定して肥満度を算出するとともに、胃内容物を分析した。さらに、胃内容物で観察されたデトリタスの構成成分を同定するため、定期的に表層水を採集して微小生物も分析した。なお、2021年2月と3月は湖水結氷、2022年12月、2023年2月と3月は水位低下により欠測であった。

(2) 陸封アユの資源解析

当該水域において、2018年1月から2020年12月に採集された仔稚若成魚合計1,348尾の最大持続生産を解析した。全長と体重の相関関係のFAO-ICLARM Stock Assessment Tools-II解析およびPauly経験的モデルにより、ベルタランフィ成長関数、減耗指数、搾取指数、定常資源量などの生活史パラメーターを資源統計学的に算出した。なお、田総川漁業協同組合から提供された漁獲量データでは、漁獲圧が無視できる状態であったため、生活史パラメーターではnatural（自然）に対してfisheryやfishing, catchを非自然として評価した。

(3) 陸封アユの系統解析

当該水域において、2020年1月から2022年8月に採集された仔稚若成魚777尾と放流された種苗76尾の合計853尾の遺伝系統を解析した。採集魚の内訳は、仔稚魚298尾、若魚252尾および成魚227尾、放流魚の内訳は、2020年5月放流の灰塚系統24尾、2021年5月放流の灰塚系統26尾および2022年4月放流の太田川系統26尾であった。背部普通筋から全ゲノムDNAを調製し、ミトコンドリアDNA調節領域5'末端側の約480塩基対の配列を解読した。塩基配列を多重整列解析して遺伝子型分類した後、遺伝的多様度を評価するとともにネットワーク図と最小全域系統樹で分析した。さらに、各遺伝子型の月毎の出現率を比較して遺伝子型組成の変化を検証した。

4. 調査結果

(1) 陸封アユの成長分析

11月に採捕された流下仔魚の全長のモードは、(調査を始めた2017年から)2020年までは1mm以上20mm以下であったが、2021年は21mm以上40mm以下に変化していた。これは産卵盛期が早くなったことを示唆していた。例年は12月頃まで動物プランクトンを摂餌して21mm以上40mm以下に成長し、その後は余り成長せず越冬した。年により2月下旬から3月下旬の間に再び摂餌を始めて、4月中下旬には61mm以上に成長した若魚が体サイズの大きい順に田総川へ遡上を始めた。遡上期は、2019年以前は7月まで続いたが、2020年以降は6月下旬に終わっていた。一方、2020年から導入した環境DNA調査では、遡上期後の9月や産卵盛期の10月にもハイヅカ湖内でアユのDNAが検出されており、河川回遊群の他に湖内残留群の存在が実証された。河川回遊群は孵化後9~10ヶ月の全長が101mm以上120mm以下で成熟を始め、121mm以上で産卵していた。一方、湖内残留群の7月以後の生態は不明であり、今後の研究が不可欠である。

産卵期が(2017年から6年間の連続調査で)2020年以降に年々早くなっていたことが危惧される。産卵期が早くなり、かつ遡上前の餌料環境が好適であれば、遡上期も早くなって食害魚による湖内での遡上前の被食減耗が減り、資源の安定化には有効である。しかし、多数の個体が一気に遡上すると遡上後の餌料環境を悪化させる可能性があり、密度効果によって成長速度が減衰した結果(兆候を2022年に確認)、成熟せず再生産に加入できない成魚が出現する。2023年以降も観測を継続し、もし遡上後の成長速度の減衰が顕著になったら、小型魚を間引くなど適切な対策を速やかに施さないと短期間で資源が消滅する可能性が高い。

(2) 陸封アユの資源解析²⁾

経験的モデルより、成熟全長と成熟年齢は 10.77 cm と 0.80 year (孵化後 9.6 ヶ月) と算出され、成長分析の結果とよく一致していた。同様に産卵全長は 12.38 ~13.95 cm と算出され、成長関数から推定した最適斃死全長の 12.63 cm と一致しており (年魚のアユは産卵後に斃死)、適正な生育環境にあったことが示唆された。資源加入パターンは周年で継続的であったが、5月下旬と8月中旬をピークとする明瞭な二峰型を示しており、遡上後に個体群の密度が急激に上昇していた (図-3)。資源減耗の原因となる総斃死指数、自然斃死指数と非自然斃死指数はそれぞれ 2.45, 1.19 と 1.26 と算出された。自然斃死と非自然斃死は凡そ 1:1 であり、この状態を今後も維持できれば資源が突然消滅する可能性は低い。一方、斃死指数から算出した資源の搾取指数は 0.51 であり、最大搾取指数の 0.45 より高く、非自然斃死が過剰であった (図-4)。漁獲圧が低いため、過剰な搾取の原因は非人為的な生物学的要因 (被食) か物理化学的要因 (環境変動) と判断されたが、環境変動の影響による異常な資源動態は確認されておらず、被食による恒常的な搾取が示唆された。なお、2020 年 7 月にハイヅカ湖内で採集したオオクチバスの当歳魚 99 尾の内、16 尾の胃内容物に魚食の痕跡を確認している。

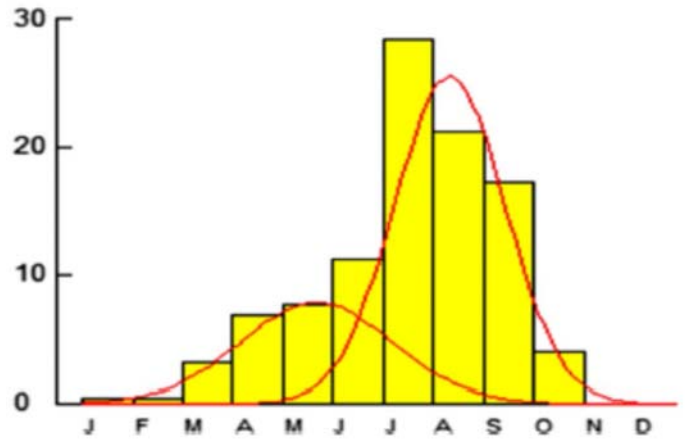


図-3. 資源加入頻度分布。

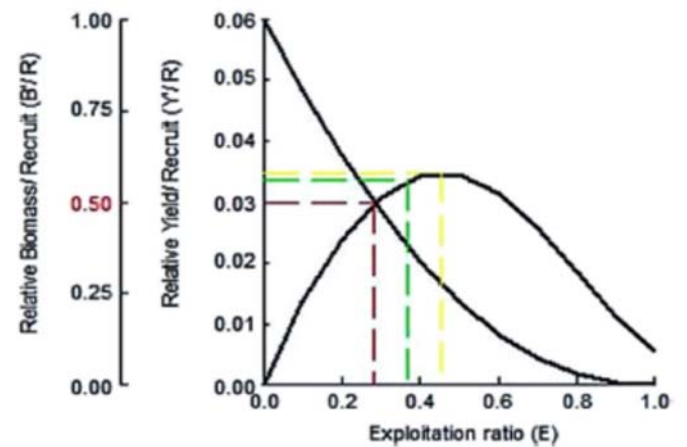


図-4. 資源量変動モデル。

(3) 陸封アユの系統解析⁴⁾

2022 年 8 月までに合計 37 遺伝子型が検出されたが (図-5)、全ての月で CRht01 が優占した上、CRht02 や CRht03 が高頻度で出現した (図-6)。個体群構造学および個体群統計学の解析により、これら 3 優占遺伝子型は水系の潜在遺伝子型であり、灰塚ダム竣工で隔離された結果、典型的な創始者効果が発生していた。一方、放流種苗に由来する多数の低頻度の劣位遺伝子型が出現し、一部は再生産に寄与していた。劣位遺伝子型の出現頻度は漸増していたが、資源量は増加していない。これは、当該水域の環境収容力に余剰があるため (後述)、遺伝的に異質な放流種苗が生残して再生産するが、その個体群は継代を続けられず資源に加入する前に消滅していると推察された。そこで、今後の資源の安定化は、放流種苗の遺伝系統を適正に調整できるかにかかっている。継続的

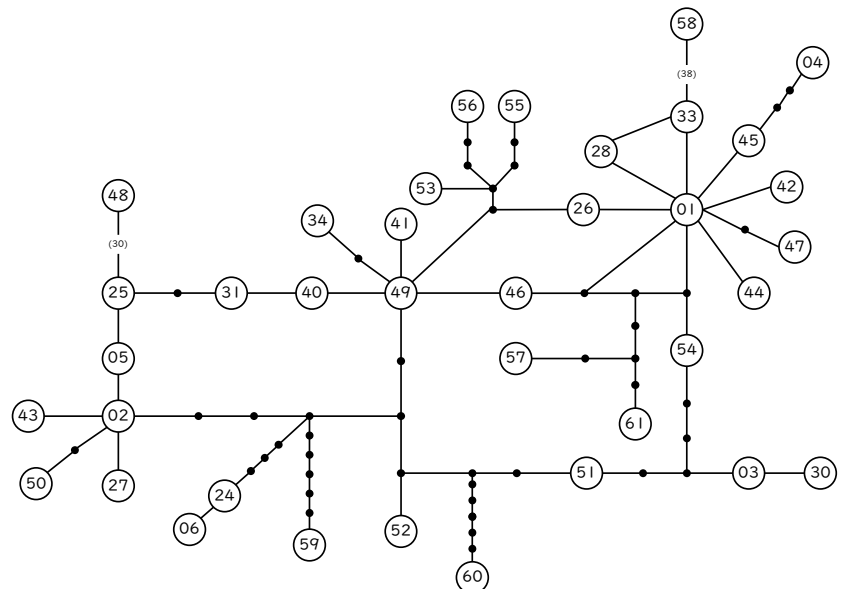


図-5. 最小全域系統樹。

な種苗放流で優占遺伝子型の一斉放散状態を人為的に創出し、現在ある再生産構造の一部として資源への加入を持続的に増加させながら、遺伝的多様性の拡大により創始者効果を減衰して資源の消滅を回避することが喫緊の課題である。

5. おわりに

当該水域の最大持続生産量211トンに対して定常資源量は172.4トンと算出されており、約1.2倍の環境収容力がある²⁾。本研究の結果を踏まえた実効性の高い種苗放流を実現すれば資源量が増加し、持続的かつ安定的な水産業による地域活性化が期待できる。一方、産卵期の早期化、湖内残留群の生態、食害魚の被食実態、近年の水位低下が初期減耗に及ぼす影響など解明すべき課題が多数残されており、陸封アユの保全管理には今後の調査研究の継続と深化が不可欠である。

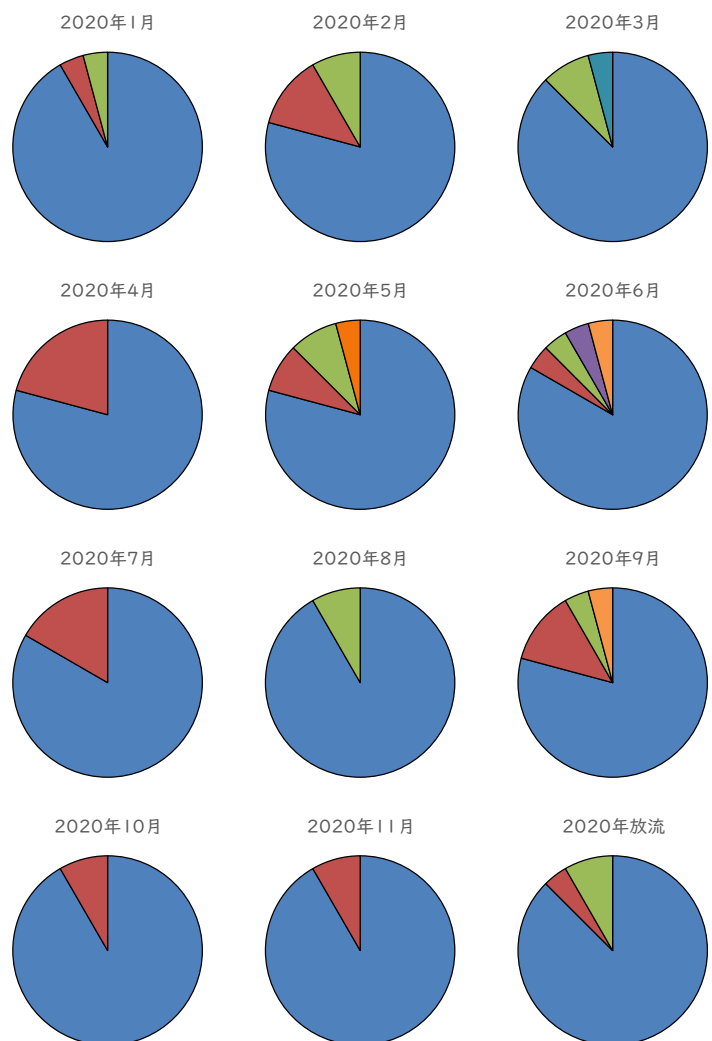


図-6. 遺伝子型組成の一例。

参考文献

- 1) 田中智美・堀之内正博・藤原純子・吉岡秀和・伊藤康宏・荒西太士：ハイヅカ湖陸封アユの生活史を通じた生態調査，令和2年度日本水産学会春季大会（東京），2019年3月。
- 2) Dalia Khatun, Tomomi Tanaka and Futoshi Aranishi: Length-based estimates of stock status of landlocked ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* in Japan, *Environmental Science and Pollution Research*, 30:2649-2664, 2022.
- 3) 小松芳彦・和田守真也・Dalia Khatun・田中智美・荒西太士：ハイヅカ湖における陸封アユの生態と変動要因について（中間報告），第74回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，417-420，2022.
- 4) Dalia Khatun, Tomomi Tanaka and Futoshi Aranishi: Population structure and demographic history for year cohort dynamics of landlocked ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* in dam reservoir of Japan, *Diversity*, in submission.