

高梁川下流域におけるアユの産卵実態の把握と産卵場造成の効果

山下 泰 司

Spawning conditions and effects of spawning ground creation on Ayu *Plecoglossus altivelis altivelis* downstream of the Takahashi river

Yasushi YAMASHITA

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の漁獲量は全国的に減少しており¹⁾、産卵環境を人為的に改善する産卵場造成は、天然アユの資源回復を図る取組として各地で実施されている²⁾。岡山県の漁獲量も平成10年頃の約5分の1となっており³⁾、種苗放流をはじめとした各種対策が実施され、産卵場造成についても河川ごとの効果的な手法が検討されている⁴⁾。

本県西部を南北に流れる高梁川では、下流の水江地区が自然産卵場として知られ、河口から2.7km上流に位置する潮止堰から9.0km付近までが流れの緩やかな湛水区間となっている⁵⁾。ふ化直後の仔アユは餌料環境が良好な海へと流下するが、降雨による増水がない場合、海に到達するまでに多くの仔アユが飢餓状態に陥り減耗していると考えられ^{6,7)}、海から最も近い水江地区の産卵場は、本種の再生産において重要な場所として地元漁業協同組合が産卵期のアユの保護区域に設定している。一方、地元漁業者からは近年、産卵期の親アユが少ないとい

た意見があり、産卵に適した河床の範囲や産卵盛期も不明であった。そこで、この地区のアユの産卵実態に関する知見を得るため、2020年に産卵範囲や卵密度を調査するとともに、'21年には好適な産卵環境を作出する産卵場造成と効果調査を行った。2か年の結果であるものの、近年の産卵盛期や水温との関連性に加え、産卵場造成における留意点について若干の知見が得られたので、以下に報告する。

材料と方法

調査場所 高梁川は、岡山・鳥取県境を源流とし、瀬戸内海に注ぐ幹川流路延長111kmの一級河川で、調査場所は河口から9.0kmに位置する「水江下流の早瀬」と呼ばれる産卵場である（図1）。

2020年の産卵場調査 産卵状況の確認のため、アユ卵の目視調査を行うとともに、図2に示した調査点で卵密度およびアユの蝸集状況を調査し、水温を連続観測した。

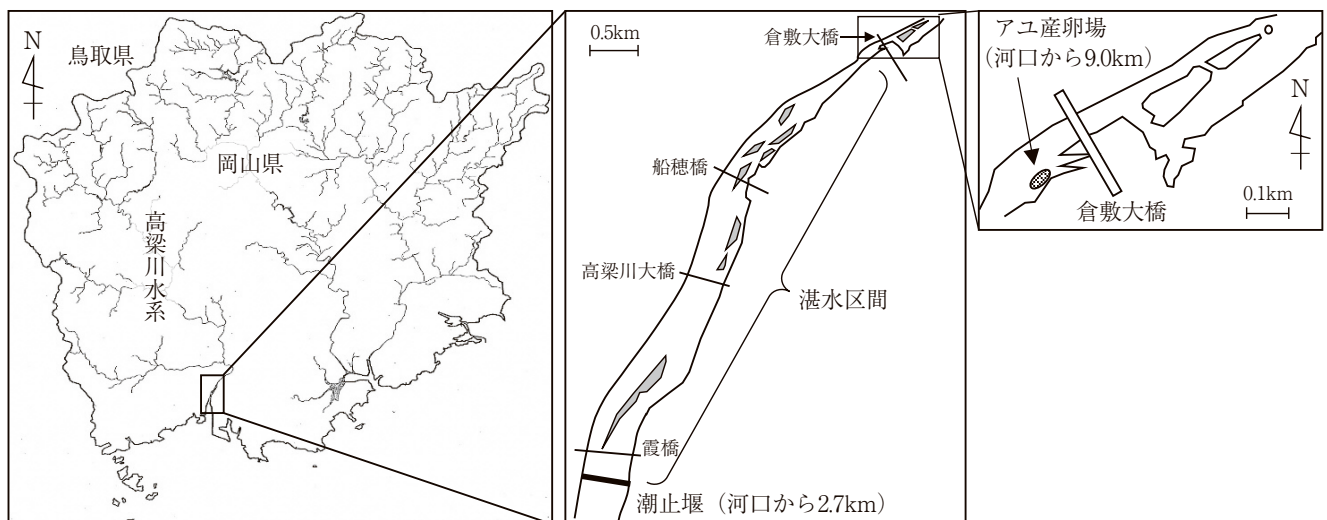
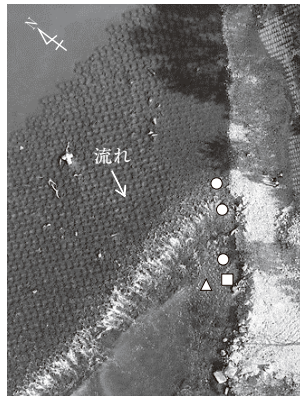


図1 調査場所



○：卵密度調査点
△：アユ蝟集状況調査点(カメラ設置点)
□：水温調査点

図2 2020年の調査点

1. アユ卵の密度調査および目視調査 卵密度調査は、'20年10月6、15、21、29日、11月5、16、25日の計7回、図2の3点で河床をサンプリングした。礫の採集は、調査点に0.2×0.2m コドラートを置き、作業時の流出卵を回収するため0.2×0.3m 金魚網を下流側に設置して行った。枠内の礫を深さ10cm 程度採集し、1L容量の容器に入れた後、70% エタノールで固定して実験室に持ち帰った。礫中の卵は、固定液を水道水で洗浄して取り除き、卵の確認が容易になるよう0.1% ローズベンガル溶液で30分間染色した後、洗浄してから計数した。なお、深さは考慮せず1m²当たりの卵数として換算した。

目視調査は、密度調査時に複数点の河床を手に取り、アユ卵が確認できるおおよその範囲を確認した。産卵範囲の面積は、パーソナルコンピューター（以下、PCとする）のアプリケーション Google Earth Pro の面積計測ツールを用いて、'21年3月26日の画像上に確認範囲を図示することで求めた。

2. アユの蝟集状況調査 一定時間の間隔で撮影するタイムラプスカメラ TLC200Pro (brinno 社製) をステンレス製の防水ケースに入れて図2の調査点に設置した。設置期間は'20年10月6日から11月24日までで、撮影間隔は10秒、時間は14~17時の3時間とした。1時間当たり360枚の画像をPC上で確認し、アユが1尾以上記録された画像の枚数を計数し、1時間当たりの平均枚数をアユの蝟集状況を示す出現指数とした。

3. 水温の連続観測 水温は、HOBO Water Temp Pro (onset 社製) を図2の調査点に設置し、30分間隔で計測した。1日当たり48個の計測値を算術平均して日平均値を求めた。

2021年の産卵場造成 産卵場造成は、産卵に適した浮石河床の範囲を拡大するため、'21年10月5、6日に図3



図3 2021年産卵場造成の工程

に示した工程で実施した。作業は0.8m³のスケルトンバケットを装着したバックホー1台を用い、5日は現地までの進入路を整備するとともに、河川敷の礫40m³程度を河岸に集積した。6日は2時間程度かけて約260m²の範囲に礫を敷設した。なお、この区域には凹凸のある護床ブロックがあり、その窪みに礫を敷設することで礫の流出防止対策とした。

2021年の産卵場調査 '20年と同様の方法で、アユ卵の目視調査を行うとともに、図4(a)に示した調査点でアユの蝟集状況調査と水温の連続観測を実施した。蝟集状況調査は'21年10月8日から11月28日までの期間とした。また、産卵場造成の効果を確認するため、造成区に隣接するよう対照区を設定し、アユ卵の密度調査を10月5、8、11、19、26日、11月1、8、15、29日の計9回、図4(a)の6点で実施した。また、10月6日の造成直後に図4(b)の調査点で水深、流速、河床材料を調査した。

1. 水深・流速調査 水深および流速は図4(b)の30点で調査し、水深は硬質ポリ塩化ビニル管に目盛りを付けた測定棒で測定した。流速はポータブル電磁流速計LP30(ケネックス社製)を用いて河床直上に計測部を定位させ10秒間の平均値を記録した。なお、調査時における近傍の酒津水位・流量観測所の水位は3.01mであった。

2. 河床材料調査 河床材料は、図4(b)に示した6点で0.8×0.8m(0.2m間隔の格子)の格子枠を用いて行った。各調査点でこの枠を静置した後、格子の交点に当た

る25個の礫の長径を計測し、竹門ら⁸⁾の底質粒度の簡便階級を参考に、砂泥 (0.4cm 未満), 砂利 (0.4~5 cm), 石 (長径 5 cm 以上), および護床ブロックが該当する「その他」に区分した。また、手で触れて容易に動くような礫であれば「浮石」、埋没している場合は「はまり石」、砂泥や護床ブロックを「その他」と区分し、河床材料における浮石の割合を確認した。

結 果

2020年の産卵場調査 目視調査によってアユ卵が確認できた範囲を図5に、卵密度、アユの蝟集状況および日平均水温の推移を図6に示した。河床に卵が確認できた範囲は概ね38m²で、卵密度は10月15日の6,050粒/m²と10月29日の12,400粒/m²にピークを示す2峰型となった。アユの蝟集状況を示す出現指数の推移は、10月7日から16日にかけてアユの撮影された画像枚数が多く、10日に

最高216枚/時間であった。なお、10月23~25日は増水による濁りの影響で欠測となった。水温は10月9日にアユの産卵の目安とされる20℃を下回った後、13, 14日には22℃まで上昇した。17日以降は20℃以下で推移した。

2021年の産卵場調査 目視調査によってアユ卵が確認できた範囲を図7に、造成区および対照区の卵密度の推移と造成区におけるアユの出現状況の推移を図8に示した。河床に卵が確認できた範囲は概ね187m²で、卵密度は10月11日から上昇し、26日に最高54,000粒/m²となる単峰型となった。対照区は10月19日から上昇し、11月1日に最高9,300粒/m²となった。造成区におけるアユの出現指数の推移は、10月17日から28日にかけてアユの撮影された画像が多く、22日に最高302枚/時間となり、産卵の瞬間を捉えた画像も記録された(図9)。日平均水温は10月18日に20℃を下回り、その後も上昇することなく低下した。

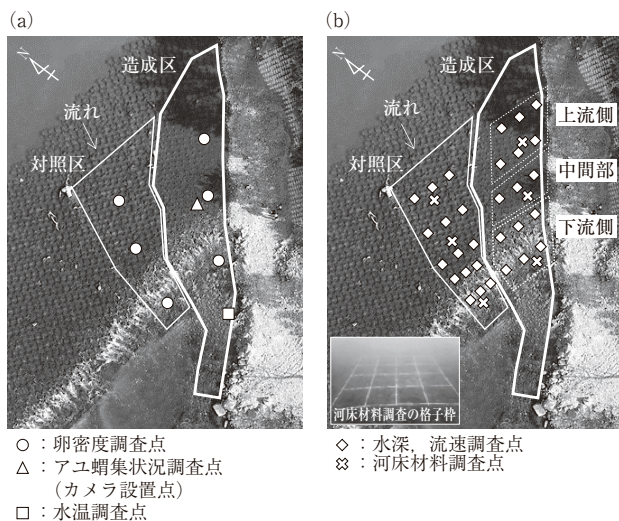


図4 2021年の調査点
(a) 卵密度, アユ蝟集状況, 水温
(b) 水深, 流速, 河床材料

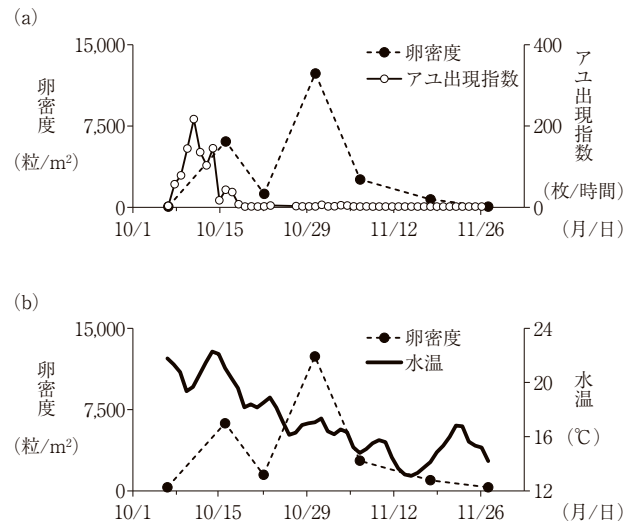


図6 2020年のアユ産卵場調査
(a) 卵密度およびアユ出現状況の推移
(b) 卵密度および水温の推移

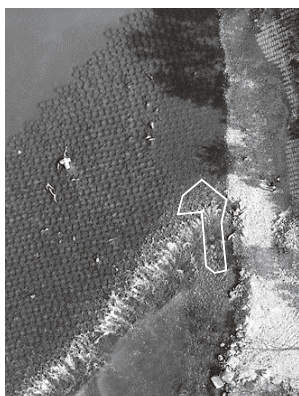


図5 2020年の目視調査によるアユ卵の確認範囲

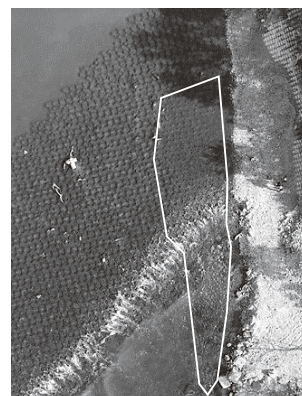


図7 2021年の目視調査によるアユ卵の確認範囲

造成直後の造成区および対照区の水深、流速、河床組成を表1に示した。各15点の水深および流速の平均値と標準偏差は造成区が深さ 41 ± 7 cm、流速 54 ± 3 cm/秒であったのに対し、対照区は深さ 53 ± 4 cm、流速 39 ± 2 cm/秒であった。河床材料の組成は、アユが産卵を好む長径0.5～3 cmの浮石状態の礫⁹⁾を含む砂利の割合が造成区で39%であったのに対し、対照区は3%であった。礫を敷設したことで対照区より水深が浅くなる一方、流速は速くなり、好適な河床材料の割合も高くなった。

卵密度が1万粒/m²以上となった10月19日、26日、11月1日の造成区における卵密度を、上流側、中間部、下流側に区分し(図4(b))、その平均値と区分ごとの水深、流速、浮石状態の砂利の割合を表2に示した。卵密

度は上流側が1,200粒/m²、中間部が14,900粒/m²、下流側が73,000粒/m²となり、下流側で密度が高かった。一方、水深(平均値±標準偏差)は上流側が 44 ± 7 cm、中間部が 42 ± 7 cm、下流側が 37 ± 6 cm、流速(平均値±標準偏差)は上流側が 32 ± 6 cm/秒、中間部が 45 ± 6 cm/秒、下流側が 82 ± 2 cm/秒、浮石状態の砂利の割合は上流側が36%、中間部が56%、下流側が24%となり、下流側ほど流速が速かった。

考 察

'20年の産卵場調査では目視によるアユ卵の確認範囲は38m²程度と、広範に産卵範囲が確認できるような状況ではなかった(図5)。一方、親アユは10月中～下旬に確認され(図6)、産卵に適した環境を作出できれば、産卵範囲を拡大できると考えられた。翌年に産卵場造成を実施したところ、産卵範囲は187m²程度と拡大し(図7)、卵密度の最高値も'20年の約12,000粒/m²から約54,000粒/m²に増加した(図6, 8)。また、対照区の最高値が約9,000粒/m²であったことや好適な河床材料の

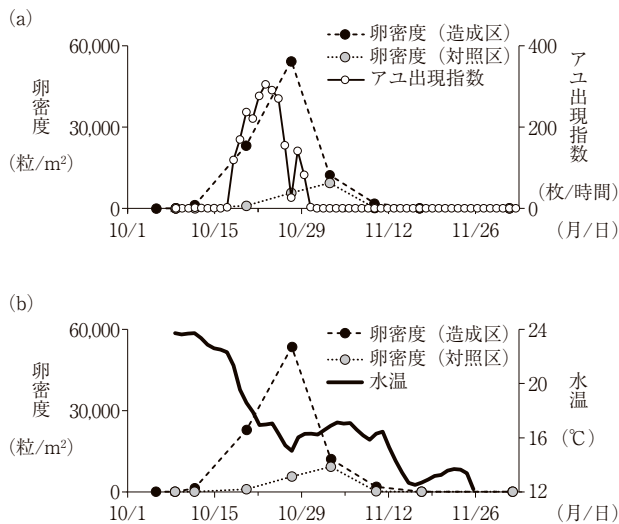


図8 2021年のアユ産卵場調査
(a) 卵密度およびアユ出現状況の推移
(b) 卵密度および水温の推移



図9 造成産卵場で確認されたアユの産卵状況

表1 造成および対照区的环境条件の比較

調査区	水深 (平均値±標準偏差, cm)	流速 (平均値±標準偏差, cm/秒)	浮石状態の砂利 (%)
造成区	41±7	54±3	39
対照区	53±4	39±2	3

表2 造成区内の卵密度および環境条件の比較

調査区分	卵密度 (粒/m ²)	水深 (平均値±標準偏差, cm)	流速 (平均値±標準偏差, cm/秒)	浮石状態の砂利 (%)
上流側	1,200	44±7	32±6	36
中間部	14,900	42±7	45±6	56
下流側	73,000	37±6	82±15	24

割合が約4割まで改善したことからも本手法による産卵場造成は効果的であったと思われる(図8, 表1)。

造成区の卵密度は上流側, 中間部, 下流側で異なる傾向が見られ, 下流側ほど密度が高かった(表2)。環境調査では, 下流側ほど流速が速かったことから, 造成面積の拡大を図る場合, 流速のある区域に礫を敷設することが顕著な効果に繋がると考えられた。

'20年の親アユの蝟集状況と卵密度の推移を見ると, 10月中～下旬に親魚が出現した後, 1度目の卵密度の上昇があった。また, 10月23～25日に濁水の影響でカメラによる水中の視認が不可となった期間を挟んで, 2度目の卵密度の上昇が見られた(図6(a))。降雨による出水は河床の砂利を攪拌し, 産卵の支障となる泥や砂を洗い流すことで産卵条件を好転させることが知られ¹⁰⁾, この3日の間に産卵があった可能性がある。また, '20年10月の日平均水温は, 10月9日に産卵の目安とされる20℃を下回った後, 一旦上昇してから再び低下しており(図6(b)), 産卵行動に水温の変動が影響したように見受けられた。一方, '21年の親アユの蝟集状況と卵密度の推移を見ると, 10月中～下旬の親魚の出現と卵密度の上昇が同調し, 単峰型の推移を示した(図8(a))。また, 日平均水温は, 10月18日に20℃を下回った後, 15℃付近まで順調に低下しており(図8(b)), これら環境条件の違いが両年における産卵行動に影響したと考えられた。

水江地区のアユの産卵は, 2か年の調査により10月中旬から下旬にかけて明らかな産卵盛期が認められ, その期間を過ぎると親アユの出現は見られなかった。一般的に産卵期のアユは雄が予め早瀬に蝟集し, 夕方以降, 近くの淵で休息していた雌が合流して産卵行動を行うとされる¹⁰⁾。本調査では, 水深30～50cmの瀬に水中カメラを設置することで, アユの蝟集状況を把握するとともに, 卵密度の上昇と同調する傾向が確認された。今後, カメラの画像を用いて産卵状況を確認できれば, 卵密度調査に伴う河床の踏み荒らしと, それにより生じるアユ卵の破損および流出を防止できる可能性がある。

アユのふ化時間は, 水温17℃前後であれば245～260時間とされている¹¹⁾。その年の水温の推移次第であるが, 産卵盛期のおよそ10日後には, 河口域への流下盛期を迎えると予測される。高梁川の仔アユは河口直前の湛水区間を飢餓状態に陥る前に流下する必要があり, 仔アユの流下盛期に併せた短期的な流況改善を実施できれば天然アユの資源回復に寄与すると思われる。効果の高い産卵場造成をはじめ, 容易に産卵盛期を把握することで, アユの初期生残を高める対策に繋げていく必要がある。

要 約

1. 高梁川下流域の水江地区のアユ産卵場において, 産卵実態を把握するための調査と産卵場造成試験を行った。
2. 2020年の産卵場調査では, アユ卵の確認範囲が38m²程度であったのに対し, '21年の産卵場造成によってその範囲が187m²程度まで拡大した。また, 造成によって卵密度も上昇し, 効果的な造成であったと考えられた。
3. 造成区では流速の速い下流側ほど卵密度が高く, 今後の造成において, 流速が確保される区域を中心に, 範囲を拡大すべきと考えられた。
4. 水江地区の産卵場では, 水温20℃付近で親アユが蝟集するとともに, 卵密度が上昇し, 顕著な産卵盛期が認められた。また, この盛期は親アユの蝟集状況のみでも把握が可能と考えられた。

謝 辞

本研究を行うにあたり, 試験調査にご助言, ご協力いただいた高梁川漁業協同組合の役員および高梁川生態系回復に向けた検討会の検討委員の方々には厚く御礼申し上げます。また, 産卵場造成試験は公益財団法人日本釣振興会の助成を受けて実施されたことを, 記して謝意を表します。

文 献

- 1) 農林水産省: 内水面漁業生産統計調査長期累年統計表一覧, 農水省 HP. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei/index.html.
- 2) 高橋勇夫, 2010: 産卵場造成の実際, アユを育てる川仕事, 築地書館, 東京, 116-123.
- 3) 岡山県農林水産部水産課, 2022: 岡山県水産振興プラン2022, 岡山県 HP. https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/510609_3913560_misc.pdf.
- 4) 岡山県農林水産総合センター水産研究所, 2022: 岡山県版アユの産卵場造成マニュアル, 岡山水研 HP. https://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/777418_7226292_misc.pdf.
- 5) 岡山県内水面漁業協同組合連合会・NPO 法人倉敷水辺の環境を考える会, 2016: 平成27年度高梁川水産動植物生息実態調査報告書, 岡山.
- 6) 岡山県農林水産総合センター水産研究所, 2016: 岡山県アユ資源調査報告書, 岡山水研 HP. <https://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/222577.pdf>.

- 7) 高梁川生態系回復に向けた検討会, 2021: 令和2年度高梁川生態系回復に向けた検討会報告書(高梁川水産動植物生息実態調査報告書), 岡山, 9-16.
- 8) 竹門康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井 宏・川端善一郎, 1995: 棲み場所の生態学, 平凡社, 29.
- 9) 水産庁・水産総合研究センター中央水産研究所, 2009: アユの人工産卵床のつくり方, 水産庁 HP. <https://www.jfa.maff.go.jp/j/enoki/pdf/ayu1.pdf>.
- 10) 高橋勇夫・東 健作, 2016: 天然アユの本, 築地書館, 東京, 33-43.
- 11) 川本信行, 1978: 養魚学各論 改訂版, 厚生社厚生閣, 東京, 238-239.