

資料

2013 年の江の川におけるアユ産卵場造成について

高橋勇夫¹・寺門弘悦²・曾田一志³・安木 茂⁴・村山達朗²・福井克也³

Maintenance of spawning ground of Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*,
in the Gounokawa River, Shimane Prefecture in 2013

Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAKADO, Kazushi SOTA, Shigeru YASUGI,
Tatsuro MURAYAMA and Katsuya FUKUI

キーワード：アユ，産卵，産卵場造成，江の川

はじめに

島根県西部の主要河川である江の川では、近年の夏季から秋季にかけての少雨傾向と、ダム・堰堤等の河川構造物による砂利供給量の不足により、下流部のアユ産卵場の河川環境は年々悪化してきている。そこで、江川漁業協同組合（以下、江川漁協と略す）が中心となって、天然アユの遡上量を増大させるために様々な取り組みを行っている。著者らは 2008 年以降、江の川におけるアユの主要産卵場の機能回復を人為的な「造成」によって図ること、さらにその効果を検証することを目的として調査を行っており、2013 年も同様の調査を実施した。

資料と方法

1. 産卵場事前調査

調査地点を図 1 に示した。産卵場の事前調査として、2008 年～2012 年に著者らが行った調査¹⁻⁵⁾で産卵実績のあった、谷住郷の瀬、長良の瀬、セジリの瀬において、2013 年 10 月 1 日に潜水して河床の状態（礫組成、河床硬度等）を観察した。また、陸上からは瀬の周辺の河原の礫組成や流路形状を観察した。さらに、今回は過去に産卵実績があったとされる（江川漁協聞き取り）、ハネノセ（桜江大橋の上流に位置する瀬）も調査地点に加えた。

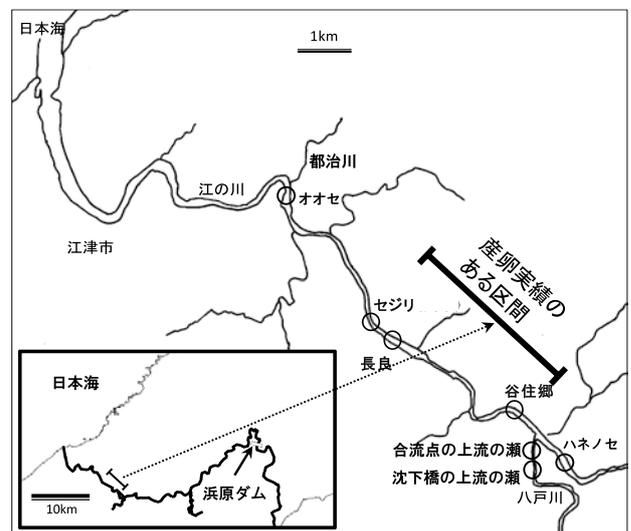


図 1. 江の川における調査地点

2. 産卵場造成

1) 産卵場整備の基本方針の策定 事前調査で得られた情報（河床の状態、親魚の量など）をもとに、造成場所、必要面積、造成方法などを検討した。

2) 造成場所と方法の選定 策定した造成プランをもとに、水産技術センターと江川漁協が協議したうえで、2013 年 10 月 14 日に長良の瀬において造成を行った。

3) 河床の硬度の確認 産卵場造成の主目的は、河床をアユの産卵に適した小石主体の粒度組成に変えること（大石の除去、砂泥の洗い流し）と、堅く締まった河床を掘削して浮き石状態にすることにあ

¹ たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology, Konan, Kochi 781-5603, Japan

² 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

³ 内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

⁴ 現所属：農林水産部水産課 Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsue, Shimane 690-8501, Japan

る⁶⁾。浮き石状態の目安となる河床の硬度を「シノによる貫入度」により測定した。測定方法は石井⁷⁾に準じ、1つの対象箇所に対して5～126回測定した。

3. 産卵場事後調査

造成から25日後の2013年11月8日に、造成を行った長良の瀬に加え、自然産卵場と考えられたハネノセ、谷住郷の瀬、セジリの瀬およびオオセ（図1）においてアユの産卵状況を調査した。加えて、2013年11月14日に一次支川である八戸川において、江の川本川との合流点より上流の瀬および、それよりもやや上流にある沈下橋の上流の瀬において調査を実施した。各地点の産卵場を踏査・潜水し、産着卵の有無を確認した。産着卵が確認された範囲の外周にはポールを立て、その位置情報をハンディGPS（GPSmap60CSx, GARMIN社製）で取得した。GISソフトウェアである地図太郎（東京カートグラフィック株式会社製）の面積測量機能を用いて、位置情報から面積と形状を求めた。さらに、産卵場内で無作為に選定したアユの産卵床における卵の埋没深を測定した。卵の埋没深は、高橋ら⁹⁾に従い、卵が付着し

ている最も深い部分と周辺の河床面との高低差と定義した。

結果と考察

1. 産卵場事前調査

1) アユの産卵場に適した区間と河床の状態 各地点の河床の状態は以下のとおりであった。

谷住郷の瀬 砂州により4つの流路に分岐し、最も右岸側が主流であった。最も左岸側は昨年（2012年）造成した導水路の形状そのまま直線的な早瀬になっていた。瀬の中ほどの礫組成は10cm以上の大石が主体であった。瀬尻付近では流れが弱まり、そこには多少小石があるものの、砂泥も沈降し、堅く締まっていた。砂州の礫組成は、部分的にはアユの産卵に適した5cm以下の小石があるが、砂泥を多く含むうえに全体的には大石が多く、数10cmの巨石も混じる。そのため、造成の必要性はあるものの、河床の礫組成が粗く適した河床材料に乏しいため、造成は困難であると考えられた。

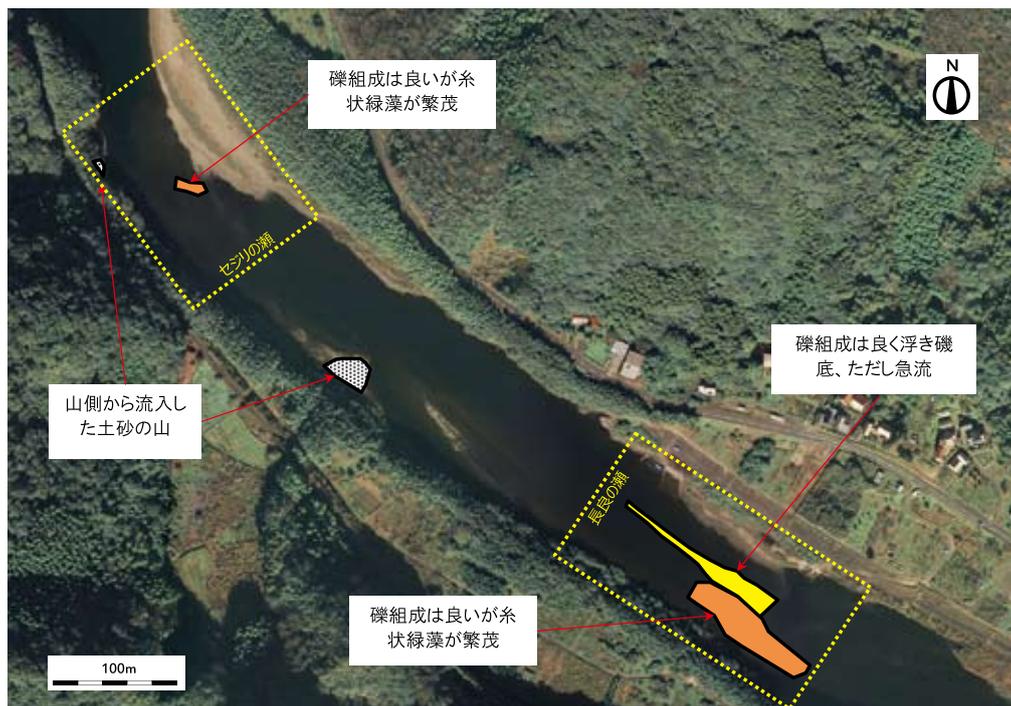


図2. 長良の瀬、セジリの瀬における河床の状態

長良の瀬 直線的な形状ではあるが、みお筋は中央と左岸端の2本であった。中央のみお筋より右岸側は、径10～20cmの大石が多いうえに糸状緑藻が繁茂しており、アユの産卵には不適な状態であった。一方、中央を流れるみお筋の中と脇の礫組成はアユの産卵に適しており（図2）、浮き石状態であっ

たため、自然産卵場として機能すると考えられた。ただし、流れが強いため大型のアユしか産卵できない可能性も考えられた。産卵可能面積は1,500～2,000m²と見込まれた。左岸側は2012年に造成した導流堤の痕跡が残っており、そこから下流は礫組成が良いが、部分的に糸状緑藻の繁茂が見られる。表

面の礫を掘ると、砂利の層であった。また、下流部は水深が浅く10月3日の写真撮影時は部分的に干出しており、流量が減少すれば干出部分はさらに拡大することが危惧されたため、緑藻除去のために天地返しを行い、高低差を均して全体的に水が回るようにすることにより産卵面積の拡大(+2,000m²程度)が見込まれると判断した。ただし、すでに適正な産卵場条件を備えた、中央のみお筋の中と脇の良好な状態を維持したままの造成作業が必要と考えられた。

セジリの瀬 長良の瀬とセジリの瀬の間あたりに沢から流入した土砂が山積みになり(図2)、流れが大きく変化した。この土砂の山から瀬が始まり、右岸側にカーブした後、左岸寄りとなる流路が形成されていた。瀬の始まり部分の河床は、巨石に糸状緑藻が繁茂し、アユの産卵場には不適であった。流心の右岸側にアユの産卵に適した礫が堆積するが、糸状緑藻が繁茂しているため、人力等による天地返しをすることにより、アユが産卵に利用しやすくなると考えられた。ただし、面積は狭く、200m²程度と見込まれた。

ハネノセ 八戸川の合流点の上流にある瀬で(図1)、江川漁協への聞き取り調査によれば、過去に産卵期の瀬付きの実績はあるとのことであった。左岸側は巨石主体で糸状緑藻が繁茂し、アユの産卵には不適な状況であった。右岸側はアユの産卵に適した礫組成で浮き石状態になっていたが、左岸寄りになるほど礫組成が粗くなっていた。産卵可能面積は750m²程度と見込まれたが、産卵の実績に乏しいため、親魚が付くかどうかは予測が困難であると考えられた。江川漁協の天野組合長(当時)によると、これまで親がついても短期間(2日程度)でいなくなるとのことであった。

2. 産卵場造成

1) 産卵場造成の基本方針の決定

(1) **造成場所の選定** 10月1日の調査終了後、江川漁協に上記の調査結果を伝えた。自然産卵場は2,000m²しか見込めないため、漁協としても造成は必要と感じていた。協議の結果、造成場所は長良の瀬(左岸側)とする方針で検討を進めることになった。谷住郷の瀬は河床材料が乏しく、セジリの瀬は重機の侵入が困難、ハネノセは親魚が付くかどうか不明という理由から、これらの瀬では造成を行わないことになった。造成予定日は10月14日とした。また、長良の瀬の少し上流で合流する支川長良川から流出した土砂(2013年8~9月の豪雨で砂防堰

堤をオーバーフローした土砂)が合流部に堆積しており、これを何らかの形で今後の産卵場整備に使いたいという江川漁協の要望もあった。

(2) **必要な産卵場面積の検討** 江の川(浜原ダム下流)のアユの生息期待量は約240万尾と試算されており、仮にそれをすべて天然遡上でまかなうとすれば、ふ化量(流下量)として、約40億尾が必要と推定されている⁹⁾。ただし、現在は資源水準が低下しており、当面の目標ふ化量を20億尾としている。著者の一人である高橋のこれまでの調査では、産卵場面積に対して十分な数の親魚が確保できていることが条件となるが、産卵場造成によって理想的な産卵環境を提供できれば、産卵場100m²あたり1億尾の仔魚のふ化が期待できる(高橋、未発表)。この値を当てはめれば、当面、江の川で必要な産卵場面積はおよそ2,000m²と推定される。

10月1日時点で、長良の瀬、セジリの瀬、ハネノセで産卵が可能と考えられ、その面積は合計で約2,500m²と推定され、この3カ所で必要面積を上回ることになる。ただし、ハネノセは産卵実績に乏しく、また、長良の瀬は適地と思われる部分でも産卵しないことが度々あるため、実質的には1,500m²程度しか確保できていないと考えておく方が妥当であろう。安全を見込むと、可能な限り造成し、アユが好適な産卵場を選択できるようにすることが望ましい。

以上の点を考慮し、造成候補地とした長良の瀬のうち、現状では産卵場となる可能性の低い左岸側を産卵場としての質を上げて産卵効率を良くするような造成を行うこととした。造成面積は2,000m²(有効産卵面積1,500m²)を目標とする。

(3) **造成プラン** 候補地の造成プラン(方針と手順)を図3に示した。また、作業要領(使用機材、タイムスケジュール等)を図4に示した。

2) 造成状況

(1) **造成プランの変更** 10月14日の造成当日、長良の瀬ではアユの産卵が始まっており、特に流心付近において、産卵床が確認された(図5)。そのため、すでに産卵を行っている部分には手を付けず、左岸よりにある中州(ほとんどは浅い沈み州)の右岸側半分を産卵場として造成することにした。このため造成面積は予定の半分程度となった。また、流心付近の自然産卵場にできるだけ濁りや砂礫を流さないようにすることが、造成の際の留意事項となった。

(2) **造成** 長良の瀬における造成状況を図6に示した。まず、ブルドーザーで沈み州部分を浅く掘削し、砂泥を洗い流すとともに大礫を左岸側に押し

問題点

- ①産卵に適した小石が多いが、砂の混入量が多い。また、表面には糸状緑藻が繁茂している
- ②現状の地形では部分的に干出する可能性が高い。

造成方針

- ①造成区域下流側の浅い部分の表面の砂礫をブルドーザーによって斜め右方向(流心側)に掘削(地盤高を下げて干出を防止する)
- ②造成区域において上流から下流に土砂を押しながら掘削する(整地と砂泥の除去)。大礫はハイド板に引っかけながら、下流に落とし込む。
- ③河床の起伏を均して産卵可能面積を広げる(造成面積全体で 2,000m²程度を目標にする)。

河床高を下げる(ブルドーザーで掘削)

- ・流心側へ斜めに掘削。
- ・掘削した土砂は流心側の産卵場として利用



産卵場造成;ブルドーザー使用

- ①造成区域において上流から下流に土砂を押しながら掘削する(整地と砂泥の除去)。幅は20m程度。
- ②大礫はハイド板に引っかけながら、下流に落とし込む。
- ③流れの状態を見ながら、河床表面の起伏を均して、産卵可能面積を広げる。全体を平らに均す。

図3. 長良の瀬左岸側の造成プラン

事前調査により、黄色の範囲は、礫組成は良く浮き磯底(ただし急流)、橙色の範囲は、礫組成は良いが糸状緑藻が繁茂している状況にあることが判明している。



図5. 10月14日における長良の瀬の産卵範囲

- 1) 使用機材、準備品

 - ・ バックホー(バケットサイズ0.7程度): 1台
 - ・ ブルドーザー(中型): 1台

2) 工程

(1) 産卵場の造成(ブルドーザー)

 - ・ 区域下流部の浅い部分の掘削(9:00-10:00)
 - ・ 区域全体を上流から下流に向けて軽く掘削(整地)。ブルドーザーは上流から下流(10:00-12:00)
 - ・ 全体を平らに均す。ブルドーザーは下流から上流に。流れの状態を見ながら、河床表面の起伏を均して、産卵可能面積を広げる(13:00-14:00)。

(2) 支川長良川合流点の土砂移動(バックホー+ブルドーザー)

 - ・ 支川出口に溜まった土砂を流心側に移動(9:00-12:00)
 - ・ バケットで粗くならす(13:00-14:00)
 - ・ ブルドーザーで表面を整地(14:00-15:00)

図4. 長良の瀬の産卵場造成作業要領

出して除去した。その後地盤高を調整しながら、粗均しを行った。粗均しを終えた段階で造成面を詳細に観察すると、径5-10cmの礫が集中し、礫間の空隙が大きすぎる箇所が見つかった。そこで、バックホーで周辺から小砂利を投入し、河床をフラットに均しながら礫間の空隙に小砂利を流し込んだ。最後に造成面の上流側に導流堤を設置して、造成面に水を回す作業を行った(水量不足から水深が浅かったため)。造成範囲の平面形状は図7に示した。造成面積は980m²であった。なお、造成作業終了後に、長良川合流点に堆積した土砂を、長良の瀬の400m上流の本川の流心付近に移動させ、置き土とした。

3) 河床の硬度の確認 江の川で過去に産卵実績のあった瀬での事前調査時(2013年10月1日)と造成産卵場(長良の瀬)における造成直後(10月14日の造成当日)の貫入度の測定結果をそれぞれ図8、図9に示した。

(1) **造成前** 平均貫入度は6-12cmであった(図8)。2012年には9-18cmの貫入度³⁾があり、それと比較すると、2013年は全体的に河床がやや堅く締まっていたことになる。産卵場造成を行った長良の瀬の造成前の平均貫入度は7-10cmであった。

(2) **造成後** 長良の瀬の造成産卵場における貫入度は13~15cmであった(図9)。貫入度は、事前調査時における造成区域(左岸)の10cmよりも、3~5cm深くなった。



図7. 長良の瀬の造成形状

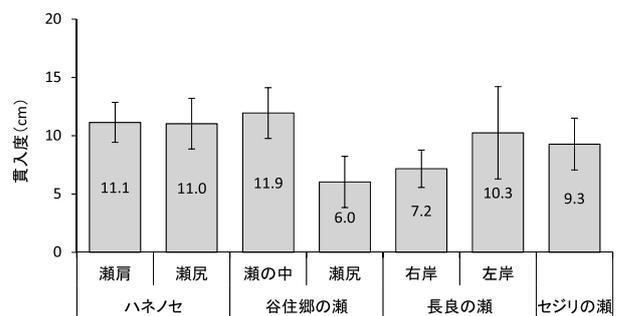


図8. 江の川下流部の瀬における河床の貫入度(2013年10月1日)

図中の数値は平均値、バーは標準偏差を示す

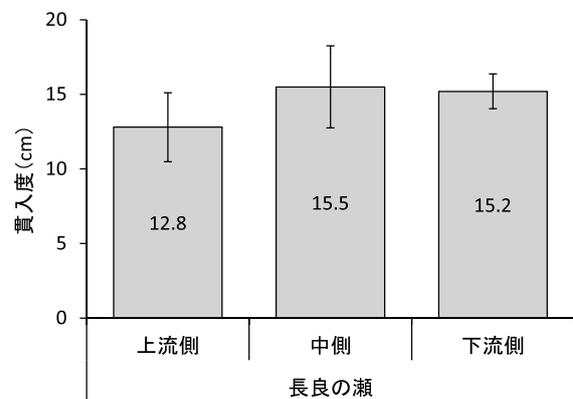


図9. 長良の瀬左岸側における造成後の河床の貫入度(2013年10月14日)

図中の数値は平均値、バーは標準偏差を示す

(3) **造成効果の判定** 造成産卵場における貫入度は、事前調査時を上回り、自然状態の浮き石底と同程度まで深くなった。また、造成した河床面は産卵に適した小石が多く、礫間の砂泥や糸状緑藻は取り除かれていた(図6の写真⑥)。以上から、造成の目的は達成されており、造成効果があったと判断された。



図6. 長良の瀬の造成状況

3. 産卵場事後調査

1) 産卵場調査

(1) 造成産卵場

長良の瀬 長良の瀬における造成範囲とアユの産卵範囲を図10に示した。造成した長良の瀬では、造成区域よりも中央寄りに産卵場が形成されていた。産卵面積は $2,500\text{m}^2$ であった。下流側は礫間の砂が少なかったためか、産着卵が確認されなかった。全体的に卵密度は薄く、今後親魚が降下してくれば、産卵できる余力は大きいと考えられた。造成し

た範囲が産卵場となっていなかったのは、造成後の10月23日～25日に大雨が降り、図11に示すように、それに伴う大きな出水が10月24日～27日にあった(水位が平水時1m前後に対して2.3m～5.5m)ため造成した河床が流されてしまったためと考えられる。今回産卵場が形成された場所は、2013年10月1日に実施した事前調査時でも河床の状態がアユ産卵場に適した礫組成の浮き石底であり、自然状態で $1,500\sim 2,000\text{m}^2$ の産卵面積は確保できると見込んでいた。しかし、浮き石底の河床は移動しやすい

ため、大きな出水後に礫の大部分が流失し、産卵場としての機能を失うことがあり（例えば、2010年の江の川のセジリの瀬⁹⁾）、上流からの砂利供給が乏しい江の川ではその傾向は顕著である。今回は大きな出水にもかかわらず、長良の瀬には2,500m²にわたる産卵場が形成された。これは上流からアユ産卵場に適した礫が供給されたことを示唆しており、造成と同時に長良の瀬の上流に施工した置き土から河床材料が供給された可能性がある。

(2) 自然産卵場

オオセ 江津市松川町市村にあり、江の川の最下流の瀬である。この瀬におけるアユの産卵範囲を図12に示した。ここは2013年9月上旬の豪雨（図

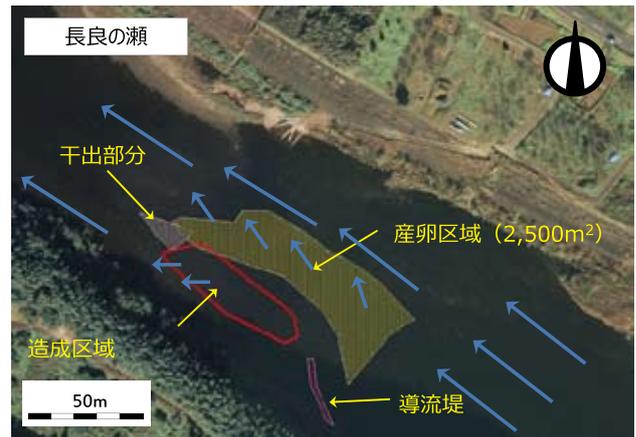


図10. 長良の瀬における造成範囲とアユの産卵範囲
(写真は島根県統合型GISによる)

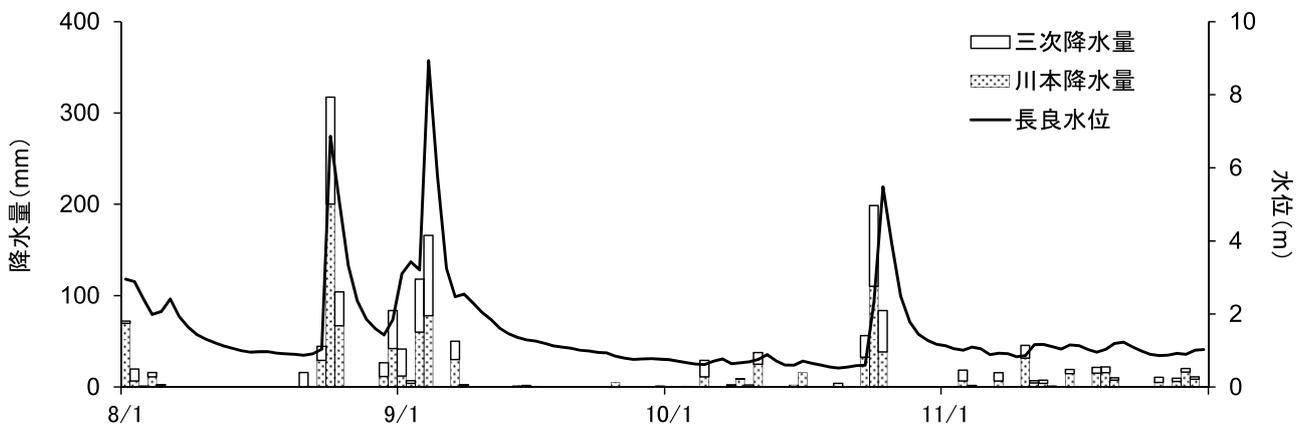


図11. 2013年8月1日～11月30日における江の川下流域の水位と降水量の動向

水位は国土交通省水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) から長良観測所の観測値、降水量は気象庁ホームページの過去の気象データ検索 (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) から島根県川本と広島県三次の観測値を引用した。

11) により土砂が堆積され、広い瀬が形成された。左岸寄りに上下に細長い砂州が形成され、その下流側に100m²に渡り産着卵が確認され、さらにその下流側に点在していた。ただし、密度は薄く、発眼卵は確認されなかった。10月下旬の出水後、下流に下った産卵親魚が付近に滞留していたとの目撃情報があり、もう少し大きな産卵場の形成が期待されたが、産卵面積は少なかった。

谷住郷の瀬 産着卵は確認できなかった。

セジリの瀬 産着卵は確認できなかった。

合流点の上流の瀬(八戸川) 概観を図13(写真上)に示した。産着卵は確認できなかった。河床は砂の上に礫(径50-200mm)が薄く乗っかっている状況であり、アユの産卵場には不適と考えられた。

沈下橋の上流の瀬(八戸川) 概観を図13(写真

下)に示した。産着卵は確認できなかった。河床は左岸側が大石主体の早瀬で、右岸側は径50-300mmの礫が主体だが、その下には礫径1mm程度の砂利が埋まっており、アユの産卵場としては適していないと考えられた。

(3) 卵の埋没深からみた産卵場造成の効果判定

産卵場造成の目的の一つは小石の浮き石底を作ることで、卵の埋没深を深くして、食卵の被害⁹⁾を軽減したり、重ね産みによる卵の流下(同じ場所で産卵を繰り返すと先に産み付けられていた卵が剥離する)を低減させることにある。産卵場造成の有効性を判断する目安として、高橋¹⁰⁾は卵の埋没深が10cm以上(平均値)あることとしている。長良の瀬における産着卵の埋没深は9.1 ± 0.9cm(平均値 ± 標準偏差, N=8)で、産卵場の目安となる10cmに達しな

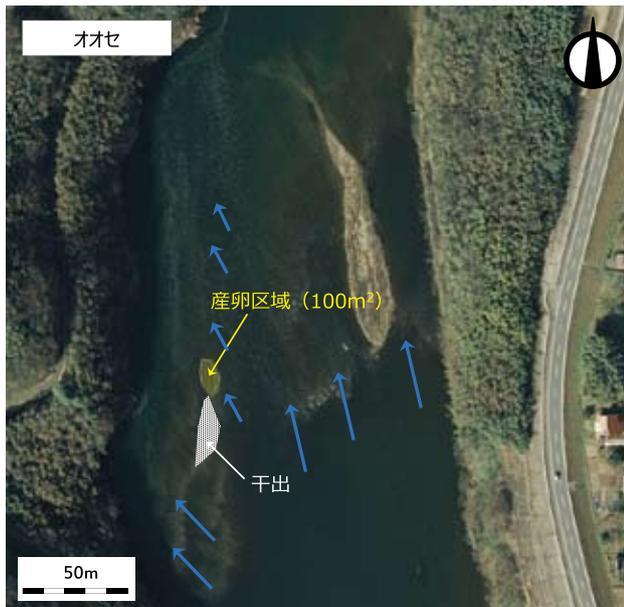


図 12. オオセにおけるアユの産卵範囲 (写真は島根県統合型 GIS による)



図 13. 八戸川におけるアユ産卵場調査地点の概観 (上) 合流点付近の瀬, (下) 沈下橋の上の瀬 青い矢印は流向を示す。

かった。ただし、前述したように造成直後の大出水により、造成した部分の河床は流されてしまったため、今回は自然に形成された産卵場の埋没深を測定したことになり、造成効果そのものを判断する事にはならなかった。

2) 産卵場造成における今後の課題

(1) 造成方法 江の川では、今回を含めこれまで5回の造成(2008年¹⁾、2009年²⁾、2011年⁴⁾、2012年⁵⁾、2013年)を行った。そのうち卵の埋没深が最も深かったのは2009年で平均値で14.3cmあった。²⁾2009年は砂利投入を行っており、単に河床掘削をする造成よりも、砂利投入の方が効果が大きいと判断される。ただし、砂利投入は経費がかかるため、毎年行うことは困難であるが、夏場に出水がなく河床が強固にアーマー化したような年は有効な方法である。

(2) 親魚数の確保 江の川は近年不漁傾向で、親魚不足が続いていた。このため江川漁協では期間を5年間に限定して2011年から産卵保護期間、保護区の拡大を行っている。しかし、親魚量はまだ十分とは言えず、造成の効率を上げるためにも安定的な親魚の確保は必須¹¹⁾である。2013年は造成後の産卵の盛期と大出水が重なり、多量の卵が流失し、せっかく保護した親魚の産卵が無効になった可能性が高い。実際、この年のアユ仔魚の降下尾数は6.3億尾(島根県水産技術センターの調査による速報値)と推定されており、2011年(45億尾¹²⁾)、2012年(18億尾¹²⁾)より大きく減少し、翌年のアユ資源への影響は避けられない。このため、江の川のアユの資源状態は、親魚保護の取り組みを始める前に戻ってしまう可能性も否定できず、今後もしばらくは親魚を安定的に確保するための取り組みを継続することが必要である。

(3) 土砂供給とアユの産卵に適した瀬の形 アユの産卵場は河道(縦断方向)に対して順方向の瀬(長良の瀬のようなタイプの瀬)に形成されることは少なく、河道に対して横断方向に流れる瀬に形成されることが多い。このような形の瀬は、礫が小さくかつ浮き石状態になりやすいためにアユの産卵に適している。江の川下流部ではこのような横断型の瀬はほとんどなく(谷住郷の瀬の左岸側分流がそれに近い)、アユは中州や砂州(沈み州を含む)の周辺の流れが変化する場所を選択して産卵している。江の川下流部に横断型の瀬が少ない理由は、ダムや砂防堰堤の建設に伴う土砂供給の不足にあると推定される。今後、河川管理者、ダム管理者などと協議

し、置き土などの対策^{13,14)}を実施していかなければ、いずれは造成しても十分な産卵ができないような状態が来ることが予想される。

文献

- 1) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 39-48(2009).
- 2) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 島根県西部河川におけるアユ産卵場造成についてⅡ. 島根県水産技術センター研究報告, 3, 69-84(2011).
- 3) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 島根県西部河川におけるアユ産卵場造成についてⅢ. 島根県水産技術センター研究報告, 4, 45-57(2012).
- 4) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 安木茂: 2011年の江の川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 5, 43-52(2013).
- 5) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 曾田一志, 安木茂, 沖野晃: 2012年の江の川におけるアユ産卵場造成について. 島根県水産技術センター研究報告, 6, 19-29(2014).
- 6) 高橋勇夫: 産卵場造成の実際, 「アユを育てる川仕事」(古川彰, 高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp.116-123.
- 7) 石井徹: 貫入度. アユの産卵場づくりの手引き(魚類再生産技術開発調査報告書), 全国内水面漁業協同組合連合会, pp.228(1993).
- 8) 高橋勇夫, 寺門弘悦, 村山達朗: 江の川におけるアユの適正収容量の推定. 島根県水産技術センター研究報告, 4, 59-69(2012).
- 9) 高橋勇夫, 東健作: こここまでわかったアユの本. 築地書館, 東京, 2006, 265pp.
- 10) 高橋勇夫: 産卵場造成の必要性和その実際. 天然アユを増やすと決めた漁協のシンポジウム第1回天竜川大会記録集, 天然アユ保全ネットワーク, 2007, pp.11-18.
- 11) 村山達朗: 天然アユ資源はなぜ年変動を繰り返すのか, 「アユを育てる川仕事」(古川彰・高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp.165-174.
- 12) 寺門弘悦, 曾田一志: 江の川のアユ資源管理技術開発. 平成24年度島根県水産技術センター事業報告, 28(2013).
- 13) 柳川晃, 鈴木啓祐: 漁協と協働するダムの環境対策(兵庫県猪名川), 「アユを育てる川仕事」(古川彰・高橋勇夫編), 築地書館, 東京, 2010, pp.83-89.
- 14) 鈴木崇正, 角哲也, 竹門康弘, 中島佳奈: 土砂供給に伴うアユ産卵環境の変化予測. 京都大学防災研究所年報, 54-B, 711-718(2011).

