

## 資料

# 2011年の江の川におけるアユ産卵場造成について

高橋勇夫<sup>1</sup>・寺門弘悦<sup>2</sup>・曾田一志<sup>3</sup>・安木 茂<sup>2</sup>

Maintenance of spawning ground of Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*,  
in the Gounokawa River, Shimane Prefecture in 2011

Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAKADO, Kazushi SOTA and Shigeru YASUGI

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天然アユの遡上量を増大させるために江川漁業協同組合（以下、江川漁協と略す）が中心となって様々な取り組みを行っている。しかし、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、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「造成」によって図ること、さらにそこでの産卵状態を検証することを目的として調査を行っており、2011年も同様の調査を実施した。

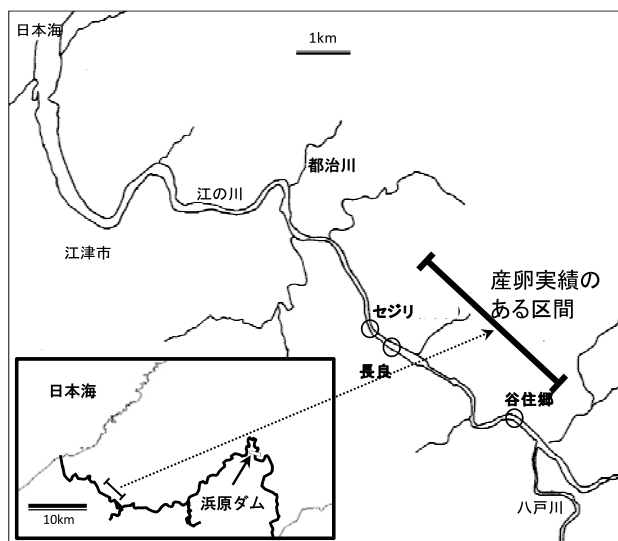


図1. 江の川における調査地点の概要

### 資料と方法

#### 1. 産卵場事前調査

産卵場の事前調査として、江川漁協から聞き取った産卵実績のある区間（谷住郷の瀬～セジリの瀬）のうち、2011年9月12日に図1に示した江の川の谷住郷の瀬（江津市桜江町谷住郷）、長良の瀬（江津市松川町長良）、セジリの瀬（江津市川平町）において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。

#### 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。親魚の量は、流下仔魚量に比例すると仮定して推察した。

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、2011年10月10日に谷住郷の瀬において造成を行った。なお、造成候補地は当初左岸側(A区)のみとしていたが、本流側の河床が事前調査時より

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

<sup>2</sup>漁業生産部 Fisheries Productivity Division

<sup>3</sup>内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

も堅くしまっていたため、主流側の河床（B区とする）についても簡便な造成を行った。

**3) 河床の硬度の確認** 産卵場造成の主目的は、大石の除去、砂泥の洗い流しにより河床の粒度組成を産卵に適した小石主体のものに変えることと、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る<sup>1)</sup>。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。測定方法は全内漁連の手法<sup>2)</sup>に準じ、一つの対象箇所に対して5～14回測定した。

### 3. 産卵場事後調査

造成から19日後の2011年10月29日に事前調査と同様の場所において産卵場調査を実施した（図1）。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ポールを立て、産卵場の形状をGPSデータで記録し、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）の面積測量機能を使って面積を計算した。さらに、産卵場内で無作為に卵の埋没深を測定した。埋没深の測定は高橋らの手法<sup>3)</sup>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

江川漁協への聞き取りによると、江の川でアユの産卵実績があるのは、谷住郷の瀬からセジリの瀬の区間であり、2008年から2010年に著者らが行った調査においても谷住郷の瀬、長良の瀬、セジリの瀬の3地点で産卵が確認された<sup>3), 4), 5)</sup>。ただし、谷住郷の瀬の産卵規模は他の2地点に比べて小さかった。

事前調査における各地点の河床の状態は以下のとおりであったが、江の川は土砂供給が不足しており、産卵場が形成される上記区間でも河床の低下と河床材料の粗粒化が進みつつあると考えられた。

**谷住郷の瀬** 主流は右岸側を流れており、その瀬尻にアユの産卵に適した5-50mm程度の礫が溜まり、産卵に好適な環境が形成されていた。左岸側の分流も、全体的に水量が少なく、産卵を阻害する20cm以上の礫や砂泥の混入が見られたものの、アユの産卵に適した5-50mm程度の礫が砂州を含めた一帯に多く見られた（図2）。



図2. 谷住郷の瀬（左岸側）の河床. 砂州や浅瀬に産卵に適した小石が堆積していた

**長良の瀬** 全体的にアユの産卵に適した5-50mm程度の礫はあるものの、瀬肩～中間部分は河床材料の粗粒化が進みつつあった。産卵を阻害する20cm以上の礫の堆積も多く、礫間に砂泥の混入がかなり多く、堅く締まった状態となっていた。一方、瀬の下流側の中央部には産卵に好適な小石の浮き石底（沈み州）が観察され（図3）、沈み州の広さはおおよそ3,200m<sup>2</sup>（40×80m）あった。さらにその下流のトロにも産卵に好適な小石の浮き石底が観察された。



図3. 長良の瀬（下流側）の河床. 産卵に適した小石が浮き石状態で堆積していた

**セジリの瀬** 2010年は河床表面の小石が流失し、粗粒化していた<sup>5)</sup>が、今回の調査では、上流から小石が供給されたことにより、産卵場として回復傾向にあると考えられた。瀬尻付近は大石が散在し、瀬尻付近は砂の混入が多いものの瀬の中間付近には20-100mm程度の礫が広く堆積しており（図4）、砂泥の混入も少なかったことから、アユの産卵に適していると判断された。



図4. セジリの瀬（下流側の右岸側）の河床. 産卵に適した小石が浮き石状態で堆積していた

## 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

**谷住郷の瀬** 本流側の右岸寄りのみお筋で流れがきついため、産卵に好適な小石が少なかった。また本流の左岸寄りには小石が堆積しており、浮き石状態となっていたため、手を入れる必要性は低いと考えられた。一方、左岸側の分流は水量が少なく、干上がる可能性が高いものの、産卵に適した小石が浅瀬や砂州上に多く（図2）、水量を増すことができれば、アユに好適な産卵環境を提供できると考えられた。ただし、造成するリスクとしては、以下の2点が考えられた。

- ① 2009年、2010年の流下仔魚量の水準が極めて低い<sup>6)</sup>ことから推察すると、現状のアユの資源状態では産卵する親アユの量が少ない（降下途中の親魚が止まらない）ため、十分な産卵量が得られず、費用対効果が十分でない可能性がある。
- ② 汽水域の上端を都治川の合流点付近（図1）とすると、谷住郷の瀬は汽水域まで約7kmの距離があり、汽水域との距離が長く、仔魚が汽水域に到達するまでに時間がかかるため、河川内での減耗が大きくなる。

**長良の瀬** 瀬の下流側に小石で浮き石状態の産卵に好適な沈み州があり、その下流のトロにかけても産卵に好適な小石底が続いていた。また、長良の瀬とセジリの瀬の中間付近の左岸側に産卵に好適な小石が堆積した部分があったが、今後水位が低下すれば干出して河原となることが予想された。そのため、今後水位が低下することを前提に、河原となることが予想される部分の小石を流心部

に投入（ブルドーザーで押し込む）すれば、アユの産卵を刺激し、産卵を活発化させることができると考えられた。造成するリスクとしては、現在の江の川は土砂の供給量が減少傾向にあることから、河原を掘削することで、今後河床の平坦化が進行し、アユの産卵場が逆に失われる可能性が考えられた。

**セジリの瀬** 重機を入れることが困難なため、造成することができないが、現状でも産卵は十分可能と判断された。

**造成場所の決定** 以上の造成に関わる条件をもとに、重機が入れやすかつ造成効果（河床の改善度）が最も大きいと考えられた谷住郷の瀬の左岸側の分流を造成することを決定した。

#### (2) 必要な産卵場面積の検討

江の川（浜原ダム下流）のアユの適正生息数は約240万尾と試算されており、仮にそれをすべて天然遡上魚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<sup>7)</sup>。ただし、現在は資源水準が低下しており、近年の流下量は数億尾にとどまっている。これらを考慮し、当面の目標ふ化量は20億尾とする。

筆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され、かつ、理想的な産卵環境（砂泥の混入のない小石の浮き石底）であれば、産卵場100m<sup>2</sup>あたり1億尾の仔魚のふ化が十分期待できる（高橋、未発表）ことが判明している。この値を当てはめれば、当面、江の川に必要な産卵場面積はおよそ2,000m<sup>2</sup>と推定される。ただし、現在の江の川は河床材料の粗粒化が進んでいるうえに砂泥の混入が多いため、自然産卵場でも造成産卵場でも区域全体が産卵に好適な状態になることは期待できない。このことから、造成の場合は全体面積の70%が産卵に好適な状態にできれば上出来であると仮定すると、産卵場面積としては少なくとも3,000m<sup>2</sup>が必要となる。

一方、事前調査において長良の瀬だけでも3,000m<sup>2</sup>以上の産卵適地が存在することが確認されているが、長良の瀬は産卵適地と思われる部分でも産卵しないことが過去に観察されている。このことから安全を見込むと、他の産卵候補地において可能な限り造成し、産卵に好適な場所をアユが自由に選択できるようにしておくことが望ましい。

以上から、谷住郷の瀬の造成は地形上の制約が許す限り広く取るようにすることとし、造成面積の目標としては1,500～2,000m<sup>2</sup>とした。

## 問題点

## 1. 左岸側(A区)

- ① 砂州や浅瀬に産卵に適した小石が多いが、全体的に砂泥の混入量が多い。また部分的には大礫が点在している。
- ② 現状の地形では水量が少なく、産卵可能面積が狭い(全体に水深不足)。

## 2. 本流側(B区)

礫間に砂泥が混入し、やや堅くしまっている。

## 造成方針

## 1. 左岸側(A区)

- ① 左岸側の砂州(背肩部分)に導水路を掘削し、本流の水を左岸側に供給する
- ② 本流側に導流堤を作り、水を導水路に供給する
- ③ 河床表面の大礫・砂泥を除去して、小砂利の浮き石底をつくる
- ④ 河床の起伏を均して、産卵可能面積を広げる(全体で1,500m<sup>2</sup>程度を目標にする)

## 2. 本流側(B区)

上記③④の作業(500m<sup>2</sup>程度を目標にする)

## 産卵場造成(主にブルドーザー使用)

- ①河床を掘削し、フラットな河床を作る(通水前)
  - ②大礫(20cm以上)を下流側に除去(ハイド板を軽く河床面に引っ掛けて大礫のみを除去)
  - ③造成面に通水後、河床表面の起伏を均して、産卵可能面積を広げる。砂泥を洗い流す
  - ④表面の均し(ブルドーザー)
- (B区は②③④)

## 導水路掘削;バックホー使用

- ・砂州を掘削し、左岸側(A区)への導水路を作る。
- ・本流側に張り出した導流堤を作り水路に水を回す



図5. 谷住郷の瀬の造成プラン



図6. 谷住郷の瀬. 左岸側A 区の造成状況



図7. 谷住郷の瀬の造成形状

表1. 谷住郷の瀬での産卵場造成作業要領案

<p>◆使用機材、準備品</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バックホー(バケットサイズ0.7程度):1台 (バケットは、普通のホーバケットと、スケルトンバケットの2種類欲しい)</li> <li>ブルドーザー(中型):1台</li> </ul>
<p>◆工程</p> <p>①A区への水回し(3時間)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バックホーで砂州を掘削→2時間</li> <li>流心側に導流堤を設置(水を左岸側に集める)→1時間</li> <li>水路の流量を見て微修正(拡大)→1時間</li> <li>掘削した土砂の整地→2時間</li> </ul> <p>②河床掘削と整地</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A区ブルドーザーで河床掘削(砂泥の洗い流し)→2時間</li> <li>A区表面の整地(大礫の除去+ハイド板で粗均し)→1時間</li> <li>A区水の流れ方(水深、流速)を見て、地形の微修正→1時間</li> <li>B区ブルドーザーで河床掘削(砂泥の洗い流し)と整地→1.5時間</li> </ul>

### (3) 造成プラン

谷住郷の瀬における造成プラン(方針と手順)を図5に示した。

#### (4) 作業工程

作業要領(使用機材、タイムスケジュール等)を表1に示した。

### 2) 造成状況

(1) A区(左岸側) 造成状況を図6に示した。造成候補地にはほとんど水が流れていなかったため、バックホーを使って上流側の砂州に導水路を掘削した。さらに水路へ導流堤を築堤して造成予定地に水を回した。造成候補地では通水する前にはほぼドライの状態を整地し、ブルドーザーで形状と地盤高を整えた。導水路から通水後、流れ方を見て、形状と地盤高を再調整した。この段階で、通水量がやや少ないと判断されたため、導水路を拡幅し、通水量を多くした。最後に造成面をブルドーザーで整地し、フラットな河床の瀬に仕上げた。完成後の形状を図7に示した。造成面積は1,530m<sup>2</sup>であった。

(2) B区(本流側) 造成状況を図8に示した。まず、ブルドーザーで河床を浅く掘削し、砂泥を洗い流すとともに地盤高を調整した。大きめの石はハイド板に引っかけて、下流側の淵に落とした。次いで、ブルドーザーをバックさせながら、ハイド板を使って河床表面をフラットに整地した。完成後の形状を図7に示した。造成面積は740m<sup>2</sup>であった。

### 3) 河床の硬度の確認

(1) 造成前 造成直前(2011年10月10日)における貫入度の測定結果を図9に示した。平均貫



図8. 谷住郷の瀬. 本流側B区の造成状況

入度は10cm前後であったが、谷住郷の瀬(本流側)の下流側は約17cmと突出して深かった。これは瀬尻部分に柔らかい浮き石底ができていたためである。

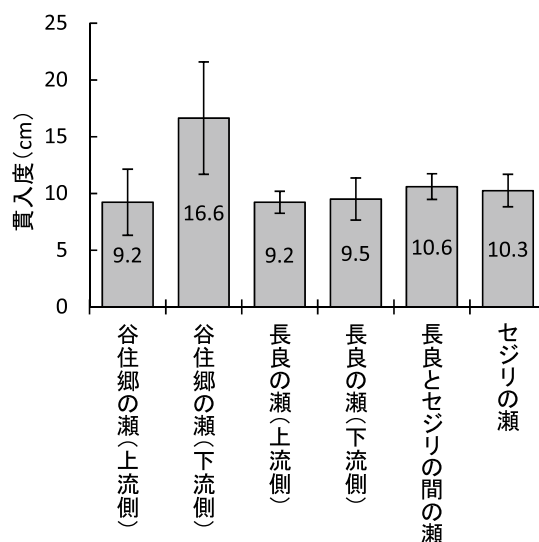


図9. 江の川における河床の貫入度(2011年10月10日). バーは標準偏差を示す

(2) 造成後 谷住郷の造成産卵場における造成直後(2011年10月10日の造成当日)の河床の貫入度の測定結果を図10に示した。谷住郷の造成産卵場における貫入度は、A区で15-19cm、B区で17-

18cmであった。両区とも造成直前における平均的な貫入度である10cmを大きく上回り、自然状態の良好な浮き石底（造成直前の谷住郷の瀬下流側）と同じレベルであった。

また、造成した河床面は産卵に適した小石が多く、礫間の砂泥は概ね取り除かれていた（図11）。以上から、谷住郷の瀬では造成によりアユの産卵場に適した環境が整備されたものと判断された。

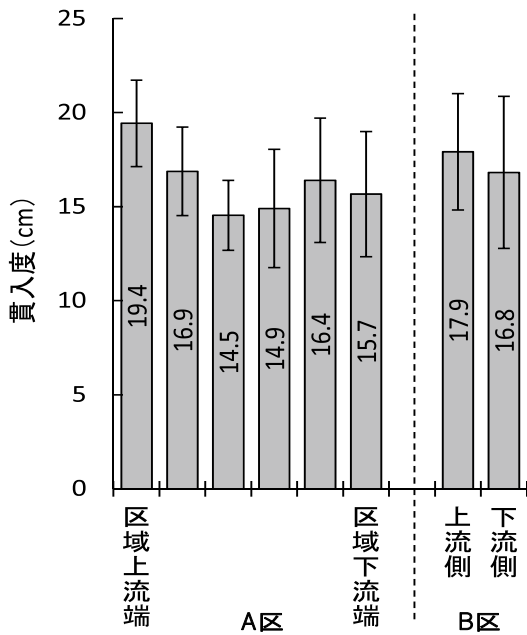


図10. 谷住郷の瀬における造成後の河床の貫入度（A・B区の位置は図7参照）。バーは標準偏差を示す

### 3. 産卵場事後調査

#### 1) 産卵場調査

##### (1) 造成産卵場（谷住郷の瀬）

谷住郷の瀬における産卵範囲を図12に示した。

**A区（左岸側）** A区では、造成範囲だけではなく、その外側にも広く産卵していた。造成後の2011年10月14日に流域であった40～50mmの降雨による増水で、造成区域の砂利が下流側に引き延ばされるように移動しており、このことが産卵範囲が広がった原因と判断された。産卵面積は1,890m<sup>2</sup>であった。A区付近では過去にはごく小規模にしか産卵場が確認されていないことから、今回の造成により著しく産卵範囲が拡大したことになる。

**B区（本流側）** B区では、下流端に数個の産卵場が確認されたのみで、産卵場としては無視できる



図11. 造成直後（2011年10月10日）の河床の状態。ピンの1目盛りは5cm



図12. 谷住郷の瀬（造成区）の産卵範囲（写真は島根県統合型GISによる）

程度のものであった。造成範囲の小砂利は流されており、河床材料の粗粒化が見られた。筆者らの高津川での観察では、アユは産卵可能な場所が広くある場合、より好適な場所から選択する傾向がある<sup>4)</sup>。そのため、B区よりもA区の物理条件（河床材料や流速）がより産卵に適していて、かつ親魚の数に対して十分な面積がA区にあったために、B区が選択

されなかった可能性が考えられた。

## (2) 自然産卵場（長良の瀬～セジリの瀬）

長良の瀬からセジリの瀬にかけての産卵範囲を図13に示した。

**長良の瀬** 200mほど続く瀬の下流側約半分の中中央付近に自然産卵場が形成されていた。この付近には産卵に適した小石が溜まった沈み州ができており、そのほぼ全体に産着卵が見られた。産卵面積は3,490m<sup>2</sup>で、2011年に確認された産卵場の中では最も広がった。

**長良の瀬～セジリの瀬の間** 上下の瀬に挟まれたトロの中間付近の左岸よりに小規模な産卵場が形成されていた。一帯は産卵に好適な小石底となっていたが、産卵が確認されたのは砂州の周辺の流れが少し変化する場所のみであった。産卵面積は約150m<sup>2</sup>であった。

**セジリの瀬** 江の川で最下流に位置する自然産卵場であり、例年、瀬の中央～瀬尻付近にかけて大規模な産卵場が形成される。2010年は表面の小砂利がなくなり、まったく産卵していなかったが、2011年はふたたび砂利が堆積し、瀬の中央付近に規模の大きな産卵場が形成されていた。産卵面積は2,070m<sup>2</sup>であった。



図13. 長良の瀬～セジリの瀬における産卵範囲（写真は島根県統合型GISによる）

## (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<sup>8)</sup>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<sup>9)</sup>は卵の埋没深が10cm以上（平均値）あることとしている。

造成した谷住郷の産卵場、自然産卵場である長良の瀬、セジリの瀬とも、卵の平均埋没深は約10cmで（図14）、地点間に有意差はなかった（ $P>0.05$ ）。造成区の平均埋没深が自然産卵場と有意差がなかった理由としては、造成後の増水で整地した河床が動き、自然産卵場と同じような河床構造となった可能性が考えられた。ただし、産卵場造成の有効性の目安となる10cm<sup>9)</sup>は超えていることから、一応「効果有り」と判断できる。

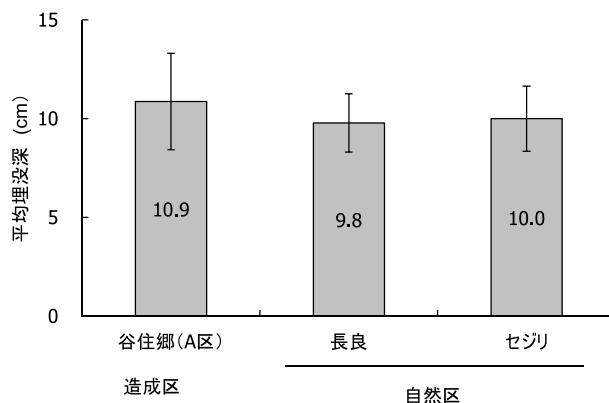


図14. 造成産卵場と自然産卵場における卵の埋没深の比較。バーは標準偏差を示す

## 2) 産卵場造成における今後の課題

(1) **造成手法の改善** 江の川では、今回を含めこれまで3回の造成（うち2回は長良の瀬）を行った。そのうち卵の埋没深が最も深かったのは2009年であり、平均値は14.3cmあった<sup>4)</sup>。この年は砂利投入を行っていることから、単に河床掘削をする造成よりも、砂利投入の方が造成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、毎年行うには問題があるが、夏場に出水がなくて河床が硬く締まったような年は有効な方法と言える。

(2) **造成場所** 今回造成を行った谷住郷の瀬は2008～2010年の調査では、まったく産卵していなかった<sup>3), 4), 5)</sup>。そのような場所であっても、造成によって好適な産卵環境を提供し、なおかつ産卵親魚が多ければ、規模の大きい産卵場が形成されることが分かった。ただし、この地点は河川下流部に形成される汽水域から距離があるため（約7km）、渇水の年には汽水域までの到達時間が長くなり、流下中の減耗が大きくなる恐れがある<sup>10)-12)</sup>。

一般的に産卵場はふ化した仔魚の餌（プランクトン）が多い海域に近いことが重要であるが、近年の江の川では河床低下のため、産卵場から海域までの



距離は遠くなる傾向にある。海域までの距離が遠い場合でも、河川下流部に形成される汽水域がアユ仔魚の保育場として好適な条件を備えていれば、大きな問題はないものの、江の川の汽水域の環境についてはまだ不明な点が多い。今後は、流下仔魚の卵黄の吸収状態などを調査し、汽水域までの距離があるこの場所での造成の可否について検討していく必要がある。

(3) 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る。2011年は比較的親魚数が多かったものの、まだ十分とは言えない。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で<sup>1), 13)</sup>、産卵保護期間、保護区の拡大は重要な課題である。確保する親魚量としては、前述した流下仔魚量20億尾を安定的に産出できる水準が当面の目安になろう。少なくとも2011年に臨時的に取られた産卵保護期間の延長(10/15～11/30に延長)、保護区の拡大(浜原ダムより下流全域に拡大)は最低限の措置として、今後もしばらくは継続することが必要である。



図15. 河道に対して横断方向に流れる瀬. アユの産卵場になることが多い

(4) 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(図15)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<sup>14)</sup>を実施していかないと、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。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 全国内水面漁業協同組合連合会：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, 1993, 234pp.
- 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. 島根県水産技術センター研究報告, 2, 39-48 (2009).
- 4) 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).
- 5) 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).
- 6) 寺門弘悦, 村山達朗：江の川におけるアユ資源管理技術開発. 島根県水産技術センター年報, 平成22年度, 30 (2012).
- 7) 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).
- 8) 高橋勇夫, 東 健作：ここまでわかったアユの本. 築地書館, 東京, 2006, 265pp.
- 9) 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.
- 10) 高橋勇夫, 新見克也：矢作川におけるアユの生活史-I, 産卵から流下までの生態. 矢作川研究, 2, 225-245 (1998).
- 11) 東 幹夫, 程木義邦, 高橋勇夫：球磨川流域におけるアユ仔魚の流下と中流ダムの影響. 日本自然保護協会報告書, 94, 21-30 (2003).

- 12) 高橋勇夫:天然アユが育つ川, 築地書館, 東京, 2009, 194pp. 165-174.
- 13) 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.
- 14) 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.