

島根県西部河川におけるアユ産卵場造成について－Ⅱ

高橋勇夫¹・寺門弘悦²・村山達朗²

Construction of spawning ground of Ayu, *Plecoglossus altivelis*,
in the western river, Shimane Prefecture – II

Isao TAKAHASHI, Hiroyoshi TERAOKA and Tatsuro MURAYAMA

キーワード：アユ，産卵，産卵場造成，高津川，江の川

はじめに

島根県西部の主要河川である，高津川と江の川では天然アユの溯上量を増大させるために漁業協同組合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，ダムによる洪水調整，堰堤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，2008年に引き続いて高津川および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た．

I. 産卵場事前調査

1 資料と方法

産卵場の事前調査として2009年9月2日に図1に示した高津川の虫追（むそう）の瀬，長田の瀬，エンコウの瀬，江の川の長良の瀬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．

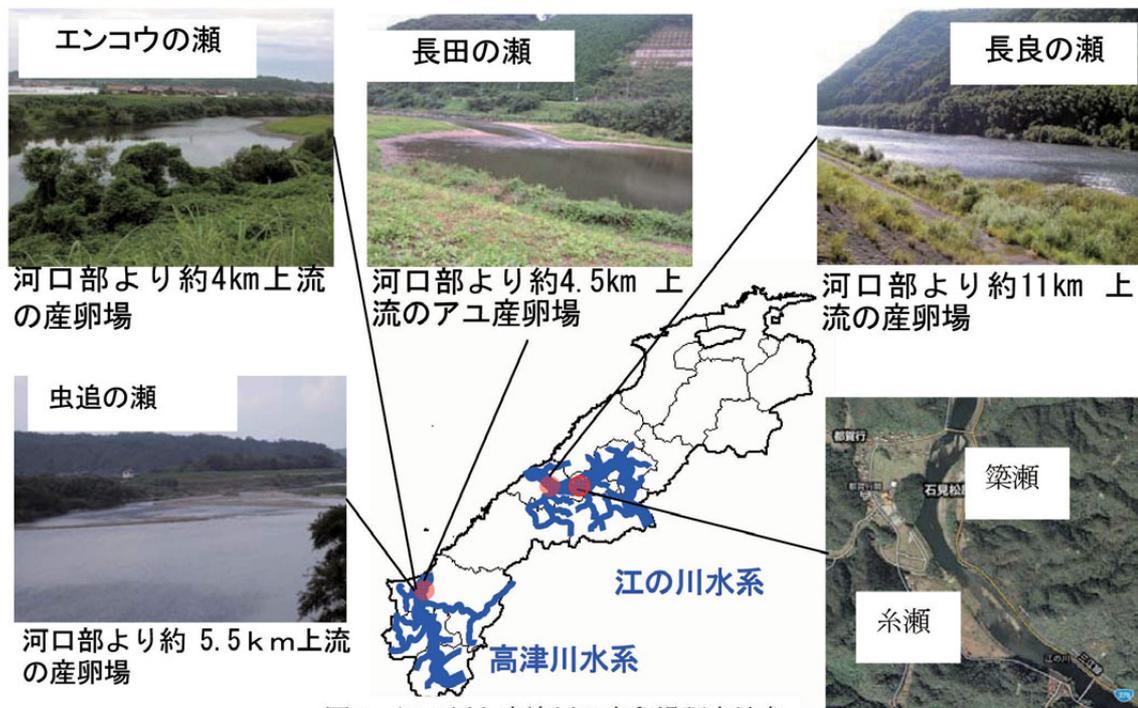


図1. 江の川と高津川の産卵場調査地点

¹たかはし河川生物調査事務所 Takahashi Research Office of Freshwater Biology

²漁業生産部 Fisheries Productivity Division

2 結果と考察

1) 高津川

(1) 虫追の瀬

アユの産卵に好適な浮き石状態の河床は見られなかったものの、それに近い状態であった。河床表面付近に砂泥は比較的少なく、造成しなくても産卵は可能と判断された。

(2) 長田の瀬

河床は全体的に軽いアーモークコート状態であり、アユの産卵に好適な浮き石状態の河床は見られなかった。河床表面の礫を取り除くとその下層には砂泥が大量に溜まっていた(図2)。砂泥の除去を主体とした造成が必要と考えられた。



図2. 高津川長田の瀬の河床の状態
(表面の礫を取り除くと砂泥の層が表れた)

(3) エンコウの瀬

河床は全体的に軽いアーモークコート状態であり、アユの産卵に好適な浮き石状態の河床は少なかった(左岸よりに小規模に存在)。河床表面の礫を取り除くとその下層には砂泥が溜まっていた。その一方で、河床表面の礫は前年よりもやや大型化(20cm程度の径の比率が多くなっていった)しており、砂泥と大径の礫の除去を主体とした造成が必要と考えられた。さらに、縦断方向に瀬の縮小が見られ、産卵面積が縮小する可能性があるため、右岸側に拡幅することが望ましいと思われた。

2) 江の川 長良の瀬

昨年と同様、河床のアーモークコート化が顕著で、河床表面の礫も10-30cm程度のものが主体であった(図3;上)。表面の礫を取り除くと砂泥の層があり、特にシルト分の混入が多かった(図3;下)。左岸側には一部浮き石河床が形成されていた。

砂泥と大径の礫の除去を主体とした造成は最低

限必要で、可能であれば産卵に適した砂礫(径5-100mm)の投入による産卵環境の改善が望ましいと考えられた。

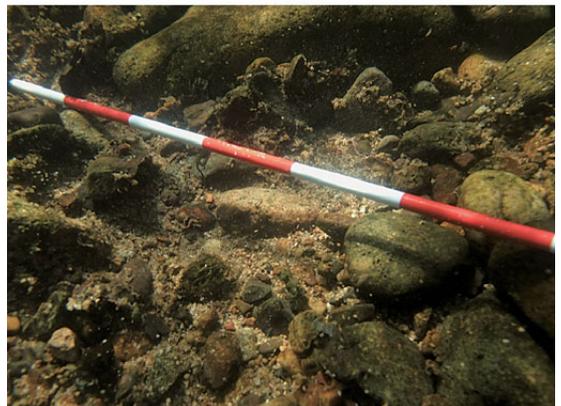
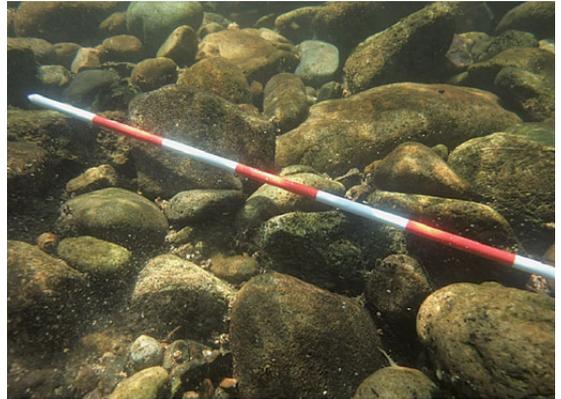


図3. 江の川長良の瀬の河床の状態
(表面の礫を取り除くと締まった砂泥の層が表れた)

3) 河床の状態のまとめ(産卵場整備の必要性)

2009年9月に実施した事前調査から、高津川、江の川とも河床の状態はアユの産卵にとって良い状態にはなく、産卵期まで河床が動くような出水がなければ、人工的に産卵場を整備する必要があると判断された。

II. 産卵場整備の基本方針

1 高津川

1) 虫追の瀬

現状でも比較的良好的な産卵環境にあり、費用対効果を考慮すると造成の必要性は他の2地点よりも低いと考えられた。

2) 長田の瀬

前年の造成形状がほぼ残存しており、そこに貯まった砂泥の除去が造成の重点目標となる。右岸側は流量が少ないため、右岸の瀬肩を掘削し水

を回す必要がある。

整備の概略を図4に示した。用意する重機は以下の通り。

- ・ブルドーザ（中型）：1台

3) エンコウの瀬

産卵に適した小石の多い瀬肩付近は勾配が緩く、砂泥の除去が難しい。そこで、この部分の水面勾配をきつくし、流速を速くするために、瀬肩の上流部分（トロ尻）に左岸側から導流堤を築き、水を一旦右岸側に回して、左岸側に落とすような河床構造に造成する。また、産卵可能面積を広げるために右岸側の水際を掘削し瀬を拡幅する。

整備の概略を図5に示した。用意する重機は以下の通り。

- ・バックホー（バケットサイズ0.7m³）：1台
- ・ブルドーザ（中型）：1台

2 江の川 長良の瀬

国土交通省の協力で、砂利（径41±19mm）約1,000m³を産卵基質として投入することが可能となった。そのため、投入の前処理として、投入予定地の右岸側を4,000m²（40×100m）程度掘削し、河床の地盤高を20-25cm程度下げた後に砂利を敷設し、均す。

整備の概略を図6に示した。作業に必要な重機は以下の通り。

- ・バックホー（バケットサイズ0.7m³）：1台
- ・ブルドーザ（中型）：1台
- ・キャリーダンプ：1台



図 4. 高津川長田の瀬の整備方針

問題点：①瀬肩に産卵に適した小石が多いが、砂泥の混入量が多い。②現状の地形では産卵可能面積が狭い。
 造成方針：①左岸側から対岸に向けて導流堤を作り、中央部から右岸側に水を回す。②中央部から右岸側の河床の砂を抜いて小砂利の浮石底を作る。③起伏を均して産卵可能面積を広げる

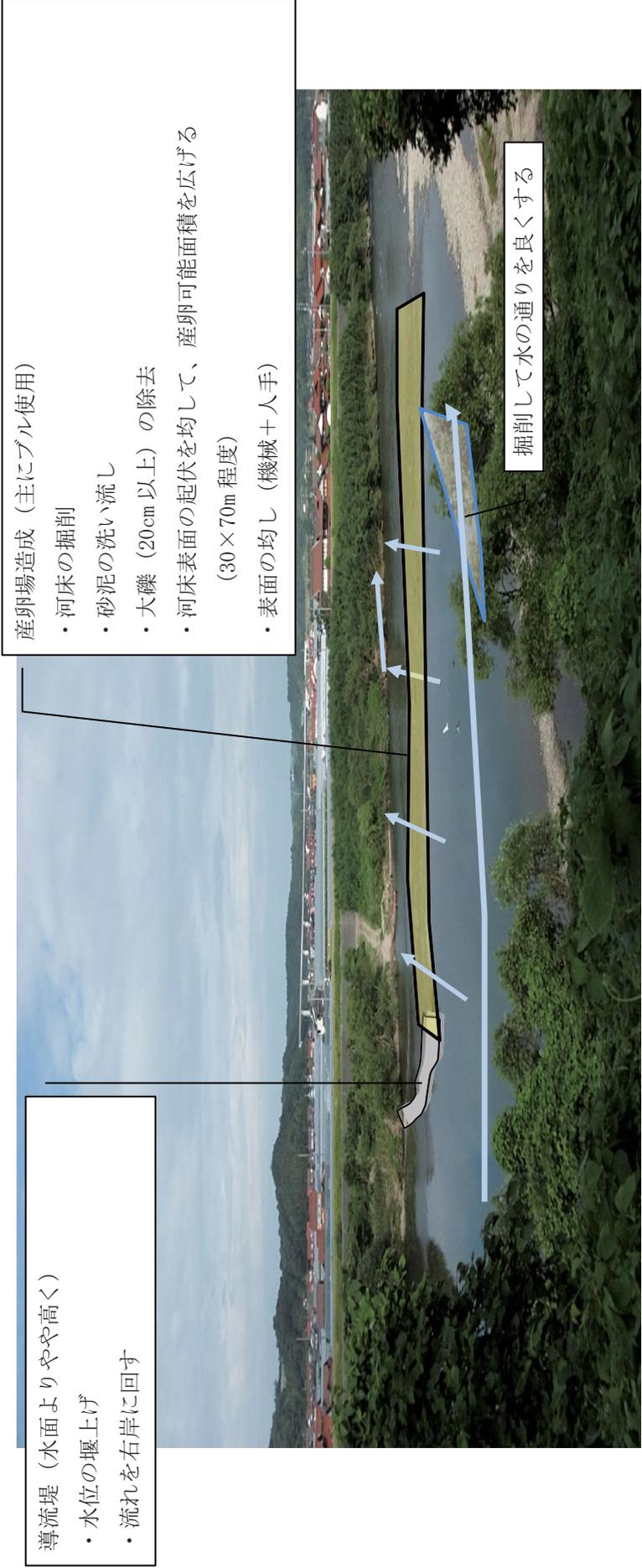
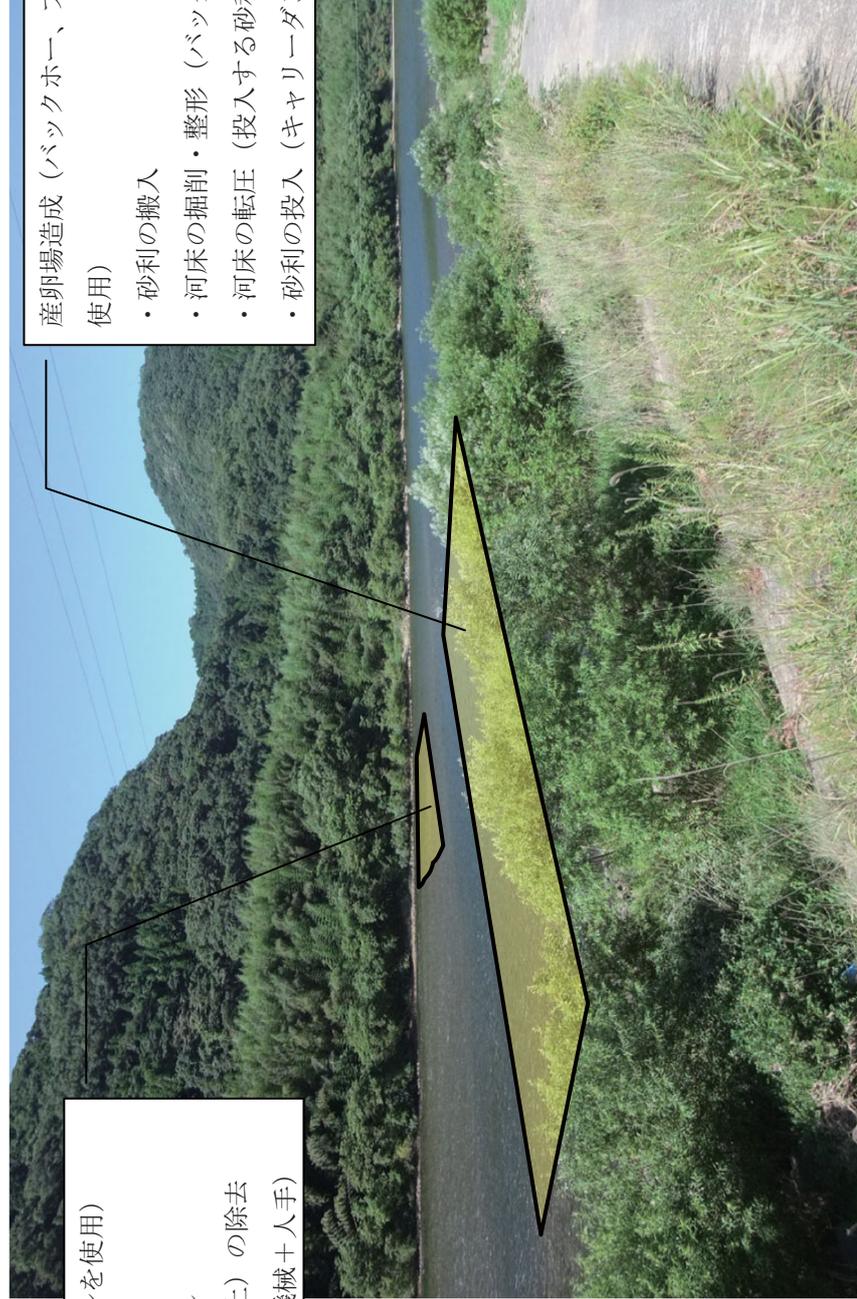


図5. 高津川エンコウの瀬の整備方針

問題点：①河床表面の石が大きく、産卵に適した小石が少ない。②砂泥が多い。

造成方針：①右岸側に砂利を投入（約 4000m²）後整地。②左岸よりの河床（部分的に小砂利が堆積）を造成（砂泥の洗い流し＋整地）。



産卵場造成（ブルを使用）

- 河床の掘削
- 砂泥の洗い流し
- 大礫（20cm以上）の除去
- 表面の均し（機械＋人手）

産卵場造成（バックホー、ブル、キャリアーダンプを

使用）

- 砂利の搬入
- 河床の掘削・整形（バックホーとブル）
- 河床の転圧（投入する砂利の沈み込み防止）
- 砂利の投入（キャリアーダンプ）

図6. 江の川長良の瀬の整備方針

Ⅲ. 産卵場造成

1 高津川

1) 虫追の瀬

虫追の瀬の造成は2009年10月12日（作業期間は1日）に漁協が独自に行ったものである。造成形状を図7に示した。

造成候補地は全体的に浅かったため、左岸側から導流堤を築き、造成予定地に水を回した上で造成作業を行った。右岸側は干出していた水際部分を掘削・拡幅し産卵場として整備した。ここでは元々あった大きめの礫はハイド板（ブルドーザ等の前についているプレート）で右岸または下流に

えないよう施設周辺を掘り下げること、水利組合の了解を得、瀬肩に手を加えても良いことになった。造成状況を図8に、形状を図9に示した。右岸側を流れる水量が少なかったため、まず右岸側の瀬肩を掘削した。大きめの礫は流芯もしくは下流部にハイド板で押しやった。次に右岸側の砂州を3m程度削り落とすように同様の作業を行った。ここで右岸の水量が予想したようには増えなかったため、バックホーを使って造成地の upstream に深さ2m程度の水路を掘削した。さらにブルで右岸の砂州沿いに水路を掘削し瀬肩を削ったものの、瞬間的に水量は増えるが、しばらくすると

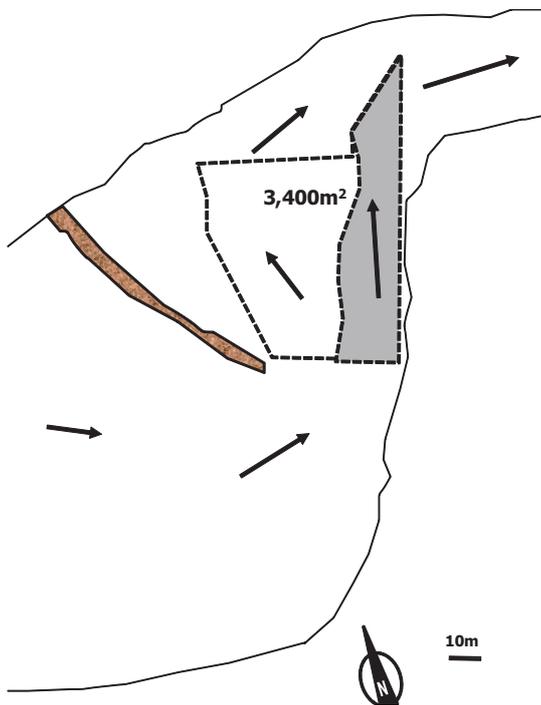


図7. 虫追の瀬の造成形状（灰色の部分か河床を整備した区域）



押しやり、産卵に適した小礫中心の礫構成にふり分けした。ハイド板で河床表面を浅く押しやると、フルイのような効果が得られ、大きめの礫を選択的に取り除くことができる。左岸半分は状態が良かったため、そのままにした。造成面積は3,400m²で、うち右岸側の1,460m²が河床を整備した区域であった。

2) 長田の瀬

造成は2009年10月13日の8:00～15:00に、作業時間6時間で行った。今回の造成では、河床低下を懸念する地元水利組合と高津川漁協が協議を行い、長田の瀬上流に位置する取水施設に影響を与

水位の低下により水量が減ってしまったため、この作業は途中で断念した。その後、ブルで造成地の下流側から上流側に向けてハイド板を入れ前進しながら砂泥を洗い流し、上流側から下流側にハイド板を軽く当てて後進しながら整地した。この作業は、流芯部以外は流量が少なく砂泥抜き効果が薄いため、流芯部を中心に念入りに行った。しかし、右岸側は掘削した背肩上流部および砂州ともに大量の砂が堆積しており、水量の少なさもあって十分な砂抜きができなかった。さらに、造成後も上流側の砂が造成地に流入し、堆積してしまった。

右岸の造成終了後、左岸の造成を行った。砂州



図8. 長田の瀬の造成状況

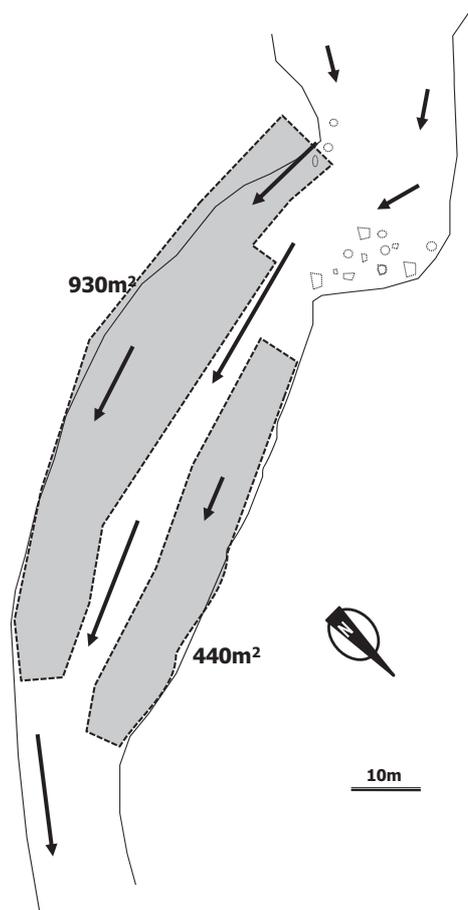


図9. 長田の瀬の造成形状

を少し削り気味にブルで砂泥抜きと均しを行った後、右岸と同様に上流側から下流方向に後進しながら整地を行った。

結果として、長田の瀬は砂分量が極度に多いため、流芯部以外は砂が抜けきらない状態となった。造成面積は左右岸合わせて1,370 m^2 であった。

3) エンコウの瀬

2009年10月13日(12:00)～15日(12:00)に行った(作業期間は2日間)。造成状況を図10に、形状を図11に示した。昨年同様、河床勾配が緩く、水流による砂の除去が困難であったため、導流堤を築き、造成予定地に水を回した上で造成作業を行った。作業は10月13日に造成地全体に均一の水量を確保するためバックホーで総延長40mの導流堤を築堤した。さらに、導流堤だけでは右岸側の水量が不足したため、バックホーで右岸の河原に沿って深さ1.5mの水路を掘削した。しかし、この作業だけでは右岸に十分な水を回すことはできなかった。これは造成地の upstream にあった局所的な深場の影響と考えられた。そこで、翌14日はブルで右岸に水路を掘削した際に彫り上げた土砂でその深場を埋める作業を行ったが、深場をすべ

で埋めることができなかった。これにより深場が狭まり、そこに水が集中したため、造成地に元々あった中央部の早瀬の水勢を一層強めることになった。そこで、左岸側の土砂を使い、バックホーで背肩の上流側に、左岸から右岸に向けて、水中に堤を造成しようとしたが、土砂が足りないこと、作業時間が非常にかかることから、中央の早瀬の手前までで作業を断念した。結果として造成地の中央部に急流の一本瀬がつくられた。右岸の石でこの一本瀬を埋めようとしたが急流によって流され無理であった。このため、当初、この中央部の早瀬を右岸側の小石で被覆し、全体的にチャラ瀬状帯とするつもりであったが断念した。

右岸側は造成面積を拡げるため突出した河原を削り、造成地の下流に突き落としたが、表面に大きい石が散在していたため、ブルのハイド板を表面にあてて河原方向に押し出した。その後、造成面の下流側から上流に向けてブルでハイド板を入れて前進しながら砂泥を抜き、その後上流から下流に向けてグラウンド整備のトンボの要領でハイ

ド板を当てて後進しながら整地を行った。ただし、ブルのオペレータに作業の意図が詳細に伝えることができなかったため、後進時にハイド板で強く押しすぎ、やや固めの整地となったうえ、起伏が残ってしまった。

3日目の10月15日は左岸側の造成を行った。左岸側は水深が浅かったため、均等な水量配分とするため（加えて中央に向けて造成面積少しでも拡げるため）、中央の一本瀬と、前日に造成した背肩の堤に向けて、ブルで掘り下げるように起伏を均した。その後、右岸と同様にブルで砂泥抜きと整地の作業を行い、水深20cm前後のチャラ瀬を造成した。

結果として、当初想定していたエンコウの瀬全体をチャラ瀬状に造成することはできず、中央の一本瀬を挟むように造成地が右岸と左岸に分かれてしまった。特に右岸側は産卵に適した小礫が供給できず、大きい石が散在していた。造成面積は2,250㎡であった。



図10. エンコウの瀬の造成状況

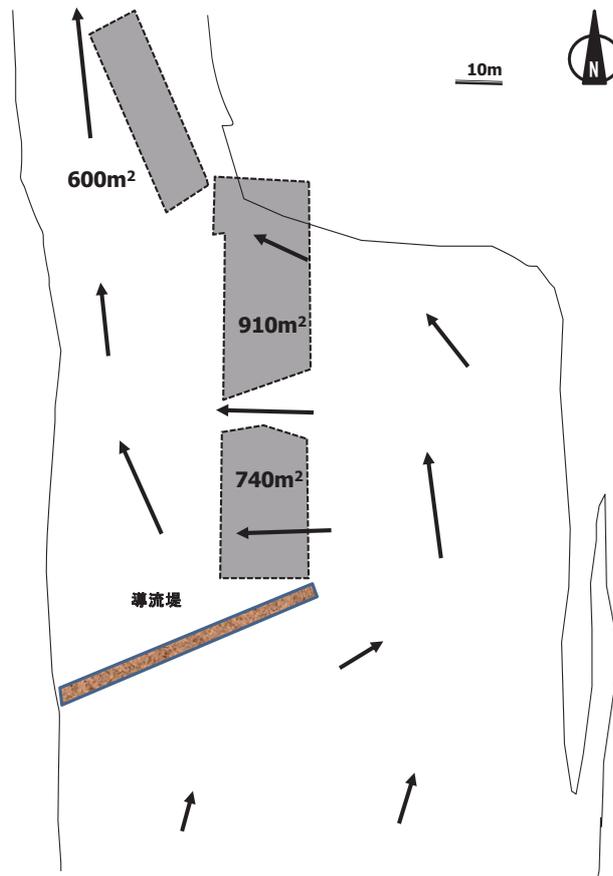


図 11. エンコウの瀬の造成形状

2 江の川 長良の瀬

造成は2009年10月6日8:00～7日11:00に行った。造成状況を図12に、形状を図13に示した。産卵基質としての砂利約1,000m³を投入するために、投入の前処理として、投入予定地の右岸側を4,000m³（40×100m）程度掘削し、河床の地盤高を20-25cm程度下げた。その後キャリーダンプで砂利を運搬し、ブルドーザで敷設した。投入した砂利の均しもブルドーザで行った。造成面積は3,660m²であった。

また、左岸側に産卵に適した砂利が集まった部分があったため、ブルドーザで表面を攪拌し、砂泥を流した後、ハイド板で均す作業を追加した。

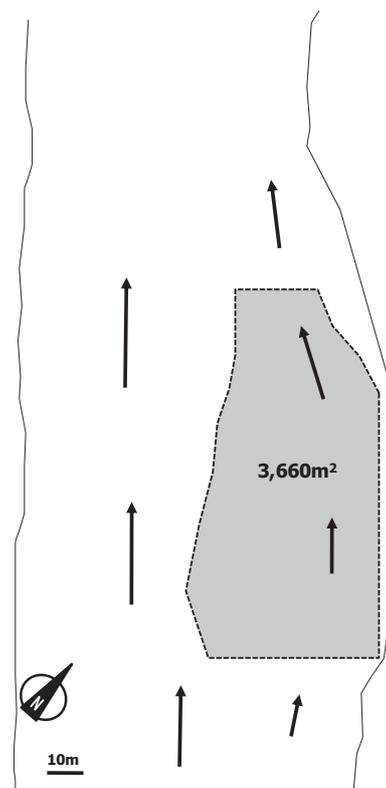


図 13. 長良の瀬の造成形状



図12. 長良の瀬の造成状況

3 産卵場造成の効果判定

産卵場造成の主目的は、河床の大石を除去し、砂泥を洗い流すこと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

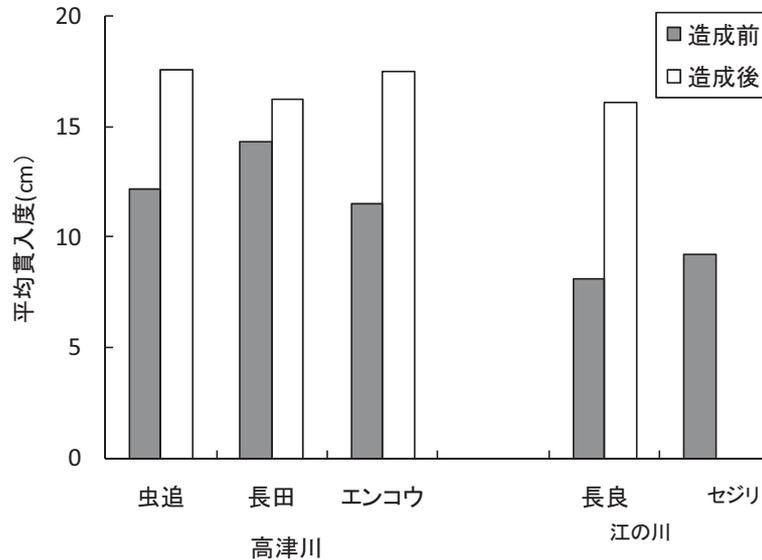


図 14. 造成前後における平均貫入度の比較

まった河床を掘削して、浮き石状態にすることにある。造成効果の判定は、河床の硬度の目安としてシノによる貫入度を測定した。測定方法は全内漁連¹⁾に準じた。

貫入度の測定結果を表1に示すとともに、造成前後での平均貫入度の変化を図14に示した。表1と図14には次項で述べる江の川の自然産卵場であるセジリの瀬の結果も合わせて示した。造成前後で平均貫入度を比較すると、いずれの地点でも造成後に深くなっており、造成効果があったと判断される。特に江の川の長良の瀬は、砂利投入を行ったため、造成前に8cmであった貫入度は、造成後には16cmと著しい改善効果が確認された。

表 1. 貫入度の測定結果

河川	地点	測定時	貫入度 (cm)		
			平均	最大	最小
高津川	虫追	造成前	12.2	17	5
		造成後	17.6	20	16
	長田	造成前	14.3	20	6
		造成後	16.2	20	9
	エンコウ	造成前	11.5	20	7
		造成後	17.5	20	12
江の川	長良	造成前	8.1	13	4
		造成後	16.1	20	7
	セジリ	自然状態	9.2	13	6

Ⅳ. 産卵場調査

1 資料と方法

造成した産卵場とその周辺の主要産卵場を対象として、江の川は2009年10月28日に、高津川は10月29日に産卵状況を調査した。調査は河川内を踏査・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、産卵場の形状を記録するとともに面積を測量した。さらにランダムに卵の埋没深を測定した。埋没深は図15に示すように、卵が付着している最も深い部分と周辺の河床との差を測定した。



図15. 卵の埋没深の測定

2 結果と考察

1) 高津川

(1) 虫追の瀬

卵は河床整備（掘削・均し）した区域（灰色部分）でのみ確認され（図16）、かつ卵密度はかなり濃密であった。一方、自然河床区域ではほとんど産卵していなかった。今回のように一部分を河床整備すると、アユはそこに集中的に産卵したがるために、「重ね産み」をされると考えられる。重ね産みは卵の剥離流失が起きやすいため、好ましいことではない。河床整備を行うのであれば、全域をする必要があると判断された。

産卵面積は980 m²で、造成面積（3,400m²）に対する割合は約29%であった。

(2) 長田の瀬

産卵場における卵の分布状況を図17に示した。卵密度は全体にかなり低いものの、造成した産卵場のほぼ全域で産卵が行われていた。本産卵場では砂の混入が多く、そのことでアユが産卵を避け、産卵量が少なかった可能性が考えられた。

産卵面積は1,710 m²で、造成面積（1,520m²）に対する割合は約113%であった。造成面積よりも

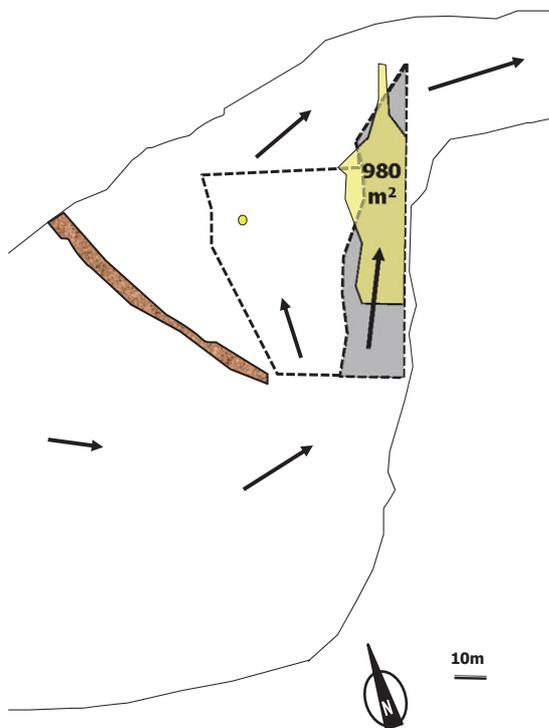


図 16. 虫追の瀬での卵の分布

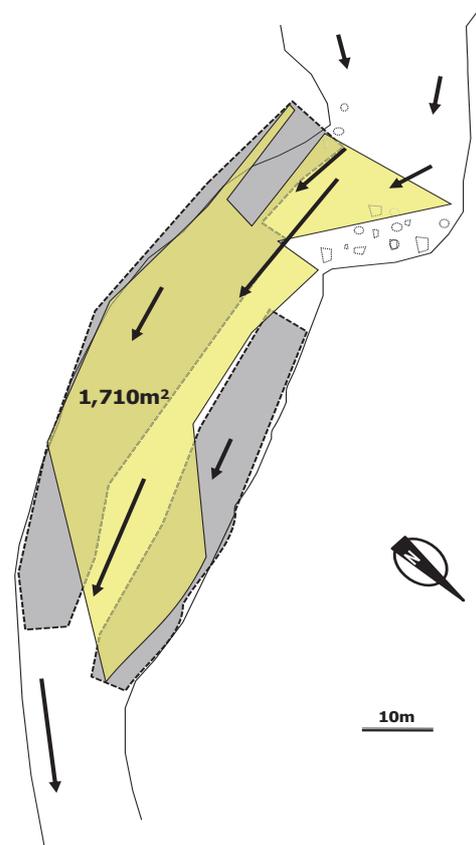


図 17. 長田の瀬での卵の分布

産卵面積が大きかったのは、瀬肩部分と流芯部分の非造成地に産卵していたためである。

(3) エンコウの瀬

産卵場における卵の分布状況を図18に示した。卵密度は比較的高かった。しかし、右岸側は全体的に卵密度が低く、左岸側（導流堤側）は相対的に高密度であるなど、均一な状態ではなかった。

これは、河床の整形（仕上げ）状態と関係しており、河床に起伏が残ってしまった右岸側は産卵に使いにくい場所が多かった。原因は均し作業が不十分なことにある。

さらに、左岸側（導流堤側）は水深が浅く、干出の可能性も考えられた。水を全体に均一配分できるような造成が今後の課題と言える。

産卵面積は1,950 m^2 で、造成面積（2,250 m^2 ）に対する割合は約87%であった。

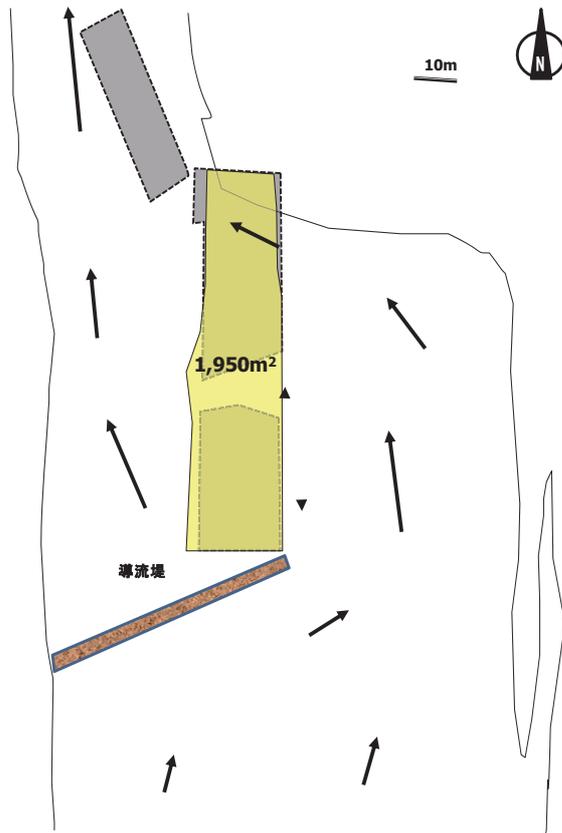


図 18. エンコウの瀬での卵の分布

(4) 自然産卵場

虫追の瀬と長田の瀬の中間付近にある、国道9号線バイパス橋脚付近に産卵面積は120 m^2 の自然産卵場が確認されたが産卵密度は低かった。

2) 江の川

(1) 長良の瀬

産卵場における卵の分布状況を図19に示した。卵密度は全体にやや低かったが、造成した産卵場の広い範囲で産卵が行われていた。産卵面積は1,840 m^2 で、造成面積（3,660 m^2 ）に対する割合は約50%であった。

左岸側で簡易整備した箇所においても産卵が確認されたが、卵密度はごく低かった。

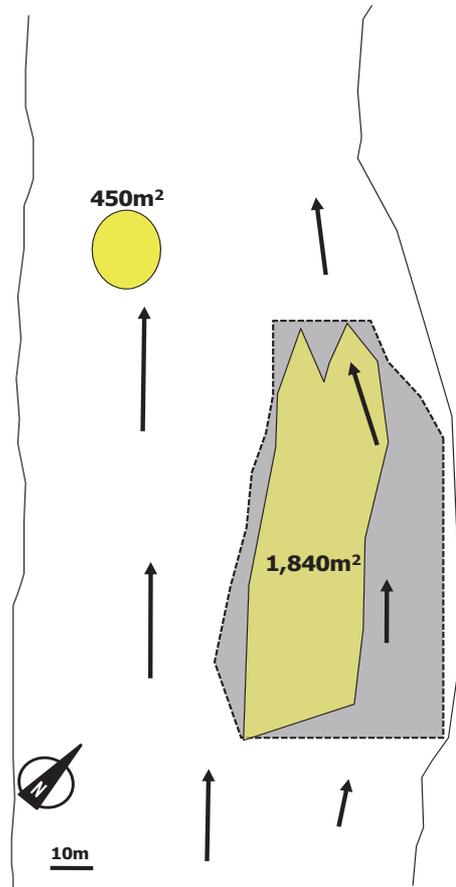


図 19. 長良の瀬での卵の分布

(2) 自然産卵場

長良の瀬の約600m下流のセジリの瀬には瀬の中央～瀬尻付近にかけて産卵場が形成されていた。産卵面積は2,810 m^2 であった。また、長良の瀬より約3km上流、桜江大橋より約1km下流の谷住郷の瀬でも瀬脇部分に帯状に産卵を確認できたが、産卵規模としてはごく狭かった。浜原ダムの上流でアユが産卵していると思われる場所についても調査した。その結果、浜原ダムより約9.5km上流のダム湖への流れ込み口である都賀行橋上流の梁瀬では最も左岸の瀬で産着卵が点在していたが、産卵規模としてはごく狭かった。その800m上流の糸瀬は左岸の瀬は石

が大きく産卵に不適な状態であった。右岸の瀬は、産卵に適した礫はあるものの全体的に石が大きく、加えてアーマーコート化も顕著で、産卵には不適な状態であり産卵は確認されなかった。

3) 卵の埋没深からみた産卵場造成の効果判定

卵の埋没深の測定結果を表2に示した。産卵場造成の目的の一つは卵の埋没深を深くして、食卵の被害²⁾を軽減させたり、重ね産みによる卵の流下を低減させたりすることにある。造成の有効性の目安として、高橋³⁾は平均埋没深が10cm以上あることとしている。

造成した産卵場のうち高津川の長田の瀬以外は10cm以上の埋没深があり(図20)、「効果有り」と判断できる。特に砂利投入を行った江の川の長良の瀬は、造成産卵場の中でも最高値の14cmであった。高津川の長田の瀬は、砂分が十分に除去できなかったことが原因で、9.2cmと目標の10cmに届かなかった。

表2. 卵の埋没深の測定結果

河川	地点	卵の埋没深(cm)		
		平均	最大	最小
高津川	虫追	13.2	16	11
	バイパス下	9.2	11	8
	長田	9.2	12	6
	エンコウ	12.2	16	10
江の川	長良	14.3	18	12
	セジリ	11.9	17	8

4) 産卵場造成手法の改善点と今後の課題

(1) 造成手法の改善点

高津川のエンコウの瀬では、均し不足による産卵条件の悪化が認められた。アユは産卵の際、人工的な起伏を嫌うため、仕上げの均し作業は入念に行う必要がある。また、今回の造成は作業手順に反省すべき点があった、すなわち、当初想定していたエンコウの瀬全体をチャラ瀬の産卵場とするためには、①左岸に多かった産卵に適した礫を別の場所に確保しておいたうえで、右岸と左岸の起伏をなくし、全体的に平坦にする。もしくは、右岸から左岸にかけて一直線に背肩を造成する。②導流堤の築堤、水路の掘削等により造成面全体に均一な水量を回す。③造成地の砂抜きを十分行い、江川の長良の瀬と同様に、小砂利投入分だけ河床を低めにならす。④その上に確保しておいた産卵に適した礫を被覆する。とすべきであった。

同じく虫追の瀬では部分的に河床整備を行ったために、そこに産卵が集中した。河床整備を行うのであれば、全域でやらないと重ね産みを助長し、これにより卵の流失を招く危険性が高まる。また、虫追の瀬では高い造成効果が認められたものの、河口からの距離が遠いため、流下仔魚が順調に河口域まで到達しているかどうかを確認する必要があると考えられる。この確認には長田およびエンコウの瀬で仔魚の採集を行い、仔魚の卵黄指数を観察する必要がある。

また、長田の瀬では、右岸側に水を回すため、上流部を掘り下げ、瀬肩を削った。しかし、背肩を削った分、水位が低下し、結果的に右岸への水量が減ってしまうため調整が困難であった。右岸

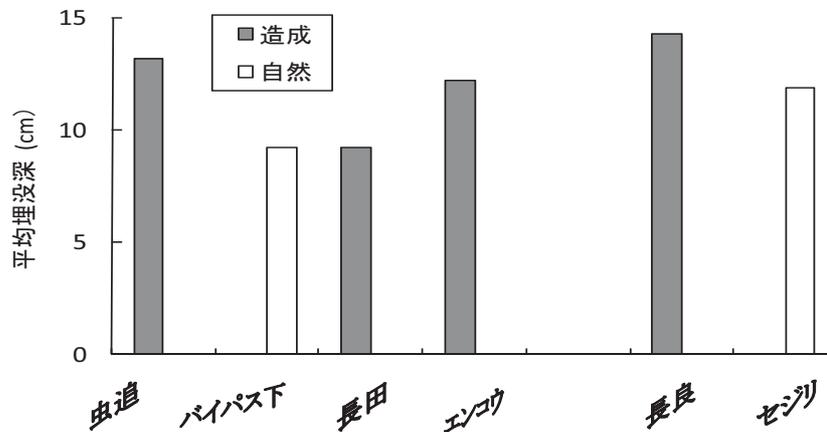


図20. 造成産卵場と自然産卵場における卵の埋没深の比較

にチャラ瀬を作ったが、砂分が多く、適した礫も少ないため、上流部を掘り下げたときに表面にあった礫で被覆する必要があった。また、右岸の造成面積を広げるため削った砂州は砂分が多く、砂分の供給源となってしまうため、余り削らない方が良かった。

江の川の長良の瀬では砂利投入の効果が顕著であった。ただ、産卵に適していない大径の礫(100mm以上)と砂分(1mm以下)の含有率が高く、このことが産卵効率を低下させている可能性がある。プラントでフルイに掛けることは難しいかもしれないが、より好適な砂利のある場所を選択するなどの配慮が望まれる。

(2) 今後の課題

天然アユの資源量を安定的に維持するために必要な産卵場面積の検討が望まれる。現状では「適したところを整備する」という観点で行われており、必要面積が整備されているのか、あるいは過剰な整備が行われていないか、といった観点からの検討がなされていない。そこで、本節では高津川における必要産卵面積を試算した。高橋ほか⁴⁾は高津川において標準的な適正収容量を確保するために必要な流下仔魚尾数は57億尾と推定している。高橋(未発表)によればフルイに掛けた砂利を投入した理想的な産卵場は1㎡あたりの流下仔魚尾数は100万尾/㎡である。これより、57億尾の流下仔魚尾数を確保するためには57億尾/100万尾/㎡=5,700㎡の産卵面積が必要となる。産卵効率(単位面積あたりの流下仔魚量)を1/2程度と仮定すれば、およそ10,000㎡が必要な産卵面積と試算される。2009年の造成面積は約7,000㎡であり、自然産卵場を加えると上記の必要面積をやや下回る程度の値となる。

なお、この産卵面積を十分に活用するためには産卵期に十分量の親魚(約40万尾)を確保することが前提条件であり⁴⁾、これができなければ、アユ資源の維持管理は難しい。実際、2009年は必要な面積がほぼ確保されているものの(上記試算結果)、実際に産卵した面積はそれをかなり下回っている。このことは親魚がかなり不足していることを示唆していると考えられ、親魚確保をより真剣に行わなければ、長期的な資源の維持は難しいと言える。

さらに、翌年の資源への添加という観点から効率的な産卵範囲を把握することも必要である。アユ仔魚の流下中の減耗はかなり大きく⁵⁻⁸⁾、河口から遠

くなるほど産卵効率は低下することになる。「仔魚の減耗の小さい範囲」という観点から有効な産卵範囲を明確にすることが望まれる。特に江の川は感潮域が非常に長いため、ここでの減耗が大きい可能性がある。より詳細な検討が必要と思われる。

最後に費用負担は誰がするのか、ということも今後の重要な問題であろう。江の川では、砂利投入による産卵場整備が効果的であることが分かった。ただ、この整備方法は経費が大きくなるため、今後漁協単独で継続することは難しいかもしれない。砂利投入が必要となっている原因は上流のダムや砂防堰堤による砂利供給の不足にあると考えられるため、ダム管理者(利用者)との費用負担に関する協議も必要となる。なお、高知県の奈半利川では、こういった費用負担をダム利用者である電力会社が行っている⁹⁾。

文 献

- 1) 全国内水面漁業連合会：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、234pp(1993)。
- 2) 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、265 pp (2006)。
- 3) 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、11-18(2007)。
- 4) 高橋勇夫・寺門弘悦・村山達朗・曾田一志：高津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、2、49-64(2009)。
- 5) 和田吉弘・稲葉左馬吉：長良川におけるアユの産卵から仔アユの降下までⅧー生産率と損耗率、木曾三川河口資源調査報告、4、7-11(1967)。
- 6) 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)。
- 7) 高橋勇夫・新見克也：矢作川におけるアユの生活史Ⅱ、遡上から産卵・流下までの生態、矢作川研究、3、247-267(1999)。
- 8) 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)。
- 9) 高橋勇夫：天然アユが育つ川、築地書館、東京、194 pp(2009)。