

資料

2012年の高津川におけるアユ産卵場造成について

曾田一志¹・寺門弘悦²・安木 茂²

Maintenance of spawning ground of Ayu, *Plecoglossus altivelis altivelis*,
in the Takatsu River, Shimane Prefecture in 2012

Kazushi SOTA, Hiroyoshi TERAKADO and Shigeru YASUGI

キーワード：アユ，産卵，産卵場造成，高津川

はじめに

島根県西部にある高津川では、天然アユ資源を増大させるために、高津川漁業協同組合が降下・産卵期の禁漁による親魚保護に取り組んでいる。しかし、近年の夏季から秋季にかけての少雨傾向(図1)と、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、自然状態では良好な産卵場が形成されにくい状況にある。そこで、高津川のアユの主要産卵場の機能回復を「造成」によって図り、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た。

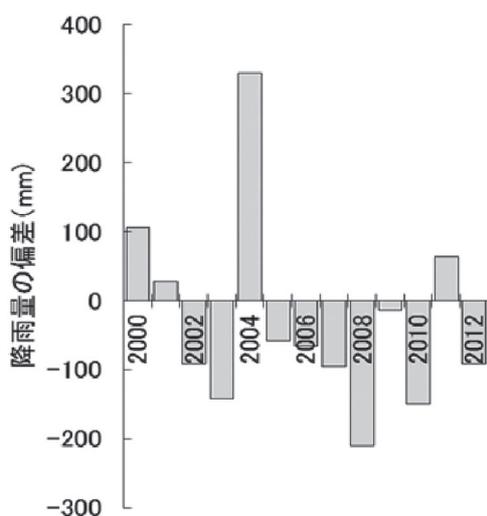


図1. 高津川下流域における2000年代の9~11月の降雨量の平年値からの偏差(益田観測所の降雨量¹⁾を元に作成, 平年値は1985~2012年の平均値)

資料と方法

1. 産卵場事前調査

2012年9月24日に高津川の主要なアユ産卵場である虫追(むそう)の瀬, 長田の瀬および猿猴(えんこう)の瀬(図2)において, 潜水調査により河床の状態(底質, 礫組成, 河床硬度等)を, 陸上からは河原の礫組成や流路形状を観察した。ここでは, 全内漁連の手法²⁾に準じて, 浮石状態の目安となる河床硬度の指標として, 建設工事で用いられる鋼製シノを河床に一定の力で突き刺し, 刺さった深さを「シノによる貫入度」とした。

2. 産卵場造成

1) 造成場所と方法の決定 事前調査で得られた河床の状態, 造成地周辺の小石の埋蔵状況等の情報をもとに, 造成方法を検討し, 高津川漁業協同組合と協議のうえ, 造成場所を決定し, 2012年10月11~15日に重機による造成を行った。

2) 河床硬度の確認 河床硬度の測定は, 全内漁連の手法²⁾に準じて行い, 虫追の瀬では, 流向に対して垂直に3本のライン上の19~22点(合計61点), また, 長田の瀬も同様に4本ライン上の3~5点(合計15点)で, 猿猴の瀬では2本のライン上の7~11点(合計18点)で測定した。

3. 産卵場事後調査

造成から2週間後の10月31日に産卵状況の調査を実施した。調査は, 虫追の瀬, 長田の瀬および猿猴の瀬の中で産着卵が確認された範囲にポールを立て, GPS(GPSMAP60CSx, Garmin社)で取得した位置情報からGISソフトウェアである地図太郎

¹内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

²漁業生産部 Fisheries Productivity Division

(Version6.10, 東京カートグラフィック株式会社)の面積測量機能により産卵面積を求めた。また、高橋ら³⁾の手法に従い、産卵場内でランダムに選択した産卵床における卵の埋没深を測定した。調査点数は、虫追の瀬で3ライン38点、長田の瀬で4ライン32点、猿猴の瀬で3ライン21点であった。そのほか、バイパス下の瀬と高角(たかつ)の瀬で産着卵の有無のみを確認する調査を行った。バイパス下の瀬は、虫追の瀬と長田の瀬の間に位置し、高角の瀬は、猿猴の瀬よりも下流にある高角橋の下流部に広がる瀬である(図2)。

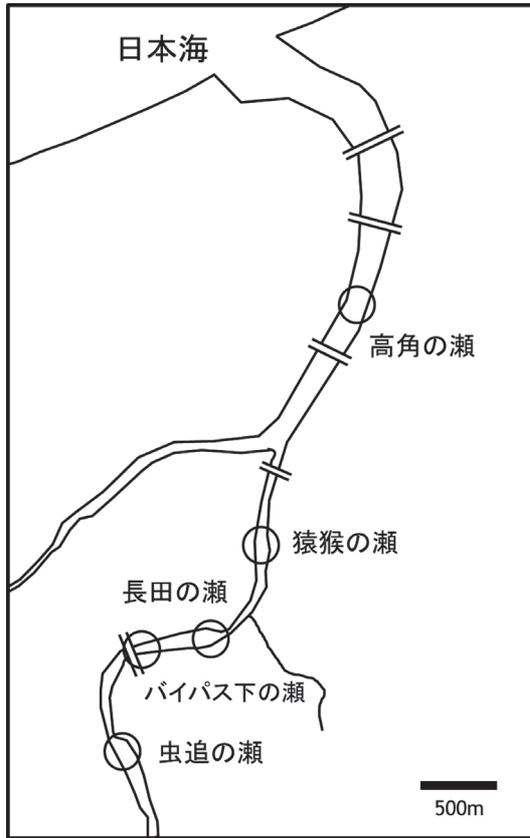


図2. 高津川における調査地点

結果と考察

1. 産卵場事前調査

1) 河床の状態

虫追の瀬 2009年以降、毎年造成を行っている場所である。左岸側の流れが強く、右岸側は大きく袋状に広がり、その下流部に約2,000㎡の流れが緩く水深の浅い瀬(チャラ瀬)が形成されており、昨年(2011年)の造成時に築堤した導流堤の一部が残存していた(図3の上)。チャラ瀬は左右で高低差があり、右岸側が高くなっており、一部深く掘

れた溝が出来て早瀬化していた(図3の下)。昨年は貫入度が平均9.4cmで、礫間に粒径の細かな砂利の混入が多かったが⁴⁾、2012年は貫入度が14~15cm(図4)と昨年より深かった。河床の礫組成が昨年は2~5cmサイズが主体であったのに対し、今年は5~15cmサイズが多く、20cm以上の大石も多くなっていったためと考えられた。礫間には粒径の細かな砂利が多く混入しており(図5)、その傾向は左岸側になるほど顕著であった。



図3. 虫追の瀬の概観(矢印は流向を示す) 右岸側のワンドからチャラ瀬が形成されていた(上)。チャラ瀬にできた深掘れ(下)

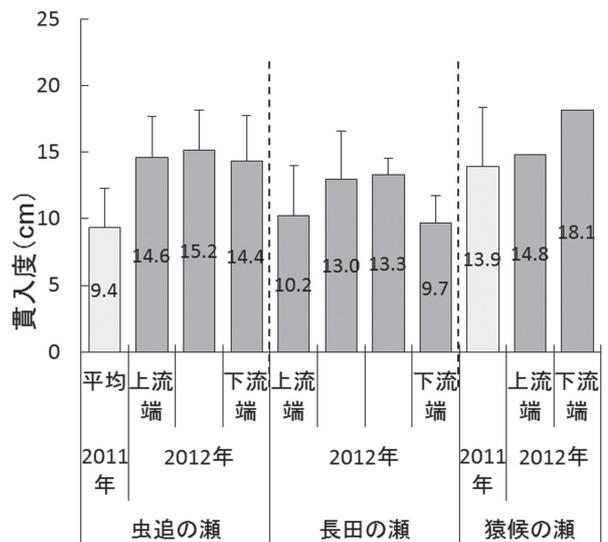


図4. 各瀬の貫入度(造成前)。2011年の虫追、猿猴の瀬の貫入度は寺門ら⁴⁾から引用

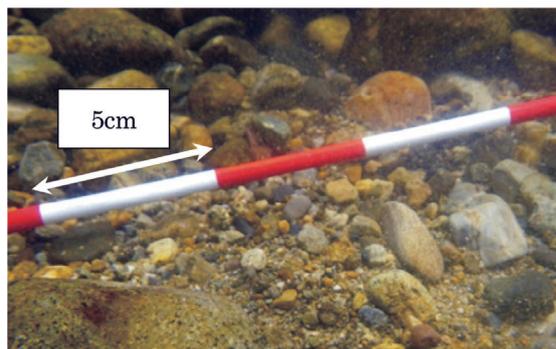


図5. 虫追の瀬の河床（石の間は砂利の混入が多い）

長田の瀬 2008年以降、毎年造成を行っている場所である。瀬肩の右岸側で一本瀬となり、深く掘れて水勢が強くなっていた（図6）。調査当日は水量が少なく、左岸側は干出していた。貫入度は10～13cmで、上流端と下流端で浅い傾向であった。河床の石は10～15cmの大石が多いが、それらを除去すると産卵に適した5cm以下の礫が出てきた（図7の上）。



図6. 長田の瀬の概観（矢印は流向を表す）
右岸側で一本瀬となっている

また、右岸の河原表面には、産卵場の河床材料に適した5cm以下の礫が多かった（図7の下）。

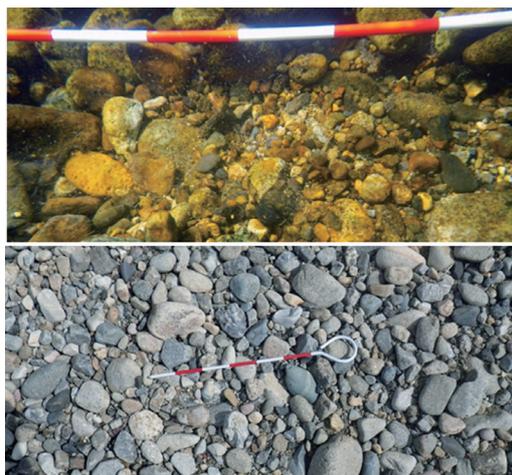


図7. 長田の瀬の礫組成
（上）左岸側の河床，（下）右岸の河原

猿猴の瀬 2008年と2009年に造成を行った場所である。左岸側の流れが強く、右岸側は大きく袋状に広がり、その下流部にチャラ瀬が形成されていた（図8）。チャラ瀬の右岸側に10～20cmの大石や砂が混ざるが、全体的には2～5cmの産卵に適した礫が多かった（図9）。また、貫入度が15～18cm（図4）であり、アユの産卵場として適当と考えられた。



図8. 猿猴の瀬の概観（矢印は流向を表す）
左岸側の流れが強く、右岸側のワンドからチャラ瀬が形成されていた



図9. 猿猴の瀬の河床

2. 産卵場造成

1) 産卵場整備の基本方針

(1) 造成場所の選定

虫追の瀬 自然産卵場として機能し得る瀬が広がっているが、今年(2012年)は渇水が続いており、今後も水量が減る可能性が高いこと(=産卵面積が減少)、大石や細かな砂利の混入は多いものの、河原等からの産卵に適した礫の供給も可能であるため、造成によってより好適な産卵環境を整備することが望ましいと考えられた。近年、虫追の瀬は主力の産卵場になっており、ここでの産卵場面積の確保が重要であると考えられた。

長田の瀬 一本瀬になっており産卵可能面積が少ないうえに、河床表面には大石が多く、大型のアユしか産卵できないと考えられた。また、これまでの造成の経験から右岸側の砂州は細砂が多く、流出すると河床の礫間を埋めてしまう恐れがあると思われた。従って、左岸側を有効的に利用して産卵可能面積を広げられるような造成を行うことが望ましいと考えられた。

猿猴の瀬 造成する場合、導流堤の築堤および周辺から礫供給が必要と考えられたが、上流からの砂利供給が少ないことを考慮すると現時点での造成は困難と考えられた。また、面積は小さいが、産卵に適した部分もあるため、造成による影響(砂利の流出等)を考慮し、行わない方が望ましいと判断した。

造成場所の決定 以上の条件をもとに高津川漁業協同組合と協議した結果、虫追の瀬と長田の瀬を造成することに決定した。

(2) 造成プラン 虫追の瀬および長田の瀬の造成プランをそれぞれ図10および図11に示した。高橋ら⁵⁾は、高津川の河川環境から期待されるアユの生息数(天然遡上が確実な水域に限定した場合)を天然遡上魚のみで達成するためには、約3,500㎡の産卵場面積が必要としている。したがって、虫追の瀬で3,000㎡、長田の瀬で500㎡以上の産卵場を造成し、猿猴の瀬等の自然産卵場での上乘せを期待する計画とした。また、長田の瀬では地元の水利用者の意向を受け、造成時に瀬肩部分が損壊しないよう特に注意を払うこととした。

(3) 作業工程

作業工程を表1に示した。重機はバックホーとブルドーザーおよびキャリーを使用し、作業は5日程度を要する計画とした。

2) 産卵場造成の状況

策定した造成プランに従い、2012年10月11～

15日に虫追の瀬および長田の瀬において産卵場造成を実施した。使用した重機は、バックホーが2台(KOBELCO SK200, HITACHI ZAXIS200)、ブルドーザーが1台(CAT D5G)、キャリーが1台(KOMATSU CD110R)の計5台であった。オペレーターはこれらの操縦資格を有する高津川漁業協同組合の組合員であった。

(1) 虫追の瀬

以下の工程により虫追の瀬における造成を実施し、その状況を図12に示した。①～⑤の工程は10月11日、⑥は11～13日にかけて、⑦以降は14日に実施した。

【①導流堤の一部開削】 造成予定面の水勢を弱めるため、左岸側上流に昨年築堤した導流堤の一部をバックホーで開削した(図12-①, 作業時間1時間, 以下同様)。

【②造成面の深掘れの埋め戻し】 造成面にできた2本の深掘れ箇所、河原で採掘した礫をキャリーで運搬、投入しバックホーで鎮圧しながら表面を均して埋戻しを行った(図12-②, 80分)。

【③導流堤の修復】 ①で開削した導流堤の修復作業を行った(図12-③, 60分)。

【④造成途中で生じた深掘れの埋戻し】 ③により水勢が強まり、新たな深掘れ箇所が発生したため、修復作業を行った。右岸側が高いため、造成面の中央に流れが集中し、深掘れすると考えられたため、右岸側上流部と下流部を、深さ10cm程度バックホーで掘削して高さを調節した。さらにキャリーで石を投入し深掘れを埋め戻した上で開削した導流堤の修復作業を再開した(50分)。

【⑤右岸側水路の掘削】 右岸側に水を回すために、右岸の縁辺に沿ってバックホーで水路を掘削した(50分)。

【⑥導流堤の修復及び延長作業】 導流堤の修復作業と延長作業をバックホーおよびキャリーにより行った。延長作業は河原で採掘した礫をキャリーで運び、バックホーで導流堤の前後を水面下20cm程度、水面からの堤高が70cm程度となるように整えた。この作業は13日まで行った(2.5日)。

【⑦右岸側の土手の築堤】 右岸側に回る水を受けするためブルドーザーにより土手を作った(20分)。

【⑧造成面の高低差解消および起伏の均し】 造成面全体の高低差を解消するため、ブルドーザーにより、下流側から、右岸から左岸方向に河床表面を削り落とすように行った。この作業を上流側まで行った後、出来た筋を解消するため、下流側に向かって

現状と問題点：

- ① H23年造成の際の左岸導流堤の一部、右岸の土手と河床掘削の一部が残っており、濁水状態の割には瀬全体に水が回っている。
- ② 産卵を阻害する大石（10-15cm以上）が多い。大石の下に砂泥が詰まった所もある。
- ③ 瀬の右岸寄りに深掘れが2ヶ所生じており、今後拡大すれば一本瀬化や瀬肩崩壊の恐れがある。

造成方針：

- ① スケルトン（ワイヤーか針金で調整）を使用して右岸側河原の礫を篩って大石を除去、造成面上流部と深掘れ修正用として投入する礫材料を作る。
- ② 昨年の導流堤残りの一部と右岸の土手を開削し、右岸側への水勢を弱める。
- ③ 深掘れ箇所の上手に置き土し、水勢を弱めて砂利を投入しバックホーで鎮圧、修正を行う。
- ④ H23年設置の導流堤を中心に右岸河原から砂利を運搬、置き土を行う。右岸の土手の設置、右岸の河床掘削により水を右岸側に回す。
- ⑤ 河原から砂利を運搬、瀬肩上手に置き土。
- ⑥ 河床表面（余り深く掘削すると砂泥が多くなるので、深さは30cm程度（右岸は10cm程度）、また、瀬肩を崩さないように）の砂泥・大礫を除去し、小砂利浮き石底をつくる。
- ⑦ 河床の起伏を均して、出来る限りの産卵可能面積を確保する（目標：3,000㎡）。

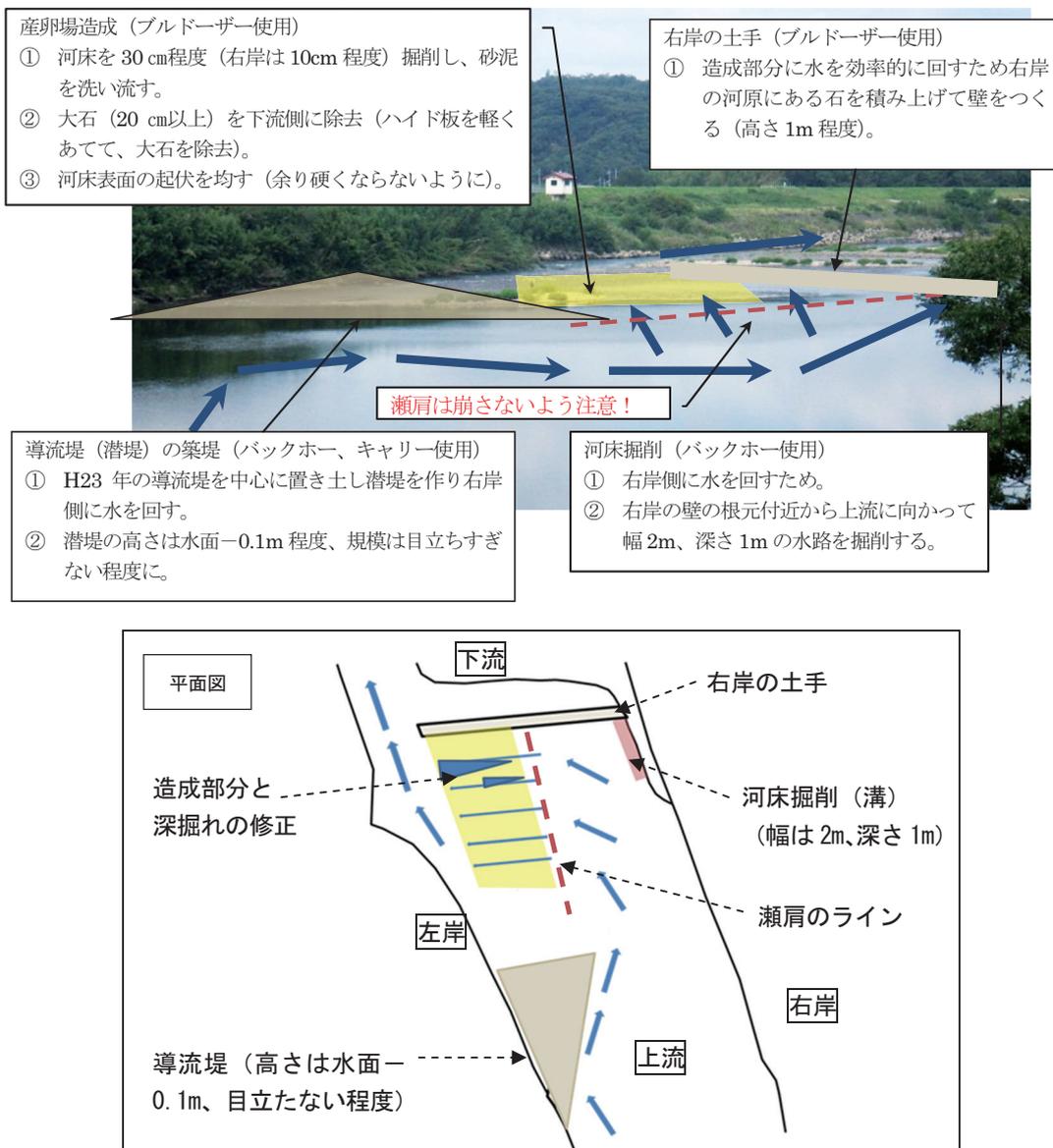


図10. 虫追の瀬造成プラン

現状と問題点：

- ① 右岸側半分の流れが強い一本瀬になっており、長径 10-15cmの大礫が河床表面を覆っているため産卵面積が少なく、(大型の親魚しか産卵できない) 産卵に適した小砂利も少ない。
- ② 瀬肩の崩壊は河床低下を招くため、触れない。
- ③ 右岸の砂州は砂の供給源となるが、適した砂利の層も薄い。
- ④ 濁水で流量が不足している。(1) 昨年 (2011年) に行った左岸瀬肩上の掘削、もしくは (2) 自然出水による流量増加がなければ、造成は困難。(現状の水量では砂泥が抜けきらない)
 ※ (1)、(2) が併用できればプランの幅が広がる。

造成方針：

- ① 流量に応じて左岸側一帯 (河原も含めて) を産卵場として造成する。
- ② 河床の起伏を均して、産卵可能面積を確保する (ただし、余り面積は期待できない、うまくいって 700㎡程度)。
- ③ これまでの経験から右岸の砂州は砂の供給源となるため、表面上の礫を流芯部に落とし込み、それが下流に堆積することで産卵場として利用されることを期待する。(これは最後に行う)

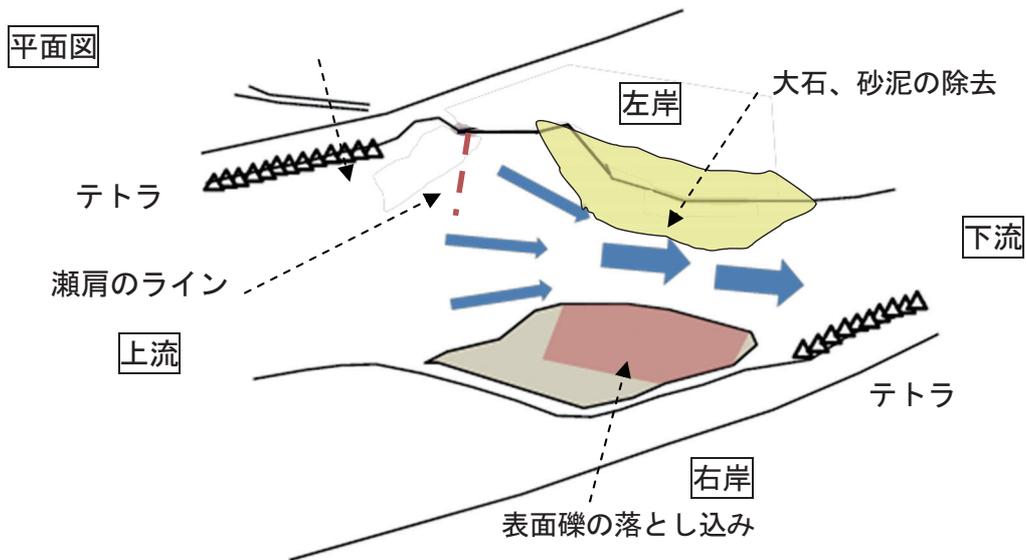


図11. 長田の瀬造成プラン

表1. 産卵場造成の作業工程

日	時刻	バックホー	ブルドーザー	キャリー
10月11日 (木)	8	虫追の瀬 打合せ (1hr)		
	9			
	10	左岸導流堤、右岸土手の 一部開削 (1hr)		
	11		礫の運搬、深掘れ箇所へ の投入 (4hr)	
	12	礫の選別、大石除去、投 入材の作成 (4hr)		
	13			
	14		導流堤の築堤 (1hr)	
	15	深掘れ修正・鎮圧 導流堤の築堤 (2hr)		
16				
17				
10月12日 (金)	8	大石の除去、投入材の作 成 導流堤の築堤、均し (8hr)		
	9			
	10			
	11			
	12			
	13		導流堤の築堤 (8hr)	
	14			
	15			
10月13日 (土)	8	大石の除去、投入材の作 成 導流堤の築堤、均し (8hr)		
	9			
	10		導流堤の築堤 (4hr)	
	11			
	12			
	13		瀬肩上手に置き土 (2hr)	
	14			
	15			
10月14日 (日)	8	虫追の瀬造成 打合せ (1hr)		
	9			
	10	礫の選別、大石除去、投 入材の作成 (6hr)	導流堤表面の均し (3hr)	
	11			
	12		造成 (大石・砂泥の除去、起 伏の均し) (3hr)	
	13			
	14	右岸の河床掘削 (1hr)		
	15			
16	右岸土堤の設置 (1hr)			
17				
10月15日 (月)	8	長田の瀬に移動、造成打合せ(1hr)		
	9			
	10	造成 (礫の選別、大石除去) (4hr)	造成 (砂泥の除去、起伏の均 し) (4hr)	
	11			
	12			
	13			
	14			
	15		右岸砂州の表面礫の落と し込み (2hr)	
16				
17				



図12. 虫追の瀬における産卵場造成の状況



図13. 長田の瀬における産卵場造成の状況

表面を均した(図12-④, 170分)。

【⑨大石の除去】造成面の大石を除去するためブルドーザーにより上流から下流方向に向かって深所へ大石を落とし込む作業を行った(50分)。

【⑩砂抜きと整地】ブルドーザーにより下流から上流方向に排土板をあてて前進し(砂抜き), 帰りは下流から上流方向に排土板を軽くあてて後進して整地を行った(90分)。作業終了後, バックホー1台とブルドーザーは長田の瀬に移動した。

造成の結果, 導流堤上流部の浅場, 掘削水路により右岸側に水が十分に回ることが出来た。しかし, 川幅のある造成面になったため, 高さを揃え, 水量が均一に流れる仕上げとはならなかった。また, 河原から採掘した石で深掘れを埋めたため, 造成面中央部は河床の礫組成が大きくなった。篩による河原の礫の選別(大石の除去)を導入すべきであった。造成面積は3,420㎡であった。

(2) 長田の瀬

以下の工程により長田の瀬における造成を実施し, その状況を図13に示した。全ての工程は10月15日に実施した。

【①右岸側の深掘れ箇所の埋戻し】左岸側に水を回すため, バックホーで左岸側河原表面の大石を集めて右岸側の深く掘れた箇所に投入し, 埋戻しを行った(図13-①と②, 3時間)。

【②左岸の表面礫の切り落とし】①の工程と並行してブルドーザーにより左岸河原を削り, 礫をブルドーザーで右岸側に寄せて, 左岸側の流路を確保するとともに深掘れ箇所を埋め戻した(図13-③, 2時間)。

【③造成面の砂抜き及び均し】ブルドーザーにより砂抜きと均しを行った。下流から上流方向に排土板をあてて前進し(砂抜き), 帰りは下流から上流方向に排土板を軽くあてて後進して整地を行った(1時間)。

【④右岸の河原の表面の石の切り落とし】右岸河原(下流側半分)の表面の礫を砂が混入しないよう注意を払いながらブルドーザーで浅く削り落とし, 右岸側の深掘れ箇所の埋戻しを行った。また, 落とした礫が下流に堆積し, 産卵に適した河床となることを期待した(図13-④, 1時間)。

造成面積は2,231㎡であった。造成時は湯水で水勢が弱く, 右岸側の流芯部の河床改良が行えたため目標面積を上回る造成ができた。

3) 河床硬度の確認

産卵場造成の主目的は, 河床を産卵に適した小石主体の「浮き石」状態にすることである⁶⁾。造成後の河床の貫入度を図14に示した。虫追の瀬は, 造成前(2012年9月24日)が14.4~15.2cmであったのに対し(図4), 造成後(2012年10月14日)は15.4~15.9cmとなった。貫入度の改善はあまり見られなかったが, 20cm以上の大石や砂泥が除去されたこと, 深掘れ箇所を埋めたことにより水が造成面全体に回るようになる等, 産卵場としての機能が改善されたと考えられた。一方, 長田の瀬の貫入度は, 造成前が9.7~13.3cmであったのに対し(図4), 造成後は12.9~14.8cmであり, 若干の改善が見られ, 浮き石状態になったと考えられた。また, 大石や礫の間の砂泥は概ね取り除かれていた(造成後の河床の写真: 図12-⑤, ⑥, 図13-⑤, ⑥)。これらのことから, 産卵場造成の目的が達成されており, 効果があったと判断された。ただし, 虫追の瀬は造成面の一部に礫組成が大きくなった箇所が残るなど課題が残った。このため, 今後, 十分な砂利が供給されない場合は, 2009年に実施した江の川の長良の瀬における造成⁷⁾のように虫追の瀬も産卵場造成に際して砂利の投入が必要になることが懸念された。

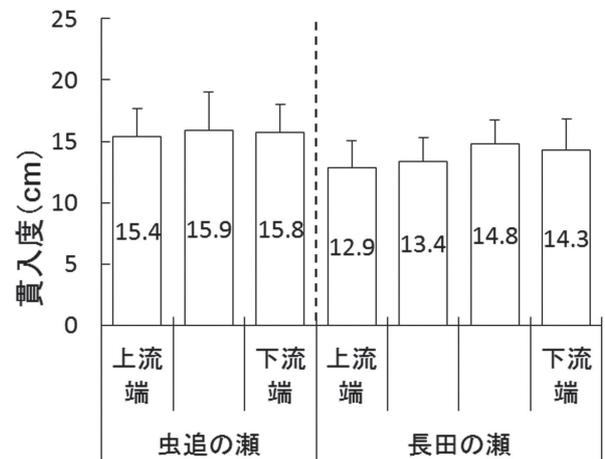


図14. 虫追の瀬および長田の瀬の河床の貫入度(造成後)

3. 産卵場事後調査

1) 産卵場調査

(1) 造成産卵場(虫追の瀬, 長田の瀬) 産卵面積は, 虫追の瀬(図15)が2,720㎡(造成面積3,420㎡), 長田の瀬(図16)が2,140㎡(造成面積2,231㎡)であり, 造成した範囲に産着卵が確認された。

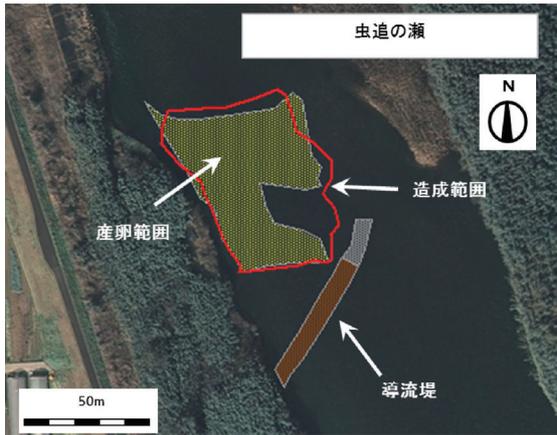


図15. 虫追の瀬の造成範囲と産卵範囲（赤い太線で囲まれた部分が造成範囲，黄色い網がけ部分が産卵範囲を示す）

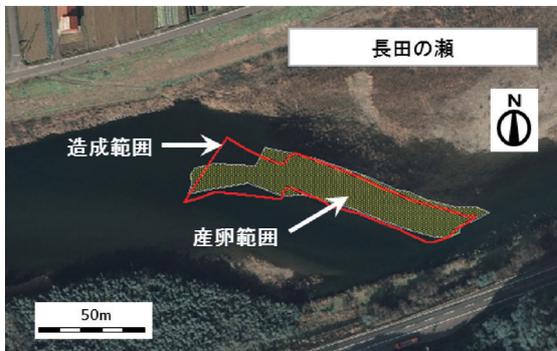


図16. 長田の瀬の造成範囲と産卵範囲（赤い太線で囲まれた部分が造成範囲，黄色い網がけ部分が産卵範囲を示す）

(2) 自然産卵場（猿猴の瀬） 猿猴の瀬（図17）では，チャラ瀬の瀬肩～瀬尻にかけて産着卵が確認され，産卵面積は350㎡であった。



図17. 猿猴の瀬の産卵範囲（黄色い網がけ部分が産卵範囲を示す）

(3) バイパス下の瀬及び高角の瀬 バイパス下の瀬及び高角の瀬では産着卵は確認されなかった。いずれの瀬でも礫の隙間に砂が詰まって河床が固く締まっていた。

(4) 卵の埋没深からみた産卵場造成の効果判定

虫追の瀬，長田の瀬および猿猴の瀬における卵の埋没深を図18に示した。産卵場造成の有効性を判断する目安として，高橋⁸⁾は卵の埋没深が10cm以上（平均値）あることとしている。これを基準に判断すると，虫追の瀬は9.3～10.9cm（平均10.1cm），長田の瀬では8.6～12.4cm（平均11.2cm）とそれぞれ産卵場造成の効果があったと判定された。虫追の瀬における産着卵の埋没深は上流から下流にかけて，ほぼ同じレベルであった。一方，長田の瀬では上流から下流にかけて浅くなる傾向を示した。下流側では造成時に粒径の細かな砂が抜け切れなかったか，若しくは流下してきた細砂が沈降，堆積したと考えられた。

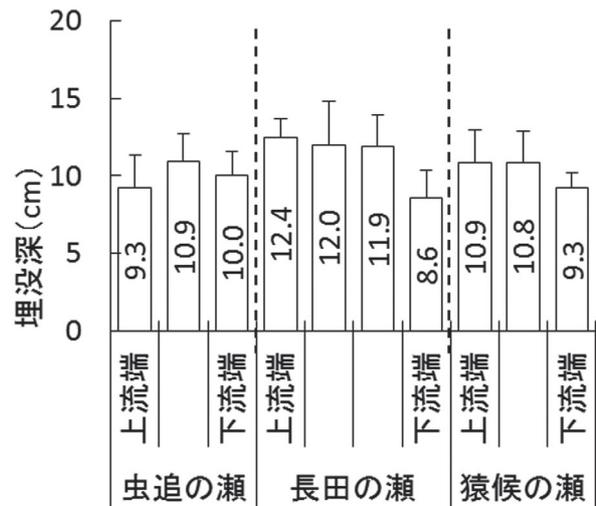


図18. 造成産卵場（虫追の瀬，長田の瀬）と自然産卵場（猿猴の瀬）の産着卵の埋没深

4. 産卵場造成における今後の課題

1) 河床礫組成の大型化 虫追の瀬および長田の瀬の河床は10～15cmの大石が多くなっており，従来行ってきた河床の耕耘（天地返し，砂抜き等）や河原からの礫投入では十分な造成効果が得られなくなっている。今後も上支流からの砂利の供給が少なく河床礫組成の大型化が進めば，砂利投入または昨年行った篩による投入材の選別（大石の除去）を行う必要がある。しかしながら，経費や造成にかかる時間の増大など，漁業協同組合が単独で行うには負担が大きい。今後，河川管理者および水利用者と

協議し、堰堤等の河川構造物上流に堆積した砂利を下流側へ汲み下げるなどの対策⁹⁾が必要と考えられた。

2) 猿猴の瀬

猿猴の瀬の産卵場面積の低下は、瀬肩左岸側が深掘れして流勢が集中し、右岸側に水が十分回らなくなったことによると考えられる。このため機能回復を図るためには、これを解消し、右岸側に水を回す必要がある。しかしながら、上流からの礫供給が不足する現状では、造成による瀬肩の復元は困難である。従って、水制等の河川工学的手法により、濬筋を右岸寄りに誘導することが望ましいと考えられた。

参考文献

- 1) 気象庁：気象統計情報。
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2013年8月31日ダウンロード
- 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) 寺門弘悦，曾田一志，安木 茂，村山達朗：2011年の高津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，5，31-41（2013）。
- 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) 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) 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）。
- 8) 高橋勇夫：産卵場造成の必要性とその実際。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.
- 9) 柳川 晃，鈴木啓祐：漁協と協働するダム環境対策（兵庫県猪名川），築地書館，東京，2010，pp.83-89.