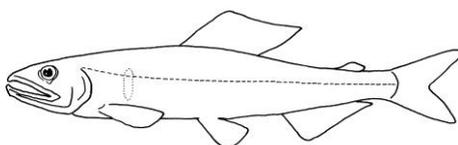


令和 2 年度  
朱太川水系アユ生息状況調査・  
増殖支援業務

報 告 書

2021 年 1 月

たかはし河川生物調査事務所





はじめに

北海道西部を流れる朱太川は、流路延長 43.5km、流域面積 367.1km<sup>2</sup> の中規模河川で、黒松内町、寿都町を経て日本海側の寿都湾へと注ぐ。

朱太川を特徴づけるものは自然豊かな河川環境で、本川には魚の移動を妨げるような堰堤等の工作物はほとんどなく、アユが源流域まで遡上できるという全国的にも希有な河川である。また、そこに生息するアユは北限域の貴重な個体群で、その保護が求められるが、資源量や生態に関する情報はごく少ない。

朱太川の大部分が流れる黒松内町は、「自然と人の共生」、「循環を基調とする地域社会」を目指して、自然を活かした地域づくりを推進している。また、生物多様性の保全とその持続的な利用を行うための生物多様性地域戦略を全国に先駆け平成 24 年 3 月に策定し、現在はその一環として朱太川のアユ資源を保全しながら持続的に利用する方法を模索している。

本調査では、朱太川のアユの生態、資源量等を明らかにするとともに、アユ資源を守りながら持続的に利用する方策を検討することを目的としている。朱太川とそこに棲むアユが多くの住民に大切にされ、持続的に利用されるようになることを願う。

令和 3 年 1 月

たかはし河川生物調査事務所

代表 高橋勇夫



# 目次

はじめに

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第1章 生息場診断</b>                | 1  |
| 1. 調査方法                         | 1  |
| 2. 結果と考察                        | 2  |
| 1) 河川工作物                        | 2  |
| 2) 河床材料                         | 3  |
| 3) 水生昆虫の繁殖                      | 3  |
| 4) 河口および河口周辺海域                  | 4  |
| 5) アユの生息場および漁場としての適性の検討         | 4  |
| <b>第2章 河川生活期のアユの生態</b>          | 6  |
| 1. 調査方法                         | 6  |
| 2. 結果と考察                        | 7  |
| 1) 調査時の水温と有効視界                  | 7  |
| 2) アユの生息密度からみた分布傾向              | 8  |
| 3) サイズと体型                       | 8  |
| 4) アユの行動様式                      | 10 |
| 5) 異常魚の発生状況                     | 10 |
| 6) 生息量の推定                       | 11 |
| <b>第3章 産卵期のアユの生態</b>            | 15 |
| 1. 調査方法                         | 15 |
| 2. 結果と考察                        | 16 |
| 1) 産卵場の位置                       | 16 |
| 2) 産卵場の特徴と規模                    | 22 |
| 3) 産卵域と産卵規模の年変動                 | 24 |
| 4) 卵の埋没深                        | 26 |
| 5) アユの産卵場として見た河床の適性             | 27 |
| 6) アユの産卵場を保全する上での課題             | 28 |
| <b>第4章 アユの産卵場造成</b>             | 30 |
| 1. 造成時期                         | 30 |
| 2. 対象区間                         | 30 |
| 3. 造成方法の検討                      | 30 |
| 4. 造成                           | 31 |
| 5. 造成の効果の検証                     | 34 |
| <b>第5章 アユ資源保全策の検証 Ver. 2020</b> | 36 |
| 1. アユ資源保全に向けての基本方針              | 36 |
| 2. 持続的利用を可能にするための目標値            | 36 |
| 3. 天然アユ資源保全対策                   | 37 |
| 4. 天然アユ資源保全対策の検証                | 37 |
| 1) 評価基準                         | 37 |
| 2) ハード面の対策の評価                   | 37 |
| 3) ソフト面の対策の評価                   | 40 |
| 4) 天然アユ資源を持続的に活用するための対策の評価      | 42 |
| 5) 全体の評価                        | 45 |
| 参考文献                            | 49 |
| 付属資料                            |    |



# 第1章

## 生息場診断

本調査（生息場診断）は、朱太川でアユが生息するうえでの障害を明らかにすることと、その対策を考えるために実施している。なお、本調査は2011年から行っており、過去の報告書と記述が重複する部分が多いことをお断りしておく。

### 1. 調査方法

#### 1) 調査時期

2020年7月28～29日

#### 2) 調査地点

調査は朱太川の河口沿岸海域から源流に近い黒松内町東川地区までの本川および黒松内川、来馬川を対象とした（図1-1）。この区間の中で、図1-1に○印で示した15地点では、潜水観察も合わせて行った。



図 1-1 生息場診断の調査範囲（黄色で表示した区間）

### 3) 調査方法

対象区間を踏査し、河川の形態や河床材料（礫の大きさ、砂泥の多さ等）を観察するとともに、潜水により河床表面の状態（砂泥の量、付着物等）も観察した。また、アユの生息に影響を及ぼしている可能性が高い河川工作物等（床止、護岸など）についても観察し、問題点の把握に努めた。

## 2. 結果と考察

### 1) 河川工作物

#### (1) 横断構造物

**確認された横断構造物** 朱太川本川には横断構造物（床止めや取水堰等）は少なく、踏査した範囲（図 1-1）では、①熱郭川の合流点から直線距離で 700m 程度下流の床止め、②黒松内町の終末処理場（熱郭川の合流点から直線距離で 500m 程度上流）横の床止、③黒松内町黒松内の東橋下流の取水施設（融雪用）、④黒松内町東栄の東栄橋下流の帯工、⑤黒松内町大成の観音橋上流 500m の頭首工（図 1-2 左）、⑥観音橋上流 950m の転倒式頭首工（図 1-2 右）の 6 つがあるに過ぎなかった。①～④いずれも落差は小さく、アユであれば遡上は全く阻害されていないと判断される。⑤および⑥は段差がやや大きいものの（水面から 0.8～1.2m：図 1-2）、両頭首工とも左岸側に階段式の魚道が敷設されており、アユに対する遡上阻害の程度は小さいと判断された（実際、直下にアユは溜まっていなかった）。



図 1-2 観音橋上流 500m(左)と 950m(右)にある頭首工

#### (2) 護岸

**護岸の施工状況** 朱太川本川、支川（黒松内川、熱郭川）の河岸は、一見自然状態に見える部分が多いが、周辺の状況から推定するとそのような部分も土砂の下にコンクリートブロックが埋まっているようであった。そのため、河岸が山付きの岩盤となっている部分を除くと、ほぼ全域にコンクリートブロック（形状は様々）による護岸とその根固めによつ

て流路が固定されている（昭和 50 年代の第 1 期改修工事）。そのため、通常の川と比較すると、流れ幅（水面幅）の変化に乏しく、やや単調な河相となっている。

**護岸による水生生物への影響** 護岸とその根固めによって河道がほぼ固定されており、その結果、水衝部においてもほとんど洗堀が起きず、①水生生物の重要な生息場所である淵が発達しにくく、②河岸の洗堀による土砂の供給も減少していると考えられた（アユなどが産卵するための基質の減少につながる）。また、護岸に近い部分の河床は動きにくいようで、瀬の中で蘚苔類（コケ類）の繁茂が見られた。

①の護岸工事による淵の減少（＝河床の平坦化）が水生生物の生息条件を悪化させることは多くの指摘があり（たとえば、高橋, 1985 ; 水野, 1993）、とくに瀬と淵を昼夜で使い分けるような生態を持つアユ（宮地, 1960）にとっては、その影響は大きいと考えられる。また、②土砂供給の減少はアユの産卵基質の減少や砂州の縮小を引き起こし、産卵環境劣化につながる。

## 2) 河床材料(川底の状態)

**粒径** 朱太川に潜水して観察した限りでは、瀬においても河床材料が小さく、淵やトロにおける河床材料との明瞭な差がなかった。谷田・竹門の簡便階級（竹門, 1995）に従えば、岩（径 0.5m 以上）や巨石（径 0.25-0.5m）が、源流に近い上流部を除くと他の河川と比べて極端に少ないことになる。特に、睦橋から下流では、ここ数年のうちにもこの傾向が少しずつ進行している。

アユが生息するうえで河床材料の大きさは重要で、巨石が少ないと不良漁場になりやすいことが指摘されている（阿部, 2011）。また、アユは大きな石がランドマーク的に存在する場所でナワバリを作る傾向があること等も考慮すると、朱太川における河床材料の小ささは、アユの生息にマイナス要因となっている可能性が高い。

**シルト・粘土分の沈着** 朱太川の下流部（実橋より下流）は河床勾配が緩いうえで、近年の河川改修（平成 5 年からの第 2 期工事）によって低水路が拡幅されており、平均流速の低下に伴い付着藻類や礫表面へのシルト・粘土分の沈着が目立った（図 1-3）。アユは餌となるコケを食べる際に、沈着したシルト・粘土分も混食せざるを得なくなっていた。



図 1-3 河床に沈着したシルト・粘土分  
(湯の浜大橋付近)

## 3) 水生昆虫の繁殖

2020 年 7 月時点で、南作開～中里の間の朱太川本川と黒松内川の瀬において、河床の表面に川虫（ヤマトビケラ類）が繁殖していた（図 1-4）。ヤマトビケラ類は藻類を摂食するため、表面の藻類が無くなった状態の石が多く観察された。このような状態になると、ア

ユはその場所を忌避する（コケを食めない、またはコケが無くなる）傾向があるため、漁場価値が失われることも少なくない（高橋・東, 2016）。

このような異常とも言える繁殖の原因は、①出水がなく流されることがないこと、②巣を作る素材となる砂分が多い（山腹崩壊等で砂が多くなった河川で異常繁殖が見られることが多い）ことに起因していると考えられている（高橋, 2017）。2020年の朱太川の場合、目立った融雪出水がなかったうえに、5月以降、雨が少なく、ヤマトビケラ類を流してしまうような規模の出水がなかったことが原因と推察された。



図 1-4 川底に繁殖したヤマトビケラ類(黒松内川)

#### 4) 河口および河口周辺海域

朱太川の河口周辺海域は内湾（寿都湾）となっており、朱太川でふ化したアユがこの内湾から外に逸散しにくいという地形的な特性を有する。このことは回帰率を高める方向に働くため、天然アユ資源を保全する上できわめて有利な条件と言える。

また、河口から2～3km上流まで汽水域となっていることは、アユが海と川を行き来する行程での緩衝帯および生息域として利用できる点で有利である。ただし、河口の汽水域は河川流量が多い時期にはほとんど形成されていないようで（潜水による確認）、やや不安定な状態にあるのかもしれない。

アユが生息する上でのもっとも気がかりな点は冬場の海水温で、アユ仔稚魚の生息可能な下限値とされる4℃（鈴木, 1985）を下回らないことが要件となる。気象庁が発表している日本近海旬平均海面水温データ（[http://www.data.kishou.go.jp/db/kaikyo/jun/sst\\_jp.html](http://www.data.kishou.go.jp/db/kaikyo/jun/sst_jp.html)）を見ると寿都湾の海面水温は冬季でも5℃を下回ることはないが、厳冬期には5℃近くまで低下しており、アユが生息するにはぎりぎりの条件と言える。冬場の低水温による減耗や成長不良（場合によっては斃死）が起きているのかもしれない。

#### 5) アユ生息場および漁場としての適性の検討

朱太川の漁場環境を概観すると、ほぼ全域にわたる護岸工事と河道の直線化\*（昭和50年代の第1期工事）によって、河床の平坦化（瀬と淵の不明瞭化）、あるいは河床材料の均一化が進んでいる。河床の平坦化がアユをはじめとする多くの淡水魚に悪影響を及ぼすことは、すでに多くの指摘があり（例えば、水野, 1980）、朱太川においてもアユが生息するうえでの障害になっていると判断される。

しかし、現状でも天然アユの資源水準は比較的高く、河川環境の悪化が深刻な状態には、

\* 東西蝦夷山川地理取調図によると、朱太川は著しく蛇行した河川であった。

まだない。むしろ、源流に至るまで堰や床止めといった横断構造物が少なく、アユのような回遊魚が源流付近まで遡上可能 ー 実際、種苗放流を行っていない年でも源流部でアユが確認されるー という朱太川環境は、日本の他の河川ではすでに失われたものであり、その意味では非常に貴重なものと言える。

一方で、天然アユ資源を保全するうえで気になりな点は海域での生息環境で、とくに冬場の最低水温がアユの生息下限付近まで低下することは、天然アユ資源を安定的に増やそうとする際の障壁となるかもしれない。また、近年、産卵環境が悪化しつつある点（第3章参照）も現時点での問題点となっている。

今後の課題は、主産卵域である実橋～白炭の間で予定されている改修工事(2期工事)で、改修の仕方によってはアユの再生産にとって致命的な影響を与えかねない。十分な検討のうえに、アユの生息条件を良くするような改修工事となることを期待したい。

# 第2章

## 河川生活期のアユの生態

### 1. 調査方法

#### 1) 調査時期

2020年7月28～29日に実施した。

#### 2) 調査方法

朱太川の河口に近い湯の浜大橋から源流に近い黒松内町東川地区までの本川および黒松内川、来馬川を対象とし（図2-1）、○印で示した15地点で潜水観察を行った。各地点とも潜水によりアユの個体数を計数し、観察個体数を観察面積（観察幅×観察距離）で除して生息密度を求めた。さらにアユの全長組成（目視により5cmピッチに区分）と行動様式（ナワバリ、単独、群れに分類）を観察した。



図 2-1 潜水観察地点(図中の○印)

## 2. 結果と考察

### 1) 調査時の水温と有効視界

水温は 14.6～21.0℃（平均 18.2℃）であった（表 2-1）。前年同時期の水温は 12.6～17.6℃（平均 14.8℃）であり、それと比較すると 4℃程度高かったが、2018 年は平均水温が 18.6℃で、ほぼ同程度であった。

有効視界（潜水目視で魚種が判別可能な水平距離）は 2.1～4.5m で、平均値は 3.7m と良好な視界が得られた。有効視界が悪い場合、アユの発見率（確認個体数／実生息数）は落ちるため、発見率を考慮した補正が必要となる（高橋・岸野, 2017）。そのため、有効視界が 3m 以下であった来馬川については、高橋・岸野（2017）の提案した発見率（下記）による補正を行った（付表 2-1）。

有効視界が 2.0m 以下：発見率 0.5

2.1-2.9m：発見率 0.7

3.0m 以上：発見率 1.0

表 2-1 調査時の水温と有効視界

| 河川   | 地点        | 7/28-29     |              |
|------|-----------|-------------|--------------|
|      |           | 水温<br>(°C)  | 有効視界*<br>(m) |
| 朱太川  | 1. 湯の浜大橋  | 18.3        | 3.2          |
|      | 2. 実橋上流   | 18.6        | 3.3          |
|      | 3. 南作開    | 17.9        | 3.2          |
|      | 4. 睦橋     | 17.1        | 3.2          |
|      | 5. 黒松内    | 18.9        | 3.5          |
|      | 6. 賀老橋    | 19.2        | 3.5          |
|      | 7. 中里     | 18.5        | 3.8          |
|      | 8. 豊幌     | 21.0        | 4.0          |
|      | 9. 東栄橋下流  | 20.5        | 3.3          |
|      | 10. 観音橋   | 15.8        | 4.0          |
|      | 11. 小川橋   | 14.6        | 4.5          |
|      | <b>平均</b> | <b>18.2</b> | <b>3.6</b>   |
| 黒松内川 | K1. 黒松内橋  | 18.5        | 4.5          |
|      | K2. 旭野橋   | 19.1        | 4.5          |
|      | K3. 栄橋    | 19.3        | 4.5          |
|      | <b>平均</b> | <b>19.0</b> | <b>4.5</b>   |
| 来馬川  | R1. 来馬川   | 15.9        | 2.1          |
|      | <b>平均</b> | <b>18.2</b> | <b>3.7</b>   |

\*有効視界: 潜水して魚種が判別できる距離

## 2) アユの生息密度からみた分布傾向

アユの生息密度の計算結果を付表 2-1 に示した。また、生息密度から見た分布状態を図 2-2 に示した。

アユの生息は全地点で確認できた。生息密度（補正值；以下同様）は、朱太川本川では 0.36～5.11 尾/m<sup>2</sup> で、黒松内川では 0.87～4.47 尾/m<sup>2</sup>、来馬川で 1.37～1.60 尾/m<sup>2</sup> であった（付表 2-1）。単純平均すると瀬の生息密度は 2.16 尾/m<sup>2</sup>、淵は 2.56 尾/m<sup>2</sup> であった。

アユは一般的に淵よりも瀬における密度が高く、朱太川でのこれまでの調査でも概ね同様な傾向にあった。今回の調査では 15 地点中 10 地点で淵・トロでの密度が高く、平均値も淵が瀬を上回った。原因は生息数が多く、良好な餌場である瀬の密度が過密になり、あぶれた形で淵に生息する個体数が多くなったためと推察された。

生息密度を過去の調査と比較すると、豊漁であった 2012 年 8 月の 0.03～1.48 尾/m<sup>2</sup>（単純平均は瀬で 0.67 尾/m<sup>2</sup>、淵で 0.63 尾/m<sup>2</sup>）や生息数が最も多かった 2019 年 7 月の 0.04～2.86 尾/m<sup>2</sup>（単純平均は瀬で 0.61 尾/m<sup>2</sup>、淵で 0.87 尾/m<sup>2</sup>）を大きく上回った。

分布傾向を概観すると、朱太川本川では、中流部の黒松内地点をピークにしてその上下で徐々に密度が低下する傾向にあった。また、黒松内川では下流から上流に向けて徐々に密度が低くなる傾向が認められた。

今回の調査では本川は小川橋で、また、最上流の支川である来馬川でもアユを確認できた。これらの地点では、過去にも遡上量の多い年のみアユが確認されてきた。また、遡上量が極端に少なかった 2018 年の遡上上限が中流の中里地点であったことなども考え合わせれば、遡上量の増大（密度の上昇）とともに遡上範囲が広がる傾向がある。

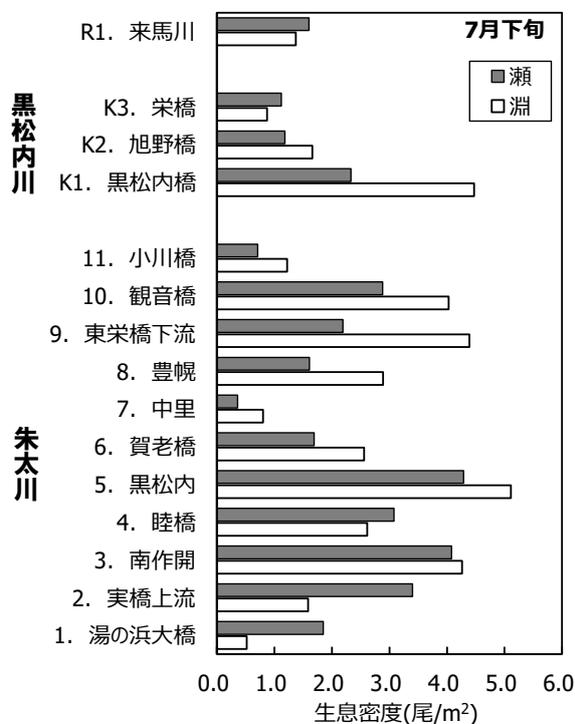


図 2-2 2020 年 7 月下旬におけるアユの生息密度

## 3) サイズと体型

2020 年 7 月に観察した瀬におけるアユの全長組成（個体数比率）を図 2-3 に示した。

中心サイズは多くの地点で全長 10～15cm にあったものの、南作開から下流では一回り小さい 5～10cm が中心サイズとなっていた。漁獲サイズと言える 15～20cm は、0～40%と少なく、20cm を超える大型個体は賀老橋から上流でごくわずかに観察されたに過ぎなかった。

前年同時期は、中心サイズが 15～20cm で、20cm を超える個体も 0～70%の割合で観察されたことと比較すると、2020 年の成長は著しく悪い。

アユは生息数が多い（密度が高い）と平均サイズが小さくなる傾向があることが知られ

ており（宮地, 1960）、2020年は先のように生息密度が著しく高かったことで、十分な摂餌量が確保されなかったと推察される。なお、朱太川では上流部において体高が異常に高い「幅広アユ」を観察してきたが、2020年はそのような特異なプロポーシヨンのアユは観察できなかった。体型からも成長の悪さが窺える。

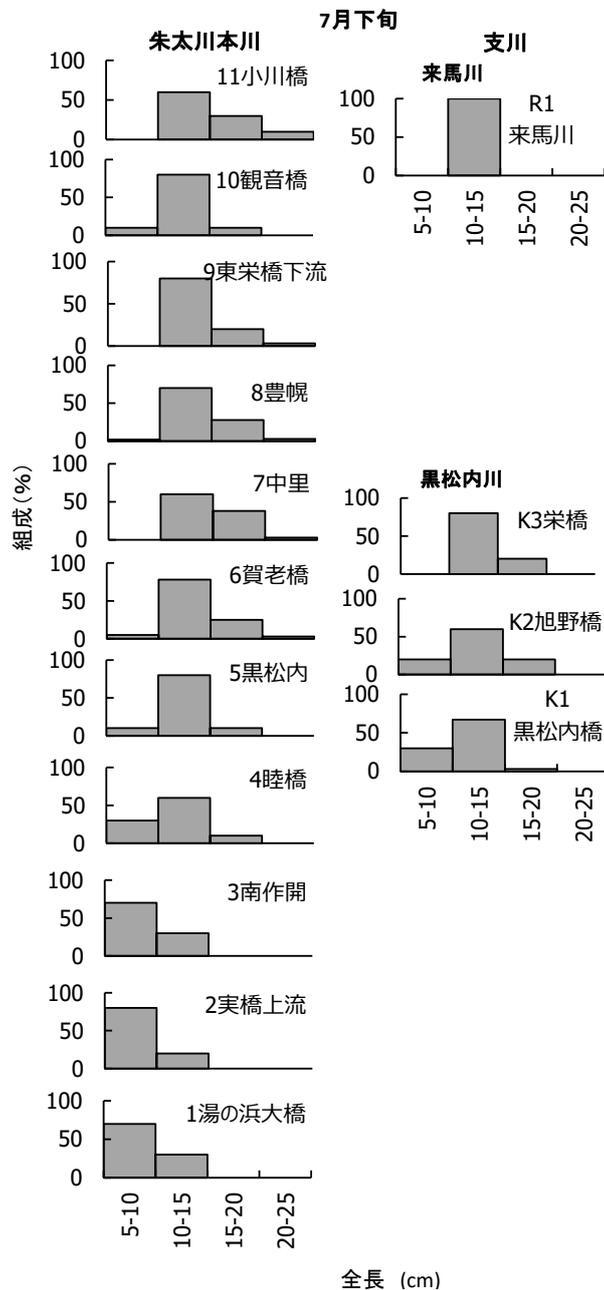


図 2-3 潜水目視によるアユの全長組成(瀬)

#### 4) アユの行動様式

観察したアユの行動様式をナワバリ、単独（群れてはいないが、ナワバリも持っていない個体）、群れの3つに分類し、その個体数比率を付表 2-1 および図 2-4 に示した。

ナワバリ個体は睦橋から上流で観察され、その割合は瀬で2～30%、淵・トロで3～20%であった。ナワバリアユが観察されなかった南作開から下流は、中心サイズが5～10cmと小さく、ナワバリを持つような体型に成長していなかったと考えられた。

調査が7月下旬に行われたことを考慮すると、例年よりも群れアユの割合はかなり高かった。過密状態であったことで、群れ行動を取るアユが多かったものと推察される。

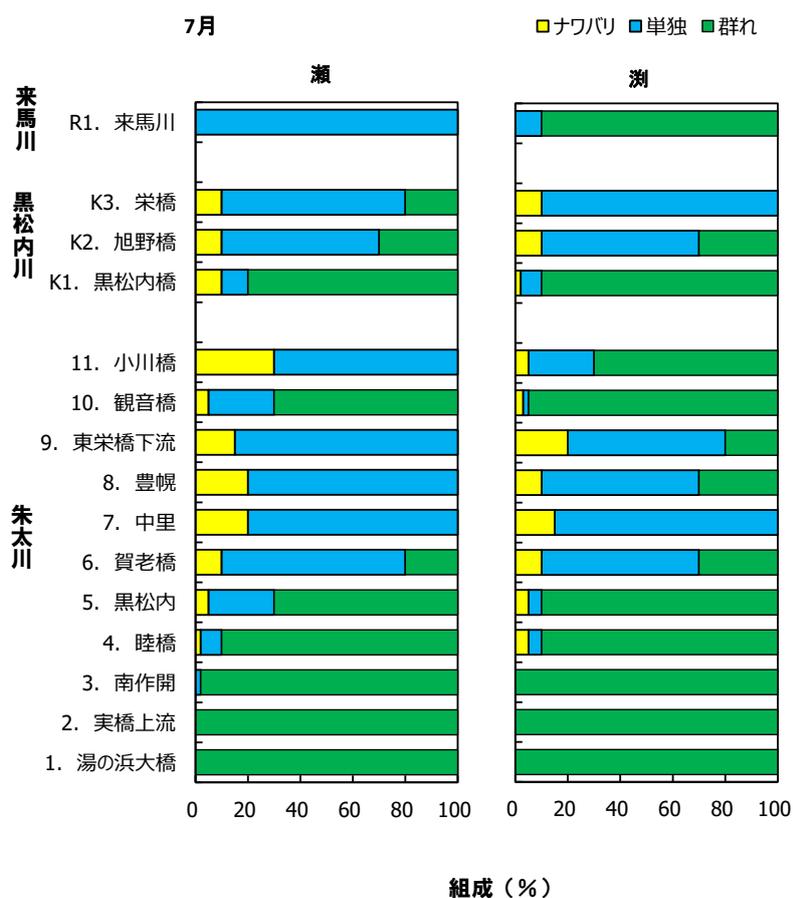


図 2-4 2020 年 7 月におけるアユの行動様式

#### 5) 異常魚(冷水病など)の発生状況

7月下旬時点の調査時にほぼ全地点でアユの死体を確認し、多い地点では10個体を超えていた。死体の外観上は穴あき(図 2-5)や吻部のただれが見られた。また、潜水観察中にも同様の症状のアユが多数観察された。外的症状から判断して、冷水病である可能性が高いように思われた。



図 2-5 朱太川実橋上流地点で見られたアユの死体(穴あき症状)

## 6) 生息量の推定

ここでは、上記の生息密度と朱太川の水面面積から、朱太川におけるアユの生息数を推定する。

### (1) 朱太川におけるアユ生息域の水面面積

アユの生息域の水面面積は 2019 年までは概算値（水面幅×延長）を用いていたが、生息数の推定精度向上のため、面積計算ソフト（計算サイト <https://www.calc-site.com/>）を用いて朱太川本川と主要支川の黒松内川の水面面積を再計測した。

再計測にあたって、本川の生息範囲上端位置を従前の小川合流点から小川橋（約 500m 上流）に変更した（遡上量が多い年は小川橋付近までアユが生息するため）。また、黒松内川については遡上量が多い年でも栄橋付近が遡上上限になっていると考えられたため、従来の区画上限であった万の助沢下流砂防堰堤から、栄橋上流のミルクカントリーロードに掛かる橋（従来の上限よりも約 1.7km 下流）に変更した。

表 2-2 に再計算したアユの生息域の水面面積を示した。支川の黒松内川を合わせた合計面積は約 54.9 万  $m^2$  であった。2019 年まで用いていた本川と黒松内川の概算面積は 49.8 万  $m^2$  であったため、5.1 万  $m^2$ 、約 10% の増加となった。

なお、従来の概算結果よりも最も区間面積が変化したのは本川最下流区間の湯の浜橋～丸山橋までの間で、この区間だけで 3.1 万  $m^2$ （6.5 万  $m^2$ →9.6 万  $m^2$ ）の増加となった。この区間は河川改修によって川幅が広がったことが大きいと考えられる。表 2-2 に示した区間以外（熱郭川や来馬川）にもアユは生息することもあるので、生息域の面積は実際にはもう少し広くなると考えられる。

表 2-2 朱太川におけるアユ生息域の水面面積(2020年再測定)

| 河川   | 区間                | 流程<br>(m) | アユ生息域の面積(m <sup>2</sup> ) |         |         |
|------|-------------------|-----------|---------------------------|---------|---------|
|      |                   |           | 瀬                         | 淵       | 合計      |
| 本川   | 湯の浜大橋～丸山橋         | 3,680     | 16,200                    | 80,000  | 96,200  |
|      | 丸山橋～黒松内川合流        | 7,830     | 57,000                    | 93,500  | 150,500 |
|      | 黒松内川合流～幌内川合流      | 10,110    | 52,300                    | 88,800  | 141,100 |
|      | 幌内川合流～来馬川合流       | 6,460     | 33,400                    | 42,300  | 75,700  |
|      | 来馬川合流～小川橋         | 4,830     | 26,800                    | 15,300  | 42,100  |
|      | 小計                | 32,910    | 185,700                   | 319,900 | 505,600 |
| 黒松内川 | 本川合流点～西の沢橋        | 2,130     | 13,400                    | 8,200   | 21,600  |
|      | 西の沢橋～ミルクカントリーロード橋 | 2,700     | 13,200                    | 9,000   | 22,200  |
|      | 小計                | 4,830     | 26,600                    | 17,200  | 43,800  |

## (2) 期待生息量の再計算

「期待生息量」は「アユが十分な成長量を維持できる最大生息量」であり、朱太川の河川規模や河川形態に応じた「適正生息量」と言い換えることもできる。期待生息量は河床型別の漁場面積に期待生息密度を乗じて算出し、これまで朱太川本川、熱郭川、黒松内川を合わせて、約 36 万尾と推定されていた。

ところが、2019 年には期待生息量 36 万尾を大きく上回る 60.9 万尾が生息していたにもかかわらず、目立った成長不良は認められなかった。そのため、これまで用いてきた期待生息量は過小評価されている可能性が高いことが分かり、再検討が必要となっていた。さらに、2020 年に漁場面積の再計測を行ったことから、再計算する必要が生じたため、期待生息密度を含めて抜本的な見直しを行った。

その結果、表 2-3 のとおり朱太川本川と黒松内川を合わせた生息期待量は約 54 万尾と算定された。熱郭川と来馬川にもアユは生息するため、両河川の生息数は黒松内川と同程度の 6 万尾とすれば、期待生息量は 60 万尾（2019 年の生息量とほぼ同じ）となる。この生息数の場合、河川全体の平均密度は 0.98 尾/m<sup>2</sup> となる。これ以上生息できないわけではないが、過密による成長悪化が顕在化する可能性が高く、出水による餌資源の一時的な枯渇等のマイナス要因を考慮すれば、概ね妥当な数値と考えられる。

表 2-3 朱太川におけるアユの期待生息量の試算

| 河川   | 区間                | アユ生息域の面積(m <sup>2</sup> ) |         |         | 期待生息密度(尾/m <sup>2</sup> ) |     | 生息期待量<br>(尾) |
|------|-------------------|---------------------------|---------|---------|---------------------------|-----|--------------|
|      |                   | 瀬                         | 淵       | 合計      | 瀬                         | 淵   |              |
| 本川   | 湯の浜大橋～丸山橋         | 16,200                    | 80,000  | 96,200  | 1.0                       | 0.4 | 48,200       |
|      | 丸山橋～黒松内川合流        | 57,000                    | 93,500  | 150,500 | 1.2                       | 0.6 | 124,500      |
|      | 黒松内川合流～幌内川合流      | 52,300                    | 88,800  | 141,100 | 1.2                       | 1.0 | 151,560      |
|      | 幌内川合流～来馬川合流       | 33,400                    | 42,300  | 75,700  | 1.2                       | 1.2 | 90,840       |
|      | 来馬川合流～小川橋         | 26,800                    | 15,300  | 42,100  | 1.5                       | 1.5 | 63,150       |
|      | 小計                | 185,700                   | 319,900 | 505,600 |                           |     | 478,250      |
| 黒松内川 | 本川合流点～西の沢橋        | 13,400                    | 8,200   | 21,600  | 1.2                       | 1.2 | 25,920       |
|      | 西の沢橋～ミルクカントリーロード橋 | 13,200                    | 9,000   | 22,200  | 1.5                       | 1.5 | 33,300       |
|      | 小計                | 26,600                    | 17,200  | 43,800  |                           |     | 59,220       |
| 合計   |                   | 212,300                   | 337,100 | 549,400 |                           |     | 537,470      |

### (3) 2020年のアユ生息量の推定

アユの生息域の面積(表 2-2)に2020年7月の生息密度を乗じて生息量を算定し、表 2-4に示した。

7月下旬時点でのアユの生息量は、朱太川本川が132万尾、黒松内川が8万尾、合計140万尾であった。生息量と生息面積から河川全体での平均密度を算定すると、2.5尾/m<sup>2</sup>となり、2011年以降で最も生息数が多かった2019年の1.1尾/m<sup>2</sup>の2倍以上であった。なお、熱那川と来馬川を合わせた生息数を黒松内川と同程度の約8万尾と見積もると、河川全体の生息数(7月下旬時点)は148万尾となる。先の期待生息量60万尾を2倍以上上回り、過密であったと言え、成長が極端に悪かったことと整合している。

表 2-4 朱太川におけるアユの推定生息数(2020年7月下旬)

| 河川   | 区間                | アユ生息域の面積(m <sup>2</sup> ) |         |         | 生息密度(尾/m <sup>2</sup> ) |      | 推定生息数(尾)  |
|------|-------------------|---------------------------|---------|---------|-------------------------|------|-----------|
|      |                   | 瀬                         | 淵       | 合計      | 瀬                       | 淵    |           |
| 本川   | 湯の浜大橋～丸山橋         | 16,200                    | 80,000  | 96,200  | 3.11                    | 2.12 | 220,134   |
|      | 丸山橋～黒松内川合流        | 57,000                    | 93,500  | 150,500 | 3.82                    | 3.99 | 591,060   |
|      | 黒松内川合流～幌内川合流      | 52,300                    | 88,800  | 141,100 | 1.03                    | 1.68 | 202,792   |
|      | 幌内川合流～来馬川合流       | 33,400                    | 42,300  | 75,700  | 1.90                    | 3.64 | 217,432   |
|      | 来馬川合流～小川橋         | 26,800                    | 15,300  | 42,100  | 1.80                    | 2.63 | 88,269    |
|      | 小計                | 185,700                   | 319,900 | 505,600 |                         |      | 1,319,687 |
| 黒松内川 | 本川合流点～西の沢橋        | 13,400                    | 8,200   | 21,600  | 1.76                    | 3.07 | 48,650    |
|      | 西の沢橋～ミルクカントリーロード橋 | 13,200                    | 9,000   | 22,200  | 1.60                    | 0.87 | 28,950    |
|      | 小計                | 26,600                    | 17,200  | 43,800  |                         |      | 77,600    |
| 合計   |                   | 212,300                   | 337,100 | 549,400 |                         |      | 1,397,287 |

### (4) アユ生息数の経年変化

調査を開始した2011年からの生息数の推定値を図 2-6に示した。なお、2012年以降は熱那川での調査は行っていない。そのため河川規模が大差ない黒松内川と同量の生息数と仮定して、加算した。なお、年によっては来馬川やその他の小支川にも多少の遡上はあるため、実際の生息数はもう少し多くなる可能性がある。また、朱太川では7月1日にアユ漁が解禁となるため、調査日がそれ以降の場合は一定の漁獲が行われた後であるが、例年アユ漁(友釣りのみ)が活発に行われるようになるのは水温が上昇した7月下旬～8月上旬以降であるため、7月下旬時点の調査であれば、漁獲による目減り分は考慮する必要は無いと判断される。ただし、2020年は解禁日から好釣果が続いたため(聞き取り)、例年よりも漁獲による減耗数は多かったと推察される。

朱太川では、河川の生産性を十分に活用できる適正な生息量(生息期待数)を60万尾(解禁時)と推定した(表 2-3)。調査を開始した2011年以降では、2019年に初めて生息期待数を上回り、2020年は倍レベルで上回ったことになる。

稚アユの放流を停止した2013年以降は生息期待数の13～370%の生息数となっており、

年変動は大きいものの、種苗放流がなくとも資源量は維持できていると言える。

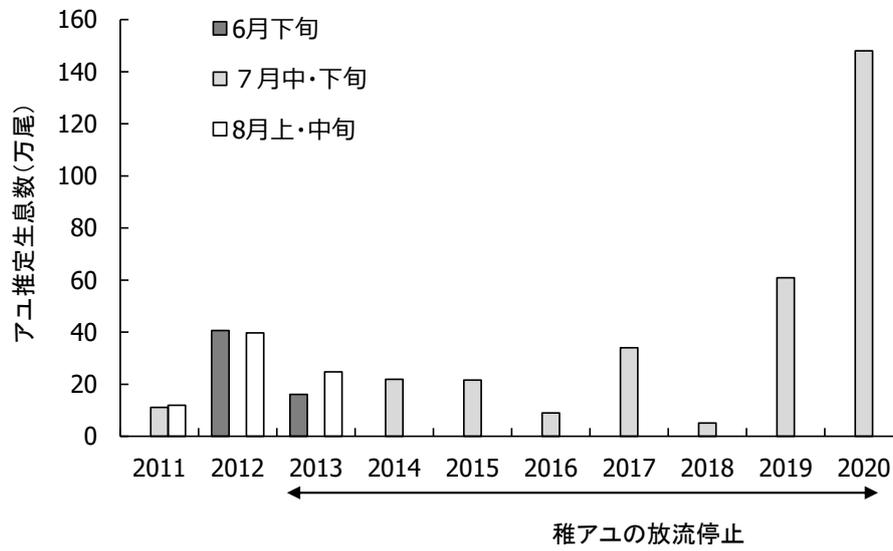


図 2-6 朱太川における天然アユの生息数の年変動

# 第3章

## 産卵期のアユの生態

### 1. 調査方法

#### 1) 調査時期

朱太川でのアユの産卵は8月下旬～9月下旬に行われ、9月中旬頃にピークを迎える（岡田・桜井, 1939）。そのため、産卵場での産卵量が最大となるのは9月下旬頃（アユの卵は産み付けられてふ化するまでに10～30日ほどかかる）と予想される。このようなことを考慮して調査は毎年9月下旬に実施しており、2020年は9月24～25日に予定していた。

しかし、調査直前の9月23日に降雨があり、同日17:00には実橋の水位は平水位よりも1m程度上昇した。調査予定日の9月24日も水位は高く、調査が可能となったのは25日であった。ただし、25日も依然水位が高い状態にあり（1.54～1.57m）、平水位である1.42mよりも10～15cm高い状態で調査せざるを得なかった。

#### 2) 調査区域

朱太川におけるアユの産卵場は、河口に近い湯の浜大橋（河口から約2km）から睦橋上流の瀬の間に点在していることが2011年～2015年の調査で分かっている。今回の調査では、湯の浜大橋～睦橋までを調査対象区間とし、この間にあるすべての瀬を調査対象としたが、上述のように水位が高い状態での調査であったため、水深が深く流速が速い瀬は位置情報を取得するだけに止めざるを得なかった。なお、過去に継続的に産卵が確認されている瀬については、すべて調査を行った。

#### 3) 調査方法

**卵の確認と産卵面積の把握** 瀬において、潜水によりアユ卵を目視確認した。卵が確認された地点では、産着卵の分布範囲を記録した。

**卵の埋没深の測定** アユ卵は河床の礫中に産み付けられ、産卵に適した浮き石底では埋没深が深くなる（高橋, 2010）。そこで産卵環境の良否の目安として卵の埋没深をランダムに測定した。埋没深は卵が付着している最も深い部分と周辺の河床面との差と定義し、図3-1のように河床面に渡した棒からの深さを測定した。



図3-1 卵の埋没深の測定方法

## 2. 結果と考察

### 1) 産卵場の位置

調査対象区間に2020年に確認された瀬の位置とアユの産卵場の位置を図3-2(次ページ)に示した。対象区間には29箇所の瀬が存在し、そのうち4箇所でアユの産卵が確認された。なお、前述の通り、調査当日の水位が高かったため、調査不能による見落としの可能性があり、実際にはもう少し産卵箇所数は多かったことが考えられる。

ただし、アユの産卵期に入って以降に(8月下旬～)出水が頻発し、特に河床への産着卵量がピークを迎える9月中旬以降に平水位を1m以上上回る出水が5回続いた(図3-3)。9月25日時点での河床の観察では、強固にアーマー化した瀬以外は、明らかに表面近くの礫が移動しており、それに伴い産み付けられたアユ卵も大部分が流失したと判断された。実際、観察できたアユはすべて未発眼卵(産卵から1週間以内)で、産卵→出水→流失が繰り返されたことを裏付けていた。そのため、調査時点での産卵規模はかなり小さかったことは疑いようがなく、かつ、産卵終期であったため、調査後に産卵面積が大幅に増えることもないと考えられた。

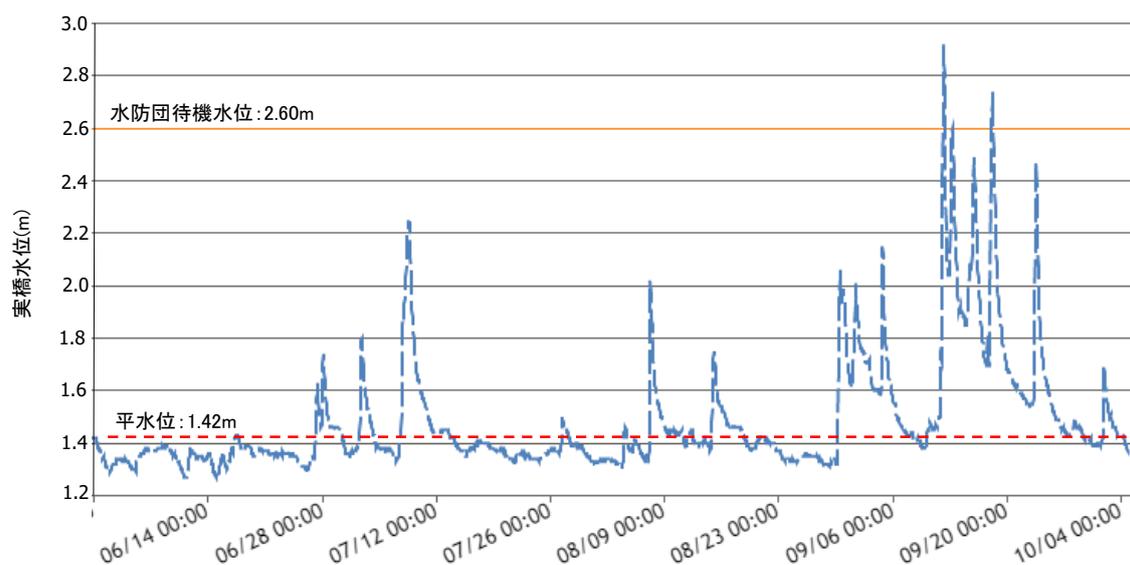


図3-3 2020年6月～9月の間の朱太川下流部(実橋)での河川水位の変化  
(過去と今の河川水位: <http://kayakts.html.xdomain.jp/wl/>: を改変)

過去の調査を振り返ると、2011～2014年には6～9箇所の産卵場が確認されていたが(図3-4～3-6)、2015～2018年には産卵場の数は2～4カ所に減少した(図3-7～3-10)。2019年は10カ所と過去最多の箇所数となり、かつ産卵範囲も調査区域のほぼ全域に拡大した(図3-11)。2019年の産卵規模の拡大は同年の生息数の多さ(過去最多)と整合しており、親魚が増えたことで産卵域の拡大と産卵箇所数の増加が起きたと考えられる。

瀬の数は2011年以降増減を繰り返しており、対象域全体を通しては一定の傾向は見られない。しかし、下流部では瀬が消失傾向にあり、特に実橋から下流では、2011年当時瀬が4カ所（そのうちの2カ所でアユの産卵を確認）あったが、2014年以降は2カ所に減少し、2016年以降はアユの産卵も確認されなくなっていた。その後2019年は、実橋下流での瀬の数の回復は見られなかったものの、産卵が4年ぶりに確認され、産卵環境がわずかながらも回復しつつあることを窺わせた。2020年には実橋下流での瀬の数は3カ所に増え、そのうちの1カ所で小規模な産卵が確認された。

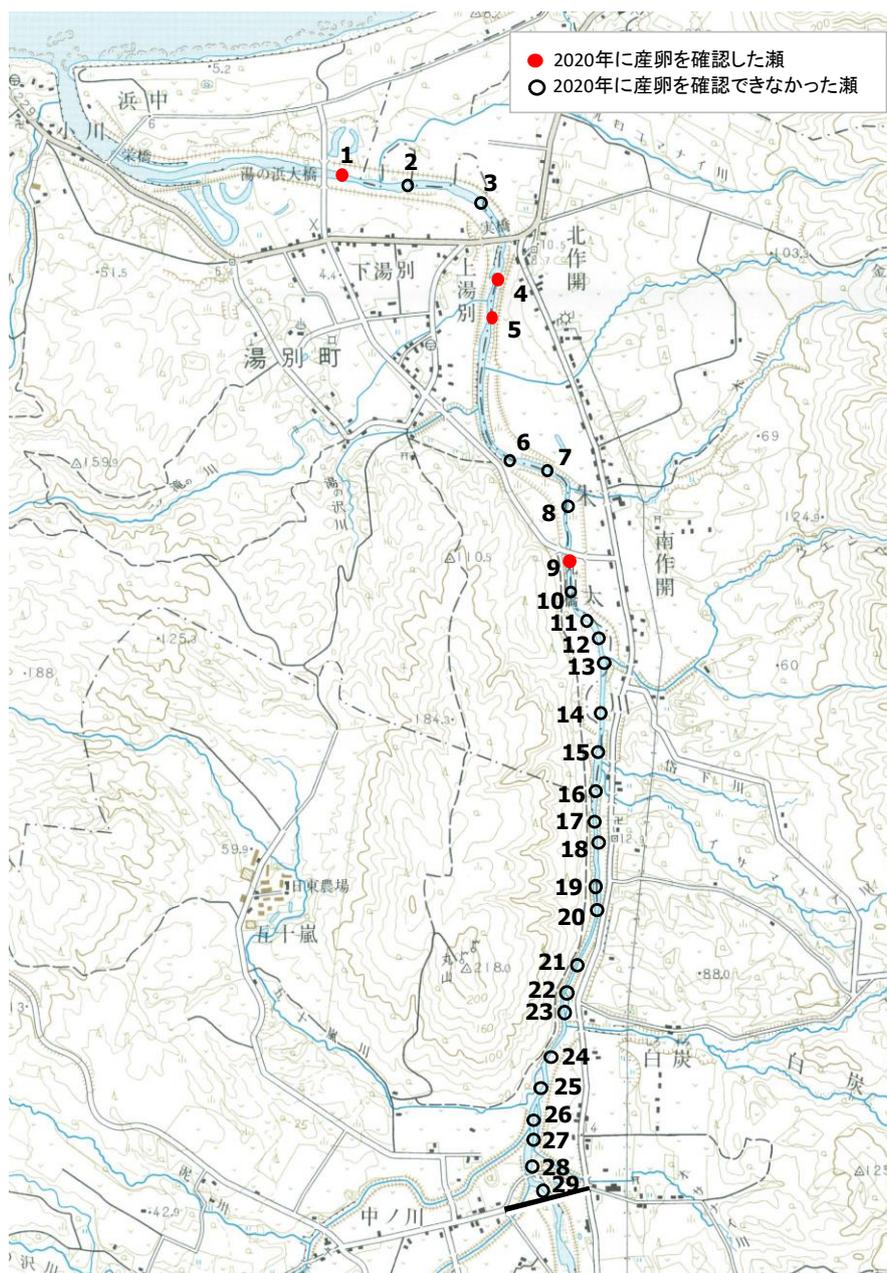


図 3-2 2020 年における瀬と産卵場の位置

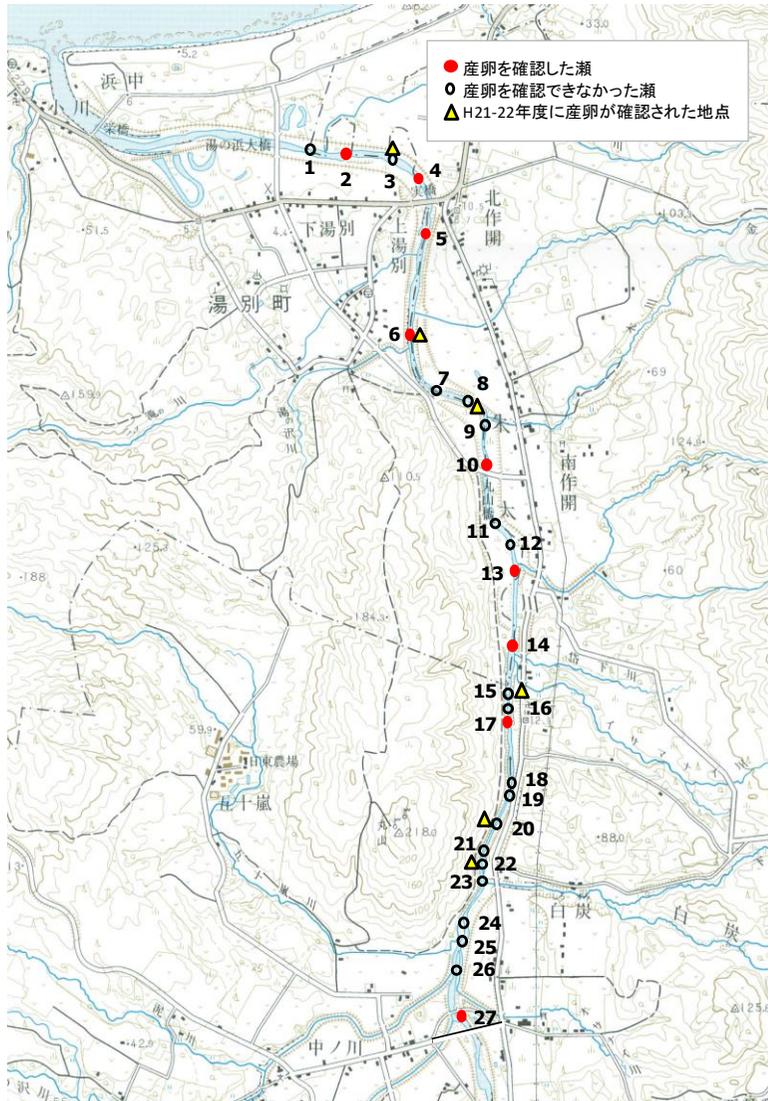


図 3-4 2011 年における瀬と産卵場の位置

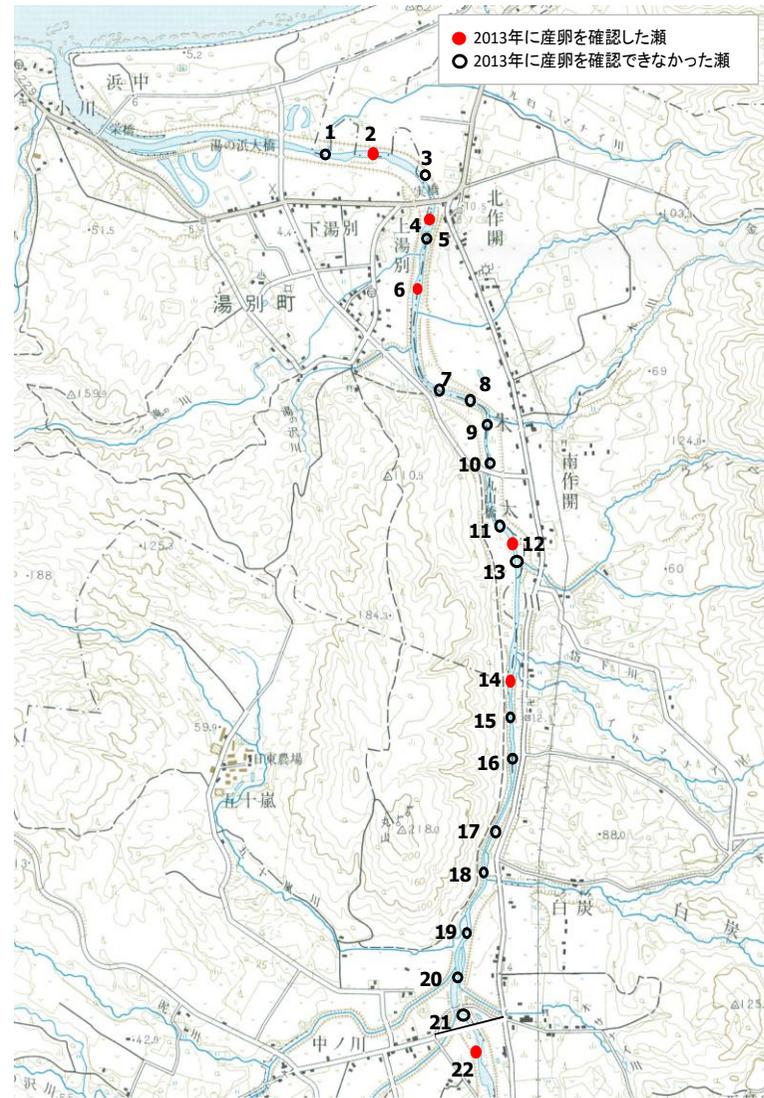


図 3-5 2013 年における瀬と産卵場の位置

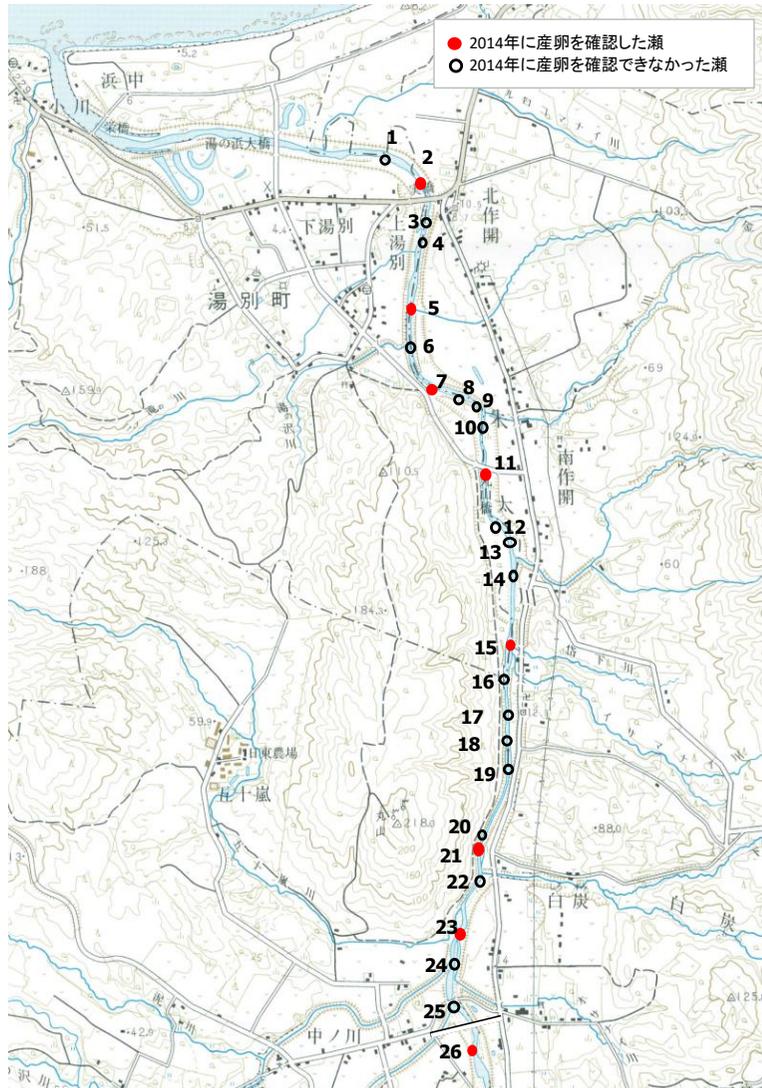


図 3-6 2014 年における瀬と産卵場の位置

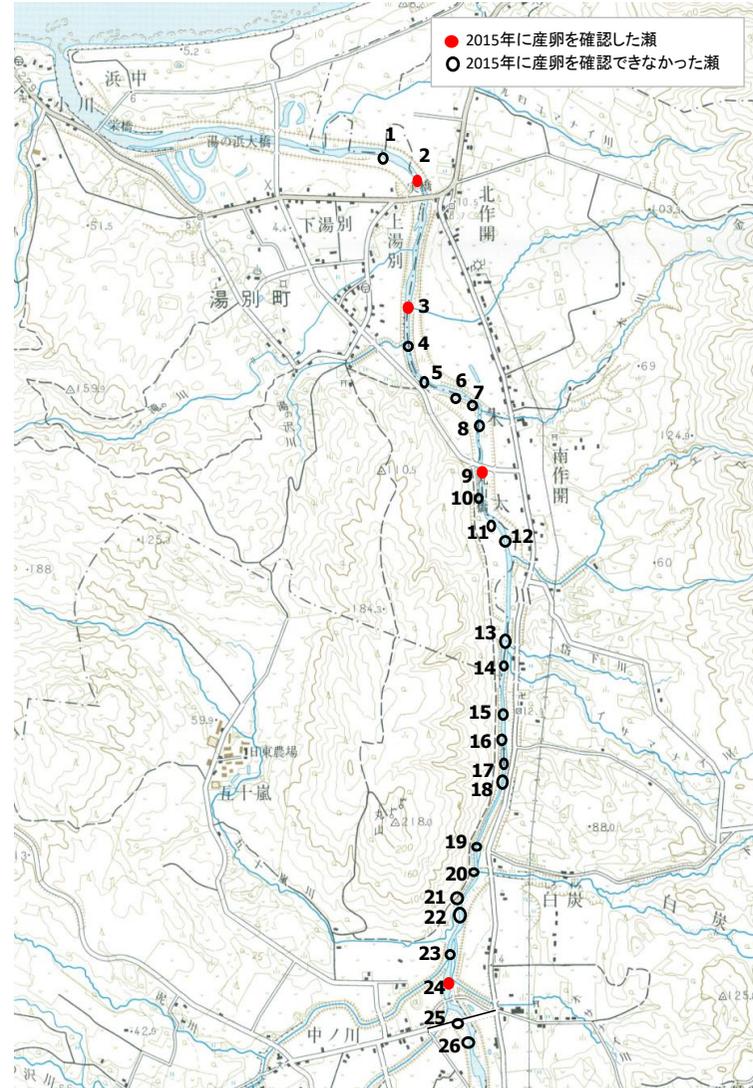


図 3-7 2015 年における瀬と産卵場の位置

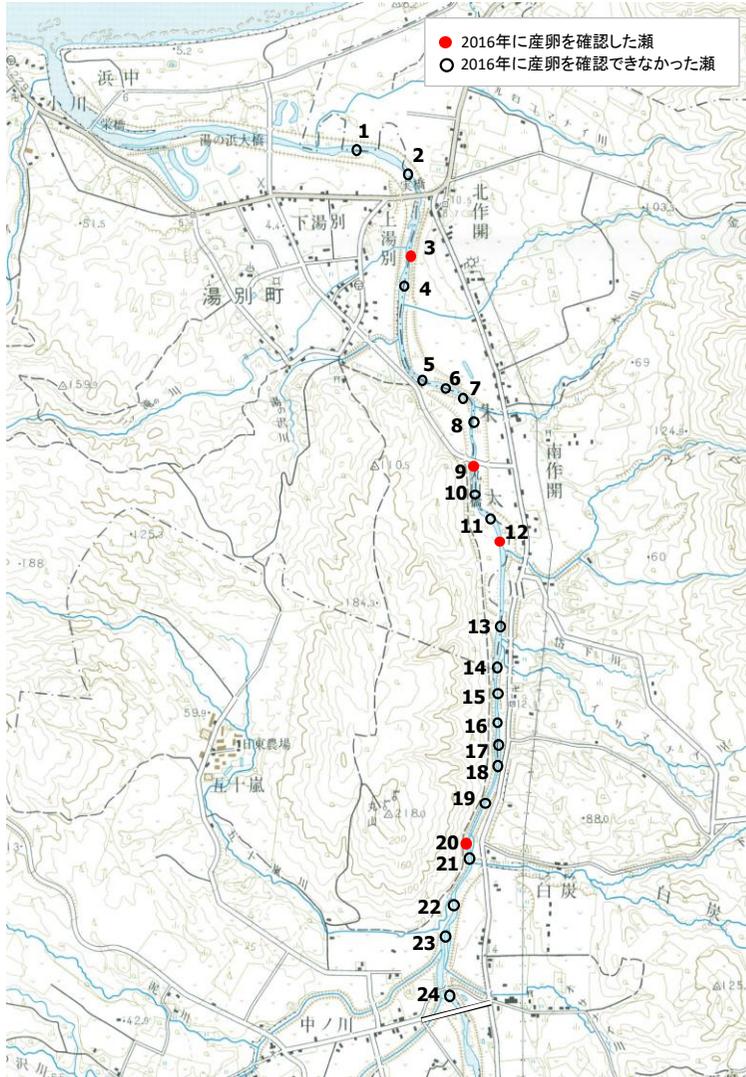


図 3-8 2016 年における瀬と産卵場の位置

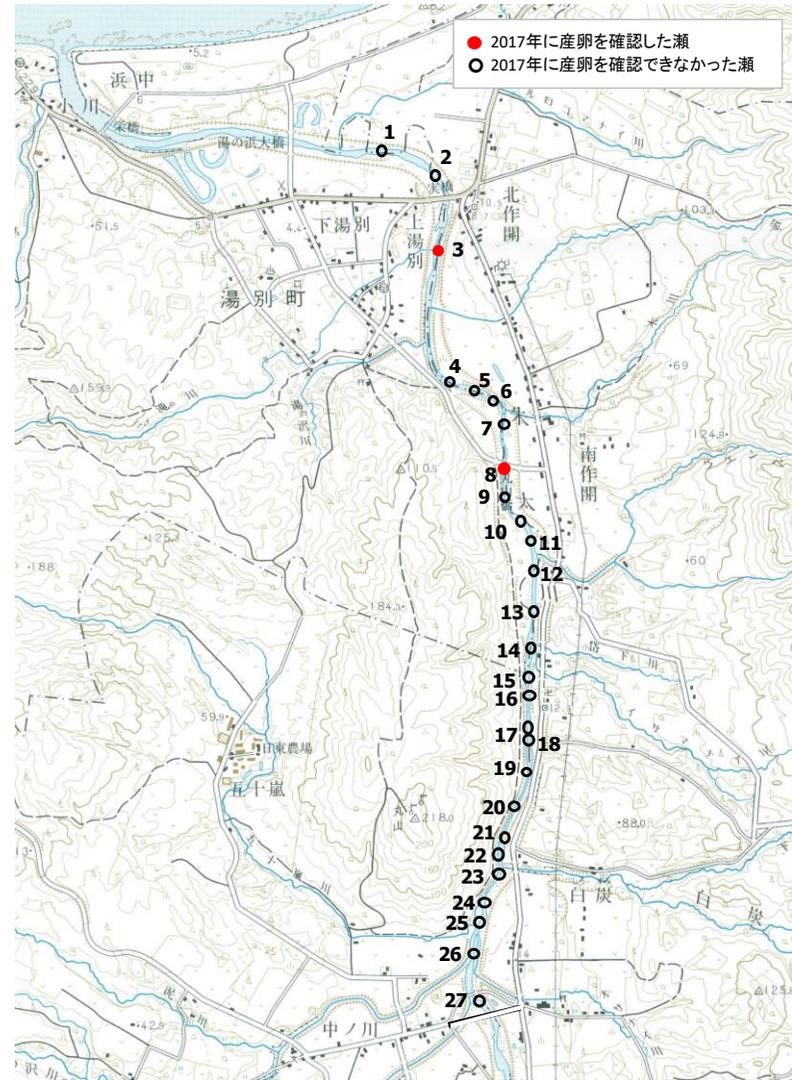


図 3-9 2017 年における瀬と産卵場の位置

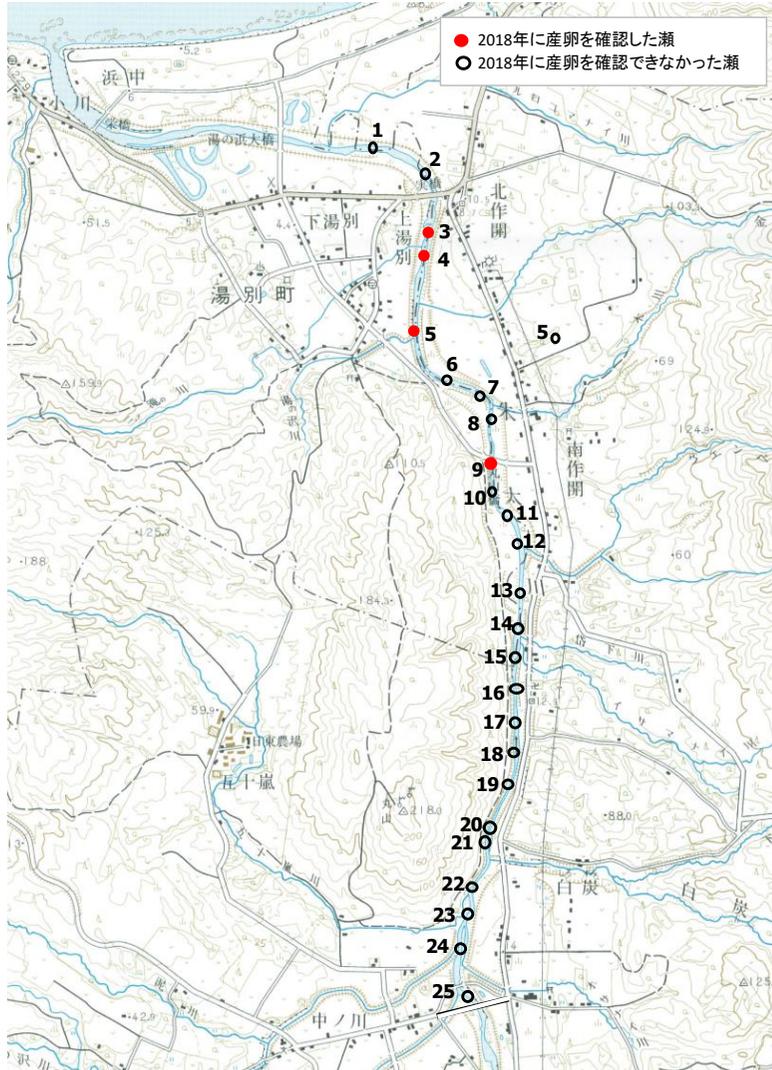


図 3-10 2018 年における瀬と産卵場の位置

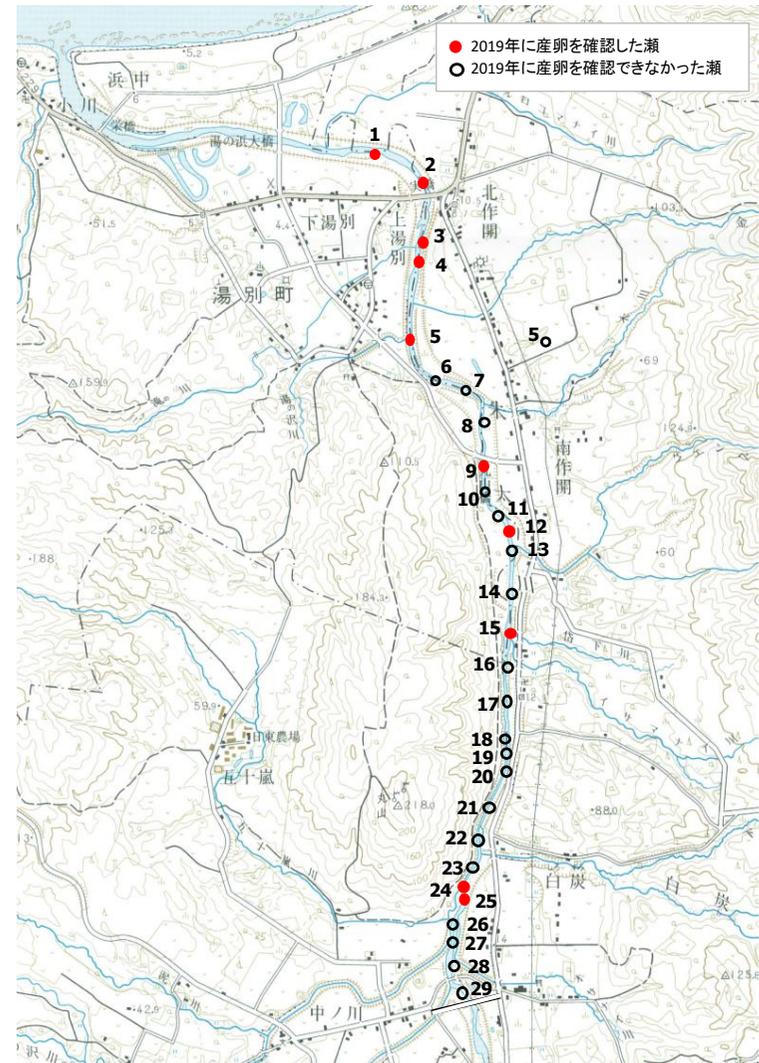


図 3-11 2019 年における瀬と産卵場の位置

## 2) 産卵場の特徴と規模

調査対象区間で確認された 29 箇所の瀬の特徴と 4 箇所の産卵場の面積等を表 3-1 に整理した。また、産卵場の形状については図 3-12(1)・(2)に示した。

アユの産卵場は上流から下流にかけての地形的な連続性が乱れているところに形成されることが多い(石田, 1964)。見方を変えれば、川底の変化が激しく不安定な場所を選んでいると言える(白石・鈴木, 1962)。このような場所は水流の変化によって砂泥がふるいに掛けられたように除去されることが多く、アユの産卵に好適な条件ができやすい。

朱太川で 2020 年に確認された 4 箇所の産卵場のうち、①と④は砂州や中州によって流れが斜めに变化した瀬に、⑨の瀬(丸山橋)の産卵場は橋脚の周辺の流れが变化する場所に形成されており、朱太川でも多くの産卵場が地形の変化点に形成されていることが分かる。

表 3-1 アユの産卵場が確認された瀬の地形上の特徴

| 瀬の番号 | アユ卵の有無 | 産卵面積(m <sup>2</sup> ) | 瀬の地形上の特徴等                 | 調査時の水温(°C) |
|------|--------|-----------------------|---------------------------|------------|
| 1    | ○      | 10                    | 沈み州によって流れが斜めに变化。砂分が多い     | 14.1       |
| 2    | ×      |                       | 沈み州によって流れが斜めに变化。砂分が多い     | 14.1       |
| 3    | ×      |                       | 産卵場造成地。中州によって流れが变化。砂分が多い  | 14.1       |
| 4    | ○      | 130                   | 産卵場造成地。中州によって流れが斜めに       | 13.5       |
| 5    | ○      | 760                   | 単調な平瀬。礫は2-10cm。産卵場造成地     |            |
| 6    | ×      |                       | 長く単調な平瀬。大石点在。河床は堅い        | 13.3       |
| 7    | ×      |                       | 単調な早瀬。左岸側に浮石底あり。          |            |
| 8    | ×      |                       | 単調な早瀬。河床は堅い。表面は砂が多い       |            |
| 9    | ○      | 測定不能                  | 橋脚によって流れが变化。礫は2-15cm。砂分多い | 13.7       |
| 10   | ×      |                       | 単調な平瀬。礫径2-10cm。砂分多い       |            |
| 11   | ×      |                       | 深瀬。礫5-20cm                |            |
| 12   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 13   | ×      |                       | 斜めに流れる平瀬                  |            |
| 14   | ×      |                       | 単調な平瀬。大石点在                |            |
| 15   | ×      |                       | 斜めに流れる平瀬。礫2-20cm。砂分多い     | 13.6       |
| 16   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 17   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 18   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 19   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 20   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 21   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 22   | ×      |                       | 斜めに流れる早瀬。礫5-20cm。河床は堅い    | 13.5       |
| 23   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 24   | ×      |                       | 早瀬。礫3-20cm。瀬脇に浮き石あり       |            |
| 25   | ×      |                       | 早瀬。礫大きい                   |            |
| 26   | ×      |                       | 早瀬。礫大きい                   |            |
| 27   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 28   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 29   | ×      |                       | 単調な平瀬                     |            |
| 合計   | 10箇所   | 900                   |                           |            |

⑤の瀬は単調な直線区間に形成された平瀬であったが、縦断的な勾配が変化する地点で、8月21日に産卵場として造成した場所でもあった(第4章参照)。産卵場造成を行った区域での産卵面積は、瀬④(造成C区)で130 m<sup>2</sup>、瀬⑤(造成A区)で280 m<sup>2</sup>で、合計410 m<sup>2</sup>となり、総産卵面積の46%を占めた。

一方で、アユの産卵が見られなかった瀬は、河床表面が堅く締まっていたり、巨石(径30~50cm程度)が点在していたり、あるいは、砂泥の混入割合が多いといったアユの産卵に不適当な要因があることが確認された(表3-1)。なお、造成箇所である③(造成D区)および⑤の瀬の下流側(造成B区)では、産卵は確認できなかった。③(造成D区)では造成した河床表面が流失しており、⑤の瀬の下流側(造成B区)では、上流から流れてきた砂分の混入が著しかった。

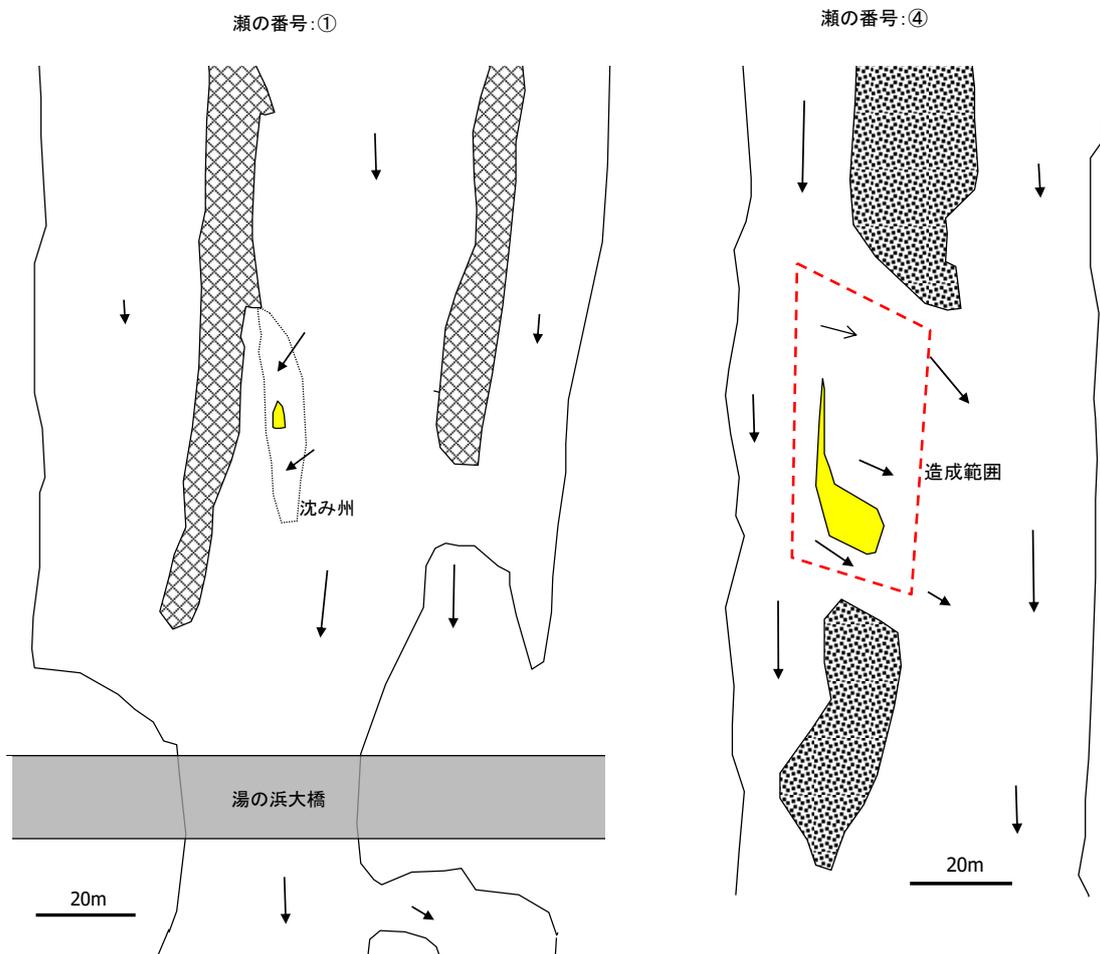


図 3-12(1) 2020 年に確認されたアユの産卵場の形状(瀬の番号①・④)

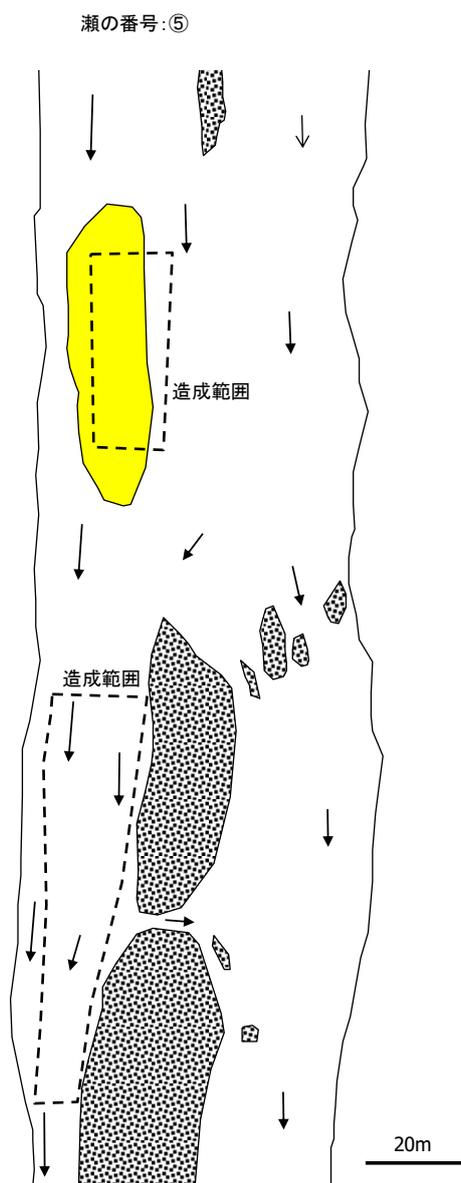


図 3-12(2) 2020 年に確認されたアユの産卵場の形状(瀬の番号⑤)

### 3) 産卵域と産卵規模の年変動

**産卵域の年変動** 産卵場の分布状態を区域別に見ると、2013 年以降は実橋から下流での縮小率が著しく、2016～2018 年は少なくとも調査時には産卵は確認できていない(図 3-13)。実橋から下流では拡幅を主とした河川改修工事(2 期工事)が行われており、河川形態の変化が起きている。産卵場の消失はこの改修工事と無関係とは考えられず、実際、実橋から下流では瀬が減少するとともに、礫間への砂分の混入率が増えた。このような現象は、拡幅によって流れ幅が拡大したことで、増水時の流速が低下し、砂分が堆積しやすい

くなったことに起因していると考えられる。2020年は2019年に続いて実橋下流に産卵場が形成されたが、わずか10m<sup>2</sup>と改修前の2011年当時(1,230m<sup>2</sup>)と比較すると著しく狭い。

さらに、産卵域の変遷を概観すると、2011年から2016年(2012年は産卵場調査を行っていない)には年を追って主産卵域が上流側へ移行していた。実橋から下流の縮小は上記の通りであるが、実橋～丸山橋の間の縮小は、実橋上流400m程度の間の瀬(2011年当時は良好な産卵場が存在した)の消失によるところが大きい。

2017年以降は丸山橋上流でも産卵規模が著しく縮小し、実橋～丸山橋の間が主産卵域となった。2019年は産卵箇所数、産卵域の大幅な拡大はあったものの、産卵場は実橋～丸山橋の間に集中しており、2020年もその傾向に変化はなかった。

アユの主産卵場の位置に関しては、仔魚の生き残りとも深く関係するため(下流側で産卵するほど仔魚の生き残りには有利)、今後も注意深く見守る必要がある。

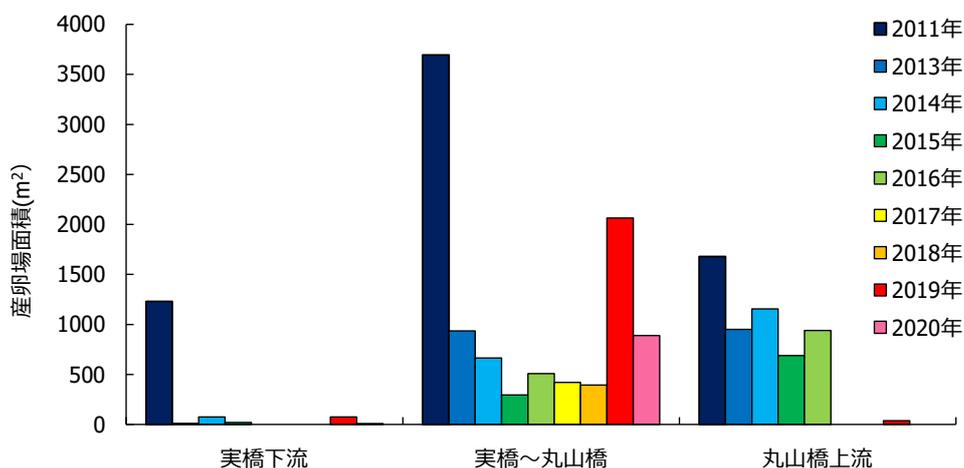


図 3-13 アユの産卵場域の年変動

**産卵規模の年変動** アユの産卵場の総面積の変化を図 3-14 に示した。産卵場面積は2018年まで年を追って縮小傾向にあったが、2019年はそれに歯止めが掛かり、2013～2014年の水準(2,000m<sup>2</sup>)まで回復した。

2020年は親魚数は著しく多く、さらに産卵面積が拡大することが期待されたが、先の通り、出水による産卵床の流失があり、総面積900m<sup>2</sup>と縮小した。なお、丸山橋直下の瀬⑨では、流勢が強く面積の計測ができなかった。この産卵場を加えると、1,000m<sup>2</sup>を少し超える規模であったかもしれない。

面積の計測ができた900m<sup>2</sup>の産卵場のうち、410m<sup>2</sup>(46%)は、8月に整備した造成産卵場内に形成されていた。2019年には総面積の93%が造成区域内であったことと比較すると、自然産卵場の規模は相対的には増大したものの、造成産卵場では造成後の出水で

浮き石状態にあった表層の礫の流失があったこと ―造成産卵場の産卵条件が劣化し、自然産卵場の利用率が相対的に増大するはず― を考慮すると、依然として造成産卵場への依存率は高いと言える。そのため、「自然条件下で好適な状態の産卵場がきわめて少なくなりつつある」という傾向には大きな変化はないと判断される。

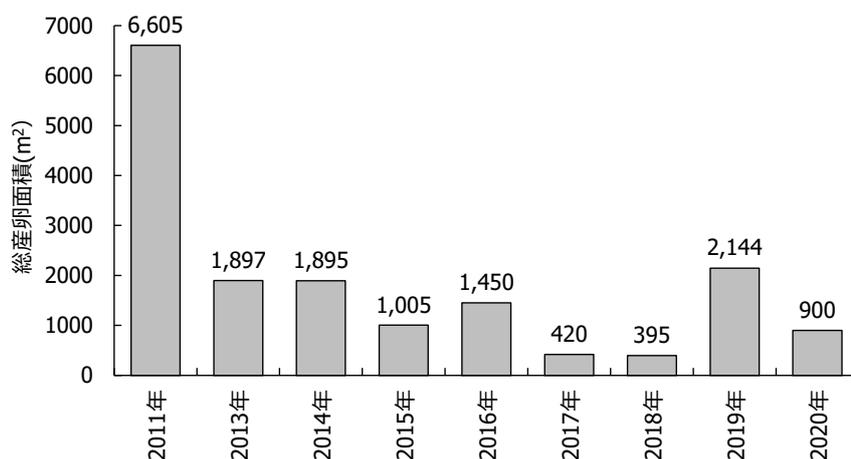


図 3-14 アユの産卵場総面積の年変動

#### 4) 卵の埋没深

卵の埋没深の測定結果を付表 3-1 に示した。卵の埋没深が深いと食卵の被害（高橋・東, 2006）が軽減され、重ね産みによる卵の流失（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石から剥離し、流失する）も少なくなる。そのため、アユ親魚は礫間に体を差し込んで礫中深くに産卵しようとする。このような理由から、高橋（2007）は卵の埋没深の平均値が 10cm 以上あることを「良好な産卵場」の目安とすることを提唱している。

2020 年に確認された産卵場における卵の埋没深（4～10 回測定した平均値）は 3.8～7.9cm であった（図 3-15）。いずれの産卵場も平均値では 10cm（好適な産卵場の目安）に達していなかった。ただし、⑤の瀬のうち造成産卵場の区域では他の産卵場と比較して値が大きく、造成効果（埋没深が深くなる）が認められた。

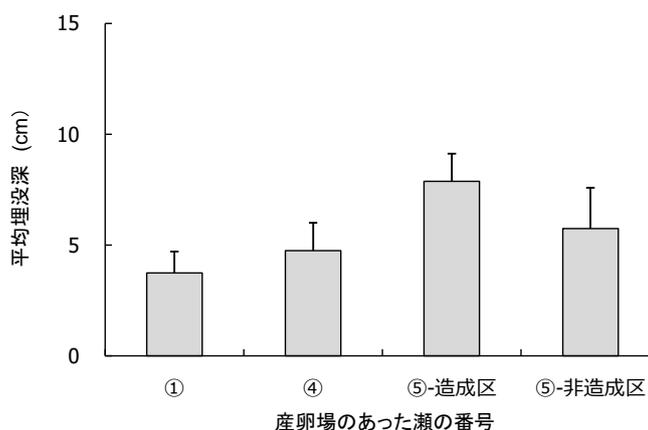


図 3-15 産卵場におけるアユ卵の埋没深

## 5) アユの産卵場として見た河床の適性

2011年から2020年の調査結果を総合し、朱太川のアユの産卵域の河床の状態について検討する。

**産卵に適した区間** 朱太川のアユの産卵適地は睦橋から湯の浜大橋の間と言われており（聞き取り）、他機関が行った2009～2010年の調査\*でもこの間に産卵場が確認されている。また、河床勾配や礫の大きさから判断しても上記範囲が概ね妥当と判断された（ただし、2011年、2013年、2014年、2015年には睦橋の上流にも小規模な産卵場が存在していたことを確認している）。

この間は、産卵に適当な小石底（径1～20cm）の浅瀬が点在し、それに隣接して休み場となる淵やトロ場もある。ただ、産卵範囲の上流側は海域からかなり離れている（6～9km）ため、ふ化した仔魚が流下中に減耗する確率は高いと考えられた。そのため、特に重要な産卵場所を絞り込むとすると、河口から5.5kmの丸山橋から下流ということになる。

朱太川の産卵場に関して心配されるのは、実橋から下流の産卵場の縮小で、2011年には1,200m<sup>2</sup>程度あったものが、2年後の2013年にはほぼ消失してしまい、2015～2018年は少なくとも調査時（9月下旬）には産卵は確認されなかった。2019年は2カ所で産卵が確認されたものの、面積は合わせても75m<sup>2</sup>と狭く、2020年においてはわずか10m<sup>2</sup>に過ぎなかった。「回復」というには依然として遠い状態であった。

この区間では近年の改修工事（平成5年からの第2期工事）によって、河道（河積）の拡幅が行われた。産卵場の消失は改修工事の進行と同調して急激に起きただけに、この改修工事との関係は無視することはできない。現在、同様の工法で改修工事が上流まで延伸されており、アユの産卵場が打撃を受ける可能性も否定できないため、注意を要する。

**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、礫が小さくかつアユの産卵に適した浮き石状態になりやすい。これまでの調査から、朱太川下流部ではこのような形の瀬はほとんどなく、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することが多いことが分かっている。朱太川下流部に横断型の瀬が少ない理由は、土砂供給の不足と過去の改修工事（昭和50年代）によって河道が直線化されたうえに、一定の幅に固定されている（自由に蛇行できない）ことにあると推定された。

**河床の状態** 睦橋から湯の浜大橋の間の瀬における河床の礫は、アユの産卵に適した5-50mm程度の礫が多いものの、産卵には邪魔になる20cm以上の礫～巨石が混入した場所や砂泥の混入が多く堅く締まった状態となっている場所があった（表3-1）。そのような場所ではアユの産卵は確認されなかった。また、産卵が確認された場所（瀬）でも、卵の埋没深は10cm以下であり、2020年の朱太川下流部の河床の状態は、「アユの産卵に対してやや不適な状態」と判断された。実際、2019年には10カ所もの産卵場が形成され

\* 平成21-22年度朱太川改修工事漁業影響調査 アユ産卵床調査＜調査結果概要＞

たにもかかわらず、総産卵面積の 93%が造成産卵場内であったという事実は、産卵環境が悪化していることの証左と言える。今後もしばらくはこのような状態が続くとすれば、産卵場の造成（砂泥の除去を主目的）は必要と判断される。

## 6) アユの産卵場を保全する上での課題

### (1) 改修工事の影響

**過去(主に昭和 50 年代)の工事の影響** アユの産卵場は流心付近だけではなく水際近くにも形成されることが多いが、2009 年、2010 年に行われた産卵場調査（朱太川改修工事漁業影響調査）において、産卵場が河岸から離れた場所にあることが指摘されており、他の河川とはやや異なる特性を有している。筆者が 2011 年から 2020 年に産卵場調査を行った際の観察では、造成産卵場以外の瀬の岸寄りの河床ははまり石状態で安定していることが多く、アユの産卵には適した状態ではなかった（アユの産卵は河床が不安定で動きやすい場所で行われる）。このように河岸寄りの河床が安定化する理由のひとつは、昭和 50 年代に行われた護岸工事による河道の形態の単純化（河道の直線化、水面幅の均一化）と考えられ、無配慮な河川改修工事がアユの産卵に悪影響を及ぼすことが示唆される。

また、よりマクロな視点で見ても、朱太川における本来の主産卵区域（本調査では丸山橋から下流と判断）は河床形態が単調で、アユの産卵に不適な方向に向いているようである。高度経済成長期以後の河川改修によって、瀬・淵に代表される流れの複雑性が消失したことは、多くの指摘があり（水野, 1980 ; 高橋, 1985 ; 中村, 1993 ; 田子, 2001）、四国の四万十川では改修工事の影響で産卵場が縮小していることが示唆されている（高橋ほか, 2002）。

以上から、朱太川で過去に行われた改修工事は、河道の形態の単純化を通じてアユの産卵環境を劣化させた可能性が高いと判断される。

**近年の工事の影響** 朱太川下流部では、新たな改修工事が予定（一部実施）されているが、現状でもやや悪化している産卵環境をさらに悪化させてしまう危険性をはらんでおり、注意を払う必要がある。これまでの観察では、工事区間では水面幅が広がったことで流速が遅くなり、砂分が従前よりも堆積しやすくなっている。河床材料中に 2mm 以下の砂分が多く含まれていると、産卵床でふ化した仔魚が表流水へと浮上することが阻害され、仔魚の生残が悪化する（高橋ほか, 2020）。そのため、現在実橋の上流で行われている改修工事は、砂分を堆積しやすくすることを通して、アユの再生産に悪影響を及ぼしていると言える。

近年の拡幅工事の進行とともに産卵域の下流端が上流側に移行したこと、つまり、工事が終了した区間から産卵場が消失したことも考え合わせると、現在の工事の仕方では、少なくとも河床形態に自然な変化が生じるまでの数年間はアユの産卵に悪影響があると考えられるべきであろう。アユは年魚であるため、1 回の産卵の失敗は再生産に大きなダメージとなる。工事を進めるのであれば、アユの産卵環境を保全できるよう慎重にプランを立てた上で、注意深くモニタリングし、問題があればすぐに対応できる体制を構築して

おく必要がある。

## (2) 親魚採捕の影響

朱太川の主産卵区域では人工採卵（仔魚放流）のための、天然親魚の採集（特別採捕許可）が行われている。親魚の採集は「がらがけ（コロガシ）」で行われており、採集場所はアユの産卵場である。採集の際には、産卵場所に立ち込むこともあるようで（過去に産卵場内で立ち込んで漁をした跡を複数確認した）、その際に産み付けた卵の剥離流失が起きている可能性がある。四国の四万十川では、落ち鮎漁で人が産卵場に立ち入ることで大量の卵が、破損、流失することが観察されている（高橋・東, 2006）。朱太川では産卵場の規模が小さいため、産卵域には立ち込まずに採捕が可能なのであるが、念のために採捕の際のルールを確立しておくことが望ましい。

また、2019年の9月には造成した産卵場内で「がらがけ」が行われていた。産卵場の造成には公的な資金が使われていること、多くの市民の協力を得て行われたことを考えれば、造成産卵場内で「がらがけ」をすることを漁協が容認する（少なくとも自粛を徹底してはいなかったと判断される）ことはきわめて不適切であり、資金（助成金等）供給の打ち切りにつながりかねない。人工産卵場付近での漁は禁止する等、漁協内部での適切な対応が求められる（2020年度はそのような対応が行われた）。

さらに、人工孵化場でふ化し、放流された仔魚が本流にどの程度の割合で到達しているのか、現在のところ不明である。事業の効果に直接関わることであるため、調査しておくことが望ましい。

# 第4章

## アユの産卵場造成

朱太川のアユの産卵場は下流部の改修工事の進捗と同調するように、下流部から消失しつつある。原因の一つは、川幅が広がったことで流速が低下し、河床に砂泥が堆積しやすくなっていることにあると推察された。

そのため、2020年は2017～2019年に引き続きアユの産卵に適さなくなりつつある朱太川下流部（実橋上流）において産卵場を造成し、アユの産卵を促すことを試みた。

### 1. 造成時期

2020年8月21日に行った。なお、候補地を絞り込む事前調査は7月29日に実施した。

### 2. 対象区間

実橋の上流約400～600m、200～250mおよび下流約100～250mに位置する瀬（河口から3.2～4.2kmの区間）を産卵場造成の対象区域とした。

**選定理由** この区間は10年ほど前までは規模の大きい産卵場が形成されていたが、河川改修工事後は産卵面積の顕著な縮小が見られ、対策が必要となっていた。さらに重機の搬入と整備作業に参加されるボランティアの皆さんの駐車および現場へのアプローチが容易であるというメリットもあった。

**アユが産卵する上での問題点** 対象区間に2016年（造成していない）に形成された産卵場での卵の埋没深は5cm程度しかなく（河床材料が良好な地点では10cm以上となる）、他の産卵場と比較するとかなり浅くなっていた。埋没深が浅くなる原因は砂分の混入量の多さで、改修工事によって川幅が拡幅されたことで流速が低下し、砂分が堆積しやすい状態になっていると考えられた。

予備調査を行った2020年7月下旬時点でもこの状態は変化しておらず、むしろ砂泥分の混入は進行しているようであった。さらに、2020年は河床の状態が変わるような出水もなかったことから、河床表面がアーマー化しており、産卵場を造成することが望ましいと判断された。

### 3. 造成方法の検討

事前調査を行った2020年7月29日に産卵場造成候補地の瀬の形状等について観察し、使用する重機（バックホー）の特性を考慮した作業手順等について検討した。

#### 1) 造成面積

2020年は親魚が非常に多いことが予想されたため、造成面積は可能な限り広くすることが望ましいと考えられた。河床材料（砂泥の混入量）や流速、水深から作業性を考慮

し、合計 3,500m<sup>2</sup> 程度の産卵場を造成することを目標とした。

また、今後の造成手法を検討するために造成手法として、下記の 2 つの方法で試行し、その効果についての検証を行うことにした。

**A: バックホーのバケットで河床表面から 30cm 程度を掘削し、礫中に混入した砂泥を洗浄・除去する造成**

**B: バックホーで河床を走り、キャタピラで河床の表面の固化を崩す簡易造成**

## 2) 造成手順

造成の手順を以下のように予定した。

### (1) 造成タイプ A (河床掘削+均し)

- ① 候補地の河床をバックホーで掘削し、礫間に詰まった砂泥を流す
- ② 河床表面の凸凹をバックホーのバケット(スイング)やキャタピラ(走行)で均す
- ③ 人力で河床表面の凸凹を均す

### (2) 造成タイプ B(簡易造成)

候補地の河床をバックホーで繰り返し走り、固化した河床表面を崩して柔らかくする

## 4. 造成

**造成箇所の最終選定** 造成現場の最終確認を 8 月 20 日に実施し、河床の状態(砂泥の混入量、コケの付着状態等)、水深、流速を考慮のうえ、上流から A~D の 4 カ所を選定した(位置は後出の図 4-3)。

**造成手順** 8 月 21 日の造成の作業状況を図 4-1 (A 区:掘削+均し) および図 4-2 (C 区:簡易造成) に示した。造成にはバックホー(バケットサイズ:0.7m<sup>3</sup>) 1 台を使い、仕上げ作業に朱太川漁協、小樽建設管理部、黒松内町、地元企業(インターファーム株式会社)、市民等から約 40 名の応援が得られた。

**造成面積** 造成形状と面積を図 4-3 に示した。造成面積は A 区 400m<sup>2</sup>、B 区 1,360m<sup>2</sup>、C 区 1,350m<sup>2</sup>、D 区 380m<sup>2</sup>、合わせて 3,490m<sup>2</sup> で、目標としていた 3,500m<sup>2</sup> と同等の広さを造成することができた。

**造成作業の課題** 重機による造成後に人力による仕上げの均し作業を行うという手順で進めているが、重機の作業に時間が掛かり仕上げ作業のボランティアの皆さんに河原で待機していただく時間が長くなってしまった。2020 年のように造成面積が広い場合は、前日午後から重機による造成を始め、人力作業がスムーズに行えるように、工程に余裕を持つことが望ましい。



図 4-1 造成状況(A・B・D区:河床掘削+均し)



図 4-2 造成状況(C区:簡易造成)

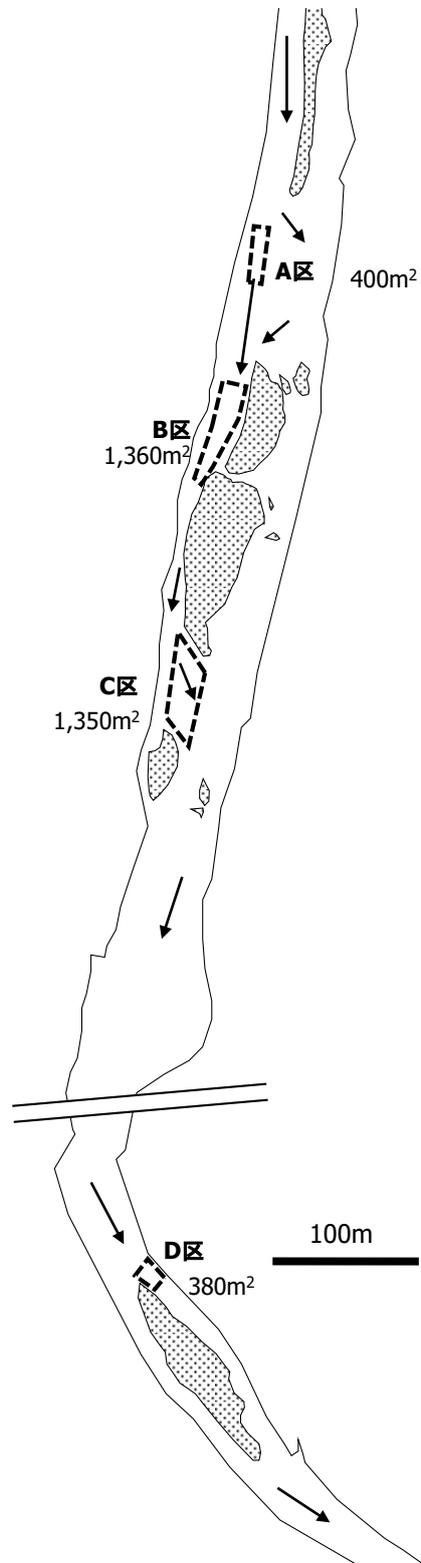


図 4-3 A~D 区の造成形状と面積

## 5. 造成効果の検証

### 1) 造成による河床の変化

**河床表面の変化** B区における造成前後の河床表面の変化を図4-4に示した。造成前は軽いアーマー化が見られ、沈み石状態となっていたが、造成後は砂泥が除去され、浮き石状態に変化した。



図 4-4 B区における造成前後の河床表面の変化

**貫入度の変化** 造成前後の河床の硬度の変化を定量するために貫入度を測定した。貫入度は河床の柔らかさを示す指標で、産卵に適した浮き石底になればその値が大きくなる。貫入度の測定は石井（1993）に従って、目盛りを刻んだシノを一定の強さで河床に押し込み、シノが貫入した深さを測定した。

造成前後の貫入度の変化を図4-5に示した。造成前後の変化は造成タイプA（掘削+均し）を行ったA・B・D区において大きく、造成タイプB（簡易造成）は変化が小さかったものの、いずれの造成区でも造成の効果は明瞭に認められた（ $p<0.01$ ）。造成の目的の一つは河床硬度を低下させることにあり、その目的は十分に達成できていた。

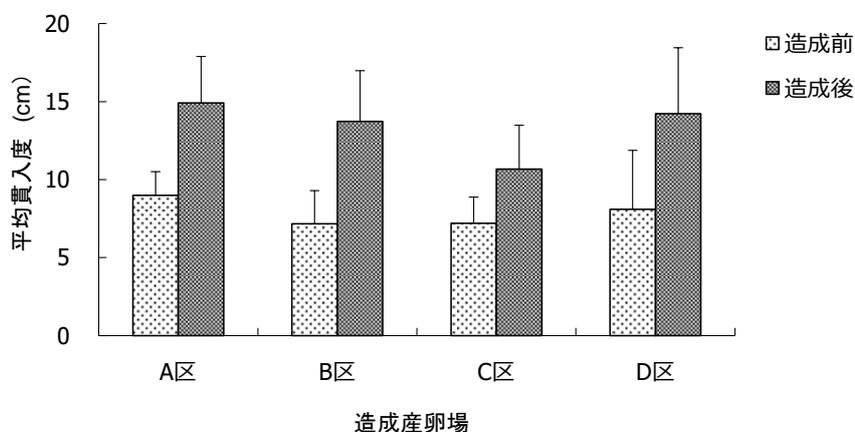


図 4-5 河床貫入度の造成前後の変化

## 2) 造成産卵場でのアユの産卵

9月25日に実施した産卵場調査により、A・C造成区内での産卵が確認された。造成区内での産卵面積はA区では280 m<sup>2</sup>で、造成面積400 m<sup>2</sup>の70%を占めていたが、A区周辺の産卵面積は780 m<sup>2</sup>で、造成区域外の産卵面積が広がった(図3-12(2))。また、C区では1,350 m<sup>2</sup>の造成面積に対して、約130 m<sup>2</sup>(9%)で産卵が確認された(図3-12(1))。

## 3) 産卵場造成の効果

2020年の造成産卵場内で確認された産卵場の割合は、2019年の93%から半減したものの、造成後の出水によって造成区域内の産卵環境が悪化していたことを考慮すると、やはり、造成区への依存度は高く、造成の効果はかなり大きかったと評価できる。しかしながら、造成産卵場の利用率が著しく高いという事実は、裏を返せば自然産卵場の状態が極端に悪化していることを意味しており、今後の懸念事項と言える。

# 第5章

本章では、2011～2013 年度に策定した朱太川の天然アユ資源の保全策について、本年度の調査で得られた情報から、検証・評価するとともに、修正すべき点があれば修正案を提示する。

## 1. アユ資源保全に向けての基本方針

朱太川の天然アユ資源を保全するにあたっては、単に水産資源としてのアユを増殖するというだけでなく、「黒松内町環境基本計画」および平成 24 年 3 月に策定した「黒松内町生物多様性地域戦略」との整合性を図りながら、北限域のアユ個体群とそれが成育する環境を保全することで黒松内町が推進している「自然を活かした地域づくり」に寄与することを目指す。

このようなことを踏まえたうえでのアユ資源保全に向けての基本方針を以下に示す。

- ① 北限域の天然アユ個体群を守る(生物多様性の保全)
- ② 天然アユが生息する豊かな自然環境を保全する
- ③ 天然アユ資源を地域で持続的に利用する
- ④ 検討の過程では、対策に要する期間、関係する機関(責任分担の明確化)、対策実現の可能性(対策の困難性)、重要度についても整理する
- ⑤ 可能な限り具体的な目標値を設定する

基本方針の中でとくに重要視する点は、①の個体群の保護と③の持続的利用（アユという人との関わりが深い種を扱うことを鑑みて）とする。その実現のためにはその他の基本方針が必須のものと言える。

## 2. 持続的利用を可能にするための目標値

自然資源であるアユを持続的に利用するためには、生息環境（河川環境）と遺伝的特性を保ちながら、十分な再生産量を維持し、そのうえで余剰となる資源のみを利用に回すような配慮が必要となる。余剰となる資源量を把握しておくためには、朱太川の河川環境に見合った生息量を維持するために必要な遡上量と安定的な再生産のために必要な親魚量を目標値とすることが望ましい。

朱太川で天然アユ資源の持続的な利用を行うための保全目標の具体的数値としては、今年度見直しを行った解禁時における「生息期待量 60 万尾」（p12 参照）を 100%天然アユでまかなうために必要な遡上量 85 万尾(60 万尾/遡上～解禁の生残率 0.7)とした。

### 3. 天然アユ資源保全対策

「朱太川天然アユ資源保全対策」が 2011 年～2013 年にかけて策定された。それらは、大きく①ハード面の対策（後出の表 5-1）、②ソフト面の対策（表 5-2）、③天然アユ資源を持続的に利用するための対策（表 5-3）から構成され、すべて合わせると 15 の課題に対する対策が検討されている。

### 4. 天然アユ資源保全対策の検証

ここでは 2011 年～2013 年にかけて策定された「朱太川天然アユ資源保全対策」の 2020 年における達成度検証・評価する。

#### 1) 評価基準

保全対策の達成度は-1～3 までの 5 段階評価とした。評価基準は以下のとおりである。判定にあたっては今年度の調査結果等（1 章～4 章）や聞き取り調査、関係機関のホームページなどから判断した。

- |                        |
|------------------------|
| 3 : 十分な成果を上げた          |
| 2 : 成果が見られた            |
| 1 : 対策に着手したが成果は得られていない |
| 0 : 対策に未着手             |
| -1 : 対策に未着手のため事態が悪化した  |

#### 2) ハード面の対策(表 5-1)の評価

##### (1) 河川環境全般に関わる対策

##### ① 水質

**モニタリング** 流域人口が少ないこともあり、現状ではとくに問題となる点はないが、源流部の事業所からの排水による負荷等が懸念されるため、現在も行っている定期的な監視体制を維持する必要がある。

**アユを増やし自浄作用を高める** 水質を浄化するには河川内での自浄作用を強化することも有効な手段となる。アユは河川内の藻類に取り込まれたリンや窒素を、藻類を食べることで体内に蓄積する。アユに蓄積されたリンや窒素もアユが死亡すれば河川に戻るが、釣り人が漁獲して陸上に取り上げれば、水質浄化のシステムができあがる。試算では、このシステムで決して少なくない量のリンが河川から除去されており（高橋・東, 2006）、自然を活かした地域づくりを進める黒松内町には適した水質浄化対策の一つと言える。

**濁り対策** 濁りについては、熱郇川や来馬川等の特定の支川が問題となる。また、2017 年は黒松内川も濁りやすい状況となっていた。

### <2020 年度の評価>

水質は黒松内町が定期的なモニタリングを実施しており、2020 年は大腸菌群数および糞便性大腸菌群数がやや高くなることはあったものの、特に異常はなかった。評価は 3 とした。アユによる自浄作用の強化に関しては、2020 年は遡上数が 148 万尾と非常に多く、効果があったと考えられる。評価は 3 とした。濁りの対策に関しては特に進展はないため、評価は 0 とした。2020 年度は 8 月下旬に東栄橋付近で河川水が白濁したことが通報されたが、異常につながることはなかった。

### ② 土砂の適正管理

朱太川の広い範囲に施工されている護岸により、河岸からの土砂供給量が減少した状態となっている。河川や沿岸の海浜維持にとって一定量の土砂の供給は必要であるため、治水安全度の検討を行ったうえで、護岸・根固めを部分的に撤去し、土砂の供給を図る。

### <2020 年度の評価>

改修工事が進んでいる下流部（実橋のやや上流地点から下流）で瀬の消失が進み、河床への砂分の混入率が上昇傾向にある。部分的であるため、土砂供給の減少と必ずしも関係していないかもしれない。対策としての進展はないため、評価は 0 とした。

### ③ 河川形状の多様化促進(自然な河川形状の保全)

朱太川の広い範囲に施工されている護岸・根固めは、川の自由度を奪い、川本来の形状を人工的なもの（平坦化、直線化）へと変化させている。このことは生物の棲み場の多様性の低下につながっており、生物多様性を低下させている可能性もある。対策としては上記「土砂の適正管理」と同じ。

### <2020 年度の評価>

睦橋下流では朱太川漁協や道、黒松内町の有志によって、巨石の掘り起こしによる生息場の改善が試験的（試験期間は平成 26 年から 27 年）に実施された。しかしながら、自然な河川形状の復元につながるような対策は取られていない。評価は 0 とした。

### ④ 生態系に配慮した河川改修工事

朱太川下流部では治水対策として改修工事が行われており、今後さらに上流部へと工事が予定されている。これまでの工事区域を見ると、河道の拡幅、水際線の直線化により、単調な河川形態となっており、2011～2020 年の調査でもアユの産卵場への悪影響が懸念された。産卵場の環境悪化は天然アユ資源の減少に直結するため、十分な配慮が必要となる。

改修の際に必要なことは、①土砂供給（河岸洗堀）を必要以上に止めないことと、②河川形態の単純化を招く直線化を極力避けるということになる。なお、直線化に関しては未着手区間においても問題点となっているため（かつての改修で直線化されている）、新たに行われる改修によってそれが改善されることが望ましい。

### <2020 年度の評価>

実橋上流 1km 地点までの掘削工事が完了した。既存の左岸側護岸が背割堤状に残されており、水面の大幅な拡大は起きていない。今後背割堤を撤去した場合、アユの産卵環境が一時的であっても失われることが懸念される。

年代ははっきりしないが（丸山橋が建設された 1996 年以前）、実橋の上流側に瀬と淵が交互に形成されていた時期があり（図 5-1）、この時代の河床形状を復元できれば、アユの産卵環境は大きく改善される。現在対策は検討されているものの、具体的な対策は実施されていないため、現時点での評価は 0 とした。



図 5-1 かつての実橋付近の河床形状  
現在と比べ、瀬と淵が明瞭に形成され、河床形態が複雑である。  
(地図蔵より引用)

### ⑤ アユの産卵場の環境改善

朱太川下流部のアユの産卵場の環境は、現状でも比較的良好であるものの、土砂供給の不足、河道形状の単純化にともない、劣化しつつあると判断された。朱太川のアユの産卵場の多くは砂州が発達した瀬にのみ形成されていることを考慮すると、対策として、土砂供給を安定させ河道の形状が多様化すれば、自然に良好な産卵場が形成されることになる。

また、一時的には産卵環境が悪化する可能性もある。そのような場合は、産卵場造成に積極的に取り組む必要がある。ただ、造成は河川環境を人工的に改変することでもあるため、自然環境の保全を重要視している朱太川にはそぐわない面がある。また、産卵場付近にはカワシンジュカイもたくさん生息しており、産卵場の造成はこれら希少生物の生息を脅かすことにもなる。したがって、朱太川では人工的な産卵場造成は「次善の策」と位置づけ、流域の土砂供給を適正に管理することで、産卵場を保全するように努めたい。

### <2020 年度の評価>

産卵場整備は 2017 年から始めており、2019 年・2020 年は水産庁の「やるぞ内水面漁業活性化事業」の助成を受けて実施した。施工当日には小樽建設管理部や企業、市民等の協力で産卵場を造成した（第 4 章参照）。残念ながら、産卵期の出水によって造成した

浮き石河床は流失したものの、それでも造成範囲内に形成された産卵場が総産卵面積の45%であった。利用率は高かったため、評価は3とした。しかし、造成産卵場の利用率が高いという事実は、自然産卵場の状態がかなり悪化していることを意味しており、今後も産卵場造成工事を継続せざるを得ないことは、新たな懸念事項とも言える。

### 3) ソフト面(仕組みづくり等)の対策(表5-2)の評価

#### (1) 種苗放流の中止とそれによって発生する問題への対応策

長期的な視点からは、種苗(稚魚)放流による遺伝的な攪乱、病原菌の持ち込み等のリスクが大きいと考えられ、種苗放流は中止することが望ましい。ただし、それに伴うクレームへの対処、漁協の増殖義務としてのふ化仔魚放流等を実施しなければならない。

##### <2020年度の評価>

2013~2019年に引き続き、2020年も種苗放流は行われなかった。2020年は天然遡上量が著しく多く、釣り人の数も多かった。清流めぐり利き鮎会で2016年にグランプリを、2019年には準グランプリを受賞し、知名度が上がったこととあいまって、道内外から多くの釣り人が朱太川を訪れるようになってきた。

放流をしないことに対するクレームは無かったものの、解禁初期を除いては、病気の発生、過密による成長不良等の影響で、残念ながら釣果は芳しくはなかった。また、心配された冷水病と思われる病気の発生(感染ルートは釣り人の持ち込むオトリアユと推定されている)が見られ、潜水調査中に多数の死体を確認した。

期待した成果(放流しなくても釣れる)は十分には得られなかったものの、2年連続で過去最高の遡上量となったこと、放流を停止しても資源が回復(増大)するということが多くの人に認知できたこと、さらには、2016年の清流めぐり利き鮎会グランプリ受賞に続いて2019年に準グランプリを獲得したことは今後に向けて弾みを付けた。評価は3とした。今後の課題は「天然アユの資源水準をいかにして安定化させるか」にある。

#### (2) 仔魚放流による資源添加

朱太川漁協のふ化施設を使って、朱太川で採捕した親魚から採卵およびふ化放流を行う(増殖義務の履行)。ふ化仔魚の生産目標(ふ化仔魚数)は500万尾とし、採捕する親魚量の上限を70kg(必要量に十分な余剰量を加えた数字)とする。親魚の採捕区域については、産卵範囲である陸橋~湯の浜大橋のうち丸山橋から上流側に限定することが望ましい。

##### <2020年度の評価>

親魚の採捕、採卵も行われなかった。評価は0としておく。

### (3) 乱獲の防止

#### ①河川域

天然アユを増やすために最も重要なことは十分な数の親魚を確保することであり、河川内での漁獲圧を極端に大きくしないような規制が必要である。

##### <2020 年度の評価>

朱太川では漁獲期間が 2 ヶ月半と短いうえに、認可された漁法が漁獲圧の低い友釣りだけなので、夏場の漁獲率はかなり小さい。今後、遊漁人口が極端に増加するというようなことがない限り、夏場からの親魚の保護はとくに必要はない。評価は 3 とした。また、親魚採捕の際に産卵場に立ち入ることによって卵が流失する被害が出る。そのため、産卵域に入らないようなルール作りが必要。これに関しては評価は 0 とした。

#### ②海域

寿都湾でのイカナゴ漁でのアユ仔稚魚の混獲が懸念されている。今のところ、遡上前の稚アユの生態的な特徴からそのリスクは比較的小さいと判断しているが、実態は分かっていない。混獲による影響がないことを証明するためにもまずは実態調査を行う必要がある。なお、イカナゴ漁でのアユ仔稚魚の混獲の問題は、地域間のトラブルの種となりやすい。トラブルを避けるためには、公的機関（水産試験場）による調査が望まれる。

##### <2020 年度の評価>

イカナゴとアユが海域では競合種であることも示唆されており（矢作川などでの研究）、実際、遡上量の少なかった 2016 年は寿都湾ではイカナゴの豊漁年となった。しかし、イカナゴ漁と遡上量の関係は負の相関性があるものの、明瞭なものではなく（図 5-2）、アユの遡上量の多寡には他の要因も関与している可能性が高い。とくに進展はなかったため評価は 0 とした。

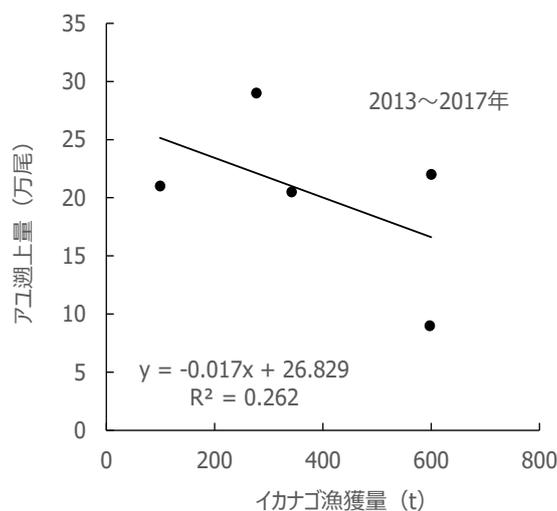


図 5-2 寿都湾のイカナゴ漁獲量と朱太川のアユの遡上量の関係

#### 4) 天然アユ資源を持続的に活用するための対策(表 5-3)の評価

##### (1) 天然アユを活用した地域づくり

###### ①天然アユを通じた環境保全活動とそれが生み出す付加価値

アユ（良好な自然環境のシンボル）や朱太川を活用した環境教育（例えば産卵場の観察会、アユによる水質浄化のメカニズムを学ぶ勉強会）、シンポジウムの開催といった取り組みを通じて、天然アユと共生する地域づくりを推進する。こういった取り組みを通じて環境保全の意識・活動が定着し、同時に天然アユがたくさん住む川のイメージを情報発信（ブランド化）できれば、他の地場産品（農作物や飲料水等）と組み合わせて付加価値を生むことができる。朱太川の天然アユ個体群は、「北限のアユ」であること、類がないほど優れた河川環境の中で成育したアユであること、その食味は特級品レベルであることなどを考えると、きわめて高い付加価値を産む可能性を秘めている。

##### <2020 年度の評価>

黒松内小学校の児童を対象に、「川の生き物調べ」や「河川観察会」等の授業が行われた。例年 9 月に行われていた札幌科学技術専門学校の学生を対象にアユのふ化実習は、新型コロナウイルス感染症防止のため行われなかった。10 月には黒松内中学校で「朱太川の天然アユ」をテーマとした総合学習が行われ、ふ化場の見学や座学が実施された。授業の最後には塩焼きの実食会も行われた。

一方で、天然アユと他の地場産品を組み合わせて付加価値を付ける取り組みは進んでいない。朱太川の 100%天然アユが利き鮎会などで高い評価を得ているだけにもったいなく思える。少なくとも町の HP では「地場産品」の中に「100%天然アユ」を入れて、その取り組みについて簡単にでも紹介すべきで、かつ、他の産品とのコラボレーション（朱太川の保全に寄与する農業等）等への展開を期待したい。新型コロナウイルス感染症のためにできなかったことに配慮し、評価は 2 とした。

###### ②地域協働(生物多様性を保全することのメリットを実感できる取り組みへの展開)

黒松内町は生物多様性地域戦略を策定したが、生物多様性を保全することの価値、メリットについて、町民が実感できる機会は少ない。天然アユは生態系サービスの一つであり、その恩恵を持続的に利用するためには、河川環境を守る必要があり、このことはひいては地域の生物多様性を維持することにつながる。そのうえアユは大きな経済価値を生み出すポテンシャルがあるため、生態系サービスの存在や生物多様性を守ることの価値、メリットを実感する題材として適している。その特性をうまく活用して、地域が協働でアユ資源を保全し持続的に利用することで地域全体が「得をする」「地域全体が良くなる」ことが見える取り組み（下記）へと展開したい。

##### <2020 年度の評価>

秋の味覚収穫祭は新型コロナウイルス感染症防止のため開催できなかった。また、参加を予定していた「清流巡り利き鮎会（例年 9 月に高知市で開催）」も中止となり、参加できなかった。2016 年にはグランプリ、2019 年には準グランプリを獲得し、価値のある「うまい

アユ」であることが広く認識され、生態系サービスの存在や生物多様性を守ることの価値、メリットを実感できる機会となっていただけに残念であった。ただし、2020年の新たな取り組みとして、9月に「希少な鮎を食す旅」と銘打ったモニターツアーが企画され、スタッフを含め16名の参加があった。コロナ禍でなければ、実施できた行事ばかりであったこと、新たな取り組みもあったことを評価し、3とした。

## (2) 組織づくり

プランを具体化するためには、漁協、町民、行政等が参加するプロジェクトチーム的な組織が必要となる。さらに、プランをうまく実現するためには、地域に根ざした専門的なプランナー（コンサルタント）に参加を求めることが望ましい。

### <2020年度の評価>

2019・2020年は水産庁助成事業を活用し産卵場造成が行われた。行政や町民、企業等の参加もあり、プランの一つが実現した。また、朱太川のアユ釣りを楽しむ「手ぶらで釣り体験」といったアクティビティーも2019年から始まり、2020年も14名（スタッフ含む合計33名）の参加があった。さらに、事業者向けPRモニター体験も行われた。ただ、依然として行政（役場）のお膳立てがないと進まない状況であり、「組織」にまでは発展していないと判断された。評価は2とした。

## (3) 川の生態系サービスの管理人としての漁協(漁協の活用)

**漁協の意識改革** これまで内水面漁協の主な役割は漁場管理や水産資源の増殖であったが、近年ではそういった仕事を通じて地域の活性化（地域の経済活動や福祉への貢献、環境保全活動など）につなげようとする漁協が出始めた。このように、漁協という地域に根付いた既存のシステムには、漁場管理や資源の増殖という仕事を通じて「川の生態系サービスの管理人」としての公益性が潜在している。その潜在的な機能に光を当て、地域の活性化につなげることは社会的な意義がある。

**漁協の人材育成** 今、全国的に漁協への組合員の新規加入が大幅に減少し、高齢化が急速に進んでいる。対策として、「魅力ある漁協づくり」を進めることが重要で、そのためにも上記のような公益性の高い事業や環境保全活動への転換や報酬の見直しなどに取り組むことが望まれる。

**漁協財源の安定確保** 今、多くの漁協は財源不足に悩まされている。上記のような事業を行うためには一定の自主財源が必要であり、遊漁収入の確保が重要な課題となる。遊漁収入を安定的に確保するためには、「アユが多い漁場」を作ることが大切であるが、それだけでなく遊漁者が釣りをしやすい環境整備も不可欠となる。

### <2020年度の評価>

水産庁の「やるぞ内水面漁業活性化事業」の助成を受けて、2019年から産卵場整備、釣り場案内を実施した。一方で、予定していた利きアユ会（高知）参加は実施できなかった。また、遊漁券を「つりチケ」でネット購入可能とした。評価は2とした。

また、財源の確保に関しては、釣り人が多かったことから成果が上がったと言える。

さらに、上記事業の助成も3年継続されることから、2020年も成果があったと言える。評価は3とした。

#### (4) 情報発信

黒松内町は全国に先駆けて生物多様性地域戦略を策定するなど、環境保全に対する意識レベルが高い。このような下地が整っているため、今回の天然アユ保全プランも「種苗放流の中止」など、朱太川でなければできないような先進的な案を盛り込んだ。このような、人とアユとの共生、持続的利用のあり方はきわめて貴重であり、それをホームページやシンポジウムなどで情報発信し、黒松内町および朱太川での取り組みを多くの人に知ってもらうことは意義深い。

アユの北限域である道南地域では、朱太川だけでなく、厚沢部川や知内川等でも天然アユ資源を保全し、また、活用する動きが見え始めた。これら道南地域が協同して、北限の天然アユの認知度をあげて、様々な町おこし事業に活用できるように情報発信する。手始めとして、「道南鮎まつり」や「道南地域北限のアユサミット」などの事業を提案しておく。

また、基本的なことではあるが、朱太川での鮎釣りに必要な情報（釣り場案内、おとり店の場所）はネット検索できるよう、情報整備する必要がある。さらに、町内の施設や産品を合わせて紹介し、地域情報を釣り客に発信したい。

#### <2020年度の評価>

2016年に利き鮎会でグランプリを受賞したことで注目度が高まり、2017年にはNHKの報道（全国放送：おはよう日本、さわやか自然百景等）や新聞報道が多数あり、朱太川の対外的認知度は上がりつつある。2018年は朱太川の最新アユ情報の報告会を行い、他河川の関係者らの多くの参加を得た。さらに、2019年は北海道日本ハムファイターズコーチである金子誠さんに「無期限アユ遊漁承認証」を贈呈した。金子コーチは自身のラジオ番組等で度々朱太川のアユを紹介してくれていることから、PR効果は大きい。また、2019年度の利き鮎会で準グランプリを受賞し、その報告とアユを贈呈に北海道鈴木知事を訪問した。2020年は新型コロナ感染拡大の影響もあり、動きにくい中、手ぶらで釣り体験」の事業者向けPRモニター体験や「希少な鮎を食す旅（モニターツアー）」が新たに行われた。評価は3とした。

今後は道南地方の河川のアユを集めた「利き鮎会」「道南地域北限のアユサミット」等のイベントを通じて、地元での認知度の向上を図りたい。また、地道な作業ではあるが、観光協会・商工会等と連携し、地場産品や施設の利用の向上につながる取り組みも始めたい。例えば、遊漁許可証（日券）に温泉割引券や地場産品の紹介リーフレットを付けるといったことを提案しておく。

#### (5) 地域利用

アユ資源が安定的に維持できるようになった場合は、地元黒松内町民にも朱太川の天然アユを利用していただくことで、その価値を知ってもらえるような取り組みも必要となる。

##### <2020 年度の評価>

利き鮎会で 2016 年にグランプリを、2019 年に準グランプリを受賞したこと、さらには新聞などで活動やアユが紹介され、町内での認知度も高まってきた。2020 年は秋の味覚収穫祭が開催できなかつたため、評価は 2 とした。

#### (6) モニタリング調査

アユ資源の保全対策の効果を検証するために、また、朱太川のアユの資源レベルをより正確に把握するためにも、アユの資源レベル（遡上量）を毎年モニタリングすることが望まれる。この作業は専門的な技術が必要となるため、専門家に依頼する必要があるが、将来的には市民参加型の調査組織を編成し、各種のモニタリング調査を地元で行えば、地域の環境を守る上で有効な取り組みとなる。

##### <2020 年度の評価>

例年通り、モニタリング調査と保全策の検証作業が行われた。評価は 3 とした。

#### (7) プランの検証

アユ資源の保全対策の効果については、具体的数値目標として定めたアユ資源（遡上量）の動向をモニタリングすることで検証する必要がある。検証作業は、関心のある市民、漁協、行政（黒松内町）等で組織する「(仮称) 朱太川天然アユ資源保全対策検証委員会」で行うことが望ましい。検証の結果、成果が出ていないものについてはその原因の解明と方法の改善（場合によっては新たな立案）が必要となる。

##### <2020 年度の評価>

検証作業は行われた（本報告）。市民主体での検証作業は未着手。評価は 1 とした。

#### 5) 全体の評価

2016 年の利き鮎会グランプリ受賞を弾みにしてプランが継続的に進捗を見せていることは評価される。特に持続的に利用するための取り組みが進展していることは観光等への波及効果が期待される。

天然アユの生息数（≒天然遡上量）は連年の過去最高更新となり、2020 年は 148 万尾（7 月解禁時点）に達した。目標値である 60 万尾（2020 年見直し値）も大きく上回ったものの、生息数の年変動の大きさを際立たせた。今後はこのような大きな年変動を抑えることが課題となる。

天然アユの保全プランも着実に進行する中で、生息数が増えつつあることは、プランの妥当性の証左と言える。今後も必要に応じた見直しをしながら、より簡便で効果の上がるプランへと改善することが今後の課題となる。

表 5-1 朱太川における天然アユ資源保全プラン(ハード面での対策)

| 対象・課題  | 対 策              |                | 対象となる時期                                   | 対象となる地域 | 対象となる機関 | 実行時期         | 対策の困難性 | 重要度(効果) | 当年度の評価 | 対策の問題点・課題                 |   |
|--------|------------------|----------------|---|---------|---------|--------------|--------|---------|--------|---------------------------|---|
|        | 項目               | 方 法            |   |         |         |              |        |         |        |                           |   |
| 河川環境全般 | 水質の保全<br>(現状の維持) | 負荷源対策          | ① モニタリング<br>② 事業所からの汚水排出の監視               | 周年      | 流域全体    | 行政・住民・民間会社   | 中      | +       | △      | 3                         |   |
|        |                  | 自浄作用の強化        | アユと釣り人による水質浄化                             | 夏季      | 流域全体    | 住民           | 中      | ++      | ○      | 3                         | アユを増やすことが必要                                     |
|        |                  | 濁り対策           | ① 発生源の特定<br>② 発生源からの濁水防除策                 | 周年      | 熱那川、来馬川 | 行政・住民        | 中      | ++      | △      | 0                         | 発生源が不明な点が多い                                     |
|        | 土砂供給の適正管理        | 護岸・根固め撤去       | 河川のほぼ全域に張り巡らされた護岸の部分撤去(安全が確保される区域にのみ適用)   | 周年      | 中下流域    | 行政(河川管理者)    | 中      | ++      | ◎      | 0                         | ・効果のモニタリングが必要<br>・地権者の理解が得られるか<br>・他生物への影響はないか? |
|        | 河川形状の多様化促進       | 護岸・根固め撤去       | 同上の対策を取り、河川の自由度を増す。結果として淵など多様な河床型の形成が始まる。 | 周年      | 全域      | 行政(河川管理者)    | 中      | ++      | ◎      | 0                         | 同上  |
|        | 河川改修工事の改善        | 生態系に配慮した工法     | 近自然河川工法等の採用                               | 周年      | 全域      | 行政(河川管理者)・企業 | 早      | ++      | ◎      | 0                         | ・行政・土木業者の理解度向上<br>・工費の増大                        |
|        | 産卵場の環境改善         | 土砂供給の確保        | 河川のほぼ全域に張り巡らされた護岸の部分撤去(安全が確保される区域にのみ適用)   | 周年      | 全域      | 行政(河川管理者)    | 中      | ++      | ◎      | 0                         | 河川形状の多様化と合わせて行くと効果大                             |
| 産卵場造成  |                  | 重機などを用いた産卵場づくり | 秋季  | 下流部     | 漁協      | 早            | +      | ○       | 3      | 自然に土砂供給が確保できるなら、行わない方がベター |   |

実行時期 早:5年以内 中:5-10年 長期:10年以上 対策の困難性 +:比較的容易 ++:やや難しい +++:かなり難しい  
 評価 3:十分な成果 2:成果あり 1:対策に着手 0:未着手 -1:事態悪化

表 5-2 朱太川における天然アユ資源保全プラン(ソフト面の対策)

| 対象・課題                   | 対 策   |                              | 対象となる時期 | 対象となる地域   | 対象となる機関 | 実行時期 | 対策の困難性 | 重要度(効果) | 当年度の評価 | 問題点・課題                                 |
|-------------------------|---|------------------------------|---------|-----------|---------|------|--------|---------|--------|--|
|                         | 項目  | 方 法                          |         |           |         |      |        |         |        |  |
| 放流種苗による遺伝的攪乱、病気の持ち込みの防止 | 天然アユ資源へのマイナスの影響が想定される種苗放流の取り止め(ふ化仔魚放流の強化)とその理由の広報 |                              | 春季      | 全域        | 漁協・行政   | 早    | +      | ◎       | 3      | ・組合員と遊漁者の理解形成<br>・行政が後押しできるか？          |
| ふ化仔魚量の安定化               | 人工ふ化  | 採捕した親魚から卵を取り、ふ化させて放流         | 秋季      | 下流部       | 漁協      | 早    | +      | ○       | 0      | ・増殖義務としての位置づけ<br>・採捕のルール作り<br>・目標値の再検討 |
| 乱獲の防止                   | 河川域   | 現状維持(漁獲強度が強くなった場合は保護区の設定等)   | 夏季      | ほ ぼ 全 域   | 漁協・行政   | 早    | +      | △       | 3      | 組合員と遊漁者の理解形成                           |
|                         |   | 親魚採捕の際に産卵場に立ち込まないようなルール作り    | 秋季      | 下 流 の 産卵域 | 漁協      | 早    | ++     | ○       | 0      | 影響についての理解形成                            |
|                         |   | 増殖用の採卵目的以外の親魚採捕の自粛(特に造成産卵場内) | 秋季      | 下 流 の 産卵域 | 漁協      | 早    | -      | ◎       | 0      | モラルの問題                                 |
|                         | 海域  | 混獲の実態調査                      | 4-6月    | 海域        | 漁協・行政   | 早    | ++     | △       | 0      | 実態が分かっていない                             |

実行時期 早:5年以内 中:5-10年 長期:10年以上

対策の困難性 +:比較的容易 ++:やや難しい +++:かなり難しい

評価 3:十分な成果 2:成果あり 1:対策に着手 0:未着手 -1:事態悪化

表 5-3 朱太川における天然アユ資源保全プラン(天然アユ資源を持続的に利用するための対策)

| 対象・課題    | 対策・課題   |  | 対象となる地域 | 対象となる機関      | 実行時期 | 技術的困難性  | 重要度 | 当年度の評価 | 問題点・課題                       |
|----------|---|--|---------|--------------|------|---------|-----|--------|------------------------------|
|          | 項目  | 目的・方策                                    |         |              |      |         |     |        |                              |
| 地域づくり    | 環境保全活動  | アユや川を使った環境教育、河川利用のためのシンポジウム(道南アユサミット)etc | 全域      | 住民・行政・(漁協)   | 中～長  | +       | ◎   | 2      | 住民主体で継続的実行が可能な仕組みづくり         |
|          | 地域協働  | 天然アユのたくさん住む川のブランドイメージ化 etc による付加価値の創造    | 全域      | 漁協・行政・住民     | 中    | +       | ◎   | 3      | 地域が得をする仕組みづくり                |
| 組織づくり    | 保全プランを実行するための組織づくり(または既存組織のネットワーク化)   |  | 全域      | 住民・行政・漁協     | 早～中  | +       | ○   | 2      | 実効性のある組織づくりが重要。専門家が入ることが望ましい |
| 漁協の活用    | 意識改革  | 漁協が潜在的に持っている公益性の見直し・発掘(ソーシャルビジネス化)       |         | 漁協・(黒松内町)    | 中    | ++      | ○   | 2      | 組合内部の理解形成、行政の支援              |
|          | 人材育成  | 組合員確保 新規組合員の確保(魅力ある漁協づくり)                |         | 漁協           | 早～中  |         | ◎   | 2      |                              |
|          | 漁協経営  | 財源の安定確保 遊漁者の増大(開かれた漁場づくり)                |         | 漁協・(道)       | 早    | 26年度の評価 | ○   | 3      | 組合員の理解形成、アユ資源の安定確保、漁場管理体制の整備 |
| 情報発信     | ・黒松内町で取り組もうとしている先進的な天然アユの保全活動(生物多様性地域戦略)やそれを活かした地域づくりをホームページなどで公開する<br>・道南全体で「北限域のアユ」のPR(道南アユまつり) |  | 全国      | 住民・行政        | 早    | +       | ◎   | 3      | 道南全体での協力体制の構築                |
| 地域利用     | 町内でアユを利用  | 朱太川の天然アユの価値を町民に知ってもらおう(朱太川天然アユ試食会)       | 町内      | 住民           | 早    | +       | ◎   | 2      |                              |
| モニタリング調査 | 保全目標値モニタリング   | 専門家と調査会などによる現地調査                         | 全域      | 漁協・行政・市民・専門家 | 早～中  | ++      | ◎   | 3      | 住民参加型の体制の構築・専門家の確保           |
| プランの検証   | プラン達成度の評価およびプランの見直し   |  | 全域      |              | 早～中  | ++      | ◎   | 1      | 住民参加型の体制の構築                  |

実行時期 早:5年以内 中:5-10年 長期:10年以上 対策の困難性 +:比較的容易 ++:やや難しい +++:かなり難しい

評価 3:十分な成果 2:成果あり 1:対策に着手 0:未着手 -1:事態悪化

## 参考文献

- 阿部信一郎. 2011. アユ漁場環境評価手法の開発. pp. 34-43. 良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針, 水産庁.
- 石田力三. 1964. アユの産卵生態-IV, 産卵水域と産卵場の地形. 日本水産学会誌, 30(6): 478-485.
- 石井徹. 1993. 貫入度. pp.228. 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.
- 岡田雋・櫻井基博, 1939. 北海道に於ける鮎の分布とその生態二三. 陸水学会誌, 9: 136-142.
- 宮地伝三郎. 1960. アユの話. 岩波書店, 東京. 226 pp.
- 水野信彦. 1980. 中流域 (アユ漁場) での河川改修の問題点と改善策. 淡水魚, 6: 1-48.
- 水野信彦. 1993. 魚類の生態学的研究. pp. 103-214. 河川の生態学 (補訂版). 築地書館, 東京.
- 中村俊六. 1993. 河川の人工化に伴う生態環境. 玉井信行・水野信彦・中村俊六 (編), pp. 155-160. 河川生態環境工学. 東京大学出版会, 東京.
- 白石芳一・鈴木規夫. 1962. アユの産卵生態に関する研究. 淡水研報, 12(1): 83-107.
- 鈴木敬二. 1985. アユの分布に関する一考察. 淡水魚, 11-46-99.
- 田子泰彦. 2001. 神通川と庄川の中流域における最近の淵の消長. 水産増殖, 49(3): 397-404.
- 高橋剛一郎. 1985. 河道の改修が魚類の生息環境に与える影響. 淡水魚, 11: 46-51.
- 高橋勇夫. 2007. 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.
- 高橋勇夫. 2010. 産卵場造成の実際. 古川彰・高橋勇夫 (編), pp. 116-123. アユを育てる川仕事. 築地書館, 東京.
- 高橋勇夫. 2017. カワムシがアユ釣りをダメにする? 砂虫のプロフィール, 鮎釣り 2017. つり人社: 147-149.
- 高橋勇夫・東健作・平賀洋之. 2002. 四万十川におけるアユの産卵場と産卵期. 四万十・流域圏学会誌, 2(1): 17-20.
- 高橋勇夫・東健作. 2006. ここまでわかったアユの本. 築地書館, 東京, 265 pp.
- 高橋勇夫・東健作. 2016. 天然アユの本. 築地書館, 東京, 279 pp.
- 高橋勇夫・岸野底. 2017. 奈半利川におけるアユの生息数と減耗率の潜水目視法による推定. 応用生態工学. 19(2): 233-243.
- 高橋勇夫・藤田真二・東健作・岸野底. 2020. 産卵床の礫間から表流水への浮上が遅滞するアユ仔魚. 応用生態工学. 23(1): 47-57.
- 竹門康弘. 1995. 水域の棲み場所を考える. pp. 11-66. 棲み場所の生態学. 平凡社, 東京.

# 付属資料

付表 2-1 2020 年 7 月下旬におけるアユの生息密度と行動様式

2020/07/28-29

| 河川   | 地点        | 瀬                           |                             |             |             |             | 淵                           |                             |            |             |             |
|------|-----------|-----------------------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|-------------|-------------|
|      |           | 生息密度<br>(尾/m <sup>2</sup> ) | 補正密度<br>(尾/m <sup>2</sup> ) | 行動様式の組成(%)  |             |             | 生息密度<br>(尾/m <sup>2</sup> ) | 補正密度<br>(尾/m <sup>2</sup> ) | 行動様式の組成(%) |             |             |
|      |           |                             |                             | ナワバリ        | 単独          | 群れ          |                             |                             | ナワバリ       | 単独          | 群れ          |
| 朱太川  | 1. 湯の浜大橋  | 1.85                        | 1.85                        | 0           | 0           | 100         | 0.26                        | 0.52                        | 0          | 0           | 100         |
|      | 2. 実橋上流   | 3.40                        | 3.40                        | 0           | 0           | 100         | 1.11                        | 1.59                        | 0          | 0           | 100         |
|      | 3. 南作開    | 4.08                        | 4.08                        | 0           | 2           | 98          | 2.13                        | 4.26                        | 0          | 0           | 100         |
|      | 4. 陸橋     | 3.08                        | 3.08                        | 2           | 8           | 90          | 1.83                        | 2.61                        | 5          | 5           | 90          |
|      | 5. 黒松内    | 4.29                        | 4.29                        | 5           | 25          | 70          | 5.11                        | 5.11                        | 5          | 5           | 90          |
|      | 6. 賀老橋    | 1.69                        | 1.69                        | 10          | 70          | 20          | 2.56                        | 2.56                        | 10         | 60          | 30          |
|      | 7. 中里     | 0.36                        | 0.36                        | 20          | 80          | 0           | 0.80                        | 0.80                        | 15         | 85          | 0           |
|      | 8. 豊幌     | 1.61                        | 1.61                        | 20          | 80          | 0           | 2.89                        | 2.89                        | 10         | 60          | 30          |
|      | 9. 東栄橋下流  | 2.19                        | 2.19                        | 15          | 85          | 0           | 4.39                        | 4.39                        | 20         | 60          | 20          |
|      | 10. 観音橋   | 2.88                        | 2.88                        | 5           | 25          | 70          | 4.03                        | 4.03                        | 3          | 2           | 95          |
|      | 11. 小川橋   | 0.71                        | 0.71                        | 30          | 70          | 0           | 1.22                        | 1.22                        | 5          | 25          | 70          |
|      | <b>平均</b> | <b>2.38</b>                 | <b>2.38</b>                 | <b>9.7</b>  | <b>40.5</b> | <b>49.8</b> | <b>2.39</b>                 | <b>2.73</b>                 | <b>6.6</b> | <b>27.5</b> | <b>65.9</b> |
| 黒松内川 | K1. 黒松内橋  | 2.33                        | 2.33                        | 10          | 10          | 80          | 4.47                        | 4.47                        | 2          | 8           | 90          |
|      | K2. 旭野橋   | 1.18                        | 1.18                        | 10          | 60          | 30          | 1.66                        | 1.66                        | 10         | 60          | 30          |
|      | K3. 栄橋    | 1.12                        | 1.12                        | 10          | 70          | 20          | 0.87                        | 0.87                        | 10         | 90          | 0           |
|      | <b>平均</b> | <b>1.54</b>                 | <b>1.54</b>                 | <b>10.0</b> | <b>46.7</b> | <b>43.3</b> | <b>2.33</b>                 | <b>2.33</b>                 | <b>7.3</b> | <b>52.7</b> | <b>40.0</b> |
| 来馬川  | R1. 来馬川   | 1.12                        | 1.60                        | 0           | 100         | 0           | 0.96                        | 1.37                        | 0          | 10          | 90          |
|      | <b>平均</b> | <b>2.13</b>                 | <b>2.16</b>                 | <b>9.1</b>  | <b>45.7</b> | <b>45.2</b> | <b>2.29</b>                 | <b>2.56</b>                 | <b>6.3</b> | <b>31.3</b> | <b>62.3</b> |

※生息密度の補正係数は報告書本文参照

付表 3-1 アユ卵の埋没深の測定結果(2020年9/26-27)

| 地点<br>(瀬の番号) | 卵の埋没深(cm) |    |    |     |
|--------------|-----------|----|----|-----|
|              | 平均        | 最大 | 最小 | SD  |
| ①            | 4.8       | 6  | 4  | 1.0 |
| ②            | 5.5       | 8  | 3  | 1.9 |
| ③            | 7.0       | 11 | 4  | 2.4 |
| ④            | 9.7       | 15 | 7  | 2.3 |
| ⑤            | 6.5       | 9  | 5  | 1.7 |
| ⑨            | 5.2       | 7  | 4  | 1.2 |
| ⑫            | 7.2       | 9  | 6  | 1.1 |
| ⑮            | 4.5       | 5  | 4  | 0.6 |
| ⑳            | 6.8       | 7  | 6  | 0.5 |
| ㉑            | 6.0       | 7  | 5  | 1.4 |

付表 4-1 造成産卵場での河床貫入度の測定結果(2020年8月21日)

| 地点 |     | 河床貫入度(cm) |    |    |     |
|----|-----|-----------|----|----|-----|
|    |     | 平均        | 最大 | 最小 | SD  |
| A  | 造成前 | 7.9       | 12 | 5  | 2.1 |
|    | 造成後 | 16.2      | 20 | 12 | 2.3 |