

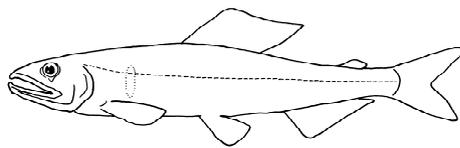
平成23年度

朱太川水系アユ生息状況調査・
保全計画作成業務委託

報告書

平成23年12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 367.1km² 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全くなく、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、その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、自然に優しい環境づくりをまちづくりの基本方向としており、「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、現在は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策定中であり、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。

平成 23 年 12 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

第1章 漁場診断	1
1. 調査方法	1
2. 結果と考察	2
1) 河川工作物	2
2) 水質	4
3) 河床材料	4
4) 河口および河口周辺海域ア	5
5) アユの生息場および漁場としての適性の検討	5
第2章 アユの生息状態	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) アユの分布傾向	8
3) サイズと体型	9
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	12
第3章 アユの産卵	15
1. 調査方法	15
2. 結果と考察	15
1) 産卵場の位置	15
2) 産卵場の形状と規模	17
3) 卵の埋没深	19
4) アユの産卵場として見た河床の適性	21
5) アユの産卵場を保全する上での課題	22
第4章 アユ資源の減少原因の検討 Ver.2011	23
1. 河川環境の悪化	23
2. アユ仔魚の生息に厳しい海域環境	23
3. 種苗放流による遺伝的攪乱	24
4. 他河川からの供給量の減少	25
5. 乱獲および混獲	26
第5章 アユ資源を保全するための対策の検討	27
1. アユ資源保全に向けての基本方針	27
2. 持続的利用を可能にするための目標値の設定	27
3. 保全対策の検討	30
1) ハード面の対策	30
2) ソフト面の対策	33
3) 天然アユ資源を持続的に利用するための対策	35

参考文献

付属資料

第1章

生息場診断

本調査は、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た。

1. 調査方法

1) 調査時期

- ・ 2011年7月12-14日
- ・ 2011年8月17-19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熱郭川、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。



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、潜水観察により河床の状態（砂泥の量、付着物等）を観察した。また、アユの分布や生息に影響を及ぼしている可能性が高い河川工作物等（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はほとんどなく、踏査した範囲（図 1-1）では、黒松内町黒松内の東橋下流の取水施設（融雪用）と、黒松内町東栄の東栄橋下流の帯工（図 1-2）があるに過ぎなかった。ともに落差はほとんどなく、アユだけでなく、遊泳力の弱い底生魚（カジカ等）の遡上もまったく阻害していないと判断された。

支川の上流部には砂防施設が建設されていて、踏査した範囲でも、黒松内川の上流部にスリット式の砂防堰堤を 1 基確認した（図 1-3）。

横断構造物による影響 上記の通り、朱太川本川の横断構造物は、落差が小さくアユの移動を妨げるものではない。支流に建設されている砂防堰堤はアユや底生魚の遡上は困難であるが、上流部に建設されているため、アユに関しては事実上遡上阻害は起きていないと判断された。

北海道を除くわが国の河川では、このように横断構造物が少ない事例はほとんどなく、全国的に見るときわめて希少な状態にあると言える。



図 1-2 東栄橋下流の帯工



図 1-3 黒松内川上流の砂防ダム

(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かったが（図 1-4 左上）周辺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が施工されているようである（図 1-4）。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、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（その根固めを含む）によって河道がほぼ固定されており、その結果、水衝部においても洗堀が起きず（図 1-5）、水生生物の重要な生息場所である淵が発達しにくく、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（産卵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（図 1-6）が見られた。

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、土砂供給も減少はアユの産卵基質の減少や砂州の縮小＝産卵環境劣化につながる。



図 1-4 朱太川に建設されている護岸



図 1-5 護岸とその根固めのために水衝部でありながら明瞭な淵ができていない事例
(熱郭川合流点付近の朱太川)



図 1-6 河床が過剰に安定しているために蘚苔類(コケ類)が繁茂した事例(賀老橋上流)

2) 水質

朱太川の水質は、大腸菌群数が高いものの(2011年平均値で約2000MPN/100mL)、BODは平均値で1.0mg/Lと比較的良好で(黒松内町HP掲載の水質測定結果)、アユが生息する上での問題はないと判断された。ただし、2004年にはBODの平均値が0.5mg/Lであり、2011年はそれと比べると値が高くなっており、この傾向が続くとすれば、注意を要する。また、過去には来馬川上流の養豚施設から排出された高濃度の汚水による魚の死亡事故が起きており、このような施設排水への注意も必要となっている。

河川水の濁りの指標となるSS(懸濁物質)は、2011年平均値で1.7mg/Lと低いものの、測定地点によるばらつきが大きい。たとえば、2011年8月の測定値は0.5-19mg/Lで、地点によっては「濁っている」状態にある。筆者が潜水調査を行った際にも来馬川や熱郭川は潜水目視が困難なほど濁っており、清流を維持するためには懸濁物質の負荷源にも注意を要すると判断された。

3) 河床材料(川底の状態)

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いことが目についた。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。

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ダム的に存在する場所でナワバリを作る傾向があることなども考慮すると、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。

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となっており（図 1-7）、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



図 1-7 朱太川の河口周辺海域

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知れない。

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）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によって、河床の平坦化（瀬と淵の不明瞭化）が進みアユが生息するうえでの障害になっている、あるいは河床材料の均一化が進んでいるといった、いくつかの問題を抱えているものの、現状でも天然遡上が比較的多いなど、河川環境は深刻な状態にはまだない。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ほとんどなく、アユのような回遊魚が源流付近まで遡上可能という環境は、日本の他の河川ではすでに失われた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がか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。

今後の課題として、海域生活期の生息状態に関する情報収集をあげておく。

第2章

1. 調査方法

1) 調査時期

- ・2011年7月13-14日
- ・2011年8月17-18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熱郭川、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。



図2-1 潜水観察地点(図中の 印)

3) 調査方法

瀬において、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で除して生息密度を求めた。さらに全長組成（目視により 5cm ピッチに区分）とアユの行動様式（ナワバリ、単独、群れに分類）を観察した。

2. 結果と考察

1) 調査時の水温と有効視界

潜水調査時の水温と有効視界を表 2-1 に示した。

7月 水温は 16-19 で平均は 17.1 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 2.0-4.0m で、平均は 3.0m であった。熱郭川や来馬川、熱郭川合流後の朱太川本川下流部で有効視界は悪い傾向にあった。有効視界が悪い場合、アユの発見率（確認個体数 / 実生息数）はかなり落ちるため、観察個体数は誤差が大きいと考えられたが、補正は行っていない。

8月 水温は 16-20 で平均は 17.4 と7月と差はなかった。有効視界は 1.5-4.0m で、平均は 3.1m であった。

表 2-1 調査時の水温と有効視界

河川	地点	7/13-14		8/17-18		平均	
		水温 ()	有効視界* (m)	水温 ()	有効視界* (m)	水温 ()	有効視界* (m)
朱太川	1. 河口	16.4	2.0	20.3	1.5	18.4	1.8
	2. 実橋上流	16.4	2.5	19.9	2.5	18.2	2.5
	3. 南作開	18.7	2.0	17.6	3.5	18.2	2.8
	4. 睦橋	18.6	2.5	17.6	3.5	18.1	3.0
	5. 緑橋	16.3	2.5	19.9	3.5	18.1	3.0
	6. 賀老橋	18.5	3.0	17.7	3.0	18.1	3.0
	7. 貝殻橋	18.6	3.0	17.5	3.0	18.1	3.0
	8. 東栄橋下流	17.9	3.0	16.6	3.5	17.3	3.3
	9. 観音橋	16.9	3.5	18.5	3.5	17.7	3.5
	10. 小川橋	17.2	4.0	16.7	4.0	17.0	4.0
	平均	17.6	2.8	18.2	3.2	17.9	3.0
熱郭川	N1. 熱郭橋	17.7	2.5	16.4	2.2	17.1	2.4
	N2. 岡本橋	16.4	2.0	15.8	2.0	16.1	2.0
	平均	17.1	2.3	16.1	2.1	16.6	2.2
黒松内川	K1. 旭野橋	17.5	4.0	18.0	4.0	17.8	4.0
	K2. 栄橋	15.9	4.0	17.8	4.0	16.9	4.0
	平均	16.7	4.0	17.9	4.0	17.3	4.0
来馬川	R1. 来馬川	16.6	2.0	17.6	2.0	17.1	2.0
平均	17.1	3.0	17.4	3.1	17.3	3.1	

*有効視界：潜水して魚種が判別できる距離

2) アユの分布傾向

アユの生息密度の計算結果を付表 2-1 に示した。また生息密度からアユの分布傾向を概観した(図 2-2)。

7月 アユは河口と来馬川を除くほぼ全域で確認でき、その密度は、0.03-0.64 尾/m²(単純平均は瀬で 0.11 尾/m²、淵で 0.18 尾/m²)であった。分布傾向を概観すると、朱太川本川は黒松内付近にピークがあるものの、下流の実橋から上流の観音橋まで大差のない密度で生息していた。このことは、本川にアユの遡上を阻害するものがないという物理条件を反映したものと見える。本川では瀬よりも淵で密度が高い傾向にあった。

支川の熱郭川や黒松内川は本川よりもやや少なめではあるものの、分布が確認された。

8月 アユは河口を除くほぼ全域で確認でき、その密度は、0.03-0.55 尾/m²(単純平均は瀬で 0.14 尾/m²、淵で 0.15 尾/m²)であった。本川の分布傾向はほとんど変わらなかったが、7月と比べると、瀬と淵の差が小さくなった。

支川の熱郭川や黒松内川は7月よりも高い生息密度でアユが分布していた。

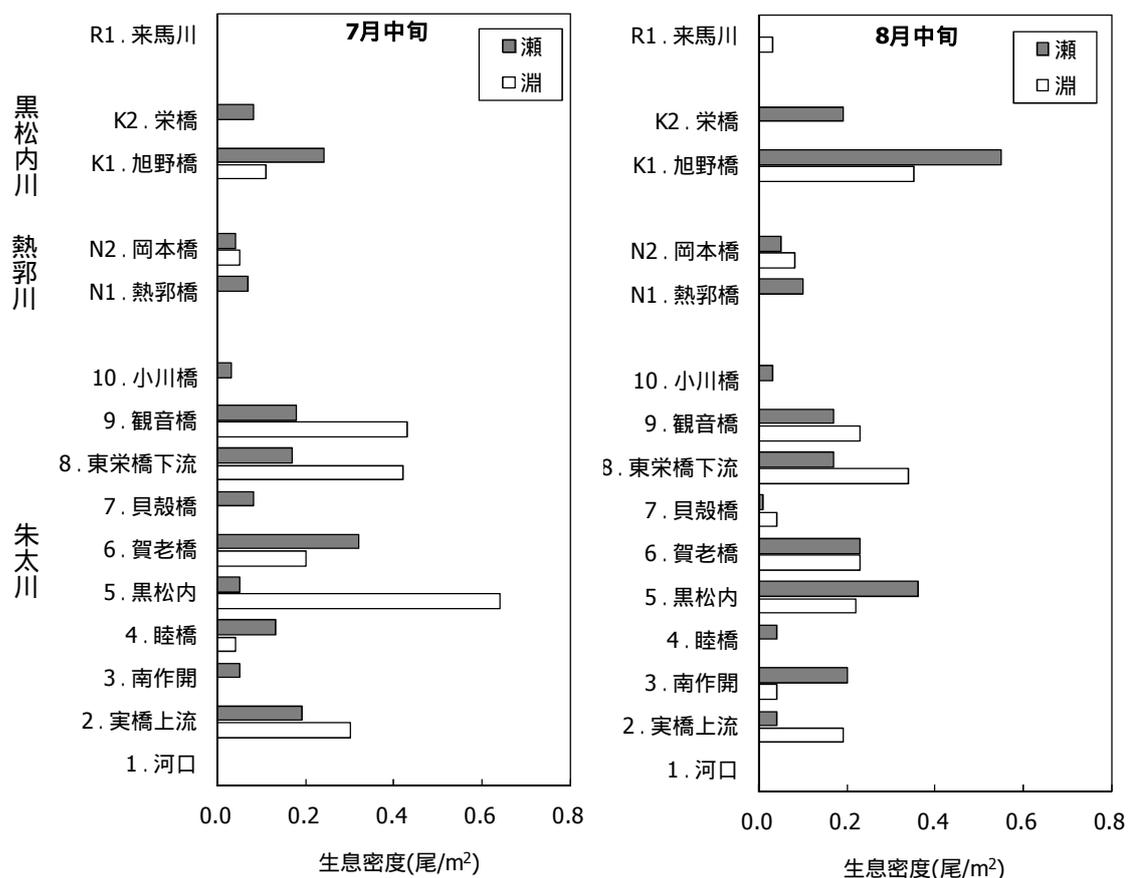


図 2-2 2011 年夏季におけるアユの生息密度

3) サイズと体型

観察したアユの全長組成（個体数比率）を図 2-3 に示した。

7月 朱太川本川の中心サイズは下流側では全長 10-15cm、上流側では 15-20cm にあった。また、賀老橋や東栄橋下流では 20cm を超える個体（最大は 23cm 程度）が確認された。遡上開始時期が 5 月、種苗放流時期が 6 月であることを考えると、朱太川におけるアユの成長は著しく良好と言える。

8月 中心サイズは全域で 15-20cm に移行し、中には 20cm を超える個体が主体となっている地点もあった。7 月調査時からの 1 ヶ月間で平均的に 5-10cm 成長しており、成長スピードは著しく速い。

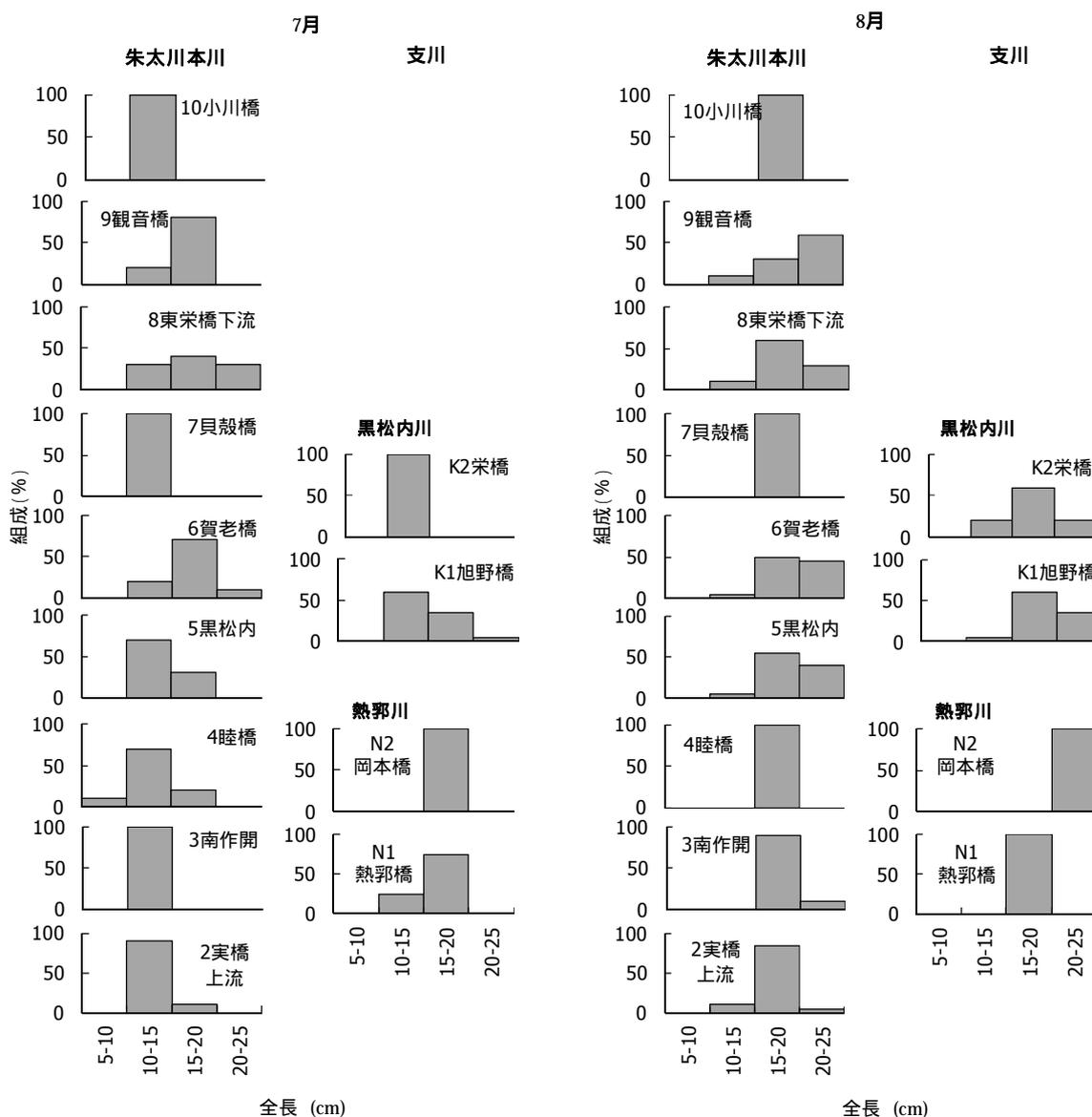


図 2-3 潜水目視によるアユの全長組成

8月の調査では、中上流部で体型の明瞭に異なる2つのタイプのアユが観察された(図2-4)。1つは体高が高いタイプで、個体数が多かった。もう一方はスレンダーなタイプであった。採集したサンプルの鱗(背鰭付近の側線上方鱗数)を観察すると、体高が高いタイプは鱗が細かく、スレンダーなタイプは鱗が粗かった(枚数が少ない)。人工アユは天然アユに比べて鱗の枚数が少ないことが知られており(戸井田, 2002)、スレンダーなタイプは放流された人工アユである可能性が高い。



図 2-4 体型の異なる2タイプのアユ(左;体高が高いタイプ、右;体高が低いタイプ)

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2-5に示した。

7月 ナワバリ個体はおよそ半数の地点で観察され、その割合は10-30%であった。ナワバリ個体が観察された地点は概ね生息密度が高い地点(図2-2)であり、逆に言えば、ナワバリ個体が観察されなかった地点は、ナワバリを維持する必要性がない(餌を巡る競合がない)ほど、密度が低いということが言える。

群れは東栄橋下流と賀老橋の淵で観察された。アユの群れの割合は、個体数が多いほど高くなる傾向があるため(川那部, 1957)、朱太川における群れアユの比率の低さは、主に生息密度が低いことに起因していると考えられる。ただし、東栄橋下流で観察された群れは放流された人工アユである可能性が高く(体型や泳ぎ方が他の地点のアユとやや異なる)、種苗性(人工アユは一般的に群れを作りやすい)に起因している可能性も否定できない。8月 7月同様、ナワバリ個体はおよそ半数の地点でしか観察されなかった。また、ナワバリ個体が観察された地点は概ね生息密度が高い地点(図2-2)であることも7月と同様であった。

5) 異常魚(冷水病など)の発生状況

外見上、異常のある個体はまったく観察されなかった。関東以西の河川では冷水病が蔓延しており、アユの斃死や活性低下により不漁となっている河川が多い。朱太川には今のところ冷水病菌は入っていないと考えられ、アユ資源の保全上、有利な条件となっている。今後とも種苗放流等の際の防疫に注意する必要がある。

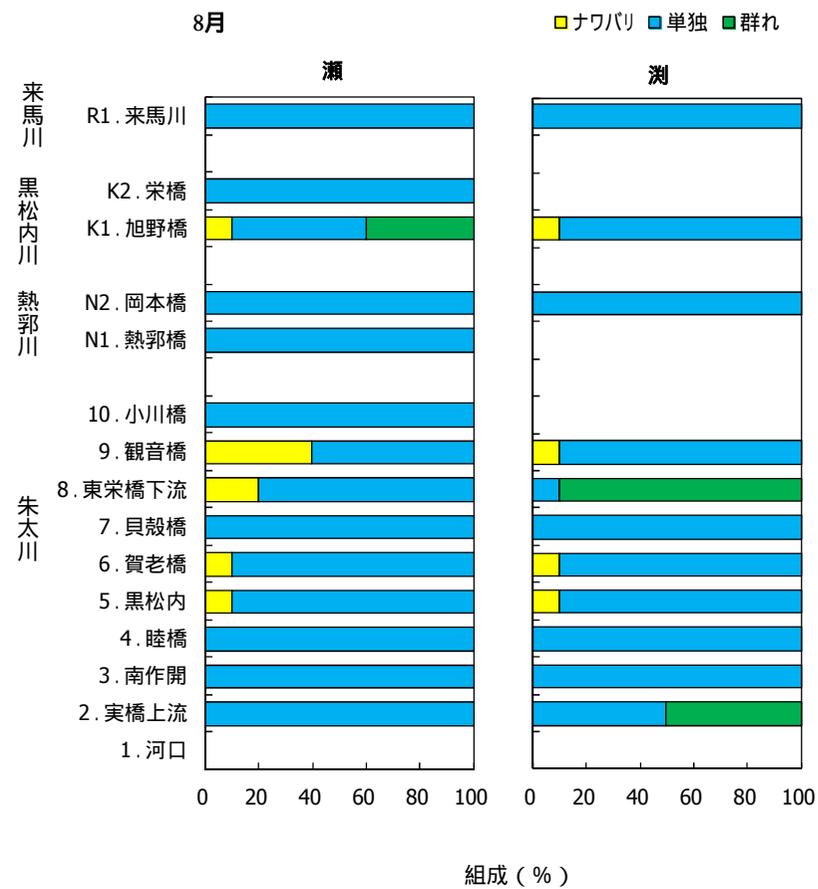
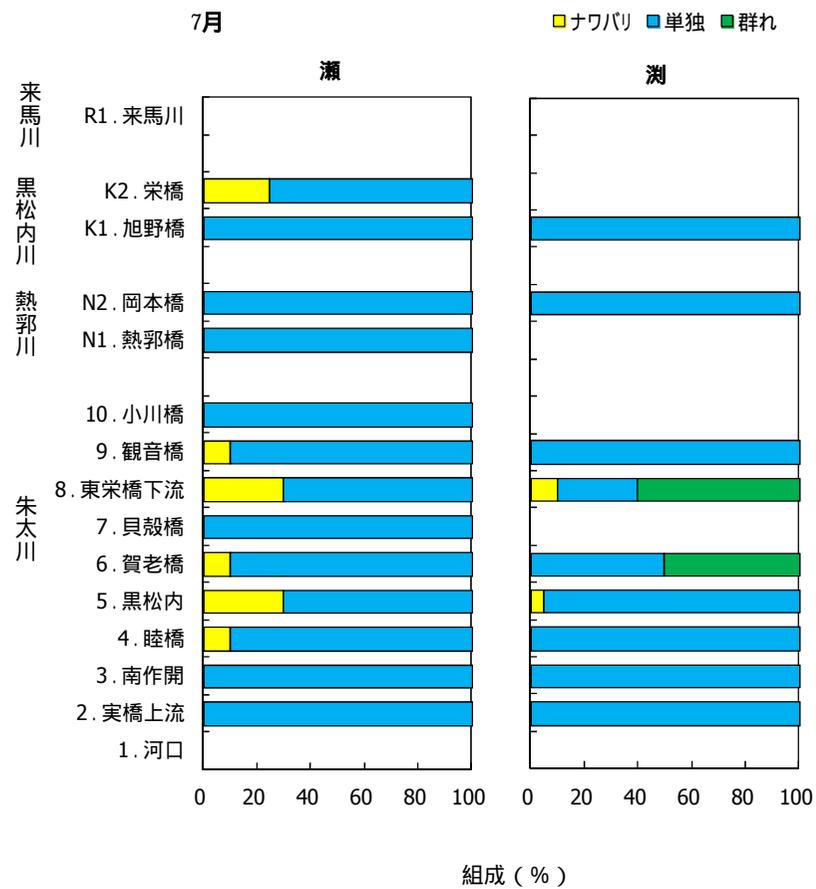


図 2-5 2011 年夏季におけるアユの行動様式

6) 生息量の推定

ここでは、上記の生息密度と簡易測量した朱太川の水面面積*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

アユの生息域の概算面積を表 2-2 に示した。支川の熱郭川と黒松内川を合わせた合計面積は約 57 万 m²であった。なお、表 2-2 に示した区間以外（たとえば来馬川）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の概算

河川	区間	水面幅(m)		流程 (m)	瀬と淵の比率 (瀬:淵)	アユ生息域の面積(m ²)		
		瀬	淵			瀬	淵	合計
本川	湯の浜大橋～丸山橋	15	20	3,350	1 : 9	5,025	60,300	65,325
	丸山橋～黒松内川合流	15	20	7,650	3 : 7	34,425	107,100	141,525
	黒松内川合流～幌内川合流	15	15	8,800	4 : 6	52,800	79,200	132,000
	幌内川合流～来馬川合流	12	10	7,600	4 : 6	36,480	45,600	82,080
	来馬川合流～小川合流	6	10	4,200	5 : 5	12,600	21,000	33,600
	小計			31,600		141,330	313,200	454,530
熱郭川	本川合流点～チョボシナイ川合流	8	8	1,700	5 : 5	6,800	6,800	13,600
	チョボシナイ川合流～白井川合流	6	7	9,050	5 : 5	27,150	31,675	58,825
	小計			10,750		33,950	38,475	72,425
黒松内川	本川合流点～賀老川合流	8	10	1,750	5 : 5	7,000	8,750	15,750
	賀老川合流～万の助沢下流砂防堰堤	5	7	4,800	6 : 4	14,400	13,440	27,840
	小計			6,550		21,400	22,190	43,590
合計			48,900		196,680	373,865	570,545	

河川幅: レーザー測距器による平均幅の簡易測量
 流程: 1/50000地形図からプランメータで読み取り

(2) アユ生息量の推定

先に求めたアユの生息域の面積に今回の調査で実測した生息密度を乗じて、各調査時の生息量を算定し、表 2-3(1)・2-3(2)に示した。

2011 年 7 月中旬におけるアユの生息量（放流を含む）は、朱太川本川が 9.5 万尾、熱郭川が 3,600 尾、黒松内川が 4,900 尾、合計 10.4 万尾であった。生息量と生息面積から平均密度を算定すると、0.18 尾/m²となる。

8 月中旬では、朱太川本川が 7.1 万尾、熱郭川が 5,300 尾、黒松内川が 12,000 尾、合計 8.9 万尾であった。平均密度は 0.16 尾/m²となる。

7 月中旬から 8 月中旬にかけての 1 ヶ月間の減耗率は 15% で、減少数は約 1.5 万尾とな

* アユの生息区間（遡上上限は本調査と漁協への聞き取りから判断した）を踏査し、河川形態を観察するとともに、水面幅をレーザー測距機を用いて簡易測量した。漁場面積は平均河川幅に流程（1/50000 地形図からプランメータで測定）を乗じて計算した。

る。1日当たりの減少数はおよそ500尾で、1日平均20人の釣り人が漁獲したと仮定すると、CPUE（単位努力量あたりの漁獲量）は25尾/人/日となる。実際には減少数には自然死（被食など）も含まれるので、15-20尾/人/日程度ではないだろうか。

表 2-3(1) 朱太川におけるアユの推定生息数(2011年7月中旬)

河川	区間	アユ生息域の面積(m ²)			生息密度(尾/m ²)		推定生息数(尾)
		瀬	淵	合計	瀬	淵	
本川	湯の浜大橋～丸山橋	5,025	60,300	65,325	0.19	0.30	19,045
	丸山橋～黒松内川合流	34,425	107,100	141,525	0.08	0.22	26,316
	黒松内川合流～幌内川合流	52,800	79,200	132,000	0.20	0.10	18,480
	幌内川合流～来馬川合流	36,480	45,600	82,080	0.17	0.42	25,354
	来馬川合流～小川合流	12,600	21,000	33,600	0.11	0.23	6,216
	小計	141,330	313,200	454,530			95,410
熱郭川	本川合流点～チョボシナイ川合流	6,800	6,800	13,600	0.07	0.07	952
	チョボシナイ川合流～白井川合流	27,150	31,675	58,825	0.04	0.05	2,670
	小計	33,950	38,475	72,425			3,622
黒松内川	本川合流点～賀老川合流	7,000	8,750	15,750	0.24	0.11	2,643
	賀老川合流～万の助沢下流砂防堰堤	14,400	13,440	27,840	0.08	0.08	2,227
	小計	21,400	22,190	43,590			4,870
合計		196,680	373,865	570,545			103,902

生息密度は各区間の該当調査地点の平均値(淵が無い調査地点は瀬の値を代用した)

表 2-3(2) 朱太川におけるアユの推定生息数(2011年8月中旬)

河川	区間	アユ生息域の面積(m ²)			生息密度(尾/m ²)		推定生息数(尾)
		瀬	淵	合計	瀬	淵	
本川	湯の浜大橋～丸山橋	5,025	60,300	65,325	0.04	0.19	11,658
	丸山橋～黒松内川合流	34,425	107,100	141,525	0.20	0.09	16,524
	黒松内川合流～幌内川合流	52,800	79,200	132,000	0.12	0.14	17,424
	幌内川合流～来馬川合流	36,480	45,600	82,080	0.17	0.34	21,706
	来馬川合流～小川合流	12,600	21,000	33,600	0.10	0.13	3,990
	小計	141,330	313,200	454,530			71,302
熱郭川	本川合流点～チョボシナイ川合流	6,800	6,800	13,600	0.10	0.10	1,360
	チョボシナイ川合流～白井川合流	27,150	31,675	58,825	0.05	0.08	3,892
	小計	33,950	38,475	72,425			5,252
黒松内川	本川合流点～賀老川合流	7,000	8,750	15,750	0.55	0.35	6,913
	賀老川合流～万の助沢下流砂防堰堤	14,400	13,440	27,840	0.19	0.19	5,290
	小計	21,400	22,190	43,590			12,202
合計		196,680	373,865	570,545			88,755

生息密度は各区間の該当調査地点の平均値(淵が無い調査地点は瀬の値を代用した)

(3) 種苗放流量

2011年におけるアユ種苗の放流は6月11日に行われ、宮城県産の海産系種苗300kgが朱太川の13箇所放流された。

種苗の体重は12.8-19.1gで、平均体重は15.4gであった。平均体重から放流尾数を計算すると、19,480尾となる。

(4) 天然遡上量の推定

放流した種苗の解禁までの生残率は60%程度とされている(岐阜水試, 1992)。今回の調査では、生息数の推定を行ったのが解禁後であるため漁獲による減耗が加わっているが、放流魚の7月中旬まで(約1ヶ月)の生残率を60%とし、7月中旬における生息量(10.4万尾)から放流分を差し引くことにより求めた天然遡上量は下記のように、9.2万尾となった。

なお、天然アユが海から遡上して後、調査時(7月中旬)までの間の平均生残率を放流魚と同程度の60%とすれば、海から遡上したアユの数は、約15万尾と推定される。

7月中旬時点での天然アユの生息量

$$10.4 \text{ 万尾} - (19,480 \text{ 尾} \times 0.6) = 9.2 \text{ 万尾}$$

天然アユの遡上量

$$9.2 \text{ 万尾} / 0.6 = 15.3 \text{ 万尾}$$

第3章

1. 調査方法

1) 調査時期

2011年9月26-27日

2) 調査区域

調査は朱太川の河口に近い湯の浜大橋(河口から約2km)から黒松内町中ノ川の睦橋(河口から約9.5km)の間にあるすべての瀬を対象とした。

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。欄が確認された地点では、産着卵の分布範囲を支柱でマーキングし、形状をスケッチした。

卵の埋没深の測定 アユ卵は河床の礫中に生み付けられ、産卵に適した浮き石底では埋没深が深くなる(高橋, 2010a)。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

調査対象区間にある瀬の位置と確認された産卵場の位置を図3-2に示した。

対象区間には27箇所の瀬が存在し、そのうち河口から2.4-9kmの間にある9箇所の瀬がアユの産卵場となっていた。産卵場は対象区域の中でも下流側に集中する傾向はあったものの、対象区域の上限に近い睦橋下流の中ノ川合流点まで分布していた。なお、睦橋で9月26日に流下仔魚の採集を行ったところ、少数ながらアユ仔魚が採集された。したがって、睦橋の上流にもごく小規模ではあるが産卵場は存在することになる。

2009-2010年*には計4回の調査で、河口から3-8.3kmの間に延べ6箇所の産卵場が確認

* 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>

されている（図 3-2）。今回は新たに 8 箇所が確認され、合計すると 2009 年以降 14 箇所であユの産卵が確認されたことになる。

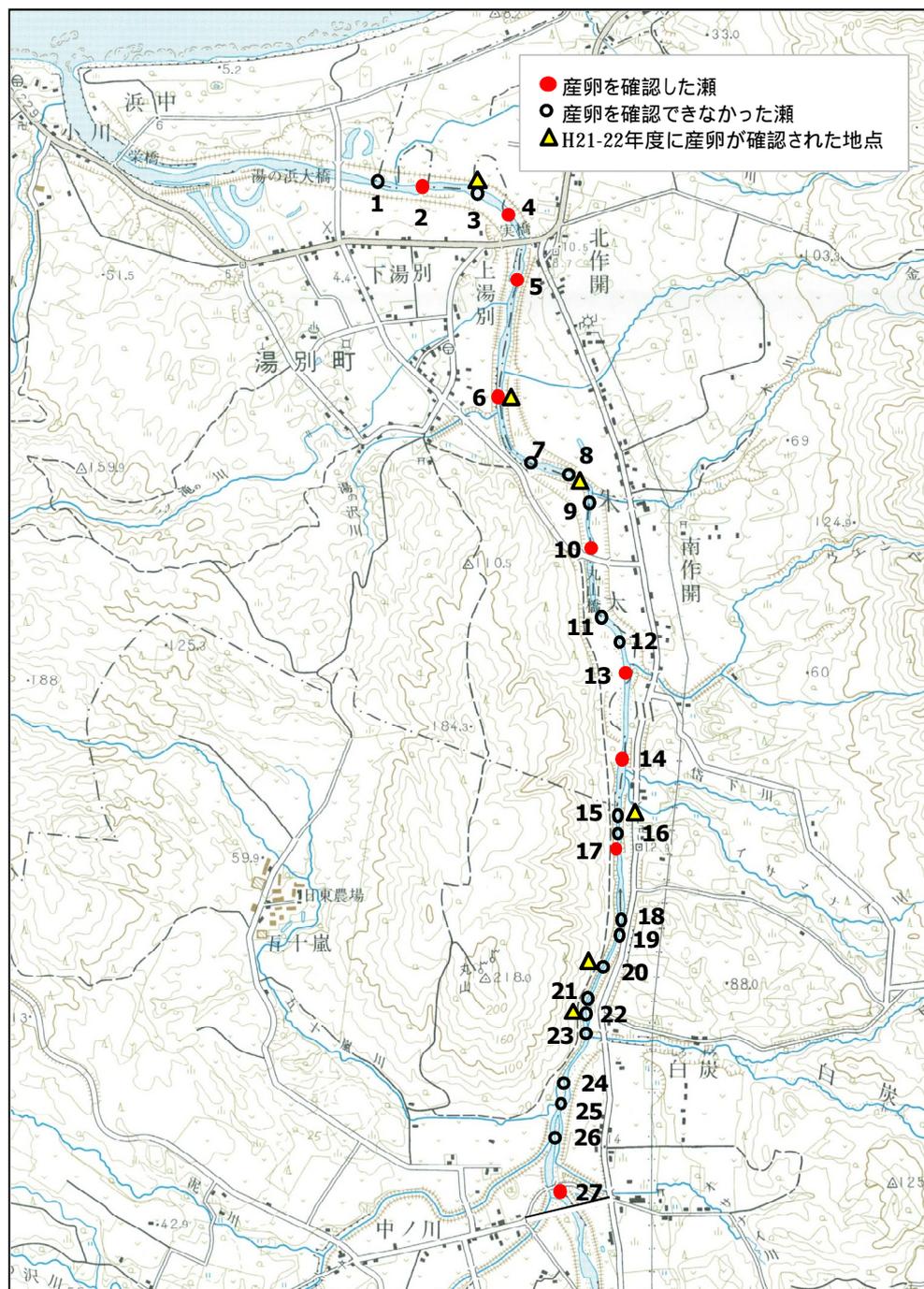


図 3-2 朱太川下流部における瀬と産卵場の位置

2) 産卵場の形状と規模

確認された9箇所の産卵場の形状を図3-3に示した。また、産卵場の面積や瀬の特徴を表3-1に整理した。

産卵場の大きさは10~2,300m²と大きな差があった(表3-1)。対象区の中ほどに位置する(北作開地先)から(南作開)にかけての3つ瀬(瀬の番号、 、)における産卵面積が大きく、全体(6,600m²)のおよそ3/4をこの産卵場で占めた。

(湯の浜大橋上流)の産卵場を除くと、いずれの産卵場も中州や砂州(沈み洲を含む)の周辺の流れが変化する場所に形成されていた。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く(石田, 1964) 見方を変えれば、地形的には川底の変化が激しく不安定な場所と言える(白石・鈴木, 1962)。朱太川の産卵場も基本的にはこのような条件を満たした場所に形成されているが、唯一、(湯の浜大橋上流)の産卵場はそれからはずれていた。

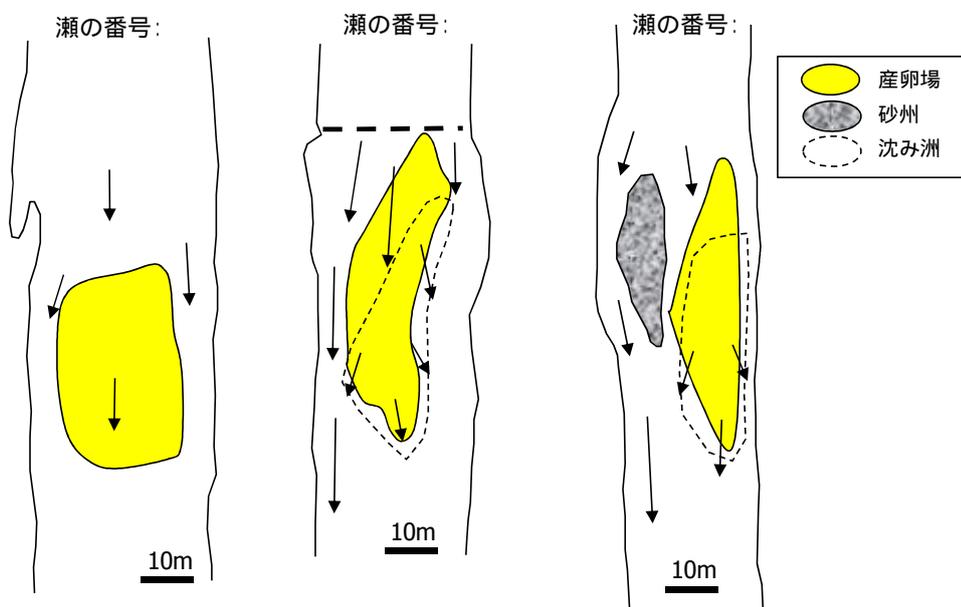
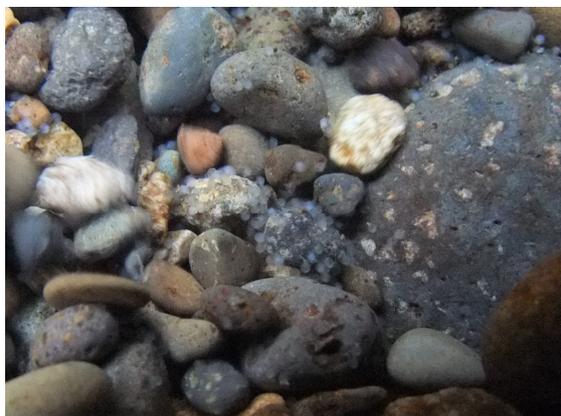


図3-3 アユ産卵場の形状(その1)

小石に付着したアユ卵
(直径は約1mm)



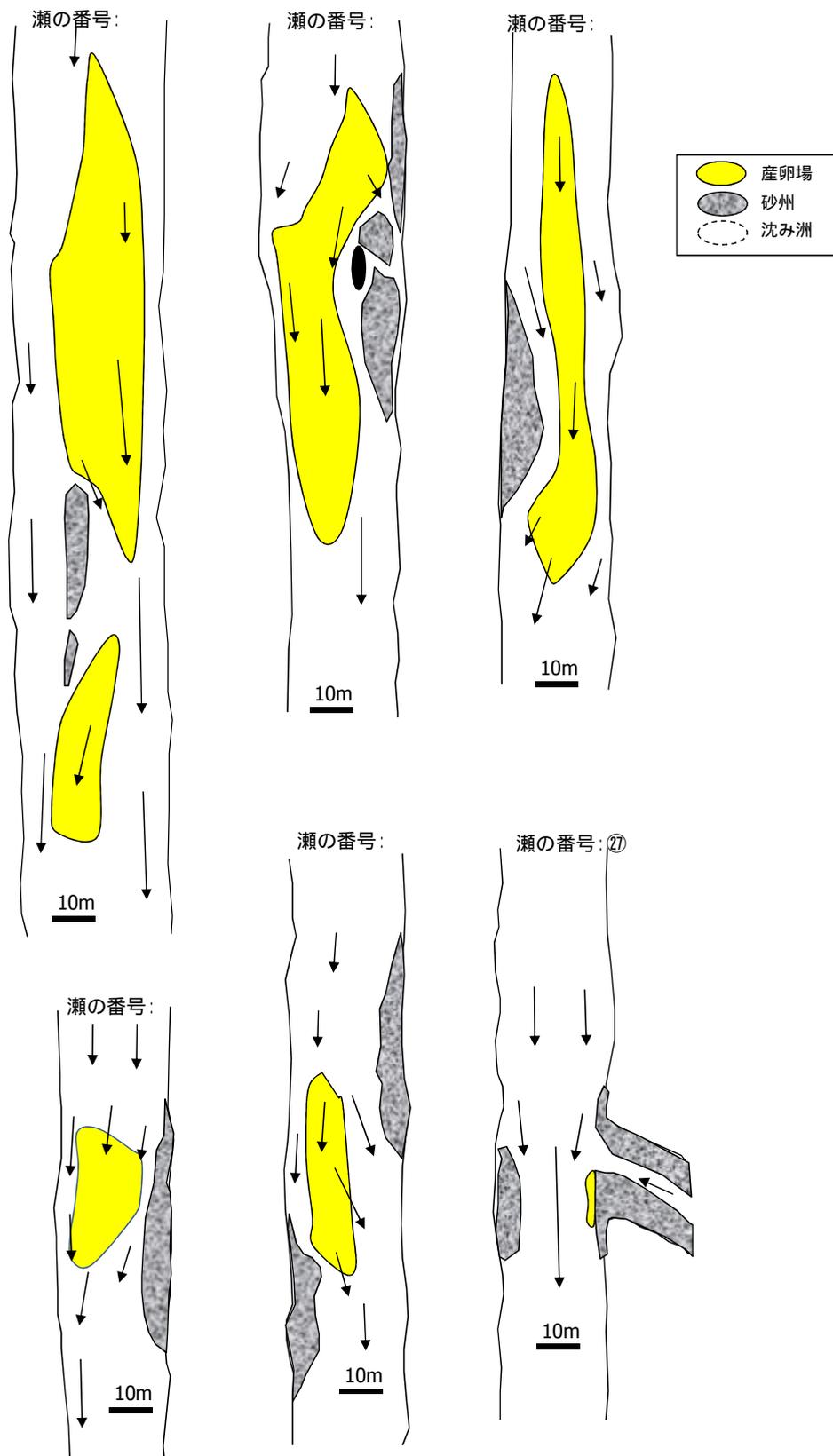


図 3-3 アユ産卵場の形状(その 2)

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 ²)	瀬の地形上の特徴等	サケの 産卵床	調査時の 水温()
1	×		単調な平瀬。砂が多い	×	
2		750	単調な平瀬。砂が多い	×	15.6
3	×		水深のある平瀬。		
4		480	沈み洲(水位低下時には干出)によって、流れ変化	×	15.8
5		315	中州、沈み洲あり	×	15.8
6		2,300	中州あり。砂少ない	×	16.9
7	×		長く単調な早瀬。河床は堅い		
8	×		単調な平瀬。転石あり。河床は堅い		
9	×		単調な早瀬。礫大きい。河床は堅い	×	
10		1,080	砂州によって流れが変化。砂少ない	×	15.6
11	×		砂州によって流れが変化。砂多い		
12	×		単調な早瀬。礫大きい。河床は堅い		
13		1,000	砂州によって流れが変化。岸沿いの河床は堅い		15.8
14		270	砂州によって流れが変化。		14.8
15	×		沈み州によって流れが変化。河床は堅い	×	
16	×		単調な平瀬。砂が多く、河床は堅い		13.9
17		400	砂州によって流れが変化。礫大きく、砂少ない	×	
18	×		砂州によって流れが変化。河床は堅い		
19	×		単調な平瀬。砂が多く、河床は堅い。大礫あり		
20	×		単調な平瀬。砂が多く、河床は堅い	×	13.8
21	×		沈み洲(水位低下時には干出)によって、流れ変化		
22	×		単調な平瀬。砂が多く、河床は堅い		
23	×		単調な平瀬。砂が多く、河床は堅い	×	
24	×		砂州によって流れが変化	×	
25	×		砂州によって流れが変化	×	
26	×		砂州によって流れが変化	×	
27		10	単調な平瀬。河床は堅い。支流から礫が供給		12.8
合計	9箇所	6,605		13箇所	

3) 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)が少なくなる。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。

朱太川の下流部に形成されている瀬の河床表面は、産卵に適した小砂利で覆われているものの、表面の小石を取り除くとその下層は砂泥が多く目詰まりしていることが多かった

(図 3-4)。そのため、アユ親魚が卵を礫層深くに生み付けることは難しいと考えられた。実際、埋没深を測っても平均値が 10cm を超える産卵場はなく(図 3-5) 産卵環境は全般的に「やや悪化している」と判断された。

その中で、(北作開地先)と(丸山橋)の瀬は平均値が 10cm 近くあり、相対的に産卵環境が良好であったと判断される。この 2 箇所の産卵場は、今回確認された 9 箇所の産卵場の中でも、その規模が 1-2 番目に大きかった産卵場であり、アユが好条件の産卵場に集中して産卵している様子が読み取れる。

その一方、最も埋没深が浅かった(湯の浜大橋上流)は、平均値が 4cm で最大深も 5cm しかなかった(付表 3-1)。本地点は改修工事によって河床の平坦化が進んでいる区域に位置し、近年行われている改修工事がアユの産卵条件を悪化させる可能性があることを示唆している。

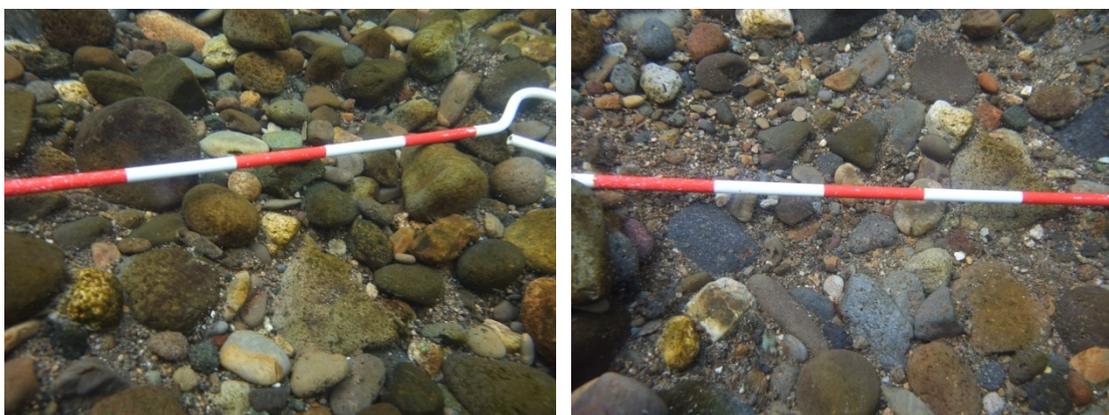


図 3-4 朱太川下流部の瀬の河床の状態。表面は産卵に適した小砂利が多いが(写真左)、その下は砂泥で目詰まりしていることが多かった(写真右)。ポールが目盛りは 5cm

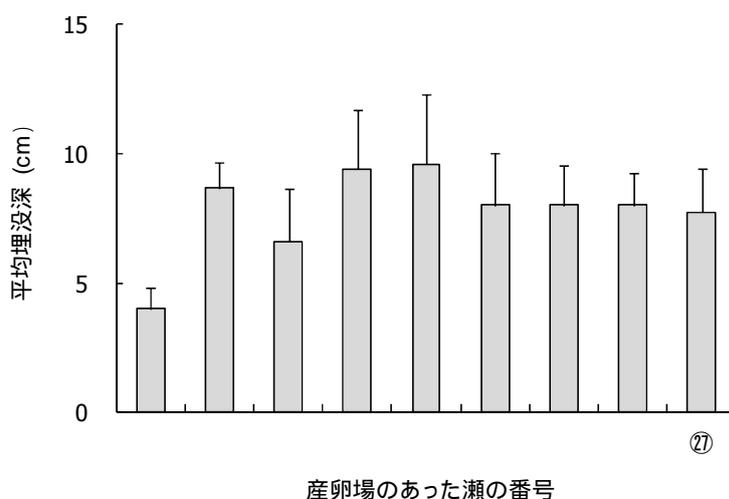


図 3-5 産卵場におけるアユ卵の埋没深

4) アユの産卵場として見た河床の適性

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）、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（ただし上記の通り、睦橋の上流にもごく小規模ではあるが産卵場は存在する）

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口場もある。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、強いて重要な産卵場所を絞り込むとすると、河口から 3km（実橋下流）から 5.5km（丸山橋）ということになる。

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（図 3-6）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。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していた（図 3-3）。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にあると推定された。

河床の状態 上記区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、産卵にはじゃまになる 20cm 以上の礫が混入した場所や砂泥の混入がかなり多く、堅く締まった状態となっている場所があり（表 3-1、図 3-4）、そのような場所ではアユの産卵は確認されなかった（表 3-1）。また、産卵が確認された場所（瀬）でも、卵の埋没深は 10cm 以下と、総体に浅かったことから、朱太川下流部の河床の状態は、何らかの対策（造成工事など）を要するほど悪い状態ではないものの、「アユの産卵に対してやや不適な状態になりつつある」と判断された。



図 3-6 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

* 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 >

5) アユの産卵場を保全する上での課題

朱太川の主産卵区域では過去に行われた改修工事の影響なのか、河床形態が単調で（河道の直線化の影響と考えられた）アユの産卵に不適な方向に向いている（向いた）ようである。2009年、2010年に行われた産卵場調査においても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。筆者が産卵場調査を行った際の観察では、岸寄りの河床ははまり石状態で安定しており、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、過去に行われた護岸工事による河道の単純化（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、アユの産卵に適した横断型の瀬が発達していないことも問題点として指摘しておく。原因は、護岸とその根固めによって河道の洗堀が押さえられ、土砂の供給が少なくなっていることにあると考えられる。

河川改修が流れの複雑性を消失させる傾向にあることは、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）。朱太川下流部では、新たな改修工事が予定されているが、現状でもやや悪化している産卵環境がさらに悪化してしまう危険性をはらんでおり、十分注意を払う必要がある。

第4章

第2章で述べたとおり、朱太川では現在でも10万尾を超える天然アユが生息しているが、聞き取り調査から判断すると、1990年代前半頃と比べると、現在のアユの資源量はかなり減少しているようである。

本章では朱太川における天然アユ資源の減少理由の解明を試みる。ただし、本調査は始まったばかりであり、検討に必要な情報がまだそろっていない。そのため現段階では可能性のあるものは幅広く検討することにする。

1. 河川環境の悪化

現時点において、朱太川の水質や河川形態にはアユが生息するうえで大きな障害となる点は見当たらず、全国的に見ても良好な河川環境が維持されている数少ない河川の一つと言える。

あえて問題点を指摘すると、以下の2点はアユの生息にある程度のマイナスになっている可能性がある。

河岸の大部分が人工化（護岸）されており、その影響で河道の直線化と明瞭な淵が消失している。

産卵場が形成される下流部の河床は、アユの産卵に適した小砂利が多いものの、砂泥の混入も多いために礫間が目詰まりし、アユ卵の埋没深が浅くなっている（卵の流失や食害が起きやすい状態）。

とくに、については生物の棲み場の多様性を低下させており、アユだけでなく、朱太川の生物多様性を保全するうえでも問題点として提起される。

2. アユ仔魚の生息に厳しい海域環境

海産アユ（両側回遊性）は秋に河川下流部でふ化した後、直ちに海に流下し、沿岸域で仔稚魚期を過ごし、翌年の春、河川水温が10℃前後に上昇した頃から河川に遡上する（高橋・東, 2006）。アユの分布域の北限にあたる北海道後志地域では、9-10月に産卵、ふ化し、翌年5月に稚アユの遡上が始まるため、海域での生活期間は7-8ヶ月にも及ぶ。

北限域において、アユが生息する上でのもっとも気掛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。第1章で述べたとおり、寿都湾の海面水温は厳冬期には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。生息下限に近い冬場の低水温は、アユ仔稚魚を高率で減耗させることは想像に難くない。場合によっては全滅に近い状態に陥る可能性も否定できない（関連事項を後述する）。

3. 種苗放流による遺伝的攪乱

漁業法で内水面漁協に義務づけられた「増殖」を履行する際に、簡便でかつ数量的にわかりやすい種苗放流が行われることが多く、毎年、全国の河川に1億尾を超える（最盛期は2億尾を超えていた）アユ種苗が放流されている。しかし、種苗放流の利点ばかりに目が向き、その危険性（コラム1参照）には十分な注意が払われてこなかった。

アユの産卵期は北で早く、南で遅い。卵サイズは北で小さく、南にいくほど大きくなる。このような繁殖形質の地理的変異は、アユが地域ごとに異なる環境条件に適応した結果と考えられている（井口, 2010）。他地域の種苗を放流することによってせっかくその地域で獲得した適応形質が浸食されるような事態に陥ると、在来のアユが存続する確率は低下することになる。

朱太川では現在2万尾程度のアユ種苗が放流されている。産地は宮城県であり、在来のアユとは遺伝的な特性が異なっている可能性が高い。仮に放流される種苗が加温した環境で飼育された場合、仔魚期に低水温に対する抵抗性（北限に近い朱太川では生残するために必須の性質と考えられる）を有する遺伝子が淘汰される可能性は否定できない。そして、低水温に対する抵抗性を欠いた種苗が放流され、在来のアユと交雑した場合、本来、朱太川のアユが有していた（はずの）低水温に対する抵抗性が希釈されてしまう可能性は高く、このことはアユ仔魚の海での減耗に直結することになる。

このシナリオは現段階では想像の域を出ないが、このことが確認されてからでは回復させることは難しくなるため、可能な限り「北限のアユ」の遺伝的特性を攪乱しないような対策（一番の対策は放流の取り止め）が求められる。

コラム 1：種苗放流のリスク

放流というのは人為的な行為であるだけに、様々なリスクもはらんでいる。端的な例は病気の拡大で、今問題になっているアユの冷水病は、保菌した魚を放流したために全国に蔓延した。現在でも、保菌の確率の高い魚を（場合によっては保菌を知っていて）放流するというようなことも行われている。さらに、継代種苗や産地が離れた地域のものを使うと、遺伝的な攪乱（遺伝的多様性の低下やその地域への適応度の低下）を生じる危険性も指摘されている（内田, 2002; 井口, 2010）。

天然アユの再生産に悪影響を与えない種苗の選定（放流した種苗が天然アユの再生産に悪影響を与えないように、リスクの大きい種苗の使用を控える。リスクの大きい種苗としては以下のようなものがあげられる。

- ・琵琶湖産種苗
- ・継代数の多い種苗（遺伝的多様性が低下している可能性が高い）
- ・遺伝的適応性が異なる可能性の高い地域の種苗

4. 他河川からの供給量の減少

1) 無効分散説

朱太川の天然アユは、朱太川とその周辺海域で生活環を完結する個体群ではなく、他地域（本州日本海側の河川）から仔魚期に海流に乗って北海道沿岸まで運ばれてきた無効分散（繁殖に寄与しない分散）的な集団であるという通説がある。この説では、朱太川でふ化した仔魚は冬場の低水温で死滅すると考えられている。

この考え方が正しいとすると、朱太川でのアユの資源量は他地域からの供給量まかせとなり、近年の朱太川におけるアユの減少は供給量の減少、すなわち本州の河川における資源量の減少に起因していることになる。そして、このことは同時に、本地域において努力しても天然アユ資源を能動的に保全することはできないということの意味している。

2) 無効分散説に対する否定的な見方

筆者は現段階ではこの通説に対して否定的な見方をしている。理由は以下の3つである。

朱太川に遡上するアユが本州から供給されたものだとすると、海流の変化によってはほとんど来遊がないような年があってもおかしくないが、漁協への聞き取りでは過去（この50年程度のスパンで）に遡上がほとんどないような年はなかったようである。

かつては鮎釣りの全国大会が開催されていた尻別川は、近年アユの減少が著しいようである（聞き取りによる）。筆者も2011年8月中旬に蘭越町内を流れる尻別川を観察したが、アユの姿は見当たらなかった。仮に他地域からの無効分散で後志地域にアユが供給されているのであれば、特別な理由がない限り、朱太川と尻別川の資源変動は同調すると考えるのが自然であるが、そうっていない。このことは、朱太川と尻別川のアユ資源はほぼ独立した状態となっていることを示唆し、無効分散説では説明することは難しい。

アユが本州から海流に乗って供給されているのであれば、それは遊泳力に乏しい仔魚期（それもかなり早い発育段階）と考えられるが、その頃（時期的には10-11月と考えられる）に寿都湾近辺に運ばれてきたものであれば、朱太川でふ化した仔魚と同様に厳冬期には低水温で死滅するはずである。なお、アユ仔稚魚は沿岸に張り付くように分布しているため（田子, 2002; 高橋・東, 2006）成長して遊泳力が増した段階（遡上直前）で受動的に遠くまで潮流で運ばれる可能性はほとんどない。

いずれにしても、この通説に関しては現在、北海道立さけます内水面水産試験場が調査しており、その成果を待ちたい。

5. 乱獲および混獲

1) 河川内での乱獲の可能性

朱太川における天然アユの生息量は 10 万尾程度（2011 年の推定値；第 2 章参照）と河川規模に対して多いとは言えない。そのため、強度な漁獲が行われた場合は資源規模を著しく縮小させてしまう危険性がある。

しかし、7月中旬から8月中旬にかけての約1ヶ月間の漁獲を含む減耗量は 1.5 万尾（15%）程度と推定され、解禁から禁漁までの減耗量は 3-4 万尾程度（30-40%）と推定され、本州でのアユの漁獲率が 80-85% 程度（石田, 1965）であることと比較すると低く、現状では乱獲になるようなレベルではない。

2) 海域での混獲の可能性

本州や四国では、アユが海域に生活している時期（冬から春）にイワシのシラスを漁獲する際に混獲されることがあり（林ほか, 1988；谷口, 1989）問題となっている。朱太川に遡上前のアユが生息する寿都湾では、4月下旬から5月下旬に、夜間、灯火を用いたコウナゴ漁が行われており（図 4-1）、これによって沿岸に集まった遡上前のアユが混獲される可能性がある。

今のところ混獲の実態についてはまったく具体的な情報が無く、その影響を判断することはできない。漁獲物のサンプリング調査等を実施して混獲の実態を明らかにする必要がある。また、調査の結果、アユの混獲量が多い場合は、イカナゴ漁との共存方法についても検討することが求められる。



図 4-1 寿都湾のコウナゴ漁
(寿都町の自然・歴史・産業のガイドブックより)

第5章

本章では2011年度に行った調査で得られた情報を元にして、天然アユ資源を保全し、持続的に利用する方策（素案）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ことだけでなく、「黒松内町環境基本計画」および現在策定中の「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。

北限域の天然アユ個体群の遺伝的特性を守る(生物多様性の保全)

天然アユが生息する豊かな自然環境を保全する

天然アユ資源を地域で持続的に利用する

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

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、アユという人との関わりが深い種を扱うことを鑑みて、の持続的利用とする。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の設定

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。なお、先のとおり、朱太川の天然アユは朱太川で再生産しているものではなく、他地域からの無効分散の可能性もあるが(第4章参照)、ここでは、朱太川で再生産していることを前提に検討を進める。

1) 生息期待量(川の環境に見合った生息量)の推定

アユ漁場を適正に管理するためには、河川の規模や環境条件に見合った生息量を把握しておくことが必要である。本書ではこれを「生息期待量」と呼ぶことにする。ここでは朱

太川の漁場面積をもとに生息期待量を試算する。なお、生息期待量は「アユがあまり小型化（過密状態で生じる）しないこと」を基本的な条件とする。

(1) 漁場面積

朱太川のアユ生息域の水面面積は表 5-1 の通り、約 57 万 m²であった。なお、漁場面積はごく概略的に計算したものであり（12p の表 2-2 参照）誤差はやや大きい。

(2) 期待生息密度

アユが目立った成長不良を起こすことなく生息できる生息密度をここでは「期待生息密度」と呼び、朱太川における期待生息密度を表 5-1 のように定めた。なお、期待生息密度は底石の大きさや河川流量等を勘案して決定したが、これはあくまで筆者の経験則に基づいた数値である。

朱太川の期待生息密度は瀬で 0.8-1.2 尾/m²、淵で 0.4-0.8 尾/m²とやや低めに設定した。理由は、川底の石が小さく、基礎生産量がやや低いと判断したためである。

(3) 生息期待量の算定

河床型別の漁場面積に期待生息密度を乗じ、生息期待量を試算したところ、朱太川の生息期待量は約 36 万尾と推定された（表 5-1）。

河川全体の平均密度は約 0.6 尾/m²となる。この数字は、2011 年 7 月時点の推定生息数の 3.5 倍となる。なお、これ以上生息できないわけではないが、朱太川は河床の礫が全般的に小さいため、餌となる藻類の生産量はそれほど多くないと判断され、アユが多くなると餌不足から魚体の小型化が顕著になると考えられる。

表 5-1 朱太川におけるアユの生息期待量の試算

河川	区間	アユ生息域の面積(m ²)			期待生息密度(尾/m ²)		生息期待量(尾)
		瀬	淵	合計	瀬	淵	
本川	湯の浜大橋～丸山橋	5,025	60,300	65,325	0.8	0.4	28,140
	丸山橋～黒松内川合流	34,425	107,100	141,525	0.8	0.4	70,380
	黒松内川合流～幌内川合流	52,800	79,200	132,000	1.0	0.5	92,400
	幌内川合流～来馬川合流	36,480	45,600	82,080	1.0	0.5	59,280
	来馬川合流～小川合流	12,600	21,000	33,600	1.2	0.8	31,920
	小計	141,330	313,200	454,530			282,120
熱郭川	本川合流点～チョボシナイ川合流	6,800	6,800	13,600	0.8	0.4	8,160
	チョボシナイ川合流～白井川合流	27,150	31,675	58,825	0.8	0.4	34,390
	小計	33,950	38,475	72,425			42,550
黒松内川	本川合流点～賀老川合流	7,000	8,750	15,750	1.0	0.5	11,375
	賀老川合流～万の助沢下流砂防堰堤	14,400	13,440	27,840	1.0	0.5	21,120
	小計	21,400	22,190	43,590			32,495
合計		196,680	373,865	570,545			357,165

生息域の面積の算定方法は表2-2に示したとおり

2) 生息期待量を天然遡上でまかなうための試算

生息期待量 36 万尾を 100%天然アユでまかなうとすると、表 5-2 に示したように、必要な遡上量は約 60 万尾（遡上から解禁までの歩留まりは 60%程度）で、回帰率（=ふ化から遡上までの生存率）を 1/2000 とすると、必要な流下仔魚数は 12 億尾となる。卵のふ化率を 60%（内田ほか、2006）、メス親 1g あたりの抱卵数を 800 粒（内田、2006）、産卵期の平均体重を 60g とすると、必要な親魚数は約 8 万尾と推定される。

なお、北海道におけるアユの回帰率はまったく情報が無い。今回は本州で調査された回帰率（原田、2006）のうち、最も低いレベルに設定した。冬場の環境が厳しいため、相当な減耗があると考えたためである。

2011 年 8 月中旬時点でのアユの推定生息数は 8.9 万尾であり、産卵が始まる 9 月時点で必要な親魚数の約 8 万尾は確保されていたと考えられる。朱太川でのアユの漁獲は釣りで行われるために、漁獲強度が低い。一定量（15-20 万尾程度か？）の遡上があれば親魚の確保に関しては、今のところとくに配慮は必要ないと判断される。

表 5-2 アユの適正収容量を満たすために必要な遡上量および親魚量の試算

項目		計算値	根拠・計算式
朱太川のアユ生息域の面積(m ²)	A	570,000	本川および熱郭川、黒松内川
生息期待量(尾)	B	360,000	表5-1参照
遡上から解禁までの生残率(%)	C	60	90年頃の放流魚の歩留まり
天然比率100%でまかなう場合の目標遡上量(尾)	D	600,000	B/C×100
回帰率(%)	E	0.05	原田(2006)から低い値を採用
必要流下量(尾)	F	1,200,000,000	D/E×100
卵のふ化率(%)	G	60	内田(2006)より
必要卵数(粒)	H	2,000,000,000	F/G×100
メス1gあたり抱卵数(粒)	I	800	内田ほか(2006)より
産卵期必要なメスの総重量(g)	J	2,500,000	H/I
産卵期のメスの平均体重(g)	K	60	現在よりもやや小型化する
産卵期に必要なメスの個体数(尾)	L	41,667	J/K
産卵期に必要なアユの個体数(尾)	M	83,333	L×2

3) 保全目標値

上記のとおり、朱太川では親魚数についてはとくに問題になるようなことは考えられないため、持続的な利用を行うための保全目標の具体的な数値としては、生息期待量 36 万尾（解禁時）を 100%天然アユでまかなうために必要な遡上量 60 万尾とする。

3. 保全対策の検討

1) ハード面の対策(表 5-3)

(1) 河川環境全般に関わる対策

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、熱郭川や来馬川等の特定の支川が問題となる。発生源が特定できておらず、発生メカニズムの把握から始めなければならない(具体的対策はその後)。

流域の森林整備

河川の水量の安定確保(流域の保水力向上)、荒廃森林からの表土流失の軽減(濁水対策)等のために、これまでも行われてきた森林の保全・整備を推進する。

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、護岸・根固めを部分的に撤去し、土砂の供給を図る。なお、はじめは安全性が高い区域(堤内地が宅地、農地などに利用されていない原野など)を選び、実施することが望ましい。

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。

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、今回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、土砂供給（河岸洗掘）を止めないこと（もちろん洗掘を防止することが必須の区域もある）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。近年、北海道では河川の安全度を高めつつ川の持つダイナミズムを創出することを目的とした「自然河川工学」が展開されつつある（妹尾, 2007）。その考え方や事例は朱太川に適しており、改修にも参考にしたい。

アユの産卵場の環境改善

朱太川下流部のアユの産卵場は、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。

朱太川のアユの産卵場は砂州が発達した瀬にのみ形成されていたこと（第3章）を考慮すると、対策として、上記で述べたように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。具体的には護岸・根固めの部分的な撤去があげられる。

また、今後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、重機による産卵場の造成（高橋, 2010a）も検討する必要があるかもしれない。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。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できるだけ行わず、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。

(2) 仔魚放流による資源添加

現在の漁業法は内水面漁協に資源の増殖を義務づけている。そのため一般的には種苗（稚アユ）放流が行われているが、先に述べたとおり、遺伝的攪乱などのリスクが大きいいため、北限域の個体群を保全するという観点からは他の増殖対策を講じることが望ましい。

朱太川では現在、産卵期に特別採捕した親魚から採卵し、3000万尾を目標にふ化した仔魚を朱太川下流部に放流（流下）している。この方法は種苗放流のような遺伝的攪乱のリスクは小さいため、朱太川における増殖策として適している。また、自然産卵場において起きるかも知れない「卵が出水で流失する」などの事故に対する「保険」となるため、ふ化仔魚量の安定化に寄与する。

ただ一方で、過剰な親魚の採捕は自然産卵量の減少につながるため*、親魚の採捕量をいたずらに増やすことは望ましくない。親魚の採捕区域、時期、量について検討が必要。

* 採捕した親から採卵できるのは1回だけだが、自然状態では多回産卵（2週間程度のインターバル）を行うために、1個体の総産卵量は自然産卵が多くなる。そのため、人工採卵の場合、ふ化率を自然状態よりも相当に高くしないとメリットは小さい。

表 5-3 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)	対策の問題点・課題
	項目	方 法							
河川環境全般	水質の保全 (現状の維持)	負荷源対策	モニタリング 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	+	
		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	++	アユを増やすことが必要
		濁り対策	発生源の特定 発生源からの濁水防除策	周年	熱 郭川、 来馬川	行政・住民	中	++	発生源が不明な点が多い
	流量の安定化 (緑のダム)	森林の適正管理		周年	流域全体	行政・住民・	長	+++	・現在でも森林の状態は良好
	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	++	・効果のモニタリングが必要 ・地権者の理解が得られるか ・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	++	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	++	・行政・土木業者の理解度向上 ・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	++	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	+	自然に土砂供給が確保できるなら、 行わない方がベター	
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	+	・親魚の取りすぎは、天然資源 量の不足につながる	

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

2) ソフト面(仕組みづくり等)の対策(表 5-4)

(1) 種苗放流の中止

朱太川では近年 2 万尾程度の種苗が放流されている。川の規模から考えると少ない放流量であるが、放流によって得られるメリット（漁獲量の増加）よりも先に述べたような遺伝的な攪乱、病原菌の持ち込み等のデメリットが大きいことが懸念される。朱太川はアユの北限域にあたるため、そこで生き残るための特異的な遺伝的特性を備えている可能性があり、それが他地域の種苗を放流することで劣化すれば、個体群の衰退に直結しかねない。

さらに、これまでアユの増殖対策は「種苗放流」に依存してきたが、放流では資源が維持できない事例が増えつつあることもあげておきたい。事例をあげれば、高知県では放流量は飛躍的に増大したが、漁獲量は反比例するように減少している（高橋, 2009）。同様なことは他県でも報告されている（例えば田子, 2006）。天然遡上がほとんど無い奈良県などでは、種苗放流に頼らざるを得ないが、こういった地域では近年不漁が顕著で、休業に追い込まれる漁協も増えている。このような事実は、放流に偏った増殖策ではアユ漁場を維持できないことを明確に物語っている。

このようなことから、現在行われている種苗放流は取り止め、他の増殖策（本報告書では採卵 仔魚放流を提案した）を強化することで資源の維持を図ることを提案する。なお、2011 年の調査では、放流の 2 万尾は資源全体の 10% 未満であり（14p 参照）放流を中止したとしても漁獲量が大きく減少することはないと考えられる。

(2) 乱獲の防止

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る（高橋, 2010b）。朱太川では 9 月 1 日より禁漁となっており、夏場の漁獲期間も 2 ヶ月と短いことから、現状でも夏場の漁獲率はかなり低い。実際、産卵期に入る 9 月時点で必要な親魚数の約 8 万尾（表 5-2）は、2011 年 8 月中旬時点で確保されていた。

そのため、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、親魚の保護（禁漁期、保護区域）はとくに必要はないが、今後釣り人が増加するようになった場合、注意を要する。

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るが、その実態は分かっていない。まずは実態調査を行う必要がある。地域間の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。

調査の結果、混獲されていて、その量が無視できないレベルである場合は、混獲防止のための対策（漁獲制限区域設定など）が必要となる。なお、協力体制を構築するにはアユが増えることで海の漁業者らも得するようなシナリオ（コラム 2 参照）も必要となる。

表5-4 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)	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		春季	全域	漁協・行政	早	+		・組合員と遊漁者の理解形成 ・行政が後押しできるか？
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漁期・漁法の見直し)	夏～秋季	ほぼ全域	漁協・行政	早	+		・組合員と遊漁者の理解形成
	海域	混獲の実態調査 寿都湾でのイカナゴ漁への混獲防止(漁場制限など)	4-5月	海域	漁協・行政	早	+++		・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

コラム2:アユを通じた海と川のつながり

サケが海の養分を陸上(森林)に供給しているという話は、海と森が川を通してつながっていることを教えてくれている。

アユは、サケとは逆に夏場に高くなる川の基礎生産力を体に蓄えたのち、川を下って産卵とともに死亡することで海に栄養塩を供給することになる。このような海への栄養塩の供給は限られた期間ではあるものの、沿岸域の基礎生産を増大させることに寄与し、ひいては沿岸漁業の振興にも寄与することになる。

したがって、アユが増えることは河川だけでなく、海の漁業者にも利益をもたらすのである。

3) アユ資源を持続的に活用するためのプラン(表 5-5)

ここで取り上げるプランは、本来は先に述べた「ソフト面の対策」に含まれるものであるが、アユ資源を持続的に利用することは、プラン全体の基本方針のなかでも最重要課題としたことから、あえて別に取り上げて検討する。

(1) 天然アユを活用した地域づくり

天然アユと地域の環境保全 近年、各地の河川で天然アユを増やしたい、あるいは復活させたいという要望があり、市民団体や行政がそれに取り組むケースが増えている。このケースで天然アユは、水産資源というよりも「良好な環境」あるいは「環境再生」のシンボルとしての色合いを強くして登場する。アユの持つ「清流」のイメージと日本人となじみの深い魚であることがシンボルフィッシュとして選ばれる理由であろう。

また、そういったイメージ的なことばかりではなく、アユが回遊魚であることは自然環境を保全するために重要な意味を持つ。一生のうちに海と川を行き来するために、海から川、流域の山々までの自然の循環がきちんと整っていることが要求されるからである。部分的に環境が良いというだけでは不十分なので、環境全体への配慮が必要となる。天然アユを守るためだけでも様々な環境を保全しなければならず、そのことは私たちの環境を良好に維持することにもつながる。

このような観点から、漁協だけでなく流域の関係者が協同して天然アユを増やすことに取り組む体制を築くことが望まれる。そして地域が協働でアユ資源を保全し持続的に利用するには、アユが増えることで地域全体が「得をする」、「地域全体が良くなる」仕組みが必要となる。そのためには「地域づくり」といったより大きな視点からも取り組みを進める必要があり、このことは黒松内町環境基本計画の目的とも合致する。

天然アユを通じた環境保全が生み出す付加価値 天然アユ（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。

アユが増えれば町外（多くは道外となる可能性が高い）からの釣り客を相当数呼ぶことができる。この人たちは交通費や宿泊費、食費など少くないお金を使うため、付加価値は相当に大きく（玉置, 2010）地域経済に貢献することになる。ちなみに、朱太川と河川規模が大きくは変わらない山形県の小国川（最上川支流）では、アユによる経済効果（釣り客などが流域に及ぼす経済効果）が年間 22 億円にも上ると試算されている（朝日新聞山形版 2011 年 10 月 6 日朝刊）

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。

(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。

(3) 漁協の改善

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、たとえば愛知県の矢作川漁協は地域と一体となった長年の活動（高橋・東, 2006；高橋, 2009）が評価され、2006年4月朝日新聞社の「明日への環境賞」を受賞した。高知県の物部川漁協の取り組みは県の「循環型社会を進めるプロジェクト」のモデルとなっていた（高橋・東, 2006）。

このように、漁協という地域に根付いたシステムには従来の漁場管理や資源の増殖という以外にも、様々な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。そしてそのことは漁協の地位向上だけでなく、将来的には持続的な経営にも結びつくと予想される。

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。そのため、このままでは10年後にはかなりの数の漁協が消滅しかねない状況となっている。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。環境整備の具体例を以下に示す。なお、専用区拡大や遊漁者の誘致は、組合員の反発を招きがちであるため、その必要性は十分な時間をかけて説明しなければならない。

釣り専用区の拡大(天然アユ資源保全のためにも必要)

駐車場・入川道の確保(案内)

正確な釣果情報の提供(ホームページの利用等)

高齢者専用区の設定

* 筆者は全国各地の河川のアユを食べる機会が多く、また「利きアユ会」の審査員を依頼されることもあるが、朱太川のアユは全国的にもトップレベルの味と断言できる。

小中学生・女性の釣り教室(中学生以下の遊漁料無料化)

(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全国に発信することは意義深い。

(5) プランの検証

アユ資源の保全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。

また、プラン各項目の検証の際には、プランの達成度を下記のように数値評価すると進行状態を把握しやすくなる。また、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。

プランの達成度の数値評価の例

- | |
|------------------------|
| 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 |

3. 今後の課題

今回提示した保全プログラムには、まだ素案の段階であり、実現の可能性が低いものや何十年という時間単位で取り組まなければならないものも含まれている。また、様々な事情から、必要度は高くてもすぐには取り組めない対策も含まれていることも考えられる。そのため、とりあえずは「取りかかりやすく効果の大きいものから取りかかる」ということで始め、具体的な成果を少しずつ積み重ねることが重要と思われる。

また、プランそのものもまだまだ完全なものではないため、現状分析や資源減少の要因分析をさらに積み重ねて、プランを改良する必要がある。

表5-5 朱太川の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	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 etc	全域	住民・行政・(漁協)	中～長	+		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	+		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	+		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
漁協の改善	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			漁協・(黒松内町)	中	++	組合内部の理解形成、行政の支援
	人材育成	次代の組合員確保	新規組合員の確保(魅力ある漁協づくり)		漁協	早～中	++	
	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	++	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		全国	住民・行政	早	+		
プランの検証	モニタリング調査	対策の効果を科学的調査で検証、および対策の改善の提言		全域	漁協・行政・市民	早～中	++	住民参加型の体制の構築
	検証	プランの進捗をモニタリング調査の結果等から検証し、不十分な場合は改善策を検討する		全域	漁協・行政・市民	早～中	++	住民参加型の体制の構築・専門家の確保

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

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.
- 岐阜県水産試験場. 1992. 適正放流基準の検討とりまとめ. pp 31-38. アユの放流研究 (アユ資源研究部会昭和 63 年 ~ 平成 2 年度のまとめ). 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会.
- 原田滋雄. 2006. 和歌山県中紀における近年のアユ資源変動について. アユ資源研究部会研究発表報告書 (平成15~17年度のとりまとめ). 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会: 83-86.
- 林幹夫・谷口順彦・山岡耕作. 1988. 土佐湾シラスパッチ網で獲れる仔稚魚の量的組成について. Bull. Mar. Sci. Fish. Kochi Univ., 10: 88-92.
- 井口恵一郎. 2010. 天然アユの保全を考慮した種苗放流. 古川彰・高橋勇夫(編), pp. 175-179. アユを育てる川仕事. 築地書館, 東京.
- 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.
- 石田力三. 1965. 放流アユの生残率と漁獲率. 淡水研報, 15(1): 1-11.
- 川那部浩哉. 1957. アユの社会構造と生産, 生息密度と関連づけて. 日本生態学会誌, 7(4): 131-137.
- 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.
- 妹尾優二. 2007. 自然河川工学からの展開. 吉川勝秀 (編著), pp. 101-186. 多自然型川づくりを越えて. 学芸出版社, 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: 96-99.
- 田子泰彦. 2002. 富山湾の湾奥部で成育したアユ稚魚の河川への回遊遡上. 日本水産学会誌, 68(4): 554-563.
- 田子泰彦. 2006. アユ、そして川は森と海とのキュービッド- III. 海産アユが大挙して遡上する川に!. 日本水産資源保護協会月報, 495: 3-6.
- 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. 2009. 天然アユが育つ川. 築地書館, 東京. 194 pp.
- 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. 2010a. 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. 2010b. アユを増やすために具体的目標を設定する. 古川彰・高橋勇夫(編), pp. 133-139. アユを育てる川仕事. 築地書館, 東京.

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・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.

竹門康弘. 1995. 水域の隅場所を考える. pp. 11-66. 棲み場所の生態学. 平凡社, 東京.

玉置泰司. 2010. 内水面漁業の多面的機能の評価. 古川彰・高橋勇夫(編), pp. 27-33. アユを育てる川仕事. 築地書館, 東京.

谷口順彦. 1989. 海産アユ不漁の原因. pp. 209-222. 土佐のアユ. 高知県内水面漁連, 高知.

戸井田伸一. 2002. 種苗判別指標と種苗ごとの行動特性に関する調査. アユ種苗の放流の現状と課題. 全国内水面漁業協同組合連合会: 161-180.

内田和男. 2002. アユの種苗放流の現状と課題, pp.5-26. アユの種苗放流の現状と課題. 全国内水面漁業協同組合連合会, 東京.

内田和男. 2006. アユの親魚の密度が卵や子アユの生き残りに与える影響. 水産総合研究センターHP, 研究の動き, 4-37.

内田和男・清水昭男・阿部信一郎・佐藤年彦・桂和彦・坂野博之. 2006. 鼠ヶ関川におけるアユ個体数の推定. 水産総合研究センター研究報告, 5: 197-202.

付属資料

付表 2-1 アユの生息密度とハミアト被度

7月13日

河川	地点	瀬				淵			
		生息密度 (尾/m ²)	行動様式の組成 (%)			生息密度 (尾/m ²)	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. 河口	0.00				0.00			
	2. 実橋上流	0.19	0	100	0	0.30	0	100	0
	3. 南作開	0.05	0	100	0	0.00	0	100	0
	4. 睦橋	0.13	10	90	0	0.04	0	100	0
	5. 黒松内	0.05	30	70	0	0.64	5	95	0
	6. 賀老橋	0.32	10	90	0	0.20	0	50	50
	7. 貝殻橋	0.08	0	100	0	0.00			
	8. 東栄橋下流	0.17	30	70	0	0.42	10	30	60
	9. 観音橋	0.18	10	90	0	0.43	0	100	0
	10. 小川橋	0.03	0	100	0	-			
		平均	0.12	10.0	90.0	0.0	0.23	2.1	82.1
熱郭川	N1. 熱郭橋	0.07	0	100	0	-			
	N2. 岡本橋	0.04	0	100	0	0.05	0	100	0
	平均	0.06	0.0	100.0	0.0	0.05	0.0	100.0	0.0
黒松内川	K1. 旭野橋	0.24	0	100	0	0.11	0	100	0
	K2. 栄橋	0.08	25	75	0	-			
	平均	0.16	12.5	87.5	0.0	0.11	0.0	100.0	0.0
来馬川	R1. 来馬川	0.00				0.00			
	平均	0.11	7.5	92.5	0.0	0.18	0.7	94.0	5.2

8月18日

河川	地点	瀬				淵			
		生息密度 (尾/m ²)	行動様式の組成 (%)			生息密度 (尾/m ²)	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. 河口	0.00				0.00			
	2. 実橋上流	0.04	0	100	0	0.19	0	50	50
	3. 南作開	0.20	0	100	0	0.04	0	100	0
	4. 睦橋	0.04	0	100	0	0.00	0	100	0
	5. 黒松内	0.36	10	90	0	0.22	10	90	0
	6. 賀老橋	0.23	10	90	0	0.23	10	90	0
	7. 貝殻橋	0.01	0	100	0	0.04	0	100	0
	8. 東栄橋下流	0.17	20	80	0	0.34	0	10	90
	9. 観音橋	0.17	40	60	0	0.23	10	90	0
	10. 小川橋	0.03	0	100	0	-			
		平均	0.13	8.9	91.1	0.0	0.14	3.8	78.8
熱郭川	N1. 熱郭橋	0.10	0	100	0	-			
	N2. 岡本橋	0.05	0	100	0	0.08	0	100	0
	平均	0.08	0.0	100.0	0.0	0.08	0.0	100.0	0.0
黒松内川	K1. 旭野橋	0.55	10	50	40	0.35	10	90	0
	K2. 栄橋	0.19	0	100	0	-			
	平均	0.37	5.0	75.0	20.0	0.35	10.0	90.0	0.0
来馬川	R1. 来馬川	0.00	0.0	100.0	0.0	0.03	0.0	100	0.0
	平均	0.14	4.6	88.7	6.7	0.15	4.6	89.6	5.8

付表 3-1 アユ卵の埋没深

地点	卵の埋没深 (cm)			
	平均	最大	最小	SD
	4.0	5	3	0.8
実橋下	8.7	10	7	1.0
実橋上	6.6	8	3	2.1
	9.4	12	5	2.3
	9.6	13	6	2.7
	8.0	10	5	2.0
	8.0	10	6	1.6
	8.0	10	7	1.2
㊾	7.0	8	6	1.0