

## 冷水病菌を保菌していない小型アユ種苗の放流効果

原 徹, 桑田知宣, 莢谷哲治

Effectiveness of stocking with hatchery produced small-sized seedling  
uninfected with cold-water disease in Ayu

TORU HARA, TOMONORI KUWADA AND TETSUJI KARIYA

近年、アユ(*Plecoglossus altivelis*)漁業の不振が続き、岐阜県のアユ漁獲量は、1992年の1,726t<sup>1)</sup>をピークに、2005年には461t<sup>2)</sup>まで落ち込んでいる。アユ漁業不振の要因の一つとして、河川での冷水病の発生があげられている。<sup>3)</sup>アユの冷水病は、*Flavobacterium psychrophilum* を原因とする細菌感染症であり、<sup>3)</sup>小型のアユほど、また放流時の水温が低いほど発病しやすい。<sup>4)</sup>このため、アユ冷水病防疫に関する指針<sup>5)</sup>では、冷水病の発病を抑制し被害を軽減するために、日間最低水温13°C以上での放流が奨励されている。

これらの報告や指針を受けて、2001年以降、岐阜県における主な放流時期は、4月上旬～5月中旬から5月中旬～6月下旬へと移行したが、友釣り解禁日は大きく変化せず、放流から友釣り解禁日までの期間が短くなつた。これに伴つて放流種苗の河川内での成長期間が短くなり、それを補うために放流種苗の平均体重は9gから12g以上へと急激に大型化した。しかし、放流したアユの総重量は変化しなかつたため(第1図)、放流したアユの尾数は、結果的に2000年以前の約2/3に減少した。放流種苗は、河川内での成長期間が長いほど増重量が大きくなり、放流した尾数が同じであれば、漁獲される総重量が増加する。また、放流後の生残率に大きな違いがなければ、放流尾数が多いほど漁獲尾数や漁獲量は増加する。このような視点から、大きな種苗を遅く放流するという現行の放流方法は、漁獲量や漁獲尾数の増加を図る上で効率的ではない。

河川における冷水病の主要な発生原因は、冷水病菌を保菌したアユ種苗の放流によるものと考えられている。<sup>3)</sup>このため、上流域河川への冷水病菌を保菌していない種苗の放流によってこの発生原因を抑制すれば、友釣り解禁日まで冷水病菌の蔓延を抑制できることが実証されている。<sup>7,8)</sup>冷水病菌の蔓延を抑制するのであれば、冷水病の発病抑制措置が必要ないため、水温の上昇を待つて大型の種苗を放流する必要はなくなる。したがつて、上流域河川に冷水病菌を保菌していない種苗を放流する場合には、放流経費を増加させなくても、放流種苗の小型化や放流時期の早期化によって、漁獲量や漁獲尾数を増やせる可能性がある。そこで、本報では、冷水病菌を保菌していない小型アユ種苗を用いて、早期放流の効果とその放流経費について検討したので報告する。

キーワード：アユ、小型種苗、冷水病、河川、放流効果アユ、冷水病

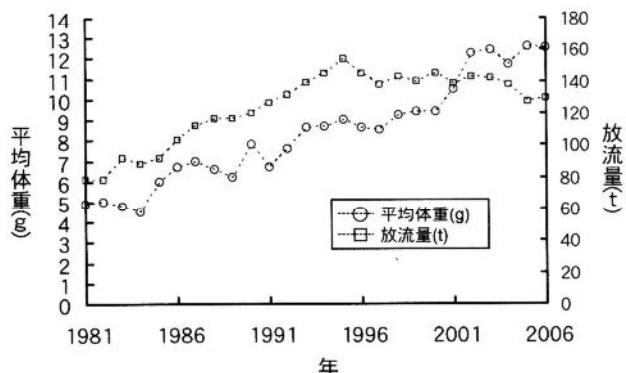
### 方 法

#### 調査河川の概要

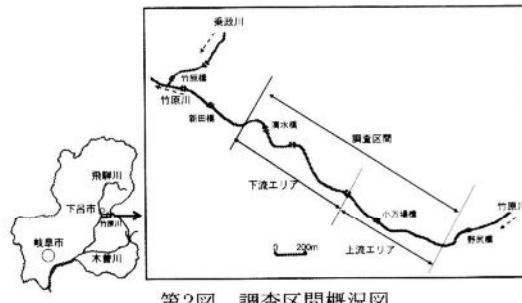
調査河川の竹原川は、木曽川水系飛騨川支流で、下呂市御厩野から下呂市宮地を流れ、下呂市小川で飛騨川に合流する流程12kmの河川である(第2図)。竹原川の下

流には6つのダムがあり、天然遡上個体は全くいないため、生息しているアユはすべて放流された個体である。

調査区間の流程は1,648m、平均川幅は6.8mで、河川形態は、Aa-Bb移行型に分類される。<sup>9)</sup>また、調査区間に内には6つの堰堤がある。



第1図 県内アユ放流種苗の平均体重\*と放流量の推移  
\*河川漁業動態調査（昭和57年版～平成18年版）<sup>6)</sup>  
数値から作成



第2図 調査区間概況図

5月8日、24日、6月8日に電気ショッカー（Electrofisher LR-24 : SMITH-ROOT, INC）を使用して採捕した。

友釣り解禁日（6月25日）には調査区間を上流エリアと下流エリアにわけ（第2図）、友釣りにより採捕した。各区間を調査員5人で4時間友釣りでアユを採捕した。採捕魚は研究所に持ち帰り、各種苗の採捕割合を調べるとともに体重を計測し、成長の比較をした。また、採捕魚の鰓および腎臓から冷水病菌の保菌検査を行った。

友釣り解禁日に、上流エリアで8人、下流エリアで13人、調査区間下流で5人の友釣りによる遊漁者にビク調査を行い、各区間の標識魚の漁獲割合を調べた。

#### 河川環境中からの冷水病菌の検出

河川環境中における冷水病原因菌の有無を調べるために、付着藻類からの冷水病菌の検出についても調査した。付着藻類からの検出は、藻類が繁茂している粒径5～10mmの小石を培地上で直接転がして塗沫した。

#### 冷水病菌保菌検査および遺伝型同定

冷水病菌の保菌状況は培養法およびPCR法<sup>10)</sup>により調査した。アユの鰓および腎臓から滅菌綿棒を用いて採取した組織片を改変サイトファーガ寒天培地<sup>11)</sup>に塗抹し、4°Cで培養した。約2週間後に培地上に形成された黄色コロニーからDNAを熱抽出し、プライマーPSY-G1<sup>12)</sup>とfPPIC1<sup>13)</sup>を用いてPCRを行った。PCRの反応条件等はIzumi et al.<sup>12)</sup>および吉浦ら<sup>13)</sup>に従った。相互のプライマーペアで目的の増幅断片が得られたものを陽性とした。

陽性の検体について、PCR-RFLP法<sup>12,13)</sup>により遺伝型の判別を行った。遺伝型S型およびR型については、PSY-G1<sup>12)</sup>のPCR増幅産物を試料として、制限酵素Rsa-I (Afa-I) を用いて断片型を決定した。<sup>12)</sup> また、遺伝子型A型およびB型については、fPPIC1<sup>13)</sup>のPCR増幅産物を試料として、制限酵素Hinf-I を用いて断片型を決定した。<sup>13)</sup>

## 結 果

### 潜水目視調査

友釣り解禁日まで4回の調査を行い延べ5,096尾のアユ

第1表 放流種苗の概況

種類	放流日	放流尾数	平均体重(g)	標識部位
早期種苗	4月21日	3,105	2.88	脂鰓
中期種苗	5月12日	3,247	6.38	脂鰓+右腹鰓
後期種苗	5月26日	3,008	10.68	脂鰓+左腹鰓

第2表 放流種苗の保菌状況

種類	放流日	検査尾数	陽性数/検体数	
			鰓	腎臓
早期種苗	4月21日	30	0/30	0/30
中期種苗	5月12日	30	0/30	0/30
後期種苗	5月26日	30	0/30	0/30

### 放流

標識放流したアユの系統は、琵琶湖産系人工産アユの継代5代目であった。標識魚の種類、放流日、放流尾数、平均体重および標識部位を第1表に示した。本研究では、4月21日に放流したものを早期種苗、5月12日に放流したものを中期種苗、5月26日に放流したものを後期種苗とした。各種苗を調査区間の6カ所に分散放流した。調査区間への総放流尾数は9,360尾で、調査区間内の放流密度は0.84尾/m<sup>2</sup>であった。

なお、放流時の各種苗30尾について、鰓および腎臓から冷水病菌の保菌検査を行った結果冷水病菌は検出されなかった（第2表）。

### 潜水目視調査

5月9日、24日、6月8日および21日の4回、調査区間で潜水目視調査を行った。調査区間を3区間に分け、各区間を1人の調査員が無作為に20視野観察した。1視野当たり約1分間観察し、冷水病の発症状況を調査した。外観症状（体側の発赤や穴あき症状）が確認できる個体を病魚として計数した。

### 採捕調査

を観察したが、冷水病の外観症状の認められるアユは確認されなかった。

### 冷水病菌の保菌状況

採捕魚の保菌検査結果を第3表に示した5月9日および24日の早期種苗の鰓から遺伝子型のBS型の冷水病菌が検出されたが、6月8日の採捕魚からは検出されなかつた。また、その他の種苗からも冷水病菌は検出されなかつた。

6月25日の友釣り採捕魚では、どの種苗の鰓からも遺伝子型のBS型の冷水病菌が検出された。

### 各種苗の成長状況

各種苗の採捕魚の平均体重の推移を第3図に示した。5月9日に採捕した早期種苗の平均体重(5.32g)は放流時の中期種苗のそれ(6.38g)より有意に小さかつた(Welchのt-検定,  $p<0.001$ )。5月23日に採捕した早期種苗および中期種苗の平均体重(7.60gおよび7.27g)は、放流時の後期種苗のそれ(10.68g)より有意に小さかつた(Tukeyの方法による多重比較,  $p<0.05$ )。一方、早期種苗と中期種苗の平均体重に有意差は認められなかつた(Tukeyの方法による多重比較,  $p<0.05$ )。6月8日の調査における早期種苗の平均体重は、中期種苗および後期種苗のそれより有意に大きかつた(Tukeyの方法による多重比較,  $p<0.05$ )。一方、中期種苗と後期種苗の平均体重に有意差は認められなかつた(Tukeyの方法による多重比較,  $p>0.05$ )。6月25日の友釣り採捕魚においても、早期種苗の平均体重が中期種苗および後期種苗のそれより有意に大きく(Tukeyの方法による多重比較,  $p<0.05$ )、中期種苗と後期種苗の平均体重には有意差は認められなかつた(Tukeyの方法による多重比較,  $p>0.05$ )。

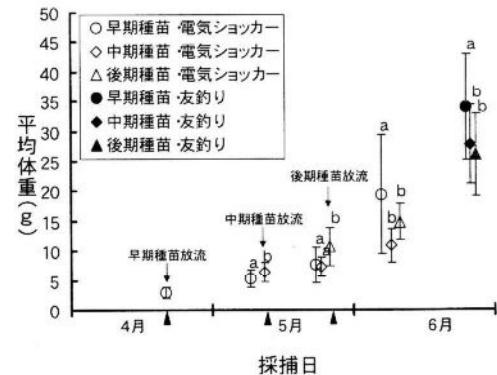
各種苗の友釣り解禁日における日間成長率<sup>14)</sup>を第4表に示した。早期種苗は3.87%/日、中期種苗は3.40%/日、後期種苗は3.02%/日で、放流時期が早いものほど高い値であった。

### 各種苗の採捕割合

第4図に解禁日の友釣り採捕魚(友釣り調査およびビク調査)に占める各種苗割合を示した。採捕割合は、後期種苗が39.3%で最も高く、早期種苗が35.7%、中期種苗が25.0%であった。各エリアの採捕割合は、上流エリアは後期種苗が55.2%と最も高く、早期種苗と中期種苗が22.4%であった。下流エリアでは、早期種苗が45.2%と最も高く、中期種苗が26.9%、後期種苗が27.9%と同程度の割合であった。調査区間外では、早期種苗が64.7%と最も高く、後期種苗は5.9%と僅かであった。

第3表 採捕魚の保菌検査結果

採捕日	採捕方法	種類	検査尾数	陽性数/検体数		遺伝子型
				鰓	腎臓	
5月9日	電気ショッカー	早期種苗	35	2/35	0/35	2
5月24日	電気ショッcker	早期種苗	15	2/15	0/15	2
		中期種苗	14	0/14	0/14	
6月8日	電気ショッcker	早期種苗	17	0/17	0/17	
		中期種苗	7	0/7	0/7	
		後期種苗	10	0/10	0/10	
6月25日	友釣り	早期種苗	44	1/44	0/44	1
		中期種苗	45	2/45	0/45	2
		後期種苗	60	4/60	0/60	4



第3図 各種苗採捕魚の平均体重の推移

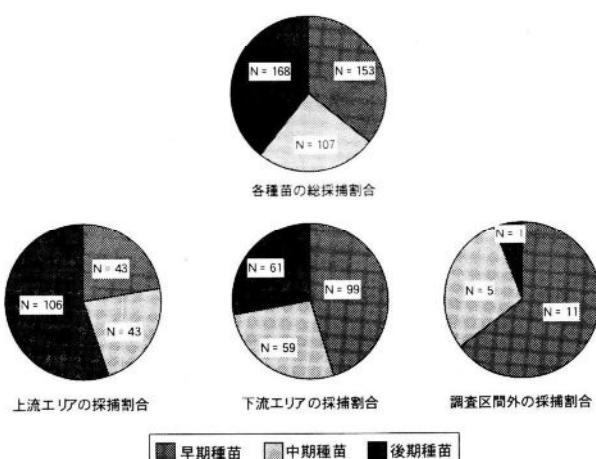
垂線は標準偏差を示す

異なるアルファベットは有意差が認められたことを示す(Tukeyの方法による多重比較,  $p<0.05$ )

第4表 各種苗の放流から友釣り解禁日までの日間成長率

種類	早期種苗	中期種苗	後期種苗
放流時平均体重(g)	2.88	6.38	10.68
友釣り解禁日平均体重(g)	33.9	27.8	26.1
経過日数	65	44	30
日間成長率(%)	3.87	3.40	3.02

日間成長率は $((\text{採捕時の平均体重} - \text{放流時の平均体重}) / (\text{放流から採捕までの日数} - 1)) \times 100^{14)}$ により算出した



第4図 友釣り解禁日の各種苗の採捕割合

## 考 察

放流時のアユ種苗から冷水病菌が検出されなかつたにも係わらず、5月および友釣り解禁日の採捕魚の鰓から遺伝子型BS型（以下BS型とする）の冷水病菌が検出された。アユ種苗放流前の付着藻類から同じ遺伝子型の冷水病菌が検出されていることから、河川内に放流前から存在していたBS型冷水病菌がアユの鰓に付着した可能性が考えられる。しかし、友釣り解禁日までの期間の潜水目視調査によって河川内で冷水病の発生を確認することはなく、電気ショッカーパンクの外観にも冷水病の症状は確認できなかった。また、採捕魚の腎臓からBS型冷水病菌が検出されることもなかった。同様の調査結果が他の河川においても得られている。<sup>7)</sup> また、河川で採集したオイカワ由来の冷水病菌（BS型）はアユに感染しなかつたという実験結果が報告されている。<sup>15)</sup> これらの報告から、付着藻類および採捕アユの鰓からBS型冷水病菌が検出されたにもかかわらず、友釣り解禁日まで冷水病の被害が発生しなかつた原因は、これらBS型の冷水病菌がアユに対する感染力を持たなかつたためと推察される。川之辺<sup>16)</sup>は、長野県の千曲川で冷水病菌を保菌していない人工産種苗を放流するようになったことにより、解禁日のCPUEがそれ以前の1.1～2.4から3.6～4.3へと改善されたことを報告している。本調査の解禁日のCPUEは3.73（総採捕尾数149尾/採捕時間4時間/採捕人数10人）であり、千曲川の冷水病未発生時のそれと同等であった。

以上のように友釣り解禁前にアユに感受性がある冷水病菌が検出されず冷水病の発生が確認されないこと、友釣り解禁日の漁獲は冷水病未発生河川のそれと同等であることから、本調査の放流魚の成長、生残、漁獲に対する冷水病の影響は考慮しなくとも良い程度と考えられる。

早期種苗の平均体重は中期種苗および後期種苗のそれぞれの放流時の平均体重より低いものの、6月に入ると両者を追い越していた。また、中期種苗の平均体重は、後期種苗の放流時の平均体重より低いものの、6月になると追いついていた。つまり、冷水病の発生さえなければ、早期に小型種苗を放流しても友釣り解禁日の漁獲サイズに遜色がないことが明らかになった。漁業協同組合が放流によって得られる収益は、河川に放流した種苗を回収するまでの増重量分である。本調査から、小型種苗の早期放流は、後期の大型種苗放流よりも河川内での増重量が大きく、漁業協同組合にとって有益と考えられる。

第5表に今回の放流試験における各種苗の放流経費を

第5表 各標識魚の放流経費の比較

種類	早期種苗	中期種苗	後期種苗
放流日	4月21日	5月12日	5月26日
放流尾数(尾)	3,105	3,247	3,008
放流時平均体重(g)	2.88	6.38	10.68
放流時期の種苗価格(円/kg)*	3,200	3,000	2,600
放流経費(円)	28,615	62,148	83,526

\* 放流時期の種苗価格は(財)岐阜県魚苗センターの平成19年の価格  
放流経費は放流尾数×放流時の平均体重×放流時期の種苗価格で算出した

推計した。キログラム単位の種苗価格は後期種苗が早期種苗より2割安いが、尾数単位の種苗価格は、早期種苗が後期種苗より7割安いため、早期種苗の放流により、同じ放流経費でより多くの種苗を放流することができる。早期種苗の漁獲サイズおよび漁獲割合は、後期種苗と比べて遜色ないことから、漁業協同組合は4月放流分から5月下旬放流分に移行した放流量を再び小型種苗の4月放流に切り変えることにより、漁獲量を増加させることができると言えられる。例えば、平成18年の県内の放流において、1割を早期小型種苗にすると、放流尾数は約3割増加となり、その分漁獲量の増加が期待できる。ただし冷水病が発生した場合、放流時の水温が低いほど、<sup>4)</sup> 放流魚のサイズが小さいほど被害が大きくなるため、<sup>5)</sup> 早期に小型種苗を放流する場合には、冷水病菌を保菌していない種苗の放流や、他河川で漁獲したアユの蓄養禁止を徹底し、解禁前の河川への冷水病菌の侵入防止を図る必要がある。

本調査では、友釣り解禁日の採捕割合は、上流エリアで後期種苗、下流エリアと調査区間外で早期種苗がそれぞれ高くなり、早期種苗の下流への分散が目立つ結果となつた。放流種苗の移動分散には、種苗性、<sup>17)</sup> 河川水温<sup>18)</sup> および濁り<sup>18)</sup>が影響する。このうち種苗性については、種苗の遡上性と関連することが知られている成長<sup>17)</sup> やナワバリ形成性<sup>17)</sup>に問題がなかつたことから、早期種苗の下流への分散原因ではないと考えられる。早期種苗の放流時期の河川環境に着目してみると、早期種苗の放流時の水温は8.8°Cと低く、5月中旬まで水温が低い状態が続いていた。また、調査区間上流には水田が多く、4月下旬～5月上旬の代播きの際にはその排水が流入し、白濁しているのが観察された。アユは15ppm以上の濁りで忌避行動が見られ、<sup>18)</sup> 16～18°Cの前歴水温のアユは12°C以下の冷水を明瞭に忌避するという報告<sup>18)</sup>があることから、本調査における下流への分散原因は、濁りや低水温等の環境要因によるものと推察される。調査区間内には6つの堰堤があり、放流地点から下流への分散は容易だが、上流への分散は困難である。このことが、早期種苗の下流への分散を助長したと考えられる。今後は、

低水温や濁り等の環境要因が放流後のアユの分散に与える影響についても調査する必要がある。

## 要 約

1. 木曽川水系飛騨川支流の竹原川において、冷水病菌を保菌していない小型アユ種苗の放流効果を検証した。
2. 冷水病菌を保菌していないアユ種苗の放流により、友釣り解禁日までの冷水病被害抑制の再現性が得られた。
3. 早期に小型種苗を放流しても漁獲サイズに遅色ないことが明らかになった。
4. 小型種苗の早期放流は、後期の大型種苗放流よりも増重量が大きく、漁業協同組合にとって有益と考えられる。
5. 早期放流魚が、下流へ分散する傾向が認められた。その原因として、低水温や濁り等が推察されるが、今後も調査を行っていく必要がある。

## 文 献

- 1) 岐阜県. 平成4年岐阜県統計書 1993;142.
- 2) 岐阜県. 平成17年岐阜県統計書 2006;140.
- 3) 井上 潔. アユの冷水病. 海洋と生物 2000;22:35-38.
- 4) 全国湖沼河川養殖研究会アユ冷水病対策研究会. 水産庁. 養殖場における冷水病発生状況, アユ冷水病対策研究会取りまとめ 2001 (<http://www.fis-net.co.jp/~aquanet/aq-3/reisuibyou.html>).
- 5) アユ冷水病対策協議会. アユ冷水病防疫に関する指針 2004;5.
- 6) 岐阜県. 河川漁業動態調査(昭和56年～平成18年) 1981-2006.
- 7) 原 徹, 桑田知宣, 斎藤 薫. 河川における冷水病菌の動態, 冷水病菌を保菌していないアユ種苗の放流事例. 本誌 2007;1-4.-
- 8) 原 徹, 桑田知宣, 斎藤 薫. アユの河川内での冷水病感受性および放流効果の系統差. 本誌 2007;5-10.
- 9) 可児藤吉. 可児藤吉全集, 全一巻, 思索社, 東京 1978;1-17.
- 10) Beverton RJH and Holt SJ. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Ser. II* 1957;19:533.
- 11) Izumi S, Wakabayashi H. Use of PCR to detect *Cytophaga psychrophila* from apparently healthy juvenile ayu and coho salmon eggs. *Fish. Pathol.* 1997; 32: 169-173.
- 12) Izumi S, Aranishi F, Wakabayashi H. Genotyping of *Flavobacterium psychrophilum* using PCR-RFLP analysis. *Dis. Aqua. Org.* 2003; 56: 207-214.
- 13) 吉浦康寿, 釜石 隆, 中易千早, 乙竹 充. Peptidyl-prolyl cis-trans isomerase C 遺伝子を標的としたPCRによる*Flavobacterium psychrophilum*の判別と遺伝子型. 魚病研究 2006; 41(2): 67-71.
- 14) 全国湖沼河川養殖研究会アユ放流研究部会. 解禁日の決定, アユ種苗の放流マニュアル (石田力三監修) 1994;20-21.
- 15) 田畠和男. 河川における冷水病菌をめぐる在来魚と放流アユとの関係. 日水誌 2004;70(3):318-323.
- 16) 川之辺素一, 沢本良宏, 山本 聰. 千曲川におけるアユの放流効果と冷水病の関係. 長野水試研報 2005; 7:10-15.
- 17) 内田和男. アユの種苗性と遡河行動, 総説(特集アユ), 水産増殖 1990;38(2):210-211.
- 18) 平野礼次郎. 漁業影響軽減対策, 漁業公害調査報告書, ダム等河川工作物設置による漁業への影響調査. 水産庁 1986;29-331.