

冷水病菌を保菌していたアユ放流種苗を異なる水温で継続飼育した場合の生残率

田子泰彦*¹・村木誠一*^{1,2}・大津 順*¹
(2006年3月8日受理)

Survival rate of the stocking Ayu infected by cold-water disease during rearing in concrete ponds at two water temperatures

Yasuhiko TAGO, Seiichi MURAKI and Jun OHTSU

Survival rate of the ayu, *Plecoglossus altivelis*, used for stocking the Jinzu and Shou Rivers was estimated during rearing of the fish in concrete ponds from May to August for five consecutive years (1997 through 2001). Fish of four different origins were used, divided into 2 groups, and each group reared at either 13 °C or 17 °C. In all experiments, the highest survival rate (99.2 %) was observed at 17 °C, and the lowest (10.2 %) at 13 °C. Mean survival rate of the fish at 13 °C was 44.2 % and was 60.6 % at 17 °C. The cold-water pathogenic disease bacteria, *Flavobacterium psychrophilum*, was detected in all groups, and it is considered that the bacterium was responsible for the death of the ayu. These results suggest that recent release of the ayu into the Jinzu and Shou Rivers may have been greatly affected by cold-water disease and that we should hasten to solve this problem to enhance the ayu resources more effectively.

Key words: cold-water disease, stocking ayu, survival rate, water temperature

1990年代に入るとアユ *Plecoglossus altivelis* の冷水病の発生が日本国内で確認され (Iida and Mizokami 1996, Izumi and Wakabayashi 1997), それ以降, 冷水病の発生地域は全国的に拡大している (アユ冷水病対策研究会・水産庁 2001)。富山県の河川においても1996年に初めてアユの冷水病菌が検出され (若林・宮崎 1996), 以後9年が経過した。その間, 県内では冷水病の発生河川は, さらに拡大する傾向が見られている (村木・田子 2004)。

神通川や庄川のアユ漁の現場においては, 2005年においても, 漁獲されたアユの中に冷水病に罹患したと思われる症状を呈するアユが多数確認されている (田子 未発表)。また, 解禁前に上流部で多数見られたアユの跳びはね現象やアユのハミアトが, 濁水を伴う出水の後には, しばらくの間ほとんど見られなくなるという現象も見られるようになった。このような現象は, アユが冷水病に罹患して衰弱することにより引き起こされている可能性が考えられることから, 漁業者の間には, 冷水病の蔓延がアユ漁に及ぼす影響に対しての不安感が広まっている。

一方, 冷水病の発症を抑えるためには, 河川水温が低い時期には種苗の放流は避け, 河川の日

*¹富山県水産試験場(Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Takatsuka, Namerikawa, Toyama 936-8536, Japan)

*²現富山県水産漁港課 (Toyama Prefectural Fisheries and Fishing Ports Division, 1-7 Sinsogawa, Toyama, Toyama 930-8501, Japan)

間最低水温が13℃以上となる時期を放流の日安とする指導方針がある（アユ冷水病対策協議会 2003）。しかし、13℃以上の水温でアユを放流すればどの程度冷水病の発症を抑えられるのかという疑問が漁業者や漁協関係者にはある。

このように、放流された種苗がアユの漁期までにどのくらい生き残るのか、また放流された種苗に冷水病が発症するのか、あるいは放流時の河川水温によって放流魚の生残率が違うのかという実態を明らかにすることは、放流を実施した漁業協同組合や漁業者・遊漁者にとっては極めて関心の高い事柄であると思われる。しかし、神通川や庄川などの大河川に放流されたアユ種苗の生残率を推定することは極めて困難で、全国的にみても、河川に放流されたアユ種苗の解禁日までの生残率を推定した報告は、限られた河川区域における報告があるに過ぎない（石田 1965, 山本・松宮 2001）。また、放流したアユ種苗の冷水病の発生率を調べた事例もほとんどみられない。

このため、本研究では河川へ放流されたアユ種苗の生残率と冷水病の発生率を予測する目的で、1997～2001年に神通川と庄川に放流されたアユ種苗を、コンクリートの飼育池において異なる2つの水温で継続飼育し、その生残率を調べるとともに、冷水病菌の検出検査を行った。

材料と方法

飼育池で継続飼育したアユには、1997～2001年に神通川または庄川に放流された種苗の一部を用いた（Table 1）。それら種苗の由来は、滋賀県彦根市の養殖場で育成された種苗（以下、彦根

Table 1 Date of beginning, origin, number, mean body weight and density of the ayu reared in the concrete ponds from May or June to August 1 during the years 1997 to 2001

1997～2001年の5、6月から8月1日までコンクリートの飼育池で継続飼育したアユの飼育開始日、由来、尾数、平均体重および飼育密度

Date of beginning	Origin	Number of fish	Mean body weight (g)	Number of used ponds	Density of fish (kg/m ²)
16 May, 1997	Farm in Hikone city * ¹	319	13.1	1	1.48
3 June, 1997	Farm in Hikone city * ¹	448	9.2	2	0.73
5 June, 1997	Farm in Hikone city * ¹	167	9.8	1	0.58
20 May, 1998	Jinzu Hatchery * ²	440	7.0	2	0.54
25 May, 1998	Farm in Hikone city * ¹	558	8.7	2	0.86
19 May, 1999	Farm in Hikone city * ¹	308	11.3	2	0.61
21 May, 1999	Jinzu Hatchery * ²	297	11.7	2	0.61
25 May, 2000	Jinzu Hatchery * ²	312	4.7	2	0.26
9 June, 2000	Farm in Hikone city * ¹	300	13.9	2	0.74
9 June, 2000	Farm in Hikone city * ³	300	10.5	2	0.56
27 Apr., 2001	Jinzu Hatchery * ⁴	716	8.6	2	1.09
31 May, 2001	Farm in Hikone city * ³	316	9.0	2	0.50

*¹ Landlocked population of lake Biwa.

(琵琶湖産の仔魚を彦根市の養殖場で畜養した種苗)

*² Fertilized from wild fish of amphidromous population caught in the Jinzu River.

(神通川で採捕された親の1代目の種苗)

*³ Amphidromous population in Miyazaki Prefecture and reared in the farm in Hikone City.

(宮崎県で採捕された海産アユを彦根市の養殖場で畜養した種苗)

*⁴ Amphidromous population maintained in Jinzu Hatchery.

(神通川アユ増殖場で継代飼育された種苗)

市養殖場産) および富山漁業協同組合神通川アユ・マス増殖場(富山市吉倉)で育成された種苗(以下、神通川増殖場産)であった。彦根市養殖場産には琵琶湖で採捕したアユ仔魚および宮崎県で採捕された海産稚アユを同養殖施設で長期間畜養した種苗があった。神通川増殖場産には神通川で採捕したアユを同漁協神通川アユ増殖場(富山市八尾町薄島)で人工採卵・育成した種苗および同所で継代飼育(十数代)したアユを、神通川アユ・マス増殖場で人工採卵・育成した種苗があった。なお、試験に用いたアユは放流種苗から無作為に選んだため、魚体重と飼育尾数は試験区ごとに異なった(Table 1)。

飼育試験は富山県水産試験場の飼育池(長さ1.95m, 幅1.45m, 高さ0.66m)4~6面(飼育密度0.26~1.48kg/m², Table 1)を用いて、飼育水温(飼育水は地下水)を約17°Cと13°Cに分けて5~6月から8月1日まで行った。稚魚の餌には人工配合飼料を用い、給餌量は飼育密度が高いため魚体重の1%未満とした。給餌は午前と午後の2回に分けて行った。なお、投薬等の魚病の予防や治療に関する処置は一切行わなかった。生残率は原則として毎日死亡魚を計数し、当初の収容尾数から引き算することによって算出した。

1998~2001年には、飼育期間中の7月または飼育試験終了後の8~9月(残存個体)に、各群6~20個体を無作為に抽出し、「nested-PCR法」(Izumi and Wakabayashi 1997)により冷水病菌(*Flavobacterium psychrophilum*)の検出検査を行った。検査部位は1998~1999年では鰓、2000~2001年では腎臓とした。

結 果

各種苗の生残率の変化をFig.1に示した。水温13°Cで飼育した彦根市養殖場産群が5カ年を通してどの年も最も生残率が低かった(10.2~55.9%)。しかし、同群でも1998年と1999年に水温17°Cで飼育した場合の生残率は90.0%と74.7%で、神通川増殖場産よりも高い値を示した。神通川増殖場産は1998年(81.4%, 85.9%)と2000年(89.1%, 96.2%)のように両方の群とも生残率が高い場合もあれば、1999年のように両方の群とも生残率が低い場合(49.3%, 51.0%)もあった。また、2001年のように17°Cでは99.2%の高い生残率を維持した群もあれば、13°Cではある時期から急激に生残率が低下し、最終的には42.5%に低下した群もあった。5カ年を通して、各群の中で最も高い、あるいはそれに近い生残率を示した群は、アユの由来、体重および飼育密度にかかわらず、17°Cの水温で飼育した群であった。しかし、13°Cの飼育群でも2000年の神通川増殖場産のように最も高い生残率を示した群や、1998年の神通川増殖場産のように17°Cの飼育群よりも高い生残率を示した群もあり、一定の傾向を示さなかった。17°Cの水温で飼育した11群の生残率の平均値は60.6%で、13°Cで飼育した11群の44.2%よりも高かったが、両者には5%水準で有意な差は認められなかった(t-検定, $p = 0.15$)。

飼育魚または生残魚の冷水病菌の検出率をTable 2に示した。飼育水温13°Cおよび17°Cにかかわらず、検査を行ったすべての飼育群から10~70%の率で冷水病菌が検出された。なお、いずれの年にも飼育試験中には冷水病以外の疾病はみられなかった。

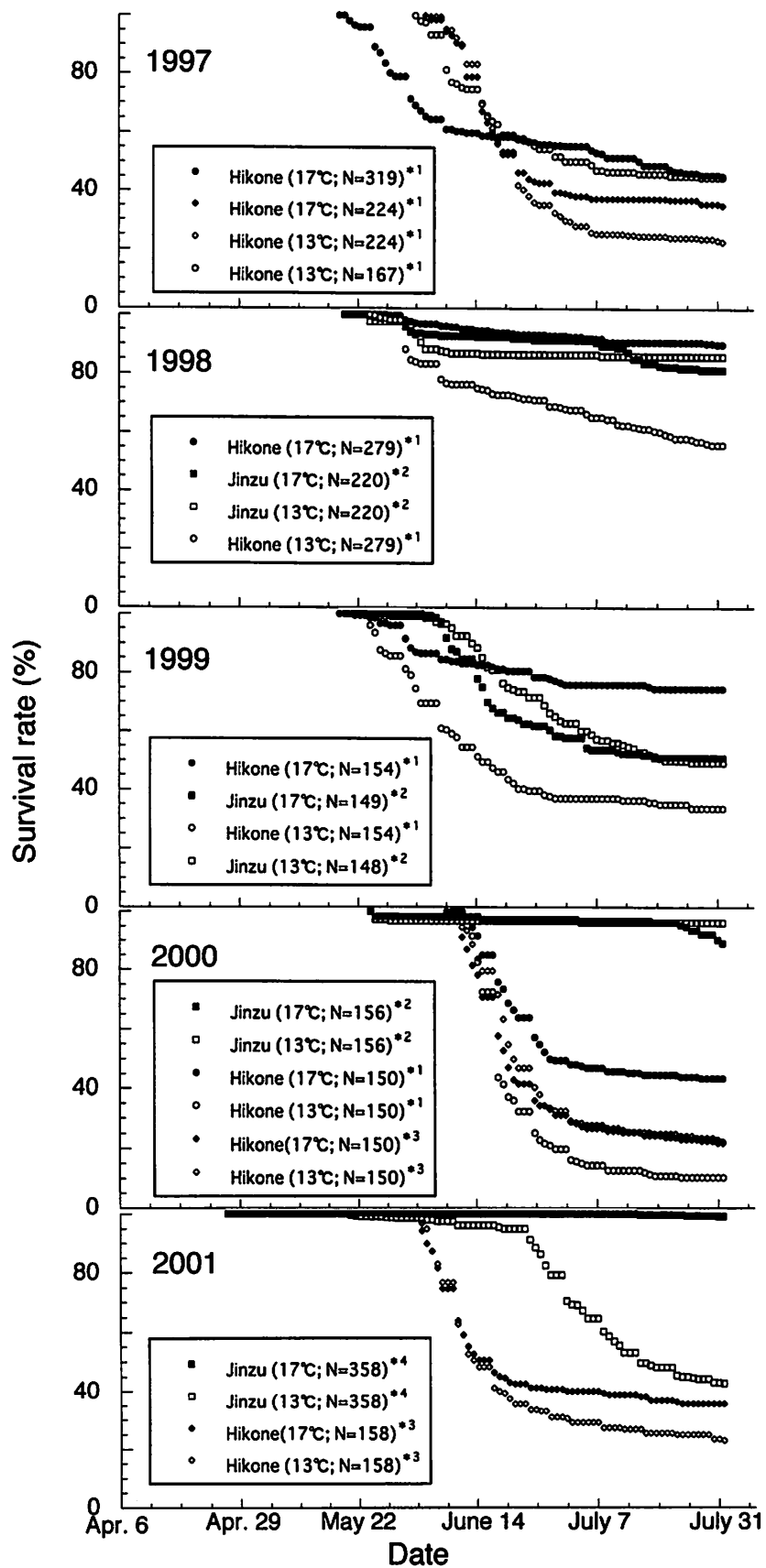


Fig.1. Daily changes in survival rate of the stocking ayu reared in concrete ponds successively in 1997 - 2001. Origins of the fish were the same as those in table 1.

1997~2001年に神通川と庄川に放流されたアユの一部をコンクリートの飼育池で継続飼育した種苗の生残率の日変化。種苗の由来は表1と同じ

Table 2 Detection rate (%) of *Flavobacterium psychrophilum* in ayu reared successively in concrete ponds at different water temperatures. Numbers in parentheses indicate (the number of positive fish) / (the total number of fish tested). 異なる水温で継続飼育されたアユの冷水病菌の検出率(%). () 内の数字は、(冷水病菌が検出された個体数/検査した個体数) を示している

Water temperature	Aug. '98	Jul. '99		Sep. '00			Sep. '01	
	Hikone ^{*1}	Hikone ^{*1}	Jinzu ^{*2}	Hikone ^{*1}	Hikone ^{*3}	Jinzu ^{*2}	Hikone ^{*3}	Jinzu ^{*4}
13°C	66.7 (4/6)	50 (3/6)	33.3 (2/6)	70 (7/10)	20 (2/10)	70 (7/10)	50 (10/20)	30 (6/20)
17°C	— —	50 (3/6)	33.3 (2/6)	40 (4/10)	50 (5/10)	20 (2/10)	20 (4/20)	10 (2/20)

*1, *2, *3, *4 See Table 1 for the fish strains.

*はそれぞれ表1と同じ種苗を示している

考 察

本飼育試験では、体重が最も小さかった2000年や飼育密度が2番目に高かった2001年の神通川増殖場産において (Table 1), 極めて高い生残率を示した群が存在したことから (Fig. 1), 魚体重の大きさや飼育密度の高さは生残率にそれほど影響していないものと考えられる。しかし、冷水病の検査を実施した1998年以降では、すべての飼育群から冷水病菌が検出された (Table 2)。冷水病に冒されたアユ種苗には大きな減耗が生じることが知られていることから (若林 1996), 飼育池でのアユ種苗の生残率の低下は、冷水病の罹患によって引き起こされたものと考えられる。同時に、放流種苗は同じ増殖場 (養殖場) で育成されていたものを複数回に分けて放流されていたことから、当時神通川や庄川で放流されていたアユ種苗の多くは冷水病菌を保菌していたものと推定される。

冷水病の影響のなかった1960年代に群馬県の温川で行われた調査では、河川への放流から解禁時までの生残率は48.6~65.5%と報告されている (石田 1965)。しかし、冷水病が全国的に蔓延した1997~1998年に千曲川で行われた調査では、その生残率は13.0~36.9%と低かった (山本・松宮 2001)。本飼育試験では、飼育魚の生残率は10.2~99.2%で必ずしも低い値ばかりではなかった。しかし、いずれの飼育群からも冷水病菌が検出されたことから、濁水等が度々起こり、飼育池より一段と厳しい環境である河川へ放流した場合では、その生残率は飼育池での生残率よりもかなり低くなることが予測される。

なお、本試験では冷水病の保菌検査に供した検査個体数が少なかったこと、検査部位と検査時期が年により異なったこと、およびどの時点 (検査時期) における冷水病菌の検出率が最も適切にその飼育群の健苗性を示すのかという点が不明であったことから、各試験区の生残率と冷水病菌の検出率との相関関係については議論することができなかった。今後は種苗の生残率と冷水病菌の検出率との関係についても研究を進める必要がある。

冷水病は低水温で発症しやすいことが知られており (若林 1996), また冷水病の発症を抑えるには河川水温が13°C以上となった頃に放流すべきという指導方針がある (アユ冷水病対策協議会 2003)。加えて、本飼育試験では5カ年を通して最も低い生残率を示したのは13°Cの水温で飼

育した群であったのに対して、最も高い生残率を示した群は、17℃の水温で飼育した群であったことから、17℃の水温で放流した方が、放流魚の生残率が高くなることが予測される。しかし、一方で13℃の水温で飼育した群が最も高い生残率を示した年や17℃の飼育群でも13℃の飼育群よりも低い生残率を示した年もあり、一定の傾向を示さなかった。また、17℃と13℃の飼育群の生残率の平均値には有意な差は認められなかったことから、放流されたアユが放流後に高い生残率を得るには、放流時の河川水温の高低を考慮するよりも、放流種苗が冷水病菌を保菌していないことが不可欠な要因であると考えられる。

河川環境の長期的な変化などにより（田子 2001a, 田子・横越 2005）、神通川や庄川では放流量の増加にもかかわらず、アユの漁獲量には減少傾向が続いている（田子 2001b）。加えて最近ではカワウによる食害の影響もある（全国内水面漁業協同組合連合会 1997）。神通川や庄川などアユの有力な漁場が存在する河川では、アユ資源を維持・増大させるには冷水病を根本的に克服することが急務だと考えられる。

要 約

河川に放流されたアユの漁期までの生残率および冷水病の発症状況を把握するために、1997～2001年に神通川と庄川に放流された種苗の一部を、コンクリートの飼育池で放流時期から8月1日まで継続飼育した。飼育試験には由来の異なる4つの種苗を用い、13℃と17℃の2つの水温で飼育した。5カ年での最も低い生残率は13℃の飼育群で得られた10.2%で、最も高い生残率は17℃の飼育群で得られた99.2%であった。しかし、13℃の飼育群でも最も高い生残率を示した年もあれば、17℃の飼育群よりも高い生残率を示した年もあり、一定の傾向を示さなかった。17℃の水温で飼育した11群の生残率の平均値は60.6%で、13℃で飼育した11群の44.2%よりも高かったが、両者には5%水準で有意な差は認められなかった。飼育水温13℃および17℃にかかわらず、検査を行ったすべての飼育群から10～70%の率で冷水病菌が検出されたことから、生残率低下の主な原因は冷水病の発症・死亡にあると推定された。神通川と庄川に放流されていたアユ種苗の多くは冷水病菌に感染しており、両河川でアユ資源を効率的に増大させるには、放流時の河川水温の高低を考慮するよりも、冷水病を根本的に克服することが急務だと考えられた。

謝 辞

本論文を取りまとめるに際しては、独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所 三輪 理博士のご助言をいただいた。本研究に用いたアユの放流種苗は、富山漁業協同組合および庄川沿岸漁業協同組合連合会から提供を受けた。また、飼育に当たっては臨時職員の方々のご協力を得た。本研究の一部はアユ種苗回帰率向上総合対策事業（水産庁）によった。ここに心を込めて感謝の意を表す。

文 献

- アユ冷水病対策協議会 2003. アユ冷水病対策のポイント. pp. 1-10, (社) 日本水産資源保護協会.
- アユ冷水病対策研究会・水産庁 2001. アユ冷水病対策研究会取りまとめ(1). 月刊養殖, 2001年9月号: 77-80.
- Iida, Y. and A. Mizokami 1996. Outbreaks of coldwater disease in wild Ayu and Pale chub. *Fish Pathology*, **31**; 157-164.
- 石田力三 1965. 放流アユの生残率と漁獲率. 淡水区水産研究所研究報告, **15(1)**; 1-11.
- Izumi S. and H. Wakabayashi 1997. Use of PCR to detect *Cytophaga psychrophila* from apparently healthy juvenile ayu and coho salmon eggs. *Fish Pathology*, **32(3)**: 169-173.
- 村木誠一・田子泰彦 2004. 富山県の河川で採捕されたアユにおける冷水病原因菌検出頻度の季節変化. 富山県水産試験場研究報告, **15**: 11-18.
- 田子泰彦 2001a. 神通川と庄川の中流域における最近の淵の消長. 日本水産増殖学会誌, **49(3)**; 397-404.
- 田子泰彦 2001b. 神通川と庄川における近年のアユの漁法別着漁人口の動向と漁獲量の変化. 日本水産増殖学会誌, **49(1)**; 117-120.
- 田子泰彦・横越 淳 2005. 神通川中下流域周辺における河川形状の長期的な変化. 富山県水産試験場研究報告, **16**: 17-30.
- 山本 聡・松宮義晴 2001. 千曲川における DeLury 法によるアユの資源尾数推定. 日本水産学会誌, **67(1)**: 30-34.
- 若林久嗣 1996. 冷水病. pp.57-58, 魚病学概論 (室賀清邦・江草周三 編). 恒星社厚生閣, 東京.
- 若林信一・宮崎統五 1996. 魚病対策事業. pp.153-156, 平成8年度富山県水産試験場年報, 富山県水産試験場.
- 全国内水面漁業協同組合連合会 1997. 野鳥の食害いよいよ深刻化. 広報ないすいめん, **9**: 10-13.