

ビワマスとアマゴの発眼卵および稚魚の海水耐性*

藤岡 康弘

Seawater Tolerance of Eyed Period Eggs and Juveniles in Biwa Salmon Oncorhynchus rhodurus and Amago Salmon Oncorhynchus rhodurus

Yasuhiro Fujioka

サケ科魚類は北半球に広く分布し、その生活様式は多様で多くの種類が淡水域と海洋の両環境を往復する回遊魚である。¹⁾ これらの大部分は河川の上流域で産卵し、ふ化した稚魚は一定の期間河川で生活した後降海するが、その季節や年齢は種によって大きく異なっている。²⁾ 降海回遊に際して浸透圧調節機構の変換が必要であるが、この問題は古くから興味を持たれサケ科魚類を用いて多くの研究が行われてきた。³⁾ それらの結果、海水耐性あるいは浸透圧調節能の発達は種によって大きく異なり、発育のごく初期に降海するサケ Oncorhynchus keta やカラフトマス O. gorbusha は、ふ化後も一定期間河川で生活するギンザケ O. kistch・ベニザケ O. nerka 等に比較して早くから浸透圧とイオンの調節能が発達していることが報告されている。⁴⁾

ビワマスは琵琶湖とその流入河川を生息域とする湖沼回遊型のサケ科魚類で降海型は知られていない。⁵⁾ 一方、ビワマスと同種とも言われているアマゴは、西南日本の太平洋側に分布し、大部分は河川に留まって成熟するが、一部はスモルト化の後降海する。⁶⁾ このように両種には海洋環境との関わりにおいて若干の差が認められるが、海水耐性あるいは海水適応に関する比較研究は田村ら⁷⁾ のものがあるにすぎない。そこで本研究においては、ビワマスとアマゴの発眼卵ならびにビワマスの降河期を中心とした両種の稚魚期における海水耐性を比較したものである。

本稿を始めるにあたり、種々ご指導を賜った醒井養鱒場長伏木省三博士に厚くお礼を申しあげる。

材料及び方法

本実験に使用したビワマスとアマゴの発眼卵は、1983年11月9日に琵琶湖北部の人通川に遡上した天然ビワマス親魚から、また同年11月8日に醒井養鱒場で飼育中の岐阜県由来のアマゴ親魚(満2年)からそれぞれ採卵受精し、12±1℃の湧水中に25日間収容したものである。

なお、受精から発眼までの所要日数は両種とも15日間であった。

発眼卵に対して用いた海水はJamarin U (Jamarin Lab.)を飼育水に溶解して調整した人工海水(以下SW)で、100%濃度のSW(Cl:17.5%)を用意し、さらにこれを75%、50%、25%、10%、5%および2.5%に希釈した。各濃度の500mlのSWを入れたプラスチック容器に発眼卵を各30粒ずつ収容し、ふ化ならびに死卵発生状況を調べた。なお、実験期間中の水温は10.4—11.6℃であった。

一方、ビワマスとアマゴ稚魚は醒井養鱒場で飼育中のそれぞれの親魚から1982年10月21日に採卵ふ化したもので、12±1℃の湧水のもとでニジマス用配合飼料(日本農産工業株式会社)を与えて飼育したのから選んで使用した。

100%、75%、50%濃度のAllen組成*のSW(Cl:19%)45ℓ入りのコンテナに6—10尾の稚魚をそれぞれ収容し、7日間の生残状況を調べた。その後、50%、75%SW中の生残魚はさらに100%SWに、また100%SWの生残魚は淡水中に移行して数日間の生残状況を観察した。実験は1983年6月から11月までの間に6回実施した。実験に使用した稚魚の大きさはTable 1.に示した通り

Table 1. Size of biwa and amago salmon used in the experiments.

| Date | Mean standard length (±SD) | |
|------------------|----------------------------|-----------------|
| | Biwa salmon | Amago salmon |
| 1. Jun.14—21 | 7.58 (±1.66) cm | 7.43 (±1.43) cm |
| 2. Jun.28—Jul. 5 | 10.37 (±1.25) | 10.28 (±0.47) |
| 3. Jul.25—Aug.1 | 10.25 (±1.16) | 11.37 (±1.67) |
| 4. Aug.23—30 | 11.05 (±1.01) | 13.59 (±1.69) |
| 5. Sep.29—Oct. 6 | 11.91 (±1.45) | 15.47 (±2.37) |
| 6. Nov.14—21 | 12.26 (±1.18) | 15.35 (±3.17) |

* 本研究は著者が醒井養鱒場に在職中に実施したものである。

* Allen 組成の人工海水: NaCl 28.17g、MgCl₂ 2.55g、KCl 0.77g、CaCl₂ 1.20g、MgSO₄ 3.50g、NaHCO₃ 0.22g、飼育水 1,000 ml.

である。これらの稚魚を藤岡⁸⁾に従って相区分すると、ビワマスは第1実験ではパーあるいは銀毛パーであり、第4実験の各区1尾と第5、第6実験の各区3尾のダークパー(早熟雄)を除いてすべてスマルトであった。アマゴでは、第4—第6実験にビワマスと同数だけダークパーを混入したほか、第5、第6実験では各区2尾のスマルトを混入し、他は全てパーあるいは銀毛パーであった。実験期間中の水温は9.4—13.1℃であった。

結 果

発眼卵の海水耐性 各濃度の海水中でのビワマスとアマゴ発眼卵のふ化率の経日変化をFig.1に示した。50%以上のSW中でのビワマス発眼卵は、海水へ移行後数日で胚体が白濁し全くふ化しなかった。胚体の白濁は100%SWで4日、75%SWで9日、50%SWでは18日以内に見られ、高塩分濃度程早かった。25%以下のSWでのふ化率は、97—100%で塩分濃度による差は認められず、いずれも高いふ化率を示したが、それぞれのふ化傾向は淡水中のそれと一致せず、ふ化盛期の早い区(2.5%SW)と遅い区(5%SW)とでは5日間のずれが見られた。しかし、ふ化盛期の早遅と塩分濃度との間に一定の傾向は見られなかった。25%SWでふ化した仔魚は全て体色が黒化し下顎が伸張した異常が認められたが、10%SWより低い塩分濃度では上記の異常は認められなかった。

一方アマゴの発眼卵では、100%SWでは4日、75%SWでは11日以内に胚体が白濁しふ化しなかったが、50%SWではふ化したものの完全なふ化はわずか2尾で、ほとんどの個体が頭部を卵膜から出した状態で、いずれもふ化後48時間以内に死亡した。25%SWでは正常なふ化が見られたが、ビワマスと同様に体色の黒化と下顎の伸張が認められた。10%SWより低い塩分濃度では、淡水中と10%SWで67%と若干低いふ化率であったが、2.5%SWと5%SWでは97%と100%の高いふ化率を示した。

稚魚の海水耐性 ビワマスとアマゴを濃度の異なる海水に移行し168時間の生残率の変化をFig.2に示した。ビワマスは100%SWでは48時間以内に全て死亡した。75%SWでは第4—第6実験に混入させたダークパーは全て死亡し、第1—第6実験の銀毛パーあるいはスマルトは一部が168時間生存した。75%SWの生残魚を100%SWへ移行すると、これらは全て死亡した。第4—第6実験で行った50%SWではダークパーを含めほとんど死亡することはなかった。50%SWの生残魚を100%SWへ移行すると48時間以内に全て死亡した。

* 昭和61年度日本水産学会春季大会講演 331

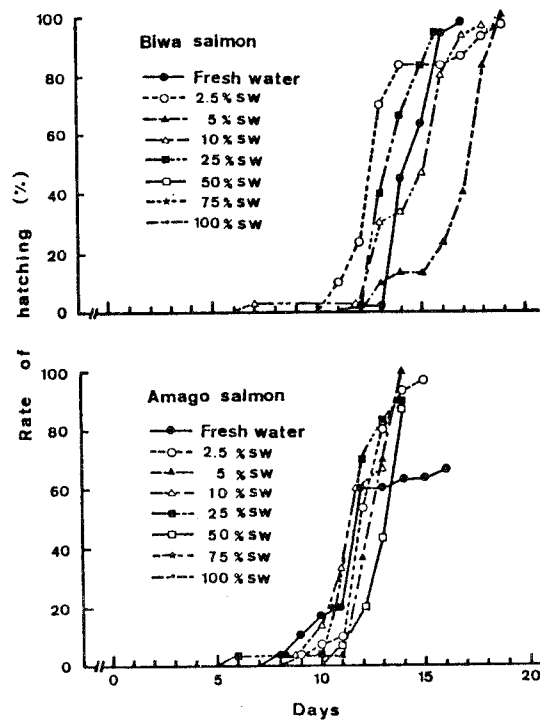


Fig. 1. Cumulative percentage of hatching of the eyed period eggs of biwa and amago salmon transferred to various concentrations of sea water from fresh water.

100%SW中のアマゴ稚魚は第2、第4実験では48時間以内に全数死亡したが、その他の実験では一部の個体が生存し、これを淡水に戻しても死亡しなかった。第4—第6実験で混入させたダークパーは、72時間以内に全て死亡し、168時間の生残魚は銀毛パーとスマルトであった。75%SWでは第1、第2および第6実験で70%程度の生残率で、第3—第5実験の生残率は90%以上を示しビワマスに比較して生残率は極めて高かった。第4—第6実験で混入させたダークパーは第6実験でのみ全て死亡した。75%SWの生残魚を100%SWへ移行すると、第1実験では96時間以内に死亡したが、第2、第3実験では全数が96時間以上生存した。50%SWではダークパーも含めてほとんど死亡しなかった。50%SWの第5、第6実験の生残魚を100%SWへ移行するとダークパーは死亡したものの、スマルトと一部の銀毛パーは120時間以上生存した。

考 察

以上の結果から発眼卵の海水耐性を両種間で比較すると、50%SW中でのビワマス発眼卵はふ化に至らず途中で全て死亡したのに対し、アマゴ発眼卵ではほとんどの個体がふ化して後死亡したことから、ビワマス発眼卵の海水耐性はアマゴのそれに比較して若干弱いと考えられる。また、稚魚の海水耐性においては、100%SWある

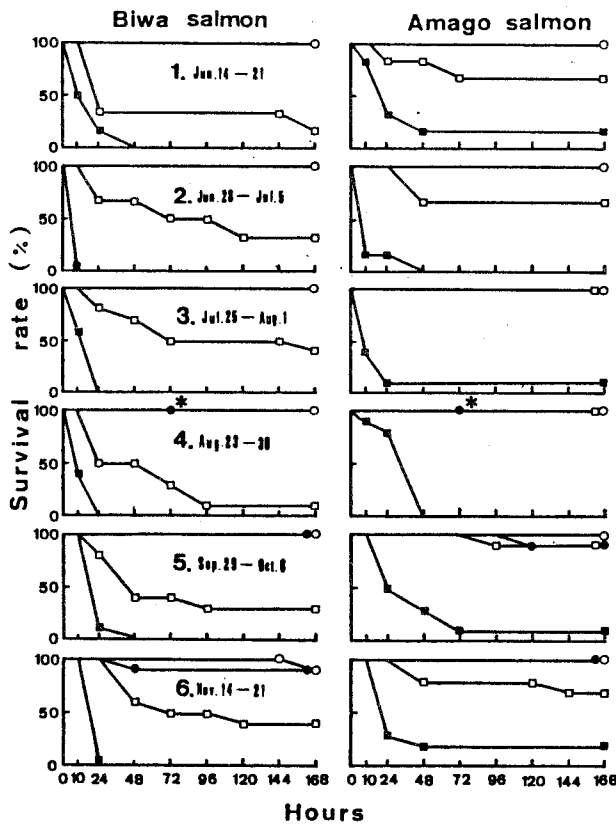


Fig. 2. Changes in survival rate of juvenile biwa and amago salmon after transfer from fresh water to 50, 75 and 100% sea water. (n=10 except for Jun. 14-21 and Jun. 28-Jul. 5 : n=6)
 ○: Control, ●: 50% sea water, □: 75% sea water, ■: 100% sea water, * Test for 72 hours.

いは75%SWでの生残率の比較からビワマス稚魚はアマゴ稚魚より海水耐性が明かに弱く、これは発眼卵での結果と一致している。田村ら⁷⁾は体長2.6-3.5cmのビワマスとアマゴ稚魚を各種濃度の海水に移し、その生残率の比較からビワマス稚魚がアマゴ稚魚より海水抵抗性がより大きいとしており、今回の結果と異なる結論を出している。しかし、その実験結果を見ると、実験に使用しているサイズが今回のものより小さいものの、約65%濃度の海水で両種とも1日以内で全て死亡していることや、50%海水中でアマゴが3日以内に半数以上死亡していることから実験魚の海水耐性が本来のものよりかなり弱い状態にあったものと考えられる。著者らの別に行った70%SWを用いた実験*でも、ふ化後2ヶ月の0.5-0.6g(2.5-3.5cm)のビワマスとアマゴ稚魚は海水移行後1日以内に死亡する個体は無かった。

浮上後間もなく降海し海洋環境との関わりが極めて深

いサケやカラフトマスの発眼卵は、75%海水あるいは100%海水中でもある程度ふ化が起ることが知られている。^{9, 10)} また、仔稚魚の75%海水での生存能力は、サケ、カラフトマスではふ化後60日で、^{9, 10)} またサクラマスでは120日頃獲得すると言われている。¹¹⁾ 本実験の結果、アマゴではふ化後7ヶ月で75%SWで全数が生存したが、ビワマスではふ化後11ヶ月になっても半数が死亡し、完全な適応ができないことが判明した。以上のように近縁なサケ属魚類間でも胚や仔稚魚の浸透圧やイオン調節能の発達に差異の認められることをWeisbart⁴⁾も報告しており、海洋環境との関わりが深いほど発眼卵や仔稚魚の海水耐性が強い傾向が上記魚種間で見られるが、このことがサケ科魚類全般に認められるものか明らかではない。

ビワマスとアマゴの銀毛化時期は異なり、ビワマスでは6月頃、アマゴではそれより3ヶ月遅い9-10月で⁸⁾このような相変化の時期的なずれにより各実験毎に両種間で実験魚の相を同一にすることは不可能であった。サケ科魚類の海水耐性は相により異なり、スモルト化した個体では海水耐性が強まることが知られている。²⁾ アマゴやサクラマスでは外見的なスモルト化のピークと海水適応能の最も発達する時期とがよく一致することが知られている。^{12, 13)} 本実験の第6実験で用いたアマゴのスモルトにおいても100%SWへ直接移行しても死亡することはなく、また、100%SWから淡水に移行しても死亡しなかったことから、アマゴのスモルトは浸透圧の変化に対する調節能力がかなり発達していることを示している。一方ビワマスは第2実験以後銀毛化した個体を使用したにもかかわらず100%SW中では生存できず、75%SWでもかなり死亡する個体があった。このことはビワマスの生物学的特性と言える。ビワマス稚魚は琵琶湖産アユと混獲され各地の河川に古くから放流されてきたと考えられるが、移植による増殖効果は見られない。これは上記の生物学的特性が大きく作用しているのかもしれない。

文 献

- 1) R. M. McDowall (1988): Diadromy In Fish, pp. 34-76, Timber Press.
- 2) 内田清一郎(1974): 魚類、両生類の環境選択、環境と内分泌、pp. 53-82, 日本動物学会編、学会出版センター
- 3) L. C. Folmar and W. W. Dickhoff (1980): The Parr-Smolt Transformation (Smoltification) and Seawater Adaptation in Salmonids, Aquaculture, 21, 1-37.
- 4) M. Weisbart (1968): Osmotic and Ionic Regulation in Embryos, Alevins, and Fry of the

- Five Species of Pacific Salmon, *Can. J. Zool.*, 46, 385—397.
- 5) 藤岡康弘、伏木省三(1988): ビワマス幼魚の降河と銀毛化、*日本水産学会誌*, 54, 1889—1897.
- 6) 加藤文男(1973): 伊勢湾へ降海するアマゴ (*Oncorhynchus rhodurus*) の生態について、*魚類学雑誌*, 20, 225—233.
- 7) 田村幸男、麓 禎康(1976): 稚魚期におけるビワマスとアマゴの海水抵抗性の比較、*兵庫生物*, 7, 67—68.
- 8) 藤岡康弘(1987): ビワマスのパー・スモルト変態、*日本水産学会誌*, 53, 253—260.
- 9) M. Kashiwagi and R. Sato (1969): The Tolerance of Eyed Period Eggs, Alevins and Fry of the Chum Salmon to Sea Water, *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 20, 41—47.
- 10) 本間正男(1982): カラフトマス稚魚の海水適応に関する研究、*北海道立水産孵化場研究報告*, 37, 23—32.
- 11) 大池一臣(1983): サクラマス稚魚の塩分抵抗と Chloride Cell の果たす役割、*養殖研報*, 4, 31—39.
- 12) Y. Nagahama, S. Adachi, F. Tashiro and E. G. Grau (1982): Some Endocrine Factors Affecting the Development of Seawater Tolerance During the Parr-Smolt Transformation of the Amago Salmon, *Oncorhynchus rhodurus*, *Aquaculture*, 28, 81—90.
- 13) K. Yamauchi, N. Koide, S. Adachi and Y. Nagahama (1984): Changes in Seawater Adaptability and Blood Thyroxine Concentrations During Smoltification of the Masu Salmon, *Oncorhynchus masou* and the Amago Salmon, *Oncorhynchus rhodurus*, *Aquaculture*, 42, 247—256.