

サクラマス海水馴致基礎開発試験

石黒武彦^{*1}・伴 真俊^{*2}・野本具視^{*3}・奈良和俊^{*4}

^{*1} 062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2-2 さけ・ます資源管理センター増殖管理課

^{*2} 062-0922 北海道札幌市豊平区中の島2-2 さけ・ます資源管理センター調査課

^{*3} 090-0018 北海道北見市青葉町6-8 さけ・ます資源管理センター北見支所

^{*4} 100-8907 東京都千代田区霞が関1-2-1 水産庁資源生産推進部栽培増殖課

キーワード: サクラマス, 稚魚, 海水馴致, 技術開発

はじめに

現在のサクラマススモルト放流技術では、幼魚の飼育に多くの水と池が必要であり、感染症の発生、サケやカラフトマスの飼育との競合を避けるために専用の施設が必要になるなど、技術的にも経済的にも民間が実施する段階に至っていない(石黒ら 2000)。

これら問題を軽減するため、スモルト生産に要する飼育期間を人為的に短縮する試みも行われている。農林水産省のプロジェクト研究であるマリランピング計画(1980(昭和55)-1988(昭和63)年)では、スモルト生産期間の短縮のためには、採卵時期を早めることと高い水温で飼育し成長を促進させることが重要であるとして、これら条件を満たしやすい継代飼育されたサクラマスを用いて様々な実験が行われた。山形県では、早期(8月上旬)採卵と高水温(13-14℃)飼育が可能な場所においてはスモルトの生産までの飼育期間を半分に短縮できることが実証され(今野ら 1982, 1983)、その0年(0⁺; 受精した翌年の春)魚スモルトを標識放流した結果、3尾の回帰も確認されている。また、北海道では、池産系サクラマスを日長調節等により夏季に成熟させた親魚から採卵・受精し、高水温飼育で翌年の6月までに20-30gサイズの幼魚に育て、海水馴致を施した後に放流を行った結果、沿岸での漁獲が確認されている。

しかし、これら0年魚スモルトは1年魚スモルトとサイズも変わらず、その飼育には多くの水と池が必要であることには変わらない。もし、サケやカラフトマスと同様に生まれた翌年の春に降海できる稚魚を人為的に生産できれば、より経済的なサクラマスの人工ふ化放流を実現できる。

このため、海水馴致、ホルモン投与などにより降海可能なサクラマス稚魚

を作出するための試験を実施したので報告する。

材料と方法

試験には、石狩川水系千歳川産のサクラマス親魚から採卵され、千歳事業所でふ化飼育された稚魚を用い、千歳支所付属の「さけの里ふれあい広場」の実験室で行った。各試験に関連して行った稚魚の海水移行実験には、人工海水（千寿製薬社製、試験研究用100 l）を用いた。

強制馴致試験 試験は平均尾叉長が4.86 cm、平均体重が1.01 gの稚魚を用いて、1994（平成7）年4月11日から13日に行った。

試験には、容量60 lの水槽（300×600×360 mm）6個に、塩分濃度0, 5, 10, 15, 20, 33の海水を入れ、各水槽に43-49尾の稚魚を直接収容した。試験中は7.9の湧水を通水したアトキンス型ふ化槽に各水槽を入れ、水温を一定に保った。収容48時間後に生き残った稚魚を計数し生残率を求めるとともに、その中から10尾を無作為に抽出して血液を採取し、血中ナトリウムイオン濃度を原子吸光光度計で測定した。

また、比較のため、千歳事業所で飼育したサケ稚魚（平均尾叉長4.97 cm、平均体重0.99 g）を同様に塩分濃度0, 15, 33の海水に収容し、48時間後の生残率を求めるとともに、生き残った稚魚のうち10尾の血中ナトリウムイオン濃度を測定した。

段階馴致試験1 試験は平均体重0.41 gの稚魚を用いて、1994（平成7）年2月7日から3月17日に行った。

試験には、容量60 lの循環濾過水槽（300×600×360 mm）2個に湧水を入れ、各100尾の稚魚を収容した。一方を試験区とし、塩分濃度を6-8日毎に10, 15, 20, 25, 30と段階的に上げた。他方は対照区として実験終了まで淡水飼育し、両区の生残率及び成長を調べた。試験中は7.9の湧水を通水した容量300 lの水槽（780×1,160×384 mm）に各水槽を入れ、水温を一定に保った。

段階馴致試験2 試験は平均尾叉長が4.81 cm、平均体重が1.00 gの稚魚を用い、1994（平成7）年4月15日から4月27日に行った。

試験には、容量300 lの水槽（780×1,160×384 mm）に湧水を入れ、300尾の稚魚を収容した。塩分濃度を2-3日毎に10, 15, 20, 25, 33と段階的に上げ、その間の生残率及び生残魚の血液中のナトリウムイオン濃度を原子吸光光度計で測定した。水槽の水を交換し塩分濃度を上げた日の13時の水温は7.7-7.9 と

ほぼ一定であった。

段階馴致試験3 試験は平均尾叉長が4.75 cm,平均体重が0.91 gの稚魚を用い, 1995(平成7)年4月17日から8月10日に行った。

試験には,容量1,000 lの恒温式循環濾過水槽(750×1,800×750 mm)に塩分濃度20の海水を入れ,稚魚721尾を収容した。試験中の水温は10 に設定した。塩分濃度を約30日毎に25,30と段階的に上げ,その間の生残率を調べた。

段階馴致試験4 試験は平均尾叉長が4.80 cm,平均体重が1.04 gの稚魚を用い, 1996(平成8)年4月18日から10月9日に行った。

試験には,容量1,000 lの恒温式循環濾過水槽(750×1,800×750 mm)に塩分濃度10の海水を入れ,稚魚728尾を収容した。5日後に塩分濃度を20に上げ43日間,25にして106日間,30にして21日間飼育し,その間の稚魚の生残率を調べた。試験中の水温は9-12 に設定し,水槽が汚れた場合には,適宜,同濃度の海水と一部交換した。

ホルモン投与試験 第1回目は1995(平成7)年4月17日に100尾(平均尾叉長4.75 cm,平均体重0.91 g)第2回目は同年5月19日に50尾(平均尾叉長5.18 cm,平均体重1.36 g)の稚魚を試験に供した。

試験には,容量60 lの循環濾過水槽(300×600×360 mm)2個に稚魚を収容し,コルチゾル(和光純薬工業社製)あるいはチロキシソ(同)を,1回目の試験には魚体重1 g 当たり1 µg,2回目の試験には魚体重1 g 当たり0.1 µgを飼料に混合し,湧水で2週間飼育した。給餌率は1日魚体重当たり3%とした。飼育後,稚魚を塩分濃度33の海水に移し,48時間後の生残率を調べた。

ホルモン浸漬試験 試験には,平均尾叉長が4.80 cm,平均体重が1.04 gの稚魚を使用した。試験には容量60 lの循環濾過水槽(300×600×360 mm)に100尾の稚魚を収容し,1996(平成8)年4月18日から5月7日の21日間湧水で飼育した。この間4月22日,24日,26日,30日及び5月2日に,同型の水槽に1 mg/lのコルチゾル(和光純薬工業社製)水溶液を入れ2時間浸漬した。

5月7日に塩分濃度33の海水に移し,48時間後の稚魚の生残率を調べた。海水移行試験中は水槽を7.9 の湧水を通水したアトキンス型ふ化槽に入れ,水温を一定に保った。

結果

強制馴致試験 収容48時間後の稚魚の生残率は、塩分濃度0-15までは100%、20で95%であった。塩分濃度33では、収容後7時間で約2/3が横臥し、20時間後までに全てが死亡した(図1)。一方、サケは全ての区において生残率が100%だった。

また、塩分濃度別に生残魚の血中ナトリウムイオン濃度の平均値を図2に示した。サケ稚魚の場合には塩分濃度33でも160.7 mEq/lと低い値を示したのに対して、サクラマス稚魚の場合には塩分濃度20ですでに180 mEq/lを超える値を示した。

段階馴致試験1 経過日数毎の試験区の生残率を図3に示した。塩分濃度が0-20(20日後)の生残率は99%であったが、25に上げた後徐々に死亡数が増加し、30に上げた30日後の生残率は56%まで低下した。試験開始39日後の3月17日で

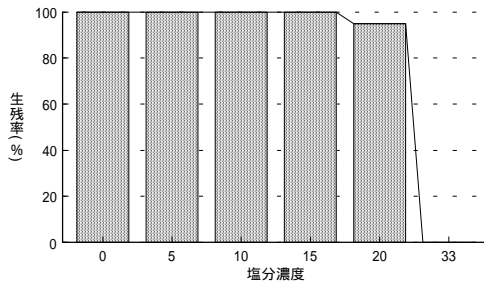


図1. サクラマス稚魚を塩分濃度0, 5, 10, 15, 20, 33の人工海水に直接48時間収容した後の生残率。

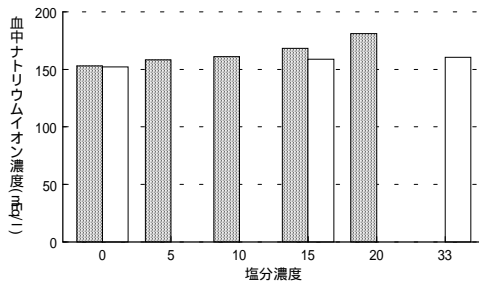


図2. 塩分濃度0, 5, 10, 15, 20, 33の人工海水に直接収容後、48時間生残したサクラマス稚魚(灰色)及びサケ稚魚(白)の平均血中ナトリウムイオン濃度。

試験を終了したが、終了時の生残は5尾のみであった。なお、対照区の生残率は100%であった。試験終了時の稚魚の平均体重は試験区が0.36 g、対照区が0.84 gであった。

段階馴致試験2 経過日数毎の生残率を図4に示した。塩分濃度20 (8日後) までの生残率は100%であったが、25に上げた後徐々に死亡数が増加し、11日後には生残率が71.5%まで低下した。塩分濃度をさらに33に上げた後急激に死

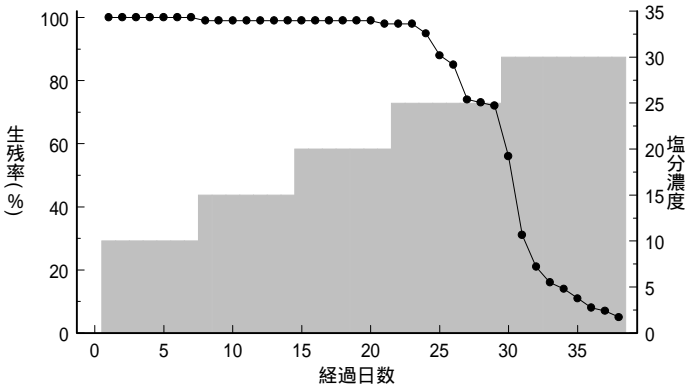


図3. 飼育水の塩分濃度上昇にともなうサクラマス稚魚 (平均体重0.41 g) の生残率の変化 (折れ線は生残率、棒は塩分濃度)。

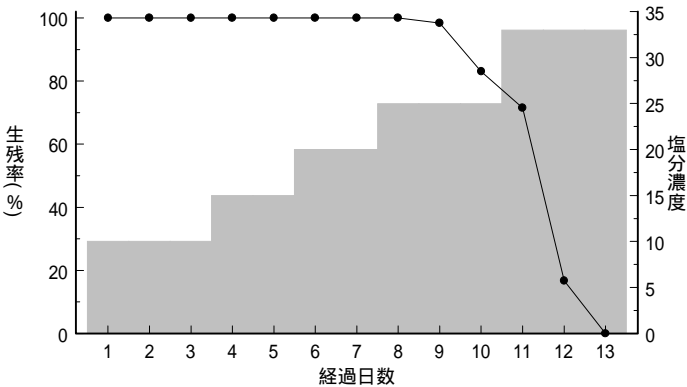


図4. 飼育水の塩分濃度上昇にともなうサクラマス稚魚 (平均体重1.00 g) の生残率の変化 (折れ線は生残率、棒は塩分濃度)。

亡数が増加し、2日後に全数が死亡した。

生残魚の血中ナトリウムイオン濃度は塩分濃度20までは170 mEq/l以下であったが、25では192.2 mEq/l と高い値を示した (表1)。

段階馴致試験3 経過日数毎の生残率を図5に示した。事故のため生残率は試験開始後5日間で87%まで急激に低下した。その後、死亡数は減少したものの6月14日 (58日後) までの生残率は59%となった。塩分濃度を30に上げた6月15日 (59日後) 以降に急激に死亡数が増加し、6月28日 (72日後) には生残率は10%まで低下し、試験を終了した8月10日にはわずか1尾のみが生存した。

段階馴致試験4 稚魚の生残率は塩分濃度20に上げた5日後 (4月22日) までは98.6%であったが、25に上げた48日後 (6月4日) には70.7%まで低下した。塩分濃度を25に上げた後に急激に死亡数が増加し、30に上げた154日後 (9月18日) にはわずか37尾しか生存せず、試験を終了した10月9日には2尾のみが生存した。

表1. 飼育水の塩分濃度を段階的に上昇させたサクラマス稚魚の血中ナトリウムイオン (Na) 濃度の変化。

塩分濃度	0	5	10	20	25
Na濃度(mEq/l)	155.0	160.7	161.9	168.9	192.2
供試数	10	16	15	15	15

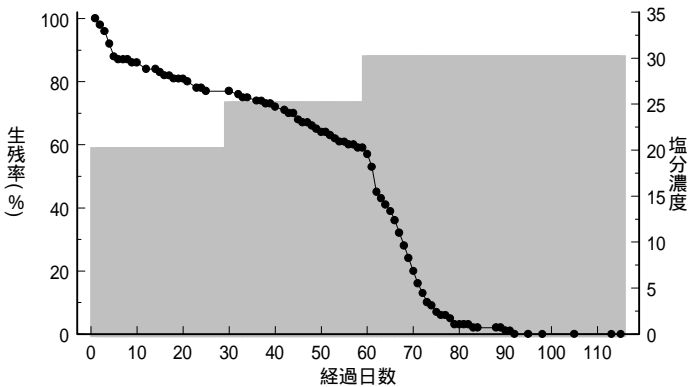


図5. 飼育水の塩分濃度上昇にともなうサクラマス稚魚 (平均体重0.91 g) の生残率の変化 (折れ線は生残率, 棒は塩分濃度)。

ホルモン投与試験 ホルモン投与試験結果を表2に示した。コルチゾル投与群は、1回目に試験開始18日後、2回目に14日後に全て死亡した。チロキシソ投与群は1回目が試験開始32日後で54%、2回目が40日後で84%の生残率であった。チロキシソ投与群の生残魚について塩分濃度33の海水に移行したところ、48時間以内に全数が死亡した。

ホルモン浸漬試験 コルチゾル水溶液に浸漬後の生残魚を塩分濃度33の海水に移行したところ、48時間以内に全数が死亡した。

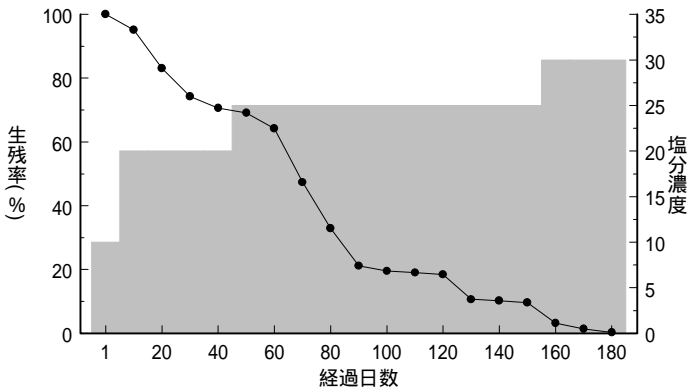


図6. 飼育水の塩分濃度上昇にともなうサクラマス稚魚（平均体重1.04 g）の生残率の変化（折れ線は生残率，棒は塩分濃度）。

表2. コルチゾル及びチロキシソを経口投与したサクラマス稚魚の海水移行後の生残。

試験区分	使用ホルモン	投与量 (μ g/g.BW)	供試数	ホルモン投与後の生残数	海水移行後の生残数
第1回	コルチゾル	1	101	0	-
	チロキシソ	"	100	54	0
第2回	コルチゾル	0.1	50	0	-
	チロキシソ	"	50	42	0

表3. コルチゾル水溶液に浸漬したサクラマス稚魚の海水移行後の生残。

使用ホルモン	供試数	ホルモン浸漬後の生残数	海水移行後の生残数
コルチゾル	100	78	0

考察

より効率的なサクラマス資源の増大をめざして、人工ふ化放流手法を用い、サケやカラフトマス同様に生まれた翌年の春に降海可能な1 gサイズ稚魚を生産する基礎的な技術開発試験を実施した。

この間、人為的に低塩分濃度から段階的に海水馴致させる方法では、塩分濃度25で急激に死亡数が増加し、30以上ではほとんど生存できないことが明らかとなった。また、海水適応能獲得に関与すると言われているホルモンを飼料に混合して投与方法やその溶液に浸漬する方法なども試みたが、投与方法や浸漬方法に検討の余地があるものの、いずれの場合も1 gサイズ以下のサクラマス稚魚では海水適応能を高めることができなかった。野村 (1983) は稚魚時代は勿論、10 g 以下の幼魚では浸透圧調節機能の発達が不十分で海水抵抗力は全くないとしており、今回の試験はこれを追認する結果となった。

伴ら (1987, 1988) は、北海道立水産孵化場森支場産の池産系サクラマスにおいて、尾叉長10 cm (体重約13 g) を超える7-8月にかけて外見上スモルト化し、海水適応能を高める個体の出現を認めているが、これら0年魚スモルトは1年魚に比べて海水適応能は劣るが、大型の個体ほど生残率が高くなり、小型の個体も1/2海水で馴致させると生残率が高まることなどを明らかにしている。今回の基礎的な技術開発試験では1 gサイズ以下の稚魚での海水馴致放流はできないことが明らかとなったが、そ上系サクラマスにおいて、6-7月までに尾叉長10 cm に成長させるため、採卵時期の早期化技術及び高水温条件下での飼育技術の開発を図るとともに、低塩分濃度海水を用いた新たな馴致方法の工夫などの海水適応能をより高めるための技術開発と合わせ、人為的に育成した0年魚スモルト放流による資源造成の可能性を引き続き検討したい。

引用文献

- 石黒武彦・小野郁夫・吉光昇二. 2000. サクラマス増殖技術の開発について - 新資源造成事業 (1984-96) の経過と結果 - . さけ・ます資源管理センター技術情報, 167: 21-36.
- 今野 哲・中江三郎. 1982. 飼育条件によるスモルト促進に関する研究-II. マリーンランチング計画プログレスレポート, サクラマス (2): 22-40.
- 今野 哲・中江三郎・高橋 進. 1983. 飼育条件によるスモルト促進に関する研究-III. マリーンランチング計画プログレスレポート, サクラマス (3): 26-50 .
- 野村哲一. 1983. 天然サクラマスの生理生態学的研究. マリーンランチング計

画プログレスレポート, サクラマス (3): 82-91 .

伴 真俊・笠原 昇・山内皓平. 1987. 池産サクラマス0年魚の銀化に伴う生理的变化, 北海道水産孵化場研報, 42: 19-26 .

伴 真俊・菅野 肇・泉 孝行・山内皓平. 1988. 池産0年魚サクラマスの体長と塩分耐性. 東北水研研報, 50: 117-123 .