海生研研報，第29号，35－39，2023
Rep. Mar. Ecol. Res. Inst., No. 29, 35-39, 2023

短　報

サクラマスの海水馴致技術に関する検討

山本雄三*§・塩野谷 勝*・川田実季*・渡邉裕介*

Growth Trial of Masu Salmon *Oncorhynchus masou* in Seawater

Yuzo Yamamoto*§, Masaru Shionoya*, Miki Kawata* and Yusuke Watanabe*

要約：本報告では，いまだ発展途上にあるといえるサクラマスの海水馴致方法について，馴致期間を変化させた馴致試験を行い，生残率を調べた。試験には，柏崎市沿岸から採水した自然海水と実証試験場構内から得た地下淡水を用い，バルブで海水と地下淡水の流量を調節することで，飼育水の海水濃度を調節した。最初に，当歳魚および1歳魚を用い，約50日間かけて海水に移行する低速海水馴致試験を行った結果，供試魚の生残率は95%以上であった。次に2日または4日間かけて海水に移行する高速海水馴致試験を行った。2日間(50%/日)で海水に移行した区の最終的な生残率は40%であり，生残した全ての個体で平衡喪失および顕著な摂餌量の低下が認められた。4日間日区(25%/日)の最終的な生残率は83%となったが，摂餌量の低下が観察された。

本研究の結果，段階的に海水濃度を上昇させ，時間をかけて馴致を行うことで，サクラマスは，1歳魚，当歳魚ともに高確率で海水に馴致できる可能性が示唆された。

キーワード：サクラマス，スモルト，海水馴致

Abstract: Rearing experiments were conducted for masu salmon (*Oncorhynchus masou*) with elevating salinity condition of rearing water from 0 (well water) to natural seawater level, and the survival rates were compared. Salinity of the rearing water was adjusted with well water and seawater, the former was obtained at Demonstration laboratory, MERI, and the latter was collected from the coast of Kashiwazaki City.

Survival rate of more than 95% was obtained, when 0-year-old and 1-year-old fish were reared under the condition of increasing salinity from 0 to natural seawater level gradually for 50 days. On the other hand, shortening the acclimation period to natural seawater for 2 or 4 days resulted in deceasing survival rates in fish with the same size, 40 and 83%, respectively. All survived fish behaved abnormally in the former condition and the latter showed depletion of appetite. These results indicate that survival of fish relates strongly to acclimation period (to seawater), and more than 5 days are considered to be required for commercial aquaculture.

Key words: masu salmon, smolt, seawater acclimation

まえがき

サクラマス（*Oncorhynchus masou*）の生活史型は，河川残留型と降海型の2つに大別される。いわゆるヤマメと呼ばれる河川残留型は，その一生を河川で過ごすが，これに対して，降海型のサクラマスの多くは1歳魚の春にスモルト化を起こし，生理的に海水適応能を獲得した後，降河し海に下る（後藤，2013)。そして，およそ１年にわたる海洋生活期を経た後，生殖腺の成熟開始を引き金に河川に遡上するが，海洋生活期を経た降海型のサクラマスは，河川残留型と比較して，2倍から4倍程度，大型化することが知られている。近年では，この性質を利用した海面養殖が近縁種であるギンザケ（*Oncorhynchus kisutch*）やニジマス（*Oncorhynchus mykiss*）で盛んに行われている（今

（2022年11月2日受付，2023年1月18日受理）
＊　公益財団法人海洋生物環境研究所　実証試験場（〒945-0017 新潟県柏崎市荒浜四丁目7番17号）
§　Email: y-yamamoto@kaiseiken.or.jp

井，2020；農林水産省統計部，2021）。しかし，サクラマスの海面養殖は，養殖魚を海水移行する際の生残率の低さが問題となっており，実施例が少ないのが実状である。サクラマスの海水馴致機構に関する研究は，これまで多く行われている一方（久保，1983；伴ら，1987），生残率の高い海水馴致技術に関して開発は進んでおらず，いまだ発展途上にあるといえる。そこで，本報告ではサクラマスの海水馴致について，簡便な方法を開発するための基礎情報を得ることを目的に，海水馴致期間を変化させ生残率を調べた。

材料と方法

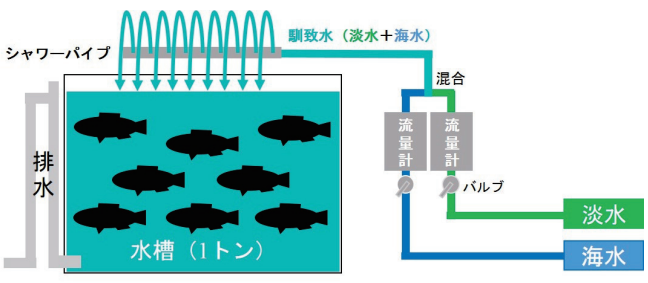
供試魚

魚沼漁業協同組合産のサクラマス当歳魚と1歳魚，および魚沼漁業協同組合産サクラマスを親魚として（公財）海洋生物環境研究所実証試験場で種苗生産した当歳魚を供試した。供試個体はいずれもスモルト化した個体である。

供試魚は実証試験場内の飼育水槽（1トン容）に収容し，試験開始まで地下15メールからくみ上げた地下水（水温：約14.7℃，塩分：約0.3psu）のかけ流し方式で試験開始まで飼育した。全期間を通して，試魚の給餌量は1日に体重の2%量とし，午前9時と15時の2回に分けて与えた。給餌は週6日，（株）日本農産工業製配合飼料（ますEP，EXますLPS，およびEXクランブル）を供試魚の体サイズに応じて給餌した。

馴致水の海水濃度の調整方法

海水馴致水槽の概略図を第1図に示す。海水馴致に用いた淡水は試験開始まで供試魚の飼育に用いた地下水と同じものを用いた。海水は，実証試験場の前面海域から取水した沿岸海水を砂ろ過したものを用いた（塩分：約32.5psu）。海水濃度は，バルブで淡水と海水の流量を調節し，淡水と海水の混合比を制御することで調整し，試験期間の水温は14℃程度になるよう調温した。海水濃度を調整した馴致水は0.5トン/hで流水式とした。



第1図　試験に用いた海水馴致水槽の概略図

低速海水馴致試験

試験は，2018年および2019年の2回実施した。2018年は7月4日から9月3日にかけて，2019年は11月10日から1月20日にかけて，それぞれ魚沼漁業共同組合産の1歳魚および当歳魚を用いて試験を実施した。2018年の試験に用いた供試魚の全長は，19.9±0.9cm，体重は，78.9±11.1g（平均値±標準偏差，20尾について馴致試験前に測定）であった。また，2019年の試験に用いた供試魚の全長は，16.4±1.3cm，体重は，52.3±14.2g（平均値±標準偏差，10尾について馴致試験前に測定）であった。試験水槽はFRP製円形1トン水槽1基とし，これに供試魚を200尾収容した。7日間程度かけて40%まで海水濃度を上昇させた後は，海水濃度を10%上昇させるたびに約1週間馴致を繰り返して海水濃度を上昇させた。海水馴致の成功の可否は，供試魚の生残率で判定した。海水濃度が100%に達した後，15日間，死亡個体の計数を続けた。

高速海水馴致試験

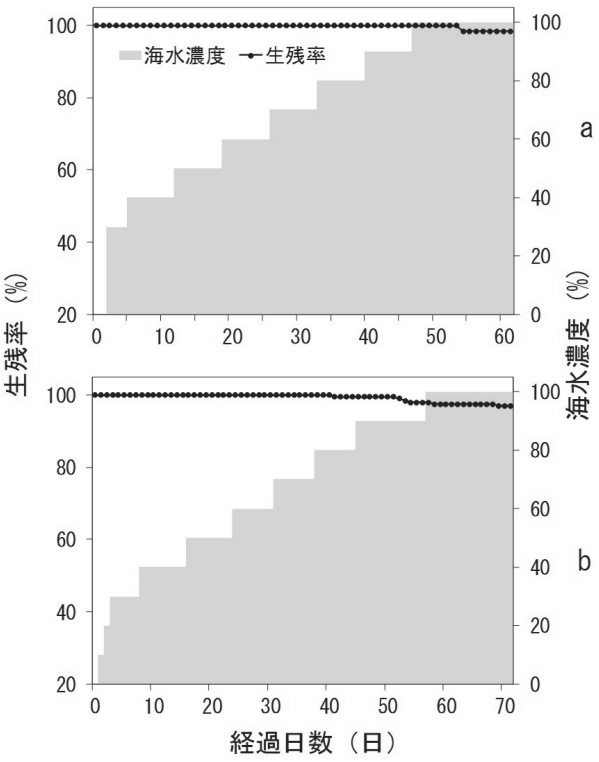
実証試験場で種苗生産した当歳魚を試験に供した。試験にはFRP製円形1トン水槽を各試験区1基ずつ用いた。海水入替率を50%/日とする区，25%/日とする区を試験区とし，何れも地下水のみを供給するコントロール区を設けた。試験水槽には30尾ずつ収容した。50%/日区に関する実験は，2019年10月6日から10月21日に，25%/日区については10月26日から11月12日に実施した。50%日区及び25%日区におけるコントロール区の供試魚の全長および体重はそれぞれ，15.5±1.0cm，16.4±1.3cm，39.3±6.5g，42.2±7.6g，であった（平均値±標準偏差，各10尾ずつ試験後に測定）。25%/日区の供試魚の全長および体重はそれぞれ，16.9±7.4cm，45.2±8.2g，であった（平均値±標準偏差，10尾について試験後に測定）。50%/日区の供試魚の全長および体重はそれぞれ，14.7±1.3cm，および32.5±8.6gであった（平均値±標準偏差，10尾について試験後に測定）。海水濃度が100%に達した後，14日間，死亡個体の計数を

続けた。

結果と考察

低速海水馴致試験における飼育水の海水濃度上昇にともなうサクラマスの生残率の変化を第2図に示す。当歳魚，1歳魚ともに全期間を通して死亡は少なく最終生残率は95%以上と高い値であった。

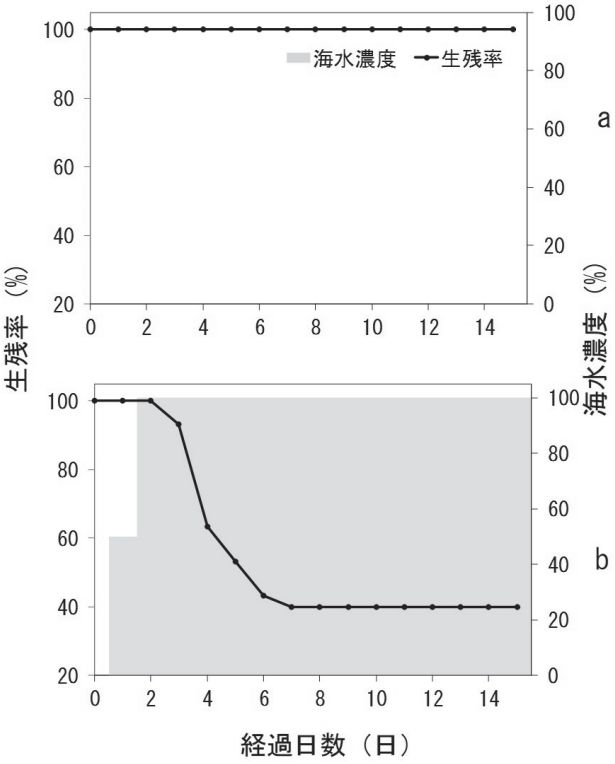
高速海水馴致試験における飼育水の海水濃度上昇にともなうサクラマスの生残率の変化を第3図および第4図に示す。コントロール区では，試験期間中，死亡する個体はなく，平衡喪失等の異常行動も見られなかった。50%/日区では，海水に完全移行した翌日から死亡個体が現れ，最終的な生残率は40%であった（第3図b)。また，生残した全ての個体で，平衡喪失および顕著な摂餌量の低下が認められた。25%/日区では，海水に完全移行した2日後から死亡個体が現れたが，最終的な生残率は83%であった（第4図b)。また，生残した全ての個体で，摂餌量の低下が観察された。



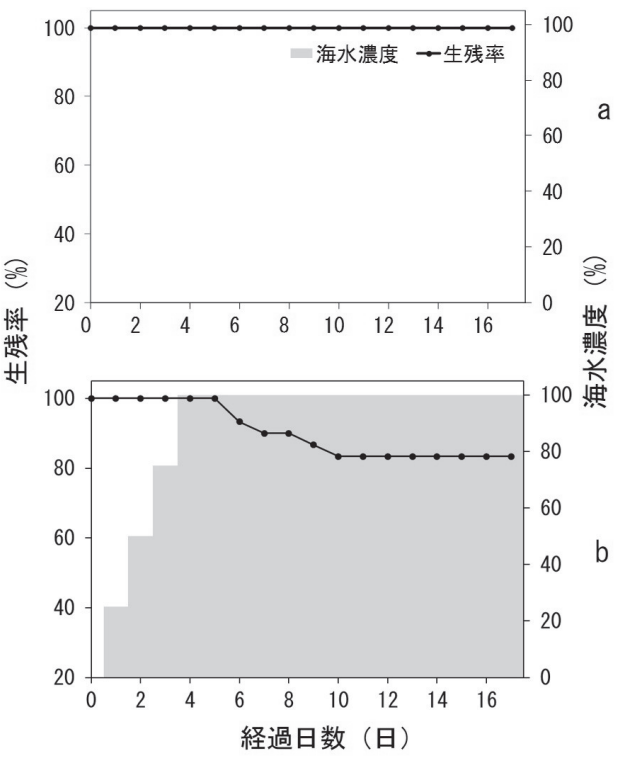
第2図　低速海水馴致試験における飼育水の海水濃度上昇にともなうサクラマスの生残率の変化
a:1歳魚スモルト（2018年実施)。b:当歳魚スモルト（2019年実施)。

サクラマスのスモルト放流では，種苗の適否を外部形態の変化に基づいて判断している（河村，2012)。本研究では，スモルト化の外部形態の特徴であるパーマークが消失し，背鰭および尾鰭の黒化が確認された個体（久保,1983）を使用した。高速海水馴致試験の結果より，海水適応能を獲得していると考えられるスモルトであっても，数日程度で完全に海水に順応することは困難であると推察された。自然界では，スモルト化したサクラマスは数日から数か月程度かけて，海まで降下する。降海したサケ稚魚は一時的に汽水域に滞留し，海水適応能を高めていることが行動観察から報告されている（Iwata and Komatsu，1984）ことから，特に塩分濃度が急激に変化する河口付近では，サクラマスは，細かい遡上，降河を繰り返し，能動的に塩分濃度を選択しながら，徐々海水に適応し降海していると考えられる。

本研究の結果，サクラマスは段階的に海水濃度を上昇させ，時間をかけて馴致を行うことで，1歳魚，当歳魚ともにスモルトであれば，高確率で海水に馴致できる可能性が示唆された。体長10cmを超える個体では，10cm未満の個体と比較して，当歳魚においても，海水馴致後の生残率が高くなることが報告されており（伴ら，1988)，本研究はこれを追認する結果となった。しかし，サクラマスの海水養殖現場では本研究の低速海水馴致試験のように，時間をかけて海水馴致できない場合の方が多い。従って，今後は高い生残率を維持したまま，馴致期間をどの程度まで短縮することが可能であるか検討していく必要があると考える。また、太平洋サケの仲間のうち，系統的に新しい時代に分化したとされるサケやカラフトマスの生活史には，河川残留型が存在しないのに対し，比較的古い時代に分化したとされているサクラマスには，河川残留型と降海型の2つの生活史型が存在する（Murata *et al.*，1996)。必ず降海回遊を行うサケ,カラフトマス,およびギンザケ（加藤，2002）は，海水馴致が容易であるのに対し，サクラマスは残留型と降海型の両方が同一種内に生じる（眞山，1992）ため，本種の海水馴致を難しいものとしている要因の1つであると推察される。今後は安定した降海型種苗を作出する技術の開発も重要であると考える。



第3図　高速海水馴致試験における飼育水の海水濃度上昇にともなうサクラマスの生残率の変化
a:コントロール区。b:海水濃度上昇率50%/日区。



第4図　高速海水馴致試験における飼育水の海水濃度上昇にともなうサクラマスの生残率の変化
a:コントロール区。b:海水濃度上昇率25%/日区。

謝　辞

サクラマスの入手に際し，魚沼漁業協同組合，小幡典男氏並びに富沢竜之氏には大変お世話になりました。ここに記し厚く御礼申し上げます。また,本稿の執筆にあたり，ご指導を賜った公益財団法人海洋生物環境研究所顧問，清野通康氏に深謝致します。

引用文献

伴 真俊・笠原 昇・山内晧平（1987）．池産サクラマス1年魚の銀化にともなう生理的変化．水孵研報，**42**，27-35.

伴 真俊・管野 肇・泉 孝行・山内晧平（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.

後藤 晃（2013）．サケ科の仲間はなぜ川と海を行き来するのか？その回遊と生活史の適応・進化.「サケ学大全」(帰山雅秀，永田光博，中川大介編)，北海道大学出版会，札幌，109-112.

今井 智（2020）．国内のブランドサケマス養殖地図．アクアネット，**260**，20.

Iwata, M. and Komatsu, S.（1984）. Importance of estuarine residence for adaptation of chum salmon（*Oncorhynchus keta*）fry to seawater. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. **41**, 744-749.

加藤文男（2002）. 日本産サケ属（*Oncorhynchus*）魚類の形態と分布. 福井市自然史博物館研究報告. **49**, 53－77.

河村 博（2012）．サクラマス*Oncorhynchus masou masou*のスモルト化に関する生理生態学的研究およびその増殖事業への応用（学位論文）．北水試研報 **81**，57-116.

久保達郎（1983）．飼育されたサクラマス幼魚の銀毛化．北海道さけ・ますふ化場研究報告，**37**，23-39.

眞山 紘(1992)．サクラマス*Oncorhynchus masou*(Brevoort)の淡水域の生活および資源培養に関する研究．北海道さけ・ますふ化場研究報告，**46**，1-156.

Murata, S., Takasaki, N., Saitoh, M., Tachida, H.and

Okada, N.（1996）. Details of 649 retropositional genome dynamics that provide a rationale for a generic division: the 650 distinct branching of all the Pacific salmon and trout（*Oncorhynchus*）from the 651 Atlantic salmon and trout（*Salmo*）. *Genetics*, **142**, 915–926.

農林水産省統計部（2021）. 令和2年 漁業・養殖業生産統計. https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500216&tstat=000001015174&cycle=7&year=20200&month=0&tclass1=000001015175&tclass2=000001162470.（2022年10月22日アクセス）