

# 養殖サクラマス生産性向上のための 海水養殖親魚の性成熟コントロール方法の開発

所属 (国研) 水産研究・教育機構 水産技術研究所

氏名 今井 智

## ショートアブストラクト【要旨】

サクラマス養殖の生産性向上には、種苗の大型化が求められる。大型種苗の育成には採卵を早めて種苗生産の開始を前倒しすることが有効であることから、光周期と水温操作による採卵期の早期化を試みた。試験の結果、海水から淡水へ移行した親魚へ、光周期と水温の操作を組み合わせることで、環境操作を行わなかった対照区よりも採卵を 50 日早めることに成功した。この技術は、今後産業レベルでの種苗生産への利用が期待される。

## アブストラクト【本文】

### 1. 研究の背景

近年、日本の在来種であり肉質が良いサクラマス (*Oncorhynchus masou*, 図 1) の海面養殖が日本各地で注目を集めている。三陸地方は年間のうち約 9 か月間海面サーモン養殖が可能で、これは日本では最も長い期間にあたるが、周年養殖が可能である海外と比べると養殖出荷サイズが小型であることが産業上の課題として認識されている。出荷サイズの大型化には、養殖用種苗の大型化が有効である。これには、親魚の性成熟へ遡って成熟時期を任意の時期に制御し、種苗生産の開始を前倒しすることが有効であることが知られている<sup>1)</sup>。サケ科魚類の性成熟制御に関する先行研究は、高緯度地域に分布するタイセイヨウサケ (*Salmo salar*) が中心である。サクラマスでは、陸封型（ヤマメ）において光周期の長日化を経てから短日化させる処理で性成熟が促進されることが知られている<sup>2)</sup>。しかし、降海型ではその効果は明らかにされていない。降海型サクラマスは、産卵の約半年前に海から河川へ遡上する生態を持つ。そのため、河川内で越夏時に経験する水温変化は、性成熟の遅速に強く影響する要因であると考えた。そこで本研究では、海水養殖したサクラマスを対象に光周期と水温を用いた性成熟制御方法の開発を行った<sup>3)</sup>。



図1. 海水養殖サクラマス

## 2. 材料と方法

### 試験区の設定

本研究では環境操作を行わず自然光周期と環境水温を維持する対照区，光周期のみを操作する光周期区，光周期と水温の複合操作を行う光周期+水温区，水温のみを操作する水温区の4つを設けた（図2）。

### 供試魚

実験には2020年11月9日から2021年6月7日までの計211日間，（国研）水産研究・教育機構宮古庁舎の70kL水槽において自然水温

の濾過海水で飼育した岩手県安家川系サクラマスを用いた。2021年6月8日に80尾（平均値±標準偏差；体重 $371.3 \pm 215.0$ g）を20尾ずつ4つのグループに分け，それぞれ井戸水を注水した4基の2kL容量の円型水槽（実水量1kL）へ収容した。給餌には日清丸紅飼料のますスーパー5号を用い，各区とも週3回，体重の1%量を与えた。婚姻色の呈色や鼻曲がりに代表される顕著な二次性徴の発達を確認された後は，個体別に最初の排卵と排精が起こった日を特定するため，腹部の触診を週2回実施した。

### 採血とホルモン分析

全ての供試魚の血漿中の性ステロイドホルモン濃度を試験区間で比較するため，毎月または排卵時および排精時に採血を行った。採取した血液を4°C，800gで15分間遠心分離し，血漿を得てホルモンを抽出した。性成熟の進行の指標として，雌では17 $\beta$ -estradiol（E2），雄では11-keto Testosterone（11-KT）を市販のキットを用いてELISA法により測定した。

## 3. 結果

### 光周期と水温が排卵と排精に及ぼす影響

雌では，光周期操作を行った光周期区と光周期+水温区では，対照区と比較して排卵までの日数が有意に短かった（図3，Steel-Dwass検定， $p < 0.037$ ）。排卵は，光周期+水温区で73日目（8月20日）に最初に確認され，続いて光周期区で87日目（9月3日），水温区で91日目（9月7日），そして対照区で111日目（9月27日）に確認された。最も早い排卵が確認された73日目（8月20日）には，光周期+水温区の水温は12.3°Cまで低下していた（図2）。

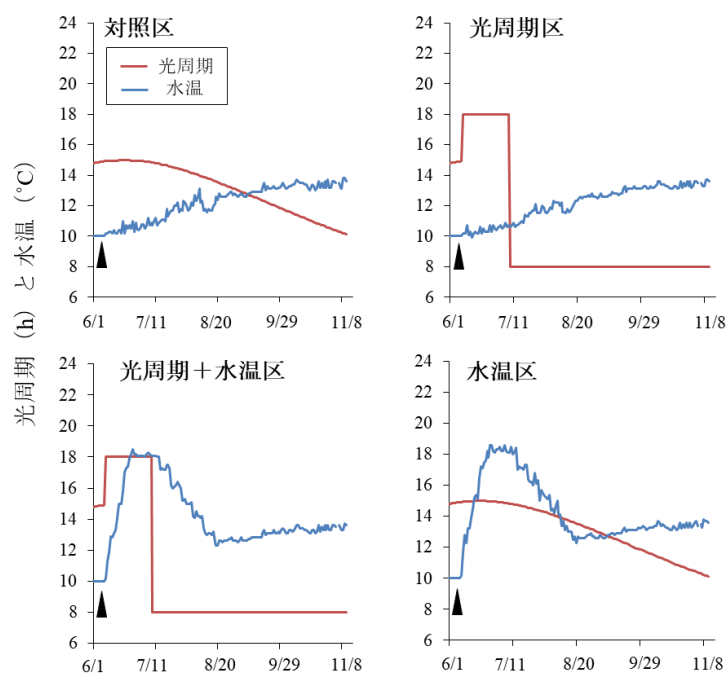


図2. 各試験区の環境条件の設定（▲は試験開始時を示す）  
出典：Imai et al. (2025) *Aquacult. Int.*, 33, 213.

同様に、雄においても、光周性操作群で排精までの日数が早まる傾向が認められた（図 3, Kruskal-Wallis 検定,  $p = 0.007$ ）。しかし、試験区間では有意差は認められなかった（Steel-Dwass 検定, 光周期区と対照区の間で  $p = 0.081$ ）。最も早く排精が確認されたのは光周期+水温区の 59 日目（8 月 6 日）で、次いで 光周期区 および水温区の 79 日目（8 月 26 日）、対照区では 111 日目（9 月 27 日）であった。59 日目（8 月 6 日）に初めて排精が確認された時、光周期+水温区の水温は 14.5°C まで低下していた（図 2）。

#### 性ステロイドホルモンに対する光周期と水温の影響

雌では、実験開始から 31 日目（7 月 9 日）まで、すべての試験区で血漿 E2 レベルはほぼ同じであった。しかし、59 日目（8 月 6 日）には、光周期が操作された光周期区および光周期+水温区の E2 レベルは、他の区よりも有意に高かった（図 4, Steel-Dwass 検定,  $p < 0.041$ ）。

一方、雄では、血漿 11-KT レベルは、試験開始から 31 日目まで、すべての試験区でほぼ同じであった。59 日目（8 月 6 日）には、光周期区および光周期+水温区の 11-KT レベルは上昇を示したが（Kruskal-Wallis 検定,  $p = 0.011$ ）、試験区間に有意差は認められなかった（図 4, Steel-Dwass 検定,  $p > 0.096$ ）。

#### 4. 考察

本研究では、岩手県における新しい養殖対象種として注目されるサクラマスを対象に、海水から淡水へ移行後の飼育水温と光周期を操作することで、親魚の性成熟を制御できることを初めて実証した。環境操作によって採卵を早められることは、養殖のために人為的に本来の生態とは異なる季節に養殖用種苗を育成する上で大きな利点となる。本研究では、性ステロイドホルモンは光周期操作群全体で同様に上昇したが、光周期+水温区では、環境水温で維持された光周期区と比較して、排卵と排精がより早

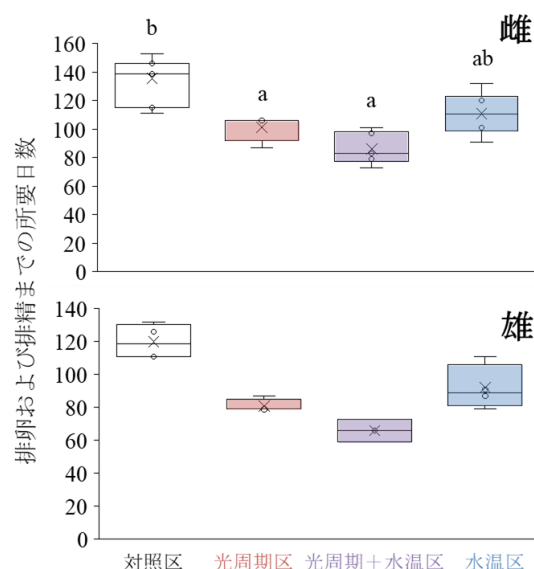


図3. 各試験区における排卵と排精までの所要日数

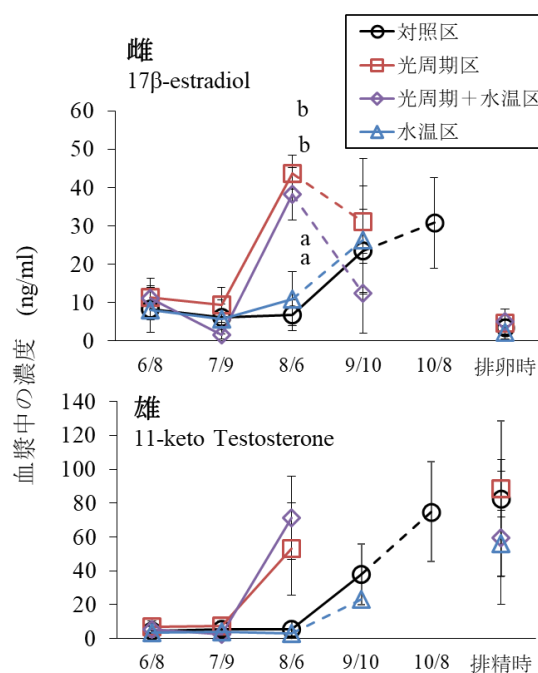


図4. サクラマスの性ステロイドホルモン濃度の試験区間の比較（点線は排卵/排精開始後の試験区内の一部の個体のデータであることを表す）

出典：Imai et al. (2025) *Aquacult. Int.*, 33, 213.

く起こった。これは、水温低下が産卵の引き金となるか、成熟の最終的な環境シグナルとして作用するタイセイヨウサケの報告と一致している<sup>4)</sup>。サクラマス<sup>5)</sup>の成熟完了に必要な水温は約12°Cであり、タイセイヨウサケの6°Cよりも高かった<sup>4)5)</sup>。これは、サクラマスの亜種であるアマゴ (*O. masou ishikawae*) では、孵化率が最大となる最適な卵管理水温は12.5°Cである研究結果と一致している<sup>6)</sup>。一方、タイセイヨウサケでは、水温約6°Cの冷水が卵の生存率を高めることが知られている<sup>4)</sup>。これは、温度耐性が卵期において最も低く、水温約7~8°Cを超えると生存率が急激に低下するというタイセイヨウサケの生物学的特性<sup>7)</sup>を反映していると考えられる。これらの結果から、成熟完了に必要な水温がサクラマスとタイセイヨウサケで異なることは、子孫の生存に最適な条件が種間で異なることを反映していると推察された。

## 5. 今後の展望

本研究で有効性が確認された環境操作を、臨海部の施設内に設けた閉鎖循環飼育システム水槽（飼育水を繰り返し使用する飼育方法で疾病防除に有効）での飼育管理に適用することで、育種を目的に水系最上流部に位置する内水面養殖地へ親魚を生かして持ち

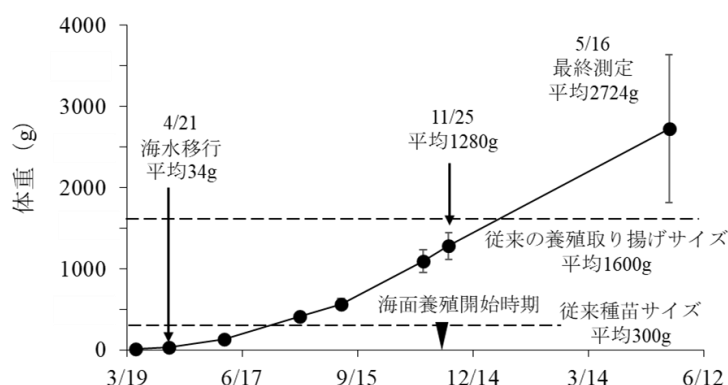


図5 早期に海水順応した種苗を用いた養殖サクラマスの成長（令和6~7年）

込む必要がなくなる。これにより、魚体を介して海域由来の病原体を内水面へ持ち込む危険性がなくなり、河川に生息する野生サケ科魚類や当地で盛んなサケの人工孵化放流事業に配慮した疾病防除が可能な持続的養殖生産の創出に貢献できる。また、海水養殖用種苗の育種には海水中で成長の優れた個体から選択的に産子を得ることが有効であることから<sup>7)</sup>、選抜育種と疾病防除の両立を図ることが可能となる。また、採卵期の前倒しにより早期に海水へ順応可能な種苗を育成し（0歳春）、内水面で生産される従来種苗より半年早く海水へ移行することで海面養殖開始時の種苗の体サイズの大型化に貢献できる。このアイデアを用い、実際に閉鎖循環システムを用いて生産した種苗を用いた養殖試験を実施したところ、通常海面養殖開始時期の種苗の平均体重は優に1,000gを超え、試験養殖終了時の平均体重は2724gに達し、体サイズの大規模な大型化が図られたことを付記する（図1および図5）。

## 6. 参考文献

- 1) King and Pankhurst (2007) *Aquaculture*, 273, 729–738.
- 2) Takashima and Yamada (1984) *Aquaculture*, 43, 243–257.
- 3) Imai et al. (2025) *Aquacult. Int.* 33, 213.
- 4) Taranger and Hansen (1993) *Aquac. Res.*, 24, 151–156.
- 4) Vikingstad et al. (2008) *Fish. Physiol. Biochem.*, 34, 289–298.
- 5) Lopes et al. (1985) *Bull. Fac. Fish., Mie Univ.*, 12, 45–50.
- 6) Elliott and Elliott (2010) *J. Fish Biol.*, 77, 1793–1817.
- 7) 今井ら (2024) 北日本漁業, 52, 76–84.