

短 報

## サクラマス飼育における光周期によるスモルト化の制御について

山本雄三<sup>\*1 §</sup>・塩野谷勝<sup>\*2</sup>・渡邊裕介<sup>\*2</sup>

### Photoperiod-dependent control of smoltification in the rearing of masu salmon

Yuzo Yamamoto<sup>\*1 §</sup>, Masaru Shionoya<sup>\*2</sup> and Yuusuke Watanabe<sup>\*2</sup>

**要約:** 本報告では, 光周期の調整によるサクラマススモルト化制御の方法を検討するために, サクラマス稚魚を暗黒条件下で約8か月間飼育した後, 長日条件下(明期: 16時間, 暗期: 8時間)で約1か月間飼育し, 暗黒条件下での飼育および長日条件下での飼育終了直後のそれぞれのタイミングで, スモルト変態の外部形態的特徴の発現の有無を調べた。

暗黒条件下で飼育した直後では, 全ての実験魚でスモルト変態の外部形態的特徴の発現が見られなかったことから, 暗黒条件下で飼育することでスモルト化は抑制される可能性が示唆された。これに対して, 暗黒条件下で飼育した後に長日条件下で飼育した直後における外部形態的特徴の発現の判定では, 全ての実験魚において, スモルト変態終了の外部指標となるパーマークの消失と, グアニン色素の定着と尾鰭および背鰭の黒色化が認められた。

本研究の結果, 稚魚を飼育する際の光周期をコントロールすることで, サクラマス稚魚がスモルト化するタイミングを制御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, 光周期

**Abstract:** To investigate methods for controlling masu salmon smoltification by adjusting the photoperiod, masu salmon fry were reared under the dark condition for approximately eight months, followed by rearing under a long-day condition(light period: 16 hours, dark period: 8 hours) for approximately 1 month, and the appearance of external morphological characteristics of smolt metamorphosis was examined immediately after the end of rearing under the dark and long-day conditions.

After rearing under the dark condition, none of the experimental fish showed any external morphological characteristics of smolt metamorphosis, suggesting that rearing under the dark condition may suppress smoltification. After rearing under the long-day condition after the dark condition, the appearance of external morphological characteristics was assessed. In all experimental fish, the disappearance of parr marks, the fixation of guanine pigment, and the blackening of the caudal and dorsal fins, which are external indicators of the completion of smolt metamorphosis, were observed.

These results of this study suggest that it may be possible to control the timing of smoltification in masu salmon fry by controlling the photoperiod during rearing.

**Key words:** masu salmon, smolt, photoperiod

### まえがき

降海型サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の多くは一定期間の河川生活を経て, 光周期の変化(長日化)を引き金に, 河川生活を送る幼魚期である

パーからスモルトに変態し, 生理的に海水適応能を獲得した後, 主に4~6月に降海し, 1年程度の海洋生活期に入る(後藤, 2013)。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

(2025年12月24日受付, 2026年2月12日受理)

\*1 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地)

§ Email: y-yamamoto@kaiseiken.or.jp

\*2 公益財団法人海洋生物環境研究所 中央研究所柏崎支所 (〒945-0017 新潟県柏崎市荒浜四丁目7番17号)

おり、この性質を利用した海面養殖が行われているが、冷水魚であるサクラマスの性質上、日本での海面養殖は水温が低下する冬季に限られる。サクラマスの多くは、4～6月に降海するため、サクラマスの海面養殖では、降海時期と養殖魚を海だし可能となる時期とのずれが課題となっている。

本報告では、光周期の調整によるサクラマス稚魚のスモルト化時期の制御法を開発するための基礎情報を得ることを目的に、サクラマス稚魚を暗黒条件下で一定期間飼育した後に長日条件下で飼育し、暗黒条件下での飼育および長日条件下での飼育終了直後のそれぞれのタイミングで、スモルト変態の外部形態的特徴の発現の有無を調べた。

## 材料と方法

### 実験魚

実験魚には、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中央研究所柏崎支所で種苗生産したものを用いた。実験魚は柏崎支所内の飼育水槽(1トン)に56尾収容し、試験開始まで地下15メートルからくみ上げた淡水で畜養した(繰り返し回数1)。試験期間を通して、 $15.3 \pm 1.0^\circ\text{C}$ (平均値±標準偏差)の水温で飼育した。実験魚には、1日2回、体重の2%量の(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)を実験魚の体サイズに応じて給餌した。試験開始時の実験魚の全長は、 $8.5 \pm 1.1\text{cm}$ 、体重は、 $7.3 \pm 2.7\text{g}$ (平均値±標準偏差、

10尾について測定)であった。また、長日条件下での飼育終了時の実験魚の全長は、 $23.3 \pm 3.5\text{cm}$ 、体重は、 $186.4 \pm 69.6\text{g}$ (平均値±標準偏差、10尾について測定)であった。

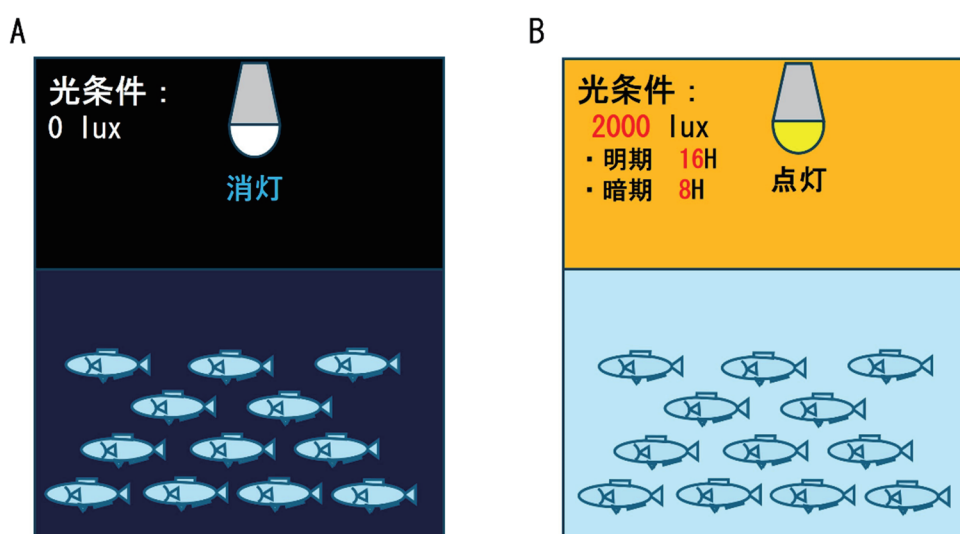
### 実験条件

大西洋サケ(*Salmo salar*)では、暗黒時間が長いほどメラトニンの分泌期間が延び、季節周期の感知が阻害されることが知られている(Randall et al.,1995)。従って、本研究では、短日条件ではなく終日暗黒条件を採用した。また、長日条件(明期:16時間、暗期:8時間)は、河村(2012)のサクラマスを用いた光周期の変更とスモルト化の実験に倣い設定した。

一般的に海面養殖に用いられるサクラマスは、11月～12月に海水馴致を行い、沖出しされる。そこで、本研究では、沖出し時期に合わせて、0歳魚のスモルト化時期をコントロールすることが可能か検討するため、暗黒条件下で飼育する期間を3月～10月の8か月間とし、その後、1か月間長日条件下で飼育することとした。

#### ①暗黒条件下での飼育

1トン円形水槽内を完全に遮光し、暗黒下で実験魚を飼育した。概略図を第1図Aに示す。2021年3月から10月にかけて、約8か月間、暗黒下での飼育を実施した。飼育期間中、地下15メートルからくみ上げた淡水で飼育した。飼育水は0.5トン/hでかけ流し方式とした。



第1図 実験に用いた水槽の概略図

A: 暗黒条件下における光周期および B: 長日条件下における光周期

## ②長日条件下での飼育

①の条件下で8か月飼育した後、円形水槽内に白熱灯を設置し、長日条件下で実験魚を飼育した。水面の照度が2,000 luxとなるよう白熱灯（旭光電機工業株式会社，LC100V60W/55,）の位置を調整した。長日条件として、光周期は明期が16時間、暗期が8時間となるようにタイマーを用いて設定した。概略図を第1図Bに示す。2021年に10月から11月にかけて実験を実施した。長日条件下での飼育期間中、①と同様に地下水は0.5トン/hでかけ流し方式とした。

## スモルト変態の外部形態的特徴の発現の判定

スモルト変態を終了した個体の外部形態の特徴として、パーマークの消失、グアニン色素の定着と尾鰭および背鰭の黒色化が挙げられる（山内・高橋，1987；平野，1994）。①の条件での飼育終了直後および②の条件での飼育終了直後において、それぞれ、これら3つの外部的特徴が認められるか、目視で観察し、判定した。

## 結果と考察

全飼育期間における実験魚の死亡個体数は、1個体であった。暗黒条件下で飼育した直後は、全ての個体で、パーマークの消失や、尾鰭および背

鰭の黒色化といったスモルト変態を終了した外部形態的特徴の発現は認められなかった（第2図A）。暗黒条件下で飼育した群において、スモルト変態の外部形態的特徴が見られなかったことから、稚魚期から暗黒条件下で飼育することで、スモルト化は抑制される可能性が示唆された。

暗黒条件下で飼育した後に長日条件で飼育した直後における外部形態的特徴の発現の判定では、全ての個体でスモルト変態終了の指標となるパーマークの消失、グアニン色素の定着と尾鰭および背鰭の黒色化が認められた。全ての実験魚において、スモルト変態完了の外部形態的特徴が見られたことから、稚魚を長日条件下で1か月、飼育することで、スモルト化は促進される可能性が示唆された。サクラマスでは、血管嚢が日照時間の変化を感知する「季節センサー」として働いていることが明らかになっている（Nakane *et al.*, 2013）。本研究では、明条件の照度を2,000 luxとしたが、より低い照度でもスモルト化の促進は可能か検討する必要がある。また、サクラマスはスモルト変態し、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）。本研究では、スモルト化完了の指標を外部形態の変化の有無で判定したが、山本ら（2023）の海水馴致試験を組み合わせることで、精密に判定を行うことが出来ると考える。

A



B



第2図 サクラマス稚魚 A：スモルト化しなかった稚魚およびB：スモルト化した稚魚（スケールバーはともに50mm）

本研究の結果、暗黒条件と長日条件を組み合わせることで、サクラマスのスモルト化を制御することが出来る可能性が示唆された。近年、サーモンの海面養殖に加え、陸上海水養殖が行われるようになってきている。陸上海水養殖では、水温等の飼育条件を季節に関係なく制御出来るというメリットがある。本研究結果を応用し、任意のタイミングで、サクラマスのスモルト化を誘導することで、1年を通して、大型サクラマスを生産することも可能になると考える。

### 謝 辞

サクラマスの入手に際し、魚沼漁業協同組合の方々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。関係諸氏にはこの場をお借りして深く御礼申し上げます。本稿の査読につきまして、公益財団法人海洋生物環境研究所の顧問である清野通康博士からご尽力を賜りました。この場を持って、深く感謝の意を申し上げます。

### 引用文献

後藤晃 (2013). サケ科の仲間はなぜ川と海を歩き来するのか？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.

平野哲也(1994). 降海と陸封の生理的メカニズム.

「川と海を回遊する淡水魚 生活史と進化」(後藤晃・塚本勝巳・前川光司編), 東京大学出版会, 東京. 20-39.

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.

Nakane, Y., Ikegami, K., Iigo, M., Ono, H., Takeda, K., Takahashi, D., Uesaka, M., Kimijima, M., Hashimoto, R., Arai, N., Suga, T., Kosuge, K., Abe, T., Maeda, R., Senga, T., Amiya, N., Azuma, T., Amamo, M., Abe, H., Yamamoto, N., and Yoshimura T., (2013). The saccus vasculosus of fish is a sensor of seasonal changes in day length. *Nature Communications*, (4:2108) doi:10.1038/NCOMMS3108.

Randall, C.F., Bromage, N.R., Thorpe, J.E., Miles, M.S. and Muirt, J.S. (1995) . Melatonin Rhythms in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Maintained under Natural and Out-of-Phase Photoperiods. *Gen. Comp. Endocrinol.*, **No. 98**, 73-86.

山本雄三・塩野谷 勝・川田実季・渡邊裕介 (2023). サクラマスの海水馴致技術に関する検討. 海生研研報, **No.29**, 35-39.

山内皓平・高橋浩哉(1987). 回遊行動とホルモン. 「回遊魚の生物学」(森沢正昭・会田勝美・平野哲也編), 学会出版センター, 東京. 156-171.