

## マコガレイ稚魚における成長促進を目的とした特定波長光照射開始時期の検討

鈴木将平・濱田信行・古川大

Examination of Specific wavelength of light irradiation start period for the purpose of promoting growth in juvenile Marbled Sole *Pseudopleuronectes yokohamae*

Shohei SUZUKI\*, Nobuyuki HAMADA\*, and Dai FURUKAWA\*\*

## 結 言

マコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae* は神奈川県東京湾漁業においては代表的な魚種である。その漁獲量は 1980 年代後半までは 400～800t で推移したが、1991 年以降 200t 前後、1999 年以降は 100t 以下へと段階的に減少し<sup>1)</sup>、漁業者からは同種の資源の復活を望む声が年々強まっている。そのような状況の下、(公財)神奈川県栽培漁業協会(以下「県栽培協会」とする)では、同種の種苗生産と放流を実施するようになった。県栽培協会では、その生産にあたり年末から年始にかけて採卵を行っているが、4 月にはクロダイやマダイの種苗生産が始まることから、3 月一杯でマコガレイの生産を終えねばならない<sup>2)</sup>。しかし、ヒラメに比べて同種は成長が遅いことから、3 月末までに当面の放流サイズとしている全長 40mm まで育てることが大きな課題となっており、マコガレイ種苗生産過程における成長促進技術の開発が望まれていた。

高橋らは、特定波長光(緑色)照射による飼育でマツカワ *Verasper moseri* において成長が促進されることを報告し<sup>3)</sup>、清水らは、ホシガレイ *Verasper variegatus*、ヒラメ *Paralichthys olivaceus*、ババガレイ *Microstomus achne* において特定波長光(ホシガレイ、ヒラメで緑色、青緑色、ババガレイで青色)照射により成長および生残が高くなったことを報告した<sup>4,5)</sup>。これらの報告を参考に、神奈川県水産技術センター(以下「当センター」という)でもマコガレイの種苗生産過程において特定波長光照射による促成効果が発現されるか否か検証する飼育試験を行った。その結果、日齢 80(平均全長 21.9 mm)の着底稚魚

を緑・青の特定波長光照射下で 41 日間飼育した結果、対照区(普通蛍光灯)と比べて平均全長で 1.1～1.2 倍、平均体重で 1.5～1.7 倍となる促成効果を確認した<sup>6)</sup>。翌年、日齢 85(平均体長 20.2 mm)の着底稚魚を緑・青の特定波長光照射下で 50 日間飼育した結果でも対照区と比べて平均全長で 1.1 倍、平均体重で 1.2～1.3 倍となり、促成効果の再現性を確認した<sup>7)</sup>。これらの結果から平均全長 40 mm に達するまでのコスト削減効果は前者では緑色区で 14.0%、青色区で 25.6%、後者では緑色区で 18.9%、青色区で 16.0%と試算され<sup>7)</sup>、その有効性が具体的に示された。

一方、日齢 39(平均全長 11.8 mm)の着底移行期中の稚魚で特定波長光照射飼育を開始した場合、緑色区、青色区とも成長は対照区を下回るとともに、開始 34 日目の生残率は対照区で 72.6%、緑色区で 46.0%、青色区で 4.2%と実験区で斃死魚が続出して試験を打ち切り、特定波長光照射が稚魚の成長に悪影響を及ぼすという正反対の結果となった<sup>8)</sup>。

マコガレイ種苗生産において日齢 40 前後(全長約 12mm)の時期は浮遊期から着底期に移行を完了する時期である<sup>9,10)</sup>。同時期は着底と浮遊を繰り返す日内変化を示すことが多いことが知られており<sup>11)</sup>、当センターでは不安定な状態である。また摂餌形態も生物餌量中心から配合飼料中心へと切り替わる。このような変化を起こす着底移行期に特定波長光照射が成長低下や斃死率増加といった悪影響を及ぼす一方、着底を終了した時期においては成長促成といった好影響となる仮説が考えられた。

本県においては、特定波長光照射による促成効果

の発現はマコガレイ種苗が全長 40 mmに達するまでの所要日数を短縮させることを課題にしており、稚魚における特定波長光照射開始の適正時期を明らかにすることは最重要目的である。そこで、適正開始時期について検討を行ったので報告する。

## 材料および方法

### 供試魚の入手

県栽培協会が 2018 年 12 月下旬に本県の横須賀市東部漁協横須賀支所に水揚げされたマコガレイから採卵し種苗生産した仔魚を用いた。

### 試験方法

基本的な飼育条件は過去の試験<sup>7)</sup>と同一とした。すなわち、暗室に設置された直径 7 m 円形水槽の内部を遮光幕で仕切り、3 区画に緑色 LED ユニット（光量子密度：7  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、水面からの距離：1 m、スタンレー電気株式会社）を設置したほか、対照区として白色 LED ユニットの設置した。各試験区には 1 t の角型 FRP 水槽（底面積：1.4  $\text{m}^2$ 、水量：600 L、換水率：1 回転/時間）を設置して稚魚の成長にあわせて照射開始日齢別に 4 区に分け（日齢 40、50、60 開始区、対照区）、各区 1,400

尾ずつ日齢 39 の時点で収容して飼育した。収容後、各区対象日齢になった時点で LED ユニットの点灯した（収容時、供試魚が着底移行期の不安定な時期であったため、対照区の点灯開始は日齢 50 の着底後安定時期とした）。水温は調温せず、自然水温（13.0 $^{\circ}\text{C}$ ~17.0 $^{\circ}\text{C}$ ）とした。飼育期間中は稚魚の成長段階に合わせて飼餌料を手撒きにて各区同量（成長に応じて魚体重の 5~10%）給餌した。死魚は随時除去しその数を記録した。試験期間（2019 年 2 月 24 日~2019 年 5 月 5 日）中は 10 日毎に各区 30 尾を無作為に抽出して標準体長（以下「体長」とする）および体重を測定し、その推移と生残率を比較した。

## 結果

日齢 40 開始区では、試験期間全体で対照区と有意差は見られなかった。日齢 50 開始区では、日齢 80、100（照射 30、50 日目）の体重で対照区と有意差が見られた。日齢 60 開始区では、日齢 80、100、110（照射 20、40、50 日目）の体長および体重で対照区と有意差が見られた（図 1、2）。

試験開始から終了までの生残率は、日齢 40 開始区で 78.4%、日齢 50 開始区で 98.6%、日齢 60

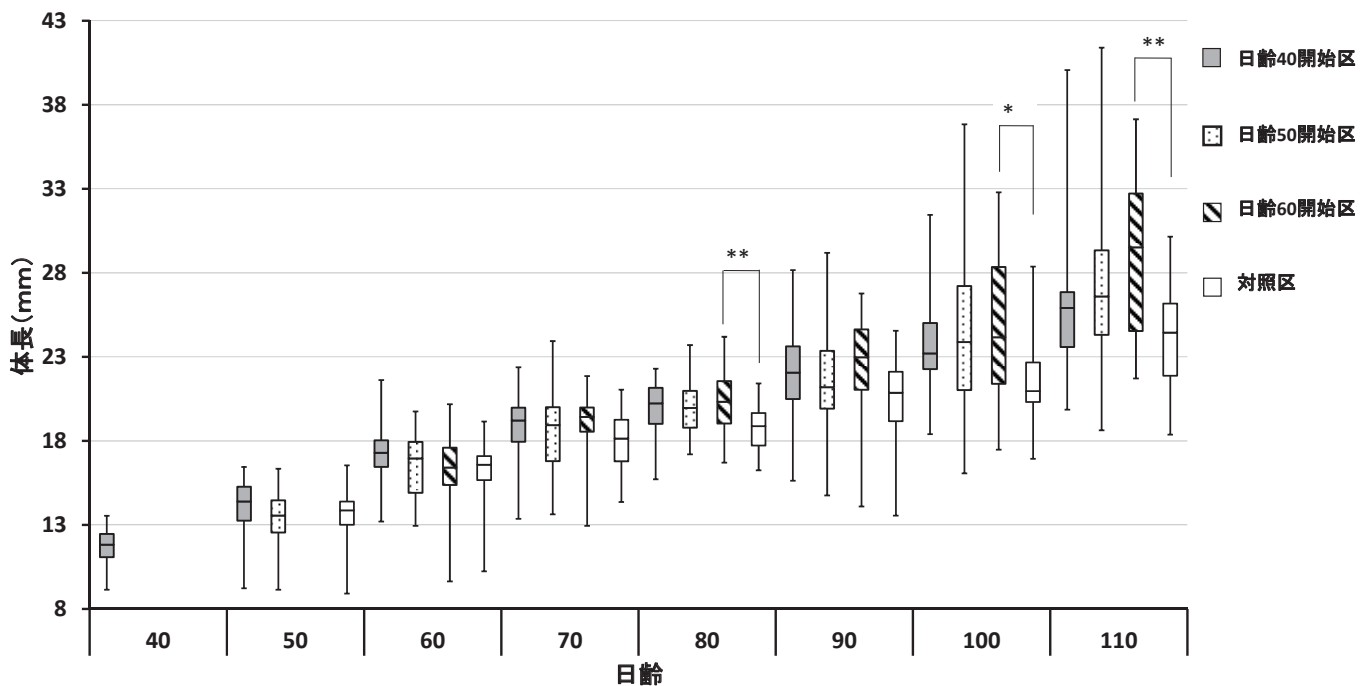


図 1 試験期間中における体長の推移

箱ひげ図は、上から最大値、第 3 四分位点、中央値、第 1 四分位点、最小値を示す  
 ※Tukey 法 \* : 有意差あり (P<0.05)、\*\* : 有意差あり (P<0.01) (以下同じ)

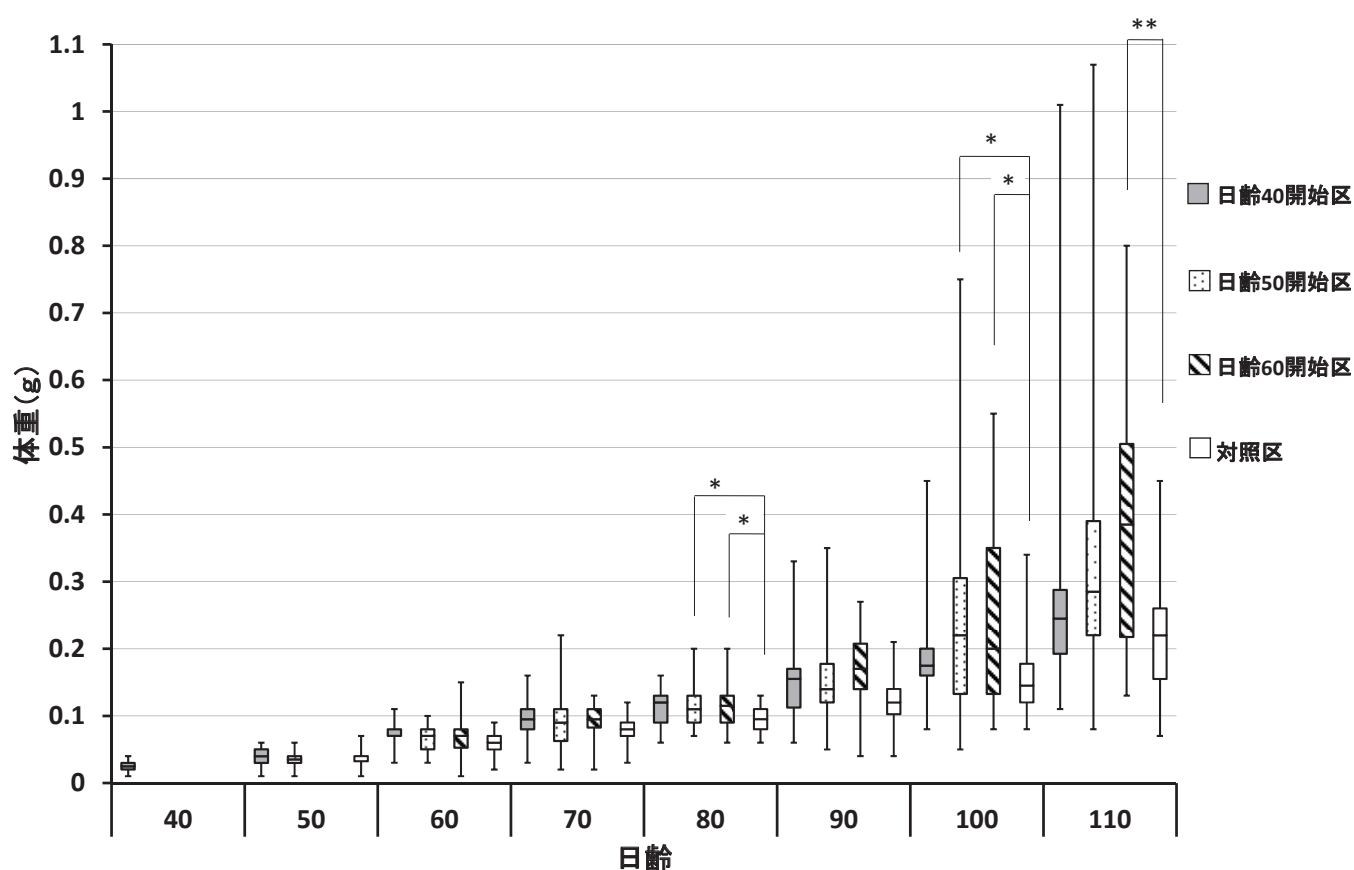


図2 試験期間中における体重の推移

表1 試験終了時の生残率

試験区	試験開始時		終了時 (日齢110)	
	尾数 (尾)	尾数 (尾)	尾数 (尾)	生残率 (%)
日齢40開始区	1400	1400	1098	78.4
日齢50開始区	1400	1400	1380	98.6
日齢60開始区	1400	1400	1300	92.9
対照区	1400	1400	1379	98.5

開始区で92.9%、対照区で98.5%であった(表1)。

## 考 察

各区の成長について見ると、日齢40開始区は試験期間を通して体長・体重とも対照区を上回る傾向にあった。しかしながら、他試験区と比較すると、日齢80(照射40日目)までは日齢50開始区および日齢60開始区とほぼ同等の成長となる一方、その後は2区よりも成長が鈍化する傾向が見られた。過去実施した日齢39の供試魚を用いた試験では、日齢44(照射5日目)より対照区と比較して成長が低下する傾向が確認できたが、本試験では対照区より成長が低下することがなく、

成長鈍化も特定波長光照射開始から遅れる傾向であった。日齢50開始区および日齢60開始区はどの試験区においても、試験期間を通して対照区より成長が良い傾向がみられた。各試験区の成長が促成したことについては、特定波長光照射により2つの遺伝子発現量の変化によるものと考えられた。近縁種であるホシガレイにおいて、特定波長(緑色)光照射により、視床下部にある食欲亢進に関するMCH1型遺伝子の発現が高まることと、下垂体において脂質分解作用に関係するソマトラクチン遺伝子の発現量が減少することに起因していると考えられている<sup>12)</sup>。マコガレイにおいても同作用が働き、摂餌量増加および脂質分解作用低下により成長が促成されたものと考えられた。一方で、日齢40開始区において、過去の試験と同様な成長鈍化が照射開始早期に見られなかったものの、同試験と比べて成長鈍化が遅れた点については不明である。マコガレイにおける特定波長光の影響については、その作用機序も含め解明されていないため、今後の検討課題である。

終了時の生残率をみると(表 1)、日齢 40 開始区のみ 80%を下回った。斃死は数尾単位で連続的に長期間続いたのではなく、日齢 66(照射 26 日目)の時点で急に 200 尾が斃死する形となって発現した。これは過去、日齢 39 の稚魚で開始した試験と同様の状態であり<sup>8)</sup>、特定波長光照射による何らかのストレス要因が斃死に繋がっているのではないかと考えられた。マコガレイ種苗生産において、日齢 40 前後は浮遊生活から着底生活への移行期であり、同時期は近縁種であるマガレイ *Pseudopleuronectes herzensteini* およびホシガレイにおいて白化や両面有色等変態異常が起きる時期と知られており、これは甲状腺ホルモンの分泌が適正に制御されていないことで発生すると考えられている<sup>13)</sup>。マコガレイにおいても同様の変化が起きているものとするれば、この移行期に特定波長光を照射することがストレス要因としてホルモン制御機構に影響を与え、斃死を引き起こした可能性も否定できない。

以上のことから、促成効果の発現を目指した特定波長光の照射は、当センターでは日齢 50 以降が照射開始期の目安となると考えられた。しかしながら、マコガレイ仔稚魚の成長は飼育水温や餌料条件など飼育環境によって大きく異なることも考えられる。さらに、着底移行期の特定波長光照射が悪影響を及ぼす可能性を考慮すると、着底生活への移行が完了したかどうかや、配合飼料主体へと摂餌状況が変わったかなど特定波長光の照射開始時期を判断する日齢以外の目安や、マコガレイ稚魚に対する特定波長光の作用機序の解明が、今後の更なる検討課題である。

## 謝 辞

種苗を提供していただいた県栽培漁業協会、飼育を手伝っていただいた当センター栽培推進部の皆様、LEDのセッティングに協力いただいたスタンレー電気株式会社、研究全般に有益な助言をいただいた北里大学の高橋教授、水澤准教授、代表機関として研究結果の取りまとめに尽力いただいた海づくり協会の皆様に感謝する。なお、本研究は国立研究開発法人農業・食料産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センタ

ー「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち地域戦略プロジェクト)の一環の研究として行われた。

## 引用文献

- 1) 一色竜也 (2018) : 東京湾内におけるマコガレイの長期変動について 神奈川県水産技術センター研究報告第 9 号.
- 2) 中村良成、鈴木将平、古川大 (2019) : マコガレイの成長を促進する特定波長光 豊かな海 48, 18-23.
- 3) 高橋明義 (2016) : 魚類の体色調節関連下垂体ホルモンの基礎と応用に関する研究 日本水産学会誌 82 (3), 270-273.
- 4) Shimizu D., and Fujinami Y. (2014) Effects of artificial lightning intensity and wavelength on the growth and survival of juvenile flatfish. Proceedings of the 40th U.S.-Japan Aquaculture Panel Symposium, 79-84.
- 5) 清水大輔 (2019) : 緑色 LED 光照射によるホシガレイの成長 豊かな海 48, 14-17.
- 6) 古川大、濱田信行 (2018) : 革新的技術開発・緊急展開事業 平成 29 年度神奈川県水産技術センター業務報告 56-58.
- 7) 鈴木将平、濱田信行 (2019) : 革新的技術開発・緊急展開事業 平成 30 年度神奈川県水産技術センター業務報告 58-61.
- 8) 古川大、濱田信行 (2018) : 革新的技術開発・緊急展開事業 平成 28 年度神奈川県水産技術センター業務報告 50-52.
- 9) 丹下勝義、武田雷介 (1980) : マコガレイの種苗生産試験 昭和 54 年度兵庫県立水産試験場事業報告, 177-182.
- 10) 千葉県 : 各魚種の種苗生産・マコガレイ <https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/soshiki/futtsu/makogarei.html> (2020. 12. 11 取得)
- 11) 山本章造 (2007) : 初期飼料開発のための仔稚魚の摂餌生態に関する実験的研究 岡山県水産試験場報告 22, 36-106.
- 12) 高橋明義 (2019) : 緑色光はいかにしてカレイ類の成長を促進するのか 豊かな海 48, 4-13.

- 
- 13) 有瀧真人 (2013) : 飼育したカレイ科魚類の変態期に発現する形態異常とその防除に関する研究 水産総合研究センター研究報告 **37**, 147-197.