インダイ仔稚魚の成長に伴う走光行動の変化

林 多恵子, 山 川 紘, 松 生 治

(1991 年 9 月 26 日受付)

Change in Phototactic Response with Growth of Striped Beakperch Larvae and Juveniles*¹Taeko Hayashi,*² Hiroshi Yamakawa,*² and Kanau Matsuike*²

The change in phototactic response of the striped beakperch *Oplegnathus fasciatus* and the preferred illuminance level were investigated. Furthermore, the occupation limit from brightness into darkness was also examined.

Larvae one day after hatching, with a total body length of 2.1 mm, floated near the sea surface, but eyed larvae two days after hatching, with a length of 2.4 mm, migrated to the brighter water area when they were in an illuminance of less than 2,500 lx. Larvae at this stage already had a noticeable phototactic response. Juveniles 25 days after hatching, with a length of 10 to 14 mm, and 45 days after hatching, with a length of 18 to 22 mm, gathered in the brighter water area during the low illuminance level from 90 to 750 lx, while at an illuminance of more than 2,800 lx their behaviour was distracted. In this stage of juveniles, an illuminance level of 750 to 1400 lx was favored. The occupation of juveniles from brightness into darkness was limited by the horizontal gradient of illuminance, and the value of gradient that they could not enter was anything over 3%/cm.

インダイ striped beakperch *Oplegnathus fasciatus* は全長 2 mm 前後の仔魚として孵化し、約 20 日で全長 8 mm から 9 mm に成長し、この段階で流れ藻に付く。その後約 10 日で全長約 10 mm に成長した頃、仔魚は稚魚に移行する。稚魚は約 1 カ月間、流れ藻に付いて生活し、全長 50 mm から 60 mm 程度に達した後は、流れ藻から離れ、沿岸岩礁域に定住する。^{*3} このように初期のインダイは成長段階により生息環境を大きく変える。

これらのことから、魚の光に対する反応行動は成長に伴い変化するものと考えられるが、仔稚魚の光に対する行動反応の変化に関しては、わずかに矢野・小川¹⁾の報告がある。矢野・小川¹⁾は円筒型水槽(内径 20 cm, 高さ 130 cm)にブルー・ブラックインクで染色した海水(照度の消散係数 3.4 m^{-1})を入れ、海面上の照度を 130~2200 lx の間で変化させ、マダイ *Pagrus major* の鉛直分布を成長別に調べた。好適照度は全長 5~7 mm の仔魚では 1600~2200 lx であり、13~15 mm の稚魚では 200 lx であると報告した。

本研究では、棲息環境が異なるインダイの仔魚期から稚魚期にかけての走光行動の変化、好適照度および稚魚

期における明暗境界域に対する行動反応を調べた。

材料および方法

インダイ仔魚は 1990 年 7 月、愛媛県栽培漁業センターにおいて孵化し(全長 2.1 mm)、翌日千葉県館山市の東京水産大学坂田実験場に運搬した。実験室内に直径 680 mm の透明なポリカーボネートタンクを設置し深さ 40 cm まで濾過海水を入れ、その中に仔魚約 2000 尾を収容した。水槽内のほぼ中央の 1 点で弱いエアレーションを行い、海水を約 2 cm/s で循環させた。餌料にはシオミズツボムシを用いた。シオミズツボムシは海産クロレラとパン酵母で培養した。水槽内の水温は 21.7~26.0°C であった。

稚魚の採集は、千葉県房総半島の洲の崎沖合水域において 1990 年 5 月から 7 月の間、計 9 回行った。採捕した全長 9~50 mm の稚魚 90 尾を室内飼育水槽(直径 1000 mm 円型 FRP 水槽)に収容し、アルテミア幼生と魚肉ミンチで飼育した。

実験は次の 3 つの項目について行った。

仔魚の走光行動 濾過海水(光束消散係数 0.1 m^{-1})を

*¹ 本論文の要約は平成 2 年度日本水産学会秋季大会(奈良)において発表した。

*² 東京水産大学(Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108, Japan).

*³ 放流技術開発事業総報告書, 愛媛・大分・宮崎・鹿児島・熊本水産試験場(昭和 60 年)。

Fig. 1. Sketch of experimental tank and distribution of illuminance. (a), LIGHT ①; (b) LIGHT ②.

Fig. 2. Spectral transmission of opaque sheet.

深さ 30 cm まで入れた直径 445 mm のパンライト水槽に 2 つもしくは 3 つの照度域を次の方法で作った (Fig. 1)。水槽壁の半分を黒色ビニールシートで覆い、残りの半分を乳白色ビニールシートで覆った。乳白色ビニールシート中央部の水槽内に黒色の遮光壁を取り付け、その左右のビニールシートの枚数を変えた (1 枚, 10 枚)。乳白色ビニールシートの分光透過率は Fig. 2 の様であり、400~700 nm の可視光の範囲では 27.5~71.5% であった。上面は半分 (側面を黒色ビニールシートで覆った半

円) のみ、黒色の幕で囲った。照明は白色蛍光灯 (15 W) により上方 (LIGHT ①) と側方 (LIGHT ②) から行った。上方からの場合、Fig. 1-a のような、照度がほぼ一様な 2 つの照度域 (1, 2500 lx)、側方からの場合、Fig. 1-b のような 3 つの照度域 (10, 180, 1000 lx) ができた。仔魚を 50 尾、飼育水ごとビーカーで実験水槽に静かに入れ、約 30 分後実験を開始し、LIGHT ① および LIGHT ② の場合の各照度域への網集分布を調べた。実験はそれぞれについて約 20 回繰り返し、仔魚は実験毎に新しい

ものと交換した。

稚魚の走光行動 長方形水槽 (L 50 cm, B 30 cm, H 35 cm) の 1 面 (50×30 cm) を観察用窓とし, 他の 3 面は内面を黒色塗装し暗幕内に設置した。水槽上面には乳白色アクリル板を置き, その上方に 15 W 白色蛍光灯を 4 基据えた。水槽内に坂田沖の海水 (可視光全域の照度の消散係数 2.8 m^{-1} , 懸濁物量 0.86 mg/l) を深さ 30 cm まで入れた。水槽内の海中照度はアクリル板の上に重ねた乳白色ビニールシートの枚数を変えて 6 段階で変化させた (上層 (水深 5 cm); 5700, 2800, 1400, 750, 440, 90 lx)。この場合, 水槽内の中層 (15 cm 深) および下層 (25 cm 深) ではそれぞれ 4000, 2000, 1000, 520, 330, 65 lx, および 3500, 1350, 870, 400, 270, 50 lx になった。

稚魚を大きさ別に 10~14 mm および 18~22 mm の 2 つのグループに分けた。それぞれの大きさにおける日齢は放流技術開発事業総報告書の稚魚の全長と飼育日齢の関係式により求めると, 約 25 日および 45 日に該当する。稚魚を大きさグループ別に 5 尾ずつ実験水槽内に入れ, 各照度域への蠕集状態と遊泳速度をビデオで調べた。この行動観察は 1 回について 120 分間連続して行った。実験回数は 50 回であった。なお, 稚魚の位置は吻端の位置とした。

稚魚の明暗境界域に対する行動反応 実験水槽は上面を乳白色アクリル板で覆い, その半分のみ乳白色ビニールシートを数枚重ねて置いた。水槽上方に 15 W 白色蛍光灯を 4 基設置し, 上方から照明することにより明暗の境界域をつくった。明域の水中照度 (水深 5 cm) は 1350 および 3000 lx とし, この 2 つの場合の暗域の照度 (水深 5 cm) は 510, 270, 100, 50, 30, 20 lx, および 1100, 590, 220, 100, 65, 50 lx とした。このときの明暗境界域における照度勾配 (照度変化率; %/cm) は双方とも 0.18, 0.23, 0.40, 0.63, 1.00 および 1.43%/cm であった。大きさグループ別に 5 尾ずつ明域に入れ, 暗域への進入

率 (全個体数に対する暗域へ進入した個体数の割合; %) を調べた。実験は 30 回繰り返して行った。

結果および考察

仔魚の行動観察 孵化後 1 日目 (全長 2.1 mm) の仔魚は水面付近に浮遊し, 時折折を微動させるのが観察された。2 日目 (全長 2.4 mm) は早朝最も明るい窓側の水面の水槽壁面に蠕集した (Fig. 3, 06:30, A, 40 lx)。日中は水面から水深 10 cm 付近にまんべんなく分散した (11:30, A~D, 90~115 lx)。夜間は照明側の水面に蠕集した (22:00, A, 130 lx, B, 135 lx)。この時点までは仔魚は摂餌を行わなかった。

1. 仔魚の走光行動 孵化後 2 日目の仔魚について明るさを変えたときの蠕集行動を調べた。その結果, 照度域が 1 と 2500 lx では 2500 lx の方に蠕集した。照度域が 10, 180, 1000 lx の場合には 1000 lx に蠕集した。すなわち, 2 日目の仔魚は 1~2500 lx の範囲では照度がより高い所に蠕集した。このことからこの時点ですでに走光性が顕著にあると判断された。この時点において仔魚の眼の黒化が肉眼で観察された。

魚の光受容器は眼であるが, 両眼間の頭頂, 頭骨下にある上生体でも光を感じることが Omura and Oguri によって明らかにされた。²⁾ Omura and Oguri はアユ *Plecoglossus altivelis* とヒラメ *Paralichthys olivaceus* 仔魚の眼と上生体の分化を調べ, 上生体の出現は眼より早く, 眼が発生する以前におけるヒラメの昼夜間での鉛直移動は上生体の働きによって行われると述べた。本実験の場合, 仔魚の眼はすでに黒化していたことから, 仔魚は光を眼で感知していたものと考えられる。³⁾

2. 稚魚の走光行動 Fig. 4 は種々の照度域への出現率 (全個体数に対する各照度域に出現した個体数の割合; %) の経時変化である。出現率は全長 10~14 mm および 18~22 mm の平均値で表した。種々の照度域へ

Fig. 3. Sketch of distribution of illuminance in feeding tank. A~D, Locations where illuminance was measured.

Fig. 4. Variation of appearance rates as a function of illuminance in water.

- (a) Surface layer, 90 lx; Middle layer, 65 lx; Bottom layer, 50 lx.
 (b) Surface layer, 440 lx; Middle layer, 330 lx; Bottom layer, 270 lx.
 (c) Surface layer, 750 lx; Middle layer, 520 lx; Bottom layer, 400 lx.
 (d) Surface layer, 1400 lx; Middle layer, 1000 lx; Bottom layer, 870 lx.
 (e) Surface layer, 2800 lx; Middle layer, 2000 lx; Bottom layer, 1350 lx.
 (f) Surface layer, 5700 lx; Middle layer, 4000 lx; Bottom layer, 3500 lx.

の出現率には体長別な違いがほとんど存在しなかった。

上層への蜷集が最も顕著なのは 440 lx の場合であり (蜷集率; 各照度域に蜷集した延べ個体数/120×全個体数 95% 以上), 次いで 90 lx (蜷集率 85%), 750 lx (蜷集率 56%) であった。明るさが増すにしたがって下層への蜷集が多くなり, 2800 lx では鉛直に急浮上・急降下が見られた。さらに 5700 lx では激しく泳ぎ回る錯乱状態が観察された。以上より, 稚魚が最も好む照度は 750~1400 lx の範囲とみなされる。

遊泳速度を稚魚の単位時間あたりの移動軌跡を測定し求めた (稚魚が移動した距離/移動時間; cm/s)。440 と 5700 lx の場合を比較すると, 前者では平均 0.4 cm/s, 標準偏差が 1.7 cm/s であったのに対し, 後者では標準偏差が 2.8 cm/s と大きく, 平均遊泳速度は 1.2 cm/s であ

った。

3. 稚魚の明暗境界域に対する反応行動 照度勾配を変えたときの稚魚の明域から暗域への進入率の変化を Fig. 5 に示した。照度勾配の増加に伴って進入率は減少し, 両者の関係は次式のように表された (相関係数 -0.89)。

$$OR = -15.9 \ln G + 17.9 \quad (1)$$

ここで OR は暗域への進入率 (%), G は照度勾配 (%/cm) である。以上より, 稚魚の明域から暗域への進入は照度勾配によって制限され, 照度勾配が 3%/cm 以上では進入できなくなることが確認された。

このことは天然海域における藻付きにも影響を与えることであり, 千田⁴⁾の調査で 100 kg 以上の大きな藻では幼稚魚がほとんど付いていなかったことの裏付けとして

Fig. 5. Relationship between the occupation ratio and horizontal gradient of illuminance. The symbol ● represents the mean values.

もみなすことができる。

このようにインダイ仔稚魚が成長にともない光環境を選好することが判明した。沿岸のインダイ資源の安定化

が計られる現在、放流種苗数の増大が必須となっている。しかしながら現状では、種苗生産過程の中で光条件を配慮した育成が十分に行われているとはいえず、今後、特に健苗性が高く、放流環境に適応能力を持つ種苗を放流するためには、水温、餌の環境とともに光環境と生物特性の関係を十分に把握する必要があると考える。

謝 辞

インダイ仔魚を提供賜った愛媛県栽培漁業センターの方々および仔稚魚の育成に御協力下さった千葉県勝浦栽培漁業センターの方々の御好意に心から感謝の意を表す。

稚魚の採集や実験等を御援助頂いた千葉県館山漁協の伊東久助氏、坂田実験実習場の小池康之主任および技官の方々に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 矢野 勲, 小川良徳: マダイ稚仔魚の鉛直移動に与える水中照度の影響, 養殖研報, 3, 45-49 (1982).
- 2) Y. Omura and M. Ogura: Photoreceptor development in the pineal organ and the eye of *Plecoglossus altivelis* and *Paralichthys olivaceus* (Teleostei), *Cell Tissue Res.*, 266, 315-323 (1991).
- 3) 石田健一: 海産魚類の仔稚魚期における感覚器と行動の分化発達に関する研究, 博士学位論文, 東京大学, 東京, 1984, pp. 1-177.
- 4) 千田哲資: 隠岐島近海の初夏の流れ源とそれに伴う幼稚魚の研究, 生理生態, 10, 68-78 (1961).