

イシダイ仔稚魚の成長に伴う視力の変化

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	宮崎,多恵子
発行元	日本水産學會
巻/号	59巻3号
掲載ページ	p. 437-440
発行年月	1993年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



インダイ仔稚魚の成長に伴う視力の変化

宮崎多恵子

(1992年6月25日受付)

The Change of Visual Acuity of Larvae and Juveniles of Striped Beakperch in Accordance with Their Growth*1

Taeko Miyazaki*2

The visual acuities of striped beakperch larvae and juveniles were calculated from the size of baits taken and the reaction distance of the fish at 1000-1100 lx and the apparent contrast of the target at 2.0-3.0. The visual acuities were 0.011 for larva of 5.5 mmTL and 0.06 for juvenile of 18 mmTL. The relationship between visual acuity (VA) and fish size (TL) for the larval and juvenile stages were expressed by the equations $VA=0.020 \exp(0.326TL)$ and $VA=-0.059+0.041 \ln TL$, respectively. The visual acuity of the juveniles was estimated to reach that of the adults at 38 mmTL.

The visible ranges for 1 and 3 mm size targets at the larval stage were 4 and 12 cm, respectively, while at the juvenile stage they were five times those at the larval stage.

インダイ striped beakperch *Oplegnathus fasciatus* は卵から孵化し、仔魚は海の表層に浮遊する。孵化仔魚は数日後には餌を捕り始める。その後、藻に付いて生活し、50 mm 前後の稚魚に成長した段階で海底に着く。このような成長段階による生活様式の変化や索餌行動は、同時期における視力と密接に関係していることが知られている。

Nishimura¹⁾ および Hunter²⁾ は仔稚魚が生残可能な餌生物の密度を、仔稚魚の餌を視認し得る範囲、索餌遊泳速度、および捕食必要な餌の数等の関数で表した。この場合、餌を視認し得る範囲は視力で決定される。また Shaw³⁾ は、魚の schooling は初期成長段階の aggregation から始まり、この段階に仲間から隔離された単体は極端に死亡率が高いと述べた。魚の群れ形成の原点は仲間が互いを認識し合うことにあり、このことにおいて視力は極めて重要な役割を果たす。

これらのことから、インダイの仔稚魚期における視力とその変化を知ることは、生態面の理解のみならず、天然海域や栽培漁業等における摂餌と個体生残の関係解明に役立つものと考えた。

仔稚魚の視力を推定する方法として、眼の錐体密度とレンズの焦点距離から最小分離角を求める方法がある(視力は最小分離角を分の単位で表したものの逆数で示される。)⁴⁾ Blaxter and Jones⁵⁾ および Guma'a⁶⁾ はこ

の方法より、ニシン *Clupea harengus* L. およびハゼ *Perca fluviatilis* L. の最小分離角を求めた。Blaxter and Jones は、ニシンは体長 10 mm で 200 分、30 mm で 50 分であると報告した。⁵⁾ Guma'a は、ハゼは体長 7 mm で 273.5 分、変態期の個体(体長約 20 mm)で 136 分であると述べた。⁶⁾ しかしながら、この方法は魚の網膜に対する光環境(明るさおよび物体のコントラスト)の影響が考慮されない欠点がある。⁷⁾

一方、魚が摂食する餌生物の大きさと魚が餌生物に突進する距離から視力を推定することが可能である。Hunter は体長 4~24.2 mm の北米産カタクチイワシ *Engraulis mordax* 仔魚は 100 μ m の餌に対して体長の 0.74 倍の距離から行動を起こすと述べた(餌に対する見込み角 19~116 分)。²⁾ ここで得られる距離は、仔魚が一度の突進で餌に到達できる距離であり、視認距離とは言えない。しかし、Kettle and O'Brien⁸⁾ および O'Brien and Kettle⁹⁾ は、体色素が異なるプランクトンに対する魚(lake trout *Salvelinus namaycush*, Arctic grayling *Thymallus arcticus*)の反応距離を調べ、体色素が濃いプランクトンほど背景とのコントラストを増すため、反応距離は大きくなると述べた。このことから、仔稚魚の餌に対する反応距離は視認距離の一つの推定値になると考えられる。

本研究では、インダイの仔魚期から稚魚期にかけての

*1 本論文の概要は平成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).

Table 1. Maximum reactive distances to a bait for different size of larvae and juveniles

Total length (mm)	Larva					Juvenile						
	4.0	4.8	5.5	6.3	6.8	15	18	20	23	28	32	37
Bait size (μm)	220	220	220	220	220	512	734	537	734	850	537	850
Distance (mm)	5.7	7.0	8.0	11.7	15.2	82	153	120	170	221	142	255

体長別の視力を餌に対する反応距離から調べた。

実験方法

実験は1990年5月から10月にかけて、東京水産大学坂田実験実習場において行った。

仔魚は愛媛県栽培漁業センターで孵化した1日目のもの、約1万尾を空輸し、飼育水槽（直径680mmペンライト水槽）に收容した。海水には濾過海水（光束消散係数 0.1m^{-1} 、主波長486nm）を用い、毎日1/3ずつ新しい濾過海水と交換した。水槽内のほぼ中央で弱いエアレーションを行い、約2cm/sで海水を循環させた。餌にはクロレラで培養したシオミズツボムシ *Brachionus plicatilis*（平均体長220 μm ）を用いた。測定は光学顕微鏡で行った。

稚魚は千葉県洲の埼沖で流れ藻とともにタモ網（ラッセル網製）で採捕した。採捕した稚魚の全長は9~50mmで総計尾数は91尾であった。採捕後飼育水槽（直径1000mmFRP水槽）に收容しエアレーションを行った。餌にはアルテミア *Artemia salina* を与えた。アルテミアは乾燥卵を汽水で孵化し、12時間後光で集め生きているもののみを採集した。体長は同一孵化内では均一性があるが、わずかな孵化条件の違いによってかなり大きく変わった。体長の範囲は512~815 μm であった。測定は実験毎に光学顕微鏡で行った。

実験水槽および実験方法の概要は次のようである。長方形透明水槽（横10cm、縦35cm、長さ50cm）の側面および底面に目盛りを付け、長方形（35cm \times 50cm）の側面を観察用窓とし、他の3側面および底面を黒色塗装した。上面に乳白色アクリル板を置き、その上方に照明装置（15W白色蛍光）を設置した。水槽に濾過海水を満たし、一端より仔稚魚を入れ、他端より餌を入れ、魚が餌を見つけて行動をおこし、餌に直進する距離（以下反応距離）をビデオで調べた。孵化した仔魚は7日目から索餌を開始した。以後15日目まで毎日20尾について延べ50回ずつ測定した。稚魚は全長15、18、20、23、28、32および37mmについて、個体別に300回ずつ測定した。視力は反応距離と餌の大きさから次式により求めた。¹⁰⁾

$$VA = \frac{\pi L}{180 \times 60 \times \phi} \quad (1)$$

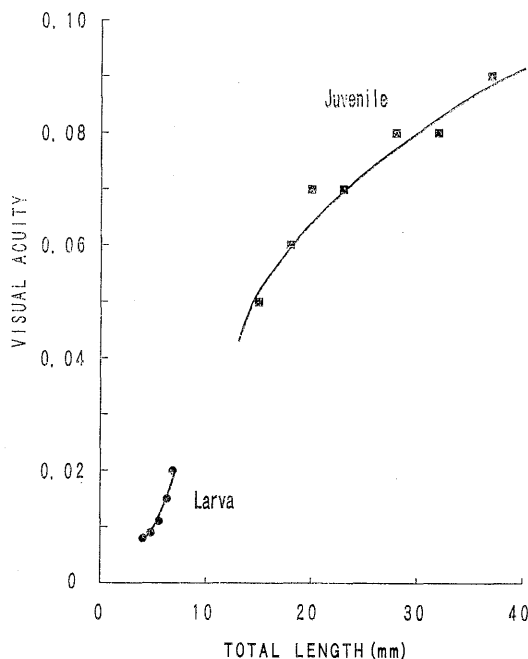


Fig. 1. Change in visual acuity with growth of the Striped beakperch.

Symbols \circ and \square represent the larval and juvenile stages, respectively.

ここで VA は視力、 L は反応距離 (mm)、 ϕ は餌の大きさ (mm) である。

実験中における水槽内の明るさおよび餌のアバレントコントラストの実測値は1000~1100 lx、および2.00~3.00であった。

結果

仔魚の視力 孵化後の仔魚の行動は次のようであった。孵化後1日目の仔魚（平均全長2.1mm）は海水表面付近に浮遊し、時折、体を微動させた。3日目には尾部を左右交互に振る遊泳行動が観察され、4日目（平均2.8mm）には2cm/sの水流に約5秒間定位することができるようになった。この日の段階で卵嚢が確認できなくなった。4日目から餌を与えたが、顕著な摂餌行動が観察されたのは7日目（平均4.0mm）であった。仔魚は体を急に屈折させ、その直後ワムシに飛びつき捕食した。

仔魚の平均全長は孵化後 9, 11, 13 および 15 日目でそれぞれ 4.8, 5.5, 6.3 および 6.8 mm となった。

仔魚の餌に対する反応距離の測定結果を Table 1 に示した。この場合、反応距離の最大値が餌を視認できる限界の距離と判断した。反応距離は成長に伴い急激に大きくなった。この結果を用いて (1) 式により視力を求めた (Fig. 1)。全長と視力の関係は次式で表された (相関係数 0.98)。

$$VA = 0.020 \exp(0.326 TL)$$

ここで VA は視力, TL (mm) は全長である。

以上より、仔魚の成長に伴う視力の増加は指数関数的であることが判った。

この時期の視細胞は単錐体である。¹¹⁾

稚魚の視力 稚魚 (全長 15 mm) の場合は行動が敏捷であり、餌を発見すると遊泳方向を急転し、遊泳速度を増して餌を捕食した。

稚魚の餌に対する反応距離は Table 1 のようであった。

これにより求めた視力は Fig. 1 のようであった。体長と視力の関係は次式で表された (相関係数 0.97)。

$$VA = -0.059 + 0.041 \ln TL$$

仔魚期と比較して、稚魚期における視力の増加勾配は緩やかになった。

このことは、同時期の網膜の発達が生視力向上よりも、双錐体と桿体の添加による網膜感度向上の方向にある¹¹⁾ ことと関係していると思われる。

さらにこれらの結果より、成魚の視力¹²⁾になる大きさは全長 38 mm であることが判明した。

考 察

上で得られた結果より、仔稚魚の小さな物体に対する視認限界距離を検討する。小さな物体の視認限界距離は物体のアパレントコントラストと背景の明るさが十分な場合、次式で表される。

$$L = VA \cdot \frac{180 \times 60 \times \phi}{\pi} \quad (2)$$

ここで L は物体に対する視認限界距離 (mm) である。計算結果を Fig. 2 に示した。同図より、仔稚魚の物体の大きさ別の視認限界距離が容易に判る。例えば物体の大きさが 1 および 3 mm では、仔魚 (全長 5.5 mm) で約 4 および 12 cm なのに対し、稚魚 (全長 18 mm) は約 21 および 62 cm となる。

次に、海水の濁りの小さな物体視認への影響を検討する。海水の濁りは海域によって異なる。従って、視認への影響は濁り別に知る必要がある。濁り (α) と小さな物体に対する視認限界距離との関係は次式で求めた。¹⁸⁾

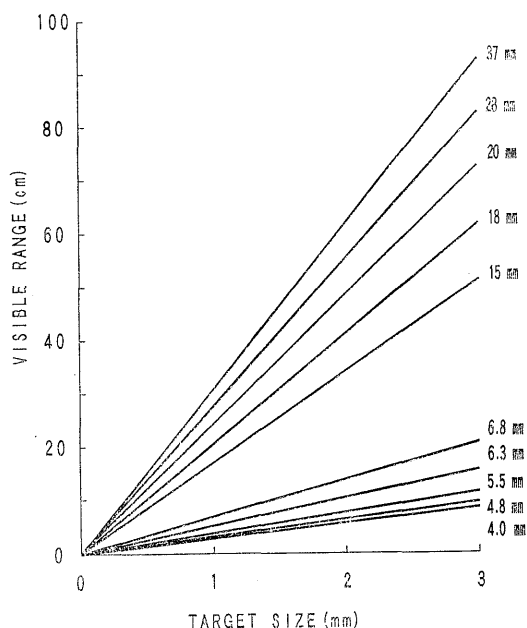


Fig. 2. Relationship between target size and visible range.

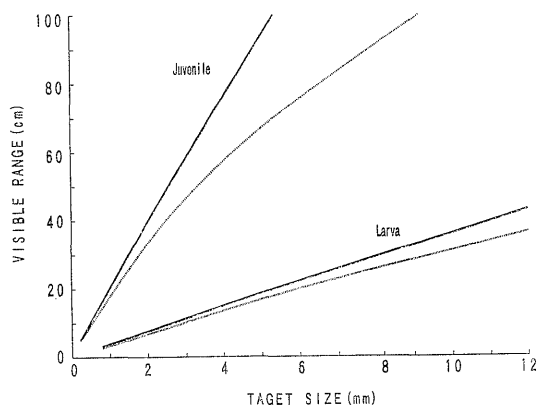


Fig. 3. Estimated relationships between target size and visible range at different water turbidities.

The solid line represents a beam attenuation coefficient of 0.5 m^{-1} while the dotted line is 3.2^{-1} .

$$L = \frac{10^4 \times 1.25}{2.5\alpha} \cdot \ln \frac{\phi}{C} \quad (3)$$

ここで α は海水の光束消散係数 (m^{-1} , 主波長 468 nm), C は清澄海水中 (光束消散係数 0.1 m^{-1} , 主波長 486 nm) における視認限界距離 (mm) である。計算結果は Fig. 3 のようであった。例えば、光束消散係数 (主波長 486 nm) が 0.5 m^{-1} (千葉県館山湾) では、物体の大きさが 1 および 3 mm とすると仔魚 (全長 5.5 mm) で約 3.5

および 11 cm, 稚魚 (全長 18 mm) で約 20 および 58 cm になる。また, 光東消散係数が 3.2 m^{-1} (東京湾内部) では, それぞれ約 3 および 10 cm, 約 17 および 46 cm となる。このように視認限界距離は濁りに反比例して変化するので, 仔魚の生残と餌生物の密度の関係, あるいは放流イシダイ稚魚の餌生物環境を考える場合, 仔稚魚の棲息域の濁りを考慮しなければならないのは明らかである。

謝 辞

本研究を行うに当たり, 終始懇切なるご指導と原稿のご校閲を賜った東京水産大学教授松生 治博士に衷心より謝意を表する。

文 献

- 1) S. Nishimura: Some considerations regarding the amount of foods daily taken by an early postlarva of sardine. *Annual Rep. Jap. Sea. Reg. Fish. Res. Lab.*, 3, 77-84 (1957).
- 2) J. R. Hunter: Swimming and feeding behaviour of larval anchovy. *Fish. Bull.*, 70, 821-838 (1972).
- 3) E. Shaw: The schooling of fishes. *Sci. Amer.*, 206,

- 128-138 (1962).
- 4) 田村 保: 魚類の視覚について. 水産学集成 (末広恭雄, 大島泰雄, 楡山義夫編), 東京大学出版会, 東京, 1957, pp. 721-748.
- 5) J. H. S. Blaxter and M. P. Jones: The development of the retina and retinomotor responses in the herring. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 47, 677-697 (1967).
- 6) S. A. Guma'a: Retinal development and retinomotor responses in perch. *J. Fish Biol.*, 20, 611-618 (1982).
- 7) N. G. Hairston, Jr., K. T. Li, and S. S. Easter, Jr.: Fish vision and the detection of planktonic prey. *Science*, 218, 1240-1242 (1982).
- 8) D. Kettle and W. J. O'Brien: Vulnerability of arctic zooplankton species to predation by small lake trout. *J. Fish. Res. Board Can.*, 35, 1495-1500 (1978).
- 9) D. Kettle, W. J. O'Brien and H. Riessen: Helmets and invisible armor: structures reducing predation from tactile and visual planktivores. *Ecology*, 60, 287-294 (1979).
- 10) 宮崎多恵子, 中村善彦: 条件反射手法を用いて求めたイシダイ 0 年魚の単線視力. 日水誌, 56, 887-892 (1990).
- 11) 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.
- 12) 中村善彦, 松生 治: 水中の濁りと魚の視力との関係 (3) 濁った水中における魚の小さなターゲット (餌) に対する反応. うみ, 27, 19-24 (1989).
- 13) 中村善彦, 松生 治: 水中の濁りと魚の視力との関係 (2) 濁り濃度と視認限界における物標の大きさ及び距離. うみ, 23, 123-129 (1985).