

海産魚仔魚飼育の好適光条件 —明るさと日長について—

(公財) 海洋生物環境研究所 顧問 清野 通康

魚類の種苗生産を円滑に進める上で仔稚魚の成育好適環境の解明は重要な課題である。一般に魚類飼育環境としては、それらが生息している自然環境が最適と考えられるが、より効率的な生産という観点からは、仔稚魚の摂餌・消化・同化・成長といったエネルギーフローを効果的に行わせ得る環境づくり、すなわち仔稚魚がその必要とする餌料を的確に摂取し成長できる環境条件を解明し構築することが重要である。これらの観点から仔稚魚の成育に重要な光環境の最適化を図るため国内外で様々な実験的検討が実施され、多くの知見が積み重ねられてきた。

これらの知見の内、特に、海産魚仔魚の初期減耗軽減や成育促進を目的として実施された光量(明るさ)と光周期(日長)に関わる研究事例について、海洋生物環境研究所研究報告 第31号(2025年)に総論を取りまとめた。以下、その概要を紹介する。

海産魚仔魚の特性：仔魚は脆弱なため、その飼育にはきめ細かな配慮が必要

孵化直後の海産魚仔魚の全長は概ね数mm。写真1に例としてマダイ仔魚を示すが、その体構造は極めて脆弱であり初期減耗が大きな時期である。

仔魚の期間は日本沿岸に分布する温帯性種では1か月程度であり、この間に眼・口・消化器・筋肉・鰭・骨格など様々な器官が分化発達し、栄養源も内部栄養(卵黄と油球)から外部栄養(主に動物プランクトン)へ転換するなど体の構造や機能が劇的に変化する。水流・水

温・水質変化などへの耐性も弱く、体の形態や機能が成魚に近づく稚魚となるまでは飼育管理にきめ細かな配慮が必要となる。



写真1 孵化後2日目のマダイ仔魚：全長3.1mm
(提供：海生研 磯野良介主幹研究員)

産業上有用な海産魚には浮性卵¹を産む種が多い。浮性卵から産まれた仔魚は種や成育水温にもよるが孵化後1〜3日で口が開き摂餌する準備が整う。開口時には卵黄は既に大半が消費されているので、なるべく早く餌料を捕食できないとその後の成育が大きく遅れる。猶予期間は、例えばマダイ仔魚では開口後2日、ハタ科仔魚では6〜12時間程度のため、仔魚飼育に当たっては対象種の特性を理解しタイミングを外さず開口前に給餌する必要がある。

仔魚の餌料は動物プランクトンであり、自然海域では主にカイアシ類のノープリウス幼生を捕食する。海域には大小様々なカイアシ類が生息するので仔魚は適切な大きさの餌料生物を選択捕食することができるが、飼育環境では仔魚の成長に応じ順次その口の大きさに見合ったサイズのシオミズツボウムシが培養され給餌される。ウムシの後、配合飼料に移行する前に、アルテミア

¹ 海産魚の卵は海水に浮く卵(浮性卵)と沈む卵(沈性卵)に大別される。浮性卵は沈性卵に比べ小さいものが多い。例えば、浮性卵を産むマダイやヒラメの卵径は1mm程度、沈性卵を産むニシンやマダラ、ハタハタなどの卵径は2〜3mmである。メバル類やカサゴなどのように仔魚が親魚の体内で孵化した後産出される卵胎生の種もある。なお、淡水魚には海産魚に比べ大型の沈性卵を産む種が多い。

のノープリウス幼生など大型の動物プランクトンを与える場合もある。

浮性卵から産まれる仔魚の消化器官は沈性卵から産まれる仔魚に比べ未発達であり餌料を多量に貯留する機能を持たないので、飼育環境では継続した摂餌に伴い未消化の餌料をほぼ原形のまま肛門から押し出す(排出する)ことも観察されている。稚魚への移行期になると胃も肥大し胃腺が分化し機能的になるなど大量摂餌に適した構造となる。

仔魚は眼で動物プランクトンを認知し捕食するが、眼の機能も未発達で網膜には光感度の低い視細胞(錐体)のみが存在する。摂餌開始期の仔魚は餌料生物の形態を見て捕食するのではなく動く影を追って捕らえると推定されているが、可能な範囲でより大型のプランクトンを捕食するなど早い段階から能動的な摂餌活動を行っている。眼の機能が成魚に近づくのも稚魚への移行期である。

なお、魚類の視感度曲線は人のそれとは異なるので、使用する照明のスペクトル分布を把握した上で光量の単位としてエネルギー量($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, W/m^2 など)を用い飼育管理することが望ましいが、これまでのところ殆どの場合、人の眼の特性に対応した照度(lux)が光量単位として用いられている。本解説でも以下照度(原則、水面照度)をベースに研究事例を紹介する。

好適な明るさ：明るい環境を好む種が多い

海産魚仔魚の多くは日の出頃から摂餌し始め日没とともに摂餌を停止するという自然の光周期に対応した摂餌日周性を示す。摂餌できる明るさは種により異なるが、飼育時の観察事例などから多くの種の仔魚は100 lux程度(薄明時の明るさ)あれば餌料生物を捕食できると考えられる。ただ、長期飼育を行うには、この餌料生

物を認識し捕食できる程度の明るさでは不十分で数100~1,000 lux以上の明るさを必要とする種が多い。以下にこれまでの報告事例(種)を示す。

- ・3,000 lux以上で良好な結果が得られた魚種
ヒラマサ・キイロハギ・クロダイ・ホワイシーバス・スジアラなど
- ・3,000 lux未満~1,000 lux以上で良好な結果が得られた魚種
マダイ・タイセイヨウタラ(春夏に産卵する系群)・キツネメバル・ブラックシーバス・ホンササウシノシタ(遊泳期²⁾)など
- ・1,000 lux未満~300 lux以上で良好な結果が得られた魚種
チャイロマルハタ・オオニベ属など
- ・300 lux未満で良好な結果が得られた魚種
ミナミヒラメ・ギンダラ・タイセイヨウタラ(秋冬に産卵する系群)・ホンササウシノシタ(変態期)など

このように良好な飼育結果(生残・成長)が得られた明るさは種により様々ではあるが、種ごとに見ると、良好な生残が得られた明るさと成長のそれは概ね一致した。

多くの種で仔魚は発育が進むに従いより暗い環境でも摂餌できるようになるが、ヒラメ類など異体類の仔魚では特に大きく変化する。孵化後間もない異体類の遊泳期仔魚は明るい環境でより活発に摂餌するが、発育が進み変態期に近づくと数lux未満の暗い環境でも動物プランクトンを摂餌し、変態後、底生生活に移ってからは全く光がない環境でも摂餌し成長できる種がある。これらの種の摂餌活動には視覚以外の感覚の関与が推定されている。

明るさ効果のメカニズム：走光性と生息海域への適応

明るい環境で生残・成長が良好となる要因のひとつと

² ヒラメ類・カレイ類・ウシノシタ類など異体類は、孵化後しばらくの間は他の魚種と同様に眼は体の左右に対称形にあり水中を遊泳するが、稚魚への移行期になると片方の眼が反対側に移動し体も扁平となるとともに底生生活に移行する。左右どちらの眼が移動するかは種により定まっているが、時に例外もある。

して、仔魚、餌料生物ともに正の走光性を持つ種が多いため、両者が飼育水槽内の明るい場所に集まり仔魚の摂餌機会が増加する可能性が指摘されている。キイロハギ・クロダイ・スジアラ・タイセイヨウタラ(春夏に産卵する系群)・チャイロマルハタ・クエ・カサゴ・アカアマダイ・キジハタなどの仔魚では、明るさの上昇に伴い摂餌個体の割合や日間摂餌量が増加したことが確認されている。

また、種により好適な明るさが異なることは、自然海域におけるそれぞれの生息環境への適応の現れであり、眼の構造・機能の違いによると考えられている。タイセイヨウタラでは、自然海域での産卵期が異なる2系群(暗い秋冬に産卵する群と明るい春夏に産卵する群)の明るさへの適応状況が飼育実験により検討され、前者の仔魚は暗い環境、後者の仔魚は明るい環境での成育が良く、両系群ともその生息域の光環境に適応していることが確認されている。なお、前述した種ごとに良好な生残が得られた明るさと成長のそれがほぼ一致したことも適応の現れのひとつと考えられる。

好適な日長：夜間照明により成育が促進される種が多い

多くの海産魚仔魚は自然条件では夜間摂餌活動を停止する。夜間に人工照明すれば摂餌活動時間が延長し、その結果として摂餌量が増加し成育促進が図れることを期待して多くの飼育実験が実施された。これまでのところ長日環境で自然日長より良好な成育結果が得られ、夜間照明効果(長日効果)ありと判断された種が多い。一方、睡眠が必要、短時間でも暗期が必要とされた種もあり、明るさと同様、日長効果においても種特異性のある結果が得られている。以下にこれまでの報告事例(種)を示す。

・24時間連続照明で良好な結果が得られた魚種

クロダイ・バラマンディ・タイセイヨウタラ(春夏に産卵する系群)・スジアラ・フエフキタカノハダイ・マハタ・オオニベ属・クロマグロ・スズキ・イシダイ・セルフィ

ンカジカ・ヨーロッパヘダイ・ゴマアイゴ・キハダ・カサゴ・アカアマダイ・カワハギ・ヒラマサ・ホワイトシーバス・マルコバンなど

・1日当たり18～16時間の照明で良好な結果が得られた魚種

ホンササウシノシタ(主に遊泳期)・ニシウミスズキ・ゴウシュウマダイ・ミナミヒラメ・カンパチ・キイロハギなど

・自然日長で良好な結果が得られた魚種

クエ・アメリカチヌ属など

・長日環境と自然日長で同等な結果が得られた魚種

マダイ・モンツキダラ・ホンニベなど

なお、自然日長より短い、1日当たり10～6時間照明する短日条件での飼育も試みられているが、異体類を除き良好な生残・成長が得られた種は報告されていない。また、ハタ科仔魚で6時間おきに明暗を繰り返す条件での飼育が実施されたが、この場合も良好な成育結果は得られていない。6時間おきに明暗を繰り返す条件と自然日長は1日当たりの照明時間、すなわち摂餌可能時間は概ね等しい条件であるが、摂餌開始期のハタ科仔魚は6時間おきの明暗条件では、その成育に必要な餌量(エネルギー)を充分には摂取できないものと考えられた。

長日効果のメカニズム：摂餌量の増加、ただ自然界にはない環境でありメカニズムの詳細説明は今後の課題

長日下で良好な成育が見られたクロダイ・スジアラ・キハダ・マハタ・カワハギ・ヒラマサなどの仔魚では日長時間の延長に伴い日間摂餌量が増加したことが確認されている。これらの種では夜間照明により摂餌活動時間が延長したことが、摂餌量増加・成育促進につながったものと考えられる。

ただ、長日効果が認められた種でも夜間照明下で終夜継続して摂餌する訳ではなく、一時的に摂餌活動が停止または不活発となる時間帯がある。適切な明るさ、

十分な餌料という仔魚が摂餌できる条件が整っている環境で摂餌を止める理由は不明であるが、体内の恒常性維持のため睡眠や休養が必要、体内での栄養物質の蓄積が飽和され(満腹になって)消化・同化のための時間が必要、摂餌の概日リズムが存在するなどが推定され論議されている。

クロダイ・バラマンディ・フエフキタカノハダイ・オオニベ属・ホンササウシノシタ(遊泳期)・ゴウシュウマダイなどの仔魚では生残と成長の好適日長が異なった。また、夜間照明により成長促進が図られた種でも、ハタ科仔魚などでは照明が続くと摂餌リズムの乱れが生じ、キハダ・ニシウミスズキなどでは飼育仔魚の一部に鰓開腔阻害や骨形成異常などの発育阻害が発生したことが報告されている。明るさの変化と異なり、長日は自然界にはない新しい環境であり、仔魚のエネルギーフローや体内の恒常性維持に関わる機構などが複雑に関与し、種、個体群また発育段階によりそれぞれ異なった応答を示した可能性が考えられる。

長日効果(影響)の機構解明は今後の課題であるが、多くの種の仔魚で長日効果が認められたことから、現在、種苗生産施設で採用されている「自然日長、ワムシを中心とした餌料系列」という飼育条件では、仔魚は最大成長を図るのに必要な餌の量・質を確保できず、その結果として長日効果が現れた可能性が考えられる。一方、飼育仔魚は天然仔魚に比べ肥満であるとの指摘がある。日長制御による成育促進の効果評価のためにも、長日環境で飼育された仔魚の栄養学的解析、特に、エネルギー収支の実態解明が望まれる。

おわりに

以上のように、光に関わる好適条件には種特異性が極めて大きい。また、本解説では具体例を示さなかったが、種間のみならず同一魚種間で異なる好適光条件が報告された事例もあった。この要因として、仔魚は日々変化する発育段階なので検討対象とした日令の違

いが結果に影響した可能性が考えられる。さらに、研究者がそれぞれ関心ある種を対象に目的に応じたユニークな実験系を構築し研究を進めたことも多様な結果が得られた一因として挙げられよう。

現状では仔魚の光応答に関わる知見を統合し一般化するのはまだ難しく、これまで得られた諸知見は各検討対象となった仔魚の特性を示してはいるが各検討条件で得られたものであることに留意し、光条件の制御に当たっては、飼育対象種の光応答特性を事前に確認する必要がある。

本解説では触れなかった波長(色光)の効果(影響)や稚魚の光応答についても近年多くの知見が積み重ねられている。光環境と仔稚魚成育との関わり解明がさらに進めば、明るさや日長制御などによる仔稚魚の摂餌制御(栄養要求に合った摂餌量のコントロール)なども可能となろう。光は多量のエネルギーを必要としない制御性の良い環境要素であり、魚類生産、特に種苗生産・中間育成を含む陸上施設養魚の生産性向上に大きく貢献できる可能性がある。この分野での今後の一層の科学的知見の蓄積、技術開発を期待したい。

参考文献

- 田中 克 ら(2009)．稚魚 生残と変態の生理生態学．京都大学学術出版会，京都，387．
- 日野明德(2022)．海産魚種苗生産の夜明けと初期餌料「ワムシ」培養研究の展開・発展．海生研ニュース，153，4-6．
- 清野通康(2025)．海産魚仔魚飼育の好適光条件－明るさと日長について－．海生研研報，31，1-18．