

## マコガレイの潜砂試験

野坂元道\*・近藤正美

Experiment on Sand Selfimmersion of the Mud Dub *Limanda yokohamae*

Motomichi NOZAKA\* and Masayoshi KONDOU

キーワード：マコガレイ，潜砂試験

マコガレイ *Limanda yokohamae* は本県を始めとする，瀬戸内海関係各府県の栽培漁業における重要な対象魚種である。近年その漁獲量は低迷しており<sup>1)</sup>，本県では年20万尾を目標に種苗生産を行い<sup>2)</sup>，築堤式中間育成場（以下「築堤式育成場」とする）で中間育成後，県海域に放流している。平成11年度，本種の中間育成を栽培漁業センター（以下「栽培センター」とする）G棟120kコンクリート水槽で行ったところ，従来の築堤式育成場における中間育成での平均歩留り40%を大きく上回る，80%の歩留りを収めることができた<sup>3)</sup>。

しかし，陸上水槽（＝敷砂されていない環境）で中間育成を行った場合，築堤式育成場（＝敷砂された環境）で中間育成を行ったものと比較し，潜砂能力において種苗性が劣るのではないかという声が聞かれた。それに対し，本種の潜砂能力についての知見はこれまで殆どなかったため，中間育成時の敷砂の有無と，潜砂能力との関係について試験を行い，本種の中間育成における敷砂の必要性を検証した。

さらに，これまで本種の「潜砂試験マニュアル」に類するものが存在しなかったため，ヒラメ *Paralichthys olivaceus* における潜砂試験マニュアル等を参考に，従来のマニュアル化を視野に入れ，試験方法も検討した。

## 材料と方法

**供試魚** 供試魚には，11年度に栽培センターで種苗生産した後，異なった環境で中間育成した稚魚を用いた。すなわち，倉敷市大島の築堤式育成場で3月10日～5月1日まで約50日間中間育成後，栽培センターに持ち帰り，砂を敷いた1kFRP水槽で飼育した群（以下「大島群」

とする）と，種苗生産後，試験用として，栽培センターの砂を敷かない1kFRP水槽で引き続き飼育した群（以下「センター群」とする）の2群であった。

餌は中間育成場で給餌していた冷凍赤虫 *Chironomidae* と冷凍アルテミア *Artemia salina* を併用し，1日2回，朝夕給餌した。また，試験開始の数日前に全長30～50mmと，50～70mmサイズに選別した。

## 試験方法

**予備試験①** 試験水槽は青色コンテナ(W415×L635×H385mm)の中央に仕切を設け，2種類の粒径( $x < 0.9\text{mm}$ ,  $0.9 < x < 1.8\text{mm}$ )の砂をそれぞれ50mmの厚さに敷いたものを2組使用した。それぞれの水槽に全長50～70mmの大島群，センター群30尾ずつを海水とともに入れ，投入後5分，10分以降は10分毎に，各区にいる個体数と潜砂している個体数，各個体の潜砂状況を記録した。潜砂の判断は体表の1/2以上が砂に覆われたものとした。試験条件は水深260mm，無注水とし，水温，pH，照度を測定した。

供試魚は試験の3～4日前に選別を行い，各水槽からランダムに30尾ずつ取上げ，試験に用いた。試験終了後はFA-100で麻酔し，全ての個体について全長を測定した。

なお，同じ異体類であるヒラメでは，水槽投入5分後の潜砂個体数をもって潜砂能力の判断材料としているが<sup>4)</sup>，今回は試験方法の検討も兼ねていたため，潜砂個体数の経時的変化も追跡し，一定時間毎に計数を行った。

潜砂の基準を図1に示した。基準は大きく4つに区分し，眼だけ残して全体が砂で覆われたものをⅠ，体の1/2以上を砂で覆われたものをⅡ，体の一部分が砂で覆

\* 現 岡山県水産業改良普及所

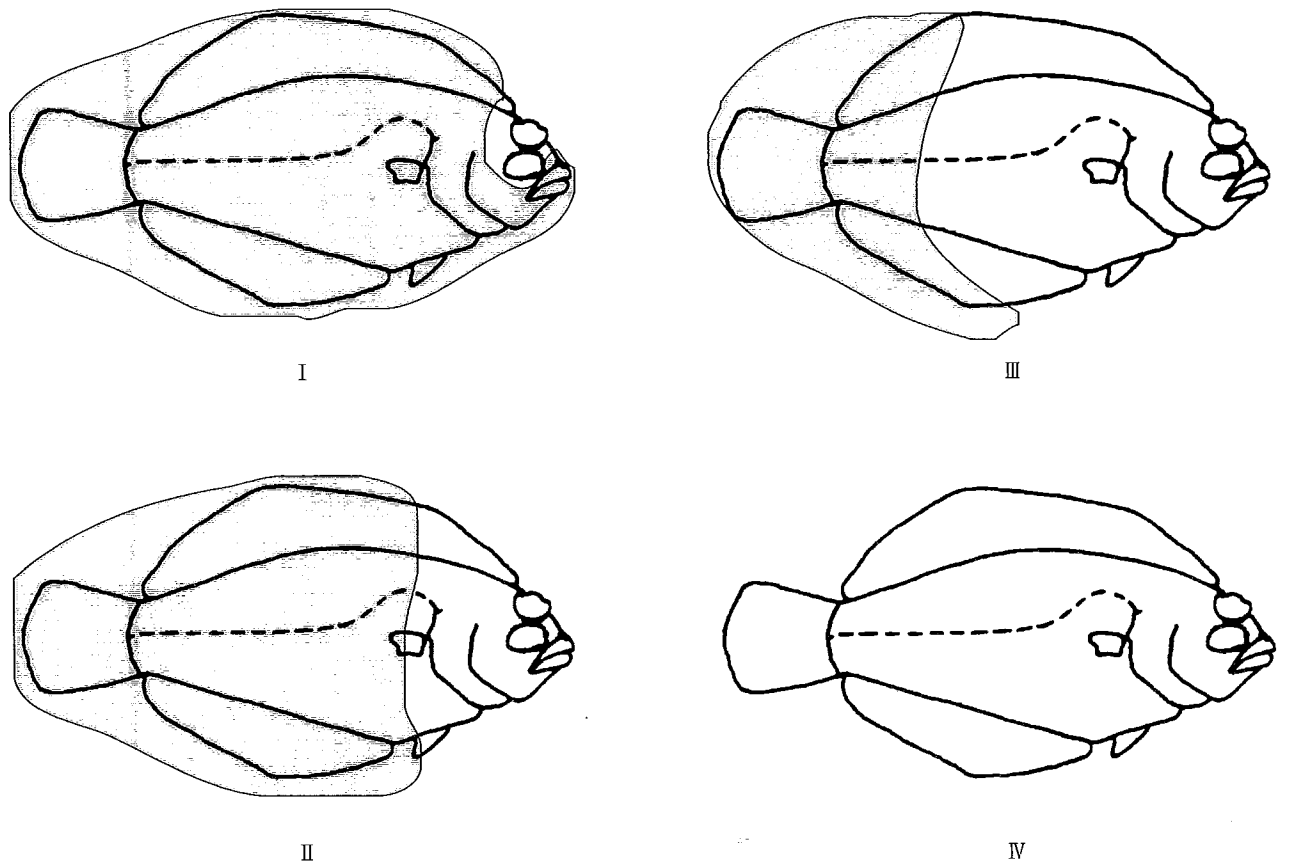


図1 潜砂基準

われたものをⅢ，全く砂で覆われていないものをⅣとした。このうち，体表の1/2以上を砂に潜させたもの(Ⅰ，Ⅱ)を潜砂と判断した。

さらに補足試験として，潜砂試験終了後，水槽内に冷凍赤虫を投入し，摂餌状況の観察を行った。また選別の際，センター群に体色の薄い個体が多く観察されたことから，試験水槽内に24時間静置した後，それぞれの群について体色の変化状況を観察した。

この予備試験では，両区画を魚が自由に移動できたため，粒径毎の真の潜砂個体数等が掴みにくいという欠点があった。それを踏まえ改良を行ったのが次の試験方法である。

予備試験② 試験水槽は30ℓ黒色パンライト水槽（外径430mm×内径370mm×高さ320mm）に粒径 $0.9 < x < 1.8$ mmの砂を厚さ20mmになるよう敷いたものを2組使用した。それぞれの水槽に全長30～50mmの大島群，センター群を各10尾ずつ海水とともに入れ，投入後5分，10分，それ以降は10分毎に60分まで，各水槽の潜砂状況を記録した。これを3回繰り返した。

また，同一個体を反復利用することで，ヒラメの馴致

例<sup>2)</sup>に見られるように，潜砂を学習する可能性が考えられたため，供試魚は試験毎に全て換えた。潜砂の判断は①と同様に，体表の1/2以上が砂に覆われたものとした。水深は250mmで無注水とし，各試験回毎に水温，pH，照度を測定した。

本試験 予備試験②の方法を改良したものである。試験方法は基本的に②に準じたが，他魚種の潜砂試験例<sup>4-7)</sup>に習い，新鮮な濾過海水をサイフォンで注水し，水槽内で一定方向に緩やかな流れを作った。その際水槽からのオーバーフローと，それに伴う供試魚の逃走防止のためサイフォンによる排水を行い，なるべく水深が250mmを維持するようにした。また潜砂の判断において，後述する理由から，体表の一部が砂に覆われた（以下「疑似潜砂」とする）個体も潜砂と見なした。試験は両群4通りずつの組み合わせとした。内訳は「全長30～50mm，粒径 $x < 0.9$ mm」，「全長30～50mm，粒径 $0.9 < x < 1.8$ mm」，「全長50～70mm，粒径 $x < 0.9$ mm」，「全長50～70mm，粒径 $0.9 < x < 1.8$ mm」であった。水温，pH，照度は予備試験①や②同様，毎回測定した。

結 果

予備試験① 供試魚の平均全長と環境条件を表1に、試験結果を図2-1~3に示した。各粒径毎の潜砂個体数を示す図2-1, 2を見ると、試験開始直後の潜砂個体数は

表1 供試魚の平均全長と環境条件 (予備試験①)

| 群             | 平均T.L (mm)  |
|---------------|-------------|
| 大 島           | 55.4 (N=30) |
| センター          | 51.4 (N=30) |
| 水 温 19.5 (°C) |             |
| p H 8.04      |             |
| 照 度 145 (lux) |             |

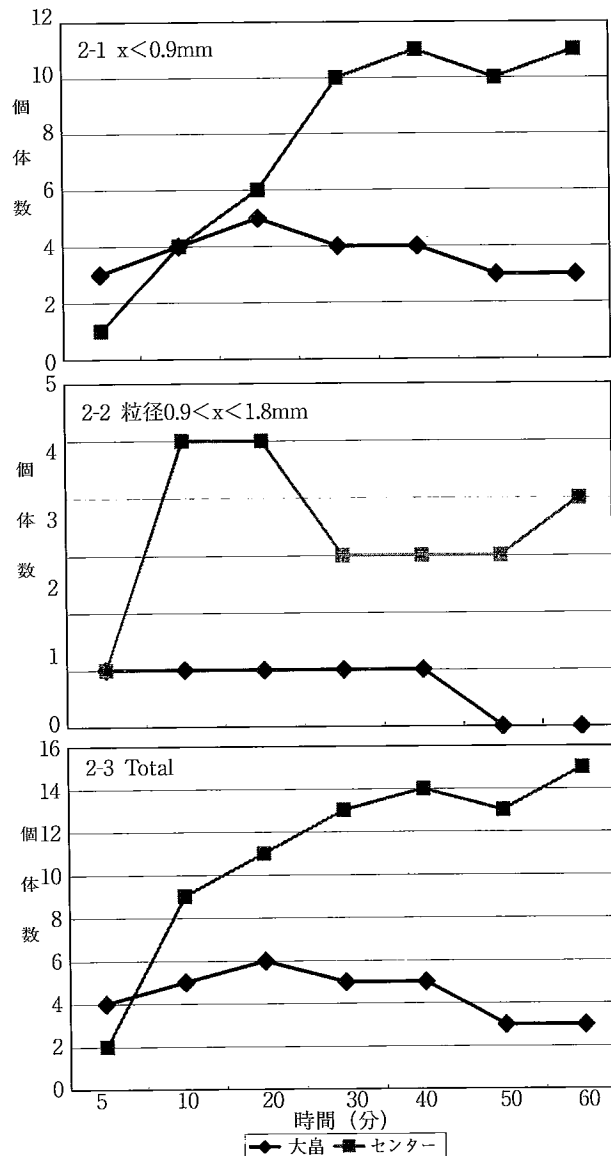


図2 予備試験①結果

大島群が多いか、または両群が同数で、最終的にはどちらの区画もセンター群が多くなった。水槽全体の潜砂個体数を示す図2-3の総潜砂個体数を見ると、試験開始5分後は大島群の潜砂数が多かったが、10分後以降はセンター群の潜砂数が多くなり、試験終了までその状態が継続した。

また図示してはいないが、両群とも水槽内での分布は計測のたびに、どちらかの粒径の区画に偏っていた。これは水槽内を遊泳、或いは移動する個体が多かったことによるものであったが、それらは時間の経過と共に全個体が着底した。なお、一度着底した区画から、もう一方の区画へ移動する個体はほとんど見られなかった。

補足試験として実施した摂餌行動観察では、中間育成の際頻繁に観察される、水面や中層で摂餌行動をとる個体は全く見られなかった。摂餌行動は両群とも、水槽底に沈下した赤虫に徐々に接近し、摂餌するか、または赤虫が沈下してきたところで、上半身のみを持ち上げ摂餌するかのいずれかであった。24時間経過後の体色変化状況では、大島群は砂の色に合った体色に変化していたが、センター群は体色に変化が認められなかった。

予備試験② 供試魚の平均全長と環境条件を表2に、試

表2 供試魚の平均全長と環境条件 (予備試験②)

| 群                  | 平均T.L (mm)  |
|--------------------|-------------|
| 大島①                | 46.2 (N=10) |
| ②                  | 42.3 (N=10) |
| ③                  | 44.3 (N=10) |
| センター①              | 47.1 (N=10) |
| ②                  | 43 (N=10)   |
| ③                  | 43.3 (N=10) |
| 水 温 24.3~24.5 (°C) |             |
| p H 7.97~8.00      |             |
| 照 度 50.6 (lux)     |             |

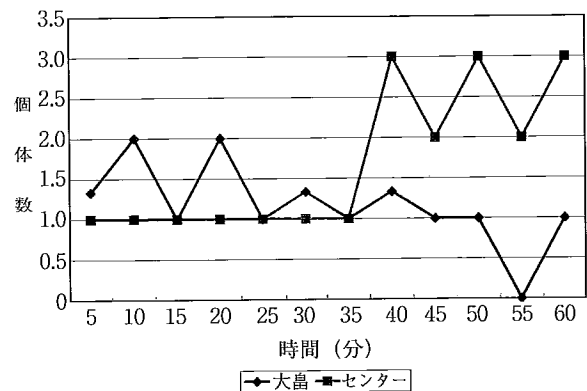


図3 予備試験② (T.L.30~50mm, 粒径  $0.9 < x < 1.8\text{mm}$ )

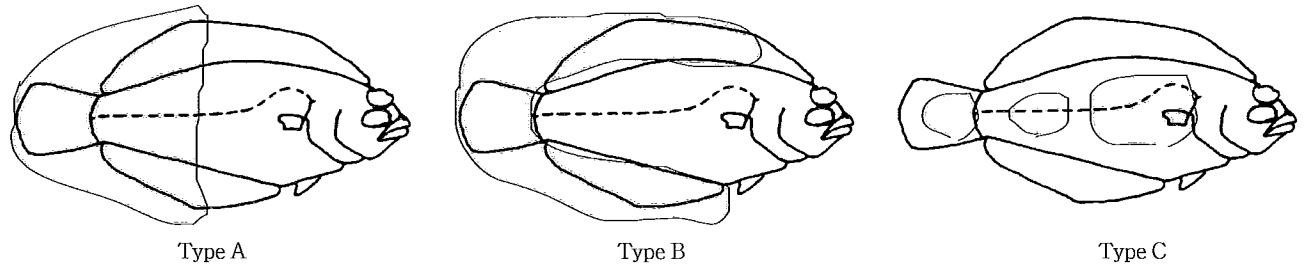


図4 疑似潜砂パターン

表3 供試魚の平均全長と環境条件 ((左:全長30~50mm, 右:全長50~70mm))

| T.L: 30~50mm    |      |                 | T.L: 50~70mm    |                 |                |   |             |
|-----------------|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|---|-------------|
| 粒 径             | 群    | 平均全長 (mm)       | 粒 径             | 群               | 平均全長 (mm)      |   |             |
| x < 0.9mm       | 大 島  | ①               | 41.6 (N=10)     | x < 0.9mm       | 大 島            | ① | 60.3 (N=10) |
|                 |      | ②               | 39.7 (N=10)     |                 |                | ② | 60.9 (N=10) |
|                 |      | ③               | 40.1 (N=10)     |                 |                | ③ | 60.8 (N=10) |
|                 | センター | ①               | 44.9 (N=10)     |                 | センター           | ① | 61.5 (N=10) |
|                 |      | ②               | 43.8 (N=10)     |                 |                | ② | 59.9 (N=10) |
|                 |      | ③               | 40.4 (N=10)     |                 |                | ③ | 59.0 (N=10) |
| 0.9 < x < 1.8mm | センター | ①               | 41.8 (N=10)     | 0.9 < x < 1.8mm | センター           | ① | 55.8 (N=10) |
|                 |      | ②               | 43.0 (N=10)     |                 |                | ② | 59.4 (N=10) |
|                 |      | ③               | 46.1 (N=10)     |                 |                | ③ | 59.9 (N=10) |
|                 | センター | ①               | 45.6 (N=10)     |                 | センター           | ① | 51.9 (N=10) |
|                 |      | ②               | 44.1 (N=10)     |                 |                | ② | 51.9 (N=10) |
|                 |      | ③               | 45.6 (N=10)     |                 |                | ③ | 54.3 (N=10) |
| x < 0.9mm       | 水 温  | 26.6~27.5 (°C)  | x < 0.9mm       | 水 温             | 28.0 (°C)      |   |             |
|                 | p H  | 8.07            |                 | p H             | 8.00           |   |             |
|                 | 照 度  | 86.3~91.2 (lux) |                 | 照 度             | 85.0 (lux)     |   |             |
| 0.9 < x < 1.8mm | 水 温  | 26.7 (°C)       | 0.9 < x < 1.8mm | 水 温             | 24.3~24.5 (°C) |   |             |
|                 | p H  | 8.06            |                 | p H             | 7.97~8.00      |   |             |
|                 | 照 度  | 79.0 (lux)      |                 | 照 度             | 50.6 (lux)     |   |             |

験結果を図3に示した。この試験については観察を5分間隔で行った。①同様、試験開始直後の潜砂数は大島群の方が多かったが、試験開始40分後からはセンター群の潜砂数が多くなり、試験終了までその状態が継続した。本試験 これまで述べた予備試験では、図1における基準Ⅰ、Ⅱを潜砂と判断してきたが、試験①②を通じ、基準Ⅲに相当する個体が相当数観察された。これらの個体は不完全な潜砂状態に見えたため、潜砂個体として計数しなかったが、一度Ⅲの状態になった個体は、潜砂したⅠ、Ⅱの個体同様、その状態を長時間維持、つまりその

場所に静止していることが多かった。この観察結果から、本種はこの状態も潜砂と捉えているのではないかと考えられた。そこで、基準Ⅲに該当するものは疑似潜砂として計数することとし、本試験を実施した。

図4に疑似潜砂として見られたパターンを示した。まず、単純に体の1/3程度を砂で覆うもの(Type-A)、体の周縁部を砂で覆うもの(Type-B)、体の上に砂をのせるが、全体は砂で覆われていないもの(Type-C)、疑似潜砂は全てこの3パターンに大別することができた。

供試魚の平均全長と環境条件を表3に、試験結果を図5

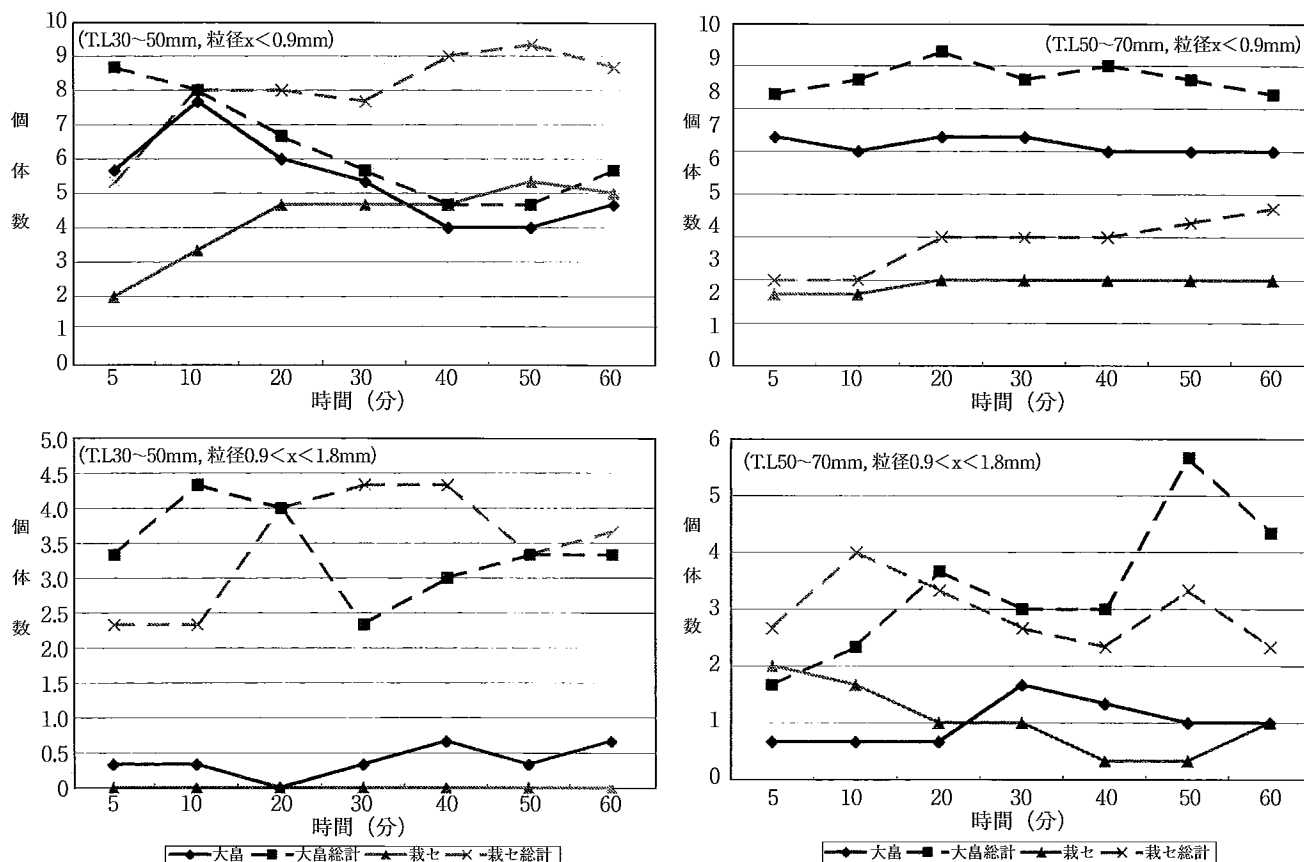


図5 本試験 (左: 全長30~50mm, 右: 全長50~70mm)

に示した。全長30~50mm, 粒径 $x < 0.9\text{mm}$ の条件では, 試験開始当初から30分までは大島群の潜砂数が多かったが, それ以降はセンター群の潜砂数が多くなり, 最終的にはほぼ同数となった。疑似潜砂の個体数を加えた結果では, 試験開始当初は大島群の潜砂数が多かったが, 10分後には両群が同数となり, その後はセンター群の潜砂数が多くなった。

全長30~50mm, 粒径 $0.9 < x < 1.8\text{mm}$ の条件では, どちらの群も殆ど潜砂しなかった。センター群では潜砂と判断された個体はゼロだったのに対し, 大島群では潜砂した個体が若干数観察された。疑似潜砂の個体数を加えた結果では, 試験開始当初は大島群の潜砂数が多かったが, 20分後には両群が同数となり, その後はセンター群の潜砂数が多くなっていた。しかし, 最終的にはどちらの群もほぼ同数となった。

全長50~70mm, 粒径 $x < 0.9\text{mm}$ の条件では, 試験開始から終了まで, 常に大島群の潜砂数が多くなった。疑似潜砂の個体数を加えた結果も同様であった。

全長50~70mm, 粒径 $0.9 < x < 1.8\text{mm}$ の条件では, 試験開始当初から20分まではセンター群の潜砂数が多かったが, それ以降は大島群の潜砂数が多くなり, 最終的には

両群とも同数となった。疑似潜砂の個体数を加えた結果では, 試験開始当初から10分まではセンター群の潜砂数が多かったが, それ以降は大島群の潜砂数が多くなった。

## 考 察

今回行った潜砂試験では, 供試魚のサイズにより, 若干異なる結果が示された。具体的には本試験の全長50~70mmにおける, 粒径 $x < 0.9\text{mm}$ と $0.9 < x < 1.8\text{mm}$ の条件での結果は, 全長30~50mmの結果が粒径の大小に関係なく類似した推移を示したのに対し, 異なる推移を示していた。これは, このサイズの粒径 $x < 0.9\text{mm}$ の条件での試験実施が, 一般的に本種の生息に不適とされる高温期になったことで, 正確な結果が示されなかったものと考えられた。

上記を考慮した上で, 本試験の結果をまとめると次のようになった。まず, 試験に用いたサイズ (全長30~70mm) の範囲であれば, 全長50mmを境に, 大島群とセンター群の潜砂行動が逆転する傾向が見られた。次に魚体サイズに関係なく, 底質の粒径が細かい方が水槽投入から潜砂までの時間が短く, 潜砂する個体数も多くなる傾向が見られた。これらの結果は, 中間育成時の環境

における砂の有無が、潜砂能力と必ずしも結びついていないことを示すと考えられた。

今回の試験に際し全長50mmを選別時の境界とした理由は、潜砂能力から放流に適したサイズは全長35mm以上で、歩留りも向上すると考えられるとした広島市水産振興協会の調査結果<sup>8)</sup>と、食性や捕食された個体のサイズ、消化管の形態がこの付近で成魚と同じになることから、放流サイズの目安を全長50mm以上とした大分県の調査結果<sup>9)</sup>に基づくものであった。つまり、陸上水槽由来の全長50mm以下の個体が、十分な潜砂能力を持っているのであれば、50mmを超える個体については潜砂能力が確実に備わっているだろうという予測に基づいた設定であった。試験の結果、50mm以下の個体も潜砂しており、このサイズでは大島群よりもセンター群の潜砂成績の方がやや優れていた。ただし、試験開始直後の潜砂個体数はいずれも大島群の方が多くなっていたことから、陸上水槽で中間育成した個体をこのサイズで放流する場合は、囲い網等を用い、短時間でも砂に馴致させておくことで歩留りの向上が期待できるものと思われた。一方、全長50mm以上の個体では大島群の成績が優れていたが、予備試験<sup>①</sup>の結果との差が大きいこと、および既述の理由により、今後追試験を含めた再検討が必要であると考えられた。

異体類の種苗性としては、一般に体色異常と摂餌、そして潜砂能力が考えられる。本種の場合、有眼側の体色異常については、適正な栄養強化剤を選定することによりほぼ解決されているが、無眼側の体色異常発生防止に課題が残っている<sup>10)</sup>。

摂餌については、天然餌料への移行、そして摂餌行動が問題となるが、前者については中間育成の餌料に冷凍赤虫を使用することにより、移行がスムーズに行われるものと思われる。後者については、ヒラメで天然魚と人工生産魚とで摂餌行動に差があることが知られており<sup>9)</sup>、その差を少なくし、歩留りを向上させるために放流種苗の馴致飼育も行われている<sup>9)</sup>。本種の場合、予備試験における観察結果から、敷砂しない条件下で中間育成した場合も、放流後極めて短時間で自然な摂餌行動をとるようになり、問題は無いと考えられる。

潜砂能力については今回、潜砂行動の観察によって判断したが、潜砂が単なる習性に過ぎないため、その能力が低下或いは向上する類のものではなく、行動観察の結果から種苗性を検討するのは困難という見解が示されることがある。本種において、陸上水槽での飼育、中間育成で潜砂能力が低下或いは喪失する可能性は、今回の試

験結果から否定されたと考えられる。しかし、本種における眼だけを砂の上に出す潜砂行動は、外敵からの逃避等、何らかの緊急事態に遭遇した場合にのみ取る可能性が考えられ、また今回の試験で疑似潜砂とみなした行動の観察結果から、本種にとって潜砂が、体色を周囲の環境に合わせて変化させる、いわゆる保護色によるカムフラージュの一形態である可能性も考えられる。このことから、潜砂を判断するにあたっては、ヒラメの潜砂基準を流用するのではなく、本種独自の基準を設けることが要求されるかもしれない。

潜砂試験方法の検討については、今後マニュアル化を視野に入れた場合、水槽の規格や砂の粒径等を定める必要があると思われるが、今試験で基本的な方向性は示すことができたと思われる。つまり水深を一定に保ち、サイフォンによる注排水を行い、一定方向へ緩やかな流れをつくることである。だが、本種の潜砂行動を観察した限りではヒラメの潜砂試験における、水槽投入5分後に体表の1/2以上を砂に潜らせたものを潜砂と判断する方法<sup>11)</sup>は、単純に適用できないように思われる。今後、さらに試験方法を検討する必要があるだろう。

#### 今後の課題

今後の課題としては、潜砂試験のマニュアル化のために、同じ群を半分ずつ分け、流水と止水とで潜砂状況を比較した場合、差が見られるかどうか。砂が存在する環境で飼育した群を、砂不在の環境で一定期間飼育した場合、潜砂能力の低下が見られるか。これらを実験的に確認する必要があるだろう。

そして、陸上水槽での中間育成を検討するに当たって、今回センター群で観察されたような薄い体色の個体がコンクリート水槽で飼育した場合も生じるか、またそれらの個体がどれくらいの時間が経過すれば通常の体色に戻るのか、そして、これらの個体を敷砂した水槽に捕食生物と同時に入れた場合、通常の体色の個体と比較して、非捕食率に差が生じるかなどの点を確認しておく必要があるだろう。また、今回の試験で潜砂に要する時間に差があったことも含め、両群の行動には若干違いが見られたが、この違いが非捕食率に影響するかどうか併せて検討しておくべきだろう。

#### 要 約

1. 砂の有無という異なる環境下で中間育成されたマコガレイ2群の潜砂能力の違いを見るために、潜砂試験を実施した。

2. 試験に用いた魚体サイズの範囲では、全長50mmを境に両群の潜砂行動が逆転する傾向が見られた。
3. 魚体のサイズに関係なく、底質の粒径が細かい方が、潜砂に要する時間が短く、潜砂個体も多くなる傾向が見られた。
4. これらから、中間育成の環境における砂の有無は、潜砂能力とは結びつかないと考えられた。

#### 文 献

- 1) 中国四国農政局統計情報部, 2001: 平成11年岡山県漁業の動き, 71pp.
- 2) 野坂元道・杉野博之, 2001: マコガレイの種苗生産, 岡山水試報, 16, 168-169.
- 3) 高見純一・近藤正美, 2000: 大型水槽を用いたマコガレイ中間育成, 岡山水試報, 15, 124-126.
- 4) 広島県水産試験場, 2000: 平成10年度放流技術開発事業報告書異体類, 1-14.
- 5) 桑原秀俊, 1999: ヒラメ種苗生産事業, 平成9・10年度高知県栽培漁業センター事業報告書, 12, 47-50.
- 6) 広島県水産試験場, 1997: 平成8年度放流技術開発事業報告書異体類, 1-17.
- 7) 長浜達章・丹下勝義, 1987: 種苗生産したオニオコゼ稚魚の潜砂行動について, 兵庫水試研報, 25, 47-52.
- 8) 広島市水産振興協会, 1988: マコガレイ種苗生産技術開発試験, 広島市水産振興協会昭和61年度業務報告書, 46-51.
- 9) 大分県, 1995: 瀬戸内海かれい広域牧場推進事業事前調査報告書, 59-61.
- 10) 広島県水産試験場, 1994: マコガレイ種苗生産における市販の栄養強化剤によるアルテミアの栄養強化事例, 西日本種苗生産機関連絡協議会第13回魚類分科会要録, 123-128.