

## ホタテガイ貝殻を利用した人工魚礁への キジハタ幼魚の放流実験

奥村重信,<sup>1a\*</sup> 萱野泰久,<sup>2b</sup> 草加耕司,<sup>3c</sup> 津村誠一,<sup>1d</sup> 丸山敬悟<sup>1e</sup>

(2002年10月23日受付, 2003年5月28日受理)

<sup>1a</sup>日本栽培漁業協会玉野事業場, <sup>2b</sup>岡山県水産試験場, <sup>3c</sup>岡山県農林水産部水産課

Experimental release of juvenile red spotted grouper *Epinephelus akaara*  
into the artificial reefs made of scallop *Patinopecten yessoensis* shells

SHIGENOBU OKUMURA,<sup>1a\*</sup> YASUHISA KAYANO,<sup>2b</sup> KOUJI KUSAKA,<sup>3c</sup>  
SEIICHI TSUMURA<sup>1d</sup> AND KEIGO MARUYAMA<sup>1e</sup>

<sup>1a</sup>Tamano Station, Japan Sea-Farming Association, Tamano, Okayama 706-0002, <sup>2b</sup>Fisheries Experimental Station, Okayama Prefecture, Ushimado, Okayama 701-4303, <sup>3c</sup>Okayama Prefecture Office Fisheries Division, Okayama, Okayama 700-8570, Japan

To develop an artificial nursery reef for stocked red spotted grouper *Epinephelus akaara* juveniles, a release experiment was carried out using artificial reefs which contained mesh pipes each with a string of scallop shells. We used two different methods of spacing the scallop shells, the spacer type (3 cm long plastic tubes between each shell) and the non-spacer type. Three reefs of each type were installed on the bottom of Shiraishi Island, central Seto Inland Sea in July 2000. One thousand red spotted grouper juveniles were released into each experimental reef (total number 6,000) in October 2000. Underwater observations and salvage operations were conducted several times to estimate the number of residual fish and their foraging activity over about one year after release. These observations indicated that both types of the experimental reef provided shelter and had a food organism propagation function for the released fish. The number of residual fish were generally larger in the spacer type reef. A reef with appropriate spacing will be suitable as a nursery reef for released juvenile red spotted grouper.

キーワード：人工魚礁，キジハタ，種苗放流，栽培漁業

キジハタ *Epinephelus akaara* は西日本の沿岸域に分布し、きわめて美味であるため商品価値が高く重要な漁業対象種である。本種の資源量は近年減少傾向にあり、<sup>1,2)</sup>瀬戸内海において天然資源の回復を目的に人工種苗が放流されている。<sup>3)</sup> 最近の種苗放流に関する研究から、キジハタ 0 歳魚を人工魚礁へ放流した場合の滞留率は低い、1 歳魚では滞留率が高く、その後の定着も期待で

きることが報告されている。<sup>4)</sup> しかし、多数のキジハタ 0 歳魚を 1 歳まで育成することは経済的にも問題が多く、1 歳魚の放流事業を長年にわたって継続することは困難である。そこで、この期間を効率よく保護できる人工魚礁を開発できれば、そこに 0 歳魚を放流することによって 1 歳魚放流と同等の効果をj得ることが可能であると考えられた。このような観点から、著者らはキジ

\* Tel : 81-863-32-3935. Fax : 81-863-32-1301. Email : shigenobu-okumura@jasfa.or.jp

<sup>a</sup> 現所属：水産総合研究センター屋島栽培漁業センター (National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, Takamatsu, Kagawa 761-0111, Japan)

<sup>b</sup> 現所属：岡山県農林水産部水産課 (Okayama Prefecture Office Fisheries Division, Okayama, Okayama 700-8570, Japan)

<sup>c</sup> 現所属：岡山県水産試験場栽培漁業センター (Farming Fisheries Center, Okayama Prefecture, Ushimado, Okayama 701-4303, Japan)

<sup>d</sup> 現所属：水産総合研究センター玉野栽培漁業センター (National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, Tamano, Okayama 706-0002, Japan)

<sup>e</sup> 現所属：水産総合研究センター宮古栽培漁業センター (National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, Miyako, Iwate 027-0097, Japan)

ハタ幼魚の保護育成を主目的とした人工魚礁（以下、保護育成礁）の開発を提案し、水槽内実験や野外での放流実験により保護育成礁の素材や構造を比較検討した。<sup>5,6)</sup> 本研究ではそれらの知見をもとにホタテガイ *Patinopecten yessoensis* 貝殻を素材とした2種類の実験魚礁を製作して天然海域に沈設し、実用規模に近づけた放流実験を行った。放流後は約1年間調査を継続し、実験魚礁のホタテガイ貝殻の取り付け方法と滞留尾数の違いを比較するとともに、実験魚礁における天然の餌料生物の発生状況と放流魚の摂餌状況を調査した。その結果、キジハタ幼魚が潜入可能な大きさの空隙を多く有する実験魚礁への滞留率が高く、これらの実験魚礁は餌料生物の培養機能も有しており、幼魚を保護育成する機能が優れていることが示された。以下にその調査結果を報告し、本種の放流方法に関する研究の一助としたい。

### 材料および方法

**実験魚礁** 実験魚礁はコンクリート台の上に鉄柱を4本立て、その上にカキ殻ケースを載せた構造とした (Fig. 1)。カキ殻ケースは放流したキジハタ幼魚の餌料となる小型甲殻類の付着器としての役割を持たせるため、 $3 \times 3 \times 0.3$  mの鉄枠内に約700 kgのマガキ *Crassostrea gigas* 貝殻を充填し、ポリエチレン製メッシュシート（タキロントリカルネット N-34, タキロン®）で表面を覆った構造とした。コンクリート台の上には75 cm立方の実験基盤を3個ずつ2列に合計6個取り付けた。実験基盤は直径15 cm, 長さ75 cm, 目合（内径）2.8 cm角のメッシュパイプ（トリカル P568, タキロン®）を縦向きに25本取り付け付けた構造とした (Fig. 2)。メッシュパイプの中には殻長12~13 cmのホタテガイ貝殻を2種類の方法で取り付け付けた。ひとつは前報<sup>6)</sup>で用いたものと同様に、ホタテガイ貝殻の中心部に直径2 mmの穴を開けて針金を通し、貝殻と貝殻の間には直径1 cm, 長さ1.5 cmのビニール管（スペーサー）を2本ずつ取り付け付けて約3 cmの隙間を設けた (Fig. 2a, 以下、スペーサー付きの実験基盤)。他のひとつはスペーサーを取り付けずに貝殻同士を重ね合わせた構造とした (Fig. 2b, 以下スペーサー無しの実験基盤)。今回、スペーサー無しの実験基盤を製作したのは、腐食する恐れがある針金を用いずに耐久性を向上させること、ホタテガイ貝殻を密に取り付けることにより餌料生物の培養効率を高めること、および製作経費を低減することを期待したためである。スペーサー付きの実験基盤のみを6個取り付け付けた実験魚礁（以下、スペーサー付きの実験魚礁）、並びにスペーサー無しの実験基盤のみを6個取り付け付けた実験魚礁（以下、スペーサー無しの実験魚礁）をそれぞれ3基製作した。すべての実験魚礁の鉄柱下部には、放流魚の海底への移動防止と餌料生物の培養を目

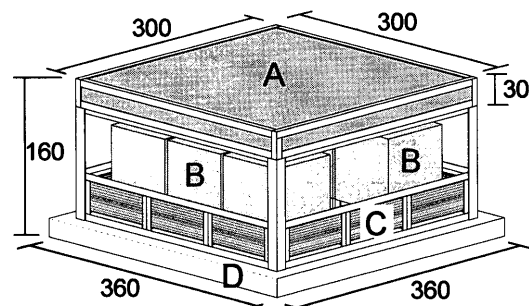


Fig. 1 Structure of the experimental reef. A, top panel filled up with oyster shells; B, test unit; C, side panel; D, concrete base. Values are in cm.

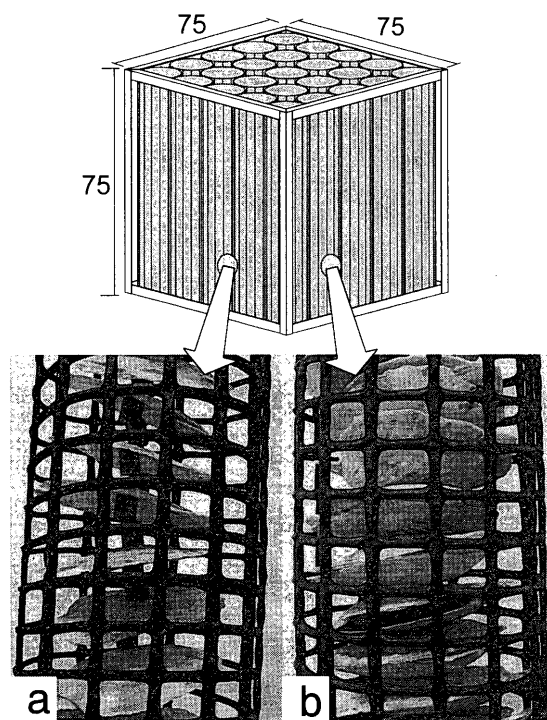


Fig. 2 Structure of the test units. Each test unit is cubic and consists of 25 mesh (2.8 by 2.8 cm mesh size) polyethylene pipes. a, spacer type (each shell is separated using a 3 cm long piece of plastic tubing); b, non-spacer type. Values are in cm.

的とした側壁パネルを取り付けた。側壁パネルは実験基盤に使用したメッシュパイプと同規格のパイプ内にカキ殻を充填し、1面に付きパイプを横方向に3本積み重ねて鉄柱で固定した構造とした。これらの側壁パネルはパネル上部の固定用ボルトを抜き取るにより開閉が可能である。両方の種類の実験基盤への着生種や着生量を測定するために、直径15 cm, 長さ30 cmのメッシュパイプ内にスペーサーを使用してホタテガイ貝殻を取り付けたテストピース（以下、スペーサー付きテストピース）とスペーサーを使用しないテストピース（以下、ス

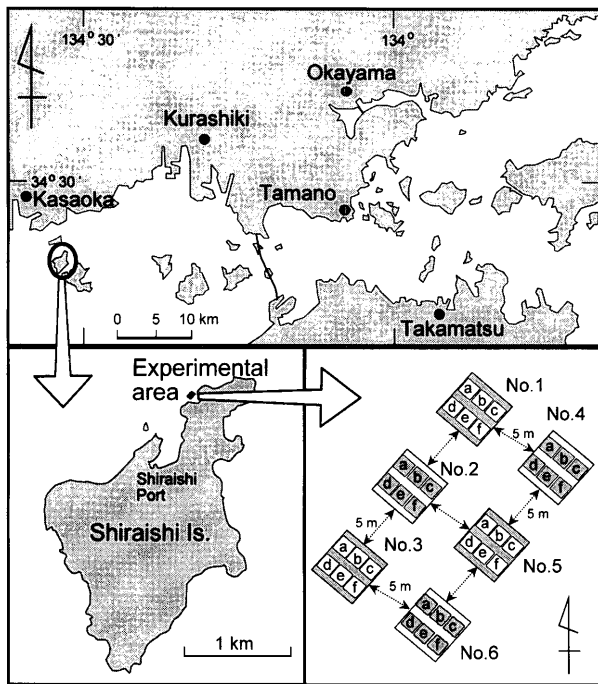


Fig. 3 Location of the experimental area and arrangement of experimental reefs. No. 1, 3, 5; spacer type experimental reefs; No. 2, 4, 6; non-spacer type experimental reefs.

ペーサー無しテストピース)を5個ずつ製作し、後述のNo. 1 実験魚礁のカキ殻ケース側面に取り付けた。

**実験海域** 実験魚礁は岡山県笠岡市白石島北西沖 (Fig. 3) に2000年7月28日に沈設した。沈設海域の水深は約7~8mで底質は砂であり、実験魚礁を設置した海底は平坦で、その周囲20m以内に岩礁等は存在しなかった。実験魚礁はスペーサー付きとスペーサー無しの実験魚礁が交互になるように配置し、設置間隔は約5mとした。実験魚礁に取り付けた実験基盤は礁ごとにa~fと名付け、引き揚げ調査時には各実験基盤を区別して再捕魚の計数を行った。

**放流魚** 放流実験には2000年7月~8月に日本栽培漁業協会玉野事業場で種苗生産した6,000尾のキジハタ幼魚を用いた。放流魚は2000年10月2日から3日にかけて、3,000尾ずつ右または左の腹鰭を切除し、引き続き陸上水槽で育成した。10月17日の午前中にこれらのキジハタ種苗を実験海域まで船で輸送し、スペーサー付きの実験魚礁には右腹鰭切除魚を、スペーサー無しの実験魚礁には左腹鰭切除魚を1,000尾ずつ放流した。放流は船上で放流魚をプラスチック製カゴに入れ、ダイバーがカゴごと実験魚礁内に持ち込み、各実験魚礁の中央部でカゴを開放して行った。放流したキジハタの全長は $78.7 \pm 7.7$  mm (平均値 $\pm$ 標準偏差, 以下同様)、体重は $8.9 \pm 2.4$  g、肥満度 (体重(g) $\times 10^6$ /(全長(mm))<sup>3</sup>)は

$17.8 \pm 2.4$  であった。

**潜水調査** 放流後のキジハタの滞留尾数を推定するためスキューバによる潜水調査を行った。潜水調査は2000年10月17日午後(放流0日目)、18日(1日後)、24日(7日後)、11月17日(31日後)、12月20日(64日後)、2001年2月14日(120日後)、5月15日(210日後)、7月18日(274日後)、9月20日(338日後)の合計9回実施した。潜水調査では実験魚礁の実験基盤、カキ殻ケース、コンクリート台ごとに目視によってキジハタを計数した。放流前に行った潜水調査では、この海域には天然のキジハタ幼魚および成魚は認められなかったため、発見したキジハタはすべて放流魚と見なした。同時に実験魚礁内部や周辺部で目撃されたキジハタ以外の動物もできる限り計数し、水深1mの海水温を測定した。

**実験基盤の引き揚げ調査** 放流後のキジハタの滞留尾数をより正確に推定し、スペーサーの有無が放流魚の滞留に与える影響を比較するため、また放流魚の成長や肥満度を知るために実験基盤の引き揚げ調査を実施した。引き揚げ調査は2000年10月24~25日(放流7~8日後)、2001年2月14~15日(120~121日後)、5月15日(210日後)、7月18日(274日後)、9月20日(338日後)の5回実施した。すべての調査において、スペーサー付きの実験魚礁およびスペーサー無しの実験魚礁から2個ずつの実験基盤を引き揚げた。引き揚げに先立って、調査対象となる実験魚礁の側壁パネルを開放した後、目的の実験基盤を取り出して海中で布袋に収納し、船上に引き揚げて分解し、メッシュパイプ内部のキジハタを取り出して再捕した。再捕したキジハタは計数後、元の実験魚礁内に再放流した。引き揚げた実験基盤は再度組み立てて元の位置に取り付け、側壁パネルも元通りに取り付けた。10月から5月までの調査では、各実験基盤から10~13尾ずつの標本を採取した。標本は10%中性ホルマリンで固定後、全長と体重を測定し、胃内容物を取り出して種類を同定し、個体数を計数して湿重量を測定した。再捕魚の摂餌状態を知るため、群摂餌率と個体ごとの摂餌率を求めた。群摂餌率は再捕魚中の摂餌個体の割合(%)とし、個体ごとの摂餌率は体重に対する胃内容物重量の割合(%)とした。7月および9月の調査では再捕尾数が少なかったため、標本を採取しなかった。

**付着生物の分析** No. 1 実験魚礁のカキ殻ケース(屋根部分)に取り付けた2種類(スペーサー付きと無し)のテストピースは2000年10月18日(実験魚礁沈設82日後)、2001年1月18日(174日後)、4月19日(265日後)、8月8日(376日後)の4回にわたって回収した。テストピースは分解して、マガキやホヤ類などの大型の付着生物を除去した後に、ピースに残った付着

生物の種類を同定し、個体数を計数してそれぞれの種ごとに湿重量を測定した。

**空隙率の測定** 実験基盤の付着生物による目詰まりの状況を推定するため、テストピースを用いて空隙率（空容積に対する空隙量の割合）を測定した。測定は沈設前、2000年10月18日（沈設から82日後）および2001年8月8日（376日後）にテストピースを回収して行った。空隙率の測定に先立って、テストピースから浮泥およびテストピースの外側に付着したホヤ類を除去した。次にテストピースを20 L容量の水道水を満たしたバケツに静かに浸漬し、オーバーフローした水道水の容積（排水量）を求めた。排水量の測定はテストピースごとに3回行い、その平均値を求めた。テストピースの空容積は5,300 cm<sup>3</sup>であったので、空容積から平均排水量を引いた値を空容積で除して、空隙率（%）を求めた。なおスペーサー無しのテストピースの空隙率は、ホタテガイ貝殻の左殻と右殻を合わせた貝殻内の容積も差し引いたうえで求めた。

## 結 果

**潜水調査によるキジハタの計数** 実験期間中の水温の変化と、潜水観察による実験魚礁1基当たりの放流魚の計数値を、後述する引き揚げ調査の結果と合わせてFig. 4に示した。海水温は放流時には23.4℃であったが、その後徐々に低下し、2月14日（放流120日後）に9.2℃の最低値を記録した。海水温はその後上昇し、5月15日（210日後）には17.0℃、9月20日（338日後）には26.2℃となった。潜水による放流キジハタの計数値の推移はスペーサー付きとスペーサー無しの実験魚礁間ではほとんど差はなかった。実験魚礁1基当たりのキジハタ計数値は、放流当日の午後ではスペーサー付きの実験魚礁で231尾、スペーサー無しの実験魚礁で269尾であったが、翌日にはともに150尾程度に減少した。10月24日（放流7日後）の計数値は放流翌日とほぼ同数であったが、11月（31日後）と12月（64日後）ではいずれも100尾前後となった。2001年2月（120日後）では21尾と14尾となり、さらに減少した。5月（210日後）と7月（274日後）の調査では1基当たり1～5尾が計数されたに過ぎなかった。9月（338日後）の調査では7尾と9尾が計数され、7月の調査に比べると計数尾数はやや増加した。

**潜水調査で観察されたキジハタ以外の魚種** 潜水によって観察されたキジハタ以外の水産重要種はメバル *Sebastes inermis*、カサゴ *Sebastiscus marmoratus*、アイナメ *Hexagrammos otakii*、クジメ *H. agrammus*、マダコ *Octopus vulgaris* などであった。潜水調査によって6基の実験魚礁およびその周辺で計数したメバルとカサゴの尾数をFig. 5に示した。放流当初はメバルの鰓集が多

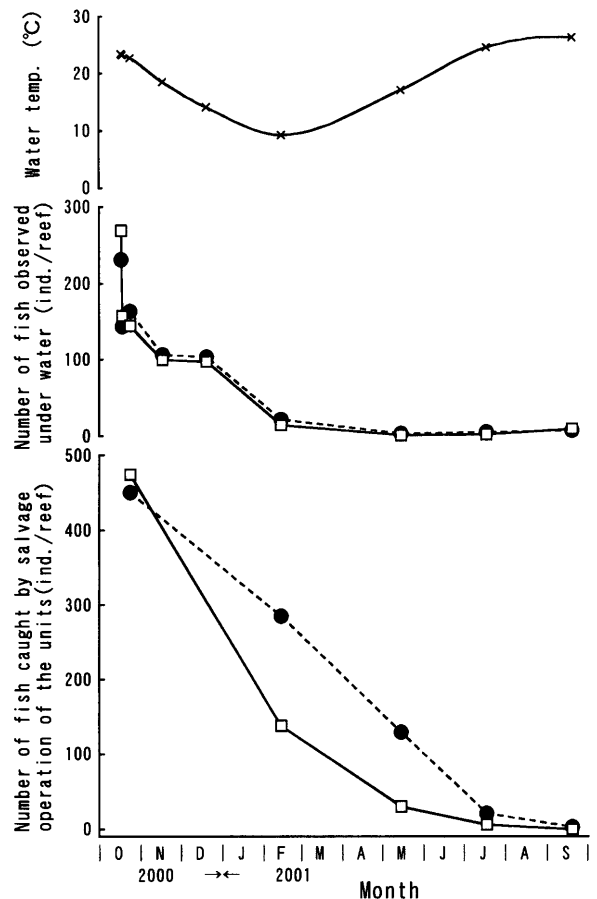


Fig. 4 Changes in water temperature and numbers of fish which were observed underwater or when caught during the salvage operations of the test units. Dotted lines with solid circles, spacer type; solid lines with open squares, non-spacer type.

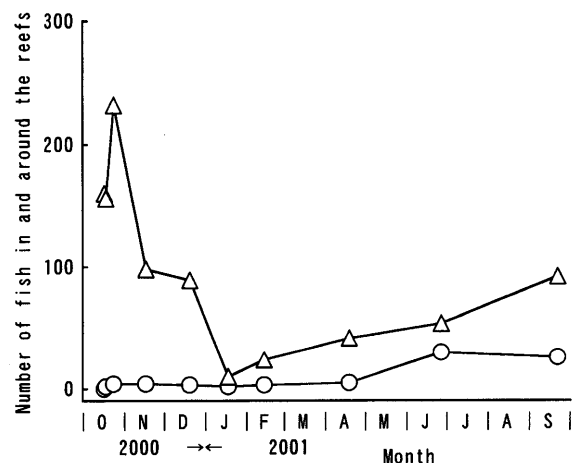


Fig. 5 Individual number of black rockfish *Sebastes inermis* (triangles) and marbled rockfish *S. marmoratus* (circles) observed in and around the experimental reefs.

**Table 1** Numbers of fish caught, their fin clipped side, and retention rates in each unit by salvage operations

| Operation No. | Date          | Days after Release | Salvaged Unit* <sup>1</sup> | Unit type  | Clipped pelvic fin side |                      |       | Retention rate* <sup>2</sup><br>(%) |
|---------------|---------------|--------------------|-----------------------------|------------|-------------------------|----------------------|-------|-------------------------------------|
|               |               |                    |                             |            | Left                    | Right                | Total |                                     |
| 1             | 2000 Oct. 25  | 8                  | 1d                          | Spacer     | 6                       | 80(93)* <sup>3</sup> | 86    | 51.6                                |
|               | 2000 Oct. 24  | 7                  | 5d                          |            | 4                       | 60(94)* <sup>3</sup> | 64    | 38.4                                |
|               | 2000 Oct. 24  | 7                  | 2d                          | Non-spacer | 85( 91)* <sup>3</sup>   | 8                    | 93    | 55.8                                |
|               | 2000 Oct. 25  | 8                  | 4d                          |            | 65(100)* <sup>3</sup>   | 0                    | 65    | 39.0                                |
| 2             | 2001 Feb. 14  | 120                | 1f                          | Spacer     | 1                       | 36(97)* <sup>3</sup> | 37    | 22.2                                |
|               | 2001 Feb. 15  | 121                | 5f                          |            | 9                       | 49(84)* <sup>3</sup> | 58    | 34.8                                |
|               | 2001 Feb. 15  | 121                | 2f                          | Non-spacer | 25( 93)* <sup>3</sup>   | 2                    | 27    | 16.2                                |
|               | 2001 Feb. 15  | 121                | 4f                          |            | 18( 95)* <sup>3</sup>   | 1                    | 19    | 11.4                                |
| 3             | 2001 May 15   | 210                | 3d* <sup>4</sup>            | Spacer     | 3                       | 16(84)* <sup>3</sup> | 19    | 12.9                                |
|               |               |                    | 3a* <sup>5</sup>            |            | 3                       | 21(88)* <sup>3</sup> | 24    |                                     |
|               |               |                    | 6d* <sup>4</sup>            | Non-spacer | 4( 80)* <sup>3</sup>    | 1                    | 5     | 3.0                                 |
|               |               |                    | 6a* <sup>5</sup>            |            | 4( 80)* <sup>3</sup>    | 1                    | 5     |                                     |
|               |               |                    |                             |            |                         |                      |       |                                     |
| 4             | 2001 Jul. 18  | 274                | 1a                          | Spacer     | 1                       | 2(67)* <sup>3</sup>  | 3     | 1.8                                 |
|               |               |                    | 5a                          |            | 2                       | 2(50)* <sup>3</sup>  | 4     | 2.4                                 |
|               |               |                    | 2a                          | Non-spacer | 0                       | 0                    | 0     | 0                                   |
|               |               |                    | 4a                          |            | 1( 50)* <sup>3</sup>    | 1                    | 2     | 1.2                                 |
| 5             | 2001 Sept. 20 | 338                | 1c                          | Spacer     | 0                       | 0                    | 0     | 0                                   |
|               |               |                    | 5c                          |            | 0                       | 0                    | 0     | 0                                   |
|               |               |                    | 2c                          | Non-spacer | 0                       | 0                    | 0     | 0                                   |
|               |               |                    | 4c                          |            | 1(100)* <sup>3</sup>    | 0                    | 1     | 0.6                                 |

\*<sup>1</sup> Refer to Fig. 3.\*<sup>2</sup> Number of fish caught in a test unit  $\times$  Number of test units in the reef (6)  $\times$  100 / Number of released fish (1,000).\*<sup>3</sup> Percentages of the number of fish with the same-side fin clipping to the total number caught in the unit.\*<sup>4</sup> Upper tidal current side unit in the reef.\*<sup>5</sup> Lower tidal current side unit in the reef.

数みられたが、11月以降徐々に減少し、1月に最低となった後は増加に転じた。カサゴは放流当日はみられなかったが、翌日から数尾程度が観察された。2001年4月以降はカサゴの観察尾数が20～30尾程度に増加した。マダコはほぼ周年にわたって1～5尾が観察された。

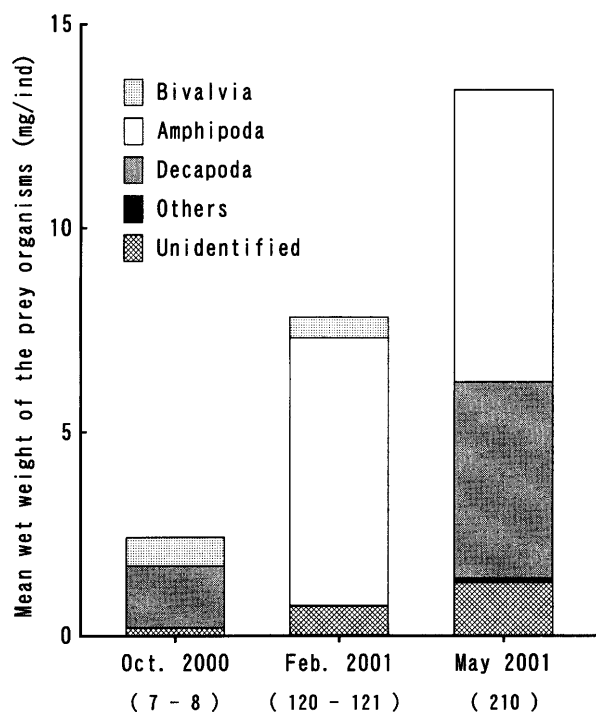
**実験基盤の引き揚げ調査** 実験基盤の引き揚げ調査による実験魚礁1基当たりの滞留尾数は各実験基盤の再捕尾数を6倍して算出し、これを放流尾数(1,000尾)で除して実験魚礁ごとの滞留率を推定した(Table 1, Fig. 4)。2000年10月(放流7～8日後)に行った引き揚げ調査では2個のスペーサー付きの実験基盤(No. 1d, 5d, Fig. 3参照)からそれぞれ86尾と64尾の放流魚を再捕し、推定滞留率は51.6%と38.4%であった。これらの再捕魚のうち、スペーサー付きの実験魚礁に放流したグループと同じ右腹鰭を切除したキジハタの尾数は80尾と60尾であり、実験基盤の再捕魚の中に占める割合は93%と94%であった。同様にスペーサー無しの実験魚礁の推定滞留率は55.8%と39.0%であり、スペーサー付きの実験魚礁とはほぼ同等の滞留率を示した。2001年2月(放流120～121日後)の引き揚げ調

査ではスペーサー付きの実験魚礁の推定滞留率が22.2%と34.8%であったのに対し、スペーサー無しの実験魚礁では16.2%および11.4%と低い傾向にあった。5月(放流210日後)の調査では同一礁内で潮流の上流と下流に位置する実験基盤で滞留尾数に差があるか否かを知るため、同一の実験魚礁から2個ずつの実験基盤を引き揚げた。同一の実験魚礁内の実験基盤間では再捕尾数に大きな差はみられなかったが、スペーサー付きの実験魚礁の滞留率がスペーサー無しの実験魚礁に比べて4倍以上高かった。7月(放流274日後)の調査では再捕尾数はさらに減少したが、滞留率はスペーサー付きの実験魚礁の方が高かった。9月(放流338日後)の調査ではスペーサー無しの実験魚礁で1尾が再捕されたに留まった。なお、再捕されたキジハタは左右いずれかの腹鰭が切除されており、すべて放流魚であった。

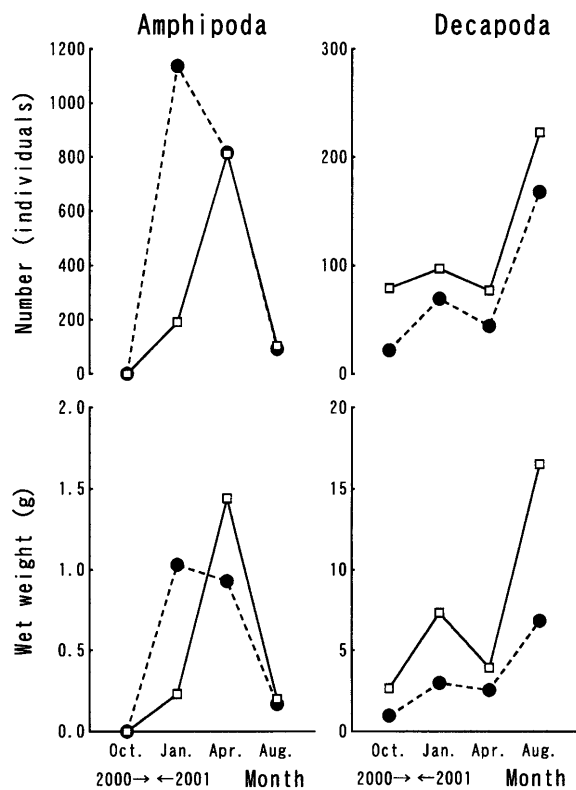
**再捕魚の成長と摂餌** 実験基盤の引き揚げ調査で再捕したキジハタの魚体測定結果と摂餌状況をTable 2に示した。すべての調査回次を通してスペーサー付きの実験魚礁とスペーサー無しの実験魚礁から再捕されたキジハタの平均全長と平均肥満度に有意な差は認められなかった(Studentの*t*検定,  $p > 0.05$ )。そのため、調査回次

**Table 2** Comparison of the body size, relative food weight and feeding incidence of the red spotted grouper juveniles between the two reef types

| Measured item                            | 2000 Oct. 24~25 (7~8)* <sup>1</sup> |                 |           | 2001 Feb. 14~15(120~121)* <sup>1</sup> |                 |                        | 2001 May 15(210)* <sup>1</sup> |                 |                        |
|------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|
|                                          | Spacer type                         | Non-spacer type | Total     | Spacer type                            | Non-spacer type | Total                  | Spacer type                    | Non-spacer type | Total                  |
| Total length(mm)* <sup>2</sup>           | 79.1±6.9                            | 80.0±7.7        | 79.5±7.2  | 82.4±5.7                               | 80.9±6.8        | 81.6±6.3               | 83.5±8.3                       | 85.2±6.3        | 84.1±7.7* <sup>6</sup> |
| Body weight (g)* <sup>2</sup>            | 9.1±2.1                             | 9.0±2.1         | 9.1±2.1   | 8.3±1.5                                | 8.3±1.7         | 8.3±1.6                | 9.3±2.3                        | 9.2±2.2         | 9.2±2.2                |
| Conditional factor* <sup>2,3</sup>       | 18.2±1.5                            | 17.5±2.8        | 17.9±2.2  | 14.8±1.7                               | 15.5±2.0        | 15.2±1.9* <sup>6</sup> | 15.7±2.0                       | 14.6±1.5        | 15.3±1.9* <sup>6</sup> |
| Relative food weight (%) <sup>*2,4</sup> | 0.05±0.12                           | 0.005±0.02      | 0.03±0.09 | 0.10±0.11                              | 0.12±0.20       | 0.11±0.16              | 0.21±0.36                      | 0.01±0.03       | 0.14±0.31              |
| Feeding incidence (%) <sup>*5</sup>      | 25                                  | 10              | 18        | 65                                     | 39              | 51                     | 70                             | 30              | 57                     |
| Number of specimens                      | 20                                  | 20              | 40        | 20                                     | 23              | 43                     | 20                             | 10              | 30                     |

\*<sup>1</sup> Days after release.\*<sup>2</sup> Mean ± S.D.\*<sup>3</sup> Body weight (g) × 10<sup>6</sup> / (Total length, mm)<sup>3</sup>.\*<sup>4</sup> Gut content weight (g) × 100 / Body weight (g). Specimens with empty gut were included in the calculation.\*<sup>5</sup> Number of fish having gut contents × 100 / Total number of specimen.\*<sup>6</sup> Significant difference (Student's *t*-test, *p* < 0.01) were recognized compared with values measured on the day of release (17 October 2000).**Fig. 6** Prey items found in the guts of juveniles caught during the three salvage operations (24–25 October 2000, 14–15 February 2001, 15 May 2001) of the test units. Numbers in the parentheses indicate the number of days after release.

ごとに両区の再捕魚の測定値を合計して、10月17日の放流時の測定値と比較した。5月（放流210日後）の再捕魚の平均全長は放流時に比べて有意に大きかった。2月（放流120~121日後）および5月の再捕魚の肥満度はともに放流時より低下していた。再捕魚の群摂餌率は10月（放流7~8日後）では通算で18%と比較的低かったが、2月では51%, 5月では57%と増加した。個

**Fig. 7** Number and total wet weight of Amphipoda and Decapoda in a test piece. Dotted line with solid circles, spacer type; solid line with open squares, non-spacer type.

体ごとの摂餌率の平均値では、10月が0.03%であったが、2月は0.11%, 5月は0.14%と増加した。再捕魚の胃内容物は量が少なく、消化が進んでいるものが多かったため、種の査定は困難であったが、多くはヨコエビ類やワレカラ類などの端脚類とエビ類を主体とする十脚類および斧足類であった (Fig. 6)。その他の胃内容物に

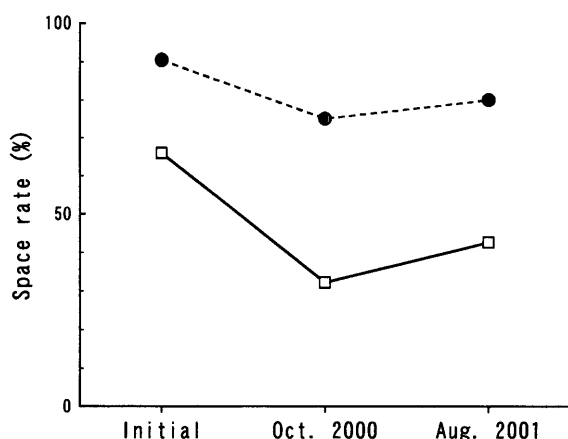


Fig. 8 Change in space rates in the two types of test units. Dotted line with solid circles, spacer type; solid line with open squares, non-spacer type.

は焼脚類、等脚類、苔虫類の触手などが含まれていた。

**付着生物の分析** 実験魚礁から回収したテストピースから採取した生物のうち、放流キジハタの胃内容物中に多かった端脚類と十脚類の個体数と湿重量の推移を調べた (Fig. 7)。沈設から約3ヵ月後の2000年10月では、端脚類は両方のテストピースから採取されなかった。2001年1月には両方のテストピースで端脚類の個体数が増加し、特にスパーサー付きのテストピースではスパーサー無しテストピースの6.5倍に急増した。その後端脚類の個体数はいずれも同程度となり、8月には100個体前後に減少した。端脚類の湿重量も個体数と同様の変動を示した。十脚類は沈設後の日数が経過するにしたがって個体数、湿重量ともに増加する傾向を示した。十脚類では個体数、湿重量ともにスパーサー無しのテストピースの数値が常に大きかった。端脚類はワレカラやヨコエビなどの比較的小型種から構成され、十脚類ではモエビ類やスジエビ類などの大型種から構成されていた。そのため、個体数では端脚類が多かったが、湿重量では十脚類が多くなった。

**空隙率の変化** 測定期間を通してスパーサー付きのテストピースの空隙率が常に高く、スパーサー無しのテストピースに比べて1.4～2.3倍の空隙率を有していた (Fig. 8)。両方のテストピースともに空隙率は沈設前が最も高く、沈設から約3ヵ月後の2000年10月に最低となった後、2001年8月にやや増加に転じた。

## 考 察

本研究では放流したキジハタ幼魚の実験魚礁への滞留尾数を推定するために、潜水による計数と実験基盤の引き揚げ調査を併用した。この2種類の調査結果を比較すると、放流直後から翌年の5月までは潜水計数尾数より引き揚げ調査による推定滞留尾数が多く、その後の

7月および9月では逆の結果となった (Fig. 4)。この原因は潜水観察では実験基盤の内部までは計数できず、5月までは潜水による計数値が過少であったためと考えられた。また、潜水観察では当日の照度や海水の濁りの程度により、計数値に誤差が生じた可能性もある。逆に7月以降に潜水計数尾数より引き揚げ調査による推定尾数が少なくなった原因として、放流したキジハタが成長し実験基盤のメッシュパイプ内に入らず、実験基盤の外周部に分布し潜水観察で計数され易くなったこと、メッシュパイプに入っていないキジハタは実験基盤の引き揚げ作業中に逃避して再捕されなかったことの2点が挙げられる。したがって、秋期に放流したキジハタは翌年の春までは主に実験基盤のメッシュパイプ内部に入って滞留しており、夏期以降成長したキジハタの一部は実験基盤の外側に分布していたと考えられた。また、この時期に実験魚礁の周辺海域でも放流キジハタが認められたため (萱野, 未発表)、放流したキジハタは実験海域周辺部にも分布を広げていたと考えられる。保護育成礁の開発目的は秋期に放流したキジハタ0歳魚を1歳魚まで保護し、これを1年周期で繰り返すことにある。<sup>5)</sup> 今回観察されたように、本放流実験に使用した2種類の実験魚礁において放流魚の相当数が実験魚礁内で越冬した後に周辺に逸散したことから、これらの実験魚礁はともに必要な機能を保有していると評価された。

放流魚の推定滞留尾数はスパーサー付きとスパーサー無しの実験魚礁で違いが認められた (Fig. 4)。潜水調査では滞留尾数を過少評価しやすく、環境要因の影響も大きい。実験基盤の引き揚げによる再捕尾数から滞留尾数を推定して両礁を比較することが望ましいと考えられた。引き揚げ調査では2000年10月には両方の実験魚礁の再捕尾数はほぼ同数であった (Table 1)。その後、2001年2月から7月までは常にスパーサー付きの実験魚礁の再捕尾数が多かった。この間のスパーサー付きの実験基盤の再捕尾数は、スパーサー無しの実験基盤に比べて調査回次ごとに2.1倍、4.3倍、3.5倍多く、スパーサー付きの実験基盤の滞留尾数の方がおよそ2～4倍程度多かったと推定された。これらのことから、スパーサー無しの実験魚礁よりスパーサー付きの実験魚礁の方がキジハタの収容力が高かったと判断された。これはスパーサー付きの実験基盤の空隙率が高く、その大きな空間がこの発育段階のキジハタの潜入に適していたためと推定された。

奥村ら<sup>6)</sup>は本放流実験で使用したスパーサー付きの実験魚礁と同様な人工魚礁を用いて、別の海域でキジハタの放流実験を行い、放流から146日後に20.2%の推定滞留率を得ている。これは本放流実験のスパーサー付きの実験魚礁の推定滞留率 (Table 1, 放流120～121日後、22.2%, 34.8%) とほぼ同等であり、このような実

験魚礁を用いたキジハタの放流実験では、異なった海域においても同様の滞留率が得られた。このため、スパーサー付きの実験魚礁に1基あたり1,000尾のキジハタを10～11月に放流すると、3～4ヵ月後の滞留率は20～30%程度が期待できると思われた。

2001年5月の引き揚げ調査では同一の実験魚礁の潮流上流部と下流部にあたる実験基盤を2対引き揚げた。スパーサー付きの実験魚礁およびスパーサー無しの実験魚礁ともに上流部と下流部の実験基盤の再捕尾数に差はなかった (Table 1)。サケ科魚類においては優位な個体が河川上流部に位置し、流下する餌料生物を捕食するが、<sup>7,8)</sup> キジハタではそのような傾向は認められなかった。再捕されたキジハタは主に実験魚礁内の付着生物を捕食していたことと、実験海域では潮汐により流れの方向が交互に変わるため、キジハタは礁内に均一に分布していたと推察された。

再捕された時期別にキジハタの全長を比較すると、引き揚げ調査の回次ごとに平均全長は伸長した (Table 2)。このことから再捕されたキジハタは実験魚礁内で成長したようにみえるが、飼育下のキジハタでは冬期から春期にかけて摂餌量が低下し成長が停滞する。<sup>9)</sup> 放流したキジハタも同様に成長が停滞したが、放流群のうち大型個体が実験魚礁に滞留した結果、平均全長が見かけ上伸長した可能性もあり、放流から翌年5月までの期間の放流魚の成長は明瞭ではなかった。

再捕魚の胃内容物に関しては、群摂餌率は放流直後は2割弱であったが、翌年の2月と5月では半数以上の個体で摂餌が認められた (Table 2)。個体ごとの摂餌率の平均値も放流直後は0.03%であったが、翌年の2月と5月では0.11%および0.14%と放流直後に比べて増加していた。放流直後に摂餌が不活発であった原因は、放流魚が天然の環境に十分馴致できていなかったことと、実験魚礁の沈設から日が浅く付着生物が乏しかったことの両方が影響していたと推察される。再捕魚の胃内容物重量組成は10月には二枚貝類と十脚類の割合が高かったが、翌年2月には端脚類が主体となり、5月では端脚類に加えて十脚類の摂餌割合が高かった (Fig. 6)。10月にはテストピースに端脚類の付着はなく (Fig. 7)、胃内容物にも端脚類は認められなかった。2月の低水温時にはテストピース内に十脚目は認められたが摂餌されておらず、この時期は端脚類を主に摂餌していたことが示された。5月には十脚目の摂餌が再び認められ、2月に比べて餌料生物の選択の幅が広がった様子がかがわられた。

5月におけるスパーサー付きの実験礁の再捕魚の平均摂餌率は0.21%であったが、スパーサー無しの実験礁では0.01%と低かった (Table 2)。この時期の端脚類と十脚類の付着量はスパーサー無しのテストピースの方

が多い傾向にあったが (Fig. 7)、再捕魚の摂餌率は逆にスパーサー無しの実験礁で低かった。この原因はスパーサー無しの実験基盤ではホタテガイ貝殻の取り付け枚数が多く、基質の表面積も広い付着生物量が多かったが、キジハタの潜入に適した空隙が少なく、キジハタは実験基盤内の餌料生物を十分摂餌できなかったためと推定された。このため放流したキジハタに摂餌可能な生物餌料を供給する機能はスパーサー付きの実験基盤が優れていると判断された。

本放流実験では実験基盤の引き揚げと放流魚の再捕はすべて昼間に行った。キジハタと同じマハタ属のクエでは早朝と夕暮れ時に活発に摂餌することが知られており、<sup>10)</sup> キジハタもそのような時間帯ではより多くの餌料を摂餌している可能性がある。今後は早朝や夕暮れ時に放流魚を再捕して、時間帯ごとの摂餌状況を把握すれば、放流魚の摂餌生態をより正確に知ることができ、人工魚礁が持つ餌料培養機能の評価に役立つであろう。

実験魚礁周辺で観察されたキジハタ以外の魚種ではメバルの個体数が多く、放流から1ヵ月後までは毎回100～200尾以上が計数された (Fig. 5)。このため、実験魚礁は放流したキジハタ以外にメバルに対しても有効な保護礁となり得ると思われた。また、同時に観察されたカサゴやマダコは放流したキジハタ幼魚を捕食するので、<sup>11,12)</sup> それらの出現数を把握して放流魚の被食との相関を調査することも必要であろう。

2種類の実験基盤の空隙率には明らかな差があり、ホタテガイ貝殻の間にスパーサーを入れたテストピースの空隙率が常に高かった (Fig. 8)。キジハタ幼魚は天然海域においても適度な大きさの空間を利用して生息しているため、<sup>13)</sup> 保護育成礁においても幼魚が潜入可能な空間を維持する必要がある。沈設後のテストピースは生物の付着により空隙率が低下したが、その後付着生物の脱落により8月に空隙率は増加に転じた。沈設後のテストピースは季節によって空隙率が増減すると推定されるので、経年変化とともに季節変化を調査することによって、保護育成礁内の適正な空間の維持をはかる必要がある。

以上を総合すると、本放流実験に用いた2種類の実験魚礁は放流したキジハタ幼魚を滞留させるとともに、放流魚の餌料となる生物の培養機能を有することがわかった。なかでもホタテガイ貝殻を約3cmの間隔となるようなスパーサー付きの実験基盤における滞留尾数が多く、この発育段階のキジハタの保護育成礁として優れていると判断された。残された課題として、キジハタ幼魚の滞留に必要な空間を保護育成礁内に長期間維持することと、実用に際しての耐久性を持たせることの2点が挙げられる。

## 謝 辞

この研究は、水産庁からの委託を受けて実施した、平成 12 年度および 13 年度沿岸漁場整備開発調査委託事業 放流キジハタの保護育成礁造成技術開発の一環として行われた。本研究を進めるうえで有益な助言と指導を賜った柿元 皓博士をはじめ、放流キジハタの保護育成礁造成技術開発事業の調査推進検討委員の方々に厚く御礼申し上げる。

## 文 献

- 1) 池原宏二, 小川泰樹. 全国の地方設定魚種の漁獲量 (増補版), 水産庁資源生産推進部整備課, 東京, 2000; 63.
- 2) 中国四国農政局統計情報部. 平成 11 年岡山県漁業の動き, 岡山農林統計協会, 岡山, 2001; 47.
- 3) 水産庁, 日本栽培漁業協会. 平成 12 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~, 日本栽培漁業協会, 東京, 2002; 100-101.
- 4) 萱野泰久, 林 浩志, 片山貴之. 音響馴致放流したキジハタの人工魚礁における滞留状況. 水産工学 2001; **38**: 185-191.
- 5) 奥村重信, 津村誠一, 丸山敬悟. 水槽実験によるキジハタ幼魚保護礁の素材評価. 日水誌 2002; **68**: 185-190.
- 6) 奥村重信, 津村誠一, 丸山敬悟. 野外放流実験による二種類のキジハタ幼魚保護実験礁の比較. 日水誌 2003; **69**: 57-64.
- 7) Hughes N F. Ranking of feeding positions by drift-feeding arctic grayling (*Thymallus arcticus*) in dominance hierarchies. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1992; **49**: 1994-1998.
- 8) Nakano S. Competitive interactions for foraging microhabitats in a size-structured interspecific dominance hierarchy of two sympatric stream salmonids in a natural habitat. *Can. J. Zool.* 1995; **73**: 1845-1854.
- 9) 萱野泰久, 尾田 正. 人工生産したキジハタの成長と産卵. 水産増殖 1994; **42**: 419-425.
- 10) 島 隆夫. ハタ類の自発摂餌行動「魚類の自発摂餌—その基礎と応用」(田畑満生編) 恒星社厚生閣, 東京, 2001; 35-42.
- 11) 山田達夫, 宮川昌志, 翔野元秀, 一色 正. キジハタ香川県. 平成 6 年度地域特産種量産放流技術開発事業魚類・甲殻類グループ総合報告書, 福岡県水産海洋技術センター豊前研究所, 福岡, 1995; 香 1-39.
- 12) 藤井義弘, 萱野泰久, 濱崎正明, 福田富男. キジハタ岡山県. 平成 7 年度地域特産種量産放流技術開発事業魚類・甲殻類グループ総合報告書, 香川県水産試験場, 香川, 1996; 岡 10-16.
- 13) 玉木哲也. 兵庫県但馬沿岸におけるキジハタの行動とすみ場. 水産工学 2000; **37**: 63-65.