

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

奥村 重信,*^a 津村 誠一, 丸山 敬悟

(2002 年 3 月 14 日受付, 2002 年 8 月 12 日受理)

♯日本栽培漁業協会玉野事業場

Comparison of two types of artificial nursery test reef by experiment of releasing juvenile red spotted grouper *Epinephelus akaara* under natural conditionsSHIGENOBU OKUMURA*^a, SEIICHI TSUMURA AND KEIGO MARUYAMA

Tamano Station, Japan Sea-Farming Association, Tamano, Okayama 706-0002, Japan

This study examined the possibility of artificial nursery reef for released red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. Two types of test reefs, nylon brush reef and scallop shell reef, were made and sank offshore of Kama Island, Seto Inland Sea, Japan on 5 August 1999. One thousand artificially reared red spotted grouper (95 mm in TL) were released into each test reef on 9 November 1999. Scuba divers observed and counted the fish in and around the reefs nine times throughout the experimental period. Most parts of the reefs were salvaged on 3 April 2000 (146 days after release) to recapture the resident fish. The total number of recaptured fish was 103 in the nylon brush reef and 204 in the scallop shell reef. This result indicates that the idea of artificial nursery reefs for released grouper is effective. The scallop shell reef is superior to the nylon brush reef, since the former attracted and kept twice as many juveniles as the latter. Sixty-five percent of recaptured fish fed on crustaceans which were commonly found on the reefs. These types of test reefs had a food organism propagation function in conjunction with shelter function.

キーワード：人工魚礁，キジハタ，種苗放流，潜水観察

キジハタ *Epinephelus akaara* は南日本から朝鮮半島および中国の沿岸域に多く分布し，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。我が国における本種の資源量は減少傾向にあり，^{1,2)} 瀬戸内海において天然資源の回復を目的に人工飼育した幼魚が放流されている。³⁾ 近年の種苗放流に関する研究から，キジハタ 0 歳魚を従来型の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，その後の水域への定着も期待できることが知られている。⁴⁾ しかし，キジハタ 0 歳魚を 1 歳まで育成することは経済的にも負担が大きく，多数の 1 歳魚を毎年放流し続けることは困難である。そこで 0 歳から 1 歳までの間を効率よく保護できる人工魚礁を設置し，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，著者らはキジハタ幼魚の保護育成を主目的とした人工魚礁（以下，幼魚

保護礁）の開発を提案し，水槽内での蛸集度比較実験や被食実験によって幼魚保護礁の素材を比較した。⁵⁾ 本研究ではそれらの知見をもとに 2 種類の素材を選択し，実験規模の幼魚保護礁（以下，実験礁）を製作して天然海域に沈設した。そこに人工飼育したキジハタ幼魚を放流して，その後の滞留尾数の変化や摂餌状況を調査した。その結果，放流から約 5 カ月後まで比較的多くのキジハタ幼魚を実験礁内に滞留させることに成功し，2 種類の実験礁の滞留尾数にも差が認められた。以下に調査結果について述べるとともに，本種の放流手法の開発と今後の幼魚保護礁の設計に提案を行いたい。

材料および方法

実験礁 本研究に使用した実験礁の概略を Fig. 1 に示した。実験礁は 3.4 m 四方のコンクリート台 (Fig. 1, D) 上に鉄製の支柱を 4 本立て，その上にカキ殻ケース

* Tel : 81-87-841-9241. Fax : 81-87-841-9242. Email : shigenobu-okumura@jasfa.or.jp

^a 現所属：♯日本栽培漁業協会屋島事業場 (Yashima Station, Japan Sea-Farming Association, Takamatsu, Kagawa 761-0111, Japan)

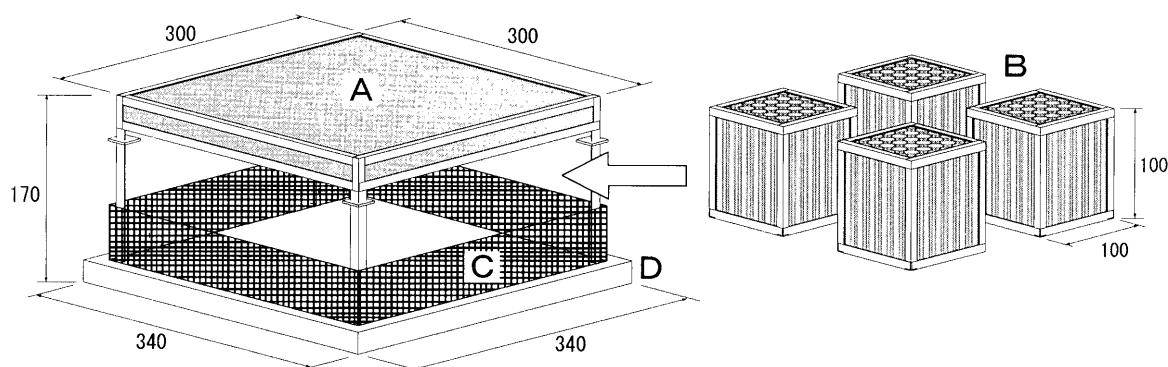


Fig. 1. Structure of the test reef. A, Oyster shell case (roof); B, Test unit; C, Fence; D, Concrete base. Unit of the numbers is cm.

(Fig. 1, A) を屋根のように取り付けられた構造となっている。コンクリート台には後述の実験基盤を取り付けるために、鉄製のレールを2対ずつ合計4本取り付け。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。このようなコンクリート台と鉄製支柱および屋根としてのカキ殻ケースから成る構造物を2基製作し、1999年8月5日に後述の実験海域に沈設した。その後に、放流したキジハタ種苗のシュルターの役割を持つ実験基盤を製作した。実験基盤は各辺が1 mの立方体の鉄枠の中に、直径15 cm、長さ1 m、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36本取り付けられた構造とし、次の2種類を4個ずつ製作した。ひとつはメッシュパイプの中にナイロン製植毛材（S.S.P.3, 水産増殖施設®）を取り付けたものである（Fig. 2, a, 以下、植毛材基盤）。もうひとつの実験基盤はパイプの中に直径12~13 cmのホタテガイ *Patinopecten yessoensis* 貝殻を取り付けた（Fig. 2, b, 以下、ホタテ貝殻基盤）。ホタテガイ貝殻の中心部には直径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のビニール管を2本ずつ取り付け、3 cmの隙間を設けた。植毛材基盤およびホタテ貝殻基盤は前報⁵⁾の結果を参考に設計した。これらの実験基盤は1999年11月4日から5日にかけてスクーバを用いた潜水作業によって、すでに沈設済みの実験礁部分に取り付けた（Fig. 1）。一方の実験礁には植毛材基盤を4個取り付け（以下、植毛材実験礁）、もう一方にはホタテ貝殻基盤を4個取り付けた（以下、ホタテ貝殻実験礁）。実験基盤はコンクリート台の鉄製レールにロープで固定し、必要に応じてコンクリート台から分離できるようにした。また、実験礁の内部にダイバーが入って観察できるように、実験基盤同士の間隔は

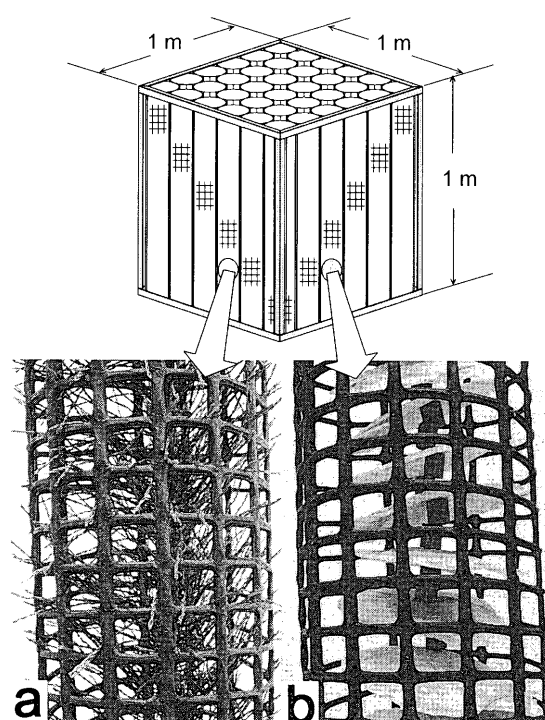


Fig. 2. Structure of the test unit. The test unit is cube (1 m^3) and consists of 36 mesh pipes. a, Nylon brush pipe; b, Scallop shell pipe. Each pipe is 1 m long and 15 cm in diameter.

80 cm とした。水槽実験ではキジハタは水深の深い場所に蟄集する行動が多く観察されたことから、⁵⁾ 放流直後のキジハタがコンクリート台から海底へ直接移動することを防止するために、鉄製の柱と柱の間には高さ50 cmの保護ネット（内径8 mmメッシュ）を取り付けた。ホタテ貝殻礁のカキ殻ケースの側面には長さ30 cmのメッシュパイプ（実験基盤に使用したメッシュパイプと同規格）にカキ殻を充填したテストパイプを10個取り付けた。これらのうち1個は2000年2月9日に回収してカキ殻およびパイプに付着した動物を同定し、個体数を

計数した。

実験海域 実験礁は岡山県倉敷市の釜島西沖に沈設した (Fig. 3)。沈設場所は釜島西岸から約 100 m 西方にあたり、水深は約 15 m で底質は砂泥地であり、実験礁の南側には岩礁が点在していた (Fig. 4, 上の図)。実験礁の周辺海底には長さ 30~40 m のロープを 5 本取り付け (Fig. 4, A~D, 以下ガイドロープ)、実験礁から逸散したキジハタの計数に利用した。2 基の実験礁は植毛材実験礁が北西寄り、ホタテ貝殻実験礁は南東側に位置し、両実験礁の最短距離は約 2 m であった。実験礁に取り付けた 4 個ずつの実験基盤は a~d (植毛材基盤) および e~h (ホタテ貝殻基盤) と名付け (Fig. 4, 下の図)、潜水調査や引き揚げ調査時にはそれぞれの基盤ごとに計数や観察を行った。

放流魚 実験に使用したキジハタ幼魚は 1999 年 7 月上旬から下旬にかけて、日本栽培漁業協会玉野事業場で養成親魚から採卵し、種苗生産した 2,000 尾の人工飼育魚である。放流魚は 1999 年 10 月 25 日に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。11 月 9

日の午前中にこれらのキジハタ幼魚を実験海域まで船で輸送し、植毛材実験礁には右腹鰭切除魚を 1,000 尾、ホタテ貝殻実験礁には左腹鰭切除魚を 1,000 尾放流した。放流したキジハタの平均全長は約 95 mm, 平均肥満度は約 15 であった (Table 1)。放流は船上で放流魚をプラスチック製カゴに入れ、ダイバーがカゴを実験礁内に持ち込み、実験礁内中央部でカゴを開放して行った。

潜水調査 放流後のキジハタの滞留尾数を推定するため潜水調査を行った。潜水調査は 1999 年 11 月 9 日午

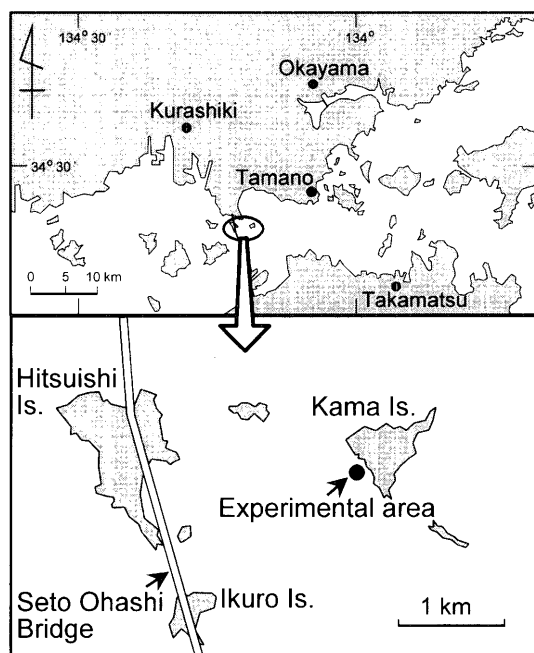


Fig. 3. Location of the experimental area.

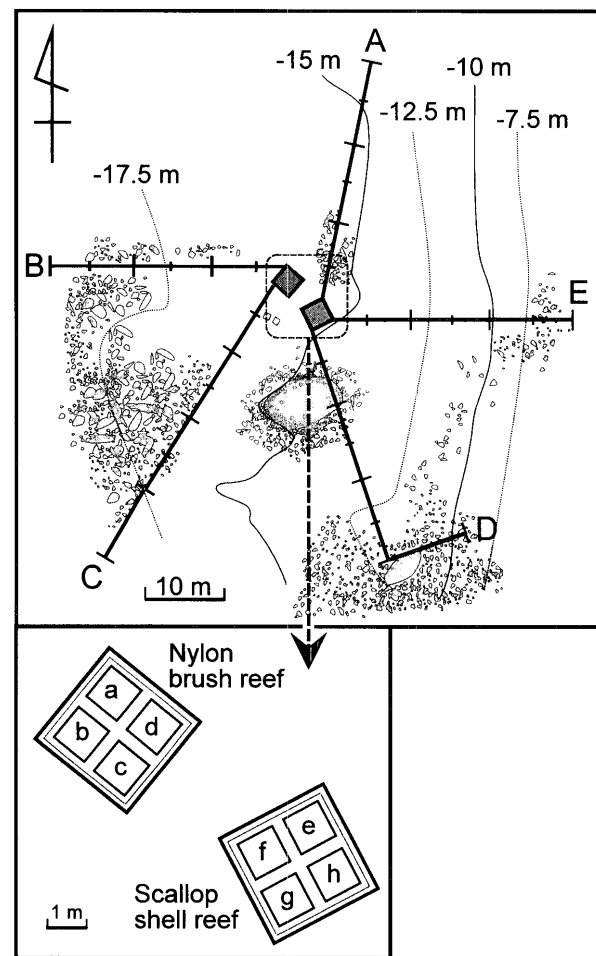


Fig. 4. Location of the test reefs, guide lines (A-E), water depth (upper illustration) and each test unit (lower illustration).

Table 1. Numbers, body size and clipped fin side of the red spotted grouper juveniles used for the experiment

Reef type	Number of released fish	TL (mm)	BW (g)	Conditional factor*1	Clipped pectoral fin side
Nylon brush	1,000	95.2 ± 9.3*2	13.3 ± 3.4*2	15.1 ± 1.3*2	Right
Scallop shell	1,000				Left

*1 $BW \times 10^6 / (TL)^3$.

*2 Mean ± S.D.

後（放流当日）、10日（放流1日後）、11日（2日後）、16日（7日後）、22日（13日後）、12月9日（30日後）、2000年1月19日（71日後）、2月9日（92日後）、4月3日（146日後）の合計9回実施した。潜水調査は目視によって行い、実験礁の実験基盤、カキ殻ケース、コンクリート台およびガイドライン周辺（ロープを中心に2m幅）ごとに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みなして計数した。同時に実験礁内部やガイドライン周辺で目撃したキジハタ以外の魚類や頭足類なども計数した。

実験基盤の引き揚げ調査 1999年11月16日（放流7日後）の潜水調査の後に、実験礁の保護ネットをすべて撤去し、植毛材基盤1個（c）とホタテ貝殻基盤1個（h）をそれぞれ海中で布袋に収納して船上に引き揚げで分解し、メッシュパイプ内部のキジハタを計数した。再捕したキジハタはそれぞれの実験礁に再放流した。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たが、保護ネットは実験礁に取り付けなかった。2000年4月3日（放流146日後）にすべての実験基盤を同様の方法で引き揚げで分解し、内部のキジハタを計数した。再捕したキジハタは各実験基盤から10尾ずつの標本を採取し、それ以外の個体は実験礁周辺に再放流した。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分析した。

結 果

潜水調査 9回の潜水調査の結果をTable 2に示した。植毛材実験礁およびホタテ貝殻実験礁では、放流直後から実験基盤のパイプやカキ殻ケース（屋根部分）にキジハタが潜入する様子が観察された。放流当日午後の調査では植毛材実験礁およびホタテ貝殻実験礁において、それぞれ合計164尾と227尾の放流キジハタが計数された。放流1日後および2日後の調査では実験礁内の放流キジハタの計数値は減少したが、7日後に増加し、その後は徐々に減少した。9回の調査回次を通じた計数値では4個の植毛材基盤間（a～d）および4個のホタテ貝殻基盤間（e～h）に有意な差は認められなかった（分散分析、 $p>0.05$ ）。両方の実験礁間でコンクリート台やカキ殻ケースも含めた全体の計数値を比較すると、植毛材礁よりホタテ貝殻礁の方が有意に多かった（Wilcoxonの符号順位検定、 $p<0.01$ ）。また、両実験礁の総合計値は植毛材礁（564尾）よりホタテ貝殻礁（1,005尾）の方が約1.8倍多かった。次に、ガイドライン周辺では放流直後に合計41尾が計数され、放流7日後までは計数値は増加したが、その後は実験礁の計数値と同様に減少した。5本のガイドライン同士の調査回

Table 2. Numbers of the red spotted grouper juveniles observed in and around the reefs by scuba divers

Date	Days after release	Water temp. (°C)	Nylon brush reef				Scallop shell reef				Guide line																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			Test unit		Base	Roof	Total*1	Test unit		Base	Roof	Total*1	A*2	B*2	C*2	D*2	E*2	Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			a	b				c	d										e	f	g	h																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
1999																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</

*1 The total number of counted fish differed significantly in the two types of test reefs (Wilcoxon's test, $p<0.01$).

*2 The number of fish counted around the guide lines differed significantly (ANOVA, $p<0.01$).

*3 These test units were salvaged immediately after observation.

次ごとの計数尾数を比較した結果、有意な差が認められた（分散分析， $p < 0.01$ ）。ガイドラインごとの計数値では D ラインが多く、合計値でも 409 尾と他の 4 本のガイドラインに比べて突出していた。

実験期間中の水温は放流直後は約 20℃ であったが、その後は徐々に低下し 2 月 9 日の調査時に最低（8.3℃）となり、4 月の最終調査時には 10.6℃ に上昇した。

潜水調査時に観察されたキジハタ以外の魚類とその尾数は、カサゴ *Sebastiscus marmoratus* 5～30 尾/調査回次、メバル *Sebastes inermis* 6～25 尾、アイナメ *Hexagrammos otakii* およびクジメ *H. agrammus* 1～20 尾、アカオビシマハゼ *Tridentiger trigonocephalus* などのハゼ類 50～200 尾、アナハゼ類 *Pseudoblennius spp* 50～150 尾などであった。魚類以外の動物ではマダコ *Octopus vulgaris* が調査回次ごとに 1～3 尾観察された。メバルは実験礁の周辺や内部を遊泳していたが、それ以外の魚類およびマダコはすべて実験礁に接触して生息していた。放流 2 日後に D ライン（Fig. 4）近くの岩礁域でかぶせ網により採捕したカサゴ（全長 14.6 cm）がキジハタ（全長 7.6 cm）1 尾を捕食していた。また、同じ日にホタテ貝殻実験礁内でマダコがキジハタを捕食しているのが観察された。

実験基盤の引き揚げ調査 実験礁の引き揚げ調査によって再捕したキジハタの尾数を Table 3 に示した。放流 7 日後の調査では両方の実験礁から実験基盤を 1 個ずつ引き揚げ、植毛材基盤（c）から 41 尾、ホタテ貝殻基盤（h）から 57 尾が再捕された。腹鰭切除の割合は植毛材基盤では右腹鰭切除魚が 76%，ホタテ貝殻基盤では左腹鰭切除魚が 79% と、それぞれの実験礁に放流し

たグループの割合が多かった。しかし、両基盤ともに他の実験礁に放流したグループが 2 割程度混在していた。146 日後の調査ではすべての実験基盤を引き揚げ、植毛材基盤からは 14～33 尾、ホタテ貝殻基盤からは 41～60 尾が再捕された。それぞれ 4 個ずつの実験基盤の再捕尾数を比較すると、植毛材基盤の再捕尾数よりホタテ貝殻基盤の再捕尾数の方が有意に多かった（Mann-Whitney の U 検定， $p < 0.05$ ）。再捕尾数の合計値ではそれぞれ 103 尾と 204 尾であり、ホタテ貝殻基盤の再捕尾数が約 2 倍多かった。腹鰭切除の割合も第 1 回目の引き揚げ調査と同様に元々の実験礁に放流したグループの割合が 57～82% と高かった。再捕されたキジハタはすべて左右いずれかの腹鰭が切除された人工魚であり、天然魚は含まれていなかった。

再捕魚の成長と摂餌 放流 146 日後の引き揚げ調査で再捕されたキジハタの全長、体重、肥満度、個体ごとの摂餌率および群摂餌率を Table 4 に示した。植毛材基盤から再捕された標本とホタテ貝殻基盤からの標本（各 40 尾）は平均全長、平均体重、平均肥満度および個体ごとの摂餌率の平均値において差はなく（Student の t 検定， $p > 0.05$ ），群摂餌率もほぼ同じ値であった。再捕魚全体の全長、体重と肥満度を放流時（Table 1）と比べると、平均全長には差がなかったが、平均体重と平均肥満度は再捕時に有意に低下していた（Student の t 検定， $p < 0.01$ ）。これらの標本の消化管内から発見された生物の個体数を Fig. 5 に示した。植毛材礁の標本からはネオカリフォルニアワレカラ *Caprella californica* やトゲワレカラ *C. scauradiceros* などのワレカラ類が 33 個体と異尾類（*Anomala*）1 個体が発見された。ホタテ貝殻

Table 3. Numbers of the red spotted grouper juveniles caught in the test units

Date	Days after release	Reef type	Salvaged test unit	Number of fish		
				Right fin clipped	Left fin clipped	Total
1999 Nov.16	7	Nylon brush	c	31(76)* ²	10	41
			h	12	45(79)* ²	57
		Nylon brush* ¹	a	27(82)* ²	6	33
			b	8(57)* ²	6	14
			c	18(75)* ²	6	24
			d	22(69)* ²	10	32
			Total	75(73)* ²	28	103
2000 Apr. 3	146	Scallop shell* ¹	e	11	30(73)* ²	41
			f	16	38(70)* ²	54
			g	15	45(75)* ²	60
			h	12	37(76)* ²	49
			Total	54	150(74)* ²	204

*¹ The Numbers of fish in both test unit types differed significantly (Mann-Whitney's U -test, $p < 0.05$).

*² Percentages of the fin clipped fish which were released into the test unit are shown in parentheses.

Table 4. Comparison of body size and feeding condition between two groups caught on 3 April 2000

Reef type	TL (mm)	BW (g)	Conditional factor* ¹	Relative food weight (%) ^{*2}	Feeding incidence (%) ^{*3}	Number of specimens
Nylon brush	96.3 ± 9.7* ⁴	11.2 ± 3.1* ⁴	12.3 ± 1.3* ⁴	0.23 ± 0.31* ⁴	62.5	40
Scallop shell	96.7 ± 11.0* ⁴	11.8 ± 3.7* ⁴	12.6 ± 1.3* ⁴	0.24 ± 0.22* ⁴	67.5	40

Data are shown as Mean ± S.D. except feeding incidence and number of specimens.

*¹ $BW \times 10^6 / (TL)^3$.

*² Gut content weight (g) $\times 100 / BW$ (g). The specimens with empty gut were not included in the calculation.

*³ Number of fed specimens $\times 100 /$ Total number of specimens.

*⁴ No significant differences were recognized in either group (Student's *t*-test, $p > 0.05$).

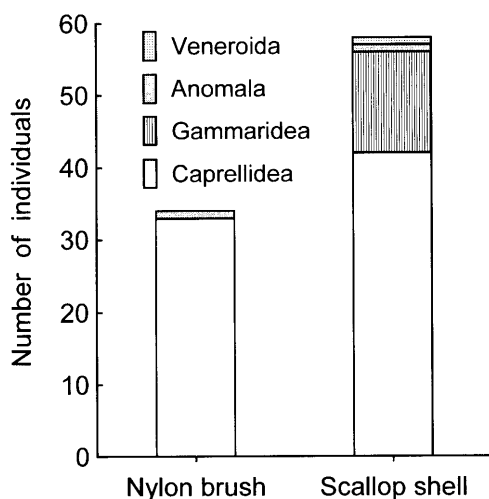


Fig. 5. Prey items of the red spotted grouper juveniles caught on 3 April 2000. Number of the specimens is 40 in each group. Refer to Table 4 for body size and feeding condition of the specimens.

礁の標本も同様に全体でワレカラ類を42個体、フトヒゲカマキリヨコエビ *Jassa slatteryi* などのヨコエビ類を14尾、異尾類とハマグリ目 (Veneroida) の二枚貝を1個体ずつ摂餌していた。

2000年2月9日に回収したカキ殻テストパイプに付着していた動物の同定および計数の結果を Fig. 6 に示した。全体の個体数では甲殻綱 (Crustacea) が82%と大部分を占め、以下は腹足綱 (Gastropoda) 7%, 多毛綱 (Polychaeta) 5%, 斧足綱 (Bivalvia) 3% などであった。甲殻綱の中では端脚類 (Amphipoda) が66%と最も多く、続いて十脚類 (Decapoda) 16%, 蔓脚類 (Cirripedia) 12%, アミ類 (Mysida) 5%, 等脚類 (Isopoda) 1% の順であった。さらに端脚類の中ではワレカラ亜目 (Caprellidea) の個体数が57%と多く、ヨコエビ亜目 (Gammaridea) は43%を占めた。テストパイプ内の付着生物全体ではワレカラ亜目およびヨコエビ亜目が全個体数の31%と24%を占め卓越していた。

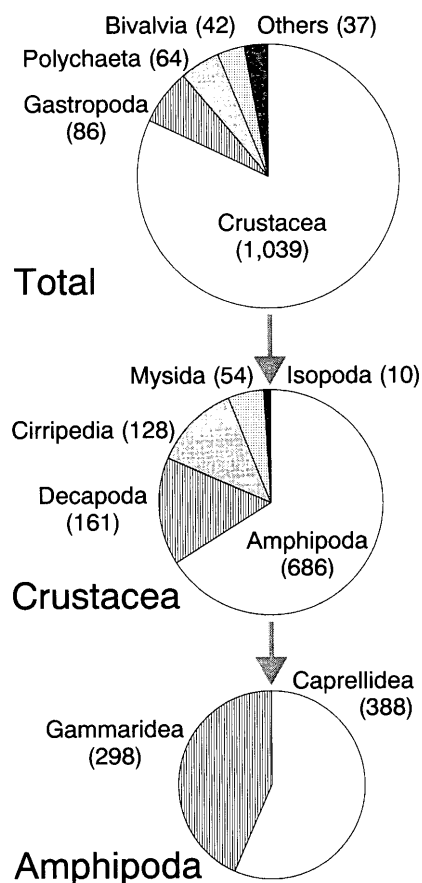


Fig. 6. Results of identification of attached organisms collected from oyster shell test piece pipe (30 cm long, 15 cm in diameter) on 9 February 2000. The total number of individuals in each taxon is shown in parentheses.

考 察

魚礁を利用して過去に行われたキジハタ幼魚の放流実験では、 $1 \times 1 \times 0.7$ mの実験礁4基に m^2 当たり1,300尾のキジハタ0歳魚を放流したところ、翌日確認された個体数は数尾から十数尾であったと報告されている。⁶⁾ 今回の放流実験では約5ヵ月後まで双方の実験礁にそれぞれ約10%と20%の放流魚が滞留した。実験

礁の大きさや構造および放流したキジハタの尾数が異なるので一概に比較できないが、本実験に用いた2種類の実験礁はともに放流したキジハタの多くを長期間滞留させる機能を有すると考えられた。次に、植毛材実験礁とホタテ貝殻実験礁の滞留尾数を比較すると、潜水による計数調査では植毛材実験礁よりホタテ貝殻実験礁の計数尾数が常に多く、実験基盤の引き揚げ調査でもホタテ貝殻実験礁の再捕尾数が多かった。このため、2種類の実験基盤を比較した限りでは、放流したキジハタ幼魚を長期間魚礁に滞留させる効果は、植毛材実験礁よりホタテ貝殻実験礁の方が優れていると判断された。

実験礁周辺のガイドラインでは放流当日のキジハタの観察尾数は少なかったが2日目以降は徐々に増え、実験礁から逸散したキジハタが周辺海域へ分布を広げる様子が窺われた。5本のガイドラインのうちDラインは天然の岩礁が多く、この岩礁域に蟄集したキジハタの個体数が多かった。玉木⁷⁾が観察したようにキジハタ幼魚は岩の隙間や窪みに潜入する性質が強いので、Dライン周辺の蟄集尾数が多くなったと思われた。このため、魚礁などの構造物を用いずに天然海域にキジハタ幼魚を直接放流する場合は、砂泥地より岩礁域に放流したほうが、放流地点への滞留を促し、放流地点への定着に寄与できると思われた。

実験基盤の引き揚げ調査によって再捕された放流魚の左右の腹鰭の切除割合を比較すると、放流7日後ではそれぞれの実験礁に放流されたグループの当該魚礁への残留の割合は76%と79%で、両方の礁に多少の交流はあったが、放流された礁に留まっていた個体が多かったことを示している。146日後の再捕結果ではそれぞれの実験礁に放流されたグループの当該魚礁への残留の割合は57~82%で、放流7日後と大きな差はなかった。このことから放流後7日以内は両礁のグループが多少交じり合ったが、その後はあまり移動せずに70%前後の割合を維持したものと推察された。水槽内ではキジハタ幼魚は水温の低下にともなって、小型魚礁へ蟄集する傾向が強くなるが（津村誠一、未発表）、本実験では水温の変化と放流魚の移動との関係は不明である。今後は放流後の経過日数と放流魚の移動範囲などの行動変化を調査することによって、放流したキジハタが魚礁に定着する過程を解明し、魚礁の設計や設置に反映することが必要である。

潜水調査で確認された動物のうち、キジハタ幼魚を捕食することが既に報告されている種はカサゴ、メバル、アイナメ、⁸⁾ マダコ⁹⁾であるが、本潜水調査で被食が確認されたのはカサゴとマダコであった。水槽実験の結果では、⁵⁾ カサゴはメッシュパイプ内への侵入は困難であったことから、キジハタ幼魚が実験基盤のメッシュパイプの外に出たときに被食されたものと推察された。ま

た、潜水調査の結果、放流直後は放流魚の行動が比較的緩慢であったので、この時期に相当数が捕食された可能性がある。将来は被食による放流魚の減耗割合を明らかにするとともに、放流前の馴致飼育等によって被食による減耗を低減させる工夫¹⁰⁻¹²⁾が必要であろう。

放流から146日後の2000年4月3日に再捕されたキジハタは、放流時に比べて全長に差はなく体重は減少していた。これは人工飼育魚が天然餌料を充分摂餌できなかったこと、放流後に水温が低下して摂餌量が減少したことが影響していたと推察される。胃内容物調査の結果、再捕魚全体の群摂餌率は65%で、4月3日の時点では約3分の2の個体が天然生物を摂餌しており、カキ殻テストパイプ内の生物相と再捕魚の胃内容物の優占種が同じであった。このことから、実験礁は放流魚の滞留および被食からの逃避機能以外に、放流キジハタが餌料生物を摂餌する場としても有効に機能していると考えられた。萱野¹³⁾は人工魚礁域で採捕したキジハタ幼魚および未成年（全長11.1~32.5 cm）が魚礁由来の動物を摂食したことを報告している。今回の調査ではそれより小型のキジハタ0歳魚も魚礁由来の生物を摂餌することが明らかになり、実験礁がこれらの小型キジハタに対しても餌料生物の供給機能を持つことがわかった。

このように植毛材礁とホタテ貝殻礁の滞留尾数を比較した結果、ホタテ貝殻礁の方が優れた滞留効果を持っており、貝殻間に形成される空間がシェルターとして有効に機能していると考えられた。また、本研究に用いた実験礁は放流したキジハタを長期間滞留させる機能と餌料培養機能を併せ持つことが示された。これらの成果を沿岸漁業の振興に結びつけるためにはホタテ貝殻礁の構造をもとに実用規模の魚礁を作製し、より大規模な放流実験を行う必要がある。また、本構造物の実用化のためには、実験礁の耐久性を増加させるとともに、付着生物による空間形成の変化などを考慮に入れた構造を検討する必要がある。さらに、礁の空間量や餌料生物供給量に対する適正な放流尾数の検討や、放流後の生残率を向上させる取り組みも必要であろう。

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11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皆様には有益な助言と指導を賜った。なかでも同委員長である柿元 皓博士には実験の設定や実施に関しての指導と本論文の校閲をいただいた。また、岡山県水産課萱野泰久氏からは本研究に対しての有益な助言と調査への協力をいただいた。これらの方々には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 11 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), 日本栽培漁業協会, 東京. 2001; 50-51.
- 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) 山田達夫, 宮川昌志, 翔野元秀, 一色 正, 安部昌明. キジハタ 香川県. 平成 5 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, 徳島県水産試験場, 徳島. 1994; 香 1-47.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) Olla BL, Davis MW. The role of learning and stress in predator avoidance of hatchery-reared coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) juveniles. *Aquaculture* 1989; **76**: 209-214.
- 11) Olla BL, Davis MW, Ryer CH. Behavioural deficits in hatchery-reared fish: potential effects on survival following release. *Aquaculture and Fisheries Management* 1994; **25**: 19-34.
- 12) 山岡耕作, 岡田賢治, 山田徹生, 小原邦俊, 谷口順彦. 人工マタイに対する被捕食圧学習効果. 日水誌 1991; **57**: 1805.
- 13) 萱野泰久. 人工魚礁域に蛸集するキジハタの食性. 水産増殖 2001; **49**: 15-21.