

2種の網状構造物で作製した人工生息場所に対する 天然マダイ稚魚の蝸集

工藤孝也,^{1a} 澤一雅,^{2b} 山岡耕作^{2*}

(2001年9月3日受付, 2002年6月20日受理)

¹愛媛大学大学院連合農学研究科, ²高知大学農学部

Settlement of wild juvenile red sea bream (*Pagrus major*)
around two types of artificial habitat

TAKAYA KUDOH,^{1a} KAZUMASA SAWA^{2b} AND KOSAKU YAMAOKA^{2*}

¹United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790-0905, ²Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783-8502, Japan

The settlement of wild juvenile Red Sea Bream, *Pagrus major*, on two types of artificial habitat (α and β types, where α =horizontal net panels and β = α +vertical net panels) was studied using SCUBA. Research was conducted on sandy substrate in a nursery ground at Morode Cove, Ehime Prefecture, during the early summer of 1997 and 1998. Juvenile *P. major* was strongly associated with both α and β types of artificial habitats, however settlement of β type habitat was significantly greater than that of α type habitat. Smaller individuals (≤ 30 mm) were most abundant around the artificial habitat, particularly within a radius of 0.5 m. There was no significant difference in the stomach contents and condition factors of juveniles collected from natural habitats and from artificial habitats. The results of this study suggest that establishing an artificial habitat on a sandy substrate is an effective mean of encouraging the settlement of wild juvenile *P. major* in addition to providing a role similar to that of a natural feeding habitat.

キーワード：天然マダイ稚魚, 人工生息場所, 稚魚保護礁, 蝸集

魚類をある一定の地域に蝸集させる魚礁は、古くから世界各地で使用されてきた。その形状は、パヤオ等の浮き魚礁の様なものから、海底にコンクリートや金属製の立方状の構造物を沈設させるものまで多様である。¹⁾したがって、蝸集の対象となる魚種も表層を泳ぐ回遊魚や浮き魚などから、根付きの魚まで多種にわたる。しかし、稚魚の蝸集を目的とした稚魚礁に関する研究はほとんどおこなわれて来なかった。

近年、沿岸漁場整備開発事業による増殖場の造成に関する研究により、対象生物の全生活史あるいは一部に必要な漁場条件の人為的な創出が試みられている。木元²⁾はマダイ稚魚がカイアシ類のスオームを多食すること³⁾に着目し、スオームの形成される構造と彼らの摂食に有利な条件とは、どの様なものなのかを検討した。しか

し、これらの研究の中心はカイアシ類のスオームの形成条件に関するものであり、どの様な形状の稚魚礁がマダイ稚魚を蝸集させるのかという点については触れていない。

最近、これまで詳細が不明であったマダイ稚魚の生息場所利用の一部が明らかにされ、全長10~30mm台の小型個体ほど海草藻場や藻場などに対する依存度が高いことが分かった。⁴⁾このことは、天然またはそれに代わる人工の構造物に、マダイ稚魚が蝸集する可能性を示唆する。人工マダイの放流では、人工構造物を設置することによって、本種を蝸集させることに成功している。⁵⁾本研究では小型で簡易な人工構造物を天然海域に沈設し、天然マダイ稚魚を効率良く蝸集させられる条件の検討を目的とした。

* Tel : 81-88-864-5148. Fax : 81-88-864-5148. Email : yamaoka@cc.kochi-u.ac.jp

^a 現所属：広島県水産試験場 (Hiroshima Prefectural Fisheries Experimental Station, Hiroshima 737-1207)

^b 現所属：京都府立海洋高等学校 (Kyoto Prefectural Marine Senior High School, Kyoto 626-0074)

調査場所と方法

実験海域 本研究は愛媛県南宇和郡御荘町室手湾においておこなった。本湾の環境の詳細は工藤ら⁶⁾に示した通りである。この湾の南西部の水深4~7mの砂底域に40×40mの調査域を設置し、潜水調査を1997年の5月21日から6月7日の間、実施した。調査域内は4mmのクレモナロープと1mmの凧糸を使用し、2×2mの方形(コドラート)に区切った。

人工生息場所の作製と設置方法 マダイ稚魚の蛸集した藻類の一つである⁴⁾ツカサアミ *Kallymenia perforata*の形状を参考にして以下の構造物を作製し、人工生息場所の材料として利用した。

1) 構造物1; 600×600mmに切断したゴルフ練習用ネット(25mmメッシュ: 緑色)を2枚に重ね、四隅に長さ約400mmの4mmクレモナロープを結んだ。四隅から出たロープは砂底に打ち込んだ直径4mm×長さ0.4mの鉄筋に結び固定した。ネットはツカサアミの形状に似せるために、設置前に丸めて緩やかに延ばし適度な起伏をつけた。2) 構造物2; 200×500mmに切断したプラスチック製のネット(約2mmメッシュ: 緑色)の各短辺に、直径4mm×長さ0.4mの鉄筋を電気工事用のプラスチック製結束ロック(配線等を束ねるもの)を使用して固定した(各短辺2カ所)。ネットの下方の長辺が砂底に付くように、鉄筋を砂底に打ち込んだ。この際、鉄筋の片端(砂底に刺さっていない方)はネットの長辺の上方に揃えた。

実験には上述の構造物1, 2から作製した異なる2タイプの人工生息場所を設定し、構造物1のみの‘人工生息場所α’(以下、タイプα)と構造物1の沖側約0.1mに構造物2を追加設置した‘人工生息場所β’(以下、タイプβ)を使用した(Fig. 1)。

人工生息場所の設置と調査方法 上述の調査域内に、

人工生息場所を設置した10×10mの実験区を3カ所と、何も設置していない対照区を2カ所設けた(Fig. 2)。実験区1, 2には7月14日に人工生息場所を市松模様状に配した。その際、タイプαとタイプβの配置が東西および南北方向のいずれの向きでも出来るだけ左右対称になるよう心掛けた。実験区3には他の実験区と同じく、7月14日に人工生息場所を設置したコドラート(長期設置区)と、実験開始の1日前(7月20日)に設置したコドラート(短期設置区)の2種類を設けた。すべての人工生息場所は実験区内の2×2mのコドラートのほぼ中央になるように1基ずつ配置した。人工生息場所を市松模様状に配したため、実験区には人工生息場所の存在するコドラートとしないコドラートができた。これら2つを便宜的にそれぞれ小実験区、小対照区と定義した。

潜水調査は期間中の午後に各実験区と対照区で、原則として隔日で1~2時間おこなった。観察者は各区の海

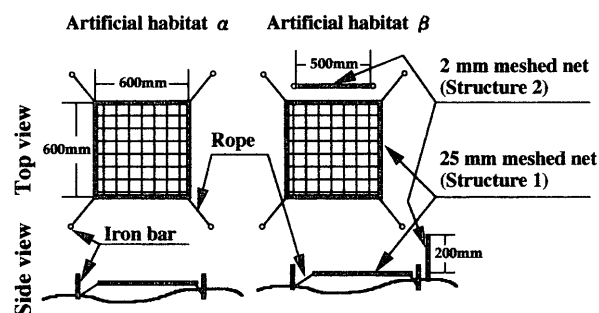


Fig. 1. Schematic illustrations of artificial habitat α and β. α type consisted of two sheets of green 25-mm-mesh-net (each 600×600 mm) placed one over the other covering the bottom. β type consisted of both the above-mentioned net set in the same way and a green 2 mm-mesh-net (each 500 mm wide and 200 mm high) set vertically offshore on the bottom.

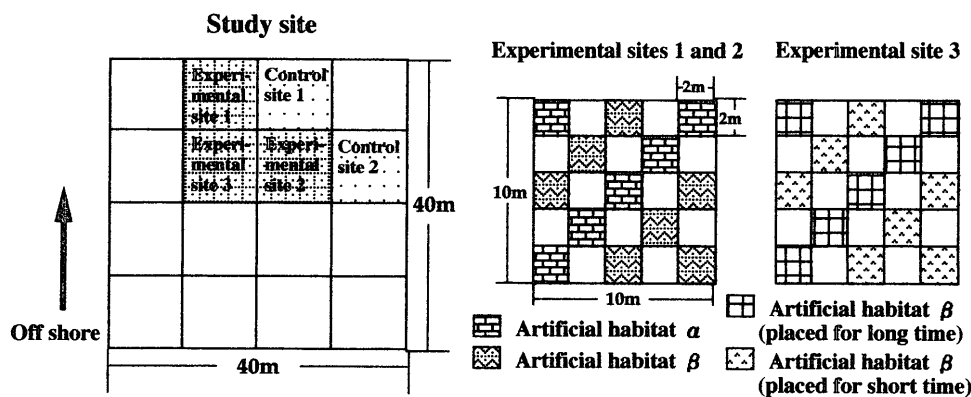


Fig. 2. Arrangements of experimental and control sites in study site (40×40 m), and of two artificial habitats in the experimental sites (10×10 m).

底直上を毎分約5mの速度で泳ぎ, 出来るだけ静かに2×2mのコドラート内に存在する稚魚をすべて計数した。その際, 小実験区に出現した個体は人工生息場所との距離に関係なく, 人工生息場所に蟄集したものと見なした。ただし, 記録は人工生息場所の周囲0.5m以内の場合と, 0.5m以上離れていた場合に分けておこなった。個体の全長を人工生息場所のゴルフネットの網目(25mm)との比較によって計測した。全長を10mm毎にサイズ分けし, 10mm以上19mm以下の個体を10mmサイズ, 20mm以上29mm以下の個体を20mmサイズ等とした。

胃内容物と肥満度の調査 1998年には, 天然の生息場所と人工生息場所に蟄集した天然マダイ稚魚の利用した食物と肥満度を把握するために, 本研究のもと類似した人工生息場所を, ほぼ同所の調査域内に設置した。⁵⁾ 同年の5月29日に調査域内の人工生息場所の周辺に蟄集した天然マダイ稚魚を, 同年5月9日には調査域外の藻場およびその周辺に蟄集したマダイ稚魚を採集し, 10%海水ホルマリン溶液で固定した。後日, 実験室において標準体長と体重を計測し, 胃を取り出した。取り出した胃の内容物を上田・大塚⁷⁾と椎野⁸⁾に従い, 目まで分類同定した。

結 果

実験区と対照区の比較 実験期間中において, 実験区1, 2と対照区1, 2に出現した天然マダイ稚魚の観察日当たりの出現個体数を示した (Fig. 3)。実験区1でのマダイ個体数は5月25日および31日に最高値の3個

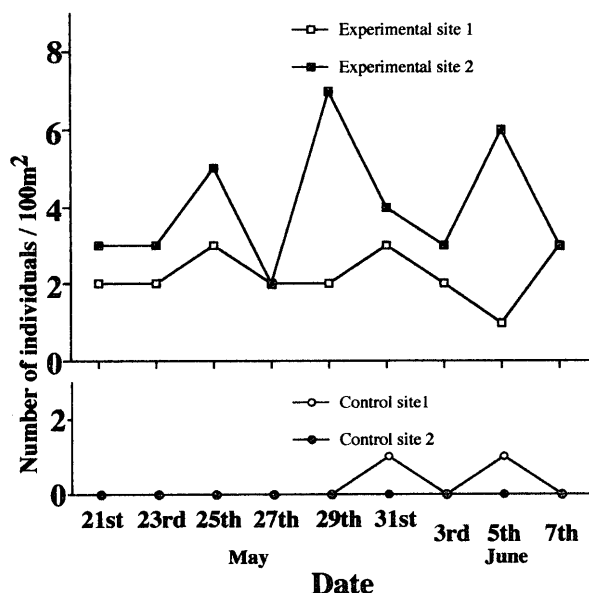


Fig. 3. Changes in density of juveniles observed in the experimental and control sites.

体を示し, それ以外の日は1または2個体出現した。実験区2では6月29日に最高値の7個体を示し, それ以外の日は2~6個体出現した。一方, 対照区1には5月31日, 6月5日に各1個体出現したのみで, それ以外の日には観察されなかった。対照区2には全く出現しなかった。2つの実験区と対照区(各200m²)に出現した天然マダイ稚魚の個体数を比較すると, マダイ稚魚の平均個体数は, 実験区で 3.1 ± 1.5 個体/日 (Mean \pm SD, 以下同様, 範囲; 1~7個体), 対照区で 0.1 ± 0.3 個体/日 (範囲; 0~1個体)であり, 対照区に比べて実験区に有意に多くの個体が出現した (Mann-WhitneyのU検定, $P < 0.001$)。

実験区1, 2と対照区1, 2に出現した天然マダイ稚魚の全長別出現頻度を示した (Fig. 4)。実験区には10~30mm, 40~60mm, 70~90mmのサイズ群の個体すべてが出現した。最も多く出現したのは40~60mmの個体で, 全個体数の57.4% (31/54)を占めた。次いで多く出現したのは70~90mmの個体で(31.5%; 17/54), 10~30mmの個体は最も少なかった (11.1%; 6/54)。対照区に出現したマダイは全長70~90mmの2個体のみで, このサイズ群より小型の個体は出現しなかった。

実験期間中において, 2つの実験区内の小実験区(4m²×234コドラート)と小対照区(4m²×216コドラート)に出現した1コドラート当たりの天然マダイ稚魚の平均個体数は, 小実験区に 0.2 ± 0.4 個体 (範囲; 0~2個体), 小対照区に 0.04 ± 0.2 個体 (範囲; 0~1個体)であり, 小対照区に比べて小実験区に有意に多くの個体が出現した (Table 1; Mann-WhitneyのU検定, $P < 0.001$)。

人工生息場所の種類と選択性 実験区1, 2において, 構造物2の設置の有無による天然マダイ稚魚の蟄集状況を比較したところ, 1コドラート当たりのマダイ

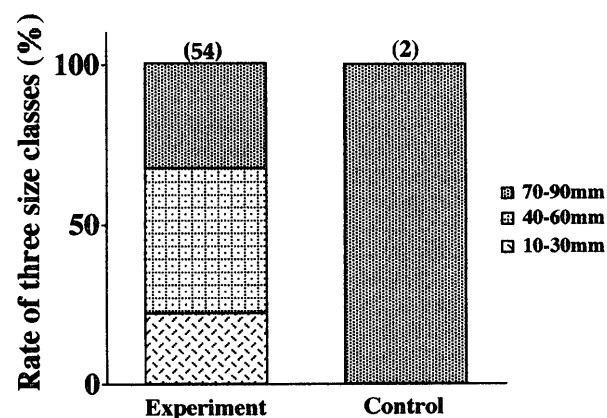
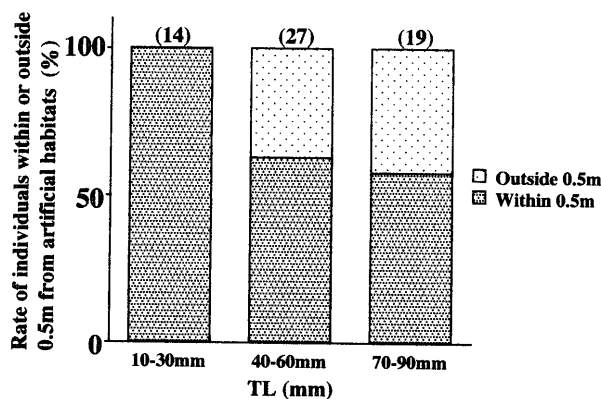


Fig. 4. Rates of three size classed of juveniles found in the experimental and control sites. Number of individuals observed is shown in parenthesis.

Table 1. Mean density of wild juveniles of red sea bream found in quadrats ($1/4 \text{ m}^2$) in two conditions

experimental conditions	mean \pm SD	
Artificial habitat (presence \times absence)	0.2 \pm 0.4*** (0~2)	0.04 \pm 0.2 (0~1)
Structure 2 (presence \times absence)	0.3 \pm 0.5** (0~1)	0.1 \pm 0.3 (0~1)
Placed time (long \times short)	0.2 \pm 0.4 ^{ns} (0~2)	0.08 \pm 0.3 (0~1)

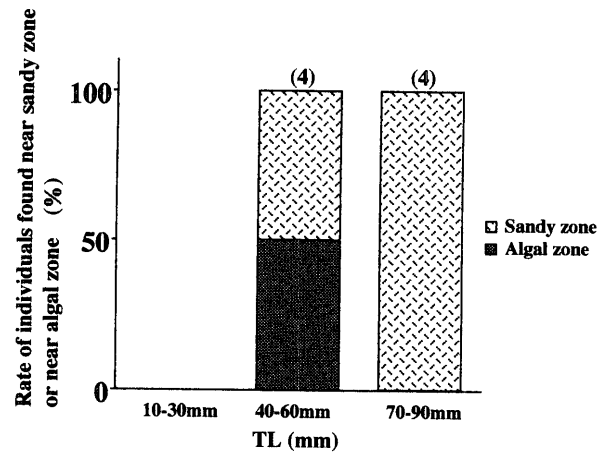
***, ** Significant difference was found at $P < 0.001$ and $P < 0.01$, respectively, by Mann-Whitney's U test. ns; not significant. Ranges are in parentheses.

**Fig. 5.** Rates of juveniles found within or outside 0.5 m from the artificial habitats according to total length (TL). Number of individuals observed is shown in parenthesis.

稚魚の平均個体数は、設置しなかったタイプ α ($4 \text{ m}^2 \times 108$ コドラート) に 0.1 ± 0.3 個体 (範囲; 0~1 個体), タイプ β ($4 \text{ m}^2 \times 126$ コドラート) に 0.3 ± 0.5 個体 (範囲; 0~1 個体) であり, タイプ α に比べてタイプ β に有意に多くの個体が蜻集した (Table 1; Mann-Whitney の U 検定, $P < 0.01$)。

設置期間と選択性 実験期間中において, 実験区 3 において, 設置期間の長さによる天然マダイ稚魚の蜻集状況を比較したところ, 1 コドラート当たりのマダイ稚魚の平均個体数は, 長期設置区 ($4 \text{ m}^2 \times 54$ コドラート) に 0.2 ± 0.4 個体 (範囲; 0~2 個体), 短期設置区 ($4 \text{ m}^2 \times 63$ コドラート) に 0.08 ± 0.3 個体 (範囲; 0~1 個体) であり, 長期設置区と短期設置区に出現した個体数の間に有意差は認められなかった (Table 1; Mann-Whitney の U 検定, $P > 0.05$)。

人工生息場所との距離と利用形態 実験区 1~3 に出現した天然マダイ稚魚が, 人工生息場所の周囲 0.5 m 以内に分布したか, またはそれ以上離れていたかを全長別に比較した (Fig. 5)。最も小型の 10~30 mm の個体は, すべて人工生息場所の設置域または周囲 0.5 m 以内

**Fig. 6.** Rates of juveniles of three size classes occurring in sandy and algal quadrats with no artificial habitat. Number of individuals observed is shown in parenthesis.

に出現したのに対して, 大型の個体になるにつれて, 人工生息場所から 0.5 m 以上離れて出現する個体の割合が増加した。40~60 mm の個体では 37% (10/27), 70~90 mm の個体では 42.1% (8/19) が 0.5 m 以上離れて出現した。

マダイ稚魚の人工生息場所の利用形態を観察したところ, 10~20 mm の小型個体は, 人工生息場所を構成する構造物 1 の網と網の間隙や, 網と砂底との間, 網の直上約 5 cm の範囲に多く分布していた。また, このうち着底間もない全長 10 mm の個体では, 構造物 2 に対して約 5 mm の距離まで接近し, 魚体を平行に沿わせている姿も観察された。一方, 30 mm 以上の個体では人工生息場所の網の直上約 5 cm 付近や周囲の砂底を良く利用する傾向が見られた。

小対照区における分布 実験期間中に実験区内の小対照区に出現した個体のうち, 漂流してきた寄り藻に蜻集した個体数と, 砂域に出現した個体数を全長別出現頻度を示した (Fig. 6)。小対照区に出現したのは 40~60 mm と 70~90 mm の個体で, 10~30 mm の個体は全く出現しなかった。40~60 mm の個体は寄り藻の周辺と砂域に各 2 個体ずつ出現した (計 4 個体)。70~90 mm の個体はすべて砂域にのみ 4 個体出現した。

生息環境と胃内容, 肥満度の関係 人工生息場所の周辺に出現したマダイと, 藻場の周辺に出現したのマダイの肥満度と胃内容物を比較した。両者の胃内容物ともにカイアシ類のキクロブス目の占める割合がともに 90% 以上と圧倒的に高く, 次いでヨコエビ類となり, 質的量的に明確な差は認められなかった (Table 2)。肥満度では, 前者が 28.0 ± 5.7 (範囲; 20.3~39.1), 後者が 30.5 ± 4.5 (範囲; 20.6~37.2) であり, 有意差は認められなかった (Table 3; Mann-Whitney の U 検定, P

Table 2. Stomach contents of red sea bream collected around artificial and wild habitats in 1998

TL (Mean ± SD)	Artificial (12)		Wild (12)	
	18.18 ± 3.86 mm		16.28 ± 1.84 mm	
Food item	Percent	No. individuals	Percent	No. individuals
Cyclopoida	91.1	387	94.4	334
Harpacticoida	1.7	7	0.6	2
Mysidacea	0.2	1	0	0
Gammaridea	4.2	18	4.5	16
Caprellidea	2.4	10	0.6	2
Decapoda	0.2	1	0	0
Others	0.2	1	0	0
Total	100	425	100	354

Number of individuals examined is shown in paranthesis.

Table 3. Condition factors of red sea bream between artificial and wild habitats in 1998

	Artificial (12)	Wild (12)
Mean ± SD	28.0 ± 5.7	30.5 ± 4.5
Range	20.3 ~ 39.1	20.6 ~ 37.2

Significant difference was not found by Mann-Whitney's *U* test.
Number of individuals examined is shown in paranthesis.

>0.05)。

考 察

本研究から、マダイ稚魚は人工生息場所に高い蛸集性を示すことが明らかとなった。海草藻場や藻場といった天然の生息場所でも、同様な蛸集性が観察されている。⁴⁾ 工藤⁴⁾はコアマモ域において断続的に延べ約2時間行ったマダイ稚魚の潜水観察から、全長10~30 mmの小型個体がコアマモ域の内部と砂域の境界付近にしか行動圏を持たなかったことを示している。このことは、小型のマダイ稚魚が、藻場等の天然の基質と極めて密接な関わり合いを持っていることを強く示唆する。この結果から、マダイ稚魚の人工生息場所の利用目的として、主に以下の三点を推測することができる。第一に、捕食者から逃れるためのシェルターとしての機能である。着底直後、マダイ稚魚は全長10 mm程度であり、¹³⁾ その後もしばらくは非常に高い捕食圧に曝されているものと考えられる。実際、10~20 mmの天然マダイが、オキエソ稚魚、ミナミアカエソ稚魚、クロイシモチによって捕食されるシーンが数回観察されている(澤, 未発表)。平均全長25.6 mmの人工種苗マダイの放流実験では、これらの3魚種の胃内容物から放流直後の人工種苗が発見されている。⁵⁾ 本研究でも、30 mm以下の小型個体は特に人工生息場所の近くに蛸集する傾向が見られたが(Fig. 5), 上述の工藤⁴⁾の観察から考えても、小型個体が人工生息場所を中心に大きな行動圏を形成していたと

は考えられない。藻場を利用する稚魚^{10,11)}では、捕食者を用いた実験により藻場のシェルターとしての機能が確認されている。マダイ稚魚、特に行動圏の狭い小型個体にとって、人工生息場所がシェルターとして機能する可能性は非常に高い。

第二に、食物提供の場所としての機能が考えられる。これまでの調査から、マダイ稚魚とアマモ場などの藻場が密接な関係にあるとした結果は多数あり、¹²⁻¹⁵⁾ 胃内容物からもこれらの環境に由来する生物が出現している。¹⁶⁾ 特に、着底後全長30 mm程度までのマダイは、スオームを形成するカイアシ類を多食する。³⁾ この様な生態を有するカイアシ類のスオームは、藻場などの天然の構造物や、人工の構造物の周辺に形成される。²⁾ 今回の調査でも、人工生息場所の周辺に出現したマダイ稚魚の胃内容物から、スオームを形成する分類群の一つであるオイトナ属を含むキクロプス目^{2,3)}が多数出現している(Table 2)。また、人工生息場所と藻場などの周辺に出現したマダイ稚魚の胃内容物および肥満度を比較した場合でも、両者間に差は認められなかった(Tables 2, 3)。これらのことは食物環境の質という観点では、人工生息場所の周辺が藻場などの天然環境と類似していたことを示している。また、今回胃内容物の比較を行った10~20 mmの個体は藻場などの基質から大きく離れないことが分かっており、⁴⁾ これらの個体が両基質の周辺の食物を利用していたのは明らかである。

第三に上述の2つの機能を満たして成長したマダイ稚魚がなわばりを形成する際の初期の足がかりの場としての機能が考えられる。マダイ稚魚がなわばりを形成することは既に報告されているが、^{4,21)} 最近の研究により全長30 mmからそれ以下のサイズではほとんど見られない同種他個体に対しての強い排他性が出てくることが明らかになった。⁴⁾ このことは本種のなわばり形成がこのサイズから開始されることを示唆している。また、この時期は藻場や人工生息場所に対する依存度が強い時期だが、これよりも大きいサイズでは成長に伴って次第に依存度が低くなることが工藤⁴⁾および本研究から分かっている(Figs. 5, 6)。これらのことから、マダイ稚魚は着底直後から30 mmに成長するまで、人工あるいは天然の構造物(藻場など)を‘捕食者からのシェルター’や‘食物供給の場所’として利用しながら、30 mmを越えるサイズから徐々になわばりを形成して、行動範囲を拡大し成長すると考えられる。天然マダイ稚魚がコアマモ域を、²¹⁾ 人工放流マダイが人工生息場所の周辺になわばりを形成していたことは、⁵⁾ この推測を裏付けるものである。

天然の藻場であるアマモ場やガラモ場は、稚魚の成育場として非常に大きな役割を果たしている。¹²⁻²¹⁾ しかし、これらの場所は浅所に位置するため、沿岸の埋め立

てなどによってその減少が著しい。²²⁾近年多くの海域で藻場造成の取り組みが行われているが、特にアマモ場の維持は造成場所の環境に依存するため、どのような場所でも長期間藻場を安定させることは、困難であることが分かってきた。²³⁾一方で、寺脇²⁴⁾は、永続性の高い藻場の飛躍的な回復技術の確立が考えにくいと述べ、目的に応じて技術の限界に沿って藻場回復事業を行うべきであることを指摘した。換言すると、短期間しか藻場の維持のできない様な環境では、蝸集させたい魚種や目的に合う範囲で藻場の造成を行うことが現実的であることを意味する。

澤ら⁵⁾は、本研究と類似した人工構造物を使用して、人工種苗マダいとの関係性を調査し、平面と垂直の構造を合わせ持つ人工生息場所(タイプB)の方が、垂直の構造だけの人工生息場所(タイプA)に比べて、倍以上の高い割合の個体が蝸集したことを報告した。このことは、人工種苗、天然魚を問わずマダイ稚魚が平面と垂直の構造物で構成された物を嗜好する生態を持つことを示唆している。今後、この様な結果を参考にして、より多くのマダイが蝸集可能な稚魚礁の実用化に向けて、構造物の種類、大きさ、設置範囲等を木元²⁾の結果とも照らし合わせてさらに検討する必要がある。

今回、人工生息場所の設置によって、マダイ稚魚が蝸集することが明らかになったが、言うまでもなくこういった人工構造物が天然の藻場と全く同じ機能を果たすわけではない。つまり、人工生息場所の設置は、一度環境が適合すれば半永久的に成育場として機能する藻場の造成とは基本的に異なるものであり、設置後の構造物への生物の付着や台風などの荒天による流失など、一定の場所における長期にわたる効果は期待できないと考えられる。しかし、今回の結果から、藻場造成が困難な場所における短期間の成育場としての機能はマダイ稚魚に関しては、十分に果たしたものと理解できる。過去に藻場を含む同様の調査域で行った調査で出現した天然マダイ稚魚の個体数密度(0.003~0.075 個体/m², 1992年・1993年)⁶⁾と今回の結果(Fig. 3; 0.01~0.07 個体/m²)を比較しても、両者の数値に大きな差異がないことは、この解釈を裏付けている。したがって、今後は環境適地での藻場造成と、環境条件等から藻場造成が困難な場所での各魚種の生態に合わせた形状の人工構造物の設置とを併用することで、マダイを初めとした各種稚魚の増殖場がより効果的に形成されることが望まれる。

謝 辞

本研究を行うに当たり適切な助言を頂いた東北大学大学院農学研究科教授谷口順彦博士に謝意を表します。室手湾に隣接する海洋研究所UWAの施設の使用に便宜をはかっていただいた愛媛大学理学部教授柳沢康信博士

に深謝します。研究を進めるに当たって、大阪市立大学理学部教授幸田正典博士、愛媛大学大学院理工学研究科博士課程松本浩司氏には有益なご助言を賜った。また、藻場に関する多方面にわたる情報と助言を榑海藻研究所新井章吾氏、独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所寺脇利信博士から頂いた。この場を借りて謝意を表します。本研究の一部は、水産庁中央水産研究所「種苗放流が生物の多様性に与える影響に関する研究」による補助を受けた。記して謝意を表します。

文 献

- 1) Seamen W Jr, Sprague LM. In: Seamen W Jr, Sprague LM (eds) *Artificial habitat practices in aquatic systems, Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic press, London. 1991; 1-27.
- 2) 木元克則. かいあし類の群形成が持つマダイ稚魚との食う一食われる関係についての意義. 漁業資源研究会議報 1991; **27**: 51-60.
- 3) Tanaka M, Ueda H, Azeta M, Sudo H.: Significance of near bottom copepod aggregations as food resources for the juvenile red sea bream in Shijiki Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1987; **53**: 1545-1552.
- 4) 工藤孝也. 天然マダイ稚魚のなわばり行動と生息場所の特性に基づいた適正放流法の検討. 博士論文. 愛媛大学連合農学研究科, 1999.
- 5) 澤 一雅, 工藤孝也, 山岡耕作. 2種の網状構造物による人工生息場所への放流種苗マダいの蝸集. 日水誌 2000; **66**: 999-1005.
- 6) 工藤孝也, 末友浩一, 山岡耕作. 愛媛県室手湾における天然マダイ稚魚と人工種苗マダいの分布と行動. 日水誌 1999; **65**: 230-240.
- 7) 上田拓史, 大塚 政. カイアシ亜綱. 「日本産海洋プランクトン検索図鑑」(千原光雄, 村野正昭編) 東海大学出版会, 東京. 1997; 649-658.
- 8) 椎野季雄. 第4章 節足動物「水産無脊椎動物学」培風館, 東京. 1969; 213-284.
- 9) 田中 克. マダイ稚魚の浮遊期から底生生活への移行過程. 水産土木 1979; **16**: 47-57.
- 10) Rooker JR, Holt GJ, Holt SA. Vulnerability of newly settled red drum (*Sciaenops ocellatus*) to predatory fish: is early-life survival enhanced by sea grass meadows? *Mar. Biol.* 1998; **131**: 145-151.
- 11) Hayase JW, Wissing TE. Effects of Stem Density of Artificial Vegetation on abundance and growth of age-0 blue gills and predation by largemouth bass. *Trans. Amer. Fish. Sci.* 1996; **125**: 422-433.
- 12) 山吹孝司, 板野秀彬. 新潟県沿岸域におけるマダイ卵・幼稚魚の生態について. 水産土木 1975; **11**: 9-14.
- 13) 田中邦三, 石田 修, 須田恭光, 庄司康雄. 東京湾におけるマダイについてV. 飯山湾内の漁場形成. 千葉水試研報 1978; **37**: 43-48.
- 14) 森 慶一郎. 油谷湾における浮遊期, 底生生活初期のマダいの生態. 西水研研報 1980; **54**: 59-78.
- 15) 大森迪夫. 油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性. 西水研研報 1980; **54**: 93-109.
- 16) 小嶋喜久雄. 油谷湾における若齢期マダいの成長. 西水研報 1981; **56**: 55-70.
- 17) 工藤孝也, 山岡耕作. 天然マダイおよびチダイ稚魚のなわばり形成場所と摂食行動. 日水誌 1998; **64**: 16-25.
- 18) 小池啓一, 西脇三郎. 伊豆半島下田湾および鍋田湾アマ

- モ場の魚類相の季節的变化. 魚類学雑誌 1977; **24**: 182-192.
- 19) Rooker JR, Holt SA. Utilization of subtropical sea grass meadows by newly settled red drum *Sciaenops ocellatus*: patterns of distribution and growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1997; **158**: 139-149.
- 20) 金城清昭. 沖縄県の高草藻場に着底するシロクラベラ *Choerodon shoenleinii* 仔稚魚の形態および成長にともなう分布と食性の変化. 日水誌 1998; **64**: 427-434.
- 21) 金城清昭. 沖縄島沿岸におけるハマフエフキの着底と成長に伴う移動. 日水誌 1998; **64**: 618-625.
- 22) 環境庁自然保護局. 第4回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書. 第2巻 藻場 1994; 1-400.
- 23) 寺脇利信. 海中に森を育てる—海藻の育つ環境づくりとは—. アニマ 1992; **239**: 54-57.
- 24) 寺脇利信. 藻場の変化. 瀬戸内海 1999; **19**: 8-12.