

2種の網状構造物による人工生息場所に対する 放流種苗マダイの蝸集

澤 一雅, 工藤孝也, 山岡耕作

(2000年1月24日受付, 2000年6月14日受理)

Settlement of Released Artificial Seedlings of the Red Sea Bream around Two Types of Net Artificial Habitat

Kazumasa Sawa,^{*1} Takaya Kudoh,^{*2,3} and Kosaku Yamaoka^{*1}

Swarming behavior toward two types of artificial habitats made of nets for the settlement for released seedlings of artificially reared red sea bream *Pagrus major* was studied. Field research was conducted in a nursery ground at Morode Cove, Ehime Prefecture, using scuba from 21st July to 18th August, 1998. One type of artificial habitat consisted of three, black colored 2 mm-mesh nets (each 50 cm wide and 15 cm high) set vertically in parallel, facing offshore just above the bottom (A type). The other type consisted of the above-mentioned net set in the same way but with two sheets of green 2.5 cm-mesh-net (each 50 cm × 50 cm) set in piles covering the bottom just inshore of the vertical net (B type). About 3000 fish (mean: 25.6 mm TL) were released on 21st July as the first release, and about 1700 fish (mean: 69.7 mm TL) were released on 28th July as the second one. Released fish swarmed around the artificial habitats just after the releases. In the first release, no fish was found in the areas without artificial habitats. B type was more attractive than A type. This trend was clear in smaller fish, which were released in the first trial.

キーワード: 人工種苗マダイ, 放流, 人工生息場所, 蝸集

マダイ *Pagrus major* は我国における沿岸漁業の主要水産資源の一つであり, 現在までに種苗の大量生産化と大規模な放流事業が盛んに行われてきた。¹⁾ 近年, 種苗生産技術の向上に伴い人工種苗マダイの放流尾数は増加し, 平成9年度には全国786カ所で放流され, その総放流個体数は2364万尾に達する。²⁾ しかし, これまでの調査結果によると, 放流後の放流海域における滞留個体数は少ない場合が多く, 短時間に急激に減少することが明らかとなっている。³⁻⁵⁾ この点を克服するためには, 放流海域からの逸散を防止すると同時に, 滞留個体数を増加させる技術を開発する必要がある。これらに関して, 魚礁等の人工構造物を用いたマダイ稚魚の保護・育成場所の造成等が検討されてきた。⁶⁾ しかし, 天然海域で人工構造物と放流種苗マダイの蝸集状況およびその経時的变化との間の関係を扱った研究はみられない。本研

究では2種類のマダイ稚魚用の小型人工構造物を用いることにより, 海底に対して垂直な構造物と, 天然海域で蝸集がみられた藻類に類似した水平な構造物との差異が, 放流マダイの蝸集にどのような影響を与えるか, についての基礎的知見を得ることを目的とした。

調査場所と方法

Scubaを用いた野外潜水調査は1998年7月21日から8月18日まで, 全て愛媛県南宇和郡御荘町の室手湾で行った。本湾は県南西部に位置する小規模かつ開放的な湾で, 黒潮の影響の比較的強い魚類相を持ち,⁷⁾ マダイやチダイ稚魚も一般的に観察される。⁸⁾ 本湾の中央部は砂底域より構成され, 所々にコアマモ等の水中頭花植物が散在する。

湾内中央部の水深4~7mの海底に40m×40mの調

^{*1} 高知大学農学部水族生態学研究室 (Laboratory of Aquatic Ecology, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783-8502, Japan).

^{*2} 愛媛大学大学院連合農学研究科 (United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University, Tarumi, Matsuyama, Ehime 790-0905, Japan).

^{*3} 広島県広島農林事務所水産課 (Section of Fishery, Hiroshima Office of Agriculture and Forestry of Hiroshima Prefecture, Naka, Hiroshima, Hiroshima 730-0011, Japan).

査域を設置し, そのコドラート内を $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ の 16 個の区画に区分した。今回, 一人の観察者が担当できる規模を考慮し, その内の 6 区画 (E, F, G, K, N, O) において観察を実施した (Fig. 1)。さらに各区画の内部をさらに 25 個の小区画に分け, そのうちの 3 区画 (F, K, N: 以下実験区とする) の 6 小区画に後述する A タイプの網状構造物を, 他の 6 小区画には B タイプの網状構造物を 1 基ずつ配置し (以下設置区とする), 残りの 13 小区画は構造物を設置しない非設置区とした。それぞれの小区画は, Fig. 1 に示す市松模様配置した。実験区の配置については, 実験区が面として連続しないように注意した。残りの 3 区画 (E, G, O) は, 何も設置しない対照区とした。

人工生息場所として, 下記の 2 タイプを用いた。

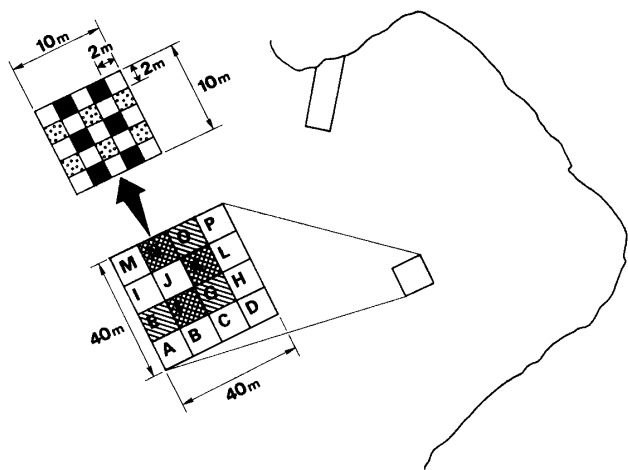


Fig. 1. Map showing $40\text{ m} \times 40\text{ m}$ study site (each shaded area with capital letter shows larger observation quadrat) and arrangements of two types of artificial habitat (type A: black, type B: bubbled, vacant: unset artificial habitat) in each small quadrat at Morode Cove in Ehime Prefecture.

A タイプ: 海底に対して垂直の構造物の影響を調べるためのもの。黒色の鉢底ネット (約 2 mm メッシュ) を $15\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ に切断したものを, 2 本の直径 4 mm \times 長さ 40 cm の鉄筋に結束ロック (電気配線などを束ねるもの) を用いて固定した。これと同じものを沖側に向けて平行に 3 組設置した (Fig. 2)。

B タイプ: 海底に対して水平の構造物の影響を調べるためのもの。形状は予備調査時に天然マダイが蜻集していた藻類の形状を参考にしたものである。ゴルフ練習用の緑色のネット (2.5 mm メッシュ) に起伏をつけるような処置をした後 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ に切断し, 同サイズのを 2 枚重ねた。その 4 隅を結束ロックで直径 4 mm \times 長さ 30 cm の鉄筋に固定した。小区画の各辺とゴルフネットの各辺が平行になるようにした。波の影響を小さくするために, その沖側に A タイプで用いたのと同じ構造物を 1 個設置した (Fig. 2)。

調査域では 2 回の人工種苗放流を行った。第一次放流を, 1998 年 7 月 21 日午前 11 時 25 分ごろ, 愛媛県栽培漁業センターで生産された小型種苗約 3000 個体 (平均全長 \pm SD = $25.6 \pm 4.7\text{ mm TL}$) を用いて行った。これらは栽培漁業センターから船で約 1 時間かけて運ばれたものである。放流時の天候は曇, 水温は 27.4°C であった。放流に際しては, 調査域の海面よりタモ網を用いて, なるべく種苗を分散させる様に注意を払った。第一次放流の潜水観察は, 放流直後より 7 月 23 日まで 2 回/日行った。その際, 各調査区に出現した個体数を, サイズ別, 存在様式別 (単独, 群れ, 群がり) に分類した。存在様式の区分は工藤⁹⁾に従った。集団型個体数の計数に関しては, 3 個体以上 20 個体未満までは正確に計数し, 20 個体以上の場合は 10 個体単位で計数した。人工構造物から 50 cm 以内に存在していた個体を, 蜻集個体と定義し記録した。天然マダイとの識別は, 本調査以前に調査区に出現した天然魚の全ての個体が 60 mm 以上であったため, サイズの違いにより行った。放

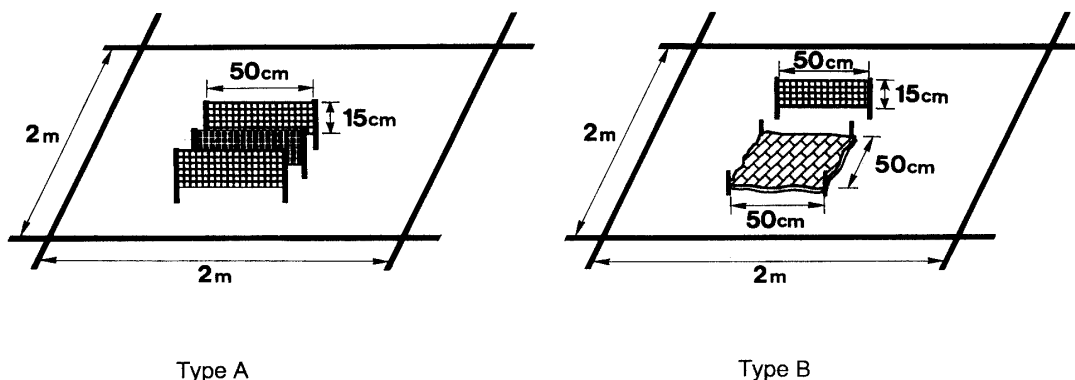


Fig. 2. Diagrams of two types of artificial habitats set in quadrats F, K and N in Fig. 1.

流直後と4時間後に調査区に出現した捕食者と考えられる魚種を刺し網を用いて採集し、10%海水ホルマリン溶液を腹腔内に注入し胃内容物分析も行った。水中での全長の推定は、人工生息場所に用いたゴルフネットの升目(25 mm)等との比較を頻繁に行い、そのことにより水中での視覚による魚体の長さに対する感覚を調整して行った。

第二次放流は、1998年7月28日午後5時ごろ、高知県栽培漁業センターで生産された種苗約1700個体(平均全長 \pm SD=69.7 \pm 3.3 mm TL)を用いて行った。これらの種苗は船で約8時間かけて運搬され、第一次放流と同じ方法で放流された。放流時の天候は晴、水温は27.3°Cであった。放流当日から8月11日までの観察方法は、第一次放流と同じである。第二次放流では、第一次放流に比べて放流個体が大型化し独立性も高まったと判断し、設置区(2 m \times 2 m)内に生息する個体を蜻集個体とした。周辺に生息する多くの天然個体には、生態調査のための個体識別用に、工藤・山岡¹⁰⁾に従い網により採捕した個体の皮下に、水中でエラストマを注射することにより入れ墨標を施した。

第一次および第二次放流後にAタイプ、Bタイプおよび非設置区に出現した個体数は、 χ^2 検定を用いて分析し比較した。

8月16日から18日まで、実験区Kで放流マダイのなわばり行動を観察した。放流マダイ5個体(a, b, c, d, e)に前出の個体識別用の方法により、¹⁰⁾水中で魚に対して最も影響が小さいと考えられる入れ墨標識¹¹⁾を施し、個体識別が可能な状態とした。各個体の行動を30秒毎に存在場所を10分間プロットし、調査後工藤⁹⁾の定義に基づき、各個体のなわばりの有無の検討を行った。

結 果

第一次放流時の人工生息場所への蜻集 7月21日の放流直後(11:30~12:15)の調査では、放流マダイは実験区には497個体出現した(Fig. 3)。それに対して、対照区では放流マダイは全く観察されなかった。実験区に出現した放流マダイの存在様式をみると、全ての個体は人工生息場所設置区内で観察された。その内、単独型個体が6個体(1.2%)、それ以外の全個体は群がりであった。個体数別の群がりの数についてみると、3個体以上20個体未満の群がりが14(60%)、20個体以上40個体未満と40個体以上60個体未満の群がりが各々4(16%)、60個体以上80個体未満の群がりが2(8%)であった。

人工生息場所の各タイプに蜻集した放流マダイの個体数の割合は、Aタイプに144個体(29%)、Bタイプに

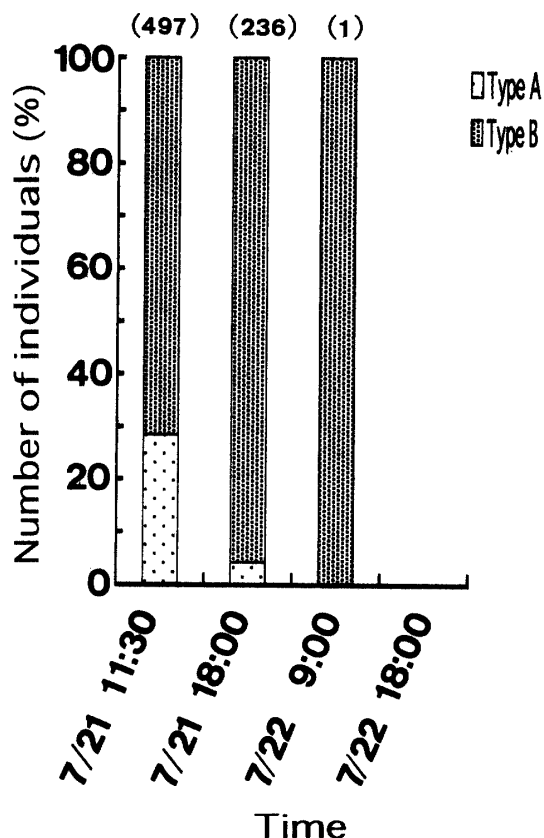


Fig. 3. Number of individuals found in larger observation quadrats (F, K, and F in Fig. 1) on top and rate of individuals counted near artificial habitats, types A and B after the first release on 21st July, 1998.

The first release was conducted at 11:25 on that day.

353個体(71%)となった(Fig. 3)。出現したのは全て全長25~30 mmの個体であった。Aタイプに蜻集した個体は3枚の鉢底ネットの間に入って定位し、その周囲を泳ぎ回るような行動は観察されなかった。Bタイプに蜻集した個体はゴルフネットの中、鉢底ネットとゴルフネットとの間、ゴルフネット直上数cmに生息するのが観察された。実験区内の構造物を欠く非設置区や対照区には、調査中放流マダイは全く出現しなかった。

放流から約6時間30分後の18:00の調査では、実験区には236個体が残存した(Fig. 3)。一方、対照区では放流マダイは全く観察されなかった。実験区内の存在様式をみると、同日11:30の調査時と同様に、放流マダイは人工生息場所上に存在したが、単独型個体はみられず群がりのみが出現した。群がりの数についてみると、3個体以上20個体未満の群がりが17(81%)、20個体以上40個体未満の群がりが4(19%)となり、それ以上の規模の群がりは観察されなかった。

各タイプの人工生息場所に蜻集した放流マダイの個体

数の割合は, Aタイプに4.2%, Bタイプに95.8%となった (Fig. 3)。出現した個体は全て25~30 mm TLであった。実験区に出現した放流マダイの個体数をみると, 同日11:30の調査時と比べて急激に減少し, その残留率は47.1%となった。人工生息場所別の残留率はAタイプが6.8%, Bタイプが63.1%となり, 特にAタイプでの減少率が高かった。

7月22日(放流翌日)9:00の調査では, 調査区内の実験区で観察された放流マダイは, 実験区NのBタイプに生息していた全長30~35 mmサイズの1個体のみであった (Fig. 3)。対照区でも観察されなかった。7月22日18:00以降の調査では, 調査域内では全く観察されなかった。

第一次放流後のAタイプとBタイプへの蜻集個体数を χ^2 法を用いて検定したところ, Bタイプに有意に多くの個体が蜻集することがわかった ($\chi^2=59.325$, $p<0.001$)。

第一次放流時の捕食者の胃内容物 放流直後の11:25以降の調査では, クロイシモチ *Apogon niger*, 天然マダイ稚魚, コウライトラギス *Parapercis snyderi* の幼魚, オキエソ *Trachinocephalus myops* の幼魚による放流マダイに対する捕食活動が観察された。同日12:00~12:30に採集された魚類の胃内容物分析では, カサゴ *Sebastes marmoratus* (全長113.4 mm) からは放流マダイ4個体, ミナミアカエソ *Synodus variegatus* (全長158.3 mm) からは放流マダイ5個体が検出された (Table 1)。

同日15:30~16:00に行った採集でも, 各採集魚種の胃の中から放流マダイが検出され, 天然マダイ① (全長84.8 mm) からは14個体もの放流マダイが検出された (Table 1)。

第二次放流時の人工生息場所への蜻集 7月28日の

放流直後(17:30~18:40)の調査では, 実験区には85個体が出現した (Fig. 4a)。それに対して, 対照区では放流マダイは全く観察されなかった。実験区に出現した放流マダイは, 人工生息場所のAタイプに19個体(22%) (Fig. 4b), Bタイプに58個体(69%) (Fig. 4c)が蜻集し, 非設置区にも8個体(9%) (Fig. 4d)が出現した。

実験区に出現した放流マダイのサイズは, 非設置区に出現した全長50~60 mmサイズの1個体を除く全ての個体が40~50 mmであった(84個体)。実験区に出現した放流マダイの存在様式をみると, 単独型個体は7個体, 群がりは3個体以上20個体未満が5カ所(約20個体), 50個体以上60個体未満が1カ所(約50個体)で観察された。調査域外では20個体の群の遊泳も観察された。単独型個体は人工生息場所に寄り添って定位置し, 観察者が接近するとBタイプではゴルフネットの下に潜り, 身を隠す行動を示した。

放流翌日以降の実験区内に出現した放流マダイの個体数変動をみると, 7月29日7:00には顕著に減少していた (Fig. 4a)。前日(7月28日)17:30の調査と比較すると, 実験区には32個体しか出現せず残留率は37.6%となった。しかし, 同日17:30の調査では個体数は再び増加し, 74個体が出現した。その後, 減少傾向を示し7月30日以降は10~20個体の放流マダイが出現した。対照区では, 調査期間中に放流マダイは全く確認されなかった。

実験区の人工生息場所別の放流マダイの個体数変動をみると, Aタイプ設置区では7月29日7:00から17:30にかけて急増し, 7月29日17:30に最高値となる57個体が出現した。その後は急激に減少し7月30日には10個体となり, その後も徐々に減少し8月2日には0個体となった。翌日の8月3日に11個体が再び出

Table 1. Predatory fishes sampled at experimental site just after the first release on 21st, July 1998 and number of seedlings found in their stomach

Predatory species	Sampling time	TL(mm)	SL(mm)	Weight(g)	No. of released seedlings in stomach
<i>Sebastes marmoratus</i>	12:00~12:30	113.4	85.4	26.4	4
<i>Synodus variegatus</i>	"	158.3	139.7	47.3	5
<i>Pagrus major</i> ①	15:30~16:00	84.8	62.3	14.1	14
<i>P. major</i> ②	"	82.3	59.8	11.3	1
<i>Apogon niger</i> ①	"	86.0	56.3	15.9	1
<i>A. niger</i> ②	"	77.9	53.8	11.3	1
<i>A. niger</i> ③	"	62.8	51.3	7.8	3
<i>Trachinocephalus myops</i>	"	102.1	83.6	11.7	8
<i>Parapercis snyderi</i>	"	58.0	46.2	2.6	1
<i>S. marmoratus</i>	"	128.5	97.1	34.9	6

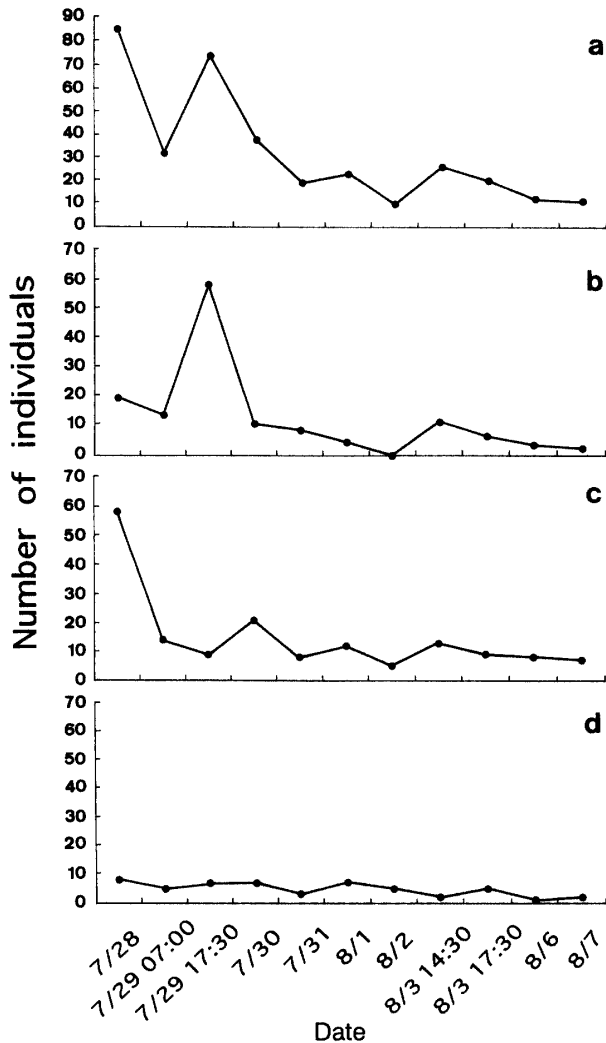


Fig. 4. Changes in number of individuals observed in quadrats with or without artificial habitats after the second release on 28th July to 7th August.

a) Total number of individuals observed in the three larger observation quadrats with artificial habitats. b) Number of individuals observed in small quadrats with artificial habitat type A. c) Number of individuals observed in small quadrats with artificial habitat type B. d) Number of individuals observed in small quadrats without artificial habitats.

現したが、その後は減少傾向を示した (Fig. 4b)。Bタイプ設置区では、放流当日の7月28日17:30の調査で最高値となる58個体が出現したが、その後急激に減少し、7月29日7:00には14個体となった。21個体が出現した7月30日以降は、調査が終わる8月7日まで10個体前後で変動を繰り返した (Fig. 4c)。非設置区では10個体以下で不規則な増減を繰り返した (Fig. 4d)。

なお、周辺域に生息する天然マダイの大部分の個体に

は、入れ墨による標識が施されていたため、放流マダイとの区別は可能であった。標識のない天然個体についても、放流マダイと比較すると全長が一般に30 mm以上大きい場合、サイズの差異によって識別は容易であった。

第二次放流後についても、第一次放流後に行ったものと同じ検定を行った。その結果、AタイプとBタイプの間ではBタイプに有意に多く集まる傾向が認められた ($\chi^2=68.048, p<0.001$)。各タイプ対非設置区の比較においても、設置区の方が有意に多くの放流個体を蝸集させる傾向がみられた (対Aタイプ: $\chi^2=33.569, p<0.001$; 対Bタイプ: $\chi^2=20.601, p<0.05$)

放流マダイ稚魚のなわばり行動 8月16日9:00の調査では、実験区Kの中にa, b, c, d, eの5個体が観察された。観察中、各個体とも主に底から20~30 cmの高さを遊泳し、時折、約1.5 mの高さの水柱へ上昇遊泳する行動が観察された。個体aは、なわばりに接近してくる個体bに対して、なわばりの境界付近で体側や口などによる誇示行動を示し、個体dは、接近してきた個体aに対して一方的な攻撃行動を示したが、その他の個体では排他的な行動は観察されなかった。個体cとeでは多様なサイズのヒメジ科魚類の後を追尾する随伴行動が観察された。

8月17日9:00の調査では、個体cとeが観察されなかったが、出現した個体a, b, dは8月16日と類似した遊泳行動を示した。個体bは個体aに対して一方的な攻撃行動を示し、個体dではヒメジ科魚類に対する随伴行動が観察された。

8月17日16:00では、個体aが自分よりもサイズの大きい天然マダイ (全長100~110 mm) に対して一方的な攻撃行動を示し、その排他的な行動の後、ヒメジ科魚類への随伴行動が観察された。個体dでは個体bとの間で、なわばりの境界付近において、口、頭部、体側部等を攻撃しあう相互攻撃が観察された。

8月18日9:00の調査では、個体aとdのみ観察された。個体aは個体dが接近してきた際に一方的な攻撃行動を示した。個体dでは、ヒメジ科魚類への随伴行動が観察された。

考 察

第一次放流の放流当日 (11:30~12:15) の調査では、実験区にのみ非常に高い密度で放流マダイが出現した。したがって、人工生息場所は放流マダイに対して高い蝸集効果を持つといえそうである。人工生息場所のタイプ別による蝸集状況を比較すると、Aタイプ (29%) よりもBタイプ (71%) により多くの個体が蝸集する結果となった (Fig. 3)。しかし、人工構造物に高密度

で蛸集した放流マダイは、放流当日の2回目の調査で既に顕著な減少傾向を示し、その翌日には実験区内に出現した個体数は1個体になった。この減耗の大きな要因の一つとして、捕食者による被食を挙げることができる。その根拠として、放流後に行った魚食性魚類の胃内容物調査より、オキエソ、カサゴ、ミナミアカエソ、クロイシモチ、天然マダイから放流マダイが検出されたこと (Table 1)、また、採集できなかった天然マダイ、オキエソなどによる直接の捕食活動が観察されたためである。今回特に注目されるのは、天然マダイの全長約85 mmの個体が、14個体もの放流マダイを捕食していた点である。天然マダイが生息する海域に人工種苗マダイを放流する場合、放流個体の定着を阻害する要因として、なわばりによる先住権の主張^{5,9)}の他に、小型個体の放流に際しては、天然マダイの潜在的な捕食能力も十分に考慮する必要があるであろう。

第一次放流直後に出現した単独型個体は、放流直後の混乱の中でたまたま観察時に群れ、群がりから離れていた個体であり、これまでの一連のマダイ稚魚期の生態学的研究^{5,8,9,12)}で述べられた、なわばりを有する単独型個体とは異なると考えられる。

第一次放流に用いられた約全長30 mmのサイズでは、既になわばり行動が発現し始めているとされる。¹³⁾ そのことを考慮すると、もしも捕食圧が顕著に強くない場合には、人工生息場所を中心となわばり個体の出現が予測できる。しかし今回の第一次放流の結果からは、なわばり個体の出現は認められない。このことは放流個体に対する捕食圧が強く、なわばりを形成する前に多くの個体が捕食されたことを強く示唆する。これらのことと非設置区や対照区に全く放流個体が出現しなかったことは、逸散が放流個体数の減少の主要な原因ではないことを示すものと考えられる。

今回みられた第一次放流の結果は、人工生息場所の保護礁としての限界を示していると考えられる。放流直後の一時的な蛸集効果は高かったとしても、そのことは捕食者からみると食物の集積の大きな空間を提供したことになるからである。人工構造物に集中した小型個体を、捕食者達は容易に見つけ出し食べ尽くしてしまうことが出来る。したがって、人工構造物を設置して放流を行う場合には、放流にはできるだけ大型の個体を選ぶべきである。

第二次放流についてみると、実験区に出現した放流マダイはAタイプ設置区に22%、Bタイプ設置区に69%が蛸集し、非設置区には9%が出現した。第二次放流においてもBタイプが好まれ、人工生息場所の構造の差違により蛸集効果に差があることが明らかとなった。しかし、第二次放流では非設置区にもかなり数の放流マ

ダイが出現した。これは、第二次放流に用いた個体が全長 69.7 ± 3.3 mmと大型であり、海草藻場や藻場などの天然構造物からの独立性が強くなる段階⁹⁾であったためと考えられる。

人工生息場所に対する関係が第一次放流の小型個体の場合と比べると弱い傾向にあったが、第二次放流で放流マダイが実験区のみで生息したこと、その後人工生息場所を中心になわばりを形成したことから、人工構造物がサイズの大きい個体についても、なわばり形成などによる放流場所への定着を促進する効果があることが示唆された。

漁港に於てこれまでのに行われた人工種苗マダイの放流実験では、放流後ほぼ4日で実験区に於ける生息個体数が安定した。⁵⁾ これはなわばりを形成した単独型個体数の生息可能密度が上限に達し、環境収容力の限界を示すものと考えられた。この際の放流初期の顕著な個体数の主な減少要因は、なわばりを持たない群れ・群がり型個体の逸散によると推測される。⁵⁾ 本研究の第二次放流実験のBタイプの蛸集個体数の変化でも、同様のことが起っている可能性が強い。放流2,3日後にはほぼ蛸集個体数が安定する (Fig. 4c) のは、蛸集個体が人工生息場所周辺に既になわばりを形成し、それまでになわばりを持たない群れ・群がり型個体は逸散したと考えられるからである。また、AタイプとBタイプの蛸集個体数の比較でも、Bタイプの方が多くの個体を周辺に集められており (Fig. 4)、放流後のなわばり形成を伴う放流マダイの放流海域への定着に対して、Bタイプは有効な役割を果たすものと期待できる。

上記のような点を考慮すると、今後マダイ稚魚の主要な食物であるヨコエビ類が多く生息する砂地¹³⁾の海域に放流する場合には、今回用いたなわばりを介した蛸集効果の高いBタイプにみられた、海底を覆う藻類の形状に類似した構造の放流魚用の小型人工魚礁を、多数設置する必要があるものと考えられる。ただ、使用後そのままに放置され漁場環境を悪化させないように、それらの魚礁は放流時に繰返し一時的に使用されるもので、放流個体が安定したなわばりを形成した後は、速やかに簡便に船上から撤去できる様な構造であるべきであろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり貴重な助言を頂いた前高知大学農学部教授谷口順彦博士、および調査遂行面で多くの便宜を図って頂いた愛媛大学理学部教授柳沢康信博士に深謝します。放流にご協力頂いた高知県栽培漁業センター安藤裕章氏、愛媛県栽培漁業センター関 信一郎氏、宇和島市水産種苗開発センター四宮陽一氏に心より謝意を表します。また、調査に協力頂いた愛媛大学海洋研究所

UWA に滞在した多くの学生院生諸氏に厚く御礼申し上げます。研究取りまとめに協力頂いた高知大学農学部研究生佐々木智史氏に感謝します。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) 福所邦彦：飼育技術の問題点，「マダイの資源培養技術」（田中 克・松宮義晴編），恒星社厚生閣，東京，1986，pp. 9-25.
- 2) 日本栽培漁業協会：平成9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，東京，1999，p. 111.
- 3) K. Tsukamoto, H. Kuwada, J. Hirokawa, M. Oya, S. Sekiya, H. Fujimoto, and K. Imaizumi: SIZE-dependent mortality of red sea bream, *Pagrus major*, juveniles released with fluorescent otolith-tags in News Bay, Japan. *J. Fish Biol.*, **35**, 59-69 (1989).
- 4) 山岡耕作，前川賢夫，谷口順彦：マダイ種苗の漁港内放流実験．水産増殖，**39**，55-60 (1991).
- 5) 山田徹生，山岡耕作，谷口順彦：小漁港内における人工マダイ稚魚放流後の行動，分布および個体数変化．日水誌，**58**，611-617 (1992).
- 6) 小川良徳，矢野 実，国行一正，川西正衛：マダイ幼魚の保育魚礁．水産土木，**11**，53-54 (1975).
- 7) 坂井陽一，大西信弘，奥田 昇，小谷和彦，宮内正幸，松本岳久，前田研造，堂崎正博：宇和海内海湾の転石域における浅海魚類相—ラインセンサス法による湾内および他地域との比較—．魚類学雑誌，**41**，195-205 (1994).
- 8) 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イの分布と行動．日水誌，**65**，230-240 (1999).
- 9) 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，松山，1999，243 pp.
- 10) 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，**64**，16-25 (1998).
- 11) 森 勇人，谷口順彦，関 伸吾，山岡耕作：生態形質によるマダイ種苗標識法の検討．水産増殖，**41**，141-147 (1993).
- 12) 山岡耕作，高木基裕，山田徹生，谷口順彦：人工種苗放流マダイに見られるなわばり行動．日水誌，**57**，1-5 (1991).
- 13) 佐藤謙治，山岡耕作，谷口順彦：愛媛県室手湾におけるヨコエビ類の分布特性と採集効率，高知大学海洋生物教育研究センター研究報告，**13**，1-10 (1993).