

小漁港内における人工種苗マダイ 幼稚魚放流後の行動、 分布および個体数変化

山田 徹生, 山岡 耕作, 谷口 順彦

(1991年3月25日受付)

Behaviour, Distribution, and Population Size Change of Artificially-bred 0-group Red Sea Bream Released in a Small Fishing Port

Tetsuo Yamada,* Kosaku Yamaoka,* and Nobuhiko Taniguchi*

The behaviour, distribution, and population size changes of artificially-bred 0-group red sea bream *Pagrus major* were studied after releasing twice in a small fishing port. Three types of behaviour were distinguished in the fish released: 1) school, 2) aggregation, and 3) solitary. The number of solitary individuals of the first released group increased in a logistic curve, which seems to show that there exists a carrying capacity for the released population of red sea bream in the small fishing port. By contrast, that of the second released group did not show a distinct increase. The differences in the recruitment pattern between the first and second released groups suggest that the effect of prior residence works, intermediated by the territorial behaviour of solitary individuals of the first released group.

人工種苗放流マダイ *Pagrus major* 幼稚魚の天然環境下における分布・行動に関する直接的な調査・観察の報告例は少ない。¹⁻³⁾ しかし、野外における放流マダイ幼稚魚の生態学的特性を把握することは、適正な種苗放流計画を検討するうえで必要不可欠であると考えられる。

著者らは1989年より、外洋との接点に位置し、かつ内湾的な環境を有する土佐湾沿岸域の一小漁港内を、マダイ幼稚魚にとっての保育場モデルとして位置づけ、この場所に実際にマダイ人工種苗を放流し、潜水観察による生態調査を実施してきた。⁴⁾ 本報では、人工種苗マダイの放流環境への生態学的順応過程について、マダイの行動面および調査域内における分布個体数の経時変化により明らかにすることを目的とした。また、著者らが既に報告した放流マダイに見られた採食なわばり⁴⁾と、放流個体群の加入過程との生態学的な関連性について、若干の論議を試みた。なお本報では1989年7月の2放流群について報告する。

調査場所および方法

調査場所は、高知県高岡郡中土佐町矢井賀(北緯 33° 14', 東経 133° 15')の矢井賀漁港内である。矢井賀漁港は県中西部に位置し、気象・海況条件等の変化による影響を受け易い比較的開放的な小漁港である。

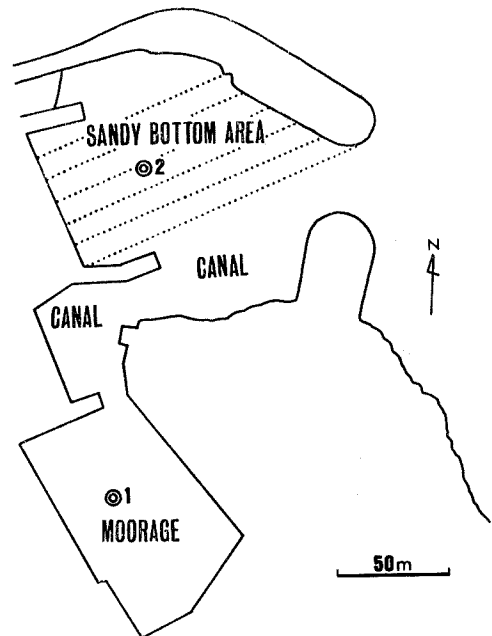


Fig. 1. Outline map of the study sites at Yaiga in 1989. Dotted lines indicate census lines. ◎ 1: '89 1st releasing point, ◎ 2: '89 2nd releasing point.

* 高知大学農学部栽培漁業学科 (Laboratory of Aquatic Ecology, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan).

Table 1. Number of red sea bream released in the present study

Releasing point	Date	Number of individuals	Mean TL (mm)	Method of marking	Classification of groups
Moorage	July 14, 1989	60,000	62.9		'89, 1st R.G.
Sandy bottom area	July 20, 1989	10,000	63.3	Tattoo on either body side	'89, 2nd R.G.
Sum		70,000			

R.G.: released group.

放流種苗は高知県栽培漁業センター網生簀内で生産されたものを用いた。種苗放流は1989年7月14日(一次放流)および7月20日(二次放流)の2回行った。放流日, 放流地点, 放流尾数, 放流サイズ等の詳細はFig. 1, Table 1に示した。放流日ならびに放流地点の異なる2放流群を水中で識別するため, 谷口および溝淵⁹⁾に従い, 二次放流群のマダイの体側にイカ墨による皮下注射標識を施した。

調査はすべて, SCUBA潜水により行った。放流後の観察は同漁港内の港口砂底域(5,760m², 水深3-4m)において, 7月14日から8月14日まで実施した。放流マダイのセンサス(個体数分布調査)は, 10m間隔で岸より沖側に向けて平行に海底に固定したロープにもとず

き, ライトランセクト法により行った(Fig. 1)。その際, 目視によりラインの左右各1m以内にみられる放流マダイの個体数を, 各放流群について区別したうえで計数した。さらにその場合, マダイの行動様式を, '群れ', '群がり'および'単独散在'の3行動型に類別して記録した。これら3行動型は, Breder⁹⁾を参考にして, 概ね以下のように定義することができた。(1)群れ(school): 相互誘引的で, 統一的な行動をとる集合, (2)群がり(aggregation): 相互誘引がないわけではないが, 統一的な行動をとらない集合, (3)単独散在(solitary): 相互誘引がなく, 統一的な行動をとらない単独個体。

センサス中, 上記の3行動型の他, その行動型につい

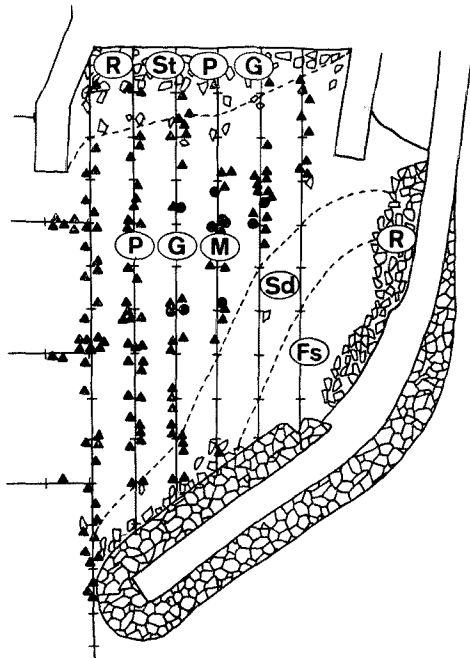


Fig. 2. Map showing vegetation and substrate in the sandy bottom area on 10 July 1989. R: rock, St: stone, P: pebble, G: gravel, Sd: sand, Fs: fine sand, M: mud, ▲: Sargassum, ●: Zosteraceae.

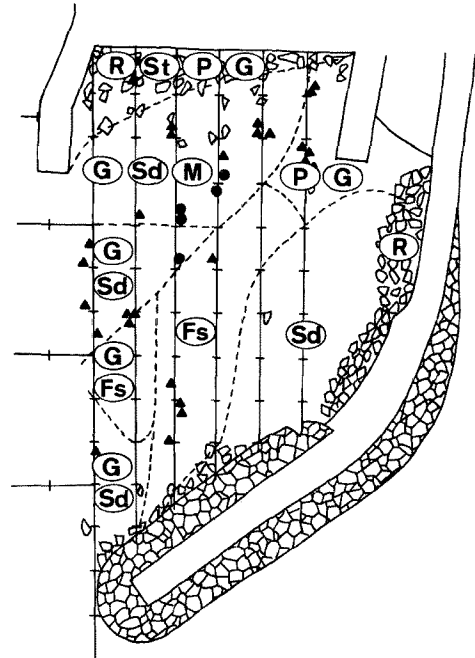


Fig. 3. Map showing vegetation and substrate in the sandy bottom area on 7 August 1989. R: rock, St: stone, P: pebble, G: gravel, Sd: sand, Fs: fine sand, M: mud, ▲: Sargassum, ●: Zosteraceae.

て明確な区別もつけ難い、'群れ→群がり'移行型とみなされる集合もしばしば観察された。この場合は、すべて'群れ'としてとりまとめて記録した。したがって、'群れ'型と'群がり'型の集合を、必ずしも厳密に類別し得たとは言えない。本報では両行動型の混同による集計上の混乱を避けるため、図中では'群れ・群がり'としてま

とめて示した。詳細については、本文に随時説明を加えて補足した。

調査域内におけるマダイの推定分布個体数は、目視観察範囲面積が、全調査域面積の1/4.61であったため、計数した個体数を4.61倍することにより算定した。

潜水観察によるセンサスは、日中の主として午後に行

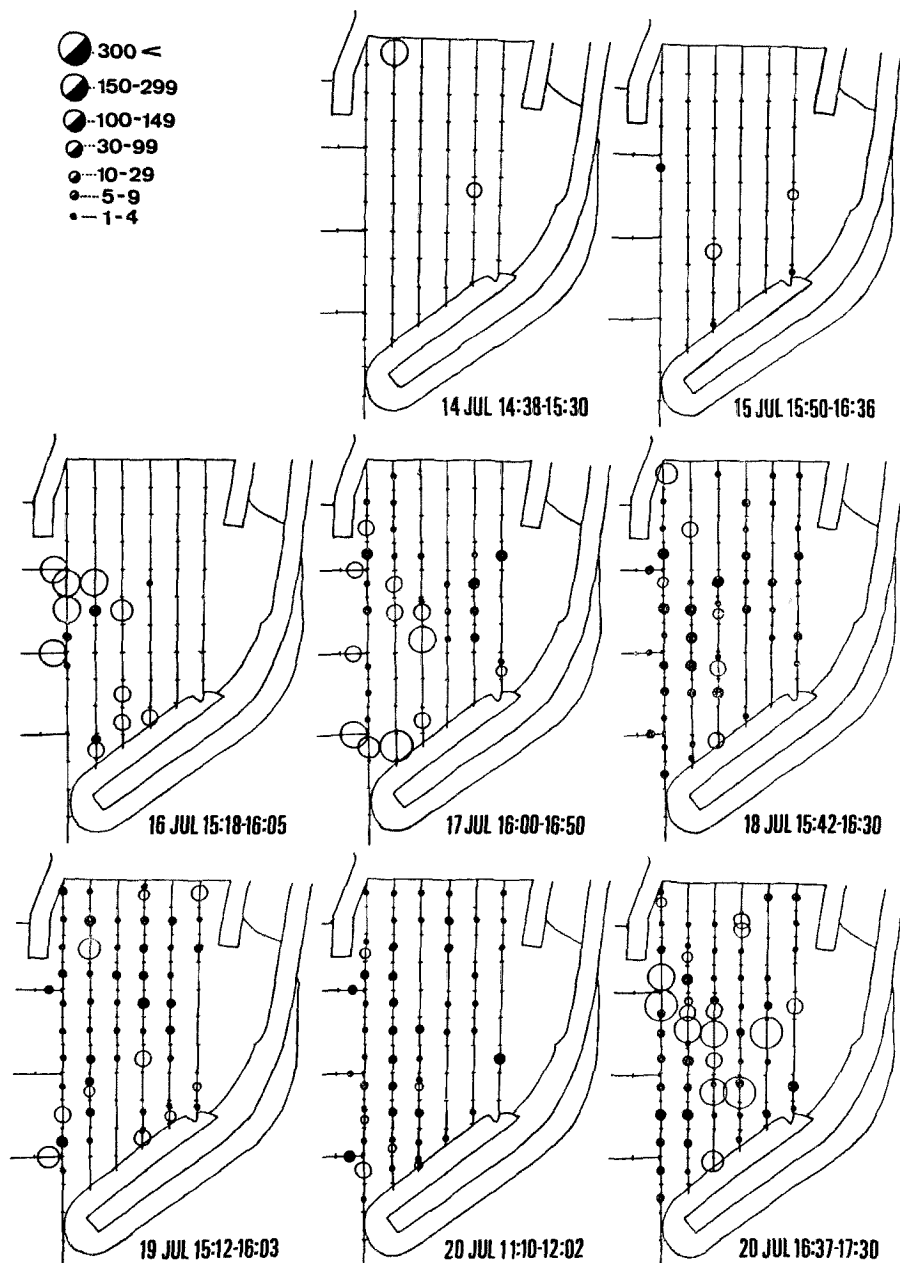


Fig. 4(a)

い、港口砂底域内 1 センサスあたり約 1 時間を要した。全調査期間にわたり潜水観察者は、通常同一の 1 名で行った。

このほかに、7 月 10 日と 8 月 7 日に、ラインに沿って底質および藻類の分布調査を実施し、海底環境の概略を把握した。

なお全調査期間を通じ、調査域内で天然マダイ幼稚魚は全く観察されなかった。

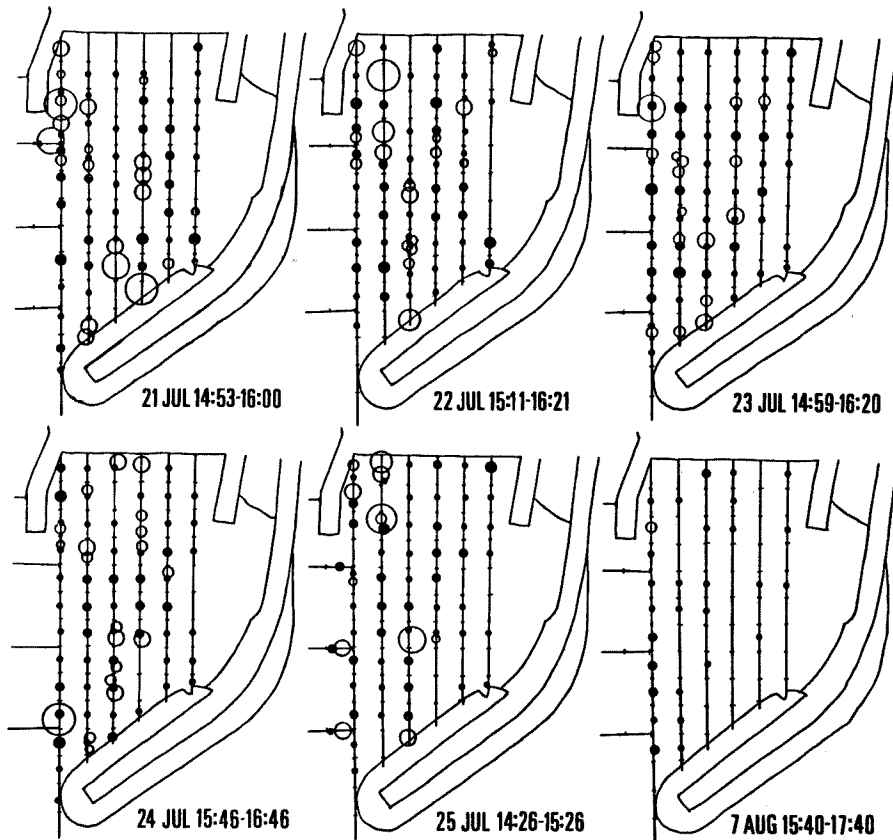
結 果

海底環境の概略 港口砂底域における植生および底質の概略を、Fig. 2 および 3 に示す。7 月 25 日から 8 月 6 日にかけて台風 11, 12, 13 号が連続して土佐湾沖を通過した。台風通過前の 7 月 10 日では、ホンダワラ類を中心とした藻類が、調査域中央の表泥・砂利・小石混在域の広い範囲に散在し、一種のガラモ域を形成していた (Fig. 2)。ホンダワラ類の藻体長は 1.5 m 前後のもの

が多く、2.0 m を超えるものも比較的多く見られた。北側堤防沿いの砂底域ならびに細砂底域、および西側岸壁に沿う岩・石・小石・砂利混在域では、ホンダワラ類・アマモ類の分布が疎生であった (Fig. 2)。このような底質および植生の状態は、少なくとも 7 月下旬の台風到来の頃まで維持された。

台風通過後の 8 月 7 日の底質は波浪により攪拌されて激変し、砂底域および細砂底域が拡大した (Fig. 3)。波長の大きな波紋の形成もところどころに見られた。ホンダワラ類・アマモ類の藻体は大量に流失し、これらの藻類の分布は、調査域内全域にわたり一様に疎生となった。この時のホンダワラ類は、0.5 m 未満のものが大半を占め、1.0 m 以上のものはむしろ稀であった。

行動様式の経日変化 港口砂底域センサスライン沿いに見られた放流マダイの経日的な分布変化を Fig. 4 に示す。船だまり (Fig. 1) で 7 月 14 日午前 10 時に放流されたマダイ一次放流群は、放流約 5 時間後に 2 つ



(b)

Fig. 4. Distribution of fish observed on census lines in the sandy bottom area. Open circles show the size of 'school aggregation' type individuals and solid circles show the density ($/2 \times 10 \text{ m}^3$) of 'solitary' type individuals.

の‘群れ’としてセンサスライン上に出現した。分布場所は、それぞれ北側堤防沿いの砂底域、および西側岸壁付近の岩・石・小石・砂利混在域であった。群れあたりの形成個体数は、約 30 および約 150 であった。

放流後 1 日目の 7 月 15 日には、‘単独散在’型個体が東側堤防基部付近の砂底域、および南側のガラモ域（以下、小石・砂利・表泥・藻類混在域を示す）などに少数出現した。

7 月 16 日には‘群れ’型個体の顕著な移入がみられた。南側のガラモ域には 200 個体前後の大型の‘群れ’が 6 個出現した。東側突堤付近のガラモ域、および堤防壁面と岩石帯に沿う砂底域には、50 個体前後の‘群れ’が 4 個見られた。‘単独散在’型個体は中央ガラモ域を中心として分布域を広げた。

7 月 17 日には‘単独散在’型個体の分布域がガラモ域をはじめ、砂底域にも広がった。‘群れ’型個体はほぼガラモ域内のみ分布し、7 月 16 日と比べて 50 個体前後の規模の‘群れ’の比率が高くなった。200 個体前後の‘群れ’の数は、やや減少傾向を示した。

放流後 4~6 日目の 7 月 18~20 日（二次放流以前）には、それぞれの‘群れ’‘群がり’の形成個体数はさらに減少傾向を示した。一方、‘単独散在’型個体の分布域はより拡大し、調査域のほぼ全域にわたった。

7 月 20 日の二次放流約 4 時間後には、放流地点を中心に、二次放流群個体による 300 個体以上の大規模な

‘群れ’が多数形成された。またこれらの‘群れ’の中に、一次放流群に属する個体が混在しているのがしばしば観察された。この一次放流個体の一部は‘群れ’と共に移動しながら、時折基質に対するつつき (biting) を行った。これに対して二次放流群‘群れ’型個体には、基質をつつくなどの採食行動は観察されなかった。

一方、一次放流群の‘単独散在’型個体にはこれらの‘群れ’に対する 3 つの行動様式が観察された。‘群れ’の接近・通過に際し、黙認してやり過ごす個体；‘群れ’の接近にともない、一時的に‘群れ’に加わり、‘群れ’の通過後、再び元の位置へ戻る個体；あるいは接近した‘群れ’に対して排他的な烈しい攻撃行動を行う個体などがそれである。なお、‘群れ’型個体の、一次放流群‘単独散在’型個体に対する攻撃行動は全く観察されなかった。

二次放流後 1~4 日目の 7 月 21~24 日では調査域中央のガラモ域付近に個体数 10~30 を中心とした小規模な‘群れ’が分布していた。また突堤・堤防縁辺付近には個体数 300 程度の比較的規模の大きい‘群れ’および個体数 40~150 の‘群れ’が見られた。‘群れ’はほぼ二次放流個体で占められたが、依然一次放流個体がある中に混在しているのが観察された。‘単独散在’型個体の分布域ならびに分布個体数には、二次放流以前である 7 月 18, 19 日および 20 日午前の結果とそれほど顕著な差異は見られなかった。‘単独散在’型個体はほぼ一次放流個

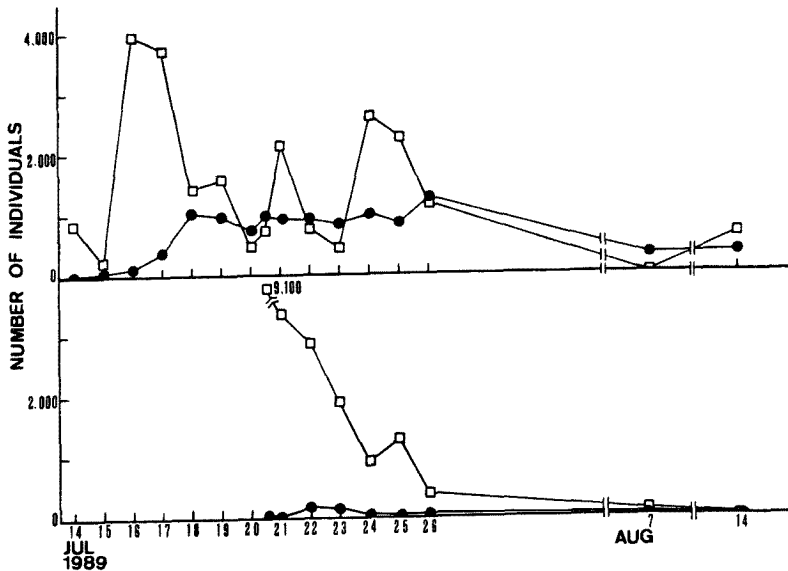


Fig. 5. Changes in the estimated number of fish after release in the sandy bottom area (5,760 m²) from 14 Jul. to 14 Aug. 1989. The upper part shows the change of the '89 1st released group and the lower part shows the change of the '89 2nd released group. □: school aggregation, ●: solitary.

体で占められた。

二次放流後 5 日目の 7 月 25 日には、個体数 100~300 程度の‘群れ’が 3 個出現した。一方、個体数 20~30 を中心とした‘群れ・群がり’の分布数は相対的に減少し、7 月 21~24 日までの分布数の 1/2~2/3 程度となった。

7 月 24 日頃より、港口砂底域には台風 11 号の影響が出始め、7 月 25 日にはかなり高いうねりならびに底質攪拌による水濁が著しかった。7 月 26 日の調査を最後に、以降付近一帯の海域は大時化となり、継続的な潜水観察による調査は中断した。

台風通過後初めて実施した 8 月 7 日の調査では、放流マダイの分布個体数が激減していた。西側突堤縁辺付近に 15 個体程度の‘群れ’が 1 つ観察された。‘単独散在’型個体の分布範囲は狭まり、台風の影響により拡大した砂底域および泥底域にはほとんど分布せず、砂利・砂混在域および砂利・泥混在域を中心に分布した。

各放流群における行動様式別推定分布個体数の変化

一次放流群における‘単独散在’型の分布個体数は、放流後 4 日目の 7 月 18 日まで次第に増加する傾向を示した (Fig. 5)。その個体数は 7 月 18 日以降 7 月 25 日に至る 8 日間、900 個体前後 ($x \pm SD = 921 \pm 84$) で安定した (Fig. 5)。しかし台風通過後に行った 8 月 7・14 日の調査では 300 個体前後に減少した。それに対して、‘群れ・群がり’型の分布個体数は大きな変動を繰り返した。7 月 14~26 日の間に、7 月 16・21・24 日の 3 度分布個体数が急激に増加し、いずれも 1~2 日以内に減少した (Fig. 5)。

二次放流群では、7 月 20 日午後に放流した後、7 月 26 日に至るまで‘単独散在’型の個体数に明確な増加傾向は見られなかった (Fig. 5)。放流後 2・3 日目の 7 月 22・23 日には 150 個体前後が分布したが、放流後 4 日目の 7 月 24 日以降は 50 個体前後に収束した。8 月 7・14 日には、20 個体前後が見られただけであった。‘群れ・群がり’型の個体数変化には、一次放流群で見られたような変動はみられなかった。すなわち、7 月 20 日放流直後において 9,100 個体分布していたものが、翌日の 7 月 21 日には約 1/3 の 3,351 個体に減少した。それ以降もほぼ直線的に減少し、7 月 26 日には 362 個体となった (Fig. 5)。

考 察

行動様式の変化と順応過程 本調査で、放流マダイには、‘群れ’、‘群がり’および‘単独散在’の 3 つの行動型が観察された。調査域内において、それらの分布様式は経時的に変化した。一次放流直後、先ず大規模な‘群れ’の形成が見られ、‘群れ’の数が増加したが、時間の経過

とともに漸減した。それとともに‘群れ’サイズの縮小をともなう‘群がり’への移行が見られ、また‘単独散在’型個体が出現し始めた。さらに‘群がり’は次第に小型化し、‘単独散在’型個体の分布域が広がった (Fig. 4)。

‘単独散在’型個体には、通常、着底し基質に対するつきによる採食行動が見られるとともに、主として隣接して分布する同種他個体に対する排他的な攻撃行動が観察された。山岡ら⁴⁾は、本調査区域内に放流されたマダイ人工種苗に見られた採食なわばりについて詳しく報告している。本報で用いた放流種苗の体サイズ (Table 1) は、これと同じ発育段階の天然マダイでは、ヨコエビ類を多食する底生生活期に相当する。⁷⁻⁹⁾ 畔田ら¹⁰⁾ は同時期、同発育段階の天然マダイの基質に対するつきおよび同種個体間の追尾行動を潜水観察している。また、本調査におけるマダイ‘単独散在’型の分布密度は 7 月 18 日から 7 月 25 日まで、平均約 0.218 個体/m² (中央ガラモ域、山田、未発表) であり、これは他海域における同時期、同発育段階のマダイ天然魚の密度 (0.2~0.3 個体/m²)²⁾ と近似している。これらのことから、同時期、同発育段階の天然マダイ稚魚においても、本報のマダイ‘単独散在’型個体に見られた分布状態および行動様式がとられているものとも推定される。したがって、本調査の一次放流群に見られた‘単独散在’型個体数の経時的増加過程は、放流マダイの生息環境への摂食面での順応段階を表すものと理解することができよう。

環境収容力について 一次放流群‘単独散在’型個体は、それらの分布域が調査域内ではほぼ最大になった時期以降、台風到来の直前まで、分布域および分布個体数ともに安定した (Figs. 4, 5)。一次放流群‘単独散在’型個体数が示したロジスティック的増加の傾向 (Fig. 5) は、本調査域、本放流条件下におけるマダイ幼稚魚の環境収容力 (carrying capacity) の限界を示しているものと考えられた。またこの場合、環境収容力に関与する直接的要因として、マダイ‘単独散在’型個体の採食なわばり⁴⁾ が考慮される。すなわち、‘単独散在’型個体がなわばりを形成したものと仮定すると、各なわばり個体が、調査域内の採食利用空間を、基質上の食物資源の分配と獲得のため一様に埋めつくし、生息可能密度の上限に達したものと考えることができる。

先住効果と加入の過程 二次放流群‘単独散在’型個体には、放流後も顕著な個体数の増加がみられず、ごく低い値で推移した (Fig. 5)。これに対して、先に生息環境に加入できた一次放流群は、はるかに多数でかつ安定的な分布個体数を確保している (Fig. 5)。

先になわばりを占有した個体あるいは単位集団などが後の侵入者に対して空間を有利に防衛することは、一般に先住効果 (effect of prior residence) と呼ばれてい

る。¹¹⁾ マダイに関しては、山口県油谷湾の天然マダイ稚魚について、¹²⁾ あるいは京都府の阿蘇海、¹³⁾ 長崎県志々伎湾¹⁴⁾ の人工種苗放流後の漁具による再捕調査、および閉鎖的な幼稚仔保育場を用いた実験的研究¹⁵⁾からも、上記の先住効果の存在を示唆する結果が得られている。したがって、本報で得られた結果は、既に環境に加入していた一次放流群‘単独散在’型個体の集団が、なわばり防衛行動を媒介とした先住権の行使により、二次放流群の侵入を阻害したものと理解することができよう。

今回、マダイ幼稚魚放流後の行動、分布ならびに個体数の経時変化を調査することにより、放流環境への生態的順応過程の一端が明らかになった。さらに、放流マダイが環境に加入する過程には、マダイの採食なわばり、先住効果などの生態学的要因が関与しているものと考えられた。今後、天然域での人工種苗放流によるマダイ資源量の積極的増大を計ってゆくうえで、先住効果の影響を生じ得る天然加入個体群と人工種苗放流個体群間、あるいは複数回放流による各放流個体群間の社会的な相互関係等を考慮し、放流場所、時期を選定する必要があるかもしれない。環境収容力に密接に関与すると考えられる着底期マダイ幼稚魚の採食なわばりについては、特に餌環境としての加入基質等との生態学的な関連性についてより詳細な調査が必要である。

謝 辞

本調査を行うに当たり、種々の御協力を頂いた前高知県栽培漁業センター所長石田善久氏、同主任研究員桑原秀俊氏に御礼申し上げます。また当初より様々な援助・協力をして頂いた矢井賀漁業協同組合長佐竹英一氏をは

じめとする同地区の方々に深謝します。実際の野外調査に協力して頂いた本研究室学生高木基裕氏に感謝します。

文 献

- 1) 山田悦正, 内木幸次: 造成漁場における魚類の分布型と行動について. 石川水試研報, **2**, 21-32 (1977).
- 2) 松宮義晴, 遠藤義文, 畔田正格: 志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定. 西水研研報, **54**, 315-320 (1980).
- 3) 今泉圭之輔: 大分県入津湾におけるマダイ小型種苗の放流調査結果. 西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, **5**, 23-32 (1987).
- 4) 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. 日本誌, **57**, 1-5 (1991).
- 5) 谷口順彦, 溝内勝宣: 幼稚魚期マダイのイカ墨汁による標識法について. 栽培技研, **7**, 47-50 (1978).
- 6) C. M. Breder Jr.: Studies on Social Grouping in Fishes. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, **117**, 393-482 (1959).
- 7) 今林博道, 花岡資, 高森茂樹: 生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—I. 他魚種との関係. 南西水研研報, **8**, 101-111 (1975).
- 8) 森慶一郎: 油谷湾における浮遊期, 底生生活初期のマダイの生態. 西水研研報, **54**, 59-78 (1980).
- 9) 木曾克裕: 平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—I. 成長に伴う餌料の変化とその年変動. 西水研研報, **54**, 291-306 (1980).
- 10) 畔田正格, 池本麗子, 東 幹夫: 志々伎湾におけるマダイ当歳魚の日周期活動. 西水研研報, **54**, 279-289 (1980).
- 11) 伊藤嘉昭, 法橋信彦, 藤崎憲治: 物動の個体群と群集. 生物学教育講座 7, 東海大学出版会, 東京, 1980, pp. 1-273.
- 12) 小嶋喜久雄: 油谷湾における若齢期マダイの成長. 西水研研報, **56**, 55-70 (1981).
- 13) 傍島直樹, 宗清正広, 船田秀之助: 阿蘇海におけるマダイ小型種苗放流の試み—I. 放流後の分布移動. 栽培技研, **15**, 169-175 (1986).
- 14) 畔田正格, 池本麗子, 東 幹夫: 志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長. 西水研研報, **54**, 259-278 (1980).
- 15) 山岡耕作, 岡田賢治, 谷口順彦, 桑原秀俊, 石田善久: 幼稚仔保育場における人工種苗マダイのなわばり様行動. 日本誌, **58**, 175-180 (1992).