

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

山岡耕作, 岡田賢治, 谷口順彦

桑原秀俊, 石田善久

(1991年4月22日受付)

Territorial Behaviour of Artificially-bred 0-group Red Sea Bream
in an Artificial Nursery GroundKosaku Yamaoka,*¹ Kenji Okada,*¹ Nobuhiko Taniguchi,*¹Hidetoshi Kuwahara,*² and Yoshihisa Ishida*²

We observed the territorial behaviour of released juvenile red sea bream *Pagrus major* in an artificial nursery ground. When we first released 500 individuals in it, the number of individuals showing territorial behaviour increased at a considerable rate with time. Two days after taking them up in a land water tank, we released 400 of them back into it. The number of territorial individuals increased rapidly and 5 out of 8 which were selected individually occupied the same guarded area as before being taken up. These facts show that territorial individuals have a capability of memory for places. When we conducted the second release ($n=400$), the number of territorial individuals increased only slowly, which suggests that the effect of prior residence works between individuals of the first and second release groups.

マダイ *Pagrus major* は沿岸漁業にとって最重要な魚種の1つであり、現在では人工種苗生産技術が確立され各地で盛んに種苗放流が行われている。^{1,2)} 漁港の多面的利用および放流技術を開発する一環として、最近山岡ら^{3,4)}や山田ら⁵⁾が高知県須崎市久通漁港や高知県中土佐町矢井賀漁港内にマダイを放流し、放流後の生態を観察している。その過程で、放流マダイになわばり様行動が見られることが明らかになった。³⁾ なわばりに似た攻撃行動は、幼稚仔保育場^{6,7)}や水槽内⁸⁾でも観察されているが、詳細な研究は未だ行われていない。本研究では漁港内放流個体群に見られたなわばりに類似した行動を、幼稚仔保育場という粗放的な人工条件下で観察し、そこにおけるなわばり様行動の特質を明らかにすることを目的とした。

調査場所および方法

実験は高知県水産試験場前の海面に設置されている築堤式養魚施設である幼稚仔保育場（以下粗放池）で、予備調査を含めて1990年8月6日から11月30日まで行った。本研究では、東、中央、西の3面より構成されている粗放池の内、中央の南北32m、東西45mのもの

を使用した。この粗放池の西端から10mの所に南北に網を張り、10×32mの観察区を設定した。この観察区の南北両端各1mを除く全面を1辺2mの正方形に区切り、75個のコドラートを設置した。この他、南北両端には1×2mの長方形のコドラートを各5個設置した。コドラート内には市販されている人工アマモ（マリーロン）、ろ過材、建材用ブラックを適当に配置した（Fig. 1）。この粗放池には2個の水門が設置しており、干満の差によりこの水門を通して海水の交換が行われる。観察時の水深は、最大で約90cm、最小で約60cmであった。底質は浦の内湾から客土した海砂である。放流2日前の干潮時に水門を開け、底を露出させることにより、ボラ、クロサギ、シマイサキ、コトヒキ等の他魚種を排除した。観察はマスクとシュノーケルを用い、水面に浮いて体の動きをできるだけ小さくしながら行った。底砂を巻き上げないようにフィンは用いなかった。底にはアオサやアオノリ類が所々に見られた。

実験には高知県栽培漁業センターで生産され、網生け簀で飼育されていた放流用種苗マダイを用いた。放流前に個体識別および1次放流群、2次放流群識別のため、500個体の体側にアオリカの墨または緑色のアクリル

*1 高知大学農学部 (Laboratory of Aquatic Ecology, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan).

*2 高知県栽培漁業センター (Kochi Prefectural Center for Aquaculture, Susaki, Kochi 785-01, Japan).

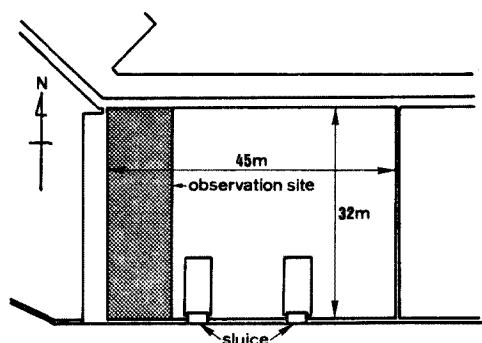


Fig. 1. Artificial nursery ground used in the experiment. Shaded arda shows the observation site.

色素を注入した。9月5日に標識個体500尾(平均全長100.5mm)を放流し、9月6日から9月17日まで連続して、コドラート内のなわばり様個体数(なわばり様個体とは、他個体がある範囲に接近すると威嚇行動を示し、攻撃を加え、その後元の位置に戻った個体を言う。防衛域の中心にカニ類等の動物が見られないため、山岡ら³⁾の定義によるなわばり類似型個体と見なせる。しかし、今回の調査では観察個体数が多く、摂食地点と攻撃地点を詳しく記録しなかったため、なわばり類似型個体とは一応区別した)を計数した。観察日に6-9個体のなわばり様個体について、2分間の遊泳軌跡、他個体を排除した位置、摂食場所等を記録した。

9月21日に標識放流マダイを陸上水槽に取り上げ、

そのうち400尾を9月23日に1次再放流群(平均全長99.5mm)として再び放流した。網生け簀で飼育されていた無標識個体400尾(平均全長112.5mm)を、10月1日に2次放流群として粗放池に放流し、1次再放流群と2次放流群のなわばり様個体数を10月5日まで調べた。なわばり様個体の計数は、午前10時頃から午後1時頃まで、個体別の2分間の観察は、午後2時頃から5時頃まで行った。実験期間中給餌は一切行わなかった。

結果および考察

なわばり様個体数の経日変化と分布 9月5日の1次放流1時間後には、2-3の大きな群れを形成し池内を回遊しているのが陸上から観察された。なわばり様個体の存在は確認できなかった。放流1日後(9月6日)の水中観察時には、なわばり様個体の出現が確認された。1日後から12日後まで、なわばり様個体数は日数の経過にともない増加傾向を示し、なわばり様個体の見られないコドラート数は減少した(Figs. 2, 3)。放流後2日目になわばり様個体が中央部壁際付近に多数出現したが(Fig. 2)、この原因は現在のところよくわからない。放流後の日数に対するなわばり様個体数の関係を回帰式により求めたところ、 $Y=31.29+8.19X$ 、相関係数 $r=0.87$ となり、両者間には正の相関が認められた。しかしこの直線的関係が認められるのは、少なくとも放流初期のみであり、実際には曲線的な関係にあり、なわばり様個体数の上限は100-150レベルで安定するものと推測される(Fig. 3)。

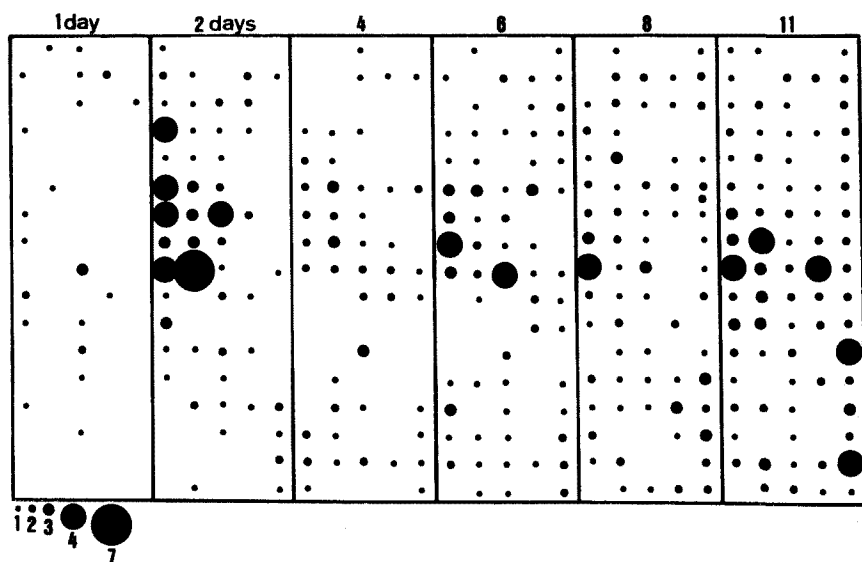


Fig. 2. Distribution pattern of territorial 1st released individuals in the observation site. Solid circle shows the number of territorial individuals in each quadrat (4 m²).

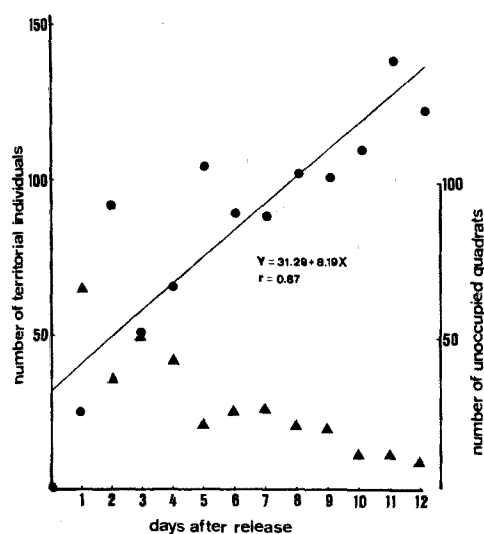


Fig. 3. Relation between days after release and number of territorial individuals (solid circle) and unoccupied quadrats (triangle) in the observation site at 1st release.

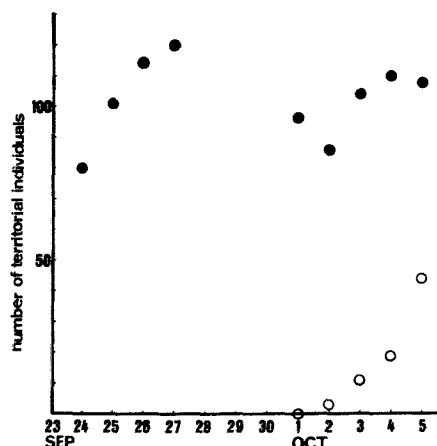


Fig. 4. Change in numbers of territorial individuals between the 1st re-release (solid circle) and 2nd release (open circle).

陸上水槽に2日間取り上げた後、9月23日に1次再放流個体として放流した400個体では(Fig. 4)、1次放流500個体の際(Fig. 3)と比較してなわばり様個体数の増加は急激であった。1次再放流群に認められた放流初期における急激ななわばり様個体数の増加は、1次再放流個体の一部が取り上げ前になわばり様行動を記憶し、再放流後速やかに同行動を示したためと考えられる。その後2次放流が行われた当日(10月1日)と翌日には、なわばり様個体数は100以下に減少した(Fig. 4)。

粗放池をFig. 5のように、平面区、壁際区、ろ過材

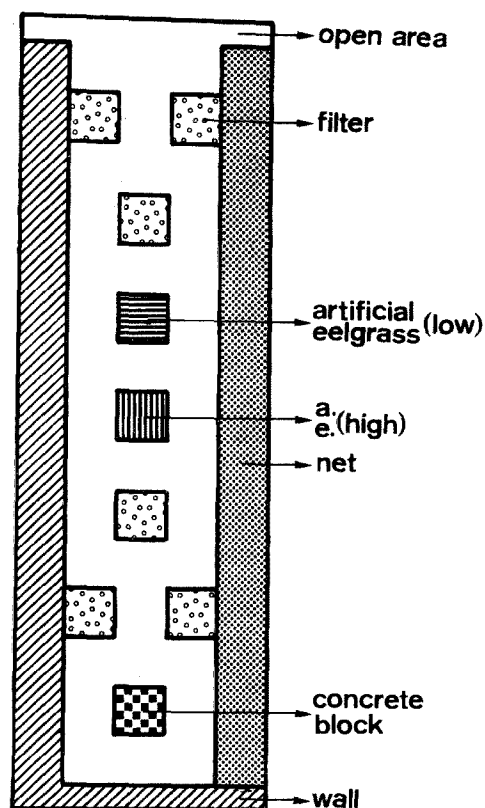


Fig. 5. Classification of habitats in the observation site.

区、網際区、人工アマモ(高)区、人工アマモ(低)区、ブロック区に区分し、各区のなわばり様個体数密度を求め、平面区とその他の区との12日間の平均値をMann-WhitneyのU検定を用いて比較した。その結果、壁際区と人工アマモ(高)区では平面区より密度が高いのに対して、ろ過材区とブロック区では密度が低く、網際区と人工アマモ(低)区では有意差は認められなかった(Table 1)。山田*は漁港内放流時に、砂底域ではガラモ周辺域でマダイの分布密度が高かったとしている。放流マダイは、少なくとも砂底域では岩、壁際、藻類等、水中の高い構造物の近くに多く出現する傾向があるのかも知れない。

行動分析 1次放流後12日間のなわばり様個体の2分間の摂食回数、移動距離、攻撃回数、防衛域面積について、これらの1日の平均値(6-9個体)と放流後の日数との関係を調べた(Table 2)。攻撃回数と防衛域面積では、両者間に強い正の相関が認められた。一方、摂食回数と移動距離では、両者間には強い相関は見られなかった。

* 山田徹生：未発表

Table 1. Correlation between density of territorial individuals in open area and that of other habitats (/1 m²)

	Wall	Artificial eelgrass (high)	Filter	Concrete block	Artificial eelgrass (low)	Net
	$\bar{x} \pm SD$ =0.40±0.14 (0.11–0.53)	$\bar{x} \pm SD$ =0.67±0.19 (0.50–1.00)	$\bar{x} \pm SD$ =0.17±0.09 (0.04–0.33)	$\bar{x} \pm SD$ =0.08±0.12 (0–0.25)	$\bar{x} \pm SD$ =0.35±0.25 (0–0.25)	$\bar{x} \pm SD$ =0.26±0.16 (0.02–0.33)
$x \pm SD$ =0.26±0.08 (0.07–0.37)	$z=2.52$ *	$z=3.72$ **	$z=2.43$ *	$z=3.16$ **	$z=0.41$ ns	$z=0.09$ ns

*, ** Significant differences were found at $p < 0.01$ ($z \geq 2.34$) and $p < 0.001$ ($z \geq 3.09$), respectively, by Mann-Whitney's U test. ns: not significant ($z < 1.61$).

Table 2. Correlations between days after release and feeding rates, cruising distance, attacking rates and cruising area of territorial individuals ($n=6-9$) from 6 to 17 September

	Regression	Significant test of regression coefficient	r	Significant test of correlation coefficient
Feeding rates (/2 min)	$Y=3.31 \pm 0.07X$ ($\bar{x}=3.76$)	ns	0.26	ns
Cruising distance (m)	$Y=13.0+26.3X$ ($\bar{x}=15.6$)	ns	0.42	ns
Attacking rates (/2 min)	$Y=2.12 \pm 0.23X$ ($\bar{x}=3.62$)	*	0.72	**
Cruising area (m ²)	$Y=0.82 \pm 0.09X$ ($\bar{x}=1.40$)	*	0.68	*

*, ** Significant differences were found at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively, by Mann-Whitney's U test.

山岡ら⁹⁾によると、漁港内放流個体群のなわばり類似型個体の防衛域面積は約 10 m² と大きく、今回のなわばり様個体の約 1–2 m² とは顕著な差がみられる。この差の原因は粗放池のマダイの密度が約 1.56/m² と相対的に高密度の状態にあること、外海に面した漁港内とは異なり閉鎖環境であることなどの理由により、その防衛域面積が圧縮されてしまうためと考えられる。また、彼らの観察時間が 5 分間であるのに対し、本研究では 2 分間と短かったことも値が小さくなる原因の 1 つであろう。これらの他、体サイズの違い (63.3 mm³ vs. 100.5 mm) や、餌生物量の多寡が関係していることも推測されるが、詳細は不明である。三村ら⁹⁾ は、幼稚仔保育場でマダイ仔稚魚の行動を観察し、著しく高密度な場合には攻撃行動は発現しない可能性を示唆している。なわばりで有名なアユでは、個体群密度や藻類の量の変動に関係なく、なわばり個体の防衛域面積は約 1 m² であるとされる。⁹⁾ これらのことから、放流マダイに見られるなわばり様行動は、アユのそれとは異なり環境によって変化し得る柔軟性を持ったものと理解できる。

今回防衛域面積が経時的に拡大傾向を示したが、本来なら密度が高くなるに伴い面積は減少するはずである。この逆転現象は、なわばり様個体において個体間関係が

密になり、その結果攻撃などにより行動域が拡大したためとも考えられる。

なわばり様個体の 2 分間の攻撃回数の平均値 (Table 2) を 20 分間あたりに換算し (3.62×10), 山岡ら⁹⁾の Table 1 に示されたなわばり類似型個体の平均値 9.3/20 min と比較すると、今回見られた高密度期におけるなわばり様個体間の密な関係が明確になる。なわばり類似型個体の値よりも、むしろなわばり型個体の平均値 48.0 に近いことがわかる。従って、粗放池のなわばり様個体に見られたマダイ相互間の関係は、漁港内放流群のなわばり類似型よりは、なわばり型個体の他個体に対する関係に近いものと考えられる。

防衛域占有期間 個体識別をしたなわばり様個体に、その防衛域の位置をほとんど変えないものが見られた。陸上水槽に一時的に取り上げ、2 日後に再び放流したマダイのうち、取り上げ前に個体識別をしていた 8 個体中 5 個体を取り上げ前と同一場所に防衛域を占有し、最高では 84 日間 (9 月 6 日～11 月 30 日: 陸上取り上げ期間 2 日間を除く) に達した。このことは、マダイ幼魚が地形を記憶するかなりの能力を有することを示すとともに、順位制により防衛域の占有が順次決められている可能性を残す。

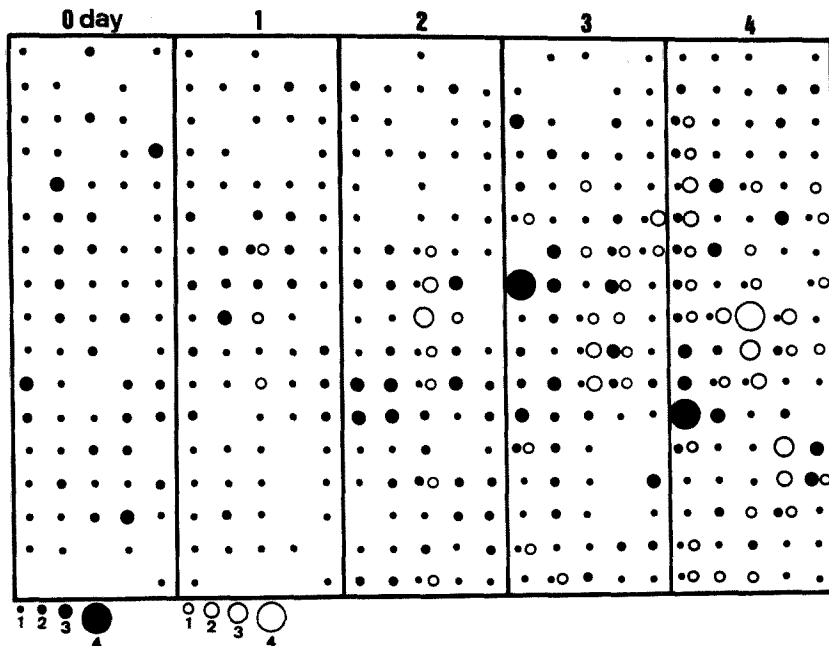


Fig. 6. Distribution pattern of territorial individuals of the 1st re-release (solid circle) and 2nd release (open circle) in the observation site.

今回見られた最高期間 84 日間という値は、漁港内に放流した際のなわばり様個体に見られた最高期間 9 日間⁹⁾と対照的である。この差は、本研究を行った粗放池という閉鎖系の影響によるものと推測される。

放流群間の関係 1次再放流なわばり様個体約 100 尾が分布している粗放池内に、10 月 1 日に 2 次放流群として 400 個体を放流した (Fig. 4)。放流直後の観察では、2 次放流個体は群れで行動し、1 次再放流なわばり様個体は防衛域に侵入してきた群れを盛んに攻撃した。2 次放流のなわばり様個体は中央部付近に放流 1 日後から小数出現し始め、日数の経過に伴いその数は増加した (Fig. 6)。

1 次再放流群のなわばり様個体数は、2 次放流時の 10 月 1 日と 2 日に 100 以下に減少するが、これは 2 次放流個体が群れで行動するためそれらを攻撃しきれなくなったか、あるいはそれに誘発されて群れに入ってしまった不安定ななわばり様個体が出現したためであろう。

1 次放流群 (Fig. 3) と 2 次放流群 (Fig. 4) のなわばり様個体数の経日変化には大きな差が見られた。先住個体のいない 1 次放流群で増加率が高く、1 次再放流群という先住者のいた 2 次放流群では低かった。この結果は、1 次再放流群の存在が、空間占有を介して 2 次放流群に対して先住効果を発揮したのと考えられることができる。しかし、放流後 3 日目から 4 日にかけての 2 次放流群

のなわばり様個体数の増加率は、先住個体がいるにもかかわらず高い (Fig. 4)。各放流群の全長を比較すると 2 次放流群が大きく、さらに網生け簀で放流直前まで飼育されていたため、栄養状態も良好だったと推察される。2 次放流群は以上の有利さを利用し、先住効果を克服しつつあったと考えることもできる。

山田⁹⁾は漁港内にマダイ人工種苗を複数回放流し、放流群間の関係を調べ、先住効果と考えられるものの存在を確認している。この他、天然マダイ稚魚¹⁰⁾や人工種苗放流マダイ¹¹⁾でも、漁具による再捕調査などにより先住効果の存在を示唆する結果が得られている。これらの実験的および野外での知見を総合すると、天然域のマダイ個体群においても着底期等に先住効果が機能している可能性が強いものと考えられる。今後、天然の比較的閉鎖的な海域にマダイを複数回放流する場合、先住効果を考慮に入れ放流場所、放流尾数、放流回数を決めるべきであろう。

本研究は財団法人漁港漁村建設技術研究所より研究助成を受けたことを付記し、謝意を表します。

文 献

- 1) 榎原久幸: 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. 106-126.
- 2) 増殖場造成計画指針編集委員会: 増殖場造成計画指針マダイ・

- イセエビ編. 全国沿岸漁業振興開発協会, 東京, 1988, pp. 117-168.
- 3) 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).
 - 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種苗マダイ幼稚魚放流後の分布および個体数変化. 日本誌 (投稿中).
 - 6) 三村 元, 吉本 悟, 斎藤新一, 林 知夫, 高橋正雄: 粗放的育成池におけるマダイ仔稚魚の生態観測. 広大生物生産紀要, 23, 95-119 (1984).
 - 7) 福原 修: 昭和54年度南西水研栽培漁業関連調査報告, 1-26 (1980).
 - 8) 山下金機: マダイ養殖の基礎的研究 I, 稚仔の行動について. 水産増殖, 11, 189-203 (1963).
 - 9) 川那部浩哉: 川と湖の生態学. 講談社, 東京, 1985, pp. 76-114.
 - 10) 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).
 - 11) 傍島直樹, 宗清正広, 船田秀之助: 阿蘇湾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- (1986).