Nippon Suisan Gakkaishi 61(4), 499–504 (1995)

愛媛県室手湾におけるチダイ幼稚魚のなわばり行動*1

工藤孝也，山岡耕作

(1994年5月18日受付)

Territorial Behaviour of Juvenile Crimson Sea Bream *Evynnis japonica* at Murote Cove in Ehime Prefecture

Takaya Kudoh*2 and Kosaku Yamaoka*2,3

Behavioural characters of the juvenile crimson sea bream, *Evynnis japonica*, were studied in a nursery ground by scuba diving observation in the summer, 1993. Two distributional types were distinguished: solitary and aggregation. Every solitary individual formed a feeding territory and showed strong aggressive behaviour toward conspecifics and juveniles of goat fish, but the behaviour toward a closely related species, *Pagrus major*, was not so strong as toward conspecifics. It was suggested on the basis of the observation of their behaviours in the field that the interrelationships between juveniles of *E. japonica* and *P. major* are not so intimate as have been supposed and their competitive interaction is not strong.

キーワード：チダイ幼稚魚，なわばり行動，種間関係

チダイ *Evynnis japonica* はマダイ *Pagrus major* とともに沿岸漁業の重要魚種の一つであり，[1] 内湾域や砂浜外海域などの浅海成育場において幼稚魚期を送ることが知られている。[2-4] 本種の産卵期は秋期であるため，[5] 春期に産卵期を有し[6]同様の環境下に遅れて加入するマダイとは競合関係にあると推測されてきた。[7-9] しかし，天然海域におけるチダイ幼稚魚の生態に関する研究は，摂餌日周期性[10]や摂食生態[1]に関するものが見られるのみで，行動面を含むマダイとチダイの相互関係の潜水による調査はほとんど見られない。一方，人工種苗放流マダイ[11,12]や天然マダイ幼稚魚*4においてなわばり様の行動が観察されているため，環境収容力を考慮に入れたマダイの放流技術を確立するためには，放流域における近縁種のチダイ幼稚魚との行動面を含む種間関係も十分理解しておく必要がある。本研究では愛媛県南宇和郡に位置する小内湾域において，チダイ幼稚魚の分布様式，なわばり行動およびマダイ幼稚魚をはじめとする他魚種との相互関係を明らかにすることを目的とした。

調査場所と方法

調査は愛媛県南宇和郡御荘町室手湾（北緯33°00′，東経132°30′）において，1993年7月7日から7月18日（第1回観察期間），および7月31日から8月7日（第2回観察期間）までの間行った。室手湾は県南西部に位置し湾口約500 mの小規模かつ開放的な湾で，黒潮の影響を比較的強く受けた魚類相を持ち，[13] チダイ幼稚魚の主な餌料の一つ[1]であるヨコエビ類にも富む。[14] 本湾の南西域の水深約7～10 mの海底に50 m×50 mのコドラートを設け，更にその内部にそれぞれ10 m間隔でセンサスロープを北東方向に4本，距離の目安とするロープを南西方向に2本設置し調査域とした。調査域の底質および植生は細砂帯（60%），アマモ帯（17%），粗砂帯（16%），ヒルモ帯（5%），転石帯（2%）であり，調査期間を通じて大きな変化は見られなかった。

潜水観察は調査域の一部に設けた小観察域（以下Site Aとする）と調査域全体において行った。Site Aの底質は主に細砂であったが，一部粗砂混じりの細砂帯やホンダワラ類の小規模に存在する場所も見られた。Site Aの面積は約48 m^{2}であり，升目状に2 m間隔に目印をつけた釘を砂中に打ち込み距離の目安とした。

調査域内の個体数を把握するために，3日毎に16：

*1 本研究の大要は平成6年度日本水産学会春季大会で発表した。
*2 高地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, Japan).
*3 現所属：高知大学海洋生物教育研究センター（Usa Marine Biological Institute, Kochi University, Tosa, Kochi 781-11, Japan).
*4 末友浩一，山岡耕作，谷口順彦：平成6年度日本水産学会春季大会講演要旨集，1994, p. 129.

00～17：00 間のセンサスラインの左右各 2 m に出現した個体を目視により計数をするとともに，観察された場所の底質および植生の種類を記録した。センサスラインの左右には単独で出現し計数が容易な個体（以下，単独型個体とする）のほかに，海底から約 1～4 m 層に個体数が 3 個体から数百個体，主に十個体に達する集団を形成する個体が見られることもあった。これら集団を形成する個体は相互誘因性が存在しないわけではないが，あまり統一的行動をとらなかったので“群がり”[15]と考えられた（以下，群がり型個体とする）。群がり型個体の計数に際して，3 個体以上 20 個体未満のときはできる限り正確に計数し，個体数がそれ以上の際は 10 あるいは 100 単位でおよその計数を行った。これら個体がライン左右各 2 m を超えて分布する場合もあったが，その約 30% 以上がその領域の一部に存在するときはすべてを，それ以下のときは領域に存在する個体のみを計数の対象とした。

Site A 内のチダイ幼稚魚のうち，吻部，頬部に見られた色素の特徴および体長により 2 個体，ポスターカラーの皮下注射により 1 個体，計 3 個体については個体識別を行った。Site A に出現した識別魚 3 個体を含む 5～7 個体はすべて単独型個体であった。13：00～16：00 までの間 Site A に出現したすべての個体について，遊泳軌跡（トレース），さらに接近してきた同種および他種個体に対する反応について記録した。同種および他種個体に対する反応は，観察個体に最低約 50 cm まで接近したとき示した反応とした。観察は原則として 1 個体につき各 10 分間 2 回，延 129 個体について行った。Site A 内にはチダイやマダイ幼稚魚の他に，クロサギ，ヒメジ科幼魚，ダルマガレイ類，カワハギなどの魚類が出現したがデータ処理に際し，出現頻度が低かったカワハギ，ササノハベラ，ダルマガレイ科魚類等の魚種については，特に種を区別せず“他魚種群”とした。またヒメジ科の幼魚は数種出現したが，同様に種は区別せず“ヒメジ科幼魚”とした。

Site A 内の単独型個体は，砂底をつつく摂食行動を断続的に繰り返しながら，その間接近してくる同種および一部他種個体に対して攻撃的な排他的行動を示し，一定の場所に占有域を形成した（Fig. 1）。この行動はある空間を防衛するという意味で Noble[*5] のなわばりの定義に合致し，そのなわばりの種類は繁殖と無関係に食物を保証する F 型の採食なわばり[16]と考えられる。したがって，単独型個体はなわばり個体とすることができる。

なわばり個体の行動圏面積は遊泳軌跡の最も外側の点を結ぶ最少多角形の面積とした。したがって，なわばりは行動圏内側に，より小さな面積域として存在することになる。また，なわばり個体の他個体との接触地点が行動圏外縁か内側かは，以下のように定義した。接触地点が，前述の最少多角形の頂点あるいは各辺付近に存在する場合は外縁で接触したものとし，それ以外は内側で接触したものとみなした。

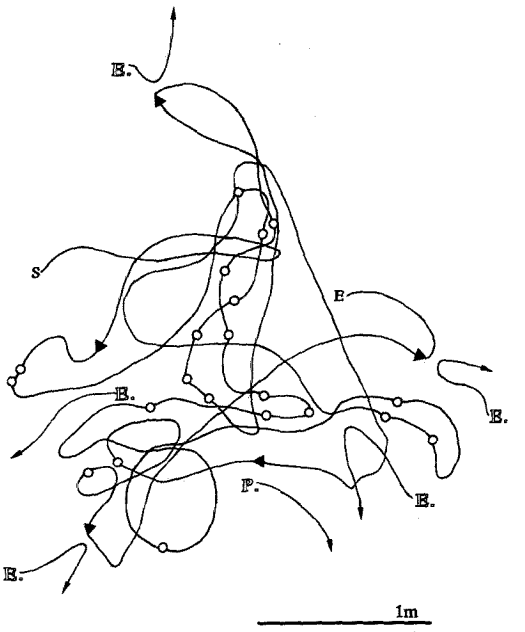


Fig. 1. Swimming routes, feeding points (open circles) and sites of interactions of a juvenile *E. japonica*, based on 10 min tracking.
Short lines with an arrow show escape routes of intruding *E. japonica*, (E.) and *P. major* (P.). Solid triangles show points where aggressive behaviour took place. *S* and *E* show points of start and end of observation, respectively.

観察時期のチダイ幼稚魚の体サイズ範囲を把握するために，7 月 8 日および 8 月 2 日の両日刺網を使用しサンプリングを行った。第 1 回サンプリング個体については捕獲後直ちに水中において尾叉長を測定し，第 2 回サンプリング個体については 10% 海水ホルマリンで固定後，後日実験室において同様の測定を行った。

結　果

分布様式別個体数の変動　調査域に出現したチダイ幼

*5 伊藤嘉昭：比較生態学，第 2 版，岩波書店，1978，東京，pp. 168–169.

稚魚には，単独で分散して生息する単独型個体（solitary type）と海底から約1～4 m層に集団で存在する群がり型個体（Aggregation type）の2分布様式が観察された。単独型個体は，通常海底から約10 cm以内の層を遊泳し砂底をつつく行動を示したが，時折海底から約1～2 m浮上して浮遊物をつつくような行動も見られた。単独型個体の浮上は各個体独立して起こり，一斉に起こることはなかった。観察中，約1～4 m層で浮遊物をついばむような行動をとる群がり型個体に，一時合流する単独型個体もわずかに見られた。群がり型個体は常に海底から約1～4 m層を遊泳し，浮遊性餌生物を摂食するような行動が観察された。群がり型個体が海底直上付近に存在したり，砂底を集団でつつくような行動は一度も観察されなかった。

7月7日から7月18日および7月31日から8月7日まで1ケ月間の1 m²当りの個体数の変動をFig. 2に示した。単独型個体では平均0.020個体/m²（Mean±SD；0.020±0.005）となり，変動幅は小さく安定傾向を示した。一方，群がり型個体は個体数の変動が激しく，7月13日に前半の最大値0.086個体/m²を，8月3日に後半の最大値0.054個体/m²を示し，その間の最低個体数は7月31日の0.007個体/m²となった。サンプル測定の結果，チダイ幼稚魚の尾叉長範囲は85.59±5.18 mm（Mean±SD；N=33）となり，観察時期の調査域内の幼稚魚のサイズは約80から90 mmと考えられた。

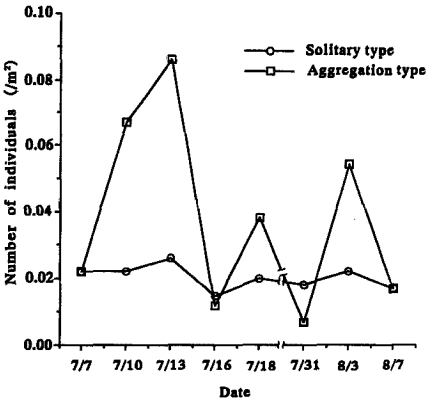


Fig. 2. Change in density of juvenile individuals of *E. japonica* in the study area.

底質および植生別出現頻度　単独型個体と群がり型個体の出現した底質および植生を調べたところ，その選択性に差異が認められた（Fig. 3）。単独型個体はヒルモ帯，細砂帯，粗砂帯，アマモ帯，転石帯に出現したが，特にその中でもヒルモ帯（53.4%）と細砂帯（21.7%）に高頻度で見られた。一方群がり型個体は転石帯，アマモ帯，ヒルモ帯，細砂帯，粗砂帯に分布したが，特に転石帯（71.8%）とアマモ帯（15.2%）に高頻度で見られた。

なわばり防衛行動と防衛域占有期間　Site A内には観察期間を通じて5～7個体のなわばり個体が常に観察された。これらなわばり個体では，接近した同種および他種個体に対する攻撃的な排他的行動（aggressive behaviour）の他に，他のなわばり個体や他種個体の攻撃や接近からの逃避行動（escape）も観察された。また同種および他種個体の接近に対して無関心（unconc-

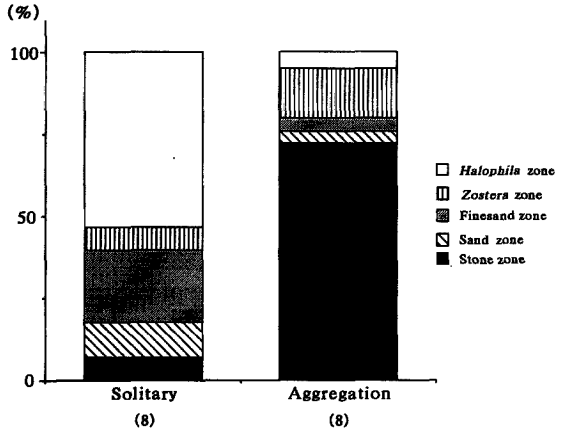


Fig. 3. Rates of substrata observed for solitary- and aggregation-type individuals of juvenile *E. japonica*. The number of observations is in parenthesis.

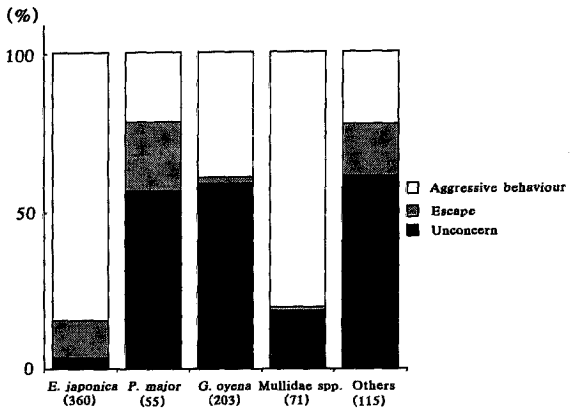


Fig. 4. Rates of behavioural patterns observed in territorial individuals of juvenile *E. japonica* toward intruding fishes in Site A.
The number of encounters is in parenthesis.

ern）な場合も見られた。

Site A 内に出現した3個体の個体識別魚を含むすべてのなわばり個体について，10分間当りの各魚種や分類群に対する行動様式を調べた（Fig. 4）。同種個体およびヒメジ科魚類幼魚に対する攻撃的な排他的行動は，それぞれ 84.7%, 80.3% と非常に高い割合を示した。一方，近縁種であるマダイ幼稚魚やクロサギに対しては，それぞれ 21.8%, 39.4% と低い割合を示した。カワハギ，ササノハベラ，ダルマガレイ科魚類といった他魚類種群に対しても 22.6% と低かった。各魚類および分類群の攻撃や接近に対する逃避行動は，マダイ幼稚魚（21.8%），他魚種群（16.5%），チダイ幼稚魚（11.9%）に対しそれぞれ相対的に高い割合でみられた。各魚種および分類群の接近に対しての無関心な反応は，それぞれ他魚種群（60.9%），クロサギ（58.6%），マダイ幼稚魚（56.4%）に対し高い割合となったが，同種個体に対しては最も低かった（3.3%）。

チダイなわばり個体は近縁種であるマダイ幼稚魚よりも同種個体に対してより頻繁に排他的行動を行う傾向が見られた（Fig. 4）。しかし，Site A 内に出現したマダイ幼稚魚の個体数は2個体前後で，チダイ幼稚魚に比べ明らかに少なかった。チダイなわばり個体の両種に対する接触頻度に差が生じ，その結果行動様式に影響がある可能性も考えられる。そこでチダイなわばり個体と侵入個体が接触した地点を，行動圏外縁周辺とそれより内側に区別しその割合の比較を行った（Fig. 5）。なわばり個体はチダイ他個体とは行動圏の外縁周辺で非常に高い割合（89.0%）で接触したのに対して，マダイ幼稚魚とは行動圏の内側で高い割合（75.0%）で接触を行った。

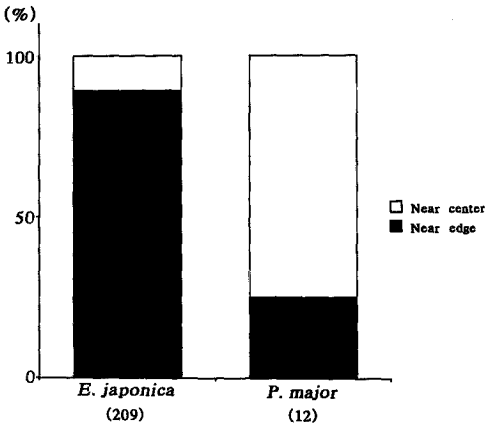


Fig. 5. Rates of contact points (near center or edge of their home range) where territorial behaviour was performed by juvenile *E. japonica*.
The number of encounters is in parenthesis.

3個体の個体識別魚（E-1～E-3）が行動圏を形成した場所は，両観察期間を通じてほぼ一定であった（Fig. 6）。防衛域を含む行動圏が形成された場所はわずかに起伏の見られる砂底域で，その中心付近に特別な構造物はなにも見られなかった。3個体のうち E-1 と E-2 については，第1回観察期間より第2回観察期間の行動圏面積の方が有意に大きくなったが（Mann-Whitney の U 検定；$P<0.01$），E-3 では両期間の値に有意な差は見られなかった（Table 1）。防衛域形成期間は，E-1

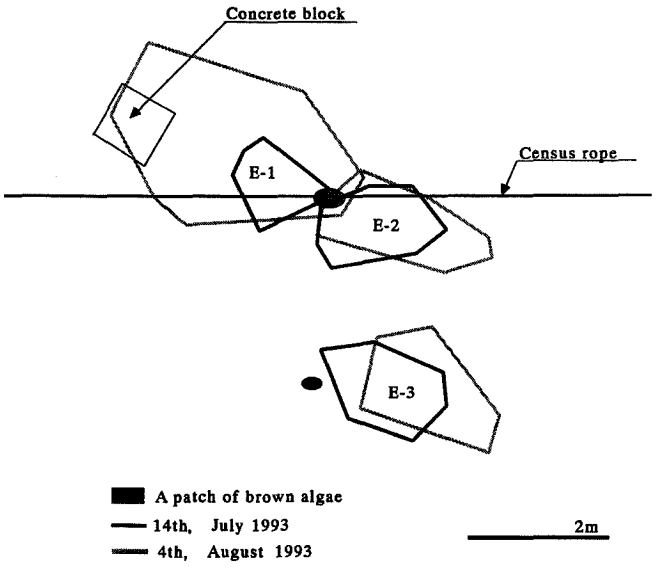


Fig. 6. Home range size and distribution of three individuals of juvenile *E. japonica* in Site A.

Table 1. Home range size of 1st (11th～18th July) and 2nd (31st July～6th August) observation periods of each individual

Individual	Home range size (m^2)		
	1st		2nd
E-1	5.12±1.37(n=7) (3.61–6.91)	**	12.07±2.98(n=6) (8.50–16.88)
E-2	4.72±1.23(n=10) (2.57–6.45)	**	7.41±1.75(n=7) (4.68–9.70)
E-3	9.04±2.66(n=7) (5.90–14.04)	ns	7.41±0.86(n=7) (6.28–9.04)

** Significant differences were found between two observation periods at $P<0.01$ by Mann-Whitney's U test. ns: not significant. Means are followed by SD. Ranges are in parentheses.

が7月11日から8月5日までの間（8月6日にはSite Aで発見できなかった），E-2とE-3が7月12日から8月6日までの25日間であった。

考　察

本研究により，チダイ幼稚魚には単独型と群がり型の2存在様式が認められることが明らかとなった。山田ら[17]は，漁港内に放流された人工種苗マダイにおいても同様の存在様式を確認している。室手湾の天然マダイ幼稚魚でも，単独型と群がり型が観察されている。*4

存在様式別に両種の個体数変動を比較すると，チダイ群がり型個体では変動が大きいのに対し，単独型個体は安定傾向を示した（Fig. 2）。人工種苗放流マダイでも同様の傾向が認められ，[17] 両種間に類似性のあることがわかる。単独型個体の個体数が安定傾向を示す原因は，チダイ同様マダイ単独型個体がなわばりもしくはなわばり様の行動を示し，[11] ある面積内に防衛域を有することのできる個体が制限されるためと考えられる。このことはマダイについての幼稚仔保育場における実験でも確かめられている。[12] このようにチダイとマダイの存在様式を比較すると，両種間に類似性があるのがわかる。さらに浅海成育場における両種幼稚魚の食物組成は極めて類似し，その結果食物をめぐって厳しい競合関係にあると言われている。[7-9] このように存在様式や食物組成の類似性から考えると，同所的に出現する場合両種間には強い排他的関係が生じることが予測される。

しかし，チダイ幼稚魚なわばり個体の，両種に対するなわばり防衛にともなう排他的行動の特徴を比較すると，上述した予測は現実に合致しないことがわかる。チダイ幼稚魚なわばり個体は，同種他個体に対しては強い排他的行動を示したのに対し，マダイ幼稚魚に対しては排他的行動よりむしろ無関心の割合が高かった（Fig. 4）。さらになわばり個体の同種他個体との接触地点はなわばり外縁付近であるのに対して，マダイ幼稚魚に対してはなわばりの中心付近まで侵入を許すことが多く（Fig. 5），両種への対応に明確な質的差異が認められた。これらのことはチダイなわばり個体が，同種とマダイ幼稚魚を区別し，なわばりを防衛していることを示している。両種間の同様な関係は，マダイ幼稚魚を中心に観察した場合にもみられ，室手湾のマダイ幼稚魚なわばり個体のチダイに対する攻撃率は相対的に低くなった。*4 行動面から見たこれらの事実は，実際には両種が考えられていた程厳しい競合関係にはない可能性を示す。

両種間の競合関係をさらに和らげる要素として，両種単独型個体の底質および植生の選択性の相違が考えられる。高頻度で出現した底質および植生が，チダイ幼稚魚ではヒルモ帯および細砂帯である（Fig. 3）のに対し，マダイ幼稚魚ではガラモ帯およびアマモ帯であった。*4 これは同所的に両種が存在する場合，生活資源をめぐる競合関係が生じる前に微小生息場所をすみわけた可能性が考えられる。しかし，この現象が2種本来の底質および植生の選択性によるものなのか，あるいは相互関係の結果を示す分布かどうかは現在のところ不明である。今後，マダイ幼稚魚が浅海成育場に加入する春期から秋期にかけて連続的な観察と除去実験を行い，これらの点を検証する必要がある。

謝　辞

本研究を行うに当り適切な助言を頂いた本学教授谷口順彦博士に謝意を表します。室手湾での野外調査に快く協力していただいた本学修士課程末友浩一氏と，愛媛大学理学部助教授柳沢康信博士ならびに愛媛大学海洋研究所 UWA の研究員諸氏に深謝します。本研究の一部は，水産庁健苗育成技術開発事業による補助を受けた。記して謝意を表します。

文　献

1) 木曾克裕：平戸島志々伎湾におけるチダイ当歳魚個体群の摂餌生態．西水研研報，**56**, 15–26 (1981).
2) 角　健造，大内康敬，高木良助：マダイ幼魚採集漁業の管理Ⅲ，昭和50年度における漁業管理の概要について．昭和50年度福岡水試業務報告，12–17 (1977).
3) 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).
4) 小嶋喜久雄：油谷湾のチダイについて．昭和51年度漁業資源研究会会議西日本底魚分科会会議報告，11–20 (1980).
5) S. Mio: Maturity of red sea bream *Evynnis japonica* TANAKA. *Rec. Oceanogr. Works Japan*, Spe. **6**, 21–30 (1962).
6) 山口正男：タイ養殖の基礎と実際，第1版，恒星社厚生閣，東京，1978, pp. 17–52.
7) 最首光三：ポピュレーションと種苗放流，「増殖技術の基礎と理論」（日本水産学会編），恒星社厚生閣，東京，1977, pp. 20–31.
8) 大森迪夫：油谷湾におけるマダイ幼稚魚と他魚種との間の食物及び生息場をめぐる関係．西水研研報，**61**, 245–256 (1984).
9) 花渕信夫：油谷湾におけるマダイ幼魚の分布．西水研研報，**54**, 79–91 (1980).
10) 冨山　実，首藤宏幸，畔田正格，田中　克：志々伎湾におけるチダイ当歳魚の摂餌日周期性と日摂食量．日水誌，**51**, 1619–1625 (1985).
11) 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).
12) 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．日水誌，**58**, 175–180 (1992).
13) 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：ラインセンサス法による宇和海内海湾の浅海魚類相の比較的研究．魚類学雑誌，**141**, 195–205 (1994).
14) 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).
15) 山田常雄，前川文夫，江上不二夫，八杉竜一，小関治男，古谷雅樹，日高敏隆編：生物学辞典，第3版，岩波書店，東京，1983, p. 1272.
16) 伊藤嘉昭：比較生態学，第2版，岩波書店，東京，1978, pp. 186–244.
17) 山田徹生，山岡耕作，谷口順彦：小漁港における人工マダイ幼稚魚放流後の行動，分布および個体数変化．日水誌，**58**, 611–617 (1992).