飼育照度の異なる人工マダイ稚魚の放流直後の行動

山田 徹生,^{a*} 加治 俊二,^b 渡辺 税,^c 長谷川恵美子, 福永辰廣^d

(2002年8月5日受付, 2003年10月31日受理)

佃水産総合研究センター伯方島栽培漁業センター

Behavior of two types of hatchery-raised 0-group red sea
bream after release in Hiuchi-nada, Seto Inland SeaTETSUO YAMADA,^{a*} SHUNJI KAJI,^b MITSUGI WATANABE,^c
EMIKO HASEGAWA AND TATSUHIRO FUKUNAGA^d*Hakatajima Station, National Center for Stock Enhancement, Hakata, Ehime 794-2305, Japan*

After their release into natural waters at a small inlet in the Seto Inland Sea, two groups of juvenile red sea bream, *Pagrus major*, reared under either low- or high-intensity light were studied to clarify changes in behavior and population size. Released fish showed two behaviors: aggregation and solitary. The low-intensity light group showed predominance over the high-intensity light group both in the number of solitary individuals and the spatial distribution area in the small inlet. Differences in these characters between the two rearing groups caused differences in the number of individuals able to win territories in the process of behavioral shift from aggregation to solitary type during 4–5 days after release.

キーワード：種苗性, マダイ稚魚, 飼育方法, 放流実験, 潜水観察, 行動

栽培漁業の推進にともない, マダイ *Pagrus major* 稚魚の生態や放流効果に関する本格的な研究が始まり,^{1–9)} また放流用種苗の質的な側面である種苗性も放流効果を左右する重要な要因として注目されるようになった。^{10–18)} しかし, 種苗性の違いに由来する放流後の減耗の実態を定量的に評価した事例はまったくみられなかった。この原因として, 天然海域で種苗性を比較する調査法が確立されておらず, 特に生態を知る上で最も重要と思われる行動に関する知見の少なさが指摘されてきた。¹⁹⁾

その後, 1990年代から, 天然海域でみられる人工, 天然マダイ稚魚の行動や生態についての具体像が明らかにされ始め, 特にマダイ稚魚期に特有の生態形質として縄張り行動が注目されるようになった。^{20–25)} 縄張り形成

個体数を指標として, マダイ稚魚の行動に及ぼす標識装着の影響,²⁶⁾ 尾部骨格の形態異常の影響²⁷⁾ や, 天然海域に設置された人工構造物へのマダイ稚魚の蛸集効果²⁸⁾ などが評価されている。本研究では, 放流直後のマダイ稚魚の環境への順応過程について, 群がり型から単独型への移行過程^{21,22)} を把握し, このような移行過程における中間育成時の飼育照度の異なる2つの育成群の行動様式および個体数変化について比較したので報告する。

材料と方法

供試魚の中間育成と放流 日本栽培漁業協会伯方島事業場(現, 水産総合研究センター伯方島栽培漁業センター)で種苗生産し中間育成した種苗を供試魚とした。

* Tel: 81-193-63-8121. Fax: 81-193-64-0134. Email: tyamad@affrc.go.jp

^a 現所属: 佃水産総合研究センター宮古栽培漁業センター (Miyako Station, National Center for Stock Enhancement, Miyako, Iwate 027-0097, Japan)

^b 現所属: 佃水産総合研究センター志布志栽培漁業センター (Shibushi Station, National Center for Stock Enhancement, Shibushi, Kagoshima 899-7101, Japan)

^c 現所属: 佃水産総合研究センター宮津栽培漁業センター (Miyazu Station, National Center for Stock Enhancement, Miyazu, Kyoto 626-0052, Japan)

^d 現所属: 佃水産総合研究センター栽培漁業部 (Fisheries Stock Enhancement Department, National Center for Stock Enhancement, Chiyoda, Tokyo 101-0047, Japan)

1994年6月20日、平均全長31.1 mm (SD=3.2 mm) の種苗を陸上水槽から海上の小割り網 (5×5×2 m) に沖出しし中間育成した。7月11日に平均全長50.8 mm (SD=4.0 mm) の種苗を対照群と実験群に計数選別した。放流輸送前日の7月31日までの21日間、800個体/m³の飼育密度で育成した。

種苗性を高める方法として、1993, 1994年に日本栽培漁業協会伯方島事業場と同百島分場 (現、水産総合研究センター百島栽培漁業センター) において開発された低照度育成手法¹⁸⁾を採用し、低照度育成区 (以下、実験群) と通常照度育成区 (同、対照群) の2群の育成を行った。低照度育成手法は、高い飼育密度でも低照度条件で中間育成することにより、逃避や摂餌に重要な遊泳力が向上し、代謝が低くエネルギー効率の高い種苗が得られるなど、種苗性を高められる点が実験的に明らかにされている。¹⁸⁾ 実験群は生簀上面を2重の90%遮光幕で完全に覆い、日中の表面照度が約50 luxを上回らないように調節した。対照群は照度調節を行わず、自然の照度 (800~7,800 lux) とした。配合飼料の給餌作業時は遮光幕を開放した。比較育成終了時の全長は、対照群69.1 mm (SD=7.4 mm), 実験群68.8 mm (SD=5.0 mm) であった。

対照群、実験群各8,200個体を放流試験に供試した (Table 1)。放流後の潜水目視観察で2放流群を識別するため、7月23日に行動形質に影響が少ないとされるイカ墨による外部標識^{26,29)}を対照群の全数に装着した。8月1日13時25分から14時25分の間に、すべての種苗を小型船により愛媛県伯方島金崎地先の調査区域中央部 (Figs. 1, 2) に固定した網生簀1面 (5×5×2 m) に輸送し、2つの育成群を網生簀に混合して収容した。8月2日14時20分、網生簀を静かに開放し1ヶ所に同時放流を行った (Fig. 2)。放流地点の水深は4~5 m であった。

潜水調査 放流に先立って、7月7日に放流調査海域に2 mごとに目印を付した約100 mのロープ4本を、10 m間隔で岸から沖側に向けて平行に海底に固定し、観察ラインを設置した (Figs. 1, 2)。

7月16日と7月28日にスキューバダイビングにより

観察ラインに沿って、観察ライン上の全195区画 (1区画2 m×2 m=4 m²) に関して海底の地形および植生を耐水ペーパーに記録し、この記録をもとに調査区域図を作成した (Fig. 2)。海底は、主に砂利、砂、および泥で構成され、センサスロープA, Bに沿ってアマモ類等の海藻・草類が比較的広範囲に繁茂していた。

放流マダイ稚魚の調査はすべてスキューバを用い、ラインセンサス法により行った。個体数分布調査 (センサス) は、8月2~11, 14~18日の期間毎日行った。センサスは日中の主として午後に行い、1回のセンサス当たり約1時間を要した。全調査期間にわたり潜水観察は全て山田が行った。センサスでは目視により海底に固定したセンサスロープの左右各1 m以内 (合計2 m×390 m) にみられる放流マダイについて、個体別に体側両面の目視観察を行い、イカ墨による外部標識の有無により

Fig. 1 Map showing study site (2,900 m²) at Kanzaki cove in Hakata-island, Ehime Prefecture.

Table 1 Rearing condition and the number of red sea bream released

Experimental group	Date of release	Number of individuals	TL (mean ± SD)	Marking	Rearing condition		
					Density (ind./m ³)	Light intensity during the day (surface)	Duration (days)
Low light intensity	August 2, 1994	8,200	68.8 ± 5.0 mm		800	<50 lux	21
High light intensity (Control)	August 2, 1994	8,200	69.1 ± 7.4 mm	Tattoo on either body side	800	800~7,800 lux*1	21

*1 Natural light.

2 育成群を区別して記録した。外部標識の有無を識別できなかった放流マダイは標識不明個体として2 育成群とは区別した。放流マダイの行動型は、群がりと単独の2 型に類別して記録した。これら2 行動型は、山田ら,²²⁾ Breder,³⁰⁾ を参考にして以下のように定義した。(1)群がり: 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、(2)単独: 相互誘引がなく統一的な行動をとらない単独個体。なお、本研究の調査期間中に相互誘引があり統一的な行動をとる集合²²⁾として定義される群れは一度も観察されなかった。また、調査期間中、全長30~40 mm および150 mm 以上のマダイが少数観察されたが、これらは放流マダイとのサイズの差異から天然マダイと判断し、放流マダイとは区別した。

マダイ稚魚の群がり型個体の評価において、群がり1 つ当たりの編成個体数により、群がりサイズを5 階級「サイズA; 60 個体以上」「サイズB; 40~59 個体」「サイズC; 20~39 個体」「サイズD; 10~19 個体」「サイズE; 2~9 個体」に区分し、調査区域内のセンサスロープ上で観察された階級毎の群がりの個数を求めた。

調査区域内におけるマダイの推定個体数は、目視観察面積(780 m²) が全調査面積(2,900 m²) の1/3.718

であったため、計数した個体数を3.718 倍することにより算定した。放流マダイ単独型個体の分布の評価では、調査した全区画に対してマダイが1 個体以上分布した区画の割合を出現区画率として以下のとおり算出した。

$$\text{出現区画率(\%)} = 100 \times (q/Q) \quad (1)$$

Q は総区画数、 q は放流マダイが1 個体以上分布した区画数を示す。推定個体数および出現区画率の育成群間の差の検定には Wilcoxon 符号順位検定法を適用した。

結 果

放流マダイ稚魚の個体数変化 放流後17 日間の調査区域内における1 センサス当たりの天然マダイの平均推定個体数は、当歳魚3.2 個体(SD=4.4 個体)、1 歳魚9.9 個体(SD=11.3 個体)で、放流マダイの推定個体数(平均351.4 個体, SD=461.2 個体)と比較して大変少なかった。このため、本報告では天然マダイの存在を放流マダイの分布様式に関連した種々の解析過程で無視できるものと見なした。

放流当日(8月2日)の放流2 時間後に行なった観察で、放流マダイ稚魚の分布総個体数は、調査区域全面積2,900 m² に対し1,852 個体と推定され、放流個体数(16,400 個体)の11.3%であった。調査区域内に分布した総個体数は、その後も指数関数的に減少し(Fig. 3), 3 日目(8月5日)にはわずかに190 個体(放流個体数の1.2%)となった。しかし4 日目以降の減少は緩やかであった。

調査区域内で群がりを構成した推定個体数は、放流当日(0 日目)には1,736 個体であったが、その後は498 個体(1 日目), 376 個体(2 日目), 63 個体(3 日目)と減少し、4 日目以降はまったく観察されなかった。これに対して単独型の推定個体数は、放流当日から6 日目まで115~283 個体の範囲で増減し、その後は緩やかな減少傾向を示した(Fig. 3)。4 日目以降に観察された

Fig. 2 Map showing census ropes (A-D), water depth, vegetation, and release point in the study site.

Fig. 3 Change in the estimated number of hatchery-raised red sea bream after release in the study site (2,900 m²).

Table 2 Estimated number of released fish in the study site (2,900 m²)

Days after release	Number of fish									Density of solitary-type fish ^{*2} (ind./m ²)
	Aggregation				Solitary					
	L. group ^{*1}	H. group ^{*1}	Unknown	Total	L. group ^{*1} (A)	H. group ^{*1} (B)	Unknown	Total	(A)/(B)	
0	610	606	521	1,737	112	56	0	168	2.0	0.34
1	275	160	63	498	97	71	0	168	1.4	0.35
2	97	238	41	376	264	134	11	409	2.0	0.44
3	19	45	0	64	123	82	4	209	1.5	0.39
4	0	0	0	0	138	130	19	287	1.1	0.44
5	0	0	0	0	193	108	7	308	1.8	0.34
6	0	0	0	0	182	52	0	234	3.5	0.38
7	0	0	0	0	82	52	0	134	1.6	0.36
8	0	0	0	0	115	48	4	167	2.4	0.30
9	0	0	0	0	89	56	0	145	1.6	0.38
12	0	0	0	0	152	45	4	201	3.4	0.31
13	0	0	0	0	123	37	0	160	3.3	0.28
14	0	0	0	0	141	33	0	174	4.3	0.27
15	0	0	0	0	74	7	0	81	10.6	0.26
16	0	0	0	0	59	22	4	85	2.7	0.26
Average ± SD	67 167	70 164	42 134	178 458	130 53	62 37	4 5	195 86	2.9 2.3	0.34 0.06

^{*1} L. and H. group indicate the fish reared under the low- and the high-light intensity, respectively.

^{*2} Total number of observed fish/total area of sections where fish were distributed.

Fig. 4 Change in the aggregation size composition along the census ropes.

Fig. 5 Change in the total number of observed fish in each aggregation size class along the census ropes.

すべての個体が単独型であった (Table 2)。単独型個体のみが出現した区画のみの平均分布密度は、放流後2日目、4日目に最大値 (0.44 個体/m²) に達し、その後徐々に減少した。

放流マダイ稚魚の出現様式と育成群間の比較 サイズ A・B・C に区分される大型の群がりは (Fig. 4)、センサスロープ上で0日目に3個観察されたが、1日目には1個となり、2日目以降は観察されなかった。サイズDの群がりは、0, 1, 2日目の順に、3, 4, 2個観察され、3

日目には観察されなくなった。最小であるサイズEの群がりは0日目には9個観察されたがその後増加し、1日目は17個、2日目は16個観察された。しかし3日目には3個に減少した。大型の群がりであるA・B・Cの観察総個体数は、放流当日は380個体であったが、1日目には20個体に減少し、2日目以降は0個体となった。これに対して小型の群がりであるD・Eの総個体数は、0日目は67個体であったが、その後増加し、1日目は114個体、2日目は101個体となった。しかし3

Table 3 Comparison of the incidence (%) of seciton where solitary-type fish occurred between rearing groups

Days after release	Incidence of occurrence ^{*1}				(A)/(B)
	L. group ^{*2} (A)	H. group ^{*2} (B)	Unknown	Total	
Mean $\pm$ SD	15.1 $\pm$ 5.2	6.8 $\pm$ 3.3	0.4 $\pm$ 0.6	20.1 $\pm$ 6.3	2.8 $\pm$ 2.2
0	11.8	7.2	0.0	17.9	1.6
1	11.3	8.2	0.0	16.4	1.4
2	26.2	12.3	1.0	31.8	2.1
3	13.8	8.2	0.5	19.0	1.7
4	15.4	12.3	2.1	23.1	1.3
5	23.1	11.8	0.5	32.3	2.0
6	18.5	6.2	0.0	23.1	3.0
7	10.3	5.1	0.0	13.3	2.0
8	15.4	5.6	0.5	20.0	2.8
9	9.2	6.7	0.0	13.8	1.4
12	17.9	5.6	0.5	23.6	3.2
13	15.9	4.6	0.0	21.0	3.5
14	19.0	4.6	0.0	22.1	4.1
15	10.3	1.0	0.0	11.8	10.3
16	8.2	3.1	0.5	11.8	2.6

^{*1} Incidence of occurrence indicates the percentage of the number of sections where solitary-type fish were observed to the total number of sections (=195).

^{*2} L. and H. group show the low- and the high-light intensity rearing group, respectively.

日目には17個体に減少した (Fig. 5)。一方, 群がり型が出現した放流後4日間の群がり型の平均推定個体数は, 実験区: 250 $\pm$ 263 (SD) 個体, 対照区: 262 $\pm$ 243 個体で, 両者に有意な差は認められなかった。

調査期間中の単独型個体の調査区域全域における分布密度は平均 0.067 個体/m² (SD = 0.030, 範囲 0.028 ~ 0.141 個体/m²), 出現区画率は平均 20.1% (SD = 6.3, Table 3) であった。育成群間で単独型個体数を比較すると, 同期間における推定個体数は, 対照群に対し実験群が 1.1 ~ 10.6 倍 (平均 2.9 倍) 多く分布した (Table 2)。また, 実験群が 15.1% (SD = 5.2) の出現区画率を示したのに対して, 対照群は 6.8% (SD = 3.3) で, 実験群が有意に高く ($p < 0.005$), 出現区画数の比 (実験群/対照群) は, 放流後5日目まで 1.3 ~ 2.1 倍であったが6日目以降は平均 3.7 倍 (SD = 2.6) で2例を除いて2.6 倍以上になった (Table 3)。以上より, 調査区域内において, 実験群単独型個体は対照群に比して2倍以上の個体数および分布面積を有したことが明らかになった。

考 察

人工種苗マダイでは, 本研究以外の天然海域²²⁾でも, 放流直後に群れ型もしくは群がり型の個体が多く観察された後, これに替わって縄張り個体である単独型の個体数が増加したことが報告されている。

本研究において, 放流後3日目まで調査区域内にお

ける放流マダイ稚魚個体数の急激な減少が認められた (Fig. 3)。特に, 調査区域内の放流マダイ個体数は放流の2時間後には, 放流種苗全個体数のわずか 11.3% (1,852 個体) に減少していたことが推定された。

放流直後に観察された大型の群がりはその後急速に減少し, 替わって小型の群がりが増加したが, 4日目以降群がりは全く観察されなかった。一方, 単独型の個体数は2日目に急激に増加し, その後徐々に減少した。群がり型行動を示した個体の多くは調査区域外へ逸散し, 一部は調査区域内で単独型の行動へ移行したものと考えられる。本研究の調査場所は外海に向いて開いた地形であることから, 調査区域中央部で集中放流されたマダイ稚魚の大部分が, 放流直後の短時間内に調査区域内から区域外へ逸散したと考えられる (Fig. 3)。

放流当日の全調査区域におけるマダイ稚魚の分布密度は, 0.66 個体/m², 2日目には 0.27 個体/m² と推定された。また, 単独型個体が出現した区画のみの平均密度は放流後2日目, 4日目に最大値 (0.44 個体/m²) に達した (Table 2)。松宮ら⁵⁾によると, 天然マダイ稚魚では 0.3 ~ 0.4 個体/m² が最大値に近い分布密度であることが報告されており, 本研究の放流後数日間のマダイ稚魚密度は環境収容力を越えていた可能性が考えられる。放流後5日目以降の放流マダイ稚魚の分布密度は徐々に減少した。すでに述べたように, 放流後数日間の個体数の急激な減少は, 群がり型個体の調査区域外への逸散が主要な要因であるが, 単独型行動への移行後の減少は, 単

独型個体の混み合いにより、縄張り²¹⁾獲得能力の相対的に劣る個体が好適な餌場をめぐる種内の競争に負けて、餌場から排除された過程とみることができる。放流マダイ稚魚において、縄張りを早期に獲得した個体は、後から加入した個体に対して先住権を行使することが知られている。^{22,31)} 排除された個体の多くは、餌場として適した藻場域^{1,3,24,32,33)}が調査区域内では限られるために、調査区域の外へ移動したものと考えられた。また、出現区画率も放流後5日目をピークにそれ以降やや減少した。これは、単独型行動への移行後に区画内に競争相手がいない場合でも、新しい餌場をもとめて調査区域外へ移動した個体があったことを示唆している。

放流当日以降調査期間を通して、常に実験群は対照群よりも分布個体数、出現区画数ともに多かった。特に放流6日目以降、分布個体数では平均で実験群が対照群の3.7倍 (SD=2.7)、出現区画数の比でも3.7倍 (SD=2.6) となった (Table 2, 3)。すなわち、実験群は対照群よりも、放流後に単独型行動を示して滞留する個体数が常に多く、分布面積も広いことがわかった。これは、実験群の方が対照群よりも放流後に高い競争力と縄張り獲得能力を有していたことを示している。見方を変えと、自然光下でのマダイ種苗の育成は、天然海域における生存のための競争力を減じる可能性が示唆された。

本研究により、中間育成時の飼育照度が放流後のマダイ種苗の行動に大きな影響を与え、それが種苗性に反映されることが明らかになった。次のステップとして、底質や藻場など成育場の環境特性に対する放流種苗の選択行動を調べることで、飼育照度と種苗性をつなぐメカニズムの解明にせまりたいと考えている。また、中間育成時の照度の他、飼育密度、給餌方法、餌の種類、種苗の輸送や放流手法などと種苗性との関係について、今後さらに詳細な研究を行う必要がある。

謝 辞

水産総合研究センター理事の古澤 徹氏には本稿をまとめる機会を与えて頂いた。元日本栽培漁業協会志布志事業場主幹場長の今泉圭之輔氏には適切な助言を頂いた。鳥取県水産試験場の古田晋平博士には放流魚の種苗性に関する有益な情報を賜った。高知大学農学部山岡耕作博士には終始の助言と原稿の校閲をして頂いた。この場を借りて、厚くお礼申し上げる。

文 献

- 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 1980; **54**: 59-78.
- 花淵信夫. 油谷湾におけるマダイ幼魚の分布. 西水研研報 1980; **54**: 79-91.
- 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.
- 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 1980; **54**: 291-306.
- 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 1980; **54**: 315-320.
- 木曾克裕, 松宮義晴. 平戸島志々伎湾における資源量推定のためのマダイ当歳魚の標識放流. 西水研研報 1980; **54**: 307-314.
- 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-II. 食物を中心にみた生息場所の利用について. 西水研研報 1982; **57**: 31-46.
- 首藤宏幸, 池本麗子, 畔田正格. 志々伎湾における若魚期マダイの生息場所の評価. 西水研研報 1983; **59**: 71-84.
- 傍島直樹, 宗清正廣, 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 1986; **15**: 169-175.
- 丸山敬悟, 津村誠一, 森岡泰三. マダイ種苗の健全性に関する試験-I. 粗放的生産魚と集約的生産魚の比較. 栽培技研 1986; **15**: 157-167.
- 福原 修. 種苗の健全性. 「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; 26-36.
- Tsukamoto K, Kuwada H, Hirokawa M, Oya M, Sekiya S, Fujimoto H, Imaizumi K. Size dependent mortality of red sea bream, *Pagrus major*, juveniles released with fluorescent otolith-tags in News Bay, Japan. *J. Fish. Biol.* 1989; **35**(Suppl. A): 59-69.
- 山岡耕作, 岡田賢治, 山田徹生, 小原邦俊, 谷口順彦. 人工種苗マダイに対する被捕食圧学習効果. 日水誌 1991; **57**: 1805.
- 内田和男, 桑田 博, 塚本勝巳. マダイの種苗性と横臥行動. 日水誌 1993; **59**: 991-999.
- 中野 広. 種苗の評価基準. 「放流魚の健苗性と育成技術」(北島 力編) 恒星社厚生閣, 東京. 1993; 9-18.
- 津村誠一, 山本義久. 飼育方法と健苗性. 「放流魚の健苗性と育成技術」(北島 力編) 恒星社厚生閣, 東京. 1993; 84-93.
- 高場 稔, 北田修一, 中野 広, 森岡泰三. マダイ放流種苗の生残, 体成分変化と種苗性. 日水誌 1995; **61**: 574-579.
- 日本栽培漁業協会. 放流用マダイの種苗性と強化技術開発. 生産力応用技術開発 (V), 日本栽培漁業協会, 東京. 1996; 1-130.
- 福原 修. 人工種苗の質的問題点. 天然魚と人工魚はちがうか. 水産の研究 1989; **8**: 67-72.
- 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 1991; **39**: 55-60.
- 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 1991; **57**: 1-5.
- 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行動, 分布および個体数変化. 日水誌 1992; **58**: 611-617.
- 山岡耕作. マダイ種苗の放流後の行動. 水産工学 1993; **30**: 145-150.
- 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.
- 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 1999; **65**: 230-240.
- 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 1993; **41**: 141-

- 147.
- 27) 山岡耕作, 井上憲一郎, 谷口順彦. 人工種苗マダイのなわばり行動と密度および奇形との関係. 高知大学黒潮圏研究所紀要くろしお特別号 1994; **8**: 21-25.
- 28) 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に対する放流種苗マダイの鰯集. 日本誌 2000; **66**: 999-1005.
- 29) 谷口順彦, 溝淵勝宜. 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 1978; **7**: 47-50.
- 30) Breder CM Jr. Studies on Social Grouping in Fishes. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 1959; **117**: 393-482.
- 31) Odum EP. 「基礎生態学」(三島次郎編) 培風館, 東京. 1983; 232-289.
- 32) 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.
- 33) 工藤孝也, 澤 一雅, 山岡耕作. 2種の網状構造物で作成した人工生息場所に対する天然マダイ稚魚の鰯集. 日本誌 2002; **68**: 874-880.