瀬戸内海東部海域におけるマダイの食性とその季節変化

島本 信夫, 渡辺 淳

(1993年6月14日受付)

Seasonal Changes in Feeding Habit of Red Sea Bream *Pagrus major*
in the Eastern Seto Inland Sea, JapanNobuo Shimamoto*¹ and Jun Watanabe*²

The feeding habit of red sea bream, *Pagrus major*, was examined by stomach content analysis with special reference to its seasonal changes in Tomogashima Channel waters, an important habitat in the eastern Seto Inland Sea. The fish fed through its life on many kinds of organisms, but intensively on a few kinds of them during the feeding season from spring to autumn. It was noted here that juveniles fed on zooplankton such as *Acartia omorii* and *Oikopleura* sp. from June to July, and youngs on the pasiphaeid shrimps *Leptochela* from August onward. These shrimps were in fact the main prey for the fish of age 1 and over. The stomach contents were poor and changed after November, because of the fall in water temperature and the increase in its population density with overwintering assemblage. Consequently, until March, or the end of the overwintering season, fish growth was retarded with a continuous decrease in the condition factor. The change in feeding habit with the winter assemblage was most remarkable for age 0 fish. The winter season would appear to be a critical period for the survival of the fish especially at this age.

キーワード: マダイ, 食性, 季節変化

瀬戸内海東部海域で漁獲されているマダイ *Pagrus major* の系統群は、これまでの調査結果から紀伊水道、大阪湾、播磨灘および備讃瀬戸を生活圏とする「瀬戸内海東部群マダイ」とされている。¹⁻³⁾ この海域では自然環境の変化に加え、戦後沿岸域の工業化・都市化による生息環境の急激な変化や強い漁獲圧力、さらには人工種苗の添加などの人為的な影響を強く受け、近年の漁獲量や加入量には著しい変動が認められている。⁴⁾ これまでに行われてきた調査¹⁻³⁾によると、瀬戸内海東部群マダイは冬期(11~3月)には主に紀伊水道の水深30m以深の潮通しの良い礁や窪地で越冬し、春期(4~6月)には主に淡路島を囲む海峡域周辺の瀬や礁で産卵する。産卵後約1ヵ月間の卵仔魚期を経た後、稚魚は沿岸浅所の藻場周辺の砂質帯に濃密に分布する。8月頃尾叉長が10cm前後の幼魚後期に成長すると、生活圏を沖合に広げ灘全域に広く分布するが、水温の低下に伴い越冬のため紀伊水道へ南下集合する。未成魚期(3歳まで)はあまり大規模な回遊は行わないが、成熟すると春には産卵と索餌のため北上し、晩秋には越冬のため南下する。

基本的な生態特性である食性について、わが国周辺に

おける分布域のほぼ全域から多くの知見が報告されている。⁵⁻¹⁵⁾ 仔魚⁵⁻⁷⁾から成魚^{14, 15)}に至る全生活史における食性が報告されているが、当歳魚の索餌期(幼稚魚期)に関するものが大部分を占めている。しかし広域の季節回遊にともなう生活の変化は食性にも大きな変化をもたらすことが予想されるにもかかわらず、回遊にともなう食性の変化を論じた報告はみられない。本報では瀬戸内海東部群マダイの分布の中心である友ヶ島水道周辺海域における稚魚から成魚までの成長や季節の推移にともなう食性の変化を調べ、当海域における食性の特徴および越冬回遊にともなう食性の変化とその影響について検討した。

材料と方法

採集は紀伊水道北部に位置する友ヶ島水道周辺の洲本市由良地先で実施した(Fig. 1)。採集海域は水深10~50m、底質は礫混じり粗砂から砂泥よりなり、海底地形の複雑な海域であり、瀬戸内海東部群マダイの主要な越冬場および産卵生育場である。^{1, 3)}

当歳魚の採集は1981年6~9月および1985年9月~

*¹ 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Futami, Akashi, Hyogo 674, Japan).*² 株式会社日本海洋生物研究所 (Marine Biological Research Institute of Japan Co., Ltd., Yutaka, Shinagawa, Tokyo 142, Japan).

1986年2月に小型底曳網(板曳網)を日没前後に数回曳網して行った。採集を行った日数は1985年9月は15日間, 10月は4日間, その他の月は1日であった。採集に用いた漁網の魚捕部の目合は, 1981年が16.8 mm, 1985~1986年は27.5 mmであった。得られた当歳魚は速やかに魚体ごと10%ホルマリン水溶液で固定した。胃内容物について調査を行ったのは採集した2545個体のうち任意に選んだ391個体(15%)である。また越冬期の食性の補完のため近隣の福良地区(1986年1月, 26個体)および沼島地区(1986年2月, 28個体)の漁獲物についても調べた。

1歳以上のマダイについては1981年5月~1982年5月および1988年6月と11月に小型底曳網および一本釣の漁船から購入した320個体について調べた。入手後速

やかに胃部を摘出し, 10%ホルマリン水溶液で固定した。これらは漁獲された後漁船の活間に活かされていたため消化の進んだ個体が多く, 胃内容物が同定できたのは調査を行った320個体のうち約1/3の108個体で, 当歳魚に比べて定量性は劣っている。1981年11月の材料は特に消化が進んでいたため, 胃内容物の同定は不能であった。なお108個体の年齢は鱗の輪紋を年齢形質として得られている成長情報¹⁶⁾から1~7歳と推定され, その内訳は1歳が38個体, 2歳が17個体, 3歳が18個体, 4歳以上(成魚)が35個体であった。

成長と肥満度の季節変化を調べるため, 1985年発生群について1985年9月以降14カ月間毎月小型底曳網による採集を行い, 計1441個体の尾叉長および体重を計測し肥満度(体重/尾叉長³×100, 体重はg, 尾叉長はcm)

Fig. 1. Sampling area (hatched area) of red sea bream in the eastern Seto Inland Sea.

Fig. 2. Monthly fluctuation in stomach content weight index (content weight/(body weight - content weight) × 1000; closed circle) and the rate of individuals with empty stomach (open circle) for age 0 red sea bream.

Table 1. Sampling date, sample size, fork length, and body weight of red sea bream used for stomach analysis

Age 0				Age 1 and over				Age
Date	No. of fish examined	Length (mm)	Weight (g)	Date	No. of fish examined	Length (mm)	Weight (g)	
Jun 19, 1981	30	31.5 ± 3.9	1.0 ± 0.3	May 27, 1981	33	264-542	392-3445	II-VII
Jul 17	90	48.5 ± 8.3	3.1 ± 1.8	Jul 22-28	23	295-595	557-3816	II-VII
Aug 28	42	95.6 ± 11.8	23.3 ± 9.0	Sep 10	14	259-483	428-2394	II-VI
Sep 18	30	95.3 ± 23.4	25.0 ± 16.3	Nov 19	17	178-255	138-365	I
Sep 6-30, '85	76	95.5 ± 12.4	23.2 ± 9.1	Jan 22, '82	10	320-646	649-4760	II-VII
Oct 1-4	7	107.6 ± 12.4	33.0 ± 13.7	Apr 19	20	252-500	376-2510	I-VI
Nov 14	38	129.6 ± 12.9	61.0 ± 17.8	May 26	8	327-564	709-3438	III-VII
Dec 16	33	140.4 ± 12.9	71.1 ± 20.0	Jun 10, '88	159	117-405	39-1423	I-IV
Jan 16, '86	26	124.8 ± 15.6	48.8 ± 17.5	Nov 11	36	185-348	135-898	I-III
Feb 13	19	136.4 ± 15.4	59.4 ± 19.0					
Total	391				320			

Body size is indicated in mean and standard deviations for age 0 fish, and in range for fish at age 1 and over.

Table 2. Feeding condition (upper columns) and taxonomic composition (lower columns; %) of the prey for age 0 red sea bream

Area	Yura								Fukura		Nushima	
	1981				1985				1986		1986	
	Jun	Jul	Aug	Sep	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Jan	Feb
No. of fish examined	30	90	42	30	76	7	38	33	26	19	26	28
No. of fish with stomach contents	29	89	35	21	60	5	22	8	12	5	10	12
No. of prey animals	1771	761	250	56	185	19	145	124	18	5	13	317
Coelenterata					3.2							
Annelida												
Polychaeta	0.1	3.4	1.2	23.2	5.4	10.5	16.6	11.3	27.8		30.8	0.3
Echiuroidea					0.5			0.8				
Mollusca		0.1	0.4									
Arthropoda												
Crustacea												
Copepoda	89.2	3.3										
<i>Acartia omorii</i>	(85.1)											
Cirripedia							4.8	1.6	27.8	60.0	38.5	
Amphipoda	0.3	5.1	2.4	8.9	2.7		68.3	81.5	16.7	20.0	7.7	
Natantia	0.1	3.4	62.8	48.2	78.9	84.2	2.8				7.7	2.5
<i>Leptochela gracilis</i>	(0.1)	(0.5)	(57.2)	(39.3)	(60.5)	(15.8)						
Anomura	0.1			1.8	1.6		0.7	2.4				
Brachyura		1.2	3.2	3.6	1.1		2.8		5.6			
Decapod larvae	8.6	13.7			0.5		0.7					92.1
Others	1.2	6.8	9.6	8.9	3.2		0.7	1.6		20.0	7.7	0.3
Chaetognatha												
<i>Sagitta</i> sp.		2.4										4.7
Echinodermata		0.1	2.0		1.6		2.1	0.8	22.2			
Protochordata												
<i>Oikopleura</i> sp.		56.5										
Pisces												
Osteichthyes	0.1	1.1	0.4	5.4	1.1	5.3	0.7				7.7	
Eggs and larvae	0.3	2.9	18.0									

Percentage in parentheses is included in the superior taxon's rate.

を求めた。また環境中における餌料生物の生息状況を調べるため着底初期の1988年6月9日夕刻に稚魚網（口径1m四方，網目GG54（0.328mm））を用いて表層と海底上1m層を約2ノットで10分間の水平曳きを行い，採集したマクロプランクトンの同定と計数を行った。さらに1986年5月～1987年4月に毎月1回，日没前後に小型の底曳網を用いて，底生生活期以降の主餌料であるエビ類の採集を行い，種の同定と計数を行った。

結 果

胃充満度と空胃率の季節変化

1. 当歳群：調査に用いた当歳群の採集データおよび測定結果をTable 1に示した。最小個体は尾叉長23mm，体重0.5gの底生生活に移行しつつある稚魚である。^{17, 18)} 胃充満度指数（胃内容物重量/（体重－胃内容物重量）×

1000）および空胃個体率（空胃個体数/調査個体数×100）の月変化をFig. 2に示した。胃充満度指数は月を追うごとに減少し，冬期の胃内容物はきわめて少なかった。空胃個体率は月を追うごとに増加し冬期には75%程度に達した。

摂餌の対象は腔腸動物から脊椎動物まで8動物門にわたった。主な動物群は橈脚類，端脚類，エビ類などの甲殻類のほか多毛類，尾虫類，魚類などであった。胃内容物の分類群別および主要種の出現状況をTable 2に示した。成長や季節の推移にともない当歳群の食性は次のように変化した。6月では浮遊性橈脚類の*Acartia omorii*，7月では*Oikopleura* sp. や長尾類のゾエア期幼生などの動物プランクトンが主要な餌料であった。着底初期の6月には*A. omorii* が餌料生物の総出現個体数の85%を占め，最も顕著な例では尾叉長32mm，体重0.9gの稚魚

Table 3. Feeding condition (upper columns) and taxonomic composition (lower columns; %) of the prey for red sea bream at age 1 and over

Date	1981				1982			1988	
	May	Jul	Sep	Nov	Jan	Apr	May	Jun	Nov
No. of fish examined	33	23	14	17	10	20	8	159	36
No. of fish with stomach contents	14	10	12	0*	6	9	6	29	22
No. of prey animals	1017	4249	2592	—	36	86	16	74	787
Coelenterata									0.6
Nemertinea									0.1
Annelida									
Polychaeta		0.8				5.8		21.6	2.7
Echiuroidea						4.7		1.4	
Mollusca	0.1							6.8	0.4
Arthropoda									
Crustacea									
Ostracoda								32.4	
Cirripedia									0.1
Amphipoda								1.4	0.1
Natantia	99.7	99.0	38.7		16.7	88.4	68.8	10.8	95.4
<i>Leptochela gracilis</i>	(99.6)	(98.8)	(36.8)		(16.7)		(68.8)	(2.7)	(58.4)
<i>L. sydniensis</i>								(1.4)	(35.8)
Anomura							12.5	1.4	0.1
Brachyura	0.2	0.0			75.0		6.3	4.1	0.1
Stomatopoda									
Alima larvae			61.3						
Echinodermata		0.1					6.3	2.7	0.3
Pisces					8.3	1.2	6.3	17.6	

* All contents were too digested for identification.

が426個体の *A. omorii* を摂餌していた。稚魚期の胃内容物重量は平均で体重の4~5%, 最大で10%強に達した。8月に尾叉長が10 cm 前後に成長すると主要な餌料は動物プランクトンからベントスへと変化し、10月まで長尾類とりわけソコシラエビ *Leptochela gracilis* が主要な餌料生物として出現した。一方、11月になるとこれまで成長にともない小型種から大型種へと変化してきた食性に变化の傾向がみられなくなり、11~12月にはホソコエビ *Erichthonius pugnax* を主とする端脚類や多毛類、さらに水温の低下する1~2月になるとフジツボ科の蔓脚やフサゴカイ科の触手など固着性ないし定着性のベントス（以下「固着性ベントス」という。）の体の一部分が多く出現した。なお近隣の福良および沼島地区で採集した越冬期のマダイの胃内容物からも固着性ベントスや動物プランクトンが多く出現した。

2. 1歳以上群: 調査に用いたマダイの採集データおよび測定結果はTable 1のとおりである。餌料生物の出現状況をTable 3に示した。摂餌の対象は腔腸動物から脊椎動物までの7動物門にわたり、8月以降の当歳群と共通した餌料種が多く、どの年齢のマダイも周年を通じてエビ類を主餌料としていた。特に春から秋にかけての

索餌期にはソコシラエビ属のソコシラエビとマルソコシラエビ *L. sydniensis* を集中的に摂餌している例が多く認められた。最も顕著な例として1981年7月の体重2321 gのマダイはソコシラエビばかり2082個体（約77 g, 体重の3.4%）を摂餌していた。エビ以外では1981年9月に口脚類のアリマ幼生、1982年1月にイボイチョウガニ *Cancer gibbosulus* が多かったほか、1988年6月にはエビ類のほかウミホタル科、多毛類、魚類など幅広い動物群が出現した。1988年11月にはソコシラエビ属が大部分を占めるが、ムラサキハナギンチャク *Cerianthus filiformis* の触手やフジツボ科の蔓脚といった当歳群でも冬期にみられた固着性ベントスが少数ながら出現した。当歳群と比較すると幼稚魚期のような成長にともなう食性の変化はみられず、11月以降越冬集合にともなう食性の変化は当歳群ほど顕著にはみられなかった。またソコシラエビ属を主体とした幅広い動物群を摂餌している点は共通しているが、餌料生物は大型化し動物プランクトンや固着性ベントスの出現は少なかった。

成長と肥満度の季節変化 1985年発生群についてその年の9月以降14カ月間の尾叉長と肥満度の推移をFig. 3に示した。索餌期の4~11月にはソコシラエビ属

Fig. 3. Growth (closed circle) and monthly fluctuation in condition factor (open circle) for red sea bream born in 1985.

Vertical bars represent 95% confidence intervals.

を主体とするエビ類を活発に摂餌し速やかな成長を示すが、水温が低下し越冬集合の始まる11月を境に越冬の終了する翌年3月まで成長は停滞した。4月以降水温が上昇するとエビ類を主体に活発に摂餌し再び速やかな成長を示した。一方、栄養の蓄積状態を反映する肥満度は索餌期後半の10～11月に最大、越冬期の終了する3月に最小となる季節変化を示した。越冬期に当たる11月から3月にかけての肥満度の低下は著しく、越冬期間中の体重の減少率は11月の平均サイズの当歳魚（体重61g）で約15%に達した。

餌料生物の生息状況 1988年6月9日にマクロプランクトンを採集した結果、10種類を越える浮遊性橈脚類が採集された。*Calanus sinicus* と *Paracalanus parvus* が優勢し、6月にマダイ稚魚が集群的に摂餌していた *A. omorii* は表層から1.6個体/m³ (0.2%)、底層から14個体/m³ (1.2%) が採集された。

1年間毎月行った小型底曳網採集により15種類のエビ類が採集されたが、冬期の1～3月にはまったく採集されなかった。出現個体数ではサルエビ *Trachypenaes curvirostris* が過半数を占め、主餌料として出現したソコシラエビ属ではソコシラエビとマルソコシラエビの2種が出現し、出現個体数は全体の1.6% および8.3%であった。

考 察

これまで全国各地から報告されているマダイの食性は、それぞれの海域特性を反映しつつも甲殻類を主とした幅広い生物群を摂餌していることで共通している。当海域においても同じような結果が得られ、餌料種の生活型もプランクトン、ベントスさらにネクトンと多様であり、マダイは典型的な広食性魚類であるといえる。しか

し胃内容物には季節によって変化がみられ、春から秋にかけての索餌期には特定の種を集群的に摂餌し、11月以降水温が低下し越冬集合が始まると胃内容物は急速に減少し、この傾向は特に当歳群に顕著に現れた。

着底初期の6月にはマクロプランクトンの採集結果では10種類を越える浮遊性橈脚類が同定されたにもかかわらず、マダイ稚魚の胃内容物は *A. omorii* を主餌料とする単調な組成を示した。*A. omorii* はわが国の沿岸域にごく普通にみられる浮遊性橈脚類で、海底直上層に濃密なスウォームを形成することが知られている。¹⁹⁻²¹⁾ 志々伎湾では着底初期の稚魚の胃内容物の大部分が本種と *A. steueri* の2種で占められ組成はきわめて単調であったことが報告され、⁷⁾ この原因として田中²²⁾は海底上に形成される濃密な *Acartia* のスウォームに遭遇した稚魚が効率的に捕食していることを示唆している。続く7月に主餌料として出現する *Oikopleura* sp. については種の同定は不能であった。兵庫県立水産試験場が紀伊水道北部で毎月実施しているプランクトン調査によると、当海域で出現量の多い尾虫類はオナガオタマボヤ *O. longicauda* およびワカレオタマボヤ *O. dioica* の2種で、夏季にはともに200～300個体/m³ 採集されることもある（未発表）。両種とも海面近くで濃密なスウォームを形成することが報告されており、²³⁻²⁵⁾ 今回マダイの胃内容物として出現した尾虫類はこれらの種である可能性が大きい。

8月以降生活圏の拡大とともに、食性は動物プランクトンから端脚類や十脚類へと変化した、とりわけソコシラエビ属を集群的に摂餌していることが特徴的であった。他の海域では動物プランクトンから最終段階の十脚類に食性が変化する過程で端脚類やアミ類などの小型甲殻類が一時期重要な餌料生物として出現する。⁹⁻¹²⁾ しかし当海域では動物プランクトンからソコシラエビ属に速やかに移行するとともに、その後成魚に至るまでこれを主餌料としていた。本来広食性であるマダイが、幼魚後期以降成魚に至るまでこのように特定の種に大きく依存している例はこれまで報告されていない。

ソコシラエビとマルソコシラエビはオキエビ科ソコシラエビ属に属するエビ類で、本邦周辺では暖流域の大陸棚以浅に広く分布し、²⁶⁻²⁹⁾ 瀬戸内海においても砂泥底に普通にみられる。両種とも成体で全長20～30mm、体重0.1～0.2g程度の小型種で、多くの魚類の餌料生物としてよく知られている。³⁰⁻³²⁾ マルソコシラエビについて林²⁸⁾は夜間表面近くに浮上する典型的な垂直移動種であることを、また阪本³²⁾は紀伊水道におけるタチウオ *Trichiurus lepturus* の主に小型群が朝夕の日周鉛直移動時に本種を主餌料として利用していることを報告している。ソコシラエビをガラス水槽で飼育したところ、昼間は底土中に潜り込み、暗くなると水中を活発に遊泳し、底土

の表面を匍匐する行動は観察されなかった。これらのソコシラエビ属は大阪湾でイワシ類などの仔稚魚(シラス)を漁獲対象とする船曳網に時に大量に入網することもあり、日周期活動の過程で海底上を群泳しながら濃密なスウォームを形成しているものと思われる。1歳以上のマダイでは月によって胃内容物の大部分が本属で占められ単調な組成を示した。当海域において主餌料として登場する *A. omorii*, *Oikopleura* sp. およびソコシラエビ属に共通した特徴は濃密なスウォームを形成することであり、マダイはこれらのスウォームと遭遇することによって効率よく餌料生物を捕食しているものと考えられる。このような状況下では餌料生物をめぐる競争はゆるやかで栄養の蓄積も順調に行われるものと思われる。これらの生物の集中分布は成育場や漁場の餌料環境を評価するうえで重要な指標となる。

一方、11月以降当歳群では胃満度指数が極端に減少し空胃個体率が増加した。これまで成長にともない小型種から大型種へと変化してきた食性に顕著な変化がみられなくなり、索餌期の補助的な餌料であったヨコエビ類、さらに水温が低下するとフジツボ科やフサゴカイ科などの固着性ベントスの体の一部分が多く出現するようになった。11月以降にみられるこのような食性の変化には、水温の低下が基本的な要因として作用しているものと思われる。毎年11月頃水温が20℃以下に低下すると北部の大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸で発育・成長した新規加入群(当歳群)や索餌のため生活圏を広げていた越年群は、越冬のため当海域を含む紀伊水道北部の越冬場周辺に集合し始める。¹³⁾ 代表的な越冬場のひとつである沼島地区(調査海域の南西約13 km)ではマダイの一本釣りが盛んで、毎年11~3月には越冬場を漁場として漁獲のピークを迎える。1982年2月7日、沼島の南西距岸約700 m 水深48 mの越冬場において、成魚を含む複数の年齢群のマダイが群泳している様子をVTRで撮影した。これらの状況から、越冬場周辺では個体群の生息密度は11月以降急速に上昇するものと思われる。さらに水温が低下すると生息密度の上昇に加え、低水温によるマダイの捕食行動および餌料生物の活動の不活性化による遭遇機会の減少あるいは食欲の減退などにより摂餌条件はますます悪化するものと思われる。

胃内容物として出現する餌料種をその生活型によって①プランクトン(魚卵、仔魚を含む)、②移動性ベントス、③固着性ベントス(腔腸動物、蔓脚類、多毛類の一部)および④ネクトンに大別し、当歳群と1歳以上群の各グループの摂餌割合の月別変化をFig. 4に示した。これまでの結果から底生生活確立後の主餌料はソコシラエビ属に代表される②のグループである。11月以降の越冬集合にともなう胃内容物の変化は当歳群に顕著に現れ、

Fig. 4. Monthly changes in the composition (%) of prey animals by life type.

Abbreviation of life types: MB, mobile benthos; N, nekton; P, plankton; SB, sessile benthos.

固着性ベントスの割合が増加した。固着性ベントスの体の一部をかじり取るのみ取りは有明海³³⁾や愛媛県興居島³⁴⁾でフジツボ類の捕食例が報告されているが、その他の多くの事例からマダイの摂餌行動の基本型は餌生物を個体ごとまるのみする個別摂餌であると考えられる。木曾¹³⁾は志々伎湾において未成魚期にみられる季節変化は当歳魚と1歳魚で異なり、互いの分布様式や餌料生物を異にしていることを報告している。当海域における越冬集合時の当歳群と1歳以上群の分布様式に関する情報は得られていないが、今回の結果から11月以降の水温の低下や越冬集合にともなう生息密度の急激な上昇に対し、当歳群が食性の変化を余儀なくさせられている様子がうかがえる。

阪本³⁵⁾は1960~70年代の瀬戸内海東部群マダイの漁獲量と水温の関係を検討し、冬季の水温の低い年が続くと幼魚補給が悪くなり、数年後の漁獲量に影響することを指摘している。また、淡水魚を含むいくつかの魚種では越冬に際して当歳魚のうちサイズの小さい個体ほど死亡率が高くなるという現象が報告されている。³⁶⁻³⁹⁾ 阪本³⁵⁾の指摘する冬季の低水温年の持続がマダイ幼魚の補給量を低下させるプロセスについては現在のところ明らかではないが、越冬集合を契機とした摂餌条件の悪化が

当歳群の生き残りに影響を与えている可能性が示唆される。

文 献

- 1) 阪本俊雄, 土井長之, 岩井昌三, 石岡清英: 瀬戸内海東部海域におけるマダイの生物情報と資源診断. 東海水研報, **105**, 59-113 (1981).
- 2) 阪本俊雄: 1984 年冬春季の紀伊水道における魚介類浮漂斃死と異常漁況. 水産海洋研究会報, **46**, 115-125 (1984).
- 3) 堀本信男, 上田幸男, 島本信夫: 第 II 期回遊性魚類共同放流実験調査事業総括報告書, 瀬戸内海東部マダイ班. 兵庫水試, 明石, 1988, pp. 12-58.
- 4) 島本信夫: 瀬戸内海東部群マダイの資源評価. 「資源評価のための数値解析」(嶋津靖彦編), 水産学シリーズ 66, 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 88-101.
- 5) 鈴木重喜, 桑原昭彦: 若狭湾西部海域におけるマダイ仔魚の鉛直分布と食性. 水産海洋研究会報, **42**, 10-16 (1983).
- 6) 野口弘三, 谷 雄策: 唐津湾における浮遊生活期マダイ仔稚魚の食性の一例. 西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, **3**, 27-31 (1985).
- 7) M. Tanaka: Factors affecting the inshore migration of pelagic larval and demersal juvenile red sea bream *Pagrus major* to a nursery ground. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **114**, 471-477 (1985).
- 8) 岡田啓介: 黄海産若齢マダイの摂餌生態について, 日水誌, **31**, 999-1005 (1965).
- 9) 花岡 資, 今林博道: マダイ幼稚魚の食性. 「浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究」(備後灘周辺漁場開発プロジェクトチーム編), **3**, 南西水研, 広島, 1973, pp. 231-236.
- 10) 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. 西海水研報, **54**, 291-306 (1980).
- 11) 大森迪夫: 油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性. 西海水研報, **54**, 93-109 (1980).
- 12) 大内康敬: マダイ幼魚の生態及び漁獲変動に関する研究. 福岡水試特別研究報告, 1-29 (1985).
- 13) 木曾克裕: 平戸島志々伎湾におけるマダイ未成魚の分布様式と摂餌生態. 西海水研報, **62**, 1-17 (1985).
- 14) 窪田亮二: マダイを中心とした食物連鎖. 日本海栽培漁業事前調査結果, 日本海栽培漁業推進協議会, 新潟, 1974, pp. 17-20.
- 15) 金丸昌洋, 松本正勝: 昭和 56 年度回遊性魚類共同放流実験調査事業瀬戸内海西部海域総合報告書, 愛媛水試, 宇和島, 1982, pp. 52-53.
- 16) 島本信夫: 淡路島南東部海域におけるマダイの資源増殖に関する研究-I. 成長と成熟. 兵庫水試研報, **22**, 11-25 (1984).
- 17) 矢野 實: マダイ資源の生態. 「瀬戸内海の海域生態と漁場」, フジテクノシステム, 東京, 1976, pp. 184-190.
- 18) 増殖場造成計画指針編集委員会: 増殖場造成計画指針(昭和 63 年度版) マダイ・イセエビ編, 1, 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会, 東京, 1988, pp. 5-23.
- 19) M. Anraku: Microdistribution of marine copepods in a small inlet. *Mar. Biol.*, **30**, 79-87 (1975).
- 20) 上田拓史: 志々伎湾の動物プランクトンに関する研究-I. 1975 年 4 月から 8 月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布. 西海水研報, **54**, 171-194 (1980).
- 21) M. Tanaka, H. Ueda, and M. Azeta: Near-bottom copepod aggregations around the nursery ground of the juvenile red sea bream in Shijiki Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1537-1577 (1987).
- 22) 田中 克: 稚仔魚の生態. 「マダイの資源培養技術」(田中克・松宮義晴編), 水産学シリーズ 59, 恒星社厚生閣, 東京, 1986, pp. 59-74.
- 23) A. L. Aldredge: Aggregation of spawning appendicularians in surface windrows. *Bull. Mar. Sci.*, **32**, 250-254 (1982).
- 24) 桑原昭彦: 内湾におけるプランクトンの集中分布パターンの形成に及ぼす水温躍層の影響. 京都府立海洋センター研究論文, **1**, 1-46 (1982).
- 25) H. Seki: Red Tide of *Oikopleura* in Saanich Inlet. *La Mer*, **11**, 153-158 (1973).
- 26) 久保伊津男: 本邦産 *Leptochela* 属エビ類およびその分布について. 日本動物相の研究, 日本生物地理学会会報, **16** ~ **19**, 98-106 (1955).
- 27) Y. Hanamura: Records of pasiphaeid shrimp *Leptochela* (Decapoda: Caridea; Pasiphaeidae) from northern Japan. *Bull. Coll. Arts and Sciences at Sapporo, Tokai Univ.*, **5**, 79-83 (1986).
- 28) 林 健一: 日本産エビ類の分類と生態 (52) オキエビ科—ソコシラエビ属①. 海洋と生物, **12**, 122-125 (1990).
- 29) 林 健一: 日本産エビ類の分類と生態 (53) オキエビ科—ソコシラエビ属 (2)・ショウジョウエビ属. 海洋と生物, **12**, 208-211 (1990).
- 30) 池末 弥: 有明海におけるエビ・アミ類の生活史, 生態に関する研究. 西海水研報, **30**, 1-124 (1963).
- 31) 小坂昌也: 仙台湾産マルソコシラエビ *Leptochela aculeocaudata* PAULSON の二, 三の生態学的知見. 東海大学紀要, **9**, 47-52 (1976).
- 32) 阪本俊雄: 紀伊水道におけるタチウオの漁業生物学的研究. 串本, 1982, pp. 37-53.
- 33) 長崎県水産試験場: 昭和 48 年度栽培漁業漁場資源生態調査報告書, 長崎水試, 長崎, 1974, pp. 13-18.
- 34) 伊藤捷久, 阪本拓三: 昭和 53 年度瀬戸内海栽培漁業放流技術開発事業マダイ班総合報告書中西部海域, 広島水試, 広島, 1979, pp. 33-38.
- 35) 阪本俊雄: 瀬戸内海の水産と海洋環境. 海と空, **56**, 115-133 (1980).
- 36) 牧 岩男: びわ湖のホンモノコエビ個体群における変動要因の解析. II. 冬の個体群変動の要因解析の試み. 日本生態学会誌, **16**, 245-264 (1966).
- 37) Y. Sawara: Ecological studies on the common freshwater goby, *Rhinogobius brunneus*, especially on the growth, food habits and feeding activity. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec. IV*, **14**, 201-236 (1978).
- 38) J. R. Post and D. O. Evans: Size-dependent overwinter mortality of young-of-the-year yellow perch (*Perca flavescens*): Laboratory, *in situ* enclosure, and field experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **46**, 1958-1968 (1989).
- 39) P. A. Henderson, R. H. A. Holmes, and R. N. Bamber: Size-selective overwintering mortality in the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, and its role in population regulation. *J. Fish Biol.*, **33**, 221-233 (1988).