

瀬戸内海備後灘におけるマダイ幼魚期 の分布と生長*

矢野 実・井上 明・国行 一正
高森 茂樹・仁科 重巳

DISTRIBUTION AND GROWTH OF YOUNG RED SEA BREAM,
CHRYSOPHRYS MAJOR TEMMINCK et SCHLEGEL, IN THE
BINGO-NADA, CENTRAL PART OF THE SETO INLAND SEA

Minoru YANO, Akira INOUE, Kazumasa KUNIYUKI,
Shigeki TAKAMORI and Shigemi NISHINA

The red sea bream, *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL, is one of the most important species in the Seto Inland Sea, and is going to be an expected for fish farming.

The fundamental research of the artificial propagation have been carried out for releasing of the larvae, but the suitable places have not been estimated yet.

In order to contribute to solve the problem, investigations on the natural distribution and growth were carried out. A commercial small trawler was chartered for the investigation to catch the samples.

The distribution had been seemed to regard the bottom conditions, and four different conditions, muddy, sandy, pebbly and sea weeds grown conditions were selected as the stations.

As the results, it was cleared that the sandbank zone, which formed by the two currents, is the most suitable for the distribution of the larvae in spite of previously known information that the sea weeds zone is the most.

The growth rate of 1963 and '67 year class young was expressed in the term of BERTALANFFY formula, and the following growth formulae were obtained respectively :

$$'63 \quad Lt = 102.002[1 - e^{-0.272(t-0.055)}]$$

$$'67 \quad Lt = 130.360[1 - e^{-0.247(t-0.550)}]$$

The growth of young and the water temperature were correlated, and the growth was better on the relatively higher water temperature ('67) rather than lower year ('63).

The relationship between the total length and body weight of '67 specimens was follows :

$$\log W = 3.1375 \log L - 11.5138$$

ま え が き

瀬戸内海燧灘、備後灘海域は、マダイの産卵場であり4～6月に産卵親魚が来遊する。これらは主として

*南西海区水産研究所業績 第6号。

ローラー吾智網・柵網・一本釣漁業によって漁獲されるが、近年その漁獲量は年々減少の傾向にある。この減少傾向を克服するために、栽培漁業の対象魚種の一つとしてマダイが選ばれ、人工種苗の大量生産のための育成技術の開発研究が急速に進展しつつある。しかし、栽培漁業の供試対象種として選ばれたマダイが、その期待にたえうる魚種であるかどうかについては、多くの疑問点がないとはいえない。なぜなら、この魚種について生活の場、食性、分布、年齢、生長などの資源生物学的特性についてまだ十分な情報が得られていないからである。

南西水研内海資源部第2研究室（尾道試験地）では、従来から瀬戸内海重要資源の一つとしてのマダイについて資源生物学的、生態学的調査研究を行ってきた。最近のタイ漁業は、深刻な減産問題に直面しこれに対する増産対策が要望されている。そこでわれわれは、まずマダイ資源の生物的生産の機構をは握することを目的として、マダイ幼稚魚の分布や生長などをはじめその生態を明らかにする課題をとりあげた。いつどこで生まれ、どんな場所に生息し、どういう経過で生長するかというこの課題は、当然栽培漁業のための基礎的な知見となり得るものである。今後の研究によって、逐次マダイの生物的生産機構を明らかにして行く考えである。今回は備後灘において実施した試験操業の結果について取りまとめ検討を加え、若干の知見を得たのでここに報告する。

本文に入るに先立ち、取りまとめに際して種々懇切な助言を賜わりご指導をいただいた南西水研花村宣彦博士、採集標本の同定に適切な助言を賜わりご指導をいただいた同水戸敏博士、ならびに本文の校閲を賜わった同藤谷超博士に心から深謝する。また、本研究を行なうなかで終始ご協力とご援助を賜わり助言をいただいた南西水研内海資源部長谷川彰研究室長ほか部員の各位に心から謝意を表す。試験船を提供し現場における調査活動に協力いただいた尾道市吉和漁業協同組合浜田鶴三氏に心から感謝の意を表す。

材料および方法

瀬戸内海備後灘はマダイ幼稚魚の育成場であり、従来マダイ幼魚は8、9月ごろ小型機船底びき網漁業によって採捕されていた。そこで、1967年7月から10月まで、小型機船底びき網当業船（3.65トン、15馬力）を毎月2～3回備船し試験操業を行なった。試験操業で使用した底びき網は、一般に当業船が使用している網と同様のものを用い、漁場の選定は次のような規準によった（Fig. 1）。

- St. 1（泥場） 松永湾の湾口部に当たる。水深約15mで底質は泥質であり、潮流は早くない（0.5kt）。
- St. 2（砂場） イカナゴ漁場で潮流が早く（1.5kt）、水深約30mで一面が吹き上げの州になっている。
- St. 3（藻場） 小さな入江で、水深約2mのアジモの密集した漁場である。潮流は緩慢である。
- St. 4（藻場） 生口島の入江で、水深約2mのアジモの密集した漁場である。潮流は緩慢であるが（0.5kt）、St. 3と共にひき網の困難な漁場である。
- St. 5（礫場） 底質が礫となっている漁場で潮流が早く（3.0kt）、水深約20mである。
- St. 6（礫場） 漁場の特徴はSt. 5とほぼ同様である。
- St. 7（砂場） 三原水道の中央部にあり、一般に細の州漁場と呼ばれている。餌料（おもにイワムシ）の生息場としても知られており、試験操業では州の北側をえい網した。潮流の早い（2.0kt）、漁場である。

以上の7カ所をそれぞれ底質によって区分し、1回のひき網時間は30分間に規定し、試験操業を行なった。もちろん、これらの漁場は幼稚魚の育成場であり、マダイ以外の多くの魚種も採捕された。全漁獲物の漁場別漁獲組成をTable 1に示した。これらについては、別の機会に発表する予定である。また、これらの漁場の一部は操業禁止区域で、一般の当業船は操業できないので、この調査は、特別採捕許可を得て実施した。

結 果

マダイ幼稚魚の出現頻度

瀬戸内海備後灘、備後灘のマダイの産卵水域については、別途直径71.5cmの稚魚ネット調査による卵稚仔の

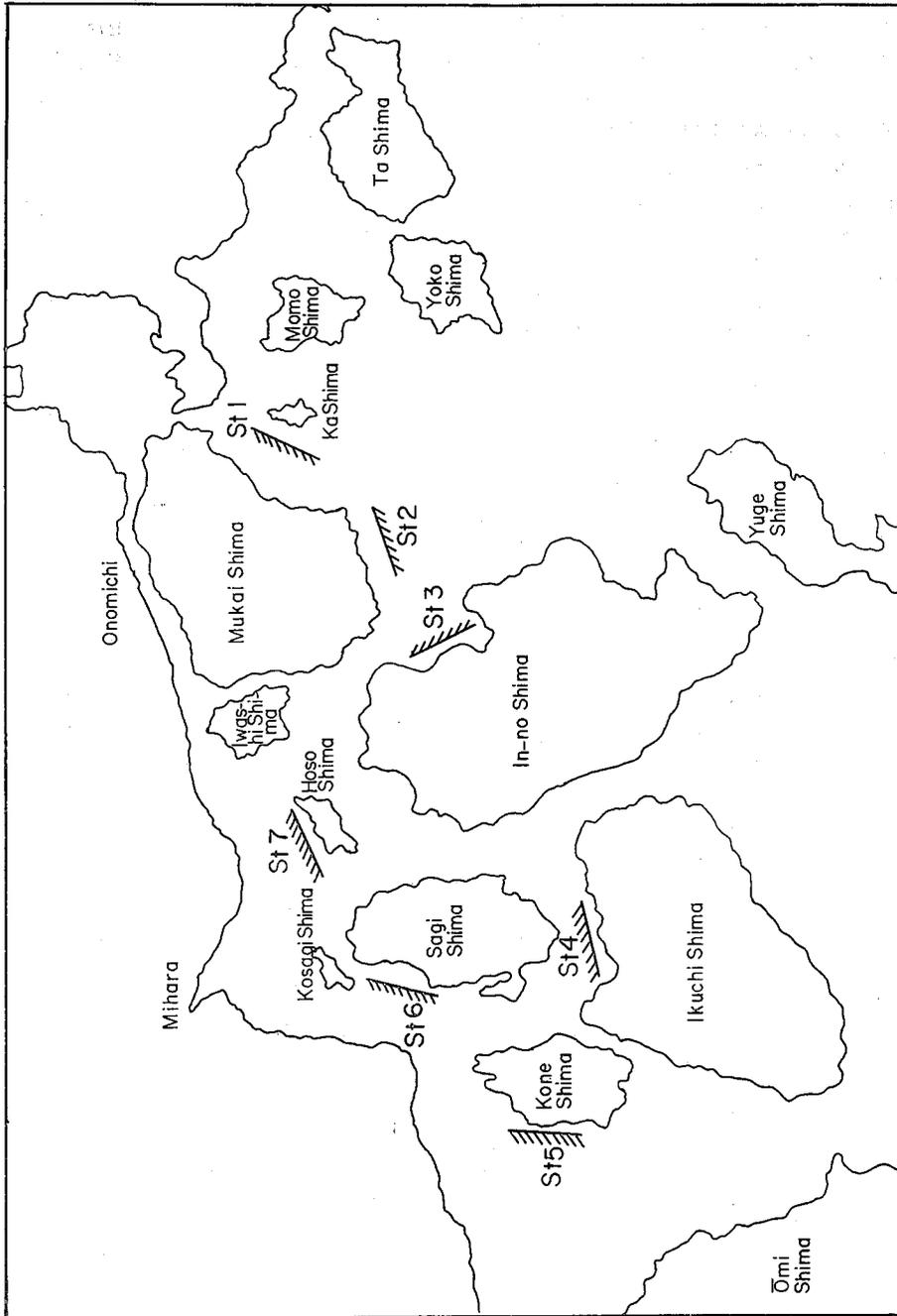


Fig. 1. Showing the stations for the investigation. Bottom conditions: St. 1, mud; St. 2, sand; Sts. 3, 4, seaweeds; Sts. 5, 6, rock; St. 7, sand-bar.

Table 1 Catches at different stations by a small trawler.

Date	St. Composition	1	2	3	4	5	6	7	Total
		g	g	g	g	g	g	g	g
July. 10 '67	Pisces	2,862	2,504	8,831	8,648	1,791	13,874	157	38,667
	Crustacea	2,005	850	2,960	1,406	1,756	240	194	9,411
	Cephalopoda	7	1,285	285	532	2,161	975	121	5,366
	Total	4,874	4,639	12,076	10,586	5,708	15,089	472	53,444
July. 19 "	Pisces	7,488	1,230	10,719	4,191	2,312	5,399	2,999	34,338
	Crustacea	2,956	961	1,149	882	1,867	845	75	8,735
	Cephalopoda	133	2	376	13	46	226	8	804
	Total	10,577	2,193	12,244	5,086	4,225	6,470	3,082	43,877
July. 27 "	Pisces	2,494	2,569	10,339	6,887	1,781	2,918	664	27,652
	Crustacea	762	424	67	686	2,629	560	0	5,128
	Cephalopoda	75	726	733	52	45	445	452	2,528
	Total	3,331	3,719	11,139	7,625	4,455	3,923	1,116	35,308
Aug. 8 "	Pisces	1,418	8,568	6,568	5,437	1,119	9,629	2,396	35,135
	Crustacea	184	1,130	1,304	1,630	1,555	817	0	6,620
	Cephalopoda	148	505	396	17	111	49	110	1,336
	Total	1,750	10,203	8,268	7,084	2,785	10,495	2,506	43,091
Aug. 23 "	Pisces	653	1,983	4,642	2,308	2,601	—	4,043	16,230
	Crustacea	864	276	739	827	1,073	—	456	4,235
	Cephalopoda	76	186	2,269	1,338	138	—	948	4,955
	Total	1,593	2,445	7,650	4,473	3,812	—	5,447	25,420
Aug. 30 "	Pisces	1,166	1,296	4,418	5,210	3,758	4,164	4,184	24,196
	Crustacea	1,119	1,211	455	120	578	473	84	4,040
	Cephalopoda	755	920	272	70	577	345	166	3,105
	Total	3,040	3,427	5,145	5,400	4,913	4,982	4,434	31,341
Sep. 8 "	Pisces	823	3,273	6,221	4,602	2,993	1,931	3,675	23,518
	Crustacea	1,994	469	150	866	1,118	277	0	4,874
	Cephalopoda	132	868	3,513	715	265	26	470	5,989
	Total	2,949	4,610	9,884	6,183	4,376	2,234	4,145	34,381
Sep. 20 "	Pisces	192	448	3,450	7,276	—	2,004	8,479	21,849
	Crustacea	913	23	1,048	1,580	—	224	360	4,148
	Cephalopoda	56	431	841	797	—	0	83	2,208
	Total	1,161	902	5,339	9,653	—	2,228	8,922	28,205
Oct. 18 "	Pisces	1,575	1,398	2,069	2,368	979	463	812	9,464
	Crustacea	446	764	1,556	652	634	809	93	4,954
	Cephalopoda	233	142	342	358	321	39	430	1,865
	Total	2,054	2,304	3,967	3,378	1,934	1,311	1,335	16,283
Oct. 30 "	Pisces	—	1,419	—	2,503	662	1,623	—	6,207
	Crustacea	—	299	—	471	126	1,370	—	2,266
	Cephalopoda	—	468	—	337	88	39	—	932
	Total	—	2,186	—	3,311	876	3,032	—	9,405

分布調査を実施した。この結果の全体については、卵稚仔の同定がまだ十分に終わっていないので、後日改めて発表する予定である。しかし、産卵期における漁場の移動と漁獲物組成の推移から、この水域のマダイの主産卵場は燧灘東部の津波島沖と推定された。

マダイの発育段階別の大きさについては、伏見など(1968)による陸上水槽での飼育結果の報告がある。それによると、受精後2日でふ出し全長2.5mm前後の前期仔魚期 (prelarval stage) となる。ふ化後約25日で全長10mmに達し、後仔魚期 (postlarval stage) を終える。そして、全長10mmから40mmまでの稚魚期 (juvenile stage) となり、これはふ化後約30日から60日まで経過したものである。以上の発育段階を経て、全長40mm以上の幼魚期 (adolescent young stage) となると述べている。

全長20mm前後の稚魚期には、燧灘・備後灘海域の激しい潮流によって漂流生活を送り、定着した生息場はもたないと考えられる。当業船を備船し実施した試験操業による各月別のマダイ幼稚魚の出現頻度の結果は Table. 2 に示すとおりである。

Table 2. Frequency of the appearance of young red sea bream caught by a small trawler.

Date	St.	1	2	3	4	5	6	7	Total
	July. 10 '67		0	0	0	0	0	0	
19 "		0	0	0	0	0	0	0	0
27 "		9	0	1	0	0	0	0	10
Aug. 8 "		0	0	10	1	26	9	403	449
23 "		0	8	9	0	22	—	331	370
30 "		0	5	11	0	6	53	285	360
Sep. 8 "		0	0	16	2	27	22	252	319
20 "		0	0	42	7	—	68	230	347
Oct. 18 "		0	5	6	0	15	7	18	51
30		0	4	—	1	7	10	—	22
Total		9	22	95	11	103	169	1,519	1,928

7月：10日・19日ともにマダイ幼稚魚はどの調査点にも出現せず、27日になって初めて St. 1 に9尾、St. 3 に1尾が出現し、その全長範囲は22~60mmであった。この stage は、産卵後約60日を経過したもので稚魚期から幼魚期に移行しつつある stage と推定される。

8月：この月には3回調査を行なったが、St. 7 の細の州漁場がきわめて卓越しており、毎回300~400尾出現している。ついで St. 5, St. 6 で10~50尾、St. 3 で10尾前後出現している。

9月：2回調査を行なったが、ともに St. 7 で250尾前後出現し、出現状況は8月に似て他の漁場より卓越している。St. 5, St. 6 で20~60尾、St. 3 では16~40尾出現した。しかし、8月に比べて St. 7 を除く各漁場でやや多く出現しているのが特徴といえる。

10月：この月は、St. 7 が他の漁場と同様の低い値を示していること、また全体として20尾以下の出現しかみられなかったのが特徴である。

以上の全調査期間について、マダイ幼稚魚の出現状態を漁場別にみると、St. 1 (泥場) で7月27日に9尾出現したのみで、それ以外には全く出現していない。St. 2 (砂場) では8月と10月に5~8尾の出現しかみられなかった。St. 3, St. 4 (藻場) では9月20日が最高の42尾で、8月と10月には10尾前後となっている。St. 5, St. 6 (礫場) では9月20日に68尾の最高の値を示しているが、その他は8~9月とも20尾から50尾の出現頻度であり、10月には10尾前後となった。しかし、この漁場では7月を除く全調査期間中平均として出現しているのが特徴である。St. 7 (砂場) の細の州漁場は、底質は砂質であるが州の周囲にアジモが点在し、潮流の交叉する地形的に複雑な漁場である。この漁場では、8月8日に403尾の最高値を示

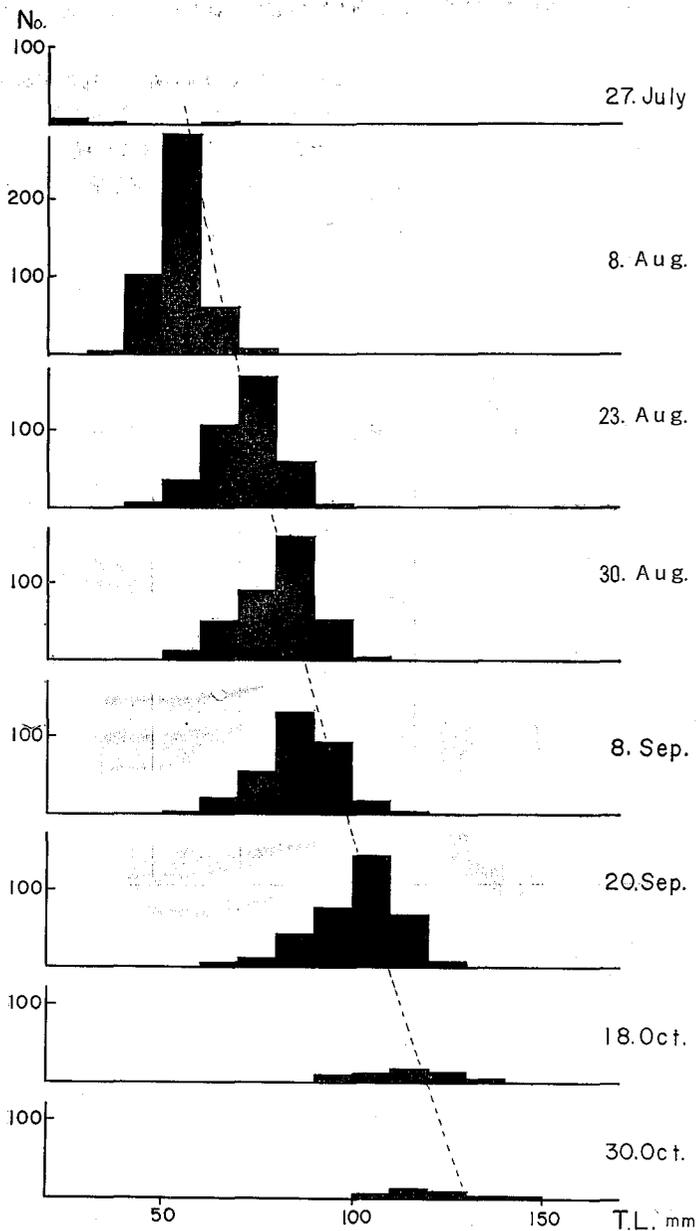


Fig. 2. Total length compositions of young red sea bream caught by a small trawler.

し、8・9月ともに200尾以上で出現尾数は他の漁場に比べてはるかに卓越している。しかし10月には急激に減少して他の漁場と同様の値を示している。

時期別全長組成

1967年7月から10月まで実施した8回の試験操業結果について、10mm間隔で全長組成を示すとFig. 2. のようになる。7月27日は出現尾数が少なくモードも明確ではないが、8月8日は51~60mmにモードがあり高い値を示している。8月23日には、71~80mmにモードがあり、同じく30日には81~90mmにモードが現われている。これによるとマダイ幼魚期の8月の生長は、10日間に約10mmの割合であることを示している。9月8日のモードは、81~90mmで8月30日と同じ値を示している。そして、9月20日には101~110mmにモードが現われており、ふ化後約120日を経て110mmまで生長したことになる。10月のモードは、わずかに120mmのところに見られているが、全体として資料が乏しい。

生長曲線

さき求めた全長組成のモードをプロットして生長曲線を求めた。また、過去5カ年間（ただし1964年は資料が少なく除外した）尾道市魚市場に水揚げされた同時期のマダイ幼稚魚の測定値から、同様の方法で全長組成を求めプロットして生長曲線

を求めた。(Fig. 3, Table 3)。

これらの年次別生長曲線に現われた差異は、マダイの産卵期が5月中旬から6月上旬と比較的長く、その盛期のずれによるものか、または生物主体以外の要因によるものか明らかでない。しかし、同一時期における生長のちがいが何を原因とするかは握することは、生態的特性を知る一つの手がかりとなろう。そこでBERTALANFFYの式によって生長曲線式を求めた。ただし、この場合は8月から10月までの幼魚期のいわば

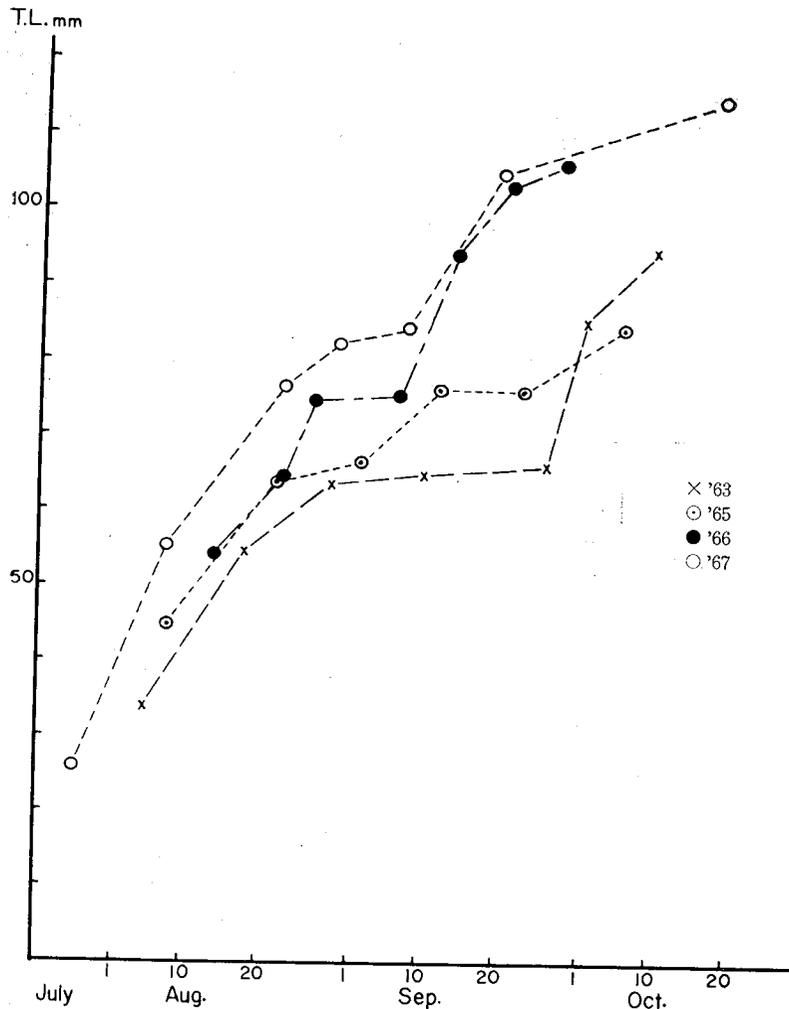


Fig. 3. Yearly changes of growth curves of young red sea bream.

局所論的数式化であり、0才からn才の生長曲線式とは区別しなければならない。すなわち、ここでは当年発生した稚魚が8月から10月までの間に生長する経過を取扱ったものである。

Fig. 3. から、生長の良い年の例として1967年、生長の悪い年の例として1963年を用いそれぞれの生長曲線から、補間法によって旬別の全長を求め、(Table 4) WALFORD の定差図を求めると、Fig. 4. となる。

$$'63 \quad l_{t+1} = 0.764l_t + 24.062 \quad l_{max} = 102.002$$

$$'67 \quad l_{t+1} = 0.783l_t + 28.236 \quad l_{max} = 130.360$$

BERTALANFFY の生長式 $l_t = l_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$ は、 $l_{t+1} = l_{\infty}(1 - e^{-k}) + l_t e^{-k}$ となり、 l_{t+1} と l_t の一次式で表わされる。WALFORD の定差図から求めた値 K , l_{max} , t_0 を代入して年次別の生長式を求めると次のとおりである。

$$'63 \quad l_t = 102.002 [1 - e^{-0.272(t-0.055)}]$$

$$'67 \quad l_t = 130.360 [1 - e^{-0.247(t-0.550)}]$$

全長と体重との関係

Table 3. Daily fluctuations on the mode of total length and on mean total length of young red sea bream.

Date	No. of fish	Mode mm	Mean mm	Date	No. of fish	Mode mm	Mean mm
Aug. 5 '63	50	34.2	34.3	27 "	96	74.7	72.8
18 "	50	54.8	52.9	Sep. 7 "	108	75.9	80.1
29 "	50	64.0	62.6	14 "	43	94.9	93.7
Sep. 10 "	50	65.2	66.8	21 "	21	103.8	99.8
26 "	42	66.3	80.7	28 "	15	106.6	108.7
Oct. 1 "	31	36.0	93.7	July. 10 '67	0	—	—
10 "	42	95.5	93.3	19 "	0	—	—
Aug. 2 '65	4	36.0	40.8	27 "	10	26.0	31.1
8 "	14	44.8	42.7	Aug. 8 "	449	55.4	54.3
22 "	15	63.9	58.6	23 "	370	76.3	71.7
Sep. 2 "	26	66.5	68.2	30 "	360	82.1	78.9
12 "	60	76.4	74.9	Sep. 8 "	319	84.5	85.1
23 "	51	76.2	79.1	20 "	347	105.6	101.8
Oct. 6 "	33	85.2	86.8	Oct. 18 "	51	115.9	113.2
Aug. 14 '66	100	54.4	53.4	30 "	22	115.5	119.1
23 "	75	64.8	66.4				

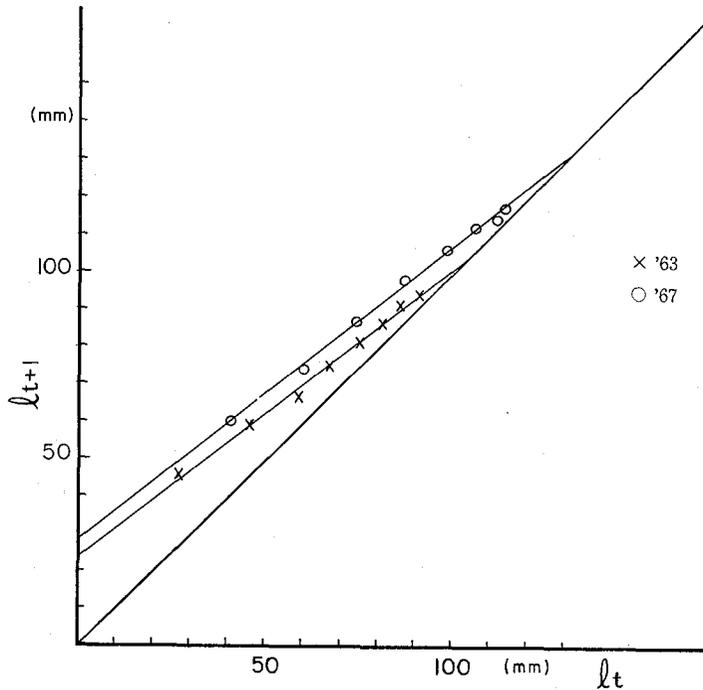
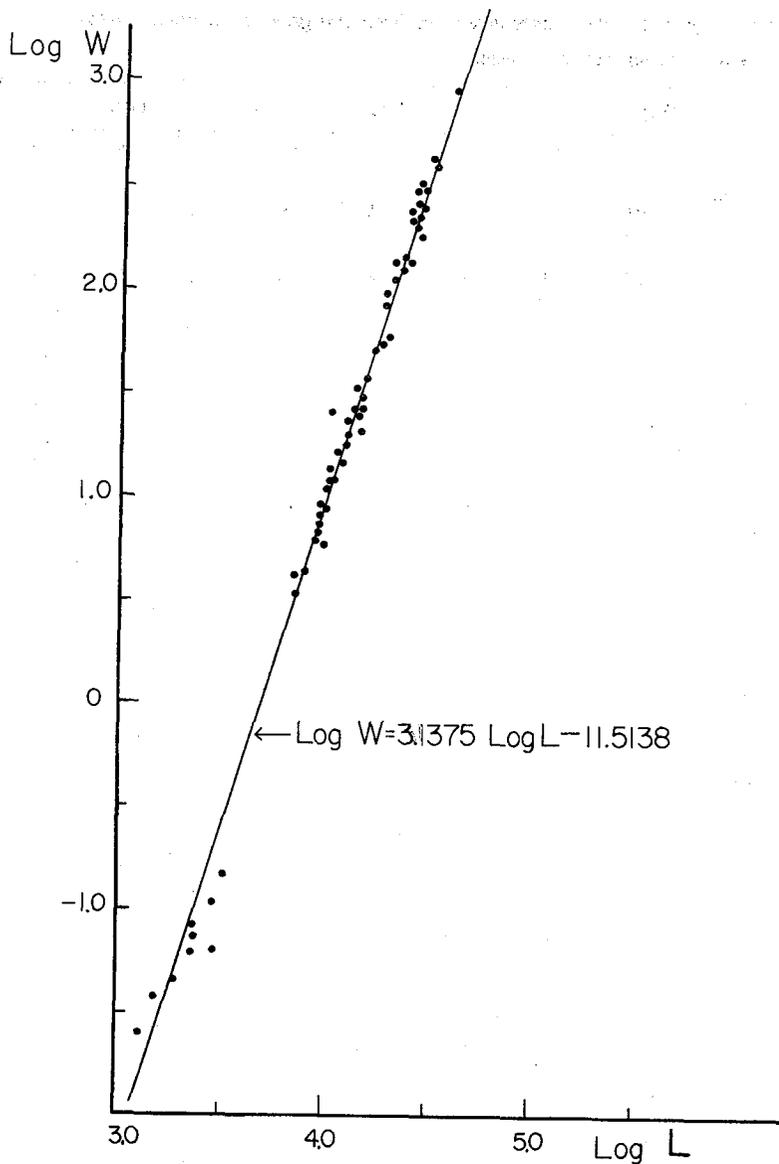


Fig. 4. Growth of young red sea bream represented by WALFORD's diagram.

1967年の試験操業によって得た資料から、全長 (L mm) と体重 (W g) の関係式を求めた (Fig. 5)



$$\log W = 3.1375 \log L - 11.5138$$

考 察

マダイ幼稚魚の生活の場

梶山 (1937) はマダイ幼魚の成育場を前期と後期に分け、前期は藻場で後期はエビ漁場をその主要成育場とすると述べている。過去において瀬戸内海域では関係機関によって藻場調査が実施されている。これは、藻場を生活の場とする多くの魚種の生態的特徴を明らかにすることを目的としている。しかし、マダイは前述したように、それぞれの发育段階によって生活の場が異なっている。卵・仔魚期の浮遊期、稚仔魚期の漂流期、そして幼魚期となって定着した生息域をもつと考えられる。この

Fig. 5. Relation between total length and body weight.

試験操業による調査は、マダイ幼魚期 (8・9月) の分布の実態を示したものと考えるのが妥当であろう。

この結果から推察すると、密集した藻場より底質が砂質 (州) で潮流の交叉する細の州漁場が最適の場といえる。潮流が交叉し、州ができる環境であるから当然餌料生物も豊富なが考えられる。漂流期から定着生活に移行する場合、物理的な環境が大きな作用をしているようである。ついで、礫質の漁場にほぼ20尾以上の尾数が一定して出現している。この環境も潮流がある程度早いのが特徴である。当初予想し、また梶山の説とされている藻場では、幼魚期のマダイはあまり出現していない。相対的にマダイ幼魚の生活の場としては、藻場は優位性はないといえるだろう。備後灘海域では、潮流が早く本流と支流が交叉し、潮替りの良い場所がマダイ幼魚の生活の場とみることが妥当と考えられる。特に細の州漁場は、物理的環境と生

Table 4. Yearly changes of total length evaluated from the growth curves at every ten days on young red sea bream.

Year	Aug.			Sep.			Oct.		
	1	11	21	1	11	21	1	11	21
1963	mm 27	46	59	67	75	81	86	91	94
1967	mm 41	60	74	87	98	106	112	114	117

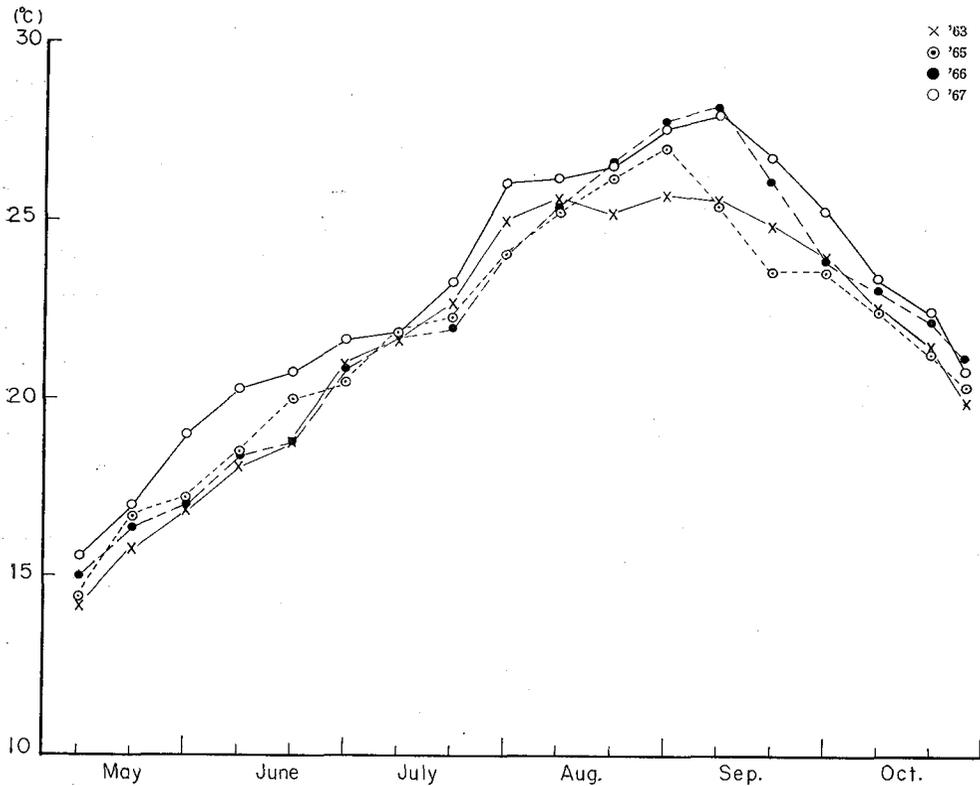


Fig. 6. Yearly changes of the average water temperature at the Onomichi Channel.

物環境においてすぐれており、他のどの漁場より生息量の多いのが特徴である。

マダイ幼稚魚の生長と環境

小型機船底びき網で採捕されるマダイ幼稚魚は、全長組成のモードを追跡し生長曲線を求めることができる (Fig. 3, Table 3)。

既往の資料と比較すると、'67年の生長は'63年に比べて生長が良い年といえる。BERTALANFFY の生長曲線式に t_1 と t について、幼魚期という限定条件をつけて、生長曲線式のあてはめを行なうと、8~10月の生長の l_{max} は、'67年は130mm、'63年は102mmとなり、約30mmの差のあることがわかった。この原因を追及するために、5月から10月までの尾道水道で行なった定時観測の結果と対応させ検討を行なった。旬別平均水温を年次別にプロットしたのが Fig. 6. である。この結果から見ると、マダイ幼魚の生長は、水温変化と密接な関係があることがうかがえる。水温の高い年は1967年で、生長の良い年と一致し、水温の低い年の1963

年は生長の悪い年となっている。8月下旬から9月上旬をピークとして、水温は下降する。この時期に、生長の一時的停滞が起こる。このことも、環境要因の一つである水温が、マダイ幼魚の生長に影響を与えていると見ることもできる。しかし、生活環境としては、水温以外の要因すなわち密度効果、餌関係、他種生物との関係など総合された要因が影響していると考えられるので、これらについては今後検討を行ないたい。

要 約

瀬戸内海備後灘海域におけるマダイ幼稚魚の分布生態と生長について、当業船の試験操業からえた資料について検討を行なった。

マダイ幼稚魚は、7月下旬から小型機船底びき網で採捕され、全長22mmが最小のものであった。8～10月の間におけるマダイ幼魚の生活の場は、底質の状態によって差異があり、出現頻度の差が大きいことが明らかになった。すなわち、底質が砂質で、潮流が交叉して州が形成されている細の州漁場は、マダイ幼魚の生活の場として最適であり、生息密度が高い値を示した。マダイ幼稚魚の生活の場は、発育段階によって異なった環境に生息するので、底質による違いより、潮流や餌生物、また他種生物との競合などに関連があると考えられる。

マダイ幼稚魚の生長に関しては、全長組成のモードを追跡し生長曲線を求めることができる。BERTALANFFYの生長曲線式に幼魚期という期間についての限定をして、次の結果を得た。

$$'63 \quad l_t = 102.002 [1 - e^{-0.272(t-0.055)}]$$

$$'67 \quad l_t = 130.360 [1 - e^{-0.247(t-0.550)}]$$

生長と旬別平均水温の間には相関関係があり、平均水温の高い年('67)は生長が良く、低い年('63)は生長の悪いことが判明した。

また、全長(Lmm)と体重(Wg)の関係式は、次式で表わされる。

$$\log W = 3.1375 \log L - 11.5138$$

文 献

- 梶山英二. 1937: 鯛. 143pp., 杉山書店.
- 北森良之介・小林真一. 1958: 藻場の生態学的研究 (I) 初夏相. 内水研報告, (11), 7—16.
- . 1959: 藻場の生態学的研究 (II) 季節的变化・同誌, (12), 187—199.
- 久保伊津男・吉原友吉. 1957: 水産資源学. 345pp., 共立出版.
- RICKER, W. E. 1958: Handbook of computations for biological statistics of fish populations. 300 pp. Fish. Res. Bd. Can., Bull. No. 119.
- 田中昌一. 1960: 水産生物の Population Dynamics と漁業管理. 東海水研報告, (28), 1—200.
- 林 知夫. 1967: 瀬戸内海における水産資源の有効利用と漁業管理. 瀬戸内海開発協議会, 1—25.
- 伏見 徹・北島 力・大内 晟. 1968: マダイの種苗生産に関する研究 (I). 広島県水試報告. I. 37—48.