

紀伊水道外域産マダイの年齢と生長*1

阪 本 俊 雄

(1984年3月23日受理)

Age and Growth of the Red Sea Bream in the Outer Waters adjacent to the Kii Strait

Toshio SAKAMOTO*2

Based on the scale reading, the relationship between age and growth of the red sea bream *Pagrus major* in the waters of the southern part of Wakayama Prefecture was studied. The ring marks on scales are generally obscure in comparison with those in the Inland Seas, and it was almost impossible to read scales from about 7.5% of the whole. The periods of ring formation and spawning are from about March to April. The growth laws in length (L , mm) and weight (W , g) are estimated as follows:

$$L_t = 670[1 - \exp\{-0.211(t + 0.079)\}], \quad W = 0.00001994L^3$$

While, anabolism and catabolism have been calculated from growth parameters given above. The biggest value of the daily growth of weight is 1.53 g. at the age of 5. This growth is pretty bigger than that described in former studies which have treated the same species in other Japanese coastal waters. This fish hibernates in water of 12°C and below. Therefore, it is reasonable that the geographical variations of the growth and ring formation come from the temperature difference and reflects the metabolism difference of the fish in each water.

本邦沿岸のマダイ *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL) の年齢と生長に関する研究は、これまで数多く行なわれている。¹⁻¹⁷⁾ しかし、冬期も比較的温暖な本邦南西部海域のものについては、鱗に形成される輪紋が不明瞭であって、^{2,3,7)} 早期発生と周年に亘る温暖環境が主原因となって、生長は、内海域のものよりかなり速いであろうと予想はされても、その実態は明らかにされていないのが実状である。著者は先に瀬戸内海東部海域の明石及び友ヶ島での本種の年齢と生長の関係を明らかにしたが、¹⁷⁾ 今回、紀伊水道外海域産マダイについての調査結果を整理したので、ここに報告する。

材 料 と 方 法

Fig. 1 に示す和歌山県外海域で一本釣、延縄釣で漁獲され、Table 1 のように 1977 年 10 月から 1981 年 10 月までの間に採集した体長 (FL) 148~744 mm のマダイ 1,010 個体を材料とした。この中で 1977~1979 年に印南で採集した 364 個体については一時凍結しておいた後解凍した状態で採鱗を行ない、生殖腺重量及び形質の多項目測定を行なった。1981 年に白浜で採集した 646 個体は標識放流に供したものの一部で、体長測定と採鱗を行なうにとどめた。鱗は汚物を取り除くため苛性ソー

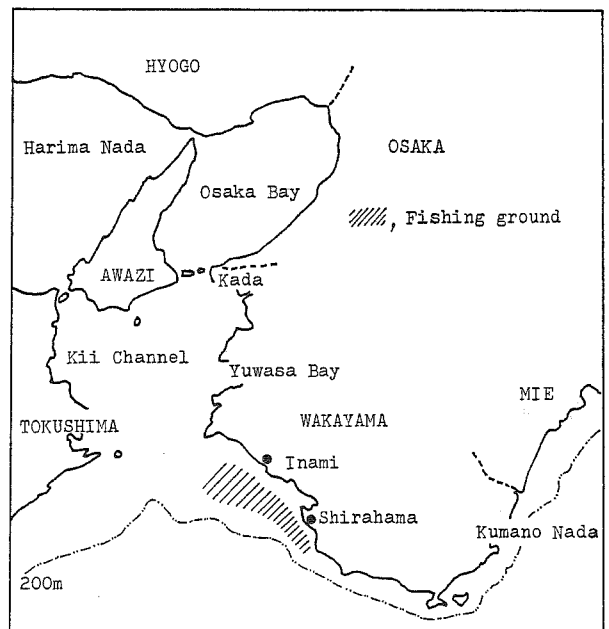


Fig. 1. Fishing ground of the red sea bream in the waters of the southern part of Wakayama Prefecture. The materials used in this study were taken from this fishing ground.

ダ溶液で処理をして2枚のスライドグラスに狭み、後に万能透視機で10倍に拡大して観察を行なった。焦点よ

*1 昭和58年度日本水産学会春季大会(東京)において概要を発表した。

*2 和歌山県水産試験場 (Wakayama Prefectural Fisheries Experimental Station, Kushimoto 649-35, Japan).

Table 1. Red sea bream materials used in this study

Date	Locality	Number of specimens	Range of fork length (mm)
October 1977	Inami	28	226-442
November "	"	23	204-480
December "	"	14	302-496
January 1978	"	20	342-603
April "	"	41	258-509
May "	"	41	237-569
October "	"	24	236-564
November "	"	10	335-545
December "	"	39	218-630
January 1979	"	3	310-410
February "	"	3	334-377
March "	"	52	299-582
April "	"	58	198-594
May "	"	8	290-538
May 1981	Shirahama	137	213-744
September "	"	417	148-365
October "	"	92	220-360
Total		1010	

り被覆部前側部の頂点(角)までの直線距離上で焦点から輪までの長さを 0.1 mm 単位で読み取って、これを輪径(r_n)とし、また同直線上で鱗最外縁までの長さを鱗長(R)として、かなりの数の個体については標準的な鱗 2 枚以上について計測を行なった。本研究では、これらの平均値で個体を代表させることにした。輪形成が不明瞭で、輪の読み取りの困難な鱗が全体の中に 75 個体とかなりあり、これらの鱗は計測しないことにした。また、0 才群が 2 個体再生鱗のもの 5 個体が含まれていたもので、これらも除外して輪を計測し得たものは結局 928 個体である。

結 果

輪の鮮明度 本種の内海産と外海産の鱗の鱗相の違いは、既によく知られたところであって、^{2,3,7)} 外海産のもののは内海産のものより不鮮明である。著者は先に内海の友ヶ島産のものについて報告したが、¹⁷⁾ これと比べて、今回の外海産のものは殊の外、輪の判読が困難であった。0 才及び再生鱗個体を除く 1003 個体の内で、輪の読み取りが全く出来なかったものは前述のように 75 個体で、これは全体の約 7.5% に当る。海老名³⁾はこの割合を約 5% であるとしている。本研究の材料では高齢群が比較的多く、高齢群では高齢輪の間隔が狭くて、10 才以上群については確かな計測が出来なかったので、海老名³⁾の 5% より多くなったものと思われる。

輪形成期と産卵期 輪形成期の推定には縁辺生長率 $(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})$ 、産卵期の推定には生殖腺熟度指数 $GW \times 10^3/L^3$ の経月変化によって推定した。Fig. 2 は 2~9 輪群の 710 個体の縁辺生長率の月平均値と標準偏差で、Fig. 3 は、印南産のもの生殖腺熟度指数の月平均値である。これより輪形成期は 3~4 月*、産卵期は 3~5 月であると推定される。

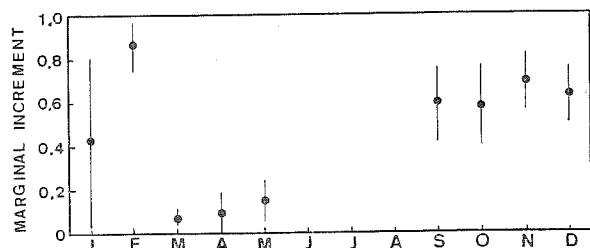


Fig. 2. Monthly changes of marginal increment.

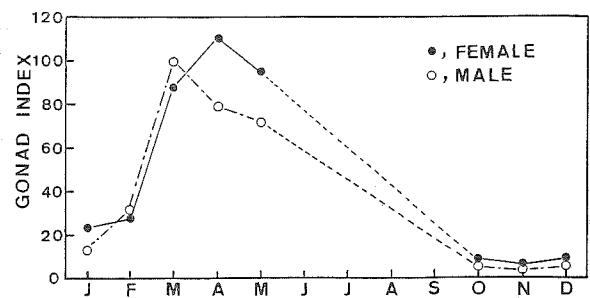


Fig. 3. Monthly changes of gonad index.

* 2 月の標本は 2 月 21 日採集のわずか 3 個体で、しかも、これらには輪形成の兆候を認めることが出来なかった。従って、輪形成期は 3~4 月と見るのが妥当であろう。

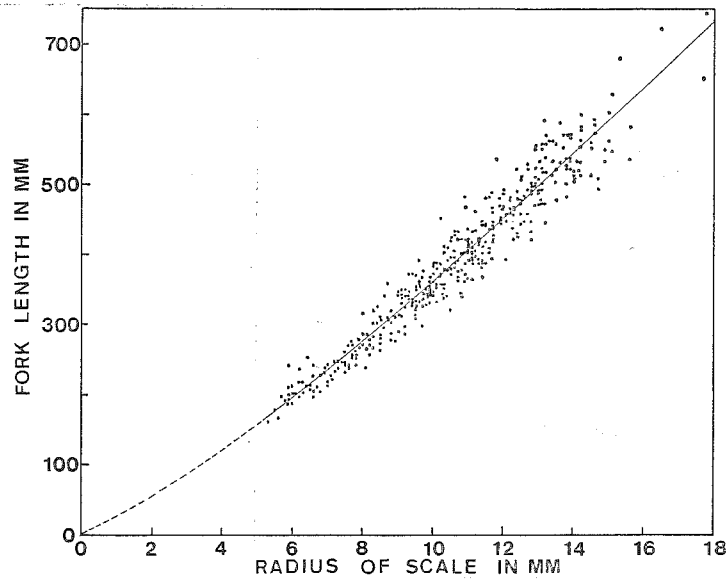


Fig. 4. Relation between radius of scale and fork length.

Table 2. Average of the ring radius on scale of red sea bream

Ring group	Number of samples	Radius (mm) of ring mark								
		r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9
1	218	4.84								
2	313	4.53	7.27							
3	122	4.58	7.07	9.02						
4	96	5.03	7.12	9.11	10.63					
5	104	4.70	7.30	9.26	10.79	12.04				
6	45	4.63	7.22	9.15	10.72	11.84	12.86			
7	18	4.56	7.02	8.89	10.35	11.59	12.29	13.45		
8	9	4.60	7.14	8.83	10.13	11.23	12.10	12.87	13.56	
9	3	4.28	7.36	9.36	11.08	12.41	13.69	14.78	15.60	16.14
Average	928	4.69	7.21	9.11	10.67	11.91	12.66	13.41	14.07	16.14

輪形成時体長 輪長 R と体長 L の関係は Fig. 4 に示される。関係式は、

$$L = 22.939R^{1.195} \quad (1)$$

で与えられる。但し R, L とも単位は mm である。

一方、各輪群ごとの平均輪径と全個体を込みにした各輪の平均輪径は Table 2 に示される。LEE 氏現象は見

Table 3. Back-calculated fork length (mm) at the time of ring formation

l_1	146.1
l_2	244.6
l_3	323.7
l_4	391.1
l_5	446.2
l_6	480.1
l_7	514.3
l_8	544.8

られないので、全体を込みにした平均値を各輪群の代表値として、これを式 (1) に代入して、Table 3 に示したような輪形成時体長を得た。

生長曲線 上記の輪形成時体長を定差図に示すと Fig. 5 のとおりで、定差方程式

$$l_{n+1} = 127.3 + 0.81l_n \quad (2)$$

が得られる。これより VON BERTALANFFY 生長方程式の定数である l_∞ と K はそれぞれ 670 及び 0.211 となる。従って、 $t=1, \sim 8$ を代入したときに求まる各々の t_0 から、平均をとって $t_0 = -0.079$ が求まる。生長式は、

$$L_t = 670\{1 - e^{-0.211(t+0.079)}\} \quad (3)$$

で与えられる。

体長と体重の関係は Fig. 6 のとおりで、三乗式で次のとおり与えられる。

$$W = 0.00001994L^3 \quad (4)$$

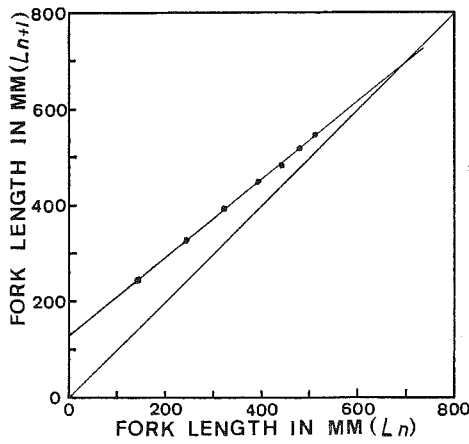


Fig. 5. Walford graphs, l_{t+1} against l_t .

Table 4. The sizes of red sea bream in length and weight at the age of 1-12, calculated from formula (3) and (4)

t (age in year)	FL (mm)	BW (g)
1	136.4	50.6
2	237.9	268.5
3	320.1	654.0
4	386.7	1,153.0
5	440.6	1,705.5
6	484.2	2,263.5
7	519.6	2,781.1
8	548.2	3,285.1
9	571.3	3,718.1
10	590.1	4,097.3
11	605.3	4,422.2
12	617.6	4,697.3

式 (3) と式 (4) から得られる満 1~12 才までの計算体長と計算体重は Table 4 に示される。

同化と異化 生長とは VON BERTALANFFY 法則においては、同化量と異化量の差であって、

$$dw/dt = \alpha \cdot w^{2/3} - \beta \cdot w \quad (5)$$

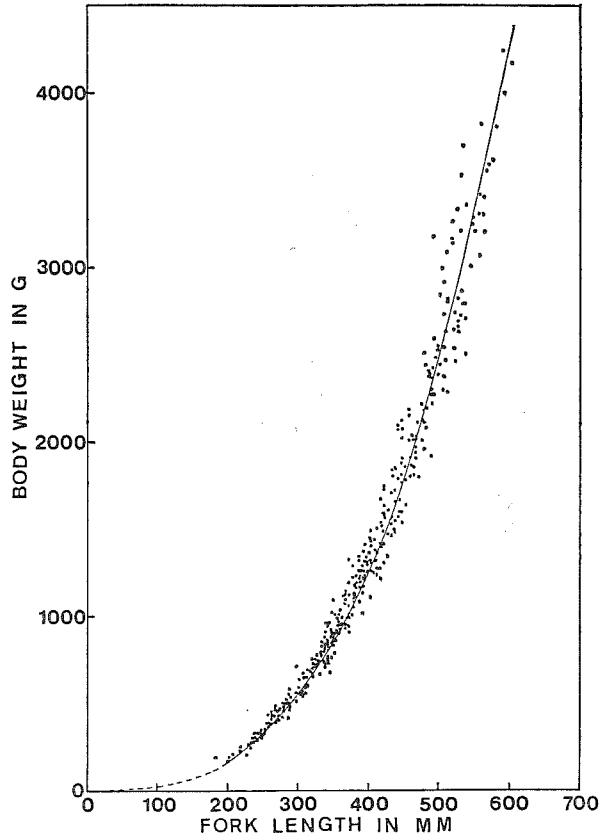


Fig. 6. Relation between length and weight.

である。これは仮の代謝モデルであるが、¹⁸⁾ 土井¹⁹⁾は生長式を出したついでにこれらより同化量と異化量まで計算しておくことを勧めている。すなわち、1日当りの

$$\text{同化量} = \alpha/365 \cdot w^{2/3} \quad (6)$$

$$\text{異化量} = \beta/365 \cdot w \quad (7)$$

である。ここに α は同化係数、 β は異化係数で、生長式のパラメーターで示すと、

$$\alpha = 3 \cdot A^{1/3} \cdot L_{\infty} \cdot K \quad (8)$$

$$\beta = 3 \cdot K \quad (9)$$

である。 A は体長と体重の三乗式関係における係数である。同化係数 $\alpha = 11.502$ 、異化係数 $\beta = 0.633$ と求めら

Table 5. Anabolism and catabolism of red sea bream

Age in year	Body weight in average (g)	Anabolism (g/day)	Catabolism (g/day)	Growth (g/day)
1	159.5	0.925	0.277	0.650
2	461.2	1.881	0.800	1.081
3	903.5	2.945	1.567	1.378
4	1,429.2	3.998	2.479	1.519
5	1,984.5	4.976	3.442	1.534
6	2,522.3	5.839	4.374	1.465
7	3,033.1	6.603	5.260	1.343
8	3,501.6	7.266	6.073	1.193
9	3,907.7	7.818	6.777	1.041
10	4,259.7	8.281	7.387	0.894

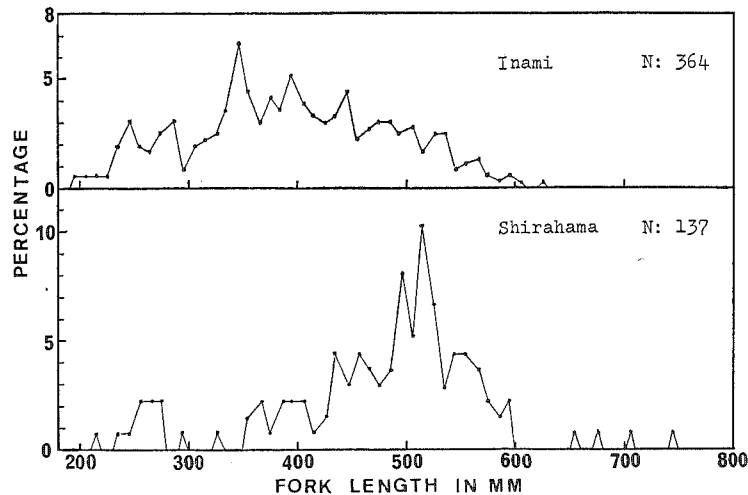


Fig. 7. Fork length composition for the red sea bream caught at Inami and Shirahama.

れる。Table 5 は、各年齢の平均体重時^{*1}における同化量、異化量、生長量を式 (6)、(7) によって計算した結果である。

考 察

まず、生長特性値の検討をしよう。あい隣る2ヶ年の生長量の比 e^{-K} は 0.81 で、0.8~0.9 という既往の結果^{12,17)}の範囲内にある。いずれの海域においても本種のこの値はほぼ一定であるとする三尾¹²⁾の指摘は正しい。

定差方程式の定数項 $L_{\infty}(1-e^{-K})$ は 127 mm で、これは既往の値の中で 129 mm という友ヶ島のもの¹⁷⁾について高い値である。

理論最大体長 L_{∞} は 670 mm である。実際の漁獲物の中にはごくまれに体長 1 m というものもあって、^{*2} 今回の $L_{\infty}=670$ mm の値は一見して小さすぎるように思われる。このことを検討するために Fig. 7 に今回用いた標本で、1 船買いあるいは延縄斃死魚の全数採集によるものの体長組成を示した。これらの体長組成は漁獲対象となっている海の中の組成に近いものを示しているとみてよい。600 mm 以上のものは6個体と非常に少ない。最長のもは 744 mm であった。従って、上述のように中には約 1 m というものもまれに見られても、670 mm は当海域の最大体長級群の平均的な値を示しているとみてよからう。

次に、今回得られた生長を他海域における既往のものと比較してみよう。Fig. 8 は阪本¹⁷⁾が整理している既往の年齢と生長の関係と今回のものを比較して示したものである。タラ類やニシンその他多くの魚類に生長の大きな地理的変異が認められているが、^{18,20-22)} 本邦のマダ

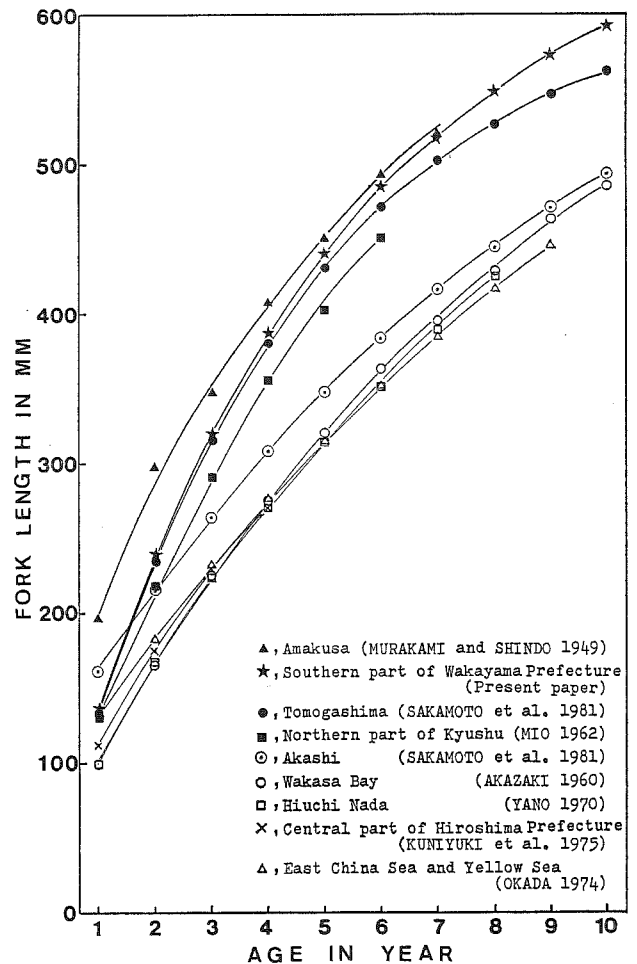


Fig. 8. Comparison of the growth curves of the red sea bream in the various waters estimated by the various researchers.

イのそれもかなりのものであることがわかる。さらに、Fig. 8 から本種は生長の大きいものと、小さいものの二

*1 (各年齢群の初重+最終体重)/2

*2 これは白浜で 1982 年 4 月 9 日に釣獲されたもので、体重は 11.6 kg。過去には、いずれも白浜で、14.8 kg (1972 年 5 月 11 日)、12.1 kg (1973 年 2 月 11 日)、16.6 kg (1979 年 3 月 12 日) というものも見られる。

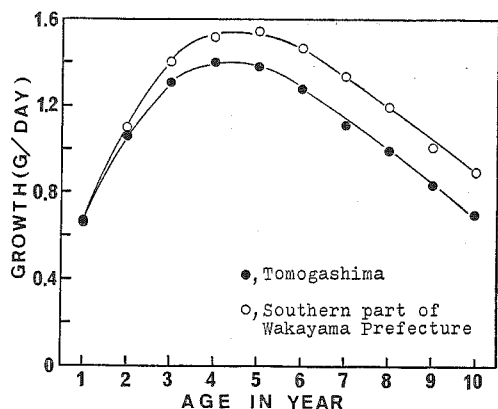


Fig. 9. Comparison of the daily growth of weight of the red sea bream between Tomogashima and the southern part of Wakayama Prefecture.

つのグループに分けることができ、今回の紀伊水道外域産本種は天草、友ヶ島、北九州のものとの生長の大きいグループに属することがわかる。このような生長の差は産卵期における各海域の水温とよく対応しているといわれている。¹²⁾ 1967~1982年の16年間の明石、友ヶ島、印南、白浜の各漁場の50m層の平均水温は、ほぼ年最低水温を示す2月では、それぞれ8.8、10.9、16.0、16.2°Cであり、また5月ではそれぞれ15.1、16.6、18.3、18.3°Cであって、低緯度ほど高温となっている。生長に作用する環境効果としては、上述の水温の外に、個体群密度や遺伝的要因などがあって、¹³⁾ これらは今後解明されなければならないが、水温環境の寄与はかなり大きいものと予想される。

Fig. 9はTable 5の平均体重時における1日当り生長量(g)を友ヶ島のものと比較したものである。生長量は外海域のものの方が大きい、いずれも4、5才で最も大きくなり、6才以降は友ヶ島と外海域のものでは1日ほぼ0.2gの差があって漸減していく。

ところで、水域によって、このように生長の仕方が異なるが、体長に対する他の形質の相対生長や鱗相も異なっている。体長、体重関係 $W=A \cdot L^3$ の A は肥満度を現わすが、明石産のものは0.0000295、友ヶ島産は0.0000208、今回の外域産は0.0000199で、外域のものは最もやせ型である。また、鱗相は前述のように外域産の輪は内海産のものに比べてぼやけて鮮明さに欠けることが特徴である。

梶山によれば、⁷⁾ 本種の輪は旺盛な生長の開始期に形

成される。そして、輪形成期と産卵期は、友ヶ島産ではとも5月に、¹⁷⁾ 今回の外域産では多少のずれはあるが3~4月頃にあつて、いずれもほぼ一致している。しかし、この産卵の衝撃や生殖腺の生理的律動が本種の年輪形成要因となっているかどうかは、これまで述べてきた輪の相違等からみて疑問である。本種は12°Cで冬眠状態に入り、⁷⁾ また、約17°、18°Cで摂餌が良くなり釣漁況が活発化する生態特性を持っており、これらに基づいた水温環境の代謝機能に作用する水域変化が、上述の鱗相の相違として現われて来ているものであろうと推測される。

文 献

- 1) 海老名謙一: 日水誌, 4, 411-414 (1936).
- 2) 海老名謙一: 日水誌, 6, 179-181 (1937).
- 3) 海老名謙一: 日水誌, 7, 151-154 (1938).
- 4) 海老名謙一: 日水誌, 8, 295-297 (1940).
- 5) 王 胎観: 日水誌, 6, 175-178 (1937).
- 6) 三善清旭: 日水誌, 7, 149-150 (1938).
- 7) 梶山英二: 鯛, 杉山書店, 東京, 1937, pp. 1-143.
- 8) 村上子郎・真道重明: 日水誌, 15, 158-160 (1949).
- 9) 川瀬 実: 内海区水研研報, 4, 101-106 (1953).
- 10) 土井長之: 日水誌, 21, 320-334 (1955).
- 11) 赤崎正人: 日水誌, 26, 217-222 (1960).
- 12) 三尾真一: 九大農学芸雑誌, 19, 507-520 (1962).
- 13) 村上子郎・岡田啓介: 西海区水研研報, 35, 23-40 (1967).
- 14) 岡田啓介: 西海区水研研報, 44, 49-185 (1974).
- 15) 国行一正・矢野 実・川西正衛: 南西海区水研研報, 8, 81-100 (1975).
- 16) 相原久幸・野村俊文・松原 中・神野芳久・瀬戸口 勇・茂野邦彦: 栽培技術, 9, 39-62 (1980).
- 17) 阪本俊雄・土井長之・岩井昌三・石岡清英: 東海区水研研報, 105, 59-113 (1981).
- 18) R. JONES: in "The Ecology of the Seas" (ed. by D. H. CUSHING and J. J. WALSH), 1st ed., Blackwell Sci. Pub., Oxford, 1976, pp. 251-279.
- 19) 土井長之: 鯨研通信, 318, 57-64 (1978).
- 20) 相川広秋: 水産資源学, 水産社, 東京, 1941, pp. 147-148.
- 21) 相川広秋: 水産資源学総論, 産業図書, 東京, 1949, pp. 286-294.
- 22) 久保伊津男・吉原友吉: 水産資源学 (改訂版), 共立出版, 東京, 1969, pp. 26-28.