

インダイ稚魚の飽食時間と消化時間

福所 邦彦

Satiation and Digestion Time in Juveniles of the Percoid Fish *Oplegnathus fasciatus*

Kunihiko Fukusho

(Received February 8, 1977)

There are many problems to be solved for establishment of more reasonable and simplified method of fry production in the marine fish culture. One of the most important subject is to clarify the feeding ecology of larvae and juveniles under rearing condition. In the former works, times required for satiation and digestion in the larvae of *Oplegnathus fasciatus* (Temminck and Schlegel) were tested. The present paper deals with those examinations in the juveniles with a fairly developed stomach.

The copepod *Tigriopus japonicus* Mori was used as food. Degrees of satiation and digestion were estimated by counting the number of food organisms in 5 portions of the digestive tract: mouth cavity, stomach, anterior intestine, posterior intestine, and rectum.

Time required for satiation in the juveniles (19.3~20.2 mm in T.L., 36 days after hatching), which were starved for 15 hours, was nearly one hour after the food organisms were supplied at density of 10 individuals/ml. Content of digestive tract amounted 15.8% of body weight when satiated. At that time the stomach contained 80% of the total food.

Times required for digestion (remained content less than 10% of satiation amount) in stomach and digestive tract of the juveniles (19.4~22.8 mm, 37 and 38 days after hatching) were 3 to 4 and 5 to 6 hours, respectively.

The feeding behavior of juveniles seems to show the transitional pattern from that of larvae to that of adults with a full-developed stomach.

(Laboratory of Aquaculture, Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, Nomozaki, Nagasaki 850-05, Japan)

成魚および若魚の飼育環境下での摂餌生態については多くの報告がある (Ivlev, 1965; 狩谷, 1966; 石渡, 1968; 尾崎, 1971, 1972)。しかし、仔稚魚の摂餌生態については知見が少なく、特に海産魚の場合には飼育技術上、供試魚の入手が困難であったために実験例が少ないと考えられる。

海産魚の種苗生産技術の進歩はここ数年著しいものがあるが、さらに合理的で省力化した飼育方法を確立する必要がある。特に仔稚魚への給餌方法にはまだ改善の余地があると考えられる。この問題を解決するためには仔稚魚の発育段階毎の摂餌生態を把握することが急務であり、その端緒としてインダイ *Oplegnathus fasciatus* (Temminck and Schlegel) 仔魚の成長に伴う飽食時間と消化時間の変化について先に報告した (福所, 1976a, 1976b)。今回、仔魚に続いて胃盲嚢部が発達した

稚魚について同様のことを調べたのでその概要を報告する。

材料および方法

供試魚 長崎県水産試験場増養殖研究所で養成試験中の人工採苗インダイ (満3年魚) が、1975年6月28日夕刻に小割生簀内で自然産卵したものを採取して、同30日にふ化した仔魚を飼育して供試した。仔魚期の飼育には室内12tコンクリート水槽を、稚魚に移行後は1t円型プラスチック水槽 (パンライト水槽) を用いた。仔魚期には、パン酵母とクロレラ *Chlorella* sp. との併用給餌で生産したシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* に、再びクロレラを約6時間摂取させた後給餌し、稚魚には、パン酵母によるシオミズツボワムシとの混合生産で得たコペポダ類のティグリオプス *Tigriopus japonicus*

を給餌して、育成した。実験は 1975 年 8 月 3 日～7 日に行ない、供試魚の日齢は 36～38 であった。飼育期間中の水温は 23.9～29.0°C、比重 (σ_{t15}) は 26.7～27.0、pH は 8.9～9.1 であった。

実験方法 成魚と異なり、仔稚魚の摂餌行動の正確な観察は困難なので、ここでは“飽食”と“消化”を仔魚の場合(福所, 1976a, 1976b)と同様に定義した。そして飽食時間および消化時間は給餌後と絶食後の各経過時間毎に採取した供試魚の消化管内餌料数の推移から求めた。また、摂餌群の飽食時間および消化時間から個体について推定した。

飽食および消化過程の観察指標餌料には、イシダイ稚魚の飼育に好適で入手が容易であることから、ティグリオブスを用いた。

30l パンライト水槽をウォーター・バス中に置き、実験槽とした。この水槽に、飽食時間の実験(A)では飼育槽より 75 尾移し、この時混入したティグリオブスを 30 分間流水により除去し、その後 15 時間の絶食期間を設けて消化管内容物を空にしてからティグリオブスを 10g (約 294,000 個体, 9.8 個体/ml) 給餌して 5～10 分毎に 3～11 尾を採取して麻酔後 5% ホルマリン液で固定した。

消化時間の実験(B)では、飼育槽で給餌後 30 分間ティグリオブスを捕食させた後、実験槽に 81 尾を移し、実験(A)と同様、30 分間流水によりティグリオブスを

除去し、その後 33 時間経過まで 0.5～12.0 時間毎に 5～6 尾ずつ採取し、実験(A)と同様に固定した。

消化管中のティグリオブスの計数は顕微鏡下で実験AおよびBの採取固定標本を開腹し、消化管を食道から肛門まで切り出し、食道、胃、腸(前、後部)、直腸の各部に分けて行なった。

結 果

イシダイ稚魚の消化管の形態 今回の実験に供した全長 20 mm 前後の稚魚の消化系は、前期仔魚から成魚の特徴を示すまでの消化系の発達過程を 8 段階に規定した場合の第 6 段階に相当する(福所, 1973)。

食道に続く胃は噴門部、盲嚢部および幽門部の区別が明瞭である。盲嚢部はいわゆる U 字型を呈し、内腔の粘膜上皮下には胃腺が十分発達している。幽門部から腸前部への移行部分はくびれて、その周縁部の発達した筋肉層は幽門弁に類似した構造を示す(Fig. 1)。

消化管の腹腔内での走行状態は、腹面観による模式図(Fig. 1, D)で示すと、胃幽門部に続く腸管は上方に向い、食道の腹側を横切り、C 字状の弧を描いて下行し、彎曲を作って再び上方に向い、C 字状弧の中で逆 N 字状を呈して、直腸に達する。腸の始部には幽門垂がかなり発達している。腸から直腸への移行部はくびれて、その境は明瞭である(Fig. 1, B)。なお、ここでは便宜上、腸は C 字状弧の下端を境として、腸前部と腸後部に区別

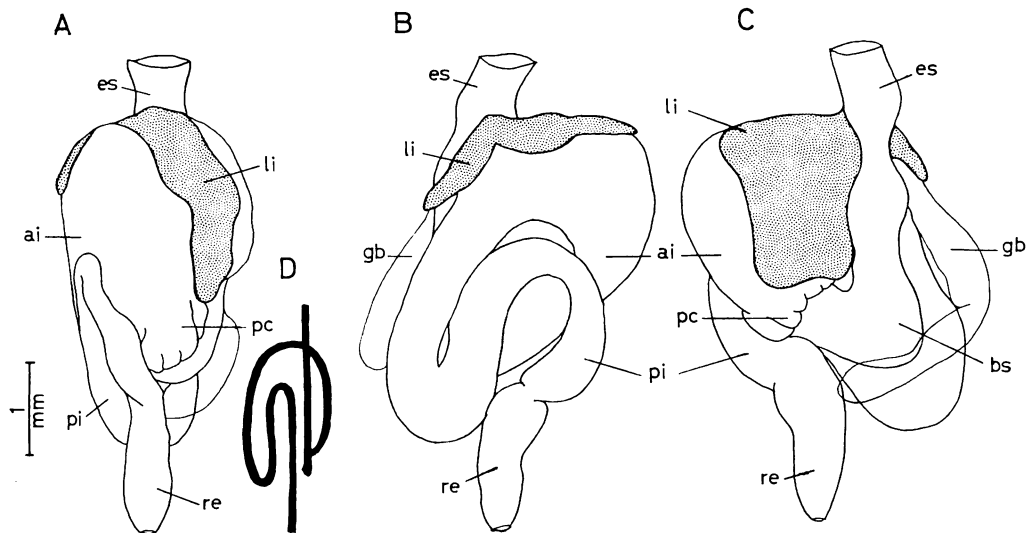


Fig. 1. Digestive tract in *Oplegnathus fasciatus* (19.2 mm in T.L.). A, ventral view; B, lateral view of left side; C, lateral view of right side; D, schematic drawing of intestinal coiling (ventral view). ai, anterior portion of intestine; bs, blind sac of stomach; es, esophagus; gb, gall bladder; li, liver; pc, pyloric caeca; pi, posterior portion of intestine; re, rectum.

Table 1. Time required for satiation in the starved juveniles (36 days after hatching) of *Oplegnathus fasciatus*, with the copepod *Tigriopus japonicus*. Abbreviations: MC, mouth cavity; ST, stomach; AI, anterior portion of intestine; PI, posterior portion of intestine; RE, rectum.

Time after feeding (min.)	Number of fish examined	Juvenile fish			<i>Tigriopus japonicus</i> as food						
		Total length (mm)		Body weight (g)	Number in digestive tract		Percentage in five portions of digestive tract				
		Range	Average±SD	Average	Range	Average±SD	MC	ST	AI	PI	RE
0	3	18.3~21.6	19.80±1.36	0.120	0~0	0	0	0	0	0	0
5	5	18.6~20.6	19.98±0.79	0.136	206~259	235.6±18.5	0.2	99.4	0.4	0	0
10	6	16.5~22.3	19.25±1.70	0.110	222~494	309.5±102.4	0.2	92.7	7.1	0	0
15	4	18.4~21.4	19.90±1.45	0.125	349~671	490.0±126.3	0.3	89.6	10.2	0	0
20	5	18.3~21.0	19.52±1.00	0.124	310~511	416.8±72.5	0.4	84.8	14.8	0	0
25	9	17.0~22.2	19.38±1.81	0.122	296~684	474.9±117.5	0.4	83.2	16.2	0.2	0
30	11	17.4~21.7	19.42±1.37	0.144	367~858	532.4±143.7	0.5	81.0	18.5	0.2	0
40	10	17.5~23.7	20.24±2.00	0.158	422~848	596.1±153.6	0.9	81.0	17.4	0.7	0
50	10	17.9~21.6	19.74±1.49	—	417~885	620.7±144.6	1.3	76.9	19.2	2.6	0.1
60	10	17.5~22.6	19.64±1.72	0.140	405~1032	670.5±190.4	0.9	79.0	15.8	4.3	0.1

Table 2. Time required for digestion in the juveniles (37~38 days after hatching), which were starved after satiation with the copepod. Ten specimens were survived after 48 hours starvation. For abbreviations, see Table 1.

Time after starvation (hour)	Number of fish examined	Juvenile fish			<i>Tigriopus japonicus</i> as food						
		Total length (mm)		Body weight (g)	Number in digestive tract		Percentage in five portions of digestive tract				
		Range	Average±SD	Average	Range	Average±SD	MC	ST	AI	PI	RE
0	5	20.0~24.0	22.32±1.51	0.244	468~698	620.2±97.1	0	72.8	26.2	1.0	0.1
0.5	5	20.2~24.6	22.82±1.63	0.224	522~978	711.8±189.3	0	68.8	26.7	4.0	0.4
1.0	6	19.0~21.6	20.40±0.89	0.167	306~586	479.3±95.0	0	65.4	24.8	8.0	1.8
1.5	5	19.0~22.5	20.70±1.65	0.176	283~534	419.6±94.9	0.1	61.5	27.8	8.7	2.0
2.0	5	17.4~24.2	20.36±3.11	0.172	256~714	439.4±188.1	0	54.9	27.3	11.2	6.7
3.0	5	16.8~21.2	19.42±2.19	0.156	234~489	363.2±101.8	0	33.0	34.9	22.5	9.7
4.0	5	17.3~23.3	19.52±2.55	0.144	132~266	194.4±64.5	0	10.2	50.4	23.5	16.0
5.0	5	19.2~24.2	21.24±1.95	0.192	71~202	138.0±50.5	0.1	15.1	22.0	45.1	17.7
6.0	5	16.4~23.0	20.58±2.72	0.152	6~128	44.8±52.1	0	3.1	21.9	62.5	12.5
8.0	5	19.0~22.3	20.66±1.47	0.146	0~23	11.2±9.8	0	0	5.4	82.1	12.5
10.0	5	17.6~24.0	21.38±2.74	0.176	0~11	4.6±5.0	0	0	56.5	34.8	8.7
14.0	5	18.6~26.0	21.06±2.86	0.150	0~0	0	0	0	0	0	0
21.0	5	17.8~25.6	22.70±2.95	0.196	0~0	0	0	0	0	0	0
33.0	5	17.2~22.1	20.04±1.82	0.124	0~0	0	0	0	0	0	0

した。

飽食時間 摂餌開始から経過時間毎に採取した稚魚の消化管内ティグリオプス数の平均値(範囲), 平均全長(範囲)と供試魚数は Table 1 に示した。平均全長 19.25~20.24 mm の稚魚では, 前述の摂餌履歴と給餌条件の場合, 飽食時間は約 1 時間であると推定される。また, 消化管内容物は最初の 5 分間で飽食時の 1/3 程度に, その後 5 分間で 1/2 に達する。そして, この頃から増加は緩慢となり, 摂餌活動が次第に不活発になる (Fig. 2)。

なお, 絶食処置中の水温は 27.9~28.5°C, 給餌後から実験終了までの水温は 27.8~27.9°C, 照度は 1900~12400 Lux であった。

飽食量 飽食時の消化管内容物量, すなわち飽食量はティグリオプス約 650 個体と推定され, ティグリオプスの平均湿重量が約 34×10^{-6} g (長崎水試, 1976) であることから, その重量は 0.0221 g と算出される。この値は飽食状態の平均魚体重の約 15.8% になる。

各経過時間毎に採取した稚魚の解剖前の平均魚体重(ホルマリン固定標本)の変化は Table 1 に示す通りである。魚体重の変化から飽食量と飽食時間を推定する方法が考えられるが, 仔稚魚の場合には全長の僅かな個体差に伴ない魚体重の個体差が増大するので, この方法は適当ではない。

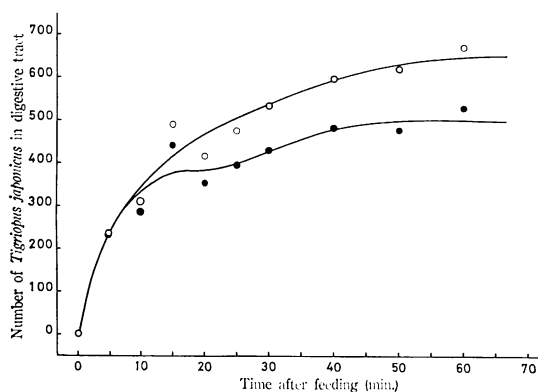


Fig. 2. Change of the amount of content in digestive tract in the juveniles of *Oplegnathus fasciatus*, which were fed with the copepod *Tigriopus japonicus* (density of the food organism, nearly 10 individuals/ml) after 15 hours starvation. Plastic circular tank (30 l) was used as a container. Open circles, the amount in digestive tract; solid circles, the same in stomach. Each indicating the average value of 3 to 11 individuals. As for details, see Table 1.

摂餌開始後の消化管内容物の運搬速度と充満 絶食処置により, 消化管が空になった稚魚に給餌した時, 摂取された餌の消化管内充満過程と飽食との関係, および運搬速度を知るため, 消化管内容物を前述の 5 部に分けて計数した。経過時間毎の各部分の内容物の消化管全体に対する割合の推移は Table 1 に示した。摂取された内容物は腸前部には 5 分後, 腸後部には 25 分後, そして直腸部には 50 分後に達することが判る。

消化時間 飽食状態の稚魚に絶食処置をとり, その経過時間毎に採取した稚魚 (5~6 尾) の消化管内ティグリオプス数の平均値(範囲)と平均全長(範囲)は Table 2 に示した。消化管が完全に空となるには 10~14 時間かかるが, 内容物が最初の 50% 以下になるには 3~4 時間, 10% になるには 5~6 時間かかることが判った (Fig. 2)。

各経過時間毎の稚魚の平均魚体重の推移は Table 2 に示す通りで, 絶食後 4 時間までは魚体重および消化管内容物の減少に相関性が認められるが, その後は必ずしも平行しない。そのため単に供試魚の平均魚体重の推移から摂餌群の消化時間を正確に推定することは, 飽食時間の場合と同様に, 困難である。

なお, 本実験で絶食後 48 時間経過した供試魚 (10 尾) の体色はやや褪せていたが, 遊泳行動は平常であり, 餓死あるいは共喰いする個体はなかった。絶食開始から実験終了までの水温は 28.3~28.7°C, 照度は 0~11,000 Lux であった。

絶食後の消化管内容物の運搬速度 飽食後に絶食状態におかれた場合の, 稚魚の消化管内容物の運搬速度と排泄過程を知るため, 消化管を前述のように 5 部に分けてその内容物を計数した。経過時間毎の各部分の内容物量の消化管全体に対する割合の推移は Table 2 に示す通りで, 胃の内容物がほぼ 0 になる時間 (胃内消化時間) は 5~6 時間, 最初の量の 50% には 2~3 時間, 10% には 3~4 時間を要することが認められる (Fig. 3)。

腸前部および腸後部で内容物が殆ど空になるのは, それぞれ絶食後 5~6 時間と 7~8 時間で, 直腸内が空になるのは 8~10 時間後である。

消化管各部における内容物の消化度 口腔, 鰓腔, 咽頭等に滞留するティグリオプスを完全な原形と定義すると, 各部の消化度は次の通りである。胃内のティグリオプスは体が前屈した状態で外皮の輪郭がやや円滑さを欠くが, ほぼ原形を保持する。腸前部内のティグリオプスは, 顕微鏡下での光の透過性が胃内のものより高く, ティグリオプス体内の充実感を欠く。腸後部では, 透過性がさらに強まり, 外皮下には間隙があり, 体内諸器官

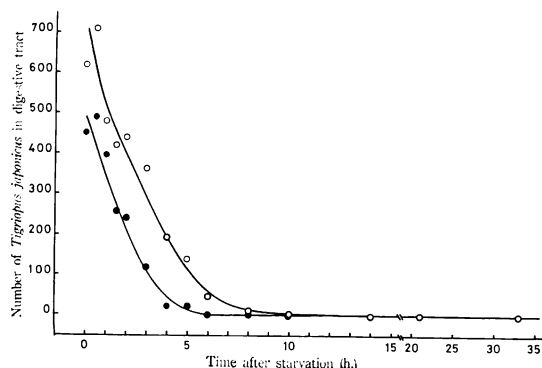


Fig. 3. Change of the amount of content in digestive tract of the juveniles which were starved after satiation with the copepod *Tigriopus japonicus*. Symbols are the same as those in Fig. 2, and each showing the average values of 5 to 6 individuals. As for details, see Table 2.

は体中央部に残存するのみである。直腸では、体内諸器官を完全に欠いた形骸状を呈するが、外皮の輪郭はほぼ原形に近いので、計数は容易である。

これらの観察結果より、全長 20 mm 前後の稚魚に摂取されたティグリオプスは、咀嚼および磨砕されないにもかかわらず、ほぼ完全に消化・吸収されるものと推察される。

考 察

成魚の飽食時間は、ハタ類等の特定な魚種を除き、一般には 30 分以内とされている (狩谷, 1966)。今回の実験で得られた全長 20 mm 前後のインダイ稚魚の飽食時間は、約 1 時間であった。福所 (1976a) のインダイ仔魚の場合と比較すると稚魚の飽食時間は長く、仔魚が摂餌を開始して稚魚に成長する間に漸進的に長くなる傾向がある。この現象は、成長に伴う消化管の発達と分化による内腔容積の増大に対応したものと考えられる。

インダイ仔魚の飽食は、消化管内容物が直腸部まで充滿した後に起り、稚魚への移行期にある胃盲嚢部が発達し始めた個体 (全長 7.6~8.6 mm) においても同様であった (福所, 1976a)。稚魚では、腸前部、腸後部、直腸の内腔総容積が胃容積よりはるかに大きいにもかかわらず、飽食時の全内容物の約 80% が胃内容物で占められることから、胃の充滿感により飽食すると考えられ、有胃魚の成魚の飽食過程に類似する。しかし、飽食時の内容物の約 20% が腸および直腸に存在するので、仔魚の特徴も残存していると思われる。そのため、稚魚の摂餌様式は仔魚の不断摂餌から成魚の喰い貯め摂餌への過渡

的段階の特徴を示すとも言える。そこで、どの発育段階に典型的な成魚の摂餌生態に変わるのかを明らかにするために、今後全長 20 mm 以上の稚魚および若魚について調べる必要がある。

尾崎 (1971) は、数種の有胃魚と無胃魚の若魚と成魚の消化時間について既往の知見を総説し、一般に消化時間は 4~10 時間で、特殊な条件下では胃に内容物が 30 時間以上滞留することがあると述べている。そして、有胃魚については胃内消化時間と全消化時間を区別して考える必要があることを指摘している。今回の実験条件ではインダイ稚魚の消化時間を最初の内容物の 10% にまで減少するに要する時間で表すと、胃内消化時間および全消化時間は、それぞれ 3~4 時間と 5~6 時間であった。望月・石渡 (1970) は、消化時間は餌の種類、餌の量、年齢、水温、活動性、絶食時間等の諸要因によって変化すると報告しているので、他の魚種との比較に際しては実験条件を考慮する必要がある。

インダイ仔魚に飽食させた後絶食させた場合の全消化時間について成長を迫って調べると、全長 3.2~3.6 mm (日齢 7) で 6.5~7.0 時間、3.9~4.2 mm (日齢 11) で 8.6~9.4 時間、5.1~5.6 mm (日齢 13) で 2.0~2.5 時間、7.4~8.0 mm (日齢 18) で 2.0~2.5 時間であった (福所, 1976b)。仔魚の場合はシオミズツボワムシを、そして稚魚にはティグリオプスを指標餌料としたので単なる比較には問題があるが、インダイ仔魚の消化時間は摂餌開始後の 2~6 日間にやや長くなり、その後短くなって、稚魚に移行後再び長くなる傾向がある。仔魚期の消化時間の変化については福所 (1976b) で考察した理由で説明され、稚魚に移行した後に長くなる現象については、前述の喰い貯め摂餌に対応して、胃腺が十分に発達した胃や、分化を始めた幽門垂などの消化器器官による消化・吸収作用の向上で、摂取された餌があまり利用されるようになったためと考えられる。

無胃魚では連続的に餌を摂取した場合に消化管内容物の運搬が比較的速やかであることが知られ (岩井, 1971)、この現象はインダイ仔魚でも認められた (福所, 1976b)。今回の消化時間は絶食状態で調べたものであり、実際の飼育環境下では消化の進行につれて再摂餌するので短くなることもあり得る。また、全長 20 mm 前後の稚魚は、天然では流れ藻についてコペポダ類を摂取し、飼育の場合には通常魚介肉ミンチを与えられ、ほぼ連続摂取の状態にある。そのため、天然および飼育環境下でのインダイ稚魚の消化時間については、餌の質を含めてこれらの条件を考慮すべきである。

飽食後に絶食状態におかれた仔魚の消化管内容物の運

搬方向は後方のみではない。脱糞によって消化管内に十分な間隙ができると、後方に運ばれていた内容物が再び前方に運ばれる現象が認められた(福所, 1976b)。稚魚では、消化管内容物は規則正しく後方へ送られる。しかし、前述の消化管各部における内容物の消化度が均等であることから、各部分内では十分な攪拌が行なわれていることも考えられる。

謝 辞

本稿の御校閲をいただき御助言を下さった京都大学農学部教授岩井保博士に厚く御礼申し上げる。終始御鞭撻をいただいた長崎県水産試験場増養殖研究所長藤田矢郎博士ならびに同水試場長塩川司博士に深謝する。

引用文献

福所邦彦. 1973. 人工ふ化・飼育したイシダイの消化系の発達. 昭和 48 年度日本水産学会春季大会講演要旨集. 日本水産学会, 東京, p. 76.
福所邦彦. 1976a. イシダイ仔魚の飽食時間. 水産増殖, 23 (4): 139~144, figs. 1~3.
福所邦彦. 1976b. イシダイ仔魚の消化時間. 水産増殖,

24 (4): 134~139, figs. 1~2.
石渡直典. 1968. 魚の摂餌に関する生態学的研究—I. 摂餌量の基準としての飽食量. 日本水産学会誌, 34 (6): 495~497, figs. 1.
Ivlev, V. S. 1965. 児玉康雄・吉原友吉共訳「魚類の栄養生態学—魚の摂餌についての実験生態学」. たたら書房, 米子市, i+iv+261 pp., 63 figs.
岩井 保. 1971. 魚学概論. 恒星社厚生閣, 東京, ii+iv+228 pp., 75 figs.
狩谷貞二. 1966. 摂餌に関する諸問題. 水産増殖臨時号, (6): 33~50, figs. 1~18.
望月秀郎・石渡直典. 1970. マアジの胃における消化速度に及ぼす飢餓の影響について. 水産増殖, 18 (2): 95~99, figs. 1~2.
長崎県水産試験場増養殖研究所, 1976. 魚類の初期餌料動物プランクトンの探索と大量培養研究報告書—IV, 9 pp.
尾崎久雄. 1971. 魚類生理学講座 第3巻 IV消化の生理(上). 緑書房, 東京, ii+iv+239 pp., 41 figs.
尾崎久雄. 1972. 魚類生理学講座 第4巻 IV消化の生理(下). 緑書房, 東京, ii+iii+252 pp., 24 figs.
(851-05 長崎県野母崎町野母 長崎県水産試験場増養殖研究所)