

若狭湾西部海域におけるタチウオの食性

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	宗清,正廣 桑原,昭彦
発行元	日本水産學會
巻/号	51巻6号
掲載ページ	p. 913-919
発行年月	1985年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



若狭湾西部海域におけるタチウオの食性^{*1,2,3}

宗 清 正 廣・桑 原 昭 彦

(1984年11月12日受理)

Food Habits of Ribbon Fish in the Western Wakasa Bay

Masahiro MUNEKIYO^{*4} and Akihiko KUWAHARA^{*4}

Favourite preys for ribbon fish *Trichiurus lepturus* (1.9-397.0 mm in anal length) were described, based upon the progressive changes in the gut contents with growth. 512 ribbon fish were caught by larva net, beach seine, beam trawl, set net, purse seine, gill net and Danish seine during the years from 1980 to 1983 in the western Wakasa Bay. The occurrence method and the number method were used in the analysis of the food habit of the fish.

The ribbon fish of less than 20 mm in anal length was zooplankton feeder. The food habit of the fish 20-100 mm length was carnivorous and the main foods of the fish were *Natantia*, *Mysidacea* and *Pisces* (mainly anchovy larvae). The fish of more than 100 mm length had the piscivorous food habit and the main foods were anchovy and sardine.

A particular size of the ribbon fish, which started feeding on other fishes in the western Wakasa Bay, was smaller than that of the East and Yellow China Sea, the adjacent waters of Tsushima and Osaka Bay. In common with each area, however, the fish of more than 250 mm in anal length had the piscivorous food habit.

The ribbon fish even at the early post larval stage had high feeding ability and positively fed on copepods such as *Paracalanus parvus* and *Paracalanus* sp., while the foods of 8 species at the same stage appeared in the same survey area were phytoplankton, nauplii and copepodites. This ability of the post larval ribbon fish seemed to be closely related to larger size of the egg and the larvae hatched than those of 8 species. Because the ribbon fish spawned smaller number of eggs than those of 8 species, the high ability of feeding at the early post larval stage is very important for their effective survival.

The main gut contents of the fish of less than 10 mm in anal length were pelagic copepods such as *Paracalanus parvus*, *Paracalanus* sp. and *Clausocalanus* sp. and 10-20 mm length were females of *Acartia erythraea* which made swarms and generally occurred on or slightly above the bottom near the shore. The change of the main food from the pelagic copepods to the epibenthic copepod suggested that the ribbon fish of 10-20 mm in anal length shifted their habitats from offshore to the bottom layer near the shore.

タチウオ *Trichiurus lepturus* の食性についての研究は、東シナ海・黄海^{1,2)}、駿河湾³⁾、対馬近海⁴⁾、大阪湾⁵⁾、熊野灘⁶⁾で行われているが、日本海側での本種の食性に関する報告は見られない。また、従来の研究では本種の未成魚期から成魚期にかけての食性が主に論じられており、発育初期における食性についてはまったく知見がない。

著者らは、若狭湾西部海域において採集された仔魚期から成魚期までのタチウオについて消化管内容物調査を

実施した。本報では、この調査結果に基づき、成長に伴うタチウオの食性の変化を明らかにするとともに、特に仔稚魚とその餌生物との関係から、本種の初期生活について考察した。

材 料 と 方 法

この研究に用いた材料は、1980年9月から1983年10月までの間に若狭湾西部海域で行った一連の調査によって得られたものである (Fig. 1, Table 1)。仔稚幼魚期の

*1 若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的研究-IV (Study on the Fishery Biology of Ribbon Fish *Trichiurus lepturus* in the Western Wakasa Bay-IV)

*2 一部は、農林水産省水産試験場育成強化事業のうち、研究開発促進事業費により実施した。

*3 京都府立海洋センター業績 No. 30

*4 京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyaza, Kyoto 626, Japan)

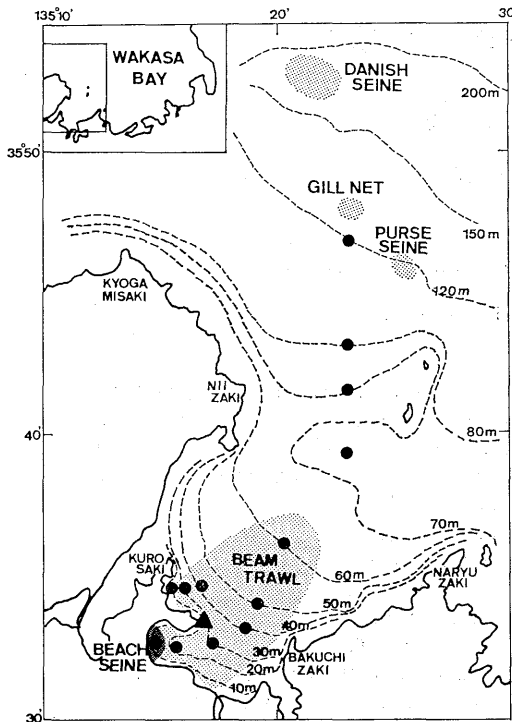


Fig. 1. Location of the western Wakasa Bay and the sites of the sampling station. Solid circles and triangle indicate the locations of larva net towed and set net fishing ground, respectively. Shaded parts indicate the locations of fishing ground of beach seine, beam trawl, purse seine, gill net and Danish seine.

タチウオについては、口径 130 cm および口径 160 cm の稚魚網の水平びきおよび桁網、地びき網により採集した。稚魚網の曳網水深は表層、中層 (20 m 乃至 25 m, 50 m, 75 m)、底層である。未成魚および成魚については、定置網、小型底びき網、刺網、まき網の漁獲物の一部を標本とした。稚魚網、桁網で採集した標本については船上で 10% 海水ホルマリンで固定後、研究室に持ち帰り、選別の後、肛門長 (AL) 測定、消化管内容物調査を行った。その他の漁具で採集した標本については生鮮のまま研究室に持ち帰り、生鮮のまま直ちにあるいはホルマリン固定後、上述と同様の測定・調査を行った。用いた標本数は稚魚網、桁網、地びき網、小型底びき網、刺網、まき網によるものが、それぞれ 49 尾、56 尾、233 尾、30 尾、33 尾、13 尾、98 尾、合計 512 尾である (Table 1)。

結 果

仔魚期から成魚期にかけて、タチウオが成長に伴って餌生物をどのように変化させているかを明らかにするた

めに、肛門長群ごとの餌生物種組成を出現頻度法により求めた (Table 2)。なお、肛門長群は肛門長 100 mm 未満の標本については 10 mm 間隔、肛門長 100 mm 以上の標本については 100 mm 間隔とした。まず、肛門長 20 mm 未満のタチウオでは *Paracalanus parvus*, *Paracalanus* sp., *Clausocalanus* sp., *Acartia erythraea*, *Oncaea* sp. 等の橈脚類が多く捕食されており、肛門長 20~60 mm に成長すると前述の橈脚類に加えて十脚類の Zoea, Mysis, アミ類、カタクチイワシ *Engraulis japonicus* のシラス期仔魚が多く捕食されていた。肛門長 60~100 mm のものには橈脚類はほとんど捕食されなくなり、かわってカタクチイワシとアミ類が多く捕食されていた。肛門長 100~200 mm のものにはサイウオ *Bregmaceros japonicus* とカタグチイワシが、肛門長 200 mm 以上のものにはカタクチイワシやマイワシ *Sardinopus melanosticta* 等イワシ類が多く捕食されていた。

次に、肛門長 60 mm 未満のタチウオについて、それぞれの餌生物がどの程度利用されているかを個体数法を用いて検討した (Table 3)。個体数法で求めた餌生物種組成では、肛門長 10 mm 未満のタチウオの場合は *Paracalanus* sp. が最も多く、次いで *Clausocalanus* sp. が多く捕食されていた。この肛門長群の中で、卵黄は吸収されているが油球がまだ完全に収縮されていない段階の後期仔魚 (AL 2.0~2.2 mm) においても、運動能力の比較的高い *P. parvus* や *Paracalanus* sp. の成体を捕食しており、タチウオは仔魚後期の早い時期からすでに高い捕食能力を有しているものと考えられる。肛門長 10~20 mm のものには *Acartia erythraea* が多く捕食されるようになり、次いで *Paracalanus* sp. が多く捕食されていた。肛門長 20~40 mm のものには *A. erythraea* が著しく多く捕食され、*A. erythraea* はタチウオ 1 個体当たり最高で 67 個体が、平均で 19.6 個体が捕食されていた。なお、タチウオに捕食されていた *A. erythraea* の大部分が雌の成体であった。また、肛門長 30~40 mm の多くの個体は、1 個体当たりの捕食個体数は少ないが、十脚類 (体長 3~8 mm)、シラス期カタクチイワシ仔魚 (体長 7~15 mm) 等を捕食していた。十脚類やシラス期カタクチイワシ仔魚の大きさや重量は橈脚類のそれと比較して大きく、これらの生物も肛門長 30~40 mm のタチウオにとっては重要な餌生物と考えられる。肛門長 40~60 mm のものには橈脚類はあまり捕食されなくなり、かわってシラス期カタクチイワシ仔魚やアミ類が多く捕食されていた。なお、餌生物を同定するに際して、夜間に採集されたタチウオ仔魚の消化管内容物は昼間のそれと比較して消化の進行したものが多くみられた。このような餌生物の消化状況から判断して、タチウオ仔魚は主に昼間に摂餌を行うものと推察される。

Table 1. Data of specimens

Date of ctach	Gear	Number of specimens	Range of anal length (mm)
Sep. 8, 1980	Beach seine	26	29.0- 64.0
Sep. 12	Beach seine	15	23.0- 54.0
Oct. 3	Beach seine	47	37.0- 54.0
Oct. 25	Beach seine	31	35.0- 72.0
Jun. 16, 1981	Purse seine	63	189.0-370.0
Jul. 6	Larva net	2	7.4- 8.4
Aug. 25	Larva net	4	5.3- 6.7
Sep. 22	Larva net	2	5.6- 6.7
Oct. 5	Larva net	3	9.8- 13.2
Oct. 5	Beach seine	62	35.0- 79.0
Oct. 24	Beach seine	51	32.0- 94.0
Mar. 12, 1982	Danish seine	16	180.0-282.0
Mar. 13	Danish seine	12	216.0-273.0
Jun. 21	Purse seine	35	254.0-361.0
Jul. 9	Larva net	1	2.2
Jul. 21	Gill net	13	307.0-397.0
Aug. 24	Beam trawl	51	19.4- 43.4
Sep. 3	Larva net	3	4.3- 11.0
Szp. 3	Beam trawl	5	194.0-212.0
Sep. 7	Danish seine	5	282.0-358.0
Sep. 20	Larva net	1	6.1
Oct. 14	Larva net	1	9.0
Oct. 24	Beach seine	1	25.6
Nov. 4	Larva net	1	15.9
Jul. 25, 1983	Larva net	8	1.9- 3.1
Aug. 29	Larva net	7	2.1- 24.0
Sep. 19	Larva net	16	4.2- 21.0
Oct. 26	Set net	30	98.0-186.0
Total		512	1.9-397.0

以上の結果から、タチウオの成長に伴う食性の変化をまとめると次のようになる。タチウオは肛門長 20 mm 未満では橈脚類を専食し、明らかな動物プランクトン食性を示す。肛門長 20~60 mm に成長すると橈脚類から小型甲殻類、魚類を主とした幅広い肉食性に移行する傾向がみられ、肛門長 60~100 mm ではこの傾向がより強まる。肛門長 100 mm 以上に成長すると小型甲殻類はほとんど捕食されなくなり、イワシ類を中心とした魚食性に移行する。また、タチウオが捕食していた餌生物の大きさを見ると、成長とともに橈脚類→十脚類、アミ類→シラス期カタクチイワシ仔魚→カタクチイワシ幼魚→サイウオ→イワシ類の成長と順次大型化していく傾向がみられた。

考 察

今回の調査結果では、タチウオは肛門長 20~30 mm 以上に成長するとシラス期カタクチイワシ仔魚を捕食できる能力が備っており、肛門長 100 mm 以上になると魚

食性に移行することが明らかとなった。一方、東シナ海・黄海¹⁾、対馬近海⁴⁾、大阪湾⁵⁾においてタチウオの食性が魚食性になる大きさは、それぞれ肛門長 250 mm 以上、230 mm 以上、175 mm 以上とされている。したがって、今回の調査結果と比較して、他海域におけるタチウオでは食性が魚食性に変化する時点での肛門長は大きいようである。このように、海域によって魚食性に移行する大きさが異なる理由については明らかではないが、各海域の餌料環境に基づいていることが推察される。しかし、いずれの海域においてもタチウオは肛門長 250 mm 以上では魚類を主要な餌生物としているところから、この大きさに成長するとタチウオは明らかな魚食性を示すものと考えられる。

タチウオの初期生活史に関しては、卵発生と仔稚魚の形態発育史^{7,8)}、卵・仔稚魚の分布生態⁹⁻¹¹⁾などの研究が行われているが、その初期生活の詳細はまだ明らかではない。ここでは餌生物という側面から本種の初期生活について考察を加えてみる。一般に、卵黄吸収前後の仔魚

Table 3. Changes in food composition with increase in fish size (number method)

Anal length (mm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
Food items						
Bacillariophyceae						
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	0.5	—	—	—	—	—
Dinophyceae						
<i>Ceratium</i> sp.	—	—	0.3	—	—	—
Crustacea						
<i>Paracalanus</i> sp.	51.3	17.4	3.9	17.0	3.3	0.1
<i>P. parvus</i>	6.6	1.9	—	—	1.0	—
<i>Clausocalanus</i> sp.	12.2	3.1	—	—	—	—
<i>Temora</i> sp.	—	1.2	0.5	—	—	—
<i>Acartia</i> sp.	1.5	0.4	2.6	—	—	0.1
<i>A. erythraea</i>	—	26.0	65.4	39.0	3.3	—
<i>Tortanus</i> sp.	—	—	—	0.4	—	—
<i>Oithona</i> sp.	—	—	—	0.8	3.9	0.1
<i>Oncaea</i> sp.	6.6	0.8	0.3	1.5	0.7	—
<i>Corycaeus</i> sp.	—	—	—	5.4	4.6	—
Harpacticoida						
<i>Euterpina</i> sp.	1.5	—	—	—	—	—
unidentified Copepoda	14.2	45.0	11.5	22.2	14.1	—
Copepodites and nauplii	1.0	—	11.0	—	—	—
unidentified Mysidacea	—	—	—	—	35.0	45.4
unidentified Cumacea	—	—	—	0.2	—	—
unidentified Amphipoda	—	—	—	—	0.3	—
unidentified Natantia (Zoea and mysis larva)	(3.0)	(3.9)	2.9	8.7	4.6	—
Megalopa larvae	—	—	—	0.2	0.7	—
Pisces						
<i>Engraulis japonicus</i> (larvae)	—	—	(1.6)	(3.7)	(28.8)	(52.1)
unidentified larvae	—	—	0.3	1.9	0.7	—
Egg						
Invertebrate eggs	1.5	—	—	—	—	—

は運動能力が弱く、その餌生物は植物プランクトンや橈脚類のノープリウス幼生であり、運動能力の向上にともなって橈脚類の成体を捕食するようになる。^{12,13)} 今回の調査海域である若狭湾西部海域においても、タマガンゾウビラメ *Pseudorhombus pentophthalmus*,¹⁴⁾ マコガレイ *Limanda yokohamae*,¹⁵⁾ メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus*,¹⁶⁾ ヒラメ *Paralichthys olivaceus*,^{17,18)} イシガレイ *Kareius bicoloratus*,¹⁹⁾ シロギス *Sillago japonica*,²⁰⁾ クロダイ *Acanthopagrus schlegeli*,²⁰⁾ マダイ *Pagrus major*,²¹⁾ の8種の仔魚では、発育初期の餌生物は植物プランクトンや橈脚類のノープリウス幼生であることが明らかにされている。一方、今回の調査結果では、タチウオは仔魚後期の初期においてもすでに *P. parvus* や *Paracalanus* sp. の成体を捕食していた。したがって、タチウオと上述の8魚種について仔魚後期初期における捕食能力を比較すると、タチウオはこれらの魚種より高

い捕食能力を有しているものと考えられる。この理由については、タチウオ卵の大きさが1.59~1.88 mm²²⁾ であるのに対し、他の8魚種の卵の大きさは0.61~1.24²³⁻²⁷⁾ の範囲であり、タチウオ卵がこれら8魚種の卵より大きく、したがって、ふ化仔魚のサイズがより大きく、運動能力が高いことにあると考えられる。ところで、魚類では卵サイズと産卵数との間には負の相関関係があり、いわゆる“大卵少産”、“小卵多産”という一般則が成立するとされている。²⁸⁾ また、一般的には「海産硬骨魚類が種の個体数を維持し、増加させるための最善の適応戦略は小卵多産である」²⁹⁾ とされている。そこで、タチウオと上述の8魚種について卵サイズと産卵数^{*5)} との関係を検討してみた (Fig. 2)。タチウオの場合、卵径は上述のように1.59~1.88 mm,²²⁾ 産卵数は $8.3 \times 10^5 \sim 1.2 \times 10^6$ ^{6,30,31)} である。一方、8魚種のうちタマガンゾウビラメを除く7魚種では、卵径はいずれも0.61~1.24 mm²³⁻²⁷⁾

*5 産卵数=抱卵数×年間の産卵回数

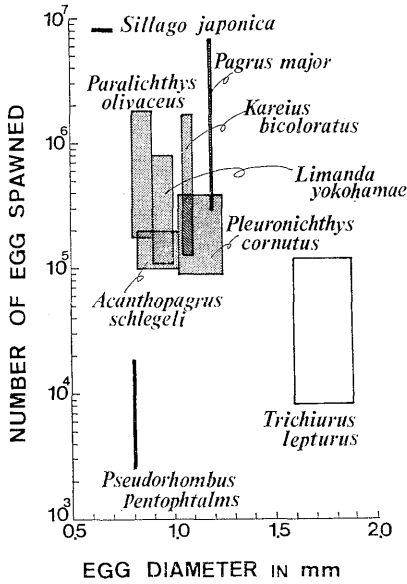


Fig. 2. Relationship between egg diameter of 9 species and the number of egg spawned.

の範囲であり、産卵数は $9.0 \times 10^4 \sim 8.0 \times 10^5$ ^{23, 24, 27, 32, 33)} である。したがって、タチウオはタマガンゾウビラメを除く 7 魚種と比較して、卵径が大きく産卵数が少ないことが判る。なお、タマガンゾウビラメの卵径は 0.8 mm ²³⁾ でありタチウオ卵の卵径より小さく、しかも産卵数においても $2.7 \times 10^3 \sim 1.9 \times 10^4$ ²³⁾ とタチウオのそれより少なくなっている。タマガンゾウビラメの場合、産卵回数についての知見がなく、産卵数=抱卵数として扱ったが、南³⁴⁾は本種が多回産卵する可能性を指摘している。したがって、タマガンゾウビラメについても産卵数はさらに多くなる可能性が強い。以上のことを総合すると、タチウオは今回比較した魚種に限ってみると相対的に“大卵少産”という種族維持のための適応戦略を選択していることになる。すなわち、タチウオは卵のサイズを大きくすることによって、言い換えれば、ふ化仔魚のサイズを大きくし、発育初期の捕食能力を高めることによって生残りを保障し、少産というデメリットを相殺しているものと考えられる。

肛門長 10 mm 未満のタチウオの主要な餌生物は、*Paracalanus* や *Clausocalanus* 等の浮遊性橈脚類であった。また、肛門長 10~40 mm に成長したタチウオの主要な餌生物は、*A. erythraea* の雌の成体であった。一方、*A. erythraea* の雌の成体は昼間、浅海の海底近くに swarm 状にパッチを形成することが知られている。³⁵⁾ 先に述べたように、餌生物の消化状況からタチウオ仔稚魚は主として昼間に摂餌を行うと考えられること、タチウオ 1 個体当たり平均約 20 個の *A. erythraea* の雌の成体

が捕食されていたことなどから判断して、肛門長 10~40 mm のタチウオは、*A. erythraea* の雌の成体のパッチを利用して摂餌を行っている可能性が強いと考えられる。一方、若狭湾西部海域におけるタチウオ卵稚魚分布調査の結果では、肛門長 10 mm 未満のタチウオは同海域の沖合 (水深 80~120 m) の中・底層に多く分布し、肛門長 10~40 mm のタチウオは主に沿岸 (水深 30~40 m) の底層に多く分布している (宗清・桑原: 未発表)。したがって、以上のようなタチウオ仔稚魚の主要な餌生物の変化とその分布、タチウオ仔稚魚の分布などから判断して、肛門長 10 mm 未満のタチウオは沖合の中・底層で浮遊生活をしており、肛門長 10~40 mm に成長すると、それまでの浮遊生活から沿岸の底層へと、水平・鉛直的にその分布域を変えるものと推定される。そして、田中³⁶⁾が指摘するように *A. erythraea* の雌の成体のような沿岸の底層を中心にパッチ状に分布する橈脚類の存在は、タチウオの沖合から沿岸の底層への移動を促す一つの要因となっているのであろう。なお、肛門長 10~40 mm のタチウオは *A. erythraea* の他に、浮遊性橈脚類の *Paracalanus* sp. やシラス期カタクチイワン仔魚を比較的多く捕食していたところから、この大きさのタチウオは完全な底生生活を行うのではなく、海底付近を生活域の中心としながらも、中層から底層にかけての幅広い生活空間をもつものと推察される。

以上のように、若狭湾西部海域におけるタチウオは、成長に伴ってその食性を動物プランクトン食性、小型甲殻類、魚類を中心とした幅広い肉食性、さらに魚食性へと移行させることを明らかにするとともに、タチウオ仔稚魚と餌生物との関係から、本種の初期生活の一端を明らかにした。しかし、本種の初期生活史に関してはまだ不明な点が多い。例えば発育段階に伴う形態の諸変化、各発育段階毎の分布生態、仔稚魚の接岸機構などの解明が今後の課題として残されている。さらに、タチウオ仔稚魚の生残りの問題とのかかわりで、タチウオ仔稚魚をとりまく餌生物の組成、量や捕食者の分布等の生物的環境、流動、水温、塩分等の非生物的環境の中で、本種がどのようにして初期生活を成り立たせてきたかを総合的に解明していくことが必要であらう。

本報告をまとめるにあたって、御指導と助言を賜った京都府立海洋センター所長、塩川 司博士、同所海洋調査部長、篠田正俊博士に、また、橈脚類の同定に御協力をいただいた琉球大学理学部助手、上田拓史氏にそれぞれ感謝の意を表す。さらに、快よく標本を提供いただいた、舞鶴漁業協同組合所属の小型底びき網船、方運丸船長、増山功氏、仔稚魚の採集に御協力いただいた京都府立海洋センター調査船、平安丸ならびにみさき丸の

船長、乗組員の方々に感謝する。

要 約

1980年8月から1983年10月までの間に、若狭湾西部海域で採集された仔魚から成魚までのタチウオについて、その消化管内容物調査を行い、本種の成長に伴う食性の変化を明らかにし、餌生物という側面から本種の初期生活史について考察した。

1. タチウオは成長に伴ってその食性を動物プランクトン食性、小型甲殻類、魚類を主とした幅広い肉食性、さらにイワシ類を中心とした魚食性へと移行させる。
2. 肛門長 20~30 mm 以上に成長すると、タチウオはシラス期カタクチイワシ仔魚を捕食できる能力が備わっている。
3. タチウオ仔魚は発育初期においても高い捕食能力を示し、浮遊性橈脚類の成体を捕食することができる。この高い捕食能力はタチウオ卵のサイズが大きく、したがってふ化仔魚のサイズが大ききことによって生じると考えられる。そして、比較的産卵数の少ないタチウオにとって、発育初期における捕食能力の高さは、初期の生残りを保障する重要な役割をもっていると考えられる。
4. 主要餌生物の変化とその分布特性、仔稚魚の分布から判断して、肛門長 10 mm 未満のタチウオは沖合中層での浮遊生活をしており、肛門長 10 mm 以上に成長すると浮遊生活から沿岸の浅海底層へと水平・鉛直的にその分布域を移行させるものと推定された。

文 献

- 1) 三栖 寛：西水研報，**32**，1-57 (1964).
- 2) 最首光三・最首とみ子：西水研報，**33**，61-98 (1965).
- 3) 小坂昌也・小椋将弘・白井秀機・前地道義：東海大紀要 海洋学部，**2**，131-146 (1967).
- 4) 花淵靖子：西水研報，**43**，37-50 (1973).
- 5) 林 凱夫：大阪府水試研報，**5**，99-115 (1978).
- 6) 鈴木 清・木村清志：三重大水産研報，**7**，173-192 (1980).
- 7) TUKAHARA, H.: *Rec. Oceanogr. Works in Japan, sp. no.*, **5**，117-121 (1961).
- 8) 水戸 敏：九大農芸誌，**18**，451-466 (1961).
- 9) 沖山宗雄：日水研報，**15**，13-37 (1965).
- 10) 堀木信男：栽培技研，**8**，1-11 (1979).
- 11) 堀木信男：水産増殖，**29**，117-124 (1981).
- 12) SHELBORNE, J. E.: *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **36**，539-552 (1957).
- 13) LAST, J. M.: *Mar. Biol.*, **48**，377-386 (1978).
- 14) 桑原昭彦・鈴木重喜：日水誌，**49**，875-881 (1983).
- 15) 南 卓志：日水誌，**47**，1411-1419 (1981).
- 16) 南 卓志：日水誌，**48**，369-374 (1982).
- 17) 桑原昭彦・鈴木重喜，日水誌，**48**，1375-1381 (1982).
- 18) 南 卓志：日水誌，**48**，1581-1588 (1982).
- 19) 南 卓志：日水誌，**50**，551-560 (1984).
- 20) 桑原昭彦・鈴木重喜：日水誌，**49**，1507-1512 (1983).
- 21) 鈴木重喜・桑原昭彦：水産海洋研究会報，**42**，10-16 (1983).
- 22) 松原喜代松・落合 明：魚類学(下)，恒星社厚生閣，東京，1965，pp. 845-851.
- 23) 南 卓志：若狭湾産異体類の初期生活史の比較研究，京都大学博士論文，1983.
- 24) 田北 徹・藤田矢郎：日水誌，**30**，613-618 (1964).
- 25) 上野雅正・藤田矢郎：魚類学雑誌，**3**，118-120 (1954).
- 26) 松原喜代松・落合 明：魚類学(下)，恒星社厚生閣，東京，1965，pp. 702-704.
- 27) 松原喜代松・落合 明：魚類学(下)，恒星社厚生閣，東京，1965，pp. 704-709.
- 28) BLAXTER, J. H. S.: in "Fish Physiology III" (ed. by HOAR, W. S. and RANDALL, D. J.), Academic Press, New York, 1969, pp. 178-256.
- 29) 川崎 健：浮魚資源，恒星社厚生閣，東京，1982，pp. 59-72.
- 30) 三栖 寛：西水研報，**16**，22-33 (1959).
- 31) 阪本俊雄：栽培技研，**4**，9-20 (1975).
- 32) 熊井英水・中村元二：近畿大学農学部紀要，**10**，39-43 (1977).
- 33) 川本信之：養魚学各論，恒星社厚生閣，東京，1967，p. 494.
- 34) 南 卓志：日水誌，**47**，849-856 (1981).
- 35) UEDA, H., A. KUWAHARA, M. TANAKA and M. AZETA: *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **11**，165-171 (1983).
- 36) 田中 克：漁業資源研究会報，**20**，77-102 (1977).