

京都府立海洋センター研究論文

第 3 号

平成3年3月

SPECIAL REPORT No. 3

Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science

March 1991

若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的研究

宗 清 正 廣

Fishery Biology of Ribbon Fish, *Trichiurus lepturus*  
in Western Wakasa Bay

by

Masahiro MUNEKIYO

研究論文集 第3号 平成3年3月

京都府立海洋センター

SPECIAL REPORT No. 3, 1991 March

KYOTO INSTITUTE OF OCEANIC AND FISHERY SCIENCE

Odashukuno, Miyazu City, Kyoto 626 Japan

# 目 次

Abstract .....	1
緒 言 .....	5
謝 辞 .....	5
第1章 若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業 .....	6
第1節 研究材料と方法 .....	6
第2節 タチウオ漁業の実態 .....	6
第3節 タチウオ資源の沿岸漁業に占める位置 .....	8
第2章 年齢と成長 .....	9
第1節 研究材料と方法 .....	11
第2節 発 生 群 .....	12
第3節 輪形成時期 .....	13
第4節 輪形成時肛門長 .....	13
第5節 年齢と成長 .....	14
第6節 考 察 .....	16
第3章 成熟と産卵 .....	18
第1節 研究材料と方法 .....	18
第2節 産 卵 期 .....	18
第3節 産 卵 場 .....	20
第4節 卵巣内卵の成熟過程 .....	23
第5節 成熟肛門長 .....	23
第6節 成熟年齢 .....	24
第7節 産卵群の年齢構成 .....	25
第8節 産 卵 数 .....	25
第9節 性 比 .....	26
第10節 考 察 .....	31
第4章 成長に伴う食性の変化 .....	32
第1節 研究材料と方法 .....	32
第2節 食 性 .....	34
第3節 考 察 .....	35

第5章 発育初期の形態変化 .....	36
第1節 研究材料と方法 .....	36
第2節 発育初期の外部形態の変化 .....	37
第3節 諸器官, 組織の形成過程 .....	39
第4節 考 察 .....	46
第6章 分布・移動 .....	51
第1節 研究材料と方法 .....	51
第2節 卵, 仔魚の分布 .....	51
第3節 稚魚, 若魚, 未成魚の分布 .....	56
第4節 成魚の分布・移動 .....	58
第7章 若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業のあり方について .....	63
第1節 研究材料と方法 .....	63
第2節 資源と漁業 .....	63
第3節 投下漁獲努力量の経済的検討 .....	67
要 約 .....	70
引用文献 .....	74

# Fishery Biology of Ribbon Fish, *Trichiurus lepturus* in Western Wakasa Bay

Masahiro MUNEKIYO

## Abstract

The ribbon fish, *Trichiurus lepturus* is one of the most important commercial fishes in Japan. Its fisheries have been developed for a long time in the western Wakasa Bay off the northern part of Kyoto Prefecture. The decline of *T. lepturus* standing crop is remarkable recently because of the rapid decrease of the catch in the western Wakasa Bay, and in the middle part of the Sea of Japan as well. Biological aspects of *T. lepturus* of the western Wakasa Bay and fishery managements for effective uses of *T. lepturus* resource were studied.

### 1. The ribbon fish fisheries in the western Wakasa Bay

Ribbon fish fisheries are mainly carried out between June to July and October to November in the western Wakasa Bay. The annual catch of *T. lepturus* from this area is from 100 to 350 tons since 1973. The catch by longline is decreasing since 1976, although the set net catch is increasing since 1973. The annual yield of *T. lepturus* with longline is larger, because of higher market prices due to larger size of the fish caught, than that with set net. The ribbon fish longline is the most important for longliners to earn their annual incomes effectively.

### 2. Age and growth

The annuli on otoliths are formed from February to March. *T. lepturus* are divided into two broods, narrow type brood ( $r_1 < 2.0$  mm) and wide type brood ( $r_1 \geq 2.0$  mm), from sizes of 1-ring radius ( $r_1$ ). The narrow and wide types of brood are estimated to be born from June to September and from April to June, respectively. The two types of brood are similar in size at full ages, though females reach larger sizes than males.

According to back-calculation of anal length at 1-ring formation, the wide type of brood grows faster and attains larger sizes than the narrow one. There are no differences in growth rate on sexes for each type of brood. Between 1- and 2-ring formations, the growth of the narrow type of brood overtake that of wide type.

Growth compensation during 1- and 2-ring formations seems to be explained by a difference in the time of the first maturation between the two types of brood and decrease of growth rate of the first growing group due to maturation.

The narrow and wide type of broods are estimated to be recruited from the adjacent waters of the western Wakasa Bay and the western part of the Sea of Japan (far west off Hyogo Prefecture), respectively.

### 3. Maturity and spawning

The spawning season is from June to September and the highest value of gonad indices of both sexes appears from July to August. In the early spawning season, maturation of gonad is found in large sized fish more than 300 mm in anal length, and maturation progresses in order of size. The spawning ground was estimated to be formed in the offshore waters by comparison of the maturation of both sexes captured in both offshore and inshore waters. Ovarian eggs mature at a gonad index of more than 50 and the fish spawns once a year. The female and male mature at about 220 mm and 210 mm in anal length, respectively. Some of narrow type of brood aged 1-year attain maturity, and all of the fish aged 2-years are mature. On the other hand, all of wide type brood aged 1-year attain maturity. The spawners are

composed of *T. lepturus* aged 1 to 6 years, and mainly the fish aged 2 and 3 years. The relationships between anal length and number of mature eggs were fitted to a linear regression, and the numbers of mature eggs were calculated.

Just before spawning season, schools of larger sized *T. lepturus* with the sex ratio 1:1 appear in this area. In the spawning season, females and males dominate in the inshore and offshore waters, respectively. The sex ratio of size groups skews to female with progress in order of size due to a lower growth rate of males.

From comparison of size, age of maturation and number of spawning eggs in four fishing grounds, the population of the East China Sea was implied to be intermixed with that of the western Wakasa Bay and also with those of the Kii-Channel and the Kumano-Nada.

#### 4. Progressive changes in food habit with growth

Favorite preys for *T. lepturus* (1.9~397.0 mm in anal length) were described, based on the progressive changes in the gut contents with growth. The occurrence method and the number method were used in analysis of the food habits of *T. lepturus*.

*T. lepturus* of less than 20 mm in anal length are zooplankton feeders. The food habits of the fish of 20~100 mm in anal length are carnivorous, the main foods being Natantia, Mysidacea and Pisces (mainly anchovy larvae). The fish of more than 100 mm in anal length has piscivorous food habits and the main foods are anchovy and sardine.

*T. lepturus* even at early postlarval stage has high feeding ability and positively feeds on pelagic copepods such as *Paracalanus parvus* and *Paracalanus* sp. The main food of the fish of 10~40 mm in anal length are females of *Acartia erythraea* which make swarms and generally occur on or slightly above the bottom near the shore. The fish of 10~40 mm in anal length shift their habitats from offshore to the bottom layer near the shore with the change of the main food from the pelagic copepods to the epibenthic copepod.

#### 5. Morphological changes in early development

Meristics, morphometrics, and developmental processes of osteological elements and digestive organs in *T. lepturus* were described and the developmental stages of the fish were defined.

During the larval development, the anal, head and upper jaw lengths show positive allometry and the head spination characterized larvae of scombroid fishes develops. Besides them, gempylid type serration appears on edges of dorsal and anal fin spines.

Based on cleared and stained specimens, developmental processes of the bone structure, and the fin and digestive organ constructions were examined:

(1) The vertebrae begin development from the anterior end at about 10 mm in total length and ossify toward posterior parts. The vertebral column is established at about 57 mm TL (39~41+128~133=168~173).

(2) First appearances of dorsal, pectoral and anal fin spines and/or rays are at about 6, 7 and 10 mm TL, respectively. Dorsal and anal fins are formed from anterior to posterior and ossify toward posterior parts. The full complement of III, 131~136 (dorsal fin), 11 (pectoral fin) and I, 104~108 (anal fin) are accomplished at about 57, 11 and 57 mm TL, respectively. Pelvic fin was not found in any specimens observed.

(3) In a 10 mm larval stage, a cartilaginous hypural is found at the tip of notochord. The cartilaginous second hypural is found in contact with under the notochord axis at about 29 mm TL. The two hypurals are made into one and have increased in size at about 47 mm TL. Any notochord flexion was not found in these specimens. The urostyle is formed at about 57 mm TL and four caudal fin rays appear at about 58 mm TL. Even if these fin rays are very small (about 1 mm in length), they are still present at more than 500 mm TL and cover hypural complex deeply. Ossification of the hypural complex was not found in any specimens observed.

(4) Six pairs of branchiostegal rays are formed at about 6 mm TL and the full complement of seven pairs is accomplished at about 8 mm TL.

(5) Preopercle spines (at 6~20 mm TL) and upper and front ridge spines of orbital (at

7~57 mm TL, 10~76 mm TL) appear, then they are reduced with growth. A supraoccipital crest is formed at about 139 mm TL. A pair of parietal foramen is formed at about 9 mm TL and is reduced at more than about 78 mm TL. A pineal foramen was not found in any specimens observed.

(6) Lateral lines are formed at 42 mm TL. A transverse section of the lateral line scales changes with growth from a circle-like to an oval-like. Lateral line scales are modified into a flattened oval tube-like structures with two holes and neuromasts situated on ventral side and then become into the adult condition at about 295 mm TL.

(7) Teeth of upper and lower jaws appear at about 6 mm TL. The teeth change with growth from denticle (at 6~20 mm TL) to canine-like (at 23~117 mm TL), and to hooked canine-like which is the adult condition (more than 125 mm TL). Upper and lower pharyngeal teeth and palatine teeth are present in the form of canine-like teeth at more than 6 mm TL and 23 mm TL, respectively. Vomer teeth are found in the form of canine-like teeth at 7~51 mm TL and then are reduced.

(8) Convolution of the alimentary canal starts at about 7 mm TL. The pyloric caeca appear at about 19 mm TL and the completion of number achieves at about 61 mm TL.

Based on these results, the developmental stages of the fish were defined. Functional and behavioral developments of the fish observed are closely related to the developmental stages defined.

## 6. Distributions and movements

*T. lepturus* eggs and larvae are mainly distributed in from the middle to deep layers in the offshore waters (120 m in depth) from May to September. Early to late developmental stage eggs are distributed at the same layer, and when temperature and salinity discontinuities appear at middle layers (July-September), peak densities of eggs are observed from the middle to deep layers. The eggs appear from surface to deep layers when temperature and salinity discontinuities disappear (June).

Based upon the elapsed time in developments of the eggs and larvae and the velocity of Tsushima Warm Current in summer, it was estimated that some of the late stage eggs and larvae of more than 7 mm in total length which occurred in the western Wakasa Bay had been transported with the Tsushima Warm Current from far more than 40 and 60 nautical miles away (from the western part of the Sea of Japan), respectively.

From monthly changes in horizontal and vertical profiles of the larvae distributions and total length compositions of the larvae between the offshore and inshore waters, an inshore transport process of the larvae was estimated to be carried out by their own positive movements.

The juvenile and young fish are mainly distributed in the shallow waters (20-50 m in depth) from early September to late October. The juveniles school and attain swimming ability enough to avoid the larva net towing.

Immature fish of the narrow type brood are distributed in 50-60 m deep from November to December of the following year, until their habitats shift to the wintering sites at the far west of the western Wakasa Bay. On the other hand, immature fish of the wide type brood are distributed in the same areas as those of the narrow type brood from October to the spawning season (August) of the following year, except for January and February. After their first spawning they move out of this area with other older spawners. Concerning the wintering migration, larger immature fish shift earlier to their wintering sites.

Adult fish migrate into this area just before the spawning season (from mid to late May). These spawners with sex ratio 1:1 come into the inshore waters. Males mature faster than females and larger females mature earlier than smaller ones. Faster matured males shift to the offshore waters (spawning ground), and females stay still in the inshore waters. Females having attained enough to a maturity stage move toward the spawning ground and the spawning is carried out in nighttime. After spawning, females move toward the inshore waters, though males in high sexual activity stay in the spawning ground. Then females in various maturity stages and males are dominant in the inshore and offshore waters, respectively.

After spawning season (early September), the adult fish move out of this area.

Adult fish clearly show diurnal vertical migration. The fish are distributed in mainly from middle to surface layers to make scattering schools in nighttime, descend to bottom layer just before sunrise, make dense school at bottom layer in daytime, and ascend to be scattered from middle to surface layers in twilight.

An adult fish, which was tagged and released off the Yamaguchi Prefecture was caught by longline in this area. This fact implied that the adult fish which migrated into this area had habitats from the middle to western part of the Sea of Japan, or even more further waters out side of the Sea of Japan such as the East China Sea.

## 7. Fishery managements

Standing crop of *T. lepturus* is depressed to a lower level by increased fishing efforts in the East China Sea and the Sea of Japan. In the middle part of the Sea of Japan, which involves the western Wakasa Bay, a downward trend of this resource begins in 1981 which is seven years after the start of the purse seine's catch. Then coastal fisheries (especially long line fishery) are damaged. The purse seiners prevent reproduction from this resource by catching the adult fish gathered for wintering and spawning. Besides that, the fish caught with purse seine have lower market prices. In the case of set net fishery, there are similar problems. On the other hand, longline fishery is estimated to be the best to usefully utilize this resource from studying reproductive and economic aspects.

Simulations for effective fishing efforts and landing market selections were made according to the results of economic analysis of data concerned with the management of longline fishing (catch, yield, expenditure, income, working time etc.). According to the simulations, some of the objectives for rationalization of longline fishing of *T. lepturus* in Kyoto Prefecture were proposed.

For useful maintenance of the *T. lepturus* resource, it is need of continued study of integrated fisheries managements, because these fisheries use this resource and other fishes as well in their annual fishing cycle. From this point of view, comprehensive and long-range national plans are necessary for the coastal fisheries of Japan to continue stable productions.



## 緒 言 謝 辞

タチウオ *Trichiurus lepturus* は全世界の亜熱帯・温帯海域に広く分布し、日本近海では本州中部以南に多く、東シナ海、対馬周辺海域、瀬戸内海、紀伊水道では底曳網漁業の対象種となっている。京都府から新潟県にかけての日本海中部沿岸海域はタチウオの分布域の北端に位置するが、タチウオはこの海域でも重要な沿岸漁業資源となっている。

日本海中部海域のタチウオ漁業では、従来から操業されている延縄、一本釣、定置網に加えて近年に曳釣、底曳網、刺網、旋網等、種々の漁法が導入され、漁獲努力が強められてきた。その結果、日本海中部海域においてはタチウオ資源をめぐる漁業の種類は多く、かつ複雑化し、各漁業種類間の競合問題が生じている海域も見られる。また、若狭湾西部海域に面する京都府においてはタチウオ漁業は古くから延縄を主体として発達し、京都府沿岸の延縄漁業者にとっては本種資源の動向が漁家経営に大きな影響を与えている。このような日本海中部海域あるいは若狭湾西部海域のタチウオ漁業の現状からみてその資源解析は重要な課題となっている。著者は日本海中部海域タチウオ共同研究チームの一員として1981年から同海域のタチウオ資源管理研究に参加すると同時に、若狭湾西部海域における本種の漁業生物学的研究に取り組んできた。その結果、これまでに若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学に関するいくつかの知見および漁業経済学的知見を報告した（宗清, 1985, 1988; 宗清・桑原, 1983, 1984a, 1984b, 1985, 1986, 1988a, 1988b）。本論文はこれらの知見にその後の研究結果を加え、若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的研究としてまとめたものである。

本研究をまとめるにあたって、懇篤な御指導、御助言と原稿の御校閲を賜った 京都大学農学部水産学科教授 岩井 保博士に衷心よりお礼申し上げる。

さらに、本研究の推進に際し、有益な御助言をいただくとともに、原稿の校閲をいただいた京都大学農学部水産学科助教授 中村 泉博士、同助手 北原 武博士（現東京水産大学助教授）、温かい励ましと有益な御助言をいただいた 同助教授 田中 克博士、同講師 林 勇夫博士、同助手 中坊徹次博士、近畿大学農学部教授 倉田 亨博士に対し心から厚くお礼申し上げる。

研究の端緒から標本の採集・測定、漁獲量資料の収集、試験操業、標識放流等に多大の御協力をいただいた、京都府漁業協同組合連合会、伊根漁業協同組合、栗田漁業協同組合、小橋漁業協同組合、伊根モーター組合、栗田モーター組合、小橋太刀縄組合、栗田上司上網地曳網の諸氏に深く感謝します。

本研究に取り組む機会を与えていただくとともに終始懇切なご指導とご鞭撻をいただいた京都府立海洋センター前所長塩川 司博士、本研究を取りまとめる機会を与えていただくとともに種々のお骨折りをいただいた同センター所長篠田正俊博士、本研究を取りまとめるに当たり温かい励ましをいただいた同センター海洋調査部本尾洋博士に心から感謝します。また、本研究の過程において常に御指導、御助言と温かい励ましをいただいた同センター主任研究員桑原昭彦博士に深甚の謝意を表します。本研究の遂行にあたり御協力と御便宜を計ってくださった同センター海洋調査部の各位、海上での困難な諸作業に御甚力いただいた同センター一般船課の各位に深く感謝の意を表します。なお、本研究の一部は農林水産省水産試験場育成強化事業のうちの研究開発促進事業費によって行われた。記して謝意を表します。

## 第1章 若狭湾西部海域における タチウオ漁業

若狭湾西部海域に面する京都府沿岸では古くから延縄を中心にしたタチウオ漁業が営まれている。本章では同海域におけるタチウオ漁業の実態、タチウオ資源の京都府沿岸漁業に占める位置について述べる。

### 第1節 研究材料と方法

用いた資料は京都府農林水産統計年報（1959～1986年）、全国魚類養殖業・漁業統計年報（1959～1986年）、京都府漁業協同組合連合会統計資料（1981～1986年）である。京都府の伊根漁業協同組合、栗田漁業協同組合、小橋漁業協同組合に所属する延縄漁家各10件を対象に漁業経営調査を実施した。漁業経営調査は聞き取り調査を中心に行い、1983年の実績を調査した。

### 第2節 タチウオ漁業の実態

#### (1) 漁具・漁法・漁場

京都府のタチウオ漁業は1949年頃あるいはそれ以前から延縄、定置網を中心に行われてきた。1969年頃に曳釣が導入されたものの依然として両漁業が主要漁業である。京都府のタチウオ漁業は Fig. 1 に示した若狭湾西部海域を中心に行われており、経ヶ岬以西の海域では定置網でわずかにタチウオが混獲される程度である。若狭湾西部海域ではタチウオは沿岸部で操業される定置網や沿岸部から中央部付近で操業される延縄、曳釣によって

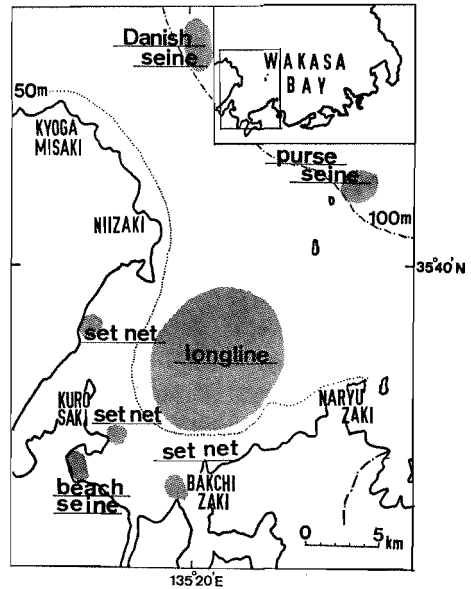


Fig. 1. Map of the western Wakasa Bay, off Kyoto Prefecture and fishing grounds of the ribbon fish fisheries. Shaped parts indicate beach seine, set net, longline, purse seine and Danish seine fishing grounds, respectively.

漁獲されている。さらに、若狭湾西部海域の沖合（底深100 m 以深）では小型底曳網や旋網によっても時としてタチウオが漁獲される。

#### (2) 漁獲量の変動

漁獲量の経年変化 1959年から1986年までの京都府に

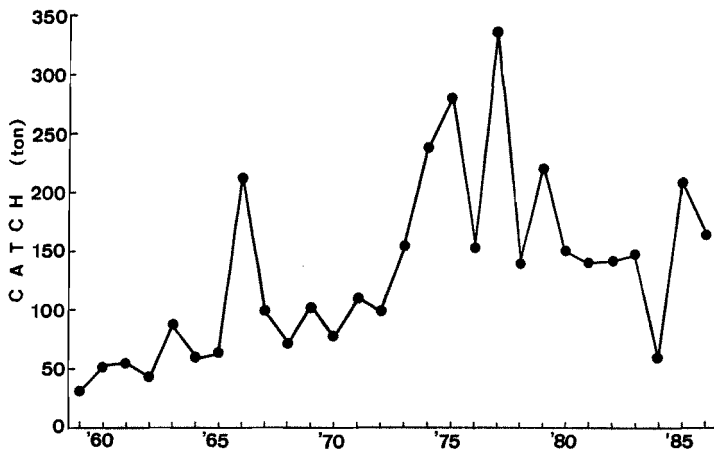


Fig. 2. Annual changes in catch of the ribbon fish, *Trichiurus lepturus* at Kyoto Prefecture from 1959 to 1986.

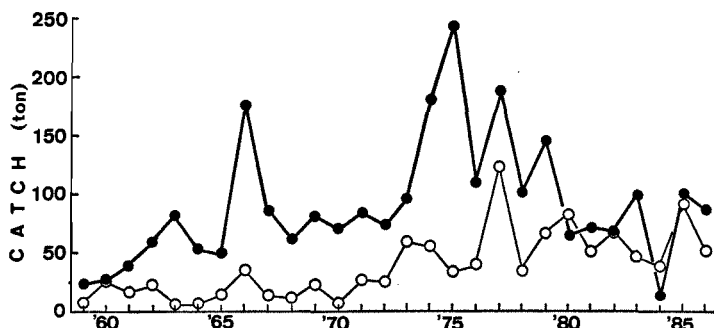


Fig. 3. Annual changes in catch of *T. lepturus* caught with longline and set net at Kyoto Prefecture from 1959 to 1986. Solid and open circles indicate the catch with longline and set net, respectively.

おけるタチウオ漁獲量の経年変化を Fig. 2 に示した。京都府のタチウオ漁獲量は1972年には約100トン未満であった。1973年以降、漁獲量は増加傾向を示し、1977年には約350トンに達した。1978年以降は異常低水温年であった1984年を除き、漁獲量は150~200トンの水準で比較的安定している。

漁業種類別漁獲量 京都府のタチウオ漁獲量のうち延縄と定置網による漁獲量は全体の80%以上を占めている。そこで、延縄と定置網によるタチウオ漁獲量の経年変化を Fig. 3 に示した。延縄による漁獲量は1959年以降増加傾向を示したが、1974年を最高としてそれ以降は減少傾向にある。これに対し、定置網による漁獲量は1972年以前は10~40トンであったが、1973年以降は30~120トンとなり、それまでより高い水準で変動している。

1959年から1986年までの漁業種類別タチウオ漁獲量組成の経年変化を Fig. 4 に示した。延縄による漁獲量の全体に占める割合は1976年頃を境としてそれまでと比べて減少傾向を示している。これに対して、定置網のそれは1976年以降増加傾向を示している。

1959年から1986年までの延縄と定置網で漁獲されたタチウオの銘柄別平均漁獲量組成を Fig. 5 に示した。なお、タチウオは魚価単価約200円/kg 以上は鮮魚用に供される。そこで、魚価単価200円/kg 以上の大きさのものを銘柄“大”，それ未満の大きさのものを銘柄“小”とした。また、魚価単価200円/kg に相当するタチウオの大きさは、肛門長\* 240~290 mm の範囲でその平均

\* 漁業生物学研究では魚市場等で測定板を用いて魚体の大きさを測定する。タチウオの下顎先端は上顎先端よりも突出するので、本研究では下顎先端から肛門先端までの距離を肛門長として用いる。

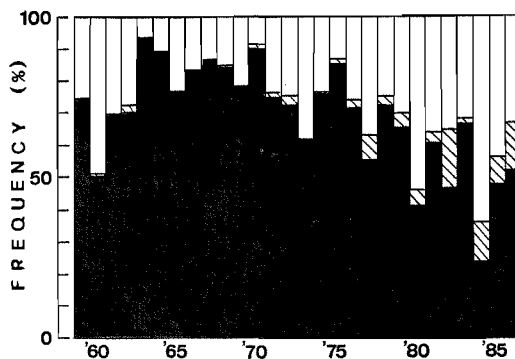


Fig. 4. Annual changes in weight composition of *T. lepturus* caught with longline, set net and other fisheries at Kyoto Prefecture from 1959 to 1986. Shaded, open and hatched columns indicate the catch by longline, set net and other fisheries.

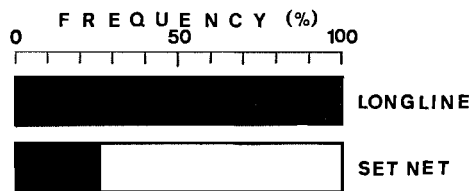


Fig. 5. Weight compositions of market categories in fish price of *T. lepturus* caught with longline and set net at Kyoto Prefecture in 1983. Solid and open columns indicate "large" sized fish of larger than 250 mm in anal length and "small" sized fish of less than 250 mm in anal length, respectively.

肛門長は約 250 mm であった。延縄で漁獲されたタチウオでは“大”が全体に占める割合はほぼ100%であった。これに対し、定置網で漁獲されたタチウオでは“大”が全体に占める割合は約27%，“小”のそれは約73%であった。

**漁獲量の季節変化** 1981年から1986年までの期間に延縄と定置網で漁獲されたタチウオの銘柄別月別平均漁獲量を Figs. 6, 7 に示した。上述のように延縄で漁獲されるタチウオは銘柄“大”がほとんどである。延縄による漁獲は5月から始まり12月に終了する。盛漁期は6～7月で、この期間に年間漁獲量の約85%が漁獲されている。定置網による漁獲は周年みられ、盛漁期は6～7月と10～11月である。6～7月の盛漁期は銘柄“大”，“小”が漁獲されるが、10～11月のそれは主として“小”が漁獲される。

以上に述べたことから、京都府のタチウオ漁獲量は1973年以降はそれまでと比較して高い水準で推移しているもの、1973～1976年を境として京都府ではタチウオの漁獲のされ方に変化が生じたことがわかる。すなわち、1973～1976年を境として、延縄、定置網によるタチウオ

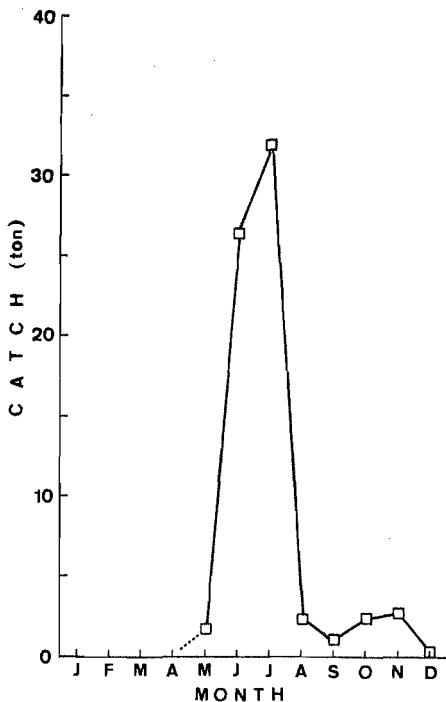


Fig. 6. Monthly changes in catch of *T. lepturus* caught with longline. Open squares indicate the catch of "large" sized fish.

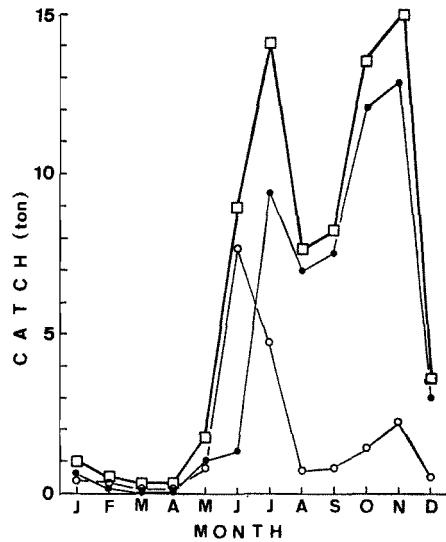


Fig. 7. Monthly changes in catch of *T. lepturus* caught with set net. Open and solid circles indicate the catch of "large" and "small" sized fish, respectively. Open squares indicate total catch.

の漁獲量およびそれらのタチウオ漁獲量全体に対して占める割合は、延縄では減少傾向に、定置網では増加傾向に転じている。したがって、1973年以降それまでと比較して高い水準で推移している京都府のタチウオ漁獲量は、定置網による漁獲量の相対的増加によって維持されているものと推定される。

### 第3節 タチウオ資源の沿岸漁業に占める位置

#### (1) 漁業種類別水揚高・魚価単価

1983年の京都府におけるタチウオの漁業種類別水揚高、漁業種類別平均魚価単価を Table 1 に示した。各漁業における水揚高の総水揚高に対する割合は、延縄によるものが74.4%と最も多く、つづいて定置網によるものが18.2%であり、曳釣、刺網、小型底曳網ではそれぞれ6.7%、0.5%、0.2%であった。また、各漁業で漁獲されたタチウオの平均魚価単価は延縄のそれが979円/kgと最も高く、つづいて曳網(846円/kg)、刺網(777円/kg)の順で高い値を示した。これに対して、小型底曳網と定置網のそれは277円/kg、272円/kgであり、前3者と比較して著しく低い値を示した。なお、定置網で漁獲された銘柄“大”のタチウオの平均魚価単価は965円/kg、銘柄“小”のそれは34円/kgであった。前節で述べたように、京都府のタチウオ漁獲量にとって延縄

Table 1. Annual yeilds and mean unit fish prices of *T. lepturus* for ribbon fish fisheries in Kyoto Prefecture in 1983.

Items/Fishery	Longline	Set net	Trawling	Gill net	Danish seine	Total
Yeild (1,000 Yen)	77,382	18,887	6,985	498	233	103,985
Percent (%)	74.4	18.2	6.7	0.5	0.2	100
Unit fish price (Yen/kg)	979	272	846	777	277	—

と定置網は大きな比重を占めている。しかし、水揚げ高という面からみると上述のように定置網と比較して延縄の比重は著しく大きいことがわかる。その理由は、延縄と定置網で漁獲されるタチウオの平均魚価単価の差、すなわち延縄で漁獲されたタチウオのはぼ100%が大型個体であるのに対し、定置網で漁獲されるタチウオの約73%が銘柄“小”の小型個体であることによると考えられる。なお、石川県海域で旋網によって漁獲され、京都府に水揚げされたタチウオ(約110トン)の魚価単価は286円/kgであった。

#### (2) 延縄漁業に対するタチウオの経済的効用

若狭湾西部海域でタチウオ延縄を操業する代表的な延縄漁家は京都府の伊根漁業協同組合、栗田漁業協同組合、小橋漁業協同組合に所属する延縄漁家である。これら3漁協の延縄漁家の漁業経営状況をTable 2に示した。伊根漁協の延縄漁家の場合、タチウオ延縄では、他の漁業と比較して平均水揚げ高、平均所得、平均純利益が他の延縄について多く、操業人数当たり・時間当たり所得は一本釣について多い。また、他の漁業と比較してタチウオ延縄の平均所得率はずっとも高い値を示し、純利益率においても、一本釣について高い値となっている。栗田漁協の延縄漁家の場合、タチウオ延縄では、その他の漁業と比較して平均水揚げ高、平均所得は他の延縄について多く、平均純利益はずっとも高い値を示している。また、他の漁業と比較してタチウオ延縄の平均所得率は曳釣、トリガイ桁曳網とともにもっとも高い値を示している。

小橋漁協の延縄漁家の場合、タチウオ延縄では、他の漁業と比較して平均水揚げ高は刺網について、平均所得および操業人数当たり・時間当たり所得はずっとも多く、純利益は一本釣、他の延縄、その他の漁業と比較してタチウオ延縄の平均所得率は一本釣、刺網について、平均純利益率はもっとも多くなっている。しかし、タチウオ延縄の純利益、利益率とも負の値を示しており、他の2漁協の延縄漁家と比べてタチウオ延縄の操業人数当たり・時間当たり所得、平均所得率、平均純利益率とも低い値を示して

いる。また、小橋漁協の延縄漁家の場合、タチウオ延縄に限らずすべての漁業種類で純利益率が負の値を示している。これらのことから小橋漁協の延縄漁家では漁業営業上、種々の問題を含んでいると考えられる。

このように、タチウオ延縄は小橋漁協の延縄漁家では漁業経営上の問題があるにせよ、3漁協の延縄漁家における基幹漁業あるいはそれを補完する漁業として漁業経営上重要な役割をもっており、延縄漁家の漁業所得を揚げる上でも有効な漁業であると考えられる。また、若狭湾西部海域におけるタチウオ延縄の盛漁期は6~7月であるが、この時期は他の漁獲対象種がほとんどない“夏枯れ”時期に相当している。したがって、タチウオは延縄漁家にとって年間操業上重要な漁獲対象種と言える。

以上述べたように、若狭湾西部海域におけるタチウオ資源は京都府沿岸漁業、特に延縄漁業にとって重要な位置を占めている。同漁業によってタチウオの生産を安定持続的に維持して行くためには同海域におけるタチウオの漁業生物学的知見の集積と、それに基づいた本種資源を有効利用するためのタチウオ漁業のあり方を模索する必要がある。

## 第2章 年齢と成長

魚類の生活史研究では、年齢と成長は基本的で重要な事項の一つである。タチウオの年齢と成長に関する研究は、これまでに東シナ海・黄海産(三栖, 1958, 1964; 浜田, 1971)、駿河湾産(小坂他, 1967)、紀伊水道産(阪本, 1976, 1982)、熊野灘産(鈴木・木村, 1980)、日本海中部海域産(日本海中部海域タチウオ共同研究チーム, 1988)のものについて報告されている。しかし、本種の年齢と成長は、複数発生群の存在や雌雄間の成長差の存在の可能性(山田, 1971; 阪本, 1975, 1982; 鈴木・木村, 1980)等によって複雑な様相を呈している。

本章では、若狭湾西部海域産タチウオの年齢査定を発生群別・雌雄別に行った。さらに年齢査定の結果を基礎

Table 2. Management analysis of longliners at Ine, Kunda and Obase Fisheries Cooperative Associations (FCA) in 1983.

FCA	Fisheries	Yield (1,000 yen)	Expenditure (1,000 yen)	Income (1,000 yen)	Income per unit effort (1,000 yen/hour·man)	Net earnings (1,000 yen)	Income rate (%)	Net earnings rate (%)
Ine	Ribbon fish longline	708.4	170.9	537.5	3.0	318.8	75.9	45.0
	Other longline	3,054.3	856.1	2,163.9	2.5	1,120.1	70.8	36.7
	Shrimp beam trawl	122.0	287.6	-165.6	-0.5	-563.4	-135.7	-461.8
	Hand line	103.8	26.2	77.6	3.4	53.0	74.8	51.3
Kunda	Ribbon fish longline	1,503.2	342.5	1,160.7	3.0	715.4	77.2	47.6
	Other longline	2,698.9	871.3	1,827.6	1.8	703.9	67.7	26.1
	Shrimp beam trawl	146.5	42.1	104.4	0.9	-29.6	71.3	-20.2
	Hand line	130.6	32.5	98.1	0.9	-24.7	75.1	-18.9
	Beam trawl	235.0	34.6	200.4	2.5	111.1	85.2	47.3
	Sea slug beam trawl	320.6	105.3	215.3	0.9	-41.6	67.5	-13.0
	Cockle beam trawl	221.5	32.3	189.2	0.6	105.5	85.4	47.6
Others	825.0	160.5	664.5	2.6	334.5	80.5	40.5	
Obase	Ribbon fish longline	1,361.8	673.5	668.3	1.1	-277.0	49.1	-20.3
	Other longline	368.3	183.9	184.4	0.8	-141.9	50.1	-38.5
	Hand line	167.7	107.6	60.1	0.8	-84.6	35.8	-50.4
	Gill net	1,406.7	886.9	519.8	1.1	-375.9	37.0	-26.7
	Others	266.5	96.1	170.4	0.6	-273.2	63.9	-102.5

に、複数の発生群の存在、発生群間にみられる成長の補償作用および雌雄間の成長差等、本種の成長過程を包括的に明らかにしようとした。

第1節 研究材料と方法

1981年6月から1982年12月までの期間に、若狭湾西部

海域 (Fig. 1) において定置網、延縄、旋網、小型底曳網で漁獲されたタチウオ 2,373尾を材料とした (Table 3)。これらの材料については、生鮮のまま雌雄別に肛門長 AL を測定し、その後耳石を採取した。採取した耳石は洗浄後、乾燥保存した。耳石をキシレンに浸し、万能投影機で50倍に拡大してデジタル・マイクロメーターで

Table 3. Summary of *T. lepturus* specimens used in this study.

Month	Number of specimens	Fishing gear
Jun., 1981	230	Longline, set net and purse seine
Jul.	166	Longline and set net
Aug.	59	Longline and set net
Sept.	48	Longline and set net
Nov.	90	Set net
Dec.	305	Longline and set net
Jan., 1982	20	Set net
Feb.	26	Set net
Mar.	92	Set net
Apr.	29	Set net
May	123	Set net and Danish seine
Jun.	196	Longline, set net and purse seine
Jul.	135	Longline and set net
Aug.	135	Longline and set net
Sept.	82	Set net and Danish seine
Oct.	184	Set net
Nov.	258	Longline and set net
Dec.	103	Set net
Total	2,373	

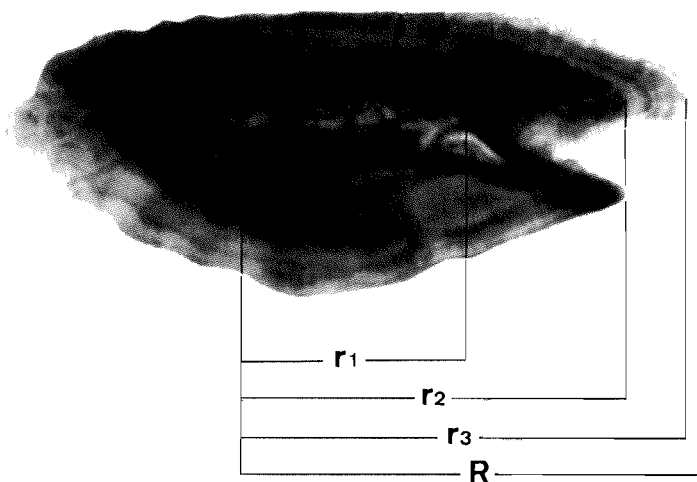


Fig. 8. Otolith of *T. lepturus* with three annuli and measurements.

計測した。

若狭湾西部海域産タチウオの耳石では不透明帯から透明帯への移行部位が明瞭であり、本報ではこの部位を輪標示部位とした (Fig. 8)。計測に際しては耳石の焦点から最長外縁までの距離を耳石径R, その計測線上の各輪標示部位までの距離を輪径  $r_n$  とした。なお、多輪標示がみられる耳石や読輪の困難な耳石は材料から除いた。この他に、1981年6月から1982年12月にかけて若狭湾西部海域で曳網と定置網で漁獲されたタチウオの月別肛門長組成を調査した。

### 第2節 発生群

1981年6月から1982年12月にかけて若狭湾西部海域の曳網と定置網で漁獲されたタチウオの月別肛門長組成をみると、1981年9月には肛門長 40~50 mm にモードをもつ群が出現した (Fig. 9)。この群は実線  $S_2$  で表わした成長の仕方をすると想定できる。また、同年10月には肛門長 130~140 mm にモードをもつ群が出現した。この群は実線  $L_2$  で表わした成長の仕方をすると想定できる。一方、1981年6月には肛門長 120~130 mm, 肛門長 200~210 mm, 肛門長 300~310 mm にモードをもつ群が出現し、これらの群は実線  $S_1, L_1, A_1$  で表わした成長の仕方をすると想定できる。また、1982年9月に肛門長 40~50 mm にモードをもつ群が出現し、同年10月には肛門長 130~140 mm にモードをもつ群が出現した。これらの群は実線  $S_3, L_3$  で表わしたような成長の仕方をすると想定できる。実線  $S_1, L_1, A_1$  で表わした群は1982年6~12月の実線  $S_2, L_2, A_2$  で表わした群に相当する。また、実線  $S_3, L_3$  で表わした群は1981年9~12月の実線  $S_2, L_2$  で表わした群に相当する。なお、実線  $A_1, A_2$  で表わした群はその大きさから判断して産卵のために若狭湾西部海域に来遊した親魚群である (第3章第5節)。したがって、若狭湾西部海域には実線  $S_2 (S_1, S_3)$  と  $L_2 (L_1, L_3)$  で表わした2つの群が存在していることがわかる。

そこで、比較的材料数の多く得られた1輪魚群と2輪魚群について作成した第1輪径  $r_1$  の頻度分布をみると、1輪魚群では輪径 1.3~1.5 mm と 2.4~2.6 mm に、2輪魚群では輪径 1.4~1.6 mm と 2.3~2.5 mm にモードが出現した (Fig. 10)。このように両群とも第1輪径  $r_1$  の頻度分布に双峰性が認められた。同様の現象は紀伊水道産 (阪本, 1976, 1982) と熊野灘産 (鈴木・木村, 1980) のタチウオでも認められ、両海域には2つの発生群が存在すると報告されている (阪本, 1976, 1982; 鈴木・木村, 1980)。

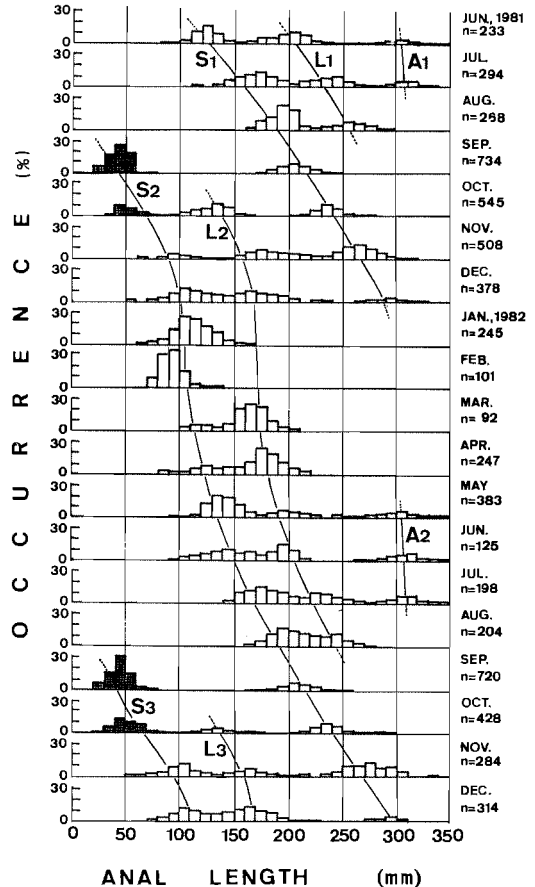


Fig. 9. Monthly changes in anal length compositions of *T. lepturus* caught by beach seine and set nets in the western Wakasa Bay from June 1981 to December 1982. Shaded and open columns indicate the beach seine and set net catches, respectively.

木・木村, 1980)。したがって、上述の現象は若狭湾西部海域にも発生時期の異なる2つのタチウオ群が存在していることを示している。以後、この2つの発生群を区別して便宜的に  $r_1$  が 2.0 mm 未満のものをN型群 (narrow type),  $r_1$  が 2.0 mm 以上のものをW型群 (Wide type) と呼ぶことにする。

また、Fig. 9 に示した月別肛門長組成のうち、1982年3月の肛門長組成に示した92尾について耳石第1輪径  $r_1$  を測定し、その大きさに基づき、各個体をN型群とW型群に区別し、両群の肛門長組成を求めた (Fig. 11)。これと Fig. 9 に示した1982年3月の肛門長組成



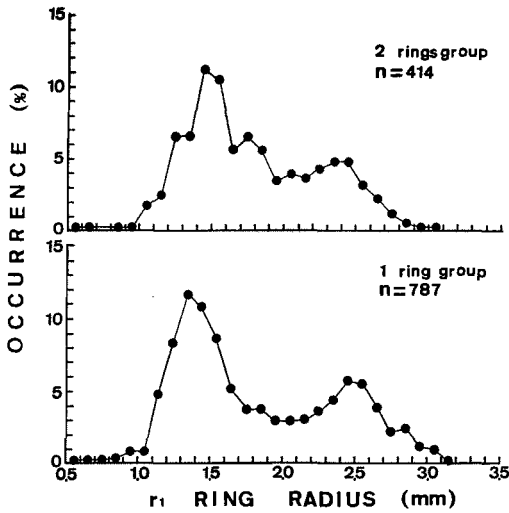


Fig. 10. Frequency distributions of the first ring radii of 1- and 2-rings *T. lepturus*.

とを比較すると、実線  $S_2$  で表わした群はN型群に、実線  $L_2$  で表わした群はW型群に対応することがわかる。したがって、実線  $S_2$  ( $S_1, S_3$ ),  $L_2$  ( $L_1, L_3$ ) で表わした群はそれぞれN型群, W型群であると考えられる。

### 第3節 輪形成時期

1輪魚群と2輪魚群は材料がほぼ同年にわたって比較的多く得られた。この両群についてN型群とW型群ごと

に月別の耳石縁辺成長率の平均値を求めると (Fig. 12) 1輪魚群と2輪魚群のN型群・W型群とも耳石縁辺成長率の平均値は11~12月に最大値を示し、2~3月に最小値を示すことがわかった。したがって、輪は年1回、2~3月に形成されるものと推定される。なお、1月に得られた材料は0輪魚のみであり、この月の耳石縁辺成長率は求めることができなかった。

### 第4節 輪形成時肛門長

N型群とW型群の耳石を雌雄各100材料ずつ、ある特定の耳石径範囲に偏らないように抽出し、耳石径と肛門長との関係を求めた。型群別、雌雄別の耳石径R (mm) に対する肛門長 AL (mm) の回帰式は次のように求められた：

N型群の雌  $AL=97.03R-54.08$  ( $r=0.950$ )

N型群の雄  $AL=100.22R-65.52$  ( $r=0.947$ )

W型群の雌  $AL=97.88R-57.12$  ( $r=0.949$ )

W型群の雄  $AL=102.64R-74.17$  ( $r=0.945$ )。

1%有意水準で共分散分析を行ったところ、各型群の雌雄とも耳石径と肛門長との関係に差が認められなかった。したがって、全材料を用いた耳石径に対する肛門長の回帰式は次のように決定された：

$AL=99.22R-61.86$  ( $r=0.947$ )。

一方、N型群とW型群について、雌雄別に各輪群の平均輪径を Tables 4, 5 に示した。各輪群ごとに型群別、

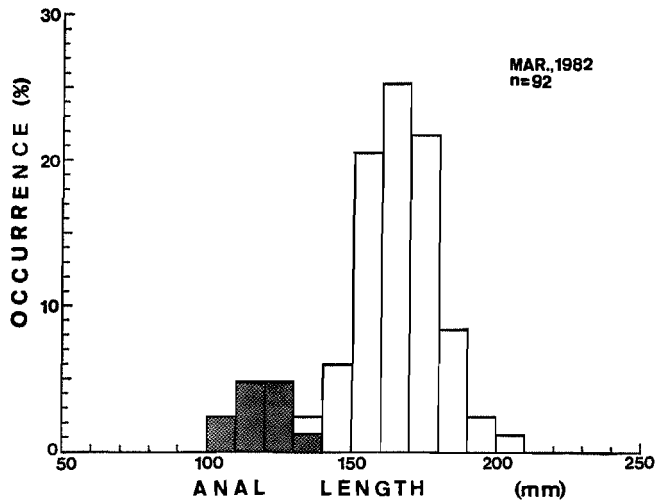


Fig. 11. Anal length compositions of the narrow and wide type of *T. lepturus* broods caught by the set nets in March, 1982. Shaded and open columns indicate the narrow and wide type of broods, respectively.

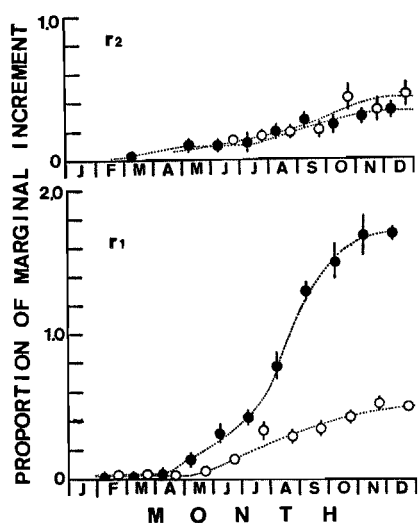


Fig. 12. Monthly changes in proportions of marginal increment of otolith of *T. lepturus*. Closed and open circles indicate narrow and wide type of broods, respectively. Vertical lines indicate standard deviation. Proportions of marginal increments of 1- and 2-rings otoliths were estimated by the following equations:

$$MI(r_1) = (R - r_1) / r_1,$$

$$MI(r_2) = (R - r_2) / (r_2 - r_1).$$

Table 4. Average radius of each annulus on otolith for narrow type of *T. lepturus* brood.

Sex	No. of rings	No. of individuals	Radius of otolith in mm					
			r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>
Female	1	257	1.49					
	2	190	1.54	3.51				
	3	85	1.68	3.45	3.99			
	4	9	1.57	3.48	3.97	4.30		
	5	3	1.63	3.57	4.10	4.12	4.45	
	6	1	1.34	3.35	3.83	4.14	4.67	4.75
	Mean		1.59	3.49	3.99	4.25	4.57	—
Male	1	207	1.45					
	2	89	1.54	3.43				
	3	38	1.62	3.36	3.76			
	4	12	1.51	3.14	3.85	3.94		
	5	2	1.77	3.42	3.66	3.94	4.13	
	Mean		1.55	3.39	3.78	3.94	4.13	

雌雄別の平均輪径の差を検定した。その結果、第1輪では雌雄ともそれぞれ両型群間で平均輪径に1%の危険率で有意差が認められた。また、第3～第5輪では1%の危険率で両型群ともそれぞれ雌雄間の平均輪径に有意差が認められた。

各平均輪径を上述の耳石径と肛門長との関係式に代入することによって決定された、各型群の輪形成時肛門長を Table 6 に示した。各型群について、雌雄間の輪形成時肛門長を比較すると、両型群とも第2輪形成時までは雌雄間に顕著な成長差は認められない。しかし、第3輪形成時以降では雌雄間に成長差が生じ、雌が雄より大きくなる。そして、輪数が増加するにしたがってその差が大きくなる傾向がある。

雌雄についてN型群とW型群の輪形成時肛門長を比較する。雌雄とも第1輪形成時にはW型群がN型群より大きく、両型群間で顕著な成長差が認められる。第2輪形成時以降では両型群間の成長差はほとんど認められない。このように、第1輪形成時から第2輪形成時までの期間にN型群の成長がW型群のそれに追いつく現象(成長の補償作用)が認められる。

#### 第5節 年齢と成長

型群別および雌雄別の輪形成時肛門長から WALFORD (1946) の定差図を作成した (Fig. 13)。各定差図とも L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> の点を除く各点は比較的良好に直線上に乗り、第2

Table 5. Average radius of each annulus on otolith for wide type of *T. lepturus* brood.

Sex	No. of rings	No. of individuals	Radius of otolith in mm					
			r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>
Female	1	162	2.74					
	2	87	2.42	3.55				
	3	60	2.31	3.45	4.04			
	4	12	2.30	3.53	3.94	4.26		
	5	1	2.31	3.50	3.88	4.14	4.28	
	6	7	2.30	3.41	4.00	4.35	4.60	4.79
	Mean		2.42	3.51	4.02	4.29	4.56	4.79
Male	1	101	2.49					
	2	42	2.40	3.46				
	3	18	2.21	3.48	3.89			
	4	9	2.27	3.42	3.79	4.01		
	5	5	2.35	3.16	3.53	3.87	4.10	
	6	1	2.38	3.65	3.94	4.30	4.34	4.38
	Mean		2.42	3.45	3.81	3.98	4.15	—

Table 6. Calculated anal length of *T. lepturus* in mm at time of ring formation.

Type	Sex	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	l <sub>6</sub>
Narrow type	Female	95.9	284.0	334.0	359.8	391.5	—
	Male	91.9	274.4	313.1	329.0	347.8	—
Wide type	Female	188.1	286.3	336.9	363.7	390.5	413.3
	Male	188.1	280.4	316.1	333.0	349.8	—

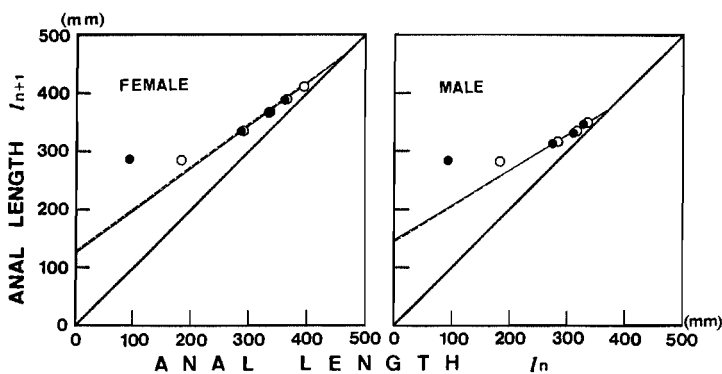


Fig. 13. WALFORD's finite difference diagrams of anal length of *T. lepturus*. Closed circles with solid line and open circles with dotted line indicate the narrow and wide type of broods, respectively.

輪形成後の成長は BERTALANFFY (1938) の成長式に適合することがわかる。定差図から求めた BERTALANFFY (1938) の成長式は次のように決定された：

$$N \text{ 型群の雌 } L_n = 465.5 \{1 - e^{-0.321(n+1.034)}\}$$

$$N \text{ 型群の雄 } L_n = 365.7 \{1 - e^{-0.522(n+0.661)}\}$$

$$W \text{ 型群の雌 } L_n = 464.6 \{1 - e^{-0.307(n+1.124)}\}$$

$$W \text{ 型群の雄 } L_n = 369.9 \{1 - e^{-0.487(n+0.916)}\}。$$

ところで、Fig. 9 に示したように若狭湾西部海域では1981年、1982年とも9月と10月に肛門長 40~50 mm にモードをもつN型群が出現した。同海域におけるタチウオの産卵期は6月下旬から9月上旬で、その盛期は7月上旬から8月下旬である(第3章第2節)。したがって、Fig. 9 の想定成長図から判断してこれらのN型群が同海域の産卵期である6月下旬から9月上旬の期間に発生したと考えることに無理はないであろう。一方、W型群では1981年、1982年とも10月に肛門長 130~140 mm にモードがみられた。これらのW型群の発生時期は若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期と対応しないと考えられる。阪本(1976, 1982)は紀伊水道産タチウオの成長についての報告の中で、同海域における発生時期の異なる2つの群月別肛門長組成を図示している。彼の図によれば4~6月に発生した群の肛門長組成は11月に肛門長 150~180 mm にモードをもつ。したがって、発生からそのモードに至るまでの経過時間は5~7カ月と推定される。一方、Fig. 9 に示したように若狭湾西部海域においても、11月のW型群の肛門長組成のモードは肛門長 160~180 mm である。若狭湾西部海域のW型群の成長速度が紀伊水道の4~6月発生群と同じであると仮定すると、W型群の発生時期は4~6月となる。

前述のように、本個体群は発生時期と耳石輪形成時期との間に時間的ずれがある。N型群とW型群の発生時期をそれぞれ8月と5月、両型群の耳石輪形成時期を2月とする。先に求めた輪形成時の肛門長を表わす BERTA-

LANFFY (1938) の成長式を、この時間差によって補正することにより、満2歳魚以上の満年齢時の肛門長を表す成長式は次のように決定された：

$$N \text{ 型群の雌 } L_t = 465.5 \{1 - e^{-0.321(t+1.534)}\}$$

$$N \text{ 型群の雄 } L_t = 365.7 \{1 - e^{-0.522(t+1.161)}\}$$

$$W \text{ 型群の雌 } L_t = 464.6 \{1 - e^{-0.307(t+1.374)}\}$$

$$W \text{ 型群の雄 } L_t = 369.9 \{1 - e^{-0.487(t+1.166)}\}。$$

これらの成長式を用いて型群別・雌雄別に満年齢時の肛門長を求め、Table 7 に示した。なお、前述のように満1歳時の成長は BERTALANFFY (1938) の成長式に適合しない。そこで、N型群では8月の材料を用い、W型群では5月の材料を用いて、型群別・雌雄別に1輪魚群の満年齢時における耳石径の平均値を求めた。さらに、この値を先に求めた耳石径に対する肛門長の回帰式に代入することによって満1歳時の肛門長を求めた。

Table 7 から、N型群とW型群間の各満年齢時の肛門長を比較すると雌雄ともN型群の方がW型群よりわずかに成長が良い傾向がみられる。前述のように第2輪形成時以降では両型群間の成長差はほとんど認められない。両型群の発生時期と輪形成時期の差は、N型群では約3カ月である。したがって、上述の現象は両型群の発生時期と輪形成時期の差が異なることによって生じるものと考えられる。

つぎに、各満年齢時における雌雄間の肛門長を比較する。満2歳時までは雌雄間に大きな成長差は認められない。しかし、満3歳時以降では雌の方が雄より成長が良くなり、高年齢になるほど雌雄間の成長差は大きくなる。なお、本研究の中で得られた雌の最大肛門長は 492 mm、雄のそれは 380 mm であった。

## 第6節 考 察

今回得られた若狭湾西部海域産タチウオの年齢と成長の結果を、他海域産の主だった研究結果と比較検討する

Table 7. Estimated anal length of *T. lepturus* in mm at full age.

Sex	Type	Full age				
		1	2	3	4	5
Female	Narrow type	207.0*	315.8	356.9	386.7	408.3
	Wide type	204.0**	299.7	343.3	375.4	398.9
Male	Narrow type	205.0*	295.5	324.0	341.0	351.0
	Wide type	206.0**	290.7	321.3	340.0	351.5

\* Back-calculated anal lengths of 1-ring fish derived from ring radius at August.

\*\* Back-calculated anal lengths of 1-ring fish derived from ring radius at May.

Table 8. Comparison of anal lengths of *T. lepturus* in mm at full age estimated at four fishing grounds.

Fishing ground	Sex	Full age					
		1	2	3	4	5	6
East China Sea and Yellow Sea (Misu, 1958)	—	81*	206*	289*	345*	382*	407*
Kii-Channel (spring brood) (SAKAMOTO, 1976)	—	198	283	348	399	—	—
Kumano-Nada (spring brood)	—	209	299	359	400	—	—
(autumn brood) (SUZUKI and KIMURA, 1980)	—	175	282	347	384	407	—
Western Wakasa Bay (This author)	Female**	206	308	350	381	404	—
	Male**	206	293	325	341	351	—

\* Estimated by SUZUKI and KIMURA (1980)

\*\* Average anal lengths at full age of the narrow and wide type of broods

(Table 8)。

若狭湾西部海域産タチウオでは、満3歳時以降、雌雄間に成長差が生じ、雌が雄より大きくなる。この雌雄間の成長差の結果、当海域では肛門長 350 mm 以上の雄は極めて少なく、肛門長 400 mm 以上の雄はまったく出現しない(第3章第8節)。このように、若狭湾西部海域産タチウオでは、雌雄間の成長差は明らかである。一方、東海・黄海産(三栖, 1958)、紀伊水道産(阪本, 1976, 1982)および熊野灘産(鈴木・木村, 1980)の研究では、いずれも雌雄間の成長差が考慮されていない。しかし、これら他海域産タチウオにおいても、若狭湾西部海域産と同様に、肛門長 350 mm 以上の個体では雄がほとんど出現していない(山田, 1971; 阪本, 1975, 1982; 鈴木・木村, 1980)。したがって、これらの海域においても雌雄間に明瞭な成長差が存在する可能性が強い。今後、これらの海域についても雌雄間の年齢と成長の解析が必要であろう。なお、Table 8 に示した東海・黄海産(三栖, 1958)の成長は阪本(1976, 1982)および鈴木・木村(1980)によって1年齢分小さく見積られていることが指摘されている。

N型群とW型群との間には成長の補償作用、すなわち、第1輪形成時から第2輪形成時までの期間に、N型群の成長がW型群のそれに追いつく現象が認められた。魚類の成長の補償作用については古くから漁業生物学の分野で注目され多くの研究がある(HODGSON, 1929;

FORD, 1933; RUNNSTROM, 1936; GERKING, 1966)。これまでに考えられている成長の補償作用の機構は、次の2つに大別することができる。1つは、最大体長に近づくと体長の増加に伴って成長速度が減少するという成長特性に基づくという考え方である(HODGSON, 1929; FORD, 1933; GERKING, 1966)。他は、性成熟の影響による成長速度の減少に起因するという考え方である(RUNNSTROM, 1936)。

若狭湾西部海域産タチウオでは、成長の補償作用がみられるのは第1輪形成時から第2輪形成時までの期間である。N型群に成長が追いつかれるW型群は、この期間にはまだ成長の途上にある。したがって、上述の前者の機構によってN型群とW型群との成長差を多少小さくすることができるとしても、第2輪形成時にN型群の魚体の大きさがW型群のそれにほぼ追いつくという現象までは説明できない。一方、魚類では再生産活動の開始とともに成長速度が低下することが知られている(HUBBS, 1926; HODGSON, 1929; RUNNSTROM, 1936; LARKING, TERPENNING and PARKER, 1957; NIKOLSKII, 1965)。若狭湾西部海域産タチウオでは、W型群の約83%とN型群の約21%が満1歳で成熟し、満2歳で両群ともほぼすべての個体が成熟する(第3章第5節)。すなわち、W型群では大部分の個体が満1歳で成熟し、N型群では大部分の個体が満2歳で成熟する。したがって、上述のように性成熟に達することによって成長速度が低下するとす

れば、大部分の個体が満1歳で成熟するW型群では、成熟後は群全体としては成長速度が低下する。一方、大部分の個体が満1歳で成熟しないN型群では、群全体では成長速度がほとんど低下しない。結果的に第2輪形成時までにN型群の成長はW型群のそれに追いつくことは可能である。以上のことから、第1輪形成時期から第2輪形成時期にかけてN型群とW型群との間に現れる成長の補償作用は、両型群の繁殖開始年齢の差と繁殖開始に伴う成長速度の低下によって起こると考えられる。

N型群ではその発生時期が若狭湾西部海域における本種の産卵期と対応しているが、W型群の場合はその対応がみられない。すなわち、W型群では、その発生場所が若狭湾西部海域とその周辺ではない可能性が強く示唆される。そこで、N型群とW型群の由来について以下に検討する。上述のように若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期は6月下旬から9月上旬である。しかし、対馬周辺海域では本種の産卵時期は4月から11月とされている(花淵, 1986)。若狭湾西部海域と比較して同海域以西の山陰沖合海域では本種の産卵期が早くから始まり遅く終わると推定される。また、若狭湾西部海域に定着するタチウオ仔稚魚の一部については兵庫県以西の山陰沖合海域から補給されていること、および若狭湾西部海域で発生した本種卵であっても水塊による拡散・輸送を考慮すると、その全てが同海域でふ化、発育後定着するとは限らないことが指摘されている(第6章第2節)。以上のことから判断して、N型群の由来は若狭湾西部海域とその周辺および兵庫県以西の山陰沖合海域と推定することが出来る。同様に、W型群についてもその由来は若狭湾西部海域である可能性は低く、少なくとも兵庫県以西の山陰沖合海域にあるものと推定される。

### 第3章 成熟と産卵

魚類の成長や成熟・産卵などの生物学的諸特性は、資源量変動に伴って変化するとされ(山田ほか, 1965; 山田, 1968), 魚類の資源管理を目指す上で、これらの生物学的特性についての知見は欠かすことができない。特に成熟・産卵に関する知見は、その種の再生産と直接的に結びついているだけに重要である。

タチウオの成熟と産卵に関する知見は、東シナ海・黄海で三栖(1959), 山田(1971)が、駿河湾で小坂ほか(1967)が、紀伊水道で阪本(1975, 1982)が、熊野灘で鈴木・木村(1980)が、日本海中部海域で日本海中部

海域タチウオ共同研究チーム(1988)がそれぞれ報告している。

本章では若狭湾西部海域におけるタチウオの成熟と産卵などの生物学的諸特性を明らかにし、これに基づいて本種の系群問題にも言及した。

#### 第1節 研究材料と方法

1981年6月から1983年7月の期間に、若狭湾西部海域において延縄、曳釣、定置網、旋網、小型底曳網、刺網で漁獲されたタチウオ14,851尾および1985年3月に石川県能登半島外浦海域沖合で旋網によって漁獲されたタチウオ899尾の合計15,750尾を材料とした(Table 9)。若狭湾西部海域産タチウオ2,708尾および石川県能登半島外浦海域産本種899尾は、生鮮のまま研究室で肛門長AL(mm), 生殖腺重量GW(g)が測定され、雌については肉眼観察による生殖腺の成熟度が調査された。残りの12,143尾は京都府漁業協同組合連合会魚市場で雌雄別に肛門長のみが測定された。この12,143尾は若狭湾西部海域における産卵期に漁獲されたものであり、産卵期の雌は腹部を軽く圧迫するだけで精液を放出するので、これによって雌雄の判断が行われた。生殖腺指数GIは次式から求められた:

$$GI = (GW/AL^3) \times 10^3$$

また、一部の材料は耳石による年齢査定、卵径測定、完熟卵数の計数が行われた。これらの方法については各節で詳述する。

#### 第2節 産卵期

1981年6月から1983年2月までの期間に、若狭湾西部海域において延縄、曳釣、定置網、旋網、小型底曳網で漁獲されたタチウオ1,836尾について生殖腺指数の月変化を調査した(Fig. 14)。雌の指数値は5月から増加し始め、7~8月にピークを示した。その後、指数値は減少し、12月に最低値を示した。一方、雄の指数値は3月から5月にかけて増加し、7月にそのピークを示した。その後、指数値は減少し、雌と同様に12月に最低値を示した。このような生殖腺指数の月変化から、若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期は7月から8月にかけての期間と推定される。なお、雄では雌と比較して生殖腺が早く成熟する傾向が認められた。

肉眼観察による卵巣の成熟度の旬変化から産卵期をさらに詳細に検討するため、卵巣の成熟度の基準を以下のように定めた:

Table 9. *T. lepturus* specimens used in this study. Figures in parentheses indicate the number of specimens whose anal lengths alone were measured.

Month	Number of specimens						Total
	Longline	Trolling	Gill net	Set net	Purse seine	Danish seine	
Jun. 1981	1,480 (1,335)				58		1,548 (1,335)
Jul.	914 (784)						914 (784)
Aug.	8	17		45			70
Sept.	16			32			48
Oct.				30			30
Nov.				38			38
Dec.	22						22
Mar. 1982				1		28	29
Apr.				60			60
May				39			39
Jun.	3,950 (3,787)	1,165 (1,159)		720 (720)	324 (279)	7	6,166 (5,945)
Jul.	2,547 (2,370)	369 (337)		134			3,027 (2,707)
Aug.	1,468 (1,372)			71			1,539 (1,372)
Sept.				182		8	190
Oct.	33			132			165
Nov.	35			25		4	64
Dec.				10		5	15
Feb. 1983				12		3	15
Jun.-Jul.	404		468				872
Mar. 1985					899*		899
Total	10,854 (9,648)	1,543 (1,678)	468	1,531 (720)	1,221 (279)	55	15,750 (12,125)

\* Caught at the west side off Noto Pen., Ishikawa Pref.

未熟：卵巣が未発達で卵径が小さい（卵径約 1 mm 未満）

中熟：卵巣が発達し、卵径も大きくなるが透明卵はみれない。

完熟：卵巣がよく発達し、卵径も大きく、透明卵となる。

放卵後：透明卵はなく、卵巣は弛緩し、時として発赤が認められる。

1982年6月から9月中旬までの期間に調査した雌414尾を5段階の肛門長群（50 mm 間隔）に分け、各群ごとの成熟度の旬変化を Fig. 15 に示した。産卵期を推定する上で重要な完熟個体の出現は6月下旬から9月中

旬まで認められた。また、完熟個体と放卵後の個体は7月上旬から8月下旬にかけて多く出現する傾向が認められた。したがって、卵巣の成熟度の旬変化からみると、産卵期は6月下旬から9月中旬までの期間、産卵盛期は7月上旬から8月下旬までの期間と推定される。つぎに、各肛門長群の完熟個体の出現し始める時期をみる。肛門長 350 mm 以上および 300~350 mm の群では6月下旬から、肛門長 250~300 mm の群では7月上旬から、肛門長 200~250 mm の群では9月上旬からそれぞれ完熟個体が出現した。したがって、雌の大型群は小型群と比較して産卵期のより早い時期から産卵を開始するものと推定される。また、肛門長 200~250 mm の群で

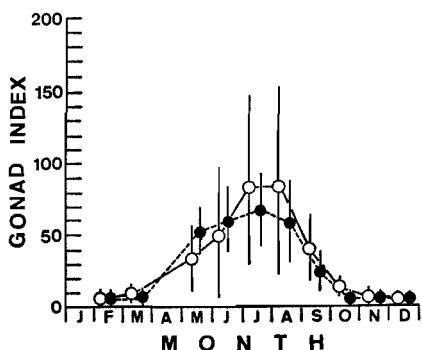


Fig. 14. Monthly changes of *T. lepturus* gonad index with standard deviation. Open and solid circles indicate female and male, respectively.

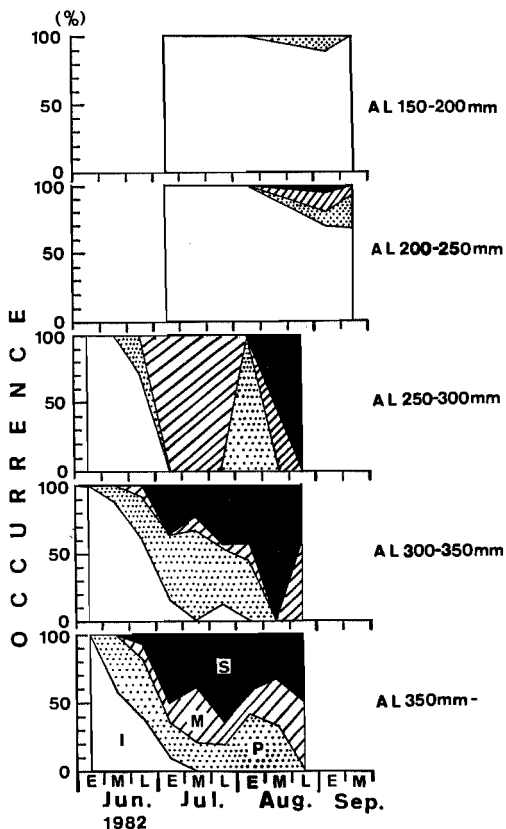


Fig. 15. Occurrence of each maturity group of *T. lepturus* females for length group in the spawning season. I: immature, P: premature, M: mature, S: spent, AL: anal length

は9月上旬・中旬の一部を除いて大部分が未熟個体であるところから、産卵主群は肛門長 250 mm 以上の各群であると考えられる。

### 第3節 産卵場

1983年6月から7月にかけて、底深 100~160 m の若狭湾西部海域沖合において延べ15回の刺網試験操業を実施し、またそれと同時期に、底深 40~60 m の若狭湾西部海域沿岸において操業された延縄の漁獲物調査をも実施した (Table 10, Fig. 16)。刺網試験操業および延縄で漁獲されたタチウオについて、雌雄別に生殖腺指数を求め、その平均値を調査日ごとに Fig. 17 に示した。同図に示したように、刺網で漁獲されたタチウオの雌の生殖腺指数の平均値は、調査期間を通じて延縄で漁獲されたタチウオの雌のそれよりも高い値であった。また、刺網で漁獲されたタチウオの雌では、操業中に羅網状態のまま透明卵を多量に放出するものが多くみられたので、実際の生殖腺指数の平均値はさらに高い値を示すものと考えられる。

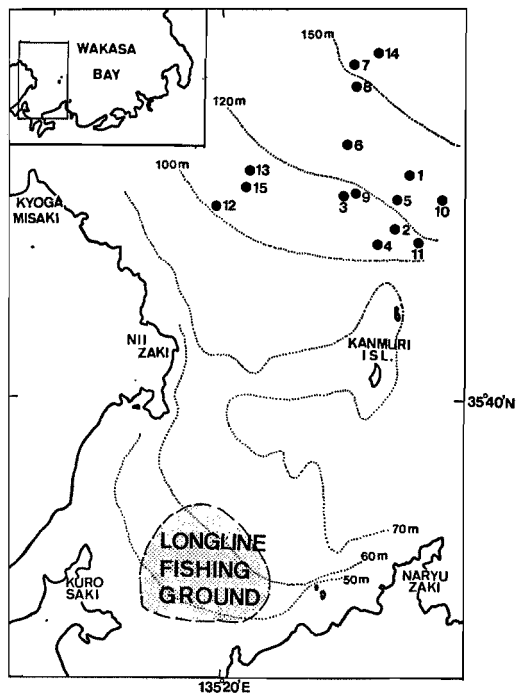


Fig. 16. Experimental fishing locations with gill net (closed circles with fishing number) and commercial longline fishing ground of *T. lepturus*.



Table 10. Fishing records of experimental gill net and commercial longline. Figures in parentheses indicate number of fish caught per net.

Fishing No.	Date	Fishing time	No. of fish caught	Bottom depth of fishing ground (m)
Gill net				
1	22 Jun. 1983	sunset	61 ( 8.7)	130
2	23	sunrise	51 ( 7.3)	120
3	27	daytime	3 ( 0.8)	119
4	27	sunset	88 (14.7)	115
5	28	sunrise	7 ( 1.2)	123
6	8 Jul.	sunset	22 ( 5.5)	122
7	8	sunset	35 ( 8.8)	153
8	9	sunrise	3 ( 1.0)	146
9	9	sunrise	7 ( 2.3)	118
10	13	sunset	94 (23.5)	129
11	13	sunset	53 (13.3)	118
12	14	sunset	5 ( 1.3)	100
13	14	sunset	20 ( 5.0)	111
14	21	sunset	4 ( 1.0)	159
15	21	sunset	15 ( 3.8)	108
Longline				
	24 Jun. 1983	sunrise	100	40-60
	29	sunrise	124	40-60
	14 Jul.	sunrise	110	40-60
	24	sunrise	70	40-60

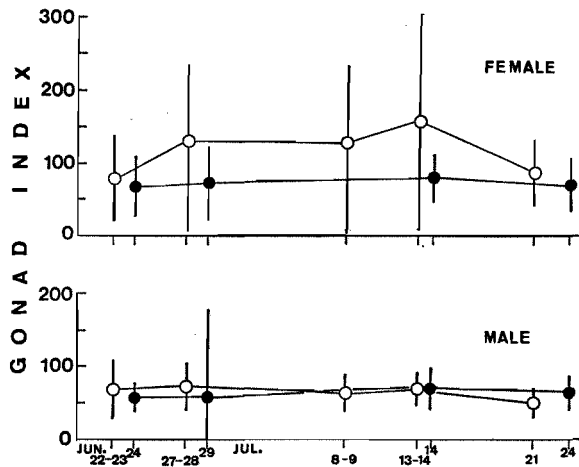


Fig. 17. Daily variation in gonad index of *T. lepturus* caught by gill nets and longlines. Open and solid circles indicate the mean gonad index of the fish caught by gill nets and longlines, respectively. Vertical lines indicate the standard deviations.

刺網と延網で漁獲されたタチウオの中で、卵巣の肉眼観察によって完熟個体と判断された雌の生殖腺指数を求

め、その平均値を Table 11 に示した。ただし、刺網で漁獲されたタチウオについては完熟個体と判断された

Table 11 Gonad index of mature females of *T. lepturus* caught by experimental gill net and commercial longline.

Fishing gear	Female				
	No. of fish	No. of mature fish	Mean gonad index of mature fish	Max. gonad index of mature fish	Standard deviation
Gill net	148	29	319.6	502.0	97.1
Longline	358	14	184.9	224.6	52.5

雌のうち、上述の羅網状態での放卵個体は対象から除いた。刺網で漁獲されたタチウオの雌の完熟個体では、その生殖腺指数の平均値は319.6、最大値は502.0であった。これに対し、延縄で漁獲されたタチウオの雌の完熟個体では、その生殖腺指数の平均値は184.9、最大値は224.6であり、刺網で漁獲されたタチウオの雌の場合と比較して明らかに低い値を示した。

一方、刺網で漁獲されたタチウオの雌の生殖腺指数の平均値は、延縄で漁獲されたタチウオのそれと比較して、調査期間を通じて大きな差はみられなかった。しかし、刺網で漁獲された雌は、雌と同様に羅網状態で大部分が放精したことから、精巣の熟度は延縄で漁獲された雌のそれより高いものと考えられる。

つぎに、刺網試験操業と延縄で漁獲されたタチウオの雌について、卵巣の肉眼観察による各成熟段階の個体の出現率を調査日ごとに Fig. 18 に示した。刺し網で漁獲されたタチウオの雌では、調査期間を通じて放卵後の個体が多量に出現し(75.8%)、次に完熟個体が多く出現した(25.8%)。中熟個体は6月27日～28日にわずかに出現した(1.4%)。これに対し、延縄で漁獲さ

れたタチウオの雌では、上述の場合と同様に調査期間を通じて放卵後の個体が多量に出現した(52.7%)。しかし、完熟個体の出現は少なく(4.9%)、中熟、未熟個体がより多く出現した(それぞれ23.9%, 18.4%)。

以上の結果から、底深100～160mの若狭湾西部海域沖合では、放卵後および完熟の雌が主に分布していること、底深40～60mの同海域沿岸では、放卵後の雌を中心に種々の成熟段階にある雌が分布していることが明らかとなった。また、沖合に分布する完熟の雌は、沿岸に分布するそれに比べて、著しく熟度が高く、産卵直前の状態にあるものと判断された。したがって、若狭湾西部海域沖合に分布するタチウオの群は、放卵・放精終了後および直前の雌雄によって構成されていることになり、タチウオの産卵場が同海域沖合に形成されていることは明らかである。また、若狭湾西部海域におけるタチウオ卵の分布の中心は底深120mの沖合にあり、底深60m以浅の沿岸ではタチウオ卵の出現が著しく少ない(第5章第2節)という事実も若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵場が沖合に存在することを裏付けている。

Table 10 に示した刺網試験操業(操業底深100～160

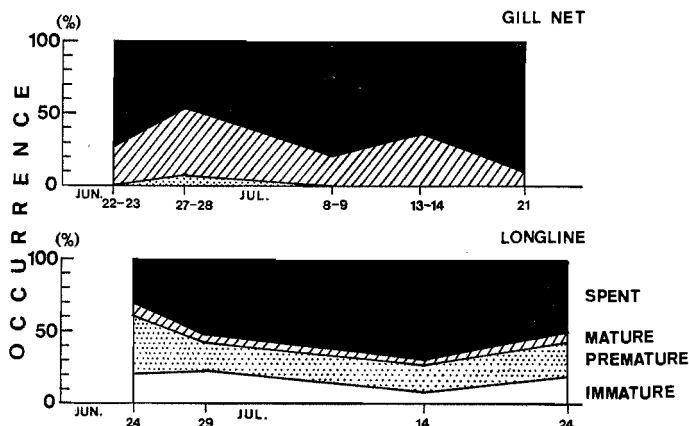


Fig. 18. Daily variations in occurrence of four maturity stages of *T. lepturus* caught by gill net and longline.

m) について、操業時間ごとの漁獲尾数を比較すると、日没時における漁獲尾数は日出時、昼間のそれよりも多い傾向がみられた。この結果から、タチウオの産卵活動は主として日没時から夜間にかけて行われることが推測される。

第4節 卵巣内卵の成熟過程

タチウオの卵巣は左右両葉からなり、右葉は左葉より長さ、幅ともによく発達している。卵巣卵の成熟状態が卵巣の部位によって異なるかどうかを調査するために、1982年7月に採集された材料から10個体 (GI 118~215) を無作為に抽出した。各個体とも卵巣を左右および前・中・後部の6部位に分け、各部位の平均卵径の差を1%の危険率で検定した。その結果、左右両葉間で1個体に、前・中・後部間で1個体にそれぞれ有意差が認められた。しかし、その他の個体では卵巣の部位による平均卵径に有意差は認められなかった。したがって、タチウオの卵巣内卵の成熟状態は卵巣の部位に関係なく、ほぼ同一の状態にあると考えられる。

つぎに、卵巣内卵の成熟過程について検討する。1982年6月から7月にかけて採集したタチウオ75尾の生殖腺指数 (GI) を求め、1尾につき右葉卵巣中央部の卵200粒の卵径を測定した。まず、生殖腺指数を30未満、30~50、50~70、70~100、100~150、150~200、200以上および Spent の8階級を区分し、各材料をその生殖腺指数に基づいてこれらの階級に分類した。つぎに、各階級ごとに無作為に4尾ずつ抽出し、階級ごとに卵径組成を求めた (Fig. 19)。生殖腺指数30未満を示す個体の卵巣内卵は主に卵径 0.1~0.2 mm の未熟卵群 (第1卵群) で構成されていた。指数値が30~50を示す個体の卵巣では第1卵群とは別に卵径 0.7 mm にモードをもつ未熟卵群の形成される徴候が認められた。指数値が50~70を示す個体では卵径 0.8 mm にモードをもつ未熟卵群 (第2卵群) の形成が明瞭となった。この第2卵群の卵径モードは指数値の増加に伴って大きくなった。指数値が100~150を示す個体の卵巣では第1卵群、第2卵群とは別に卵径 0.4~0.5 mm にモードをもつ未熟卵群 (第3卵群) が形成された。指数値が150~200を示す個体の卵巣では第2卵群の卵径モードは 1.3 mm となり、この卵群は未熟卵群 (第1、第3卵群) とは分離し、油球の形成された透明卵も一部に認められた。指数値が200以上を示す個体の卵巣では第2卵群の卵径モードは 1.4~1.5 mm となり、完熟卵群が形成された。一方、生殖腺指数100~150を示す個体の卵巣で形成された卵径 0.4~0.5

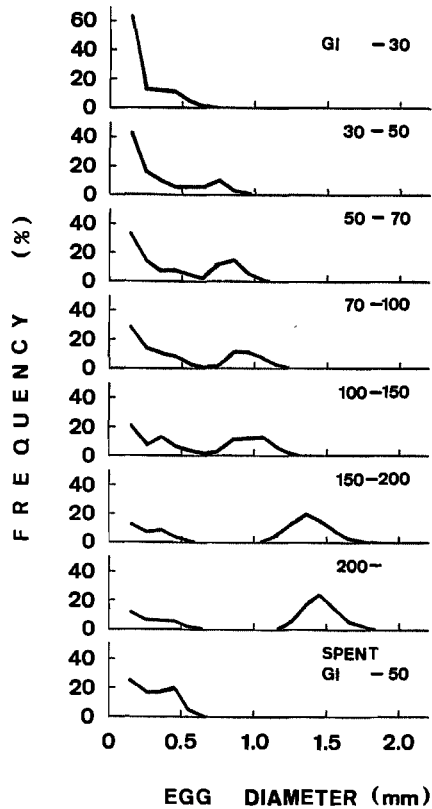


Fig. 19. Frequency distributions of ovarian egg diameter of *T. lepturus* in each maturity stage classified by gonad index (GI).

mm にモードをもつ第3卵群は指数値の増加に伴ってその卵径モードを増す傾向は認められなかった。以上のような生殖腺指数の増加に伴う卵径組成の変化から、生殖腺指数50~70を示す個体の卵巣で形成された第2卵群 (卵径モード 0.8 mm) は、生殖腺指数200以上を示す個体の卵巣にみられる完熟卵群に連続的に移行していくと推定できる。また、上述の生殖腺指数100~150を示す個体の卵巣で形成された第3卵群 (卵径モード 0.4~0.5 mm) は、生殖腺指数の増加に伴って卵径モードが増加する傾向が認められず、この卵群は産卵に至らないものと推察される。また、若狭湾西部海域に來遊するタチウオ成魚群の産卵盛期は7月上旬から8月下旬であるところから、同群の産卵は年1回であろうと推定される。

第5節 成熟肛門長

1982年の産卵期 (6~9月) に採集されたタチウオの

雌217尾, 雄188尾を 50 mm 間隔の肛門長群に分け, 各肛門長群ごとに雌については生殖腺指数50以上, 雄については生殖腺指数10以上(産卵期に腹部を軽く圧迫するだけで放精した雄の生殖腺指数の最小値は約10であり, 生殖腺指数10以上の値を示す雄は成熟しているものと考えた)の値を示す個体の出現率, すなわち成熟率を求めた。これらを Fig. 20 にプロットし, 成熟率曲線を推定した。雌で生殖腺指数50以上, 雄で生殖腺指数10以上の値を示す個体の出現率が50%になる肛門長を平均成熟肛門長とすると, その大きさは, 雌では肛門長約 220 mm, 雄では肛門長約 200 mm となる。また, 大部分の

個体が成熟する大きさは雌雄とも肛門長 250 mm 以上と推定される。なお, 生殖腺指数50以上の値を示す雌のうち, 最小の個体は肛門長 191 mm であった。このように推定した若狭湾西部海域産タチウオの雌の成熟肛門長は他海域産(山田, 1971; 阪本, 1975, 1982; 鈴木・木村, 1980)のそれと大差がない。

### 第6節 成熟年齢

1982年の産卵期(6~9月)に若狭湾西部海域で採集されたタチウオの雌475尾に対し, 耳石による年齢査定を行い, 耳石輪群別に成熟率を求めて Table 12 に示した。各輪群の成熟率は1輪群で33.2%, 2輪群で98.1%, 3輪~6輪群ではいずれも100%であった。若狭湾西部海域にはW型群とN型群の2つの発生群が存在し, その発生時期はそれぞれ4~6月, 6~9月と推定された。研究材料は6~9月に採集されたものであり, 発生時期の遅いN型群もほぼ満年齢に達している。したがって, 耳石輪数は満年齢をほぼ表していると考えられる。以上のことから, 若狭湾西部海域におけるタチウオは1歳魚群でも一部産卵に関与するものがみられ, 2歳魚以上の群ではほとんどすべての個体が産卵に関与するものと推察される。

若狭湾西部海域産タチウオには2発生群が存在し, 耳石第1輪径  $r_1$  が 2.0 mm 未満のものをN型群(narrow type),  $r_1$  が 2.0 mm 以上のものをW型群(wide type)とした。そこで, 両群の成熟率を材料数が比較的多く得られた1輪群と2輪群について検討したところ(Table 13), 1輪群ではN型群の成熟率は21.4%, W型群のそれは83.3%であった。また, 2輪群ではN型群の成熟率は97.3%, W型群のそれは100%であった。したがって, 若狭湾西部海域産タチウオの場合, N型群では満1歳で一部の個体が成熟するにすぎず, 大部分の個体は満2歳で成熟するのに対し, W型群では満1歳で大部分の個体

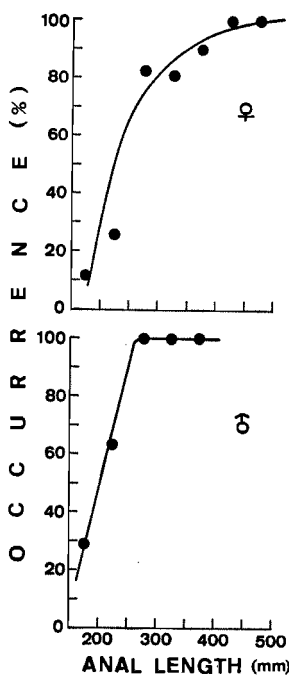


Fig. 20. Mature rate of *T. lepturus* by sex in each size group.

Table 12. Mature rate of female *T. lepturus* in each ring group.

Ring group	No. of female fish examined	No. of mature and spent fish	Mature rate (%)
1	190	66	34.7
2	160	157	98.1
3	100	100	100
4	14	14	100
5	5	5	100
6	6	6	100

Table 13. Mature rate of female *T. lepturus* of the narrow and wide type of broods in 1- and 2-ring groups.

Ring group	Type	No. of female fish examined	No. of mature and spent fish	Mature rate (%)
1	Narrow	154	33	21.4
	Wide	36	30	83.3
	Total	190	63	34.7
2	Narrow	111	108	97.3
	Wide	49	49	100
	Total	160	157	98.1

が成熟するものと推定される。

東シナ海\* (山田, 1971), 熊野灘産 (鈴木・木村, 1980) では満1歳で一部が成熟し, 満2歳でほとんどの個体が成熟する。これに対し, 紀伊水道産 (阪本, 1975, 1982) では満1歳で成熟するとされている。しかし, 年によって1歳魚の成熟率が50~85%と変動しており (阪本, 1975, 1982), 紀伊水道産についても上述2海域と同様に満1歳で一部が成熟し, 満2歳でほとんどの個体が成熟すると考える方が妥当であろう。一方, 東海・黄海産 (三栖, 1959) では満2歳\*で一部が成熟し, 満3歳\*ではほとんどの個体が成熟する。したがって, 若狭湾西部海域産タチウオの雌の成熟年齢は東シナ海産 (山田, 1971), 紀伊水道産 (阪本, 1975, 1982), 熊野灘産 (鈴木・木村, 1980) と同様であり, 東海・黄海産 (三栖, 1985) より約1歳小さいことになる。

#### 第7節 産卵群の年齢構成

若狭湾西部海域に來遊してくるタチウオ産卵群の年齢構成を age-length-key 法により推定した。1982年6月に同海域において延縄, 曳釣, 定置網, 旋網で漁獲されたタチウオ産卵群6, 159尾, (雌3, 954尾, 雄2, 469尾) の雌雄別肛門長組成を Fig. 21 に示した。前章で用いた年齢査定材料のうち1981年と1982年の6月から7月に採集された727材料 (雌463材料, 雄264材料) により age-length-key を雌雄別に作成した。Fig. 21 に示した産卵群の雌雄別肛門長組成から age-length-key 法によって同群の年齢構成を推定した (Table 14)。なお, 若狭湾西部海域で成育した1歳魚の大きさは肛門長 250 mm 未満が大部分であり, これらの生殖腺は未熟な状

態である。Fig. 21 に示した肛門長組成に含まれる1歳魚は産卵群ではなく, 2歳魚以上の産卵群を漁獲対象とする延縄, 曳釣の漁場探索の過程で混獲されたものと考えられる。したがって, これら1歳魚は若狭湾西部海域に來遊してくる産卵群の年齢構成の検討から除いた。Table 14 から雌雄とも2歳魚が全体の56~60%を占め, ついで3歳魚の27~30%, 4歳魚の8~11%の順で多く, 2~3歳魚で83~90%を占めることがわかる。以上の結果から, 若狭湾西部海域に來遊してくるタチウオ産卵群は雌雄とも主として2~3歳魚で構成されているものと推定される。ところで, 若狭湾西部海域における1歳魚の産卵期は9月上旬である。一方, 同海域に來遊する2歳魚以上の産卵群は8月下旬には産卵活動を終了して同海域から逸散する (第6章第4節)。このため, 1歳魚の産卵群と2歳魚以上の産卵群とはほとんど同時に漁獲されない。若狭湾西部海域で成育した1歳魚の約33%が産卵に関与すると推定されたが, 同海域における1歳魚を含めた全産卵群の年齢構成を推定することはできなかった。

#### 第8節 産卵数

若狭湾西部海域に來遊したタチウオ産卵群の産卵回数は年1回であると推定された。また, 卵巢内の完熟卵はほとんどすべて産卵されるものと考えられる (三栖, 1959)。したがって, 本種の推定産卵数は卵巢内の完熟卵数を計数することによって求めることができる。1982年7~8月に若狭湾西部海域で漁獲されたタチウオのうち, 卵巢に透明卵をもつ肛門長 256 mm から 451 mm までの雌25尾について肛門長の測定とともに右葉卵巢中央部から卵を一部採集し, 重量法により完熟卵数を求めた。完熟卵数 E と肛門長 AL との間には直線的な関係

\* 輪群表示を年齢群表示に読み換えた。

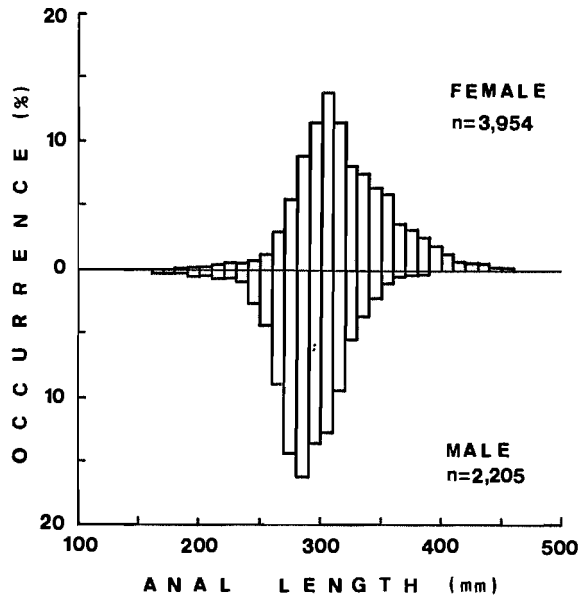


Fig. 21. Frequency distributions of anal length of *T. lepturus* spawning school.

Table 14. Percentage of occurrence of *T. lepturus* for each age group fish from the age-length-key method.

Sex	Age (years old)				
	2	3	4	5	6
Female (%)	60.2	29.5	7.7	1.4	1.2
Male (%)	55.7	27.2	10.9	4.4	1.8

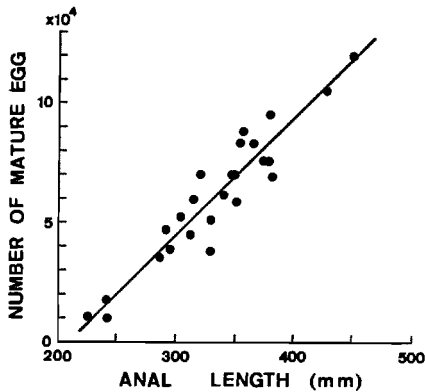


Fig. 22. Relationships between anal length and number of mature egg of *T. lepturus*.

が認められ (Fig. 22), 次の直線回帰式が得られた:

$$E = 493.4AL - 103,583 \quad (r = 0.994).$$

上式から肛門長別に1個体当りの推定産卵数を求め、他海域産のそれと比較したところ (Fig. 23), 若狭湾西部海域産, 東シナ海産 (山田, 1971), 紀伊水道産 (阪本, 1975, 1982), 熊野灘産 (鈴木・木村, 1980) の間では肛門長別の1個体当りの推定産卵数に大差は認められなかった。しかし, 東海・黄海産 (三栖, 1959) では肛門長が大きくなるにしたがって1個体当りの産卵数は前4者よりも少なくなる傾向が認められた。

### 第9節 性 比

#### (1) 性比の季節的变化

1981年6月から1982年12月に若狭湾西部海域において, 延縄, 曳釣, 定置網, 旋網, 小型底曳網で漁獲されたタチウオの月別性比 ( $\frac{\text{♀}}{\text{♂} + \text{♀}}$ ) を調査した。大部分の個体が成熟する肛門長 250 mm を境として, 250 mm 未満の群 (未成魚群) と 250 mm 以上の群

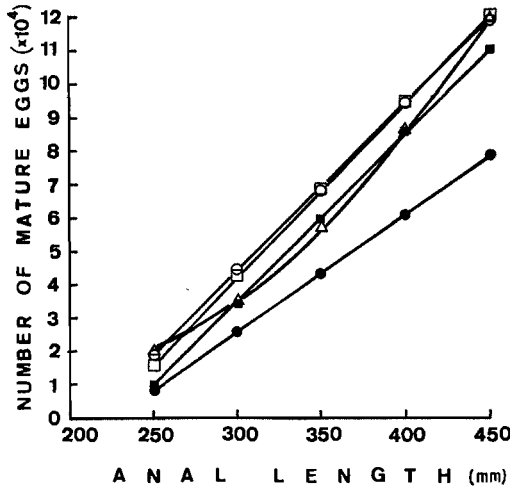


Fig. 23. Relationships between anal length and number of mature eggs of *T. lepturus* in 5 fishing grounds. Closed circles, squares, open squares, triangles and circles indicate the East China Sea and the Yellow Sea (MITSU, 1959), the East China Sea (YAMADA, 1971), Kii-Channel (SAKAMOTO, 1975), the Kumano-Nada (SUZUKI and KIMURA, 1980) and the western Wakasa Bay, respectively. The relationships between anal length and number of mature eggs in the East China Sea and the Yellow Sea (MITSU, 1959), and the East China Sea (YAMADA, 1971) were estimated from the original figures.

(成魚群)の2群に分けて、これらの月別性比の変化を Fig. 24 に示した。各性比の値については性比が1:1であるかどうかを二項検定した。Fig. 24 から肛門長 250 mm 未満の未成魚群では3~10月の期間は性比が1:1である。したがって、未成魚群はほぼ周年にわたって性比に偏りのない群を形成するものと推察された。これに対し、肛門長 250 mm 以上の成魚群は産卵期前の5月と6月の性比は1:1であった。しかし、産卵期以後、12月までの期間では雌が多く出現した。なお、1985年3月に石川県能登半島外浦海域沖合(底深 180 m)で旋網によって漁獲されたタチウオ成魚の越冬群(漁獲量約260トン、肛門長 250~400 mm)のうち899尾の性比を調査したところ、雌457尾、雄442尾であり、その性比に偏りはみられなかった。以上の結果から、肛門長 250 mm 以上の成魚群は越冬期(1~3月)から産卵期前の5月あるいは6月までの期間は性比に偏りのない群を形成し、産卵期以降、12月までの期間は雌雄どちらか一方に性比の偏る群を形成するものと推察される。

(2) 産卵期直前を中心とした性比の日変化

タチウオ成魚群は産卵期前には性比に偏りのない群を形成し、産卵期以後は雌雄どちらか一方に性比の偏る群を形成することが明らかとなった。そこで、このような性比の変化をより詳細に検討するために、1981年と1982年の産卵期前から産卵期にかけて若狭湾西部海域において延縄と旋網で漁獲されたタチウオ産卵群の日別性比を求めた(Fig. 25)。日別性比は前項と同様の方法で偏りの有無を検定した。

Fig. 25 に示したように、1981年では6月上旬の性比は1:1であったが、6月中旬になると性比は雌雄のどちらか一方に偏る例も認められるようになった。7月に

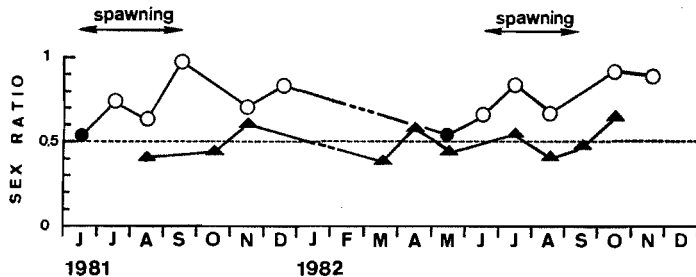


Fig. 24 Monthly change of sex ratio ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}+\text{♂}}$ ) of *T. lepturus*. Circles and triangles indicate the sex ratio of the fish of more and less than 250 mm in anal length, respectively. Solid and open marks indicate that the sex ratio is 1:1 and not so at 5% significance level, respectively.

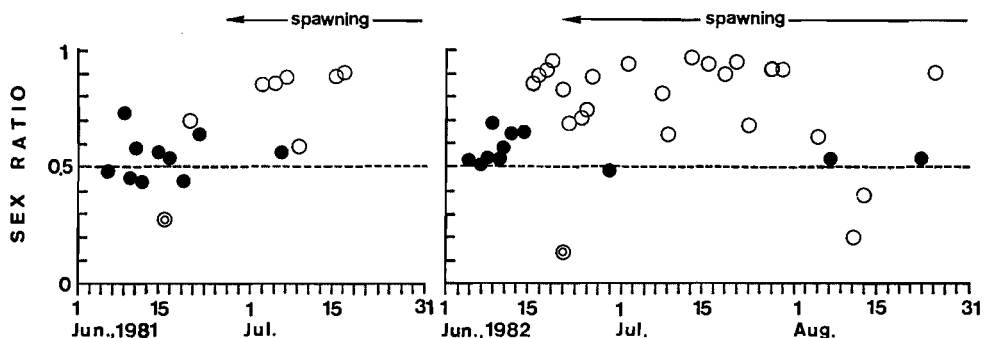


Fig. 25. Daily change of sex ratio ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}+\text{♂}}$ ) of *T. lepturus*. Circles and double circles indicate the samples caught by longline and purse seine, respectively. Solid and open marks indicate that the sex ratio is 1:1 and not so at 5% significance level, respectively.

入ると性比は雌雄のどちらか一方に偏る傾向が強くみられた。1982年では6月上旬の性比は1:1であったが、6月中旬以降、性比は雌雄どちらか一方に偏る傾向が強くと認められた。産卵期を推定する指標となる雌の完熟個体の出現は、1981年と1982年とも6月下旬以降に認められ、両年とも6月下旬以降に産卵期に入ったものと推察される。以上のように、1981年と1982年の結果から、性比が雌雄どちらか一方に偏り始める時期は産卵期のおよそ1旬前と推定することができる。したがって、タチウオ漁獲物の性比に偏りが始まる現象は、タチウオの産卵期が間近いことの1つの指標とすることができる。

### (3) 産卵期における漁場別性比

1985年5月27日から6月20日の間にタチウオ延縄当業船の操業位置聴取り調査と京都府立海洋センター所属平安丸のレーダーによるタチウオ延縄当業船の操業位置確認調査を実施した。Fig. 26に1985年5月27日から6月20日にかけてのタチウオ延縄漁場の変化を示した。タチウオ延縄漁場は5月27日に舞鶴湾口部の底深30~40mの海域(A漁場)にはじめて形成された。この漁場は6月9日まで持続した。しかし、6月10日から16日にかけては舞鶴湾口部(B漁場)と同漁内の底深約25mの海域(C漁場)の2カ所に漁場が形成された。6月17日にな

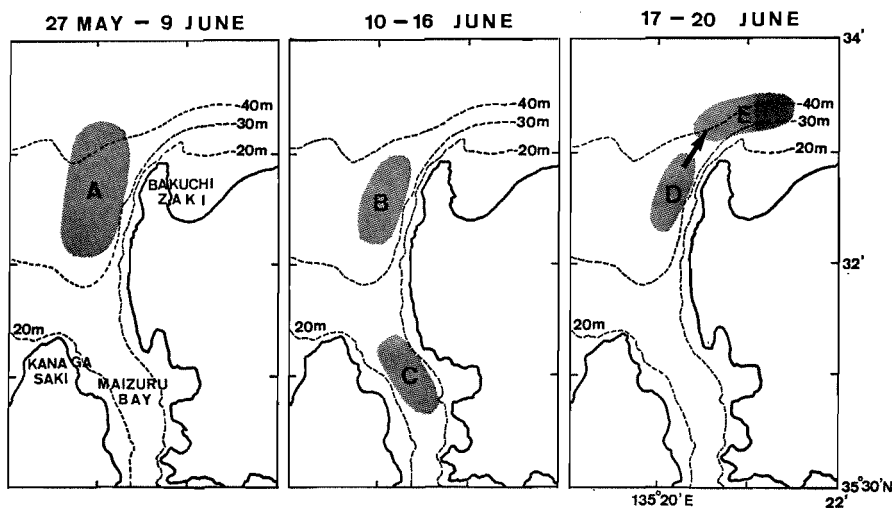


Fig. 26. Changes in longline fishing grounds of *T. lepturus* around the mouth of Maizuru Bay from 27 May to 20 June in 1985. Alphabetized/shaded parts indicate the longline fishing grounds.



ると再び舞鶴湾口部（D漁場）だけに漁場が形成された。その後、漁場底深は40～50mと深くなるとともに、6月21日には博奕岬を迂回して東方に移動した（E漁場）。以上のようなタチウオ延縄漁場の変化から、産卵期直前のタチウオは舞鶴湾口部を中心とした比較的狭い範囲の海域においてその分布域を複雑に変化させていることがわかる。そこで、分布域に変化の認められた時期のタチウオ群の性比を調査し、Table 15 に示した。1985年5月29日のA漁場ではタチウオ群の性比の偏りはなかった。上述のように6月10日から16日にかけて漁場がB、C漁場に分離した。6月13日に両漁場でのタチウオ群の性比はB漁場では雄、C漁場では雌に偏った。6月19日のD漁場でのタチウオ群の性比は雌に偏った。

以上の結果から、若狭湾西部海域のごく沿岸域に來遊したタチウオ群は、來遊時は性比に偏りのない群を形成していること、産卵期が近づくと、この群は性比が雌および雄に偏る2群に分離し、沖側には雄の多い群が形成され、岸側には雌の多い群が形成されること、両群の分布域はいずれもごく沿岸域にあり、しかも近接していること、沖側に形成された性比が雄に偏る群は、その後沿岸域から逸散すること、沿岸域には性比が雌に偏る群だけが残ることなどが明らかになった。

つぎに、1983年6月から7月にかけて、若狭湾西部海域の沖合で実施された刺網試験操業および同海域の沿岸で操業された延縄によってそれぞれ漁獲されたタチウオ産卵群の性比を調査した（Fig. 16, Table 10）。Table 10 に示した操業番号別あるいは日別の性比を求め、Table 16 に示した。性比の偏りの有無は前々項と同様の方法で検定した。なお、各回の刺網試験操業のうち、漁獲尾数の少なかった操業番号3, 5, 8, 9, 12, 14の6回については性比の検討を省略した。刺網の漁獲物の性比は操業番号1, 4, 10, 11, 13では有意水準5%で有意であり、雄に偏っていた。また、刺網の総漁獲物

の性比も雄に偏っていた。これに対し、延縄の各調査における漁獲物の性比はいずれも有意水準5%で有意であり、雌に偏っていた。したがって、1983年6月から7月にかけての期間に若狭湾西部海域沖合（底深100～160m）の産卵場には雄の多い群が分布していること、および同海域沿岸（底深40～60m）には雌の多い群が分布していることが明らかとなった。

若狭湾西部海域沖合の底深100～160mの海域にはタチウオの産卵場が形成される。Table 16 に示したように、産卵場におけるタチウオ群の性比はおよそ雌1に対して雄2の割合である。しかし、雌のうちの約25%のみが完熟個体であるところから、実際に産卵活動を行う群の性比は雌1に対して雄9の割合となる。このように若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵場では少数の完熟の雌と多数の雄によって産卵が行われるものと推察される。

タチウオのように、産卵に際して群の性比が著しく雄に偏る魚種として、トラフグ *Takifugu rubripes* (藤田, 1962), スケソウダラ *Theragra chalcogramma* (前田・平川, 1977), ハリセンボン *Diodon holacanthus* (阪本・鈴木, 1978), シラコダイ *Chaetodon nippon* (SUZUKI *et al.*, 1980), タサフグ *Takifugu niphobles* (HONMA *et al.*, 1980) がある。その中で、トラフグとハリセンボンは1尾の雌と数尾の雄が一同となって放卵・放精する(阪本・鈴木, 1978; HONMA *et al.*, 1980)。一方、シラコダイでは1尾の雌と数尾の雄とで産卵が行われるが、その様式は1尾の雌と1尾の相対的に優位な雄（この場合、もっとも魚体の大きい雄）とが放卵・放精し、その後直後に他の雄がこのペアの周りで放精するというものである (SUZUKI *et al.*, 1980)。

タチウオが上述のいずれの産卵様式をとっているとしても、雌にとっては、複数の雄との間で放卵・放精することにより、卵の受精率を高めることができるであろう。

Table 15. Sex ratios of *T. lepturus* schools in each fishing ground. "A", "B", "C" and "D" fishing grounds were shown in Fig. 26.

Date	Fishing ground	No. of fish examined	Sex		Sex ratio
			Female	Male	
29 May, 1985	A	225	121	104	0.54
13 June	B	94	35	59	0.37*
13 June	C	96	84	12	0.88*
19 June	D	93	74	19	0.80*

\* Sex ratio is not 1:1 at 5% level of significance.

Table 16 Sex ratio of *T. lepturus* caught by experimental gill net and commercial longline.

Fishing No.	Date	No. of fish caught			Sex ratio (♀/(♀+♂))
		Female	Male	Total	
Gill net					
1	22 June, 1983	12	49	61	0.20*
2	23	20	31	51	0.39
3	27	1	2	3	—
4	27	20	68	88	0.23*
5	28	5	2	7	—
6	8 July	7	15	22	0.32
7	8	23	12	35	0.66
8	9	2	1	3	—
9	9	3	4	7	—
10	13	24	70	94	0.26*
11	13	13	40	53	0.25*
12	14	1	4	5	—
13	14	5	15	20	0.25*
14	21	1	3	4	—
15	21	11	4	15	0.73
Total		148	320	468	0.32*
Longline					
	24 June, 1983	80	20	100	0.80*
	29	119	5	124	0.96*
	14 July	95	15	110	0.86*
	24	64	6	70	0.91*
Total		358	46	404	0.89**

\* Sex ratio is not 1:1 at 5% level of significance.

さらに、シラコダイにみられる産卵様式の場合では、雌は卵の受精率が高まるという利益を得るだけでなく、群の中で相対的に優位な雄と主として放卵・放精することになり、より優位性の高い子孫を残す可能性を得ることになるであろう。また、タチウオでは摂餌活動に関して大型群と小型群との間に Size hierarchy の存在が示唆されている(宗清・桑原, 1983)。したがって、産卵活動においても、大型群と小型群との間に Size hierarchy が存在している可能性がある。その場合、トラフグやハリセンボンにみられる産卵様式であっても雌にとっては相対的に優位な雄の群との間で放卵・放精できることになり、雌はより優位な子孫を残す可能性を得ることになるであろう。一方、優位な雄にとっては、他の雄と比べてより多くの雌との間で放卵・放精することができ、自らの子孫をより多く残すことが可能となるであろう。

以上のように、タチウオでは主として優位にある1尾あるいは一群の雄と1尾の雌との間で産卵が行われ、これが繰り返されているものと推測される。

#### (4) 性比と肛門長との関係

1982年6月に延縄と曳釣によって漁獲されたタチウオ産卵群4,928尾について、これらを50mm間隔の肛門長群に分け、各群の雌の割合をFig. 27に示した。肛門長200mm未満の群、200~250mm群、250~300mm群、300~350mm群、350~400mm群の雌の割合はそれぞれ37%、57%、53%、73%、92%であり、魚体が大きくなるにしたがって雌の割合が高くなる傾向を示した。さらに、肛門長400mm以上の群ではすべて雌によって占められていた。このように魚体が大きくなるほど雌が多くなるという現象は他海域(山田, 1971; 阪本, 1975, 1982; 鈴木・木村, 1980)においても報告

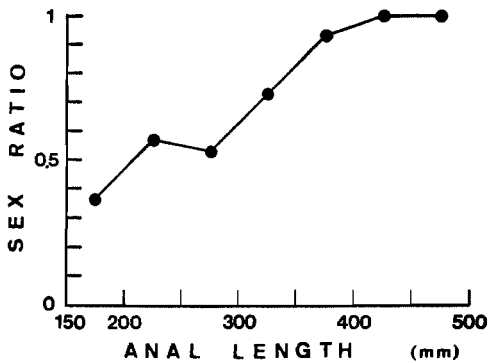


Fig. 27. Relationships between *T. lepturus* size group and sex ratio ( $\frac{\text{♀}}{\text{♀}+\text{♂}}$ ).

されている。魚体の大きさに伴って性比が変化する理由として、雌雄の生残率の差(渡辺, 1956; 鈴木・木村, 1980), 性転換(青山, 1955; 青山ほか, 1963; FUJII, 1971; MOORE, 1979; 鈴木ほか, 1974, 1978)などが考えられる。若狭湾西部海域産タチウオは雌雄で成長が異なり、雌の推定最大肛門長は 457~465 mm, 雄のそれは 366~370 mm で雌が雄より大きくなる。しかし、産卵群の年齢構成から判断して雌雄間で顕著な生残率の差は認められない。また、本研究で生殖腺の肉眼観察を行った 3,607 材料のうち、両性を有する生殖腺をもつものは認められなかった。したがっては、若狭湾西部海域産タチウオの場合、魚体が大きくなるほど雌が多くなり、肛門長 400 mm 以上の個体がすべて雌であるという現象は、明らかに雌雄の成長差によるものである。

#### 第10節 考 察

各海域産タチウオの成熟サイズ, 成熟年齢, 産卵数を比較した結果, 若狭湾西部海域産, 東シナ海産(山田, 1971), 紀伊水道産(阪本, 1975, 1982), 熊野灘産(鈴木・木村, 1980)はほぼ同様の値を示した。しかし, 東海・黄海産(三栖, 1959)は上述の4海域産と比較して成熟年齢が1歳大きく, 魚体が大きくなるほど1個体当りの産卵数が少なくなることが明らかとなった。ところで, 東海・黄海産(三栖, 1959)と東シナ海産(山田, 1971)のタチウオは前者が1954~1957年当時, 後者が1966~1969年当時と年代が異なるものの, ほぼ同海域で漁獲されたものである。したがって, 上述の結果から1966~1969年当時の東シナ海産タチウオの成熟と産卵に関する生物学的特性は1954~1957年当時と比較して性成熟の早期化と産卵数の相対的増大の方向に変化している

こととなる。さらに, 今回の検討の範囲では1966~1969年以降, 年代・海域を問わずタチウオの成熟と産卵に関する生物学的特性には大差がないことになる。

東シナ海産タチウオの年代間にみられる成熟と産卵に関する生物学的特性の変化について, 山田(1971)は, 漁獲努力の強化によってタチウオ資源量が減少し, いわゆる密度効果が生じた結果ではないかとその原因を推測している。一方, 阪本(1982)は紀伊水道産と1954~1957年当時の東シナ海産(三栖, 1964)のタチウオについてその摂餌量指数を比較し, 前者は後者に比べてその摂餌量指数が著しく小さいことは明らかであると指摘している。上述のように紀伊水道産タチウオ(阪本, 1975, 1982)は1954~1957年当時の東シナ海産(三栖, 1959)と比較して成熟年齢が1歳小さく, 1個体当りの産卵数も相対的に大きい。すなわち, 前者は後者に比べて餌料条件が悪いにもかかわらず性成熟の早期化と産卵数の相対的増大がみられる。したがって, 上述の例は東シナ海産タチウオの成熟と産卵に関する生物学的特性にみられる時間的な変化が密度効果だけでなく, それ以外の要因によっても生じている可能性を示唆している。いずれにしても, タチウオの場合, 漁獲圧力が強まり資源量が減少すると population の恒常性を維持しようとするかのような作用が生じ, 結果として成熟と産卵に関する生物学的特性に変化が起きるものと推測される。

タチウオは東シナ海(山田, 1971), 紀伊水道(阪本, 1975, 1982)では底曳網で, 若狭湾西部海域, 熊野灘(鈴木・木村, 1980)では主として延縄, 釣, 定置網で漁獲されている。したがって, 各海域におけるタチウオに対する漁獲圧力もそれぞれ異なり, 前2者の海域では本種に対して強力が漁獲圧力が加えられている(山田, 1971; 阪本, 1975)。POWER and GREGOIRE (1978)は, 貧欲な魚食者である淡水アザラシ *Phoca vitulina* が生息する湖では, 淡水アザラシによって Lake trout *Salvelinus namaycush* の大型魚が選択的に捕食された結果, Lake trout の成熟と産卵に関する生物学的特性が, 淡水アザラシの生息しない湖の Lake trout のそれと著しい相違(魚体の小型化, 寿命の短縮, 早熟, 魚体重当りの産卵数の増加)を示すことを報告している。東シナ海, 紀伊水道で操業される底曳網をタチウオに対する強力な「捕食者」と考えると, 上述の4海域産タチウオがそれぞれ独立した population であるならば, Lake trout の例から明らかのように, 少なくとも東シナ海産, 紀伊水道産と若狭湾西部海域産, 熊野灘産との間で成熟と産卵に関する生物学的特性に大きな差異が生じるはずであ

若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的研究

る。しかし、先述のように1966～1969年以降、年代・海域を問わずタチウオの成熟と産卵に関する生物学的特性には大差がない。このことは、東シナ海産～若狭湾西部海域産、東シナ海産～紀伊水道産～熊野灘産のタチウオの間には、成魚による直接的な交流や卵・稚仔魚の添加という形での交流などが存在していることを示唆している。

第4章 成長に伴う食性の変化

タチウオの食性についての研究は、東シナ海・黄海(三栖, 1964; 最首・最首, 1965), 駿河湾(小坂ほか, 1967), 対馬近海(花淵, 1973), 大阪湾(林, 1978),

熊野灘(鈴木・木村, 1980), 紀伊水道(阪本, 1982)で行われている。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、発育初期の食性についてはまったく知見がない。

本章では、若狭湾西部海域で採集された仔魚期から成魚期までのタチウオについて、その成長に伴う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の関係から本種の初期生活について考察した。

第1節 研究材料と方法

この研究に用いた材料は1980年9月から1983年10月までの期間に若狭湾西部海域で行った一連の採集調査によって得られたものである(Table 17)。小型のタチウオに

Table 17. Data of *T. lepturus* specimens examined

Date of catch	Gear	Number of specimens	Range of anal length (mm)
Sept. 8, 1980	Beach seine	26	29.0- 64.0
Sept. 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
Sept. 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
Sept. 3	Larva net	3	4.3- 11.0
Sept. 3	Beam trawl	5	194.0-212.0
Sept. 7	Danish seine	5	282.0-358.0
Sept. 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
Sept. 19	Larva net	16	4.2- 21.0
Oct. 26	Set net	30	98.0-186.0

Table 18. Change in frequency occurrence by food items with growth of *T. lepturus* (occurrence method). c, f>50%; +, 50%>f>10%; r, 10%>f>0%; -, f=0%; f, percentage of *T. lepturus* feeding on each prey.

Anal length (mm)	0 10	10 20	20 30	30 40	40 50	50 60	60 70	70 80	80 90	90 100	100 200	200 300	300
Food items													
BACILLARIOPHYCEAE													
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DINOPHYCEAE													
<i>Ceratium</i> sp.	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CEPHALOPODA													
unidentified Decapoda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r
CRUSTACEA													
<i>Paracalanus</i> sp.	+	+	+	+	r	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. parvus</i>	+	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clausocalanus</i> sp.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Temora</i> sp.	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acartia</i> sp.	r	r	r	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. erythraea</i>	-	+	c	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tortanus</i> sp.	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oithona</i> sp.	-	-	-	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oncaea</i> sp.	+	r	r	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Corycaeus</i> sp.	-	-	-	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticoida	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euterpina</i> sp.	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
unidentified Copepoda	+	+	+	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodites and nauplii	r	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
unidentified Mysidacea	-	-	-	-	+	+	r	+	-	c	-	-	-
unidentified Cumacea	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
unidentified Amphipoda	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-
unidentified Natantia (Zoea and mysis larvae)	(r)	(r)	(r)	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-
Megalopa larvae	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-
PISCES													
<i>Sardinopus melanostictus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	c
<i>Engraulis japonicus</i> (larvae)	-	-	(+)	(+)	(c)	(c)	c	c	c	c	+	+	+
<i>Maurollicus japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Trachurus japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r
<i>Acanthocephala krusensterni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Chaeturichthys sciistius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Bregmaceros japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	r	r
unidentified Gobidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r
unidentified Osteichthyes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r
unidentified larvae	-	-	r	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-
Egg													
Invertebrate eggs	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

つについては口径 130 cm および口径 160 cm の稚魚網の水平曳、桁網、地曳網により採集した。稚魚網の曳網水深は表層と底層（水深 8~100 m）であり、底深 40 m 以深では中層（水深 20 m ないし 25 m, 50 m, 75 m）も曳網した。大型のタチウオについては定置網、小型底曳網、刺網、旋網の漁獲物の一部を材料とした。稚魚網、桁網で採集した材料については船上で10%海水ホルマリン液で固定後、研究室で選別し、肛門長 AL の測定、消化管内容物調査を行った。その他の漁具で採集した材料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。

## 第2節 食 性

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、Table 18 に示した。なお、肛門長群は 100 mm 未満の材料については 10 mm 間隔、肛門長 100 mm 以上の材料については 100 mm 間隔とした。

Table 19. Changes in food composition of *T. lepturus* with growth (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	—	—	—	1.0	—	—
<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 larvae)	(0.3)	(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	—	—	—	—	—

肛門長 20 mm 未満のタチウオは、*Paracalanus parvus*, *Paracalanus* sp., *Clausocalanus* sp., *Acartia erythroa*, *Oncaea* sp. 等の橈脚類を多く捕食していた。肛門長 20~60 mm に成長した個体は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* のシラス期仔魚を多く捕食していた。肛門長 80~100 mm のものは橈脚類をほとんど捕食しなくなり、かわってカタクチイワシとアミ類を多く捕食していた。肛門長 100~200 mm の個体はサイウオ *Bregmaceros japonicus* とカタクチイワシやマイワシ *Sardinops melanostictus* 等イワシ類を多く捕食していた。

つぎに、肛門長 60 mm 未満のタチウオがそれぞれの餌生物をどの程度利用しているかを個体数法を用いて求め、Table 19 に示した。個体数法で求めた餌生物種組成では、肛門長 10 mm 未満のタチウオは *Paracalanus* sp. をもっとも多く捕食し、ついで *Clausocalanus* sp. を多く捕食していた。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吸収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. の成体を捕食していた。このことから、タチウオは後期仔魚期の早い時期から既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 の個体は *Acartia erythroa* を多く捕食するようになり、ついで *Paracalanus* sp. を多く捕食していた。肛門長 20~40 mm の個体は *A. erythroa* を著しく多く捕食し、タチウオ 1 個当たりでは *A. erythroa* を最高で 67 個体を、平均で 19.6 個体を捕食していた。なお、タチウオが捕食していた *A. erythroa* 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 個体当りの捕食個体数は少ないが、十脚類 (BL 3~8 mm), シラス期カタクチイワシ仔魚 (BL 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 の個体は橈脚類をあまり捕食しなくなり、かわってシラス期カタクチイワシ仔魚やアミ類を多く捕食していた。また、胃内容物のシラス期カタクチイワシ仔魚は丸飲み状態や体後部が切断された状態でみられ、すべて尾部から嚥下されていた。この事実からタチウオは餌生物に後方から接近し、これを丸飲みあるいは体後部を切断して飲み込むものと推察される。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

物が多くみられた。このような餌生物の消化状況から、タチウオ仔稚魚は主に昼間に摂餌を行うものと推察される。

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 に成長した個体は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る。肛門長 60~100 mm の個体ではこの傾向がより強まる。肛門長 100 mm 以上に成長した個体は小型甲殻類をほとんど捕食しなくなり、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みると、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→カタクチイワシ若魚→サイウオ→イワシ類と順次大型化していく傾向がみられた。

### 第3節 考 察

若狭湾西部海域産タチウオは肛門長 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を備えており、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 (三栖, 1964), 対馬近海 (花淵, 1973), 大阪湾 (林, 1964) においてタチウオの食性が魚食性に変化する大きさは、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、若狭湾西部海域産タチウオの食性が魚食性に変化する大きさは、他海域産本種のそれと比較して明らかに小さいことがわかる。花淵 (1973) は、対馬近海産タチウオでは肛門長約 230 mm を境としてその下顎中央部の歯型が牙型からより餌生物の捕捉機能が強化された鉤型に変化し、餌生物は浮遊性甲殻類から魚類へと変化すると報告している。一方、若狭湾西部海域産の本種は餌生物に後方から接近し、これを丸飲みあるいは体後部を切断して飲み込むものと推察された。したがって、タチウオが餌生物を捕捉する上で、最初に餌生物と接触する上・下顎先端の犬歯状歯は他の部位の歯と比較してより重要な役割をもつと考えられる。タチウオの上・下顎先端の犬歯状歯は肛門長約 40 mm (全長約 125 mm) から鉤型となり (第5章), この大きさと本種は魚類などのより遊泳力のある餌生物の捕捉能力を機能的に獲得しているものと考えられる。この点からすると、海域によって本種の食性が魚食性に移行する大きさが異なる理由については、各海域の餌料生物種組成およびその量の違いに基づ

いている可能性が高いと推察される。

タチウオの初期生活史に関して、卵発生と仔稚魚の形態發育史 (TSUKAHARA, 1961; 水戸, 1961), 卵, 仔稚魚の分布生態 (沖山, 1965; 堀木, 1979, 1981) 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する。一般に卵黄吸収直後の仔魚は運動能力が弱く、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、運動能力の向上に伴って橈脚類の成体を捕食するようになることとされている (SHELBOURNE, 1957; LAST, 1978)。若狭湾西部海域においてもタマガンゾウビラメ *Pseudorhombus pentophthalmus*, マコガレイ *Limanda yokohamae*, メイタガレイ *Pleuro-nichthys cornutus*, ヒラメ *Paralichthys olivaceus*, イシガレイ *Kareius bicoloratus*, シロギス *Sillago japonica*, クロダイ *Acanthopagrus schlegeli*, マダイ *Pagrus major* の8種の仔魚では、發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 (南, 1981, 1982a, 1982b, 1984; 桑原・鈴木, 1982, 1983a, 1983b; 鈴木・桑原, 1983)。一方、本研究の結果では、タチウオは後期仔魚期の初期においても既に *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魚種について後期仔魚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 mm (松原・落合, 1965) であるのに対し、他の8魚種の卵の大きさは0.61~1.24 mm (上野・藤田, 1954; 田北・藤田, 1964; 松原・落合, 1965; 南, 1983) 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。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、浅海の下層近くに swarm 状にパッチを形成することが知られている (UEDA *et al.*, 1983)。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個体の *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仔稚魚の分布をみる

と、肛門長10 mm未満のタチウオは同海域沖合 (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 (第6章第2節)。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 (1977) 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シ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。

## 第5章 發育初期の形態変化

タチウオの初期生活史については、内田 (1933), 水戸 (1961), 沖山 (1979) による天然卵, 仔稚魚の研究, TSUKAHARA (1961) による人工受精卵の発生とふ化仔魚の研究, 沖山 (1965), 堀木 (1979, 1981) による卵, 稚仔魚の分布の研究などがみられる。

本章では、タチウオの發育初期を中心としてその外部形態の変化、脊椎骨、各鰭条等の形成および相対成長について述べ、本種の發育段階区分の確立を試みる。

### 第1節 研究材料と方法

1981年から1988年の8年間に若狭湾西部海域において稚魚ネット、桁網、地曳網、定置網、延縄によって採集、漁獲されたタチウオ115尾 (全長5.0~995 mm) とその卵を材料とした。

これらの材料を10%ホルマリン液で固定後、卵を除く材料は全長 TL, 肛門長 AL, 頭長 HL, 上顎長 UJL, 眼径 ED の測定を行った (Fig. 28)。材料の一部は外部形態の観察に用いた。透明標本を作成し、DNGERKUS and UHLER (1977) による軟骨・硬骨二重染色や TAYLOR (1967) によるアリザリンレッド単染色を施して、脊椎骨、各鰭条等の観察を行った。



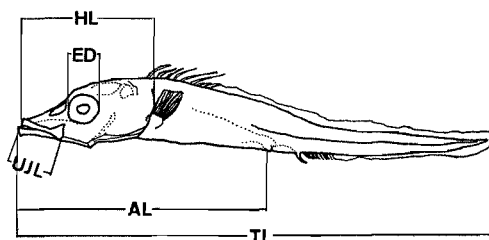


Fig. 28. Diagrammatic illustration of the measuring methods for *T. lepturus*. TL, total length; AL, anal length; HL, head length, UJL, upper jaw length; ED, eye diameter

### 第2節 発育初期の外部形態の変化

全長 5.5~65.2 mm の tachuo 稚仔魚の外部形態を Fig. 29 に示した。

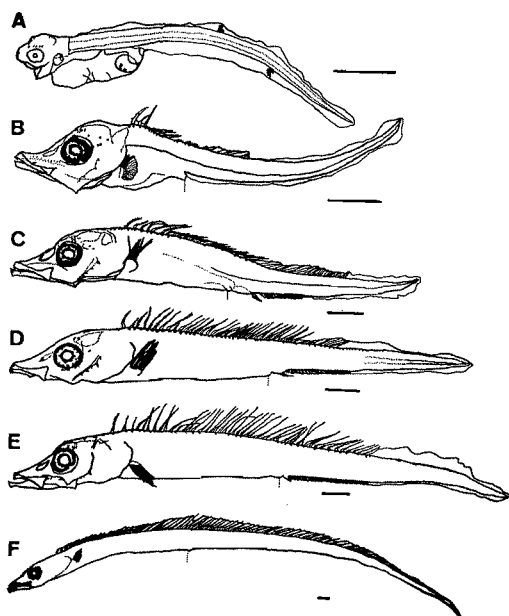


Fig. 29. Lateral views of *T. lepturus* in early life stage. A, 5.5 mm TL; B, 7.4 mm TL; C, 11.1 mm TL; D, 14.7 mm TL; E, 20.7 mm TL; F, 65.2 mm TL. Scales indicate 1 mm.

全長 5.5 mm: 既に開口している。卵黄と油球が残存している。膜鱗 (fin fold) の背・腹側には塊状の黑色素胞が対をなしている。油球にも塊状の黑色素胞が存在する。頭部、吻部には黑色素胞が散在する。膜鱗状胸鰭がみられる。

全長 7.4 mm: 卵黄と油球は消失している。頭部が相対的に大きくなる。眼球には黑色素胞が発達している。鼻孔と鰓が形成されている。口器はよく発達し、上・下顎に小歯状の突起がみられる。前鰓蓋骨後縁に4棘が認められる。胸鰭は上端部から3軟条が形成され、下端部はまだ膜鱗状である。背鰭の形成が開始されている。背鰭の形成は体前方から後方に向けて進行している。背鰭前端には前縁の鋸歯を有する3棘が形成されている。3本の背鰭棘は、後に続く軟条と比較してやや強大である。これらの背鰭各棘条間には、その基底部に近い部分にのみ鱗膜が形成される。背鰭軟条の形成は肛門直上までには至らず、体後部は膜鱗のままである。肛門長は全長の約43%である。黑色素胞は眼窩上部・後部、背鰭基底部にみられる。

全長 11.1 mm: 4本の前鰓蓋骨棘が認められる。顕微鏡下で眼窩上縁に1棘が確認される。肛門直上付近まで背鰭軟条の形成が進行している。背鰭前端の3棘は後に続く軟条と比べて強大でなくなる。体後部は膜鱗のままである。臀鰭の形成が開始され、臀鰭前端に1棘が形成される。その後部には臀鰭原基が続き、体後部は膜鱗である。臀鰭前端の1棘の後縁に鋸歯がみられる。胸鰭は11軟条がみられ、胸鰭形成が完了している。胸鰭は下位で、胸鰭軟条は水平から約60°斜め上後方に伸長する。体表はグアニン色素で被われている(採集時確認)。肛門長は全長の約50%で、肛門の相対的位置が全長 7.4 mm の個体のそれより後方へ移行する。肛門と臀鰭棘との間には約 0.5 mm の距離がある。黑色素胞は全長 7.4 mm の個体と同部位にみられる。

全長 14.7 mm: 前鰓蓋骨後縁に5棘が認められる。背鰭は肛門直上より後方まで形成されている。体後部は膜鱗のままである。臀鰭の形成は背鰭の形成が終了している部位の直下付近まで進行している。臀鰭棘は後に続く軟条と比較して長さ、幅とも強大である。肛門長は全長の約56%であり、肛門の相対的位置が全長 11.1 mm の個体のそれより後方へ移動する。肛門と臀鰭棘との間の距離は全長 11.1 mm の個体のそれより短縮している。黑色素胞は眼窩周辺部、背鰭基底部、頭頂部、上・下顎先端部、胸鰭基部にみられる。

全長 20.7 mm: 前鰓蓋骨後縁に3棘が認められるが、棘は退縮傾向にある。背鰭、臀鰭の形成はより後方まで進行している。臀鰭では棘の後に続く軟条が体下部に密着するように伸長する。背鰭、臀鰭とも体後部は膜鱗のままである。上・下顎とも先端部に犬歯状歯が形成される。肛門長は全長の約54%であり、肛門の相対的位置は

全長 14.7 mm の個体のそれとほぼ同じか、それより前  
にある傾向がみられる。肛門と臀鰭棘とはほとんど接す  
ようになる。黒色素胞は全長 14.7 mm の個体と同部  
位にみられる。

全長 65.2 mm: 前鰓蓋骨後縁の棘は消失している。  
背鰭、臀鰭とも形成が完了し、両者とも膜鰭が消失して  
いる。臀鰭は背鰭と比べてより尾端近くでその形成が完  
了する。臀鰭棘は体下部に突出するが、後に続く軟条は  
皮下にほぼ埋没し、小突起が体表に突出するのみであ  
る。しかし、尾端近くの臀鰭軟条は体下部に密着するよ  
うに伸長し、皮下に埋没していない(全長の増加に伴っ  
て臀鰭軟条が皮下に埋没する部位が尾端近くまで拡大  
し、全長 163.0 mm の個体ではすべての臀鰭軟条が皮  
下に埋没して小突起が体表に突出するのみとなる)。4  
軟条からなる退化的尾鰭が形成されている。尾鰭軟条は  
体表から約 0.1 mm 突出するのみで、分節、分枝はし  
ていない。体形は著しく延長する。肛門長は全長の約 39  
%で、肛門の相対的位置は全長 20.7 mm の個体のそれ  
より前位にある。黒色素胞は眼窩周辺部、背鰭基底部、  
上顎部、下顎先端部、同下部、尾部にみられる。

つぎに、体各部位の成長に伴う相対成長の変化につ  
いて以下に検討する。

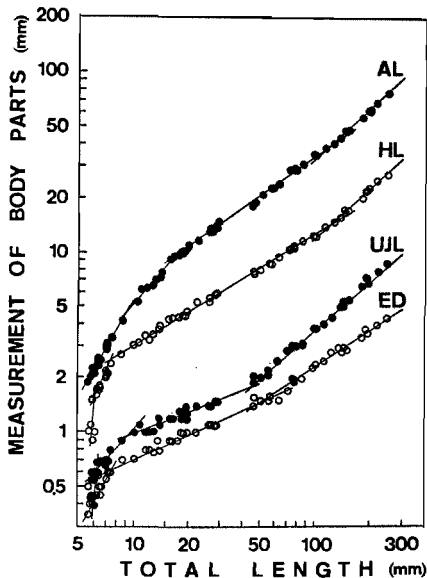


Fig. 30. Relationships between total length and measurement of four body parts in *T. lepturus*. AL, anal length; HL, head length; UJL, upper jaw length; ED, eye diameter.

全長 TL に対する肛門長 AL, 頭長 HL, 上顎長 UJL, 眼径 ED の相対成長は Fig. 30 に示したよ  
うになる。各相対成長の関係をアロメトリー式で求めた結  
果、それぞれ以下に示すような複数の屈折点をもつ直線  
関係が得られた。

全長-肛門長関係:

$$TL < 9.7 \text{ mm}$$

$$\log AL = 1.775 \log TL - 1.049 \quad (r=0.976)$$

$$9.7 \text{ mm} \leq TL < 17.8 \text{ mm}$$

$$\log AL = 1.100 \log TL - 0.382 \quad (r=0.978)$$

$$17.8 \text{ mm} \leq TL < 134.2 \text{ mm}$$

$$\log AL = 0.728 \log TL + 0.0833 \quad (r=0.998)$$

$$TL \geq 134.2 \text{ mm}$$

$$\log AL = 0.947 \log TL - 0.383 \quad (r=0.997)$$

全長-頭長関係:

$$TL < 6.4 \text{ mm}$$

$$\log HL = 5.268 \log TL - 4.018 \quad (r=0.810)$$

$$6.4 \text{ mm} \leq TL < 8.3 \text{ mm}$$

$$\log HL = 1.856 \log TL - 1.274 \quad (r=0.970)$$

$$8.3 \text{ mm} \leq TL < 119.9 \text{ mm}$$

$$\log HL = 0.623 \log TL - 0.143 \quad (r=0.999)$$

$$TL \geq 119.9 \text{ mm}$$

$$\log HL = 0.851 \log TL - 0.614 \quad (r=0.978)$$

全長-上顎長関係:

$$TL < 6.0 \text{ mm}$$

$$\log UJL = 6.825 \log TL - 5.574 \quad (r=0.888)$$

$$6.0 \text{ mm} \leq TL < 9.8 \text{ mm}$$

$$\log UJL = 1.081 \log TL - 1.090 \quad (r=0.988)$$

$$9.8 \text{ mm} \leq TL < 48.9 \text{ mm}$$

$$\log UJL = 0.447 \log TL - 0.466 \quad (r=0.995)$$

$$TL \geq 48.9 \text{ mm}$$

$$\log UJL = 0.917 \log TL - 1.260 \quad (r=0.996)$$

全長-眼径関係:

$$TL < 7.3 \text{ mm}$$

$$\log ED = 2.006 \log TL - 1.939 \quad (r=0.988)$$

$$7.3 \text{ mm} \leq TL < 58.3 \text{ mm}$$

$$\log ED = 0.436 \log TL - 0.580 \quad (r=0.991)$$

$$TL \geq 58.3 \text{ mm}$$

$$\log ED = 0.726 \log TL - 1.092 \quad (r=0.993)$$

体各部位の相対成長において、成長屈折のみられる全  
長および成長に伴う成長係数 K の変化を Fig. 31 に示  
した。肛門長は全長 9.7 mm, 17.8 mm, 134.2 mm に成  
長屈折点をもち、全長 17.8 mm までは優成長を示した  
が、全長 17.8 mm 以上では劣成長を示した。頭長は全

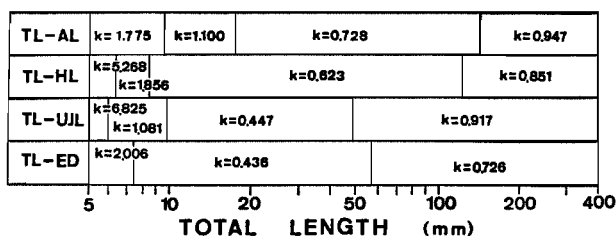


Fig. 31. Growth inflexions of four body parts and growth coefficients (K) in *T. lepturus*. Abbribiations are the same in Fig. 30.

長 6.4 mm, 8.3 mm, 119.9 mm に成長屈折点をもち、全長 8.3 mm までは優成長を示したが、全長 8.3 mm 以上では劣成長を示した。上顎長は全長 6.0 mm, 9.8 mm, 48.9 mm に成長屈折点をもち、全長 9.8 mm までは優成長を示したい、全長 9.8 mm 以上では劣成長を示した。眼径は全長 7.3 mm, 58.3 mm に成長屈折点をもち、全長 7.3 mm までは優成長を示したが全長 7.3 mm 以上では劣成長を示した。

以上に述べたタチウオの発育初期の外部形態の諸変化のうち、肛門の後移現象、巨頭、巨顎化、頭部の棘条化という特徴は、サバ型魚類稚仔魚にみられる共通の特徴として指摘されている(内田, 1963; 沖山, 1979)。また、タチウオ稚仔魚では背鰭および臀鰭の棘に鋸歯が形成され、眼窩上縁にも棘が形成された。これらの形態的特徴は近縁とされるクロタチカマス科魚類 *Gempylidae* の多くにみられる発育初期の形態的特徴とよく一致している(GORBUNOVA, 1977, 1982; 西川, 1987)。

### 第3節 諸器官、組織の形成過程

主として透明標本に基づいて諸器官、組織の形成過程を詳細に検討した。

#### (1) 脊椎骨、各鰭条、鰓条骨の形成過程

脊椎骨、各鰭条、鰓条骨の形成過程を Table 20, Figs. 32, 33 に示した。

脊椎骨：全長 6.3 mm の個体の脊柱には第1～第4神経弓門の軟骨形成が開始されている。全長の増加とともに弓門軟骨の形成は体前部から後部に向かって進行し、逆方向からの形成はみられない。各弓門部での軟骨形成はその基部から先端部に向けて進行する。全長 10.4 mm の個体では39個の腹椎が形成され、これに続いて7個の尾椎が形成されている。全長の増加とともに尾椎の形成が体後部に向けて進行し、逆方向からのそれは認められない。各脊椎骨ではまず椎体の化骨が先行し、弓門部がこれに続く。全長 10.4 mm から全長 26.7

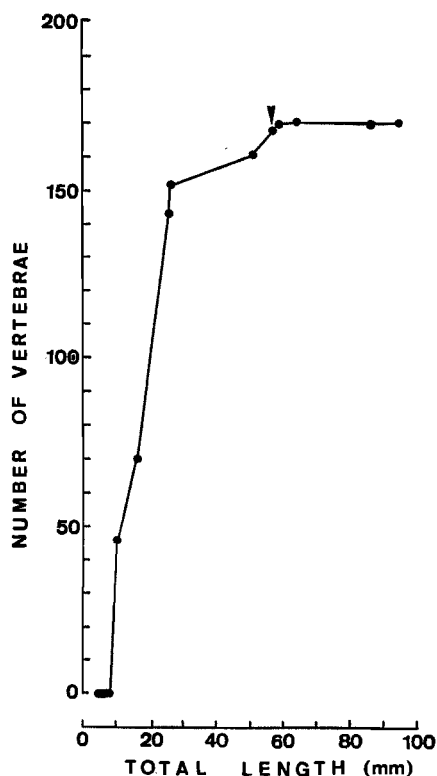


Fig. 32. Relationships between total length and number of vertebrae in *T. lepturus*. Arrow indicates the size of attaining the number of vertebrae constant.

mm までは全長の増加に対する脊椎骨数の増加の割合が高いが、全長 26.3 mm から全長 57.0 mm にかけてのそれは以前と比較して低下する (Fig. 32)。全長 57.0 mm になると脊椎骨の形成が完了する。脊椎骨の定数は  $39 \sim 41 + 128 \sim 133 = 168 \sim 173$  である。

背鰭：全長 5.0 mm の個体では背鰭は未形成である。全長 5.6 mm の個体では第1背鰭棘の形成が認められ

Table 20. Developments of vertebrae, fin rays and branchiostegals in *T. lepturus*.

Total length (mm)	Fin rays						Branchiostegal rays
	Vertebrae	Dorsal	Pectoral	Pelvic	Anal	Caudal	
5.0	0	0	0	0	0	0	0
5.6	0	I, 0	0	0	0	0	0
6.3	0	III, 5	0	0	0	0	6
7.2	0	III, 11	0	0	0	0	-
7.4	-	-	2	-	-	-	-
7.8	0	III, 27	4	0	0	0	7
9.0	-	-	5	-	-	-	-
10.4	46	III, 53	10	0	I, 6	0	7
11.1	-	-	11	-	-	-	-
16.9	70	III, 87	11	0	I, 46	0	7
26.0	143	III, 109	11	0	I, 70	0	7
26.7	152	III, 108	11	0	I, 73	0	7
51.0	160	III, 125	11	0	I, 93	0	7
57.0	169	III, 133	11	0	I, 105	0	7
57.5	-	-	-	-	-	0	-
58.7	171	III, 135	11	0	I, 108	4	7
64.0	171	III, 135	11	0	I, 108	4	7
76.6	169	III, 136	11	0	I, 106	4	7
94.6	170	III, 135	11	0	I, 108	4	7
116.7	171	III, 135	11	0	I, 107	4	7
125.4	170	III, 132	11	0	I, 105	4	7
164.0	170	III, 135	11	0	I, 106	4	7
214.0	170	III, 131	11	0	I, 105	4	7
265.0	-	-	-	-	-	4	-
285.0	168	III, 131	11	0	I, 105	4	7
305.0	171	III, 132	11	0	I, 104	(1)	7
371.0	173	III, 131	11	0	I, 106	(0)	7
406.0	-	-	-	-	-	(1)	-
592.0	-	-	-	-	-	(0)	-

る。全長 6.3 mm の個体では 3 棘 5 軟条が形成されている。軟条形成途中の部位では左右の軟条が接着して一つの軟条が形成されていく連続的な過程がみられる (Fig. 34)。軟条は分節、分枝しない。棘数は全長 6.3 mm で定数となる。全長の増加とともに軟条は体前部から後部に向けて形成され、その数を増す。全長 5.6 mm から全長 26.0 mm までは全長の増加に対する背鰭鰭条数の増加の割合は高いが、全長 26.0 mm から全長 57.0 mm にかけてのそれは以前と比較して低下する (Fig. 33)。全長 57.0 mm になると背鰭鰭条は定数 (III, 131 ~ 136) に達する。背鰭棘前縁には鋸歯が認め

られる (Fig. 35)。この鋸歯は全長 94.6 mm の個体では認められるが、全長 116.7 mm の個体では消失している。

胸鰭：全長 7.4 mm 未満の個体では胸鰭は膜状である。全長 7.4 mm, 7.8 mm, 9.0 mm, 10.4 mm の個体ではそれぞれ胸鰭に 2, 4, 5, 10 軟条が形成されている。全長 11.1 mm の個体の胸鰭には 11 軟条形成され、胸鰭鰭条数は定数に達する。胸鰭軟条は上端部から下端部に向けて形成が進行し、分節、分枝しない。

腹鰭：すべての研究材料で腹鰭の形成は認められない。腰帯およびその痕跡も認められない。

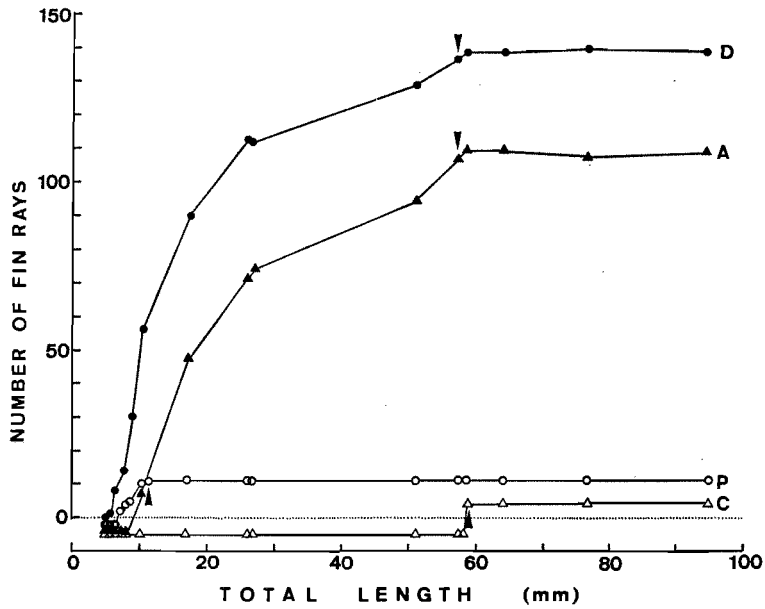


Fig. 33. Relationships between total length and number of fin rays in *T. lepturus*. Arrows indicate the size of attaining the number of each fin ray constant. D, Dorsal fin; A, Anal fin; P, Pectoral fin; C, Caudal fin

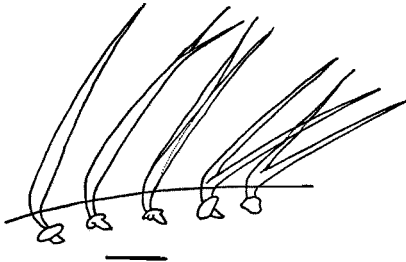


Fig. 34. Process of dorsal soft rays formation in *T. lepturus* (6.3 mm TL). Scale indicates 0.1 mm.

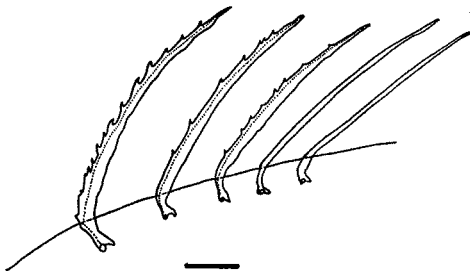


Fig. 35. Dorsal fin spines of *T. lepturus* (7.8 mm TL) with 1st to 3rd serrated. Scale indicates 0.1 mm.

腎鰭：全長 10.4 mm の個体では 1 棘 6 軟条が形成されている。腎鰭軟条は背鰭のそれと同様に左右の軟条が接着して一本の軟条になったものである。この軟条は分節、分枝しない。棘数は全長 10.4 mm で定数となる。全長の増加とともに軟条は体後部に向けて形成が進行し、その数を増す。全長 10.4 mm から 26.7 mm までは全長の増加に対する腎鰭軟条数の増加の割合が高いが、全長 26.7 mm から全長 57.0 mm にかけてのそれは前段階と比較して低下する (Fig. 33)。全長 57.0 mm で腎鰭軟条は定数 (I, 104~108) に達する。腎鰭棘には背鰭棘と同様に鋸歯が形成される (Fig. 36)。全長 10.4 mm の個体では腎鰭棘には鋸歯は認められない。全長 11.1 mm の個体では棘後縁に鋸歯がみられる。全長 16.9 mm の個体では棘の前・後縁に鋸歯がみられる。全長 76.6 mm の個体では棘後縁の鋸歯は消失し、棘前面のそれは退縮している。全長 116.7 mm のものでは棘前面の鋸歯も消失する。

尾鰭：下尾骨および尾鰭の形成過程を Fig. 37 に示した。全長 10.4 mm 未満の個体では脊索後端に構造物は認められない。全長 10.4 mm の個体では脊索後端に下尾骨 1 が形成される。全長 26.0 mm の個体では下尾骨 1 はさらに後方に伸長する。全長 29.3 mm の個体で

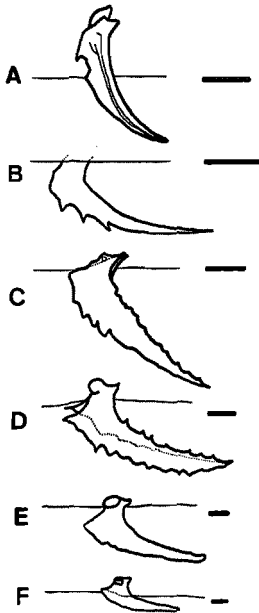


Fig. 36. Serration and reduction of the first spine of anal fin in *T. lepturus*. A, 10.4 mm TL; B, 11.1 mm TL; C, 16.7 mm TL; D, 57.0 mm TL; E, 76.6 mm TL; F, 116.7 mm TL. Scales indicate 0.1 mm.

は下尾骨1に加えて脊索下面に下尾骨2が形成される。全長 47.2 mm の個体では下尾骨1, 2は融合し, 肥大する。また, 融合した下尾骨1, 2は脊索上端を越えて上方にも伸長する。全長 10.4 mm から 47.2 mm の個体では脊索後端の上屈は認められない。全長 57.0 mm の個体では尾部棒状骨が形成され, 融合した下尾骨1, 2はさらに肥大する。全長 58.2 mm の個体では4軟条の尾鰭が形成され, 尾鰭軟条は定数に達する。尾鰭軟条は体表から短く突出するのみで分節, 分枝しない。全長 371.0 mm の個体では尾鰭軟条の伸長, 融合した下尾骨1, 2の肥大化がみられる。全長 500 mm 以上の大型個体でも融合した下尾骨1, 2と尾鰭軟条は消失しない。ただ, これらの大型個体では尾鰭軟条の一部またはすべてが欠損しており, 下尾骨1, 2も表皮から露出している例が多くみられる。なお, 全長 500 mm 以上になっても下尾骨は化骨しない。尾鰭軟条の基部は下尾骨と重なり合う (Fig. 38)。

鰓条骨: 全長 5.6 mm の個体では鰓条骨は未形成である。全長 6.3 mm の個体では6対の鰓条骨が形成されている。全長 7.8 mm の個体では7対の鰓条骨が形

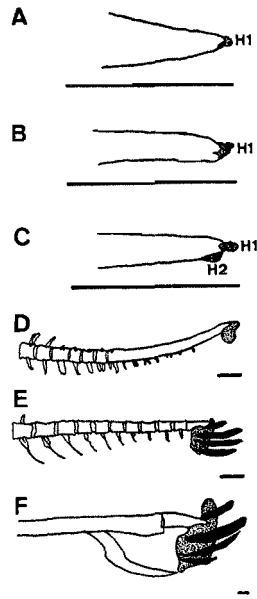


Fig. 37. Development of hypurals and caudal fin formation in *T. lepturus*. A, 10.4 mm TL; B, 26.0 mm TL; C, 29.3 mm TL; D, 47.2 mm TL; E, 58.7 mm TL; F, 371.0 mm TL; H1, Hypural 1; H2, Hypural 2. Scales indicate 0.1 mm.

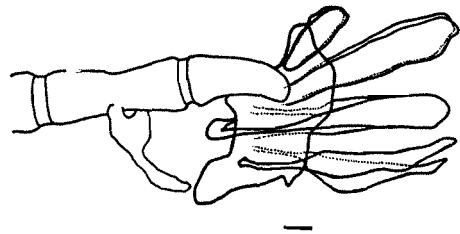


Fig. 38. Lateral view of the caudal fin rays and hypural in *T. lepturus* (116.7 mm TL). Scale indicates 0.1 mm.

成され, 鰓条骨数はこの大きさで定数となる。

## (2) 頭部棘・隆起の消長

前鰓蓋骨後縁棘, 眼窩上縁棘, 同前縁棘の消長を Figs. 39~41 に示した。

前鰓蓋骨後縁棘: 全長 6.3 mm の個体では前鰓蓋骨後縁に4棘が形成されている。全長の増加とともに前鰓蓋骨棘の棘数は増加し, 全長 7.8 mm, 8.8 mm, 11.9 mm の各個体ではそれぞれ5棘, 6棘, 8棘となる。これらの棘には鋸歯は認められない。全長 16.9 mm の個体では前鰓蓋骨棘は退縮傾向を示し, 全長 20.0 mm

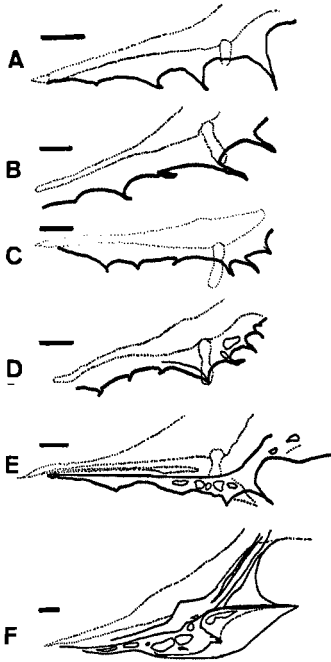


Fig. 39. Development and reduction of preopercle spines in *T. lepturus*. A, 6.3 mm, TL; B, 7.8 mm TL; C, 8.8 mm TL; D, 11.9 mm TL; E, 16.9 mm TL; F, 20.0 mm TL. Scales indicate 0.1 mm.

以上の個体ではこの棘は消失する (Fig. 39)。

眼窩上縁棘：全長 6.7 mm の個体では眼窩上縁に棘は認められない。全長 7.8 mm, 10.4 mm の個体では眼窩上縁に小棘が 4 棘認められる。全長 16.0 mm の個体ではこの小棘は 6 棘認められる。全長 18.7 mm, 29.3

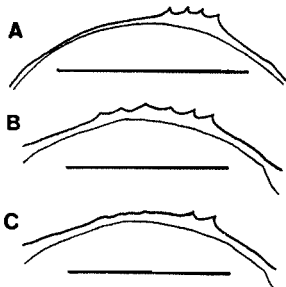


Fig. 40. Development and reduction of upper ridge spines of left orbital in *T. lepturus*. A, 7.8 mm TL; B, 16.0 mm TL; C, 18.0 mm TL. Scales indicate 0.5 mm.

mm の個体ではこの小棘の数が減少し、その数は 2 棘となる。全長 47.2 mm の個体では眼窩上縁の小棘は痕跡を残すのみであり、全長 57.0 mm の個体ではこの小棘は消失する (Fig. 40)。

眼窩前縁棘：全長 10.4 mm の個体では眼窩前縁に 2 棘が認められる。全長 16.0 mm, 18.7 mm の個体ではこの棘が 3 棘認められる。全長 20.0 mm, 29.0 mm, 47.2 mm の個体では棘数は 2 棘と減少する。全長 57.0 mm の個体では眼窩前縁の棘は痕跡的となり、全長 76.0 mm の個体ではこの棘は消失する (Fig. 41)。

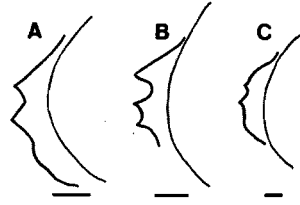


Fig. 41. Development and reduction of front ridge spines of left orbital in *T. lepturus*. A, 10.4 mm TL; B, 16.0 mm TL; C, 20.0 mm TL. Scales indicate 0.1 mm.

上後頭骨隆起：上後頭骨隆起は全長 138.8 mm 以上の個体ではその形成が認められるが、全長 128.5 mm 以下の個体ではその形成は認められない。

### (3) 頭頂孔の消長

頭頂孔の消長を Fig. 42 に示した。全長 5.6 mm の個体では頭頂孔の形成は認められない。全長 8.8 mm

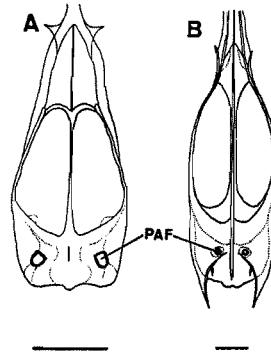


Fig. 42. Development and reduction of a pair of parietal foramen in *T. lepturus*. A, 8.8 mm TL; B, 51.0 mm TL; PAF, parietal foramen. Scales indicate 0.5 mm.

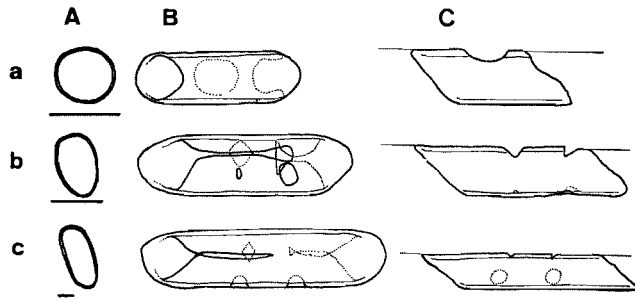


Fig. 43. Development of lateral line tube of left side (*T. lepturus*). A, cross section; B, lateral view; C, dorsal view; a, 41.7 mm TL; b, 89.5 mm TL; c, 297.0 mm TL. Scales indicate 0.1 mm.

の個体になると後頭部に耳包に連絡する1対の頭頂孔の形成が認められる。全長 51.0 mm の個体では薄い膜骨が頭頂孔を被い始め、頭頂孔の開口部は狭くなる。全長 72.6 mm の個体では頭頂孔は薄い膜骨で完全に被われている。全長 77.7 mm 以上の個体では頭部の化骨が進行し、頭頂孔は識別できない。なお、観察したいずれの材料においても前頭骨孔の形成は認められない。

#### (4) 側線管の形成過程

左体側肛門直上付近の側線管の形成過程を Fig. 43 に示した。全長 29.3 mm の個体では側線は未形成である。全長 41.7 mm の個体では側線が形成されている。側線は連結した側線管で構成されている。側線管の横断面は円状である。側線管には体表と接する側の中央部付近に円状の1孔があり、後端部には半円状の湾入がみられる (Fig. 43-a)。全長 89.5 mm の個体の側線管では上述の中央部付近の円状の孔が菱形状となり、その位置はやや上偏する。また、後端部の半円上湾入は入口部分が狭まり、湾入最奥部は三角形状となる。一方、側線管の体表と接しない側にはその先端部から後端部に向けて溝状の深い湾入がみられる。この溝状湾入の中央部および後端部の直下付近には各1孔がみられる。これらの孔はやや斜め下方に開口する (全長の増加とともにこれらの孔の開口部はさらに斜め下方に開くようになる)。側線管の横断面は楕円形を呈する (Fig. 43-b)。全長 294.5 mm の個体の側線管では体表と接する側の後端にある湾入部の入口が閉じ、三角形の孔が残っている。一方、体表と接しない側の溝状湾入部は閉じられて消失し、2個の孔は下面に開口する。これらの孔には感丘が存在する。側線管の横断面は偏平楕円状を呈する。全長 294.7 mm の個体の側線管の形状は成魚のそれと同様になる。

#### (5) 歯系の形成過程

顎歯、咽頭歯、鋤骨歯、口蓋骨歯の形成過程を Table 21, Figs. 44~47 に示した。

顎歯：全長 5.6 mm の個体では上・下顎とも顎歯の形成は認められない。全長 6.3 mm の個体では上・下顎先端部に小歯状突起が認められる。全長 22.9 mm の個体では上・下顎の先端 47.2 mm の個体では上顎先端に3本、下顎先端に2本の強大化した犬歯状歯がみられる。全長 125.4 mm の個体では上・下顎先端の強大化した犬歯状歯の先端が成魚と同様の鉤型構造をもつようになる (Fig. 44)。

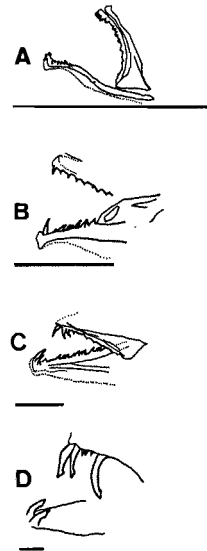


Fig. 44. Development of jaw teeth in *T. lepturus*. A, 6.3 mm TL; B, 22.9 mm TL; C, 47.2 mm TL; D, 125.4 mm TL. Scales indicate 1 mm.



Table 21. Developments of jaw teeth, upper and lower pharyngeal, vomer and palatine teeth in *T. lepturus*.

Total length (mm)	Jaw teeth (tips of upper and lower jaws)	Upper and lower pharyngeal teeth	Vomer teeth	Palatine teeth
5.6	Absent	Absent	Absent	Absent
6.3	Present	Present	Absent	Absent
6.7	(Denticle)		Present	
20.0	Present	Present	(Canine-like teeth)	Present
22.9	Present		Present	
51.0	(Canine-like teeth)	(Canine-like teeth)	Present	(Canine-like teeth)
57.0			Absent	
116.7	Present	Present	(Reduction)	(Canine-like teeth)
125.4	Present			
995.0	(Hooked canine-like teeth)	Present	Absent	Present

上・下咽頭歯：全長 5.6 mm の個体では上・下咽頭歯は認められない。全長 6.3 mm 以上の個体では犬歯状の上・下咽頭歯の形成が認められる (Fig. 45)。



Fig. 45. Upper and lower pharyngeal teeth (left side) in *T. lepturus* (20.0 mm TL). Scale indicates 0.1 mm.

鋤骨歯：全長 5.6 mm の個体では鋤骨歯は認められない。全長 6.7 mm の個体では 1 対、全長 7.8 ~ 20.0 mm の個体では 3 対、全長 22.9 ~ 51.0 mm の個体では 4 対の犬歯状の鋤骨歯が形成されている。しかし、全長 57.0 mm 以上の個体では鋤骨歯は消失する (Fig. 46)。

口蓋骨歯：全長 20.0 mm 未満の個体では口蓋骨歯は

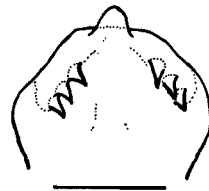


Fig. 46. Ventral view of vomer teeth in *T. lepturus* (18.7 mm TL). Scale indicates 0.1 mm.

認められない。全長 22.9 mm 以上の個体では犬歯状の口蓋骨歯が形成される (Fig. 47)。

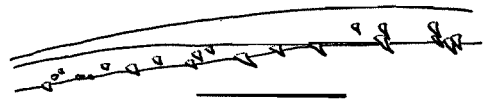


Fig. 47. Palatine teeth in *T. lepturus* (51.0 mm TL). Scale indicates 0.5 mm.

(6) 消化管の形成過程

成長に伴うタチウオの消化管の形態変化を Fig. 48 に示した。全長 5.8 mm の個体はまだ卵黄と油球を残留させており、開口後間もないと考えられる。この個体では消化管は直走し、胃と腸とはその境にみられるくびれによって区別できる。全長 6.1 mm の個体では胃盲嚢部が伸長し、腸は胃後部下面に開口する。全長 7.2 mm の個体では胃盲嚢部はさらに伸長する。腸は屈曲し、胃中央部や前方右側に開口する。全長 18.5 mm の個体では胃盲嚢部は著しく伸長し、その後端は肛門直上近くに達する。腸は胃開口部から屈曲部にかけての下面に幽門垂の形成が開始される。幽門垂は左下面に 9 個、右下面に 13 個、合計 22 個形成されている。全長 61.3 mm の個体では胃盲嚢部は肛門直上に達する。幽門垂は伸長し、左側に 10 個、右側は 13 個、合計 23 個形成されている。消化管の構造は成魚のそれとほぼ同様となる。

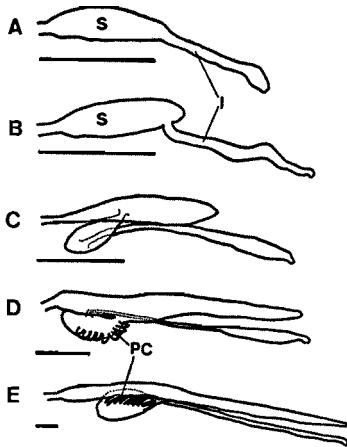


Fig. 48. Development of digestive tract in *T. lepturus*. A, 5.8 mm TL; B, 6.1 mm TL; C, 7.2 mm TL; D, 18.5 mm TL; E, 61.3 mm TL; I, intestine; PC, pyloric caecum; S, stomach. Scales indicate 1 mm.

第 4 節 考 察

従来からタチウオの尾鰭は、全長 20 mm 前後で尾端下面に尾鰭原基のようなものが現れるが、これもしばらくして消失し、その後尾鰭は出現しないとされている(内田, 1933; 松原, 1963; 松原・落合, 1965; 落合・田中, 1986)。しかし、タチウオの尾鰭は全長 58.7 mm の小型個体から全長 500 mm 以上の大型個体までその形成が確認され、成魚になっても尾鰭は消失するこ

とはない。ただ、タチウオの尾鰭は尾端表皮からわずかに突出するのみであり、その大きさから判断して体の推進、方向転換といった尾鰭本来の機能は有しないと考えられる。また、本種大型個体では尾鰭軟条の一部またはすべてが欠損する事例が多くみられた。著者はタチウオ成魚を水槽内で飼育し、その昼間の行動を観察した際にタチウオは尾端を水槽底に付けてこれを引きずるように遊泳(立ち泳ぎ)することを観察している。このような観察事例から判断してタチウオ大型個体の尾鰭の一部またはすべてが欠損する事例が多くみられたことは上述のような遊泳行動に起因していると推察される。若狭湾西部海域におけるタチウオは昼間は海底付近に分布している(第 6 章第 4 節)。したがって、尾端を底に引きずるように立ち泳ぎする本種の遊泳行動は、本種が海底付近に定位するための行動と推測され、尾端部は一種の定位センサーの役割をはたしているのであろう。

タチウオの発育段階については、これまで発育初期の詳細な検討は行われていない。そこで、本章で明らかにしたタチウオの発育初期を中心とした形態変化に基づいて本種の発育段階区分を検討する。

魚類の発育段階区分については従来からさまざまな考え方が提案され(HUBBS, 1943; SETTE, 1943; 内田・道津, 1958; NAKAI, 1962; NIKOLSKII, 1963; 渡辺, 1970), 渡辺・服部(1971)によってこれらの比較検討が行われている。また、沖山(1979)は仔稚魚の発育段階区分をめぐる新しい動きについて詳しく述べる中で、幼期だけを対象として脊索末端の上屈程度を発育段階区分の指標とする考え方(MOSER and AHLSTROM, 1970; MOSER et al., 1977; KENDAL et al., 1984)に注目している。

タチウオの発育段階を区分するにあたって、本種の幼期には脊索末端が上屈しないところから、本研究では渡辺・服部(1971)の発育段階区分に準じた。成長に伴う形態の諸変化と発育段階区分との関係を Fig. 49 に示した。同図から、タチウオの発育段階は以下のように区分された。

卵 Egg

受精からふ化までの期間を卵期とした。卵期は NAKAI (1962) に準じてさらに A 期, B 期および C 期の 3 発育期に区分した。

A 期: 受精から原口閉鎖までの期間。

B 期: A 期の終期から尾芽の先端が卵黄を離れるまでの期間。

C 期: B 期の終期からふ化までの期間。

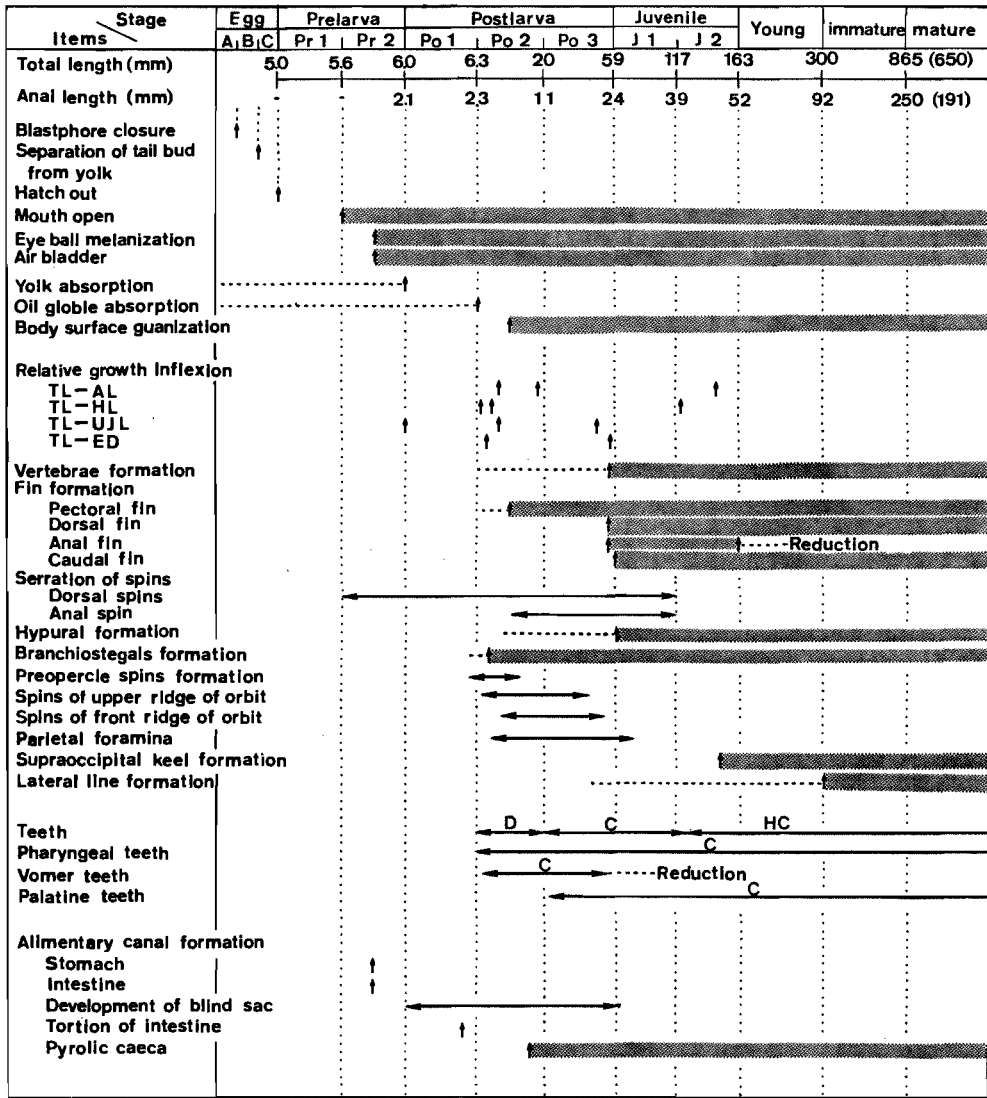


Fig. 49. Morphological changes of *T. lepturus* in corresponding to developmental stages. Shaded parts indicate the differentiation of items. D, denticle; C, canine-like teeth; HC, hooked canine-like teeth. Arrows indicate the size and range of size of morphological changes occurred. Numerals in parentheses indicate the minimum size of mature fish.

前期仔魚 Prelarva (TL 5.0~6.0 mm)

ふ化から卵黄が完全に吸収されるまでの期間を前期仔魚期とし、さらにこれを Pr 1期, Pr 2期の2発育期に区分した。

Pr 1期: ふ化から開口までの期間 (TL 5.0~5.5 mm)。

Pr 2期: Pr 1期の終期から卵黄が完全に吸収されるまでの期間 (TL 5.5~6.0 mm)。この期間には背鱗の形成が開始され、背鰭棘前縁に鋸歯が出現する (TL 5.6 mm)。また、眼球の黒色素胞や鰾が形成され、直走する消化管も形成される

(TL 5.8 mm)。頭長，上顎長，眼径え  
相対成長は著しい優成長を示す。

後期仔魚 Postlarva (TL 6.0~59 mm)

摂餌開始後，各鰭条形成が完了するまでの期間を後  
期仔魚期とし，さらにこれを Po 1 期，Po 2 期およ  
び Po 3 期の 3 発育期に区分した。

Po 1 期：摂餌開始後，油球が完全に吸収されるま  
での期間 (TL 6.0~6.3 mm)。この期  
間には胃盲嚢部の伸長が開始され (TL  
6.1 mm)，上・下顎の小歯状突起，上・  
下咽頭歯，前鰓蓋骨棘の形成や鰓条骨，  
脊柱の軟骨の形成開始等 (いずれも TL  
6.3 mm) の形態変化が生じる。肛門長，  
頭長，上顎長，眼径とも相対成長は優成  
長を示し，全長 6.0 mm に上顎長の成  
長屈折が認められる。

Po 2 期：Po 1 期の終期から上・下顎先端に犬歯  
状歯が形成されるまでの期間 (TL 6.3  
~23 mm)。この期間には鋤骨歯の形成  
(TL 6.7 mm)，腸管の屈曲 (TL 7.2  
mm)，胸鰭の形成開始 (TL 7.4 mm)，  
眼窩上縁棘の形成，鰓条骨の形成完了  
(TL 7.8 mm)，頭頂孔の形成 (TL 8.8  
mm)，眼窩前縁棘の形成，脊柱の化骨開  
始，腎鰭，下尾骨の形成開始 (いずれも  
TL 10.4 mm)，体表のグアニン色素形  
成，胸鰭の形成完了，腎鰭棘の鋸歯形成  
(いずれも TL 11.1 mm)，幽門垂の形成  
(TL 18.5 mm)，前鰓蓋骨棘の消失 (TL  
20.0 mm)，口蓋骨歯，上・下顎先端の  
犬歯状歯形成 (TL 22.9 mm) 等の形態  
変化が生じる。また，肛門長の成長屈折  
は全長 9.7 mm，17.8 mm に認められ，  
頭長のそれは全長 6.4 mm と 8.3 mm，  
上顎長のそれは全長 9.8 mm，眼径のそ  
れは全長 7.3 mm に認められる。これ  
らの成長屈折を境として，各相対成長は  
肛門長では優成長からほぼ等成長；さら  
に劣成長へ，頭長では著しい優成長から  
優成長へ，さらに劣成長へ，上顎長では  
ほぼ等成長から著しい劣成長へ，眼径で  
は優成長から著しい劣成長へとそれぞれ  
変化する。さらに，全長の増加に対する  
脊椎骨数，背鰭と腎鰭の鰭条数の増加率

は次発育期 (Po 3 期) と比較して著し  
く高い。

Po 3 期：Po 2 期の終期から尾鰭形成完了までの  
期間 (TL 23~59 mm)。この期間には  
側線の形成 (TL 41.7 mm)，鋤骨歯の消  
失 (TL 51.0 mm)，眼窩上縁棘の消失，  
脊椎骨，背鰭，腎鰭の形成完了 (TL  
57.0 mm) 等の形態変化が生じる。ま  
た，上顎長の成長屈折が全長 48.9 mm  
に，眼径のそれは全長 58.3 mm に認め  
られ，各成長屈折を境としてそのそれ相  
対成長は著しい劣成長から劣成長へと変  
化する。さらに，全長の増加に対する脊  
椎骨数，背鰭と腎鰭の鰭条数の増加率は  
前発育期 (Po 2 期) と比較して低下す  
る。

稚魚 Juvenile (TL 59~163 mm)

各鰭の鰭条数が定数に達した後，すべての腎鰭軟条  
が皮下に埋没 (小突起のみ体表に突出) するまでの期  
間を稚魚期とし，さらにこれを J 1 期，J 2 期の 2 発  
育期に区分した。

J 1 期：各鰭の鰭条数が定数に達した後，腎鰭棘の  
鋸歯が消失するまでの消間 (TL 59~117  
mm)。この期間には胃盲嚢部は肛門直上  
に達し (TL 61.3 mm)，眼窩前縁棘の消  
失 (TL 75.0 mm)，頭頂孔の消失 (TL 76.6  
mm) 等の形態変化が生じる。

J 2 期：J 1 期の終期からすべての腎鰭軟条が皮下  
に埋没 (小突起のみ体表の突出) するま  
での期間 (TL 117~163 mm)。この期間に  
は上・下顎先端の犬歯状歯はその先端が鈎  
型となり (TL 125.4 mm)，上後頭骨隆起  
が形成される (TL 138.8 mm)。また，頭  
長の成長屈折は全長 119.9 mm に，肛門  
長のそれは全長 134.2 mm に認められる。  
これらの成長屈折を境に頭長の相対成長は  
劣成長から等成長に近づき，肛門長のそ  
れは劣成長からほぼ等成長へと変化する。

若魚 Young (TL 163~300 mm)

体形がほぼ種の特徴を表した後，側線管が成魚型と  
なるまでの期間を若魚期とした。

未成魚 Immature [TL 300~(650\*~865\*\*)mm]

形態的特徴はほぼ成魚と同様となるが，性的に未熟  
な段階を未成魚期とした。

Items \ Stage	Egg			Prelarva		Postlarva			Juvenile		Young	Immature	Mature
	A, B, C	Pr 1	Pr 2	Po 1	Po 2	Po 3	J 1	J 2					
Total length (mm)	5.0	5.6	6.0	6.3	20	59	117	163		300	865 (650)		
Anal length (mm)			2.1	2.3	11	24	39	52		92	250 (191)		
Life cycle				Feeding						Wintering	Feeding	Spawning	
Behavior	Drifting					Increase of swimming ability						Feeding	Spawning
						Schooling						Wintering	
Distribution	Middle and bottom layers of offshore waters						Bottom layer of inshore waters			Bottom layer of deeper inshore waters			Migration
Food			Pelagic Copepoda			Epibenthic Copepoda		Pisces and Misidacea			Pisces		
Sampling and fishing	Larva net					Beach seine and beam trawl					Set net		
											Longline Purse seine Danish seine Trotting		

Fig. 50. Ecological changes of *T. lepturus* in corresponding to developmental stages. A, B, C, Pr1, Pr2, Po1, Po2, Po3, J1 and J2 indicate the substages in the developmental stages. Numerals in parentheses indicate the minimum size of mature fish.

成魚 Adult [TL (650\*~865\*\*)mm~]

生殖能力をもち、産卵に関与する段階を成魚期とした。

魚類の形態、色彩の変態にはほとんど例外なく生態の変化が伴い、生態の変化は変態の初期ないし中期に始まり、変態の完了前に終わる場合が多いとされている(内田, 1966)。そこで、以上に述べたタチウオの各発育段階および各段階における形態変化と各章で明らかにした生態的变化との関連について検討する(Fig. 50)。

卵期, 前期仔魚期

卵期には親から与えられる栄養により発育が進行する。A・B・C期卵とも沖合の中・底層に浮遊しており、各期卵とも同一層に分布している。

前期仔魚期には卵期と同様に親から与えられた栄養に

より発育が進行する。前期仔魚は卵と同様、沖合の中・底層で浮遊生活を送っている。Pr 2期には黒色素胞の発達した機能的な眼となる。また、この期における上顎長の相対成長が著しい優成長を示すことから明らかなように口器の発達が進行し、胃と腸が分化する。これらの形態的諸変化は栄養摂取が親から与えられたものを利用する段階から外界の餌料によって行われる段階への準備と考えられる。また、Pr 2期には鰾が分化する。鰾の形成は油球の吸収に伴う浮力の低下を補うものと考えられ、この点も上述した外界の餌料によって栄養摂取が行われる段階への移行の準備と考えられる。したがって、Pr 2期は栄養摂取が親から与えられたものを利用する段階から外界の餌料によって行われる段階へ移行するための準備期と規定することができる。

後期仔魚期

Po 1期仔魚は主として沖合の中・底層で浮遊生活を送っている。Po 1期には摂餌が開始され、浮遊性橈脚

\* 最小成熟全長

\*\* 大部分の個体が成熟する全長

類が主な餌生物となっている。摂餌開始に対応して歯系や消化器系の充実がみられる。しかし、まだ油球が残存しており、この発育期は NIKOLSKII (1963) のいう混合栄養期に相当する。したがって、Po 1 期は親から与えられた栄養を利用する段階から摂餌による栄養摂取の段階への移行時期と規定することができる。魚類の浮遊幼期にみられる多種多様な特異形態は浮遊生活に適応した浮遊機構と解釈され、その一つとして頭部の棘条物や突出物があげられる (内田, 1937a, 1937b)。タチウオでは Po 1 期に前鰓蓋骨棘が形成される。この形態変化は油球の吸収の進行に伴う仔魚の浮力低下を補う適応的なものと推察される。

Po 2 期仔魚は沖合の中・底層だけでなく沿岸の底層にも分布するようになる。Po 2 期では油球の吸収が終わり、栄養摂取は完全に外界の餌料 (主に浮遊性橈脚類) に依存する。この発育期には歯系や消化器系がさらに充実し、脊柱の化骨開始、胸鰭の形成完了等がみられる。また、この発育期には肛門の後移、巨頭・巨顎化、頭部の棘条化等のサバ型変態が完了し、タチウオの全生活史の中でもっとも大きな形態変化が認められる。Po 2 期には胃盲嚢部が伸長し、幽門垂が形成される。田中 (1975) は魚類の消化器系の発達過程には明瞭な飛躍期があり、胃の伸長や幽門垂の形成は稚魚期への移行期に起こるとしている。一方、Po 2 期における脊椎骨数、背鰭、臀鰭鰭条数の全長に対する増加率は高いが、Po 3 期になるとその増加率は低下する。この事実は Po 2 期に脊椎骨、背鰭、臀鰭のもつ実質的な機能が獲得されることを示している。したがって、Po 2 期は稚魚期への実質的な移行期と推察される。

Po 3 期仔魚は主に沿岸の底層に分布するようになり、浮遊性橈脚類だけでなく底棲性橈脚類も主な餌生物とするようになる。この発育期には脊椎骨、背鰭、臀鰭の形成が完了する。本発育期の仔魚は稚魚ネットではあまり採集されなくなるところから、かなりの遊泳能力を獲得していると推察される。しかし、稚魚期以降にみられる集群性はまだ獲得していない。一方、Po 3 期には全長に対する肛門長の相対成長が劣成長を示すように、主に体後部の伸長がみられ、体形のリボン状化が進行する。このように、タチウオ仔魚は体形のリボン状化が進行する時期にその生息域をそれまでの沖合の中・底層から沿岸浅海域の底層に移動させる。体形のリボン状化は、タチウオがその生息域を沖合の表層から深海に移動させたために強力な運動作用を失い、その結果として起こったと推定されている (松原, 1963)。また、タチウオが

比較的浅海に生息しているのは、おそらく2次的に深海から浅所に移って来たものと考えられている (内田, 1933)。このように、Po 3 期仔魚にみられる形態的、生態的変化は松原 (1963)、内田 (1933) の推定とよい対応を示しており、タチウオでは個体発生の中にその系統進化の過程が再現されるものと推測される。以上のことから、Po 3 期は稚魚期への移行期と規定され、この発育期は本種の系統進化の中に退化的な過程が存在することによって生じたものと推定される。

#### 稚魚期

稚魚期への移行は、形態的には各鰭条数が種としての定数に達した時期と規定されるが、生態的には各鰭条の発達を背景としてより大きな遊泳力を獲得する時期に相当する。稚魚期になるとタチウオは稚魚ネットの水平曳ではまったく採集されず、地曳網や桁網で採集されるようになる。この事実は稚魚期のタチウオは一定の遊泳力を備えるに至ったことを示している。さらに、地曳網では多量に本種稚魚が採集されることから、タチウオは稚魚期に入ると群を形成するようになるものと推察される。また、J 1 期の稚魚では底棲性橈脚類とカタクチイワンシラス期仔魚とアミ類が主な餌生物となっている。このように、稚魚期のタチウオはより遊泳力を備えた大型の餌生物を捕食しており、餌生物の面からも稚魚期になると遊泳力が増加することが裏付けられる。また、食性はプランクトン食性から幅広い肉食性に移行する傾向が認められる。一方、J 2 期には上・下顎先端の犬歯状歯はその先端が成魚と同様の鉤型となり、餌生物の捕捉能力がより高められ、より高次の栄養要求という面も合わさって、魚食性の傾向が強まる。また、全長に対する肛門長の相対成長は劣成長からほぼ等成長となる。このことは体形のリボン状化の進行が停止したことを意味し、サバ型変態の完了 (Po 2 期) に続いて進行したタチウオ固有の変態が J 2 期に完了すると考えられる。

#### 若魚期

若魚期への移行の時期には臀鰭鰭条が皮下に埋没し、体形はほぼ種固有の特徴を示すようになる。この時期には魚食性がさらに強まり、この時期の後期には沿岸浅海域から沿岸のより深所へと分布域を移動させ始める。

#### 未成魚期

未成魚期になるとタチウオは沿岸浅海域から沿岸のより深所へと分布域を移動させ、主として定置網で混獲される。体形的には成魚と同様となる。食性は魚食性となり、主としてカタクチイワンが捕食される。未成魚期に移行するとともに側線管が成魚型、すなわち感丘の存在

する2孔が側線管の側面から下面に開くようになる。タウオは正立姿勢で遊泳(立泳ぎ)するので、この感丘の存在する2孔は前方を向くことになり、前方の生物や物体、水流の変化を感知する上で有利となる。したがって、感丘の存在する2孔が側線管の側面から下面に開くようになることは、タチウオが特有の正立姿勢をとって遊泳(立ち泳ぎ)することに対する適応的な形態変化であろうと推察される。

成魚期

生殖線の成熟とともに成魚期に移行する。すなわち、N型群では1歳魚の一部が、W型群では1歳魚の大部分が成魚期へ移行し、2歳魚では両型群ともすべての個体が成魚期へ移行する。

以上に述べたように発育、成長にもなる形態的諸変化や相対成長の変化に基づいて規定したタチウオの発育段階、発育期の区分は、その生態的諸変化とよく対応している。

第6章 分布・移動

タチウオの分布・移動についての研究は、東シナ海を中心にされており、主として漁獲統計資料の解析に基づいている(三栖, 1955, 1961, 1964; 岡田, 1957; 木部崎, 1960; 山田, 1964; 最首・最首, 1965)。一方、標識放流による研究は東シナ海(岡田・大滝, 1971)、紀伊水道(阪本, 1982)、日本海中部海域(日本海中部海域タチウオ共同研究チーム, 1988)で行われている。

本章ではタチウオの発育段階別区分に基づいて、各発育段階ごとに本種の分布・移動を検討した。

第1節 研究材料と方法

1983年5月から9月にかけて Fig. 51 に示した St. 1~11 で毎月1回の稚魚網を用いた卵稚仔の多層曳採集(昼夜各1回づつ)を実施した(Table 22)。採集した各材料は船上で10%海水ホルマリン液によって固定された後、実験室でタチウオの卵と稚孔魚の選別が行われた。選別された卵は発生段階別に卵数が計数され、稚孔魚は全長 TL と肛門長 AL が測定された。多層曳にあたって、CTD あるいは ST メーターを用いて各定点の表層から底層までの水温、塩分を測定した。また、1983年5月から11月にかけて、Fig. 51 に示した St. 1~9 で毎月1回の桁網試験操業(昼夜各1回づつ)を実施した(Table 23)。採集した各材料は船上で10%海水ホルマリン液で固定された後、実験室でタチウオと他の魚種

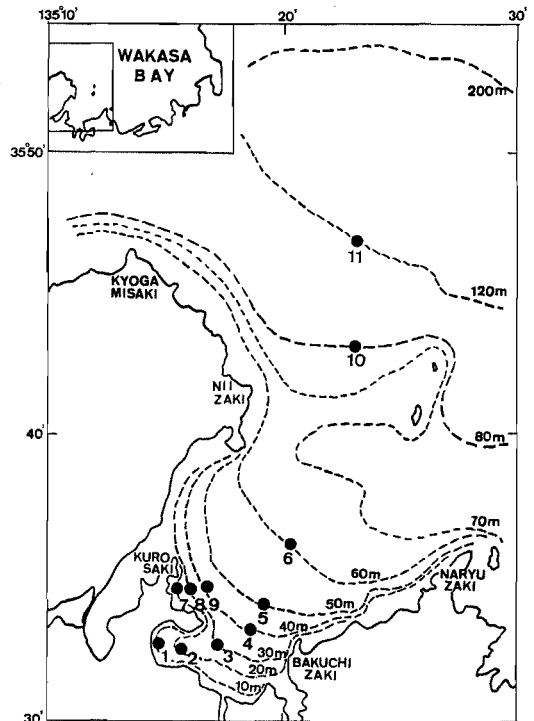


Fig. 51. *T. lepturus* sampling sites (solid circles with station number) of multilayer horizontal tows of larva net in the western Wakasa Bay from May to September in 1983.

との選別が行われた。選別されたタチウオは全長 TL と肛門長 AL が測定された。さらに、若狭湾西部海域で操業される地曳網1ヶ統(1981年6月~1983年12月)と定置網21ヶ統(1981年6月~1982年12月)を対象として、タチウオの混獲状況の調査および混獲されたタチウオの肛門長測定を実施した。

1982年5月から9月にかけて若狭湾西部海域における延縄当業船66隻を対象として、操業日誌による操業位置、漁獲量の調査を実施した。また、1985年5月から6月にかけて舞鶴湾口部におけるタチウオ延縄当業船の操業位置調査および各漁場における漁獲物の性比、生殖腺指数 GI の調査を実施した。1985年6月に舞鶴湾口部において昼夜の一本釣および延縄によるタチウオ釣獲試験および魚群探知機による群形状の調査を実施した。

第2節 卵、仔魚の分布

(1) 卵の水平・鉛直分布

1983年5月から9月にかけての多層曳採集結果から、

Table 22. Details of *T. lepturus* sampling sites and towing of larva net.

Sampling site	Bottom depth (m)	Layer of horizontal tow (m)	Larva net used	Towing speed
St. 1	10	0, Bottom	1.3 m <sup>2</sup> mouth nets with 0.334 mm aperture mesh	10 min at 1.0 m/s (2 knot)
St. 2	20	0, Bottom	〃	〃
St. 3	30	0, Bottom	〃	〃
St. 4	40	0, 20, Bottom	〃	〃
St. 5	50	0, 20, Bottom	〃	〃
St. 6	60	0, 20, Bottom	〃	〃
St. 7	20	0, Bottom	〃	〃
St. 8	30	0, Bottom	〃	〃
St. 9	40	0, 20, Bottom	〃	〃
St. 10	80	0, 25, Bottom	2.0 m <sup>2</sup> mouth nets with 0.334 mm aperture mesh	〃
St. 11	120	0, 25, 75, Bottom	〃	〃

Table 23. Details of *T. lepturus* sampling sites and experimental beam trawl.

Sampling site	Bottom depth (m)	Beam trawl used	Towing speed
St. 1	10	4.4 m width and 0.8 m height of mouth with 1.7 cm aperture mesh net at cod end covered with 0.4 cm mesh cover net	10 min at 1.0 m/sec (2 knot)
St. 2	20	〃	〃
St. 3	30	〃	〃
St. 4	40	〃	〃
St. 5	50	〃	〃
St. 6	60	〃	〃
St. 7	20	〃	〃
St. 8	30	〃	〃
St. 9	40	〃	〃

タチウオ卵の水平・鉛直分布について Fig. 52 に整理した。各月の採集は昼夜各1回づつ行われたが、昼夜におけるタチウオ卵の採集状況に一定の傾向が認められなかった。ここでは、各月のタチウオ卵採集量を昼夜の区別なく1曳網当りの卵採集量として Fig. 52 に示した。Table 22 に示したように、沿岸浅海域の St. 1~9 では口径 130 cm, 沖合海域の St. 10, 11 では口径 160 cm の稚魚網を用いたので、前者の1曳網当り採集量をろ水量換算によって後者の1曳網当り採集量に換算した。

タチウオ卵は5月から9月まで採集され、特に6月から9月に多く採集された。月別の各定点でのタチウオ卵の採集状況をみると、タチウオ卵は5月にはもっとも沖合にある St. 11 の底層だけで採集された。6月には、タチウオ卵は St. 10 の表層から底層にかけてと St. 11

の中層で、7月には St. 6, 10 の底層と St. 11 の中・底層でそれぞれ採集され、月を追うごとにより沿岸の定点でも採集される傾向がみられた。この傾向は8月、9月ではより顕著となり、底深 30 m の St. 3, 8 の底層においてもタチウオ卵が採集された。このように、タチウオ卵は月を追うごとにより沿岸の各定点でも採集されるようになるが、底深 60 m 以浅の各定点における卵の採集層は中・底層に限られ、その採集量は1曳網当り1~16個と少なかった。一方、もっとも沖合にある St. 11 の中・底層では、調査期間を通じて相対的に多くのタチウオ卵が採集された(1曳網当り29~162個)。以上のことから、1983年の5月から9月の期間において、若狭湾西部海域におけるタチウオ卵の水平・鉛直分布の中心は、沖合海域(底深 120 m)の中・底層にあったものと



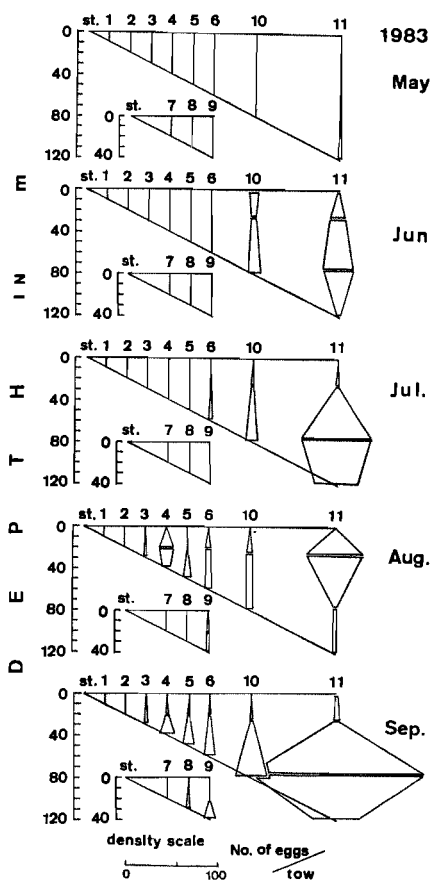


Fig. 52. Monthly changes in vertical profiles of *T. lepturus* eggs distribution in the western Wakasa Bay in 1983. For station, see Fig. 51.

考えられる。

(2) 卵の発育期別鉛直分布

多層曳採集では St. 11 (底深 120 m) で比較的多くのタチウオ卵が採集された。そこで、St. 11 において 6 月から 9 月までに採集されたタチウオ卵を各発育期別に分けて、それぞれの鉛直分布を Fig. 53 に示した。6 月には A 期卵は 25 m 層、75 m 層で多く採集されたが、B・C 期卵はいずれの層においてもその採集量が少なかった。7 月には A・B 期卵はいずれも底層で比較的多く採集され、C 期卵は 75 m 層と底層で多く採集された。8 月には A・B・C 期卵とも 25 m 層で多く採集された。9 月には A・B 期卵は 75 m 層と底層で、C 期卵は 75 m 層でそれぞれ多く採集された。以上のように、発育期別のタチウオ卵の鉛直分布をみると発育期に

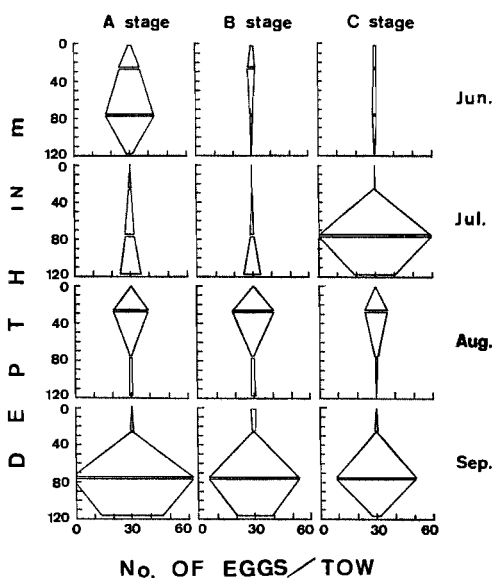


Fig. 53. Profiles of vertical distribution of *T. lepturus* eggs at each developmental substage collected at St. 11 in 1983.

よって分布層に大きな相違が認められず、各期卵ともほぼ同一層に分布する傾向がみられた。

(3) 卵の鉛直分布と水温、塩分との関係

St. 11 におけるタチウオ卵の鉛直分布と水温、塩分の鉛直分布との関係について検討する (Fig. 54)。6 月では水温、塩分の上下層間での差は小さいが、7 月以降では表層水温の上昇、表層塩分の低下とともに上下層間での水温、塩分の差が大きくなった。また 7 月以降、中層に水温、塩分躍層の形成がみられた。各月のタチウオ卵の鉛直分布をみると、顕著な水温、塩分躍層のみられなかった 6 月では、タチウオ卵は表層から底層まで比較

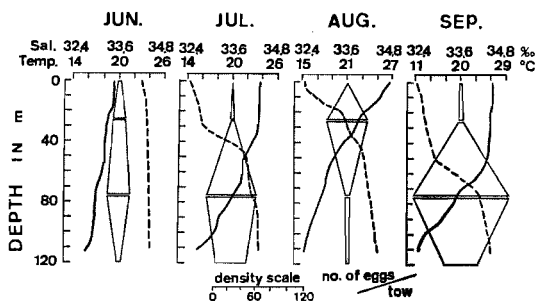


Fig. 54. Monthly changes in vertical profiles of temperature, salinity and *T. lepturus* eggs distribution at St. 11 in 1983.

的偏りなく出現する傾向がみられた。これに対し、水温、塩分躍層がみられた7月以降では、タチウオ卵は水温、塩分躍層付近およびその下層に多く出現する傾向がみられた。

(4) 仔魚の水平・鉛直分布

1983年5月から9月におけるタチウオ仔魚の水平・鉛直分布を Figs. 55, 56 に示した。タチウオ仔魚は卵の場合と異なり、5月と6月にはまったく採集されず、7月から9月にかけて採集された。その採集量は相対的に8月と9月に多かった。

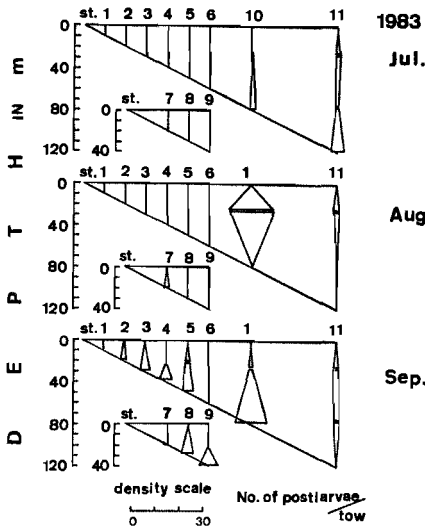


Fig. 55. Monthly changes in vertical profiles of *T. lepturus* prelarva distribution in the western Wakasa Bay in 1983.

まず、前期仔魚の各定における月別採集状況を見る (Fig. 55)。7月、8月の両月とも前期仔魚は沖合海域の St. 10, 11 だけで採集された。その水平・鉛直分布の中心は、7月には St. 11 の 75 m 層、底層にみられ、8月には St. 11 の 25 m 層にみられた。9月には前期仔魚は沖合海域の St. 10 と沿岸浅海域の St. 7 だけで採集され、その水平・鉛直分布の中心は St. 10 の底層にみられた。以上のように、7月から9月における前期仔魚の水平・鉛直分布の中心は沖合海域の St. 10, 11 の中・底層にあることがわかる。

つぎに、後期仔魚について、月別の各定における採集状況を見る (Fig. 56)。7月では後期仔魚は沖合海域の St. 10, 11 だけで採集され、その水平・鉛直分布の中心は St. 11 の底層にみられた。8月では後期仔魚は

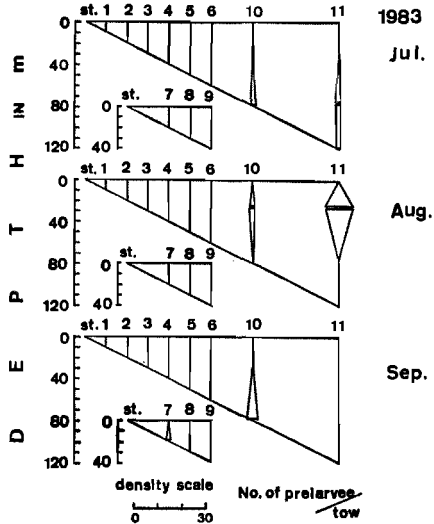


Fig. 56. Monthly changes in vertical profiles of *T. lepturus* postlarva distribution in the western Wakasa Bay in 1983.

St. 10, 11 の 25 m 層と沿岸浅海域の St. 7 で採集された。その水平・鉛直分布の中心は St. 10 の 25 m 層にみられた。9月では後期仔魚の沖合海域の St. 10 の底層、St. 11 の中層だけでなく、沿岸浅海域の St. 2~4, 7, 8 の底層、St. 6 の中・底層で採集された。しかし、その水平・鉛直分布の中心は沖合海域の St. 10 の底層にみられた。以上のように、後期仔魚も前期仔魚と同様に7月から9月の水平・鉛直分布の中心は沖合海域の St. 10, 11 の中・底層にあることがわかる。しかし、分布の仕方は後期仔魚は9月には沿岸浅海域の底層にその分布域を拡げる傾向が強い点で前期仔魚の場合と異なる。7月から9月にかけて採集されたタチウオ仔魚の全長は 4.8 mm から 57.0 mm であった。上述のように、タチウオ仔魚の出現層が前期・後期仔魚とも中・底層に限定されているため、仔魚の大きさの大小によって鉛直的に分布層が異なるという傾向はみられなかった。一方、後期仔魚は9月には沖合海域だけでなく沿岸浅海域にもその分布域を拡げる傾向を示した。そこで、9月に沖合海域 (St. 10, 11) と沿岸浅海域 (St. 1~9) で採集された後期仔魚の大きさを比較したところ、前者と後者とで全長組成の傾向に差異が認められた (Fig. 57)。9月の沖合海域では全長 6.0~21.0 mm 後期仔魚が出現し、全長 6~10 mm の個体が全体の約64%を占めた。これに対し、9月の沿岸浅海域では全長 8.0~29.0 mm の後期仔魚が出現し、全長 15~20 mm, 全長 25~30

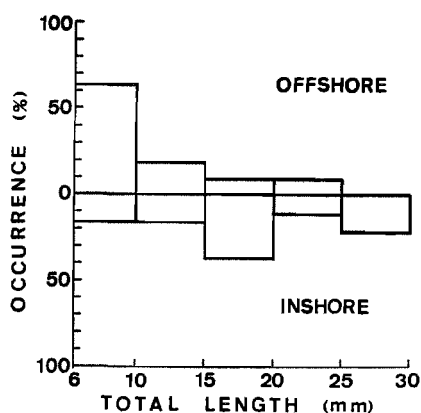


Fig. 57. Total length compositions of *T. lepturus* postlarva collected at the offshore and inshore waters in September 1983.

mm の個体がそれぞれ全体の約37%, 21%を占めた。以上のように、沿岸浅海域に出現する後期仔魚は沖合海域に出現するものと比較して、全長のより大きなものが多いことが明らかになった。

#### (5) 論 議

前述のように、若狭湾西部海域におけるタチウオ卵、仔魚の水平・鉛直分布の中心は同海域沖合の中・底層にあることが明らかとなった。タチウオ卵、仔魚の分布については佐渡海域(沖山, 1965), 紀伊水道(堀木, 1979, 1981)で報告がみられる。これらの報告ではいずれの海域とも若狭湾西部海域と同様の結果が得られており、本種卵、仔魚は中・底層に多く分布するという特徴をもつと推察される。また、マイワシ *Sardinops melano-stictus* (伊東, 1961), スケトウダラ *Theragra chalcogramma* (KAMBA, 1977) の卵では発生初期に浮上し、発生後期には沈降することが認められている。しかし、前述のようにタチウオ卵ではこの浮上、沈降現象は認められず、各発育期の卵はほぼ同一層に分布する傾向がみられた。

若狭湾西部海域沖合の中・底層を中心に、種々の発生段階のタチウオ卵や全長 4.8~57.0 mm の本種仔魚が同時に出現した。このことは、1983年6月から9月の期間に同海域では発生時期の異なる本種卵、仔魚が出現したことを示している。海産魚では発育初期に浮遊生活を送るものが多く、水塊の移動とともに卵、仔魚は産卵場海域から拡散する(畑中, 1977; 辻田, 1985; 浅見, 1962, 1974; 服部, 1964; 渡辺, 1982)。タチウオの場合も、卵、仔魚は遊泳力が無いか乏しいため、水塊の移

動に依存して拡散・輸送されると考えられる。したがって、上述の発生時期の異なるタチウオ卵、仔魚はそれぞれ産卵された海域が異なっている可能性がある。そこで、タチウオ卵、仔魚の発生・発育に要する時間、対馬暖流の移動速度をもとに、若狭湾西部海域沖合に出現するタチウオ卵、仔魚の由来について検討してみる。TSUKAHARA (1961) の人工受精、飼育時の記載によれば、水温 22~24°C の条件下ではタチウオ卵が受精後A期を経過する時間が約2日、B期では約1日、C期では2~3日であり、卵が受精後、ふ化するまでに5~6日を要する。また、ふ化後全長7mmの仔魚になるまでには、さらに約3日を要する。一方、対馬暖流域における水塊の移動速度を取り扱ったものとしては宇田(1931), 梶原(1958), 谷岡(1962a, 1962b), 小川(1974)等がある。小川(1974)は山口県川尻沖と青森県深浦沖の2断面における塩分の年極大値の出現時期のずれから、2断面でのタイム・ラグを考慮して、夏季を中心とした高塩分水塊の移動速度を平均0.3ノットと推定している。したがって、タチウオ卵の仔魚を輸送する水塊の移動速度を小川(1974)に従って0.3ノットとすると、タチウオ卵は受精後、A・B・C期の各発育期を経過するまでに産卵場海域からそれぞれ約14漙、36~43漙を拡散・輸送されることになる。さらに、全長7mmの仔魚になるまでには産卵場海域から58~65漙を拡散・輸送されることになる。すなわち、若狭湾西部海域沖合に出現するタチウオの発生後期卵や仔魚については、その発生した海域を兵庫県から鳥取県にかけての山陰沖合海域に求めることが出来る。ところで、水温は魚卵の発生速度に対して顕著な影響を与え、魚卵の発生速度は高温下で促進され、低水温下で遅延される(西村, 1975; 岩井, 1971; 板沢, 1977)。比較的多くのタチウオ卵が採集された St. 11 の中・底層の水温は6~9月とも11~22°C (Fig. 54) であり、TSUKAHARA (1961) の飼育水温(22~24°C)より低温で推移した。したがって、若狭湾西部海域沖合に出現するタチウオ卵、仔魚の各発育期、各大きさに達するまでの所要時間は TSUKAHARA (1961) の記載より長くなり、その拡散・輸送距離は上述の推定値よりもさらに大きくなるものと推察される。以上述べてきたことから、若狭湾西部海域沖合に出現するタチウオ卵、仔魚のうち、発生後期卵については少なくとも兵庫県以西、全長7mmの仔魚については鳥取県以西、全長7mmを越える仔魚についてはさらに西方の山陰沖合海域でそれぞれ発生したものと推定することが可能となる。さらに、若狭湾西部海域周辺で発生したと考えられ

る発生初期卵についても、その拡散・輸送を考慮すると必ずしも同海域周辺でふ化、発育後定着するとは限らないことが推察される。したがって、若狭湾では夏季には環流の形成がみられる（舞鶴海洋気象台海洋課，1975；橋本，1982）など、卵、仔魚を輸送する水塊の移動は複雑な過程をたどることを考慮するとしても、少なくとも若狭湾西部海域に定着するタチウオ仔魚の一部については、兵庫県以西の山陰沖合海域をその補給源としている可能性が強く示唆される。

前述のように、7～9月の前期仔魚の水平分布の中心は若狭湾西部海域の沖合海域にあり、沿岸浅海域にはほとんど前期仔魚は出現しなかった。一方、後期仔魚では7～9月にかけてその水平分布の中心は沖合海域にみられるものの、9月には沿岸浅海域にも多く出現した。また、沿岸浅海域に出現する後期仔魚は沖合海域に出現する後期仔魚に比べて全長の大きいものが多くみられた。後期仔魚が海水の流動のみによって沖合海域から沿岸浅海域に輸送されると仮定すると、前期仔魚と後期仔魚の水平分布の相違や沖合海域と沿岸浅海域とに出現する後期仔魚の大きさの相違は生じないものと考えられる。したがって、これらの相違は後期仔魚期になると沖合海域から沿岸浅海域へ向けて、仔魚の能動的な移動が行われたことを示している。*Acartia erythraea* の雌の成体のような、沿岸浅海域の底層を中心にパッチ状に分布する橈脚類の存在が、餌生物という点からみて後期仔魚の沿岸浅海域へ一定着を促す一つの重要な要素になっていると考えられる。

### 第3節 稚魚，若魚，未成魚の分布・移動

#### (1) 稚魚，若魚の分布

1983年5月から11月にかけて毎月昼夜各1回ずつ Fig. 51 に示した若狭湾西部海域の St. 1～9 において桁網試験操業を実施した (Table 23)。桁網試験操業で採集されたタチウオの尾数、その大きさには昼夜間で顕著な差が認められなかった。ここでは各月に採集されたタチウオの尾数とその肛門長組成を昼夜の区別なく Fig. 58 に示した。タチウオは8月から11月まで採集され、9月と10月に比較的多く採集された。タチウオは St. 2～5 および St. 8～9 (底深 20～50 m) で採集され、St. 3～4 (底深 30～40 m) で比較的多く採集された。採集されたタチウオは肛門長 22.8～81.0 mm の個体で、肛門長 30～50 mm の個体が比較的多く採捕された。これらのタチウオは稚魚 (AL 24～52 mm)、若魚 (AL 52～92 mm) に相当する個体が主体であった。

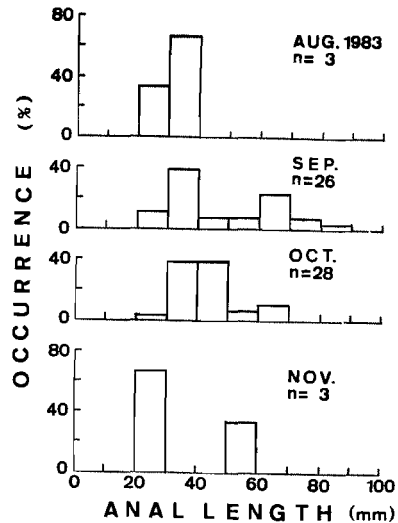


Fig. 58. Monthly changes of anal length compositions of the juvenile and young *T. lepturus* caught by the beam trawl.

1981年6月から1983年12月にかけて若狭湾西部海域東部に位置する栗田湾において操業される地曳網を対象にタチウオの混獲状況を調査した。地曳網にタチウオが多く混獲される時期は1981年から1983年までの各年とも9月上旬～中旬から10月下旬にかけての期間であった。この期間にタチウオは間歇的に混獲され、その数は一曳網当たり  $10^2 \sim 10^4$  のオーダーであった。なお、8月下旬や11月上旬～中旬にも地曳網にタチウオが混獲されるが、その数は一曳網当たり数尾から数10尾と少なかった。

1981年から1983年の9月と10月に地曳網で混獲されたタチウオの肛門長組成を Fig. 59 に示した。同図から、各年とも9、10月には肛門長 20～100 mm のタチウオが地曳網で混獲され、これらのタチウオは稚魚期 (AL 24～52 mm)、若魚期 (AL 52～92 mm) に相当する個体が主であることがわかる。また、各年とも9月の肛門長組成には肛門長 40～50 mm に明らかなモードが認められた。一方、10月の肛門長組成では9月のそれと比較して肛門長組成のモードには大差がないが、肛門長 50 mm 以上の個体の全体に対する割合が大きくなった。

以上のような桁網、地曳網へのタチウオの採捕、混獲状況から判断して、稚魚、若魚となったタチウオは主として9～10月に若狭湾西部海域の沿岸海域 (底深 20～50 m) に分布するものと推察される。また、上述のように稚魚、若魚が地曳網で一曳網につき比較的まとまって混獲された。このことはタチウオが稚魚期以降、集群

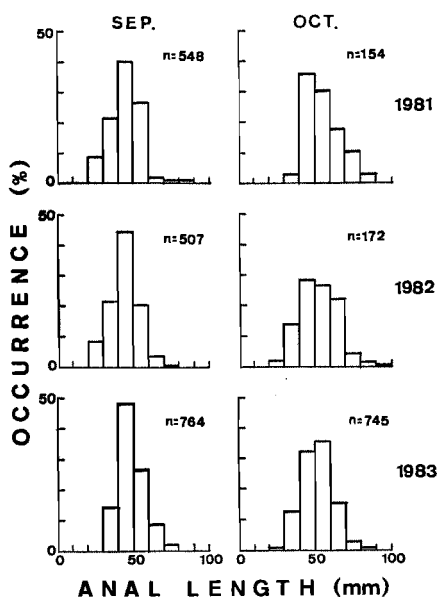


Fig. 59. Monthly changes of anal length compositions of the juvenile and young *T. lepturus* caught by the beach seine.

性を獲得したことを示している。さらに、稚魚網による卵稚仔採集では稚魚期タチウオはまったく採集されなかった。このことから稚魚期タチウオは稚魚網に対する逃避能力を有し、仔魚期と比較して遊泳能力がかなり備わっていると推察される。

### (2) 未成魚の分布・移動

若狭湾西部海域の定置網で混獲されるタチウオの月別肛門長組成を Fig. 9 として既に示した。同図で実線  $S_2$  ( $S_1, S_3$ ),  $L_2$  ( $L_1, L_3$ ) で表した群はそれぞれ N 型群, W 型群である。同図からわかるように、未成魚の N 型群は主として 11 月から定置網に混獲され始め、その混獲は翌年 12 月まで続いた。一方、未成魚の W 型群は 10 月から定置網に混獲され始め、その混獲は翌年 1~2 月を除いて 8 月まで続いた。したがって、この間未成魚は定置網の敷設されている底深 50~60 m の海域に主として分布していると考えられる。既に述べたように肛門長 100~200 mm のタチウオ未成魚はサイウオを捕食していた。若狭湾西部海域においてサイウオは底深約 60 m の海域で採捕されている (浜中, 1979)。これらの事実は上述の未成魚が底深 60 m 付近の海域に分布していることを裏付けている。

一方、W 型群は 1~2 月に定置網で混獲されなくなった。この現象は同群が越冬のために底深 20~60 m の海

域から逸散したために生じたものと考えられる。N 型群の場合は 1~2 月にも定置網で混獲されるところから、底深 50~60 m の海域で越冬すると考えられる。しかし、N 型群の 1 月における肛門長組成のモードは肛門長 100~110 mm にあり、肛門長 100 mm 以上のものが主体であった。これに対し、同群の 2 月における肛門長組成のモードは肛門長 90~100 mm と 1 月のそれより小さくなり、しかも、肛門長 100 未満のものが主体であった。この現象は N 型群の中でも魚体の大きいものは 2 月になると底深 50~60 m の海域から越冬海域に移動することを示唆している。以上のことから、若狭湾西部海域において底深 50~60 m の海域に分布するタチウオ未成魚 (0 歳魚) は、12 月から 2 月にかけて魚体の大きいものほど早い時期に同海域から越冬海域へ移動し、主として肛門長 100 mm 未満の小型群だけが同海域で越冬するものと考えられる。なお、N 型群の主として肛門長 100 mm 以上の群と W 型群の越冬海域については明かではないが、これらの群が 3 月には再び定置網で混獲されるところから、底深 50~60 m の海域からそれほど遠くない沖合にこれらの群の越冬海域を求めることが可能である。

W 型群は 3~8 月まで N 型群と同時に出現するが、9 月以降はほとんど出現しなくなる。この理由としては、先に述べたように W 型群は 1 歳魚の大部分が成熟し、産卵のために沖合に移動すること、若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期は 6 月下旬から 9 月下旬までの期間であり、産卵を終了した W 型群 1 歳魚は 2 歳魚以上の産卵群とともに同海域から逸散することなどが考えられる。一方、N 型群の 1 歳魚も 12 月以降定置網で混獲されなくなった。この現象は同群が越冬のために底深 50~60 m の海域から逸散したためと考えられる。なお、同群の越冬海域については明らかではないが、同群が 2 歳魚となり産卵群として再び定置網等で漁獲されるまでに約 4 カ月を要するところから、若狭湾西部海域以外、おそらく同海域以西の海域に同群の越冬海域が存在しているものと推定される。

### (3) 論 議

9~10 月に底深 20~50 m の海域に分布した稚魚・若狭湾期タチウオは成長して 11 月には N 型群の未成魚 (0 歳魚) として底深 50~60 m の海域に分布域が移動し、定置網で混獲される。一方、W 型群の未成魚 (0 歳魚) がどのような経過で底深 50~60 m の海域に分布するようになったかは明らかでない。先に、W 型群の由来は少なくとも兵庫県以西の山陰沖合海域にあると推定した。ま

た、若狭湾西部海域における地曳網はほぼ周年にわたって操業されており、稚魚、若魚が多量に混獲されるのは9～10月の時期だけであった。W型群の未成魚になるべき稚魚、若魚が同湾に分布していたなら当然8月以前に地曳網で多量に混獲されるはずである。したがって、W型群の未成魚(0歳魚)は稚魚、若魚の段階には本調査網以外の海域に分布しており、未成魚の段階になってはじめて若狭湾西部海域の底深50～60mの海域に来遊したものと考えられる。

以上のことから、若狭湾西部海域ではタチウオは卵、仔魚だけでなく未成魚の段階でも他海域から資源として添加されると推察される。したがって、同海域には多様な本種資源添加機構が存在すると考えられる。

#### 第4節 成魚の分布・移動

##### (1) 漁場の推移からみた分布・移動

若狭湾西部海域におけるタチウオ成魚群の分布・移動を明らかにするために、1982年5月から9月にかけて66隻のタチウオ延縄当業船を標本船として、日別海区別タチウオ漁獲量を調査した。Fig. 60に旬別・海区別タチウオ漁獲量の推移を示した。なお、海区は北緯、東経各2.5分の大きさのメッシュ状に区切られている。同図から1982年におけるタチウオ成魚群の若狭湾西部海域での分布・移動を以下のように推定した。すなわち、5月上旬に若狭湾西部海域沖合の経ヶ岬周辺海域(底深90～110m)に成魚群来遊の徴候がみられ、5月中・下旬には同海域沿岸部にまでその分布域が拡大した。しかし、魚群の密度は低い状態であった。6月上旬になると由良川河口から成生崎にかけての沿岸部(底深40～60m)に濃密な魚群が出現した。6月下旬から7月中旬にかけて魚群は分散傾向を示し、沿岸部だけでなく沖合の経ヶ岬周辺にも魚群の分布がみられた。7月下旬から8月下旬においては、魚群の分布の中心は冠島沖合(底深110～120m)にみられた。しかし、8月下旬には魚群密度はそれまでより減少する傾向を示した。そして、9月上旬以降成魚群は若狭湾西部海域から逸散した。

以上の推定は、年によって時期、海区に若干のずれが認められるもののタチウオ成魚群の若狭湾西部海域における基本的な分布・移動パターンであると考えられる。

##### (2) 産卵習性に基づく分布・移動

第3章で明らかにしたように、産卵期前に若狭湾西部海域沿岸に来遊するタチウオ成魚群の性比には偏りがない。しかし、産卵期直前にこの群は近距離を隔てて2群に分離し、沖側に雄の多い群が形成され、岸側に雌の多

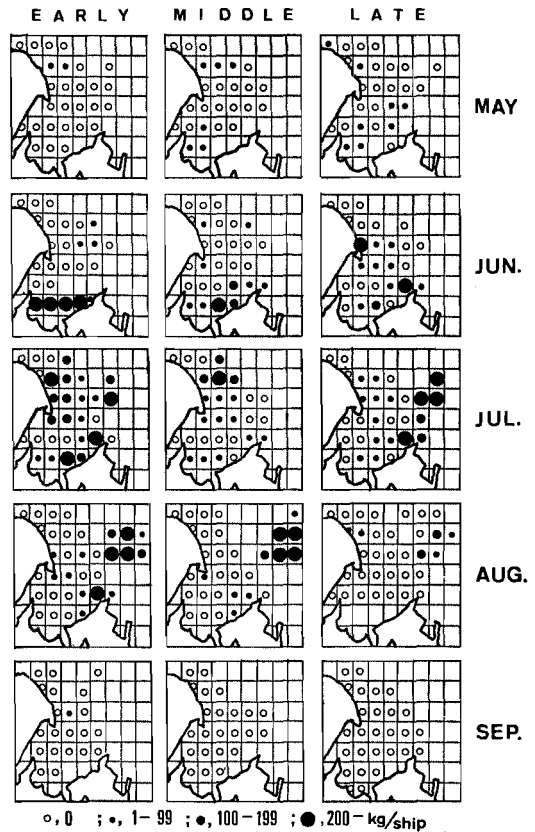


Fig. 60. Changes of 10 days catch of *T. lepturus* by longline fishing in each official block of the western Wakasa Bay.

い群が形成される。産卵期がさらに近づくと雄の多い群は沿岸から逸散し、沿岸には雌の多い群が残る。産卵期になると同海域沖合(底深100～160m)では雄の多い群が分布し、同海域沿岸(底深40～60m)では雌の多い群が分布する。産卵場は同海域沖合(底深100～160m)に形成され、産卵活動は主として日没から夜間にかけて行われる。沖合の産卵場に分布する群は沿岸に分布する群と比較して雌雄とも生殖腺熟度が高く、特に雌の完熟個体でその傾向が顕著である。しかも、沿岸では放卵後の個体を中心に種々な成熟段階の雌が分布するのに対し、沖合では放卵後および完熟の個体が多く分布する。また、タチウオの雄は雌より早く成熟し、雌は大型個体ほど早く成熟する。以上のような産卵期前から産卵期にかけての性比の変化、雌雄の成熟状況、雌雄の分布域の相違等は、それぞれタチウオの生殖メカニズムの一端を示していると考えられる。そこで、これらの知見か

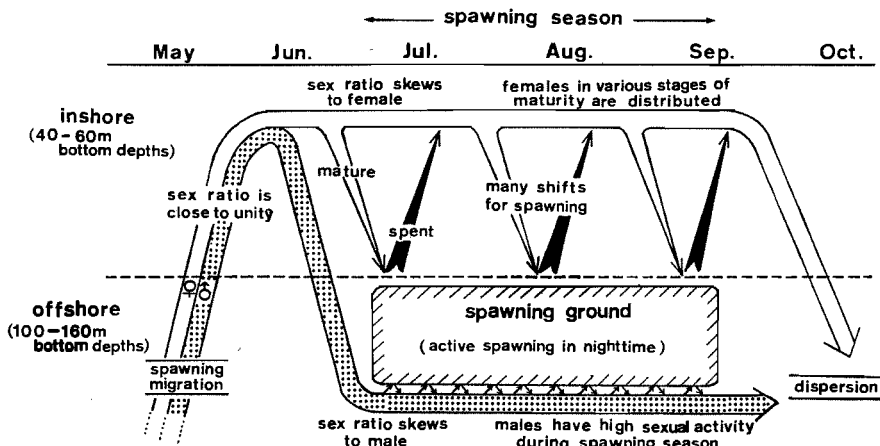


Fig. 61. Representation of possible movement and distribution of *T. lepturus* during the spawning season in the western Wakasa Bay.

らタチウオの産卵習性に基づく分布・移動は以下のように推論することができる (Fig. 61)。すなわち、産卵期 (5月上旬～6月上旬) に性比に偏りのない群が若狭湾西部海域沿岸に來遊する。大部分の雄は雌より早く成熟し、沖合に移動する。その結果、沖合には雄の多い群が、沿岸には雌の多い群が形成される。雌は大型魚ほど早く成熟する傾向がみられ、完熟に至ったものは順次雄の多く分布する沖合に移動し、沖合 (底深 100～160 m) に産卵場が形成される。産卵活動は日没から夜間にかけて行われる。産卵を終了した雌は順次沿岸にもどる。その結果、沿岸では放卵後の個体を中心として種々の成熟段階の雌が分布している。一方、雄は性的活性を維持したまま産卵場周辺に滞留する。8月下旬になり産卵を終了すると、雌雄とも若狭湾西部海域から逸散する。

以上のように、若狭湾西部海域におけるタチウオは産卵習性に基づく特徴的な分布・移動を行うものと推察される。

(3) 日周期的な分布・移動

1985年6月5日と6月8日に若狭湾西部海域奥部に位置する舞鶴湾口部底深約 40 m の海域において一本釣りに

よるタチウオの釣獲試験を行った。タチウオの分布水深の時間的変化を推定するために、タチウオの釣獲と魚信の認められた時間およびその水深を記録した。同時に昼夜におけるタチウオ魚群の形状の変化を推定するために、魚群探知機 (古野電気製, 1 kw, 50 kHz, 乾式) によってタチウオの魚群反応を記録した。釣獲試験の餌としてカタクチイワシの活餌を用いた。また、1985年6月18日には同海域で昼夜各1回ずつ浮延縄と底延縄の試験操業を実施した (Table 24)。操業鉢数はいずれも1鉢で、幹縄には150本の釣針を付けた。浮延縄の幹縄を水面から7.5～12 mの深さに設定し、底延縄の場合は海底から1.5 m上に設定した。餌にはカタクチイワシの鮮魚を用いた。また、夜間には投縄終了後から揚縄開始までの時間に上述した方法で一本釣りによる釣獲試験を実施した。

6月8日02:50から06:30までの釣獲試験結果を Fig. 62 に示した。また、6月5日17:00から20:00までの同試験結果を Fig. 63 に示した。なお、釣獲試験時はいずれも晴天で、日出と日没の時刻はそれぞれ04:53頃、19:31頃であった。

Table 24. Fishing records of experimental longlines.

Fishing number	Date	Fishing time	Depth of fishing ground (m)	No. of basket	Depth of main line (m)
1	18 June 1985	12:10-13:40	33-38	1	12
2	18	12:36-14:00	33-38	1	31.5-36.5
3	18	20:33-21:58	37-44	1	7.5
4	18	20:33-21:56	37-44	1	35.5-42.5

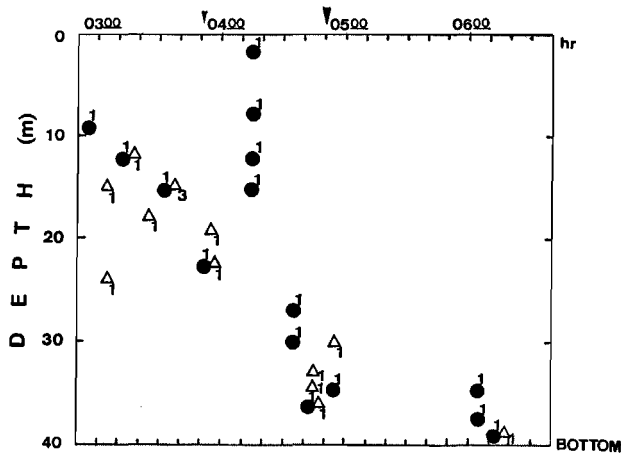


Fig. 62. Hourly changes in depths of *T. lepturus* hooked and the bait attacking by the fish from the period of the nighttime to sunrise. Closed circles and open triangles indicate the depths at the fish hooked and the bait attacking by the fish, respectively. Numerals show the number of individuals. Small and large arrows show the time of the dawn and sunrise, respectively.

Fig. 62 から、夜間から日出前後におけるタチウオの釣獲と魚信の認められた水深の変化を検討する。02:50から空が明るくなり始める03:50頃までにタチウオの釣獲と魚信の認められた主な水深は10~20mであり、この間、時間の経過とともに釣獲と魚信の認められる水深は深くなる傾向がうかがわれた。04:10から04:20の10分間は水深15mから表面付近で釣獲が認められ、上述の傾向とは逆に釣獲水深が浅くなった。しかし、日出直前(04:10から04:55)になると釣獲と魚信の認められた水深は再び深くなり、底層に移動した。日出後は水深35~40mの底層でのみ釣獲と魚信が認められた。一方、Fig. 63 から、昼間から日没前後におけるタチウオの釣獲と魚信の認められた水深の変化を検討する。17:10から18:30までにタチウオの釣獲と魚信が認められた水深は33~37mであり、上述の日出後と同様に底層のみであった。18:30から日没(19:30)にかけてはその水深が浅くなる傾向がみられた。日没後にはその水深はさらな浅くなり、表層付近に移行した。19:40から19:50の間には試験船上から表面を遊泳するタチウオが2尾観察された。

停船、漂流状態で得られた魚群探知機の反応記録(以下、魚探反応)をFig. 64に示した。同図をもとに昼夜におけるタチウオ魚群の形状の変化について検討する。昼間(17:30頃)のタチウオの魚探反応は、海底付

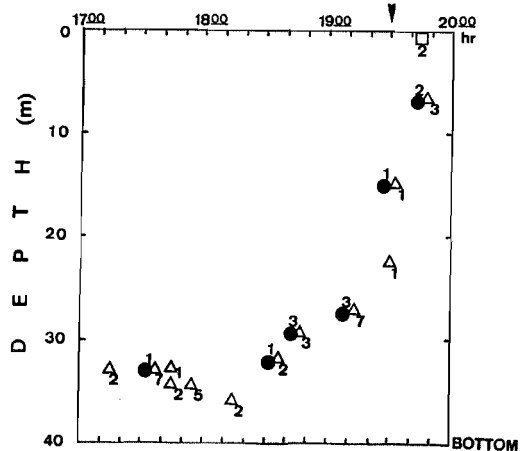


Fig. 63. Hourly changes in depths of *T. lepturus* hooked and the bait attacking by the fish from the period of the daytime to sunset. Closed circles and open triangles indicate the same as shown in Fig. 62. An open square indicates observations of the fish swimming near the water surface. Numerals indicate the number of individuals. An arrow shows the time of the sunset.

近に塊状として現れた。このことから、昼間のタチウオは海底付近に群を形成し、その群の中の密度は相対的に



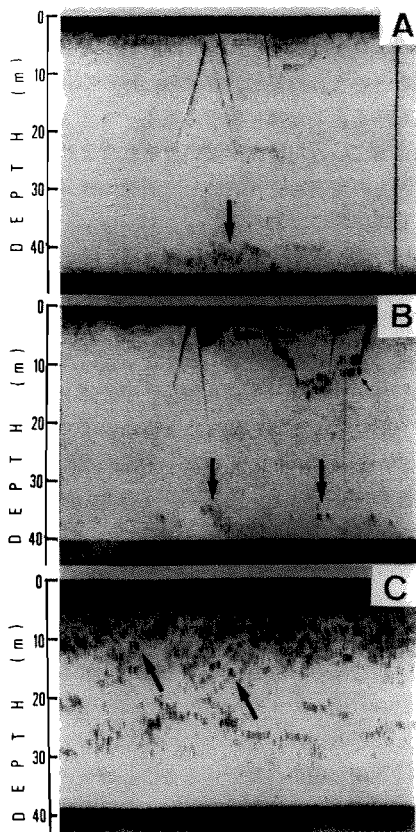


Fig. 64. Echo traces of *T. lepturus*. Large arrows in "A", "B" and "C" indicate the echo traces of the fish at the daytime (17:30), before sunset (19:00) and nighttime (20:00), respectively. A small arrow in "B" shows the echo trace of one fish hooked and hanged under the fish finder.

高いものと推定される。日没約30分前(19:00頃)のタチウオの魚探反応は海底付近に塊が拡散したような反応として現れた。したがって、日没前のタチウオは昼間と同様に海底付近で群を形成するが、その群は昼間と比較して分散傾向を示すものと推察される。なお、釣獲したタチウオの単体を海中に垂下したところ、その魚探反応は点状の反応の連続として現れた。夜間(20:00頃)になるとタチウオの魚探反応は散乱層の中に点状として現れた。この点状の反応は上述のようにタチウオ単体の反応と考えられる。したがって、夜間のタチウオは表層から中層に浮上し、その群は分散した状態であると推定される。

以上の結果から、若狭湾西部海域におけるタチウオは昼間は底層に沈下し、夜間は表層から中層にかけて浮上するという日周期的鉛直移動を行うものと推定される。

つぎに、延縄試験操業の結果を Table 25 に示した。昼間の操業の場合、浮延縄ではマサバ *Scomber japonicus* が11尾釣獲されたが、タチウオはまったく釣獲されなかった。これに対し、底延縄ではタチウオが20尾、マサバが5尾釣獲された。一方、夜間の操業の場合、浮延縄、底延縄ともタチウオがそれぞれ37尾と23尾釣獲された。また、夜間の操業の際に投縄終了後から揚縄開始までの時間(20:47~21:14)に一本釣りによる釣獲試験を実施したところ、水深9mと19.5mでタチウオが各1尾釣獲され、水深12mと16.5mで魚信が認められた。本種の魚探反応は点状を呈し、中層から表層にかけて出現した。このように延縄による試験操業の結果においてもタチウオは昼間は底延縄だけに釣獲され、夜間は浮延縄と底延縄で釣獲された。これらの事実は本種の日周期的鉛直移動についての上述の推定を支持するものと考えられる。なお、夜間の底延縄の場合、上述のように本種の魚探反応が中層から表層にかけて出現したところから、漁具が底層に沈下していく途中でタチウオが釣獲された可能性が高い。

Table 25. Catch in number of the fish caught with experimental longlines.

Fishing Number	Catch in number	
	<i>Trichiurus lepturus</i>	<i>Scomber japonicus</i>
1	0	11
2	20	5
3	37	0
4	23	0

以上の結果から、若狭湾西部海域におけるタチウオの日周期的な分布・移動は以下のとおりと推定される。すなわち、昼間のタチウオは海底付近に濃密な群を形成する。日没直前においても群は海底付近に形成されるが、昼間と比較して群の状態は分散傾向を示す。日没とともにタチウオの群は表層から中層に浮上し、群は分散状態となる。この状態は夜間継続される。日出前になると群の分布水深は徐々に深くなるが、日出直前の空が明るくなった時刻には再びその分布水深が浅くなる。しかし、その持続時間は短く、群の分布水深は短時間で海底付近まで深くなる。日出後は海底付近で濃密な群が形成される。

東シナ海産タチウオについては、底曳網の昼夜による漁獲量の違いから、その日周期活動は冬季の西州島西方海域では昼間浮上し、夏季の大陸沿岸海域では夜間浮上するが、大型魚が昼間、小型魚が夜間浮上すると推定されている(真子, 1957; 最首・小島, 1960)。これに対して、青山(1960)、岡田・大滝(1971)は魚探反応や釣獲試験の結果から夏季の大陸沿岸海域と同様、本種は夜間浮上することを明らかにしている。このように、東シナ海産タチウオでは季節、海域、魚体の大きさによって日周期的鉛直移動の様式がまったく逆になることが報告されている。しかし、その理由については明らかではなく(真子, 1957)、海域の環境条件により微妙な変化をすることを考えられている(青山, 1960)。若狭湾西部海域における本種の日周期的鉛直移動の様式は青山(1960)、岡田・大滝(1971)の報告した東シナ海におけるそれと一致している。三栖(1964)は東シナ海産タチウオの食性を調査し、本種の餌生物としてカタクチイワシがもっとも多く、ついでタチウオ、キグチ *Pseudosciaena manchurica* の順に多く出現し、共食いが認められること、この3種で餌生物の大半を占めること、共食いは越冬期や産卵期などの群が密集する時期に多く認められることを明らかにし、タチウオ魚群と遭遇する機会の多い魚や生活空間が類似している魚が多く餌生物となっているとした。最首・小島(1960)は本種の鉛直移動は餌であるプランクトン食性種の行動と関係があるだけでなく、共食いと密接な関係があると推定している。一方、佐原・小川(1986)はジュズカケハゼ *Chaenogobius laevis* を例として、魚類では生息場所の主要な餌生物種が異なればその魚種の活動周期性が場所ごとにまったく異なる可能性を示唆している。また、実験的にも魚類は周期的な給餌に対して自らの活動周期性を同調させることが知られている(DAVIS and BARDACH, 1965; 西川・石橋, 1975; SAWARA and OGAWA, 1984)。したがって、タチウオにみられる活動周期性の相違は、季節や海域の違いによる餌条件の相違(最首・小島, 1960)、魚体の大きさによって主要な餌生物種が異なること(宗清・桑原, 1985)などに起因しているのであろう。

ところで、若狭湾西部海域におけるタチウオはカタクチイワシを主要な餌生物としている(宗清・桑原, 1985)。一本釣りや延縄による調査時にも調査海域周辺の舞鶴湾口部の定置網には連日カタクチイワシが多獲された。カタクチイワシは昼間は濃密な群を形成し、その分布水深は比較的深いが、夜間は表層に浮上して分散するという日周期的鉛直移動を行う(井上・小倉, 1958;

田中・柿元・大久保, 1985)。既に述べたようにタチウオは昼間は底層に沈下し、夜間は表層から中層にかけて浮上するという日周期的鉛直移動を行っており、その活動の周期性を主要な餌生物であるカタクチイワシのそれに同調させている可能性が強い。これにより、タチウオは餌生物との遭遇を立体的にし、遭遇の機会を高く保つようにしているのであろう。

日出前の空が明るくなった時刻には、それまで徐々に深くなる傾向を示していたタチウオの分布水深が短時間の間に浅くなる現象が認められた。また、一本釣り釣獲試験の中で、日出前の空が明るくなった時刻と日没直後の時刻以外ではいずれも釣り餌を底層に降下させた後、これを魚信を探りながら徐々に上層に揚げていく過程でタチウオが釣獲された。その際、釣獲の前には餌を“吟味”するかのような弱い魚信が数秒間続いたあと、釣獲に結びつく強い魚信が認められた。しかし、日出前の空が明るくなった時刻と日没直後の時刻には、釣り餌を底層に降下させていく途中に、表層から中層で釣獲に結びつく強い魚信だけが認められた。このようなタチウオの時刻による釣獲のされかたの相違は、時刻による摂餌活動の活発さの違い、すなわち摂餌活動の周期性に基づいているものと考えられる。したがって、タチウオは薄明薄暮時に活発な摂餌活動を行うものと推察され、日出前の空が明るくなった時刻に認められた本種の浮上現象は、この活発な摂餌活動によって生じたものと考えられる。

若狭湾西部海域ではタチウオは主として底延縄によって漁獲される。この延縄の場合、日出前の空が明るくなった時刻に投縄が開始され、日出後に揚縄される。一方、タチウオは日出直前の空が明るくなった時刻には表層から中層にかけて浮上し、日出直前になると底層に沈下した。したがって、若狭湾西部海域におけるタチウオ延縄の操業方法は、釣餌とタチウオとの遭遇を立体的にしており、本種の摂餌活動の周期性を利用した有効な方法であると言える。また、漁場の有効利用という面からみると、夜間の浮延縄の試験操業結果からも明らかのように、日没から夜間にかけてタチウオが表層から中層にかけて浮上することを利用して、この時刻に浮延縄を操業することで時間差による漁場の重層利用が可能となろう。

#### (4) 論 議

本節ではこれまで、索餌、産卵のために若狭湾西部海域に來遊したタチウオ成魚の同海域内における分布・移動について詳細に検討してきた。

日本海内におけるタチウオ成魚の移動・回遊については、京都府立海洋センター、福井県水産試験場、石川県水産試験場、富山県水産試験場、新潟県水産試験場の連携の下に1981年から1985年にかけてタチウオの標識放流が実施され、その再捕結果から日本海中部海域における成魚の回遊経路が想定されている（日本海中部海域タチウオ共同研究チーム、1988）。これによれば、東シナ海産（三栖、1961）の場合と同様に、日本海中部海域のタチウオ成魚は基本的には越冬場（隠岐島周辺海域と能登半島外浦海域）と主要な産卵場（若狭湾や能登半島周辺海域など）との間を移動・回遊しており、5～6月は越冬場から産卵場へ向けて北上回遊を行い、10～12月には越冬場へ向けて南下回遊を行う。

一方、1986年5月6日に山口県沖合（35°25' N, 131°05' E）で中華人民共和国遼寧省大連海洋漁業公司所属の旋網船によって標識放流されたタチウオ成魚1尾（体重約1kg）が、同年7月19日に若狭湾西部海域で再捕されている（宗清、1988）。この事実は、若狭湾西部海域に來遊するタチウオ成魚は隠岐島周辺海域だけでなく、日本海西部海域にも由來していることを示しており、その生活圏は日本海の西部海域から中部海域にかけての広い範囲に及ぶものと考えられる。さらに、対馬周辺海域、九州西部海域、東シナ海等で精力的な成魚の標識放流が実施されれば、若狭湾西部海域に來遊する成魚の生活圏はこれらの海域にまで拡大する可能性をもっている。

## 第7章 若狭湾西部海域における タチウオ漁業のあり方について

第1章から第6章において、若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業の実態、タチウオの漁業生物学的特性および生活史について明らかにした。本章では、主としてこれらの知見に基づいてタチウオ資源を有効利用するための漁業のあり方について検討した。

### 第1節 研究材料と方法

本研究で得た若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的知見ならびに漁獲量資料として京都府農林水産統計年報（1959～1986）、全国魚類養殖業・漁業統計年報（1959～1986）、京都府漁業協同組合連合会統計資料（1981～1986）を用いた。また、京都府の伊根漁業協同組合、栗田漁業協同組合、小橋漁業協同組合に所属する延縄漁家各10件を対象に漁業実態調査および漁業経営調

査を実施した。これらの調査は聞き取りを中心に行い、1983年の実績を調査した。

### 第2節 資源と漁業

若狭湾西部海域に分布するタチウオは、日本海中部海域だけでなく日本海西部海域や東シナ海に分布するタチウオとの間にも成魚による直接的な交流や、卵、稚仔魚の添加という形での交流など、多様な交流をもつことあるいはその可能性が強いことが明らかになった。そこで、若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業のあり方を模索するに先立ち、東シナ海および日本海におけるタチウオ資源の現状とタチウオ漁業の問題点について検討する。

#### (1) 資源の現状

資源水準 1959年から1986年までの28年間の東シナ海産と日本海西部（山口県～鳥取県）海域産タチウオの漁獲量の年変化を Fig. 65 に示した。東シナ海産と日本海西部海域産タチウオの漁獲量はいずれも1967年をピー

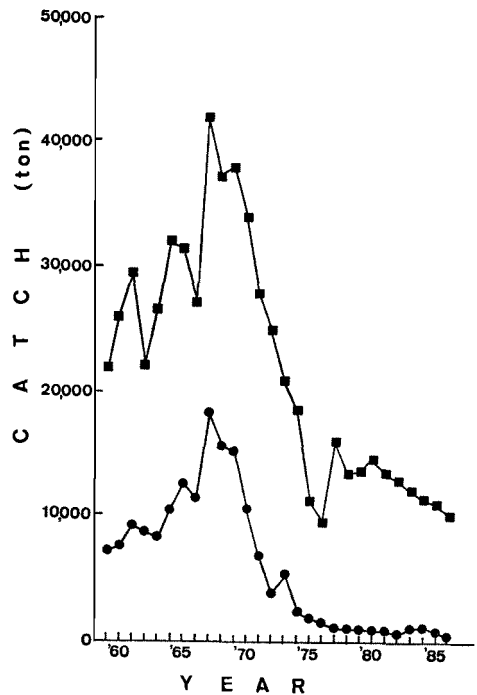


Fig. 65. Annual changes in catch of *T. lepturus* caught from the East China Sea and the western part of the Sea of Japan. Solid squares and circles indicate the catch from the former and the latter, respectively.

ク(前者, 約42,000トン; 後者, 約18,000トン)としてそれまでの増加傾向から減少傾向に転じている。また, 1977年以降1986年までは東シナ海産のものでは約16,000トンから約10,000トンへと緩やかな減少傾向を示し, 日本海西部海域産のものでは約500トンと低位で安定している。このような両海域におけるタチウオ漁獲量の年変化は, 以西, 以東底曳網の漁獲努力量の強化(山田, 1971)によって両海域のタチウオ資源量が著しく減少していることを示している。

つぎに日本海中部海域産と石川県海域産タチウオの年漁獲量の変化を Fig. 66 に示した。日本海中部海域産タチウオの漁獲量は1959年から1970年までは約500トンであったが, 1971年以降は増加傾向を示し, 1980年には約3,300トンのピークを示した。しかし, その漁獲量は

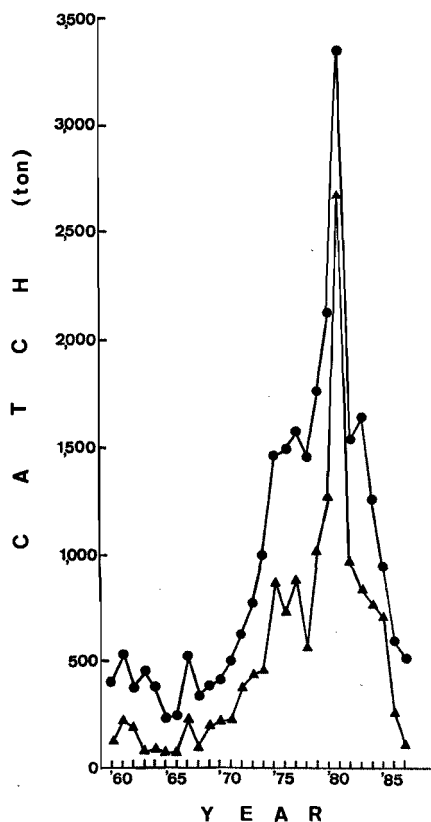


Fig. 66. Annual changes in catch of *T. lepturus* caught from the middle part of the Sea of Japan and off Ishikawa Prefecture. Solid circles and triangles indicate the catch from the former and the latter, respectively.

1981年以降は減少傾向に転じ, 1986年には1959~1970年当時とはほぼ同様の約500トンにまで減少している。また, 同図から日本海中部海域でのタチウオ漁獲量の変動は石川県海域でのタチウオ漁獲量の多寡に負うところが大きく, 石川県海域での漁獲量は日本海中部海域の漁獲量の約50%以上を占めていることがわかる。石川県海域では1974年以降従来から操業されていた延縄, 一本釣, 定置網に加えて, 曳釣, 底曳網, 刺網, 旋網などの漁法が導入され, 特に旋網の導入によって同海域でのタチウオ資源に強い漁獲圧力が加えられた(日本海中部海域タチウオ共同研究チーム, 1988)。したがって, 日本海中部海域におけるタチウオ漁獲量の減少は主として石川県海域を中心とした漁獲圧力の強化によってもたらされたものであり, 同海域を中心とした日本海中部海域のタチウオ資源量は著しく減少しているものと推察される。

以上のように, 1986年時点での東シナ海と日本海におけるタチウオの資源量はいずれも低い水準にあるものと考えられる。

**資源構造の変化** 日本海中部海域のタチウオ資源に対して強い漁獲圧力が加えられていない時期(1963~1970年)と石川県海域を中心として著しく強い漁獲圧力が加えられた時期およびそれ以降の時期(1981~1983年および1984~1986年)について, 若狭湾西部海域へのタチウオ群の来遊状況を比較検討することにより, 日本海のタチウオ資源の構造の変化を推定する。

延縄で漁獲されるタチウオの大部分は, 銘柄“大”であり, 肛門長 250 mm 以上の成魚である。1963~1970年, 1981~1983年および1984~1986年の京都府における延縄による月別平均タチウオ漁獲量を Fig. 67 に示した。なお, 1980年以前については全漁業種類合計の月別タチウオ漁獲量の資料があるのみで, 漁業種類別のそれは見当たらない。1963~1970年までの期間は延縄によるタチウオ漁獲量が全漁業種類合計のそれに占める割合が77~94%と高い値を示した(Fig. 3)。そこで, 1963~1970年の全漁業種類合計の月別平均タチウオ漁獲量が同期間の延縄によるそれに近似するものとして取り扱った。

各期間の延縄による月別平均タチウオ漁獲量をみると, 1963~1970年の期間では6~7月と10~12月に2回の明瞭な漁獲量のピークが認められる。1981~1983年の期間では, 漁獲量には6~7月の明瞭なピークと10~11月の不明瞭なピークとが認められるが, 12月は低い漁獲量となっている。1984~1986年の期間の場合には漁獲量には6~7月の明瞭なピークが認められるものの, 10~

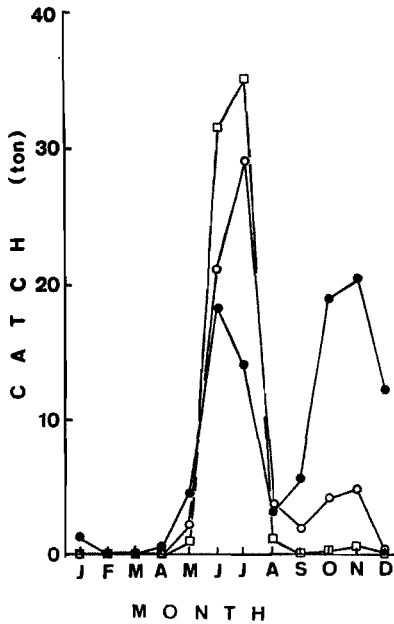


Fig. 67. Monthly changes in catch of *T. lepturus* caught with longline belonging to Kyoto Prefecture. Solid, open circles and open squares indicate the monthly mean catch from the period of 1963-1970, 1981-1983 and 1984-1986, respectively.

12月は低い漁獲量で推移している。このように、石川県海域のタチウオ資源に対する漁獲圧力の強化に対応して若狭湾西部海域での10~12月のタチウオ漁獲量が著しい減少を示している。しかし、6~7月の漁獲量にはその対応は認められない。これらのことは、若狭湾西部海域に10~12月に来遊するタチウオ成魚群は石川県海域に分布するものに負うところが大きいことを示しており、「日本海中部海域におけるタチウオ成魚は基本的には越冬場（隠岐島周辺海域、石川県外浦海域）と主要な産卵場（若狭湾、能登半島周辺海域）との間を移動、回遊しており、若狭湾西部海域に5~6月に来遊し、9月まで滞留するタチウオ成魚群は同海域以西の越冬場からの北上群であり、10~12月にかけて来遊する成魚群は同海域以北からの南下群である」との想定（日本海中部海域タチウオ共同研究チーム、1988）を支持している。

ところで、石川県産タチウオの漁獲量は、1985年以降、著しい減少を示している（Fig. 66）。石川県海域に分布するタチウオ群は標識放流の結果から隠岐島周辺海域からの北上群である可能性が指摘されている（日本海

中部海域タチウオ共同研究チーム、1988）。しかし、石川県外浦海域には本種の越冬場が存在している（日本海中部海域タチウオ共同研究チーム、1988）ところから、石川県海域に分布するタチウオ群は隠岐島周辺海域からの北上群の加入を受けながらも相対的に独立した個体群である可能性も強いと考えられる。したがって、1985年以降における石川県産タチウオの漁獲量の著しい減少は同海域への北上群の加入量の減少か、漁獲圧力の強化による相対的に独立した個体群の著しい量的減少か、おそらくはその両方によって生じたものと解釈される。なお、1984年の冬季（2~3月）には日本海内が異常低水温になったが、この点も北上群の石川県海域への加入量の減少やこの相対的に独立した個体群の著しい量的減少を助長する要因になっているものと推測される。

以上のことから、1986年時点における日本海のタチウオ資源は、その分布域の北端にあたる日本海中部海域での漁獲圧力の強化と1984年冬季（2~3月）の異常低水温によって、その分布域を縮小させたものと推定される。その結果として、日本海中部海域への北上群の北上範囲が狭まり、その来遊量も減少しているのではないかと推定される。若狭湾西部海域についても1984年以降では6~7月に来遊する北上群のみに資源を依存しており、それまでにみられた10~12月に来遊する南下群はほぼ消滅したものと推察される。既に述べたように、タチウオでは、漁獲圧力が強まり、その資源量が減少すると、populationの恒常性を維持しようとするかのような作用が生じ、結果として成熟と産卵に関する生物学的特性に変化が起きるものと推測した。しかし、漁獲圧力の強化によって引き起こされた東シナ海、日本海西部海域および日本海中部海域におけるタチウオ資源量の著しい減少をみると、漁業技術の進歩による圧倒的な漁獲圧力の前には、上述したタチウオがもつ生物学的恒常性維持の機構はほとんど無力に近い存在と思われる。この点で、タチウオ資源にとって漁業は最大の“捕食者”であると言える。

## （2）漁業の問題点

**旋網漁業の問題点** 日本海中部海域のタチウオ漁獲量は、1980年をピークとしてそれまでの増加傾向から減少傾向に転じ、しかも、1982年までは延縄、刺網などの沿岸漁業による漁獲量が多くを占めていたが、1983年以降は、旋網によって毎年1,000トン以上あるいはそれに近い漁獲量が揚げられ、これらの沿岸漁業に変わって沖合海域での旋網による漁獲量の割合が著しく増加している（日本海中部海域タチウオ共同研究チーム、

1988)。

旋網という漁法は、その性格上濃密に集中分布している魚群を狙って操業される。日本海中部海域では3～5月に石川県外浦海域を中心にタチウオを漁獲対象とする旋網の操業が行われ、魚群密度が高まっている越冬群と越冬場から沿岸の産卵場への移動群が漁獲されている。旋網が漁獲対象とするタチウオは成魚群であり、1983年以降毎年1,000トン以上あるいはそれに近い量の成魚群が漁獲され、これらの成魚群はまったく産卵の機会を与えられなかったことになる。このように、産卵期前の成魚群を集中的に漁獲したことが石川県海域のタチウオ資源量の急激な減少をもたらした一因ではないかと推察される。

上述のように、旋網による沖合での“先取り”によって沿岸へのタチウオ資源の配分量が減少し、漁獲量の減少という形で沿岸漁業へのしわ寄せの問題も生じている。京都府の沿岸漁家にとってタチウオ延縄は漁業所得を揚げる上で有効な漁業である。しかも、年間の操業サイクルの中でタチウオの盛漁期は“夏枯れ時期”に相当しているため、年間を通した沿岸漁家経営の中でタチウオ延縄は重要な位置を占め、古くから多くの沿岸漁家がこれに従事してきている。京都府以外の日本海中部海域でも沿岸漁家へのタチウオ漁業の効用は大きく、古くから多くの沿岸漁家によってタチウオの漁業生産が維持、継続されてきている(日本海中部海域タチウオ共同研究チーム、1988)。このように、沿岸漁業にとってのタチウオ漁業の効用の大きさや、多くの沿岸漁家が永くタチウオの漁業生産に従事してきたという立場を考慮すると、旋網による沖合でのタチウオ資源の先取りは大きな問題であろう。減少したタチウオ資源量と現状の各漁業の漁場配置の中で、各漁業にとってのタチウオ漁業の効用、各漁業のタチウオ漁業と関わってきた歴史的経過などを十分考慮しながら、漁獲量をどのように各漁業に調整、配分するかという漁業管理のあり方が問われている。

**定置網漁業の問題点** 京都府のタチウオ漁獲量は1973年以降それまでと比較して高い水準で推移している。1973年以降、延縄によるタチウオ漁獲量は減少傾向に、定置網のそれは増加傾向に転じ、京都府のタチウオ漁獲量は定置網による漁獲量の相対的增加によって比較的高い水準が維持されている。定置網では肛門長 250 mm 未満の銘柄“小”が主として漁獲され、その多獲時期は7～11月である。7～11月に定置網で漁獲されるタチウオで銘柄“小”に相当するものは肛門長 50～250 mm の

ものであり、肛門長 100～250 mm のものが主体である (Fig. 9)。これらの大きさのタチウオは若魚と未成魚に相当し、したがって定置網では若魚と未成魚、特に未成魚が多獲されていることになる。再生産を保障し、減少したタチウオ資源量を増大させ有効に利用していく上で、未成魚を多獲するような漁獲の仕方は適切でないと考えられる。

**商品生産という視点からの漁業の問題点** 日本の“高度経済成長期”以前には水産業は食料供給産業として位置付けられ、国の“補助金行政”のもとである程度生産性を無視した形で漁業が営まれてきた。しかし、高度経済成長期以降国の方針が補助金行政から“金融行政”へと転換したことにより、融資を受けた資金を返済できるような漁業経営が必要となってきた。すなわち、漁業者は漁業の生産性を高め、生産物の価格を向上させ、借入金を返済するのに十分な所得を確保することが求められる。このため、水産業は食料生産業としての性格を脱皮し、現在では商品生産業としての性格を強めてきている。このような現状にあって、タチウオ資源を有効利用する方策を検討する上で、商品性の高い生産物を安定持続的に生産し、販売価格をいかにして高位に維持させるかを考慮することが重要な課題となっている。

そこで、京都府のタチウオ漁業を例として、各漁業によって漁獲されるタチウオの商品性について検討する。1983年に京都府の各漁業で漁獲されたタチウオの平均魚価単価は延縄によるものが979円/kg、定置網では272円/kg (ただし銘柄“大”では965円/kg、銘柄“小”では34円/kg)、曳釣では846円/kg、刺網では777円/kg、小型底曳網では 277円/kg であった。また、石川県海域で旋網によって漁獲され、京都府に水揚げされたタチウオの魚価単価は286円/kg であった。延縄、曳釣、刺網、旋網で漁獲されたタチウオはその大部分が成魚(銘柄“大”)である。これに対し、定置網で漁獲されるタチウオは若魚、未成魚(銘柄“小”)および成魚(銘柄“大”)、小型底曳網のそれは未成魚(銘柄“小”)である。このように、タチウオの魚価単価は魚体が大きいほど高くなる。また、魚体の大きさが同じでもそれを漁獲した漁業種類によって魚価単価が異なり、成魚を漁獲した場合、延縄、曳釣、刺網、定置網の魚価単価は高く、旋網のそれは低い。したがって、高い商品性をもつタチウオを生産するためには延縄、曳釣、刺網、定置網によって成魚を漁獲することが必要である。これに対し、旋網によって成魚を漁獲することおよび定置網や小型底曳網によって若魚を未成魚を漁獲することは、漁獲物の商品性が低

いという点で問題がある。

以上に述べたようにのように、旋網によってタチウオを漁獲することは、日本海中部海域のタチウオ資源に強い漁獲圧力をかけ同資源量を減少させる大きな要因となること、漁獲物から十分に経済的価値を生み出すことが出来ないこと、タチウオ資源を沖合で先取りするため同資源から有効に経済的価値を生み出している沿岸漁業を圧迫することなど、日本海中部海域のタチウオ資源を有効に利用していく上で問題をもっている。また、定置網によってタチウオの若魚や未成魚を漁獲することは、再生産を保障し、同資源量を増大、維持していく上で好ましくないだけでなく、これらの漁獲物からは十分に経済的価値を生み出すことができないという問題がある。

これに対し、延縄に代表される沿岸漁業の場合、日本海中部海域のタチウオ資源に対するその漁獲圧力は旋網のそれと比較して小さいと考えられる。また、その漁獲物からは十分に経済的価値が生み出されている（同海域産タチウオは消費市場ではブランド商品化している）。したがって、日本海中部海域のタチウオ資源を有効に利用して行くためには延縄に代表される沿岸漁業によってこれを漁獲することがもっとも妥当ではないかと考えられる。

### 第3節 投下漁獲努力量の経済的検討

前節で日本海中部海域のタチウオ資源を有効に利用するためには延縄に代表される沿岸漁業によってこれを漁獲することがもっとも妥当であることを述べた。そこで、京都府の伊根漁業協同組合、栗田漁業協同組合、小橋漁業協同組合に所属する延縄漁家各10件を対象とした、主として聴き取りによる漁業実態調査および漁家経営調査の結果（1983年実績）から若狭湾西部海域のタチウオ延縄漁業について、経営上もっとも有効に所得を揚げるためにはどれ位の漁獲努力を投じればよいのかを検討する。タチウオ延縄の場合、漁獲努力量は操業鉢数で表すことが可能であり、この操業鉢数を変化させることによって1漁家当りの平均年間水揚高、支出、所得、所得率、純益率がどのように変化するかを試算することができる。これらの試算を行うにあたっての仮定、条件、必要データおよび計算方法の概略は以下のとおりである。

1. 1日の操業鉢数を変数とする。
2. 1日の操業回数を1回とし、漁場までの所要時間は30分、1鉢の操業時間は1時間とする。
3. 操業実態に基づいて1日の出漁隻数を伊根地区10隻、栗田地区15隻、小橋地区20隻とする。このう

ち、伊根・栗田地区の25隻が宮津市場に、小橋地区の20隻が舞鶴市場にそれぞれ漁獲物を水揚するものとする。

4. 延縄1鉢の補修に1時間を要し、家族1日5時間縄補修に当たるものとする。また、漁業者自身も操業・航海に要する労働時間が1日14時間以内であれば労働時間が14時間になるまで縄補修に当たるものとする。漁業者自身と家族で処理できない鉢数分だけ縄の補修が外部委託されるものとする。
5. 聴き取りによる漁業実態調査および漁家経営調査の結果から年間出漁日数、1鉢当たり平均漁獲量等を求めた。
6. 舞鶴・宮津両市場における日別平均魚価単価と日別水揚量との関係は宗清（1985）に従った。
7. 減価償却費、陸上施設・設備、燃料代、エンジン油代、資材・消耗品の年間補充額、労賃、労賃以外の料金・支払い、自動車等の燃料代、見積自家労賃評価額等の経営費の試算は聴き取りによる漁業実態調査結果、漁家経営調査結果、倉田（1982）に従った。

以上のデータ、処理、試算方法によって1日の操業鉢数ごとの1漁家当り平均水揚高・支出・所得・純利益・所得率・純利益率を求め、Figs. 68, 69 に示した。Fig. 68 から、1日の操業鉢数の増加に伴って平均年間漁獲量は直線的に増加する。しかし、平均年間水揚高は操業鉢数の増加に伴って39鉢までは増加するが、それ以降は減少する。一方、1日の操業鉢数の増加に伴って、平均年間支出は直線的に増加し、10鉢以降はその増加の割合が大きくなり、48鉢以降は平均年間支出が平均年間水揚高を上回る。したがって、両者の関係から、平均年間所得は操業鉢数の増加に伴って増加するが、17鉢操業の時の値をピークとして、それ以降は減少する。そして、48鉢以降、平均年間所得は負の値をとることがわかる。このことから、最大所得を得る操業鉢数は1日17鉢となる。一方、操業鉢数の増加に伴う所得率・純益率の変化（Fig. 69）をみると、両者とも1日の操業鉢数が9鉢の時にピークを示す曲線で表される。このことから、経営上もっとも有効な操業鉢数は1日9鉢となる。最大所得を得る操業鉢数は1日17鉢となるが、1鉢の操業時間に約1時間を要するタチウオ延縄の操業実態から、1日17鉢の操業の漁期間を通じて行うことは困難と考えられる。実際の操業においては1日5～10鉢の間で操業されており、漁期間を通じて、しかも経営上もっとも有効に年間所得を揚げる1日の操業鉢数は、所得率・純益率ともにもっとも高い値を示す9鉢が妥当と考えられる。な

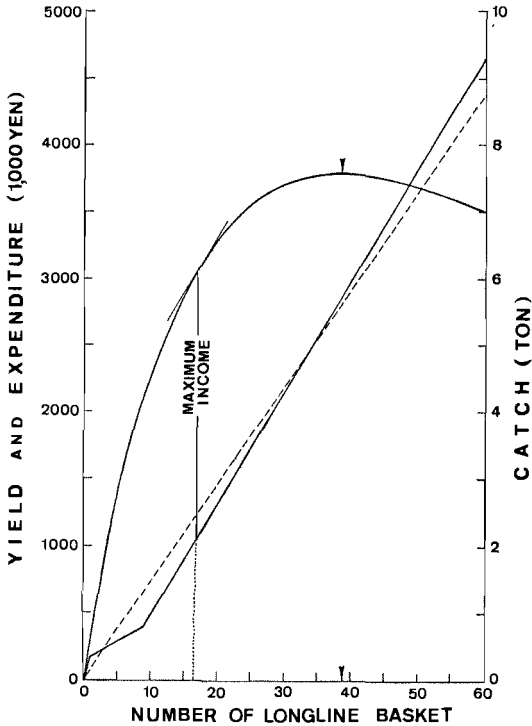


Fig. 68. Changes in *T. lepturus* annual catch, yield and expenditure of ribbon fish longline fishing with increasing number of longline basket. Broken line, curve and line indicate the catch, yield and expenditure, respectively. Arrows indicate the maximum yield and number of longline basket earning the maximum yeild.

お、この1日9鉢操業という値は、今回の聴き取り調査の結果によると1日の労働力を最大限に燃焼させた場合に近い操業鉢数に相当している。

つぎに、1日の操業隻数、操業鉢数がどれ位の時に1漁家当り平均年間所得がより多くなるかについて検討してみる。1日の操業隻数と1日の操業鉢数とを変数とし、漁獲量の1/2がそれぞれ舞鶴・宮津両市場に水揚されるものと仮定して、先に行った方法で1漁家当り平均年間所得を試算した (Fig. 70)。Fig. 70 からわかるように、より多くの1漁家当りの平均年間所得を揚げるには1日の操業隻数を減少させ、1日の操業鉢数を増加させる必要がある。しかし、先に述べたように操業実態から1日の操業鉢数は9鉢が妥当と考えられる。また、1日の操業隻数を1983年レベルの約45隻から減らすこと

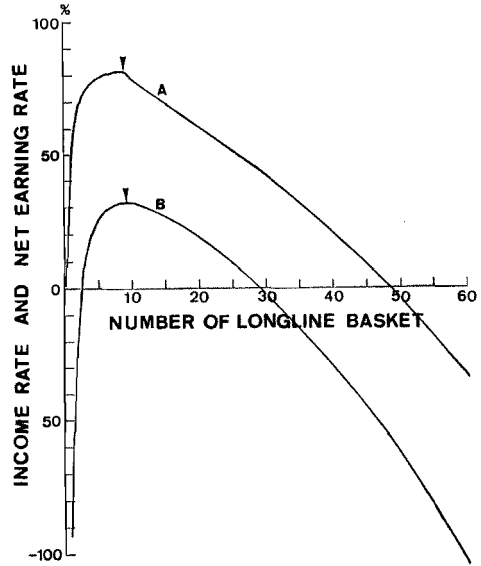


Fig. 69. Changes in income rate and net earning rate of ribbon fish longline fishing with increasing number of longline basket. Curves A and B indicate the income rate and net earning rate, respectively. Arrows show the maximum value of each curve.

も漁業実態と合わない。そこで、漁家経営調査の結果から、タチウオ延縄による1漁家当り平均年間所得が1,160,000円と、もっとも大きかった栗田地区の値を1漁家当り平均年間所得の基準値とした場合、1日9鉢操業として、この時の1漁家当り平均年間所得がこの基準値を下回らない操業隻数を最大の操業隻数と考えると、その値は Fig. 70 から約90隻となる。このように、経営的にみて有効なタチウオ延縄の操業形態は、1日の操業隻数90隻以下で1日の操業鉢数は9鉢と試算された。

以上に述べてきた試算では、漁獲量の1/2が舞鶴・宮津両市場に水揚されるものと仮定したが、つぎに、両市場への水揚量をどのように配分すれば1漁家当り平均年間所得がより多くなるかについて検討してみる。1日1隻当りの漁獲量は等しいとの仮定にもとづき、両市場に水揚する隻数を変動させ、1日の操業鉢数を9鉢として先に行った方法で1漁家当り平均年間所得を試算した (Fig. 71)。先の試算結果にもとづいて1日の操業隻数を90隻とすると、Fig. 71 から舞鶴市場への水揚隻数が2~45隻、したがって宮津市場への水揚隻数が45~88隻である場合、先に試算で用いた基準以上の1漁家当り平



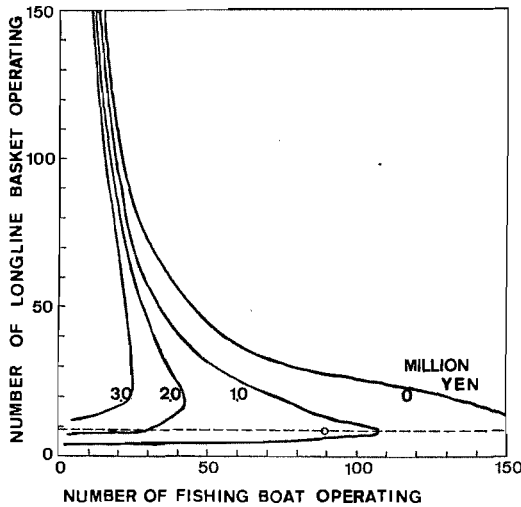


Fig. 70. Annual income isopleth diagram of ribbon fish longline fishery. Broken line indicates the annual income per fisherman at 9 longline basket operation per fishing boat when number of the fishing boat changes from 0 to 150. Open circle indicates annual standard income (1.16 million yen) per fisherman.

均年間所得が得られることになる。また、舞鶴市場に約20隻が、宮津市場に約70隻水揚げした場合に1漁家当り平均年間所得がもっとも多くなることがわかる。さらに、先の試算で用いた基準値と等しい1漁家当り平均年間所得を上げるとすれば、舞鶴市場に約25隻が、宮津市場に約90隻が水揚げすることによって、1日の操業隻数は最大115隻にまで増加させることが可能となる。このように、舞鶴・宮津両市場への水揚量の配分を検討することによっても、より多くの漁家がより多くの年間所得を揚げ得ることになる。そして、両市場への水揚量の配分の仕方は、タチウオに関する両市場の価格屈伸性に大きく依存していると考えられ、タチウオ延縄の適正な操業条件を検討する上で、この価格屈伸性は重要なパラメータであると言える。

以上、経済的側面から操業形態、水揚地選択戦略等、若狭湾西部海域のタチウオ延縄漁業のあり方について、一つの方向性を示唆した。漁家経営改善に向けては、従来から行われている過剰経費の抑制に加えて、上述したようなより積極的な方策を検討することが必要と考えられる。なお、今回の試算は1983年実績の資料、データを用いたものであり、タチウオ資源来遊量によって1鉢

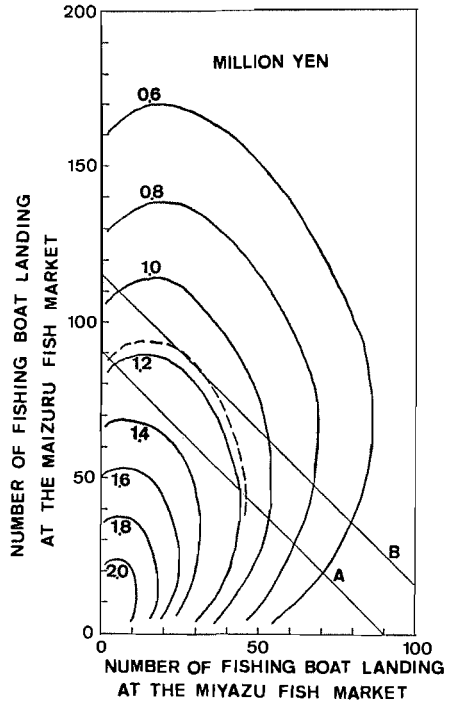


Fig. 71. Annual income isopleth diagram of ribbon fish longline fishery. Broken curve indicates the annual average income per fisherman. Lines A and B indicate the 90 and 115 fishing boats isopleth.

当り平均漁獲量および平均出漁日数がどのように変化するか、あるいは、タチウオに関わる舞鶴・宮津両市場の価格屈伸性がどの程度持続性をもつのかといった点については考慮されておらず、今後の課題として残さざるを得ない。

以上のように、タチウオ資源を有効利用するための若狭湾西部海域を中心とした日本海中部海域のタチウオ漁業のあり方について述べてきた。その中で、延縄に代表される沿岸漁業でタチウオを漁獲することによってタチウオ資源が有効に利用できること、旋網（成魚）や定置網（若魚、未成魚）ではタチウオ資源を有効に利用できないことを指摘した。しかし、旋網や定置網の歴史的経過や現実の両漁業の実態をみると、両漁業がタチウオ資源を有効に利用していないにもかかわらず、同資源を漁獲せざるを得ない状況にあることがわかる。例えば、京都府の定置網漁業の歴史的経過を振り返ると、1950年代後半から1960年代後半にかけて定置網の漁網は天然繊維のものから合成繊維のものへと切り代えられていった

が、垣網には依然として天然繊維の漁網使用されていた。そのため、その耐久性の点から周年操業ができず、冬網（11～1月、落網）と夏網（1～7月、ヒサゴ網）が操業されていた。したがって、8～10月は休漁期間となり、その間はタチウオをはじめとする重要魚種の若魚や未成魚は漁獲から保護されてきた。また、冬網についても“寒ブリ”を対象として操業されるため、その目合は大きく、ある程度これらの若魚や未成魚の漁獲による死亡が防止されていたものと推定される。

しかし、1972年以降従来もの箱網の先端に網目の細かい箱網を取り付けた二重落網が普及し始め、それとともに定置網の周年操業が開始された。そのため、1972年以降それまで休漁期間によって保護されていたタチウオをはじめとする重要魚種の若魚や未成魚の漁獲死亡が増加したものと推定される。

さらに、ブリに依存して経営を維持してきた定置網漁業は、旋網漁業による沖合でのブリ成魚、未成魚の“先取り”や養殖用モジャコ特別採捕によるブリ稚魚の大量採捕など種々の要因によって日本海中部以北の海域ではブリ資源の減少が著しくなったことにより、依存する魚種をブリからマイワシやカタクチイワシなどを中心とする“雑魚”へと転換せざるを得なくなった。そのため、より目合の小さい網が使用されるようになり、タチウオをはじめとする重要魚種の若魚や未成魚の漁獲死亡が一層増加したのではないかと推定される。

このような定置網漁業の歴史的経過をみると、日本沿岸の漁業資源を安定持続的に生産して行くためにはどのように漁業のあり方を調整し、管理していくかといった日本の沿岸漁業についての総合的かつ長期的な展望とそれに基づいた適切な漁業施策がない中では、それはその時々状況において個々の定置網自らの存続を維持せんがために生じた必然的な結果ではなかったかと考えられる。旋網漁業についても定置網漁業の場合と類似した歴史的経過をたどっている。先に、タチウオ資源を有効に利用するためには延縄に代表される沿岸漁業によってこれを漁獲することが妥当であることを指摘したが、旋網や定置網などによる漁獲死亡をなくするためにはどのような漁業調整を行えばいいのかについては、これらの漁業の地域的な効用、漁業従事者の生活といった現実を考えると、厚い壁にぶつからざるをえない。また、タチウオを漁獲対象とするすべての漁業においても周年の操業サイクルの中の一時期を同資源に依存しているわけであり、単一の漁業資源の有効利用を目指す方策は、これらの漁業が対象とするすべての漁業資源を有効に利用す

るための総合的な検討のなかでのみ具体性をもつものと考えられる。この点で、日本沿岸の漁業資源から商品性の高い商品を安定持続的に生産して行くためには、どのように漁業のあり方を調整し、管理していくかといった日本の沿岸漁業についての総合的かつ長期的な展望に基づいた漁業施策が必要である。

## 要 約

若狭湾西部海域に面する京都府ではタチウオ漁業が古くから延縄を主体として発達し、京都府沿岸の延縄漁業者にとってタチウオは非常に重要な漁獲対象種である。しかし、近年は若狭湾西部海域をはじめ日本海中部海域全体のタチウオ漁獲量が減少し、本種資源量の減少が懸念されている。このような漁業の現状から、著者は若狭湾西部海域に分布するタチウオを中心として本種の漁業生物学的研究に取り組み、同海域のタチウオ資源を有効に利用するための漁業のあり方を模索した。

本論文は7章から成り、第1章で若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業を概観し、第2章で同海域での本種の年齢と成長、第3章で成熟と産卵、第4章で成長に伴う食性の変化、第5章で発育初期の形態変化、第6章で分布・移動についての知見を述べ、第7章ではこれらの諸知見に基づいて、若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業のあり方について考察した。これらの研究結果の要約は以下のとおりである。

### 1. 若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業

(1) 京都府のタチウオ漁業は古くから若狭湾西部海域を中心に延縄、定置網が行われてきた。主漁期は6～7月と10～11月である。京都府のタチウオ漁獲量は1973年以降それまでと比較して100～350トンと高い水準で推移している。1973～1976年を境として延縄によるタチウオ漁獲量は減少傾向に、定置網のそれは増加傾向にあり、京都府のタチウオ漁獲量は定置網による漁獲量の相対的增加によって比較的高い水準を維持している。

(2) 京都府のタチウオ漁獲量にとって延縄と定置網は大きな比重を占めているが、水揚高という面からみると定置網と比較して延縄の比重が著しく大きい。その理由は、延縄で漁獲されるタチウオの大部分が大型個体であるのに対して定置網のそれは約73%が小型個体であり、前者の魚価単価が後者のそれより著しく高いことによる。

(3) タチウオ延縄は延縄漁家における基幹漁業あるい

はそれを補完する漁業として漁業経営上重要な役割をもち、延縄漁家の漁業所得を揚げる上でも効率的な漁業である。

## 2. 年齢と成長

(1) 若狭湾西部海域には発生時期の異なる2つのタチウオ群(N型群, W型群)が存在することが明らかとなった。N型群の発生時期は6~9月, W型群のそれは4~6月と推定された。N型群の由来は若狭湾西部海域とその周辺および兵庫県以西の山陰沖合海域, W型群の由来は少なくとも兵庫県以西の山陰沖合海域にあると推定された。

(2) 両型群間の各満年齢時の肛門長を比較すると、雌雄ともN型群はW型群よりわずかに成長が良い傾向がみられた。各満年齢時における雌雄間の肛門長を比較すると、両型群とも満2歳までは雌雄間に大きな成長差は認められないが、満3歳以降では雌の方が雄より成長が良くなり、高年齢になるほど雌雄間の成長差は大きくなる傾向が認められた。

(3) 両型群間には成長の補償作用が認められ、この作用は両型群の繁殖開始年齢の差と繁殖開始に伴う成長速度の低下によって起こると推察された。

## 3. 成熟と産卵

(1) 若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期は6月下旬から9月中旬までの期間で、産卵盛期は7月上旬から8月下旬までの期間と推定された。産卵主群は肛門長250mm以上の個体で、雌は大きい個体ほど産卵期より早い時期から産卵を開始するものと推定された。雄は雌より早く生殖腺が成熟する傾向が認められた。

(2) 産卵場は同海域沖合(底深100~160m)に形成され、産卵活動は主として日没から夜間にかけて行われるものと推察された。

(3) 生殖腺指数50以上を示す雌はその年の産卵期間中に生殖腺指数200以上となり、産卵すると推定された。また、同海域に来遊したタチウオ成魚群の産卵は年1回と推定された。

(4) 大部分の個体が成熟する大きさは雌雄とも肛門長250mmと推定された。N型群では満1歳で一部の個体が成熟するにすぎず、大部分の個体は満2歳で成熟するのに対し、W型群では満1歳で大部分の個体が成熟するものと推定された。同海域に来遊するタチウオ産卵群は雌雄とも主として2~3歳魚で構成されているものと推定された。

(5) 肛門長250mm以上の成魚群は越冬期(1~3月)から産卵期前の5月あるいは6月までの期間は性比に偏りのない群を形成し、産卵期以降12月までの期間は雌雄どちらか一方に性比の偏る群を形成するものと推定された。若狭湾西部海域のごく沿岸に来遊したタチウオ群は、来遊時には性比に偏りのない群を形成していること、産卵期が近づくとこの群は性比が雌および雄に偏る2群に分離し、沖側には雄の多い群が形成され、岸側には雌の多い群が形成されること、両群の分布域はいずれもごく沿岸域にあり、しかも近接していること、沖側に形成された性比が雄に偏る群は、その後沿岸域から逸散し、沿岸域には性比が雌に偏る群だけが残ることなどが明らかになった。沖合に形成された産卵場では少数の完熟の雌と多数の雄によって産卵が行われると推定された。雌雄間に成長差が存在するため、魚体が大きくなるほど性比は雌に偏り、肛門長400mm以上の個体はすべて雌によって占められていた。

(6) 1954~1957年当時と1966~1969年当時の東シナ海産、紀伊水道産、熊野灘産および若狭湾西部海域産のタチウオの成熟と産卵に関する生物学的特性を比較したところ、タチウオでは漁獲圧力が強まり資源量が減少すると、populationの恒常性を維持しようとするかのような作用が生じ、結果として成熟と産卵に関する生物学的特性に変化が生じるものと考えられた。若狭湾西部海域産タチウオの成熟と産卵に関する生物学的特性は1966~1969年当時の東シナ海産、紀伊水道産、熊野灘産のものとは大差がなく、東シナ海産~若狭湾西部海域産、東シナ海産~紀伊水道産~熊野灘産のタチウオの間には、成魚による直接的な交流や卵・稚仔魚の添加という形での交流などが存在していることが示唆された。

## 4. 成長に伴う食性の変化

(1) タチウオの成長に伴う食性は以下のような変化を示した。タチウオは肛門長20mm未満では明らかな動物プランクトン食性を示した。肛門長20~100mmに成長した個体は橈脚類から小型甲殻類、魚類を主とした肉食性に移行する傾向が認められた。肛門長100mm以上に成長した個体はイワシ類を中心とした魚食性に移行する。タチウオが捕食した餌生物の大きさは、成長と共に橈脚類→十脚類、アミ類→シラス期カタクチイワシ仔魚→カタクチイワシ若魚→サイウオ→イワシ類と順次大型化していく傾向が認められた。

(2) タチウオは他魚種と異なって後期仔魚初期から高い捕食能力をもち、*Paracalanus parvus* や *Paracalanus*

sp. の成体を捕食できること、タチウオ稚仔魚や肛門長 10~40 mm のタチウオは主として昼間に摂餌を行うこと、肛門長 10~40 mm のタチウオは *Acartia erythraea* のパッチを利用して摂餌をおこなうことなどが明らかになった。また、沿岸の底層を中心にパッチ状に分布する *A. erythraea* のような橈脚類の存在は、タチウオ稚仔魚の沖合中・底層から沿岸底層への移動を促す一つの要因であると推定された。

## 5. 発育初期の形態変化

(1) タチウオの発育初期を中心にその外部形態の観察、体各部位の成長に伴う相対成長の変化を検討した結果、タチウオ稚仔魚は肛門の後位現象、巨頭・巨顎化、頭部の棘条化などサバ型魚類稚仔魚に共通して認められる変態をすることが明らかになった。また、タチウオ稚仔魚では背鰭棘と臀鰭棘の鋸歯形成、眼窩上縁の棘形成など、近縁とされるクロタチカマス科魚類 *Gempylidae* の多くにみられる発育初期の形態的特徴とよく一致した。

(2) 脊椎骨、各鰭条、鰓条骨の形成過程は以下のとおりであった。脊椎骨の化骨は全長約 10 mm から開始され、全長約 57 mm で脊椎骨の形成が完了した。脊椎骨の定数は 39~41+128~133=168~173 であった。背鰭の形成は全長約 6 mm から開始され、全長約 57 mm で完了した。背鰭の定数は III, 131~136 であった。背鰭棘前縁には鋸歯の消長が認められた。胸鰭の形成は全長約 7 mm から開始され、全長約 11 mm で完了した。胸鰭の定数は 11 であった。いずれの研究材料においても腹鰭の形成はまったく認められず、腰帯およびその痕跡も認められなかった。臀鰭の形成は全長約 10 mm から開始され、全長約 57 mm で完了した。臀鰭の定数は、I, 104~108 であった。臀鰭棘には背鰭棘と同様に鋸歯の消長が認められた。下尾骨および尾鰭の形成は次に示した過程で進行した。全長約 10 mm で脊索後端に下尾骨 1 が形成され、全長約 29 mm で脊索下面に下尾骨 2 が形成された。全長約 47 mm で下尾骨 1, 2 は融合し、著しく肥大した。この間、脊索後端の上屈は認められなかった。全長約 57 mm で尾部棒状骨が形成され、全長約 58 mm で尾鰭 4 軟条が形成された。尾鰭の定数は 4 であった。全長 500 mm 以上のものでも尾鰭は消失せず、軟条基部は下尾骨と重なり合っていた。鰓条骨の形成は全長約 6 mm から開始され、全長約 8 mm で完了した。鰓条骨の定数は 7 対であった。

(3) 成長に伴ない前鰓蓋骨後縁棘、眼窩上縁棘、同前

縁棘、上後頭骨隆起など、頭部棘・隆起の消長が認められた。また、頭頂孔の消長が認められたが、前頭骨孔の形成は認められなかった。

(4) 全長約 42 mm で連結した側線管で構成された側線が形成された。側線管の横断面は円状であったが、成長とともにその横断面は楕円状を呈した。全長約 295 mm では側線管は成魚のものと同様の扁平楕円状となり、その下面には感丘が存在する 2 個の孔が開口した。

(5) 歯系の形成過程は以下のとおりであった。上・下顎先端部には全長約 6 mm で小歯状突起が形成され、全長約 23 mm で大型の犬歯状歯が形成された。全長約 125 mm で上・下顎先端部の強大化した犬歯状歯の先端が成魚と同様の鉤型構造をもつようになった。犬歯状の上・下咽頭歯が全長約 6 mm で形成された。犬歯状の鋤骨歯が全長約 7 mm で 1 対が、全長 23~51 mm で 4 対が形成された。しかし、全長 57 mm 以上では鋤骨歯は消失した。犬歯状の口蓋骨歯が全長約 23 mm で形成された。

(6) 消化管の形成過程は以下のとおりであった。開口後間もない全長約 6 mm では消化管は直走し、胃と腸とはその境にみられるくびれによって区別された。全長約 7 mm では胃盲嚢部の伸長と腸の屈曲がみられ、全長約 19 mm では胃盲嚢部が著しく伸張してその後端は肛門直上付近に達し、腸の胃開口部から屈曲部にかけての下面に幽門垂の形成が開始された。全長約 61 mm では幽門垂が伸長して胃盲嚢部は肛門直上に達し、消化管の構造は成魚のそれとほぼ同様となった。

(7) 上述したタチウオの成長に伴う形態的諸変化や相対成長の変化に基づいて本種の発育段階区分を規定した。また、各発育段階と生態的变化の関連性についても明らかにした。卵期は A, B および C の 3 発育期に区分された。前期仔魚期 (TL 5.0~6.0 mm) はふ化から卵黄が完全に吸収されるまでの期間とした。前期仔魚期はさらに Pr 1 期と Pr 2 期に区分された。Pr 1 期 (TL 5.0~5.5 mm) はふ化から開口までの期間、Pr 2 期 (TL 5.5~6.0 mm) は Pr 1 期の終期から卵黄が完全に吸収されるまでの期間とした。後期仔魚期 (TL 6.0~59 mm) は摂餌開始後から各鰭条形成が完了するまでの期間とした。後期仔魚期はさらに Po 1 期、Po 2 期および Po 3 期に区分された。Po 1 期 (TL 6.0~6.3 mm) は摂餌開始から油球が完全に吸収されるまでの期間、Po 2 期 (TL 6.3~23 mm) は Po 1 期の終期から上・下顎先端に犬歯状歯が形成されるまでの期間、Po 3 期 (TL 23~59 mm) は Po 2 期の終期から

尾鰭形成の完了までの期間とした。稚魚期 (TL 59~163 mm) は各鰭条数が定数に達した後、すべての臀鰭条が皮下に埋没 (小突起のみ体表に突出) するまでの期間とした。稚魚期はさらに J 1 期と J 2 期に区分された。J 1 期 (TL 59~117 mm) は各鰭条の鰭条数が定数に達した後、臀鰭棘の鋸歯が消失するまでの期間、J 2 期 (TL 117~163 mm) は J 1 期の終期からすべての臀鰭条が皮下に埋没 (小突起のみ体表に突出) するまでの期間とした。若魚期 (TL 163~300 mm) は体形がほぼ種としての特徴を表した後、側線管が成魚型となるまでの期間とした。未成魚期 [TL 300~(650~865) mm] は形態的特徴がほぼ成魚と同様となるが、性的に未熟な段階とした。成魚期 [TL (650~865) mm~] は生殖能力をもち、産卵に参与する段階とした。

成長に伴う形態的諸変化や相対成長の変化に基づいて規定したタチウオの発育段階区分は本種の生態的諸変化とよく対応した。

## 6. 分布・移動

(1) 若狭湾西部海域においてタチウオの卵は1983年5月から9月まで出現し、その水平・鉛直分布の中心は沖合海域 (底深 120 m) の中・底層にあった。各発育期卵ともほぼ同一層に分布する傾向がみられた。タチウオ卵は顕著な水温・塩分躍層のみられなかった6月では、表層から底層まで比較的偏りなく出現する傾向がみられたのに対し、水温・塩分躍層の発達した7月以降では、これらの躍層付近およびその下層に多く出現する傾向がみられた。

(2) 前期仔魚および後期仔魚は7月から9月にかけて出現し、その水平・鉛直分布の中心は沖合海域の中・底層にあった。しかし、後期仔魚は9月には沿岸浅海域の底層にその分布域を拡げ、沿岸浅海域に出現する後期仔魚は沖合海域に出現するものと比較して、大きなものが多いことが明らかとなった。

(3) 若狭湾西部海域に出現するタチウオ卵、仔魚の一部については、兵庫県以西の海域、さらにより西方の山陰沖合海域で発生したものと推定され、若狭湾西部海域に定着するタチウオ仔魚の一部はこれらの海域をその補給源としていることが強く示唆された。

(4) 稚魚、若魚となったタチウオは9~10月に若狭湾西部海域の主として沿岸海域 (底深 20~50 m) に分布し、仔魚期と比較して遊泳能力がかなり備わり、稚魚期以降集群性を獲得していた。

(5) タチウオ未成魚のうちN型群は11月から翌年の12

月まで、W型群は10月から翌年1~2月を除いて8月まで若狭湾西部海域の主として底深 50~60 m に分布した。12月から翌年2月にかけては魚体の大きいものほど早い時期に若狭湾西部海域から越冬海域へ移動し、主として肛門長 100 mm 未満の小型群だけが同海域で越冬した。W型群は翌年8月には成熟して産卵し、9月以降2歳魚以上の産卵群とともに若狭湾西部海域から逸散した。N型群は翌年12月以降越冬のために同海域から逸散した。越冬海域は若狭湾西部海域以西の海域に存在すると推定された。

(6) W型群は未成魚の段階になってはじめて若狭湾西部海域に來遊したと推定され、同海域でのタチウオは卵、仔魚だけでなく未成魚の段階でも他海域から資源として添加を受けており、同海域には多様な本種資源添加機構が存在すると考えられた。

(7) タチウオ成魚は5月上旬ごろに若狭湾西部海域沖合の経ヶ岬周辺海域 (底深 90~120 m) に來遊し、5月中・下旬には同海域沿岸部にまでその分布域を拡大した。成魚は6~8月には同海域周辺で産卵活動を行い、9月上旬以降海域から逸散した。

(8) 産卵習性に基づく成魚の分布・移動は以下のように推論された。産卵初期に性比に偏りのない群が若狭湾西部海域に來遊する。大部分の雄は雌より早く成熟し、沖合に移動する。その結果、沖合には雄の多い群が、沿岸には雌の多い群が形成される。雌は大型魚ほど早く成熟する傾向がみられ、完熟に至ったものは順次雄の多く分布する沖合に移動し、沖合 (底深 100~160 m) に産卵場が形成される。産卵活動は日没から夜間にかけて行われる。産卵を終了した雌は順次沿岸にもどる。その結果、沿岸では放卵後の個体を中心として種々の成熟段階の雌が分布している。一方、雄は性的活性を維持したまま産卵場周辺に滞留する。8月下旬になり産卵がすべて終了すると、雌雄とも若狭湾西部海域から逸散する。

(9) 一本釣、延縄によるタチウオの釣獲試験、魚群探知機の反応記録から、若狭湾西部海域における本種の日周期的な成魚の分布・移動は以下のとおりと推定された。昼間のタチウオは海底付近に濃密な群を形成する。日没直前においても群は海底付近に形成されるが、昼間と比較してその群は分散傾向を示す。日没とともにタチウオの群は表層から中層に浮上し、群は分散状態となる。この状態は夜間継続される。日出前になると群の分布水深は徐々に深くなるが、日出直前の空が明るくなった時刻には餌を捕食するために再びその分布水深が浅く

なる。しかし、その持続時間は短く、群の分布水深は短時間で海底付近まで深くなる。日出後は海底付近で濃密な群が形成される。

(10) 中華人民共和国の旋網船によって山口県沖合で放流された標識タチウオ成魚が若狭湾西部海域で再捕された。この事実から、若狭湾西部海域に來遊するタチウオ成魚の生活圏は日本海の西部海域から中部海域にかけての広範囲に及び、さらに、対馬周辺海域、九州西部海域、東シナ海にもその生活圏が及んでいる可能性が示唆された。

### 7. 若狭湾西部海域におけるタチウオ漁業のあり方について

(1) 東シナ海、日本海西部海域、若狭湾西部海域が含まれる日本海中部海域ではいずれも漁獲圧力の強化によってタチウオ資源量は低い水準に抑えられている。日本海中部海域では旋網の導入後、その傾向が著しい。

(2) 1986年時点における日本海のタチウオ資源はその分布域の北端にあたる日本海中部海域での漁獲圧力の強化と1984年冬季(2~3月)の異常低水温によってその分布域を縮小させられ、その結果、日本海中部海域への北上群の北上範囲が狭まり、その來遊量も減少していると推定された。若狭湾西部海域に関しても、1984年以降では6~7月に來遊する北上群のみに資源を依存しており、それまでにみられた10~12月に來遊する南下群は消滅したものと推察された。

(3) 旋網によってタチウオを漁獲することは、日本海中部海域のタチウオ資源に強い漁獲圧力をかけ同資源量を減少させる大きな要因になること、漁獲物から十分に経済的価値を生み出すことができないこと、タチウオ資源を沖合で先取りするため同資源から有効に経済的価値を生み出している沿岸漁業を圧迫することなど、日本海中部海域のタチウオ資源を有効に利用していく上で問題がある。定置網によってタチウオの若魚や未成魚を漁獲することは、再生産を保障し、同資源量を増大、維持していく上で好ましくないだけでなく、これらの漁獲物から十分な経済的価値を生み出すことができないという問題がある。これに対し、延縄に代表される沿岸漁業の場合、日本海中部海域のタチウオ資源に対するその漁獲圧力は旋網のそれと比較して小さいと考えられ、その漁獲物からは十分な経済的価値が生み出されている。したがって、日本海中部海域のタチウオ資源を有効に利用していくためには延縄に代表される沿岸漁業によってこれを漁獲することがもっとも妥当であると考えられた。

(4) 経済的側面から操業形態、水揚地選択戦略など、若狭湾西部海域のタチウオ延縄漁業のあり方について、一つの方向性を示唆した。漁家経営改善に向けては、従来から行われている過剰経費の抑制に加えて、経営的にもっとも効率のよい操業形態、水揚地選択戦略などのより積極的な方策を検討することが必要と考えられた。

(5) タチウオを漁獲対象とする漁業のすべてが周年の操業サイクルの中の一時期を同資源に依存しているわけであり、単一の漁業資源の有効利用を目指す施策は、これらの漁業が対象とするすべての漁業資源を有効に利用するための総合的な検討のなかでのみ具体性をもつものと考えられる。この点で、日本沿岸の漁業資源から商品性の高い商品を安定持続的に生産して行くためにはどのように漁業のあり方を調整し、管理していくかといった日本の沿岸漁業についての総合的かつ長期的な展望に基づいた早急な漁業施策の必要性を指摘した。

### 引用文献

- 青山恒雄. 1955. レンコダイ *Taius tumifrons* にみられた両性生殖巣. 魚類学雑誌, 4: 119-129.
- 青山恒雄. 1960. 魚群探知機による魚群構造の調査—1. 1959年2月観察の東海中部のタチウオの群構造. 日本誌, 26: 1162-1166.
- 青山恒雄・北島忠弘・水江一弘. 1963. イネゴチ *Cocciella crocodila* (TULESIUS) の性転換. 西海区水研研報, 29: 11-33.
- 浅見忠彦. 1962. 太平洋南区のカタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOULTVYN) に関する研究. 南海区水研研報, 16: 1-55.
- 浅見忠彦. 1974. 日本南海域における魚卵、稚仔分布と主要魚種補給域としての役割. 水産海洋研究会報, 25: 176-196.
- BERTALANFFY, L.. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II.). *Human Biol.*, 10: 181-213.
- DAVIS, R.E. and J.E. BARDACH. 1965. Time-coordinated prefeeding activity in fish. *Anim. Behav.*, 13: 154-162.
- DINGERKUS, G. and L.B. UHLER. 1977. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technol.*, 52(4): 229-232, Figs. 1-3.
- FORD, E.. 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the

- years from 1924 to 1933. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, **19**: 305-384.
- FUJII, T.. 1971. Hermaphroditism and sex reversal in fishes of the platycephalidae. II. *Kumococius detrusus* and *Inegocia japonica*. *Japan J. Ichthyol.*, **18**: 109-117.
- 藤田 俊郎. 1962. 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎県水産試験場論文集, **2**: 1-121.
- GERKING, S.D.. 1966. Annual growth cycle, growth potential, and growth compensation in the bluegill sunfish in northern Indiana lakes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **23**: 1923-1956.
- GORBUNOVA, N.N.. 1977. Larvae and juvenile of some species of trichiurid fishes (Trichiuridae: Gempylidae and Trichiuridae). *Trud. Inst. Okeanol.*, **190**: 133-148.
- GORBUNOVA, N.N.. 1982. Larvae of Trichiurid fishes from collection of the International Mexican Biological Centre (Gempylidae, Trichiuridae, Pisces). *Proc. P. P. Shirshov Inst. Oceanol.*, **118**: 85-106.
- 浜田 律子. 1971. タチウオの耳石の横断切片による年齢と成長について. 西海区水研研報, **41**: 53-62.
- 浜中 雄一. 1979. 若狭湾西部海域における底生魚類の食性と十脚類との関係. 京都海洋センター研報, **3**: 66-75.
- 花岡 靖子. 1973. 対馬近海産タチウオの歯型と鰓把の変化について. 西海区水研研報, **43**: 37-50.
- 花岡 靖子. 1986. 対馬近海産タチウオの発生時期の年変化と水温の関係. 漁業資源研究会議西日本底魚部会報, **15**: 29-39.
- 橋本 祐一. 1982. 若狭湾及びその近海の流動について. 海と空, **58**: 1-11.
- 畑中 正吉. 1977. 総論一個体群から群集へ, 1-68. 海の生物群集と生産 (西沢 敏他編), 545pp. 畑中正吉教授退官記念事業会, 仙台.
- 服部 茂昌. 1964. 黒潮ならびに隣接海域における稚魚の研究. 東海区水研研報, **40**: 1-158.
- 林 泰行. 1976. 東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究一Ⅱ. 耳石による年齢と成長の推定. 日水誌, **42**: 1243-1249.
- 林 凱夫. 1978. 大阪湾産タチウオの漁業生物学的研究. 大阪府水試研報, **5**: 99-115.
- HODGSON, W.C.. 1929. Investigations into the age, length and maturity of the herring of the southern north sea. *Min. Agr. Fish Invest., Ser. II*, **11**: 1-75.
- HONMA, Y., T. OZAWA and C. CHIBA. 1980. Maturation and spawning behavior of the puffer, *Fugu niphobles*, occurring on the coast of Sado Island in the Sea of Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, **27**: 129-138.
- 堀本 信男. 1979. 紀伊水道およびその外域におけるタチウオ卵, 稚仔魚の分布生態について. 栽培技研, **9**: 1-11.
- 堀本 信男. 1981. 紀伊水道における魚卵・稚仔魚の垂直分布について. 水産増殖, **82**: 117-124.
- HUBBS, C.L.. 1926. The structural consequences of modifications of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. *Amer. Nat.*, **60**: 57-81.
- HUBBS, C.L.. 1943. Ichthyological notes. *Copeia*, **4**: 260.
- 井上 実・小倉 通男. 1958. 東京湾におけるカタクチイワシの遊泳層について. 日水誌, **24**(5): 311-316.
- 板沢 靖男. 1977. 温度, 63-82. 魚類生理学概論 (田村保編), 276pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 伊東 祐方. 1961. 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日本海区水研研報, **9**: 1-227.
- 岩井 保. 1971. 魚学概論, 228pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 梶浦 欣二郎・土屋 端樹・日高 孝次. 1958. 日本海の高況の分析. 対馬暖流開発調査報告書, **1**: 158-170.
- KAMBA, M.. 1977. Feeding habits and vertical distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in early life stage in Uchura Bay, Hokkaido. *Res. Inst. N. Pac. Fish., Hokkaido Univ., Spe. Vol.*: 175-197.
- KENDALL, A.W., Jr., E.H. AHLSTROM and H.G. MOSER. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. 11-22. In H.G. MOSER *et al.*, eds. *Ontogeny and systematics of fishes*, 760pp. Spec. Publ. No. 1, Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Lawrence.
- 木部崎 修. 1960. 東海・黄海における底魚資源の研究, **5**: 1-212.

- 倉田 亨. 1982. 水産バイオマス資源への経済学的アプローチ——一つのエコロジカル・エコノミクス試論——. 昭和56年度通商産業着委託調査報告書, 56-1: 118-152.
- 小坂昌也・小椋将弘・白井秀機・前地道義. 1967. 駿河湾におけるタチウオの生態学的研究. 東海大紀要海洋, 3: 131-146.
- 桑原昭彦・鈴木重喜. 1982. ヒラメ稚魚の鉛直分布と食性. 日本誌, 48: 1375-1381.
- 桑原昭彦・鈴木重喜. 1983. タマガンゾウビラメ・メイタガレイ仔魚の鉛直分布と食性. 日本誌, 49: 875-881.
- 桑原昭彦・鈴木重喜. 1983. 若狭湾西部海域に出現する主要仔魚の食性と餌生物の関係について. 日本誌, 49: 1507-1513.
- LARKIN, P.A., TERPENNING J.G. and R.R. PARKER. 1957. Size as a determinant of growth rate in rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 86: 64-96.
- LAST, J.M.. 1978. The food of three species of gadoid larvae in the eastern English Channel and southern North Sea. *Mar. Biol.*, 48: 377-386.
- 前田辰昭・平川英人. 1977. ベーリング海東部におけるスケトウダラの産卵場と分布様式について. 日本誌, 43: 39-45.
- 舞鶴海洋気象台. 1975. 若狭湾(Ⅲ). 沿岸海洋研究ノート, 12: 145-149.
- 真子 渺. 1957. 東海・黄海における底海資源の研究, 4: 67-70.
- 松原喜代松. 1963. 動物系統分類学, 9(中), 531pp. 中山書店, 東京.
- 松原喜代松・落合 明. 1965. 魚類学(下), 958pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 南 卓志. 1981. マコガレイの初期生活史. 日本誌, 47: 1411-1419.
- 南 卓志. 1982. メイタガレイの初期生活史. 日本誌, 48: 369-374.
- 南 卓志. 1982. ヒラメの初期生活史. 日本誌, 48: 1581-1588.
- 南 卓志. 1983. 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.
- 南 卓志. 1984. インガレイの初期生活史. 日本誌, 50: 551-560.
- 三栖 寛. 1955. 東海・黄海における底魚資源の研究, 2: 50-54.
- 三栖 寛. 1958. 東海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 第一報 年齢と成長について. 西海区水研研報, 15: 1-13.
- 三栖 寛. 1959. 東海・黄海産タチウオ資源の研究. 第二報 成熟と産卵について. 西海区水研研報, 16: 22-33.
- 三栖 寛. 1961. 東海・黄海産タチウオ資源の研究. 第三報 分布・回遊と population の考察. 西海区水研研報, 24: 115-131.
- 三栖 寛. 1964. 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 西海区水研研報, 32: 1-57.
- 水戸 敏. 1961. 日本近海に出現する浮遊性魚卵Ⅱ. 九大農芸誌, 18: 285-310.
- MOORE, R.. 1979. Natural sex inversion in the giant perch (*Lates calcarifer*). *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 30: 803-813.
- MOSER, H.G. and E.H. AHLSTROM. 1970. Development of lanternfishes (family Myctophidae) in California Current. Part I. Species with narroweyed larvae. *Bull. Los Angeles Co. Mus. Nat. Hist. Sci.*, (7): 1-145.
- MOSER, H.G., AHLSTROM H. and E.M. SANDKNOP. 1977. Guide to the identification of scorpionfish larvae (family Scorpaenidae) in the eastern Pacific with comparative notes on species of *Sebastes* and *Helicolenus* from other oceans. *NOAA Tech. Rep. NMFS Circular*, 402: 1-71.
- 宗清正廣. 1985. タチウオ延縄漁業の経営改善の方向性について. 京都海洋センター研報, 9: 1-4.
- 宗清正廣. 1988. 若狭湾西部海域において再捕された標識タチウオについて. 水産海洋研究会報, 52(3): 270-271.
- 宗清正廣・桑原昭彦. 1983. はえなわ釣獲試験結果からみた産卵期におけるタチウオ魚群の特徴. 日本誌, 49: 1515-1521.
- 宗清正廣・桑原昭彦. 1984a. 若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期と性比. 日本誌, 50(8): 1279-1284.
- 宗清正廣・桑原昭彦. 1984b. タチウオの産卵場, 産卵習性, 分布様式. 日本誌, 50(9): 1527-1533.
- 宗清正廣・桑原昭彦. 1985. 若狭湾西部海域におけるタ



- チウオの食性. 日水誌, 51(6): 913-919.
- 宗清正廣・桑原昭彦. 1986. 若狭湾西部海域におけるタチウオ卵・稚仔魚の分布. 日水誌, 52(5): 805-810.
- 宗清正廣・桑原和彦. 1988a. 若狭湾西部海域におけるタチウオの年齢と成長. 日水誌, 54(8): 1305-1313.
- 宗清正廣・桑原昭彦. 1988b. 若狭湾西部海域におけるタチウオの成熟と産卵. 日水誌, 54(8): 1315-1320.
- NAKAI, Z.. 1962. Quantitative distribution of the Japanese sardine by year, 1949 through 1951. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (9): 23-60.
- 日本海中部海域タチウオ共同研究チーム. 1988. 日本海中部海域産タチウオの資源管理. 水産研究叢書 38, 103pp. 日本水産資源保護協会, 東京.
- NIKOLSKI, G.V.. 1965. 魚類生態学, (亀井健三訳) 第2版, 315pp. 新科学文献刊行会, 米子.
- 西川道子・石橋貴昭. 1975. トビハゼにおける周期的給餌への活動リズムの同調. 動物学雑誌, 84: 184-189.
- 西川康夫. 1987. クロタチカマス魚類の初期生活史の研究. 遠洋水研研報, 24: 1-158.
- 西村三郎. 1957. 浮遊深度によるマイワシ卵の発生速度の相違について. 日本生態学会誌, 7: 77-80.
- 落合 明・田中 克. 1986. 新版 魚類学(下). 1140 pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 小川嘉彦. 1974. 日本海の高塩分水と対馬暖流. 水産海洋研究会報, 24: 25-36.
- 岡田啓介・大滝英夫. 1971. 1969年の標識放流結果からみた東シナ海産タチウオの分布と移動. 日水誌, 37: 75-82.
- 岡田立三郎. 1957. 東海・黄海における底魚資源の研究. 4: 32-50.
- 沖山宗雄. 1965. 佐渡海峡に出現する魚卵・稚仔に関する予察的研究. 日本海区水研研報, 15: 13-37.
- 沖山宗雄. 1979. 稚魚分類学入門 幼期形態の読み方. 海洋と生物, 2: 54-59.
- POWER, G. and J. GREGOIRE. 1978. Predation by freshwater seals on the fish community of Lower Seal Lake, Quebec. *J. Fish. Res. Board Can.*, 35: 844-850.
- RUNNSTROM, S.. 1936. A study on the life history and migrations of Norwegian spring herring based on the analysis of the winter rings and summer zones of the scale. *Rept. Norw. Fish. Mar. Invest.*, 5: 3-103.
- 最首光三・小島喜久雄. 1960. 東海・黄海における底棲魚類の生態-I. 垂直移動について. 西海区水研研報, 19: 1-24.
- 最首光三・最首とみ子. 1965. 東シナ海・黄海産底生魚類における消化器官の2・3の形質の地理的変異と population の問題. 西海区水研研報, 33: 61-98.
- 阪本俊雄. 1975. 紀伊水道におけるタチウオの生殖生態について. 栽培技研, 4: 9-20.
- 阪本俊雄. 1976. 紀伊水道産タチウオの年齢と成長. 日水誌, 42: 1-11.
- 阪本俊雄. 1982. 紀伊水道におけるタチウオの漁業生物学的研究. 和歌山県水産試験場, 1-113.
- 阪本俊雄・鈴木克美. 1978. 水槽内で観察されたハリセンボン *Diodon laccanthus* の産卵習性と初期生活史. 魚類学雑誌, 24: 261-270.
- SAWARA, Y. and T. OGAWA. 1984. Presence of food as entraining factor of rhythmic activity in *Chaenogobius laevis* in captivity. *Japan. J. Ichthyol.*, 31(1): 93-96.
- 佐原雄二・小川 隆. 1986. 弘前大学理科報告, 野外におけるジュズカケハゼ (*Chaenogobius laevis*) の摂餌活動周期, 33: 87-95.
- SETTE, O.E.. 1943. Biology of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) of North America. *U. S. Fish Wildlife Serv., Fish. Bull.*, 50(38): 149-237.
- SHELBOURNE, J.E.. 1957. The feeding and condition of plaice larvae in good and bad plankton patches. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 36: 539-552.
- 鈴木克美・小林弘治・日置勝三・阪本隆志. 1974. 駿河湾におけるサクラダイ *Sacura margaritacea* の生態. 魚類学雑誌, 21: 21-33.
- 鈴木克美・小林弘治・日置勝三・阪本隆志. 1978. 駿河湾におけるキンギョハナダイ *Franzia squamipinnis* の生態. 魚類学雑誌, 25: 124-140.
- SUZUKI, K., TANAKA Y. and S. HIOKI. 1980. Spawning behavior, eggs and larvae of the butterflyfish, *Chaetodon nippon*, in an aqua-

- rium. *Japan. J. Ichthyol.*, **26**: 334-341.
- 鈴木 清・木村清志. 1980. 熊野灘におけるタチウオの資源生物学的研究. 三重大水産研報, **7**: 173-192.
- 鈴木重喜・桑原昭彦. 1983. 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.
- 田北 徹・藤田矢郎. 1964. メイタガレイの卵発生と仔魚前期. 日水誌, **30**: 613-618.
- 田中 克. 1975. 消化器官, 7-23. 稚魚の摂餌と発育 (日本水産学会編), 水産学シリーズ **8**: 122pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 田中 克. 1977. 志々伎湾の環境構造とマダイ当歳魚の生産をめぐる問題点. 漁業資源研究会議報, **20**: 77-102.
- 田中 實・柿元 皓・大久保久直. 1985. 魚礁漁場における魚類生態に関する研究 I 人工魚礁における魚類の分布構造. 水産土木, **21**(2): 9-16.
- 谷岡克己. 1962a. 日本海の海況(1) 海と空, **38**: 90-101.
- 谷岡克己. 1962b. 日本海の海況(2) 海と空, **38**: 115-128.
- TAYLOR, W.R. 1967. An enzyme method of clearing and staining small vertebrates. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, **122**(3596): 1-17.
- 辻田時美. 1958. 西日本近海及び東支那海暖流域の海況と漁況. 対馬暖流開発調査報告書, **1**: 13-51.
- TSUKAHARA, H.. 1961. Biology of the catlassfish, *Trichiurus lepturus* LINNAEUS, Part I, Early life history. *Rec. Oceanogr. Works Japan (Spec. No. 5)*: 117-121.
- 内田恵太郎. 1933. タチウオの生活史. 動物学雑誌, **45**(532, 533): 119-120.
- 内田恵太郎. 1937a. 魚類の浮遊幼期に見られる浮遊機構について (I). 科学, **7**(13): 540-546.
- 内田恵太郎. 1937b. 魚類の浮遊幼期に見られる浮遊機構について (II). 科学, **7**(13): 591-595.
- 内田恵太郎. 1963. 稚魚の形態・生態と系統. 動物分類会報, **30**: 14-16.
- 内田恵太郎. 1964. 魚類の個体発生と進化. 化石, **8**: 33-36.
- 内田恵太郎. 1966. 魚類の変態. 115-122. 脊椎動物発生学 (久米又三編), pp. 542, 培風館, 東京.
- 内田恵太郎・道津喜衛. 1958. 対馬暖流水域の表層に現れる魚卵・稚魚の概説. 対馬暖流開発調査報告書, **2**: 9.
- 宇田道隆. 1931. 日本近海各月平均海洋図 (自大正7年至昭和5年1918~1930) 並に該図より推定される海流に就て (第2報: 1月より6月迄). 水産試験場報告, **2**: 59-81.
- UEDA, H., KUWAHARA, A., TANAKA M. and M. AZETA. 1983. Underwater observations on copepod swarms in temperate and subtropical waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **11**: 165-171.
- 上田雅正・藤田矢郎. 1954. キス *Sillago sihama* (FORSKAL) の卵発生. 魚類学雑誌, **3**: 118-120.
- WALFORD, L.A.. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, **90**: 141-147.
- 渡辺泰輔. 1970. マサバの発育初期における形態・生態ならびに資源変動に関する研究. 東海区水研研報, **62**: 1-283.
- 渡辺泰輔. 1982. 沿岸回遊性浮魚類の卵・稚仔分布と黒潮. 沿岸海洋研究ノート, **19**: 149-162.
- 渡辺泰輔・服部茂晶. 1971. 魚類の発育段階の形態的区分とそれらの生態的特徴. さかな, **7**: 54-59.
- 渡辺泰輔. 1956. 日本海の底魚漁業とその資源 (以東底魚資源調査経過報告). 日本海区水研研報, **4**: 249-269.
- 山田梅芳. 1964. 東シナ海におけるタチウオの体長別魚群の分布・回遊について. 西海区水研研報, **32**: 135-157.
- 山田梅芳. 1968. 東シナ海に生息するワニエソの生殖生態について. 西海区水研研報, **36**: 21-37.
- 山田梅芳. 1971. 東シナ海に生息するタチウオの生殖生態の変化. 西海区水研研報, **41**: 63-81.
- 山田梅芳・田川 勝・真子 渺. 1965. 東シナ海に生息するワニエソ *Saurida tumbil* (BLOCH) の資源量の減少に伴う生殖生態の変化について. 西海区水研研報, **33**: 1-12.