

## イサキの資源生物学的研究

木 村 清 志 \*

三重大学水産学部

### Studies on the Fishery Biology of the Threeline Grunt *Parapristipoma trilineatum* (Pisces : Haemulidae)

Seishi KIMURA \*

Faculty of Fisheries, Mie University

(Synopsis)

The threeline grunt *Parapristipoma trilineatum* (Pisces : Perciformes : Haemulidae) is a valuable species as an edible fish along the coasts of southern Japan. The present report deals with the fishery biology of this species, with particular reference to its fishery, geographical distribution and migration, age and growth, age composition and survival rate, maturity and spawning, feeding habits and morphology of feeding and digestive organs, artificial spawn taking and larval rearing, embryonic and larval developments, and stock assessment. The materials used in these studies were mainly caught from coastal areas of Kumano-nada (Kii Peninsula, Mie Prefecture) during the years from 1978 to 1984. The rearing experiments were carried out at the Fisheries Research Laboratory, Mie University. The results obtained are summarized as follows :

#### 1. Threeline Grunt Fishery

Fishing grounds of this fish were formed in the rocky reefs along the warm currents, or Kuroshio (Pacific coasts) and Tsushima Current (coasts of East China Sea and Sea of Japan). This species was caught representatively with

---

\* 附属水産実験所 (Fisheries Research Laboratory, Mie University, P. O. Box 11, Shima-cho, Mie 517-07)

hook and line, and also with set nets and gill nets. The fishing season generally began in April or May, and continued until September or November.

The commercial landing of the threeline grunt with hook and line, set nets, and gill nets was totally estimated at 150 to 160 metric tons per year at the Pacific coast of Sakishima Peninsula, Mie Prefecture in 1982 and 1983. The catch in weight with hook and line increased rapidly during the years from 1979 to 1982, but it decreased in 1983. The average length of the fish caught with hook and line became smaller during the years from 1979 to 1983.

## 2. Geographic Distribution and Migration

The threeline grunt was distributed in southern Japan, the southern coasts of the Korean Peninsula, Taiwan, and along the East and South coasts of mainland China. But this species did not inhabit the sea along the Ogasawara Islands, Ryukyu Islands, nor the Philippines. This fish was one of the representative submarginal continental endemic species. In Japan, the fish normally inhabited the area from Kagoshima Prefecture to Chiba Prefecture along the Pacific coasts, and from Kagoshima Prefecture to Niigata Prefecture along the coasts of the East China Sea and the Sea of Japan. This species preferred warm water temperature, high salinity, and rocky shores.

The threeline grunt did not make a large-scale migration which was observed in the tunas *Thunnus* spp., the yellow tail *Seriola quinqueradiata*, or the saury *Cololabis saira*, but made a seasonal offshore-inshore migration in limited areas.

## 3. Age and Growth

The scale, otolith, centrum, opercle, and supraoccipital crest were observed in detail in order to select the most suitable hard tissue for age determination of the threeline grunt. The scale was a representative ctenoid, and ring marks were shown clearly on the embedded part. The ring marks formed similarly on scales taken from any part of the body. Although any scale on the body could have been used for age determination, the scale taken from a row beneath the lateral line just posterior to the tip of the pectoral fin (B-region in Fig. 10) was the most suitable for mark reading because of having the largest scale radius and less distorted shape. Ring marks on scales formed twice in a year, both in summer (June or July) and in winter (January or February).

The otolith was fairly large and was removed very easily from the cranium. Hyaline and opaque zones were shown clearly without grinding or sectioning. The opaque zones were very narrow and shown as opaque lines. Otoliths preserved in 15% buffered formalin for some months were sufficiently readable. Ring marks on the otoliths (outer margins of opaque zones) formed once a year in June or July. Because such months coincided with the spawning period of the fish, the number of ring marks on the otolith represented the full age of the fish.

Ring marks on the longitudinal sections of the centra were very obscure, and lack of ring marks frequently appeared. Zonation of the opercle was extremely indistinct. The supraoccipital crest had distinct hyaline and opaque zones, but only two opaque zones could be recognized in any large fish.

From such observations, the author concluded that only scales and otoliths could be used for age determination of this species among those five hard tissues. The otolith was more suitable than the scale because the ring marks were shown distinctly even for older specimens, and lack or duplication of ring marks were very few.

From otolith reading, average length growth of the fish was expressed by the following equation:  $L_t = 357.5 (1 - \exp(-0.2855(t + 0.2909)))$ , where  $L$  = fork length in mm and  $t$  = full age. Range of the length growth was estimated by the mean values and standard deviations of calculated fork lengths at the time of each ring formation. The growth for about 95% of the fish was within the limits of the following two equations:  $L_t = 362.1 (1 - \exp(-0.3377(t + 0.3622)))$  and  $L_t = 355.8 (1 - \exp(-0.2427(t + 0.1283)))$ . The length growth was more rapid during the months from August to October than the other months. The growth compensation was observed in the growths of 2- to 4-age-groups. The early length growths were estimated from rearing experiments and these were expressed by the following two equations:  $TL = 0.00986t^2 + 0.0734t + 2.43$  ( $t \leq 30$ ) and  $TL = 324 (1 - \exp(-0.00983(0.127t + 5.26 + 8.53 \sin(0.0172t - 20.0))))$  ( $t > 30$ ), where  $TL$  = total length in mm and  $t$  = days after hatching.

#### 4. Age Composition, Survival Rate, and Natural Mortality Coefficient

Age composition of the threeline grunt caught with hook and line was estimated by otolith reading for the sampled fish, by analyzing the polymodal frequency distribution of the fork length, by solving simultaneous equations based on the length compositions of each age-group and the length composition of commercial catch, and by an iterative calculation method based on the market size or length compositions of each age-group and the length composition of commercial catch. Good results were obtained by otolith reading and the iterative calculation methods.

Survival rate was estimated at 0.25 from the age composition of the fish by LEA's (1930) and DOI's (1975) methods. Natural mortality coefficient was calculated at 0.5-0.6 by DOI's (1977) and PAULY's (1981) methods.

#### 5. Maturity and Spawning

The larger half of specimens had a pair of gonads bilaterally asymmetrical in weight. Of these, the specimens with dextral gonads dominated over the specimens with sinistral ones. The development or maturity of ovarian eggs proceeded uniformly throughout the ovary.

According to the degree in advancement toward ripeness, the ovarian eggs were divided into the following nine stages; (1) peripheral nucleolus stage, (2) yolk vesicle stage, (3) early yolk globule stage, (4) middle yolk globule stage, (5) later yolk globule stage, (6) migrating nucleus stage, (7) pre-maturation stage, (8) maturation stage, (9) ripe egg stage.

The ovarian eggs at peripheral nucleolus and yolk vesicle stages were present throughout the year in the ovaries of the groups older than age 2. The eggs at yolk globule stages or more mature stages appeared during the period from May to August, especially the eggs at migrating nucleus stage or more mature stages were found only in June in 2-age-group and between June and August

in the groups aged older than 3.

From the histological observation, the process of testicular maturation was divided into the following four phases; (1) preparative phase: the testis was occupied mainly by spermatogonia, (2) spermatogenesis phase: primary and secondary spermatocytes were dominant in the testis, (3) discharging phase: spermatozoa filled up in the testis, (4) resorptive phase: spermatozoa resorbed by the seminiferous epithelial layer. The testes of such phases appeared in the following months; (1) preparative phase: December or January to April, (2) spermatogenesis phase: April and May, (3) discharging phase: June to August, (4) resorptive phase: September to December.

The spawning season began in early June, and continued until mid-August. The younger fish (2- and 3-age-groups) finished their spawning earlier than the older ones. The water temperature of the spawning ground ranged from 20 to 28°C. The time of actual spawning in a day usually fell at around eight p.m. The group maturity rates of both sexes for each age-group were estimated as follows; 1-age-group: 0% in both sexes, 2-age-group: 43% in females and 83% in males, 3-age-group: 95% in females and 100% in males, 4- to 8-age-groups: 100% in both sexes. The biological minimum sizes were about 160 mm in fork length in females and about 150 mm in males.

The sex ratio of males to females declined with their growth, and this change was attributable to the difference of the survival rates between both sexes. The percentage occurrence of females in each age-group ( $Pf$ ) were expressed by the following equation:  $Pf = 100 / (1 + 1.921 \cdot 0.788^t)$ , where  $t$  = age.

The number of eggs spawned in a year by a single female (= fertility) was estimated from the difference of the ovary weight between samples of pre-spawning and spent conditions. The fertility ( $Fe$ ) was given by the following equation:  $Fe = 4.759L^{5.281} \cdot 10^{-8}$ , where  $L$  = fork length in mm. The total amount of eggs spawned by the 3-age-group was the largest among the all age-groups.

## 6. Feeding Habits

Empty stomachs occurred more frequently in the samples collected with hook and line than in those with set nets. The feeding activity was intense during the period from May to September, and declined after October.

Main foods of the adult and subadult fish, larger than 100 mm in fork length, were clupeoid fishes (*Spratelloides gracilis*, *Sardinops melanostictus*, *Engraulis japonicus*, etc.), but crustaceans also were fed on abundantly in March, June, November, and December. Clupeoid fishes appeared as the prey animal in almost all seasons. In crustaceans, copepods chiefly appeared in spring and autumn, while amphipods in summer. Postflexion larvae fed on only copepod species (*Corycaeus* spp., copepodid larvae, etc.). Juveniles became to feed on branchiopods and larval bivalves in addition to copepods. The main foods of young were an arrow worm *Sagitta* sp., copepods (*Eucalanus* spp., etc.), larval decapods (mysis and zoea larvae, etc), protochordates (*Oikopleura dioica*, etc.), and larval anchovy *Engraulis japonicus*. Maximum value of the size preference ( $\alpha_{max} = PL_{max} / L$ , where  $L$  = fork length of the predator and  $PL_{max}$  = maximum size of the prey animal) was 58% in the fish of 50 to 100 mm in fork length. The value of  $\alpha_{max}$  decreased with growth for the fish larger than 100 mm. This

value of the threeline grunt was fairly smaller than that of a piscivorous fish as the Japanese bluefish *Scombrops boops*.

Maximum amount of food ingested ( $F_{max}$ ) was given by the following equation:  $\log F_{max} = 0.842 \log W - 1.026$ , where  $W$  = body weight in g. The amount of ingestion was positively related to the water temperature. There was a little decrement of the amount of ingestion according to the gonadal development. The gastric emptying rate tended to increase with rising environmental temperature, while the rate varied inversely with the size of fish.

The feeding and digestive organs (teeth, jaws, gill rakers, stomach, pyloric caeca, and intestine) of this species were less specialized owing to its unspecialized feeding habits. But the needle-like processes on the gill rakers (=secondary gill rakers) were well developed, and they enabled the fish with only a small number of gill rakers to feed on such small crustaceans as copepods.

### 7. Artificial Spawn Taking

Spawning was observed twenty times or more during the period from early June to mid-July. It was possible to collect the fertilized eggs from non-reared parental fish. Even injection of gonadotropin (HCG) took no recognizable effect.

Hatching rate usually ranged from 50 to 100 %. The rate was significantly related to the ratio of floating eggs and inversely to the coefficient of variance of the egg diameter. Accordingly, the ratio and the coefficient of variance could be indicators appraising the quality of eggs spawned. The hatching rate was inversely related to the areal density of the eggs in a hatching vessel, but the rate independent of the areal density within less than 20 eggs/cm<sup>2</sup> and of the voluminal density of eggs in the vessel.

Optimum temperature and salinity for hatching were estimated at 22.6 °C and 34.2 ‰, respectively. The relationship between the hatching rate ( $Hr$ , %), temperature ( $T$ , °C) and salinity ( $S$ , ‰) was expressed by the following equation:  $Hr = -1.984 T^2 - 4.125 S^2 + 70.92 T + 269.9 S - 0.5475 TS - 530$ . The total effective temperature ( $(T - T_0) Ht$ , where  $Ht$  = time to hatching in h,  $T$  = water temperature in °C, and  $T_0$  = biological zero in °C) was almost constant within the limits of water temperature ranging from 18 to 28 °C. Consequently, incubation time was given by the following equation:  $Ht = 241.5 / (T - 13.2)$ .

The weight growth curve for the juvenile and young stages was expressed by the following equation:  $W = 449 (1 - \exp(-0.00983 (0.127 t + 5.26 + 8.53 \sin(0.0172 t - 20.0))))^{3.07}$ , where  $W$  = body weight in g and  $t$  = days after hatching.

### 8. Embryonic, Larval and Juvenile Development

Fertilized eggs, measuring 0.78 - 0.85 mm in diameter, were buoyant, spherical, and transparent. The yolk was segmented partly and contained a single oil globule. Hatching occurred at 28 to 30 h after spawning when incubation temperatures ranged from 20.5 to 21.5 °C. Total lengths ( $TL$ ) of newly hatched larvae ranged from 1.50 to 1.65 mm. In yolk-sac larvae, a single oil globule rested on infra-posterior portion of the yolk sac, the anus opened away from the yolk, and xanthophores developed on the dorsal and anal margins of the finfold. The yolk and oil globule completely absorbed in three or four days after hatching, and the larvae became preflexion stage. The notochord flexed at about 5.5 mm

TL in 19 days after hatching. Aggregate numbers of all finrays were completed at about 12 mm TL, and they became juveniles. Squamation was almost finished in specimens of about 35 mm TL, and they changed to the young. Specific longitudinal bands started to form in the juvenile stage and completed in the young stage. The bands appeared in smaller specimens of reared juveniles than those of wild ones. There was little difference in the relative growths of some body parts between reared juveniles and wild ones.

The larvae and juveniles of the threeline grunt bore close resemblance to those of *Haemulon pulmieri* and *Orthopristis chrysoptera* rather than those of *Plectorhynchus pictus* and *P. cinctus*.

The anlagen of each fin formed at 6 mm TL (dorsal and anal), at about 4 mm (caudal), at about 2.8 mm (pectoral), and at about 8 mm (pelvic). Aggregate numbers of all finrays and the numbers of fin spines were completed at 12 mm TL and 18 mm, respectively. Segmentation of the soft-rays occurred at 9 to 17 mm TL in dorsal fin, at 8.5 to 15 mm in anal fin, at 6.4 to 9.6 mm in caudal fin, at 9.5 to 60 mm in pectoral fin, and 12 to 16 mm in pelvic fin. Branching of the soft-rays was observed at 24 to 130 mm TL in dorsal fin, at 20 to 140 mm in anal fin, at 12 to 18 mm in caudal fin, at 24 to 130 mm in the pectoral fin, and at 14 to 34 mm in pelvic fin.

Scales appeared at about 16 mm TL. The head and body except the snout were almost covered with scales when juveniles attained to about 35 mm. The snout was covered by scales and squamation was completed perfectly at about 130 to 140 mm.

Convolution of the alimentary canal started at about 3.1 mm TL and finished at 3.7 mm. The pyloric caeca formed at about 12.7 mm, and completed in number at about 22.5 mm.

## 9. Stock Assessment

Based on the above data, the present parameters of the threeline grunt stock at the coast of Sakishima Peninsula were estimated as follows: natural mortality coefficient ( $M$ ) = 0.6, survival rate ( $S$ ) = 0.25, total mortality coefficient ( $Z$ ) = 1.39, fishing mortality coefficient ( $F$ ) = 0.79, rate of exploitation ( $E$ ) = 0.504, and availability of 1-age-group ( $Q$ ) = 0.058, catch in number for 1- to 8-age-groups ( $C$ ) = 1,275,400, fishable population size in number for 1- to 8-age-groups ( $N_c$ ) = 2,966,000, population size in number for 1-age-group ( $N_1$ ) = 3,861,500, and total population size in number for 1-to 8-age-groups ( $N$ ) = 6,603,500.

From the stock size estimates, the population size of mature females and total number of eggs spawned in the present stock decreased to 41.2 % and 16.4 % of those in unexploited stock, respectively. Accordingly, it seemed that the present fishing intensity more or less exceeded the optimum level. And further, such two methods as reducing the fishing effort to 3690 boat-day in a year, and rising the length at first capture to 17 - 18 cm in fork length, were conceived in order to manage the stock at the optimum level.

**Key words :** threeline grunt, fisheries biology, larval development, stock assessment

## 緒 言

イサキ *Parapristipoma trilineatum* (THUNBERG) はスズキ亜目 Percoidei イサキ科 Haemulidae イサキ属 *Parapristipoma* に属する魚類で、主としてわが国の本州中部から中国大陸南部の沿岸にまで分布している。本種はいずれも日本産の標本に基づいて、*Perca trilineata* THUNBERG, 1793, *Pristipoma japonicum* CUVIER, 1830, *Diagramma japonicum* BLEEKER, 1853 と記載された。その後、BLEEKER (1873) は *Parapristipoma* 属を創設するとともに、後 2 者を前者の junior synonym とし、現在に至っている。JORDAN and EVERMANN (1902) は台湾産の老成魚に基づいて *Plectorhynchus ocyurus* を記載したが、これも FOWLER (1931) によって本種の junior synonym にされた。また、瀬戸内海から記載された *Diagramma aporognathus* REGAN, 1905 は JORDAN and THOMPSON (1912) によってイサキの junior synonym にされ、また FOWLER (1931) もこれを踏襲しているが、その後、松原 (1955) によってコショウダイ *Plectorhynchus cinctus* の junior synonym にされた。しかし、これは明らかにイサキの junior synonym であることが KIMURA (1985) によって確認された。そのほか、JORDAN and SNYDER (1901) は *Parapristipoma japonicum* (CUVIER) を、LIN (1934) は *Pomadasys japonicus* (CUVIER) を用いている。このように、本種の学名にはあまり大きな混乱はなく、また国内的にも通常、イサキあるいはイサギで通用している。

イサキ属魚類は本種のほか *Parapristipoma latifrons* (TROSCHEL), *P. humile* (BOWDICH) および *P. mediterraneum* (GUICHENOT) が知られているが、これらはいずれもアフリカ西海岸あるいは地中海に分布し (FOWLER 1936)、太平洋に分布するのはイサキ 1 種である。

日本近海にはイサキ科魚類として本種のほか、コショウダイ属 *Plectorhynchus* 11 種、ミゾイサキ属 *Pomadasys* 3 種、ヒゲダイ属 *Hapalogenys* 5 種の 19 種が知られている (赤崎 1984)。このうち産業的には、沖縄地方を除いて、イサキが最も重要な種である。

イサキは日本沿岸では魚価も高く、一本釣や定置網などの対象魚種として非常に重要である。また、近年種苗生産技術もほぼ確立されたこと (北島ほか 1982, 岡・岡村 1982) や、人工魚礁によく蟄集すること (伊沢・栗藤 1978, 張ほか 1979, 肥後ほか 1980 a, b, c) などから栽培漁業の対象魚としての適種にあげられ、その資源増殖が望まれている。一方、数年前からイサキ一本釣に撒餌が用いられるようになって、一時漁獲が増加したものの、最近では漁獲量が減少したり、魚体が小型化してきた地方もある。このため、天然水域における本種の資源状態についての研究も必要となってきている。

このような現状から、著者は特に三重県熊野灘沿岸のイサキについてその資源生物学的特性を明らかにする目的で研究を行ってきた。本報告は本種の漁業、分布、年齢・成長、生残率、成熟・産卵、食性、種苗生産、初期生活史、および資源などについての知見を取りまとめたものである。

## 第1章 漁 業

### 第1節 イサキ漁業の概観

イサキ漁業は通常沿岸の小規模な経営形態で行われることが多く、また漁獲統計についても整理されていないことが多い。このため、イサキ漁業の実態に関する報告は非常に少なく、大分県豊後水道(阿南 1963)や神奈川県三崎(増沢・松浦 1970)について知られているにすぎない。ここではアンケート調査によって得られた、日本全国における漁場、漁法、漁期など、イサキ漁業の概要について報告する。

#### 研究方法

アンケート調査は1981年7月から9月にかけて全国の水産試験場、同分場・支場、栽培漁業センターなどを対象として行い、78箇所から解答を得た。質問内容は分布状態、漁獲の有無、漁場、漁法、漁期などである。

#### 結 果

**漁場** イサキの代表的な漁場は太平洋岸では房総半島から三浦半島、伊豆半島、新島-神津島海域、伊勢湾口から熊野灘、紀伊水道、室戸岬・足摺岬周辺、豊後水道、日向灘で、対馬暖流域では、丹後半島西岸、島根半島、隠岐島、響灘、玄海灘、壱岐島、対馬、五島列島、西彼杵半島、長崎半島、天草灘などである。いずれも天然礁がよく発達した海域で、水深は10~50m程度である。

**漁具・漁法** 最も代表的なイサキ漁法は一本釣りで、千葉県から鹿児島県、福井県から熊本県にかけて操業されている。通常、擬餌鉤を用いた方法が多く、このほか、特に大型魚を対象として、オキアミ類や小エビ類を餌にしたフカセ釣、流し釣も行われている。数年前から各地でアミ類や魚肉ミンチなどを用いた撒餌釣が普及している。

定置網は本種のみを対象としているのではないが、千葉、神奈川、静岡、三重~高知、大分~鹿児島、富山~兵庫、長崎、熊本などの各県ではかなり大量に漁獲されている。また刺網は一部の地方(千葉、愛知、石川各県など)で本種を対象として行われているほか、多くの地方で他の魚類などと混獲されている。前述のように、本種の漁場は岩礁域であるため曳網類ではあまり漁獲されていない。しかし、特に九州地方では吾智網を岩礁周辺で曳網して、かなり大量のイサキを漁獲することがある。

このほか、巻網によっても混獲されたり、ごく一部の地方では曳釣や延縄でも漁獲されている。また、伊豆諸島では時期によりタカベ寄網を用いて、大量のイサキを漁獲している。

**漁期** イサキ一本釣りの漁期は全国的に4月~5月から始まり、10月~11月に終了する。その他の漁法でも夏季を中心として漁獲されているが、静岡、三重、高知、山口の各県では冬季にも定置網や刺網による漁獲があり、これらの地方ではイサキは周年漁獲されている。なお、一般的に回遊魚として知られているサンマ *Colorabis saira* やブリ *Seriola quinqueradiata*、カツオ *Katsuwonus pelamis* などのように、季節的に漁場が移行する現象は全く認められない。

## 第2節 三重県前島半島におけるイサキ漁業の実態

三重県前島半島の熊野灘沿岸は岩礁がよく発達し、沖合約4マイルまで瀬が続いている。この海域では夏季を中心にしてイサキ一本釣漁業が盛んに行われ、また冬期には定置網や刺網によってイサキが漁獲されている。この海域で漁獲されたイサキは主として志摩町片田、和具、越賀、御座の4漁業協同組合を通じて市場に出荷されている。ここでは、特に詳細な漁獲資料が整っていた片田地区のイサキ漁業の実態について報告する。

### 研究方法

用いた資料は片田漁業協同組合一本釣漁獲日報（1979年～1983年）、および片田定置漁業協同組合漁獲日報（1977年～1983年）である。片田定置網は毎年6月中旬から10月初旬にかけて休漁であるため、この間の資料はない。また、漁獲量は通常銘柄別に記載してある。各銘柄の尾叉長範囲はおおよそ次のとおりである。「特大」27cm以上、「大」24～27cm、「中」21.5～24cm、「小」18.5～21.5cm、「ビリ」15.5～18.5cm、「ビリビリ」15.5cm以下。

このほか、漁業者に対する聞き取り調査や、1981年6月～7月に三重大学水産学部附属水産実験所舟艇「たんすい」（4.96トン）で行った漁場観察調査の結果も加えた。

### 結果と考察

**漁具・漁法・漁場** この海域でも主要な漁法は一本釣で、撒餌釣とフカセ釣の両方が行われている。使用漁船は主として3～10トン程度で、通常3トンクラスで1人、それ以上では2人で操業されている。また、この海域には大型および中型定置網が3統あり、これによってもある程度の漁獲がある。このほか、沿岸の壺網やカマス類、ブリなどを対象とした曳縄、シマアジ *Pseudocaranx dentex* やイセエビ *Panulirus japonicus* などを対象とした刺網でもわずかながら漁獲されている。

この海域は非常に岩礁が発達し、夏季には30m等深線の内側のいたるところで一本釣漁場が形成されている（Fig. 1）。このうち最も漁船が密集するのは大島、鳴神島、幣ノ島、神ノ島にかけての水深10～20mの海域である。刺網などもほぼ同様の海域で操業されている。志摩町全体の漁法別漁獲重量はTable 1のとおりである。

**漁獲量の季節的变化** 1981年から1983年の一本釣および定置網の漁獲量の経月変化をFig. 2に表した。一本釣による漁獲は3月～4月に始まり、10月～12月に終了する。盛漁期は例年5月から9月で、この期間に年間漁獲量の90～99%を漁獲している。漁獲量は7月に最大になり、このひと月で年間の35～48%の漁獲がある。定置網では通常3月あるいは4月から漁獲があり、夏に向かって増加する。その後漁獲量は一度減少し、12月に再び増加する傾向を示している。

この海域では一本釣と定置網の漁場が近接しているために、両者の漁期はほぼ一致し、増沢・松浦（1970）が示したほど両者の漁期のずれは顕著ではない。しかしここでも、一本釣ではほとんど漁獲のない12月に定置網では漁獲が増加し、かなり間接的ではあるが、この時期に魚群が移動することが推察される。

**漁獲量の経年変化** 一本釣の漁獲量と漁獲努力量（出漁漁船数と出漁日数の積）および単位漁獲量の経年変化をそれぞれFigs. 3, 4に示した。1979年から1982年にかけて漁獲量、漁獲努力量と

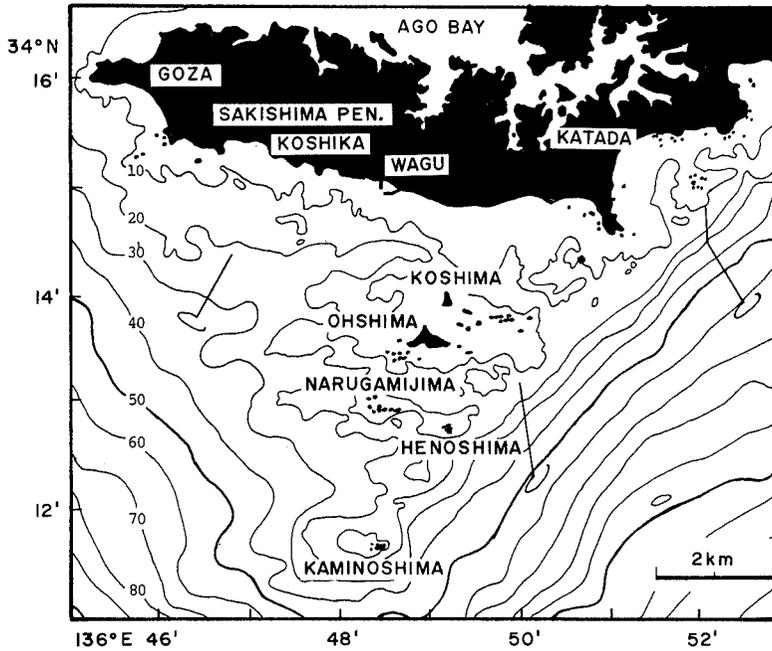


Fig. 1. A map showing the Pacific coast of Sakishima Peninsula, Mie Prefecture. The fishing ground of the threeline grunt is situated everywhere enclosed by 30 m isobath.

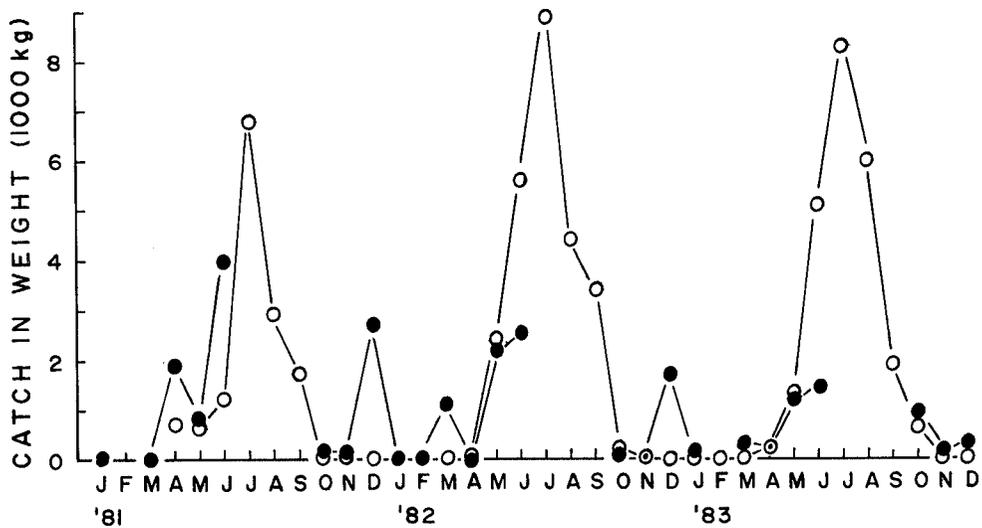


Fig. 2. Monthly commercial landing of the threeline grunt with hook and line (open circles) and with set net (solid circles) at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1981 to 1983.

Table 1. Commercial landing (1000kg) of the threeline grunt with hook and line, set, net, and gill net at Sakishima Peninsula, Mie Prefecture

Year	Hook and line	Set net	Gill net	Total
1982	132.5	22.6	5.5	160.6
1983	97.3	50.7	4.1	152.1

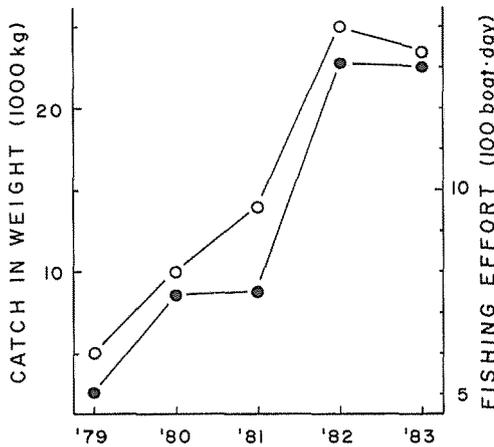


Fig. 3. Annual changes in the commercial landing (open circles) and the fishing effort (solid circles) of the hook and line fishing at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1979 to 1983.

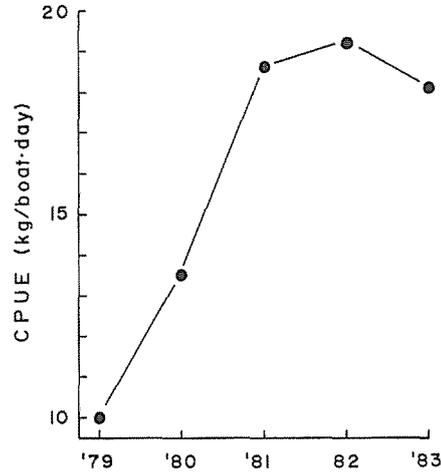


Fig. 4. Annual change in the catch per unit effort for the hook and line fishing at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1979 to 1983.

もに急増し、前者は約5倍、後者は約2.6倍に増加している。その後1983年には両者ともやや減少している。単位漁獲量も1979年から1981年の3年間に約80%増加するが、1981年から1983年にかけては18~19kg/boat・dayでほぼ安定している。

銘柄組成の経年変化を Fig. 5 に表した。「中」以上の銘柄が全体に占める割合は1979年と1980年では約64%、1981年では約51%、1982年と1983年では約34%となり、1981年を境にして、「特大」~「中」と「小」~「ビリビリ」の比率は完全に逆転している。また、「ビリ」は1979年以降増加傾向を示し、漁獲される魚体の大きさは年々小型化している。

Figs. 3, 4 から明らかなように、1979年から1981年の漁獲量の増加は主に単位漁獲量の増大に起因し、1981年から1982年は漁獲努力量の増大に起因している。この単位漁獲量の増大は、聞取り調査などから、撒餌釣が急速に普及し、漁獲効率が高くなったためであると考えられる。また魚体の小型化も、恐らく、この漁法の変化が原因であると考えられる。

定置網漁獲量の経年変化は Fig. 6 のとおりである。出漁日数は毎年160~180日で年変動はあまりない。最大漁獲量は1977年の9.9トン、最小は1980年の2.2トンで、漁獲量の年変動が大きく、一

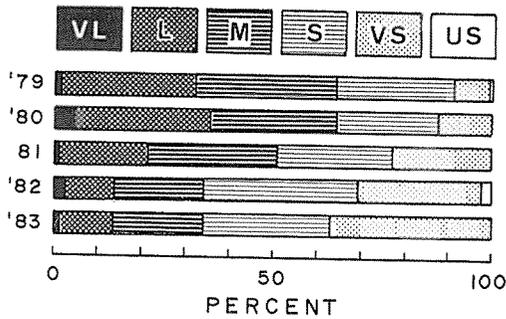


Fig. 5. Annual change in the weight composition of market categories in fish size caught with hook and line at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1979 to 1983. VL, fish larger than 27 cm in fork length; L, 24-27 cm, M, 21.5-24 cm; S, 18.5-21.5 cm; VS, 15.5-18.5 cm; US, smaller than 15.5 cm.

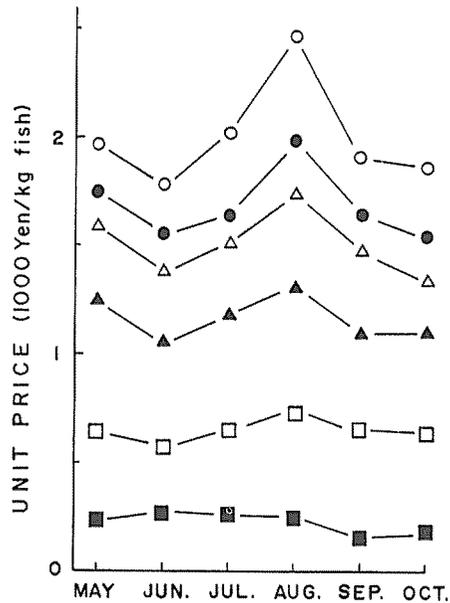


Fig. 7. Monthly changes in the average unit price of the threeline grunt in each market category caught with hook and line at Katada Fisheries Co-operative Association for 1979-1983. Open circles, VL; solid circles, L; open triangles, M; solid triangles, S; open squares, VS; solid squares, US.

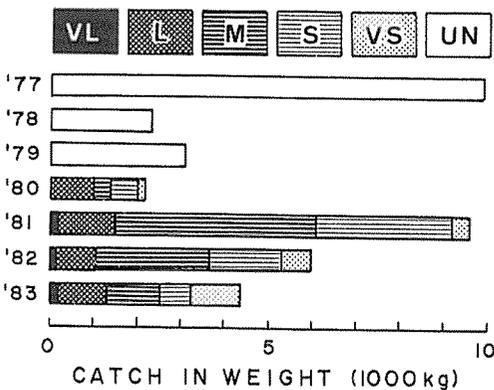


Fig. 6. Annual change in the catch in weight with set net at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1977 to 1983. VL, L, M, S, and VS are the same as in Fig. 5. UN, the market category is unknown.

定の傾向は認められない。また、1981年以降減少していることから、一本釣の漁獲量や単位漁獲量と直接的な関係はないようである。

魚価 5年間の平均単価の経月変化を Fig. 7 に表した。魚価は初漁期と旬の7月～8月に高く、特に旧盆のある8月中旬は出漁数が減少することにもなって供給量が大きく低下するため、魚価が著しく上昇する。9月以降は旬を過ぎるために魚価は下降する。

年平均単価の経年変化は Fig. 8 のとおりである。1979年から1983年にかけて「特大」は30%前後上昇しているが、他の銘柄の上昇率は10%前後で比較的低い。

銘柄別年平均単価と漁獲量の積によって生産

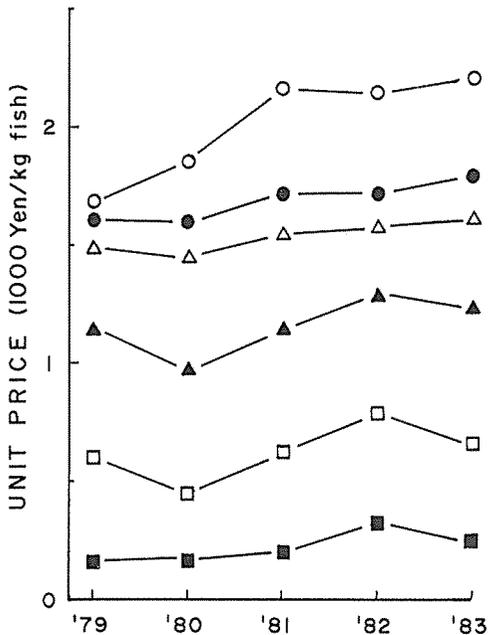


Fig. 8. Annual changes in the average unit price of the threeline grunt caught with hook and line at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1979 to 1983. Symbols are the same as in Fig. 7.

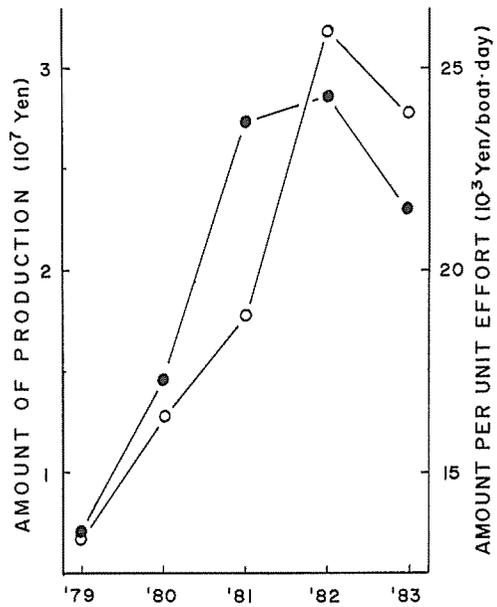


Fig. 9. Annual changes in the amount of production (open circles) and the amount per unit effort (solid circles) of the threeline grunt caught with hook and line at Katada Fisheries Co-operative Association during the years from 1979 to 1983.

額および単位努力あたり生産額を推算した (Fig. 9)。これらはそれぞれ漁獲量や単位漁獲量とよく対応し、1982年にピークが認められる。1982年から1983年にかけて、漁獲量や単位漁獲量はそれぞれ7%および6%減少しているのに対し、生産額や単位生産額では単価の安い小型魚の割合が増加しているために、それぞれ13%および14%も減少している。1979年と1981年を比較すると単位漁獲量は81%も上昇しているのに対し、単位生産額では56%しか上昇せず、魚体の小型化のために、生産額の増加率は漁獲量の増加率よりもかなり低い。このように、撒餌釣の普及は漁獲効率を増大させ、単位漁獲量を増加させた反面、魚体の小型化を招き、生産額は漁獲量ほど増大していない。

## 第2章 分布・移動

イサキの地理的分布に関しては通常、本州中部以南、台湾、シナ海とされているが (松原 1955, 阿部 1963, 松原・落合 1965, 赤崎 1984), 具体的にはほとんど記載されていない。また、本種の

移動については増沢・松浦（1970）が行った標識放流実験が知られているだけである。ここではアンケート調査や聞き込み調査、および文献探査から本種の地理的分布と移動について検討した。

### 研究方法

アンケートは第1章に使用したものである。分布状態は「比較的多い（C）」、「比較的少ない（R）」、「極めて稀（RR）」、「分布していない（-）」の四者択一方式を用いた。

### 結果と考察

分布 アンケート結果および日本国内での採集記録を Table 2 に、また国外における記録を Table 3 にそれぞれ表わした。

わが国の太平洋沿岸では、鹿児島県から千葉県までの海域で多く分布しているのが認められる。しかし、茨城県以北になると急激に減少し、岩手県以北では分布が認められない。また東シナ海・日本海沿岸では、鹿児島県から島根県付近までの海域では比較的多く分布しているが、鳥取県以北では北上にともなって、徐々に分布量が減少する傾向を示している。これは明らかに本種の分布が黒潮および対馬海流の面暖流に影響されていることを示している。したがって、本邦における通常の分布は太平洋岸では千葉県以南、日本海沿岸では新潟県以南となり、遇来的な分布を含めると、

Table 2. Geographical distribution of the threeline grunt in Japan according to the questionnaire to the Prefectural Fisheries Experimental Stations in 1981, and to the literatures on this species. C, common ; R, rare ; RR, very rare ; -, not distributed

Prefecture or locality	Questionnaire	Literature(s) *
Pacific coasts		
Hokkaido	-	
Aomori	-	
Iwate	-	
Miyagi	RR	
Fukushima	RR	
Ibaragi	RR	
Chiba	C	1, 2
Tokyo	?	3-5
Izu-oshima Is.	C	
Hachijo Is.	RR	
Ogasawara Is.	-	
Kanagawa	C	4-14
Shizuoka	C	15-18
Lake Hamana	?	19
Aichi	R	20, 21
Mie	C	14, 22-29
Ise Bay	-	21

Table 2. Continued

Prefecture or locality	Questionnaire	Literature(s) *
Wakayama	C	4, 5, 30, 31
Tokushima	C	
Kochi	R	32
Oita	C	33, 34
Miyazaki	?	14
Kagoshima	C	35, 37
Coasts of Sea of Japan or East China Sea		
Hokkaido	-	
Aomori	-	38
Akita	RR	
Yamagata	-	
Niigata	R	39
Toyama	R	
Ishikawa	R	
Fukui	R	40
Kyoto	R	14, 41
Hyogo	R	
Tottori	R	
Shimane	C	
Yamaguchi	C	
Fukuoka	C	42
Saga	C	
Nagasaki	C	4, 5, 14, 44-52
Ariake Sound	-	43
Shimabara	R	
Kumamoto	C	53, 54
Coasts of Seto Inland Sea		
Osaka	R	55
Hyogo	RR	
Okayama	RR	
Tokushima	RR	
Kagawa	RR	
Ehime	R	
Hiroshima	R	
Yamaguchi	RR	
Fukuoka	RR	

\* 1, KAMIYA (1922); 2, IZUKA and MATSUURA (1920); 3, STEINDACHNER and DÖDERLEIN (1884); 4, JORDAN and THOMPSON (1912); 5, FOWLER (1931); 6, JORDAN and SNYDER (1901); 7, FRANZ (1910); 8, UCHIDA (1929); 9, MASUZAWA (1967); 10,

(Continued on the next page)

太平洋岸では宮城県以南、日本海沿岸では青森県以南となる。

国外では韓国南部、台湾および東シナ海・南シナ海の中国大陸沿岸に分布が認められる。本種の南限は著者の知る限りトンキン湾奥部のウェイチョウ島である（成ほか 1962）。

本種の分布の特徴のひとつは先に述べたように暖流域であることである。しかし暖流域であっても、瀬戸内海や東京湾、浜名湖、伊勢湾、有明海などの内湾性の強い海域にはあまり分布していないようである。このような海域ではその周辺部（紀伊水道と豊後水道、および各湾口域）には比較

Table 3. Records of the threeline grunt in foreign shores

Author(s)	Country	Locality
MORI (1952)	Korea	Pusan, Cheju Is.
KIMURA and SUZUKI (1986)	Korea	Pusan
CHANG et al. (1979)	Taiwan	Tali, Tung-ao, Kao-hsiug, Wanli, Peng-hu, Chilung
JORDAN and EVERMANN (1902)	Taiwan	
SHEN (1984)	Taiwan	
CHENG and SUN (1963)	China	Amoy
FOWLER (1939)	China	Kowllon, Hong Kong, Canton
CHENG et al. (1962)	China	Hailin Is., Shanwei <sup>1</sup> , Weichou Is. <sup>2</sup>
LIN (1934)	China	Foochow

<sup>1</sup> Coast of South China Sea.

<sup>2</sup> Gulf of Tong King.

(Continued from the previous page)

MASUZAWA and MATSUURA (1968); 11, MASUZAWA and MATSUURA (1970); 12, HAYASHI and ITO (1974); 13, SHIMIZU (1979); 14, KIMURA and SUZUKI (1986); 15, KURODA (1951); 16, SATO (1971); 17, MATSUOKA (1972); 18, KOIKE and NISHIWAKI (1977); 19, CHIBA (1980); 20, OSHIMA (1954); 21, NAKAJIMA (1975); 22, IZAWA and KURIFUJI (1978); 23, SUZUKI and KIMURA (1980a); 24, KIMURA and SUZUKI (1980a); 25, KIMURA and SUZUKI (1980b); 26, KIMURA and SUZUKI (1981); 27, KIMURA (1981); 28, KIMURA et al. (1983); 29, KIMURA (1984); 30, OKUNO (1964); 31, ARAGA and TANASE (1966); 32, KAMOHARA (1964); 33, YASUDA et al. (1962); 34, OKA and OKUMURA (1982); 35, HIGO et al. (1980a); 36, HIGO et al. (1980b); 37, HIGO et al. (1980c); 38, WADA (1939); 39, HONMA (1952); 40, LINDBERG and KRASYUKOVA (1969); 41, MINAMI et al. (1977); 42, MITO (1963); 43, UCHIDA and TSUKAHARA (1955); 44, THUNBERG (1793); 45, BLEEKER (1853); 46, SHIOGAKI et al. (1971); 47, TAKITA and NATSUKARI (1972); 48, SHIOGAKI and DOTSU (1973); 49, NAKABO (1980); 50, KITAJIMA et al. (1982); 51, AZETA et al. (1983); 52, MATSUMIYA and TAKAHASHI (1983); 53, KIKUCHI (1970); 54, TOMIYAMA (1972); 55, JORDAN and THOMPSON (1914).

の多く分布しているのに対し、内海に來入するのは極めて少ない。したがって、本種は非常に外海性の強い魚種であることが明らかである。

さらにもうひとつの特徴として、本種は陸棚から離れた島嶼には分布しないことである。伊豆諸島では、神津島以北の海域で多くの分布が認められるが、それ以南では少なく、八丈島や小笠原諸島ではほとんどあるいは全く分布が認められない（座間・藤田 1977, ZAMA and YASUDA 1979）。また鹿児島県や台湾には分布しているがその間の南西諸島には分布が認められない（SUZUKI 1964, YAMAKAWA 1979, YOSHINO and NISHIJIMA 1981, 具志堅 私信, 瀬能 私信）。このほか、南シナ海の東沙、西沙、中沙、南沙各諸島（田 1979）やフィリッピン（FOWLER 1931, SCHROEDER 1980）、マーシャル・マリアナ諸島（SCHULTZ 1953）など北西太平洋の島嶼にも分布していない。すなわち、イサキは中国大陸沿岸、台湾、朝鮮半島南部、日本といずれも 200 m 以浅の大陸棚で連続した海域のみ分布する極めて沿岸性の強い魚種で、いわゆる「大陸棚固有種」（益田ほか 1975）であると認められる。

北西太平洋産イサキ科のうち、本種とヒゲダイ属はよく似た分布を示しているが、ミゾイサキ属とコショウダイ属はインド-太平洋の熱帯-亜熱帯水域に広く分布し（WEBER and BEAUFORT 1936）、前 2 属と分布状態がかなり異なっている。

移動 第 1 章で述べたように、イサキの漁期は全国的にほぼ同一で、大規模な漁場の季節的移動はない。しかし、局所的には季節にともなう漁場の移動が認められる。たとえば、三重県前島半島沿岸では、夏季は主に沿岸の浅所（水深 10~25 m）、冬季は沖合（水深 50 m 程度）に漁場が形成されている。また、大阪湾や浜名湖あるいは英虞湾などでは夏に若齢魚が來入し、秋に逸散する現象が認められる。このようなことから、イサキはいわゆる回遊魚のような大規模回遊は行わないが、局所的な向岸-向沖移動は行っていると考えられる。春から夏の向岸移動は索餌あるいは産卵回遊で、秋から冬の向沖移動は越冬回遊であると考えられる。

### 第 3 章 年齢・成長

動物の年齢を明らかにし成長を推定することは、その動物の生態あるいは資源を研究する場合にもっとも重要でかつ基礎的な事項である。このようなことから、魚類の年齢査定や成長解析は非常に古くから行われてきている。

イサキの年齢や成長に関しては、鈴木（1954）、安田ほか（1962）、増沢（1967）、佐藤（1971）、鈴木・木村（1980 a）、木村（1984）などの研究が知られているが、このうち、前 2 者はかなり断片的なものである。ここでは各年齢形質の比較および年成長や季節成長、成長補償、初期成長などについて報告する。

#### 第 1 節 年齢形質

魚類の年齢は通常、鱗や耳石、椎体などの硬組織に現れる輪紋、あるいは体長組成の経時的変化や標識放流などによって推定されている。本節ではイサキの鱗や耳石、椎体、主鰓蓋骨および上後頭骨背側隆起板の 5 硬組織について年齢形質としての有効性を検討した。

## 研究方法

供試材料は1978年から1983年までの期間に熊野灘で一本釣や定置網、刺網で漁獲されたものである。

鱗はホルマリン固定標本から Fig. 10 で示した5部位について10枚程度採取し、乾燥保存した。観察用の鱗はまず10%水酸化カリウム水溶液で鱗上の汚れを落とし、水洗後アルコールで脱水して2枚のスライドガラスに挟んだ。検鱗は万能投影器で20倍に拡大し、各部位について5枚ずつ行った。鱗径および輪紋径の測定軸は Fig. 11 のとおりである。

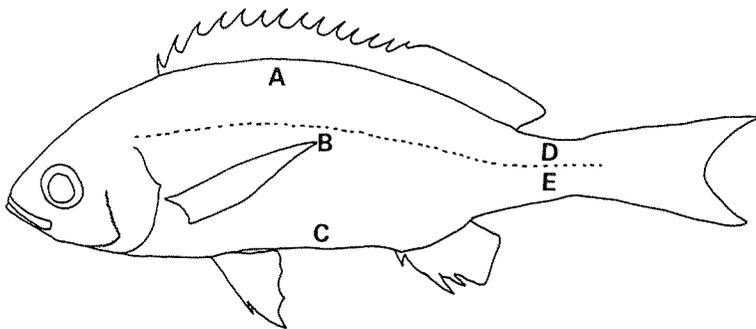


Fig. 10. Regions of the body where scales were collected.

鱗以外の硬組織はすべて生鮮状態あるいは凍結解凍後の標本を用いた。耳石（扁平石）の抽出は鰓腔から頭蓋骨の耳殻を破壊して行った。抽出された耳石はよく水洗した後、乾燥保存した。観察は耳石をキシレン中に浸し、落射照明下で実体顕微鏡によって、耳石外面について行った。輪紋標示は不透明帯から透明帯への移行境界部とした。耳石径および輪紋径の測定軸は焦点から耳石後方外縁とした (Fig. 12)

椎体や主鰓蓋骨、上後頭骨は標本魚に熱湯をかけて取り出し、よく水洗した後、乾燥保存した。椎体は第2, 7, 12, 15, 23, 26 椎体について、10%水酸化カリウムで付着している筋肉を除去した後、平面研磨機で左側面を中心まで削り落して、観察に供した。椎体や主鰓蓋骨、上後頭骨の観察はこれらをキシレン中に浸し、落射照明下で実体顕微鏡によって行った。

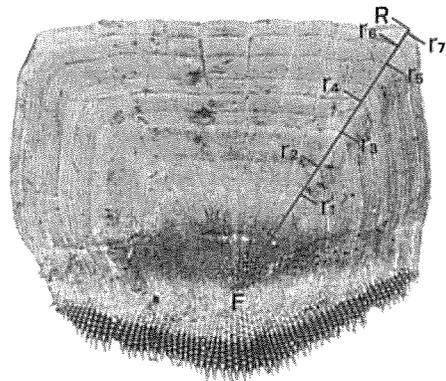


Fig. 11. A scale of the threeline grunt (253.0 mm in fork length) caught on 28 February, 1979. The seventh ring was just formed. *F*, focus; *R*, scale radius;  $r_1 - r_7$ , the first to the seventh ring radii.

## 結果と考察

## 1. 鱗

**鱗の形態** イサキの鱗は典型的な楕円鱗で、被覆部には明瞭な隆起線が認められる。この隆起線はある間隔ごとに密集し、その部分には隆起線の乱れや断ち切りが認められ、輪紋が形成されている (Fig. 11)。

**体各部の鱗の比較** Fig. 10 で示した5部位から採取した鱗の形態を Fig. 13 に表した。AとBはほぼ上下相称であるが、体下方のCおよび体後方のDとEは上下不相称で、前上方に歪んだ形態をしている。

4輪魚5個体 (尾叉長169.3~189.0mm) を用いて、同一個体内での輪紋の相似性について検討した。各個体ごとの鱗径と輪紋径の関係は、それぞれの輪紋に対応した4本の直線で表され、強い正

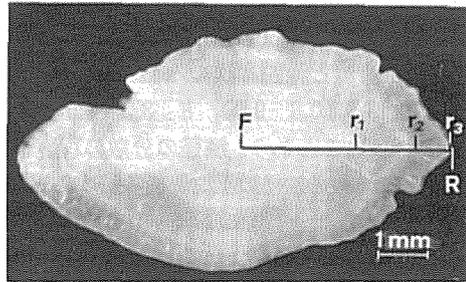


Fig. 12. Outer surface of the left otolith of the threeline grunt (223.9 mm in fork length) caught on 20 June, 1983. *F*, focus; *R*, otolith radius;  $r_1$ – $r_3$ , the first to the third ring radii (outer margins of opaque zones).

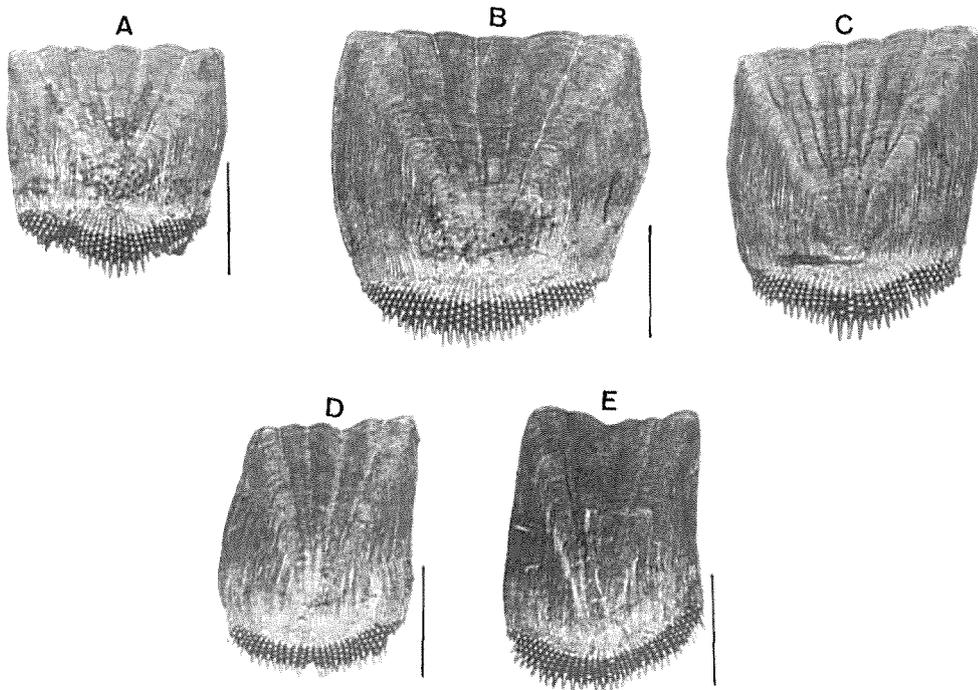


Fig. 13. Morphology of the scales collected from five regions of the body in the same specimen (177.7 mm in fork length). A to E indicate the regions of the body shown in Fig. 10. Scales indicate 1 mm.

相関 ( $r=0.948\sim 0.998$ ) が認められる (Fig. 14)。すなわち輪紋径は鱗の大きさにともなって変化するが、輪紋の形成は鱗の大きさに関係なく、どの部位の鱗でも相似的に行われ、強い相似性が認められた。

次に尾叉長162.0~285.1mmのイサキ40個体を用いて、各部位の鱗径の分散の程度や尾叉長との相関の強さ、および再生鱗の出現率などについて検討した。同一個体内の各部位の鱗径の変動係数(%)の平均値と範囲は次のとおりである。A, 3.6 (1.2-8.0); B, 3.5 (0.7-9.6); C, 3.5 (0.7-8.6); D, 3.3 (0.8-9.0); E, 3.5 (1.5-6.8)。各部位の変動係数の平均値は5%水準で有意差が認められないことから、鱗径の分散の程度は各部位ともほぼ同様であると考えられる。

観察した5枚の鱗径の平均値を各個体各部位の平均鱗径とし、これと尾叉長との関係を求めた (Fig. 15)。相関係数はA, 0.995; B, 0.965; C, 0.903; D, 0.994; E, 0.947となり、これらの相関係数は5%水準で有意差が認められなかった。したがって、尾叉長と鱗径との相関の強さは各部位ともほぼ同程度と考えられる。また鱗径が最も大きい部位はBで、E, C, D, Aの順に小さくなる。なお、尾叉長49.0~355.7mmのイサキ1038個体のBの部位の鱗径 ( $R$ , mm) と尾叉長 ( $L$ , mm) との関係は次式で表される。

$$\log L = 0.881 \log R + 1.842 \quad (r = 0.977) \quad (1)$$

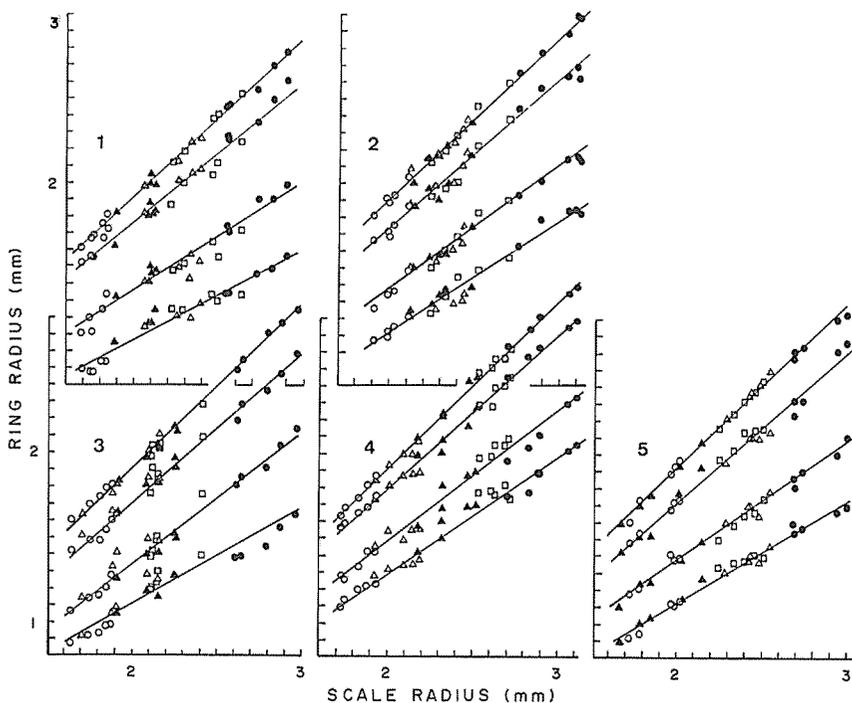


Fig. 14. Relationships between ring radius and scale radius in five specimens. The ring radii show the fine similarities. Open circles, A-region; solid circles, B-region; open triangles, C-region; solid triangles, D-region; squares, E-region. 1, 177.7 mm in fork length; 2, 169.3 mm; 3, 172.1 mm; 4, 180.9 mm; 5, 173.0 mm.

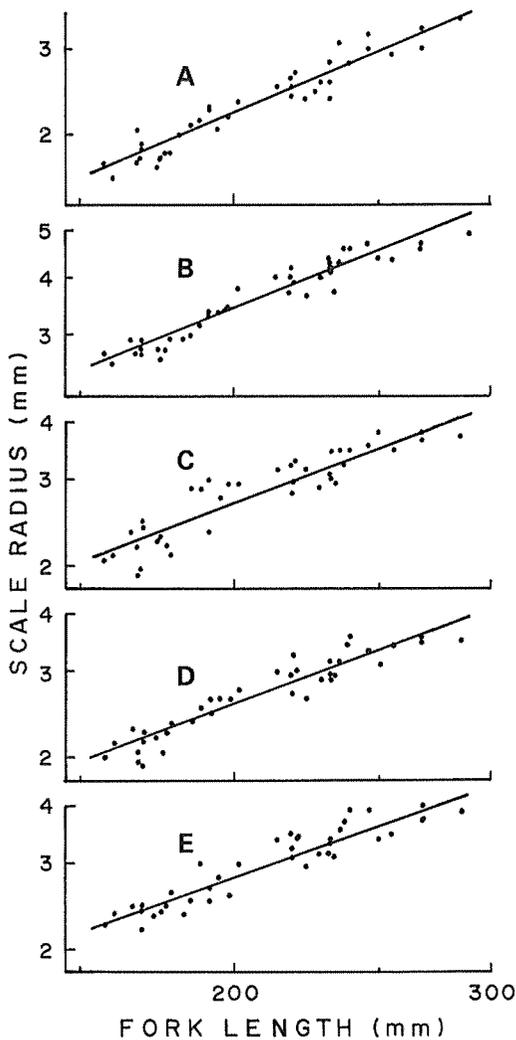


Fig. 15. Relationships between fork length and radius of each scale collected from five regions of the body. A to E indicate the regions of the body.

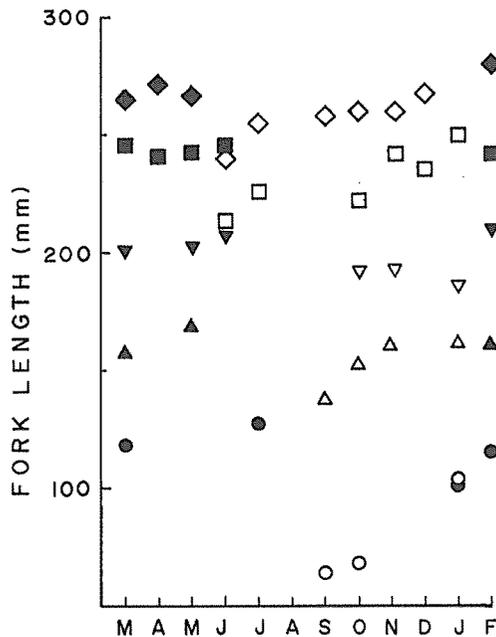


Fig. 16. Monthly change of the mean fork length in each scale ring group. Open circles, 0-ring; solid circles, 1-ring; open triangles, 2-ring; solid triangles, 3-ring; open inverse triangles, 4-ring; solid inverse triangles, 5-ring; open squares, 6-ring; solid squares, 7-ring; open rhombi, 8-ring; solid rhombi, 9-ring.

再生鱗の出現率はA, 6.8%; B, 9.8%; C, 7.2%; D, 12.5%; E, 7.0%であった。これらの出現率には5%水準で有意差が認められないことから、各部位の再生鱗の出現率はほぼ同程度と考えられる。

このように、体各部の鱗には相似的に輪紋が形成されること、鱗径の分散や鱗径と尾叉長との相関、および再生鱗の出現率に有意差が認められないことから、どの部位の鱗も年齢形質として利用可能であると考えられる。しかし、実際には前述のようにC, D, Eの鱗は歪みがあり、また、Aの鱗は小さいため、輪紋の読み取りはBが最も良好であった。したがって、Bの部位から採取した鱗が年齢形質として最も優れていると考えられる。

輪紋形成時期 0～9輪群の平均尾叉長の経月変化から、6月から1月は奇数個、1月から7月

は偶数個の輪紋を有していることが明らかである (Fig. 16)。すなわち輪紋は年2回、奇数輪は冬季1月、2月に、偶数輪は夏季6月、7月に形成されている。また第1輪は明らかに孵化後最初の冬に形成される。後述するように6月、7月はこの海域におけるイサキの産卵期であり、また1月、2月は摂餌休止期、成長休止期にあたる。したがって、夏輪 (偶数輪) は産卵記号であり、冬輪 (奇数輪) は体および鱗の成長が休止状態から成長状態へ移行した時に形成された記号であると考えられる。このように本種の鱗には体の成長リズムと生殖リズムの両方の影響から年2回輪紋が形成されると考えられる。

夏輪はその形成時期が産卵期であるため、その数が直接満年齢を表している。しかし、夏輪は産卵記号であることと関連して、冬輪に比較して複輪が多く、また特に第1、2夏輪 (第2、4輪) が不明瞭な場合も多い。このため、輪紋の存在は認められても、輪紋径の測定が非常に不明確になる場合がある。したがって、成長解析には冬輪を用いた方が適当であると考えられる。

## 2. 耳 石

**耳石の形状** イサキの耳石は比較的大きく、摘出は非常に容易であった。耳石の外観は楕円形で、前部上方に縁辺から中心部に向う浅い切込みがある。外面はやや凹み比較的平滑であるが、内面は膨らみ、前述の切込みから中心部にかけてやや深い溝がある。全体に透明感が強く、研磨しなくても透明帯、不透明帯が明瞭に区別できた。中心部は不透明で、第1輪までは両帯が狭い間隔で出現するが、第1輪より外側では幅広い透明帯と狭い不透明帯が形成されている (Fig. 12)。

イサキの不透明帯の幅は著しく狭く、むしろ不透明線というべき形状を示している。このように不透明帯の幅が透明帯より狭い耳石を持つ魚種はその逆のパターンの魚種より少なく、ハモ *Muraenesox cinlerus* (大滝 1961)、シロギス *Sillago japonica* (三尾 1965a)、アオミシマ *Gnathagnus elongatus* (MIO 1966)、メバル *Sebastes inermis* (畑中・飯塚 1962b)、Summer flounder, *Paralichthys dentatus* (SMITH and DAIBER 1977)、ガンゾウビラメ *Pseudorhombus cinnamomeus* (MATSUURA 1961) などが知られている。

**ホルマリンの影響** 生鮮状態の標本から摘出した耳石のうち左側を乾燥状態で、右側を15%中性および非中性ホルマリン水溶液10 cc 中に入れ 20°C で保存した。これを1~12週間後に水洗、風乾した後、キシレン中に浸して、両者を比較観察した。中性および非中性ホルマリン中で保存すると、どちらの場合も乾燥保存に比較して時間の経過にともない耳石が白濁化した。白濁は非中性ホルマリンの方が中性ホルマリンに比較して著しいようであった。耳石の輪紋は中性ホルマリンの場合は12週間後でも明瞭に観察できる状態であった。これに対し、非中性ホルマリンの場合は1~2週間ではあまり変化が認められないが、4週間後から白濁が著しくなり、12週間後では輪紋がかなり不明瞭になって輪紋径の測定に支障をきたすようになった。しかし、このような状態でも輪紋の計数はまだ可能であった。

McMAHON and TASH (1979) は green sunfish, *Lepomis cyanellus* の耳石を10%中性および非中性ホルマリン100 cc 中に25°C で保存し、同様の実験を行った。その結果、耳石の輪紋は非中性ホルマリンの場合は1週間で読み取り不能になるが、中性ホルマリンの場合は5ヶ月後でも年齢査定が可能であると述べている。このように、耳石の大きさにもよるが、イサキ程度の比較的大型の耳石は非中性ホルマリンで固定した場合1週間~1ヶ月以内、また中性ホルマリンの場合は数ヶ月後でも輪紋の読み取りが可能であると考えられる。

**相似性** 2輪魚20個体について相称性指数  $\alpha$  から左右の耳石の相似性について検討した。

$$\alpha = (Rr - Rl) / (Rr + Rl) \quad (2)$$

$Rl$ , 左側耳石 (輪紋) 径;  $Rr$ , 右側耳石 (輪紋) 径

$\alpha$  の平均値は耳石径, 第1, 第2輪紋径についてそれぞれ0.002, 0.004, 0.000となり, 帰無仮説  $H_0: \bar{\alpha} = 0$  は5%水準で棄却されない。したがって, 耳石径や各輪紋径は左右の耳石で差がないと認められる。ここでは原則として左側耳石について計測し, これが破損した場合のみ右側耳石を用いた。

耳石径-尾叉長関係 耳石径 ( $R$ , mm) と尾叉長との関係を Fig. 17 に表した。この関係は  $R=2.45$ mm 付近に成長屈折が想定され, 2本のアロメトリー式で表される。

$$R > 2.45 \text{ mm} : \log L = 1.353 \log R + 1.513 \quad (r = 0.962) \quad (3)$$

$$R \leq 2.45 \text{ mm} : \log L = 1.123 \log R + 1.603 \quad (r = 0.986) \quad (4)$$

なお, この関係には5%水準で雌雄による有意差は認められなかった。

耳石径-尾叉長関係の成長屈折は(3)式, (4)式から尾叉長 110 mm 前後でおこっている。頭長-尾叉長関係でも, この尾叉長付近で成長屈折がみられることから, 耳石径の成長屈折は体長に対する頭長の相対成長が変化することによって起因していると考えられる。

輪紋形成時期 透明帯や不透明帯の形成周期を調べるために, 1981年3月から1982年2月までの期間に採集した満1歳以上の標本を用いて縁辺の状態を観察した。その結果, 不透明帯が出現する期間は年1回5月から7月であった。また, この期間の不透明帯の形成過程は Table 4 に表したようになり, 不透明帯の形成は5月から6月にかけて開始し, 6月から7月にかけて完成することが明らかである。したがって, ここで定めた輪紋 (不透明帯の外縁) は年1回6月, 7月に形成されることになる。なお, この期間は本種の産卵期と一致しているため, 輪紋数はほぼ満年齢を表していると考えられる。

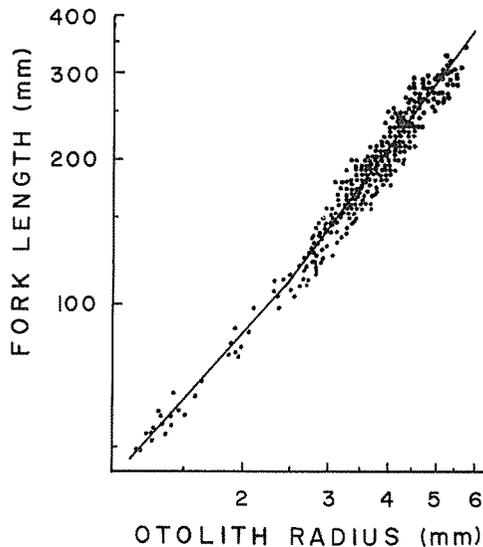


Fig. 17. Relationship between otolith radius and fork length.

Table 4. Condition of the margin of otolith during the period of the ring formation

Condition of margin	May	June	July
Before formation (hyaline)	28.6 %	1.1 %	0.0 %
Under formation (opaque)	71.4 %	38.7 %	6.1 %
After formation (hyaline)	0.0 %	60.2 %	93.9 %

3. 椎 体

椎体の後方陥入面にはかなり不明瞭であるが、透明帯と不透明帯の帯構造が認められる ( Fig. 18)。測定軸を Fig. 18 に示したようにとり、尾叉長 223.9~249.0 mm のイサキ 5 個体について同一個体内における輪紋の相似性を検討した (Fig. 19)。この結果、各輪紋の相似性はかなり悪く、輪紋が欠落している場合も認められた。これらのことから、イサキの椎体は年齢形質として適していないと考えられる。

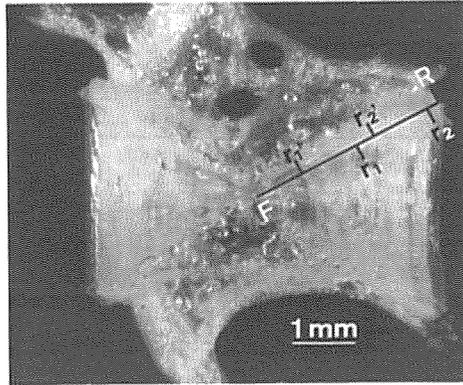


Fig. 18. A longitudinal section of the 15th vertebra of the threeline grunt (249.0 mm in fork length) caught on 29 November, 1983. *F*, focus (apex of the cone); *R*, centrum radius (distance from the focus to the posterior margin); *r*<sub>1</sub> and *r*<sub>2</sub>, ring radii (outer margins of the opaque zones); *r*<sub>1</sub>' and *r*<sub>2</sub>', ring radii (inner margins of the opaque zones).

4. 主鰓蓋骨

主鰓蓋骨の帯構造は極めて不明瞭であるため、これを年齢形質として用いることは不可能であると考えられる。

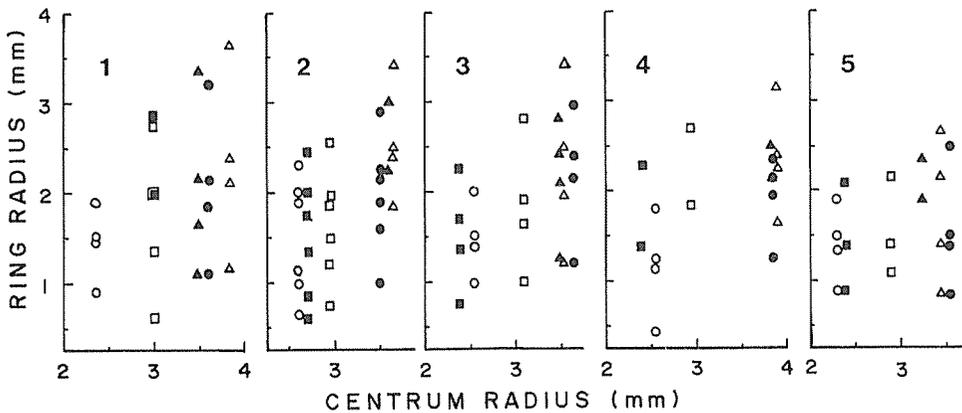


Fig. 19. Relationships between ring radius and centrum radius in five specimens. Open circles, the 2nd vertebra; solid circles, the 7th vertebra; open triangles, the 12th vertebra; solid triangles, the 15th vertebra; open squares, the 23rd vertebra; solid squares, the 26th vertebra. 1, 240.1 mm in fork length; 2, 244.5 mm; 3, 249.0 mm; 4, 231.0 mm; 5, 223.0 mm.

## 5. 上後頭骨

上後頭骨にはやや明瞭な帯構造が認められる。しかし、不透明帯数は尾叉長 303.2 mm の個体で 2 帯、179.8 mm で 1 帯しか認められず、これが年齢を表しているとは考えられない。したがって、上後頭骨も年齢形質として不適當であると考えられる。

## 6. 各年齢形質の有効性の比較

年齢形質の有効性について岡地ほか (1958) や三谷 (1960) は一定の条件をいくつか定めている。著者の考えでは、年齢形質が絶対必要とする条件は、(1) 輪紋が明瞭で客観性が高いこと、(2) 輪紋形成の等時性が認められること、の 2 点である。また、(3) 輪紋の欠如、重複、偽輪が少ないこと、(4) 形質の採取や処理が容易であることなどが有効性を高める条件として考えられる。このほか、輪紋径から成長を逆算する場合には、(5) 体長と形質長の相関関係が強く、分散が少ないこと、(6) 形質の成長の中心 (焦点) が明瞭であることなどの条件が必要となる。

このようなことから、ここで調べた 5 硬組織のうち年齢形質として適當であるのは鱗と耳石で、他の 3 硬組織は不適當である。鱗と耳石について年齢形質としての有効性を前述の各条件にしたがって比較すると次のようになる。(1) 輪紋は小型魚では両形質とも比較的明瞭であるが、大型魚になると耳石の方が判読し易い。(2) 輪紋形成の等時性は両形質とも認められる。(3) 複輪や偽輪の出現率は耳石の方がはるかに少ない。(4) 形質の採取は鱗の方が容易であるが、その後の処理は両形質ともほぼ同様である。(5) 体長と形質長の相関は鱗の方がわずかに優れているが、実用的な差はない。(6) 焦点は鱗の方が明瞭である。このように、耳石は鱗に比較して (4) ~ (6) の条件ではわずかに劣っているが、最も重要な (1) や (3) の条件で優れている。したがって、イサキについては耳石が最も優れた年齢形質であると考えられる。

## 第 2 節 成 長

魚類の成長は通常シグモイド曲線で表され、個体群として取扱う場合は多くの魚種で BERTALANFFY の成長式に適合することが知られている。しかし、この成長式は魚類の全生活史に適合することはなく、通常ある年齢以上の年成長やある限られた期間内の日成長などに適合しているようである。したがって、ここでは満 1 歳以上の年成長や季節成長および満 1 歳までの初期成長に分けて検討した。

## 研究方法

満 1 歳以上の成長は 1981 年 3 月から 1983 年 7 月までの期間に熊野灘沿岸の三重県志摩町で一本釣や定置網および刺網によって漁獲された 856 個体の耳石を用いて検討した。耳石の摘出や観察は前節の方法にしたがった。初期成長は 1983 年に行った人工種苗生産実験のデータを用いた。この実験の詳細については第 7 章で述べる。

## 結果と考察

年成長 前述したように、耳石径と尾叉長との関係には高い相関が認められる一方、分散もある程度大きい。したがって、輪紋径にも耳石径に対応した分散が相当含まれると考えられる。そこで、ここではまず三尾 (1961) にしたがって、次式により各個体の各輪紋径を標準化した。

$$\hat{r} = r \hat{R} / R \quad (5)$$

$r$ , 実測輪紋径;  $\hat{r}$ , 標準輪紋径;  $R$ , 実測耳石径;  $\hat{R}$ , 尾叉長から計算した標準耳石径

この標準輪紋径と尾叉長-耳石径関係式から、各個体ごとに輪紋形成時の計算尾叉長を逆算した。各計算尾叉長の平均値はわずかに雌の方が大きく計算されたが、この差は5%水準で有意性が認められなかったため、ここでは雌雄の成長差は実用上無視できると考え、雌雄まとめて計算を行った。年齢別の計算尾叉長の平均値は

Fig. 20 に示したとおりで、顕著な LEE 現象や反 LEE 現象は認められないようであった。そこで計算尾叉長を年齢群に分けずにひとまとめにして、その頻度分布を表すと Fig. 21 のようになる。各輪紋形成時の計算尾叉長はほぼ正規分布を示していることから、 $\bar{x} \pm \sigma$  ( $\bar{x}$ , 平均値;  $\sigma$ , 標準偏差) の範囲には全体の約 68%,  $\bar{x} \pm 2\sigma$  には約 95%,  $\bar{x} \pm 3\sigma$  にはほとんど全てが含まれることになる。各計算尾叉長の  $\bar{x}$ ,  $\bar{x} \pm \sigma$ ,  $\bar{x} \pm 2\sigma$ ,  $\bar{x} \pm 3\sigma$  の値は Table 5 のとおりである。

Table 5 の値を用いて WALFORD の定差図を描くと Fig. 22 のようになる。各点はよく同一直線に乗る、満1歳以上の年成長は BERTALANFFY の成長式によく適合する。これらの関係式は次のようになる。

$$\bar{x} : l_{n+1} = 0.7516 l_n + 88.8 \quad (r = 0.999) \quad (6)$$

$$\bar{x} + \sigma : l_{n+1} = 0.7332 l_n + 95.9 \quad (r = 0.999) \quad (7)$$

$$\bar{x} - \sigma : l_{n+1} = 0.7688 l_n + 82.4 \quad (r = 0.998) \quad (8)$$

$$\bar{x} + 2\sigma : l_{n+1} = 0.7134 l_n + 103.8 \quad (r = 0.998) \quad (9)$$

$$\bar{x} - 2\sigma : l_{n+1} = 0.7845 l_n + 76.7 \quad (r = 0.996) \quad (10)$$

$$\bar{x} + 3\sigma : l_{n+1} = 0.6923 l_n + 112.4 \quad (r = 0.996) \quad (11)$$

$$\bar{x} - 3\sigma : l_{n+1} = 0.7990 l_n + 71.6 \quad (r = 0.993) \quad (12)$$

$l_n$ , 第  $n$  輪形成時の計算体長 (mm)

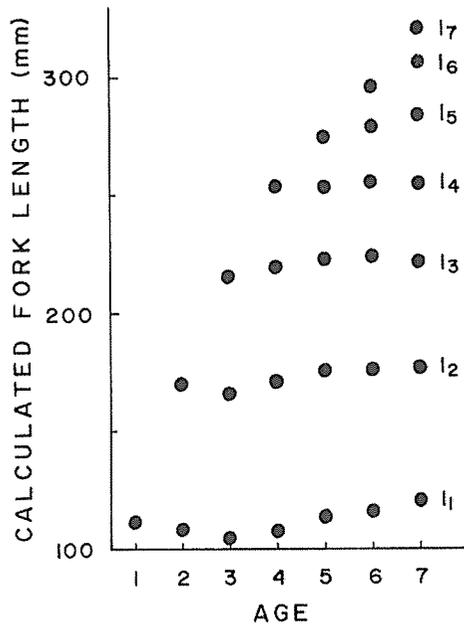


Fig. 20. Mean values of the back-calculated fork lengths at the time of the first to the seventh otolith ring formation in 1- to 7-age-groups.

Table 5. Mean values ( $\bar{x}$ ), standard deviations ( $\sigma$ ), and coefficient of variance ( $CV$ ) of the back-calculated fork length in mm at the time of each otolith ring formation

	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$
$\bar{x}$	109.4	169.7	218.2	254.4	276.6	297.9
$\sigma$	11.5	14.5	14.5	10.9	11.1	11.4
$CV$ (%)	10.5	8.5	6.6	4.3	4.0	3.8
$\bar{x} + \sigma$	120.9	184.2	232.7	265.3	287.7	309.3
$\bar{x} - \sigma$	97.9	155.2	203.7	243.5	265.5	286.5
$\bar{x} + 2\sigma$	132.1	198.7	247.2	276.2	298.8	320.7
$\bar{x} - 2\sigma$	86.4	140.7	189.2	232.6	254.4	275.1
$\bar{x} + 3\sigma$	143.9	213.2	261.7	287.1	309.9	332.1
$\bar{x} - 3\sigma$	74.9	126.2	174.7	211.7	243.3	263.7

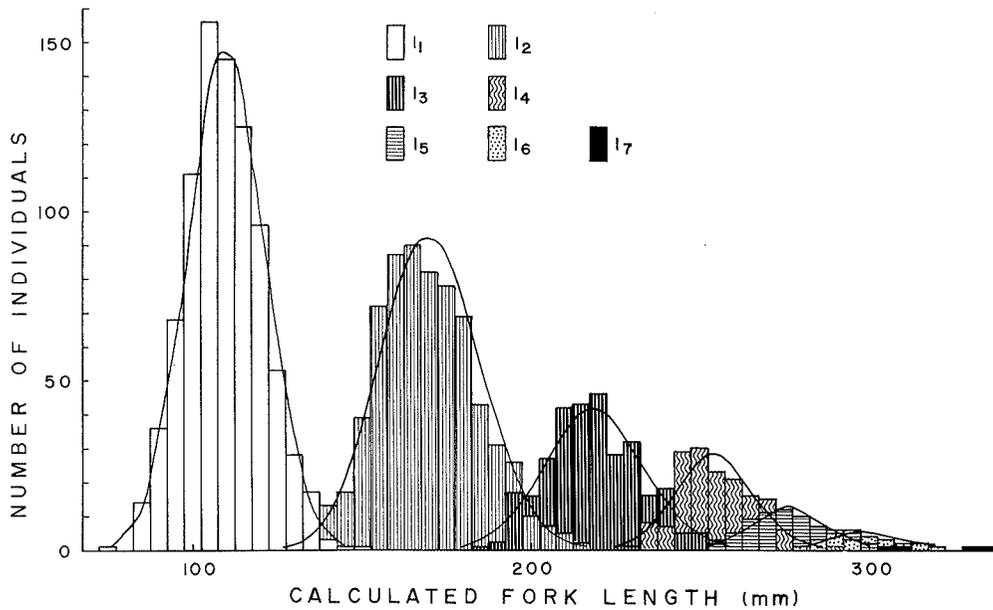


Fig. 21. Frequency distribution of the back-calculated fork lengths at the time of each otolith ring formation.

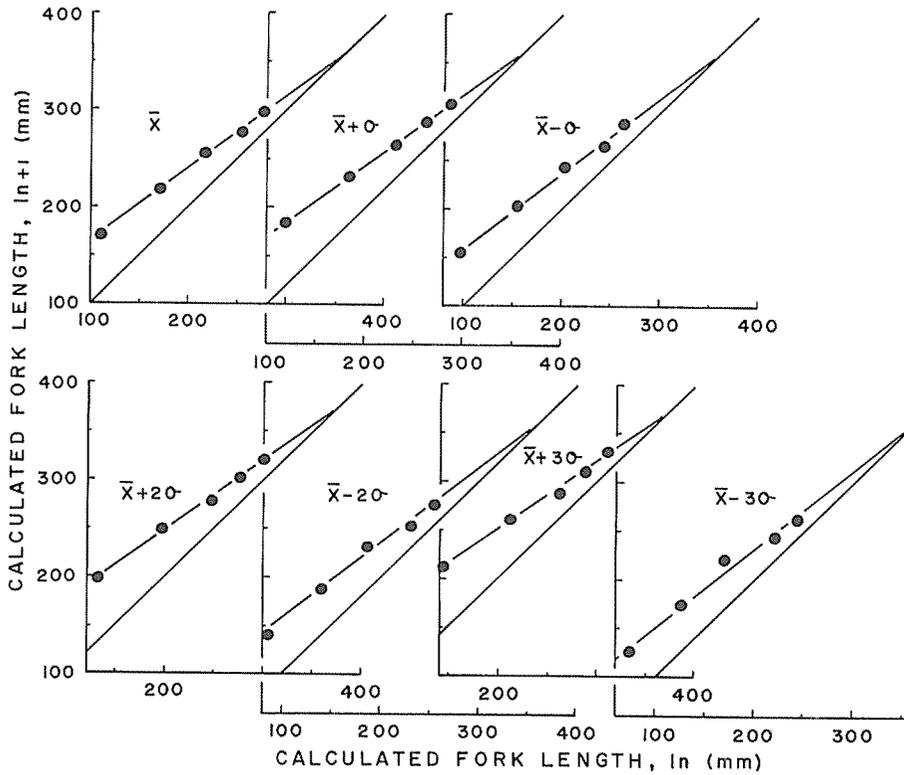


Fig. 22. WALFORD's growth transformation of the fork length.

これらの式から BERTALANFFY の成長式は次のようになる。

$$\bar{x} : L_t = 357.5 (1 - \exp(-0.2855 (t + 0.2909))) \quad (13)$$

$$\bar{x} + \sigma : L_t = 359.4 (1 - \exp(-0.3104 (t + 0.3383))) \quad (14)$$

$$\bar{x} - \sigma : L_t = 356.3 (1 - \exp(-0.2630 (t + 0.2206))) \quad (15)$$

$$\bar{x} + 2\sigma : L_t = 362.1 (1 - \exp(-0.3377 (t + 0.3622))) \quad (16)$$

$$\bar{x} - 2\sigma : L_t = 355.8 (1 - \exp(-0.2427 (t + 0.1283))) \quad (17)$$

$$\bar{x} + 3\sigma : L_t = 365.5 (1 - \exp(-0.3677 (t + 0.3614))) \quad (18)$$

$$\bar{x} - 3\sigma : L_t = 356.0 (1 - \exp(-0.2245 (t + 0.0146))) \quad (19)$$

$L_t$ , 満  $t$  才時の推定体長 (mm)

これらを図示すると Fig. 23 のようになり、この海域のイサキの大部分がここで示した範囲の成長をすると推定される。成長の幅は  $\bar{x} \pm \sigma$  で約 2~3 cm,  $\bar{x} \pm 2\sigma$  で約 5~6 cm,  $\bar{x} \pm 3\sigma$  で約 7~8 cm である。

生鮮状態の本種の尾叉長と体重 ( $W$ , g) との関係は次式で表される。

$$\log W = 3.129 \log L - 5.116 \quad (r = 0.994) \quad (20)$$

したがって、体重の成長式は次のようになる。

$$\bar{x} : W_t = 746.8 (1 - \exp(-0.2855 (t + 0.2909)))^{3.129} \quad (21)$$

$$\bar{x} + \sigma : W_t = 759.3 (1 - \exp(-0.3104 (t + 0.3383)))^{3.129} \quad (22)$$

$$\bar{x} - \sigma : W_t = 739.0 (1 - \exp(-0.2630 (t + 0.2206)))^{3.129} \quad (23)$$

$$\bar{x} + 2\sigma : W_t = 777.3 (1 - \exp(-0.3377 (t + 0.3622)))^{3.129} \quad (24)$$

$$\bar{x} - 2\sigma : W_t = 735.7 (1 - \exp(-0.2427 (t + 0.1283)))^{3.129} \quad (25)$$

$$\bar{x} + 3\sigma : W_t = 800.3 (1 - \exp(-0.3677 (t + 0.3614)))^{3.129} \quad (26)$$

$$\bar{x} - 3\sigma : W_t = 737.0 (1 - \exp(-0.2245 (t + 0.0146)))^{3.129} \quad (27)$$

$W_t$ , 満  $t$  才時の推定体重 (g)

ここで求めた極限尾叉長は、この成長解析に用いた最大標本が344.5mmであること、現在までに著者がこの海域で採集した最大標本が355.7mmであること、安田ほか(1962)や増沢(1967)が用いた材料の最大尾叉長がそれぞれ約38cm程度であることからかなり妥当な値であると考えられる。漁業者に対する聞き取り調査によると、最大全長は1尺5寸程度、これを尾叉長に換算すると約40cmになる。また、極めて稀に体長70cm程度のイサキが漁獲されたという報道があるが、これは著者が調べた限り、コショウダイあるいはコロダイ *Plectorhynchus pictus* の老成魚であった。このようなことから、イサキの最大尾叉長は40cm程度であろうと考えられる。

BERTALANFFY の成長式における極限体長はその生物学的意義を疑問視する意見も多いが、著者はこれがその種の寿命に近い年齢までの範囲で計算された場合は、その海域のその種の最大体長を示唆する値として、生物学的意義があると考えている。

通常魚類の成長には幅があり、同一年齢であっても、その体長にはかなりの差が認められる。しかし、従来は平均的な1つの関係式で表現されることが多く、その幅についてはあまり報告がない。このため、特に標本数が少ない場合には標本の偏りによる誤差が大きく現れ、過去の結果と比較する際に、その差が地域性や年による本質的な差であるのか、あるいはサンプリング誤差であるのか判断に苦慮することがある。本研究では、輪紋形成時の計算尾叉長がほぼ正規分布することから、標準偏差を用いて、その成長幅を表現した。この方法でもサンプリング誤差を完全に除去できないが、過去の結果との比較はかなり容易になると思われる。

前述のようにイサキの成長係数は0.2245~0.3677の範囲にあると考えられる。成長式が明らかでない硬骨魚138種の内、成長係数がこの範囲内にあるのは56種であることから、この成長係数はかなり一般的な値であるといえる。

同一個体群内の成長差については従来あまり報告がないが、ここで調べた限りでは極限体長ではなく、成長係数に大きな差が生じている。これは、極限体長は後述の成長補償のために、ある一定の値に収束する傾向を示すのに対し、極限体長に達するまでの時間、すなわち成長速度に差が生じるためであろうと考えられる。これとは逆に、同一魚種内の異なった個体群にみられる成長差、すなわち成長の地域差は三尾(1965b)によると成長係数ではなく、極限体長に差が現れると考えられている。

従来報告されているイサキの成長を比較した(Fig. 23)。ここで得られた結果は増沢(1967)や鈴木・木村(1980a)とほぼ同様である。佐藤(1971)の結果は3歳、4歳で少し大きく推定されているが、これは恐らく標本数が少ないために生じたサンプリング誤差であると思われる。したがって、ここ20年程度の期間、少なくとも熊野灘から三浦半島沿岸までの太平洋域では、イサキの成長に大きな地域差はないと考えられる。

イサキ科魚類の成長は本種のほか大西洋産の white grunt, *Haemulon plumieri*, (MANOOCH 1976a) および tomtate, *H. aurolineatum*, (MANOOCH and BARANS 1982) について知られて

いる。これらの極限全長と成長係数はそれぞれ 64cm, 0.108, 31cm, 0.22017 と報告されている。これらの成長をイサキと比較すると, white grunt はかなり大きくなり成長状態が大きく異っているが, tomtate はイサキよりも少し小さいが, 成長曲線は類似している。

イサキとよく混獲され, また体型や餌料組成がよく類似した魚種にマアジ *Trachurus japonicus* がある。イサキとマアジの成長を比較すると Fig. 24 のようになり, マアジの成長は中嶋 (1982) のF型を除いて, イサキよりもかなり良好である。このような相違について著者は, 後述するようにイサキの消化速度がマアジよりも遅いことや冬季に比較的長期の摂餌休止期があることなどが原因していると考えている。

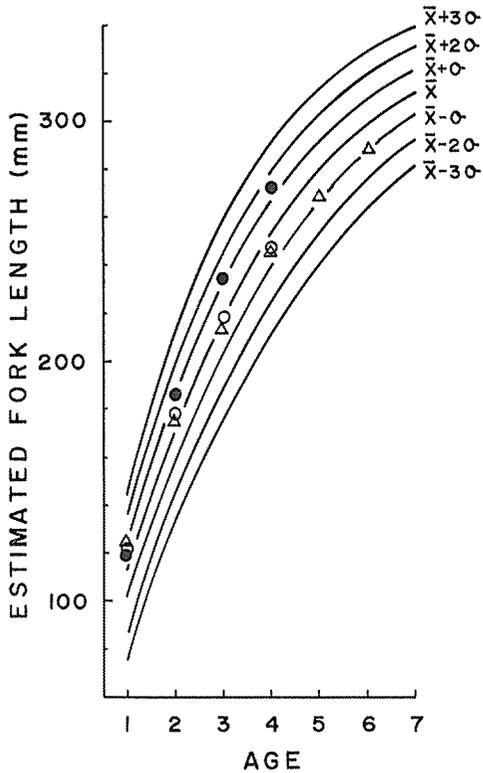


Fig. 23. Length growth curves of the threeline grunt from  $\bar{x}$ ,  $\bar{x} \pm \sigma$ ,  $\bar{x} \pm 2\sigma$ , and  $\bar{x} \pm 3\sigma$  ( $\bar{x}$ , mean;  $\sigma$ , standard deviation) of the back-calculated fork length, and comparison of the fork lengths estimated by MASUZAWA (1967) (open circles), SATO (1971) (solid circles), and SUZUKI and KIMURA (1980 a) (triangles).

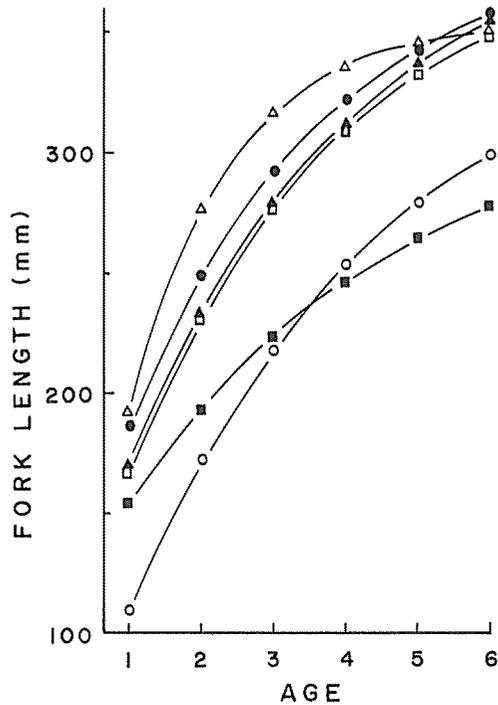


Fig. 24. Growth comparison of the threeline grunt with the jack mackerel *Trachurus japonicus*. Open circles, threeline grunt (this author); solid circles, jack mackerel (MIBUCHI et al. 1958); open triangles, jack mackerel (MITANI and IDA 1964 a); solid triangles, jack mackerel W-type (NAKASHIMA 1982); open squares, jack mackerel S-type (NAKASHIMA 1982); solid squares, jack mackerel F-type (NAKASHIMA 1982).

**季節成長** 2歳魚の耳石を用いて、その縁辺成長率の経月変化から尾叉長の経月変化を推定した (Fig. 25)。これから明らかなように、尾叉長は産卵後の8月から10月にかけて最も急速に増大する。

後で述べるように、本種の摂餌期は5月から9月、摂餌休止期は12月から2月である。したがって、12月から2月までは体の成長もほとんど停止すると考えられる。また5月から7月までの期間は摂餌期であるが、この時期は生殖腺の成熟期および産卵期であるため、摂取されたエネルギーが生殖腺の成熟に消費されるため体の成長が悪くなると考えられる。増沢 (1967) も鱸の成長から同様の見解を述べている。

**成長補償** 各満年齢時の計算尾叉長の変動係数は、Table 5 に表したように、年齢にともなって減少する傾向を示し、成長補償作用が働いていることを示唆している。

各満年齢時の尾叉長 ( $L_n$ ) とその後1年間の成長量 ( $\Delta L_{n+1}$ ) の関係を Fig. 26 に表した。この関係は非常に分散が大きい、 $L_1 - \Delta L_2$  や  $L_2 - \Delta L_3$ 、 $L_3 - \Delta L_4$  では有意な負の相関が認められる。すなわち、同一年齢でも小型の個体は大型の個体に比較して、その後1年間の成長量は大きいことを示し、明らかに成長補償作用の存在が認められる。さらに、 $L_n$  と  $L_m$  ( $m = n + 1, 2, 3, 4; m \leq 5$ ) との関係を Fig. 27 に表した。 $m$  が  $n + 1$  あるいは  $n + 2$  である場合は有意な正相関が認められるが、 $n + 3$ 、 $n + 4$  の場合は相関関係が認められなくなる。すなわち、成長補償作用の結果、体長差は縮まる傾向を示すが、1年あるいは2年では大型個体に追付けず、完全に補償されるのには3年かかることになる。

魚類の成長補償作用は Atlantic herring, *Clupea harengus*, (MOORES and WINTERS 1982), ハス *Opsariichthys uncirostris* (田中 1970), king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, (JOHNSON et al. 1983), アカムツ *Doederleinia berycoides* (小島 1976), ブルーギル *Lepomis macrochirus*, (GERKING 1966) など確認されており、その機構についてはかなり古くから論議されている (田中 1970)。成長補償をもたらす機構として、(1) 小型個体ほど成長量が大きくなる成長曲線の性質、および (2) 同一年齢群内で早く成長し、性的成熟に達した個体は生殖腺の成熟にエネルギーが消費され、小型で性的成熟に達していない個体より成長量が減少するという2つが考えられている (田中 1970)。

イサキの場合も群として BERTALANFFY の成長式に適合していることから、各個体の成長もこれに近い曲線を示すと考えられる。したがって、(1)の理由で成長補償がおこることは当然考えられる。また本種の成長補償作用が最も顕著に現れる年齢は2~4歳であり (Fig. 26)、この年齢は成熟開始年齢であることから (2) の理由も妥当であると考えられる。したがって、イサキの成長補償作用の機構はハス (田中 1970) と同様に、前述の (1) および (2) の両方の原因がもたらした結果であろうと考えられる。

**初期成長** 孵化後1日から407日までの生鮮状態での全長の成長および飼育水温を Fig. 28 に表した。全長の増加は孵化後10日ぐらいから急速になる。孵化後40日 (7月下旬) から100日

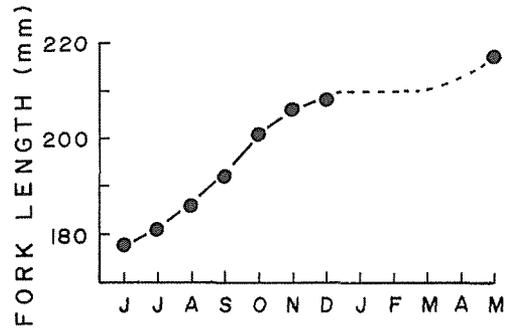


Fig. 25. Seasonal length growth of the 2-age-group estimated from marginal increments of the otoliths.

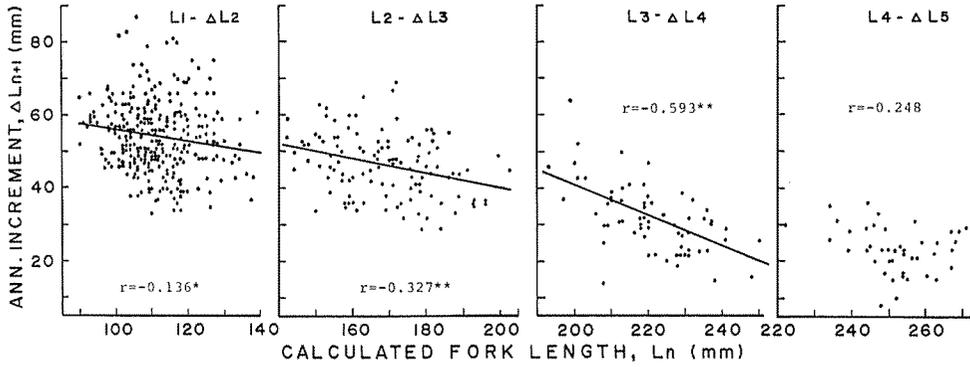


Fig. 26. Relationships between back-calculated fork length at the time of the  $n$ -th ring formation and annual increment of the length in the  $n+1$ -th year.  $r$ , coefficient of correlation; \*\*, significant at 1% level; \*, significant at 5% level.

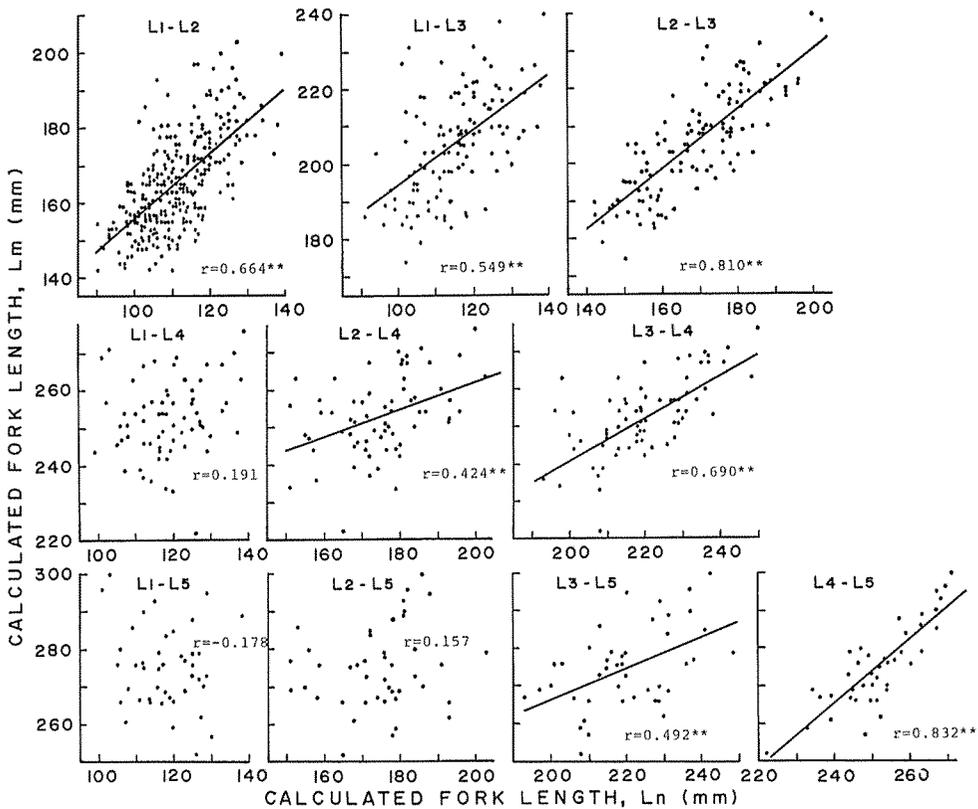


Fig. 27. Relationships between back-calculated fork lengths at the  $n$ -th ring formation and at the  $m$ -th ring formation ( $m = n+1, 2, 3, 4; m \leq 5$ ).  $r$ , coefficient of correlation; \*\*, significant at 1% level; \*, significant at 5% level.

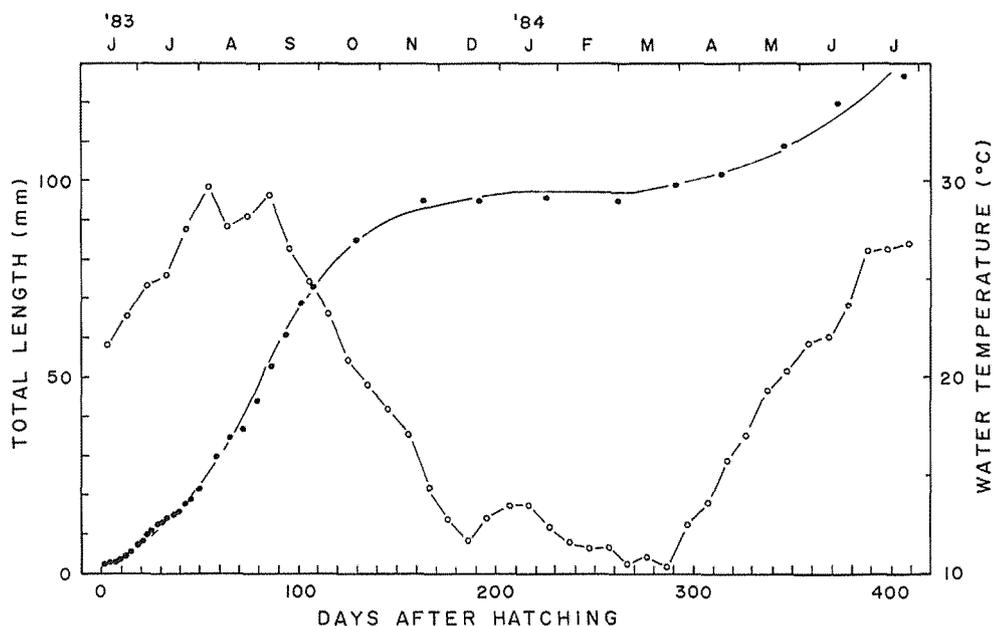


Fig. 28. Early growth curve of the reared threeline grunt (solid circles) and change of the water temperature (open circles).

(9月下旬)までの期間は最も成長が著しく、全長は直線的に増加している。この後、11月下旬まで成長を続けるが、12月から2月の間はほぼ完全に成長が休止し、その後3月から再び成長を開始する。水温との関係では、秋に15°C以下になると成長が休止し、成長の開始は水温が15°C以下でも春の水温上昇にともなっておこると考えられる。ここで明らかにした成長曲線のうち、孵化後30日までは(28)式の2次曲線で表され、それ以降は(29)式の周期関数によって拡張されたBERTALANFFYの成長式(赤嶺 1985)によって表すことができる。

$$TL = 0.00986 t^2 + 0.0734 t + 2.43 \quad (28)$$

$$TL = 324 (1 - \exp(-0.00983 (0.127 t + 5.26 + 8.53 \sin(0.0172 t - 20.0)))) \quad (29)$$

TL, 全長(mm); t, 日数

北島ほか(1982)が行った種苗生産実験の結果では全長約6cm(8月20日前後)で成長率が変化する、成長曲線の変曲点が認められ、ここで得られた結果と幾分異っている。また、9月下旬の平均全長は双方とも約7cmで大差ないが、その後の成長は彼らの方が良好である。これは彼らの飼育水温が本実験よりも高かったためではないかと思われる。

天然魚では、少なくとも8月中旬まで産卵が行われること、あるいは冬季に沖合へ移動し、本実験より高い水温の環境で棲息していることなどから、ここで得られた成長曲線が天然魚に適合するかどうかはかなり問題である。しかし、ここで得られた満1歳時の平均全長は119.9mmで、これを尾叉長に換算すると109.5mmとなり、天然魚の耳石から推定した満1歳時の尾叉長110.2mmと非常によく一致している。

## 第4章 年齢組成・生残率・自然死亡係数

水産資源の動態を数理的に解析する場合、その資源の生残率や自然死亡係数を推定することは必要不可欠な要素のひとつである。また生残率を推定する場合には通常漁獲物あるいは母集団の年齢組成を把握することが必要となる。イサキの生残率については、すでに木村・鈴木（1980b）の報告があるが、第1章で述べたようにイサキの漁獲物組成がここ数年間で大きく変化したことや、先の報告で使用した材料がランダムサンプリングでなかったことなどから、改めて生残率や自然死亡係数を推定することにした。

### 第1節 年齢組成

魚類の年齢組成を推定する方法はいくつか知られており（田中 1960, 土井 1975, 真子・松宮 1977）、これらを分類すると次のようになる。（1）漁獲物全体について年齢査定を行う方法。（2）抽出した標本について年齢査定を行う方法。（3）漁獲物の体長組成のモードが複数である場合、これらを年齢群に分離する方法（CASSIE 1954, 田中 1956, 赤嶺 1982, 1984）。（4）年齢別体長組成と漁獲物体長組成から連立方程式を解く方法（土井 1975）。（5）年齢別銘柄組成あるいは年齢別体長組成と漁獲物体長組成から繰返し計算を行う方法（真子・松宮 1977）。

ここでは銘柄別漁獲統計資料や銘柄別に採集した標本の年齢組成および尾叉長組成などを用いて、上述の（2）～（5）の方法により漁獲物の年齢組成の推定を試み、さらに年齢組成の経年変化について検討した。

### 研究方法

漁獲統計は三重県志摩町片田漁業協同組合における6月、7月の一本釣資料を用いた。各年齢組成の推定方法の比較は1983年の資料を用い、年齢組成の経年変化については1979年から1983年の5年間の資料を使用した（Table 6）。銘柄基準は第1章で述べたとおりである。

Table 6. Commercial landing in weight (kg) and estimated number in parentheses with hook and line at Katada Fisheries Co-operative Association in June and July

Category	1979	1980	1981	1982	1983
VL	14.3 (39)	383.4 (1050)	173.4 (475)	543.2 (1488)	218.7 (599)
L	626.1 (2327)	2620.9 (9740)	1866.3 (6935)	1762.3 (6549)	1704.9 (6336)
M	578.6 (3131)	2558.7 (13847)	2880.3 (15588)	2988.8 (16175)	3148.9 (17041)
S	327.0 (2714)	1909.5 (15849)	2030.7 (16855)	4813.3 (39951)	3396.2 (28189)
VS	128.7 (1645)	963.8 (12320)	1053.6 (13468)	3993.5 (51048)	4685.8 (59898)

年齢査定に使用した銘柄別標本は1983年6月、7月に片田漁業協同組合から購入した344個体である。年齢は前章第1節の方法にしたがって耳石から査定した。年齢別平均尾叉長とその標準偏差はTable 5の値を用いた。各計算はパーソナルコンピューターを使用し、繰返し計算は松宮・真子（1978）のFORTRANプログラムをBASICに変更して計算した。この場合の繰返し回数は

20回とした。

### 結果と考察

各推定方法の比較 銘柄別標本年齢組成は Table 7 に示したようになり、これを漁獲物全体に引伸ばした結果は Table 8 のとおりである。

Table 7. Age compositions of the sampled fish for each market category, determined by otolith reading

Category	Age						
	1	2	3	4	5	6	7
VL				10	10	4	1
L			12	49	8	1	
M		9	68	5			
S		67	14				
VS		78					
US	8						

Table 8. Age compositions of the fish caught with hook and line in June and July estimated by otolith reading

Year	Age					
	2	3	4	5	6	7
1979	4234	3436	1836	282	40	2
1980	26951	15890	8083	1533	307	42
1981	29122	17027	5995	983	175	19
1982	85872	21438	6166	1344	332	60
1983	85087	20087	5714	969	186	24

標本尾又長組成を Table 9 に表した。これを漁獲物全体に引伸すと Fig. 29 のようになる。この尾又長組成には 17-18cm, 21-22 cm, 25-26 cm にモードが認められ、これらは前章の結果からそれぞれ 2 歳, 3 歳, 4 歳に対応していると考えられる。しかし、尾又長 26 cm 以上では明瞭なモードがみられず、この方法では高年齢魚の年齢群を明確に分離するのは不可能であると考えられる。

次に年齢別平均尾又長とその標準偏差から計算した年齢別尾又長組成 (Table 10) と漁獲物尾又長組成から連立方程式を解いて年齢組成を推定した。尾又長組成の幅を 1, 2, 3 cm としてそれぞれ計算を行った。結果は Table 11 に示したとおりで、いずれの場合も負の値になる年齢群が計算され、この資料についてはこの方法は適当でないと考えられる。

これと同じ資料を用いて繰返し計算を行った (Table 12)。漁獲物尾又長組成の幅が 1 cm の場合

Table 9. Length compositions of the sampled fish in each market category

Category	Fork length in cm																																								
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
VL															4	9	2	7																			1	2			
L											1			21	26	13	6	2																				1			
M													1	26	31	17	3	3																							
S							1	17	29	25	9																														
VS																																									
US																																									

は6歳魚が7歳魚より少なく計算されたが、2 cm、3 cm の場合はかなり良好な結果が得られた。特に2 cm の場合は年齢査定法で推定した年齢組成と極めて類似した結果が得られた。

年齢別平均尾叉長とその標準偏差から計算した年齢別銘柄組成 (Table 13) と漁獲物尾叉長組成を用いて繰返し計算を行った結果、2歳から7歳までの尾数はそれぞれ 75299, 31785, 4734, 225, 9, 9 と推定された。6歳と7歳は同一の単一銘柄に含まれるため、この方法ではこれらを分離することができない。

以上の結果を比較すると、年齢査定法や年齢別体長組成と漁獲物体長組成を用いた繰返し計算法はかなり良好な結果が得られたが、これ以外の方法ではあまりよい結果は得られなかった。年齢査定法は標本抽出に偏りがなければ当然獲物全体の年齢組成に最も近い値になると考えられるが、年齢査定にかなりの時間が必要になる。これに対し、漁獲物体長組成を用いて繰返し計算を行う方法は、年齢別平均体長やその標準偏差が既知の場合は、作業が非常に容易である割にかなり良好な結果が得られることが明らかになった。またこれらの結果から、この漁獲物の年齢組成として最も信頼できるのは年齢査定法および尾叉長幅 2 cm の繰返し計算法であろうと思われる。

年齢組成の経年変化 年齢査定法で推定した5年間の年齢組成を Fig. 30 に表した。この年齢組成をみる限り、卓越した年級群は存在しないようである。また、完全加入年齢は 1979, 1980 両

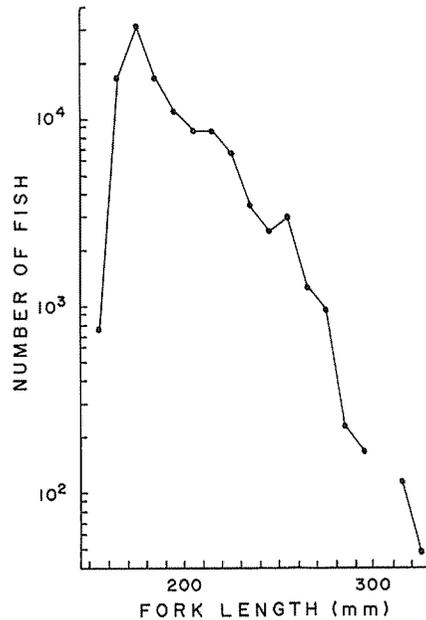


Fig. 29. Length composition of the threeline grunt caught with hook and line in June and July, 1983, estimated from length compositions by the market category.

Table 10. Theoretical length compositions of each age group

Fork length (cm)	Age						
	1	2	3	4	5	6	7
6-7	0.0003						
7-8	0.0049						
8-9	0.0402						
9-10	0.1601						
10-11	0.3136						
11-12	0.3013	0.0003					
12-13	0.1426	0.0028					
13-14	0.0330	0.0170					
14-15	0.0037	0.0665					
15-16	0.0003	0.1642					
16-17		0.2560	0.0004				
17-18		0.2534	0.0037				
18-19		0.1586	0.0216				
19-20		0.0628	0.0783				
20-21		0.0158	0.1807				
21-22		0.0024	0.2636	0.0008			
22-23		0.0003	0.2428	0.0116			
23-24			0.1422	0.0800	0.0005		
24-25			0.0525	0.2492	0.0077		
25-26			0.0123	0.3530	0.0586	0.0004	
26-27			0.0018	0.2285	0.2078	0.0067	0.0003
27-28			0.0002	0.0673	0.3440	0.0506	0.0030
28-29				0.0089	0.2668	0.1853	0.0172
29-30				0.0006	0.0968	0.3285	0.0658
30-31					0.0164	0.2833	0.1608
31-32					0.0013	0.1187	0.2518
32-33						0.0241	0.2520
33-34						0.0024	0.1619
34-35						0.0001	0.0665
35-36							0.0175
36-37							0.0030
37-38							0.0003

年は4歳以上であるのに対して、1981年では3歳以上、1982、1983両年では2歳以上となり、若年魚が以前よりも多く漁獲されている。この変化についてはすでに第1章で述べたとおりである。

## 第2節 生残率

資源の年齢組成が明らかであればみかけの生残率は容易に計算される。年齢組成から生残率を求

Table 11. Age compositions of the fish landed in June and July, 1983, estimated by calculating the simultaneous equations based on the length compositions

Range of length class	Age					
	2	3	4	5	6	7
1 0 mm	80658	32753	4804	1531	-242	317
2 0 mm	81483	15961	-7358	7471	-3540	1699
3 0 mm	71918	69052	-290477	919209	-1226660	762218

Table 12. Age compositions of the fish landed in June and July, 1983, estimated by the iterative calculation based on the length compositions.

Range of length class	Age					
	2	3	4	5	6	7
1 0 mm	72850	32522	5402	1095	30	165
2 0 mm	72930	32660	5412	836	129	94
3 0 mm	72342	33306	4949	1142	323	1

Table 13. Theoretical market category compositions for each age-group

Category	Age						
	1	2	3	4	5	6	7
VL				0.09	0.72	1.00	1.00
L			0.07	0.83	0.28		
M			0.64	0.08			
S		0.15	0.28				
VS		0.69	0.01				
US	1.00	0.16					

める方法は一般に次の計算法がよく用いられている。(1) LEA (1930) の方法 ( $S = \frac{\sum_{i=j}^k N_i}{\sum_{i=j+1}^{k+1} N_i}$ ;  $S$ , 生残率;  $N_i$ ,  $i$  歳魚の個体数)。(2) 対数回帰法 (土井 1949)。(3) 平均年齢法 (土井 1975)。ここでは年齢査定法で推定した 5 年間の年齢組成から、この 3 計算方法により生残率を推定した。

### 結果と考察

3 計算方法で求めた生残率を Table 14 に表した。平均年齢法と LEA の方法で求めた生残率

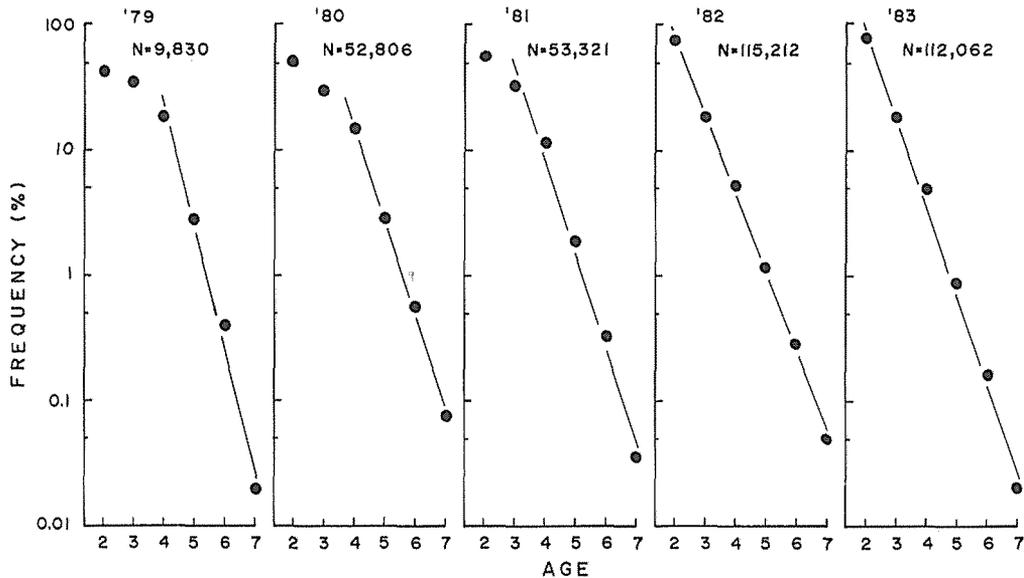


Fig. 30. Age compositions of the threeline grunt caught with hook and line in June and July for five years, estimated from otolith reading.

Table 14. Survival rates and their 90% confidence limits in parentheses calculated by three methods

Year	Range of age-groups	Method		
		DOI (1949)	LEA (1930)	DOI (1975)
1979	4-7	0.106 (0.061-0.185)	0.150	0.147 (0.136-0.159)
1980	4-7	0.176 (0.147-0.209)	0.190	0.189 (0.183-0.195)
1981	3-7	0.180 (0.137-0.237)	0.297	0.265 (0.261-0.269)
1982	2-7	0.237 (0.221-0.254)	0.255	0.256 (0.254-0.257)
1983	2-7	0.198 (0.173-0.227)	0.241	0.239 (0.238-0.241)

はそれぞれよく似た値になったが、対数回帰法で求めた生残率は前2者よりもかなり小さい値になった。これは土井(1975)が指摘しているように、対数回帰法は個体数が少ない高齢魚によって誤差が大きく導入されたためであると思われる。これに対し、LEAの方法や平均年齢法は個体数の多い年齢群の影響が強いために誤差は少ないと考えられる。このようなことから、本研究では、この海域のイサキの生残率として平均年齢法で計算された値を用いることにする。

1981年以降の生残率は1979年、1980年に比較していくらか大きな値が算出されている。しかし、これは完全加入年齢の低下によって生残率を計算した年齢範囲が異なるために生じた可能性が強く、4歳から7歳までの生残率には顕著な経年変化は認められないようであった。

著者が以前に報告したイサキの生残率は約0.4~0.5で、ここで推定した値よりもかなり大きい。これは、以前に用いた標本が大型魚に偏っていたことが原因であると考えられる。

海産硬骨魚の生残率については、いくつかの魚種で明らかにされている。著者の知る限り、最小はマアジの0.07 (三谷・井田 1964 b), 最大は American plaice, *Hyppoglossoides platessoides* の0.87 (POWLES 1969) であるが、生残率は生物学的な自然死亡以外に漁獲死亡が大きく影響するため、魚種間の比較はあまり意味を持たない。

### 第3節 自然死亡係数

自然死亡係数を正確に推定することは前述の生残率に比較して非常に困難であると考えられている。この推定に対して、よく用いられるのは漁獲統計資料から次式によって計算する方法である (WIDRIG 1954)。

$$Z = M + qX \quad (30)$$

$M$ , 自然死亡係数;  $X$ , 漁獲努力量;  $Z$ , 全減少係数;  $q$ , 漁獲能率

しかし、この方法に現実のデータを当てはめた場合良好な結果が得られにくいという指摘がある (田中 1960, 山中 1961)。また、自然死亡係数や成長係数あるいは最高年齢が既知の魚種について、これらを帰納的に処理し、自然死亡係数が未知の魚種について、これを推定する方法も考えられている。たとえば、BEVERTON and HOLT (1959) は目あるいは亜目内では BERTALANFFY の成長式の成長係数と自然死亡係数は比例関係にあるとし、また田中 (1960) は最高年齢から自然死亡係数を推定する方法を示している。PAULY (1981) は84種の魚類から得られた175群の資料に基づいて、BERTALANFFY の成長式における極限全長あるいは極限体重、成長係数および環境水温から自然死亡係数を求める回帰式を表した。このほか、土井 (1977) は寿命付近の年齢群で資源重量が自然に消滅することから自然死亡係数を推定する方法を示している。

ここでは、田中 (1960) や PAULY (1981) および土井 (1977) の方法にしたがって、イサキの自然死亡係数の推定を試みた。

### 結果と考察

著者が現在までに確認したイサキの最高年齢は8歳である。実際にはこれより大型のイサキも漁獲されているが、ここでは最高年齢を8歳とした。田中 (1960) が表した最高年齢 ( $xd$ ) と自然死亡係数のグラフから、 $xd=8$  に対して  $M=0.3$  という値が得られる。第3章の結果からイサキの平均的な極限体重は746.8 g, 成長係数は0.2855である。また、Fig. 1 で示した漁場付近の年平均水温は三重県水産技術センターの観測によると約20°Cであった。これらの値から、PAULY (1981) の方法にしたがって自然死亡係数を計算すると0.61となる。

次に土井 (1977) の方法にしたがって自然死亡係数を推定する。成長式は第3章の結果を用いた。処女資源時の1歳魚の資源尾数を100として、生残率を0.1から0.9まで0.1刻みで変化させると、各年齢群の相対資源重量は Fig. 31 のようになる。土井 (1977) にしたがうと、最高年齢 (寿命) 付近で資源が適当に消滅する生残率を処女資源時の生残率とするのであるが、実際にはこの判断はかなり難しい。現在までにこの方法で処女生残率が求められた魚種にはマダイ *Pagrus major* (阪本ほか 1981), シログチ *Argyrosomus argentatus* (庄嶋・大滝 1983) およびタチウオ *Trichiurus*

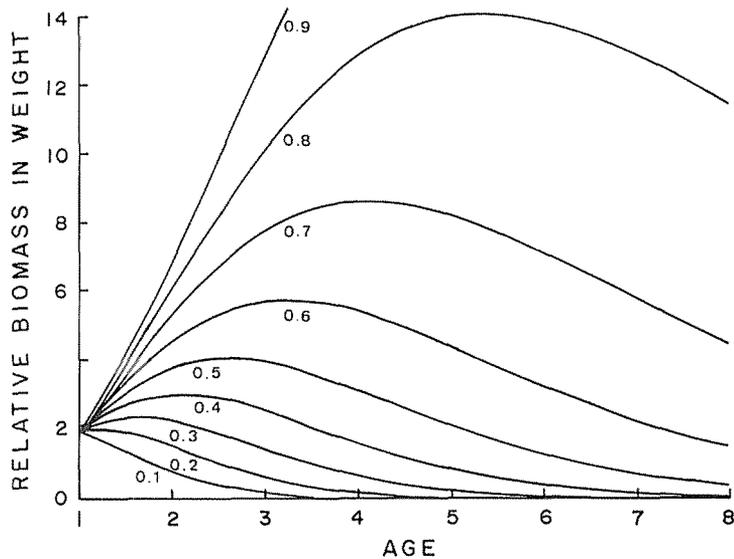


Fig. 31. Relationships between age and relative biomass for various survival rate. Numbers by each curve indicate the survival rates.

*lepturus* (阪本ほか 1982, 岡本・内山 1984) が知られている。これらの魚種について、推定された処女生残率から1歳魚の資源尾数を100とした場合の最高年齢魚群の資源尾数と資源重量を求めると、それぞれ0.1~13.3, 0.6~6.9となる。これらの値を参考にすると、イサキの処女生残率は0.5~0.7となり、その中央値として、0.6と推定できる。また、これを自然死亡係数に換算すると0.51となる。

このようにイサキの自然死亡係数の推定値はその推定方法によって異なった値が算出された。しかし、PAULY (1981) と土井 (1977) の方法による推定値は比較的近似した値になることから、イサキの自然死亡係数は0.5~0.6であると推定できる。

## 第5章 成熟・産卵

魚類の成熟や産卵に関する知見は、その魚類の生態的特性や生態戦略あるいは資源の変動や維持管理を検討する上で、年齢や成長と同じく極めて重要な基礎的情報のひとつである。

イサキの生殖生態に関する報告は少なく、増沢・松浦 (1968) や木村・鈴木 (1981) の生殖腺調査、北島ほか (1982) や岡・奥村 (1982), 木村・有瀧 (1985 a) の水槽内自然産卵、および木村・鈴木 (1980 b) の性比について知られているにすぎない。ここでは、木村・鈴木 (1980 b, 1981) や木村・有瀧 (1985 a) の結果にその後の調査結果を補足し、生殖腺の成熟過程や産卵期、産卵場、産卵時刻、産卵行動、性比、および産卵数などについて考察した。

## 研究方法

供試材料は1978年3月から1984年7月までの期間に三重県熊野灘沿岸の志摩町、熊野市、および御浜町で一本釣や定置網、刺網で漁獲されたものである。魚体の年齢は第3章の結果にしたがって、鱗あるいは耳石から査定した。

生殖腺の組織標本は左葉生殖腺中央部付近について常法のパラフィン包埋によって4~6  $\mu\text{m}$ の横断切片とし、マイヤーのヘマトキシリンおよびエオジンで重染した。生殖腺指数 (GI) は次式によって求めた。

$$GI = (GW/L^3) \cdot 10^7 \quad (31)$$

GW, 生殖腺重量 (g); L, 尾叉長 (mm)

卵径はホルマリン固定後の右葉卵巣中央部から卵塊を一部取出し、水道水を入れたシャーレ内によく攪拌した後、万能投影器で50倍に拡大し、卵径0.04mm以上の卵について1個体について200粒ずつ測定した。平均卵径は鈴木・木村 (1978) にしたがって、測定した200粒のうち最大径からその $\frac{1}{2}$ の大きさまでの範囲についての平均値で表した。

水槽内自然産卵実験は1983年および1984年の6月初旬から7月下旬にかけて行った。この実験方法については第7章で詳述する。

## 結果と考察

**生殖腺の不相称性** 魚類の生殖腺は一般に左右両葉からなり、その形態や発達には左右で差異が認められるものが知られている (三谷 1960, 鈴木・木村 1978)。そこで、落合 (1954) にしたがって不相称指数  $\alpha$  を計算し、これを用いてイサキ生殖腺の左右両葉間で形態や発達に差異が認められるかどうか検討した。なお、生殖腺が1葉しか認められない個体が全体の0.2%程度出現したが、このような個体は除外して検討した。

$$\alpha = (GWR - GWL) / (GWR + GWL) \quad (32)$$

GWL, 左葉生殖腺重量 (g); GWR, 右葉生殖腺重量 (g)

各個体について左右の重量差が5%以内のもの、すなわち  $|\alpha| \leq 0.05$  を相称、 $\alpha < -0.05$  を左偏、 $\alpha > 0.05$  を右偏とし、その出現頻度を Table 15 に表した。次に、個体群としての生殖腺の不相称性を調べるために  $\alpha$  の平均値を求めると、雌では0.0170、雄では0.0196となる。これらの平均値は0に近く、もしこれが0と認められるならば、生殖腺は群として左右相称であると考えられる (鈴木・木村 1978)。しかし帰無仮説  $H_0: \bar{\alpha} = 0$  は1%水準で棄却され、したがってイサキの生殖腺は群として左右不相称であるといえる。

以上の結果から、イサキは左右不相称の生殖腺を持つ個体が全体の半数強を占め、このうち、右偏の個体が約3:2の割合で左偏の個体よりも多い。このため個体群として考えるとやや右葉の方が大きいという結果になる。このように生殖腺の右葉がより発達している魚種にはニギス *Glossanodon semifasciata* (落合 1954) やブリ (三谷 1960) が知られている。

**生殖腺の均一性** 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べるために、6月の標本から無作為に10個体を抽出し、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%水準で検定した。その結果、左右両葉間で有意差が認められたものは1個体、前中後部で有意差が認められたものも1個体で、その他の個体では部位による平均卵径の差に有意差が認

Table 15. Number of specimens with symmetrical, dextral, or sinistral gonads in weight. Symmetry,  $-0.05 \leq \alpha \leq 0.05$ ; dexterity,  $\alpha > 0.05$ ; sinisterity,  $\alpha < -0.05$ .  $\alpha$  was calculated according to the formula  $\alpha = (GWR - GWL) / (GWR + GWL)$  where  $GWL =$  gonad weight of left lobe and  $GWR =$  gonad weight of right lobe. Figures in parentheses indicate percentages

	Sinisterity	Symmetry	Dexterity	Total
Female	78 (20.6)	176 (46.6)	124 (32.8)	378
Male	74 (20.6)	165 (45.8)	121 (33.6)	360
Total	152 (20.6)	341 (46.2)	245 (33.2)	738

められなかった。また、卵巣および精巣の組織観察も上記の6部位について行ったが、部位による成熟状態の差異は認められなかった。これらのことから、イサキはマダイ（松浦 1972）やフナ類（鈴木・木村 1978）、アカアマダイ *Branchiostegus japonicus*（林 1979）などと同様に生殖腺の成熟状態は部位に関係なくほぼ一定であると考えられる。

**卵巣の成熟過程** 1981年3月から1982年2月までに採集した208個体について卵巣組織標本の観察を行った。卵巣卵の成熟過程すなわち成熟にともなう卵巣卵の形態的变化は山本（1954）のクロガレイ *Liopsetta obscura* と基本的に一致した。このためここでは卵巣卵の成熟段階を山本（1954）に準拠して次の9段階に分けた（Fig. 32）。（1）周辺仁期。（2）卵黄胞期。（3）第1次卵黄球期。（4）第2次卵黄球期。（5）第3次卵黄球期。（6）胚胞移動期。（7）前成熟期。（8）成熟期。（9）完熟期。

成熟期のイサキの卵巣内にはマダイ（松浦 1972）などと同様未成熟から成熟までほぼ連続した段階の卵が認められる。そこで、卵巣の成熟度を卵巣内で最も成熟が進んだ卵の成熟段階で表すことにした。卵巣成熟度の季節的变化は Fig. 33 のとおりである。第1次卵黄球期以上に成熟した卵は5月から8月まで出現している。特に胚胞移動期以上の卵は2歳魚では6月に、3歳以上では6月から8月にかけて出現している。9月になると卵巣はすべて卵黄胞期以下の成熟段階になり、翌年4月までこのような状態が続いている。

このように、イサキ卵巣内には1歳魚を除いて卵黄胞期以下の成熟段階の卵がほぼ周年にわたってみられ、このような卵の一部が5月から卵黄の蓄積を開始し、放卵される。崩壊吸収中の卵は一部の個体で5月下旬から出現し始めるが、通常は7月から9月に多くみられ、10月には出現しなくなる。

**卵巣卵の成熟段階と卵径および  $GI$  との関係** 卵巣の成熟状態は山本（1954）が述べているように、卵巣卵の成熟段階に基づく方法が最も確実である。しかし、卵巣組織の観察は処理に手間がかかるため、資源調査など大量の標本を扱う場合にはあまり適していない。そこで、卵巣の成熟状態を相対的に表現する方法として、 $GI$  や  $GSI$  などの卵巣重量と体の大きさとの係数、あるいは卵径などがよく用いられている。しかし当然、これらの係数や卵径と卵巣卵の成熟段階との間に密接な関係が認められなければ、これらを用いて卵巣の成熟状態を表すことはできない。

卵巣卵の成熟段階と卵径との関係を Fig. 34 に表した。卵径は卵の成熟にともなって増大し、特に卵黄胞期から第2次卵黄球期および前成熟期から成熟期にかけて急激に増大する傾向を示している。卵巣の成熟度と  $GI$  との関係は Fig. 35 に表したとおりで、各卵巣成熟度に対応する  $GI$  の幅

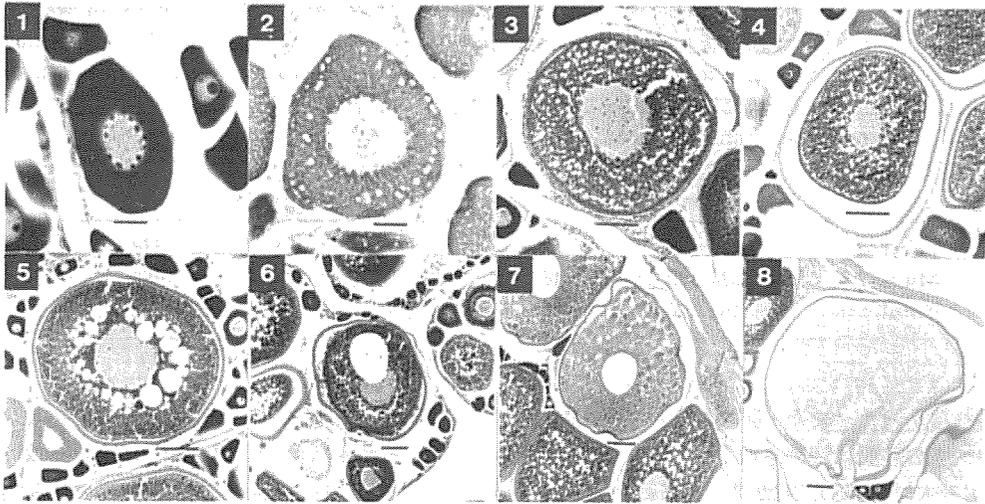


Fig. 32. Maturation stages of the ovarian eggs. 1, peripheral nucleolus stage; 2, yolk vesicle stage; 3, early yolk globule stage; 4, middle yolk globule stage; 5, later yolk globule stage; 6, migrating nucleus stage; 7, pre-maturation stage; 8, maturation stage. Scales indicate 20  $\mu$ m in 1 and 2, 50  $\mu$ m in 3, and 100  $\mu$ m in 4 to 8.

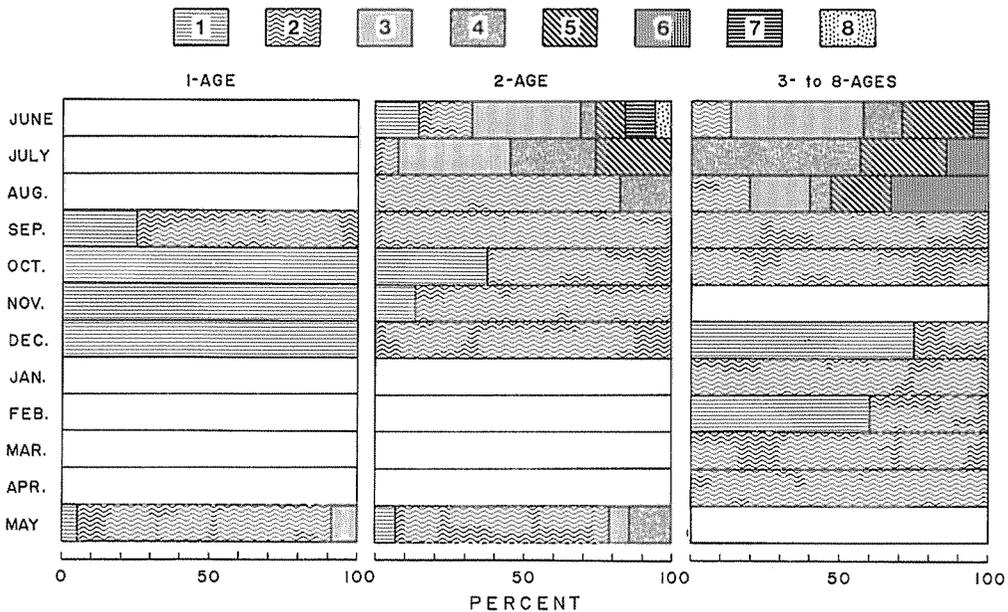


Fig. 33. Monthly changes in the maturation phases of the ovaries for each age-group. 1, peripheral nucleolus phase; 2, yolk vesicle phase; 3, early yolk globule phase; 4, middle yolk globule phase; 5, later yolk globule phase; 6, migrating nucleus phase; 7, pre-maturation phase; 8, maturation phase. The maturation phase of the ovary is represented by the maturation stage of the most mature egg in the ovary.

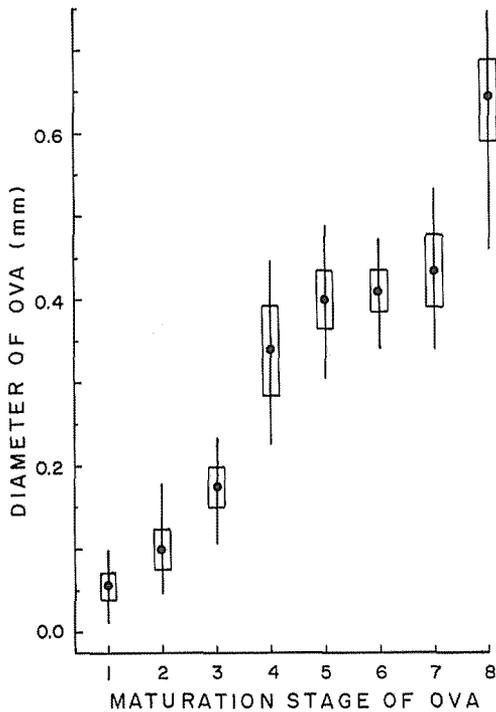


Fig. 34. Relationship between maturation stage of ovarian egg and its diameter. 1, peripheral nucleolus stage; 2, yolk vesicle stage; 3, early yolk globule stage; 4, middle yolk globule stage; 5, later yolk globule stage; 6, migrating nucleus stage; 7, pre-maturation stage; 8, maturation stage. Circles indicate the mean values, vertical lines the ranges, and squares the limits of mean  $\pm$  standard deviation.

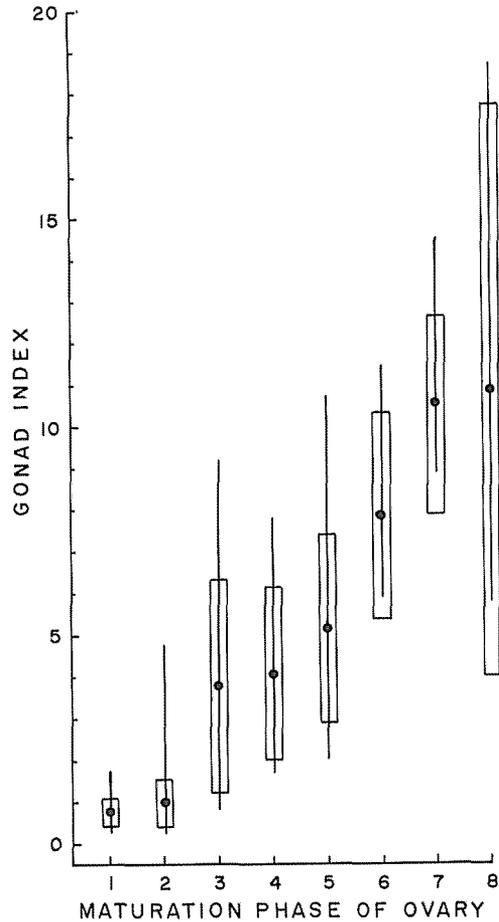


Fig. 35. Relationship between maturation phase of the ovary and gonad index (GI). GI was calculated according to the formula  $GI = GW/L^3 \cdot 10^7$ , where  $GW$  = gonad weight in g and  $L$  = fork length in mm. 1, peripheral nucleolus phase; 2, yolk vesicle phase; 3, early yolk globule phase; 4, middle yolk globule phase; 5, later yolk globule phase; 6, migrating nucleus phase; 7, pre-maturation phase; 8, maturation phase. Circles indicate the mean values, vertical lines the ranges, and squares the limits of mean  $\pm$  standard deviation.

は広く、重なりが大きいですが、平均値では卵黄胞期と第1次卵黄球期との間で明瞭な差が認められる。また周辺仁期と卵黄胞期ではGIの平均値にほとんど差が認められないが、これ以上の成熟度では卵巣の成熟にともなってGIの平均値は増大している。

このように卵径やGIは卵巣卵あるいは卵巣の成熟にともなって増大していることから、これらは雌の成熟状態を指示する指数として有効であると考えられる。またこれらの結果から、

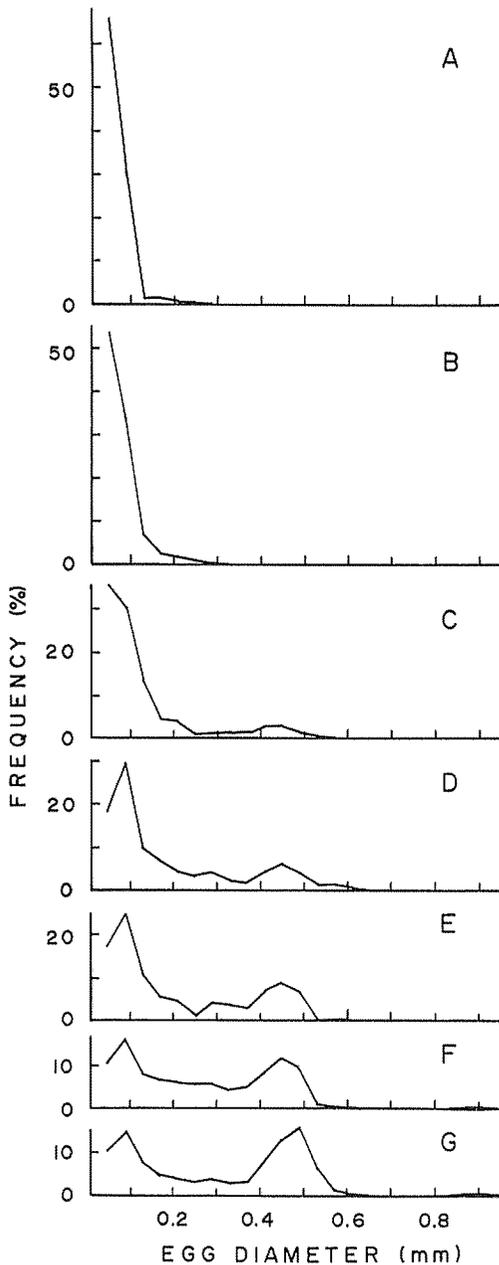


Fig. 36. Frequency distributions of the egg diameter obtained by each condition of maturity classified by gonad index. A,  $GI < 1$ ; B,  $1 \leq GI < 2$ ; C,  $2 \leq GI < 3$ ; D,  $3 \leq GI < 4$ ; E,  $4 \leq GI < 5$ ; F,  $5 \leq GI < 10$ ; G,  $GI \geq 10$ .

概ね直径 0.15 mm 以下の卵巣卵あるいは  $GI$  が 2 以下の卵巣は卵黄胞期以下の未熟な成熟状態であると考えられる。

卵径と  $GI$  との関係  $GI$  の増大にともなう卵径組成の変化を Fig. 36 に示した。 $GI$  が 2 以下では大部分の卵は直径が 0.1 mm 以下である。 $GI$  が 2 以上になると卵径 0.4~0.5 mm に最頻値を持つ卵群が出現し始める。この卵群は Fig. 34 から第 2 次卵黄球期以上の成熟段階であると考えられる。さらに  $GI$  が 5 以上になると一部の個体で卵巣腔に排卵された完熟卵 (卵径 0.8~0.9 mm) が残存している場合もみられた。平均卵径と  $GI$  との関係は Fig. 37 に表したとおりである。この関係は  $GI$  が 2~3 付近に変曲点が認められ、変曲点以下の範囲では平均卵径は  $GI$  の増大にともなって急激に大きくなるが、変曲点以降では平均卵径は約 0.4 mm となり、 $GI$  の増加にともなう平均卵径の増大傾向は著しく鈍くなる。

著者らは以前にフナ類の生殖腺について、平均卵径と  $GI$  など生殖腺熟度を指示する係数との関係にみられる変曲点の位置は成熟、未成熟などの成熟状態を分ける指標になることを示唆した (鈴木・木村 1978)。イサキの場合、この変曲点の  $GI$  値は 2~3 で、この値は Fig. 35

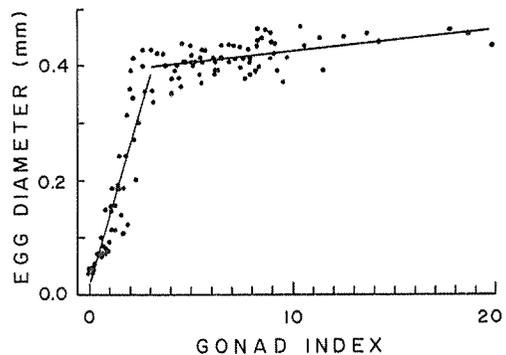


Fig. 37. Relationship between gonad index and mean diameter of the ovarian egg.

から大部分の卵巣が第1次卵黄球期以上の成熟度であると認められる。また Fig. 36 から  $GI$  が2以上であれば第2次卵黄球期以上に成熟した卵群が認められる。これらのことから、イサキについてもこの変曲点の位置は卵巣の成熟状態を分ける指標になると考えられる。

**精巣の成熟過程** 1981年3月から1982年2月までの期間に採集した212個体について精巣組織標本を観察した。第1次精原細胞は主として残存精子が吸収中である9月中旬から精巣外縁部周辺の細精管に出現し始める。第1次精母細胞は一部が11月から出現するが、この時期は未だ第1次精原細胞が大部分を占め、残存精子の吸収も継続して行われている。4月になると第1次および第2次精母細胞が大部分を占めるようになり、5月上旬には一部精子も出現する。5月中旬には細精管内に多数の精子が充満しているが、未だ包囊内に留まっている。精子が輸精小管内に充満するのは6月上旬からで、このような状態が8月まで続いている。精子の吸収は極一部の個体で6月から、通常9月から始まり、1月まで継続している。この精子の吸収過程は林(1971)が報告したスズキ *Lateorabrax japonicus* とほぼ同様で、単層の精上皮細胞層が残存精子を取巻いて吸収する。また精原細胞はこの精上皮細胞層から出現するようである。

以上のような結果から、水江(1958)や林(1971)にしたがって精巣の成熟段階を次の4期に分けた(Fig. 38)。(1)精子形成準備期。残存精子はほぼ完全に吸収され、生殖細胞の大部分は第1次精原細胞で占められる。(2)精子形成期。生殖細胞の大部分は第1次および第2次精母細胞で占められる。細精管内に精子が存在する場合があるが、未だ輸精小管には放出されていない。(3)精子放出期。細精管および輸精小管内に精子が充満し、放精可能な状態。(4)精子吸収期。残存精子の周囲に精上皮細胞層が取巻き精子が吸収されている状態。

精巣成熟段階の季節的变化は Fig. 39 のようになる。この図から、精子形成準備期は12月あるいは1月から4月、精子形成期は4月から5月、精子放出期は6月から8月、精子吸収期は9月から12月である。

精巣の成熟段階と  $GI$  との関係を図 40 に表した。精子形成準備期や精子吸収期では  $GI$  は通常1以下である。精子形成期になると  $GI$  はいくぶん大きくなり、さらに精子放出期では  $GI$  は急激に増大するが、精子の放出にともなって精巣が縮小するため、 $GI$  の変異幅は著しく広がる。

**産卵期** 生殖腺組織の観察から、卵巣内に第1次卵黄球期以上に成熟した卵が出現する期間は5月から8月で、また精子放出期の精巣が出現する期間は6月から9月であった。したがって、産卵期はこの期間内であると推定できる。

3月から9月までの  $GI$  の変化を Figs. 41, 42 に表した。 $GI$  は雌雄ともに4月から増大し始め、6月に最大になり、その後8月まで徐々に減少し、9月になると一部の雄を除いて  $GI$  が2以下まで低下する。このようなことから、熊野灘における本種の産卵は6月に開始し、8月に終了すると考えられる。また、6月から8月にかけての雌の  $GI$  の減少傾向は若齢魚ほど急速である。このことから、若齢魚ほど産卵期が短く、2歳魚では6月中に、3歳魚では7月中に大部分が産卵を終了するのではないかと考えられる。したがって、産卵盛期は6月～7月であると考えられる。

水槽内自然産卵の経過は Figs. 43, 44 に示したとおりである。1983年の産卵は6月8日から7月4日までであった。この親魚は7月12日に全個体が病死し、その生殖腺組織を観察した結果、卵巣内には未だ第2次卵黄球期以上に成熟した卵が多数存在し、産卵は終了していないと考えられた。1984年の産卵はB群では6月4日から7月15日、C群では6月5日から7月15日までであった。このように、水槽内産卵もその開始は6月初旬からで、天然魚とよく一致し、またB群、C群の親魚の大半が2歳3歳魚であることから、これらの産卵が7月中旬で終了することも天然魚からの推

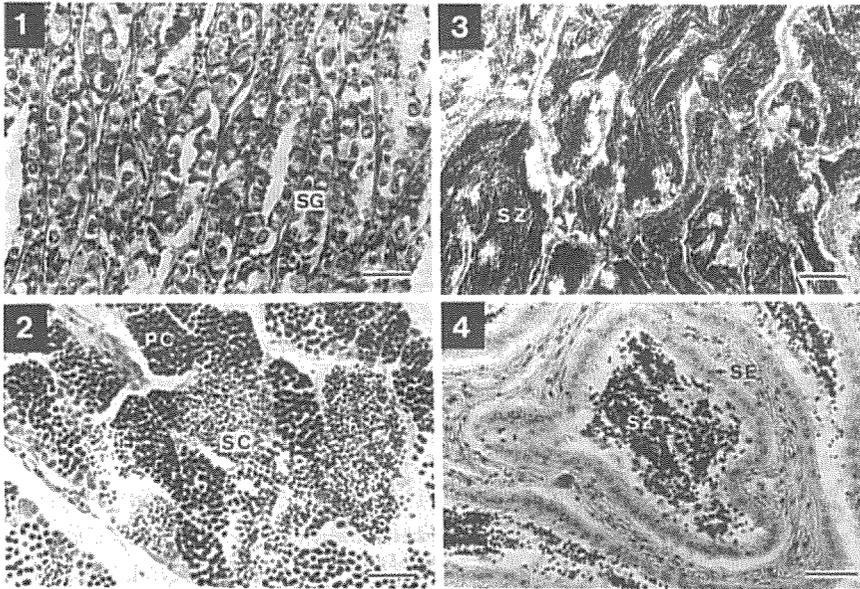


Fig. 38. Maturation phases of the testes. 1, preparative phase, spermatogonia (SG) present in the testis ; 2, spermatogenesis phase, primary (PC) and secondary (SC) spermatocytes present ; 3, discharging phase, spermatozoa (SZ) filled up in the testis ; 4, resorptive phase, spermatozoa resorbed by the seminiferous epithelial layer (SE). Scales indicate 20  $\mu$ m in 1, 2, and 4, and 40  $\mu$ m in 3.

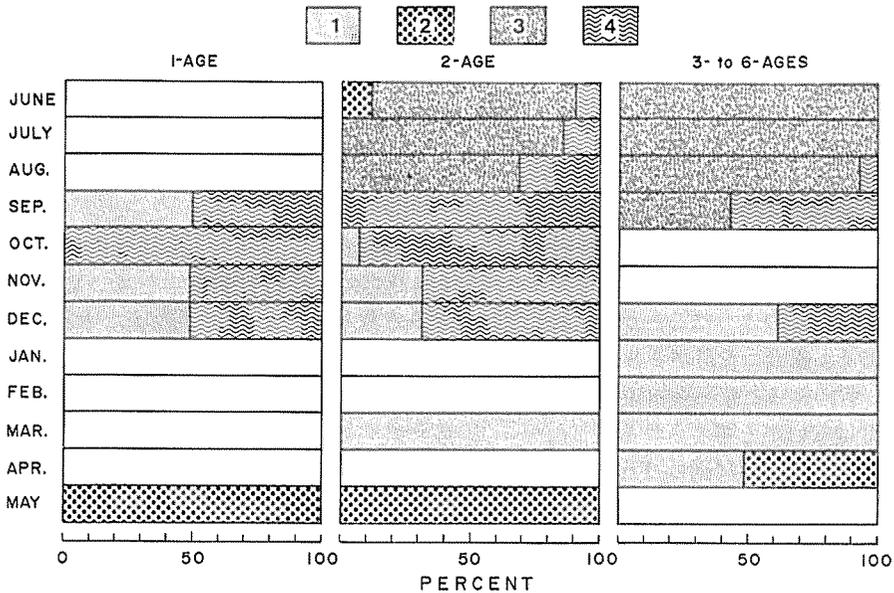


Fig. 39. Monthly changes in the maturation phases of the testes for each age-group. 1, preparative phase ; 2, spermatogenesis phase ; 3, discharging phase ; 4, resorptive phase.

定とよく一致している。

生殖腺調査による本種の産卵期の推定はすでに増沢・松浦（1968）が神奈川県三浦半島周辺で行い、産卵期は6月中旬から8月中旬、盛期は6月中旬から7月上旬であると述べている、このほか、神谷（1922）は千葉県館山湾で6月上旬から8月上旬にかけて天然卵を採集している。また本種の人工受精は神谷（1922）が千葉県で7月31日に、安田ほか（1962）が豊後水道で6月20日に、阿南（1963, 1966）が同じく豊後水道で7月11日, 16日, 19日に、原田ほか（1974）が和歌山県で6月5日, 6日にそれぞれ成功している。水槽内自然産卵では北島ほか（1982）が長崎県で6月初旬から7月中旬まで産卵したと報告している。このように日本国内でのイサキの産卵期には顕著な地域差は認められず、通常6月初旬から8月中旬であると考えられる。

若齢魚の産卵期が高齢魚より短い現象はギンブナ *Carassius auratus langsdorfii* でも知られている（鈴木・木村 1978）。前述したように、イサキは8月から10月の期間が最も成長量が多く、このため、特に若齢魚では産卵を早く終了し、摂取したエネルギーを体の成長に消費する必要があるのではないかと考えられる。

**産卵場** 前述のように、本種の産卵期は6月から8月で、この期間は一本釣の盛漁期と一致している。したがって、産卵場は一本釣の漁場と一致し、通常外海に面した岩礁域であると推定できる。

このようなことから、三重県前島半島沿岸では Fig. 1 に示した漁場が産卵場になると考えられる。この海域における6月～8月の水温は三重県水産技術センターの観測によると、表層で19～28℃, 10 m 層で20～28℃であった。また、水槽内での産卵水温は著者らが行った実験では20.5～27.5℃, 北島ほか（1982）では19.5～26.5℃であった。これらのことから、イサキの産卵水温は通常20～28℃程度であると推定できる。

**産卵回数** イサキの産卵様式は卵巣の組織観察や卵径組成からマダイ（松浦 1972）などと同様に多峯多回産卵型であると考えられる。また、後述する本研究結果や北島ほか（1982）、岡・奥村（1982）の水槽内自然産卵の結果からも本種が多回産卵を行うことは明らかである。産卵間隔については現在のところ確かな資料はないが、水槽内での産卵経過などから恐らく、毎日か、少なくとも数日に1度は産卵するように思われる。

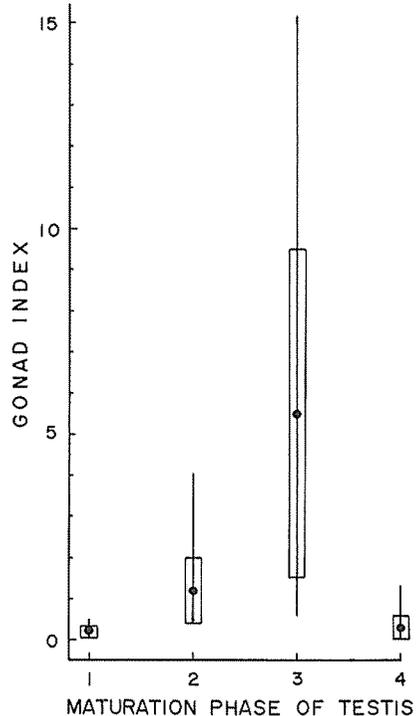


Fig. 40. Relationship between maturation phase of the testis and gonad index. 1, preparative phase; 2, spermatogenesis phase; 3, discharging phase; 4, resorptive phase. Circles indicate the mean values, vertical lines the ranges, and squares the limits of mean  $\pm$  standard deviation.

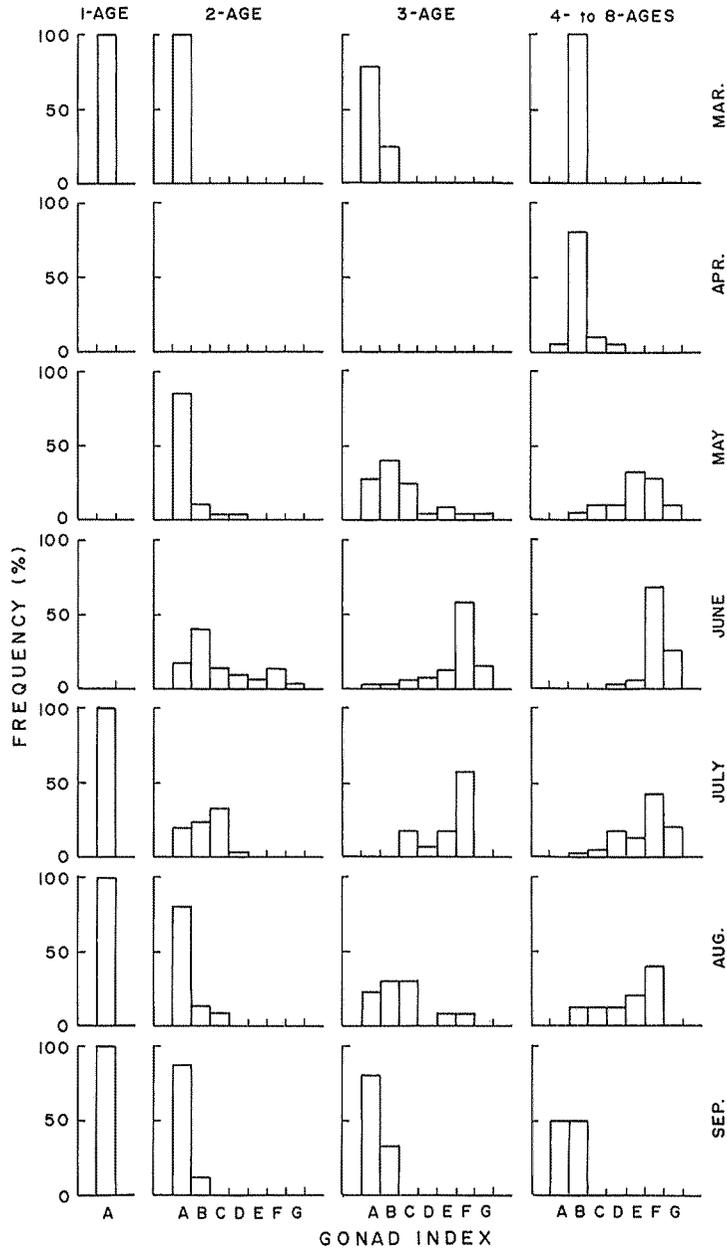


Fig. 41. Monthly changes in the frequency distributions of the gonad index for each age-group of female. A,  $GI < 1$ ; B,  $1 \leq GI < 2$ ; C,  $2 \leq GI < 3$ ; D,  $3 \leq GI < 4$ ; E,  $4 \leq GI < 5$ ; F,  $5 \leq GI < 10$ ; G,  $GI \geq 10$ .

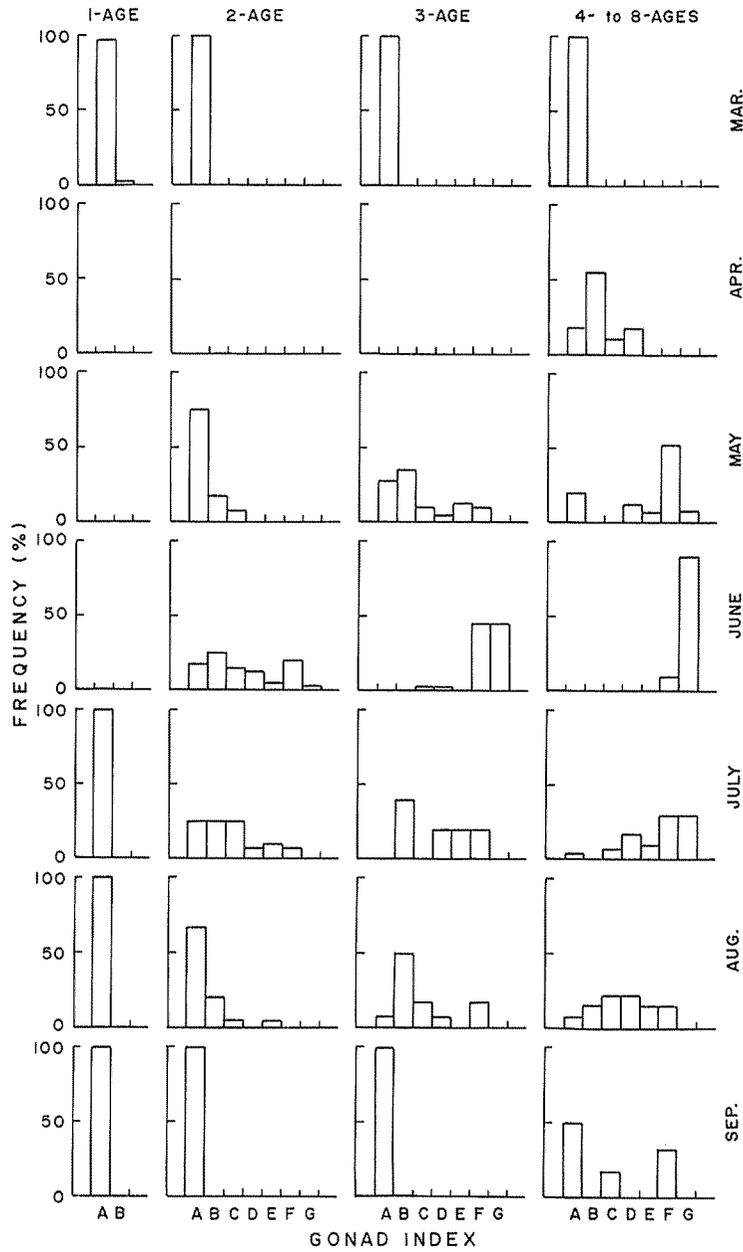


Fig. 42. Monthly changes in the frequency distributions of the gonad index for each age-group of male. A,  $GI < 1$ ; B,  $1 \leq GI < 2$ ; C,  $2 \leq GI < 3$ ; D,  $3 \leq GI < 4$ ; E,  $4 \leq GI < 5$ ; F,  $5 \leq GI < 10$ ; G,  $GI \geq 10$ .

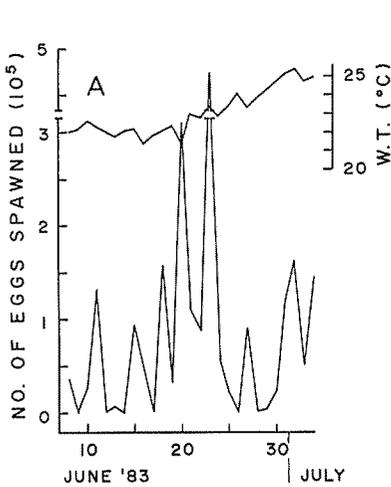


Fig. 43. Daily changes in the water temperature and the number of eggs spawned by the fish of Group A in 1983.

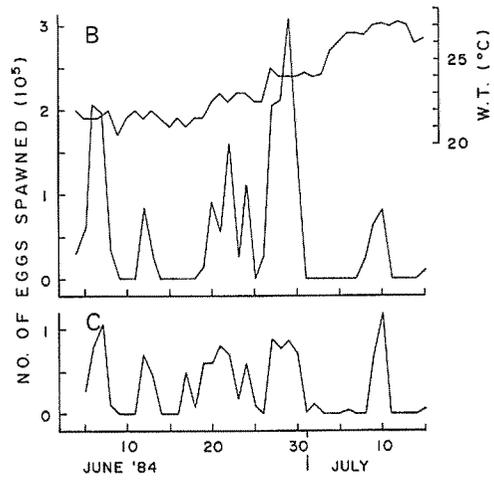


Fig. 44. Daily changes in the water temperature and the number of eggs spawned by the fish of Groups B and C in 1984.

**産卵時刻** 産卵時刻を推定するために、約1年程度小割生簀で蓄養した雌83個体を1984年6月9日から7月10日までの期間に時刻を変えて取上げ、卵巣組織を観察した。卵巣熟度の経時変化を Fig. 45 に表した。産卵期のイサキの卵巣は夜半から午前中にかけて、第3次卵黄球期から胚胞移動期まで成熟し、さらに午後になると、前成熟期に、夕刻には成熟期に達している。完熟卵の排卵はこの後、19時ごろまでに行われ、19時から20時にかけて産卵が行われると考えられる。また、産卵後の卵巣は第3次卵黄球期以下の成熟度に戻っている。

1983年6月23日に行った水槽内自然産卵での時間別集卵数を Fig. 46 に示した。この日の産卵は20時42分から21時14分まで行われ、他の産卵日も、集卵時刻に大差ないことから、この水槽内での産卵時刻は20時から22時であると考えられる。北島ほか(1982)が行った実験では水槽内の産卵時刻は19時から20時30分で、ピークは19時30分から20時であると報告されている。

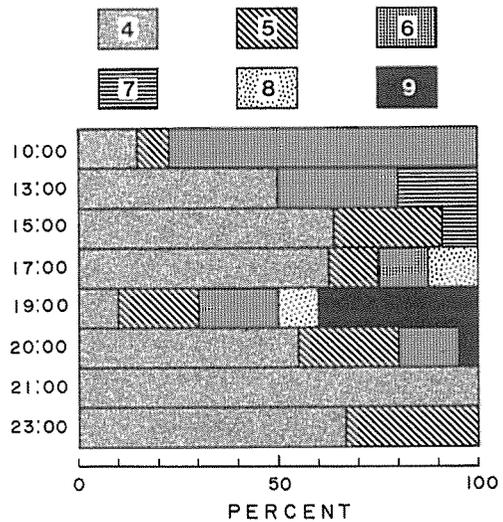


Fig. 45. Change of the maturation phase of the ovary with the passage of time. 4, middle yolk globule phase; 5, later yolk globule phase; 6, migrating nucleus phase; 7, pre-maturation phase; 8, maturation phase. 9, ripe egg phase.

本研究での水槽内産卵時刻は卵巣組織の観察や北島ほか(1982)の結果よりも1時間程度遅い。これはこの水槽が陸上照明の影響を受け、海面小割生簀よりもかなり明るかったためではないかと考えられる。また、本研究では明らかにできなかったが、イシダイ *Oplegnathus fasciatus* などでは天候や月齢によって産卵時刻が若干変化することが知られている(福所1979)。このようなことを考慮すると、イサキの産卵時刻は通常20時をピークとして、前後1時間程度と考えられる。

**産卵行動** 1983年6月23日19時より水槽内のイサキの産卵行動を観察し、次のような結果を得た(Fig. 47)。

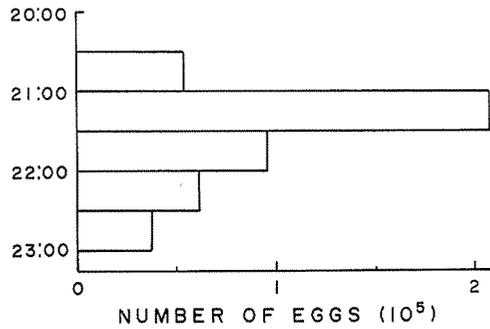


Fig. 46. Change of the number of eggs flowed into an egg-collecting net on 23 June, 1983.

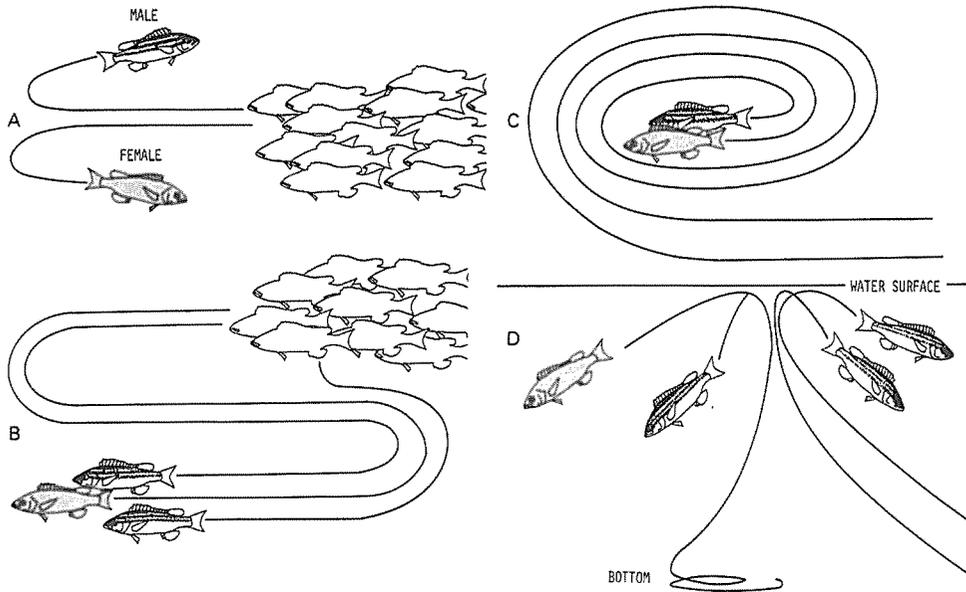


Fig. 47. Diagrammatic views of the courtship and spawning behavior of the threeline grunt in the spawning tank. Parental fish usually aggregate in a small school near the bottom. At 20:29, a male starts his courtship behavior towards a selected female (A). This mutual courtship is interrupted in a moment, and both fish return to the school. About five minutes after first courtship behavior occurred, two or more males pursue after one female (B). The paired fish swim more rapidly in a spiral near the bottom (C), then they ascend quickly and spawn beneath the surface of water at 20:42 (D). Other males in a school also ascend more rapidly and join into spawning of the couple.

イサキは通常水槽の中層を群泳している。最初の追尾行動は20時29分に観察された。初期の追尾距離は短く、短時間内にもとの群に戻る(A)。最初の追尾から5分程度経過すると、追尾距離が長くなり、1尾の雌を数尾の雄が追尾するようになる(B)。追尾と群への復帰を繰り返しているが、遊泳速度はしだいに速くなり、ペアを形成している雌雄が円を描くように遊泳する(C)。この直後、このペアは急浮上し、水面直下で体を反転させ、放卵、放精を行う(D)。産卵時にはペア以外の雄も下層から浮上し、放精するような行動をとった。最初の産卵は追尾開始後13分の20時42分であった。この時間には他の個体も盛んに追尾行動を行い、群はほとんど解消していた。その後、産卵は20時46分、47分、49分(2回)、55分、21時1分、12分、14分の計9回行われ、21時30分には追尾行動は観察されなくなり、通常の群を形成するようになった。

**最小成熟年齢・生物学的最小形・成熟率** 卵巣組織の観察から、2歳魚以上では産卵期に成熟卵を持ち、産卵に参加していると考えられる。また人工種苗から養成した満1歳魚ではすべて周辺仁期以下の未熟な卵しか有していなかったことや、天然魚の7月のGIがすべて1以下であることから、雌1歳魚は全く成熟していないと考えられる。したがって、雌の最小成熟年齢は2歳であると考えられる。

雄の場合も、精巣組織の観察から2歳魚以上であれば放精期の精巣を有し、成熟していると考えられる。養成1歳魚の精巣内には一部精子が認められ、また秋に漁獲された天然1歳魚の精巣内にも吸収中であるが精子が存在していた。したがって、精子はすでに満1歳で形成されていると思われる。しかし、これらの精子は包囊内に留まり、輸精小管内には放出されていないことから、実際には放精しないのではないかと考えられる。したがって、雄の場合も、最小成熟年齢は2歳であると思われる。

産卵期における尾叉長とGIとの関係を Fig. 48 に表した。雌では尾叉長160mm付近で、また雄では150mmでGIが急激に増大している。前述したように雌ではGIが2以上になると通常第1次卵黄球期以上に成熟した卵を持ち、雄ではGIが1以上であれば放精期の精巣を有していることから、GIが雌では2以上、雄では1以上の個体は成熟していると考えられる。したがって、イサキの生物学的最小形は雌で尾叉長160mm、雄で150mm前後であろうと考えられる。

成熟個体を雌ではGI 2以上、雄ではGI 1以上と規定し、6月におけるこれらの個体の出現率を成熟率とすると、成熟率は雌では2歳0.43、3歳0.95、4歳以上1.00となり、雄では2歳0.83、3歳以上1.00となる。

**性比** 木村・鈴木(1980b)は本種の性比に本質的な季節変化がなく、また雌雄別群を形成する現象も認められないこと、および雌雄の生残率の差によって、性比が年齢にしたがって変化することを明らかにした。ここでは、この後に採集した標本を加えて、性比の季節的变化や成長にともなう変化について検討した。

性比の経月変化を Fig. 49 に表した。各月の性比は1,4,6,7,9,10月で雌が多く、8,11,12,2,3,5月で雄が多い。しかし、いずれの月も1%水準で性比の偏りは認められず、また性比の経月変化にも一定の傾向が認められないため、本種の性比には季節的变化はないと考えられる。

木村・鈴木(1980b)が述べたように、各採集日毎の性比にはかなり偏りがある場合もあるが、すべて1%水準で有意性は認められなかった。タチウオでは各標本の性比が大きく偏ることから、ある時期に雌雄別群を形成することが知られている(三栖1959, 鈴木・木村1980b, 宗清・桑原1984)。しかし、イサキではこのような現象は認められないようであった。

年齢別の性比を Fig. 50 に表した。性比は0歳、1歳を除いて、成長にともなって雌よりに偏る

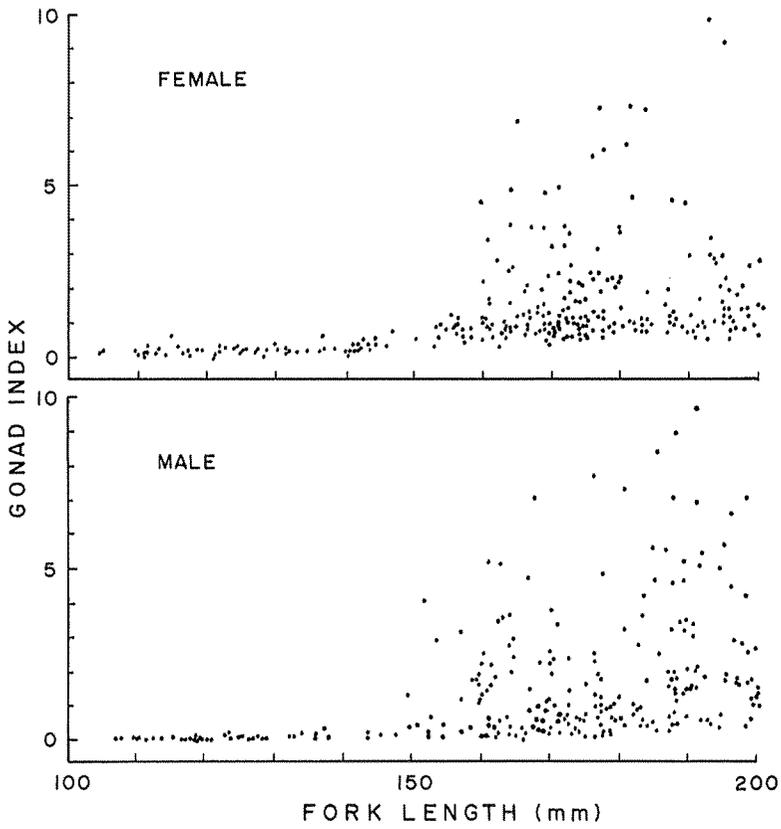


Fig. 48. Relationships between fork length and gonad index for both sexes.

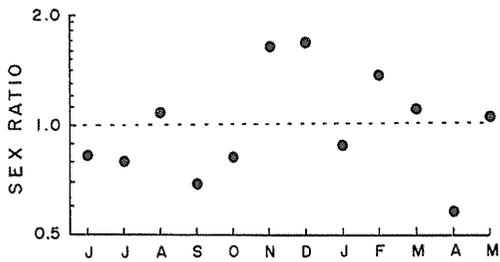


Fig. 49. Monthly change of the sex ratio (male/female).

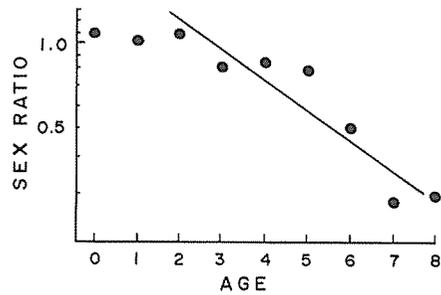


Fig. 50. Change of the sex ratio with growth.

傾向を示している。

魚体の大きさにともなって性比が変化する現象はいくつかの魚種で知られ、その原因として、(1) 雌雄の成長差 (タチウオ (宗清・桑原 1984)), (2) 性転換 (イネゴチ *Cociella crocodila* (青山ほか 1963), red porgy, *Pagrus pagrus*, (MANOCH 1976 b)), および (3) 雌雄の寿命や生残率の差 (ソウハチ *Cleisthenes pinetrum herzensteini* (渡辺 1954), vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, (GRIMES and HUNTSMAN 1980), ホキ *Macruronus navaezelandidae*, (KUO and TANAKA 1984)) が考えられている。イサキの場合、前述のように雌雄の成長差は顕著ではなく、また周年にわたる生殖腺組織の観察から、雌雄同体現象やその他性転換の可能性を示唆するような結果は全く得られていない。このようなことから、イサキの成長にともなう性比の変化はやはり、雌雄の生残率の差に原因しているのであろうと考えられる。

雌雄の生残率が異なる場合の性比 ( $R_s$ , ♂/♀) と年齢 ( $t$ ) との関係は次式で表される。

$$\log R_s = \log (S_m/S_f) \cdot t + \log R_{s_0} \quad (33)$$

$R_{s_0}$ ,  $t = 0$  時の性比;  $S_f$ , 雌の生残率;  $S_m$ , 雄の生残率

0歳魚と1歳魚の一部は生殖腺が未発達であるため、性の識別を行っていない個体もあった。そこで、ここでは0歳と1歳魚を除いて性比と年齢との関係を求めた。この関係式は次のようになる。

$$\log R_s = -0.1035 t + 0.2835 \quad (r = -0.934) \quad (34)$$

また、(34) 式から、各年齢群の雌の割合 ( $P_f$ ) は次のようになる。

$$P_f = 1 / (1 + 1.921 \cdot 0.788^t) \quad (35)$$

なお、イサキを含めて雌雄の生残率の差によって性比が変化すると考えられているソウハチや vermilion snapper, ホキなどではいずれも成長にともなう性比は雌よりに偏る傾向を示している。

**産卵数** 木村・鈴木 (1981) は卵径 0.3 mm 以上の卵を産出卵群と規定し、単位卵巣重量当りの産出卵群卵数と、6月から8月にかけての卵巣重量の減少量から産卵数を推定した。しかし、この推定は水槽内自然産卵の結果から得られた産卵数に比較してかなり過小評価であった (木村・有瀧 1985 a)。

多峯多回産卵型の魚類では、マダイ (松浦 1972) のように産卵中に常時未成熟卵が成熟し産卵するため、産卵数が卵巣卵数よりもかなり多くなる種と、whiting *Merlangius merlangus*, (HISLOP and HALL 1974) のように、成熟期の卵径組成が未熟卵と成熟中あるいは成熟した卵群とに分離し、産卵数はこの成熟卵数と一致する種が知られている (川崎 1982)。

イサキの卵径組成は Fig. 36 に示したとおりで、卵群は whiting ほど明瞭ではないが、卵群の分離が認められる。このようなことから、イサキの産卵数は卵巣卵数から推定することが可能であると考えられる。そこで、木村・鈴木 (1981) の過小評価の原因は産出卵群の規定の誤りや、すでに産卵中の個体を未産卵個体として取扱ったことなどであると考え、再度卵巣卵数から産卵数の推定を試みた。

$GI$  の季節変化から、産卵後の  $GI$  はすべて 2 以下であり、また卵径組成から、 $GI$  が 2 以下の卵巣卵は大部分が直径 0.15 mm 以下であることから、産出卵群を卵径 0.15 mm 以上と規定した。卵巣卵 1 mg 中に含まれる卵径 0.15 mm 以上の卵数は 2 歳 20.0, 3 歳 18.6, 4 歳 19.5, 5 歳 19.5, 6 歳 19.3, 7 歳 19.8, 8 歳 20.9 となり、年齢による変化はあまりみられない。このため、ここではこの卵数を全体の平均値である 19.3 粒/mg とした。次に 6 月に採集した個体のうち、十分に成熟し、かつ排卵痕のない個体を選び尾叉長と卵巣重量 ( $OW_s$ , g) との関係求めた (Fig. 51)。この関係は次式

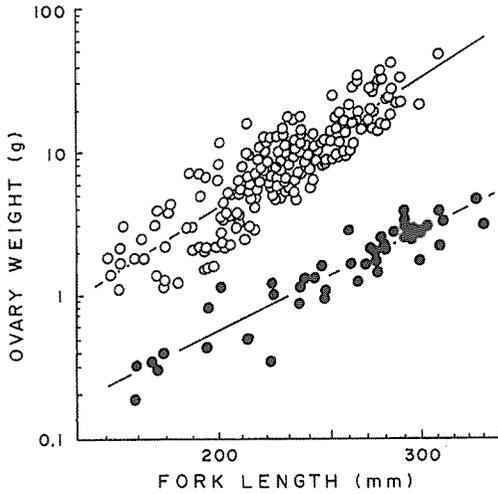


Fig. 51. Relationships between fork length and ovary weight for pre-spawning (open circles) and spent (solid circles) conditions.

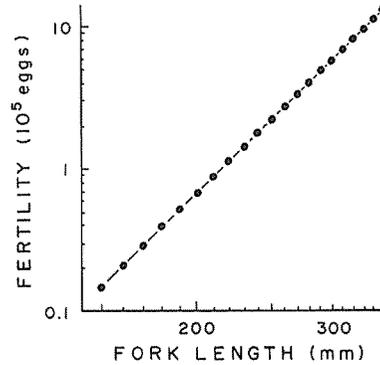


Fig. 52. Relationship between fork length and estimated fertility.

で表される。

$$OW_6 = 6.477 \cdot L^{5.128} \cdot 10^{-12} \quad (r = 0.858) \quad (36)$$

また、9月の卵巣重量 ( $OW_9$ , g) は次のようになる (Fig. 51)。

$$OW_9 = 3.818 \cdot L^{3.958} \cdot 10^{-10} \quad (r = 0.936) \quad (37)$$

したがって、産卵期中の卵巣重量の減少量 ( $\Delta OW$ ) は次のようになる。

$$\Delta OW = OW_6 - OW_9 \quad (38)$$

これらのことから、1産卵期中に放出される卵数 (産卵数 ( $Fe$ )) は次式で表される。

$$Fe = 19.3 \cdot 10^3 \cdot \Delta OW \quad (39)$$

(39) 式は近似的に次式で表される (Fig. 52)。

$$Fe = 4.759 \cdot L^{5.281} \cdot 10^{-8} \quad (40)$$

(40) 式から産卵数は尾叉長 200 mm で6.7万粒, 250 mm で22万粒, 300 mm で57万粒, 350 mm 130万粒となる。また前述した尾叉長-体重関係および成長式から、産卵数と体重 ( $W$ , g) および年齢との関係は次のようになる。

$$Fe = 20.5 W^{1.688} \quad (41)$$

$$Fe = 1.45 \cdot 10^6 (1 - \exp(-0.2855 (t + 0.2909)))^{5.281} \quad (42)$$

水槽内自然産卵による総産卵数はA群 222万粒, B群 218万粒, C群 128万粒であった。前述したようにA群は産卵が完了していないため、B群とC群について親魚の年齢から成熟率を求め、さらに各親魚の尾叉長から (40) 式にしたがって産卵数を計算した。この計算によって得られた産卵数はB群 159万粒, C群 156万粒となり、C群では実際の産卵数と計算値がよく一致した。B群では実際の産卵数の方が多いが、これは後で述べるように、ホルモン剤の影響で排卵が促進され、通常の状態よりも産卵数が増加したものではないかと考えられる。

北島ほか(1982)は尾叉長 30 cm 前後の親魚の産卵数を 60~120 万粒と推定している。彼らの実験では雌親魚の正確な個体数や体長が不明であるが、(40) 式で計算される産卵数と大きな違いはないようである。北島ほか(1982)も述べているように、同一体長でも産卵数には大きな変動があると考えられる。したがって、(40) 式は産卵群の平均的な値を表すものと考えられる。

最後に、鈴木・木村(1978)にしたがって各年齢群の推定総産卵数を Table 16 に表した。2 歳魚の総産卵数を 1 とし、3~8 歳魚の総産卵数の比率を求めると、3 歳 2.12, 4 歳 1.31, 5 歳 0.58, 6 歳 0.22, 7 歳 0.07, 8 歳 0.02 となる。すなわち、産卵量は 3 歳が最も多く、また、全産卵量の半数強が 3 歳魚と 4 歳魚によって産出されることになり、これらの年齢群が産卵の主体をなしていると考えられる。

Table 16. Estimation of total number of eggs spawned by each age-group.  $H$ , total number of eggs spawned by each age-group;  $Fe$ , fertility;  $Rm$ , maturity rate;  $N$ , number of individuals calculated from survival rate;  $n$ , number of individuals in the age of 2;  $Pf$ , sex ratio ( $\text{♀} / (\text{♀} + \text{♂})$ )

Age	$N$	$Pf$	$Rm$	$Fe$	$H$	Ratio
2	$n$	0.4560	0.43	30,083	$5,899n$	1.00
3	$0.2410n$	0.5155	0.95	105,846	$12,492n$	2.12
4	$0.0581n$	0.5745	1.00	231,069	$7,710n$	1.31
5	$0.0140n$	0.6314	1.00	388,330	$3,432n$	0.58
6	$0.0034n$	0.6850	1.00	556,129	$1,285n$	0.22
7	$0.0008n$	0.7340	1.00	717,469	$428n$	0.07
8	$0.0002n$	0.7779	1.00	862,140	$131n$	0.02

## 第 6 章 食 性

イサキの食性に関する研究は天然魚の胃内容物調査を行った木村(1981)や松宮・高橋(1983)などの報告が知られ、このほか仔稚魚の胃内容物について、内田(1929)やYASUDA(1960 a), 横田ほか(1961)の断片的な記載がある。しかし、天然魚の胃内容物調査だけでは魚類の摂餌生態に関して十分な知見が得られない場合が多い。そこでここでは、天然魚の胃内容物調査に加えて、飼育魚の摂餌量や胃内容物の減少速度に関する実験、および捕食・消化器官の形態観察などの結果について報告する。

### 第 1 節 天然魚の胃内容物調査

本節では木村(1981)の調査結果にその後の資料を加え、使用漁具による胃内容物の差や摂餌活動の経月変化、および仔魚から成魚までの餌料生物組成について述べる。

## 研究方法

1978年3月から1980年9月までの期間に、熊野灘沿岸の三重県御浜町、熊野市、尾鷲市、志摩町において定置網や釣、刺網などで漁獲された若魚、未成魚、成魚34標本1188個体および、1980年7月に愛知県渥美半島沖でパッチ網によって採集された後屈曲期仔魚34個体と1980年8月に三重県英虞湾内のアマモ場で採集された稚魚20個体を供試材料として使用した。

未成魚と成魚は全個体について胃充満度を肉眼で判断した。胃充満度は陳・大滝(1974)の方法を参考にして、胃盲嚢部の膨満程度や胃壁の伸張程度から次の5段階に分類した(Fig. 53)。0:空胃。2:空胃ではないが、盲嚢部は棒状で胃壁は収縮してかなり厚い状態。2:盲嚢部がややふくらんだ状態。3:盲嚢部は球状に近い形態を示すが、胃壁は厚く、内容物を外から透視することはできない状態。4:胃は完全に膨満し、胃壁は薄く伸張して内容物を外から透視できる状態。なお、0と1は外観的には判別できないため、内容物の有無を確認して決定した。胃充満度と胃内容物指数(鈴木・木村1980b)との関係はTable 17のとおりである。

胃内容物は魚類(F)、甲殻類(C)、その他の動物(O)に分け、その体積比を目測した。餌生物の種査定は各標本中の20~30個体(個体数が20以下の標本は全数)について行った。なお、時折胃中に魚鱗のみが出現する場合があったが、これは揚網時に飲み込まれたものと考え、このような個体は空胃として処理した(堀田・小達1956)。

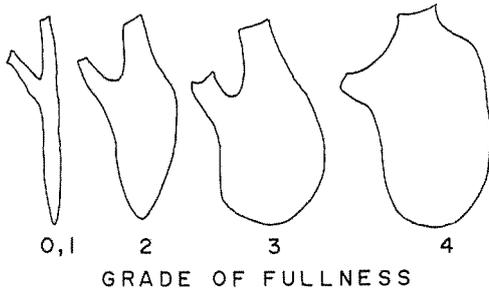


Fig. 53. Grade of fullness of stomach. 0, empty; 1, little; 2, medium; 3, fourth; 4, full.

Table 17. Relationship between grade of fullness of stomach (GFS) and index of stomach contents (SI).  $SI = (SCW/L^3) \cdot 10^6$ ; L, fork length in mm; SCW, weight of stomach contents in g

GFS	SI	
	Mean	Range
0	0.0	—
1	1.5	0.4—4.0
2	5.8	1.7—11.7
3	13.5	5.2—24.3
4	51.9	36.7—78.4

## 結果と考察

使用漁具による胃内容物の違い 標本を採集する際に用いられた漁具漁法によって空胃率や餌料生物種組成に相違が生じることが知られている(堀田・小達1956, 谷口・西川1980, 大森1980)。ここでは、個体数の多い釣獲および定置網漁獲標本の空胃率を比較した(Table 18)。空胃率は明らかに釣獲標本の方が高い値を示している。また、釣獲標本では、摂餌個体の大部分が撒餌を多く摂取しているため、天然の餌料を捕食している個体の出現率はさらに低い値になる。一方、定置網の標本では、ヨコエビ類やワレカラ類など定置網に付着している可能性がある動物を比較的多く捕

Table 18. Comparison of percentage occurrence of the empty stomach between the samples collected with set net and with hook and line in each month

Gear used	Apr.	May	June	July	Sep.
Set net	33.0	5.6	23.1	0.0	11.1
Hook and line	100.0	60.0	31.6	96.7	75.6

食する傾向がみられた。しかし、このような動物は釣獲個体の胃内容物中にもよく出現し、天然餌料の種組成は定性的には両漁具による標本間で明瞭な差異は認められなかった。

釣獲標本に空胃が多い原因として、釣上げ時のショックによる胃内容物の吐出や釣獲後魚槽や生簀内で蓄養されている間の消化、あるいは空胃個体ほど食欲が旺盛で、選択的に釣獲されることなどが考えられる。このように、釣獲および定置網漁獲標本はどちらも多少とも人為的影響を受けている。しかし、大量の撒餌を使用し、かつ漁獲後魚槽や生簀で蓄養する釣に比較して、定置網ではこのような影響はより少ないと思われ、後者の標本の方がより自然状態に近いのではないかと考えられる。

多くの魚類と同様、イサキについても摂餌活動に日周性が存在することが知られている（松宮・高橋 1983）。したがって、摂餌量などについて検討する場合には、各標本の漁獲時間を一定にする必要がある。定置網によるイサキの漁獲はすべて早期（午前6時～8時）であるが、釣や刺網では漁獲時間は一定ではない。以上のことから、釣獲標本は食性調査を行う材料として適当でないと考えられる。これに対して、定置網漁獲標本も人為的影響を受けているがその程度はより軽微であり、また漁獲時間が一定であることなど長所もある。そこで、本研究では、胃充満度や群捕食率など量的な問題については定置網漁獲標本のみを使用し、餌料生物種組成など質的な問題については、すべての標本を使用した。

**摂餌活動の季節的变化** 尾叉長 100 mm 以上の定置網漁獲個体について、胃充満度の季節的变化を調べた（Fig. 54）。胃充満度は3月から増大傾向がみられ、5月から9月に高い値を示すが、10月になると急激に減少し、12月から2月では大部分の個体が空胃になる。このような摂餌活動の季節的变化から、5月から9月を摂餌期、12月から2月を摂餌休止期（越冬期）、3月から4月および10月から11月はこれらの移行期と考えることができる。なお、産卵期の6月にはその前後に比較して、わずかに摂餌活動が低下するようである。イサキの鱗にみられた冬輪はこの摂餌休止期に形成されることになる。また、前述のように、イサキの釣漁期は通常5月から9月で、本種の摂餌期と完全に一致している。

**平均尾叉長と群捕食率との関係** 定置網漁獲標本について、平均尾叉長と群捕食率（横田ほか 1961）との関係を Fig. 55 に表した。この関係には特定の傾向は認められず、群捕食率は漁獲月、すなわち水温などの季節的要因に強く影響されているようである。

**未成魚・成魚の餌料種組成** 尾叉長100mm以上の定置網漁獲個体について、F:C:O別の胃内容物指数の百分率を求め、その経月変化をFig. 56 に示した。イサキの餌料はすべて動物で、植物は全く捕食されていない。魚類は大部分の月で50%以上を占め、最も割合が多い。これに次いで甲殻類の占める割合が多く、その他の動物の割合はかなり少ない。各月のF:C:O比は変動が大きく、季節的变化に特定の傾向はみられない。

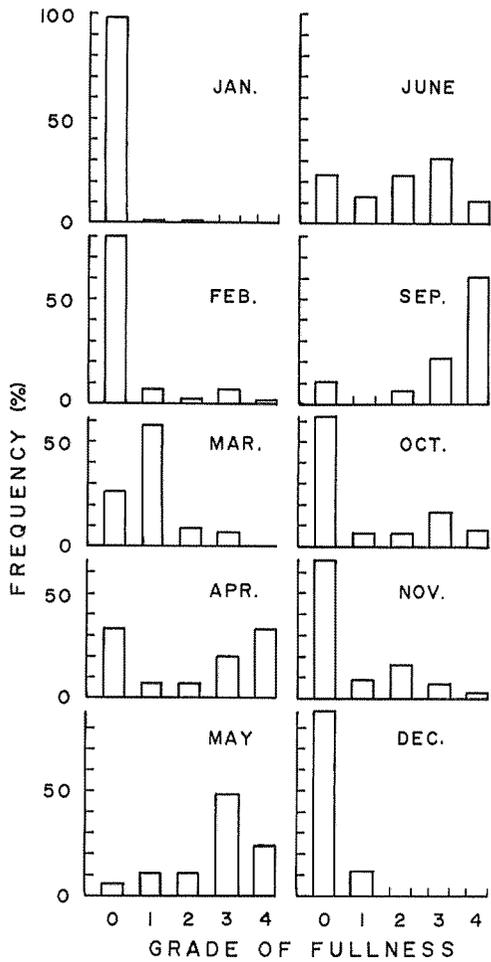


Fig. 54. Monthly change in the frequency distributions of grade of fullness of stomach.

各月の餌料動物種組成を Table 19 に頻度法 (HYNES 1950) で表した。種類数は魚類、橈脚類、端脚類が多い。魚類では、キビナゴ *Spratelloides gracilis*, マイワシ *Sardinops melanostictus*, カタクチイワシ *Engraulis japonicus*, などのイワシ類が年間を通じて多く捕食されている。これらのイワシ類はシラス期仔魚から捕食されている。マアジやサバ属の魚類は主として春に捕食されている。これら以外の魚類は仔稚魚が多く、主として秋に捕食さ

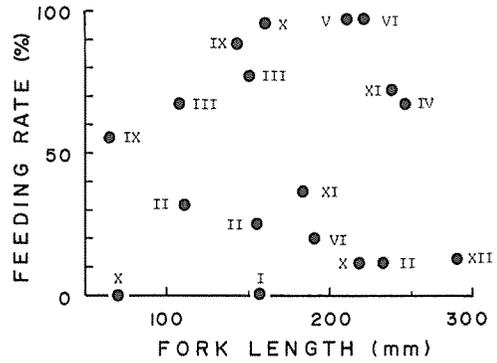


Fig. 55. Relationship between group feeding rate and mean value of the fork length. Roman numerals indicate the months in which the samples were collected.

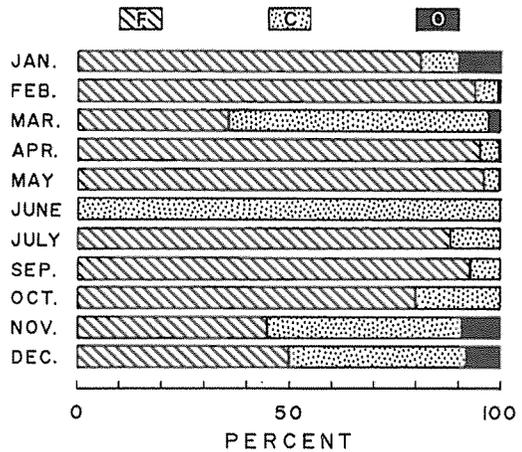


Fig. 56. Monthly change of F : C : O ratio of the prey animals in index of stomach contents for the immature and adult fish. F, fishes; C, crustaceans; O, other animals.

Table 19. Relative abundance of prey animals represented by occurrence method in each month for immature and adult. c,  $f > 50\%$ ; +,  $10\% < f \leq 50\%$ ; r,  $0\% < f \leq 10\%$ ; -,  $f = 0\%$ ; f, percentage occurrence of fish feeding each prey animal

Prey animals	Month											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
COELENTERATA												
Hydrozoa												
<i>Muggiaea atlantica</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>M. spiralis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Eudendrium</i> sp. (or <i>Oberia</i> sp.)	+	-	-	-	r	+	-	-	-	-	-	-
CHAETOGNATHA												
<i>Sagitta</i> sp(p).	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
ANNELIDA												
Polychaeta												
<i>Harmothoe imbricata</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-
Larva(e)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
MOLLUSCA												
Gastropoda												
<i>Atlanta inclinata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
Shelled larva(e)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	+
Unidentified Opithobranchia	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pelecypoda												
<i>Mytilus edulis</i>	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-
ARTHROPODA												
Ostracoda												
Unidentified Ostracoda	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepoda												
<i>Calanus sinicus</i>	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>C. pauper</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>C. minor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>C. spp.</i>	-	r	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Undinula darwini</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>U. vulgaris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>Eucalanus attenuatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>E. mucronatus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>E. subcrassus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>E. spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	r	+	-
<i>Rhincalanus cornutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>R. nasutus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	-
<i>Paracalanus parvus</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pareuchaeta elongata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Euchirella</i> sp.	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euchaeta malina</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>E. wolfendeni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>E. plana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	-

Table 19. Continued

Prey animals	Month											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Euchaeta</i> spp.	-	r	r	-	-	-	-	-	r	-	r	-
<i>Scolecithrix danae</i>	+	r	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Candacia pachydactyla</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>C. bipinnata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-
<i>C. truncata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>C. curta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>C. spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
<i>Temora turbinata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>T. discaudata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Oithona</i> sp.	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oncaea venusta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	r	-
<i>O. sp(p).</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sapphirina opalina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	r	-
<i>Corycaeus agilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>C. japonicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>C. flaccus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>C. speciosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>C. sp(p).</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>Setella gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>Caligus</i> sp(p).	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	r	-
Unidentified Copepoda	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	r	-
Copepodid larva	-	+	r	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Mysidacea												
<i>Rhopalophthalmus orientalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	c	-	-
Unidentified Mysidacea	-	r	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-
Isopoda												
<i>Aega dofleini</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
Amphipoda												
<i>Stegocephalus inflatus</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>Liljeborgia japonica</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-
<i>Elasmopus japonicus</i>	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Jassa falcata</i>	-	-	-	r	+	c	-	-	-	-	-	-
<i>Ericthonius pugnax</i>	-	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-
Unidentified Gammaridea	-	+	-	r	+	+	-	-	-	-	r	-
<i>Hyperia galba</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Caprella acutifrons</i>	+	r	r	r	+	c	-	-	-	-	r	-
<i>C. aequilibra</i>	-	-	r	-	r	-	+	-	-	-	-	-
Unidentified Caprellidea	-	r	r	-	r	+	-	-	-	r	-	+
Decapoda												
<i>Lucifer</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-
Unidentified Natantia	-	-	r	-	-	-	-	-	+	+	-	+
Unidentified Reptantia	-	-	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-

Table 19. Continued

Prey animals	Month											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Mysis and zoea larvae	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	+	-
Stomatopoda												
Pseudozoea larva	-	-	-	-	-	-	-	-	r	+	+	-
Pycnogonida												
<i>Achelia superba</i>	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-
PROTOCHORDATA												
Appendiculata												
<i>Fritillaria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
VERTEBRATA												
Osteichthyes (body length in mm)												
<i>Etrumeus teres</i> (63-72)	-	-	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spratelloides gracilis</i> (23-71)	-	-	-	+	r	r	-	-	c	+	-	-
<i>Sardinops melanostictus</i> (10-105)	-	c	+	c	c	-	-	-	+	-	r	-
<i>Engraulis japonicus</i> (14-58)	-	-	-	-	+	-	+	-	c	c	-	-
Unidentified Congridae (71-94)	-	r	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Saurida undosquamis</i> (80-89)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>S. elongata</i> (32-35)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
<i>S. sp.</i> (22)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
<i>Hypoatherina</i> sp. (65)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-
Unidentified Serranidae (6-10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Trachurus japonicus</i> (49-80)	-	-	-	+	r	-	-	-	-	-	-	-
<i>Decapterus maruadsi</i> (31-39)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	r	-	-
<i>Leiognathus rivulatus</i> (19-29)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Scomber</i> sp(p). (30-93)	-	+	+	+	r	-	-	-	-	-	-	-
Unidentified Labridae (11)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
Unidentified Perciformes (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	-
Unidentified Scorpaenidae (8-11)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	-
Unidentified Osteichthyes	+	+	r	-	-	-	-	r	-	r	r	+

れている。甲殻類では、春に橈脚類の *Paracalanus parvus* などが、夏に端脚類のカマキリヨコエビ *Jassa falcata*, マルエラワレカラ *Caprella acutifrons* などが、秋に橈脚類の *Candacia pachyactyla*, *Scolecithrix danae*, *Eucalanus attenuatus* や十脚類, シャコ類の浮遊幼生, アミ類のセダシアミ *Rhopalophthalmus orientalis* などが多く捕食されている。

以上の結果から、イサキ未成魚・成魚の食性は基本的には魚類と甲殻類を主とした幅広い肉食性と考えられる。松宮・高橋(1983)が行った長崎県平戸島志々伎湾での調査結果でも、本種の基本餌料は魚類と甲殻類であるとされ、本研究結果と一致している。また、彼らの報告とは餌料生物種組成に若干の相違がみられるが、これは棲息環境中の餌料生物種の量的な差に基づくものであると考えられる。一般に魚類の胃内容物組成は摂餌環境内に存在する餌料となりうる生物の種組成を反映していると考えられる。したがって、同一魚種であっても調査年月や海域によって、これらの生

物種組成が変化し、その結果捕食魚の胃内容物組成に差がみられることが知られている（三谷 1958 a, 林・山口 1962, 安楽・畔田 1965, 木村ほか 1982）。

本種のように基本餌料が魚類と甲殻類で構成されている魚類はスズキ（畑中・関野 1962）、シログチ（KAKUDA and MATSUMOTO 1978）、ニベ *Nibea mitsukurii*, (谷口・西川 1980)、マアジ（鈴木 1965）、マサバ *Scomber japonicus*, (HATANAKA et al. 1957)、アサヒアナハゼ *Pseudoblennius cottoides*, (畑中・飯塚 1962a)、ホウボウ *Chelidonichthys spinosus*, (最首ほか 1965) などが知られている。これらの魚類の餌料動物のうち、甲殻類について比較すると、スズキ、シログチ、ニベ、アサヒアナハゼ、ホウボウは底棲性のエビ類などを多く捕食し、マアジやマサバは浮遊性のオキアミを多く捕食している。前述のようにイサキは浮遊性甲殻類を多く捕食する点で、マアジやマサバと類似している。しかし、本種は橈脚類や端脚類を多く捕食する傾向が認められ、このような食性を示す魚種は、現在明らかにされている範囲ではあまり多くないようである。

餌料動物種の季節変化は無脊椎動物でよく認められ、夏期には端脚類やヒドロ虫類など付着性の強い動物が多く、秋から春の期間は橈脚類やアミ類、ヤムシ類などの浮遊性動物が多く捕食されている。餌料動物の種数は摂餌活動が活発な春から夏に少なく、摂餌活動が低下する秋から冬に多くなる傾向が認められる。すなわち、春から夏では少数の種を大量に、秋から冬では多数の種を少量ずつ捕食しているようである。なお、本種とは逆にシロギスでは摂餌期に餌料種数が多く、摂餌休止期には少ない傾向があると報告されている（角田 1970）。

仔稚魚・若魚の餌料組成 後屈曲期仔魚（全長6.1~12.0mm）、稚魚（尾叉長15~28mm）、および9月に採集した若魚（尾叉長49~78mm）についてF:C:O別胃内容物指数の百分率を Fig. 57 に示した。後屈曲期仔魚の餌料はすべて甲殻類である。また稚魚や若魚でも甲殻類の割合はかなり大きく、この時期の主餌料となっている。魚類は若魚期から捕食され始め、後屈曲期仔魚期や稚魚期では捕食されていない。

餌料動物種組成を Table 20 に表した。後屈曲期仔魚の餌料はすべて橈脚類で、このうち *Corycaeus* sp(p). や *Paracalanus* sp(p). および copepodid 幼生が多く捕食されている。稚魚期では二枚貝幼生や鰓脚類の *Podon* sp. および *Evadne* sp., 橈脚類の copepodid 幼生などが多く、若魚期では橈脚類の *Eucalanus* spp. や copepodid 幼生、十脚類の mysis 幼生や zoea 幼生、ヤムシ類、尾索類の *Oikopleura dioica* およびカタクチイワシのシラス期仔魚などが多く捕食されている。

稚魚期の餌料について、内田（1929）や YASUDA（1960 a）はアミ類を報告しているが、本研究に用いた標本ではアミ類を捕食している個体は出現しなかった。また、横田ほか（1961）によると、全長5~16mmの仔稚魚の餌料は橈脚類、copepodid 幼生、nauplius 幼生、zoea 幼生、鰓脚類などで、本研究結果はこれとよく一致している。以上のことから、イサキ仔稚魚の餌料はすべて動物プランクトンであると認められる。若魚でも、餌料の大部分は小型の動物プランクトンであるが、このほかに端脚類や十脚類、カタクチイワシのシラス期仔魚など比較的大型の動物も捕食するようになり、餌料種の範囲はか

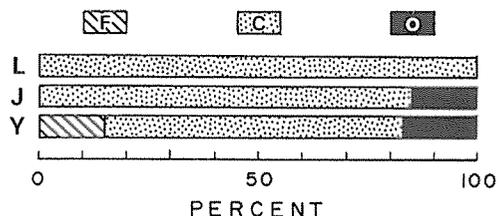


Fig. 57. F : C : O ratios of the prey animals in index of stomach contents for the postflexion larva (L), juvenile (J), and young (Y).

Table 20. Relative abundance of prey animals represented by occurrence method in postflexion larva, juvenile and young. c,  $f > 50\%$ ; +,  $10 < f \leq 50\%$ ; r,  $0\% < f \leq 10\%$ ; -,  $f = 0\%$ ; f, percentage occurrence of fish feeding each prey animal

Prey animals	Larva	Juvenile	Young
	(July)	(Aug.)	(Sep.)
PORIFERA			
Unidentified PORIFERA	-	-	r
COELENTERATA			
Hydrozoa			
<i>Muggiaea atlantica</i>	-	-	r
CHAETOGNATHA			
<i>Sagitta</i> sp(p).	-	-	+
MOLLUSCA			
Gastropoda			
Shelled larva	-	r	-
Pelecypoda			
Shelled larva	-	c	-
ARTHROPODA			
Branchiopoda			
<i>Podon</i> sp.	-	+	-
<i>Evadone</i> sp.	-	+	-
Copepoda			
<i>Calanus</i> sp(p).	-	-	r
<i>Eucalanus attenuatus</i>	-	-	+
<i>E. mucronatus</i>	-	-	r
<i>E. subtenuis</i>	-	-	r
<i>E. spp.</i>	-	-	+
<i>Rhincalanus cornutus</i>	-	-	r
<i>Paracalanus parvus</i>	-	-	r
<i>P. spp.</i>	+	-	-
<i>Euchaeta</i> sp.	-	-	r
<i>Scolecithrix danae</i>	-	-	r
<i>Candacia pachydactyla</i>	-	-	r
<i>C. truncata</i>	-	-	r
<i>Labidocera acuta</i>	-	-	r
<i>Temora discaudata</i>	-	-	r
Unidentified Calanoida	+	-	-
<i>Oncaea venusta</i>	-	-	r

Table 20. Continued

Prey animals	Larva	Juvenile	Young
	(July)	(Aug.)	(Sep.)
<i>Oncaea</i> sp(p).	r	—	r
<i>Sapphirina opalina</i>	—	—	r
<i>Corycaeus</i> sp(p).	c	—	—
<i>Euterpina</i> sp.	—	r	—
<i>Microsetella</i> sp.	r	—	—
<i>Harpacticus</i> sp.	—	—	r
<i>Monstrilla</i> sp.	—	r	—
Nauplius larva	r	—	—
Copepodid larva	+	c	+
Cirripedia			
Cypris larva	—	r	r
Mysidacea			
Unidentified Mysidacea	—	—	r
Cumacea			
<i>Eocuma</i> sp.	—	—	r
Amphipoda			
<i>Jassa falcata</i>	—	—	r
<i>Caprella acutifrons</i>	—	—	r
<i>C. scaura</i>	—	—	r
Unidentified Caprellidea	—	—	r
Decapoda			
<i>Lucifer</i> sp(p).	—	—	r
Unidentified Natantia	—	—	r
Mysis and zoea larvae	—	—	r
PROTOCHORDATA			
Appendiculata			
<i>Oikopleura dioica</i>	—	—	+
Thaliacea			
<i>Salpa</i> sp.	—	—	r
VERTEBRATA			
Osteichthys (body length in mm)			
<i>Engraulis japonicus</i> (13-14)	—	—	+
<i>Trachurus japonicus</i> (45)	—	—	r
Unidentified Pleuronectiformes (11)	—	—	r
Unidentified Osteichthyes	—	—	r

なり広くなる。すなわち、若魚期は仔稚魚期の動物プランクトン食性から未成魚・成魚の魚類と甲殻類を主とした幅広い肉食性への移行期であると考えられる。

**餌料動物の大きさ** 餌料動物の大きさは一般に捕食魚の成長にともなって大きくなるが、その相対値  $\alpha$  ( $\alpha = \text{被食者体長} / \text{捕食者体長}$ ) は捕食種や被捕食種によって異なっている (横田ほか 1961, 林・山口 1962, 三栖 1964, 最首ほか 1965, 安楽・畔田 1965, 谷口・西川 1980, 木村ほか 1982)。イサキも成長にともなって、より大型の餌料を捕食するようになるが、その反面、大型魚でも橈脚類や端脚類など小型の餌料もよく捕食している。したがって、size preference の上限についてはある程度明らかになるが、下限はあまり明瞭でないようである。

Size preference の上限を調べるために、横田ほか (1961) にしたがって、次式により  $\alpha_{max}$  を求めた。

$$\alpha_{max} = PL_{max} / L \quad (43)$$

$L$ , イサキの尾叉長 (mm);  $PL_{max}$ , 餌料動物の最大体長 (mm)

イサキの尾叉長 50 mm 間隔における  $\alpha_{max}$  の最大値を Fig. 58 に示した。尾叉長 50 mm 以下では  $\alpha$  の値は小さく、被捕食種は甲殻類であった。また、この尾叉長範囲では捕食者の体長増加にともなう  $\alpha_{max}$  の増加傾向がみられた。魚類を捕食し始める尾叉長 50 ~ 100 mm で  $\alpha_{max}$  が急激に大きくなり、これ以上の体長範囲では  $\alpha_{max}$  は捕食魚の成長にともなって減少するようになる。尾叉長 50 mm 以上の範囲では、 $\alpha_{max}$  が最大となる被捕食種はすべて魚類であった。

イサキの  $\alpha_{max}$  の最大値は 0.6 前後で、ムツ *Scombrops boops* などの典型的な魚食魚に比較するとかなり小さいようである (木村ほか 1982)。魚類を捕食し始めると  $\alpha_{max}$  が急激に増大することはブリ (安楽・畔田 1965) やムツ (木村ほか 1982) でも知られている。またここでみられたように、 $\alpha_{max}$  は捕食魚の体長と負の相関を示す場合が多いが (横田ほか 1961, 林・山口 1962, 木村ほか 1982), この原因としては、後述するように、口の大きさが体の成長にともなって相対的に小さくなるのが考えられる。

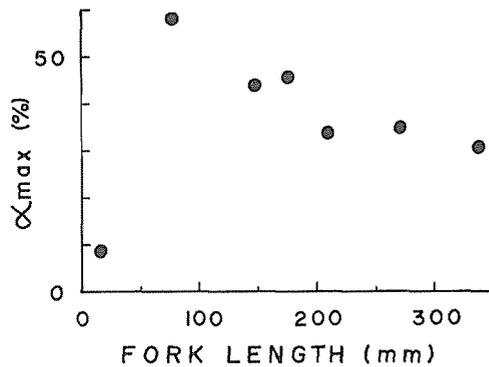


Fig. 58. Relationship between fork length of the predator and  $\alpha_{max}$ .  $\alpha_{max} = PL_{max} / L$ , where  $L$  = fork length of the predator and  $PL_{max}$  = maximum size of the prey animal.

## 第2節 摂餌量

魚類の摂餌量を推定することは摂餌生態を知るうえで必要な事項であり、また増養殖を行う場合には不可欠な基礎的知見のひとつである。魚類の摂餌量は魚体の大きさや生殖腺の成熟状態などの捕食者側の要因のほか被捕食種の資源量や環境水温など多くの環境要因によっても大きく変化すると考えられる。したがって、天然魚から最大摂餌量などを推定する場合は種々の要因が複雑に関係し合い、さらに消化の影響を受けるため、かなりの困難が予想される。そこで、ここでは飼育魚を用いて、摂餌量と魚体の大きさや水温および生殖腺の成熟状態などとの関係について検討した。

## 研究方法

**供試材料** 1983年7月31日に三重県志摩町和具沖で釣獲し、海面小割生簀で馴致させた蓄養魚55個体、および1983年6月10日に採卵し、飼育した人工飼育魚87個体を使用した。

**実験期間** 実験は、蓄養魚について1983年11月から1984年7月までの期間に各月1回計9回、人工飼育魚について1983年8月から1984年7月までの期間に12回それぞれ行った。

**実験方法** 生簀内の魚群に対し、常時与えている餌料（マイワシミンチとマダイ用配合飼料に少量の乾燥アオノリ *Enteromorpha* sp. を加えた混合餌料）を午前9時から投与し、全個体が摂餌行動を示さなくなるまで与え続けた。投餌時間は高水温時で約30分、低水温時で約1時間～1時間30分であった。投餌が終了した後、生簀から5～10個体を取上げた。胃内容物の吐出を防ぐために飽和エチレングリコールモノフェニールエーテルで麻酔死させ、10%ホルマリン水溶液で固定した。固定後、尾叉長や体重および胃内容物湿重量の測定を行った。

## 結果と考察

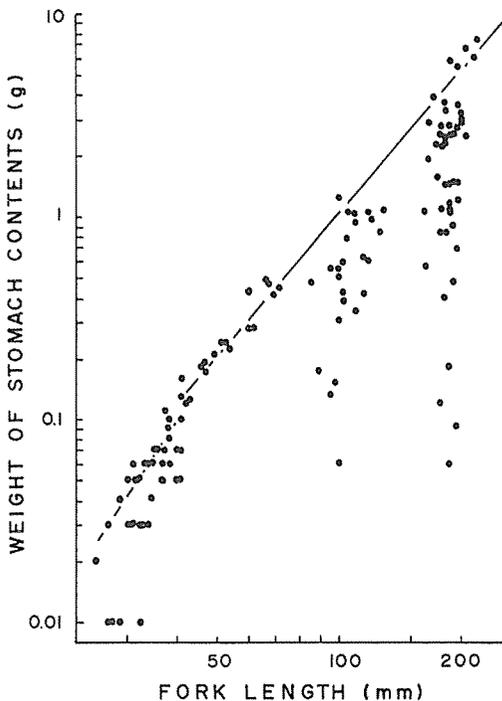


Fig. 59. Relationship between fork length and weight of stomach contents. Regression line shows the maximum amount of feeding.

**魚体の大きさと摂餌量との関係** 各個体の胃内容物重量と尾叉長および体重との関係はそれぞれ Figs. 59, 60 に示したとおりである。この図から明らかなように、摂餌量の最大値は魚体の成長とともに増加するが、摂餌量自体は同一体長あるいは体重であっても水温などの影響によって、大きく変動している。そこで魚体の体長や体重に対する摂餌量の最大値（最大摂餌量）を求めるために、Figs. 59, 60 でプロットした点のうち上限付近の値を用いて、関係式を計算した。最大摂餌量 ( $F_{max}$ , g) と尾叉長および体重 ( $W$ , g) との関係は次式のようになる。

$$L < 40 : \log F_{max} = 3.18 \log L - 6.070 \quad (r = 0.948) \quad (44)$$

$$L \geq 40 : \log F_{max} = 2.35 \log L - 4.680 \quad (r = 0.994) \quad (45)$$

$$\log F_{max} = 0.842 \log W - 1.026 \quad (r = 0.994) \quad (46)$$

また、魚体の大きさの影響を除いた相対的な摂餌量や摂餌活動の強さを表す指数として摂餌指数 ( $FI$ ) を次式により求めた。

$$FI = (SCW / F_{max}) \cdot 100 \quad (47)$$

$F_{max}$ , (44) 式, (45) 式によって尾叉長から求めた最大摂餌量 (g);  $SCW$ , 胃内容

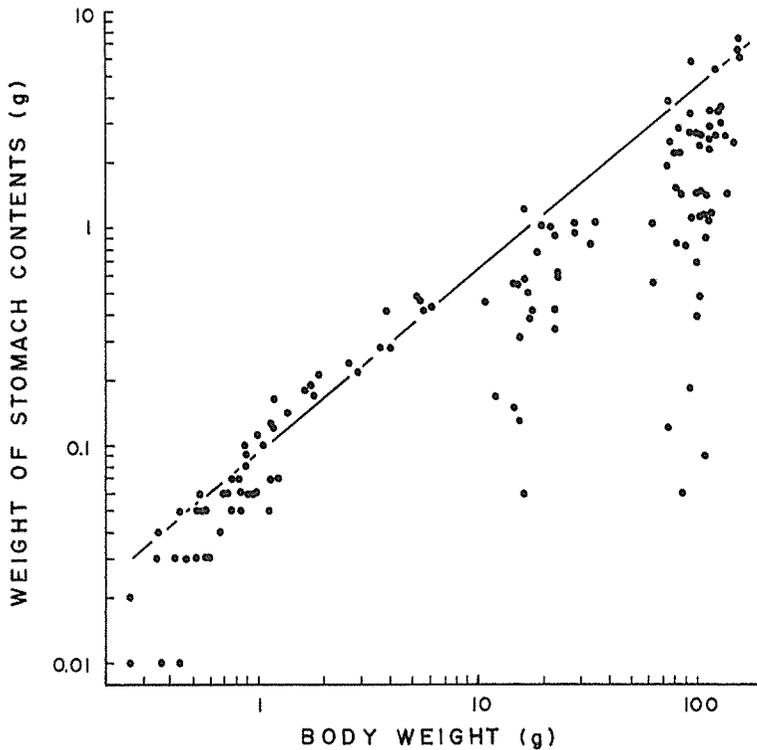


Fig. 60. Relationship between body weight and weight of stomach contents. The regression line shows the maximum amount of feeding.

#### 物重量 (g)

胃充満度が4を示す天然魚24個体について摂餌指数を求めた結果、摂餌指数が100以上の値を示したのは2個体で、平均値は69.1、標準偏差18.5であった。したがって、自然状態では最大摂餌量まで摂餌することは少ないと考えられる。

石渡 (1968 b) はマアジについて、体重と飽食量との関係を次式で表した。

$$F = 0.801 (W - SCW) + 0.1509 \quad (48)$$

$F$ , 飽食量 (g)

石渡 (1968 b) と本研究の実験とでは、用いた餌料など様々な要因で異なっているため、両者を直接比較するのは問題があると思われるが、(46)式と(48)式を比較する限り、イサキの最大摂餌量はマアジよりも少ないようである。

(46)式の回帰係数は1%水準で1より小さいことから、最大摂餌量は魚体の成長にともなって相対的に減少することが明らかである。このように、捕食者の大きさに対する相対的な摂餌量が成長にともなって減少する現象は多くの魚類で知られている (堀田・小達 1956, 三谷 1958 b, YASUDA 1960 a, 工藤・通山 1963, 石渡 1968 b, 谷口・西川 1980, 木村ほか 1982)。この理由として、若齢魚は高齢魚に比較して成長が速く、より多くのエネルギーを必要とするためであると説明されている。(三谷 1960)。

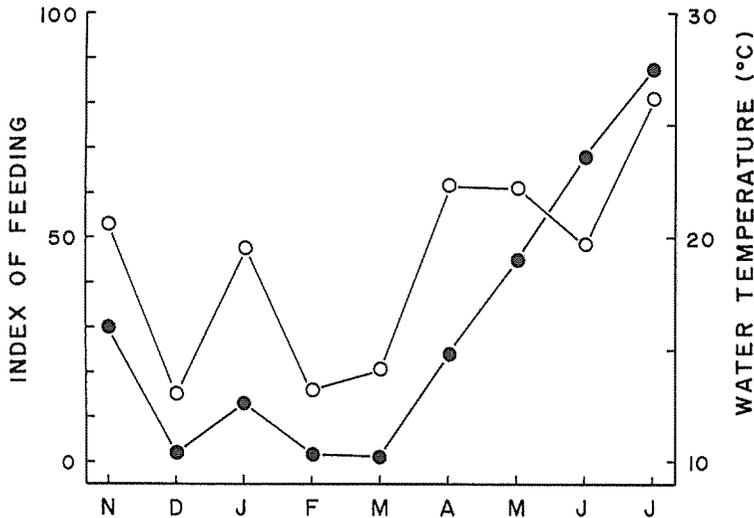


Fig. 61. Monthly changes in the index of feeding ( $FI$ , open circles) and water temperature (solid circles).  $FI = (SCW / F_{max}) \cdot 100$ , where  $F_{max}$  = maximum amount of feeding and  $SCW$  = weight of stomach contents.

**水温と摂餌量との関係** 蓄養魚 9 標本について摂餌指数の経月変化を Fig. 61 に表した。摂餌指数は水温とかなり密接に関連している。また、6月に摂餌指数が低下するのは後述するように生殖腺成熟の影響であると考えられる。そこで6月の標本を除いて、水温と摂餌指数との関係を表すと Fig. 62 のとおりになる。摂餌指数は10°C付近では極端に小さいが、12°C以上になると水温の上昇とともに一定の増加傾向がみられる。水温12°C以上での両者の関係は次式で表され、5%水準で有意な正相関が認められた。

$$FI = 2.052 T + 23.9 \quad (r = 0.939) \quad (49)$$

$T$ , 水温 (°C)

以上のことから、イサキは水温10°C前後ではほとんど摂餌活動を示さず、冬眠に近い状態になるが、水温が12°C以上になると、正常な摂餌活動を行い、摂餌量は水温の上昇とともに増加すると考えられる。この結果、前節で述べた摂餌活動の年周期性は明らかに水温の変動に原因していると考えられる。マダイでは水温12°Cで冬眠状態になるといわれており (梶山 1937)、イサキもこれとよく類似している。しかし、天然状態でのイサキは冬期に沖合の深所に移動するため、環境水温が10°C前後になることはほとんどないと考えられ、したがって、摂餌活動は低下するものの、実際に冬眠するか

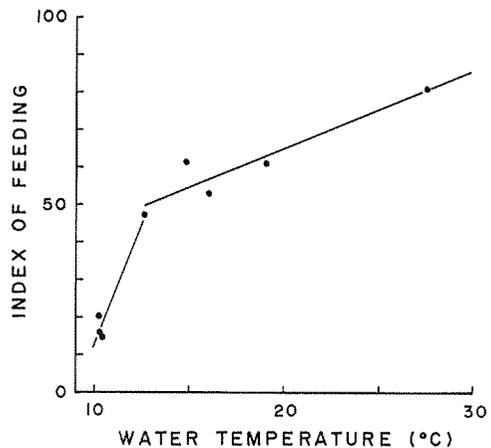


Fig. 62. Relationship between water temperature and index of feeding.

どうかは疑問である。

**生殖腺成熟と摂餌量との関係** 4月から7月の標本25個体について、生殖腺の成熟状態と摂餌量との関係を調べた。摂餌量は水温の影響を除くために次式により摂餌量温度指数 (*FTI*) を求めて表した。

$$FTI = (FI - 23.9) / T \quad (50)$$

摂餌量温度指数と生殖腺指数との関係は Fig. 63 のようになる。この関係にはかなり大きな分散がみられるが、相関係数は0.422となり、5%水準で有意な負相関が認められる。このことから、摂餌量は生殖腺の成熟ともなって減少すると考えられる。前述のように、天然魚の摂餌活動も産卵期の6月にわずかに低下することから、生殖腺の成熟ともなって、生理的に食欲が若干減少するのではないかと考えられる。

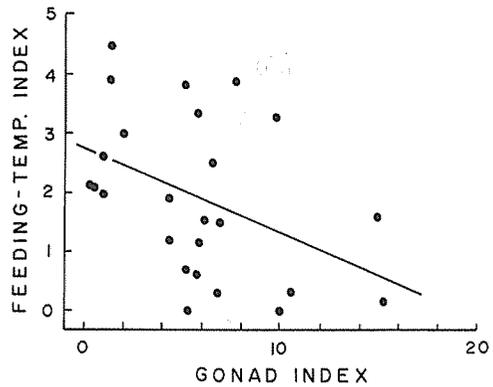


Fig. 63. Relationship between gonad index and feeding-temperature index (*FTI*).  $FTI = (FI - 23.9) / T$ , where *FI* = index of feeding and *T* = water temperature.

### 第3節 胃内容物減少率

摂取した餌料は胃で蓄積、消化され、徐々に腸へ移送される。このため、胃内容物は餌料摂取後、経時的に減少する。この胃内容物の減少速度に影響を及ぼす種々の要因についてはかなり古くから研究され、多くの知見が得られている (WINDELL 1978, FÄNGE and GROVE 1979)。イサキについてもすでに石渡 (1968 a) の実験結果が1例報告されている。ここでは、水温や体長が異なる4実験群の胃内容物減少率について述べる。

#### 研究方法

**供試材料** 1982年9月から10月までの期間に三重県志摩町沖で釣獲し、海面小割生簀で馴致させた蓄養魚138個体 (A, B, C群), および1983年7月1日に採卵し、飼育した人工飼育魚53個体 (D群) である。各実験群の水温や平均尾叉長は Table 21 のとおりである。

Table 21. Gastric emptying rate of the threeline grunt for four experiments

Experiment	Date	Mean water temp. (°C)	Mean fork length (mm)	Gastric emptying rate (%/h)
A	17-22 Nov., 1982	18.9	136.5	5.0
B	7-12 Feb., 1983	12.6	148.0	4.4
C	1-4 Sep., 1983	29.6	165.0	14.2
D	29 Sep. -2 Oct., 1983	23.3	67.9	13.3

**実験方法** 実験魚群を海面小割生簀からコンクリート製陸上10トン水槽内に設置した網生簀に移し、5日間絶食させた。投餌は午前9時から行い、摂餌行動を示さなくなるまで与え続けた。餌料は蓄養（飼育）時に与えていたものと同様で、前節で述べた混合餌料である。投餌後網生簀を移動させ、残餌を摂取できないようにした後、一定時間ごとに数尾を取上げ、前節と同様の方法で固定して、魚体および胃内容物重量の測定を行った。なお、ここでは胃内容物の相対量を胃内容物重量指数 ( $f$ ) で表した（林・山口 1962）。

$$f = (SCW / (W - SCW)) \cdot 100 \quad (51)$$

### 結果と考察

投餌後の時間経過 ( $t$ ) にともなう胃内容物重量指数の変化は Fig. 64 に示したようになり、それぞれの回帰式は次式で表される。

$$\text{実験 A : } \log f = -0.0224 t + 0.992 \quad (52)$$

$$\text{実験 B : } \log f = -0.0197 t + 0.915 \quad (53)$$

$$\text{実験 C : } \log f = -0.0666 t + 0.617 \quad (54)$$

$$\text{実験 D : } \log f = -0.0620 t + 1.034 \quad (55)$$

(52) ~ (55) 式はすべて

$$\log f = a t + b \quad (56)$$

$$f = b' \cdot a'^t \quad (56')$$

$$a' = 10^a ; b' = 10^b$$

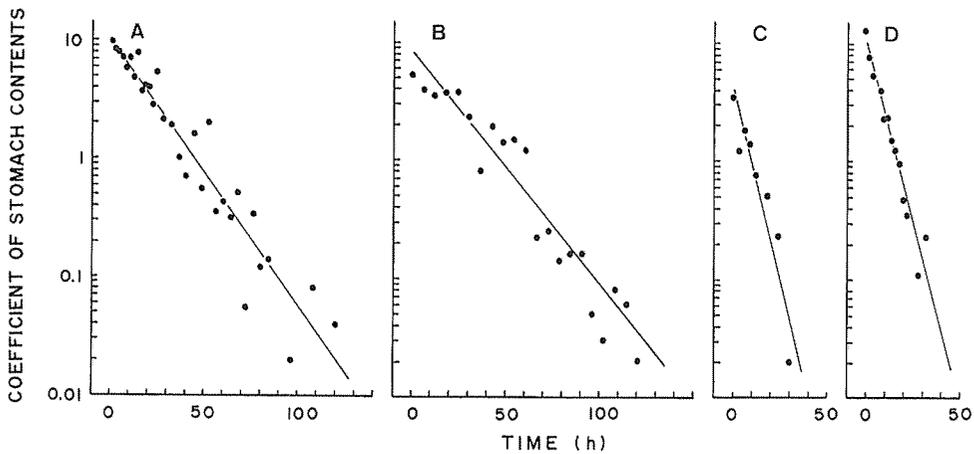


Fig. 64. Change of the coefficient of stomach contents ( $f$ ) with the passage of time in four experiments.  $f = (SCW / (W - SCW)) \cdot 100$ , where  $SCW$  = weight of stomach contents and  $W$  = body weight. Data of those experiments are shown in Table 21.

で表すことができる。ここで  $a'$  は摂取した餌料が単位時間に胃内に残存する比率を表している。したがって、胃から腸へ内容物が移送される比率は単位時間当たり  $1 - a'$  となる。この比率を胃内容物減少率とし、各実験で得られた値を Table 21 に示した。

Table 21 から水温が高いほど胃内容物減少率は大きくなり、過去に行われた多くの魚類の場合と一致している (WINDLELL 1978, FÄNGE and GROVE 1979)。この原因として、水温の上昇にともなって酵素活性が高まり、その結果代謝が活発になることが考えられている。

魚体の大きさと胃内容物減少率との関係は、水温が一定でないこともあって、あまり明瞭ではない。しかし、D群の値は水温に対比して過大であると思われ、このことから小型魚は大型魚に比較して胃内容物減少率が高いのではないかと考えられる。JOBBLING et al. (1977) は dab, *Limanda limanda* について、小型魚ほど胃内容物減少率が高く、空胃になる時間も短いことを報告している。前節で述べたように、小型魚は体の大きさに対する相対摂餌量が多く、これをエネルギーに変換するためには胃から腸へ迅速に移送する必要があると考えられる。さらに、胃内容物減少率が高くなり空胃に要する時間が短くなれば、摂餌間隔も短縮するため、一定時間内に摂取できる総摂餌量を増大させることができる。このようなことから、小型魚は単位時間当りのエネルギー摂取量を増加させるために、1回の摂餌量を増加させるとともに、胃内容物減少率も増大させる必要があると考えられる。

本実験で得られたイサキの胃内容物減少率は5~15% / hであった。空胃状態を  $f = 0.1$  とすると、24時間で空胃になる餌料量は体重の約0.3~4.9%と算出される。

胃内容物減少率に影響を及ぼす要因として、ここで述べた水温や魚体の大きさのほか、餌料の質、量、大きさ、あるいは実験開始までの摂餌履歴、絶食期間などさまざまな要因が知られている (WINDLELL 1978, FÄNGE and GROVE 1979)。したがって、ここで求めた胃内容物減少率を直接他の実験結果と比較するのは危険が多いと考えられるが、参考のため石渡 (1978) が報告したマアジと比較すると、イサキの胃内容物減少率はこれより低いようである。第1節で述べたように、マアジとイサキは餌料種がよく類似しているが、最大摂餌量はマアジの方が多く、また今述べたように、胃内容物減少率もマアジの方が高いようである。このようなことが第3章第2節で述べた両種の成長差に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

#### 第4節 捕食・消化器官の形態

魚類の捕食・消化器官の形態は、その多様な食性に対してさまざまな適応現象を示していることがよく知られている (SUYEHIRO 1942)。イサキについては胃の形態変化 (横田ほか 1961) が知られているのみで、その他の捕食・消化器官の形態についてはほとんど明らかにされていない。ここでは主として若魚期から成魚期について、これらの器官の形態を記載し、これまで明らかにした本種の食性との関連について検討した。なお、仔稚魚期の消化器官の形態については第8章で述べる。

#### 研究方法

各器官の計測に用いた材料は1981年3月から1982年2月までの期間に三重県志摩町沖で漁獲された324個体 (尾叉長47.6~344.5 mm) である。また形態観察にはこのほか三重県英虞湾内で採集した稚魚や若魚も利用した。すべての観察や計測は15%ホルマリンで固定した後に行った。なお、胃長 (噴門から盲嚢部後端までの距離) は空胃個体のみ測定した。

## 結果と考察

両顎 イサキの両顎は比較的小さく、主上顎骨の後端は眼の前縁から瞳孔中央部下である。上顎長 ( $UJL$ , mm) および下顎幅 ( $LJW$ , mm) の尾叉長に対する相対成長はそれぞれ次式で表される。

$$\log UJL = 0.908 \log L - 1.048 \quad (r = 0.981) \quad (57)$$

$$\log LJW = 0.894 \log L - 0.958 \quad (r = 0.980) \quad (58)$$

これらの相対成長はいずれも劣成長 (清水 1959) であることから、口器の大きさは魚体の成長にともなって相対的に小さくなると考えられる。

両顎歯は小円錐歯で、上顎では数列、下顎では前方で数列、後方で一列である。また両顎歯ともに最外列の歯が最も大きい (Fig. 65)。なお、本種は鋤骨や口蓋骨に歯を有しない。

鰓耙 本種の鰓耙は極めて一般的な形態を示し、第1鰓弓前列のみ細長いへら状で、他はこぶ状である (Figs. 66, 67)。第1鰓弓前列の鰓耙数は通常  $15 \sim 18 + 24 \sim 28$  で、鰓耙数についても特化の程度は低い。なお、鰓耙数は全長 50 mm 前後で定数に達する。第1鰓弓前列の鰓耙内面や他の鰓耙の表面には微小な針状突起 (process (SUYEHIRO 1942, YASUDA 1960 b)) が多数存在し、これが重なり合って、網目を形成している (Figs. 67, 68)。

咽頭歯 咽頭歯は比較的良好に発達し、上下ともに顎歯よりも長い円錐歯が密生している。またこのような歯は咽頭骨だけではなく、第3、第4鰓弓角鰓骨上の鰓耙上にも存在している (Fig. 68)。

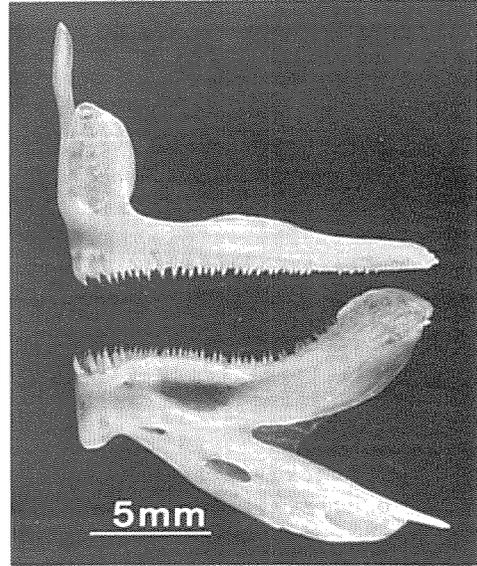


Fig. 65. Premaxillary and dentary of the threeline grunt (203.5 mm in standard length).

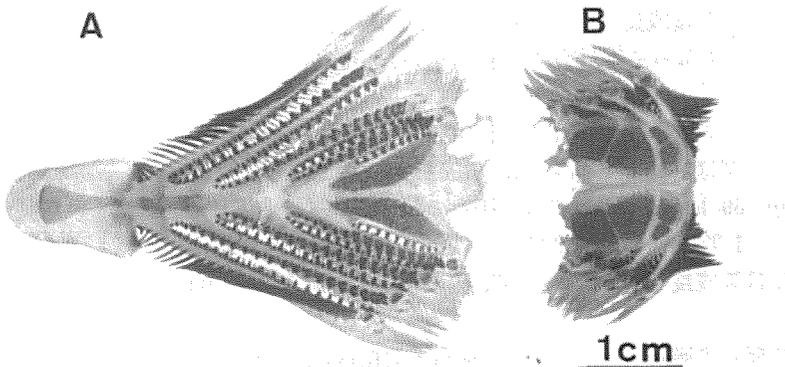


Fig. 66. Gill arches of the threeline grunt (183.0 mm in standard length). A, lower limbs; B, upper limbs.

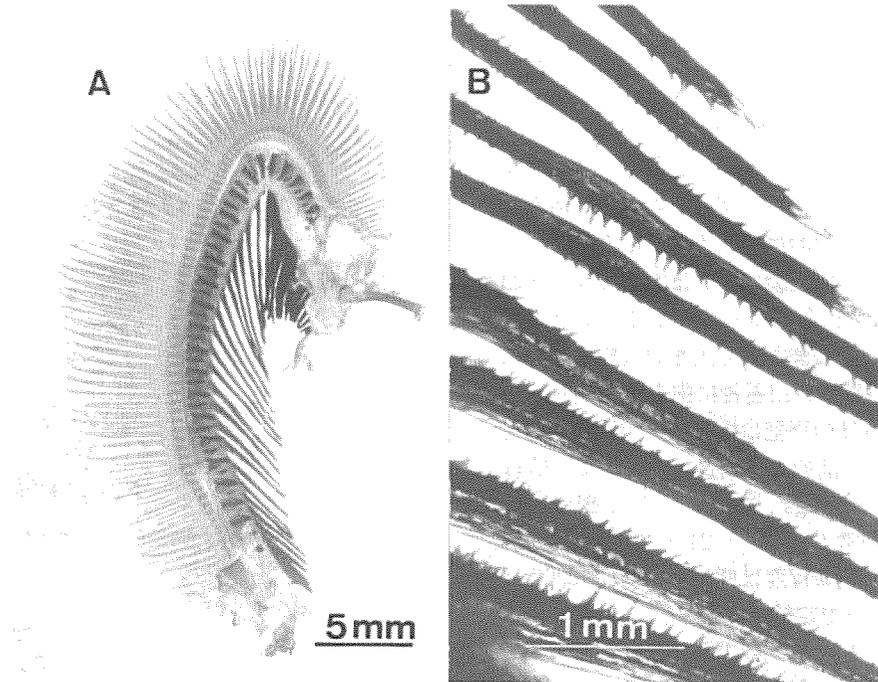


Fig. 67. A, inner view of the first left gill arch of the threeline grunt (179.0 mm in standard length); B, inner view of gill rakers of the same specimen.

**胃** 胃は盲嚢部が中庸に発達し、SUYEHIRO (1942) のY型とト型の間中型である (Fig. 53)。胃長 ( $StL$ , mm) の尾叉長に対する相対成長および胃重量 ( $SW$ , g) の体重に対する相対成長はそれぞれ Figs. 69, 70 に示したとおりで、これらの関係は次式で表される。

$$\log StL = 1.165 \log L - 1.235 \quad (r = 0.933) \quad (59)$$

$$\log SW = 0.903 \log W - 2.171 \quad (r = 0.975) \quad (60)$$

胃長は尾叉長に対し優成長 (清水 1959) であるが、胃重量は体重に対し劣成長である。したがって、胃は成長にともなって相対的に体軸方向には伸長するが、それ自体の重量は減少する傾向を示している。

**幽門垂** イサキの幽門垂は棒状で、その数は6~10本、最頻値は8本である。

**腸** 本種の腸型は単純でSUYEHIRO (1942) のN型である。腸長 ( $IL$ , mm) の尾叉長に対する相対成長は Fig. 69 に示したとおりで、両者の関係は次式で表される。

$$\log IL = 1.025 \log L - 0.286 \quad (r = 0.941) \quad (61)$$

この相対成長は等成長 (清水 1959) で、腸の相対的な長さはこの体長範囲ではほぼ一定であると考えられる。

**捕食・消化器官の適応現象** イサキの捕食・消化器官の形態は全体的に特化の程度が低く、これは第1節で述べたように、本種の食性が魚類と甲殻類を主体とした幅広い肉食性で、食性自体の特化程度が非常に小さいためであると考えられる。

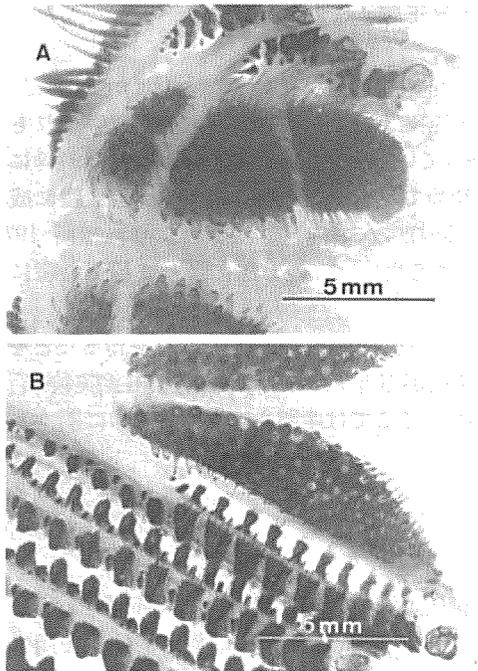


Fig. 68. Pharyngeal teeth of the threeline grunt (183.0 mm in standard length). A, upper limb; B, lower limb.

前述したように、本種は成魚期でも橈脚類など小型動物プランクトンを多食している。これに対し、本種の鰓耙数はニシン *Clupea parasii* やマイワシなどのようなプランクトン食性の魚類に比較してかなり少なく、鰓耙数の点ではプランクトン食性に適応しているとはいえない。しかし、鰓耙上の針状突起はよく発達し、その構造は YASUDA (1960 b) のプランクトン食性型によく類似している。したがって、このような針状突起の発達が小型動物プランクトンの捕食を可能にしているのであろうと考えられる。

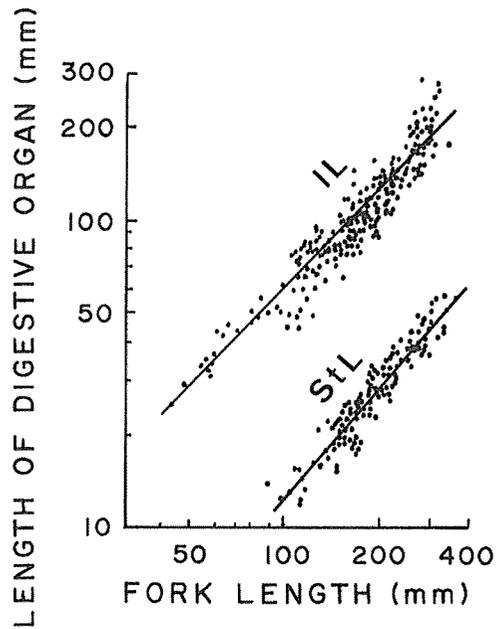


Fig. 69. Relative growths of the lengths of stomach (*StL*) and intestine (*IL*) against the fork length.

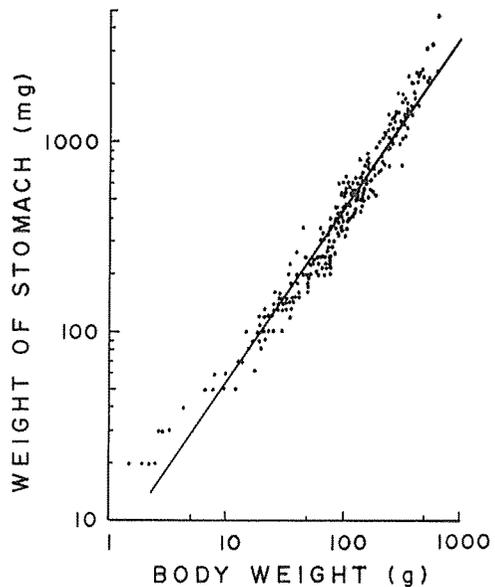


Fig. 70. Relationship between body weight and empty stomach weight.

## 第7章 人工種苗生産

イサキの人工種苗生産の試みは1960年代初頭から行われている。たとえば、安田ほか(1962)や阿南(1966)は人工受精によって孵化仔魚を得、初期餌料として貝類の卵を与えたが、いずれも後期仔魚の早い段階でへい死し、彼らの実験は失敗に終わっている。原田ほか(1974)は初期餌料にシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* を使用し、初めて本種の人工受精による種苗生産に成功した。その後、本種も採卵方法がマダイやインダイと同様、水槽内自然産卵となり(福所 1979, 1981)、北島ほか(1982)や岡・奥村(1982)は蕃養親魚を用い、この方法によって種苗量産に成功している。

著者らはイサキの産卵や仔稚魚の発育および人工種苗生産に関する基礎的な知見を得ることを目的として、1983年および1984年に三重大学水産学部附属水産実験所において人工種苗生産実験を行った。(木村・有瀧 1985a, b, KASHIWAGI et al. 1984)。ここでは産卵や産出された卵に関する諸問題について検討した結果を述べる。

### 研究方法

**産卵親魚** 1983年は同年6月3日および6日に三重県志摩町沖で一本釣によって漁獲された51個体と、前年より海面小割生簀で飼育されていた20個体の計71個体(雌50個体、雄21個体)を用いた(A群)。1984年は同年6月4日に前年と同海域で釣獲された24個体と、前年からの蕃養魚63個体の計87個体をホルモン処理群(B群)41個体(雌23個体、雄18個体)と無処理群(C群)46個体(雌19個体、雄27個体)に分けて使用した。親魚の尾叉長組成は Fig. 71 のとおりである。

**ホルモン処理** 胎盤性性腺刺激ホルモン(帝国臓器製薬製ゴナトロピン)を1個体当りA群は300 IU, B群は500~1000 IU を背部筋肉中に注射した。なお、注射前に200 ppm エチレングリコールモノフェニールエーテルで麻酔し(SEHDEV et al. 1963, 隆島ほか 1982)、注射後は擦れによる病害を防ぐために薬浴(台糖ファイザー製テラマイシン0.05% 10分間)を行った。

**産卵水槽と集卵装置** 産卵水槽には2×5×1 m陸上コンクリート製水槽(スレート屋根付、有効水量8トン)を使用した。交換水量は1983年約55 l/min, 1984年約110 l/minである。オーバーフロー方式の排水口にゴース布製集卵ネット(25×25×25cm)を17時から翌日9時まで設置した。卵の取上げは主として20時から23時までの間に行った。

**卵径・油球径の計測と産卵数、孵化率の推定** 卵径と油球径の計測は産卵日毎に浮上卵20粒について万能投影器で50倍に拡大して行った。産卵数は卵の一部(約200 mg)について秤量し、計数し、重量法によって推定した。孵化率は浮上卵30粒をウォーターバス中の100 ml試験管内で孵化させ、孵化率を計算した。また収容密度の実験はウォーターバス中に設置した試験管(内径約26mm, 水量50ml)、ピーカー(内径約75mm, 水量50ml, 200ml)および沈澱管(内径約14mm, 水量5 ml)中で孵化させて、孵化率を求めた。

**卵管理** 集卵ネット内に流入した卵は20時から23時の間に数回取上げ、500 l 黒色円形水槽内に垂下した卵管理ネット(ゴース布製, 45×45×45cm)に収容した。沈降卵は可能な限り取除いた。飼育水は止水とし、ネットの外から弱い通気を行った。

**仔稚魚・若魚の飼育** 孵化2日後までは卵管理ネット内で飼育し、その後ネットから出し、500 l 黒色円形水槽内で孵化40日後まで飼育した。水槽内への通気は初期にはごく弱くし、順次通気量

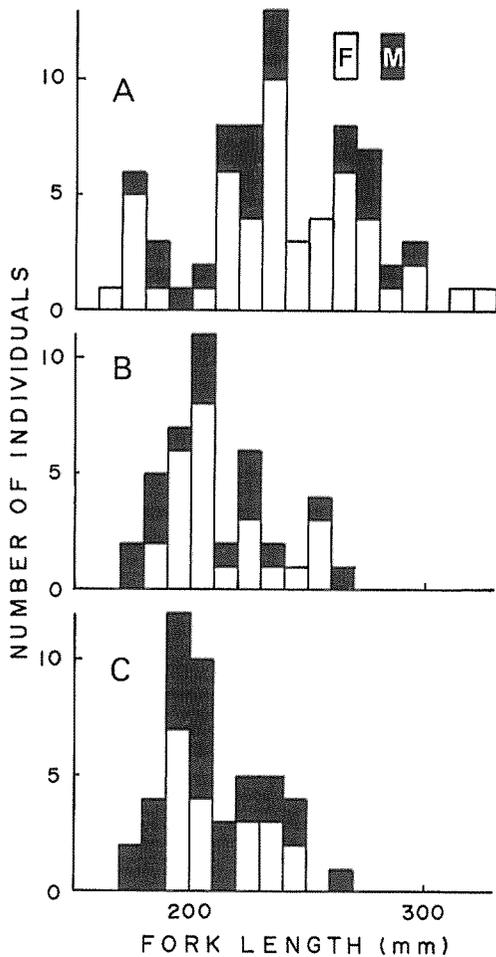


Fig. 71. Size compositions of the parental fish for Groups A, B, and C. Experiments were carried out for Group A in 1983, and for Groups B and C in 1984. Gonadotropin (HCG) were injected for the fish of Group A (300 IU/indiv.) and B (500–1000 IU/indiv.). F, female; M, male.

た。この期間の水温は1983年では21.4～25.4℃、1984年では20.5～27.5℃であった。

産卵期間中の産卵日数はA群21日、B群23日、C群24日であった。C群では雌親魚数よりも産卵日数の方が多い、また、前述の産卵行動で述べたように、産卵日には複数の雌親魚が産卵を行っていることから、本種は1産卵期中に同一個体が複数回産卵を行う多回産卵魚であることが確実である。

を増加させた。注水は孵化2日後から毎分65ml行い、これも順次増加させた。孵化40日後から74日後までは10トン陸上コンクリート水槽内に設置したモジ網製小割生簀(90×90×90cm)で飼育した。この間の注水量は毎分55ℓであった。孵化74日後から407日まではナイロン製海面小割生簀(目合5mm、1.4×1.8×2.4m)内で飼育した。

**餌料** 孵化2日後から飼育水に海産クロレラ *Clorella* sp. を添加し、パン酵母 *Saccharomyces cerevisiae* と海産クロレラで培養したシオミズツボワムシを10個体/ml程度の密度で与えた。給餌開始から2日間はマガキ *Crassostrea gigas* の trochophore 幼生も合わせて使用した。孵化17日後から、ブラインシュリンプ *Artemia salina* の nauplius 幼生や天然動物プランクトン (nauplii, copepodids, harpacticoids, *Acartia* spp., *Oithona* spp., zoea 幼生など) を、また孵化28日後からはタイ稚魚用配合飼料を併用した。孵化40日後からこの配合飼料を1日3回与え、孵化48日後以降は魚肉ミンチ(主としてマイワシあるいはキビナゴ)と配合飼料に少量の乾燥アオノリを添加した混合餌料を与えた。混合餌料の給餌回数は孵化93日後まで1日3回、102日後までは2回、その後は1回とした。

## 結 果

**産卵経過と産卵数** 産卵が認められた期間は、A群(1983年)では6月8日から7月4日までの27日間、B群(1984年)では6月4日から7月15日までの42日間、C群(1984年)では6月5日から7月15日までの41日間であった(Figs. 43, 44)。B、C両群の産卵日はよく一致し、一方だけ産卵したのは27日中7日であ

産卵数の経日変化は大きく変動するが、増減に一定の傾向はみられない。1983年は6月20～23日にピークがみられ、全体として単峰性を示している。1984年はB、C両群とも6月6、7日、20～30日、および7月9、10日にピークがみられ、3峰性を示している。

本実験で得られた総産卵数、総浮上卵数などを Table 22 に表した。雌体重1 g 当りの産卵数はA群がB、C両群に比較してかなり少ない。これは前述のように、A群の産卵が完全に終了していないためであると思われる。B、C群を比較すると、B群の方が約1.5倍多い。しかし、浮上卵数は両群ともほぼ同様であった。

卵径と油球径 卵径と油球径の変異幅と平均値を Table 23 に、またこれらの日平均値の経日変化を Fig. 72 にそれぞれ表した。平均卵径、平均油球径はともに産卵の終期になると、小さくなる傾向が認められた。

Table 22. Total number of eggs spawned and number of floating ones for three experimental groups. Figures in parentheses show number of eggs per 1 g body weight of female

Group	Total number of eggs	Number of floating eggs
A	$2.22 \times 10^6$ (200)	-----
B	$2.18 \times 10^6$ (654)	$7.83 \times 10^5$ (235)
C	$1.28 \times 10^6$ (449)	$7.62 \times 10^5$ (267)

Table 23. Egg diameter and diameter of oil globule for three experimental groups. Figures in parentheses indicate mean values

Group	Egg diameter (mm)	Diameter of oil globule (mm)
A	0.78–0.87 (0.828)	0.16–0.21 (0.193)
B	0.76–0.87 (0.817)	0.18–0.21 (0.191)
C	0.76–0.85 (0.802)	0.16–0.20 (0.187)

卵径と油球径との関係には、かなり大きな分散がみられるが全体の相関係数は0.430となり、1%水準で有意な正相関が認められる。両者の関係は次式で表される。

$$\log OD = 0.717 \log ED - 0.657 \quad (62)$$

ED, 卵径 (mm); OD, 油球径 (mm)

水温と平均卵径との関係を Fig. 73 に表した。水温が26°C以上になると、卵径は小さくなり、全体として1%水準で有意な負の相関が認められる。しかし、水温が26°C以下の範囲では水温と卵径との関係に有意な相関は認められなかった。

水温26°C以下の範囲でのA、B、C各群の卵径の平均値はそれぞれ0.828 mm, 0.817 mm, 0.802 mmとなり、これらの平均値間の差は1%水準で有意であった。

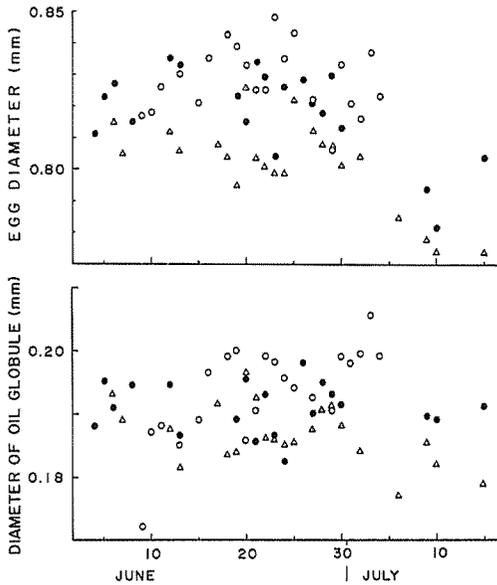


Fig. 72. Daily changes in the mean diameters of the eggs and the oil globules. Open circles, Group A ; solid circles, Group B ; triangles, Group C.

浮上卵率と孵化率 浮上卵率の経日変化は Fig. 74 に表したようになり、大きな変動を示している。総浮上卵率（総浮上卵数/総産卵数）はB群 35.9%、C群 59.5%となり、C群の方が明らかに高かった。

孵化率は産卵初期に若干小さな値を示すが、通常 50~100%の間で変動している (Fig. 74)。総孵化率（総孵化仔魚数/総浮上卵数）はA群 95.7%、B群 65.8%、C群 72.6%であった。A群はB、C両群に対し高い孵化率を示し、またB、C群ではC群の方が孵化率は高かった。

浮上卵率や孵化率に影響を及ぼす要因を調べるために、1984年産卵群（B、C群）を用いて、これらと産卵時の水温や産卵数、浮上卵の平均卵径や卵径の変動係数、平均油球径や卵径油球径比（平均油球径/平均卵径）との相関を求めた。浮上卵率および孵化率とこれらの要因との相関係数はそれぞれ次のようになる。

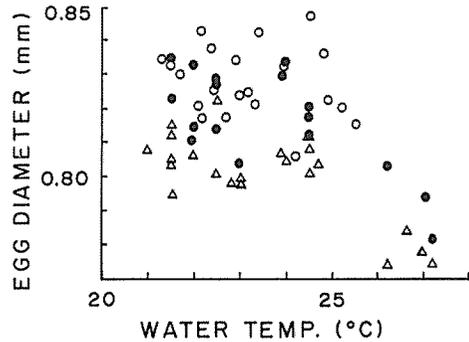


Fig. 73. Change of the egg diameter with the water temperature. Open circles, Group A ; solid circles, Group B ; triangles, Group C.

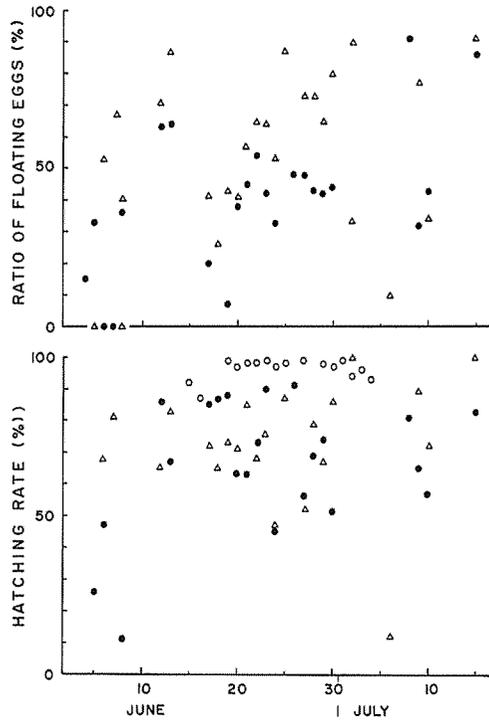


Fig. 74. Daily changes in the ratio of the floating eggs and the hatching rate. Open circles, Group A ; solid circles, Group B ; triangles, Group C.

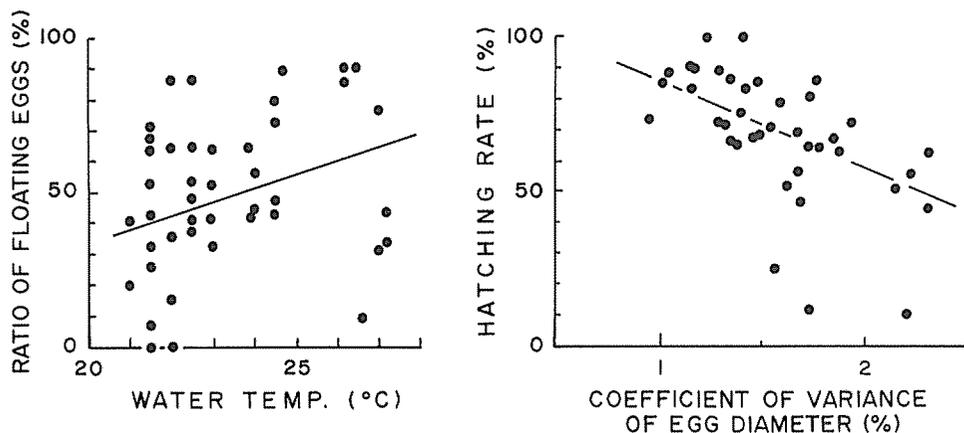


Fig. 75. Relationship between ratio of floating eggs and water temperature, and between hatching rate and coefficient of variance of the egg diameter.

水温 0.324,  $-0.008$ , 産卵数 $-0.045$ ,  $-0.113$ 。平均卵径 $-0.117$ ,  $-0.056$ 。卵径変動係数 $-0.210$ ,  $-0.521$ 。平均油球径 $-0.045$ ,  $-0.149$ 。卵径油球径比 $-0.130$ ,  $0.035$ 。これらの関係のうち相関に有意性が認められたのは浮上卵率-水温関係 (5%水準), 孵化率-卵径変動係数関係 (1%水準) のみであった (Fig. 75)。浮上卵率-水温関係は有意な正相関が認められるものの, 各プロットの分散は非常に大きく, 実用上, 産卵時の水温から浮上卵率を予想することは極めて困難であろうと思われる。これに対し, 孵化率-卵径変動係数関係では, 各プロットは比較的良好にまとまり, 卵径の変動係数が大きいほど, すなわち卵径が大小不揃いであるほど孵化率は低下する傾向が明らかである。

孵化率と浮上卵率との関係は Fig. 76 に示したとおりで, 相関係数は  $0.479$  となり, 1%水準で有意な正相関が認められた。この関係でも, 2, 3 の例外はあるが, 全体として浮上卵率が高い卵群は孵化率も高くなる傾向が認められた。

**卵収容密度と孵化率との関係** 孵化率と孵化容器の水面面積に対する卵密度 (面積密度) および水量に対する卵密度 (体積密度) との関係 を Fig. 77 に表した。孵化率は面積密度が  $20$  粒/cm<sup>2</sup>以下あるいは, 体積密度が  $3$  粒/cm<sup>3</sup>以下の範囲では密度に関係なく, ほぼ90%以上を示している。しかし, これ以上の密度になると, 孵化率は密度の増加にともなって減少する傾向が認められた。

面積密度  $20$ 粒/cm<sup>2</sup>以上, 体積密度  $3$ 粒/cm<sup>3</sup>以上の範囲について, 孵化率とこれらとの関係を重回帰式で表すと次のようになる。

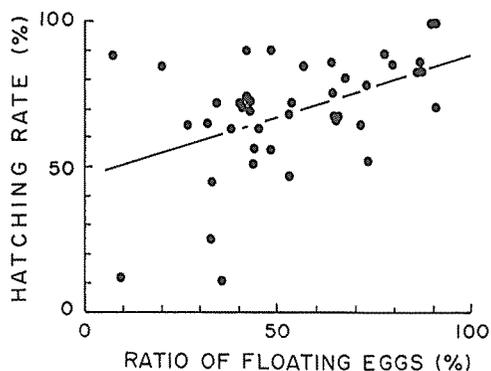


Fig. 76. Relationship between hatching rate and ratio of floating eggs.

$$Hr = -80.11 \log Da - 4.10 \log Dv + 196.12 \quad (R^2 = 0.718) \quad (63)$$

$Da$ , 面積密度 (粒/cm<sup>2</sup>);  $Dv$ , 体積密度 (粒/cm<sup>3</sup>);  $Hr$ , 孵化率 (%)

(63) 式の体積密度に対する回帰係数は 5%水準で 0 と有意差がなく, したがって, 孵化率は面積密度とのみ相関が認められる。この両者の関係は次式で表される。

$$Hr = -85.28 \log Da + 201.1 \quad (r = -0.846) \quad (64)$$

水温・塩分と孵化率および孵化時間との関係 水温・塩分と孵化率, 孵化時間との関係についてはすでに KASHIWAGI et. al. (1984) で報告されている。ここでは彼らのデータを用いて, これらの関係について再検討を行った。なお, 実験に使用された卵は1983年6月20日に採卵したもので, 採卵時の水温および塩分はそれぞれ 21.5°C, 33.4‰であった。

水温・塩分と孵化率との関係は,

$$Hr = -1.984 T^2 - 4.125 S^2 + 70.92 T + 269.9 S - 0.5475 TS - 530 \quad (65)$$

$S$ , 塩分, ‰;  $T$ , 水温, °C

で表される。(65) 式から,  $T-S$  平面上の等孵化率線は同心楕円で表され, その中心は水温 22.6°C, 塩分 34.2‰であった。(Fig. 78)。

水温・塩分と半数孵化時間との関係を重回帰式で表すと,

$$Ht = -2.914 T + 0.1463 S + 90.39 \quad (66)$$

$Ht$ , 半数孵化時間

となる。しかし, 塩分に対する回帰係数は 5%水準で 0 と有意差が認められず, したがって, ここで用いた資料では半数孵化時間に及ぼす塩分の影響はほとんど無視できると考えられる。そこで, 塩分を除いて水温と半数孵化時間との関係を求めると Fig. 79 に示すようになり, この関係は次の双曲線式で表される。

$$Ht = 241.5 / (T - 13.2) \quad (67)$$

仔稚若魚の成長 1983年6月12日孵化魚の全長の成長曲線はすでに Fig. 28 に表した。ここでは孵化 30 日後以降 407 日までの体重の成長を求めた。成長曲線は Fig. 80 のようになり, 成長式は次式で表される。

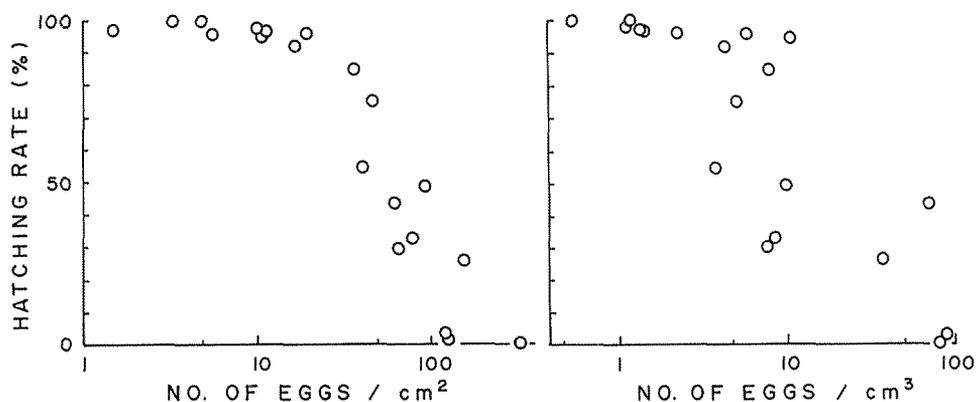


Fig. 77. Changes of the hatching rate with the areal or voluminal density of eggs.

$$W = 499 (1 - \exp(-0.00983 (0.127 t + 5.26 + 8.53 \sin(0.0172 t - 20.0))))^{3.07} \quad (68)$$

W, 体重 (g); t, 孵化後日数

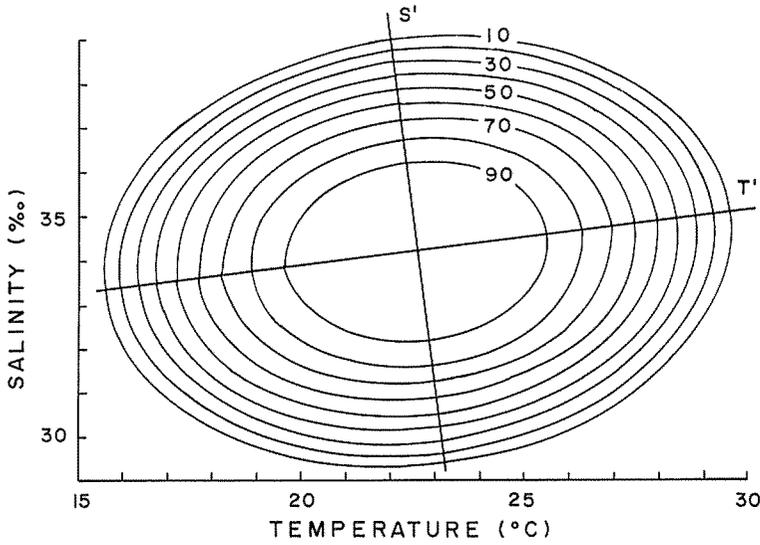


Fig. 78. Response surface showing the isopleths of hatching rate in % in relation to temperature and salinity. Data from KASHIWAGI et al. (1984).

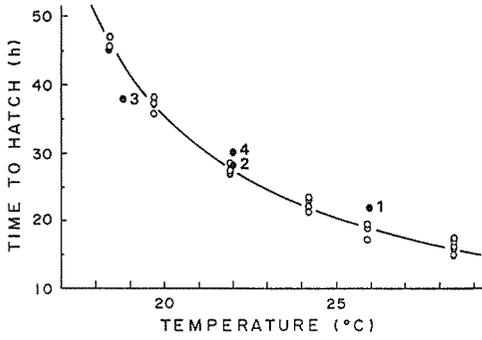


Fig. 79 Relationship between temperature and time to 50 % hatching. Data from KASHIWAGI et al. (1984) Solid circles indicate the results of the other authors. 1, KAMIYA (1922); 2, YASUDA et al. (1962); 3, MITO (1963); 4, KITA-JIMA et al. (1982).

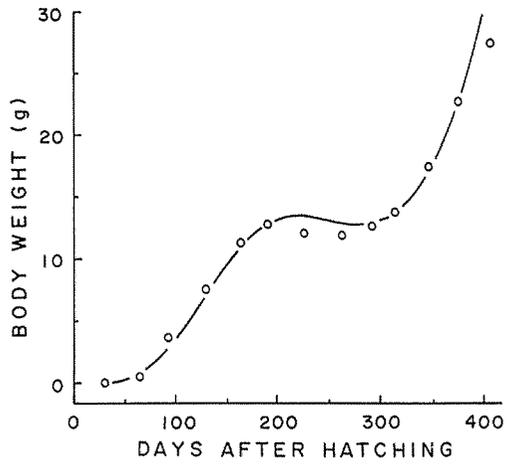


Fig. 80. Early growth curve of the reared threeline grunt in weight.

## 考 察

**採卵用親魚** 前述のように、水槽内自然産卵法によるイサキの種苗生産は、従来1年以上蓄養した親魚が用いられている。本実験を行った三重県熊野灘沿岸では、主漁期と産卵期が一致しているため、産卵期に大量の天然親魚を入手することが可能で、1983年の産卵実験に用いた親魚の70%はこのような実験直前に釣獲されたイサキである。したがって、本種は漁獲直後の親魚を水槽内に放養し、産卵させることも可能で、このような親魚を用いて種苗生産を行えば、親魚蓄養に要する経費と労力を大幅に軽減することができると考えられる。しかし、天然親魚のみを放養した場合は水槽や餌に対する馴致が遅く、この間にへい死する個体も多いため、よく馴致した蓄養魚を少量でも混養した方がよい結果が得られるようである。

**卵径と油球径** 本種の卵径と油球径について、神谷(1922)はそれぞれ0.82~0.84 mm, 0.19 mm, 水戸(1963)は0.84~0.92 mm, 0.20~0.25 mm, 北島ほか(1982)は $0.85 \pm 0.017$  mm,  $0.21 \pm 0.004$  mmと報告している。本研究結果はこれらよりも範囲が広く、また平均値は若干小さい傾向が認められた。このため1 g中の卵数も北島ほか(1982)の報告よりも多く、約2400粒であった。

水温の上昇にともなう卵径の減少はカタクチイワシなどでも認められている(今井・田中 1985)。イサキの場合、水温が20~26°Cの範囲では卵径に変化が認められないことや、水温の下降期には産卵しないこともあって、この卵径の減少が水温に影響されているのか、あるいは水温には関係なく、産卵の終期に特有の現象であるのか明らかでない。

**卵質** 産出された卵の形態的特徴や産卵時の環境要因から、孵化以前にその卵群の孵化率あるいは孵化仔魚の生残率などを推定することは、種苗生産を効率的に行ううえで、極めて重要な課題となっている。そこで、このような産出卵の良否、すなわち卵質を評価する指標として、いくつかの卵形質について研究が行われている(清野 1974)。

本研究では孵化仔魚の生残率に関する知見は得ていないため、福所(1979)にしたがって、孵化率を卵質の判定基準と考えた。前述の結果から、孵化率と有意な関係が認められた形質は卵径の変動係数と浮上卵率であった。したがって、これらは卵質判定の指標となり、卵径変動係数が小さいほど、あるいは浮上卵率が高いほど卵質はよいと判定される。また、これらの形質から孵化率を推定するために、次式のような重回帰式を求めた。

$$Hr = 0.431 Fr - 22.2 EC + 81.3 \quad (R^2 = 0.459) \quad (69)$$

EC, 卵径変動係数(%); Fr, 浮上卵率(%)

(69)式で得られた推定値と実測値を比較すると、最大で30%程度の誤差がみられ、推定精度はあまりよくない。しかし、多少の誤差があっても、卵が産出された直後に孵化率を推定することは、実際の種苗生産を行う場合に非常に有意義なことであり、ここで求めたような推定値であっても、ある程度の実用的価値はあるものと考えられる。

**ホルモン剤の影響** 成熟や排卵を人為的に促進するために、多くの魚類についてさまざまなホルモン剤が使用されている。本研究で使用した哺乳類起源の胎盤性性腺刺激ホルモンは魚類の排卵には効果があるが、卵の成熟にはあまり効果がないとされている(YAMAZAKI 1965)。

本実験のB群(ホルモン処理群)とC群(無処理群)とを比較すると次のようになる。(1)産卵日数や期間には差が認められない。(2)雌体重当りの産卵数は明らかにB群の方が多い。(3)浮上卵率はB群の方が悪く、その結果、浮上卵数には差が認められない。(4)孵化率はC群の方が高い。以上の結果から、B群はホルモン剤の影響で排卵が促進され、産卵数が多くなったと考えられる。

しかし、卵の成熟過程に異常があるためか、浮上卵率や孵化率が悪く、結果的にはホルモン剤の有効性は認められなかった。これらのことから、イサキについては、少なくとも蓄養親魚を使用する限り、ホルモン剤は不必要であると考えられる。

**卵収容密度** 卵を収容する場合の密度についてはあまり報告がなく、従来経験的に行われてきている。本研究結果から、本種のように浮性卵の場合は体積密度ではなく、面積密度がその孵化率に大きく影響を及ぼしていることが明らかになった。この結果、直径 60 cm、あるいは 50 cm 四方の卵管理ネットであれば 5 万粒の卵を収容することが可能である。

**水温・塩分と孵化率、孵化時間との関係** ここで得られた結果からイサキの最適孵化水温・塩分はそれぞれ 22.6°C、34.2‰ であると考えられる。天然海域での産卵盛期の水温は前述のように 20～26°C 前後で、通常 80% 以上の孵化率が期待できる範囲内である。また本種の最適孵化塩分はかなり高く、本種の産卵が外海に面した海域で行われることと一致している。

孵化時間と水温との関係を表す実験式はいくつか知られているが (BLAXTER 1969)、これらは双曲線式と指数関数に大別できる。前者は孵化に要する積算温度が一定の場合に適合し、また後者は  $Q_{10}$  が一定の場合に適合する。本種の孵化時間と水温の関係は単一の指数曲線には適合せず、 $Q_{10}$  は水温 22°C 前後で大きく変化することが知られている (KASHIWAGI et al. 1984)。そこでここでは、双曲線式を用いて両者の関係を表現した。(67) 式は各データによく適合し、水温 18～28°C の範囲では孵化に要する積算温度 ((水温 - 生物学的零度) × 孵化時間) はほぼ一定であると考えられる。

水温と孵化時間について、神谷 (1922) や安田ほか (1962)、水戸 (1963) および北島ほか (1982) の結果を Fig. 79 に併せて表した。これらの値はここで求めた双曲線と比較的よく一致しているが、最大 5 時間程度の差は認められる。

## 第 8 章 初期生活史

イサキの初期生活史に関する研究は神谷 (1922) や水戸 (1963) による人工受精卵の発生と孵化仔魚の記載、内田 (1929) による天然稚魚の記載、および木村・有瀧 (1985 b) による水槽内自然産出卵の発生と仔魚から若魚までの外部形態の記載などが報告されている。本章では水槽内自然産出卵を飼育した結果に基づいて、卵内発生や外部形態の形態形成、相対成長、鱗や鰭の形成、および消化管の形態変化について論述する。

### 第 1 節 卵内発生と仔稚魚の外部形態

本節ではイサキの受精卵から若魚までの形態形成過程を発育段階別に詳細に記載し、さらに本種に関する既往の研究結果との比較およびイサキ科他種との比較を行った。

#### 研究方法

本研究に用いた卵はすべて前章の A 群 (1983 年実験群) によって産出されたものである。卵内発生は 6 月 10 日、11 日、23 日および 24 日産出卵を 1 ℓ ビーカーあるいは 5 ℓ ガラス容器内で発生させ、

観察した。飼育水温は 20.5~21.5°C であった。仔稚魚は 6 月 8 日および 10 日産出卵を前章で述べた方法で飼育し、観察に供した。魚体の観察は無作為に抽出した 8 個体をエチレングリコールモノフェニールエーテルで麻酔して行い、同時に全長を測定した。その後、標本を 5~10% 中性海水ホルマリンで固定し、全長や卵黄長（卵黄前縁から後縁までの直線距離）の測定を行い、棘や鰭条の観察のためにアリザリンレッド S で染色した。

本種の卵や仔魚には通常の黒色よりもはるかに淡く、固定によって完全に脱色される黒色素系色素が存在する。ここではこの色素胞を通常の黒色素胞と区別し、藍色素胞とした。なお仔稚魚の発育段階は KENDALL et al. (1984) に準拠した。

### 結果と考察

**卵内発生** 受精卵はほぼ球形で、直径 0.78~0.85 mm (平均 0.83 mm)、卵膜に特殊な構造はなく、卵膜腔は狭い。卵黄は無色で表面に亀裂がある。油球は単一で、その直径は 0.18~0.20 mm (平均 0.19 mm) であった。(Fig. 81 A)。

受精 40 分後、2 細胞期 (Fig. 81 B)。55 分後、4 細胞期 (Fig. 81 C)。1 時間 20 分後、8 細胞期 (Fig. 81 D)。1 時間 45 分後、16 細胞期 (Fig. 81 E)。2 時間 10 分後、32 細胞期 (Fig. 81 F)。5 時間後、胚盤葉が盛り上がり、胞胚腔が形成され胞胚期になる (Fig. 81 G)。9 時間 35 分後、胚盤の周辺部が肥厚し、胚環の陥入が始まり、囊胚期になる (Fig. 81 H)。14 時間 45 分後、胚体が形成される (Fig. 81 I)。15 時間 45 分後、原口が閉鎖し、眼胞が形成され、KUPFFER 胞が出現する (Fig. 81 J)。18 時間 20 分後、筋節数 7、胚体や油球およびその周辺の卵黄上に顆粒状黄色色素胞が出現し、さらに胚体背面や油球、卵黄上に顆粒状藍色素胞が出現する (Fig. 81 K)。22 時間 20 分後、筋節数 15、眼胞に水晶体が出現し、黄色色素胞および藍色素胞は樹枝状に変化する (Fig. 81 L)。26 時間 40 分後、心臓の鼓動や胎動が起こり、尾部には膜鰭が出現する。KUPFFER 胞が消失する。28 時間 20 分後、孵化が始まる。

**前期仔魚 (yolk-sac larvae)** 孵化から開口まで前期仔魚とした。飼育水温は 19.0~21.5 °C であった。

孵化直後：全長 1.50~1.65 mm (平均 1.54 mm)、筋節数  $9 + 16 = 25$ 。卵黄長は全長の約 53%。卵黄の前端は吻の直下で、吻より突出することはない。卵黄上に亀裂がみられる。油球は孵化前と同大で、卵黄の後下方に位置している。顆粒状黄色色素胞は吻や頭頂部、眼球、頸部、体前部背面、背膜鰭中央部、臀膜鰭肛門後方、卵黄表面、および油球上に散在する。特に油球上ではすでに樹枝状の黄色色素胞もみられ、また尾部中央部の体表には黄色色素胞の帯状集塊がある。これより後方にはいずれの発育段階でも黄色色素胞は出現しなかった。藍色素胞は頭頂部や体背面、体腹面肛門周辺、卵黄表面、油球上、背膜鰭中央部、腹膜鰭肛門前方に存在している (Fig. 82 A)。仔魚は水槽内に一様に分布し、水面に蟄集することはない。浮遊姿勢は腹側を上にし、頭部を斜下方に向け、ほとんど動かない。接触刺激に対しては、体を振動させ下方に沈む反応を示した。

孵化 5 時間後：全長 1.78~1.95 mm (平均 1.89 mm)、筋節数  $11 + 18 = 29$ 。尾部が伸長する。黄色色素胞は顆粒状から樹枝状に変化し、さらに密度を増す。黄色色素胞は背膜鰭縁辺で塊状をなし、油球表面のほぼ全域を覆うようになる。新に体中央部背面や腹面および腹膜鰭に黄色色素胞が出現する。藍色素胞に顕著な変化はない (Fig. 82 B)。

孵化 12 時間後：全長 2.10~2.15 mm (平均 2.13 mm)、筋節数  $11 + 18 = 29$ 。卵黄長は全長の約 32

%となり、吻は卵黄より前方に突出している。膜鰭は中央部で隆起し始める。樹枝状黄色素胞は密度を増し、新たに消化管に出現する。藍色素胞に変化はない。顆粒状黒色素胞が眼球上方および前方に出現する (Fig. 82 C)。

孵化18時間後：全長 2.20~2.40 mm (平均 2.30 mm), 筋節数 11+18=29。卵黄長は全長の27%, 卵黄の先端は眼球中央直下まで後退する。卵黄上の亀裂が消失する。黄色素胞は頸部や尾部後方を除いた膜鰭縁辺部で著しく発達し、叢状を呈する。体背面や卵黄上の藍色素胞は減少する。(Fig. 82 D)。

孵化1日後：全長 2.25~2.38 mm (平均 2.34 mm)。消化管が発達し、口の原基が形成され始める。膜鰭は体中央部で隆起し、葉状を呈する。黄色素胞は眼球上で密度を増し、尾部中央の黄色素胞帯は膜鰭まで広がる。樹枝状黒色素胞は頭部前面や吻、油球前面、卵黄前端部に、また顆粒状黒色素胞は眼球前縁および後縁、消化管屈曲部の背面および腹面、体中央部背面、肛門直後の尾部背面および腹面、尾部中央部の背面および腹面、脊索末端に分布する。藍色素胞はかなり減少し、頭部や頸部背面、体背面、卵黄前面、消化管屈曲部にのみ分布する (Fig. 82 E)。この時期になると、仔魚は背面を上にし、頭部を斜下方に向けて定位するようになり、刺激に対してかなり鋭敏に反応するようになる。

孵化2日後：全長 2.66~2.71 mm (平均 2.69 mm)。耳胞後方に胸鰭が出現する。消化管がさらに発達する。全体に黄色素胞は減少し、特に臀膜鰭肛門後方でその傾向が著しい。黒色素胞は眼球前縁および後縁や消化管壁で密度を増す。藍色素胞はほぼ完全に消失する。口器の形成が進行するが、未だ開口しない (Fig. 82 F)。

前屈曲期仔魚 (preflexion larvae) 開口から脊索屈曲まで前屈曲期仔魚とした。飼育水温は 20.0~23.0 °C であった。

孵化3日後：全長 2.71~2.80 mm (平均 2.77 mm)。開口する。眼球全体に黒色素胞が沈着する。

孵化4日後：全長 2.83~2.90 mm (平均 2.85 mm)。油球は完全に吸収され、耳胞がよく発達する。頭部および膜鰭上の黄色素胞は減少し、体腹面、消化管腹面の黒色素胞が増加する。さらに肛門直前の腹膜鰭には塊状黒色素胞が出現する (Fig. 83 A)。この時期から仔魚は群を形成して遊泳するようになる。

孵化11日後：全長 4.00~4.15 mm (平均 4.07 mm)。鼻孔が形成され始め、前鰓蓋骨前縁および後縁に各3棘出現する。すべての膜鰭は退化傾向を示し、逆に体高は高くなる。脊索末端下面に尾鰭原基が出現する。黄色素胞は体背面や背膜鰭の前方縁辺、腹膜鰭縁辺、臀膜鰭肛門後方および消化管背壁に分布する。塊状黒色素胞が下顎先端や後関節骨後端、擬鎖骨下端、体腹部下面、腹膜鰭肛門前方、消化管背壁、尾部腹面、尾鰭原基に存在する (Fig. 83 B)。

屈曲期仔魚 (flexion larvae) 脊索が屈曲中の段階を屈曲期仔魚とした。飼育水温は 21.0~22.0 °C であった。

孵化19日後：全長 4.9~8.1 mm (平均 6.5 mm)。全長 5.5 mm 前後で脊索末端の屈曲が開始される。全長 6.7 mm の個体では尾鰭に軟条が出現し、分節も認められる。全長 6 mm 付近で、尾部中央背面に背鰭原基が、また同腹面に臀鰭原基が出現する。前鰓蓋骨棘は強力で前縁4棘後縁6棘認められる。間鰓蓋骨にも棘が出現する。鰓条骨が出現し、前上顎骨に7本の円錐歯がある。黄色素胞はほぼ完全に消失し、頭部に新たな黒色素胞が出現する (Fig. 83 C)。この時期に餌料がシオミズツボムシからより大型の動物プランクトンに移行する。

後屈曲期仔魚 (postflexion larvae) 脊索屈曲後各鰭条総数が定数に達するまでを後屈曲期仔

魚とした。飼育水温は 21.5~23.5 °C であった。

孵化21日後：全長 6.5~8.6 mm (平均 7.4 mm)。各鰭の形成が急速に進行する。背鰭始部直下に腹鰭が出現し、尾鰭が円形から截形に変化する。膜鰭は退行し、腹膜鰭が消失する。しかし、未だ不對鰭は膜鰭で連続している。背鰭や臀鰭、胸鰭に鰭条が出現する。外鼻孔にくびれが生じる。後側頭骨棘と上擬鎖骨棘が出現する。下鰓蓋骨棘は出現する個体と出現しない個体がある。黒色素胞は新に上顎に出現するが、全体として退行傾向が認められる (Fig. 83 D)。

孵化25日後：全長 9.4~12.2 mm (平均 10.9 mm)。不對鰭が完全に独立し、膜鰭は尾柄部のみ存在する。腹鰭以外の鰭では鰭条総数が定数に達し、分節が開始している。尾鰭後縁の湾入が始まり、尾鰭鰭膜内に突出していた脊索末端が退行する。黒色素胞は頭頂部で増加する。(Fig. 83 E)。この時期の仔魚は活発に遊泳し、サンプリングの際の手網から機敏に逃避するようになる。

稚魚 (juveniles) 各鰭の鰭条総数が定数に達した後、体がほぼ完全に被鱗するまでを稚魚とした。飼育水温は 22.3~28.0 °C であった。

孵化29日後：全長 11.0~12.7 mm (平均 12.1 mm)。背鰭XIII, 17, 臀鰭II, 9, 尾鰭 9+8=17, 胸鰭 18, 腹鰭 I, 5。各鰭の鰭条総数は定数に達している。各軟条に分節がみられる。背鰭棘や臀鰭棘の形成は未だ不完全である。体側にイサキ特有の暗色縦帯が形成され始め、頭頂部から項部を経て背鰭棘部まで、および吻端から眼を通り尾鰭基底まで体中央を縦走る2黒色素胞帯が形成される。黒色素胞はこのほか、背鰭第1から第6棘間の鰭膜にみられる。外鼻孔が前後に2分される (Fig. 84 A)。

体側に暗色縦帯が形成され始める全長 12 mm 前後になると、水槽内での遊泳層が表・中層から底層へ変化する。このような体の斑紋形成と生活様式の変化はクロダイ *Acanthopagrus schlegeli* やマダイ、チダイ *Evynnis japonica*、インダイなどでも報告されている (FUKUHARA 1977, 福原 1978, 福原・伏見 1981, 福所 1979)。

全長 16~17 mm になると、鰓蓋上端後方、および背鰭基底後端直下の体中央部に側線鱗が形成され始める。

孵化46日後：全長 18.0~21.7 mm (平均 19.5 mm)。各鰭軟条はほとんど分節が完了し、腹鰭や尾鰭では分枝が開始している。背鰭棘や臀鰭棘が定数に達する。前後に分離していた側線鱗が連結する。側線下方で被鱗域が広がり、体表の半分程度が鱗で覆われるようになる。体側黒色素胞の密度が増加し、色素胞帯が明瞭になる。新に背鰭軟条部や臀鰭棘部、尾鰭鰭膜に黒色素胞が分布する。塊状虹色素胞が背鰭軟条基底部、尾柄背部、および尾鰭基底部に出現する (Fig. 84 B)。

若魚 (young) 体がほとんど完全に被鱗した後満1歳までを若魚とした。飼育水温は 10.4~30.0 °C であった。

孵化65日後：全長 34.6~36.8 mm (平均 35.3 mm)。各鰭の軟条で分枝がみられ、腹鰭では分枝が完了する。体はほぼ完全に鱗で覆れ、側線が明瞭に認められる。前鰓蓋骨後縁棘は成魚と同様に鋸歯状を呈する。背側暗色縦帯がさらに上下に2分し、3暗色縦帯が完成する。胸鰭は上方の軟条が伸長し、外縁が円形から三角形を呈するようになる (Fig. 84 C)。

孵化後満1年程度経過すると、全長 130~140 mm 程度になり、後述するように鰭や鱗の形成が完了して未成魚期に移行する。

人工受精卵・孵化仔魚および天然稚魚との比較 卵内発生や孵化仔魚の形態を神谷 (1922) および水戸 (1963) と比較した。卵内発生の経過時間はそれぞれ環境水温が異なっているために、若干の相違があるが、基本的な発生過程は全く同様であった。卵内発生中に出現する黒色素系色素胞を

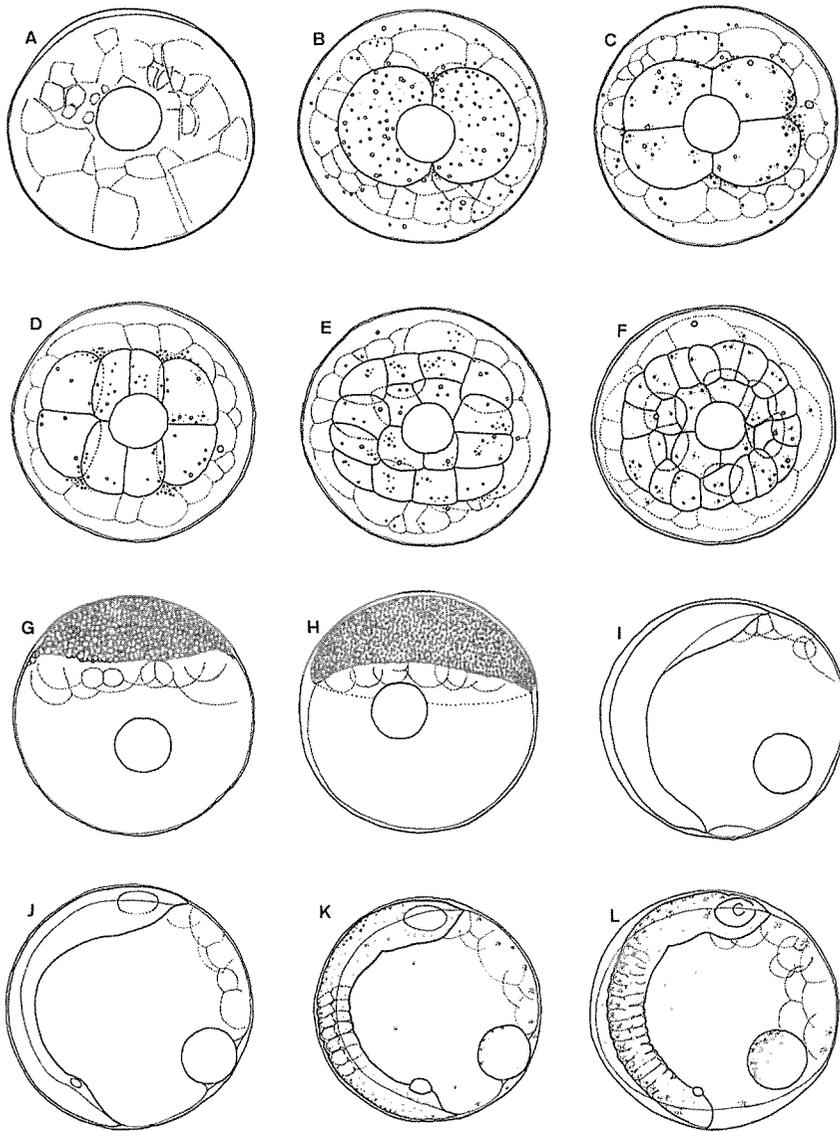


Fig. 81. Development of the eggs spawned in a tank. The water temperature ranged from 20.5 to 21.5°C. A, fertilized egg newly spawned. B, 2-cell stage, 40 min after spawning. C, 4-cell stage, 55 min. D, 8-cell stage, 1 h 20 min. E, 16-cell stage, 1 h 45 min. F, 32-cell stage, 2 h 10 min. G, blastula stage, 5 h. H, gastrula stage, 9 h 35 min. I, formation of embryo, 14 h 45 min. J, formations of the eye and the KUPFFER's vesicles, 15 h 45 min. K, 7-myotome stage, appearance of granular xanthophores, 18 h 20 min. L, 15-myotome stage, appearance of lenses in the eye vesicles, xanthophores branched, 22 h 20 min.

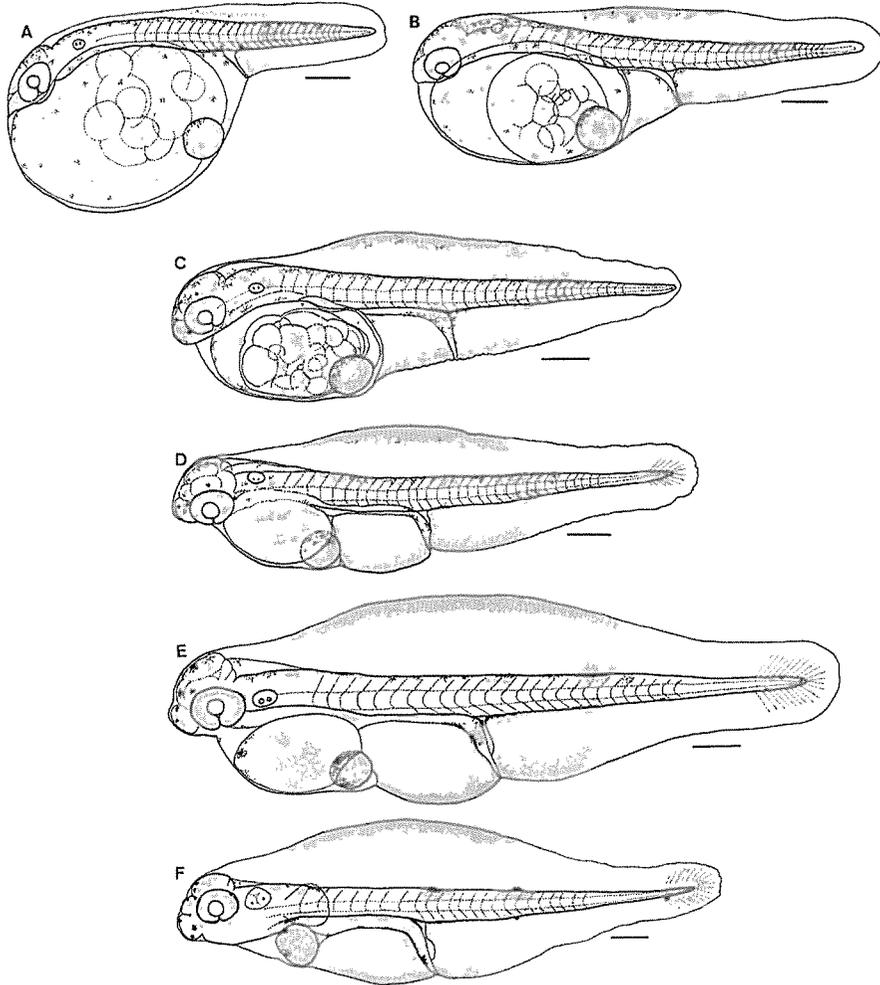


Fig. 82. Development of yolk-sac larvae. Scales indicate 0.2 mm. A, newly hatched larva, myotomes  $9 + 16 = 25$ , the yolk partly segmented, the oil globule rested on the infraposterior portion of the yolk sac, numerous granular xanthophores on the head, central portion of the tail, and the dorsal finfold, branched xanthophores on the oil globule, 28 h 20 min after spawning, 1.7 mm in total length. B, myotomes  $11 + 18 = 29$ , granular xanthophores changed to the branched ones and developed, 5 h after hatching, 2.1 mm. C, granular melanophores on the head, 12 h, 2.2 mm. D, segmentation of the yolk disappeared, the dorsal and anal finfolds developed, 18 h, 2.5 mm. E, the rudiment of mouth forming, 1 day, 2.7 mm. F, formation of the pectoral fin, xanthophores dwindled, melanophores developed on the anterior and posterior margins of eye and digestive tract, 2 days, 2.8 mm.

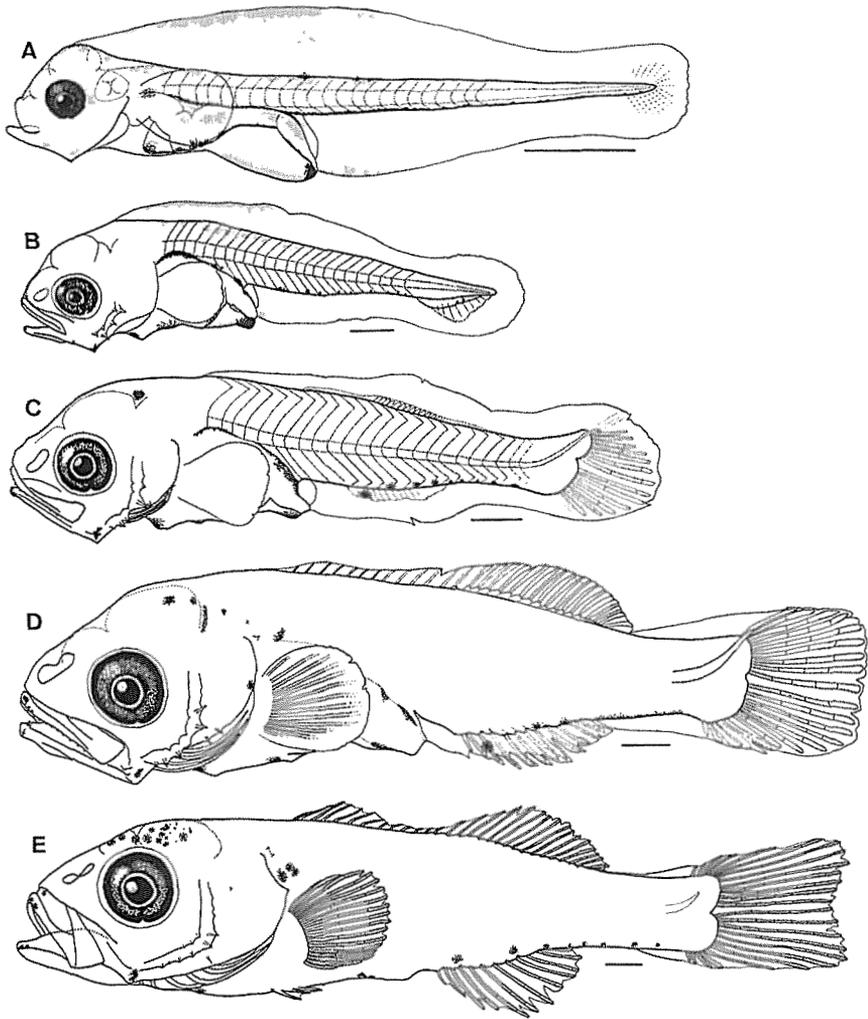


Fig. 83. Development of the preflexion, flexion and postflexion larvae. Scales indicate 0.5 mm. A, preflexion larva, the mouth opened, the yolk and the oil globule absorbed, melanophores developed on the pelvic finfold just before the anus, 4 days, 2.9 mm in total length. B, preflexion larva, the nostrils forming, the preopercular spines appeared, the finfolds dwindled, the anlage of the caudal fin formed, 11 days, 4.0 mm. C, flexion larva, the notochord flexing, the anlages of the dorsal and anal fins appeared, the caudal finrays formed, the interopercular spine and the branchiostegals appeared, the premaxillary with seven conical teeth, xanthophores almost disappeared, 19 days, 6.7 mm. D, postflexion larva, the pelvic fins appeared, the caudal fin changed from rounded to truncate, the dorsal, anal and pectoral finrays forming, the pelvic finfold disappeared, the posttemporal and supracleithrum with spines, melanophores dwindled, 21 days, 8.6 mm. E, postflexion larva, the finfold completely disappeared, total number of finrays completed except the pelvic, 25 days, 11.5 mm.

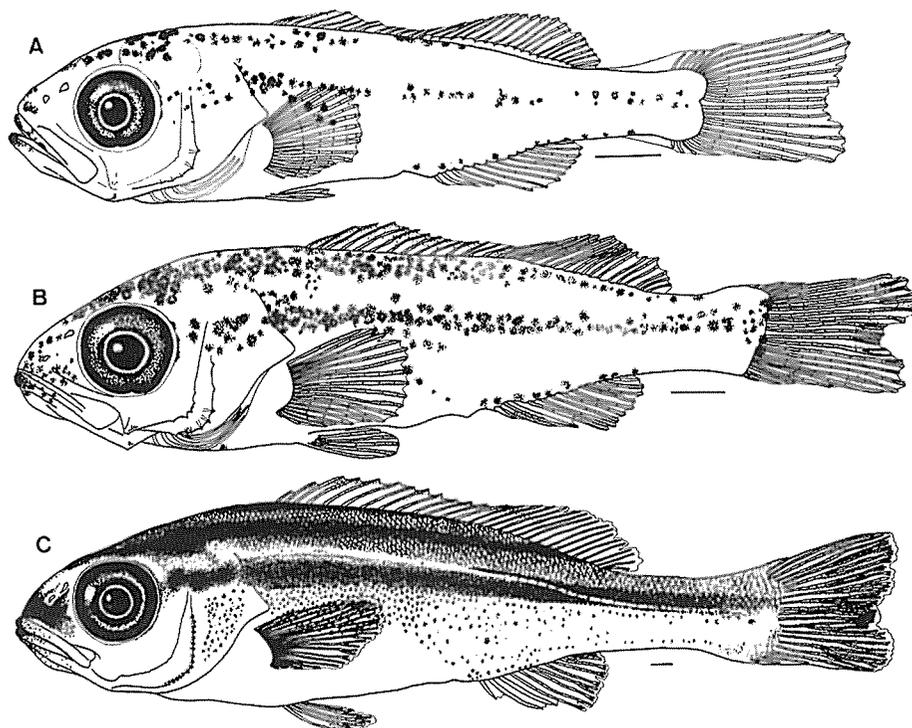


Fig. 84. Development of the juveniles and the young. Scales indicate 1 mm. A, juvenile, total number of finrays completed, dorsal XIII, 17, anal II, 9, caudal 9 + 8 = 17, pectoral 18, and pelvic I, 5, the dorsal and anal spines incomplete, specific longitudinal dark bands began to form, 29 days, 12.5 mm in total length. B, juvenile, the body partly scaled, the dorsal and anal spines completed, segmentation of finrays almost finished, the caudal and pelvic finrays partly branched, iridophores appeared, 46 days, 19.4 mm. C, young, squamation almost finished, three longitudinal bands completed, 65 days, 35.0 mm.

前述の理由により、ここではすべて藍色素胞とした。したがって、これらの報告の黒色素胞をすべて藍色素胞と読替えると、この色素胞の分布にも大きな差は認められない。なお、神谷（1922）は藍色素を黒色素の起源と述べているが、ここで観察した限り、そうではないように思われた。黄色素胞の分布はこれらの報告と一致している。

孵化直後の仔魚の全長は神谷（1922）とほぼ同大である。神谷が報告した孵化仔魚は卵黄が吻端より前方に突出しているが、本研究で観察した限り、卵黄が頭部より突出した孵化仔魚は認められなかった。水戸（1963）が記載した仔魚は本研究結果よりもわずかに全長が大きいが、发育過程に差は認められないようである。黄色素胞の分布状態はこれらの報告とほとんど相違ない。また、これらの報告の黒色素胞を卵内発生と同様藍色素胞に読替えると、この色素胞の分布にも差は認められなかった。

稚魚期以降の鰭の発達や暗色縦帯の形成過程は基本的に内田（1929）の記載と一致する。しかし、

暗色縦帯は本研究の人工種苗稚魚の方が小さな体長で形成され、全長で約3~4 mmの差が認められた。三重県英虞湾内のアマモ場で採集した稚魚(全長13~29 mm)の縦帯形成は内田(1929)の記載とほぼ完全に一致していることから、人工種苗稚魚は天然稚魚に比較して、明らかに小さな体長で縦帯形成がおこると考えられる。このような現象はマダイやクロダイ、ヘダイ *Sparus sarba*, スズキでも知られている(福原・国行1978, 木下1983)。このような現象がおこる要因として、飼育環境の光の量が大きく影響しているのではないかとと思われる。

**イサキ科魚類の卵および仔稚魚の比較** 本科魚類の初期生活史は断片的な報告を含めて15種程度知られている(Table 24)。なお、日本産イサキ科魚類では4属19種のうち、3属5種について卵あるいは仔稚魚の記載があるが、日本産ミゾイサキ属については未だ報告がない。

セトダイ *Hapalogenys mucronatus*を除く5種の卵はいずれも卵径が0.8 mm弱から1 mm弱で、単一の油球を持つ浮性卵である。これらは胚体上の色素胞や卵黄の色、卵黄表面の亀裂などに行くぶん差異が認められるが、固定標本ではこれらの形質の大部分が消失し、識別は不可能であろうと思われる。セトダイは卵径がやや大きく(1.22~1.25 mm)、また多数の油球を持つことで他のイサキ科卵と大きく異なっている。

前期仔魚の記載がある7種はいずれも肛門が卵黄から離れて開口している。肛門の位置は *Anisotremus virginicus* では体中央部より前方、その他の6種では後方である。油球は記載のな

Table 24. Reference to early life history of Haemulidae. Figures indicate the authors shown below

Species	Egg	Larvae				Juvenile
		Yolk-sac	Preflexion	Flexion	Postflexion	
<i>Haemulon plumieri</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Orthopristis chrysoptera</i>			2	2	2	2
<i>Pomadasys</i> spp.					3	3
<i>Conodon nobilis</i>						4
<i>Anisotremus virginicus</i>		5	5	5	5	5
<i>Xenistius californiensis</i>					4	
<i>Plectorhynchus pictus</i>	6	6			6	6
<i>Plectorhynchus cinctus</i>	7	7	7	7		7
<i>Plectorhynchus</i> sp.						3
<i>Diagramma picta</i>			3		3	3
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	8,9,10	8,9,10	9,10	10	10	10,11
<i>Parapristipoma humile</i>	12	12				
<i>Pseudopristipoma nigra</i>						3
<i>Hapalogenys mucronatus</i>	13	13	13	13	13	13
<i>Hapalogenys nitens</i>						14

1, SAKSENA and RICHARDS (1975); 2, WATSON (1983); 3, LEIS and RENNIS (1983); 4, JOHNSON (1984); 5, POTTHOFF et al. (1984); 6, HORIYA and KAWAHARA (1982); 7, KOBAYASHI and IWAMOTO (1984); 8, KAMIYA (1922); 9, MITO (1963); 10, KIMURA and ARITAKI (1985b); 11, UCHIDA (1929); 12, PODOSINNIKOV (1976); 13, SUZUKI et al. (1983); 14, OKIYAMA (1982).

い *A. virginicus* を除いて、すべて単一である。しかし、その位置は *Haemulon plumieri* やコロダイ、コショウダイでは卵黄の前方、イサキや *Parapristipoma humile* およびセトダイでは後方である。また、イサキ前期仔魚から前屈曲期仔魚にみられた膜鰭縁辺部に黄色素胞が密集する現象は他の6種では知られていない。

イサキ前屈曲期仔魚から後屈曲期仔魚は体表の黒色素胞が少ないこと、後関節骨後端や肛門直前の腹膜鰭に明瞭な黒色素胞がみられることなどによって特徴づけられる。コショウダイ属の2種は体表に黒色素胞が多く分布し、またセトダイは上後頭骨に骨質隆起があることによってイサキと明瞭に区別できる。しかし、イサキは体表の黒色素胞が少ない点で、*H. plumieri* や *Orsopristis crysoptera*, *A. virginicus*, *Xenistius californiensis*, *Diagramma picta*, *Pomadasys* sp. とよく類似している。このうち、*O. crysoptera* や *D. picta* とは黒色素胞の分布パターンがかなり相違しているが、これ以外の4種とは明瞭な相違点はない。

稚魚期についても仔魚期と同様の形質でイサキとコショウダイ属およびヒゲダイ属魚類は異なっている。また、*Conodon nobilis* や *Pseudopristipoma nigra* ではコショウダイ属魚類と同様、体表に黒色素胞が多いことや、*A. virginicus* では尾鰭基底部に黒斑があることなどでイサキと異なっている。一方 *H. plumieri* や *O. crysoptera*, *Pomadasys* sp. は仔魚期に引続いてイサキとよく類似し、特に前2種では体側の暗色縦帯形成パターンもよく一致している。

このようにイサキ稚魚は日本産コショウダイ属およびヒゲダイ属魚類とはかなり明確に識別できる。しかし、オーストラリアの *Pomadasys* sp. とはよく類似していることから、日本産ミゾイサキ属魚類とも類似している可能性は高く、これらの幼期の記載がない現状では、これらの識別がどの程度可能であるかは不明である。

JOHNSON (1980) はイサキ科にヒゲダイ属を含めていないが、確かに幼期の形態についてもヒゲダイ属は他のイサキ科魚類と著しく相違している形質が多い。またイサキはコショウダイ亜科に含まれているが(松原 1955, JOHNSON 1980, 赤崎 1984)、幼期、特に前屈曲期仔魚から稚魚の形態は前述のように同亜科のコショウダイ属魚類よりもむしろ、*Haemulinae* の *H. plumieri* や *O. crysoptera* などよく類似している。

## 第2節 相対成長

仔稚魚期における魚体のプロポーシヨンの変化を明らかにするために、前節で用いた人工飼育魚について体各部の相対成長を求め、この相対成長にみられる成長屈折点と発育段階との関係や人工種苗と天然魚との形態差について検討した。

### 研究方法

供試魚は1983年6月10日に採卵し、その後約1年間飼育した228個体(標準体長1.4~111.4mm)である。魚体各部の測定は5~10%中性ホルマリンで固定された標本について行った。測定項目は、全長(TL, mm)、標準体長(SL, mm)、肛門前長(AL, mm)、頭長(HL, mm)、眼径(ED, mm)、上顎長(UJL, mm)の6部位である。なお、前期仔魚から屈曲期仔魚までは神経索長を標準体長とした(Fig. 85)。また、頭長と上顎長は前屈曲期仔魚以降の標本についてのみ測定した。

比較のために用いた標本は1981年に長崎県水産試験場増養殖研究所で飼育された人工種苗63個体

(標準体長2.3~100.5mm), および1980年から1981年にかけて愛知県渥美半島沖で採集した後屈曲期仔魚や三重県英虞湾内で採集した稚魚, 若魚などの天然魚110個体(標準体長7.2~69.8 mm)である。

成長屈折点の検出や相対成長式の比較は共分散分析法(スネデカー・コ克蘭 1972)を用い, 有意水準は1%とした。

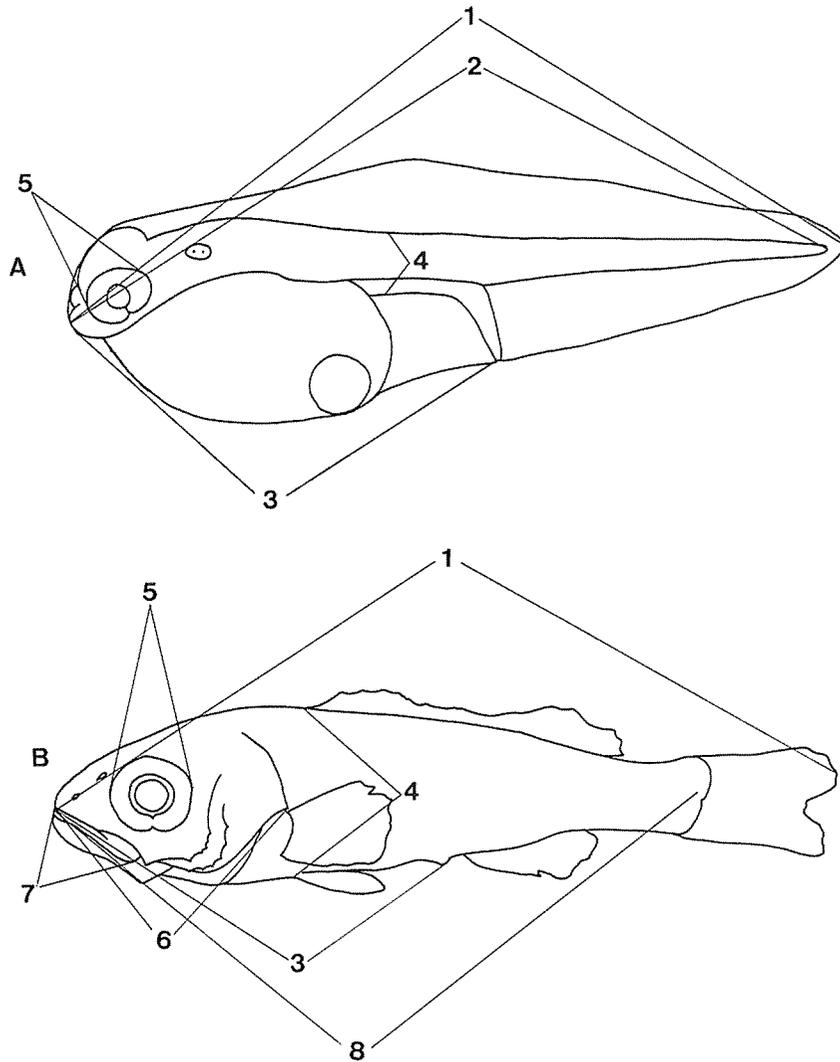


Fig. 85. Diagrammatic illustrations showing the measuring methods of the larva (A) and the juvenile (B). 1, total length ; 2, notochord length ; 3, preanal length ; 4, body depth ; 5, eye diameter ; 6, head length ; 7, upper jaw length ; 8, standard length.

## 結果と考察

相対成長式 体各部の相対成長は Figs. 86, 87 に示したようになり、それぞれ次のような関係式で表される。

標準体長—全長関係：

$$SL < 7.7 : \log TL = 1.031 \log SL + 0.011 \quad (r=0.999) \quad (70)$$

$$SL \geq 7.7 : \log TL = 0.990 \log SL + 0.100 \quad (r=1.000) \quad (71)$$

標準体長—肛門前長関係：

$$SL < 1.8 : \log AL = 0.713 \log SL - 0.158 \quad (r=0.930) \quad (72)$$

$$1.8 \leq SL < 2.5 : \log AL = 0.275 \log SL - 0.040 \quad (r=0.752) \quad (73)$$

$$2.5 < SL \leq 27.6 : \log AL = 1.137 \log SL - 0.391 \quad (r=0.999) \quad (74)$$

$$SL \geq 27.6 : \log AL = 0.932 \log SL - 0.080 \quad (r=0.999) \quad (75)$$

標準体長—頭長関係：

$$SL < 5.0 : \log HL = 1.590 \log SL - 0.926 \quad (r=0.981) \quad (76)$$

$$5.0 \leq SL < 32.0 : \log HL = 1.095 \log SL - 0.577 \quad (r=0.997) \quad (77)$$

$$SL \geq 32.0 : \log HL = 0.826 \log SL - 0.168 \quad (r=0.992) \quad (78)$$

標準体長—体高関係：

$$SL < 2.5 : \log BD = 1.165 \log SL - 1.128 \quad (r=0.979) \quad (79)$$

$$2.5 \leq SL < 3.0 : \log BD = 7.582 \log SL - 3.679 \quad (r=0.934) \quad (80)$$

$$3.0 \leq SL < 5.6 : \log BD = 1.798 \log SL - 1.163 \quad (r=0.991) \quad (81)$$

$$SL \geq 5.6 : \log BD = 1.070 \log SL - 0.656 \quad (r=0.998) \quad (82)$$

頭長—眼径関係：

$$HL < 5.0 : \log ED = 0.964 \log HL - 0.461 \quad (r=0.991) \quad (83)$$

$$HL \geq 5.0 : \log ED = 0.833 \log HL - 0.313 \quad (r=0.995) \quad (84)$$

頭長—上顎長関係：

$$HL < 2.0 : \log UJL = 1.414 \log HL - 0.448 \quad (r=0.996) \quad (85)$$

$$HL \geq 2.0 : \log UJL = 0.802 \log HL - 0.272 \quad (r=0.995) \quad (86)$$

体各部位の相対成長にみられる成長屈折点の位置を Fig. 88 に示した。孵化数時間後の標準体長 1.8 mm で標準体長—肛門前長関係に成長屈折がおり、この後、前屈曲期仔魚に移行する標準体長 2.5 mm 付近までの間は頭部・軀幹部に比較して尾部の伸長が著しいため、肛門前長の増加は極めて小さくなる。前期仔魚からは前屈曲期仔魚に移行する際には標準体長—体高関係にも成長屈折がおり、体高はこの後標準体長 3.0 mm 付近までの間に急激に増大する。前屈曲期仔魚から屈曲期仔魚に移行する際には標準体長—頭長関係や標準体長—体高関係に成長屈折がみられる。屈曲期仔魚から後屈曲期仔魚への移行期には標準体長—全長関係に成長屈折がおこるが、これは脊索の屈曲が完了すること、あるいは尾鰭が円形から截形に変化することと関連していると考えられる。また、この時期には頭長—上顎長関係にも成長屈折がみられ、これは上顎歯の形成などにもなう摂餌機能の発達とよく対応しているようである。稚魚期には頭長—眼径関係に、また若魚期への移行直後に標準体長—肛門前長関係や標準体長—頭長関係に成長屈折が認められる。

このように、各相対成長にみられる成長屈折点は発育段階の移行期とよく対応していることが明らかである。また、多くの成長屈折が前屈曲期仔魚期から後屈曲期仔魚期の間におこり、この発育

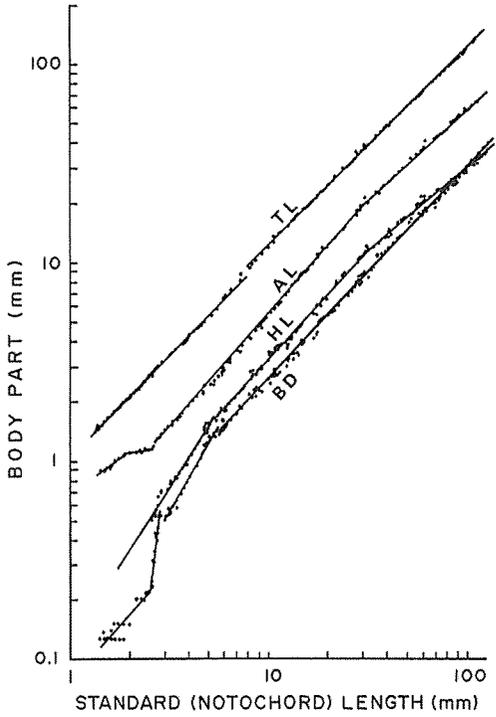


Fig. 86. Relative growths of the total length (TL), the preanal length (AL), the head length (HL), and the body depth (BD) against the standard or notochord length (SL).

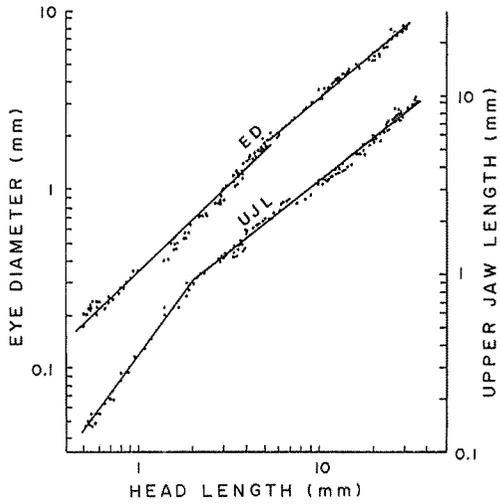


Fig. 87. Relative growths of the eye diameter (ED) and the upper jaw length (UJL) against the head length.

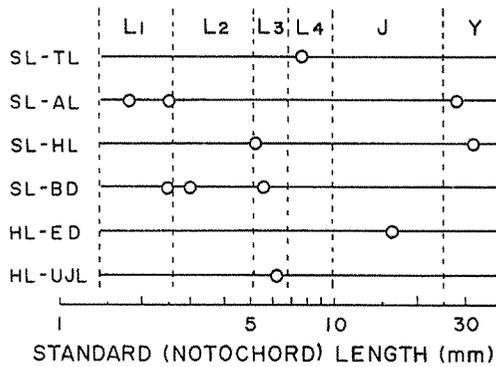


Fig. 88. Growth inflexions of six parts of the body. Showing the relation between growth inflexion and developmental stage. L<sub>1</sub>, yolk-sac larva; L<sub>2</sub>, preflexion larva; L<sub>3</sub>, flexion larva; L<sub>4</sub>, postflexion larva; J, juvenile; Y, young.

段階での形態変化が大きいことを表している。

**相対成長の比較** ここで用いた標本（三重人工魚）と長崎県の人工飼育魚（長崎人工魚）および天然魚の相対成長を比較した（Figs. 89, 90）。体各部の相対成長には3者間で著しい相違はみられず、特に標準体長—肛門前長関係や頭長—上顎長関係では有意差が認められなかった。

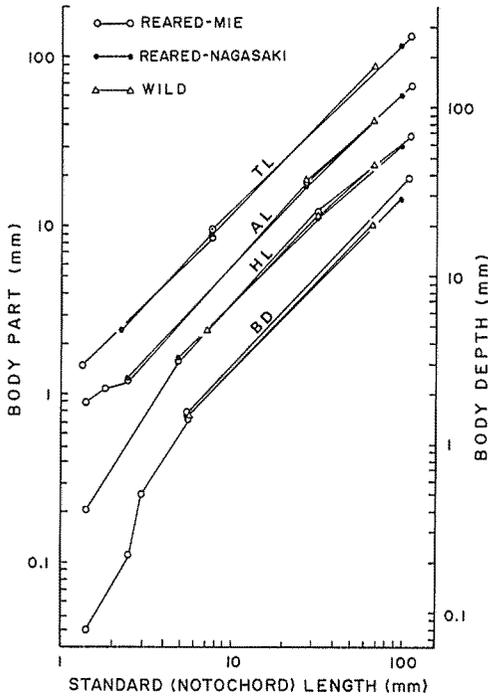


Fig. 89. Comparisons of the relative growths of the total length, the preanal length, the head length and the body depth against the standard or notochord length among the three samples of reared and wild fish. REARED-MIE, the fish reared by the authors; REARED-NAGASAKI, the fish reared at the Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries; WILD, wild fish caught off Atsumi Peninsula (Aichi Pref.) and in Ago Bay (Mie Pref.).

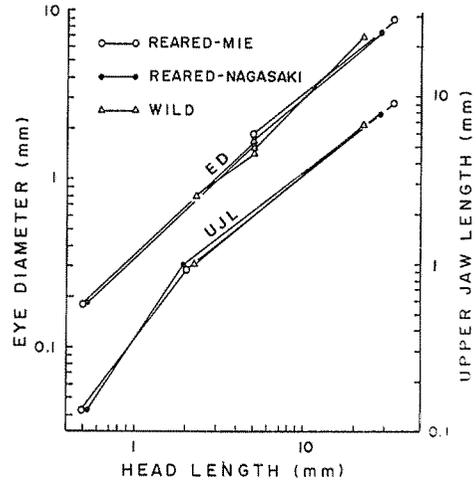


Fig. 90. Comparisons of the relative growths of the eye diameter and the upper jaw length against the head length among the three samples of reared and wild fish.

標準体長－全長関係は人工飼育魚間では差がなく、これらと天然魚間で有意差が認められ、全長はわずかながら天然魚の方が大きい。この原因として、人工飼育魚は網生簀などによる擦れの影響で尾鰭先端が丸くなり、この結果全長が短く測定されるためではないかと考えられる。

標準体長－頭長関係は三重人工魚と天然魚間では差がなく、これらと長崎人工魚間で有意差が認められた。また標準体長－体高関係では長崎人工魚と天然魚間では差がなく、これらと三重人工魚間で有意差が認められた。頭長－眼径関係は3者間で有意差が認められた。これらのことから、頭長や体高などは飼育環境によって変化し、天然魚と差が生じる場合もあるが、本質的にはイサキ人工飼育魚の体形は天然魚と大差がないと考えられる。

### 第3節 鰭および鱗の形成過程

鰭は魚類の運動機能を左右する最も重要な器官で、この形成過程は発育段階や生活様式と深く関連している。また鱗の形成は稚魚期における最も重要な形態形成過程で、これも鰭と同様生活様式や種特性の発現と大いに関係している。このようなことから、スズキ (FUKUHARA and FUSHIMI 1982) やマダイ (福原 1976a, b), チダイ (福原・伏見 1981), クロダイ (FUKUHARA 1977), イシダイ (福原・伊藤 1978), アイナメ *Hexagrammos otakii*, (FUKUHARA and FUSHIMI 1983, 1984) などの人工種苗を用いて鰭や鱗の形成過程が詳細に報告されている。

本節ではイサキ人工種苗を用いて鰭や鱗の形成過程を明らかにし、発育段階や生活様式との関係について検討した。

### 研究方法

供試材料は前節と同様の標本である。観察はアリザリンレッドSで染色した後、実体顕微鏡下で行った。各鰭は71個体について形態観察および棘数や軟条数、分節軟条数、分枝軟条数を計数した。分節や分枝の定義は福原 (1976a) に準拠した。対鰭は左側について観察した。

鱗は44個体について体左側における出現位置やその範囲を観察した。また鱗の形態は体左側背鰭基底後端下方体中央部側線付近の鱗を採取して行った。

### 結果と考察

**鰭形成** 背鰭：全長6mm前後で尾部背面に原基が出現し、8mm付近で鰭条が出現する。全長8.5mm程度で鰭条総数は定数に達するが棘の一部は軟条の形態を示し、棘が完成するのは全長17mm前後である。分節は全長9mm程度から開始され、17mm前後で完了する。分枝は全長約24mmから始まり130mm以上で完了する。

ここで用いた人工種苗標本の背鰭鰭条総数は28～33で平均値29.6であった。これに対し、天然魚では29～33で平均値31.0であり、明らかに人工飼育魚の鰭条総数は天然魚よりも少なく、この差は1%水準で有意であった。このような現象は他の魚種でも認められている (倉田 1975)。一般に、人工飼育仔魚は天然魚に比較して鰭条の形成が早期に完了する傾向が知られている。このため、人工飼育魚は鰭条が分化する時間が短くなり、この結果、形成された鰭条が少なくなるのではないかと考えられる。

臀鰭：原基は背鰭と同様に全長 6 mm 前後で出現する。鰭条は全長 8 mm 以上の標本にみられ、出現とほぼ同時に鰭条総数は定数に達する。しかし、第 3 棘は軟条の形態を示し、棘数が定数に達するのは全長 18mm 以上である。分節は全長約 8.5mm で開始し、15mm 以上で完了する。分枝は全長 20 mm 程度から開始するが、ここで用いた最大個体（全長 134.5mm）でも完了していなかった。

尾鰭：全長 4 mm 前後で原基が出現し、全長 9 mm 付近で外形が円形から截形に変化する。全長約 11mm で後縁の湾入が始まり、17mm 前後になると膜鰭が消滅して尾鰭の形状が整う。鰭条の出現は全長 6.4mm から始まり、9.6mm 前後で定数に達する。分節は鰭条の出現と同時に始まり、鰭条数が定数に達する全長 9.6mm 付近で完了する。分枝は全長約 12mm で開始し、18mm 付近で完了する。

胸鰭：孵化約 40 時間後の全長 2.8mm 前後で白濁した突起物が耳胞の後方に出現し、その後 15 時間程度で急速に発達して円形の団扇状になる。外形は仔稚魚期を通じて著しい変化はみられない。全長 30mm 以上の若魚になると、上方の軟条が伸長し、外形が三角形になる。鰭条は全長 7 mm 程度から出現し、12mm 付近で定数に達する。分節は全長約 9.5mm から始まり、60mm 前後で完了する。分枝は全長 24mm 程度から始まり、130mm 以上で完了する。

腹鰭：腹鰭の出現は最も遅く、全長約 8 mm で原基が現れる。鰭条の形成は全長 9.5mm 前後から開始され、12mm 程度で定数に達する。分節は全長 12mm 程度から開始し、16mm 付近で完了する。分枝は全長 14mm 前後から始まり、34mm 付近で完了する。

各鰭の形成過程を Fig. 91 に表した。原基が最も早く形成されるのは胸鰭で、鰭形成が最も早く終了するのは尾鰭である。分節と分枝は対鰭では両過程が重複するが、不對鰭では分節完了後に分枝が開始される。このような現象はマダイ（福原 1976a）やクロダイ（FUKUHARA 1977）、インダイ（福原・伊藤 1978）でも報告されている。

鰭形成と発育段階および生活様式との関係

前期仔魚から前屈曲期仔魚までの段階では膜鰭以外に機能している鰭は胸鰭だけである。その後、全長 4 mm 程度で尾鰭の原基が完成し、さらに 6 mm 程度の屈曲期仔魚になると背臀両鰭の原基および尾鰭の鰭条が出現し、遊泳機能が飛躍的に増大すると考えられる。この遊泳能力の発達によって、シオミズツボムシからより大型で運動力も大きい橈脚類などへの餌料転換が可能になるのであろうと考えられる。これに対応して上顎歯も形成され、摂餌機能の発達も認められる。全長 9 mm 前後の後屈曲期仔魚になると、各鰭の発達が著しく、それぞれが明瞭に区別できるようになる。また、腹鰭以外の鰭では分節が始まり、膜鰭から鰭への移行期にあたる。このような変化にともなって、遊泳力も

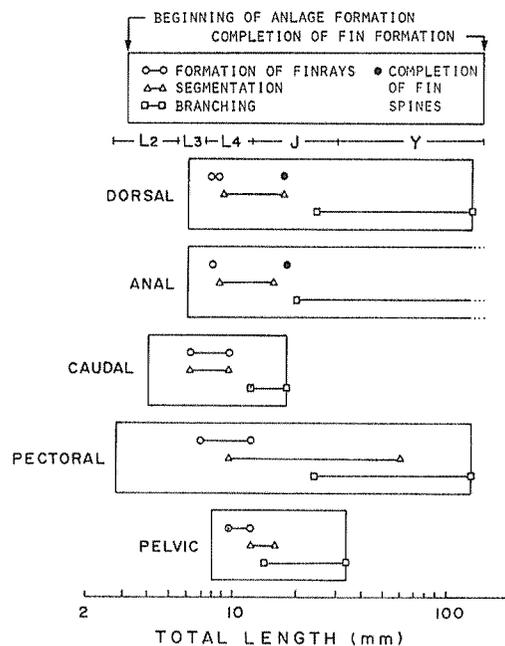


Fig. 91. Sequence of the development of fins. Showing the relation between fin formation and developmental stage. L<sub>2</sub>, preflexion larva; L<sub>3</sub>, flexion larva; L<sub>4</sub>, postflexion larva; J, juvenile; Y, young.

一段と強化され、手網からの逃避が著しく機敏になる。全長12mm 付近で各鰭の鰭条総数が定数に達し、稚魚に移行する。この時期には遊泳層が上・中層から底層へ変化し、体の斑紋形成が始まる。全長18mm 前後になると背臀両鰭の棘および軟条数が定数に達し、各鰭の基本的構造が完成する。この時期の稚魚は生簀内を活発に群泳するようになる。各鰭の分枝が完了し、成魚と同様の形態を示すようになるのは孵化後1年以上経過した全長140mm 程度である。

このように、鰭の発達にともなって運動能力が飛躍的に増大し、前期仔魚や前屈曲期仔魚の受動的な生活から屈曲期仔魚以降の能動的な生活様式に変化すると考えられる。さらに稚魚期には鰭の基本構造が完成し、形態の生態的に種特性が発現されるようになる。このような鰭の発達と生活様式や形態との関連はマダイ(福原 1976a, 1984)やクロダイ(FUKUHARA 1977), ヨコスジフエダイ *Lutjanus vitta*, (MORI 1984)などの魚類についても報告されている。

**鱗形成過程** 全長 15.9mm : 初生鱗が鰓蓋上端外縁の軀幹先端部に1鱗出現する (Fig. 92 A)。

全長 16.5mm : 背鰭基底後端下方体中央部に1列の側線鱗が形成される (Fig. 92 B)。

全長18.5~20.3mm : 側線は明瞭になるが未だ前後に分離している。体中央部から背鰭基底下方までは側線下方で、また尾柄部では側線の上下で被鱗域が広がる (Fig. 92 C, D)。

全長20.5~20.9mm : 前後に分離していた側線鱗が連結する。側線下方の鱗は前方へ広がり、全長20.7mm では被鱗域が軀幹先端部まで達する (Fig. 92 E, F, G)。

全長 22.0mm : 被鱗域は上下方に広がり、体のほぼ $\frac{1}{2}$ を占めるようになる。主鰓蓋骨に鱗が出現する (Fig. 92 H)。

全長 24.2mm : 尾柄部は完全に被鱗し、胸鰭前方に被鱗域が現れる (Fig. 92 I)。

全長 26.2mm : 背鰭基底部や胸鰭基底部および体腹面を除いた軀幹部・尾部と鰓蓋部はほぼ完全に被鱗する (Fig. 92 J)。

全長 34.2mm : 吻以外は完全に被鱗する。この状態は全長 130mm 前後まで変化なく基本的な鱗形成過程は終了したと考えられる。

**鱗の形態変化** 全長 18.5mm : 側線鱗以外の鱗が出現する時期で、鱗は円鱗状を呈し、小棘は0~1本である (Fig. 93 A, B)。

全長 20.4mm : 小棘が3本になり、隆起線も増加して溝条が形成され始める (Fig. 93 C)。

全長 22.0mm : 溝条が明瞭になる (Fig. 93 D)。

全長 24.2~24.6mm : 小棘が増加し、鱗の外形が円形から四角形を示すようになる (Fig. 93 E, F)。

全長 34.2mm : 小棘の基部に subtenial base が形成され、焦点が後方に偏り、基本的な櫛鱗の構造が完成する (Fig. 93 G)。

全長 43.5mm : 小棘や隆起線が増加し、溝条数や焦点の位置も成魚と同様の形態を示すようになる (Fig. 93 H)。

**鱗形成と発育段階との関係** 鱗形成が開始される全長16~18mm の稚魚は鰭条の基本的構造が完成し、遊泳機能が著しく発達する時期である。この後約1ヶ月の間に鱗形成は急速に進行し、全長35mm 程度になると吻以外は完全に被鱗し、若魚に移行する。このように鱗形成は稚魚期に急速に進行するが、これはこの時期にみられる運動力の飛躍的な増大や生息場所の変化によって増加すると思われる外傷に対する体の保護のために、この時期に急速な鱗形成を行う必要があるのではないかと考えられる。

吻まで被鱗し、鱗形成が完了するのは全長 130mm 程度で、孵化後約1年に相当する。背鰭や胸鰭の分枝が完了する時期もこれとほぼ同様で、これ以降若魚期から未成魚期に発育段階が移行する。

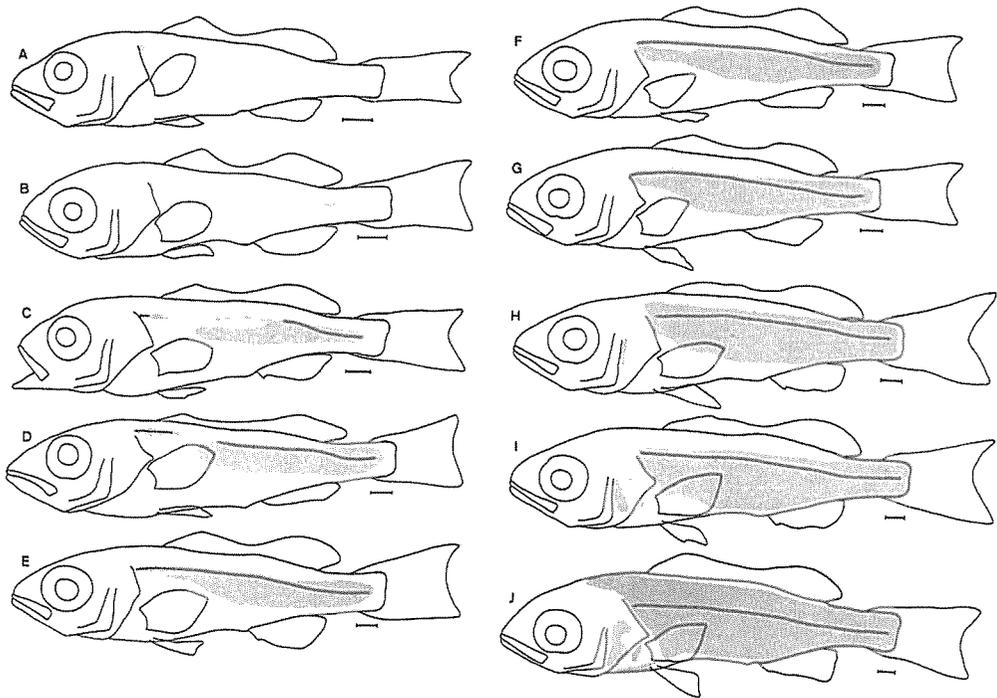


Fig. 92. Sequence of the squamation of the reared juvenile. A, 15.9 mm in total length ; B, 16.5 mm; C, 18.5 mm; D, 20.3 mm; E, 20.5 mm; F, 20.7 mm; G, 20.9 mm; H, 22.0 mm; I, 24.2 mm; J, 26.2 mm. Scales indicate 1 mm.

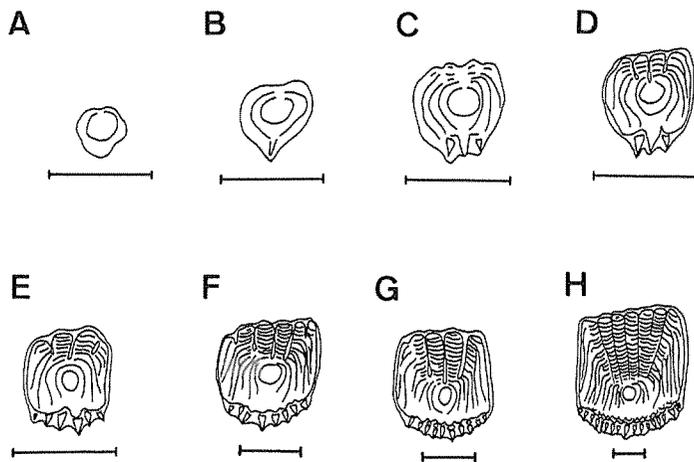


Fig. 93. Development of scale of the reared juvenile (A to F) and young (G and H). A and B, 18.5 mm in total length ; C, 20.4 mm; D, 22.0 mm; E, 24.2 mm; F, 24.6 mm; G, 34.2 mm ; H, 43.5 mm. Scales indicate 0.2 mm.

#### 第4節 消化管の発達過程

仔稚魚期における消化器官の形成過程を明らかにすることは魚体のさまざまな発育過程を理解するうえで不可欠の問題であり、また種苗生産の分野ではその生産効率の増大に必要な知見でもある。

仔稚魚の消化系については多くの魚種についてその機能や構造の比較を行った田中（1969a, b, 1971, 1975）の研究がよく知られている。このほか消化管の発達過程はヒラメ *Paralichthys olivaceus*, (安永 1972) やブリ (榎田・落合 1973), アイゴ *Siganus fuscescens*, (北島ほか 1980), カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*, (塚島・北島 1981), ヘダイ (塚島・北島 1982) などの人工種苗について報告されている。また、イサキ天然稚魚の消化管の形態は横田ほか（1961）の記載がある。本節ではイサキ人工種苗を用いて消化管の発達過程を観察し、これと発育段階との関係について検討した。

#### 研究方法

供試魚は第2節と同様である。消化管の観察は実体顕微鏡下で標本を開腹して行った。

#### 結果と考察

**消化管の発達過程** 全長 2.75mm : 開口直後の個体で、消化管は直走しているが、前駆的な胃と腸および直腸との境にはくびれがあり、これらは明瞭に区別できる (Fig. 94 A)。

全長 3.1~3.5mm : 腸管の施回が開始する (Fig. 94 B, C)。

全長 3.65mm : 腸管の施回が完了する (Fig. 94 D)。

全長 5.7mm : 腸管後部の湾入が始まる (Fig. 94 E)。

全長 10.0mm : 腸と直腸の境界部で屈曲がおこり、腸管後部の湾入が進行する。(Fig. 94 F)。

全長 12.7mm : 胃の伸長および幽門垂の形成が開始され、成魚とほぼ同様の構造が確立する (Fig. 94 G)。なお、胃が伸長する体長は横田ほか（1961）の報告では全長 13.0~13.5mm であることから、人工種苗と天然稚魚との差はほとんどみられない。

全長 22.5 mm : 幽門垂数が定数に達する。腸管後部の湾入が進行し、成魚とほぼ同様の形態を整える (Fig. 94 H)。

**消化管の発達と発育段階および食性との関係** イサキの消化管は前期仔魚から前屈曲期仔魚への移行期に前駆的な胃や腸および直腸など基本的な構造が確立し、この時期から餌料生物の捕食を開始する。前屈曲期仔魚は水塊中を群泳し、人工種苗ではシオミズツボムシやマガキの trochophore 幼生などを捕食する。天然魚の餌料は未だ明らかでないが、恐らく、nauplius 幼生を主とした小型の動物プランクトンであると思われる。前屈曲期仔魚期の終期には腸管の施回が完了し、腸管後部が湾入する。

屈曲期仔魚期から後屈曲期仔魚期にかけて、消化管の形態には大きな変化はみられないが、口器は大きく強固になり、また歯が形成される。このような口器の変化によって、この時期の餌料は天然魚、人工種苗ともに、橈脚類などのより大型の動物プランクトンに変化する。

後屈曲期仔魚から稚魚への移行期には胃の伸長や幽門垂の形成など、消化管は成魚とほぼ同様の構造を確立する。この時期には、体の斑紋が形成され始め、遊泳層が底層に移行する。天然魚では

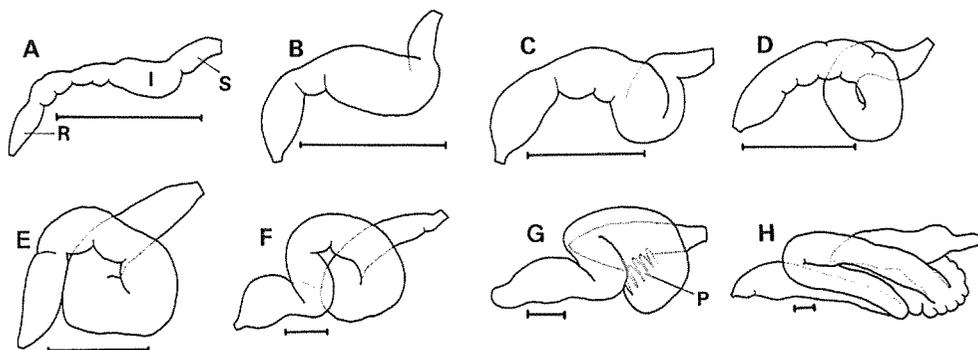


Fig. 94. Sequence of the development of digestive tract of the reared larvae and juvenile. I, intestine; P, pyloric caecum; R, rectum; S, stomach. A, preflexion larva 2.75 mm in total length; B, preflexion larva 3.1 mm; C, preflexion larva 3.5 mm; D, preflexion larva 3.65 mm; E, flexion larva 5.7 mm; F, postflexion larva 10.0 mm; G, juvenile 12.7 mm; H, juvenile 22.5 mm. Scales indicate 0.5 mm.

沿岸のアマモ場周辺域などの比較的浅い砂底近くを遊泳するようになる。稚魚期になると、幽門垂が定数に達し、腸管の形態も成魚とほぼ同様になる。この時期には餌料の選択範囲が広がり、人工種苗では配合飼料や魚肉ミンチなどを、また天然魚では橈脚類のほか二枚貝の幼生や鰓脚類を捕食するようになる。

田中（1975）は、魚類の消化系の発達過程には明瞭な飛躍期があり、これらは最小限度の基本的な構造が確立する前期仔魚から後期仔魚への移行期と種固有性をともなった成魚様の構造が確立する後期仔魚から稚魚への移行期に相当すると考えられ、特に稚魚への移行期におこる胃の伸長および幽門垂の形成は外部形態の変化や運動機能および生活様式の変化と密接に関係していると述べている。ここで明らかにしたイサキの消化管の発達過程と发育段階との関係もこの説とよく一致している。

## 第9章 資源の現状と管理および増殖

本章ではこれまでの研究で明らかにしたイサキの生態学的あるいは資源学的特性値を用いて、三重県前島半島沿岸のイサキ資源について解析や診断を行い、さらに今後の資源管理や増養殖について検討を加えた。

### 研究方法

資源生物学的特性値は第3章、第4章、第5章で得た結果を使用し、漁獲記録については第1章で用いた資料を利用した。資源解析および診断方法は主として土井（1975, 1977）にしたがって行った。

## 結果と考察

**資源量の推定** まず三重県志摩町全体で漁獲されたイサキの銘柄別漁獲重量を漁獲物体長組成に換算し、さらに第4章で述べた真子・松宮(1977)の繰返し計算法によって年齢組成を推定した。この繰返し計算に必要な各年齢群の体長組成は、一本釣の場合主漁期が耳石の輪紋形成期とほぼ一致しているため Table 10 で表した値を直接使用できるが、定置網や刺網の主漁期は冬季であるため、この体長組成を使用することはできない。そこで次のような方法で冬期の年齢別体長組成を推定した。本種の季節成長は Fig. 25 に示したとおりで、冬季の体長は輪紋形成時に比較して約80%程度増加している。そこで、(13)式で表した成長式の $t$ に0.8を加えた式によって各年齢群の平均尾叉長を表した。各年齢群の尾叉長の標準偏差は Table 5 に示した値を平均して12.3とした。この平均尾叉長と標準偏差を用いて、各年齢群の体長組成を正規分布確率から推定した(Table 25)。このようにして推定された年齢別漁獲尾数を1982年、1983年について平均すると Table 26 のようになる。

自然死亡係数( $M$ )は第4章第3節の結果から0.6とした。また生残率( $S$ )は Table 14 に表したうち土井(1975)の方法で推定した値の1982年、1983年の平均値として0.25を用いることにした。これを全減少係数( $Z$ )に換算すると1.39となる。これらの数値から漁獲係数( $F$ )と漁獲率( $E$ )はそれぞれ次のように計算される。

$$F=Z-M=0.79 \quad (87)$$

$$E=(1-S)F/Z=0.43 \quad (88)$$

1歳以上の全漁獲尾数( $C$ )は Table 26 より $1.2754 \times 10^6$ であるから、漁獲対象資源尾数( $N_c$ )は次のように計算される。

$$N_c=C/E=2.966 \times 10^6 \quad (89)$$

Table 26 に表した年齢別漁獲尾数から、完全加入年齢は2歳であると考えられる。そこで1歳の利用度( $Q$ )を土井(1975)にしたがって計算すると0.058となる。これより、1歳魚の資源尾数( $N_1$ )は $3.8615 \times 10^6$ と計算され、このうち非漁獲対象資源尾数は $3.6375 \times 10^6$ で、したがって1歳以上の資源尾数( $N$ )は $6.6035 \times 10^6$ と推定される。

**資源診断**  $M=0.6$ から漁獲が全くない場合の生残率は0.55と考えられる。各生残率に対する年齢と相対資源重量との関係を図示した Fig. 31 から、生残率0.55の場合、相対資源重量は3歳付近で極大値を示し、3歳以上になると漁獲がない場合でも資源重量は減少していく。したがって、漁獲開始年齢は3歳程度が適当であると考えられる。

現在と処女資源時の資源状態を比較すると Table 27 のようになる。この表から、漁獲による減耗のために現状の資源尾数や成熟雌親魚数および産卵数はそれぞれ処女資源の77.6%、41.2%、16.4%に減少している。土井(1977)によれば、再生産力が最大となるところが最大持続生産の水準で、それは親魚数あるいは産卵数が処女資源の $1/2$ 近くとするのが通例であり、これ以上では未開発、以下では濫獲であると述べている。この考え方が直接イサキにも適合するかどうかは不明な点もあるが、一応この考え方にしたがうと、このイサキ資源は濫獲状態にあるといえる。確かに、Figs. 3, 4 に示したように1982年をピークとしてイサキの漁獲量や単位漁獲量は低下する傾向を示していることや、漁業者の話によると1984年以降も漁獲量は減少していることから、このイサキ資源はやはり濫獲状態である可能性が強い。

**適正漁獲への試み** 土井(1977)にしたがって適正漁獲の規模を推定する。まず漁獲方法すなわ

Table 25. Theoretical length compositions of each age group in winter

Fork length (cm)	Age								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
4-6	0.0019								
6-8	0.0988								
8-10	0.5354								
10-12	0.3397	0.0005							
12-14	0.0240	0.0455							
14-16	0.0002	0.4649							
16-18		0.0579	0.0080						
18-20		0.0007	0.2088	0.0001					
20-22			0.5835	0.0161					
22-24			0.1929	0.2874	0.0029				
24-26			0.0068	0.5633	0.1259	0.0024			
26-28				0.1300	0.5616	0.1133	0.0069	0.0003	
28-30				0.0031	0.2926	0.5504	0.1939	0.0363	0.0061
30-32					0.0169	0.3140	0.5836	0.3978	0.1833
32-34					0.0001	0.0199	0.2077	0.4936	0.5828
34-36						0.0001	0.0079	0.0710	0.2253
36-38								0.0010	0.0025

Table 26. Annual landing in number (unit 10<sup>3</sup>) for each age-group by three fishing gears, estimated from market size categories

Gear	Age								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Hook and line	7.8	752.3	182.8	52.3	10.2	2.3	0.4	0.0	1008.1
Set net	86.7	114.9	43.6	8.3	0.3	0.3	0.3	0.2	254.6
Gill net	0.0	0.0	0.8	4.4	4.4	1.8	1.0	0.3	12.7
Total	94.5	867.2	227.2	65.0	14.9	4.4	1.7	0.5	1275.4

Table 27. Comparison of the population size at the present level to that at the unexploited level,  $A$ , number of matured females;  $H$ , number of eggs spawned;  $M$ ; natural mortality coefficient;  $N$ , stock number;  $N_c$ , fishable stock number;  $Q$ , availability;  $Z$ , total mortality coefficient

Age	Present level ( $Z=1.39, M=0.6$ )					Unexploited level ( $Z=M=0.6$ )		
	$N$ ( $\times 10^3$ )	$Q$	$N_c$ ( $\times 10^3$ )	$A$ ( $\times 10^3$ )	$H$ ( $\times 10^9$ )	$N$ ( $\times 10^3$ )	$A$ ( $\times 10^3$ )	$H$ ( $\times 10^9$ )
1	3861.5	0.058	224.0	0.0	0.0	3861.5	0.0	0.0
2	2056.6	1	2056.6	403.3	12.1	2123.8	416.4	12.5
3	514.3	1	514.3	252.1	26.7	1168.1	572.6	60.7
4	128.5	1	128.5	73.9	17.1	642.5	369.4	85.3
5	32.1	1	32.1	20.3	7.9	353.4	223.0	86.5
6	8.0	1	8.0	5.5	3.0	194.3	133.1	74.0
7	2.0	1	2.0	1.5	1.1	106.9	78.5	56.3
8	0.5	1	0.5	0.4	0.3	58.8	45.7	39.4
Total	6603.5		2966.0	757.0	68.2	8509.3	1838.7	414.7
%	77.6			41.2	16.4	100	100	100

Sex ratio, maturity rate, and fertility of each age-group were shown in Table 16.

ち漁獲開始年齢を変化させない方法から推定した。漁獲係数の変化にともなう成熟雌親魚数と産卵数の処女資源に対する割合、および漁獲重量の変化を Fig. 95 に表した。前述したとおり、最大持続生産は産卵数あるいは親魚数が処女資源の  $\frac{1}{2}$  付近であるとすると、適正漁獲係数は産卵数を基準とした場合 0.24, 親魚数を基準とした場合 0.54 となる。このように、基準を産卵数とした場合と親魚数とした場合では適正漁獲係数に極めて大きな差が認められ、採用する基準によって適正漁獲の規模も大きく異なってくる。産卵数を基準とした適正漁獲係数は現状の漁獲係数から考えて過小のように思われることから、ここでは親魚数を基準として適正漁獲を検討することとした。すなわち、適正漁獲係数を 0.54 とした。前述したように、イサキを主対象魚にしている漁法は一本釣のみで、定置網や刺網は混獲物としてイサキを魚獲しているにすぎない。したがって、漁業規制を行う場合は一本釣のみを対象として行わなければな

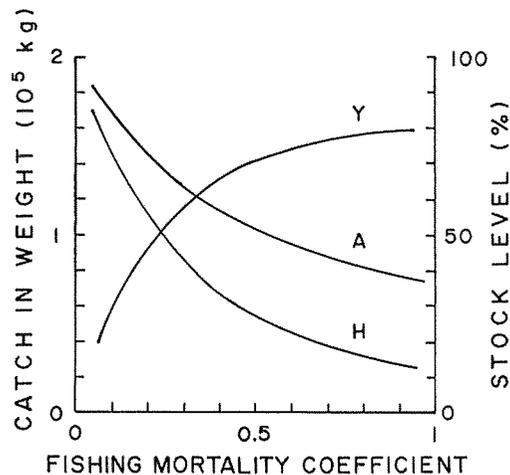


Fig. 95. Relationship between fishing mortality coefficient and catch in weight ( $Y$ ), and relative stock level ( $A$  and  $H$ ).  $A$ , number of mature females;  $H$ , number of eggs spawned.

らない。そこで、現状の漁獲係数を一本釣と定置網・刺網に分離する必要がある、この計算式は次式によって行った。

$$E = C / N_c \tag{90}$$

$$F = E Z / (1 - S) \tag{91}$$

この結果、一本釣および定置網・刺網の漁獲係数はそれぞれ 0.63, 0.16 と計算された。一本釣の漁獲努力量 ( $X$ ) は 1982 年, 1983 年の平均で 6110 boat・day である。したがって漁獲能率 ( $q$ ) は

$$q = F / X = 1.03 \times 10^{-4} \tag{92}$$

となり、また単位漁獲量は 18.8 kg と計算される。これらのことから、適正水準漁獲を行うためには、一本釣の漁獲係数を現状の 0.63 から 0.38 にすればよく、これには漁獲努力量を 6110 boat・day から 3690 boat・day に減少させればよい。この規制により、漁獲量は 93.1 トンに減少するが、逆に単位漁獲量は 25.2 kg となり70%以上の増大が予想される。

次に一本釣の漁獲開始年齢を変化させた場合について検討する。等漁獲量曲線群は Fig. 96 に示したようになり、この図から雌親魚数が処女資源の50%となる値を読み取って、最大持続生産における漁獲開始年齢と漁獲量および漁獲努力量との関係を Fig. 97 に図示した。前述のように、処女資源時の相対資源重量曲線から、漁獲開始年齢は3歳程度が適当であるとの結果を得た。しかし、漁獲開始年齢を3.0歳とした場合、最大持続生産での単位漁獲量は 7.2 kg となり、現状と比較して著しく低く、この漁獲開始年齢は適当ではないと考えられる。単位漁獲量から判断する限り、漁獲開始年齢は 2.0 ~ 2.5 歳が適当であると思われることや、先の相対資源重量曲線からの結果および現状の漁獲量なども考慮して総合的に判断すると、漁獲開始年齢は 2.5歳が最も適当ではないかと考えられる。前述のように、イサキ一本釣の漁期は産卵期と一致しているため、現実的には満 2.5

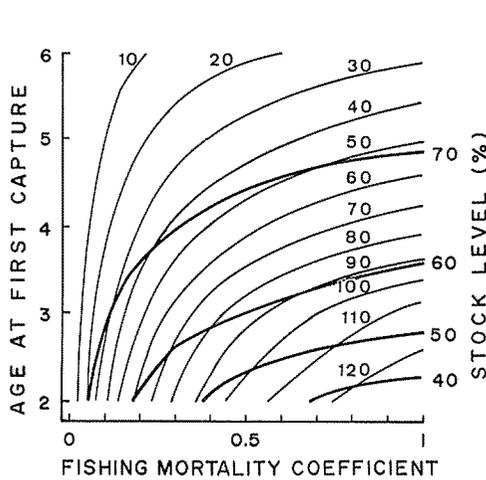


Fig. 96. Isopleth diagram of the catch in weight (fine curves) and the relative stock level of mature females (bold curves).

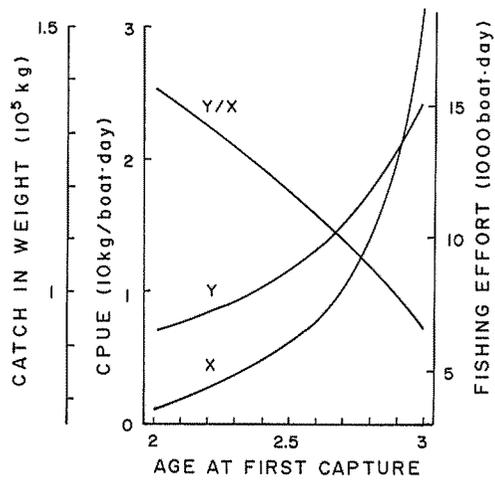


Fig. 97. Relationship between age at first capture and catch in weight ( $Y$ ), fishing effort ( $X$ ), and catch per unit effort ( $Y/X$ ).

歳から漁獲を開始するのは不可能である。そこで、完全加入年齢を3歳とし、2歳魚の利用率を50%程度にすればよいのではないかと考えられる。2歳魚の利用率を50%程度にするためには Table 10 に表した年齢別体長組成から最小漁獲尾又長を 17~18 cm 程度とすればよく、それ以下の個体は現場で釣獲直後に再放流すればよい。このような漁獲制限を行えば、漁獲努力量はほぼ現状どおりで、漁獲量や単位漁獲量は1割程度減少するが、単価の安い小型魚の割合が減少するため、生産額はほとんど変わらないと思われる。

以上の結果から、現在の漁獲状態を是正し、最大持続生産を行うためには、漁獲開始年齢を現状どおりとし、漁獲努力量を 3690 boat・day 程度に減少さすか、あるいは漁獲努力量を現状どおりとし、漁獲最小尾又長を 17~18 cm 程度まで引上げるという2法の漁業規制が考えられ、このうちどちらか一方を早急に現実化する必要があると思われる。

**資源増殖への試み** 漁獲状態にある資源を積極的に増殖させるためには漁業規制のみでなく、種苗放流も実行すべきであると考えられる。イサキの放流試験はすでに長崎県など国内数ヶ所で行われている。先に述べたように、本種は移動性が弱く岩礁域に定着する傾向が強いため、放流効果もかなり高いのではないかと考えられる。放流用種苗は人工および天然の両方が利用可能であると予想される。本種の人工種苗生産は第7章で述べたように、比較的容易に行うことができ、種苗の歩留りも良好である。また天然種苗としては、定置網で漁獲される1歳未満の若魚が利用可能であると思われる。定置網には秋から春にかけて若魚がかなり大量に入網することが知られているが、これらは現在では全く市場価値がないため、漁獲記録にも記載されず、投棄される場合が多い。このようなイサキ若魚は比較的擦れにも強く、飼育も容易であるため、これを蓄養すれば大量の天然種苗が確保できると考えられる。なお、先に述べたように、本種は成長が遅く、市場サイズまで通常の小割養殖を行った場合、恐らく採算がとれないと思われる。したがって、上述の種苗はすべて放流用として用いるべきであると考えられる。

## 要 約

イサキは一本釣や定置網の対象魚種として非常に重要であり、また栽培魚業の適種のひとつにもあげられている。ところが、近年漁獲量の減少や、魚体の小型化など資源の安定性に問題がおこり、本種の資源特性や資源状態を解明することが必要となってきた。このような現状から、著者は特に三重県熊野灘沿岸のイサキについて種々の資源生物的特性を明らかにする目的で研究を行ってきた。

本報告は9章から成り、まず第1章では全国的なイサキ漁業の概観と三重県前島地方のイサキ漁業の実態について述べ、第2章では本種の地理的分布や移動について検討した。第3章から第6章までは資源生物学的知見として最も重要な年齢・成長、年齢組成・生残率、成熟・産卵、および食性について論述した。第7章では人工種苗生産に関する諸問題について検討を加え、この研究で得られた卵、仔稚魚を使用して第8章では本種の初期生活史、特に卵から若魚に至る期間の形態形成過程について述べた。最後に、第9章ではこれまでに得られた知見を総合して本種の資源解析を行い、資源の維持・管理、および増殖を行う施策について検討した。これらの研究によって得られた知見を要約すると次のようになる。

## 1. 漁業

(1) 漁場は黒潮および対馬暖流域でかつ天然礁がよく発達した海域に形成される。代表的な漁法は一本釣りで、このほか定置網や刺網などでも混獲されている。主漁期は全国的に4月、5月から10月、11月であった。

(2) 三重県前島半島沿岸では年間150~160トン程度の漁獲量があった。一本釣漁獲量は1982年をピークにして減少傾向を示し、魚体の小型化も認められた。

## 2. 分布・移動

(1) わが国における通常の分布域は太平洋沿岸では千葉県~鹿児島県、対馬暖流域では新潟県~鹿児島県であった。国外では韓国南部や台湾、中国大陸東シナ海、南シナ海沿岸に分布が認められた。分布の特徴として、暖流性、外海性があげられた。また本種は沿岸性が強く、いわゆる「大陸棚固有種」であると考えられた。

(2) 本種は大規模回遊は行わないが、季節的に局所的な向岸一向沖移動は行っていると考えられた。

## 3. 年齢・成長

(1) 年齢表示形質として鱗、耳石、椎体、主鰓蓋骨、上後頭骨背側隆起板の5硬組織を観察した。

(2) 本種の鱗は典型的な櫛鱗で、被覆部には明瞭な輪紋が形成されていた。体各部の鱗には相似的に輪紋が形成され、どの部位の鱗であっても年齢形質として利用できると考えられた。しかし、実際には体中央部（胸鰭後端付近の側線直下）の鱗が最も大形で、かつ外形の歪みも少ないことから、輪紋の読取りはこれが最良であった。鱗の輪紋は年2回、1月~2月と6月~7月に形成された。

(3) 耳石は比較的大きく、明瞭に透明帯と不透明帯が観察された。この不透明帯の幅は著しく狭く、線状であった。このような耳石の帯構造は、15%中性ホルマリンで固定した場合、数ヶ月後でも観察可能であった。耳石の輪紋（不透明帯の外縁）は年1回6月~7月に形成された。この期間は産卵期と一致しているため、輪紋数は直接満年齢を表していると考えられた。

(4) 椎体の後方陥入面には不明瞭ではあるが透明帯と不透明帯がみられた。しかし、この輪紋は相似性が悪く、また輪紋が欠落している場合も認められた。

(5) 主鰓蓋骨の帯構造は極めて不明瞭であった。また、上後頭骨は明瞭な帯構造が認められるが、不透明帯数は大形魚でも2帯しか認められなかった。

(6) このような観察結果から、これら5硬組織のうち年齢形質として適当であるのは鱗と耳石で、他の3硬組織は不適當であると判断された。鱗と耳石を比較すると、高年齢魚での輪紋の明瞭さや複輪、偽輪の出現率の点で耳石の方が優れていた。

(7) 耳石の輪紋から年成長を推定した。平均的な年成長は(13)式で表され、大部分の個体がこの式で表した値の前後3cm以内の成長を示すと考えられた。

(8) 耳石の縁辺成長率から、季節的な体長の増大は8月から10月にかけての期間が最大であった。

(9) 成長補償作用が確認された。

(10) 飼育実験の結果から、孵化後1日から407日までの初期成長は(28)式、(29)式で表された。

#### 4. 年齢組成・生残率・自然死亡係数

(1) 一本釣で漁獲されたイサキの年齢組成をいくつかの方法で推定し、比較した。その結果、年齢査定法と繰返し計算法によって得られた値が最良であった。

(2) 年齢組成から最近の生残率は 0.25 程度であると推定された。

(3) 自然死亡係数は 0.5～0.6 と推定された。

#### 5. 成熟・産卵

(1) 本種の生殖腺は左右不相称である個体が全体の半数強を占め、このうち右偏の個体が左偏の個体よりも多かった。

(2) 生殖腺の成熟状態は部位に関係なく、ほぼ均一であった。

(3) 2歳魚以上の卵巣内には卵黄胞期以下の成熟段階の卵が周年存在した。第1次卵黄球期以上に成熟した卵は5月から8月まで出現し、特に胚胞移動期以上の卵は2歳魚では6月に、3歳魚以上では6月から8月にかけて出現した。

(4) 精巣の成熟段階を精子形成準備期、精子形成期、精子放出期、精子吸収期の4期に分けた。精子形成準備期は12月あるいは1月から4月、精子形成期は4月から5月、精子放出期は6月から8月、精子吸収期は9月から12月であった。

(5) 生殖腺組織の観察や  $GI$  の変化および水槽内での産卵実験の結果から、産卵期や産卵時刻、最小成熟年齢などについて次のように推定した。産卵期は6月から8月で、若齢魚の産卵期間は高齢魚よりも短い傾向が認められた。日本国内での産卵期に顕著な地域差は認められなかった。産卵水温は通常 20～28℃ であった。産卵時刻は20時をピークとして前後1時間程度であった。最小成熟年齢は雌雄とも満2歳で、生物学的最小形は雌で尾叉長 16 cm、雄で 15 cm程度であった。

(6) 性比は成長にともなって雌よりに偏る傾向を示し、これは雌雄の生残率の差に原因していると考えた。各年齢群の性比を(34)式、(35)式で表した。

(7) 産卵前後の卵巣の重量差と卵巣卵数から産卵数を推定し、(40)式に表した。また個体群としての産卵量は3歳魚が最大であると推定された。

#### 6. 食 性

(1) 釣と定置網で魚獲された標本の胃内容物を比較した結果、定性的には明瞭な差は認められなかったが、空胃率は明らかに釣獲標本の方が高かった。

(2) 摂餌活動には季節的な周期性がみられ、夏季には活発になり、冬季には活動が低下した。

(3) 未成魚・成魚の主餌料はキヒナゴやマイワシ、カタクチシワシなどの魚類および橈脚類や端脚類などであった。これらのことから、本種の食性は幅広い肉食性であると考えられた。

(4) 後屈曲期仔魚の餌料はすべて橈脚類であった。稚魚期になると、これに加えて二枚貝幼生や鰓脚類などを捕食するようになり、さらに若魚期では、これらのほかヤムシ類や尾索類およびカタクチワシのシラス期仔魚などを餌料としていた。

(5) 餌料動物の大きさを捕食者体長との相対値  $\alpha$  で表した。 $\alpha$  の最大値は 0.6 前後で、典型的な魚食魚と比較するとかなり小さい値を示した。

(6) 摂餌量に関する問題について飼育実験を行い、次のような結果を得た。魚体の大きさと最大摂餌量との関係は(44)～(46)式で表された。摂餌量は水温と密接に関係し、12℃以上では有意な正相関が認められた。また、生殖腺の成熟にともなって摂餌量が減少する傾向がみられた。

(7) 摂餌後の胃内容物の減少速度に関する実験を行った。その結果、胃内容物減少率は水温が高いほど、また魚体が小さいほど高くなる傾向がみられた。

(8) 捕食・消化器官の形態は全体的に特化の程度が低く、これは食性自体の特化程度が小さいためであると考えた。ただ、鰓耙上の針状突起はよく発達し、これによって、橈脚類などの捕食が可能になると考えられた。

## 7. 種苗生産

(1) 本種は漁獲直後の親魚から自然採卵することが可能であった。

(2) 孵化率は通常 50~100%であった。孵化率と浮上卵率や卵径の変動係数との関係には有意な相関がみられ、これらは卵質判定の指標になると考えられた。

(3) 胎盤性性腺刺激ホルモンは、蓄養親魚を用いる限り、有効性は認められなかった。

(4) 孵化率は卵収容容器の表面積に対する卵密度と逆相関するが、20粒/cm<sup>2</sup>以下の範囲内では密度の影響を受けなかった。

(5) 最適孵化水温・塩分はそれぞれ 22.6°C, 34.2‰と推定された。孵化率と水温・塩分との関係は(65)式で表された。

(6) 水温 18°C~28°C の範囲内では、孵化に要する積算温度は一定で、孵化時間と水温との関係は(67)式で表された。

(7) 孵化後 30 日から 407 日までの体重の増加を(68)式で表した。

## 8. 初期生活史

(1) 受精卵は球形の分離浮遊卵で、卵径は 0.78~0.85 mm, 卵黄は無色で表面に亀裂があった。油球は単一であった。受精後 40 分で 2 細胞期になり、28~30 時間後に孵化が始まった。

(2) 孵化仔魚は全長 1.50~1.65 mm で、3 日後に卵黄を吸収し終り、開口した(全長 2.71~2.80 mm)。全長約 5.5 mm で脊索の屈曲が開始し、約 12 mm で鰭条総数が定数に達して稚魚に移行した。全長約 35 mm で体がほぼ完全に被鱗し、若魚になった。

(3) 仔魚期の形態的特徴は、前期仔魚では油球が卵黄の後下方に位置していること、肛門が卵黄から離れていること、膜鰭縁辺に黄色素胞が発達することなどで、また前屈曲仔魚では全体に黒色素胞が少ないこと、後関節骨後端や肛門直前の膜鰭に塊状黒色素胞があることなどであった。

(4) 本種特有の暗色縦帯は稚魚期に発現し、若魚期に完成した。この縦帯は人工種苗の方が天然稚魚に比較して小さな体長で形成された。

(5) 仔魚期から若魚期における体各部の相対成長を(70)~(86)式に表した。人工飼育魚と天然魚の相対成長を比較した結果、人工飼育魚の体形は本質的には天然魚と大差ないと考えられた。

(6) 鰭の形成過程を観察し、次のような結果を得た。原基が形成される全長は胸鰭 2.8 mm, 尾鰭 4 mm, 背鰭, 臀鰭 6 mm, 腹鰭 8 mm 前後であった。全長 12 mm 付近で鰭条総数が定数に達し、18 mm 前後になると棘数も定数に達した。各鰭軟条の分枝過程が完了するのは全長 140 mm 前後であった。

(7) 鱗の形成は全長 16 mm 程度から開始され、35 mm 前後で吻以外は被鱗した。吻まで完全に被鱗し、鱗形成が完了するのは全長 130 mm 程度であった。

(8) 腸管の施回は全長 3.1 mm 付近から開始され、3.7 mm 前後で完了した。胃の伸長や幽門垂の形成は全長 12.7 mm 付近から開始された。全長 22.5 mm 程度で幽門垂数が定数に達し、消化管の形態は成魚とほぼ同様になった。

### 9. 資源の現状と管理および増殖

(1) これまでに得られた生物学的知見と漁獲資料から、三重県志摩町沿岸のイサキ資源の解析と診断を行った。1歳魚以上の資源尾数は約660万尾と推定された。現状の資源における雌親魚数と産卵数はそれぞれ処女資源の41.2%、16.4%に減少し、この資源は濫獲状態にあると判断された。

(2) 現在の濫獲状態を是正し、最大持続生産を行うためには漁獲努力量を3690 boat・day程度に減少さすか、あるいは漁獲最小尾又長を17~18 cm程度まで引上げるという2方法の漁業規制が考えられた。

(3) さらに積極的に資源を増殖させるためには種苗放流も効果的であると予想された。

## 謝 辞

本研究を行うにあたって終始懇篤なる御指導をいただいた三重大学教授鈴木 清博士、本論文を取りまとめるについて有益な御助言と御校閲を賜った京都大学教授岩井 保博士に衷心より御礼申しあげる。

研究の端緒からイサキ漁業全般についての情報や材料の採集方法などについて懇切な御教示を賜った元三重大学助教授野沢 靖先生、終始有益な御助言と激励をいただいた同大学助教授森 浩一郎博士、イサキの胃内容物に出現するプランクトンの種の同定をいただいた同大学関口秀夫博士と元同大学水産学部学生木村文子氏（旧姓今井）、種苗生産全般にわたり御指導、御助言を賜った水産庁養殖研究所福所邦彦博士、種苗生産や初期生活史に関する研究を共同で行った三重大学大学院生有瀧真人氏（現日本栽培漁業協会）、有益な御助言と貴重な人工種苗イサキの標本を供与していただいた長崎県水産試験場北島 力博士、餌料生物の培養に関して絶大なる御協力をいただいた水産庁養殖研究所岡内正典氏と三重県栽培漁業センター平野保男氏、孵化率や孵化時間などの資料を提供していただいた三重大学助教授柏木正章博士の各位に対して深甚の謝意を表す。また、全国各地のイサキの漁業や分布に関する情報あるいは各地のイサキの標本を提供していただいた東京大学能勢幸雄博士、長崎大学千田哲資博士、宮崎大学延東 真博士、長崎県水産試験場立石 賢氏、長崎県大瀬戸町役場玉本泰之氏、京都府立海洋センター宗清正廣氏、福井県水産試験場安達辰典氏、青森県水産試験場塩垣 優氏、沖縄開発庁具志堅宗弘氏、琉球大学瀬能 宏氏（現東京大学海洋研究所）ほか、著者が行ったアンケート調査に御回答いただいた全国の水産試験場などの方々に対し厚く御礼申しあげる。なお、本論文の英文要旨は伊勢市の Mr. Yan DAENE に校閲していただいた。ここに感謝の意を表す。

本研究所の遂行に際し、数々の有益な御助言をいただき、また常に温かく励ましていただいた高知大学落合 明博士、三洋水路測量株式会社三谷文夫博士、東京大学海洋研究所田中昌一博士、日本海区水産研究所南 卓志博士、京都大学中坊徹次博士に対し、心から厚く御礼申しあげる。

現場での作業に多大な御協力をいただいた当時の三重大学水産学部学生奥村幸範氏、渡辺昌明氏、上田省三氏、北川貞夫氏、中村行延氏、津本欣吾氏、岩附宏幸氏、伊藤豊治氏、岡沢孝治氏、佐藤 淳氏、および材料の採集や漁獲資料の取りまとめに御協力いただいた三重県御浜町の故古川光治氏、古川正和氏、同県志摩町の大山良司氏、片田漁業協同組合長太田一男氏、片田定置漁業協同組合や和具定置漁業協同組合の諸氏に深く感謝する。なお、本研究の一部は三重県受託研究費によって行われた。記して謝意を表す。

## 文 献

- 阿部宗明, 1963. 原色魚類検索図鑑. 北隆館, 東京, 1-358.
- 赤嶺達郎, 1982. Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラム. 日水研報, (33) : 163-166.
- , 1984. MARQUARDT 法による Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラム. 同誌, (34) : 53-60.
- , 1985. 周期関数による BERTALANFFY の成長式の拡張と MARQUARDT 法による応用. 昭60日本水産学会春季大会講演要旨集 : 25.
- 赤崎正人, 1984. イサキ科 Pomadasyidae, 166-168. 益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝弥・吉野哲夫 編, 日本産魚類大図鑑. 東海大学出版会, 東京.
- 阿南尤雄, 1963. 大分県産イサキに関する研究. 大分水試調査研報, (3) : 142-148.
- , 1966. イサキの人工ふ化・飼育試験. 昭38大分水試事報 : 66-69.
- 安楽正照・畔田正格, 1965. 流れ藻に付随するブリ稚仔魚の食性. 西水研報, (33) : 15-45.
- 青山恒雄・北島忠弘・水江一弘, 1963. イネゴチ *Cociella crocodila* (TILESIUS) の性転換. 同誌, (29) : 11-33.
- 荒賀忠一・田名瀬英朋, 1966. 和歌山県の浅海魚類. 日本自然保護協会調査報告, (27) : 81-95.
- 畔田正格・池本麗子・首藤宏幸・東 幹夫, 1983. 志々伎湾におけるネブツグイの摂餌生態—マダイ当歳魚との関係を中心として. 西水研報, (59) : 85-99.
- BEVERTON, R. J. H. and S. J. HOLT, 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. *CIBA Foundation Colloquia on Aging*, 5 : 142-180.
- BLAXTER, J. H. S., 1969. Development : Eggs and larvae. 177-252. In W.S. HOAR and D. J. RANDALL, eds. *Fish physiology*. Vol 3. Reproduction and growth. Bioluminescence, pigments, and poisons. Academic Press, New York.
- BLEEKER, P., 1853. Nalezingen op de ichthyologie van Japan. *Verh. Bat. Gen.*, 25 : 1-56.
- , 1873. Sur le genre *Parapristipoma* et sur l'identite specifique des *Perca trilineata* THUNBERG, *Pristipoma japonicum* CUVIER et *Diagramma japonicum* BLEEKER. *Arch. Neerl. Sci. Nat.*, 8 : 19-24.
- CASSIE, R. M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, (5) : 513-522.
- 張 崑雄・邵 廣昭・李 信徹, 1979. 台湾沿岸魚類図鑑 (I). 中央研究院動物研究所, 台北, 1-150.
- 陳 哲聡・大滝英夫, 1974. 東シナ海・黄海産メイトガレイの資源生物学的研究. 西水研報, (46) : 1-20.
- 成 慶泰・孫 宝玲, 1963. 石鱸科. 321-332. 朱元鼎・張 春霖・成 慶泰 主編, 東海魚類誌. 科学出版社, 北京.
- ・王 存信・田 明誠・楊 文華・孫 宝玲, 1962. 鱸形目—鱸亜目, 藍子亜目, 帶魚亜目, 鯖亜目, 金槍魚亜目, 鰻亜目. 518-537. 中国科学院動物研究所・中国科学院海洋研究所・上海水産学院 主編, 南海魚類誌. 科学出版社, 北京.
- 千葉健治, 1980. 袋網漁獲物よりみた浜名湖の魚類の生態. 水産増殖, 28 (2) : 88-101.
- CUVIER, G., 1830. *Histoire naturelle des poissons*. Vol. 5. Paris.
- 土井長之, 1949. ストックの年齢組成の回帰分析による取扱について. 日水誌, 15 (7) : 306-310.
- , 1975. 水産資源力学入門. 日本水産資源保護協会, 東京, 1-66.
- , 1977. メキシコ産あわびの資源診断—迅速解析手法の一例として—. 日本水産資源保護協会月報, (154) : 5-13.
- FÄNGE, R. and D. GROVE, 1979. Digestion. 161-260. In W. S. HOAR, D. J. RANDALL, and J. R. BRETT, eds. *Fish physiology*. Vol. 8. Bioenergetics and growth. Academic Press, New York.

- FOWLER, H. W., 1931. Fishes of the families Pseudochromidae, Lobotidae, Pempheridae, Priacanthidae, Lutjanidae, Pomadasyidae, and Teraponidae, collected by the United States Bureau of Fisheries Steamer "Albatross," chiefly in Philippine seas and adjacent waters. *Smithonian Inst. U. S. Nat. Mus. Bull.*, 100, 11 : 1-388.
- , 1936. The marine fishes of West Africa based on the collection of the American Museum Congo Expedition, 1909-1915. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 70 part 2 : 607-1493.
- , 1939. A synopsis of the fishes of China. Part 7. *Hong Kong Naturalist*, 9 (3) : 141-146.
- FRANZ, V., 1910. Die Japanischen Knochenfische der Sammlungen Haberer und Doflein. *Abh. Bayer. Akad. Wiss., Suppl.* 4, (1) : 1-135.
- FUKUHARA, O., 1977. Some morphological observations on larvae and juveniles of the kurodai, *Mylio macrocephalus* (Sparidae : TELEOSTEI) reared in the laboratory. *Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab.*, (10) : 1-6.
- and T. FUSHIMI, 1982. Development of fins and squamation in the percichthyid fish, *Lateolabrax japonicus*. *Japan. J. Ichthyol.*, 29 (2) : 173-178.
- and ———, 1983. Development and early life history of the greenling *Hexagrammos otakii* (Pisces : Hexagrammidae) reared in the laboratory. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 49 (12) : 1843-1848.
- and ———, 1984. Squamation of larval greenling *Hexagrammos otakii* (Pisces : Hexagrammidae) reared in the laboratory. *Ibid.*, 50 (5) : 759-761.
- 福原 修, 1976 a. マダイ稚仔魚の形態学的研究—I. 鰭の形成について. 南西水研報, (9) : 1-11.
- , 1976 b. マダイ稚仔魚の形態学的研究-II. 初生鱗の発生と生長. 同誌, (9) : 13-18.
- , 1978. マダイ稚仔魚の形態学的研究-III. 班紋の形成. 同誌, (11) : 1-8.
- , 1984. マダイ稚仔魚の形態学的研究-IV. 幼期の外部形態と成長. 同誌, (16) : 85-94.
- ・伏見 徹, 1981. チダイの幼期の形態と鱗の初期発生について. 同誌, (13) : 1-8.
- ・伊藤捷久, 1978. インダイの鰭および鱗の形成について. 同誌, (11) : 9-17.
- ・国行一正, 1978. マダイ天然稚仔魚と飼育魚における二,三の外部形態の差異について. 同誌 (11) : 19-25.
- 福所邦彦, 1979. インダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎水試論文集, 6 : 1-173.
- , 1981. 海産魚の種苗生産の現状と育種の展望. 水産育種, 6 : 1-10.
- GERKING, S. D., 1966. Annual growth cycle, growth potential, and growth compensation in the bluegill sunfish in northern Indiana lakes. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 23 : 1923-1956.
- GRIMES, C. B. and G. R. HUNTSMAN, 1980. Reproductive biology of the vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, from North Carolina and South Carolina. *Fish. Bull.*, 78 (1) : 137-146.
- 原田輝雄・村田 修・宮内 盛・横山達雄・米島久司・小田誠二, 1974. イサキの人工種苗生産. 昭49日本水産学会春季大会講演要旨集 : 25.
- HATANAKA, M., K. SEKINO, M. TAKAHASHI and T. ICHIMURA, 1957. Growth and food consumption in young mackerel, *Pneumatophorus japonicus* (HOULTUYN). *Tohoku J. Agr. Res.*, 7 (4) : 351-368.
- 畑中正吉・飯塚景記, 1962 a. モ場の魚の群集生態学的研究-I. 優占種をとりまく魚類の栄養生態学的地位. 日水誌, 28 (1) : 5-16.
- ・———, 1962 b. モ場の魚の群集生態学的研究-III. モ場の魚の生産効率. 同誌, 28 (3) : 305-313.
- ・関野清成, 1962. スズキの生態学的研究-I. スズキの食生活. 同誌, 28 (9) : 857-861.
- 林 勇夫, 1971. スズキ精巣の成熟過程について. 魚雑, 18 (1) : 39-50.
- 林 公義・伊藤 孝, 1974. 天神島・笠島沿岸の魚類. 横須賀市博物館雑報, (20) : 37-50.

- 林 知夫・山口義昭, 1962. 魚食性底魚類の食性に関する研究. 内水研報, (15) : 1-113.
- 林 泰行, 1979. 東シナ海産アカアマダイの成熟と産卵に関する研究-Ⅱ. 卵巣卵径の経月変化からみた産卵様式. 日水誌, 42 (11) : 1475-1479.
- 肥後伸夫・吐師 弘・後藤真宏・田畑静夫・柿本 亮, 1980 a. 潜水観察による人工魚礁の実態について-V. 垂水市沖合の場合. 鹿大水紀要, 29 : 23-35.
- ・———・上水樽豊己, 1980 b. 潜水観察による人工魚礁の実態について-VI. 定置網の誘導魚礁の2例. 同誌, 29 : 37-50.
- ・———・高浜一字・田畑静夫・長島美知男・迫野 豪・上水樽豊己・山崎孝久, 1980 c. 潜水観察による人工魚礁の実態について-VII. 枕崎市沖合の場合. 同誌, 29 : 51-63.
- HISLOP, J. R. G. and W. B. HALL, 1974. The fecundity of whiting, *Merlangius merlangus* (L.) in the North Sea, the Minch and at Iceland. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 36 (1) : 42-49.
- 本間義治, 1952. 新潟県産魚類目録. 魚雑, 1 (3) : 138-145, 2 (4/5) : 220-229.
- 堀家 弘・川原 大, 1982. コロダイ初の育成に成功! 養殖, 19 (1) : 84-86.
- 堀田秀之・小達和子, 1956. サンマの食餌構成とその摂餌行動に就いて. 東北水研報, (7) : 60-69.
- HYNES, H. B. N., 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.*, 19 : 36-58.
- 今井千文・田中昌一, 1985. カタクチイワシの卵サイズ, 産卵数および初期減耗に対する水温の影響. 昭60日本水産学会春季大会講演要旨集 : 261.
- 石渡直典, 1968 a. 魚の摂餌に関する生態学的研究-Ⅲ. 空腹状態と飽食量との関係. 日水誌, 34 (7) : 604-607.
- , 1968 b. 魚の摂餌に関する生態学的研究-V. 魚の大小と飽食量との関係. 同誌, 34 (9) : 781-784.
- , 1978. 魚の胃における餌料の消化. 水産増殖, 26 (2) : 66-70.
- 伊沢邦彦・栗藤和治, 1978. 三木浦地区人工魚礁の沈設状況と生物相. 人工魚礁調査報告書 第1報. 尾鷲市, 1-33.
- IZUKA and MATSUURA, 1920. Catalogue of the zoological specimens exhibited in the Natural History Department, Tokyo Imperial Museum (Vertebrata). Tokyo Imperial Museum, Tokyo, 1-192.
- JOBLING, M., D. GWYTHYR and D. J. GROVE, 1977. Some effects of temperature, meal size and body weight on gastric evacuation time in the dab *Limanda limanda* (L.). *J. Fish. Biol.* 10 : 291-298.
- JOHNSON, A. G., W. A. FABLE, JR., M. L. WILLIAMS and L. E. BARGER, 1983. Age, growth, and mortality of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the southeastern United States. *Fish. Bull.*, 81 (1) : 97-106.
- JOHNSON, G. D., 1980. The limits and relationships of the Lutjanidae and associated families. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. Calif.*, 24 : 1-114.
- , 1984. Percoidae : Development and relationships. 464-497. In H.G. MOSER, W. J. RICHARDS, D. M. COHEN, M. P. FAHAY, A. W. KENDALL, JR. and S. L. RICHARDSON, eds. Ontogeny and systematics of fishes. Spec. Publ. No. 1, Am. Soc. Ichthyol. Herpetol.
- JORDAN, D. S. and B. W. EVERMANN, 1902. Notes on a collection of fishes from the Island of Formosa. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 25 (1289) : 315-368.
- and J. O. SNYDER, 1901. A preliminary check list of the fishes of Japan. *Annot. Zool. Japon.*, 3 (2,3) : 31-159.
- and W. F. THOMPSON, 1912. A review of the Sparidae and related families of perch-like fishes found in the waters of Japan. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, 41 (1875) : 521-601.
- and ———, 1914. Record of the fishes obtained in Japan in 1911. *Mem. Carnegie*

- Mus., 6 (4) : 205-303.
- 梶山英二, 1937. 鯛. 杉山書店, 東京, 1-143.
- KAKUDA, S. and K. MATSUMOTO, 1978. On the food habits of the white croaker *Argyrosomus argentatus*. *J. Fac. Fish. Anim. Husb.*, 17 : 133-142.
- 角田俊平, 1970. 底流網によるキスの生態とその資源に関する研究. 広大水畜紀要, 9 (1) : 1-55.
- 神谷尚志, 1922. 館山湾に於ける浮性魚卵並に其稚仔. 第二報. 水産講習所試報, 18 (3) : 1-22.
- KAMOHARA, T., 1964. Revised catalogue of fishes of Kochi Prefecture, Japan. *Rep. Usa Mar. Biol. Sta.*, 11 (1) : 1-98.
- KASHIWAGI, M., N. YAMADA, Y. OKADA, F. NAKAMURA, S. KIMURA and T. IWAI, 1984. Some effects of temperature and salinity on developing eggs of the threeline grunt, *Parapristipoma trilineatum* (Pisces : Haemulidae). *This Bull.*, (11) : 1-13.
- 川崎 健, 1982. 浮魚資源. 新水産学全集 9. 恒星社厚生閣, 東京, 1-327.
- 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, W. J. RICHARDS, D. M. COHEN, M. P. FAHAY, A. W. KENDALL, JR. and S. L. RICHARDSON, eds. *Ontogeny and systematics of fishes*. Spec. Publ. No. 1, Am. Soc. Ichthyol. Herpetol.
- 菊池泰二, 1970. 天草臨海実験所近海の生物相. 九州大学理学部附属天草臨海実験所, 熊本, 1-50.
- KIMURA, S., 1985. *Diagramma aporognathus*, a junior synonym of *Parapristipoma trilineatum*. *Japan. J. Ichthyol.*, 32 (3) : 345-346.
- and K. SUZUKI, 1980 a. Fish fauna of Ago Bay and its adjacent waters, Mie Prefecture, Japan. *Rep. Fish. Res. Lab. Mie Univ.*, (2) : 1-58.
- 木村清志, 1981. 熊野灘におけるイサキの食性. 日水誌, 47 (12) : 1551-1558.
- , 1984. 耳石を用いたイサキの年齢と成長. 同誌, 50 (11) : 1843-1847.
- ・有瀧真人, 1985 a. イサキの種苗生産と仔稚魚の形態形成に関する基礎的研究-I. 水槽内自然産卵. 本誌, (12) : 181-192.
- ・———, 1985 b. イサキの種苗生産と仔稚魚の形態形成に関する基礎的研究-II. 卵内発生および仔稚魚の発育. 同誌, (12) : 193-205.
- ・井上慎吾・鈴木 清, 1982. 熊野灘におけるムツの食性. 同誌, (9) : 191-199.
- ・中村行延・有瀧真人・木村文子・森浩一郎・鈴木 清, 1983. 英虞湾湾口部アマモ場の魚類に関する生態学的研究-I. 魚類相とその季節的变化. 同誌, (10) : 71-93.
- ・鈴木 清, 1980 b. 熊野灘におけるイサキの性比と生残率. 魚雑, 27 (2) : 165-169.
- ・———, 1981. 熊野灘におけるイサキの成熟と産卵. 日水誌, 47 (1) : 9-16.
- ・———, 1986. イサキの地理的分布と海域間の形態比較-II. 形態比較. 昭61日本水産学会春季大会講演要旨集 : 19.
- 木下 泉, 1983. 海産稚仔魚の天然産と人工産との特に黒色素胞の発達による比較. 日本産魚類の卵・稚仔の分類と同定に関するシンポジウム講演要旨集 : 8-9.
- 北島 力・藤田矢郎・塚島康生・荒川敏久, 1980. アイゴ仔稚魚の飼育と形態および食性の変化. 長崎水試研報, (6) : 61-70.
- ・塚島康生・小倉敏義・北田哲夫・小川敏行, 1982. イサキの水槽内自然産卵と仔稚魚の大量飼育. 同誌, (8) : 115-122.
- 清野通康, 1974. 産出卵の卵質評価. 海産魚. 113-119. 日本水産学会 編, 魚類の成熟と産卵-その基礎と応用. 水産学シリーズ 6. 恒星社厚生閣, 東京.
- 小林知吉・岩本哲二, 1984. コシヨウダイの初期生活史. 魚雑, 30 (4) : 412-418.
- 小池啓一・西脇三郎, 1977. 伊豆半島下田湾および鍋田湾アマモ場の魚類相の季節的变化. 同誌, 25 (3) : 182-189.
- 小島喜久男, 1976. 日本海西南海域産アカムツの年令と成長. 西水研報, (48) : 93-113.
- 工藤晋二・通山正弘, 1963. マエツ *Saurida undosquamis* の食性について. 南水研報, (19) : 1-17.

- KUO, C. and S. TANAKA, 1984. Maturation and spawning of hoki *Macruronus novaezelandidae* (HECTOR) in waters around New Zealand. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50 (3): 397-402.
- 倉田 博, 1975. 環境条件. 45-56. 日本水産学会 編, 稚魚の摂餌と発育. 水産学シリーズ 8. 恒星社厚生閣, 東京.
- 黒田長礼, 1951. 駿河湾産魚類目録 (沿岸淡水魚を含む). 魚雑, 1 (15): 314-318, 1 (6): 376-394.
- LEA, E., 1930. Mortality in the tribe of Norwegian herring. *Rapp. Proc.-Verb. Reu. Copenhagen*, 65: 100-117.
- LEIS, J. M. and D. S. RENNIS, 1983. The larvae of Indo-Pacific coral reef fishes. New South Wales Univ. Press, Sydney, 1-269.
- LIN, S. Y., 1934. A study of Foochow fishes. *Lignan Sci. J.*, 13 (4): 671-691.
- LINDBERG, G. U. and Z. V. KRASYUKOVA, 1969. Fishes of the Sea of Japan and the adjacent areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part 3. Teleostomi XXIX. Perciformes, Percoidei (CX. Serranidae-CXLIV. Champsodontidae). Translated from Russian by Z. BLAKE. Israel Program for Scientific Translations (1971), Jerusalem, 1-498.
- 真子 渺・松宮義晴, 1977. 銘柄組成による年齢組成推定法. 西水研報, (50): 1-8.
- MANOOCH, C. S., III, 1976 a. Age, growth and mortality of the white grunt, *Haemulon plumieri* LACEPÈDE (Pisces: Pomadasysidae), from North Carolina and South Carolina. *Proc. Ann. Conf. Southeast Ass. Game Fish. Comm.*, 30: 58-70.
- , 1976 b. Reproductive cycle, fecundity, and sex ratios of the red porgy, *Pagrus pagrus* (Pisces: Sparidae) in North Carolina. *Fish. Bull.*, 74 (4): 775-781.
- and C. A. BARANS, 1982. Distribution, abundance, and age and growth of the tomtate, *Haemulon aurolineatum*, along the southeastern United States coast. *ibid.*, 80 (1): 1-19.
- 益田 一・荒賀忠一・吉野哲夫, 1975. 魚類図鑑 南日本の沿海魚. 東海大学出版会, 東京, 1-379.
- 増沢 寿, 1967. イサキの資源に関する研究-I. 年令と成長について. 日水誌, 33 (9): 812-817.
- ・松浦秀喜, 1968. イサキ資源に関する研究-II. 産卵期について. 同誌, 34 (8): 655-659.
- ・———, 1970. イサキ資源に関する研究. 神奈川水試資料, (154): 1-35.
- 松原喜代松, 1955. 魚類の形態と検索 I. 石崎書店, 東京, 1-789.
- ・落合 明, 1965. 魚類学(下). 水産学全集19. 恒星社厚生閣, 東京, 343-958.
- 松宮義晴・真子 渺, 1978. 銘柄組成による年令組成の推定. 漁業解析のための電子計算機プログラム集: 87-91.
- ・高橋勝宏, 1983. 平戸島志々伎湾におけるイサキの食性. 西水研報, (59): 23-32.
- 松岡玳良, 1972. 伊豆下田白浜竜宮島付近の磯にみられる魚類. 静岡水試研報, (5): 89-111.
- MATSUURA, S. 1961. Age and growth of flatfish, Ganzo-birame, *Pseudorhombus cinnamomeus* (TEMMINCK et SCHLEGEL). *Rec. Oceanogr. Works Japan*, Spec. No. 5: 103-110.
- 松浦修平, 1972. マダイの卵巣卵の成熟過程と産卵数. 九大農学芸誌, 26 (1-4): 203-215.
- MCCMAHON, T. E. and J. C. TASH, 1979. Effects of formalin (buffered and unbuffered) and hydrochloric acid on fish otoliths. *Copeia*, 1979 (1): 155-156.
- 三淵英弘・岸本源治・塩見元晶・相川広秋, 1958. マアジの年令, 成長及び成熟. 対馬暖流開発調査報告書, (4): 133-144.
- 南 卓志・中坊徹次・魚住雄二・清野清次, 1977. 若狭湾由良川沖の底生魚類相. 昭50京都水試報: 74-100.
- MIO, S., 1966. The determination of the age and growth *Gnathagnus elongatus* (TEMMINCK et SCHLEGEL). *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, (16): 1-16.
- 三尾真一, 1961. 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究-I. メバルの年令, 成長および成熟. 九大農学芸誌, 18 (4): 419-436.
- , 1965 a. キスの年令と成長. 日水研報, (14): 1-18.
- , 1965 b. 指数による魚類の成長の比較. 同誌, (15): 85-94.

- 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. 西水研報, (16) : 21-33.
- , 1964. 東シナ海・黄海産タチウオの漁業生物学的研究. 同誌, (32) : 1-57.
- 三谷文夫, 1958 a. 胃の内容物からみたブリの食性-I. 食餌構成種とその季節変化. 日水誌, 24 (3) : 176-181.
- , 1958 b. 胃の内容物からみたブリの食性-II. 摂餌活動の日週変化および成長に伴う摂餌率の変化. 同誌, 24 (3) : 182-185.
- , 1960. ブリの漁業生物学的研究. 近大農紀要, (1) : 81-300.
- ・井田悦子, 1964 a. マアジの成長と年齢. 日水誌, 30 (12) : 968-977.
- ・———, 1964 b. 東シナ海におけるマアジ資源の研究-I. 生残率. 同誌, 30 (12) : 978-982.
- 水戸 敏, 1963. 日本近海に出現する浮遊性魚卵-III. スズキ亜目. 魚雑, 11 (1/2) : 39-64.
- 水江一弘, 1958. カサゴの研究-II. カサゴ精巢の季節的循環と精子形成に就て. 長大水研報, (6) : 27-38.
- MOORES, J. A. and G. H. WINTERS, 1982. Growth pattern in a Newfoundland Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) stock. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39 (3) : 454-461.
- MORI, K., 1984. Early life history of *Lutjanus vitta* (Lutjanidae) in Yuya Bay, the Sea of Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 30 (4) : 374-392.
- MORI, T., 1952. Check list of the fishes of Korea. *Mem. Hyogo Univ. Agr.*, 1 (3) : 1-228.
- 宗清正廣・桑原昭彦, 1984. 若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期と性比. 日水誌, 50 (8) : 1279-1284.
- 中坊徹次, 1980. 志々伎湾の底生魚類群集-I. 主要種の分布と群集の区分. 西水研報, (54) : 209-229.
- 中島徳男, 1975. 愛知県近海の魚類について. 日生地学報, 30 (4) : 43-59.
- 中嶋純子, 1982. 西日本海域におけるマアジの成長と年齢について. 西水研報, (57) : 47-57.
- 落合 明, 1954. ニギスの生態学的研究-III. 生殖腺について. 日水誌, 19 (9) : 968-972.
- 岡 雅一・奥村重信, 1982. イサキの種苗生産. 栽培技研, 11 (1) : 29-34.
- 岡地伊佐雄・辻 敏・花村宣彦・竹下貢二・三尾真一・相川広秋, 1958. マサバの年令と成長 附, ゴマサバの年令と成長. 対馬暖流開発調査報告書, (4) : 20-38.
- 岡本勇次・内山 勇, 1984. 資源診断. 地域性重要資源管理技術開発総合研究中間報告書 (日本海中部沿岸域におけるタチウオ資源の管理技術開発総合研究) : 36-45.
- 沖山宗雄, 1982. 稚魚分類学入門 9. スズキ亜目幼期と棘形成. 海洋と生物, 4 (2) : 92-99.
- 奥野良之助, 1964. 田辺湾の岩礁性魚類. HIATT and STRASBURG (1960) によって報告されたマーシャル群島サンゴ礁魚類との比較. 生理生態, 12 (1/2) : 272-285.
- 大森迪夫, 1980. 油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性. 西水研報, (54) : 93-109.
- 大島泰雄, 1954. 藻場の稚魚の繁殖保護について. 128-181. 日本水産学会 編, 水産学の概観. 日本学術振興会, 東京.
- 大滝英夫, 1961. ハモ属の資源生物学研究. 第5報. ハモ *M. cinereus* の年齢と成長について. 西水研報, (21) : 47-66.
- PAULY, D., 1981. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 39 (2) : 175-192.
- PODOSINNIKOV, A. Y., 1976. Early ontogeny of the "striped grunt", *Parapristipoma humile* (Pomadasyidae Pisces). *J. Ichthyol.*, 17 (4) : 683-685.
- POTTHOFF, T., S. KELLY, M. MOE and F. YOUNG, 1984. Description of porkfish larvae (*Anisotremus virginicus*, Haemulidae) and their osteological development. *Bull. Mar. Sci.*, 34 (1) : 21-51.
- POWLES, P. M., 1969. Size changes, mortality, and equilibrium yields in an exploited stock of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 26 (5) : 1205-1235.
- REGAN, C. T., 1905. Descriptions of three new fishes from Japan, collected by Mr. Gordon SMITH. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, ser. 7, 16 : 363-365.

- 最首光三・最首とみ子・中島国重・中島純子, 1965. 東シナ海・黄海産ホウボウ *Chelidonichthys spinousus* (MCCLELLAND) の食性. 西水研報, (33) : 47-59.
- SAKSENA, V. P. and W. J. RICHARDS, 1975. Description of eggs and larvae of laboratory-reared white grunt, *Haemulon plumieri* (LACEPÈDE) (Pisces, Pomadasysidae). *Bull. Mar. Sci.*, 25 (4) : 523-536.
- 阪本俊雄・土井長之・岩井昌三・石岡清英, 1981. 瀬戸内海東部海域におけるマダイの生物情報と資源診断. 東海水研報, (105) : 59-113.
- ・———・———, 1982. 紀伊水道におけるタチウオの資源診断. 水産海洋研究会報, (41) : 17-26.
- 佐藤浩一, 1971. イサキの成長について. 鱗による年齢査定. 静岡水試研報, (4) : 19-23.
- SCHROEDER, R. E., 1980. Philippine shore fishes of western Sulu Sea. National Media Production Center, Manila, 1-266.
- SCHULTZ, L. P., 1953. Family Lutjanidae : Snappers. 521-556. In L. P. SCHULTZ, E. S. HERALD, E. A. LACHNER, A. D. WELANDER and L. P. WOODS, Fishes of the Marshall and Marianas Islands. Volume 1. Families from Asymmetronidae through Siganidae. *Smithsonian Inst. U. S. Nat. Mus. Bull.*, 202: 1-685.
- SEHDEV, H. S., J. R. MCBRIDE and U. H. M. FAGERLUND, 1963. 2-phenoxyethanol as a general anaesthetic for sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20 (6) : 1435-1440.
- 沈 世傑, 1984. 台湾近海魚類図鑑. 沈 世傑, 台北, 1-190.
- 清水三郎, 1959. 相対成長. 協同医書出版社, 東京, 1-269.
- 清水詢道, 1979. 小田和湾の藻場の魚類. 神奈川水試相模湾資源研究調査報告書 (生物部門) : 187-191.
- 塩垣 優・道津喜衛, 1973. 長崎県野母崎町沿岸の魚類. 長大水研報, (35) : 11-39.
- ・夏莉 豊・道津喜衛, 1971. 五島列島海中公園侯補地の魚類. 長崎県海中公園学術調査報告書 : 51-71.
- 庄嶋悦子・大滝英夫, 1983. シログチ東シナ海系統群の資源解析. 西水研報, (60) : 11-29.
- SMITH, R. W. and F. C. DAIBER, 1977. Biology of the summer flounder, *Paralichthys dentatus*, in Delaware Bay. *Fish. Bull.*, 75 (4) : 823-830.
- スネデカー, G. W.・W.G. コ克蘭, 1972. 統計的方法. 原書第6版. 岩波書店, 東京, 1-546.
- STEINDACHNER, F. and L. DÖDERLEIN, 1884. Beitrage zur Kenntniss der Fische Japan's. I-IV. *Denkschr. Akad. Wiss. Wien*, 48 : 1-40.
- SUYEHIRO, Y., 1942. A study on the digestive system and feeding habits of fish. *Japan. J. Zool.*, 10 (1) : 1-303.
- 鈴木 明, 1954. イサキに関する二,三の知見. 日水誌, 20 (3) : 171-172.
- 鈴木克美・日置勝三・田中洋一・北沢 博, 1983. 水槽内におけるセトダイ *Hapalogenys mucronatus* の産卵と初期生活史. 東海大紀要海洋, (19) : 183-191.
- SUZUKI, K., 1964. Results of Amami-Expedition. 2. Fishes. *Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie*, 5 (1) : 153-188.
- 鈴木 清・木村清志, 1978. 長良川下流域におけるフナ属魚類の成熟と産卵に関する資源生物学的研究. 本誌, (5) : 65-106.
- ・———, 1980 a. 熊野灘におけるイサキの成長. 魚雑, 27 (1) : 68-71.
- ・———, 1980 b. 熊野灘におけるタチウオの資源生物学的研究. 本誌, (7) : 173-192.
- 鈴木智之, 1965. マアジの生態学的研究. I. 食性について. 日水研報, (14) : 19-29.
- 隆島史夫・河西晴之・浅川 治・山田善章, 1982. 魚類麻酔剤としての 2-phenoxyethanol. 水産増殖, 39 (1) : 48-51.
- 田北 徹・夏莉 豊, 1972. 長崎県壱岐海中公園侯補地の魚類. 長崎県海中公園学術調査報告書 : 25-43.
- 田中 克, 1969 a. 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究-I. 前期仔魚の消化系の発達. 魚雑, 16 (1) : 1-9.

- , 1969 b. 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究—II. 摂餌開始期の仔魚の消化系の特徴. 同誌, 16 (2) : 41-49.
- , 1971. 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究—III. 後期仔魚の消化系の発達. 同誌, 18 (4) : 164-174.
- , 1975. 消化器官. 7-23. 日本水産学会 編, 稚魚の摂餌と発育. 水産学シリーズ 8. 恒星社厚生閣, 東京.
- 田中昌一, 1956. Polymodal な度数分布の一つの取扱方およびそのキダイ体長組成解析への応用. 東海水研報, (14) : 1-13.
- , 1960. 水産生物の Population dynamics と漁業資源管理. 同誌, (28) : 1-200.
- 田中 晋, 1970. びわ湖におけるハスの成長に関する研究. II. 成長過程にみられる成長の個体変異と補償作用について. 日生態会誌, 20 (2) : 80-92.
- 谷口順彦・西川 仁, 1980. 土佐湾産ニベの食性に関する研究. 高知大海洋生物研報, (5) : 49-58.
- THUNBERG, C. P., 1793. Atskillige forutokande fiskar af abborslangtet. *Kon. Vet. Akad. Nya Handl.*, 14 : 55-56.
- 田 明誠, 1979. 石鱸科. 207-216. 国家水産総局南海水産研究所 主編, 南海諸島海域魚類誌. 科学出版社, 北京.
- TOMIYAMA, I., 1972. List of the fishes preserved in the Aitsu Marine Biological Station, Kumamoto University, with notes on some interesting species and descriptions of two new species. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, 3 (1) : 1-21.
- 塚島康生・北島 力, 1981. カワハギ仔稚魚の飼育と形態の変化について. 長崎水試研報, (7) : 39-46.
- ・———, 1982. ヘダイ仔稚魚の飼育と形態の変化. 同誌, (8) : 129-135.
- 内田恵太郎, 1929. イサキの稚魚期, 殊に斑紋の形成及び習性に就いて. 水学報, 5 (2) : 220-223.
- ・塚原 博, 1955. 有明海の魚類相について. 日生地学報, 16-19 : 192-302.
- 榎田 晋・落合 明, 1973. 仔稚魚期におけるブリの消化管の構造と機能の発達について. 日水誌, 39 (9) : 923-930.
- 和田千蔵, 1939. 青森県博物総目録 (有脊椎動物). 青森博物研究会報, (8,9) : 1-28.
- 渡辺 徹, 1954. 日本海西南海域における底魚資源研究 (II). ソウハチ *Cleisthenes herzensteini* (SCHMIDT) の年令査定, 年令組成及び生残率. 日水研年報, (1) : 65-81.
- WATSON, W., 1983. Redescription of larvae of the pigfish, *Orthopristis chrysoptera* LINNAEUS (Pisces, Haemulidae). *Fish. Bull.*, 81 (4) : 847-854.
- WEBER, M. and L. F. DE BEAUFORT. 1936. The fishes of the Indo-Australian archipelago. VII. Perciformes (continued). Families : Chaetodontidae, Toxotidae, Monodactylidae, Pempheridae, Kyphosidae, Lutjanidae, Lobotidae, Sparidae, Nandidae, Sciaenidae, Malacanthidae, Cepolidae. E. J. Brill, Leiden, 1-607.
- WIDRIG, T. M., 1954. Method of estimating fish populations with application to Pacific sardine. *U. S. Fish and Wildl. Service, Fish. Bull.*, 56 (94) : 141-166.
- WINDELL, J. T., 1978. Digestion and the daily ration of fishes. 159-183. In S. D. GERKING, ed. Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- YAMAKAWA, T., 1979. Studies of the fish fauna around the Nansei Islands, Japan. 1. Check list of fishes collected by Toshiji KAMOHARA and Takeshi YAMAKAWA from 1954 to 1971. *Rep. Usa. Mar. Biol. Inst. Suppl.*, (1) : 1-47.
- 山本喜一郎, 1954. 海産魚類の成熟に関する研究. II. クロガレイの雌魚の成熟度について. 北水研報, (11) : 68-74.
- 山中一郎, 1961. 利用度の変化を考慮した水産資源の数学的模型に関する研究. 日水研報, (8) : 1-93.
- YAMAZAKI, F., 1965. Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 13 : 1-64.

- YASUDA, F., 1960 a. The types of food habits of fishes assured by stomach contents examination. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 26 (7) : 653-662.
- , 1960 b. The relationship of the gill structure and food habits of some coastal fishes in Japan. *Rec. Oceanogr. Works Japan*, 5 (2) : 139-152.
- 安田治三郎・小笠原義光・岡本 亮・梅津武司, 1962. 海産魚の種苗生産に関する研究. I. イサキの人工受精と成長について. *水産増殖*, 10 (1) : 1-10.
- 安永義暢, 1972. ヒラメ稚仔消化器官の発達について. *東海水研報*, (69) : 75-89.
- 横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二, 1961. 魚類の食性の研究. *南水研報*, (14) : 1-234.
- YOSHINO, T. and S. NISHIJIMA, 1981. A list of fishes found around Sesoko Island, Okinawa. *Sesoko Mar. Sci. Lab. Tech. Rep.*, (8) : 19-87.
- ZAMA, A. and F. YASUDA. 1979. An annotated list of fishes from the Ogasawara Islands-Supplement I, with zoogeographical notes on the fish fauna. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 65 (2) : 139-163.
- 座間 彰・藤田 清, 1977. 小笠原諸島産魚類目録. *東水大研報*, 63 (2) : 87-138.