

# 四万十川河口域におけるスズキ属, ヘダイ亜科仔稚魚の生態学的研究

藤田 真二

西日本科学技術研究所 780-0812 高知市若松町9-30

Ecological Study on Larvae and Juveniles of the two Sea Basses and  
the three Sparines Occurring in the Shimanto Estuary, Japan

Shinji Fujita

Nishinohon Institute of Technology, 9-30 Wakamatsu-cho, Kochi 780-0812, Japan

**Abstract:** Much work has been done on the estuarine ichthyofauna on the east coast of United States. These studies well documented the importance of the estuary as a nursery for costal fishes. In Japan, eelgrass beds, floating seaweeds and surf zones have been studied as to differential biotopes for early periods of fishes, but little is done about estuaries.

Since 1985, I have conducted collections of larval and juvenile fishes in the Shimanto Estuary, Kochi Prefecture. Consequently I obtained many larvae and juveniles of fishes, many of which were commercially important species including two species of temperate basses, *Lateolabrax japonicus* and *L. latus*, and three species of sparids, *Sparus sarba*, *Acanthopagrus schlegeli* and *A. latus*. In the present study, I describe the larval and juvenile ichthyofauna of the Shimanto Estuary and the adjacent surf zones of sandy beaches. Furthermore, I detail the early life history of temperate basses and sparids. Finally, consideration is given to the role of the Shimanto Estuary as a primary nursery.

## 1. Fish larvae and juveniles occurring in the Shimanto Estuary and adjacent surf zones of sandy beaches.

Monthly collections in the bank waters of the Shimanto Estuary and adjacent ten surf zones were made with a small seine. In the center of flow of the Shimanto Estuary, monthly collections were made with a 0.8 m ring net. A total of 49101 fishes of more than

species 100 from 42 families occurred in the bank waters of the estuary during the period from July 1985 to June 1987. *Gerre equulus* was the greatest in number, accounting for 20.02% of the total abundance. *Rhyncopelates oxyrhynchus* ranked second, followed by *Acanthopagrus latus*, *Acanthogobius flavimanus*, *Mugil cephalus*, *Parioglossus dotui*, *A. schlegeli*, Gobiidae spp., *Redigobius bikolanus* and *Lateolabrax japonicus*. These ten species made up 78% of the total catch. On the seasonal basis, the number of species was greater in the spring and summer than in the fall and winter. The number of fishes, however, was not significantly affected by season. The number of fish species occurring in eelgrass beds of the bank waters was not so different from that in non-eelgrass habitats. Nevertheless, the density of fishes in eelgrass beds was greater than in non-eelgrass habitats.

A total of 11722 (610.6/1000 m<sup>3</sup>) fishes of 47 taxa, and 8367 (434.0/1000 m<sup>3</sup>) fish eggs of 18 taxa occurred in the center of flow of the estuary during the period from January to December 1987. Gobiidae spp. was by far the most numerous larvae of fishes, accounting for 84.06% of the total catch. Larvae of *Plecoglossus ativelis* and Blenniidae spp. ranked second and third, respectively. A total of 21 larval *L. japonicus* occurred in the center of flow, but *L. latus* was not caught. One larval *A. schlegeli*, a total of 26 larval *A. latus* and no *S. sarba* were collected in the center of flow. 82.6% of total catch of fish eggs could not be identified. Most of

them ranged from 0.61 to 0.70 mm in diameter. Of Clupeidae eggs, *Sardinella zunasi* and Dorosomatinae sp. commonly occurred in the estuary, while *Eterumeus teres* and *Sardinops melanostictus* were not so abundant. Both the density of fish larvae and the number of taxa the greatest in August. Also the density of fish eggs was the greatest in August., and the number of taxa of eggs was abundant in the summer. The number of taxa of fish larvae and eggs was the most abundant at the bottom layer near the river mouth.

A total number of 8358 fishes of at least 56 species from 30 families occurred in the surf zone at ten sandy beaches on southwestern Tosa Bay during the period from December 1989 to November 1990. *Plecoglossus altivelis* was the greatest in number, accounting for 74.48% of the total catch. *Lateolabrax latus* constituted 0.34% of the total catch, which was more abundant than *L. japonicus*. Three sparines, *S. sarba*, *A. schlegeli* and *A. latus* occurred in the surf zones, accounting for 0.11%, 0.18% and 1.85% of the total catch, respectively. The number of fish species was the largest in May showing a unimodal trend in the species diversity. The fish density was the greatest in December, which depended primarily on the presence of *P. altivelis* larvae.

The larval and juvenile ichthyofauna of the Shimanto estuary and adjacent surf zones showed marked differences from that of the coastal and offshore habitats in the poorness of *Engrailis japonicus*, which occurs in those habitats as by far the dominant species. The presence of *Mugil cephalus*, *Chelon affinis*, *Terapon jarbua* and *A. schlegeli* and the absence of Blennidae, *Sebastiscus marmoratus* and Callionymidae distinguished the ichthyofauna of the bank waters from that in the center of flow of the Shimanto Estuary. The bank waters of the estuary and surf zones of sandy beaches have something in common with the habitats of many species of coastal, euryhaline and diadromous fishes such as *Lateolabrax* and sparine. However, there is a remarkable difference in utilization pattern of fishes between the two biotopes; surf zones were occupied by migrants, but the estuary by residents.

## 2. Early life histories of the two sea basses in the bank waters of the Shimanto Estuary.

A total of 1413 *Lateolabrax japonicus* and 86 *L. latus* were collected in the bank waters of the Shimanto Estuary during the period from July 1985 to June 1987. Both *L. japonicus* and *L. latus* commonly occurred from February to May in this area. They first appeared

within this area at the postlarval stage, thereafter they showed a relatively uniform increase in length throughout a given season, and metamorphose into juvenile and young. *Lateolabrax japonicus* markedly outnumbered *L. latus*. Distinct ecological differences were recognized in habitats and food habits between the two species: *L. japonicus* over 10 mm TL intensively inhabited eelgrass beds, while *L. latus* was not so concentrated in eelgrass beds; the former fed on Copepoda and Cladocera, while the latter fed on Copepoda and fish larvae. As a result, estuaries are considered to be important as a main habitat for *L. japonicus*, but not for *L. latus*.

The number of lapillus rings of the *L. japonicus* was linearly related to the sagitta ones, and thus was considered as an available tool to determine the age of the *L. japonicus*. The growth rate per day of larval and juvenile *L. japonicus* collected in the Shimanto Estuary estimated from the relationship between the mean age and the total length was 2.3%, which was higher than that of the *L. japonicus* occurring in the Chikugo Estuary of Ariake Bay, Kyusyu.

## 3. Early life histories of sparinae fishes in the bank waters of the Shimanto Estuary.

A total of 239 *Sparus sarba* (10.1-69.8 mm TL), 2144 *Acanthopagrus schlegeli* (8.1-51.5 mm TL) and 10087 *A. latus* (9.9-54.9 mm TL) were collected in the bank waters of the Shimanto Estuary during the period from July 1985 to June 1988. *Sparus sarba* and *A. latus* occurred during autumn and spring, and *A. schlegeli* during spring and early summer in this area. Their developmental period first appeared in the bank waters was postlarval to prejuvenile. In particular, the greatest number of individuals was represented by transformation larvae. Thereafter they showed a relatively uniform increase in length until the young stage within this area.

*Sparus sarba* under 14 mm TL and *A. schlegeli* under 12 mm TL appeared evenly in both eelgrass beds and non-eelgrass habitats of the bank waters in the estuary. On the other hand, the majority of individuals over the above mentioned sizes were caught in eelgrass beds. Conversely, the most of *A. latus* over 15 mm TL inhabited eelgrass beds in the estuary.

The stomachs of the three sparines were examined and organisms identified. In *S. sarba* and *A. latus* smaller than 24 mm TL and 22 mm TL respectively, the Copepoda constituted by far the numerically most

abundant food items, the majority of which were of pelagic habitats. However, benthic Gammaridae were found to be predominant in *S. sarba* over 24 mm TL, and multiple in *A. latus* over 22 mm TL. *Acanthopagrus schlegeli* less than 12 mm TL fed mainly on Cladocera. In *A. schlegeli* larger than 12 mm TL, pelagic Copepoda were numerically the most abundant food items, while Insecta larvae (Chironomidae) and *Macrura* being of benthic habit were also found from stomachs of *A. schlegeli* over 22 mm TL. The occurrence of benthic food such as Gammaridae and Chironomidae larvae in stomachs indicates that they transform to demersal habit.

The growth rates per day estimated from the relationship between age and total length were 0.88%, 1.55% and 0.87% in *S. sarba*, *A. schlegeli* and *A. latus*, respectively. These values were tolerably low compared with those of reared ones.

The developmental process of the skeletal tissues in *A. latus* was examined. In *A. latus* from 11 mm TL to 13 mm TL that first appeared in the bank waters of the estuary, the cartilaginous formation of the vertebral column and fin-supports and rays was almost completed, but the ossification was still in the process of development. Hence, it seems that the completion of the cartilaginous-osteological structures make it possible for the larval *A. latus* to emigrate from offshore to the estuary. The ossification of the osteological structures of the vertebral column was accomplished before they reached about 16 mm TL in size, while that of the fin-supports, except for distal radials, was completed before 21 mm TL approximately. In the former size, *A. latus* emigrate from non-eelgrass habitats to eelgrass beds in the estuary, and in the latter one, they transform into demersal habit. It thus appears that these steps of osteological development almost correspond to the conspicuous changes in their habitats and habits.

#### 4. General discussion

Some of fish species occurring in the bank waters of the estuary are also collected in the surf zones of sandy beaches. Among those species, the principal habitat is considered to be either of the two above-mentioned biotopes. For the *L. japonicus*, for instance, the estuary is a main habitats, but not for the *L. latus*. Hence it is found that the community of fish larvae and juveniles mainly occupying the bank waters of the estuary is an exceptional species that has successfully adapted to estuarine environment characterized by a relatively low

salinity condition.

The three sparines emigrate from non-eelgrass habitats to eelgrass beds in the bank waters of the estuary at the early juvenile stage. Thus those fishes are categorized as a habitat only for a brief time. Consequently, it seems that the role of the non-eelgrass habitats in the bank waters as a nursery for these species is similar to that of the surf zones on sandy beaches that are occupied by migrant species. Subsequently, they reside in eelgrass beds at least until the late juvenile or the young developmental stage. During this time, they transform to demersal habit, and feed on benthic animals such as Gammaridae in eelgrass beds. Thus the eelgrass beds seem to play an important role in their settlement.

As a consequence, the bank waters of the estuary consisting of non-eelgrass areas and eelgrass beds is found to be an important nursery where the exceptional species adapted to low salinity environment can spend a great part of their early life history.

**Key words:** Shimanto Estuary; larval and juvenile ichthyofauna; eelgrass bed; sea basses; sparine fishes; nursery ground

## 緒 言

沿岸海洋とは、海洋物理学的には陸岸地形とその摩擦および陸岸物質の流入の影響が及ぶ海域を意味し、河口・海岸から概ね陸棚斜面に達する領域である(杉本, 1987)。この水域の一端である河口域(estuary)はさらに塩分や地形等により幾つかに細分されるものの、広義では陸水が海水に移り変わる遷移域(塩分 5-30 psu 程度)をいう(Day et al., 1989)。ここは著しい環境勾配で特徴づけられ、物理・化学的に極めて複雑でかつ特異な環境を呈するとともに(杉本, 1988)、そこでの生物現象は最も解明しにくい生態系の一つとされている(栗原, 1988)。また、一方では産業等を含めた多様な人間活動の影響を強く受け、特に本邦ではその本来の姿を著しく変えつつあるのが現状である。

河口域に出現する仔稚魚相に関する研究は、海外においては古くから行われ、多様な魚種の成育場として重要な水域となっていることが指摘されている(Pacheco & Grant, 1965; Malkana, 1966; Derickson & Price 1973; Cain & Dean, 1976; Weinstein, 1979; Weinstein et al., 1980a; Russell & Garrett, 1983)ま

か)。これら研究の多くは広大な河口域を有する北米の大西洋岸で行われてきた。この他、オーストラリアにおいても過去実施された仔稚魚相調査の大半が河口域に集中しており (Miskiewicz, 1991), 世界的には広い河口域を有する地域を中心に研究が展開されてきたといえよう。さらに、このような仔稚魚相に関する報告の他、河口域への仔稚魚の移出入に関する研究や (Weinstein ed., 1988 ほか) 各魚種の初期生態についての報告等を含めると (Wilkens & Lewis, 1971; Zijlstra 1972; Dey, 1981; Weinstein & Walters, 1981; Moore, 1982 ほか), 海外における河口域での研究例は非常に豊富といえる。

一方、本邦では北九州の筑後川河口域でのスズキ仔稚魚の生態に関する研究 (田中・松宮, 1982; Matsumiya et al., 1982; 1985) の他、エツ (松井ほか, 1986; 1987) やアユ (塚本ほか, 1989), シラウオ科魚類 (田北ほか, 1988; Saruwatari & Okiyama, 1992), シロウオ (松井, 1986), イシガレイ (藤本ほか, 1973) などの特定の種については汽水域での出現に関しての報告が散見されるものの、包括的な仔稚魚群集に関する調査例は極めて少ない (松井ほか, 1978; 大谷, 1978)。この他、河川や干潟での魚類相調査において、河口近くで得られた稚魚に関する記載は比較的豊富である (辻, 1980, 1986; 林・長峯, 1981; 須永, 1984; 君塚・多紀, 1985)。しかし、仔稚魚相に関してはいずれも断片的な報告にとどまっている。本邦においては特異な環境としてアマモ場 (大島, 1954; 布施, 1962; Kikuchi, 1966) や流れ藻 (内田・庄島, 1958; 庄島・植木, 1964; Senta, 1966a,b,c), 砂浜海岸砕波帯 (Senta & Kinoshita, 1985; 木下, 1993) 等の仔稚魚群集に関しては詳細な報告が残されている一方、河口域については十分な調査がなされてきたとは言い難い。

著者は高知県四万十川河口内において、継続的な仔稚魚の採集を実施し、その結果多様な仔稚魚の出現を確認した。その中には、本邦の固有・希少種 (多紀, 1991) とされているアカメ *Lates japonicus* をはじめ、スズキ属のスズキ *Lateolabrax japonicus* (Cuvier), ヒラスズキ *L. latus* Katayama およびヘダイ亜科 Sparinae のヘダイ *Sparus sarba* (Temminck et Schlegel), クロダイ *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker), キチヌ *A. latus* (Houttuyn) 等の水産業上有用種の仔稚魚が多数含まれていた (Kinoshita et al., 1988; Fujita et al., 1988; 藤田ほか, 1990)。このうち、ヒラスズキおよびヘダイ亜科3種の仔稚魚については既に砂浜海岸砕波帯での出現が報告されている (Kinoshita & Fujita, 1988; 木

下, 1993)。しかし、ここでの出現個体の多くは、仔魚から稚魚にかけての限られた発育ステージであるのに対し、本河口内では仔魚から未成魚に至るまでみられ、初期生活史の大部分を河口内で過ごしている実態が分かった。このことは、これら仔稚魚の生活様式が砂浜海岸砕波帯と河口内で異なっていることを示唆しており、その比較検討は意義深いと考えられる。さらに、本河口内での生態解明は、仔魚から未成魚期に至る初期生活史の全貌を知る上で非常に重要といえよう。

本研究は、四万十川河口内および周辺の砂浜海岸砕波帯における仔稚魚の出現状況を明らかにするとともに、スズキ属・ヘダイ亜科魚類の河口内における初期生活史の詳細を把握し、これらを基に仔稚魚の成育場として河口域が果たす生態学的な意義の究明を目的とする。

## I. 四万十川河口域の環境

物理・化学的に複雑でかつ特異な環境を呈する河口域 (estuary) は、その形状や立地条件、河川の状況等の違いにより様々な様相を呈する。本章では調査対象とした四万十川の河口環境の概要を整理するとともに河口域の地勢、水温・塩分環境、植物相等を明らかにすることにより、本河口域の環境特性を把握する。

## 調査方法

水温・塩分の観測は原則として Fig. 1 に示した Sts.B1-B12 (河岸浅所), Sts.C1-C5 (流心付近) の計17地点において実施した。Sts.B1-B12 では河岸浅所の中層で1985年7月から1988年6月までの3年間に毎月1回を原則に測定を行った。また、Sts.C1-C5 では船舶を使用し、流心部の表層から底層までを1 m 間隔で1987年1月から12月までの1年間に原則として毎月1回の測定を行った。以上の観測は後述する河口内での仔稚魚調査の際に実施した。この他、海域との比較のため河口内浅所での調査と同一日に砂浜海岸砕波帯 (Sts.a, b, c) において水温・塩分の測定を行った。なお、塩分は試水の電気伝導度を計測し、それを塩素量に換算した後、クヌーツセン公式により求めた。

また、上記期間中、船上または陸上から藻場の分布状況を観察した。この他、四万十川の環境に関する資料を収集・整理した結果も加えた。

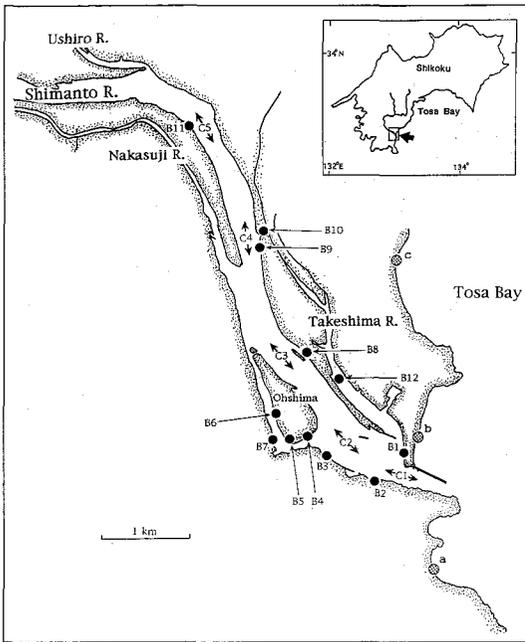


Fig. 1. A map of the Shimanto Estuary showing the stations where the water temperature and salinity were measured and ichthyoplankton was collected. Solid circles indicate stations (B1-B12) where collections in the bank waters were made with a small seine (1 x 4 m, 1 mm mesh-aperture). Arrows indicate stations (C1-C5) where collections in the center of flow of the Shimanto Estuary were made with a ring net (0.8 m mouth-diameter, 0.33 mm mesh-aperture). The larval and juvenile collection was not made at three beaches represented by shaded circles (a, b, c).

## 結果および考察

### 1. 四万十川の概要

四万十川は高知県高岡郡東津野村船戸（標高1190 m）に源を発し（伊藤，1990），中央構造線の南側の外帯を流れ土佐湾の南西部に流入する。流域面積は 2267  $\text{km}^2$  でこのうち 88% が山地で占められている（高知県土木部河川課，1979）。幹線流路延長は 196 km であり，その長さは四国では最も長く（甲藤，1986），国内では11番目にあたる（伊藤，1990）。本流全川の平均勾配（源流点標高/流路延長）は 0.006 であり，これは高知県下の流程 10 km を超える主要河川中最も小さい（高知県土木部河川課，1979）。

四万十川の河口から約9.8 km 地点で 1985年から1988年に観測された月平均の河川流量（建設省，流量年表より）を Fig. 2 に示した。これを見ると，

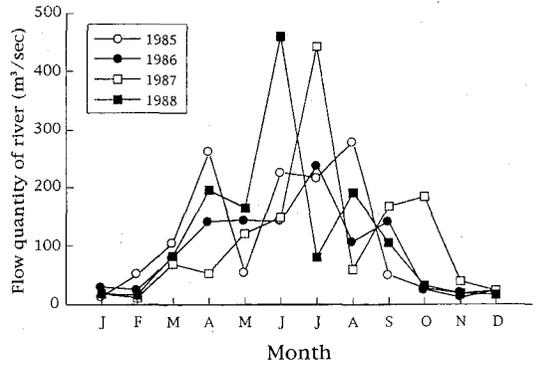


Fig. 2. Monthly changes in flow quantities of the Shimanto River from 1985 to 1988.

各年とも 11-12月に河川流量は少なく，この間の月平均流量は 11.8-51.3  $\text{m}^3/\text{sec}$  の低い範囲で変動は小さい。一方，春から夏季には豊富で，特に1987年7月と翌年6月の平均流量は 400  $\text{m}^3/\text{sec}$  を超え，これらとともに梅雨による降雨量の多さを反映したものといえる。なお，1985-1988年の年平均流量はそれぞれ 113.68, 92.73, 112.34, 114.43  $\text{m}^3/\text{sec}$  であり，1986年でやや少なかった。

### 2. 四万十川河口域の環境

#### 1) 地勢

四万十川の河口域には竹島川，中筋川，後川の3支流がそれぞれ河口から 0.5 km, 3.3 km, 5.9 km の位置に流入している。また，河口から約 1.3 km 地点の右岸側には中州（大島）があり，その上流端は河口からおよそ 2.3 km の地点に達している。水面幅は河口から約0.8 km 地点で 600 m 程度と最も広く，それより上流の 5 km 付近では 350 m 程度となる。一方，河口開口部では左岸に砂嘴が形成され水面幅は約 200 m と狭い。しかし，水深は河口開口部で最も深く，17 m に達する。河口内の水深は河口から約 1.2 km 地点と 4.5 km 付近の流心部に 15 m に達する凹部がある他は，流心部で 5-10 m，それ以外では 5 m 以浅である（Fig. 3）。

#### 2) 水温と塩分

河口内河岸浅所（Sts.B1-B12）および河口近傍の海岸部（Sts.a-c）で測定した水温と塩分の各月の平均値を Fig. 4 に示した。河口内の浅所における各月の平均水温は 11.6 $^{\circ}\text{C}$ （12月）-29.1 $^{\circ}\text{C}$ （8月）の範囲で変動した。また，海岸部におけるそれは 14.3 $^{\circ}\text{C}$ （2月）-27.3 $^{\circ}\text{C}$ （9月）の範囲にあった。こ

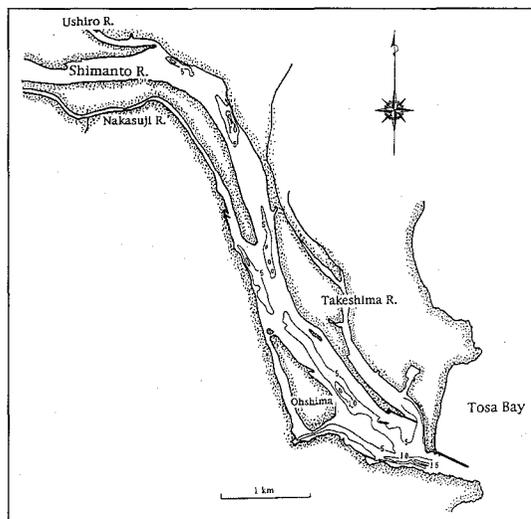


Fig. 3. Topographical map of the Shimanto Estuary. Depth contours are shown in meters.

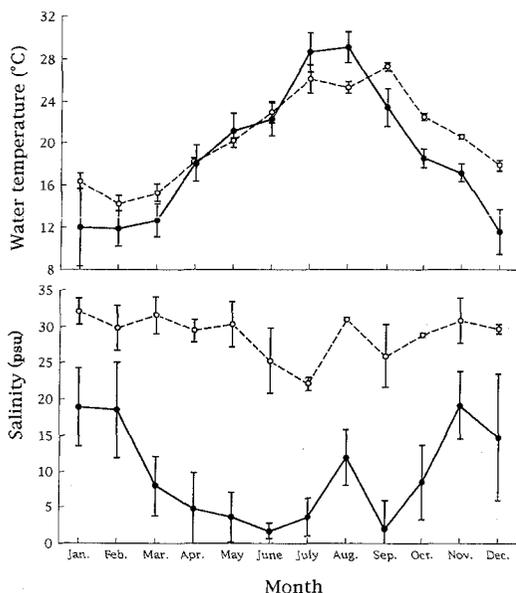


Fig. 4. Monthly changes in means of the water temperatures and salinities in the bank waters of the Shimanto Estuary (solid circles) and the surf zones on the adjacent beaches (open circles) during the period from July 1985 to June 1998. The lines on either side of the means represent standard deviations.

のように、河口内浅所では海岸部に比べ水温の変動が大きく、特に秋季から冬季にかけての水温が海岸部に比べ大きく低下する特徴にある。塩分では海岸部と河口内浅所の差はさらに大きく、前者における各月の平均塩分が 22.1 psu (7月) -32.0 psu (1月) の範囲にあるのに対し、河口内浅所では 1.7 psu (6月) -19.1 psu (11月) の低い範囲で変

動が大きい。季節的には、河口内浅所では4月-7月および9月に平均塩分は 5 psu 以下となる一方、河川流量の少ない11月-2月には 15-20 psu 程度まで上昇する。海岸部においても、6、7月と9月に平均塩分はやや低下するものの、その他の月では 30 psu 前後の狭い範囲で変動は小さかった。

河口内流心部 (Sts.C1-C5) における層別の平均水温の月変化を Fig.5 に示した。これを見ると、中・底層に比べ表層での水温変動が大きく、その平均水温の最低、最高値はそれぞれ 9.6°C (1月)、26.4°C (8月) であった。特に、10月から3月にかけての表層水温の低下は顕著で、最低となった1月時の表層と底層の平均水温差は 7.8°C に達した。

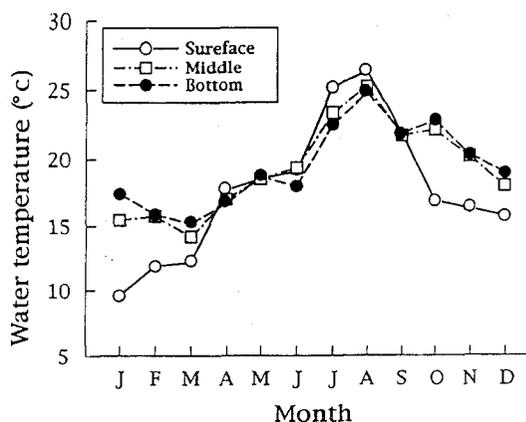


Fig. 5. Monthly changes in means of water temperatures in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987.

河口内流心部の各観測点における年間平均塩分の鉛直変化を Fig. 6 に示した。また、この結果をもとに河口内における塩分の鉛直分布を Fig. 7 に示した。各地点とも塩分の鉛直勾配は明瞭で、表層から水深とともに上昇し、水深 5 m 前後で 25 psu 程度に達した。水深 5 m を超えると塩分は漸増的となり、平均塩分で 30 psu に達する層は河口付近の水深 8 m 以深に限られた。表層における平均塩分は河口部での 13.1 psu から上流に向かうにしたがって低下し、河口から 4.8 km 地点では 2.6 psu となった。表層以深の各層における平均塩分も同様に上流に向かうに従って低下する傾向がみられ、本河口内では塩水がくさび状に侵入している。なお、汽水域の上流限に関しては河川流量や月齢等により大きく左右され、一定ではないと考えられる。ただし、伊藤 (1990) による河口から 6 km 付近との報告の他、後述するスジアオノリの分布上流限が河口から 7.2 km であること等を勘案すると、通常は河口から 6-7 km 付近にあると考えられる。

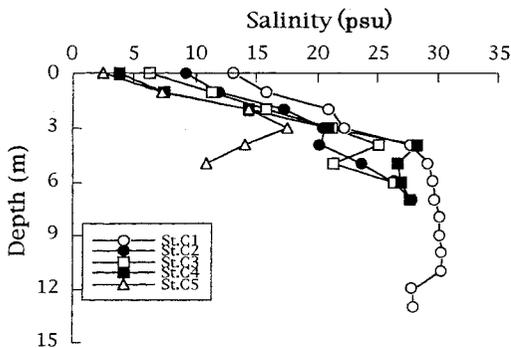


Fig. 6. Vertical changes in means of salinities at each station in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987.

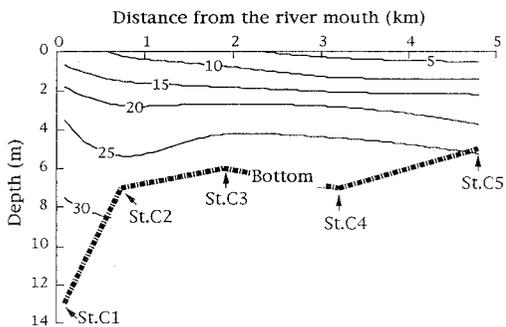


Fig. 7. Salinity (psu) isopleths for the longitudinal section of the Shimanto Estuary.

### 3) 植物相

四万十川河口域には緑藻綱のヒトエグサ *Monostroma nitidum*, アオノリ属 *Enteromorpha* や褐藻綱のカヤモノリ *Scytociphon lomentarius*, 紅藻植物門のアマノリ属 *Porphyra*, オゴノリ *Gracilaria verrucosa*, ツノムカデ *Carpopeltis cornea* 等の藻類 (大野, 1990) の他, 海産顕花植物のコアマモ *Zostera japonica* の生育が確認されている。このうち, ヒトエグサとアオノリ属は本河口域の重要な水産資源となっている。特にスジアオノリ *Enteromorpha prolifera* の収穫量は平年作で 30 t (乾燥重量) 余りあり, 一つの河川としては国内で最も多い (大野・高橋, 1988)。スジアオノリは塩分に対する適応範囲が広く, 周年に亘って孢子放出と発芽・生長する多季節性の海藻である。しかし, 四万十川河口域では12月下旬から1月下旬までの冬の繁茂期と4月下旬から5月下旬における春の繁茂期の年2回のピークがみられる (大野, 1987)。これら両繁茂期に調査された本種の分布域は冬季には河口から上流 7.2 km までの間, 春季では河口から上流 6.4 km までの間である (大

野・高橋, 1988)。塩水の影響が常時この範囲に及んでいるといえよう。

本河口内におけるアマモ場の分布を Fig. 8 に示した。これらアマモ場はすべてコアマモ *Zostera japonica* の群落であり, 岸近くの浅所に分布している。特に, 中州 (大島) の南および西側に多く, 流心に面した水域には繁茂していない。また, 繁茂域の底質はすべて軟泥または砂泥質であり, このような粒径の小さな土粒子が堆積する緩流部を中心に分布していることが分かる。なお, 主として内湾・内海に分布する同属のアマモ *Zostera marina* は春から初夏にかけ繁茂・成熟した後, 夏には枯死し, 流出する (新崎, 1950)。しかし, 本河口域でのコアマモは顕著な季節的消長を示さず, 周年繁茂していた。さらに, アマモの葉長は普通 50-100 cm とされているのに対し (千原, 1970), 本河口域でのコアマモの葉長は 10-60 cm と短い。

この他, 植物としては河口から上流約 1-4 km の水際部にはヨシ *Phragmites australis* の群落がみられる。また, これより上流域の水際部ではヨシに替わりツルヨシ *P. japonica* の群落が優占する (Ishikawa, 1988)。

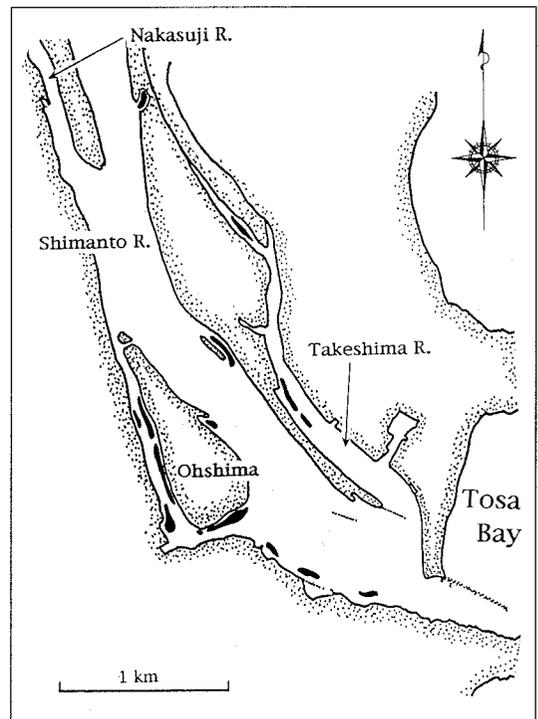


Fig. 8. Horizontal distribution of eelgrass beds (solid area) in the Shimanto Estuary.

## II. 四万十川河口内および周辺砂浜海岸 砕波帯に出現する仔稚魚

本章では四万十川河口内の浅所と流心付近における仔稚魚の出現状況を明らかにし、その特性を把握する。さらに、本河口周辺の砂浜海岸砕波帯における仔稚魚の出現状況を明らかにすることにより、河口内での仔稚魚群集との関連性について検討を加えた。

### 調査地点および採集方法

#### 1. 河口内浅所

調査は原則として Fig. 1 に示した Sts.B1-B12 の 12 地点において実施した。各地点の状況を以下に述べる。

St.B1 は河口の左岸から伸びた砂嘴の河口内側に位置し、底質は砂礫で河岸の勾配は比較的急深である。Sts.B2, B3 は河口内の右岸側に位置し、底質は砂礫が中心で、一部砂泥の堆積がみられる。河岸の勾配は両地点とも比較的緩やかで、St.B3 では一部アマモ場がみられる。Sts.B4-B8 は河口内の右岸寄りに形成された中州（大島）の南および西側に位置する。底質は Sts.B4, B6, B7 では軟泥、St.B5 では砂泥質であり、前3地点にはアマモ場がみられる。各地点とも河岸の勾配は緩やかである。Sts.B8, B9 は河口内の左岸側に位置し、河岸水際部にはヨシの群落がみられる。底質は St.B8 では砂泥、St.B9 では礫が中心であり、St.B8 にはアマモ場がみられる。河岸の勾配は両地点とも小さい。St.B10 は小型船舶を係留するために掘削された入江である。入江内には軟泥が堆積しており、コアマモが繁茂している。St.B11 は河口から約 4.8 km 上流の右岸に位置し、調査地点中最も上流の地点に当たる。底質はこぶし大の礫が中心で、勾配は比較的大きく、急深である。河岸の水際部にはツルヨシの群落がみられる。St.B12 は支流の竹島川の右岸側に位置し、底質は軟泥でアマモ場がみられる。冬季（10-3月）にはヒトエグサの養殖場として利用されており、この間調査は不可能となる。

以上の地点において1985年7月から1987年6月までの2年間に月1回の頻度で仔稚魚の採集を行った。採集には中央に袋網を設けた縦 1 m、横 4 m、網目 1 mm の小型曳き網を用いた。この曳き網は Kinoshita (1986) で使用されたものを基本とし、その網の上下にそれぞれアバとイワを取り付けた

(Fig. 9)。この網を Fig. 10 に示すように河岸に沿って二人で曳網した。採集地点の水深は 0.3-1.2 m 程度とし、アマモ場を曳網する際には潮汐による水位の変動を考慮し、この水深範囲となる時間帯を選んだ。調査はすべて日中に行った。曳網距離 50 m を 1 曳網とし、速度は 0.8 knot 前後とした。これを 1 回の調査で 24-53 曳網（平均 32 曳網）行なった。

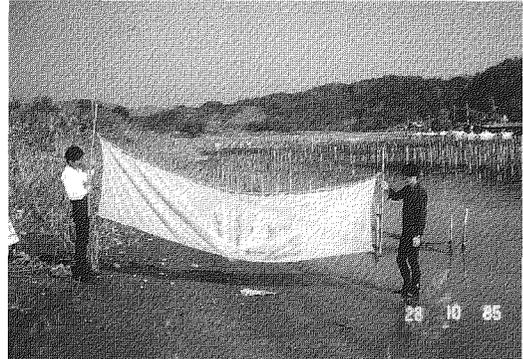


Fig. 9. The seine used for the collection in the bank waters of the Shimanto Estuary and the surf zones of southwestern Tosa Bay.



Fig. 10. The operation of the seine in the bank waters of the Shimanto Estuary.

採集した仔稚魚は、ただちに 10% ホルマリン溶液で固定した後、研究室に持ち帰り、種査定・計数・全長測定を行った。なお、魚類の科名とその配列は Nelson (1994) に、種名は中坊編 (2000) に従った。また、仔稚魚の発育段階は Kendall et al. (1984) に準拠した。このような試料の処理や測定については以下の河口内流心部および河口周辺砕波帯での調査においても同様である。

#### 2. 河口内流心

調査は原則として流心付近に位置する Sts.C1-

C5の5地点において実施した (Fig. 1). St.C1は河口部に、最も上流の St.C5は河口から約 4.8 km 上流に位置する。

仔稚魚の採集は1987年1月から12月までの1年間に各月1回実施した。採集には濾水計を装着した稚魚ネット (口径 0.8 m, 網目 0.33 mm) を用い、船舶により各地点の表層と底層で曳網した。各曳網は河岸とほぼ平行に5-10分間行い、その際の平均濾水量は 170.6 m<sup>3</sup>であった。

### 3. 河口周辺碎波帯

調査は原則として Fig. 11 に示した Sts.S1-S10 の10地点において実施した。各碎波帯の状況は Fig. 12 に示したとおりである。このうち、Sts.S1, S3, S5, S10 は海水浴場として利用されており、海岸の勾配が比較的小さく、底質は細かな砂である。逆に、Sts.S2, S4 は海岸の勾配が急深で、底質は礫で構成されている。その他、Sts.S6, S7, S8, S9 は防波堤等により囲まれた港内に位置し、波浪の影響が小さい地点である。なお、Sts.S3 および St.S9 の近傍にはそれぞれ流程 27.5 km (下の加江川), 20.0 km (伊与喜川) の河川が流入している。

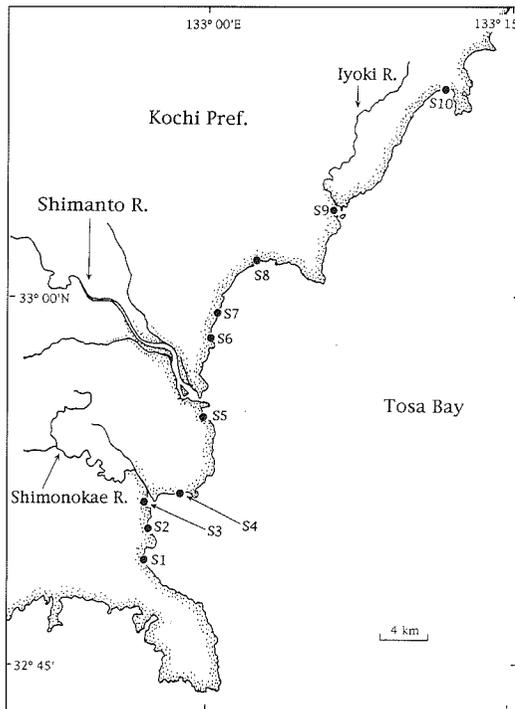


Fig. 11. A map showing ten surf zones in southwestern Tosa Bay where monthly collections with a seine were made.

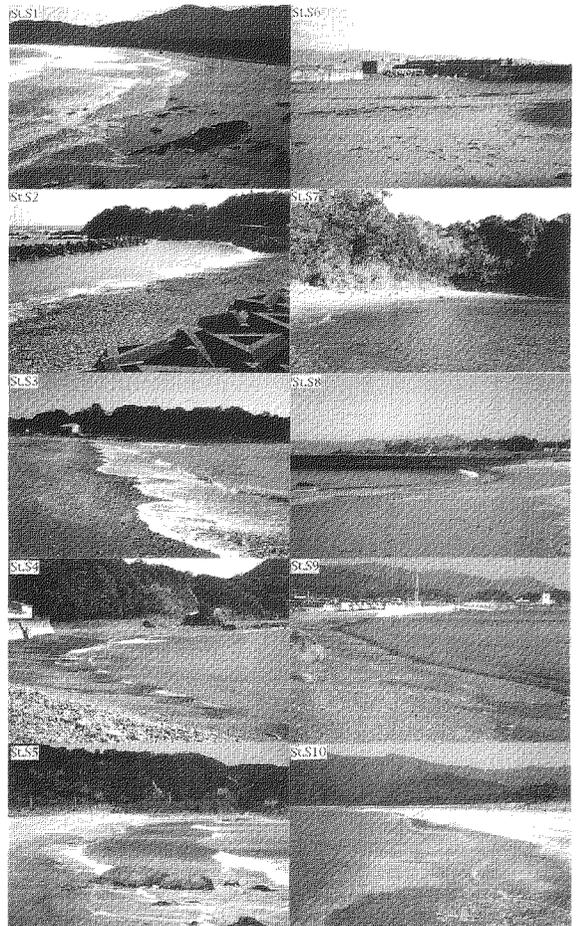


Fig. 12. Ten surf zones of southwestern Tosa Bay where monthly collections with a seine were made.

以上の地点において1989年12月から翌年11月までの1年間に月1回の頻度で仔稚魚の採集を行った。採集には河口内浅所で使用した小型曳き網を同様の方法で用い、各地点で1回の調査毎に1-6曳網 (主に2-3曳網) を行った。

## 結 果

### 1. 河口内浅所に出現する仔稚魚

#### 1) 種組成

二年間に行った合計 773 曳網による採集の結果、42科 100種以上、49101尾 (63.5尾/1曳網) の主に仔稚魚を得た。全種の出現率と全長範囲を Table 1 に示した。最も出現量の多かったのはクロサギで、全体の 20.02% を占めた。以下、シマイサキ (12.43%), キチヌ (8.51%), マハゼ (7.74%), ボラ (7.16%), サツキハゼ (6.98%),

**Table 1.** List of fishes collected with a small seine (1 × 4 m, 1 mm mesh) along shallow waters of the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1987 (modified Fujita et al., 2002).

Species name	%	Range of TL (mm)	Species name	%	Range of TL (mm)
Elopidae			Gerreidae		
<i>Elops hawaiiensis</i>	0.04	27.1 - 37.1	<i>Gerres equulus</i>	20.02	4.9 - 26.0
Anguillidae			<i>G. erythrorus*</i>	0.15	10.8 - 15.1
<i>Anguilla japonica</i>	0.01	50.6 - 57.2	<i>G. japonicus</i>	0.19	7.4 - 23.0
Ophichthidae			Sparidae		
Ophichthidae sp.	+	31.0	<i>Acanthopagrus latus</i>	8.51	10.0 - 54.9
Engraulidae			<i>A. schlegeli</i>	4.34	8.1 - 41.8
<i>Engraulis japonicus</i>	0.04	7.4 - 21.9	<i>Sparus sarba</i>	0.26	10.1 - 49.8
<i>Stolephorus indicus*</i>	0.04	20.2 - 40.0	Mullidae		
Clupeidae			<i>Upeneus japonicus</i>	0.02	27.7 - 40.0
<i>Konosirus punctatus</i>	0.03	11.4 - 31.9	Pempheridae		
<i>Nematalosa japonica</i>	3.18	7.9 - 34.7	<i>Pempheris schwenkii</i>	0.01	6.0 - 6.9
<i>Spratelloides gracilis</i>	0.06	9.0 - 33.9	Teraponidae		
<i>Sardinella zunasi</i>	0.43	5.6 - 25.7	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	12.43	9.0 - 48.1
<i>Sardinops melanostictus</i>	0.01	17.9 - 19.1	<i>Terapon jarbua</i>	1.63	10.1 - 34.6
Chanidae			Kuhliidae		
<i>Chanos chanos*</i>	0.03	12.5 - 15.4	<i>Kuhlia marginata</i>	0.02	21.3 - 25.0
Cyprinidae			Scaridae		
<i>Carassius</i> spp.	0.14	22.9 - 87.2	<i>Scaridae</i> sp.	+	12.2
<i>Cyprinus carpio</i>	0.01	40.0 - 134.0	Tripterygiidae		
<i>Pseudorasbora parva</i>	0.01	22.4 - 29.4	Tripterygiidae sp.	0.02	7.9 - 12.6
<i>Tanakia lanceolata</i>	0.04	9.0 - 17.1	Bleniidae		
<i>Tribolodon hakonensis</i>	0.04	13.1 - 83.5	<i>Omobranchus elegans</i>	0.06	5.3 - 8.1
<i>Zacco platypus</i>	0.49	7.3 - 59.2	Eleotridae		
Osmeridae			<i>Eleotris acanthopoma</i>	0.03	20.7 - 55.5
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	3.24	5.4 - 53.4	<i>E. melanosoma</i>	+	41.2
Moridae			<i>E. oxycephala</i>	+	9.5
<i>Laemonema nana</i>	+	9.2	Gobiidae		
Mugilidae			<i>Acanthogobius flavimanus</i>	7.74	8.9 - 97.2
<i>Chelon affinis</i>	1.59	13.8 - 104.0	<i>A. lactipes</i>	0.05	24.6 - 58.9
<i>C. macrolepis</i>	0.15	13.0 - 61.8	<i>Acentrogobius pflaumii</i>	0.03	9.1 - 55.6
<i>Chelon</i> spp.	+	14.7 - 17.6	<i>Eutaenichthys gilli</i>	0.24	10.6 - 37.6
<i>Ellochelon vaiigiensis</i>	+	18.0 - 73.0	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	0.41	16.0 - 74.1
<i>Moolgarda seheli</i>	0.01	28.4 - 38.5	<i>Glossogobius olivaceus</i>	0.28	6.1 - 134.8
<i>Mugil cephalus cephalus</i>	7.16	22.3 - 86.8	<i>Gymnogobius castaneus</i>	0.19	16.8 - 42.8
Atherinidae			<i>G. scrobiculatus</i>	0.04	12.5 - 34.5
<i>Hypoatherina valenciennei</i>	0.09	8.4 - 41.7	<i>Gymnogobius</i> sp.	0.24	13.9 - 34.5
Adrianichthyidae			<i>Leucopsarion petersii</i>	0.05	20.7 - 44.8
<i>Oryzias latipes</i>	+	22.5	<i>Luciogobius</i> spp.	0.19	9.1 - 18.7
Hemiramphidae			<i>Mugilogobius abei</i>	0.03	17.6 - 31.6
<i>Hyporhamphus sajori</i>	0.33	2.9 - 85.0	<i>Pandaka lidwilli</i>	+	9.2
Syngnathidae			<i>Periophthalmus modestus</i>	0.10	10.6 - 89.5
<i>Hippichthys penicillus</i>	0.14	35.4 - 152.2	<i>Pseudogobius masago</i>	0.04	16.7 - 28.3
<i>H. spicifer</i>	0.03	43.1 - 110.0	<i>Redigobius bikolanus</i>	3.48	3.1 - 34.8
<i>Microphis brachyurus brachyurus</i>	0.04	77.0 - 166.8	<i>Rhinogobius giurinus</i>	0.90	11.2 - 55.9
<i>Syngnathus schlegeli</i>	0.01	106.6 - 179.0	<i>Rhinogobius</i> sp.	3.06	7.7 - 37.6
Scorpaenidae			<i>Sicyopterus japonicus</i>	0.27	25.4 - 40.0
<i>Sebastes marmoratus</i>	0.01	6.5 - 9.2	<i>Stiphodon percnopterygionus*</i>	+	16.2 - 16.8
Platycephalidae			<i>Taenioides cirratus</i>	+	81.0
<i>Platycephalus</i> sp.	0.01	4.0 - 10.5	<i>Tridentiger brevispinis</i>	0.01	30.5 - 36.6
Cottidae			Gobiidae spp.	4.14	4.0 - 23.3
<i>Cottus kazika</i>	0.28	4.9 - 34.2	Microdesmidae		
Cottidae sp.	+	7.8	<i>Parioglossus dotui</i>	6.98	7.0 - 38.2
Centropomidae			Siganidae		
<i>Lates japonicus</i>	0.09	5.3 - 135.9	<i>Siganus fuscescens</i>	1.46	17.8 - 45.5
Percichthyidae			Sphyraenidae		
<i>Lateolabrax japonicus</i>	3.38	4.6 - 116.2	<i>Sphyraena barracuda</i>	0.07	29.0 - 67.5
<i>L. latius</i>	0.22	11.2 - 86.9	<i>S. pinguis</i>	0.01	39.7 - 50.0
Apogonidae			Paralichthyidae		
Apogonidae sp.	+	5.2	<i>Pseudorhombus arsius</i>	+	94.5
Sillagimidae			<i>P. pentophthalmus</i>	0.01	15.4 - 17.4
<i>Sillago japonica</i>	0.08	6.6 - 43.5	Triacanthidae		
Malacanthidae			<i>Triacanthus biaculeatus</i>	0.06	3.8 - 28.2
<i>Branchiostegus japonicus</i>	+	9.0	Monacanthidae		
Carangidae			<i>Rudarius ercodes</i>	0.01	4.3 - 12.5
<i>Caranx ignobilis</i>	0.02	52.7 - 84.2	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	+	15.1
<i>C. sexfasciatus</i>	0.01	39.9 - 63.3	Tetraodontidae		
<i>Caranx</i> sp.	+	67.3	<i>Takifugu niphobles</i>	0.37	4.0 - 40.6
<i>Scomberoides lysan</i>	0.02	25.1 - 82.9	Tetraodontidae spp.	0.01	14.0 - 20.0
Carangidae sp.	+	5.0 - 6.8	Diodontidae		
Leiognathidae			<i>Diodon holocanthus</i>	+	16.7 - 19.6
<i>Leiognathus nuchalis</i>	0.29	4.2 - 54.6	Unknown	+	6.8
Lutjanidae					
<i>Lutjanus russellii</i>	0.03	25.8 - 48.8			

%, of the total abundance of all fish sampled during the two years; +, less than 0.005%; \*, tropical and / or sub-tropical species.

クロダイ (4.34%), ハゼ科spp. (4.14%), ヒナハゼ (3.48%), スズキ (3.38%) と続き、これら10位までで全出現量の 78.2% を占めた。さらに、出現率が 1% を超える種として、アユ (3.24%), ドロクイ (3.18%), ヨシノボリ属sp. (3.06%), コトヒキ (1.63%), セスジボラ (1.59%), アイゴ (1.46%) の6種が続いた。なお、ヒラスズキの出現率は 0.22% で、同属のスズキに比べ低かった。また、ヘダイの出現率は 0.26% で、同亜科のキチヌ・クロダイに比べ出現量は少なかった。

このように、出現種の多くは沿岸性または広塩性の海産魚であった。しかし、アユやウナギ、ハゼ科の一部、カマキリ等の通し回遊性 (水野, 1963) の魚類も比較的多くみられ、その出現量の合計は全体の 8.05% を占めた。また、ヤリタナゴやウグイ、オイカワ、フナ属等の純淡水魚も僅かながら出現し、その合計は全体の 0.73% であった。この他、成魚は沖縄以南に分布する熱帯・亜熱帯性魚類のセツパリサギ、オニカマス、インドアイノコイワシ、サバヒー、ナンヨウボウズハゼや希少種とされるアカメの仔稚魚も出現した。

## 2) 出現の季節変化

各月の出現量および出現種類数 (spp.は1種とした) を Fig. 13 に示した。一曳網あたりの出現量は1985年8月の472尾が最も多く、次いで1986年8月の162尾でいずれも8月であった。逆に、最低は1986年9月の5尾で、この他1985年7, 9月, 1987年1月でも10尾以下と少なかった。出現種類数についても出現量と同様、1985, 1986年とも8月に多く、それぞれ43種, 42種の仔稚魚が出現した。また、最低は1985年12月の6種で、1986年についても12月の出現種類数は9種と少なかった。全体としては春季から夏季に出現種類数は豊富で秋季から冬季にかけて少ない傾向にあった。

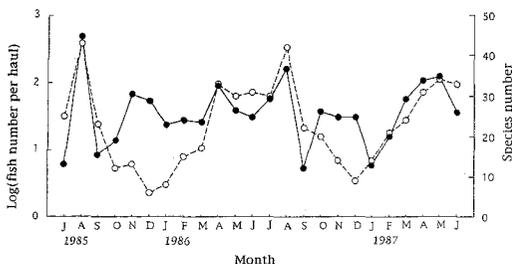


Fig. 13. Monthly fluctuations in number per haul (solid dots) and number of species (open dots) of the fishes collected with the seine in the bank waters of the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1987 (modified Fujita et al., 2002).

以上のように、8月には出現量・種類数とも多く、年間を通じ最も仔稚魚相が豊富となることが分かった。また、種類数には一定の季節変化がみられ、出現量については明瞭な傾向は認められなかった。

次に、出現率が 1% を超える魚種のうち、ハゼ科spp.と次章以降で述べるスズキ、クロダイ、キチヌを除く12種について、その出現量と全長の季節変化を Fig. 14 に示した。これをみると、出現量の最も多かったクロサギをはじめシマイサキ、コトヒキ、アイゴ、サツキハゼ、ヨシノボリ属sp.の6種が8月に出現盛期を示し、8月に仔稚魚相が豊富となることが分かる。しかし、翌月の9月にはいずれの種とも出現量が大きく減少し、特にアイゴの出現は8月に限られていた。また、このうちシマイサキを除く5種については9月以降に成長個体がほとんど出現せず、これら魚種が比較的短期間のうちに河口内浅所を離れていることが示唆された。

アユとボラは秋季から冬季にかけての比較的長期間出現した。アユは1985, 1986年とも12月に出現盛期を示し、河川域から流下して間もない全長 10 mm 前後の仔魚から河川域への遡上が近い 45 mm 程度の個体まで連続して採集された。一方、ボラは7ヶ月間の長期に亘り出現したものの、この間明瞭な出現盛期を示さず、平均全長は 30 mm 前後に一定していた。

残るドロクイ、セスジボラ、ヒナハゼ、マハゼの4種は春季を中心に出現した。このうち、ヒナハゼについては春季に出現量は多いものの、年間を通じて採集され、さらに仔魚から成魚まで連続して出現していることから本種が河口内浅所に周年定住していることが分かる。ドロクイ、セスジボラ、マハゼは4月または5月に出現盛期を示し、出現期間はドロクイで2ないし3ヶ月、セスジボラで3ないし4ヶ月間と比較的短いのに対し、マハゼは1986年では3-8月までの6ヶ月間に及んだ。出現期間中の全長の推移をみると、ドロクイ、マハゼでは平均および最大全長が季節とともに増大する傾向にあった。しかし、セスジボラについては 15 mm 前後の狭い範囲で一定していた。なお、各魚種の加入時の発育ステージはドロクイ、アユ等は後期仔魚期、ボラ、セスジボラ、アイゴ等では稚魚期で、その他の多くは後期仔魚から稚魚への移行期にあった。

次に、季節に伴う種組成の変化をみるため、各月の優占上位5種についてその優占順位と出現率を Table 2 に示した。月毎の最優占種は、1月がボラ、2月がスズキ、3月には再びボラで、4月には

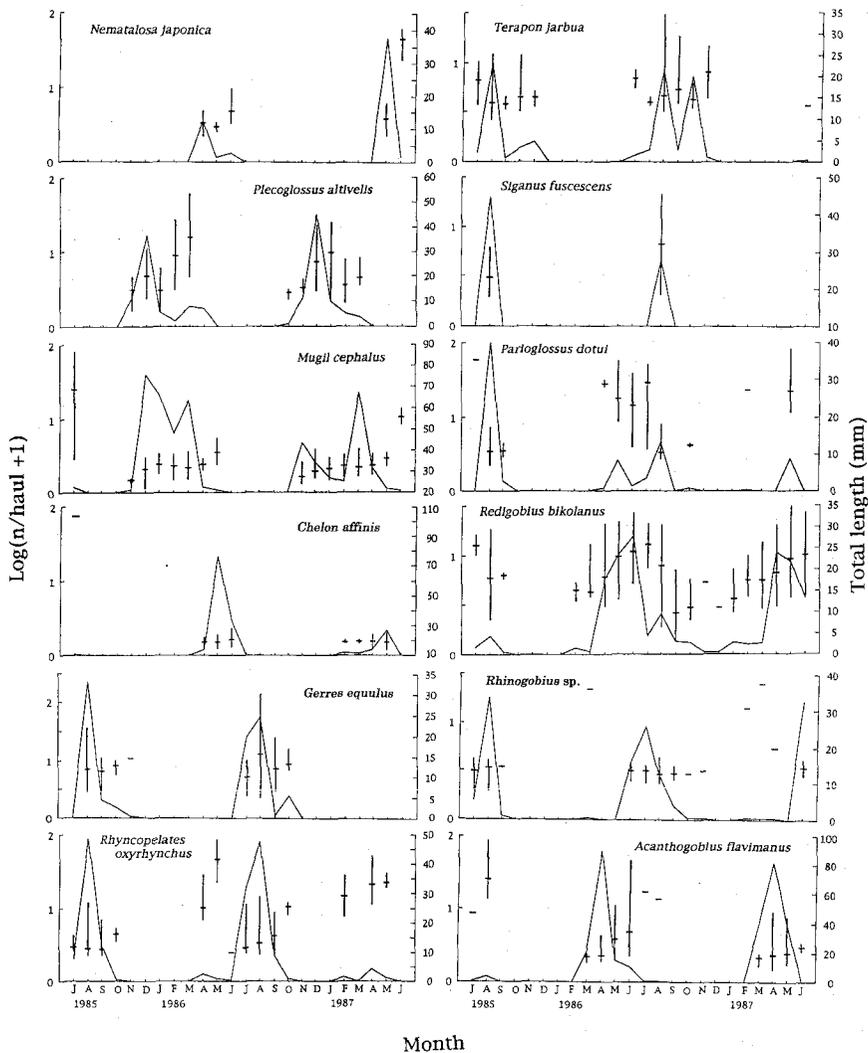


Fig. 14. Seasonal occurrence curves of 12 species characteristic of the bank waters at the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1987 (modified Fujita et al., 2002). Horizontal and vertical bars in the figure indicate means and ranges of total length, respectively.

マハゼ, 5月がクロダイ, 6月がヨシノボリ属sp., 7, 8月がクロサギ, 9月がシマイサキ, 10, 11月がキチヌ, 12月がアユであり, ほぼ月毎に交代した。

### 3) 生息環境

前項で明らかとなった河口内浅所における仔稚魚相をアマモ場とそれ以外の環境 (以下, 非アマモ域とする) に分け, 両環境間での種組成について比較する。

全出現種についてアマモ場と非アマモ域におけるそれぞれの出現率を求め, その上位20位までの種組成を Table 3 に示した。二年間の調査で, ア

マモ場では85種, 32577尾 (128尾/1曳網), 非アマモ域では82種, 16524尾 (32尾/1曳網) の主に仔稚魚が採集された。種類数については両環境間に大差はなかったものの, 出現量は非アマモ域に比べアマモ場で4倍の量に達した。最優占種は両環境ともクロサギであった。しかし, 2位から5位までをみるとアマモ場ではシマイサキ (15.32%), マハゼ (13.69%), サツキハゼ (8.26%), スズキ (6.86%) と続き, 非アマモ域ではキチヌ (18.44%), ボラ (13.21%), ドロクイ (10.52%), マハゼ (5.09%) の順となった。このように, 2位以降の出現種は両環境間で異なり, シマイサキ, サツキハゼ, スズキ等がアマモ場を, キチヌ, ボラ, ド

**Table 2.** Monthly transition of the dominant species of fishes collected with a seine in the bank waters of the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1987. Blank spaces for the rank and percentage mean the species was not caught.

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June.	July.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Species number	18	25	27	39	41	48	42	53	28	24	22	12
No. of fish collected	755	1188	2350	5160	4795	2178	2133	22742	471	1925	2982	2422
Species name	Rank %	Rank %	Rank %	Rank %	Rank %							
<i>Mugil cephalus</i>	1 69.11	3 13.52	1 45.32	11 0.68	21 0.13	31 0.10	15 0.29				3 3.86	2 47.18
<i>Rinogobius giurinus</i>	2 8.14	7 2.12	5 2.19	6 2.04	19 0.17	30 0.10				16 0.06	2 4.28	
<i>Plecoglossus altivelis</i>	3 5.89	8 1.59	6 1.40	18 0.36						11 0.18	4 2.75	1 49.95
Gobiidae spp.	4 3.89	2 16.10	2 24.23	2 15.03	10 0.63	11 1.29	6 1.31	12 0.35	16 1.91	8 0.23	6 0.16	
<i>Lateolabrax latus</i>	5 0.85	6 2.17	16 0.17	22 0.28	13 0.44	43 0.04	30 0.05					9 0.04
<i>L. japonicus</i>	8 0.41	1 21.15	3 13.61	3 8.79	9 0.78	36 0.09	28 0.08	50 <0.05				
<i>Cottus kazika</i>	6 2.69	4 6.07	7 0.68	29 0.09								6 0.13
<i>Acanthopagrus latus</i>	10 0.90	5 3.62	17 0.13	21 0.29			42 0.04			1 77.79	1 86.10	3 1.81
<i>Acanthogobius flavimanus</i>			4 8.36	1 53.08	5 3.67	13 1.01	25 0.09	26 0.04				
<i>Redigobius bikolanus</i>	9 1.11	10 0.97	11 0.43	4 7.23	4 10.28	2 26.24	8 1.15	13 0.33	12 2.94	5 0.61	11 0.04	8 0.04
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	12 0.50	9 1.53	12 0.39	5 2.52	27 0.05	28 0.13						
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>				10 1.01	1 34.07	3 11.17	4 2.15					
<i>Nematalosa japonica</i>				8 1.26	2 28.03	15 0.77						
<i>Chelon affinis</i>		16 0.23	20 0.09	24 0.17	3 13.41	5 2.84	40 0.04					
<i>Rinogobius</i> sp.		23 0.08	21 0.08	38 0.02		1 27.98	3 13.79	5 2.95	8 3.57	17 0.06	13 0.04	
<i>Zacco platypus</i>					29 0.05	4 9.66	7 1.20		17 1.68			7 0.04
<i>Gerres equulus</i>							1 39.90	1 43.71	4 8.34	3 3.85	10 0.06	
<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>		13 0.38		17 0.38	20 0.13	46 0.04	2 31.53	2 26.06	1 23.78	7 0.29		
<i>Sardinella zunasi</i>						6 2.69	5 1.45	11 0.38	2 11.36			
<i>Parioglossus dotui</i>		25 0.08		31 0.04	6 2.02	26 0.22	11 0.80	3 16.10	13 2.57	10 0.18		
<i>Siganus fuscescens</i>								4 3.52				
<i>Leiognathus nuchalis</i>							16 0.28	8 0.48	3 9.18			
<i>Gerres erythrourus</i>								34 0.02	5 6.33	4 2.37	8 0.10	
<i>Terapon jarbua</i>						23 0.31	10 0.90	6 2.58	11 0.40	2 12.95	5 0.72	
<i>Leucoparion petersi</i>			13 0.18	32 0.04		42 0.05			23 0.42			4 0.51
<i>Sparus sarba</i>	16 0.10	14 0.31	15 0.17	12 0.64	11 0.61	10 1.57	31 0.05				7 0.15	5 0.17

**Table 3.** Dominant species of fishes collected in eelgrass beds and non-eelgrass habitats in the Shimanto Estuary during the period from July 1985 to June 1987. Blank spaces for the rank and percentage mean the species was not caught.

Species name	Eelgrass beds 85 species (N=32577)		Non-eelgrass 82 species (N=16524)	
	Rank	%	Rank	%
<i>Gerres equulus</i>	1	18.77	1	19.05
<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	2	15.32	17	0.76
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	3	13.69	5	5.09
<i>Parioglossus dotui</i>	4	8.26	21	0.47
<i>Lateolabrax japonicus</i>	5	6.86	16	0.79
Gobiidae spp.	6	6.24	10	2.72
<i>Redigobius bikolanus</i>	7	5.67	34	0.17
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	8	4.68	9	3.29
<i>Plecoglossus altivelis</i>	9	3.90	8	3.80
<i>Rinogobius</i> sp.	10	3.72	14	1.17
<i>Mugil cephalus</i>	11	2.84	3	13.21
<i>Siganus fuscescens</i>	12	1.76		
<i>Acanthopagrus latus</i>	13	0.75	2	18.44
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	14	0.64	23	0.39
<i>Terapon jarbua</i>	15	0.57	7	3.98
<i>Rinogobius giurinus</i>	16	0.43	11	1.79
<i>Nematalosa japonica</i>	17	0.41	4	10.52
<i>Sparus sarba</i>	18	0.39	39	0.10
<i>Leiognathus nuchalis</i>	19	0.35	35	0.12
<i>Luciogobius</i> spp.	20	0.35	37	0.11
<i>Chelon affinis</i>	25	0.29	6	4.32
<i>Takifugu niphobles</i>	46	0.04	12	1.41
<i>Zacco platypus</i>	33	0.15	13	1.26
<i>Hyporhamphus sajori</i>	36	0.09	15	0.87
<i>Sardinella zunasi</i>	23	0.30	18	0.68
<i>Cottus kazika</i>	31	0.16	19	0.56
<i>Eutaeniichthys gilli</i>	34	0.12	20	0.54

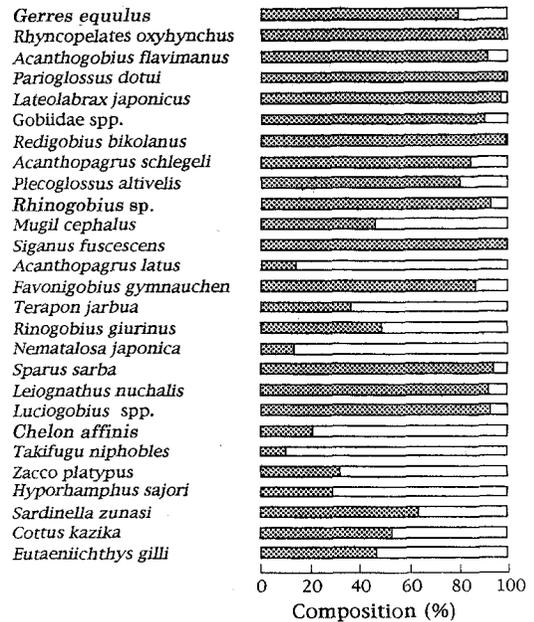
ロクイ等が非アマモ域をそれぞれ代表する魚種であった。

次に、Table 3 に示した27種について、アマモ場と非アマモ域間での出現量の比を算出し、Fig. 15 に示した。全体としてはアマモ場での出現割合が高く、27種中17種がアマモ場で多く出現した。さらにこのうち、サッパとカマキリを除く15種はいずれもアマモ場での出現量が80%以上を占め、アマモ場に集中する傾向を示した。一方、残る10種については非アマモ域での出現量の方が多かったものの、その割合が80%以上に達した種はキチヌ、ドロクイ、クサフグの3種に過ぎなかった。

## 2. 河口内流心部に出現する仔稚魚と魚卵

### 1) 種組成

一年間の調査で合計11772尾 (610.6尾/1000 m<sup>3</sup>) の仔稚魚と8367個 (434.0個/1000 m<sup>3</sup>) の魚卵が採



**Fig. 15.** Composition of fish number per a seine haul for the 27 species collected from eelgrass bed (shaded areas) and non-eelgrass habitats (open areas) in the Shimanto Estuary.

集された。仔稚魚は47分類群に分けられ、このうち種まで同定されたものは30種であった。一方、魚卵は4種を含む18分類群に分けられた。これら仔稚魚および魚卵の分類群別の採集個体数と出現率を Tables 4, 5 にそれぞれ示した。仔稚魚ではハゼ科spp.の出現量が全体の84.06%に達し、本科の卓越した出現が特徴的であった。以下、アユ (4.87%)、イソギンボ科spp. (2.73%)、マイワシ (2.31%)、不明種 (1.23%)、クロサギ (0.99%)、カサゴ (0.82%)、サッパ (0.61%)、コノシロ亜科spp. (0.28%)、ネズボ科spp. (0.27%) と続いた。この他、スズキ属ではスズキが21尾採集され、ヒラスズキは出現しなかった。また、ヘダイ亜科ではクロダイが1尾とキチヌが26尾採集され、ヘダイは出現しなかった。

魚卵については、卵径による分類にとどまった種不明卵が全体の82.68%を占めた。このうち卵径0.6 mm 台の卵が全体の73.83%に達し、小型卵が多くを占める点の特徴的であった。この他ではサッパ (3.16%)、コノシロ亜科 (5.40%) 等のニシン科の卵が比較的多く出現したものの、同科のウルメイワシ (0.51%)、マイワシ (0.22%) の卵の出現量は少なかった。また、沿岸・沖合域で卓越するカタクチイワシ卵は41個 (0.49%) 出現したに過ぎなかった。なお、スズキ属の卵について

**Table 4.** Total number and frequency of occurrence of fish larvae and juveniles collected with a 0.8 m ring net in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987.

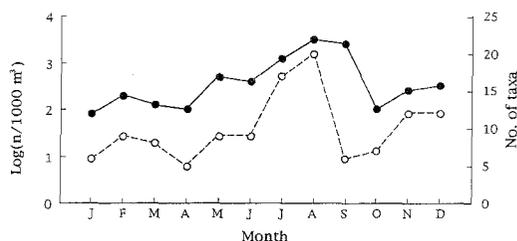
Species name	No.	%	Species name	No.	%
<i>Engraulis japonicus</i>	14	0.12	<i>Gerres equulus</i>	117	0.992
<i>Etrumeus teres</i>	3	0.03	<i>Acanthopagrus latus</i>	26	0.22
<i>Sardinops melanostictus</i>	272	2.31	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	1	0.012
<i>Sardinella zunasi</i>	72	0.61	<i>Nibea japonica</i>	4	0.031
Dorosomatinae spp.	51	0.43	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	2	0.021
<i>Zacco platypus</i>	12	0.10	<i>Omobranchus elegans</i>	3	0.03
Cyprinidae spp.	16	0.14	<i>Pictiblennius yatabei</i>	1	0.01
<i>Plecoglossus altivelis</i>	573	4.87	Blenniidae spp.	321	2.73
Synodontidae spp.	3	0.03	Blennioidei sp.	2	0.02
<i>Mugil cephalus</i>	1	0.01	Gobiocidae sp.	4	0.03
Bregmacrotidae sp.	5	0.04	Callionymidae spp.	32	0.27
<i>Hippichthys penicillus</i>	4	0.03	<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	1	0.01
<i>Hippocampus coronatus</i>	2	0.02	<i>Leucopsarion petersi</i>	1	0.01
<i>Syngnathus schlegeli</i>	1	0.01	<i>Luciogobius</i> sp.	2	0.02
<i>Urocampus nanus</i>	1	0.01	<i>Rhinogobius</i> sp.	1	0.01
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	97	0.82	Gobiidae spp.	9895	84.06
Scorpaenidae spp.	13	0.11	Paralichthyidae spp.	4	0.03
<i>Platycephalus indicus</i>	5	0.04	Pleuronectidae sp.	13	0.11
<i>Cottus kazika</i>	1	0.01	<i>Paraplagusia japonica</i>	1	0.01
<i>Lates japonicus</i>	2	0.02	Cynoglossidae spp.	2	0.02
<i>Lateolabrax japonicus</i>	21	0.18	<i>Rudarius ercodes</i>	1	0.01
<i>Sillago japonica</i>	1	0.01	Tetraodontidae sp.	1	0.01
Carangidae spp.	6	0.05	Unknown	145	1.23
<i>Leiognathus nuchalis</i>	16	0.14			

**Table 5.** Total number and frequency occurrence of fish eggs collected with a 0.8 m ring net in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987.

Name of taxa	No.	%
Anguilloidei sp.	2	0.02
<i>Engraulis japonicus</i>	41	0.49
<i>Etrumeus teres</i>	43	0.51
<i>Sardinella zunasi</i>	264	3.16
<i>Sardinops melanostictus</i>	18	0.22
Dorosomatinae spp.	452	5.40
Synodontidae spp.	266	3.18
<i>Lateolabrax</i> sp.	5	0.06
Callionymidae spp.	109	1.30
Soleoidei spp.	249	2.98
Unknown		
φ 0.61-0.70 mm <sup>a</sup>	6177	73.83
φ 0.71-0.80 mm	619	7.40
φ 0.81-0.90 mm	99	1.18
φ 0.91-1.00 mm	16	0.19
φ 1.01-1.00 mm	2	0.02
φ 1.21-1.30 mm	2	0.02
φ 1.31-1.40 mm	1	0.01
φ 1.51-1.60 mm	2	0.02

a. range of egg diameter.

は5個採集されたのみであった。また、ヘダイ亜科の卵は同定が困難であるため、特定はできなかったものの、種不明卵に含まれている可能性はある。



**Fig. 16.** Monthly fluctuations in number per 1000 m<sup>3</sup> (solid dots) and number of taxa (open dots) of fishes collected with a ring net in the center of flow of the Shimanto Estuary from January to December 1987.

## 2) 出現の季節変化

河口内流心部にける仔稚魚の出現量と出現分類群数の季節変化を Fig. 16 に示した。1000 m<sup>3</sup> 当りの出現尾数（出現量）は1月に74.3尾と最も少なく、以降変動しつつ8月に最高の2904.3尾に達した後、10月に大きく減少し、12月にかけて再び増加する傾向を示した。全体としては7-8月に多く出現する状況にあった。出現分類群数は5（4月）-20（8月）の範囲にあったが、季節的な変動は9月の低下を除き、出現量のそれとほぼ対応していた。

出現量の多かった12種についてその季節変化を Fig. 17 に示した。このうち、ハゼ科 spp. の出現変

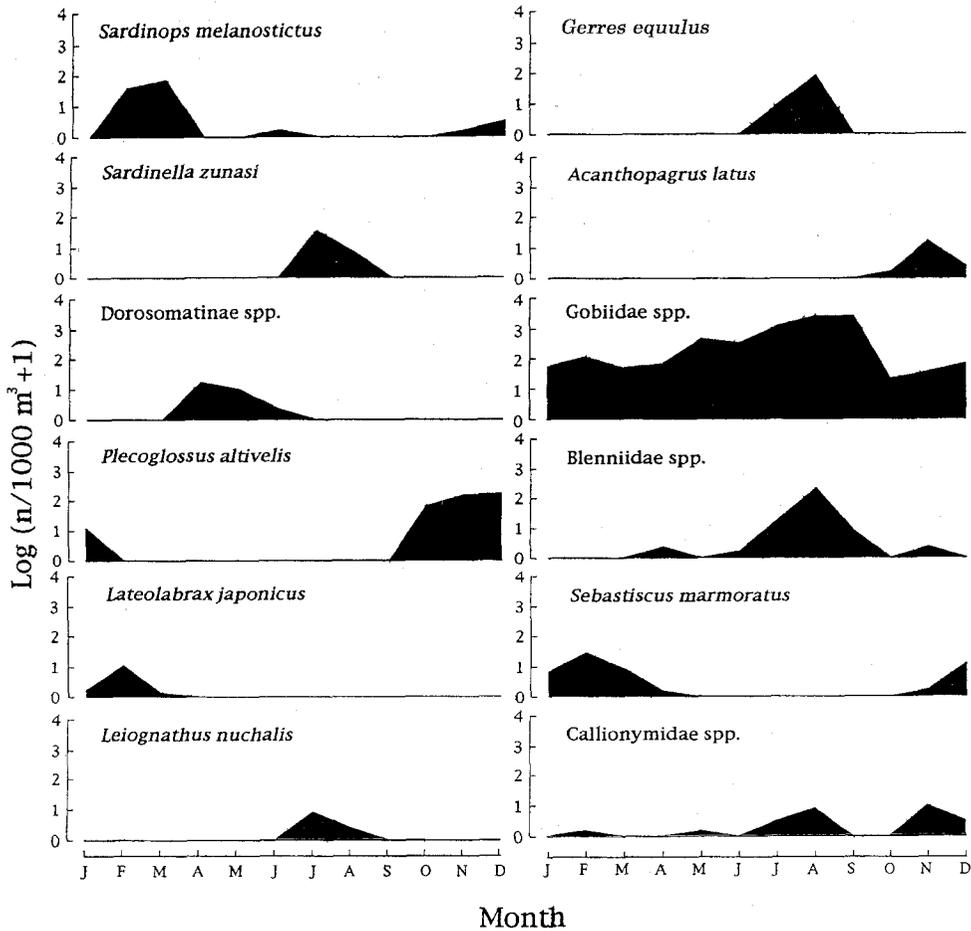


Fig. 17. Seasonal occurrence curves of 12 species characteristic of the center of flow at the Shimanto Estuary from January to December 1987.

動は先の全出現量のそれとほぼ一致しており、ハゼ科spp. がほぼ周年卓越して出現した。また、ネズボ科spp. は夏季と秋季にやや多いものの明瞭な出現盛期がみられず、各季とも僅かながら出現した。その他については、マイワシ、スズキ、カサゴが冬季、コノシロ亜科spp. が春季、サッパ、ヒイラギ、クロサギ、イソギンポ科spp. が夏季、アユ、キチヌが秋季にそれぞれ多く出現した。

魚卵の出現量と出現分類群数の季節変化を Fig. 18 に示した。両項目とも9月に最も少なく、卵径 0.6 mm 台の種不明卵が1.1個出現したのみであった。一方、最高は出現量では8月の4981.3個、分類群数では7月の11であり、魚卵についても仔稚魚と同様、7、8月に豊富となる傾向にあった。

### 3) 主要仔稚魚の全長

出現量の多かった8種の全長組成を Fig. 19 に示

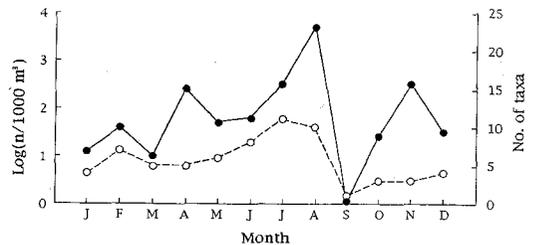


Fig. 18. Monthly fluctuations in number per 1000 m<sup>3</sup> (solid dots) and number of taxa (open dots) of fish eggs collected with a ring net in the center of flow of the Shimanto Estuary from January to December 1987.

した。各魚種の发育ステージをみると、アユとスズキは卵黄を持つ前期仔魚が多く、孵化後間もない個体が大半を占めた。また、カサゴについてもそのサイズから産仔後間もない仔魚であることが

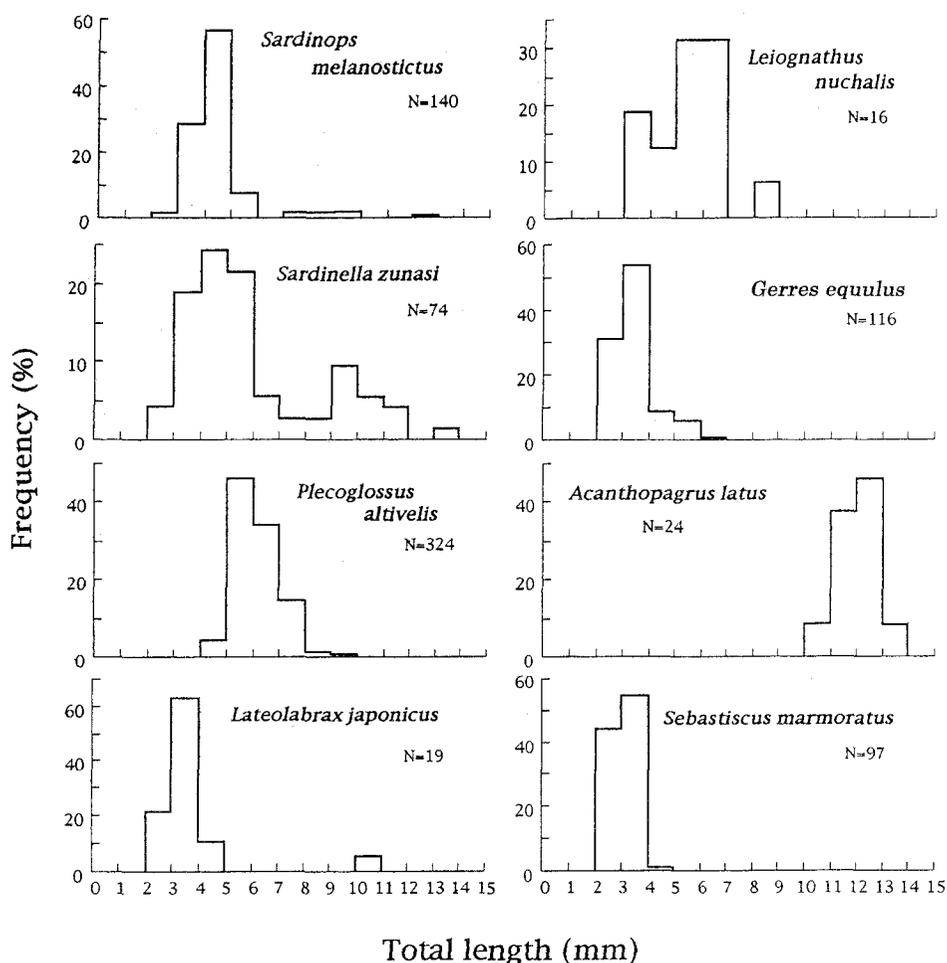


Fig. 19. Length frequency of eight species collected with a ring net in the center of flow of the Shimanto Estuary.

分かる。ニシン科であるマイワシとサツパは前期仔魚から出現し、全長モードである 4.1-5.0 mm の個体は両種とも卵黄吸収後間もない脊索上屈前の後期仔魚期にあった。同じく、クロサギもほとんどが脊索上屈前の後期仔魚であった。一方、ヒイラギではやや発育が進み、脊索上屈中の後期仔魚が中心で、上屈の完了した個体も僅かながら出現した。キチヌについてはさらに発育が進んでおり、仔魚から稚魚への移行期にある個体が中心で、河口内浅所に出現し始めるサイズとはほぼ一致していた。

#### 4) 出現の地点間比較

各地点の河口からの距離と仔稚魚の出現量および分類群数との関係を Fig. 20 に示した。出現量および分類群数とも表層に比べ底層が多かった。

地点別では出現量は表・底層とも上流の St.C5 で最も多く、それぞれ660.9, 1979.6尾を示した。逆に、最低は表層では St.C4 の216.0尾、底層では St.C1 の436.6尾で、底層では下流に向かうに従って減少する傾向が認められた。一方、分類群数では河口の St.C1 で最も多く、表層で20、底層で31種以上の仔稚魚が出現し、上流の地点程少ない傾向にあった。

次に、地点間の種組成を比較するため、各地点の表・底層を合わせた種組成の上位10位までの出現率と優占順位を Table 6 に示した。これによると、各地点ともハゼ科 spp. が最も多く、その出現率は St.C4 で最高の 92.30% を示した。逆に St.C1 でのそれは 64.12% と地点中最も低かった。ハゼ科 spp. に次いで出現率の高かったのは、下流側の Sts.C1, C2 ではイソギンポ科 spp., それより上流

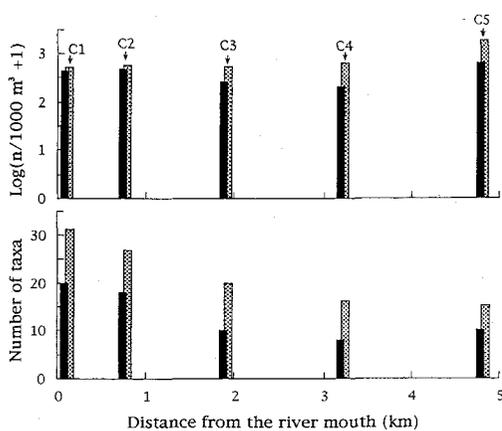


Fig. 20. Number per 1000 m<sup>3</sup> (upper) and total number of taxa (lower) of fishes collected at each sampling station in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987. Solid and shaded bars in the figure indicate surface and bottom catches, respectively.

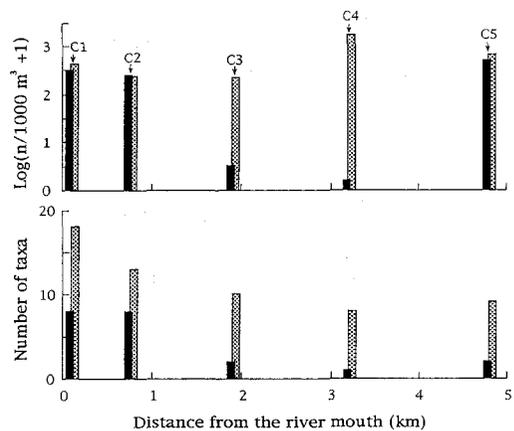


Fig. 21. Number per 1000 m<sup>3</sup> (upper) and total number of taxa (lower) of fish eggs collected at each sampling station in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987. Solid and shaded bars in the figure indicate surface and bottom catches, respectively.

の地点ではアユであった。その他、マイワシ、ネズボ科 spp., キチヌ等は上流に比べ下流の地点での出現率が高い傾向にあった。このように、仔稚魚の出現量は底層で上流の地点ほど多い傾向が認められ、出現種類数は逆に表・底層とも下流に向かうに従って豊富となり、種組成は河口部で最も多様であった。

各地点における魚卵の出現状況を同様に Fig. 21

に示した。魚卵の出現量は表層で 0.6 (St.C4)-483.3 (St.C5) 個、底層では 221.6 (St.C3)-1732.4 (St.C4) 個の範囲にあった。St.C2 を除き、表層に比べ底層での出現量が多く、Sts.C3, C4 でその傾向は顕著であった。地点別にみると、表層では St.C1 から St.C4 にかけて上流ほど出現量が減少する傾向が認められたものの、最上流の St.C5 では最高値を示した。また、底層での魚卵の出現量

Table 6. Local difference of the dominant taxa of larval and juvenile fishes collected with a 0.8 m ring net in the center of flow of the Shimanto Estuary during the period from January to December 1987. Blank spaces for the rank and percentage mean the taxon was not caught.

Locality	St.C1	St.C2	St.C3	St.C4	St.C5
Number of fishes	2288	2347	1424	1650	4063
Number of taxa	36	29	20	17	18

Name of Taxa	Rank	%								
Gobiidae spp.	1	64.12	1	89.26	1	85.88	1	92.30	1	88.28
Blenniidae spp.	2	10.14	2	2.60	9	0.35	6	0.42	4	0.39
<i>Sardinops melanostictus</i>	3	9.48	6	0.68	3	2.39	10	0.18	10	0.05
Unknown	4	4.59	5	1.15	8	0.49	7	0.30	18	0.02
<i>Sebastes marmoratus</i>	5	2.23	10	0.30	5	2.04	5	0.55	13	0.02
<i>Plecoglossus altivelis</i>	6	2.01	3	1.62	2	2.81	2	3.39	2	9.67
Dorosomatinae spp.	7	1.22	8	0.43			11	0.18	6	0.25
Callionymidae spp.	8	1.09	12	0.26					12	0.02
<i>Acanthopagrus latus</i>	9	0.66	9	0.34	11	0.21				
<i>Sardinella zunasi</i>	10	0.61	7	0.43	6	1.90	4	0.61	5	0.27
<i>Gerres equulus</i>	14	0.31	4	1.53	4	2.25	3	1.15	3	0.57
<i>Lateolabrax japonicus</i>	19	0.17	11	0.26	7	0.56	12	0.12	14	0.02
Cyprinidae spp.	20	0.13	24	0.04	10	0.28			7	0.20
<i>Zacco platypus</i>	34	0.04	13	0.13	13	0.14	8	0.24	9	0.05
<i>Leiognathus nuchalis</i>	15	0.26	18	0.09	15	0.07	9	0.24	8	0.07

については流程に伴う一定の傾向は認められなかった。一方、魚卵の出現分類群数をみると、表・底層とも河口の St.C1 で最も豊富で、上流側の地点で少ない傾向にあった。

### 3. 河口周辺砂浜海岸砕波帯に出現する仔稚魚

#### 1) 水温と塩分

地点別の水温と塩分の季節変化を Fig. 22 に示した。水温の最低値は St.S6, S9 でそれぞれ1, 2月に観測された 14.4°C で、その他の地点でも1月または2月に年間で最低となった。逆に最高値は St.S6 において8月に観測された 31.4°C で、次いで

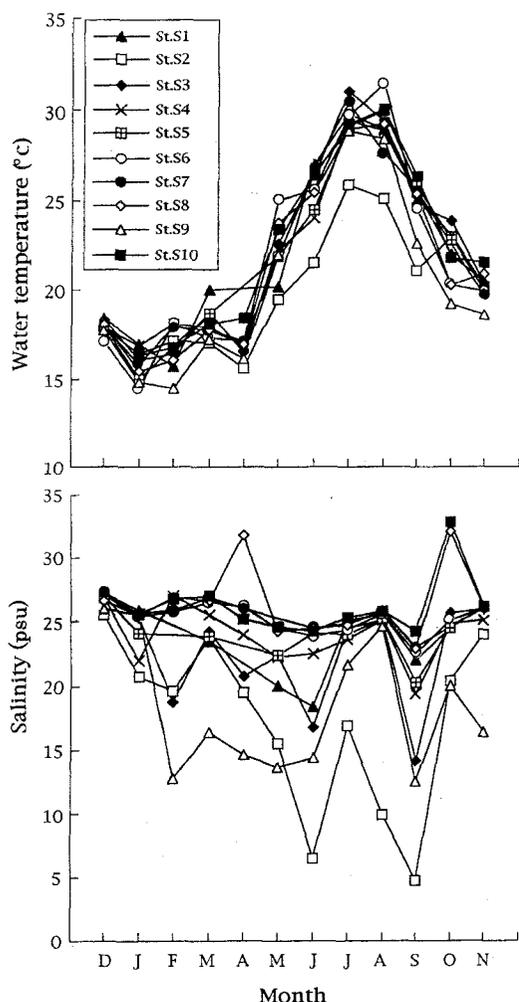


Fig. 22. Monthly changes in water temperature (upper) and salinities (lower) recorded at the ten surf zones on southwestern Tosa Bay from December 1989 to November 1990.

St.S3 の7月での 31.0°C であった。地点別には St.S2 で夏季に、St.S9 では冬季に他の地点に比べそれぞれやや低い傾向にあった。

塩分は 4.7 psu (St.S2, 9月)-32.7 psu (St.S10, 10月) の範囲で変動し、季節変化に一定の傾向は認められなかった。地点別では、St.S2 および St.S9 の塩分が他の地点に比べ相対的に低い傾向にあった。これら両地点は水温についても他の地点に比べやや低い状況にあり、陸水の影響が強く及んでいる様子が示唆された。

#### 2) 種組成

一年間の調査で190曳網を行い、30科56種以上、合計8358尾の主に仔稚魚を得た。全種の出現率と全長範囲を Table 7 に示した。最も出現量の多かったのはアユで、全体の 71.48% を占めた。以下、ムギイワシ (8.59%), ヨシノボリ属 spp. (3.25%), アゴハゼ属 spp. (3.25%), コトヒキ (2.55%), キチヌ (1.85%), クロサギ (1.36%), ポラ (1.12%), セスジボラ (1.08%), コノシロ (0.92%) と続き、これら10位までで全体の 92.23% を占めた。なお、スズキ属ではスズキ (0.04%) とヒラスズキ (0.34%) が出現し、出現量は後者が多かった。また、ヘダイ亜科ではキチヌの他、ヘダイ (0.11%), クロダイ (0.18%) も出現した。

出現種の多くは、沿岸性または広塩性の海産魚であった。しかし、量的にはアユの出現により通し回遊性の魚類が最多となった。この他、沿岸域で優占するイワシ類としては、マイワシ (0.01%), カタクチイワシ (0.23%) が少数ながら出現した。

#### 3) 出現の季節変化

各月の出現量 (尾/1曳網) と出現種類数 (spp. は1種とした) を Fig. 23 に示した。出現量が最も多かったのは12月 (259.91尾) で、次いで11月 (89.04尾), 7月 (65.42尾) であった。逆に最も少なかったのは2月 (5.47尾) で、この他6月 (7.22尾), 8月 (8.55尾), 10月 (5.54尾) についても10尾以下と少なかった。このように、出現量は月毎による変動が大きく、一定の傾向は認められなかった。一方、出現種類数の季節変化は5月の21種をピークとするほぼ単峰形を示し、最低は1月の9種であった。季節的には秋、冬季に比べ春、夏季に多様となる傾向を示し、出現量の月変動とは一致しなかった。

次に、出現量の多かった8種にスズキ属とヘダイ亜科を加えた計12種について、それぞれの出現量と全長の季節変化を Fig. 24 に示した。最も出現量の多かったアユは秋季から春季の長期に亘つ

**Table 7.** List of fishes collected with a seine in the surf zones on southwestern Tosa Bay from December 1989 to November 1990.

Species name	%	Range of total length(mm)	Species name	%	Range of total length(mm)
Elopidae			Carangidae		
<i>Megalops cyprinoides</i>	0.01	28.1	<i>Caranx sexfasciatus</i>	0.01	69.2
Anguillidae			<i>Scomberoides lysan</i>	0.02	27.4 - 28.4
<i>Anguilla japonica</i>	0.01	54.9	<i>Trachinotus baillonii</i>	0.05	57.2 - 88.4
Engraulididae			<i>Trachurus japonicus</i>	0.01	3.7
<i>Engraulis japonicus</i>	0.53	7.5 - 36.1	Gerreidae		
Clupeidae			<i>Gerres equulus</i>	1.36	7.1 - 13.8
<i>Konosirus punctatus</i>	0.92	6.2 - 28.7	<i>G. erythrorurus</i>	0.01	14.0
<i>Sardinella zunasi</i>	0.07	9.5 - 27.4	Sparidae		
<i>Sardinops melanostictus</i>	0.01	19.0	<i>Acanthopagrus latus</i>	1.85	10.1 - 14.7
Chanidae			<i>A. schlegeli</i>	0.18	7.0 - 11.5
<i>Chanos chanos</i>	0.34	12.4 - 14.2	<i>Sparus sarba</i>	0.11	11.2 - 13.1
Osmeridae			Teraponidae		
<i>Plecoglossus altivelis</i>	71.48	10.5 - 55.4	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	0.07	9.6 - 18.2
Gonostomatidae			<i>Terapon jarbua</i>	2.55	9.8 - 19.2
Gonostomatidae sp.	0.01	12.0	Scorpididae		
Isonidae			<i>Microcanthus strigatus</i>	0.07	14.7 - 19.0
<i>Iso flosmaris</i>	0.01	12.3	Kuhliidae		
Exocoetidae			<i>Kuhlia marginata</i>	0.01	26.1
Exocoetidae sp.	0.02	5.2 - 5.8	Oplegnathidae		
Mugilidae			<i>Oplegnathus fasciatus</i>	0.01	14.6
<i>Chelon affinis</i>	1.08	13.9 - 35.0	<i>O. punctatus</i>	0.01	23.0
<i>C. macrolepis</i>	0.34	11.8 - 44.7	Girreidae		
<i>Crenimugil crenilabis</i>	0.01	50.3	<i>Girella leonina</i>	0.02	19.8
<i>Mugil cephalus</i>	1.12	22.7 - 36.3	<i>G. punctata</i>	0.63	16.7 - 27.8
<i>Oedalechilus labiatus</i>	0.02	36.1 - 38.9	Blenniidae		
Atherinidae			<i>Petroscirtes breviceps</i>	0.04	11.4 - 17.9
<i>Atherion elymus</i>	8.59	5.1 - 64.6	<i>Pictiblennius yatabei</i>	0.07	16.2 - 18.2
<i>Hypoatherina bleekeri</i>	0.48	13.2 - 83.6	Gobiidae		
Scorpaenidae			<i>Chaenogobius</i> spp.	2.58	11.4 - 33.5
<i>Sebastes pachycephalus</i>	0.01	21.7	<i>Gymnogobius</i> spp.	0.30	16.1 - 34.0
Platycephalidae			<i>Luciogobius</i> spp.	0.32	8.7 - 19.9
<i>Platycephalus indicus</i>	0.02	9.0 - 10.9	<i>Rinogobius</i> spp.	3.25	9.2 - 17.1
Cottidae			<i>Sicyopterus japonicus</i>	0.05	30.5 - 32.5
<i>Cottus kazika</i>	0.06	5.4 - 17.5	Gobiidae spp.	0.20	6.2 - 14.0
<i>Ocynectes maschalis</i>	0.02	8.5 - 13.0	Monacanthidae		
Percichthyidae			<i>Rudarius ercodes</i>	0.02	3.9 - 5.8
<i>Lateolabrax japonicus</i>	0.04	11.7 - 13.4	Tetraodontidae		
<i>L. latus</i>	0.34	10.2 - 36.0	<i>Takifugu niphobles</i>	0.43	4.2 - 38.8
Apogonidae			Tetraodontidae sp.	0.01	4.1
Apogonidae sp.	0.01	9.6	Diodontidae		
Sillaginidae			<i>Diodon holocanthus</i>	0.01	11.2
<i>Sillago japonica</i>	0.13	9.6 - 14.8	Unknown	0.01	-

て出現し、量的には11, 12月に多かった。月別の平均全長は 14.5 mm (10月) から時期を追って増大する傾向を示し、4・5月には河川への遡上直前の成長個体が出現した。アユの他、ムギイワシとコトヒキの2種も6ヶ月以上の長期に亘って出現した。しかし、この間の全長には季節に伴って増大する傾向は認められなかった。その他、季節毎に出現種をみると、冬季にはスズキとヒラスズキが、春季にはボラ、セスジボラ、クロダイ、コノシロが、夏季にはクロサギ、コトヒキが、秋季にはキ

チヌとヘダイがそれぞれ出現盛期を示した。このうち、出現期間中に全長が明らかに増大する傾向をしめした種はコノシロとヒラスズキの2種のみであった。

#### 4) 出現の地点間比較

各地点の年間平均出現量と出現した総種類数を Fig. 25 に示した。これをみると、St.S3 で出現量および種類数とも最も多く、120.87尾、28種の仔稚魚が出現した。逆に最も少なかった地点は、出

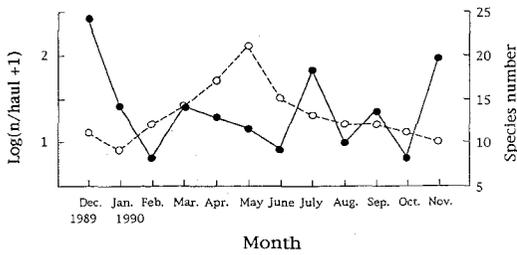


Fig. 23. Monthly fluctuations in number per haul (solid dots) and number of species (open dots) of fishes collected with a seine in the ten surf zones of southwestern Tosa Bay from December 1989 to November 1990.

現量では St.S1 (1.34尾), 種類数では St.S8 (9種)であった. St.S8 と St.S9 を除くと, 出現量と種類数の関係はほぼ対応しており, St.S3 で仔稚魚相は最も豊富で, 反対に St.S1 や St.S10 では出現量および種類数とも少なかった.

各地点における種組成を比較するため, 全出現種の地点別出現率をもとに地点間の類似度C $\pi$ 指数(木元, 1976)を算出し, Fig. 26 に整理した. また, 地点毎の優占上位5種についてその順位と出現率を Table 8 に示した. Fig. 26 をみると, St.S3, S5, S6, S7, S8 の5地点間で類似度が高く, 一群を形成しているとえる. これら5地点

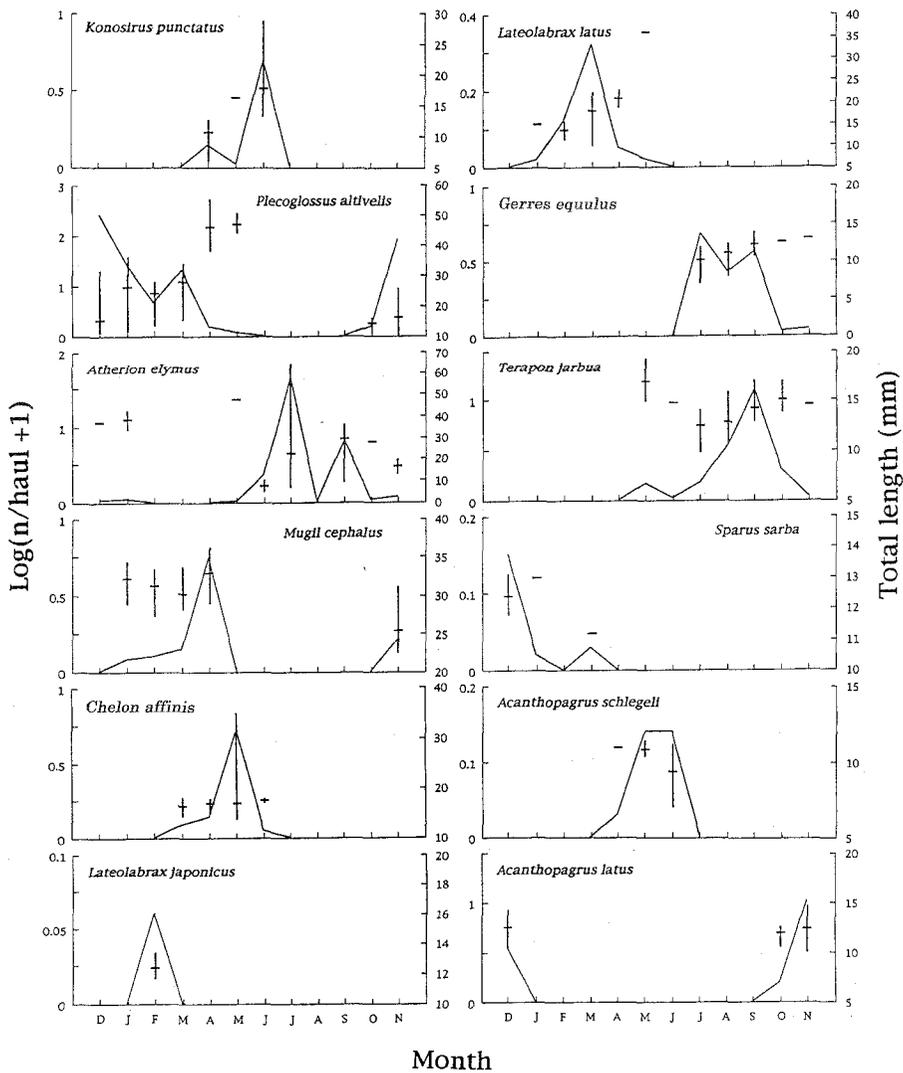


Fig. 24. Seasonal occurrence curves of 12 species characteristic of surf zones at ten beaches on southwestern Tosa Bay from December 1989 to November 1990. Horizontal and vertical bars in the figure indicate means ranges of total length, respectively.

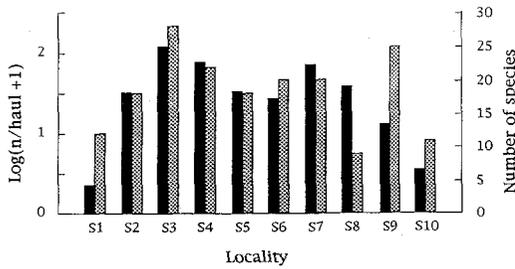


Fig. 25. Number per haul (solid bars) and total number of species (shaded bars) of the fishes collected with a seine at each sampling station on southwestern Tosa Bay during the period from December 1989 to November 1990.

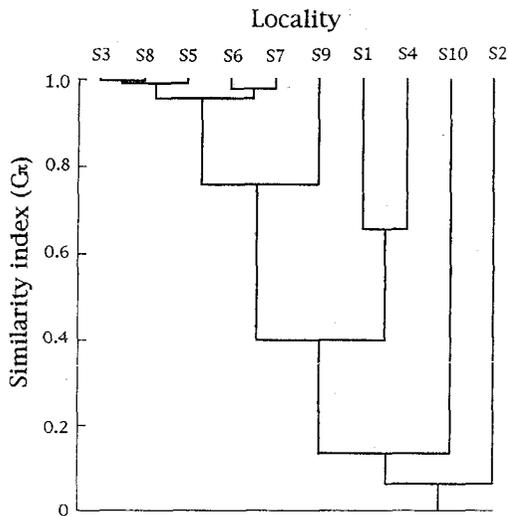


Fig. 26. Similarity ( $C\pi$  index) among stations based on pooled monthly data for fishes collected from December 1989 to November 1990 in the surf zones of southwestern Tosa Bay.

ではいずれもアユが最優占種であり、しかもその出現率は 69.57-96.38% の高い範囲にあった。同じく、St.S9 においても最優占種はアユであったものの、その出現率は 43.08% と低く、代わってボラが 23.69% と他の地点に比べ高い出現率を示した。そのためアユの卓越する先の5地点との類似度はやや低かった。また、Sts.S1, S4 での最優占種は両地点ともムギイワシで合った。しかし、St.S1 ではコトヒキ、クロダイの出現率が、St.S4 ではアゴハゼ属 spp. の出現率がそれぞれ高く、両地点間の種組成には相違が認められた。この他、St.S2 と St.S10 の種組成はそれぞれに他の地点と大きく異なり、St.S2 ではヨシノボリ属 spp., コトヒキ、セスジボラ、St.S10 ではクロサギ、サバヒー、キチヌの順で多く出現した。

以上のように、各地点の種組成はアユが多く出現する地点間で高い類似性を示した一方、それ以外の地点ではそれぞれ特徴的な種が出現し、相互の類似性は低かった。

## 考 察

土佐湾の浅海域（水深約 5-30 m のシラス漁場）における仔稚魚組成は当海域で行われているシラスパッチ網漁業の漁獲物から知ることができる。池本ほか（1981; 1982; 1983）および三福ほか（1984）の4ヶ年に亘るシラスパッチ網の漁獲物調査の結果を集計すると、最も出現率の高かったのはカタクチイワシ仔魚（56.4%）で、次いでマイワシ、ウルメイワシと続き、これら3種で全体の94.0% に達している。また、林ほか（1988）による調査においてもカタクチイワシが最も多く、これに次ぐマイワシ、ウルメイワシの3種の合計は全体の86.8% を占めている。浅海域よりさらに沖合の外海域ではマイワシ、ウルメイワシ仔魚の出現率は低くなるものの、カタクチイワシについてはより卓越した種となる傾向にあり、松田（1969）による調査では全体の74.3% を本種が占めている。このように、浅海域・外海域においてはイワシ類が多く出現し、特にカタクチイワシ仔稚魚が量的に卓越していることが分かる。これに対し、河口内では浅所・流心部ともカタクチイワシの出現は希で、その出現率は浅所で0.04%、流心部でも0.12% と低かった。また、ウルメイワシの出現率についてはさらに少なく、河口内浅所では2ヶ年の調査を通じ全く採集されなかった（Tables 1, 4）。同じく、河口周辺の砂浜海岸砕波帯でもカタクチイワシの出現率は0.53% と低かった。さらに、マイワシは僅かに1個体採集されたに過ぎず、ウルメイワシに至っては全く出現しなかった（Table 7）。このように、イワシ類の出現状況を見るだけでも河口内およびその周辺砕波帯の仔稚魚相が浅海域・外海域のそれとは明白に異なっている。木下（1993）は土佐湾中央部の砂浜海岸砕波帯に出現する仔稚魚組成を浅海域・外海域のものと比較し、同様な相違点を指摘するとともに、アユ、クロサギ、クサフグ等が砕波帯を代表する仔稚魚であり、ヘダイ亜科のヘダイ、クロダイ、キチヌは砕波帯固有の仔稚魚であると報告している。これら仔稚魚は、全て四万十川河口内の浅所と周辺の砂浜海岸砕波帯で出現しており、ごく浅い水域に共通する仔稚魚と言えそうである。この他、河口内および周辺砕波帯で出現したスズキ属仔稚魚についても浅海域・外海域の調査では全く

**Table 8.** Local difference of the dominant species of fishes collected with a seine in the surf zones on southwestern Tosa Bay during the period from December 1989 to November 1990. Blank spaces for the rank and percentage mean the species was not caught.

Locality	St.S1		St.S2		St.S3		St.S4		St.S5		St.S6		St.S7		St.S8		St.S9		St.S10	
Number of fishes	30		505		4170		1266		504		345		731		414		325		68	
Number of species	12		18		28		22		18		20		20		19		25		11	
Species name	rank	%	rank	%																
<i>Atherion elymus</i>	1	23.33	6	3.96	26	0.02	1	51.97			2	8.70	13	0.14	8	0.24				
<i>Terapon jarbua</i>	2	16.67	2	21.58	4	0.70	7	0.79	3	0.99	5	2.90	6	1.92	3	0.72	3	8.00	5	2.94
<i>Plecoglossus altivelis</i>	3	13.33	9	0.59	1	91.56	2	30.17	1	89.48	1	69.57	1	72.91	1	96.38	1	43.08	4	5.88
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	4	10.00			18	0.10	13	0.16	7	0.40	16	0.29	18	0.14			17	0.31	7	1.47
<i>Gerres equulus</i>	5	6.75	12	0.20	14	0.12	14	0.08	5	0.60	4	2.90	3	6.84	5	0.24	8	1.85	1	51.47
<i>Rinogobius</i> sp.			1	48.32			4	2.21												
<i>Chelon affinis</i>			3	10.50	5	0.53			9	0.40	7	1.74					7	2.15		
<i>Girella punctata</i>			4	6.14					14	0.20	3	5.51					15	0.62		
<i>Chasmichthys</i> spp.			5	4.95	10	0.24	3	10.74	2	4.56	17	0.29	17	0.14	2	1.21	4	4.62		
<i>Acanthopagrus latus</i>	6	6.67	11	0.40	2	3.26	9	0.24			11	0.58	9	0.41					3	10.29
<i>Engraulis japonicus</i>			14	0.20	3	0.98			16	0.20							18	0.31		
<i>Lateolabrax latus</i>					6	0.46			4	0.99							13	0.92	11	1.47
<i>Gymnogobius</i> spp.							5	1.18									5	3.08		
<i>Trachinotus baillonii</i>	7	6.67							6	0.40										
<i>Chelon macrolepis</i>					9	0.26					9	0.87	5	1.92						
<i>Konosirus punctatus</i>					14	0.14					12	0.58	2	9.30					6	1.47
<i>Chanos chanos</i>					23	0.02	19	0.08			8	1.45	8	0.55	4	0.48	19	0.31	2	20.59
<i>Mugil cephalus</i>			15	0.20	16	0.12	16	0.08			6	2.03	15	0.14	6	0.24	2	23.69	8	1.47

出現しておらず、その分布は河口域（田中・松宮, 1982; Fujita et al., 1988）や砂浜海岸砕波帯（Kinoshita & Fujita, 1988）、アマモ場（大島, 1954; 布施, 1962）等のごく沿岸部に限られていることが分かる。また、北米の河口域に出現するスズキ科の *Morone saxatilis* や *M. americana* の仔稚魚も水深1.5 m 以浅の水域に多く分布することが知られており（Boynyon et al., 1981; Smith et al., 1984）、スズキ科の一部が岸際浅所を成育場としていることは明らかである。

四万十川河口内での浅所と流心付近に出現する仔稚魚の種組成を比較するため、それぞれで優占上位15位に入る仔稚魚についてその出現率と順位を Table 9 に示す。当表から両水域に共通して比較的多く出現する種はサッパ、アユ、スズキ、クロサギ、キチヌ等であると判断できる。この他、ハゼ科、コノシロ亜科、コイ科については種の特定ができなかったものの、多くの共通種が含まれていると思われる。しかし、ボラ、セスジボラ、シマイサキ、コトヒキ、クロダイの5種については浅所では多く出現したにも拘わらず流心部では

**Table 9.** Dominant species of larval and juvenile fishes collected in the bank waters and the center of flow in the Shimanto estuary. Blank spaces for the rank and percentage mean the species was not caught. +, less than 0.005 %.

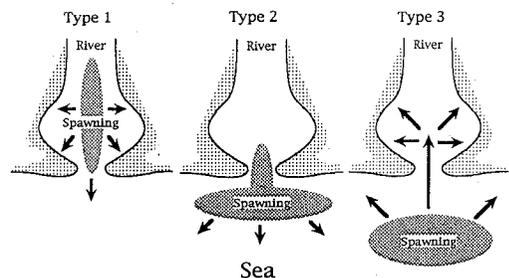
Species name	Bank waters (N=49101)		Center of flow (N=11772)	
	Rank	%	Rank	%
<i>Gerres equulus</i>	1	20.02	6	0.99
<i>Rhynchelates oxyrhynchus</i>	2	12.43	33	0.02
<i>Acanthopagrus latus</i>	3	8.51	11	0.22
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	4	7.74		
<i>Mugil cephalus</i>	5	7.16	36	0.01
<i>Parioglossus dotui</i>	6	6.98		
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	7	4.34	35	0.01
Gobiidae spp.	8	4.14	1	84.06
<i>Redigobius bikolanus</i>	9	3.48		
<i>Lateolabrax japonicus</i>	10	3.38	12	0.18
<i>Plecoglossus altivelis</i>	11	3.24	2	4.87
<i>Nematalosa japonica</i>	12	3.18	9	0.43
<i>Rinogobius</i> sp.	13	3.06	41	0.01 <sup>a</sup>
<i>Terapon jarbua</i>	14	1.63		
<i>Chelon affinis</i>	15	1.59		
Blenniidae spp.			3	2.73
<i>Sardinops melanostictus</i>	69	0.01	4	2.31
Unknown	84	+	5	1.23
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	75	0.01	7	0.82
<i>Sardinella zunasi</i>	19	0.43	8	0.61
Callionymidae spp.			10	0.27
<i>Leiognathus nuchalis</i>	23	0.29	13	0.14
Cyprinidae spp.	18	0.73	14	0.14
<i>Engraulis japonicus</i>	49	0.04	15	0.12

a, identification to the subfamily level.

とんど、または全く採集されず、逆に流心部で多かったイソギンポ科、カサゴ、ネズボ科は浅所にはほとんど、または全く出現していない。このように両水域間の種組成にはかなりの相違が認められる。

一方、河口内の浅所と流心部との共通種についてもその発育ステージをみると両水域間で相違がみられ、浅所ではほとんどの個体が後期仔魚から稚魚への移行期以降のステージにあったのに対し、流心部ではキチヌを除き、ほとんどが脊索屈曲期以前の早い発育ステージに限られていた (Fig. 19)。また、このような発育初期の段階から流心部に出現したサッパ、コノシロ亜科、スズキ、ネズボ科などは仔魚のみならず卵も比較的多く採集されている。この他、大量に出現した卵径0.6 mm 台の不明卵の中にはその卵径や出現期から考えクロサギ科やヒイラギの卵が含まれている可能性が高い (池田・水戸, 1988)。また、流心部での仔稚魚の種組成は海洋水の影響が強く及ぶ河口付近の底層において多様で、河口部に近い定点に出現する魚種の多くが海域由来であると推察できる (Figs. 20, 21)。このように、河口内流心部に出現する海産魚種の多くはその産卵場所が河口内または河口近くの海域にあるといえよう。他方、河口内浅所に特有な海産魚種については、多くが流心部に比べ発育ステージの進んだ段階（後期仔魚-稚魚期）から出現し始める点や、それらの魚卵が出現していないことから産卵場所が河口からかなり離れた水域にあると考えられる。事実、外海域や浅海域の調査では河口内浅所に特有な種であるボラ科やシマイサキ科等の仔魚が多数採集されており (松田, 1969; 新谷, 1991)、これらの産卵場所が河口から離れた沖合であるとの推論を支持する。

以上のことを勘案し、河口内に出現する仔稚魚の産卵場所と孵化後の移動パターンを推定すると Fig. 27 に示すような3タイプ分けることができる。



**Fig. 27.** Conceptual diagram of three patterns of spawning areas and emigration sites after hatching for ichthyoplanktons occurred in the Shimanto Estuary.

すなわち、タイプ1はアユ、ハゼ科、サツパ、スズキ等の浅所と流心部に共通して出現した魚種で、河川域や河口内またはその近辺で孵化し、ある程度成長したのち河口内浅所に加入する種と考えられる。タイプ2は河口付近で産卵・孵化するものの、その後他の水域へ移動するグループで、イソギンボ科、カサゴ、ネズボ科等の流心部に特有の魚種である。最後のタイプ3は沖合で産卵・孵化し、ある程度成長した後、河口内浅所に加入してくる種で、ボラ科、シマイサキ科、ヘダイ亜科等の浅所を代表する多くの仔稚魚が本タイプに属する。

次に、河口内浅所ではさらにアマモ場と非アマモ域との間で種組成に相違が認められた (Table 3)。また、沖合から河口内に移動してくると考えられた河口内浅所に特有な種は、沖合に面した碎波帯を経由して河口内に加入するのであろうか。これらの疑問を明らかにする目的で河口内浅所のアマモ場と非アマモ域および周辺の砂浜海岸碎波帯における仔稚魚の出現状況を比較する。そこで、各水域の優占上位10種 (計18種) について3水域間での出現量 (尾/1曳網) の割合 (%) を算出した。この結果を Fig. 28 に示した。この図で各頂点近くに位置する種はその水域に集中して出現した状況を示し、中央に近いものは各水域での出現割合に差がなく、共通して出現した種であると判断できる。

これをみると、スズキ、シマイサキ、サツキハ

ゼ、ヒナハゼ、マハゼ、クロサギ、クロダイ、ヨシノボリ属の8種はアマモ場での出現割合が高く、とりわけ前5種での出現割合は90%を超え、当水域を特徴づける種といえる。一方、コノシロ、アユ、ムギイワシ、アゴハゼ属の4種は碎波帯での出現割合が高く、特に後二者では河口内には全く出現せず、碎波帯に特有な種といえる。このように、アマモ場と碎波帯にはそれぞれ特徴的な魚種が出現し、両水域間の種組成にはかなりの相違が窺える。これに対し、非アマモ域ではドロクイとキチヌの出現割合がやや高い値を示したものの、集中して出現する種がみられず、当水域での種組成はアマモ場と碎波帯とのほぼ中間的な様相を呈しているといえそうである。非アマモ域の環境条件は河口内浅所のアマモ場と同様、低い塩分により特徴づけられる。一方、その形状は勾配の緩やかな水際部である点において砂浜海岸碎波帯と共通しており、このような環境条件の類似性が仔稚魚組成に反映されていると考えられる。

次に3水域間での主要種の出現サイズを比較するため、各水域での優占上位5種のうち、いずれの水域にも出現した7種についてその全長範囲を Fig. 29 に示す。これをみると、各種とも最小個体の全長は3水域間でほぼ一致しており、河口内浅所と碎波帯への仔稚魚の加入サイズには明瞭な差異は認められない。つまり、河口内浅所と周辺の碎波帯へはほぼ同様な発育段階にある個体が加入しており、碎波帯を経由した後に河口内へ加入し

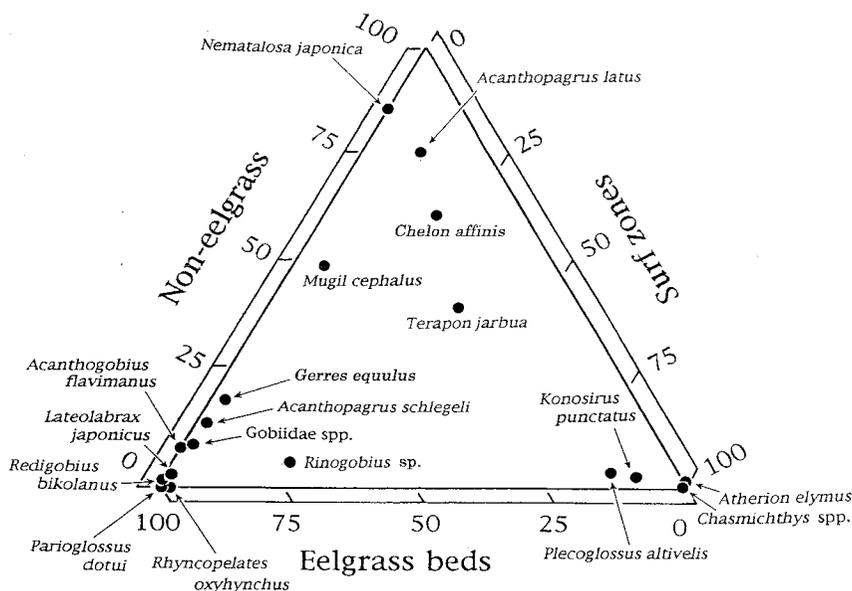


Fig. 28. Relationship among the species distributions in the three habitats; eelgrass and non-eelgrass areas in the Shimanto Estuary, and the surf zones on southwestern Tosa Bay.

ているとは考え難い。このように、河口内浅所と周辺の碎波帯に出現する仔稚魚の多くは沖合から各水域に直接接岸しており、それぞれ独立したグループが形成されている可能性が高い。

他方、Fig. 29 に示した全長範囲をみると、アユを除き河口内浅所に比べ碎波帯での最大全長はより小型で、出現サイズが狭い範囲に限られている。このように、碎波帯での出現種の多くがごく限られた発育ステージにある特性は Moode & Ross (1981) や Senta & Kinoshita (1985) も報告しており、碎波帯では出現種の滞在期間が非常に短い点が特徴的である。これに対し、河口内浅所の特にアマモ場における出現種では未成魚期に達する大型の個体がみられ、これら魚種が当水域に長期間滞在し、成長している状況が分かる。このような碎波帯と河口内のアマモ場との滞在期間の差は、両水域の果たす成育場としての役割に相違がある可能性を示唆している。一方で、河口内浅所の非アマモ場におけるスズキ、クロサギ、シマイサキ、キチヌの全長範囲はアマモ場に比べ狭く、むしろ碎波帯での出現サイズに近い。つまり、これら仔稚魚に対しては碎波帯と非アマモ場が成育場として共通した役割を果たしていると想像できよう。このようなことから、本河口内浅所全体としては砂浜海岸碎波帯やアマモ場を含めた沿岸浅所が仔稚

魚の成育場として成立する要件のほとんどを兼ね備えているとも考えられ、そこでの仔稚魚の生態に関する詳細な検討は極めて意義深いといえよう。

### Ⅲ. 四万十川河口内浅所におけるスズキ属2種の初期生活史

スズキ属2種のうち、スズキの幼期の生態はこれまでアマモ場(畑中・関野, 1962a, b)や筑後川河口域(田中・松宮, 1982; Matsumiya et al., 1985)においてその一端が明らかにされてきた。一方、南日本を中心に分布するヒラスズキ(片山, 1984)の仔稚魚期については、わずかに Kinoshita & Fujita (1988) により土佐湾の碎波帯での出現が報告されているに過ぎない。

前章でスズキ、ヒラスズキ仔稚魚が四万十川河口内浅所に出現することを確認した。ここでは、河口内浅所における両種の初期生態の詳細を明らかにするとともに、両種間の生態的な差異について検討を加えた。さらに、スズキについては耳石を観察することにより日齢、成長、孵化日等についても検討した。

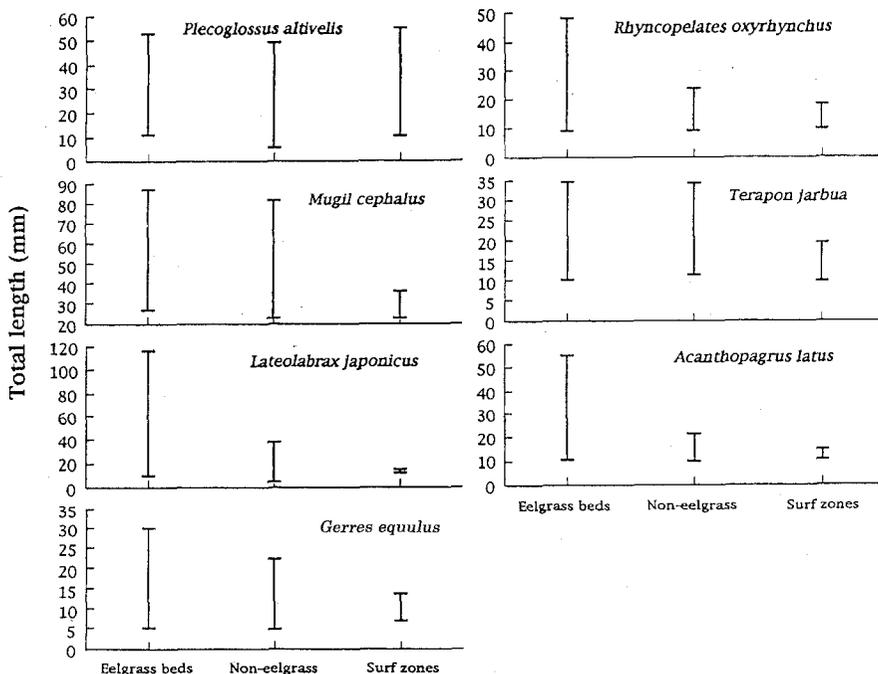


Fig. 29. Ranges of total length of seven species collected in eelgrass beds and non-eelgrass habitats in the Shimanto Estuary, and the surf zones of southwestern Tosa Bay.

### 材料および方法

出現量, 全長組成, それらの季節変化, 生息場所等の検討には1985年7月から1987年6月までの2ヶ年に月1回実施した調査で得られたスズキ1413個体, ヒラスズキ89個体を用いた。河口内浅所における採集地点および採集方法他は第II章で述べたとおりである。

消化管内容物の観察は, 上記の調査で得られた標本のうち, 1986年1月から4月の間に採集されたスズキ60個体 (12.4-20.0 mm TL), ヒラスズキ33個体 (12.4-20.0 mm TL) について行った。これら供試魚はアマモ場で採集されたものとアマモ場以外で採集されたグループに分け, それぞれの個体数および全長組成がほぼ等しくなるよう抽出した。供試魚の消化管 (口腔から直腸) 内から摘出した餌生物は, 顕微鏡下で観察し, 大分類毎の個体数を計数した。また, このうち主要な3分類群である橈脚類, 枝角類および魚類については乾燥重量を求めた。なお, 橈脚類と枝角類の乾燥重量は Uye (1982) による体長と体重の関係式により換算した。魚類についてはこの大半を占めたミミズハゼ属の仔魚 (3.3-4.9 mm TL, N=10) から求めた平均乾燥重量 34  $\mu$ g/ind. に個体数を乗じた値を用いた。

スズキについては, 日齢, 成長および孵化日等を推定するため, 耳石輪紋の観察を行った。標本には前述した2ヶ年の調査のうち, 1987年1月から4月の間に採集した167個体のスズキを用いた。方法は, 80% エタノールに保存した供試魚の扁平石と礫石を摘出し, プレパラートに包埋した後, 生物顕微鏡下で200-400倍に拡大し, 耳石上の輪紋を計数した。スズキの扁平石輪紋は Matsumiya et al. (1985) により孵化後から1日1本形成されることが確認されているため, 計数された輪紋数を日齢とした。

### 結 果

#### 1. 全長組成と発育段階

スズキ, ヒラスズキの全長組成を調査年別に Figs. 30, 31 にそれぞれ示す。全長範囲はスズキで4.6-116.2 mm, ヒラスズキで 10.9-86.9 mm であった。両種とも 50 mm 程度まではほぼ連続して採集されたものの, 50 mm 以上の個体はスズキでは全体の 1.5%, ヒラスズキでは 2.2% と希であった。また, スズキでは 33 mm 以下, ヒラスズキ

では 42 mm 以下の個体が全体の 90% を占めた。

全長モードをみると, スズキでは1985-86年では 14.1-15.0 mm, 1986-87年では 12.1-13.0 mm であり, 1985-86年に比べ1986-87年に小型個体の占める割合が多かった。しかし, 全体の組成については約 20 mm を境に大きく2峰に分かれる点で両年は酷似していた。一方, ヒラスズキの全長モードは1985-86年が 15.1-16.0 mm, 1986-87年が 11.1-14.0 mm であり, スズキに比べ組成のばらつきが大きく, モードについては不明瞭であった。ただ, 1985-86年に比べ1986-87年に小型個体の占める割合が多い傾向はスズキと同様であった。

スズキ, ヒラスズキ仔稚魚の形態変化を Figs. 32, 33 に示す。Kinoshita & Fujita (1988) はヒラスズキ仔稚魚と筑後川産のスズキについてその識別点を明らかにした。しかし, 本河口域産のスズキ仔稚魚は筑後川産に比べ黒色素胞が多く, むしろヒラスズキに類似していた。また, 生時のヒラス

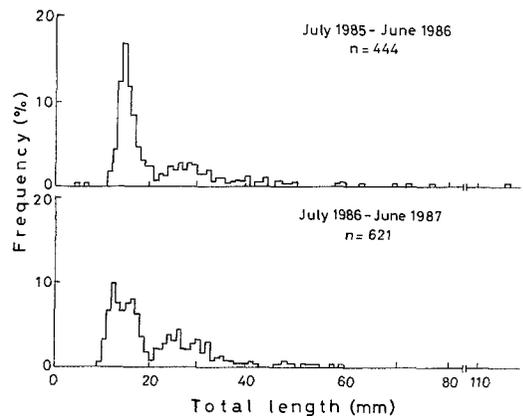


Fig. 30. Length frequencies of *Lateolabrax japonicus* collected in the Shimanto Estuary.

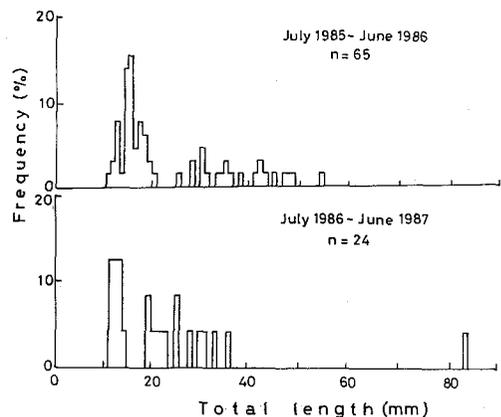


Fig. 31. Length frequencies of *Lateolabrax latus* collected in the Shimanto Estuary.

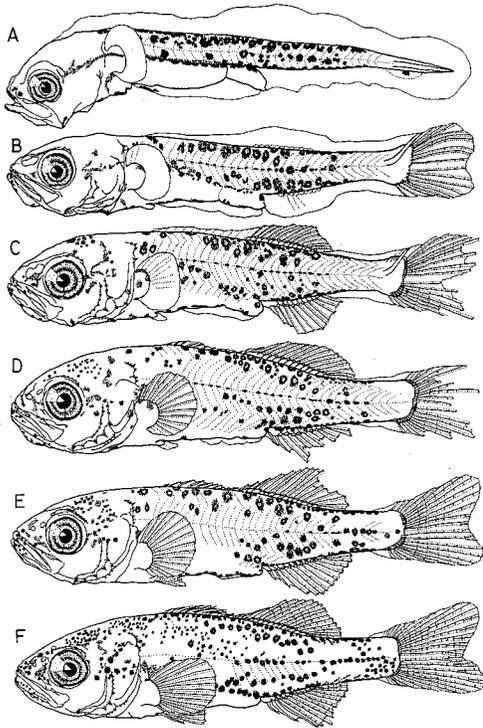


Fig. 32. Developmental periods of *Lateolabrax japonicus*. A, 6.6 mm TL (6.4 mm SL) postlarva; B, 13.5 mm TL (11.7 mm SL) postlarva; C, 14.4 mm TL (12.1 mm SL) postlarva; D, 15.6 mm TL (13.5 mm SL) postlarva; E, 18.2 mm TL (15.1 mm SL) juvenile; F, 20.7 mm TL (16.9 mm SL) juvenile (Kinoshita et al., 1995).

ズキ仔稚魚に認められる黄色色素胞が本河口域産のスズキにもみられ、色素分布による両者の識別は困難であった。ここでは主に頭部棘要素により両者の識別を行った。

本河口内浅所には両種とも後期仔魚期から出現した。このうち、ヒラスズキではすべて脊索上屈の完了した個体であったのに対し、スズキでは上屈前の個体 (Fig. 32a) も少数ながら採集された。量的には両種とも仔魚から稚魚への移行期にある個体 (Figs. 32b, c, 33b, c) が多かった。両種とも 17-18 mm で仔魚期から稚魚期への移行を完了した後、50-60 mm で体色、体形ともほぼ成魚型を呈した。

以上のように、本河口内浅所にはスズキ、ヒラスズキとも後期仔魚から未成魚に至る多様な発育段階の個体が出現し、量的には 12-17 mm TL にある移行期仔魚が卓越する特徴が明らかとなった。

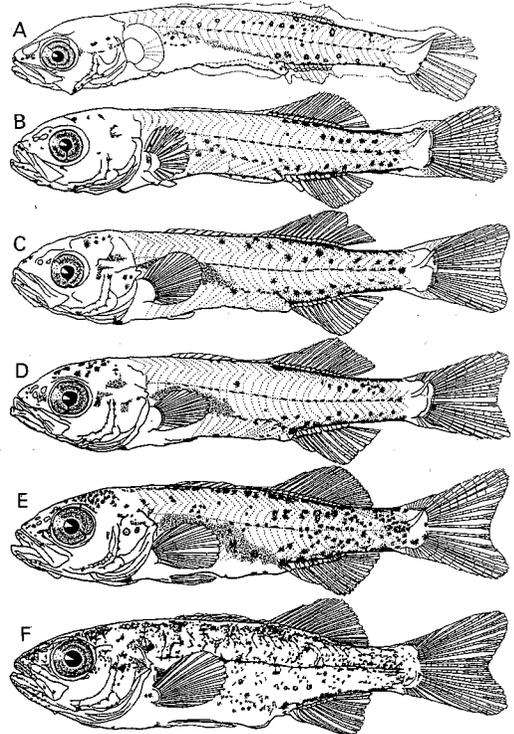


Fig. 33. Developmental periods of *Lateolabrax latus*. A, 10.3 mm TL (9.1 mm SL) postlarva; B, 14.5 mm TL (12.3 mm SL) postlarva; C, 16.2 mm TL (13.8 mm SL) postlarva; D, 17.1 mm TL (14.3 mm SL) juvenile; E, 19.5 mm TL (16.3 mm SL) juvenile; F, 26.1 mm TL (21.4 mm SL) juvenile (Kinoshita & Fujita, 1988).

## 2. 季節変化

### 1) 出現量

一曳網当りの採集尾数の月変化を Fig. 34 に示す。

出現期間は、2ヶ年とも両種間でほぼ一致しており、概ね1月から5月まで続いた。出現盛期は1986年では両種とも2月にみられたのに対し、1987年にはスズキでは4月、ヒラスズキでは5月であり、調査年により異なった。全出現量はスズキが多く、その相対比は約 20 : 1 であった。

### 2) 全長

月別の全長組成を Figs. 35, 36 に示す。

スズキの全長組成の月変化をみると、両調査年ともほぼ同様の傾向を示した。すなわち、1月から3月までは組成に大きな変化はみられず、全長モードは 8-18 mm の範囲にあった。その後はより大型の個体が出現し、モードは4月には 24-28 mm、

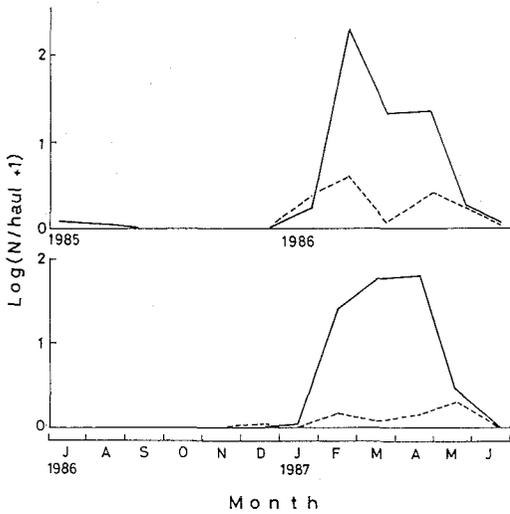


Fig. 34. Seasonal occurrence curves of *Lateolabrax* in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1987. Solid and dashed lines indicate *L. japonicus* and *L. latus*, respectively.

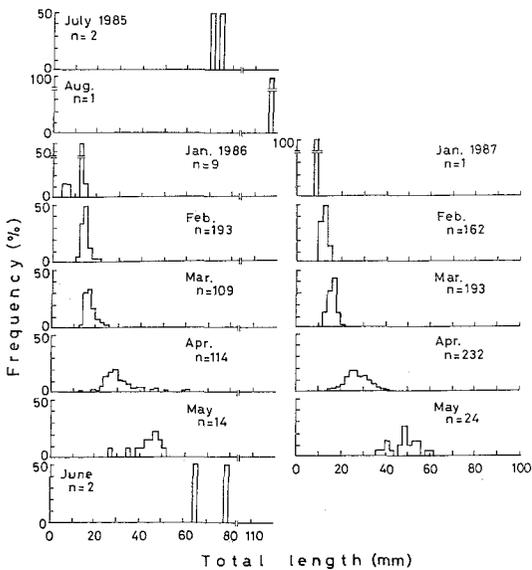


Fig. 35. Seasonal changes in length distribution of *Lateolabrax japonicus* in the Shimanto Estuary.

5月には 46-50 mm へと増大した。5月以降の成長については採集個体が乏しいため明瞭ではないものの、概ね6, 7月には 70-80 mm TL, 8月には 100 mm TL 以上に達するものと考えられた。

一方、ヒラスズキについては全長組成にばらつきが大きく、季節的な推移はスズキに比べ不明瞭であった。しかし、3月までは 10-18 mm TL の小型個体が主体で、4月に 30-40 mm TL の大型個体

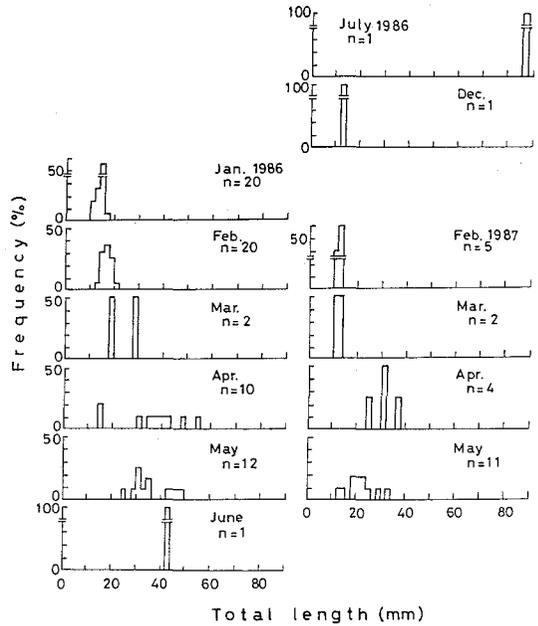


Fig. 36. Seasonal changes in length distribution of *Lateolabrax latus* in the Shimanto Estuary.

が出現する傾向はスズキと概ね一致していた。

Weinstein & Walters (1981) や Rogers et al. (1984) は連続的な採集から得られた仔稚魚の体長組成の推移から成育場への加入期間の推定を行っており、体長組成に大きな推移がみられない間を加入期間としている。これに従うと、本河口内へのスズキ、ヒラスズキ仔稚魚の加入期間はおよそ1-3月であったといえる。また、加入サイズの中心は両種とも 12-18 mm TL で、量的には 14-16 mm TL が多かった。

### 3. 生息環境

全長群別の出現量をアマモ場と非アマモ場に分け、その組成を Fig. 37 に示す。

スズキでは成長に伴いアマモ場を指向する傾向が顕著となり、10 mm TL を超える個体のほとんどはアマモ場に集合していた。一方、ヒラスズキでは全長と立地の指向性の間に明瞭な傾向はなく、アマモ場での出現割合はスズキに比べ明らかに低かった。このことからアマモ場に対する選好性の程度がスズキとヒラスズキとの間で異なっており、スズキでより強いと推察される。

### 4. 食性

ほぼ同サイズのスズキとヒラスズキ仔稚魚をア

アマモ場と非アマモ場で採集された個体に分け、その消化管内容物組成を Table 10 に示す。摂餌率は両種ともほぼ 100% を示した。一尾当たりが捕食していた餌個体数をアマモ場と非アマモ場との間で比較すると、スズキでは前者で、ヒラスズキでは逆に後者で多く、両種間に相違が認められた。また、両生息場所間における餌個体数の差は、ヒラスズキに比べスズキで大きく、アマモ場では非ア

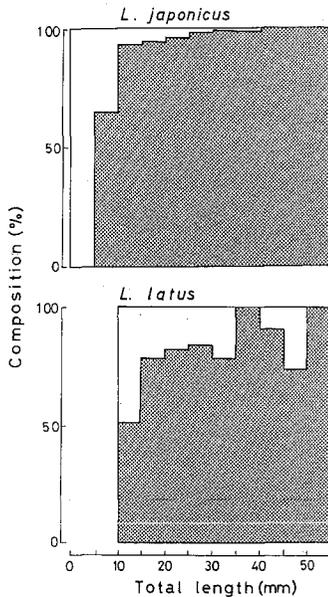


Fig. 37. Size-related differences in composition of number of *Lateolabrax* collected from eelgrass beds (shaded areas) and non-eelgrass habitats (open areas).

Table 10. Numerical percentage of food animals taken by *Lateolabrax japonicus* and *L. latus* collected in the eelgrass beds and non-eelgrass habitats of the Shimanto Estuary (Fujita et al., 1988). +, uncountable.

	<i>L. japonicus</i>		<i>L. latus</i>	
	Eelgrass beds	Non-eelgrass	Eelgrass beds	Non-eelgrass
No. of fish examined	32	28	15	18
Range of TL (mm)	12.4-19.6	12.6-20.0	12.3-19.0	12.2-20.0
No. of fish with food	32	27	15	18
Range (mean) of food no. / individual	1-195 (37)	0-96 (12)	2-55 (21)	1-83 (30)
Food items				
Polycheaets	0.2	0	1.6	0
Cladocerans	29.4	33.2	3.2	5.4
Ostracods	0.1	0	0.3	0
Copepods	69.4	65.0	70.2	90.3
Cumaceans	0.1	0.3	0	0
Gammarids	0.4	1.2	1.3	0.4
Shrimp larvae	0.1	0.3	0	0.2
Crab larvae	0	0	3.2	0.6
Fish larvae	0.3	0	20.0	3.1
Unknown	0	+	+	0

マモ場の約3倍の餌を摂餌していた。

餌の分類群別の個体数組成をみると、スズキでは両環境とも橈脚類の割合が最も高く、次いで枝角類であり、生息場所による餌組成に大きな相違は認められなかった。一方、ヒラスズキでは非アマモ場で橈脚類が 90.3% と餌生物のほとんどを占めたのに対し、アマモ場では全体の 70.2% と低く、橈脚類の他では仔魚が 20.0% と比較的多く摂餌されていた。このように、ヒラスズキでは生息場所によって餌組成が変化した。

なお、ヒラスズキに捕食されていた仔魚はほとんどがミズハゼ属であった。また、ヒラスズキはスズキ仔稚魚より仔魚を高頻度に摂餌しており、スズキに比べ魚食性が強い様子が示唆される。

以上から河口内浅所におけるスズキの餌料は主に橈脚類と枝角類、ヒラスズキでは橈脚類と仔魚であることが分かった。そこで、これらを重量に換算し、スズキおよびヒラスズキ1尾当たりの摂餌重量として Fig. 38 に示す。スズキでは橈脚類が最も多く、重要な餌生物となっていた。一方、個体数では比較的多く捕食されていた枝角類の重量は相対に少なかった。また、餌生物三者の総重量は1尾当たりの摂餌個体数と同様、アマモ場で明らかに多かった。

ヒラスズキについては、非アマモ場では橈脚類が、アマモ場では仔魚がそれぞれ重量的に卓越した。一尾当たりの餌個体数ではアマモ場に比べ非アマモ場で摂餌量が多かったのに対し (Table 10)、重量的にみると両環境間に大きな相違は認められ

なかった。これは餌生物であった仔魚の1個体当りの重量が他に比べ重いことによる。

5. スズキ仔稚魚の耳石輪紋による成長と孵化日の推定

1) 扁平石と礫石輪紋の関係

Fig. 39 に示すとおり、スズキ仔稚魚の扁平石輪紋は成長に伴って不明瞭となるのに対し、礫石上には約 35 mm TL まで計数可能な輪紋が認められ

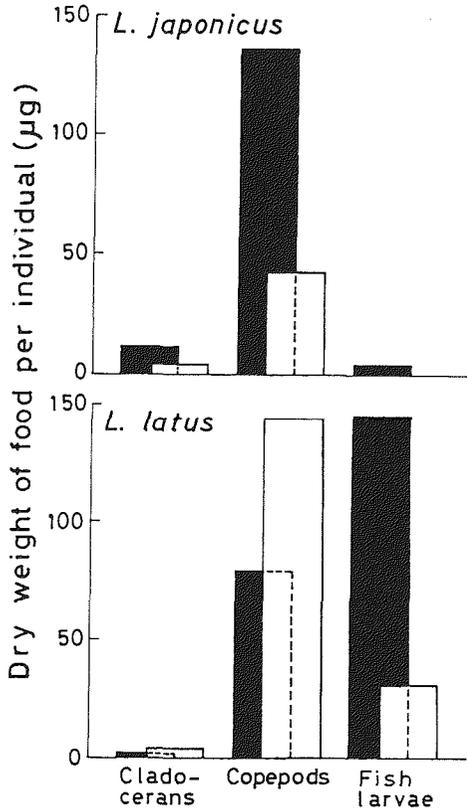


Fig. 38. Average dry weights of three prevalent food items detected from the gut of single *Lateolabrax japonicus* and *L. latus* (Fujita et al., 1988). Solid bars show eelgrass beds and open bars non-eelgrass habitats.

た。スズキ仔稚魚の扁平石輪紋には Matsumiya et al.(1985) により日周期性が確認されている。他方、ススキの扁平石輪紋数(日齢)と礫石輪紋数の関係は Fig. 40 に示すとおり、全く同数ではなかったものの高い相関が認められた。したがって、扁平石輪紋の不明瞭な個体については礫石輪紋と Fig. 40 に示した関係式から日齢の推定を行った (Table 11)。

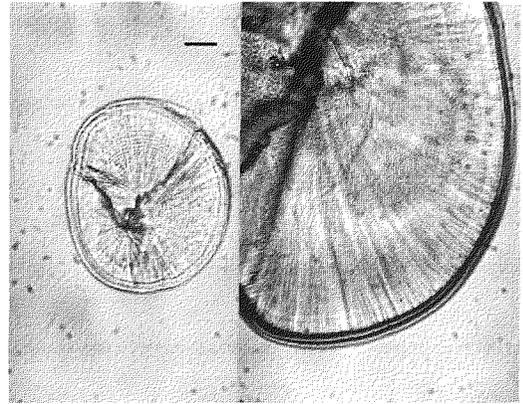


Fig. 39. Lapillus (left side) and sagitta (right side) of *Lateolabrax japonicus* (13.8 mm TL) collected in the Shimanto Estuary. A scale bar indicates 25 µm.

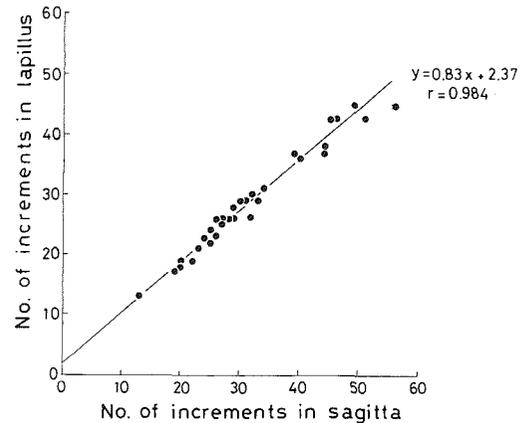


Fig. 40. Relationship between number of increments in sagitta and lapillus.

Table 11. Examination records of the age (day) and estimated birthdates of larval and juvenile *Lateolabrax japonicus* collected in the Shimanto Estuary from January to April 1987.

Date collected	No. of fish examined	Total length (mm)		Age (day)		Estimated birthdate
		Range	Mean	Range	Mean	
Jan. 16, 87	1		10.0		13	Jan. 13
Feb. 15-16, 87	48	10.0-16.8	12.3	15- 49	25	Dec. 29-Feb. 1
Mar. 15-16, 87	53	11.6-19.1	15.3	22- 58	44	Jan. 16-Feb. 21
Apr. 19-20, 87	41	18.4-35.8	27.4	64-113	96	Dec. 27-Feb. 14
Total	143	10.0-35.8	17.7	13-113	52	Dec. 27-Feb. 21

## 2) 成長

日齢と全長の関係を Fig. 41 に示す。河口内浅所に出現し始める 12 mm TL 前後の仔魚は孵化後 20-30日齢の個体であった。その後、約60日齢まではほぼ直線的に成長し、全長は 20 mm 近くに達した。この間、仔魚期から稚魚期への移行が完了する 17-18 mm TL 頃の日齢は50日前後であった。70日齢以降、個体による成長のばらつきが大きくなるものの、概ね100日齢程度で 30 mm TL に達した。また、これら個体の平均全長 (17.7 mm) と平均日齢 (52.3日) および孵化仔魚の全長 (4.5 mm) (水戸, 1966) から求めた日成長量は 0.25 mm/day, 日成長率は 2.3% であった。

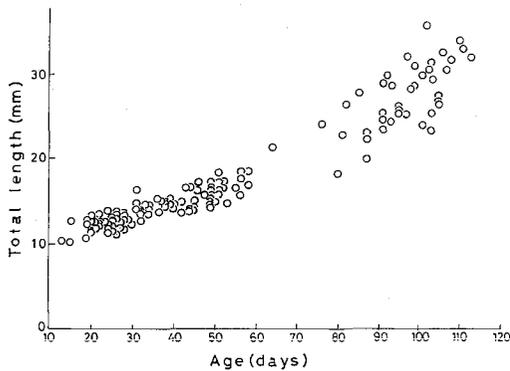


Fig. 41. Relationship between age and total length for *Lateolabrax japonicus* collected in the Shimanto Estuary.

## 3) 孵化日

各供試魚について、その採集日と日齢から孵化日を逆算し、その5日毎の頻度を Fig. 42 に示す。組成は、1月19-24日をモードとするほぼ単峰形で、孵化日の範囲は12月27日から2月21日の間にあった。また、スズキ卵は産卵後4-5日で孵化することから (水戸, 1957), 産卵期は12月下旬-2月中旬と考えられた。

次に、採集月別の孵化日組成を Fig. 43 に示す。2月および3月に採集された個体の孵化日は、1月下旬を中心とするほぼ同様の組成を呈した。このことから2月から3月にかけては孵化日を同じくする個体が河口内浅所に比較的多く滞在していた状況が示唆された。一方、4月調査時における孵化日組成をみると、2, 3月時にくらべ明らかに早生まれの個体 (12月下旬-1月上旬生まれ) が多く、3月時に多くみられた1月下旬-2月上旬生まれの個体がほとんど採集されていなかった。したがって、4月に出現した個体の多くは、2, 3月時と孵化日の

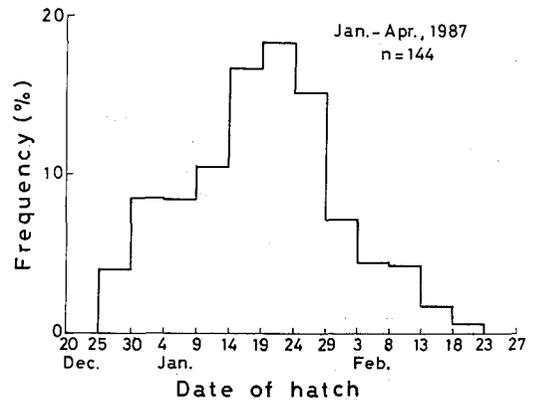


Fig. 42. Date-of-hatch frequency distribution for *Lateolabrax japonicus* collected in the Shimanto Estuary.

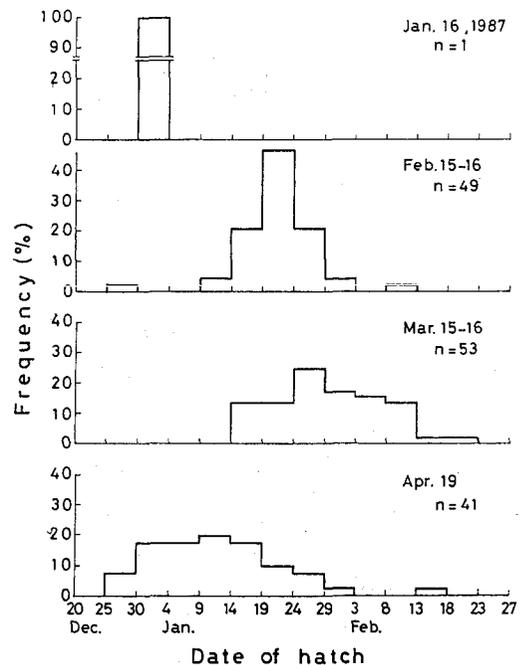


Fig. 43. Monthly changes of date-of-hatch frequency distributions for *Lateolabrax japonicus* collected in the Shimanto Estuary.

異なった個体であったといえる。

## 考 察

田中・松宮 (1982) は天然海域における稚魚ネットによるスズキ後期仔魚の採集事例を検討し、沿岸沖合域において採集されたスズキの全長はほとんどが 5-13 mm の範囲内で、それより大きい個体が採集される場合は極めて希であるとしてい

る。一方、本河口内浅所へのスズキの加入サイズの中心は 12-18 mm TL であった。これは上記の沿岸域における出現サイズにほぼ連続している。したがって、スズキは沿岸域での浮遊生活の後、直ちに本河口内へ加入してくると考えられる。また、ヒラスズキについては砂浜海岸砕波帯での出現が知られている (Kinoshita & Fujita, 1988)。この中心サイズである 15.1-16.0 mm TL は本河口内への加入サイズにほぼ等しく、出現時期についても一致している。したがって、本河口内へ出現するヒラスズキ仔稚魚についても周辺の砕波帯等には立ち寄らず、沿岸域からほぼ直接本河口内へ加入すると考えられる。

スズキ仔稚魚は1-3月に河口内へ加入後、アマモ場に対し強い選好性を示し (Fig. 37), そこを重要な餌場としていた (Fig.38)。スズキが幼期にアマモ場へ集合する例は古くから確認されている (大島, 1954; 宇都宮, 1954; 布施, 1962; 畑中・関野, 1962a)。田中・松宮 (1982) は各地のアマモ場におけるスズキの出現期と体長を調べ、通常 5-6月頃に 30-40 mm で藻場へ出現する場合が多いとしている。これに比べ、本河口内アマモ場での出現はより早期でかつ小型サイズであるといえる。また、熊本県富岡湾 (Kikuchi, 1966) や三重県英虞湾 (木村ほか, 1983), 静岡県下田湾・鍋田湾 (小池・西脇, 1977) 等でのアマモ場にはスズキは全く出現せず、アマモ場の地理的、環境的要因により本種の出現状況にはかなりの相違が窺える。

一方、河口域におけるスズキ仔稚魚の生態については有明海筑後川河口域において詳細な調査が行われている (松宮ほか, 1981; 田中・松宮, 1982; Matsumiya et al., 1985)。当水域では 3月頃、17-18 mm TL で出現し、四万十川河口域でのそれと概ね一致している。しかし、この際四万十川ではアマモ場に集合するのに対し、筑後川河口域では当水域に特有の高濁度水塊の下流側外縁部に集合する。このように、河口域においてもその環境条件により本種の生活様式には差異がみられる。以上を勘案すると、本河口域におけるスズキの出現状況は、内湾のアマモ場と筑後川河口域等におけるそれぞれの出現特性を兼ね具えているといえそうである。

他方、ヒラスズキについてはスズキに比べアマモ場への選好性は弱く (Fig. 37), 摂餌量についても重量的にはアマモ場とそれ以外の環境間で大きな相違は認められなかった (Fig. 38)。これは、ヒラスズキの本河口内のアマモ場に対する依存性がスズキに比べ低い様子を示唆している。前述し

たように、ヒラスズキは土佐湾の砂浜海岸砕波帯に本河口域とほぼ同時期、同サイズで出現し始める (Kinoshita & Fujita, 1988)。その際、砕波帯ではスズキ仔稚魚も出現するものの、ヒラスズキとの出現量の相対比は 1:20 と非常に少なく (木下, 1984), これは本河口域での両者の相対比 20:1 と全く相反する結果である。このようなスズキ、ヒラスズキ両者間にみられたアマモ場への依存性や砕波帯での出現量の差異を考え合わせると、スズキは塩分の低い河口域のアマモ場を、ヒラスズキはより高鹹な砂浜海岸砕波帯を目指し接岸してくると推測できる。しかし、砕波帯におけるヒラスズキの出現サイズをみると、18 mm TL 以上の個体はほとんどみられず、短期間のうちに次の生息圏へ移住していくと考えられる (Kinoshita & Fujita, 1988)。一方、高知県浦の内湾のアマモ場では、20 mm TL を超えるヒラスズキ稚魚が大量に捕獲されている (高知水試, 未発表)。当湾は流入河川に乏しく、塩分は 24-34 psu と比較的高い (木村ほか, 1986)。この捕獲例は砕波帯に出現した後のヒラスズキ稚魚が内湾などの比較的高塩分な藻場周辺に移動して行く可能性を強く示唆しているよう。

以上から推定されるスズキとヒラスズキの回遊パターンを Fig. 44 に示す。両者の成育場はごく浅所である点で共通するものの、その中心となる生息圏は主に塩分により規定されていると考えられる。スズキの未成魚、成魚はしばしば塩分の低い河川域や純淡水域にも侵入する一方、ヒラスズ

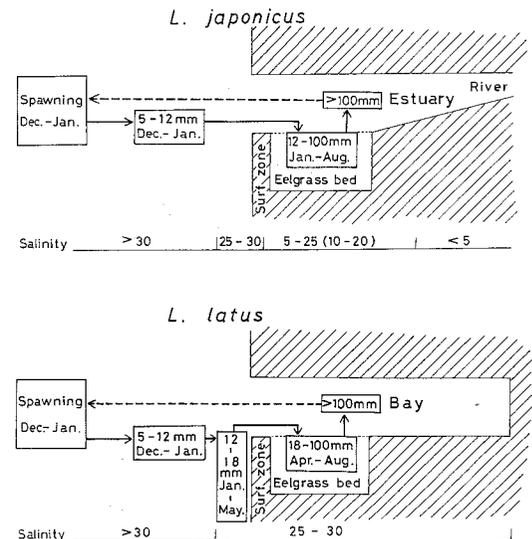


Fig. 44. Conceptual diagrams of early life history of *Lateolabrax* in Tosa Bay,

キでは希であり(中村, 1963; 宮地ほか, 1976; 片山, 1984), 両者間の塩分選好性には明白な相違が認められる。スズキとヒラスズキとの間には後期仔魚期の段階ですでにこのような塩分選好性の差異が発現している可能性が強く示唆される。

Matsumiya et al. (1982) は、筑後川河口域で3月に採集したスズキ仔稚魚の成長が1日当たり 0.13-0.19 mm であると報告している。一方、四万十川河口内でのスズキ仔稚魚では 0.25 mm/day (日成長率, 2.3%) であり、筑後川に比べ明らかに速い成長を示した。3月の水温は筑後川河口域で 11.4-11.8°C, 四万十川河口域では 13.3°C (平均) であり、2°C 近い差がみられる。伏見 (1979) はスズキ仔稚魚の成長を室内で 14.5-15.6°C に加温飼育したものと、8-9°C の自然水温飼育(沖出し生簀飼育)とで比較し、加温飼育での日成長率が 2.39-2.61% であるのに対し、自然飼育では平均 0.97% で、加温環境下ではるかに速い成長を確認している。このうち前者の値は四万十川河口域での日成長率とほぼ等しく、本河口域でのスズキ仔稚魚の成長が加温飼育に匹敵する速度であったとえよう。同時に、筑後川河口域との成長率の相違は主に環境水温の差によって生じたと推察できる。

本河口域に出現したスズキの日齢から推定した産卵期は12月下旬-2月中旬であった。これに対し、有明海でのスズキの産卵は11月-2月 (Matsumiya et al., 1985), 瀬戸内海東部海域では12月-1月 (堀木, 1976), 東京湾では11月下旬-1月上旬 (渡辺, 1965), 仙台湾では12月中旬-1月上旬 (畑中・関野, 1962b) であり、四万十川周辺ではやや遅い傾向にある。また、ヒラスズキの産卵期については本河口内への加入サイズや時期から考えスズキとほぼ一致していると思われる。この時期は Kinoshita & Fujita (1988) が碎波帯での仔稚魚の出現時期から推定した本種の産卵期11月下旬-3月下旬に比べ2ヶ月程度期間が短い。

各月に採集されたスズキ仔稚魚の孵化日組成から、4月に出現した個体の多くが2, 3月時に出現した個体とやや異なったグループ(早生まれ群)であると推測された (Fig. 43)。これは本河口内へ早期に加入した個体があるサイズに達した後、2・3月時に一旦河口内浅所を離れ、4月に再度出現した可能性を示唆している。この真偽についてはさらに採集頻度・尾数とも増やした詳細な調査が必要である。ただ、全長組成をみると、2ヶ年とも 18-23 mm TL にある個体の出現が少なかった (Fig. 30)。このサイズは碎波帯に出現するヒラスズキ仔稚魚が他の生息圏へ移動を開始するサイズによく一致しており、スズキについてもこの時期

に同様な回遊行動の発現があるのかもしれない。塚本 (1988) は熊野灘の碎波帯に出現するアユ仔魚を調査し、その中で早期に生まれ、加入した集団がその後加入した集団とは異なった回遊経路を持つ可能性を指摘している。スズキについてもこのような早・遅生まれ間の回遊経路に何等かの差異がある可能性は否定できない。これについては今後の詳細な研究を待ちたい。

#### IV. 四万十川河口内浅所における ヘダイ亜科魚類の初期生活史

木下 (1993) はそれまで主生息域が不明であったヘダイ、クロダイ、キチヌ仔稚魚を砂浜海岸碎波帯で大量に採集し、そこでの初期生活史の詳細を明らかにした。一方、先に述べたように、ヘダイ亜科仔稚魚は四万十川河口内浅所においても多数出現し、砂浜海岸碎波帯のみならず本河口内浅所も生息域として利用していると判断できる。本河口内と砂浜海岸との環境条件は大きく異なっており、両水域間におけるヘダイ亜科仔稚魚の生活様式の比較検討はその初期生活史の全貌を究明する上で極めて重要と考えられる。

ここでは、四万十川河口内浅所におけるヘダイ亜科仔稚魚の出現状況、食性、日齢、成長およびキチヌ仔稚魚の骨格形成等について論述するとともに、砂浜海岸碎波帯での出現状況との差異についても検討を加える。

#### 材料および方法

出現量と全長組成の季節変化および生息場所等の検討には、1985年7月から1988年6月までの3年間に月1回実施した調査で得られたヘダイ239個体、クロダイ2144個体、キチヌ10087個体を用いた。河口内浅所での採集地点および採集方法他は第II章で述べたとおりである。

胃内容物の観察は上記の調査で得られた試料のうち、1987年11月から翌年5月に採集されたヘダイ90個体 (11.8-29.9 mm TL), 1987年5-7月に採集されたクロダイ138個体 (8.7-29.0 mm TL), 1987年11月から翌年4月に採集されたキチヌ192個体 (11.2-35.9 mm TL) について行った。供試魚の胃内から餌生物を摘出し、顕微鏡下で大分類毎に個体数を計数した。

日齢、成長および孵化日を推定するため、耳石輪紋の観察を行った。供試魚には、1987年11月から翌年5月に採集されたヘダイ74個体 (10.6-27.5 mm TL), 1987年5-6月に採集されたクロダイ89個

体 (8.7-18.7 mm TL), 1987年10月から翌年2月に採集されたキチヌ110個体 (10.6-23.8 mm TL) を用いた. 耳石輪紋の観察方法は第Ⅲ章で述べたとおりである. なお, 上記3種のうち, ヘダイとキチヌについては耳石輪紋の日周性は確認されていない. しかし, 近縁種であるタイ科のマダイ (Tsuji & Aoyama, 1982) およびクロダイ (三原・田中, 1989) においては確認されているので, ヘダイとキチヌにおける輪紋数も日周性を示すものとみなした. また, クロダイの耳石第1輪の形成時期が前期仔魚から後期仔魚期への移行期であることが明らかにされているので (三原・田中, 1989), ここでは3種とも計数された輪紋数に5日を加えた値を日齢とした.

キチヌについては骨格系の発達をみる目的で, 1987年11月から翌年2月に採集された38個体 (11.5-25.1 mm TL) について軟骨と硬骨を観察した. 方法は Dingerkus & Uhler (1977) による軟骨・硬骨二重染色法により透明標本を作成し, 脊柱系および付属骨格系を観察した.

## 結 果

### 1. 全長組成と发育段階

三年間の標本に基づくヘダイ, クロダイ, キチヌの全長組成をそれぞれ Figs. 45, 46, 47 に示す.

全長範囲はヘダイでは 10.1-69.8 mm, クロダイでは 8.1-51.5 mm, キチヌでは 9.9-54.9 mm であった. 3種とも 30 mm TL まではほぼ連続して出現したものの, これを超える個体の出現はヘダイでは全個体の 3.8%, クロダイで 2.5%, キチヌでは 2.2% と少なかった. 全長モードはヘダイで最も大きく 13.1-14.0 mm, クロダイが 10.1-11.0 mm と最小で, キチヌが 12.1-13.0 mm であった. このうち, キチヌの全長モードにおける個体の出現頻度は3種中最も高く, 全体の 40% を超え, 組成の形状は明瞭な尖峰形を呈した. 逆にヘダイは3種中最も組成のばらつきが大きく, 20 mm を超える個体も 25.5% を占めた.

次に調査年別の全長組成をみると, ヘダイでは 1985-86年には他の2年に多く出現した 13.0 mm 以下の小型個体がみられず, 18.0 mm 前後の比較的大型個体の占める割合が多かった (Fig. 48). クロダイでは1986-87年での組成が他の2年に比べ狭い範囲にあった. しかし, 10.1-13.0 mm の個体が多い傾向は各年とも共通していた (Fig. 49). また, キチヌの全長組成は調査年による変動が3種中最も小さく, 各年とも 11.1-14.0 mm の個体が全

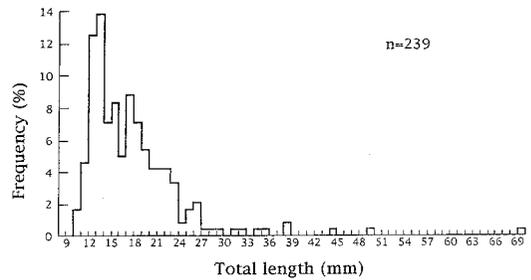


Fig. 45. Length frequency of *Sparus sarba* collected in the Shimanto Estuary during the period from July 1985 to June 1988.

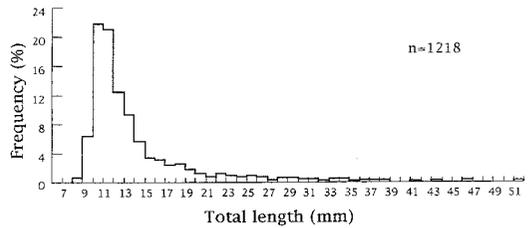


Fig. 46. Length frequency of *Acanthopagrus schlegeli* collected in the Shimanto Estuary during the period from July 1985 to June 1988.

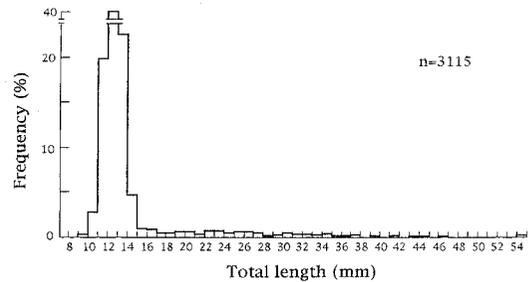


Fig. 47. Length frequency of *Acanthopagrus latus* collected in the Shimanto Estuary during the period from July 1985 to June 1988.

体の 80% 前後を占めた (Fig. 50).

出現個体の发育段階をみると, 本河口内浅所には3種とも後期仔魚から出現し, クロダイでは 12 mm TL 前後, ヘダイとキチヌではやや大きく 13-14 mm TL 程度で稚魚期への移行を完了した後, 約30 mm TL までほぼ連続して出現した. このうち, 量的には3種とも仔魚から稚魚への移行期に相当する個体が多かった.

### 2. 季節変化

#### 1) 出現量

ヘダイ, クロダイ, キチヌについて各月の出現量と平均全長・範囲をそれぞれ Figs. 51, 52, 53

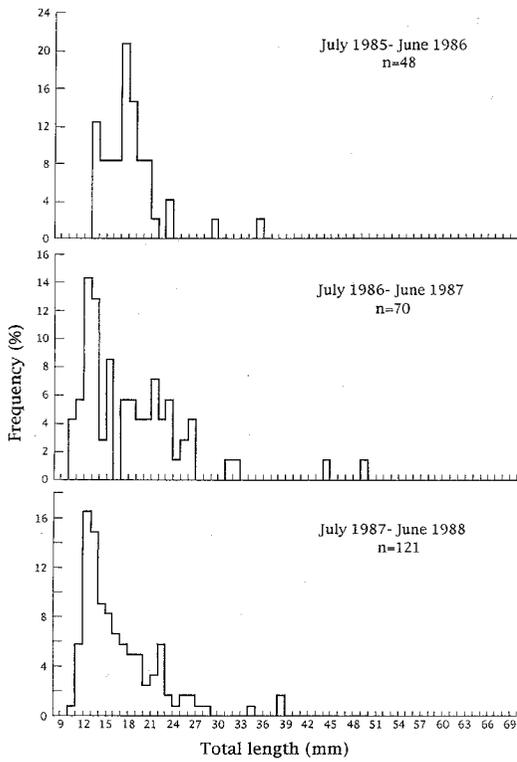


Fig. 48. Annual changes in length frequency of *Sparus sarba* collected in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1988.

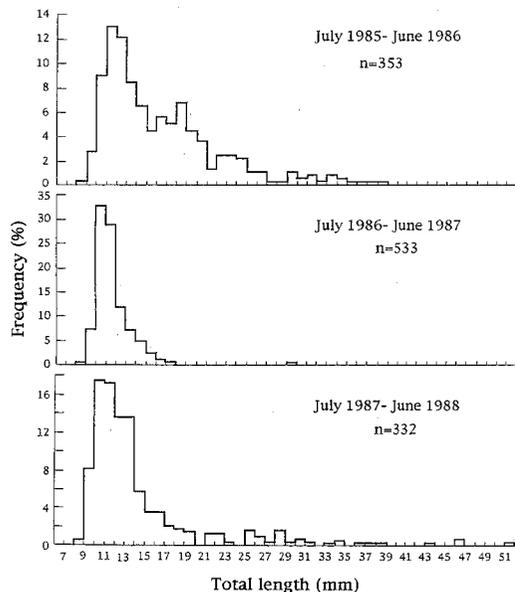


Fig. 49. Annual changes in length frequency of *Acanthopagrus schlegeli* collected in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1988.

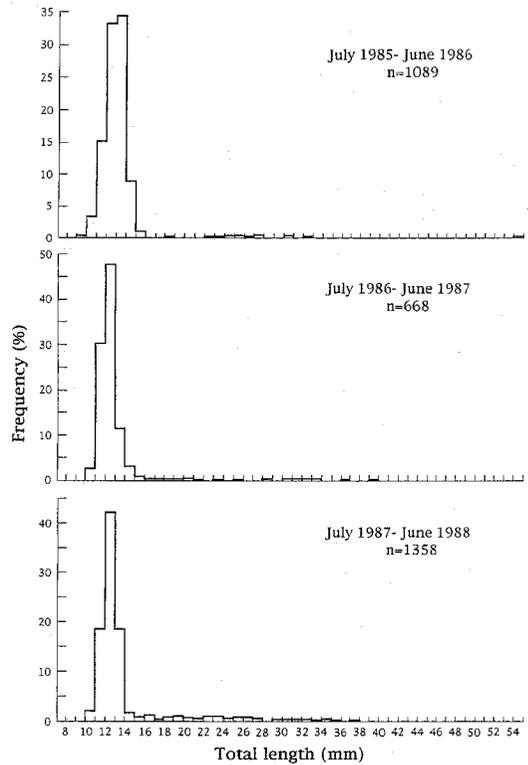


Fig. 50. Annual changes in length frequency of *Acanthopagrus latus* collected in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1988.

に示す。

ヘダイは1985年の秋季には採集されなかったものの、1986-87年には11月から7月までの9ヶ月間、1987-88年にも11月から5月までの7ヶ月間の長期に亘って出現した。出現量は最高が1988年2月の1.22尾/haulで、総じて低い水準で推移した。各年の出現ピークは1986年には6月に、1987年では4月、1988年では2月にそれぞれ観測され、調査年により大きく異なった。全体としては春季に出現量が多く、年別には1987-88年に最も多く出現した。

クロダイの出現期間は3種中最も短く、1986年では4-7月、1987年では5-8月でいずれも4ヶ月間であった。出現量は最高が1987年5月の52.88尾/haulであり、ヘダイに比べ広い範囲で変動した。出現盛期は各年とも明瞭で、1986年では6月、1987、1988年では5月に認められた。年別では1987年で最も出現量が多かった。

キチヌはいずれの調査年とも10月から出現し始め、翌年の4月までほぼ連続して採集された。出現量は1987年11月の164.22尾/haulが最高で、これは3種中最も高い値であった。また、3ヶ年合計の

出現量もキチヌが最も多く、ヘダイ・クロダイ・キチヌの出現量の相対比は 1 : 9 : 42 であった。年別にキチヌの出現量をみると、1987-88年で最も多かったものの、その季節変化は各年ともよく一致していた。すなわち、出現当初の10月または11月に出現盛期を示した後、12、1月にかけて急激に減少し、その後2月と4月に再び小さな出現ピークがみられた。

以上のように、クロダイ、キチヌはそれぞれ春から初夏、秋から春と時期を違えて出現し、出現量の季節変化についても各年ともほぼ同様の傾向を示した。一方、秋から初夏の長期に亘って出現

するヘダイについては、この間の出現量の推移には大きな年変化が認められた。

## 2) 全長

ヘダイは1985-86年の秋季に出現せず、1986年春季の3-4月に 13-17 mm TL の個体が出現した後5月以降、平均全長・最大全長とも増大し、7月には 50 mm TL 近くの個体が出現した (Fig. 51)。一方、4-6月の間に出現した最小個体の全長は 13.1-13.4 mm の狭い範囲で一定しており、この間にこれら小型個体の加入が続いたと考えられた。1986-87年と1987-88年における全長の推移傾向はほぼ同様で、11・12月の秋季に 11-13 mm の小型個体が出現し、1987年では2月、1988年では1月以降4月まで平均および最大全長とも大きくなった。しかし、5月には両年とも小型個体が多く出現し、平均全長は4月に比べ小さくなった。また、最小個体の全長は1986年11月から翌年5月では 10.1-13.2 mm、1987年11月から5月の間では4月を除き 10.5-12.6 mm の範囲で大きな変動はみられなかった。

クロダイでは4、5月に 10-12 mm TL を中心とした小型個体が出現し、その後1986、1988年では6月まで、1987年では8月まで季節とともに平均・最大全長は大きくなった。また、最小個体の全長をみると、1986年では4-7月、1987年では5-6月、1988年では4-6月の間で大きな変動がなく、8.1-10.7 mm の範囲にあった (Fig. 52)。

キチヌでは各年ともほぼ同様な傾向を示し、10-12月に 12-13 mm TL を中心とした小型個体が出現した後、平均・最大・最小全長とも翌春の4月まで季節とともに増大した (Fig. 53)。

以上のようにヘダイは河口内浅所へ 13 mm TL 前後で秋から翌春までの長期に亘って加入し、量的には11、12月と5月に多い傾向にあった。また、クロダイでは5、6月を中心に 10-12 mm TL の個体が、キチヌでは10-12月に 12-13 mm TL を中心とした個体が河口内浅所へ加入し、3種ともその後、未成魚期まで河口内浅所に滞在し、成長している状況が明らかとなった。

## 3. 生息場所

全長別の出現量をアマモ場と非アマモ域に分け、その組成を Fig. 54 に示す。

ヘダイでは 10.1-12.0 mm TL において約 40% が非アマモ域に分布する。その後、成長とともにアマモ場に集合し、14 mm TL 以上では全てがアマモ場に分布していた。クロダイについても全体としてはアマモ場に多く、12 mm TL 以上の個体で

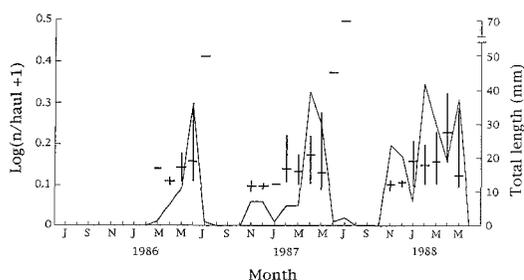


Fig. 51. Seasonal occurrence curves of *Sparus sarba* in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1988. Horizontal and vertical bars in the figure indicate means and ranges of total length, respectively.

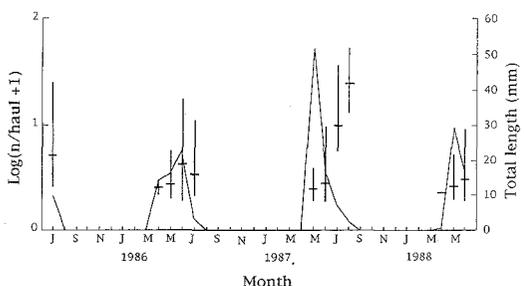


Fig. 52. Seasonal occurrence curves of *Acanthopagrus schlegeli* in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1988. Otherwise same as in Fig. 51.

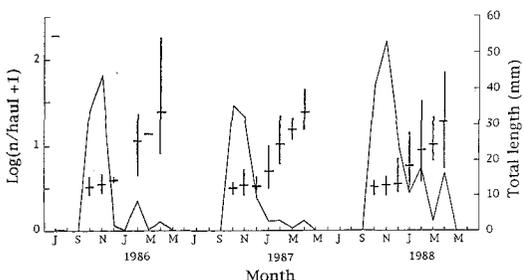


Fig. 53. Seasonal occurrence curves of *Acanthopagrus latus* in the Shimanto Estuary from July 1985 to June 1988. Otherwise same as in Fig. 51.

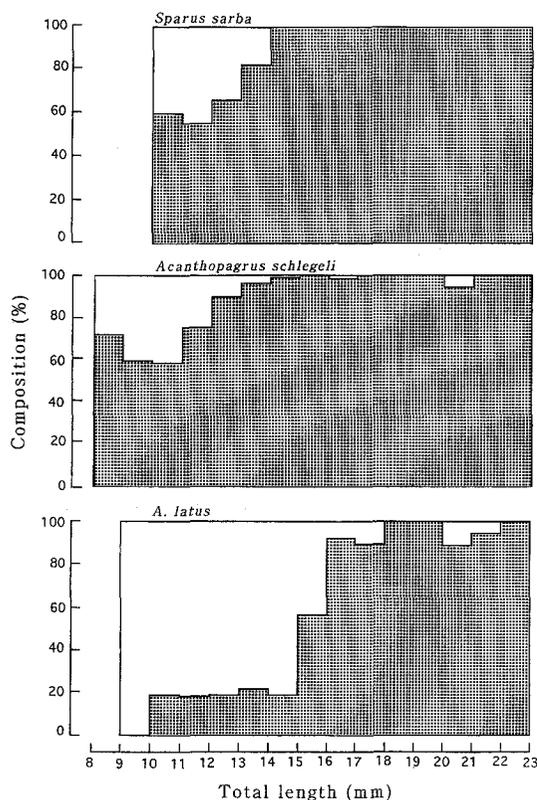


Fig. 54. Size-related differences in composition of number of three sparines collected from eelgrass beds (Shaded areas) and non-eelgrass habitats (open area).

は全体の 98.5% がアマモ場へ出現した。しかしながら、12 mm TL 以下ではヘダイと同様 30% 程度がアマモ場以外に分布していた。一方、キチヌでは前2種に比べ非アマモ場での出現割合が高く、15 mm TL 以下では 80% 以上の個体がアマモ場以

外へ出現した。しかし、15 mm TL を境にアマモ場へ集合し始め、16 mm TL 以上では全体の 94% がアマモ場に分布していた。なお、23 mm TL 以上の個体については3種とも全てアマモ場へ出現した。また、アマモ場と非アマモ場での1曳網当りの出現量と両環境間の面積比 1:16 (Fig. 8 より概算) からそれぞれの分布量の比を概算すると、非アマモ場に対するアマモ場のそれはヘダイで 68%、クロダイで 28%、キチヌでは 3% であった。

以上のように、ヘダイとクロダイでは河口内浅所へ加入後、短期間のうちにアマモ場へ集合するのに対し、キチヌでは加入後しばらくの間は非アマモ場を指向する傾向が顕著で、キチヌと他2種間においてアマモ場への選好性の程度に相違が認められた。しかし、成長に伴ってアマモ場への指向性が強まる傾向は3種とも同様で、ヘダイでは 14 mm TL、クロダイでは 12 mm TL、キチヌでは 15 mm TL 以上のほとんどの個体がアマモ場に集合する実態が明らかとなった。

#### 4. 食性

##### 1) アマモ場と非アマモ場の比較

クロダイとキチヌのほぼ同サイズの仔稚魚について、アマモ場と非アマモ場に分け、その胃内容物の個体数組成を Table 12, Fig. 55 に示す。なお、ヘダイについては採集数が少なく、両環境間の比較に十分な検体数が得られなかったためここでは除いた。

クロダイは非アマモ場で摂餌量および摂餌率とも高く、アマモ場での2.6倍の餌料を摂餌していた。主な餌生物は枝角類と橈脚類であった。このうち、枝角類の摂餌量は環境間で大きく異なり、

Table 12. Numerical percentage of food animals taken by *Acanthopagrus schlegeli* and *A. latus* collected in the eelgrass beds and non-eelgrass habitats of the Shimanto Estuary.

	<i>A. schlegeli</i>		<i>A. latus</i>	
	Eelgrass beds	Non-eelgrass	Eelgrass beds	Non-eelgrass
No. of fish examined	44	44	60	60
Range of TL (mm)	8.8-12.0	8.7-12.0	11.2-14.6	11.2-14.7
Feeding incidence (%)	25.0	63.6	56.7	66.3
Mean of food no. / individual	0.9	2.0	11.6	7.7
Food items				
Polycheaeta larva	2.5	0	0.1	0
Cladocera	47.5	73.3	0	0
Copepoda	42.5	15.6	99.4	92.0
Gammaridea	0	0	0.1	0
Pisces larva	7.5	11.1	0.1	6.9
Unknown	0	0	0.3	1.1

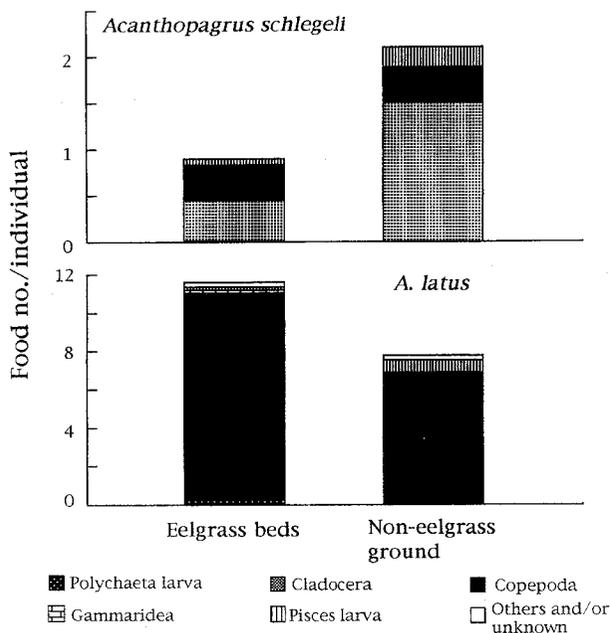


Fig. 55. Average number of food items detected from the stomach of single *Acanthopagrus* collected from eelgrass beds and non-eelgrass habitats.

アマモ場で少なかった。一方、橈脚類の摂餌量には生息域による差は認められなかった。また、仔魚（主にハゼ科）も非アマモ域で比較的多く摂餌されていた。これら仔魚は枝角類や橈脚類に比べ遥かに大型であるため、重量的には両環境間の摂餌量の差はさらに拡大するといえよう。

キチヌでは、摂餌量はアマモ場で多く、摂餌率では逆にアマモ場で低かった。また、摂餌量・率とも両環境間での差はクロダイに比べ小さかった。主な餌生物は両環境とも橈脚類であり、この他非アマモ域ではキチヌ1尾当たり平均0.5個体の仔魚（主にアユ）を摂餌していた。前述したとおり、仔魚の重量は橈脚類等に比べ大きく、重量的には両環境間の摂餌量の差はほとんど無いが、逆に非アマモ域での摂餌量が上回ると考えられた。なお、両環境を合わせた摂餌個体数と摂餌率はクロダイに比べキチヌが高かった。

## 2) 成長に伴う食性の変化

ヘダイ亜科3種の成長に伴う摂餌率と1尾当たり摂餌個体数の変化を Fig. 56 に示す。

摂餌率は3種とも成長に伴い高くなる傾向を示し、クロダイとキチヌでは 18 mm TL 以上でほぼ 100% に達した。一方、ヘダイでは前2種に比べ総体に低く、24 mm TL まで 100% 以下の値を示した。

一尾当たりの摂餌個体数はヘダイとキチヌでは

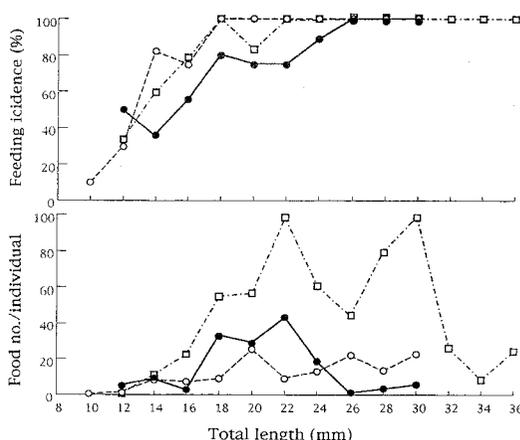


Fig. 56. Comparisons of feeding incidence and number of food items per individual among *Sparus sarba* (solid circle), *Acanthopagrus schlegeli* (open circle) and *A. latus* (open square) collected from eelgrass beds in the Shimanto Estuary.

20 mm TL, クロダイでは 18 mm TL 頃までは成長とともに増加傾向を示した。しかし、それ以降は3種とも大きく変動し、明瞭な増加傾向は認められなかった。また、3種間で同サイズにおける摂餌量を比較すると、16 mm 以上の個体でキチヌの摂餌量が他の2種に比べ多い傾向にあった。

胃内容物の個体数組成をみると、ヘダイでは

24 mm TL を境に主餌料が大きく異なり、24 mm TL 以下では浮遊性の橈脚類が主食で、それ以上では底生性のヨコエビ類を専食していた (Fig. 57).

クロダイの小型個体では枝角類を多く摂餌しており、10 mm TL 以下では全ての餌料が、10-12 mm TL では約半数が枝角類であった。12 mm TL 以降、橈脚類が中心となり、22 mm TL 以上の個体では橈脚類の他、より大型の長尾類幼生や底生性の昆虫類 (ユスリカ科幼生) を摂餌していた (Fig. 58).

キチヌは橈脚類中心の食性から 22 mm TL 以降には、底生性のヨコエビ類の占める割合が増加し、30 mm TL 以上では半数以上をヨコエビ類が占めた。また、12 mm TL 以下の小型個体では橈脚類の他、仔魚 (主にアユ) が比較的多く摂餌されていた (Fig. 59).

このように、ヘダイとキチヌでは成長に伴い主餌料が橈脚類から底生性のヨコエビ類へと移行する点で類似していた。一方、クロダイでは小型個体で主に枝角類が摂餌されていたこと、およびその後のヨコエビ類の摂餌割合が低い点で前2種と異なっていた。

## 5. 耳石輪紋による成長と孵化日の推定

### 1) 扁平石と礫石輪紋との関係

ヘダイ亜科仔稚魚の礫石輪紋は扁平石輪紋に比

べ明瞭であり、約 30 mm TL までは研磨せずとも計数可能な輪紋が認められた (Fig. 60).

また、扁平石輪紋数と礫石輪紋数の関係は Fig. 61 のとおりであり、3種ともほぼ  $y=x$  の線上にあった。そこで扁平石輪紋の不明瞭な個体については礫石輪紋を計数し、日齢の推定を行った (Table 13).

### 2) 成長

ヘダイ、クロダイ、キチヌの日齢と全長の関係をそれぞれ Figs. 62, 63, 64 に示す。

先に明らかとなったとおり、河口内浅所への加入サイズの中心はヘダイでは 13 mm TL、クロダイでは 10-12 mm TL、キチヌでは 12-13 mm TL 前後である。これら加入時の日齢はヘダイでは 30-40日、後2種ではいずれも 30日前後と推定される。その後の成長は3種ともほぼ直線的で、60日齢でヘダイとキチヌではおよそ 16 mm TL、クロダイでは 17 mm TL 程度に達した。日齢と全長の関係により求めた30から60日齢の間の日成長率は、ヘダイで 0.87%、クロダイで 1.56%、キチヌが 0.95%であった。

### 3) 孵化日

ヘダイ、クロダイ、キチヌの採集日と日齢から孵化日を逆算し、その5日毎の頻度をそれぞれ Figs. 65, 66, 67 に示す。

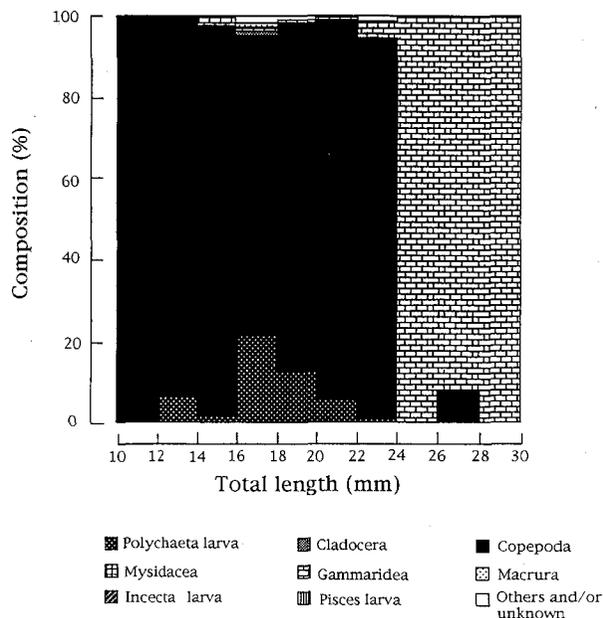


Fig. 57. Change in stomach contents with growth of *Sparus sarba* collected from eelgrass beds in the Shimanto Estuary.

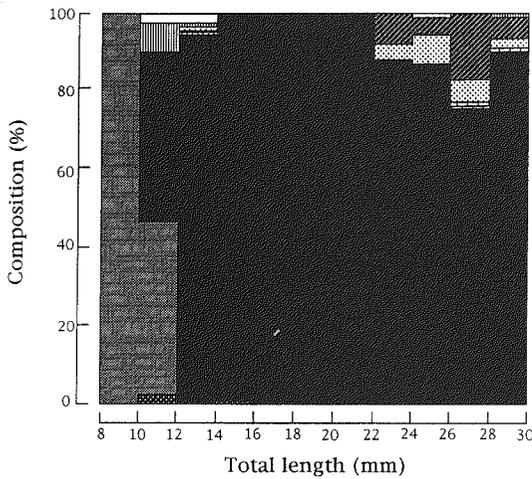


Fig. 58. Change in stomach contents with growth of *Acanthopagrus schlegeli* collected from eelgrass beds in the Shimanto Estuary. Symbols of food are same as Fig. 57.

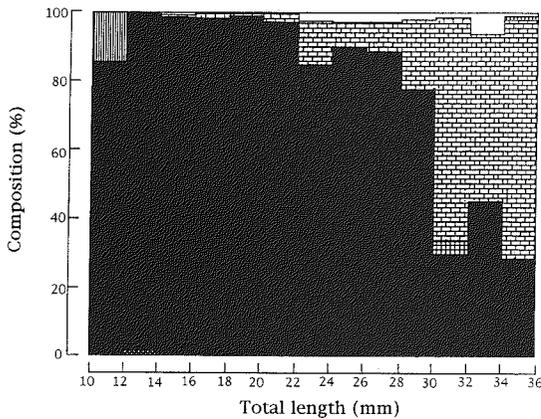


Fig. 59. Change in stomach contents with growth of *Acanthopagrus latus* collected from eelgrass beds in the Shimanto Estuary. Symbols of food are same as Fig. 57.

ヘダイの孵化日は、10月中旬から4月下旬までの半年以上の範囲にあった。しかしこの間、水温の最も低下する1月下旬から3月上旬に孵化日を持つ個体の出現は希で、大きくは10月下旬-12月下旬の秋季と3月下旬-4月上旬の春季に分かれた。クロダイの孵化日は3月下旬-5月中旬の範囲にあり、4月中旬に孵化日を持つ個体が多かった。キチヌの孵化日は9月下旬から12月上旬の範囲にあり、この間9月25-30日と10月20-25日および11月14-19日のほぼ等間隔にそれぞれピークが認められた。

以上からクロダイの産卵期は春季、キチヌでは

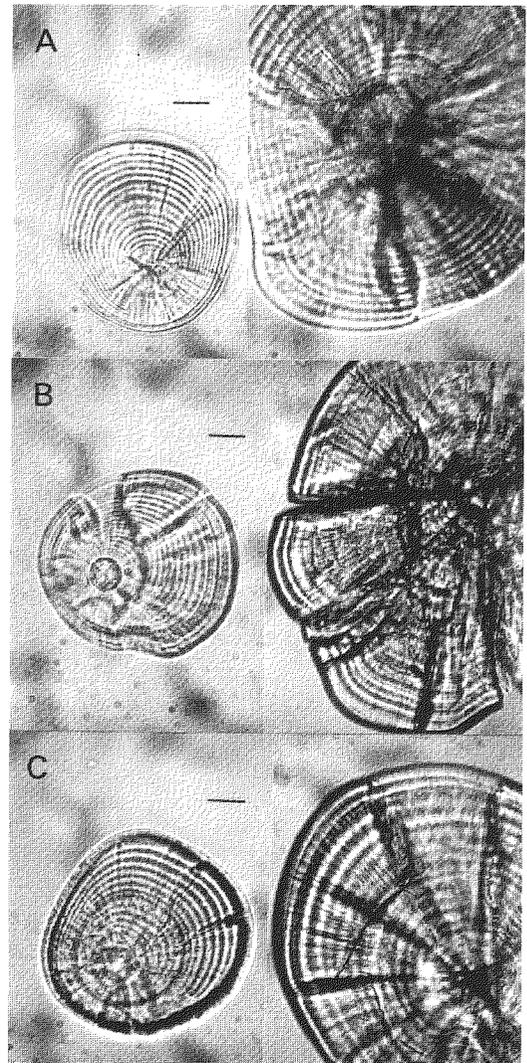


Fig. 60. Lapillus (left side) and sagitta (right side) of three sparines collected in the Shimanto Estuary. A, 24 rings are countable in 11.7 mm TL *Sparus sarba*. B, 28 rings are countable in 11.1 mm TL *Acanthopagrus schlegeli*. C, 20 rings are countable in 11.6 mm TL *A. latus*. Scale bars indicate 25  $\mu$ m.

秋季であり、ヘダイでは秋季と春季の2期に及ぶと判断できる。さらに、このうちキチヌの産卵には周期性がある可能性が示唆された。

## 6. キチヌ仔稚魚の骨格形成

観察を行った31の骨格部位の軟骨化および硬骨化の過程を Fig. 68 に示す。

河口内浅所に出現し始める 11-13 mm TL のキチヌでは脊柱系および付属骨格系の軟骨組織は肋骨

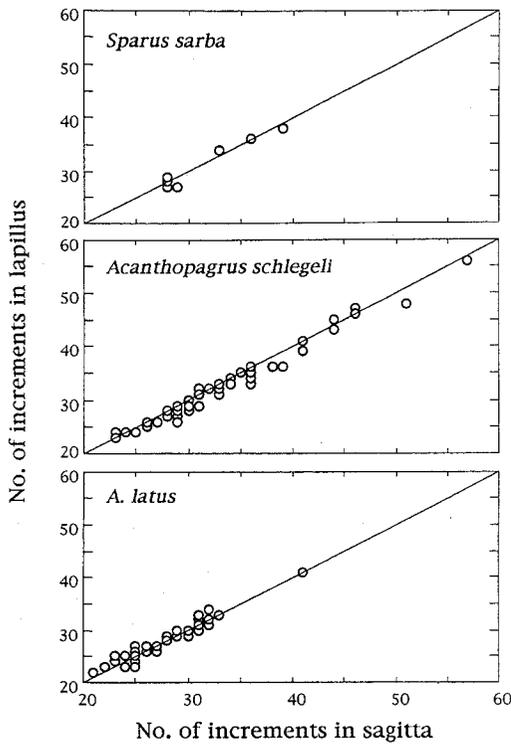


Fig. 61. Relationship between number of increments in sagitta and lapillus of larval and juvenile three sparines collected in the Shimanto Estuary.

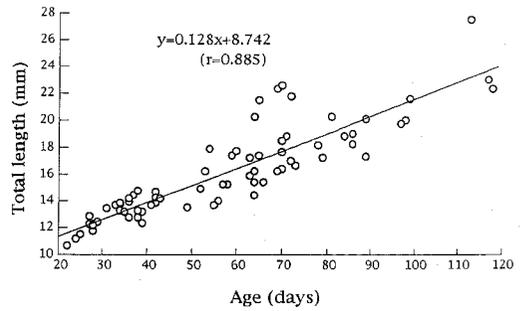


Fig. 62. Relationship between age and total length for *Sparus sarba* collected in the Shimanto Estuary.

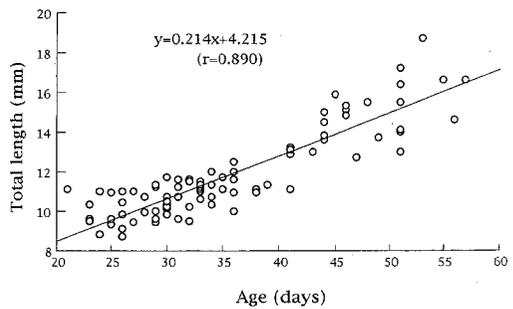


Fig. 63. Relationship between age and total length for *Acanthopagrus schlegeli* collected in the Shimanto Estuary.

Table 13. Examination records of the age (day) and estimated birthdates of larval and juvenile three sparines collected in the Shimanto Estuary from May 1987 to May 1988. Age (day) was estimated to be added five days to ring number.

Species name	Date collected	No. of fish examined	Total length (mm)		Age (day)		Estimated birthdate
			Range	Mean	Range	Mean	
<i>Sparus sarba</i>	Nov. 22, 87	11	10.6-13.6	12.2	22- 34	28	Oct. 19-31
	Dec. 21, 87	3	12.1-13.2	12.7	28- 38	33	Nov. 13-23
	Jan. 17, 88	1		20.2		64	Nov. 14
	Feb. 20-21, 88	17	13.5-22.3	16.8	49- 72	64	Dec. 11-Jan. 2
	Mar. 19-20, 88	17	12.3-27.5	18.9	39-113	81	Nov. 28-Feb. 9
	Apr. 16, 88	3	19.0-23.0	21.4	86-118	107	Dec. 12-21
	May. 28, 88	22	12.7-16.2	14.2	31- 64	44	Mar. 25-Apr. 27
Total		74	10.6-27.5	16.1	22-118	57	Oct. 19-Apr. 27
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	May. 17-18, 87	67	8.7-18.7	11.1	21- 55	32	Mar. 23-Apr. 27
	June. 22, 87	22	10.3-17.2	14.0	34- 57	46	Apr. 26-May. 19
	Total		89	8.7-18.7	11.8	21- 57	36
<i>A. latus</i>	Oct. 25, 87	30	10.6-13.3	12.0	21- 30	26	Sep. 25-Oct. 4
	Nov. 21, 87	30	11.0-14.2	12.6	22- 32	27	Oct. 20-Oct. 30
	Dec. 20-21, 87	29	10.9-13.8	12.0	28- 41	32	Nov. 9-Nov. 23
	Jan. 17, 88	7	15.0-20.4	17.0	46- 77	58	Nov. 1-Dec. 2
	Feb. 20, 88	14	15.9-23.8	20.6	73-120	98	Oct. 23-Dec. 9
Total		110	10.6-23.8	13.6	21-120	39	Sep. 25-Dec. 9

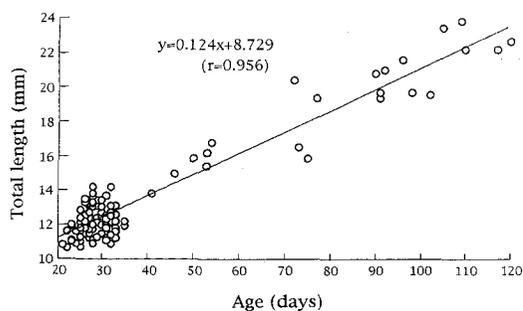


Fig. 64. Relationship between age and total length for *Acanthopagrus latus* collected in the Shimanto Estuary.

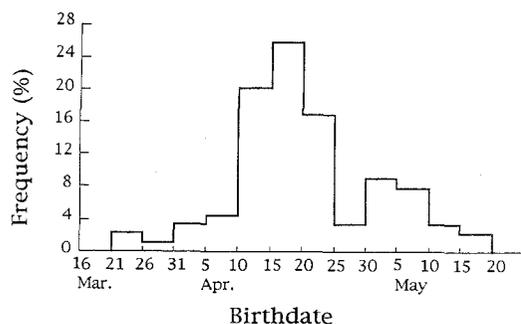


Fig. 66. Date-of-hatch frequency distribution for *Acanthopagrus schlegeli* collected in the Shimanto Estuary.

の一部を除きほぼ完成していた。一方、硬骨化は椎体や擬鎖骨等を除き完了している部位は少なく、大半の部位は硬骨化途中又は未化骨の段階にあった。全長 14 mm 以降、脊柱系では硬骨化が急速に進み、16 mm TL 頃にはほとんどの部位で化骨が完了した。一方、付属骨格系の硬骨化は総体に漸進的で、特に胸・背・臀鰭の遠位担鰭骨の化骨は 25 mm TL 以上に至っても未完了であった。鰭条は観察した最小個体 (11.5 mm TL) ですでに各鰭とも定数に達していたものの、腹鰭では分節が未発達で、分節の開始は 12 mm TL 以上であった。また、全鰭条に分節がみられる体サイズは各鰭で異なり、尾<背<臀<腹<胸鰭の順で進化した。

次に骨格系を脊柱系と各鰭の付属骨格系に分け、それぞれについて化骨部位の累積百分率を Fig. 69 に示す。前述したように脊柱系では 11-15 mm TL に硬骨化が急速に進み、16 mm TL には累積百分率が 100% 近くに達して骨格組織がほぼ完成した。付属骨格系については各鰭で発達程度が異なり、尾・腹鰭に比べ胸・背・臀鰭で硬骨化の進行が小さく、これは前述したように漸進的な担

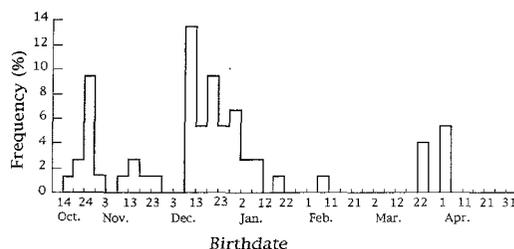


Fig. 65. Date-of-hatch frequency distribution for *Sparus sarba* collected in the Shimanto Estuary.

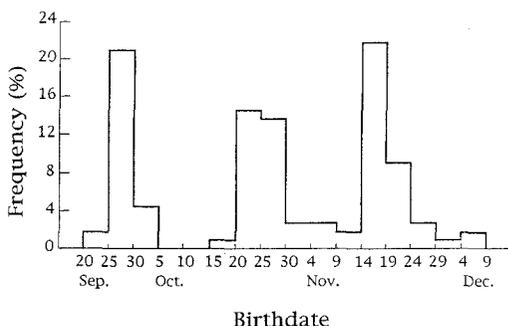


Fig. 67. Date-of-hatch frequency distribution for *Acanthopagrus latus* collected in the Shimanto Estuary.

鰭骨の化骨を反映していた。また、成長に伴う推移をみると、14 mm TL 頃を境に背・臀鰭の硬骨化の進捗が加速する傾向が認められた。

## 考 察

木下 (1993) は土佐湾の砂浜海岸砕波帯に多数のヘダイ亜科仔稚魚が出現する事実を明らかにし、そこでの初期生活史の詳細を報告している。この他、九州西海岸 (Senta & Kinoshita, 1985; Senta et al., 1988) や長崎県志々伎湾 (Kinoshita & Tanaka, 1990)、若狭湾 (中坊ほか, 1987)、大阪湾 (辻野ほか, 1988)、三河湾 (藤崎ほか, 1984; 田代ほか, 1985; 1986) など各地の砂浜海岸砕波帯でもヘダイ亜科仔稚魚の出現が確認され、当水域が重要な生息圏となっているとの指摘がなされてきた。これら砂浜海岸砕波帯に出現するヘダイ亜科仔稚魚の発育段階はほとんどが仔魚から稚魚への移行期である。これは四万十川河口内浅所に出現し始める個体の発育段階とよく一致しており、その出現時期についても砂浜海岸砕波帯でのそれとほぼ同様である (Figs. 51-53)。このように、

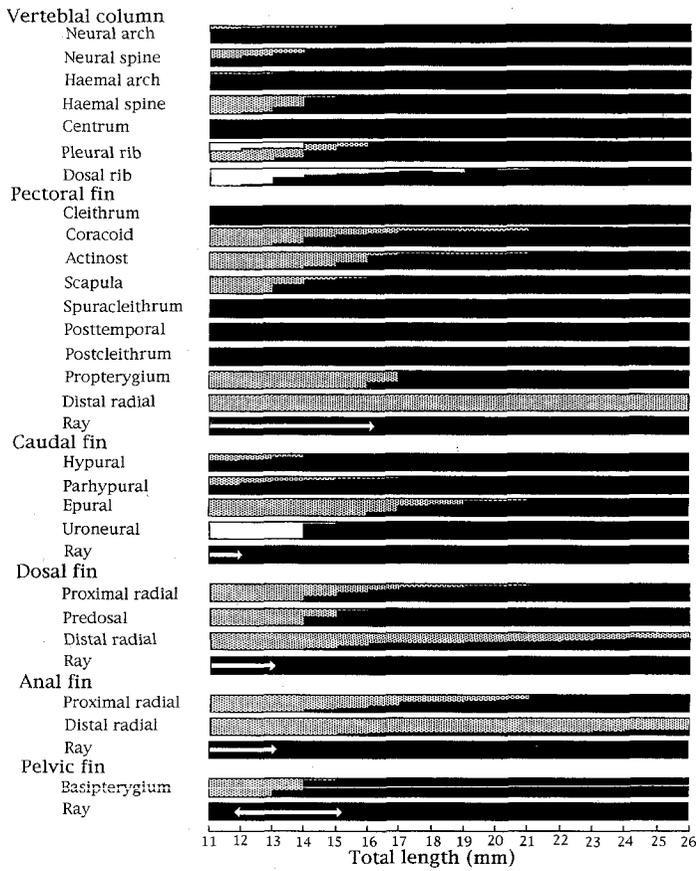


Fig. 68. Occurrence distribution of osteological developmental changes of vertebral column, fin-supports and rays against total length in *Acanthopagrus latus*. Stippled and solid areas represent chondrification and ossification, respectively. Open arrows in the figure indicate segmentation sequences of soft-rays.

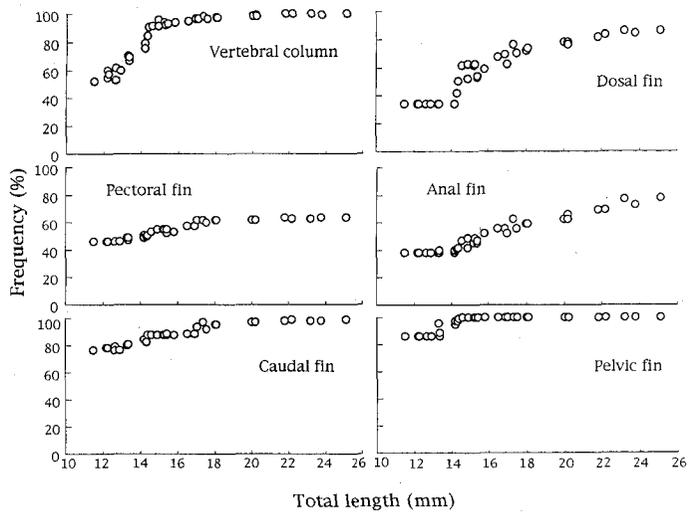


Fig. 69. Relationship between counts or ossificatory changes (cumulative percentage) and total length in *Acanthopagrus latus*.

本河口内浅所におけるヘダイ亜科仔稚魚の加入状況に関しては砂浜海岸碎波帯とは非常に類似しており、同水域に匹敵する重要な生息圏となっていると考えられる。また、海外の河口域においても、*Lagodon rhomboides* や *Archosargus rhomboidalis* などのタイ科仔稚魚が多数出現することが確認されており (Lewis & Mann, 1971; Weinstein, 1979; Shenker & Dean, 1979; Bozeman & Dean, 1980; Chavance et al., 1984), 河口域がタイ科仔稚魚の生息圏となっているのは明白であろう。しかしながら、本邦における河口域でのヘダイ亜科仔稚魚の採集例は少なく (辻, 1986; 大森・靄田, 1988), いずれも断片的な報告にとどまっている。

砂浜海岸碎波帯に出現するヘダイ、クロダイ、キチヌはいずれもごく限られた体長範囲にあり、耳石日周輪から推定した碎波帯における滞在期間は4-5日程度であると考えられている (木下, 1993)。一方、本河口内浅所では3種とも約30 mm TL までほぼ連続して採集された (Figs. 45-47)。また、全長の季節変化 (Figs. 51-53) から3種が同水域に滞在し、成長している状況は明らかであり、加入後の滞在期間に碎波帯と河口域との間で大きな相違が認められる。しかし、河口内浅所においてもアマモ場と非アマモ域で出現サイズが異なり (Fig. 54), 非アマモ域での出現サイズは概ね砂浜海岸碎波帯でのそれと一致している。このことは河口内の非アマモ域と砂浜海岸碎波帯での生息圏として役割が同一であるとの推論を想起させる。この砂浜海岸碎波帯の役割について、木下 (1993) は底生生活のための外部、内部形態を整える準備場として、また次ぎの成育場への道標として重要な生息圏と位置づけている。

ヘダイ亜科仔稚魚は本河口内浅所へ接岸後、成長に伴ってアマモ場への強い指向性を示し、そのほとんどがアマモ場へ集合する (Fig. 37)。この結果は砂浜海岸碎波帯あるいは河口内の非アマモ域を離れたヘダイ亜科仔稚魚の次の成育場がアマモ場であることを示している。愛知県三河湾 (大島, 1954) や高知県浦の内湾 (安藤・中島, 1983), 山口県小郡湾 (宇都宮, 1954), 京都府阿蘇海 (中津川, 1980) などのアマモ場には主に20 mm TL 以上のヘダイ亜科稚魚が出現しており、アマモ場が稚魚期以降の成育場として利用されている様子が分かる。一方、熊本県富岡湾 (Kikuchi, 1966), 三重県英虞湾 (木村ほか, 1983), 静岡県下田湾・鍋田湾 (小池・西脇, 1977), 宮城県松島湾 (畑中・飯塚, 1962) などのアマモ場ではヘダイ亜科仔稚魚はほとんどあるいは全く出現せず、アマモ場の地理的・環境的要因により出現状

況にはかなりの相違が窺える。大島 (1954) は干潮線近くの浅い水深帯にあるコアマモで構成された藻場にヘダイ亜科仔稚魚が多く出現すると述べている。本河口内のアマモ場も同じく浅所に形成されたコアマモ群落であり、ヘダイ亜科仔稚魚はごく浅所の藻場を選好する特徴が窺える。また、花本 (1988) は大阪湾南部のオゴノリ、アオサ、アオノリ等の藻類が繁茂する浅所において15 mm TL 以上のクロダイ稚魚の出現を確認している。この確認例は、周辺にアマモ場の存在しない水域では他の藻類の繁茂する浅所がヘダイ亜科稚魚の成育場となり得ることを示唆している。

ヘダイ亜科仔稚魚は、河口内浅所へ加入当初はアマモ場と非アマモ域の両環境に分布する。その際、両環境間での食性を比較した結果 (Fig. 55), クロダイでは非アマモ域で摂餌率、摂餌量とも明らかに高かった。また、キチヌについても同水域での摂餌率が高く、摂餌量についても重量的にはアマモ場と同等かもしくはそれ以上の値と考えられた。木下 (1993) は碎波帯に出現する18種の仔稚魚の摂餌率を調べ、その高さから碎波帯の摂餌場所としての重要性を指摘している。本河口内においても、アマモ場へ集合する以前のクロダイとキチヌ仔稚魚にとっては、アマモ場より非アマモ域が摂餌場所として重要な環境となっている可能性があり、ここでも河口内の非アマモ域と砂浜海岸碎波帯との共通性が確認できる。

ヘダイとキチヌではアマモ場へ集合した後、それぞれ約24 mm および30 mm TL を境に浮遊性の橈脚類からヨコエビ類へと食性を転換した (Figs. 57, 59)。また、クロダイでは前2種のような明瞭な食性の転換は認められなかったものの、22 mm TL 頃から底生性のユスリカ属幼生等を捕食していた (Fig. 58)。このようなヘダイ亜科稚魚が20 mm TL 以上で橈脚類から端脚目等の底生生物へと食性を変化させる結果はすでに報告されている (大島, 1954; 本田ほか, 1979; 安藤・中島, 1983; 時岡ほか, 1983)。また、ヘダイ亜科同様、河口域の藻場に出現するタイ科の *Lagodon rhomboides* や *Diplodus holbrooki* なども20-30 mm TL の間で橈脚類から端脚目や藻類への食性の転換がみられる (Carr & Adams, 1973)。Adams (1976) はアマモ場での餌料生産量を推算し、アマモ場に生息する魚類にとって十分な供給量があると述べている。さらに、菊池 (1973) はアマモ場では端脚目などの葉上動物が種類・量とも非常に豊富であり、これらが魚類の重要な餌料であると指摘している。本河口内においても底生生活に移行したヘダイ亜科稚魚はその餌料をアマモ場の豊富な動物相に依存

しているといえよう。

他方、ヘダイ亜科稚稚魚は本河口内のアマモ場に集合した後、しばらくの間は浮遊性の橈脚類を主食としており、この間の餌料がアマモ場から供給されているとは言い難い。Holt et al. (1983) は visual feeder である red drum 仔稚魚が藻場の外縁部に分布するのは浮遊性の橈脚類等の捕食が藻場外でより有利であるためであり、藻場は摂餌場所としてではなく、逃避場所としての役割が強いと推論している。さらに、山元ほか (1982) はクロダイ放流種苗の食害をアマモ場と貧海藻水域との間で比較し、アマモ場における被食率の低さから同水域の逃避場所としての機能を指摘している。本河口内においてもヘダイ亜科稚稚魚はアマモ場へ移住後、ヨコエビ類等の底生動物を主食とするまでの間はアマモ場を主に逃避場所として利用していると考えられる。

本河口内浅所に出現したヘダイ亜科3種の全長と日齢の関係により求めた30から60日齢の間の日成長率は、ヘダイで 0.88%、クロダイで 1.55%、キチヌで 0.87% であった (Figs. 62-64)。飼育魚の成長をみると、ヘダイでは29-54日齢の間における日成長率は 3.14% で (塚島・北島, 1982)、クロダイでは30-60日齢の間で 2.56% である (Fukuhara, 1986)。また、キチヌでは26-41日齢と飼育期間がやや短いものの、この間の日成長率は 2.87% との報告例がある (赤崎・時任, 1982)。このように3種とも飼育魚での成長が速いと言える。このうち、ヘダイは本河口内の供試魚のほとんどが秋から冬季に孵化日を持つ個体であったのに対し (Table 13)、塚島・北島 (1982) の飼育期間は5月以降であり、成育時の水温差を反映した可能性が考えられる。また、キチヌについても赤崎・時任 (1982) の飼育時の水温が本河口内に比べ 4-5°C 高い。また、Fukuhara (1986) によるクロダイの飼育水温は 19.3-24.0°C (図より読み取り) の範囲にあり、これは本河口内でのクロダイの成育時 (5, 6月) の水温 19.8-22.8°C に比べ平均で 0.4°C 高い。大差ではないものの、本河口内での水温の観測時が全て日中であり、相対に水温の低下すると思われる深夜や早朝に観測していないこと、および Fukuhara (1986) による飼育が野外にくらべ水温変動の少ない室内飼育であること等を勘案すると積算水温ではより大きな差であった可能性が考えられる。このように、飼育魚との成長率の相違は主に成育水温の差に起因した結果と考えられる。ただし、天然海域におけるヘダイ亜科の成長に関する知見は極めて乏しい現状にあり、今後の研究を待ちたい。

採集日と日齢から求めた孵化日はクロダイとキチヌについては従来知られていた産卵期 (大島, 1941; 赤崎, 1984) とほぼ一致した (Figs. 66, 67)。しかし、ヘダイについては晩春のみ (赤崎, 1984) ではなく、Kinoshita (1986) や小島 (1988) の報告と同様、秋季にも産卵している事実が明らかとなった (Fig. 65)。Fig. 70 は調査時に観測した海水温 (周辺海岸における表層水温) から孵化日毎の水温を推定し、その頻度を示している。これを見ると、ヘダイでは大きく2期に分かれていた孵化日組成はほぼ連続する水温帯であるといえよう。また、3種とも 18-21°C に孵化日を持つ個体がみられる。さらに、奄美諸島および沖縄諸島に分布するミナミクロダイ *Acanthopagrus sivicolas* においても産卵開始時の水温は、18.2-23.5°C の範囲にある (多和田・藤本, 1982)。このように、ヘダイ亜科魚類の産卵期の水温帯には普遍性が窺える。魚類成熟の引金となる外的要因としては光周期や水温が重要とされており (白石・武田, 1961; 会田, 1982; 岩井, 1985)、産卵期が対称的なクロダイとキチヌについてはその外的要因が異なっているといえよう。一方、ヘダイについては春季と秋季にそれぞれ産卵期を持つ2系群の存在が考えられる。しかし、東ほか (1992) は土佐湾の砂浜海岸砕波帯に出現するヘダイ仔稚魚のアイソザイムを検出し、春出現群と秋出現群間での遺伝的組成の同一性を明らかにしており、2系群の

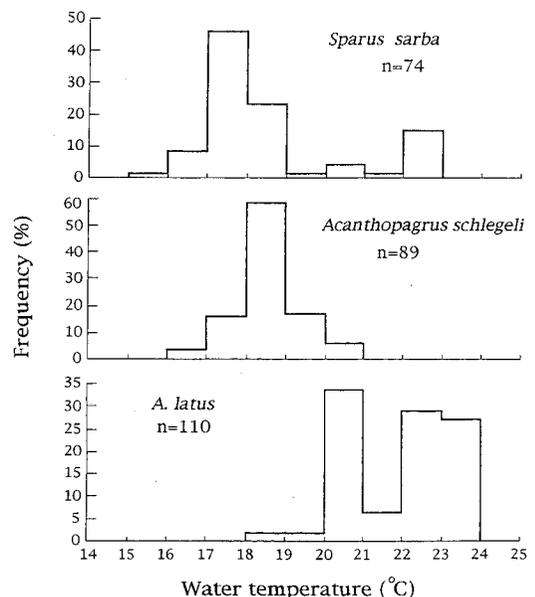


Fig. 70. Frequency distributions of water temperature on estimated birth date for three sparines collected in the Shimanto Estuary.

存在は考え難い。同じタイ科に属するキダイ（レンコダイ）*Dentex tumifrons* はヘダイと同様に春と秋に産卵期を持つことが知られており、Shindo & Aoyama (1954) は本種の卵巣の成熟状態から放卵回数を推定し、盛夏を挟み年2回産卵している。以上から、ヘダイについても年2回産卵するとの推論が可能であるものの、本種の産卵生態については成魚の成熟に関する研究を含むより詳細な検討が必要と思われる。

河口内に出現し始める 11-13 mm TL のキチヌでは脊柱系および付属骨格系の軟骨組織はほぼ完成しており、遊泳力に関係すると考えられる骨格の基本的構造はすでに整っていた (Fig. 68)。マダイやクロダイでは25日齢頃に遊泳速度の急増が認められ (Fukuhara, 1984; 1986)、これはヘダイ亜科仔稚魚が本河口内浅所に出現し始める日齢と一致している (Figs. 62-64)。また、マダイでもキチヌ同様、25日齢 (8 mm TL) 頃には軟骨化がほぼ完成しており (Matsuoka, 1987)、軟骨組織の完成と遊泳力の急増はよく対応している様子が分かる。そして、この遊泳力の増大が沖合から河口内への接岸回遊を可能にしたと考えられる。

一方、キチヌ仔稚魚の硬骨化は脊柱系では 16 mm TL 頃、付属骨格系では担鰭骨の一部を除き 21 mm TL までにはほぼ完了した (Fig. 68)。この際の生態面での変化をみると、前者では非アマモ域からアマモ場に集合する時期と、後者では浮遊性の橈脚類から底生性のヨコエビ類へと食性を転換し始める時期にそれぞれ一致している。田中 (1986) によると、マダイは各鰭や中軸骨格、体側筋などがほぼ完成する時期に浮遊生活から底生生活に移行する。キチヌについてもアマモ場への集合や底生動物への食性の変化は底生生活への移行を示しており、この時期に生活様式の転換を保証する骨格組織等の体構造が完成すると考えられる。

## V. 総 合 討 論

Weinstein (1982) は、河口域に出現する魚類をその生活様式から2グループに大別している。一つは生活史の全て又は大部分を河口域で過ごす定住種であり、もう一方は生活史の一時期を河口域で生活するグループである。前者を代表する魚種として、北米大西洋岸では killfish, Cyprinodontidae や silverside, *Menidia* spp., anchovies, *Anchoa* spp. などがあげられる。これらは主に飼料用として重要な漁獲対象となっている。一方、後者に属する魚種の多くは幼期のみ河口域に出現するもので、

海域で孵化し、その後河口域に成育場を求めて接岸する仔稚魚が中心となる。四万十川河口内浅所に出現した魚種のうち、定住種はヒナハゼ等のハゼ科の一部に限られており、種類数・量とも多くない。日本と面積で大差のないニュージーランドの河口域についても定住種はヒメギンボ属の一種、*Tripterygion*, が知られている程度で、量的に多くない (McDowall, 1976)。本邦をはじめとする面積の狭い河口域では大陸の広大な河口域に比べ定住種が少ない特徴が窺える。

一方、生活史の一時期を過ごす魚種は四万十川河口内で豊富にみられる。特に海産魚類の仔稚魚は多様で、河口内浅所における仔稚魚相の中心となっている (Table 1)。このような河口内浅所に出現する海産魚はスズキ属やヘダイ亜科仔稚魚をはじめとして砂浜海岸砕波帯にも共通して出現する種が多い。しかし、スズキ仔稚魚は砕波帯に比べ河口内浅所で多く出現し、ヒラスズキでは逆に砕波帯において豊富で、その主分布域は近縁2種間で異なっていた (Fig. 44)。さらに、ヘダイ亜科3種のうち、ヘダイ仔稚魚の河口内浅所での出現量は他2種に比べ少なく、3種の出現量合計の2%に過ぎない。これに対し、河口周辺砕波帯でのヘダイのそれは 5.1% であり、顕著な差ではないものの河口内浅所に比べ多い。北島・塚島 (1983) はヘダイとクロダイおよびその交雑種との間で低塩分耐性を比較し、ヘダイの耐性は交雑種と同程度で、クロダイよりは明らかに弱いことを確認している。また、岡村・為家 (1977) や山崎 (1983) はヘダイ成魚・未成魚の四万十川河口内での分布上流限はクロダイ、キチヌに比べより下流側であるとしており、ヘダイ仔稚魚についてもその主分布域は河口内に比べ高塩分の砂浜海岸砕波帯である可能性が強い。この他、シマイサキ科のシマイサキとコトヒキ仔稚魚の2種についても、河口内浅所ではシマイサキの出現量が圧倒的に多く、反対に河口周辺の砕波帯ではコトヒキが多数出現し (Tables 1, 7)、これら近縁な両種の主分布域は異なっている。両種の成魚についても本河口内では、コトヒキに比べシマイサキがより上流にまで分布することが知られており (岡村・為家, 1977; 山崎, 1983)、仔稚魚の主分布域の相違も両種間の低塩分耐性の差を反映していると考えられる。

このような、広塩性魚類のスズキやクロダイの低塩分耐性に関しては、浸透圧調節に重要な役割を果たす脳下垂体ホルモンのプロラクチンの産生状態から、仔稚魚期において既に低塩分環境に適應できる生理的メカニズムを保持しているとの証明がなされている (横内ほか, 1991; Kimura &

Tanaka, 1991). また, 山根 (1993) はマダイとクロダイ仔稚魚の魚体比重とその調節能力を調べ, クロダイがより低塩分環境に適応していることを明らかにしており, 本河口内浅所に出現する仔稚魚は海産魚の中でもとりわけ低塩分環境に適応した特定の魚種であるといえる. さらに, 当水域では淡水魚に含まれるアユやカマキリ, ハゼ科の一部等の通し回遊性魚類の仔稚魚も多数出現する (Table 1). これらは言うまでもなく低塩分環境に順応したグループである. このように当水域は低塩分環境への適応能を獲得した特定の仔稚魚を中心に成育場として利用されていると言える.

河口内浅所に出現する海産魚の多くは, 沖合で孵化し, ある程度成長した後に当水域へ加入する. この加入時の日齢はヘダイでは30-40日, クロダイとキチヌでは30日前後である (Figs. 62 - 64). スズキについては河口内流心部で卵や仔魚が採集されることから河口周辺で孵化していると考えられるものの, 浅所への加入は20-30日齢の個体を中心である (Fig. 41). この時期の発育段階は各種ともほぼ同じで, 仔魚から稚魚への移行期に相当する. キチヌではこの時期に脊柱系や付属骨格系の軟骨組織がほぼ完成し (Fig. 68), 遊泳力がそれまでに比べ大きく増すと考えられる. クロダイやマダイにおいてもこの時期に遊泳力の増大が確認されており (Fukuhara, 1984; 1986), 仔魚から稚魚への移行期に沖合から河口内への接岸回遊を可能にする遊泳機能が具わるといえよう. さらに, この際には消化・吸収機能 (田中, 1971) や視覚機能 (川村, 1991) のほか, プロラクチン (Kimura & Tanaka, 1991) や甲状腺ホルモン (Tanaka et al., 1991) の産生およびペプシン様消化酵素の活性等 (Kawai & Ikeda, 1973) の向上も確認されている. このような体構造や各種機能の総合的な変化は, 生態的な側面での大きな転機を示唆しており, その結果が河口内浅所への接岸であると考えられる.

河口内浅所と周辺の碎波帯に共通して出現する仔稚魚の加入サイズは両環境間でよく一致していることから, これら仔稚魚は周辺の碎波帯を経由せず沖合から直接河口内に移入し, 浅所に接岸すると考えられる. また, スズキやシマイサキ仔稚魚の河口内浅所における1曳網当りの年平均採集尾数は, 周辺碎波帯のそれぞれ 119, 225倍の量に当り, 出現量からみても河口内浅所へ積極的に集合しているといえよう. 仔稚魚が沖合から河口内や内湾に移入するメカニズムについては, 鉛直的な移動を行うことにより岸方向への潮流流を選択的に利用している説が有力である (Weinstein et

al., 1980b; Boehlert & Mundy, 1988; Miller, 1988; Holt et al., 1989). しかし, 四万十川の場合, その河口開口部の幅は 200 m 程度と狭く, しかも潮流の卓越する外海に面しているため, 潮汐によって河口内と外海との間で水の交換が生じる水域はかなり限られた範囲にあると思われる. したがって, 少なくともこの範囲内に到達するまでの間は何等かの指標によって水平方向に移動し, 河口周辺に集合すると考えられる. Tanaka et al. (1987a, b) はマダイ仔稚魚の湾口部から成育場となる湾奥部への移入に海底直上に形成される橈脚類 (*Acartia*) の密度傾斜が強く関与していることを指摘している. また, Kinoshita & Tanaka (1990) はクロダイの浮遊期仔魚の表層分布が低塩分環境を選好した結果と考え, 碎波帯への移入に関しても沖合からの塩分勾配を指標として生じていると推論している. この他, 臭気や水温, 濁度などの水平的傾斜についてもその指標性が論議されている (Miller, 1988). 四万十川河口内への仔稚魚の移入にどのような要因が関与しているかは特定できないものの, 本河口内と沖合の間には塩分に代表されるような著しい環境勾配がみられることは明らかである. しかも, 河口内浅所には低塩分環境に適応した魚種が中心に出現し, さらにクロダイ仔魚で指摘されたような低塩分環境への選好性等を勘案すると, 塩分の水平的傾斜が重要な要因となっている可能性が高いと思われる.

成育場における仔稚魚群集はそこでの滞在期間の長短によりグループ分けでき, 大きくは初期生活史の大部分をそこで過ごす resident グループと一時期のみ出現する migrant グループの二つに区分される (Mulkana, 1966; Modde, 1980). 本河口内浅所では resident グループに属する魚種が多くを占めるのが特徴で, スズキやヘダイ亜科3種はその典型的な種といえる. この点で, ほとんどが migrant グループである砂浜海岸碎波帯の仔稚魚群集とは大きく異なっている. しかし, 河口内浅所における resident グループにはヘダイ亜科仔稚魚のように成長に伴ってアマモ場へと移動する種が多い. つまり, これら仔稚魚は非アマモ域のみで判断すると, 滞在期間が短いため migrant グループに区分される. このように, 河口内浅所の中でも非アマモ域では, migrant グループに属する種が多くを占める点において砂浜海岸碎波帯と共通しており, これら仔稚魚の成育場として果たす役割が両環境間で類似していると考えられる. 砂浜海岸碎波帯の役割について, 木下 (1993) は次の成育場へ導き, 底生生活の準備を支えるための重要な成育場と結論づけている. 本河口内浅所

の非アマモ域もアマモ場へ移入する仔稚魚にとっての道標となるとともに、底生生活への移行を保証する内部・外部形態を整える準備場所としての役割を持っていると考えられる。

ヘダイ亜科仔稚魚はアマモ場へ移住し、ある程度成長した後にアマモ場に豊富な底生動物を捕食しはじめ、底生生活へと移行する (Figs. 57-59)。この際のアマモ場の機能としては仔稚魚が底生生活へ移行するまでの間は逃避場所としての役割が主であると考えられる。そして、食性が底生動物へと転換した後はこの役割に加え、餌料の供給源としても重要な意義を持つ。このように、アマモ場は仔稚魚にとっての逃避場所および着底場所等としての役割を持ち、本河口内浅所が仔魚期から未成魚期に至る長期間の成育場として成立する重要な環境要素となっているといえよう。さらに、アマモ場と非アマモ域で構成される本河口内浅所は、魚類の成育場として古くから注目されている内湾域のアマモ場と近年成育場としての重要性が各地で明らかにされつつある砂浜海岸碎波帯の両者を合わせ持った環境にあると言え、それぞれの成育場としての機能を兼ね具えていると考えられる。

河口域は沿岸域や外洋域に比べ基礎生産力が高く、それに伴って仔稚魚の餌料となる動物プランクトン量も豊富とされている (田中, 1981; Day et al., 1989)。本河口内浅所における動物プランクトン量については不明であるものの、当水域に出現するスズキ属仔稚魚の摂餌率 (消化管内) はほぼ 100% を示した (Table 10)。また、クロダイやキチヌについても 16 mm TL 以上ではほぼ 100% の摂餌率 (胃内) を示し (Fig. 56)、当水域に十分な餌料が存在している様子を想像させる。さらに、本河口内浅所に出現するヒラスズキ、クロダイ、キチヌ仔稚魚は一般的な餌料とされている枝角類や橈脚類のほか、ミミズハゼ属等のハゼ科やアユ仔魚を比較的多く摂餌していた (Tables 10, 12)。高橋ほか (1990) は本河口内浅所と近傍の砂浜海岸碎波帯に出現するアユ仔魚の成長並びに食性を両環境間で比較している。これによると、アユ仔魚の成長は河口内において良好で、その要因の1つとして河口内浅所でミミズハゼ属仔魚が摂餌されていた点を指摘している。この他、山口県油谷湾内においても量的に最も多く出現するハゼ科仔稚魚が他の魚食性魚類に高率で捕食されていることが知られている (森, 1982)。このようなハゼ科仔魚の1個体当りの重量は枝角類や橈脚類に比べはるかに重く、また質的にも餌料として貴重な存在と考えられる。一方、ハゼ科の浮遊期仔魚は

本河口内流心部に出現する全仔魚の 84% を占め、流心部を特徴づける分類群となっている (Table 4)。このような河口内に特有なハゼ科仔魚等も浅所における仔稚魚の成育を支える重要かつ特徴的な餌料生物となっていると考えられる。

本河口内は干満に伴う潮汐流に河川流が加わるため閉鎖的な内湾等に比べ水塊の移動・交換の程度が大きいと推測できる。このような水塊の移動はプランクトン食性にある仔稚魚が特定の場所に定位していても水流と共に移動する餌料プランクトンとの遭遇機会を増大させ、摂餌効率を高めるであろうとの推論を想起させる。同時に、索餌のための行動範囲が狭いことは大型の捕食者と遭遇する機会を減少させるであろう。さらに、アマモ場周辺での定位は捕食者からの逃避場所の確保を意味する。一方で、汽水域である河口内浅所では捕食者も広塩性の種に限られることから、捕食圧の程度は海域に比べ小さいと推定できる。これらを勘案すると、本河口内浅所で成育する仔稚魚に対する捕食圧は内湾域や浅海域に比べ相当に小さいと推測できる。仔稚魚の主たる減耗要因は被捕食であると考えられており (Houde, 1987)、田中 (1991) は捕食圧が稚魚の成育場として成立する生物学的背景の重要な位置を占める可能性が高いことを指摘している。本河口内浅所においても捕食圧の低さが成育場として成立する大きな要因となっている可能性がある。しかし、本河口内浅所に出現するクロサギやシマイサキ仔稚魚がオニカマス稚魚に多数捕食されていることや (藤田ほか、未発表)、前述したようにハゼ科やアユ仔魚がスズキ属、ヘダイ亜科仔稚魚に捕食されていた事実等を考慮すると、当水域においても被捕食が仔稚魚の減耗の一要因となっているのは明らかである。成育場における仔稚魚の被捕食を定量的に扱った研究は極めて乏しく (田中, 1991)、今後の解明すべき課題といえる。

硬骨魚類の体内浸透圧は他の脊椎動物とほぼ等しく、淡水中では水を排出し塩類を吸収し、海水中では逆に水を吸収し、塩類を排出することにより恒常性を保っている (内田, 1977)。したがって、淡水・海水に比べ体液浸透圧に近い汽水中ではこれらの排出・吸収の程度は小さく、エネルギー消費を考えると汽水中でより有利と推察できる。石渡 (1979) は30日齢のクロダイ仔魚では3% 海水 (塩分約 1 psu) まで生残にはほとんど影響が及ばないことを明らかにするとともに、生残や成長等に最適な塩分濃度は全海水よりもやや低い塩分帯にあると指摘している。また、アユ仔魚の絶食下の生残率は、飼育水の塩分が高いほど低

く(稲葉・和田, 1967; 伊藤ほか, 1971), 海水中に比べ汽水水中でのエネルギーの消耗が小さいことを暗示させる。さらに, 北米の河口域に多数出現する海産魚の *Atlantic menhaden*, *Brevoortia tyrannus* の仔魚は (Lewis et al., 1972), 飼育水の塩分が 10-15 psu 生残率が最も高く, 塩分の上昇に伴って仔稚魚期の成長も抑制されるとの結果が確認されている (Lewis, 1966)。この他, ヒラメやトラフグ仔稚魚では海水よりも低塩分水での飼育結果が優れているとの報告例もある (王ほか, 1994; 韓ほか, 1994)。これら研究例は, 低塩分環境に適応した仔稚魚にとっては海域よりも塩分の低い河口域が成育場として好適な環境条件下にあることを示している。

以上のように, 四万十川河口内浅所は豊富かつ独特な飼料環境を形成するとともに, 逃避場所や着定場所として拠り所となるアマモ場が周年存在することにより, 低塩分環境に適応した特定の魚類が初期生活史の大部分を過ごし得る重要な成育場となっている。また, 河口内浅所での非アマモ域は成育場として砂浜海岸砕波帯と共通する役割, すなわち底生生活への移行を保証する内部・外部形態を整える準備場的な役割を持つと言えよう。さらに, 本研究において従来のアマモ場での仔稚魚群集に関する研究ではほとんど言及されていなかった非アマモ域からアマモ場への移住のプロセスを明確にできたことは, 砂浜海岸砕波帯とアマモ場との関連を考える上でも極めて意義深いと考えられる。しかし, これまで述べたようにまだ多くの究明すべき問題があり, 今後より詳細かつ多領域にわたる総合的な研究が必要であろう。一方, 本邦の河口部は開発に伴い本来の環境を大きく変えつつあるのが現状であり, 水産資源の維持や増殖の面からその保全が今後の重要な課題と言えよう。

## 要 約

1. 四万十川の河口域には3支流が流入し, 一つの中洲がある。水面幅は河口から約 0.8 km 地点で約 600 m と最も広く, それより上流の 5 km 付近では 350 m 程度となる。河口開口部では左岸に砂嘴が形成され水面幅は約 200 m と狭い。水深は河口開口部で最も深く, 17 m に達する。河口内の水深は一部 15 m に達する凹部がある他は, 流心部で 5-10 m, それ以外では 5 m 以浅である。

四万十川河口内浅所の月平均水温は, 11.6 (12月) -29.1°C (8月) の範囲にあり, 海岸部に比べ水温の変動が大きく, 特に秋季から冬季にかけて

の水温が低い特徴にある。月平均塩分は, 海岸部に比べ明らかに低く, 1.7 (6月) -19.1 psu (11月) の範囲で変動する。季節的には河川流量の多い春季から夏季かけて 5 psu と低く, 冬季に高い傾向にある。河口内流心部における層別の塩分分布から, 当河口内には塩水がくさび状に侵入していることが分かる。

河口内には冬季および春季にスジアオノリが繁茂し, 重要な水産資源となっている。また, 浅所の緩流部を中心に周年アマモ場が形成されている。

2. 四万十川河口内浅所に出現する仔稚魚相はイワシ類の卓越する浅海域, 外海域とは大きく異なり, 砂浜海岸砕波帯のそれと類似している。スズキ属のスズキ, ヒラスズキとヘダイ亜科のヘダイ, クロダイ, キチヌ仔稚魚はいずれも河口内浅所とその周辺の砂浜海岸砕波帯に出現し, ごく浅い水域に共通する仔稚魚であると言える。

河口内浅所と流心部の仔稚魚および魚卵の出現状況から, アユ, ハゼ科, サツパ, スズキ等のように河川域や河口内またはその周辺で孵化し, ある程度成長した後, 河口内浅所に接岸するグループと, イソギンポ科, カサゴ, ネズツポ科等のように河口付近で孵化するもののその後他の水域へ移動するグループ, そしてボラ科, シマイサキ科, ヘダイ亜科等の沖合で産卵・孵化し, ある程度成長した後, 河口内浅所に接岸するグループの三つに区分された。

河口内浅所のアマモ場と非アマモ域および河口周辺の砂浜海岸砕波帯に出現する仔稚魚の種組成を比較した結果, アマモ場と砕波帯にはそれぞれ特徴的な種がみられ, 非アマモ域は両者の中間的な種組成を示した。非アマモ域の環境は河口内浅所のアマモ場と同様, 低い塩分で特徴づけられる。しかし, その形状は勾配の緩やかな水際部であることにおいて砂浜海岸砕波帯と共通しており, このような環境の類似性が仔稚魚組成に反映されていると考えられる。

3. スズキ, ヒラスズキは1-3月に仔魚から稚魚への移行期にあたる 12-18 mm TL で海域から河口内浅所へ接岸する。その後, スズキ仔稚魚は直ちにアマモ場に集合し, その時期とサイズは従来知られている海域のアマモ場でのそれに比べより早期でかつ小型である。他方, ヒラスズキではアマモ場と非アマモ域におけるそれぞれの出現量と摂餌量から, アマモ場に対する依存性がスズキ仔稚魚に比べ低いと考えられる。

スズキ、ヒラスズキ仔稚魚は砂浜海岸砕波帯においても出現し、スズキ仔稚魚は砕波帯に比べ河口内浅所で多く、ヒラスズキでは逆に砕波帯で豊富である。このことから、両種の成育場はごく浅所である点で共通するもののその中心となる生息域は主に塩分により規定され、スズキでは低鹹な河口内、ヒラスズキではそれより塩分の高い砕波帯と考えられる。

スズキ仔稚魚の耳石のうち、礫石と輪紋の日周期性が確認されている扁平石との輪紋数には高い相関がみられる。このことから、輪紋のより明瞭な礫石による日齢の推定が有効である。耳石輪紋数により推定したスズキ仔稚魚の日齢から、河口内浅所に出現し始める 12 mm TL 前後の仔魚は孵化後20-30日の個体であり、仔魚から稚魚への移行が完了する 17-18 mm TL の日齢は50-60日である。また、平均全長と平均日齢から求めた日成長率は 2.3% であり、これは加温飼育魚に匹敵する高い成長率である。

4. ヘダイ亜科のヘダイ、クロダイ、キチヌは仔魚期から稚魚期への移行期にあたる発育段階で砂浜海岸砕波帯に出現することが各地で確認され、これらの水域が重要な生息域となっていることが指摘されている。四万十川河口内浅所においてもほぼ同サイズ・同時期に接岸し、河口内浅所は砂浜海岸砕波帯に匹敵する重要な生息域となっている。一方、本邦での他の河口域におけるヘダイ亜科仔稚魚の採集例は非常に少なく、これは今日まで河口汽水部での仔稚魚調査がほとんど行われていないことに起因していると考えられる。

砂浜海岸砕波帯に出現するヘダイ亜科仔稚魚は非常に限られた体長範囲にあり、そこでの滞在はごく短期間である。一方、河口内浅所では未成魚期に達する個体まで連続して出現する。また、全長の季節変化からも、ヘダイ亜科仔稚魚が河口内浅所に滞在し、成長していることは明らかで、滞在期間には砕波帯との間に大きな相違が認められる。しかし、河口内浅所においてもアマモ場と非アマモ域での出現サイズは異なり、非アマモ域でのそれは砂浜海岸砕波帯での出現サイズと一致している。このことから、非アマモ域が成育場として砕波帯と同様な役割を果たしていると考えられる。

ヘダイ亜科仔稚魚は本河口内浅所へ接岸後、成長に伴ってアマモ場への強い指向性を示し、そのほとんどがアマモ場へ集合する。この結果は砂浜海岸砕波帯あるいは河口内の非アマモ域に出現したヘダイ亜科仔稚魚の次の成育場がアマモ場であ

ることを示している。ヘダイ、クロダイ、キチヌはそれぞれ 14 mm, 12 mm, 15 mm TL 頃にアマモ場に移住した後、そこに豊富な底生動物を捕食し始め、底生生活へ移行する。この際の全長はヘダイでは約 24 mm, クロダイとキチヌでは 22 mm 頃である。しかし、アマモ場へ移住後、底生生活へ移行するまでの間は浮遊性の橈脚類を主食としている。したがって、この間はアマモ場が餌料の供給源となっているとは言い難く、主に逃避場所として利用されていると考えられる。

全長と日齢の関係から求めたヘダイ、クロダイ、キチヌの30-60日齢における日成長率はそれぞれ 0.88%, 1.55%, 0.87% であり、これは飼育魚に比べ低い値であった。また、日齢と採集日から逆算した孵化日の海水温を推定すると、3種とも 18-21°C に孵化日を持つ個体がみられ、3種の産卵期の水温帯に大きな相違がないことが分かる。

河口内に出現し始める 11-13 mm TL のキチヌでは、脊柱系および付属骨格系の軟骨組織がほぼ完成している。このような遊泳力に關係する骨格の基本的構造の完成により、沖合から河口内への接岸回遊が可能となると考えられる。一方、硬骨化は脊柱系では 16 mm TL 頃、付属骨格系では担鰭骨の一部を除き 21 mm TL までにはほぼ完了する。この際の生態面での変化は、前者では非アマモ域からアマモ場に移住する時期と、後者では浮遊性の橈脚類から底生性のヨコエビ類へと食性を転換し始める時期に一致しており、骨格系の完成に伴い、底生生活へ移行すると言える。

5. 四万十川河口内には海産魚類の仔稚魚が多く出現し、河口内浅所における仔稚魚相の中心となっている。このような海産の仔稚魚には砂浜海岸砕波帯にも共通して出現する種が多い。しかし、主分布域はその種の持つ塩分の選好性の差により河口内浅所と砕波帯に分かれ、本河口内浅所は低塩分環境への適応能を獲得した特定の仔稚魚を中心に成育場として利用されていると考えられる。

河口内浅所と周辺の砕波帯に共通して出現する仔稚魚の加入サイズは両環境間でよく一致していることから、これら仔稚魚は周辺の砕波帯を経由せず沖合から直接河口内に移入し、浅所に接岸すると考えられる。本河口内と沖合との間には著しい塩分勾配がみられ、また、当水域に出現する仔稚魚は低塩分環境に適応した魚種が中心であることから、河口内への仔稚魚の移入に塩分の水平的傾斜が関与している可能性が高いと考えられる。

成育場における仔稚魚群集はそこでの滞在期間の長短により resident グループと migrant グループ

ブに大別され、本河口内浅所に出現する魚種の多くは前者に属する。この点でほとんどが migrant グループである砂浜海岸碎波帯の仔稚魚群集とは大きく異なっている。しかし、河口内浅所における resident グループには成長に伴ってアマモ場に移住する種が多く、これらはアマモ場以外の浅所においては migrant グループに区分される。したがって、非アマモ域は成育場として砂浜海岸碎波帯と同様な意義を持っている一方、アマモ場は本河口内浅所が仔魚期から未成魚期に至る長期間の成育場として成立する重要な環境要素となっているといえよう。

本河口内浅所に出現するヒラスズキヤクロダイ、キチヌ仔稚魚は枝角類や橈脚類に加え、ミミズハゼ属等のハゼ科やアユ仔魚を多く摂餌している。このような、アユやハゼ科の浮遊期仔魚の1個体当りの重量は枝角類や橈脚類に比べはるかに重く、質的にも餌料として貴重な存在といえる。一方、ハゼ科の浮遊期仔魚は本河口内流心部で非常に多く出現し、流心部を特徴づける分類群となっている。このような河口内に特有な浮遊期仔魚も浅所における稚魚の成育を支える重要で、しかも独特な餌料生物と考えられる。

以上のように、四万十川河口内浅所は豊富で独特な餌料環境を形成するとともに、逃避場所や定着場所として拠り所となるアマモ場が周年存在することにより、低塩分環境に適応した特定の魚類にとって、初期生活史の大部分を過ごし得る重要な成育場となっている。

## 謝 辞

本研究の端緒から終始懇篤なる御指導を頂き、さらに本誌の掲載に当たって多大なる便宜をはかって頂いた高知大学海洋生物研究センター教授の木下泉博士、本論文を取りまとめるにあたり、有益な御指導と御校閲を賜った元九州大学農学部教授の北島力博士に衷心より御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、終始励まして下さり、様々な形で支援して下さいました西日本科学技術研究所所長の福留脩文氏に深甚の謝意を表す。研究の端緒から有益な御助言と試料の採集・処理に多大な御協力を頂いた同研究所研究員の高橋勇夫(現たかはし河川生物調査事務所)・東健作両博士に対し、心から厚く御礼申し上げます。また、本研究を理解して頂き、多くの御助言、御協力を賜った同研究所員の方々に深く感謝する。

本研究の遂行に際し、数々の有益な御指導を賜り、また温かく励まして頂いた京都大学教授の田

中克博士、元長崎大学水産学部教授の千田哲資博士、愛媛大学理学部名誉教授の水野信彦博士、高知大学農学部名誉教授の落合明博士、東北大学農学部教授の谷口順彦博士、高知大学農学部教授の山岡耕作博士、水産庁中央水産研究所の吉松隆夫博士、京都大学助教授の岩田明久博士に対し、心から厚く御礼申し上げます。

試料の採集に御協力頂いた四万十川下流漁業協同組合の元組合長の沖田保氏、故山崎隼氏、宮崎健氏、千葉県立中央博物館の乃一哲久博士、水産庁中央水産研究所の木村量博士、国土環境株式会社の細谷誠一氏、川崎市の新村安雄氏、並びに本調査に際し、様々な支援をして下さった宿毛市の門谷進氏に心より御礼申し上げます。

なお、本研究の一部は日本生命財団研究助成費によって行われた。記して謝意を表す。

## 引用文献

- Adams, S.M. 1976. Feeding ecology of eelgrass fish communities. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 105 (4): 514-519.
- 会田勝美. 1982. I. 水産動物の成熟・産卵に関する内分泌機構. 1. 環境-視床下部-脳下垂体. pp. 9-22. *in* 日本水産学会, 編. 魚介類の成熟・産卵の制御. 水産学シリーズ, 41, 恒星社厚生閣, 東京.
- 赤崎正人. 1984. タイ科 Sparidae sea breem and porgies. pp. 171-173. *in* 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫, 編. 日本産魚類大図鑑. 東海大学出版会, 東京.
- 赤崎正人・時任明男. 1982. キチヌの種苗生産に関する基礎的研究-II. 卵発生と仔魚の形態変化. 水産増殖, 29(4): 218-228.
- 安藤裕章・中島敏男. 1983. VII 高知県. 昭和57年度栽培漁業放流技術開発事業クロダイ班総合報告書. 高知水試, i+1-17.
- 新崎盛敏. 1950. アマモ, コアマモの生態 (I). 日水誌, 15(10): 567-572.
- 新谷淑生. 1991. III. 主要魚種の産卵場と魚卵稚仔の分布概要. 高知県. pp. 43-68. *in* 高知県水産試験場, 編. 高知県海域における漁海況と主要魚種の資源生態. 高知.
- 東健作・藤田真二・高橋勇夫・木下泉・関伸吾・四宮陽一. 1992. 土佐湾でとれたヘダイ稚魚のアイソザイムパターン. 1992年度日本魚類学会年会講演要旨, 16.
- Boehlert, G.W. & B.C. Mundy. 1988. Roles of behavioral and physical factors in larval and juvenile fish recruitment to estuarine nursery areas. *Amer. Fish. Soc. Sympo.*, 3: 51-67.

- Boynton, W.R., T.T. Polgar & H.H. Zion. 1981. Importance of juvenile striped bass food habits in the Potomac Estuary. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 110(1) : 56-63.
- Bozeman, E.L., Jr. & J.M. Dean. 1980. The abundance of estuarine larval and juvenile fish in a South Carolina intertidal creek. *Estuaries*, 3(2) : 89-97.
- Cain, R.L. & J.M. Dean. 1976. Annual occurrence, abundance and diversity of fish in a South Carolina intertidal creek. *Mar. Biol.*, 36(4) : 369-379.
- Carr, W.E.S. & C.A. Adams. 1973. Food habits of juvenile marine fishes occupying seagrass beds in the estuarine zone near Crystal River, Florida. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 102(3) : 511-540.
- Chavance, P., C. Flores-Coto & A. Sanchez-Iturbe. 1984. Early life history and adult biomass of sea bream in the Terminos lagoon, southern Gulf of Mexico. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 113(2) : 166-177.
- 千原光雄. 1970. 海藻海浜植物. 標準原色図鑑全集, 15, 保育社, 大阪. xviii+173 pp.
- Day, J.W., Jr., C.A.S. Hall, W.M. Kemp & A. Yanez-Arancibia. 1989. *Estuarine ecology*. Wiley-Interscience, USA, xiii+558 pp.
- Derickson, W.K. & K.S. Price, Jr. 1973. The fishes of the shore zone of Rehoboth and Indian River Bay, Delaware. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 102(3) : 552-562.
- Dey, W.P. 1981. Mortality and growth of young-of-the-year striped bass in the Hudson River estuary. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 110(1) : 151-157.
- Dingerkus, G. & L.D. Uhler. 1977. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stein Technol.*, 52(4) : 229-232.
- 藤本知之・松本紀男・篠岡久夫. 1973. イシガレイ幼稚魚の河口域における生態. *栽培技研*, 2(1) : 23-26.
- Fujita, S., I. Kinoshita, I. Takahashi & K. Azuma. 1988. Seasonal occurrence and food habits of larvae and juveniles of two temperate basses in the Shimanto Estuary, Japan. *Japan. J. Ichthyol.*, 35(3) : 365-370.
- 藤田真二・木下泉・高橋勇夫・東健作. 1990. 四万十川河口域に出現する仔稚魚. *日本動物学会・日本植物学会・日本生態学会中国四国支部高知大会合同シンポジウム講演要旨*, 5-6.
- Fujita, S., I. Kinoshita, I. Takahashi & K. Azuma. 2002. Species composition and seasonal occurrence of fish larvae and juveniles in the Shimanto Estuary, Japan. *Fisheries Sci.*, 68(2) : 364-370.
- Fukuhara, O. 1984. Functional morphology and behavior of early life stage of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51(5) : 731-743.
- Fukuhara, O. 1986. Larval development and behavior in early life stages of black sea bream reared in the laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(3) : 371-379.
- 布施慎一郎. 1962. アマモ場における動物群集. *生理生態*, 11(1) : 1-22.
- 伏見徹. 1979. スズキの種苗生産, とくに初期減耗と早期沖出し飼育. *栽培技研*, 8(1) : 53-61.
- 花本雅子. 1988. 大阪湾南部砕波帯におけるクロダイ幼稚魚の出現と食性. *近大卒論*, i+17 pp.
- 韓慶男・莊恒源・松井誠一・古市政幸・北島力. 1994. トラフグ幼稚魚の成長, 生残におよぼす飼育水塩分濃度の影響. 第1回韓・日水産増養殖学術 Symposium 発表要旨集, 44.
- 畑中正吉・飯塚景記. 1962. 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的地位. *日水誌*, 28(1) : 5-16.
- 畑中正吉・関野清成. 1962a. スズキの生態学的研究 - I. スズキの食生活. *日水誌*, 28(9) : 851-856.
- 畑中正吉・関野清成. 1962b. スズキの生態学的研究 - II. スズキの成長. *日水誌*, 28(9) : 857-861.
- 林公義・長峯嘉之. 1981. 三浦半島淡水魚類調査追加記録と一考察. *神奈川自然誌資料*, 2: 23-28.
- 林幹人・谷口順彦・山岡耕作. 1988. 土佐湾シラスパッチ網で獲れる仔稚魚の量的組成について. *高知大海七研報*, (10) : 83-92.
- Holt, S.A., C.L. Kitting & C.R. Arnold. 1983. Distribution of young red drums among different sea-grass meadows. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 112(2B) : 267-271.
- Holt, S.A., G.J. Holt & C.R. Arnold. 1989. Tidal stream transport of larval fishes into non-stratified estuaries. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer*, 191: 100-104.
- 本田信夫・寺嶋朴・福田富男・唐川純一. 1979. 6. クロダイ当歳魚の生態. 昭和53年度大規模増殖場開発事業調査報告書 (児島地先水域のクロダイ), 岡山水試, 137-157.
- 堀本信男. 1976. 紀伊水道およびその周辺海域におけるスズキ卵の分布生態について. *栽培技研*, 5(2) : 1-9.
- Houde, E.D. 1987. Fish early life dynamics and recruitment variability. *Amer. Fish. Soc. Sympo.*, 2: 17-29.
- 池田知司・水戸敏. 1988. 卵と孵化仔魚の検索. pp. 999-1083. *in* 沖山宗雄, 編. *日本産稚魚図鑑*. 東海大学出版会, 東京.
- 池本一・松本征史・山重政則・平田益良雄・黒岩隆. 1982. 昭和55年度沿岸重要資源調査. *高知水試事報*, 78: 3-22.
- 池本一・松本征史・山重政則・平田益良雄・森山貴光. 1981. 沿岸重要資源調査. *高知水試事報*, 77: 46-59.
- 池本一・山重政則・平田益良雄・中島敏男・黒岩隆.

1983. 沿岸重要資源調査. 高知水試事報, 79: 1-13.
- 稲葉左馬吉・和田吉弘. 1967. VI 環境変化に対する仔アユの抵抗性・選好性・順応性. 木曾川河口資源調査報告書, (3): 37-48.
- Ishikawa, S. 1988. Floodplain vegetation of the Shimanto River in Shikoku, Japan. I. Arrangement of the main plant communities developing on the bars in the lower course. Mem. Fac. Sci. Kochi Univ. Ser. D (Biol.), 9: 25-31.
- 石渡卓. 1979. クロダイ種苗生産技術開発試験. 大阪水試事報, 94-108.
- 伊藤隆・富田達也・岩井寿夫. 1971. アユ種苗の人工生産に関する研究-LXXIV. 人工ふ化仔魚の絶食生残に対する塩分濃度および水温の影響. pp. 143-163. in 三重県立大学水産学部淡水増殖研究所, 編. アユの人工養殖研究 (1).
- 伊藤猛夫. 1990. 1. 四万十川の自然環境. pp. 25-102. in 伊藤猛夫, 編. 四万十川〈しぜん・いきもの〉. 高知市民図書館, 高知.
- 岩井保. 1985. 水産脊椎動物Ⅱ魚類. 新水産学全集, 4, 恒星社厚閣, 東京. xi+336pp.
- 片山正夫. 1984. ヒラスズキ. pp. 123. in 益田一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫, 編. 日本産魚類大図鑑. 東海大学出版会, 東京.
- 甲藤次郎. 1986. 川の常識と四万十川. 土佐の自然, (42): 6-7.
- Kawai, S. & S. Ikada. 1973. Studies on digestive enzymes of fishes - IV. Development of the digestive enzymes of carp and black sea bream after hatching. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 39(8): 877-881.
- 川村軍蔵. 1991. 1. 感覚器官. pp. 9-20. in 田中克, 編. 魚類の初期発育. 水産学シリーズ, 83, 恒星社厚生閣, 東京.
- Kendall, A.W., Jr., E.H. Ahlstrom & H.G. Moser. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. pp. 11-12 in H.G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kensall, Jr. & S.L. Richardson, eds. Ontogeny and systematics of fishes. Amer. Soc. Ichthyol. Herpetol., Spec. Publ., (1).
- Kikuchi, T. 1966. An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 1(1): 1-106.
- 菊池泰二. 1973. 藻場生態系. pp. 23-37. in 山本護太郎, 編. 海洋生態学. 東京大学出版会, 東京.
- 君塚芳輝・多紀保彦. 1985. 多摩川下流域の魚類相. 大田区自然環境保全基礎調査報告書, 東京都大田区. 7-52.
- 木元新作. 1976. 動物群集研究法. -多様性と種類組成-. 生態学研究法講座, 14, 共立出版, 東京. 192 pp.
- 木村晴保・宗景志浩・渡辺久芳・黒河俊信. 1986. 浦の内湾の環境特性. 水産土木, 23(1): 29-41.
- Kimura, R. & M. Tanaka. 1991. Prolactin production during larval and early juvenile periods of euryhaline marine fish, black sea bream *Acanthopagrus schlegelii*. Nippon Suisan Gakkaishi, 57(10): 1833-1837.
- 木村清志・中村行延・有瀧真人・木村文子・森浩一朗・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 - 魚類相とその季節変化. 三重大水産研報, (10): 71-93.
- 木下泉. 1984. 海産魚類の初期生活史. 6-土佐湾の碎波帯における稚仔魚の出現. 海洋と生物, 6(6): 409-415.
- Kinoshita, I. 1986. Postlarvae and juveniles of silver sea bream, *Sparus sarba*, occurring in the surf zones of Tosa Bay, Japan. Japan. J. Ichthyol., 33(1): 7-12.
- 木下泉. 1993. 砂浜海岸碎波帯に出現するヘダイ亜科稚魚の生態学的研究. Bull. Mar. Sci. Fish., Kochi Univ., (13): 21-99.
- Kinoshita, I. & M. Tanaka. 1990. Differentiated spatial distribution of larvae and juveniles of the two sparids, red and black sea bream, in Shijiki Bay. Nippon Suisan Gakkaishi, 56(11): 1807-1813.
- Kinoshita, I. & S. Fujita. 1988. Larvae and juveniles of temperate bass, *Lateolabrax latius*, occurring in the surf zones of Tosa Bay, Japan. Japan. J. Ichthyol., 34(4): 468-475.
- Kinoshita, I., S. Fujita, I. Takahashi & K. Azuma. 1988. Occurrence of larval and juvenile Japanese snook, *Lates japonicus*, in the Shimanto Estuary, Japan. Japan. J. Ichthyol., 34(4): 462-467.
- Kinoshita, I., S. Fujita, I. Takahashi, K. Azuma, T. Noichi & M. Tanaka. 1995. A morphological and meristic comparison of larval and juvenile temperate bass, *Lateolabrax japonicus*, from various sites in western and central Japan. Japan. J. Ichthyol., 42(2): 165-171.
- 北島力・塚島康生. 1983. ヘダイとクロダイの交雑種の形態, 成長, 低水温・低塩分耐性. 魚雑, 30(3): 275-283.
- 高知県土木部河川課. 1979. 高知県の河川. 高知県, 高知. iv+359 pp.
- 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変化. 魚雑, 24(3): 182-192.
- 小島純一. 1988. 赤いタイと黒いタイ. 海生研ニュース, (18): 3.
- 栗原康. 1988. はじめに. pp. xi-xiii in 栗原康, 編著. 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー. 東海大学出版会, 東京.
- Lewis, R.M. 1966. Effects of salinity and temperature on

- survival and development of larval Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*. Trans. Amer. Fish. Soc., 95(4): 423-426.
- Lewis, R.M. & W.C. Mann. 1971. Occurrence and abundance larval Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*, at two North Carolina inlets with notes on associated species. Trans. Amer. Fish. Soc., 100(2): 296-301.
- Lewis, R.M., E.P.H. Wilkens & H.R. Gordy. 1972. A description of young Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*, in the White Oak river estuary, North Carolina. Fish. Bull., 72(1): 115-118.
- 松田星二. 1969. 南西海区水域に出現する魚卵・稚魚の研究 - I 出現種類と出現期. 南西水研研報, (2): 49-83.
- 松井誠一. 1986. シロウオの生態と増殖に関する研究. 九大農学芸誌, 40(2,3): 135-174.
- 松井誠一・富重信一・塚原博. 1986. エソ *Coilia nasus* Temminck et Schlegel の生態的研究 I. 瀬上群の生態に関する予報. 九大農学芸誌, 40(4): 221-228.
- 松井誠一・中川清・富重信一. 1987. エソ *Coilia nasus* Temminck et Schlegel の生態的研究 III. 筑後川における仔稚魚の出現生態と食性. 九大農学芸誌, 41(1,2): 55-62.
- 松井誠一・林功・上城義信・南本健成・中島均・塚原博. 1980. 山国川河口周辺域に出現する魚類の生態に関する研究-I. 河口域に出現する魚卵稚魚について. 昭和53年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告, 81-93.
- Matsumiya, Y., T. Mitani & M. Tanaka. 1982. Changes in distribution pattern and condition coefficient of the juvenile Japanese sea bass with the Chikugo River ascending. Nippon Suisan Gakkaishi, 48(2): 129-138.
- Matsumiya, Y., H. Masumoto & M. Tanaka. 1985. Ecology of ascending larval and early juvenile Japanese sea bass in the Chikugo Estuary. Nippon Suisan Gakkaishi, 51(12): 1955-1961.
- 松宮義晴・上之園修一・田中克・代田昭彦. 1981. 有明海筑後川河口域におけるスズキ稚魚に関する研究 - I - 河川域における分布と現存量 -. 水産海洋研報, (37): 6-13.
- Matsuoka, M. 1987. Development of the skeletal tissues and skeletal muscles in the red sea bream. Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab., (65): 1-114.
- McDowall, R.M. 1976. The role of estuaries in the life cycles of fishes in New Zealand. Fish. Research Publi., (274): 27-32.
- 三福郁夫・山重政則・平田益良雄・中島敏夫・明神寿彦. 1984. 沿岸重要資源調査. 高知水試事報, 80: 1-43.
- 三原章義・田中克. 1989. クロダイ耳石日周輪, 特に第一日周輪の形成時期について. 平成元年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 35.
- Miller, J.M. 1988. Physical processes and the mechanisms of coastal migrations of immature marine fishes. Amer. Fish. Soc. Sympo., 3: 68-76.
- Miskiewicz, A.G. 1991. A review of studies of the early life history of fish in temperate Australian waters. pp. 170-193 in D.A. Hancock, ed. Larval biology. Aust. Soc. Fish Biol. Workshop, Hobart, 20 Aug. 1991, Bureau of Rural Resources Proc., (15), AGPS, Canberra.
- 水戸敏. 1957. スズキの卵発生と幼期. 九大農学芸誌, 16(1): 115-123.
- 水戸敏. 1966. 魚卵・稚魚. 日本海洋プランクトン図鑑, 7, 蒼洋社, 東京. 77pp.
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦. 1976. 原色日本淡水魚類図鑑全改訂新版. 保育社, 大阪. 462pp.
- 水野信彦. 1963. カジカとカワヨシノボリの分布とくに陸封と分化の特異性に関連して. 大阪学芸大紀要, (11): 129-161.
- Modde, T. 1980. Growth and residency of juvenile fishes within a surf zone habitat in the Gulf of Mexico. Gulf Res. Rep., 6(4): 377-385.
- Modde, T. & S.T. Ross. 1981. Seasonality of fishes occupying a surf zone habitat in the northern Gulf of Mexico. Fish. Bull., 78(4): 911-922.
- Moore, R. 1982. Spawning and early life history of barramundi *Lates calcarifer* (Bloch), in Papua New Guinea. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 33: 647-661.
- 森慶一郎. 1982. 内湾域における魚類の再生産. 遺伝, 36(2): 28-33.
- Mulkana, M.S. 1966. The growth and feeding habits of juvenile fishes in two Rhode Island estuaries. Gulf Res. Rep., 2(2): 97-168.
- 中坊徹次, 編. 2000. 日本産魚類検索全種の同定第二版. 東海大出版会, 東京. lvi+1748pp.
- 中坊徹次・石田陽司・日下部敏之・浅尾浩史. 1987. 若狭湾由良浜汀線付近に於けるクロダイ稚仔魚の滞在. 昭和62年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 46.
- 中村守純. 1963. 原色淡水魚類検索図鑑. 北隆館, 東京. 262pp.
- 中津川俊雄. 1980. 阿蘇海の藻場におけるクロダイの生態について. 京都海セ研報, (4): 68-73.
- Nelson, J.S. 1994. Fish of the world, 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. xvii+600pp.
- 岡村収・為家節弥. 1977. 四万十川の魚類. pp. 158-232. in 高知県, 編. 四万十川水系の生物と環境に関する総合調査. 高知.

- 大森迪夫・霧田義成. 1988. 河口域の魚. pp. 108-118. *in* 栗田康, 編. 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジ. 東海大学出版会, 東京.
- 大野正夫. 1987. 12. 土佐湾に流入する河川の河口域に生育する緑藻ヒトエグサ・アオノリの生態. 高知大黒潮圏研報, くろしお, 特別号, (1): 95-101.
- 大野正夫. 1990. 2・2 河口域に生育する海藻・海草類. pp. 131-148. *in* 伊藤猛夫, 編. 四万十川〈しぜん・いきもの〉. 高知市民図書館, 高知.
- 大野正夫・高橋勇夫. 1988. 高知県下・四万十川に生育するスジアオノリの分布域について. 高知大海七研報, (10): 45-54.
- 大島泰雄. 1941. クロダヒの生態に関する二・三に就て. 魚雑, 10(6): 249-255.
- 大島泰雄. 1954. 藻場と稚魚の繁殖保護について. pp. 128-181. *in* 日本水産学会, 編. 水産学の概観. 日本学術振興会, 東京.
- 大谷拓也. 1978. 本明川河口域における仔稚魚の生態. 長崎大卒論, 26 pp.
- Pacheco, A.L. & G.C. Grant. 1965. Studies of the early life history of Atlantic menhaden in estuarine nurseries. Part I Seasonal occurrence of juvenile menhaden and other small fishes in tributary creek of Indian River, Delaware, 1957-58. U. S. Fish & Wildlife Service Spec. Sci. Rep. Fish., (504): 1-11.
- Rogers, S.G., T.E. Targett & S.B. Van Sant. 1984. Fish-nursery use in Georgia salt-marsh estuaries: the influence of springtime freshwater conditions. Trans. Amer. Fish. Soc., 113(5): 595-606.
- Russell, D.J. & R.N. Garrett. 1983. Use by juvenile barramundi, *Lates calcarifer* (Bloch), and other fishes of temporary supralittoral habitats in a tropical estuary in northern Australia. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 34: 805-811.
- Saruwatari, T. & M. Okiyama. 1992. Life history of shirauo *Salangichthys microdon*; Salangidae in a brackish lake, Lake Hinuma, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(2): 235-248.
- Senta, T. 1966a. Experimental studies on the significance of drifting sea weeds for juvenile fishes - I. Experiments with artificial drifting sea weeds. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 32(8): 639-642.
- Senta, T. 1966b. Experimental studies on the significance of drifting sea weeds for juvenile fishes - II. Experiments on the effect of light intensity. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 32(8): 643-646.
- Senta, T. 1966c. Experimental studies on the significance of drifting sea weeds for juvenile fishes - III. Experiments on visual stimulations. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 32(9): 693-696.
- Senta, T. & I. Kinoshita. 1985. Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of western Japan. Trans. Amer. Fish. Soc., 114(4): 609-618.
- Senta, T., M.H. Amarullah & M. Yasuda. 1988. Invitation to the study of juvenile fishes occurring in surf zones. pp. 131-146 *in* Y.B. Go, ed. Proc. Symp. Devel. Mar. Res. Internat. Coop. Yell. Sea E. Chi. Sea, Mar. Res. Inst. Cheju Nat. Univ., Cheju.
- Shenker, J.M. & J.M. Dean. 1979. The utilization of an intertidal salt marsh creek by larval and juvenile fishes: abundance, diversity and temporal variation. Estuaries, 2(3): 154-163.
- Shindo, S. & T. Aoyama. 1954. Maturity of the yellow sea bream (*Taius tumifron*) in the East China Sea. Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab., (3): 1-32.
- 白石芳一・武田達也. 1961. アユの成熟に及ぼす光周期の影響. 淡水研報, 11(1): 69-81.
- Smith, S.M., J.G. Hoff, S.P. O'Neil & M.P. Weinstein. 1984. Community and trophic organization of nekton utilizing shallow marsh habitats, York River, Virginia. Fish. Bull., 82(3): 455-467.
- 杉本隆成. 1987. 浮遊卵稚仔の輸送拡散と沿岸海洋構造. 水産土木, 12(1): 1-8.
- 杉本隆成. 1988. 河口域生態系における物理環境-研究の現状と問題点-. 水産海洋研報, (38): 103-108.
- 須永哲雄. 1984. 8. 太田川における魚類の動態と環境-感潮河川域を中心として-. 環境科学研究報告書, B204-R01-2: 149-160.
- 庄島洋一・植木喜美彦. 1964. 流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚-III. 昭和33年度の津屋崎附近における調査. 日水誌, 30(3): 248-254.
- 高橋勇夫・木下泉・東健作・藤田真二・田中克. 1990. 四万十川河口内に出現するアユ仔魚. 日水誌, 56(6): 871-878.
- 多紀保彦. 1991. アカメ. pp. 316. *in* 環境庁, 編. 日本の絶滅のおそれのある野生生物-レッドデータブック-脊椎動物編. 財団法人日本野生生物研究センター, 東京.
- 田北徹・川口和宏・増谷英雄. 1988. アリアケヒメシラウオの分布と形態. 魚雑, 34(4): 497-503.
- 田中克. 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. 魚雑, 18(4): 164-174.
- 田中克. 1981. 海産仔魚の摂餌と生残-IV 天然海域における餌の密度. 海洋と生物, 15: 293-299.
- 田中克. 1986. 4. 稚仔魚の生態. pp. 59-74. *in* 日本水産学会, 編. マダイの資源培養技術. 水産学シリーズ, 59, 恒星社厚生閣, 東京.

- 田中克. 1991. 9. 接岸回遊の機構とその意義. pp. 119-132. *in* 田中克, 編. 魚類の初期発育. 水産学シリーズ, 83, 恒星社厚生閣, 東京.
- 田中克・松宮義晴. 1982. スズキの初期生活史-稚魚への移行過程を中心に-. 栽培技研, 11(2): 49-65.
- Tanaka, M., H. Ueda & M. Azeta. 1987a. Near-bottom copepod aggregations around the nursery ground of the juvenile red sea bream in Shijiki Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(9): 1537-1544.
- Tanaka, M., H. Ueda, M. Azeta & H. Sudo. 1987b. Significance of near-bottom copepod aggregations as food resources for the juvenile red sea bream in Shijiki Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53(9): 1545-1552.
- Tanaka, M., R. Kimura, M. Tagawa & T. Hirano. 1991. A thyroxine surge during development of black sea bream larvae and its ecological implication in inshore migration. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(10): 1827-1832.
- 多和田真周・藤本裕. 1982. ミナミクロダイの種苗生産. 栽培技研, 11(1): 1-9.
- 時岡博・石渡卓・鍋島靖信・青山英一郎・有山啓之. 1982. I 大阪府. 昭和56年度栽培漁業放流技術開発事業クロダイ班総合報告書. 大阪水試, 1-20.
- 辻幸一. 1980. 小櫃川河口干潟の魚類-特に河口干潟の利用と生活について-. pp. 1-42. *in* 東邦大学理学部生物学研究室・千葉県生物学会, 編. 千葉県木更津市小櫃川河口干潟の生物学的研究 I.
- 辻幸一. 1986. 岩松川感潮域の魚類 (2). 宇和島東高校紀要, (12): 48-59.
- Tsuji, S & T. Aoyama. 1982. Daily growth increments observed in otoliths of the larvae of Japanese red sea bream *Pagrus major* (Temminck et Schlegel). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 48(11): 1559-1562.
- 辻野耕實・安部恒之・日下部敬之. 1988. 大阪湾南部碎波帯に出現する幼稚仔魚-I. 出現数と出現種類. 昭和63年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 213.
- 塚本勝巳. 1988. アユの回遊メカニズムと行動特性. pp. 100-133. *in* 上野輝彌・沖山宗雄, 編. 現代の魚類学. 朝倉書店, 東京.
- 塚本勝巳・望月賢二・大竹二雄・山崎幸夫. 1989. 川口水域におけるアユ仔稚魚の分布・回遊・成長. 水産土木, 50: 47-57.
- 塚島康生・北島力. 1982. ヘダイ仔稚魚の飼育と形態の変化. 長崎水試研報, (8): 129-135.
- 内田清一郎. 1977. 15. 浸透圧. pp. 318-353. *in* 川本信之, 編. 改訂増補魚類生理. 恒星社厚生閣, 東京.
- 内田恵太郎・庄島洋一. 1958. 流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚-I. 昭和32年度の津屋崎附近における調査. 日水誌, 24(6,7): 411-415.
- 宇都宮正. 1954. 藻場に出現する生物について. 山口内海水試報, 6(1): 25-30.
- Uye, S. 1982. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 38(3): 149-158.
- 渡部泰輔. 1965. 東京湾にけるスズキ卵の分布生態について. 日水誌, 31(8): 585-590.
- 王涵生・松井誠一・北島力. 1994. 飼育水の塩分濃度がヒラメ白化個体出現率に及ぼす影響. 第1回韓・日水産増養殖学術Symposium発表要旨集, 32.
- Weinstein, M.P. 1979. Shallow marsh habitats as primary nurseries for fishes and shellfish. Cape Fear River, North Carolina. *Fish. Bull.*, 77(2): 339-357.
- Weinstein, M.P. 1982. A need for more experimental work in estuarine fisheries ecology. *Northeast Gulf Sci.*, 5(2): 59-64.
- Weinstein, M.P., ed. 1988. Larval fish and shellfish transport through inlets. *Amer. Fish. Soc. Sympo.*, 3, viii+165 pp.
- Weinstein, M.P. & M.P. Walters. 1981. Growth, survival and production in young-of-year populations of *Leiostomus xanthurus* Lacepede residing in tidal creeks. *Estuaries*, 4(3): 185-197.
- Weinstein, M.P., S.L. Weiss & M.F. Walters. 1980a. Multiple determinants of community structure in shallow marsh habitats, Cape Fear River estuary, North Carolina, USA. *Mar. Biol.*, 58: 227-243.
- Weinstein, M.P., S.L. Weiss, R.G. Hodson & L.R. Gerry. 1980b. Retention of three taxa of postlarval fishes in an intensively flushed tidal estuary, Cape Fear River, North Carolina. *Fish. Bull.*, 78(2): 419-436.
- Wilkins, E.P. & R.M. Lewis. 1971. Abundance and distribution of young Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus*, in the White Oak River estuary, North Carolina. *Fish. Bull.*, 69(4): 783-789.
- 山元宣征・岩佐秀一・立石賢・池田義弘・森勇. 1982. クロダイ種苗の放流サイズと食害. 長崎水試研報, (8): 13-20.
- 山根康幸. 1993. 沿岸性稚魚5種の比重の変化. 九大修士論文, 92 pp.
- 山崎武. 1983. 大河のほとりにて. 高新企業出版部, 高知. 238 pp.
- 横内昭一・田中克・木村量. 1991. 筑後川河口域におけるスズキ仔稚魚の分布とプロラクチン産生. 平成3年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 175.
- Zijlstra, J.J. 1972. On the importance of the Waddensea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea fishery resources. *Symp. zool. Soc. Lond.*, (29): 233-258.