

ツクシトビウオとホソトビウオの耳石にみられる微細輪紋

一丸俊雄, 立原一憲

Otolith Increment Formation of Flyingfishes Larvae,
Cypselurus heterurus doederleini and *Cypselurus hiraii*
under Rearing Condition

Toshio Ichimaru and Katsunori Tachihara*¹

Two species of Flyingfish larvae, hatched from artificial inseminated eggs, were reared for 50 days in one kl polycarbonate tank in 1993. Both species of larvae were collected at intervals of 5 days and stored at -20°C until their otolith could be observed. Three types of otolith (Sagitta, Asteriscus, Lapillus) were taken out from each specimen, and a ring formation were observed around the nucleus of the otolith. Counting of the number of otolith rings was easy on Sagitta and Lapillus. On the other hand it was difficult that of Asteriscus for their unclearness of ring marks.

The relationship between days after hatching and otolith increment was expressed by a liner relation which inclination was nearly one. It was suggested that rings on Sagitta and Lapillus were formed daily. The average size of Sagitta and Lapillus in 50 day old were about 2.0mm, 0.4mm, respectively. And large size otolith needed to grind on its surface for counting the number of rings. Therefore, Lapillus was one of the fittest part in otolith for age determination to these tow species of Flyingfishes.

長崎県沿岸域に秋季に来遊するトビウオ類未成魚は、加工品の原料として重要な資源となっている。¹⁾ 本邦産トビウオ類の初期生活史や分布についてはこれまで多くの報告²⁻⁸⁾があるが、まだ解明されていない点も多い。

魚類の耳石に見られる微細輪紋が日周輪であることがPannella⁹⁾によって初めて明らかにされ、その後本邦産の浮魚類ではカタクチイワシ *Engraulis japonicus*,¹⁰⁾ マイワシ *Sardinops melanostictus*¹¹⁾ で日周輪が形成されることが報告されている。しかし、本邦産トビウオ類については、まだ十分研究されていない。

ここではこれらトビウオ類の内、春から初夏にかけて産卵のため長崎県沿岸域に来遊するツクシトビウオ *Cypselurus heterurus doederleini* とホソトビウオ *Cypselurus hiraii* の人工飼育を試み、耳石の観察を行ったので報告する。

方 法

親魚は長崎県野母崎町野母地先の定置網に入網したトビウオを用いた(表1)。1993年6月11日に成熟した親魚を選別し、船上で乾導法により人工授精を行った。その後、直ちに同町にある長崎県水産試験場増養殖研究所へ搬送し、1kl水槽で孵化後50日間飼育した。餌

* 1 琉球大学理学部海洋学科

表1 人工受精に用いた親魚

Table 1. Fork length, number and sex of parents fish for artificial insemination on 20 June 1993

Species	Sex	Number	Fork Length (Average)
<i>Cypselurus heterurus doederleini</i>	female	2	268~280mm (274mm)
	male	4	252~261mm (256mm)
<i>Cypselurus hiraii</i>	female	1	221mm
	male	4	211~219mm (216mm)

はアルテミア *Artemia Salina*, ワムシ *Brachionus plicatilis rotundiformis*, 配合飼料(協和発酵250~400 μ m)を用いた。標本は5日毎に10尾ずつ採集し、凍結保存後、耳石を取り出した。耳石は Sagitta, Asteriscus, Lapillus をそれぞれ取り出し、エポキシ樹脂中に包埋した。これをサンドペーパー及びマルトラーッピングフィルムを用いて研磨し、光学顕微鏡下で400倍で観察した。

結 果

成長 ホソトビウオは6月19日(受精後9日), ツクシトビウオは6月20日(受精後10日)に孵化した。

飼育期間中の水温の推移と成長を図1に示す。飼育期間中の水温は20.6~26.0 $^{\circ}$ Cであった。ツクシトビウオは孵化後1日目には全長6.90mmで、50日目には61.91mmに成長した。ホソトビウオは孵化後1日目には5.78mmで、50日目には47.60mmに成長した。孵化時の体長及びその後の成長はいずれもツクシトビウオの方が良かった。

耳石の形状と大きさ 図2にツクシトビウオの耳石の形状の変化, 図3に耳石の長径の変化を示す。

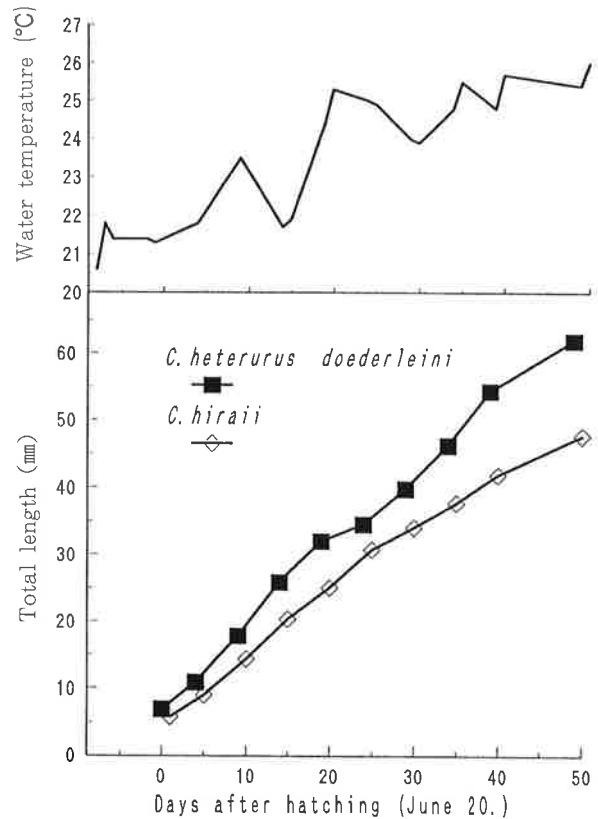


図1 飼育水温と全長の変化

Fig.1. Changes of water temperature(above) and total length(below) in reared flyingfishes in 1993.

Sagitta は孵化仔魚ではほぼ円形に近い形状であったが、孵化後15~30日頃に2又した形状となった。その後それぞれの突起の間が狭まり、35日目以降は分岐がみられず楕円形に近い形状となった。耳石の長径は孵化後1日目には0.11mmであったが、孵化後50日目には2.05mmと3つの耳石の中で最も大きくなった。

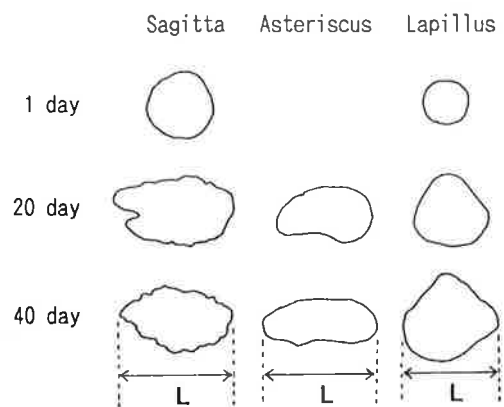


図2 成長に伴うツクシトビウオの耳石の形の変化

Fig.2. Changes in outside view of otolith of *Cypselurus heterurus doederleini* with its growth.

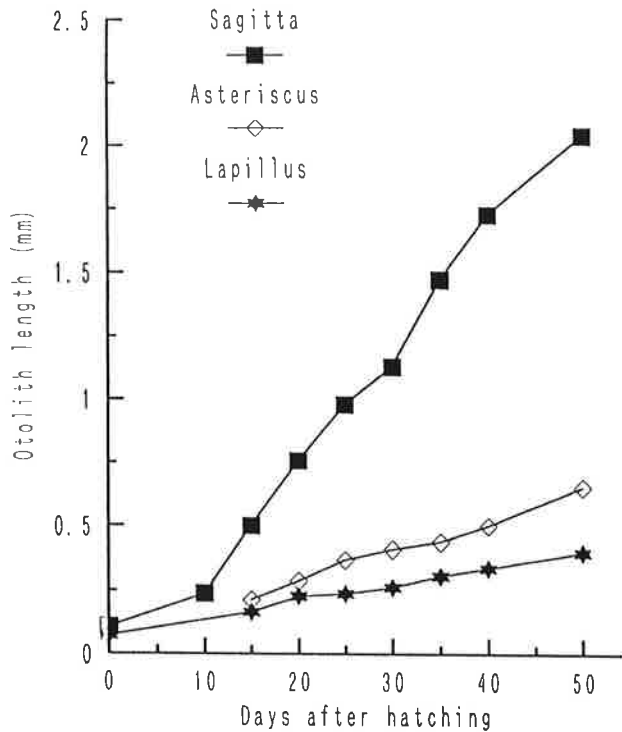


図3 ツクシトビウオの耳石の成長
Fig.3. Otolith growth of *Cypselurus heterurus doederleini*.

Sagittaはサイズも大きく、全般に不透明であるが、研磨を行うと各ステージでそれぞれ同心円の輪紋が観察された(図4-A)。

Asteriscusは孵化後15日目は長径で0.21mm、孵化後50日目には0.65mmとなった。これは他の耳石に比べて透明度が高く、研磨をしない状態でも輪紋が観察でき

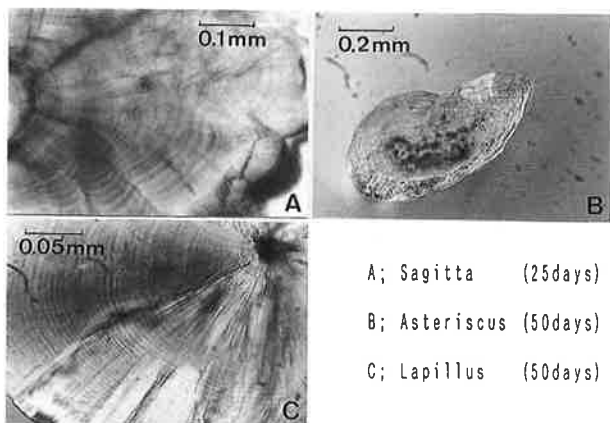


図4 ツクシトビウオの耳石に見られる輪紋
Fig.4. Otolith increment of *Cypselurus heterurus doederleini*.

た。この耳石にも同心円状の輪紋が観察されたが、中心から約0.2mmまでは輪紋が不明瞭で、輪紋が重なったり、とぎれたりするため、他の耳石に比べて計数が困難であった(図4-B)。Lapillusは二枚貝に似た形状で、孵化後1日目には長径0.07mm、50日目には0.40mmとなり、3つの耳石の中では最も小さかった。耳石中央部の片側にはドーム状の膨らみが見られ、不透明帯となっていた。これを研磨して取り除くと他の耳石と同様に同心円の輪紋が観察された(図4-C)。

耳石の長径(L)と全長(TL)の間には正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta; TL(mm)} = 25.78L(\text{mm}) + 9.82 \quad (r^2 = 0.976)$$

$$\text{Asteriscus; TL(mm)} = 86.92L(\text{mm}) + 6.47 \quad (r^2 = 0.954)$$

$$\text{Lapillus; TL(mm)} = 168.90L(\text{mm}) - 4.62 \quad (r^2 = 0.991)$$

ホソトビウオの耳石の形はツクシトビウオと良く似ており、孵化直後のSagittaは、ほぼ円形、15~30日頃2又した形状となり、しだいにそれぞれの突起の間が狭まって、35日目以降は分岐がみられなくなった。図5にホソトビウオの耳石の長径の変化を示す。

Sagittaの長径は孵化後1日目には0.11mmで、50日

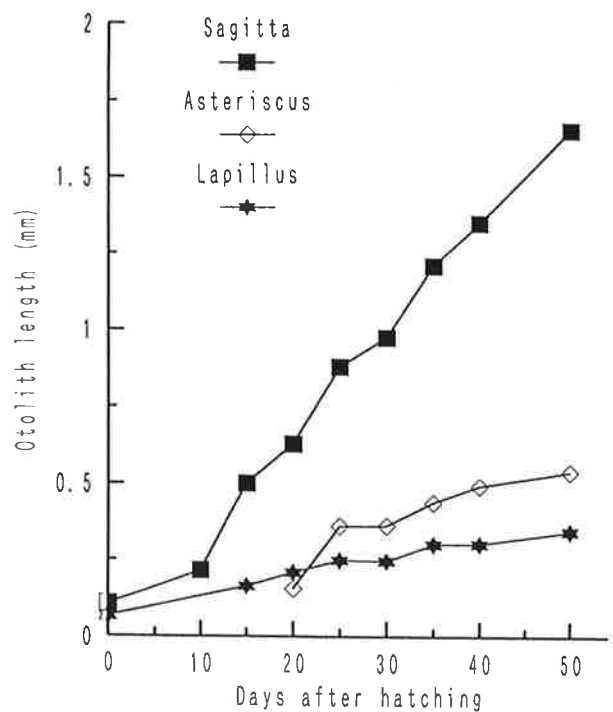


図5 ホソトビウオの耳石の成長
Fig.5. Otolith growth of *Cypselurus hiraii*.

目には1.66mmになり3つの耳石の中では最も大きくなったが、ツクシトビウオに比べると少し小さかった。研磨を行うとツクシトビウオと同様に同心円の輪紋が観察された(図6-A)。Asteriscus は孵化後20日目

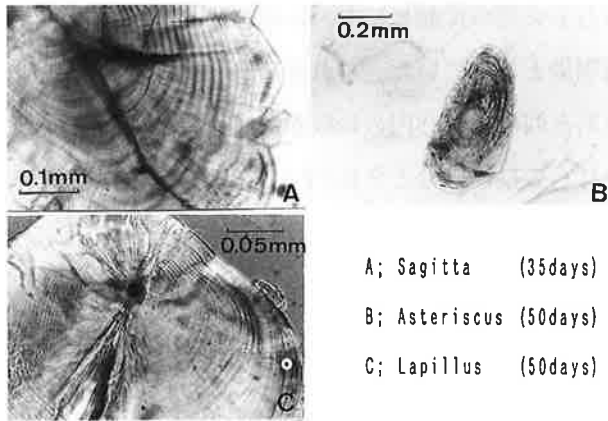


図6 ホソトビウオの耳石に見られる輪紋
Fig.6. Otolith increment of *Cypselurus hirai*.

は長径0.16mm, 50日目には0.54mmとなった。Asteriscus は透明度が高く、研磨をしない状態でも同心円状の輪紋が観察されたが、中心付近の輪紋が不明瞭なため他の耳石に比べると計数が困難であった(図6-B)。Lapillus は孵化後1日目には長径0.07mm, 50日目には0.34mmとなり3つの耳石の中では最も小さく、同じ日齢のツクシトビウオのものよりさらに小さかった。耳石中央の片側にはドーム状の膨らみが見られ、不透明帯を形成していた。これを研磨して取り除くと他の耳石と同様に同心円の輪紋が観察された(図6-C)。

耳石の長径(L)と全長(TL)の間には正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta ; TL (mm)} = 25.68L (\text{mm}) + 7.14 \quad (r^2 = 0.979)$$

$$\text{Asteriscus ; TL (mm)} = 56.76L (\text{mm}) + 13.98 \quad (r^2 = 0.911)$$

$$\text{Lapillus ; TL (mm)} = 147.84L (\text{mm}) - 4.36 \quad (r^2 = 0.984)$$

耳石の輪紋数 図7にツクシトビウオの孵化後の日数(D)と輪紋数(N)の関係を示した。Sagitta, Lapillus ともにDとNの間には高い正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta ; } N = 0.980 D + 1.016 \quad (r^2 = 0.999)$$

$$\text{Lapillus ; } N = 0.991 D + 0.325 \quad (r^2 = 0.999)$$

輪紋は1日1本の割合で形成されており、Sagitta では孵化日に第1輪, Lapillus では孵化後1日目に第1輪の輪紋が形成されていた。

図8にホソトビウオの孵化後の日数(D)と輪紋数(N)の関係を示した。Sagitta, Lapillus ともにDとNの間には高い正の相関が見られ、それぞれ次式で表された。

$$\text{Sagitta } N = 0.985 D + 0.905 \quad (r^2 = 0.999)$$

$$\text{Lapillus } N = 1.005 D - 0.246 \quad (r^2 = 0.999)$$

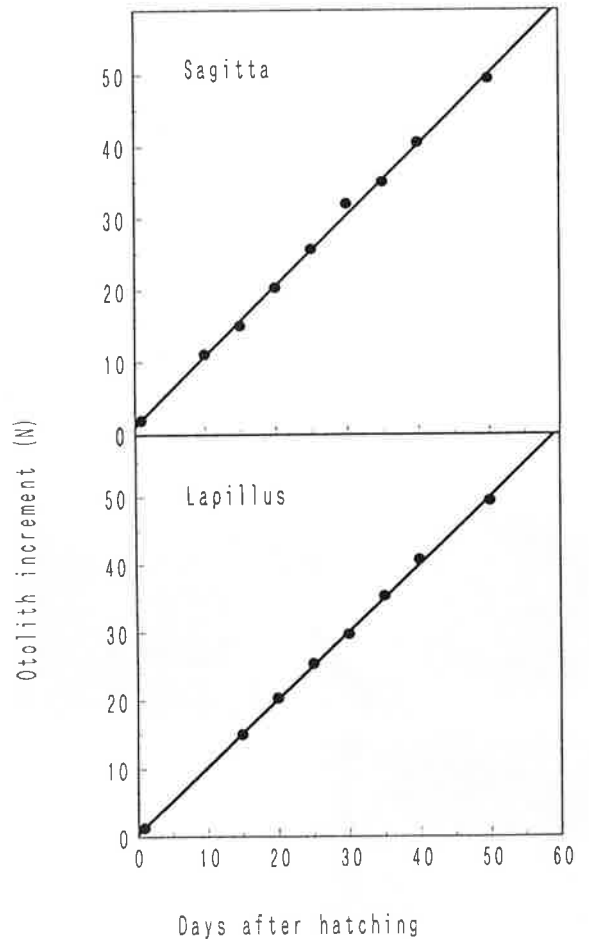


図7 ツクシトビウオの孵化後の日数と輪紋数の関係
Fig.7. Relation between days after hatching and otolith increment of *Cypselurus heterurus doederleini*.

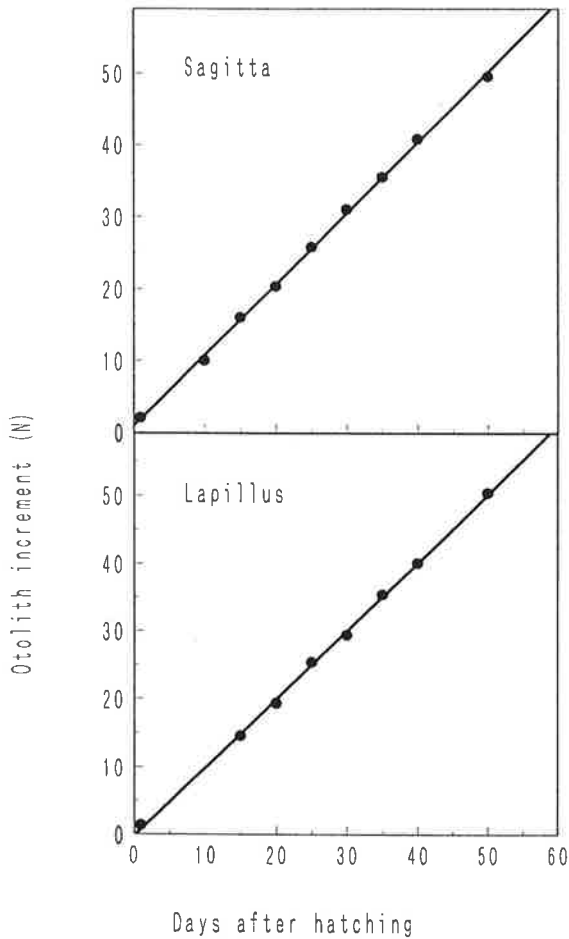


図8 ホソトビウオの孵化後の日数と輪紋数の関係
Fig.8. Relation between days after hatching and otolith increment of *Cypselurus hiraii*.

ホソトビウオにおいても1日1本の割合で輪紋の形成が行われており、Sagittaでは孵化日に第1輪が形成され、Lapillusでは孵化後1日目に輪紋が形成されていた。

考 察

今回の結果から、ツクシトビウオとホソトビウオの耳石に見られる微細輪紋は日周輪であることが明らかとなった。輪紋(第1輪)の形成は、Sagittaでは孵化日、Lapillusでは孵化後1日目に始まっていた。北大西洋産トビウオ類でニノジトビウオ属の *Hirundichthys affinis* でもLapillusに日周輪が孵化日から観察されており、¹²⁾ 今回の結果はこれとほぼ一致した。カタクチイワシでは孵化後3~4日、¹⁰⁾

マイワシでは孵化後3日¹¹⁾ 経過して日周輪の形成が始まる。これに比べツクシトビウオとホソトビウオでは孵化前後から日周輪の形成が始まり、若干早かった。カタクチイワシでは受精から孵化までの期間は3日、¹²⁾ マイワシでは2日¹¹⁾ であり、両種に比べトビウオ類では受精から孵化までの期間は10日前後と長かった。ツクシトビウオ、ホソトビウオの孵化後1日目の発育段階はカタクチイワシやマイワシのシラス型の3日目に比べ、むしろ発達していると考えられる。しかし、トビウオ類の形態形成が卵の中で進んでいるにもかかわらず、イワシ類に比べ、耳石への輪紋の形成は遅れることがわかった。

今回の飼育結果では、8月中旬にはツクシトビウオは全長61.9mm、ホソトビウオは47.6mmに成長した。しかし、長崎県の北松海域には9月上旬にはすでに尾叉長120~150mm¹⁴⁾に達した0歳魚が出現しており、飼育したトビウオは、その体長から判断すると、天然魚より成長が劣っている可能性が考えられた。これが孵化時期の違いによるものか、成長速度に差があるのかは現在のところ不明である。今後、さらに耳石による日輪観察を行い、天然魚の成長を明らかにすることが必要である。

耳石の観察は、今回エポキシ樹脂中に包埋して、片側を研磨する方法を用いて行った。しかし、成長に伴い耳石の厚みが増すため、透過光を用いての観察にはおのずと限界がでてくる。耳石のサイズからみるとSagittaは孵化後50日目の時点ですでにツクシトビウオでは2.05mm、ホソトビウオでは1.66mmと比較的大きく、長崎県で漁獲の対象となる0歳魚のSagittaのサイズはこれより更に大きくなると考えられる。そのため、実際の漁獲物でこのSagittaの日周輪を観察する場合には研磨を耳石の両面からする必要があり、今回用いた手法では輪紋の観察は困難と考えられた。Asteriscusは比較的小さく、透明度が高いため包埋するだけで研磨せずに輪紋を観察できるが、中心付近

で輪紋が交差したり、とぎれたりする部位があることから、輪紋を誤って計数する可能性があった。これに対し、Lapillus はサイズが小さく、エポキシ樹脂中に包埋して、サンドペーパーで軽く研磨するだけで容易に観察でき、輪紋もきれいな同心円を描くことから、今回使用したトビウオ類2種の日周輪の観察には Lapillus が最も適していると考えられた。

文 献

- 1) 道津喜衛, 近藤啓: 五島列島中通島有川湾に来遊するトビウオ類の生態と漁業. 「五島の生物」(長崎県生物学会), 1, 長崎出版文化協会, 長崎, 225-235(1981).
- 2) 今井貞彦: トビウオ類の研究 I. 鹿児島大学水産学部紀要, 1, 137-147(1950).
- 3) 今井貞彦: トビウオ類の研究 II. 鹿児島大学水産学部紀要, 2(1), 141-148(1952).
- 4) 今井貞彦: トビウオ類の研究 III. 鹿児島大学水産学部紀要, 3(2), 62-72(1954).
- 5) 今井貞彦: トビウオ類の研究 IV. 鹿児島大学水産学部紀要, 4, 97-104(1954).
- 6) 今井貞彦: 日本近海産トビウオ類の生活史の研究 I. 鹿児島大学水産学部紀要, 7, 1-85(1959).
- 7) 今井貞彦: 日本近海産トビウオ類の生活史の研究 II. 鹿児島大学水産学部紀要, 8, 1-85(1959).
- 8) 日本産魚類の稚魚期の研究-第1集. 九大水産第2教室, (1959).
- 9) G. Pannella: Fish otoliths ; daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173, 1, 124-1, 127(1971).
- 10) S. Tsuji and T. Aoyama: Daily Groth Increments in Otolith of Japanese Anchovy Larvae *Engraulis japonica*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50, 1105-1108 (1984).
- 11) A. Hayashi, Y. Yamashita, K. Kawaguchi and T. Ishii: Rearing Method and Daily Otolith Ring of Japanese Sardine Larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 997-1000(1989).
- 12) H. A. Oxenford, W. Hunte, R. Deane and S. E. Campana: Otolith age validation and growth rate in flyingfish (*Hirundichtys affinis*) from the eastern Caribbean. *Marine Biology*, 118, 585-592(1994).
- 13) 服部茂昌: カタクチイワシの産卵の変動と漁況. 水産海洋研究会報, 8, 54-60(1966).
- 14) 一丸俊雄: 長崎県沿岸域に出現するトビウオ類の日齢と来遊特性. 長崎水試研報, 21, 7-15 (1995).