

イセゴイの初期生活史における成長様式

塚本洋一・沖山宗雄

164 中野区南台 1-15-1 東京大学海洋研究所

Growth during the Early Life History of the Pacific Tarpon, *Megalops cyprinoides*

Youichi Tsukamoto and Muneyuki Okiyama

Ocean Research Institute, University of Tokyo
1-15-1 Minamidai, Nakano-ku, Tokyo 164, Japan

The early growth of the Pacific tarpon, *Megalops cyprinoides*, was studied by larval otolith analysis and rearing of larvae and juveniles in the laboratory. Morphology of the sagitta, validation of sagittal daily increments, age at the start of metamorphosis, decrement of standard length in early metamorphosis, and growth under rearing conditions are described.

The sagitta of fully-grown Pacific tarpon leptocephali were transparent and circular, with regular intervals between the neighboring rings becoming wider at the onset of metamorphosis. Alizarin complexone treatment of larvae confirmed the daily formation of the sagittal rings.

Metamorphosis was estimated to start about one month after hatching. After drastic shrinkage during the first several days of metamorphosis, the body length more or less stabilized for one month and then resumed rapid growth. The early growth of Pacific tarpon was divided into four phases as follows: A) leptocephalus positive growth phase; B) leptocephalus negative growth phase; C) sluggish growth phase; and D) juvenile growth phase.

イセゴイ *Megalops cyprinoides* はカライワシ目イセゴイ科 (Elopiformes: Megalopidae) に属する魚類で、インド・太平洋の熱帯域から亜熱帯域にかけ分布している (Nelson, 1984)。本種はウナギ目と同様に葉形仔魚 (leptocephalus) の発育段階を経ることが知られている。葉形仔魚型変態をする魚類については卵からの飼育や天然水域からすべての発育段階の標本を採集することが非常に困難であるため、変態期における成長を扱った報告は少なく、僅かにマアナゴ *Conger myriaster* について、変態初期の個体を飼育することによって得られた標本をもとに、変態期における成長を観察した報告 (窪田, 1961; 浅野ほか, 1978) が知られるに過ぎない。本種においても採集される個体の成長段階は最大伸長期に集中しており、過去の報告の多くも外部形態の記載にとどまっている (内田ほか, 1958; Wade, 1962)。そこで本報では主に最大伸長期のイセゴイ葉形仔魚を採集、飼育して得られた耳石日周輪のデータを解析して、本種が接岸し変態を開始する時期や変態期における体長の変化などについて検討したので報告する。

材料と方法

採集と飼育 イセゴイ葉形仔魚は 1989 年の夏期に沖縄県石垣島の名蔵川河口域 ($24^{\circ}24'N$, $124^{\circ}9'E$) と千葉県御宿町の岩和田港 ($35^{\circ}11'N$, $140^{\circ}22'E$) の 2 カ所で採集した。

石垣島の名蔵川での採集は 1989 年 5 月 18 日から 7 月 4 日にかけ、河口から約 800 m 上流の地点で張り網を用いておこなった。この張り網は高さ 60 cm × 幅 60 cm × 長さ 3 m, 目合 5 mm の袋網の両袖に高さ 60 cm × 幅 3 m, 目合 5 mm の袖網を連結した物でこれを上流に向け設置し、引き潮時に流下する仔稚魚を採集した。採集は大潮の日を中心として前後の 2-4 日間おこなった。網の取り揚げは満潮時から 2-5 時間後に 1-5 回おこなった。採集物は現場で生存している個体を選別後、そのまま沖縄県水産試験場八重山支場に持ち帰り、10% 中性ホルマリンで固定、70% エタノールで保存し観察に供した。採集したイセゴイは 175 個体でそのうち生存していた 31 個体は飼育実験に供した。飼育は 30 l 透明パンライト水槽内

でおこなった。この水槽には採集現場と同様に塩分5-10‰の海水を満たし、簡易濾過装置を設置し、毎日5l換水しながら飼育をおこなった。水温は飼育期間を通じて28-30°Cの範囲であった。飼育餌料は短期で実験を終了するものについては無給餌、他は採集した翌日からシオミズツボウムシ *Brachionus* sp. を10個体/ml程度の密度で毎日与えた。本種は給餌初日から摂餌が確認された。

御宿町の岩和田港での採集は1989年8月16日から20日の日中に、堤防上から手ダモを用いておこなった。採集個体数は約500個体で、そのうち8月18日と20日に採集した約200個体については生かしたまま東京大学海洋研究所に持ち帰り長期飼育を試みた。飼育水槽は初めの数日間は30l透明パネルライト水槽で石垣島と同様に飼育したが、その後大小2つの濾過槽付き角型水槽(W45cm×150cm×H45cm, W50cm×200cm×H50cm)に分けて飼育をおこなった。また換水は週に1度全水量の約5分の1についておこなった。飼育水は28°Cに設定したサーモスタット付きヒーターで加温した。また塩分は採集時には32‰であったが、飼育開始から毎日水道水を加え3日間で25‰として、その後はできるだけこの塩分を維持するように飼育水を管理した。餌料は採集当日からブラインシュリンプ *Artemia salina* のnaupliusを5個体/mlの密度となるように与え、成長にともない乾燥オキアミ(テトラ社製)を粉碎したものや熱帶魚用餌料(テトラ社製)、タイ稚魚用配合餌料(ペレット型、日清製粉社製)を与えた。

これらの個体について以後、石垣島名蔵川で採集、飼育した個体を「石垣飼育魚」、千葉県御宿町で採集、東京大学海洋研究所で飼育した個体を「海洋研飼育魚」と呼ぶこととする。

日齢の査定 1989年6月から9月にかけ、石垣飼育魚では変態前期の前半、海洋研飼育魚では変態前期の後半の個体の耳石にアリザリン・コンプレクソン(1,2-dihydroxyanthraquinone-3-4-l-methylamine-N, N-diaceitic acid, 和光試薬工業製、以後ALC)で標識し、標識後の飼育日数と輪紋数の関係について調査した。ALC溶液の濃度は100ppmとした。ALC浸漬は10l円形プラスチック水槽に魚を24時間収容しておこなった。水温は28°Cに設定し、水槽には弱く通気をおこなった。標識後、石垣飼育魚では10日目と14日目に、海洋研飼育魚では5日目と30日目に取り揚げ5%中性ホルマリンで固定後、70%エチアルコールで保存し観察に供した。観察をおこなった個体数は石垣飼育魚が15個体、海洋研飼育魚が35個体である。標本は標準体長(SL, mm)の

測定後、実体顕微鏡下で偏平石を摘出、これをスライドグラス上にユーパラールで封入し、蛍光顕微鏡(紫外照明はB励起)で標識の確認および輪紋数の計数をおこなった。

接岸個体の日齢 6月10-16日にかけ名蔵川で採集した20個体(SL: 21.3-29.0mm), 8月16日に岩和田港で採集した29個体(SL: 26.1-32.2mm)の偏平石について観察をおこなった。偏平石輪紋の計数は核の外側の輪紋について間隔の狭い輪紋と広い輪紋を区別して計数した。この結果を用いてイセゴイの接岸日齢に場所による差が存在するかどうかを名蔵川と岩和田港について比較した。

変態開始直後の体長の収縮 石垣飼育魚3個体(実験開始時SL: 31mm, 28mm, 27mm)について、個体別に塩分10‰の飼育水をみたした5l円形プラスチック水槽内で飼育をおこない3日間の体長の変化を測定した。測定は網地がガーゼ製のネットで魚をすくい、水中内で定規を使いおこなった。飼育水槽には弱く通気をおこない毎日ワムシを10個体/mlとなるように与えた。

飼育環境下での成長 海洋研飼育魚のうち、1989年8月18日から10月12にかけて取り揚げた標本を基にイセゴイの変態期における体長の変化について調査をおこなった。また、前項までの結果と今回の研究では得られなかった葉形仔魚期のデータをTsukamoto et al. (1988)の記載から補充し、イセゴイの初期成長を推定した。なお海洋研飼育魚の日齢については、御宿採集魚は孵化日が同じ一群であると仮定し、8月16日御宿採集魚の偏平石輪紋数の平均値から8月16日時点を33日齢と規定し、それに取り揚げた日までの飼育日数を加算した。

発育段階の定義 イセゴイの変態にともなう発育段階はWade (1962)を改変し、体長の減少が開始するまでを葉形仔魚期、体長の減少が開始し各鰭条が定数に達するまでを変態前期、体型が成魚とほぼ同様となり鱗が形成されるまでを変態後期、これ以後の未成魚を若魚期と使用した。また特に葉形仔魚として最も成長している時期を最大伸長期と呼ぶこととする。

結果および考察

偏平石の形態 変態開始時の葉形仔魚の偏平石は円形に近い楕円形であるが(Fig. 1A), その後変態前期に入ると体軸方向への成長が非常に進み、変態開始から40日後の個体ではやじり形へ変化している(Fig. 1B)。またそれと同時に厚さも増し、輪紋はかなり不明瞭になっ

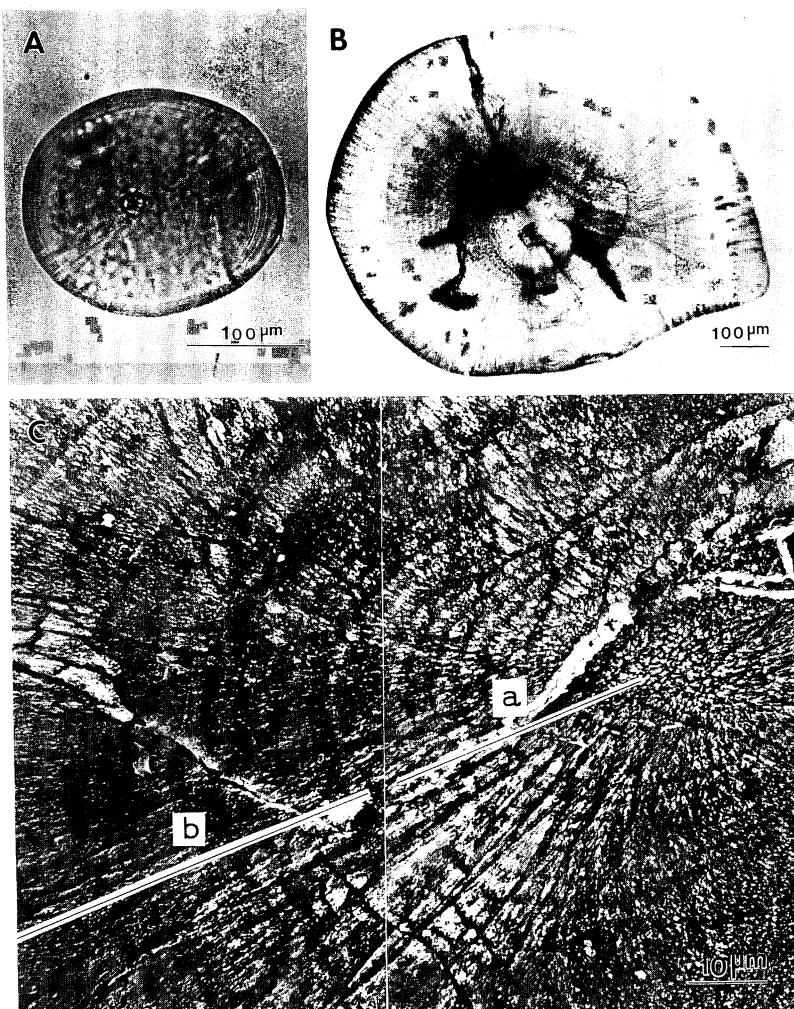


Fig. 1. *Sagitta* of *Megalops cyprinoides*. A, fully grown leptocephalus, 31.2 mm SL; B, young, 28.1 mm SL; C, young, 26.0 mm SL (a, narrow interval rings, b, wide interval rings). A and B, photographs by optical microscope; C, photograph by scanning electron microscope.

た。

偏平石の中心部には直径が約 $1.0\text{--}1.5 \mu\text{m}$ の核が存在する。偏平石の輪紋間隔は葉形仔魚期に形成された部分では間隔の狭い輪紋が連続しているが、最大伸長期から変態前期にかけて形成された部分から間隔が広くなっている (Fig. 1C)。この様な現象はウナギ *Anguilla japonica* (梅沢, 1991) やマアナゴ (Tanaka et al., 1987) などの耳石にも観察されており、葉形仔魚型変態をする魚種の共通の特徴であると考えられる。また変態期に偏平石が顕著な成長を示すことは、本種においては体長減少中でも頭部は成長し摂餌可能であること (塚本・沖山、未発

表), および変態にともない冲合域から河川域などに進入していくことから、むしろ生息域の変化にともなう摂餌量の変化などの特性を反映しているものと推定される。

また名古川と岩和田港で採集した個体の偏平石を比較した結果、基本的な形態の差異は認められなかった。

日齢の査定 実験終了まで斃死魚は認められなかつた。ALC 標識後の経過日数とその間に生じた偏平石輪紋数の頻度分布を Table 1 に示す。標識後に生じた偏平石輪紋数 (NR) と飼育日数 (RD) との間には明瞭な相関が認められ (Fig. 2), 次の様な関係式が得られた。

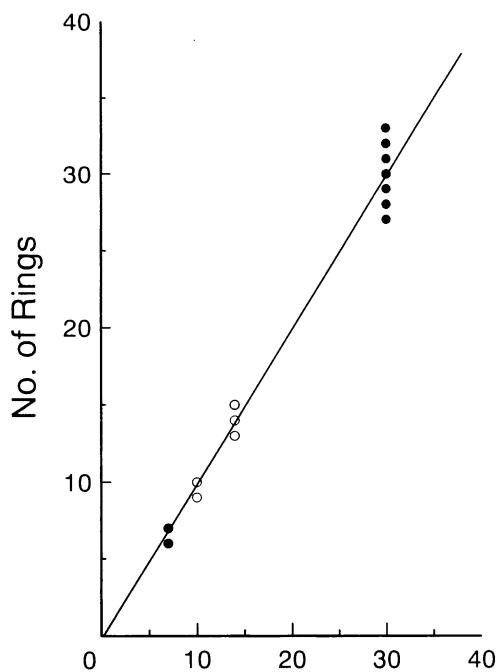
$$NR = 1.001RD - 0.179 \quad (r^2 = 0.988)$$

以上のことから偏平石における輪紋は日周輪であることが確認された。今回日周輪と確認できたのは間隔の広い輪紋、即ち変態開始以降の輪紋に限られている。しかし多くの海産魚種で仔稚魚期の耳石輪紋に日周性が認められること (Table 2)、本種と同様に葉形仔魚の形態をとるウナギにも日周輪が形成されること (Umezawa et al., 1989)、葉形仔魚期における間隔の狭い輪紋は間隔の広い輪紋に較べ非常に明瞭で、生態的な周期性を強く表現していると考えられることなどから日周輪である可能性が大きい。また多くの浮遊卵を産出する海産魚類では初生輪は孵化直前から孵化後数日間のうちに形成されており (Table 2)、輪紋数は日齢とほとんど一致しているものと考えられる。イセゴイにおいては孵化時の情報がまったく無いため確定はできないが、本種と同属種のターポン *M. atlanticus* の孵化時の形態 (Breder, 1944) から類推すると、孵化と大幅には異なる時期に初生輪の形成がおこなわれるものと考えられる。

接岸個体の日齢 偏平石の輪紋数を Table 3 に示した。葉形仔魚期の日齢を表していると考えられる間隔の狭い輪紋数については名蔵川産と岩和田港産とも 29–36 本の範囲にあった。名蔵採集魚と御宿採集魚の接岸日齢には危険率 5% 水準で統計的な有意差は認められなかったことから、本種は約 1 カ月間の葉形仔魚期を送り、場所による差はほとんどないものと推定できる。

本種の孵化体長を 3 mm と仮定し、最大伸長期の間隔の狭い輪紋数と体長から、葉形仔魚期の日成長率を計算すると平均 0.85 mm/day となる。この値はウナギ属葉形仔魚の日成長率が 0.56–0.60 mm/day となるのに較べ (Tsukamoto et al., 1989, 1991), かなり高い値となっている。

一方間隔の広い方の輪紋数は接岸後もしくは変態の開



Days after treatment

Fig. 2. Relationship between days after alizarin complexone (ALC) treatment and number of increments outside ALC mark in sagitta of *Megalops cyprinoides* leptocephali. Open circles, specimens reared in Ocean Research Institute; solid circles, specimens reared in Yaeyama Branch of the Okinawa Prefecture Fisheries Experimental Station.

始後の日齢を表していると思われるが、名蔵川で採集した個体の方が若干多い傾向がみられる。これは名蔵川の個体の方が体長が小さいこと、すなわち変態開始からの

Table 1. Results of alizarin complexone staining of *Megalops cyprinoides* leptocephali

Days reared after treatment	No. fish	No. rings after treatment	
		Mean \pm SD	Range
Group I:			
Ishigaki specimens			
10	10	9.9 \pm 0.32	9–10
14	5	13.8 \pm 0.84	13–15
Group II:			
Onjuku specimens			
7	10	6.8 \pm 0.42	6–7
30	25	29.9 \pm 1.56	27–33

経過時間がより長いことによるものと考えられる。しかし、すべての個体の最大伸長体長が 32 mm であり、変態開始時に体長の減少が始まると仮定した場合には、間隔の広い輪紋数と体長の減少量には相関関係が認められなかった。このことは偏平石輪紋の間隔の変化が厳密には変態の開始と一致していないか、もしくは最大伸長体長に個体差が存在する可能性を示唆している。

変態開始直後の体長の収縮 計測結果を Table 4 に示した。それぞれの個体とも毎日 2–5 mm ずつ体長が収縮した。前日の体長に対する収縮率は 8–10% となり、これは浅野ほか（1978）から計算したマアナゴの収縮率 2–4% に比較して、かなり急激な収縮速度である。本種は一般的に最大伸長期に河川などの汽水域に進入してくる。この様な環境条件、特に塩分の変化がどの様に変態に関

わってくるのかは今回観察できなかつたが、Pfeiler (1984) は同じカラクワシ目ソトイワシの 1 種 *Alubula* sp. について塩分によって変態の速度に差がみられることを報告している。これと同様にイセゴイでも塩分の低下などの環境条件が体長の急激な収縮に大きく関わっているのではないかと推定できる。

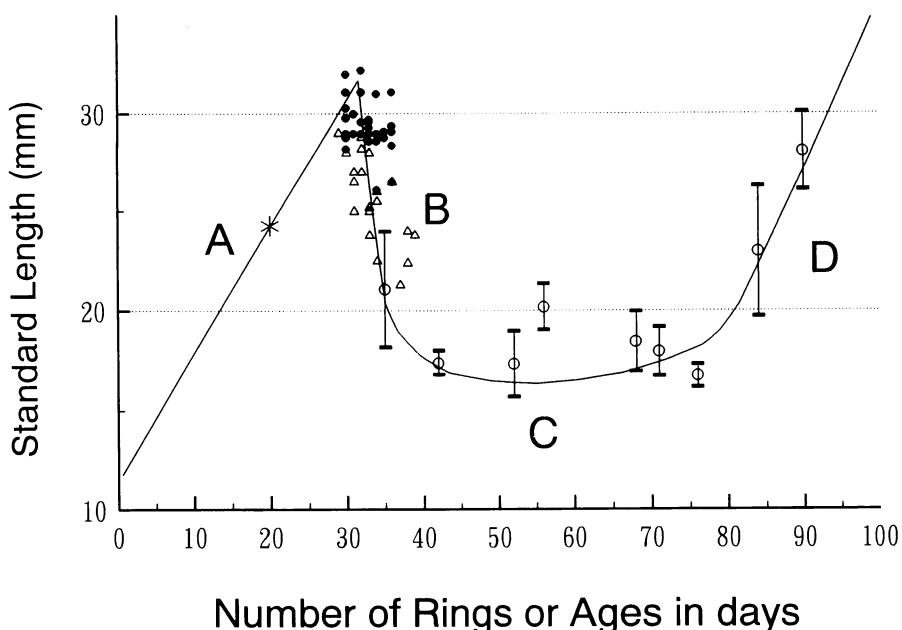
飼育環境下での成長 飼育時の体長変化を Table 5 に示した。変態前期では始めの数日間で体長の収縮が急激に進むが、その後の約 1 カ月間は体長の増減がほとんどみられない時期が続く。今回の飼育結果ではこの時期の体長の平均値に不規則な増減が認められる。これは全体的に計測した個体数が少ないので誤差であるとも考えられるが、体長の範囲に注目すると、最大体長がほとんど変化していないことから、むしろ本種には成長が停滞

Table 2. List of fishes (pelagic egg spawners) with confirmed daily otolith increments and the time of initial increment deposition.

Species	Time of initial increment deposition	Source
Clupeiformes		
<i>Sardinops melanostictus</i>	2–5 days after hatching	Hayashi et al. (1989)
<i>Herklotischthys castelnau</i>	at hatching	Thorrold (1988)
<i>Alosa sapidissima</i>	—	Savoy and Crecco (1987)
<i>Brevoortia tyrannus</i>	at first feeding	Maillet and Checkley (1989)
<i>Engraulis japonica</i>	after first feeding	Tsuji and Aoyama (1984)
<i>E. mordax</i>	after yolk sac absorption	Brothers et al. (1976)
Anguilliformes		
<i>Anguilla japonica</i>	at hatching	Umezawa et al. (1989)
Gonorynchiformes		
<i>Chanos chanos</i>	—	Tzeng and Yu (1989)
Perciformes		
<i>Morone saxatilis</i>	at yolk sac absorption	Jones and Brothers (1987)
<i>Pristipomoides filamentosus</i>	—	Ralston and Miyamoto (1983)
<i>Pagrus major</i>	at hatching	Tsuji and Aoyama (1982)
<i>Halichoeres bivittatus</i>	—	Victer (1982)
Pleuronectiformes		
<i>Platichthys stellatus</i>	—	Campana and Neilson (1982)
<i>Scophthalmus maximus</i>	at hatching	Rosenberg and Haugen (1982)
<i>Parophrys vetulus</i>	4–5 days after hatching	Laroche et al. (1982)

Table 3. Standard length and number of sagittal growth increments of *Megalops cyprinoides* leptocephali captured at Ishigaki Island and Onjuku. A, narrow interval ring; B, wide interval ring

Nagara River, Ishigaki Is.		Iwawada Harbor Onjuku, Chiba	
	Mean \pm SD	Range	Mean \pm SD
No. Fish		20	29
SL (mm)	25.7 \pm 2.22	21.3–29.0	29.4 \pm 1.36
No. Rings A	31.8 \pm 1.80	29–36	31.3 \pm 1.60
No. Rings B	1.8 \pm 2.07	0–8	1.5 \pm 1.25



Number of Rings or Ages in days

Fig. 3. Early growth of *Megalops cyprinoides*, estimated from number of otolith rings and rearing days at Ocean Research Institute, University of Tokyo. Reared specimens captured at Iwawada Harbor on 18 and 20 August, 1989. Asterisk indicates data from Tsukamoto et al. (1988); solid circles, specimens captured at Iwawada Harbor; open triangles, specimens captured in Nagura River; open circles and vertical bars are average and SD of reared specimens, respectively. A, leptocephalus positive growth phase; B, leptocephalus negative growth phase; C, sluggish growth phase; D, juvenile growth phase.

する時期が長期間存在することを強く示唆するものと考えられる。体長の増加が再び開始するのは変態開始から約40日後である。この急激な体長の増加は、ちょうどこの時期に共食いが活発になり、小さな個体が減少したために見かけ上、平均体長の増大となった可能性もあるが、最大個体の体長も同様に上昇していることから、かなり大きな成長の変化があるものと思われる。変態開始から約2ヵ月間で成魚と同様の体型となり変態が終了する。

イセゴイの卵および孵化時の体長に関する報告は無いが、過去採集された最小個体は体長13.6 mmで、すでに

脊索が上方へ屈曲中の状態であった (Wade, 1962)。また本種と同属種で非常に類似した発育過程を経るターボンでは卵径が約1.7 mm、孵化全長が約3.0 mmであることが報告されている (Breder, 1944)。この様なことから本種の孵化時の体長も5 mm以下である可能性が非常に高い。

Table 5. Standard length of laboratory-reared *Megalops cyprinoides* larvae and juveniles. Specimens initially captured at Iwawada Harbor on August 18 and 20, 1989

Table 4. Decrease in standard length (mm) of *Megalops cyprinoides* leptocephali during early metamorphosis

	Days after capture			
	0	1	2	3
Specimen A	31	26	23	20
Specimen B	28	25	23	21
Specimen C	27	23	20	19

Date	No. fish	SL (mm) Mean \pm SD	Range (mm)
Aug. 18	9	21.1 \pm 3.02	18.7–27.0
Aug. 25	8	17.4 \pm 0.64	16.3–18.2
Sept. 4	7	17.3 \pm 1.78	15.2–20.2
Sept. 8	5	20.2 \pm 1.30	19.0–22.0
Sept. 20	16	18.5 \pm 1.56	16.1–22.3
Sept. 23	20	17.9 \pm 1.25	15.2–20.0
Sept. 28	2	16.8 \pm 0.78	16.2–17.3
Oct. 6	58	23.0 \pm 3.32	19.3–33.7
Oct. 12	8	28.1 \pm 2.13	26.0–32.8

今回の研究では個体毎に体長の変化を追っていない。そのため最大伸長期および変態が進行し最も収縮した時の体長に個体差が存在するのかどうかは明らかではないが、浅野ほか（1978）はマアナゴにおいて飼育環境下で活魚の連続体長測定をおこない最大収縮時の全長が62-72 mmと変異があることを報告していることからイセゴイにも同様な個体間変異が存在することが類推される。

飼育結果と前項までの結果を統合して Fig. 3 に示した。ここで推定された成長曲線を見るとイセゴイの初期生活史における体長の変化には次の様な4相の成長相がみられる。A) 葉形仔魚伸长期 (leptocephalus positive growth phase): 孵化後から葉形仔魚として体長が増加する時期；B) 葉形仔魚収縮期 (leptocephalus negative growth phase): 体長が急激に減少する時期；C) 成長停滞期 (sluggish growth phase): 体長の増減がほとんど無い時期；D) 稚魚成長期 (juvenile growth phase): 再び体長が増加する時期。

本種の体長の変化様式を浅野ほか（1978）のマアナゴの変態とともにう体長変化と較べると、マアナゴでも本種と同様に体長が最も収縮する前後に成長が停滞する時期が存在することは明らかである。しかしその期間はマアナゴでは1-2週間で本種が1カ月以上もの成長停滞期を有するのに較べ圧倒的に短い。本研究では個体別の体長変化を追っていないので個体差を平均的処理した結果、見かけ上停滞期が長期化してしまった可能性もあるが、先に述べた様に変態開始時の体長の減少が非常に急激であること、9月中旬に取り上げた個体では最大でも体長20数mmであること、およびその後の体長が著しく増加することなどから、本種においてはかなり長期間の成長停滞期が存在することは明らかである。

謝 辞

本研究をおこなうにあたり、耳石の標識法および日齢査定法について貴重な御助言をいただいた東京大学海洋研究所資源生物部門塚本勝巳助教授に謹んで感謝の意を表する。試料の採集にあたっては、沖縄県水産試験場八重山支場の方々には長期間にわたり多大な御協力を賜った。海洋生物研究所の小島純一氏には千葉県御宿でのイセゴイ葉形仔魚の採集にあたり、貴重な情報を提供して頂いた。以上の方々に深く御礼申し上げる。本研究のうち石垣島での調査は財団法人藤原博物学教育振興財団の援助を受けおこなった。また東京大学海洋研究所での飼育および研究の取りまとめは文部省科学研究費補助金

（課題番号02954096）の一部を使用しおこなった。

引 用 文 献

- 浅野博利・久保喜計・吉松定昭. 1978. 飼育実験におけるマアナゴ葉形幼生の形態変化と行動について. 近大農学部紀要, (11): 25-31.
- Breder, C. M., Jr. 1944. Material for study of the life history of *Tarpon atlanticus*. *Zoologica*, 29: 217-252.
- Brothers, E. B., C. P. Mathews and R. Lasker. 1976. Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fish. Bull.*, 74: 1-8.
- Hayashi, A., Y. Yamashita, K. Kawaguchi and T. Ishii. 1989. Rearing method and daily otolith ring of Japanese sardine larvae. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55: 997-1000.
- Jones, C. and E. B. Brothers. 1987. Validation of the otolith increment aging technique for striped bass, *Morone saxatilis*, larvae reared under suboptimal feeding condition. *Fish. Bull.*, 85: 171-178.
- 窪田三朗. 1961. マアナゴの生態・成長・変態に関する研究. 重大水産学部紀要, 5: 190-370, pls. I-LXVI.
- Laroche, J. L., S. L. Richardson and A. A. Rosenberg. 1982. Age and growth of a pleuronectid, *Parophrys vetulus*, during the pelagic larval period in the Oregon coastal waters. *Fish. Bull.*, 80: 93-104.
- Maillet, G. L. and D. M. Checkley, Jr. 1989. Effects of starvation on the frequency of formation and width of growth increments in sagittae of laboratory-reared Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus* larvae. *Fish. Bull.*, 88: 155-165.
- Nelson, J. S. 1984. Fishes of the world, 2nd ed. Wiley-Interscience, New York, 523 pp.
- Pfeiler E. 1984. Effect of salinity on water and salt balance in metamorphosing bonefish (*Alubula*) leptocephali. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 82: 183-190.
- Rosenberg, A. A. and A. S. Haugen. 1982. Individual growth and size-selected mortality of larvae turbot (*Scophthalmus maximus*) reared in enclosures. *Mar. Biol.*, 72: 73-77.
- Tanaka, K., O. Tabeta, N. Mochioka, J. Yamakawa and S. Kakuta. 1987. Otolith microstructure and ecology of the conger eel (*Conger myriaster*) larvae collected in the Seto Inland Sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53: 543-549.
- Thorrold, S. R. 1988. Estimating some early life history parameters in a tropical clupeid, *Herklotischthys castelnau*, from daily growth increments in otoliths. *Fish. Bull.*, 87: 73-83.
- Tsuji, S. and 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: 1559-1562.
- Tsuji, S. and T. Aoyama. 1984. Daily growth increments in otoliths of anchovy larvae *Enguraulis japonica*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50: 1105-1108.
- Tsukamoto, K., A. Umezawa, N. Mochioka, O. Tabeta and T. Kajihara. 1988. Otoliths of leptocephali. Preliminary report of the Hakuho Maru KH-86-4, 32-44.
- Tsukamoto, K., A. Umezawa, O. Tabeta, N. Mochioka and T. Kajihara. 1989. Age and birth date of *Anguilla japonica*.

- ica leptocephali collected in Western North Pacific in September 1986. Nippon Suisan Gakkaishi, 55: 1023–1028.
- Tsukamoto, K., T. Otake, A. Umezawa, S. Tateno and Y. Akimoto. 1991. Age and growth of Atlantic eels as revealed by otolith microstructure. Preliminary report of the Hakuho Maru KH-89-2, 74–83.
- 内田恵太郎・今井貞彦・水戸 敏・藤田矢郎・上野雅正・庄島洋一・千田哲資・田福正治・道津喜衛. 1958. 日本産魚類の稚魚期の研究. 第1集. 九州大学農学部水産学第二教室, 1–89, pls. 1–86.
- 梅沢彰馬. 1991. ウナギの初期生活史と接岸回遊機構に関する研究. 東京大学学位論文, 173 pp.
- Umezawa, A., K. Tsukamoto, O. Tabeta and H. Yamakawa. 1989. Daily growth increments in the larval otolith of the Japanese eel, *Anguilla japonica*. Japan. J. Ichthyol., 35: 440–444.
- Wade, R. A. 1962. The biology of the tarpon, *Megalops atlanticus*, and the ox-eye, *Megalops cyprinoides*, with emphasis on larval development. Bull. Mar. Sci., 12: 545–622.

(Received May 8, 1992; accepted December 13, 1992)