

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

浅野博利*・久保喜計*・吉松定昭**

On the Morphological Change and the Behavior of the Leptocephali of

Conger myriaster During the Period of Rearing Experiment

Hirotohi ASANO, Yoshikazu KUBO and Sadaaki YOSHIMATSU

Synopsis

The leptocephalic larvae of metamorphosis stage of the conger eel, *Conger myriaster* (BREVOORT), caught from off Hamakaida, Nangokushi, Kochi Pref. were reared in the aquarium of our laboratory until they grew up to the early immature stage, and were used in the study of their morphological change. The measurings of the body parts were carried out in the six living fish at intervals of about two days. The movement and the feeding habit were also observed during the experimented period. The results obtained were summarized as follows.

(1) The absolute growth curves in the metamorphosis stage varied remarkably among the measured characters. Especially in the post-dorsal origin length (PD) and the caudal length (CL), each curve had a maximum value at the time of about the half way in the period of metamorphosis stage. At the time, the origin of anal fin moved forward nearly to a vertical line through the last vertical blood vessel, the region being recognizable in most apodal fish as to be the boundary of abdominal and caudal vertebrae.

(2) The relative growth curves, represented by the common logarithms, can be classified into four types: <-type was indicated by the TL-HL relation, イ-type by the TL-PD and TL-CL, ャ-type by the TL-SD and TL-SA, and the linear type by the TL-SLV, respectively.

(3) The somatic adult-form melanophores began to appear on the dorsal region of the head, immediately after the time when the anal fin origin moved to a vertical line through the last vertical blood vessel. About one hundred days after this time, a series of white spots on the lateral line was recognized, which is a remarkable feature in the adult form of the present species.

(4) When the body form was becoming roundish, the larvae of metamorphosis stage changed from the bathypelagic to benthic habitat.

(5) The reared fish began to take food, immediately after the end of metamorphosis. The cognition of food seemed to be largely depended on the sense of touch and the olfaction.

1 緒 言

日本近海に産するウナギ目魚類は 100 種以上知られているが、これらの葉形幼生については、種名や

形態的特徴が明らかにされているものは比較的少ない。しかし、マアナゴ *Conger myriaster* (BREVOORT) については多くの研究報告¹⁻⁵⁾があり、特に高井

* 水産学科学資源学研究室 (Lab. of Fisheries Resources, Dep. of Fisheries, Kinki Univ. Higashi-Usaka, Osaka 577, Japan)

** 香川県水産試験場 (Kagawa Pref. Fish. Exp. Stat. Higashimachi, Yashima, Takamatsu, Kagawa 761-01, Japan)

(1959)³⁾と窪田(1961)⁴⁾は仔稚魚の成長過程における形態変化について詳細な研究報告を行なっている。一般に、ウナギ目魚類の葉形幼生は、成長過程に魚体の縮少が起こり、形態変化も複雑であるため、資料の成長順位を見わけることが困難な場合もある。上記の両氏はこの点に特に注意を払い、飼育実験を併用し、魚体の精密測定によって成長順位を判定し、成長段階区分を行なっている。

著者らは、葉形幼生の複雑な形態変化の状況を追求するために、個体識別した飼育活魚による長期の連続魚体測定を試みた。飼育実験は自然環境に比べて特殊な条件下にあり、また活魚測定は測定値の精度を幾分低下させるが、個体別の長期にわたる形態変化の概要を知ることができ、また未知種の同定にも有効な手がかりを得ることができよう。このような観点から、本報告はマアナゴの飼育葉形幼生について行なった連続測定結果および飼育中の行動の観察結果について述べる。

II 実験材料と方法

材料は1971年3月16日、高知県南国市浜改田地先で、シラスバッチ網の漁獲物中から採集したマアナゴの変態期幼生25個体を、本学に持ち帰って長期飼育したものをを用いた。飼育水槽は40l用ガラス水槽

(60cm×30cm×36cm)を用い、海水は人工海水(ジャマリン)を使用し、約2ヶ月に1回の半量換水を行なった。水槽にはコーナーフィルターを取りつけて通気し、また底面に約2cmの厚さに砂を敷き、小石やカワラ破片を置いた。水温は飼育開始日から4月11日までと、10月13日から1972年3月中旬まではヒーターを用いて約18~20℃に加温したが、これら以外の期間では室温にゆだねた。比重調整は適時に行ない、また投餌開始後には原則として毎日残餌を除去した。

飼育25個体(Nos. 106~130)のうち、6個体(Nos. 106~111)については1つの水槽を2区分し、両区にそれぞれ全長で識別して3個体ずつ收容し、3月22日以後原則として2日目毎に活魚の魚体測定を行なった。この測定には、縦10cm、横18cm、幅0.5cmのプラスチック容器を用い、水槽中に入れて1個体ずつ魚を移し、器壁の外側から所定形質を記録した。なお、他の19個体は2個の水槽に分けて收容し、行動などの観察に共用した。投餌は変態末期と思われる頃から開始し、おもにマアジの細切り魚肉を与えた。

測定形質とその測定方法はTable 1に示す通りである。

Table 1. List of measurements in various parts of body.

Items (abbrev.)	Measurements
Total length (TL)	Distance from tip of snout to end of caudal fin.
Snout to pectoral length (HL)	Distance from tip of snout to anterior extremity of pectoral base.
Snout to dorsal length (SD)	Distance from tip of snout to origin of dorsal fin.
Snout to anal length (SA)	Distance from tip of snout to origin of anal fin.
Snout to last vertical blood vessel length (SLV)	Distance from tip of snout to either upper end of the last vertical blood vessel, or to posterior end of kidney.
Post-dorsal origin length (PD)	Distance from origin of dorsal fin to end of caudal fin.
Caudal length (CL)	Distance from origin of anal fin to end of caudal fin.
Ano-dorsal length (AD)	Distance from origin of dorsal fin to origin of anal fin.

III 実験結果

飼育開始時の葉形幼生は、すべて変態期のものであったが、個体により変態初期から末期のものまでみられ、飼育中にいずれも変態を完了した。生存期間はもっとも短いもので18日(No. 112)、多くは2ヶ月以上であり、1年以上のものも3個体(Nos. 128~130)あった。なお、活魚測定を行なった6個体は、No. 106が69日、No. 107が102日、No. 108

が104日、No. 109が123日、No. 110が212日、No. 111が259日、それぞれ生存した。

成長過程の形態変化に関する下記の記述は、主として変態期に注目し、この期間が比較的長期にわたって観察された4個体(Nos. 107~110)の測定結果にもとづいて行なった。

絶対成長 4個体の各測定形質にみられた変化は、Fig. 1に示した通りである。個体変異も幾分みられ

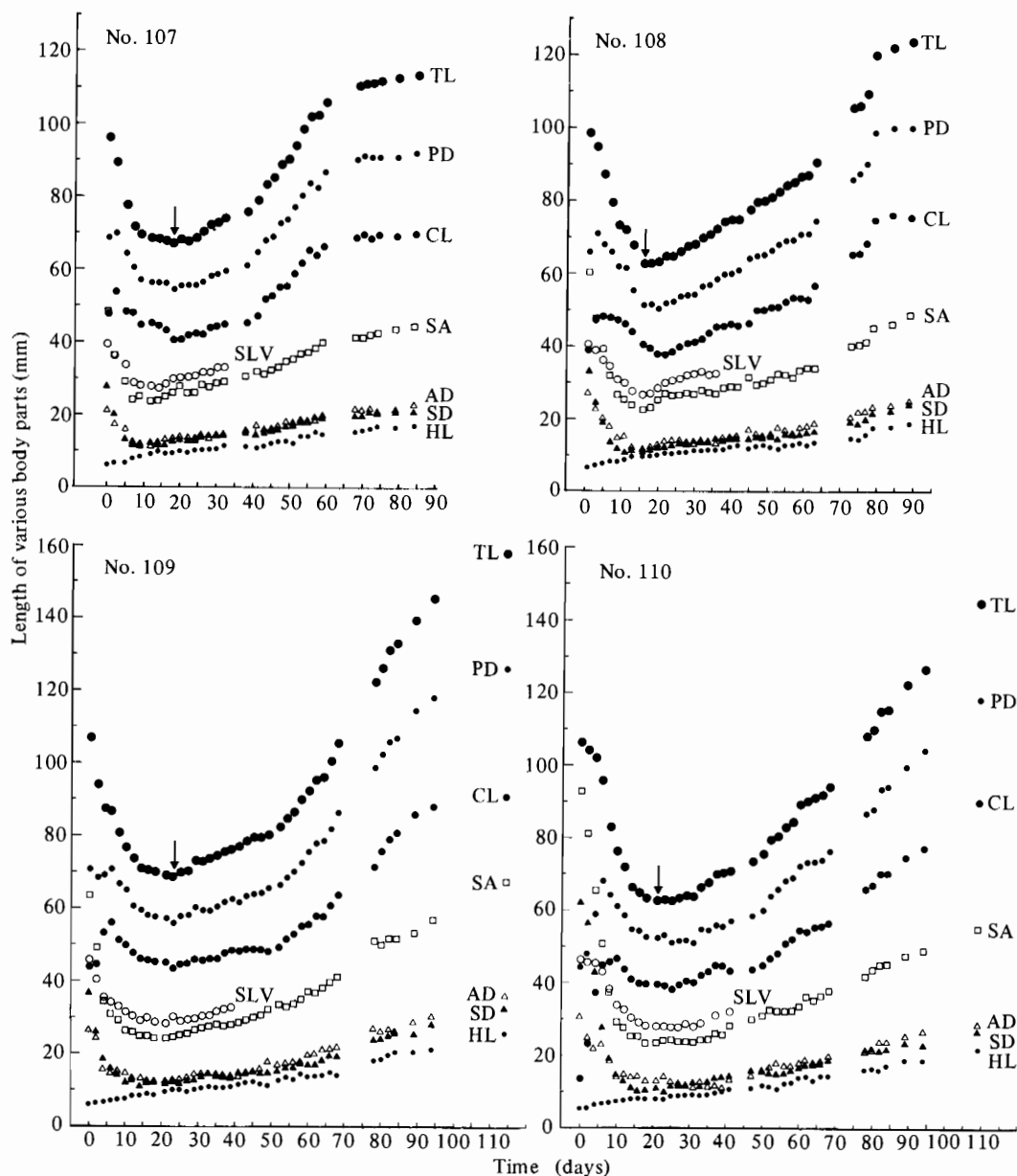


Fig. 1. Absolute growth curves in various body parts of four samples (Nos. 107-110). Measurements were started for No. 107 on March 31, 1971, for No. 108 on March 28, for No. 109 on March 22 and for No. 110 on March 22, respectively. Arrows indicate the minimum total length. For abbreviations of body parts see Table 1.

るが、各形質相互間の変化の状況は、各個体ともおおむね類似の傾向を示している。

全長 (TL) 飼育開始直後から、かなり急激な縮小がみられた。縮少率のもっとも大きい No. 110 個体では、21 日間に約 4 cm 縮小した。また TL 極小値 (Fig. 1 の矢印の位置) は 62~68 mm (No. 106 では 72 mm) で、個体によって多少変異する。その後の成長は各個体ともほぼ順調であったが、変態期の変化にくらべるとゆるやかである。

頭長 (HL) 測定形質中、変化がもっともゆるやかであったが、変態期中もわずかながら増大が続いている。ただ、TL 極小値前後の期間にはほとんど変化がみられない。

吻~背鰭始部長 (SD) 変態期の変化が著しい。No. 110 個体にみられるように、この期間の SD の縮小値は TL のそれよりむしろ大きい。また、SD の極小値到達時期は、TL のそれより数日早い傾向がみられた。なお、後述のように、SD は PD と逆相関関係にあり、変態期中の両者の変化は背鰭始部の前進に起因するところが大きい。

吻~臀鰭始部長 (SA) SD と同様に、変態期中に著しく縮小した。その縮小率は SD よりむしろ大きい。SA の極小値到達時期は SD のそれよりややおそいが、TL のそれより早い傾向がみられた。なお、SA は後述の CL と逆相関関係にあり、臀鰭始部の前進に起因するところが大きい。

吻~最終垂直血管部長 (SLV) 変態期を通じて縮小したが、その変化は TL にくらべて幾分ゆるやかである。SLV 極小値到達期は TL のそれとほぼ一致するが、No. 107 個体ではやや早い。測定の中断は外部からの透視観察が不可能になったためである。なお、最終垂直血管の位置は、多くのウナギ目魚類で腹椎骨と尾椎骨とのほぼ境界部に当たっている。SLV と SA の測定点列 (Fig. 1) が交叉する位置 (時期) は、後述の背鰭・臀鰭始部の変化のほぼ変曲点に当り、また体色変化が認められはじめる時期でもある。

後背鰭始部長 (PD) 前述の SD と逆相関して変化するが、変態期の途中で極大値を示した。この変曲点は背鰭始部がほぼ定位置に到達したことを意味するものと思われ、その時期は TL 極小期より 13 日 (No. 108) から 17 日 (No. 109) 以前に当たっていた。すなわち、PD は背鰭始部の前進によって、変曲点に到達する時期まで増大し、変曲点到達 (定位) 後には TL の縮小にともない TL 極小期 (個体により変異する) まで縮小する。なお、 $SD + PD = TL$ であり、

Fig. 1 において、PD 点列と SD 点列の交叉する時期は、背鰭始部が魚体の中央部に位置する時期である。

尾部長 (CL) PD と同様に変態期の途中で極大値を示した。この変曲点は臀鰭始部の定位を示すものと思われ、その時期は PD の場合とほぼ一致した。また、CL と PD の変化はおおむね類似の傾向を示すが、両者および TL の極小値到達時期は必ずしも一致していない。なお、 $SA + CL = TL$ であり、 $SA \cdot CL$ 点列の交叉時期は、臀鰭始部が魚体中央部に到達する時期である。

背鰭・臀鰭始部間長 (AD) 変態期中に縮小したが、その変化の度合は比較的小さい。AD の縮小には TL の縮小のほか、背鰭と臀鰭の前進速度の差が関係する。前述の PD と CL の変化の状況から (Fig. 1, No. 110)、背鰭・臀鰭始部の定位 (変曲点) 以前に、臀鰭が背鰭の前進速度よりまさり、両鰭始部間隔が次第に狭まっていることが認められる。

相対成長 No. 110 個体について、TL と各測定形質 (SLV を除く) との間の相対成長を対数グラフであらわし、Fig. 2 に示した。前述の絶対成長でみられたように、成長過程の変態期に TL が縮小するという著しい特徴を持つため、相対成長の型も測定形質によって多様である。Fig. 2 では、各形質とも測定値を TL 極小値 (Fig. 1 の矢印) の位置で区分し、変態期を白丸印、変態後を黒丸印で示した。なお、各形質とも多くの成長屈曲が認められるが、ここでは飼育測定期間内の全般的な変化の傾向から、大まかな型分けを行なうにとどめた。

HL のように、変態期中も伸長を続ける形質では、TL-HL 関係はく型 (変化の方向は下方から上方) を示している。また、SD や SA のように、変態期に著しく縮小する形質では、TL-SD、TL-SA 関係は Y 型を示す。ただ、後者の場合に TL 極小値前後で測定点列の環形成が不明瞭であるが、これは TL と SA の極小値到達時期がほぼ一致し、かつこの時期前後における両者の測定値の変化が類似の傾向を示すためである。変態期の縮小率が比較的小さい AD の場合も、No. 110 個体では測定値にばらつきがあり不確かであるが、大まかな傾向として TL-AD 関係はこの型に類似する。PD と CL のように、変態期途中で極大値 (変曲点) をもつ形質では、TL-PD、TL-CL 関係は I 型 (変化の方向は筆順の逆向き) となる。なお、SLV については図示していないが、測定範囲内の絶対成長の変化の傾向は TL とほぼ同様であり、極小値の位置もほぼ一致している (No. 107 個体では極小値

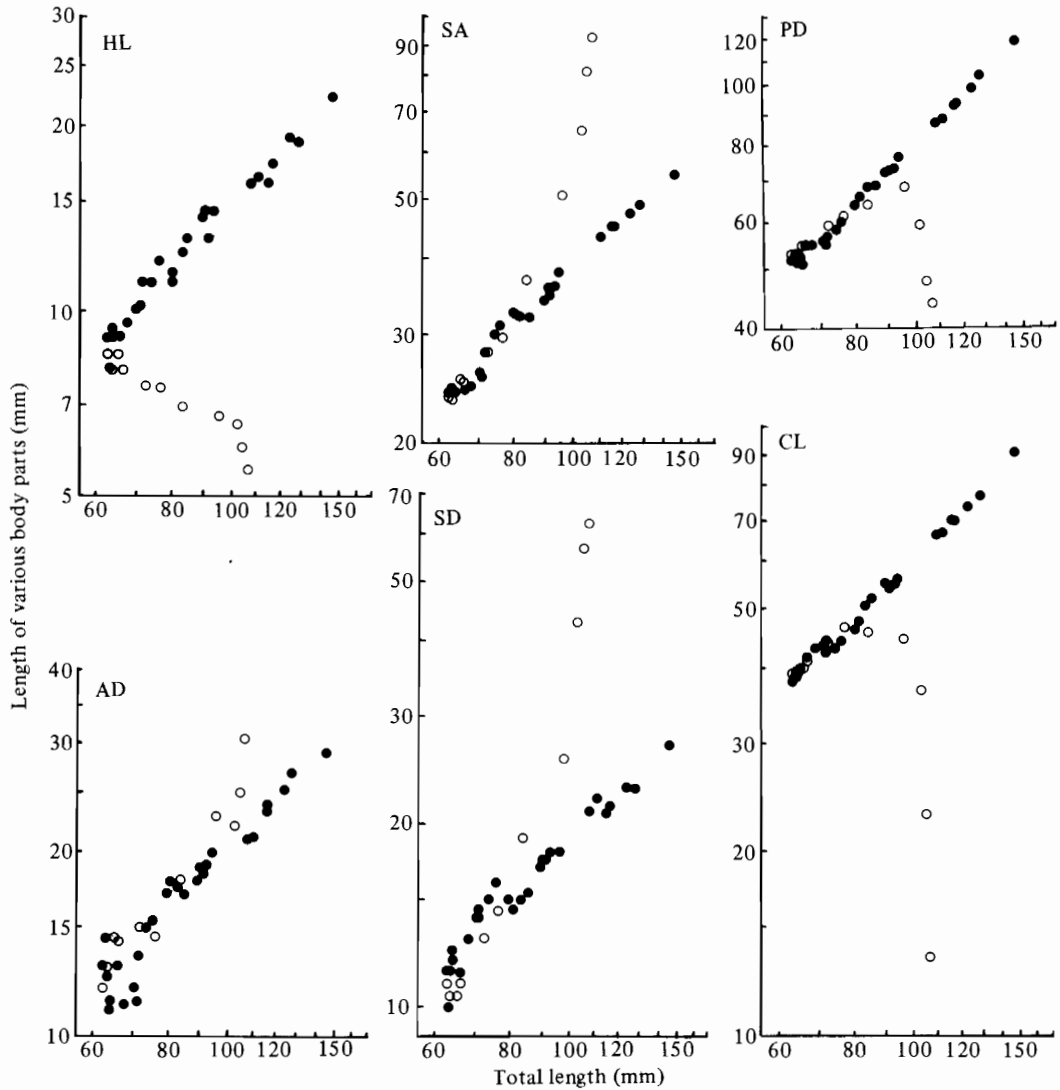


Fig. 2. Relative growth curves in relation between total length and various body parts. White circles: Measurements of metamorphosis stage, divided at a point of the minimum total length, the point being included; Solid circles: Measurements after metamorphosis. For abbreviations of body parts see Table 1.

の位置が離れている)。したがって、TL-SLV関係は右上りの直線型（No.107個体ではほぼ平行な二直線）となり、上記の3型と異なっている。

体色変化 変態期以前のマアナゴ葉形幼生の体色

は、特定の部位にみられる幼生型黒色素胞⁴⁾を除くと、無色透明である。変態の進行にともなって、成魚型黒色素胞⁴⁾が出現・増加する。個体変異はみられるが、臀鰭始部と最終垂直血管（ほぼ腎臓の後端）

の位置が逆転する直後頃から、成魚型黒色素胞の出現が観察された。ここでは、この逆転期を起点とし、No. 110 個体を中心に、体色変化の状況を述べる。

逆転後2日目頃から、頭部背面に少数の黒色素胞が出現した。4日目頃にはこの部分の色素胞はさらに数を増し、吻の背面にも出現した。また、この時期には脊髄に沿って微小黒色素胞も出現するが、これは魚体後部から現われはじめ、1~2日間で一本のすじに完成された。なお、鰓および腎臓部を中心に循環血液が赤く見えはじめるのもこの時期であった。6日目には黒色素胞は軀幹部背側や尾部背側にも出現した。14日目になると、色素胞はさらに増加し、また背鰭や臀鰭の後部鰭条に沿っても出現した。なお、この時期を過ぎると、軀幹部腹側は肛門あたりまで銀白色を呈するようになり、内臓諸器官の透視が困難となった。しかし、腎臓部の位置は1ヶ月後頃まで透視可能であった。以後、体色は日を追って成魚のそれに移行した。さらに、マアナゴの特徴の1つである、側線部の白色点列は起点日から約100日後、全長約20cmに達した頃に確認された。

遊泳および摂餌行動 遊泳行動では、体形がまだ側扁している時期には、頭部を上にして水槽壁に沿って垂直に泳ぐことが多かった。また、幾分水槽内の暗い側に集まる傾向はみられたが、小石やカワラの下などの物かげに入ることはなかった。変態が進み、体形が丸味をおびてくると、底生性となり、物かげにかくれるようになった。また、小石やカワラの下に入る時、砂を掘りのけることはあっても、砂底部に潜入することはみられなかった。なお、通常昼間は物かげに潜み、夜間に泳ぎまわるようであった。

摂餌開始日はかなり個体変異がみられたが、TL極小値到達日を起点とすると、No. 107個体では当日から、No. 110個体では6日後から、またNo. 111個体では9日後からであった。全般的に餌づけは非常に容易であり、細切り魚肉を与えるだけでよく、摂餌行動もかなり活発であった。本種は元来夜行性であるが、午後5時頃の明るい状態でも摂餌はみられた。なお、餌の感知はおもに嗅覚と触覚によるらしく、餌に近づいて吻端直前にあっても捕食行動を示さないが、餌が吻端に接すると敏速な捕食行動を示した。また、数滴の魚肉汁を水槽内に滴下すると、索餌行動を起すこともみられた。

VI 考 察

マアナゴの葉形幼生について、詳細な研究を行な

った高井³⁾と窪田⁴⁾の成長段階区分やその呼称には、幾分相違がみられる。すなわち、高井³⁾は仔魚期(Larva=Leptocephali)をLarvaとSemi-larvaにわけ、前者を初期・中期・後期伸長期に、後者を初期・中期変態期に細区分した。また、稚魚期(Elver)はSemi-elverとElverに区分され、さらに後期変態期に当る前者はI~VI亜期に細区分された。一方、窪田⁴⁾は仔魚期(Larva)をLeptocephaliとSirasuにわけている。前者は伸長期(I~II期)と変態期(IV期)に2区分され、両者の移行期をIII期とした。また、変態期に当るSirasuはV~VII期とし、ElverはVIII期とした。

これらの成長段階区分に従うと、飼育開始時にもっとも幼若であったNo. 110個体は、高井³⁾のSemi-larvaの初期変態期に、また窪田⁴⁾の葉形幼生変態期III期に相当すると思われる。またTL極小期とその成長段階区分は、高井³⁾ではSemi-elver IV亜期で70mm以下(測定最小値は68.6mm)、窪田⁴⁾ではSirasu VII~VIII期あたりで72~76mm(平均73.6mm)である。これらの値と比較すると、著者らの測定値(Nos. 107~111で62~68mm)は高井³⁾のそれよりさらに小さいが、この原因は活魚測定の測定誤差によるものと思われる。

変態過程でPDとCLの変化に極大値(変曲点)が認められたことは、絶対成長図(Fig. 1)を描いて一層明瞭に特徴づけられた。この時期は、臀鰭始部が最終垂直血管直下に到達し、体形が丸味をおびはじめ、成魚型黒色素胞が頭部背面に出現するなどの時期ともほぼ一致し、高井³⁾のSemi-elver I~II期、窪田⁴⁾のSirasu V~VI期あたりに相当するものと思われる。

相対成長については、測定期間内(初期変態期~初期未成魚期)の変化をく型、Y型、I型および直線型の4型に大別した。窪田⁴⁾は伸長期から変態完了前(I~IV期)までの相対成長を多数の形質で調べ、T型、ρ型およびジグザグ型曲線に大別し、また変態後のそれは直線、かもめ型線形および上方に凹な曲線に3大別している。このように、伸長期から成魚期にわたって相対成長の変化をみると、形質によって多様であり、また複雑である。

遊泳行動においては、体形が丸味をおびる頃から底生性となり、物かげにかくれるようになった。しかし、ギンアナゴ *Rhynchocyba nystromi nystromi* (JORDAN and SNYDER)⁶⁾ やゴテンアナゴ *Anago anago* (TEM-MINCK and SCHLEGEL)⁷⁾ などのように、砂底部に潜入することはみられなかった。このように、底生

生活後の隠べい習性には、かなり種的な違いが認められる*¹)。No. 110個体の観察記録から、底生移行期は臀鰭始部が最終垂直血管の位置に達した頃であった。この個体の絶対成長をみると(Fig. 1), 変態初期と思われる飼育開始日からこの時期までは8日間であり、この時期からTL極小期までの期間(約13日間)よりむしろ短い。窪田⁴)も飼育実験でほぼ類似の結果を得ている。すなわち、最大全長に達する前後の葉形幼生から、10日後にシラス幼生(V期)が、18日後にシラス幼生末期(VII期)のものが、さらに23日後には稚魚がみられている。なお、沿岸水域に米遊する本種の仔魚群の分布や移動について、高井³)は周防灘水域ではごく沿岸の浅所(10~15m)で成群し、そこで底生生活に移ることを、また内田他⁵)は伊勢湾水域では水深の深い湾の中央部や湾口域で成群し、そこで変態して底生生活に移ることを推察している。自然海域においては、地形、潮流、昼夜の変動など環境条件は複雑であるが、特に水深の深いところでは着底までの移動距離を考えると、少くとも変態期における表・中層遊泳期間は案外短いのではないだろうか。

捕食行動について、餌の感知が嗅覚のほかに触覚にも関係するらしい行動を観察した。BARDACH and LOEWENTHAL(1961)⁸)はウツボの一種、*Gymnothorax moringa* (CUVIER)で、唇部や吻部などに触覚受容器と思われる神経終末をもつことを報告している。本種についても今後の研究が望まれる。

V 要 約

高知県南国市浜改田地先で採集したマアナゴの変態期葉形幼生を飼育し、活魚測定により初期変態期から初期未成魚期までの形態変化を調べ、また遊泳・摂餌行動について観察した。

(1) 変態期の絶対成長は、測定形質によって変化の状態が著しく異なっていた(Fig. 1)。特に、後

背鰭始部長(PD)と尾部長(CL)では、変態期の途中に極大値を示した。この時期は、臀鰭始部が腹椎骨と尾椎骨とのほぼ境界部に当る最終垂直血管の位置まで前進する時期とほぼ一致した。

(2) 全長に対する各測定形質の相対成長は、対数グラフで示すと(Fig. 2)、く型(TL-HL)、イ型(TL-PD, TL-CL)、ヤ型(TL-SD, TL-SA, TL-AD)および直線型(TL-SLV)の4型に大別される。

(3) 成魚型黒色素胞は臀鰭始部が最終垂直血管の位置に達する直後から、頭部背面に出現し、また側線上の白色点列はこの時期から約100日後頃に確認された。

(4) 変態が進み、体形が丸味をおびる頃に、底生生活に移向した。

(5) 摂餌は変態完了直後頃から始まり、また餌の感知はおもに嗅覚と触覚に依存すると思われる行動がみられた。

引用文献

- 1) 藤田政勝：楽水，28(10)，69-70(1932)
- 2) 内田恵太郎：動雑，44(519-520)，23-24(1932)
- 3) 高井 徹：水産講習所研報，8(3)，1-349(1959)
- 4) 窪田三郎：三重県立大水産学部紀要，5(2)，190-370(1961)
- 5) 内田和良・片岡昭吉・高井 徹：水産大学校研報，17(1)，25-34(1968)
- 6) 高井 徹・堤 俊夫：水産講習所研報，8(2)，71-77(1959)
- 7) H. ASANO: *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst., Kyoto Univ.*, (1), 1-143(1962)
- 8) JOHN E. BARDACH and LOIS A. LOEWENTHAL: *Copeia*, 1961(1), 42-46(1961)

(昭和52年11月10日受理)

*1977年4月8日、和歌山県美浜町地先の地底網漁獲物中から、変態期葉形幼生2個体を採集し飼育した。1個体でマアナゴであったが、他の1個体はマアナゴに類似するが、体側口中線下の黒色素胞が尾端部に数個しか認められなかった。後者は変態期にも砂底部で立し、頭つき行動を示したり、変態後には小石の近くで頭部を強く振動し、砂を押しつけて小石の下に潜入する行動がしばしばみられた(この個体はフロアナゴ *Conger japonicus* BLEEKER とと思われるが、今後の検討を要する)。なお、マアナゴには変態中にこのような行動はみられず、また変態後の行動もかなり違っていた。