

## コウライアカシタビラメ仔稚魚期の相対成長

草加 耕司・板倉 祥平\*・松浦 仁志\*・熊谷 直樹\*・有瀧 真人\*

Relative Growth of Larval and Juvenile Stages of Three-lined Tonguefish *Cynoglossus abbreviatus*

Koji KUSAKA, Shohei ITAKURA, Hitoshi MATSUURA, Naoki KUMAGAI and Masato ARITAKI

コウライアカシタビラメ *Cynoglossus abbreviatus* はウシノシタ科に属し、西日本および朝鮮半島、中国大陸沿岸に広く生息する異体類である。本種は雌が40cmを超える大型種で、瀬戸内海や有明海では重要な漁業対象となっている。

しかし近年、資源の減少が著しいことから増殖対象種として種苗生産試験も行われ、産卵生態や初期の形態、飼育技術、形態異常など技術開発にかかる多くの知見が集積されている<sup>1-5)</sup>。その一方で、仔稚魚期に体格部がどのように発達するのかなど成長や発育にかかる基礎情報の詳細は、未だ把握されていない。

そこで本研究ではコウライアカシタビラメの仔稚魚を飼育し、ふ化から着底完了まで体格部9部位の測定、観察によって初期発育の特徴を明らかにした。加えて、異体類の左右不相称性が発現する変態期間に着目し、その期間や体サイズについて検討したので報告する。

### 材料と方法

2016年3月に岡山県瀬戸内市牛窓町地先海域において小型底びき網により漁獲された親魚を養成し、同年5月8日に受精卵139千粒を得た。これらを自然水温で管理し、5月10日にふ化した73千尾の仔魚の一部を飼育に用いた。本研究ではふ化日を0日齢とし、自然水温のろ過海水を流水にした500L水槽内で、栄養強化したシオミズツボウムシ *Brachionus plicatilis* sp. complex, アルテミア *Artemia* sp. 幼生を与えて飼育した仔稚魚を、30日齢まで2日おきに25~40個体サンプリングし、観察した。採集した標本は10%中性ホルマリンで固定後、70%エタノールで置換、保存した。標本は顕微鏡写真撮影装置を用いて撮影し、藤田ら<sup>1)</sup>に従ってふ化仔魚から着底完了期までの11のステージ(図1)へ区分するとともに、図

2, 3に示す全長, 体長, 体高, 肛門前長, 頭長, 眼径, 胸鰭長, 伸長鰭条長および上顎長の体格部9項目を測定して相対比値(全長, %)の算出等を行い, それぞれの発達や変化の過程を把握した。

### 結 果

**飼育水温と成長** 水温は試験開始時の17.1℃から6日齢の20.7℃まで上昇した後, 30日齢まで20℃前後で推移した。飼育開始時の平均全長は2.73mmであったが, 飼育終了の30日齢には8.41mmまで成長した(図4)。

**ステージの特徴と進行** ステージ1: ふ化から開口までの仔魚。0~3日齢に認められた。ステージ2: 開口から鰓が形成されるまでの仔魚。3日齢から出現した。ステージ3: 鰓が形成され, 吻嘴の垂れ下がりの兆候が現れるまでの仔魚。10日齢以降で認められた。ステージ4: 吻嘴の垂れ下がりが始まった直後の仔魚。14日齢以降で認められた。ステージ5: 吻嘴の垂れ下がりが顕著になり, 眼の前上方の前額部に小間隙ができるまでの仔魚。16日齢以降で認められた。ステージ6: 吻嘴の垂れ下がりによって前額部に小間隙が形成され, 伸長背鰭条の退縮も始まる。眼の移動が確認されるまでの仔魚。18日齢以降で認められた。ステージ7: 変態の開始に伴い, 右眼の移動が吻嘴間隙に到達するまでの仔魚。26日齢のみ認められた。ステージ8: 右眼が吻嘴間隙を通過し左体側に達してから, 吻嘴間隙が癒合, 消失するまでの仔魚。22~26日齢に出現した。ステージ9: 吻嘴間隙の消失が確認された仔魚。伸長背鰭条や胸鰭は基底部が残る程度まで退縮する。22日齢以降で認められた。ステージ10: 伸長背鰭条や胸鰭は完全に消失し, 変態が終了した稚魚。有眼側の斑紋は未形成であるものの, 吻嘴は吻を形成し, 鉤型となって下顎先端を覆っている。20日齢以

\* 福山大学生命工学部海洋生物学科

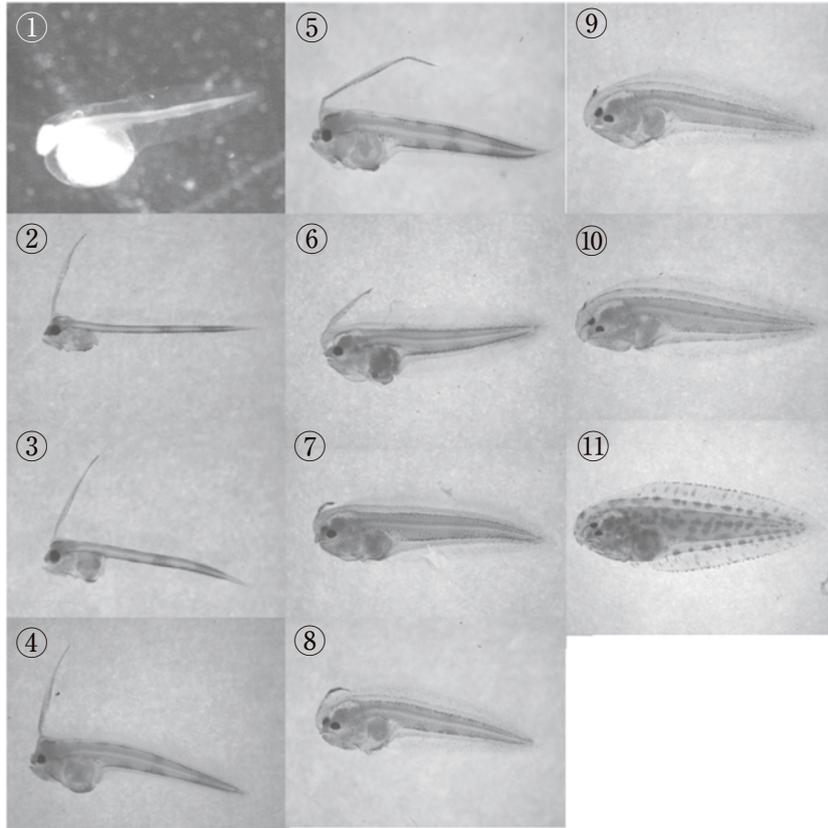


図1 ふ化仔魚から稚魚までの11発育ステージ  
藤田ら（1986）を改変

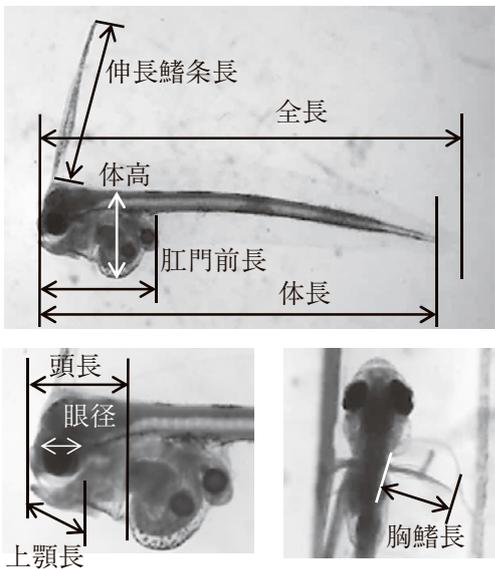


図2 仔魚の測定部位

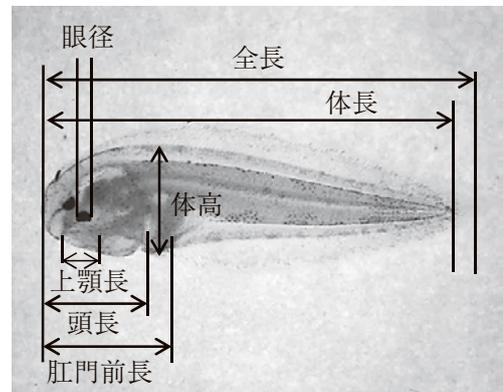


図3 稚魚の測定部位

**成長発育の特徴**

**発育ステージの進行に伴う絶対成長** 各発育ステージにおける体格部の絶対成長を図5に示した。全長：ふ化直後であるステージ1で平均2.73mm，ステージ11では12.25mmであった。変態を開始するステージ7で10.22mm，ステージ8では9.13mmと小さくなる傾向が認められた。体長：ステージ1で2.65mm，ステージ11では11.25mmであった。全長同様，ステージ7で9.47mm，ステージ8では8.59mmと小さくなる傾向が認められ

降で認められた。ステージ11：有眼側全面に暗褐色のまだら状斑紋，および背・腹両担鰭骨帯の内側に小円点状の黒色素胞の出現が確認された稚魚。26日齢以降で認められた。

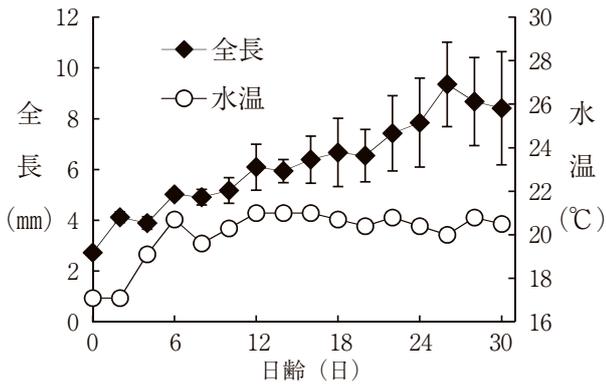


図4 仔稚魚期の全長と飼育水温の推移  
全長は平均値、バーは標準偏差を示す

た。体高：ステージ1で0.83mm，ステージ2では0.66mmであり，ステージ1から2にかけて卵黄を吸収したため，この間に体高の減少が認められた。以後，卵黄を吸収し終えたのちはステージ7まで増加した。ステージ7で2.51mm，ステージ8では2.38mmと小さくなる傾向が認められた。肛門前長：ステージ1から2にかけて肛門が開いた。ステージ7で2.37mm，ステージ8では1.97mmと，変態により肛門が前方へ移動した。頭長：ステージ1で0.49mm，ステージ11では2.28mmであった。ステージ7で2.19mm，ステージ8では2.00mmと小さくなる傾向が認められた。眼径：ステージ1で0.19mm，ステージ11では0.39mmと増加傾向にあった。胸鰭長：ふ化直後には胸鰭は確認されず，ステージ2で発現した。ステー

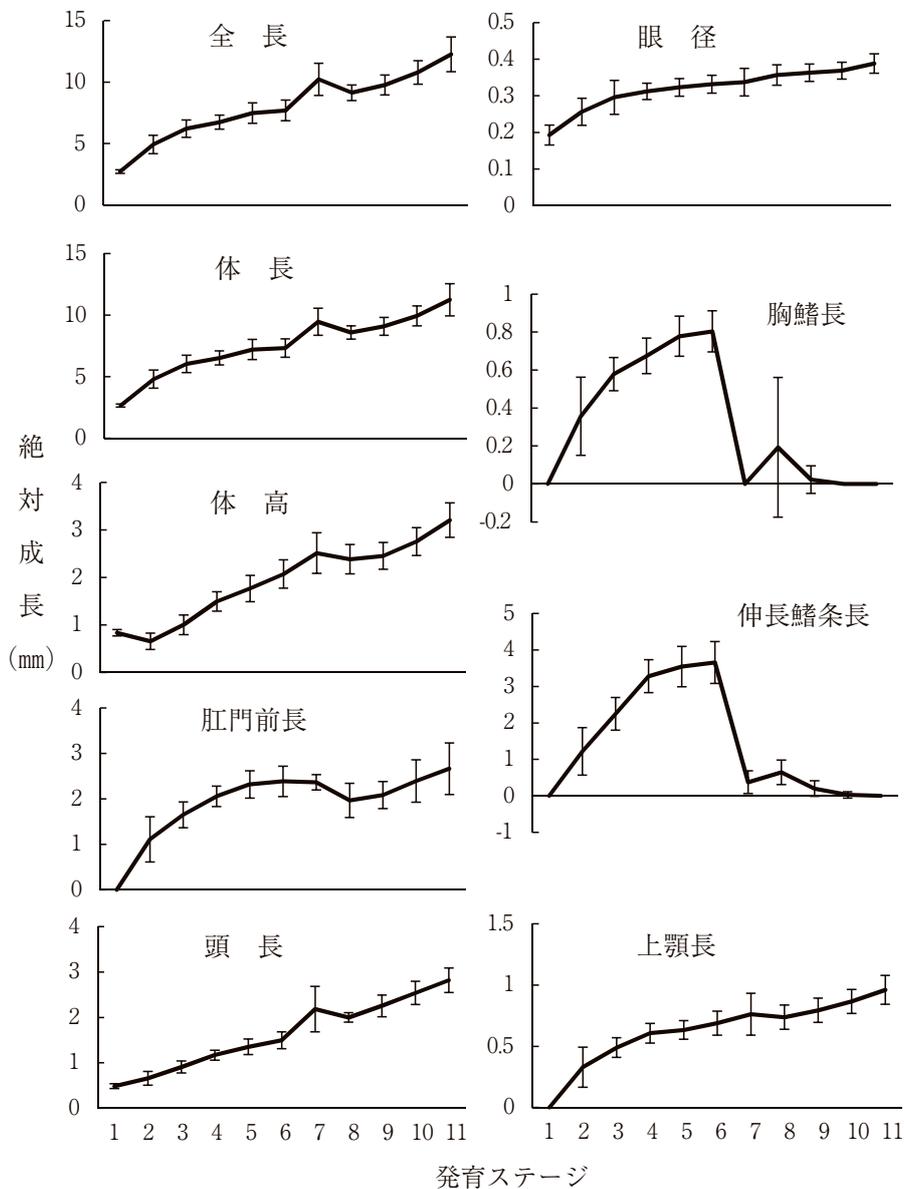


図5 各発達ステージにおける体格部の絶対成長  
数値は平均値、バーは標準偏差を示す

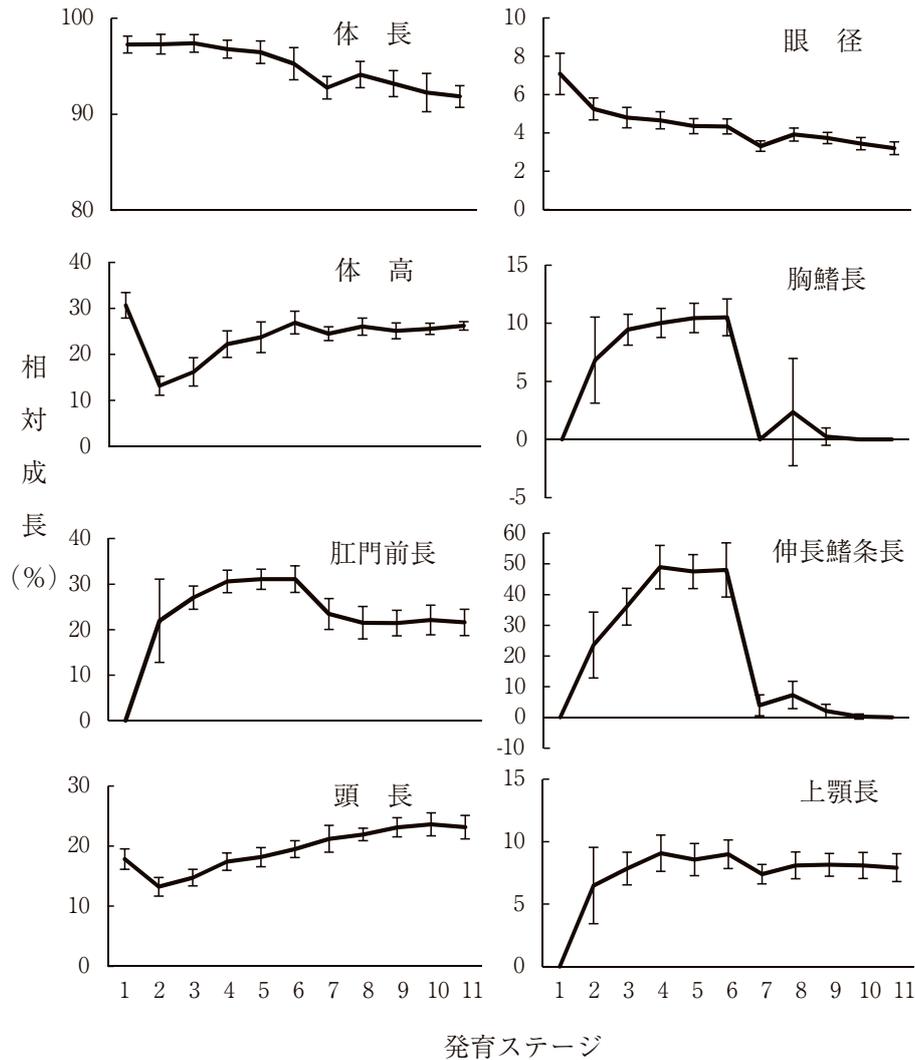


図6 各発育ステージにおける体格部の相対成長（全長比）  
 全長比 = 各測定値 / 全長 × 100  
 数値は平均値，垂直のバーは標準偏差を示す

ジ6で0.80mmと最大値を示した。それ以降のステージでは急激に減少傾向を示し、ステージ10で消失した。伸長鰭条長：胸鰭と同様、ふ化直後には確認されず、ステージ2で形成された。ステージ6で3.65mmと最大値を示した。ステージ6を境に急激に減少傾向を示し、ステージ10において消失した。上顎長：ステージ2で開口し、両顎が形成された。ステージ7から8にかけて値が小さくなり、ステージ11で0.96mmとなった。

**発育ステージの進行に伴う相対成長** 各発育ステージにおける体格部8項目（体長、体高、肛門前長、頭長、眼径、胸鰭長、伸長鰭条長、上顎長）の相対成長について全長比で検討した（図6）。体長：ステージ3までは全長に対して約97%を示した。ステージ4以降減少傾向であったが、ステージ7から8の間で1.3ポイント上昇し、成長の変曲点が認められた。変態開始期であるステージ

7では92.8%、変態終了であるステージ11では91.8%を示した。体高：ふ化直後は卵黄の影響で、全長比は30.7%を示した。ステージ1から2にかけて卵黄の吸収が行われ、13.2%まで減少したがそれ以降、ステージ6までは増加傾向にあった。ステージ6では26.9%、ステージ7では24.5%となり2.4ポイントの減少がみられたが、その後ステージ11まで一定であった。これらのことから、ステージ2および7に変曲点があると考えられた。肛門前長：ステージ2に肛門が開口した。ステージ4での全長比は30.6%を示し、ふ化からステージ4までは増加傾向にあった。その後ステージ6までは概ね31%とこの間安定した。また、ステージ7では23.5%、ステージ8では21.5%と減少傾向がみられたため、ステージ2および7において変曲点があると考えられた。頭長：ふ化直後のステージ1では17.9%を示していたものが、ステージ2

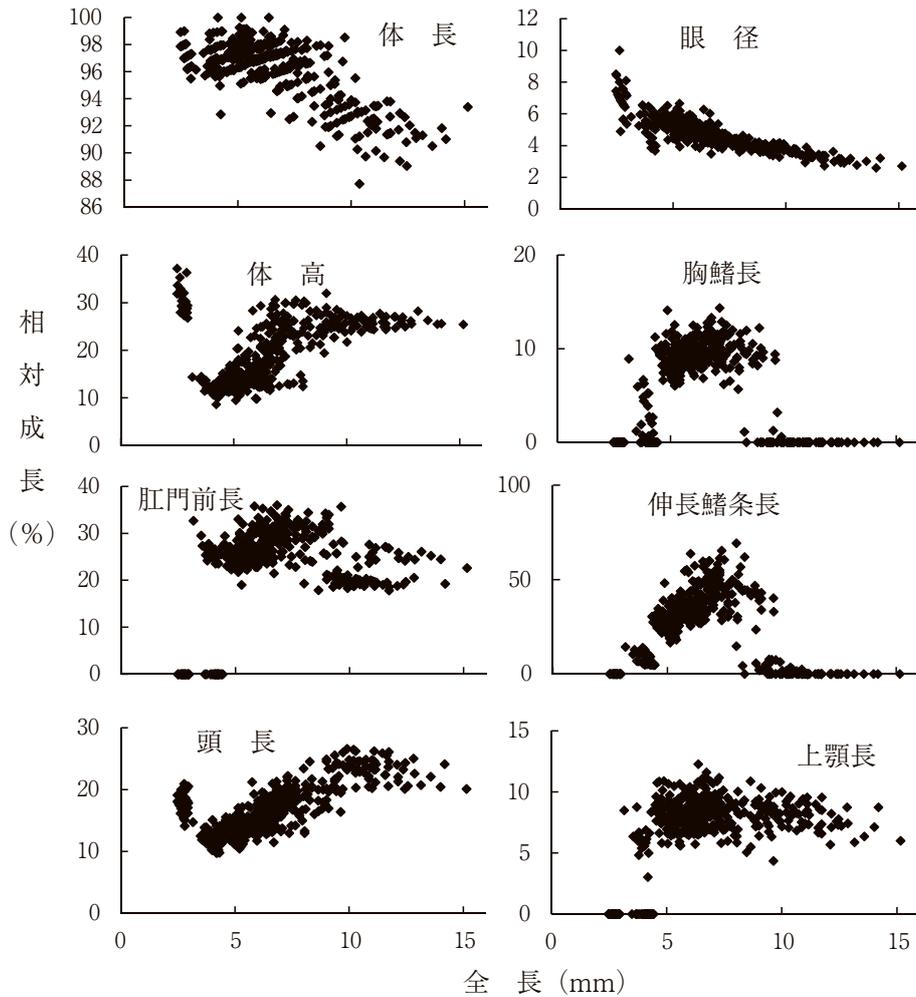


図7 仔稚魚の成長に伴う体格部の相対成長（全長比）  
全長比 = 各測定値 / 全長 × 100

に13.2%と減少した。その後はステージ10まで増加傾向にあったことから、ステージ2に変曲点があると考えられた。眼径：ふ化直後のステージ1では7.1%を示していたものが、ステージ2に5.3%へ減少した。また、ステージ7では3.3%とその前後より低下した。変曲点はステージ2および7にあると考えられた。胸鰭長：ステージ2には胸鰭が発現し全長比は6.8%を示した。その後ステージ6まで値は増加し10.5%となったが、ステージ7には変態開始に伴う退縮が生じ、ステージ10以降では胸鰭は確認できなかった。ステージ2および7に変曲点があると考えられた。伸長鰭条長：ステージ2には伸長背鰭条が発現し、全長比は23.6%を示した。その後伸張を続け、ステージ4では48.9%となり、ステージ6まで値はほぼ一定であった。しかし、胸鰭同様ステージ7には変態開始に伴う退縮が生じ、ステージ10以降で伸長鰭条は確認できなかった。ステージ2および7に変曲点があると考えられた。上顎長：ステージ2で開口し6.5%を示した。

ステージ4まで値は増加し9.1%となった。その後、ステージ7で7.4%と明らかに小さくなった。ステージ2および7に変曲点があると考えられた。

**成長に伴う相対成長** 仔稚魚の成長に伴う体格部8項目（体長、体高、肛門前長、頭長、眼径、胸鰭長、伸長鰭条長、上顎長）の相対成長について全長比で検討した（図7）。体長：全長（以降TLとする）8.0mmまでは全長比94～100%の間に集中するが、TL8.0mmを超えると減少傾向となり、TL10.0mm以降では全ての個体において94%を下回っていた。TL8.0mmに変曲点があると考えられた。体高：TL3.0mmまでは全長比25～35%であったが、TL3.0mmを境に15%まで減少した。以降、値は再びTL8.0mm付近まで増加し、TL8.0mmを越えると25%にまで低下した。TL3.0mmと8.0mmに変曲点があると考えられた。肛門前長：肛門の開口はTL3.0～4.0mmの間であった。開口後、成長に伴って全長比20～35%の間を緩やかに上昇していくがTL8.0mmを越える

と20～25%付近まで低下し、それ以降安定した。TL8.0mmに変曲点があると考えられた。頭長：TL2.0～3.0mmの間で全長比22%から13%へと急激に低下し、それ以降TL10.0mmまで上昇した。TL10.0mmを越えると上昇は止まり、20%から27%の間で安定した。TL3.0mmと10.0mmに変曲点があると考えられた。眼径：TL2.0mmから3.0mmにかけて全長比は10%から4%へ低下した。TL3.0mmを越えるとすべて7%未満となり、以後成長に伴い徐々に3%まで低下した。TL3.0mmに変曲点があると考えられた。胸鰭長：TL3.0mm以前で胸鰭は認められないが、その後、全長比は急上昇し6%から14%の間で安定した。しかしTL8.0mmを越えると再び0の個体が現れ始め、TL10.0mm以降で胸鰭は認められなかった。TL3.0mmと8.0mmに変曲点があると考えられた。伸長鰭条長：TL3.0mm以降急激に伸張し、最大個体は全長比69.3%を示した。TL8.0mmを越えるとその値は急減し、TL12.0mm以降では認められなかった。TL3.0mmと8.0mmに変曲点があると考えられた。上顎長：TL3.0mmまで口が開いた個体は認められないが、それ以降は全長比4～12%の範囲で安定した。TL3.0mmに変曲点があると考えられた。

## 考 察

**仔稚魚サイズ** 本研究においてふ化直後のステージ1はTL2.73mm、胸鰭が完全に退縮し変態がほぼ完了したステージ10ではTL10.78mmであった。一方、同じコウライアカシタビラメを飼育した藤田ら<sup>1)</sup>はステージ1をTL3.31mm、ステージ10ではTL13.3mmと報告しており、両ステージともに大きかった。本種のふ化仔魚に関しては福澄ら<sup>6)</sup>がTL3.35mm、尾田・水戸<sup>7)</sup>がTL2.75～2.95mmと報告しており、前者で大きく、後者が小さかった。本研究を含めこれら4例に使用した親魚は、仔魚の大きい2例が有明海、小さい2例が瀬戸内海中央部の個体を用いており、福澄ら<sup>6)</sup>は本種の仔魚サイズに海域差があることを指摘している。有明海はエツ *Coilia nasus* やアリアケシラウオ *Salanx ariakensis* などの大陸残存種が多く存在する特殊な海域であるのに加え、ホシガレイ *Verasper variegatus* ではその他の生息海域と遺伝的に大きな差異のあることが明らかになっている<sup>8)</sup>。これらのことから、コウライアカシタビラメにおいても、有明海では他の海域と仔魚のサイズに変異が認められるのかもしれない。一方、変態と着底開始は、本研究で概ね20日齢以降であるのに対し、有明海産の仔魚では33～38日齢とやや遅めであった<sup>1)</sup>。これについては飼育水温

(前者：17～21℃、後者：14～22℃)の影響も考えられるため、今後は水温による発育の変化についても検討する必要がある。

カレイ科魚類では、沖合種であるババガレイ *Microstomus achne* の着底完了が75日齢以降、平均全長は24.98mmと浮遊期が長く変態サイズが大きいのに対し、沿岸種のマガレイ *Pseudopleuronectes herzensteini* では26日、10.8mmと短く小さいことが示唆されている<sup>9)</sup>。今回、コウライアカシタビラメでは変態完了は26日齢以降、平均全長は12.3mmであったが、本種と同様、瀬戸内海など沿岸の漁業対象種であるイヌノシタ *Cynoglossus robustus*<sup>10)</sup> も20日齢、平均全長は17.7mmと比較的小型である。本種を含めイヌノシタ属は変態する日齢が早く、着底時のサイズが小さい可能性が高い。

**体格部の変化とその特徴** 発育ステージごとの相対成長の変化から、ステージ2で体高、肛門前長、頭長、眼径、胸鰭長、伸長背鰭条長および上顎長の7項目、ステージ7で体長、体高、肛門前長、眼径、胸鰭長、伸長背鰭条長および上顎長の7項目で変曲点が確認され、体型が大きく変化するのステージ2および7の2期と考えられる。ステージ2では卵黄の吸収、口および肛門の開口や胸鰭、伸長背鰭条が形成されることから、内部栄養から外部栄養への転換に伴う生態的、形態的な変化が集中している時期であるといえる。一方、ステージ7での変化は胸鰭、伸長背鰭条の退縮や肛門の前方への移動であり、仔魚から稚魚への変態が始まっていると考えられた。異体類において胸鰭の退縮は変態と大きな関連があり、マガレイ、ホシガレイ、マツカワ *Verasper moseri*、ババガレイにおいても変態の開始と退縮が同時に確認されている<sup>11-14)</sup>。このようにカレイ科魚類のみならず、コウライアカシタビラメなどウシノシタ類においても変態開始の指標として極めて重要であることが明らかとなった。また、成長に伴う相対成長は、概ねTL3.0mmとTL8.0mmで変曲点を多く確認できた。前者はステージ2に後者はステージ6～7に相当するため、上記のように開口や変態に伴う体型の変化がこのサイズで発現していると考えられる。今回の観察で、ステージ7～8において全長や体長等の体幹部を中心に短縮化が認められた。ヒラメやカレイ科魚類ならびにマゴチ *Platycephalus* sp. では、変態期における体構造の劇的変化が成長より発育を優先させ、成長停滞が生じることが示唆されている<sup>12,15)</sup>。コウライアカシタビラメの変態はごく短時間で進行する<sup>1)</sup>が、これにより、異体類の変態期間に生じる成長停滞が顕著に現れたのかもしれない。

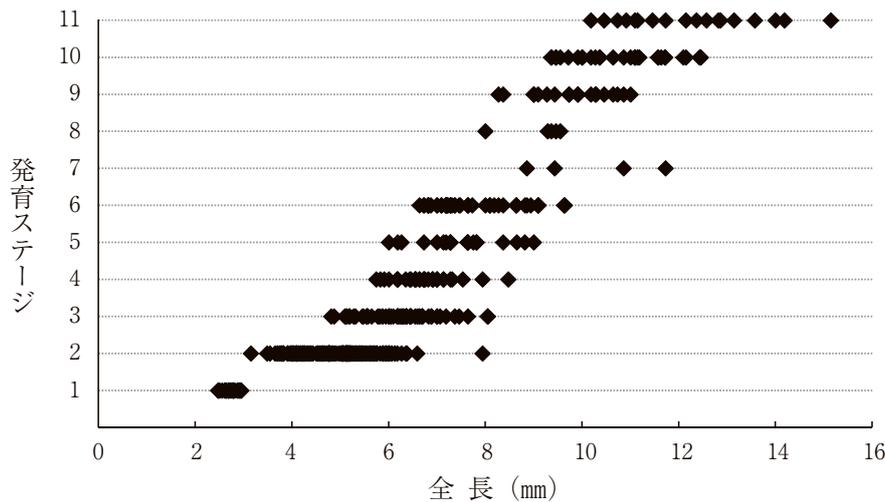


図8 各発育ステージにおける全長分布

**変態サイズ** 各発育ステージの全長分布を図8に示し、変態の開始および終了サイズについて検討した。本種の変態は、変態開始直前期のステージ6における最大全長個体9.64mm、変態開始期のステージ7における最小全長個体8.86mmの間で開始され、変態終了直前のステージ10における最大全長個体12.45mm、変態終了期のステージ11における最小全長個体10.18mmの間で終了すると推察された。従って本種の仔魚期の変態サイズはTL8.86~12.45mmの期間と考えられた。

近縁種であるイヌノシタの変態サイズはTL12.2~17.7mmとされているが<sup>10)</sup>、変態期間の極めて短いウシノシタ類の変態に関しては未解明な点が多く、水温等の飼育環境との関わりも含め、今後検討する必要がある。

## 要 約

1. 飼育したコウライアカシタピラメ仔稚魚の体格部9部位（全長，体長，体高，肛門前長，頭長，眼径，胸鰭長，伸長鰭条長，上顎長）の測定，観察によって初期発育の特徴，変態サイズ等について検討した。
2. ふ化仔魚から着底完了期まで区分した11の発育ステージごとの相対成長の変化から，体型が大きく変化するのは，卵黄の吸収，口および肛門の開口や胸鰭，伸長背鰭条が形成されるステージ2と，伸長背鰭条の退縮や肛門の前方への移動など仔魚から稚魚への変態が始まるステージ7の2期と考えられた。このときの全長は3.0mmと8.0mmであった。
3. 変態開始期のステージ7~8では，他の異体類でも特徴的な胸鰭の退縮や，全長など体幹部の短縮化をはじめとした成長の停滞が確認された。

4. 変態開始および終了期にあたる発育ステージの全長分布等から，本種の仔魚期における変態サイズは全長8.86~12.45mmの期間と考えられた。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり，親魚の採集にご協力をいただいた牛窓町漁協の豊田嘉多一氏および因島漁協の立花勇氏に深くお礼を申し上げます。

## 文 献

- 1) 藤田矢朗・北島 力・林田豪介, 1986: コウライアカシタピラメの成長促進, 卵発生と飼育による仔稚魚の形態, 魚類学雑誌, **33**, 304-315.
- 2) 草加耕司・後藤真樹・小見山秀樹・弘奥正憲, 2012: コウライアカシタピラメ仔稚魚の飼育方法の検討, 岡山水研報告, **27**, 37-43.
- 3) 草加耕司・岩本俊樹・後藤真樹, 2014: 養成期間の異なるコウライアカシタピラメ親魚群の自然産卵と卵質, 水産技術, **7**, 17-22.
- 4) 草加耕司・岩本俊樹・弘奥正憲, 2015: 大型水槽を用いたコウライアカシタピラメ種苗生産試験, 水産技術, **7**, 75-83.
- 5) K. Kusaka, R. Fujita, K. Ogura, T. Nasu and M. Aritaki, 2016: Studies on morphological abnormalities in hatchery-reared three-lined tonguefish *Cynoglossus abbreviatus*, *Fish. Sci.*, **82**, 961-968.
- 6) 福澄賢二・太刀山透・深川敦平, 2001: コウライアカシタピラメの採卵と仔稚魚の飼育, 福岡水海技七研報, **11**, 21-27.
- 7) 尾田 正・水戸 鼓, 1994: コウライアカシタピラメ仔魚の相対成長, 摂餌可能サイズと適正塩分, 岡山水試報, **9**, 85-88.
- 8) M. Sekino, K. Saitho, D. Shimizu, T. Wada, K. Kamiyama, S. Ganbe, S. Chen and M. Aritaki, 2011: Genetic population

- boundaries in shallow evolutionary lineages found in a flatfish *Verasper variegatus*, *Conserv. Genet.*, **12**, 139-159.
- 9) 有瀧真人, 2013: 飼育したカレイ科魚類の変態期に発現する形態異常とその防除に関する研究, *水研セ研報*, **37**, 147-197.
- 10) 弘奥正憲・杉野博之・草加耕司, 2013: イヌノシタの人工授精と仔稚魚の飼育, *岡山水研報告*, **28**, 39-46.
- 11) M. Aritaki and T. Seikai, 2004: Temperature effects on early development and occurrence of metamorphosis-related morphological abnormalities in hatchery-reared brown sole *Pseudopleuronectes herzensteini*, *Aquaculture*, **240**, 517-530.
- 12) 有瀧真人・太田健吾・堀田又治・田中 克, 2001: ホシガレイ飼育仔稚魚の形態発育および成長, *日水誌*, **67**, 58-66.
- 13) 有瀧真人・鈴木重則・渡辺研一, 2000: 飼育したマツカワ仔稚魚の形態発育と成長, *日水誌*, **66**, 446-453.
- 14) 有瀧真人・田中 克, 2003: ババガレイ飼育仔稚魚の形態発育および成長, *日水誌*, **69**, 602-610.
- 15) 牧野 直・藤元香世・中丸 徹, 2006: マゴチ飼育仔稚魚の形態発育と成長, *千葉水総研報*, **1**, 63-70.