

## 伊勢湾産イカナゴの心化特性と外部栄養への転換

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	山田, 浩且
巻/号	64巻3号
掲載ページ	p. 440-446
発行年月	1998年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 伊勢湾産イカナゴのふ化特性と外部栄養への転換

山田 浩 且

(1997年6月18日受付)

Hatching and Early Feeding of Japanese Sand Eel  
*Ammodytes personatus* in the Ise Bay

Hirokatsu Yamada\*1

Characteristics of hatching and transition from endogenous to exogenous nutrition of the Japanese sand eel *Ammodytes personatus* population in Ise Bay, central Japan, were studied in the laboratory. Duration to the peak hatching after fertilization were needed for 15, 13 and 11 days at 10.3°C, 12.0°C and 13.9°C, respectively. In the peak day, 46.1%, 62.3% and 73.2% of the total larvae hatched at the corresponding temperatures. Hatching predominantly occurred within 4 hours after onset of dark period at 17:00. Newly hatched larvae started feeding within 24 hours after hatching. All larvae completed yolk absorption within 13 days, but oil globule remained in 40% of the 30 days-old larvae. The sand eel larvae had a long mixed period of endogenous and exogenous nutrition. Daily growth rate during the first 30 days after hatching was 0.23 mm at 10.1°C.

キーワード：イカナゴ，伊勢湾，ふ化，摂餌開始，卵黄吸収，成長

イカナゴ *Ammodytes personatus* は、伊勢湾の重要な漁業資源である。三重、愛知両県の約250ヶ統のバッチ網および船曳網船団は、主として3~5月にシラス期から未成魚期（体長30~80mm）のイカナゴを漁獲する。漁獲統計が整備され始めた1976年から1995年までの1漁期当たりの漁獲量は、500~25,700トン（平均値±標準偏差=7,541±6,023トン）で、漁獲データ等から推定される各年の加入資源量は、15~1,044億尾（平均値±標準偏差=247±233億尾）<sup>\*2</sup>と大きな年変動を示し、イカナゴ漁業の経営を不安定なものにしている。

船越・中村<sup>1)</sup>は、伊勢湾産イカナゴの資源尾数の解析から、資源変動機構をさぐる糸口が生活史初期にあることを指摘している。本種の初期生態については、三陸沿岸産を対象とした山下<sup>2)</sup>の詳細な報告がある。しかし、これとは著しく生息環境の異なる伊勢湾産については、断片的な報告<sup>3,4)</sup>があるのみで、その詳細はほとんど知られていない。

本研究では、人工受精卵の飼育によって伊勢湾産イカナゴの卵期から仔魚期における生態的特性を明らかにするとともに、その特性と仔魚期の生き残りとの関連につ

いて考察した。

## 材料と方法

採卵 1992年4月に伊勢湾内で操業するバッチ網漁船によって漁獲されたイカナゴの幼魚（平均体長4.1cm）を、三重県水産技術センターに運搬し、陸上水槽において冬季まで養成した。イカナゴは、夏季から秋季の高水温期に潜砂して摂餌しなくなる夏眠と呼ばれる特殊な生態を有する。夏眠する7月までは、毎日2回飽食量の配合飼料を給餌した。養成期間中の水温範囲は12.6~26.8°Cであった。

1993年1月に、成熟個体（雄平均体長10.4±0.6cm、雌平均体長10.2±0.7cm）の腹部を圧して採卵および採精を行い、湿導法によって人工受精した。イカナゴ卵は沈性粘着卵であるため、ガラス製シャーレおよびスライドガラスに受精卵を付着させた。採卵は10時に行い、採卵2時間後に検卵して受精率を求めた。

## ふ化実験

1. 水温とふ化時間 シャーレに付着させた同一受精日の受精卵を、10.3±0.4°C、12.0±0.2°C、13.9±0.1°C（平均値±標準偏差）に設定したふ化槽（以下10.3°C区、

\*1 三重県水産技術センター（Fisheries Research Institute of Mie, Hamajima, Shima, Mie 517-0404, Japan）.

\*2 三重県：資源管理型漁業推進総合対策事業報告書（広域回遊資源）（1995）.

12.0°C区, 13.9°C区とする)において発生, ふ化させて, 水温とふ化時間の関係を調べた。1個のシャーレには1対の親魚から採取した受精卵(約5,000~6,000粒)を附着させ, これらを1ふ化槽当たり3~4個(3~4対分)収容した。ふ化開始以降は, 毎日10時にふ化仔魚数を計数した。受精後の日数は, 受精時刻(10時)を起点に24時間後(翌日10時の観察)を1日目, 48時間後を2日目として記述した。

2. 水温とふ化率 1対の親魚から得た受精卵を4枚のスライドガラス上に附着させ(1枚当たり約500~700粒), 各々を10.0±0.4°C, 12.2±0.2°C, 13.7±0.5°C, 16.0±0.1°C(平均値±標準偏差)に設定したふ化槽(以下10.0°C区, 12.2°C区, 13.7°C区, 16.0°C区とする)において発生, ふ化させて, 水温とふ化率の関係を調べた。実験には6対の親魚から採取した6卵群を用いた。

3. ふ化の日周期性 受精日の1日異なる2卵群(1月5日受精:以下A区, 1月6日受精:以下B区, 1個のシャーレに5,000~6,000粒程度附着)を, 水温12.0±0.2°C下で発生させ, ふ化盛期となる受精後13日目の前後30時間にわたり2時間間隔でふ化仔魚数を計数した。ふ化槽の排水口にセットした目合0.33mmのネットを2時間ごとに回収し, ふ化仔魚を計数した。

いずれの実験でも, ふ化槽には30l黒色ポリエチレン水槽を用い, 温度調節した濾過海水(1μmメッシュフィルター濾過)を1時間当たり3~4回転注排水し, 微通気を行いながら受精卵を発生, ふ化させた。日長条件は天然海域の産卵期にあわせ10L:14D(7時点灯, 17時消灯)とした。

初期飼育 イ勢湾産イカナゴは湾口部周辺の海底で産卵すると考えられている。<sup>\*3</sup>湾口部でふ化した仔魚は, 主に潮流によって短時間で湾内へと輸送される。この間, 仔魚周辺の水温は急激に低下することが予想される。そこで, 以下の手順により仔魚の飼育を行った。水温とふ化時間の関係を求める実験の13.9°C区から採取したふ化後4時間以内の仔魚1,600尾を, ウォーターバス内に設置した100l黒色ポリエチレン水槽に収容し, 24時間かけて水温を10°C付近にまで低下させ, その後水温10.1±0.5°Cでふ化後30日目まで飼育した。餌料として, ふ化直後から5日目まではシオミズツボワムシ(以下ワムシと略)5個体/ml, 6日目から13日目まではワムシ8個体/ml, 14日目から30日目まではワムシ10個体/mlおよびアルテミアノープリウス0.1~0.2個体/mlを投与した。ふ化後5日目までは止水で, その後は弱い流水(1μmメッシュフィルター濾過海水で換水率30~100%/日)で通気を行いながら飼

育した。日長条件は, ふ化実験同様10L:14Dとした。飼育期間中は毎日約30尾の仔魚を採取し, オイゲノールで麻酔後, 体長, 卵黄囊容積<sup>5)</sup>の測定および消化管内容物の有無を観察した。この給餌飼育実験と併行して, 同じふ化仔魚群について無給餌飼育実験を行った。ウォーターバス内に設置した3個の500mlガラス製ビーカーにふ化仔魚を100尾ずつ収容し, 無給餌, 無通気, 無換水状態で飼育した。ふ化後4日目, 5日目, 7日目, 9日目, 10日目, 11日目に1回当たり約20尾の仔魚を採取し, 卵黄囊容積を測定した。無給餌飼育実験中の水温は10.2±0.1°Cであった。なお, ふ化後の日数はふ化後0~24時間を0日, 24~48時間を1日として記述した。

## 結 果

水温とふ化時間 各水温区におけるふ化状況をFig. 1に示した。ふ化は, 10.3°C区で受精後13日目, 12.0°C区で11日目, 13.9°Cでは9日目に始まった。いずれの実験区においても, 最初のふ化が観察された日の翌々日にふ化のピークがみられた。各水温区におけるピーク日のふ化仔魚数は, 総ふ化仔魚数のそれぞれ46.1%, 62.3%, 73.2%であり, 高水温区ほどこの日にふ化が集中する傾向がみられた。ふ化の開始から終了までの期間は, 10.3°C区で13日間, 12.0°C区で6日間, 13.9°C区で5日間であった。ふ化時の水温( $T^{\circ}\text{C}$ )と受精からふ化ピークまでに要する日数( $Dh$ )との間には,

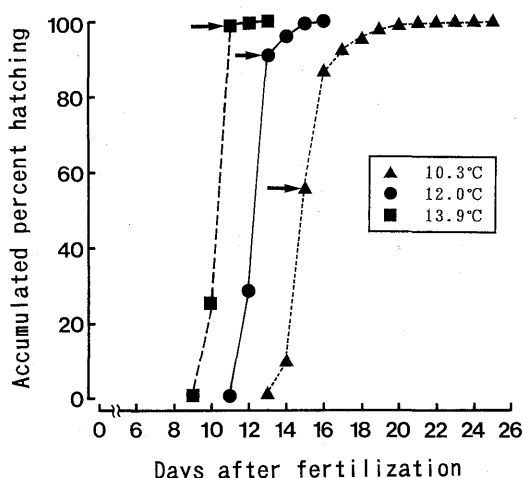


Fig. 1. Hatching of the Japanese sand eel at different water temperatures.

Arrows indicate the peak of hatching.

\*3 西村昭史, 土橋靖史, 山田浩且:平成5年度日本水産学会春季大会講演要旨集, 1993, pp. 109.

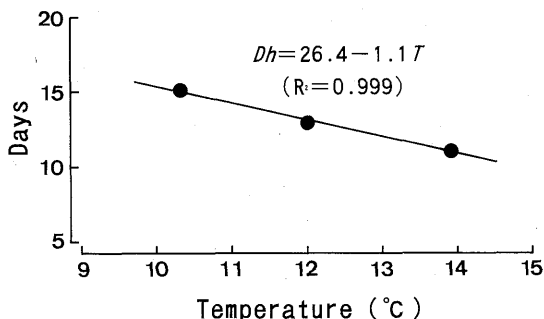


Fig. 2. Regression of incubation time ( $Dh$ ) on temperature ( $T$ ) in Japanese sand eel. ( $Dh=26.4-1.1T$ ,  $R^2=0.999$ )

$$Dh=26.4-1.1T(R^2=0.999)$$

で表される直線関係が認められた (Fig. 2)。

**水温とふ化率** 観察した6卵群の受精率は、いずれも90%前後の高い値を示した。6卵群の平均ふ化率は、10.0°C区で $91.7\pm 4.3\%$ 、12.2°C区で $89.8\pm 4.0\%$ 、13.7°C区で $91.6\pm 2.4\%$ 、16.0°C区では $91.4\pm 5.0\%$ に達した。 $\chi^2$ 検定の結果、各水温区でのふ化率に有意な差は認められなかった。

**ふ化の日周期性** 30時間の観察時間中にふ化した総仔魚数に占める2時間ごとのふ化仔魚数の割合をFig. 3に示した。受精日が1日早いA区では、ふ化のピークにあたる日の消灯前からその翌日(受精後13~14日目)にかけて、B区ではピークの前日からピーク日の夜(受精後12~13日目)にかけての観察を行った。両実験区とも消灯とともにふ化が始まり、消灯4時間後までにふ化仔魚の出現が集中した。30時間の観察中の総ふ化仔魚数(A区: 2,444個体、B区: 4,367個体)に占める消灯後4時間以内におけるふ化仔魚数の割合は、A区で81.1%、B区で90.4%であった。A区では消灯後4時間以降は時間の経過とともにふ化仔魚数が急減し、点灯後はほとんどふ化は観察されなかった。30時間後(観察2日目21時)以降のふ化仔魚数を42時間後に計数したところ、その数は両区ともわずかであった。

**摂餌開始** 給餌飼育下におけるふ化後の摂餌率(消化管内に餌生物が存在する個体の割合)の推移をFig. 4に示した。消灯後にふ化した仔魚(17~21時収容)の一部は、翌朝11時(ふ化後14~18時間)の観察時点ですでに体をS字に屈曲し餌生物に跳びつく摂餌行動を開始していた。この時点においてはまだ摂餌個体は認められなかったが、ふ化20~24時間後(同日夕刻)には72.4%の個体の消化管内に餌生物が確認された。その後も摂餌率は増加し、ふ化後2日目(67~71時間)以降は100%となった。

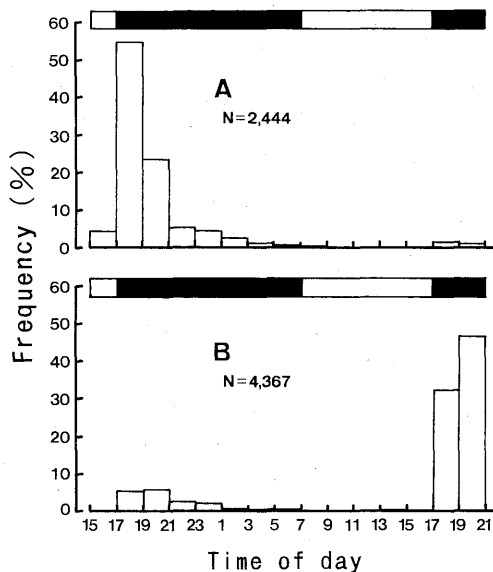


Fig. 3. Diel changes in hatching in 2 fertilized egg groups at 12.0°C. Each column shows % in the total number of larvae hatched during the observation period (30 hr).

A, observed for 13-14th day after fertilization:

B, observed for 12-13th day after fertilization:

Solid and blank bars represent dark and light periods, respectively.

**卵黄・油球の吸収過程** ふ化仔魚の卵黄囊容積の経時変化を、ふ化時平均体積( $14.5\pm 6.1\mu\text{m}^3$ ,  $N=100$ )を100%とする相対値としてFig. 4に示した。無給餌区において最初に卵黄・油球を吸収し終えた個体が出現したのはふ化後7日目であった。その後吸収終了個体の割合は増加し、ふ化後11日目には全個体で卵黄・油球とも消失した。卵黄・油球の吸収後、へい死個体は急増し、ふ化後15日目には全個体がへい死した。

一方、給餌区では約50%の卵黄が残存しているふ化後20~24時間で仔魚が摂餌を開始した。卵黄・油球の吸収終了個体が初めて観察されたのはふ化後8日目、また、全個体が卵黄吸収を終了したのはふ化後13日目と無給餌区より遅かった。油球はその後も残存し、30日目の飼育終了時においても約40%の個体が油球を残していた。

**初期成長** 給餌飼育期間中の体長の推移をFig. 5に示した。13.9°Cにおけるふ化時(ふ化後0~6時間)の体長は $4.5\pm 0.2\text{mm}$ (平均値±標準偏差)であった。その後はほぼ直線的に成長し、ふ化後30日目には $11.3\pm 1.1\text{mm}$ に達した。この間の成長速度は平均0.23

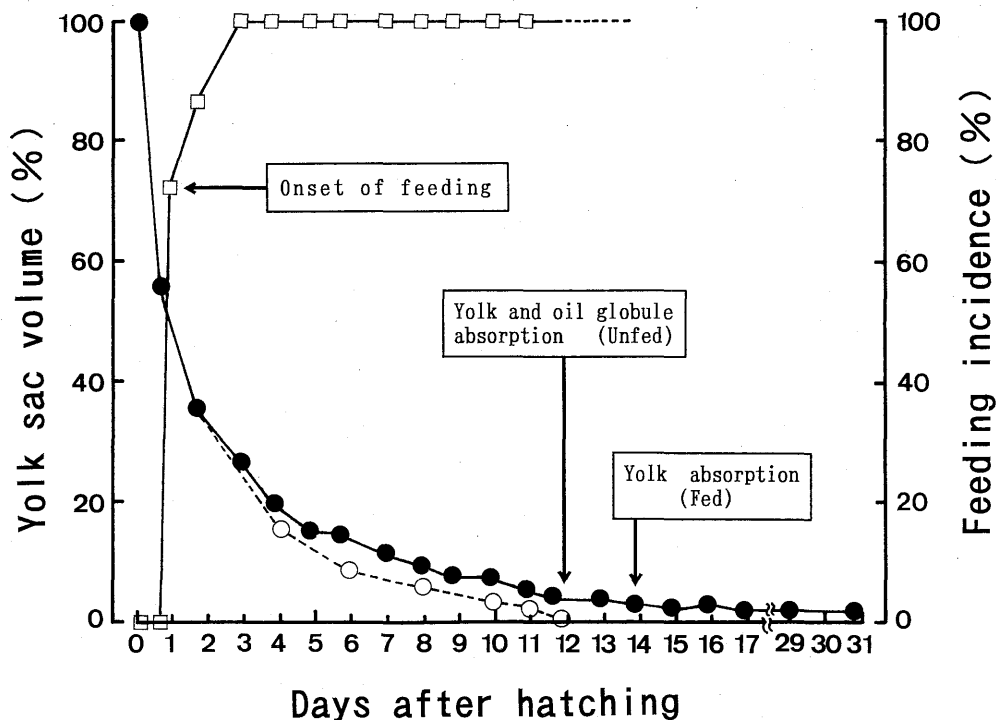


Fig. 4. Changes of yolk sac volume (● fed, ○ unfed) and feeding incidence (□) in Japanese sand eel larvae reared at 10°C.

Yolk sac volume is expressed as % of that in newly hatched larvae. Values indicate the mean. Feeding incidence is expressed as % in number of larvae with food in the gut of total larvae.

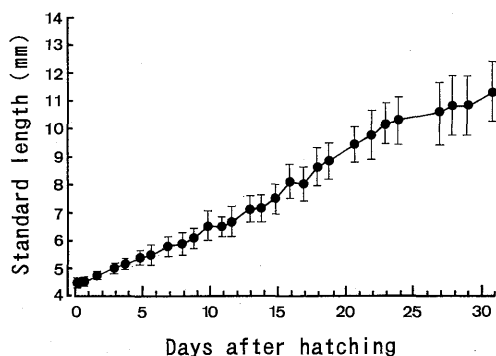


Fig. 5. Growth of Japanese sand eel larvae reared at 10°C.

Values indicate the mean  $\pm$  standard deviation.

mm/日であった。同じ日齢の個体間での体長差は、飼育日数とともに大きくなり、30日目には最小個体と最大個体の体長差は3.9 mmとなった。脊索の屈曲は、ふ化後17~18日目、体長9 mm前後から観察され、飼育

終了時の30日目には約30%の個体(体長13 mm前後)で完了していた。

## 考 察

伊勢湾産イカナゴのふ化特性 伊勢湾口部の産卵場周辺におけるふ化仔魚の出現ピークは、概ね1月上旬~中旬にみられることが多い。<sup>\*2,4,5</sup>三重県水産技術センターが実施した過去の定線海洋観測<sup>\*6</sup>によれば、湾口産卵場付近における1月の底層水温は10.1~15.7°C(平年値12.7°C)の範囲にある。10~16°Cに設定した今回のふ化実験では、水温によるふ化率の有意な差は認められなかったことから、伊勢湾では天然海域のふ化時の水温によってふ化率が大きく左右されることは少ないと推察される。一般に魚卵のふ化時間は、水温上昇に対して指数関数的に減少することが知られている。<sup>6-9)</sup>しかし、今回行った実験の範囲内では、水温とふ化ピークまでの時間の間にFig. 2に示す直線的な関係が認められた。過去に観測された産卵期の水温(10.1~15.7°C, 平均12.7°C)をこれに当てはめると、伊勢湾産イカナゴの受

\*4 三重県：広域資源培養管理推進事業報告書(1991)。

\*5 三重県：資源管理型漁業推進総合対策事業報告書(広域回遊資源)(1992~1994)。

\*6 三重県水産技術センター：漁海況予報事業結果報告書(1978~1995)。

精(産卵)からふ化ピークまでに要する日数は9~15日、平均で12日程度と推定される。伊勢湾口域におけるふ化仔魚は例年1月上旬~2月上旬に出現し、そのピークは1月上旬~中旬にあることから、<sup>\*2,4,5</sup>伊勢湾での産卵期は12月下旬~1月下旬、盛期は12月下旬~1月上旬と推定される。

Smigielski *et al.*<sup>10)</sup>は、北米東岸産のイカナゴ *A. americanus* が天然海域の産卵期の水温に近い4~7°C下で39~51日後に最初のふ化が起り、総ふ化仔魚数の50%がふ化するのが48~67日後、ふ化の継続期間が43~65日間であることを示した。また、Yamashita and Aoyama<sup>7)</sup>は、三陸沿岸のイカナゴ *A. personatus* が10.5°Cの水温下で18日後にふ化が始まり、25日で半数がふ化し、ふ化の継続期間が29日間であることを示した。このようにふ化期間が長期に及ぶことは、これまでイカナゴ属にみられる共通した特徴であると考えられていた。しかし、伊勢湾産イカナゴは特定の1日にふ化が集中し、かつ10.3°Cで13日間、12.0°Cで6日間とふ化の継続期間も短く、これまでの報告とは異なった短期集中型のふ化様式を示した。一方、卵内発生時間も伊勢湾産では10.3°Cで15日後にふ化のピークがみられ、三陸沿岸産が10.5°Cで50%ふ化までに25日かかったこと<sup>7)</sup>と比べて短かった。この差は、海域によってイカナゴの発生速度に違いがあることを意味している。イカナゴは同種であっても生息海域によって独自のふ化様式をもつことが推定される。日本産のイカナゴの産卵期は三陸沿岸域では12月中旬~1月下旬<sup>7)</sup>に、伊勢湾では12月下旬~1月下旬にあり、海域による違いはほとんどないが、前期仔魚の出現期間は三陸沿岸では1月中旬~4月上旬、<sup>11)</sup>伊勢湾では1月上旬~2月上旬とその差が大きい。両海域の産卵期間が類似しながら仔魚の出現期間に大きな差が認められる現象には、両海域のふ化時の水温差とともに、こうしたふ化様式の違いが寄与していると推察される。

イカナゴ仔魚の主要な餌料は、かいあし類ノープリウス幼生である。<sup>2)</sup>三陸沿岸域のイカナゴ仔魚出現期におけるノープリウス現存量は、全般に低い水準で安定している。<sup>11)</sup>伊勢湾では、仔魚の出現が始まる1月上~中旬の現存量は多く、その後は水温の低下とともに急激に減少する大きな変動を示す(山田、未発表)。伊勢湾における冬季の基礎生産量も、基本的には水温に支配され、水温が最も低下する2~3月に最低値を示す。<sup>\*7</sup>伊勢湾産イカナゴで観察された短期集中型のふ化様式は、仔魚出現期の一時期に形成されるこのような好適な餌料環境を効率よく利用するうえで有効な戦略と考えられる。一

方、三陸沿岸域のような餌料環境下においては、ふ化が長期にわたり分散する方が初期生残上有利と考えられる。このように、両個体群のふ化様式は、それぞれの海域環境にうまく適応しているといえる。日本の太平洋岸に生息するイカナゴには、脊椎骨数64個にモードをもつ金華山以北と、62個にモードをもつ以南の2系群が存在し、<sup>12)</sup>両者は遺伝的に異なることが明らかにされている。<sup>13)</sup>三陸沿岸産は前者に、伊勢湾産は後者の系群に属している。同種でありながら独自の生理・生態をもつ琵琶湖産アユと海産アユ<sup>14)</sup>のように、イカナゴも異なる生活圏に長期にわたって隔離され遺伝的分化をとげる過程で、互いの生息域に適応するふ化様式を獲得したことが推察される。

ふ化のタイミングは、仔魚の輸送を左右する流動環境や捕食者の出現動向などと連動して、加入量を制限する重要な要因となりうる。ふ化仔魚を取り巻くこうした物理・生物的環境の変化に対し、三陸沿岸産イカナゴ<sup>7)</sup>でみられたような長期分散型のふ化様式は、環境諸条件の変化に対する緩衝作用となり、再生産をより安定化させうる機能をもつ。逆に伊勢湾産イカナゴで観察された短期集中型のふ化様式には、環境変化に対する柔軟性を低下させ、再生産をより不安定にする危険性がある。伊勢湾産イカナゴの再生産過程には、より大きな資源変動を引き起こす要因が内在しているといえる。イカナゴの漁獲量の変動幅が、東北海域に比べ伊勢湾海域の方が大きいという船越ら<sup>15)</sup>の報告は、これを裏付けるものである。

本研究では、イカナゴのふ化が消灯を契機に一斉に始まり、消灯後4時間以内に集中して起こった。このような現象は、イカナゴと同様に沈性粘着卵を産出するアユ<sup>16)</sup>やトラフグ<sup>17)</sup>でも観察されている。ふ化は、卵膜が酵素で化学的に溶かされ、さらに胚自身の力で機械的に破られて起こる。メダカでは、眼に入った光の刺激が中枢神経系を通してふ化酵素の分泌を制御していると考えられている。<sup>18)</sup>一般に、仔魚の眼が光受容器として機能するのは、肉眼で眼の黒化が認められたときとされている。<sup>19)</sup>イカナゴの眼は、アユやトラフグ同様、胚期に分化が進み、ふ化時点ですでに網膜への色素沈着がみられる。Kawamura *et al.*<sup>20)</sup>は視運動反応が消失する明るさを指標としてアユ仔魚の網膜感度を測定し、14日齢の仔魚で0.7 lxの極めて弱い光に反応することを示した。伊勢湾口域におけるイカナゴの産卵場の水深は20 m前後であり、仔魚が感知しうる程度の光は海底にまで到達していることが予想されることから、天然海域においても日没後一斉にふ化している可能性が高い。こう

\*7 下田 徹, 佐々木克之, 中田 薫, 山田浩且, 富山 実: 1996年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 1996, pp. 245.

したふ化様式は、ふ化直後の被食による減耗を避ける本種の適応戦略の一つと考えることができる。

伊勢湾産イカナゴ仔魚の外部栄養への転換過程 伊勢湾産イカナゴのふ化時（ふ化水温 13.9°C）の体長は、 $4.5 \pm 0.2$  mm（平均値±標準偏差）であり、三陸沿岸産の  $4.7 \pm 0.2$  mm（平均値±標準偏差、ふ化水温 6.5°C）<sup>7)</sup> に比べやや小型であった。Yamashita and Aoyama<sup>7)</sup> は、三陸沿岸産のふ化仔魚を 6.5°C の水温下で 24 日間飼育し、0.12 mm/日の成長速度を得た。これに対し、伊勢湾産のふ化仔魚を 10.1°C の水温下で 30 日間飼育した本研究では、ほぼ倍に当たる 0.23 mm/日の成長速度が得られた。三陸沿岸産の飼育実験では、餌料として天然の動物プランクトン（330  $\mu$ m 以下）とワムシの混合餌料（混合割合 2:8）が用いられ、餌料密度が常に 5 個体/ml 以上になるよう調整された。<sup>2)</sup> 一方、本研究ではふ化後 5 日目まではワムシ 5 個体/ml、13 日目まではワムシ 8 個体/ml を投与し飼育した。少なくともふ化後 13 日目までの餌料条件については、両実験で大きな差はなかったといえる。ふ化後 9 日目までの両個体群の成長速度を比較すると、三陸沿岸産で 0.13 mm/日、<sup>7)</sup> 伊勢湾産で 0.23 mm/日となり、双方とも全飼育期間を通して試算された成長速度とほぼ一致した。今回得られた両個体群の成長速度の差は、餌料条件に起因するものではないと考えられる。一般に、同一種内でも適水温範囲内であれば飼育水温が高いほど摂餌量は増加し、成長は速くなる。<sup>2)</sup> 両個体群にみられた成長速度の差がこうした飼育水温の差に由来するのか、両個体群の卵発生速度の差にみられたような成長生理の差によるのかについては、今後さらに精密な成長比較実験によって検討する必要がある。いずれにしても、両個体群がそれぞれの海域において異なった様式で初期成長を遂げていることは確かであり、地方個体群のそれぞれの海域環境への適応を考える上で興味深い課題と考えられる。

一般に、沈性卵からふ化する仔魚は、ふ化時点において器官形成がかなり進んでいる。<sup>2)</sup> 沈性粘着卵を産出する本種もふ化の時点で黒化した眼をもち、両顎は形成され、肛門も開口し、直ちに摂餌可能な状態にあった。飼育実験では、72.4%の仔魚がふ化後 24 時間以内に摂餌を開始した。このように、イカナゴ仔魚は、ふ化の時点ですでに摂餌できる能力をもち、内部栄養を大量に残した状態で外部から栄養を摂取し始める。それによって、長期にわたって内外の栄養源を混合して利用することを可能にしている。このような特徴は、本種がふ化後 1 ヶ月ほどの期間の餌料環境変化に対して、より柔軟に適応しうることを示唆し、初期の生残率を高める上で効果

的であると考えられる。本種にはマイワシ<sup>23)</sup>などでみられる内部栄養から外部栄養への急激な転換期は存在しないことになり、卵黄吸収期が仔魚期の減耗過程における“critical period”とはなりにくいと推察される。著者ら<sup>\*8)</sup>は伊勢湾口周辺海域に分布するイカナゴ仔魚の摂餌状況を調査し、特に湾内に補給された仔魚はふ化直後（固定標本で体長 3~4 mm、卵黄をもつ）から 95.9%と高い摂餌率を示すことを確認している。これらの野外および飼育実験で観察された摂餌生態の特性から、少なくとも伊勢湾内に補給された仔魚については、飢餓を直接的原因とする減耗は起こりにくいと考えられる。したがって、飢餓による初期減耗が伊勢湾産イカナゴの資源変動を制限する大きな要因となっている可能性は低いと推察される。

## 謝 辞

本論文をまとめるにあたり、懇切なるご指導とご校閲を頂いた京都大学農学部教授田中 克博士、東京大学海洋研究所助教授渡邊良朗博士に謹んで感謝の意を表します。また、仔魚の飼育から論文作成に至るまで終始適切なお助言を頂いた三重県水産技術センター山川 卓博士、貴重なお助言を頂いた同センター中島博司主幹研究員、三重県漁政課西村昭史主幹、供試魚の採集に快くご協力を頂いた三重県バッチ網組合長黒田耕一郎氏に深く感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) 船越茂雄, 中村元彦: イカナゴの再生産関係と資源管理. 水産海洋研究, 59, 73-76 (1995).
- 2) 山下 洋: 三陸大鰐湾周辺海域におけるイカナゴの資源加入に関する初期生態の研究. 学位論文, 東京大学, 東京, 1983, pp. 1-256.
- 3) 石田基雄: 伊勢湾におけるイカナゴ稚魚の分布と海洋環境. 昭和 59 年度沿岸重要資源委託調査成果報告書, 東海区水研, 12-19 (1984).
- 4) 山田浩且: 伊勢湾産イカナゴ仔魚の食性について. 昭和 60・61 年度沿岸重要資源委託調査成果報告書, 東海区水研, 81-84 (1986).
- 5) J. H. S. Blaxter and G. Hempel: The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus*). *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 28, 211-240 (1963).
- 6) 安永義暢: ヒラメ卵稚仔の発生・生残に及ぼす水温塩分の影響について. 東海区水研報, 81, 151-169 (1975).
- 7) Y. Yamashita and T. Aoyama: Hatching time, yolk sac absorption, onset of feeding, and early growth of the Japanese sand eel *Ammodytes personatus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 51, 1777-1780 (1985).
- 8) 川辺勝俊, 村井 衛, 加藤憲司, 隆島史夫: シマアジ卵発生に及ぼす水温の影響. 水産増殖, 39, 211-216 (1991).
- 9) 木村清志, 桐山隆哉: キュウセン水槽内産出卵の卵径とふ化率, ふ化時間. 水産増殖, 40, 87-92 (1992).
- 10) A. S. Smigielski, T. A. Halavik, L. J. Buckley, S. M.

\*8 平成 5 年度三重県水産技術センター事業報告, pp. 73-78, (1994).

- Drew, and G. C. Laurence: Spawning, embryo development and growth of the American sand lance *Ammodytes americanus* in the laboratory. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **14**, 287-292 (1984).
- 11) 北川大二, 山下 洋: 岩手県沿岸域におけるイカナゴ仔魚の出現, 分布, 移動拡散. 水産海洋研究会報, **50**, 205-213 (1986).
  - 12) 児玉純一: 宮城県沿岸に生息するイカナゴの系群構造と資源生態. 宮城水試研報, **10**, 1-41 (1980).
  - 13) 岡本浩明, 山崎文雄, 三島清吉: 日本近海に生息するイカナゴ個体群の遺伝的分化. 日水誌, **54**, 1297-1304 (1988).
  - 14) 関 伸吾, 谷口順彦, 村上幸二, 米田 実: 湖産アユと海産アユの成長・成熟および行動の比較. 淡水魚, **10**, 101-104 (1984).
  - 15) 船越茂雄, 中村元彦, 柳橋茂昭, 富山 実: 伊勢湾産イカナゴの再生産関係と資源管理. 愛知水試研報, **4**, 11-22 (1997).
  - 16) 木村関男: アユ卵の自然及び実験室内でのふ化と光線との関係について. 水産増殖, **1**, 36-39 (1954).
  - 17) 神谷直明, 辻ヶ堂締: トラフグ受精卵のふ化時刻. 栽培技研, **23**, 109-112 (1995).
  - 18) 岩松鷹司: メダカ学, サイエンティスト社, 東京, 1993, pp. 209-213.
  - 19) 石田健一, 川村軍蔵: 海産魚類の初期生活史, 感覚器の分化過程, 海洋と生物, **7**, 8-14 (1985).
  - 20) G. Kawamura, Y. Mukai, and H. Ohta: Change in the Visual threshold with development of rods in ayu *Plecoglossus altivelis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 2133 (1984).
  - 21) 山下 洋: エネルギー収支, 「魚類の初期発育」(田中克編), 水産学シリーズ83, 恒星社厚生閣, 東京, 1991, pp. 71-85.
  - 22) 田中 克: 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究 I 前期仔魚の消化系の発達. 魚類学雑誌, **16**, 1-9 (1969).
  - 23) R. Lasker: Efficiency and rate of yolk utilization by developing embryos and larvae of the Pacific sardine *Sardinops caerulea* (Girard). *J. Fish. Res. Board Can.*, **19**, 867-875 (1962).