

原著論文

# イタチザメ卵とアイザメ卵を主体とした飼料による ウナギ初期飼育の可能性

増田賢嗣<sup>\*1</sup>・今泉 均<sup>\*1</sup>・橋本 博<sup>\*1</sup>・小田憲太朗<sup>\*2</sup>・  
古板博文<sup>\*3</sup>・松成宏之<sup>\*3</sup>・照屋和久<sup>\*4</sup>・薄 浩則<sup>\*5</sup>

## Eggs of the Tiger Shark *Galeocerdo cuvier* or Gulper Shark *Centrophorus atromarginatus* as Food for Early-stage Larvae of the Japanese Eel *Anguilla japonica*

Yoshitsugu MASUDA, Hitoshi IMAIZUMI, Kentaro ODA, Hiroshi HASHIMOTO,  
Hirofumi FURUITA, Hiroyuki MATSUNARI, Kazuhisa TERUYA and Hironori USUKI

Although feed made from the eggs of the spiny dogfish *Squalus acanthias* is currently used to rear larvae of the Japanese eel *Anguilla japonica* the superiority of these eggs over other shark eggs has not been proven. Moreover, we need to find new materials of diets for rearing eel larvae if we are to meet future demand for mass production of glass eels. We formulated test diets from the eggs of the tiger shark *Galeocerdo cuvier* or the gulper shark *Centrophorus atromarginatus* and used them in feeding experiments. Larvae fed a diet made from tiger shark eggs or gulper shark eggs survived for 21 days after hatching and had adequate growth rates. However, their survival and growth rates were inferior to those of larvae fed on the diet made from spiny dogfish eggs.

2010年10月2日受付, 2011年9月7日受理

ウナギ *Anguilla japonica* の仔魚は適切な飼料が見いだされなかったために飼育が困難とされていたが、アブラツノザメ *Squalus acanthias* の卵を原料とする懸濁態飼料<sup>1)</sup>の開発で長期安定的な飼育が初めて可能となり、この飼料を用いてシラスウナギまでの飼育の成功が2003年に初めて報告された<sup>2,3)</sup>。それ以来、ウナギ仔魚用飼料の主たる原料にはアブラツノザメ卵が用いられている。しかし他のサメ卵の飼料価値は検討されることがなく、多種に及ぶサメ類の卵の中で特にアブラツノザメ卵

が優れているのかどうかもこれまで検証されたことがない。アブラツノザメという単一の魚類の卵が、将来におけるウナギ種苗の大量生産に応じて十分量確保できる見込みはなく、大量に確保可能な代替原料を早急に探索する必要があり、その第一歩として他のサメの卵について飼料原料としての可能性を探ることが考えられる。

本研究では、サメ駆除事業等によって入手したイタチザメ *Galeocerdo cuvier* とアイザメ *Centrophorus atromarginatus* の卵を主体とする飼料についてアブラツノザメ

\*1 独立行政法人水産総合研究センター 増養殖研究所志布志庁舎  
〒899-7101 鹿児島県志布志市志布志町夏井205

Shibushi Laboratory, National Institute of Aquaculture, Fisheries Research Agency, Shibushi, Kagoshima 899-7101, Japan  
masuday@affrc.go.jp

\*2 独立行政法人水産総合研究センター 開発調査センター

\*3 独立行政法人水産総合研究センター 増養殖研究所南勢庁舎

\*4 独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所八重山庁舎

\*5 独立行政法人水産総合研究センター 増養殖研究所横須賀庁舎

卵主体飼料との比較飼育試験を行うことによって、これらのサメ卵のウナギ仔魚飼料用原料としての有効性を検討した。

## 材料と方法

**供試仔魚** 雌親魚として、アイザメ卵主体飼料による飼育試験では天然の雌ウナギを、それ以外の試験では購入したシラスウナギに対して稚魚期にエストラジオール-17 $\beta$ を投与して雌化養成<sup>4)</sup>した雌ウナギをそれぞれ使用した。雄親魚は、全ての試験とも購入した養殖ウナギを使用した。雌親魚に対してはサケ脳下垂体抽出物(SPE)を、雄親魚に対してはヒト胎盤性性腺刺激ホルモン(hCG)を毎週注射することによって催熟した<sup>5,7)</sup>。最終的には、卵巣卵径が750 $\mu$ mに増大して細胞質周辺部位の透明化が確認された雌1尾と精子活性の高い雄2~3尾に対して、1~2日後にそれぞれSPE, hCGを再度投与し、さらにその翌日に雌雄両方に17-ヒドロキシプロジェステロンを投与した後、同一の水槽内で自発的に放卵放精させる誘発産卵法<sup>8)</sup>によって受精卵を得た。得られた受精卵を、T-100 $\ell$ 水槽(ダイライト株)に設置した内容積44 $\ell$ の円筒型ネット(ハニークイーン#9000, 東レ)中に収容した後、換水率約170%/時、水温25 $^{\circ}$ Cで管理して孵化仔魚を試験に供した。

**飼料の調製** 飼料原料として、アブラツノザメ卵については市販品(主としてカナダ産)を、イタチザメ卵については2008年に沖縄県石垣島で行われた漁業者によるサメ駆除で捕獲された個体から得た発生中の胎仔の卵黄囊の内容物を、アイザメ卵については同年、同島で漁業者による一本釣りによって捕獲された個体から得たものを、それぞれ用いた(写真1)。

既報の処方<sup>1)</sup>に準じて調製したアブラツノザメ卵を主体とした飼料を対照飼料(以下SAと略す)とし、アブラツノザメ卵をイタチザメ卵もしくはアイザメ卵に置き換えて調製した飼料を試験飼料(以下それぞれGC, CAと略す)とした。ただし、試験飼料の水の添加量についてはSAの粘性と外観上同様となるように調製した(表1)。各飼料についてはYAMAMOTO *et al.*<sup>9)</sup>の方法に基づき、水分を110 $^{\circ}$ C 10時間乾燥により、粗タンパクをセミアクロケルダール法( $N \times 6.25$ )により、粗脂肪をエチルエーテル抽出により、灰分を600 $^{\circ}$ C 6時間燃焼により分析した。脂質含量はクロロホルム/メタノール混液を用いるFOLCH *et al.*<sup>10)</sup>の方法によって調べた。抽出した総脂質は, Sep-pak カートリッジ(Waters)により、中性脂質と極性脂質に分画した<sup>11)</sup>。ビタミンE含量はFURUTA *et al.*<sup>12)</sup>の方法に従い、高速液体クロマトグラフにより調べた。(表2)



写真1. 本研究に使用したサメ由来飼料原料。  
A, アブラツノザメ卵。B, イタチザメ胎仔。C, アイザメ卵。矢印は卵黄囊を示す。

表1. 試験に用いた飼料の原料

	SA	CA	GC
サメ卵 (g)	48	48	48
大豆ペプチド*1 (g)	3.25	3.25	3.25
オキアミ自己消化物*2 (g)	3.25	3.25	3.25
ビタミンE・C*3 (g)	0.50	0.50	0.50
ビタミン抽出液*4 (ml)	10	10	10
水 (ml)	98	81	40

SA, アブラツノザメ卵主体飼料; CA, アイザメ卵主体飼料; GC, イタチザメ卵主体飼料。\*1, 低フィチン酸大豆ペプチド(不二製油株); \*2, YOP-C(日本水産株); \*3, いいらあCE(明治製菓); \*4, 総合ビタミン剤「ブランドオリジナル」(あすか製菓)0.5gを水10mlで抽出したもの。

表 2. 試験に用いた飼料の一般成分分析 (乾物換算)

	SA	CA	GC
粗タンパク質 (%)	50.7	52.0	41.1
粗脂肪 (%)	45.2	44.1	52.7
中性脂質 (%)	33.4	32.7	42.4
極性脂質 (%)	11.8	11.4	10.2
灰分 (%)	4.15	3.87	6.26
ビタミン E ( $\mu\text{g/g}$ )	3013	3405	2637

飼料の水分含量は SA, GC, CA の順に 80.7, 76.7, 78.3% であった。

**初回摂餌試験** 仔魚が開口して摂餌が可能になる時期の飼料に対する嗜好性や嚥下しやすさ等、飼料の摂餌に対する適性を判定するため、初回摂餌試験を行った。孵化後 7 日 (以下 7 日齢とする) で未摂餌の仔魚を 40ml の海水を満たした小型ボウル水槽に収容し、各飼料を 2ml 与えて 15 分間静置した後に 5% ホルマリンで固定した後、魚体を写真撮影し、写真上での腸管と腸管内飼料の面積比 (以下、腸管充満度)<sup>13)</sup> を算出した。

**イタチザメ卵主体飼料による飼育試験** GC の飼料価値について検討するために、SA を対照とした飼育試験を実施し、成長と生残率を比較した。各飼料について 10 l アクリルボウル型水槽 3 水槽ずつを設け、6 日齢の仔魚を水槽当たりおよそ 250 尾収容した。試験開始時の仔魚 (7 日齢) の全長は  $6.97 \pm 0.05$  mm (平均値  $\pm$  標準誤差, 以下同様) であった。飼育方法は既報<sup>1)</sup> に準じて、飼料を毎日 2 時間毎に 1 日 5 回 (7 時 ~ 15 時), 1 回あたり 4ml を 15 分間与えた。換水率は約 450%/時とした。水温は 23°C に維持した。毎日死亡魚を取り上げて計数するとともに、5 回目の給餌後にはサイホンを用いて仔魚を清浄な同型水槽に移槽した。照度は明時 (給餌時のみ, 15 分間) で白色光 1,500 ~ 2,000 lx, 暗時 (給餌時以外) は 1 lx 以下であった。また、給餌の有無以外は上記と同様の飼育条件の 3 水槽からなる無給餌区を設けた。試験終了日とした 21 日齢の初回給餌時刻に生残尾数を計数するとともに、水槽毎に無作為に 20 尾をサンプリングして 1/3 濃度の海水で 5% に希釈したホルマリンで固定し、万能投影機 (Nikon V-12B) で 20 倍に拡大してノギスを用いて全長を測定した。仔魚の取扱いや視認が困難なことにより試験開始時の収容尾数のばらつきや試験中のサイホンによる移槽時の見落としが生じ易いため、各水槽の生残率を試験終了後に下記の式により算出した。

$$r_x = (S_f + a_f - a_x) / (S_f + a_f)$$

$r_x$ : 試験開始後  $x$  日目の生残率

$S_f$ : 試験終了日の生残尾数

$a_x$ : 試験開始後  $x$  日目までの累積死亡尾数

$a_f$ : 試験終了日までの累積死亡尾数

**アイザメ卵主体飼料による飼育試験** CA の飼料価値について検討するために、SA を対照とした飼育試験を実施し、成長と生残率を比較した。基本的な飼育方法、および測定の手順はイタチザメ卵主体飼料の場合と同様とした。本試験では 21 日齢の測定計数後もサンプリングした個体以外の仔魚については継続して飼育試験を行い、41 日齢で同様の測定計数を実施して飼育結果について比較を行った。その後は試験区ごとに 3 水槽を 1 水槽にまとめて 61 日齢まで飼育し、同様に測定・計数を実施した。試験開始当初の仔魚の全長は  $7.09 \pm 0.04$  mm (6 日齢) であった。21 日齢から 41 日齢までの間の生残率は、サンプリング後の 21 日齢における尾数を 100% として、同様に 61 日齢までの生残率はサンプリング後の 41 日齢における尾数を 100% として算出した。

**統計処理** 統計的解析には Tukey-Kramer の多重範囲検定または Student の  $t$ -検定を用いた。各区 1 水槽ずつしか用意できなかった場合の生残状況の比較には  $\chi^2$  検定を用いた。有意水準 0.05 で検定を行った。

## 結 果

**初回摂餌試験** 初回給餌時の腸管充満度は GC の 31.1  $\pm$  3.5% に対し SA で 54.4  $\pm$  2.9%, また CA の 48.5  $\pm$  3.6% に対し SA で 60.8  $\pm$  4.0% であった。GC, CA とともに SA より有意に低い値を示した ( $t$  検定,  $p < 0.001$  (GC) および  $p < 0.05$  (CA)) (図 1)。

**イタチザメ卵主体飼料による飼育試験** 試験終了時の生残率は GC を給餌した飼育区 (以下 GC 区) では水槽毎にそれぞれ 40.9%, 34.8%, および 46.0% であった。SA を給餌した飼育区 (以下 SA 区) では 57.0%, 56.7%, および 60.5% であり (図 2A), 両者の間に有意な差が認められ ( $t$  検定,  $p < 0.01$ ), GC 区が生残率は SA 区より低かった。全長は GC 区では  $8.97 \pm 0.18$ mm,  $8.79 \pm 0.18$ mm, および  $9.02 \pm 0.18$ mm であった。SA 区では  $9.62 \pm 0.15$  mm,  $9.38 \pm 0.18$ mm, および  $9.48 \pm 0.18$ mm

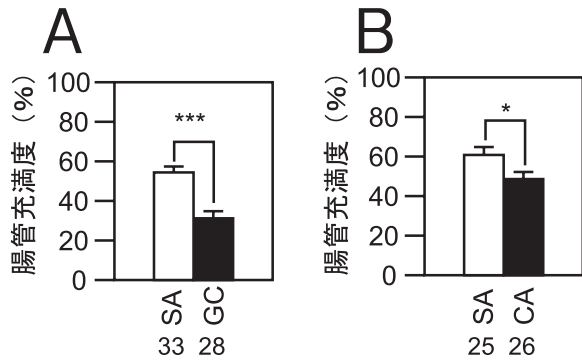


図1. イタチザメ卵主体飼料 (GC, A) もしくはアイザメ卵主体飼料 (CA, B) とアブラツノザメ卵主体飼料 (SA) との初回摂餌時の腸管充満度の比較。標本数は飼料名の下に記載。平均値 ± 標準誤差。\*\*\*:  $p < 0.001$ , \*:  $p < 0.05$ 。

であった (図2B)。SA区, GC区のすべての水槽で, 21日齢の全長が7日齢よりも有意に大きかった (Tukey-Kramerの多重範囲検定,  $p < 0.01$ )。SA区とGC区の間では, 一部の組み合わせで有意な差が認められ ( $t$ 検定,  $p < 0.05$ )。GC区の成長はSA区より劣った (図2B)。無給餌区では3水槽すべてにおいて14日齢までに全個体が死亡した (図3A)。以上より, GCで21日齢までの飼育が可能であるが, その飼育成績はSAには及ばなかった。

**アイザメ卵主体飼料による飼育試験** 21日齢の生残率はCAを給餌した飼育区 (以下CA区) では75.9%, 65.1%, および82.2%であった。SA区では76.9%, 73.2%, および85.8%であった (図3A)。両区が生残率の平均値の間に有意な差は認められなかった ( $t$ 検定,

$p > 0.05$ )。21日齢における全長はCA区では  $9.58 \pm 0.11$  mm,  $9.59 \pm 0.14$  mm, および  $9.86 \pm 0.11$  mmであった。SA区では  $9.98 \pm 0.13$  mm,  $10.17 \pm 0.19$  mm, および  $10.41 \pm 0.12$  mmであった (図3D)。SA区, CA区のすべての水槽で, 21日齢の全長が6日齢よりも有意に大きく (Tukey-Kramerの多重範囲検定,  $p < 0.01$ ) 成長が認められたが, SA区とCA区の間で21日齢の全長を比較すると一部の組み合わせで有意な差が認められ ( $t$ 検定,  $p < 0.05$ )。CA区の成長はSA区と比べてやや劣った。無給餌区の3水槽ではいずれも14日齢までにすべての個体が死亡した (図3A)。また, 21日齢から41日齢にかけては, CA区は52.4%, 47.2%, および55.3%の生残率を示し, 41日齢の全長は  $11.67 \pm 0.24$  mm,  $11.78 \pm 0.50$  mm, および  $10.76 \pm 0.41$  mmに達した (図3B, D)。SA区での生残率は5.3%, 56.1%, および60.4%, 41日齢における全長は  $10.86 \pm 0.30$  mm,  $12.32 \pm 0.29$  mm, および  $12.54 \pm 0.29$  mmであった (図3B, D)。生残率に関しては両者の間に有意な差は認められなかった ( $t$ 検定,  $p > 0.05$ )。全長に関しては, SA区とCA区の間では, 一部の組み合わせで有意な差が認められ (Tukey-Kramerの多重範囲検定,  $p < 0.01$  または  $p < 0.05$ )。41日齢までにおいてもCA区の成長がSA区に劣った。3水槽を1水槽に統合した41日齢から61日齢までの生残率はCA区で25.4%, SA区で43.5%となり  $\chi^2$  検定により有意差が認められた ( $p < 0.01$ )。61日齢における全長はCA区で  $14.88 \pm 0.56$  mm, SA区で  $15.93 \pm 0.40$  mmであった。全長に関しては, 両区間に有意差が認められなかった ( $t$ 検定,  $p > 0.05$ )。以上より, CAでも61日齢までの飼育が可能であるが, 成長に関してはSAと比べてやや劣る傾向が認められた。生残率は41日齢までの時点では有意な差が認められな

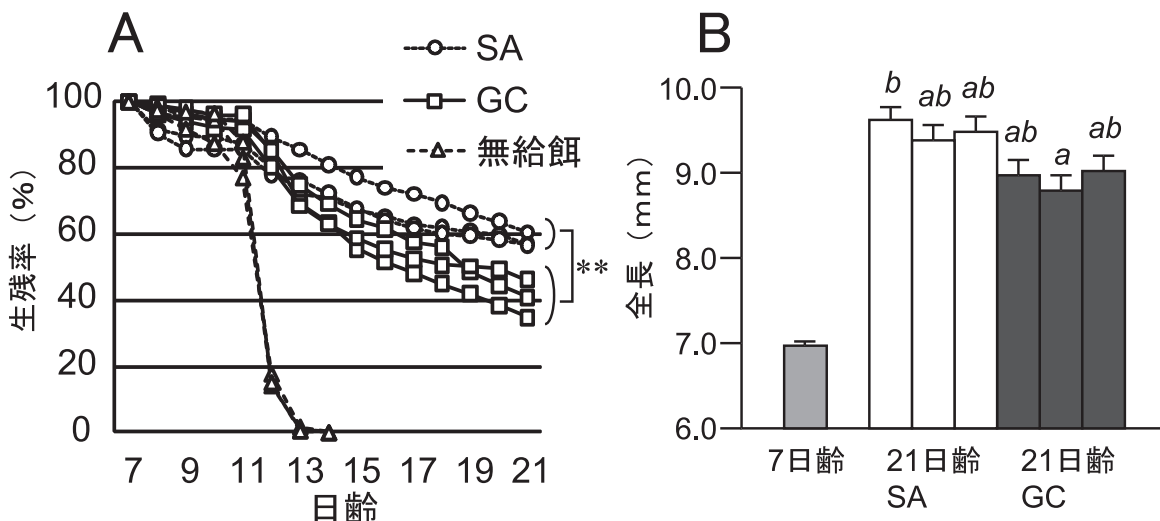


図2. イタチザメ卵主体飼料 (GC) またはアブラツノザメ卵主体飼料 (SA) をそれぞれ給餌された初期仔魚の生残率 (A) および平均全長 (B) の比較。同じアルファベットを付した値どうしは有意な差は認められなかった。\*\*は  $p < 0.01$ 。

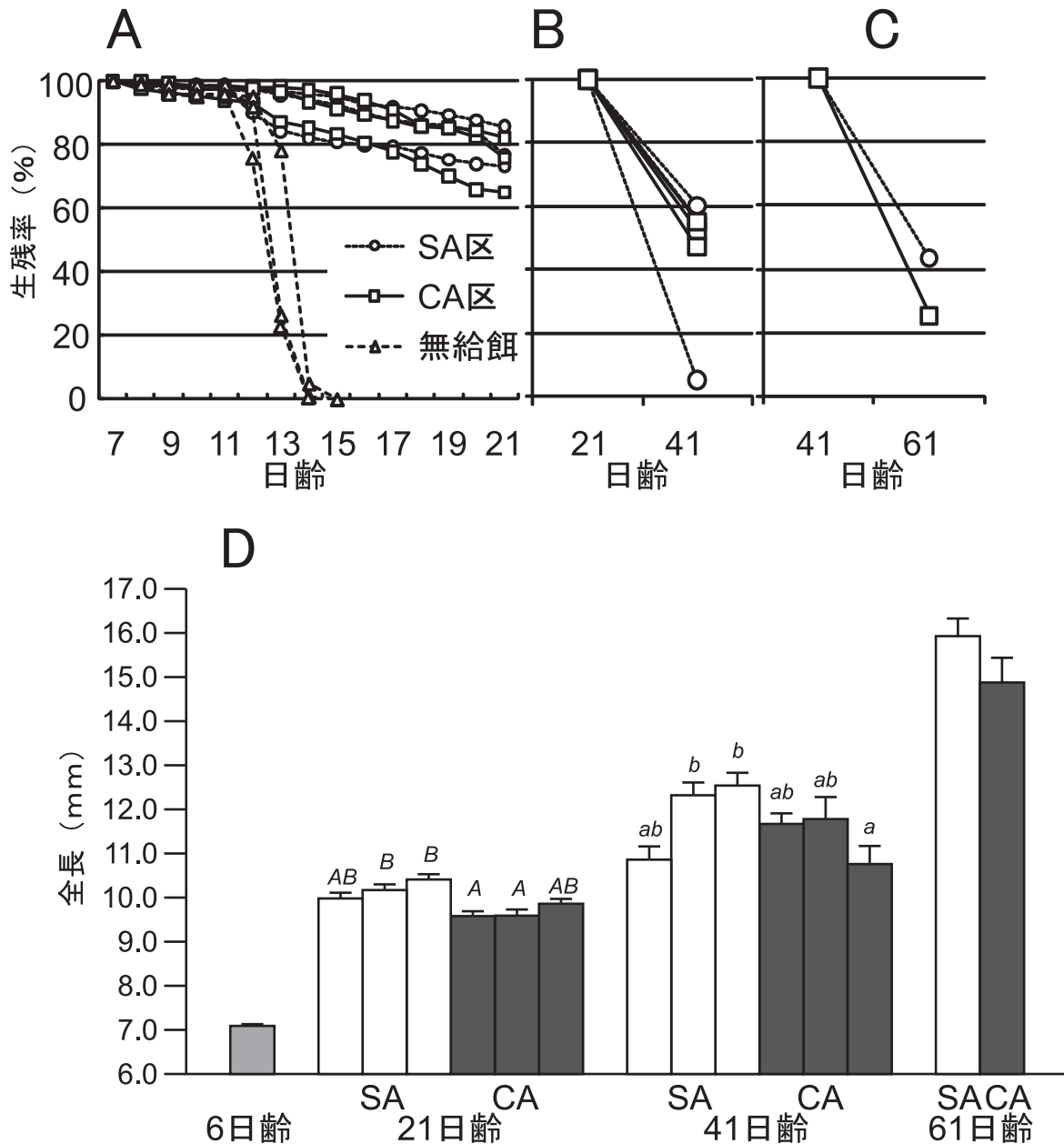


図3. アイザメ卵主体飼料 (CA) またはアブラツノザメ卵主体飼料 (SA) を給餌された初期仔魚の 7-21 日齢 (A), 21-41 日齢 (B), 41-61 日齢 (C) の生残率および平均全長 (D) の比較。同じアルファベットを付した値どうしは有意な差は認められなかった。

かったが、41 日齢から 61 日齢までの期間では、有意に SA 区が優れた。

### 考 察

現在、ウナギ仔魚用の有効な飼料としては、アブラツノザメ卵主体の懸濁態飼料のみが知られている<sup>1-3,14-17)</sup>。アブラツノザメ卵のどのような特性がウナギ仔魚の成育を可能としているのかが不明であるが、サメ類の卵という範囲の中であれば他種のサメの卵でも成分や物性につ

いて共通点が多いと考えられる。アブラツノザメ卵のみがウナギ仔魚の成育に必要な特性を有しているということであれば、他のサメの卵を用いても、ウナギ仔魚の成育が可能と考えられる。

このような考えに基づいて、本研究ではイタチザメ卵とアイザメ卵について、アブラツノザメ卵と同様の方法で飼料を調製して初期仔魚に対する飼料価値を検討した。

初回摂餌試験では、SA と比べて GC, CA は腸管充満度が劣っており、摂餌量が少なかった。初回摂餌以降も



各飼料間で摂餌量に同様な違いがあるかどうかは不明だが、少なくとも初回摂餌試験の結果からはGC、CAはSAに比べて初期仔魚に対する摂餌誘因性が劣るか、または物性が摂餌に適していないことが考えられ、改善の必要がある。

GC、CAを用いた21日齢までの比較飼育試験では、これらの飼料によっても仔魚が生残し、なおかつ成長が認められることが明らかとなった。GC区ではSA区よりも生残率が有意に低かったが、CA区の平均生残率は65.1%～82.2%とSA区の73.2%～85.8%に対して遜色なく、両区の間には有意な差は認められなかった。さらにCA区については、SA区と比べて成長がやや劣る傾向がみられたものの61日齢までの飼育に成功し、生残率は遜色なかった。これらの結果、アブラツノザメ卵に代えてイタチザメ卵、アイザメ卵を主体とした飼料でもウナギ仔魚の飼育が十分可能であることが明らかになった。このことは、ウナギ仔魚の摂餌を促し、成長させるために必要な成分等がアブラツノザメ卵のみに特異的に含まれているわけではないことを示している。もっとも、たとえば八重山諸島におけるサメ駆除で得られるイタチザメは年間で5～10t程度であり、また、正確な統計は入手していないもののアイザメについてもせいぜい数トン程度と推察され、これらから得られる卵自体はウナギ種苗生産用の飼料原料の候補としてあまり大きな寄与は期待できない。しかし本研究において複数種のサメ卵で飼料原料としての可能性が示されたことは、サメ卵に限らず、より一般的に入手できる原料を用いても、成分の調整等により実用的なウナギ種苗生産用飼料が作製できる可能性を示唆している。

21日齢の全長についてはGC区、CA区ともSA区より若干劣った。栄養成分の一般分析結果ではCAはSAとの間に明確な差はなく、一方でGCは、他の2種類と比較してタンパク質および極性脂質が少なく、中性脂質が多いという傾向が見られた。CA区は生残率についてはSA区とほぼ変わらなかったのに対し、GC区は生残・成長ともSA区よりも劣ったが、このことからタンパク質が少なく、中性脂質が多いことが飼育成績に影響した可能性が考えられる。あるいはタンパク質や脂質の組成の違いが飼育成績に影響している可能性もあるが、これら栄養成分のバランスと飼育成績との因果関係については今後の検討課題である。GCについては、発生中の胎仔の卵黄嚢を使用したために、一部の栄養成分がすでに利用されていたことが影響している可能性も考えられるため、本研究の結果のみからは必ずしもイタチザメ卵の飼料価値が他の2種の卵よりも劣っているとは結論できない。CA区についてみると、給餌開始から21日齢までの平均生残率74.4%は、これまでアブラツノザメ卵を主体とする飼料によって得られてきた成績と比較しても遜色ない値といえる<sup>11-13)</sup>。また前述したように、GCとCA区ではSA区と比較して初回摂餌量が劣った。SA

の優位性が全飼育期間を通じて変わらないとは必ずしも言えないが、GCやCAの成長が劣る傾向が認められる原因として、摂餌量についても考慮すべきであろう。とはいえ41日齢までは生残率に差が認められなかったことから、少なくとも生存に必要な量は摂餌していたと考えられる。

以上のように、アブラツノザメ卵だけでなくイタチザメ卵またはアイザメ卵でもウナギ仔魚を飼育できることが明らかとなった。その飼育成績がやや劣った原因については摂餌量の不足と栄養成分の不適切さを候補として挙げたが、飼料の消化吸収率など考え得る他の要因もあり、詳細はさらに検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、一緒に作業を進めてくださった山元栄一氏、恒吉守一氏、津曲良子氏、湯地幸枝氏、研究の遂行および論文の作製を補助してくださった桐原久子氏にお礼を申し上げます。また虫明敬一博士、田中秀樹博士、野村和晴博士の各氏に有用な助言をいただいたことに感謝する。不二製油(株)および日本水産(株)には飼料の調製にご協力いただいたことにお礼を申し上げます。興世田兼三博士、奥澤公一博士、八重山漁業協同組合の上原亀一組合長、並びに一本釣り研究会の比嘉幸秀会長にはイタチザメ卵とアイザメ卵を供給していただき、またその漁獲量をご教示いただいたことにお礼を申し上げます。本研究は農林水産技術会議委託プロジェクト研究「ウナギおよびイセエビの種苗生産技術の開発」によって行われた。

## 文 献

- 1) TANAKA, H., H. KAGAWA, H. OHTA (2001) Production of leptocephali of Japanese eel *Anguilla japonica* in captivity. *Aquaculture* **201**, 51-60.
- 2) TANAKA, H., H. KAGAWA, H. OHTA, T. UNUMA, K. NOMURA (2003) The first production of glass eel in captivity: fish reproductive physiology facilitates great progress in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.* **28**, 493-497.
- 3) KAGAWA, H., H. TANAKA, H. OHTA, T. UNUMA, K. NOMURA (2005) The first success of glass eel production in the world: basic biology on fish reproduction advances new applied technology in aquaculture. *Fish Physiol. Biochem.* **31**, 193-199.
- 4) 立木宏幸・中川武芳・田村憲二・廣瀬慶二 (1997) ニホンウナギにおける estradiol-17 の経口投与による雌化効果、成長および親魚養成。水産増殖, **45**, 61-66.
- 5) YAMAMOTO, K., K. YAMAUCHI (1974) Sexual maturation of Japanese eel and production of eel larvae in the aquarium. *Nature* **251**, 220-222.
- 6) KAGAWA, H., H. TANAKA, H. OHTA, K. OKUZAWA, N. IINUMA (1997) Induced ovulation by injection of 17,20 (-dihydroxy-4-pregnen-3-one in the artificially matured Japanese eel, with

- special reference to ovulation time. *Fish. Sci.* **63**, 365-367.
- 7) OHTA, H., H. KAGAWA, H. TANAKA, K. OKUZAWA, K. HIROSE (1996) Change in fertilization and hatching rates with time after ovulation induced by 17,20 -dihydroxy-4-pregnen-3-one in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Aquaculture* **139**, 291-301.
  - 8) SATOH, H., K. YAMAUCHI, T. HIBIYA (1992) Induced spawning of the Japanese eel. *Nippon Suisan Gakkaishi* **58**, 825-832.
  - 9) YAMAMOTO, T., T. SHIMA, H. FURUITA, N. SUZUKI (2002) Influence of feeding diets with and without fish meal by hand and by self-feeders on feed intake, growth and nutrient utilization of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* **214**, 289-305.
  - 10) FOLCH, J., M. LEE, G. H. SLOANE STANLEY (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. of Biol. Chem.* **226**, 497-509.
  - 11) JUANEDA, P., G. ROCOUELIN (1985) Rapid and convenient separation of phospholipids and non phosphorus lipid from rat heart using silica cartridges. *Lipids* **20**, 40-41.
  - 12) FURUITA, H., H. OHTA, T. UNUMA, H. TANAKA, H. KAGAWA, N. SUZUKI, T. YAMAMOTO (2003) Biochemical composition of eggs in relation to egg quality in the Japanese eel, *Anguilla japonica*. *Fish Physiol. Biochem.* **29**, 37-46.
  - 13) 増田賢嗣・奥宏海・野村和晴・照屋和久・田中秀樹 (2010) 飼育水に含まれるコロイド状物質がウナギ仔魚の飼料となる可能性. *水産技術*, **2**, 99-104.
  - 14) OKAMURA, A., Y. YAMADA, N. MIKAWA, N. HORIE, T. UTOH, T. KANEKO, S. TANAKA, K. TSUKAMOTO (2009) Growth and survival of eel leptocephali (*Anguilla japonica*) in low-salinity water. *Aquaculture* **296**, 367-372.
  - 15) OKAMURA, A., Y. YAMADA, T. HORITA, N. HORIE, N. MIKAWA, T. UTOH, S. TANAKA, K. TSUKAMOTO (2009) Rearing eel leptocephali (*Anguilla japonica* Temminck & Schlegel) in a planktonkreisel. *Aquaculture Res.* **40**, 509-512.
  - 16) 橋本 博・足立純一・西明 文・今泉 均・加治俊二 (2009) ウナギ仔魚飼育における初期飼育水温の検討. *栽培漁業センター技報*, **10**, 35-37.