

## マダコの発生および稚仔の飼育に関する基礎的検討

榎谷 英樹

### はじめに

瀬戸内海の重要な水産資源であるマダコ *Octopus vulgaris* Cuvier の産卵期は春と秋で、藤の花に似た卵塊を産む (Itami 1975)。産卵後の雌ダコは、卵塊に新鮮な海水を吹きかけ、酸素の供給と付着物の除去を行う (井上 1969)。雌ダコが稚仔の孵化を待たずに死亡した場合には、孵化は全く認められないか、わずかに認められる程度である (安信・山本 1998)。また、マダコの胚発生の記録は、約80年前のNaef (1928) の文献以外、見当たらない。

マダコの種苗生産に関する研究は、1960年代から実施されてきた (伊丹ほか 1963; 長浜 1992; 奥村 2004)。主にアルテミア *Artemia salina* を給餌した場合、飼育は可能だがマダコ稚仔の生残や成長は不十分で長期間飼育することはできない (浜崎・竹内 1991)。アルテミアにはDHAがほとんど含まれないことが、稚仔の成長やストレス耐性に悪影響を与えるためである (杉田 2008)。一方、チベット産大型アルテミアとイカナゴ *Ammodytes personatus* Girard を給餌すると、マダコ稚仔のDHA含有量が増加するため、成長の向上に効果があることが分かった (奥村 2004; Kurihara *et al* 2006; 荒井ほか 2008) また、実験室での小規模な飼育例は1960年代にある (伊丹ほか 1963) もの、その後の報告は見当たらず、種苗技術は確立されていない (奥村 2006)。

筆者は、兵庫県立いえしま自然体験センターでマダコのタッチプールを作り、子ども達の環境学習に役立ててきた。2007年に初めて、タッチプール内でマダコの産卵、孵化が起こった。アルテミアのノープリウス幼生を餌にして、水槽内で稚仔を飼育したところ、2週間生育させることができた (榎谷 2009)。2009年に再びタッチプール内での産卵が起こったので、発生の過程を詳細に記録するとともに、人工孵化の可能性の検討、および稚仔の飼育飼料についての検討を行った。

### 材料

#### 供試した卵および稚仔

マダコを飼育したタッチプールは長径3.0 m、短径1.7 mの楕円形で、水深は30cmである。屋内に設置

されたタッチプールには循環ポンプ、ろ過槽 (生物ろ過方式) を設置し、溶存酸素濃度を3~5mg/Lに保った。また、サーモコントローラ (冷却、加温とも可能) により水温を16~18℃に保ち、窓からの自然光を採光した。常に5~6匹の500g~1kgのマダコ (家島近海で捕獲されたものを購入) と同数の陶器製の壺 (入口の直径15cm、奥行き30cm) をタッチプールに入れ、アサリ *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve) を与えて飼育したところ、2009年4月20日および6月1日に各1尾の雌ダコが壺の中に産卵した。壺に産みつけられた卵塊は、そのままタッチプール内に保った。これらの卵および孵化した稚仔を、研究材料とした。

#### マダコ稚仔の飼育飼料および飼育海水

予備実験として、イカナゴの碎片をアルテミア幼生と混ぜてマダコ稚仔に給餌したところ、海水が腐敗しやすく飼育が困難であった。

そこで、本研究ではDHA供給源として市販の稚魚用飼料と養殖用飼料に市販の耐久卵からのアルテミア幼生を加えて、比較実験した。市販の耐久卵からのアルテミアを用いたのは、チベット産大型アルテミアは一般には入手不可能である上、両者を給餌して比較しても、生存に明瞭な差異はない (奥村 2004) ためである。

市販のアルテミア耐久卵の薬さじの小さじ1杯 (約1g) を、1Lのろ過海水に加えて20℃に保温し、エアレーションした。翌日、ノープリウス幼生が生じたものを餌とした (以後、アルテミア幼生浮遊液とする)。また、市販の稚魚用粒状飼料 (日本動物薬品 ベビーフード) およびハマチ等の養殖用固形飼料 (協同飼料 マリンパワー) を乳鉢ですりつぶし、粉末にしたものを餌とした。

飼育海水には、兵庫県立いえしま自然体験センター前浜で採取した天然の海水を用いた。時には、東洋濾紙No.1でろ過した海水も使用した。

### 方法

#### 人工孵化の可能性の検討

4月20日に壺の中に産みつけられた卵塊 (図1a その一部を双眼実体顕微鏡で観察したものが図1b) を保護していた雌ダコが、5月21日に死んだ。そこで卵塊を500mLビーカーに満たされたろ過海水に移してエアレーションし、毎日海水を入れ替えて人工飼育した。また、発生が進んだ後に卵膜をピンセットで刺激する

〒673-1421 兵庫県加東市山国2006-107 兵庫県立教育研修所 (前 兵庫県立いえしま自然体験センター)  
2012年2月13日受理

ことで、孵化するかどうかを調べた。

### 発生の記録

6月1日に壺の中に産みつけられた卵塊の一部を、孵化まで一定の間隔で採取し、デジタル光学顕微鏡を用いて画像撮影を行った。採卵することは卵塊を保護している雌ダコに大きなストレスを与え、以前に母ダコが墨を吐いて死亡する場合もあったので、採卵は2～7日おきとした。

### 稚子の飼育飼料と生残数に関する検討

7月6日から孵化を開始した卵塊からの稚子は、孵化開始1, 2, 3, 4日目にはそれぞれ5, 8, 64, 91個体, 5日目には200個体をはるかに超える個体が孵化し、計数できなくなった。このような大量の孵化が12日目まで続いたが、13日目の孵化個体数は35個体に激減し、14, 15日目に孵化した個体は、それぞれ9, 3個体で、それ以後の孵化は見られなかった。

1.5L容器に、ろ過海水1Lに孵化当日のマダコ稚仔30個体を入れて十分にエアレーションした。溶存酸素濃度を3～4mg/L、飼育水温は荒井ほか(2008)に準じ22～24℃に保った。稚魚用粒状飼料粉末を薬さじの小さじ1杯(約1g)とアルテミア幼生浮遊液30mLを加えたもの(7月10日から実験開始)、養殖用固形飼料粉末を薬さじの小さじ1杯(約1g)とアルテミア幼生浮遊液30mLを加えたもの(7月11日から実験開始)、また、それぞれに对照群としてアルテミア幼生浮遊液のみを加えたものを用意し、生残数を比較した。飼育海水および飼育飼料は毎日新しいものに取り換えた。

## 結果

### 人工孵化の可能性の検討

ピーカーに移された卵塊は海水の入れ換えとエアレーションを続けたところ、飼育中、卵膜表面に付着物などはほとんど認められなかった。また、5月30日に卵膜内での胚の動きが観察されたので、卵塊の一部をスライドグラス上に置き、光学顕微鏡で観察しながら卵膜をピンセットでつつき刺激を与えたところ、孵化が起きた(図2)。孵化の様子は、まず(a)胴部が卵膜から少し出た。(b)体を伸ばした後、(c)大きく屈曲することを繰り返し、(d)孵化を終えた。さらに4個の胚についても、同様の方法で卵膜をピンセットで刺激することで、いずれも図2と同じ様子で孵化が起きた。一方、ピンセットで刺激しなかった卵では、孵化が起きることはなかった。

### 発生の記録

60倍で撮影した画像を図3(a)～(h)に示す。この間の飼育水温は16～18℃であった。(a)産卵後すぐの卵は長さ3mm程度の米粒状だが、(b)産卵4日目には受精卵の入った卵膜の付着する側と反対方向に卵割が起こり、(c)10日目には卵膜の付着する側で、卵割

が盛んになった。12日目には赤い眼や短い腕が観察され、(d)19日目には8本の腕も明瞭に認めることができたが、まだ吸盤は生じていなかった。また、鰓や漏斗も観察され、胚はよく回転していた。(e)25日目には胴・腕とも伸長し、各腕に3個ずつの吸盤が形成していた。漏斗もはっきり確認でき、心臓の拍動や色素胞の収縮も目立つようになった。(f)30日目には、心臓や色素胞だけでなく、腕もよく動くようになった。31日目頃から孵化まで、雌ダコが卵塊を激しくかき混ぜる行動を観察した。孵化を間近の34日目には胚が反転して、胴部が卵膜の付着する側とは反対方向を向くようになった。(g)産卵後36日目に孵化が始まり、稚子が孵化直後においても墨を吐く能力があることが確認できた。(h)孵化後5日目でも、各腕の吸盤は3個ずつで、色素胞は50個程度認められた。

### 稚子の飼育飼料と生残数に関する検討

5日目に孵化した稚仔を、稚魚用粒状飼料粉末の有効性の検討に使った。アルテミア幼生浮遊液と稚魚用粒状飼料粉末を与えて飼育した群とアルテミア幼生浮遊液のみを与えた对照群の個体数の変化をみると、7日目までは稚魚用粒状飼料を加えた群の方が对照群に比べて生残個体数が多く、有意な差が認められ( $\chi^2$ 検定,  $p < 0.05$ )、稚魚用粒状飼料が生残に有効であった。しかし9日目以降は、この群では飼料に絡みついで死亡する個体が増えて、個体数の減少が著しく、对照群に比べて有意に生残個体数が少なかった( $\chi^2$ 検定,  $p < 0.05$ ) (図4)。

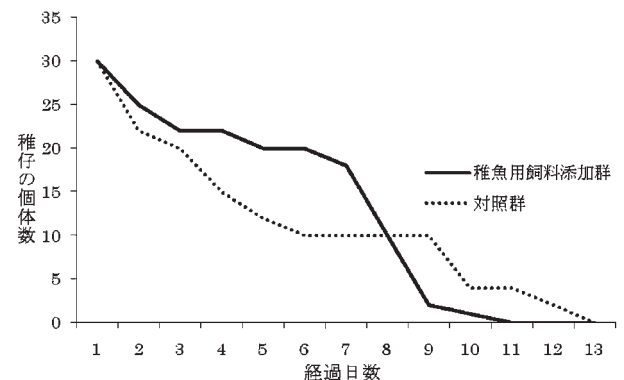


図4 稚魚用飼料添加による稚仔個体数の経日変化  
1.5L容器中の天然海水1Lにアルテミア幼生浮遊液30mLを与えた对照群と、それに粉末にした稚魚用粒状飼料を加えた稚魚用飼料添加群に、それぞれマダコ稚仔30個体を入れて飼育した。

次に、6日目に孵化した稚仔を、養殖用固形飼料粉末の有効性の検討に使った。アルテミア幼生浮遊液と養殖用固形飼料粉末を与えて飼育した群とアルテミア幼生浮遊液のみを与えた对照群の個体数の変化をみると、7日目までは養殖用固形飼料を加えた群の方が对照群に比べて生残個体数が多く、その差は稚魚用飼料

の場合ほど顕著ではなかったが、有意な差が認められ ( $\chi^2$ 検定,  $p < 0.10$ ), 養殖用固形飼料が生残に有効であった。しかし9日目以降は稚魚用飼料の場合と同様に、この群では飼料に絡みついて死亡する個体が増えて、個体数の減少が著しく、対照群に比べて有意に生残数の減少が認められた ( $\chi^2$ 検定,  $p < 0.05$ ) (図5)。

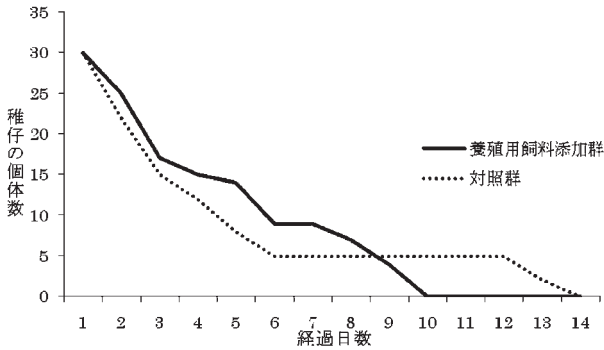


図5 養殖用飼料添加による稚仔個体数の経日変化

1.5L容器中の天然海水1Lにアルテミア幼生浮遊液30mLを与えた対照群と、それに粉末にした養殖用固形飼料を加えた養殖用飼料添加群に、それぞれマダコ稚仔30個体を入れて飼育した。

## 考察

産卵後の雌ダコは、外套膜と漏斗の運動で卵に新鮮な海水を吹きかけ、卵をなでることで酸素の供給と付着物の除去を行う(井上 1969)。そのため、従来、卵塊を保護する雌ダコが死亡した場合は孵化に至ることはなく、壺内にエアレーションや水流を施した場合に、いくらかの孵化が認められる程度とされていた(安信・山本 1998)。また、マダコの種苗生産研究において産卵後に死亡する雌ダコが多く、これまで効率良く多くの稚仔を得ることができなかった(安信・山本 1998)しかし、今回の結果から、海水の交換とエアレーションにより、胚が育つのに必要な酸素の供給と付着物の除去が可能であり、人為的な物理刺激でも孵化が可能であることが明らかとなったことで人工的に稚仔が得られる可能性が示された。今回は雌ダコが卵塊を激しくかき混ぜる行動を観察しなかったが、雌ダコが壺の中でしばしば卵塊を激しくかき混ぜる行動をする理由は、酸素の供給と付着物の除去だけでなく、物理的な刺激による孵化の促進のためであると考えられる。マダコの孵化が15日間も続いたのは、孵化時期の違いが卵の発生の進み具合だけでなく、雌ダコが卵塊をかき混ぜるときに個々の卵に与えられた物理的な刺激の強さの違いに因るのかも知れない。

これまでNaef(1928)によるモノクロのスケッチでの記録以外にマダコの発生記録は見当たらなかったが、デジタル光学顕微鏡を用いて撮影することで、眼、腕、漏斗、吸盤や色素胞などが、筆者の双眼実体顕微

鏡での写真(榎谷 2009)に比べて鮮明に捉えることができた。例えば、孵化時の色素胞の数は約50個で、イダコの約3000個(橋本ほか 2004)に比べてはるかに少ないことが分かった。また、各器官の形成する時期がある程度判明した。しかし、マダコの孵化日数は水温により変動する。水温22~26℃では28日程度(橋本ほか 2004 荒井ほか 2008)、本研究では16~18℃に設定してあったので、器官の形成時期も変動することを考慮しなければならない。

図4, 図5に示したように、市販の稚魚用粒状飼料およびハマチ等の養殖用固形飼料は、孵化したマダコ稚仔の飼育7日目までは、アルテミア幼生のみでの対照群に比べて、生残数の向上に効果が見られた。飼育海水が腐敗しやすいイカナゴの碎片に代えて、粒状飼料粉末や固形飼料粉末をアルテミアと混ぜて稚仔を飼育することが有効であると確認できた。しかし、9日以降に死亡する個体が多くなった。この時期には浮遊運動が激しくなり、浮遊している飼料に絡みついて死亡するため、今回用いた飼料に代えて沈性のものを使うなどの改良により改善すると考えられる。

## おわりに

この研究では、

- エアレーションと換水および物理的な刺激によってマダコ稚仔を孵化させることができ、人工孵化による種苗生産の可能性が示された。
- 発生の過程をデジタル光学顕微鏡で撮影することで、マダコ稚仔の眼、腕、漏斗、吸盤や色素胞などを、鮮明に捉えることができた。
- イカナゴ碎片に代えて稚魚用粒状飼料やハマチ等の養殖用固形飼料を用いることで、孵化後7日目までのマダコ稚仔の生残数を向上させることができた。

## 謝辞

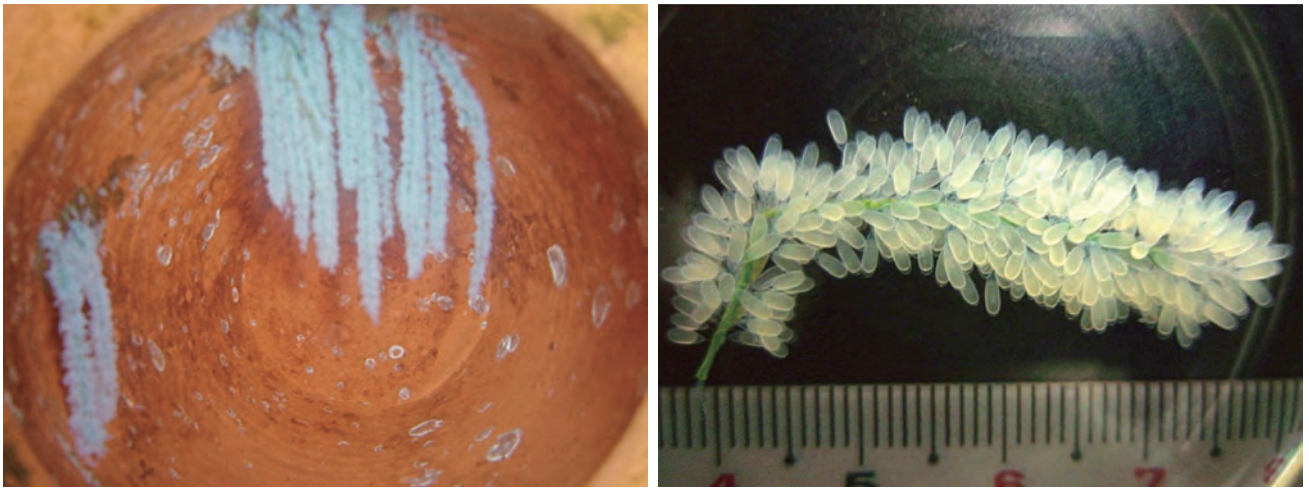
この研究は兵庫県立いえしま自然体験センターで行ったものであり、協力いただいた職員の皆様に感謝する。また、マダコ稚仔の飼育に関するアドバイスをいただいた京都大学瀬戸臨界実験所の故P.Robin Rigby 准教授に感謝する。

## 引用文献

- 荒井大介・栗原紋子・小味亮介. 2008. マダコ浮遊期幼生の成長に及ぼすイカナゴ細片肉の給餌量の影響. 栽培漁業センター技報, 8 : 36-39.
- 浜崎活幸・竹内俊郎. 1991. マダコ浮遊期幼生の生残・成長に及ぼすナンクロロプシスの効果および20m<sup>3</sup>水槽を用いた飼育事例について. 栽培漁業技術開発研究, 19 : 74-84.
- 橋本秀彦, 土屋光太郎, 瀬川進. 2004. 江ノ島産イ



- イダコ類の一種に関する胚発生学的研究. 平成16年度イカ類資源研究会議講演要旨集, 76-77.
- 井上喜平治. 1969. タコの増殖. 水産増養殖叢書, **20**. 29-32. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 伊丹宏三・井沢康夫・前田三郎・中井昊三. 1963. マダコ稚仔の飼育について. 日水誌, **29**: 514-519.
- Itami, K. 1975. The Seto Inland Sea Octopus Fisheries Mainly Based on the Development of Resource Culture Techniques, Bull. Hyogo Pref. Fish. Exp. Stn., **15**: 109-118.
- Kurihara, A., S. Okumura, A. Iwamoto and T. Takeuchi. 2006. Feeding Pacific Sandeel Enhances DHA Level in Common Octopus Paralarvae. Aquaculture Science, **54**: 413-420.
- 榎谷英樹. 2009. マダコの産卵と発生に関する研究およびその稚仔を題材とした環境体験事業への取り組み. 兵庫自治学, **15**: 15-20.
- Naef, A., 1928. Die Cephalopoden. Embryologie. Fauna Flora Golf Neapel, **35**, 357pp. (English translation by Boletzky, S. v. 2001. The Cephalopoda-Embryology.) Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- 長浜達章. 1992. 飼育下における沈着期以降のマダコの成長. 兵庫水試研報, **30**: 17-24.
- 奥村重信. 2004. マダコ幼生の生残に影響を及ぼす環境要因. 栽培漁業センター技報, **2**: 34-43.
- 奥村重信. 2006. マダコ幼生飼育ワーキンググループ(水産研究のフロントから). 日水誌, **72**: 300.
- 杉田治男. 2008. 養殖の餌と水-陰の主役たち-. 190pp. 恒星社厚生閣, 東京.
- 安信秀樹・山本強. 1998. マダコの産卵後にみられた仮親行動. 兵庫水試研報, **34**: 29-30.



a

b

図1 産みつけられたマダコの卵塊

a : 壺の中の卵塊 b : 卵塊の一部, 卵の長さは3mm, 定規の1目盛は1mm



a



b



a



b

図2 ピンセットの刺激によるマダコの孵化の過程 倍率は60倍, 右側が卵膜

a : 胴部が卵膜から少し出た b : 体をまっすぐに伸ばした

c : 体を大きく屈曲させた d : 孵化の瞬間, 眼から先の腕はまだ卵膜内に残っている, 体長約3mm





a : 6月1日に産みつけられた卵, 長さ約3mm



b : 産卵4日目



c : 産卵10日目



d : 産卵19日目, 8本の腕が認められる



e : 産卵25日目, 各腕には3個の吸盤が認められる



f : 産卵35日目



g : 産卵36日目, 孵化, 孵化直後には墨(矢印)を吐く個体がいた



h : 孵化後5日目, 収縮胞は約50個認められる

図3 マダコ発生の経日変化および孵化直後の稚仔 倍率は60倍