

小笠原海域におけるソデイカ卵塊の採集とふ化・飼育

安藤和人・木村ジョンソン・前田洋志・土屋光太郎*
川辺勝俊・錦織一臣・垣内喜美男

Collection of Egg Sheath and Breeding of Diamond Squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Ogasawara Islands Waters, Southern Japan

Kazuto Ando, Johnson Kimura, Hiroshi Maeda, Kotaro Tsuchiya,
Katsutoshi Kawabe, Kazuomi Nishikiori and Kimio Kakiuchi

我が国周辺におけるソデイカ *Thysanoteuthis rhombus* 漁業は 1960 年代に日本海で始まり、1989 年には沖縄県に導入されて、以降現在まで両海域ともさかんに操業が行われている¹⁾。一方、小笠原には 1994 年に導入され、こちらも現在に至るまで順調に推移している²⁾。ソデイカの生物学についてはニグマチュリンら³⁾によって過去の知見が整理されており、その産卵については長さ 60 ～ 180cm、直径 10 ～ 30cm ほどのソーセージ形卵塊を産出することが知られている。日本沿岸ではこれまで、和歌山県潮岬、沖縄県海域、千葉県天津小湊での卵塊の発見例がある^{3, 4)}。筆者らは、小笠原海域におけるソデイカ漁業開発研究の一環として、同海域における卵塊の発見例を記録するとともに、その採集およびふ化・飼育を試みたので報告する。

材料と方法

卵塊発見例の記録 小笠原諸島父島の二見湾岸に所在する東京都小笠原水産センター（以下「水産センター」と略記）所蔵の 1996 年までの未発表資料を調査整理し、これ以前の小笠原海域におけるソデイカ卵塊の発見年月日、場所、卵塊の状態等について記録した。

卵塊の採集とふ化・飼育 ソデイカ卵は、ゼラチン状物質に覆われた卵塊を形成しているが、卵塊は小さな衝撃や動揺でも容易に崩壊してしまう。したがって採集にあたっては、大型のバケツ等で卵塊を海水ごとすくい上げ、卵塊が崩れないよう注意して取り扱った。

ふ化・飼育試験には、いずれも 1994 年 6 月から 1996 年 6 月の間に、父島二見湾内で発見された 4 卵

塊を供した。各回のふ化・飼育に供した卵数は正確な計数を行わなかったが、おおよそ 5 ～ 10 万粒と推定された。ふ化・飼育にあたっては、採集した卵塊を陸上の屋内あるいは屋外の水槽に収容したのち、適当量の注水を行いながらナンノクロロプシス海水 *Nannochloropsis* sp. を添加し、さらに海産ツボワムシ *Brachionus rotundiform*, アルテミア幼生 *Artemia* sp. 等を給餌した。飼育方法は 4 回の各実験ごとに若干異なり、以下に記述した。

（第 1 回飼育実験）1994 年 6 月 4 日に二見湾内に浮遊していた卵塊を採集後、ただちに屋内の 10 m³ コンクリート水槽に収容した。水槽には 1000 ～ 1500 万細胞 / m³ に培養したナンノクロロプシスを 100 l 添加するとともに、ふ化前から海産ツボワムシを 5 ～ 10 個体 / m³ 給餌して流水下で飼育した。

（第 2 回飼育実験）1996 年 2 月 19 日に父島境浦の海岸に打ち上がった卵塊を用い、第 1 回飼育実験と同様にナンノクロロプシス海水の添加と海産ツボワムシの給餌を行いながら、屋内の 1 m³ ポリカーボネイト水槽に収容して、流水下で飼育した。

収容後は毎日数個の卵を採集し、外部形態を実体顕微鏡下で観察するとともにマイクロメーターを用いて卵径の計測と写真撮影を行った。

（第 3 回飼育実験）1996 年 4 月 10 日に父島二見湾奥の漁港内に浮遊していた卵塊を用いた。屋内の 1 m³ ポリカーボネイト水槽に収容し、第 1・2 回飼育実験同様、ナンノクロロプシス海水を添加し、海産ツボワムシを給餌した。そして、今回はこれに加えて、アルテミア幼生を適当量給餌した。

ふ化後は毎日数個体の幼生を採集し、解剖して消化

* 東京海洋大学 〒108-8477 東京都港区港南 4 丁目 5 番 7 号

管内容物を実体顕微鏡下で観察した。

(第4回飼育実験) 1996年6月24日に父島清瀬川河口で採集された卵塊を用いた。これまでの実験と同様にふ化までは 1 m^3 のポリカーボネイト水槽に収容した。ふ化稚仔の飼育には、 1 m^3 のポリカーボネイト水槽を2槽使用し、屋外で日光や外気の影響を受ける場所と、屋内で直接日光の影響を受けない場所に設置し、ふ化後それぞれの水槽に分槽した。各水槽とも流水下で飼育を行った。またこれとは別に、海面上に、口径約55cmで目合い $60\text{ }\mu\text{m}$ メッシュのネットによる小生け簀を設置し、天然海面と同様な条件下での飼育も行った。水槽には第1～3回飼育実験同様、ナンノクロブシス海水を添加し、海産ツボムシを給餌した。さらに、屋内水槽には、港内で夜間照明灯の下に集まるプランクトン類をバケツで適宜採集して水槽に給餌した。海上の飼育では、給餌は行わなかった。ふ化後は毎日数個体の幼生を採集し外部形態を実体顕微鏡下で観察するとともに、解剖して消化管内容を実体顕微鏡下で観察した。

結 果

卵塊発見の記録 本調査期間中に記録されたソデイカ卵塊は1992年6月～1996年6月の4年間で8件であった(図1, 表1)。水産センター職員からの聞き取り調査によれば、これ以前にも発見、採集されていることが確認されているが、正確な発見年月日や卵の状態については記録されていない。卵塊の発見場所は、8例中6例が父島周辺で、その他の2例は弟島周辺および母島南東海域の各1例であった。卵塊の発見時期は2～6月の間で、6月に発見されたものが4例、次いで2月が2例、4、5月が各1例であった。また、卵塊の状態は、浮遊していたものが7例で、これらについての精密な計測は行わなかったが、いずれも長さ約150cm、直径約15～20cmのソーセージ形であった(図2, 3)。他の1例は、海岸に打ち上げられ、卵塊はすでに崩壊していた。卵は直径1～2mm程度で成体の卵巣と同色の紫色を呈し、透明なゼラチン状物質の中に多数の卵が螺旋状に配列していた。

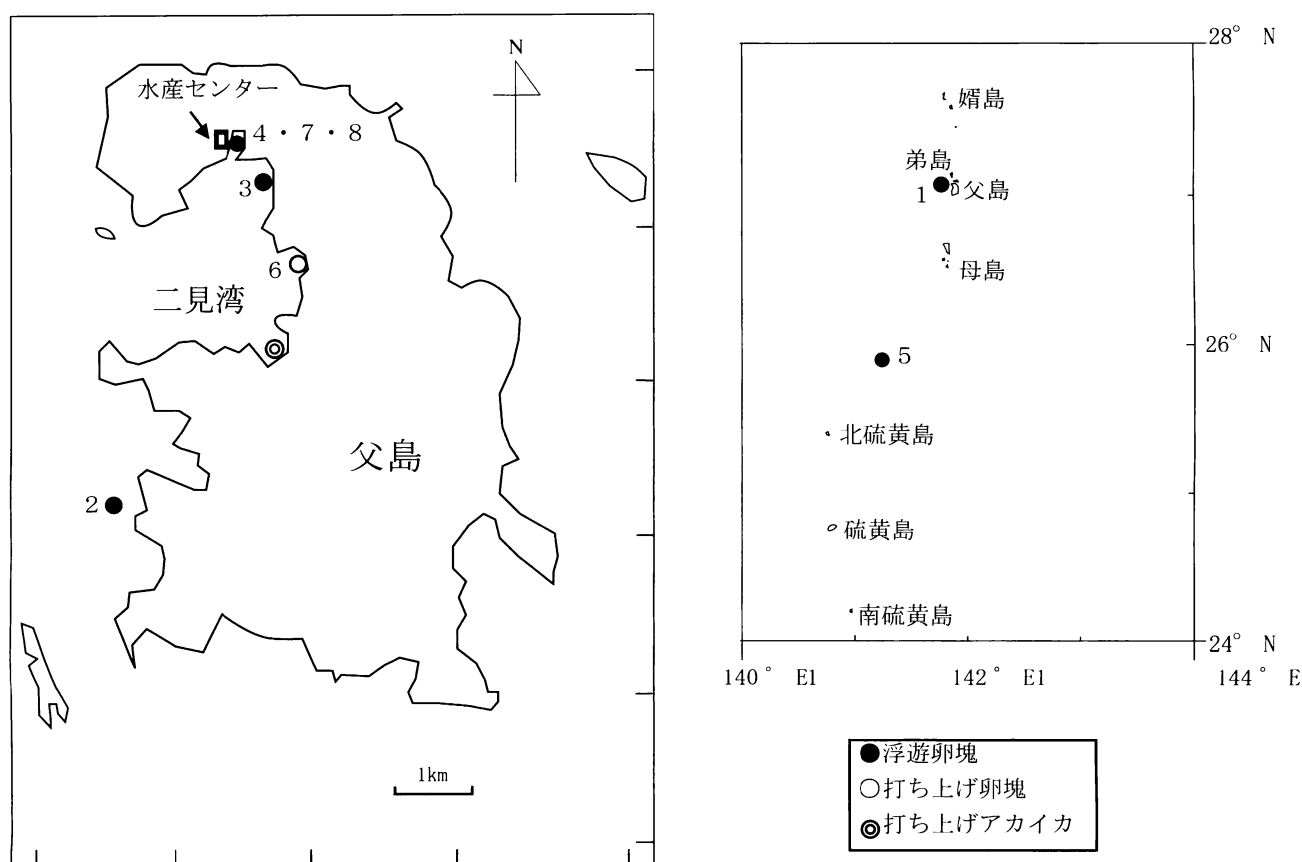


図1 ソデイカの卵塊発見場所
図中の数字は表1の番号に対応する。

表1 小笠原海域におけるソデイカ卵塊発見時の記録とふ化・飼育実数

番号*	発見年月日	発見場所	卵の状態	備考
1	1992年6月20日	弟島付近	浮遊	視認
2	1992年6月22日	父島南袋沢前	浮遊, 採集途中で一部崩壊	
3	1993年2月11日	父島海洋牧場生簀付近	浮遊	視認
4	1994年6月4日	父島二見港漁港内	浮遊, 採集途中で一部崩壊	ふ化・飼育(第1回飼育試験)
5	1995年5月16日	母島南東約100海里	浮遊, 採集途中で一部崩壊	
6	1996年2月19日	父島境浦	打ち上げ, 崩壊	ふ化・飼育(第2回飼育試験)
7	1996年4月10日	父島二見港内	浮遊	ふ化・飼育(第3回飼育試験)
8	1996年6月24日	父島清瀬川河口	浮遊	ふ化・飼育(第4回飼育試験)

* 表中の番号は図1に対応する。



図2 海上に浮遊している卵塊(1994年6月4日発見)。第1回ふ化・飼育実験に供試した。

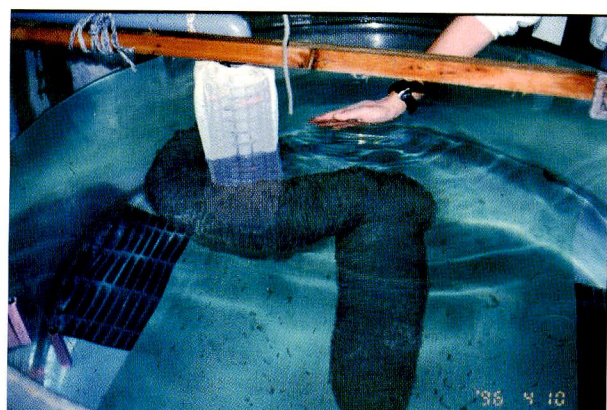


図3 ふ化・飼育水槽に収容したソデイカ卵塊(1996年4月10日発見)。第3回ふ化・飼育実験に供試した。

卵塊の採集とふ化・飼育

(第1回飼育実験) 卵塊は採集中に一部が崩れ、全てを採集することができなかった。採集した卵塊は、飼育水槽への収容直後からふ化が始まり、翌日には殆どがふ化を終了していた。ふ化幼生は、当初活発に水槽の水面付近を遊泳していたが、日数の経過に伴って

死亡、減少していき、約1週間ですべて死亡した。

(第2回飼育実験) 発見時、卵塊は波打ち際に打ち上げられており、卵の螺旋状の配列は大部分崩壊していた。このため、潮溜まりにあった比較的大きな卵塊を一部採集し、水槽に収容した。卵の発生段階は、これまで本海域で得られたものとは異なり、発生があまり進んでいないことが判明した。

図4-Aに採集当日の卵の状態を示した。卵内には色素胞の認められる外套膜と腕部および未発達の頭部が認められた。5%ホルマリン水溶液で固定後の卵径は1.7mm, 外套膜長は0.8mmで、外套膜は胚の約1/3を占めていた。頭腕部には腕・漏斗器官の形成が認められた。

図4-Bに採集2日目の卵の形状を示した。卵内の胚は外套膜の発進が進み、固定後の卵径は1.7mm, 外套膜長は0.9mmで、外套膜は胚の約1/2を占めていた。腕部、眼部器官の発進もさらに進み、漏斗部の形状が確認できた。

図4-Cに採集3日目の胚の形状を示した。卵内では、外套膜の発進がさらに進み胚の2/3を占めるようになり、さらに目の発進が認められた。

図4-Dに採集4日目の胚の形状を示した。卵内では、外套膜の色素胞が細かく明瞭となり、目がはっきりと確認できた。外套膜の大きさは1.0mmであった。

図4-Eに採集5日目の卵の状態を示した。腕部の著しい発進が確認できた。

図4-Fに採集6日目の卵の状態を示した。外套膜が広く大きくなり、これまで採集されたソデイカ卵塊の卵内でみられたソデイカ胚の形態とほぼ同様であった。固定後の卵径は1.9mm, 外套膜長は1.5mmで、外套膜は胚の約4/5を占めていた。

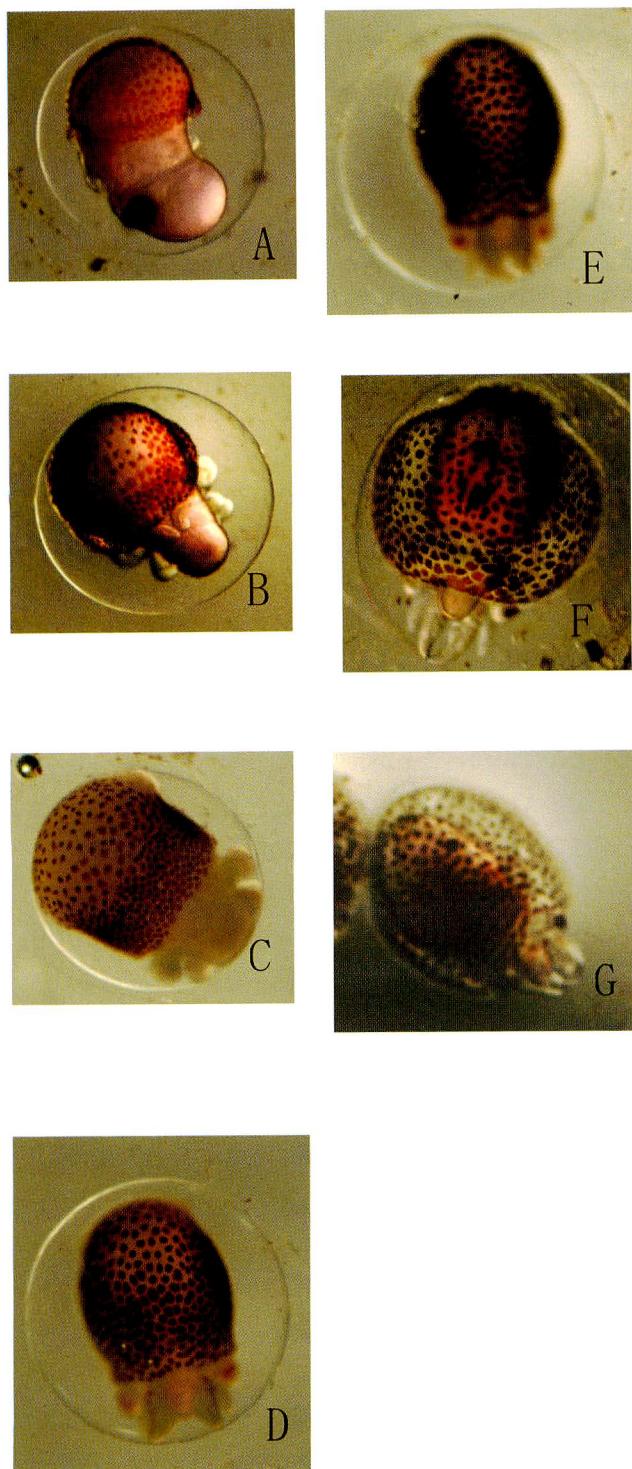


図4 ふ化前のソデイカ胚とふ化直後の幼生
(第2回ふ化・飼育実験供試個体)

A: ふ化6日前, B: ふ化5日前, C: ふ化4日前, D: ふ化3日前, E: ふ化2日前, F: ふ化1日前, G: ふ化直後。



図5 ふ化後のソデイカ幼生
(第4回ふ化・飼育実験供試個体)

A: ふ化後2日目, B: ふ化後4日目, C: ふ化後6日目, D: ふ化後9日目。

図 4-G に採集 7 日目のふ化直後の形状を示した。固定後の外套膜長は 1.4mm であった。ふ化の時点で幼生は大半がへい死し、これまで得られた卵と異なりふ化後の飼育ができなかった。

(第 3 回飼育実験) 第 3 回実験では、卵塊の原形を保ったまま水槽に収容することができた。卵塊は中央付近から約 1/2 は水面下に浮遊していたが、残りの 1/2 は下方へ直角に折れ曲がるような状態であった。採集直後からふ化がみられ、収容翌日の卵塊は全ての卵がふ化し、ゼラチン状物質のみが浮遊していた。幼生は水槽内を遊泳していたが、採集して胃内容物を観察した結果、餌料として添加した海産ツボムシの摂餌は認められなかった。収容 5 日後より、ふ化幼生は死亡し始め、ふ化後 8 日目には全滅した。

(第 4 回飼育実験) 飼育日数は屋内パンライト水槽が最も長く、海面での飼育と、屋外での飼育では採集後 2-3 日の飼育しかできなかった。ふ化直前の卵径は 2.5mm であった。

図 5-A にふ化後 2 日目の幼生の形状を示した。外套膜には色素胞が密集し、既に鰭が形成されていた。5% ホルマリン溶液により固定した後の外套膜長は 1.5mm であった。

顕微鏡下で生体の行動を観察した結果、幼生は頭部を外套膜内に隠していることが多かった。また、体をピンセット等で軽く触れ、刺激を与えると外套膜の中に頭部を隠し、しばらく静置しておくると再び頭足部を出す行動を示した。

図 5-B にふ化後 4 日目の幼生を示した。外套膜の成長は進み、固定後の外套膜長は 2.0mm であった。また、顕微鏡下では、外套膜から内臓が透けて見えていた。

図 5-C にふ化後 6 日目の形状を示した。外套膜は丸みを帯び、外套膜を透かし体内の墨汁嚢を確認できた。図 5-D に示したふ化後 9 日目の幼生では、腕部等の退縮が認められた。

考 察

今回発見された卵塊は、8 例中 7 例が長さ約 1.5 m、直径 15-20cm ほどのソーセージ形で、その形状や色調は御前、奥谷⁴⁾の記載によく一致した。また、飼育実験で得られたふ化幼生は形態や大きさも既往の知見³⁻⁵⁾とよく一致したので、これらはソデイカの卵塊と判定された。これまで、小笠原海域におけるソデ

イカ卵塊発見、採集の記録はないものと思われ、今回が本海域における初めての記録と考える。

ニグマチュリン、アーキプキン³⁾によれば、ソデイカの産卵場は岸から離れた外洋の表面付近と考えられているが、今回、小笠原海域で発見された 8 例の卵塊のうち 7 例は父島周辺海域の海岸付近で発見されており、沖合で発見されたのは母島南東 100 海里での 1 例のみであった。小笠原諸島は直接外洋水に囲まれた外洋性島しょであり、また、父島は小笠原諸島で最も人口が多く、平成 8 年 4 月 1 日現在総人口 2,405 人のうち 1,939 人が居住している。このため同島周辺に漂着した卵塊が人目に付きやすく、発見割合が高かったものと考えられる。また、発見された卵塊はいずれも受精しており、ふ化前 6 日のものから、ふ化直前のものまで、異なる発生段階が認められた。

一方、沖縄から日本本土周辺に至る海域で本種の卵塊が発見されているのは、沖縄海域、和歌山県潮岬、千葉県天津小湊で、日本海側では見つからない⁴⁻⁶⁾。今回、小笠原海域では沖縄海域と同様に多数の卵塊が発見されたことから、小笠原海域でソデイカが産卵しているのは確実と思われる。また、Nishimura⁷⁾は、日本海側はソデイカ漁場であるものの、産卵は行われていないものとしている。ソデイカが産卵のために陸棚を必要とするかは疑問であるが、索餌、成長・成熟を考えると陸塊、島しょへの滞留は示唆され、今回の結果から日本周辺のソデイカ産卵場は少なくとも黒潮上流域の沖縄周辺海域と小笠原周辺海域の 2 カ所にあるものと考えられる。

第 2 回飼育実験に用いた卵塊は、父島二見湾内の境浦で海岸に打ち上がった状態で発見された。この前日の 2 月 17 日には、ニューギニア付近(イリアン・ジャヤ)の地震によって小笠原周辺では津波が発生し、父島では 2 月 17 日 20 時 16 分に最大 103cm の津波を観測した⁸⁾。その翌日 2 月 18 日の、ソデイカ卵塊発見当日には、卵塊発見場所から約 1.3km 離れた二見湾内の扇浦海岸においてアカイカ *Ommastrephes bartramii* 10 数個体が海岸に打ち上げられ死亡しているのも発見された。ソデイカやアカイカは、夜間かなり浅いところまで浮上してくることがバイオテレメトリー調査によって明らかにされているが^{9, 10)}、このように大量に打ち上げられるのは珍しい事例であり、津波との関連が推測される。

筆者のうち安藤は1987年7月に伊豆大島 南東岸で潜水調査中にソデイカ卵塊と思われるものを確認しビデオ撮影を行った(安藤, 未発表)。この卵塊は海面上には浮遊せず、まっすぐ伸びた状態で水深約24 mの砂地の海底にあった。この卵塊は、両手で緩やかに支えながら水面まではそのままの状態でも移動することができたので、比重は海水とほぼ同様であると思われる。スルメイカの飼育実験では卵塊は中層に漂う比重特性を示しており、自然界においても、ふ化まで密度躍層に滞留するものと考えられている¹¹⁾。一方、第3回飼育実験で採集した卵塊をふ化・飼育水槽に収容したところ、卵塊の半分は浮遊状態にあったものの、残りの半分は下方に垂下し、部位による比重の違いがうかがえた。今回、打ち上げられた卵の状態や、これまで発見されたソデイカ卵塊の状態および伊豆大島での潜水観察により得られた知見から、ソデイカ卵は発生の進行に伴い困卵腔が拡大することにより比重が変化し、海面に浮遊する可能性が考えられる。

第2回飼育実験で採集した卵塊は1, 3, 4回の各飼育実験時とは異なり、ふ化後の飼育ができなかった。これは、卵塊が海岸に打ち上げられたことにより、卵塊が崩壊し、発生過程において何らかの衝撃を受け、ふ化後の生存に大きく影響した可能性が考えられる。

ソデイカ飼育水槽には、海産仔稚魚の飼育に用いられる微細藻類のナンノクロロプシス海水を添加するとともに、動物プランクトンの海産ツボウムシ、アルテミア幼生等の給餌を行った。これら餌料生物の摂餌を確認するため、胃内容を実体顕微鏡下で観察したが、摂餌を確認することはできなかった。第4回飼育実験では、今回の実験中最長となるふ化から9日間の生存の確認ができたが、給餌した餌料の摂餌は認められなかった。したがって、ソデイカは、卵黄等の栄養分によりふ化後9日間程度は生存できるものと考えられる。ソデイカ稚仔の口周辺には長い繊毛が観察されており、初期摂餌との関連が示唆されているが餌料については不明である¹²⁾。

第4回飼育実験の観察でソデイカ幼生の頭足部が外套腔に入る行動が見られたが、スルメイカのリンコトウチオン幼生でも同様な行動を示すことが知られている¹³⁾。このような行動は、ベーリング海で採集されたテカギイカ類 Gonatidae において観察され、クラゲの擬態を行うことにより防御ポーズをしていると考え

られているが¹⁴⁾、ソデイカ幼生においてもピンセット等による外からの刺激に対して行動を起こしていることから、防御の姿勢を取っているとも考えられる。また、ふ化後6日の外部形態をスルメイカと比較すると、ソデイカの外套膜は丸みを帯び、眼球の突出が大きく、ソデイカの特徴である鰭も大きかった。また、スルメイカではリンコトウチオン幼生の特徴である触腕が吻状に癒着している状態がみられるが¹⁵⁾、ソデイカでは認められなかった。

ニグマチュリン、アーキプキン³⁾はソデイカの胚発生が、水温23～24℃で5～7日続くとしている。第2回の飼育実験ではふ化前6日の卵が採集されたが、このときの父島二見港内の表層水温は19.4～20.4℃であった。父島二見港の水温はニグマチュリン、アーキプキン³⁾よりも若干低目であるものの、飼育日数、発生段階等を比較すると、父島周辺の卵塊もふ化までに要する日数はほぼ同様と推察される。小笠原海域には黒潮や対馬海流のような流速の大きな海流はなく、上述のふ化日数から、これらの卵塊は本海域で産卵された可能性が高い。

今回の結果から、小笠原海域に生息しているソデイカは、2～6月の間に産卵していることが確認された。しかし、小笠原海域でふ化した幼生がそのまま当海域で成長するのか、または、回遊して他の海域で成長するのかは不明である。沖縄周辺の調査ではソデイカふ化幼生は、主に水深20mおよび50mの垂表層域に出現しているが¹⁶⁾、小笠原海域ではまだ採集されていない。今後は、本海域においてもふ化幼生の調査を行い、資源への加入機構を明らかにしていく必要がある。さらに、産卵生態を含めた、初期生態の調査や、沖縄、日本海側との資源交流についても調査し、ソデイカ生活史の解明を行っていく必要がある。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり、有益な助言と本稿の校閲をいただいた東京都水産試験場大島分場加藤憲司主任研究員に厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 川崎一男・鹿熊信一郎(1998) 沖縄周辺海域におけるソデイカ漁場分布と生物特性・外洋性大型イカ類に関する国際シンポジウム講演集, 海洋水産資源開発センター:

185-191.

- 2) 安藤和人・錦織一臣・土屋光太郎*・木村ジョンソン・米沢純爾・前田洋志・川辺勝俊・垣内喜美男 (2004) 小笠原海域におけるソデイカの漁業生物学的特性. 東京水試調査研報, (213) : 1-22.
- 3) チングス M., ニグマチュリン, アレキサンダー I. アーキブキン(1998) ソデイカ *Thysanoteuthis rhombus* (開眼類: ソデイカ科) の生物学総説. 外洋性大型イカ類に関する国際シンポジウム講演集 : 157-199.
- 4) 御前洋・奥谷喬司 (1976) イカ類の初期生活史に関する研究 - VI, ソデイカ *Thysanoteuthis rhombus* Troschel の浮遊卵塊の発見. 貝類学雑誌, 35 (4) : 211-213.
- 5) 奥谷喬司(1982) ソデイカ [*Thysanoteuthis rhombus*] の生態, 頭足類の生物学 20. 海洋と生物, 4 (3) : 168-169.
- 6) 矢野和成・清水弘文・小菅丈治 (1998) 亜熱帯沖合域の水産資源について. 研究ジャーナル, 21 (2) : 33-42.
- 7) Nishimura, S. (1966) Notes on the occurrence and biology of the oceanic squid, *Thysanoteuthis rhombus* Troschel, in Japan. *Pub. Seto Mar. Biol. Lab.*, 16(4) : 327-349.
- 8) 気象庁 (1996) 1996 年 2 月地震・火山概況. 気象, (468) : 27-29.
- 9) 飯塚寛 (1993) ソデイカの遊泳生態と漁場形成要因に関する一考察. 京都府立海洋センター研究業績, (4) : 63-69.
- 10) 村田守・中村好和 (1998) . 北太平洋におけるアカイカの季節回遊および日周鉛直移動. 外洋性大型イカ類に関する国際シンポジウム講演集 : 11-28.
- 11) 桜井泰憲・池田譲 (1995) スルメイカの生態研究における飼育実験法. イカ類資源・漁海況検討会議研究報告 (平成 4 年度) : 51-69.
- 12) 奥谷喬司 (1965) イカ類の初期生活史に関する研究 - I, スルメイカのリンコトウチオン期 (*Rhynchoteuthion*) 幼生. 東海区水研報, (41) : 23-29.
- 13) Watanabe, K., K. Ando, K. Tsuchiya and S. Segawa (1998) Late Embryos and Paralarvae of Diamondback Squid *Thysanoteuthis rhombus* Troschel, 1857. *Venus*, 57(4) : 291-301.
- 14) Arkhipkin, A., V. Bizikov (1995) Possible imitation of jellyfish by the squid paralarvae of the family Gonatidae (Cephalopoda, Oegopsida), *Polar. Biol.*, 16 : 531-534.
- 15) Watanabe, K., Y. Sakurai, S. Segawa and T. Okutani (1996) Development of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* from fertilized egg to rhynchoteuthion paralarva, *Am. Malacolog. Bull.*, 13(1/2) : 73-88.
- 16) Yamamoto, K., and T. Okutani (1975) Studies on early life history of decapodan mollusca- V, Systematics and distribution of epipelagic larvae of decapod cephalopods in the southwestern waters of Japan during the summer in 1970. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (83) : 72- 74.