

# 海洋深層水を利用した飼育条件下における ボタンエビの生残, 脱皮及び成長

岡本一利<sup>\*1</sup>

ボタンエビの生残, 脱皮及び成長を調べるために, 漁獲物を調査するとともに, 海洋深層水を利用した集団飼育実験と個別飼育実験を実施した。漁獲物の平均頭胸甲長(範囲)は26.7(16.6~34.8)mm, その内抱卵個体の頭胸甲長の範囲は31.0~32.2mmであった。漁獲物の集団飼育実験における生残率は, 100日目で81.6%, 実験終了時の450日目で44.7%であった。個別飼育実験において, 実験終了時の352~500日目の生残率は100%であった。成長率は頭胸甲長の増大とともに小さくなり, 脱皮間隔は, 頭胸甲長の増大とともに長くなった。頭胸甲長と成長率や脱皮間隔の関係式を求め, それらにより, ふ化後からの階段状の成長モデルを作成した。その結果, 頭胸甲長2.5mmのふ化個体は, ふ化後1年で19mm, 2年で26mm, 3年で29mm, 4年で31mmに成長し, 抱卵サイズ(頭胸甲長31mm)まで約4年, 寿命は5年程度と推定された。

キーワード: ボタンエビ, 飼育, 海洋深層水, 生残, 脱皮, 成長, 成長モデル

ボタンエビ *Pandalus nipponensis* は, タラバエビ科に属し太平洋岸の水深約300~500mに生息する水産業上重要なエビで, 雄性先熟の性転換をすることで知られている<sup>1,2)</sup>。

駿河湾においては, 1973年に静岡県の承認漁業として, ボタンエビやアカザエビ *Metanephrops japonicus* などを対象としたエビ籠漁業が開始された<sup>3-7)</sup>。漁獲は当初は極めて順調であったが, その後対象資源が著しく減少し, 1976年の操業後3年間の禁漁が行われた<sup>6)</sup>。その後も随時禁漁が行われたものの, 単位努力当たり漁獲量は減少し続け, 1980年代以降も資源の回復は見られなかった<sup>6)</sup>。1985年以降も禁漁となっており, 本種の生態的知見や増養殖技術が必要となっている。このような状況の中, 東海大学海洋科学博物館ではボタンエビ資源の回復を目指して, 飼育や放流を試みてきた経緯がある<sup>8,9)</sup>。

上記のように, 本種に関しては, 飼育事例も報告され<sup>8-10)</sup>, その一部は天然海域に放流された事例もある<sup>8,9)</sup>。さらに, ふ化後の初期成長の詳細な報告がある<sup>10)</sup>。しかしながら, 飼育生残率, 脱皮及び成長などの情報に

関する報告はほとんど無く, その生態に関しての知見も少ない<sup>2)</sup>。今回, 漁獲の調査や海洋深層水を利用して本種を飼育することにより, 生物特性, 飼育生残・成長に関する知見を得たので報告する。

## 材料及び方法

### 生物特性調査

本調査においては, 漁獲物調査と卵・ふ化個体調査を実施した。

調査を行った2007年時点のエビ籠漁業は禁漁となっているので, 試験操業によって漁獲物調査を実施した。漁獲日は2007年2月7日, 漁場は焼津沖水深約270m, 漁船は焼津漁業協同組合所属の寿々丸, エビ籠を120個使用した。エビ籠は, 上径60cm, 下径75cm, 高さ45cmの円錐台で, 14節の網目を使用し, 口径10cmの落し口が2カ所配置されている(図1)。漁獲されたすべてのボタンエビを翌日8日, 焼津市にある静岡県水産技術研究所駿河湾深層水水産利用施設(以下, 駿河湾深層水施設と称す)まで輸送し, 個体数, 抱卵の有無を確認

2022年1月24日受理

静岡県水産・海洋技術研究所(本所)業績第1180号

\*1静岡県水産・海洋技術研究所

し、額角を含まない正中線上の頭胸甲長（以下、甲長と呼ぶ）（図2 A）を測定した。

次に卵・ふ化個体調査について以下に述べる。漁獲日は2006年3月6日、漁場は焼津沖水深約300mで前述の漁獲物調査と同様の方法で漁獲されたうち一部にあたる4個体を翌7日に入手した。そのうち、へい死が確認

された甲長31.5mmの抱卵雌1個体を供試した。その個体から発眼卵を10粒分離し、その長径、短径を万能投影機で10倍に拡大しノギスで測定した。それらの分離卵を後述する海洋深層水を使用し1L容ビーカー内で培養を開始し、3月16日にふ化した8個体のうち4個体をアルコール固定し、上記と同様に甲長を測定した。

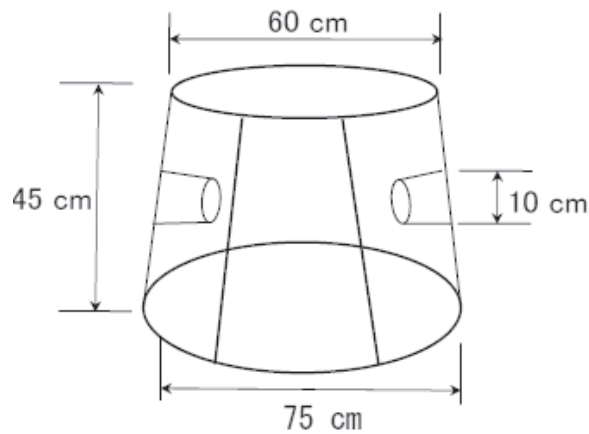
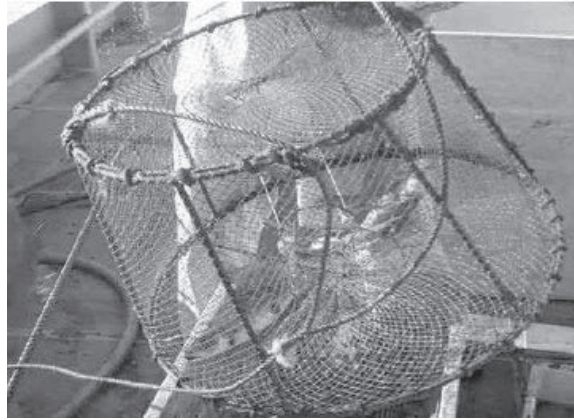


Fig.1 Shrimp-pot and the structure  
図1 エビ籠とその構造

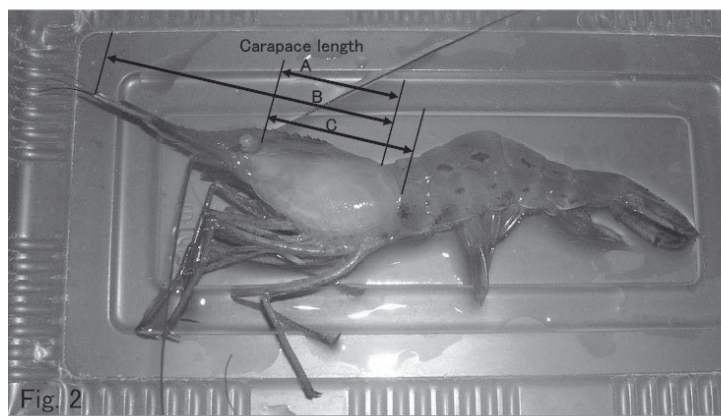


Fig.2 Measurement site (carapace length) of Botan shrimp *Pandalus nipponensis*.

- A: This study
- B: Taishaku *et al*<sup>10)</sup>
- C: Maximum carapace length

図2 ボタンエビの測定部位（頭胸甲長）

表 1 ボタンエビの飼育実験方法

Table 1 Material and method of rearing experiment of Botan shrimp

Experiments	Group rearing test		Individual rearing test	
		Captured shrimp	Hatched shrimp	
Material	Date of acquisition	Feb. 8, 2007	Mar. 7, 2006	Mar. 16, 2006
	Method of acquisition	Capture using shrimp-pots at a depth of about 300 m in Suruga-Bay		Hatching from separated eggs*1
	Date of start of experiment	Feb. 8, 2007	Mar. 7, 2006	Aug. 30, 2006 (H1, H2)*2 and Jan. 25, 2007 (H3, H4)*2
	Number of individuals	38	3	4
	Name of individuals*2	—	C1-3	H1-4
	Carapace length (mm) at start of experiment	16.6-34.8 (26.7 in ave.)	24.9-25.3 (25.1 in ave.)	10.7-20.0 (14.2 in ave.)
	Date of end of experiment	May 3, 2008	May 31, 2007	Jan. 12, 2008
Method of rearing	Container	72 L cage × 1	2 L cage × 3	2 L cage × 4
	Water	Deep seawater pumped from a depth of 397 m in Suruga Bay		
	Water temperature	10 ± 1 °C		
	Food	Frozen opossum shrimp. Artemia nauplii were given for a month after hatching.		

—: not applicable

\*1: Four shrimps (2.5 mm in carapace length) hatched from the eggs (3.4 mm in long axis), were reared in a 2 L glass bowl or a 2 L cage together, until start of experiment.

\*2: See Table 2

### 飼育実験

本実験については、集団飼育実験と個別飼育実験の2種類の実験を設定し、その方法について表1に示した。

### 集団飼育実験

漁獲物調査により2007年2月8日に入手した38個体のボタンエビを、実験室内の1.5t容水槽に、縦60cm×横60cm×深さ60cm(有効水深20cmに調整)、目合い約5mmの72 L容プラスチックカゴを設置し、そのカゴに收容し、集団飼育実験を開始した。

駿河湾深層水施設地先の水深397mから取水した海洋深層水を飼育水に用い、かけ流すことにより水温10±1 °Cで飼育した。450日間飼育し、その間餌料として冷凍のアミエビを原則毎日適量投与するとともに、同時にへい死個体や脱皮殻を回収し甲長を測定した。実験終了時においては、個体数、抱卵や卵巣発達の有無の確認、甲長を測定した。

### 個別飼育実験

個別飼育実験では、漁獲から得られた3個体(C1-3)と、室内で卵からふ化して得られた4個体(H1-4)の由来の異なるボタンエビ計7個体を供試した。

前者は、2006年3月7日に卵・ふ化個体調査で得た3個体のボタンエビ(C1-3)で、それらを駿河湾深層水施設まで輸送し、縦15cm×横15cm×深さ15cm(有効水深9cmに調整)、目合い約5mmの2 L容プラスチックカゴ(以下、2 L容カゴと呼ぶ)に各々個別に收容した。收容時に甲長を測定した。水深397mから取水した海洋深層水を飼育水に用い、かけ流すことにより水温10±1 °Cで

飼育した。450日間飼育し、その間餌料として冷凍のアミエビを原則毎日適量投与するとともに、同時にへい死及び脱皮状況を確認した。脱皮が確認された場合には脱皮殻を回収し甲長を測定した。

後者については、卵・ふ化個体調査で得たふ化個体のうち4個体(H1-4)で、2L容ガラスボールに收容し、餌料としてアルテミアノープリウスを投与した。飼育水は水深397mから取水した海洋深層水を用い、水温10±1 °Cで飼育した。毎朝飼育水を新鮮なものに交換した。4月15日からは2L容カゴに移し替え、海洋深層水をかけ流すことにより水温10±1 °Cで飼育した。餌料は冷凍のアミエビを原則毎日適量投与した。その内2個体(H1, H2)は8月30日から、残りの2個体(H3, H4)は2007年1月25日から、各々個別に2 L容カゴで飼育実験を開始し、2008年1月12日に実験を終了した。飼育日数はH1, H2で500日、H3, H4で352日であった。実験中はへい死及び脱皮状況を確認し、脱皮が確認された場合には脱皮殻を回収し甲長を測定した。

上述の飼育結果をもとに、甲長(CL)と成長率の関係を検討した。脱皮n令の甲長CLnと脱皮n+1令の甲長CLn+1から、(CLn+1-CLn)/CLnを成長率として求めた。さらに、甲長と脱皮間隔の関係も検討した。

### 成長モデル

上記の生物特性調査と個別飼育実験の結果から得られた情報、すなわち、ふ化直後のボタンエビの甲長、甲長と成長率や脱皮間隔の両関係式から成長モデルとして成長ライン(日齢と甲長の関係)を求めた。そして漁獲物調査と集団飼育実験結果と比較した。

### 結果及び考察

#### 生物特性調査

漁獲物調査の結果、漁獲されたエビ類とその漁獲量は、アカザエビ19kg、ボタンエビ1kg未満であった。ボタンエビの個体数は38個体で、平均甲長(範囲)は26.7(16.6 ~ 34.8)mmであった。その内3個体の抱卵個体が確認され、甲長の範囲は31.0 ~ 32.2mmであった。漁獲されたボタンエビの甲長別サイズ組成を図3-Aに示した。甲長26mm以上の個体が28個体と全体の約74%を占めた。

ボタンエビの漁業が開始された1973年当時では、1日で漁獲量が100kg以上の日もあったことを考えると<sup>7)</sup>、資源は回復していないと考えられる。1974 ~ 75年に駿河湾において静岡県水産試験場の調査船がエビ籠を使用して14回調査した結果によると、1日1籠あたりの漁獲ボタンエビ数は、最小0(漁獲無し)、最大4.4、平均0.7であった<sup>3,4)</sup>。今回の2007年の調査で同様の値を算出すると0.3となり、漁業が開始された当時の値の4 ~ 5割となり、資源の回復には至っていないことが推定される。今回の漁獲物調査は1日1隻だけのものであり、本種の資源状況を把握するには詳細な調査が必要であろう。

卵・ふ化個体調査の結果、発眼卵のサイズ(平均値 ± 標準偏差)は、長径3.34 ± 0.21mm、短径2.12 ± 0.15mm(n=10)であった。培養卵から3月16日に8個体のエビがふ化し、そのうち4個体の甲長(平均値 ± 標準偏差)を測定したところ2.50 ± 0.01mmであった。Taishaku et al<sup>10)</sup>も本種の卵・ふ化個体サイズを測定しており、卵平均サイズは長径3.13 ~ 3.71mm、短径2.26 ~ 2.41mm、ふ化個体平均サイズは甲長2.85mmと報告している。卵サイズに関しては本調査の値と類似したもの、ふ化個体サイズに関しては本調査の値より大きい値となっている。その要因の一つとして、甲長の測定部位が異なることがあげられる。すなわち、本調査では額角を含まない正中線上の甲長(図2 A)であるのに対し、Taishaku et al<sup>10)</sup>では額角を含めた甲長(図2 B)であることの差が考えられる。

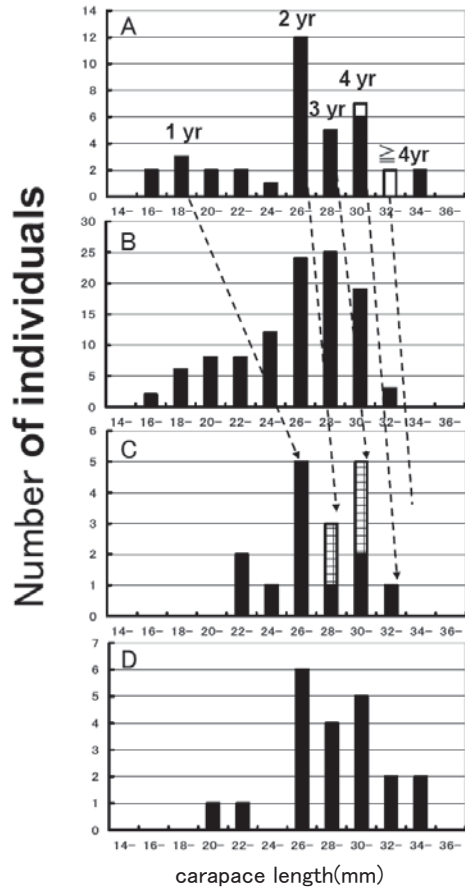


Fig.3 Comparison of the frequency distributions of the carapace length and the estimated growth by step-by-step growth model (Fig.7) of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis*, constructed.

- A: Captured shrimp (start of group rearing test). White area: Ovigerous female.
- B: Exuvium (duaring the group rearing test).
- C: Live shrimp (end of group rearing test). Checkered area: Ovary developed female.
- D: Died shrimp (duaring the group rearing test). Figures: Estimated years.
- : Estimated growth.

図3 ボタンエビの頭胸甲長別サイズ組成と階段状の成長モデルの比較

- A: 漁獲されたボタンエビ(集団飼育実験開始時)
  - B: 集団飼育実験中に得られた脱皮殻
  - C: 生残ボタンエビ(集団飼育実験終了時)
  - D: 集団飼育実験中のへい死したボタンエビ
- 図中数値: 推定年齢···: 推定成長

#### 飼育実験

##### 集団飼育実験

集団飼育実験における生残率の推移を図4に、実験開始時の飼育個体、実験終了時の生残個体、飼育中のへい死個体、飼育中に得られた脱皮殻の各々の甲長別サイズ組成を各々図3-A ~ Dに示した。

生残率は、開始100日目で81.6%、開始200日目で78.9%、

開始341日目以降へい死はなく, 終了時450日目で44.7%(生残17個体)であった。甲長の平均(範囲)は, 実験終了時の生残個体(n=17)では28.2(23.5~33.2)mm, へい死個体(n=21)では29.0(21.4~34.8)mm, 脱皮殻(n=107)では26.6(17.2~33.5)mmであった。生残の個体のうち5個体の卵巣発達個体が確認され, 頭胸甲長の範囲は28.0~31.2mmであった。抱卵個体は確認されなかった。飼育中は, へい死個体を別の1個体が摂食していた観察事例があったものの, それ以外の共食いは観察されなかった。

実験開始時の甲長34mm以上の個体に関しては, 飼育中そのサイズの脱皮殻は確認されず(図3-B), 実験終了後の生存個体も確認されず(図3-C), 同サイズのへい死個体が認められたこと(図3-D)から, 脱皮せずにへい死したと示唆された。

実験開始時の甲長32~34mmの個体に関しても, 実験終了時には34mm以上に脱皮成長していないことが読み取れ, 甲長30~32mmの個体は少数ながら32mm以上に脱皮成長する可能性はあるものの, 大部分はへい死したと思われる。

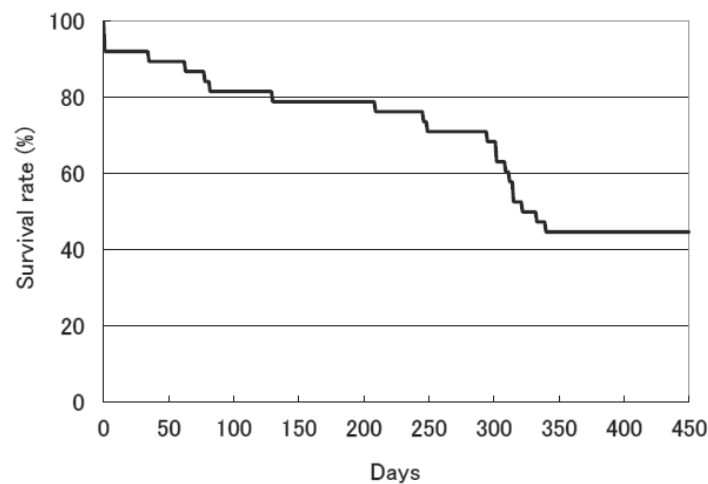


Fig.4 Change of survival rate of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis* in group rearing test.

図4 集団飼育実験におけるボタンエビの生残率の推移

表2 ボタンエビの個体別飼育実験結果

Table 2 Result of individual rearing test of Botan shrimp

Individual rearing test	Name of individual	Date of acquisition	Start of experiment		Experimental duration (day)	Molting times	End of experiment		Captivity duration (day) <sup>*1</sup>	
			Date	Carapace length (mm)			Date	Survival or death		Carapace length (mm)
Captured shrimp	C1	Mar. 7, 2006	Mar. 7, 2006	24.9	450	6	May. 31, 2007	Survival	29.2	450
	C2	Mar. 7, 2006	Mar. 7, 2006	25.2	450	4	May. 31, 2007	Survival	29.2	450
	C3	Mar. 7, 2006	Mar. 7, 2006	25.3	450	4	May. 31, 2007	Survival	28.2	450
	Mean			25.1					28.9	
Hatched shrimp	H1	Mar. 16, 2006	Aug. 30, 2006	11.0 <sup>*2</sup>	500	9	Jan. 12, 2008	Survival	21.8	667
	H2	Mar. 16, 2006	Aug. 30, 2006	10.7 <sup>*3</sup>	500	9	Jan. 12, 2008	Survival	24.1	667
	H3	Mar. 16, 2006	Jan. 25, 2007	15.0 <sup>*4</sup>	352	5	Jan. 12, 2008	Survival	22.8	667
	H4	Mar. 16, 2006	Jan. 25, 2007	20.0	352	5	Jan. 12, 2008	Survival	27.0	667
	Mean			14.2					23.9	

\*1: Period from acquisition to end of experiment.

\*2: Molted from 11.0 mm to 12.9 mm in carapace length at Aug. 30, 2006.

\*3: Molted from 10.7 mm to 12.3 mm in carapace length at Aug. 30, 2006.

\*4: Molted from 15.0 mm to 17.2 mm in carapace length at Jan. 25, 2007.

### 個別飼育実験

個別飼育実験における実験結果の概要を表2に示した。H1, H2, H3については, 実験開始日に脱皮が認められた。すなわち, 甲長はふ化後167日目にH1で12.9mm, H2で12.3mm, ふ化後315日目にH3で17.2mmであった。

実験終了時の生残数は, 漁獲から得られたものが飼育450日目で3個体(C1-3), ふ化して得られたものが352日(H3, H4)と500日目(H1, H2)で4個体, とともに生残率100%であった。特に, ふ化して得られたものに関しては, ふ化してからの換算日数667日目の生残率100%であった。

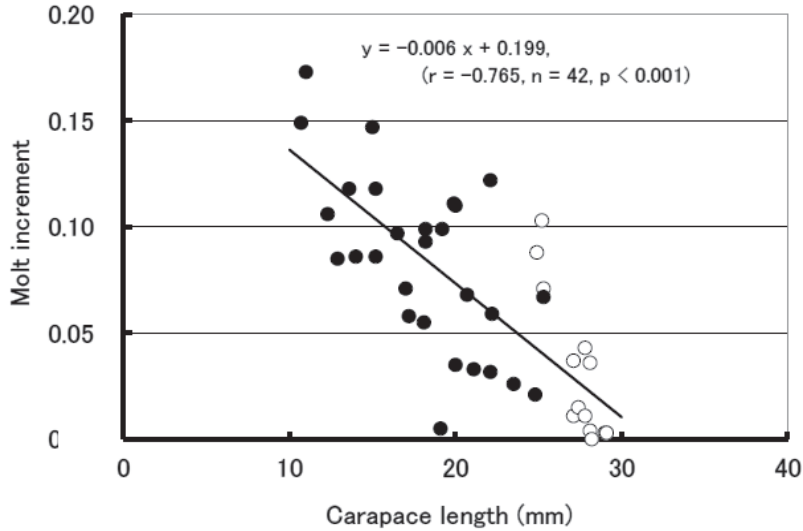


Fig.5 Relationships between carapace length and molt increment of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis* in individual rearing test. Molt increment:  $(CL_{n+1} - CL_n)/CL_n$

○: Captured shrimp (see Table 2), ●: Hatched shrimp(see Table 2)

図5 個別飼育実験におけるボタンエビの頭胸甲長と成長率の関係

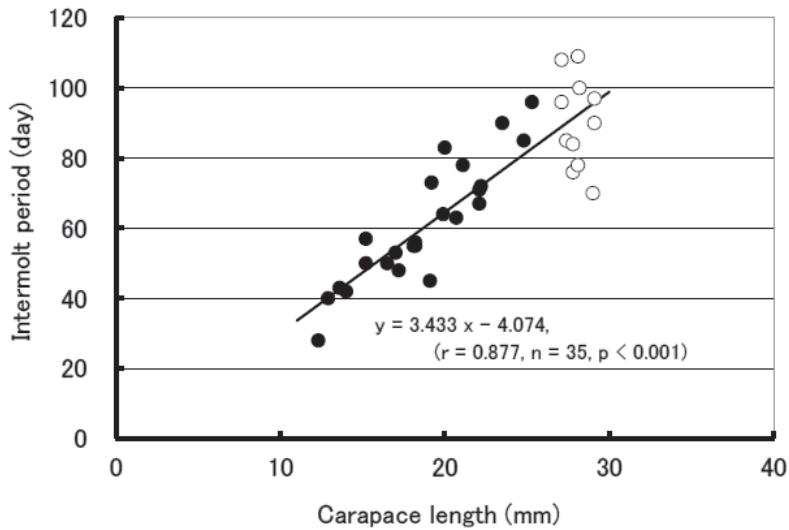


Fig.6 Relationships between carapace length and intermolt period of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis* in individual rearing test.

○: Captured shrimp (see Table 2), ●: Hatched shrimp(see Table 2)

図6 個別飼育実験におけるボタンエビの頭胸甲長と脱皮間隔の関係

実験開始時と終了時の平均甲長(範囲)と飼育実験中の脱皮回数は, C1-3では各々 25.1(24.9 ~ 25.3)mm, 28.9(28.2 ~ 29.2)mm, 4 ~ 6回であり, H1-4では各々 14.2(10.7 ~ 20.0)mm, 23.9(21.8 ~ 27.0)mm, 5 ~ 9回であり, 脱皮成長が認められた。同一日にふ化したH1-4において, 実験終了時には, 甲長5mm程度の差が認められた。

甲長と成長率の関係を図5に示した。成長率は, 甲長の増大とともに小さくなり, 甲長(x)と成長率(y)の関係式は,

$$y = -0.006x + 0.199 \quad (r = -0.765, n = 42, p < 0.001)$$

で表された。

甲長と脱皮間隔の関係を図6に示した。脱皮間隔は, 甲長の増大とともに長くなり, 甲長(x)と脱皮間隔(y)

の関係式は、

$$y = 3.433x - 4.074 \quad (r = 0.877, n = 35, p < 0.001)$$

で表された。

今までボタンエビの飼育の生残率に関する情報がほとんどない状況であったが、今回その状況が明らかになった。すなわち、集団飼育実験450日間において約4割、ふ化個体の個別飼育実験352～500日間において10割と、長期間の飼育生残率として高いことが判明した。

漁獲物サイズでのイセエビ *Panulirus japonicus* の飼育では、100日後の生残率は7～10割であり<sup>11)</sup>、今回のボタンエビの結果も約8割と同等の生残率であった。ボタンエビの初期成長を記録している事例では、ふ化してから5令までの生残率は高くほとんどへい死がないことが報告されている<sup>10)</sup>。今回の実験においても、ふ化してからの生残率は10割であり、同様の結果となった。栽培漁業や養殖対象種であるクルマエビ *Marsupenaeus japonicus* においては、ふ化から種苗出荷サイズ(体長約15mm)での生残率は約2割程度、種苗サイズから放流サイズ(体長約30mm)までの生残率は約3割程度である<sup>12)</sup>ことを考えると、ボタンエビのふ化から漁獲物サイズまでの生残率は一貫して極めて高いものと示唆された。

なお、今回の飼育には海洋深層水を使用していることを考慮する必要がある。静岡県では、駿河湾から海洋深層水を汲み上げ、水産利用研究を実施してきた<sup>13)</sup>。その結果、サクラエビ *Lucensosergia lucens*、アカザエビの深海性エビ類の飼育生残に海洋深層水は好影響をもたらすことが判明しており<sup>14, 15)</sup>、今回ボタンエ

ビにおいてもその有効性が考えられた。

一方、本種の成長に関しては、漁獲物から推定した報告がある<sup>2)</sup>。また、別の報告では、卵からふ化したエビの親サイズまでの飼育に成功しているものの成長状況の記録がほとんどなく<sup>8)</sup>、いずれにしても本種の脱皮成長に関する情報は乏しい状況であった。筆者は、今回飼育中の成長状況を記録し、甲長と成長率や脱皮間隔の情報を得ることができた。

### 成長モデル

求めた成長モデルを図7に示した。個別飼育実験では甲長12.3mmから29.2mmまでの結果であるので、その間は実線で図示した。ふ化からの成長については、ふ化個体サイズ(甲長2.5mm)と個別飼育のH1(12.9mm)とH2(12.3mm)におけるふ化後167日の平均甲長12.6mmの間を点線で図示した。抱卵中は約1年脱皮しないとされ<sup>2)</sup>、今回の結果からも抱卵サイズ(甲長31mm)以上の大型個体は1年後には大部分がへい死したことより、成長モデルでは甲長31mm以上の生存期間を1年として点線で図示した。また、ふ化時から飼育したH1-4(表2)の667日目における甲長を図示した。

その結果、甲長は、ふ化個体で2.5mm、ふ化後1年で19mm、2年で26mm、3年で29mm、4年で31mmに成長し、抱卵サイズ(甲長31mm)まで約4年と推定された。そしてそこからの生存期間が約1年とすると、寿命は5年程度と推定される。また本研究においては、抱卵個体や卵巣発達個体の確認はしたが特に雌雄判別は行わなかったため、卵巣状況から推定すると甲長28mm以上、

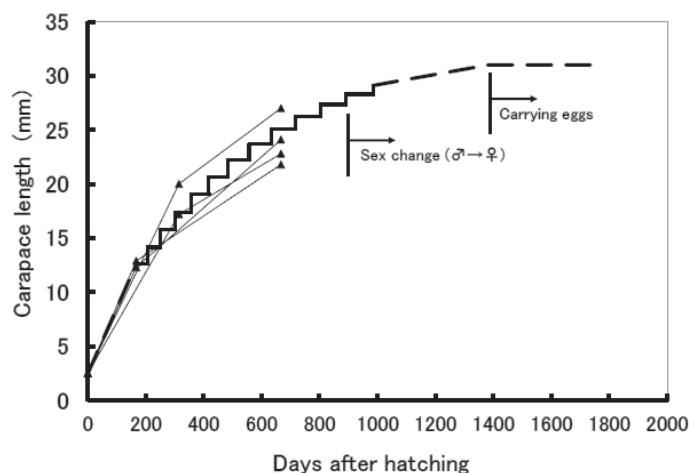


Fig.7 Step-by-step growth model of carapace length of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis*, constructed from Fig. 5, Fig. 6 and Table1. Dotted line: Estimated growth

▲: Carapace length of H1-4 (see Table 2)

図7 ボタンエビふ化以降の階段状の成長モデル 図5, 6, 表1を利用して作成

すなわちふ化後891日目(約2年半)以降、雄から雌に性転換するものと推察される。また、推定した成長ラインとふ化から長期間飼育した成長結果が類似したことは、成長モデルの妥当性を示すと示唆された。

田村<sup>2)</sup>は、最大甲長42mm、抱卵個体の最小甲長36mmと報告しており、また甲長は1年で20mm以下、2年で22～32mm、3年で32～36mm、4年で36～40mmと推定しており、いずれも本調査の値より大きい値となっている。その要因の一つとして、甲長の測定部位が異なることも考えられる。例えば、本調査では額角を含まない正中線上の甲長(図2 A)であるのに対し、田村<sup>2)</sup>では「額角を除いた胸甲長を測定した」と記載されているのみで測定部位が定かではないが、額角を除いた最大甲長(図2 C)である可能性もある。別の要因としては、本調査は2007年の駿河湾での、田村<sup>2)</sup>は1946～1949年の熊野灘・遠州灘での調査であり、地域、年代が異なることによる差も考えられる。しかしながら、サイズは異なるものの、田村<sup>2)</sup>が推定した性転換や抱卵サイズに達するまでの年令や推定寿命<sup>2)</sup>は類似したものとなった。いずれにしても漁獲物調査は1日だけの調査であり、飼育個体数も少ないことから、今後の生態調査に期待したい。

漁獲物、脱皮殻、生残個体、へい死個体のサイズ組成と成長推定値をまとめて比較したものを図3に示した。今回求めた成長モデルと比較すると、ふ化後1年で漁獲され始め、漁獲物の中心は2～4年のものであることが示唆された。集団飼育実験における450日後の生残個体のサイズ組成と比較すると、実験開始時に甲長が18～20mm、26～28mm、28～30mmを主体とする群は、実験終了時450日後には、各々26～28mm、28～30mm、30～32mmを主体とする群に成長し、開始時に30～32mmを主体とする群は終了時までにはわずかではあるが32～34mmに成長するものもあるものの大部分がへい死したものと、開始時に34～36mmを主体とする群は終了時までにはへい死したものと示唆された。以上のことから、寿命は5年程度と推定された。

なお、今回のモデルでの最大甲長は約31mmであるのに対して、実際の漁獲物の最大甲長は34.8mmであり3～4mm程度の開きがある。過小評価ではあるものの、同一日にふ化した個体を600日以上飼育した結果においても甲長に5mm程度の差が認められていることから、モデル値±3mmの範囲で成長を考慮する必要があると思われる。

以上、今回得られた情報により生長ラインを推定す

るとともに、漁獲物サイズ等と比較することにより、本種の生残、成長過程の概要を把握することができた。ふ化してから1年以内には漁獲サイズに達するクルマエビ<sup>12)</sup>と比較すると、1年以上かかる本種の成長は遅い。しかしながら、高い生残率を考慮すると、本種は増養殖対象種として十分期待がもてた。

本研究においては、漁獲物調査回数の少なさ、雌雄情報不足、初期成長情報不足など、まだまだ調査・情報の少なさ課題と考えられ、今後ボタンエビの資源の回復を目指すためにも、さらなる生態的知見や増養殖技術が必要であろう。

## 謝 辞

本種の入手や飼育に御協力いただいた焼津漁業協同組合の橋政道(船名 寿々丸)様、同漁協職員の方々、静岡県水産技術研究所駿河湾深層水水産利用施設の職員の方々に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 三宅貞祥(1998): 原色日本大型甲殻類図鑑(I), 保育社, 大阪, 261pp.
- 2) 田村 保(1950): ボタンエビの生態, 日本水産学会誌, 15(11), 721～724.
- 3) 沢田貴義(1975): VII駿河湾漁場開発調査研究 2. 駿河湾底生生物分布調査, 昭和49年度静岡県水産試験場事業報告, 36～39.
- 4) 沢田貴義(1976): VI駿河湾漁場開発調査 2. 駿河湾底生生物分布調査 (1)エビかご調査, 昭和50年度静岡県水産試験場事業報告, 35～40.
- 5) 静岡県水産試験場(1977): エビかご漁業, 駿河湾漁場開発調査報告書, 196～200.
- 6) 河尻正博(1986): 駿河湾西部エビかご漁業の漁獲管理に関する研究, 昭和60年度静岡県水産試験場事業報告, 31～33.
- 7) 長谷川久志・渡部 元(2016): 深海の使いからの便り—富士のわだつみの「みるくがに」—, *Cancer*, 25, 75～87.
- 8) 日置勝三(1993): 水族館生れのボタンエビを海に放流 まぼろしのエビの復活をめざして, 東海大学社会教育センターだより 海のはくぶつかん, 29(2), 4～5.
- 9) 東海大学社会教育センター(2002): 3年目のボ



- タンエビの放流は, 東海大学社会教育センターだより 海のはくぶつかん, **32**(1), 7.
- 10) Taishaku H., Takeoka H., Konishi K. (2001): Larval stages of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis* Yokoya, 1933 (Decapoda: Caridea: Pandalidae) under laboratory conditions, with notes on its lecithotrophic development, *Crustacean Research*, **30**, 1 ~ 20.
- 11) 岡本一利・菊池信介 (1998): イセエビの生存, 脱皮に及ぼすアンカータグ標識装着の影響と標識残存率, 静岡県水産試験場研究報告, **33**, 11 ~ 14.
- 12) 岡本一利 (1993): クルマエビの種苗生産, 中間育成, 漁獲回収過程における効率についての考察, 静岡県水産試験場研究報告, **28**, 29 ~ 40.
- 13) 岡本一利 (2010): 海洋深層水の水産利用研究, そして異業種連携, 地域連携. 日本水産学会誌, **76**(4), 724.
- 14) 岡本一利 (2006): 成体サクラエビ *Sergia lucens* の生残, 成長におよぼす海洋深層水の影響. 海洋深層水研究, **7**(1), 1 ~ 7.
- 15) Okamoto K (2008): Use of deep seawater for rearing Japanese scampi lobster (*Metanephrops japonica*) broodstock. *Reviews in Fisheries Science*, **16**(1-3), 391 ~ 393.

# Survival, molting, and growth of the Botan shrimp, *Pandalus nipponensis*, in captivity using deep seawater

Kazutoshi Okamoto

**Abstract** The present study was conducted to estimate the survival, molting, and growth of the Botan shrimp *Pandalus nipponensis* in group and individual captivity. Thirty-eight shrimps were captured by fishery. Their carapace length ranged from 16.6 to 34.8 mm (average carapace length: 26.7 mm) and that of the smallest female carrying eggs was 31.0 mm.

In group rearing test, they were group-reared in a laboratory under deep seawater condition (10°C) for 450 days. At the end of the experiment, the survival rate was 44.7 % and the average carapace length was 28.2 mm.

In individual rearing test, three shrimps (average carapace length: 25.1 mm) captured by fishery and four shrimps (average carapace length: 14.2 mm) grown from hatching were individually reared in a laboratory under deep seawater condition (10°C) for 352–500 days. At the end of the experiment, survival rates for shrimps captured and reared were 100 % and the average carapace length were 28.9 and 23.9 mm, respectively.

The molt increment decreased with an increase in carapace length. In contrast, the intermolt period increased as carapace length increased. Two relationships were found: between carapace length and molt increment, and between carapace length and intermolt period. The step-by-step growth model of carapace length was constructed from these relationships. The carapace length of shrimps at 1, 2, 2.4, 3, and 4 years after hatching was 19, 26, 28 (♂→♀ sex change size), 29, and 31 mm (ovigerous size), respectively.

The shrimps were estimated to be 1 year old during the first fishing recruitment and 2–4 years old for the majority of fishing catch. The lifespan of *P. nipponensis* was estimated to be approximately 5 years, based on the results of this study.

**Key words:** Botan shrimp, *Pandalus nipponensis*, Captivity, Deep seawater, Survival, Molting, Growth, Growth model