

東京湾産シャコの浮遊期幼生における塩分耐性

児玉圭太^{†1}, 山川 卓¹, 青木一郎¹, 福田雅明², 清水詢道³Salinity Tolerance of Pelagic Larvae of the Japanese Mantis Shrimp
Oratosquilla oratoria in Tokyo BayKeita KODAMA^{†1}, Takashi YAMAKAWA¹, Ichiro AOKI¹, Masaaki FUKUDA², and Takamichi SHIMIZU³

Our previous study suggested that the increase in river runoff that can cause a decline in surface salinity, could affect decreases in recruitment of the Japanese mantis shrimp *Oratosquilla oratoria* in Tokyo Bay. In the present study, salinity tolerance of the pelagic larvae of *O. oratoria* was tested under rearing conditions. A survival test for 72 hours on the third stage larvae was conducted under 15 combinations of different temperatures (20, 25 and 30°C) and salinities (10, 15, 20, 25 and 31 psu) with two desalination methods (rapid and gradual). The survival rate of the third stage larvae declined greatly at 10 and under 15 psu with gradual and rapid desalination, respectively. A survival test was also conducted on the fifth stage larvae under five-salinities level at 25°C with gradual desalination, and showed that a high survival rate was sustained after 72 hours even in 10 psu salinity. Effects of low salinity on the survival of the pelagic larvae under natural conditions in Tokyo Bay are discussed on the basis of the results of the survival tests under rearing conditions.

Key words: *Oratosquilla oratoria*, mantis shrimp, pelagic larvae, salinity tolerance, Tokyo Bay

はじめに

シャコ *Oratosquilla oratoria* は日本各地の沿岸域に分布する多獲性の漁業対象種である。東京湾においては底生魚介類群集の中で最優占種であり (Kodama *et al.*, 2002), 神奈川県小型底曳網漁業の最重要漁獲対象種である (清水, 2002)。東京湾のシャコの漁獲量は, 1980年代中期から後期にかけて高い水準にあったが, 1992年以降急激に低下し, 以降低水準で推移している (清水, 2002)。特に, 2001年には漁獲量は一時全く出荷できなくなるまでに低下し (児玉

ほか, 2003), 漁業者の経営状態に大きな影響が及んでいる。

適切な資源管理を実施するためには加入量の予測が必要不可欠である。児玉ほか (2003) は, シャコ加入量と環境因子の関連を重回帰分析により解析し, 河川流量の増加が生活史初期段階に影響を及ぼし加入量を減少させている可能性があることを指摘した。そして, 考えうるメカニズムとして次の2つの仮説を提示した: (1) 浮遊期幼生は低塩分耐性を持たず, 河川から大量に淡水が流入した時に生じる低塩分環境下で生残できない, (2) 河川水の流入量の増加により, 表層に湾外方向の密度流が生じ, 表層に分布する幼生は湾外へ輸送され, その結果として湾内漁場への加入量が低下する。

沿岸性のシャコ的一种 *Squilla empusa* においては, 塩分低下にともない浮遊期幼生の生残日数が減少することが報告されており (Morgan, 1980), 東京湾のシャコ浮遊期幼生においても塩分低下が減耗要因となる可能性がある。そこで, 本研究では (1) の仮説を検証するために, 飼育下でシャコ浮遊期幼生の致死塩分濃度を明らかにし, 自然水域下で塩分が加入量決定要因として重要であるか検討を行った。

2003年1月17日受付, 2003年3月25日受理

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科水圏生物科学専攻
Department of Aquatic Bioscience, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657

² 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所海区水産業研究部

Coastal Fisheries and Aquaculture Division, National Research Institute of Fisheries Science, Fisheries Research Agency, 6-31-1 Nagai, Yokosuka-shi, Kanagawa 238-0316

³ 神奈川県水産総合研究所資源環境部
Resources and Environment Division, Kanagawa Prefectural Fisheries Research Institute, Jyogashima, Misaki-cho, Miura-shi, Kanagawa 238-0237

[†] aa17062@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

材料と方法

親個体の採集と飼育方法

東京湾南部水域において、神奈川県水産総合研究所・東京湾生物相モニタリング調査(2002年8月27日)により1個体、および神奈川県横浜市漁業協同組合柴支所所属の小型底曳網漁船(2002年9月1日)により7個体、計8個体のシャコを採集した。採集に際しては、Hamano and Matsuura (1984) に従い尾節裏側より卵巣の成熟度合を目視観察することにより産卵間近とみられる雌個体を選別した。採集されたシャコを、中央水産研究所海区水産業研究部(神奈川県横須賀市)の1t水槽に収容し、自然海水流水下および自然日長下で飼育を行った。水槽の底面には粗砂を敷き、その上に塩化ビニル製またはアクリル製のパイプ(内径56mm、長さ400–600mm)をシャコの人工的巣穴として設置した。1本のパイプ内には1尾のみ生息するようにした。餌として、オキアミ、アサリ、多毛類を毎日与えた。産卵の有無を毎日確認した。産卵を行った個体が生息するパイプの両端を、ポリエステル製ネット(目合1mm×1mm)、またはステンレス製ケージ(70mm×70mm×100mm、目合2mm×2mm)にてカバーした。これは、Hamano and Matsuura (1984) により報告されている親個体の抱卵放棄や他個体による卵の食害を防ぐための措置である。抱卵期間中に親個体の死亡、または親個体による卵食が生じるケースが多く、2個体の親からのみ実験に供する幼生を採集することができた(Table 1)。

孵化までの日数は水温に関連しており(Hamano and Matsuura, 1987)、孵化日を推定することが可能である。搬入してから孵化に至るまでの飼育水槽内の平均水温は27°C (range: 25–29°C) であり、Hamano and Matsuura (1987) の水温–抱卵期間の関係式より産卵から孵化までの期間は少なく見積もって約9日間であると推定された。したがって、産卵日から9日間経過した時点で、抱卵個体の入ったパイプを1t水槽から50lの濾過海水を満たした小型水槽(60cm×30cm×36cm)に個別に収容し、卵が孵化するまで流水下で飼育を行った。孵化後に小型水槽から親個体を除去し、Kubo *et al.* (1959) に近い体長(額角基部から尾節中央の切込み前端まで)を0.1cmの単位で測定した。

幼生の飼育方法

幼生を1槽あたり約3000個体となるように複数の小型水槽(60cm×30cm×36cm)に分けて収容し、50lの濾過海水を満たし、流水下(0.1~0.2l/min)および自然日長下にて飼育を行った。エアレーションは0.8l/minで行った。アルテミアを水槽1lあたり約500個体(500個体/l)となるように給餌した。成長段階の進んだシャコ幼生の餌とするために、アルテミアを1lビーカー、または15lの海水を満たした小型容器にて飼育し、成長させた。アルテミアの餌料として、マリンオメガ(日清マリンテック製)、または、植物プランクトン *Phaeodactylum tricornutum* を用いた。シャコ幼生

のサイズに応じて、投与するアルテミアのサイズを調節した。幼生飼育水槽中のアルテミアの餌料として、幼生飼育水槽にマリンオメガを25ml/毎日投入した。

塩分耐性実験

Hamano and Matsuura (1987) によると、シャコ幼生は全11期のステージを経て稚シャコに変態し着底する。そして、孵化直後の第1、第2期幼生は卵黄を有し摂餌活動は活発ではなく底層で生活し、孵化後3日目以降に第3期幼生となり浮遊生活を開始し活発に摂餌活動を行う。本実験の目的は、浮遊期幼生についての塩分耐性を調査することにあるので、全ての個体が第3期幼生となる孵化後5日経過した幼生を実験に供した。また、成長が進んだ幼生についての塩分耐性を評価するために、孵化後17日経過した幼生についても実験を行った。

3段階の水温(20、25および30°C)に5段階の塩分濃度(31(対照区)、25、20、15および10psu)を組合せた合計15実験区を設定し、幼生の塩分耐性を調査した。20、25°C区は容器をそれぞれ恒温室内に設置することで設定した。30°C区は、25°Cの恒温室内にウォーターバスを設置して飼育水を温めることにより設定した。光周期は13L11Dに設定した。

実験開始前に約15lの濾過海水(31psu)を満たした小型容器(37cm×20.5cm×28cm)を複数用意し、4日齢の幼生を幼生飼育水槽から取出して、容器1個あたり約500個体を収容し、各温度区に設置して目的水温に1日間馴致させた。そして5日齢に達した幼生の中から、正の走光性を利用し水面へ向かい活発な遊泳を行う個体を選別して、以下の塩分降下実験に供した。またそれとは別に、実験に供する個体と同程度のサイズの幼生10個体を取り出し、その頭胸甲長(CL: 前外側棘基部から後外側棘基部まで)を万能投影機上にて0.01mmの単位で測定した(平均CL=0.96mm, SD=0.05mm: 第3期幼生に相当)(Table 1)。以上の手順により、各実験区とも300ml/ビーカーに5日齢幼生を20個体収容した。孵化直後のアルテミアノープリウスを約10個体/ml給餌した。エアレーションは施さなかった。細菌類の繁殖を防ぐ目的で、ストレプトマイシンを20μg/l添加した。

塩分の降下は、濾過海水(31psu)を蒸留水で希釈することにより実施し、次の2通りの方法をとった: 濾過海水の入ったビーカーへ幼生を投入し、駒込ピペットで蒸留水を添加することにより、1時間に1psuずつ段階的に塩分降下(EXP-A)、設定塩分の海水を満たしたビーカーへ直接幼生を投与(急激な塩分降下)(EXP-B)。各実験区につき、幼生を収容したビーカーをEXP-Aでは3個、EXP-Bでは2個設置し、同時に実験を行った。

換水のため24時間毎に新たに各実験区の水温、塩分の飼育水を満たした300ml/ビーカーを用意し、そこへ前日から生残している個体を先を削った駒込ピペットによって移

Table 1. Spawners of *O. oratoria* and their offspring used for the experiments.

Spawners		Pelagic larvae used for the experiment			
Body length (mm)	Date of spawning	Date of hatch	Initial age and stage	CL (mm) mean±SD	Experiment
91	1 September, 2002	11 September, 2002	5 days (3rd stage)	0.96±0.05	EXP-A, B
75	8 September, 2002	21 September, 2002	17 days (5th stage)	1.71±0.06	EXP-A+

送し、同時に生残個体数の計数も行った。この時に、孵化直後のアルテミアノープリウスを約10個体/m³給餌した。実験開始から24, 48, および72時間経過後の生残個体数を記録した。

孵化後17日経過した幼生については、目視により同程度のサイズの個体を選別し実験に供した。供試個体とは別に体長測定用として同様に10個体を選別し、CLを測定した(平均CL=1.71 mm, SD=0.06 mm: 第5期幼生に相当)(Table 1)。幼生の生残数が少なく十分な個体数が確保できなかったため、水温は25°C区のみとし、5段階の塩分濃度(31(対照区), 25, 20, 15 および10 psu)の実験区を設定した。各実験区において幼生を5個体収容した1/ビーカーを2個設置し、同時に実験を行った。また、微量のエアレーションを施した。成長させたアルテミア(体長1.0-1.8 mm)を約5個体/m³給餌した。塩分降下についてはEXP-Aの方法のみ実施した(EXP-A+)。その他の操作、生残数計測方法は5日齢の幼生について行った実験と同様である。

各実験区について、生残個体数の平均値とその標準誤差、および生残率を24時間毎に算出した。EXP-A, Bについて、水温と塩分を要因とした繰り返しのある2元配置分散分析により、要因ごとの72時間経過後生残数の差を検定した。水温と塩分に交互作用が認められた場合には、水温と塩分の各組合せにおける72時間経過後生残数を水準とした1元配置分散分析により水準間の差を検定した。EXP-A+については、各塩分区間の72時間経過後生残数の差を1元配置分散分析により検定した。分散分析において72時間経過後生残数に有意な差が認められた場合には、Scheffé検定(Sokal and Rohlf, 1981)により多重比較を行った。

飼育水の水温は棒状温度計、塩分およびpHはポータブル電気伝導率・pH計(WM-22EP, TOA DKK製)により測定した。飼育実験期間中の試水のpHは7.9から8.2の間であった。

結果

孵化後5日経過した幼生についての塩分耐性実験

段階的に塩分を降下させた場合(EXP-A)、全ての水温区の10 psu区において72時間経過後の生残率は他の塩分区より

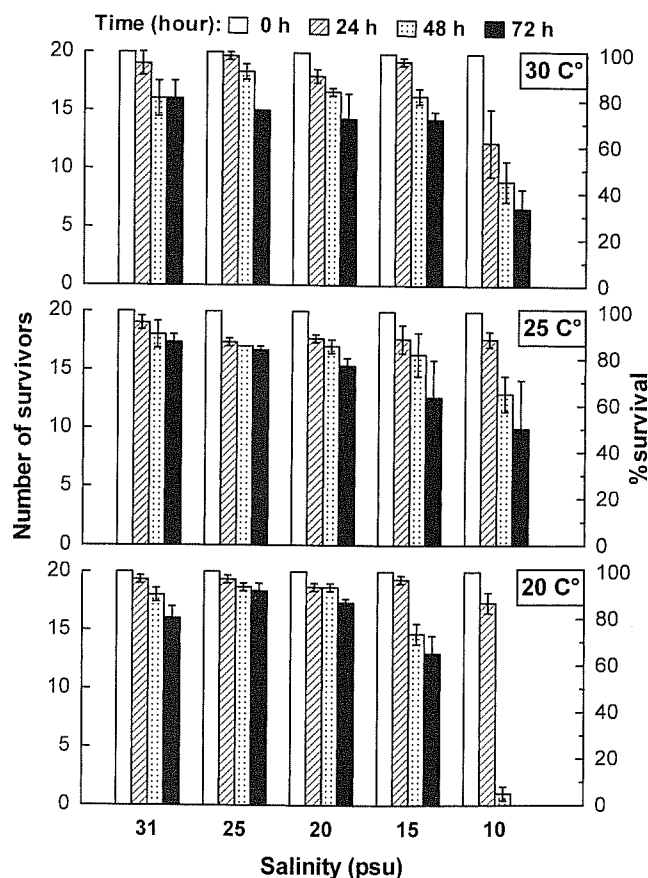


Figure 1. Mean (column)±SE (bar) of survivors of *O. oratoria* larvae at the end of 72-hour experiments of gradual desalination (EXP-A). The larvae were 5 days old at the beginning of the experiments. Percent survival is read on the right axis.

低く (Fig. 1)、24時間経過後に生残していた幼生は瀕死状態であり、遊泳せずビーカーの底面で横たわるか仰向けになり腹肢を煽っていた。48時間経過後には、25°C区および30°C区では、瀕死状態から回復し遊泳を再開するものと、そのまま死亡するものがいた。20°C区では回復した個体は少なく72時間経過後には全個体が死亡した (Fig. 1)。15 psu以上の塩分区では、72時間経過後の生残率は高く、63.3% (25°C 15 psu区) から91.7% (20°C 25 psu区) の間にあった (Fig. 1)。2元配置分散分析を行った結果、水温と

Table 2. Scheffé's test for differences in number of survivors of *O. oratoria* larvae at the end of the 72-hour experiment of the gradual desalination (EXP-A).

Temperature (row×column)	Salinity	Salinity				
		10	15	20	25	31
30°C×30°C	10	—	—	—	—	—
	15	ns	—	—	—	—
	20	ns	ns	—	—	—
	25	ns	ns	ns	—	—
	31	ns	ns	ns	ns	—
25°C×25°C	10	—	—	—	—	—
	15	ns	—	—	—	—
	20	ns	ns	—	—	—
	25	ns	ns	ns	—	—
	31	ns	ns	ns	ns	—
20°C×20°C	10	—	—	—	—	—
	15	*	—	—	—	—
	20	**	ns	—	—	—
	25	**	ns	ns	—	—
	31	**	ns	ns	ns	—
25°C×30°C	10	ns	ns	ns	ns	ns
	15	ns	ns	ns	ns	ns
	20	ns	ns	ns	ns	ns
	25	ns	ns	ns	ns	ns
	31	ns	ns	ns	ns	ns
20°C×30°C	10	ns	*	*	**	**
	15	ns	ns	ns	ns	ns
	20	ns	ns	ns	ns	ns
	25	ns	ns	ns	ns	ns
	31	ns	ns	ns	ns	ns
20°C×25°C	10	ns	ns	**	**	**
	15	ns	ns	ns	ns	ns
	20	ns	ns	ns	ns	ns
	25	ns	ns	ns	ns	ns
	31	ns	ns	ns	ns	ns

* Significantly different at $P < 0.05$.

** Significantly different at $P < 0.01$.

ns=not significant.

塩分間に交互作用が検出された ($P < 0.05$). 水温と塩分の各組合せにおける72時間経過後生残数を水準として1元配置分散分析を行った結果, 水準間に有意な差が見られた ($P < 0.01$). Scheffé検定の結果, 20°C 10 psu区と, 20°C 15–31 psu区, 25°C 20–31 psu区および30°C 15–31 psu区の間で72時間後生残数に有意な差が検出された (Table 2). 20°C 10 psu区以外の実験区の間では有意差は見られなかった (Table 2).

低塩分の飼育水へ直接幼生を投与した場合(EXP-B), 全ての水温区における10および15 psu区でビーカーへ投入直後に全ての個体が瀕死状態となり, 底面に横たわり腹肢を

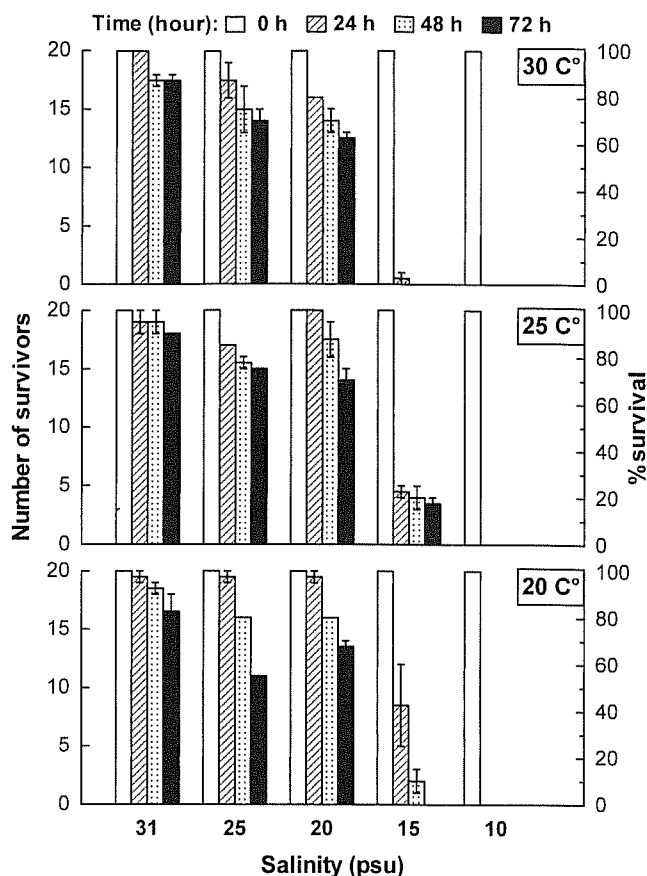


Figure 2. Mean (column)±SE (bar) of survivors of *O. oratoria* larvae at the end of 72-hour experiments of rapid desalination (EXP-B). The larvae were 5 days old at the beginning of the experiments. Percent survival is read on the right axis.

煽っていた。10 psu区では24時間経過後に全個体が死亡した (Fig. 2), 15 psu区においても24時間経過後には大部分の個体が死亡し (Fig. 2), 生残している個体は依然として遊泳を行わずビーカー底面で瀕死状態にあった。48時間経過後には遊泳を再開する個体もいたが, 72時間経過後には20および30°C区で全個体が死亡, 25°C区でも生残率は17.5%と低かった (Fig. 2)。20, 25および31 psu区では72時間経過後生残率は高く, 55% (20°C 25 psu区) から90% (25°C 31 psu区) の間にあった (Fig. 2)。2元配置分散分析を行った結果, 水温と塩分間に交互作用が検出された ($P < 0.05$), 水温と塩分の各組合せにおける72時間経過後生残数を水準として1元配置分散分析を行った結果, 水準間に有意な差が見られた ($P < 0.01$). Scheffé検定の結果, 同一温度区内および異なる温度区間ともに, 10, 15 psu区と20, 25, 31 psu区の72時間経過後生残率の間に有意な差が見られた ($P < 0.01$) (Table 3).

孵化後17日経過した幼生についての塩分耐性実験

段階的に塩分を降下させた結果(EXP-A+), 72時間後生残

Table 3. Scheffé's test for differences in number of survivors of *O. oratoria* larvae at the end of the 72-hour experiment of the rapid desalination (EXP-B).

Temperature (row×column)	Salinity	Salinity				
		10	15	20	25	31
30°C×30°C	10	—	—	—	—	—
	15	ns	—	—	—	—
	20	**	**	—	—	—
	25	**	**	ns	—	—
	31	**	**	*	ns	—
25°C×25°C	10	—	—	—	—	—
	15	ns	—	—	—	—
	20	**	**	—	—	—
	25	**	**	ns	—	—
	31	**	**	ns	ns	—
20°C×20°C	10	—	—	—	—	—
	15	ns	—	—	—	—
	20	**	**	—	—	—
	25	**	**	ns	—	—
	31	**	**	ns	*	—
25°C×30°C	10	ns	ns	**	**	**
	15	ns	ns	**	**	**
	20	**	**	ns	ns	ns
	25	**	**	ns	ns	ns
	31	**	**	*	ns	ns
20°C×30°C	10	ns	ns	**	**	**
	15	ns	ns	**	**	**
	20	**	**	ns	ns	ns
	25	**	**	ns	ns	**
	31	**	**	ns	ns	ns
20°C×25°C	10	ns	ns	**	**	**
	15	ns	ns	**	**	**
	20	**	**	ns	ns	ns
	25	**	**	ns	ns	**
	31	**	**	ns	ns	ns

* Significantly different at $P<0.05$.

** Significantly different at $P<0.01$.

ns=not significant.

率は60% (15 psu区) から90% (31 psu区) の間にあった (Fig. 3). 低塩分区 (10および15 psu) では、24時間経過後にEXP-AおよびBで観察されたような瀕死状態に陥る個体はおらず、生残率も高かった。1元配置分散分析の結果、各塩分区分間で72時間後生残率に有意な差は検出されなかった。

考 察

今回の実験から5日齢の幼生については、段階的に塩分を降下させた場合 (EXP-A) には20°C 10 psuで、急激に塩分を降下させた場合 (EXP-B) には全ての水温区において15

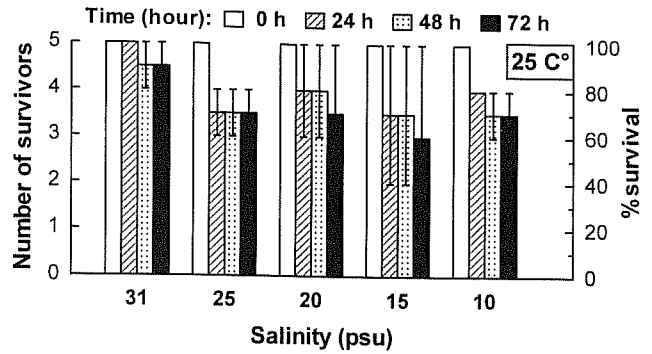


Figure 3. Mean (column)±SE (bar) of survivors of *O. oratoria* larvae at the end of 72-hour experiments of 5 salinity conditions under 25°C. The larvae were 17 days old at the beginning of the experiments. Desalination was conducted at a rate of 1 psu/hr. Percent survival is read on the right axis.

psu以下で生残率が大きく低下することが明らかとなった。沿岸性のシャコ的一种 *Squilla empusa* の浮遊期幼生についても、様々な塩分条件下で飼育した結果、塩分15‰ (約15 psu) 以下で生残日数が大きく減少することが報告されている (Morgan, 1980). 塩分が急激に15 psu以下へ降下した時には、幼生は即座に瀕死状態に陥ることや、段階的に塩分降下した場合よりも致死塩分濃度が高いことから、塩分の降下速度が速い場合にはシャコ浮遊期幼生の生残率の低下が促進される可能性があると考えられる。

17日齢の幼生について段階的に塩分を降下させた場合 (EXP-A+) には、5日齢の幼生の場合より高い生残率が得られた。この結果は、幼生が成長するにつれ低塩分への耐性が高まることを示唆している。しかし、急激に塩分を降下させた場合や、さらに成長の進んだ幼生についての塩分耐性実験を行っていないため、この点に関しては更に検討を要する。

水温による生残率の違いについては、段階的に塩分降下を行った場合 (EXP-A) における20°C 10 psu区で顕著に生残率が低下したことを除き、大きな差は見られなかった。全ての温度区の10 psu区において、24時間経過後には幼生は瀕死状態にあった。48時間経過後に30°Cおよび25°C区の10 psu区では生残していた個体の大部分が回復したのに対し、20°C 10 psu区ではほぼ全ての個体が死亡した。この原因については本研究で解明し得なかったが、水温が低い場合には塩分耐性が低下する可能性も考えられる。

以上の結果を総合すると、浮遊生活期初期段階において塩分15 psu以下の低塩分水に遭遇した場合、特に急激な塩分降下が起こった場合に、大量減耗が生じ加入量の低下を引き起こす可能性があると考えられる。そこで、自然水域下においてシャコの浮遊期幼生が塩分15 psu以下の低塩分水に遭遇し死亡する可能性について検討する。

自然水域において塩分が最も低下するのは表層域であ

る。シャコ浮遊期幼生の昼間の鉛直分布は、6月から7月には密度躍層下の水深20~30mに分布するが、8月以降は密度躍層上の水深10mに分布の中心が移る(中田, 1986)。これは、夏季に底層に形成される貧酸素水塊を避けるための現象と推察されている(中田, 1986)。一方、夜間には表層域に集中して分布する(中田, 1987)。また、東京湾において浮遊期幼生の出現盛期は8月から9月にあるため(清水, 2000)、年間に出現する浮遊期幼生の大部分が表層10m以浅に分布することになる。特に表層に分布が集中する夜間においては低塩分水に遭遇する可能性が最も高いと考えられる。

しかしながら、シャコ浮遊期幼生の出現中心域は東京湾南部の中ノ瀬周辺にある(中田, 1986)。この水域では表層域の塩分は河川水が湾内へ大量に流入した場合にも15psu以下に低下することはなく(海上保安庁海洋情報部, 私信)、毎月1回行われている定点観測の結果からも20psu以下まで低下することは見られない(神奈川県水産総合研究所浅海定線調査, 環境庁公共水域水質データファイル)。したがって、東京湾では浮遊期幼生の大部分が致死的な塩分濃度である15psu以下の水塊に遭遇する可能性は低いと考えられる。

また、東京湾においては、表層域の塩分は河口域に近い水域で河川流量が増加した時に10psu程度まで低下することが報告されている(岡田ほか, 2001)。このような水域に分布する浮遊期幼生は塩分低下に伴い死亡する可能性があるが、分布量としては少ないため加入量の決定に影響するほどの大量減耗にはつながらないと考えられる。一方、種々の動物プランクトンや甲殻類幼生において、表層の低塩分水を避けて底層へ鉛直移動することが報告されている(Lance, 1962; Roberts, 1971; Lougee *et al.*, 2002)。自然下においてシャコ浮遊期幼生が表層域で好適でない塩分水塊に遭遇した場合、忌避的反応を示し鉛直移動により塩分の高い底層へ回避行動をとる可能性も考える。この点に関しては、塩分傾度のある水槽下にて飼育実験を行い、シャコ浮遊期幼生が低塩分水を能動的に回避するかどうかを評価する必要がある。

一方、甲殻類では脱皮の際に大量死亡がしばしば起こる。他の甲殻類の幼生では、脱皮時、特に幼生の成長段階後期の変態時において、脱皮の失敗による死亡(脱皮死症候群)が起こることが報告されており、その要因として脱皮、変態に至るまでの過程における累積的な餌料栄養の不足または過多による栄養障害が考えられている(Brock, 1990; Kurmaly *et al.*, 1990; Hamasaki *et al.*, 2002)。塩分の変化が幼生の脱皮時の死亡に関与するという報告は見当たらないが、脱皮および変態時に低塩分環境に遭遇した場合には幼生の死亡率が高まる可能性はある。また、塩分低下が幼生の摂餌量低下を引き起こし、その後の脱皮に間接的な影響を与えることなども可能性として考えられる。本研究では、塩

分が幼生の脱皮時の生残に及ぼす影響については評価しておらず、この点については別に実験を行い検討する必要がある。ただし、本研究における予備的実験にて、孵化した幼生を10日齢まで25°Cにおいて段階的塩分降下により様々な塩分条件で飼育したところ、飼育期間中に脱皮が生じたにもかかわらず、10psuにおいても大きな減耗はみられなかった。また、シャコの主分布域である東京湾南部水域では塩分20psu以下の低塩分環境が長期間持続するとは考えにくい。仮に、本種の幼生が脱皮時において低塩分に対する耐性が低いとしても、幼生個体群の脱皮時期が分散していれば、大きな減耗にはつながらないと考えられる。

以上に述べたことより、東京湾においては、河川流入量の増加による塩分低下が、シャコ浮遊期幼生に直接的影響を及ぼし大量死亡を引き起こす可能性は低く、本種の加入量決定要因とはならないものと考えられる。今後は河川流量の増加にともなう湾内の流動により幼生が湾外へ輸送される可能性を含め、本種の加入量を規定する要因について検討を行う必要がある。

謝 辞

サンプル採集にご協力いただいた横浜市漁業共同組合柴支所の漁業者、神奈川県水産総合研究所漁業指導船うしおの乗組員の方々に深謝する。飼育施設利用の便宜を図っていただき、また研究に対する貴重なご助言をいただいた中央水産研究所海区水産業研究部の薮田義成部長はじめ研究者並びに職員の方々に厚く御礼申し上げる。*Phaeodactylum tricoratum*を提供していただいた三重県科学技術振興センター水産研究部の松田浩一主任研究員に謝意を表す。

引用文献

- Brock, J.A. (1990) オニテナガエビ養殖における疾病と病理。世界のエビ類養殖—その基礎と技術—, C.C. Justo編, 緑書房, 東京, 226-245.
- Hamano, T. and S. Matsuura (1984) Egg laying and egg mass nursing behaviour in the Japanese mantis shrimp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1969-1973.
- Hamano, T. and S. Matsuura (1987) Egg size, duration of incubation, and larval development of the Japanese mantis shrimp in the laboratory. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 23-39.
- Hamasaki K., M.A. Suprayudi and T. Takeuchi (2002) Mass mortality during metamorphosis to megalops in the seed production of mud crab *Scylla serrata* (Crustacea, Decapoda, Portunidae). *Fish. Sci.*, **68**, 1226-1232.
- Kodama, K., I. Aoki, T. Taniuchi and M. Shimizu (2002) Long-term changes in the assemblage of demersal fishes and invertebrates in relation to environmental variations in Tokyo Bay, Japan. *Fish. Manag. Ecol.*, **9**, 303-313.
- 児玉圭太・清水詢道・青木一郎 (2003) 東京湾におけるシャコ加入量の変動要因。神水研報, **8**, 71-76.
- Kubo, I., S. Hori, M. Kumemura, M. Naganawa and J. Soedjono (1959) A biological study on a Japanese edible mantis-shrimp, *Squilla oratoria* de Haan. *J. Tokyo. Univ. Fish.*, **45**, 1-25.
- Kurmaly, K., D.A. Jones and A.B. Yule (1990) Acceptability and digestion

- of diets fed to larval stages of *Homarus gammarus* and the role of dietary conditioning behaviour. *Mar. Biol.*, **106**, 181–190.
- Lance, J. (1962) Effects of water of reduced salinity on the vertical migration of zooplankton. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **42**, 131–154.
- Lougee, L.A., S.M. Bollens and S.R. Avent (2002) The effects of haloclines on the vertical distribution and migration of zooplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **278**, 111–134.
- Morgan, S.G. (1980) Aspect of larval ecology of *Squilla empusa* (Crustacea, Stomatopoda) in Chesapeake Bay. *Fish. Bull.*, **78**, 693–700.
- 中田尚宏 (1986) 東京湾におけるシャコ幼生の分布について. 神水試報, 7, 17–22.
- 中田尚宏 (1987) プランクトンネットによるシャコ幼生調査. 昭和61年度東京湾横断道路漁業影響調査報告書, 279–283.
- 岡田知也・中山恵介・野村宗弘・寶田桂一・宮野 仁・古川恵太 (2001) 東京湾湾奥部における Chl-a (植物プランクトン量) 空間分布評価モデルに関する検討. 港湾技研資料, **1003**, 1–21.
- Roberts, M.H. (1971) Larval development of *Pagrus longicarpus* Say reared in the laboratory: III. Behavioral responses to salinity discontinuities. *Biol. Bull.*, **140**, 489–501.
- 清水詢道 (2000) 東京湾におけるシャコ浮遊幼生の生残率の推定. 神水研報, **5**, 55–60.
- 清水詢道 (2002) 東京湾のシャコ資源について (総説)—I 資源利用の概観と生活史. 神水研報, **7**, 1–10.
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf (1981) *Biometry*. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 859 pp.