

テナガエビ幼生の生残と成長に及ぼす水道水の脱塩素方法 の影響

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	今井, 正 豊田, 恵聖 齋藤, 寛 秋山, 信彦
巻/号	51巻4号
掲載ページ	p. 417-422
発行年月	2003年12月

テナガエビ幼生の生残と成長に及ぼす水道水の 脱塩素方法の影響

今井 正・豊田恵聖・齋藤 寛・秋山信彦

(2003年10月20日受理)

Effects of Dechlorination Methods of Tap Water on Survival and Growth of *Macrobrachium nipponense* Larvae

Tadashi IMAI^{*1}, Yoshimasa TOYOTA^{*2},
Hiroshi SAITO^{*3}, and Nobuhiko AKIYAMA^{*4}

Abstract: Tap water is generally used for the rearing experiment of aquatic animals. Dechlorination of tap water is required to eliminate harmful effect of residual chlorine which is used to control the quality of tap water. In this study, the effects of dechlorination methods of tap water on survival and growth of *Macrobrachium nipponense* larvae were investigated under feeding and non-feeding conditions. Tap water was dechlorinated by three methods, namely aeration, ion-exchange resin and sodium thiosulfate for rearing larvae. The animals were taken from a freshwater lake, Lake Suwa-ko, a brackish water lake, Lake Sanaru-ko, and a river, River Asahina-gawa which flows into Suruga Bay. Larvae from the Lake Suwa-ko and the Lake Sanaru-ko lived longer and reached more advanced stages in the tap water dechlorinated by aeration and ion-exchange resin than those in the same freshwater dechlorinated by sodium thiosulfate. Survival time of larvae from the River Asahina-gawa in tap water dechlorinated by the three methods showed no distinct difference. Moreover, almost all of the larvae did not molt in the freshwater. Adding seawater to the dechlorinated tap water improved the survival rate of larvae irrespective of the dechlorination methods. These results indicate that neither aeration nor ion-exchange resin for dechlorination of tap water affect larval rearing.

Key words: *Macrobrachium nipponense*; Larval rearing; Tap water; Dechlorination

テナガエビ, *Macrobrachium nipponense* は本州, 四国, 九州の河川河口域や淡水・汽水の湖沼に生息するエビである¹⁾。河川河口域や汽水湖沼に生息するテナガエビの幼生の生残には, 塩分が必要であり, 室内実験からも証明されている²⁻⁴⁾。一方, 淡水湖沼に生息するものは, 淡水中で一生涯を過ごしていることは明らかであるが⁵⁻⁷⁾, 室内実験では淡水中での幼生の生残は極めて低く, 高い生残を得るためには塩分が必要である

ことが知られている^{2,3,8)}。

幼生を実験室内で淡水, あるいは希釈海水を用いて飼育する際には, 利便性から水道水を用いるが, 水道水には消毒用の塩素が入っており, この塩素は低濃度であっても水生生物には有害な残留塩素となる⁹⁾。オニテナガエビ, *M. rosenbergii* 幼生では0.1 ppmの残留塩素があっても斃死の原因となることが明らかにされている¹⁰⁾。したがって水道水の利用にあたっては, 残

^{*1} 東海大学大学院海洋学研究科 (Graduate School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shizuoka, Shizuoka 424-8610, Japan) .

現所属: 岩城町役場振興課 (Section of Promotion, Iwaki Town Office, Iwaki, Yuri, Akita 018-1392, Japan) .

^{*2} 東海大学海洋学部海洋科学科 (Department of Marine Science, School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shizuoka, Shizuoka 424-8610, Japan) .

^{*3} 東海大学海洋学部清水教養教育センター (General Education Program Center, School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shizuoka, Shizuoka 424-8610, Japan) .

^{*4} 東海大学海洋学部水産学科 (Department of Fisheries, School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shizuoka, Shizuoka 424-8610, Japan) .

留塩素の除去（脱塩素）が必要である。脱塩素には数種の方法があるが¹¹⁾、これまで、脱塩素方法の違いによる幼生の生残と成長に対する影響についての検討はなされていない。

そこで、本研究ではテナガエビ幼生が淡水中でポストラバまで生残する要因を明らかにする研究の一環として、水道水を実験に使用する際、テナガエビ幼生の生残と成長に影響のない脱塩素方法を検討した。

材料および方法

供試個体 1998年5～7月に長野県諏訪郡の諏訪湖、静岡県浜松市の佐鳴湖および同県焼津市の朝比奈川ですくい網を用い、抱卵していた雌を採集した。実験にはこれらの雌から孵化したゾエア期幼生を用いた。なお、諏訪湖は淡水湖であるが、佐鳴湖は潮の干満によって塩分0～3.2 PSUとなる汽水湖である⁷⁾。朝比奈川の採集場所は潮の影響を僅かに受け、塩分0～0.1 PSUとなる下流域であった。

抱卵した雌の飼育および水槽内での幼生の孵化、回収方法については今井ら³⁾と同様の方法とした。

水道水の脱塩素方法 実験用水とした水道水の脱塩素方法は、1) 5 l 容ポリエチレン製広口瓶に水道水を入れ、6時間以上曝気する方法、2) 両性イオン交換樹脂（脱塩素装置、株式会社マツイ製）に水道水を通す方法、3) 1 l の水道水に対し20 mg の割合でチオ硫酸ナトリウム（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）を入れる3つの方法とした。チオ硫酸ナトリウムの量は、観賞魚飼育の場合に、40 l に対し1 g（2～3粒）を入れるのが一般的であることから、これを参照した。

なお、それぞれの実験用水中の残留塩素が0 ppmであることは、簡易測定キット（Flora社）で確認した。

無給餌飼育実験 実験容器には12孔マイクロプレート（Corning社）を用い、各孔に3種類の方法で脱塩素した実験用水をそれぞれ4 ml 入れた。1回の実験には、それぞれの実験用水で孵化直後の同腹の幼生24個体、計72個体を用い、各孔に1個体ずつ収容した。幼生を収容したプレートは白色蛍光灯によって照度3200 lx で日長12時間、温度29℃に調節したインキュベーター内に置いた。幼生が死亡するまで6時間間隔で生死と脱皮の有無を実体顕微鏡下で観察した。幼生の死亡は心臓搏動の停止で確認した。生息地ごとにそれぞれ3回繰り返し実験した。

なお、致死時間は分散が不等であったので、中央値で示し、有意差は中央値検定で調べた。

給餌飼育実験 実験方法は、今井ら³⁾に従い、29℃の恒温水槽内に置いた500 ml ガラスビーカーに前述の3種類の実験用水500 ml とともに幼生20個体を収容した。幼生が死亡するかポストラバに変態するまでア

ルテミア、*Artemia* sp.のノウブリウス幼生を1日1回給餌し、生残と成長を比較した。生息地ごとに3回繰り返し実験した。

また、3種類の方法で脱塩素した水道水で海水を10%に希釈した実験用水（塩分3.4 PSU）についても、諏訪湖産の幼生を用いて同様の実験をし、生残数とポストラバへの到達日数を比較した。ポストラバへの到達日数は、分散が不等であったので中央値で示し、差については中央値検定で調べた。

結果

無給餌条件下で3つの方法で脱塩素した水道水中での幼生の生残と成長の違い 諏訪湖産の幼生を無給餌飼育した場合、6時間以上曝気した場合と両性イオン交換樹脂で脱塩素した水道水では、致死時間の中央値は90時間であった。それに対し、チオ硫酸ナトリウムで脱塩素した実験用水に収容した幼生の場合では36時間と明らかに短かった（中央値検定、 $P < 0.05$ ）（Fig. 1）。佐鳴湖産の幼生についても諏訪湖産の場合と同様の結果が得られた（Fig. 1）。朝比奈川産の幼生の場合、曝気した実験用水では90時間、イオン交換樹脂を通した場合では87時間と前述同様の傾向であった（Fig. 1）。チオ硫酸ナトリウムを入れた場合では78時間と曝気した場合よりも短かったが（ $P < 0.05$ ）、他の2つの生息地の場合よりも長時間生存した（ $P < 0.05$ ）。

また、諏訪湖産と佐鳴湖産の幼生の場合、曝気ないし両性イオン交換樹脂で脱塩素した実験用水では、無給餌であるにもかかわらず、それぞれの実験に用いた72個体全てが第2ゾエア期に達し、そのうち15～42個体は第3ゾエア期まで到達した（Table 1）。一方、チオ硫酸ナトリウムを入れた場合、72個体のうち、諏訪湖産では36個体、佐鳴湖産では18個体が第2ゾエア期に到達したが、第3ゾエア期に到達した個体は見られなかった。これらの脱皮した個体は、脱皮後12時間以内に死亡を確認した。他方、朝比奈川産の幼生では、イオン交換樹脂を通した場合だけ72個体中4個体が第2ゾエア期へ到達した（Table 1）。

給餌条件下で3つの方法で脱塩素した水道水中での幼生の生残と成長の違い 3種類の実験用水でそれぞれ諏訪湖産の幼生を給餌飼育した場合、曝気した水道水では3回中1回、両性イオン交換樹脂を通した実験用水では3回ともポストラバに到達した。到達数はいずれの場合も20個体中1個体もしくは2個体であった（Fig. 2）。これに対し、チオ硫酸ナトリウムを用いた場合では3回の実験とも2日ないし4日で全滅した。この時、幼生は第2ゾエア期に達していたが、第3ゾエア期に到達する個体は見られなかった（Table 2）。

佐鳴湖産と朝比奈川産の幼生では、給餌条件下でも

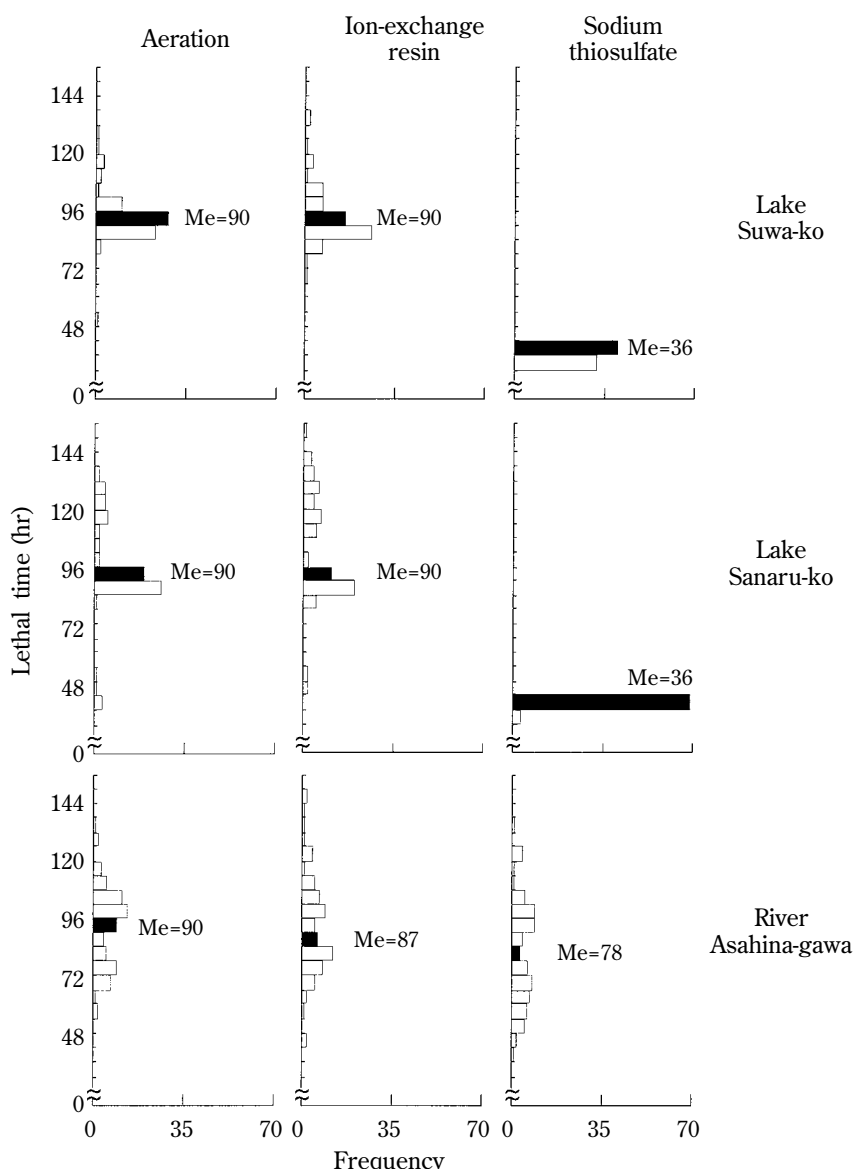


Fig. 1. Lethal time of *Macrobrachium nipponense* larvae from the three localities reared in dechlorinated tap water by three different methods under non-feeding condition. Seventy-two individuals used for each experiment. Black columns show class included median of the lethal time.

Table 1. Number of *Macrobrachium nipponense* larvae from the three localities attained to each zoeal stage, reared in dechlorinated tap water by three different methods under non-feeding condition

Locality	Dechlorination method	Zoeal stage			
		1st	2nd	3rd	4th
Lake Suwa-ko	Aeration	72	72	19	0
	Ion-exchange resin	72	72	15	0
	Sodium thiosulfate	72	36	0	0
Lake Sanaru-ko	Aeration	72	72	25	0
	Ion-exchange resin	72	72	42	0
	Sodium thiosulfate	72	18	0	0
River Asahina-gawa	Aeration	72	0		
	Ion-exchange resin	72	4	0	
	Sodium thiosulfate	72	0		

ポストラバには到達しなかった。佐鳴湖産では曝気あるいはイオン交換樹脂を通した実験用水では、第3ゾエア期まで到達した個体が見られたが (Table 3), 6日ないし7日で全滅した (Fig. 3)。一方, チオ硫酸ナトリウムを用いた場合, 4~15個体が第2ゾエア期まで到達したが, 2日ないし4日で全滅し, 第3ゾエア期には到達しなかった。他方, 朝比奈川産では, イオン交換樹脂を通した実験用水でのみ3個体が第2ゾエア期へ到達したが, 他の2種類の実験用水では, 第2ゾエア期への到達個体は見られなかった (Table 4)。全滅までの日数は, 曝気ないしイオン交換樹脂を通した実験用水では, 3日または4日であり, チオ硫酸ナトリウムを入れた場合では2日または3日であった (Fig. 4)。

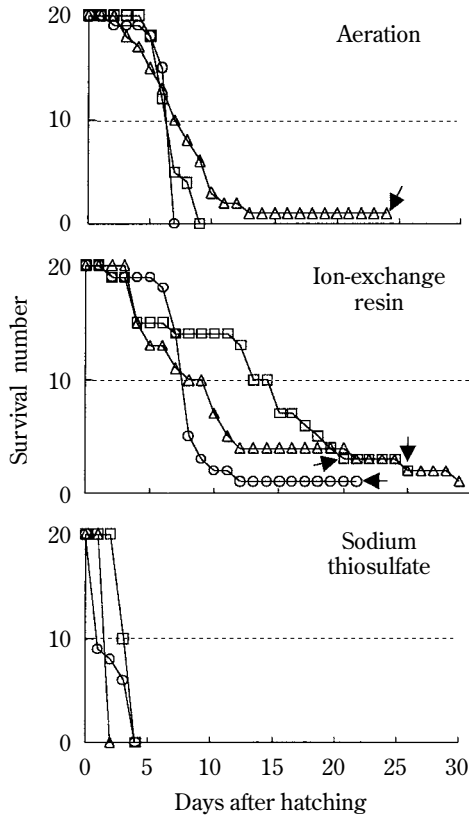


Fig. 2. Survival of *Macrobrachium nipponense* larvae from the Lake Suwa-ko reared in dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition. The experiments were repeated three times for each lot. Arrows represent occurrence of the first post-larva.

Table 2. Number of *Macrobrachium nipponense* larvae from the Lake Suwa-ko attained to each larval stage, reared in dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition

Dechlorination method	Larval stage*									
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	PL
Aeration	20	20	19	16	0					
	20	20	20	15	0					
	20	20	17	14	10	2	1	1	1	1
Ion-exchange resin	20	20	20	17	3	1	1	1	1	1
	20	20	14	11	4	4	4	4	3	2
	20	20	15	14	14	9	6	5	3	2
Sodium thiosulfate	20	20	0							
	20	13	0							
	20	20	0							

* 1st-9th: 1st-9th zoeal stages, PL: postlarval stage.

3つの方法で脱塩素した水道水で希釈した海水中での幼生の生残と成長 諏訪湖産の幼生を3種類の方法で脱塩素した水道水でそれぞれ海水を希釈した実験用水で給餌飼育した場合、すべての条件で3回の繰り返しのうち2回以上で、半数以上の個体がポストラーバに到達した (Fig. 5)。また、3種類の方法ともポスト

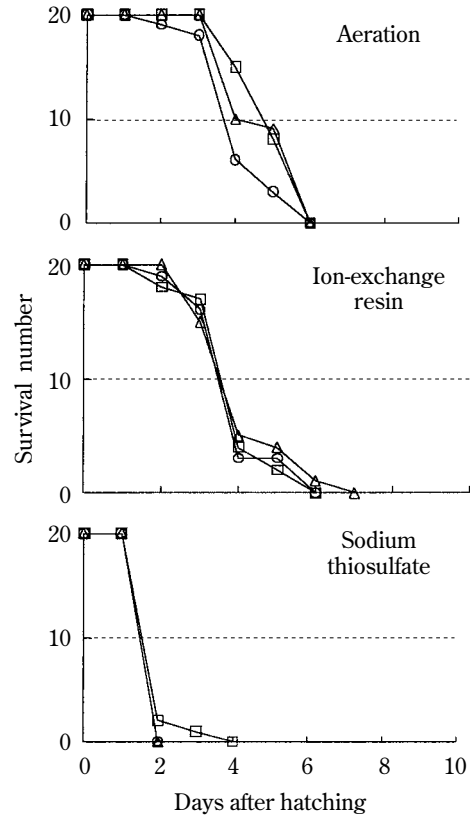


Fig. 3. Survival of *Macrobrachium nipponense* larvae from the Lake Sanaru-ko reared in dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition. The experiments were repeated three times for each lot.

Table 3. Number of *Macrobrachium nipponense* larvae from the Lake Sanaru-ko attained to each zoeal stage, reared in dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition

Dechlorination method	Zoeal stage			
	1st	2nd	3rd	4th
Aeration	20	20	6	0
	20	20	10	0
	20	20	15	0
Ion-exchange resin	20	20	7	0
	20	20	10	0
	20	20	10	0
Sodium thiosulfate	20	15	0	
	20	4	0	
	20	6	0	

ラーバへの到達日数の中央値は、15日と同じであった (Fig. 6)。

考 察

諏訪湖産と佐鳴湖産の幼生を無給餌条件で飼育した場合、水道水を曝気して脱塩素した実験用水と、両性イオン交換樹脂を通した実験用水では、チオ硫酸ナト

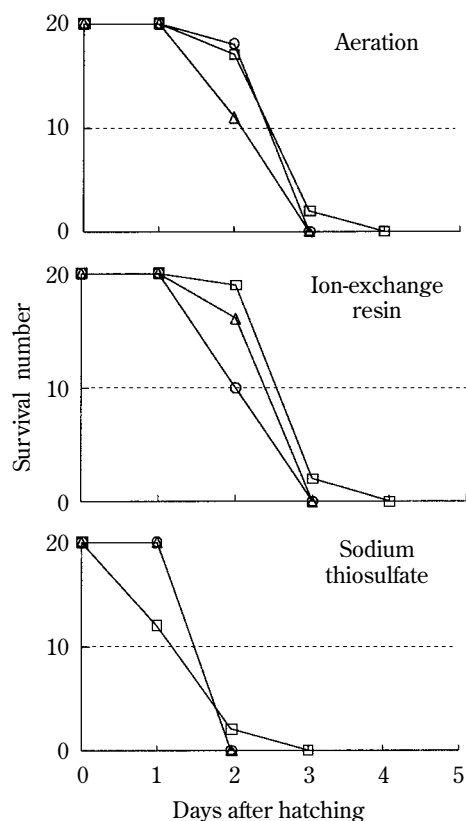


Fig. 4. Survival of *Macrobrachium nipponense* larvae from the River Asahina-gawa reared in dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition. The experiments were repeated three times for each lot.

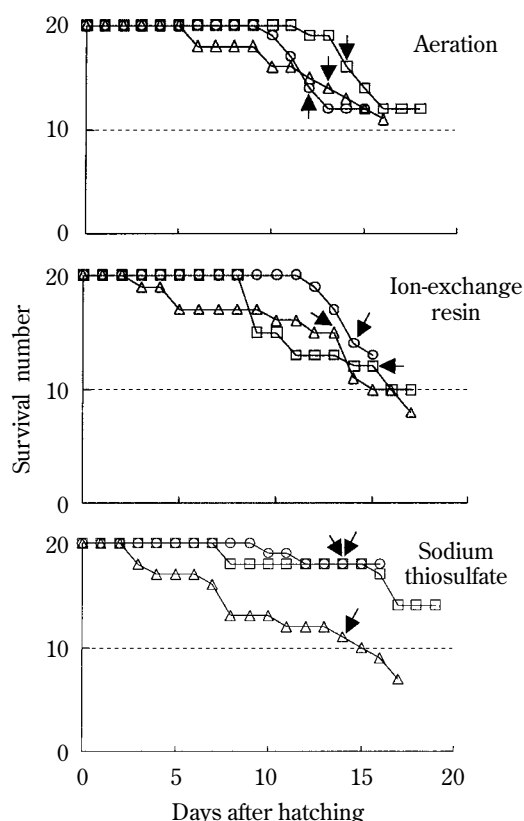


Fig. 5. Survival of *Macrobrachium nipponense* larvae from the Lake Suwa-ko reared in the 10% seawater diluted with dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition. The experiments were repeated three times for each lot. Arrows represent occurrence of the first postlarva.

Table 4. Number of *Macrobrachium nipponense* larvae from the River Asahina-gawa attained to each zoeal stage, reared in dechlorinated tap water by three different methods under feeding condition

Dechlorination method	Zoeal stage		
	1st	2nd	3rd
Aeration	20	0	
	20	0	
	20	0	
Ion-exchange resin	20	0	
	20	3	0
	20	0	
Sodium thiosulfate	20	0	
	20	0	
	20	0	

リウムを用いた実験用水よりも生残時間が長かった。また、長期間生存した個体では第3ゾエア期へ到達した個体も見られた。これに対し、チオ硫酸ナトリウムで脱塩素した水道水の場合、これら2つの生息地の幼生は、脱皮をせずに死亡することが多く、脱皮した場合でも短時間で死亡した。給餌条件の場合も、無給餌と同様にチオ硫酸ナトリウムで脱塩素した実験用水で

は、曝気ないし両性イオン交換樹脂で脱塩素した実験用水よりも死亡が早く、脱皮回数も少なかった。このように、チオ硫酸ナトリウムで脱塩素した水道水中では、諏訪湖産と佐鳴湖産のテナガエビ幼生が正常に発達することができないことが明らかとなった。この原因には、硫化物を入れたことによるpH変化の影響や残留塩素とチオ硫酸ナトリウムの中和反応で生じるテトラチオン酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$)¹¹⁾の影響が考えられる。

他方、朝比奈川産の場合、諏訪湖産や佐鳴湖産と比べて、脱塩素方法の違いによる幼生の致死時間に明確な差は見られなかった。成長についても多くの個体が脱皮をせずに死亡したため、差が見られなかった。諏訪湖産や佐鳴湖産とは異なり、朝比奈川産の幼生の場合、塩分の含まれない実験用水では正常に発達できないために、チオ硫酸ナトリウムによる影響がみられなかった可能性が示唆された。これは、河川に生息するテナガエビの幼生が淡水湖で生活するものと比べて、淡水での生残能力が劣っている²⁾ことにも一致する。

海水の希釈に脱塩素した水道水を用いた場合では、

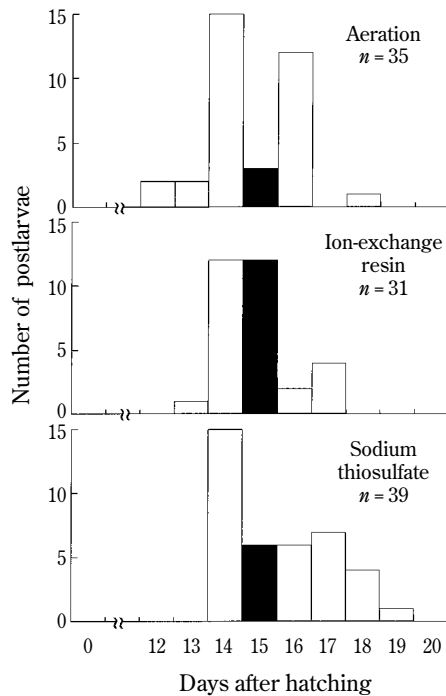


Fig. 6. Occurrence of postlarval stage of *Macrobrachium nipponense* from the Lake Suwa-ko reared in the seawater diluted dechlorinated tap water by three different methods. Black columns show median of the durations for the lots.

脱塩素方法にかかわらず、幼生はポストラバまで高い生残を示し、ポストラバへの到達日数にも違いはなかった。淡水として用いた場合に生じたチオ硫酸ナトリウムを用いた脱塩素の影響は、海水によって相殺されたと思われる。よって、海水の希釈に用いる水道水の脱塩素方法としては、今回用いたどの脱塩素方法でも生残や成長に影響を及ぼさないと考えられた。

以上のことから、テナガエビ幼生の飼育に用いるための水道水の脱塩素方法は、海水を希釈するためには曝気、両性イオン交換樹脂およびチオ硫酸ナトリウムのいずれでも生残と脱皮に影響を及ぼさない。しかし、淡水として使う場合には、曝気ないし両性イオン交換樹脂で脱塩素すれば、生残と脱皮に影響しないが、チオ硫酸ナトリウムを用いると幼生は正常な発達をせず、途中で死亡することが明らかとなった。

要 約

テナガエビ幼生の飼育に支障のない水道水の脱塩素方法を調べた。1) 6時間以上曝気する方法, 2) 両性イオン交換樹脂に水道水を通す方法, 3) 1 l の水道水に対し 20 mg の割合でチオ硫酸ナトリウムを入れる 3 つの方法で脱塩素した淡水中での幼生の生残を比較した。また、これら 3 種類の淡水で海水を希釈した実験用水についても検討した。

淡水として用いた場合、諏訪湖産と佐鳴湖産の幼生

は、チオ硫酸ナトリウムで脱塩素した水道水中では、曝気ないし両性イオン交換樹脂で脱塩素した水よりも死亡が早く、脱皮回数も少なかった。朝比奈川産の場合、3 つの方法による幼生の死亡時間に明確な差は見られず、脱皮する個体もほとんどいなかった。これに対し、水道水を海水の希釈に用いた場合、脱塩素方法にかかわらず、幼生はポストラバまでの高い生残を示した。

これらのことから、チオ硫酸ナトリウムで脱塩素した水道水を淡水として用いることは、幼生飼育に適さないことが明らかとなった。

謝 辞

本論文をまとめるに当たり、摂南大学工学部の金子光美教授には脱塩素に関して御教授いただいた。東海大学元教授の林 繁一博士には英文を始めとして校閲していただいた。ここに記してお礼申し上げる。また、テナガエビの採集に協力いただいた当時東海大学海洋学部生であった石垣貴弘氏に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 上田常一 (1961): 日本淡水エビ類の研究. 園山書店, 松江, pp. 96-104.
- 2) Ogasawara, Y., S. Koshio, and Y. Taki (1979): Responses to salinity in larvae from three local populations of freshwater shrimp *Macrobrachium nipponense*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45(8), 937-943.
- 3) 今井 正・秋山信彦・小坂昌也 (2001): テナガエビ 3 型幼生の生残可能な塩分. 水産増殖, 49(1), 35-40.
- 4) 今林博道・山田 寛・角田俊平 (1994): 児島湖産テナガエビ幼生の生残と着底に及ぼす塩分の影響. 日本ベントス学会誌, 47, 13-22.
- 5) 小笠原義光 (1986): エビの生態. 日本のエビ・世界のエビ (東京水産大学第 9 回公開講座編集委員会編), 成山堂書店, 東京, pp. 28-71.
- 6) 山根 猛 (1998): 琵琶湖南湖漁場におけるテナガエビ (*Macrobrachium nipponense*) 幼生の出現状況について. 近大農紀要, 31, 13-18.
- 7) 今井 正・秋山信彦・小坂昌也 (2001): 河口湖, 佐鳴湖, 太田川でのテナガエビ浮遊幼生の出現と水温・塩分の関係. 東海大紀要海洋, 52, 29-42.
- 8) Wong, J. T. Y. (1987): Responses to salinity in larvae of a freshwater shrimp, *Macrobrachium nipponense* (de Haan), from Hong Kong. *Aquacul. Fish. Manage.*, 18, 203-207.
- 9) 金子光美 (1996): 消毒. 水質衛生学 (金子光美編), 技報堂出版, 東京, pp. 253-394.
- 10) Peignon, J. M. and M. Jarillo (1990): 飼育水再循環システムによる、オニテナガエビの種苗生産 (今木 明訳). 世界のエビ類養殖 (C. C. Justo 編), 緑書房, 東京, pp. 183-191.
- 11) 金子光美 (1985): 消毒. 水質衛生学 (萩原耕一編), 光生館, 東京, pp. 198-217.