

低塩分がトリガイの生残に及ぼす影響*1

谷本尚史, 田中雅幸, 久田哲二, 大畑亮輔, 今西裕一

The effect of salinity on survival of the cockle *Fulvia mutica*

Naofumi Tanimoto, Masayuki Tanaka, Tetsuji Hisada, Ryosuke Ohata, and Yuichi Imanishi*2

The effect of salinity on survivorship of cockles (*Fulvia mutica*) was investigated at salinities of 34, 22, and 17, 100%, 66% and 50% that of naturally occurring sea water over a range of temperatures between 20 °C and 28 °C. Three different cockle size classes (15.2 mm, 29.1 mm, and 52.1 mm in shell length) were exposed to each salinity regime, at different temperatures. No significant difference in survivorship between at 34 and at 22 was apparent at 20 °C and 25.1-26.4 °C, but all cockles maintained at 28 °C died at 22, as did those at every temperature at 17. These results reveal cockles cannot survive salinities of 17, and water temperatures of 28 °C could impact on their survival even at 22.

キーワード：トリガイ, 塩分, 水温, 飼育実験, 生残

京都府では、2000年より漁業者による本格的なトリガイ *Fulvia mutica* の養殖が開始され、順調に生産量が増加してきた(藤原ら, 2005; 田中ら, 2006; 田中ら, 2008)。一方、近年、養殖中に大量死亡が起り、生産量が減少する事例が発生している。養殖トリガイの死亡要因として、近年全国的に顕著となっている夏季の海水の高温化、餌料不足、台風時など大雨による海水の低塩分化、また海域によっては、夏季のトリガイ養殖水深の貧酸素化などが疑われている。海洋センターではこれまでに、過去のトリガイの生物学的特性に関する知見(野上ら, 1981; 檜山, 2002)から、上記を原因とする問題を解決するため、飼育方法の改善など、様々な対処法を試みてきた。しかしながら、トリガイの生物学的特性のうち、特に塩分耐性については基礎的な情報が乏しく、ほとんど不明である。トリガイの養殖漁場は内湾域であるため、河川水の大量流入により低塩分環境になりやすい。海水の低塩分化がトリガイの生残に悪影響を及ぼすとすれば、養殖水深の調節等、何らかの低塩分回避対策を講じる必要があるが、そのためにはまず、どの程度の塩分がトリガイに致命的な影響を与えるのかを調べるのが重要である。そこで、本研究では、サイズ毎および水温毎に低塩分が生残へ与える影響について調べ、トリガイの塩分耐性に関する知見を得たので報告する。

材料と方法

試験を実施したのは海洋センター室内飼育施設で、

試験期間は2014年7月23日から同7月28日(試験Ⅰ)まで、2014年8月13日から同8月18日(試験Ⅱ)まで、および2014年10月7日から同12日(試験Ⅲ)までの3回、各々5日間とした(Table 1)。

試験区は試験Ⅰ～Ⅲのいずれも100%海水区(以下、対照区)、66%希釈海水区(66%区)および50%希釈海水区(50%区)の3試験区をそれぞれ3水槽ずつ設定した。希釈海水には、砂ろ過海水(以下、100%海水)と一晚曝気した水道水を予め各試験での設定水温に調温したものをを用い、66%に希釈したもの(以下、66%海水)および50%に希釈したもの(以下、50%海水)の2種類を用いた。塩分調整は水質チェッカーU-10(株式会社堀場製作所)で100%海水の塩分を測定後、測定値の66%あるいは50%となるよう水質チェッカーで確認して行った。試験Ⅰ～Ⅲの、100%海水の塩分は33.8~34.3であった。

試験期間中は止水飼育とし、容量30Lのポリカーボネート製水槽に100%海水または希釈海水を15L入れ、通気した。試験Ⅰでは、海洋センター海面飼育施設において中間育成中の平均殻長 15.2 ± 1.9 mmのトリガイ(以下、貝)を用いた。飼育水温は20°Cとし、室内空調により調温した。試験Ⅱでは、同施設において垂下飼育中の平均殻長 29.1 ± 3.3 mmの貝を用いた。飼育水温は試験Ⅰと同様に20°Cに設定する区に加え、無調温区を設けた。試験Ⅲでは、同施設の近隣の筏で漁業者が垂下飼育中の平均殻長 52.1 ± 3.5 mmの貝を用いた。飼育水温は試験Ⅰ、Ⅱと同様20°Cに設定する区に加え、

*1 本研究は農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)」により実施した。

*2 京都府農林水産部水産課 (Fisheries Section, Kyoto Prefectural Department of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Kyoto 602-8570, Japan)

Table 1 Information of reared cockles used and experimental conditions in this study

Experiment No.	Duration of experiment	Experimental section	Temperature (°C)	Number of individuals per tank	Number of tank	SL	SD (mm)
I	23 - 28 Jul. 2014	Control	20 (18.9-20.4)*	10	3	15.2	1.9
		66%		10	3		
		50%		10	3		
II	13 - 18 Aug. 2014	Control	20 (19.2-21.2)*	10	3	29.1	3.3
		66%		10	3		
		50%		10	3		
		Control	25.1-26.4*	10	3		
		66%		10	3		
		50%		10	3		
III	7 - 12 Oct. 2014	Control	20 (18.9-20)*	10	3	52.1	3.5
		66%		10	3		
		50%		10	3		
		Control	28 (25.5-28.4)*	10	3		
		66%		10	3		
		50%		10	3		

* Water temperature range

28℃に設定する区を設けた。28℃区は投げ込み式パネルヒーターにより28℃に調温されたコンクリート水槽内の止水海水をウォーターバスとし、その中に試験区水槽を入れることで調温した。いずれの試験においても、貝を試験前日から一晩、設定水温に馴致し、生残した個体から水槽当たり10個体を無作為に選別し、試験に供した。試験期間中の水温は、試験Ⅰではデジタル水温計SK-1250MC（株式会社佐藤計量器製作所）により1日1回計測し、試験ⅡおよびⅢでは水温データロガーシステムRTR-52A（T & D社）により記録した。馴致期間中および各試験期間中は全て無給餌とした。

試験期間中は飼育水の水質悪化による貝への影響を極力防ぐため、1日から3日毎に新しい飼育水を満たした容器に貝を移動した。ただし、死亡貝の増加により、異臭や飼育水の白濁化など明らかに水質悪化が認められた場合には、直ちに飼育水を交換した。

試験期間中、一定時間毎に貝の生残状況を観察し、死亡が確認された貝はその時点で取り上げ、観察時点毎の生残率を算出するとともに、試験終了時の生残率を求めた。

結 果

各試験における水温測定結果をTable 1に示した。20℃区の水温は、試験Ⅰで18.9～20.4℃、試験Ⅱで19.2～21.2℃および試験Ⅲで18.9～20℃であった。試験Ⅱの無調温区は25.1～26.4℃、試験Ⅲの28℃区は25.5～28.4℃で推移した。

試験Ⅰの各試験区の生残率の推移を設定した3水槽の平均値によりFig.1に示した。50%区の平均生残率は、試験開始12時間後から24時間後にかけて急激に低下し、24時間後には $6.7 \pm 11.5\%$ 、36時間後には0%となった。66%区の生残率は試験開始24時間後から4日後にかけて徐々に低下し、終了時の平均生残率は $86.7 \pm 5.8\%$ であった。対照区は終了時までほとんど生残率は低下せず、終了時の平均生残率は $93.3 \pm 11.5\%$

であった。対照区と66%区の終了時の平均生残率をMann-whitneyのU検定により比較したところ有意な差は認められなかった ($p=0.36$)。

試験Ⅱの各試験区の生残率の推移を設定した3水槽の平均値によりFig.2に示した。20℃区において、50%区の平均生残率は、試験開始30時間後から低下し始め、36時間後から48時間後にかけて急激に低下し全て20%となり、60時間後には0%となった (Fig.2a)。66%区および対照区は試験終了まで全て生存した。無調温区において、50%区の平均生残率は、試験開始12時間後から急激に低下し、24時間後に $76.7 \pm 5.8\%$ 、30時間後に $23.3 \pm 11.5\%$ 、36時間後に0%となった (Fig.2b)。66%区および対照区の生残率はほとんど低下せず、いずれも終了時の平均は $96.7 \pm 5.8\%$ であった。

試験Ⅲの各試験区の生残率の推移を設定した3水槽の平均値によりFig.3に示した。20℃区において、50%区の平均生残率は、試験開始30時間後から低下し、

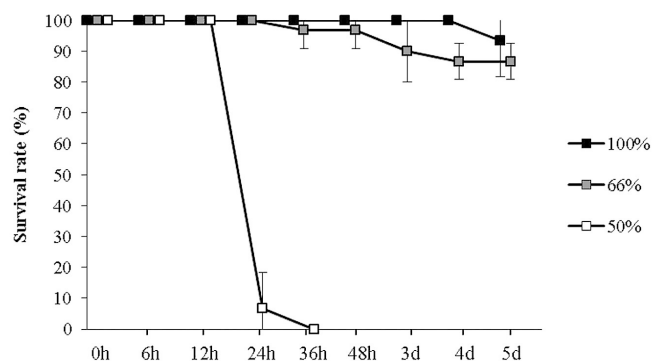


Fig. 1 Survival rate of cockles (15.2 mm in shell length) exposed to three salinities of filtered sea water in experiment I. Vertical bars represent standard deviations. Solid, shadow and open squares indicate experimental sections of salinities of 34, 22, and 17 (100%, 66%, and 50% salinity of naturally occurring sea water), respectively.

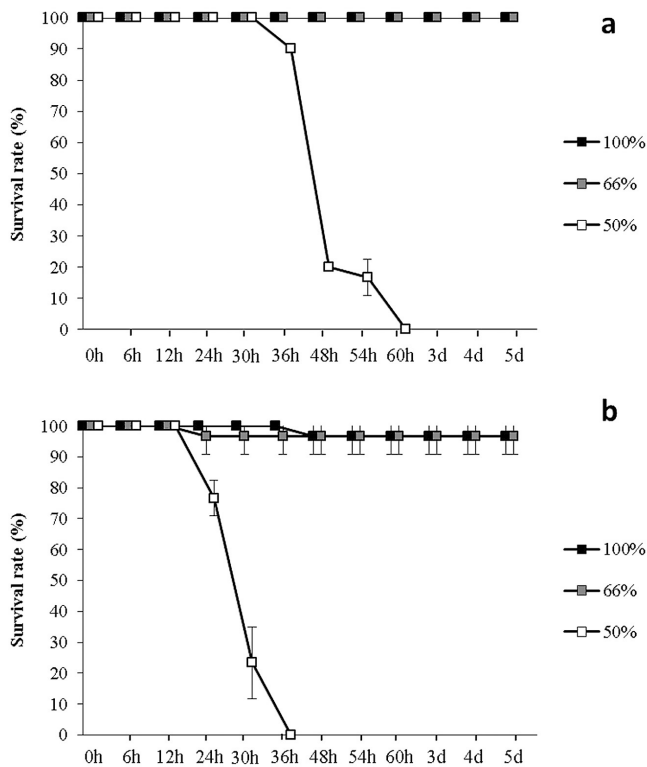


Fig. 2 Survival rate of cockles (29.1 mm in shell length) exposed to three concentrations of filtered sea water in experiment II. Vertical bars represent standard deviations. Solid, shadow and open squares indicate experimental sections of salinities of 34, 22, and 17 (100%, 66%, and 50% salinity of naturally occurring sea water), respectively. a: reared at 20 °C; b: reared at natural temperature.

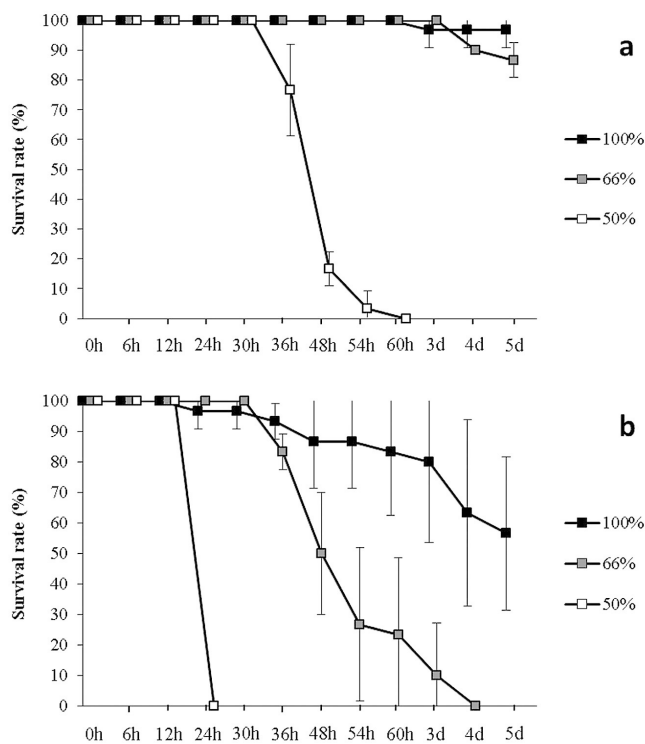


Fig. 3 Changes of survival rate of reared cockles (52.1 mm in shell length) exposed to three concentrations of filtered sea water in experiment III. Vertical bars represent standard deviations. Solid, shadow and open squares indicate experimental sections of salinities of 34, 22, and 17 (100%, 66%, and 50% salinity of naturally occurring sea water), respectively. a: reared at 20 °C; b: reared at 28 °C.

36時間後に76.7±15.3%, 48時間後に16.7±5.8%, 60時間後に0%となった (Fig.3a)。66%区および対照区では試験期間中の死亡はほとんどなく、終了時の平均生残率は86.7±5.8%および96.7±5.8%であった。両者の間に有意な差は認められなかった (Mann-whitneyのU検定, $p=0.1$)。28°C区において、50%区の平均生残率は、試験開始24時間後に0%となった (Fig.3b)。66%区の平均生残率は試験開始30時間から急激に低下し、36時間後に83.3±5.8%, 48時間後に50±20%, 54時間後に26.7±25.2%となり、4日後には0%となった。対照区の平均生残率は試験開始24時間後から徐々に低下し、3日後に80±26.5%となり、終了時には56.7±25.2%となった。

考 察

サイズ別塩分耐性 平均殻長15.2, 29.1および52.1 mmの異なるサイズの貝の低塩分耐性を調べた結果、水温20°Cにおいては、66%海水では生残にはそれほど影響が認められないが、50%海水では、36~60時間以内に全て死亡することが分かった (Fig.1~3)。同様の方法により平均殻長22.5 mmの貝を用いた過去の試

験においても、水温20°Cでは66%海水曝露による生残への影響は認められないが、50%海水曝露では48時間以内に死亡した (未発表)。これらにより、平均殻長約15~52 mmにおいては、サイズに関わらず、50%海水、すなわち塩分17程度の環境はトリガイの生残に悪影響を与えると考えられ、50~66%海水、すなわち塩分約17~22の範囲内にトリガイの生存を大きく左右する濃度が存在するものと推察された。海産二枚貝では血リンパ液の塩分濃度は海水とほぼ等しく、海水の塩分濃度が変動した場合、血リンパ液の塩分濃度も変化し、両者はほぼ等張となる (鈴木ら, 1987)。また、血リンパ液と細胞も等張関係にあるが、体細胞が耐えられる浸透圧には限度があり、個体はその範囲内で浸透圧の変化に適応して生存できる (鈴木ら, 1987)。これらのことから、海水の塩分濃度が50%程度にまで低下すると、その時点の浸透圧に対しトリガイの体細胞が恒常性を維持できず、ダメージを受けることで衰弱・死亡に至るのではないかと推察される。

50%海水に曝露されてから死亡に至るまでの時間には、殻長15 mmと29 mm以上のサイズ間で大きな差が認められた一方で、殻長29 mmと52 mmではほとんど

差が認められなかった (Fig.1, 2a, 3a)。このことは、一定のサイズに到達するまでは、トリガイの塩分耐性が成長段階で異なり、殻長30 mm未満においては、サイズが小さいほど塩分耐性が低いことを示唆する。

水温別塩分耐性 同じサイズのトリガイの塩分耐性を水温別に調べた結果 (試験Ⅱ, Ⅲ), 50%海水では水温が高いほど死亡するまでの時間が短いことが明らかとなった (Fig.2, 3)。66%海水においては、水温20~26℃の範囲では生残率は5日後でも約90%以上と高く、対照区との間に差は認められなかった (Fig.2, 3a)。水温28℃では66%海水は4日後に全滅したが、対照区においては5日後でも生残個体が認められた (Fig.3b)。野上ら (1981) は、水温25℃付近を変曲点としてトリガイの酸素消費量が減少傾向に転じることから、25℃を超えるとトリガイの抵抗力が弱まり環境変化の影響を受けやすくなると推察した。このことから、トリガイは25℃付近を超える高水温環境に晒されると、低塩分への耐性が低下する可能性が考えられる。本研究において、水温25℃以上では20℃に比べ50%海水での死亡時間が早まったこと、28℃では66%海水であっても多くが死亡したことは、これらのことが影響したものと推察される。以上のことから、トリガイ養殖漁場において26℃を超える海水温では、塩分17程度においては死亡時間を早め、28℃を超えた場合には、22程度であっても通常の塩分の時よりも早く死亡が発生するなど、トリガイ養殖に大きな被害を及ぼすことが懸念される。

本研究では、低塩分曝露がトリガイの生残に及ぼす影響を無給餌下において調べたが、トリガイは養殖海域の植物プランクトンを餌として利用しているため、常に餌料が存在する環境下にある。したがって、より詳細に影響を把握するには、より漁場環境に近い給餌下での低塩分の生残への影響を調べるのが重要であると考えられる。また、低塩分環境はトリガイの成長にも何らかの影響を与えることが考えられる。トリガイ養殖による収益には、歩留まりだけでなく、サイズの大小も大きく関わってくるため、今後は低塩分と成長の関係についても明らかにする必要がある。

文 献

- 藤原正夢, 田中雅幸, 岡部三雄. 2005. トリガイ近交系間交雑に見られた雑種強勢. 京都海洋セ研報, **27**:25-30.
- 野上和彦, 梅沢 敏, 坂口清次, 福原 修. 1981. トリガイ *Fulvia mutica* (REEVE) の酸素消費量と高水温期におけるへい死との関係について. 南西水研報, **13**:19-28.
- 槍山節久. 2002. 山口県大島郡北部海域におけるトリガイの生態と資源管理に関する研究-I 既往文献の整理と問題の所在. 山口県水研セ研報,

1:1-3.

- 鈴木 徹, 尾形 博, 船越将二, 新井 茂, 和田浩爾. 1987. 海産および淡水産二枚貝の血中遊離アミノ酸組成. 養殖研報, **11**:27-34.
- 田中雅幸, 井谷匡志, 藤原正夢. 2006. トリガイ養殖に関する研究-V 小型変形貝の出現と防止方法. 京都海洋セ研報, **28**:6-10.
- 田中雅幸, 井谷匡志, 藤原正夢. 2008. トリガイ養殖に関する研究-VI トリガイの養殖コンテナに用いるカバーネットの適正網目サイズ. 京都海洋セ研報, **30**:43-47.