

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

田中雅幸, 井谷匡志, 藤原正夢

Cultivation Studies of a Cockle *Fulvia mutica*-V

The Occurrence of Transformation Shell and Technique to Prevent Occurrence of Transformation Shell

Masayuki Tanaka, Masasi Itani and Masamu Fujiwara

Occurrence time and form features of shell transformation in the cockle, *Fulvia mutica*, were investigated. The shell width and weight of the whole body after shell transformation were smaller than those of normally formed shells. Shell transformation appeared from December, 4 to 5 month after the start of culture. All transformed shells showed damaged ligaments, indicating that the damaged ligament may lead to shell transformation. It was considered that *Mantellum hirasei*, invading the culture container may primarily induce damage to the ligament of cockle. To prevent occurrence of shell transformation, it is necessary to remove of *Mantellum hirasei* inside the culture container.

キーワード：トリガイ, 小型変形貝, 外靱帯, ウスユキミノ

京都府立海洋センターではトリガイ *Fulvia mutica* の種苗生産を行い、生産された稚貝を用いて養殖技術開発試験を行っている(岩尾ら, 1991, 1993, 1995, 1998; 岩尾, 藤原, 2000)。2000年からは漁業者による本格的なトリガイ養殖が開始され、生産量が順調に増加している。養殖されたトリガイは「丹後とり貝」というブランド名で、大, 中, 小型貝に規格分けされ、大型貝ほど商品価値が高く、市場でのニーズも高い(藤原ら, 2005)。このトリガイ養殖において、成長が著しく悪く貝殻の形が歪な貝(以下; 小型変形貝)が多数確認される年があった。小型変形貝は正常な個体と比べて小型で外見が悪いことから商品価値が低く、養殖技術面において大きな問題となっている。しかし、小型変形貝の出現原因や出現防止方法は、これまでのところ明らかにされていない。

本報では、トリガイ養殖期間中の小型変形貝の出現が外靱帯損傷に密接に関係していることを明らかにした。また、小型変形貝の出現原因として、小型変形貝が高頻度で出現した養殖コンテナ内で大量に発見されたウスユキミノ *Mantellum hirasei* およびツバサゴカイ *Chaetopterus variopedatus* に注目し、トリガイとの同居飼育試験を行って外靱帯損傷との関係を検討した。さらに、トリガイ養殖において小型変形貝の出現を効率的に防止するための方策について検討したので報告する。

材料と方法

試験1 トリガイ養殖時に出現する小型変形貝の出

現時期および形態の特徴を把握するため、養殖試験を行った。試験は京都府舞鶴湾白浜沖(水深13m)のトリガイ養殖筏(7m×7.8m)において2004年7月26日から2005年6月15日まで実施した。供試貝は、2004年5月に京都府立海洋センターで種苗生産された平均殻長 20.4 ± 1.5 mmの個体である。試験にはポリプロピレン製容器(内寸50cm×32cm×深さ21cm, 以下; 養殖コンテナ)を用いた。養殖コンテナ内には、トリガイが潜るための基質としてアンスラサイト(粒径2~3mm, 以下; 底質)を敷いた。各養殖コンテナに供試貝を収容した後、網蓋を被せて水深約5m層に垂下して試験を行った。網蓋の目合は10月までは1cm, 以降は2cmとした。養殖コンテナ1個当たりの収容個数は、開始時には100個体とし、8月には40個体, 9月には30個体, 10月から翌年2月には25個体, 4月以降は20個体とした。養殖中には試験開始から3ヶ月後の10月までは1ヶ月毎, 以降は2ヶ月毎に以下の手順で作業を行った。新しい空の養殖コンテナの上に洗浄ネット(目合12mm)を敷き、そこに養殖コンテナ内のトリガイと底質を海水をかけ流しながら洗浄ネットで篩う。洗浄ネット上に残った侵入生物等を取り除き、トリガイだけを再び養殖コンテナに収容し、網蓋を被せて海中に垂下する。この作業において、篩った後の底質を再度養殖試験の底質として用いたものを通常区とし、毎回新しい底質を用いたものを新底質区とした。両試験区には各3個の養殖コンテナを用いた。新しい底質には、天日で数日間以上乾燥させ、底質中の生物を除去したものをを用いた。全ての作

業時には両試験区の生残数を調べ、さらに両試験区から無作為に49～56個体を選び、トリガイの殻長および外靱帯損傷度を調べた。外靱帯損傷度については、外靱帯部の前後方向の長さの1/2以上が損傷している個体を便宜的に損傷度“#”（以下；#個体）、1/2未満が損傷している個体を損傷度“+”（以下；+個体）、損傷がない個体を損傷度“-”（以下；-個体）とした。供試員のプロポーシヨンの変化を評価するため、2004年10月以降の作業時には殻長、殻高および殻幅の測定を行った。試験終了時には、前述の測定に加えて全重量も測定し、養殖トリガイの出荷時の規格（大型貝；殻長 85 mm 以上かつ全重量 150 g 以上、中型貝；全重量 130 g 以上、小型貝；全重量 100～129 g、規格外；全重量 100 g 未満）にしたがって規格分けを行った。

試験2 トリガイ養殖期間中に、養殖コンテナ内に侵入する生物とトリガイの外靱帯損傷との関係を調査するため、小型変形貝が高頻度で出現した養殖コンテナ内で多数発見されたウスユキミノおよびツバサゴカイに注目してトリガイとの同居飼育試験を行った。

同居飼育試験は、京都府栗田湾の湾奥に位置する当センターの海面養殖施設で実施した。試験は2004年9月27日から11月2日までとした。試験に供したウスユキミノおよびツバサゴカイは2004年9月22日に、試験1で用いた舞鶴湾内のトリガイ養殖筏に垂下されている養殖コンテナ内から採集したものであった。試験に供したトリガイは、2004年5月に当センターで種苗生産され、当センターの海面養殖施設で試験1に準じた方法で垂下養殖されていたものであった。試験には外靱帯に損傷のない平均殻長 33.4±3.4 mm のトリガイを選び、3つの養殖コンテナにそれぞれ35個体を収容した。このうち一つの養殖コンテナに平均殻高 12.7±1.5 mm のウスユキミノを57個体収容して同居飼育試験1区とした。別の一つの養殖コンテナには、ツバサゴカイを含んだ底質 750 g を収容して同居飼育試験2区とした。なお、底質中に棲管を形成しているツバ

サゴカイを単体に分離して計数すると大きなダメージを与えると考えられたため、底質を含んだ棲管ごと収容した。同じ由来の底質 191 g を調べたところ、11個体のツバサゴカイが分離されたことから、同居飼育試験2区に収容したツバサゴカイは43個体であると推定した。さらに、トリガイだけを収容したものを対照区とした。これらの養殖コンテナを当センターの海面養殖施設の水深約 5 m 層に垂下して試験を開始した。飼育は、試験1に準じた方法で行った。試験終了時には全ての個体を取り上げ、試験区別にトリガイの生残率、殻長および外靱帯損傷度を調べた。外靱帯損傷度の指標は、前述の試験1と同様とした。

結 果

試験1 両試験区について、生残率、外靱帯損傷度別の出現割合、殻長、殻高、殻幅、全重量の平均値およびプロポーシヨンを取りまとめて Table 1 に示した。両試験区の生残率は対照区が69.9%および新底質区が79.1%で、新底質区の方が高かった。外靱帯損傷度別の出現割合は、対照区では一個体が21.8%、+個体が38.2%および#個体が40.0%で、外靱帯損傷度が小さいほどその出現割合は低かった。一方、新底質区では一個体が66.1%および+個体が33.9%で、#個体は出現しなかった。外靱帯損傷度別の平均殻長、殻高および全重量は、対照区および新底質区ともに、一個体>+個体>#個体であり、外靱帯損傷度が小さいほど有意に大きかった (*t*-test, *p*<0.01)。平均殻幅については、対照区の#個体が一個体および+個体よりも有意に小さかった (*t*-test, *p*<0.01)。なお、平均全重量が最も重かったのは新底質区の一つ体 (197.7±25.2 g) で、最も軽かった対照区の一つ体 (107.0±29.1 g) の1.85倍であった。次に、両試験区における外靱帯損傷度別のプロポーシヨンについて見ると、殻長と殻高の平均比率は1.11～1.17で、有意な差は認められなかった (*t*-test, *p*>0.01)。一方、殻高と殻幅の平均比率は1.62～1.81で、対照区の一つ体と両区の一

Table 1 Survival rate, growth and proportion of *Fulvia mutica* in the two groups raised by hanging culture in Maizuru Bay between 26 July 2004 and 15 June 2005

Group	Survival rate (%)	Damage rate of ligament	Number of shell (rate)	Shell length S.L (mm)	Shell height S.H (mm)	Shell width S.W (mm)	Weight of whole body (g)	S.L/S.H	S.H/S.W	S.L/S.W
Control	69.9	-	12 (21.8%)	93.3±5.6 ^{a*2}	82.1±4.1 ^a	49.6±4.7 ^a	194.8±30.7 ^a	1.14±0.04 ^a	1.66±0.13 ^a	1.89±0.12 ^a
		+	21 (38.2%)	87.1±5.6 ^b	77.3±6.0 ^b	45.5±5.5 ^a	161.6±37.1 ^b	1.13±0.04 ^a	1.71±0.13 ^a	1.93±0.14 ^a
		#	22 (40.0%)	79.6±6.1 ^c	68.3±4.8 ^c	38.1±5.0 ^b	107.0±29.1 ^c	1.17±0.06 ^a	1.81±0.16 ^b	2.11±0.18 ^b
New bed ^{*1}	79.1	-	37 (66.1%)	92.7±3.7 ^a	83.3±4.5 ^a	51.5±2.8 ^a	197.7±25.2 ^a	1.11±0.04 ^a	1.62±0.06 ^a	1.80±0.07 ^a
		+	19 (33.9%)	88.3±3.9 ^b	77.2±4.8 ^b	46.3±3.4 ^a	157.4±24.8 ^b	1.15±0.05 ^a	1.67±0.06 ^a	1.91±0.10 ^a
		#	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	-

^{*1} The bed materials for cockle breeding were changed for new bed materials every one or two month. ^{*2} Mean±SD. Values within a column with different superscripts are significantly different (*t*-test, *p*<0.01).



Fig. 1 Photograph of a normal shell (left) and a transformed shell (right). Shell length after shell transformation increases in the direction of the posterior margin.

個体および+個体とは有意な差が認められた (t -test, $p < 0.01$) (Fig. 1)。殻長と殻幅の平均比率は1.80~2.11で、対照区の#個体と両区の一個体および+個体とは有意な差が認められた (t -test, $p < 0.01$) (Fig. 2)。以上のように、+個体では後背縁方向に異常に成長し、殻幅の膨らみが小さいという小型変形貝特有の形態が観察された。

本試験における#個体の出現時期とプロポーションの変化の関係について調べた。対照区の#個体の月別出現状況を Fig. 3 に示した。試験開始1ヶ月後の調査(8月24日)では、+個体は0.0%であったが、2ヶ月後の調査(9月22日)では28.0%と急激に増加した。その後、14.0~42.0%と高い出現率が試験終了時まで継続した。なお、調査月によって出現率にばらつきが

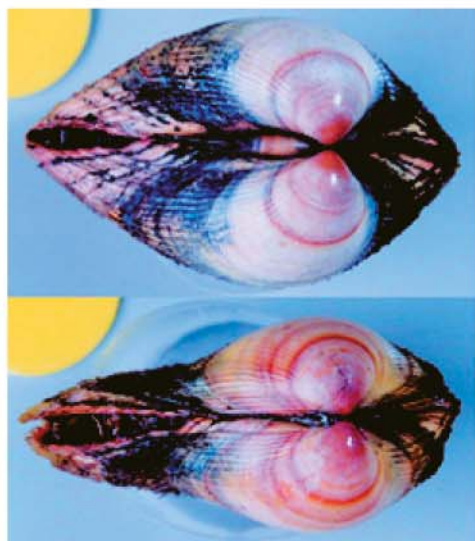


Fig. 2 Photograph of normal shell (upper) and a transformed shell (lower). Shell width of the transformed shell is extremely thin.

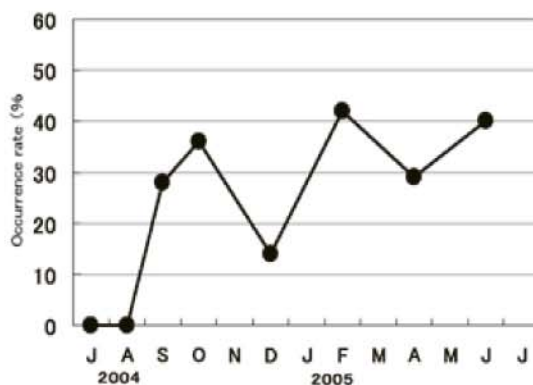


Fig. 3 Monthly changes in the incidence of shells with damaged ligaments (+) among *Fulvia mutica* among controls (Table 1) raised by hanging culture in Maizuru Bay.

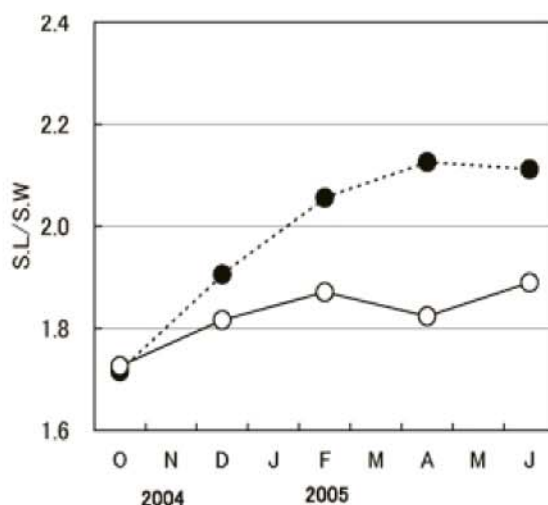


Fig. 4 Monthly changes in the ratios of shell width to shell length in the two groups (Table 1). ●; shell of large damaged ligament (+). ○; shell of normal ligament ().

見られるが、+個体と#個体を目視で判断したことによる誤差であると考えられた。両試験区における一個体と+個体の殻長と殻幅の平均比率の月別の推移を Fig. 4 に示した。2004年10月28日の測定時には、両者の比率はほとんど同じであったが、12月20日の測定時には、殻長と殻幅の平均比率は一個体よりも+個体の方が有意に大きく、その後もさらに有意に大きくなる傾向が見られた (t -test, $p < 0.05$)。

両試験区のトリガイを合わせて養殖トリガイの出荷時の規格で分類し、規格ごとの外靱帯損傷度の割合を Fig. 5 に示した。規格外および小型貝では、一個体は出現せず、+個体が9.1%および53.8%、#個体が90.9%および46.2%で、全ての個体の外靱帯に損傷が認められた。中型貝では、一個体が23.1%、+個体および#個体が46.2%および30.8%であった。大型貝では一個体が62.2%、+個体および#個体が、35.1%および0.7%で他の規格と比べて一個体の割合が最も高

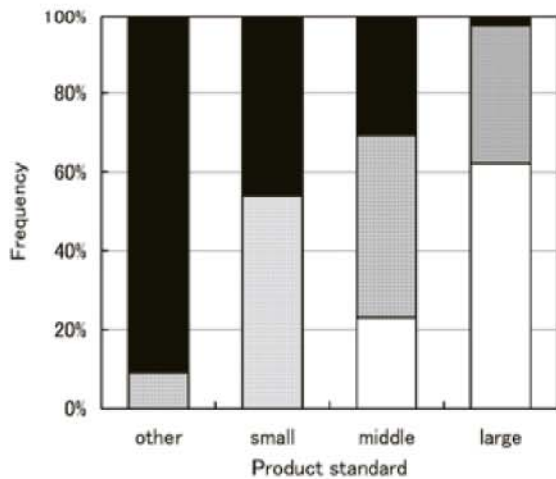


Fig. 5 Frequency distribution of ligament damage among harvested *Fulvia mutica* on cultivation examination. Closed column indicate large damaged ligament (#). Slashed column indicate small damaged ligament (+). Open column indicate normal ligament (-). Large cockles; ≥ 85 mm in shell length and ≥ 150 g weight of whole body. Middle cockles; ≥ 130 g in weight of whole body. Small cockles; ≥ 100 g to < 130 g in weight of whole body. Other cockles; < 100 g in weight of whole body.

かった。以上のとおり、養殖トリガイの出荷時の規格に分類したトリガイは、小型の規格の貝ほど外靭帯損傷度が大きく、外靭帯損傷度とサイズの大きさに一定の関係が認められた。

なお、本試験における定期的な作業中には毎回、養殖コンテナ内にトリガイ以外の生物が混入しているのを確認した。その中でも対照区では、8月～10月にかけて養殖コンテナ内の底質を利用して巣を作るウスユキミノおよび棲管を作るツバサゴカイが非常に多く見られ、両種とも養殖コンテナ当たり数十個体が混入していた。一方、新底質区では対照区に比べて両種の混入量はかなり少なかった。

試験2 試験結果を Table 2 に示した。各試験区の生残率は対照区が100%、同居飼育試験区が91.4%および94.4%で、対照区と比べて同居飼育試験1区およ

び2区は低かった。各試験区の平均殻長は、38.5～39.8 mmで有意な差は認められなかった (t -test, $p > 0.01$)。各試験区の+個体および#個体を合わせた個体の出現率は、対照区では17.1%であったのに対して、同居飼育試験1区では71.9%および同居飼育試験2区では8.8%で、同居飼育試験1区では対照区の4.2倍と高かった。

考 察

今回の試験で、養殖トリガイの出荷時の規格で分類された小型貝および規格外の全ての個体には外靭帯に損傷が認められたことから、小型変形貝の出現と外靭帯損傷には密接な関係があるのではないかと考えられた。二枚貝類の貝殻は、右殻と左殻に固着している閉殻筋が収縮することによって閉じ、閉殻筋が弛緩すると外靭帯の弾力によって開く構造となっている。トリガイの外靭帯が損傷すると、外靭帯の弾力性が失われて殻を開く力が弱くなり、閉殻筋により常に殻を閉じた状態になっていると推測される。したがって、外靭帯の損傷が大きい個体は、殻幅の膨らみが小さい小型変形貝 (Fig. 2) になったのではないかと考えられた。さらに、外靭帯に近い後背縁部に特に閉殻筋による異常な力が加わることとなり、後縁方向に異常に成長した貝 (Fig. 1) が出現したのではないかと考えられた。また、外靭帯損傷が著しいほど殻を開く力が弱まり、変形の程度も大きくなると推察された。

今回の試験では、#個体の出現頻度が高くなったのが9月22日以降 (Fig. 3) であったのに対し、殻長と殻幅の平均比率がより大きくなる変形貝特有のプロポーションの個体が出現する時期が12月20日以降と時間的なずれが生じた (Fig. 4)。これは外靭帯が損傷した個体がすぐに変形貝になるのではなく、成長に伴って徐々に変形の度合いが大きくなっていったことによるものであると考えられた。以上のことから、外見上正常な形のトリガイであっても外靭帯に大きな損傷が認められれば、その後の成長とともに小型変形貝になる可能性が高くなると推察された。したがって、外靭帯損傷個体の出現は、その後に小型変形貝が出現する前兆として注意する必要がある。

Table 2 Incidence of shells with damaged ligaments among *Fulvia mutica* in cohabitation experiments 1 and 2 with *Mantellum hirasei* and *Chaetopterus variopedatus*

Group	Date	Initial				Final		
		Number of cockle	Shell length (mm)	Number of <i>Mantellum hirasei</i>	Number of <i>Chaetopterus variopedatus</i>	Survival rate (%)	Shell length (mm)	Occurrence rate of shell that damaged ligament
Control	27 Sep.-2 Nov. 2004	35	33.4 ± 3.4* ¹	—	—	100.0	39.0 ± 3.2	17.1%
Cohabitation 1	27 Sep.-2 Nov. 2004	35	33.4 ± 3.4	57* ²	—	91.4	38.5 ± 3.8	71.9%
Cohabitation 2	27 Sep.-2 Nov. 2004	35	33.4 ± 3.4	—	43	94.4	39.8 ± 3.4	8.8%

*¹ Mean ± SD. *² Mean shell height of *Mantellum hirasei* with standard deviation is 12.7 ± 1.5 mm.

トリガイ養殖において、小型変形貝の出現と外靱帯損傷との関係が明らかとなったことから、外靱帯損傷の出現原因について検討する。ホタテガイの養殖では、貝同士の衝突による外套膜の損傷や振動で異常貝が出現するとされている(森ら, 1974)。トリガイ養殖では種苗の取り上げ作業や定期的実施する作業によるハンドリングは毎年同じであるが、小型変形貝の出現は年により大きく異なること(未発表)から、ハンドリング等が小型変形貝の出現原因とは考えにくい。今回の試験で、トリガイ養殖コンテナ内に年により多数出現するウスユキミノとツバサゴカイを用いた同居飼育を行ったところ、全ての試験区で外靱帯の損傷した個体が出現していた。しかし、その中でもウスユキミノと同居飼育を行ったトリガイには対照区の4倍以上の個体に外靱帯損傷が認められたことから、本種がトリガイの外靱帯損傷に最も密接に関与していることが示唆された。今回の試験では、ウスユキミノがどのようにしてトリガイの外靱帯を損傷させているのかは確認できなかった。今後は、ウスユキミノの存在による外靱帯を損傷させるメカニズムの解明が望まれる。

本試験の結果、トリガイ養殖コンテナ内に侵入したウスユキミノの存在がトリガイの小型変形貝出現と密接な関係があると推察されたことから、本種を確実に養殖コンテナ内から除去すれば、トリガイ養殖での小型変形貝の出現を防ぐことができると考えられる。トリガイ養殖時の従来の作業では、目合 12 mm の洗浄ネットで底質を篩い、篩ったものを再び底質として用いていた。したがって、洗浄ネットの目合いから抜け落ちた小型サイズのウスユキミノが再び養殖コンテナの中に入っていた可能性が高い。この洗浄ネットの目合いを小さくすることによって、従来は目合いから抜け落ちた小型のウスユキミノを除去できれば小型変形貝の出現防止になると考えられた。また、養殖コンテナに被せる網蓋の目合を小さくすると、ウスユキミノが外部から養殖コンテナに侵入してくるのを防げると考えられる。しかし、網蓋の目合を小さくすると付着物等で網目が詰まり易くなり、養殖コンテナ内の水替わりが悪くなる(未発表)。この様な状態では、養殖コンテナ内の餌条件や環境条件が悪化すると推察され

ることから網蓋の目合を小さくすることは実用的ではないと考えられた。一方、作業毎に新しい底質を使用すれば、完全にウスユキミノを除去できることになる。試験1の新底質区では作業毎に新しい底質を用いたことから、ウスユキミノの侵入が大幅に減少し、小型変形貝の出現も大幅に低減できたものと推察された。以上のことから、作業毎に新しい底質を使用することは有効な小型変形貝の出現防止策であると考えられた。今後、小型変形貝の出現を防止するためには、ウスユキミノの出現時期を明らかにし、新しい底質に交換する期間を検討する必要がある。また、養殖コンテナ内に侵入するウスユキミノの大きさや密度によって、靱帯損傷にどのような影響があるのかを検討する必要がある。

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.
- 岩尾敦志, 藤原正夢. 2000. トリガイ養殖に関する研究—IV 養殖初期におけるシゲトウボラの食害. 京都海洋セ研報, **22**: 10-15.
- 岩尾敦志, 藤原正夢, 藤田真吾. 1993. トリガイ養殖に関する研究—I トリガイ秋生まれ種苗および春生まれ種苗の養殖用種苗としての適正について. 京都海洋セ研報, **16**: 28-34.
- 岩尾敦志, 西広富夫, 藤原正夢. 1991. トリガイ養殖の可能性について. 京都海洋セ研報, **14**: 14-19.
- 岩尾敦志, 西広富夫, 藤原正夢. 1995. トリガイ養殖に関する研究 II トリガイ養殖容器内に敷く基質について. 京都海洋セ研報, **18**: 57-61.
- 岩尾敦志, 西広富夫, 藤原正夢. 1998. トリガイ養殖に関する研究—III 養殖に用いる種苗の大きさについて. 京都海洋セ研報, **20**: 25-28.
- 森 勝義, 菅原義雄, 小畑一臣. 1974. 三陸沿岸における養殖ホタテガイの大量斃死に関する研究 I, 貧栄養, 貧栄養+振動の両実験下で発生する斃死について, 魚病研究, **9**: 10-118.