

香川県沿岸の小型底びき網漁で投棄されるトリガイを種苗に使う養殖の可能性

香川 哲・湯谷 篤^{*1}・齋藤 稔^{*2}・浜野龍夫^{*2}・岡 直宏^{*2}・宮田 勉^{*3}

Feasibility of cockle culture using small *Fulvia mutica* discarded by small-scale bottom trawls along the coastal Kagawa Prefecture, Japan

Tetsushi KAGAWA, Atsushi YUTANI^{*1}, Minoru SAITO^{*2}, Tatsuo HAMANO^{*2},
Naohiro OKA^{*2} and Tsutom MIYATA^{*3}

Abstract: Survival and growth of the cockle *Fulvia mutica* were tested in two experiments to evaluate feasibility of suspended cockle culture using small shells discarded by small-scale bottom trawls along the coast of the Kagawa Prefecture. The preliminary experiment in an inner bay showed survival of 87.5% with gradual growth between September and June, until all but a single individual died in July. Next, cockles were cultured with different mesh crate shapes, bed materials, cover-net shapes, and rearing densities by employing idle fisheries equipment currently owned by the cockle fishermen. Anthracite at low density showed a higher survival and growth rate, whereas no differences were found between the crate shapes and the cover-net shapes.

Key words: Cockle; Suspended farming; Trawl; Bycatch

トリガイ *Fulvia mutica* は、マルスダレ目ザルガイ科に属する大型の食用二枚貝で、日本では北海道を除く各地の内湾や内海の水深10~30 mの砂泥底に多く生息する。¹⁾香川県では、西部に位置する燧灘海域が主要な産地であり、小型底びき網漁業の重要な資源であるが、近年は漁獲量が低迷している。²⁾当海域で操業する漁業者によれば、「小型底びき網には、毎年2月~3月頃からトリガイの小さな貝が多数入網するが投棄しており、出荷サイズ（おおむね殻長60 mm以上）に成長するトリガイは少ない。」と言う（西かがわ漁業協同組合副組合長私信）。また香川県では、漁船の減少によって、漁港内に空いた場所が目立つようになってきた。そこで、投棄されている小型のトリガイを養殖種苗として使って、漁業者自身が漁港内で養殖するこ

とができれば、資源・社会資本の有効活用につながり、小型底びき網漁業者の経営安定に資すると考えた。

トリガイ養殖については、すでに京都府舞鶴市や宮津市、石川県七尾湾では、県営種苗生産施設が生産したトリガイを用いて垂下養殖を行い、地域の特産品として販売しており、養殖技術が確立されている。^{3,4)}

そこで本研究では、これらの先行事例を参考にしながら、養殖資材の初期投資を抑えるため、地域の漁業者が現有し余っている資材を利活用することを前提として、香川県沿岸で投棄されている小型トリガイを種苗として使って養殖試験を実施した。

^{*1} 香川県水産課 (Fisheries Division, Kagawa Prefectural Office, Takamatsu, Kagawa 760-8570, Japan).

^{*2} 徳島大学生物資源産業学部附属水圏教育研究センター (Education & Research Center for Aquascience, Faculty of Bioscience and Bioindustry, Tokushima University, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan).

^{*3} 国立研究開発法人水産研究・教育機構 中央水産研究所 (National Research Institute of Fisheries Science, Japan Fisheries Research and Education Agency, Yokohama, Kanagawa 236-8648, Japan).

材料及び方法

本研究では2つの試験を香川県水産試験場（香川水試）で実施した（Fig. 1）。小型底びき網漁で漁獲され、選別後に投棄されるトリガイを使った養殖試験の実績がないことから、まず、その投棄トリガイを飼育することが可能かどうかを確かめるための試験（実験1）、そして、経費を抑えた簡便な養殖方法を探るための試験（実験2）を行った。トリガイ養殖では、スリットや網目が入っていない60×40×高さ20 cmのプラスチック製コンテナ（以下コンテナ）にアンスラサイトを敷いて、トリガイ種苗を入れ、それらを海中に垂

下して行われている（京都府農林水産技術センター海洋センターホームページ：<http://pref.kyoto.jp/kaiyo/torigaiyousyoku.html>, 2017年1月15日）。本研究でもそれに準じ、粒径2~3 mmのアンスラサイトを深さ10 cmに敷いた。ただし、容器はコンテナの代わりに漁業者がかつて養鰻業に使用するために多数保有し、今は使っていない角型カゴと丸型カゴの2タイプを使用した。角型カゴ（北海箒102300, 三甲）は縦40×横30×高さ20 cmの大きさで、アンスラサイトが抜けないように、ハサミで展開した目合い2 mmのタマネギ袋を内側に縫い付けた（Fig. 2のaとcのカゴ）。丸型カゴ（養鰻箒402200, 三甲）は直径45×高さ20 cmで2

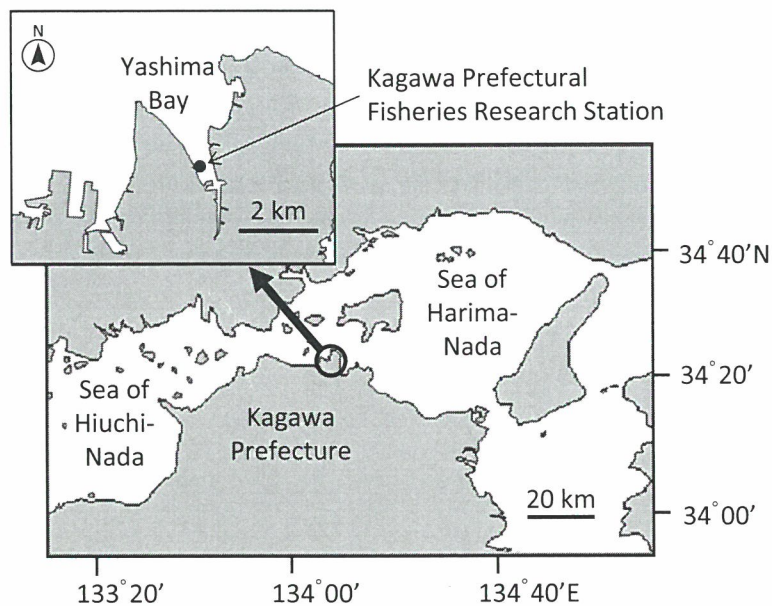


Fig. 1. Map showing the study site, Kagawa Prefectural Fisheries Research Station.

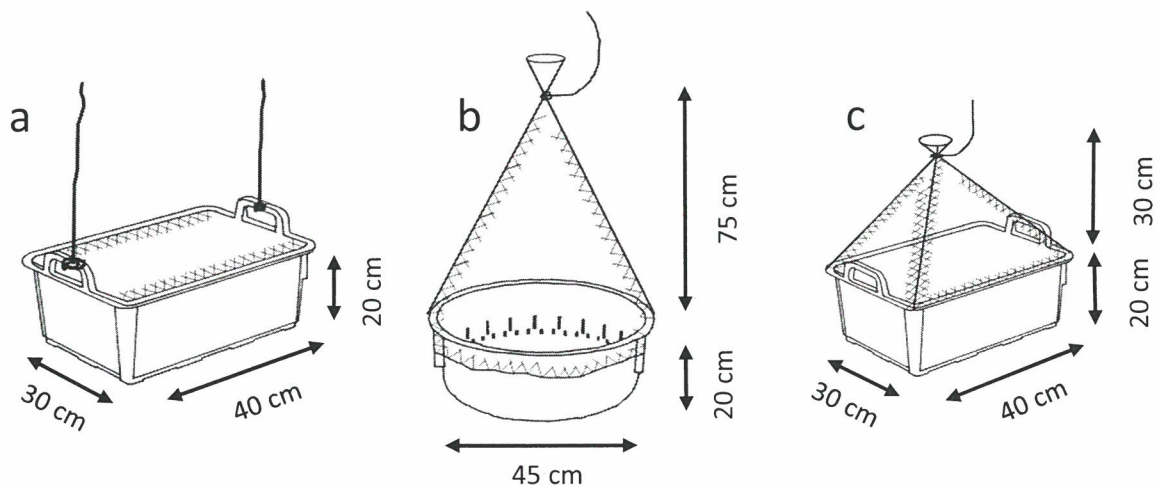


Fig. 2. Experimental fish baskets; a: rectangular mesh crate with flat cover-net, b: rounded mesh crate with conical cover-net, c: rectangular mesh crate with pyramidal cover-net.

mm幅のスリットがあり、アンスラサイトは抜け出ない (Fig. 2のbのカゴ)。

実験1

用いたトリガイは、2014年9月26日に燧灘沿岸で操業する小型底びき網 (地方名称: えび漕ぎ網, 袋網目合い12節) に入網した個体で、本来なら投棄するサイズの24個体 (平均殻長 $45.4 \pm$ 標準偏差 6.2 mm, 範囲 $35 \sim 59$ mm) である。これらは40~50分間曳網の後に、船上で破損のない個体として選別したもので、漁船の活け間に収容して港に持ち帰った。翌27日にトリガイを 25°C の現場海水20 lとともにビニール袋に入れて、保冷剤を敷いたクーラーボックス (30 l) に移し、1.5時間かけて車で香川水試まで輸送した。輸送終了後のビニール袋の海水温は、 21°C であった。

香川水試は、瀬戸内海の中央部に位置する備讃瀬戸東部海域の屋島湾奥にあり (Fig. 1), その地先に設置されている試験用筏からカゴを垂下する方法で実験を行った。

アンスラサイトを敷いた角型カゴ1カゴに24個体のトリガイを入れ、カゴの上面を直接目合い 2.5 cmのポリエチレン製漁網で覆い、筏の枠から水深 2 mの位置に垂下した (Fig. 2のaのカゴ)。その後、毎月1回カゴを引き揚げ、生死を確認し、殻長と体重を測定した。試験期間中はカゴの清掃やアンスラサイトの洗浄は行わず、測定後のトリガイはアンスラサイト上に並べ、再び垂下した。死亡したトリガイの殻は、殻長を測定後に取り除いた。試験期間は、2014年9月27日~2015年7月20日とした。養殖試験筏の表層水温は原則毎日1回、 0.1°C の精度で測定した。

実験2

養殖の基質としてアンスラサイトの他に安価な軽石が使えるかどうか、また、カバーネットの形状や容器であるカゴの形状の影響、さらに高密度で飼育することが可能かどうかを確認するために、2016年4月28日

~2016年8月11日の間に香川水試で養殖試験を実施した (Table 1)。この期間は成長が早くなる水温上昇期なので⁹⁾、成長差が出やすい。

試験に用いたトリガイは、燧灘沿岸で操業する小型底びき網 (地方名称: 戦車漕ぎ網, 袋網目合い10節) により2016年3月20日に漁獲されたのもので、本来なら投棄されるサイズの貝である (39.1 ± 6.5 mm, $19.3 \sim 58.5$ mm)。40~50分間曳網の後に、破損のない個体を選別して、漁船の活け間に収容し港に持ち帰り、実験1と同様に翌日にトリガイを香川水試まで輸送した。袋内の水温は収容時 12°C 、取上時 9°C であった。実験に使用するまでの38日間は、実験1に使用した角型カゴにて蓄養した。

アンスラサイト以外の基質の可能性を探るため、角型カゴに粒径 $2 \sim 3$ mmのアンスラサイトを敷いたもの1カゴと、粒径 $2 \sim 5$ mmの軽石 (ひゅうが軽石細粒, 栄配送サービス) を敷いたもの1カゴを用意した (Fig. 2のa)。この軽石は、アンスラサイトと較べて同体積で価格が $1/14$ と安価で、ホームセンター等で入手しやすい (2018年6月時点)。軽石は、アンスラサイトと同様に、深さ約 10 cmになるように敷き、蓄養していたトリガイ22個体 (42.6 ± 2.7 mm, 収容密度 1.6 個体/ 100 cm^2) を収容し試験を開始した (Table 1)。なお、軽石は空気を含み海水に浮くため、使用の前日からネットに入れた軽石を強制的に海水に沈めて空気を除去した後に使用した。

トリガイの逃亡や食害を防止するためのカバーネットの形状については、角型カゴの上面を目合い 2.5 cmのポリエチレン製の漁網で平坦に覆ったもの1カゴ (以下、平面区) (Fig. 2のa) と巾着型のカバーネット1カゴ (以下、四角錐区) (Fig. 2のc) を比較した。四角錐区には、角型カゴに香川水試で蓄養中のトリガイ22個体 (43.5 ± 5.7 mm, 1.6 個体/ 100 cm^2) を収容して試験を開始した (Table 1)。丸型カゴで平面のカバーネットを使用した場合には、垂下のためのロープをバランスよく取り付け加工が難しいため、実用化は難

Table 1. Settings of experimental cockle baskets in Exp. 2

Basket series	Mesh crate	Bed material*	Cover-net	Shell length (mm)		Density of shells	
				Mean \pm SD	Min - Max	n/cage	n/100 cm^2
RcAF	Rectangular	Anthracite	Flat	37.7 ± 2.8	33.8 - 48.0	22	1.6
RcPF	Rectangular	Pumice	Flat	42.6 ± 2.7	38.0 - 42.6	22	1.6
RcAP	Rectangular	Anthracite	Pyramidal	43.5 ± 5.7	32.9 - 55.2	22	1.6
RnAC	Rounded	Anthracite	Conical	47.0 ± 3.5	42.6 - 55.9	20	1.3
RcAF	Rectangular	Anthracite	Flat	35.6 ± 5.0	25.2 - 47.3	69	5.1

*: Depth of bed material, 10 cm.

しいと判断して最初から使用しなかった。

養殖カゴの形状について検討するために、角型カゴと丸型カゴを1カゴずつ用意し、成長を比較した。角型カゴにはトリガイ22個体 (43.5 ± 5.7 mm, 1.6個体/100 cm²)、丸型カゴには20個体 (47.0 ± 3.5 mm, 1.3個体/100 cm²) を收容した。角型カゴ、丸型カゴとも、目合い2.5 cmのポリエチレン製漁網で巾着型のカバーネットを付けた (Fig. 2のbとc, Table 1)。

收容密度についての知見を得るために、先行事例 (京都府農林水産技術センター海洋センターホームページ: <http://pref.kyoto.jp/kaiyo/torigai-qa-4.html>, 2017年1月15日) に準じて、1.6個体/100 cm²程度の收容密度とした低密度区と、5.7個体/100 cm²の收容密度とした高密度区を設定し、角型カゴにアンストラサイトを敷き、上面を平坦に覆う目合い2.5 cmのカバーネットを装着し、トリガイ69個体を收容した (35.6 ± 5.0 mm) (Table 1)。

以上のカゴは、筏から水深2 mの位置に垂下した。毎月1回カゴを取り上げ、貝の生死を確認し、殻長と体重の測定を行った。そして、大畑ら⁶⁾のようにカゴの付着生物をタワシで落とし、海水を入れてアンストラサイトや軽石の基質を攪拌し洗浄した。測定後のトリガイは基質の表面に並べ、埋め戻しはしなかった。死亡していた個体は、取り除いた。試験筏の表層水温は、原則毎日1回、0.1℃の精度で測定した。

8月の取上げ時点での2試料のデータセット間の差の有意性については、殻長はMann-WhitneyのU検定で、生残率についてはその時点までの生死の個体数を使いFisherの正確確率検定によって判断した。

結 果

実験1

現地の水温は、試験を開始した2014年9月27日に26℃であったものが、2月には7℃まで低下し、その後7月20日に25℃まで上昇した (Fig. 3)。2014年9月27日に試験を開始し、翌月の10月30日までの1か月間でへい死する個体は無く初期生残率は100%であったことから投棄トリガイ飼育の可能性は十分であった。そこで次のステップである長期間飼育した場合の生存や成長を把握するための予備試験としてその後も飼育実験を行った。翌年の6月4日までに斃死したトリガイは3個体で、生残率は87.5%であったが、7月20日には1個体を除き全て斃死していたことから試験を終了した (Fig. 3)。

殻長は、試験を開始した2014年9月27日には平均45.4 mmであったが、10月30日には45.4 mm, 11月21日には45.5 mmと成長しなかった。しかし、12月18日に

は49.3 mmに増加し、2015年3月17日には53.4 mmに達したが、その後は成長が滞った。体重は、9月27日に平均26.2 gであったが、11月21日には28.2 gになり、3月17日には43.4 gに増加した。その後5月1日、6月4日の測定では増加が見られず、7月20日には、殻長50 mm, 体重27.2 gの1個体のみが生残し、それ以外は死亡していた (Fig. 4)。

実験2

(1) 飼育基質

試験を開始した2016年4月28日の水温は、17℃であったが、7月4日には25℃を上回り、終了した8月11日には29℃であった。

アンストラサイト区 (Table 1のRcAF) と軽石区 (同RcPF) の平均殻長は、実験開始時には、それぞれ37.7 mmと42.6 mmであったが、毎月増加し、実験を終了した8月11日にはそれぞれ56.1 mmと50.2 mmに成長した (Fig. 5)。開始時には、軽石区の方が4.9 mm大きかったが、5月に差がほぼなくなった。取上げ時の8月にはアンストラサイト区の方が3.9 mm大きく、両区の

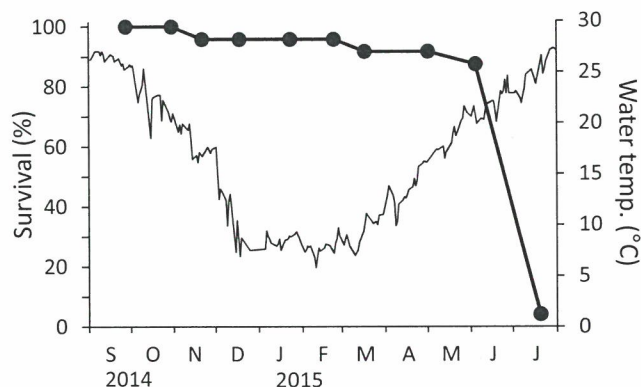


Fig. 3. Monthly changes in survival of the cultured cockles and water temperature in Exp. 1.

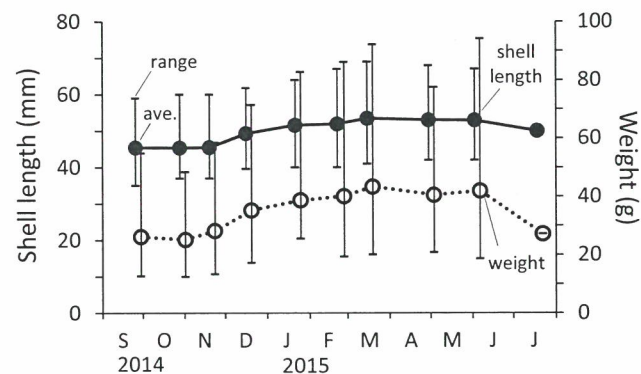


Fig. 4. Monthly changes in shell length and weight of the cultured cockles in Exp. 1.

間には有意差が認められた (Mann-WhitneyのU検定, $P < 0.05$)。一方, アンスラサイト区と軽石区の生残率は, それぞれ, 5月に86.4%と95.5%, 6月に81.8%と85.7%, 7月に45.5%と71.4%, 8月に45.5%と57.1%で7月は軽石区の方が高いものの, 8月になると両区の差は小さくなり, 有意差も認められなかった (Fisherの正確確率検定, $P > 0.05$) (Fig. 6)。軽石は浮いて流失しやすいので, 試験開始の前日にネットに入れて海水に浸漬させてから使用したが, カゴを揚げて再び垂下するたびに一部は浮上し, カゴ外に流出した。

(2) カバーネットの形状

平面区 (Table 1のRcAF) と四角錐区 (同RcAP) の平均殻長は開始時にはそれぞれ37.7 mm, 43.5 mmから毎月増加し, 実験を終了した8月11日には56.1 mm, 52.0 mmと成長した (Fig. 5)。開始時は四角錐区の方が5.8 mm大きかったが, 5月には差が小さくなった。8月には平面区の方が4.1 mm大きくなったが, 両者の間に有意差は認められなかった (Mann-WhitneyのU検定, $P > 0.05$)。一方, 平面区と四角錐区の生残率は6月にはそれぞれ81.8%, 86.4%, 7月には45.5%, 68.2%であったものが, 8月には45.5%, 45.5%と両区に差が

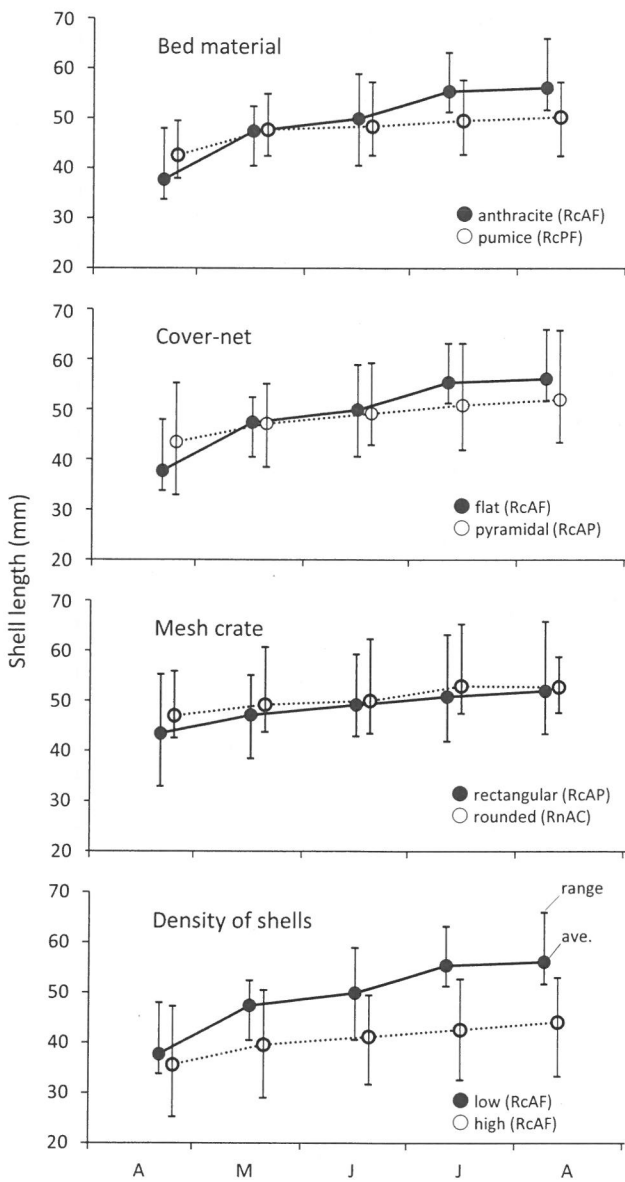


Fig. 5. Monthly changes in shell length of the cockles cultured in the fish baskets with different mesh crate shapes, bed materials, cover-net shapes, and rearing densities in Exp. 2. Letters in parenthesis show the symbols of the baskets denoted in Table 1.

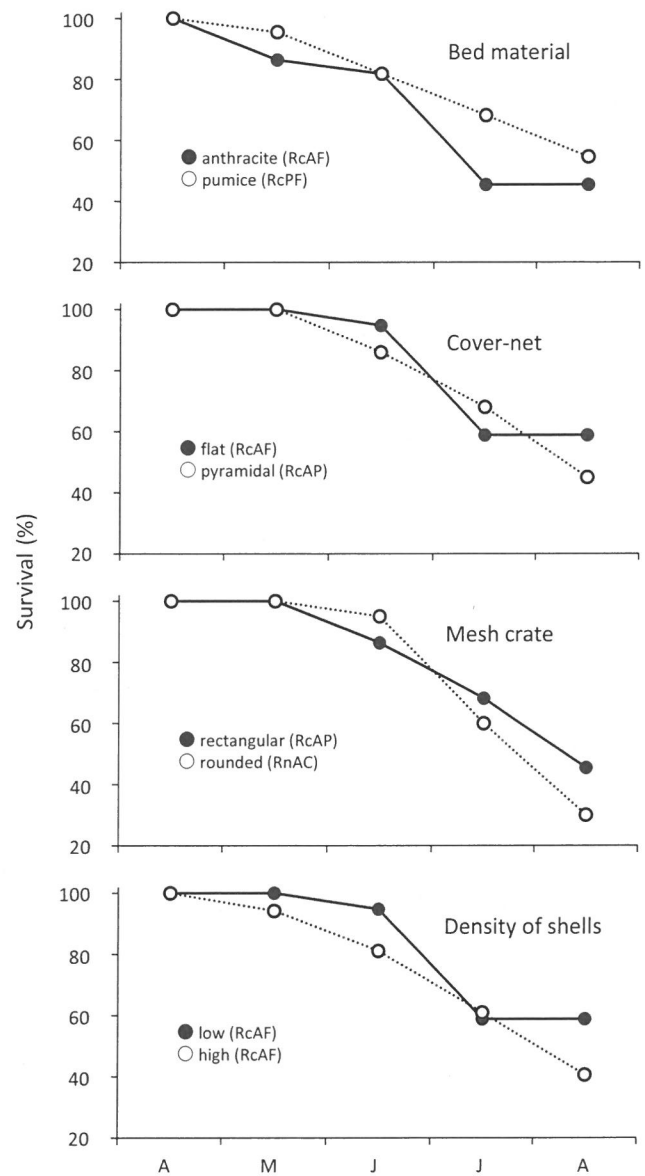


Fig. 6. Monthly changes in survival of the cockles cultured in the fish baskets with different mesh crate shapes, bed materials, cover-net shapes, and rearing densities in Exp. 2. Letters in parenthesis show the symbols of the baskets denoted in Table 1.

なくなり、有意差も認められなかった (Fisherの正確確率検定, $P > 0.05$) (Fig. 6)。

(3) 養殖カゴの形状

角型カゴ区 (Table 1のRcAP) と丸型カゴ区 (同RnAC) の平均殻長は、開始時にはそれぞれ43.5 mm, 47.0 mmであったものが、毎月増加し、実験を終了した8月11日に52.0 mm, 52.8 mmと成長した (Fig. 5)。実験開始時に丸型カゴ区が9.3 mm大きかったが、6月には差が小さくなった。8月には角型カゴ区が3.8 mm大きくなったが、両区の間には有意差は認められなかった (Mann-WhitneyのU検定, $P > 0.05$)。また丸型カゴ区では8月に大型のトリガイが多く死亡したことにより、殻長の最大値が大きく低下し、最小値に大きな変化が見られなかった (Fig. 5)。一方、生残率の推移は、4月～6月の間は差が見られなかったが、7月から丸型カゴ区60.0%、角型カゴ区68.2%と8.2%の差が生じ、8月には丸型カゴ区30.0%、角型カゴ区45.5%と差が拡大したが、有意差は認められなかった (Fisherの正確確率検定, $P > 0.05$) (Fig. 6)。

(4) 収容密度

低密度区 (Table 1のRcAF) と高密度区 (同RcAF) の平均殻長は、開始時にはそれぞれ37.7 mm, 35.6 mmから毎月増加し、実験を終了した8月11日には56.1 mm, 44.1 mmと成長した (Fig. 5)。開始時に低密度区が2.1 mm大きかったが、8月に低密度区が12.0 mm大きくなりその差は拡大した。また両区の殻長の範囲は、開始時には58%の重複があったが、成長速度の違いから差が広がり、8月は4%の重複となった。両区の8月の殻長には有意差が認められた (Mann-WhitneyのU検定, $P < 0.05$)。一方、低密度区と高密度区が生残率は、6月には81.8%, 86.2%と低下を始め、7月には45.5%, 64.6%, 8月には45.5%, 43.1%と両区とも大きく低下したが、有意差は認められなかった (Fisherの正確確率検定, $P > 0.05$) (Fig. 6)。

考 察

実験1で、2014年9月に撻灘で操業する小型底びき網漁で投棄されているトリガイを角型カゴで飼育したところ、翌年6月まで約90%が生存したことから (Fig. 3)、投棄しているトリガイを養殖種苗に使うことや、飼育容器として、コンテナに代わり角型カゴを使うことは可能だと判断した。しかし、7月20日までに1個体を残し全滅した。実験2においても、すべての養殖カゴで7月から成長が停滞し、生残率も低下した (Figs. 5, 6)。この時期の水温は約25℃であり (Fig. 3)、松

野・木村⁷⁾が報告したトリガイが斃死する29℃より低かった。また、トリガイは50%海水、すなわち塩分17程度の環境で生残に悪影響を受ける⁸⁾が、地先に河川の流入はなく、大きな塩分低下はなかったと考えられる。25～27℃の高水温期に、1 m//前後の溶存酸素量の低下が死亡に最も影響する⁹⁾が、本実験中は同場所の小割生簀で飼育しているハマチ等の魚介類には変化は見られず、大きな溶存酸素量の低下は認められなかった。水温と酸素消費量の関係については、25℃を超えた水温の下では抵抗力が弱まり環境変化の影響を受けやすいことや⁹⁾、8月以降成長が停滞する原因としてトリガイの活力が低下する水温25℃を上回っている⁹⁾ことが挙げられている。本試験でも同様に、7月以降の高水温により成長や生残に影響が出たと考える。夏場の大量斃死を防ぐ上で、1週間毎のこまめなコンテナ清掃作業や低密度飼育が有効との報告がある。⁶⁾香川県沿岸の環境条件から考えると、頻繁にカゴやカバーネットの清掃等のメンテナンス作業を行うことによって、7月中まで養殖を継続できる可能性がある。しかし、29℃を超える高水温となる8月以降まで養殖期間を延伸することは難しいであろう。

実験2から、アンストラサイトと比べ成長に有意差があったことから基質として、アンストラサイトの代用として軽石を使うことはできないと判断するが、角型カゴだけでなく丸型カゴを使うことや、巾着型のカバーネットを採用することは問題無いと考える。現場では、平面のカバーネットは垂下に2本のロープが必要で、カゴの揚げ降ろしをバランス良く行わねばならず、作業性が悪かった。また、カゴに巾着型のカバーネットを取り付ける場合、角型カゴより丸型カゴの方が製作が容易であった。これらのことから、丸型カゴに巾着型のカバーネットを取り付けて使う方法が良いと思われる。なお、京都府方式のコンテナでは、海中から船上や筏上へのコンテナ引上げ時の重量が50kgにもなる³⁾が、ここで提案する丸型カゴに巾着型カバーネットを使う方法では、海面でカゴから水が抜けるのを待つことで、重量は9～10kg (実測値) となるので、大幅な労力を軽減できる。

京都府沿岸の事例と比較すると⁵⁾、実験1および実験2ともにトリガイの成長は遅かった。すなわち、宮津湾では7月の時点で平均殻長86.2 mmに育っていたが、本実験1では平均殻長53.4 mmと小さく、本実験2の8月時点で成長が最も良かった角型カゴでも平均殻長56.1 mmと成長が劣る結果となった。このような差が出た原因として、垂下場所の餌 (植物プランクトン) の量や養殖容器の清掃をこまめにしていないために海水の流動が妨げられて成長に影響したことが考えられた。二枚貝類の餌の指標であるクロロフィルaは、季

節や水深で変動することから、その濃度に対応して養殖容器の垂下する水深を変動させることにより成長をさせることが可能かもしれない。

以上から、当海域におけるトリガイ養殖は、混獲されたトリガイを使って水温が25℃を下回った9月下旬から開始し、翌年7月に水温が25℃を超える時期までに取り上げるようにし、クロロフィルa濃度が高い場所で、収容密度を低くして、特に水温上昇期に清掃などのメンテナンス作業を頻繁に行うようにしながら実施する必要がある。今後、種苗の確保の見通しや、底びき網漁の片手間に実施することによる採算性について、検討して行きたい。

謝 辞

本研究を行うにあたり、養殖試験等でご協力をいただいた観音寺市内の観音寺漁業協同組合、西かがわ漁業協同組合、伊吹漁業協同組合の漁業者と職員の方々に感謝いたします。

文 献

- 1) 田 永軍：1992，東京湾のトリガイ資源に関する研究．博士論文，東京大学，東京．188pp.
- 2) 中国四国農政局香川統計情報事務所：2001，海面漁業・養殖業累年統計書．中国四国農政局香川統計情報事務所．高松，109pp.
- 3) 西広富夫：1997，京都府のトリガイ養殖試験の現状．日水研連ニュース，379，5-9.
- 4) 濱上欣也・沢矢隆之・勝山茂明・相木寛史・西田剛：2014，トリガイ養殖技術開発事業（養殖試験）．平成24年度石川水総セ事報，30-32.
- 5) 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性について．京都海セ研報，16，28-34.
- 6) 大畑亮輔・田中雅幸・今西裕一・久田哲二・尾崎仁：2015，トリガイ養殖における清掃作業と低密度飼育の有効性．京都海セ研報，37，25-27.
- 7) 松野 進・木村 博：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—V トリガイの高水温耐性および低酸素耐性．山口水研セ研報，1，23-29.
- 8) 谷本尚史・田中雅幸・久田哲二・大畑亮輔・今西裕一：2015，低塩分がトリガイの生残に及ぼす影響．京都海セ研報，37，7-10.
- 9) 野上和彦・梅沢 敏・阪口清次・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．南西水研研報，13，19-28.

要 旨

香川県沿岸にて小型底びき網漁で投棄される小型トリガイをカゴに収容しての垂下養殖が可能か検討するため、2つの実験で生残率と成長を評価した。湾奥部における予備的な試験では、9月～6月の間に穏やかに成長し、生残率は87.5%であったが、7月には1個体を除いて死亡した。また、漁業者所有の既存の漁業資材を使い、4月～8月に同湾奥部でカゴ形状・基質・カバーネット形状・収容密度を変えて養殖した。その結果、成長や生残において、基質はアンストラサイトで、低密度で収容するのが良好であったが、カゴやカバーネットの形状間には差がなかった。

