

トリガイ春産れ種苗の囲網内における成長と生残*

内野 憲・藤原 正夢・田中 雅幸
桑原 昭彦・辻 秀二・葭矢 護

Growth and Survival of Spring-born Young Cockles Kept in Shallow Enclosed Area

Ken UCHINO, Masamu FUJIWARA, Masayuki TANAKA,
Akihiko KUWAHARA, Syuji THUJI and Mamoru YOSHIYA

Synopsis

This paper describes growth and survival of the spring-born young cockles, *Fulvia mutica* (REEVE), released to three experimental areas shallower than 1.5 m deep, enclosed with nets, in Miyazu Bay.

The growth rates (mm/day) of the shell with 12.9~15.5 mm SL were 0.36~0.39 for 74 days in the water containing more than 1×10^{-8} g/ml chlorophyll-a, while in the water less than 1×10^{-8} g/ml were 0.21. Moreover, the survival rates of the shell with 11.3~15.5 mm SL were 13~61% for 74 days in the enclosed area. On the other hand, in the open area they were greatly varied showing poorer rates as 0~12%.

According to the above results, it was concluded that a mass of the spring-born young cockles with some 10 mm SL were reared up to 30 mm SL with 50% in survival rate for two months in the shallow area of the Miyazu Bay under the nutritional conditions more than 1×10^{-8} g/ml chlorophyll-a.

一般に、種苗放流事業を成功させるためには、放流後の生残率を高める技術が必要となる。現在、室内で人工生産されたトリガイ *Fulvia mutica* (REEVE) 種苗は殻長約 1 mm で沖出しされ、生海水を使った砂床飼育方法(藤原・藤田, 1985)で 6~10 mm サイズまで大量育成されている。そして、その後 30 mm ぐらいまでは、種々の方法で育成されている。例えば、海底設置網カゴによる方法(西広ほか, 1983)、生海水を使った Up-welling 装置による方法(西広ほか, 1984)、砂床飼育方法などであるが、いずれの方法も人手や経費がかかりすぎる等の問題をもっている。

一方、天然浅海域に殻長 1.8 mm で放流されたトリガイ稚貝は、放流78日後には殻長 34.4 mm まで成長する(西広, 1981)との知見もある。

そこで、今回、殻長 10 mm 前後の大量の種苗を中間育成する方策を見出す目的をもって、天然水域を利用

して、囲網によるトリガイ春種苗の育成実験を行い、その成長と生残などの知見を得るとともに、これらの方法によって放流種苗を保護育成することの有効性について検討を行った。

材料および方法

実験水域は宮津湾で、用いた種苗はすべて当センターで1986年と1987年の春期に種苗生産されたものである。

実験 I

本実験は、殻長 10 mm 前後の種苗を、囲網によって保護育成することが可能かどうかを判断する目的で実施された。

実験水域は湾奥部の波路水域で(Fig. 1)、底質が砂質泥である水深 1.5 m 以浅域であった。実験水域の汀線から 10 m 沖合の水深 1.5 m 域に、長さ 80 m に亘って、仕切り網(モジ網, 105 径)を設置し、平均殻長 19.4 ± 4.6 mm のトリガイ種苗を 10,572 個収容した。実験期間は、1986年9月26日から11月14日までの49日間で

* トリガイの増殖に関する研究-I

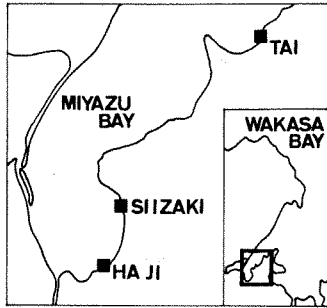


Fig. 1 Map showing three sites of experimental rearing in the Miyazu Bay.

あった。

育成期間中に4回、コドラート法(調査域5ヶ所、1ヶ所につき25 cm×25 cmの枠取り調査を4回実施)による生残率把握調査を行い、あわせて殻長を測定した。

実験II

育成水域と収容密度の違いによる成長と生残率の差とともに、囲網による種苗の保護育成の有効性を検討するため、平均殻長11.3~15.5 mmの種苗を用いて実験を行った。

実験水域は、湾奥部の波路水域、獅子崎水域と湾口部の田井水域(Fig. 1)の3ヶ所で、いずれも水深1.5 m以浅域であった。各実験水域の底質は、砂質であったが、砂の状況は3育成水域で異なっていた。すなわち、スミスマッキン型採泥器で採取した底質を、SIK製のMESHES 16 (OPENING 1 mm)ふるいで分離したところ、MESHES 16をとおりぬけた砂の割合は、波

路水域64%、獅子崎水域72%、田井水域99%で田井水域の底質は固い状態であった。

使用した囲網は、4×4 m、高さ2.5 m(モジ網、50径)であった。密度実験区は、6,400個収容区(400個/m²)と4,000個収容(250個/m²)とした。また、囲網無しの対照区を囲網の横に設定した。実験水域別の供試員の大きさと収容個体数はTable 1に示した。実験期間は、1987年7月17日から9月29日までの74日間で、実験終了時の9月29日に、全個体数をとりあげた。

実験期間中に6回、潜水観察を行うとともに、各育成水域の底土上のクロロフィル-a量と水温・塩分を測定した。クロロフィル-a量は、パリオセンス(IM-PULSPHYSI KGmbH社製)で測定した蛍光強度をクロロフィル-a量に換算する方法(有賀, 1979)で求めた。期間中に1回、育成貝の殻長を測定した。

結 果

実験I

実験期間中の平均殻長とコドラート法によって求めた生残率の推移をFig. 2に示した。

種苗の収容初期の大量弊死は見られず、32日後の10月28日までは順次減少する傾向を示し、この間の推定生残率は36%であった。実験終了時である11月14日の通算生残率は39%と推定され、10月28日のそれより3%高かった。生残率推定方法として用いたコドラート法の推定誤差を考慮すると、種苗の平均殻長が37 mmに達していた10月28日以後の減耗は非常に少なかったと考えられる。

Table 1 Growth and survival rates of the spring-born young cockles released to three experimental area shallower than 1.5 m deep from Jun. 17 to Sept.29 in 1987.

Rearing area		Stocked		Harvested		Growth rate (mm/day)	Survival rate (%)
		Shell length Mean±SD (mm)	No. of individual (/m ²)	Shell length Mean±SD (mm)	No. of individual		
Haji	E*	15.1±3.47	6,400	40.6±3.38	3,612	0.34	56
	E	15.5±3.63	4,000	42.1±3.23	2,424	0.36	61
	O	14.8±4.00	4,000	—	10	—	0.0
Siizaki	E	14.4±3.04	6,400	32.2±5.07	3,084	0.24	48
	E	12.9±3.05	4,000	42.0±3.43	1,981	0.39	50
	O	15.2±3.46	4,000	34.0±3.22	496	0.25	12
Tai	E	13.2±2.79	4,000	29.1±4.02	536	0.21	13
	O	11.3±2.76	4,000	—	45	—	1

* E, enclosed area with nets; O, open area

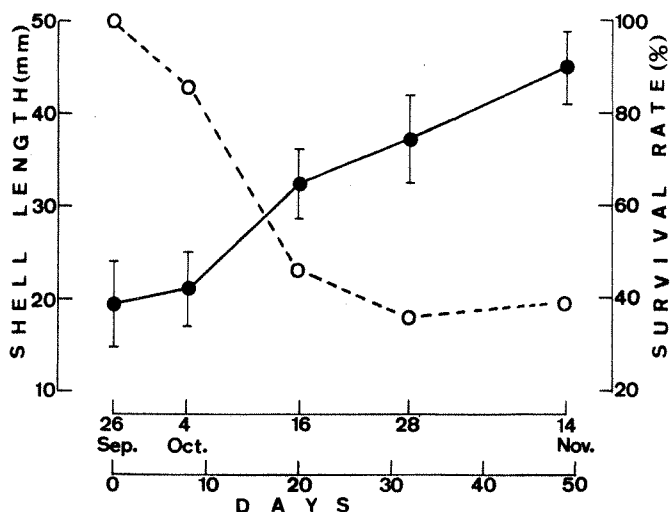


Fig. 2 Growth curve of the cockles in shell length (●) and change of survival rate (○) at Haji site. Vertical lines show standard deviation.

育成期間中の種苗の成長は順調に推移し、20日後の10月16日には平均殻長 32 mm, 49日後の11月14日には平均殻長 45 mm に達した。実験期間中の日間成長量は 0.52 mm/日と計算された。

以上の結果から、殻長 10 mm 前後のトリガイ春種苗を囲網によって保護育成することは可能と判断した。

実験 II

実験期間中の水温変化は3育成水域ともほぼ同じ傾向を示した (Fig. 3)。種苗収容開始時の7月18日の水温は、波路水域 21.8°C, 獅子崎水域 22.1°C, 田井水域 23.2°C で、以降、水温は上昇し、8月12日には各水域で最高水温 (29~30.5°C) に達した。その後は漸次低下し、実験終了時の9月29日の水温は3水域とも 23°C であった。一方、塩分は、波路水域の28.1‰ (8月12日),

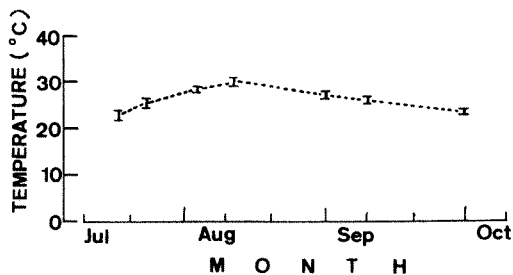


Fig. 3 Monthly change of the temperature. Vertical lines show the maximum and minimum temperatures in three experimental rearing sites.

25.8‰ (9月12日), 獅子崎水域の 27.4‰ (9月12日) を除くと、32.0~34.6‰の範囲内で推移した。

クロロフィル-a量の推移を Fig. 4 に示した。測定日毎の変化は大きいですが、3水域間の比較はできる。獅子崎水域と波路水域のクロロフィル-a量が多く、 1×10^{-8} g/ml 以上である割合が高かった。田井水域は、いずれの測定日においても他の2水域に比べ少なく、実験期間中 1×10^{-8} g/ml 以下で推移した。

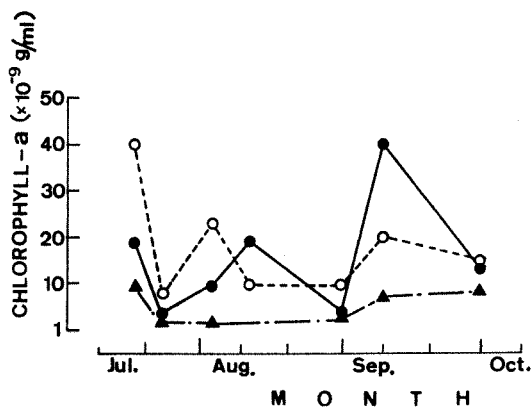


Fig. 4 Monthly change of the chlorophyll-a in three experimental rearing sites. ●—● Haji; ○—○ Siizaki; △—△ Tai.

育成結果を Table 1 に、平均殻長の推移を Fig. 5 に示した。育成水域の違いによる成長と生残率の差は、

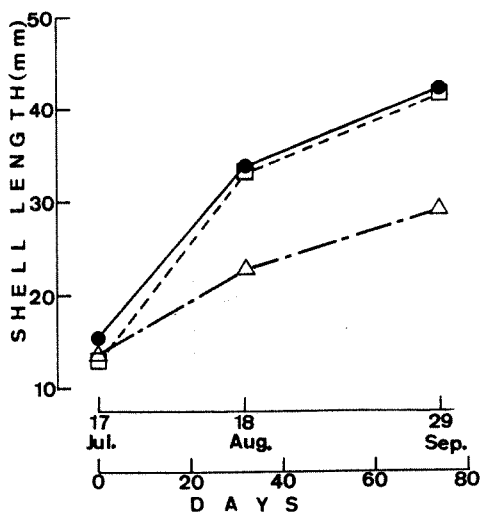


Fig. 5 Growth curve of the cockles.
 ●—● Haji; □—□ Siizaki,
 △—△ Tai.

3 育成水域の 4,000個収容囲網区の育成結果から検討した。波路水域と獅子崎水域での育成成貝は、32日後には 33 mm, 74日後には 42 mm に達していたが、田井水域の育成成貝は、32日後 25 mm, 74日後 29 mm であった。供試貝の収容時の大きさが異なるため、実験期間中の日間成長量で比較すると、期間中のクロロフィル a 量が多かった獅子崎水域育成成貝の日間成長量が最も良く 0.39 mm/日、次に良かったのが波路水域育成成貝 0.36 mm/日で、クロロフィル a 量が 1×10^{-8} g/ml 以下で推移した田井水域育成成貝は 0.21 mm/日で他水域より低かった。この結果は、育成水域のクロロフィル a 量が種苗の成長を左右していることを示唆している。種苗の生残率は、波路水域が 61% と一番高く、獅子崎水域は 50%, 田井水域は 13% であった。収容時および各観察時に、種苗が大量斃死していたことはなかった。また、波路水域で見られた塩分の低下 (9月12日 25.8%) は、トリガイ稚貝の生残りに大きな影響を与えなかったことが分かる。

収容密度の違いによる成長と生残率の差の検討は、波路水域と獅子崎水域のそれぞれでおこなった 6,400個区 (400個/m²) と 4,000個区 (250個/m²) の 9月29日取りあげ時における殻長と個数に注目した。波路水域の場合、6,400個区と 4,000個区の平均殻長は 40.6 mm, 42.1 mm, 生残率は 56%, 61% で、囲網区間の差はほとんどなかった。一方、獅子崎水域の場合、生残率は 6,400個区 48%, 4,000個区 50% とほぼ同一であったが、平均殻長には差が生じた。すなわち、4,000個区の育成成貝の平

均殻長は 42.0 mm であったが、収容密度が高い 6,400個区のそれは 32.2 mm であった。以上の結果から、殻長 10 mm 前後の種苗を 40 mm 前後まで育成する場合、m² 当り 250~400個の密度では、収容密度の違いが種苗の生き残りに作用しないことが分かった。同時に、今回の獅子崎水域の育成結果からは、収容密度の違いが収容貝のその後の成長に影響を与える可能性のあることが示唆された。

囲網による種苗の保護育成の効果については、3 育成水域で行った囲網と囲網無し区の生残率の差に注目して検討した。Table 1 から明らかのように、各育成水域において、囲網により保護した区の生残率は囲網の無かった区の生残率より明らかに良く、波路水域の場合、囲網区の生残率は囲網無し区のそれよりも 202 倍、獅子崎水域の場合は 4 倍、田井水域の場合は 12 倍であった。以上の結果は、天然水域で殻長 10 mm 前後のトリガイ種苗を 40 mm 前後まで育成する場合、囲網の果たす役割が非常に重要であることを示している。

考 察

今回行った実験結果から、囲網を用いて天然水域での育成を行った場合の殻長 10 mm 前後のトリガイ春産れ種苗の成長と生残についての知見を得ることができたので、ここでは、放流種苗の保護育成という視点から、囲網の有効性について検討してみる。

まず、種苗の成長について述べる。今回の 2 実験による囲網内種苗の成長を、供試種苗のサイズが類似している他の育成方法の結果と比較するために Table 2 にまとめて整理した。今回の実験の波路水域と獅子崎水域での囲網内種苗の日間成長量は、実験 I の 19 mm 種苗、実験 II の 12~15 mm 種苗とも他の育成方法によるこれまでの結果と比較して大差がなく、7~11月の期間中、殻長 10 mm 前後の種苗は約 60 日間の育成で 35~40 mm 前後まで成長していた。したがって、成長について言えば、囲網による春産れ種苗育成の有効性は確認されたとと言える。

ただし、種苗の成長を詳細にみると、囲網により種苗の保護育成を行う場合に配慮すべき問題点も明らかになった。その一つはトリガイの成長に影響を与える主要因である餌料量の問題である。育成水域の餌料の密度と対象生物の育成密度が生物の成長を規制することは一般的に知られた事からであり、トリガイの場合でも網カゴ飼育 (西広ほか, 1983) や砂床飼育 (藤原・藤田, 1985) 試験の中で育成密度を高くすると成長の低下が生じたこ

Table 2 Growth rate (mm/day) of the spring-born young cockles by various rearing methods.

Duration	Rearing method* and site	Stocked		Growth rate (mm/day)	Literature
		Shell length Mean \pm SD (mm)	No. of individuals (/m ²)		
1986. 9. 26~11. 14 (49 days)	E (Haji)	19.4 \pm 4.6	26	0.52	This report
1987. 7. 17~ 9. 29 (74 days)	E (Haji)	15.1 \pm 3.5	400	0.34	This report
	E (Haji)	15.5 \pm 3.6	250	0.36	
	E (Haji)	14.4 \pm 3.0	400	0.24	
	E (Haji)	12.9 \pm 3.1	250	0.39	
1983. 8. 1~10. 7 (68 days)	B (Haji)	7.7	313	0.38	NISHIHIRO et al., 1983
	B (Haji)	7.7	938	0.32	
1984. 8. 13~ 9. 22 (40 days)	S (Kunda)	11.7 \pm 2.0	1,720	0.33~ 0.44	FUJIWARA-FUJITA, 1985
1987. 7. 24~ 8. 25 (32 days)	S (Miyazu)	10.3 \pm 1.7	1,040	0.50	Unpublished
1987. 9. 22~10. 23 (31 days)	S (Miyazu)	16.1 \pm 4.2	1,040	0.39	

* E, in the enclosed area with nets; B, basket; S, in the sand bed

とが報告されている。今回の実験Ⅱでも3育成水域間の成長差や獅子崎水域での収容密度の違いによる成長差が、育成水域のクロロフィル-a量とかかわりあっている可能性が示唆された。しかしながら、餌料量と成長との関係については、上記のように両者の間に密接な関係があることが指摘されているのみで、その具体的内容は定かではなく、わずかに、藤原(1986)が、トリガイの餌の利用状況は水温条件によって変化し、クロロフィル-a量の消費率が50%以上の状態では成長が抑制されると述べているにすぎない。したがって、トリガイの成長に必要な餌の量の解明が急がれる。同時に、囲網方式での育成の場合、育成水域の海水の流れによっても変化すると考えられる「育成貝が利用できる餌の量」と適正育成密度との関係を確認することが今後必要である。ただし、今回の実験Ⅱの結果から、クロロフィル-a量が常時 1×10^{-8} g/ml以上であれば、殻長10 mm前後の種苗をm²当り400個の密度で7月中旬から育成した場合、9月中旬までに30~40 mm前後の大きさまで育成できることが確認されており、この値が、囲網によりトリガイ春種苗の育成を行う場合の一つの目安になるであろう。なお、育成密度については、トリガイ種苗が潜砂するのに必要な面積の検討から、殻長30 mmではm²当り1,000個が上限に近い密度であるとの報告(藤原・藤田, 1985)もあり、この角度からの検討も必要であろう。

次に、トリガイの生き残りを左右する主な要因と考えられる害敵生物の排除の視点から囲網の有効性を検討した。今回の3育成水域での実験によれば(実験Ⅱ)、トリガイをはじめとした二枚貝を捕食するヒトデ類やカニ類、肉食性巻貝類などが囲網にとって大部分排除されたことにより、囲網区の生残率は、囲網無し区に比較して4~202倍も高い生残率であり、囲網の有効性は明らかである。そしてこのことは、天然水域では、殻長10 mm前後の種苗の生き残りに関する限り、食害の影響が大きいと考えられ、天然水域への種苗放流の際に食害の排除、放流種苗の保護等について、特に配慮すべきことを示唆している。

ところで、今回の実験同様、春種苗を使用した網カゴ飼育の場合、殻長8 mmから40 mmまでの生残率は36%であり(西広ほか, 1983)、砂床飼育の場合、殻長11~13 mmから30 mmまでの生残率は84~98%であった(藤原・藤田, 1985)。そこで、今回の結果と比較すると、殻長10~20 mm種苗の40 mmまでの生残率は40~60%であり(Table 1)、砂床飼育よりは劣るものの、網カゴ飼育よりは優れていた。網カゴの場合は目づまりからくる水替りが悪くなったこと、囲網の場合は駆除しきれなかったツメタガイ *Neverita (Glossaulax) didyma* (RÖDING)などの害敵の存在が生残率を少し低くした可能性もあるが、3つの方法とも、害敵の影響は基

本的にはないとみなされるので、育成方法の間にみられた生残率の差は、他の要因に起因するものと考えられる。ここでは底質を一つの要因と考えた。トリガイは潜砂性二枚貝であるが、水管が殻長よりもかなり短いため、砂泥中に深く潜砂することはしない。また、稚貝の場合、貝殻は非常に破損されやすい。したがって、細砂の占める割合が多い固い底質域や、波浪等によって育成水域の砂が動くところでは、死亡する割合は高くなると考えられる。同じ育成密度で行った3育成水域での実験（実験Ⅱ）で底質が固かった田井水域の生残率が低かったことが、その推察を支持している。泥分率80~100%、灼熱減量10%以上域はトリガイの生息不適地との報告（井上, 1953）もあるように、稚貝の斃死と底質とは相当密な関係にあると推察され、囲網による種苗育成の際には、底質についての十分な検討が必要である。

最後に、育成水域の水温・塩分とトリガイ種苗育成とのかかわりについて述べる。実験Ⅱの結果によれば、25%前後の低塩分は種苗の生残率に大きな影響を与えなかったことが確認された。一方、水温は、水温条件がトリガイの餌の利用状況を左右する（藤原, 1986）、夏期の高水温による障害等の原因で成長が遅れる（井上, 1955）、殻長63~85 mmの成貝の場合、水温25°C付近に酸素消費量の変曲点がみられ、これを越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（野上ほか, 1981）との報告があるように、トリガイの成長や生残率を左右することが知られている。殻長11.3~15.5 mmのトリガイ種苗を用いた今回の実験Ⅱの実験結果からは、Fig. 3に示した水温の推移とFig. 5の種苗の平均殻長の推移を見比べれば分かるように、水温30°C前後の高水温による障害等の原因で成長が遅れたことは認められなかった。しかし、囲網区の生残率は、13~61%と各育成水域で異なり（Table 1）、前述した育成水域のクロロフィル-a量や底質の差が30°C前後の高水温によって増幅され、その結果、各育成水域の生残率を左右していた可能性もある。したがって、水温と生残率の関係については、今後さらに実証の実験を行う必要がある。

なお、今回の実験では殻長10 mm以下の育成は実施していないが、砂床飼育方式によって殻長1 mmからの育成が可能であることを考慮すると、天然水域を利用した囲網方式によって殻長10 mm以下のトリガイ種苗を育成することは可能であろう。したがって、囲網方式によるトリガイ種苗の育成可能最小サイズを知るための試験も今後実施される必要がある。

要 約

殻長11.3~19.4 mmのトリガイ春種苗の囲網による育成実験を宮津湾で試み、以下の結果を得た。

- 1) 殻長19.4 mmの種苗を1986年9月26日から49日間、仕切り網を設置して育成したところ、45 mmに成長し、この間の生残率は39%であった。
- 2) 宮津湾内の3ヶ所に4×4 mの囲網を設置し、殻長11.3~15.5 mmの種苗を1987年7月17日から74日間育成した。種苗の成長は育成水域のクロロフィル-a量の多少と対応しており、クロロフィル-a量が 1×10^{-6} g/ml以上であった育成水域の場合、74日間の日間成長量は0.36~0.39 mm/日であった。また、その生残率は50~61%であった。収容密度の違いによる差は、成長にみられ、クロロフィル-a量が多かった育成水域の日間成長量は m^2 当り250個区では0.36~0.39 mm/日、400個区では0.24~0.34 mm/日であった。
- 3) 囲網区の生残率は、囲網によって害敵生物が排除されたことにより、囲網無し区の生残率の4~202倍であった。
- 4) 以上の結果から、殻長10 mm前後のトリガイ春種苗を大量に中間育成する方法として、囲網方式が一つの有力な方法であると判断した。

終りに、本実験を行うにあたり、実験漁場を心よく提供していただいた宮津漁業協同組合の黒田純二組合長をはじめとした関係各位に心から感謝の意を表します。

文 献

- 有賀祐勝. 1979. 藻類生理生態研究法. 「藻類研究法」(西澤一俊・千原光雄編). 387-412. 共立出版, 東京.
- 藤原正夢. 1986. トリガイおよびアカガイ稚貝の濾過水量に及ぼす水温の影響について. 本誌, 10: 19-24.
- . 藤田真吾. 1985. 海上砂床飼育によるトリガイ稚貝の中間育成と母貝養成. 本誌, 9: 59-66.
- 井上 泰. 1953. トリガイの生態学的研究(第一報). 山口県内海水試調査研究業績, 5(1): 21-29.
- . 1955. トリガイの生態学的研究—1 成長について. 日水誌, 21(1): 24-26.
- 西広富夫. 1981. トリガイの人工採苗と放流稚貝の成長について. 栽培技研, 10(1): 1-12.
- . 西岡 純・藤原正夢. 1983. 海底設置網カゴによるトリガイ稚貝の中間育成. 本誌, 7: 49-53.

———. 吉田 弘・藤田真吾. 1984. 生海水を使った
海上 Up-welling 装置によるトリガイ稚貝の飼
育. 栽培技研, **13**(1): 21-27.
野上和彦・梅沢 敏・阪口清次・福原 修. 1981. トリ

ガイ *Fuluia 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.