

BULLETIN
OF THE
KAGAWA PREFECTURAL FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
(Kagawa Ken Suisan Shikenjo Kenkyu Houkoku)
No.22 March 2023

香川県水産試験場研究報告

第 22 号
令和 5 年 3 月

KAGAWA PREFECTURAL FISHERIES EXPERIMENTAL STATION
TAKAMATSU, KAGAWA 761 - 0111, JAPAN

<https://www.pref.kagawa.lg.jp/suisanshiken/>

香川県水産試験場
〒761 - 0111 香川県高松市屋島東町 75 - 5

香水試研報 Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn., No.22, p.1~29, MAR. 2023
--

香川県水産試験場研究報告
第 22 号 2023 年 3 月

目 次

原著論文

香川 哲・湯谷 篤・橋本直史・岡 直宏・浜野龍夫・米澤孝康・齊藤 稔・宮田 勉
香川県の低利用漁港における未利用小型トリガイのコンパクト養殖の試み
-高齢漁業者と漁家女性の新たな活躍の場として- 1

本田恵二
アカモクの人工種苗生産試験 11

短 報

本田恵二
ヒジキの人工種苗生産試験 17

資 料

香川 哲・米澤孝康・岡 直宏・浜野龍夫
トリガイのコンパクト養殖における新たな基質試験 21

安部昌明
2020 年 11 月に播磨灘で漁獲されたクロマグロ幼魚のサイズと食性 27

香川県の低利用漁港における未利用小型トリガイのコンパクト養殖の試み -高齢漁業者と漁家女性の新たな活躍の場として-

香川 哲*・湯谷 篤**・橋本直史・岡 直宏・浜野龍夫***
・米澤孝康****・齊藤 稔・宮田 勉*****

An experiment of compact aquaculture employing unutilized small Japanese
Cockles within an underused fishing port in the Kagawa Prefecture:
As a new side job for old and female fishers

Tetsushi KAGAWA*, Atsushi YUTANI**, Naoshi HASHIMOTO***, Tatsuo HAMANO***, Naohiro OKA***, Takayasu
YONEZAWA****, Minoru SAITO*****, and Tsutom MIYATA*****

【abstract】 We experimented feasibility of a compact aquaculture system using the Japanese Cockle in the Muromoto Fishing Port, Kanonji, Kagawa Prefecture. The term “compact aquaculture” refers to small operations serving as a side job for local fishers. The experiment was done in and around an underused fishing port employing idle fishing equipment and cockles smaller than the regular landing size that are fished as bycatch in the small-scale bottom-trawls. Despite low density of chlorophyll a showing scarcity of planktonic food items for the shells, the tested farming ground was capable of harvesting the shells between September and next June. Since maintenance or landing are light works that could be done inside the fishing port, elderly and women could safely participate in the aquaculture on the day of a week when bottom-trawl fishing is off. The aquaculture was shown to earn revenues with income ratio of 0.4. These results insist on the feasibility of “compact aquaculture” as a side job for local fishers.

Key words: Cockle; Compact aquaculture; Fishing Port; Old fishers; Discard

香川県の小型底びき網漁業の重要な漁獲対象であるトリガイ *Fuvia 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(田(1992))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、全国有数の漁獲を誇る生産地であったが、近年は漁獲量が低位横ばいで推移している(中四国農政局香川統計情報事務所(2001))²⁾。当海域で操業する漁業者によれば、「昔から小型底びき網には、毎年2,3月頃からトリガイの小さな貝が多数入網するが混獲物として投棄しており、出荷サイズに成長するトリガイは少ない。」と言う¹⁾。山口県の瀬戸内海東部の周防大島の北部海域においても同様な状況があり、大型個体が少ないことの原因として、成熟期の栄養失調の可能性が指摘されている(檜山(2002), 木村ら(2002))^{3,4)}。また、小型個体の資源を有効活用するためにそれを使った短期間の蓄養が提案されたが、その実験は行われなかった(木村ら(2002))⁴⁾。しかし、京都府舞鶴市や宮津市(西広(1997)), 石川県七尾湾(濱上ら(2014))などでは、人工生産されたトリ

ガイ種苗を用いて養殖が行われて地域の特産品として販売されるなど、養殖技術は一部地域で確立されている^{5,6)}。

香川県の基幹漁業である小型底びき網漁業は、漁獲量の減少や単価の低迷から漁業収入が減少し、漁業者の高齢化や減少が著しい²⁾。当該漁業の特徴として、多量の混獲物を海上で投棄することから、未利用資源の有効活用が必要とされている(石谷・江藤(2009))⁸⁾。また、漁業者の高齢化・減少から低利用になっている漁村インフラの有効活用や高齢化した漁業者や女性による就業対策も必要となっている(土屋ら(2016))⁹⁾。そこで、沖合いで投棄されている小型のトリガイを種苗として使い、現在は使っていない漁業者の漁業資材を用いて、低利用な漁港やその周縁の安全な場所で高齢者や女性による副業的な養殖(以下、コンパクト養殖と称する)をすることで、漁家の経営安定に資することができるのではないかと考えた。

京都府でのトリガイ養殖は、アンスラサイト^①を底質とし、プラスチック製コンテナに入れて上面を網フタでおおい、これを水深6m前後の海中に垂下する方

*香川県水産試験場(当時)・**香川県水産課・***徳島大学大学院社会産業理工学研究部・****徳島大学水圏教育研究センター・*****国立研究開発法人国際農林水産業研究センター

法で行われている(岩尾ら(1991))¹⁰⁾。餌は与えないが、日常的なメンテナンス作業として付着物による目詰まりを防ぐためにコンテナおよびフタの交換作業が必要である(西広(1997), 大畑ら(2015))^{5,11)}。こうした作業のためには、養殖コンテナを海中から筏や船上に頻繁に引き揚げねばならないが、約50kgの力が必要とされ、生産者にとっては大きな負担となっている(西広(1997))⁵⁾。この京都府で開発された養殖方法は、他の養殖産地でも行われている。しかし、養殖種苗として混獲物の稚貝の利用(天然採苗)やそのコスト計算、高齢者・女性の就業に対応した養殖であるかどうか検討した研究事例は現在までにない。

筆者らは、京都府の養殖手法を参考にしながら、香川県内沿岸でコンパクト養殖が可能かどうかの実験をこれまで行ってきた。その結果、投棄されているトリガイが養殖種苗として使用できること、漁業者が以前に漁業で用いていた丸型カゴに、巾着型カバーネットを取付けて容器として使うことで作業を軽減できることが判明した(香川ら(2020))¹²⁾。しかしながら、夏場の死亡個体が増えるため、水温が25°Cを下回る9月下旬から開始して翌年7月に水温が25°Cを超える時期の前に出荷しなければならず、そのうえ京都府の養殖トリガイと比べると成長も劣る。しかし、養殖容器を垂下する場所を餌となるクロロフィルa濃度が高い所にして、トリガイの収容密度も低くし、さら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することで、混獲種苗を用いた香川県の漁港内での垂下養殖は可能と判断した(香川ら(2020))¹²⁾。

そこで、小型底びき網で混獲される出荷サイズ以下のトリガイを使用し、香川ら(2020)¹²⁾の方法に準じて飼育するコンパクト養殖が、小型底びき網漁業の副業として収益が得られ、また将来性のある新規養殖業

であるかを検討するため、観音寺市室本漁港において、養殖漁場(港内)の環境、トリガイの生存・成長、養殖に係る労働状況や漁家の経営収支の調査・分析を行った。

養殖試験および分析方法

養殖試験地の漁業および漁港の概要

瀬戸内海の中央部に位置する燧灘東部海域では、観音寺市(一部三豊市)に住所を有する漁業者が市内の漁港を基地として小型底びき網(165人)、小型定置網(50人)、瀬戸内海機船船曳網(23人)、サワラ流しさし網漁業(52人)等各種の漁業を営んでおり、小型底びき網が盛んである⁴⁾。その基地港の一つである観音寺市室本港は、昔は米の積出港として栄えたが、近年貨物船は姿を消し、漁船とプレジャーボートのみが係留されている。2013年には34隻の漁船が係留されていたが、2018年には16隻と半減し、プレジャーボートも79隻から72隻と減少傾向にあり、係留に使用している奥の船溜まり以外の約65,000 m²の港域は未利用状態である⁶⁾。このような漁船の大幅な減少により、港内の遊休化が進行していることから、港内の船舶の通行の障害とならない静穏域を養殖場として使用することは、漁港の有効活用になる。港内や近隣に流入する河川はないため、淡水の影響を受け難く、トリガイの養殖漁場に適している(Fig.1)。

養殖方法

試験に用いた種苗は、燧灘沿岸で操業する小型底びき網で40~50分間曳網後に入網した小型トリガイを、船上で破損の確認・選別したのち養殖種苗とし、漁港内の棧橋に垂下したプラスチック製の角型カゴ(50×36×30 cm)で試験開始まで蓄養した。

室本港内の、夏季(7~8月)の水温が28°Cを超え、養殖個体が減耗することが予想されることから(松野ら(2002))、養殖期間は、香川ら(2020)が示した水温が25°Cを下回る9月末から水温が25°Cに上昇する6月末までとした^{12,14)}。

港内の一面にブイとロープを用いての養殖枠(3×9 m)を設置し(Fig.2)、養殖カゴを1 m以上の間隔で、Fig.1の☆の場所に垂下した。香川ら(2020)に準じ、粒径2~3 mmのアンストラサイトをプラスチック製のカゴの中に深さ10 cmに敷いた。カゴは地元漁業者が1990年頃に養鰻業を営んでいた時に活〆作業に使用していた丸型カゴ((養鰻籠402200, 三甲)である。直径45×高さ20 cmで2 mm幅のスリットがあり、アンストラサイトは抜け出ない)を使用した(Fig.3)。京都府方式のコンテナと比べ、取上げ時に容器から海水が抜けることで重量が大幅に削減され(海水を満したカゴの重量

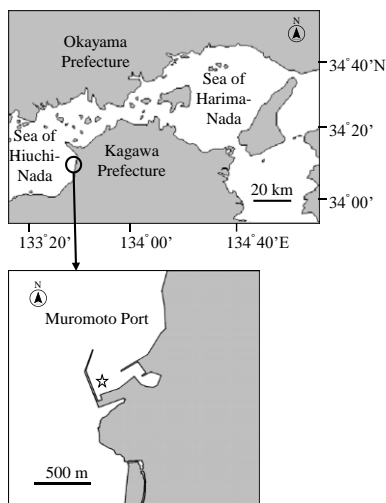


Fig.1 Map showing the Muromoto Port in the eastern part of Hiuchi-nada.

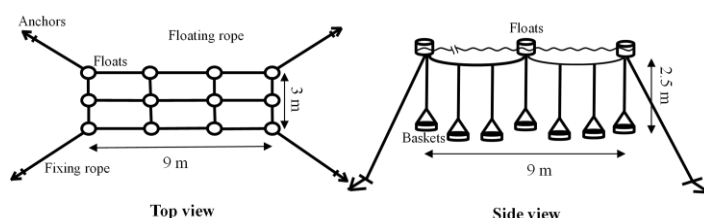


Fig.2 Schematic diagram of the equipment for suspended culture in the port.

は約30 kgあるが、海水が抜けたカゴの重量は約9~10 kgに軽量化される)、養殖作業の軽減が図れる(香川ら(2020))¹²⁾。用いた丸型カゴの上面には、外敵の侵入やトリガイの逃亡を防止する目的で、巾着型のカバーネットを装着した(Fig.3)。カバーネットは、漁業者が小型底びき網に使用しているポリエチレン製の廃棄漁網を利用した。

毎月1回カゴを取上げ、生死を確認し、殻長の測定を行った。同時に、カゴの付着生物をタワシで落とし、海水を入れてアンスラサイトを攪拌し洗浄した。測定後のトリガイはアンスラサイトの表面に並べ、埋め戻しはしなかった。死亡していた個体は、殻長を測定し取り除いた。

使用した資材のうちアンスラサイト(税別7,000円/30 l)以外は、漁業者が使用していなかった既存資材や既存労働手段を利用した。

養殖実証試験および漁家経営分析の調査

実証試験は、2016年9月から準備作業を行い10月1日から室本港内で養殖試験を開始した。試験に用いたトリガイ種苗は、2016年9月25日から9月30日の間に漁獲した本来なら投棄するサイズの221個(52.8 ± 4.7 mm,

$34.9 \sim 61.4$ mm)、11月1日から11月7日の間に一部商品サイズも含む142個(54.5 ± 4.7 mm, $39.3 \sim 62.8$ mm)、12月13日から12月19日の間に一部商品サイズを含む78個(55.3 ± 4.9 mm, $38.0 \sim 64.5$ mm)を追加し、合計441個で養殖試験を行った。漁業者が種苗の確保や搬入を3回に分けた理由は、小型底びき網の操業に支障が出ないこと、すなわち実際の漁業操業に即したトリガイ種苗の確保を行ったためである。

養殖開始時の収容密度を1カゴ当たり20個体とし、2017年3月18日には成長に伴い、殻長60 mm以上のトリガイを1カゴ当たり12個体、60 mm未満のトリガイは1カゴ当たり18個体収容するように選別し、5カゴを追加して27カゴとした。

室本港内の環境を把握する目的で、2016年9月から2017年8月の1年間毎月1回、多項目水質計(RINKO-Profiler JFE アドバンテック)を使用して、室本港内の試験地点の水温・塩分・溶存酸素・クロロフィル a 濃度の鉛直プロファイル測定を行った。

新たに養殖を開始するため、本業である小型底びき網漁業の操業に影響せず、過重労働にならないことが重要である。また、本業を退いた高齢者や女性もターゲットにするために、これらの者で日々の養殖作業が可能かどうかの分析が必要となる。そのために養殖に係る労働実態を把握した。主な作業の労働時間等について聞き取り調査し、また実際に筆者らが作業を実施して、状況をまとめた。また、養殖に係る費用を明らかにするために、本試験に使用した資材や作業に使った船舶等の機材等についても聞き取りを行った。

本実証試験の養殖トリガイの出荷先は、「殻つき」の状態で香川県内の寿司店や飲食店に流通させる⁶⁾ことを想定し、県内において幅広い販路を持つ高松市中央卸売市場とした。そして、2017年5月23日にすべての養殖カゴを取上げ、生存していた292個のうち商品サイズ(殻長が60 mm以上)の220個を出荷した。出荷方法は、当日の朝にあらかじめ棧橋に垂下していたカゴから取り上げ、出荷サイズ以上のトリガイを選別し、殻の汚れを清掃した後に数時間冷水で冷却し、濡らした新聞紙と氷を入れた発泡スチロールの容器に詰めて出荷した。出荷した養殖トリガイの評価を高松市中央卸売市

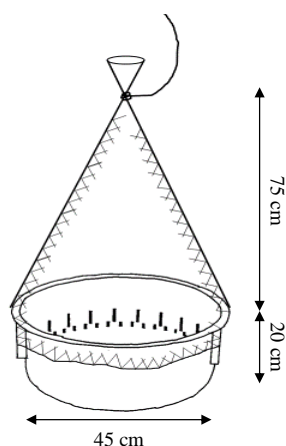


Fig.3 Experimental baskets; cylindrical container with conical net.

場の関係者と高松市内の飲食店主に聞き取りを行った。

結果

養殖実証結果

養殖カゴを垂下した水深 2.5 m の水温は、9 月 3 日の 26.3°C から 1 月 23 日には 9.3°C と最低となり、2～3 月は 10°C 台と低い水温であったが、4 月に 14.5°C と上昇し、7 月 26 日には 28.2°C、8 月 16 日も 28.3°C と高水温が継続した (Fig.4a)。同水深の塩分は、最低値 30.7 (7 月) から最大値 32.4 (4 月) の間で変動し、周年 30.5 以上の塩分値で推移していた (Fig.4a)。同水深の酸素飽和度は、9 月から 7 月まではほぼ 100% を上回り、8 月のみ 87% と低い値を示したが、養殖に影響する月は見られなかった (Fig.4b)。同水深のクロロフィル a 濃度は、9 月は 3.65 $\mu\text{g}/\text{l}$ を示したが、10 月には 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ と減少し、11～2 月は 1～3 $\mu\text{g}/\text{l}$ の範囲となったが、3～4 月は 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下と低く、5～8 月の間は 1～3 $\mu\text{g}/\text{l}$ の範囲で推移した。12 カ月間のうち 8 カ月間が 1～3 $\mu\text{g}/\text{l}$ の範囲の値となり、1 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下が 3 カ月間、3 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以上が 1 カ月間となり、養殖地点のクロロフィル a 濃度は、おおむね 0～4 $\mu\text{g}/\text{l}$ の範囲で推移した (Fig.4b)。

養殖を開始した 10 月とその後 2 回追加した種苗の合計 441 個を 100% とし、7 カ月後の 5 月の取上げ時の生残率は 66.2% となった。本試験では、ポリエチレン製の漁網のカバーネットを使用したことや垂下水深を 2.5 m とやや浅くしたことから、イシガニやマダコによる食害 (内野ら (1990)) は、まったく見られなかった¹⁵⁾。平均殻長は、10 月 52.8 mm から試験終了した 5 月に 64.1 mm となり、その間 11.3 mm 成長した。本試験では、70 mm を超える個体が 1 月に出現し、5 月には 59 個 (20%) を占めたが、80 mm を超える個体は見

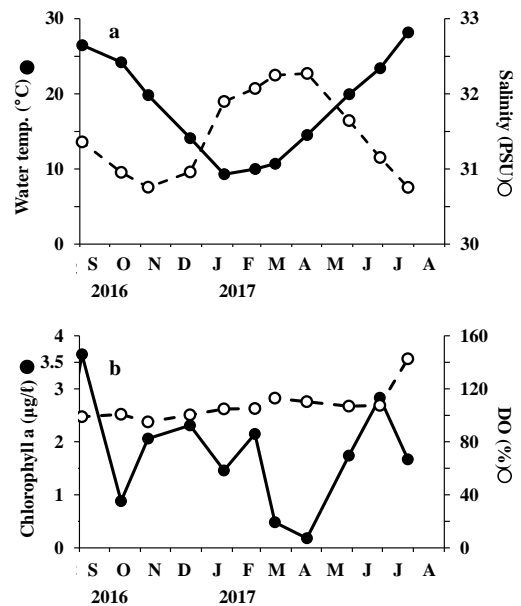


Fig.4 Monthly changes in water temperature (a), salinity (a), chlorophyll a (b) and saturation ratio of the dissolved oxygen (b) in cultured proof experiment.

られなかった。日間成長速度は、10～11月 0.05 mm/日から増加し、12～1月には、0.10 mm/日となったが、その後は減少し、4～5月には 0.04 mm/日となった。収容密度は、開始時に 1 カゴ当たり 20 個に分けて収容したことから 1.26 個体/100 cm^2 、3 月以降、0.75 個体/100 cm^2 とした (Table1)。

養殖試験および分析方法で述べたとおり、11 月に 54.5 \pm 4.7 mm, 39.3～62.8 mm (142 個)、また、12 月に 55.3 \pm 4.9 mm, 38.0～64.5 mm (78 個) の種苗を追加したが、表 1 のトリガイのサイズ結果と概ね同様 (11

Table 1 Changes in survival, shell length, daily growth, and density of cultured cockles during the culture experiment

Month	No. shells survived	Shell length (mm)		Growth (mm/day)	Density of shells	
		Mean \pm SD	Min - Max		n/cage	n/100 cm^2
Oct 2016	221	52.8 \pm 4.8	34.9 - 61.6	—	20	1.26
Nov	341	54.1 \pm 4.7	36.7 - 62.6	0.05	20	1.26
Dec	382	56.1 \pm 5.0	37.4 - 64.8	0.07	20	1.26
Jan 2017	393	58.5 \pm 5.5	39.8 - 72.0	0.10	20	1.26
Feb	376	60.7 \pm 6.2	42.1 - 73.4	0.09	20	1.26
Mar	374	61.6 \pm 6.2	43.3 - 77.5	0.06	12	0.75
Apr	317	63.4 \pm 6.6	44.7 - 78.4	0.06	12	0.75
May	292	64.1 \pm 6.6	44.9 - 77.6	0.04	12	0.75

月、12月の種苗と養殖トリガイの分散・平均値についてそれぞれ t 検定のを行い、有意な差がないことを確認)であった¹⁶⁾。

また、殻長の度数分布(50 mm 未満, 50~60 mm, 60~70 mm, 70 mm 以上の4区分)は、養殖を開始した10月には、50~60 mmが79.2%, 50 mm 未満が19.9%と60 mm 未満が99.1%を占めていたが、成長に伴い50~60 mmが11月77.4%, 12月67.8%, 1月52.8%と減少し、2月には50~60 mmが42.0%, 60~70 mmが50.3%と逆転した。3月には60~70 mmが50.3%, 70 mm 以上が9.3%となり、60 mm 以上が約60%となった。その後も60~70 mmが4月53.9%, 5月55.1%と横ばいであったが、70 mm 以上が4月17.7%, 5月20.2%と増加し、60 mm 以上のトリガイが養殖を終了した5月時点で75%を占めた。

経営調査結果

トリガイ養殖に係る作業は、大きく分けて準備、管理、出荷の3つに分類できる。まず準備として養殖枠の作成に1日(3時間)、丸型カゴにカバーネットやロープの取付け作業に2日(4時間×2)、養殖枠の設置に1日(2時間)、養殖カゴの設置に3日(1時間×3)の合計7日間で延べ16時間であった。なお、養殖に使う小型トリガイを確保する作業は、漁業者からの聞き取り調査結果から、小型底びき網漁として漁獲物を選別する通常の作業の中で手間をかけずに行えるので⁸⁾、作業時間として加算しなかった。管理は11月~4月の間に月1回養殖カゴを取り上げ、付着生物を落とす作業やアンストラサイトの洗浄に1日(2時間)の合計6日間で、延べ12時間だった。出荷前日に養殖施設から棧橋まで養殖カゴを移動する作業が1時間であった。翌日は、家族(大人の女性1名)がトリガイの取上げ、殻の清掃、選別、冷水を入れたバケツにトリガイを浸漬⁹⁾、箱詰めを1日(3時間)行った。よって、この試験では漁業者が養殖に14日間、延べ29時間従事し、家族が1日、延べ3時間従事した。

出荷作業を行った女性について、小型底びき網の漁船が帰港するまでの午前中で出荷作業は終了し、漁船が帰港後は通常通り漁獲物を出荷する作業に従事したことから小型底びき網の操業に影響は出ていない。また、女性からの聞き取りでは、養殖カゴは軽量化されており、養殖カゴからトリガイを取り上げたり、箱詰めしたり等の作業に支障はなく、漁業者に代わり、月1回の管理作業も行えるとのことであった¹⁰⁾。

実証試験の経営収支をTable2に示した。本業である小型底びき網漁業に関する収支は、除外している。本試験に要した費用は、船外機に使用した燃料代として5,000円、販売手数料として高松市中央卸売市場の卸売

会社に1,633円、減価償却費として10,816円(27カゴ分のアンストラサイト購入費108,158円、1年で10%が流出すると仮定し10年で償却するとして計算)で合計漁労支出として17,449円となった。それ以外の支出で、使用した船外機船は、漁業者が10年以上も保有しているもので、本試験では固定資本として計上せずに、燃料代のみを計上した。トリガイ養殖に餌は必要が無く餌代は0円である。本試験で種苗は漁業者自らが投棄している小型貝を持帰り利用したことから種苗代は0円である。養殖枠作成に使用したイカリ・ロープ・ブイすべて漁業者が保有している資材を活用し、トリガイ飼育容器の作成に使用した丸型カゴ・カバーネット・クレモナロープも漁業者が保有している資材を活用したため、購入費は0円であった。支出のうち、アンストラサイト代が6割以上を占めていた。

2017年5月23日に取り上げた292個を選別し、商品サイズに達したトリガイ220個を「殻付き」として発泡スチロール製の箱に箱当たり5kg単位で梱包した後、高松市中央卸売市場に出荷し、29,700円の売り上げを示した(出荷重量は、19.8kg、取引単価は1,500円/kg)。しかし、京都府の殻付きトリガイの3,500円~5,000円/kg¹¹⁾に比べると1/2~1/3程度のかかなり低い単価に留まった⁵⁾⁷⁾。その原因として、先進地に比べてサイズが一回り小型であること以外に、高松市中央卸売市場におけるトリガイの大半が足の部分だけパックされた加工品であるため、活きた殻付きトリガイの取引に抵抗があること、5kg入りの箱の中にいろいろなサイズが混じっていたこと、出荷に際して高く買ってもらうための努力(養殖トリガイのPR)をしていないと指摘された¹²⁾。また飲食店の料理単価から逆算すると、1個150円までが購入可能な単価という意見もあった¹³⁾。

考 察

小型底びき網で混獲される出荷サイズ以下のトリガイを使用したコンパクト養殖の実証試験を2016年9月から観音寺市室本港内で実施した。7~9月は、水温が25°Cを上回る高水温となり、養殖には適していないが、他の月は25°C以下の水温であった。港内に流入河川がないことから塩分は安定し、溶存酸素にも問題はなかった。トリガイの餌となる植物プランクトン量の指標となるクロロフィルa濃度は、3、4月が1 µg/l以下の濃度となり、その他の月は1~4 µg/lの範囲で推移し、京都府海域に比べると低い傾向が見られた。室本港内の水質環境は、クロロフィルa濃度が低い傾向にはあるものの、Fig.1から、9月から6月の期間であればトリガイ養殖漁場として問題はないと考えられた。

Table 2 Summary of the management income and expenditure in the aquaculture experiment

Category	Unit	Quantity	Note
Number of powered vessels	vessel	1	overboard motorboat
Tonnage of powered vessels	t	under 1	
Area of facility for marine aquaculture	m ²	50	
Number of persons engaged at the peak	person	2	A family carries out shipment
Total number of working days	day	15	
Total number of Working hours	hour	32	
Quantity of catches	kg	19.8	
Fixed assets of fishery	yen	0	The overboard motorboat was always owned
Fishery earnings	//	12,251	
Fishery incomes	//	29,700	
Sales of culture products	//	29,700	
Fishery expenditures	//	17,449	
Costs for the employee	//	0	
Fuel charges	//	5,000	Gasoline (money)
Feed charges	//	0	
Seeds and saplings	//	0	
Repair expenses	//	0	
Sales charges	//	1,633	
Debt interest charges	//	0	
Taxes and public charges	//	0	
Depreciations	//	10,816	Anthracite is repaid in ten years
Income ratio		0.41	

実証試験で飼育を行った441個のうち292個が生残し、うち出荷サイズを超えていた220個を出荷することができた。養殖トリガイの成長は、10月1日の平均殻長 52.8 ± 4.75 mmから8カ月後の5月23日には、 64.1 ± 6.60 mmと75%が商品サイズを超え、20%が70 mmを超えたが、80 mmを超える個体は見られなかった。西広 (1997) と比較すると、9~2月の間に明らかな差は見られないが、3月から成長が停滞し、5月時点で15 mmの差が生じた⁹⁾。この原因として、トリガイの成長に關与するクロロフィルa濃度が考えられる。Nishikawa et al. (2015) は、日本海の居組漁港内でトリガイ養殖試験を行い、1 µg/l未満のクロロフィルa濃度を示した月が、1年のうち8カ月を占め、成長の停滞や生残率の低下を引き起こしたと報告している¹⁸⁾。また、内野ら (1988)¹⁹⁾ は、京都府宮津湾のトリガイ養殖にクロロフィルa濃度が10 µg/l必要と報告していることや岩尾ら (1993)²⁰⁾ は、クロロフィルaが5 µg/l以下でトリガイの成長が停滞すると報告していることから、1年を通して5 µg/l以下である室本港内の低いクロロフィルa濃度が原因で、京都府宮津湾の養殖トリガイに比べ成長の停滞や生残率の低下を引き起こしていると考えられる^{19,20)}。特に3、4月の1 µg/l未満の時には成長が停止し、その傾向が顕著と

なった。しかし、室本港内のクロロフィルaの鉛直分布は、水温のように表層から底層まで一律ではなく、表層や底層に高い値を示す月も見られたことから、垂下水深をクロロフィルa濃度に連動させる養殖方法の検討が必要である。このように成長に課題はあるが、混獲物として投棄している小型トリガイを養殖し出荷することで、小型底びき網の課題である未利用資源の有効活用になると考えられた。特に近年燧灘海域で小型サイズのトリガイが成長せずに死滅していることから、混獲物として投棄されている小型トリガイのコンパクト養殖は未利用資源の有効利用となる。

次に、実証試験から低利用な漁港やその周辺の安全な場所でのコンパクト養殖に高齢者や女性が就業できるか検討した。本試験の出荷を家族（大人の女性）が通常の手伝いに支障なく実施できたことや養殖カゴの取上げ等の取り扱いが女性でも問題ないとのこと、安全な港内での作業であることから、管理・出荷作業に高齢者や女性の就業も可能と考えられた。

次にトリガイ養殖の収支結果（実証試験）から経営分析を行い、小型底びき網漁業の副業的な養殖として可能かどうかを1個当たりの販売単価と経費の試算に基づき検討した。2017年5月23日に220個を「殻付

き」として高松市中央卸売市場に出荷し、29,700 円の売り上げを示した。1kg 当たり 1,500 円の単価となり、平均重量が 90 g であったので 1 個当たりの単価は 135 円となった。他方の経費は、資材面で費用を削減するコンパクト養殖をめざしたことから、1 個当たりの生産原価は、79 円（自家労賃は含まない）、所得率 41% となり十分に採算が取れていた（宮田（2004）²¹⁾。ただしその大半をアンスラサイト代で占められており、安価な基質への変更（香川ら（2020）が、1/10 の値段の基質）を検討すべきである¹²⁾。また、経費を労賃の観点から評価すれば、本試験における漁業者・家族併せた養殖作業に要した総労働時間 32 時間を 1 時間当たりの時価労賃に換算すると 371 円となり、同じ瀬戸内海の山口県の小型底びき網漁業者の 1 時間当たりの時価労賃 855 円¹⁴⁾と比べると 4 割程度の低い水準に留まった^{22,23)}。そのため、現状の漁労所得率で 27,000 円かつ山口県と同水準の 1 時間当たりの時価労賃 844 円のレベルで副業として十分成立させるためには、最低でも、本試験の 2 倍弱である 50 カゴに至るまでの養殖規模の拡大が必要といえる。

上記の試算の通り、規模の拡大によって十分な採算水準に達する可能性は高いものの、現場での普及に際しては以下の諸点が留意すべきポイントになる。まず、生産者の技術の習熟による効率化を図るとともに、規模拡大に際する労働削減対応の重要性を挙げたい。調査協力して頂いた生産者からは、実証試験と同様に小型底びき網の操業に支障が出ないことを確認しながら段階的に規模拡大を進めるべきであること、この規模拡大には、家族の協力（女性が養殖作業を肩代わりする）が必要であるとの意見であった¹⁵⁾。さらに、当該養殖の収益性改善のために、技術習熟・改善による養殖トリガイの生残率向上、安価な基質への変更は不可欠な点である。その上、販売戦略の構築による単価の向上も欠かせない点であり、高松中央卸売市場の関係者から販売単価を上げるための改善策として、70 mm 以上のサイズを選別して「大」銘柄で販売することでインパクトが生まれることや、実需者へ「養殖もの」の利点を前面に打ち出した宣伝を行うことで、天然トリガイと差別化ができると指摘された¹²⁾。例えば、天候に左右されずに飲食店の注文に応じた出荷が可能であることや、漁具による損傷やストレスで死に易い天然ものに比べて養殖ものは活きた「殻付き」を安心して購入できることの利点がある¹⁶⁾。このような利点が鮮魚店・飲食店などに理解されれば、販売単価も改善されると考えられる。

その上でコンパクト養殖の面的、地域的普及・定着を展望する上で欠かせないポイントについて述べる。宮田（2019）²⁴⁾が指摘したように、経営の多角化の継

続ならびに複合養殖の経済性および地域社会への寄与には、複数の養殖を実施することによる相乗効果の発揮が必要であり、それは漁船漁業と養殖業の兼業においても、同様である²⁴⁾。考察事例とした漁家経営においては、本業の小型底びき網の作業との重複を回避しつつ出荷・販売に関わる作業を行い、トリガイ養殖による収益を実現していた。このことから規模拡大に際しても、コスト抑制型といえるコンパクト養殖は、副業としての地位を確立する可能性を有している。相乗効果を発揮させるためにも、漁家間の交流・協力の充実に基づくコスト削減対応ならびに漁協や関係機関の技術指導や販売戦略、商品規格の策定といった役割発揮が不可欠になるのは間違いない。

最後に、小型底びき網の副業、混獲物の有効利用等だけでなく、地域社会への相乗効果として、この養殖が燧灘沿岸の漁港に波及すれば、当該地域における漁村インフラの有効活用だけでなく、地域の特産品として見直され、地域の活性化の契機となることが期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり、養殖実証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。特に種苗の確保、養殖施設の設置や養殖管理作業にご協力いただいた西かがわ漁業協同組合の合田誠志氏に深く感謝いたします。

注

- (1) 西かがわ漁業協同組合・観音寺市漁業協同組合に所属する小型底びき網漁業者からの聞き取りによる。
- (2) 中国四国農政局香川統計情報事務所が編集した、平成 9 年「図説」香川県漁業の動きを参考にした。
- (3) アンスラサイト (Anthracite) は、粒径が 2~3mm でほぼ一定した良質の無煙石炭の一種であり、水道水や海水のろ過に使われるろ材で、ろ過砂よりも密度が低いことや形状が稜角に富んでいることから空隙が大きい特徴を有する。
- (4) 香川県が発行した、平成 14 年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書を参照した¹³⁾。
- (5) 観音寺市建設課によれば、室本港の整備は 1932 年、1972 年に拡張工事が行われ、1990 年の埋め立て工事完成により現在の形になった。当初は貨物船、漁船、プレジャーボートの需要増加に対応して拡張されたが、近年は貨物船の利用が

無くなったことや漁船の利用が激減していることから施設の遊休化が目立っている。

- (6) 通常トリガイは可食部の足だけをプラスチックケースに並べて凍結した状態で流通するが、近年は流通技術の向上により「殻つき」で寿司屋、飲食店まで運ばれ、新鮮な状態のトリガイを客に提供する。
- (7) 小椋 (2009)¹⁶⁾を参考に、Microsoft Excel で t 検定を行ったところ、有意水準 0.05 で平均値と分散に「差があるとはいえない」という結果になった。
- (8) 実証試験を行った漁業者から聞き取り。またすべての作業に筆者らも参加し確認した。
- (9) トリガイを低水温の海水に浸漬し、酸素消費量を低下させた状態にすることで安全に活かした状態で運搬している。
- (10) 実証試験を行った漁業者の家族 (大人の女性) から聞き取り
- (11) 京都府における養殖トリガイの販売単価は、西広 (1997)⁵⁾によれば 3,500 円/kg, 鬼木 (2013)¹⁷⁾によれば 5,000 円/kg, トリガイ 1 個当たりの単価は、500 円, 750 円である。
- (12) 高松市中央卸売市場の関係者から聞き取り。
- (13) 高松市内の飲食店から聞き取り。
- (14) 木村ら (2009)・木村 (2009) を参照した^{22,23)}。
- (15) 実証試験を行った漁業者から聞き取り。
- (16) 小型底びき網で漁獲されたトリガイは、漁具で殻の破損したものが多いために殻付きの状態出荷するには流通途中でのへい死のリスクがあるが、養殖トリガイは、殻の破損が無く、へい死のリスクは低い。

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.
- 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.
- 3) 檜山節久：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. 山口水研セ研報, 1, 1-3.
- 4) 木村 博・檜山節久・松野 進・馬場俊典・高見東洋・立石 健：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-VII トリガイ死亡原因と資源の有効利用に関する考察. 山口水研セ研報, 1, 41-52.
- 5) 西広富夫：1997, 京都府のトリガイ養殖試験の現状. 日本海区水産試験研究連絡ニュース, 379, 5-9.
- 6) 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年度石川県水産総合センター事業報告書, 30-32.
- 7) 中国四国農政局香川統計情報事務所：1999, 「図説」香川県漁業の動き. 社団法人香川県農林統計協会, 高松.
- 8) 石谷 誠・江藤拓也：2009, 小型底びき網漁業における混獲投棄魚の実態について. 福岡水産海技セ研報, 19, 21-27.
- 9) 土屋詩織・後藤卓治・富田 宏：2016, 漁村活性化のあり方について. 漁村総研調査研究論文集, 26, 21-27.
- 10) 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.
- 11) 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. 京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告, 37, 25-27.
- 12) 香川 哲・湯谷 篤・齊藤 稔・浜野龍夫・岡直宏・宮田 勉：2020, 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. 香水試研報, 19, 2-8.
- 13) 香川県：2003, 平成14年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書. 香川県.
- 14) 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.
- 15) 内野 憲・辻 秀二・道家章生・葭矢 護・船田秀之助：1990, トリガイ種苗の食害による減耗と捕食種 (予報). 京都海洋セ研報, 13, 17-20.
- 16) 小椋将弘：2009, Excelで簡単統計 Excel 2007対応版一データ入力一発解答 CD-ROM 付. 株式会社講談社, 東京.
- 17) 鬼木浩一：2013, トリガイ養殖と収支シミュレーション. 養殖ビジネス, 16, 16-19.
- 18) Nishikawa T., Hisago Y. and Yonezawa T. : 2015, Potential for the suspended culture of the cockle *Fulvia mutica* at Igumi fishing port, Hyogo Prefecture, southwestern Sea of Japan. *Aquacult. Sciences*, 63, 475-479.
- 19) 内野 憲・藤原正夢・田中雅幸・桑原昭彦・辻秀二・葭矢 護：1988, トリガイ春生まれ種苗

の囲網内における成長と生残. 京都海洋セ研報, 11, 17-23

- 20) 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種苗としての適性について. 京都海洋セ研報, 16, 28-34.
- 21) 宮田 勉：2004, 新規養殖業イワガキの経済性分析. 岩手水技セ研報, 4, 29-37.
- 22) 木村 博・中村圭吾：2009, 山口県瀬戸内海における小型機船底びき網漁業の操業実態について. 山口水研セ研報, 7, 1-9.
- 23) 木村 博：2009, 山口県瀬戸内海における小型機船底びき網漁業の経営実態について. 山口水研セ研報, 7, 11-17.
- 24) 宮田 勉：2019, 複合養殖の経済性および地域社会における役割. 月刊海洋, 51, 2-8.

要 旨

香川県観音寺市室本港において、トリガイのコンパクト養殖(地域の漁業者が行う副業的な小規模の事業)の実証試験を行った。試験は低利用の漁港やその周縁で、小型底びき網で混獲される出荷サイズ以下のトリガイと現在は使われていない漁業資材を用いて実施した。室本港の水質環境は餌資源量の指標となるクロロフィルa濃度が低い傾向にあるものの、9月から6月の期間であれば養殖漁場として利用可能であった。また、養殖管理・出荷作業は港内での軽作業であり、小型底びき網の休漁日に作業ができることから、高齢者や漁家女性が安全に就業可能であった。そして、所得率40%で収益が確保できることが確認された。これらから、トリガイのコンパクト養殖が副業として有効であることが実証できた。

アカモクの人工種苗生産試験

本田恵二

Artificial seedling production test of *Sargassum horneri* (Turner) C.Agardh

Keiji HONDA

As a test for the production of artificial seedlings of *Sargassum horneri*, a consistent culture experiment ranging from indoor to outdoor culture was conducted from mid-August to mid-March on 24 embryos of *S. horneri* that had been kept refrigerated at 5°C for two months, and 14 thalli of *S. horneri* were produced and transplanted to the existing artificial seaweed reefs. Based on the results of the experiment, it was considered effective in terms of promoting algal growth and deterring fish feeding damage if indoor culture was started in early July and transferred to an outdoor tank from mid-October to early November, and culture was continued until early to mid-December, when the water temperature was approximately 15°C, and then transplanted to the reefs.

キーワード：アカモク, 冷蔵幼胚, 培養, 伸長促進

アカモク *Sargassum horneri* (Turner) C.Agardh はホンダワラ科の一年生で、冬から春にかけて繁茂し、魚類の産卵場や幼稚魚等の隠れ場として重要な機能を果たすほか、健康食品への応用¹⁾や最近では温室効果ガスである CO₂の吸収源²⁾としてもその注目度が高まっている。

本県でも藻礁の設置により、アカモクを含むガラモ場の人工造成を進めているが、天然採苗によるところが大きい。そこでより効率的な藻場造成の推進に役立つため、アカモクの人工種苗生産試験に取り組んだ。ここでは、その生産方法を中心にマニュアル的に整理した。

濾過海水で洗浄した。その後 13L ポリバケツに収容し、上方 1 か所からホースで緩やかに濾過海水をかけながら保持した。翌日バケツの底の海水をピペットで 1mL ほど採取し、顕微鏡で検鏡して幼胚が確認されたので、幼胚の入っているバケツの海水を 3 種類の目合の篩 (1,000 μm⇒500 μm⇒300 μm) で順次濾過し、雑藻類等の夾雑物を取り除き幼胚約 70 個体を採取した。

なお本試験では、他の試験との関係で幼胚の培養開始を遅らせる必要があったため、得られた幼胚は滅菌海水で満たしたタッパーに入れ、アルミホイルで包装後約 2 か月冷蔵 (5°C) 保存した³⁾。

材料および方法

① 母藻の採集と幼胚の確保

当初 4~5 月に生殖器床の熟した母藻を採集し、幼胚を確保する予定だったが、思うように母藻が手に入らず、6 月 17 日に入手した母藻 (流れ藻で雌性生殖器床の一部に受精卵が付着していた) から何とか幼胚を採取することができた。入手した母藻については、付着藻類等の付着物を柔らかい羽根ブラシで払い落とし、

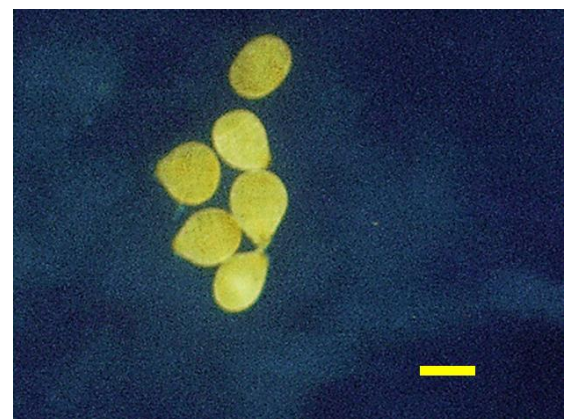


Fig.1 Collected *S.horneri* embryos. (Scale bar =200μm)

② 幼胚（体）の室内培養（8月17日から実施）

(1) マイクロプレートによる培養

冷蔵保存していた幼胚を滅菌海水で3回洗浄し、顕微鏡下で細胞分割の進んだ良好と思われるものを選別し、12ウェルマイクロプレートに2個体ずつ収容した。

幼胚数は多い方が良いが、作業の効率性やインキュベーター内での幼体の培養可能数量の限度を考慮すると、全部で100個体ぐらい（4マイクロプレート分）までが適当と思われた。

培地は処理海水に PESI原液⁴⁾ と珪藻の発生を抑制するため GeO_2 水溶液⁵⁾ をそれぞれ添加したもの（PESI培地）を使用した。培養温度は温度差の馴致を省略し⁶⁾、 20°C に設定した（Table1）。

Table 1 Culture regimes used in growth tests on *Sargassum homeri* embryos in a 12-well cell culture plate

PESI培地	1ウェルに滅菌海水4mL + PESI原液 40 μL + GeO_2 80 μL （0.1mg/mL調整 Stock solution：珪藻除去用）
培養温度	20°C で開始
明暗サイクル	12L:12Dで開始し、少しずつ明時間を長くしていく
光量	80~100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$.

培地は4~5日間隔で交換した。途中で珪藻等が増えてきた時は、該当するウェルを適宜滅菌海水で洗浄し、さらにPESI原液の添加量を少し減らした。そうすることで、できるだけ培地をきれいな状態で保持した。

培養開始後1週間程度で幼胚が伸長し発芽体となり、第一初期葉を形成するとともに、仮根が伸出してマイクロプレートの底面に張り付き、容器を揺すっただけでは取れ難くなった（Fig.2）。

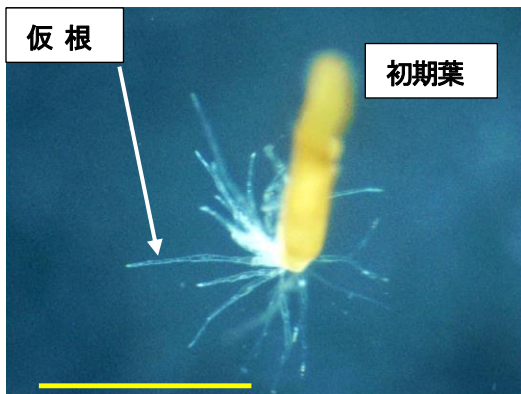


Fig.2 Early germling with first leaf and rhizoid after 7 days from the start of embryos culture. (Scale bar = 1mm)

培養を約1か月継続すると、さらに複数の葉が形成され幼体となった。この段階で成長の良好なものを選別し、仮根を実験用ナイフで切り取った後、新たに6ウェルマイクロプレートに1株ずつ移した（Fig.3）。

この頃までに少しずつ培養温度を $20^\circ\text{C} \Rightarrow 23^\circ\text{C}$ 、明暗サイクルを 12L:12D \Rightarrow 14L:10Dに変更していった。



Fig.3 *S.homeri* thalli in a 6-well cell culture plate after 37 days from the start of embryos culture.

6ウェルマイクロプレートに移動後は、培地がこぼれないようにマイクロプレートを毎日適宜ゆっくり揺すりながら培養を継続した。

6ウェルマイクロプレートでのPESI培地の使用量、その他の培養条件はTable2のとおり。培地は概ね4日間隔で交換し、珪藻等が混在する場合は別の新しいウェルを使用した。

Table 2 Culture regimes used in growth tests on *S.homeri* thallus in a 6-well cell culture plate

PESI培地	1ウェルに滅菌海水8mL + PESI原液 160 μL + GeO_2 80 μL （0.1mg/mL調整 Stock solution：珪藻除去用）
培養温度	23°C
明暗サイクル	14L:10D
光量	80~100 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$.

(2) T型瓶による幼体培養

幼体がさらに成長し、葉が増えて6ウェルマイクロプレートで手狭になってきた段階で、500mL T型瓶に移し換えた。1瓶あたり3~4株程度とし通気を施した（Fig.4）。培地は概ね5日間隔で交換し、雑藻類等による培地の汚れがあれば、瓶も交換した。

幼体がさらに成長して500mL瓶で手狭になってき場合は、1LT型瓶に移し換えた（1瓶に2株程度）。

500mL瓶並びに1L瓶を使用した時の培養条件は、それぞれTable3並びにTable4のとおり。



Fig.4 *S. horneri* thalli in culture in 500 ml bottles after 67 days from the start of embryos culture.

Table 3 Culture regimes used in growth tests on *S.horneri* thalli in a 500mL bottle

PESI培地	滅菌海水 300mL + PES I 原液 3mL + GeO ₂ 300 μL (1mg/mL 調整 Stock solution : 珪藻除去用) をベースとし、藻類及び培地の状態により、海水量並びに添加分量を若干調整。
培養温度	23°Cから5日間かけて少しずつ25°Cまで上げる。25°Cは3日間程度とし、その後5日間かけて22°Cまでに下げ、さらに少しずつ20°Cまで下げていく(10月中旬頃まで)。10月下旬から12月下旬にかけて20°Cから14°Cまで少しずつ下げていく。
明暗サイクル	14L:10D(23°C)で開始し、以後13L:11D(25°C)⇒12L:12D(22°C)⇒11L:13D(20°C)と10月中旬頃までに少しずつ温度を下げながら明時間も短くしていく。11月中旬まで11L:13D。11月下旬以降は10L:14D。
光量	80~100μmol/m ² /sec.

Table 4 Culture regimes used in growth tests on *S.horneri* thalli in a 1L bottle.

PESI培地	滅菌海水 600mL + PES I 原液 6mL + GeO ₂ 1mL (1mg/mL 調整 Stock solution : 珪藻除去用) をベースとし、藻類及び培地の状態により、海水量並びに添加分量を若干調整。
培養温度	1L瓶に入れ替えた時点以降500mL瓶の条件と同じ。
明暗サイクル	1L瓶に入れ替えた時点以降500mL瓶の条件と同じ。
光量	80~100μmol/m ² /sec.

③ 幼体の屋外水槽培養

幼体の成長具合を考慮して、11月中旬~12月下旬に順次、屋外水槽(2か所:主に0.9m×1.28m×0.4mの角型・R型水槽を使用)へ瓶ごと(蓋を除く)移して培養を継続した。ただ水槽へ移行後、成長が思わしくなかった2株は、1月下旬に再度インキュベーターに収容した。

屋外水槽では、培養瓶を針金で水槽の淵に引っ掛けるように吊るし、また藻類が流出ないように瓶の上端が水槽の水面より上に出るように固定した。さらにドリルで瓶の側面に小穴をあけて、内部の水の流れを確保するように注意した。水槽には濾過海水で流水をかけながら(主水槽では1.26t/h)、通気も行った(Fig.5)。



Fig.5 Growth tests on *S.horneri* thalli in the square tank. (0.9m×1.28m×0.4m)

幼体がさらに成長して培養容器が1L瓶で手狭になった段階で、トリカルネットで製作した容器に幼体を移して培養を継続した(Fig.5,6)。



Fig.6 *S.horneri* thalli cultured in a circular container made of trical net.

トリカルネット製の容器は、57cm×50cmサイズのトリカルネットを円柱状にし、その中に白いプラスチック製の丸籠（上径17cm）をネットの下端から11cmの位置にその底面がくるように挟み込み、さらにネットの両端を結束バンドで固定して製作した（高さ50cm、直径17cm）。

そして培養中に容器内の海水の流れを良くするため、丸籠より上側のネット側面全体に3cm×3cmの正方形形状の穴が均等に形成されるように、ハサミで切断加工した（Fig.6,7）。



Fig.7 A container for transplanting *S.horneri* thallus to be placed on the artificial seaweed reefs. A round white plastic basket containing a 1kg sandbag was inserted into a cylindrical shape made of trical net and fixed in place.

④ 藻礁へ移植

(1) 取り付け（移植）準備

藻礁上への培養株の移植は、屋外培養で使用したトリカルネット製の容器をそのまま活用し、人工藻礁（以下「藻礁」と呼ぶ）に取り付けることにより行った。

また容器を安定させるため、白い丸籠の中に1kgの砂（三角コーナー用水切りごみ袋に入れてさらに収穫ネットで取り囲んだもの）を入れた。

容器へのアカモク幼体の取り付けは、容器内の丸籠のすぐ上あたりに同じ高さでネット間をロープで結び、その間にアカモクの培養株（幼体）を挟み、両端を糸で結び固定した。原則1容器に1株としたが、サイズの小さかった株については、2株ずつ挟み込んだ。

藻礁への設置は、3容器を1組とし、結束バンド等で固定した。その内1つの容器の上端に、魚の食害防止用として正方形形状のネット（トリカルネット）を被せた（Fig.8）。



Fig.8 *S. horneri* thalli in the containers after 200 days from the start of embryos culture and before being transplanted into the artificial seaweed reefs.

(2) 取り付け（移植）とその後

3月14日に潜水作業により、幼体が入った3組の円形容器（合計9容器、14株）を藻礁上に取り付けた。取り付けは藻礁の貝殻パイプの網目とトリカルネットの網目を複数の結束バンドで固定して行った（Fig.9）。

また、4月21日に潜水調査を実施し、アカモクの幼体のその後の成長状況を確認した。



Fig.9 The containers carrying *S.horneri* thalli just after placed on the artificial seaweed reefs.

結果および考察

2 か月間 5°C で冷蔵保存した後、20°C で 24 個体の幼胚の培養を開始し、16 個体が発芽したが、うち 2 個体はその後の成長が芳しくなく枯死した。

発芽しなかった原因が、温度馴致を省略したことによるものか否かは不明であるが、培養に供さなかった残りの幼胚は、冷蔵後黒ずんでいるものが比較的多く、死卵も見られ状態的にはあまりよくなかった。幼胚を 2 か月間冷蔵保存する場合の不適合密度として 10 個体/mL 以上が報告されており⁶⁾、この値は筆者が行った冷蔵密度 (約 0.3 個体/mL) よりはるかに大きいことから、収容密度が直接の原因とは考えられなかった。幼胚採取時に洗浄を徹底する等、今後注意が必要と思われた。

幼体に達した 14 株のうち、成長の最も早いもので 12 月中旬頃に茎が伸長し始めたが、1 月 22 日測定で全長 (藻体を伸ばした時の茎や側枝の先端までの最大長) は最大約 11cm で、一般的な成長と比べるとかなり小さめだった (Fig.10)。



Fig.10 *Shorneri* thalli after 158 days from the start of embryos culture. Branches forming pinnatiparited blades. Shoot elongation was observed.

それでも 3 か月後 (藻礁に設置して 38 日後) の 4 月 21 日、成長の早かった 2 株は全長約 60~70cm に達しており、藻体の一部に生殖器床 (雌雄性は未確認) の形成が確認された (Fig.11)。その一方で成長の遅れていた残りの 12 株はあまり成長していなかった。

潜水調査時、藻礁の周囲並びにトリカルネット製容器の下方に他の藻類がかなり付着しており、藻体のサイズが小さい分だけ、こうした着生藻類の陰に隠れてしまい、光合成が阻害され、成長がさらに遅れたことが一因と考えられた。移植に際しては、ある程度の大きさに成長 (伸長) した株が望ましいと思われた。

過去の冷蔵幼胚の培養実験 (8 月下旬に屋外水槽で培養開始) では、冷蔵期間が長くなり培養開始時期が遅れるほど、冷蔵なしの場合と比べ初期成長期から伸長期への移行が遅れるが、生殖器床を形成する時期は



Fig.11 *Shorneri* thallus after 38 days of transplanting on the artificial seaweed reefs. Some receptacles were confirmed.

ほぼ変わらないとされている⁷⁾。培養条件が今回の試験とは相違しており、単純に比較はできないものの、やはり培養開始の遅れが、結果的にサイズの面で成長の遅れにつながったものと推測された。

天然の個体群では、秋から冬にかけての日長時間の短日への移行が、アカモクの伸長を引き起こしていると推測されており⁸⁾、冷蔵処理をしていないアカモクの幼胚の培養実験でも、明条件を 16 hL から 12 hL に変換して 2 週間後に茎の伸長が顕著に促進されたことが報告されている⁹⁾。ただ今回の試験では、室内培養中に明条件を 14hL から 11 hL に少しずつ短縮した後、1 か月経過してもその様な状況は確認されず、屋外培養に移行した後に明確な茎の伸長が始まった。この相違が幼胚の冷蔵処理の有無に関係しているか否かは不明であるが、いずれにしても、室内培養と屋外培養を併用して冷蔵幼胚を用いた種苗生産を行う場合は、室内培養を前倒しして、幼体の伸長期への移行をなるべく遅らせないようにすることが必要と考えられた。

本試験では室内培養開始から屋外培養に移行するまで、幼体により差はあるが概ね 3~4 か月を要した。

そこで室内培養を 7 月上旬に開始し、10 月中旬から 11 月上旬までに屋外水槽に移して藻体の伸長を促し、さらに 12 月上旬頃まで培養を継続して、藻礁に移植することを提案したい。

本県の 12 月上旬の海水温は概ね 14~15°C で、これは海域でのホンダワラ類の伸長に最適な温度である¹⁰⁾ うえ、植食性魚類であるアイゴの採食行動がほぼ停止する温度と報告されており¹¹⁾、移植後の食害を抑止する面でも効果的と思われる。

室内培養期間中は、培養温度と明暗サイクルを現場の条件に近づけて調整することが望ましいと考えるが、最高温度は初期成長の最適条件等^{12,13)} から 25°C 程度に留めておく方が無難であろう。

ただ種苗を大量に生産することを想定すると、やは

り室内培養では限度があり、屋外培養から始める方が適当で、作業の省力化も図られやすいと思われる。

大まかには幼胚採取後、すばやく屋外水槽内に設置したレンガブロック（付着基質）に播種し、幼胚がブロックに着生後そのまま培養を継続するか、または一旦短期冷蔵した後に屋外水槽に移して培養を続け、ある程度のサイズに成長した幼体をブロックごと藻礁に設置するという流れになるが、屋外培養では夏季の猛暑時期の水温上昇をはじめ、時期によって珪藻類や付着藻類等の増殖で、幼体の成長に影響が及ぶことが十分懸念される。そのあたりの人為的な管理がどこまで可能かということに尽きるであろう。

謝 辞

今回の試験を進めるにあたり、終始貴重な助言を頂いた水産技術研究所 環境・応用部門 吉田吾郎 博士に深謝します。また、室内培養に関して有益な情報を頂いた香川県水産課 藤原宗弘 博士、培養作業全般に協力頂いた本試験場 明石英幹 氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 黒田理恵子・上田京子・木村太郎・赤尾哲之・篠原直哉・後川龍男・深川敦平・秋本恒基：2007, 福岡県筑前海産褐藻アカモク *Sargassum horneri* の成熟と粘質多糖量の変化. 日水試, 74, 166-170.
- 2) Watanabe K., Yoshida G., Masakazu H., Umezawa Y., Moki H. and Kuwae T. : 2020, Macroalgal metabolism and lateral carbon flows can create significant carbon sinks. Biogeosciences, 17, 2425-2440.
- 3) 吉田吾郎・吉川浩二・寺脇利信：2000, 定温保存したアカモク幼胚の発芽率と成長. 日水誌, 66, 739-740.
- 4) Tatewaki M. : 1966, *Phycologia*, 6, 62-66.
- 5) 館脇正和：1979, 藻類研究法（西澤一俊・千原光雄編）, 共立出版, 65-66.
- 6) 西垣友和・道家章生：2016, アカモク冷蔵幼胚の発芽率に及ぼす保存密度および保存後の温度馴致の影響. 京都府海洋センター研究報告, 38, 19-20.
- 7) 吉田吾郎・吉川浩二・内村真之・寺脇利信：2001, 一年生ホンダワラ類アカモク冷蔵種苗の成長と成熟. 藻類, 49, 177-184.
- 8) Uchida T. : 1993, The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. Phycol.*, 29, 231-235.
- 9) 吉田吾郎・有馬郷司・内田卓志：1995, 褐藻アカモクの初期成長に及ぼす日長, 照度, 水温の影響. 南西水研研報, 28, 21-32.
- 10) 梅崎勇：1985, ホンダワラ群落の周年変化. 海洋科学, 175, 32-37.
- 11) 長谷川一幸・磯野良介・島隆夫・渡邊幸彦・渡邊裕介・箕輪康：2018, 低水温期におけるアイゴ未成魚のアラメ摂餌と水温の関係. 海生研研報, 23, 65-68.
- 12) 馬場将輔：2007, ホンダワラ類8種の初期成長に及ぼす温度と光量の影響. 海生研研報, 10, 9-20.
- 13) 吉田吾郎：2005, 広島湾における褐藻アカモクのフェノロジーとその個体群間分化に関する研究. 水研センター研報, 15, 78-81.

要 旨

アカモクの人工種苗の生産試験として、2か月間5°C冷蔵保存した24個体のアカモクの幼胚を対象に、8月中旬から3月中旬まで室内培養から屋外培養に及ぶ一貫した培養実験を行い、14株の幼体を生産し、既設の藻礁に移植した。実験結果に基づくと、7月上旬に室内培養を開始して10月中旬～11月上旬に屋外水槽に移し、さらに水温が概ね15°Cとなる12月上旬～中旬まで培養を継続して藻礁に移植すれば、藻体の伸長促進と魚の食害抑止の面でも効果的と考えられた。

ヒジキの人工種苗生産試験

本田恵二

Artificial seedling production test of *Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell

Keiji HONDA

We conducted an artificial seedling production test using about 113,000 embryos obtained from mature *S. fusiforme* plants collected in Yashima Bay from mid-June. As the results, only 35 seedlings were produced in about a year culture (in a land-based tank and offshore). The main reason for this was thought to be that diatoms and other algae that appeared in summer and early fall inhibited the growth of many *S. fusiforme* thalli due to lack of photosynthesis and other factors, causing them to die. If technological development to solve this problem progresses remarkably in the future, it is considered that artificial seedlings of *S. fusiforme* could be produced more efficiently and stably by land-based culture.

キーワード：ヒジキ，人工種苗生産，陸上培養，

ヒジキ (*Sargassum fusiforme*) は日本をはじめ韓国、中国沿岸の各地に広く分布し、食材としてもよく利用されるホンダワラ科の褐藻類である。国内ヒジキの生産量は概ね6,000～8,000t (1997～2006年 生重量) だが、韓国及び中国からも輸入されており、国内で流通する国産ヒジキの割合は3割にも満たず、残りの約7割以上は外国産で占められている²⁾。国内産の大部分は天然物となっているが、近年天然種苗による養殖事例が増加し、種苗として藻体を付着器ごと採取するケースも多いことから、将来的な天然資源への影響も懸念されている。そのため、養殖用種苗の安定確保を図る目的で、人工種苗の生産試験に取り組む自治体等^{3-9,14,15)}が増え、量産化に成功した事例も見られる⁴⁾。ヒジキはこれからも安定した需要が見込まれ、本県の県民にも馴染みが深く、またヒジキ養殖に関心を寄せる漁業者もいることから、ノリ及びアオノリ養殖を補完する今後の新たな養殖に向けた技術開発の一環として、今回本県でも人工種苗の生産試験に取り組んだ。

材料および方法

① 母藻の採集と幼胚の確保

(1) 幼胚の採取

6月上～中旬、本県屋島湾でヒジキの母藻(雄株と雌株)を採取し、キャンバス水槽に收容した。母藻に

生殖器床が形成された時点で、両株を同じ13Lバケツに入れ上から緩く濾過海水をかけ流し、産卵と精子の放出から受精卵(幼胚)の形成を待った。受精のタイミングを見逃さないように、成熟した雄株と雌株の一部を切り取り、別途1Lビーカーに滅菌海水と共に入れ、インキュベーターに收容して培養を開始し、連日幼胚の形成状況を確認した(培養温度20°C、光強度44 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (約4,000lux)、明暗サイクル12L:12D)。

(2) 屋外水槽による幼胚の飼育

得られた幼胚を角型・R型水槽(0.9m×1.28m×0.4m)内の別の30L円形水槽内に播種した。円形水槽内には幼胚の付着基質として、直径35cmの円形トリカルネットにクレモナ糸(径1.3mm)及び化繊糸(径1.7mm)を半分ずつ詰めて張り込んだものを予め設置した。播種後3時間そのままにした後、基質上の幼胚が仮根により付着基質に固着するまで約1週間、円形水槽の上から緩く流水をかけ流した(Fig.1)。幼胚の付着基質への定着が十分であることを確認した後、強めの流水(1.26t/h, 2.8回転/h)で通気しながら培養を開始した。

6月26日以降、成長に応じて幼体長または全長(主枝を伸ばした時の付着器から葉の先端までの最大長)を測定するとともに、水槽内の水温を適宜測定した。

(3) 海上小割筏による幼体の培養

2月24日、幼体となったヒジキを基質ごと別のロープに挟みこみ、陸上水槽から水試の海上小割筏(5m×5m)に移設した(吊下げ最大水深約30cm)。併せて小割周辺の水温(表層)を6月2日まで測定した。

結果および考察

(1) 幼胚の採取

6月19日、インキュベーター内の1Lビーカーの底にまとまった量の幼胚が確認されたので、同日母藻を入れていた13Lバケツの海水を篩(1000 μ m \Rightarrow 500 μ m \Rightarrow 250 μ m)で順次濾過し、雑藻類等を取り除いた結果、約113,000個体の幼胚(体長約200 μ m)を採取した。一部の幼胚に僅かながら仮根の形成が見られたため、全ての幼胚を円形水槽内(前出)に播種した。播種後、基質(糸)上全体に幼胚が満遍なく確認されたが、部分的に基質間に僅かな隙間があったため、そこをすり抜けて水槽の底板に着底した幼胚もかなりあった。仮に全幼胚の50%が基質上に残ったとして、基質上への播種密度は約58個体/cm²と試算され、これは本試験と基質の形状等が異なるが、愛媛県のマニュアルに示された散布密度(47~95個体/cm²)¹⁰⁾の範囲内、同じく和歌山県(10~30個体/cm²)¹¹⁾の約2~6倍に相当した。

(2) 屋外水槽による幼胚の飼育

播種1週間後、ほとんどの幼胚は発芽体に成長し(体長約350~400 μ m)、仮根で付着基質にしっかり固着した(Fig.2)。約1か月後、発芽体は第一次初期葉(体長約1.5~2mm)までに成長したが、水温の上昇とともに珪藻類や雑藻類が増加し、発芽体の一部と基質部分に付着し始めた(Fig.3)。約40日後さらに雑藻類の付着量が増加し、両水槽の内面やヒジキの幼体をほとんど覆いつくす状態となった。そこで水槽を適宜掃除するとともに、幼体に影響のない弱放水(濾過海水)で連日付着基質を洗浄し、駒込ピペットや素手によりできる限り付着物の除去に努めたが、完全に取り除くことは不可能だった。この頃から幼体の枯死・脱落が確認され、クレモナ糸よりも化繊糸側でより幼体の脱落が多く観察された(Fig.4)。水槽と付着基質の洗浄を続けた結果、8月下旬まで雑藻類の影響は幾分緩和されたが、9月初旬再び相当量が付着し、特に円形水槽で多く、基質上に確認できる幼体数がかなり減少した。そのため、比較的大きめの幼体を基質ごと切り取り、円形水槽外側の角型・R型水槽内にロープで吊るして培養を継続した(Fig.5)。その後10月下旬まで水温は27~21 $^{\circ}$ Cで推移しながら低下し、ヒジキの生育適温範囲(15~30 $^{\circ}$ C)¹²⁾であったが、雑藻類の影響が目立った成長は見られなかった(Fig.7)。11月~12月中旬、水

温が更に低下し、両水槽内の雑藻類の付着量がかなり減少した。特に水温が20 $^{\circ}$ Cを下回る11月中旬頃から幼体の成長が良くなったが、全長平均は11月30日時点で3.6 \pm 2.4cm(n=36)、最大11.0cmで、個体差が大きかった(Fig.6,7)。その後も幼体は成長したが、1月下旬~2月上旬、低水温(7.3~9.3 $^{\circ}$ C)や貧栄養の影響で成長が鈍化し(Fig.7)、一部主枝の色が褪せた。11月中旬頃成長が良くなったのは雑藻類の減少が主な要因と思われたが、水温変化との関係から幼体の生育適温が10~20 $^{\circ}$ Cで、低温型¹³⁾に近い可能性も考えられた。

(3) 海上小割筏による幼体の培養

小割筏に移設後(Fig.8)、ハバノリが幼体に付着し始め、定期的に除去したが状況はなかなか改善しなかった。ただ3月上旬以降、水温が10 $^{\circ}$ Cを超えた頃から幼体の成長が促され、同下旬から急激に主枝が伸長した。3月29日並びに6月2日の全長平均値及び最大値はそれぞれ14.9 \pm 6.2cm及び30.5cm(n=34)、43.2 \pm 14.3cm及び82cm(n=35)だった(Fig.7,9)。

今回の試験では、ヒジキの人工種苗生産は可能だったが、約1年間の培養の結果、成体に近い幼体も含め35株の種苗生産に留まった。ただ海上培養では、他の生物による食害や枯死した状況はほとんど見られず、陸上培養中の歩留り低下が顕著だった。その要因として、付着基質の素材(特に化繊糸)や形状、幼胚の播種密度等も一因と思われたが、主たる要因は、夏から初秋にかけて発生した珪藻や雑藻類のため、多くの小さな幼体が光合成不足等により成長が阻害され、枯死したことと考えられた。こうした事例は過去の種苗生産試験でも報告され、その対策として、遮光ネットによる光強度の調整やノリ酸処理方法の活用、また今回の試験で行ったように駆除対象となる藻類等を海水(淡水)で洗浄したり、ピンセットで取り除くなど、地道かつ労力を要する作業が中心に行われていたが、完全に状況を解決するまでには至っていなかった。ただ最近、種苗生産初期における緑色LEDの照射¹⁴⁾やメジナ類を活用した雑海藻の除去¹⁵⁾など、労力軽減につながる新たな対応策も提案されている。今後この分野の技術開発がさらに進むと、大量生産を視野に、陸上培養によりヒジキの人工種苗生産をもっと効率的かつ安定的に行うことが可能になると思われた。

謝辞

今回の試験を進めるにあたり、貴重な助言を頂いた水産技術研究所 環境・応用部門 吉田吾郎 博士に深謝します。また培養作業全般に協力頂いた本試験場 明石英幹 氏に厚くお礼申し上げます。



Fig.1 Two 30L circular tanks were set up inside the square tank (0.9 m×1.28 m×0.4m) filled with running filtered seawater, and *Sargassum fusiforme* embryos were seeded on the substrate in the circular tank (right side) and culture was started. The other circular tank (left side) was used to gather *S. fusiforme* embryos with a 13L bucket in it.

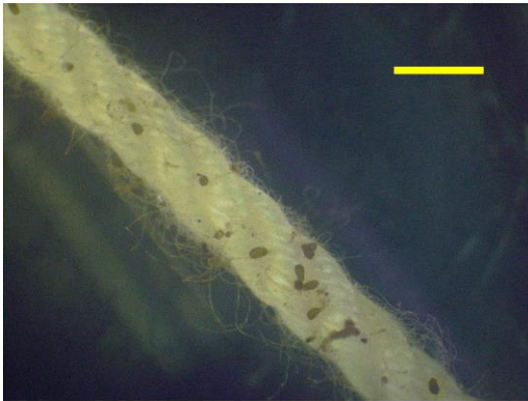


Fig.2 After 7 days of culture, *S. fusiforme* embryos grew into germinating bodies and were attached to the substrate (the string) with their rhizoids. (Scale bar =2mm)



Fig.3 After 29 days of culture, the fast-growing *S. fusiforme* embryos grew into thalli. Diatoms and miscellaneous algae also began to grow around the substrate to which thalli were adherent. (Scale bar =2mm)

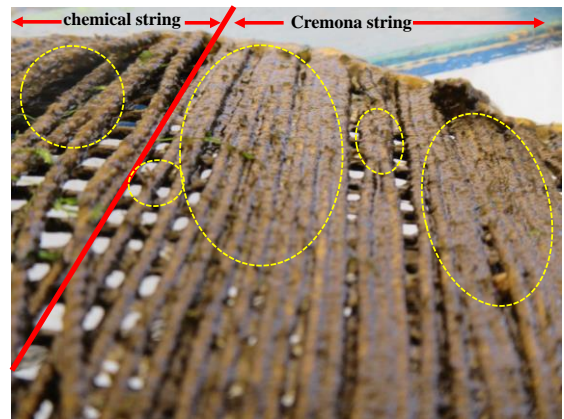


Fig.4 After 38 days of culture, the amount of diatoms adhering to the substrate was quite high, almost covering *S. fusiforme* thalli. At this time, many thalli began to die and drop out, but more thalli dropped out on the chemical string than on the Cremona string. Remaining thalli are visible in the yellow circles.



Fig.5 After 110 days of culture. To reduce damage caused by miscellaneous algae, the relatively large sized *S. fusiforme* thalli were moved outside of the circular tank with their substrates. (Scale bar =2cm)



Fig.6 One of the *S. fusiforme* thalli 164 days after the start of embryos culture, and the longest at 11 cm in total length.

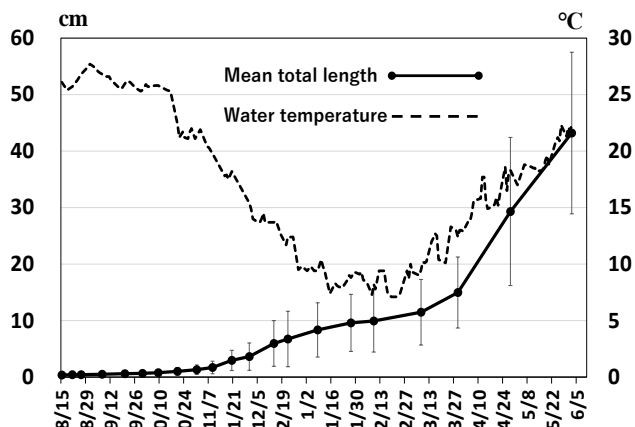


Fig.7 Changes in the mean total length of *S. fusiforme* thalli (filled circles) and water temperature (dotted lines) from Aug.15 to June 2. Here, the water temperature from Aug.15 to Feb.23 represents the temperature of the culture tank, and the one from Feb.24 to June 2 represents the temperature at a depth of 0.5 m in Yashima Bay. Error bars indicate standard deviations.



Fig.8 *S. fusiforme* thalli at 266 days after the start of embryos culture and 16 days after transfer from the land tank to the fish farming raft (5m×5m).



Fig.9 *S. fusiforme* thalli at 348 days after the start of embryos culture and 98 days after transfer from the land tank to the fish farming raft (5m×5m).

文 献

- 1) 農林水産省統計部：2008，平成9～18年漁業・養殖業生産統計年報，農林水産省，東京，131.
- 2) 山城繁樹・戸高義敦・南元洋：2004，ヒジキと海藻サラダ産業の現状と展望.有用海藻誌（大野正夫編著），内田老鶴園，東京，371-372.
- 3) 井上美佐・神谷直明ほか：2010-2011，2013-2014，有用藻類養殖対策事業（ヒジキ）ほか.平成21～24年度三重県水産研究所事業報告書.
- 4) 薬師寺房憲：2012，宇和海有用藻類量産化プロジェクト.平成22年度愛媛県農林水産研究所水産研究センター事業報告，79-81.
- 5) 伊藤龍星：2013，褐藻ヒジキ *Sargassum fusiforme* の挟み込み養殖と人工種苗生産に関する研究. 大分県農林水産研究センター研究報告（水産），3，21-56.
- 6) 谷田圭亮・二羽恭介・杉野雅彦・小柴貢二：2013，ヒジキ人工種苗量産技術の開発研究. 兵庫県農林水産技術総合センター年報（水産編），12.
- 7) 佐藤寛之：2013，ヒジキの人工種苗を用いた養殖技術開発. 三重大大学院生物資源学研究科修士論文.
- 8) 猪狩忠光ほか：2013-2016，鹿児島海藻パーク推進事業-I. 平成23～27年度鹿児島県水産技術開発センター事業報告書.
- 9) 吉見和輝：2015，ヒジキの人工種苗を用いた養殖技術開発および生長，成熟，初期発生と光合成産物量の変化. 三重大大学院生物資源学研究科修士論文.
- 10) 愛媛県農林水産研究所水産研究センター：2015，ヒジキ養殖マニュアル. 愛媛県農林水産研究所水産研究センター，26-34.
- 11) 和歌山県水産試験場：2018，ヒジキ種苗生産マニュアル. 和歌山県水産試験場，5-7.
- 12) 村瀬昇・阿部真比古・野田幹雄・杉浦義正：2015，山口県沿岸のヒジキの生育適温と生育上限温度. 水産大学校研究報告，63，238-243.
- 13) 原口展子・村瀬昇・水上讓・野田幹雄・吉田吾郎・寺脇利信：2005，山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と上限温度. 藻類，53，7-13.
- 14) 野田勉・藤浪祐一郎・紫加田知幸：2022，LED光源を用いたヒジキ発芽体の好適波長の探索. 令和4年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，57.
- 15) 野田勉・門田立・島岡啓一郎・藤浪祐一郎：2022，メジナ幼魚の摂餌を利用したヒジキ種苗生産における基質の雑海藻除去. 水産増殖，70（1），113-117.

トリガイのコンパクト養殖における新たな基質試験

香川 哲*・米澤孝康**・岡 直宏**・浜野龍夫**

Experiments of new bed materials for compact culturing Japanese Cockle

Tetsushi KAGAWA*, Takayasu YONEZAWA**, Naohiro OKA**, Tatsuo HAMANO**

トリガイ *Fuliva mutica* は、マルスダレ目ザルガイ科に属する大型の二枚貝で、日本では北海道を除く各地の内湾や内海の水深 10~30m 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漁場であり、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。そこで、筆者らは、投棄されている商品サイズ以下の小型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「トリガイのコンパクト養殖」を提案してきた^{2,3,4)}。

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、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^{5,6)}。これらの先進地のトリガイの垂下養殖は、スリットや網目が入っていない 60×40×深さ 20 cm のプラスチック製コンテナに基質としてアンスラサイトを敷いてトリガイ種苗を入れ、それらを堅固な筏から海中に垂下して行われている。アンスラサイトは比重が小さく (1.4~1.6)、締まり具合が緩いのでトリガイが潜砂しやすい等から養殖基質として推奨されている⁷⁾。しかしながら、アンスラサイトは、30ℓが約 7,000 円と高価であり、洗浄しながら繰り返し使用されている^{5,6)}。

筆者らは、小型底びき網漁業者の副業として簡易で安価な養殖方法を提案してきた。投棄されている小型トリガイを養殖種苗に使用することや重量の軽減化のためプラスチック製コンテナをスリットの入ったプラスチック製のカゴに変更した。しかし、このときにカゴの中に敷いた基質はアンスラサイトのままであり、収益性を改善するためにはアンスラサイトに代わる安価な代替え品が望まれていた^{2,4)}。

そこで、本試験では、軽量で多孔質であるガラス発泡軽量素材 (スーパーソル, ランドベル社, 以下発泡ガラス) が使用可能かどうか試験を行った。この発泡ガラスは、ガラスびんをリサイクルした軽量発泡資材で、海水に沈下する比重と 2~3 mm の粒径の仕様である。香川²⁾は、軽石 (日向軽石細粒, 栄配送サービス社) がトリガイ養殖の基質に適さないことを報告しているが、アンスラサイトと混合して使用できれば高価なアンスラ

サイトの使用量を抑え、経費の削減になると考えられる。そこでアンスラサイトと軽石を容積で 1:1 に混合した基質も用意し、トリガイ養殖に使用可能か試験を行ったので、報告する。なお、作業性については、発泡ガラス、軽石ともに、アンスラサイトと同様であり、素手で扱っても問題はない。

材料および方法

香川県水産試験場 (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 (図 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試験を行った。

発泡ガラスについては、養殖への使用が可能かどうかを確かめるための予備試験 (試験 1) を行った。そして、実際の養殖期間に、発泡ガラス、軽石とアンスラサイトを混合した基質を使って試験 (試験 2) を行った。

試験方法は、香川²⁾を参考に角型カゴ (北海籠 102300, 三甲) にナイロン製のモジ網 (240 径, 内径 2.0

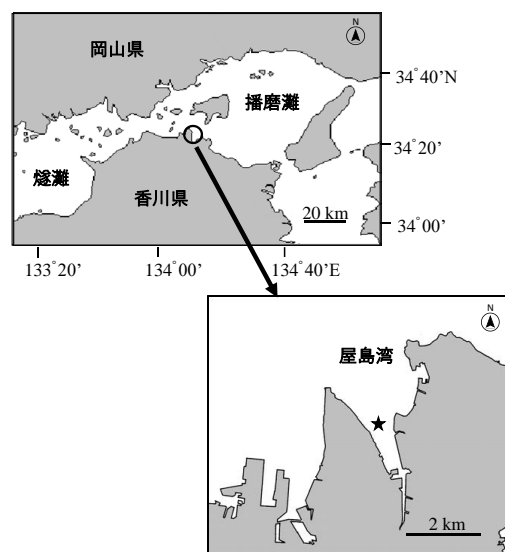


図 1 飼育試験を行った香川県水産試験場の地先

*香川県水産試験場 (当時)・**徳島大学生物資源産業学部附属水圏教育研究センター

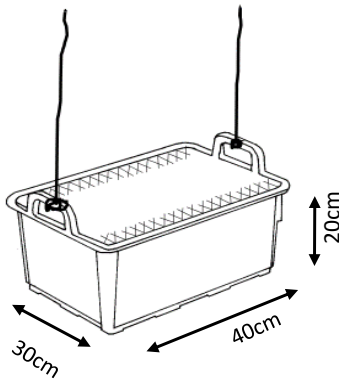


図2 飼育試験に用いたカゴ

mm) を内側に縫い付け、カゴの上面をポリエチレン製の漁網で覆ったものを使用した(図2)。試験開始後は、月に1回カゴを取り上げ貝の生死を確認し、殻長の測定を行った。そしてカゴの付着生物をタワシで落とし、海水を入れて養殖カゴの中の基質を攪拌洗浄した。死亡したトリガイは取り除き、すべてのトリガイを等間隔になるように基質に差し込んだ状態で垂下した。

岩尾ら⁷⁾は、基質の検討を殻長の成長だけでなく底質の締めり度合、締めり度を基質の判定項目として検討したのだが、ここでは基質の状況を測定することはできなかった。

屋島湾口に香川水試が水温観測装置を設置し、毎日9時の水深1.5mの水温を公表している。その水温データを現場の水温として使用した(香川県水産試験場ホームページ: <http://pref.kagawa.lg.jp/suisansiken>, 2022年6月12日)。

試験1

用いたトリガイは、2019年6月10日燧灘海域で操業した小型底びき網漁船から入手し、香川水試で100ℓの

パンライト水槽に基質を敷かず自然海水をかけ流して蓄養していたものを使用した。アンスラサイトを敷いた角型カゴ2カゴと発泡ガラスを敷いた角型カゴ2カゴを用意し、各カゴに10個のトリガイを収容した。試験は、2019年6月14日から8月17日の2か月間実施した。(表1)

8月の取り上げ時点での2試料のデータセット間の有意差については、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。

試験2

試験1の結果を基に、実際の養殖期間内の2月から6月までの4か月間、アンスラサイト、発泡ガラス、アンスラサイトに軽石を容積比1:1で混合した基質の3種の基質で実験した。

用いたトリガイは、2020年2月20日に燧灘海域で操業した小型底びき網漁船から入手し、試験1と同様に水産試験場で蓄養していたものを使用した。一部商品サイズのトリガイも試験に使用した。

試験は、アンスラサイト・発泡ガラス・アンスラサイト+軽石の3種類の基質ごとに2カゴ用意し、すべてのカゴに11個のトリガイを収容した。試験期間は、2020年2月26日から6月30日の4か月間実施した(表2)。

8月の取り上げ時点での2試料のデータセット間の有意差については、殻長はTukey-Kramer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

試験1

現地の水温は、試験を開始した6月14日に20.4℃であったものが、試験終了する8月17日には26.5℃まで

表1. 異なった基質を使ったトリガイ飼育試験1の結果

飼育基質	月	生残数	生残率 (%)	殻長 (mm)		日間成長量 (mm/day)	飼育密度 個数/100 cm ²
				平均±SD	範囲		
アンスラサイト	6月	20	100	47.1±7.1	28.0-55.5	-	4.17
	7月	18	90	53.5±5.2	40.9-59.7	0.22	3.75
	8月	11	55	56.0±6.5	37.5-61.6	0.07	2.29
発泡ガラス	6月	20	100	45.0±6.7	34.9-57.1	-	4.17
	7月	16	80	49.9±7.4	37.2-59.8	0.17	3.33
	8月	11	55	50.7±7.9	37.2-59.8	0.02	2.29

上昇した (図3)。

アンスラサイト区と発泡ガラス区の平均殻長は、試験開始時に 47.1 mm と 45.0 mm であったが、翌月 53.5 mm と 49.9 mm と増加し、試験を終了した 8 月 17 日に 56.0 mm と 50.7 mm に成長した。アンスラサイト区の方が 5.3 mm 大きくなったが、両区間に有意差は認められなかった (Mann-Whitney の U 検定, $p > 0.05$)

また、飼育を開始した翌月の 7 月 13 日までの 1 か月間でへい死する個体は各カゴとも 1~3 個と少なく、80%以上の生残率であったが、8 月に入ると水温が 25°C を超えるまでに上昇し、へい死する個体も 8 月 17 日には、3~6 個体に増加し、両区とも 55%の生残率に低下した。このへい死状況に基質間の有意差は見られなかった (Fisher の正確確率検定, $p > 0.05$)。

試験 2

試験を開始した 2 月 26 日の水温は、10.2°C であったが、その後上昇し、試験を終了した 6 月 30 日には 22.2°C と 20°C を上回る水温であった (図 3)。

アンスラサイト区、発泡ガラス区とアンスラサイト+軽石混合区の平均殻長は、試験開始時に 57.2 mm, 55.0

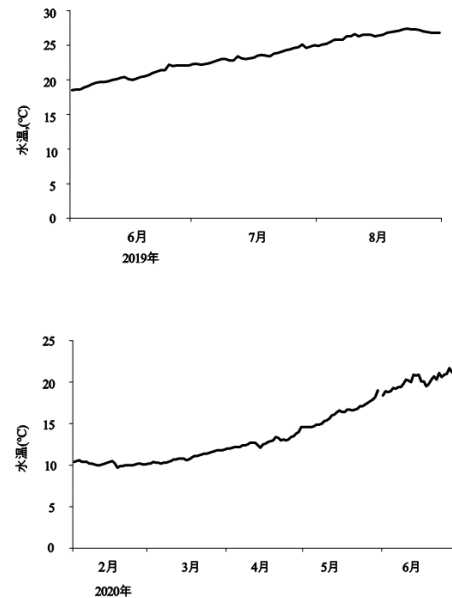


図 3 屋島湾の水温の変化

58.2 mm, 55.6 mm, 54.8 mm となり、平均殻長で 0.6~1.6 mm の成長しか見られなかった。また 3 区間に有意差は認められなかった (Tukey-Kramer 検定, $p > 0.05$)。

表 2 異なった基質を使ったトリガイ飼育試験 2 の結果

飼育基質	月	生残数	生残率 (%)	殻長 (mm)		日間成長量 (mm/day)	飼育密度 個数/100 cm ²
				平均±SD	範囲		
アンスラサイト	2月	22	100	57.2±6.0	40.4-68.4	-	0.92
	3月	22	100	56.9±6.0	40.6-68.4	-0.01	0.92
	4月	22	100	56.9±6.1	39.9-67.8	0.00	0.92
	5月	20	91	56.7±4.5	47.2-67.8	0.00	0.83
	6月	14	64	58.2±5.0	52.9-71.5	0.04	0.58
発泡ガラス	2月	22	100	55.0±7.1	37.2-65.2	-	0.92
	3月	22	100	54.6±7.1	36.8-65.2	-0.02	0.92
	4月	22	100	55.3±6.3	36.8-65.6	0.03	0.92
	5月	22	100	55.5±6.0	39.3-65.1	0.00	0.92
	6月	21	95	55.6±5.9	40.1-65.0	0.00	0.88
アンスラサイト+軽石	2月	22	100	53.2±6.5	34.0-60.4	-	0.92
	3月	21	95	54.1±5.0	39.6-60.4	0.04	0.88
	4月	21	95	54.1±5.0	39.9-60.0	0.00	0.88
	5月	20	91	54.8±5.1	39.8-63.3	0.01	0.83
	6月	13	59	54.8±6.3	40.8-67.3	0.00	0.54

mm, 53.2 mm であったが、試験終了した 6 月 30 日に

一方で、生残率には有意差が見られた。アンスラサイ

ト区とアンスラサイト+軽石混合区の生残率は、2月から5月までは90%で順調に推移したが、6月にはアンスラサイト区64%、アンスラサイト+軽石混合区は、59%と大幅に低下した。しかし、発泡ガラス区は生残率は、5月まで100%、6月でも96%と高い生残率となり、他の2試料区に比べ高い生残率を示した。アンスラサイト区とアンスラサイト+軽石混合区に基質間の有意差は見られなかった(Fisherの正確確率検定, $p > 0.05$)が、発泡ガラス区は他の2区と有意な差が見られた(Fisherの正確確率検定, $p < 0.05$)。

考 察

試験1で、2019年6月に燧灘で操業する小型底びき網漁業で投棄されているトリガイを角型カゴでアンスラサイトや発泡ガラスを基質に使用し8月まで飼育したところ、約55%とやや低い生残率であったが、順調な成長が見られ、2試料間に明瞭な差は見られなかった。この結果から発泡ガラスを基質に使用することは可能と考えられた。また、試験期間が6月から8月であったことから、日間成長率で、7月までは日間成長率、0.22 mm/日、0.17 mm/日と順調な成長であったが、8月の取り上げ時には、0.07 mm/日、0.02 mm/日と成長が鈍化していたことや、生残率で、7月に90%、80%であったものが、8月に両区とも55%と大幅に低下した。この原因として、水温が7月下旬からトリガイにとって抵抗力が弱まり環境変化の影響を受けやすい25°C⁸⁾を上回るようになったことから、成長や生残に影響が出たと考えられた。

試験2で、2020年2月に燧灘で操業する小型底びき網漁業で投棄されているトリガイ(一部商品サイズのトリガイも含む)を6月まで飼育したところ、試験1と比べ3区とも明瞭な成長が認められなかったが、3区は生残率の推移をみると、3区とも5月までは90%以上の生残率を示したことから、どの基質もカゴ養殖に使用できると考えられる。

試験2で成長が停滞した原因は、死亡する個体が少ないことから、岩尾ら⁹⁾と同様に餌不足に起因する成長停滞によると考えられる。

一方、各基質間の生残率の推移をみると、3区とも5月までは90%以上の生残率を示したが、6月の生残率には3区間に明瞭な差が見られた。アンスラサイト区やアンスラサイト+軽石混合区に比べて発泡ガラス区が良好な生残状況となった。統計的にも有意差が見られたことから、養殖カゴの新たな基質として期待できることが判明した。

試験1及び試験2から、発泡ガラスは、アンスラサイトに比べ成長に差がなく、生残はむしろ良好な結果とな

った。洗浄すれば繰り返し使用が可能で、使い勝手も良かったことから、トリガイ養殖の基質として使用できると考えられる。試験に用いた発泡ガラスは、廃ガラス製品の再処理から生産された製品で、アンスラサイトに比べて安価である(アンスラサイトの半額以下)。今後は、発泡ガラスが多くのトリガイ養殖業者に認知され、試用されることを期待する。

一方、アンスラサイトに軽石を混合した基質も、アンスラサイトに比べ成長に有意差がなく、生残率にも有意差が見られなかったことから基質として使用が可能であると考えられた。この軽石は、アンスラサイトと比べ、価格的には1/14と大変安価であることから、この軽石を混合して使用すると1カゴ当たり半分の費用(53%)となり、経費の削減を図ることができると考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、養殖試験に用いたトリガイの提供にご協力いただいた西かがわ漁業協同組合の漁業者と職員の方々、発泡ガラス(商品名:スーパーソル)を提供いただいた有限会社ランドベルに感謝いたします。また、この試験に助言を頂いた公益財団法人かがわ産業支援財団久保善美氏に感謝いたします。

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) 香川 哲・湯谷 篤・齋藤 稔・浜野龍夫・岡 直宏・宮田 勉:2020, 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. 香水試研報, 19, 1-8.
- 3) 香川 哲・齋藤 稔・岡 直宏・浜野龍夫・宮田 勉:2020, 小型底びき網漁業の投棄未利用資源の有効活用～低利用漁港を活用したトリガイのコンパクト養殖とその種苗について. 沿岸域学会誌, 33, (3), 27-35.
- 4) 香川 哲・湯谷 篤・橋本直史・岡 直宏・浜野龍夫・米澤孝康・齋藤 稔・宮田 勉:2023, 香川県の低利用漁港における未利用小型トリガイのコンパクト養殖の試み—高齢漁業者と漁家女性の新たな活躍の場として—. 香水試研報, 22, 1-10.
- 5) 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.
- 6) 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.

- 7) 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. 京都海セ研報, 18, 57-61.
- 8) 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.
- 9) 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.

2020年11月に播磨灘で漁獲されたクロマグロ幼魚のサイズと食性

安部昌明

Size and feeding habit of young Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*
caught in Harima-nada, eastern Seto Inland Sea in November 2020

Masaaki ABE

Size and feeding habit of young pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* caught in Harima-nada, eastern Seto Inland Sea in November 2020, were examined. Average fork length was 47.0cm, and average body weight was 2,225g. These fish were estimated to be 0 age, about half year after hatching. Stomach contents were mainly loliginid squids and largehead hairtail *Trichiurus lepturus*.

キーワード：クロマグロ，幼魚，サイズ，食性，播磨灘

クロマグロ *Thunnus orientalis* は、太平洋において回遊しながら分布しており、その極く一部が瀬戸内海へ来遊すると思われる。

わが国では、2015年1月から全ての商業漁業を対象とした小型魚(30kg未満)、大型魚(30kg以上)別の漁獲量管理に取り組みられており、2021年6月からは遊漁者を対象とする小型魚の採捕の制限および大型魚の採捕実績の報告義務化が導入され、遊漁による採捕数量を含めたクロマグロの数量管理の取組が行われている²⁾。

香川県にも小型魚、大型魚別に漁獲可能性が割り当てられており、月毎に漁獲量を国へ報告している。このうち、2020年11月における漁獲魚について、サイズと食性を調査したので、今後の参考に資するため、結果を報告する。

報告にあたり、検体採取にご協力いただいた内海漁業協同組合所属の漁業者の皆様へ厚くお礼申し上げる。

なお、本調査は、資源管理体制高度化推進事業費の交付を受け、香川県資源管理協議会事業の一環として実施した。

内海漁業協同組合所属のさわら流しさし網漁業者へ検体の採取と凍結保存を依頼した。後日回収して解凍後、全長(cm)、尾叉長(cm)、体重(g)、胃内容物の種類と重量(g)を調査した。また、肥満度を(体重-胃内容物重量)/尾叉長³×1,000として、胃充満度指数を胃内容物重量/(体重-胃内容物重量)×100として算出した。

結果と考察

2020年11月12日から29日にかけての漁獲魚から39尾の検体を得た。漁獲場所は播磨灘の小豆島東方であった(Fig. 1)。調査結果をTable 1に示す。

全長は50.6~57.1cm(平均53.6cm)、尾叉長は43.8~50.1cm(平均47.0cm)、体重は1,949~2,568g(平均2,225g)、肥満度は19.4~23.6(平均21.0)であった。

胃内容物は37尾において検出され、ジンドウイカ類、タチウオが主体であった。空胃個体を含めた胃充満度指数は0~10.4(平均1.9)であった。

クロマグロの産卵期及び産卵場は、4~7月に日本の南方から台湾の東沖、7~8月に日本海西南部と考えら

材料および方法

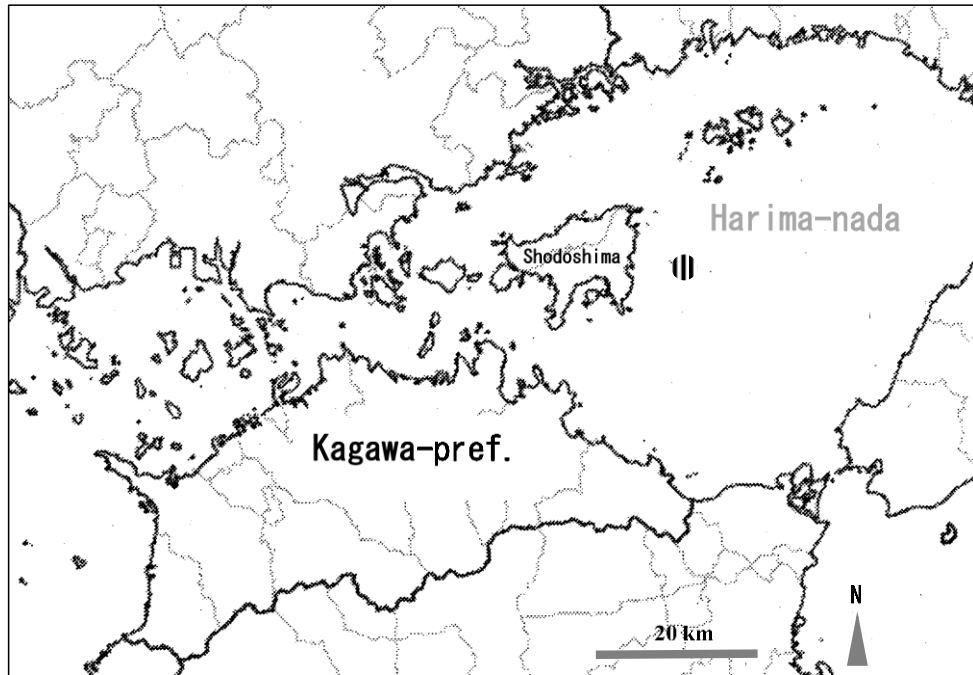


Fig. 1 Sampling area of young Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* in Harima-nada in November 2020.

れている³⁴⁾。これに、耳石日輪から推定された日齢と尾叉長の関係⁵⁾を考え合わせると、本調査で得られた検体は、孵化から半年程度経過した0歳魚であると推定された。

食性については、特定の魚種を選択的に捕食するのでなく、その海域に多い生物を機会に応じて捕食しているとされており⁶⁾、本調査では、漁獲海域にジンドウイカ類やタチウオが多く生息していたと考えられる。

2017年7月以降の香川県における月別漁獲量(水産庁集計2022年11月分まで)によると(少数第1位までのトン数)、小型魚が2019年11月に0.7、2020年11月に0.1、2022年10月に0.4、11月に0.5となっており、大型魚の漁獲はない⁷⁾。本調査において協力を依頼した漁業者からの聞き取りによると、このようなクロマグロの漁獲は明らかに近年になっての傾向であり、今後の動向を注視する必要がある。

文 献

- 1) Fujioka, K., Masujima, M., Boustany, A.M., and Kitagawa, T.:2015, Horizontal movements of Pacific bluefin tuna. In Kitagawa, T. and Kimura, S. (eds.), *Biology and ecology of bluefin tuna*. CRC Press, Boca Raton London, New York, 101-122.
- 2) 水産庁 水産研究・教育機構:2022, 令和3年度国際漁業資源の現況 クロマグロ 太平洋.
- 3) 米盛保:1989, 広域回遊性浮魚の資源増大をめざして. In 農林水産技術会議事務局(編), *海洋牧場*,

恒星社厚生閣, 東京, 8-59.

- 4) Ohshimo, S., Tawa, A., Ota, T., Nishimoto, S., Ishihara, T., Watai, M., Satoh, K., Tanabe, T., and Abe, O.:2017, Horizontal distribution and habitat of Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, larvae in the waters around Japan. *Bull. Mar. Sci.*, 93, 769-787.
- 5) 伊東智幸:2009, 耳石日輪と0歳魚の体長別漁獲データから推定したクロマグロの産卵期別資源寄与率. *日水誌*, 75(3), 412-418.
- 6) 山中一:1982, 太平洋におけるクロマグロの生態と資源. *水産研究叢書*, 34, 日本水産資源保護協会, 東京, 140.
- 7) 水産庁:2023, 太平洋クロマグロの漁獲状況について(令和5年1月27日更新), 月別漁獲実績. 水産庁HP.

要 旨

2020年11月に播磨灘の小豆島東方で漁獲されたクロマグロ幼魚の平均尾叉長は47.0cm, 平均体重は2,225gであり, 孵化から半年程度経過した0歳魚であると推定された。胃内容物は, ジンドウイカ類, タチウオが主体であった。

Table1 Size and feeding habit of young pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* caught in Harima-nada, eastern Seto Inland Sea in November 2020

Sample No.	Catch month/day (2022)	Total length (cm)	Fork length (FL) (cm)	Body weight (BW) (g)	Condition factor (CF)	Stomach contents weight (g)								Stomach fullness index (SFI)
						Sardines	Horse mackerels	largehead hairtail <i>Trichiurus lepturus</i>	Fish (species unclear)	Loliginid squids	Squids (species unclear)	Plastic fragments	Rubber band	
1	11/12	54.6	47.6	2,302	21.3							0.66	0.66	0.0
2	11/12	53.9	47.0	2,300	22.1						1.82		1.82	0.1
3	11/12	56.7	49.0	2,568	21.6	15.67			0.81	7.26			23.74	0.9
4	11/12	54.2	47.3	2,228	21.0						1.15		1.15	0.1
5	11/12	57.1	50.1	2,477	19.4					32.09			32.09	1.3
6	11/12	51.5	45.3	2,028	21.5					33.98			33.98	1.7
7	11/12	53.8	47.0	2,106	19.5					84.78			84.78	4.2
8	11/12	54.0	46.8	2,141	20.8				1.93	9.93		0.33	12.19	0.6
9	11/13	54.2	47.2	2,197	20.9				1.26	0.24			1.50	0.1
10	11/13	52.7	45.5	2,020	21.4								0.00	0.0
11	11/13	51.6	44.9	1,968	21.7					1.26			1.26	0.1
12	11/13	53.5	46.5	2,093	20.8					0.28			0.28	0.0
13	11/13	54.1	47.3	2,116	20.0					1.53			1.53	0.1
14	11/17	55.5	48.4	2,347	20.0				76.67	6.47			83.14	3.7
15	11/17	54.6	47.6	2,323	21.2				25.81	10.89			36.70	1.6
16	11/17	54.0	47.0	2,339	21.9				47.16	18.27			65.43	2.9
17	11/17	54.0	47.0	2,331	22.3			17.72					17.72	0.8
18	11/17	53.2	47.0	2,359	22.4			33.02					33.02	1.4
19	11/17	53.5	47.6	2,218	20.5					9.51			9.51	0.4
20	11/18	53.0	47.3	2,300	20.7					110.22			110.22	5.0
21	11/18	52.5	45.6	1,960	20.6				3.65				3.65	0.2
22	11/18	54.5	48.3	2,309	20.1		38.95						38.95	1.7
23	11/22	51.6	46.2	2,094	20.0			85.34		33.86			119.20	6.0
24	11/25	54.0	47.8	2,286	20.8					11.90			11.90	0.5
25	11/25	56.0	49.0	2,438	20.3				41.95	7.10			49.05	2.1
26	11/25	52.5	46.0	2,146	22.0								0.00	0.0
27	11/25	54.0	48.4	2,346	20.6					6.47			6.47	0.3
28	11/25	56.3	48.9	2,453	20.9					5.96			5.96	0.2
29	11/25	55.8	49.1	2,521	21.0			37.83					37.83	1.5
30	11/27	51.7	46.0	2,213	22.7					7.83			7.83	0.4
31	11/27	53.9	47.0	2,459	23.6			11.54					11.54	0.5
32	11/27	52.5	46.0	2,161	22.0			23.80					23.80	1.1
33	11/29	54.5	47.5	2,250	20.2			74.05		6.82			80.87	3.7
34	11/29	53.8	48.0	2,201	19.5			32.74		13.91			46.65	2.2
35	11/29	50.9	43.8	1,959	22.6			63.49					63.49	3.3
36	11/29	51.9	45.3	2,023	20.6			104.35		3.77			108.12	5.6
37	11/29	50.6	44.3	1,949	20.3			176.17		7.50			183.67	10.4
38	11/29	53.1	47.6	2,291	20.5			61.30		14.92			76.22	3.4
39	11/29	51.2	45.3	1,949	19.7			107.21		10.26			117.47	6.4
	Minimum	50.6	43.8	1,949	19.4									0.0
	Maximum	57.1	50.1	2,568	23.6									10.4
	Average	53.6	47.0	2,225	21.0									1.9

$$CF=(BW-SCW)/FL^3 \times 1,000$$

$$SFI=SCW/(BW-SCW) \times 100$$

(本 報 略 号)

香 水 試 研 報

第 22 号

Bull. Kagawa Pref. Fish. Exp. Stn.

No.22

編 集 委 員 会

代表委員 松下悠介*
委 員 宮城良介 西岡俊洋
(*香川県赤潮研究所)

令和 5 年 3 月 30 日 発行

発行所 香川県水産試験場

〒761 - 0111 高松市屋島東町 75 - 5

TEL : (087) 843 - 6511

FAX : (087) 841 - 8133

E-mail : suisanshiken@pref.kagawa.lg.jp

<https://www.pref.kagawa.lg.jp/suisanshiken/>

発行者 向井龍男
