

原著論文

垂下カゴ式飼育によるアサリの間育成

安信秀樹*¹Low-cost Artificial Seed Producing Method of Short-neck Clam *Ruditapes philippinarum* Using Net Baskets at the Intermediate Culture in the Sea

Hideki YASUNOBU

To lower the artificial seed production cost of the short-neck clam, we investigated a simple method of intermediate culture in the sea. The method involves growing clam larvae in tanks as in ordinary culture but only until they become 0.5 mm and then culturing the clam in baskets suspended in the sea, which is less costly and does not require a supply of power. We investigated sea culture methods in detail and found that the clam grew faster in baskets that were lined with netting of mesh size smaller than the clam than in baskets accommodated in hanging containers. The hanging net basket method was tested by culturing 100 thousand clams (shell length: 0.5 mm) per basket over 56 days. The results showed a survival rate of 87%, and 15.0% of the survived clams had grown to 5 mm or larger.

2011年10月3日受付, 2012年6月28日受理

放流用のアサリ *Ruditapes philippinarum* の人工種苗については、生産コストの削減が課題となっている。生産コストのうち人件費の次に多いのが餌料費である*²。餌料費を引き下げるには、人工培養餌料を必要とする陸上施設での飼育期間を極力短くし、天然海域で発生する植物プランクトンを利用した飼育に早期に移行する必要がある。海外では、天然海域でアサリ稚貝を飼育する場合、動力を使用した海面筏式飼育装置が利用されている例がある¹⁾。近年、国内でもこの装置が導入され始めているが、アサリ人工種苗の生産コストを下げるためには、このようなエネルギー消費型の装置ではなく、より簡易な設備を使って飼育する方法を検討することも必要と考えられる。

アサリ人工種苗は、通常殻長1~2mmの稚貝までは陸上水槽で飼育され、その後は屋外もしくは天然海域の施設で、5mm~1cmの放流サイズまで中間育成される²⁾。これをもし殻長0.5mmの時点で天然海域での中間育成に切り替えることができれば、0.5mm以降1~2mmサ

イズまでの飼育に必要な餌料費を削減することができる。

この研究では、陸上施設でのアサリ稚貝の飼育期間を殻長0.5mmまでに短縮し、その後は植物プランクトン量の豊富な海域での簡易な方法による中間育成へと移行することで、アサリ人工種苗生産における低コスト化を検討した。

材料と方法

餌料環境の測定 試験は兵庫県明石市二見町にある二見港内(図1)で行った。港内の表面海水の全クロロフィル量(アセトン抽出による蛍光法³⁾)を2007~2010年度の4年間にわたり毎月1回、月初めに測定した。なお、下記の飼育試験期間については毎週1回、水面下1.5m層の海水の全クロロフィル量と水温を測定した。

飼育方法の検討 二見港内の水深5m地点に4m×4m

*¹ 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

〒674-0093 明石市二見町南二見22-2

Fisheries Technology Institute, Hyogo Prefectural Technology Center for Agriculture, Forestry and Fisheries, 22-2 Minami-Futami, Akashi, Hyogo 674-0093, Japan.

hideki_yasunobu@pref.hyogo.lg.jp

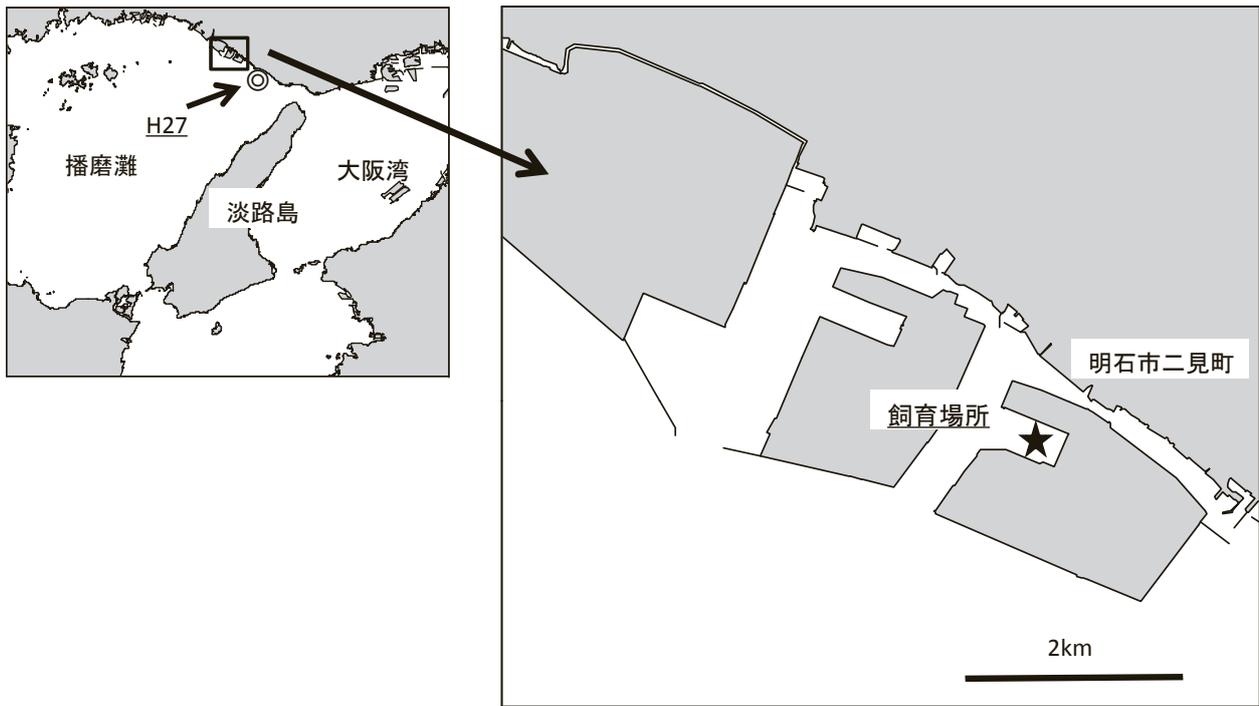


図1. 飼育場所

の木製（松材）の枠組みにフロートを8つ取り付けた筏を浮かべてアサリ中間育成用筏とし、2009年8月28日～10月2日の35日間飼育試験を実施した。

ポリエチレン製野菜カゴ（三甲株式会社製、ヤサイ籠4K、上部内寸幅434mm×奥行272mm×高さ130mm、底面穴7mm角）の上からオープニング224 μ mのポリエチレン製ネット（日本特殊織物株式会社製、100目）を被せて、その上から同型の野菜カゴの内カゴをはめ込むことにより、カゴの内面をネットで覆った（図2-A）。さらに、筏のフロートに付着しているイガイ類などや小型のカニ類が混入しないようにオープニング925 μ mのポリエチレン製ネット（本特殊織物株式会社製、24目）を上面に被せ（以下、カバーネット）、野菜カゴの蓋をはめ込み、これを固定することにより飼育カゴを作製した。この飼育カゴの底におもりを固定し（図2-B）、垂下するためのひもを取り付けた（以下、垂下カゴ法、図2-C）。

アサリの餌料としては浮遊性植物プランクトンだけでなく付着性微細藻類やセジメント等が重要とされている^{4,5)}。カゴ内に入り込んだセジメント等がより蓄積されるようカゴをコンテナに収容にした試験区を設けた。すなわち、上述の飼育カゴをコンテナ（積水テクノ成型株式会社製 セキスイコンテナ S-22、上部内寸幅470mm×奥行355mm×高さ137mm、ポリプロピレン製）に収容して垂下し（図3）、カゴ内に入り込んだ浮遊性植物プランクトンやセジメントがコンテナ内に留

まるようにした（以下、垂下コンテナ法）。

試験には、兵庫県栽培漁業センターで2009年7月24日に採卵し、種苗生産された殻長 0.51 ± 0.06 mm（平均値 \pm 標準偏差）のアサリ稚貝を用いた。各々の方法の飼育カゴ内に、アサリ稚貝を1カゴあたり10万個ずつ収容して、筏の水面下1.5mに静かに垂下した。収容数の算出には一定重量中の個数を求め、全体重量を除いて求める重量換算法を用いた。毎週1回、飼育カゴの蓋とカバーネットを取りはずし、カゴの中に水道水を強く当てて、アサリ稚貝を洗浄して付着物および沈殿物をメッシュの目から押し出して除去した。その後、ネットを新しいものと取り替え、水道水を強く当てて洗浄したカバーネットと野菜カゴの蓋を取り付けて、再び静かに垂下した。なお、水道水処理はアサリ稚貝の生残には影響はないことを事前に確認している。野菜カゴや蓋への付着珪藻類およびフジツボ類等の付着が多い場合は、ネットだけでなくこれらも交換した。各飼育方法には飼育カゴを3カゴ用いた。毎週実施した飼育カゴ等の洗浄作業時には、ランダムに選んだアサリ稚貝50個体の殻長を測定した。試験終了時には、重量換算法を用いて生残個体数を算出し、生残率を求めた。

長期飼育試験 干潟域への放流サイズを目安としている殻長5mmのアサリ稚貝を生産するため、上記と同じ筏で2011年7月5日～8月30日の56日間にわたり垂下カゴ法による飼育試験を実施した。試験には、兵庫県

*2 兼松正衛・崎山一孝・山崎英樹・浅見公雄・山田徹生・島 康洋（2011）アサリの種苗生産における低コスト化の問題点、2011年度日本水産学会春季大会講演要旨集、125 pp.

栽培漁業センターで2011年6月2日に採卵し、種苗生産された平均殻長 $0.52 \pm 0.08\text{mm}$ のアサリ稚貝を飼育カゴ1個に10万個収容した。ネットの目合いは開始時にはオープニング $224 \mu\text{m}$ (100目) としたが、アサリの成長に合わせて28日後にはオープニング $526 \mu\text{m}$ (40目)、42日後にはオープニング $925 \mu\text{m}$ (24目) に交換した。42日後には1カゴのアサリ重量が飼育開始時のおよそ100倍に当たる500gに達したため、2つのカゴに等分に収容した。28日後と試験終了時(56日後)には、重量換算法を用いて生残個体数を算出し、生残率を求めた。なお、試験終了時には生残個体の殻長差が著しく大きかったので、アサリ稚貝をオープニング $526 \mu\text{m}$

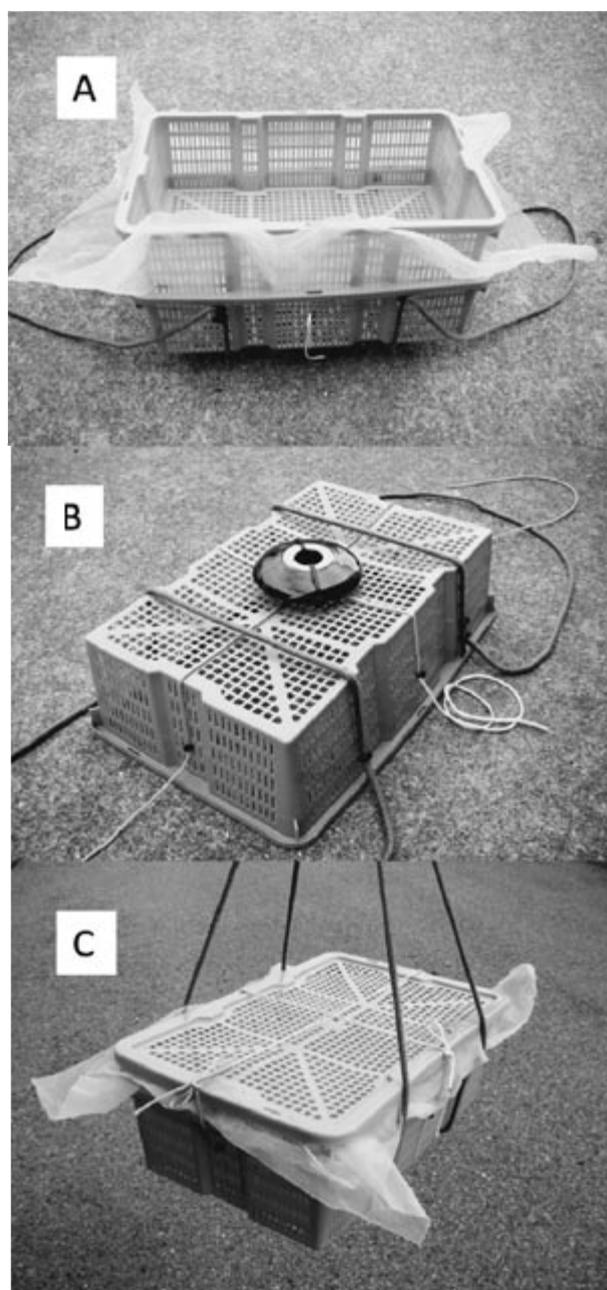


図2. 垂下カゴ

～4mmのネットで大きさ毎に選別した後、重量換算法で生残個体数を算出し、生残率を求めた。

結 果

餌料環境 飼育試験海域の年間の全クロロフィル量の変化を図4に示した。年により変動はあるが、全クロロフィル量は6～9月には概ね $10 \mu\text{g/L}$ 以上の高い値で推移し、10月以降は $10 \mu\text{g/L}$ 以下に減少する傾向が認められた。

飼育方法の検討における水温は $24.7 \sim 26.4$ の範囲で平均水温は 25.6°C だった。長期飼育における水温は $23.9 \sim 27.8^\circ\text{C}$ で平均水温は 26.0°C だった(表1)。

飼育方法の検討 垂下カゴ法で35日間飼育したアサリ稚貝は平均殻長±標準偏差が $2.8 \pm 1.0\text{mm}$ 、日間成長量 $64.8 \mu\text{m}$ に達した。一方、垂下コンテナ法で飼育したアサリ稚貝の平均殻長は $1.2 \pm 0.5\text{mm}$ 、日間成長量 $20.5 \mu\text{m}$ に留まり、両者には有意な差が認められた ($P < 0.01$, t 検定)(図5)。生残率については垂下コンテナ法で $60.1 \sim 76.3$ (平均70%) であったのに対し、



図3. 垂下コンテナ

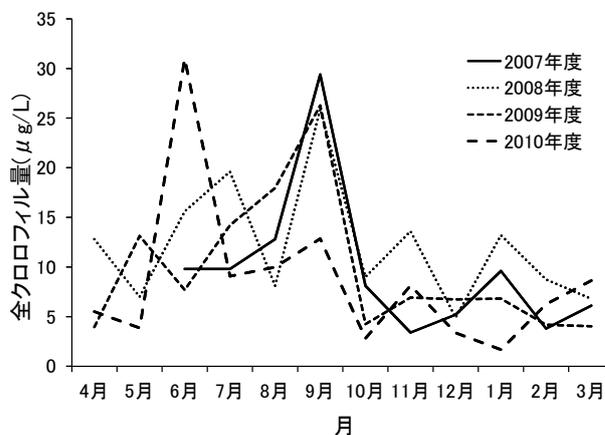


図4. 中間育成用筏周辺の月毎の全クロロフィル量(2007～2010年度)

表1. 試験開始時のアサリの殻長と試験期間中の飼育環境

試験項目	飼育試験期間	開始時平均殻長 (mm)	平均水温 (°C)	平均全クロロフィル量 (μg/L)
飼育方法	2009/8/28 ~ 10/2 (35日間)	0.51 ± 0.06	25.6 (24.7 ~ 26.4)	17.8 (7.8 ~ 28.1)
長期飼育	2011/7/5 ~ 8/30 (56日間)	0.52 ± 0.08	26.0 (23.9 ~ 27.8)	13.5 (3.4 ~ 29.1)

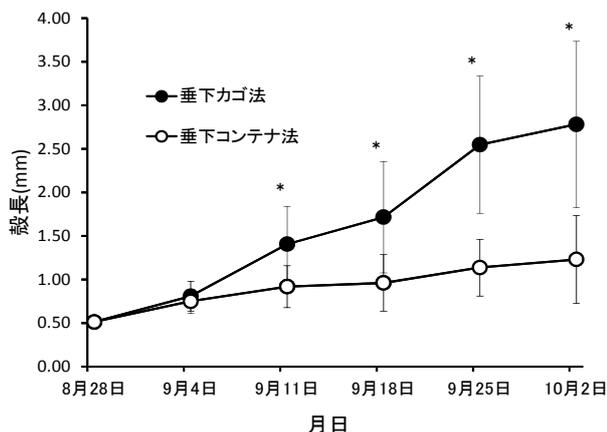


図5. 垂下カゴ法と垂下コンテナ法で飼育したアサリの成長
* *有意差有り (P < 0.01, t検定)

垂下カゴ法では41.2 ~ 64.7% (平均51%)であった(表2)。

長期飼育試験 試験終了時のアサリ稚貝の殻長組成を図6に示した。試験終了時の殻長のばらつきは顕著で、殻長1.7 ~ 13.0mmの範囲にあった。殻長2 ~ 4mmのアサリ稚貝が全個体数の82.3%を占め、放流サイズを目安としている殻長5mm以上の個体の割合は15.0%であった。生残率は飼育28日後には93%で、56日後には87%となった。

考 察

現在までにアサリ稚貝の中間育成は屋外の陸上水槽⁶⁾や築堤池⁷⁾などの施設もしくは天然干潟での囲い網⁸⁾や被覆網⁹⁾、天然海域での垂下籠^{6,8,10)}などで実施されてきた。これらの方法で陸上水槽では0.9mm、築堤池では1.5mm、天然干潟での囲い網では2.1mm、被覆網では4.5mmおよび垂下籠では1.85mmから中間育成が開始された事例がある。アサリを殻長1mmまで陸上水槽で飼育した場合の生産単価は、兵庫県栽培漁業センターにおける例を基に計算すると、0.5mmまでの場合よりも0.5円/個上昇する。そこで、生産コストを下げるために、通常は1 ~ 2mmの天然海域での中間育成の開始サイズを本研究では0.5mmとした。

着底後まもない二枚貝稚貝の天然海水を利用した飼育

表2. 垂下カゴ法および垂下コンテナ法を用いて35日間飼育した時の生残率

飼育方法	平均生残率 (%)
垂下カゴ法	51.2 ± 9.9
垂下コンテナ法	70.0 ± 6.6

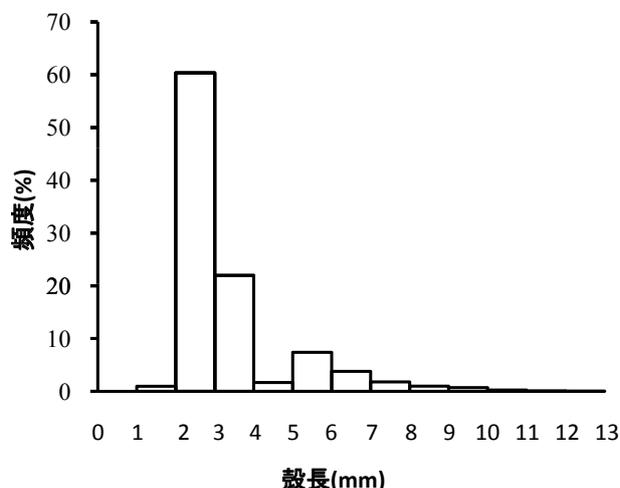


図6. 長期 (56日間) 飼育したアサリの殻長組成

について、西広ら¹¹⁾はポンプで駆動させる Up-welling 装置によりアサリと同じ潜砂性二枚貝類であるトリガイ *Fulvia mutica* で殻長0.88mmから飼育可能であることを実証するとともに、藤田は¹²⁾アサリについても同装置が利用可能であることを示唆した。また、岩本は¹³⁾市販のプラスチックカゴ (300 × 450 × 250mm) に防汚剤 (シリコン系) を塗布し、保護網と砂床を付設して海域に垂下することにより殻長1.5mmのアサリ稚貝を歩留り80%以上で10mm以上に育成する方法を開発している。さらに、西広ら¹⁴⁾は砂床式飼育装置で0.52mmからのトリガイの中間育成にも成功している。本研究では殻長0.5mmのアサリ稚貝をポンプや砂床を用いずにカゴで飼育する方法について検討した結果、海水が通過しやすい全面ネットの垂下カゴの方が、コンテナで囲った垂下コンテナ法より成長は顕著に早く、35日後の殻長は両者間で2倍以上の開きが生じた。一方、生残率についてはばらつきが大きく、垂下コンテナ法と垂下カゴ

法との差の有無は明らかでなかった。

本研究により殻長 0.5mm でも垂下カゴ法により天然海域での中間育成に移行が可能であること、また、その後は餌料コストをかけることなく殻長 5mm 以上に成長させることができ、生残率も 87% と高かったことから、陸上水槽での飼育に比べて生産コストは大幅に低下したといえよう。なお、兵庫県水産技術センターによる生産コストの試算結果は、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターのホームページ (http://www.hyogo-suigi.jp/suisan/seika/asari/asari_kago_suika.htm) に掲載されている。

海外で使用されている海面筏式飼育装置は、アサリ稚貝を収容した容器に植物プランクトンを含んだ生海水を強制的に供給するため、現場海水中の植物プランクトン量が特に豊富でなくともアサリ稚貝の成長に大きな支障はないと考えられる。しかし、本研究のように特別な流水装置を持たないカゴによる中間育成は、植物プランクトンの豊富な海域および時期で実施する必要があると推察される。本研究での中間育成用筏の設置場所は、港内の閉鎖的な水域であった。筏周辺の 2007～2010 年の全クロロフィル量の月毎の推移を見ると、春期産卵群を中間育成する 6～9 月の全クロロフィル量は同時期の港外 (図 1. 地点 H27) の全クロロフィル量 (2009 年度 9 月 $7.2 \mu\text{g/L}$ ¹⁵⁾, 2011 年 7 月 5.2, 8 月 $7.5 \mu\text{g/L}$) と比較して非常に高い (図 4)。このような閉鎖的な水域で植物プランクトンが豊富な場所では、春産卵群を用いて本研究のような垂下カゴ式中間育成が実施できると考えられる。なお、当該水域は夏季の高水温、降雨による低塩分および赤潮などが発生する水域であるが特にアサリ稚貝の生残に問題となることはなかった。

本研究により、餌料が豊富な海域における垂下カゴ式中間育成の採用によって、アサリ人工種苗生産コストが大幅に削減されることが示された。しかし、中間育成開始サイズ (0.5mm) や収容密度 (10 万個/カゴ) あるいは分槽の時期に問題があるためか、成長の個体差は著しく、56 日間の飼育で殻長 13.0mm に達する個体がある一方、順次選別したにも関わらず同じロットに 1.7mm の個体も存在した。今井ら⁶⁾ は本研究とはほぼ同じサイズの垂下カゴに 1.85～3.0mm のアサリを 1 カゴ当たり 2,500～20,000 個収容して 9 月 14 日～10 月 31 日の 47 日間飼育した。その結果、収容密度が低いほど成長が良好で、生残率も高いことを報告している。また、7,500 個/カゴで比較的安定して中間育成できるとしている。本研究では飼育開始殻長が 0.5mm とはいえ今井ら⁶⁾ の報告の 10 倍以上の収容密度である。しかしながら、収容密度を下げるとカゴ数が増えて作業時間が長くなり、生産コストの上昇を招くことにつながる。今後は生産コストと成長を考慮した収容密度および分槽時期を詳細に検討する必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、アサリ稚貝の飼育業務にご協力いただいた、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センターの金尾博和主任および小柴貢二職員、ひょうご豊かな海づくり協会の永山博敏主幹兼海洋保全課長に感謝します。また、本論文を校閲くださった五利江重昭主任研究員に深謝します。本研究はアサリ資源全国協議会での議論等が取り組みのきっかけとなっており、アサリ資源全国協議会を構成する道県および (独) 水産研究総合センター等の関係各位に感謝します。

文 献

- 1) デリック R. トバ・D.S. トンプソン・K.K. チュー・G.J. アンダーソン・M.B. ミラー (1996) ワシントン州におけるアサリ養殖ガイドブック (鳥羽光晴監訳). 日本水産資源保護協会, 東京, 45-48 pp.
- 2) 小林 豊・鳥羽光晴・庄司紀彦 (2007) 屋外大型水槽を使用したアップウェリング方式によるアサリ人工稚貝中間育成. 千葉水総研報, 2, 15-23.
- 3) 海洋観測指針 (気象庁編) (1990) クロロフィルの測定. 日本気象協会, 東京, 257-261 pp.
- 4) 沼口勝之 (1990) アサリ漁場における底層水, セジメントおよび底泥のクロロフィル a のフェオ色素量. 養殖研報, 18, 39-50.
- 5) 小池裕子・斉藤 徹・小杉正人・柿野 純 (1992) 東京湾小櫃川河口干潟におけるアサリの食性と貝殻成長. 水産工学, 29, 105-112.
- 6) 今井 厚・大橋 裕・平岡三登里・山本 翠 (1992) アサリ種苗生産及び増殖試験. 山口県内海水産試験場報告, 21, 29-55.
- 7) 立石 健・井手尾 寛・岸岡正伸 (1997) 山口県におけるアサリの人工種苗生産と中間育成. 水産工学, 33, 219-224.
- 8) 根本昌宏・加藤 靖・鈴木 信 (1999) IV 貝類等種苗開発研究 アサリ種苗生産試験. 平成 9 年度福島県水産種苗研究所事業報告書, 21-24.
- 9) 柴田輝和・早川美恵・須田隆志 (2001) 干潟での被覆網による人口稚貝の中間育成. 栽培技研, 28, 109-114.
- 10) 木藪仁和・中川彩子 (2002) アサリ大型種苗放流技術開発事業 (2) 中間育成・放流技術開発研究. 平成 12 年度大分県海洋水産研究センター浅海研究所事業報告, 26-32.
- 11) 西広富夫・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, 21-27.
- 12) 藤田真吾・吉田 弘・西広富夫 (1984) Up-welling System を応用した二枚貝の海上中間育成装置と飼育の試み. 栽培技研, 13, 29-35.
- 13) 岩本哲二 (1994) 防汚処理した籠によるアサリの中間育成試験. 山口県内海水産試験場報告, 23, 68-70.

- 14) 西広富夫・藤原正夢・岩尾敦志（1990）多段式二枚貝中間育成装置の開発（天然餌料を利用したトリガイ稚貝の大量飼育）. 京都海洋センター研報, **13**, 1-10.
- 15) 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター

（2010）平成 21 年度（2009 年度）兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター年報, 浅海定線調査及び播磨灘漁場環境定期調査特殊項目結果表. 105 p.