

築堤式育成場におけるマナマコ大型種苗の飼育について

伊藤史郎・川原逸朗・広瀬 茂

近年、マナマコ *Stichopus japonicus* の種苗生産技術開発に伴い、マナマコの放流事業が盛んに行われている¹⁾。しかし、効果的な放流事業を行うための稚ナマコの適正な放流サイズや放流方法、放流適地の選定など不明な点が多く、現在検討がなされている²⁾。

また、マナマコの放流後の成長や移動など資源添加後の知見も少なく、放流手法の問題とともに、放流事業を推進する上で重要な検討課題となっている。

今回、陸上水槽で種苗生産した体長10~20mmの稚ナマコを用いて、放流後の稚ナマコの成長や移動などを調査する実験モデルとして、人工礁を設置した築堤式育成場における大規模な飼育実験を行った。その結果、稚ナマコの成長や分布、移動などに関する若干の知見が得られたので、その飼育結果の概要について報告する。

また、マナマコには、水産上有用なものとして、アオナマコとアカナマコがあるが、これらは一般に形態や生息域など生態の特性が異なっている³⁾。そこで、アオナマコとアカナマコのそれぞれを使って飼育実験を行った。

本文に先立ち、組織切片作成及び資料の取りまとめを行うにあたり御教示いただいた長崎大学水産学部教授吉越一馬博士ならびに調査に御協力いただいた唐津市水産種苗センターの方々に厚くお礼を申し上げます。

材料及び方法

飼育実験は1992年9月7日から1993年3月8日にかけて行った。

実験は、築堤式育成場（以下、育成場とする）内に2組の人工礁群を設置し、1つの人工礁群にはアオナマコ、もう1つの人工礁群にはアカナマ

コをそれぞれ収容し飼育を行った。

供試したマナマコは1992年4~5月に採卵し、種苗生産を行った平均体長 13.56 ± 6.44 mmのアオナマコと 16.00 ± 1.90 mmのアカナマコである。また、各組の人工礁群にはウニ類（アカウニ *Pseudocentrotus depressus*、バフンウニ *Hemicentrotus pulcherimus*）も併せて収容し、マナマコとの成長、生残や移動などを比較した。アカウニは1992年4月、バフンウニは1991年10月にそれぞれ採卵し、種苗生産を行ったものである。その大きさは、それぞれ殻径 11.18 ± 2.24 mmと 11.71 ± 2.37 mmであった。

収容数は、アオ、アカナマコは各20000尾アカウニとバフンウニは7500個と10000個をアオ、アカナマコそれぞれの人工礁群に収容した。

飼育実験に使用した育成場の平面図及び全景を図1、2にそれぞれ示した。

育成場は2つの水門を備えた鉄筋コンクリート製の築堤式（50×100m、底面積5000m²）のもので、育成場の底面には潮位0mから0.4mの高さとなるように砂を厚さ約30~40cmに敷きつめた。底面の砂中には長さ45mの給水管と通気管を設置し、

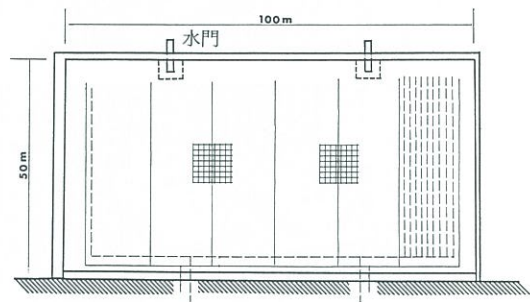


図1 築堤式育成場の平面図
■, シャ光幕及び礁設置位置；—, 注水管；
---, 通気管。

これらを使って育成場内に給水と通気を行った。給水管(直径100mmの塩化ビニール製パイプ、直径10mmの給水口を1m間隔に開口)は深さ30cmの位置に7本設置した。通気管(直径40mmの塩化ビニール製パイプ、直径1mmの通気口を40cm間隔に開口)も給水管と同じ深さの位置に54本設置した。飼育期間中は、揚水ポンプ(7.5KW)とプロアー(11KW)をそれぞれ1台ずつ使って、給水は1週間に1~2回(1回当たり24時間連続給水)、通気は常時行った。

水門は常時解放し、潮の干満による育成場内の換水を行った。なお、水門には、低潮時でも育成

場内の水位が約1m程度保てるように堰板を設置した。また、水門の内側には、ステンレス製の枠にニップ網(18目、オープニング1243 μ m)を張り、稚ナマコ等の外部への流失、または外部からの魚類等の侵入を防いだ。

人工礁群は図3に示したような4種類の人工礁を設置した。また、人工礁群の上部には、高さ約1mの位置に遮光幕(10 \times 10m、遮光率95%)を張り、人工礁周辺の照度を調節した(図4)。なお、遮光幕は周囲に鉄柱(直径2cm、長さ2m)を立てて所定の高さに固定した。

4つの人工礁は、それぞれコンクリート製のブ

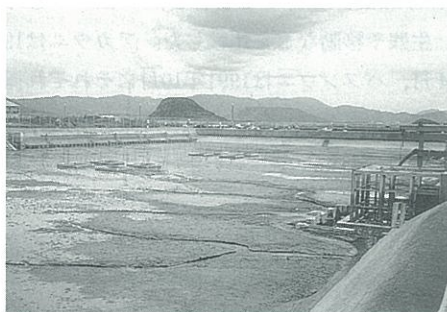


図2 築堤式育成場(干出時)

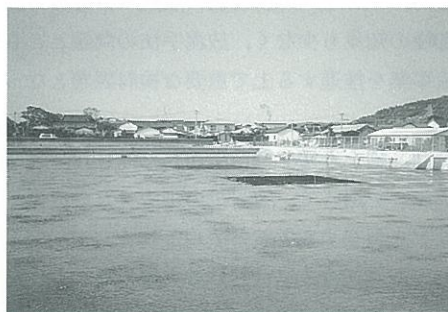


図4 築堤式育成場(満水時)

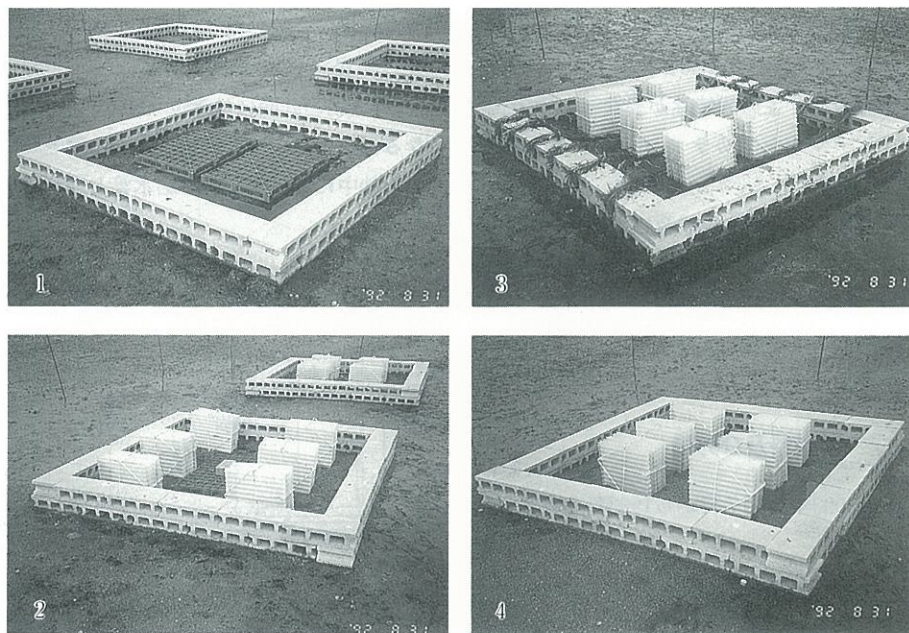


図3 人工礁群

ロック（以下、ブロックとする）で枠（ $2 \times 2 \times 0.2\text{m}$ ）を作り，この中にそれぞれの礁で異なった付着器を入れ，稚ナマコや稚ウニの付着や分布状況を比較した。1つは，大きさ $82 \times 61 \times 5\text{cm}$ のポリプロピレン製の板（以下，プレートとする）を2枚設置したもの（図3-1）。1つは，プレート2枚の上に稚ナマコの種苗生産に使用するものと同タイプの付着板を6組設置したもの（図3-2）。1つは，キンランを敷きつめ，この上に6組の付着板を設置したもの（図3-3）。他の1つは，砂の上に6組の付着板を設置したものである（図3-4）。

育成場内の貯水及び人工礁の設置は稚ナマコ等を收容する8日前に行った。また，育成場内は実験を開始する約半月前から海水を排出し，天日による干出を行い魚類等の駆除を行った。

飼育経過に伴う稚ナマコ等の調査は，月に1～2回，潜水調査を行い稚ナマコ等の分布や移動を観察した。その調査の際，遮光幕の下の礁の周辺や各礁から稚ナマコ30～50尾を採取し，実験室に持ち帰り体長，体重等を測定した。ウニ類は調査現場で殻径を測定し，再び採取地点にもどし飼育を続けた。

また，月に1～2回，ウニ類の餌料としてアラメ *Eisenia bicyclis* を1回当たり約10kg投与した。

なお，12月から翌年の3月にかけて採取したアオナマコの大型個体については，生殖巣の発育過程を観察した。生殖巣が確認され採取された場合はブアン氏液で固定した後，パラフィン包埋法により厚さ3～5 μm の組織切片を作成し，ヘマトキシリン・エオシン染色の後，顕微鏡観察により成熟の度合を観察した。

結 果

アオナマコ及びアカナマコの飼育経過に伴う体長，体重の推移及び取り上げ時の大きさを図5，6にそれぞれ示した。稚ナマコの体長はL-メントールで麻酔処理⁹⁾して測定したが，10g以上の個体については，麻酔処理はせずに海水中の自然長を測定した。

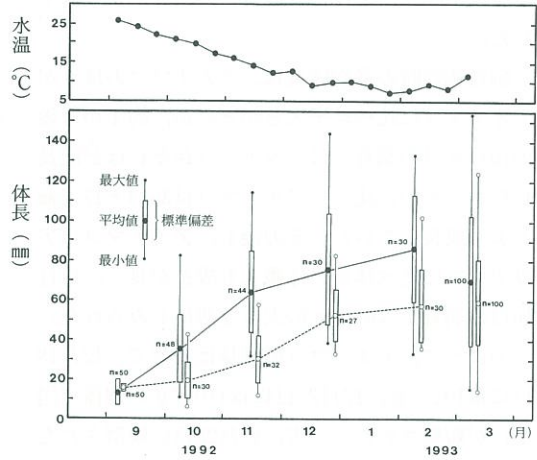


図5 アオナマコ，アカナマコの飼育経過に伴う体長の推移

●，アオナマコ；○，アカナマコ。

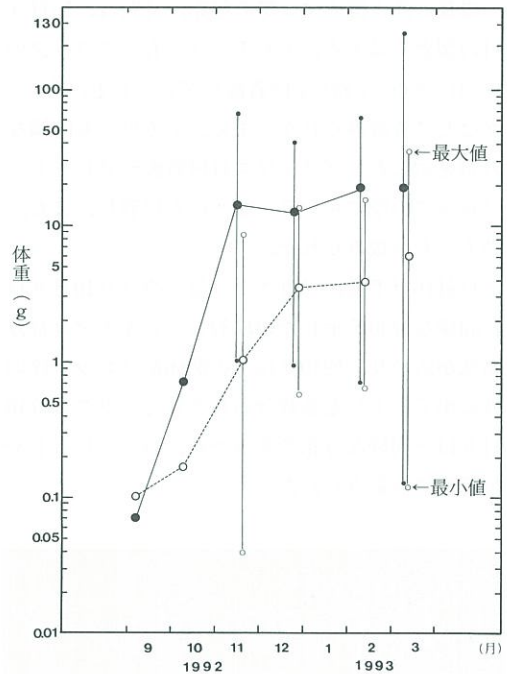


図6 アオナマコ，アカナマコの飼育経過に伴う体重の推移

●，アオナマコ；○，アカナマコ。

なお，実験開始時と10月9日のアオ，アカナマコの体重は各体長の測定結果から，既報⁹⁾のマナマコの体重と体長との関係式を使って算出した。

育成場での飼育水温は，12月から1月にかけて

急激に下がり、2月では最低水温が5°Cまで降下した。

飼育開始時の平均体長は、アカナマコのほうがアオナマコに比べ若干大きかったが、約1か月後の10月9日の調査ではアカナマコがそれほど成長しなかったのに比べ、アオナマコは 35.4 ± 17.2 mmとよく成長していた。その後も、アオナマコはアカナマコに比べ体長、体重とも成長が良く、11月16日の調査では67.1gの大きな個体もみられた。このように、アオナマコの成長は良好で、12月18日には102.5g、12月25日には110.7gの個体(図7)が観察された。一方、12月25日に観察されたアカナマコの大型個体は13.6gであった。また、飼育経過に伴い個体間の成長差が著しく、特にアオナマコで顕著であった。

成長に伴う稚ナマコ等の移動、分布は、10月9日の調査ではアオ、アカナマコともにブロックの枠内に分布し、特に、付着板やプレート上、ブロックなどに多数みられた。また、アカウニも同様な分布を示した。バフンウニは付着板やプレート、ブロックの他にキンランなどにも付着し、また、砂上にも多数みられた。

11月16日では、アカナマコは、やはり10月9日と同様な分布を示したのに対し、アオナマコは分布域が広がり、約10g以上の個体がブロック枠の外に出て砂上にも多数分布していた。ウニ類は10月9日と同様な分布であったが、特にプレートや付着板に多数みられた。

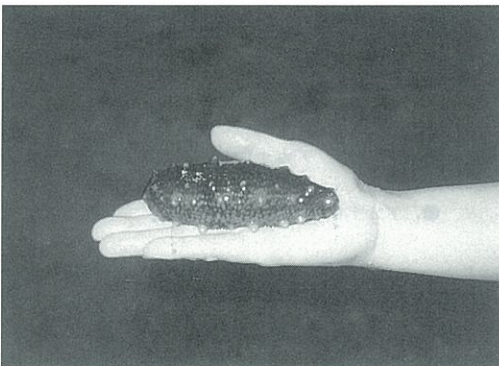


図7 1992年12月25日に観察されたアオナマコ(体重110.7g)

12月25日の調査では水門の周辺でアオナマコの大型個体(110.7g)が採取された。また、この調査に先立って行った12月18日の投餌作業の際も水門の周辺でアオナマコの大型個体(102.5g)が採取された。アオナマコの体重約30~50gのものは、遮光幕の周辺部でみられるようになった。なお、アカナマコやアカウニ、バフンウニは遮光幕の外では見られなかった。キンランは浮泥で覆われ、アオ、アカナマコやアカウニの分布はみられず、バフンウニのみ分布していた。

2月9日の調査でも12月の調査時と大きな違いはみられず、アオナマコが分布をやや広め、アカナマコはブロック枠の周辺や付着板、プレートなどに付着していた。アカウニはアカナマコと同様な分布を示したが、バフンウニは砂上や遮光幕の下側に付着するなど活発に移動していた。しかし、これらは、アオナマコのように遮光幕の外ではみられなかった。

実験終了時の取り上げ結果を表1に示した。

取り上げは、育成場内の海水を大型の水中ポンプ(11KW)2台を用いて排出したのち行った。なお、マナマコの回収率は収容尾数から調査毎の測定に使用した尾数を差し引いた尾数に対する回収した尾数の割合で示した。

アオ、アカナマコの回収率は14.7%と13.0%であった。アオ、アカナマコとも大多数が人工礁内やその周辺部で回収された。アオナマコは遮光幕の設営場所の砂上や人工礁内のそれぞれの付着器、ブロックの隙間などの広範囲で回収され、特に、体重約50g以上の個体は育成場の周囲のコンクリート壁や水門の周辺で回収された。

アカナマコはプレートや付着板、ブロックの隙間などにみられ、アオナマコのような砂上にはあまりみられなかった。

バフンウニの回収率は99.1%と高い値で、遮光幕の設営場所内のみ分布していた。また、砂の中にも多数みられた。

アカウニの回収率は1.0%と著しく低く、多数の斃死個体がみられた。この大量斃死は2月9日の調査後に発生したものと思われる。

表1 築堤式育成場におけるマナマコの飼育結果

	開始時		終了時			
	収容尾数	平均体長 (殻径) (mm)	回収尾数	回収率* (%)	平均体長 (殻径) (mm)	平均体重 (g)
アオナマコ	20,000	13.56±6.44	2,907	14.7	70.12±32.87	19.204±24.920
アカナマコ	20,000	16.00±1.90	2,586	13.0	59.52±21.49	6.065± 6.536
アカウニ	15,000	11.18±2.24	153	1.0	19.15± 2.87	—
バフンウニ	20,000	11.71±2.37	19,817	99.1	18.72± 3.24	—

$$*回収率 = \frac{\text{回収尾数}}{\text{収容数} - \text{観察日毎の採取尾数}} \times 100$$

アオナマコの生殖巣指数及び生殖巣の組織学的観察結果を表2に示した。

生殖巣指数(生殖巣重量×100/殻重量)は崔の方法³⁾に準じて求めた。なお、殻重は体を切開して生殖巣、消化管、呼吸樹及び体腔水を除去した殻の重量である。

生殖巣の組織像の発育過程の区分は、Tanaka⁶⁾が定めた区分を参考にし既報⁷⁾に準じて行った。

1992年12月18日及び25日の観察では100g以上の個体に生殖巣が観察され、それぞれ雌、雄の成長期であった。しかし、42.2gと69.5gの個体では生殖巣はみられなかった。1993年2月9日では、63.7gの個体でも生殖巣が観察された。実験終了後の3月22日の調査では、50g以上の6個体について観察を行ったが、いずれも生殖巣が確認され

た。95.4gの個体は成熟前期の雄で、顕微鏡下では精子の遊泳も確認された。

考 察

今回行った飼育実験の結果から、育成場のように底が砂質(砂泥質に近い)の場合、アオナマコは個体間の成長差が著しいものの、ふ化後約8ヶ月で体重約100gまで成長する個体がみられるなど、早い成長を示すことが明らかになった。また、約10g以上の個体は活発に砂上にも分布し、さらに成長するに伴って移動範囲が広くなり、約100g程度のものはかなりの移動距離を示すものと考えられた。一方、アカナマコの成長はアオナマコに比べ若干劣っていた。これは、アオナマコとアカナマコの生息域の違いから生じたものと思われた。すなわち、アオナマコが内湾性の砂泥域に主に生息するのに対し、アカナマコは外洋性の岩礁域を主な生息域としており、この点から今回の実験結果のように、アオナマコとアカナマコの成長の差が生じたものと考えられる。また、分布についても、アカナマコはアオナマコに比べ選択性が強く、砂上よりも附着板やプレート、ブロックなどに多く分布するようである。

大橋ら⁸⁾は、山口県での沿岸数か所における天然海域での調査から、アカナマコはほとんど礁内から周辺の砂泥域へ出ることはないが、アオナマコは、冬場の水温低下とともに徐々に転石帯から周辺の砂泥域へ移動、分散し、特に大型個体ほど転石帯から深所に移動する傾向がみられると報告

表2 アオナマコ生殖巣の生殖巣指数及び組織学的観察結果

観察月日	体重 (g)	殻重 (g)	生殖巣重量 (g)	生殖巣指数	雌雄	生殖巣の 発育過程
1992.12.18	102.5	54.2	0.017	0.031	雌	成長期
12.25	42.2	22.2	—	—	—	—
	69.5	36.2	—	—	—	—
	110.7	56.5	0.390	0.690	雄	成長期
1993. 2. 9	63.7	34.8	0.020	0.057	雌	成長期
3.22	56.8	31.3	0.076	0.243	雄	成長期
	74.6	36.0	0.013	0.036	雌	成長期
	78.9	39.9	0.240	0.602	雄	成長期
	84.8	49.9	0.057	0.114	雌	成長期
	95.4	44.8	1.268	2.830	雄	成熟前期

している。このことは、今回のアオ、アカナマコの移動や分布結果と類似している。

今回のマナマコの回収率は13~14%とバフンウニの値に比べ低い値であったが、他県の報告²⁾にみられるように、放流後の回収率は著しく低く、また濱野⁹⁾がタイドプールで行った稚ナマコの放流後の移動に関する実験結果などと比較しても、今回の13~14%の回収率はかならずしも低い値とは言えないようである。

また、マナマコやウニ類のほとんどが、人工礁やその周辺で回収されたことから、人工礁の上部に設置した遮光幕による照度調節が、マナマコやウニ類の人工礁やその周辺への定着をより高いものにしたと考えられた。

以上のように、マナマコは定着性が強く、さらに、今回みられた成長経過や愛知県¹⁰⁾でも受精後250日で体重122gまで成長した個体がみられていることなどからも、人工種苗を棲息に適した海域へ放流すれば、非常に早い成長も期待され、放流事業の対象種としてはすぐれた種類と考えられた。このことから、マナマコの種苗放流は、今後、放流サイズや放流場所の検討によって高い放流効果が期待できるものと考えられる。

稚ナマコの成熟について、愛知県¹⁰⁾では、受精後308日目の体重60~126gの7個体を調べた結果、62g、74g、83gの3個体で生殖巣が観察され62gのものは少量であるが精子は活動的であったとしている。今回の調査結果からも、受精後約8ヶ月の個体ですでに生殖巣が確認され、さらに受精後約11ヶ月で56.8~95.4gの5個体の調査個体すべてで生殖巣が確認されたことなどから、アオナマコの成熟は受精後1年をまたずに始まるものと推察された。

また、佐賀県では水産上有用な磯根資源であるウニ類(アカウニ、バフンウニ)やエゾアワビ *Haliotis discus hannai* の海上筏での養殖が可能となっているが、今回の実験結果から、今後マナマコの養殖も可能であるように思われ、ウニ類やエゾアワビと同様に漁家所得の安定と向上につながるものと期待される。

また、アカウニでみられた大量斃死は、育成場内の著しい水温の低下や同時期に陸上水槽で発生した¹¹⁾ウニ類特有の疾病などによるものと考えられた。

要 約

1. 人工礁を設置した築堤式育成場においてアオ、アカナマコ及びウニ類(アカウニ、バフンウニ)の人工種苗を使った飼育実験を行い、稚ナマコ等の成長や分布、移動などを調査した。
2. アオナマコはアカナマコに比べ成長が早く、ふ化後約8ヶ月で体重約100gの個体もみられた。
3. アオ、アカナマコともに個体間の成長の差が大きく、特にアオナマコで著しかった。
4. アカナマコはアカウニと同様に、付着板やブロック、プレートなどをおもな生息域としていたが、アオナマコは約10g以上の個体で砂上にも移動し、さらに、約100gの個体ではかなりの移動がみられた。バフンウニはアオナマコと同様に、砂上にも分布していた。
5. アカナマコやウニ類は、遮光幕の外には移動しなかったが、アオナマコは成長に伴い移動範囲が広くなり、遮光幕の外にも移動した。
6. 実験終了時の回収率は、アオナマコ14.7%、アカナマコ13.0%であった。アカウニは実験終了直前に大量斃死し、1.0%と低い値であった。一方、バフンウニは99.1%と高い値であった。
7. 稚ナマコの成長と成熟について観察した結果、受精後約8ヶ月のアオナマコ(体重110.7g)で生殖巣が観察され、受精後約11ヶ月では56.8~95.4gの5個体すべてで生殖巣が観察された。

文 献

- 1) 水産庁・日本栽培漁業協会(1993):平成3年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国)、455-457.
- 2) 愛知県・大分県・福井県・山口県(1992):平成3年度地域特産種増殖技術開発報告書(棘皮類).

- 3) 崔 相(1963) : なまこの研究. 海文堂, 東京, 226 pp.
- 4) 畑中宏之・中島輝彦・嶋田雅弘 (1991) : 平成2年度地域特産種増殖技術開発報告書(棘皮類) 福井県.
- 5) 伊藤史郎・川原逸朗・江口泰蔵 (1994) : マナマコの種苗生産. 平成5年度佐賀県栽培漁業センター事業報告書, 32-46.
- 6) Tanaka, Y. (1958) : Seasonal changes occurring the gonad of *Stichopus japonicus*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 9 (1), 29-36.
- 7) 伊藤史郎・川原逸朗・森勇一郎・江口泰蔵 (1994) : 佐賀県北部沿岸域におけるマナマコの産卵期(予報). 佐賀県栽培漁業センター研究報告, 3, 1-13.
- 8) 大橋 裕・山本 翠・藤村治夫・白木信彦 (1990) : 平成元年地域特産種増殖技術開発報告書(棘皮類) 山口県.
- 9) 濱野龍夫(1994) : 平成5年度地域特産種増殖技術開発報告会(棘皮類) 資料.
- 10) 愛知県水産試験場(1987) : 愛知県におけるナマコの増殖(昭和58~61年の試験研究のまとめ). 愛知県水試B集, 6, 17-20.
- 11) 川原逸朗・広瀬 茂・伊藤史郎 (1994) : アカウニの種苗生産. 平成5年度佐賀県栽培漁業センター事業報告書, 10-17.

