

サイズ別に放流した人工稚ナマコの成長と生残

光永 直樹, 松村 靖治

Growth and survival of hatchery-produced juveniles of sea cucumber *Apostichopus japonicus* in different release size.

Naoki Mitsunaga and Yasuharu Matsumura

To compare the growth and survival of hatchery-produced juveniles of sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, in different release sizes, the large sized group (26 mm in average body length) and the small sized group (14 mm in average body length) were marked and released together on an artificial reef in the coastal waters of Hittiyaku Island in Omura bay on 25 July 2002. The follow-up reviews, the underwater observations and the recapture experiments were conducted 11 times over a one year period after release. Both sized groups showed similar growth cycles, the average body length and weight decreased until August and increased slowly from August to November, with a rapid increase from November until April. During the experiment period, average body length and body weight of the large sized group were larger than those of the small one. The survival rate of the large size group was estimated at 3.8%, and the small size group was estimated at 0.1% in June 2003. We conclude that the large size is more effective for release from these results.

マナマコ *Apostichopus japonicus* は長崎県大村湾において冬季に桁曳網や鉾突で漁獲される重要な水産資源であるが、長崎農林水産統計年報によると、昭和45年に728トンあった漁獲量は、平成14年は210トンに減少し、資源の悪化が懸念されている。また、マナマコは体色の違いから、アオ、アカ、クロの3型があるとされているが¹⁻⁴⁾、大村湾では、市場価値の低いクロ型の漁獲割合が近年半数以上を占め、生産額減少の一因となっている。

このような状況の中、大村湾では増殖策の一つとして、夏季を中心にアオ型人工種苗の放流が行われているが、放流稚ナマコに関する生態的な知見は少ない⁹⁻¹¹⁾。今後、より効果的な放流事業を進めていく上で、サイズ別に成長や生残を把握することは重要

である。

本研究では、人工的に生産された種苗を用いて、サイズ別に標識放流を行い、各放流群の成長と生残について比較した結果、若干の知見を得たので報告する。

材料と方法

放流には、長崎県漁業公社で生産された人工種苗を用いた。種苗については予め、もじ網を用いて平均体長26.2mm、5,000個体(以下大型群)と平均体長14.2mm、12,000個体(以下小型群)の2群に選別し、大型群をアリザリンコンプレキソン(以下ALC)400mg/Lの海水溶液に、小型群をテトラサイクリン

塩酸塩（以下TC）50mg/Lの海水溶液に24時間浸漬して標識付けを行った。標識部位には囓食道骨を用いた。蛍光顕微鏡でG励起フィルターを使用して観察すると、ALCで標識された囓食道骨は赤色の蛍光を呈し、同様にB励起フィルターを使用すると、TCで標識された囓食道骨は黄色の蛍光を呈するため、両放流

群の識別が可能である（Fig. 1）。両放流群120個体ずつを陸上水槽で半年間飼育し、定期的に標識の確認を行った結果、両放流群とも全個体で標識が確認されたため、標識率は100%として以下の解析を行った。

標識放流は、2002年7月25日に大村湾の西彼杵郡琴海町七百島東側地先（Fig. 2）の、中礫から大礫

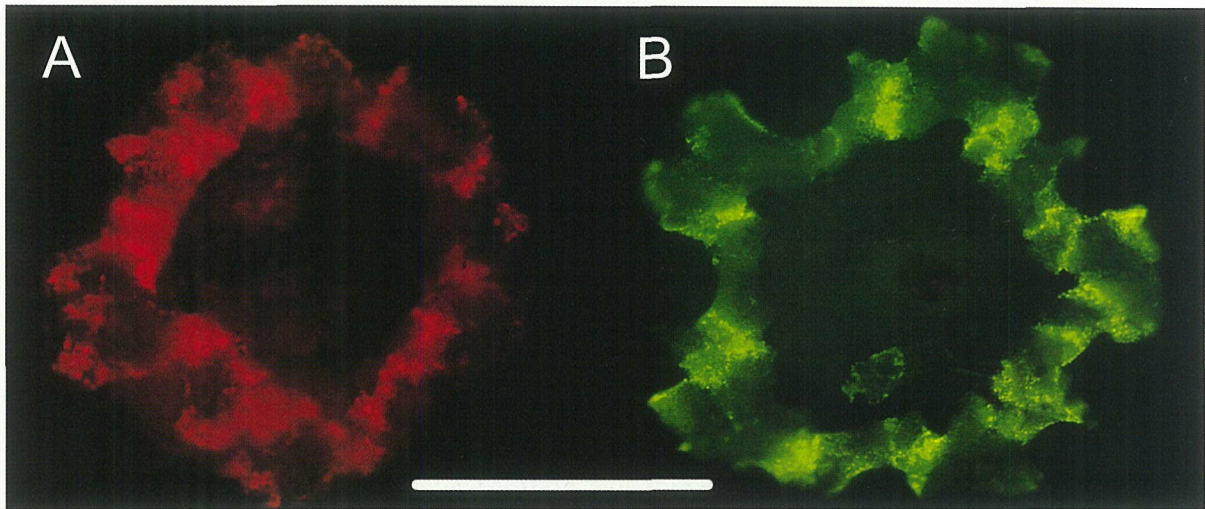


Fig. 1. Fluorescent marks on bones of the sea cucumber esophagus. A : ALC marks under G excited UV light, B : TC marks under B excited UV light. Scale bar=1mm.

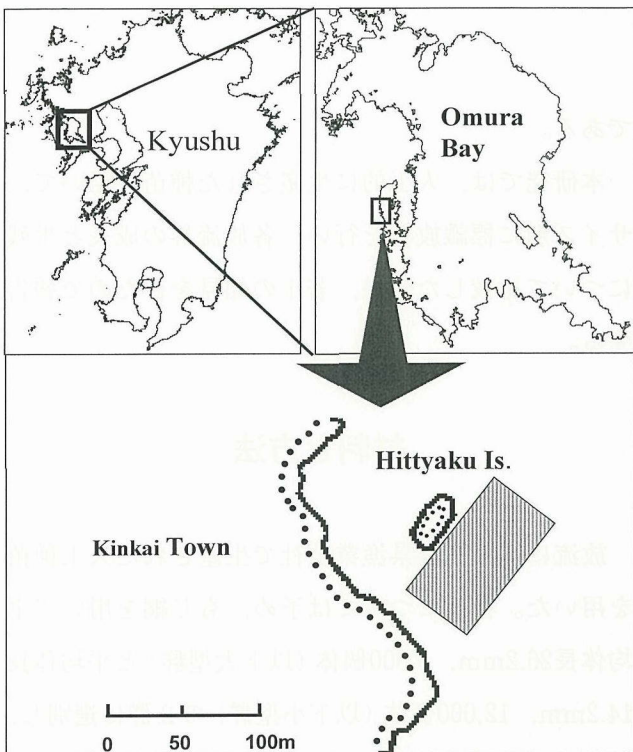


Fig. 2. Location of the experimental area. Shaded area shows the study field.

が広がる水深0.6m（基本水準面）の転石帯で行った。放流場所では予め、数十cm角の平らな石を幾重かに重ねて、2.3m×1.5m×0.3m（長さ×幅×高さ）の人工礁を造成しておいた。放流5日後から翌年6月の336日後までに計11回追跡調査を行い、潜水により人工礁の単位面積あたりに生息するマナマコを全数計数するとともに、その一部を無作為に採集した。また、Fig. 3に示すように、人工礁を基点として島の海岸線と平行になるように南西と北東方向、沖合に向かう南東の3方向に各々50mのラインを張り、ライン上の0.5m, 1.5m, 3.5m, 5.5m, 10m, 15m, 20m, 30m, 40m, 50mを基点とした10点と、島へ向う北西方向に張ったライン上の0.5m, 1.5m, 2.5mの3点で、それぞれ1㎡内で発見されたマナマコを計数し、その一部を無作為に採集した。採集したサンプルは実験室に持ち帰り、体長と体重を測定し

た後、消化管内の内容物の有無を観察し、囓食道骨を取り出して標識の有無を確認して、蛍光色から放流群を区別した。なお体長の測定については畑中⁵⁾に従った。

生残数は、調査日毎に各調査点 1 m²内で発見された個体数に採集個体中の放流個体割合を乗じて、調査点毎に放流個体生残数を求め、これに調査点を含む対象区域 (Fig. 3) の面積で引き延ばした値を全区域合計して全体の放流個体生残数とした。この値に、調査日毎に集計して得られた各放流群の構成割合を乗じて、各放流群の生残数を推定した。

結 果

成長 調査日毎の体長と体重の平均値を Table 1 に、放流後の日数と全長、体重の関係を Fig. 4 および Fig. 5 に示した。放流した稚ナマコの平均体長と平

均体重は、大型群、小型群共に 8 月 12 日 (放流 18 日後) まで減少し、その後 10 月 24 日 (放流 91 日後) まで緩やかに増加した後、11 月 28 日 (放流 124 日後) から翌年 4 月 8 日 (放流 257 日後) にかけて急速に増加し、6 月 26 日 (放流 336 日後) には減少した。調査期間を通して体長、体重ともに、その平均値は大型群が小型群よりも大きかった。各放流群の体長 (BL: mm)、体重 (BW: g) と放流後日数 (t) の関係を、放流 18 日から 91 日後と、放流 91 日から 257 日後の 2 期間に分けて、次式に示した。

$$\begin{aligned} \text{体長 大型群 } BL &= 0.090 t + 19.501 \\ &\quad (r^2 = 0.069, P < 0.01, N = 187) \\ \text{小型群 } BL &= 0.045 t + 11.487 \\ &\quad (r^2 = 0.052, P < 0.01, N = 105) \\ \text{体重 大型群 } BW &= 0.316 \times e^{0.0045t} \\ &\quad (r^2 = 0.016, P < 0.10, N = 187) \end{aligned}$$

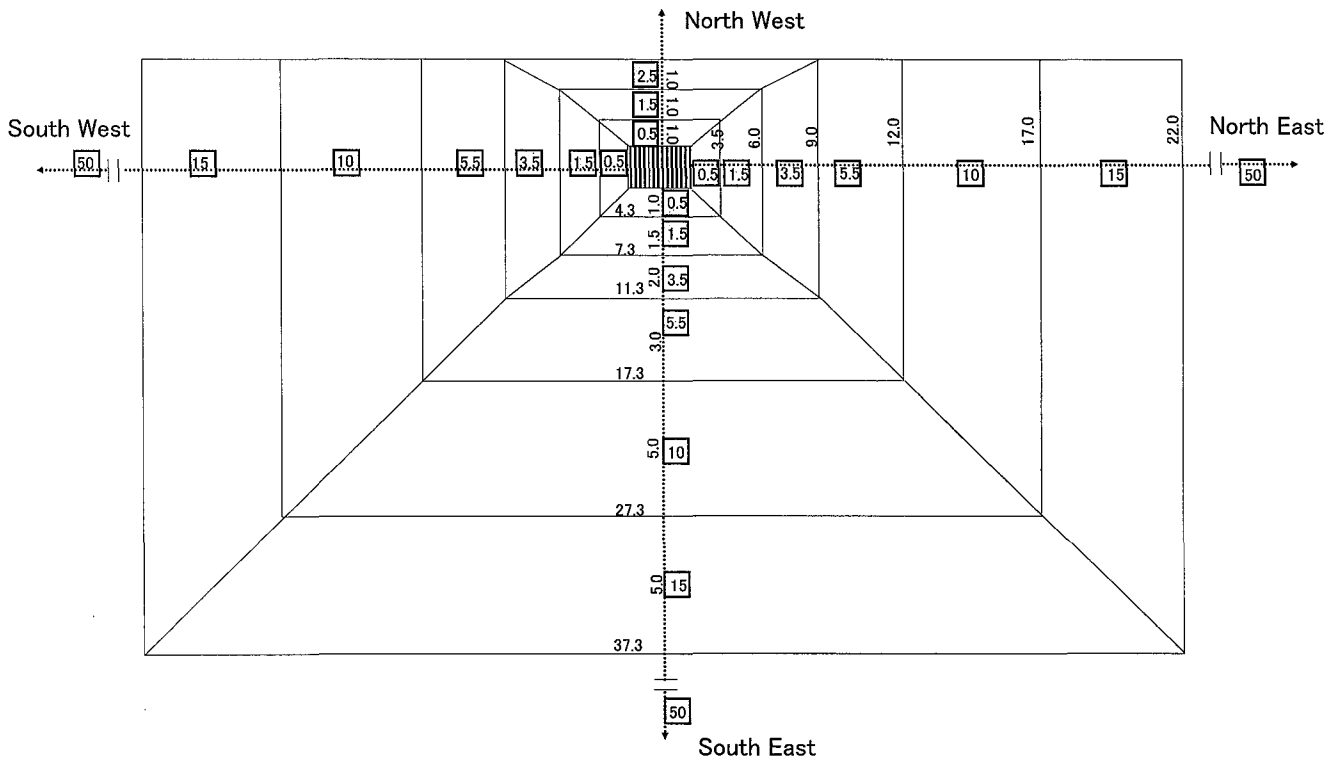


Fig. 3. A view showing investigation spots and frame format in the use of calculating the survival number around artificial reef. Striped rectangles: artificial reef, squares: investigation spots. figure in squares: distance (m) from the artificial reef.

Table 1. Data of body length, body weight and feeding rate obtained by mark-recapture experiment during 25 July 2002-26 June 2003.

Date	Days after release	WT (°C)	Large sized group				Small sized group			
			no. inds.	Body length (mm) mean (min - max)	Body weight (g) mean (min - max)	feeding rate(%)*	no. inds.	Body length (mm) mean (min - max)	Body weight (g) mean (min - max)	feeding rate(%)*
25 July 2002	0		100	26.2(14.5-52.0)	0.7(0.1-3.1)		100	14.2(7.0-23.0)	0.1(0.01-0.3)	
30 July 2002	5		42	22.3(12.2-38.0)	0.6(0.1-2.1)	97.4	59	11.2(5.5-18.9)	0.1(0.01-0.3)	56.3
4 Aug. 2002	10		36	24.1(10.5-39.0)	0.6(0.1-1.7)	91.7	35	12.3(6.0-18.9)	0.1(0.01-0.2)	65.7
12 Aug. 2002	18		37	20.6(10.5-32.1)	0.5(0.1-1.2)	59.5	33	11.7(5.5-21.2)	0.1(0.01-0.3)	51.5
22 Aug. 2002	28	29.7	34	22.1(9.6-44.0)	0.6(0.1-4.3)	85.3	36	13.5(7.9-33.2)	0.1(0.02-1.0)	63.9
26 Sep. 2002	63	25.4	77	25.8(10.7-54.0)	0.7(0.1-4.5)	85.7	28	14.0(7.3-29.3)	0.1(0.01-0.6)	71.4
24 Oct. 2002	91	22.0	39	27.0(7.8-54.3)	0.8(0.03-4.6)	94.9	8	16.0(8.6-22.5)	0.2(0.04-0.3)	100
26 Nov. 2002	124	14.9	29	37.6(23.0-64.0)	1.4(0.3-7.3)	93.1	5	32.5(29.3-38.9)	0.7(0.5-1.0)	80.0
24 Dec. 2002	152	12.2	79	49.6(27.5-82.0)	2.9(0.4-11.4)	100	14	37.0(22.1-53.5)	1.1(0.2-2.7)	100
25 Jan. 2003	184	9.9	44	60.0(29.5-93.2)	4.5(0.6-15.9)	100	3	34.7(30.3-42.0)	0.8(0.4-1.0)	100
8 Apr. 2003	257	14.0	34	95.6(55.0-140.0)	18.4(1.9-50.1)	94.7	4	66.6(50.0-93.0)	7.4(1.7-16.5)	100
26 June 2003	336	23.8	22	69.2(35.0-110.0)	9.5(2.8-18.9)	81.8	1	47.0	2.6	100

* 100×number of animals with contents in the gut/number of individuals observed.

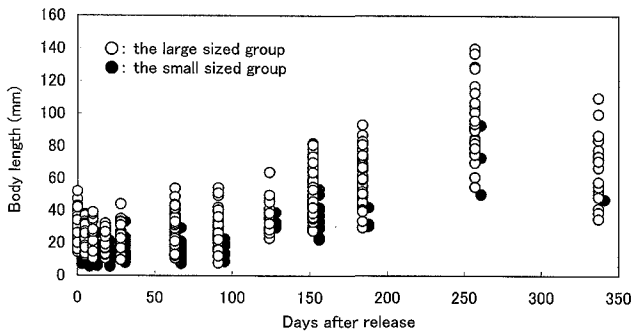


Fig. 4. Relationship between days after release and body length (mm).

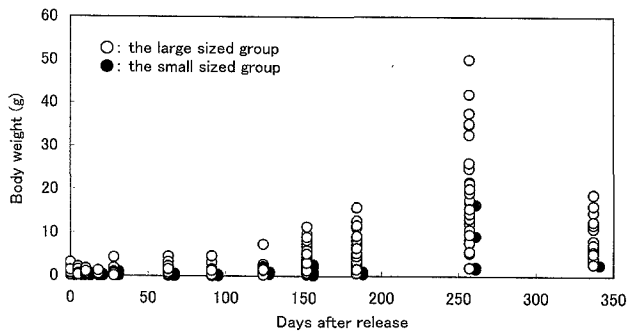


Fig. 5. Relationship between days after release and body weight (g).

小型群 $BW=0.057 \times e^{0.0069t}$

$(r^2=0.034, P<0.01, N=105)$

t: 放流後日数 (18 ≤ t ≤ 91)

体長 大型群 $BL=0.412 t - 12.766$

$(r^2=0.663, P<0.01, N=225)$

小型群 $BL=0.284 t - 7.538$

$(r^2=0.658, P<0.01, N=34)$

体重 大型群 $BW=0.087 \times e^{0.0202t}$

$(r^2=0.613, P<0.01, N=225)$

小型群 $BW=0.032 \times e^{0.0200t}$

$(r^2=0.580, P<0.01, N=34)$

t: 放流後日数 (91 ≤ t ≤ 257)

1日当たりの体長の増加量(回帰式の傾き)は、放流18日から91日後までは、大型群は小型群の2.0倍、放流91日から257日後では、大型群は小型群の1.5倍であった。さらに、期間別に見ると、急激に成長した放流91日から257日後は、緩やかに成長した放流18日から91日後に比べ、大型群で4.6倍、小型群で6.3倍の増加量であった。大型群について、放流18日か

ら257日後では、日数の経過とともに、体長、体重のいずれも個体較差が大きくなり、4月調査時に再捕された最大個体の体重(50.1g)は最小個体の体重(1.9g)の26.3倍に達した。

生残 各放流群の生残率を Fig. 6 に示した。大型群は放流18日後までは、生残率は90%以上であったが、放流28日後には59.5%に低下し、放流124日後(生残率5.1%)まで減少傾向が続いた後は、ほぼ横這いに推移した。小型群は放流5日後の生残率が58.8%と放流直後から減少し、放流91日後は0.9%となり、その後も徐々に減少した。調査期間を通して、大型群が小型群よりも生残率が高く、放流336日後の生残率は、大型群3.8%、小型群0.1%と推定された。

各放流群における生残率(S:%)と放流後日数

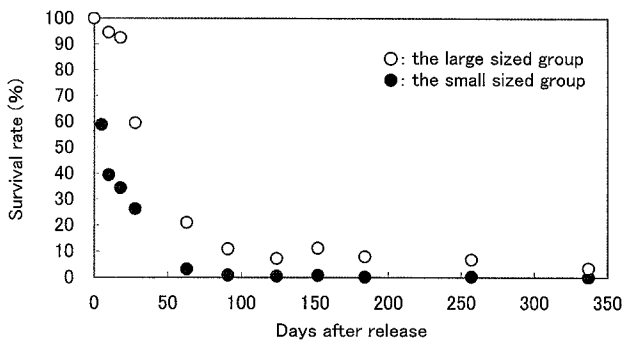


Fig. 6. Relationship between days after release and survival rate (%) by fitting the exponential approximation curve.

(t) の関係は次式で表された。

$$\text{大型群 } S = 65.625 \times e^{-0.0106t} \\ (r^2 = 0.772, P < 0.01, N = 12)$$

$$\text{小型群 } S = 29.333 \times e^{-0.0214t} \\ (r^2 = 0.825, P < 0.01, N = 12)$$

t: 放流後日数 (0 ≤ t ≤ 336)

消化管内容物 消化管内に内容物が確認された個体

の割合は、大型群、小型群共に放流18日後に最も低くなり、それぞれ59.5%、51.5%であった。その後割合は高まり、放流152日後、184日後に大型群、小型群ともに100%となったが、大型群では257日後に94.7%、336日後には81.8%に減少した (Table 1)。

考 察

放流稚ナマコは、大型群、小型群共に成長において共通した増減傾向が見られた。放流18日後まで見られた体サイズの縮小については、消化管内に内容物が確認された個体割合の減少とその時期が一致していることから、放流後に摂餌活動が十分行われていないことが原因と考えられる。

崔²⁾は1+歳以上のアオ型のマナマコが、11月から5月に成長し、6月から10月にかけては体重の減少が見られるとした。本試験ではこれと異なり、夏季(8月下旬以降)において僅かに成長していることから、人工種苗の当歳時における成長の一特徴なのかもしれない。また、崔²⁾はマナマコの活動期はアオ型で水温17.5℃から19.0℃以下の時にみられると報告している。本研究においては、成長が緩やかであった10月調査時における調査地点の水温は22.0℃、急速に成長し始めた11月調査時は14.9℃であったこと、さらに12月から1月の低水温期に全放流個体で消化管内容物が確認されたことから、人工種苗の当歳時においても、おおむね崔²⁾の報告した水温帯以下で、摂餌活動が活発となり、成長が増大したと考えられる。

今回の試験において、大型群が放流28日後に示した生残率約60%は、小型群では放流わずか5日後に見られ、両群の初期の生残傾向が大きく異なった。比較的短期間で放流個体が発見されなくなる⁶⁻⁸⁾原因について、観察者の見落としと種苗の移動¹⁰⁾や、体長10mm以下の種苗の活力低下に伴う斃死と波によ

る流出¹¹⁾が考えられている。本試験においては、放流18日後までは、大型群の生残率は90%以上を示したことから、見落としの可能性は低い。また、放流5日後から人工礁を基点としたライン上で観察を行い、放流91日後までは、人工礁から6m以内でのみでしか観察されておらず、移動¹⁰⁾や波による流出¹¹⁾が減耗の主因とは考えにくい。種苗の活力低下に伴う斃死については、人工礁に滞留していた個体割合が、放流5日後に大型群16.7%、小型群20.3%、放流10日後に大型群8.3%、小型群22.9%と推定され、大型群が小型群に比べ、人工礁からより多くの移動が見られた。活力の良否が移動能力に影響するとすれば、大型群が小型群よりも活力が高いと考えられ、この差が、例えば摂餌能力や外敵からの逃避能力の差となり、両放流群の生残率の差に影響した可能性がある。本試験では、放流5日目の調査時に放流礁で食害種と考えられている¹²⁾イトマキヒトデが観察されたことから、今後、この種を含めて、食害の実態と減耗の関係について解明する必要がある。

4月調査時（放流257日後）における大型群と小型群の平均体重と生残率は、それぞれ18.5g、7.4gおよび6.4%、0.3%を示し、大型群が小型群よりも平均体重で2.5倍、生残率で20.4倍と著しく高かった。仮にこの時点で全個体が回収された場合、大型群と小型群の回収重量の差は50倍以上となることから、大型群の放流がより効果的であると考えられる。今後は、大型種苗を中心としたサイズ別標識放流を行い、加入時での回収率や経済効果について定量的に評価することにより、適正な放流サイズを明らかにする必要がある。さらに、大型種苗を確保するための中間育成の技術開発も重要な課題である。

謝 辞

本稿を草するにあたり多くの助言と御校閲を頂いた水産大学校生物生産学科助教授浜野龍夫博士に深謝の意を表す。

文 献

- 1) 崔 相, 大島泰雄. ナマコにみられる「アオ」と「アカ」の形態および生態的差異について. 日水誌1961; 27(2): 97-106.
- 2) 崔 相. 「なまこの研究」海文堂, 東京. 1963; 1-177.
- 3) 菅野愛美, 木島明博. マナマコにおける色彩変異の定量的定性的評価. 水産増殖2002; 50(1): 63-69.
- 4) Kanno M, Kijima A. Genetic differentiation among three color variants of Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. *Fish. Sci.* 2003; 69: 806-812.
- 5) 畑中宏之, 谷村健一. 稚ナマコの体長測定用麻酔剤としての menthol の利用について. 水産増殖 1994; 42(2): 221-225.
- 6) 愛知県, 大分県, 福井県, 山口県. 平成元年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(棘皮類), 山口県, 山口. 1990; 大分 22-24.
- 7) 愛知県, 大分県, 福井県, 山口県. 平成3年度地域特産種増殖技術開発事業報告書(棘皮類), 山口県, 山口. 1992; 大分 14-16, 福井 23-26, 山口 27-30.
- 8) 大分県, 山口県, 福井県, 石川県. 平成7年度地域特産種量産放流技術開発事業報告書(棘皮類), 石川県, 石川. 1996; 石川 6-14.
- 9) 石川県, 大分県, 福井県, 山口県. 地域特産種量産放流技術開発事業総括報告書(棘皮類), 山

- 口県, 山口. 1998 ; 山口 4-14.
- 10) 浜野龍夫, 近藤正和, 大橋 裕, 立石 健, 藤村治夫, 末吉 隆. 放流したマナマコ種苗の行方. 水産増殖 1996 ; 44(3) : 249-254.
- 11) Tanaka M. Diminution of Sea Cucumber *Stichopus japonicus* juveniles released on artificial Reefs. *Bull. Ishikawa Pref Fish. Res. Center.* 2000 ; 2 : 19-29.
- 12) 畑中宏之, 上奥秀樹, 安田 徹. マナマコのイトマキヒトデによる食害に関する実験的研究. 水産増殖 1994 ; 42(4) : 563-566.