

## 潮間帯および人工藻礁域におけるマナマコ個体群の動態

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者	濱野, 龍夫 網尾, 勝 林, 健一
巻/号	37巻3号
掲載ページ	p. 179-186
発行年月	1989年8月

## 潮間帯および人工藻礁域における マナマコ個体群の動態

濱野龍夫<sup>1)</sup>・網尾 勝<sup>2)</sup>・林 健一<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup>水産大学校田名臨海実験実習場・<sup>2)</sup>水産大学校増殖学科)

### Population Dynamics of *Stichopus japonicus* Selenka (Holothuroidea, Echinodermata) in an Intertidal Zone and on the Adjacent Subtidal Bottom with Artificial Reefs for *Sargassum*

Tatsuo HAMANO, Masaru AMIO, and Ken-Ichi HAYASHI

#### Abstract

Population dynamics of *Stichopus japonicus* was studied in a stony intertidal zone and on the adjacent subtidal sandy bottom with artificial reefs for *Sargassum* in the Seto Inland Sea, Japan. This species settled in the intertidal zone and remained for two years. It grew well from January to March when water temperature was low. The growth equation was estimated as  $Lt = 36.7 (1 - \exp(-0.332 (0.0321t + 0.143 + 0.0978 \sin(0.524t - 4.62))))$ , where  $Lt$  is the total length (cm) at  $t$ th month after settlement in June. The animal moved to the subtidal area with artificial banks 27 to 31 months after settlement, i.e., September to January. The observed population density in the sandy bottom was low from September to November, because animals hid under stones or in rocky crevices and lived inactively.

マナマコ *Stichopus japonicus* Selenka は食用として、日本各地の沿岸で漁業の対象となっており、特に冬場の漁家の収入源としては高い評価を受けている。しかし、近年は資源状態が悪化してきたのに伴い、増殖事業の要望が強く出され、各地で放流事業などが始められている。本種の生態については、崔<sup>1)</sup>によるモノグラフがあるが、個体群の分布動態に関しては不明な点が多く、増殖事業を進める上で緊急に解決しなければならない問題を多く含んでいる。

著者らは、人工的に造成されたホンダワラ藻場とそこに隣接する潮間帯に生息するマナマコの個体群動態

を調査し、若干の知見を得たので報告する。

#### 材料および方法

本研究は、山口県の東部、大島郡東和町地先で行った (Fig. 1)。この水域には、ホンダワラ藻場の造成を目的とする人工藻礁が試験的に設置されている。研究対象域の底質は主として粗粒砂である。

藻礁付近の潮間帯石帯におけるマナマコの分布動態を把握するために、1988年1月より1年間、隔月1回の調査を行った。毎回水深0 m (基本水準面) 付近の50 m<sup>2</sup>を対象にして、高潮時にSCUBAを用いて潜水

受領日：1989 (H 1) 年3月9日

索引語：マナマコ/移動/成長/人工藻礁

連絡先：〒742-11 山口県熊毛郡平生町 田名臨海実験実習場 濱野龍夫

Address: T. HAMANO, Tana Mar. Biol. Stn., Hirao, Kumage, Yamaguchi 742-11, Japan

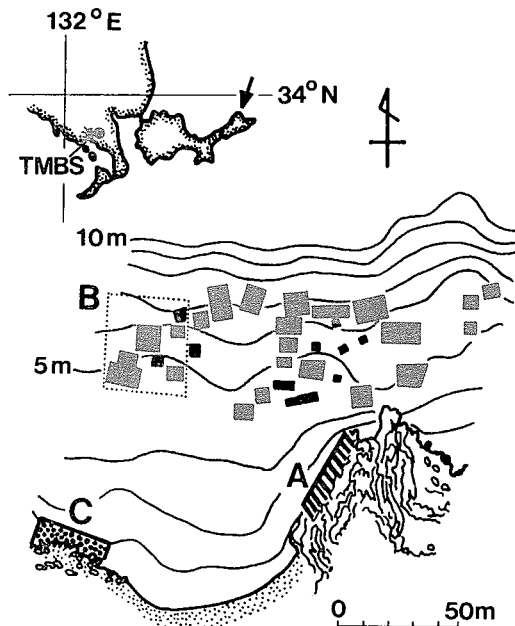


Fig. 1 Map showing study areas. Black rectangles: clusters of artificial reefs; A: sampling station, 0 m in depth (intertidal zone); B: investigated bottom with artificial reefs, 4-7 m in depth; C: sampling station, 2 m in depth; TMBS: Tana Marine Biological Station.

人工藻礁域周辺の地図。黒色部は設置されている人工藻礁群を示す。A: 水深0 m (潮間帯) の調査場所。B: 調査対象の藻礁域 (水深4~7 m)。C: 水深2 m の調査場所。TMBS: 田名臨海実験実習場。

し、転石下や間隙にいるマナマコを全数採集した (Fig. 1のA)。なお、転石は丸く、ふつう直径50 cm未満である。

水深4~7 mに設置されている藻礁の下部や周辺域におけるマナマコの分布状態の観察にも、SCUBAを使用した。藻礁は、コンクリート製の立方体であるが、中は空洞で側2面が開いているため、礁の内側や付近にいるマナマコを容易に観察できる。ここでは1987年9月から1988年11月の間に隔月1回の調査を行った。調査面積は約2,100 m<sup>2</sup> (Fig. 1のB)で、発見したマナマコの位置を記録した。しかし、藻礁上面に着生していた個体や藻礁周辺に投入されている建材ブロックの穴の中に分布する個体については、潜水時間が限られるため観察できなかった。

藻礁域におけるマナマコの移動を調査するために、

1987年9月4日に、背部に焼印で標識をした全長8.0~17.0 cmの50個体 (いずれもアオ) を藻礁内に放流した。また、1988年5月19日にも、全長9.4~20.0 cmの54個体 (アオ37, クロ14, アカ3個体) に同様に標識を施し、放流した (放流位置はいずれも、Fig. 4の星印)。

1988年9月16日には、夏眠場所を究明するために、さらに沖合の水深30 mまでの水域で潜水観察を試みた。また、藻礁周辺の建材ブロック50個 (水深5 m) と藻礁に隣接する天然礁 (水深2 m) の50 m<sup>2</sup>について、マナマコの分布調査を行った (Fig. 1のC)。

藻礁上面のマナマコの分布状況および藻類の現存量を知るために、藻礁上面 (1 m<sup>2</sup> × 2面) のかきとり採集を行った。なお、藻礁の高さは50 cmである。採集は1988年1月以降1年間、隔月1回実施した。

マナマコの全長は、生時に海水中で極端に収縮や伸長していない状態で測定した。全長組成の解析には、測定誤差を考慮し、各項の三項移動平均値を使用した。正規分布への分解はマルカール法である赤嶺<sup>2)</sup>の $\chi^2$ 最小化法により行った。なお、成長曲線については、周期関数を含むベルタランフィー式<sup>3)</sup>を採用し、ガウス・ニュートン法 (最小二乗法) を使って適用を試みた。

水深は、基本水準面からの深さである。本文ではマナマコを体色により、アオ、クロ、アカの3型に区分した。

## 結 果

潮間帯におけるマナマコの分布動態 基本水準面付近の転石下や間隙では、7月や9月の高水温期にマナマコの分布が激減するようなことはなかった (Table 1)。全長組成をFig. 2に示す。9月に新規加入群が認められ、その後2年間は、大部分の個体がこの潮間帯に留まっていることが読み取れる。

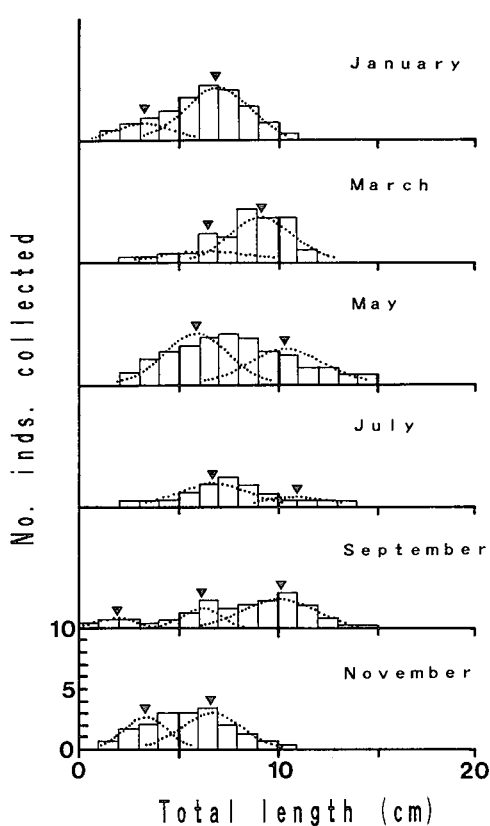
本水域におけるマナマコの産卵盛期を5月とし (山口内海水試、私信)、種苗生産試験における知見、たとえば浜田・河本<sup>4)</sup>や柳橋<sup>5)</sup>では幼生期間が半月~1カ月であったことから、幼生の着底を6月 ( $t=0$ ) と仮定した。そして、Fig. 2における年級群の平均値 (三角形) を各月の代表値にして成長曲線を適用した ( $n=13$ ,  $RSS=3.43$ ):

$$Lt = 36.7 (1 - \exp(-0.332 (0.0321t + 0.143 + 0.0978 \sin(0.524t - 4.26))))$$

ここで、Ltは着底後tカ月目のマナマコの全長 (cm) である (Fig. 3)。1月~5月にかけての成長速度は

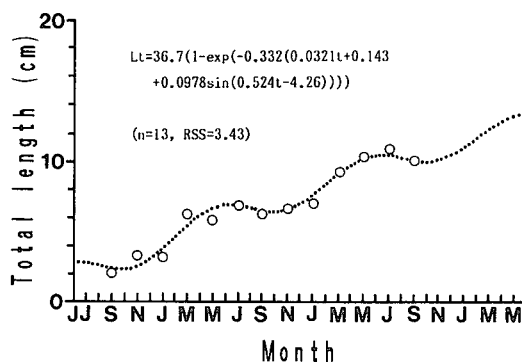
**Table 1** Algae on artificial reefs and number of *Stichopus japonicus* collected  
藻礁上の藻類および採集されたマナマコ個体数

Date 調査日	Bottom WT 藻礁域の 底層水温 (°C)	DL 日長 (hs : ms)	Biomass of algae on artificial reefs (g / 2 m <sup>2</sup> ) 藻礁上の藻類バイオマス (湿重)					Number of <i>Stichopus japonicus</i> マナマコ個体数		
			<i>Sargassum</i> <i>piluliferum</i> マメタワラ	<i>S.</i> <i>micracanthum</i> トゲモク	<i>Ecklonia</i> <i>kurome</i> クロメ	others 他	Sum 計	in area of art. reefs (/ ca. 2100m <sup>2</sup> ) 藻礁域	on art. reefs (/ 2 m <sup>2</sup> ) 藻礁上面	in stony intertidal zone (/ 50m <sup>2</sup> ) 転石潮間帯
Sep. 11, 1987	23.5	12 : 34	—	—	—	—	—	0	—	—
Nov. 12	19.5	10 : 30	—	—	—	—	—	0	—	—
Jan. 14, 1988	13.5	10 : 06	4870	2100	180	23	7173	47	5	22
Mar. 19	10.9	12 : 06	5270	780	100	18	6168	97	6	19
May 19	15.6	14 : 01	11270	1550	670	840	14330	74	4	29
July 9	21.9	14 : 17	4918	1588	268	207	6981	32	1	10
Sep. 16	22.8	12 : 21	952	1456	966	90	3464	3	2	19
Nov. 16	18.6	10 : 23	4715	1760	319	12	6806	5	1	18



**Fig. 2** Size distribution of *Stichopus japonicus* collected in a 50 m<sup>2</sup> quadrat in intertidal zone. Date are moving means over three-classes. Triangles are the means of the Gaussian distributions described by dotted curves.

潮間帯におけるマナマコ全長組成の経時変化データは3項移動平均である。点線は適用された正規分布を表し、三角形はその平均値を示している。



**Fig. 3** Growth curve of *Stichopus japonicus* in intertidal zone. Means (triangles in Fig. 2) of the cohorts were used.

潮間帯におけるマナマコの成長曲線。全長組成の正規分布平均値 (Fig. 2の三角形) に対して適用された。

大きいのが、5月～翌年1月の間は小さい。

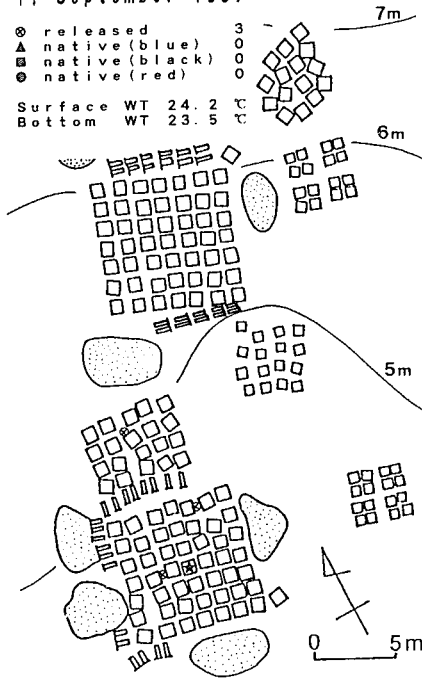
藻礁下部や周辺域におけるマナマコの分布動態 藻礁の下部や周辺域におけるマナマコの分布動態を Fig. 4に示す。この水域にはアオが多く、総観察個体の64%を占めた。クロは33%、アカはわずか4%であった。これらのマナマコは、藻礁あるいは建材ブロック域に分布しており、裸地にはほとんどいなかった。また、全長10cm以下の小型個体は稀であった。

1月～7月の間は、多数のマナマコを発見できたが、9月、11月には、極めて少なかった (Fig. 4, Table 1)。底層水温とマナマコの出現個体数との間には、KENDALLの順位相関係数  $\tau = -0.69$  ( $n = 8, P < 0.05$ ) の関係があり、水温が低いほど多くのマナマコが現れる傾向が認められた。なお、日長や藻類のバイオマス

11 September 1987

⊙ released 3  
 ▲ native (blue) 0  
 ■ native (black) 0  
 ● native (red) 0

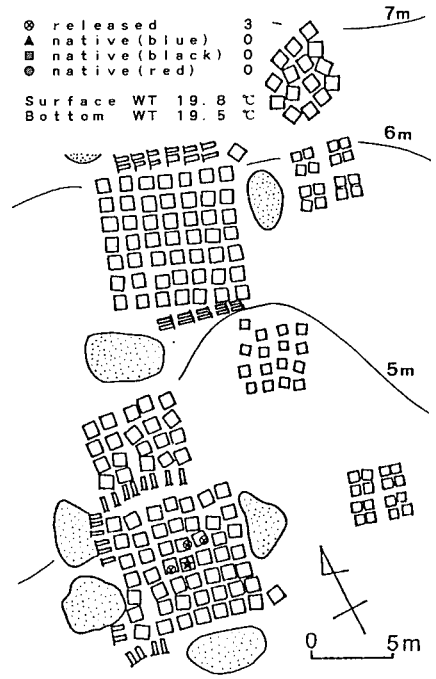
Surface WT 24.2 °C  
 Bottom WT 23.5 °C



12 November 1987

⊙ released 3  
 ▲ native (blue) 0  
 ■ native (black) 0  
 ● native (red) 0

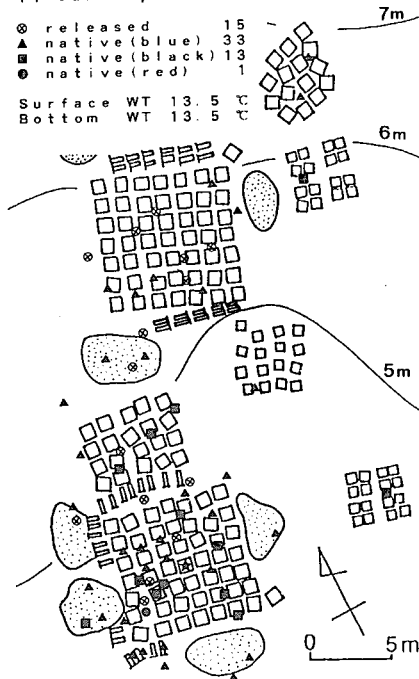
Surface WT 19.8 °C  
 Bottom WT 19.5 °C



14 January 1988

⊙ released 15  
 ▲ native (blue) 33  
 ■ native (black) 13  
 ● native (red) 1

Surface WT 13.5 °C  
 Bottom WT 13.5 °C



19 March 1988

⊙ released 8  
 ▲ native (blue) 62  
 ■ native (black) 32  
 ● native (red) 3

Surface WT 11.1 °C  
 Bottom WT 10.9 °C

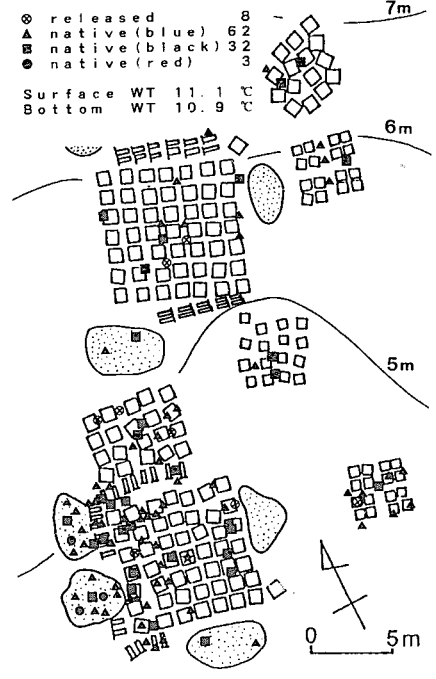
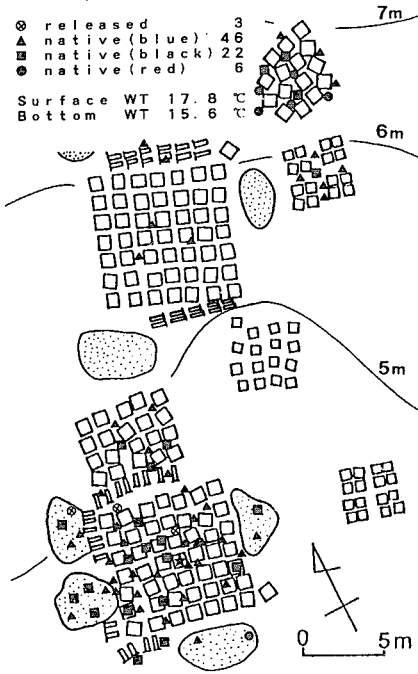


Fig. 4 Seasonal distribution of *Stichopus japonicus* on the subtidal bottom September 1987 (n=50) and 19 May 1988 (n=54). Many concrete blocks 藻礁域におけるマナモコの分布実態。藻礁背面や建材ブロックの中の個体は含設置されている。

19 May 1988

⊙ released	3
▲ native (blue)	46
■ native (black)	22
● native (red)	6

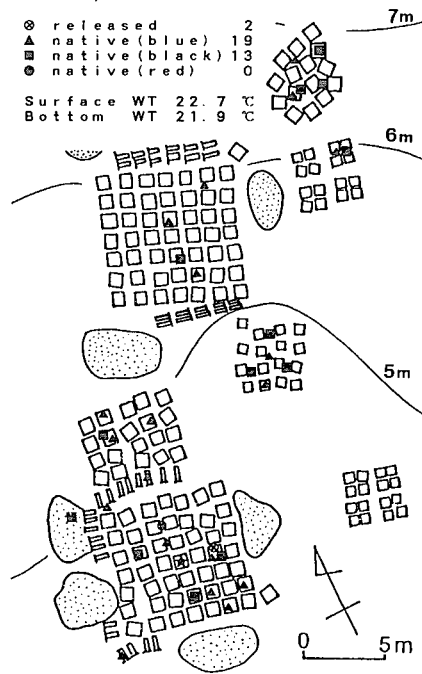
Surface WT 17.8 °C  
Bottom WT 15.6 °C



9 July 1988

⊙ released	2
▲ native (blue)	19
■ native (black)	13
● native (red)	0

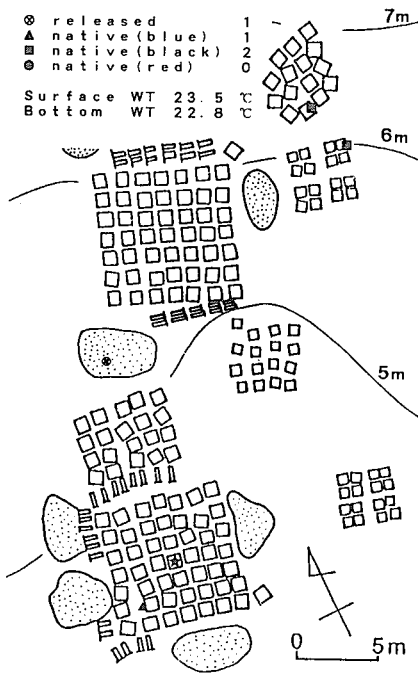
Surface WT 22.7 °C  
Bottom WT 21.9 °C



16 September 1988

⊙ released	1
▲ native (blue)	1
■ native (black)	2
● native (red)	0

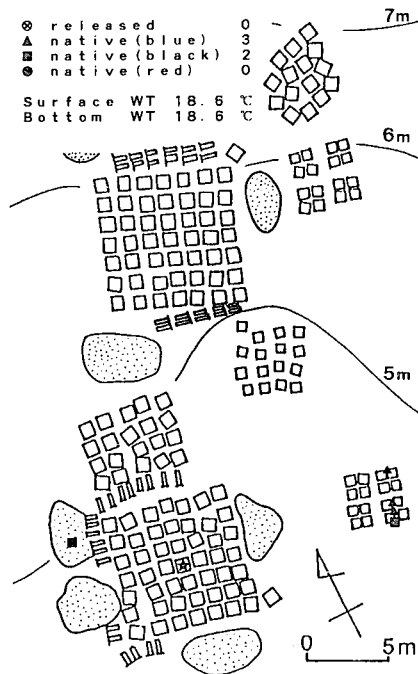
Surface WT 23.5 °C  
Bottom WT 22.8 °C



16 November 1988

⊙ released	0
▲ native (blue)	3
■ native (black)	2
● native (red)	0

Surface WT 18.6 °C  
Bottom WT 18.6 °C



with artificial reefs. Stars show where tagged animals were released on 4 are set in dotted areas.  
まれていない。標識個体の放流位置を星印で示した。打点域には多数の建材ブロックが

との間には強い相関関係はなかった(それぞれ,  $\tau = 0.47$   $n = 6$ ,  $\tau = -0.36$   $n = 8$ )。

1987年9月4日に放流した50個体のマナマコのうち、1週間後に発見できたのは、わずかに3個体であった(発見率6%)。2カ月後の11月も3個体の発見に留まったが(同6%)、放流後4カ月を経た翌年1月には実に15個体(同30%)が観察できた。1988年5月19日に放流した54個体のマナマコは、2カ月後の7月の調査では、わずか2個体(同4%)を発見したにすぎなかった。また、その後の9月、11月の調査でもほとんど観察できなかった(Fig. 4)。

藻礁域にマナマコがほとんど認められなかった1988年9月16日には、藻礁域より沖合に向かって水深30m付近までマナマコを捜して潜水したが、目立った転石や岩礁もなく、砂泥底が続き、マナマコを発見することはできなかった。一方、藻礁域の水深5mの所に投入されている50個の建材ブロックの穴(1ブロックに3個の穴がある)を調査したところ、12個体のマナマコを発見できた。うち1個体は、5月19日に放流したものであった。さらに、水深2mにある天然礁50m<sup>2</sup>の

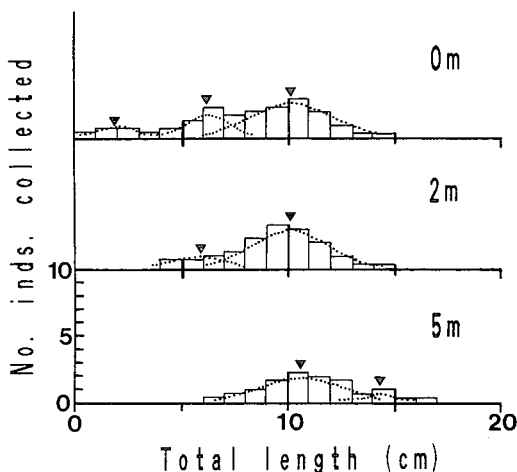


Fig. 5 Size distribution of *Stichopus japonicus* collected on 16 September 1988. Data are moving means over three size-classes 0 m depth (intertidal zone) sample from a 50 m<sup>2</sup> quadrat. 2 m depth sample from a 50 m<sup>2</sup> quadrat. 5 m depth sample from holes in 50 concrete blocks. Triangles show the means of the Gaussian distributions described by dotted curves.

1988年9月16日における水深0m(潮間帯)、2m、5mにおけるマナマコ全長組成。データは3項移動平均である。点線は適用された正規分布を表し、三角形はその平均値を示している。

調査では、16個体のマナマコを得た。これらの全長組成をFig. 5に示す。いずれも、1月~7月に藻礁域に出現するマナマコと比較すると、やや小型である。

藻礁上面に分布するマナマコについて 藻礁上面におけるマナマコの分布密度と藻類のバイオマスの季節変化をTable 1に記した。藻類は9月に少なくなるものの、周年にわたり繁茂し、藻礁上面に複雑な空間を形成していた。採集したマナマコの全長は、7.4±3.1 cm(平均±標準偏差,  $n = 19$ )であり、藻礁下部や周辺に分布するマナマコより小さい傾向があった。

## 考 察

夏眠時に、3つの異なる水深帯におけるマナマコの年級群組成を比較した。Fig. 5を正規分布分解した結果に、すでに求めた成長式を参考にして各峰を年級群にあてはめると、Table 2のようになった。つまり、水深0m(潮間帯)には、0~2歳の3つの年級群が分布し、水深2mには1歳と2歳群が生息している。また、水深5mでは2歳と3歳群がみられる。これらから、マナマコは齢を経るにともなって、沖側のより深い所へ移動する傾向があると言えよう。

また、Fig. 5とTable 2の結果は、この年の新規加入群が潮間帯にのみ出現したことを示しており、幼生の着底や変態が、主として潮間帯で起きていることが推察できる。さらに、その後2年3カ月の間、着底した個体は潮間帯に留まっている場合が多いと考えられる(Figs. 2, 3)。9月に分布していた着底後2年を過ぎた群(全長が最も大きい群)が、夏眠期間中と考えられる11月に採集されなかった(Fig. 2)のは、この間にマナマコが夏眠場所をやや深い所に変えたことによるのかもしれないが、重複した場所で採集を行ったために、個体群の年級組成に偏りができた可能性もある。しかし、それらより先の1月にも、3年目の群が認められないことから(Fig. 2)、着底後2年目の9月~翌年1月の間に潮間帯のマナマコが深所へ移動することに間違いはない。

藻礁下部や周辺には、9月や11月にはマナマコはほとんど認められなかった(Fig. 4, Table 1)。沖合の砂泥域でも、夏眠中のマナマコを発見することはできなかった。しかし、周辺に投入されている建材ブロックの中には、2~3歳の個体が比較的多数生息していた(Fig. 5, Table 2)。この事實は、1月~7月に藻礁域で活動していたマナマコのうち、2~3歳群の一部は沖合で夏眠するのではなく、藻礁域周辺の裸出し

**Table 2** Comparison of the age-composition of *Stichopus japonicus* at three different depths on 16 September 1988. Percent frequencies are shown with mean total lengths in parentheses. Values came from Fig. 5

1989年9月16日における異なる水深帯のマナマコ年級群組成の比較。各値はFig. 5に対応しており、それぞれ、個体数%と(全長平均値)を示す

Depth 水深	Time elapsed after settlement 着底後の経過時間			
	3 months 3カ月(0歳)	15 months 15カ月(1歳)	27 months 27カ月(2歳)	39 months 39カ月(3歳)
0 m	10% (1.9cm)	23% (6.2cm)	66% (10.1cm)	0%
2 m	0%	18% (5.8cm)	82% (10.1cm)	0%
5 m	0%	0%	80% (10.6cm)	20% (14.4cm)
Expectation <sup>1)</sup> 全長期待値 <sup>1)</sup>	(2.3cm)	(6.4cm)	(10.1cm)	(13.3cm)

<sup>1)</sup> Total lengths calculated by the growth equation in Fig. 3.  
成長式 (Fig. 3) より計算した。

ていない隠れた場所で夏眠することを示唆している。放流個体が建材ブロックの中から発見された事実も、このことを裏付けている。さらに、1987年9月に藻礁に放流したマナマコは、1週間後には見られなくなったが、翌年1月には30%もの個体が放流地点付近で観察されており、この現象も、藻礁周辺で放流個体が夏眠していたことで説明できよう。夏眠に関するこうした見解は、崔<sup>1)</sup>とほぼ一致している。

マナマコが夏季に負の成長を示し、体重を減じることはすでに知られている<sup>1)</sup>。今回、潮間帯における本種の全長の季節的变化を追った場合、確かに5月～9月の増加はほとんど認められないが、著しく小さくなることはなかった (Fig. 3)。藻礁域に分布するマナマコは全長10cm以上の個体であるが、着底後4年以上を経ていると思われる20cmを越える大型のものも見る事ができる。おそらく、これらの大型マナマコも夏眠時期に著しく小さくはならないであろう。しかし、9月に水深0～5mで採集したマナマコの中には、全長20cmを越えるものはなかった (Fig. 5)。崔<sup>1)</sup>や早川<sup>6)</sup>は、水深が深くなるにつれて分布するアオナマコも大型になることを報告している。今回の調査でも、0, 2, 5mと深くなるにつれて大型の個体の占める割合が多くなった (Fig. 5, Table 2)。このような棲みわけ傾向を考え合わせれば、4歳以上の大型個体は、さらに深いところにある天然礁の奥まった場所で夏眠していることが推察でき、これらの夏眠場所を近隣に設けることによって、この付近に引続きマナマコを留めておくことが可能となろう。

崔<sup>1)</sup>は、夏眠の直接的原因が水温にあることを記しているが、今回の調査でも、水温と藻礁下部や周辺域

のマナマコの分布密度との間には、強い負の順位相関が認められた。夏眠期に成長速度が小さくなり、若干の負の成長が認められること (Fig. 3) や、深所ほど大きいマナマコが分布する傾向 (Fig. 5, Table 2) なども、水温に起因する現象と思われる。

以上の結果と考察から、本水域におけるマナマコの一般的動態は、次のように推定される。すなわち、6月に潮間帯あるいは藻礁の上面に着底したマナマコは、その年の終りには全長3cmに育つ。その後翌年の5月まで急速に成長し、6cmを越える。しかし、11月までの間は、潮間帯の転石の裏や岩礁の間隙の奥まった場所で非活動的な生活をし、成長は滞る (夏眠)。藻礁の上面に着底した個体では、この夏眠時に藻礁下部へ移動する。水温の低下とともに活動を再開し、着底後ちょうど2年を経た6月には、全長は10cmに達する。まもなく夏眠の時期が始まるが、このときには、体サイズに応じた夏眠場を求めて、潮下帯にある岩礁転石帯や藻礁周辺の建材ブロック域など、やや深みへ移動するものがある。この年の終りには11cmに育つが、このときにはすでに潮間帯を離れ、水深4～6mにある藻礁域で生活を始めている。その後、成長するに従って、より深い生息場へ移動する。

なお、藻礁設置前には、この水域にはマナマコが蟬集するような漁場はなかったと言う (東和町漁協、私信)。よって本藻礁群は、潮間帯で2年を過ごした個体が離散するのを防ぎ、地先に留めおく働きをしていると考えられる。マナマコ (特にアオ) の増殖事業に際しては、幼生の着底や変態の場であり2歳までの生活場となる潮間帯と、さらにその後の生活の場となる潮下帯の礁、そして、2歳を越える個体の夏眠場所の



3点の整備を同時に考えて行くことが重要であろう。

### 要 約

山口県の内海東部水域の人工的に造成されたホンダワラ藻場周辺で、マナマコの個体群動態を研究し、次のような結論を得た。

- 1) マナマコの幼生は潮間帯に着底し、その後2年間を潮間帯ですごす。着底が6月に起きるとすると、その後の成長は次式で表せる。

$$L_t = 36.7 (1 - \exp(-0.332 (0.0321t + 0.143 + 0.0978 \sin(0.524t - 4.26))))$$

ただし、 $L_t$  は着底後  $t$  カ月目のマナマコの全長 (cm) である。水温の低い1月～5月にかけて急速に成長する。

- 2) 着底後2年を経た9月～翌年1月の間に、マナマコは潮間帯から潮下帯にある藻礁域に移動する。
- 3) 9月～11月にかけては、転石下や岩礁の間隙、建材ブロックの穴の中などの奥まった所で夏眠する。
- 4) 資源培養の見地からは、潮間帯に隣接して設置された藻礁はマナマコが離散するのを防ぎ、地先に滞留させる効果があることが判明した。
- 5) マナマコの増殖をはかるためには、潮間帯、その下部にある隣接する礁、および潮下帯の夏眠場所の3点を同時に整備する必要があると考えられた。

### 謝 辞

本研究の遂行に便宜をはかって下さった水産大学校

田名臨海実験実習場長 多部田 修教授 (当時) にお礼申し上げる。

現地での調査に当たっては、南西海区水産研究所の月館潤一・吉川浩二両氏に大変お世話になった。また、東和町漁業協同組合には格別なご高配を賜った。田名臨海実験実習場の三木浩一氏は、標本測定などに御助力下さった。山口県内海水産試験場の河本良彦・松浦秀喜両氏からは、終始、有益な助言をいただいた。以上の諸氏に深謝する次第である。

本研究の一部は、農林水産省マリーナランディング計画の研究費によった。記して謝意を表する。

### 文 献

- 1) 崔 相 (1963): なまこの研究. 海文堂, 東京.
- 2) 赤嶺達郎 (1985): Polymodal な度数分布を正規分布へ分解する BASIC プログラムの検討. 日水研報, **35**, 129-160.
- 3) AKAMINE, T. (1986): Expansion of growth curves using a periodic function and BASIC programs by Marquardt's method. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **36**, 77-107.
- 4) 浜田文夫・河本良彦 (1987): マナマコの栽培漁業化技術に関する研究. 山口内海水試報, **15**, 14-25.
- 5) 柳橋茂昭 (1987): 愛知県におけるナマコ増殖-I. 種苗生産試験. 愛知水試 B 集, **6**, 1-20.
- 6) 早川 豊 (1977): マナマコ増殖試験. 青森水増センター事業概要, **6**, 142-153.