

山口県東部平生湾の潮間帯におけるマナマコの分布 — 稚ナマコの成育適地の環境条件

山名裕介*¹・浜野龍夫*^{1*3}・三木浩一*²

Distribution of the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* in the intertidal zone of Hirao Bay, eastern Yamaguchi Pref., Japan – Suitable environmental factors for juvenile habitats

Yusuke Yamana*¹, Tatsuo Hamano*^{1*3}, and Ko-ichi Miki*²

To reveal the distribution of *Apostichopus japonicus* in the intertidal zone of Hirao Bay, eastern Yamaguchi Pref., 1–4 line-transect surveys were carried out at 8 stations during 24–27 April 2005. At St. D-1 (Mizuba, Hirao Town), a number of juveniles of about 10–50 mm *Le* (estimated anesthetized body length, the standard body length of *A. japonicus*) were observed, and the habitat was considered to be suitable for juveniles of *A. japonicus*. However, at St. D-2, 3, and 4, which were only about 50 m apart from St. D-1, *A. japonicus* were rare and 5 individuals in total (0.1 inds./m²) were observed, while 133 individuals (6.7 inds./m²) were observed at St. D-1. Here environmental conditions suitable for the growth of *A. japonicus* were described from differences in both habitats as follows: in +0.4 m at tide level and rocky bottom favorable for *Sargassum*; eutrophicated moderately with clusters of *Ulva*; protected from environmental fluctuation in low tide.

Key words : Echinoderm fisheries, Intertidal environment, Habitat, Juveniles, Distribution

1 はじめに

マナマコ *Apostichopus japonicus* は、北海道から鹿児島県種子島にいたるまでの日本沿岸に広く分布する水産上重要種である¹⁾。本種は、その腹面の色によって青色型、黒色型、赤色型に分けられ²⁾、商品価値が異なるため色型別に扱われることが多い。青色型は日本沿岸に広く分布し、主に内湾の砂泥底で漁獲される。黒色型は本州の日本海側と北海道を除く日本各地に分布し、青色型とともに漁獲される。赤色型は北海道を除く日本沿岸に分布し、外湾的な岩礁域で漁獲される³⁾。これらの遺伝的な関係は、青色型と黒色型が近いとされ、赤色型が異なるとされる³⁾。

山口県東部の瀬戸内海沿岸はマナマコ青色型の産地であり、資源増殖への期待が大きいが、その一方で海岸線の護

岸工事が進み、潮間帯の物理的、生物的環境は単調になりつつある。浜野ら⁴⁾は、この水域に分布するマナマコ（主に青色型と黒色型）が、着底後2年間にわたって潮間帯で成育することを認め、本種の増殖をはかる場合には、幼稚仔の成育場としての潮間帯の整備が重要であると主張している。しかし、マナマコの成育に適した潮間帯の物理的、生物的環境について、具体的に論じられた例はほとんど無く、確固たる生態的知見に基づいた本種の成育場の保全や整備は、未だに行われていない。そこで、著者らは、マナマコの幼稚仔の成育に適した潮間帯の環境条件を解明することを目的に、山口県東部の瀬戸内海に面した平生湾の潮間帯においてライントランセクト調査を行い、マナマコの成育環境を明らかにした。

2005年12月9日受付. Received December 9, 2005.

* 1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan)

* 2 水産大学校田名臨海実験実習場 (Tana Marine Biological Laboratory, Hirao, Yamaguchi 742-1111, Japan)

* 3 別刷り請求先 (Corresponding author : Phone, +81-832-86-5111 ; Fax, +81-832-86-7435 ; E-mail, hamano@fish-u.ac.jp)

2 材料と方法

2.1 調査地点

山口県東部の平生湾の海岸線沿いに、8ヶ所の調査地点 (St. A~H) を設定した (Fig. 1)。調査地点は、陸上から徒歩での立ち入りが可能な場所とし、地点間の間隔が約500 mとなるようにあらかじめ地図上で選定した。そして、水産大学の田名臨海実験実習場の調査船「なぎさ」を使い、選定した地点付近の潮間帯および潮下帯の地形や植生を、満潮時に船上から観察し、網尾ら⁵⁾の生物的環境指標値を求めた。この指標値は、マナモコの資源にとって良いと考えられてきた5項目の生物的環境 (潮間帯のホンダワラ類、潮間帯のアオサやアオノリ類、潮間帯のマガキ、潮間帯のその他の付着生物、潮下帯のホンダワラ藻場かアマモ場) について、密生する場合には1、粗生する場合には0を配点し、その合計点数として与えられる⁵⁾。この生物的環境指標値が大きければ、潮間帯にマナモコの幼稚仔が多い傾向があることが判明している⁵⁾。選定した地点付近では、さらにこの指標値の大きい場所を選び、1~4線のライントランセクト調査を実施した。

2.2 調査地点の概要

各調査地点の場所 (Fig. 1) と物理的、生物的環境 (Fig. 2) は以下の通りである。

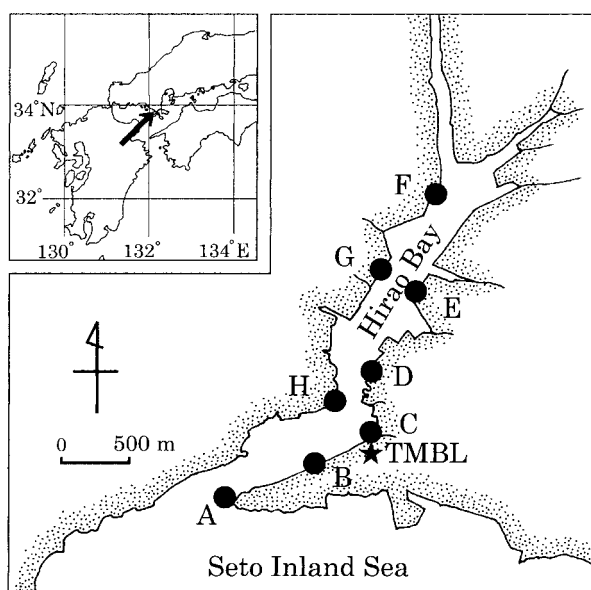


Fig. 1. Location of Hirao Bay and the study sites. St. A, Atata; St. B, the remains of Shinko Gakuin; St. C, Tana; St. D, Mizuba; St. E, Shinchi; St. F, Torigoe; St. G, Hamajo; St. H, Ebisugashita. TMBL, Tana Marine Biological Laboratory.

St. A 平生町 阿多田 (調査日 4月26日)

平生湾湾口部に岬状に突出した外湾的環境の岩礁海岸である。高潮線から低潮線間の幅は約70 mあり、広大な潮間帯を持つ。広い範囲が調査されるように、調査ラインは潮間帯の中央付近に1本 (St. A-1) と、低潮線付近に1本 (St. A-2)、の計2本を設置した。

St. B 平生町 新光学院跡 (調査日 4月27日)

平生湾湾口部に近い内湾的環境の岩石海岸である。潮間帯上部は垂直に護岸されてある上、下部の傾斜が大きいため潮間帯の幅は約10 mと狭く、地形は単調であった。ラインは低潮線付近に1本設置した。

St. C 平生町 田名 (調査日 4月27日)

水産大学校田名臨海実験実習場の前に広がる小規模の砂質干潟である。ラインは低潮線付近に1本設置した。

St. D 平生町 水場 (調査日 4月25日)

海岸線を走る自動車道の護岸下に作られた人工海岸である。コンクリート護岸の根固めに、護岸に沿って約0.3 m³の捨石 (中割石) が約10 mの幅で設置されており、その天端面が潮間帯下部に揃えられていた。護岸の総延長は約300 mと長いことから、約50 mの間隔で西側と東側の2箇所を調査した (Fig. 3)。St. Dの西側では、天端中央にラインを1本設置した (St. D-1)。また、東側については、岸側から、護岸直下 (St. D-2)、捨石の天端中央 (St. D-3)、捨石直下 (St. D-4) にそれぞれ1本ずつのラインを設置した。

St. E 平生町 新地 (調査日 4月27日)

St. F 田布施町 鳥越 (調査日 4月27日)

St. G 田布施町 浜城 (調査日 4月27日)

3地点とも平生湾湾奥部の広大な軟泥質干潟の一部である。いずれの地点も、海岸線はコンクリート護岸となり、マウンド (St. E, G) あるいは捨石 (St. F) で根固めされていた。ラインはマウンドあるいは捨石 (いずれも0.1~0.3 m³程度の中割石) と干潟の境界線上に1本ずつ設置した。

St. H 田布施町 戎ヶ下 (調査日 4月24日)

平生湾内で岬状に突出した岩石海岸である。高潮線から低潮線までは約50 mある。広大な潮間帯を持つが、地形は単調で、マナモコの分布も低潮線付近に限られたため、ラ

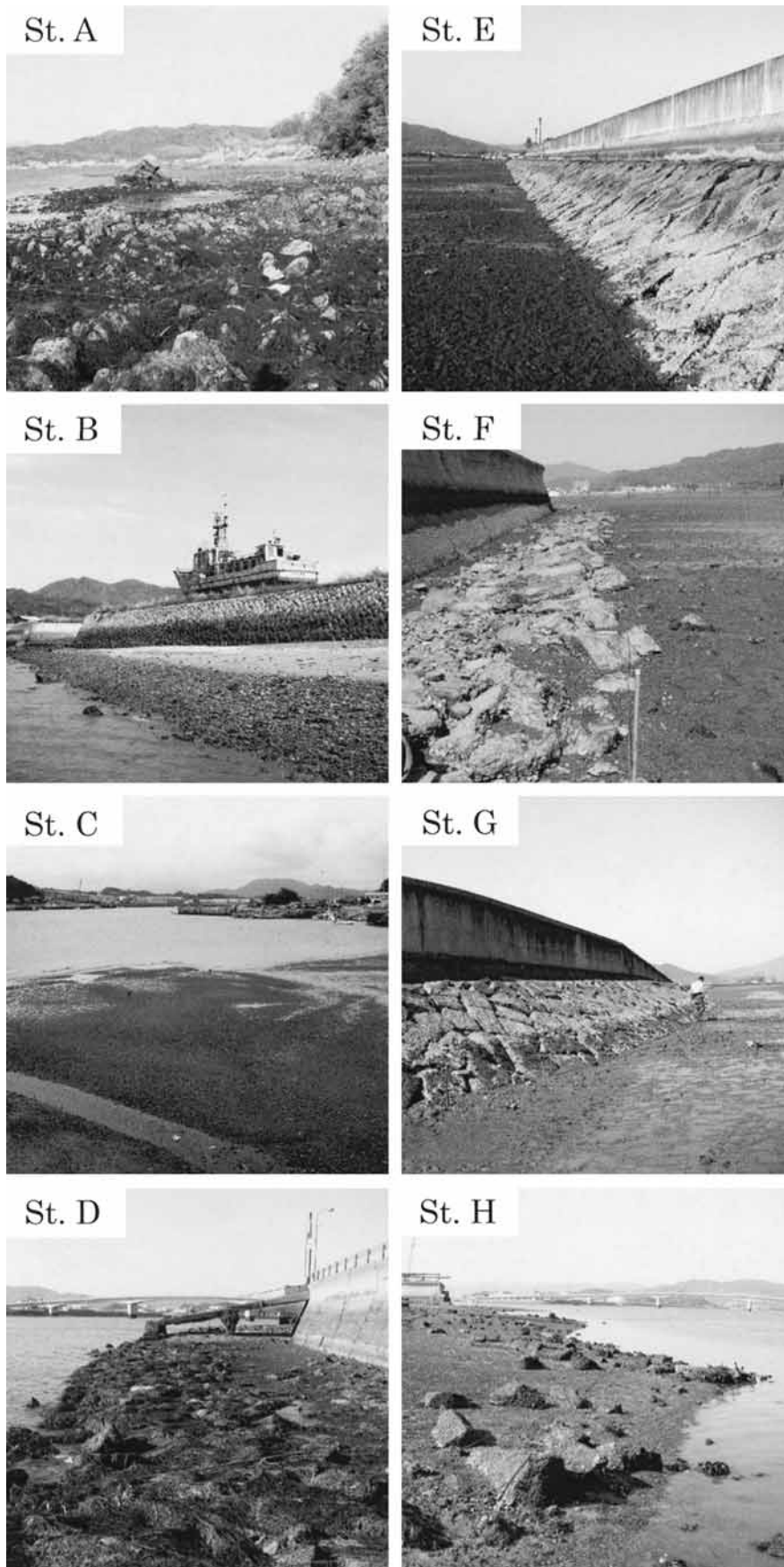


Fig. 2. Photographs of the study sites in the intertidal zone of Hirao Bay.

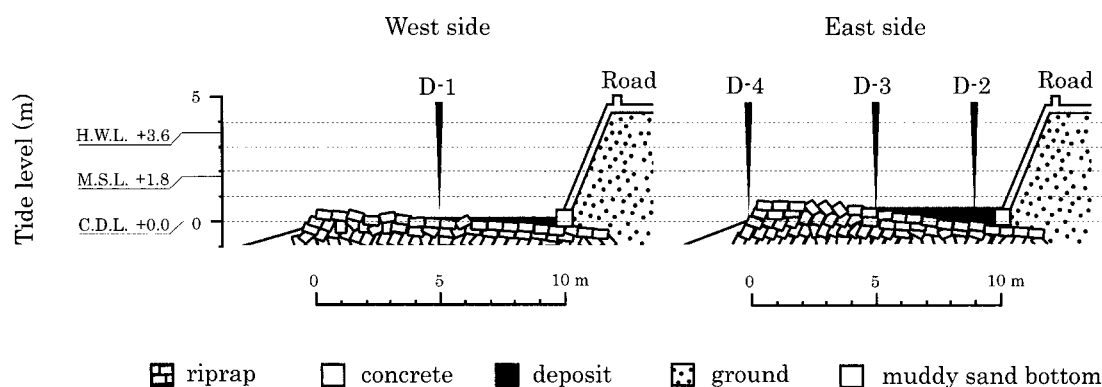


Fig. 3. Cross-section of St. D. There is a distance of about 50 m between the West and the East side. St. D-1, D-2, D-3 and D-4 were transect lines (10×2 m) fixed parallel to the coast line. H.W.L., the mean monthly highest water level; M.S.L., the mean sea level; C.D.L., the chart datum level.

インは低潮線付近に1本だけ設置した。なお、この調査地点より湾口部に向かってSt. A対岸までは、大型船埠頭、造船所、漁港があり、調査可能な場所は無い。

2.3 調査方法

全ての調査は、2005年4月24～27日の大潮干潮時に行った。各調査日の最干潮時の前後約2時間以内に、調査員1人もしくは2人で、調査地点1～3カ所の調査を行った。各調査地点の潮間帯下部～最下部にかけて、平生湾の基本水準面より+0～+0.8 m程度の潮位レベルにおいて、海岸線と平行に10 mのラインを設置して、両側1 m以内の全てのマナマコを採集した。潮間帯に多い小型のマナマコは、見落としが非常に多くなることが知られているため⁶⁾、岩石や海藻の間隙では特に念入りに採集した。このとき、各調査地点の物理的、生物的環境も可能な限り記録し、生物的環境指標値³⁾を求め直し、マナマコによる各調査地点の生育場としての利用可能性を評価した。

採集したマナマコは、現地海水を張った白色のバットに定規と一緒に入れ、デジタルカメラで撮影し、直ちに放流した。そして、画像から体長と体幅を測定し、本種の標準的な体サイズである Le ⁷⁾を計算した(2.4参照)。なお、本研究では、赤色型は1個体しか出現しなかったため、体サイズ測定は行わず、考察からも除外した。

2.4 Le の計算方法

マナマコは生時には著しく伸縮することから、正確に体サイズを測定することが難しい。このため、Yamana & Hamano⁷⁾は、メントール麻酔⁸⁾を用いて動作を止めて測定した体長(La)を、本種の標準的な測定基準とすることを提案し、本種がどんな伸縮状態でも、体長(L)と体

幅(B)を同時に1回だけ測定すれば、以下の回帰式を使って La を推定することが可能になることを明らかにした：

$$\text{青色型: } Le = 2.32 + 2.02(L \cdot B)^{1/2}$$

$$\text{黒色型: } Le = 1.34 + 2.12(L \cdot B)^{1/2}$$

ここで Le は、 L (頭部吻端から尾部末端までの体正中線に沿った長さ、mm)、と B (体中央における疣足を含めない体幹部の幅、mm)から計算される Le の推定値(mm)である。(これらの詳細については、Yamana & Hamano⁷⁾に詳しい。)

3 結果

3.1 調査地点の地形と生物相

St. A 平生町 阿多田

St. A-1とA-2に共通して、岩礁下部にはヒジキ*Hizikia fusiformis*が群生し、転石上にはワカメ*Undaria pinnatifida*やミル*Codium fragile*が生育した。転石は丸みを帯び、動物はその下に多く見られた。ケムシヒザラガイ*Cryptolax japonica*、クボガイ*Chlorostoma lischkei*、ヒメクボガイ*Omphalius nigerrimus*、レイシガイ*Thais (Reisha) bronni*、イボニシ*Thais (Reisha) clavigera*、ケアシホンヤドカリ*Pagurus lanuginosus*、オウギガニ*Leptodius exaratus*、ヒライソガニ*Gaetic depress*、ニホンクモヒトデ*Ophioplocus japonicus*などは、どの転石の下からも見出されるほどに多く分布した。岩礁上部には、イワフジツボ*Chthamalus challengerii*やサンカクフジツボ*Balanus trigonus*が群生し、割れ目にはカメノテ*Capitulum mitella*が群生したが、マガキ*Crassostrea gigas*やケガキ*Saccoctrea kegaki*は少なかった。マナマコは、比較的大きい個体が転石下やタイドプール中から見出された。そして、小さい個体が岩礁基部や転石の

表面から、特に岩礁基部に群生するヒジキの仮根周辺から多く見出された。生物的環境指標値は、St. A-1, A-2ともホンダワラ類の一種であるヒジキ、および種々の付着生物の群生に加えて、潮下帯で藻場が確認されたことから、いずれも3点を配点した。

St. A-1は、潮位レベル+0.2 m程度の平坦な岩盤で、礫や直径30~50 cm程度の丸みを帯びた転石が散在し、一部では入り組んだ岩礁となり、他の部分より0~0.6 m程度高かった。さらに、タイドプール（水深約20 cm、面積約1 m²）が1つあり、アシナガスジエビ *Palaemon ortmanni*、コシマガリモエビ *Heptacarpus geniculatus*、アシナガモエビ *H. rectirostris* が多く見出された。

St. A-2は、潮位レベル+0~0.3 m程度の入り組んだ岩礁で、岩礁の窪を直径10 cm程度の転石が埋めていた。低い位置にある岩礁の一部は礫によって完全に埋没し、その上を直径20~30 cm程度の転石が覆っていた。転石下からはイシガニ *Charybdis (Charybdis) japonica*、イトマキヒトデ *Asterina pectinifera*、ヤツデヒトデ *Coscinasterias acutispina*、アカウニ *Pseudocentrotus depressus*、ムラサキウニ *Anthocidaris crassispinata*、パフンウニ *Hemicentrotus pulcherrimus*、ハリサンショウウニ *Temnopleurus reevesii* などが僅かに見出された。また、岩礁下部の割れ目には、トコブシ *Haliotis (Sulculus) diversicolor aquatilis*、クロアワビ *Haliotis (Nordotis) discus discus*、サザエ *Turbo (Batillus) cornutus* が付着しているのが確認された。低潮線付近の表層水温は16.4℃であった。

St. B 平生町 新光学院跡

調査地点は、潮位レベル+0 m程度の平坦な礫底で、カキ殻や直径10~30 cm程度の角の立った転石が散在した。転石上にワカメが僅かに生育した他に、海草藻類はほとんど認められなかった。礫上にはトゲモミジガイ *Astropecten polyacanthus* やハリサンショウウニが僅かに認められた。転石上にはマガキが群生し、ケガキ、ナミマガシワ *Anomia chinensis*、イワフジツボなども確認された。マナマコは、転石下の間隙から小さい個体が見出された。生物的環境指標値は、マガキの群生が確認されたことから1点を配点した。低潮線付近の表層水温は16.0℃であった。

St. C 平生町 田名

調査地点は、潮位レベル+0 m程度の平坦な砂泥底で、ホソウミニナ *Batillaria cumingii* やイボウミニナ *B. zonalis*、アラムシロ *Reticunassa festiva* が群生した。カキ殻や貝殻

の破片が散在する他には、動物の付着基質は乏しく、海草藻類は認められなかった。アカニシ *Rapana venosa*、ハボウキガイ *Pinna bicolor*、モミジガイ *Astropecten scoparius*、ハリサンショウウニが僅かに認められたが、マナマコは確認されなかった。生物的環境指標値は、5項目の生物的環境のいずれも確認されず、得点なしとした。低潮線付近の表層水温は16.1℃であった。

St. D 平生町 水場

St. Dの西側（St. D-1）では、捨石の天端面は、潮位レベル+0.4 m程度に揃えて設置されており、陸側に行くほどその高さは低くなっていた。ラインを設置した天端中央部では、潮位レベルが+0.2 m程度で、これより陸側では、ほとんどの捨石が堆積した土砂やカキ殻で覆われ、砂泥底となり、干潮時にタイドプールとなった。また、捨石の材質が凹凸のある中割石のため、ほとんどの石の間に幅10~20 cm程度の間隙が生じていた。捨石上にはウミトラノオ *Sargassum thunbergii* が群生し、まばらにムカデノリ *Grateloupia filicina* が生育した。護岸および捨石の表面には、マガキ、ケガキ、イワフジツボの群生が認められ、捨石の間隙からは、スガイ *Turbo (Lunella) cornutus coreensis* が多く見出された。イソアワモチ *Peronia verruculata* やイトマキヒトデなども捨石の周辺から見出された。タイドプールにはアナアオサ *Ulva pertusa* が繁茂し、アシナガスジエビやイシガニが確認された。

St. D-1では、捨石部分とタイドプール部分が等分に調査され、マナマコは、比較的大きな個体が捨石周りに、小さな個体がタイドプール中のアナアオサ葉体上、あるいは捨石上に分布していた。ウミトラノオの仮根周辺からは、小さな個体が特に多く見出された。生物的環境指標値は、ホンダワラ類の一種であるウミトラノオの群生、およびアナアオサの群生、そしてマガキやその他の付着生物が多く認められたことから4点を配点した。

St. Dの東側（St. D-2,3,4）では、地形が西側とほぼ同じながらも、潮位レベルが全体的に0.4 m程度高かった（Fig. 3）。西側と大きく異なり、捨石上にウミトラノオが生育せず、まばらにムカデノリやアナアオサが生育するだけだった。生物相は西側とほぼ同じだった。

東側の護岸直下（St. D-2）は、潮位レベル+0.5 m程度の砂泥底で、干潮時にタイドプールとなり、西側と同様にアナアオサが繁茂した。マナマコは小さな個体がアナアオサの葉体上から見出された。生物的環境指標値は、アナアオサが繁茂したことから1点を配点した。

東側の捨石の天端中央部 (St. D-3) では、東側の St. D-1 と同様に、捨石の部分と砂泥の部分とが等分に調査されたが、マナマコは見出されなかった。生物的環境指標値は、ウミトラノオが生育しないことから、St. D-1 より 1 点少ない 3 点を配点した。

東側の捨石直下 (St. D-4) は、潮位レベル + 0 m 程度の低潮線付近にラインを設置し、捨石の切れ目と、その外側の潮下帯に当たる砂泥底が等分に調査された。マナマコは小さな個体が捨石上から見出された。生物的環境指標値は、マガキや他の付着生物が多く確認されたことから 2 点を配点した。低潮線付近の表層水温は 15.0℃ であった。

St. E 平生町 新地

St. F 田布施町 鳥越

St. G 田布施町 浜城

St. E, F, G は同じ軟泥質干潟の辺縁部であり、潮位レベル、地形、生物相ともによく似ていた。潮位レベルは、いずれも +0.5 m 程度で、軟泥が堆積し、泥上にホソウミニナやイボウミニナ、アラムシロが群生し、マメコブシガニ *Philyra pisum* が稀に認められた。護岸の根固めにはマウンドあるいは捨石が設置されていたが、マガキやケガキ、イワフジツボなどの群生は無く、それぞれ僅かに認められるに過ぎなかった。スガイやタマキビガイ *Littorina* (*Littorina*) *brevicula*、レイシガイなども同様であった。St. E および G では、海草藻類の生育は見られなかったが、St. F では捨石や泥上に点在するカキ殻に、オゴノリ *Gracilaria verrucosa* やボウアオノリ *Enteromorpha intestinalis* が僅かに生育した。いずれの調査地点も、マウンドか捨石の部分と干潟の部分とが等分に調査されたが、マナマコは見出されなかった。生物的環境指標値は、5 項目の生物的環境のいずれも確認されず、得点なしとした。これらの調査地点では、水際が水分の多い軟泥のため、足が埋まり立ち入りができず、低潮線付近の表層水温は測定できなかった。

St. H 田布施町 戎ヶ下

調査地点は、潮位レベル + 0 m 程度の平坦な礫底で、直径 50~80 cm 程度の角張った転石が点在し、その上にワカメ、ミル、ヒジキ、カヤモノリ *Scytosiphon lomentaria* が生育していた。動物は主に転石の周辺で見出され、転石上にはマガキ、イワフジツボが群生し、ケガキ、サンカクフジツボが確認された。転石側面にはスガイ、クボガイ、ヒメクボガイ、タマキビガイ、レイシガイ、イソアワモチが多く見出された。マナマコは転石の陰や周辺からのみ見出さ

れた。生物的環境指標値は、マガキと他の付着生物の群生が確認されたことから 2 点を配点した。低潮線付近の表層水温は 18.7℃ であった。

3.2 マナマコの分布および体長組成

全 8 ヶ所の調査地点のうち、4 ヶ所の潮間帯でマナマコの分布が確認され、合計 201 個体のマナマコが採集された。色型別に見ると、青色型が最も多く 159 個体 (全個体数のうち 79.1%)、黒色型は 41 個体 (同 20.4%)、赤色型はわずか 1 個体 (同 0.5%) であった。赤色型については個体数が少ないため、以降は本研究から除外するが、青色型と黒色型については分布や体長組成も似通っていたので、まとめて記述する。調査地点の個体群密度は 0~6.7 個体/m² とばらつき、調査地点の生物的環境指標値 0~4 点との対応があり、得点が高いほど多くの個体が出現する傾向が明らかであった (Table 1)。St. C, E, F, G の 4 地点では、マナマコは採集されず、生物的環境指標値も無得点であった。マナマコが採集された St. A, B, D, H の 4 地点のうち、St. A では 56 個体、St. D では 138 個体が採集されたが、St. B と H では、それぞれ 2 個体、4 個体しか採集されなかった。前者の 2 地点と後者の 2 地点では、個体群密度でも 7 倍以上の差があることが分かった。

St. A や D では、転石下や捨石周りから *Le* 100~250 mm の比較的大きい個体が、転石・捨石の上や岩礁の上から *Le* 10~100 mm の小さい個体が採集された。なかでも *Le* 10~50 mm の幼稚仔サイズに関しては、ホンダワラ類の仮根の周辺から特に多く採集された。また、St. D では、*Le* 50 mm 前後の幼稚仔は、アナアオサの葉体上から多く採集された。底質が軟泥や砂だけの調査地点では、マナマコは採集されなかった。

採集されたマナマコの体長組成は、調査地点毎に異なる様相を呈した (Fig. 4)。マナマコの成育に適していると認められた St. A および D について見てみると、St. A では、*Le* 0~150 mm のあらゆるサイズの個体がほぼ均等に採集されたのに対して、D では、*Le* 10~50 mm 程度の幼稚仔サイズの個体が、採集された個体の 3 分の 2 以上を占めた。

4 考 察

平生湾の潮下帯には、水深 20m 以浅の緩やかな砂泥底が広がっており、11~3 月の漁期には平生湾全域でナマコ漕ぎ網が行われる。これは漁獲効率 0.6~0.8 と効率的な漁法で⁹⁾、それが繰り返されるため、4 月下旬~5 月下旬

Table 1. Habitat score for *Apostichopus japonicus*, and number of animals collected in the intertidal zone in Hirao Bay

Station	Factors* ¹					Habitat score* ²	No. <i>A. japonicus</i> collected in intertidal zone (20m ²)		
	Intertidal zone				Subtidal zone		Green	Black	Red
	<i>Sargassum</i>	<i>Ulva</i> and/or <i>Enteromorpha</i>	<i>Crassostrea gigas</i>	Other attached organisms	<i>Sargassum</i> or <i>Zostera</i> beds				
A-1	1	0	0	1	1	3	32	9	1
A-2	1	0	0	1	1	3	9	6	0
B	0	0	1	0	0	1	2	0	0
C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D-1	1	1	1	1	0	4	108	25	0
D-2	0	1	0	0	0	1	3	0	0
D-3	0	1	1	1	0	3	0	0	0
D-4	0	0	1	1	0	2	1	1	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	0	0	1	1	0	2	4	0	0

*¹ 1 : abundant, 0 : poor.

*² Calculated using criteria detailed in Amio *et al.*⁵³ : Habitat score is the total of values of five factors for organisms.

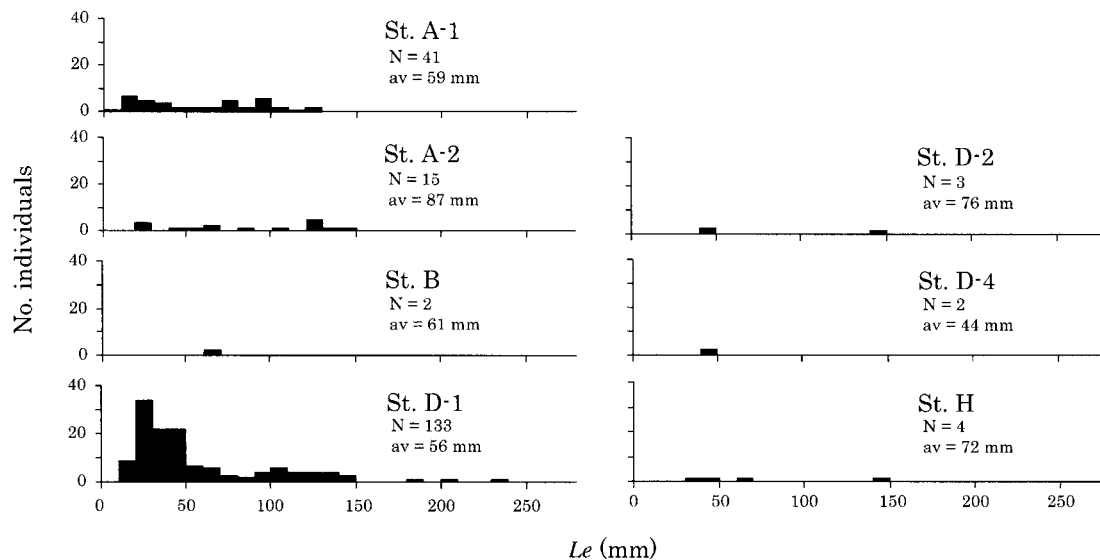


Fig. 4. Size frequency of *Apostichopus japonicus* collected in Hirao Bay. Data for the green and the black color types of *A. japonicus* are combined and data for the red color type are not included. (*Le* is the standard body length (estimated anesthetized body length) calculated from a momentary body length and breadth method proposed by Yamana & Hamano.⁷¹)

の産卵期¹⁰⁾には、湾内に成体のマナマコはほとんど残らないと考えられる。放精放卵型の産卵を行うナマコ類では、成体の生息密度の低下が受精率の極端な低下を招くことが知られており¹¹⁾、平生湾内から新規加入群が供給される可能性は低い。平生湾口近くにある馬島や佐合島などの離島沿岸には成体が多く生息しているため(山口県漁業協同組合平生町支店, 私信), それらから産み出された幼生が湾内に加入しているのではないだろうか。マナマコは、

約2週間の浮遊幼生期間を経てから着底し¹⁰⁾、この期間に広く拡散する。平生湾に近い山口県東部の瀬戸内海沿岸では、4月下旬から5月上旬にかけて、広い範囲で偏りのない浮遊幼生の出現が認められる¹⁰⁾。同様に、比較的面積の小さい平生湾では、全域で浮遊幼生の分布量に偏りはなく、新規加入の機会は均等と考える。よって、各調査地点におけるマナマコの分布量の差は、本種の着底を促進する環境条件や、成育や生残にかかわる環境条件などの違いに

よるものであろう。

本研究の結果、St. Dでは、全8ヶ所の調査地点の中で最も分布量が多く、138個体のマナマコが採集され、なかでも $Le10\sim50$ mm程度の幼稚仔サイズが多く採集されたことから、稚マナコの成育場として良好な場所と考える。しかし、St. D-1 (20 m²) と隣接するSt. D-2,3,4 (計60 m²) では、前者では133個体 (6.7個体/m²) が採集されたのに対し、後者では計5個体 (0.1個体/m²) と少なく、分布量は偏っていた。これは、このSt. Dの中で環境が大きく違っている可能性を示唆しており、これらの環境の差を探ることによって稚マナコの成育場を整備するための情報を得ることが出来る。

St. D-1とD-2,3,4の主な違いとして、捨石天端面での潮位レベルの違いが挙げられる (Fig. 3)。St. D-1が、平生湾の基本水準面+0.4 m程度の潮位レベルなのに対し、St. D-2,3,4では、+0.8 m程度と高いことから、St. D-1よりも干出時間が長くなり、マナマコの成育に直接的、あるいは間接的に影響する可能性がある。さらに、St. D-1では捨石上にウミトラノオが密生していたが、D-2,3,4ではそれが無かったことも大きな違いであり、このような違いは、干出時間や塩分濃度の差によるものと考えられる。ウミトラノオやヒジキのような比較的浅所に生育するホンダワラ類は、マナマコの浮遊幼生の着底を促す効果が期待されており³⁾、本種の新規加入量を大きく左右して、St. D-1とD-2,3,4の分布量の差を決定付けた可能性がある。また、St. D-1では、比較的成長した幼稚仔の多くがアナアオサに付着していた。今回、これらの地点では堆積したアオサ類の下部が腐植して底泥に還元層を形成し、攪拌するとかすかな硫黄臭があった。しかし、干潮時には護岸の石組みの内側から海水が染み出して、調査地点を緩やかに流れていたため、還元層によって干潮時に急激な水質悪化が起こることは無く、むしろ、腐植化が進むことで、マナマコにとっては餌料価値が増している可能性がある。

以上から、今後、この海域でマナマコの青色型・黒色型の増産のために潮間帯を整備する場合に重視すべき環境は、次のように推測される。まず、潮位レベルは+0.4 m程度で、この付近にホンダワラ類の着生を促す基質が必要である。ホンダワラ類にはマナマコ浮遊幼生の着底を促す効果が期待される。ホンダワラ類の着生が望めない場所では、浜野¹²⁾が提案するように、人工的な着底基質の導入を検討すべきだろう。また、若干の砂泥の堆積による適度な富栄養化は、アオサ類やアオノリ類の増加を促す上で重

要と考える。これらは、時期的にマナマコの幼稚仔の付着基質や餌料になることが期待される。そして、高水温期の干出や、還元層の発達、多量の土砂の堆積、雨水や河川水による塩分濃度の低下など、マナマコにとって厳しい急激な環境の変化があっても、成育中のマナマコが保護される条件があることが望ましい。例えば、St. Dでは、広く浅いタイドプールを持ち、干潮時でも、護岸内側から海水が染み出してプール内に流れ込むことから、環境変動が比較的小さく保たれていると推測された。また、浜野¹¹⁾が提案したように、潮下帯における成体の保護を図るため、成育場や夏眠場を合わせて整備していくことが重要であろう。平生湾の場合、特にSt. E~St. Gまでの湾奥部では、生物的環境指標値は無得点となり、実際にもマナマコの分布が確認されなかったことから、マナマコの成育に不向きであるといえよう。これらの地域では海岸線は総じてコンクリート護岸化され、護岸の根固め部分以外は単調な干潟となっているが、このような環境でマナマコを増やすには、浮遊幼生の着底を促すために人工的な着底基質の導入¹²⁾を行うとともに、着底後の生残が可能かどうかを検討する必要がある。

なお、平生湾周辺では、1988年の2~4月に、16ヶ所の調査地点 (各50 m²) で、潮間帯におけるマナマコの分布量が明らかにされている (Fig. 5)³⁾。このとき観察された個体群密度は0~0.6個体/m²で、生物的環境指標値は最高の5点が3ヶ所に与えられた³⁾。しかし、今回、St. D-1 (20 m²) では、生物的環境指標値は4点と最高点には及ばなかったものの、個体群密度は6.7個体/m²で、これらの調査地点を大幅に上回った (Fig. 6)。調査時期による差も考えられるが、St. D-1は近隣水域の中でも青色型・黒色型の成育に良い場所であることは間違いない。マナコ漕ぎ網で漁獲されるマナマコについては、岩場などの基物から、砂泥底の操業漁場へ資源がしみ出して行くことが良く知られている (例えば畑中⁹⁾ など)。本研究におけるSt. D-1周辺において、マナマコが高密度に生育し得る捨石天端面の面積は、著者らの試算によると250 m²程度だが、平生湾内ではここ以外に目立った生育場が認められない。よって、平生湾においてSt. D-1周辺は、マナコ漕ぎ網で獲られているマナマコ資源がしみ出している重要な場所と考える。また、St. D-1は人工海岸であるため、調査・研究が比較的容易である上に、成育場の保全や整備のモデルとしての利用価値も高く、今後の護岸工事に際しても現状の維持が望まれる。

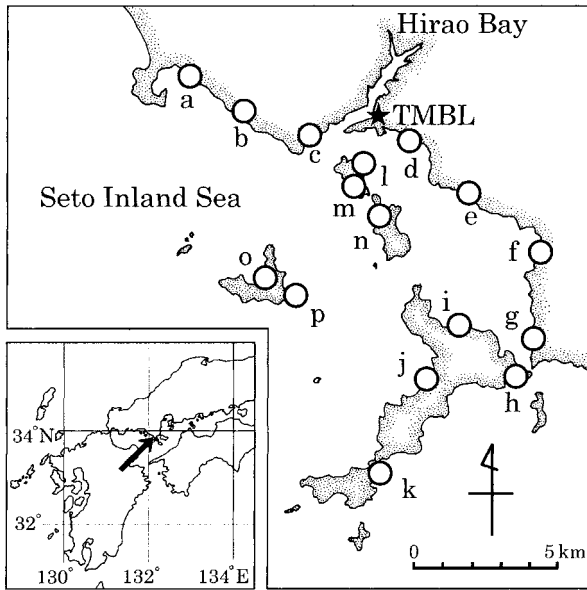


Fig. 5. Maps showing the study sites reported in Amio *et al.*⁵⁾ TMBL, Tana Marine Biological Laboratory.

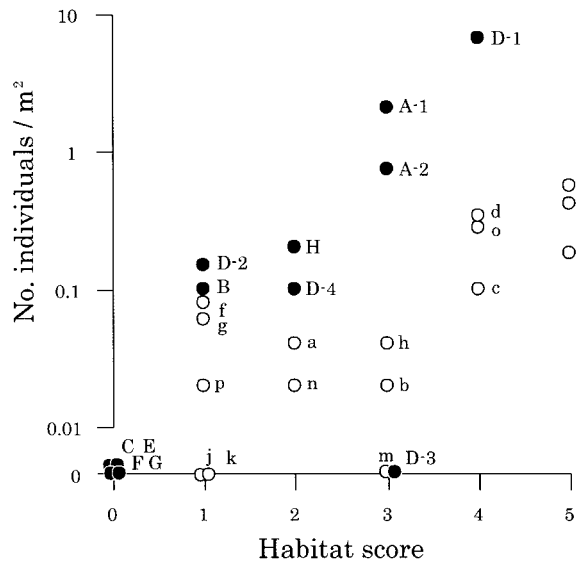


Fig. 6. Relationship between habitat score for *Apostichopus japonicus* and density of *A. japonicus*. Solid and open circles indicate density obtained in present study and Amio *et al.*⁵⁾ respectively.

6 要 約

瀬戸内海東部の山口県平生湾の潮間帯 8 地点において、2005年 4 月24～27日の干潮時に、各 1～4 線のライントランセクト調査を実施し、マナマコの分布様式や分布量を明らかにした。結果、St. D-1 (平生町 水場) では、*Le*

10～50 mm程度の幼稚仔が多く出現し、マナマコの成育場であると判断した。しかし、St. D-1 から約50 m離れた St. D-2, 3, 4 では分布量は少なく、前者では133個体(6.7 個体/m²)、後者では計 5 個体 (0.1個体/m²) だった。これらの環境を比較した結果、本種の幼稚仔の成育に適した条件を次のように推測した：潮位レベルは+0.4 m程度で、この付近に転石や捨石が存在し、ホンダワラ類が着生する⇒適度に富栄養化し、アオサ類が密生する⇒干出時の環境変動が小さく保たれる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、調査に助力下さった水産大学校 田名臨海実験実習場の半田岳志博士、同校生物生産学科の水産動物学研究室の荒木 晶博士、学生諸氏に感謝する。

文 献

- 1) K. Mitsukuri : Studies on Actinopodous holothurioidea. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo*, 29(2), 1-284 (1912).
- 2) 崔 相：なまこの研究. 海文堂, 東京, 1-226 (1963).
- 3) M. Kan-no, A. Kijima : Genetic differentiation among three color variants of Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. *Fisheries Science*, 69, 806-812 (2003).
- 4) 浜野龍夫・網尾 勝・林 健一：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. *水産増殖*, 37(3), 179-186 (1989).
- 5) 網尾 勝・浜野龍夫・林 健一・吉岡貞範・松浦秀喜・岩本哲二：潮間帯の生物調査からマナマコの生息適地を選定する試み. *水産増殖*, 37(3), 197-202 (1989).
- 6) 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*, 44(3), 249-254 (1996).
- 7) Y. Yamana and T. Hamano : A new size measurement for the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) estimated from the body length and body breadth. *Fisheries Science*, 72, in press (2006).
- 8) 山名裕介・浜野龍夫・山元憲一：成体マナマコのメントール麻酔に関する研究. *日本水産学会誌*, 71(3), 299-306 (2005).
- 9) 畑中宏之：ナマコこぎ網の漁獲効率の推定について. *水産増殖*, 42(2), 227-230 (1994).

- 10) 山口県内海水産試験場：マナマコの増殖技術開発に関する研究. 昭和56年度指定調査研究助成事業報告書, 山口県, 1-17 (1982).
- 11) S. Uthicke and A. H. Benzie : The effect of bêche-de-mer fishing on densities and size structure of *Holothuria nobilis* (Echinodermata : Holothurioidea) populations on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, **19**, 271-276 (2000).
- 12) 浜野龍夫：漁場環境を考える－幼生を集めて落とす. 日本水産資源保護協会月報, 489, 4-7 (2006).