

マナマコの付着基質選択の季節性

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産大学校 公開日: 2024-10-11 キーワード (Ja): キーワード (En): benthos; echinoderm fisheries; ecology; feeding; growth 作成者: 山名, 裕介, 浜野, 龍夫, 五嶋, 聖治 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2011908

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



マナマコの付着基質選択の季節性

山名裕介^{1†}, 浜野龍夫², 五嶋聖治³

Laboratory observations of substrate selection of Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* in two seasons

Yusuke Yamana,^{1†} Tatsuo Hamano² and Seiji Goshima³

Abstract : To examine the presence of any seasonal change of attachment site selection, adult Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* were tested for their distribution patterns in two seasons, the low water temperature season (16°C) and the high (26°C). Animals were separately accommodated in circular tanks, in which substrates were prepared one half of the floor and the other half was blank. Attachment site was observed for five days at intervals of every three hours, and the number of attachment times was compared between the substrate side and the blank. A seasonal change of selection was recognized for several of the substrates. A remarkable change was observed : animals showed an aversion to sand in the high water temperature season only. We suggest that the characteristics of substrate, light condition, and coloration play an important role in the attachment site selection of *A. japonicus*, and the seasonal distribution pattern of wild animals is considered to follow such habitat selection.

Key words : Benthos, Echinoderm fisheries, Ecology, Feeding, Growth

緒 言

成体マナマコ *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867) の分布動態に関して、浜野ら¹⁾は、山口県瀬戸内海に設置された藻礁群に分布するマナマコが、礁を中心として活動期に離散し、夏眠期に集合するという季節分布の存在を明らかにし、自由生活色の強いマナマコの資源増殖においても、拠点的な住み場を整備する重要性を指摘した。効果的な住み場整備の実現には、季節分布の形成メカニズムを理解し、生態的知見に基づいた計画を策定する必要があるが、本種においては、まだ確固たる知見が得られていない。一般的に、生物の季節移動には、同じ場所に留まることによって遭遇する餌条件や環境条件の局所的な悪化を避ける目的があるとされ²⁾、本種の季節移動も究極的には同じ目

的で生じると考えられる。しかし、そのメカニズムについて、餌条件や環境条件の悪化そのものを因子として、逃避行動的な季節移動が生じると考えるのは短絡的である。例えば、山口県西部の水産大学校前海の小港において実施された調査³⁾では、岸壁の構造物を中心にして周囲の砂泥底にマナマコが分散する季節分布が認められたが、季節移動と前後する環境条件の局所的な変化は認められず、調査地を含む全体的な環境条件の変化だけが認められた。このような場合、マナマコが条件の悪化そのものから逃避することは出来ないことから、悪化した条件下でも生残に有利な場所を選択するよう、季節移動が生じるとする考えがより合理的であろう。そこで、著者らは、季節分布の形成メカニズムとして、水温、光量、日長のような季節性のある環境条件の変動に応じて、個体の住み場選択性自体に季節

2008年9月28日受付. Received September 28, 2008.

1 北海道大学大学院水産科学院 (Benthos Research Group, Graduate School of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan)

2 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

3 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041-8611, Japan)

† 別刷り請求先 (corresponding author) : yamanamako@gmail.com

変化が生じ、砂泥や構造物などの間で季節移動が生じるとする仮説を立てた³⁾。

しかし、これまで本種において季節的に住み場選択性が変化したことを報告した研究例はなく、分布パターンが附着基質選択性に従うかどうかの検証以前に、附着基質選択に季節性が存在するかどうかさえ明らかでない。そこで本研究では、そのような季節性の有無を明らかにすることを目的に、季節性のある環境条件の変動として低水温期と高水温期に分けて、様々な附着基質に対するマナマコの附着位置・回数の変化を調べる基質選択実験をおこなった。

材料と方法

実験個体には、2003～2004年の冬季に採集された山口県産の青色型の成体マナマコを用いた。ここでは、これらを水産大学の自然海水かけ流しの屋外水槽で魚介類とともに自然に近い状態で飼育し、低水温期と高水温期の条件共通の実験個体として供した。各実験は、飼育水温が各設定温度に達してから、低水温を2005年2月24日～5月31日に、高水温を同年7月27日～9月4日におこなった。設定水温は、低水温期を16℃、高水温期を26℃とし、実験開始時に、同校の恒温室内に設置した海水循環水槽に実験個体を移し、実験期間を通じて水温変化の無い状態に保ちながら、同じ恒温室内で実験をおこなった。低水温期の実験終了時には実験個体を屋外水槽に戻し、高水温期には再び同じ手順で実験に用いた。各条件の設定温度は、使用した恒温室の利用可能水温の下限が16℃であったことから、これを低水温期の設定温度とし、その+10℃である26℃を高水温期の設定温度とした。本実験期間中の16℃および26℃は、崔⁴⁾の報告によれば、青色型のマナマコの成長期および夏眠盛期に相当する水温である。また、水産大学前海の小港における青色型の成体マナマコの調査³⁾でも、16℃および26℃が記録される水温上昇期間中に、海底を中心とした分布、岸壁の構造物を中心とした分布がそれぞれ観察されており、本実験の水温の設定は適切だったと考える。日長と光量については、人工白色照明による管理をおこない、各条件とも5:30～18:30までを明期とし、どの実験水槽にもほぼ均等に光が届くように調整して、水槽中心部の照度が309～685 Lux (平均452 Lux) となるようにした。

本研究では、1つの水槽に敷く底質は1種類だけとし、底質の種類を変えた実験区の間で、底質部分への滞在回数を比較する方法で実験をおこなった。実験水槽は、白色の円形水槽の底面を2分して片側だけに底質を敷いたものを

準備し (Fig. 1), マナマコを1個体ずつ収容した。底質は、海砂 (250～1000 μm , グレースケール平均で75%の濃い灰色, 水産大学前に近い磯で採集した海砂を蒸留水で洗浄煮沸後に天日乾燥して使用), 市販の白色の玉砂利 (長径20～40 mm), 市販の黒色の玉砂利 (長径20～40 mm), 日光に晒して退色させたカキ殻 (長径50～70 mm, 白色), 海水に漬け込んで藻類 (盤状ケイソウなど) を附着させたカキ殻 (長径50～70 mm, RGB平均で117:104:59の緑褐色) の5種と、何も底質を用意しないコントロールを加え6種

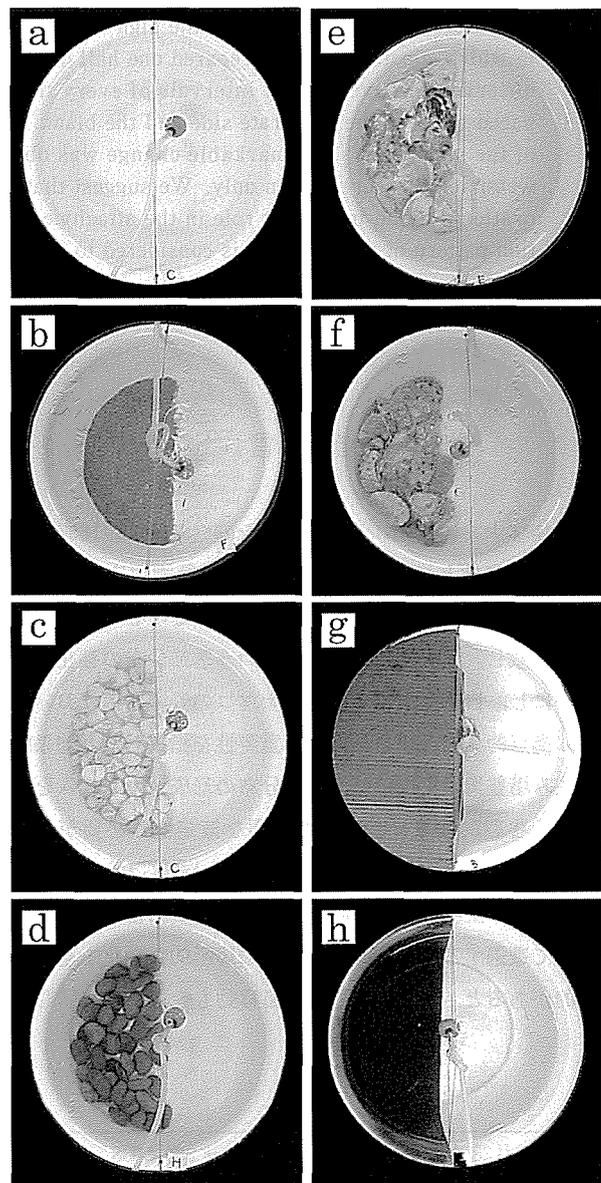


Fig. 1. Photographs of the experimental tanks : a, control (blank); b, sand; c, gravel (white); d, gravel (black); e, oyster shell (decolorized by sun bleaching); f, oyster shell (covered with diatoms); g, shading only (no substrate added); h, painting (black).

とした。また、同様の方法により、円形水槽の片側を遮光した実験区、片側を黒色に塗装した実験区において、光の明暗や色の濃淡に対する選択性も調べた (Fig. 1)。円形水槽内には、10 cmの深さで砂濾過海水を入れ止水にし、水槽の中心に上からエアストーンを垂下して微通気をおこなった。海水は1日に1回、半分ずつ交換し、実験中は無給餌とした。

実験に用いるマナマコは、標準体長⁵⁾ 50~100 mmの小型サイズと100~150 mmの中型サイズに分けて扱い、円形水槽はマナマコのサイズに合わせて口径42 cmと58 cmの2種類を用いた。1種の底質に各サイズ5個体ずつ計10個体を用いて実験をおこない、計8種の底質について80個体を供試した。実験個体の平均体サイズは、低水温期と高水温期のそれぞれで、小型サイズが85±12 mm (mean±sd) と80±8 mm, 中型サイズが139±11 mmと134±12 mmで、低水温期の方が個体のサイズがわずかに大きかった。

付着位置の観察は、全ての実験個体に対して、3時間毎に5日間、計40回実施した。円形水槽内の付着位置は、底質を敷いた片側を実験区、底質を敷かず円形水槽の白色の底面が露出した片側を対照区とした (Fig. 2)。遮光した片側や塗装した片側についても同様に実験区とした。次に、両区内の付着位置を、水槽の底面 (Floor : F)、壁面 (Wall : W) の2つに大別した。マナマコの付着器官である管足は腹面に存在することから、ここでは、マナマコ

が腹面を接する場所を付着位置とみなした。しかし、水槽の底面に付着している場合でも、実験個体が壁面に寄り添うように付着する場合や、実験区と対照区の境界付近に付着する場合があります、これらを体側の一部が壁面に接する場合 (Floor margin : Fm) と、他方の区に接する場合 (Floor edge : Fe) に細分した。また、壁面についても同様に、底面に接する場合 (Wall bottom : Wb) と水面に接する場合 (Wall surface : Ws) に細分した。本研究では、これらの付着位置において得られた観察回数データが、実験区と対照区のどちらか一方に対して偏っているかどうかを検討するため、二項分布の理論値の95%信頼区間からの逸脱を調べた。

本実験では、各実験条件に各サイズ5個体分、計10個体分のデータしかないので、統計学的なデータ処理には制限が大きい。しかし、用いた水槽のサイズと比較し、成体マナマコの移動速度⁶⁾ は12~17℃で約50 m/day, 18~25℃で約22 m/dayと大きく、観察のインターバルである3時間の間には実験水槽内の全域を十分に移動できることから、連続したデータであっても反復したデータを蓄積しているわけではなく、その嗜好性に依じて毎回場所を変えていると判断して統計解析の適用も試みた。

結 果

低水温期と高水温期の2つの実験期間で、マナマコの行動パターンに明らかな違いが認められた (Fig. 3)。低水温期には、どの実験条件でも各付着位置への滞在時間は短く昼夜ともに活発に移動した。一方、高水温期には、選択性の高い付着位置が存在し、これを基点とした移動が主に夜間に観察された。以上のように、高水温期にも夜間には観察回数に付着位置を変えていたことから、本研究の3時間間隔のデータは統計解析の適用に耐え得ると判断された。各付着位置での観察回数には、ほとんどの場合では小型サイズと中型サイズで同じ付着パターンを示したが、低水温期のカキ殻の2条件では、実験区の付着パターンでサイズによる差が認められた (2 試料 χ^2 -検定, $P_s < 0.01$) (Table 1)。また、高水温期にも、白色の玉砂利では実験区で、黒色の玉砂利では対照区で、同様に差が認められた (2 試料 χ^2 -検定, $P_s < 0.01$) (Table 1)。ここではこれらの4つの条件ではサイズ別に付着基質選択の季節性の有無を検討し、これら以外の条件では、各5個体のデータをプールして、10個体分として計400回の付着位置の観察から検討した。

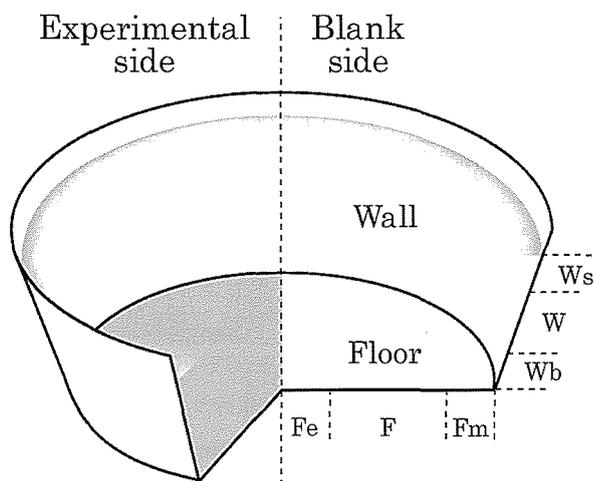


Fig. 2. Sectional view of an experimental tank. Characters indicate the attachment site: Ws, wall surface; W, wall; Wb, wall bottom; Fm, floor margin; F, floor; Fe, floor edge. If the *Apostichopus japonicus* on the wall makes contact with the water surface or the floor of tank, it is classified into Ws or Wb, respectively. In a likewise manner, animal on the floor contacts with the wall or the other side is classified into Fm or Fe, respectively.

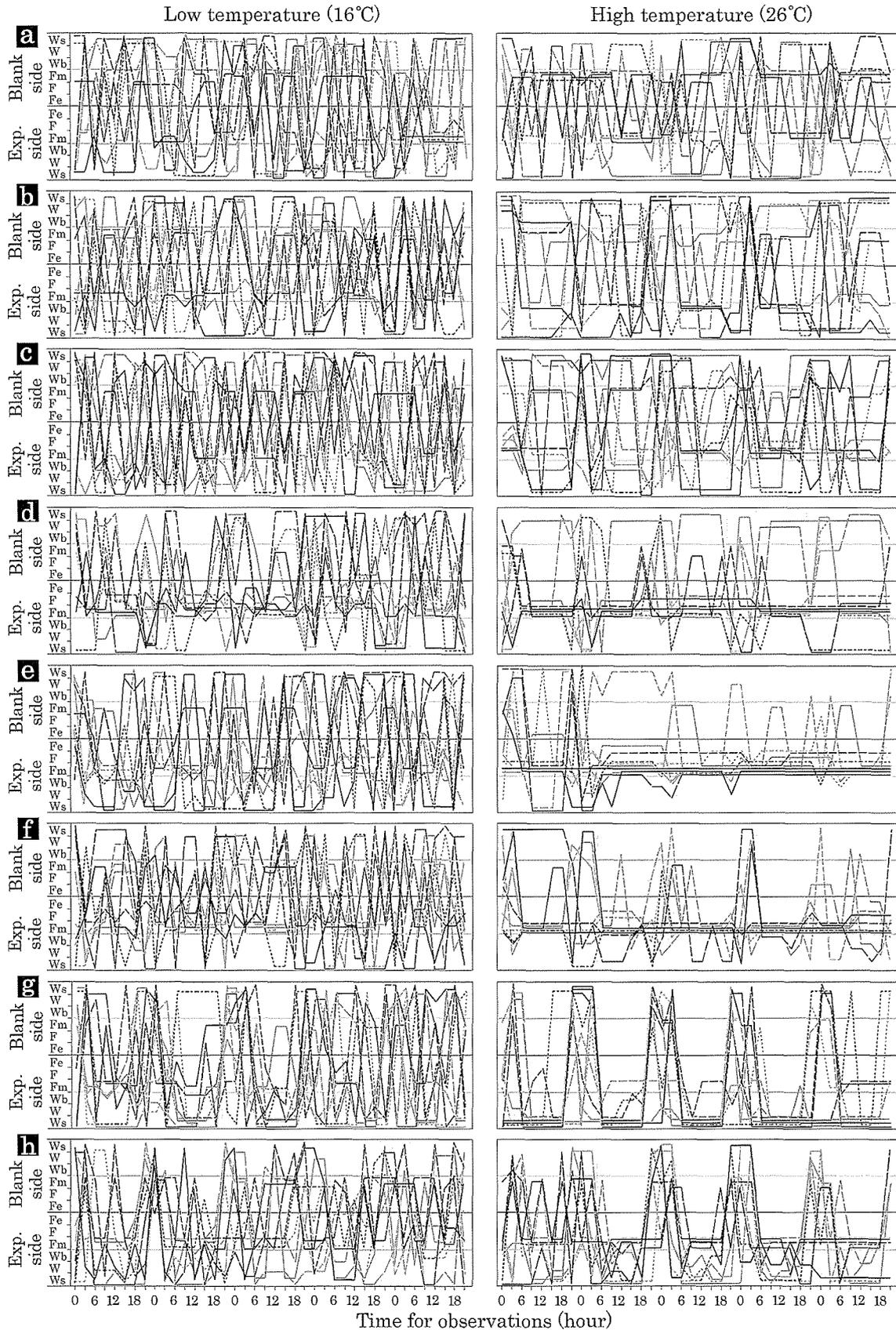


Fig. 3. Attachment site changes of all *Apostichopus japonicus* observed every three hours for the five day period. Five small sized animals (Standard length⁵¹ 50–100 mm ; gray lines) and five medium sized animals (100–150 mm ; black lines) were used in each experimental set. Characters a–h are the same as in Fig. 1. Shaded parts indicate the nighttime (18 : 30–5 : 30).

Table 1 Analysis of attachment site between two size classes of *Apostichopus japonicus*. **: $P < 0.01$, by the χ^2 two-sample test

Substrata*1	Size class*2 of animals	Low temperature (16°C)												High temperature (26°C)											
		Blank side						Experimental side						Blank side						Experimental side					
		Ws	W	Wb	Fm	F	Fe	Fe	F	Fm	Wb	W	Ws	Ws	W	Wb	Fm	F	Fe	Fe	F	Fm	Wb	W	Ws
a	S	56	10	11	27	4	0	0	5	24	7	16	40	15	8	3	49	3	0	0	8	56	3	13	42
	M	40	5	4	34	6	4	2	4	45	2	8	46	32	1	4	85	2	0	2	0	53	1	3	17
b	S	22	12	5	49	1	0	2	4	65	9	7	24	48	9	15	33	2	0	0	0	20	38	4	31
	M	40	8	5	35	4	1	2	2	42	9	10	42	57	4	8	26	0	0	0	0	5	46	3	51
c	S	40	9	8	20	3	3	2	4	36	17	10	48	38	9	3	31	4	0	2	16	51	27	7	12**
	M	54	10	11	34	3	0	1	1	26	13	7	40	46	5	5	37	2	0	1	2	46	5	4	47
d	S	19	7	1	15	2	6	5	43	81	3	4	14	44	7	4	5	1	1**	0	24	84	9	2	19
	M	40	4	3	16	0	1	8	26	64	1	1	36	4	1	0	17	0	0	0	19	134	4	0	21
e	S	18	3	7	11	3	7	7	19	71	24	8	22**	20	2	5	9	1	4	7	23	106	15	4	4
	M	55	5	6	23	3	1	3	3	27	14	9	51	7	1	0	2	0	1	0	25	136	13	3	12
f	S	16	2	2	45	2	3	0	13	92	3	7	15**	4	6	3	5	6	0	4	22	126	12	7	5
	M	39	5	4	25	5	2	2	26	51	3	1	37	13	1	0	6	1	1	0	7	139	12	5	15
g	S	24	9	7	11	2	1	3	4	34	12	8	85	11	6	0	8	3	0	0	3	23	1	8	137
	M	48	10	2	24	1	1	3	4	36	5	10	56	27	3	2	11	0	0	0	2	24	4	2	125
h	S	21	3	3	52	4	0	4	3	65	3	11	31	15	7	0	25	0	0	0	2	54	9	21	67
	M	14	7	9	22	6	4	7	15	48	13	22	33	10	3	2	30	0	0	0	0	91	4	13	47

*1 Substrata a-h are shown in Fig.1.

*2 Small sized animals (S) and medium sized animals (M) are ranged in 50 – 100 mm and 100 – 150 mm in standard length,⁴⁾ respectively.

水槽内に何も底質を用意しない条件では、低水温期に全観察回数の50%、高水温期に同50%が、実験区として設定した片側における付着頻度となり、各付着位置での観察回数についても特定の片側への偏りは認められなかった（2項検定, $P_s > 0.01$ ）（Fig. 4 - a）。以上の結果は、コントロールとしての理想に近く、円形水槽を用いた付着位置の観察回数のバイアスは無かった。各付着位置での観察回数は、どの実験期間においても、WsおよびFmにおいて特に高い値となり、これら以外の付着位置における観察回数も、両区で良く似た値となった。

実験条件別に見ると、まず、海砂を敷いた条件では、付着位置別の観察回数について、高水温期にWbとFmにおいて、それぞれ実験区と対照区への偏りが認められた（2項検定, $P_s < 0.01$ ）（Fig. 4 - b）。低水温期には、このような実験区と対照区の利用パターンの違いは認められず、両区ともWsおよびFmがよく利用されていた。海砂を敷いた実験区のFmにおいては、一見すると同じような隅の方の付着位置を選択しているようでも、高水温期と低水温期では異なる選択性が認められる結果となった（Fig. 5）。

玉砂利を敷いた条件では、小型サイズと中型サイズで異なる付着パターンとなったことから、高水温期にサイズ別の解析をおこなった。結果、玉砂利の色によって選択性に

違いが認められた（Fig. 4 - c, d, Table 1）。白色の玉砂利では、付着位置別の観察回数について、高水温期に小型サイズの結果に偏りが生じ、Wsでは対照区に、Wb, Fm, Fでは実験区に偏ったが（2項検定, $P_s < 0.01$, Fmだけ $P_s < 0.05$ ）、中型サイズでは偏りは認められなかった。低水温期には、このようなサイズによる違いや片側への偏りは認められず、両区ともWsおよびFmがよく利用されていた。黒色の場合、付着位置別の観察回数について、低水温期と高水温期のどちらにおいても、実験区のFmとFへの極端な偏りが認められた（2項検定, $P_s < 0.01$ ）。また、高水温期には、Wsの付着回数で小型サイズと中型サイズの結果が大きく異なり、小型サイズでは対照区に、中型サイズでは実験区に偏った（2項検定, $P_s < 0.01$ ）。

藻類の付着の有無に関わらず、カキ殻への付着の偏りが高水温期と低水温期の両方で認められた（Fig. 4 - e, f）。さらに、高水温期には、他の条件と大きく異なり、夜間でも特定の位置への実験個体の付着が継続し（Fig. 3）、そのような場合には、実験個体がカキ殻に体を密着させた状態だった（Fig. 6）。一方、低水温期には、特定の位置への付着が継続することはなく、カキ殻への密着も観察されなかった。カキ殻を敷いた実験区では、小型サイズと中型サイズで異なる付着パターンとなったことから、低水温期

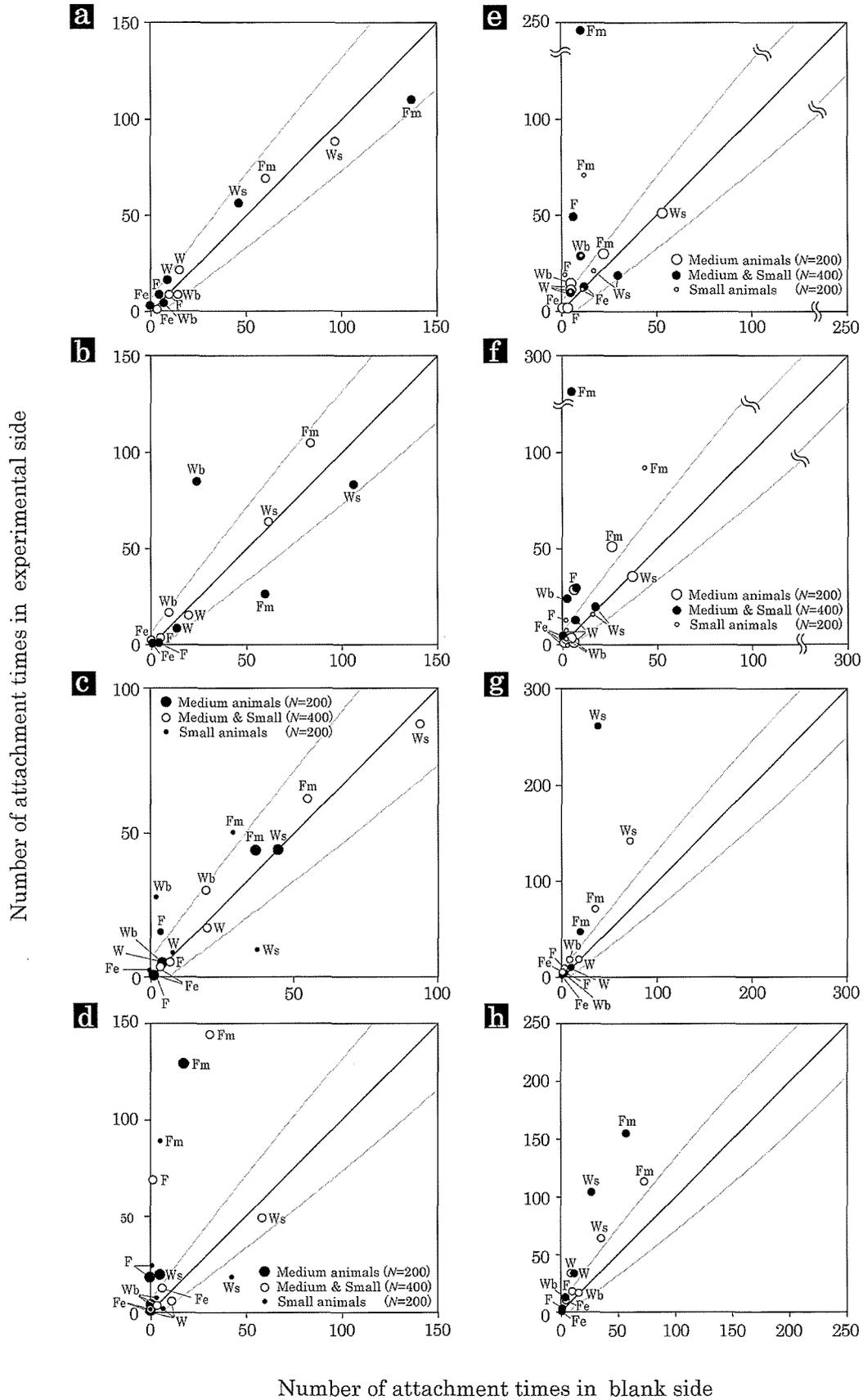


Fig. 4. The order relationship at each attachment site between the number of attachment times in the blank side and the experimental side. White and black dots indicate the values at the low and high water temperature seasons, respectively. Characters a - h are the same as in Fig. 1. Gray curves denote 95% confidence interval of binomial distribution.

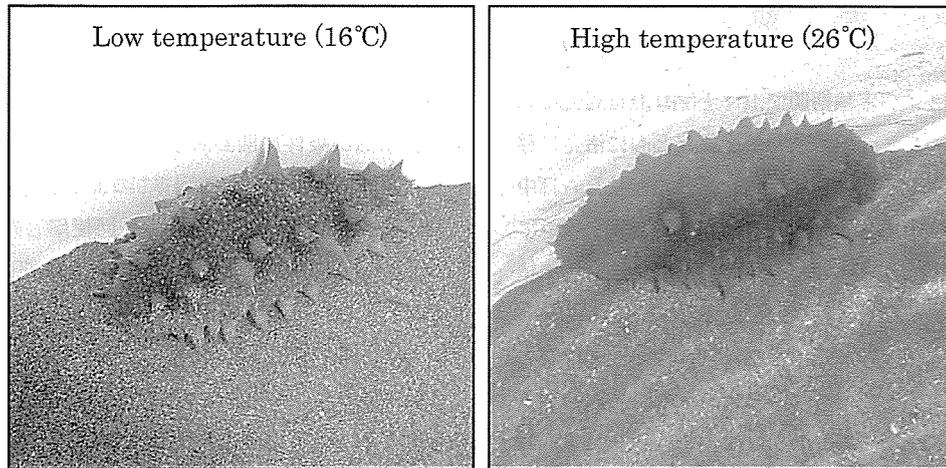


Fig. 5. Photographs of typical attachment state of *Apostichopus japonicus* in the experimental tank with sand. In the low water temperature season, animals attaching to sand were often observed. Such a state was seldom detected in the high water temperature season, however, animals attaching to the tank wall with contacting to sand were frequently observed.

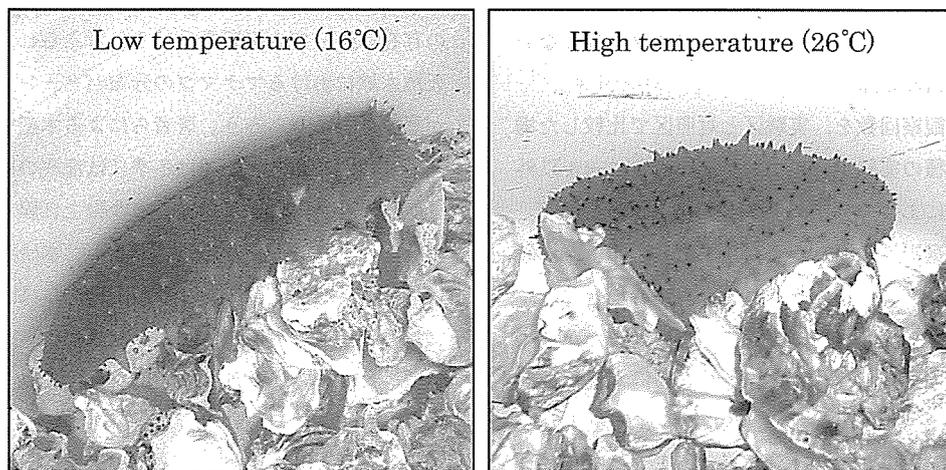


Fig. 6. Photographs of typical attachment state of *Apostichopus japonicus* in the experimental tank with oyster shells. Animals attaching to shells and getting between shells were frequently observed in low and high water temperature season, respectively.

にサイズ別の解析をおこなった (Fig. 4-e, f, Table 1)。結果、退色させた場合、付着位置別の観察回数について、高水温期に実験区のWb, Fm, Fへの偏りが認められた (2項検定, $P_s < 0.01$)。低水温期には小型サイズに限って同様の偏りが認められたが (2項検定, $P_s < 0.01$)、中型サイズでは偏りは認められなかった。藻類を付着させた場合にも、高水温期には同様の付着パターンが認められ、実験区のWb, Fm, Fへの偏りが認められた (2項検定, $P_s < 0.01$)。一方、低水温期には、Fm, Fへの偏りだけ認められ (2項検定, $P_s < 0.01$)、Wbへの偏りは認められず、サイズ別の結果にも偏りに違いは認められなかった。

円形水槽の片側を遮光した場合と黒色に塗装した場合で

は、どちらの場合も実験区への選択性が高水温期と低水温期の両方で認められた (Fig. 4-g, h)。付着位置別の観察回数では、遮光した場合、低水温期と高水温期のどちらにおいても、実験区のWsとFmへの偏りが認められた (2項検定, $P_s < 0.01$)。黒色に塗装した場合にも、両期ともにWsとFmへの偏りが認められ (2項検定, $P_s < 0.01$)、加えて高水温期にはWとWbへ、低水温期にはWへの偏りがそれぞれ認められた (2項検定, $P_s < 0.01$)。遮光した場合の各付着位置における平均照度は、実験区と対照区の境界であるFeで93 Luxと高かったほかは、大差なく21~30 Luxの範囲内であった。

考 察

本実験では、2つの実験期間で、マナマコの日周性に明らかな違いが認められ、低水温期には昼夜ともに活発に移動した一方、高水温期には夜間にだけ活発に移動し、日中は不活発な状態で一所に留まった。活動記録装置を用いて本種の日周性について調べた加藤ら⁹⁾は、無底質の水槽内における本種の活動日周性が水温によって異なる傾向を報告し、25℃での夜間活動率が100%と高い一方、12℃では42%まで低下するとし、本研究の観察結果にも共通することから、このような行動パターンは本種にみられる一般的な特徴であると考えられる。しかし、カキ殻の場合には、高水温期の夜間でさえ、基質に密着し付着し続けるという日周性の例外が認められ (Fig. 3)、カキ殻への非常に強い選択性が示唆された。一方、カキ殻と同様に強い基質選択性が示された黒色の玉砂利の場合には、夜間には日周性に従って活発な移動が観察され、基質への依存は強くないと考えられた (Fig. 3)。

付着位置別の観察回数を、実験区と対照区で比較した場合、本研究の8種の実験条件について、コントロール以外では、実験期間によって必ず何らかの変化が認められた。特に、付着基質選択性に明らかな変化があったのは、海砂と白色の玉砂利の2つの条件であった。海砂の場合には、低水温期に対照区と実験区で選択性に差はなかったが、高水温期に差が生じた (Fig. 4-b)。ただし、低水温期に砂の影響が無かったという訳ではなく、何も底質を入れなかったコントロールと比較してWsとFmの大きさが入れ替わるなどの変化があった。高水温期には、海砂を敷いた実験区ではWbで、対照区ではFmで選択性が高くなった。これらは隣り合わせの付着位置であり、コントロールの条件での利用パターンを見るとFmに本来の選択性があることから (Fig. 4-a)、海砂を敷いた場合にFmよりもWbを選択する行動は、海砂に対する相対的な選択性の低下によるものではなく、海砂に対する忌避行動であると考えられる (Fig. 5)。白色の玉砂利の場合には、高水温期に小型サイズと中型サイズで異なる結果が得られ、小型サイズに限って実験区のFm、F、Wb、対照区のWsへの偏りが認められた。これら海砂と白色の玉砂利の2つの条件では、本研究で検証を目的とした、個体の住み場選択性自体に季節変化が生じるとする仮説を明確に裏付ける結果が得られたと考える。

付着基質選択性の重要な要因であると考えられることから、光の明暗や色の濃淡に対する選択性も調べた結果、円

形水槽の片側を遮光した場合には、水温の条件に関わらず、実験区のWsにおいて選択性が高く、明らかな背光性が認められた (Fig. 4-g)。黒色に塗装した場合にも同様に、水温の条件に関わらず、実験区において選択性が高かった (Fig. 4-h)。また、このような色彩への選択性が存在することを考慮すると、今回使用した海砂に関しては、濃い灰色であったことから、低水温期にみられたコントロールとの付着パターンの違いについても、色彩の影響であった可能性がある。

以上より、成体マナマコは、特定の基質に対する選好や忌避を示す明確な付着基質選択性を有し、これを季節的に変化させることが明らかになった。付着基質の選択に関する要因としては、基質そのものの表面構造に加えて、光条件や色彩などの要素も重要であることが示唆された。円形水槽内の実験区における付着基質と付着位置の選択は、対照区という他の基質の存在や、他の付着面および境界部分の存在によっても影響を受けると考えられ、おそらくは、天然水域におけるマナマコの分布パターンにも同様の選択が反映されるであろう。著者らによる水産大学校前海での調査では、成体マナマコは冬季には海底の砂泥上にも広く分布する一方、夏季には港の構造物上に限って分布する季節分布パターンが認められている³⁾。本研究では、海砂を付着基質として実験をおこなった場合には、高水温期に砂に対する忌避と考えられる観察結果が得られたことから、特に砂に対する選択性の季節的な変化については、このようなパターンの形成に大きく影響しているだろう。また、本実験では、マナマコのサイズ別の実験結果に差が認められる場合もあり、基質選択性の変化には、季節的な変化だけでなく成長に伴う変化も存在し、これらの両方が天然水域における分布パターンの形成に影響すると考えられる。

謝 辞

実験に供するマナマコを提供して下さった、水産大学校の山元憲一博士、竹下直彦博士、本研究に助力を賜った、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。なお本研究の一部は日本学術振興会の奨励制度 (DC 2, No. 19-1156) による援助を受けた。記して謝意を表する。

要 約

マナマコの付着基質選択における季節性の有無を明らか

にすることを目的に、季節性のある環境条件として水温に着目し、低水温期（16℃）と高水温期（26℃）の2つの実験期間で、マナマコの付着基質選択実験をおこなった。実験には円形水槽を使用し、底面を2分して片側だけに底質を敷き、底質の有無による付着回数の多少を比較する方法をとった。その結果、複数の種類の底質で選択性に変化が生じ、特に海砂を底質とした場合には、高水温期に限って忌避的な行動が観察されるなどの明確な変化があり、天然水域でのマナマコの季節分布パターンもこれに従うと考えられた。また、本研究から、マナマコの付着基質選択には、基質の表面構造、光条件、色彩などが重要であることが示唆された。

文 献

- 1) 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, 179-186 (1989)
- 2) Begon M, Harper JL, Townsend CR: Ecology. Blackwell Science Ltd, UK. (1986)
- 3) Yamana Y, Hamano T, Goshima S: Seasonal distribution pattern of adult sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) in Yoshimi Bay, western Yamaguchi Prefecture, Japan. (投稿中)
- 4) 崔相: なまこの研究. 海文堂, 東京, 1-226 (1963)
- 5) Yamana Y, Hamano T: New size measurement for the Japanese sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Stichopodidae) estimated from the body length and body breadth. Fisheries Science, 72, 585-589 (2006)
- 6) 加藤暁生, 平田八郎: 水槽内におけるマナマコの日周性と水温. 水産増殖, 38, 75-80 (1990)