和歌山県田辺湾の畠島干潟におけるワダツミギボシムシ糞塊の数と分布
― 1970 年代の調査から ―

西　川　輝　昭

Teruaki NISHIKAWA: Number and distribution of casts deposited by *Balanoglossus carnosus* (Hemichordata: Enteropneusta) on a sandy flat on Hatakejima Island, Tanabe Bay, Kii Peninsula, Japan, in the 1970's

南　紀　生　物
第 62 巻　第 1 号　別刷

Reprinted from
NANKI SEIBUTU: The Nanki Biological Society
Vol. 62, No. 1
June 2020

南紀生物，62(1): 13-18，2020

和歌山県田辺湾の畠島干潟におけるワダツミギボシムシ糞塊の数と分布
― 1970 年代の調査から ―

西　川　輝　昭*

Teruaki NISHIKAWA: Number and distribution of casts deposited by *Balanoglossus carnosus* (Hemichordata: Enteropneusta) on a sandy flat on Hatakejima Island, Tanabe Bay, Kii Peninsula, Japan, in the 1970's

は　じ　め　に

紀伊半島田辺湾に浮かぶ畠島の西岸に広がる干潟は，熱帯系の大型腸鰓類ワダツミギボシムシ *Balanoglossus carnosus*（WILLEY, 1899）の高密度生息で広く知られてきた（西川，2018）。潮が引くと砂の紐で出来た糞塊を一斉に渦巻状に積み上げる壮観さにも魅かれて（図 1A），筆者はこの個体群の生態学的研究を 1972 年に開始したが，その結果は未発表のままであった。ここでは，1973 年および 1976 ～ 78 年に行った糞塊の分布と実数調査の結果を，おそらく最古の定量的データとして報告する。類似の調査の結果はすでに和田・山本（1989）が 1981 ～ 88 年分について報じ，また，糞塊密度については故大垣俊一博士が主宰して 1993 年に始まり 2018 年に至る 5 年ごとの畠島全島調査の報告（OHGAKI, 2001 など）で触れられている。小文では，これらのデータを利用し，糞塊の数や分布の今日に至る変化について考察を試みる。

その前に，小文に必要な範囲で，当該個体群の生態を筆者資料によって記す。巣穴（坑道）は多少とも屈曲しつつ，入口から 45 ～ 60 度程度の傾斜で深部に向かい，深さ 30 ～ 50 cm で水平部に達するが，それもあまり長く続かないうちにほぼ垂直に出口に向かう。つまり，坑道はやや変形した U 字型である。坑道内壁は，出入口近傍以外，常に粘液でしっかりとコーティングされている。内径は U 字型の底のあたりで直径 17 ～ 21 mm 程度。坑道が表面に向って二叉ないし三叉した状態がよくみられることが石膏型からわかっているので，虫体は定められた巣穴に定住するのではなく，坑道の一部を新たに掘削しつつ基質中を移動するものと推察される。坑道

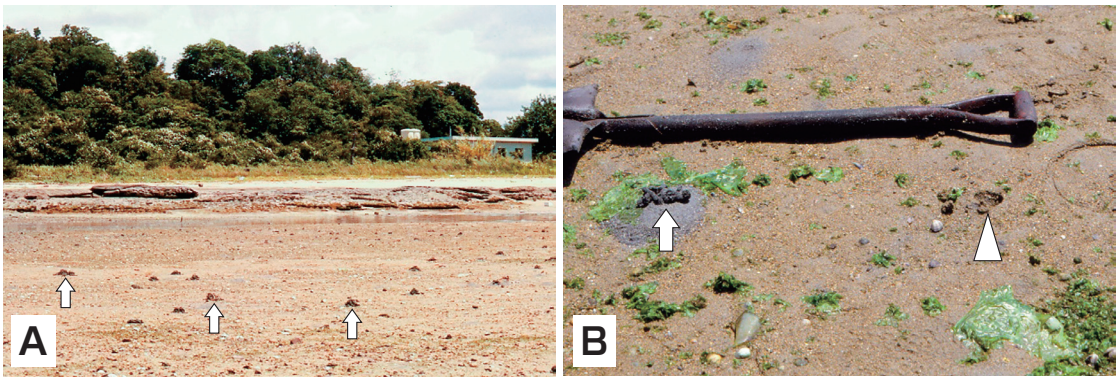

図 1　A: 畠島西岸干潟（調査地）から畠島を望む。干潟にはワダツミギボシムシの糞塊が高密度でみられ，そのごく一部を矢印で示した。右上の建物は瀬戸臨海実験所畠島分室。1978 年 8 月 17 日撮影。B: 畠島干潟におけるワダツミギボシムシの巣穴の入口（矢尻），および出口に積み上げられた糞塊（矢印）。写っているシャベルの柄の長さは約 70 cm。1988 年 7 月 31 日撮影。

Fig. 1. A: Photograph showing a high density of *Balanoglossus carnosus* casts on the Hatakejima Island sandy flat (a few indicated by arrows), 17 Aug. 1978. Hatakejima Branch of Seto Marine Biological Laboratory visible at top right. B: Beginning (arrowhead) and end [with a cast (arrowed)] of a *Balanoglossus carnosus* burrow on the flat, 31 July 1988 (shovel handle length ca. 70 cm)

*　〒 305-0005 茨城県つくば市天久保 4-1-1　国立科学博物館動物研究部　nishikawateruaki@gmail.com

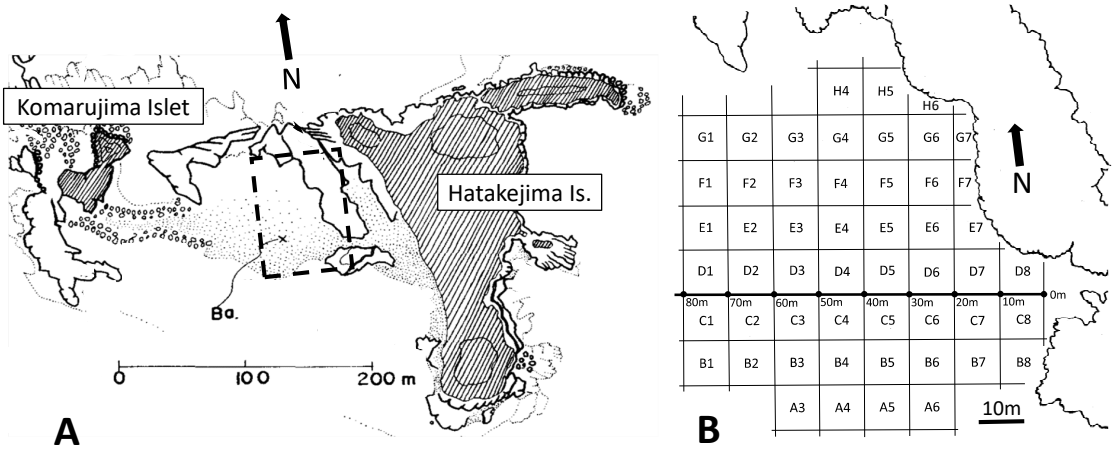

図 2　A：畠島干潟の地図（Tokioka（1963）の text－fig. 2 を改変）。Ba は“*Balanoglossus* field”，すなわちワダツミギボシムシ糞塊の原図執筆当時の分布域，破線で囲った四角は調査区（図 2B）のおおよその位置を示す。B：調査区を構成するメッシュの配置。

Fig. 2. A：Map showing the sandy flat west of Hatakejima Island, modified from Tokioka（1963, fig. 2），“Ba”indicating the “*Balanoglossus* field”and dashed lines, the approximate site of the present survey. B：10m x 10m quadrats surveyed from 1973 to 1978.

掘削に伴って糞塊が排出されることになる。坑道の出入り口は 60 ～ 100 cm 程度離れており，入口は干潟表面に直径 5 ～ 6 cm，深さ 2 ～ 3 cm の上に開いたじょうご型で開口する一方，出口には直径 10 ～ 15 cm 程度の広がりで糞塊が積み上げられ（図 1B），黄橙色ないし橙色の肛門端が覗くこともある。ただし，入口が不明瞭なことも少なくない。糞塊やじょうご型開口部が一見全く認められない場所を掘っても時に虫体が見つかるから，ひと潮のうちにまったく糞塊を築かない個体もいることになる。糞塊ひとつの湿重量はおよそ 80 ～ 150 g，稀に 230 g に達する。糞塊を構成する「紐」の直径（ないし長径）はおよそ 7 ～ 13 mm で，多くは始端から終端までほぼ同径だが，そうでない例も稀に見られた。以上は，Hatai & Mii（1955；論文では単に *Balanoglossus* として記述）による高知県浦ノ内湾干潟における観察，和田・山本（1984）による畠島における糞の排出状況や形状調査，および坂井ほか（2001）による能登半島沿岸潮下帯における調査や水槽観察による本種の知見とおおむね矛盾しない。ただ，和田・山本（1984）が巣穴内径を 8.5 ～ 17.0 mm としている点は食い違う。測定部位が異なったのかもしれない。さらに，坂井ほか（2001）は糞塊が紐状にはならず単峰または双峰の砂山を築くとしているが，この差異の原因は未解明である。

方　　法

畠島の西岸に広がる干潟（図 2A）において，1972 年 7 月と 12 月および 1973 年 3 月～ 5 月の予備調査の結果を参考にして，ワダツミギボシムシの糞塊をすべてカバーするように調査区を設けた（図 2B）。なお，この調査区から西方（小丸島寄り）にやや離れた場所― Ohgaki（2003）などが報じた Plot 21 と 22 を含む―にも時に糞塊が少数出現したが，本調査からは除外した。調査は大潮の干潮時刻を挟んで行い，1973 年 6 月 16 日，1976 年 5 月 31 日と 6 月 29 日，および 1977 年 6 月 4 日には，岸から引いた定線をもとに，メジャーを使って 10 m のメッシュを作成し，各メッシュ内の糞塊数をすべて数えた。さらに，1978 年 5 月 8 日，6 月 21 日，および 7 月 20 日には，この調査区内の，隣り合うそれぞれ 6 個，8 個，そして 6 個のメッシュごとに，10 m 四方を縦横 1 m ごとに仕切ったナイロンロープ製枠（阿部直哉氏より借用）を使って，糞塊の位置を方眼紙に精密にプロットした。この時，糞塊は周囲にも多数認められたが，データは採らなかった。以上すべての調査において，対象は棒状構造が明確な糞塊に限った。

結　　果

10 m 四方の各メッシュ内（位置と名称は図 2B 参照）で発見された糞塊数と平均密度を表 1 に示す。なお密度の母数は，糞塊が見られたメッシュの数に単純に 100（m^2）をかけたものであり，面積がそれ以下であるメッシュ（B8, D8, E7, F7, G7, H6）についての補正は行っていない。さらに，和田・山本（1989）の詳細なデータ

と比較するために，C4 ～ C6 と D3 ～ D6（計 700 m^2）をその「永久コドラート（No.1）」（20 m × 36.5 m=730 m^2），そして E3 ～ E6（計 400 m^2）を「永久コドラート（No.2）」（10 m × 36.5 m=365 m^2）と対応させた（筆者による 1978 年の小規模精密調査の結果には適用できなかった）。この処置は，上記和田・山本報告の著者のひとり和田恵次博士による永久コドラートの位置についてのご教示（和田，私信）に基づき，それを小文における調査区メッシュで可能な限り再現するために，筆者が専断で行ったものである。こうして求めた 2 つの「永久コドラート」相当区域における糞塊の最高密度の年次推移を，和田・山本（1989）による 1981 ～ 88 年のデータで補完して示したのが図 3 である。1973 年と 1977 年はそれぞれ 1 回しかデータがないので，やむなくこれを年間最大値とみなしたが，1976 年と 1978 年はそれぞれ複数回調査したのでその最大値を用いた。和田・山本（1989）は 1981 年 7 月以来，年間 4 ～ 12 回の調査を行った。1984 年 7 月 14 日までは「永久コドラート（No.1）」

表 1　畠島干潟におけるワダツミギボシムシの 10 m×10 m メッシュ毎の糞塊数。メッシュの名称は図 2B 参照（調査期間を通じて糞塊が全く出現しなかったメッシュは本表から除外）。

Table 1. Number of casts deposited by *Balanoglossus carnosus* on 10 m × 10 m quadrats on a sandy flat on Hatakejima Is., Tanabe Bay, Japan.（Mesh codes as in Fig. 2B；cast－free quadrats omitted；blank boxes indicate no data.）

メッシュの名称 Mesh code	調査年月日 Date of survey						
	16 June 1973	31 May 1976	29 June 1976	4 June 1977	8 May 1978	21 June 1978	20 July 1978
A3	0	0	2	0			
A4	0	0	3	0			
A5	0	0	1	1			
A6	0	0	0	2			
B2	6	1	1	0	26	4	
B3	5	0	5	4	41	10	
B4	4	0	20	11		6	
B5	0	0	15	16		4	
B6	0	4	4	9			
B8	0	0	1	0			
C1	2	0	0	4			
C2	14	6	2	9	26	11	17
C3	24	17	19	9	27	13	22
C4	15	17	15	20			
C5	14	21	21	19			
C6	1	10	12	12			
C7	0	2	3	7			
C8	6	0	0	0			
D1	7	2	1	0			18
D2	35	13	17	0	14	2	18
D3	24	7	15	19	18	6	16
D4	13	12	10	22			16
D5	5	9	12	25			
D6	6	10	15	21			
D7	20	8	6	25			
D8	4	0	0	0			
E2	0	5	3	16			
E3	2	3	4	11			
E4	14	25	19	23			
E5	10	15	9	23			
E6	31	33	14	21			
E7	6	7	14	30			
F4	8	4	1	7			
F5	20	9	0	10			
F6	22	11	20	9			
F7	1	10	8	16			
G4	0	2	0	0			
G5	6	4	0	0			
G6	10	4	5	12			
G7	2	4	4	20			
H6	2	5	0	0			
合計　Total	339	280	301	433	152	56	107
糞塊が見られたメッシュの数 Number of quadrats with casts	31	30	33	30	6	8	6
平均密度 Average density (m^{-2})	0.11	0.09	0.09	0.14	0.25	0.07	0.18

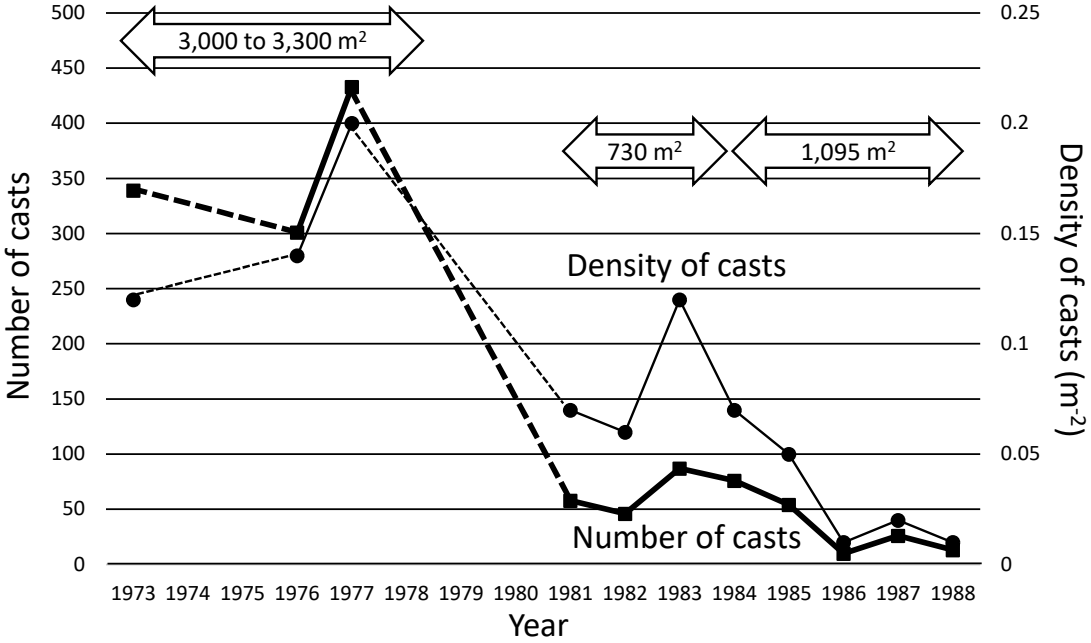

図 3　畠島干潟におけるワダツミギボシムシ糞塊の各調査年における最大実数（太線），最大密度（細線），および生息域の面積（両矢印）の年次変化；1981 年から 1988 年は和田・山本（1989）のデータによる。詳細は本文参照。

Fig. 3. Annual changes in maximum number (thick line), highest density (thin line), and distribution areas (double arrows) of casts deposited by *Balanoglossus carnosus* on the Hatakejima Island sandy flat. Pre−1978 densities adjusted for direct comparison with Wada and Yamamoto (1989) (for smaller distribution areas).

のみを用いたが，1984 年 7 月 23 日からは「永久コドラート No.2」を新設して併用したので，密度もこれに応じて，それぞれの年間最大値を使用して計算した。たとえば，和田・山本（1989）の表 1 から，1985 年には No.1 と No.2 が併用され，7 月 17 日に前者で 29 個，後者で 25 個と，ともに当該年における最大値であったので，両者を合計した 54 個を 2 つのコドラートの合計面積 1,095 m^2 で割って，密度を 0.05 と算出した。

また，上記のように和田・山本（1989）が 1984 年 7 月 23 日に「永久コドラート No.2」を新設したのは，和田の記憶（私信）によれば，その時点で糞塊の分布域が以前より広くなっていたことへの対応であった可能性が高く，調査全期間を通じて「永久コドラート」の外には糞塊はほとんど認められなかった。つまり，和田・山本（1989）の調査はすべて，糞塊分布域を網羅していたことになる。そこで，筆者の 1973 年，1976 年，および 1977 年のデータと和田・山本（1989）により，畠島西岸干潟における糞塊実数（年間最大数）の年次変化を図 3 に重ねてプロットした。

さらに，Ohgaki（2001 など）は 1 m^2 あたりの最大出現数のみを記録しているので，それとの比較検討のために，1978 年に 3 回おこなった精密なプロットから，それぞれの 1 m^2 あたりの最大出現数を求めたところ，5 月 8 日には 3 個，6 月 21 日には 2 個，そして 7 月 20 日には 3 個であった。

考　　察

表 1 から，1973 ～ 1977 年には畠島西岸干潟の調査区全体では 300 ～ 400 個程度の糞塊が観察され，また 10 m 方形枠あたりの最高密度が 0.3 /m^2 程度であったことがわかる。当時の糞塊分布域の面積は，方形枠 30 ～ 33 個分，つまり 3,000 ～ 3,300 m^2 で，顕著な変動はなかった。この面積は 1978 年でも大きく変わらなかったと考えられる。なお，筆者の野帳によれば 1975 年 4 月 25 日に調査区全体を対象に糞塊を数えあげて約 250 と記録し，1 m^2 あたりの最高密度を 3 ～ 4 個としている。このカウントがメッシュを使わない粗いものであったことを考慮すれば，1975 年の糞塊数は表 1 が示す 1976 年にほぼ匹敵するものと判断できる。ところが和田・山本（1989）と和田（上記私信）によれば，1981 年 7 月 30 日から 1984 年 7 月 14 日までは生息面積が 730 m^2 で推移し，同年 7 月 27 日から 1988 年 7 月 31 日までは 1,095 m^2 に増加したわけである。なおそれ以降については，糞塊実数と分布域に関して利用できるデータは皆無である。ともあれ，1970 年代と比べて 1980 年代には糞塊分布域が約 3 分の 1 程度に減少したことになる。糞塊数

（最大値）も，1981 年およびそれ以降には 100 個以下となり，1988 年には 13 個にまで落ち込んだ。糞塊の密度も図 3 が示すように，1980 年代は 1983 年を除き，1970 年代と比べて顕著に減少している。ちなみに，1983 年 5 月 13 日と 8 月 23 日に和田・山本（1989）は「永久コドラート No.1」（つまり当時の分布域全体）でそれぞれ 53 個と 59 個の糞塊を数えている。ちょうどこれらと同日に行われた Ohgaki *et al*.（1985）の調査では，この状況を相対的存在度「cc = abundant」と評価している。

1983 年より後の田辺湾では，京大瀬戸臨海実験所前タイドプールのカサガイ類（和田，1987）や畠島潮間帯ウニ類（Ohgaki *et al*., 2019）でも個体数の激減が報じられている。大垣（2008）は，田辺湾における 1955 ～ 2005 年の水質変化を詳しく解析して「1960 年代から 1980 年代にかけて，有機負荷の増大によって田辺湾の富栄養化が進み，1980 年代にピークに達した。その後は負荷の軽減に加え，黒潮の接近に伴う湾内水交換の活発化にも助けられて水質の改善を見た。」（p. 25）と結論づけた。富栄養化の影響は，畠島のワダツミギボシムシにも及んだのかもしれない。なお，ワダツミギボシムシは，学生実習による磯観察の 1949 年から 1983 年までの結果を総覧した大垣・田名瀬（1984a, b）でもほぼ常にその存在が記録されており，大垣（1989）の「畠島を含む田辺湾湾奥域で 1980 年以前約 30 年内に変化が気づかれた種」にも認定されていないから，1980 年よりも前には畠島干潟におけるワダツミギボシムシ糞塊の分布や密度に目立った年次変化はなかったとの推測が可能である。これが正しければ，小文で報告した 1970 年代の生息記録は，当該個体群の昔日の姿を定量的に推定する手がかりとなりうる。

すでに引用した大垣（2008）の結論にしたがえば，1990 年代およびそれ以降には田辺湾の富栄養化がおさまってきたわけだが，畠島のワダツミギボシムシにそれがどのように影響したのか，興味がひかれる。よるべき唯一のデータは，冒頭で述べた大垣博士らによって 1993 年から 5 年ごとに行われてきた畠島全周調査の結果である。この調査では対象種すべてについて 1 m^2 あたりの最大密度が記録され，小文の調査区域を含む干潟が Plot 18 として常に調査対象に含められているが，ワダツミギボシムシ（糞塊であろう）は 1993 年にはそれが 1 ～ 9 個の「ランク r」と評価された（Ohgaki, 2001）。1998 年には表現法が少し変わって最大密度が 2 ～ 9 個の「ランク 1」とされ（Ohgaki, 2002），その後の 2003 年調査（Ohgaki, 2003），2008 年調査（Ohgaki, 2012），2013 年調査（和田，私信）ではこの評価がそのまま維持された。しかし，2018 年調査（和田，私信）では最大密度が 1 個の「ランク①」とされ，1 ランクダウンとなった。これらと比較できるデータは 1980 年代にはないが，1970 年代には上記のように 1975 年に 3 ～ 4 個，1978 年に 2 ～ 3 個という数値が得られている。さらに，時岡ほか（1966）の第 21 図（荒賀忠一氏撮影の現場写真）から，1966 年ごろの畠島干潟の糞塊の（おそらく最高）密度を 1 m^2 あたり 4 個ほどと推測できる（糞塊の大きさから撮影範囲を推定）。これらはすべて，上記基準では「ランク 1」となる。つまり，1 m^2 あたりの最大密度でみるかぎり，富栄養化がおさまった時期に相当する 1993 年以降も，富栄養化が進行した 1960 年代や 1970 年代と同程度で推移し，2018 年時点で減少したことになる。しかしながら，1980 年代の関連データが欠けているので断定的な議論は避けるべきだが，1970 年代の約 3,000 m^2 という広い分布域と 280 ～ 433 個という多数の糞塊数が 1990 年代以降にも“同程度で推移”したと想定するのは，1980 年代後半における当該個体群の顕著な衰退傾向からみて，やはり無理があろう。畠島干潟におけるワダツミギボシムシの 1990 年代から今日にいたる生息実態を正確にたどることは，残念ながらここで断念せざるをえない。同時にこの全周調査は，1993 年以来 2018 年まで畠島干潟のワダツミギボシムシ個体群が存続してきたという重要な事実を示してくれる。この場を借りて，大垣博士の志を継ぐ方々による全周調査継続のご労苦に敬意と謝意を表する。また，小文が畠島生物相の長期モニタリングになにがしかの寄与ともなれば幸いである。

謝　　辞

和田恵次奈良女子大学名誉教授には，私信の形で数々の貴重な情報や懇切なご教示をいただき，それを公表することもお許し下さった。筆者による 1970 年代の畠島調査にあたっては，京都大学瀬戸臨海実験所スタッフの皆さんや当時大学院生だった阿部直哉博士にお世話になった。また，英文校閲を Dr. Graham S. Hardy（Ngunguru, New Zealand）にお願いした。記して各位に深謝する。

引 用 文 献

Hatai, K. & H. Mii 1955：Marking on a tidal flat in Uranouchi Bay. Shikoku. Records of Oceanographic Works in Japan, N. S., **2**, 162－167.

西川輝昭. 2018：桑野久任教授が 1911 年に採集した奈良女子大学所蔵和歌山県田辺産ギボシムシ類標本. 南紀生物，**60**(2), 154－159.

大垣俊一．1989：畠島海岸生物相の長期的変化とその要因．日本生態学会誌，**39**, 27－36.

Ohgaki, S. 2001：Distribution of intertidal macrobenthos

around Hatakejima Island, 1993. Argonauta, **5**, 32－47.

Ohgaki, S. 2002: Distribution of intertidal macrobenthos around Hatakejima Island, 1998. Argonauta, **6**, 15－31.

Ohgaki, S. 2003. Distribution of intertidal macrobenthos around Hatakejima Island, 2003. Argonauta, **9**, 21－34.

大垣俊一．2008：田辺湾の環境，1955－2005 年．南紀生物，**50**(1), 15－26.

Ohgaki, S. 2012. Distribution of intertidal macrobenthos around Hatakejima Island, 2008. Argonauta, **20**, 23－36.

Ohgaki, S., N. Abe, T. Takegami & K. Wada. 1985: Special occurrence of 91 intertidal animal species on Hatakejima Island, 1983. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory, **30**, 325－332.

Ohgaki, S., T. Kato, N. Kobayashi, H. Tanase, N. N. Kumagai, S. Ishida, T. Nakano, Y. Wada & Y. Yusa. 2019: Effects of temperature and red tides on sea urchin abundance and species richness over 45 years in southern Japan. Ecological Indicator, **96**, 684－693.

大垣俊一・田名瀬英朋. 1984a：畠島観察記録，1949－1983　その 1．南紀生物，**26**(1), 56－61.

大垣俊一・田名瀬英朋. 1984b：畠島観察記録，1949－1983　その 2．南紀生物，**26**(2), 105－111.

坂井恵一・福島広行・東出幸真・小木曽正造．2001：日本海における初記録種，ワダツミギボシムシ *Balanoglossus carnosus*（Willey）（半索動物門，ギボシムシ綱）の能登半島沿岸での生態について. のと海洋ふれあいセンター研究報告，(7), 1－10.

Tokioka, T. 1963: Supposed effects of the cold weather of the winter 1962－63 upon the intertidal fauna in the vicinity of Seto. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory, **11**, 415－424.

時岡　隆・布施慎一郎・荒賀忠一・波部忠重．1966：田辺湾より潮岬に至る海中景観のあらまし．日本自然保護協会調査報告，(27)（和歌山県海中公園学術調査報告），41－73.

和田恵次．1987：潮だまりにおけるカサガイ類の個体数変動．南紀生物，**29**(2), 97－101.

和田恵次・山本善万．1984：ワダツミギボシムシ糞塊についての予備的観察．南紀生物，**26**(1), 51－52.

和田恵次・山本善万．1989：畠島実験地におけるワダツミギボシムシ糞塊数の記録－ 1981 ～ 1988．瀬戸臨海実験所年報，**3**, 47－50.

Summary

The number and distribution of casts deposited by the tropical enteropneust *Balanoglossus carnosus*（Willey, 1899）, surveyed on a sandy flat on Hatakejima Island, Tanabe Bay, Japan, primarily in 1973, 1976 and 1977, were compared with published reports of subsequent surveys. Each survey conducted prior to and in 1977 was performed during the day at the lowest spring tide, the casts being counted in fixed 10m x 10m quadrats over the entire habit area. The survey results, varying between 280 and 433 casts counted in each survey, over an area of 3,000 to 3,300m^2, possibly represent the oldest quantitative records of casts for the Hatakejima population. Compared with later published records, the former indicated a remarkable decrease in the number of casts, distributional area, and cast densities after 1983. Nevertheless, the published records confirmed the continued existence of the population to 2018（final year of recording）. The extensive distribution areas and high cast numbers in the 1970's, compared with published data for the 1980's and later years, may be considered comparable to former population densities in a less eutrophied Tanabe Bay environment.