有明海における多毛類 24 種の分布：

1997 年・2002 年・2007 年の調査に基づく 10 年間の変化

**Distribution of 24 species of polychaetes in the Ariake Sea, Kyushu, Japan:
10-year change based on surveys in 1997, 2002, and 2007**

折田 亮^{1),2)}・佐藤正典^{1),*}・佐藤慎一³⁾・近藤 寛⁴⁾・松尾匡敏⁵⁾・東 幹夫⁶⁾・
山西良平⁷⁾・Yusof Shuaib Ibrahim^{1),8)}・松下 聖^{1),9)}・下村真美¹⁾

¹⁾ 鹿児島大学理学部 (大学院理学研究科). 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35

²⁾ 現所属：佐賀大学農学部. 〒840-8502 佐賀市本庄町 1

³⁾ 静岡大学理学部地球科学科. 〒422-8529 静岡市駿河区大谷 836

⁴⁾ 〒851-3101 長崎県長崎市西海町 1755-116

⁵⁾ 長崎県立宇久高等学校. 〒857-4901 長崎県佐世保市宇久町平 1042

⁶⁾ 〒020-0556 岩手県岩手郡雫石町名子 216-7

⁷⁾ 西宮市貝類館. 〒662-0934 兵庫県西宮市西宮浜 4-13-4

⁸⁾ School of Marine and Environmental Sciences, Universiti Malaysia Terengganu, 21030, Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia

⁹⁾ 現所属：(株)プラントビオ 福岡支店. 〒812-0892 福岡県福岡市博多区東那珂 3 丁目 2-20 第 3 ヒロタビル 2 号

Ryo ORITA^{1),2)}, Masanori SATO^{1),*}, Shin'ichi SATO³⁾, Hiroshi KONDO⁴⁾, Masatoshi MATSUO⁵⁾,
Mikio AZUMA⁶⁾, Ryohei YAMANISHI⁷⁾, Yusof Shuaib IBRAHIM^{1),8)}, Satoshi MATSUSHITA^{1),9)},
Mami SHIMOMURA¹⁾

¹⁾ Faculty of Science (Graduate School of Science and Engineering), Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

²⁾ Present address: Faculty of Agriculture, Saga University, Honjo 1 Saga, 840-8502, Japan

³⁾ Institute of Geosciences, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka 422-8529, Japan

⁴⁾ 1755-116 Saikai-cho, Nagasaki 851-3101, Japan

⁵⁾ Uku High School, 1042 Taira, Uku-machi, Sasebo 857-4901, Japan

⁶⁾ 216-7 Nago, Shizukuishi-cho, Iwate 020-0556, Japan

⁷⁾ Nishinomiya Shell Museum, 4-13-4 Nishinohama, Nishinomiya 662-0934, Japan

⁸⁾ School of Marine and Environmental Sciences, Universiti Malaysia Terengganu, 21030, Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia

⁹⁾ Present address: PlantBio Co.Ltd., 3-2-20 Higashi-naka, Hakata-ku, Fukuoka 812-0892, Japan

Abstract: Changes during a 10-year period in distributional patterns of 24 polychaete species belonging to eight families [Glyceridae, Sigalionidae (*Pisone* and *Pisionella*), Pilargidae, Nereididae, Amphinomididae, Scalibregmatidae, Sternaspidae, and Pectinariidae] were described based on quantitative data by grab-samplings at 92 or 88 fixed subtidal stations in the Ariake Sea, western Kyushu, Japan in June in 1997, 2002, and 2007. The distributional pattern of each species was categorized into the following seven types: I) occurrence in all of six areas of the Ariake Sea (6 spp.), II) occurrence in five areas excluding the mouth part (1 sp.), III) occurrence mostly in four areas from the inner-south to mouth parts (2 spp.), IV) occurrence in three areas of the inner-south, center-east, and center-west parts (1 sp.), V) occurrence mostly in three areas of Isahaya bay, innermost, and center-east parts (1 sp.), VI) occurrence mostly in the mouth part (5 spp.), and VII) few appearances of up to three sites in each year (8 spp.). The mode of the temporal change in the distributional range and density was variable even among species belonging to the same distributional type. The ranges and densities of several species including some rare species extremely decreased from 2002 to 2007.

Key Words: benthic macrofauna, distributional range, Isahaya Bay, population density, sediment grain-size composition

Received 15 March 2018 Accepted 23 January 2019

* Corresponding author

E-mail: sato@sci.kagoshima-u.ac.jp

はじめに

九州西岸に位置する有明海（水域面積：約 1,700 km²、平均水深：約 20 m）は閉鎖性の強い内湾であり、国内最大の干満差（大潮時に、有明海湾口部で最大 4 m、有明海奥部で最大 6～7 m）を有し、大潮の干潮時には 200 km²を超える広大な干潟が干出する（佐藤・田北 2000）。この有明海は、特にその奥部において、現在日本の他の内湾では全く（あるいはほとんど）見られない「強内湾性大陸遺存種」が今なお多数生息しているという点で特筆される海域である（佐藤・田北 2000; Sato 2010）。

有明海の奥部に位置する諫早湾では、湾奥部の浅海域（約 29 km²の泥干潟を含む約 35 km²）を全長約 7 km の潮受堤防によって閉め切る大規模干拓事業が 1989 年に着工され、1997 年 4 月にその閉め切り（潮止め）が完了した。それ以降は、堤防内への海水の進入が妨げられる一方で、堤防内の調整池（1998 年までにはほぼ淡水化）から堤防外への排水のみが北部排水門（幅 200 m）と南部排水門（幅 50 m）を通して実施されている（佐藤・田北 2000）。この諫早湾での干拓工事の時期に符合する 1990 年代以降、有明海では、赤潮の発生回数が増加し、その規模も拡大している（堤ら 2006）。それと共に夏季に貧酸素水が発生することで（東 2000; 佐藤ら 2001; 堤ら 2007; Tsutsumi et al. 2015）、大型二枚貝のタイラギ類 *Atrina* spp. をはじめとする魚介類が激減し（佐藤ら 2001; 藤井・山本 2003; 佐々木 2016）、地元の漁業が大きな打撃を受けている。

私たちは、1997 年の諫早湾の閉め切り直後から、有明海（潮下帯）における底生動物の分布の経年変化を追跡する目的で、ほぼ毎年、有明海奥部の約 50 定点で、また、1997 年、2002 年、2007 年の各 6 月には有明海全域の約 90 定点で、採泥調査を実施してきた（東 2000; 近藤ら 2003; 佐藤・金澤 2004; 金澤ら 2005; 松尾ら 2007a, b; 上杉ら 2012）。その結果、有明海の底生動物の平均生息密度は、1997 年以降、2001 年までは減少する傾向にあったが、2002 年 6 月に、ヨコエビ類（主にドロクダムシ属 *Corophium*）と二枚貝類（主にビロードマクラ *Modiolus comptus* など）の密度の急激な増加が起り、その後は再び減少したことが明らかになった（上杉ら 2012）。ヨコエビ類（松尾ら 2007a, b）と二枚貝類（古賀 1991; 佐藤・金澤 2004; 金澤ら 2005; Sato 2006; 上杉ら 2012）については、種レベルでの分布変化が検討され、底質の粒度組成の年変化に応じて、各種の分布域が変化したことが示唆されている（松尾ら 2007a; 上杉ら 2012）。一方、有明海に優占的に出現するもう一つの主要な分類群である多毛類（Yoshino et al. 2007; 上杉ら 2012; Orita et al. 2015）については、これまで種レベルでの分布変化は、検討されていない。多毛類の種レベルの知見を追加することによって、底生動物群集全体の変化をよりよく理解することができると期待される。

本研究では、1997 年・2002 年・2007 年の採泥調査（上杉ら 2012）で得られた多毛類標本（1997 年：44 科 10,656 個体、2002 年：47 科 15,972 個体、2007 年：37 科 5,452 個体）のうち、これまでに種同定を行うことができた 8 科 24 種について、各種の分布と生息密度を明らかにした。また、各種の分布パターンを海域区分との関係において類型化すると共に、各種の分布と底質の粒度組成との関係を検討した。

材料と方法

1997 年 6 月 3～5 日と 2002 年 6 月 5～20 日は長崎大学水産学部の実習船「鶴水」に乗船し、また、2007 年 6 月 21～24 日は島原市の漁船「福好丸」に乗船し、有明海湾口部から最奥部にかけての 92 定点（ただし 2002 年は定点 23, 24, 33, 34 を除く 88 定点）で採泥調査を実施した（Fig. 1）。なお、最奥部の 2 定点（10, 11）および湾口部の 13 定点（78, 79, 81～91）については、2002 年以降に若干位置が変更された。全定点の緯度経度、水深、底層水の塩分は、Table ES1 に示す。定点の水深は、7～85 m、底層水の水温は、19～23℃、塩分は、30～34 だった。

各定点では、Smith-McIntyre 型採泥器（採泥面積 0.05 m²）で 1 回の採泥を行った。海底から採取した堆積物表層の一部を粒度分析用の試料とし（上杉ら 2012）、残りを船上に

Fig. 1. Location of fixed sampling stations A1 to A92 in the Ariake Sea in June 1997, 2002, and 2007. The Ariake Sea is divided into six areas indicated by the dotted lines.

において 1 mm 目の篩でふるった。篩に残ったものをすべて約 10% ホルマリン海水で固定し、研究室に持ち帰った。後日、固定標本を水洗し、そこからすべての底生動物を取り出し、70~80% エタノール中に保存した。本研究では、この底生動物標本から多毛類だけを選別し、種の同定を行うと共に、種ごとに有頭個体数を計数した [各種の全データは、Table ES2 に示す]。底質の粒度分析の方法とその結果の一部は、近藤ら (2003)、松尾ら (2007a) および上杉ら (2012) に記載されている [全地点の底質の中央粒径値、含礫率、含砂率、含泥率は、Table ES1 に示す]。

分布パターンを類型化するための海域区分については、先行研究の上杉ら (2012) に準拠して、有明海を湾口部、中央西部、中央東部、湾奥南部、最奥部、諫早湾の 6 つに区分した (Fig. 1)。この区分は、有明海内部の水深、底質、塩分などの環境特性の違いに基づく従来の海域区分 (たとえば、佐藤・田北 2000) にほぼ合致したものである。以下では、これら 6 つの海域区分すべてに分布が及ぶ場合を全域、最奥部と湾奥南部に分布が及ぶ場合を奥部、中央東部と中央西部に分布が及ぶ場合を中央部と称する。

結 果

有明海における多毛類 24 種の分布

1997 年、2002 年、2007 年の 5 年ごと 3 回の調査結果に基づき、多毛類 24 種の分布の特徴を科別にまとめる (Figs. 2~6; Tables 1, 2)。これまでの分布記録について特筆すべき事項がある場合は、それも付記した。

1) チロリ科

オノミチチロリ *Glycera onomichiensis* Izuka, 1912, チロリ *G. nicobarica* Grube, 1868, アルバチロリ *G. alba* (O.F. Müller, 1776), キタチロリ *G. capitata* Örsted, 1843, エラナシチロリ *G. tessellata* Grube, 1863, ヒナサキチロリ *Hemipodia yenourensis* (Izuka, 1912) の 6 種が出現した。

オノミチチロリは、1997 年には諫早湾を除くすべての海域に出現し (出現定点数: 28 定点, 出現定点あたりの平均密度: 30 個体/m²)、湾奥南部で比較的高かった (Fig. 2A)。2002 年 (23 定点, 30 個体/m²) には、中央部と湾口部を中心に出現定点数がやや減少したが (変化率: 0.8 倍)、出現定点での平均密度には変化がなかった。2007 年 (19 定点, 38 個体/m²) にも、出現定点数 (0.8 倍) の減少傾向が続いた。

チロリも、1997 年には諫早湾を除くすべての海域に出現し (18 定点, 38 個体/m²)、湾口部で比較的高かった (Fig. 2B)。2002 年 (45 定点, 70 個体/m²) には湾奥南部や中央西部を中心に出現定点数 (2.4 倍) も平均密度 (1.8 倍) も顕著に増加した。しかし、2007 年 (26 定点, 40 個体/m²) には、出現定点数 (0.6 倍) も密度 (0.6 倍) も減少した。

アルバチロリは、1997 年 (2 定点, 20 個体/m²) と 2002

年 (1 定点, 20 個体/m²) には湾口部のみに、2007 年 (2 定点, 30 個体/m²) には中央西部のみに分布した (Fig. 2C)。いずれの年も低密度だった。本種は、国内では北海道から西表島までの範囲に分布が知られているが (今島 2007)、有明海からの記録は本研究が初めてである。

キタチロリは、いずれの年も主に湾口部に分布した (Fig. 2D)。1997 年 (12 定点, 66 個体/m²) と 2002 年 (9 定点, 60 個体/m²) には、湾口部の広範囲に分布していたが、2007 年 (1 定点, 20 個体/m²) には、出現定点数 (0.1 倍) も平均密度 (0.3 倍) も著しく減少した。本種は、国内では北海道から鹿児島県までの範囲に分布が知られているが (今島 2007)、有明海からの記録は本研究が初めてである。

エラナシチロリは、1997 年には採集されなかったが、2002 年 (6 定点, 44 個体/m²) と 2007 年 (5 定点, 36 個体/m²) には湾口部に出現した (Fig. 2E)。本種は、国内では北海道から石垣島までの範囲に分布が知られているが (今島 2007)、有明海からの記録は本研究が初めてである。

ヒナサキチロリも、1997 年には採集されなかったが、2002 年 (3 定点, 26 個体/m²) には湾口部に出現した (Fig. 2F)。2007 年には再び採集されなかった。本種は、環境省全国干潟調査において、諫早湾の佐賀県田古里川河口干潟と湾口部の天草・永浦島干潟で採集されている (飯島 2007)。

なお、日本各地の干潟では、ヒガタチロリ (マキントシチロリ) *G. macintoshi* Grube, 1877 が普通にみられるが (たとえば、飯島 2007)、本研究における潮下帯での調査では、本種は採集されなかった。

2) ノラリウロコムシ科 *Pisone* 属および *Pisionella* 属 (旧ピシオネ科)

Pisone 属と *Pisionella* 属は、従来は独立した科 (ピシオネ科) に分類されていたが、Norlinder et al. (2012) によってノラリウロコムシ科に移された。日本からはこれまで *Pisone* 属 14 種 (Yamanishi 1998a) と *Pisionella* 属 1 種 (Yamanishi 1998b) が知られており、いずれも小型で、その多くは砂粒の間隙に生息していると考えられている (Yamanishi 1998a)。本研究では、*Pisone subulata* Yamanishi, 1992, および *Pisone africana* Day, 1963, *Pisone paucisetosa* Yamanishi, 1998, *Pisionella hancocki* Hartman, 1939 の 4 種が出現した。

Pisone subulata は、1997 年 (出現定点数: 19 定点, 出現定点あたりの平均密度: 76 個体/m²) と 2002 年 (15 定点, 66 個体/m²) には湾口部を中心に中央部に至るまで比較的広く分布していた (Fig. 3A)。しかし、2007 年 (7 定点, 68 個体/m²) には湾口部の狭い範囲に分布が縮小した (出現定点数: 0.5 倍, 平均密度: 1.0 倍)。

Pisone africana は、1997 年 (2 定点, 20 個体/m²) には湾奥南部と湾口部で採集された (Fig. 3B)。2002 年 (2 定点, 60 個体/m²) と 2007 年 (3 定点, 46 個体/m²) には湾口部のみで採集された。

Pisone paucisetosa も同様に、1997 年 (3 定点, 74 個体/m²)

A. *Glyceria onomichiensis* (I) B. *Glyceria nicobarica* (I) C. *Glyceria alba* (VII)

Fig. 2. Ten-year density changes of six species of Glyceridae in the Ariake Sea from June 1997 to June 2007, presented at 5-year intervals. A: *Glyceria onomichiensis*, B: *G. nicobarica*, C: *G. alba*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

D. *Glycera capitata* (VI)

E. *Glycera tessellata* (VI)

F. *Hemipodia yenourensis* (VII)

Fig. 2. Continued. D: *G. capitata*, E: *G. tessellata*, F: *Hemipodia yenourensis*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

A. *Pisone subulata* (VI) B. *Pisone africana* (VII) C. *Pisone paucisetosa* (VII)

Fig. 3. Ten-year density changes of four species of Sigalionidae (A–D) and two species of Pilargiidae (E, F) in the Ariake Sea from June 1997 to June 2007, presented at 5-year intervals. A: *Pisone subulata*, B: *Pisone africana*, C: *Pisone paucisetosa*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

D. *Pisionella hancocki* (VII)

E. *Sigambra hanaokai* (I)

F. *Cabira* sp. (I)

Fig. 3. Continued. D: *Pisionella hancocki*, E: *Sigambra hanaokai*, F: *Cabira* sp. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

には湾奥南部と湾口部に分布していたが、2002年（1定点、60個体/m²）には湾口部のみとなり、2007年には採集されなかった（Fig. 3C）。

Pisionella hancocki は、1997年と2007年には採集されず、2002年に湾口部の1定点のみ（60個体/m²）から採集された（Fig. 3D）。

3) カギゴカイ科

ハナオカカギゴカイ *Sigambra hanaokai* (Kitamori, 1960) と *Cabira* sp. の2種が出現した。ハナオカカギゴカイは、いずれの年も有明海の全域に広く分布していた（Fig. 3E）。1997年（出現定点数：55定点、出現定点あたりの平均密度：66個体/m²）には最奥部と中央東部で密度が高かった。2002年（47定点、64個体/m²）と2007年（51定点、66個体/m²）には、最奥部での密度が減少し、湾口部での密度が増加したが、全体としては、出現地点数（0.9, 1.1倍）も平均密度（0.97, 1.03倍）もほとんど変化していない。

Cabira sp. は、1997年（17定点、28個体/m²）と2002年（16定点、28個体/m²）には比較的低密度で有明海の全域に広く分布していた（Fig. 3F）。2007年（8定点、72個体/m²）には、主に湾口部と中央部で出現地点数が減少した（0.5倍）、平均密度は増加した（2.6倍）。

4) ゴカイ科

アリアケゴカイ *Nicon japonicus* Imajima, 1972, カニゴカイ *Tambalagamia fauveli* Pillai, 1961, ニシキゴカイ *Nereis zonata* Malmgren, 1867, ペルシャゴカイ *Leonnates persicus* Wesenberg-Lund, 1949, オウギゴカイ *Nectoneanthes oxypoda* (Marenzeller, 1879), *Neanthes* 属の未同定種 (*Neanthes* sp.) の6種が出現した。

アリアケゴカイは、いずれの年も湾口部に限って分布した（Fig. 4A）。1997年（出現定点数：3定点、出現定点あたりの平均密度：46個体/m²）に比べて、2002年（6定点、164個体/m²）には出現定点数（2.0倍）も平均密度（3.6倍）も増加したが、2007年（2定点、20個体/m²）には再び減少した（出現定点数：0.3倍、平均密度：0.1倍）。本種は、有明海の潮下帯（水深10～30m）をタイプ産地として記載された最大体長約4cmの種であり、国内の他の海域からは知られていない（佐藤2000; Sato 2017）。国外では中国沿岸（南シナ海）から記録されている（Wu et al. 1985）。本研究によって、国内唯一の生息地である有明海での本種の分布は、きわめて狭い範囲に限定されていることが明らかになった。

カニゴカイは、1997年（15定点、36個体/m²）と2002年（19定点、76個体/m²）には奥部から中央部にかけて広く分布し（Fig. 4B）、2002年には出現定点数（1.3倍）も平均密度（2.1倍）も増加した。しかし、2007年には、出現定点数（0.1倍）も平均密度（0.3倍）も激減し、中央西部の1定点（20個体/m²）でのみ出現した。本種の国内からのこれまでの記録は、有明海（今島1996）の他には、若狭湾（Hayashi 1983; 今島1996）、五ヶ所湾（横山ら

1996）、大阪湾（西ら1998; 辻野ら2016）の3カ所だけである。

ニシキゴカイは、1997年（31定点、64個体/m²）と2002年（27定点、88個体/m²）には湾奥南部と湾口部の周辺に比較的高密度で分布した（Fig. 4C）。2007年（22定点、50個体/m²）には、出現定点数（0.8倍）も平均密度（0.6倍）も、主に湾口部で減少した。

ペルシャゴカイは、1997年には最奥部の1定点のみ（40個体/m²）、2002年には湾奥南部の1定点と中央東部の1定点にのみ（20個体/m²）出現し、2007年には採集されなかった（Fig. 4D）。本種の国内からのこれまでの記録は、有明海の他には、東京湾、三河湾、瀬戸内海、鹿児島湾に限られる（Sato and Kubo 2009; 西ら2012b）。

オウギゴカイは、1997年と2002年には採集されなかったが、2007年に中央東部の1定点のみ（20個体/m²）に出現した（Fig. 4E）。本種は、環境省全国干潟調査において、中央東部の熊本県塩屋海岸と湾口部の天草・本渡干潟でも採集されている（飯島2007）。本種については、最奥部の潮下帯において、1989年8～9月に本種が1,000個体/m²以上の高密度で出現した記録（古賀1991）や、2017年5月に複数地点で約60個体/m²の密度で出現した記録（折田未発表データ）がある。なお、本種の学名は、従来 *Nectoneanthes latipoda* Paik, 1973 とされていたが（今島1996）、Sato (2013) によって、*N. oxypoda* に修正された。本種と同属の近縁種ウチワゴカイ *N. uchiwa* Sato, 2013 は、1958年の西海区水産研究所による調査で有明海の湾口部の水深20mから記録されているが（Sato 2013）、本研究では採集されなかった。

Neanthes sp. は、1997年には湾奥南部と中央部を中心に有明海の全域に広く分布していた（23定点、30個体/m²）（Fig. 4F）。しかし、2002年（14定点、32個体/m²）には、主に中央部において出現定点数が減少した（0.6倍）。2007年（12定点、28個体/m²）には、さらに最奥部、湾奥南部、諫早湾でも出現定点数が減少する一方で、湾口部では出現定点数が増加したので、全体としての出現定点数はほとんど変化していない（0.9倍）。

5) ウミケムシ科

ウミケムシ *Chloeia flava* (Pallas, 1766) は、1997年（出現定点数：10定点、出現定点あたりの平均密度：114個体/m²）、2002年（11定点、50個体/m²）、2007年（17定点、50個体/m²）のいずれの年も湾口部を中心に分布した（Fig. 5A）。2007年には中央部と湾奥南部において出現定点数が増加した（1.5倍）。

6) トノサマゴカイ科

トノサマゴカイ *Scalibregma inflatum* Rathke, 1843 は、1997年には諫早湾と中央東部を除いた海域に広く分布していた（出現定点数：37定点、出現定点あたりの平均密度：86個体/m²）（Fig. 5B）。2002年（23定点、74個体/m²）には、主に奥部で出現定点数が減少した（0.6倍）。2007年（20定

A. *Nicon japonicus* (VI)

B. *Tambalagamia fauveli* (II)

C. *Nereis zonata* (III)

Fig. 4. Ten-year density changes in six species of Nereididae in the Ariake Sea from June 1997 to June 2007, presented at 5-year intervals. A: *Nicon japonicus*, B: *Tambalagamia fauveli*, C: *Nereis zonata*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

D. *Leonnates persicus* (VII)

E. *Nectoneanthes oxypoda* (VII)

F. *Neanthes* sp. (I)

Fig. 4. Continued. D: *Leonnates persicus*, E: *Nectoneanthes oxypoda*, F: *Neanthes* sp. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

A. *Chloeia flava* (VI)

B. *Scalibregma inflatum* (III)

C. *Sternaspis costata* (V)

Fig. 5. Ten-year density changes of a species of Amphinomidae (*Chloeia flava*, A), a species of Scalibregmatidae (*Scalibregma inflatum*, B), and a species of Sternaspidae (*Sternaspis costata*, C) in the Ariake Sea from June 1997 to June 2007, presented at 5-year intervals. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

点, 90 個体 /m²) には, さらに湾口部で出現定点数が減少した (0.9 倍)。

7) ダルマゴカイ科

ダルマゴカイ科の日本産種は, これまで長く汎世界種スベスベウミダルマ *Sternaspis scutata* (Ranzani, 1817) ただ 1 種とされてきたが, Yoshino et al. (2016) は有明海の湾奥部に多産する種を Sendall and Salazar-Vallejo (2013) の検索表に従ってフサウミダルマ *S. costata* Marenzeller, 1879 (タイプ産地は伊勢湾奥部の宮湾) と同定した (和名は, 向井・三浦 2016 による)。そこでは楯状板の形状などに形態変異が確認されているが, Yoshino et al. (2016) はそれを種内変異として扱った。その後の木村ら (2017) によるミトコンドリア DNA の COI 領域を用いた系統解析の結果も, 有明海産のダルマゴカイ科が単一種であることを支持している。したがって, 本研究で得られた標本も, 単一種フサウミダルマとして扱った。

本種は, 1997 年には, 諫早湾, 最奥部, 中央西部に分布した (出現定点数: 6 定点, 出現定点あたりの平均密度: 354 個体 /m²) (Fig. 5C)。諫早湾の 1 地点 (A25) ではとりわけ高い密度 (1,940 個体 /m²) が記録された。2002 年 (13 定点, 110 個体 /m²) には, 新たに湾奥南部と中央東部でも出現し, 最奥部でも出現定点数が増加した (全体での出現定点数の変化率: 2.2 倍)。ただし, 諫早湾の A25 地点での密度は, 20 個体 /m² に激減した。2007 年 (8 定点, 30 個体 /m²) には, 出現定点数 (0.6 倍) も平均密度 (0.3 倍) も減少した。それらの減少は特に最奥部で顕著であった。

8) ウミイサゴムシ科

ウミイサゴムシ *Lagis bocki* (Hessle, 1917), ヒウチウミイサゴムシ *Pectinaria hiuchiensis* Kitamori, 1965, オクダウミイサゴムシ *Pectinaria okudai* (Imajima & Hartman, 1964) の 3 種が出現した。このうち最も出現個体数が多かったウミイサゴムシは, 1997 年には有明海の全域に分布していた (出現定点数: 13 定点, 出現定点あたりの平均密度: 24 個体 /m²) (Fig. 6A)。しかし, 2002 年 (10 定点, 24 個体 /m²) には, 分布域が奥部と中央部に縮小した。2007 年 (23 定点, 48 個体 /m²) には, 出現定点数 (2.3 倍) も平均密度 (2.0 倍) も増加し, 特に湾奥南部における分布の拡大と密度の増加が顕著であった。

ヒウチウミイサゴムシは, 1997 年 (6 定点, 24 個体 /m²), 2002 年 (4 定点, 30 個体 /m²), 2007 年 (4 定点, 20 個体 /m²) のいずれの年も湾奥南部と中央部に出現した (Fig. 6B)。本種は, 1965 年に瀬戸内海の燧灘から記載され, それ以降, 瀬戸内海の 6 地点 (佐藤ら 2014) と有明海の 2 地点 (湾口部と湾奥南部, Nishi et al. 2014) からしか記録されていない。

オクダウミイサゴムシは, 2002 年に湾奥南部の 1 地点のみに出現し (20 個体 /m²), 1997 年と 2007 年には採集されなかった (Fig. 6C)。本種は, これまで伊勢湾, 瀬戸内海,

大村湾, 宍道湖・中海からしか記録されておらず (奥田 1938; Kitamori 1965; 西ら 2012a, 2013; Nishi et al. 2014), 有明海からの記録は本研究が初めてである。

分布パターンの類型化

1997 年, 2002 年, 2007 年の調査で得られた多毛類 24 種の海域別の出現状況をまとめると, 各種の分布パターンは以下の 7 つのタイプに分類できた (Tables 1, 2)。I. 有明海の 6 海域すべてに出現 (オノミチチロリ, チロリ, ハナオカカギゴカイ, *Cabira* sp., *Neanthes* sp., ウミイサゴムシ), II. 湾口部を除く 5 海域に出現 (カニゴカイ), III. 主に湾奥南部から湾口部までの 4 海域に出現 (ニシキゴカイ, トノサマゴカイ), IV. 湾奥南部, 中央部東部, 中央部西部の 3 海域に出現 (ヒウチウミイサゴムシ), V. 主に諫早湾, 最奥部, 中央東部の 3 海域に出現 (フサウミダルマ), VI. 主に湾口部に出現 (キタチロリ, エラナシチロリ, *Pisione subulata*, アリアケゴカイ, ウミケムシ), VII. 出現地点数の少ない (3 定点以下) 種 (アルバチロリ, ヒナサキチロリ, *Pisione africana*, *Pisione paucisetosa*, *Pisionella hancocki*, ペルシャゴカイ, オウギゴカイ, オクダウミイサゴムシ)。

多毛類の分布と底質の関係

上記の多毛類 24 種のうち, 出現地点数の少ないタイプ VII の 8 種を除く 16 種について, タイプ別に, 全地点の底質 (中央粒径値) と密度との関係を示す散布図を作成した (Fig. 7)。底質の粒径に対して適応範囲が広い種であれば広幅型の図となり, 適応範囲が狭い種であれば狭幅型の図となることが想定される。

タイプ I に含まれる種は, 広幅型を示し, 細礫～粘土 (Mdφ: -1.3～9.3) の様々な底質タイプに出現した (Fig. 7A～F)。

タイプ II のカニゴカイは, 狭幅な一峰型を示し, 細粒砂 (Mdφ: 2.0～2.5) を主体とする定点で密度が高くなる傾向が認められた (Fig. 7G)。

タイプ III に含まれる種は, 狭幅な一峰型を示し, 粗粒砂～中粒砂 (Mdφ: 0.0～2.0) で多く出現する傾向が見られた (Fig. 7H～I)。

タイプ IV のヒウチウミイサゴムシは, 狭幅な一峰型を示し, 主に中粒砂～細粒砂 (Mdφ: 1.1～2.2) に出現した (Fig. 7J)。

タイプ V のフサウミダルマは, 中粒砂～粘土 (Mdφ: 1.6～9.3) の様々な底質タイプに出現したが, シルトや粘土 (Mdφ: 6.2～8.2) の定点で特に密度が高かった (Fig. 7K)。

タイプ VI に含まれる種は, 狭幅な一峰型を示し, 主に極粗粒砂～中粒砂 (Mdφ: -1.0～2.0) に出現した (Fig. 7L～P)。

考 察

本研究では, 上杉ら (2012) の 1997 年, 2002 年, 2007

A. *Lagis bocki* (I)

B. *Pectinaria hiuchiensis* (IV)

C. *Pectinaria okudai* (VII)

Fig. 6. Ten-year density changes of three species of Pectinariidae in the Ariake Sea from June 1997 to June 2007, presented at 5-year intervals. A: *Lagis bocki*, B: *Pectinaria hiuchiensis*, C: *Pectinaria okudai*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

Table 1. Abundance of each polychaete species shown as individuals/0.05 m² (mean±SD) in 6 areas of the Ariake Sea in 1997, 2002 and 2007. Dark gray shade: high density (more than 1), light gray shade: low density (less than 1). Type of distribution is categorized as follows; I: occurrence in all of 6 areas of the Ariake Sea, II: occurrence in 5 areas excluding the mouth part, III: occurrence mostly in 4 areas from the inner-south to mouth parts, IV: occurrence in 3 areas of the inner-south, center-east, and center-west parts, V: occurrence mostly in 3 areas of Isahaya bay, innermost, and center-east parts, VI: occurrence mostly in the mouth part, and VII: few appearance of up to 3 sites in each year.

Type of distribution	Species	Year	Isahaya bay	Inner-most part	Inner-south part	Center-east part	Center-west part	Mouth part
I	<i>Glycera onomichiensis</i>	1997	0.0	0.3±0.6	1.1±1.3	0.2±0.4	0.5±0.8	0.3±0.6
		2002	0.3±0.4	0.2±0.4	1.2±1.0	0.1±0.3	0.3±0.6	0.2±0.5
		2007	0.1±0.3	0.5±0.7	1.2±1.7	0.0	0.3±0.8	0.1±0.5
	<i>Glycera nicobarica</i>	1997	0.0	0.2±0.4	0.1±0.3	0.2±0.5	0.6±1.1	0.8±1.3
		2002	1.8±3.0	1.6±1.9	3.4±3.4	0.5±1.0	2.8±2.8	0.5±0.8
		2007	0.1±0.3	0.3±0.6	0.8±1.4	0.2±0.5	1.3±1.4	0.3±0.9
	<i>Sigambra hanaokai</i>	1997	1.0±0.9	5.8±4.9	1.5±2.2	3.4±2.6	1.0±1.6	0.6±1.3
		2002	0.3±0.4	2.1±2.4	1.2±1.7	2.3±2.4	1.7±2.3	1.8±3.2
		2007	3.5±4.1	1.4±1.2	1.9±2.4	2.1±2.0	0.7±1.1	2.0±3.4
	<i>Cabira</i> sp.	1997	0.1±0.3	0.5±0.7	0.5±1.2	0.0	0.3±0.5	0.2±0.5
		2002	0.3±0.4	0.5±1.2	0.5±0.8	0.3±0.4	0.1±0.3	0.1±0.3
		2007	0.0	0.4±0.8	1.4±3.8	0.1±0.2	0.0	0.0
	<i>Neanthes</i> sp.	1997	0.3±0.4	0.2±0.4	0.9±1.2	0.3±0.6	0.6±0.9	0.05±0.2
		2002	0.5±0.9	0.1±0.3	0.6±0.8	0.1±0.2	0.3±0.9	0.1±0.4
		2007	0.1±0.3	0.0	0.2±0.7	0.2±0.5	0.1±0.3	0.3±0.7
	<i>Lagis bocki</i>	1997	0.1±0.3	0.1±0.3	0.3±0.5	0.1±0.3	0.3±0.7	0.05±0.2
		2002	0.0	0.1±0.3	0.3±0.7	0.1±0.2	0.3±0.4	0.0
		2007	0.3±0.7	0.3±0.6	1.8±3.1	0.1±0.3	0.8±1.0	0.1±0.6
II	<i>Tambalagamaia fauveli</i>	1997	0.4±0.7	0.5±0.9	0.1±0.2	0.5±1.1	0.5±1.0	0.0
		2002	2.8±4.8	1.3±1.8	1.6±3.1	0.2±0.7	0.9±1.8	0.0
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.2	0.0
III	<i>Nereis zonata</i>	1997	0.1±0.3	0.2±0.4	3.2±3.2	0.7±1.3	0.6±1.2	1.0±2.5
		2002	0.0	0.1±0.3	2.6±3.9	0.7±2.7	0.5±0.9	2.4±4.7
		2007	0.0	0.1±0.3	1.5±2.2	0.2±0.7	0.7±1.3	0.5±1.0
	<i>Scalibregma inflatum</i>	1997	0.0	0.1±0.3	3.9±8.2	0.0	3.9±6.9	1.6±2.1
		2002	0.0	0.0	0.1±0.3	0.1±0.2	2.0±2.9	2.0±4.8
		2007	0.0	0.0	0.4±1.2	0.0	2.6±3.0	1.5±3.6
IV	<i>Pectinaria hiuchiensis</i>	1997	0.0	0.0	0.3±0.6	0.1±0.2	0.1±0.2	0.0
		2002	0.0	0.0	0.3±0.7	0.0	0.1±0.2	0.0
		2007	0.0	0.0	0.2±0.4	0.1±0.2	0.0	0.0
V	<i>Sternaspis costata</i>	1997	12.1±32.1	0.7±1.2	0.0	0.0	0.1±0.2	0.0
		2002	0.8±0.8	4.8±10.3	0.1±0.2	1.0±3.0	0.0	0.0
		2007	1.0±1.1	0.2±0.4	0.0	0.1±0.3	0.0	0.0
VI	<i>Glycera capitata</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.2	1.8±2.8
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2±1.6
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05±0.2
	<i>Glycera tessellata</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6±1.2
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4±1.1
	<i>Pisione subulata</i>	1997	0.0	0.0	0.2±0.7	0.1±0.2	0.2±0.5	3.0±5.0
		2002	0.0	0.0	0.2±0.5	0.0	0.2±0.7	2.0±3.5
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1±2.4
	<i>Nicon japonicus</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3±0.9
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2±4.8
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.3
	<i>Chloeia flava</i>	1997	0.0	0.2±0.6	0.0	0.1±0.3	0.0	2.4±6.0
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.3	1.2±3.1
		2007	0.0	0.0	0.1±0.3	0.2±0.5	0.3±0.6	1.4±3.8
VII	<i>Glycera alba</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.3
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05±0.2
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2±0.5	0.0

Table 1. Continued.

Type of distribution	Species	Year	Isahaya bay	Inner-most part	Inner-south part	Center-east part	Center-west part	Mouth part
VII	<i>Hemipodia yenourensis</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2±0.5
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Pisone africana</i>	1997	0.0	0.0	0.1±0.2	0.0	0.0	0.05±0.2
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3±0.9
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3±0.9
	<i>Pisone paucisetosa</i>	1997	0.0	0.0	0.4±1.4	0.0	0.0	0.2±0.8
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.6
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Pisionella hancocki</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1±0.6
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Leonnates persicus</i>	1997	0.0	0.2±0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
		2002	0.0	0.0	0.1±0.2	0.1±0.2	0.0	0.0
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	<i>Nectoneanthes oxypoda</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2002	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2007	0.0	0.0	0.0	0.1±0.2	0.0	0.0
	<i>Pectinaria okudai</i>	1997	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2002	0.0	0.0	0.1±0.2	0.0	0.0	0.0
		2007	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

年の調査（すべて 6 月）で採集された多毛類の一部（8 科 24 種）について種レベルの同定を行い、各種の 10 年間の分布変化を明らかにした。この調査期間中の多毛類全体の平均個体密度（全調査海域におけるすべての年に共通する 88 定点の平均）は、1997 年（2,422 個体/m²）に比べて 2002 年（3,631 個体/m²）には増加し（1.5 倍）、その後、2007 年（1,239 個体/m²）には著しく減少した（0.3 倍）（上杉ら 2012）。同様な傾向は、ヨコエビ類と二枚貝類でも認められ、これらの分類群では、湾奥南部と湾口部を中心に出現したドロクダムシ属やピロードマクラガイなどの一部の種（日和見種）の密度が 2002 年に増加し、2007 年には、減少したことがわかっている（上杉ら 2012）。一方、本研究で検討した多毛類 24 種の経年変化については、種によって大きく異なっており、一部の種は上記の多毛類全体の密度変化と同様の変化を示したが、それとは異なる変化を示した種も少なからず存在した。以下に、類型化した分布パターンのタイプごとに、具体的に検討する。

タイプ I（有明海全域に分布する 6 種）については、各年とも有明海の広い範囲に分布し、様々な粒度組成の底質で出現した（Fig. 7A~F, Table 2）。その典型的な例がハナオカカギゴカイであり、多様な底質環境（Mdφ: 1~9）において本種の高密度の生息が確認された（Fig. 3C）。本種は、瀬戸内海の周防灘および燧灘においても、様々な含泥率（7~100%）の底質から分布が報告されている（玉井 1987: ここの学名は *Sigambra tentaculata* だが、Nishi et al. 2007 によって、*S. hanaokai* に修正された）。このハナオカカギゴカイは、1997~2007 年の 10 年間、出現地点数（47~55）も出現地点における平均密度（3.2~3.3）もほとんど

変化していない。一方、同タイプに属するチロリは、上記のヨコエビ類や二枚貝類の「日和見種」と似た変動を示した。すなわち、1997 年に比べて、2002 年には、湾奥南部などで出現地点数も平均密度も増加したが、2007 年には、出現地点数も密度も減少した。一方、ウミイサゴムシは、上記のチロリとは逆に、1997 年に比べて 2002 年には出現地点数が減少したが、2007 年には、出現地点数も平均密度も、特に湾奥南部で増加した。

タイプ II（湾口部を除いた海域に分布する種）のカニゴカイは、タイプ I のチロリと類似した変化を示した。すなわち、2002 年には、主に湾奥南部で、出現地点数も平均密度も増加したが、2007 年には、それらは共に減少した。本種は、生息地の Mdφ の範囲が比較的狭く、主に中粒砂~極細粒砂の底質（Mdφ: 1.0~4.0）に分布し、特に細粒砂（Mdφ: 2.0~3.0）の定点で出現密度が高かった（Fig. 7G）。生息地の含泥率は 43.8% 未満であった（Table 2）。本種は、大阪湾においても含泥率 18.4~57.2% の底質で分布が報告されており（辻野ら 2016）、砂質の海域が生息に適していると思われる。1997 年と 2002 年に本種が比較的高密度で出現した湾奥南部では、2007 年に底質が細粒化（泥質化）し、細粒砂の定点が減少していた（上杉ら 2012）。そのことが 2007 年の本種の分布縮小の原因かもしれない。いずれの年においても本種が湾口部（大部分の地点が粗粒砂より粗い底質（Mdφ: <2.0））に出現していないのは、極端に粗い底質もまた本種の生息に適さないためと考えられる（Fig. 7G）。

タイプ III（主に湾奥南部~湾口部に分布する種）のニシキゴカイとトノサマゴカイについては、調査期間全体を

Table 2. Abundance of 24 polychaete species and sediment characteristics in their collection sites in June 1997, 2002, and 2007.

Type of distribution ¹ Species name	Abundance ²			Rate of change in abundance ³		Mdφ ⁴			Mud content (%) ⁴		Gravel content (%) ⁴	
	1997	2002	2007	2002/1997	2007/2002	1997	2002	2007	1997	2002	1997	2002
I												
<i>Glycera onomichiensis</i>	28 1.5±0.9 (1-5)	23 1.5±0.7 (1-4)	19 1.9±1.3 (1-5)	0.8 (1.0)	0.8 (1.3)	2.0±1.7 (0.1-6.6)	1.9±1.0 (0.2-5.0)	4.4±2.4 (1.0-7.2)	17.7±19.7 (0.1-75.8)	16.0±17.1 (0.0-68.7)	8.3±10.0 (0.0-41.5)	8.4±6.8 (0.0-27.1)
<i>Glycera nicobarica</i>	18 1.9±1.2 (1-5)	44 3.5±2.7 (1-12)	26 2.0±1.2 (1-5)	2.4 (1.8)	0.6 (0.6)	1.8±1.4 (-0.2-5.3)	1.8±1.2 (-0.8-6.2)	2.5±2.2 (0.7-7.2)	15.7±15.9 (1.3-55.4)	13.7±16.0 (0-65.7)	9.6±10.8 (0.1-30.6)	7.8±9.3 (0.0-46.0)
<i>Sigambra hanaokai</i>	55 3.3±3.2 (1-16)	47 3.2±2.6 (1-11)	51 3.3±2.8 (1-12)	0.9 (1.0)	1.1 (1.0)	3.9±2.8 (0.4-9.3)	2.8±2.3 (-0.8-8.7)	4.2±2.4 (0.8-7.4)	40.4±32.8 (0.1-99.3)	27.7±30.9 (0.0-95.6)	3.2±5.2 (0.0-26.5)	7.6±10.0 (0.0-46.0)
<i>Cabira</i> sp.	17 1.4±1.0 (1-5)	16 1.4±0.9 (1-4)	8 3.6±5.2 (1-16)	0.9 (1.0)	0.5 (2.6)	3.0±2.8 (0.6-9.3)	2.9±2.4 (-1.3-8.2)	5.7±1.9 (1.6-7.2)	29.5±32.3 (0.1-99.3)	36.3±30.4 (0.0-92.9)	4.6±5.7 (0.0-19.9)	7.8±15.8 (0.0-64.4)
<i>Neanthes</i> sp.	23 1.5±0.8 (1-4)	14 1.6±0.8 (1-4)	12 1.4±0.8 (1-3)	0.6 (1.1)	0.9 (0.9)	2.5±1.8 (0.0-8.9)	1.5±0.4 (1.1-2.2)	3.0±2.5 (0.8-6.6)	26.0±21.4 (2.1-94.7)	13.4±8.0 (0.0-27.1)	4.4±5.9 (0.1-27.7)	6.7±6.7 (0.0-22.2)
<i>Lagis bocki</i>	13 1.2±0.6 (1-3)	10 1.2±0.4 (1-2)	23 2.4±2.4 (1-12)	0.8 (1.0)	2.3 (2.0)	2.4±1.7 (1.0-6.2)	2.1±0.8 (1.2-3.6)	3.4±2.5 (1.1-7.2)	23.6±19.1 (7.5-69.8)	16.4±14.4 (0.0-43.9)	4.1±6.2 (0.0-22.7)	4.8±5.1 (0.1-12.5)
II												
<i>Tambalagama fauveli</i>	15 1.8±1.1 (1-4)	19 3.8±3.2 (1-13)	1 1.0 —	1.3 (2.1)	0.1 (0.3)	2.2±0.6 (1.5-3.4)	1.9±0.7 (1.1-3.5)	0.7 —	19.9±11.0 (1.9-43.8)	15.5±10.9 (0.0-38.9)	2.0±1.8 (0.4-7.6)	4.4±4.0 (0.0-12.5)
III												
<i>Nereis zonata</i>	31 3.2±3.0 (1-12)	27 4.4±4.8 (1-22)	22 2.5±1.8 (1-8)	0.9 (1.4)	0.8 (0.6)	2.0±1.9 (0.0-8.9)	1.0±1.2 (-1.3-3.5)	3.0±2.5 (0.7-7.2)	18.7±21.7 (0.1-94.7)	7.2±12.4 (0.0-42.5)	8.0±9.7 (0.0-41.5)	18.5±18.3 (0.1-64.4)
<i>Scalibregma inflatum</i>	37 4.3±6.0 (1-28)	23 3.7±4.8 (1-23)	20 4.5±3.7 (1-14)	0.6 (0.9)	0.9 (1.2)	1.1±0.7 (-0.3-2.2)	1.0±0.8 (-1.3-2.3)	2.2±2.1 (0.8-7.2)	7.2±5.8 (0.2-21.7)	5.1±14.2 (0.0-64.9)	12.0±12.4 (0.0-41.5)	13.4±16.2 (0.0-58.2)
IV												
<i>Pectinaria hiuchiensis</i>	6 1.2±0.4 (1-2)	4 1.5±1.0 (1-3)	4 1.0±0.0 (1-1)	0.7 (1.3)	1.0 (0.7)	1.8±0.4 (1.2-2.2)	1.5±0.4 (1.1-2.0)	2.7±2.2 (1.4-6.0)	7.2±5.8 (0.2-21.7)	5.1±14.2 (0.0-64.9)	12.0±12.4 (0.0-41.5)	13.4±16.2 (0.0-58.2)
V												
<i>Sternaspis costata</i>	6 17.7±38.9 (1-97)	13 5.5±9.9 (1-37)	8 1.5±0.8 (1-3)	2.2 (0.3)	0.6 (0.3)	6.6±3.1 (1.6-9.3)	5.4±2.6 (2.2-8.7)	6.0±1.8 (1.7-7.4)	67.6±31.3 (13.4-99.3)	54.3±34.1 (0.0-95.6)	0.4±0.3 (0.0-0.9)	3.7±5.5 (0.0-18.2)
VI												
<i>Glycera capitata</i>	12 3.3±3.1 (1-12)	9 3.0±1.1 (1-4)	1 1.0 —	0.8 (0.9)	0.1 (0.3)	0.6±0.5 (0.1-1.6)	0.4±0.8 (-0.9-1.9)	0.9 —	1.4±1.7 (0.1-6.2)	0.0±0.0 (0.0-0.0)	21.5±12.8 (2.0-41.5)	24.2±14.2 (2.4-49.3)
<i>Glycera tessellata</i>	0 — —	6 2.2±1.6 (1-5)	5 1.8±1.8 (1-5)		0.8 (0.8)	— —	-0.4±1.0 (-1.3-0.7)	1.1±0.4 (0.7-1.5)	— —	0.0±0.0 (0.0-0.0)	— —	46.9±17.1 (28.7-64.4)
<i>Pisione subulata</i>	19 3.8±5.2 (1-21)	15 3.3±3.9 (1-15)	7 3.4±3.4 (1-9)	0.8 (0.9)	0.5 (1.0)	0.8±1.4 (-0.4-6.2)	0.6±0.7 (-0.8-1.7)	1.3±0.5 (0.5-2.1)	5.8±16.2 (0.1-69.8)	1.3±2.8 (0.0-9.4)	19.0±13.2 (0.3-41.5)	19.4±11.5 (3.9-46.0)
<i>Nicon japonicus</i>	3 2.3±1.5 (1-4)	6 8.2±6.5 (1-19)	2 1.0 (1-1)	2.0 (3.6)	0.3 (0.1)	0.6 (0.6-0.6)	-0.3±1.0 (-1.3-1.1)	0.9 —	0.9 (0.5-1.3)	0.0±0.0 (0.0-0.0)	18.8 (14.8-22.7)	38.7±17.8 (22.2-58.2)
<i>Chloeia flava</i>	10 5.7±8.2 (1-27)	11 2.5±4.2 (1-15)	17 2.5±4.1 (1-18)	1.1 (0.4)	1.5 (1.0)	2.6±3.8 (-0.4-9.3)	-0.2±1.2 (-2.0-1.5)	2.2±2.1 (0.8-7.1)	29.5±44.0 (0.1-99.3)	1.0±3.1 (0.0-9.4)	16.6±14.6 (0.0-32.0)	35.6±26.8 (0.3-70.8)
VII												
<i>Glycera alba</i>	2 1.0 (1-1)	1 1.0 —	2 1.5 (1-2)			2.1 (1.3-3.0)	1.3 —	1.2 (1.1-1.4)	12.1 (2.1-22.1)	0.0 —	3.6 (1.0-6.2)	5.9 —

Table 2. Continued.

Type of distribution ¹ Species name	Abundance ²			Rate of change in abundance ³		Mdφ ⁴			Mud content (%) ⁴		Gravel content (%) ⁴	
	1997	2002	2007	2002/1997	2007/2002	1997	2002	2007	1997	2002	1997	2002
<i>Hemipodia yenouensis</i>	0 — —	3 1.3±0.6 (1-2)	0 — —			— — —	0.6±0.7 (0.2-1.3)	— — —	— — —	0.0±0.0 (0.0-0.0)	— — —	16.3±17.3 (5.9-36.2)
<i>Pisone africana</i>	2 1.0 (1-1)	2 3.0 (2-4)	3 2.3±1.5 (1-4)			1.0 (0.9-1.1)	0.4 (0.2-0.6)	1.4±0.8 (0.5-2.1)	1.7 (0.1-3.3)	0.0 (0.0-0.0)	13.6 (6.2-21.1)	10.9 (6.7-15.2)
<i>Pisone paucisetosa</i>	3 3.7±2.5 (1-6)	1 3.0 —	0 — —			0.4±0.4 (0.2-1.0)	-0.1 — —	— — —	1.8±2.0 (0.1-4.0)	0.0 — —	13.6±15.7 (4.5-31.7)	25.5 — —
<i>Pisionella hancocki</i>	0 — —	1 3.0 —	0 — —			— — —	-2.0 — —	— — —	— — —	0.0 — —	— — —	70.8 — —
<i>Leonnates persicus</i>	1 2.0 —	2 1.0 (1-1)	0 — —			4.0 —	6.5 (4.3-8.7)	— —	49.9 —	75.2 (55.0-95.5)	0.2 —	1.5 (0.0-3.0)
<i>Nectoneanthes oxyptoda</i>	0 — —	0 — —	1 1.0 —			— — —	— — —	6.2 — —	— — —	— — —	— — —	— — —
<i>Pectinaria okudai</i>	0 — —	1 1.0 —	0 — —			— — —	4.0 — —	— — —	— — —	49.1 — —	— — —	3.2 — —

1) Same as in Table 1.

2) No. of sites where each species was collected, and density at the occurrence sites shown as no. of individuals/0.05 m² (mean±SD, and range in parentheses).

3) Ratio of no. of the occurrence sites (that of density in parentheses).

4) Mean±SD (range). Data of mud and gravel contents in 2007 are not available.

通しての出現地点数の減少が認められ、2002 年には湾奥南部で、2007 年には湾口部で、分布の縮小が認められた (Fig. 4C, 5B). これら 2 種は、中粒砂を主体とする底質 (Mdφ: 1.0~2.0) で高密度に出現する傾向があった (Fig. 7H, I). 2002 年の湾奥南部や、2007 年の湾口部では、中粒砂の定点が多く存在していたにもかかわらず (上杉ら 2012), これらの種の分布が縮小したことから、これらの種の分布変化には底質の粒度組成以外の要因が関与していたことが考えられる。

タイプ IV (主に湾奥南部に分布する種) のヒウチウミイサゴムシについては、調査期間全体を通して出現地点数も平均密度も共に少なく、目立った変化は認められなかった。

タイプ V (主に諫早湾~最奥部に分布する種) のフサウミダルマについては、タイプ I のチロリと同様の年変動パターンが認められた。すなわち、1997 年に比べて 2002 年には出現地点数が増加し、2007 年には、出現地点数も平均密度も減少した。本種は、いずれの年も細粒砂~粘土の底質 (Mdφ 2.0 以上) で分布が確認され、本種の最大密度が記録された 1997 年の諫早湾の A25 地点は、含泥率 83% の泥底 (Mdφ: 8.2) だった (Fig. 7K). ダルマゴカイ科の種が有明海の泥底で優占することは、これまでも多くの報告がなされている (古賀 1991; 大隈ら 2001; 陶山ら 2003;

Yoshino et al. 2007, 2014, 2016; Orita et al. 2015). 本種の分布した最奥部では、2007 年に底質の細粒化が確認されたが (上杉ら 2012), その変化は本種の生息可能な底質 (細粒砂~粘土) の範囲内だった (Fig. 7k). したがって、本種の 2007 年における出現地点数や密度の減少は、底質の細粒化だけでは説明できない。Tsutsumi et al. (2015) によれば、有明海的最奥部では、少なくとも 2002 年以降は毎年夏季に海底付近で貧酸素水 (溶存酸素濃度: 4 mg/L 以下) が生じているが、2006 年と 2007 年には、とりわけ強度の貧酸素水 (溶存酸素濃度: 1 mg/L 以下) が生じている。それが本種の 2007 年における分布の縮小をもたらした原因かもしれない。

タイプ VI (主に湾口部に分布する種) の 5 種は、いずれも、中粒砂よりも粗い粒径の底質 (Mdφ: 1.0 未満) で高密度に出現する傾向が見られたが (Fig. 7L~P), 分布の年変動パターンは多様だった。キタチロリと *Pisone subulata* は、調査期間全体を通して出現地点数が減少し、特に 2007 年における減少が顕著であった。一方、アリアケゴカイは、タイプ I のチロリと同様の変動パターンを示した。すなわち、2002 年には出現地点数も平均密度も増加し、2007 年にはそれらは共に減少した。ところが、ウミケムシだけは、2007 年に分布が拡大した。

本研究で対象とした多毛類 8 科 24 種の 1997 年から 2007

Fig. 7. Relationship between the median particle diameter ($Md\phi$) and the density of 18 species of polychaetes in the Ariake Sea. A: *Glycera onomichiensis*, B: *G. nicobarica*, C: *Sigambra hanaokai*, D: *Cabira* sp., E: *Neanthes* sp., F: *Lagis bocki*, G: *Tambalagamia fauveli*, H: *Nereis zonata*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

Fig. 7. Continue. I: *Scalibregma inflatum*, J: *Pectinaria hiuchiensis*, K: *Sternaspis costata*, L: *Glycera capitata*, M: *G. tessellata*, N: *Pisione subulata*, O: *Nicon japonicus*, P: *Chloeia flava*. Roman numerals in parentheses refer to distribution types defined in Table 1.

年までの10年間の有明海における分布変化は、同じ分布タイプの中でも種ごとに異なっていた。有明海では、この10年間に潮流速の変化（堤・小松2016）、それに伴う底質の変化[たとえば有明海全体平均的な粒径の細粒化（東2005; 松尾ら2007a）]、海底での貧酸素水の発生頻度の増加（Tsutsumi et al. 2015）などの環境変化が報告されている。本研究の結果は、そのような環境変化に対する各種の応答が異なっていることを示していると考えられる。

本研究で対象とした全24種の合計個体数の平均密度（すべての年に共通する88定点の平均値±標準偏差）は、1997年（212±248 個体/m²）と2002年（213±167 個体/m²）に比べて、2007年（135±118 個体/m²）には著しく減少していた。個体数が減少した種には、国内での生息地が有明海だけに限られている種（アリアケゴカイ）や有明海の外には本州の3ヶ所でしか知られていない種（カニゴカイ）などが含まれている。有明海における多毛類の種多様性保全という観点からは、多毛類の分布変化を引き起こした可能性がある底質の粒径組成の変化や貧酸素水の発生頻度の増加がこの10年間になぜ生じたのか、そのような環境変化に1997年の諫早湾の閉め切りがどの程度関与しているのかという問題の究明が望まれる。

謝 辞：長崎大学水産学部実習船「鶴水」の古川素直船長をはじめ乗組員の皆さん、島原市の松本正明氏、長崎大学水産学部の西ノ首英之氏、鹿児島大学理学部の市川敏弘教授および各大学の学生の皆さんには、採泥・採水調査において多大なご協力をいただいた。鹿児島大学理学部の中村香織氏、高崎海氏には多毛類の同定作業にご協力いただいた。本研究は、(財)自然保護助成基金創立10周年記念助成、プロ・ナトゥーラファンド国内研究助成、およびJSPS科研費JP 17H01913の助成を受けた。これらの皆様に心より感謝申し上げます。

Electronic supplementary material: The online version of this article (doi: 10.5179/benthos.74.43) contains supplementary material:

Table ES1

Table ES2

引用文献

- 東 幹夫 2000. 諫早湾干拓事業の影響。佐藤正典（編）、有明海の生きものたち：干潟・河口域の生物多様性，海游舎，東京，pp. 320-337.
- 東 幹夫 2005. 底質の変化。日本海洋学会（編）、有明海の生態系再生をめざして，恒星社厚生閣，東京，pp. 94-104.
- 藤井明彦・山本憲一 2003. 諫早湾におけるタイラギ・アサリの現状と問題点。月刊海洋，35: 235-240.
- Hayashi, I. 1983. Distribution of Macrobenthic Animals on the Flat Bottom in Obama Bay. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 49: 1765-1775.
- 飯島明子（編）2007. 第7回自然環境保全基礎調査。浅海域生態系調査（干潟調査）業務報告書。環境省自然環境局生物多様性センター，富士吉田市，235+99 pp.
- 今島 実 1996. 環形動物多毛類。生物研究社，東京，530 pp.
- 今島 実 2007. 環形動物多毛類 III. 生物研究社，東京，499 pp.

- 金澤 拓・佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之・松尾匡敏 2005. 諫早湾潮止め後の有明海における二枚貝群集の変化。日本ベントス学会誌，60: 30-42.
- 木村 圭・吉野健児・藤井直紀・折田 亮 2017. 有明海湾奥部の環境モニタリング。佐賀大学・九州大学・長崎大学・熊本県立大学（編），平成29年度ハブ型ネットワークによる有明海地域共同観測プロジェクト報告書。佐賀大学低平地沿岸海域研究センター，佐賀，pp. 14-28.
- Kitamori, R. 1965. The Pectinariidae (Polychaetous Annelids) from the Seto-Inland-Sea and the Omura Bay. *Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, 44: 45-48.
- 古賀秀昭 1991. 有明海北西海域の底質及び底生生物。佐賀県有明水産試験場研究報告，20: 55-62.
- 近藤 寛・東 幹夫・西ノ首英之 2003. 有明海における海底堆積物の粒度分布とCN組成。長崎大学教育学部紀要—自然科学—，68: 1-14.
- 松尾匡敏・首藤宏幸・東 幹夫・近藤 寛・玉置昭夫 2007a. 有明海潮下帯の底質区分とヨコエビ群集—1997年と2002年の比較。長崎大学水産学部研究報告，88: 1-42.
- 松尾匡敏・首藤宏幸・東 幹夫・近藤 寛・玉置昭夫 2007b. 諫早湾奥部締め切り後の有明海潮下帯ヨコエビ群集構造の変化。日本ベントス学会誌，62: 17-33.
- 向井 稜・三浦知之 2016. 日本産ダルマガカイ科環形動物の分類に関する予報。タクサ，40: 30-41.
- 西 栄二郎・梶原直人・川根昌子・浜口昌巳 2013. 瀬戸内海周防灘中津干潟に産する多毛類。南紀生物，55: 67-69.
- 西 栄二郎・片岡大輔・吉田裕之・森 敦史・水永 勳 2012a. 斐伊川水系宍道湖と中海から採集されたオクダイサゴムシ（新称）*Pectinaria okudai*（多毛綱：ウミイサゴムシ科）。南紀生物，54: 141-143.
- 西 栄二郎・風間（若林）真紀・陶山典子・会田真理子・多留聖典・風呂田利夫 2012b. 環形動物ゴカイ科ベルシャゴカイ *Leonnates persicus* の東京湾羽田沿岸からの初記録。神奈川自然誌資料，33: 37-39.
- Nishi, E., K. Matsuo, M. Kazama-Wakabayashi, A. Mori, S. Tomioka, H. Kajihara, M. Hamaguchi, N. Kajihara and P. Hutchings 2014. Partial revision of Japanese Pectinariidae (Annelida: Polychaeta), including redescription of poorly known species. *Zootaxa*, 3895: 433-445.
- Nishi, E., K. Tanaka, Y. Fujioka and M. Sato 2007. Reinstatement of *Sigambra hanaokai* (Kitamori, 1960) (Polychaeta, Pilargidae), with an overview of the literature on the genus. *Zootaxa*, 1653: 57-68.
- 西 潔・花岡皆子・山西良平 1998. 1993年および1996年に大阪湾で実施したマクロベントス調査の結果（予報）。自然史研究，2: 195-206.
- Norlinder, E., A. Nygren, H. Wiklund and F. Pleijel 2012. Phylogeny of scale-worms (Aphroditiformia, Annelida), assessed from 18SrRNA, 28SrRNA, 16SrRNA, mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI), and morphology. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 65: 490-500.
- 奥田四郎 1938. 伊勢湾の多毛環蟲類。動物学雑誌，50: 122-131.
- 大隈 斉・江口泰蔵・川原逸郎・伊藤史郎 2001. 有明海湾奥部の底質およびマクロベントス。佐賀県有明水産振興センター研究報告，20: 55-62.
- Orita, R., A. Umehara, T. Komorita, J. W. Choi, S. Montani, T. Komatsu and H. Tsutsumi 2015. Contribution of the development of the stratification of water to the expansion of Dead Zone: A sedimentological approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 164: 204-213.
- 佐々木克之 2016. 諫早湾干拓事業と有明海漁業衰退との因果関係。諫早湾開門研究者会議（編），諫早湾の水門開放から有明海の再生へ，有明海漁民・市民ネットワーク，東京，pp. 43-53.
- 佐藤正典 2000. 多毛類。佐藤正典（編），有明海の生きものたち：干潟・河口域の生物多様性，海游舎，東京，pp. 184-205.
- Sato, M. 2010. Anthropogenic decline of the peculiar fauna of estuarine

- mudflats in Japan. *Plankton and Benthos Research*, 5 (Suppl): 202–213.
- Sato, M. 2013. Resurrection of the genus *Nectoneanthes* Imajima, 1972 (Nereididae: Polychaeta), with redescription of *Nectoneanthes oxyopoda* (Marenzeller, 1879) and description of a new species, comparing them to *Neanthes succinea* (Leuckart, 1847). *Journal of Natural History*, 47: 1–50.
- Sato, M. 2017. Nereididae (Annelida) in Japan, with special reference to life-history differentiation among estuarine species. In *Species Diversity of Animals in Japan*, Motokawa, M. and H. Kajihara (eds), Springer Japan, Tokyo, pp. 477–512.
- 佐藤正典・東 幹夫・佐藤慎一・加藤夏絵・市川敏弘 2001. 諫早湾・有明海で何がおきているのか. 科学, 71(7): 882–894.
- Sato, M. and A. Kubo 2009. New records of the nereidid polychaete *Leonates persicus* from Japan, Korea, and Thailand, with a redescription of the holotype. *Zoological Science*, 26: 798–803.
- 佐藤正典・田北 徹 2000. 有明海の生物相と環境. 佐藤正典 (編), 有明海の生きものたち: 干潟・河口域の生物多様性, 海游舎, 東京, pp. 10–35.
- 佐藤正典・田中正敦・福田 宏・和田太一・新居正利・大塚 攻・浦田 慎・中口和光・山口修平・加藤幹雄 2014. ウミイサゴムシ科多毛類の稀少種ヒウチウミイサゴムシの瀬戸内海からの記録. 南紀生物, 56: 1–7.
- Sato, S. 2006. Drastic change of bivalves and gastropods caused by the huge reclamation projects in Japan and Korea. *Plankton and Benthos Research*, 1: 123–137.
- 佐藤慎一・金澤 拓 2004. 干拓堤防締切り後の諫早湾および有明海中央部における二枚貝類の変化. 化石, 76: 90–99.
- Sendall, K. and S. I. Salazar-Vallejo 2013. Revision of *Sternaspis* Otto, 1821 (Polychaeta, Sternaspidae). *ZooKeys*, 286: 1–74.
- 陶山典子・奥石裕一・須田有輔・村井武四 2003. 底質からみた有明海北部の海域区分とマクロベントス. 水産大学校研究報告, 51: 105–114.
- 玉井恭一 1987. *Sigambra tentaculata* (多毛類: カギゴカイ科) の予備的研究. 日本ベントス研究会誌, 31: 1–9.
- 辻野 睦・阿保勝之・樽谷賢治 2016. 大阪湾における底質環境とマクロベントス群集—2003 年と 2011 年. 日本水産学会誌, 82: 330–341.
- 堤 裕昭・小松利光 2016. 有明海奥部海域の海底堆積物と潮流速の関係. 諫早湾開門研究者会議 (編), 諫早湾の水門開放から有明海の再生へ, 有明海漁民・市民ネットワーク, 東京, pp. 93–107.
- 堤 裕昭・堤 彩・高松篤志・木村千寿子・永田沙矢香・佃 政則・小森田智大・高橋 徹・門谷 茂 2007. 有明海奥部における夏季の貧酸素水発生域の拡大とそのメカニズム. 海の研究, 16: 183–202.
- Tsutsumi H., A. Takamatsu, S. Nagata, R. Orita, A. Umehara, T. Komorita, S. Shibamura, T. Takahashi, T. Komatsu and S. Montani 2015. Implications of changes in the benthic environment and decline of macro-benthic communities in the inner part of Ariake Bay in relation to seasonal hypoxia. *Plankton and Benthos Research*, 10: 187–201.
- 上杉 誠・佐藤慎一・佐藤正典・松尾匡敏・近藤 寛・東 幹夫 2012. 諫早湾潮止め後 10 年間の有明海における主な底生動物相の変化. 日本ベントス学会誌, 66: 82–92.
- Wu, B. L., R. Sun and D. Yang 1985 (first published in 1981 in Chinese). The Nereididae (polychaetous annelids) of the Chinese coast. China Ocean Press, Beijing and Springer-Verlag, Berlin, vi+234 pp.
- Yamanishi, R. 1998a. Ten species of *Pisione* (Annelida: Polychaeta: Pisionidae) from Japan and evolutionary trends in the genus based on comparison of male copulatory apparatus. *Publications of Seto Marine Biological Laboratory*, 38: 83–145.
- Yamanishi, R. 1998b. Further record of *Pisionella hancocki* Hartman, 1939 (Annelida: Polychaeta: Pisionidae) in Japan with additional information on some morphological characters. *Bulletin of the Osaka Museum of Natural History*, 52: 31–36.
- 横山 寿・杜多 哲・阿保勝之・山本茂也 1996. 五ヶ所湾のマクロベントス相: 1993 年と 1941 年の比較. 養殖研究所研究報告, 25: 23–42.
- Yoshino, K., K. Yamamoto, Y. Hayami, T. Hamada, T. Kasagi, D. Ueno and K. Ohgushi 2007. Benthic fauna of the inner part of Ariake Bay: long-term changes in several ecological parameters. *Plankton and Benthos Research*, 2: 198–212.
- Yoshino, K., T. Katano, Y. Ito, T. Hamada, N. Fujii and Y. Hayami 2014. Community assembly by limited recruitment in a hypoxia-stressed soft bottom: a case study of macrobenthos in Ariake Bay. *Plankton and Benthos Research*, 9: 57–66.
- Yoshino, K., M. Nagayoshi, M. Sato, T. Katano, Y. Ito, Y. Fujii, T. Hamada, and Y. Hayami, 2016. Life history of *Sternaspis costata* (Sternaspidae: Polychaeta) in Ariake Bay, Japan. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96: 647–655.