

埼玉県さいたま市で掘削された浦和 GS-UR-1 コアの更新統下総層群産有孔虫化石群集

金子 稔^{1,*}・石川博行²・野村正弘³・中澤 努⁴

Minoru Kaneko, Hiroyuki Ishikawa, Masahiro Nomura and Tsutomu Nakazawa (2018) Fossil foraminiferal assemblages from the Pleistocene Shimosa Group in core GS-UR-1, Urawa, Saitama City, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 69 (4), p.211–232, 7 figs, 2 tables.

Abstract: Foraminiferal assemblages from the Pleistocene Shimosa Group in core GS-UR-1, Urawa, Saitama City, central Japan are examined. From 51 samples among 98 analyzed samples obtained from the core material, 72 species in 38 genera of benthic foraminifers and 32 species in 8 genera of planktonic foraminifers were identified. Based on the foraminiferal assemblages, 13 foraminiferal zones such as Zones I–IV of the Jizodo Formation, Zones I–III of the Yabu Formation, Zone I of the Kamiizumi Formation, and Zones I–V of the Kioroshi Formation are established in the Shimosa Group, in ascending order. The succession of the foraminiferal assemblages reveals that each formation generally represents an environmental change from an inner bay or a central bay, via a bay mouth, to a central bay, controlled by sea-level change accompanying topographic change. Peaks of the abundance of planktonic foraminifers are observed in Zone I of the Jizodo Formation and Zone II of the Yabu Formation, which indicates that the open ocean water flowed into the Paleo-Tokyo Bay at the timing, and these stratigraphic levels are potential key beds for stratal correlation.

Keywords: benthic foraminifers, planktonic foraminifers, Pleistocene, Shimosa Group, Omiya Upland, Paleo-Tokyo Bay

要 旨

関東平野中央部の大宮台地南部で掘削された浦和GS-UR-1 コア試料の中-上部更新統下総層群, 地藏堂層, 藪層, 上泉層, 木下層の有孔虫化石分析を行った。98試料を処理し, 51試料から有孔虫化石が産出した。底生有孔虫は38属72種, 浮遊性有孔虫は8属32種が認められた。有孔虫化石の産出状況から, 浦和GS-UR-1 コアの下総層群各層を下位より地藏堂層 I–IV 帯・藪層 I–III 帯・上泉層 I 帯・木下層 I–V 帯に区分し, 関東平野中央部における古東京湾の古環境変遷について考察した。その結果, 地藏堂層では, 暖流水の影響の強い開放的な湾の湾口部から, 寒流水の影響の強い湾央部へと変化した。藪層では, 閉塞的な湾の湾奥部から暖流水の影響の強い開放的な湾の湾口部に変化し, その後, 寒流水の影響の強い湾央部へと変化した。上泉層では湾央部–湾口部の環境であった。木下層では, 湾奥部から湾央部, 湾口部を経て, 再び湾央部へと変化が認められた。地藏堂層

I 帯と藪層 II 帯に浮遊性有孔虫化石の多産帯を見出した。古東京湾において外洋水の影響が最も大きかった時期で対比にも有効と考えられる。

1. はじめに

中-後期更新世は, 汎世界的な短周期・大振幅の氷河性海水準変動で特徴づけられる時代である (Spratt and Lisiecki, 2016)。この時代に, 関東地域では, 低海面期には河川の営力が卓越する一方, 高海面期には現在の関東平野の内陸部まで広がる古東京湾 (Yabe, 1931; 菊地, 1980; 岡崎・増田, 1992) と呼ばれる海域が繰り返し形成された (菊地, 1980)。関東平野の浅部地下には, このようなサイクリックな環境変遷によって形成された, 陸成層と海成層の互層からなる下総層群 (徳橋・遠藤, 1984) と呼ばれる地層が分布している。

この時代を通じて繰り返し形成された古東京湾は, 毎回同じような形態であったのか, また各サイクルにおいて古東京湾はどのように発達し, どのように消滅して

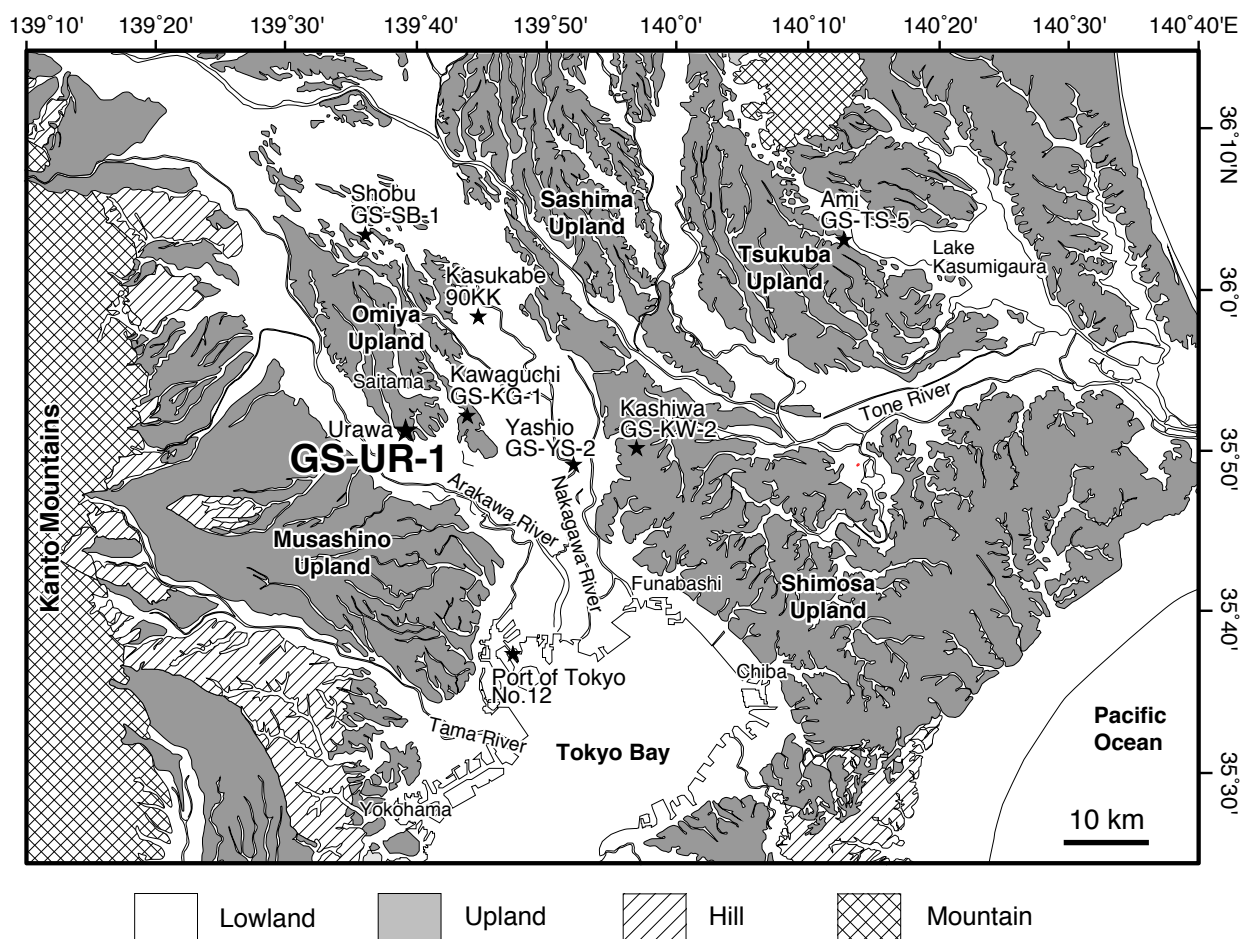
¹ 群馬県立太田女子高等学校 (Ota Girls' High School, 16-7 Hachimancho, Ota, Gunma 376-8511, Japan)

² 所属なし (No affiliation)

³ 駿河台大学メディア情報学部 (Surugadai University, Faculty of Media and Information Resources, 698 Azu, Hanno, Saitama 357-8555, Japan)

⁴ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

* Corresponding author: M. Kaneko, E-mail: fkaneko@d6.dion.ne.jp



第1図 今回検討した浦和GS-UR-1コア及び関連する他のコアの掘削位置。

図中に示されたコアが記載された文献は次のとおり；GS-UR-1及びGS-KG-1：中澤・中里(2005)，GS-TS-5：宇野沢ほか(1988)，GS-SB-1：山口ほか(2009)，GS-KW-2：中澤・田辺(2011)，GS-YS-1：坂田ほか(2011)，90KK：関東平野中央部地質研究会(1994)，No. 12：東京港地下地質研究会(2000)。

Fig. 1 Index map showing the drill sites of core GS-UR-1, Urawa, Saitama City examined in this study, and related other core samples.

The core samples shown in this map were described by the following reports; GS-UR-1 and GS-KG-1: Nakazawa and Nakazato (2005), GS-TS-5: Unosawa *et al.* (1988), GS-SB-1: Yamaguchi *et al.* (2009), GS-KW-2: Nakazawa and Tanabe (2011), GS-YS-1: Sakata *et al.* (2011), 90KK: Geological Research Group of Central Kanto Plain (1994), No. 12: Port of Tokyo Geological Research Group (2000).

いったのか、その詳細は明らかでない。最近、海洋酸素同位体ステージ(marine oxygen isotope stage: 以下、MISと表記する) 5eの古東京湾の環境変遷については堆積相や化石をもとに比較的よく議論されているものの(岡崎・増田, 1992; 金子ほか, 2005; 中澤・遠藤, 2000; 中澤ほか, 2006; Nakazawa *et al.*, 2017), そのほかのステージについて言えば、古東京湾の全体像の議論は少ない(入月ほか, 2011)。金子ほか(2001, 2005)は、筑波台地や大宮台地で掘削採取されたボーリングコア試料を利用して、有孔虫化石群集から各地点の環境変遷を議論してきた。関東平野全域でさらに有孔虫化石群集データを蓄積

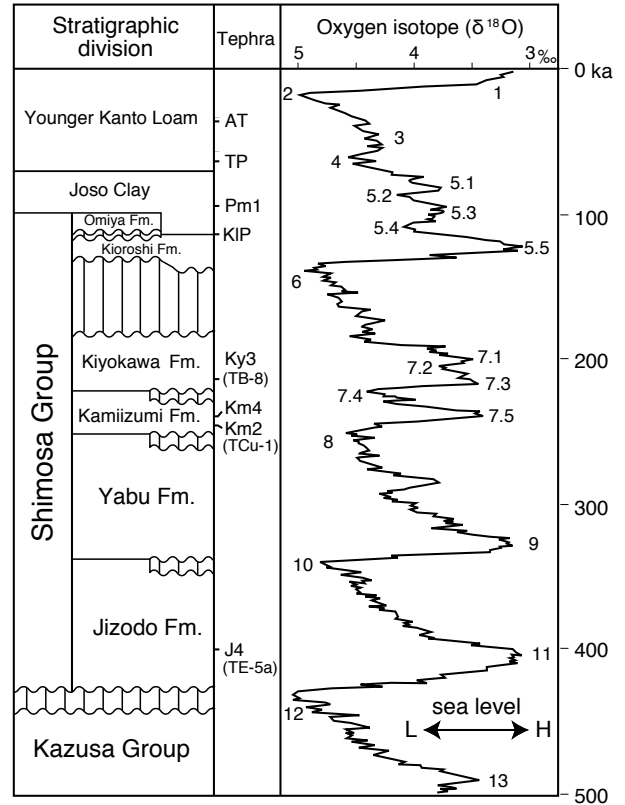
することで、古東京湾の変遷の詳細が明らかになると考えられる。

本論文では、関東平野中央部の大宮台地南部で掘削採取した浦和GS-UR-1コア試料(中澤・中里, 2005; 中澤ほか, 2006; 第1図)にみられる下総層群地蔵堂層、藪層、上泉層、木下層から産出した有孔虫化石群集及びその変遷について報告する。また、これまでに報告された下総層群の有孔虫化石群集も含めて、関東平野中央部における古東京湾の環境変遷について考察する。

2. 地質概説

大宮台地の地下約100 mまでの深度には、下位より、更新統の上総層群、下総層群、及び被覆土壌層である常総粘土と新期関東ローム層が分布する(中澤・中里, 2005; 中澤ほか, 2009; 中澤・田辺, 2011). このうち今回の研究対象とした下総層群は、中澤・中里(2005)及び中澤ほか(2009)により、模式地(千葉県中部)の層序(徳橋・遠藤, 1984)に準じ、下位より地蔵堂層、藪層、上泉層、清川層、木下層、大宮層、及び常総粘土に区分された。その後、千葉県北部地域の層序を検討した納谷ほか(2018)は、常総粘土を被覆土壌層として捉え、下総層群から除外した。本稿では大宮台地の下総層群を、中澤・中里(2005)及び中澤ほか(2009)の層序区分から常総粘土を除外した地蔵堂層から大宮層までの地層として扱う(第2図)。下総層群のうち、河川性堆積物からなる大宮層及びその相当層を除く各層は、それぞれが1回の海水準変動に伴い形成された陸成層と海成層のセットで構成される堆積サイクルからなる(徳橋・遠藤, 1984; 徳橋・近藤, 1989; 中澤・中里, 2005). 各層の境界は海水準低下期に形成された不整合面あるいはそれに連続する整合面である(徳橋・遠藤, 1984; 中澤・中里, 2005). 形成時期はMIS 12-5とされる(第2図; 中里・佐藤, 2001). なお下総層群の下位の上総層群は、模式地とされる千葉県中央部-南部では泥層を主体とする海成の地層からなるが(徳橋・遠藤, 1984)、関東平野中央部の上総層群相当層は下総層群と同様の陸成層と海成層のセットで構成される堆積サイクルからなることが知られている(中澤ほか, 2009; 納谷ほか, 2017). しかしながら関東平野中央部においても、下総層群の模式地の層序に基づきMIS 12に相当する地蔵堂層の基底を下総層群の基底とし、それより下位の地層、すなわち千葉県にみられる上総層群と同時代の地層を上総層群として扱うことが多い(中澤ほか, 2009; 中澤・田辺, 2011; 納谷ほか, 2017).

本研究で有孔虫分析を実施した浦和GS-UR-1コアは、関東平野中央部の大宮台地南部に位置する、埼玉県さいたま市浦和区岸町の調公園(東経139°39'25.0", 北緯35°51'13.0", 孔口標高16.29 m)において、産業技術総合研究所により掘削採取されたコア試料である(第1図)。コア長(掘進長)は102 mである。コア試料の層序を検討した中澤・中里(2005)及び中澤ほか(2006)によれば、浦和GS-UR-1の地表から孔底深度の102 mまでの間には、下位より、更新統下総層群の地蔵堂層、藪層、上泉層、木下層、大宮層、及び被覆土壌層である常総粘土と新期関東ローム層が認められる。本コアにおける下総層群の各層の境界は、いずれも河川成チャネル堆積物基底の侵食面である。また本コアにみられる木下層は、下部に規模の大きい谷埋め堆積物を伴う。この谷の形成により、本コアの掘削地点では、大宮台地の他地域でみら



第2図 大宮台地における下総層群の層序概要。

層序は中澤・中里(2005)及び中澤・田辺(2011)を基にしているが、納谷ほか(2018)に基づき常総粘土を下総層群から除外している。挟在するテフラは中澤・遠藤(2002)及び中澤・中里(2005)に基づく。海洋酸素同位体カーブはLisiecki and Raymo (2005)に基づく。Fm.: Formation.

Fig. 2 Stratigraphic summary of the Pleistocene Shimosa Group beneath the Omiya Upland, central Kanto Plain.

The stratigraphic framework is based on Nakazawa and Nakazato (2005) and Nakazawa and Tanabe (2011) except that the Joso Clay is excluded in the Shimosa Group on the basis of Naya *et al.* (2018). Intercalations of tephra layers are based on Nakazawa and Endo (2002) and Nakazawa and Nakazato (2005). Marine oxygen isotope curve is taken from Lisiecki and Raymo (2005). Fm.: Formation.

れる下総層群の清川層は削剥され欠如している(中澤・中里, 2005; 中澤ほか, 2006).

なお、本コアの地蔵堂層には神奈川県大磯丘陵のTE-5aテフラ(町田・新井, 2003)に対比されるJ4テフラ(徳橋・遠藤, 1984)が、上泉層には同じく大磯丘陵のTCu-1テフラ(町田ほか, 1974)に対比されるKm2テフラ(徳橋・遠藤, 1984)及び現時点では他地域との対比が未決のKm4テフラ(徳橋・遠藤, 1984)が挟在する(中澤・中里, 2005). また木下層には大磯丘陵の吉沢層(辻, 1980)及び鹿島沖海底コアのMIS 5e(五十嵐, 2009)と同様の花粉化石群集が報告されている(中澤ほか, 2006).

3. 研究方法

有孔虫分析用の試料は浦和GS-UR-1の深度17.30–101.95 mにかけて層相から有孔虫の産出が予測される層準を中心に98試料(採取したコアの厚さは6–10 cm)を採取し、上位から下位に向けてUR01からUR98と試料番号を付した(第3図)。試料は80℃で24時間乾燥し、20 gを計量したのち、水を加え加熱し沸騰させた。構成粒子が十分に分散したら加熱を止め、200メッシュ(目開き0.074 mm)の篩上で水洗した。篩上の残渣を電気定温器で乾燥し、検鏡用試料とした。検鏡にあたっては、有孔虫化石の個体数が200個体程度に含まれるよう残渣を分割し、115メッシュ(目開き0.125 mm)以上の個体を摘出・同定した。

また、試料の乾燥重量1 g当たりの底生有孔虫化石数(以下BFN)、試料の乾燥重量1 g当たりの浮遊性有孔虫化石数(以下PFN)、全体に占める浮遊性有孔虫化石の比率(以下P/T比;百分率表示)を算出した。代表的な種は、群馬県立自然史博物館の走査型電子顕微鏡(日立ハイテクロジーズ製TM-1000)を使用して撮影した。

有孔虫群集を用いた環境推定は、主に次に挙げる文献を参考に、各地の内湾等から報告された有孔虫群集と比較することにより行った。Ujiie (1962)は東京湾の有孔虫群集を、内湾の環境区分に対応させて、湾奥群集、湾央群集、湾口群集に区分した。その後、多数の研究者が各地の湾について研究しているが、群集の構成種は様々であるものの、同様の区分を踏襲している。的場(1975)は、内湾の有孔虫群集は、一般に最奥部では流入する河水により汽水となっているため汽水性有孔虫が分布し、湾口部には外海水が入りその付近の外海に生息する群集が分布するとした。また、その中間の湾中央部には、汽水性有孔虫でも塩分濃度の高い方に生息する種と外海種の混合した群集が分布するとし、その例として松島湾の有孔虫群集について湾奥部相、湾央部相、湾口部相に区分されることを示した(Matoba, 1970)。さらに、小杉ほか(1991)は、Ujiie (1962)と同様に東京湾をモデルとして、有孔虫群集を内湾奥部種群、内湾沿岸砂底種群、内湾沖部泥底種群、内湾広域種群、藻場種群、浮遊性種群に区分した。また、日本近海の底生有孔虫の広域分布については、秋元・長谷川(1989)、長谷川(1993)、Ishiwada (1964)、井上(1980)、Inoue (1989)などにより、黒潮の影響の暖流系種と親潮の影響の寒流系種の区分や有孔虫の深度帯と水塊との関係などが報告されている。また、浮遊性有孔虫については、Bé (1977)の暖流種・寒流種などの区分を参考にした。

4. 結果

本研究では浦和GS-UR-1コアから採取した98試料を処理し、このうち51試料から有孔虫化石が産出した(第

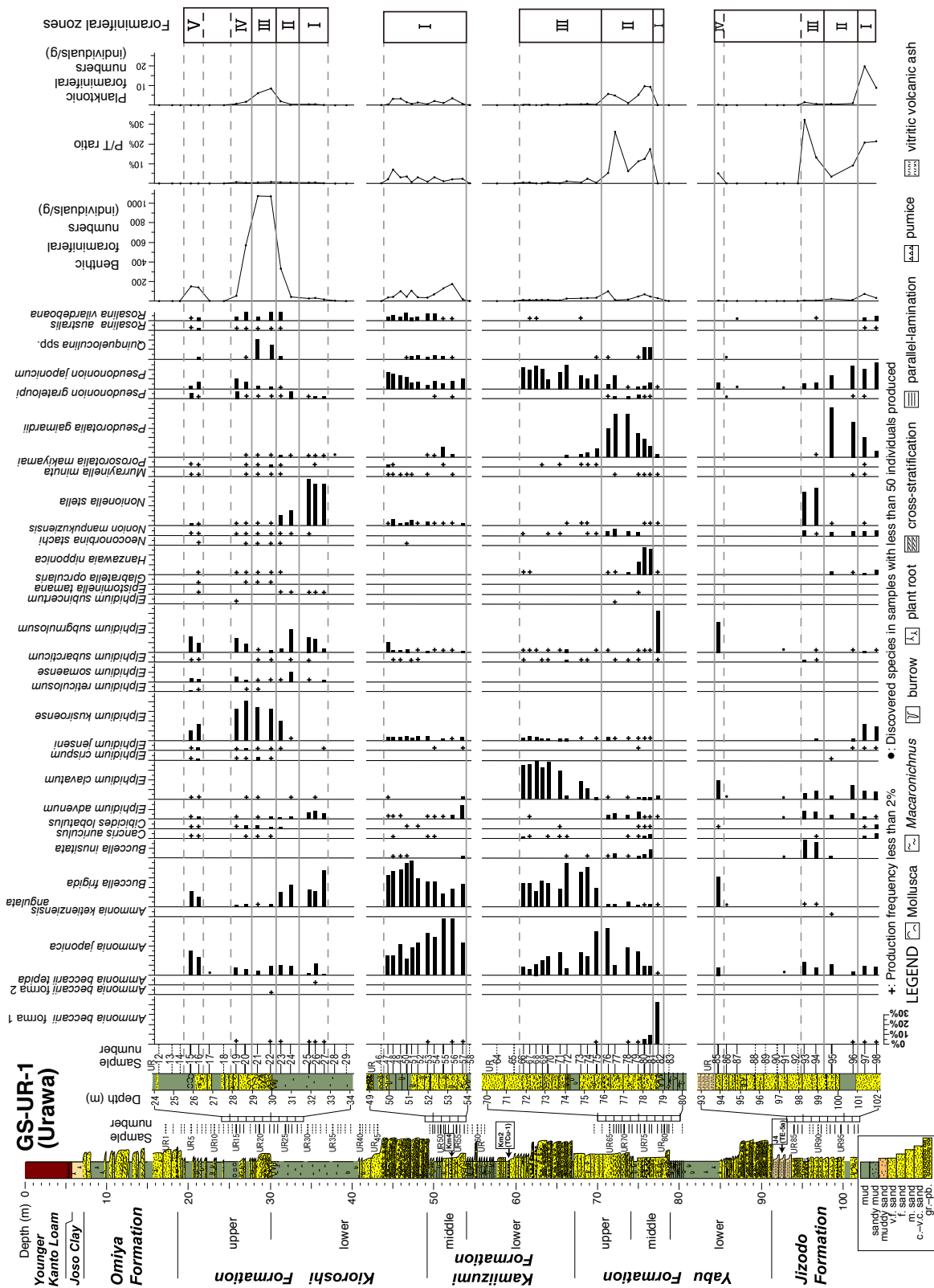
3図)。木下層では試料UR01–UR45の45試料を処理し深度25.80–3.30 m間の13試料から、上泉層では試料UR46–UR62の17試料を処理し深度49.90–53.80 m間の11試料から、藪層では試料UR63–UR84の22試料を処理し深度71.80–78.80 m間の17試料から、地蔵堂層では試料UR85–UR98の14試料を処理し深度93.80–101.95 m間の10試料から有孔虫化石が産出した。底生有孔虫は38属72種、浮遊性有孔虫は8属32種が認められた。底生有孔虫化石種の産出状況は第1表に、浮遊性有孔虫化石種の産出状況は第2表に示す。また、主要な種の電子顕微鏡写真を第4–6図に示す。

底生有孔虫化石と浮遊性有孔虫化石の産出状況から、浦和GS-UR-1コアの各層に、下位より地蔵堂層I–IV帯、藪層I–III帯、上泉層I帯、木下層I–V帯を設定した(第3図)。以下に、各化石帯の有孔虫化石群集の特徴を述べる。

4.1 地蔵堂層I帯[試料UR98 (101.85–101.95 m)–UR97 (101.30–101.40 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Pseudononion japonicum*, *Pseudorotalia gaimardii*, *Elphidium kusiroense*を主要種とし、*Ammonia japonica*, *Elphidium clavatum*, *Cancris auriculus*, *Cibicides lobatulus*, *Hanzawaia nipponica*, *Nonion manpukuzensis*, *Rosalina vilardeboana*を伴う。BFNは32–74、PFNは9–20、P/T比は21–22%である。地蔵堂層の他帯に比べてP/T比、PFNともに多い特徴がある。浮遊性有孔虫化石は、*Neogloboquadrina pachyderma*, *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinoides* spp., *Neogloboquadrina dutertrei*が産出する。**解釈**：*P. japonicum*は北海道登別沖の30 m以浅の沿岸浅海域(Uchio, 1959)、福島県小名浜沖の大陸棚内部(15–55 m)(海保・長谷川, 1986)、内湾では松島湾の湾央部～湾口部(Matoba, 1970)に分布している。*P. gaimardii*は暖流系表層水種で(井上, 1980)、東シナ海やフィリピン海の20 mまたは30–100 mで、沿岸水と暖流水の移行する水域に多産し(Inoue, 1989)、黒潮、対馬暖流、津軽暖流の分布と一致する(長谷川, 1993)。内尾(1967)は大坂湾・東京湾・新潟県信濃川沖の海域での*P. gaimardii*の分布から、内湾度の高い湾奥と典型的な外洋水の間で当たる汽水域や沿岸水域に多産するとした。*E. kusiroense*は福島県小名浜沖大陸棚内部(15–50 m)の主要種で(海保・長谷川, 1986)、内湾では松島湾の湾央・湾口部(Matoba, 1970)に分布している。*A. japonica*は福島県小名浜沖大陸棚内部(15–50 m)の深部に多く(海保・長谷川, 1986)、内湾では松島湾の湾央・湾口部に分布する(Matoba, 1970)。*C. auriculus*, *N. manpukuzensis*, *H. nipponica*は、暖流系表層水種で(井上, 1980)、四国沖土佐湾浅海帯に分布している(Ishiwada, 1964)。一方、*E. clavatum*は襟裳岬付近より北方浅海帯の主要構成種で

浦和 GS-UR-1 コアの更新統下総層群産有孔虫化石群集 (金子ほか)



第3図 浦和GS-UR-1 コアの底生有孔虫化石の種組成、有孔虫数及び浮遊性有孔虫比。柱状図の脇に実線で示した試料は有孔虫の産出があり、産出がない場合は破線で示した。浦和GS-UR-1 コアの柱状図は、中澤・中里 (2005) による。J4 (TE-5a), Km2 (TCu-1), Km4 はテフラを示す。

Fig.3 Species composition of fossil benthic foraminifers, total numbers of foraminifers, and P/T ratio in core GS-UR-1, Urawa, Saitama City. Solid lines beside the column indicate the stratigraphic levels of the examined samples which yield fossil foraminifers, and broken lines indicate those of the absence. Columnar section of core GS-UR-1 taken from Nakazawa and Nakazato (2005). J4 (TE-5a), Km2 (TCu-1), and Km4 indicate marker tephra layers.

ある (Ishiwada, 1964). 井上 (1980) によれば, 本種は寒流系表層水~中層水種で, 日本の北部海域の水深 0.9–985 m 間に豊富に認められるが, 東シナ海や南部太平洋水域では内湾相にのみ報告があり, 多産帯は浅海部 0.9–150 m 間にある. *C. lobatulus*, *R. vilardeboana* は, 藻場種群に分類されている (北里, 1986; 小杉ほか, 1991). したがって本帯の底生有孔虫は主として内湾の湾中央部から沿岸浅海域に生息する種であり, 主要種である *P. gaimardii* などの産出から, 暖流水の影響があり, 浮遊性有孔虫が多産することから外洋水の影響も大きい, 開放的な湾の湾口部が考えられる.

浮遊性有孔虫化石は *N. pachyderma*, *G. bulloides*, *G. quinqueloba* を中心とする寒帯種 (Bé, 1977) と *Globigerinoides* spp., *N. dutertrei* からなる亜熱帯~熱帯種 (Bé, 1977) が共産する. 寒流・暖流ともに影響があったことを示している. これは, 底生有孔虫の示す環境と整合的である.

4.2 地蔵堂層Ⅱ帯 [試料 UR96 (100.70–100.80 m)–UR95 (99.60–99.70 m)]

本帯の底生有孔虫化石は, *Pseudorotalia gaimardii*, *Pseudononion japonicum* を主要構成種とし, *Elphidium clavatum*, *Ammonia japonica*, *Nonion manpukuziensis*, *Elphidium advenum* を伴う. BFN は 13–24, PFN は 1, P/T 比は 3–9% である. 地蔵堂層Ⅰ帯に比べて P/T 比・PFN とともに減少する. また, 地蔵堂層Ⅰ帯に比べて *P. gaimardii* が 51–36% と多産する.

解釈: 本帯の主要種, 随伴種ともに地蔵堂層Ⅰ帯と同様に, 湾中央部または湾口部から沿岸の内部浅海域に分布する種からなる. しかし, 地蔵堂層Ⅰ帯に比べ P/T 比・PFN とともに減少することから, 湾中央部から湾口部の環境が推定される. *P. gaimardii* の多産より暖流水の影響が引き続きあったと考えられる. 浮遊性有孔虫化石は, 産出個体数が少なく地蔵堂層Ⅰ帯と比較して外洋水の影響が弱まったと推定されるが, 種構成は地蔵堂層Ⅰ帯と類似しており, 暖流の影響があったと推測される.

4.3 地蔵堂層Ⅲ帯 [試料 UR94 (98.90–99.00 m)–UR93 (98.25–98.35 m)]

本帯の底生有孔虫化石は, *Nonionella stella*, *Buccella inusitata*, *Ammonia japonica* を主要構成種とし, *Elphidium advenum*, *Elphidium clavatum*, *Nonion manpukuziensis*, *Pseudononion japonicum* を伴う. BFN は 4–7, PFN は 1–2, P/T 比は 14–32% である. 地蔵堂層Ⅱ帯に比べて P/T 比は増加するが PFN は地蔵堂層Ⅱ帯とほぼ同じである. 種構成も地蔵堂層Ⅱ帯と大きく変わり, 特に *N. stella* が 39–35% と多産し, *B. inusitata*, *E. clavatum* の産出が増える. 浮遊性有孔虫化石は, *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina pachyderma*, *Orbulina universa*, *Globigerinoides* spp. が産出した.

解釈: *B. inusitata* は寒冷種であり (井上, 1980), *E. clavatum* も前述の通り襟裳岬付近より北方浅海帯の主要構成種である. 地蔵堂層Ⅲ帯は地蔵堂層Ⅱ帯に比べて寒流の影響が大きくなったと考えられる. *N. stella* は東京湾の湾中央部 (Ujiie, 1962) に分布し, 東京湾湾中央部のコアから本種が 49–71% を占める群集が報告されている (松本, 1983). また *N. stella* は貧酸素や短期間の無酸素に耐えることができる (Bernhard *et al.*, 1997). したがって本帯は, 外洋水の影響が地蔵堂層Ⅱ帯より大きく, 地蔵堂層Ⅰ帯より少ない, 湾中央部から湾口部の環境で嫌氣的な底質が推定され, また寒流の影響が大きくなったと考えられる. 浮遊性有孔虫化石は, *G. bulloides*, *N. pachyderma* を中心とした寒冷種を中心とした群集へと変化する. *O. universa* や *Globigerinoides* spp. のような熱帯~亜熱帯種もわずかながら産出することから, 暖流の影響はわずかながら残っていると考えられる.

なお, 地蔵堂層Ⅲ帯と地蔵堂層Ⅳ帯の間の試料 UR92 (97.80–97.90 m) から UR86 (94.35–94.45 m) の 7 試料は有孔虫化石の産出がないか, 保存の悪い個体が少数産出した. 有孔虫化石は溶けてしまった可能性が考えられる. 有孔虫化石からの考察はできないので帯区分から除いた.

4.4 地蔵堂層Ⅳ帯 [試料 UR85 (93.80–93.90 m)]

本帯の底生有孔虫化石は, *Elphidium subgranulosum*, *Buccella frigida*, *Elphidium clavatum* を主要構成種とし, *Ammonia japonica*, *Pseudononion japonicum* を伴う. BFN は 5, PFN は 0.3, P/T 比は 5% である. 浮遊性有孔虫化石は, *Globigerina quinqueloba*, *Globorotalia inflata* が産出した.

解釈: *B. frigida* は親潮系表層水フオーナ, オホーツク海表層水フオーナの主要種で (井上, 1980), 内湾では内湾沖部泥底種群に含まれ (小杉ほか, 1991), 北海道厚岸湾内の主要種 (Morishima and Chiji, 1952) で, 宮城県松島湾では最も湾奥部を除く湾全体に分布する (Matoba, 1970). *B. frigida* と *E. clavatum* は釧路沖浅海の主要種であり (Ishiwada, 1964), *E. subgranulosum* は松島湾の最も湾奥部を除く湾全体に分布する (Matoba, 1970). また, 地蔵堂層Ⅰ–Ⅲ帯に産出した *Pseudorotalia gaimardii*, *Nonion manpukuziensis* は産出しない. したがって本帯は, 寒流の影響が大きい湾中央部の環境が推定される.

浮遊性有孔虫化石は貧産となる. わずかな産出種も *G. quinqueloba*, *G. inflata* となり, これらは寒冷~漸移帯に分布する種 (Bé, 1977) である. 暖流の影響は無くなったものと考えられる.

4.5 藪層Ⅰ帯 [試料 UR82 (78.70–78.80 m)]

本帯の底生有孔虫化石は, *Ammonia beccarii* forma 1 (Matoba (1970) の分類基準に基づく) が 44%, *Elphidium subgranulosum* が 44% と 2 種で群集のほとんどを占める. BFN は 31 である. 浮遊性有孔虫化石は産出しない.

解釈: *A. beccarii* forma 1は、日本の内湾の湾奥部に特徴的な種である(的場, 1975; 小杉ほか, 1991)。また, *A. beccarii* forma 1と*E. subgranulosum*の2種を主とする群集は、松島湾奥の塩釜湾で溶存酸素が低く、化学的酸素要求量(COD)の高い海域から報告されている(亀丸, 1996)。したがって本帯は、溶存酸素量が低く有機物の量の多い閉塞的な湾奥部の環境が考えられる。浮遊性有孔虫化石は産出しないことから、外洋水が入り込めない環境であったと推定され、底生有孔虫化石の示す環境と整合的である。

なお、UR84 (80.40–80.50 m)とUR83 (79.30–79.40 m)の2試料は有孔虫化石の産出がないので帯区分から除いた。

4.6 藪層Ⅱ帯[試料UR81 (78.30–78.40 m)–UR76 (76.15–76.25 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Pseudorotalia gaimardii*, *Ammonia japonica*を主要構成種とし、*Hanzawaia nipponica*, *Pseudononion japonicum*, *Quinqueloculina* spp., *Buccella inusitata*, *Elphidium advenum*, *Buccella frigida*を伴う。*P. gaimardii*は帯を通して優占的で10–47%で産出する。下部の3試料では*H. nipponica*が13–28%、下部の2試料では*Q. spp.*が12–13%と頻度が高く、上部の4試料では*Nonion manpukuensis*が4–7%で頻度が高い。BFNは14–101である。PFNは1–10、P/T比は6–27%で、藪層の他の帯に比べて浮遊性有孔虫が多産する。浮遊性有孔虫化石は、*Globigerina* spp., *Neogloboquadrina pachyderma*, *Globigerinoides* spp., *Neogloboquadrina dutertrei*, *Pulleniatina obliquiloculata*が産出した。

解釈: *P. gaimardii*と*H. nipponica*は日本海やフィリピン海では50 m以浅に多い(Inoue, 1989)。*A. japonica*は前述の通り福島県小名浜沖大陸棚内部(15–50 m)の深部(海保・長谷川, 1986)、松島湾の湾央・湾口部に分布する(Matoba, 1970)。*Q. spp.*は、砂質干潟、潮下帯砂底部など潮流の影響により淘汰の良い砂が堆積する沿岸砂底域に適応した内湾沿岸砂底種群である(小杉ほか, 1991)。したがって本帯は、開放的な湾の湾口部で、浮遊性有孔虫化石の多産から外洋水の影響が、*P. gaimardii*の多産から暖流の影響が大きかったと考えられる。

浮遊性有孔虫化石は、*Globigerina* spp., *N. pachyderma*を中心とした寒冷種に、*Globigerinoides* spp., *N. dutertrei*, *P. obliquiloculata*などの熱帯～亜熱帯種が混じる寒暖混合群集となる。

下位の藪層Ⅰ帯が湾奥部の環境であるのに対し、藪層Ⅱ帯では急激に外洋水の影響が大きくなる。このような群集組成の変化は東京港地下の江戸川層(藪層に相当する)でも報告され(金子ほか, 2000)、海水準の上昇により、古東京湾の相模湾方面の湾口部から暖流が流入したことが推定されている。沿岸海域において表層近くに生息域を持たない*N. dutertrei*や*P. obliquiloculata*(BouDagher-

Fadel, 2012)が本帯から急に産出し始めることも、この海洋変化を支持している。

4.7 藪層Ⅲ帯[試料UR75 (75.55–75.65 m)–UR66 (71.80–71.90 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Ammonia japonica*, *Buccella frigida*, *Elphidium clavatum*, *Pseudononion japonicum*を主要種とする。この4種の合計で81–96%を占める。藪層Ⅱ帯で多産した*Pseudorotalia gaimardii*は、下部の4試料で10–3%で上位に向かって減少する。BFNは3–37、PFNは1未満、P/T比は0–3%である。

解釈: *B. frigida*と*E. clavatum*は北海道の釧路沖浅海性群集における主要種である(Ishiwada, 1964)。また、*B. frigida*, *E. clavatum*, *P. japonicum*を主要種とし*A. japonica*を含む群集は北海道登別沖30 m以浅に見られる(Uchio, 1959)。したがって本帯は湾央部から湾口部の環境であり、また、藪層Ⅱ帯が暖流の影響を受けたのに対し、本帯は寒流水の影響を受けていたものと考えられる。

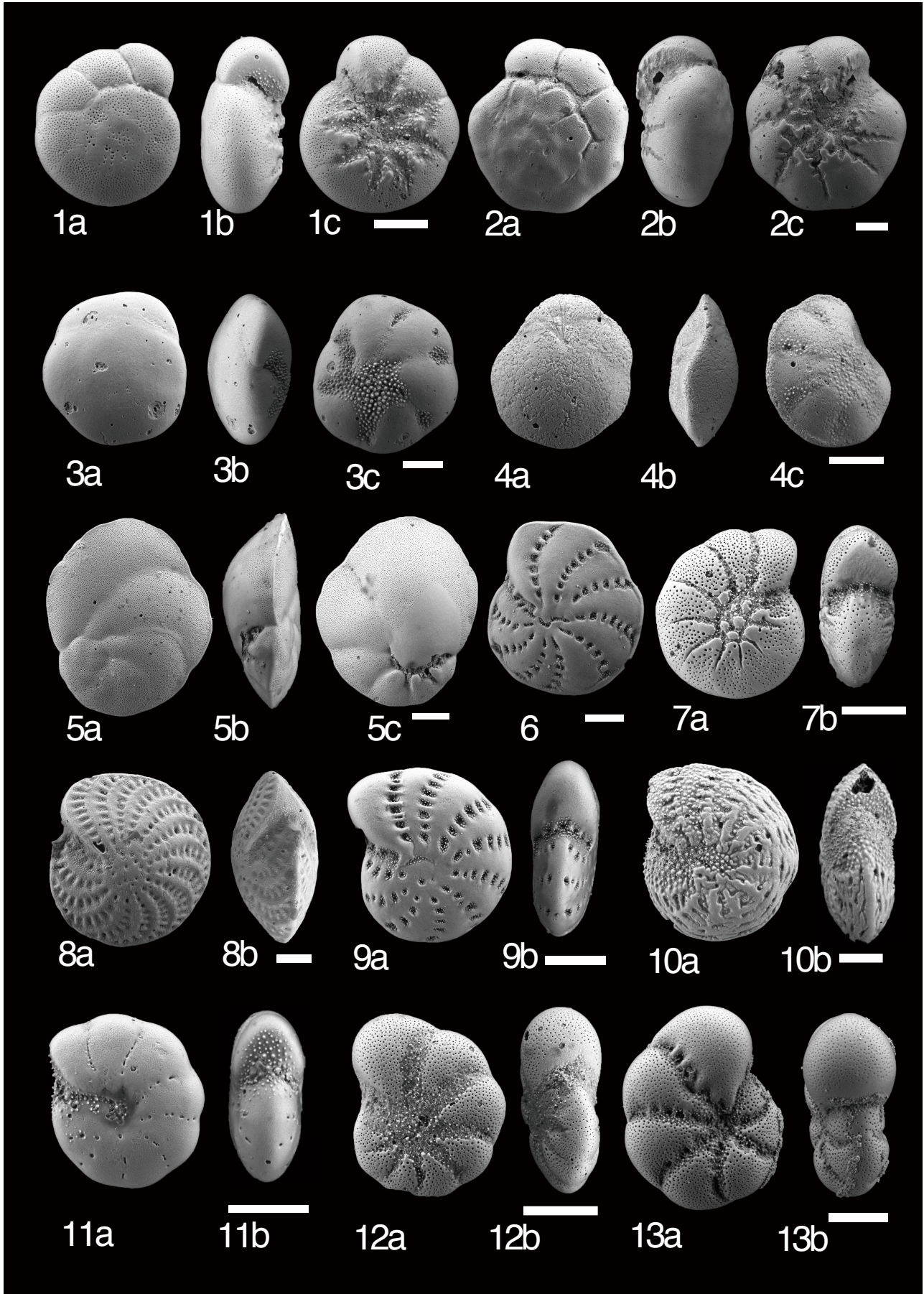
これは、海退にともない、古東京湾の相模湾方面の湾口部から海水が流入しにくくなったことが原因と考えら

(p. 221 →)

第4図 浦和GS-UR-1コアの底生有孔虫化石のSEM写真(その1)。スケールは100 μm。

Fig. 4 Scanning electron photomicrographs of fossil benthic foraminifers from core GS-UR-1, Urawa, Saitama City, Part 1. Scale bars = 100 μm.

- 1a, b, c: *Ammonia beccarii* (Linnaeus) forma 1
Sample UR81, depth 78.30–78.40 m, Yabu Formation
- 2a, b, c: *Ammonia japonica* (Hada)
Sample UR81, depth 78.30–78.40 m, Yabu Formation
- 3a, b, c: *Buccella frigida* (Cushman)
Sample UR24, depth 30.90–31.00 m, Kioroshi Formation
- 4a, b, c: *Buccella inusitata* (Andersen)
Sample UR81, depth 78.30–78.40 m, Yabu Formation
- 5a, b, c: *Cancris auriculus* (Fichtel and Moll)
Sample UR16, depth 26.20–26.30 m, Kioroshi Formation
- 6: *Elphidium advenum* (Cushman)
Sample UR24, depth 30.90–31.00 m, Kioroshi Formation
- 7a, b: *Elphidium clavatum* Cushman
Sample UR15, depth 25.80–25.90 m, Kioroshi Formation
- 8a, b: *Elphidium crispum* (Linnaeus)
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation
- 9a, b: *Elphidium kusiroense* Asano
Sample UR15, depth 25.80–25.90 m, Kioroshi Formation
- 10a, b: *Elphidium reticulosum* Cushman
Sample UR15, depth 25.80–25.90 m, Kioroshi Formation
- 11a, b: *Elphidium somaense* Takayanagi
Sample UR15, depth 25.80–25.90 m, Kioroshi Formation
- 12a, b: *Elphidium subarcticum* Cushman
Sample UR15, depth 25.80–25.90 m, Kioroshi Formation
- 13a, b: *Elphidium subgranulosum* Asano
Sample UR24, depth 30.90–31.00 m, Kioroshi Formation



れ、浮遊性有孔虫化石の産出個体数が激減することにも表れている。

なお、UR65 (71.40–71.50 m)–UR63 (69.50–69.60 m)の3試料は有孔虫化石の産出がないので帯区分から除いた。

4.8 上泉層 I 帯 [試料 UR57 (53.70–53.80 m)–UR47 (49.90–50.00 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Ammonia japonica*と*Buccella frigida*の2種の多産で特徴づけられ、*Pseudononion japonicum*, *Rosalina vilardeboana*, *Nonionella stella*, *Elphidium kusiroense*, *Pseudorotalia gaimardii*を伴う。BFNは20–176, PFNは0.4–4, P/T比は0.8–7%である。浮遊性有孔虫化石は、*Glibigerina* spp., *Globigerinoides* spp., *Neogloboquadrina dutertrei*, *Neogloboquadrina pachyderma*がわずかに産出する。

解釈: *A. japonica*と*B. frigida*がともに多産する群集は、松島湾の湾央部～湾口部に見られる(Matoba, 1970)。なお本帯下部の試料UR56–53には暖流系浅海種の*P. gaimardii*が産出し、上部の試料UR52–47では*B. frigida*の頻度が34–47%と高い。したがって、本帯は、湾央部から湾口部の環境で、下部に比べて上部の堆積時の水温が低下したと考えられる。

浮遊性有孔虫化石は、寒暖混合群集(Bé, 1977)ではあるが、産出個体数が少ないため確定的なことは言えない。

なお、本帯下位のUR62 (56.10–56.20 m)–UR58 (54.15–53.25 m)の5試料と上位のUR46 (49.50–49.60 m)は有孔虫化石の産出がないので帯区分から除いた。

4.9 木下層 I 帯 [試料 UR27 (32.60–32.70 m)–UR25 (31.80–31.90 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Nonionella stella*, *Buccella frigida*, *Elphidium subgranulosum*を主要種とし、*Elphidium advenum*, *Ammonia japonica*を伴う。BFNは7–15, PFNは0–0.1, P/T比は0–0.5%である。*N. stella*の多産(41–48%)で特徴づけられる。

解釈: 前述の通り*N. stella*は貧酸素の環境を示す。また、*E. subgranulosum*も松島湾奥の塩釜湾で貧酸素の環境に多産している。中澤ほか(2006)は浦和GS-UR-1の木下層を下部と上部に区分した。木下層下部は、下位よりユニット I (河川相), ユニット II (干潟相), ユニット III (エスチュアリー中央盆相)に区分され、木下層上部はユニット V (外浜あるいは湾口), ユニット VI (ラグーン相), ユニット VII (デルタ相)に区分された。本帯は、中澤ほか(2006)のユニット III (エスチュアリー中央盆相)に当たり、有機質が強く中央盆底における停滞水域の存在が推定されている。*N. stella*, *E. subgranulosum*の産出は有機物に富む停滞水域の推定と矛盾しない。したがって、本帯は開析谷に海水が進入し形成された湾の湾奥部から湾央部で、有機物に富む環境が考えられる。浮遊性有孔虫化石は

貧産である。

なお本帯の下位UR45 (43.35–43.45 m)–UR28 (33.20–33.30 m)の18試料からはUR28から保存不良の1個体が産出したのみで、残りの17試料からの有孔虫化石の産出は確認できなかった。UR28は保存状況から有孔虫化石は溶けたものと考えられる。有孔虫からの考察はできないので帯区分から除いた。

4.10 木下層 II 帯 [試料 UR24 (30.90–31.00 m)–UR23 (30.36–30.42 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Nonionella stella*, *Buccella frigida*, *Elphidium subgranulosum*, *Ammonia japonica*を主要種とし、*Elphidium kusiroense*, *Elphidium somaense*を伴う。BFNは20–336, PFNは0.1–2, P/T比は0.5–0.6%である。*N. stella*の優占度は11–16%と木下層I帯に比べ低下する。また、BFNは上位に向かって急激に増加するとともに、種数も増える。

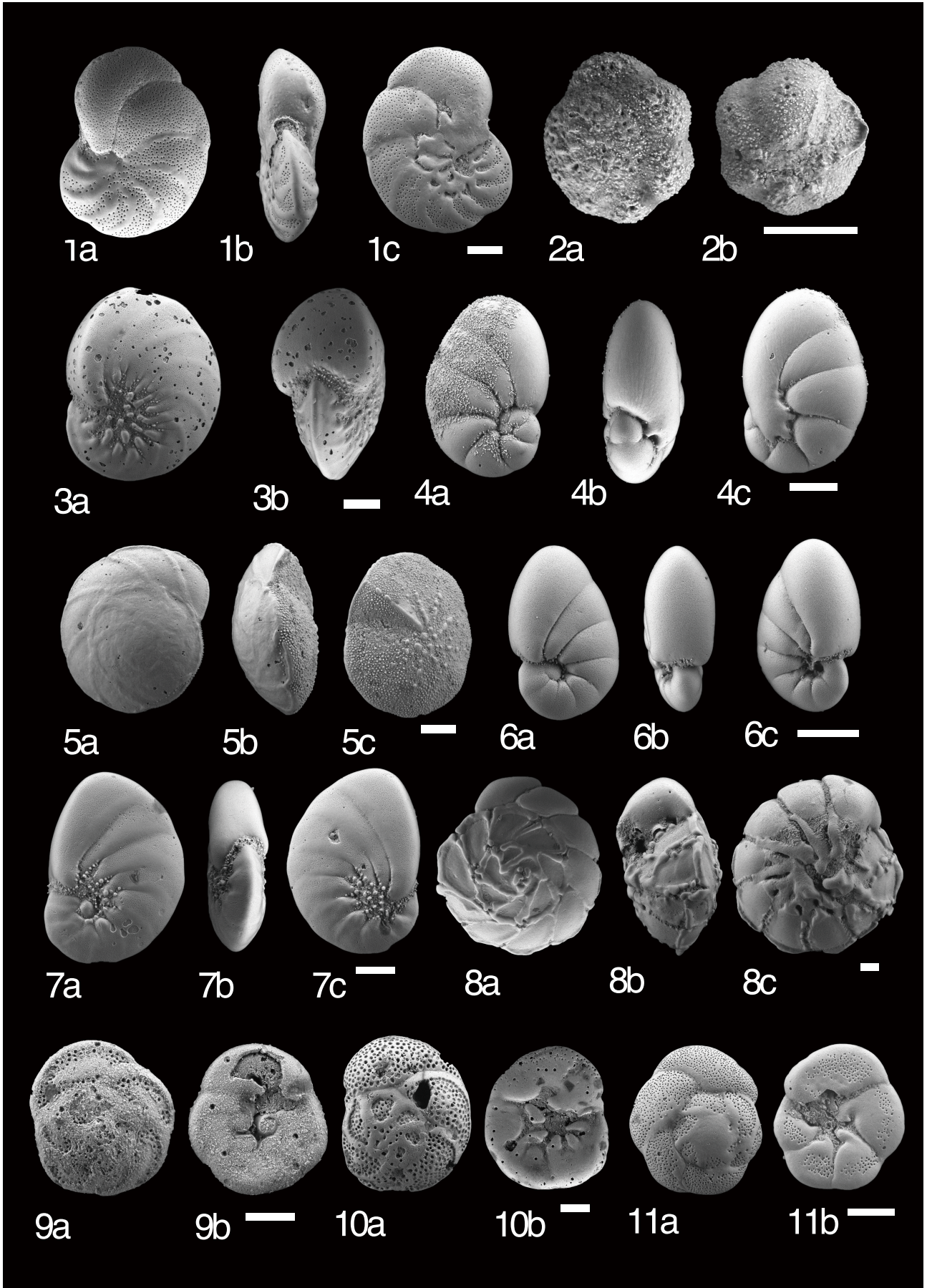
解釈: 本帯は、木下層 I 帯から種数も増加し湾央部から湾口部にかけての種構成となる。*E. somaense*は、松島湾湾口部に多い(Matoba, 1970)。中澤ほか(2006)のユニット III (エスチュアリー中央盆相)の最上部に当たる。海進が進み木下層 I 帯に比べ湾域が拡大し湾央部の環境へと変化したことが考えられる。浮遊性有孔虫化石は貧産である。

(p. 223 →)

第5図 浦和GS-UR-1 コアの底生有孔虫化石のSEM写真(その2)。スケールは100 μm。

Fig. 5 Scanning electron photomicrographs of fossil benthic foraminifers from core GS-UR-1, Urawa, Saitama City, Part 2. Scale bars = 100 μm.

- 1a, b, c: *Hanzawaia nipponica* Asano
Sample UR81, depth 78.30–78.40 m, Yabu Formation
- 2a, b: *Murrayinella minuta* (Takayanagi)
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation
- 3a, b: *Nonion manpukuziensis* Otsuka
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation
- 4a, b, c: *Nonionella stella* Cushman and Moyer
Sample UR24, depth 30.90–31.00 m, Kioroshi Formation
- 5a, b, c: *Porosorotalia makiyamai* (Chiji)
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation
- 6a, b, c: *Pseudononion grateloupi* (d'Orbigny)
Sample UR24, depth 30.90–31.00 m, Kioroshi Formation
- 7a, b, c: *Pseudononion japonicum* Asano
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation
- 8a, b, c: *Pseudorotalia gaimardii* (d'Orbigny)
Sample UR81, depth 78.30–78.40 m, Yabu Formation
- 9a, b: *Rosalina australis* (Parr)
Sample UR20, depth 28.60–28.70 m, Kioroshi Formation
- 10a, b: *Rosalina bradyi* (Cushman)
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation
- 11a, b: *Rosalina vilardeboana* d'Orbigny
Sample UR22, depth 29.90–30.00 m, Kioroshi Formation



4.11 木下層Ⅲ帯[試料UR22 (29.20–29.30 m)–UR21 (29.90–30.00 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Elphidium kusiroense*, *Quinqueloculina* spp.を主要種とし、*Ammonia japonica*, *Rosalina vilardeboana*を伴う。BFNは1069–1075と1000を超えて多産し種数も多くなる。P/T比は0.6–0.8%であり、PFNは6–9である。浮遊性有孔虫化石は、*Glibigerina* spp., *Globigerinoides* spp., *N. dutertrei*, *N. pachyderma*が産出する。

解釈：Q. spp.は、前述の通り内湾沿岸砂底種群(小杉ほか, 1991)で、松島湾の湾口部(Matoba, 1970)などに分布する。*R. vilardeboana*は海藻上に付着して生息する(北里, 1986)。本帯は中澤ほか(2006)のユニットV(外浜あるいは湾口相)の下部に当たる。本帯は、木下層Ⅱ帯からさらに海進が進み近傍に藻場のある潮通しの良い湾口部が考えられる。木下層下部堆積時には入江であった海域が、木下層Ⅲ帯の時期に台地部を侵食しながら拡大し、大きな湾域を形成したと考えられる。

浮遊性有孔虫化石は、寒暖混合群集(Bé, 1977)が認められる。下位の木下層Ⅱ帯よりも潮通しが良くなったことが推定される。これは底生有孔虫化石による推定と整合的である。

4.12 木下層Ⅳ帯[試料UR20 (28.60–28.70 m)–UR19 (28.10–28.20 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Elphidium kusiroense*を主要種とし、*Elphidium subgranulosum*, *Ammonia japonica*, *Pseudononion japonicum*, *Rosalina vilardeboana*を伴う。*E. kusiroense*は33–41%と多産する。BFNは試料UR20で575, UR19で45と上位に向けて急激に減少する。PFNは0.5–1と下位の木下層Ⅲ帯に比べて減少するが、P/T比は0.3–1%とほぼ変わらない。

解釈：*E. kusiroense*は前述の通り福島県小名浜沖5–50 mに分布し、大陸棚内部の群集の主要種で(海保・長谷川, 1986)で、松島湾の最湾奥の部分を除く湾全体に分布している(Matoba, 1970)。随伴種も主として湾中央から湾口部に分布する種である(Matoba, 1970)。したがって本帯は、湾中央から湾口部と考えられる。本帯は中澤ほか(2006)のユニットV(外浜あるいは湾口相)の上部に当たるが、木下層Ⅲ帯から比べ湾域は縮小傾向にあったと推定される。浮遊性有孔虫化石は貧産である。

なお、木下層Ⅳ帯と木下層Ⅴ帯の間の試料UR18 (27.50–27.60 m)とUR17 (26.80–26.90 m)の2試料は、有孔虫化石の産出がないか、保存の悪い個体が少数産出した。有孔虫化石は溶けてしまった可能性が考えられる。有孔虫化石からの考察はできないので帯区分から除いた。

4.13 木下層Ⅴ帯[試料UR16 (26.20–26.30 m)–UR15 (25.80–25.90 m)]

本帯の底生有孔虫化石は、*Ammonia japonica*, *Buccella frigida*, *Elphidium kusiroense*, *Elphidium subgranulosum*を主要種とし、*Pseudononion japonicum*, *Pseudononion grateloupi*を伴う。*Elphidium kusiroense*は、木下層Ⅳ帯から比べ、減少する。BFNは141–142である。

解釈：本帯の主要種である*A. japonica*, *B. frigida*, *E. kusiroense*は松島湾では最湾奥部をのぞく湾内に分布する。*B. frigida*, *E. subgranulosum*は、木下層Ⅳ帯で多産した*E. kusiroense*に比べ、より湾奥部にも分布している(Matoba, 1970)。また、浮遊性有孔虫は産出ししない。したがって本帯は、湾中央部の環境が考えられ、木下層Ⅲ帯から比べ湾域はさらに縮小したと推定される。

なお、木下層Ⅴ帯上位の試料UR14 (25.20–25.30 m)からUR1 (17.30–17.40 m)の14試料は、有孔虫化石を産出しなかったので帯区分から除いた。

5. 考察

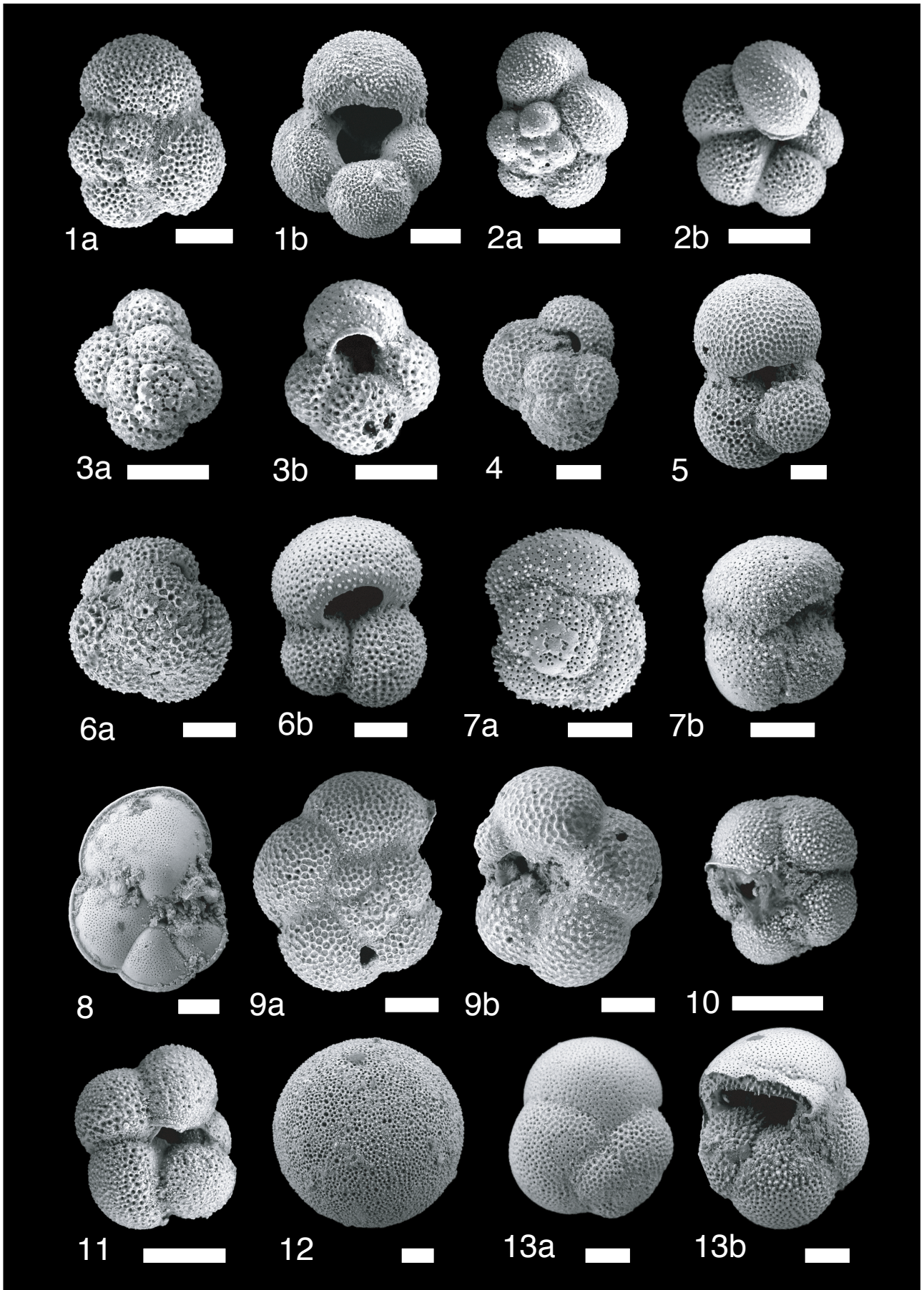
本章では今回明らかにした浦和GS-UR-1コアの有孔虫化石群集を軸に、既報の関東平野他地域の有孔虫化石群

(p.225 →)

第6図 浦和GS-UR-1コアの浮遊性有孔虫化石のSEM写真。スケールは100 μm。

Fig. 6 Scanning electron photomicrographs of fossil planktonic foraminifers from core GS-UR-1, Urawa, Saitama City. Scale bars = 100 μm.

- 1a, b: *Globigerina bulloides* d'Orbigny
Sample UR80, depth 78.10–78.20 m, Yabu Formation
- 2a, b: *Globigerina quinqueloba* Natland
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 3a, b: *Globigerina rubescens* Hofker
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 4: *Globigerinoides extremus* Bolli
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 5: *Globigerinoides quadrilobatus* (d'Orbigny)
Sample UR80, depth 78.10–78.20 m, Yabu Formation
- 6a, b: *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny)
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 7a, b: *Globorotalia inflata* d'Orbigny
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 8: *Globorotalia menardii* Parker, Jones and Brady
Sample UR79, 77.70–77.80 m, Yabu Formation
- 9a, b: *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny)
Sample UR81, depth 78.30–78.40 m, Yabu Formation
- 10: *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) dex.
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 11: *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) sin.
Sample UR97, depth 101.30–101.40 m, Jizodo Formation
- 12: *Orbulina universa* d'Orbigny
Sample UR76, depth 76.15–76.25 m, Yabu Formation
- 13a, b: *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones)
Sample UR76, depth 76.15–76.25 m, Yabu Formation



集を参照しながら、下総層群を形成した海域の環境変遷について考察する。なお各帯の主要種・随伴種は秋元・長谷川(1989)の内部浅海を上限深度帯としているので、各帯の古水深は内部浅海帯と考えられる。各帯の古水深の変化は内部浅海帯の範囲内で推移したものと考えられる。

5.1 有孔虫化石群集と古海洋環境

5.1.1 地蔵堂層

浦和GS-UR-1コアでは、地蔵堂層の下限まで掘りぬいていないことと地蔵堂層Ⅲ帯と地蔵堂層Ⅳ帯の間に有孔虫化石がほとんど産出しない層準があるので、地蔵堂層全体にわたる古環境推定はできないが、地蔵堂層Ⅰ帯で浮遊性有孔虫が多産し暖流の影響が大きい湾口部から沿岸部浅海域であること推定される。さらに、地蔵堂層Ⅱ帯から地蔵堂層Ⅲ帯にかけて湾中央部から湾口部の環境が続くが、有孔虫の群集組成は大きく変化し、暖流から寒流の影響へと変化した(第7図)。地蔵堂層Ⅲ帯から地蔵堂層Ⅳ帯は寒流の影響が大きい湾中央部の環境が推定される。入月ほか(2011)は、浦和GS-UR-1コアの北北西約20 kmで掘削された菖蒲GS-SB-1コア(第1図)の貝形虫化石分析から、地蔵堂層下部は潮流や外洋からの影響を相対的に多く受けた開放的な湾の潮下帯-亜沿岸帯で、上部は高海水準期の閉鎖的な内湾中央-湾奥の環境であったと推定した。浦和GS-UR-1コアでは地蔵堂層Ⅰ-Ⅲ帯でP/T比が高いことから、これらの層準が菖蒲GS-SB-1コアの地蔵堂層下部の「開放的な湾」に対応していると考えられる。

5.1.2 藪層

浦和GS-UR-1コアの藪層では有孔虫化石が連続的に産出し、海進初期から海退期までの古環境の変化を推定できる(第7図)。藪層Ⅰ帯は、溶存酸素量が低く有機物の量の多い閉塞的な湾奥部で、海進の始まりにあたる。藪層Ⅱ帯は、浮遊性有孔虫が多産し、外洋水の影響が大きい開放的な内湾の湾口部で、暖流の影響が大きい環境が推定される。藪層Ⅲ帯は、寒流の影響が大きい内湾の湾中央から湾口部の環境が推定される。

東京港地下地質研究会(2000)は東京港地域で掘削された12本のボーリングコア(No.1~No.12)を分析し、東京港地域の地下地質を下位より、上総層群、東雲層、江戸川層、東京層、埋没段丘堆積物、沖積層、埋土層に区分し、このうち江戸川層の中部層と上部層をテフラの対比により藪層に対比した。金子ほか(2000)はNo.12コア(第1図;東京港地下地質研究会,2000)の江戸川層中部層の有孔虫化石から、海進初期から海退期までの古環境の変化を推定した。それによると江戸川層中部層は、*Ammonia beccarii* forma 1を主要種とする海進初期の湾奥部の環境を示すⅠ帯、*Elphidium advenum*、*Buccella inusitata*、

*Pseudorotalia gaimardii*を主要種としP/T比の高い暖流の影響のある湾口部の環境を示すⅡ帯、*Pseudononion japonicum*、*Buccella frigida*を主要種としP/T比の低い湾中央部の環境を示すⅢ帯に区分されている。江戸川層中部層のⅠ帯からⅢ帯の変化は、浦和GS-UR-1コアの藪層Ⅰ帯から藪層Ⅲ帯の群集組成やその変化に一致しており、両地点では同じような古環境の変遷があったものと考えられる。また、入月ほか(2011)は、菖蒲GS-SB-1コアの藪層について、閉鎖的な内湾から開放的な内湾になり、再び閉鎖的な内湾へと変化したとしている。これも浦和GS-UR-1コアの藪層Ⅰ帯から藪層Ⅲ帯の変化と対応している。

また、Gallagher *et al.* (2015)は、底生有孔虫の*P. gaimardii*、浮遊性有孔虫の*Globigerinoides ruber*、*Pulleniatina obliquiloculata*を黒潮の影響を示す種として報告した。藪層Ⅱ帯はこの3種が産出しており、黒潮の影響が強くと示唆される。

5.1.3 上泉層

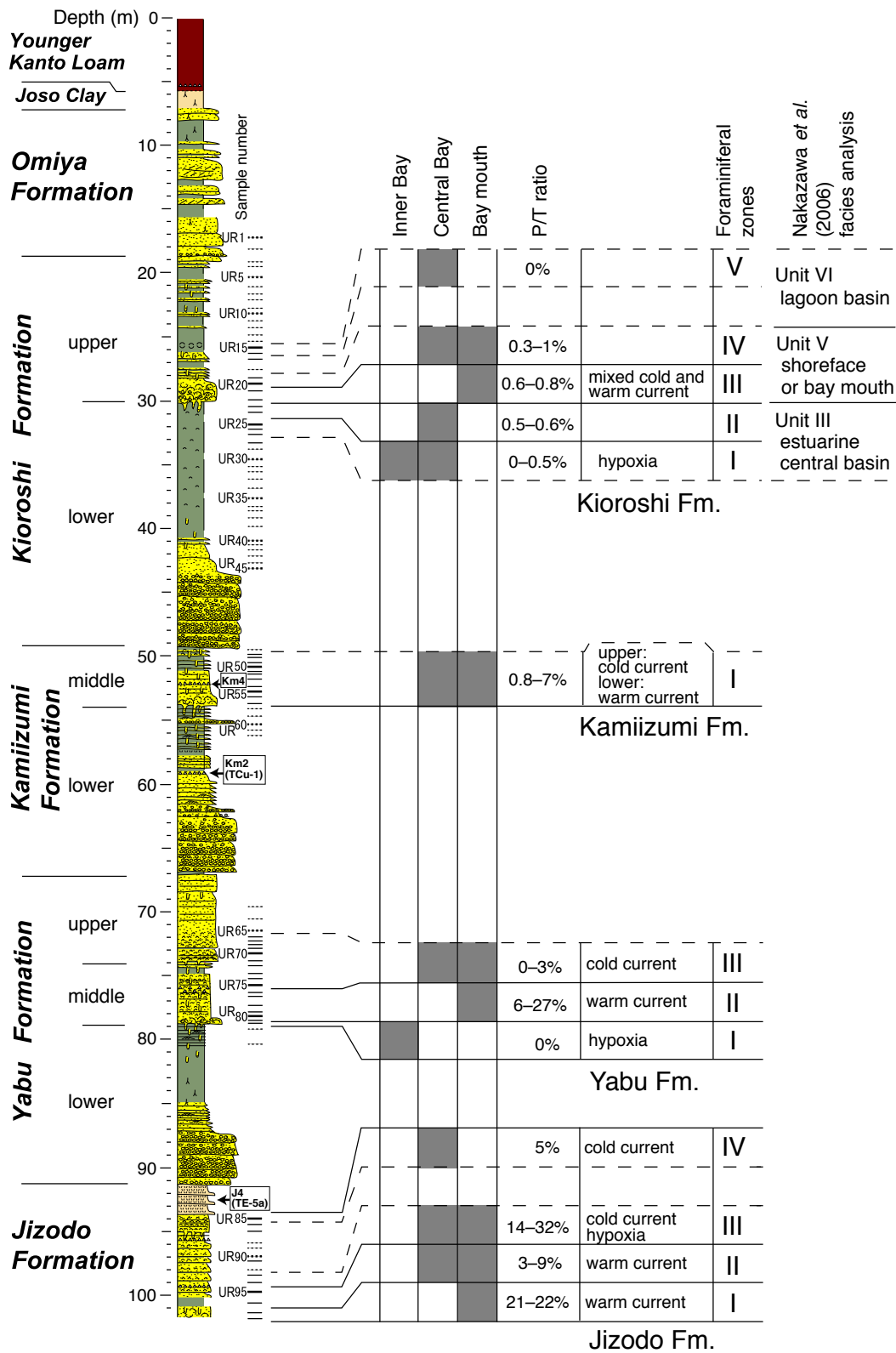
上泉層Ⅰ帯は内湾の湾中央部から湾口部の環境で、上泉層Ⅰ帯の下部に比べて上部で水温が低下したと推定される(第7図)。金子ほか(1994)は関東平野中央部の春日部90KKコア(第1図)の深度48.45-55.90 mから、*Pseudononion japonicum*を主要種とし、*Rosalina* spp.、*Pararotalia nipponica*、*Porosorotalia makiyamai*を伴い、P/T比が1-7%の湾中央部から湾口部の群集を報告している。この群集は、浦和GS-UR-1コアの上泉層Ⅰ帯の群集に酷似しており、上泉層に対比されると考えられる。

上泉層Ⅰ帯には、地蔵堂層や藪層に見られる浮遊性有孔虫の多産する層準は認められない。

5.1.4 木下層

有孔虫化石群集により、木下層Ⅰ帯は有機物に富む湾奥部から湾中央部、木下層Ⅱ帯は湾中央部、木下層Ⅲ帯は湾口部、木下層Ⅳ帯は湾中央部から湾口部、木下層Ⅴ帯は湾中央部の環境で(第7図)、木下層Ⅲ帯で最も大きい湾域が形成されたと推定される。浦和GS-UR-1コアにみられる木下層の堆積相解析をおこなった中澤ほか(2006)によると、木下層の下部は開析谷システム、上部はバリアー島システムによって形成された。今回設定した有孔虫化石帯のうち木下層Ⅰ帯と木下層Ⅱ帯は中澤ほか(2006)の開析谷システムのユニットⅢ(エスチュアリー中央盆相)(深度約38-30.10 m)の上部に相当する。一方、木下層Ⅲ帯と木下層Ⅳ帯は中澤ほか(2006)のバリアー島システムのユニットⅤ(外浜あるいは湾口)(深度31.10-約28 m)に、木下層Ⅴ帯はユニットⅥ(ラグーン相)(深度約28-23 m)に相当する。各帯の群集と中澤ほか(2006)による堆積環境とは矛盾しない。

金子ほか(2005)は、川口GS-KG-1コア(第1図)の木下層中の有孔虫化石を分析し、有孔虫群集から下位より



第7図 浦和GS-UR-1 コアの有孔虫化石群集から推定される下総層群の古環境変遷。柱状図の凡例は第3図参照。

Fig. 7 Paleoenvironmental changes inferred from the foraminiferal assemblages of the Shimosa Group in core GS-UR-1, Urawa, Saitama City. See Fig. 3 for the legend of the columnar section.

I帯-III帯を設定した。木下層下部の開析谷埋積層中に *Ammonia beccarii* forma 1 を主要種とする I帯と *Buccella frigida* を主要種とし *Ammonia beccarii tepida*, *Elphidium kusiroense*, *Elphidium subincertum* を伴う II帯を報告した。川口GS-KG-1のI帯やII帯に産出する *A. beccarii* forma 1, *A. beccarii tepida*, *E. subincertum* は、浦和GS-UR-1の木下層I帯及び木下層II帯の主要種・随伴種と比較して、より湾の奥部に分布する (Matoba, 1970; Nomura and Seto, 1992)。中澤ほか (2006) によると、川口GS-KG-1は開析谷の支谷に相当するのに対し、浦和GS-UR-1はもともと水深の大きい湾央部であった。浦和GS-UR-1の木下層I帯及び木下層II帯と川口GS-KG-1のI帯及びII帯の有孔虫群集の違いは、開析谷の大きさの違いに対応している。

川口GS-KG-1のIII帯は *Quinqueloculina* spp., *Rosalina australis*, *E. kusiroense* を主要種とし, *Cibicides lobatulus*, *Elphidium crispum*, *Ammonia japonica* を伴う (金子ほか, 2005)。これらの種構成は、浦和GS-UR-1の木下層III帯の種構成と共通している。中澤ほか (2006) によると、関東平野中央部の大宮台地地域では、この時期に堆積システムが開析谷システムからバリアー島システムに転換するにあたり、それまで台地だった部分も侵食され広範囲に海域が広がったとしている。浦和GS-UR-1の木下層III帯の有孔虫化石群集と川口GS-KG-1のIII帯の有孔虫群集を構成する種 (金子ほか, 2005) の共通性は、この海域の拡大に対応して同じ種構成を持つ有孔虫群集が広く分布したことによると考えられる。

川口GS-KG-1のIII帯より上位では有孔虫化石は保存されていない (金子ほか, 2005) ため、浦和GS-UR-1の群集との比較はできない。

浦和GS-UR-1の木下層V帯は、関東平野東部付近に形成されたバリアー島の背後のラグーン相 (ユニットVI; 中澤ほか, 2006) に相当する。閉塞されたラグーンの有孔虫群集の報告は、石和田 (1958) の浜名湖や高柳 (1955) の松川浦の報告例があり、砂質有孔虫や *Ammonia beccarii* が多産する。内湾の砂質有孔虫は殻が脆弱であり、化石として残りにくい特徴をもつが (北里, 1993)、木下層V帯には *A. beccarii* の産出はなく、湾央部の群集からなる。このことは、バリアー島の切れ目や浦賀水道方面から外洋水が古東京湾へ流入し (近藤, 1991; 金子ほか, 2009)、この時期も塩分がまだ低下していなかったと考えられる。

5.2 P/T比から見た地蔵堂層から木下層の環境変化

Gibson (1989) は、浮遊性有孔虫の堆積物重量あたり個体数やP/T比は、汀線からの距離と正の相関があるとした。黒沢・長谷川 (1997) は、日本周辺海域ではP/T比は約50 m以浅では10%以下の低い値をとるとしている。つまり、P/T比は外洋水の影響度を示す指標と解釈することもできる。

本コアのP/T比は、地蔵堂層が2.8-32.1%、藪層が0.3-26.5%、上泉層が0.8-3.8%、木下層が0.3-1.1%である (第3図及び第7図)。地蔵堂層及び藪層で数値に大きな幅があるが、全体傾向としてはそれぞれの最大海進期における外洋水の影響が地蔵堂層、藪層、上泉層、木下層の順に減少していったと考えられる。

地蔵堂層では、UR98-97 (地蔵堂層I帯) 及びUR94-93 (地蔵堂層III帯) の2層準でP/T比が高く、外洋水の影響の強い環境が認められる。一方、外洋水の影響が弱まる環境 (UR96-95, 地蔵堂層II帯) も一時的には存在したことを示唆している。底生有孔虫化石群集の示す環境は、地蔵堂層II帯から地蔵堂層III帯にかけては湾央部から湾口部で変化しないものの、暖流から寒流への変化が認められる。藪層では、UR81-79 (藪層II帯下部)、UR77 (藪層II帯上部) でP/T比が高く、外洋水の影響の強い環境が認められる (第3図)。これは単純に古水深や支配的海流が変化したのではなく、バリアー島形成などに伴って古東京湾の潮流口の位置やその数が変化することにより、湾内に複雑な潮流が生じたものと考えられる。UR76 (藪層II帯最上部) では、P/T比が激減するにもかかわらず、底生有孔虫化石の群集組成にはあまり変化がなく、産出数BFNはむしろ増加している。これは、外洋水の影響が弱くなって浮遊性有孔虫が減少しても、古東京湾内の環境は引き続きそれまでの環境を維持し、底生有孔虫の生産が続いたことによると考えられる。また、UR75-66 (藪層III帯) は非常に低いP/T比をとる。これは、外洋水の影響は非常に小さくなったが、完全に閉鎖された湾となっていないことを示している。

上泉層では、全体を通してP/T比の大きな変化は認められない。藪層III帯と同様に、外洋水の影響は非常に小さいが、完全に閉鎖された湾ではなく、UR75-66 (藪層III帯) と比較すると外洋水の影響はやや大きい。

P/T比を算出することは、湾における古環境推定に有効な手段となりうる。P/T比による考察を内湾環境に適用するためには、現世海洋における内湾のP/T比とそれに関係する要因の基礎データを蓄積していく必要がある。

5.3 地蔵堂層及び藪層の浮遊性有孔虫化石多産層準

本研究では、浦和GS-UR-1コアの地蔵堂層中に浮遊性有孔虫化石の多産層準 (UR97, 地蔵堂層I帯) を見いだした。UR93の方がP/T比は高いが、この比は底生有孔虫化石の産出個体数によっても変化してしまうので、浮遊性有孔虫化石の産出個体数が多く、1 gあたりの浮遊性有孔虫化石産出個体数が大きいUR97を多産層準とした。この多産層準は、近接する八潮GS-YS-2コア (第1図) の地蔵堂層に相当する深度87.30-87.40 m、また柏GS-KW-2コア (第1図) の地蔵堂層に相当する深度113.00-113.05 mの試料中にも見いだされ、ともにJ4 (TE-5a) テフラの下位に位置している (金子ほか, 2010, 2013)。本コアにお

いても、浮遊性有孔虫化石の多産層準が試料UR97に見いだされ、これらの層準はJ4テフラの下位に位置する(第3図)。本コア掘削地点から東北東へ約50 km離れた阿見GS-TS-5コア(第1図)においても、J4テフラは特定できていないものの、浮遊性有孔虫化石の多産層準が地蔵堂層に相当する深度44.00–43.90 mの試料から見いだされている(金子ほか, 2001)。

中澤ほか(2009)は、J4 (TE-5a) テフラはMIS 11ピーク付近に相当する層準に挟まれるとした。J4テフラの層準がMIS 11ピーク付近とした場合、浮遊性有孔虫化石の多産層準はMIS 11ピーク以前ということになる。駿河湾沿岸地域の完新世堆積物の有孔虫化石を検討した松原(1989)によると、海進期の砂州による内湾の閉塞の前に浮遊性有孔虫の産出最大期が認められている。同様に本地域においても、海進によって湾口にできた砂州のために外洋水の流入が減少し、浮遊性有孔虫化石の多産層準はMIS 11ピークよりも前に形成されていたと考えると整合的である。

浮遊性有孔虫化石の多産層準における群集組成は、本コアと関東平野の他地域での報告(金子ほか, 2000, 2001, 2010など)とで大きな差異はなく、同様な性質をもつ外洋水が流入した結果であると考えられる。多産層準の上下層準では、寒流種が優勢であり、多産層準のみ暖流種が混在している。これは、優勢となる海流が全く入れ替わるといった現象ではないことを意味している。つまり、この多産層準の堆積期には寒流流入が続く中で、海水準が上昇し、南から暖流が強く流入したと考えられる。

藪層中にも浮遊性有孔虫化石の多産層準(藪層Ⅱ帯, UR81–77)が見いだされる。しかし、浦和GS-UR-1コアにおいては明瞭な1つのピークとなっていないが多産層準が存在し、その上位のUR76とUR75の間に底生有孔虫化石群集の急変層準が存在することも判明した。東京港No.12, 春日部90KK, 阿見GS-TS-5のコアでも、このセットは上下関係が変化することなく見いだされている(野村ほか, 2011)。このことは、広域的に同時の海水面の変化に伴い環境が変化した結果で、対比に使用できると考えられるが、どのコアでもテフラが認定できておらず、時間的な面として使用するには、さらなる精査が必要である。

浦和GS-UR-1コアにおいては、藪層の浮遊性有孔虫化石多産層準(藪層Ⅱ帯, UR81–77)において*Globorotalia inflata*の産出が認められないという特徴がある。東京港No.12(金子ほか, 2000)及び阿見GS-TS-5(金子ほか, 2001)の藪層多産層準では、*G. inflata*は1.8–4.4%(東京港No.12), 3.1–3.7%(阿見GS-TS-5)見いだされている。

黒沢・長谷川(1997)は、日本周辺海域ではP/T比は約50 m以浅では10%以下の低い値をとるとした。また、現在の東京湾でP/T比は水深20 m以下の大部分の地点で

は5%以下である(東京湾総合研究有孔虫班, 1957)。丸橋(1948)は東京湾奥部の19地点合計で*Globigerina*が10個体のみ認められたとしている。現在の東京湾のように、湾口部の砂州が未発達で開口している場合は、水深20 mを下回る湾奥まで浮遊性有孔虫が流入してくるが、表層付近に生息域を持つ種のみとなる。

藪層堆積時にも古東京湾は南方に開口していると考えられるが(菊池, 1980)、その水深は明らかになっていない。さらに詳細な検討は必要であるが、*G. inflata*は、沿岸海域において最も外洋側で深部に生息域を持つ(BouDagher-Fadel, 2012)とされており、水深が浅い湾内まで入り込めなかったと考えることもできる。

浮遊性有孔虫化石で特定の種のみが産出する、あるいはしないことに着目した解析は、内湾のように環境が急激に変化する地域において古水深の推定の有効な手法になると考える。

6. まとめ

浦和GS-UR-1コアの中–上部更新統下総層群地蔵堂層、藪層、上泉層、木下層の有孔虫化石分析を行った結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) コアから分取した98試料を処理し、このうち51試料から有孔虫化石が産出した。底生有孔虫は38属72種、浮遊性有孔虫は8属32種が認められた。
- (2) 産出した有孔虫化石群集に基づき、下総層群の有孔虫化石産出層準を下位より、地蔵堂層Ⅰ–Ⅳ帯、藪層Ⅰ–Ⅲ帯、上泉層Ⅰ帯、木下層Ⅰ–Ⅴ帯に区分した。各帯の古水深は内部浅海帯と考えられる。
- (3) 各帯の有孔虫化石群集から推測される古環境の変化は次の通りである。

地蔵堂層Ⅰ–Ⅳ帯：暖流水の影響の強い開放的な湾の湾口部から寒流水の影響の強い湾中央部へと変化。

藪層Ⅰ–Ⅲ帯：閉塞的な湾の湾奥部から、暖流水の影響の強い開放的な湾の湾口部に変化し、寒流水の影響の強い湾中央部へと変化。

上泉層Ⅰ帯：湾中央部から湾口部。

木下層Ⅰ–Ⅴ帯：湾奥部から湾中央部、湾口部を経て、再び湾中央部へと変化。

各層に設定された化石帯の底生有孔虫化石群集と浮遊性有孔虫化石群集、及びそれらの産出個体数の変化は全体として、堆積相などから推定されている海水準変動に対応した環境変化を示している。

- (4) 各層のP/T比ピーク値の変化から、古東京湾における外洋水の影響は、地蔵堂層から木下層にかけて全般に徐々に少なくなっている。
- (5) 地蔵堂層Ⅰ帯と藪層Ⅱ帯に浮遊性有孔虫化石の多産層を見出した。外洋水の影響が最も大きかった時期と考えられ、底生有孔虫群集の変化層準とあわせ対比可能な層準である。

- (6) 浮遊性有孔虫化石の多産層準は、砂州の発達による内湾の閉塞前に形成されたと推定される。
- (7) 底生有孔虫化石群集及び浮遊性有孔虫群集の変化、P/T比の変化、浮遊性有孔虫化石の多産層準の特定は、海水準の変化に伴う古東京湾の地形発達と環境変化を考察するのに有効なデータとなる。

謝辞：東京海洋大学の北里 洋博士には、有孔虫化石の同定などについて多岐にわたりご指導をいただいた。群馬県立自然史博物館には、走査型電子顕微鏡の使用の便宜を凶っていただいた。匿名の査読者及び編集担当の長森英明博士には有益なコメントをいただき、原稿が改善された。記して感謝申し上げる。本研究には、平成29年度駿河台大学特別研究助成費を使用した。

文 献

- 秋元和實・長谷川四郎(1989) 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布古水深深度の確立に向けて。地質学論集, no. 32, 229-240.
- Bé, A. W. H. (1977) An ecological, zoogeographic and taxonomic review of recent planktonic foraminifera. *Oceanic Micropaleontology*, **1**, 1-100.
- Bernhard, J. M., Sen Gupta, B. K. and Borne, P. F. (1997) Benthic foraminiferal proxy to estimate dysaerobic bottom-water oxygen concentrations: Santa Barbara Basin, US Pacific continental margin. *Jour. Foraminiferal Res.*, **27**, 301-310.
- BouDagher-Fadel, M. K. (2012) Biostratigraphic and geological Significance of planktonic foraminifera. In Wingnall, P. B., ed., *Developments in Paleontology and stratigraphy*. Amsterdam. Elsevier, 1-301.
- Gallagher, S. J., Kitamura, A., Iryu, Y., Itaki, T., Koizumi, I. and Holis, P. W. (2015) The Pliocene to recent history of the Kuroshio and Tsushima Currents: a multi-proxy approach. *Progress in Earth and Planetary Science*, **2**, 17.
- Gibson, T. G. (1989) Planktonic benthonic foraminiferal ratios: Modern patterns and Tertiary applicability. *Marine Micropaleontology*, **15**, 29-52.
- 長谷川四郎(1993) 底生有孔虫からみた日本周辺海域の水温分布—新生代海洋構造解明に向けて—. 化石, no. 55, 131-159.
- 五十嵐八枝子(2009) 北西太平洋・鹿島沖コアMD01-2421のMIS 6以降の花粉記録：陸域資料との対比。地質雑, **115**, 357-366.
- 井上洋子(1980) 日本周辺海域の現生有孔虫の生態学的研究, 石油資源開発技研特報, **41**, 421p.
- Inoue, Y. (1989) North Pacific foraminifera as paleoenvironmental indicators. *Sci. Rep. Inst. Geosci. Univ. Tsukuba, Sec. B*, **10**, 57-162.
- 入月俊明・納谷友規・山口正秋・水野清秀(2011) 中期更新世(MIS11およびMIS9)における古東京湾湾奥の環境変遷—埼玉県菖蒲コアの下総層群産貝形虫化石の群集解析—. 地質雑, **117**, 35-52.
- 石和田靖章(1958) 汽水域の研究, I, 浜名湖の現世有孔虫群集—汽水域有孔虫群集の研究—. 地質調査報告, **180**, 1-19.
- Ishiwada, Y. (1964) Benthonic foraminifera off the Pacific coast of Japan referred to biostratigraphy of the Kazusa Group. *Rep. Geol. Surv. Japan*, **205**, 1-45.
- 海保邦夫・長谷川四郎(1986) 福島県小名浜沖底質堆積物中の底生有孔虫の深度分布. 的場保望・加藤道雄編, 新生代底生有孔虫の研究, 42-52.
- 亀丸文秀(1996) 1960年代から1990年代の松島湾における底生有孔虫群集の変化. 化石, no. 61, 1-20.
- 金子 稔・石川博行・山岸良江(1994) 関東平野中央部ボーリングコアの底生有孔虫化石群集に基づく古環境復元. 地団研専報, no. 42, 77-90.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘・山岸良江・矢島祐介(2000) 東京港地下の東雲層, 江戸川層, 東京層の有孔虫化石. 地団研専報, no. 47, 47-70.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘・山岸良江・矢島祐介(2001) 筑波研究学園都市のボーリングコアから得られた有孔虫化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, no. 5, 49-68.
- 金子 稔・石川博行・中澤 努・野村正弘・山岸良江・矢島祐介(2005) 大宮台地に分布する中—上部更新統下総層群木下層の有孔虫化石群集と堆積環境. 第四紀研究, **44**, 339-351.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘(2009) 千葉県木更津市南部に分布する下総層群木下層の有孔虫化石. 日本地質学会関東支部第3回研究発表会「関東地方の地質—研究の進展と今後の課題—」講演資料集, 43-46.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘・中澤 努(2010) 千葉県流山市に掘削されたGS-KW-2の地蔵堂層からの有孔虫化石. 日本地質学会関東支部—日本第四紀学会ジョイントシンポジウム「関東地方の地下構造と形成史」講演資料集, 53-54.
- 金子 稔・石川博行・野村正弘・中澤 努(2013) 関東平野中央部のボーリングコアの地蔵堂層から産出する有孔虫化石. 日本堆積学会2013年千葉大会プログラム・講演要旨, 9-10.
- 関東平野中央部地質研究会(1994) 関東平野中央部地下地質の編年と対比. 地団研専報, no. 42, 154-164.
- 菊地隆男(1980) 古東京湾. アーバンクボタ, no. 18, 16-21.
- 北里 洋(1986) 岩礁地底生有孔虫類の生態. 的場保

- 望・加藤道雄編, 新生代底生有孔虫の研究, 1-12.
- 北里 洋(1993) 有孔虫. 日本第四紀編, 第四紀試料分析法2 研究対象別分析法, 東京大学出版会, 284-294.
- 近藤康生(1991) 千葉県坂戸市栗山の地下から産した後期更新世の外洋性浅海砂底貝化石群—特に最終間氷期における古東京湾の海況復元に関連して—. 千葉県中央博自然研究報告, **1**(2), 1-8.
- 小杉正人・片岡久子・長谷川四郎(1991) 内湾域における有孔虫の環境指標種群の設定とその古環境復元への適用. 化石, no. 50, 37-55.
- 黒沢一男・長谷川四郎(1997) 津軽海峡中部, 北海道知内沖における浮遊性有孔虫比(P/T)とその意義. 日本地質学会学術大会講演要旨, 246.
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic delta ¹⁸O records. *Paleoceanography*, **20**, PA3210.
- 丸橋正穂(1948) 東京湾奥部の有孔虫群. 資源研彙報, **12**, 37-41.
- 町田 洋・新井房夫・村田明美・袴田和夫(1974) 南関東における第四紀中期のテフラの対比とそれに基づく編年. 地学雑誌, **83**, 22-58.
- 町田 洋・新井房夫(2003) 新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of Recent shallow water foraminifera of Matushima Bay, Miyagi Prefecture, northeast Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep. 2nd ser. (Geol.)*, **42**, 1-85.
- 的場保望(1975) 底棲有孔虫—日本近海における分布—. 海洋科学, **7**, 41-46.
- 松原彰子(1989) 完新世における砂州地形の発達過程—駿河湾沿岸地域を例として—. 地理学評論, **62A-2**, 160-183.
- 松本英二(1983) 大都市に面した内湾海域の環境変動史. 地質学論集, no. 23, 91-95.
- Morishima, M. and Chiji, M. (1952) Foraminiferal thanatocoenoses of Akkesi Bay and its vicinity. *Kyoto Univ. Coll. Sci. Mem. ser. B*, **20**, 113-117.
- 中里裕臣・佐藤弘幸(2001) 下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の運動. 第四紀研究, **40**, 251-257.
- 中澤 努・遠藤秀典(2000) 関東平野中央部大宮・野田地域地下浅部の更新統堆積シーケンスと構造運動. 堆積学研究, **51**, 23-38.
- 中澤 努・遠藤秀典(2002) 大宮地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 41p.
- 中澤 努・中里裕臣(2005) 関東平野中央部に分布する更新統下総層群の堆積サイクルとテフロクロロジー. 地質雑, **111**, 87-93.
- 中澤 努・田辺 晋(2011) 野田地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 72p.
- 中澤 努・中島 礼・植木岳雪・田辺 晋・大嶋秀明・堀内誠示(2006) 大宮台地の地下に分布する更新統下総層群木下層のシーケンス層序学的研究. 地質雑, **112**, 349-368.
- 中澤 努・中里裕臣・大嶋秀明・堀内誠示(2009) 関東平野中央部における上総-下総層群境界: 越谷GS-KS-1 コアでのMIS12層準の特定. 地質雑, **115**, 49-63.
- Nakazawa, T., Sakata, K., Hongo, M. and Nakazato, H. (2017) Transition from incised valley to barrier island systems during MIS 5e in the Chiba area, Kanto Plain, central Japan. *Quaternary International*, **456**, 85-101.
- 納谷友規・本郷美佐緒・植木岳雪・八戸昭一・水野清秀(2017) 関東平野中央部の地下に分布する鮮新-更新統の層序と構造運動. 地質雑, **123**, 637-652.
- 納谷友規・野々垣 進・小松原純子・宮地良典・中澤 努・風岡 修・潮崎翔一・香川 淳・吉田 剛・加藤晶子・八武崎寿史・荻津 達・中里裕臣(2018) 都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」(説明書). 産総研地質調査総合センター, 55p.
- 野村正弘・金子 稔・石川博行(2011) 下総層群地蔵堂層と藪層の浮遊性有孔虫多産層準. 日本地質学会学術大会講演要旨, 136.
- Nomura, R. and Seto, K. (1992) Benthic foraminifera from brackish lake Nakanoumi, San-in district, southwestern Honshu, Japan. In Ishizaki K. and Saito T., eds., *Centenary of Japanese Micropaleontology*, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 227-240.
- 岡崎浩子・増田富士雄(1992) 古東京湾地域の堆積システム. 地質雑, **98**, 235-258.
- 坂田健太郎・中澤 努・中里裕臣(2011) 八潮GS-YS-2 コアに見られる更新統下総層群の堆積サイクルとテフロクロロジー. 地質調査研究報告, **62**, 329-345.
- Spratt, R. M. and Lisiecki, L. E. (2016) A Late Pleistocene sea level stack. *Climate of the Past*, **12**, 1079-1092.
- 高柳洋吉(1955) 松川浦付近の有孔虫. 東北大邦文報告, **45**, 18-52.
- 徳橋秀一・遠藤秀典(1984) 姉崎地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 136p, 地質調査所.
- 徳橋秀一・近藤康生(1989) 下総層群の堆積サイクルと堆積環境に関する一考察. 地質雑, **95**, 933-951.
- 東京港地下地質研究会(2000) 東京港地域の地下地質層序. 地団研専報, no. 47, 10-22.
- 東京湾総合研究有孔虫班(1957) 東京湾付近の有孔虫群集—有孔虫班中間報告—. 堆積学研究, **15**, 1-5.

- 辻 誠一郎(1980) 大磯丘陵の更新世吉沢層の植物化石群集(I). 第四紀研究, **19**, 107-115.
- Uchio, T. (1959) Ecology of shallow-water foraminifera off the coast of Noboribetsu, southwestern Hokkaido, Japan. *Seto Mar. Biol. Lab.*, **7**, 295-302.
- 内尾高保(1967) 長沼層(神奈川県)の古水温. 早坂一郎先生喜寿祝賀記念文集, 211-224.
- Ujiie, H. (1962) Introduction to statistical Foraminiferal zonation. *Jour. Geo. Soc. Japan*, **68**, 431-450.
- 宇野沢昭・磯部一洋・遠藤秀典・田口雄作・永井 茂・石井武政・相原輝雄・岡 重文(1988) 2万5千分の1筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図説明書. 特殊地質図(23-2), 地質調査所, 139p.
- Yabe, H. (1931) Geological growth of the Tokyo Bay. *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, **9**, 333-339.
- 山口正秋・水野清秀・納谷友規・本郷美佐緒・中里裕臣・中澤 努(2009) 関東平野中央部, 埼玉県菖蒲町で掘削された350 m ボーリングコア(GS-SB-1)の層相と堆積物物性. 地質調査研究報告, **60**, 147-197.

(受 付 : 2018年3月26日 ; 受 理 : 2018年9月18日)