

静岡市有度丘陵に分布する中部更新統根古屋層の 有孔虫化石群集と堆積環境の変遷¹⁾

柴 正博²⁾・久松由季³⁾・岡崎宏美⁴⁾・渡邊 徹⁵⁾・柴 博志⁶⁾

Fossil Foraminiferal Assemblages and the Transition of Depositional Environment of the Middle Pleistocene Negoya Formation in the Udo Hills, Shizuoka City, Central Japan¹⁾

Masahiro SHIBA²⁾, Yuki HISAMATSU³⁾, Hiromi OKAZAKI⁴⁾,
Touiru WATANABE⁵⁾ and Hiroshi SHIBA⁶⁾

Abstract

The Middle Pleistocene Negoya Formation in the Udo Hills, Shizuoka City, central Japan, consists of marine muddy deposits and three gravelly wedges; the Ago, Furuyado and Nakahiramatsu Gravel Members in ascending order. Fossil benthic foraminifera in the Negoya Formation is divided into four foraminiferal assemblages: I, II, III and IV. Based on the comparison with the distribution of the recent foraminifera, it is thought that these assemblages indicate to middle sublittoral zone, middle sublittoral zone to lower sublittoral zone, lower sublittoral zone and upper bathyal zone, respectively. In Negoya area, the environment changed from lower sublittoral zone to upper bathyal zone just after the deposition of the Ng-2 ash layer by rapid sea level rise. Then, in Nakahiramatsu area, the sedimentary environment became fluvial and tidal flat after the rapid sea level rise and was again set to middle sublittoral zone by the next sea level rise. These sea level fluctuation recognized in the Negoya and Kunozan Formations can be correlated to the marine oxygen isotope stages (MIS) in Middle Pleistocene epoch.

はじめに

有度丘陵は、駿河湾に面して静岡市街の南部に位置し、中期～後期更新世の泥層と礫層からなる。そ

の地質層序や地質構造については、土 (1960) や杉山ほか (1982), 近藤 (1985), 柴ほか (1990, 1994) などによって研究されている。

有度丘陵の更新統の層序に関する研究は中島

¹⁾ 東海大学自然史博物館研究業績 No. 72.

Contributions from the Natural History Museum, Tokai University, No. 72.

²⁾ 東海大学社会教育センター, 424-8620 静岡県静岡市清水区三保 2389

Social Education Center, Tokai University, 2389 Miho, Shimizu-Ku, Shizuoka City, Shizuoka, 424-8620, Japan

³⁾ 631-0801 奈良県奈良市左京 3-4-5

3-4-5 Sakyo, Nara City, Nara, 631-0801, Japan

⁴⁾ 560-0084 大阪府豊中市新千里南町 2-25-5

2-25-5 Shinsenriminami-machi, Toyonaka City, Osaka, 560-0084, Japan

⁵⁾ 957-0056 新潟県新発田市大栄町 4-2-7

4-2-7 Daiei Town, Shibata City, Niigata, 957-0056, Japan

⁶⁾ 東海大学大学院海洋学研究科, 424-8610 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1

Graduate School of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka City, Shizuoka, 424-8610 Japan

(1886)に始まり、下位から根古屋累層、久能山礫層、草薙泥層、小鹿礫層、国吉田礫層からなるという丘陵全体の層序の概要が土(1960)によって明らかにされた。近藤(1985; Kondo, 1986)は、根古屋層と久能山層を礫質デルタの堆積物として、堆積学および古生物学的研究によって、有度丘陵の層序と堆積環境を詳細に明らかにした。

近藤(1985)は、根古屋層が北東方向に向かって尖滅する下位から安居礫部層、古宿礫部層、中平松礫部層という3層の礫質デルタ層と、それらに挟まれる海成泥層からなることと、安居礫部層の上位にNg-1を、古宿礫部層の上位にNg-2とNg-4という火山灰層が挟まれることを明らかにした。また、近藤(1985)は、軟体動物化石群集の垂直的变化から、古宿礫部層上部から根古屋層主部の泥層が堆積した時期に100～150m程度の大規模な海水準上昇があったと推定した。

根古屋層の有孔虫化石に関しては、浅野(1936)、望月(1965)、Ibaraki and Tsuchi(1973)、近藤(1983, 1986)などの研究がある。しかし、有孔虫化石から根古屋層の堆積環境について詳細に言及した研究は、近藤(1983, 1986)のみである。近藤(1983, 1986)では、根古屋層全体の有孔虫化石を検討しているが、主にNg-2とNg-4の層準における水平的な環境変化に重点をおいているため、根古屋層全体の垂直的な環境変化、特に古宿礫部層の上位に認められた急激な海水準上昇の開始と終了時期について明らかになっていなかった。

本研究は、有度丘陵南部に分布する根古屋層の層序を再検討するとともに、Ng-2とNg-4の層準を含む根古屋層全体の各層準における垂直的な堆積環境の変化を明らかにする目的で、有孔虫化石の分布について調査を行った。

地 質 概 説

有度丘陵は、近藤(1985)によると、下位から根古屋層・久能山層・草薙層・小鹿層・国吉田層の5層で構成される。Fig. 1に有度丘陵の地質図を示す。

有度丘陵の最下部を構成する根古屋層は、くさび状の礫層を挟む海成泥層からなり、泥層や砂層、礫層にはしばしば軟体動物化石が含まれる。丘陵の南西側に分布する根古屋層のくさび状の礫層を、近藤(1985)は下位から安居礫部層、古宿礫部層、中平

松礫部層と呼び、それらに挟まれる泥層中に認められるNg-1とNg-2, Ng-4の3層の火山灰層を記載した。根古屋層の上位の久能山層は主に礫層からなり、その主体は大規模なファンデルタのフォアセット(デルタ前置面部)の堆積物からなる。Fig. 2に、有度丘陵南西麓の中平松から久能山にかけて分布する根古屋層と久能山層の地質図を示す。この図には、試料を採集したセクションのルート位置も示した。

根古屋層は、根古屋より南西側では礫層から、北東側では泥層から主に構成される。南西側に分布する礫層のうち、最下部の安居礫部層は、安居から古宿にかけて分布し、主に中礫を主体とする礫層からなり、砂層や泥層が挟まれる。礫層は全体として大規模な斜交層理を呈し、層厚は最大で約30m以上である。本部層は、大規模な斜交層理を呈することからファンデルタのフォアセットの堆積物と考えられ、その上部や分布の東または北東側では礫層が尖滅して砂層や泥層が主体となり、ファンデルタのトウセット(デルタ前置面麓部)からプロデルタ(デルタ前面部)の堆積相となる。安居礫部層の上位の泥層中にNg-1火山灰層が挟まれ、その上位に古宿礫部層が重なる。Ng-1火山灰層は、層厚が35cmの白色からクリーム色のシルトサイズの細粒火山灰層で、石英と黒雲母を多く含むガラス質の火山灰からなり、火山ガラスの屈折率は1.499-1.500である(田村・鈴木, 2001)。

古宿礫部層は、安居から青沢にかけて分布し、不明瞭な平行層理を示す礫層と斜交層理を示す中礫から大礫主体の礫層からなり、層厚は最大で約30mである。古宿礫部層の主部を占める斜交層理を示す礫層は安居礫部層と同様にファンデルタのフォアセットの堆積物と考えられ、安居礫部層と同様に上部および東から北東側で礫層が尖滅して、トウセットからプロデルタの堆積物となる。

古宿礫部層の上位には、礫・砂・泥の不規則な互層が重なり、その中に軟体動物化石の密集層が認められる。根古屋地域では、その互層の上位に層厚10m以上の厚い泥層が重なり、その泥層の最下部付近にNg-2火山灰層が、その最上部付近にNg-4火山灰層が認められる。Ng-2火山灰層は層間が約70cmの層厚1～4cmの2層の白色軽石質火山灰層で、下位のものは主に粗粒～細礫砂サイズの軽石からなり、上位のものは細粒～中粒砂サイズのガラス質粗粒火山灰と軽石からなる。下位の火山灰層の火

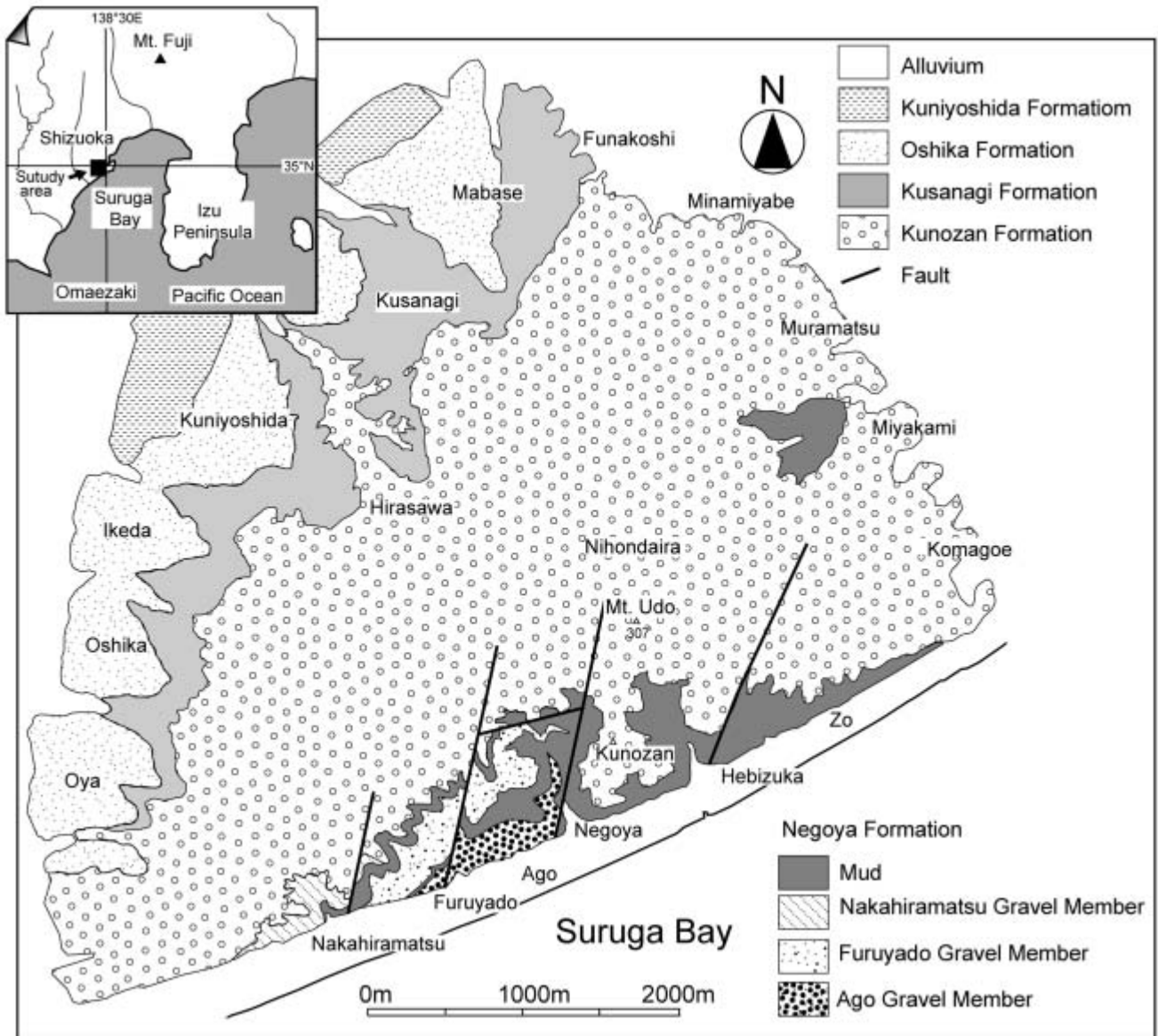


Fig. 1 Index map and geological map of the Udo Hills in Shizuoka City, central Japan.

山ガラスの屈折率は 1.514-1.518 で、上位の火山灰層の火山ガラスの屈折率は 1.523-1.529 である。Ng-4 火山灰層は、Ng-2 火山灰層の上位約 10m にあり、細礫～中礫サイズの軽石が散在または密集する。

根古屋層の最上部に位置づけられる中平松礫部層は、近藤（1985）によれば、中平松地域においては Ng-4 火山灰層より約 7m 上位にあり、下部の礫・砂・泥の不規則な互層と、上部の淘汰不良の砂泥の薄層を挟みシルトのブロックを含む層理の不明瞭な中～巨礫からなる約 30m の礫層からなる。山本・北村（2009）は、中平松地域で見られる中平松礫部層の岩相と軟体動物化石について詳細に記載した。

本稿では、中平松地域で見られる Ng-4 火山灰層より上位の礫・砂・泥の不規則な互層を中平松礫部

層の下部層とし、その上位の砂泥互層または中～巨礫の不淘汰礫層を上部層とする。中平松礫部層の下部層は海棲軟体動物化石を産し、上部層の砂泥互層にはフレーザー層理など潮汐堆積物に特徴的な堆積構造が認められる（山本・北村，2009）。また、上部層の礫層に挟まれるレンズ状の砂層には陸上植物の根の跡（ルート痕）が認められ、上部層は干潟または河川の堆積物と考えられる。このことから、中平松礫部層の上部層準はファンデルタのトップセット（デルタ頂置面部）の堆積物と考えられる。

中平松地域において、中平松礫部層の上位には、中礫からなる礫層と海棲軟体動物化石を含む砂層と泥層の互層が認められ、その上位に塊状または斜交層理を示し中礫～大礫からなる礫層が重なる。この

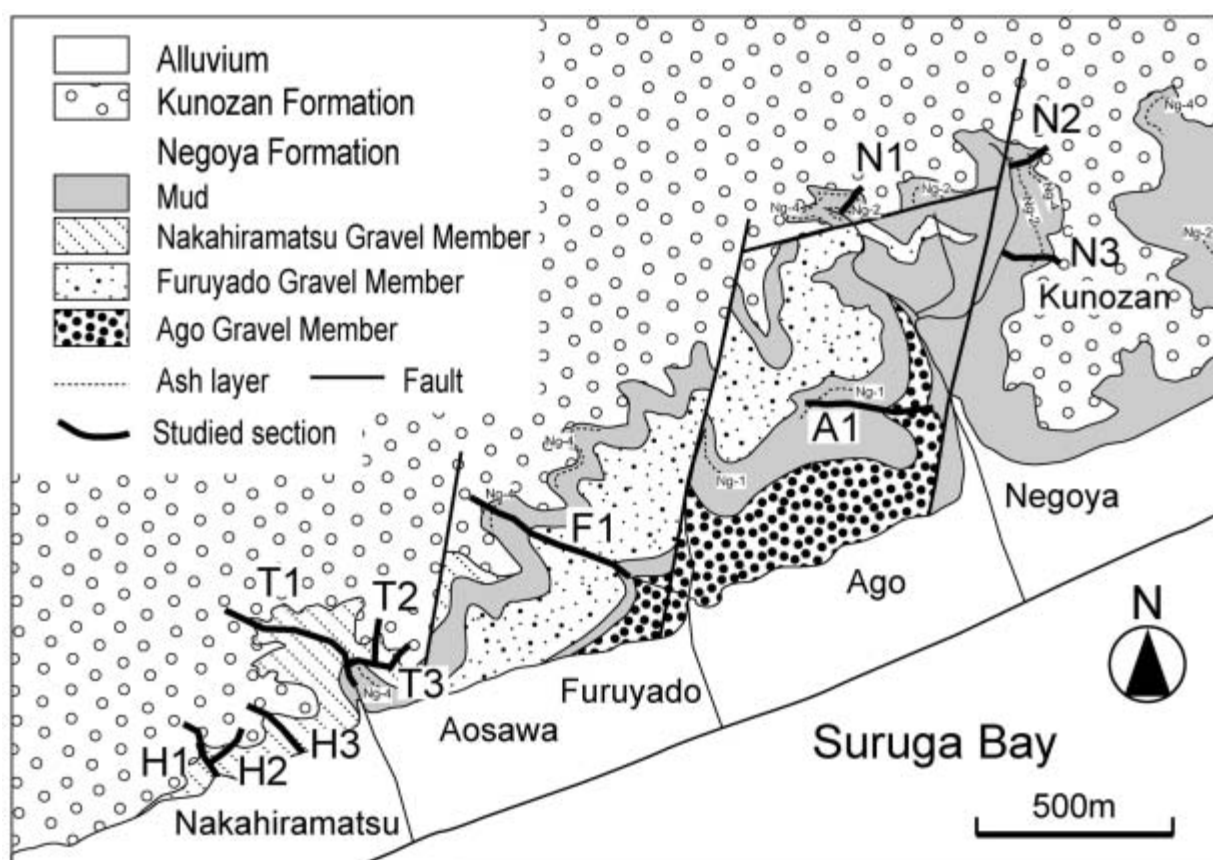


Fig. 2 Geological map of the southwestern area of the Udo Hills. Thick lines with letter represent the localities distribution of the columnar sections shown in Fig 3.

礫・砂・泥互層と礫層を本稿では久能山層とする。久能山層は、中平松と青沢では中平松礫部層の上位に重なるが、古宿から根古屋にかけては古宿礫部層の上位の Ng-2 火山灰層または Ng-4 火山灰層の上位に重なる。

近藤（1985；Kondo, 1986）によれば、根古屋層は北東へ深くなる海に向かって、礫質デルタが発達と放棄を繰返して形成された地層である。彼は、特に古宿礫部層上部（本稿の古宿礫部層の上位）から根古屋層主部の泥層にかけての層準が、100～150m 程度の大規模な海水準上昇期に堆積したとした。

根古屋層の地質時代については、北里ほか（1981）が古地磁気とナノプランクトン化石により、44～27 万年前の更新世とした。また、安居礫部層と古宿礫部層の間に挟まれる Ng-1 火山灰層は、田村・鈴木（2001）によって噴出年代が約 30 万年前の高山軽石層（Tky）に対比されることが明らかにされ、町田・新井（2003）は高山軽石層を海洋酸素同位体ステージ（MIS）9.1 と 8.6 との間（30 万～29 万年前）の海退期の広域テフラとした。岡田

（1987）は、安居礫部層直上の泥層から MIS 8 に出現層準をもつ石灰質ナノプランクトン化石 *Emiliania huxleyi* を報告し、Kitamura et al.（2005）は有度丘陵東麓に分布する久能山層村松礫・シルト部層から産した単体サンゴ化石の U-Th 年代値を約 17.7 万年前とした。これらのことから、山本・北村（2009）は安居礫部層の上位から久能山層の基底面までの期間を、MIS 8～6.6 と推定した。

根古屋層の地質構造について、土（1960）は有度丘陵全体が北東-南西方向に長軸をもつドーム状構造をなすとし、近藤（1985）は根古屋層が安居を中心として低いドーム構造（安居ドーム）を形成しているとした。しかし、柴ほか（1990）は、根古屋層の地質構造と久能山沖大陸棚での音響基盤の地質構造解析から、南北方向の軸をもつ東側が高い非対称褶曲によって構成される複背斜構造をなすとした。Fig. 2 に示すように、根古屋層の分布地域は北北東-南南西方向の平行した断層によって切断され、ブロック状になっており、安居のブロックがそれらのうちで最も高まっている。このブロック状の構造を形成させている平行した断層群は、それぞれが久

能山沖の大陸棚で見られる向斜軸部と並走して発達する断層に連続すると推定される。

試料採集・処理と採集セクションの岩相

本研究では、Fig. 2 に太線で示したルートに沿って試料を採集した。各試料採集セクションの岩相柱状図と採集層準を Fig. 3 に示す。採集した試料は、ハンマーで軽く砕き、乾燥させて 80g を秤量した後に湯で 20 分間煮沸した。その後 0.075mm の標準ふるい上で水洗し、残った残渣を乾燥後分割して、それに含まれる有孔虫化石をできるだけ 200 個体以上摘出した。しかし 200 個体に達しない試料もある。以下に、各採集セクションにおける岩相の概要および有孔虫化石の産出の有無について述べる。

A1 セクション

本セクションは、安居の大露頭の北側にある東西方向の沢にあたる。最下部には泥層が露出するが、その上位には安居礫層に相当する礫層が重なり、その上位では砂層や泥層に礫層が頻繁に挟まる。その砂層には 3 層の軟体動物化石を含む層準が見られ、それらからは近藤 (1985) により、*Pecten albicans* などの軟体動物化石と腕足類、ウニ化石の産出が報告されている。この礫層と砂層の互層の最上部付近の層準に Ng-1 火山灰層が挟まれ、その上位に古宿礫部層の礫層が重なる。

A1 セクションでは 11 点で試料を採集したが、そのすべてから有孔虫化石が産しなかった。

N1 セクション

本セクションは根古屋の北西側の柳沢川上流に北東側から流れ込む沢にあたり、最下部に軟体動物の化石片を含む砂層があり、その上位はシルトを主体とする泥層からなる。最下部の砂層の 1m 上位に Ng-2 火山灰層のうち下位の火山灰層が挟まれ、その約 70cm 上位に Ng-2 火山灰層のうち上位の粗粒火山灰層が挟まれる。その上位からは軟体動物の化石片をしばしば含む泥層が重なり、約 12m 上位に Ng-4 火山灰層と思われる軽石の散在する層準がある。その 1m 上位から数 m の間の泥層は石灰質で硬質である。その上位には軟体動物の化石片を含む層厚約 2.5m の砂質泥層があり、その上位約 7m は粘土質な泥層で、それには *Limopsis tajimae* だけ

からなる化石密集層 (Fig. 4) が見られる。その粘土質な泥層の上位には久能山層の礫層が重なる。

本セクションでは、Ng-2 火山灰層の下位から Ng-4 火山灰層の上位の層準にかけての 11 点で試料を採集し、上部の砂質泥層の上位にあたる N108 と N111 以外からは有孔虫化石が産した。

N2 セクション

本セクションは根古屋の北東側の千保沢川上流に東側から流れ込む沢にあたる。最下部には約 3m の層厚で礫層と泥層の互層が見られ、それから *L. tajimae* と *Glycymeris rotunda* を主体とする軟体動物化石が多産する。その約 3m 上位の泥層中に Ng-2 火山灰層のうち上位の粗粒火山灰層が認められる。その上位は泥層が連続し、その中に薄い礫層と軟体動物化石片が散在する層準も認められる。Ng-2 火山灰層の約 10m 上位の層準に Ng-4 火山灰層と思われる軽石の散在する層準がある。Ng-4 火山灰層の上位約 1m は石灰質で硬質となり、その上位に層厚約 2m の砂質泥層が重なり、その上位 10m は粘土質な泥層で、その最下部には *L. tajimae* だけからなる化石密集層がある。粘土質な泥層の上位には久能山層の礫層が重なる。

本セクションでは、Ng-2 火山灰層の下位から Ng-4 火山灰層の上位の層準にかけて、8 試料を採集し、そのうち N204 と N208 以外からは有孔虫化石が産した。

N3 セクション

本セクションは根古屋の北東側の千保沢川中流に東側から流れ込む沢にあたり、層厚約 60m の地層が露出し、最上部の久能山層の礫層の層厚 5m を除いて、ほとんどが根古屋層の泥層からなる。泥層には薄い礫層と軟体動物化石が散在する層準がしばしば挟まれ、Ng-2 火山灰層や軽石が散在する層準が認められる。本セクションの下限から約 25m 上位に見られるラミナの発達する砂質泥層は、Kondo (1986) によれば古宿礫部層の礫質デルタのプロデルタ相に相当する。Ng-2 火山灰層のうち下位の軽石層は下限から約 50m の層準にあり、その上位約 70cm に Ng-2 火山灰層のうち上位の粗粒火山灰層が認められる。その約 5m 上位に軽石の散在する層準があり、Ng-2 火山灰層との層間距離が短い、Ng-4 火山灰層とした。

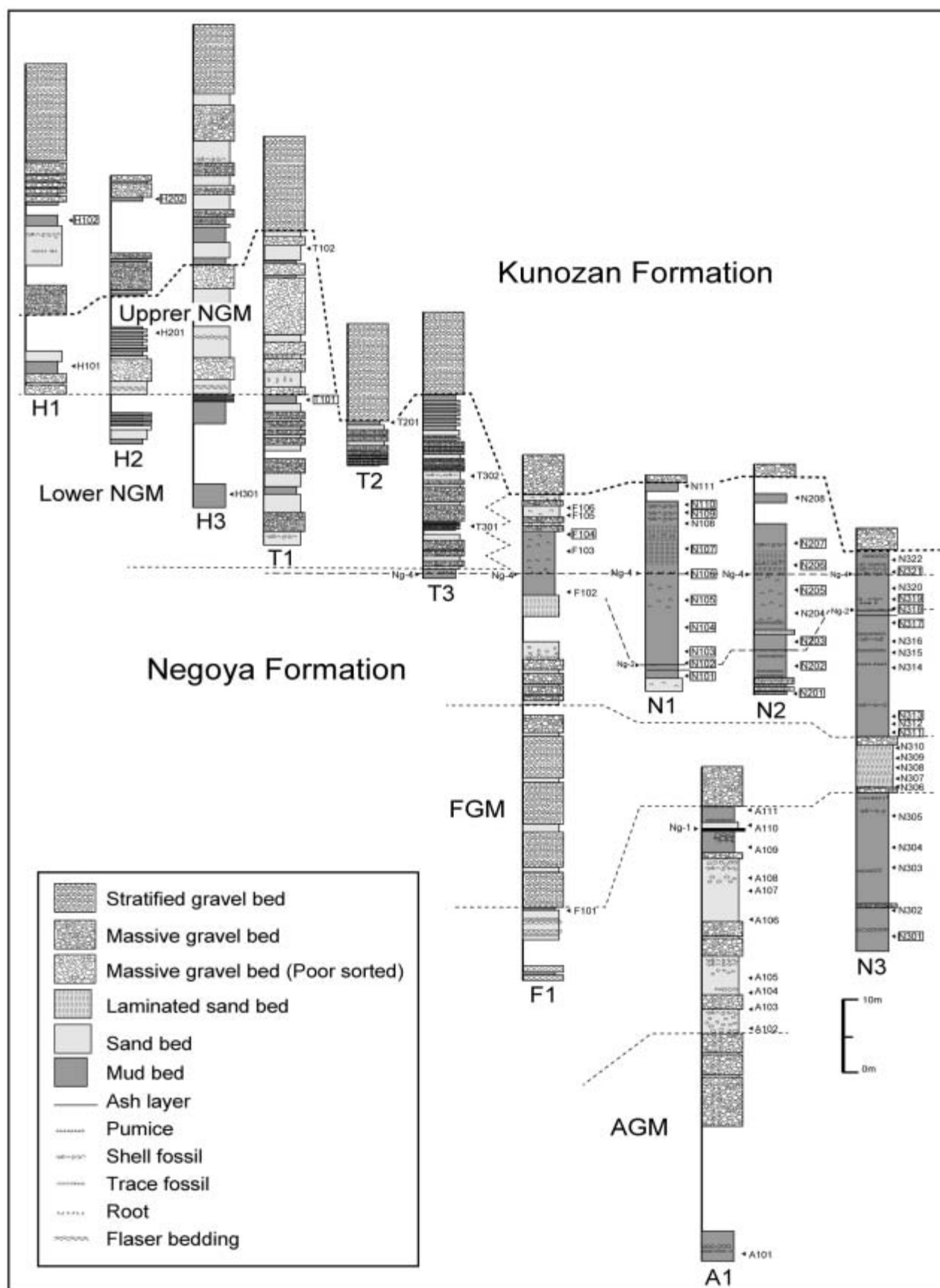


Fig. 3 Geological columnar sections of the Negoya and Kunozan Formations, showing sampling horizons. AGM: Ago Gravel Member, FGM: Furuyado Gravel Member, NGM: Nakahiramatsu Gravel Member.

本セクションでは、下位から順に 22 試料を採集し、そのうち Ng-2 火山灰層より上位の試料は N318 ~ N322 の 5 点である。また、有孔虫化石が産した本セクションの試料は、ラミナの発達する砂質泥層の上下の N301 と N311, N313 と、Ng-2 火山灰層付近からその上位の N317 ~ N319 と N321 の 7 点である。

F1 セクション

F1 セクションは、古宿にある温泉施設「すんぷ夢ひろば」の駐車場の北側を北西方向に登る沢で、最下部に礫層と泥層の互層が露出し、その上位には礫層を挟む砂層が重なる。その上位には、薄い砂層を挟む中礫～大礫からなる成層した礫層が層厚約 25m で重なる。この礫層は古宿礫部層に相当する。この礫層の上位には層厚約 1m のラミナの発達した泥層が重なり、その上位の約 8m の間は砂層と礫層の互層があり、礫層はチャンネル状に挟まれ、スランプも見られる。この上部に軟体動物化石片を多く含む層厚 1m の含礫砂層がレンズ状に挟在する。この砂層からは *P. albicans* や *Crassostrea gigas* などの軟体動物化石が産した。その上位には層厚約 3m の含礫砂層が重なり、上位に露頭の欠如があるが、ラミナの発達する泥層が約 3m 重なる。その上位約 4m はラミナの見られない泥層からなり、その最上部に軽石が散在する層が認められ、Ng-4 火山灰層に対比されると思われる。ここでは、Ng-2 火山灰層は見られない。その上位には *Venus foveolata* を主体とする軟体動物化石片が散在する泥層が約 6m 連続する。近藤（1985）は、この層準から *V. foveolata* をはじめとする軟体動物化石を報告している。また、その上位には約 4m の層厚で礫層を挟む細粒砂層が認められ、その上位に久能山層と思われる中礫から大礫からなる厚い礫層が重なる。

本セクションでは、古宿礫部層の下位と、Ng-4 火山灰層の下位で各 1 点と、Ng-4 火山灰層の上位で 4 点の計 6 点で試料を採集したが、Ng-4 火山灰層の上位の F104 のみで有孔虫化石が産出した。

T セクション

青沢の西にある殿谷川において、北西から流れ込む沢を T1 とし、東から流れ込む沢を T2 と T3 とする。T3 の沢の最下流部付近の泥層中に軽石が散在する層準があり、これを Ng-4 火山灰層とした。

その上位には層厚約 14m で泥層と砂層と礫層の互層が重なり、泥層と砂層には *V. foveolata* などの軟体動物化石が含まれる。その上位には礫層を挟む泥層があり、その層厚は T2 で約 6m, T3 で約 12m である。その上位には細礫～中礫からなる礫層が重なり、その最下部は塊状であるが、数 m 上位からは斜交層理をなす。

T1 セクションでは、最下位に塊状礫層を挟む層厚約 3m の砂層が露出し、その上位に層厚約 12m の泥層と礫層の互層が重なる。最下位の砂層には、*V. foveolata* や *Paphia amabilis* などの軟体動物化石を含む。その上位には層厚約 14m で砂層を挟む不淘汰な細礫～巨礫からなる礫層が重なる。この礫層中の砂層にはルート痕が見られる (Fig. 5)。この礫層の上位には、順に礫層を挟む層厚約 6m の泥層および弱く斜交成層した大礫を主体とする礫層が重なる。

本セクションでは、Ng-4 火山灰層の直上の塊状礫層または泥層と砂層、礫層の互層と礫層を挟む泥層を中平松礫部層の下部層とする。また、T1 セクションで見られる不淘汰礫層とその上位の礫層を挟む泥層を中平松礫部層上部層とする。また、T1 セクションではその上位に重なり、T2 と T3 では最上部を構成する礫層を久能山層とする。

T1 セクションでは、中平松礫部層の下部層と上部層の泥層から各 1 点を、T2 と T3 では下部層から 3 点の試料を採集したが、有孔虫化石は T101 のみから産出した。

H セクション

中平松において、天羽衣神社の北側の 2 つの沢のうち、北からの沢を H1、北東からの沢を H2 とした。また、天羽衣神社の東側にある北西からの沢を H3 とした。H セクションでは、H2 と H3 の最下部に泥層または泥層と砂層と礫層の互層が分布し、この層準の泥層には *V. foveolata* の合弁化石を主体とする保存の良い軟体動物化石が含まれる。山本・北村（2009）はこの層準を 4 つの堆積相（Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳ）に区分し、それぞれが *V. foveolata* と *Paphia schnelliana*, *P. albicans* と *Callista chinensis*, *Batillaria multiformis* と *Macoma incongrua*, *Calliostoma shinagawaensis* と *Dentalium octangulatum* を含むことを示した。本稿では、最下部のこの泥層または泥層と砂層と礫層の互層の層準



Fig. 4 Fossil shell-concentrated beds of *Limopsis tajimae* above the Ng-4 ash layer at N1 section. Length of pencil in this figure is 12cm.

を，中平松礫部層下部層とする。

その上位に不淘汰な礫層とラミナの発達する泥層が重なる。このラミナの発達する泥層は山本・北村（2009）で堆積相 V とされたものであるが，これには潮汐堆積物に特徴的な 2 方向流を示すフレーザー層理（Fig. 6）が見られる。この不淘汰な礫層とラミナの発達する泥層の層準を中平松礫部層上部層とする。H1 では不淘汰な礫層と泥層と砂層の層厚は約 6m で，H2 では礫層を挟むラミナの発達した泥層の層厚は約 10m である。H3 では，この層準は礫層とラミナの発達した泥層からなり，層厚は露頭欠如があるが約 18m ある。

中平松礫部層上部層の上位には，泥層や砂層を挟む礫層または含礫砂層があり，その層準の砂層と泥層には生物擾乱が認められ，軟体動物化石も含まれる。近藤（1985）では，この層準から *Scapharca broughtonii* と *Babylonia japonica* などの軟体動物化石を報告している。また，この層準の上部にはスランプ構造が発達する。この上位には，砂層を挟む礫層または斜交層理の発達する礫層が重なる。中平松礫部層の上位に重なる，泥層や砂層を挟む礫層と，その上位の砂層を挟む礫層または成層する礫層の層準を，本稿では久能山層とする。

本セクションでは，H1 と H2 の中平松礫部層上部層で各 1 点と久能山層の最下部で各 1 点，H3 の中平松礫部層下部層で 1 点の計 5 試料を採集した。このうち，有孔虫化石が産出したのは，久能山層の最下部の H102 と H202 の 2 点であった。



Fig. 5 Trace fossil of roots recognized in sand bed in the upper part of the Nakahiramatsu Gravel Member at T1 section.



Fig. 6 Flaser bedding recognized in sand bed in the upper layer of the Nakahiramatsu Gravel Member at H3 section.

有孔虫化石の産出結果

有孔虫化石の産出結果を，N1 と N2 セクションについては Table 1 に，N3 セクションとその他のセクションについては Table 2 に示した。代表的な有孔虫化石の走査電子顕微鏡写真を Fig. 7 に示す。また，各セクションの各試料における有孔虫化石の産出割合のグラフを Fig. 8 に示す。以下に，有孔虫化石の産出結果の概要をセクションごとに記述する。

N1 セクション

産出した有孔虫化石のうち，浮遊性種の産出割合が 50 % 以上の層準は，Ng-2 火山灰層の直上にあたる N102 から Ng-4 火山灰層の層準にあたる N106 までと，N109 である。しかし，その上位の N110

Table 1 Distribution of foraminifera in the N1 and N2 sections.

Species Name \	Sample number	Negoya N1 section									Negoya N2 route					
		N101	N102	N103	N104	N105	N106	N107	N109	N110	N201	N202	N203	N205	N206	N207
Benthic Foraminifera																
<i>Ammonia kettenziensis</i> (Ishizaki)				2							1			12		
<i>Ammonia takanabensis</i> (Ishizaki)						1		2	3	9	22	28	2	13	1	14
<i>Amphicoryna scalaris sagamiensis</i> (Asano)			1		1		2	2			2	7		1		4
<i>Amphicoryna spicata</i> (Cushman and McCulloch)							1			1						
<i>Angulogerina kokozuraensis</i> Asano				17	10	3		4	1	3						
<i>Anomalina nipponica</i> Asana & Inomata	11						2	9	1							
<i>Bolivina alata</i> (Seguenza)	15	1						2								
<i>Bolivina hantkeniana</i> Brady											14	12				
<i>Bolivina pacifica</i> Cushman and McCulloch								1								
<i>Bolivina pseudodiformis</i> Asano		3	1	2			1	4								
<i>Bolivina quadrilatera</i> (Schwager)								1		1						
<i>Bolivina robusta</i> Brady	93	21	15	14	18	2	64	3			2	1	11	1	1	1
<i>Bolivina striatula</i> Cushman	3	1					2						6			
<i>Bolivina</i> spp.					1			1								
<i>Brizalina seminuda</i> (Cushman)										1						
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)	2	10	12	7	12			19	1							
<i>Bulimina elongata</i> d'Orbigny			19													
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny	71	17	11	7	10			3	19	6			1	3	2	2
<i>Bulimina phrula spinescens</i> Brady	2															
<i>Bulimina striatata</i> d'Orbigny													5	2	1	
<i>Bulimina subornata</i> Brady	64		24	10	11		2									
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri	167	22	33	31	11	18	34	1	10		9	41	5	3	5	2
<i>Cassidulina depressa</i> Silvestri															6	
<i>Cassidulina nocorossi</i> Cushman													6			
<i>Cassidulina subglobosa</i> Brady	12	6	8	3	4	10	6				1	7	5	5	1	4
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny)	1	1					1				4	1	1			2
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)							3			2	1					2
<i>Cibicides subpraecinctus</i> Asano							3			2	5			6		2
<i>Cidicides</i> sp.				1						1						
<i>Dentalina communis</i> (d'Orbigny)											3	1	2			
<i>Dentalina setanaensis</i> Asano					1						1					
<i>Dentalina vertebralis</i> (Baisch)	2							1			10					
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	10	4	1	2	3			9			21	17	1			
<i>Elphidium crispum</i> (Linne)							1			1						
<i>Elphidium excavatum clavatum</i> Cushman												1				
<i>Elphidium subincertum</i> Asano							1									
<i>Elphidium</i> spp.							2									
<i>Eponides umbonatus</i> (Reuss)							2				9		2	2	1	
<i>Eponides</i> spp.		1													1	
<i>Favulina squamosa</i> (Montagu)					1											
<i>Fissurina orbignyana</i> (Seguenza)	1															
<i>Fissurina</i> spp.	1	2	1				2	2	7	2						
<i>Glandulina nipponica</i> Asano		2														
<i>Gyroidina? profunda</i> Aoki	3	4	3		3											
<i>Gyroidinoides nipponicus</i> (Ishizaki)	17	5	3	4			4	1	2	3						
<i>Hanzawai nipponica</i> Asano	1							1			5					
<i>Helenina anderseni</i> (Warrer)										1						
<i>Hoeglundina elongans</i> (d'Orbigny)															6	
<i>Hyalinea balthica</i> (Schroeter)	4	2	2		3		12								1	
<i>Lagena elongata</i> (Ehrenberg)		1														
<i>Lagena semistriata</i> Williamson										1			1			
<i>Lagena striata</i> (d'Orbigny)	4				1				1							
<i>Lagena sulcata spicata</i> Cushman and McCulloch		6					3		1							9
<i>Lagena</i> spp.	2															
<i>Lenticulina calar</i> (Linnaeus)	5	3	7		3			3	2	2	6	3	7	2	3	
<i>Lenticulina lucidus</i> (Cushman)												4				
<i>Loxostomina laevigata</i> (Karrer)			1				1									
<i>Melonis nicobarense</i> (Cushman)	11	3	3	6	2	3	7	2	4	6			1	5	2	
<i>Melonis parkerae</i> (Cushman)													2			
<i>Nonion labradoricum</i> (Dawson)					1						1	2		11	6	2
<i>Nonion</i> sp.					1											
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss)									6							
<i>Pararotalia nipponica</i> (Asano)	18							5	6	2			1			
<i>Pararotalia? minuta</i> (Takayanagi)					2											
<i>Poroeponides cribroropandus</i> Asano and Uchio		1	1				3		1							
<i>Pseudoeponides japonicus</i> Uchio			2		5	4	2				4	4	6	2		
<i>Pseudoglandulina laevigata</i> (d'Orbigny)			2								1					
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano	10	4	3	1	2	6			22	41				2		
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)											1					
<i>Pseudorotalia makiyamiae</i> (Chiji)				2		2	3									
<i>Rectobolivina raphana</i> (Parker and Jones)	13	8			2	5	10	10	10	41	9			1		
<i>Reussella aculeata</i> Cushman			1					1			1					
<i>Reussella pacifica</i> Cushman and McCulloch	1										1					
<i>Silostomella</i> spp.	2															
<i>Sphaeroidina bulloides</i> d'Orbigny			1		1						1	1	1			
<i>Uvigerina</i> spp.	64	1	1	1	1	2	6									
<i>Valvulinera globra</i> Cushman	3		1						1							
Benthic foraminifera gen. & sp. indet.	19		9	2	1	10	3	6	8	8					1	2
Total number of benthic foraminifera	632	149	165	107	101	96	220	96	112	172	107	102	73	36	51	
Planktonic foraminifera																
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Bolli	1															
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny	108	198	134	66	78	109	31	106	17	1	24	64	45	35	58	
<i>Globigerina falconensis</i> Blow														9	22	
<i>Globigerina quinqueloba</i> Natland	21	67	33	33	20	18	79	23	117				11	34	62	6
<i>Globigerina rubescens</i> Hofker																
<i>Globigerina</i> spp.																23
<i>Globigerinella calida</i> (Parker)									1					2	4	
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)	9	16	2	1	2	6	10	2						1	1	
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)	12	6	4	3	2	2	3	8	3		4	5		8		2
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	27	49		2	1	2	2		1	2	10	9	7	5		
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)	4		1		1					1	4	4				7
<i>Globorotalia inflata</i> (d'Orbigny)		1	1						1		1	4		1	2	
<i>Globorotalia menardii</i> (Parker, Jones, and Brady)										1	1	4	1			5
<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (d'Orbigny)										2						
<i>Globorotalia tumida tumida</i> (Brady)			1													
<i>Neoglobobulimina dutertrei</i> (d'Orbigny)	5	1	10	2	5				1							1
<i>Neoglobobulimina pachyderma</i> (Ehrenberg)	3	4					3	1			7		17	2	4	
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker and Jones)						1	2									
Planktonic foraminifera gen. & sp. indet.	22	33	42	26	4	4	10	4	7							
Total number of planktonic foraminifera	212	375	230	133	115	146	136	146	148	13	50	113	94	126	124	
Total number of foraminifera	844	524	395	240	216	242	356	242	260	185	157	215	167	162	175	
Planktonic foraminifera ratio (%)	25%	72%	58%	55%	53%	60%	38%	60%	57%	7%	32%	53%	56%	78%	71%	
Total number of foraminifera / 80g	27008	4192	12640	10240	9216	20651	45568	645	2773	5920	5024	6880	5344	5184	5600	

Table 2 Distribution of foraminifera in the N3 and other sections.

		Negoya N3 section												Other			
Species Name \	Sample number	N301	N306	N309	N310	N311	N313	N314	N316	N317	N318	N319	N321	H102	H202	T102	F104
Benthic foraminifera																	
<i>Ammonia takanabensis</i> (Ishizaki)	44					11	77			15	11	6	54	12	6		72
<i>Amphicoryna scalaris sagamiensis</i> (Asano)	3						7			2		2	14	1			4
<i>Amphicoryna spiciata</i> (d'Orbigny)							3						2				1
<i>Angulogerina kokozuraensis</i> Asano												1					
<i>Bolivina alata</i> (Seguenza)						1				1	1						
<i>Bolivina asanoi</i> Uchio	1					1	4						7				
<i>Bolivina pacifica</i> Cushman and McCulloch						1				1							
<i>Bolivina quadrilatera</i> (Schwager)							5										
<i>Bolivina robusta</i> Brady	2	1				39	38			56	26	10	61	7	10	52	192
<i>Bolivina sebangularis ogasawaraensis</i> Asano																	
<i>Bolivina spissa</i> Cushman						1						3					1
<i>Bolivina</i> spp.											1			1			
<i>Bulimina elongata subulata</i> Cushman and Parker										1							
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny	1					164	1			129	89	1					
<i>Bulimina pyrula spinescens</i> Brady						1											
<i>Bulimina spinosa</i> (Heron-Allen and Earland)						1											
<i>Bulimina striata</i> d'Orbigny											1		20			2	
<i>Bulimina subornata</i> Brady						14				7							
<i>Cassidulina carinata</i> Silvestri						80				81	67	123	114			1	
<i>Cassidulina norcrossi</i> Cushman							2										2
<i>Cassidulina subglobosa</i> Blady		1	1			7	9			6	49	25	26			2	5
<i>Cassidulina</i> spp.					1							1					
<i>Cibicides aknerianus</i> (d'Orbigny)							13				8	6				1	
<i>Cibicides inagawaensis</i> Matsunaga	9										5	5	8				8
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)						2	7										
<i>Cibicides refulgens</i> Montfort													2				4
<i>Cibicides subpraecinctus</i> (Asano)																5	
<i>Dentalina emaciata</i> Reuss							1				1						
<i>Dentalina desepia</i> (Bagg)													1				
<i>Dentalina vertebralis</i> (Batsch)											1						
<i>Dentalina</i> spp.						2				2	6		5				
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)	10					11	23		1	5	15	16	16	35	45	4	8
<i>Elphidium excarvatum clavatum</i> Cashman							7							34	36		19
<i>Elphidium jenseni</i> (Cashman)														3	2		
<i>Elphidium</i> spp.												5				1	
" <i>Elphidium</i> " <i>subincertum</i> Asano																2	
<i>Entosolenia</i> spp.	1						1						3				
<i>Fissurina cucubitasem bisinuta</i> Uchio						5											
<i>Fissurina cf. annectens</i> (Burrows and Holland)										1		3					
<i>Fissurina</i> sp.							1										
<i>Gyroidina?</i> <i>Profunda</i> Aoki						1											
<i>Gyroidinoides nilidulus</i> (Schwagr)	1										1						
<i>Gyroidinoides nipponicus</i> (Ishizaki)												5					
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano													1		1		2
<i>Hyalinea balthicu</i> (Schwager)							2										
<i>Lagena</i> spp.											2						
<i>Lagena plicenica</i> Cushman																	1
<i>Lenticulina calar</i> (Linne)	2					1	7			5	1	1	3			2	3
<i>Lenticulina</i> sp.	1																
<i>Loxostomum karrerianum</i> (Brady)											1						
<i>Melonis nicobarense</i> (Cushman)																1	
<i>Melonis parkerae</i> (Uchio)	3						65	1		6	8	10	11				29
<i>Nonion labradoricum</i> (Dawson)																	
<i>Pararotalia?</i> <i>minuta</i> (Takayanagi)	14											1					
<i>Paratotalia?</i> <i>takayanagii</i> Matoba	1																1
<i>Pseudeponides japonicus</i> Uchio						6	4			2	33	1	23				
<i>Pseudononion grateloupi</i> (d'Orbigny)										2			3				4
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano	1													40	20	3	
<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny)									1								
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)	36				2									10	7		7
<i>Quinqueloculina elongata</i> Natland														5			
<i>Quinqueloculina seminulina</i> (Linnaeous)														9	7		
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> (d'Orbigny)														7	9		
<i>Quinqueloculina</i> spp.														5			
<i>Rectobolivina bifrons</i> (Brady)												1	16				
<i>Rectobolivina raphana</i> (Parker and Jones)	94	2	1	1	10	31				5	2		6	29	15	14	116
<i>Robulus lucidus</i> (Cushman)										1							
<i>Russella pacifica</i> Cushman and McCulloch							2							8	6		
<i>Triloculina trigonula</i> (Brady)															2		
<i>Uvigerina nitidula</i> Schwager												1					
<i>Uvigerina proboscidea</i> Schwager						5				8		5	1				3
<i>Uvigerina</i> spp.										2							
<i>Valvulineria hamanaensis</i> (Ishiwada)						14	5										
Total number of benthic foraminifera	224	4	2	4	378	315	1	1	339	329	329	232	397	206	169	87	482
Planktonic foraminifera																	
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny						54	16			28	36	177	45		2	9	8
<i>Globigerina quenqueloba</i> Natland						2	119			4	26	85	188				59
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)						5	2		2	1	1						
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)						5				15	59	5		5			
<i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)						1					1						
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (d'Orbigny)				2		7				1		1				1	1
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)	1					12	15			23	25	14	6				5
<i>Globorotalia inflata</i> (d'Orbigny)										1		3		1	1		1
<i>Globorotalia scitula</i> (Brady)													1				
<i>Globorotalia unglata</i> Bermudez											1	2					1
<i>Neoglobobadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)						3				2	14	21	37				
<i>Neoglobobadrina pachyderma</i> (Ehrenberg)																	
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny						1	1					1	1	1			
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker and Jones)											1	1	1				
Total number of planktonic foraminifera	1	0	2	0	90	153	0	2	74	165	309	278		6	3	10	75
Total number of foraminifera	225	4	4	4	468	468	1	3	413	494	541	675	212	172	97	557	
Planktonic foraminifera ratio %	0%	0%	50%	0%	19%	33%	0%	67%	18%	33%	57%	41%	3%	2%	10%	13%	
Total number of foraminifera / 80g	1800	32	32	32	3744	3744	8	24	3304	3952	4328	5400	848	688	194	8912	

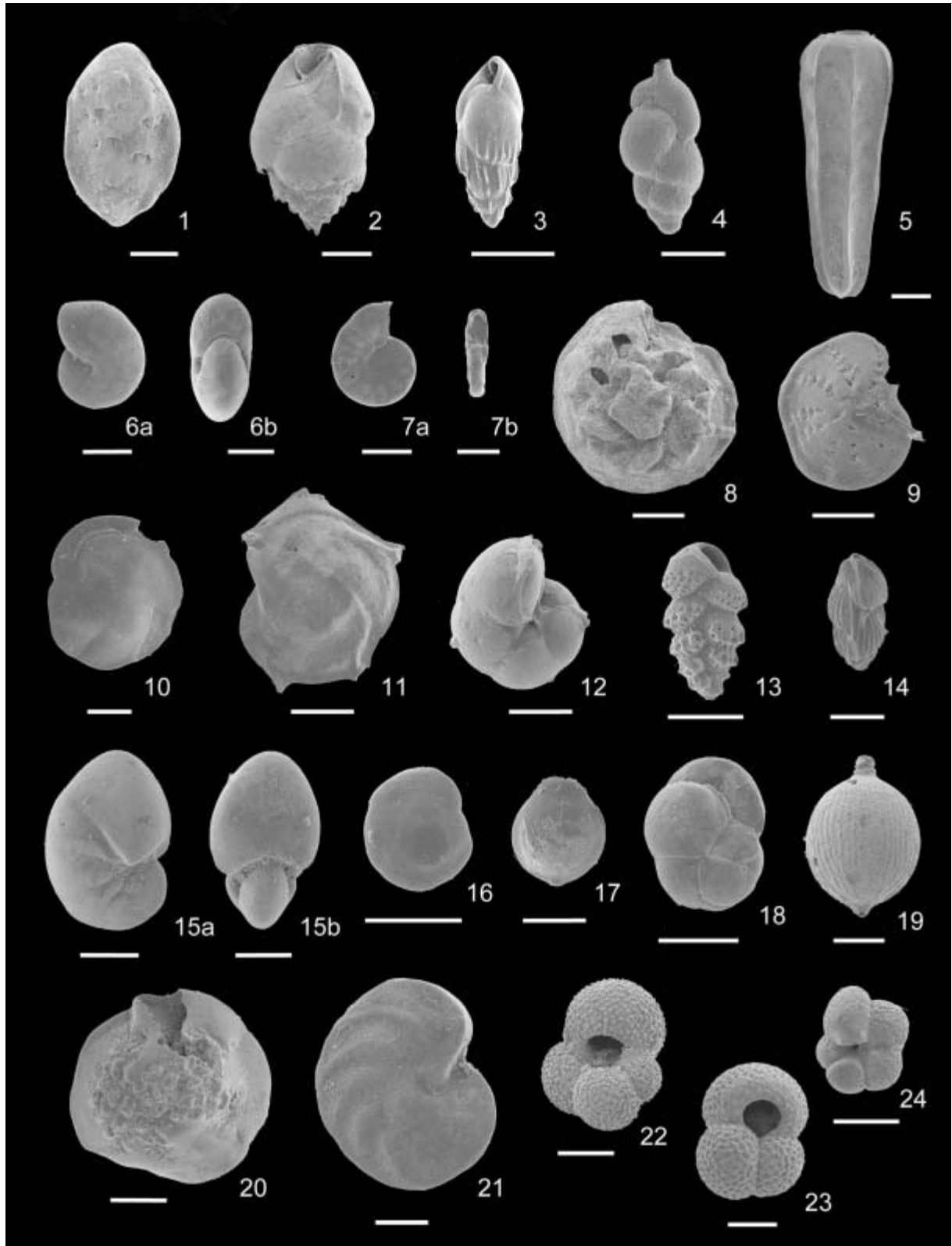


Fig. 7 SEM microphotographs of the characteristic fossil foraminiferal species from the Negoya Formation. Scale is 100 μ m. 1: *Bolivina robusta* Brady from N101, 2: *Bulimina marginata* d'Orbigny from N101, 3: *Bulimina subornata* Brady from N103, 4: *Uvigerina* sp. from N101, 5: *Rectobolovina raphana* (Parker and Jones) from N101, 6a-6b: *Melonis nicobarense* (Cushman) from N101, 7a-7b: *Hyalinea balthica* (Schroeter) from N107, 8: *Pararotalia nipponica* (Asano) from N101, 9: *Elphidium advenum* (Cushman) from N107, 10: *Cassidulina carinata* Silvestri from N107, 11: *Lenticulina calar* (Linnaeus) from N101, 12: *Gyroidinoides nipponicus* (Ishizaki) from N101, 13: *Bolivina pseudodiformis* Asano from N106, 14: *Angulogerina kokozuraensis* Asano from N103, 15a-15b: *Psuedononion japonicum* Asano from N111, 16: *Buccella frigida* (Cushman) from N103, 17: *Fissurina* sp. from N109, 18: *Cassidulina subglobosa* Brady from N101, 19: *Lagena sulcata spicata* Cushman and McCulloch from N102, 20: *Ammonia takanabensis* (Ishizaki) from N109, 21: *Hanzawaia nipponica* Asano from N107, 22: *Globigerina bulloides* d'Orbigny from N102, 23: *Globigerinoides rubber* (d'Orbigny) from N102, 24: *Globigerina quinqueloba* Natland from N102.

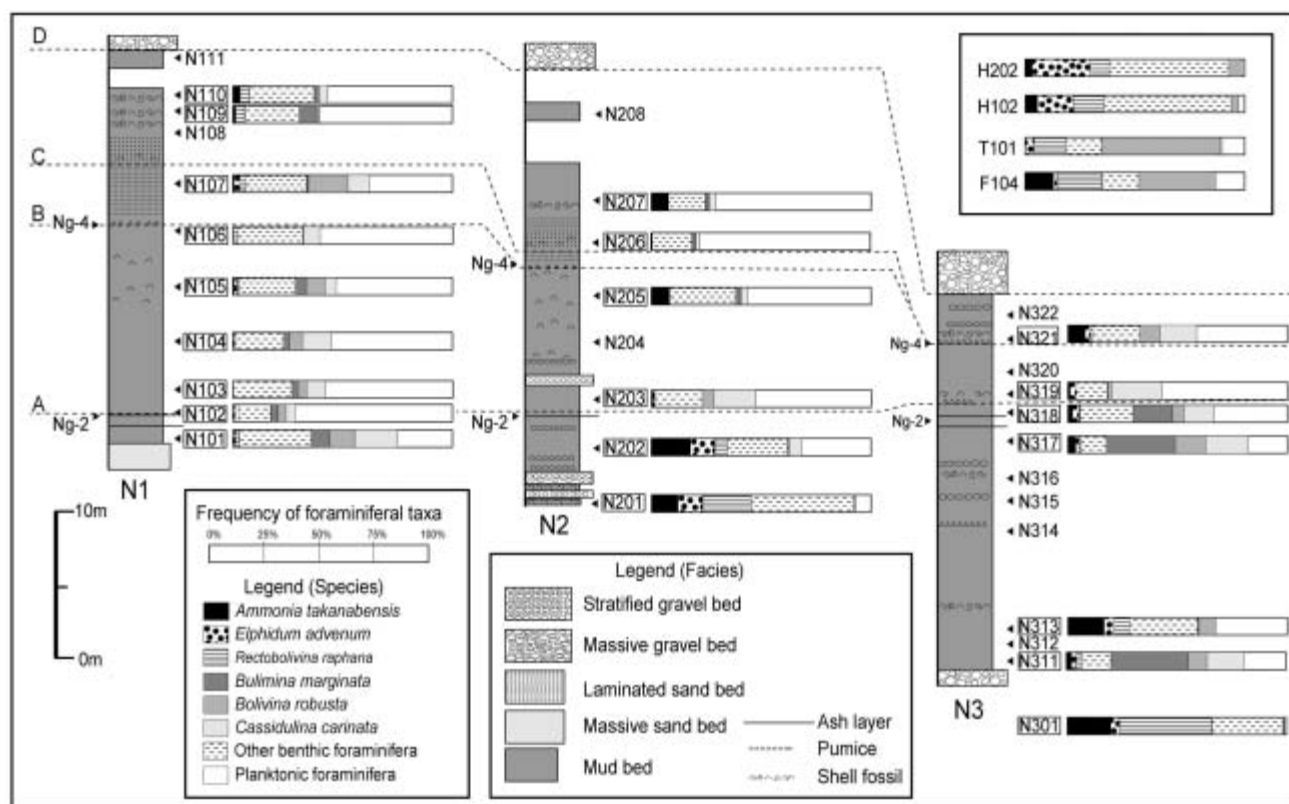


Fig. 8 Geological columnar sections showing sample horizon and stratigraphic distributions of characteristic foraminifera. A: Marine flooding surface, B: Maximum flooding surface, C: Downlap surface, D: Base of the Kunoan Formation in this area.

でも浮遊性種の産出割合が49%である。また、N107は浮遊性種の産出割合が38%であるが、この試料では本セクションの中で有孔虫化石の産出量が最大である。

浮遊性種では、*Globigerina bulloides* が最も多く、上位の層準では *Globigerina quinqueloba* の産出が目立つ。*Globigerinella obesa* や *Globigerinita glutinata*, *Globigerinoides ruber*, *Neogloboquadrina* 属なども含まれるが、*Globorotalia* 属は少ない。

N101～Ng107では、*Cassidulina carinata* の産出割合が底生種で最も高く、次いで *Bolivina robusta* と *Bulimina marginata*, *Bulimina subornata* の産出割合が高い。N101では特にその傾向が強く、有孔虫全体で見ても *C. carinata* は20%で、*B. robusta* は11%、*B. marginata* は8%を占める。Ng109とNg110では *Pseudonion japonicum* が多く産出し、*B. marginata* と *Ammonia takanabensis*, *Rectobolivina raphana* の産出割合が高い。

N2 セクション

本セクションでは、下位から上位に向かって浮遊

性種が増加する傾向があり、N203から上位では浮遊性種の産出割合が50%を超え、Ng-4火山灰層の直上のN206で78%と最大になる。

浮遊性種では、N1セクションと同様に、*G. bulloides* が最も多く、上位の層準では *G. quinqueloba* の産出が目立つ。*G. glutinata* や *G. ruber*, *Neogloboquadrina* 属なども含まれるが、*Globorotalia* 属は少ない。

底生種では、*C. carinata* がN202から上位で出現し、N203では底生種の中での産出割合が最大となり、有孔虫全体の19%を占める。Ng-2火山灰層の下位のN201とN202では、*A. takanabensis* と *Elphidium advenum*, *R. raphana* が多く含まれる。

N3 セクション

産出した有孔虫化石のうち、浮遊性種の産出割合が50%を超えたのはNg-2火山灰層の上位のN319で、Ng-2火山灰層の下位のN313と上位のN318が33%で、N321が41%である。最下部のN301は浮遊性種がほとんど含まれず、Ng-2火山灰層の下位のN311とN317では浮遊性種の産出割合が18

～19%を示す。

浮遊性種では、上記の2セクションと同様に、*G. bulloides* が最も多く、層準によって *G. quinqueloba* の産出が目立ち、*G. glutinata* や *G. ruber*, *Neogloboquadrina* 属なども含まれるが、*Globovalvulineria* 属は少ない。

底生種では、*A. takanabensis* と *B. robusta*, *E. advenum*, *R. raphana* が全体的に産出するが、*C. carinata* は N311 と N317 から上位で産出し、いずれの試料でも有孔虫全体に占める割合は14%以上で、特に N319 では29%に達する。*Cassidulina subglobosa* は、*C. carinata* と同様の産出傾向を示す。また、*B. marginata* は、N311 で産出割合が35%に達し、Ng-2 火山灰層の直下と直上の N317 と N318 では、それぞれの産出割合が31%と18%であるが、その上位ではほとんど産出しない。

F1 セクション

有孔虫化石が産出したのは F104 のみで、浮遊性の産出割合は13%であった。底生種では *B. robusta* が卓越し、次に *R. raphana* および *A. takanabensis* が多く、この3種で全体の68%を占める。他に、*Elphidium excarvatum clavatum* と *E. advenum*, *Melonis parkerae* が含まれる。

T セクション

有孔虫化石が産出したのは T102 のみで、浮遊性の産出割合は10%である。底生種では *B. robusta* が卓越し、次に *R. raphana* が多い。ここでは産出種も個数も少ない。

H セクション

有孔虫化石が産出したのは H102 と H202 で、どちらも久能山層の最下部の泥層から採集された試料であり、その有孔虫種の組成も類似している。浮遊性種の産出割合は2～3%と低く、底生種では *E. advenum* と *E. excarvatum clavatum*, *P. japonicum* が卓越し、*R. raphana* と *Pseudorotalia gaimardii*, *A. takanabensis* も多数含まれる。また、他のセクションにない特徴として、*Quinqueloculina seminulina* など *Quinqueloculina* 属を主体とする磁器質殻の底生有孔虫種が多く含まれる。

有孔虫化石群集の分類と分布

各セクションにおける有孔虫化石の産出特徴から、I～IVの4つの化石群集を区分することができる。

I 群集

浮遊性種の産出割合が全体の3%以下で、底生種では *Elphidium advenum*, *Elphidium excarvatum clavatum*, *Pseudonion japonicus* が多く、*Ammonia takanabensis*, *Pseudorotalia gaimardii*, *Rectobolivina raphana* を含み、*Quinqueloculina seminulina* などの磁器質殻の種も目立つ。この群集は、中平松の H102 と H202 に産する。

II 群集

浮遊性種の産出割合が全体の33%以下で、底生種では *R. raphana* が多く、*Bolivina robusta* と *E. advenum*, *A. takanabensis*, *P. gaimardii* などに伴う。殿沢川の T102 と古宿の F104、根古屋の最下部の N301 と N313、N201 と N202 の群集がこれにあたる。N313 では、*A. takanabensis* と *Melonis parkerae* が卓越する特徴があり、N201 と N202 は *P. gaimardii* をほとんど含まず、N202 には *Cassidulina carinata* が含まれる。

III 群集

浮遊性種の産出割合が全体の33%以下で、底生種では *Bulimina marginata* と *C. carinata* が卓越し、*B. robusta* や *Cassidulina subglobosa*, それに II 群集の特徴種である *A. takanabensis*, *E. advenum*, *R. raphana* を含む。根古屋の N101 と N311, N317, N318 の群集がこれにあたる。

IV 群集

浮遊性種の産出割合が全体の40%以上で、78%におよぶ試料もある。底生種では *C. carinata* が卓越し、*C. subglobosa* と *B. robusta* が含まれるが、*B. marginata* は少ない。すべての試料ではないが、*Angulogerina kokozuraensis* が含まれる。根古屋の Ng-2 火山灰層の上位にあたる N102～N110 までと、N203～N207 まで、それと N319 と N321 の群集がこれにあたる。

有孔虫群集の堆積環境

近藤 (1986) は、根古屋層の有孔虫化石について、主に Ng-2 と Ng-4 火山灰層の層準における水平的な環境変化に重点をおいて分布を調べ、それらを種群 I ~ V の 5 つに区分した。以下に、本稿で認定した I ~ IV 群集を近藤 (1986) の化石群集と、的場 (1970) および Inoue (1989) がそれぞれ土佐湾の大陸棚上および駿河湾で認定した現生底生有孔虫相と、種構成に基づいて比較してその堆積環境を推定する。

本稿の I 群集は、*Elphidium advenum*, *Elphidium clavatum*, *Pseudorotalia gaimardii* を代表種とし、陶器質有孔虫が目立つ近藤 (1986) の種群 I と類似する。近藤 (1986) はこの種群を中平松地域で認め、それを水深 100m 以浅の沿岸水ないし表層水上部の種群と推定している。また、本群集は *Bolivina robusta*, *Rectobolivina raphana* と *P. gaimardii* で特徴づけられ、*Hanzawai nipponica*, *Nonion japonicum*, *Pseudononion japonicum*, *Cancris auriculus* などに伴う的場 (1970) の中浅海帯 (50 ~ 80m) 亜相にも類似する。以上のことから、I 群集は中浅海帯の堆積環境を示唆すると推定される。

II 群集は、*R. raphana* と *B. cf. robusta* が全体の 50 % を占める近藤 (1986) の種群 II、的場 (1970) の中浅海帯 (50 ~ 80m) 亜相および *R. raphana* が卓越する Inoue (1989) の *Siphogenerina raphanus* 群集と類似する。近藤 (1986) は種群 II を下部浅海帯 (水深 100m ~ 200m) の堆積環境と推定しており、Inoue (1989) の *S. raphanus* 群集は伊豆半島松崎沖の水深 70m と御前崎沖の水深 60m の東部大陸棚上から報告されている。以上のことから、本群集は中浅海帯下部 ~ 下浅海帯上部の堆積環境を示すと考えられる。

III 群集は、*Bulimina marginata* と *Pseudoparella maraensis* を代表とする近藤 (1986) の種群 III に類似する。近藤 (1986) はこの種群の堆積環境を下浅海帯の水深 100m ~ 200m のデルタスロープとしている。また、本群集は *B. robusta* で特徴づけられ *Bulimina marginata*, *Uvigerina proboscidea vadeszens*, *Amphicoryna scalaris sagamiensis*, *Lenticulina lucida* を伴う的場 (1970) の下浅海帯 (100 ~ 280m) 亜相に類似する。以上のことから III

群集は下浅海帯の堆積環境を示すと推定される。

IV 群集は、近藤 (1986) の種群 IV に類似し、近藤 (1986) はその堆積環境を大陸斜面上部としている。また、本群集は *Bolivina robusta* および *Cassidulina carinata* が豊富で *Globocassidulina subglobosa* および *Bulimina aculeata* を伴う Inoue (1989) の *B. robusta* 群集に類似する。*B. robusta* 群集は伊豆半島の西岸の水深 320 ~ 660m および石花海堆の周辺の水深 265 ~ 540m から報告された。なお、IV 群集に含まれる *Angulogerina kokozuraensis* は、的場 (1970) によれば半深海帯に主として分布する。以上のことから、本群集は上部漸深海帯の堆積環境を示すと推定される。

有孔虫群集における浮遊性有孔虫の割合は、一般に水深とともに増加することが知られている (たとえば Grimsdale and Markgoven, 1955 ; Brasier, 1980)。本稿の各群集の浮遊性有孔虫の割合は、I 群集が 3 % 以下、II 群集および III 群集が 33 % 以下、IV 群集は 40 % 以上である。したがって、浮遊性有孔虫の割合からは、I 群集が最も浅く、IV 群集が最も深い環境を示すと推定される。上述のように、群集組成からは、I 群集が中浅海帯、II 群集が中浅海帯下部 ~ 下浅海帯上部、III 群集は下浅海帯、IV 群集は上部漸深海帯を示すと考えられるが、これは浮遊性有孔虫の割合から推定される古水深の違いと調和的である。

根古屋層の堆積環境の変遷

A1 セクションには、根古屋層の最下部にあたる安居礫部層から古宿礫部層が分布する。前述のように本セクションの安居礫部層と古宿礫部層はファンデルタのフォアセットであり、両礫部層の間の礫層と砂層の互層は海進期にファンデルタが放棄されてフォアセットの麓部に堆積したトウセット堆積物と考えられる。A1 セクションからは有孔虫化石が産出しなかったが、安居礫部層の上位の礫層と砂層の互層から産する軟体動物化石群集は潮間帯ないし潮下帯に生息する種からなり (近藤, 1985)、その堆積環境は潮下帯から浅海帯と推定される。

A1 セクションと同じ層準をその下部に含むと考えられる N3 セクションは、A1 セクションの北東側の千保沢川の東側に位置する。その岩相は、ほとんどが泥層からなるが、前述のように Kondo

(1986)により古宿礫部層のプロデルタ相と推定されたラミナの発達した砂質泥層を中部に挟む。本セクションの最下部の層準は、安居礫部層の下位か上位かは不明であるが、最下部の N301 の有孔虫化石群集はⅡ群集である。その上位は、ラミナの発達した砂質泥層の上位まで有孔虫化石が産出せず、N311 がⅢ群集、N313 がⅡ群集に相当する。そして、その上位は N316 まで有孔虫が産出せず、Ng-2 火山灰層の直下の N317 と直上の N318 がⅢ群集、その上位の N319 と Ng-4 火山灰層の層準にあたる N321 がⅣ群集に相当する。したがって、N3 セクションでは、最下部が中浅海帯下部～下浅海帯上部、その上位の古宿礫部層の層準の上位は下浅海帯～中浅海帯下部から下浅海帯上部で堆積し、有孔虫化石が産出しない層準を経て Ng-2 火山灰層の直下と直上は下浅海帯、その上位から Ng-4 火山灰層の層準にかけては上部漸深海帯で堆積したと推定できる。

N1 セクションと N2 セクションには、Ng-2 火山灰層の下位から Ng-4 火山灰層の上位にかけての地層が露出し、有孔虫化石の産出に同様の傾向が見られる。すなわち、Ng-2 火山灰層の直下または直下までの群集はⅢ群集に相当し、Ng-2 火山灰層の直上から上位はⅣ群集が分布する。したがって、Ng-2 火山灰層の直下は下浅海帯で堆積したが、Ng-2 火山灰層の直上からは上部漸深海帯で堆積したと推定できる。すなわち、近藤 (1985) が Ng-2 と Ng-4 付近の泥質な層準での軟体動物化石群集の垂直的変化から推定した 100 ～ 150m 程度の大規模な海水準上昇は、Ng-2 火山灰層 (N3 セクションでは N319) の直上付近の層準で起こったと考えられる。

また、両セクションとも Ng-4 火山灰層の上位の砂質泥層の上位に *Limopsis tajimae* だけからなる軟体動物の化石密集層がある。また、Ng-4 火山灰層の直上にある石灰質で硬質な泥層の層準は、N1 セクションでは N107 にあたり、産出有孔虫化石数が最大である。これらのことから、Ng-4 火山灰層から石灰質で硬質な泥層にかけての層準は、海水準が最大に達した時期に形成されたコンデンスセクションに相当すると考えられる。すなわち、Ng-2 火山灰層の堆積直後に急激な海水準上昇が起こり、海氾濫面が形成され、Ng-4 火山灰層の層準付近が堆積した時期に海水準は最大に達したと推定できる。そのため、砂泥の供給が極めて少なくなり、堆積物中に含まれる軟体動物遺骸や有孔虫の個体数が増大

したものと考えられる。また、軽石の散在または密集層である Ng-4 火山灰層も、これと同様に砂泥の供給が極めて少なかったために軽石の集積が目立つ結果になったものと考えられる。

Ng-4 火山灰層の上位の砂質泥層および *L. tajimae* の化石密集層の含まれる層準の有孔虫群集はⅣ群集であるが、中浅海帯下部～下浅海帯上部の堆積環境を示すⅡ群集の特徴種である *Ammonia takanabensis*, *Elphidium advenum*, *Rectoboribina raphana* が Ng-4 火山灰層の下位よりも多く産出する。このことから、この時期には海水準の上昇が終了して、河川から懸濁物質が大量に大陸斜面に供給され始めたと推定される。Ng-4 火山灰層の上位の砂質泥層は平行葉理を伴うことからストームシート状のものと推定され、多量の堆積物供給が開始したことを意味し、すなわちその基底がダウンラップ面に相当すると考えられる。*L. tajimae* は、現在の駿河湾では湾口から伊豆半島沖合にかけての陸棚斜面域の水深 200m ～ 500m に群生し (Tsuchi, 1958 ; Kondo, 1989), ここでは懸濁態の有機物が豊富に供給されていることが推定されている (延原ほか, 2005)。

F1 セクションでは、Ng-4 火山灰層の直上の F104 のみから有孔虫化石が産出し、それはⅡ群集にあたり、中浅海帯下部～下浅海帯上部の堆積環境が推定される。この層準からは近藤 (1985) により *Venus foveolata* を主体とする軟体動物化石が報告されており、Ⅱ群集には *V. foveolata* を主体とする軟体動物化石が特徴的に産する傾向がある。F1 セクションでは、1 試料からしか有孔虫化石が産しなかったために、有孔虫化石からこのセクションでの環境変化について言及できない。しかし、ここでは Ng-4 火山灰層の上位層の堆積時にはすでに中浅海帯下部～下浅海帯上部の堆積環境になっていたことが推定できる。

T セクションでは、中平松礫部層下部層の T102 から有孔虫化石が産し、それはⅡ群集に相当する。このことから、この層準は中浅海帯下部～下浅海帯上部で堆積したと推定される。この層準でも *V. foveolata* を主体とする軟体動物化石が産する。

H セクションでは、久能山層の最下部層の H102 と H202 の 2 点で有孔虫化石が産出し、それらはⅠ群集に相当し、中浅海帯、すなわち内側陸棚付近の海底が堆積環境として推定される。しかし、この層

準にはスランプ層がよく発達することから、内側陸棚よりやや深い海底谷に堆積した可能性もある。

T セクションと H セクションの結果から、中平松礫部層は、その下部層堆積時には中浅海帯下部～下浅海帯上部、すなわち内側陸棚から外側陸棚で堆積が行われ、その後の上部層堆積時には河川と干潟が分布する陸上になったと考えられる。また、その上位の久能山層の最下部の堆積時には再び中浅海帯、すなわち内側陸棚またはそこに発達した海底谷になったと考えられる。

以上のことから、根古屋層の堆積環境の変遷について、以下のことが明らかになった。

根古屋地域では、古宿礫部層の堆積以前は中浅海帯下部～下浅海帯上部だった海底が、古宿礫部層のファンデルタの発達後に中浅海帯下部～下浅海帯上部または下浅海帯になり、Ng-2 火山灰層の堆積直後から 100 ～ 150m 程度の大規模で急激な海水準上昇（近藤，1985）によって上部漸深海帯の堆積環境となった。その海水準上昇は Ng-4 火山灰層堆積時に最大に達し、その後停滞または降下した。その結果として軽石の密集層である Ng-4 火山灰層と石灰質泥層からなるコンデンスセクションが形成され、その上位のダウンラップ面上にはストームシート状の砂質泥層と *L. tajimae* の化石密集層が形成された。すなわち、Fig. 8 の A 層準は急激な海水準上昇があった海氾濫面であり、B 層準は海水準上昇が最大に達した最大海氾濫面に当たり、C 層準はいわゆるタウンラップ面に相当する。なお、D 層準はこの地域での久能山層の基底になる。

調査地域の南西部にあたる中平松地域では、Ng-4 火山灰層の上位に中平松礫部層があり、その下部層は中浅海帯下部～下浅海帯上部に堆積したが、上部層は河川と干潟が分布する陸上に堆積した。その後の海水準上昇によってこの地域は再び中浅海帯の海底となり、粗粒堆積物の供給によって久能山層の堆積が開始された。

根古屋層の堆積過程と 海洋酸素同位体ステージとの対比

本稿の結果からは、根古屋層は北東方向に向かって尖滅する下位から安居礫部層、古宿礫部層、中平松礫部層という 3 層のファンデルタ層とそれに挟む海成泥層からなるという近藤（1985）の結果が

追認された。そして、3 層のファンデルタ層のうち、安居礫部層と古宿礫部層はフォアセットの堆積物であり、中平松礫部層の上部層はトップセットの堆積物で、これらの上位にはそれぞれ海進期の堆積物である海成泥層が重なることが明らかになった。

山本・北村（2009）は安居礫部層の上位から久能山層の基底面までの堆積期間を海洋酸素同位体ステージ（MIS）8 ～ 6.6 と推定し、その間に認められる海進－海退サイクル（Chappell, 1994；Shackleton, 2000；Siddall et al, 2003）の MIS 8 ～ 7.5 と、MIS 7.4 ～ 7.3, MIS 7.2 ～ 6.6 を、それぞれが安居礫部層と古宿礫部層の間の泥層、Ng-2 と Ng-4 が挟む根古屋層主部、Ng-4 より上位の層準に対比した。根古屋層には近藤（1985；Kondo, 1986）によってすでに安居礫部層の上位と古宿礫部層上部から Ng-2 および Ng-4 の層準にかけての堆積期に海水準上昇が推定されていたが、最後の 3 回目の海水準上昇期について認められていなかった。そこで、山本・北村（2009）は、主に本稿の中平松礫部層の堆積相の解析により、中平松礫部層中の潮汐堆積相から礫質ファンデルタ相を一連の海進期堆積物として、3 回目の海進期に対比した。しかし、山本・北村（2009）が礫質ファンデルタ相としたものは中平松礫部層上部層の河川相と考えられ、下位の潮汐堆積相から河川相への一連の堆積物は海退期堆積物にあたる。中平松地域には、中平松礫部層の上位に本稿で久能山層とした泥層や砂層を挟む礫層または含礫砂層からなる海成堆積物が存在する。河川堆積物の上位に海成堆積物が重なることは、その海成堆積物の基底に海進があったことになり、すなわちこれが 3 回目の海水準上昇期に相当すると考えられる。

山本・北村（2009）が指摘したように、根古屋層の形成過程は海洋酸素同位体ステージで示されるいわゆる海水準変動と対比される可能性がある。Fig. 9 に Bassinot et al.（1994）による海洋酸素同位体曲線と、それに対比させた根古屋層と久能山層の層序と各火山灰層の層準を示す。

噴出年代が約 30 万年前（田村・鈴木，2001）とされる Ng-1 火山灰層は、根古屋層安居礫部層の上位の海水準上昇期に堆積したことから、MIS 8.6 ～ 8.5 の間の海水準上昇期に対比されると考えられ、安居礫部層はその前の海水準降下期である MIS 9.1 ～ 8.6 の間に形成されたと推定される。そして、古

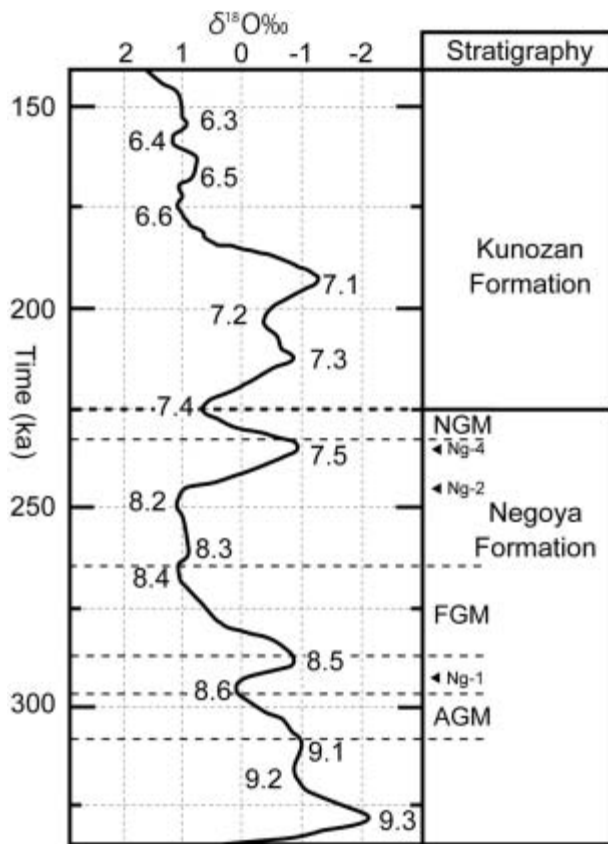


Fig. 9 Stratigraphy of the Negoya and Kunozan Formations correlated with the marine oxygen isotope curve (Bassinot et al., 1994). AGM: Ago Gravel Member, FGM: Furuyada Gravel Member, NGM: Nakahiramatsu Gravel Member.

宿ファンデルタは次の海水準降下期である MIS 8.5～8.4 の間に形成され、Ng-2 と Ng-4 火山灰層堆積期付近に起こった大規模で急激な 100～150m にわたる海水準上昇は MIS 8.2～7.5 の海水準上昇期の間に、その後の中平松礫部層は MIS 7.5～7.4 の海水準降下期に堆積したと推定できる。中平松礫部層の上位にある久能山層の基底となる泥層や砂層を挟む礫層などの海成層は、その後の MIS 7.4～7.3 の間の海水準上昇期に堆積し、続く久能山層の主たるファンデルタのフォアセット堆積物は MIS 7.3 以降に形成されたと考えられる。最大で 250m の層厚をもつ久能山層（土, 1960）のフォアセット堆積物は、それまでの海水準上昇で深化した丘陵北東側にあった海底の堆積空間を順次前進しつつ埋積していったと考えられる。

なお、有度丘陵東麓の久能山層村松礫・シルト部層から産した単体サンゴ化石の約 17.7 万年前という U-Th 年代値 (Kitamura et al., 2005) については、村松礫・シルト部層が久能山層中の海水準上昇期のトウセット堆積物と考えられることから、それは久

能山層の基底年代を示す（山本・北村, 2009）ものでなく、久能山層中の海水準上昇期にあたる MIS 6.5 付近の年代値を示すものと考えられる。

ま と め

静岡市有度丘陵に分布する根古屋層は、丘陵を構成する地質の最下部層にあたり、北東方向に向かって尖滅する下位から安居礫部層、古宿礫部層、中平松礫部層という 3 層のファンデルタの堆積物とそれに挟まれる海成泥層からなる。本研究では、その泥層に含まれる有孔虫化石の分布にもとづき、根古屋層全体の各層準における堆積環境と、特に古宿礫部層の上位にある Ng-2 火山灰層から Ng-4 火山灰層付近の層準での垂直的な堆積環境の変化を明らかにした。

その結果、根古屋層の有孔虫化石群集は I～IV の 4 群集に区分でき、I 群集が中浅海帯、II 群集が中浅海帯下部～下浅海帯上部、III 群集が下浅海帯、IV 群集が上部漸深海帯で堆積したことが推定された。それによって、根古屋地域では古宿礫部層の堆積以前は中浅海帯下部～下浅海帯上部だった海底が、古宿礫部層のファンデルタの発達後に中浅海帯下部～下浅海帯上部または下浅海帯になり、Ng-2 火山灰層のほぼ直上の層準堆積期に起こった大規模で急激な海水準上昇によって上部漸深海帯の海底となった。その海水準上昇は Ng-4 火山灰層の層準付近で最大に達し、その後海水準は停滞または降下した。また、中平松地域では、Ng-4 火山灰層の上位の堆積期は中浅海帯下部～下浅海帯上部の海底だったが、その後干潟と河川が分布する陸上になり、その後の海水準上昇によって再び中浅海帯の海底となり、久能山層の泥層や砂層を挟む礫層から堆積が始まり、続いて主部を構成するファンデルタの礫層が堆積した。このような根古屋層の形成過程は、海洋酸素同位体ステージ (MIS) で示される海水準変動と密接に関連する可能性がある。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、東海大学海洋学部海洋資源学科の根元謙次教授と坂本 泉准教授には、研究全般にわたって貴重な助言を頂いた。静岡大学教育学部の延原尊美教授には根古屋層から産出した軟

体動物化石についてご教授をいただいた。有孔虫化石の走査電子顕微鏡写真撮影については、東海大学海洋学部の田中 彰教授と千賀康弘教授にご協力を頂いた。また、根古屋層の地質調査と軟体動物化石の資料整理について、三宅由樹氏、小林 卓氏、加藤章太氏、市川翔大氏、吉本正教氏と NPO 静岡県自然史博物館ネットワークの横山謙二氏に特に協力を頂いた。また、彼らを含め駿河湾団体研究グループの以下の各氏（敬称略）には、地質調査および室内作業において協力を頂いた。大迫崇史、岡田陽介、篠崎泰輔、高木克将、滝野義幸、谷あかり、茅根淳一、中本裕介、原 寿徳、東 武宏、廣瀬祐市、富士幸祐、増田祐輝、松本充央、柳澤宏成。これらの方々に感謝の意を表す。

引用文献

- 浅野 清 (1936) 静岡県掛川地方の有孔虫類に就いて。地質学雑誌, **43**, 739-757.
- Bassinot, F. C., L. D. Labeyrie, E. Vincent, X. Quidelleur, N. J. Shackleton and Y. Lancelot (1994) The astronomical theory of climate and age of the Brunhes - Matsuyama magnetic reversal. Earth Planet. Sci. Letter, **126**, 91-108.
- Brasier, M. D. (1980) Microfossils. George Allen & Unwin, London, 193 p.
- Chappell, J., (1994) Upper Quaternary sea levels, coral terraces, oxygen isotopes and deep-sea temperatures. Journal of Geography, **103**, 828-840.
- Grimsdale, T. and F. Markhoven (1955) The ratio between pelagic and benthonic foraminifera as a means of estimating depth of deposition of sedimentary rocks. Proceedings Fourth World Petroleum Congress, Section I/D, 473-491.
- Ibaraki, M. and R. Tsuchi (1973) Planktonic foraminifera from the Negoya Formation, Shizuoka Prefecture, Japan. Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ., **8**, 165-174.
- Inoue, Y. (1989) North Pacific foraminifera as paleo-environmental indicators. Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, Sec. B, **10**, 57-162.
- Kitamura, A., A. Omura, E. Tominaga, K. Kameo and M. Nara (2005) U-Series ages from the Middle Pleistocene Kunosan Formation in the Udo Hills, Shizuoka, central Japan. The Quaternary Research, **44**, 177-182.
- 北里 洋・新妻信明・小山真人・近藤康生・神谷隆宏 (1981) 駿河湾周辺後期更新世根古屋層、草薙層、国吉田層、古谷層の地磁気層序。静岡大学地球科学研究報告, **6**, 45-59.
- 近藤康生 (1983) 根古屋層の層序と堆積環境。静岡地学, **47**, 41-47.
- 近藤康生 (1985) 静岡県有度丘陵の上部更新統の層序。地質学雑誌, **91**, 121-140.
- 近藤康生 (1986) 静岡県後期更新世根古屋層の海進期堆積物に含まれる底生有孔虫化石の空間分布。静岡大学地球科学研究報告, **12**, 239-243.
- Kondo, Y. (1986) Shallow marine gravity delta and associated faunas from the upper Pleistocene Negoya Formation, Shizuoka, Japan. Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Ser., II, **21**, 169-190.
- Kondo, Y. (1989) 'In situ' observation of a bathyal Bivalve *Limopsis tajimae* by means of box core sampling, with comparative description the fossil counterparts. Venus, **48**, 27-39.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新版火山灰アトラス。東京大学出版会, 東京, 339 p.
- 的場保望 (1970) 底棲有孔虫—日本近海における分布—。海洋科学, **7**, 257-262.
- 望月静子 (1965) 有度山の化石有孔虫群。地学しずはた, **35**, 14-18,
- 中島謙造 (1886) 20 万分の 1 地質図幅「静岡」及び同説明書。地質調査所。47 p.
- 延原尊美・高山春果・松本英二・木下泰正 (2005) 駿河湾の貝類遺体群集と堆積場の特性。静岡大学地球科学研究報告, **32**, 31-66.
- 岡田尚武 (1987) 南部フォッサマグナの海成層に関する石灰質ナンノプランクトン化石の生層序と古環境。化石, **43**, 5-8.
- Shackleton, N. J. (2000) The 100,000-year ice-age cycle identified and found to lag temperature, carbon dioxide, and orbital eccentricity. Science, **289**, 1897-1902.
- 柴 正博・根元謙次・駿河湾団体研究グループ・有度丘陵沖調査グループ (1990) 駿河湾西部、有度丘陵および沖合の地質構造。東海大学紀要海洋学部, **30**, 47-65.

- 柴 正博・加納和人・青木洋人・清水康博(1994)
静岡県有度丘陵に分布する草薙層の層序. 地球科学, **48**, 209-221.
- Siddall, M., E. J. Rogling, A. Almogi-Labin, C. Hemleben, D. Meischner, I. Schmelzer and D. A. Smeed (2003) Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature*, **423**, 853-858.
- 杉山雄一・下川浩一・坂本 亨・秦 光男 (1982)
静岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 82 p.
- 田村糸子・鈴木毅彦 (2001) 中期更新世テフラ Ng-1 と飛騨地域に分布する高山軽石層との対比. 第四紀研究, **40**, 295-305.
- Tsuchi, R. (1958) A note on mollusca dredged from Suruga Bay, the Pacific side of central Japan. *Rep. Leb. Art. Sci. Fac., Shizuoka Univ., Nat. Sci.*, **2**, 217-228.
- 土 隆一 (1960) 有度丘陵の地質構造ならびに地史. 地質学雑誌, **66**, 251-262.
- 山本なぎさ・北村晃寿 (2009) 中部更新統根古屋層最上部の層序学的研究. 静岡大学地球科学研究報告, **36**, 1-7.