

## 静岡県牧ノ原台地の更新統古谷層の有孔虫化石群集と堆積環境<sup>1)</sup>

柴 正 博<sup>2)</sup>・高 橋 孝 行<sup>3)</sup>・谷 あかり<sup>4)</sup>・山 下 真<sup>5)</sup>

### Fossil Foraminiferal Assemblages and Sedimentary Environment of the Pleistocene Furuya Formation in Makinohara Upland, Shizuoka Prefecture, Central Japan<sup>1)</sup>

Masahiro SHIBA<sup>2)</sup>, Takayuki TAKAHASHI<sup>3)</sup>, Akari TANI<sup>4)</sup> and Makoto YAMASHITA<sup>5)</sup>

#### Abstract

The Pleistocene in Makinohara Upland, Shizuoka Prefecture, central Japan, consists of the Furuya Formation, the Kyomatsubara Formation, the Ochii Formation, and the Makinohara Formation, in ascending order. The Furuya Formation is mainly composed of silt and clay deposits, which mostly corresponds to the transgressive systems tract filling the drowned valley and inlet. This study makes clear temporal and spatial distribution of fossil foraminiferal assemblages in the Furuya Formation, and estimates the depositional environment of this formation on the basis of fossil foraminiferal fauna with reference to sedimentary facies and fossil molluscan assemblages.

The central bay floor sediments overlaying tidal deposits, were characterized by abundant occurrences of *Ammonia beccarii* (Linnaeus) and *Elphidium excavatum clavatum* Cushman. It is inferred that *A. beccarii* and *E. excavatum clavatum* suggest the environments of inner bay and central bay, respectively. Abundant occurrence of planktonic foraminifers suggests that oceanic water intruded into the central bay or the environment of mouth of bay.

During the transgression, seawater invaded from the south of the bay, and the Furuya Formation deposited onlapping northward. On the maximum flood stage, the sea level was located at the northern end of its distribution, it is thought that the northern area became the environment of the drowned valley or tidal flat, and the central and southern areas were the environment of central bay or mouth of bay. This difference of depositional environment is corresponded with the recent vertical difference of the basal surface of the Furuya Formation between the north and south areas. Thus, it is necessary to reexamine a hypothesis that the northern part of the Makinohara Upland relatively elevated after the Furuya Formation had deposited.

<sup>1)</sup> 東海大学自然史博物館研究業績 No.65

Contributions from the Natural History Museum, Tokai University, No. 65

<sup>2)</sup> 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, Shizuoka, 424-8620, Japan

<sup>3)</sup> 財団法人中央温泉研究所 171-0033, 東京都豊島区高田 3-42-10

Chuo Hot-Spring Institute Foundation, 3-42-10, Takada, Toshima-ku, Tokyo, 171-0033, Japan

<sup>4)</sup> 東海大学海洋学部 424-8610, 静岡県静岡市清水区折戸 3-20-1

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

<sup>5)</sup> サン地質株式会社 173-0004, 東京都板橋区板橋 1-44-13

San Geology Co., Ltd, 1-44-13, Itabashi, Itabashi-ku, Tokyo, 173-0004, Japan

## はじめに

静岡県中部～西部地域、大井川下流右岸から御前崎周辺地域にかけて広がる牧ノ原台地は、更新世に大井川の堆積作用の結果形成された河成段丘とされる。牧ノ原台地の南東端に位置する御前崎は、いわゆる「東海地震」の発生想定域の上に位置し、この地域周辺の第四紀後半以降の地形形成史を詳細に明らかにすることは、この地域の地史および地殻変動の解明に重要な資料を提供する。

牧ノ原台地を構成する地層は、更新統とその基盤となる新第三系からなり、その更新統の層序や古生物については、以下に述べるようにこれまでの多くの研究がなされてきた。その結果、牧ノ原台地を構成する更新統は、下位から新第三系の開析谷に海が浸入してできた内湾を埋積した、おもに泥質堆積物からなる古谷層、浅海～海浜の砂質および礫質堆積物からなる京松原層と落居層、そして古大井川によってもたらされた多量の砂礫からなる河成堆積物である牧ノ原層からなることが知られている。

牧ノ原台地を構成する更新統については、後期更新世の下末吉期の海進-海退によって形成されたひとつの連続する堆積シーケンスであるという考え(高清水ほか, 1996)と、古谷層とそれ以後の地層の関係は不整合であり、古谷層は中期更新世の海進堆積物であるとする考え(長田, 1980, 1998)がある。

高清水ほか(1996)は古谷層を含む牧ノ原台地の更新統の堆積相と堆積シーケンスを検討し、古谷層を網状河川河口相から溺れ谷埋積相、内湾底相、および湾奥デルタ相に区分した。そして、それらの堆積相は、河川が削った谷が海水準上昇にともなって沈水した河口と溺れ谷、湾口に形成されたバリアーの陸側の内湾底、および高海水準期に湾奥に発達したデルタにおいてそれぞれ形成されたとした。

Tsuchi (1958) は、古谷層産の貝化石が、下部では内湾干潟の要素が優占し、上部では内湾の水深数 m の泥底環境要素が卓越し、最上部では外洋あるいは湾口域の異地性群集で特徴づけられるとした。しかし、土(1960)は、古谷層の最上部には広く潮間帯ないし 10 m 前後の深度を示す自生的貝化石群集が見られるとして、現在南北で高度差があるその上限面は同時に形成され、古谷層形成後に北側が隆起する撓曲によって現在の地形が形成されたと

した。

池谷・堀江(1982)は、古谷層の層相変化から、古谷層が最低 5 回の上方細粒化のサイクルからなり、全サイクルが見られるのは中央部以南であるとした。さらに、各サイクルでの貝および有孔虫、貝形虫化石の各群集は南部ほど外洋水の影響が強く北部ほど弱いことから、各サイクルが基盤に対して南から北へ漸次アバットするように堆積したとした。また、池谷・堀江(1982)は、古谷層を堆積させた古相良湾は、堆積最末期に細粒堆積物により埋積されて沼沢化して消失し、推定された古谷層堆積最末期の水面が今日では高度差をもって南側に傾斜することから、土(1960)と同様に牧ノ原台地は北側が相対的に隆起したとした。

恩田ほか(2008)は、牧ノ原台地南稜に分布する古谷層の貝化石群集に、内湾干潟群集、内湾の潮下帯以深泥底群集、および水深が 30 m 以深の外洋性～弱内湾性湾口域群集の 3 群集型を認め、その水平的・垂直的分布から海水の浸入は南側からあり、海水準上昇にともない中部～南部地域は早期に内湾干潟から潮下帯以深になり、さらに南部地域は湾口域の環境に変化したとした。Ishizaki and Kato (1976) は、牧ノ原台地南部に分布する古谷層の貝形虫化石の分析から、古谷層を堆積させた海進はその進行にともない閉ざされた入江から浅海沿岸の環境へと遷移したと述べた。

古谷層の有孔虫化石に関する研究は、前述した池谷・堀江(1982)のほかに、森(1972)と県立金谷高等学校科学部(1979)がある。森(1972)は、古谷層下～中部は内湾の性格を強く示し、南部における上部は常に外洋水の影響下で堆積したことから、古谷層を堆積させた海域は南方に入水口を持った内湾であったと推定した。県立金谷高等学校科学部(1979)は、菅山原において古谷層の基底から 15 m 上位で有孔虫化石の産出が急激に増加し、17 m 以上の層準では外洋水の影響を受けて地層が堆積したとした。

しかし、これらの研究のうち、県立金谷高等学校科学部(1979)は試料採取地が菅山原の 1 点に限られており、森(1972)と池谷・堀江(1982)は試料採取地や産出化石リストが示されていない。したがって、これらの研究だけでは古谷層分布域全体にわたる有孔虫化石の水平的および垂直的变化を詳細に知ることはできない。

古谷層の堆積環境とその変化を詳細に明らかにすることは、牧ノ原台地の更新統の形成過程と牧ノ原台地の地形形成を理解する上で重要である。このことから、本研究では、古谷層分布域の全域における水平的および垂直的な有孔虫化石群集の分布を明らかにして、高清水ほか（1996）による堆積相と恩田ほか（2008）による貝化石群集型から推定される堆積環境も参考にして、古谷層全体の堆積環境とその変遷を考察することを目的とした。

に囲まれ、東西約 10km, 南北約 20km の広がりをもつ比較的平坦な台地面を形成し、地形的には以下の4つの稜に区分される。牧ノ原台地の北端にあたる島田市大代から牧之原市牧之原までを主稜、島田市猪土居から東にのびる部分を東稜、牧之原市牧之原から南東方向の牧之原市大江方面へのびる部分を東南稜、牧之原から南方の牧之原市地頭方へのびる部分を南稜と呼ぶ。また、南稜は牧之原市鬼女新田から南西へ御前崎市下朝比奈に至る西支稜、鬼女新田から南東方向に牧之原市堀野新田までのびる東支稜に区分される（井口, 1955；長田, 1980；杉山ほか, 1987）。本調査では古谷層が分布する南稜と東南稜を対象とした（Fig. 1）。

### 地形・地質概説

牧ノ原台地は、大井川、駿河湾、御前崎、遠州灘

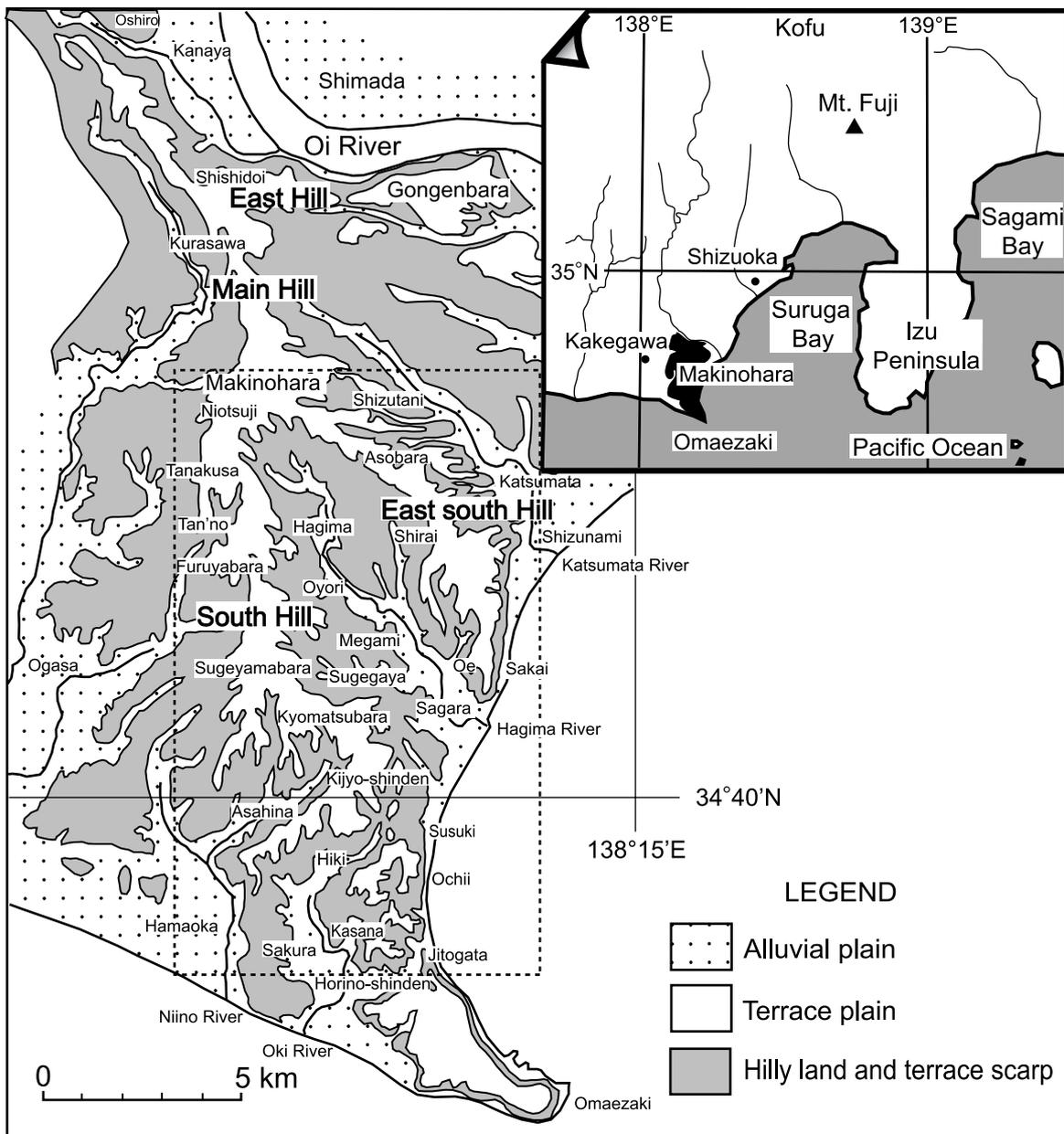


Fig. 1 Index map of the study area, Makinohara Upland, Shizuoka Prefecture, central Japan. The area surrounded by broken lines represents the location of geological map shown in Fig. 2.

本稿では、分布の説明のため便宜的に、調査地域を北部、中部、南部の3地域に区分した。北部地域は南稜では古谷原以北、東南稜では勝俣以北、南部地域は南稜では鬼女新田以南、東南稜では坂井または大江以南にあたり、中部地域は両者の間の地域にあたる。

台地面は一般におよそ北西から南東に向かって緩く傾斜し、東南稜では東ないし東北東方向に傾斜する(長田, 1998)。そのため牧ノ原台地北端にあたる島田市大代付近では台地面の海拔は約280mあるが、本調査地域北端にあたる牧之原付近では約170m、菅山原付近では約150m、本調査地域南端の落居付近では約90mと低下する。

御前崎周辺には新第三系が広く分布し、牧ノ原台地周辺および沖積低地には新第三系の基盤を不整合に覆い第四系が分布する。新第三系は、下位より中部中新統下部の女神層、上部中新統の相良層群、鮮新統-下部更新統の掛川層群からなる(柴ほか, 1996; 柴, 2005)。牧ノ原台地に分布し本調査の対象とした更新統は、新第三系の基盤を不整合に覆ってほぼ水平に累重しており、本稿では下位より古谷層、京松原層、落居層、牧ノ原層に区別した。また、沖積層を除いたその他の第四系としては、牧ノ原台地北東部に高根山礫層と坂部原礫層から構成される高位段丘堆積物が分布し、東稜の東には上部更新統の権現原礫層が権現原面(中川, 1961)を、南には同じく上部更新統の笠名礫層と白羽礫層がそれぞれ笠名面(国土地理院, 1982)と御前崎面(長田, 1976)を形成して分布する。笠名礫層からは、杉山ほか(1987)によりOn-Pm1およびK-Tz火山灰層に対比される火山灰層が報告され、関東地方の小原台段丘堆積物およびその相当層に対比されている。

牧ノ原台地を構成するおもな更新統の分布をFig. 2に示す。古谷層は新第三系基盤岩を削って形成された谷を埋めた泥質な地層からなり、京松原層はその上位に重なる淘汰のよい砂層からなる。落居層は南部の落居付近に分布し、古谷層の上位に重なる淘汰のよい砂層とよく円磨された淘汰のよい礫層からなる。牧ノ原層は古谷層と京松原層の上位に重なる礫層からなり、落居層と同時異相の関係にあると考えられる。

### 基盤岩(新第三系)

本調査地域の基盤は、新第三系の女神層、相良層

群、掛川層群から構成される(柴ほか, 1996; 柴, 2005)。相良層群は、本調査地域南東部に広く分布し、泥岩層と礫岩層および砂岩泥岩互層からなる。それらはおもに北東-南西走向で、南東または北西に50°~70°傾斜する。本調査地域内では、相良層群中に女神背斜や比木向斜などの北北東-南南西方向と、須々木背斜や須々木向斜などの北東-南西方向の軸をもつ褶曲構造がみられる(柴, 2005)。掛川層群は、本調査地域北西部に広く分布し、おもに砂岩泥岩互層からなる。本層群は、東萩間付近では北西-南東走向で南西に10°~25°傾斜し、菅ヶ谷付近では北北東-南南西から南北走向で西に20°~50°傾斜する。

### 古谷層(土, 1960)

[層相]: おもに泥層からなり、基底には礫層が見られ、その上位には砂層から泥層が重なる。泥層は厚く、シルト~粘土層、砂質シルト層、砂シルト互層からなり、貝や植物の化石を含む層準、生痕化石を多産する層準が見られる。

[分布・層厚]: 東南稜では北部と南部地域にのみ分布し、南稜では牧之原から地頭方まで全域に分布する。本層の最も高い分布は牧之原付近の海拔150mで認められ、南稜では落居付近の海拔53m、東南稜では坂井付近の海拔27mが最も低い分布となる。層厚は約20~30mで、分布の縁辺部で薄くなる。

### 京松原層(長田, 1976)

[層相]: 黄灰色の細粒~中粒の砂層からなり、下部には生痕化石を多産する層準がある。砂層は淘汰がよく、石英や雲母鉱物が顕著である。

[分布・層厚]: 東南稜では中部と南部地域に、南稜では中部から南部地域の比木付近まで分布し、その南側の落居付近には分布しない。本層の最も高い分布は南稜の菅山原付近で海拔120m、低い分布は南稜では比木付近で海拔約85mである。東南稜では海拔約40~70mの間に分布する。層厚は10~30mである。

### 落居層(杉山ほか, 1988)

[層相]: 淘汰のよい砂層および円磨された淘汰のよい礫層からなる。砂層を構成する鉱物として石英や雲母鉱物が目立つ。本層最上部には赤色の礫層が認められる。

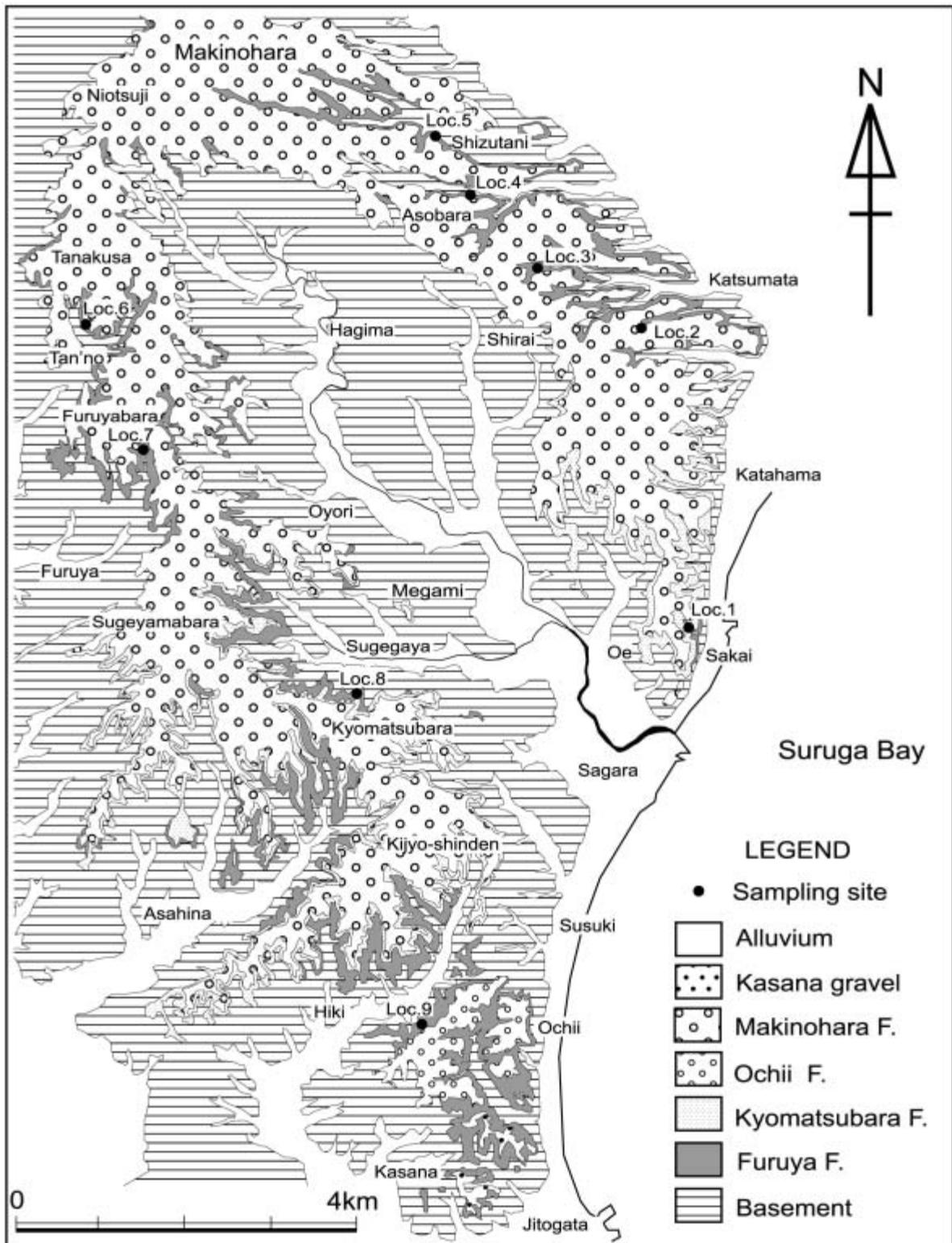


Fig. 2 Geological map of the Pleistocene series in Makinohara Upland. Loc. 1 to Loc. 9 are locations of outcrops shown in Figs. 3 -8. F.: Formation.

[分布・層厚]：南陵南部の落居付近の海拔約 70 ～ 90m にのみ分布する。層厚は約 20 m である。

牧ノ原層 (渡辺, 1929)

[層相]：礫層からなり、薄い砂層を挟有することも

ある。最上部にはしばしば赤色の礫層や砂層が認められる。礫は淘汰不良の垂円礫～円礫主体の中礫～大礫からなる。

[分布・層厚]：本調査地域では、東南稜全域と南稜の牧之原から鬼女新田にかけて分布し、南部の落居

地域には分布しない。本層の最も低い分布は、東南稜東麓の勝俣付近で海拔40m、南稜では比木付近で海拔約90mである。層厚は約30m～50mで、東南稜の北端地域で最大の層厚をもつ。

### 有孔虫化石の採取地点の層相と産出結果

本研究で用いた有孔虫化石分析用の試料は、東南稜の5地点 (Loc. 1～5)、南稜の4地点 (Loc. 6～9) の合計9地点で採取した。試料採取地点の位置を Fig. 2 に示した。各試料採取地点の柱状図を東南稜と南稜とに分けて Fig. 3 に示す。試料は下位から順に番号をつけて採取した。

堆積物の表層部は風化していて有孔虫化石の保存状態が悪いため、風化していない深層部から試料を400 g 以上採取した。採取した試料は80gを秤量し、煮沸して0.075mmの標準ふるいに残った残渣を分割して、それに含まれる有孔虫化石を200個体以上摘出した。

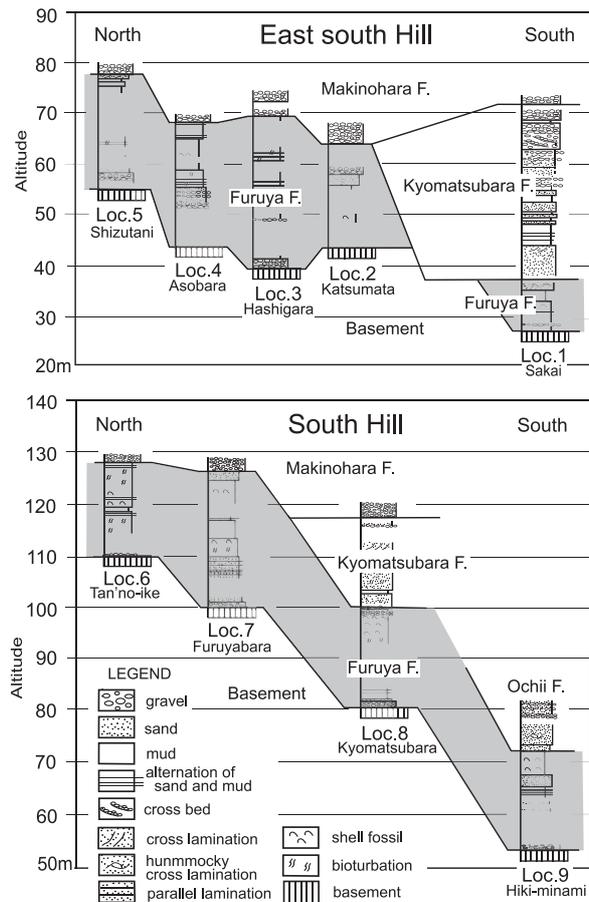


Fig. 3 Geological columnar sections of the Furuya Formation in the east south and the south hills. Localities of the columns are shown in Fig. 2. F.: Formation.

以下に、有孔虫化石用試料を採取した各セクションの層相と産出した有孔虫化石の特徴について記載する。

#### Loc. 1 坂井セクション

[層相] : 本セクションは東南稜南部の坂井付近に位置し、更新統が沢筋の海拔27m～75mに連続して露出する。本セクションでの層相と試料採取層準、および産出した有孔虫化石の特徴を Fig. 4 に示す。層相は、下位より順に、海拔28.3m付近まで青灰色のシルト層を挟有し円礫～亜角礫からなる泥質の細～中礫層、その上位に薄い砂質シルト層が重なり、33mまでは所々細粒砂層を挟み貝化石 (*Cerithideopsis djadjariensis* K. Martin と *Batillaria zonalis* Bruguière) や生痕化石を含む青灰色のシルト層、35mまでは細粒砂を挟有し最上部に貝化石 (*Batillaria zonalis* Bruguière) を含む青灰色の粘土層、その上位には材化石や貝化石片を含む青灰色の細粒砂層が重なる。本セクションでは、海拔38m付近に上位の京松原層との境界がある。

[試料採取層準] : 海拔27m付近の礫層に挟有するシルト層から2点 (1-01～1-02)、28.3～33mのシルト層から30cm間隔 (一部20cmまたは40cm間隔) で16点 (1-03～1-18)、33～35mの粘土層から30cm間隔で7点 (1-19～1-25)、35～37mの細粒砂層から30cm間隔で6点 (1-26～1-31) の、総計31試料を採取し、処理した。

[産出有孔虫化石] : 下部の1-01～1-18からは有孔虫化石は産出せず、上部の青灰色粘土層と青灰色の細粒砂層の層準である1-19～1-31から有孔虫化石が産出した。そのほとんどの試料で *Ammonia beccarii* (Linnaeus) と *Elphidium excavatum clavatum* Cushman が産出量の半分以上を占め、1-19～25では *A. beccarii* の割合が多いと *E. excavatum clavatum* の割合が少ないという産出傾向が見られる。1-26から上位では、この両種以外に *Elphidium advena* (Cushman), *Elphidium subincertum* Asano, *Murrayinella minuta* (Takayanagi), *Cibicides lobatulus* (Walker and Jacob), *Stilostomella lepidula* (Schwager), *Uvigerina nitidula* Schwager が少量であるが産出した。浮遊性有孔虫化石は、最下部から1-25まではほとんど産出しなかったが、1-26で41%の産出があり、その上位で徐々に減少したが、1-31で

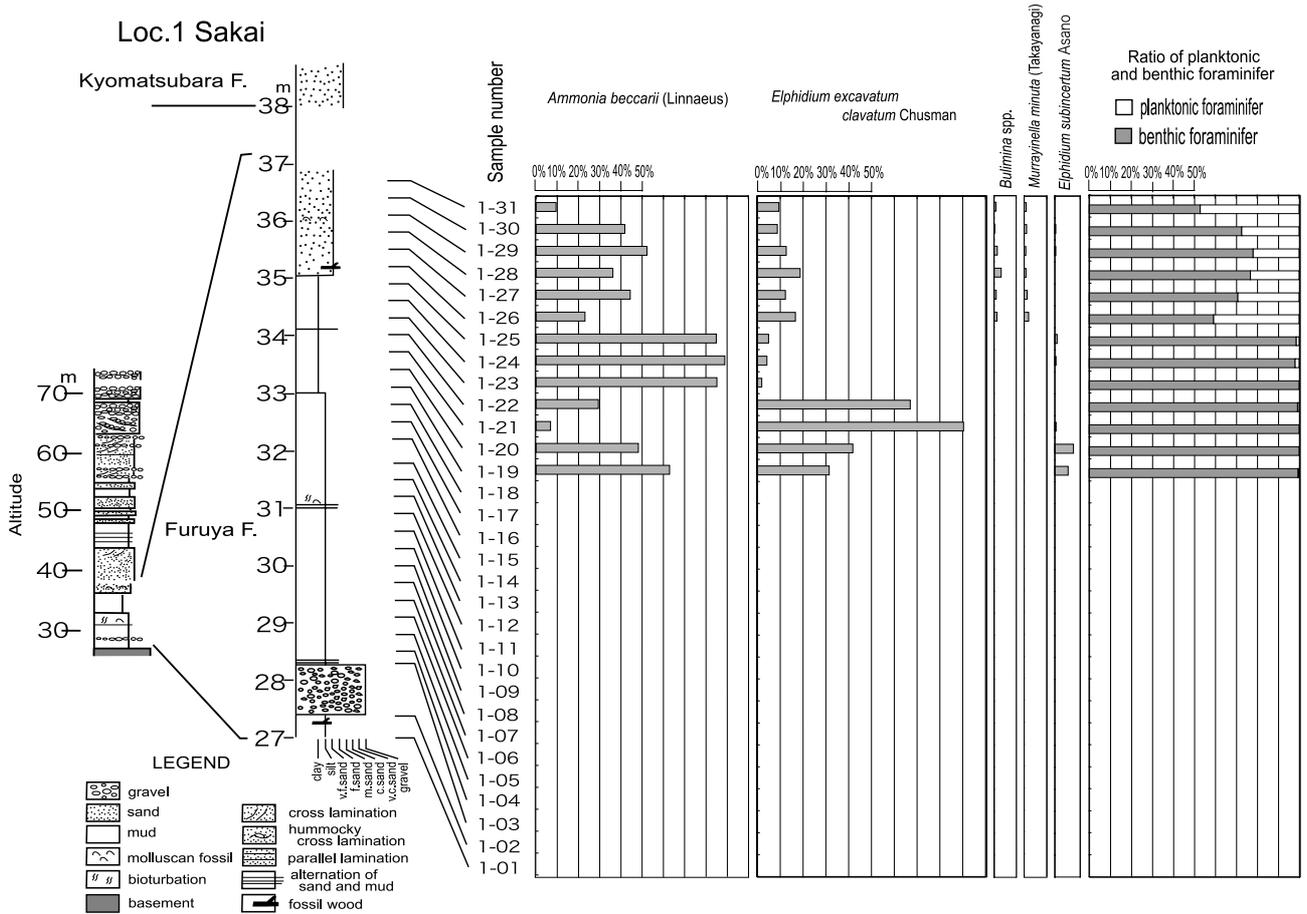


Fig. 4 Geological columnar sections at Loc. 1, showing sampling horizons and stratigraphic distributions of characteristic foraminifers. Locality of the columns is shown in Fig. 2. F.: Formation, v.f.: very fine, f.: fine, m.:medium, c.: coarse, v.c.: very coarse.

47%と最大に達した。

### Loc.2 勝俣セクション

[層相]：本セクションは東南稜北部の勝俣付近に位置し，更新統が沢筋の海拔48～68mに断続的に露出する。本セクションでの層相と試料採取層準をFig. 5に示す。層相は，下位より順に，海拔49m付近までは貝化石 (*Crassostrea gigas* Thunberg) や材化石を含む青灰色の粘土～シルト層，その上位から54mまでは露出がなく，その上位55mまでは青灰色の塊状粘土層，その上位から57mまでは青灰色の極細粒砂層，その上位には垂円礫からなる中～大礫層が重なる。本セクションでは，57mより上位の礫層が牧ノ原層にあたる。

[試料採取層準]：海拔48.5m付近の粘土～シルト層で1点(2-01)，54～55mの粘土層で50cmおきに2点(2-02～2-03)，55～57mの極細粒砂層で1点(2-04)の，総計4試料を採取し，処理した。

[産出有孔虫化石]：4試料すべてから有孔虫化石

は産出しなかった。

### Loc.3 橋柄セクション

[層相]：本セクションは東南稜北部の橋柄<sup>はしがら</sup>付近に位置し，更新統が海拔38～75mに断続的に露出する。本セクションでの層相と試料採取層準をFig. 5に示す。層相は，下位より順に海拔40mまでは基質が泥の垂角礫からなる細～中礫層，その上位41mまでは細礫や材化石を含む青灰色のシルト層，48～48.5mは基質が泥の中～大礫層，48.5～49mは細礫を含むシルト層，56～56.8mは細粒砂層を挟有するシルト層，56.8～58mは材化石を含む青灰色のシルト層，60～62mは細粒砂層を挟有し生痕化石や材化石を含むシルト層，62～63mは粘土層，68～69mは青灰色の塊状シルト層，その上位は基質が細粒砂からなる中～大礫層が重なる。69mより上位の礫層が牧ノ原層にあたる。

[試料採取層準]：海拔49m付近のシルト層で1点(3-01)，56～58mのシルト層で50cm間隔に4点

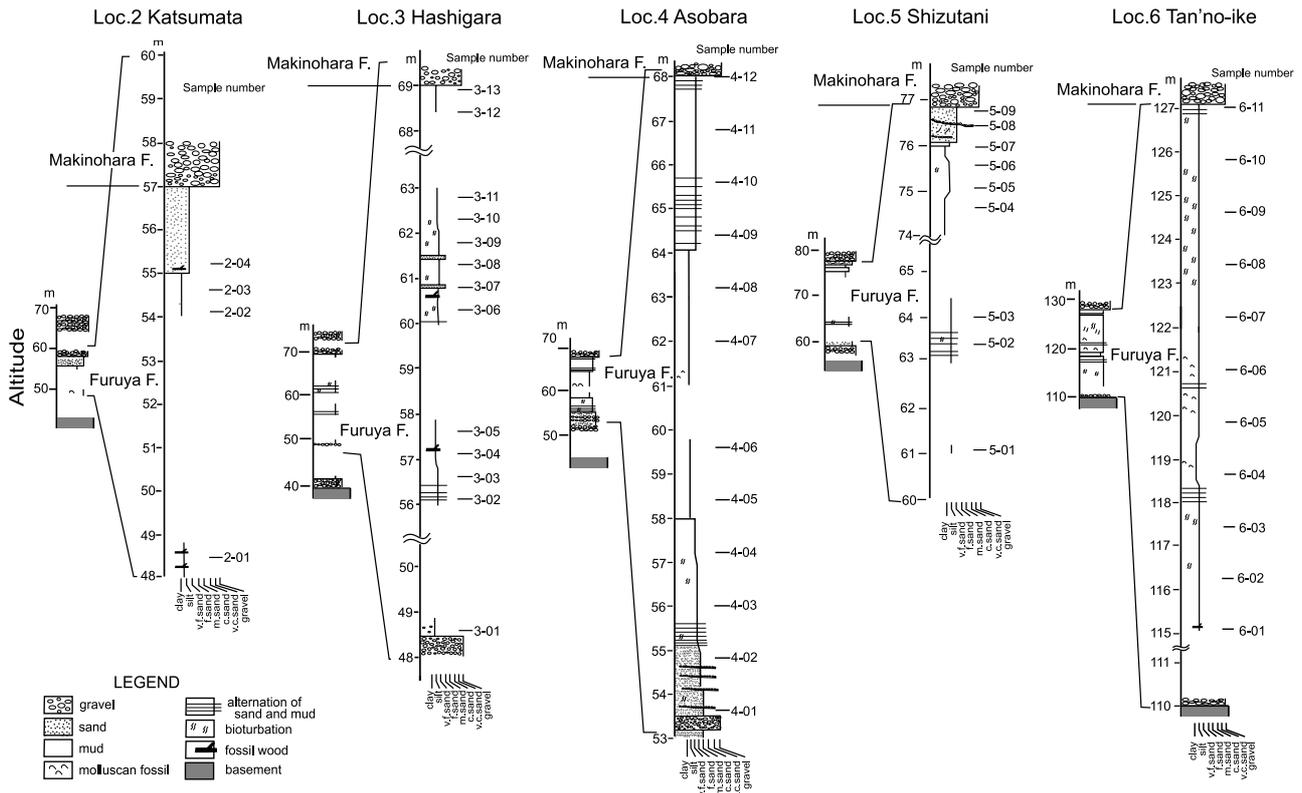


Fig. 5 Geological columnar sections at Locations 2-6, showing sampling horizons. Localities of the columns are shown in Fig. 2. F.: Formation, v.f.: very fine, f.: fine, m.:medium, c.: coarse, v.c.: very coarse.

(3-02 ~ 3-05), 60 ~ 63m のシルト層で 50cm 間隔に 6 点 (3-06 ~ 3-11), 68 ~ 69m のシルト層で 2 点 (3-12 ~ 3-13) の, 総計 13 試料を採取し, 処理した。

[産出有孔虫化石] : 13 試料すべてから有孔虫化石は産出しなかった。

#### Loc. 4 朝生原セクション

[層相] : 本セクションは東南稜北部の朝生原あそうばら付近に位置し, 更新統が一部露出を欠くものの海拔 52 ~ 70m に露出する。本セクションでの層相と試料採取層準を Fig. 5 に示す。層相は, 下位より順に海拔 53.5m までは基質が細粒~中粒砂でマッドクラストを含む中礫層, その上位 55 m までは細礫を含む中粒~細粒砂層, その上位 58m までは細粒砂層を挟有し生痕化石を含む極細粒砂層~シルト層, その上位 60 m までと 61 ~ 64 m は貝化石片を少量含む青灰色の塊状粘土層, その上位 68m まで細粒砂層を挟有するシルト層, さらに上位は塊状の中~巨礫層からなる。海拔 68m より上位の礫層が牧ノ原層にあたる。

[試料採取層準] : ほぼ 90cm 間隔に 12 試料を採取

し, 処理をした。

[産出有孔虫化石] : 12 試料すべてから有孔虫化石は産出しなかった。

#### Loc. 5 静谷セクション

[層相] : 本セクションは東南稜北部の静谷しずたに付近に位置し, 更新統が海拔 55 ~ 80m に断続的に露出する。本セクションでの層相と試料採取層準を Fig. 5 に示す。海拔 56 ~ 58m に基質が細粒砂~中粒砂で垂角礫からなる中~大礫層, その上位 59 m までは細粒砂層, 61m 付近に青灰色の塊状シルト層, さらに 63 ~ 64.5m に下部に極細粒~細粒砂層を挟有するシルト層, 74 ~ 76m には塊状粘土層と生痕化石を含むシルト層, その上位 77m までは細礫を含み斜交葉理の見られる細粒砂層, その上位は基質が細粒~中粒砂からなる塊状の中~巨礫層が見られた。海拔 77m より上位の礫層が牧ノ原層にあたる。

[試料採取層準] : 海拔 61m 付近のシルト層から 1 点 (5-01), 63 ~ 64.5m のシルト層から 2 点 (5-02 ~ 5-03), 74 ~ 76m の粘土層とシルト層から 5 点 (5-04 ~ 5-08), 76 ~ 77m の砂層から 1 点 (5-09) の総計 9 試料を採取し, 処理した。

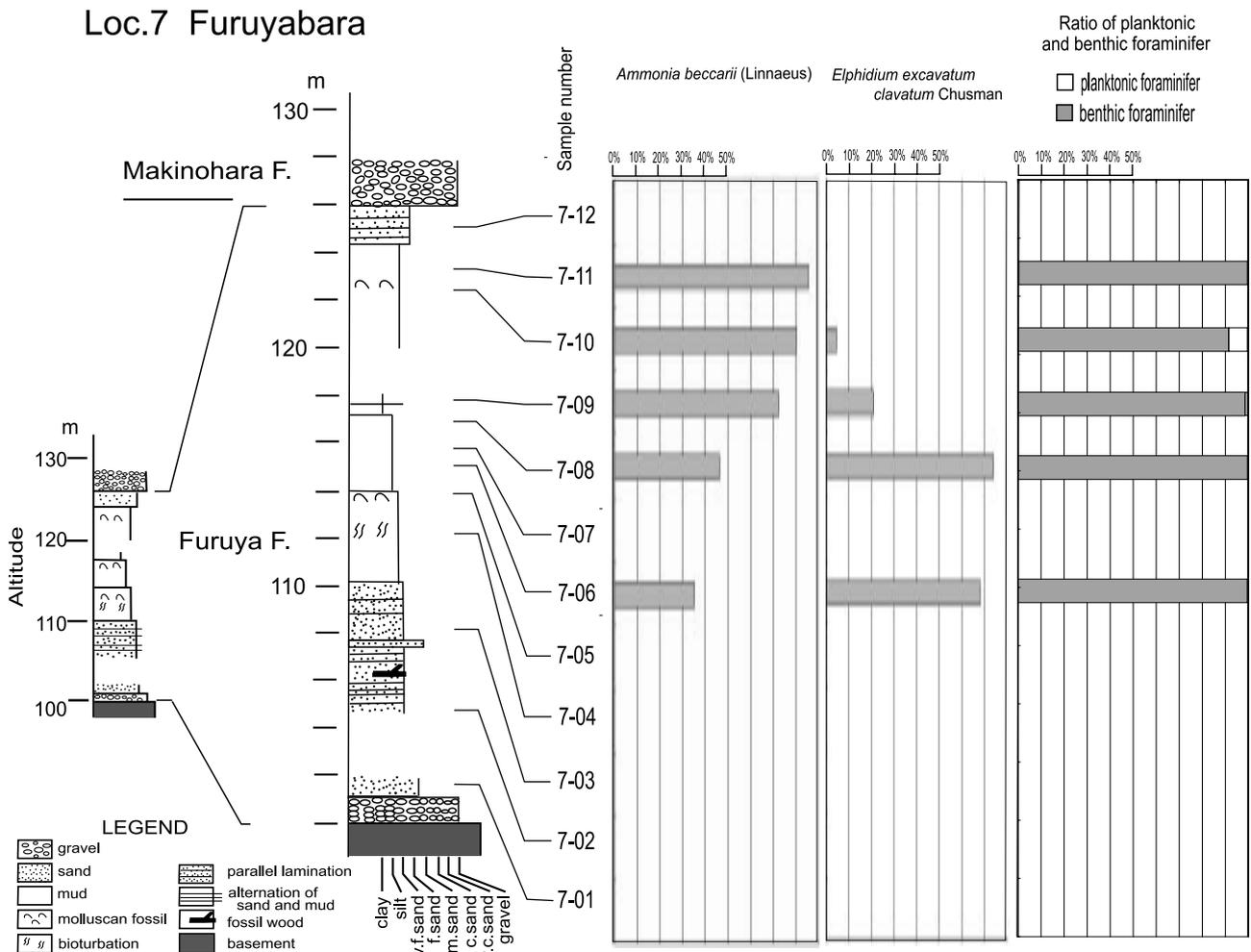


Fig. 6 Geological columnar sections at Loc. 7, showing sampling horizons and stratigraphic distributions of characteristic foraminifers. Locality of the columns is shown in Fig. 2. F.: Formation, v.f.: very fine, f.: fine, m.:medium, c.: coarse, v.c.: very coarse.

[産出有孔虫化石] : 9 試料すべてから有孔虫化石は産出しなかった。

#### Loc. 6 丹野池セクション

[層相] : 本セクションは南稜北部の丹野池<sup>たんの</sup>付近に位置し、更新統が一部露出を欠くものの海拔 110 ~ 130m に露出する。本セクションの層相と試料採取層準を Fig. 5 に示す。基底に垂角礫からなる中～大礫層があり、海拔 115 ~ 118.5m には材化石や貝化石 (*Crassostrea gigas*), 生痕化石を含み細粒砂を挟有するシルト～砂質シルト層, その上位 119.5m までは貝化石 (*Tegillarca granosa* Linnaeus) を含む塊状粘土層, その上位 125m までは *Cerithideopsilla djadjariensis* や, *Batillaria zonalis* 等のウミナ類と思われる印象化石や生痕化石を含み所々細粒砂を挟有するシルト層, その上位 127m までは生痕化石を含み細粒砂を挟有するシ

ルト～砂質シルト層, その上位は塊状の中～巨礫層からなる。海拔 127m より上位の礫層が牧ノ原層にあたる。

[試料採取層準] : 海拔 115m から上方で 90cm 間隔に総計 11 試料を採取し, 処理した。

[産出有孔虫化石] : 11 試料すべてから有孔虫化石は産出しなかった。

#### Loc. 7 古谷原セクション

[層相] : 本セクションは南稜北部の古谷原付近に位置し, 露頭欠如をともなうものの更新統が海拔 100 ~ 128m に露出する。本セクションの層相と試料採取層準, および産出した有孔虫化石の特徴を Fig. 6 に示す。海拔 100m で基盤の直上に材化石を含む円礫層が重なり, その上位に平行葉理の発達する細粒砂層が海拔 102m までつづく。露頭欠如を挟んで, 105 ~ 110m に材化石や黒雲母のめだつ細粒

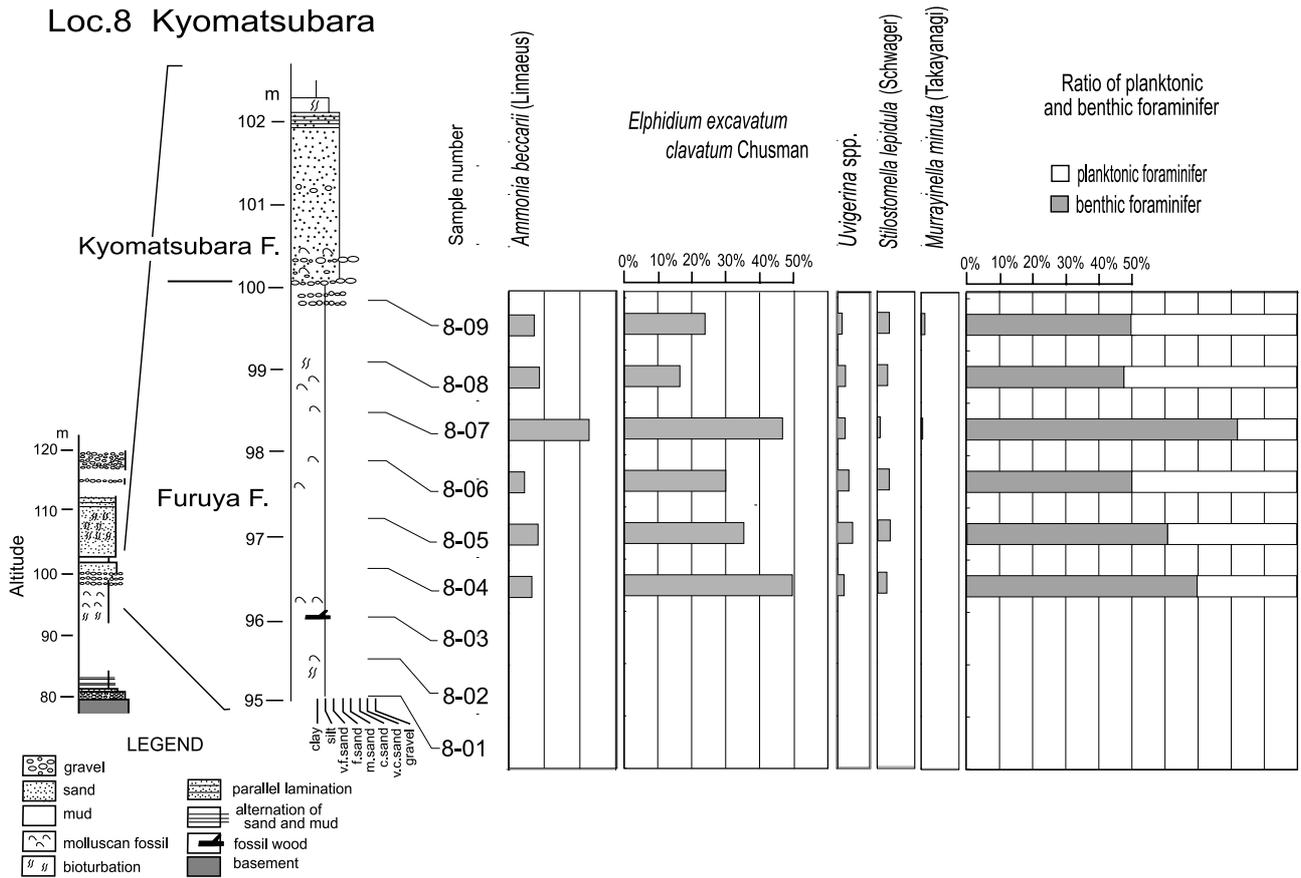


Fig. 7 Geological columnar sections at Loc. 8, showing sampling horizons and stratigraphic distributions of characteristic foraminifers. Locality of the columns is shown in Fig. 2. F.: Formation, v.f.: very fine, f.: fine, m.: medium, c.: coarse, v.c.: very coarse.

砂層を挟有する極細粒砂層，その上位は114mまで青灰色の砂質シルト層で，本層の最上部からは *T. granosa* と *C. gigas* が産する。114～117mは青灰色の塊状シルト層で，116mに細粒砂層を挟有する。117～118mに粘土層，その上位が122mまで露頭が欠如し，122～124mまでは *B. zonalis* を主とする貝化石を含む砂質シルト層，その上位は126mまで平行葉理の発達する極細粒砂層が見られた。126mより上位は礫層からなり，これは牧ノ原層に相当する。

[試料採取層準]：ランダムな間隔で12試料(7-01～7-12)を採取した。すなわち，海拔109mより下位の砂層から3点(7-01～7-03)，110～114mの砂質シルト層から2点(7-04～7-05)，その上位の塊状シルト～粘土層から4点(7-06～7-09)，122～124mの砂質シルト層から2点(7-10～7-11)，最上部のシルト質砂層から1点(7-12)である。

[産出有孔虫化石]：7-01～7-05と最上部の7-12

からは有孔虫化石が産出せず，その間で有孔虫化石が産出した。ただし，7-07はきわめて産出数が少なかった。これらの試料では *E. excavatum clavatum* および *A. beccarii* の合計が全産出量の80%以上を占めた。有孔虫化石が産出した区間の下部で *E. excavatum clavatum* が多く，上部ほど *A. beccarii* が卓越した。両種以外に *Elphidium subincertum*，*E. advena*，*Valvulineria hamanakoensis* (Ishiwada)がわずかであるが産出した。浮遊性有孔虫化石は7-08～7-11から産出したものの，7-10で10%であった以外は1%程度の産出であった。

#### Loc. 8 京松原セクション

[層相]：本セクションは南稜中部の京松原に位置し，更新統が海拔80m～102.5mに分布し，92mから上位では連続して露出する。本セクションでの層相と試料採取層準，および産出した有孔虫化石の特徴をFig. 7に示す。基盤直上に垂角礫からなる中礫層があり，海拔84mまで砂層を挟有するシル

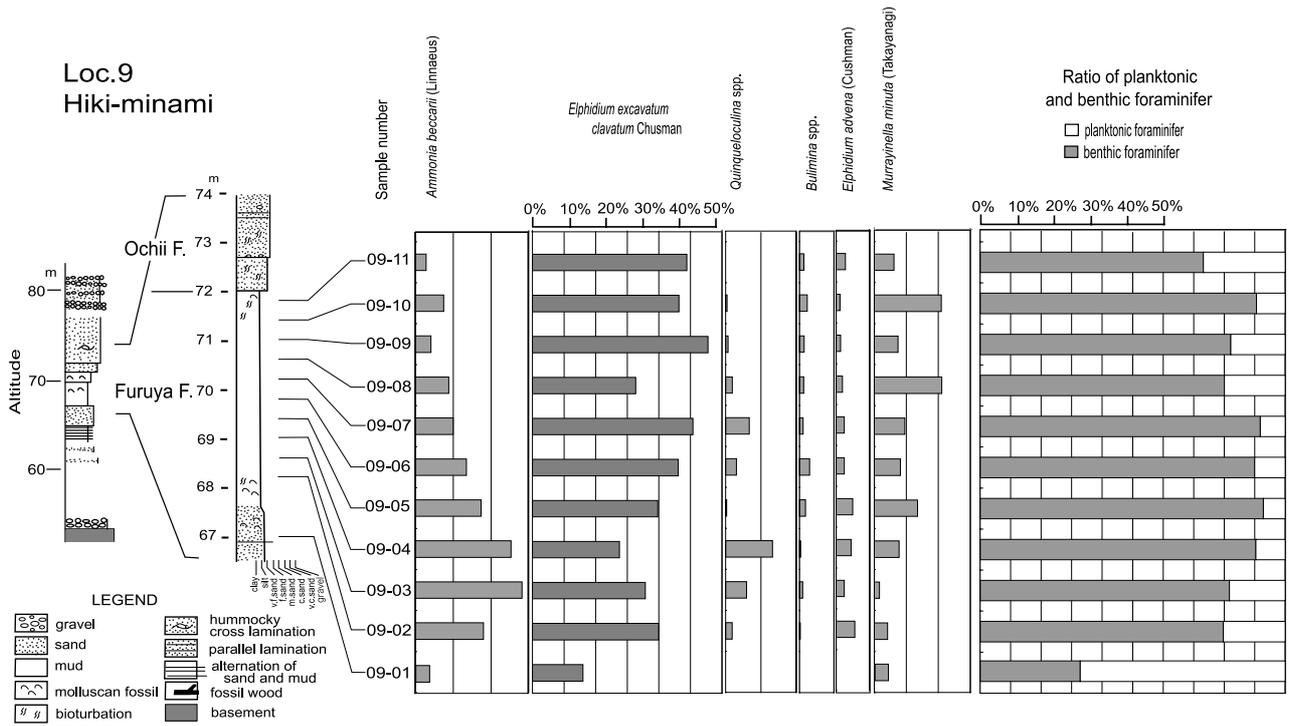


Fig. 8 Geological columnar sections at Loc. 9, showing sampling horizons and stratigraphic distributions of characteristic foraminifers. Locality of the columns is shown in Fig. 2. F.: Formation, v.f.: very fine, f.: fine, m.: medium, c.: coarse, v.c.: very coarse.

ト層があり、92～96.5mまでは材化石を多く含む青灰色のシルト層で最上部に *C. gigas* が産する。その上位から99mは *T. granosa* や *Cyclina sinensis* (Gmelin)を含む青灰色のシルト層、その上位100mまでは細～中礫と *Saccella* (*Saccella*) *confusa* (Hanley)や *Scapharca satowi* Dunker など多く種類の貝化石を含む青灰色のシルト層があり、その上位に細～中礫とマッドクラストを含む細粒砂層が重なる。このセクションでは海拔100mより上位が京松原層にあたる。

[試料採取層準]：海拔95mより上方で60cm間隔に9試料(8-01～8-09)を採取し、処理した。

[産出有孔虫化石]：下部の8-01～8-03からは有孔虫化石は産出せず、上部の8-04～8-09で有孔虫化石が産出した。本セクションでは *E. excavatum clavatum* と *A. beccarii* が多産し、ほとんどの試料で産出量の半分以上を占めた。両種以外に *Elphidium advena*, *Murrayinella minuta*, *Stilostomella lepidula*, *Uvigerina nitidula* がわずかに産出した。浮遊性有孔虫化石の産出割合は比較的高く、8-06と8-08と8-09では50%近く含まれる。最も産出割合の低い8-07でも18%と他のセクションに比べ大きな値を示した。

#### Loc. 9 比木南セクション

[層相]：本セクションは南稜南部の比木の南側に位置し、更新統が海拔53m～82mに分布し、そのうち66m～77mまでは連続して露出する。本セクションでの層相と試料採取層準、および産出した有孔虫化石の特徴をFig. 8に示す。基盤直上に垂角礫からなる中礫層があり、海拔約62mまで露頭が欠如し、その上位に細粒砂層と砂層を挟有するシルト層があり、65～67.5mには *Raetella pulchella* Adams & Reeve や *Eufenella rufocincta* A. Adams などの貝化石を含み細粒砂層を挟有するシルト質砂層、その上位から72mまでは *Barnea* (*Umitakea*) *dilatata* Souleyet, *B. zonalis*, *R. pulchella*, *Gafrarium divaricatum* Gmelin, *Saxidomus purpurata* Sowerby II などの多くの貝化石を含み、直径数cmサンドパイプ型の生痕化石も見られる青灰色シルト層からなる。その上位は灰白色の細粒砂層からなる。このセクションでは72mより上位が落居層にあたる。

[試料採取層準]：海拔67mの極細粒砂層で1点(9-01)と68.2m～71.8mまでは40cm間隔に10点(9-02～9-11)の総計11点で試料を採取し、処理した。

[産出有孔虫化石] : 全層準から有孔虫化石が産出した。9-01では浮遊性種が68%と優勢で、他では9-11で27%である以外20%以下であった。底生種では、*E. excavatum clavatum*が優勢で、全体の28~56%と卓越する。それ以外に、*A. beccarii*, *Quinquelocullina* spp., *Elphidium advena*, *Murrayinella minuta*, *Bolivina striatula* Cushman, *Bulimina marginata* d'Orbignyがほとんどの試料から産出し、中でも*A. beccarii*は9-03と9-04で約25%を占め、*M. minuta*は9-08と9-10で約20%を占めた。

### 有孔虫化石から推定される 堆積環境とその変遷

上述のように、試料採取地点のうち有孔虫化石が産出したのはLoc. 1, Loc. 7~9であり、その産出結果をAppendix tables 1 and 2に示す。産出した有孔虫化石は11,424個体であり、そのうち底生種は9,227個体で全体の81%、浮遊性種は2,197個体であった。同定できた有孔虫化石では、*Ammonia beccarii*, *Elphidium excavatum clavatum*が多産し、これら2種が産出のほとんどを占めた。その他には、*Murrayinella minuta*と*Elphidium advena*がある程度の頻度で産出した。Fig. 9に産出した代表的な有孔虫化石の走査型電子顕微鏡(SEM)写真を示す。

小杉ほか(1991)によれば、*A. beccarii* forma 1は湾奥泥底のタクサで、*A. beccarii* forma 2とforma 3は内湾広域種群とされている。また、Matoba(1970)では、*A. beccarii* forma 1とforma 2はおもにinner bay~middle bayに生息するとされている。本稿では*A. beccarii*を細分していないので、この種の出現をもって湾奥の環境と推定できない。しかし、共産する*E. excavatum clavatum*が、Matoba(1970)によればおもにmiddle bay~outer bayに生息するとされ、この両種の産出量には逆相関が認められる。すなわち、*A. beccarii*が増加すれば*E. excavatum clavatum*が減少し、*A. beccarii*が減少すれば*E. excavatum clavatum*が増加する傾向がみられる。*A. beccarii*は溶存酸素の低下に対する抵抗力をもっている(Moodly and Hess, 1992)ことから、これはおもに生息海底付近の海水の溶存酸素量に原因するものと

推定される。この両種の産出量における逆相関をもとに*A. beccarii*に比べ*E. excavatum clavatum*が多産すれば湾中央底の環境、*A. beccarii*が卓越して*E. excavatum clavatum*が少なければより湾奥の環境を示唆すると推定した。また、outer bay~湾口沖合に生息する種が増加した場合は湾中央底から湾口域の環境、外洋の表層中に生息し内湾には生息しない浮遊性種(千地, 1975)が多産した場合は、湾中央底から湾口域の環境かまたは外洋水の大量流入を示唆するものと推定した。

高清水ほか(1996)は、古谷層に相当する地層を、下位から上位へ、溺れ谷システムの礫質網状河川相、溺れ谷埋積相、エスチュアリーシステムの内湾底相、湾奥デルタ相の4つの堆積相に分類した。礫質網状河川相は、淘汰の悪い垂円礫~垂角礫の細~大礫からなる礫層で、低海水準期に基盤の谷を削り込んだ礫質網状河川の堆積物と推定されている。溺れ谷埋積相は、最下部が礫質河川相の上位に重なる淘汰の悪い中~細礫からなる礫層と砂層で、主部が青灰色の細粒砂層と泥層からなり、海進期に潮汐の影響のある河口域から波浪の影響の少ない溺れ谷を埋積した泥質堆積物で、貝化石や生物擾乱が見られないことから還元的な環境で形成されたと推定されている。内湾底相は、生物擾乱の著しい青灰色の細粒砂層と泥層からなり、海進期の内湾堆積物と推定されている。湾奥デルタ相は、淘汰の悪い砂礫層・砂層・泥層の互層からなり、逆グレーディング構造を示し、高海水準期の河川の氾濫原堆積物や潮汐の影響の大きな湾奥デルタの堆積物と推定されている。

高清水ほか(1996)は、貝化石を含む古谷層の泥層は内湾底相に含め、その堆積環境を細分していないが、恩田ほか(2008)はその内湾底相から産する貝化石群集に3つの群集型を認めた。すなわち、*Cerithiopsisilla djadjariensis*, *Cerithiopsisilla cingulata* (Gmelin), *Batillaria zonalis*, *Tegillarca granosa*, *Crassostrea gigas*で優占される内湾干潟群集、*Paphia (Neotapes) undulata* Born, *Raetella pulchella*, *Dosinella corrugata* Reeve, *Theora fragilis* A. Adams, *Ringicula (Ringicula) doliaris* Gouldなどが多産する内湾の潮下帯以深泥底群集、*Microcirce dilecta* Gould, *Nucula paulula* A. Adamsなど外洋性~弱内湾性種が産出し、*Pyrrunculus phialus* A. Adamsなどの生息水深が30 mを越える要素を多く随伴する湾口域群集であ

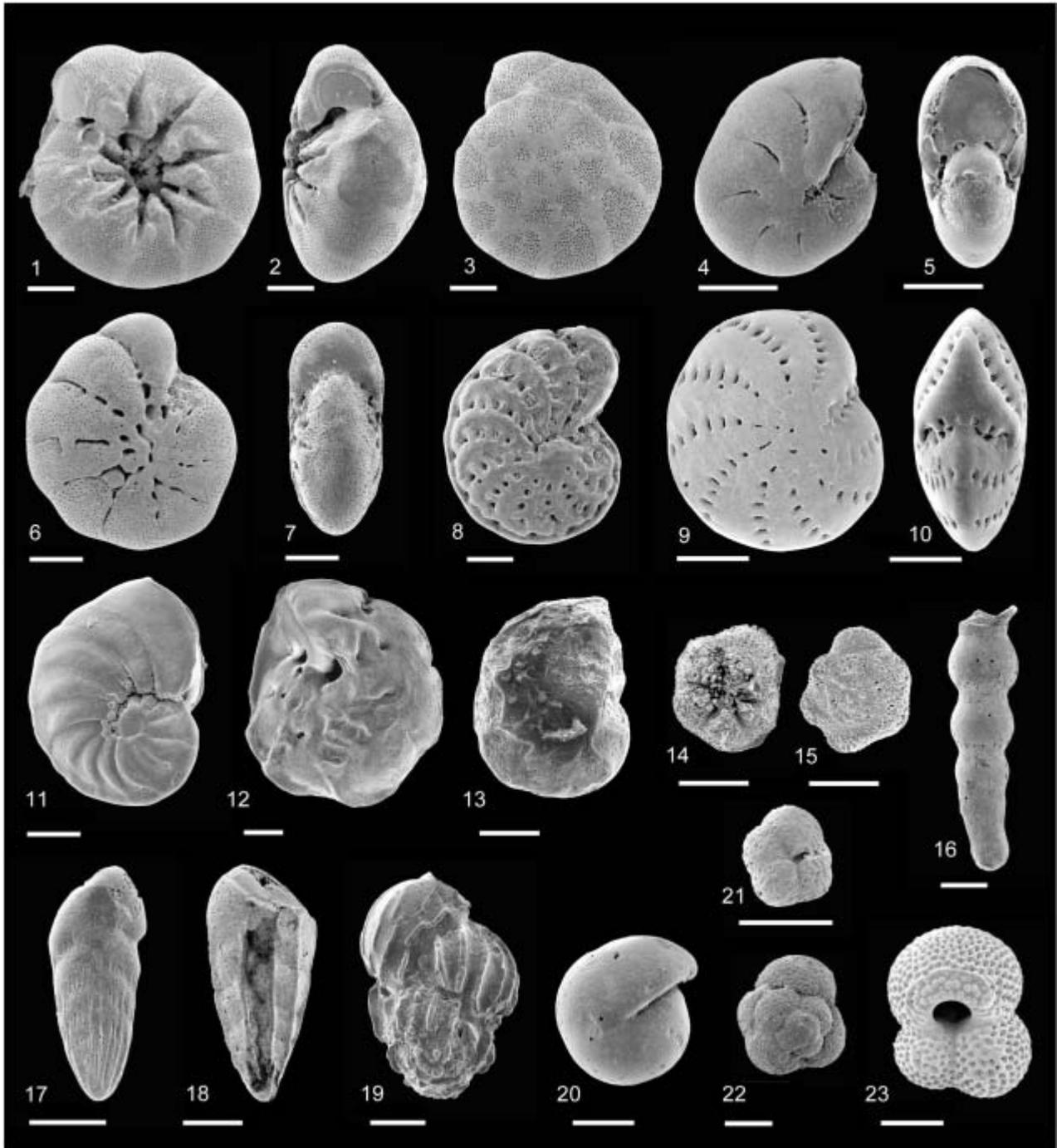


Fig. 9 SEM microphotographs of the major foraminiferal species from the Furuya Formation. Scale is 100  $\mu\text{m}$ . (1)-(3) *Ammonia beccarii* (Linnaeus) from Sample 1-19; (4)-(5) *Elphidium subincertum* Asano from Sample 9-02; (6)-(7) *Elphidium excavatum clavatum* Cushman from Sample 1-19; (8) *Elphidium jenseni* (Cushman) from Sample 1-30; (9)-(10) *Elphidium advena* (Cushman) from Sample 9-07; (11) *Pseudononion japonicum* Asano from Sample 9-02; (12) *Pseudorotalia gaimardii* (d'Orbigny) from Sample 9-07; (13) *Hanzawaia nipponica* Asano from Sample 30-28; (14)-(15) *Murrayinella minuta* (Takayanagi) from Sample 9-08;; (16) *Stilostomella lepidula* (Schwager) from Sample 1-31; (17) *Bolivina striatula* Cushman from Sample 9-03; (18) *Bolivina robusta* Brady from Sample 8-04; (19) *Uvigerina nitidula* Schwager from Sample 1-30; (20) *Pullenia bulloides* (d'Orbigny) from Sample 1-31; (21) *Globigerina quinqueloba* Nataland from Sample 9-08; (22) *Globigerinita glutinata* (Egger) from Sample 1-31; (23) *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) from Sample 9-08.

る。恩田ほか (2008) は、牧ノ原台地南稜におけるそれらの群集型の水平的・垂直的分布から古谷層の堆積環境の変遷を議論した。

これらの堆積相と貝化石群集型から推定される堆積環境を参考にして、本稿で記載した各セクションの層相と有孔虫化石の産出結果をもとに、それぞれ

の地点での古環境とその変遷を推定する。

### Loc. 1 坂井セクション

本セクションでは、海拔 33 m までの下半部 (1-01 ~ 1-18) からは有孔虫化石は産出しなかった (Fig. 4)。海拔 31 m までの礫層や砂層を挟有する青灰色シルト層は、貝化石と生痕化石が見られないことから溺れ谷埋積相と考えられ、その上位から 33 m までの青灰色シルト層は *C. djadjariensis* と *B. zonalis* を含む生痕化石による擾乱が認められ有孔虫化石が産出しないことから内湾干潟の堆積物と推定される。

海拔 33 ~ 35 m (1-19 ~ 1-25) は粘土層からなる。1-19 では *A. beccarii* が優勢であったが、1-21 に向かって減少し、*E. excavatum clavatum* はそれと反対の産出傾向を示し、1-21 では 90% を占めた。このことから、この区間が堆積した時期の本地点は湾奥から湾中央底の環境に変化したと考えられる。一方、この区間からは浮遊性有孔虫化石はほとんど産出せず、外洋水の影響はほとんどなかったと判断される。

1-23 ~ 1-25 では *A. beccarii* が底生有孔虫群集の 80% を占め、*E. excavatum clavatum* は 5% 以下の産出しかしなかった。また、浮遊性有孔虫はほとんど産出しなかった。したがって、この区間は外洋水の影響をほとんど受けない湾奥の環境で堆積したと考えられる。

海拔 35 ~ 37 m の青灰色細粒砂層の層準 (1-26 ~ 1-31) では、*A. beccarii* と *E. excavatum clavatum* が共産し、浮遊性種が 20% 以上産出した。また、この区間では少量ではあるが *M. minuta* や *Bulimina* 属が増加した。*M. minuta* は Matoba (1970) によれば湾口域に生息し、*Bulimina* 属は小杉ほか (1991) により内湾沖部泥底種群とされている。*A. beccarii* は比較的多産するものの、浮遊性種が多産すること、*M. minuta* や *Bulimina* 属が含まれることから、1-26 ~ 1-31 は外洋水の影響を受ける湾中央底~湾口域の環境で堆積したと推定される。1-25 から 1-26 への堆積環境の変化は、層相が粘土層から細粒砂層に変化すると同時に、浅海化した湾奥の環境から湾中央底~湾口域の環境に変化したと考えられ、1-25 と 1-26 の間に海進が起きたと考えられる。

以上から、本地点での古谷層の堆積環境の変遷に

ついて述べる。海拔 33 m までの下半部堆積時には海進にともない溺れ谷から潮間帯の内湾干潟の環境になった。その上位の海拔 33 m ~ 35 m の粘土層堆積開始時には湾奥~湾中央底になり、その粘土層堆積末期には堆積物の埋積により浅海化して湾奥の環境に変化した。海拔 35 ~ 37 m の細粒砂層の堆積開始時に海進があり、外洋水が流入するより開放的な湾中央底~湾口域に変化したと考えられる。

### Loc. 2 勝俣セクション

海拔 49 m 付近までの粘土~シルト層は *C. gigas* および材化石を含み、有孔虫化石を産しないことから内湾干潟の環境を示す。54 ~ 55 m までの粘土層およびその上位の極細粒砂層も同様に有孔虫化石を産しないことから内湾干潟の環境を示唆すると考えられる。

### Loc. 3 橋柄セクション

海拔 40 m までの細~中礫層は亜角礫からなることから礫質網状河川の堆積物で、その上位の 48 ~ 49 m の礫層とシルト層は貝化石と生痕化石が見られないことから溺れ谷の埋積堆積物、56 m から上位のシルト層は生痕化石や材化石を含み有孔虫化石が産出しないことから内湾干潟の環境を示唆すると考えられる。

### Loc. 4 朝生原セクション

海拔 55 m までの中礫層と中粒~細粒砂層は貝化石と生痕化石が見られないことから溺れ谷の埋積堆積物で、その上位の極細粒砂層~シルト層と塊状粘土層、その上位のシルト層は生痕化石や貝化石片を産し、有孔虫化石が産しないことから内湾干潟の堆積物と考えられる。塊状粘土層からその上位のシルト層への変化は、堆積物の埋積による上方粗粒化と考えられる。

### Loc. 5 静谷セクション

海拔 56 ~ 58 m の中~大礫層は亜角礫からなることから網状河川堆積物と考えられ、その上位 59 m までの細粒砂層は貝化石と生痕化石が見られないことから溺れ谷埋積堆積物、61 ~ 76 m までの塊状シルト層および粘土層は生痕化石が見られ有孔虫化石が産しないことから内湾干潟の堆積物と考えられる。その上位 77 m までの細粒砂層は、細礫を含み

斜交葉理が見られることから湾奥デルタの堆積物と考えられる。

#### Loc. 6 丹野池セクション

海拔 115 ~ 127 m までのシルト層~粘土層は, *C. gigas* や *T. granosa* の貝化石や生痕化石による擾乱が認められることと有孔虫化石が産出しないことから, 内湾干潟の堆積物と考えられる。

恩田ほか (2008) の Loc.1 は本セクションと近接した地点であり, ここでは海拔 112 ~ 127m の全層準にわたって湾奥の干潟泥底の貝化石群集が卓越して発達する (恩田ほか, 2008)。すなわち, 本セクション付近は, 基底直上に網状河川の礫層があり, その上位にほとんど溺れ谷埋積堆積物を挟まずに内湾干潟の堆積物が厚く堆積していると考えられる。

#### Loc. 7 古谷原セクション

基盤の直上の円礫層とその上位の細粒砂層から海拔 110 m までの極細粒砂層は貝化石と生痕化石が見られないことから溺れ谷埋積堆積物と考えられる。その上位 114m まで分布する砂質シルト層は, 生痕化石および *T. granosa* と *C. gigas* を産し, 有孔虫化石が産しないことから内湾干潟の堆積物と推定される。

有孔虫化石は 114 ~ 124 m までの 7-06 ~ 7-11 で産出したが (Fig. 6), 7-07 では有孔虫化石の産出量が少なく, その殻も溶けていた。そのためここでは 7-07 を除いて議論する。7-06 ~ 7-09 では, *E. excavatum clavatum* が下部で多産し上部で減少した。*A. beccarii* はそれと逆の産出傾向を示した。このことから, 本地点は 7-05 堆積時まで内湾干潟の環境であったが, 7-06 堆積時には湾中央底の環境になり, その後徐々に湾奥の環境に移行していったと推定される。また, 7-10 には浮遊性種が 10% 認められたが, *A. beccarii* が優勢であることから, 湾奥の環境に外洋水の流入があったと推定される。最上部の 7-12 は極細粒砂層であり, 有孔虫化石が産出しないことから, 再び内湾干潟または湾奥潮間帯の環境に戻ったと考えられる。

本地点は, 恩田ほか (2008) の Loc.2 と近接している。この Loc.2 の貝化石群集は, 110 ~ 114 m では内湾干潟の要素が優占するが, 114 m 付近を境に上位は潮下帯以深の要素が産し, 水深増加の傾向を示している (恩田ほか, 2008)。有孔虫化石群集か

ら推定される内湾干潟から湾中央底への変化の層準は海拔 114 m にあたり, 恩田ほか (2008) の推定と一致する。

以上から, 本地点での古谷層の堆積環境の変遷について述べる。古谷層堆積初期の本地域は海進にともない溺れ谷が出現し, さらに内湾干潟を経て, 本地点は湾中央底になった。その後, 本地域は徐々に湾奥の環境に移行し, 古谷層の最上部堆積時には再び内湾干潟の環境となった。これは, 海進の停止と堆積物の供給による埋積作用で浅海化した結果と考えられる。

#### Loc. 8 京松原セクション

試料 8-01 ~ 8-03 は有孔虫化石を産出せず, *C. gigas* や材化石を含むシルト層であることから, 内湾干潟の環境で堆積したと推定される。その上位の 8-04 ~ 8-09 では有孔虫化石が産出し, 浮遊性種も 20 ~ 50% 産出した (Fig. 7)。底生種では *E. excavatum clavatum* が多産し, 8-04 ~ 8-07 まででは底生種の半数以上を占め, その上位でも約 40% と高い割合を示す。また, *Stilostomella lepidula* や *Uvigerina* 属が産出し, 全体的に底生種の種類が多かった。これらのことから, 8-04 (96.5m) より上位の層準は外洋水の影響を受けやすい, ある程度開放的な湾中央底で堆積したと推測される。

本地点は, 恩田ほか (2008) の Loc.4 にあたる。貝化石群集からは本セクションの 95 ~ 99.5 m のシルト層は内湾干潟泥底環境に堆積したとされ (恩田ほか, 2008), 有孔虫化石群集が産出を始める 96.5 m での環境変化は確認されていない。また, 本セクション最上部の 99.5 ~ 100 m の礫層から産する貝化石群集には, 湾口域に生息する *Nucula paulula* A. Adams や *Microcirce dilecta*, 水深 30 m 以深に生息する *Marginodostomia tenera* A. Adams が含まれ, この層準は湾口域に堆積した可能性がある (恩田ほか, 2008)。

以上から, 本地点での古谷層の堆積環境の変遷について述べる。古谷層の基底部堆積時の本地域には, 網状河川が流れていた。次に海進にともない溺れ谷が形成された。その後, 露頭が欠如するため下限は不明だが, 海拔 92 ~ 96.5m のシルト層堆積時の本地域は内湾干潟泥底であった。そして, 海進により本地点はある程度開放的な湾中央底となり, 最上部の層準が堆積する時期には水深 30 m 以深の湾口域

になっていたと考えられる。

### Loc. 9 比木南セクション

基盤直上に重なる亜角礫からなる中礫層は、網状河川の堆積物と考えられる。その上位は62 mまで露頭が欠如し、62～65 mには細粒砂層と砂層を挟有するシルト層が露出する。これは貝化石を含まないことから溺れ谷埋積堆積物の可能性があるが、堆積環境の詳細は不明である。

9-01は、海拔66.5～67.5mのシルト質砂層から採取されたが、この試料では浮遊性種が68%と優勢で、底生種では*E. excavatum clavatum*がその半数を占め、*A. beccarii*の産出がきわめて少なかった。このことから、このシルト質砂層は外洋水が大量に流入する湾中央底で堆積したと考えられる。その上位の68～72 mの9-02～9-11では浮遊性種の割合は8～27%で、底生種では*E. excavatum clavatum*が優先することから、外洋水がある程度流入する湾中央底の環境が考えられる。

9-02～9-04では、*E. excavatum clavatum*の産出割合が上位に向かって減少し、反対に*A. beccarii*は9-03で27%と9-04で25%産した。また、9-05から上位では*A. beccarii*の産出割合が減少し、*E. excavatum clavatum*が増加し、*M. minuta*が9-08と9-10で20%以上の産出を示した。このことから、9-02～9-04堆積時には湾中央底から徐々に湾奥の環境に近づいたが、9-05～9-07堆積時には再び湾中央底、さらに9-08より上位堆積時には湾中央底～湾口域の環境に推移したと思われる。

本地点は、恩田ほか(2008)のLoc.6にあたり、海拔65～67mの貝化石群集は、*Raetella pulchella*や*Eufenella rufocincta* A. Adamsなど内湾性種の多産で特徴づけられ、67～71mからは生息水深が30 m以深の*Marginodostomia tenera*や弱内湾性種である*M. dilecta*が多産する。71～72 mの最上部では内湾性種が少なく*M. tenera*はじめ*Nipponopholas satoi* Okamoto & Habe, *Dorisca nana* Meivili, *Pyrunculus phialus* A. Adamsなど水深10 m以深の種が多産することから、より外洋水の影響のある環境に変化したとされる(恩田ほか, 2008)。

以上から、本地点での古谷層の堆積環境の変遷について述べる。基底部堆積時の本地域には網状河川が流れていた。62 mまで露頭が欠如するため古環

境は不明であり、62～65 mの細粒砂層とシルト層が堆積した時期の本地域は、溺れ谷になった可能性が高い。65～72 mの層準が堆積した時期の本地域では、基本的には外洋水の影響のある湾中央底の環境が連続した。特に67 mの層準が堆積した時期には外洋水の流入が顕著であったが、その後やや衰退した。68～69 m堆積時にはやや湾奥に近い湾中央底へと環境が変化し、71 mより上位が堆積した時期には湾中央底～湾口域の環境に変化したと考えられる。なお、貝化石群集からは67.5 mより上位は水深30 m以深で堆積したと推定される。

### 古谷層の堆積環境とその変遷

本稿で推定した各セクションでの古環境の変遷から、古谷層の堆積環境の時空間変化は以下のように考えられる。Fig. 10に東南稜と南稜の各セクションにおいて推定された古谷層の堆積環境を示した。

東南稜において、南部の坂井(Loc. 1)では、海進にともない古谷層の堆積環境は溺れ谷から潮間帯の内湾干潟、湾奥～湾中央底、開放的な湾中央底～湾口域の環境へ変化した。中部では古谷層が分布せず、北部の4地点では古谷層の堆積環境は溺れ谷から内湾干潟に変化したものの、湾中央底の環境には至らなかった。また、最北部の静谷(Loc. 5)では最上部に湾奥デルタ堆積物が認められた。

南稜において、南部の比木南(Loc. 9)と中部の京松原(Loc. 8)では海進にともない網状河川が溺れ谷または内湾干潟となり、その後湾中央底となり、最上部堆積時には水深30 m以深の湾口域になった。北部の南端の古谷原(Loc. 7)では、内湾干潟から湾中央底になり、徐々に湾奥の潮間帯環境に移行した。さらに北側の丹野池(Loc. 6)では内湾干潟が継続し、湾中央底にはならなかった。

県立金谷高等学校科学部(1979)は、京松原セクションの北にあたる菅山原にあった高さ約20mの露頭で古谷層産の有孔虫化石を報告している。それによると、有孔虫化石は古谷層の基底から15～20mの最上部から産出し、約15～17mでは*A. beccarii*が優勢で浮遊性種も10%以下含まれ、それより上位では*Elphidium*属が優勢となり、浮遊性種も20～30%含まれる。この結果から、*A. beccarii*が優勢な約15～17mの層準は湾奥～湾中央底の環境で、その上位の層準は湾中央底～湾口域の環

境で堆積したと推定でき、上位に向けてより開放的な環境に変化したと考えられる。

Fig. 11 に牧ノ原台地の東南稜と南稜地域の更新統基底面図を示す。更新統基底の標高を計測した地点は試料採取地点と黒点で示した地点で、合計 208 地点になる。更新統基底面図はおもに古谷層の堆積基底面を示し、土 (1960) と池谷・堀江 (1982) で

すでに示されているように古谷層を堆積させた谷は東南稜と南稜にそれぞれひとつずつ存在する。そして、これらの谷は北部から南部へ連続して南部側が下流となり、その比高は約 100 m に及ぶ。これらの谷の形状は古谷層が堆積しはじめた時の浸食谷の形状をほぼ示すものと考えられる。その谷の南部には溺れ谷と干潟から湾中央底、さらに湾口域の環境へ

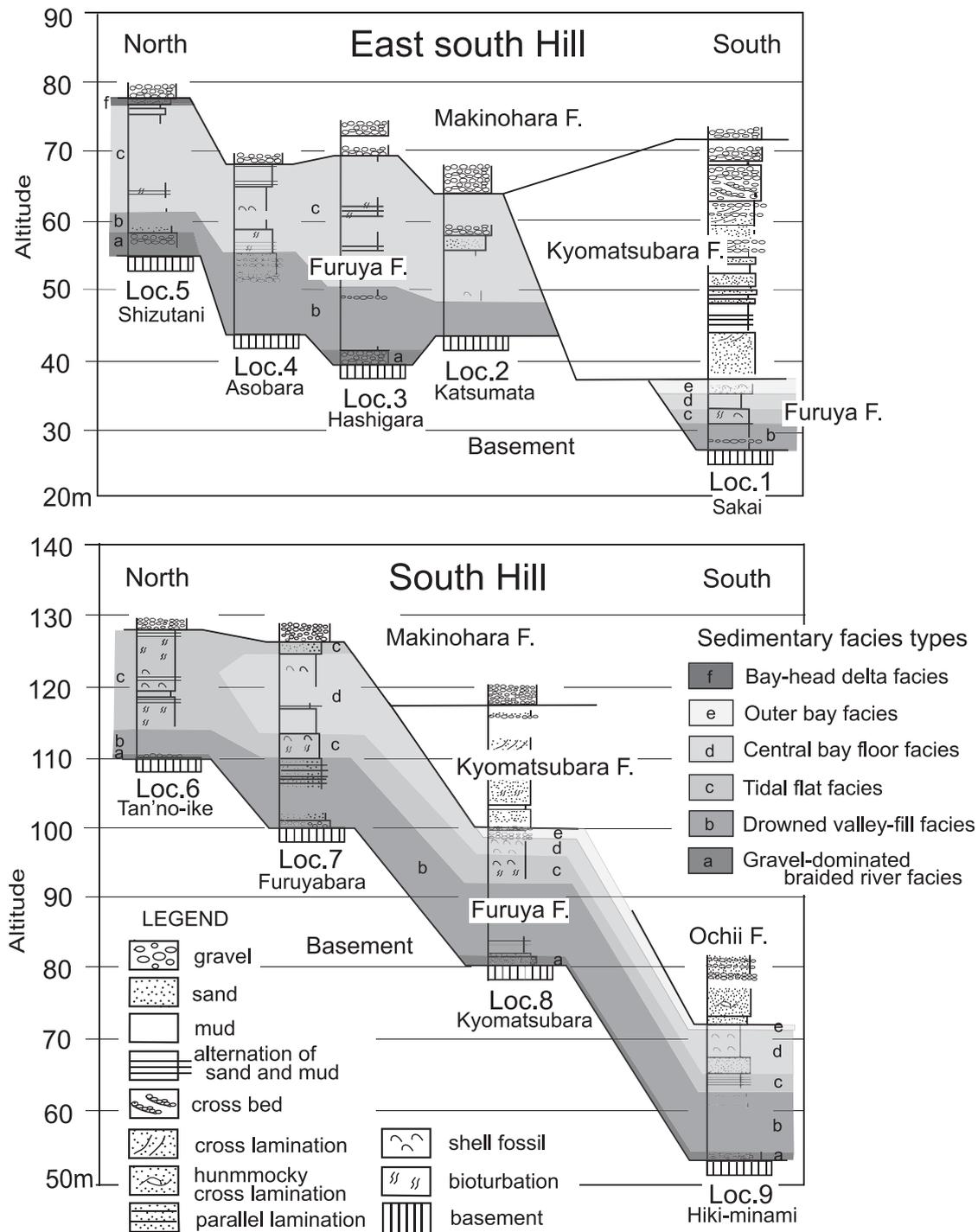


Fig. 10 Geological columnar sections of the Furuya Formation in the east south and the south hills, showing the sedimentary facies. Localities of the columns are shown in Fig. 2. F.: Formation.

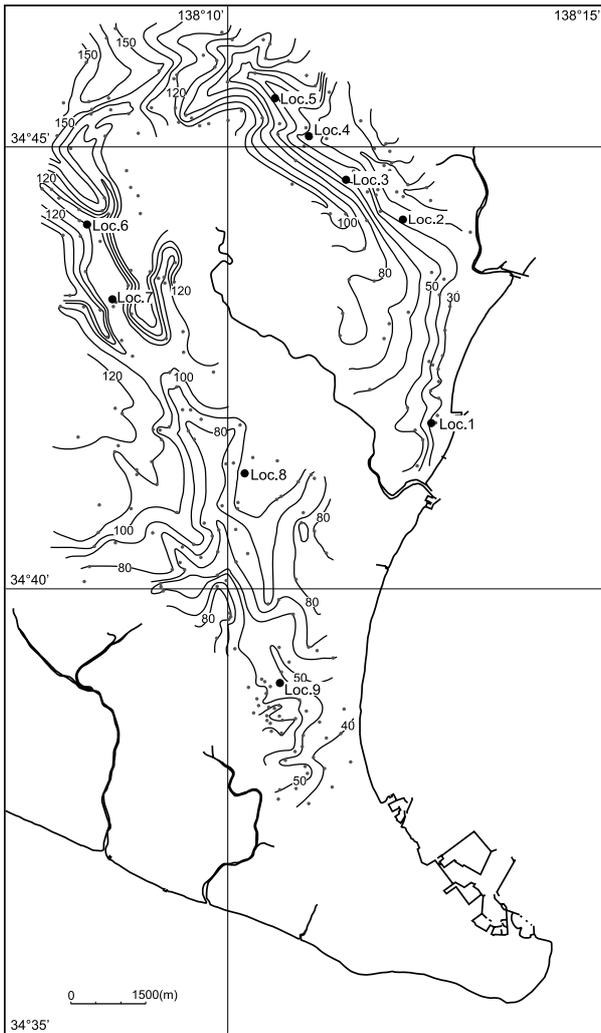


Fig. 11 Basal contour map of the Pleistocene in the east south and the south hills, showing the valley features before the deposition of the Furuya Formation. Small dots are the locations of measured points. Numerals represent altitude of each contour in meter.

連続する堆積物が分布し、北部では溺れ谷と干潟の堆積物が分布することから、古谷層を堆積させた海水の浸入は南部から始まり、順次北部まで広がったと考えられる。また、そのような海進によって堆積した古谷層は、池谷・堀江（1982）が指摘したように、海進すなわち海水準上昇とともに浸食谷の基盤に対して南から北へオンラップするように堆積したと考えられる。

土（1960）は、古谷層上限付近には潮間帯ないし10 m前後の深度を示す自生的貝化石群集が見られ、その上限の面は同時に形成されたとして、古谷層の泥層が南から北へ覆いかぶせ堆積したことを否定した。そして、そのことを根拠に、古谷層形成後に北側の地域が隆起する撓曲によって、現在の牧ノ原台地の地形が形成されたとした。また、池谷・堀江

（1982）は、古谷層を堆積させた古相良湾は堆積最末期に細粒堆積物により埋積されて沼沢化して消失したとし、その古谷層最末期の層準が南側に傾斜することから、古谷層堆積後に台地北側が隆起したとした。

しかし、土（1960）が示した古谷層最上部の潮間帯ないし10 m前後の深度を示す堆積物は、東南稜と南稜の北部に限られ、東南稜南部と南稜中部と南部の最上部の層準は、湾中央底～湾口域の環境、南稜中部と南部では水深30 m以深の堆積物と考えられる。また、前述のように古谷層は、南から海が浸入して海進とともに南から北へ覆いかぶせ堆積した地層であると考えられる。池谷・堀江（1982）は、古谷層堆積最末期の沼沢化の証拠とした細粒堆積物について、その層相と分布の詳細を明らかにしていない。また、古谷層堆積最末期の海退期に堆積したと考えられる湾奥デルタの堆積物は、その分布が北部に限られ中部以南には認められない。これらのことから、土（1960）や池谷・堀江（1982）が示したような古谷層の最大海氾濫期または海退期の汀線の位置が現在南側に傾斜しているという証拠はなく、古谷層堆積後に牧ノ原台地の北側が相対的に隆起したという従来の考えは、再検討する必要がある。

本研究からも明らかになったように、古谷層は南から海が浸入して海進とともに堆積した地層が主体をなし、その最大海氾濫期には海水準の位置は北部の北端にあったと考えられる。その時に、北部は湾奥の溺れ谷～潮間帯干潟の環境になり、その南側の中部から南部は湾中央底～湾口域の環境で、水深30 m以深の海底であった可能性がある。これは推定される古谷層の基底面、すなわち古谷層が堆積した谷地形の南北での比高に調和的である。

各試料採取セクションにおいて推定された古谷層の堆積環境の変遷（Fig.10）と、古谷層が堆積しはじめた時の浸食谷の形状（Fig.11）をもとに、南側からの海進を想定して古谷層の堆積過程を検討する。

東南稜においては、海進初期に坂井（Loc. 1）で内湾干潟の堆積物が形成された。しかし、その時にはまだ北部は陸域であったと考えられる。その後の海進の進行によって海域が北部に及び、橋柄（Loc. 3）と朝生原（Loc. 4）で内湾干潟の堆積物が堆積し始めた時に、坂井（Loc. 1）では湾奥～湾中央底の環境になったと考えられる。橋柄（Loc. 3）と朝

生原 (Loc. 4) で内湾干潟堆積物の基底は海拔 55 m 付近で、坂井 (Loc. 1) の湾奥～湾中央底の堆積物の基底は海拔 33 m であり、その比高は 22 m ある。すなわち、東南稜北部が水深 0 m 付近にあったとき、南側の坂井 (Loc. 1) では水深 22 m の湾中央底であったと推定される。同様に、海進の進行にともなって、海域はさらに北部に浸入し、その時南部の坂井 (Loc. 1) では水深が増加し、外洋水の流入する湾中央底～湾口の環境に変化したと考えられる。海進が終了し、高海水準期または海退期になって、北部の北側に位置する静谷 (Loc. 5) では、古谷層最上部に湾奥デルタ堆積物が堆積した。

南稜においては、海進の初期に南部の比木南 (Loc. 9) が溺れ谷となり、その後湾中央底の堆積物が堆積した時に、海域は中部の京松原 (Loc. 8) 付近まで浸入して内湾干潟の環境を出現させたと考えられる。比木南 (Loc. 9) の湾中央底堆積物の基底は海拔 65 m 付近にあり、京松原 (Loc. 8) の内湾干潟堆積物の基底は 91 m 付近にあり、その比高は 26 m になる。さらに海域が北部に浸入し、古谷原 (Loc. 7) と丹野池 (Loc. 6) が内湾干潟の環境になった時には、京松原 (Loc. 8) は湾中央底、比木南 (Loc. 9) は湾口域の環境になったと推定される。古谷原 (Loc. 7) における内湾干潟堆積物の基底の海拔は 110 m で、京松原 (Loc. 8) の湾中央底堆積物の基底は 96.5 m、比木南 (Loc. 9) の湾口域堆積物の基底は 69 m であり、古谷原 (Loc. 7) が水深 0 m の時に京松原 (Loc. 8) は水深 13.5 m の湾中央底で、比木南 (Loc. 9) は 41 m の湾口域の環境になったことになる。比木南 (Loc. 9) ではこの層準付近から、水深 30 m 以深に生息する貝化石が産している (恩田ほか, 2008)。さらに海域は北部に浸入し、古谷原 (Loc. 7) は湾中央底の環境になり、京松原 (Loc. 8) は水深 30 m 以深の湾口域の環境になった。京松原 (Loc. 8) の最上部層準からも、水深 30 m 以深に生息する貝化石が産している (恩田ほか, 2008)。古谷原 (Loc. 7) が湾中央底の環境になった時、その北側の丹野池 (Loc. 6) は同じ高度にもかかわらず内湾干潟の環境が継続した。このことは、丹野池 (Loc. 6) が谷幅の狭い湾奥に位置していた (Fig.11) ために堆積物による埋積が古谷原 (Loc. 7) より進んだためと思われる。なお、古谷原 (Loc. 7) においては、その後湾中央底の環境から徐々に湾奥の潮間帯環境に移行した。

東南稜と南稜の海進による堆積過程を別に述べてきたが、南稜北部の丹野池 (Loc. 6) での内湾干潟堆積物最上部の海拔は 128 m であり、この高度に海水準があったと仮定すると、現在の比高から東南稜北部には内湾干潟堆積物よりもっと深い海底環境の堆積物が存在してもよいことになる。しかし、東南稜北部では内湾干潟より深い湾中央底堆積物は認められていない。牧ノ原台地の台地面は北西から南東に向かって緩く傾斜し、東南稜では東ないし東北東方向に傾斜している (長田, 1998)。また、東南稜における古谷層および牧ノ原層の基底高度は南稜に比べ全体的に低い傾向がある。これらのことから、古谷層堆積後の東南稜と南稜における隆起量はそれぞれ異なっていた可能性がある。また、東南稜中部では古谷層が上位の京松原層に削剥されており、北部で牧ノ原層によって古谷層が削剥されている可能性もある。そのため、東南稜における古谷層の堆積過程、特に海進後期の堆積過程については不明な部分が多く、東南稜と南稜の堆積過程を推定するための海水準を同一の高度を用いて推論することができない。このことから、牧ノ原台地の形成過程をより詳細に明らかにするためには、今後、古谷層堆積後の東南稜と南稜の隆起量の違いと、古谷層の上位層である京松原層、落居層、牧ノ原層の堆積過程について検討する必要がある。

## ま と め

本研究では静岡県大井川下流西岸に位置する牧ノ原台地に分布する更新統のうち、古谷層を対象として、有孔虫化石を用いてその堆積環境およびその変遷過程の復元を試みた。有孔虫化石用試料を、南稜と東南稜の 9 地点で採取し、4 地点から有孔虫化石が産出した。有孔虫化石が産出しなかった層準については、高清水ほか (1996) の堆積相と恩田ほか (2008) の貝化石群集を参考に堆積環境を推定した。

産出した有孔虫化石は 11,424 個体であり、そのうち底生種は全体の 81% であった。同定できた有孔虫化石では、*Ammonia beccarii* と *Elphidium excavatum clavatum* が多産し、これら 2 種が産出のほとんどを占めた。*A. beccarii* と *E. excavatum clavatum* の産出量には逆相関が認められ、この両種の産出関係をもとに *E. excavatum clavatum* が多産すれば湾中央底の環境、反対に *A. beccarii* が

卓越すればより湾奥の環境を示唆するものと推定した。また、兩種に随伴する他の種および浮遊性種が多く産出した場合、湾中央底から湾口域の環境かまたは外洋水の大量の流入を示唆するものと推定した。

東南稜においては、南部では溺れ谷から潮間帯の内湾干潟、湾奥～湾中央底、開放的な湾中央底～湾口域の環境へ変化したが、北部では溺れ谷から内湾干潟に変化したただけであった。南稜においては、南部と中部で海進にともない網状河川が溺れ谷または内湾干潟泥底となり、その後湾中央底の環境となり、最上部堆積時には湾口域の環境になった。また、北部では内湾干潟の環境が継続したが、その南端部で内湾干潟から一度湾中央底の環境になりまた徐々に湾奥の潮間帯環境に移行した。

これらのことから、古谷層を堆積させた海水の侵入は南部から始まり、海進の進行とともに順次北部まで広がったと考えられ、池谷・堀江 (1982) が指摘したように古谷層の主体は、海進すなわち海水準上昇にともない浸食谷の基盤に対して南から北へオンラップするように堆積したと考えられる。そして、その最大海氾濫期には海水準の位置は北部の北端にあり、北部は湾奥の溺れ谷～潮間帯干潟の環境になり、中部から南部は湾中央底～湾口域で水深 30 m 以深の海底であったと考えられる。これは現在推定される古谷層の基底面の南北での比高に調和的である。このことから、土 (1960) や池谷・堀江 (1982) が示したように、古谷層の最大海氾濫期および海退期の海水準の位置が現在南側に傾斜していたとは考えられず、古谷層堆積後に牧ノ原台地の北側が相対的に隆起したという従来の説は再検討する必要がある。

## 謝 辞

本研究にあたり、長田敏明氏、佐藤 武氏と東海大学海洋学部の根元謙次教授、および静岡大学教育学部の延原尊美准教授と恩田大学氏には貴重なご助言を頂いた。弘前大学大学院理工学研究科の根本直樹講師には、有孔虫化石の種の同定と群集組成に関して貴重な助言を受け、また本稿を丁寧に査読して重要な指摘をして頂いた。東海大学海洋学部環境情報工学科の千賀康弘教授と水産学科の田中 彰教授には、有孔虫化石の走査型電子顕微鏡 (SEM) 写

真撮影で御協力を頂いた。なお、牧ノ原台地南稜南部の地層分布については前田正男氏の調査資料を参考にさせて頂いた。現地調査にあたっては、独立行政法人野菜茶業研究所の松尾喜義氏と掛川市円満寺住職鬼頭良武氏、駿河湾団体研究グループの横山謙二、河合里美、楢本あき子、石田太一郎、笠井智博、杉本大輔、田中敏広、角田勇貴、芳野浩一、中本裕介、柳澤宏成の各氏にご協力を頂いた。

## 引用文献

- 千地万造 (1975) C 生態. 29-44. 高柳洋吉・大森昌衛編：古生物学各論 2 無脊椎動物化石・上, 築地書館, 東京, 302p.
- 井口正男 (1955) 牧ノ原礫層の堆積に関する考察. 資源科学研究所報告, **39**, 32-38.
- 池谷仙之・堀江善裕 (1982) 静岡県牧ノ原台地に発達する古谷層 (上部更新統) の堆積環境. 第四紀研究, **21**, 75-93.
- Ishizaki, K. and M. Kato (1976) The Basin development of the Diluvium Furuya mud basin, Shizuoka Prefecture, Japan, based on faunal analysis of fossil ostracodes. 118-143, In Takayanagi, Y. and T. Saito eds.: Progress in Micropaleontology, Micropaleontology Press, Amer. Mus. Nat. Hist., New York, 422p.
- 県立金谷高等学校科学部 (1979) 古谷泥層の有孔虫化石. 静岡地学, **39**, 17-20.
- 国土地理院 (1982) 土地条件調査報告書 (遠州地域). 国土地理院技術資料 (D・2-No. 35), 133p.
- 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応用. 化石, **50**, 37-55.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of recent shallow water foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd ser. (Geol.), **42**, (1), 1-85.
- Moodly, L. and C. Hess (1992) Tolerance of infaunal benthic foraminifera for low and high oxygen concentrations. Biological Bulletin, **183**, 94-98.
- 森 みつ子 (1972) : 古谷泥層の底棲有孔虫群集について. 静岡地学, **22**, 29-30.
- 中川久夫 (1961) 本邦太平洋沿岸地域における海水

- 準静的変化と第四紀編年. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, **54**, 1-61.
- 恩田大学・延原尊美・柴 正博・山下 真 (2008) 静岡県牧ノ原台地の更新統古谷層の貝化石群集と堆積環境. 海・人・自然 (東海大博研報), **9**, 19-44.
- 長田敏明 (1976) 牧ノ原台地の第四系地史. 関東の第四紀, **3**, 41-46.
- 長田敏明 (1980) 静岡県牧ノ原台地の形成過程. 第四紀研究, **19**, 1-14.
- 長田敏明 (1998) 牧ノ原台地の地形と地質. 地団研専報, **46**, 78p.
- 柴 正博・十河寿寛・川辺匡功・竹島 寛・村上靖・横山謙二・駿河湾団体研究グループ (1996) 静岡県榛原地域の相良層群と掛川層群の層序. 地球科学, **50**, 441-455.
- 柴 正博 (2005) 2.2 静岡, 掛川地域の新第三系・下部更新統. 132-136, 日本の地質増補版編集委員会編: 日本の地質増補版, 共立出版, 東京, 374p.
- 杉山雄一・寒川 旭・下川浩一・水野清秀 (1987) 静岡県御前崎地域の段丘堆積物 (上部更新統) と更新世後期における地殻変動. 地調月報, **38**, 443-472.
- 杉山雄一・寒川 旭・下川浩一・水野清秀 (1988) 御前崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1 図幅), 地質調査所, 153p.
- 高清水康博・酒井哲弥・増田富士雄 (1996) 静岡県牧ノ原台地の上部更新統の堆積相と堆積シーケンス. 地質学雑誌, **102**, 879-882.
- Tsuchi, R. (1958) Paleo-ecology of mollusca in the Pleistocene Furuya mud, Shizuoka Prefecture. Rep. Lib. Arts Fac. Shizuoka Univ., Nat. Sci., **2**, 121-128.
- 土 隆一 (1960) 大井川下流地方第四系の地史学的考察. 地質学雑誌, **66**, 639-653.
- 渡辺 光 (1929) 本邦の隆起三角州に関する考察. 地理学評論, **5**, 1-15.

Appendix table 1 Distribution of foraminifers at the sampling horizons from Localities 1 and 7.

Species name	Locality and Sample number		Sakai (Loc. 1)													Furuyabara (Loc. 7)						
			1-19	1-20	1-21	1-22	1-23	1-24	1-25	1-26	1-27	1-28	1-29	1-30	1-31	Total	7-06	7-07	7-08	7-09	7-10	7-11
Benthic foraminifer																						
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)	144	144	14	81	179	193	192	69	134	89	141	115	32	1527	77		149	185	388	230	1029	
<i>Ammonia japonica</i> (Hada)				1								5	5	13							0	
<i>Ammonia</i> sp.			4	2		23		6			7		5	47					8		8	
<i>Bolivina robusta</i> Brady								1	1					3						1	1	
<i>Bolivina</i> cf. <i>seminuda</i> Cushman														1							0	
<i>Bolivina striatula</i> Cushman														0			1				1	
<i>Bolivina</i> sp.								1	2					1							0	
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)														0						1	1	
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny										1				1							0	
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny										1				1						2	1	
<i>Bulimina subornata</i> Brady														0						2	2	
<i>Bulimina tenuata</i> (Cushman)														0						1	1	
<i>Bulimina</i> sp.											1	2		3							0	
<i>Bulminella elegantissima</i> (d'Orbigny)												1		1							0	
<i>Bulminella elegantissima tenuis</i> Cushman and McCulloch								3	2	3				3	11						0	
<i>Bulminella</i> sp.								1		3	1	1		6							0	
<i>Cassidulina delicata</i> Cushman														0				1			1	
<i>Cassidulina subglobosa</i> Brady														2	2						0	
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker and Jacob)					1			2		6	2	4	5	20							0	
<i>Cibicides praecinctus</i> (Karrer)													4	4							0	
<i>Cibicides subpraecinctus</i> (Asano)										3				3							0	
<i>Cibicides</i> sp.								10					3	13							0	
<i>Ellipsonodosaria lepidula</i> (Schwager)														0						1	1	
<i>Elphidium advenum</i> Cushman			1	1	2		1						1	6			1			3	4	
<i>Elphidium advenum depressulum</i> Cushman														1	1						0	
<i>Elphidium articulatum</i> (d'Orbigny)														0				3	18	14	17	
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)					4	2	3		3	1		2	2	2	19					1	1	
<i>Elphidium excavatum clavatum</i> Cushman	72	125	187	185	4	9	11	50	37	46	34	24	32	816	136		148	42	9		335	
<i>Elphidium jenseni</i> (Cushman)										1		1		2							0	
<i>Elphidium subarcticum</i> Cushman														0						2	2	
<i>Elphidium subincertum</i> Asano	12	22	1			1	2				1	1		40	2		7	1		5	15	
<i>Elphidium</i> spp.			1				3			1		1		6							0	
<i>Eponides bradyi</i> Earland														2	2						0	
<i>Fissurina</i> sp.									1					1							0	
<i>Glabratella opercularis</i> (d'Orbigny)													1	1							0	
<i>Glabratella partelliformis</i> (Brady)										1	2			3							0	
<i>Glabratella nipponica</i> Asano														0						1	1	
<i>Gyroldina orbicularis</i> (d'Orbigny)														2	2						0	
<i>Gyroldina profunda</i> Aoki														2	2						0	
<i>Gyroldinoides nipponicus</i> (Ishizaki)													1	1							0	
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano							1	4	3			1	4	13							0	
<i>Hanzawaia</i> sp.														1							0	
<i>Heterolepo margaritifera</i> (Brady)														9	9						0	
<i>Hoeghndia elegans</i> (d'Orbigny)														1	1						0	
<i>Lagena</i> sp.								1						1	2						0	
<i>Lenticulina calcar</i> (Linnaeus)										1				1							0	
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel and Moll)										2	2		5	9							0	
<i>Marginulina nakamurai</i> (Asano)												1		1							0	
<i>Murrayinella minuta</i> (Takayanagi)								6	4	2	2	3	3	20							0	
<i>Murrayinella</i> sp.			2											2	2						0	
<i>Nonion japonicum</i> Asano														2	2						0	
<i>Nonion lobradoricum</i> (Dawson)										1				1							0	
<i>Poroponides cibrorepanus</i> Asano and Uchio								1						1							0	
<i>Planulina wuellerstorfi</i> (Schwager)														1	1						0	
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano								2			1	1	1	5							0	
<i>Pseudorotalia gaimardii</i> (d'Orbigny)														1	1						0	
<i>Pullenia bulloides</i> (d'Orbigny)														1	1						0	
<i>Quingueloculina</i> sp.														1	1						0	
<i>Rectobolivina bifrons</i> (Brady)														1	1						0	
<i>Robulus lucidus</i> (Cushman)														2	2						0	
<i>Robulus nikobarensis</i> (Schwager)														1	1						0	
<i>Rosalina vilardeboana</i> d'Orbigny														3	3						0	
<i>Rosalina bradyi</i> (Cushman)														1	1						0	
<i>Rosalina</i> sp.								1					1	2							0	
<i>Siphonodosaria oinomikadoi</i> (Ishizaki)														0						1	1	
<i>Stilostomella lepidula</i> (Schwager)								3	5	1	2	1	9	21							0	
<i>Stilostomella</i> spp.											2	2		4						1	1	
<i>Triloculina tricarinata</i> d'Orbigny									1					1							0	
<i>Uvigerina hootsi</i> Rankin														3	3						0	
<i>Uvigerina</i> cf. <i>hootsi</i> Rankin									4					4							0	
<i>Uvigerina nitidula</i> Schwager								2		4	1	1	11	19							0	
<i>Uvigerina probocidea</i> Schwager														5	5						0	
<i>Uvigerina segundoensis</i> Cushman and Galliher														1	1						0	
<i>Uvigerina</i> spp.								3			2	4	5	14							0	
<i>Valvulineria sadonica</i> Asano														0	1						1	
<i>Valvulineria hamanaokoensis</i> (Ishiwada)							6							6	1					5	1	
Gen. and sp. indet.	0	0	2	0	2	1	8	12	17	13	8	7	27	97	2	3	10	1	5	11	32	
Planktonic foraminifera																						
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Bolli										2			1	3							0	
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny									4	7	2	3	5	4	25				1		1	
<i>Globigerina falconensis</i> Blow									1	2		1	4	2	10						0	
<i>Globigerina quinqueloba</i> Nataland									4	2		1	1	2	10						0	
<i>Globigerina rubescens</i> Hofker									5	2	2	2	2	13							0	
<i>Globigerina</i> spp.						2	3				11	2		5	23					7	7	
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)																						



Species name	Sample number	Kyomatsubara (Loc. 8)							Hiki-minami (Loc. 9)												
		8-04	8-05	8-06	8-07	8-08	8-09	Total	9-01	9-02	9-03	9-04	9-05	9-06	9-07	9-08	9-09	9-10	9-11	Total	
<i>Rosalina</i> sp.								0				2									2
<i>Siphonodosaria oinomikadoi</i> (Ishizaki)		1		5				6		1											1
<i>Silostomella lepidula</i> (Schwager)		7	12	10	2	10	13	54		1	1					3					1
<i>Silostomella</i> spp.			10				9	19													0
<i>Triloculina laevigata</i> d'Orbigny								0				1									1
<i>Triloculina</i> sp.								0		2											2
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck)								0					1	2							3
<i>Trochammina hadai</i> Uchio								0							1						1
<i>Trochammina japonica</i> Ishiwada								0					1								1
<i>Uvigerina excellens</i> Todd		1	13	8	2	3		27													0
<i>Uvigerina nitidula</i> Schwager		1				1		2													0
<i>Uvigerina pergrina dirupta</i> Todd							4	4													0
<i>Uvigerina probocidea</i> Schwager		2	4	3	4	5	2	20													0
<i>Uvigerina substriata</i> Asano								0								1					1
<i>Uvigerina yabei</i> Asano		2						2													0
<i>Vaivulineria sadonica</i> Asano								0					2								2
<i>Virgulina complanata</i> Egger								0													1
Gen. and sp. indet.		4	4	2	1	7	14	32	10	11	3	15	19	19	12	12	20	12	20	12	153
Planktonic foraminifer																					
<i>Candetta nitida</i> d'Orbigny			2				1	3													3
<i>Globigerina angustumbilicata</i> Bolli				1	3			4			1	1				1					6
<i>Globigerina bulloides</i> d'Orbigny		6	3	1		6	6	22	7	1	4	1	4	3		4	2	1			27
<i>Globigerina falconensis</i> Blow			4	2	2	4	2	14				2				1	2				5
<i>Globigerina quinqueloba</i> Nataland		3		4	2	3	4	16	8	13	10	3	4	2	8	13	5	14	14		94
<i>Globigerina rubescens</i> Hofker		10	8	3		5	2	28	6	3	1		2	2	3	2					17
<i>Globigerina</i> spp.			3	12	6	7	3	31							1						15
<i>Globigerinella aequilateralis</i> (Brady)								0				1		2							3
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)						1		1	2	4			1		2					2	11
<i>Globigerinita gulinata</i> (Egger)		30	35	45	12	56	64	242	40	26	35	15	7	17	11	24	20	19	31		245
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)		5	15	15	4	22	16	77			8	3	8	2	1	2	9				33
<i>Globigerinoides conglobatus</i> (Brady)							2	2													0
<i>Globigerinoides immaturus</i> LeRoy				3		5		8													0
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)								0					2	1	2	3					8
<i>Globigerinoides</i> spp.		1	7	6	3	2	7	26	4					2	2	8				1	15
<i>Globorotalia menardii</i> (Parker, Jones, and Brady)			2					2													0
<i>Globorotalia scintula</i> (Brady)								0	2		1										3
<i>Globorotalia tumida tumida</i> (Brady)								0													1
<i>Globorotalia</i> spp.		3		1	1			5	2												2
<i>Neogloboquadrina</i> spp.		7	14	6	2	16	17	62	17	16	4	7	3	2	4				1	7	61
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny			2	2				4	1	1		1									3
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i> (Parker and Jones)							2	2							1						1
<i>Sphaeroidinella dehiscentes</i> (Parker and Jones)			1			1		2													0
Gen. and sp. indet.		23	46	54	10	59	71	263	71	18	9	8	3	17	9	26	5	11	33		210
Total number of benthic foraminifer		202	219	155	203	170	204	1153	77	387	305	443	337	441	452	338	244	462	262		3748
Total number of planktonic foraminifer		88	142	155	45	187	197	814	160	98	68	47	26	49	40	84	44	48	96		760
Total number of foraminifer		290	361	310	248	357	401	1967	237	485	373	490	363	490	492	422	288	510	358		4508
Total number of foraminifer/ 80g		2320	2888	2480	3968	5712	6416		7584	15520	11936	15680	11616	15680	15744	13504	9216	16320	5728		