

掛川層群上部層におけるシーケンス層序と生層序層準

柴 正博¹⁾・横山 謙二²⁾・赤尾 竜介³⁾・加瀬 哲也⁴⁾・
真田 瑠美⁵⁾・柴田 早苗⁶⁾・中本 武史⁷⁾・宮本 綾子⁸⁾

Sequence stratigraphy and biostratigraphic horizon in the Upper Kakegawa Group

SHIBA Masahiro¹⁾, YOKOYAMA Kenji²⁾, AKAO Ryusuke³⁾, KASE Tetsuya⁴⁾,
SANADA Rumi⁵⁾, SHIBATA Sanae⁶⁾, NAKAMOTO Takeshi⁷⁾ and MIYAMOTO Ayako⁸⁾

Abstract

It is thought that the Upper Kakegawa Group is a third order sequence set. It is divided into the Kamiuchida, Dainichi, and Hijikata Formations in ascending order. On the basis of facies changes and the placement of volcanic ash beds, the Dainichi Formation has been divided into five parasequence sets from PD1 to PD5, and the Hijikata Formation into six parasequence sets from PH1 to PH6. The first appearance horizon of *Globorotalia truncatulinoides* is recognized in PH1, i.e. the lowest horizon of the Hijikata Formation. The first appearance horizon of dextrally coiled *Pulleniatina* in the Hijikata Formation is recognized in the base of PH4, and this horizon is correlated with the base of Pleistocene series. The biostratigraphic datum surfaces previously described in the Kakegawa Group do not indicate the times of generation or extinction of species; rather, they are the depositional boundary surfaces between parasequences or system tracts.

Key words: Kakegawa Group, sequence stratigraphy, biostratigraphic horizon, datum, Pliocene, parasequence, planktonic foraminifera

はじめに

掛川層群は、菊川市と掛川市を中心に東は牧之原市勝間から西は磐田市北部にかけて分布する鮮新統～下部更新統である (Fig. 1)。掛川層群からは、海棲軟体動物化石が豊富に産することから、日本の太平洋岸における鮮新-更新統の模式地のひとつとされ、古くから多くの層序学的または古生物学的研究が行われてきた (横山, 1925, 1928a, 1928b, 1950, 1963; Makiyama, 1927, 1931; 千谷, 1928, 1931; 横山・坂本, 1957; 氏家, 1958; Tsuchi, 1961, 1976; Ujiie, 1962; 加藤, 1973; Ibaraki and Tsuchi,

1974; Oda, 1977; Chinzei and Aoshima, 1976; Ibaraki, 1986; 茨木, 1986; Ishibashi, 1989; Nobuhara, 1993; Tsukawaki, 1994; 柴ほか, 1996; 亀尾, 1998)。しかし、従来からの掛川層群の層序区分の多くは、縁辺相の礫層・砂層と沖合相の堀之内互層とに区別し、最上部に土方層や曽我層を設けたもので (横山, 1950; Tsuchi, 1961 など)、各層準の層位や層序関係、またその側方への平面的広がりが必ずしも明確ではなかった。

Masuda and Ishibashi (1991) と 酒井・増田 (1992) および Sakai and Masuda (1995) は、堆積学的研究から掛川層群がひとつの第 3 オーダーのシーケンスを形成し、1 回

¹⁾ 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 of Tokai Univ., 2389, Miho, Shimizu-Ku, Shizuoka, Shizuoka, 424-8620, Japan (shiba@dino.or.jp)

²⁾ NPO 静岡県自然博物館ネットワーク, 〒424-0806, 静岡県静岡市清水区辻 4-4-17, NPO Network for Shiozuoka Prefecture Museum of Natural History, 4-4-17, Tsuji, Shimizu-Ku, Shizuoka, Shizuoka, 424-0806, Japan

³⁾ タナカ印刷, 〒104-0031 東京都中央区京橋 3-12-4, Tanaka Printing Co., LTD., 3-12-4, Kyoubashi, Chuo-ku, Tokyo, 104-0031, Japan

⁴⁾ 旭市役所飯岡支所, 〒289-2504 千葉県旭市二 1920, Asahi City Office, 1920, Ni, Asahi, Chiba, 289-2504, Japan

⁵⁾ 三信建設工業株式会社, 〒112-0004, 文京区後楽 1-2-7, Sanshin Corporation, 1-2-7, Kouraku, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0004, Japan

⁶⁾ 不動テトラ総合技術研究所, 〒300-0006, 茨城県土浦市東中貫町 2-7, Technical Research Institute, Fudo Tetra Corporation, 2-7, Higashi-nakanukicho, Tsuchiura, Ibaraki, 300-0006, Japan

⁷⁾ 〒221-0825, 神奈川県横浜市中区反町 1-11-4, 1-11-4, Tanmachi, Kanagawa-ku, Yokohama, Kanagawa, 221-0825, Japan

⁸⁾ 〒146-0029, 東京都大田区下丸子 2-15-8, 2-15-8, Shimomaruko, Oota-ku, Tokyo, 146-0029, Japan

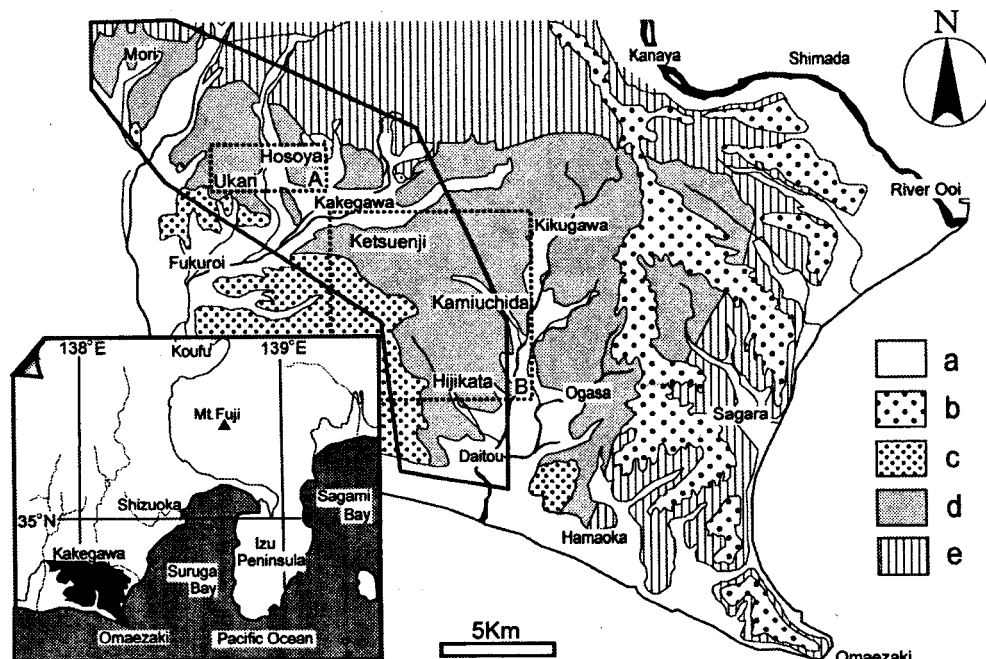


Fig. 1 Location and geologic map of Kakegawa area. The district enclosed with solid line is the location of this researched region and shows geological map in Fig. 2. The blocks enclosed with broken line are the district of Fig. 4. a: Alluvium, b: Middle to Upper Pleistocene, c: Ogasa Group, d: Kakegawa Group, e: Miocene and Paleogene Basement

の海水準変動によって形成されたとした。柴ほか(2000)は、掛川層群に挟在する多数の火山灰層を詳細に記載し、その層準をもとに岩相や堆積体を区別し、掛川層群が上下2つの第3オーダーのシーケンスから構成するとした。そして、柴(2005)は掛川層群を下部層と上部層に分け、掛川層群を6つの層(累層)に区分した。

本稿では、掛川層群上部層の特に大日層と土方層についてパラシーケンスセットを区分し、各パラシーケンスにおける浮遊性有孔虫化石の産出特徴を明らかにした。そして、掛川層群上部層の時間層序断面を明らかにし、掛川層群上部層でこれまで提案された生層序層準がどのような意味をもつかを議論した。

本稿を、掛川層群の研究に私たちを導いてくれた故岩田喜三郎氏と生層序学とともに学んだ故亀井順一氏に捧げる。土屋かおる、清水康博、重野聖之、渡辺美行、渡辺恭太郎、佐々木昭仁はじめ駿河湾団体研究グループの参加者各氏には野外調査において協力していただいた。なお、細谷地域における浮遊性有孔虫化石試料の多くは、平成9年度に気象庁が実施した地殻岩石歪計設置工事の際採取されたコアから採取した。有孔虫化石のSEM写真撮影には東海大学海洋学部環境情報学科の千賀康弘教授にお世話になった。また、海洋学部海洋資源学科の佐藤 武教授と掛川市円満寺住職鬼頭良武氏には、本研究に対して多くのご支援をいただいた。これらの方々に感謝の意を表する。

掛川層群の層序

本稿では、掛川層群の層序を柴(2005)に従い下部層と上部層に区分し、上部層を下位から上内田層、大日層、土方層に区分する。掛川層群上部層の上内田層は低海水準期堆積体に、大日層は海進期堆積体に、土方層は高海水準期堆積体に相当する。以下に、掛川層群上部層の各層(累層)の岩相と分布の特徴を下位から示す。

上内田層:本層は主に泥勝ち砂泥互層からなり、掛川市満水から上内田、岩滑、菊川市中内田、御前崎市大石、河東にかけて北北西-南南東方向に分布する。満水付近には泥層が分布し、本層の中部層準に砂層と泥層がほぼ等量の砂泥互層が挟在する。本層には下位より堀田火山灰層(白岩火山灰層)、岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、西平尾火山灰層、東平尾火山灰層、七曲池火山灰層グループなどの連続のよい火山灰層が挟在する。

大日層:本層は、砂層とシルト質砂層からなり、磐田市北部から森町南部、掛川市家代周辺に分布する。北西部では砂層が卓越する。砂層は主に分級のよい細粒～中粒砂からなり、層厚は最大 100～200m で、基盤を明瞭な浸食面をもつ不整合で覆う。基底付近には分級の悪い礫層が挟在する。砂層にはハンモック状斜交層理や平行葉理、トラフ型斜交層理などが発達する。シルト質砂層は生物擾乱が著しく、しばしば平行葉理の発達する細粒砂層を挟む。本層には大池火山灰層、蔵人火山灰層、細谷火山灰層、赤根火山灰層などの火山灰層が挟在する。

土方層:本層は主に泥層ないし泥勝ち砂泥互層からなるが、北西部では砂層とシルト質砂層が主体をなす。本層は森町南部から袋井市北部、掛川市南部に分布する。砂層は主に分級のよい細粒～中粒砂からなり、北西部では礫層が挟在する。泥層は南部で卓越する。本層には下位からインター火山灰層グループ、亀の甲火山灰層、結縁寺奥火山灰層、中方Ⅲ火山灰層、小貫火山灰層グループ、春岡火山灰層(曾我火山灰層)、上土方火山灰層グループ、川久保火山灰層、釜田東火山灰層、渡辺池火山灰層、畑ヶ谷火山灰層、今滝火山灰層、長谷池火山灰層、大坂火山灰層などの多数の火山灰層が挟在する。

掛川層群上部層の堆積シーケンス

掛川層群上部層の地質図をFig. 2に示し、各地域の岩相柱状を北西側から南東側にかけて連続的に配置した

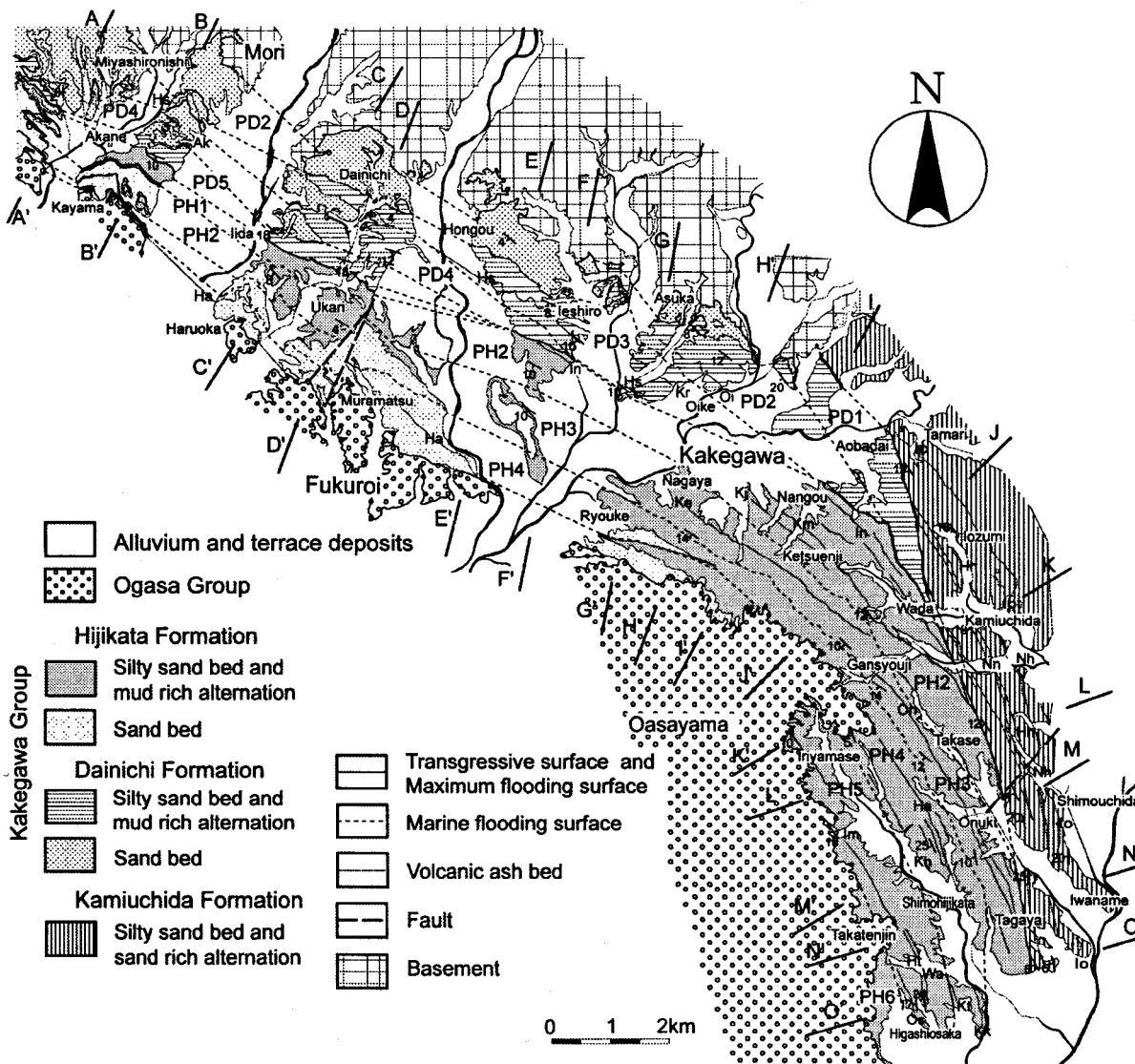


Fig. 2 Geological map of the Upper Kakegawa Group. PD1 to PD5 are the parasquence sets of the Dainichi Formation and PH1 to PH6 are the parasquence sets of the Hijikata Formation. Lines with capital letters are the section lines of geological columns showed in Fig. 3. Volcanic ash beds are showed by the initial and the names are showed in the caption of Fig. 3.

図を Fig. 3 に示す。掛川層群上部層は各堆積体により累層を区分し、大日層と土方層についてはパラシーケンスセットに細分した。柴ほか(2000)では掛川層群上部層に挟在する火山灰層を 140 層以上発見し記載したが、図にはそのうち連続のよい代表的な火山灰層を示した。

上内田層は陸棚斜面の堆積相を示す泥勝ち砂泥互層からなり、上内田層に挟在する火山灰層はどれも連続がよい。これらの火山灰層は上位の大日層に対して陸側でトップラップする。

大日層には、下部外浜～内側陸棚の堆積相を示す砂層とその上位に海氾濫面 (Van Wagoner *et al.*, 1988) をもって外側陸棚のシルト質砂層が重なり、この組み合わせが下位から上位にむかって何度か認められる。各砂層はバックステップして分布する。また、大日層の基底には海進面が認められ、砂層がバックステップすることも含めて

海進期堆積体の特徴をもつ。大日層の堆積過程については、同一の海水準下で下部外浜～内側陸棚から外側陸棚、斜面にかけての海底で堆積した岩相が水平方向に観察され、海水準上昇に伴う海氾濫面をもってその上位にそれぞれ外側陸棚から斜面にかけての堆積相が重なる。また、海水準の停滞と堆積物の埋積の結果浅海化が行われ、ひとつのパラシーケンスセットが形成された。大日層が海進期堆積体であることから、下位の上内田層は低海水準期堆積体と考えられる。また、大日層の砂層とその上位に海氾濫面で接し重なるシルト質砂層との関係から、大日層を 5 つのパラシーケンスセットに区分した。

大日層の上位の土方層は主に泥層と砂層からなり、北西から南に向かって沿岸～内側陸棚から外側陸棚～斜面の堆積相を示す。土方層は、浅海域では大日層に最大氾濫面をもって重なり、沖合域では上内田層に対して

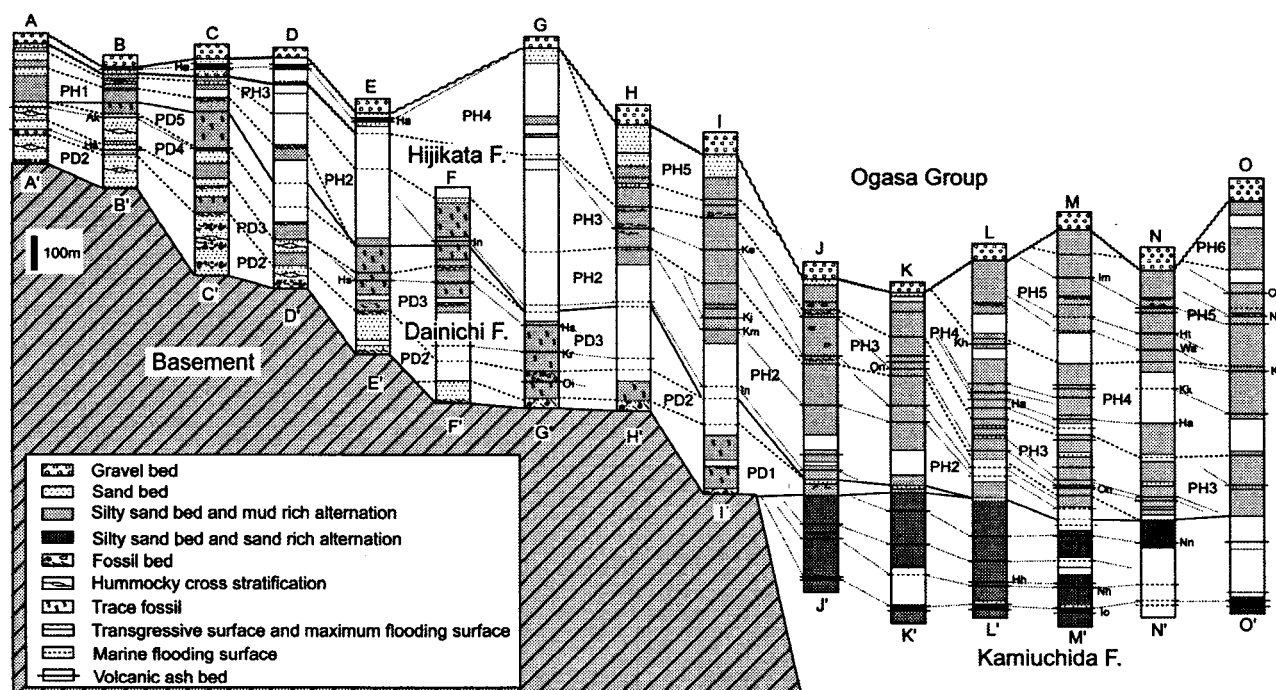


Fig. 3 Geological columns with parasequence sets of the Upper Kakegawa Group. The location of the section lines are showed in Fig. 2. Names of the volcanic ash beds are showed by the initial. Io: Iozumi, Iw: Iwaname, Nh: Nishihirao, Hh: Higashihirao, Nn: Nanamagari-ike, Oi: Ooike, Kr: Kuroudo, Hs: Hosoya, Ak: Akane, In: Inter V, Km: Kamenokou, Kj: Ketsuenji, Ke: ketsuenji-oku, On: Onuki, Ha: Haruoka, Kk: Kawakubo, Kh: Kamihijikata, Kt: Kamatahigashi, Wa: Watanabe-ike, Ht: Hatagaya, Im: Imataki-kita, Ng: Nagaya-ike, Os: Osaka.

ダウンラップ面をもって重なる。このことから、土方層は高海水準期堆積体と考えられる。土方層の砂層とその上位の泥層との関係は大日層と同様に海氾濫面に接し、パラーシーケンスセットとして認識できる。土方層のパラーシーケンスセットの区分については、浅海域では砂層と泥層の境界で区別できるが、沖合域ではそのような明瞭な岩相変化が乏しく、むしろ火山灰層の不連続面、すなわち火山灰層のトップラップおよびダウンラップ面をもって区分した。しかし、そのような面も見られないところでは、構造的な不連続やシート状の砂層の挟在などを目安に推定した。

なお、上内田層においては浅海相が認められず、また火山灰層の不連続が認められないことから、パラーシーケンスセットを区分することができなかった。

1. 大日層のパラーシーケンスセット

大日層のパラーシーケンスセットを下位から PD1～PD5 に区分し、以下にそれぞれの分布と岩相、および挟在する火山灰層を示す。

PD1: 掛川市の飛鳥から旭ヶ丘、青葉台にかけて分布し、飛鳥から下西郷にかけて基盤を不整合に覆い砂層が分布する。

PD2: 森町の宮代西から草ヶ谷、袋井市大日の北、掛川市本郷、家代、大池、上屋敷に分布する。家代から北西の地域では砂層からなり、基盤を不整合に覆う。大池から上屋敷に分布するシルト質砂層には大池火山灰層が挟在する。上屋敷の北ではシルト質砂層の基底にチャンネルが見られる。

PD3: 森町谷崎の西から円田の北、東組、袋井市大日、掛川市細谷、新田、大池の南に分布する。東組から北西

地域では砂層が分布する。東組から南東の地域ではシル質砂層が分布し、蔵人火山灰層と細谷火山灰層（一宮火山灰層）が挟在する。細谷火山灰層は、東組から大日にかけての地域で認められず、谷崎の西から円田の北では砂層中に挟在する。

PD4: 森町大久保から円田、飯田、袋井市宇刈の北に分布する。宇刈の北から北西地域には砂層が分布する。このパラーシーケンスセットの最上部には赤根から飯田にかけて赤根火山灰層が挟在し、飯田の東側では連続しない。また、細谷では基底部にはチャンネルが見られる。

PD5: 大久保の西から赤根、飯田、宇刈に分布する。砂層は大久保の西で見られるが、その他の地域ではシルト質砂層が分布する。このパラーシーケンスセットの上面が最大海氾濫面に相当する。

2. 土方層のパラーシーケンスセット

土方層のパラーシーケンスセットを下位から PH1～PH6 に区分し、以下にそれぞれの分布と岩相、挟在する火山灰層を示す。

PH1: 米倉の北から赤根の南、飯田、宇刈、吉岡にかけて分布し、吉岡から南東には分布しない。主に泥層～シルト質砂層からなる。

PH2: 米倉から谷中、飯田の南、宇刈の南、瀬戸山、森平、南郷、和田、子隣、高瀬にかけて分布する。米倉から飯田の南までは砂層が分布するが、その南東地域ではシルト質砂層または泥勝ち砂泥互層が主体で、砂層や火山灰層が挟在する。下部に挟在するインターV火山灰層は森平の北から南郷まで連続するが、森平の北で大日層にオンラップし、南郷の南で大日層にダウンラップする。上

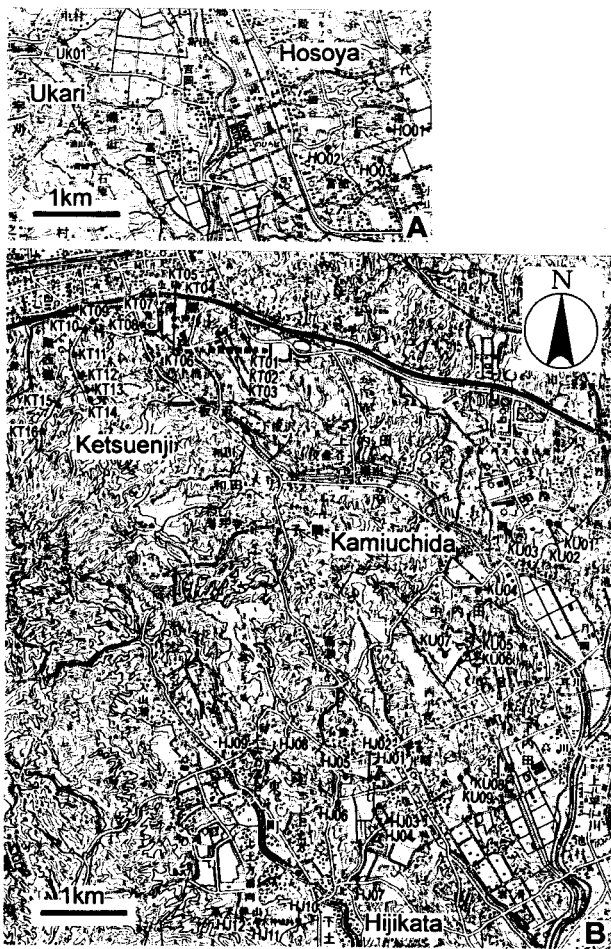


Fig. 4 Locality map of the sampling points for foraminifera. The Location of A and B are showed in Fig. 1. The base map is used the 1/50000 geographical map of "Iwata" and "Kakegawa".

部に挟在する亀の甲火山灰層(白山火山灰層)は子隣で上内田層にダウンラップする。

PH3: 米倉の南から萱間の北, 油山寺, 岡津の北, 長谷, 結縁寺の南, 岩井寺, 小貫, 田ヶ谷にかけて分布し, 米倉の南から油山寺付近までは砂層からなり, 岡津の北から南東では泥層または泥勝ち砂泥互層からなる。この泥層または泥勝ち砂泥互層には多数の火山灰層が挟在し, 長谷から岩井寺の北にかけて連続する結縁寺奥火山灰層(茨木, 1986 の高御所火山灰層に一部相当)は, 岩井寺の北で下位の PH2 にダウンラップして, その南では認められない。その上位に挟在する貝ヶ沢池Ⅲ火山灰層(小貫Ⅳ火山灰層および正一位稲荷火山灰層)は岩井寺の南にある貝ヶ沢池から田ヶ谷まで連続し, 田ヶ谷の南で下位の上内田層にダウンラップする。

PH4: 萱間から春岡, 村松, 領家, 南西郷の南, 岩井寺の西, 上土方落合の西, 下土方, 東大坂にかけて分布する。萱間から村松付近までは砂層からなり, それには層厚 40m の春岡火山灰層が挟在する。領家から南東側の地域では岩相は泥勝ち砂泥互層または泥層となる。春岡火山灰層は, 茨木(1986)の曽我火山灰層にほぼ相当する火山灰層で, 領家付近から岩井寺の南西までは確認で

きないが, 上土方落合の西から下土方の地域に分布する層厚 50cm の北Ⅰ火山灰層(城東Ⅴ火山灰層)に同定される。北Ⅰ火山灰層の付近の層準には上土方Ⅰ火山灰層はじめ多数の火山灰層が挟在する。

PH5: 領家の南から岩井寺の西, 入山瀬, 上土方嶺向, 三井にかけて分布する。領家の南ではシルト質砂層の上位に砂層が分布し, 基底付近のシルト質砂層中に下位の PH4 の春岡火山灰層から再堆積したと思われるパミスが点在する。入山瀬から南では泥層が分布し, 渡辺池火山灰層や今滝火山灰層, 大坂火山灰層などの多数の火山灰層が挟在する。

PH6: 上土方嶺向の西にある高天神山の北側と南側に分布し, 泥層からなる。このパラシーケンスセットは後述する亀尾(1998)の生層序層準および石田ほか(1980)の磁極帯区分を参考に設定した。

浮遊性有孔虫化石の産出特徴と生層序層準

上内田, 細谷, 宇刈, 結縁寺, 土方の5つ地域で, 掛川層群上部層の浮遊性有孔虫化石の産出特徴を調査した。各地の試料採取地点を Fig. 4 に示す。採取した試料は, 破碎した後に試料 100g をナフサ法で処理し, 200 メッシュのふるいで水洗し, その残渣から無作為に有孔虫化石を 300~400 個体摘出し, 種を同定した。

上内田地域の試料採取地点は, 菊川市西部に位置し, 層準的には上内田層に相当し, 下位から KU-01~KU-09 の9地点である。細谷地域の試料採取地点は, 掛川市森平の北西(いこいの広場)付近に位置し, HS-01 は大日層で HS-02 と 03 は土方層に相当する, またこの付近で行われた気象庁のボーリングコアから試料を採取した。ボーリングコアにおける試料採取層準は, 大日層の PD3 の基底から上位に 40m の範囲で, 下位から IE01~IE13 までの13地点である。宇刈地域では土方層の PH1 のほぼ基底部にあたる UK01 で試料を採取した。結縁寺地域の試料採取地点は, 掛川市南郷から結縁寺にかけて位置し, 下位から KT01~KT03 が大日層で, KT04~KT16 が土方層にあたる16地点である。土方地域の試料採取地点は, 掛川市南部(旧大東町)に位置し, すべて土方層に相当し, 下位から HJ-01~HJ-12 までの12地点である。

上内田層から土方層までの掛川層群上部層から産する浮遊性有孔虫化石については, *Globigerina prae-bulloides*, *Neogloboquadrina pachyderma* の右巻き個体, *Globigerinita glutinata* が全般を通じて多く産出し, *Globigerina falconensis*, *Globigerina rubescens*, *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinoides ruber*, *Globorotalia inflata*, *Globigerinella obesa* などが全般にわたり産出する。大日層については, 露頭の試料では有孔虫化石の保存が悪く, 本稿では限られたパラシーケンスセットからの化石の産出しか報告できない。Fig. 5 に産出した浮遊性有孔虫化石の代表的な種の写真を示す。各地域の試料採取点を層序順に並びかえて, 生層序学的に重要な浮遊性有孔虫種の産出状況と生層序層準を Fig. 6 に示した。ここで示した生層序層準について下位から述べる。

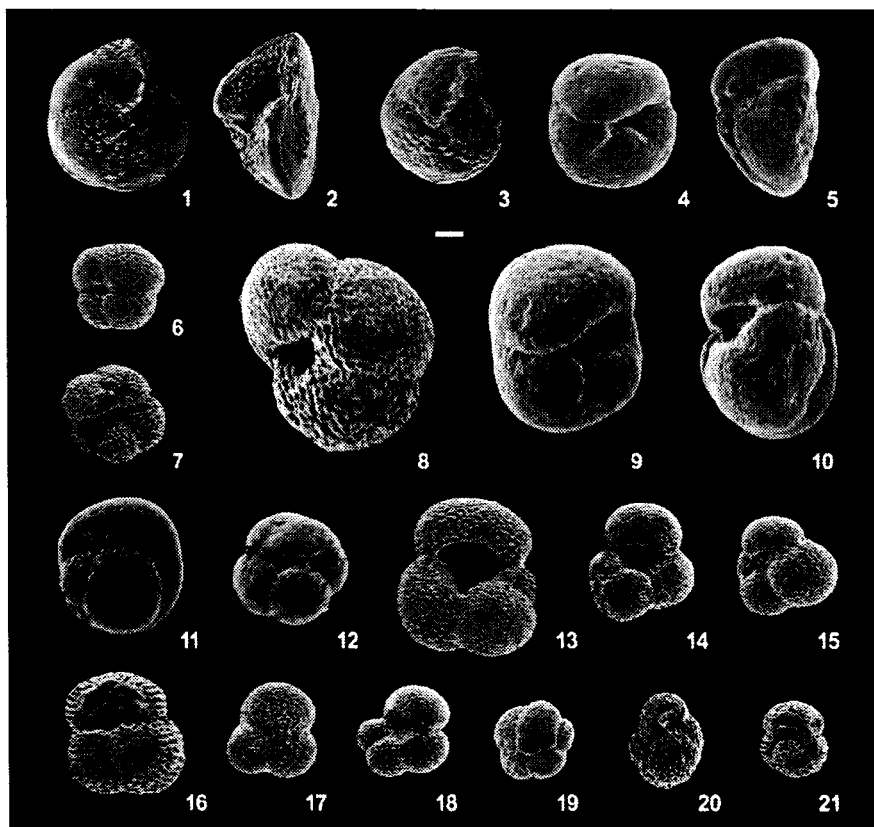


Fig. 5 SEM microphotographs of the representative planktonic foraminifera for biostratigraphic horizon of the Upper Kakegawa Group. Scale bar shows 100 μ m. 1 and 2: *Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny) from UK01 (1:Umbilical view, 2:Side view), 3: *Globorotalia tosaensis* Takayanagi and Saito from KT04 (Umbilical view), 4 and 5: *Globorotalia puncticulata* (Deshayes) from KT02 (4:Umbilical view, 5:Side view), 6: *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) from KU01 (Umbilical view), 7: *Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny) from IE01 (Umbilical view), 8: *Neogloboquadrina pachyderma asanoi* (Maiya, Saito and Sato from KT03 (Umbilical view), 9 and 10: *Globorotalia inflata* (d'Orbigny) from KU01 (9:Umbilical view, 10:Side view), 11: *Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones) from KT15 (Umbilical view), 12: *Pulleniatina primalis* Banner and Blow from KT01 (Umbilical view), 13: *Globigerina bulloides* d'Orbigny from IE02 (Umbilical view), 14: *Globigerina praebulloides* Blow from KU05 (Umbilical view), 15: *Globigerina falconensis* Blow from IE01 (Umbilical view), 16: *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) from KU02 (Umbilical view), 17: *Globigerinita glutinata* (Egger) from KT15 (Umbilical view), 18: *Globigerinella obesa* (Bolli) from KT15 (Umbilical view), 19: *Globigerina quinqueloba* Natland from KU02 (Umbilical view), 20: *Globigerina decoraperta* Takayanagi and Saito from KT02 (Umbilical view), 21: *Globigerina rubescens* Hofker from KU02 (Umbilical view).

Pulleniatina 属の右から左巻き変換層準:掛川層群上部層において *Pulleniatina* 属の産出は多くはないが、上内田層の五百済火山灰層の上位にあたる KU05 では右巻き個体が産し、東平尾火山灰層の上位にあたる KU09 で左巻き個体が確認できた。その上位の大日層の PD1 でも左巻き個体は確認できたが、その上位の PD3 では右巻き個体が産した。

Globigerina decoraperta の初産出層準:*G. decoraperta* が最初に産出するのは KT01 であり、その上位に連続して産出が認められる。この初産出層準は大日層の PD2 に含まれる。

Globorotalia puncticulata の最終産出層準:*G. puncticulata* は上内田層で連続的に認められ、大日層の PD2 でも産出し、その上位で確認されない。*G. puncticulata* の最終産出層準は大日層の PD2 中にある。

Neogloboquadrina pachyderma asanoi の最終産出層準:*Neogloboquadrina pachyderma asanoi* は上内田層で連続的に認められ、大日層の PD2 まで産出し、その上位では産出しない。*N. pachyderma asanoi* の最終産出層準も *G. puncticulata* と同様に大日層の PD2 中にある。

Globigerina bulloides の初産出層準:*G. bulloides* が最初に産出するのは細谷地域のボーリングコアの IE02 で、それは大日層の PD3 の基底付近にあたり、その上位ではほぼ連続的に産出する。

Neogloboquadrina dutertrei の初産出層準:*N. dutertrei* が最初に産出するのは細谷地域のボーリングコアの IE01 で、*G. bulloides* と同様に大日層の PD3 の基底付近にあたり、その上位でもほぼ連続的に産出する。

Globorotalia truncatulinoides の初産出層準:*G. truncatulinoides* が最初に産出する層準は、宇刈の土方層基底にあたる UK01 からである。*G. truncatulinoides* が最初に産出する層準を地域ごとにみると、宇刈では PH1 の基底、細谷地域と結縁寺地域ではほぼ PH2 の基底、土方地域では PH3 の基底にあり、それらは各地域での土方層の基底にあたる層準である。また、*G. truncatulinoides* は、PH2 と PH3 の間ではその先祖型の *Globorotalia tosaensis* とともに産出する傾向が認められる。

Globorotalia tosaensis の最終産出層準:*G. tosaensis* は、結縁寺地域の KT11 まで産出するが、その上位では産出が認められない。したがって、*G. tosaensis* の最終産出層

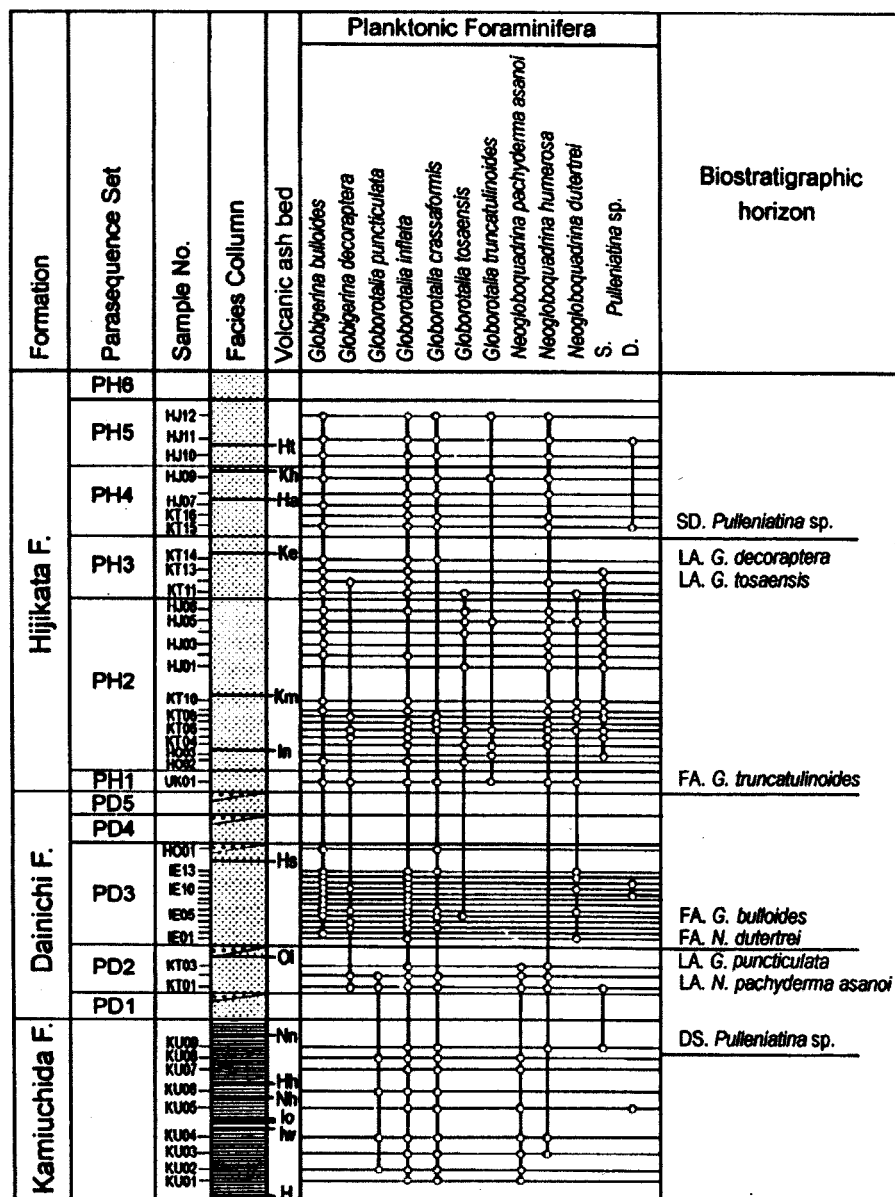


Fig. 6 Stratigraphic distribution of selected planktonic foraminiferal species and the biostratigraphic horizons in the Upper Kakegawa Group. Volcanic ash beds are shown by the initial and the names are showed in the caption of Fig. 3 without H (Hotta). S: Sinistrally coiled of *Pulleniatina* sp., D: Dextrally coiled of *Pulleniatina* sp. SD: From Sinistrally to dextrally coiled, DS: From Dextrally to sinistrally coiled, FA: First appearance, LA: Last appearance.

準は土方層の PH3 の中にある。なお、*G. tosaensis* の初出現層準は本稿では PD3 であるが、茨木(1986)などにより本稿の掛川層群下部層からの産出が知られている。

Globigerina decoraptera の最終産出層準: *G. decoraptera* は、大日層の PD3 の基底付近で最初に産出し、結縁寺地域の KT12 で産出してその上位からは産出しない。*G. decoraptera* の最終産出層準は土方層の PH3 の中にある。

Pulleniatina 属の左から右巻き変換層準: 土方層に認められる *Pulleniatina* 属の左から右巻きへ変換する層準は、結縁寺地域の KT13 と KT15 の間にある。結縁寺地域と土方地域で見ると、土方層の PH2~PH3 に含まれる *Pulleniatina* 属はほぼ連続的に産してすべてが左巻き個体であるが、PH4 より上位では *Pulleniatina* 属の産出はまばらになり、産出する 2 点ですべて右巻きである。このことから、*Pulleniatina* 属の左巻き個体が優勢な層準は土方層の PH4 の基底より下位であり、その上位からは右巻き個体が優勢になると考えられる。

生層序層準と堆積体およびパラシーケンス境界

掛川層群から産出する浮遊性有孔虫化石の研究には、Saito(1963), 両角(1972), 加藤(1973), Oda(1977), Ibaraki and Tsuchi(1974, 1976, 1979), 茨木(1986), Ibaraki(1986), 柴ほか(1998)などがある。茨木(1986)と Ibaraki(1986)は、倉真層群から曾我層群(本稿の掛川層群土方層上部に相当)までに 23 の生層序基準面(Datum)を設定し、本稿の掛川層群上部層相当層では、西平尾火山灰層の上位にある *Pulleniatina* 属の殻の巻き方向が右から左に変換する層準を Datum 20, *G. truncatulinoides* の初出現層準を Datum 21, その上位で *Pulleniatina* 属の殻の巻き方向が左から右に変換する層準を Datum 23 と定義し、各 Datum の同一時間面を地質図上に線として表わした。また、Ibaraki(1986)では、Datum 20 を 2.0Ma, 21 を 1.9Ma, 23 を 1.6Ma と推定した。

掛川層群の軟体動物化石による生層序としては、槇山(1941)と Tsuchi(1961)により、遠江階、周智階、結縁寺

階、油山寺階という階名が使用されてきた。それらを本稿の層序と対比すると、遠江階は主に大日層より下位の地層にあたり、周智階は大日層、結縁寺階は土方層下部、油山寺階(曾我層群)は土方層上部にほぼ相当する。油山寺階の下底は、本稿のパラシーケンス境界と一致しない部分もあるが、ほぼ PH4/PH3 境界付近にあたる。

以下に、従来の研究で提案されてきた生層序基準面および本稿における生層序層準が、堆積体およびパラシーケンスセットである堆積層序とどのような関係にあるかを検討する。

1. *Pulleniatina* 属の右から左巻き変換層準

Pulleniatina 属の殻の巻き方向が右から左に変換する層準である茨木(1986)の Datum 20 は、本稿でも上内田地域の東平尾火山灰層の上位で確認できた。茨木(1986)は Datum 20 を本稿の大日層分布地域でも確認しているが、東平尾火山灰層およびその下位の西平尾火山灰層は本稿の上内田層中に挟在する火山灰層であり、その上位の大日層には存在しない。したがって、大日層にみられる *Pulleniatina* 属の殻の巻き方向が右から左に変換する層準は Datum 20 とは別の層準と思われる。また、本稿では、大日層の PD3 のコアセクションから *Pulleniatina* 属の右巻き個体を確認しているが、大日層の中からは *Pulleniatina* 属の個体があまり産出しないことから、大日層中での *Pulleniatina* 属の殻の巻き方向変換層準の層位についての詳細は不明である。

2. *Globorotalia truncatulinoides* の初出現層準

G. truncatulinoides の初出現は、Berggeren *et al.* (1995)によれば、温帯-亜極帯域で少し遅れるが、ほとんどの亜熱帯域で Olduvai Subchron (2Cn)の基底の直下にあるとしている。

茨木(1986)は、*G. truncatulinoides* が最初に出現する層準を Datum 21 とした。本稿では *G. truncatulinoides* が最初に産出する層準は、宇刈地域では PH1 の基底、細谷地域と結縁寺地域で PH2 の基底、土方地域では PH3 の基底にあり、それはそれぞれの地域での土方層の基底とほぼ一致する。茨木(1986)によれば、Datum 21 は細谷火山灰層の直下数 m の層位にあり、南から田ヶ池、小貫、大谷、森平の各断面で確認できている。

従来の掛川層群の研究者の多くが、Tsuchi(1961)の見解に従い細谷火山灰層を掛川市南部地域の本稿の土方層分布域に連続させている。しかし、細谷火山灰層は大日層の PD3 に挟在する火山灰層であり、掛川市南部地域に分布する土方層に挟在する火山灰層は細谷火山灰層と異なる火山灰層である(柴ほか, 2000)。

茨木(1986)の Datum 21 の分布を見ると、森平と大谷では Datum 21 は PH2 の基底に、小貫と田ヶ池では PH3 の基底にあたり、本稿の結果と同様に *G. truncatulinoides* の最初に産出する層準は土方層の基底とほぼ一致する。すなわち、Datum 21 は *G. truncatulinoides* が発生した同一時間面ではなく、*G. truncatulinoides* が発生する前に堆積した地層(大日層または上内田層)と発生した後に堆積した地層(土方層)との各地域での堆積境界面(土方層基

底面)にあたる。

土方層は高海水準期堆積体に相当し、その境界面は陸側で最大氾濫面に、沖側ではダウンラップ面にあたる。すなわち、土方層は沖側では南側にダウンラップしながら堆積しているため、より南側に分布する土方層基底面の上位の地層はより新しい時代に堆積したことになり、茨木(1986)の Datum 21 を同一時間面としてとらえることはできない。

Shibata *et al.* (1984)では、細谷火山灰層のフィッシュトラック年代値を $1.9 \pm 0.4 \text{ Ma}$ としたが、この年代値を測定した火山灰層は大日層の細谷火山灰層ではなく、西村(1977)が掛川市亀の甲に分布する火山灰層から採取した試料(西村, 1975)であり、その火山灰層は土方層の PH2 に挟在する亀の甲火山灰層の可能性はある。

亀尾(1998)は、小貫の北の試料採取地点 NHR12 と NHR13 との間に石灰質ナンノ化石の *Discoster brouweri* の絶滅を認め、この化石基準面は NN9 帯および CN13 帯の下限を規定するとした。この化石基準面は、本稿の層準でみると土方層の PH2 と PH3 の境界にあたる。また、Yoshida and Niitsuma(1976)は古地磁気層序の研究から、小貫付近の層準(採取地点 ON1~ON7)で認められる正磁極帯を 2Cn に対比した。採取地点 ON1~ON7 の層準は本稿の PH3 の分布域のほぼ下限から上限の範囲にあたる。

掛川層群上部層における *G. truncatulinoides* の最初の産出層準は、土方層の最下部にあたる PH1 のほぼ基底にある。*G. truncatulinoides* の初出現層準が 2Cn の基底直下(Berggeren *et al.*, 1995)であるならば、おそらく Yoshida and Niitsuma(1976)が正磁極帯とした PH3 だけでなく、PH1 のすべてまたは一部と PH2 も正磁極帯に含まれると推定される。Ogg and Smith(2004)によれば、2Cn は $1.778 \sim 1.945 \text{ Ma}$ の年代値が示されていることから、土方層の最下部(PH1)の基底は 1.95 Ma 付近の年代値が相当と考えられる。

3. *Pulleniatina* 属の左から右巻き変換層準

茨木(1986)は、*Pulleniatina* 属の殻の巻き方向が左から右へ 100%変わる層準を Datum 23 とし、川久保、土方、日向ヶ谷、岩井寺、結縁寺、高御所の各断面で確認した。本稿の結果でもこの層準は、土方層の PH4 の基底付近と考えられる。茨木(1986)の結果をもとに Datum 23 の層準を検討すると、それは春岡火山灰層(北 I 火山灰層)が挟在する PH4 の基底に相当する。PH4 には、北 I 火山灰層の上位に上土方 I 火山灰層が挟在する。上土方 I 火山灰層は里口ほか(1999)によれば、猿丸層の T4 火山灰層、魚沼層群の SK110 火山灰層、上総層群の Kd25 火山灰層に対比される。

亀尾(1998)は、PH4 中の春岡火山灰層の層準付近(採取地点 NHR15/NHR16)で、*Gephyrocapsa caribbeanica* の出現を認め、この基準面が Sato and Takayama(1992)の化石基準面 12(CN13a 亜帯の上限)とした。また、*Gephyrocapsa oceanica* の出現を春岡火山灰層の少し上位の層準付近(採取地点 NHR16/NHR17)と上土方 I 火山灰層の少し上位の層準(採取地点 OSK3/OSK2)で認

め、化石基準面 11 とした。高山ほか(1995)に従うと、その年代値は化石基準面 12 が 1.72Ma で、11 が 1.65Ma にあたる。佐藤ほか(1988)によれば、*G. oceanica* の出現は上土方 I 火山灰層が対比される上総層群の Kd25 火山灰層の直下にあるとされる。

Lourens *et al.* (2004)によれば、更新統の基底は南イタリアの Vrica セクションの腐泥炭層“e”を覆うマールの基底、ほぼ 2Cn の上限の直上にあたり、古生物学的にはその下位に *Discoster brouweri* の絶滅層準(CN13 帯の基底)があり、その直上に *Gephyrocapsa oceanica* の初出現と *Neogloboquadrina pachyderma* の左巻き個体の出現があり、更新統の基底の年代値を 1.806Ma としている。

本稿の *Globigerina decoraperta* の最終産出層準は土方層の PH3 の中にあり、Kennett and Srinivasan (1983)によれば *G. decoraperta* の生存範囲は後期鮮新世までで更新世には出現しないとされる。土方層の PH4 の基底は、2Cn の上限の直上にあり、*Discoster brouweri* の絶滅層準の上位にあたり、PH4 中に *Gephyrocapsa oceanica* の最初の出現が認められる。また、PH4 の基底は、掛川層群においては *Neogloboquadrina pachyderma* の左巻き個体の出現ではなく、*Pulleniatina* 属の殻の巻き方向が左から右へ変換する層準として特徴をもつ。したがって、これらの古生物学的および磁極帯の特徴から、土方層の PH4 の基底が掛川層群における更新統模式地の基底と対比される。ただし、掛川層群上部層の更新統基底は 2Cn に含まれないことから、PH4 の最下部の年代値は 1.778Ma 以降と考えられる。

4. 大型の *Gephyrocapsa* 属の初出現層準

亀尾(1998)は、採取地点 OSK5/OSK4 の間で大型の *Gephyrocapsa* 属の初出現を認め、この基準面が Sato and Takayama (1992) の化石基準面 10 に相当するとして、高山ほか(1995)に従いその絶対年代値を 1.44Ma とした。採取地点 OSK5 の層準は本稿の土方層 PH5 の基底付近にあたり、PH5 は 1.44Ma 以降に堆積したと考えられる。また、PH5 は次に示す大型の *Gephyrocapsa* 属の絶滅層準を含まないことから堆積期間が 1.2Ma までおよばなかったと考えられる。

5. 大型の *Gephyrocapsa* 属の最終出現層準

亀尾(1998)は採取地点 OSK13/OSK12 の間で、大型の *Gephyrocapsa* 属の絶滅を認め、この基準面が Sato and Takayama (1992) の化石基準面 8 に相当するとして、高山ほか(1995)に従いその絶対年代値を 1.2Ma とした。採取地点 OSK13 の層準は本稿の土方層 PH6 の基底付近にあたり、PH6 は 1.2Ma 以降に堆積したと考えられる。また、石田ほか(1980)は、高天神の北側の泥層が正磁極帯を示すとして Jaramillo Subchron (C1r1n) に相当するとした。C1r1n は 1.07~0.99Ma (Gibbard and Kolfshoten, 2004) にあたり、PH6 が正磁極帯 C1r1n に含まれるとすると、このパラシーケンスセットは 1.07~0.99Ma の間に堆積したと考えられる。

時間層序断面における生層序層準

Haq *et al.* (1987) のシーケンス層序モデルでは、海水準

変動にともない地層が形成される際に、下位から順に低海水準期堆積体、海進期堆積体、高海水準期堆積体の 3 つの堆積体が識別される。海進期堆積体を容易に識別できる浅海域で堆積した地層の場合、シーケンス層序モデルに適応させて海水準の相対的変動やそれに伴う堆積作用と地層の形成様式を明らかにできる。しかし、海進期堆積体が明瞭でない沖合域で堆積した地層においては、海進期堆積体を間に挟まずに低海水準期堆積体の上位に高海水準期堆積体が直接重なるため、同様の岩相の一見整合関係にある地層の連続の中に堆積体の境界が隠されて認識されない場合が多い。

微化石による生層序区分や磁極帯区分の研究では、一般に沖合相の岩相変化の少ない、整合的に重なる連続した地層から試料が採取される場合が多い。しかし、これら一見整合的に重なる地層の間に、上に述べた低海水準期堆積体と高海水準期堆積体の境界やパラシーケンスセットの境界などの堆積境界面があった場合、それら連続する地層の中に時間間隙が存在することになる。そのような場合、あるタクサの発生または絶滅で定義される生層序層準(基準面)や磁極帯の上下の境界を、時間面とすることができない場合が生じる。

前節で述べた茨木(1986)が Datum 21 とした *G. truncatulinoides* の初出現層準は、高海水準期堆積体である土方層基底の最大氾濫面またはダウンラップ面に相当し、茨木(1986)や亀尾(1998)の他の生層序基準面も同様に、それぞれの種や形態が発生ないし絶滅した時間面ではなく、堆積体やパラシーケンスセットの堆積境界面に他ならない。

Fig. 7 に掛川層群上部層の時間層序断面を示す。この図は、Vail *et al.* (1977)や Haq *et al.* (1987)の方法で、各パラシーケンスセットが堆積したと推定される堆積時間をもとに Fig. 3 の柱状図から作成したもので、各パラシーケンスセットが時間軸に沿ってどのようにどこに堆積したか、また各パラシーケンスセットの間にどれだけの堆積間隙があるかを示している。

この図から、上内田層に土方層が直接重なる掛川市高瀬から南の地域(断面線の L 以南)では、土方層基底と上内田層最上部との時間間隙は大日層の堆積期間にあたる約 0.3Ma あることになる。また、各パラシーケンスセットの間でも、層準によりまた場所により堆積間隙が大きいところが生じている。

従来掛川層群で行われてきた生層序学的研究については、生層序層準(基準面)をある種が発生または絶滅した時間面としてとらえる傾向が強かった。しかし、Fig. 7 で明らかなように掛川層群で認められる生層序層準はそのような時間面ではなく、堆積体やパラシーケンスセットの堆積境界面に相当する。

生層序層準は、生物の生存期間などを用いて地層を区分する境界であるが、地層を区分する限り、生物の生存期間もその重要な要素であるが、その地層の堆積期間が一義的にその地層の上下の時間範囲を規定することになる。そのため、従来認識されてきた Datum とされる生層序基準面または生層序層準の多くは、生物の生存期間

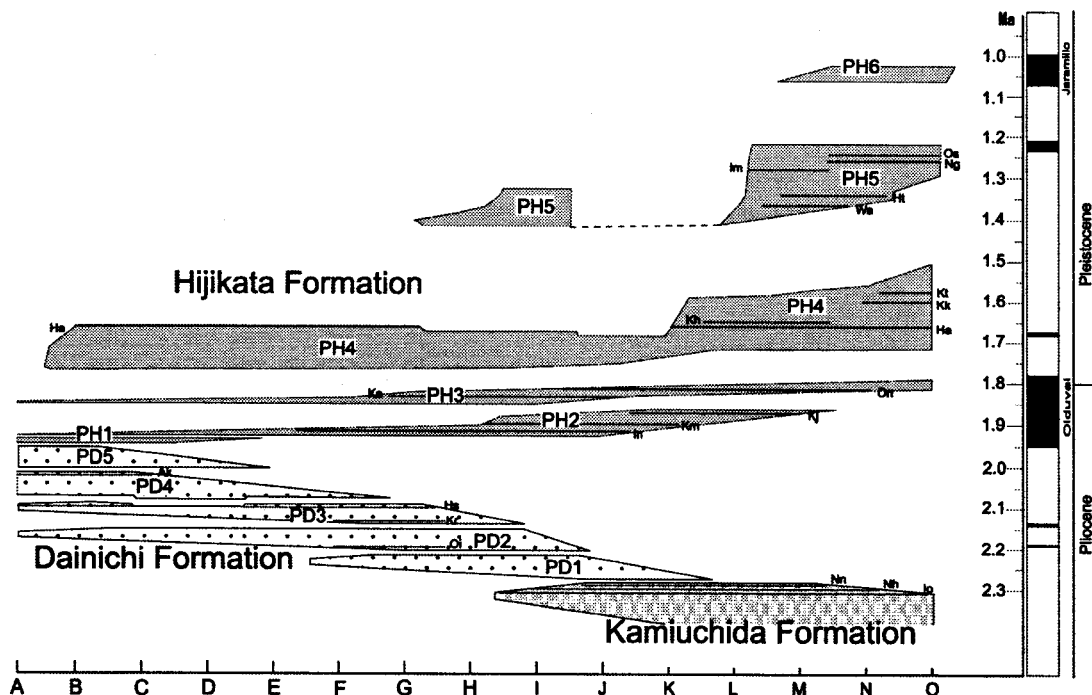


Fig. 7 Depositional section of the formations (systems tracts) including their parasequence sets in the Upper Kakegawa Group plotted against geological time. A-O: Locations of the geological columns. Volcanic ash beds are showed by the initial and the names are showed in the caption of Fig. 3.

全体の下限(発生)または上限(絶滅)を示す時間面でない可能性がある。

したがって、生層序層準はまず地域的な堆積境界面として認識すべきであり、堆積境界面という認識のもとに推定される生物の生存期間を用いて広域地層対比などに利用されるべきである。

岩相変化や挟在する火山灰層が少ない沖合相の整合的に連続する地層間では、堆積体やパラシーケンス境界を認識するのに、生層序層準や磁極帯境界はひとつの重要なマーカーとなる。なぜならば、上下の地層間で生物群集が変化することは、その境界において急激な環境変化があったことを意味し、それが堆積間隙や削剥の結果によって生じた可能性が示唆されるからである。その意味で、上内田層に認められた *Pulleniatina* 属の右から左巻きへの変換層準は、上内田層におけるひとつのパラシーケンスセットの境界である可能性もある。

まとめ

掛川層群は、日本の太平洋岸における鮮新-更新統の模式地のひとつとされ、菊川市と掛川市を中心に分布する。掛川層群の層序については各研究者で異なり、各層準の層位や層序関係が必ずしも明確ではなかった。本稿では、掛川層群上部層を海進期堆積体を挟むひとつの第3オーダーのシーケンスセットと考え、下位から上内田層、大日層、土方層に区分した。また、岩相変化と挟在する火山灰層をもとに、海進期堆積体である大日層を下位からPD1~PD5の5つパラシーケンスセットに、その上位の高海水準期堆積体である土方層を下位からPH1~PH6の6つのパラシーケンスセットに区分した。

このような堆積体およびパラシーケンスセットと、従来の古生物学的研究および本稿で明らかにした浮遊性有孔虫化石の生層序層準との関係から、以下のような結果を得た。

G. truncatulinoides の初出現層準は土方層の PH1 の基底、すなわち土方層の最下部の基底にあたり、その層準は Olduvai Subchron の下限ないし直下にあたると考えられる。また、*G. truncatulinoides* の初出現層準は下位の地層に対してダウンラップする土方層基底面にあたり、南側ほど新しい時代に堆積した。*Pulleniatina* 属の左から右巻きへの変換層準は土方層の PH4 の基底面にあたり、掛川層群における更新統の基底にあたる。大型の *Gephyrocapsa* 属の初出現層準と最終出現層準は、それぞれ PH5 の基底と PH6 の基底にあたり、PH5 は 1.44Ma ~ 1.2Ma の間に、PH6 は 1.07 ~ 0.99Ma の間に堆積したと考えられる。

これらのことから、従来掛川層群上部層で認められた生層序層準または生層序基準面の多くは、ある生物が発生または絶滅した時間面ではなく、堆積体やパラシーケンスセットの堆積境界面に相当する。

文献

- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. III, Aubry, M-P., 1995, A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. SEPM Special Publication, 54, 129-212.
- Chinzei, K. and Aoshima, M., 1976, Marine thermal structure of the Plio-Pleistocene warm water in Central Japan. Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II, 19, 179-203.
- 千谷好之助, 1928, 遠州国相良, 掛川附近第三紀層に就て. 地学雑, 38, 84-89.

- 千谷好之助, 1931, 静岡地質説明書, 48 p., 東京地質会.
- Gibbard, P. and Van Kolfshoten, T., 2004, The Pleistocene and Holocene Epochs. In Gradstein F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. G. eds.: A Geologic Time Scale 2004, 409-440, Cambridge Univ. Press.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R., 1987, Chronology of Fluctuating Sea Levels Since the Triassic. *Science*, 235, 1156-1166.
- 茨木雅子, 1986, 掛川層群の浮遊性有孔虫生層序基準面とその岩相層序との関係. *地質雑*, 92, 119-134.
- Ibaraki, M., 1986, Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Kakegawa area on the Pacific coast of Central Japan, *Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ.*, 20, 39-173.
- Ibaraki, M. and Tsuchi, R., 1974, Planktonic Foraminifera from the Upper Part of the Kakegawa Group and Soga Group, Shizuoka Prefecture, Japan. *Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ.*, 9, 115-130.
- Ibaraki, M. and Tsuchi, R., 1976, Planktonic foraminifera from the lower part of the Kakegawa Group, Shizuoka Prefecture, Japan. *Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ.*, 11, 161-178.
- Ibaraki, M. and Tsuchi, R., 1979, Planktonic foraminifera from the Tamari Formation in the late Neogene Series of the Kakegawa district, Shizuoka prefecture, Japan. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, 13, 129-146.
- Ishibashi, M., 1989, Sea-level controlled shallow-marine systems in the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Shizuoka, Central Honshu, Japan: Comparison of transgressive and regressive phases. In Taira, A and Masuda, F. eds.: *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin*, 345-363, Terra Scientific Pub. Com., Tokyo.
- 石田志朗・牧野内猛・西村 昭・竹村恵二・壇原 徹・西山幸治・竹田 明, 1980, 掛川地域の中部更新統, 第四紀研究, 19, 133-147.
- 亀尾浩司, 1998, 石灰質ナノ化石からみた掛川上部新第三系・第四系層序—満水層の層位的位置について—. *地質雑*, 104, 672-686.
- 加藤道雄, 1973, 掛川層群の微化石層位学的研究. *地質雑*, 79, 263-276.
- Kennett, J. P. and Srinivasan, S., 1983, Neogene Planktonic Foraminifera, A Phylogenetic Atlas, Hutchinson Ross Publishing Company, Pennsylvania, 265p.
- 横山次郎, 1925, 遠江掛川付近第三紀層の層序, *地球*, 3, 569-576.
- 横山次郎, 1928a, 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて(一), *地球*, 9, 23-35.
- 横山次郎, 1928b, 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて(二), *地球*, 9, 100-118.
- 横山次郎, 1941, 大井川下流地方第三系層序及び地質構造. 矢部長克教授還暦記念祝賀講演録, 1-13.
- 横山次郎, 1950, 日本地方地質誌中部地方. 朝倉書店, 東京, 233p.
- 横山次郎, 1963, 掛川地方地質図説明書, 地質調査所, 30p.
- Makiyama, J., 1927, Molluscan fauna of the lower part of the Kakegawa Series in the province of Totomi, Japan. *Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., Ser. B.*, 3, 1-147.
- Makiyama, J., 1931, Stratigraphy of the Kakegawa Pliocene in Totomi. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B.*, 7, 1-53.
- 横山次郎・坂本 享, 1957, 5万分の1地質図幅「見付・掛塚」および同説明書. 地質調査所, 50p.
- Masuda, F. and Ishibashi, M., 1991, Onlap and downlap patterns in a depositional sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group in Japan. *Jour. Sed. Soc. Japan*, 34, 75-78.
- 両角芳郎, 1972, 掛川層群の浮遊性有孔虫化石層序. 大坂市立自然科学博物館研究報告, 26, 1-9.
- 西村 進, 1975, テフクロノロジーへのフィッショントラック法の適用. *九十九地学*, 10, 1-8.
- 西村 進, 1977, フィッショントラック法による火山灰年代決定の再検討. *日本地質学会関西支部報*, 80, 8.
- Nobuhara, T., 1993, The relationship between bathymetric depth and climate change and its effect on molluscan faunas of the Kakegawa Group, central Japan. *Trans. Proc. Palaeont. N. S.*, 170, 159-185.
- Lourens, L., Hilgen, F., Shackleton, N. J., Laskar, J. and Wilson, D., 2004, The Neogene Period. In Gradstein F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. G. eds.: A Geologic Time Scale 2004, 409-440, Cambridge Univ. Press.
- Oda, M., 1977, Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Cenozoic sedimentary sequence, Central Honshu, Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep.*, 2nd, ser. (Geol.), 48, 1-72.
- Ogg, J. G. and Smith, A. G., 2004, The geomagnetic polarity time scale. In Gradstein F. M., Ogg, J. G. and Smith, A. G. eds.: A Geologic Time Scale 2004, 63-86, Cambridge Univ. Press.
- 酒井哲弥・増田富士雄, 1992, 鮮新-更新統掛川層群の沿岸～大陸棚相にみられるパラシーケンス. *堆積学研究会報*, 36, 19-24.
- Sakai, T. and Masuda, F., 1995, Sequence stratigraphy of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Shizuoka, Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, 45, 154-169.
- Saito, T., 1963, Miocene planktonic Foraminifera from Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ.*, 2nd, Ser. (Geol.), 35, 123-209.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗, 1988, 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序その 4: 総括—太平洋側および鮮新/更新統境界の模式地との対比. *石油技術協会誌*, 52, 231-242.
- Sato, T. and Takayama T., 1992, A stratigraphically significant new species of the calcareous nannofossil *Reticulaofenestra asanoi*. In Ishizaki, K. and Saito, T. eds.: *Centenary of Japanese Micropaleontology*, Terra Scientific Publ., 457-460.

- 里口保文・長橋良隆・黒川勝己・吉川周作, 1999, 本州中部に分布する鮮新-下部更新統の火山灰層, 地球科学, 53, 275-290.
- 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, 374p.
- 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, 静岡県榛原郡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・惣塚潤一・山田 剛・東元正志・菊池正行・小坂武弘, 1998, 静岡県榛原郡地域の相良層群と掛川層群の浮遊性有孔虫生層序, 地球科学, 51, 263-278.
- 柴 正博・渡辺恭太郎・横山謙二・佐々木昭仁・有働文雄・尾形千里, 2000, 掛川層群上部層の火山灰層. 東海大学博物館研究報告「海・人・自然」, 2, 53-108.
- Shibata K., S. Nishimura and K. Chinzei, 1984, Radiometric dating related Pacific Neogene Planktonic datum planes. In Ikebe N. and R. Tsuchi eds.: Pacific Neogene Datum Planes - Contributions to Biostratigraphy and chronology -, Univ. Tokyo Press., 85-89.
- 高山俊昭・佐藤時幸・亀尾浩司・後藤登美子, 1995, 第四系石灰質ナンノ化石層序と鮮新統/更新統境界の年代値. 第四紀研究, 34, 157-170.
- Tsuchi, R., 1961, On the late Neogene sediments and molluscs in the Tokai region with notes on the geologic history of the Pacific coast of southwest Japan. Japanese Jour. Geol. Geog., 32, 437-456.
- Tsukawaki, S., 1994, Depositional environments of the Sagara and Kakegawa Groups (Middle Miocene-Early Pleistocene), and the evolution of the sedimentary basin, Central Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.), 63, 1-38.
- 氏家 宏, 1958, 相良・掛川堆積盆地の地質構造. 日本地質学会第65年総会, 日本第三系シンポジウム討論会資料, 1-7.
- Ujiie, H., 1962, Geology of Sagara - Kakegawa sedimentary basin in Central Japan, Sci. Rep. Tokyo Kyoiku-Daigaku, 8, 123-188.
- Vail, P. R., Mitchum, R. M. Jr. and Thompson, S., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 3: Relative changes of sea level from coastal onlap. In Payton, C. E., ed: Seismic Stratigraphy - applications to hydrocarbon exploration, AAPG, Mem, 26, 63-81.
- Van Wagoner, J. C., Posamentier, H. W., Mitchum, R. M., Vail, P. R., Sarg, J. F., Loutit, T. S. and Hardenbol, J., 1988, An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In Wilgus C. K., Hastings, B. S., Kendall, C. G. St. C., Posamentier, H. W., Ross, C. A. and Van Wagoner, J. C. eds: Sea Level Changes: An Integrated Approach, SEPM, Spec. Publ., 42, 39-45.
- Yoshida, K. and Niitsuma, M., 1976, Magnetostratigraphy in the Kakegawa district. In Tsuchi, R. ed.: Neogene geology of the Kakegawa district. 1-CPNS, Guidebook for Excursion 3, Kakegawa district, 54-59.

柴 正博・横山謙二・赤尾竜介・加瀬哲也・真田瑠美・柴田早苗・中本武史・宮本綾子: 掛川層群上部層におけるシーケンス層序と生層序層準
SHIBA Masahiro, YOKOYAMA Kenji, AKAO Ryusuke, KASE Tetsuya, SANADA Rumi, SHIBATA Sanae, NAKAMOTO Takeshi and MIYAMOTO Ayako: Sequence stratigraphy and biostratigraphic horizon in the Upper Kakegawa Group

要 旨

掛川層群上部層は第3オーダーのシーケンスセットと考えられる。それは下位から上内田層, 大日層, 土方層に分けられる。岩相変化と挟在する火山灰層をもとに, 大日層をPD1~PD5の5つのパラシーケンスセットに, 土方層をPH1~PH6の6つのパラシーケンスセットに区分した。*Globorotalia truncatulinoides*の初出現層準はPH1に認められ, それはすなわち土方層の最下部である。土方層における右巻き*Pulleniatina*の初出現層準は土方層のPH4の基底面に認められ, この層準は更新統の基底に対比される。以前に掛川層群で記載された生層序基準面は種が発生または絶滅した時間面ではなく, むしろそれらは堆積体またはパラシーケンスセットの堆積境界面である。