掛川層群の化石
シンポジウム
in
掛　川

2001年10月27日

掛川市

「掛川層群の化石シンポジウムin掛川」開催にあたって

掛川市長　榛 村 純 一

皆さんこんにちは。本日は「掛川層群の化石シンポジウムin掛川」にご参加下さいまして、ありがとうございます。

さて、掛川市の中西部には本日ご参加いただいた方々はよくご存じの「掛川層群」というおよそ２００万年前の貝化石などを豊富に含む地層が分布しています。地質や化石等を研究している方々にとっては余りにも有名な地層ですが、一般の人や市民にとってそれほど知られていないことは残念です。

そこで掛川市では、今回、専門の研究者と一般の市民の方々に一同に集まっていただき、「掛川層群とはなにか」、「掛川層群はなぜ大切なのか」、「掛川層群に含まれる化石とはなにか」等々いろいろな疑問を解決してみたいと思います。

皆さん、掛川市では全市３６景３６名所独立採算型テーマパークとはなにか学舎システムを構築して、一層磨きをかけて生涯学習社会の実現と交流人口２００万人を達成する運動を進めております。今回の化石シンポジウムのテーマとなっている「掛川層群」は３６景の一つにも成り得るもので、シンポジウムを開催することにより、市内外の多くの方々の地質・化石情報交流になれば幸いであります。

今回のシンポジウムでは、土隆一静岡大学名誉教授の基調講演をいただき、東海大学自然史博物館の柴正博学芸員や静岡大学教育学部の延原尊美助教授などあわせて９名の先生方の研究発表をいただくことになっております。化石研究の最先端情報をご披露していただき、その情報を生涯学習的に活用できればと考えております。こうした意味で、今回のシンポジウムが盛大に行われることを祈念いたします。おわりに、シンポジウム開催に向けご尽力いただきました方々に感謝申し上げ、開催のご挨拶とさせていただきます。

掛川層群の化石シンポジウムの趣旨

柴　正博・延原尊美

「化石」は、「過去に、どのような生物が、どのような環境で、どのように暮らしていたのか」を知る上での唯一の証拠です。考古学的な遺跡や遺物が人の文化やその歴史を知る上でなくてはならないものであるのと同じように、化石や地層は「生物や地球の進化」を明らかにする上でかけがえのないものといえるでしょう。みなさんが住むまわりの山や丘をつくる地層やそれに含まれている化石は、掛川市の遠い過去の自然の歴史を記録した唯一の遺産と考えることもできます。世界には、その土地の化石や地層が地域の知的資源としてまちづくりに貢献しているところも多くあります。しかしながら、掛川地域では、学術論文に公表された一部のものを除いて、山や丘の造成とともに記録も保存もされないまま、その多くが消失してしまっているのが現状です。

掛川市とその周辺地域には、新第三紀以降（今から 2500 万年前から現在まで）の地層が広く分布し、化石が多く発見されることから、日本における地層や化石の研究に関して代表的な地域のひとつとなってきました。また掛川地域は、化石をもちいた地層の世界的な時代対比や地球環境の変遷に関して重要な知見が得られており、北西太平洋地域の新第三紀層の地層のなかでも世界的スタンダードとなる地域のひとつとして注目されています。

その中でもとくに、掛川市街を中心に分布する掛川層群は、今から約 400-100 万年前に浅い海底で堆積した地層で、貝類などの大型化石が豊富に含まれていることで有名です。古くから地質学者や古生物学者が多くの研究を行っており、掛川市は世界的にも重要な化石の宝庫といえます。また最近では、クジラやカイギュウなどの海生哺乳類の化石や、タコブネと呼ばれる世界でも珍しい化石も発見されて、市民のみなさんも大変関心をもっておられると思います。

今回のシンポジウムは、研究者向けの発表の場だけではなく、掛川市の市民のみなさんとともに、掛川層群の地層のことや、どのような化石がいままで発見されどのようなことがわかってきたのか、ということを語り合う機会として企画されました。今後、市民のみなさんが新しい目をもって、掛川市の地層や化石について郷土の自然遺産として興味と関心を深めていただけたら、と思います。

掛川層群から発見される多くの化石は、掛川市とその周辺地域の過去の歴史を明らかにし、地球環境の変遷について地域から発信できる重要な情報です。これまで地元の篤学者の方々の個人的な努力や多くの研究者の学術的な活動で、それらの資料の保全や記録が行われてきました。しかし、21 世紀には、その貴重な資料や情報を多くの市民とともに共有し、さらに組織的に調査や研究、記録や保全活動が行われ、その成果を地域の教育活動やまちづくりにもいかしていくべきではないでしょうか。

たとえば化石資料の保存や研究・教育活動の拠点として、「化石博物館」を設けて地域の情報を世界に発信する場としたり、野外散策コースを設けて過去の自然観察を楽しめるよう掛川市全体をフィールドミュージアムに構想したりすることも可能ではないでしょうか。掛川の自然遺産を見つめ直すことで、地域の新たな夢をみなさんとともに広げていこうではありませんか。

掛川層群の化石シンポジウム in 掛川

主催：掛川市教育委員会

共催：東海大学自然史博物館

後援：日本地質学会・日本古生物学会・地学団体研究会・化石研究会・静岡新聞社・SBS静岡放送

10 月 27 日　13 時～17 時

会場　掛川市立中央図書館　会議室 B

プログラム

==========

13:00　開　　会　　長尾秀雄（教育委員会文化課長）

あいさつ　　榛村純一（掛川市長）

《シンポジウム》

13:06-13:30

趣旨説明　　柴　正博・延原尊美（司会）

基調講演　　掛川層群とその化石　　土　隆一（静岡大学名誉教授）

13:30-14:10　**研究発表　1　掛川層群の地層と化石**

掛川層群の地層とクジラ化石発掘の報告　　柴　正博（東海大学自然史博物館）

掛川層群の貝化石からわかる過去の掛川の海　　延原尊美（静岡大学教育学部）

14:10-14:20　休憩

14：20-16：00　**研究発表　2　掛川層群のいろいろな化石**

掛川層群と浮遊性有孔虫化石　　茨木雅子（静岡大学理学部）

タコブネ化石発見の意義　　冨田　進（中京学院大学）

サメの歯化石からわかる掛川の海　　横山謙二（東海大学海洋学部）

掛川の海にはクジラも海牛もいた　　新村龍也（東海大学海洋学部）

掛川の海底で密集していたクモヒトデ　　石田吉明（東京都立千歳丘高校）

16：00-16：40　**研究発表　3　掛川層群の地層や化石の魅力**

掛川層群の教材としての意味　　白井久雄（掛川市立第一小学校）

掛川層群の化石を生かそう　　田辺　積（掛川層群の化石採集家）

16：40-17：00　**総合討論・まとめ**

17：00　閉会のあいさつ　　長尾秀雄（教育委員会文化課長）

==========

28 日（日）9：00-12：00

現地見学会巡検と化石採集会

集合：大池公園　　案内：柴　正博・延原尊美

==========

掛川層群の化石シンポジウム in 掛川

目　　次

あいさつ …… 榛村　純一（掛川市長）…… i
掛川層群の化石シンポジウム in 掛川の趣旨 …… 柴　正博・延原尊美 …… ii
掛川層群の化石シンポジウム in 掛川のプログラム …… iii
口　　絵
　掛川層群の化石・掛川層群の地質露頭・掛川層群の地質図・クジラ化石発掘調査

《シンポジウム》

掛川層群とその化石 …… 土　隆一 …… 1
掛川層群の地層とクジラ化石発掘の報告 …… 柴　正博 …… 5
掛川層群の貝化石からわかる過去の掛川の海 …… 延原尊美 …… 11
掛川層群と浮遊性有孔虫化石 …… 茨木雅子 …… 15
タコブネ化石発見の意義 …… 冨田　進 …… 17
サメの歯化石からわかる掛川の海 …… 横山謙二 …… 19
掛川の海にはクジラも海牛もいた …… 新村龍也 …… 21
掛川の海底で密集していたクモヒトデ…… 石田吉明 …… 23
掛川層群の教材としての意味…… 白井久雄 …… 25
掛川層群の化石を生かそう …… 田辺　積 …… 27

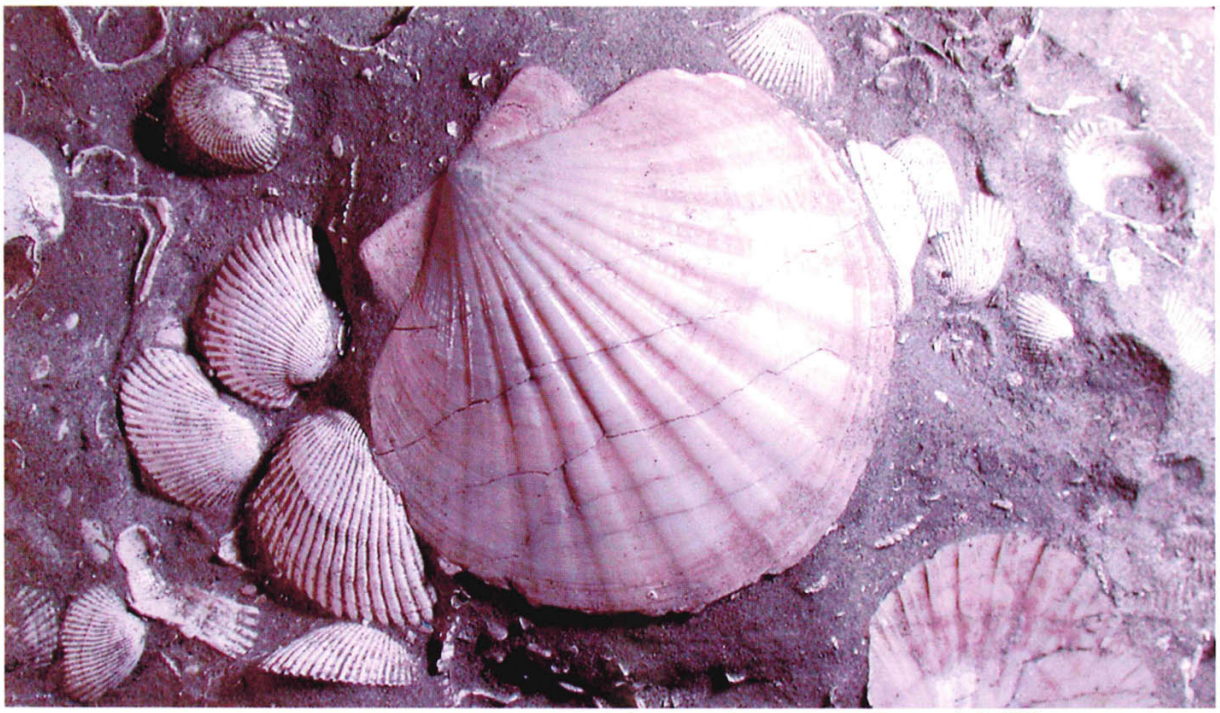
《資　　料》

掛川・御前崎地域の地質と化石に関する文献 …… 柴　正博・延原尊美 …… 29

掛川層群の化石

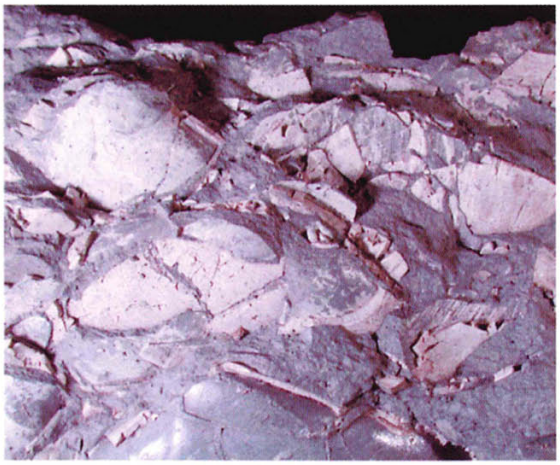
（田辺　積氏　標本）

口絵　1



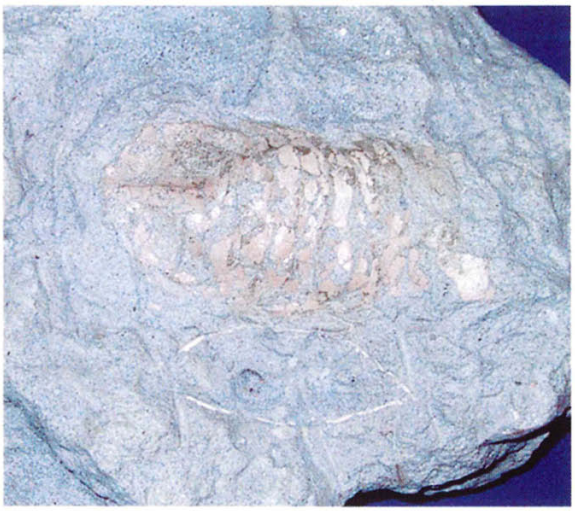
*Amussiopecten praesignis*と *Anadara castellata*（本郷）

ウニとクモヒトデの化石（家代）



アケビガイの化石（成滝）

オニフジツボの化石（長谷）



グソクムシの化石（長谷）

掛川層群の地質露頭

東横地累層の礫層と泥層の互層（伊達方）

大日累層の大日砂層（本郷）

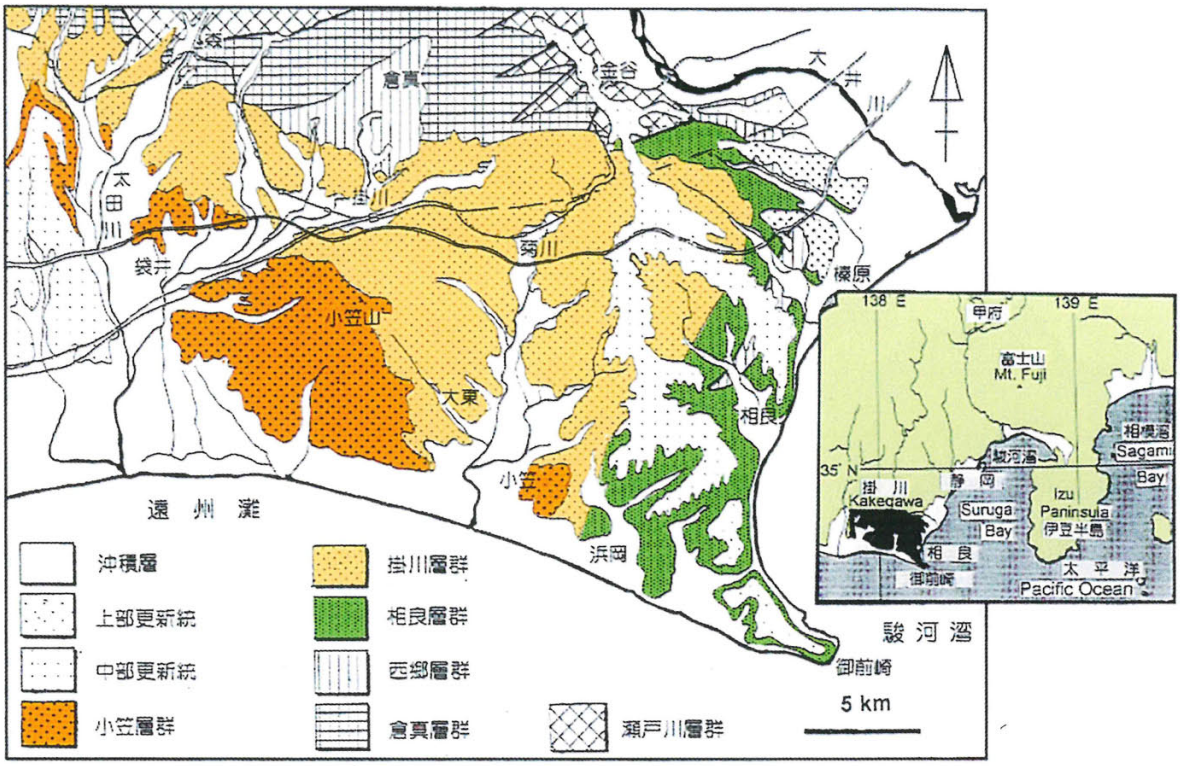
土方累層の泥層（結縁寺）

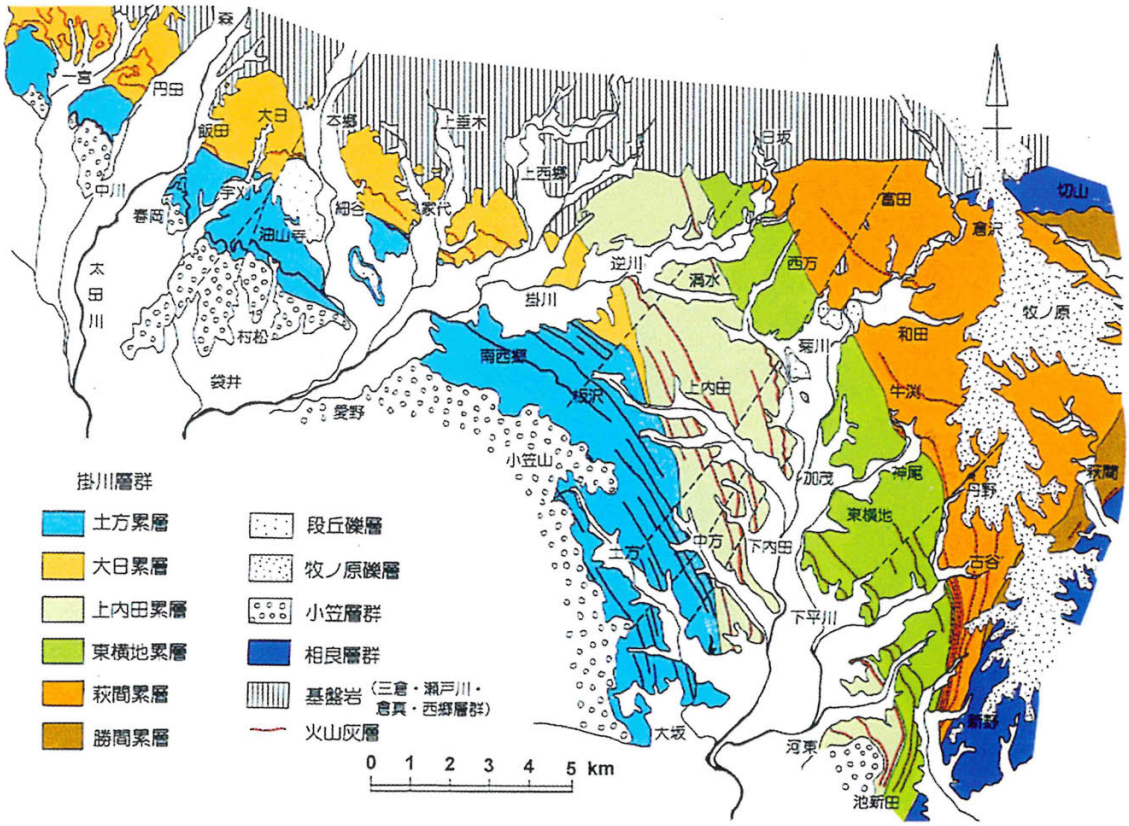
大日砂層（下）と天王シルト質砂層（上）（飛鳥）

大日累層（天王シルト質砂層）の砂泥互層（杉谷）

掛川層群の地質図

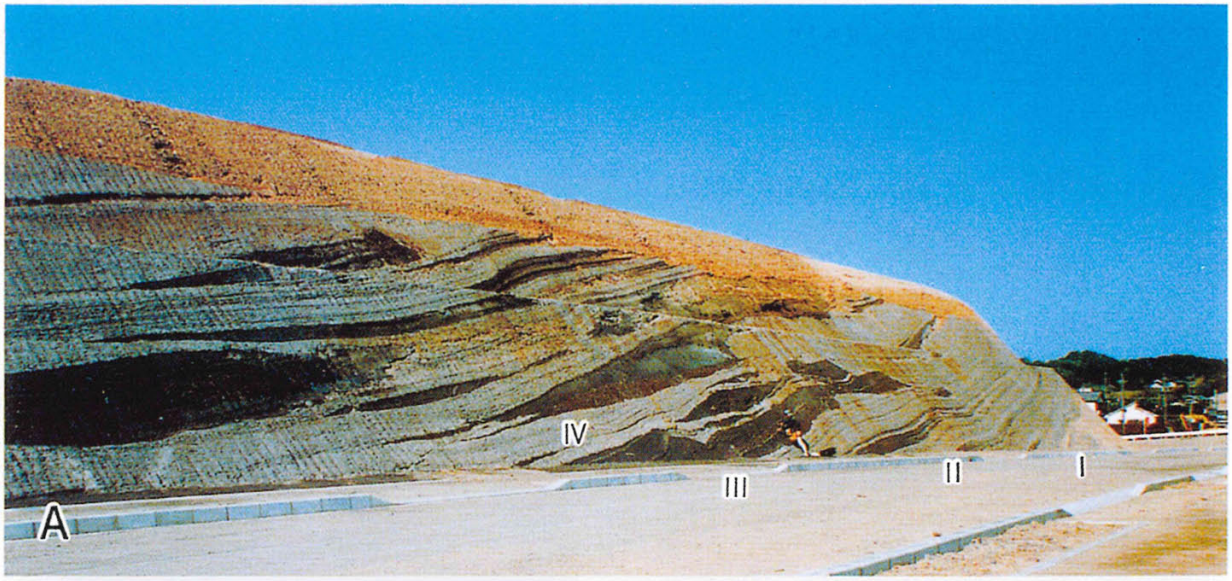
口絵　3





掛川層群の地質図

クジラ化石発掘調査



Ａ：1997年当時のクジラ化石発掘地の露頭，Ｂ：1999年に発見されたクジラの肋骨化石，Ｃ：第Ⅱ化石密集層の表面，Ｄ：2000年に行われたクジラ化石発掘調査のようす

掛川層群とその化石

土　隆一（静岡大学名誉教授・地球科学）

1．日本の新第三系の代表的地層“掛川層群”：新第三紀（24－1.8Ma）（Maは100万年前）の地層を新第三系と呼ぶが、日本では海成の新第三系の地層は他の地質時代の地層に比較してもっとも広く分布している。この中で掛川層群は新第三紀鮮新世（5.3－1.8Ma）の代表的な地層といってよい。なぜかというと、掛川層群は当時の駿河湾から遠州灘のような環境に堆積した地層で、大きな断層もないし、地層は南西にゆるく傾斜し、地層の堆積した断面がよく見えるように保存されているからである。つまり、北東側から南西側に向かって歩けば、基底から順に新しい年代の地層が見られ、北から南に向かって行けば、沿岸に堆積した地層が沖合に向かってどのように変化するかを順に見ることができる。しかも、基底部が礫岩、中部が砂岩泥岩互層、上部が泥岩という典型的な1つの堆積輪廻を示す地層の重なり方を見せてくれるし、大型化石、微化石共に多産するというわけである。特に、北西側に分布する浅海性の砂岩層は“大日砂岩”“天王泥質砂岩”と呼ばれ、貝化石などがところどころ密集したり、散在して産出し、当時の遠州灘海岸の状況を思い起こさせるものがある。これらの化石は古くから“掛川動物群”と呼ばれてきた。

もう1つの特徴は、地層全体に浮遊性有孔虫の化石が多産し、地層の間に白色の凝灰岩層が何枚もはさまれることで、層序と年代を確実にすることに大きく役立っている。これらによる掛川層群の年代は4Maから1.8Maまでの約200万年間、下位の相良層群と上位の曽我層群を合わせると11Maから1Maまでの1000万年間に相当し、さらに、より下位の倉真層群と西郷層群を含めると、間に400万年の堆積間隙をはさむが、全体で18Maから1Maまでと新第三紀の大部分を占めることになる。また、掛川層群中部の堀ノ内砂岩泥岩互層の1層の厚さ約20cmが堆積するのには100年位と見積もられる。なお、掛川層群が占める地表面積は223km²に達する。

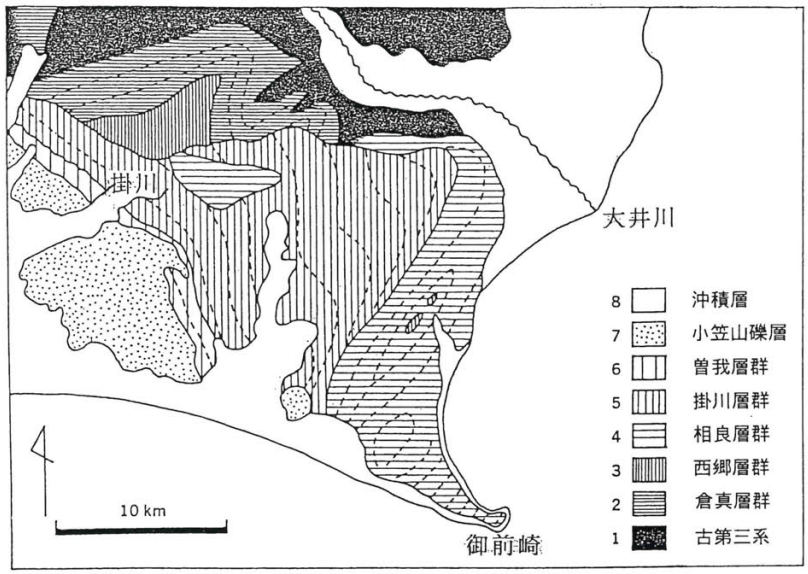


図1．掛川地域の新第三系・第四系の分布

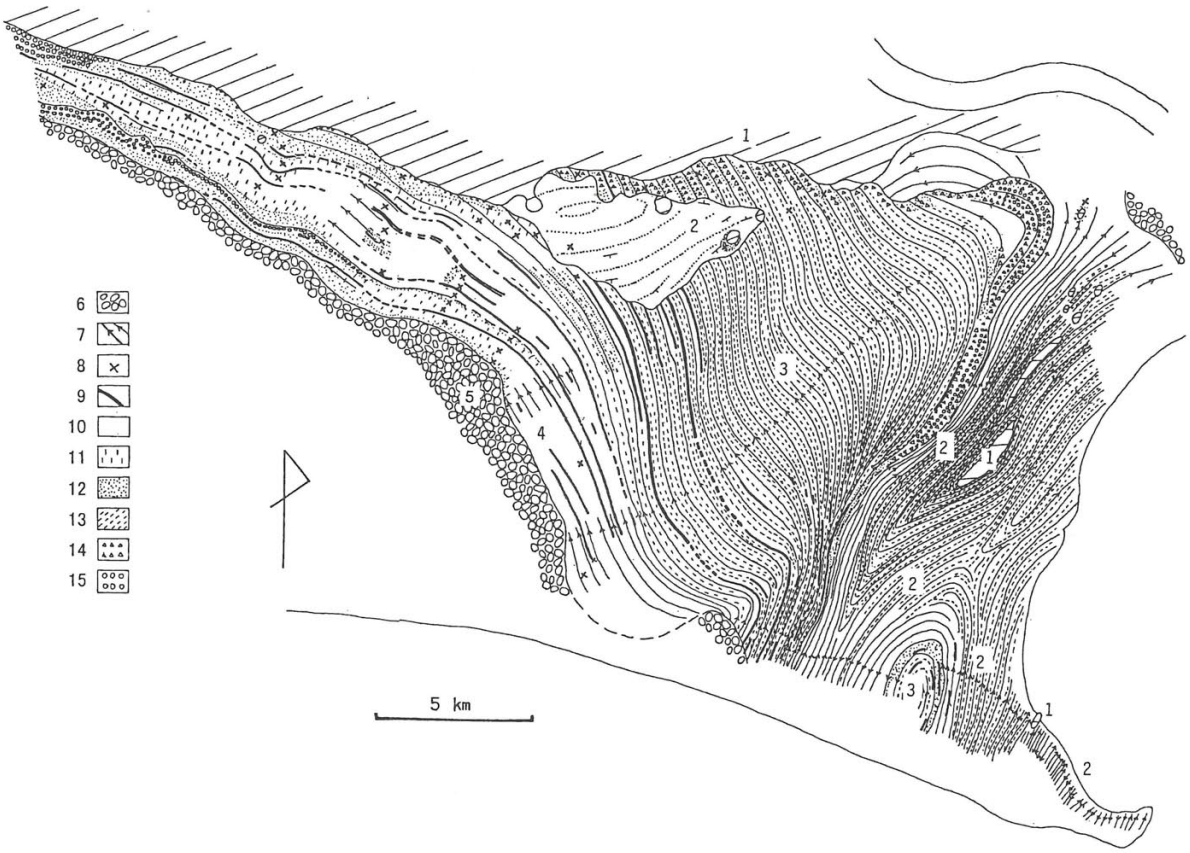


図２．相良・掛川・曽我層群の分布と構造
水平面で截った断面図で示す．　1.西郷層群(それ以前の地層も含む) 2.相良層群　3.掛川層群　4.曽我層群　5.小笠山礫　6.礫岩，　7.地層の走向を示し，傾斜は矢印の左側，8.貝化石産地，9.凝灰岩層，10.泥岩，11.泥質砂岩，12.砂岩，13.砂岩泥岩互層，14.角礫岩，　15.円礫岩

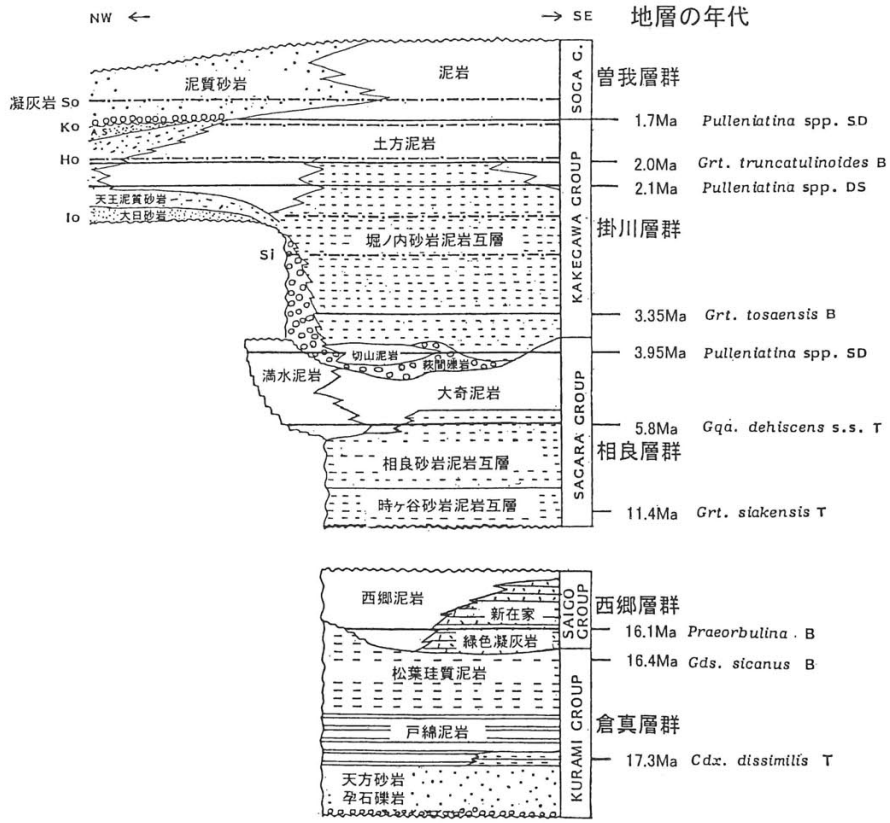


図３．掛川地域の新第三系・第四系の層序と年代

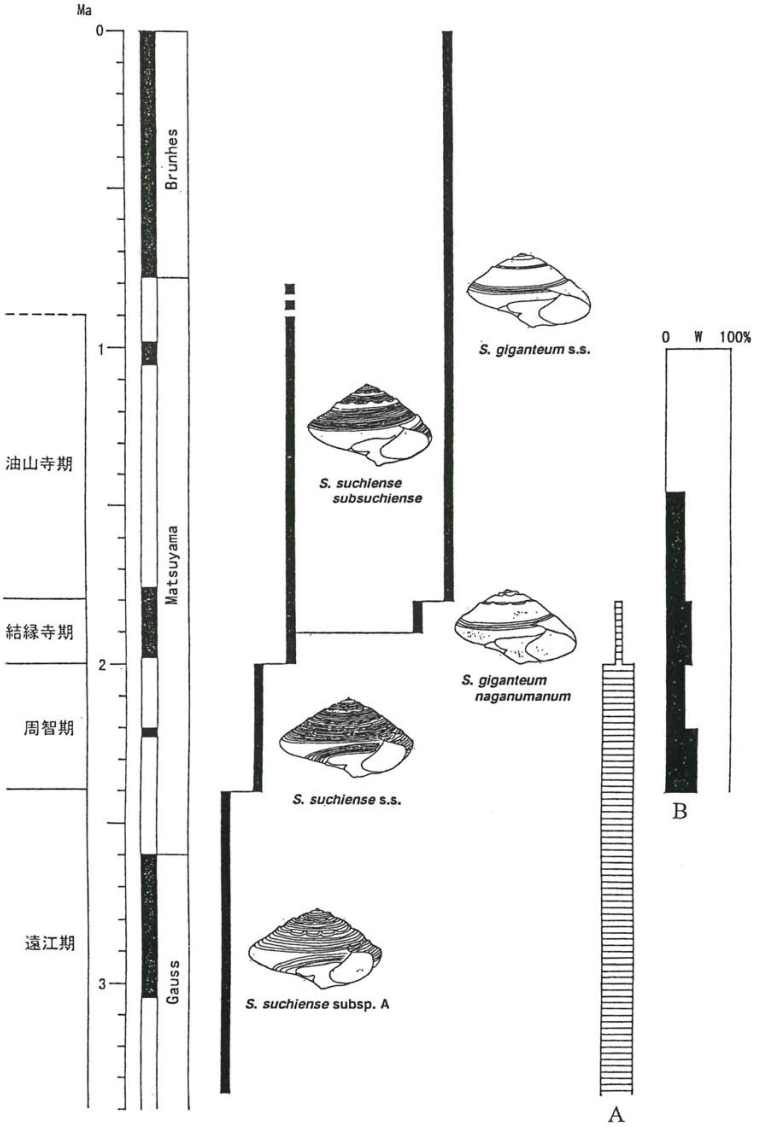


図４．ダンベイキサゴ類の進化

Ａ．熱帯性貝類群の消長

Ｂ．暖流系浮遊性有孔虫群の割合

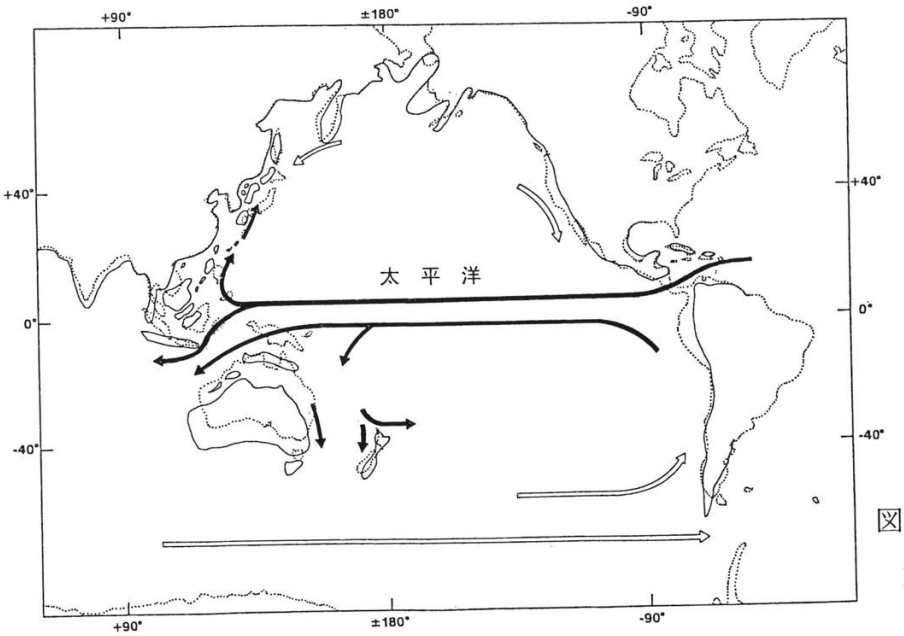


図５．新第三紀初め 17Ma 頃の

太平洋と主な暖流・寒流の流れ

2.ダンベイキサゴ類（*Suchium*）の進化：外海に面した、やや遠浅の砂浜である現在の遠州灘沿岸には“ナガラミ”（ダンベイキサゴ）が沢山生息し、海岸でもその貝殻をしばしば見ることができる。一方、掛川市街の近くの大日砂岩層からは、それによく似ているが表面に疣と筋のあるスウチキサゴが、細谷のあたりでは疣が少なくなってきたサブ・スウチキサゴが産することから、古く京都大学の槙山次郎教授がキサゴの進化に関する論文(1925)を書かれたことは有名である。その後筆者も、富田からスウチキサゴよりも古い疣と筋が規則的に配列するパレオスウチキサゴを見出し、谷口南方からは疣はあるが表面が滑らかになったナガヌマキサゴや現在と同じダンベイキサゴを見出すことができた。そして、それらは古地磁気や浮遊性有孔虫化石によると、それらの仲間の年代が2.4Maから1.8Maまでのわずか60万年間という短い間につぎつぎと形を変化させて進化していることがわかってきた。しかも、これらの変化は掛川層群に見られる熱帯性の貝類が次第に消滅していく時期にもあたるし、ナミウチツキヒガイ（*Amussiopecten*）のような共存する熱帯性の貝類の種の出現期間に比較すると、かなり短いので、これは中緯度に特有な貝類の“加速的進化”をあらわしているのだろうと思っている。

3．太平洋の新第三紀地史における掛川層群の時代：太平洋は新第三紀になってほぼ現在に近い形になったということができる。それでも最近2400万年間の太平洋を眺めて見ると色々な出来事があった。例えば、インドネシア諸島がもっと南方にあって太平洋の流れがゆったりとインド洋にはいり込んでいたり、日本島がアジア大陸から離れて日本海が形成されたり、パナマ地峡がまだ成立していなかった頃は大西洋の流れが中央アメリカ海峡を通って太平洋に直接はいり込んでいたりしていた。このような出来事を Gateway events “海峡の成立や閉鎖に伴うイベント”と呼んでいる。ところで、インドネシア海峡が閉鎖されるようになったり（約17Ma）パナマ地峡が出来て中央アメリカ海峡が閉鎖されるようになると（4－3Ma)、それによって回転している地球上では、太平洋がより狭く閉じられたようになって、西太平洋では一時的に黒潮の勢いが強くなることが予想されている。実際、日本では16Ma頃には造礁サンゴやマングローブ樹林などの熱帯生物群が中部日本以北まで分布したりした。これは掛川地域では熱帯性大型有孔虫を産する西郷泥岩層の年代にあたる。また、3.4Maあたりから2Maまでは上述したように熱帯性の貝類群が掛川層群に産出しているが、それはまさにパナマ地峡が4－3Maに成立したことのあらわれではないかと思っている。ただ、3.4Ma 以前の貝類群の変遷がまだ十分わかっていないので問題は残るが、今後の研究が進むことによって地球の歴史における掛川層群の位置が一層明らかになってくると期待している。

掛川層群の地層とクジラ化石発掘の報告

柴　正博（東海大学自然史博物館・学芸員）

掛川層群の地層の重なり方

掛川層群とは

掛川層群は、静岡県小笠郡菊川町を中心に同郡小笠町、大東町、榛原郡榛原町南西部、相良町北西部、浜岡町西部、掛川市南部、袋井市北部、周智郡森町南部、磐田郡豊岡村南東部にかけて分布する（口絵 3)、鮮新世から前期更新世の地質時代（約 450 万年前～100 万年前）に海底に堆積した地層です。とくに、掛川市とその周辺に分布する掛川層群には軟体動物化石（貝化石）が多く産することから、日本の新第三系層序の模式地のひとつとして、古くから層序学的および古生物学的にさかんに研究が行われてきました。

掛川層群の層序

掛川層群の層序学的研究については、千谷（1928, 1931)、Makiyama（1931)、槇山（1950, 1963)、槇山・坂本（1957)、Tsuchi（1961)、 Ujiie（1962)、茨木（1986)、柴ほか（1996, 2000）などがありますが、各研究者によって掛川層群の層序に関する考え方は少しづつ異なっています（図 1)。掛川層群の地層は南西に傾斜するため、一般に北東に分布する地層ほど古く、南西に分布する地層ほど新しくなります。また、掛川市とその西部に分布する地層は浅海で堆積した地層を含みますが、分布の主体をしめる菊川町とその東南に分布する地層は、砂泥互層といって砂層と泥層がくり返す沖合いから深海に堆積した地層からなります。

柴ほか（2000）は、掛川層群を下の地層から上の地層にむかって、勝間累層、萩間累層、東横地累層、上内田累層、大日累層、土方累層というように 6 つの累層に分けました。そして、東横

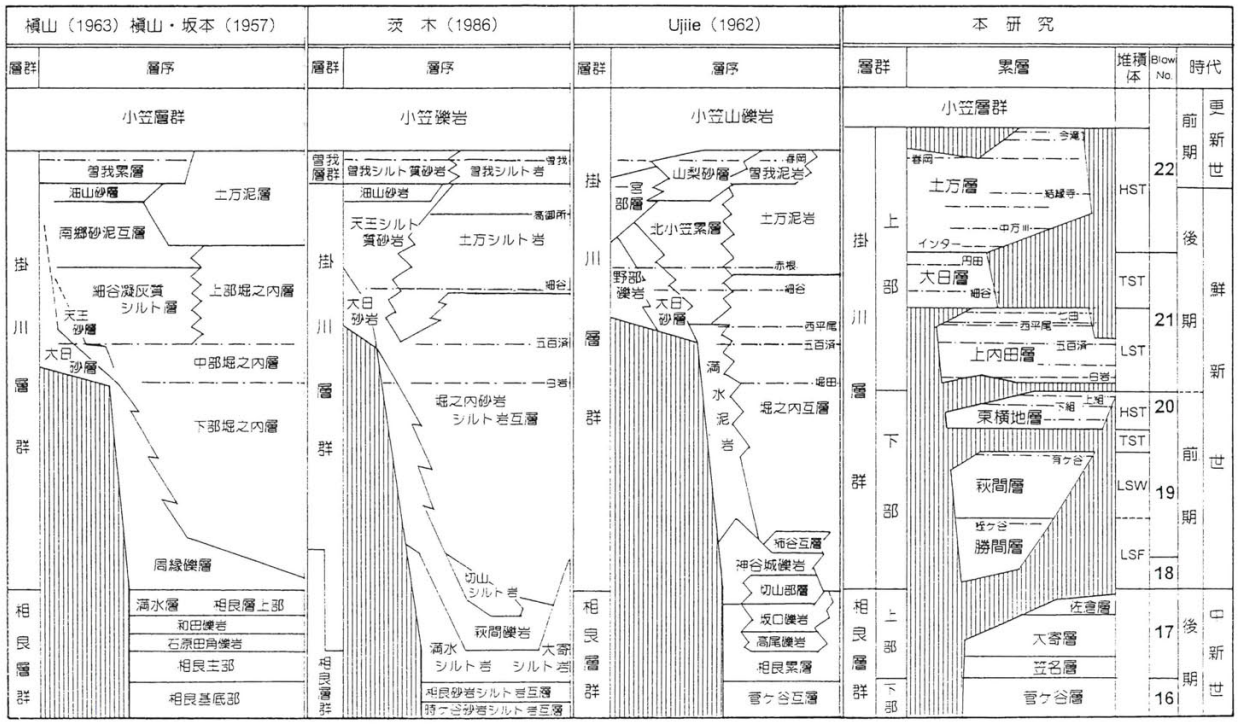


図 1　各研究者による掛川層群の地質層序

地累層と上内田累層の境界、すなわち堀田火山灰層（白岩凝灰岩層）の直下付近をもって、掛川層群を下部層と上部層に分けました。

掛川層群上部層はどのようにたまったか

掛川市付近に分布する掛川層群上部層（下位から上内田累層、大日累層、土方累層）の地層とそこにはさまれる火山灰層の分布を詳しく調べると、掛川市とその北西側に分布する大日累層は、基盤にあたる西郷層群や倉真層群などに対して北西側に新しい地層がつぎつぎと不整合に重なっています。これは、おそらく海面の上昇（海進）にともなって北西側の陸地にむかって地層が堆積したとことを示しています。また、大日累層の上に重なる土方累層は、反対に南側に新しい地層がたたみこむように重なっています。これは、海面の低下（海退）にともなって沖合いに堆積の場が前進しながら地層が堆積したことを示しています。これらのことから、掛川市付近に分布する掛川層群上部層は、ひとつの海進をはさんだ海面変動による堆積作用によって形成した地層と考えられます。掛川層群上部層の地質図を図２に、地質柱状図を図３に示します。

大日累層はいつたまったか

それでは、大日累層に含まれる貝化石はいつたまったのでしょうか。大日累層の地質年代は、およそ 200 万年前と考えられます。それは、大日累層の下位にある上内田累層上部にはさまれる五百済火山灰層が 2.3±0.5Ma（100 万年）という放射年代値で、上位の土方累層にはさまれる火山灰層が 1.9±0.4 Ma という放射年代値が報告されていることと、今から 200 万年～180 万年前に世界的に海面が上昇した時期が知られていて、この海面上昇期に大日累層が堆積積した可能性が高いからです。

大日累層とその化石

大日累層は、岩相から大日砂層と天王シルト質砂層に分けられます。大日砂層はほとんどのところで基底との不整合の直上にある黄色をした中粒から細粒の砂層で、礫や貝化石などが密集する部分があります。大日砂層には暴風時の波浪限界の海底（水深 50～80m）で形成されるハンモッキー斜交層理なども見られる場合があります。また、天王シルト質砂層は、ほとんどのところで大日砂層の上位に重なる灰色のシルト質砂層～泥層を主体とする地層で、薄い砂層をはさみます。そのはさまれる砂層には貝化石などが密集する部分があり、灰色のシルト質砂層や泥層には貝化石が散在して見られます。

大日砂層は、ハンモック状斜交層理や含まれる貝化石などから、潮間帯～外浜の堆積環境で堆積したことが推定されます。そして、その上位の天王シルト質砂層にはハンモッキー斜交層理が見られず、貝化石も大日砂層の貝と同じ水深 20m 以浅の潮間帯から外浜の海底に生息するものと、水深 50m よりも深い陸棚から陸棚斜面の海底に生息するものが含まれることから、陸棚から陸棚斜面の環境に堆積したことが推定されます。

掛川層群から発見される軟体動物化石の古生物学的研究は、Yokoyama（1923, 1926）と Makiyama (1925, 1927) の研究からはじまり、Tsuchi (1955)、鎮西 (1980)、Nobuhara (1993)、間嶋・本目（1993)、Ozawa *et al.*（1998）など多くの研究があります。これらの研究では、軟体動物の種の分類や進化、群集組成の特徴、どのような海底にどのように堆積したかなどが研究されている。特に大日砂層に含まれる貝化石には、現在の台湾海域に生息する種類がいくつか含まれることから、現在よりも温暖な海水温度が推定されています。

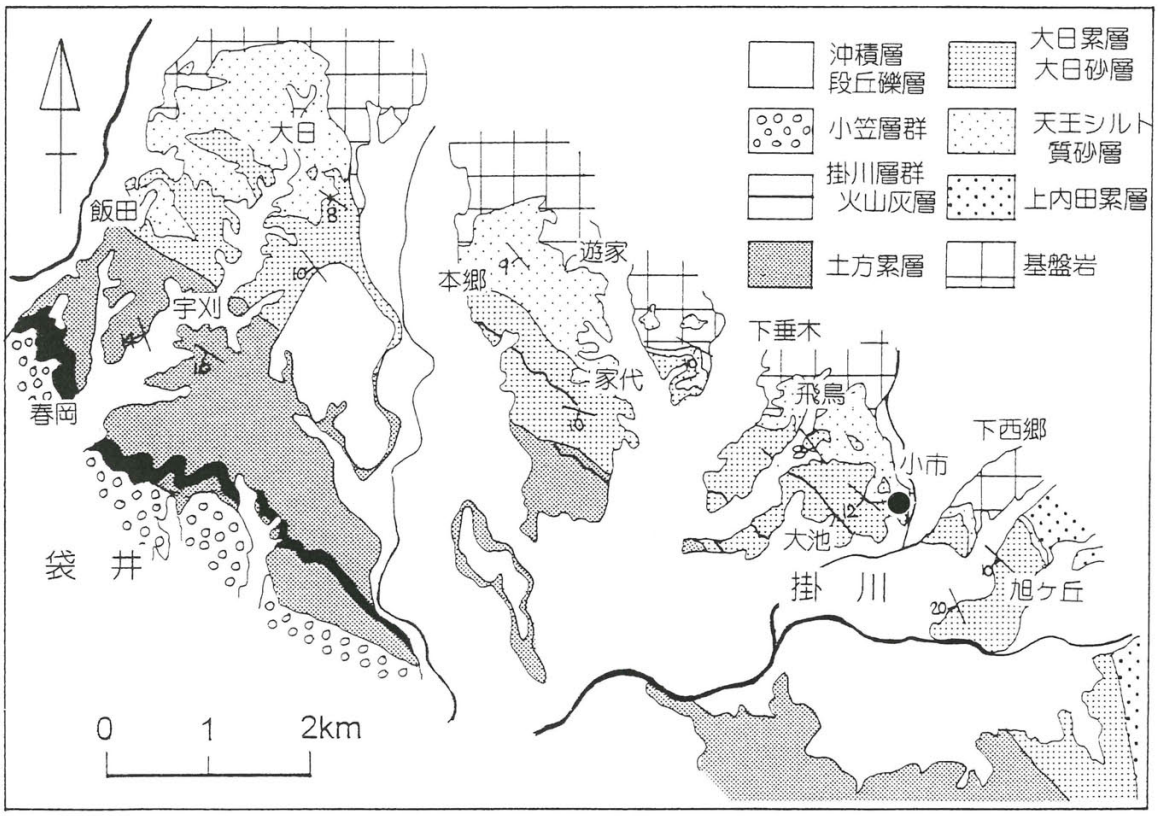


図２　掛川層群上部層が分布する掛川市街北西部の地質図とクジラ化石発掘地点（●）

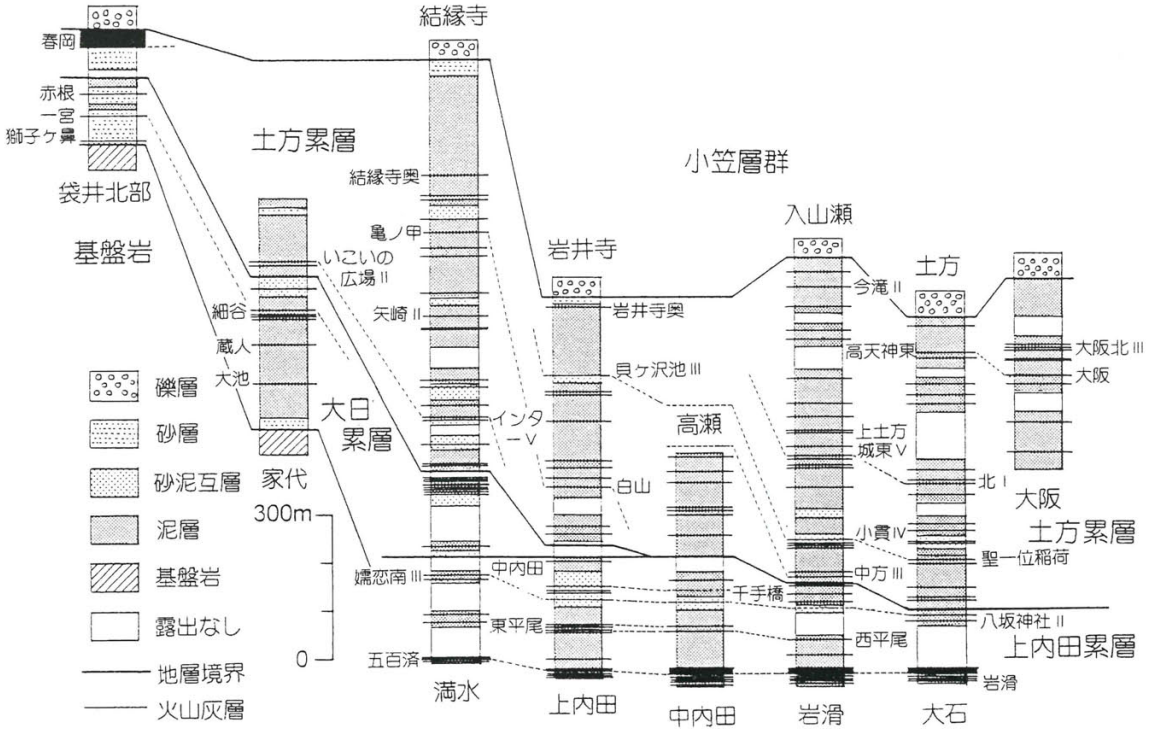


図３　掛川層群上部層の地質柱状図にしめされる大日累層と土方累層の地層の重なり方

クジラ化石発掘調査

クジラ化石の発見

1999 年 10 月 24 日に、掛川市上屋敷西郷の区画整理地の道路北側の露頭（口絵 4-A）で、当時東海大学の 2 年生だった新村龍也くんが、化石採集中に骨化石の一部を発見しました。その直後の、10 月 29 日から 11 月 2 日にかけて彼と数人の協力者によりその骨化石の発掘を行ったところ、肋骨体遠位端が少し損失しているものの全長約 1.2mにおよぶほぼ完全なクジラの右肋骨が現れました（口絵 2-B）。

発掘地点の崖では、掛川層群の地層は南西側にゆるく傾斜し、下位にあたる北東側には大日砂層が分布し、上位にあたる南西側には天王シルト質砂層が分布していました。クジラの肋骨化石は天王シルト質砂層にはさまれる 4 層の化石が密集する砂層（口絵 4-A の Ⅰ～Ⅳ）のうち下位から 2 番目の第Ⅱ貝化石密集層とよぶ砂層から発見されました。

クジラ化石発掘調査

このように保存のよい肋骨化石が発見されたということは、この貝化石密集層の中にさらに多くのクジラの化石が埋積されている可能性が高いと考え、東海大学自然史博物館ではこの肋骨化石が発見された地層での発掘調査を行うことにしました。そして、2000 年 7 月に掛川市区画整理課および上屋敷西郷土地整理組合の許可を得て、8 月 24 日～29 日と 9 月 2 日～7 日にかけて発掘調査を行いました（図 4 と図 5）。2000 年 8 月と 9 月の 2 回の発掘調査は、東海大学の研究生・学生、それと発掘経験のある静岡野尻湖友の会のメンバーなどに協力をいただき実施しました。この 2 回の発掘調査の参加者は総計 32 名で、1 日 10～15 名で発掘作業を行いました。

第Ⅱ貝化石密集層の地層面の構造は、N30°～50°Wの走向で、南西側に 10°～15°傾斜していて、発掘地周辺の地層の構造と調和的でした。発掘区画は、N30°Wの走向で基線を設け、4m 四方のグリットを 4 つ、すなわち 8m 四方を対象として、第Ⅱ貝化石密集層の上面を露出させました。発掘では、さらにそこから地層面を水平に深度 20～30cm になるまで化石密集層を剥いで、骨化石などを探査しました（口絵 4-C と 4-D）。また、発掘地とその周辺の数個所で地質柱状図を記載し、発掘地点の地層の堆積学的および層序学的な検討を行いました（図 6）。

発掘された化石

この発掘調査では、亀類の甲羅片が 2 点、硬骨魚類の椎骨片が 2 点と耳石が 18 点、硬骨魚類以外の骨化石が肋骨化石 2 点（鯨目と海牛目）を含み 20 点、板鰓類（サメ・エイ類）化石 40 点、カニなど甲殻類化石が 10 点、それと貝類など軟体動物化石が多数採集されました。

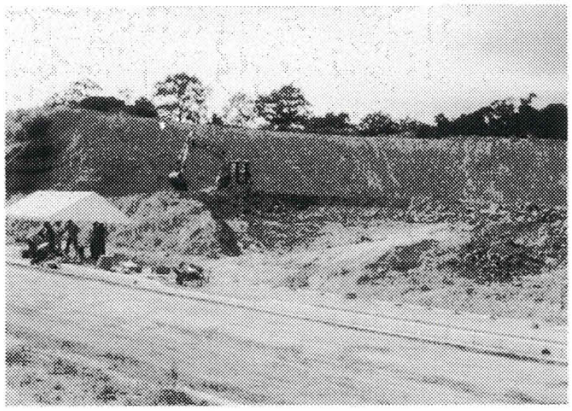


図 4　クジラ化石発掘地

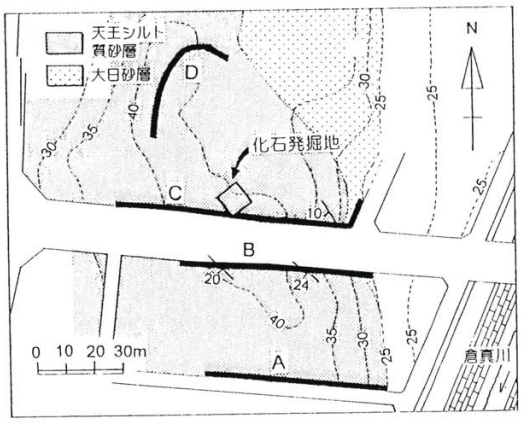


図 5　発掘地周辺の地質図と柱状図の位置

第Ⅱ貝化石密集層から産出した海生哺乳類化石は1999年に発掘されたものも含め、同定できるものとしては鯨目が2点、海牛目が1点の合計3点の肋骨化石が得られました。

甲殻類の化石としては、イチョウガニとコブシガニなどとともに、ヤドカリの仲間も産しました。第Ⅱ貝化石密集層の上位の泥層からはエンコウガニが多産しました。

軟体動物の化石は、スウチキサゴ、ツメタガイ、キリガイダマシ、マクラガイ、エラータバイなどの腹足綱（巻貝）と、ベンケイガイ、ベニグリ、パンダフミガイ、オオスダレガイマツなどの二枚貝綱が多産し、頭足綱のタコブネが発見されました。なお、第Ⅱ貝化石密集層の上位の泥層からは、ヒタチオビガイやナガソデガイなどが産しました（図7と図8）。

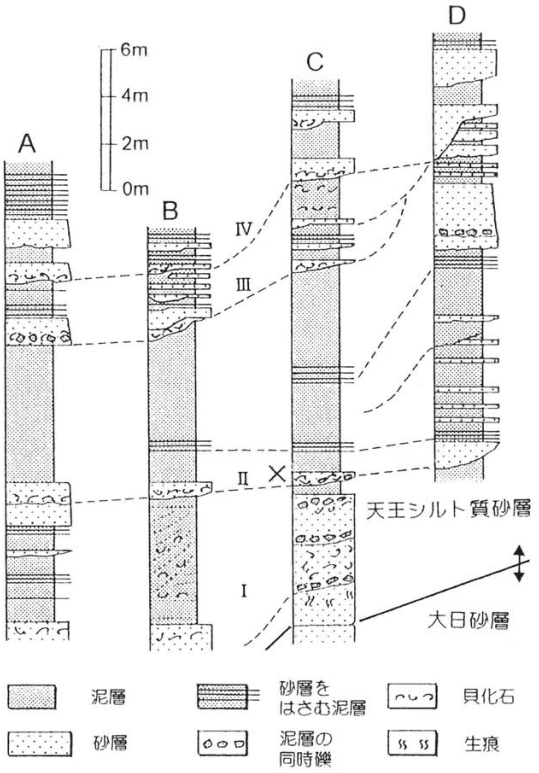


図6　発掘地（×）とその周辺の地質柱状図

クジラ化石はどんなところに堆積したか

発掘調査を行った第Ⅱ貝化石密集層は、天王シルト質砂層中にはさまれ、発掘地点では地層の厚さが40cmと厚いのですが、そのすぐ東側では急激に薄くなることや、その地層の厚さが急に変化する部分で下位の泥層を削剥し、その削剥した泥層を同時礫として多数とりこんでいました。このことから、第Ⅱ貝化石密集層は海底の谷を埋積した堆積物と考えられます。また、泥層の同時礫が密集する部分が地層の厚さの急変部と一致し、発掘区画内においてほぼ北西-南東方向で見られることと、第Ⅱ貝化石密集層中の細長い形態の化石の配列が北西-南東方向にそろう傾向があるから、その谷の方向はほぼ北西-南東方向で、主要な堆積物は谷筋にそって陸側にあたる北西方向から供給されたと考えられます。

第Ⅱ貝化石密集層から産した軟体動物化石は、水深20m以浅の潮間帯から外浜の海底に生息するものと、水深50mから200mの内側陸棚から外側陸棚の海底に生息するものが含まれます。また、第Ⅱ貝化石密集層の上位の泥層から産した軟体動物化石は、ほとんどが水深50～200mの内側陸棚～外側陸棚に生息するもので、特にナガソデガイは水深100～250mの外側陸棚～陸棚斜面に生息します。

これらのことから、第Ⅱ貝化石密集層は、暴風時の波浪限界よりも深い外側陸棚から陸棚斜面にかけての海底の堆積物と考えられ、外側陸棚～陸棚斜面に存在した谷状の地形に、より浅海域から供給された堆積物によって埋積されて形成されたものと考えられます。また、第Ⅱ貝化石密集層には、植物化石や潮間帯に生息する軟体動物化石が産出することや、軟体動物化石には合弁した貝や磨耗の少ない保存がきわめて良いものも多いことから、堆積の場所は堆積物の供給の場も近く、陸棚があまり発達しない急勾配な海底地形だったことが推定できます。クジラや海牛の骨は、おそらく浅い海底で死んだものが、バラバラになって海底の谷の中に流されて、混在して埋積したものと思われます。

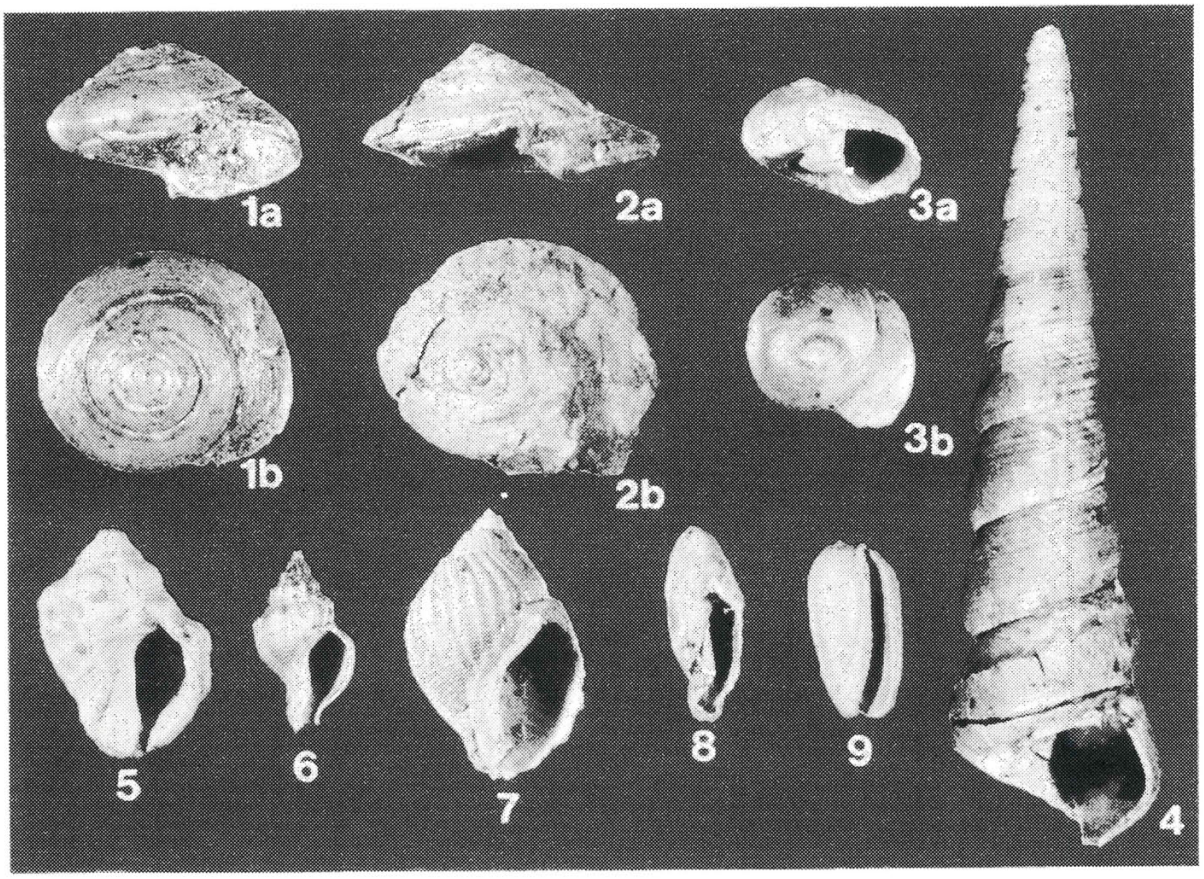


図7　発掘地の化石層から産出した巻貝化石　1：スウチキサゴ，2：キヌガサガイ．3：ツメタガイ，4：キリガイダマシ，5：レイシガイの仲間，6：ミクリガイの仲間，7：モモエボラの仲間，8：リュウグウボタル，9：マクラガイ

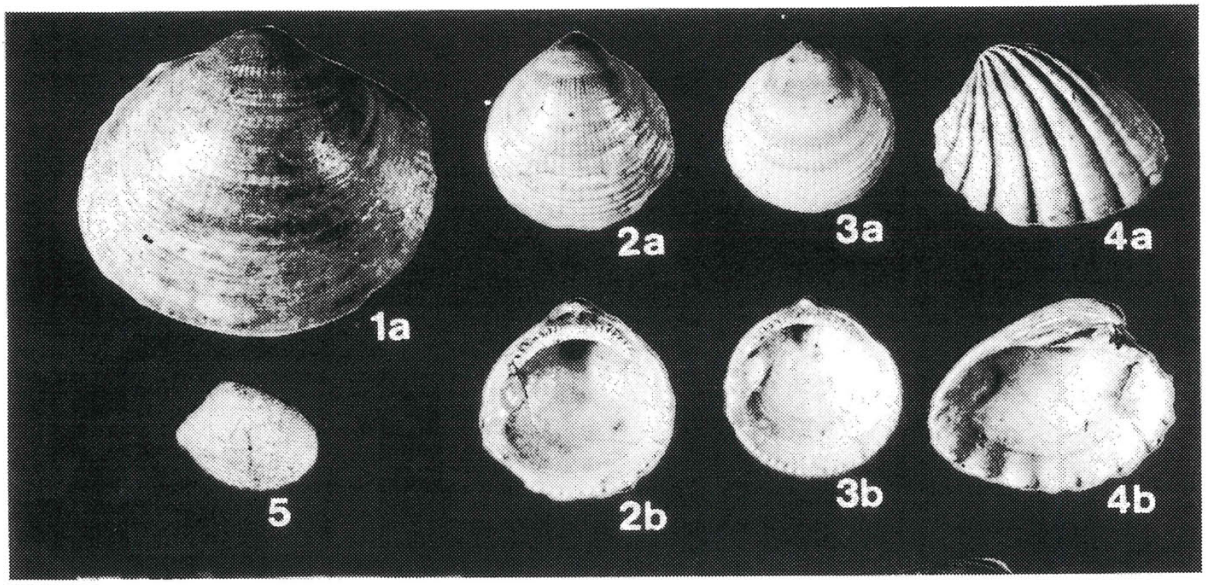


図8　発掘地の化石層から産出した二枚貝化石　1：ベンケイガイ，2：ベニグリの仲間．3：ベニグリ，4：パンダフミガイ，5：オオキララガイ

掛川層群の貝化石からわかる過去の掛川の海

延原尊美（静岡大学教育学部・助教授）

掛川市周辺に分布する掛川層群は，今から約 400 万～100 万年前に海底で堆積した砂や泥の地層からなり，それらの地層が堆積した場所（堆積盆）は現在の駿河湾や遠州灘のような場所であったと考えられています．掛川層群は質・量ともにたいへん豊富な貝化石を産出することで有名で，昔から数多くの古生物学的研究が行われてきました．それらの貝化石のなかでも，*Amussiopecten praesignis,* パンダフミガイ *Megacardita panda,* スウチキサゴ *Umbonium* (*Suchium*) *suchiense* などは，当時にしか生きていなかった絶滅種で，時代を特徴づける種として注目を集めてきました．これらの絶滅種は，掛川地域だけでなく当時の西南日本の太平洋側全域に繁栄していたことが各地の化石記録からわかっています．そこで，私たち古生物学者はこれらの絶滅種で特徴づけられる暖海性の化石動物群を総称して，掛川動物群と呼んでいます．掛川地域は掛川動物群の模式産地であり，約 400 万～100 万年前に西太平洋海域でおきた暖流動物相の変化や古気候の変動を明らかにする上で，世界的なスタンダードとして重要な地域であるといえます．

それでは，掛川の貝化石はどのような情報を私たちに教えてくれるのでしょうか？

1．約 200 万年前の温暖化

掛川市の北方に，大日層と呼ばれる細粒の砂層が分布しています．この砂層の年代は約 200 万年前に相当し，地層の積み重なり方から海水準の上昇（海進）とともに堆積したことがわかっています．この海進は，温暖化に伴い氷河がとけ出したことによって引き起こされた全世界的なものと推定されています．

さて，この大日層は先に述べました掛川動物群の特徴種（絶滅種）が多数産出することで有名です．しかし，大日層のおもしろいところは，それだけではありません．現在生きている種のなかで，その分布の北限が琉球列島や四国・紀伊半島までにとどまっているものを熱帯・亜熱帯性種といいますが，それらが化石として大日層から産出するのです．例えば，ヤグラモシオガイ（現在の分布は台湾以南），トウガタカワニナやトガリアラレボラ（奄美以南），ヤコウガイ（屋久島以南），ダイミョウイモガイやスジイモガイ（四国以南）などが報告されています（図１）（田中ほか，1995；Ozawa et al., 1998）．これらが化石としてでてくるということは，約 200 万年前の当時，掛川地域は現在よりもずっと暖かかったことになります．実は，このような温暖化はこの時代だけでなく，地質時代の過去にいくども繰り返されてきたことがわかっています．掛川動物群の中には，このような温暖化の時期に南方にいた種群が北上・侵入し，日本周辺で独自の進化をとげてきた仲間もいます．海洋気候の温暖化と寒冷化の繰り返しが日本の海洋生物相を形作ってきたといっても過言ではありません．

現在，地球温暖化が騒がれていますが，温暖化に伴って海洋生態系はどのように変化するのでしょうか，またそれによって海の生物の進化や多様化にはどのような影響が及ぼされるのでしょうか？　大日層の貝化石はそんな過去の事例を私たちに見せてくれています．化石としてでてくる熱帯・亜熱帯性種は，私たちに日本列島の海洋生物の成り立ちの歴史を教えてくれる直接の証拠であるとともに，以上のような未来への問いかけにも手がかりを与えてくれる自然の遺産といえるでしょう．

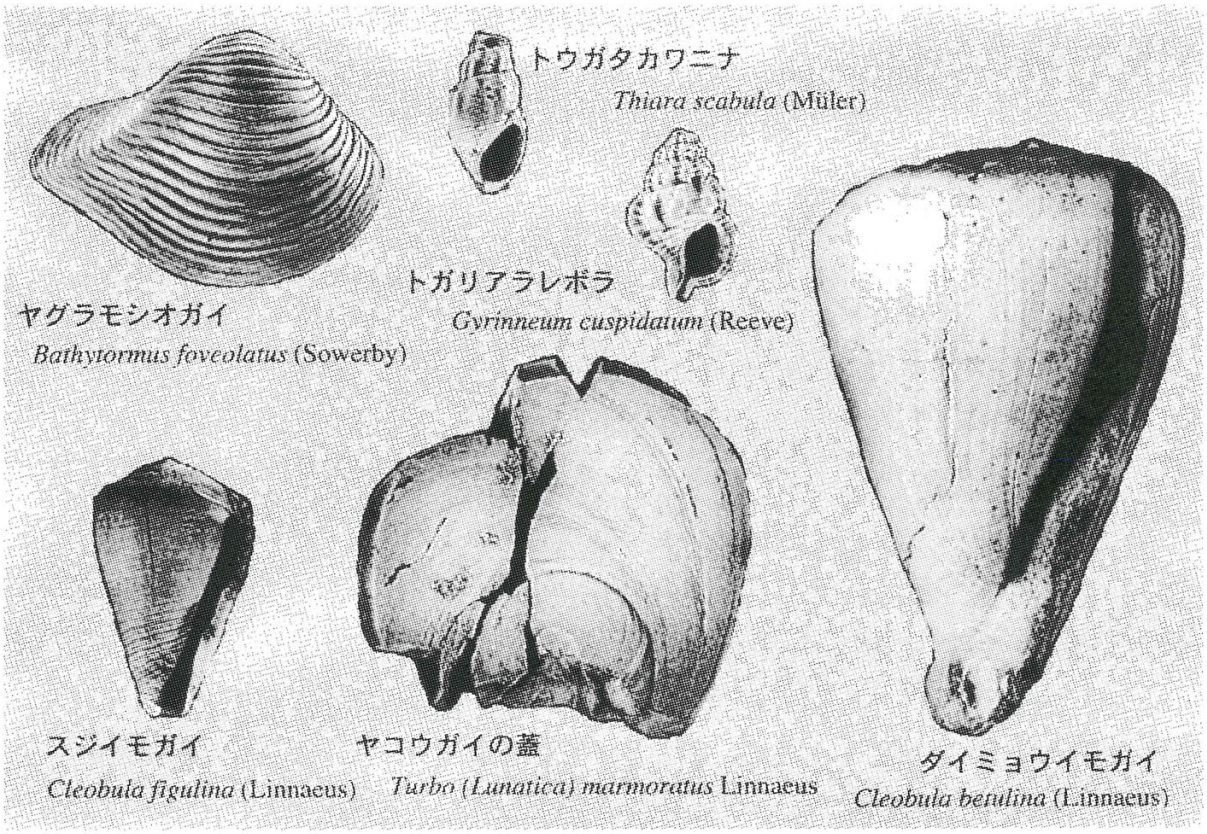


図１．大日層産の熱帯・亜熱帯性現生種の化石（Ozawa et al., 1998 より）

もし遠州灘や駿河湾を沿岸から深海底にむかって歩いてゆけたら，
どのような景色が見えてくるだろう？
またどんな生物に出会うことができるだろう？

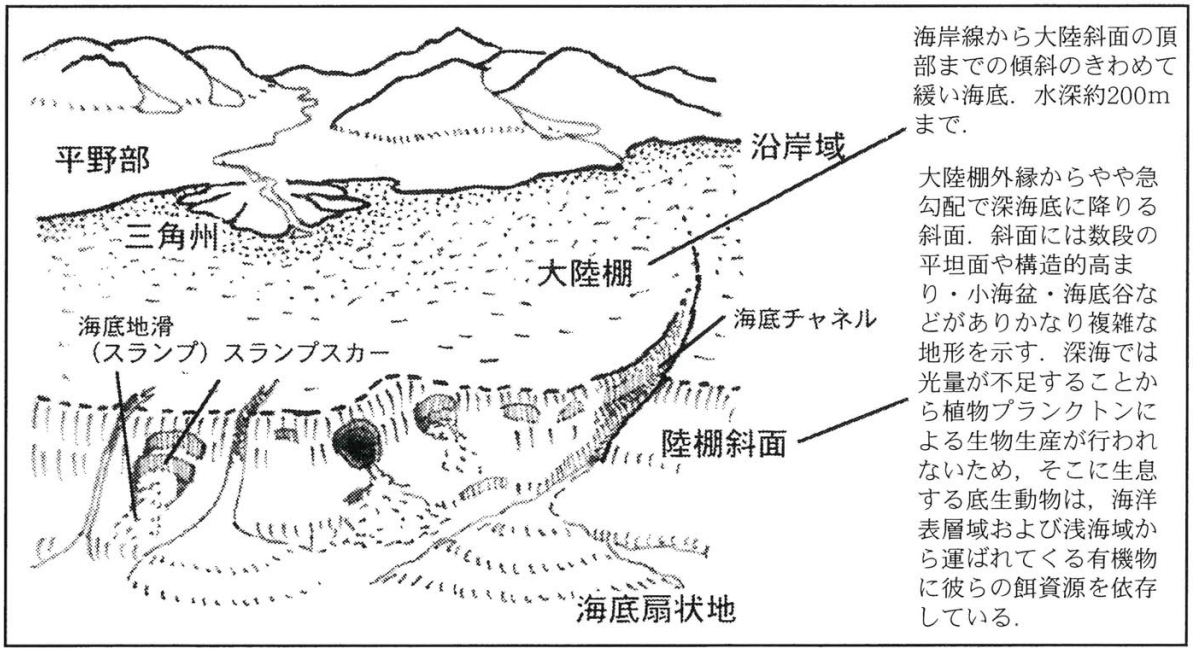


図２．沿岸から深海にかけての海底環境の模式図

2．海の底を歩いてみよう．

皆さんは海の底を歩いてみたことがありますか？　おそらくあるはずです．

このなぞなぞは，単に掛川が数百年前は海の底だったというトンチをいいたいのではありません．掛川層群のおもしろい点は，浅海から深海に至るさまざまな環境で堆積した地層を観察することができ，しかも，それらの間に挟まっている火山灰層を同時間面として追跡してゆくことで，当時の海底環境や化石相の変化を沿岸域から沖合・深海域まで順に追跡してゆくことができるという点にあります．つまり，潜水艇にのらなくとも陸上で地層を観察しながら歩いてゆくだけで，現在の遠州灘や駿河湾の海底でおきているできごとを実感することができるというわけなのです（図２）．

それでは，貝化石は浅海から深海にむかってどのように変化しているのでしょうか？　さまざまな環境条件（水深，底質，水温，餌となる有機物の供給量と質）によって生息する貝化石の種類は変わってゆきます．逆にその場所から産出する貝化石の種類の組み合わせや，彼らの生態を調べれば，そこの海洋底が当時どのような状態におかれていたのかを詳しく復元することができます．それでは，沿岸から沖合にかけての貝化石相の変化を追跡してみましょう．

上で述べた大日層の貝化石群は浅海（50m以浅）の砂底環境にすむ様々な二枚貝・巻貝・角貝から構成されています．大日層の南側（当時のより沖合側）には，やや泥質な砂からなる天王層（あるいは宇刈層）が分布しています．宇刈層からは，ベニグリガイやビノスガイモドキなどの二枚貝がよく産出し，種構成のやや単調な群集になっています．これらの二枚貝は，海中に浮遊・懸濁しているプランクトンの遺骸などの有機物を海水とともに吸い込んで餌としている仲間（懸濁物食者）で，現在の相模湾では水深 50m以深の陸棚下部の砂泥底に生息しています．宇刈層の南側には，土方層という泥層が広く分布しています．おもしろいことに，単調な泥からなる土方層のなかでも，出現する貝化石の種類がより沖合側にむかって変化することがわかってきました．つまり，陸棚のはし（陸棚外縁部）では，ナサバイやシャジクガイなどの肉食者や腐肉食者の巻貝類が多く，その沖合（陸棚斜面上部）では，オオシラスナガイという有機物の多い泥底環境に適応した懸濁物食の二枚貝が繁栄しています．さらに沖合側の細粒な泥層になると，ハトムギソデガイなどの体のサイズが 1cm 前後の小さな二枚貝が多くなります．この小さな二枚貝は，泥を飲み込んでそこに含まれている有機物や付着しているバクテリアを餌としていると言われています．

以上のように，貝化石の水深に伴う変化は，餌の取り方が変化してゆくことで特徴づけられるといえます．しかも，掛川だけでなく宮崎や沖縄においても同じような変化のパターンが認められつつあります．つまり，当時の貝類は陸棚から陸棚斜面にかけて，その構成を規則的に変化させていることになります．

浅海から沖合に向けては，基本的に利用できる餌の量が乏しくなってゆくことがいわれていますが，このような貝化石群集の変化の背景は実はまだよくわかっていません．陸棚から陸棚斜面にかけては，水塊構造の変化や潮目の形成，それにともなう植物プランクトンの増加，海底地滑りや乱泥流による堆積物の運搬など，海の底に暮らしている貝類の餌資源に関連したさまざまなプロセスが起きている海域です．この規則性の背景を明かにできれば，陸棚－陸棚斜面海域の海洋底でおこっている有機物の流れについて新しい知見を得ることができるかも知れません．掛川は，海の底で起きている出来事についてまだまだいろいろなことを教えてくれそうです．

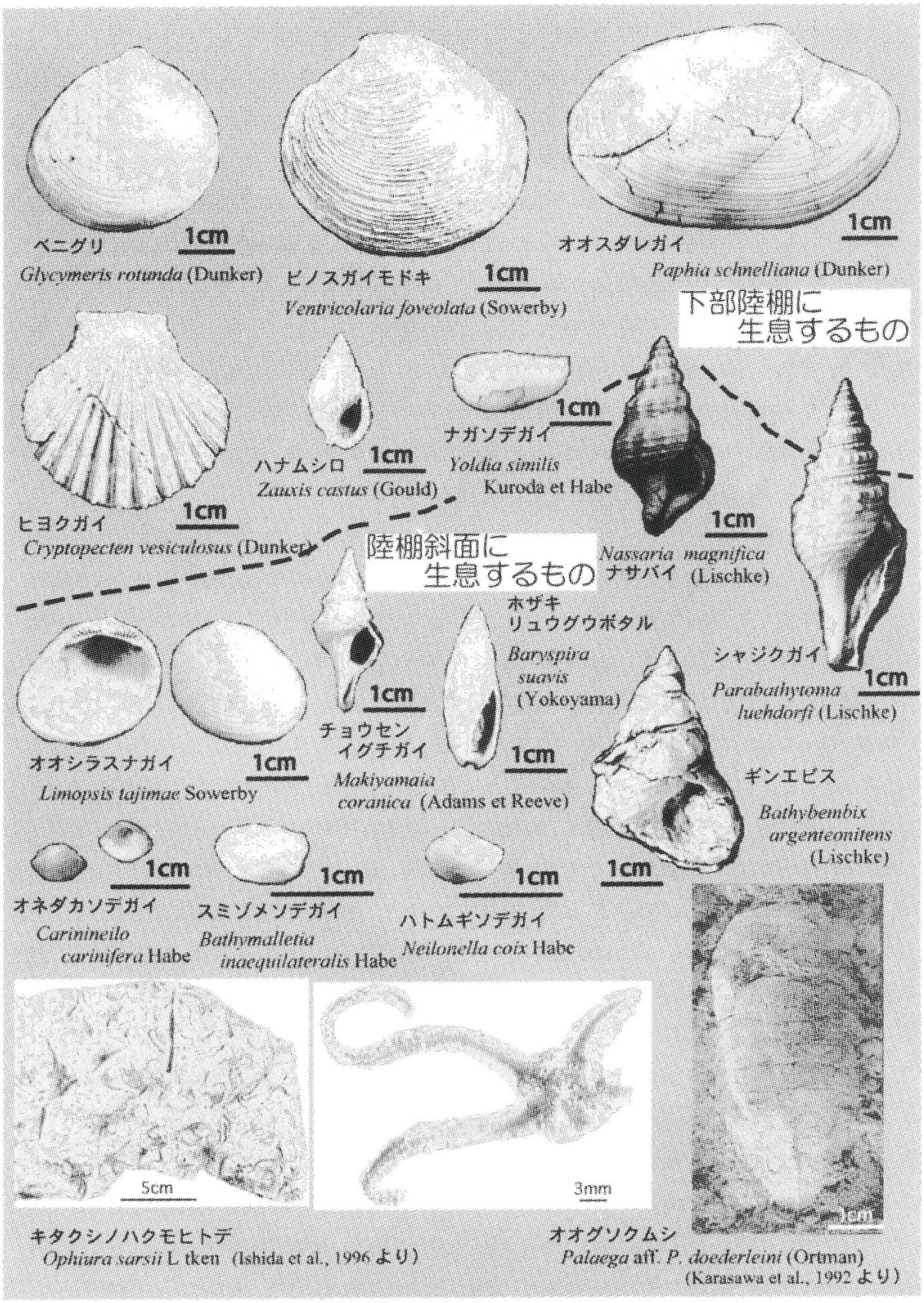


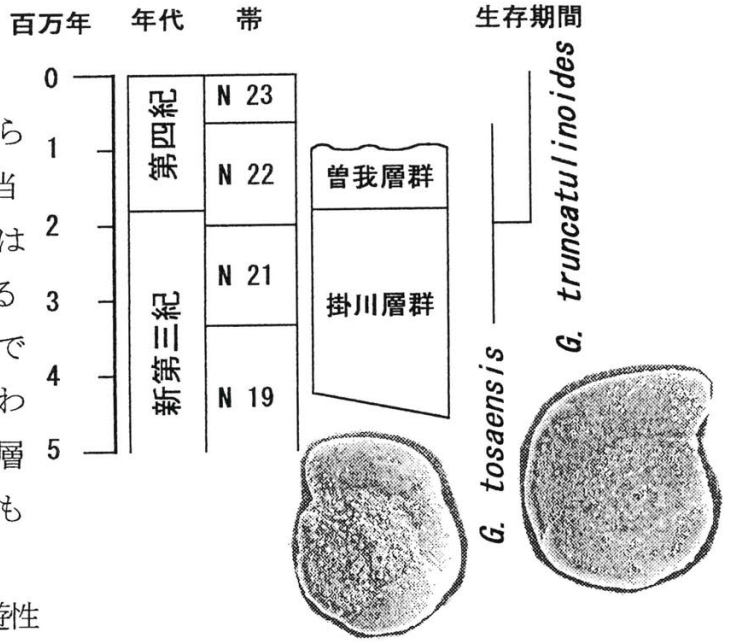
図３．掛川層群に認められる下部陸棚から陸棚斜面にかけての化石生物相

掛川層群と浮遊性有孔虫化石

茨木　雅子〈静岡大学理学部〉

浮遊性有孔虫化石とはどんな化石なのか？聞きなれない化石の仲間だと思いますが、それは大きさが1mm以下で，肉眼では容易に観察できないからです。しかし、この小さな化石は海に堆積した地層には豊富に含まれます。掛川層群からはどのような浮遊性有孔虫化石が産出するのか、それによってどのようなことがわかるのか。掛川層群の浮遊性有孔虫化石と同じ種類のものが太平洋の向こう側にある南米太平洋側の地層からも得られることなどを述べて、小さな化石から大きな地球の歴史を解く鍵を提供したいと考えます。

浮遊性有孔虫は海洋に浮遊している石灰質の殻を持った単細胞の原生動物です。石灰質の殻の大きさが0.2mm～0.8mmで観察には顕微鏡を使います。浮遊性有孔虫は中生代の中頃に出現し、白亜紀以降大発展した仲間で各地質時代の海成層には多量の遺骸が化石として含まれています。もちろん現在の海にも生息していますが、現生種はプランクトンネットで採集できます。地層から化石を取り出す場合は泥岩に水を加えてどろどろにして、泥を篩にかけて洗い流します。篩には泥に含まれていた生物の遺骸が残り、浮遊性有孔虫化石も含まれます。この小さな化石が、どうして注目されるかと言いますと示準化石としての価値が高いからです。各地の海成層から得られた浮遊性有孔虫化石を時代順に並べると、時代と共に進化して形態が異なり、その時代に特徴的な種が出現しています。さらに、浮遊生活であるために広域に分布し、その出現時期は世界中でほぼ同時であると考えられています。そうすると、太平洋・大西洋・地中海では全く同じ種が産出し、その出現時期が同じだとすれば、世界の海成層の同時面を結ぶ鍵となるのです。

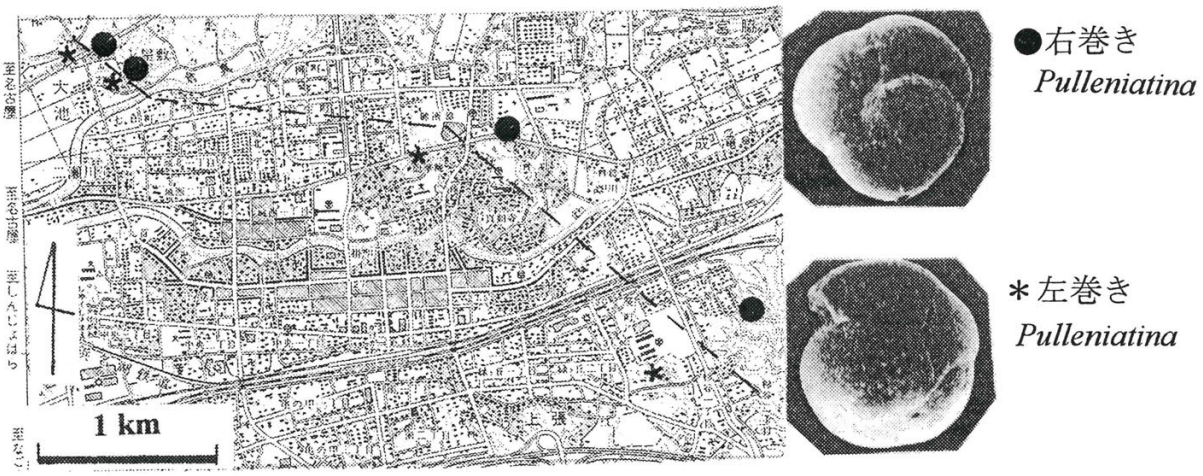


掛川層群の浮遊性有孔虫化石：
掛川層群の堆積年代は450万年前から180万年前までの新第三紀後期に相当します。産出した浮遊性有孔虫化石は66種、熱帯・亜熱帯に豊富に産出する種が多くを占めていますので、暖流である黒潮の影響下にあったものと思われます。掛川層群の地層には、海成層区分の規準となる浮遊性有孔虫化石も多く産出します。例えば、*Globorotalia tosaensis* という浮遊性有孔虫種がありますが、化石帯N21の基底

を定義する種で、出現は335万年前、消滅は65万年前と計算されています。この種は掛川層群下部から出現して最上部まで産出しますので、この１種だけでも掛川層群の年代をある程度推測することができます。このような世界の海成層の地層区分に使われる基準が掛川層群には１１もありますので、浮遊性有孔虫化石による掛川層群の区分は、日本の代表的区分として多くの方面に役だっています。

掛川層群と南米太平洋側の地層から得られた浮遊性有孔虫化石：浮遊性有孔虫化石は海に堆積した泥岩や粒の細かな砂岩には平均して含まれることから、地層の堆積している順に下位から上位へ調べれば、古い方から新しい方への変化を観察することが出来ます。沢山の海底堆積物と陸上の地層に含まれる浮遊性有孔虫化石調査から代表的種の出現・消滅順序はわかっています。この出現順序と岩石に残っている古地磁気、放射年代の組み合わせによって、代表種の出現・消滅年代が計算されています。前述の *Globorotalia tosaensis* の出現年代は3.35（百万年）前、これから進化した *Globorotalia truncatulinoides* の出現は2.0（百万年）前で、この種は現在の海にも生息しています(図１)。

浮遊性有孔虫の殻の巻き方向は変化に富み、ある傾向性が見られます。現生種では水温によって左右されるものもあり、右巻き個体の多い海域と左巻き個体の多い海域が知られています。また、殻の巻き方向を地層の重なる順（年代順）に追っていくと、ある時代には右巻き優性、ある時代には左巻き優性となることもあります。例えば、*Pulleniatina* 属の現生種はすべて右巻きですが、今から２百万年前の *Globorotalia truncatulinoides* の出現した海に生息していた *Pulleniatina* は左巻き個体でした。*Pulleniatina* 属は掛川層群に産出します。殻の巻き方向を追跡すると掛川層群下部の地層には右巻き個体が、上部の地層には左巻き個体が含まれ、最上部の地層で左巻きから右巻きに変化しています。掛川市街の真中に右巻きから左巻きに変化する層準があります（図２）が、この基準は太平洋の沿岸周辺の地層に追跡できます。掛川層群にある浮遊性有孔虫化石の出現・消滅層準、殻の巻き方向の変化層準は、太平洋の向こう側にある南米太平洋側の地層にも認められます。したがって、掛川のある崖と南米太平洋側エクアドルの崖を結ぶことを可能にしています。



タコブネ化石発見の意義

冨田　進（中京学院大）

2000年の掛川市街北部の上西郷小市における鯨化石発掘調査のおりに，東海大学自然史博物館鯨化石発掘グループによってタコブネの化石がほぼ完全な保存状態で発見された．産出した地層は新生代第三紀鮮新世後期の掛川層群大日累層天王シルト質砂岩部層である．

この化石は殻がやや小型で薄く，側面はあまり膨れず，巻は平巻且つ密巻で急に増大し，内部に隔壁は無い．螺環断面は幅の広い台形を呈する．殻表面にはやや太く，平滑で丸い放射肋があり，一次肋の間にやや細い二次肋が存在し，住房側面で合計35本はある．腹面には二列の竜骨があり，その間は幅広く平滑である．竜骨には先端が前後に細く，丸みを帯びた刺列で装飾される．二列の刺はやや粗く，交互に配列する．臍は閉じ，殻口が臍に連絡する辺りに角状の突起が横に延びる．これらの特徴から，この化石は現生種のタコブネ *Argonauta hians* Lightfoot, 1786 であると同定できる．

タコブネは現在，熱帯や亜熱帯海域の表層で浮遊生活をする殻をもつタコの仲間で，頭足綱八腕形目アオイガイ科に属する．この仲間はオウムガイ類とは異なり，発生時から殻をもつのではなく，殻は雌が繁殖期に膜状に広がる第一腕から石灰質を分泌して作るいわゆる抱卵器である．よく知られるタコの仲間は底棲で，岩礁の穴などに産卵する．これに対し，アオイガイ科は浮遊生活に適し，カメガイなどの同じく浮遊生活を営む他の軟体動物を餌にしている．アオイガイ科は第一に，大型で幅が狭く，多くの平滑で丸い放射肋をもち，腹面に先端の尖った二列の刺がある殻をもつアオイガイ *Argonauta argo* Linnaeus，第二に，タコブネ *Argonauta hians* Lightfoot のグループ，第三に，やや大型で側面が少し膨れ，顆粒がある放射肋をもつチリメンアオイガイ *Argonauta nodosa* Lightfoot の3グループに分けられる．アオイガイとタコブネは汎世界的な分布を示すが，チリメンアオイガイはオーストラリア周辺のインド太平洋海域に分布する．

このたびのタコブネ化石を産出した地層からは，暖海性の掛川動物群に属する他の軟体動物化石が豊富に産出する．以下がその代表的な種である．

＜腹足類＞ *Suchium suchiense suchiense* (Yokoyama), *Turritella perterebra* Yokoyama, *Glossaulax hagenoshitensis* (Shuto), *Babylonia elata* (Yokoyama),

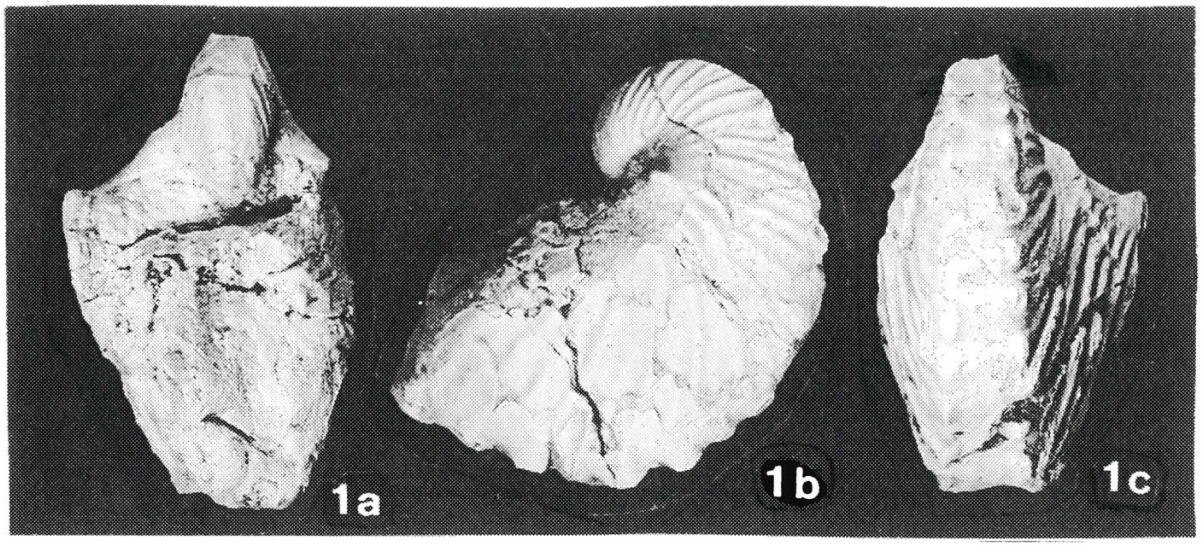
＜斧足類＞ *Scapharca castellata* (Yokoyama), *Glycymeris totomiensis* Makiyama, *Glycymeris albolineata* (Lischke), *Amussiopecten praesignis* (Yokoyama), *Chlamys satoi* (Yokoyama), *Bathytormus foveolatus* (Sowerby), *Megacardita panda* (Yokoyama), *Callista chinensis* (Holten), *Paphia takanabensis* Shuto.

最近の Ozawa et al. (1998) などの研究から，これらは熱帯や亜熱帯性海洋気候を示し，時代は Haq, *et al.* (1987) や Malmgren & Berggren (1987)による約200万年前の海面上昇期に相当する．

アオイガイ科の化石は宮崎県の第三系漸新統日南層群から産出した *Obinautilus pulcher* Kobayashi, 1954 が最も古い．当初オウムガイ類とされたが，内部に隔壁がなく，Noda et al.

(1986)の研究によってアオイガイ科とされた．中期中新世になると日本からは，*Mizuhobaris izumoensis* (Yokoyama, 1913), *Argonauta tokunagai* (Yokoyama, 1913), *Izumonauta lata* Kobayashi, 1954, *Izumonauta kagana* (Kaseno, 1955), *Izumonauta kasataniensis* (Kaseno, 1955)などの報告があり，スマトラから *Kapal batavus* Martin, 1929, オーストラリアから *Argonauta joanneus* Hilber, 1915 の報告があって，合計4属7種が知られている．次の後期中新世の例としては，千葉県から *Obinautilus awaensis* (Tomida, 1983) と *Argonauta itoigawai* Tomida, 1983 が報告されている．前期鮮新世の例は，イタリアから *Argonauta sismondai* Bellardi, 1872 とオーストラリアから *Argonauta oweri* Fleming, 1945 が報告されている．これらはいずれも化石種であり，現生種の化石については古くは Lawini (1858) による北部イタリアのピエモンテ地方の鮮新統からの報告や，最近になって Bandel & Dullo (1984) によりリミニ近郊の鮮新統から報告された *Argonauta hians* Lightfoot がある．したがってこのたびの掛川産タコブネ化石は日本における現生種では最も古い化石例で，地理的に見ても当時の地中海と太平洋で見つかったことは重要である．

すなわち漸新世には1属1種が知られ，中期中新世には4属7種となってこの類の全盛期を迎え，後期中新世には2属2種のみとなり衰退し，前期鮮新世には1属2種が生き残り，後期鮮新世には *Argonauta hians* の1属1種が知られる．中新世末のアオイガイ科の衰退は，Beu (1973) や Ozawa & Tomida (1996) が報告したように，オウムガイ類の *Aturia cubaensis* や *A. coxi* が中新世／鮮新世境界で絶滅することと原因を一にし，氷期到来による海面低下と低温がその要因に考えられる．北イタリアの鮮新統から産出した *Argonauta hians* は同じ地方の下部鮮新統から産出した *Argonauta sismondai* とは腹面の刺列の形状や放射肋の粗密度に相違が見られるが，基本的に形態学上近い関係にあり，*Argonauta sismondai* は *Argonauta hians* の直系的祖先種であると考えられる．



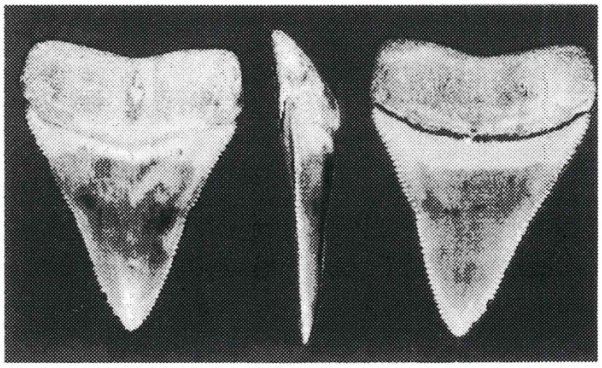
掛川市上西郷小市産タコブネの化石（実物大）

（1a　殻口側，1b　側面，1c　腹面側：ホワイトニング実施）

サメの歯化石からわかる掛川の海

横山　謙二（東海大学海洋学部・研究生）

はじめに



ホホジロザメの歯化石（上顎側歯）

掛川市市街地北部には、掛川層群大日累層と呼ばれる約 200 万年前の海に堆積した地層が見られます。その地層中には、豊富に貝化石を含んでおり、古くから古生物学的研究が行われ、これらの化石は掛川動物群として世界中に知られています。こうした貝化石に混じりサメ・エイ（板鰓類）の歯化石が産出しています。掛川層群から産出した板鰓類化石は、横山ほか（2000）・横山ほか（2001）により、11 科 16 属 18 種の板鰓類化石が報告されています。

産状と共産化石

板鰓類化石は、大日累層の大日砂層と天王シルト質砂層中に挟在するおもに化石密集層中より、多数産出します。大日砂層は、主に細粒～中粒砂層からなり、基底付近には礫層が発達します。天王シルト質砂層は、主にシルト質の砂層からなり生痕化石を多く含みます。板鰓類化石の産出は、大日砂層で多く、天王シルト質砂層で少ない傾向があります。

大日砂層の化石密集層は、基底付近の礫層中と天王シルト質砂層の境界付近に発達します。その化石は、ベンケイガイ、バイガイ、キサゴ、マガキ、ナミマガシワなどの潮間帯～内側陸棚に生息する貝類が産出します。基底付近ほど、浅海の貝類化石が多く産出します。

天王シルト質砂層中の化石密集層は、シルト質の砂層に挟在する中粒砂層に発達します．その化石は、大日砂層中の化石層に含まれる浅い貝類とベニグリガイやホソヒタチオビガイ、ウラシマボタル、シャジクガイなどの外側陸棚～陸棚斜面付近に生息する貝類が産出します。

産出板鰓類化石の特徴と生息環境

掛川層群大日累層から産出した板鰓類化石のほとんどは、歯の化石です。なぜならば、サメ・エイの仲間である板鰓類は、軟骨魚類に含まれるため、その骨は化石として残りにくく、その代わり歯は硬く、抜け落ちても常に予備の歯を備えるほど数が多く、化石として残りやすいのです。歯以外の板鰓類化石は、ノコギリザメの吻棘、アカエイ類の尾棘などが産出しています。

サメと聞くとヒトに危害を加える恐ろしいサメをイメージされる方が多いと思います。この掛川層群からも、人食いザメで知られるホホジロザメ・イタチザメ・シュモクザメ・メジロザメが産出しています。こうした、サメは、魚類や鯨類やカイギュウなどの海生哺乳類、海鳥などを餌にしています。そのためその歯は、獲物を捕らえ、切り裂くために、鋭角な三角形で、鋭い刃やステーキナイフのようなギザギザを備えています。こうした動きの激しく、大型の動物を餌とするサメは、大きい歯を備えています。掛川層群産の最大の歯で、ホホジロザメの歯 5cm 程のものがあります。しかし、掛川から産出した板鰓類化石の半分以上は、1cm 以下の小さい歯化石で占めています。これらの小さい歯化石は、カスザメ・ツマグロエイラクブカなど

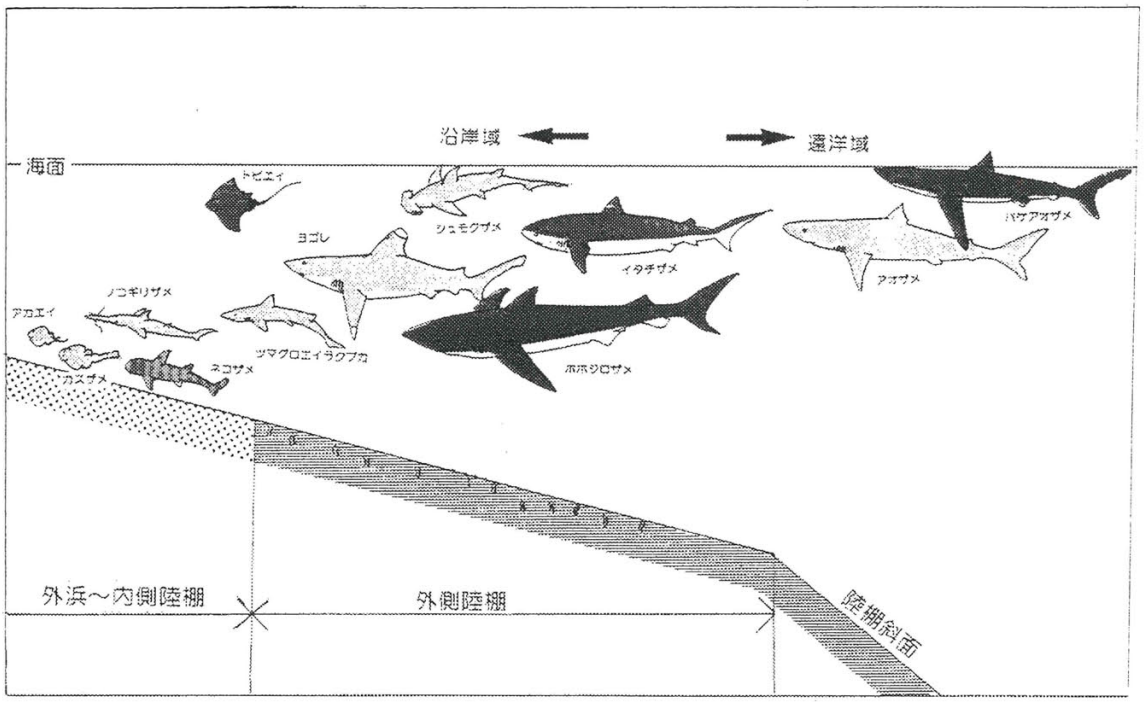
の小魚や底生生物を餌とする板鰓類の歯化石です。掛川層群産の最小の歯で、ツノザメの歯2mm未満のもがあります。この他に、甲殻類や貝類などの硬い殻を持つ動物を餌とするネコザメやエイ類が産出しています。その歯は、硬い殻を割り、すりつぶすのに便利な板状の歯をしています。

こうした産出板鰓類化石は、浅海域に堆積した大日砂層で多く、外側陸棚付近に堆積した天王シルト質砂層で少ない傾向があります。そのため、産出する板鰓類化石も、浅海域に生息する種が多く産出しています。天王シルト質砂層からは、大日砂層ではあまり産出しない、遠洋域に生息するような板鰓類化石が産出しています。

板鰓類の生息環境は、ネコザメやアカエイ・カスザメなどの沿岸域の海底に生息する種、イタチザメ・ホホジロ・シュモクザメなどの沿岸域～遠洋域の表層に生息する種、アオザメなどの遠洋域の表層に生息する種の３つに分けられ、暖かい海域に生息する種が多く産出するのが特徴です。中でも、ネコザメやアカエイ・カスザメなどの沿岸域付近の浅い海底に生息する種が最も多く産出しています。このことから、当時の掛川地域には、ネコザメやカスザメの生息しやすい、沿岸域の浅い海底が広がっていたことがわかります。また、外洋の表層に生息するアオザメやバケアオザメが産していることから外洋に面した、海流の影響を受ける、今の遠州灘のような場所であったことが推測できます。

生息海域では、イタチザメ・アオザメ・バケアオザメのような暖温帯～熱帯域に生息する板鰓類化石が産出したことや、ネズミザメ・ウバザメなどの極海～冷温帯地域に生息するような板鰓類化石がまったく産出しないことを考えると、当時の掛川の海が、今の遠州灘の海よりも暖かく、現在の台湾付近の海域に近い気候下であったようです。

産出板鰓類化石から推定した約200万年前の掛川の海は、暖温帯～亜熱帯地域の海域で、現在の陸棚域のような浅海の海が広がっていたことがわかります。



サメ・エイ類の生息環境

掛川の海にはクジラも海牛もいた

新村　龍也（東海大学海洋学部・学生）

1999年掛川市の化石産地で骨化石が発見されました。この骨化石は、その末端が崖の壁に見えており、全体を明らかにしようと、発掘をした結果、長さ1メートルを超える大型の肋骨が現れました。

この化石は背骨と関節する部分から、腹側の端近くまで残されており、ほぼ完全な肋骨である事がわかりました（図1)。その全体の形態や断面が扁平で多孔質構造であることから、クジラ類の肋骨であることが明らかになりました。この発見をきっかけとして2000年にクジラ化石発掘が行われ、クジラ類と海牛(カイギュウ)類の肋骨化石が発見されました。

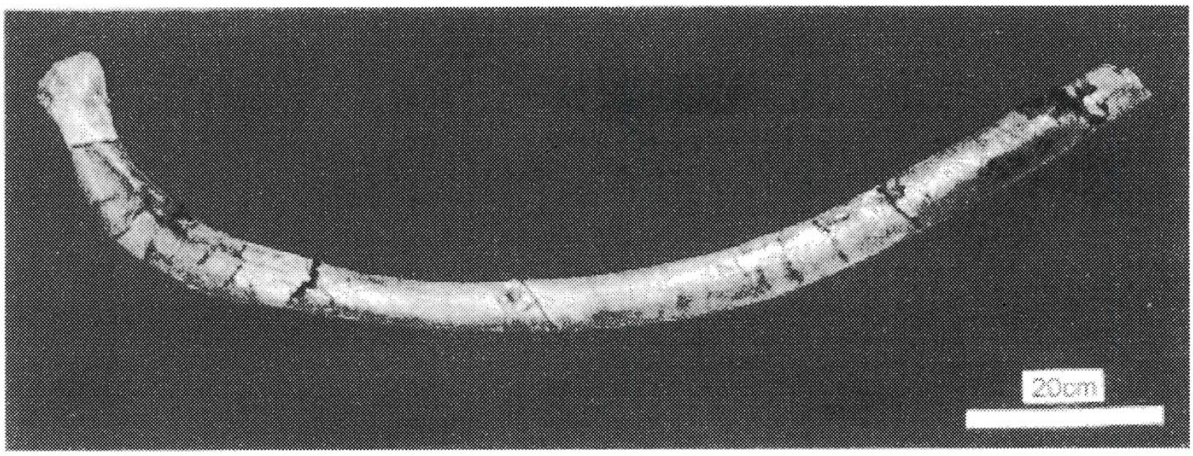


図1　最初に発見されたほぼ完全な肋骨化石

クジラ類とカイギュウ類はどちらとも後足はなく、尾鰭により推進力を得る、水中生活に完全に適応した海生哺乳類の一グループです。クジラ類は大きく分けて、ハクジラ類とヒゲクジラ類が現在も生息します。 約5000万年前にはムカシクジラ類と呼ばれる原始的なクジラもいましたが、掛川層群が堆積しつつある約200万年前のこの時代にはすでに絶滅していました。このことから、この肋骨化石は当時の海でも生きていたハクジラ類のものか、ヒゲクジラ類のものということになります。ハクジラ類とは、あごに一対、または、多数の歯を持ち、小型のイルカの仲間や大型のマッコウクジラを含みます。ヒゲクジラ類とは、あごにクジラヒゲを持ち、大型のシロナガスクジラやザトウクジラを含みます。これらのハクジラ類やヒゲクジラ類の中には現在では姿を消してしまった種類もいます。

1999 年に発掘された完全な肋骨化石を現在生息している種類のクジラの肋骨標本と比べると、この化石はヒゲクジラ類に形態が似ていることがわかりました。また、肋骨化石は、その大きさから、10メートルほどもあるクジラのものであると思われ、このことは当時の掛川の海で、大きなヒゲクジラが、泳いでいたことを想像させます。

2000年の発掘ではさらに肋骨化石が2標本産出しました。そのうちの一方（図2）は肋骨の一部が残り全体は分からないものの、断面が扁平で多孔質構造をしており、クジラ類のものと

思われます。しかし、もう一方（図 3）は、断面の構造が明らかにクジラ類の多孔質構造とは

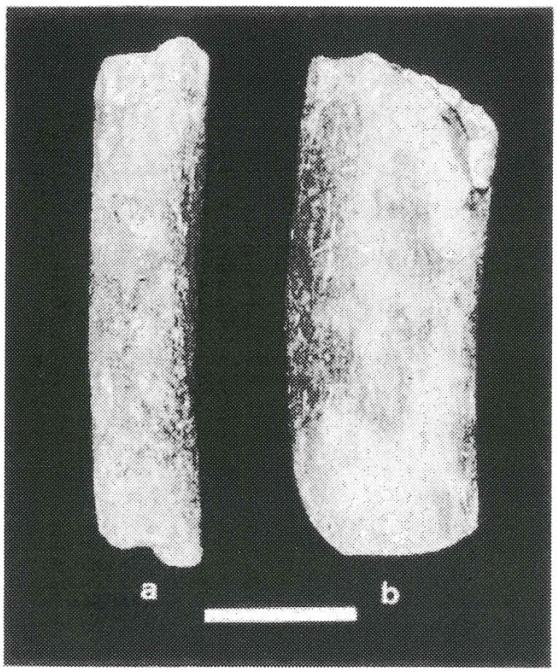


図 2　クジラの肋骨化石（スケール 5cm）

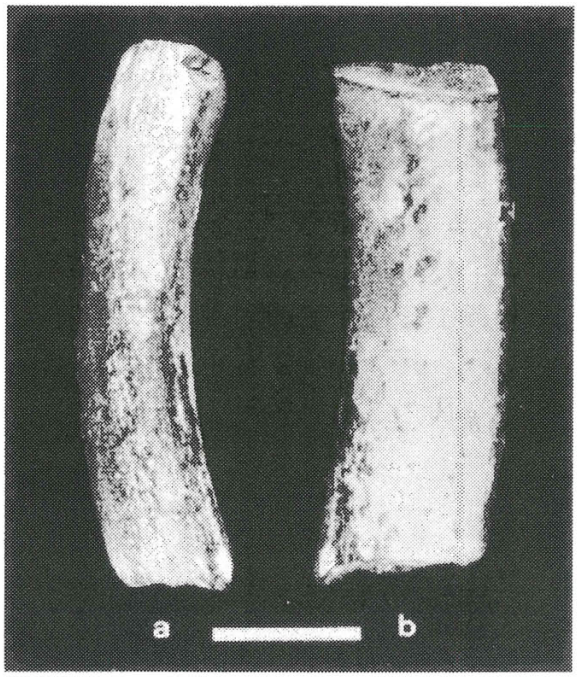


図 3　カイギュウの肋骨化石（スケール 5cm）

異なり緻密です。さらに、肋骨の断面は丸く、全体はバナナ状であり、これらの特徴はマナティーやジュゴンといったカイギュウ類の特徴と一致します。

カイギュウ類とは、唯一植物食の海生哺乳類です。約 200 万年前のこの時代に生きていたと考えられる海牛類には、マナティーを含むトリケクス類とジュゴンを含むジュゴン類が考えらます。しかし、トリケクス類は大西洋域で生活していたグループであるため、日本から見付かることは考えにくく、一方ジュゴン類は太平洋域で生活していたため、日本からの産出のすべてはこのグループに含まれるものと考えられています。そのためこの標本もジュゴン類のものでしょう。カイギュウ類の日本からの産出は、クジラ類のそれと比べると非常に少なく、その多くは東北・北海道からのものであり、掛川市から産出したということは、海牛類の分布を考える上で、大きな意味を持つでしょう。

発掘によって哺乳類化石を産出した掛川層群からは、最近になってイルカの後頭骨や尾椎の化石、イノシシの仲間のものと考えられる歯の化石、シカの角の化石などが発見され、現在研究を行っています。これらの骨化石は、これまで哺乳類化石の産出がほとんど知られていなかった掛川層群からの発見であり、これから多数の哺乳類化石の産出を期待させます。さらに新たな標本の発見により、詳しい種類を明らかにすることは、日本列島やその周辺海域での哺乳類の進化や分布を研究する上で、重要な情報となるでしょう。

掛川の海底で密集していたクモヒトデ

石田吉明（東京都立千歳丘高等学校）

クモヒトデはヒトデ，ウニ，ナマコ，ウミユリ，ウミシダなどと同じ棘皮動物です．ヒトデに似ていますが，体の中央（盤）と５本の腕がはっきり区別できる点が異なります．

10 年ほど前，掛川市の家代地域で 500 個体を越すクモヒトデ化石が発見されました．クモヒトデを含む地層は，約 200 万年前のもので，掛川層群大日層とよばれています．ここでは砂岩層と泥岩層が交互に重なっており，クモヒトデ化石はその両方から出てきました．これらの化石の形を調べたところ，６種類のクモヒトデがいたことがわかりました（図１）．しかもこれらはみな現在も生息している種類だったのです（名前のわからない⑥を除きます）．これらのクモヒトデが現在すんでいる水深や，クモヒトデ化石と一緒に産出した貝化石から当時の海の水深を推定しました（表１）．

さて，これらの化石を見てみると，泥岩の中のクモヒトデはほぼ原形をとどめていますが，砂岩中のクモヒトデの多くは腕がちぎれています．腕がちぎれた原因は浅いところの砂が何らかの原因でクモヒトデもろとも流れ落ちてしまったためだと考えられます．これらのことをもとに 200 万年前の掛川の海底の様子を復元してみました（図２）．

比較的浅いところ（100m 前後）は砂底で，①ハコクモヒトデ・②モザイククモヒトデ・③リュウコツクモヒトデ・④スナクモヒトデ類（種名不明）などがすんでいました．これらのうち最も多いのは②モザイククモヒトデです．

深いところ（200m 以深）には⑤キタクシノハクモヒトデと⑥トゲクモヒトデ科の一種がすんでいました．キタクシノハクモヒトデは，非常に多くの個体が密集した状態で見つかっています（図３）．現在でもこの種類は海底を一面に覆うようにして生活していますが，化石の状態から当時の海底にも似たような光景が広がっていたと考えられます．

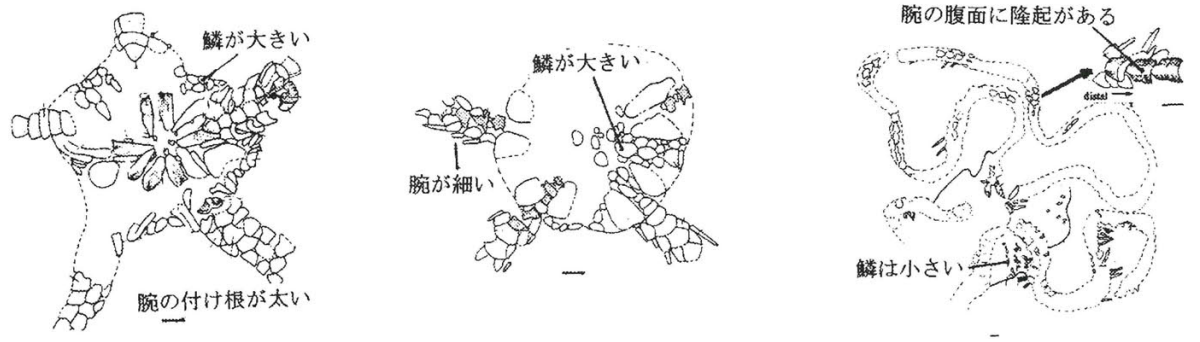
キタククシノハクモヒトデの化石をみると，生きたキタククシノハクモヒトデが砂に埋められたときに脱出する姿勢と同じものがあることがわかりました(図４)．つまり 200 万年前の海底でキタクシノハクモヒトデは自分を埋めつつある堆積物から脱出しようとしながら化石になったのです．

表1. 掛川層群産のクモヒトデ化石と主な共産化石

種名	基質	個体数	形態の特徴	現生種の生息場所	主な共産化石
① ハコクモヒトデ *Stegophiura sterea*	砂岩	2	盤は大きな鱗で覆われ，腕の付け根が太い	三陸～東シナ海 深度80-120m	*Glycymeris lotunda, Saccella gordonis*
② モザイククモヒトデ *Ophiozonella longispina*	砂岩	120	盤の鱗は大きく，腕は細い	流れのある砂砂底 深度80-120m	
③ リュウコツクモヒトデ *Ophiochiton fastigatus*	砂岩	1	盤の鱗は細かく，腕の腹腕側に隆起がある	三陸沖～東シナ海 深度128-860m	
④ スナクモヒトデ科（種類不明）	砂岩	5	腕はしなやかで非常に細い．	この科のものはすべて砂底にすむ	
⑤ キタクシノハクモヒトデ *Ophiura sarsii sarsii*	泥岩	500以上	腕の付け根に櫛状の棘が並ぶ	寒流域 深度200-600m	*Limopsis tajimae, Carinineiro carinifera*
⑥ トゲクモヒトデ科の一種 *Ophiaphthalmus* cf. *hylacanthus*	泥岩	20以上	盤は細かな棘で覆われ，腕に長い腕針をもつ	日本周辺 深度300-500m	

図１．掛川層群から発見された６種類のクモヒトデ（縮尺は 1mm）

① ハコクモヒトデ（腹面）　②モザイククモヒトデ（背面）　③リュウコツクモヒトデ（背面）



④スナクモヒトデ科の一種　⑤キタクシノハクモヒトデ（背面）　⑥トゲクモヒトデ類（背面）

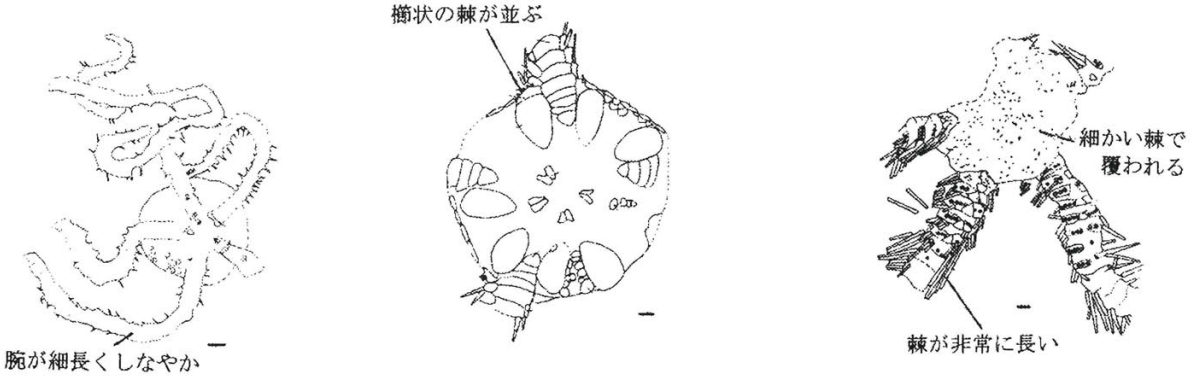


図２．200 万年前の掛川海底でのクモヒトデの分布を復元したもの

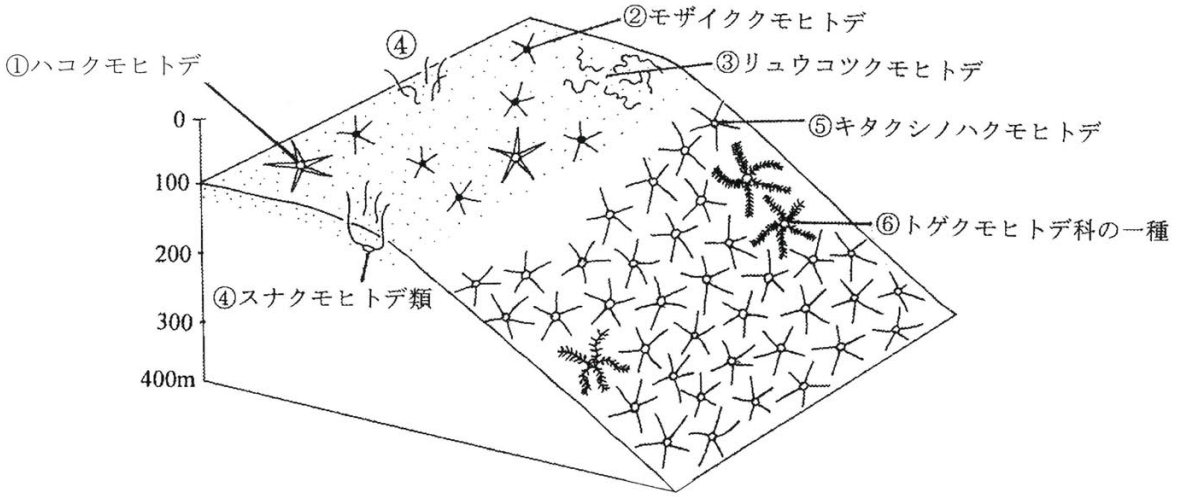


図３．密集したキタクシノハクモヒトデ化石

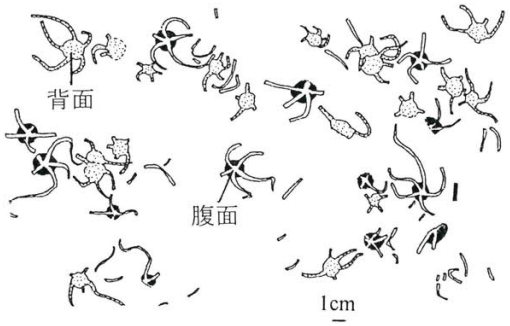
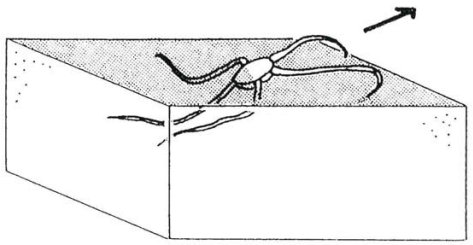


図４．キタクシノハクモヒトデ化石の脱出姿勢



掛川層群の教材としての意味

白井久雄（掛川市立第一小学校・教諭）

1. 小学校学習指導要領

○　理科の目標

自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的を見方や考え方を養う。

○　第6学年の目標　(3)

土地のつくりと変化の様子を自然災害などと関係付けながら調べ、見いだした問題を多面的に追求する活動を通して、土地のつくりと変化のきまりについての見方や考え方を養う。

○　内容　C　地球と宇宙

土地やその中に含まれるものを観察し、土地のつくりや土地のでき方を調べ、土地のつくりと変化についての考えをもつようにする。

ア　土地は、礫、砂、粘土、火山灰及び岩石からできており、層をつくって広がっているものがあること。

イ　地層は流れる水の働きや火山の噴火によってでき、化石が含まれているものがあること。

ウ　土地は、火山の噴火によって変化すること。

エ　土地は、地震によって変化すること。

2. 掛川地域の地層の魅力

掛川地域は地質学、古生物学の分野では古くから有名な地域である。平成14年度から使用される教科書では、小学校理科教科書1社（水のはたらきでできた地層、砂とねんどの地層でしま模様になって見える、杉谷）、中学校理科教科書1社（地層のひろがり、杉谷）が掛川の地層（露頭）を写真で紹介している。

小学校の「土地のつくり」の学習では、露頭を教材としてとらえ、露頭観察から得た事実や疑問を大切にした授業を構想することが重要である。観察に適した露頭の条件として次のようなものが考えられる。

・　安全性（崩れない、害虫がいない、見学の邪魔になる草が生えていない、学校から露頭までの往復の安全性）

・　しま模様がはっきりわかる。しま模様を構成しているものの違いがわかったり採取したりすることができる。露頭を三次元的に観察できる。近接する露頭のつながりがわかる。

・　児童が直接体験することができる広さがある。

・　化石採取ができる。礫層から礫が採取できる。

3.「土地のつくり」の授業

○　地面の下はどのようになっているのでしょうか

○　地層の見学

○　地層はどのようにしてできたのでしょうか

○　ねんどの上に砂があるのはなぜ

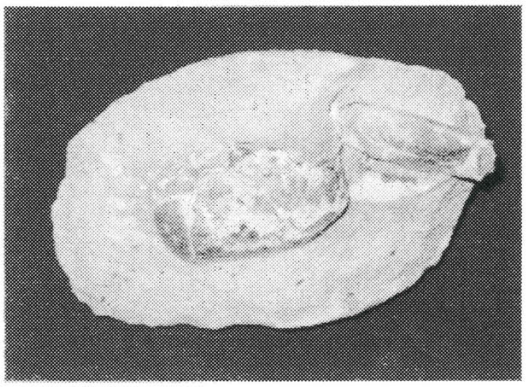
児童のまとめから

- 土地のつくりを勉強して、地下があんなふうに、しましまになっているのがびっくりしました。
- 化石はどういうものがあったり地層はどのようになっているのかよくわかんなかったけど地層を見に行ってこうなっているかとわかったり、化石はこういうものもあるんだとわかりました。
- 地層を見に行って、とてもわかりやすかったです。ねん土や砂などいろんな層がありました。化石は動物の死んだものなどと知りました。見学に行き、貝があって、そこは昔は海だったのだとわかりました。家の近くでもないのかとさがしてみましたが、貝のような物はありませんでした。地層が何年もの時をかけて作られているのを知り、おどろきました。
- ぼくは、地層を作る時に、ねん土の上に本当に、砂ができるのかなと思いました。でもやってみたらちゃんとできたのでよかったです。その実験で地層のでき方がちゃんとわかりました。
- 地層を作ろうでは、自分たちで地層を作ってとても楽しかったです。地層は自然にできた物だから自分たちでできて少しびっくりしました。
- 私は、みんなでつくった地層が大成功でうれしかったです。それとどうやって地層が上に上がってきたかもわかりました。
- 理科で地層の実験をやって、地層のでき方がわかりました。地層ができていく時、じっと見ていたら砂の上にねん土が重なっていくことがわかりました。地層が曲がっているのは、地下のはたらきで曲がったということがわかりました。
- 最初に、地層と聞いても、よくわかりませんでした。けど、1つ1つ勉強して、どのようにできたかを調べたり、実際に作ってみたらよくわかりました。とても昔から、地層はできていて、今の海でも同じことが起こっているなんてとてもびっくりしました。
- 私は、化石とか興味があったけど、家の下がどうなってるかなんて考えませんでした。地層って何だ？とほとんどわかりませんでした。でも勉強していくと、地層は、川の働きでできたり、地下のマグマがふん火して冷えてかたまったりしたんだ・・・・・・・。なるほど、と思いました。一番楽しかったのは、実際に地層を作ったことです。もっとたくさん時間がかかるけどこういうふうにできたんだということがわかりました。
- はじめ、地層を見に行った時はあまり気にかけなかったけど、地層の勉強をすると、とても複雑だったのですごいと思いました。地層は、自然が生み出した、神秘的なものだと思いました。

4. 掛川地域で観察できる地層

掛川層群の化石を生かそう

田辺　積（掛川層群の化石採集家）



長谷のカニ化石のノジュール

私は掛川層群の化石を採集し始めて18年になりますが、3つの思いをもって採集しています。

ひとつ目は趣味としての採集です。自然に接する趣味をもっていますと、思いがけない出逢いがあるからです。思いがけない出逢い、それは感動と喜び、そして笑顔をもたらしてくれるからです。

これは長谷という地区で採集した化石です。やわらかい泥の層の中にこのような丸いかたい石があります。これをノジュールといい、ハンマーで割りますと中にカニの化石が入っていました。このような丸い石をたくさんみつけた時の興奮と感動は今も忘れることはできません。家に帰っても家族に話し、友人、知人にも電話します。近所の人から、「田辺さんは化石のことを話すと、まるで子供みたい、目が輝いている」とよくいわれます。私もその通りだと思います。

そして、趣味は人と人との出逢いをもたらしてくれます。ひとりの人がこられると、その人が又、友達や知人を連れてきてくれます。「友達の友達は友達だ」まさに、この言葉通りです。私は趣味を通じて感動と喜びを求め、人と人との出逢いを大切にしております。

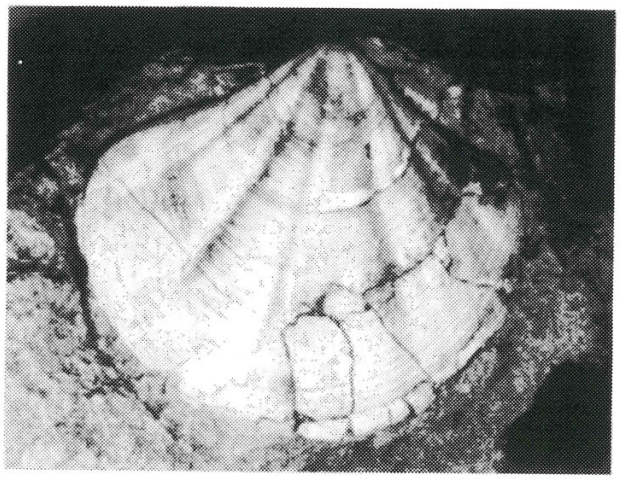
二つ目は学術的に貴重な掛川層群の化石を残そうと言うことです。長い間採集しつづけていますが、私自身、自負していることがあります。それは、採集に出掛けた回数と標本の数量はだれにも負けないと自信をもっております。

よく知り合いの人から、どうしてそれまで掛川の化石にこだわるのかと聞かれます。私が掛川市上西郷の出身と言うこともありますが、それ以上に造成地などで貴重な化石が掘り出されるのに、ふたたび埋め立てられるのを見て、私はこの貴重な化石を、「だれかが残さなければ‥‥」と、いう思いから、雨の日も風の日も、暑い日寒い日をとわず、18年間、休日を利用して採集しつづけているわけです。

この間に化石の好きな方々と出逢いました。子供さんから専門家の先生方まで多くの人が家にこられました。今回のシンポジウムにおいての柴先生、延原先生、東京の石田先生方はもう10年前頃から私の家に何度もこられ、化石のことをいろいろ教えていただいております。また、私の化石で文献などもまとめられ、貴重な化石により一層の学術的価値をつけていただいているわけです。

チマキボラの化石

貴重な貝化石はどんなものがありますか！と聞かれれば、フクレギンエビス貝、チマキボラ、ホクリクホタテなど、きりがありません。ひとつの説明をしますと、このチマキボラは戦前日本の漁師さんによってはじめて生息していること



ホクリクホタテの化石

がわかったそうです。形に特徴があり、独特な形をしています。この珍しいチマキボラも掛川層群から化石として発見されています。

先生方は日頃忙しい中で、そう何度も現地に訪れることは出来ないでしょう。私は何か協力できないか、先生はまとめ、私は肉体労働で、できるだけ多くの資料を集めようと思い小さな化石はふるいにかけ、サメの歯、タイ、エイの歯、そして耳石などいろいろ採集してきました。また、石に化石がついてるものをブロック化石と言いますが、2～3人で持ち上げるような大きなブロック化石もとり、中にはクリーニングに数ヶ月かかったこともあります。どこの場所、どんな地層でも必ずブロック化石はとるようにしています。

先生方がみられた時、どんな砂や泥などについていたか、どんな化石がついていたか、また化石の状態、生息数はどうだったかなど。いろいろ工夫しながら採集しています。

三つ目は、私はこの化石をつかって自然の大切さと動植物の大切さを伝えていきたいと思います。化石と自然、どう結びつくのかと思われるでしょうけど、現在生きている動植物の原点はこの化石にあり、と私は思っています。掛川層群の化石は200万年前後のもので、その化石の種類のうち約70～80%は現在も生きていると言われています。ですから、現在の動植物の原点はこの化石にありと言いたいのです。

今いろいろなところで自然を守ろう、環境を守ろう、動植物を保護しようとさかんに言われていますが、私は化石のことを語らずに自然を守ろう、動植物を守ろうと言ってもインパクトがうすいと思います。掛川の化石は200万年もの間、子孫を残して現在も生きつづけているんですよ。200万年もの間その種が生きつづけていることはたいへんなことです。まず、敵に負けてはいけません。今も昔も生物たちは熾烈な戦いをしているわけです。そして、自然の変化にも対応していかなくてはなりません。

地殻変動、温暖化もあれば氷河期もあります。火山もあけば地震もあり、生物たちはその地球の変化に対応しているわけです。その変化に対応できないものは絶滅種となり、あるものはすみかをかえたり、からだをかえたりしながら200万年もの間生きつづけている動植物なんです。

今、人間がいろいろなことをしますが、良い悪いは別として、人間がなんらかのかたちでかかわって自然が壊されたり、動植物が絶滅においこまれるということは、私は絶対さけなくてはならないと思います。つまり、いかにして共存すべきかと言うことを、この化石を使って広めていきたいのです。

この全国的に貴重な掛川層群の化石は県の宝でもあり、掛川市の宝でもあります。どうか化石の町、掛川市をおおいにアピールされ、化石を通して広く活用されることを望んでいます。私の家にもいろいろな人がこられますが、掛川の化石をアピールします。そして、化石採集もつづけていきます。

一言、「だれかが残さなければ‥‥」

掛川-御前崎地域の地質と化石に関する文献

柴　正博・延原尊美

掛川-御前崎地域の地質と化石に関する文献リストを示す．掛川-御前崎地域には，掛川層群を中心に新第三系がほぼ連続して広く分布し，新第三紀の地史や環境変遷を知るための重要な地域である．対象とした地層は，この地域に分布する地層で，下位からおもに倉真層群と西郷層群（三笠層群），女神層，相良層群，掛川層群，小笠層群（小笠山礫層），牧之原台地などを構成する段丘堆積物（古谷泥層，牧之原礫層など）である．このリストに掲載した文献は，学術論文として公表されたものを中心にしたが，「静岡地学」や「化石の友」など地域地質や化石に関する研究会で出版された記載的なものも含めた．ただし，紙面の都合上，学会発表などの講演要旨については省略した．リストは著者別に，アルファベット順（その下は年代順）で配列した．

天野和孝・延原尊美 (1995) 掛川層群から産出した *Mizuhopecten yessoensis* 種群の一種.瑞浪市化石博物館研究報告, 22, 103-106.

青島睦治・鎮西清高 (1972) 化石硬組織の酸素同位体比に基づく掛川層群堆積時の古水温推定. 化石, 23-24, 80-91.

Aoshima, M. (1978) Depositional environment of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan - a comparative study of the fossil and the recent foraminifera -. Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, ser. II, 19, 401-441.

Chinzei, K. and M. Aoshima (1976) Marine thermal structure of the Plio-Pleistocene warm water in Central Japan. Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II, 19, 179-203.

鎮西清高 (1980) 掛川層群の軟体動物化石群，その構成と水平分布．国立科博専報, 13, 15-20.

千谷好之助 (1928) 遠州国相良掛川附近第三紀層に就て．地学雑誌, 38, 84-89.

千谷好之助(1928-1929)7 万 5 千分の 1 地質図幅「相良」及び同説明書．地質調査所, 24p.

千谷好之助 (1930) 静岡県相良油田の地質に就て. 地質学雑誌, 37, 793-798.

千谷好之助 (1931) 静岡地質説明書, 48 p., 東京地質会.

後藤智徳 (1993) 静岡県掛川市細谷・家代より産した動物化石群集，化石の友, 40, 15-22.

後藤憲央 (2000) 牧ノ原礫層基底の埋没谷について．駒沢大学大学院地理学研究, 28, 15-22.

刑部妙子 (1977) 掛川貝化石群の古生物学的研究, 静岡地学, 35, 38-40.

橋本隆夫 (1973) 掛川層群．堀の内層の砂泥互層について．静岡地学, 25, 28-29.

茨木雅子 (1974) 掛川地方における第三紀と第四紀の境界について．静岡地学, 28, 5-8.

Ibaraki, M. and R. Tsuchi (1974) Planktonic foraminifera from the upper part of the Kakegawa Group and the Soga Group, Shizuoka Prefecture, Japan. Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ., 9, 115-130.

Ibaraki, M. and R. Tsuchi (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.

Ibaraki, M, R. Tsuchi and T. Takayanagi (1983) Early Neogene Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy in the Kakegawa Area, the Pacific Coast of Central Japan,Reports of the Fac. Sci. Shizuoka Univ., 17, 101-116.

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.

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.

池辺展生 (1975) 日本の太平洋側の新第三系上部の年代層序－掛川統の生層序と年代層序－．大阪微化石研究会機関誌, 3, 32-40.

池辺　穰 (1953) Ⅳ.A.5.2 静岡地区.石油技術協会誌, 18, 探鉱, 59-60.

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.

伊木常誠 (1909) 遠州相良油田地質調査概報．地質調査所報告, 13, 43-57.

井口正男 (1954) 牧ノ原礫層に関する 2, 3 の問題. 地理学評論, 27, 184-192.

井口正男 (1955) 牧ノ原礫層の堆積に関する考察. 資源科学研究所彙報, 39, 32-38.

Inoue, K., T. Ozawa, T. Nobuhara and S. Tomida (1997) Reexamination of the Sagara fauna – Middle Miocene molluscan assemblage from the Sugegaya Formation, Sagara Group, Shizuoka Prefecture, Central Japan –. Paleontological Research, 1, 110-125.

Ishibashi, M. (1989) Sea-level controlled shallow-marine systems in the Plio-Pliestocene Kakegawa Group, Shizuoka, Central Honshu, Japan: Comparison of transgressive and regressive phases. In Taira, A and F. Masuda eds.: Sedimentary Facies in the Active Plate Margin, 345-363, Terra Scientific Pub. Com., Tokyo.
石田 聖・加藤 進 (2001) 前弧堆積盆地の有機物相－基礎試錐からみた小笠.掛川堆積盆地－, 地球, 号外: プレート沈み込み帯における物質循環, 32, 136-143, 海洋出版.
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.
Ishida, Y., T. Tanabe, T. Ito and K. Hachiya (1996) Fossil ophiuroids from the Plio-Pleistocene Hijikata Formation of the Kakegawa Group, Shizuoka Prefecture, Central Japan. Bull. Natl. Sci. Museum, ser. C, 22, 63-89.
Ishida, Y., T. Tanabe, T. Ito and K. Hachiya (1998) Paleo-envionment of fossil ophiuroids from the Plio-Pleistocene Hijikata Formation of the Kakegawa Group, Shizuoka Prefecture, Central Japan. In Mooi, R. and M. Telford eds.: Echinoderms, , 365-370, Balkema.
Ishizaki, K. and Kato, M. (1976) The basin development of the Diluvium Furuya Mud Basin, Shizuoka Prefecture, Japan, based on faunal analysis of fossil ostracodes. In Takayanagi, Y. and T. Saito eds.: Progress in Microbaleontology, 118-143.
Itoigawa, J., S. Tomida, K. Matsuoka and Y. Ito (1984) Fossil Pearl from the Pliocene Kakegawa Group, Central Japan, Bull. Mizunami Fossil Museum, 11, 71-76.
糸魚川淳二 (1988) 掛川地域の第四紀層. 日本の第四紀層の層序区分とその国際対比, 地質学論集, 30, 103-110.
亀尾浩司 (1998) 石灰質ナン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.
柄沢宏明 (1983) 真円真珠化石を発見. 地学研究, 33, 4, 6, 225-230.
Karasawa, H., T. Nobuhara and K. Matsuoka (1992) Fossil and living species of the giant isopod genus *Palaega* Woodward, 1870 of Japan. Sci. Rep. Toyahashi Museum. Natl. Hist., 2, 1-12.
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.
Kato, S. and A. Morishita, (1984) Oga Formation and Fossil Kewia. Bull. Mizunami Fossil Museum, 11, 49-54.
加藤 進・柴田 博 (1989) 静岡県島田市北部に分布する相賀層. 瑞浪市化石博物館研究報告, 16, 55-63.
加藤 進・井上洋子・矢口良一 (1989) 基礎試錐「御前崎沖」の層序. 地質雑, 95, 851-864.
加藤 進・柴田 博・井上洋子 (1991) 大井川下流域の三倉層群の化石. 瑞浪市化石博物館研究報告, 18, 53-65.
加藤 進 (1992) 御前崎地域の石油地質—フォオアークベースンでの炭化水素ポテンシャル—. 石油技術協会誌, 57, 45-52.
加藤 進・井上洋子・鵜飼光男 (1992) 大井川層群の有孔虫化石. 瑞浪市化石博物館研究報告, 19, 379-391.
加藤 進・井上洋子・田澤孝一・中野孝教 (1998) 基礎試錐「御前崎沖」における新生代ストロンチウム同位体層序. 地質雑, 104, 550-557.
加藤 進・平松 力・井上洋子 (1998) 大井川層群の石灰質ナンノ化石と有孔虫化石の Sr 同位体年代. 瑞浪市化石博物館研究報告, 25, 89-95.
菊地秀夫・堤 正俊 (1961) 静岡・掛川地区に於ける試錐結果よりの地質的考察. 槇山次郎教授記念論文集, 67-81, 槇山教授退官記念事業会.
木宮一邦・白井久雄 (1991) 掛川層群, 西平尾, 細谷, 赤根凝灰岩とその挟在層の岩相特徴と堆積環境. 静岡大学地球科学研究報告, 17, 31-47.
小山真人・新妻信明 (1983) 駿河湾西岸後期更新世古谷層の古地磁気. 静岡大学地球科学研究報告, 8, 39-47.
久保雄介・増田富士雄・酒井哲弥 (1995) タービダイトからいかに古流速を求めるか: 鮮新-更新統掛川層群への適用例, 地質学雑誌, 101, 925-932.
久家直之 (1985) 日本の第三紀板鰓類群集について. 海生脊椎動物の進化と適応, 地団研専報, 30, 37-44.
黒田啓介 (1970) 古谷泥層の植物遺体. 静岡大学地学研究報告, 2, 91-95.
黒田啓介 (1975) 小笠層群の植物化石. 地質学雑誌, 81, 721-735.
黒田啓介 (1991) 静岡県袋井・掛川両市付近から産出する鮮新世以降の植物遺体. 名古屋地学, 53, 1-11.
前田寿賀子 (1965) 掛川地方新第三系の化石貝類の古生物学的研究, 地学しずはた, 35, 9-13.
Majima, R. (1985) Intraspecific variation in three species of *Glossaulax* (Gastropoda: Naticidae) from the Late Cenozoic strata in central and southwest Japan. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., 138, 111-137.
間嶋隆一(1988) 日本産 *Glossaulax* (Gastropoda: Naticidae) の進化—第一部 *G. didyma*, *G. vesicalis*, *G. bicolor* および *G. reniana* の進化—. 化石, 44, 13-23.
間嶋隆一(1988) 日本産 *Glossaulax* (Gastropoda: Naticidae) の進化—第二部 *G. hyugensis*, *G. hagenoshitensis* および *G. nodai* の進化—. 化石, 45, 1-7.
間嶋隆一・今井 静・内村竜一・木田正吾・早川政男 (1990) 掛川層群土方層からシロウリガイの発見. 地質学雑誌, 96, 553-556.
Majima, R. (1991) Redescription and mode of occurrence of Nipponoclava yokoyamai (Shikama, 1954) (Clavagellidae: Bivalvia) from the Plio-Pleistocene warm-water fauna in Japan. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., 162, 781-793.
間嶋隆一・本目貴史 (1993) 掛川層群大日層の貝

殻集積層ーその内部構造と起源ー. 地質学雑誌, 99, 659-674.
牧野泰彦・増田富士雄・桂 雄三 (1979) 静岡県掛川地方の沖合型の砂泥互層. 茨城大学教育学部紀要(自然科学), 28, 53-72.
牧野泰彦・椎名しずえ (1983) 静岡県掛川地方の鮮新統, 堀之内砂泥互層の堆積構造と有孔虫化石含有量. 茨城大学教育学部紀要(自然科学)地球科学別刷集, 31/32, 42-50.
Makino Y. and T. Seki (1984) Sedimentary Structures and Foraminifers in Some Turbidite Sequence of the Pliocene Horinouchi Formation, Kakegawa District, Central Japan. Bull. Fac. Edu., Ibaraki Univ. (Natural Sciences), 33, 20-40.
槇山次郎 (1925) 遠江掛川付近第三紀層の層序. 地球, 3, 569-576.
Makiyama, J. (1925) The evolution of *Umbonium*. Japan Jour. Geol. Geogr., 3 (3-4), 119-130.
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.
槇山次郎 (1928) 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて (一). 地球, 9, 23-35.
槇山次郎 (1928) 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて (二). 地球, 9, 100-118.
Makiyama, J. (1931) Stratigraphy of the Kakegawa Pliocene in Totomi. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B., 7, 1-53.
槇山次郎 (1935) キサゴ科の形態発達史. Venus (貝類学雑誌), 5, 241-255.
Makiyama, J. (1941) Evolution of the gastropod genus *Siphonalia* with accounts on the Pliocene species of Totomi and other examples. The Ketienzian Fauna Series no.1. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B., 16, 75-93.
槇山次郎 (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.
槇山次郎 (1943) 大井川下流沿岸地区の地質(抄録). 服部報公会研究報告, 10 輯, 321-325.
槇山次郎 (1950) 日本地方地質誌中部地方. 朝倉書店, 東京, 233p.
Makiyama, J. (1952) On the mutation of the fossil *Glycymeris rotnuda*. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S., 5, 131-138.
Makiyama, J. (1954) Syntectonic construction of geosynclinal neptons. Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, Ser. B, 21, 115-149.
Makiyama, J. (1957) Matajiro Yokoyama's Tertiary fossils from various localities in Japan. Part 1. Palaeont. Soc. Japan, Special Paper, 3, 75-93.
Makiyama, J. (1958) Matajiro Yokoyama's Tertiary fossils from various localities in Japan. Part 2. Palaeont. Soc. Japan, Special Paper, 4, 25-57.
槇山次郎・坂本 亨 (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.
槇山次郎 (1963) 掛川地方地質図説明書. 地質調査所, 30p.
増田富士雄・石橋正敏 (1991) 鮮新-更新統掛川層群の堆積シークェンスにみられるオンラップ・ダウンラップ構造. 堆積学研究会報, 34, 75-78.
Masuda, F. and M. Ishibashi (1991) Onlap and downlap patterns in a depositional sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group in Japan. Jour. Sed. Soc. Japan, 34, 75-78.
松本忠男 (1968) 小笠山礫層の堆積学的研究. 静岡地学, 13, 9-12.
水野清秀・杉山雄一・下川浩一 (1987) 静岡県御前崎周辺に分布する新第三系相良層群及び掛川層群下部の火山灰層序, 地質調査所月報, 38, 785-808.
宮本正雄・菊池秀夫・堤 正俊 (1962) 静岡県掛川地方における第三系の地質構造に関する一考察. 地質学雑誌, 68, 293-300.
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.
武藤鉄司 (1985) 掛川地域の更新統から発見された化石海底チャネル. 地質学雑誌, 91, 439-452.
Muto, T. (1989) A method of detecting tectonic tilting events from geologic records of coastal alluvial fans. Jour. Geology, 97, 640-645.
Muto, T. and P. Blum (1989) An illustration of a sea level control model from a subsiding coastal fan system: Pleistocene Ogasayama Formatiom Central Japan. Jour. Geology, 97, 451-463.
中森 亨・井龍康文・笹沢教一・森 啓 (1991) 静岡県掛川地域の中新統女神層に含まれる異地性石灰岩岩体の起源, 地質学雑誌, 97, 987-1000.
西田史朗 (1978) 相良・掛川地域上部新生界の石灰質超微化石層序. 奈良教育大学紀要, 27, 2 (自然), 85-97.
西村 進 (1975) テフロ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.
楡井 尊・渡辺真人 (1990) 静岡県中部, 第四紀更新世中～後期古谷泥層の花粉化石群集. 平岡環境科学研究所報告, 3, 65-74.
延原尊美 (1990) 掛川層群曽我累層の軟体動物化石群集の水平分布ー曽我凝灰岩層を鍵層としてー. 瑞浪市化石博物館研究報告, 17, 79-91.
Nobuhara, T. (1992) Bathyal molluscan assemblages in the Plio-Pleistocene in the Kakegawa area, Shizuoka Prefecture, central Japan; their relationships with water masses, Bull. Mizunami Fossil Museum, 19, 515-528.
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. Soc. Japan, 170, 159-185.
Nobuhara, T. and T. Tanaka (1993) Palaeoecology of Akebiconcha kawamurai (Bivalvia: Vesicomyidae) from the Pliocene Tamari Silt Formation in the Kakegawa area, central Japan. Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoeco., 102, 27-40.

延原尊美・高取亮一 (1994) 掛川層群堀之内層からシロウリガイ類化石の発見. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 10, 45-51.
延原尊美・高取亮一・田中貴也 (1995) 静岡県西部の鮮新統海老名礫岩層から産出した *Hartungia*. 名古屋大学古川総合資料館報告, 11, 35-40.
延原尊美・田中貴也 (1999) 静岡県の上部鮮新統大日層から産出したハイエナイモガイの新亜種. Venus (貝類学雑誌), 58, 129-143.
延原尊美・高取亮一 (1999) 静岡県西部の鮮新統堀之内層から産出したシロウリガイ類化石. 地質学雑誌, 105, 140-150.
延原尊美 (2001) 名古屋地学会第238回例会報告 地学教材としての掛川層群—沿岸域から深海域までの海底散策—. 名古屋地学, 63, 32-37.
大江文雄 (1977) 鮮新統掛川層群日砂層からの魚類耳石について(1). 化石の友, 16, 13-18.
大江文雄 (1993) 鮮新統掛川層群満水泥岩層から産出したソコダラ科(Macrouridae)魚類の頭部化石, 化石の友, 40, 9-14.
大庭睦美 (1972) 掛川層群の堆積学的研究. 静岡地学, 22, 26-27.
尾田太良 (1971) 相良層群の微化石層位学的研究. 東北大学地質古生物研邦報, 72, 1-27.
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.
小野慶一 (1980) 静岡県掛川産の鮮新世ミズナギドリ目鳥類化石. 国立博物館専報, 13, 29-34.
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－東海地方中部における海水面と地表面の変動－. 地団研専報, 46, 1-78.
Otuka, Y. (1939) Tertiary crustal deformation in Japan (with short remarks on Tertiary palaeogeography). Jubl. Publ. Comm. Prof. H. Yabe's 60th Birthday, 1, 481-519.
小沢能久・松本　良 (1995) 静岡県掛川地域相良町の女神石灰岩(下部中新統)にみられるドロマイトの堆積学的研究, 地球, 17, 612-616, 海洋出版.
小沢博行 (1972) 古谷泥層の貝化石群集の古生物学的研究　特に *Anadara granasa* (Linne) について. 静岡地学, 22, 28-29.
Ozawa, T., T. Tanaka, and S. Tomida (1998) Pliocene to early Pleistocene warm water molluscan fauna from the Kakegawa Group, Central Japan. Special Report, Nagoya Univ. Furukawa Museum, Nagoya, 7, 205p.
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クェンス. 堆積学研究会報, 36, 19-24.
酒井哲弥 (1995) 西南日本前弧域での地層の発達とテクトニクス－鮮新-更新統掛川層群の堆積シークェンス－. 月刊地球, 17, 663-670, 海洋出版.
Sakai, T. and F. Masuda (1995) Sequence stratigraphy of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Shizuoka, Japan. Mem. Geol. Soc. Japan, 45, 154-169.
Sakai, T. and F. Masuda, (1996) Sequence stratigraphy of the upper part of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, western Shizuoka, Japan. Jour. Sedimentary Research, 66, 778-787.
Sakai, T. and F. Masuda, (1996) Slope turbidite packets in a fore-arc basin fill sequence of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Japan: their formation and sea-level changes. Sedimentary Geology, 104, 89-98.
Sakai, T. and F. Masuda, (1998) The relationship between glacio-eustatic parasequences and a third-order sequence in the Kakegawa Group, central Japan. Sedimentary Geology, 122, 95-107.
酒井哲弥 (2000) 鮮新-更新統掛川層群に認められた reflected turbidite, 地質学雑誌, 106, 87-90.
斎藤常正 (1960) 静岡県島田・掛川市付近の第三系とその浮遊性有孔虫化石群. 東北大学地質古生物研邦報, 51, 1-45.
斉藤常正 (1960) 浮遊性有孔虫化石による掛川地方の中新-鮮新統の境界, 有孔虫, 11, 70-76.
Saito, T. (1963) Miocene planktonic Foraminifera from Honshu, Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd, Ser. (Geol.), 35, 123-209.
桜井若葉 (1973) 金谷町南部の地質－特に倉真層群について－, 静岡地学, 24, 12-14.
里口保文・吉川周作・笹尾英嗣・長橋良隆 (1996) 静岡県の鮮新-更新統掛川層群上部の火山灰層とその広域対比. 地球科学, 50, 483-500.
里口保文・長橋良隆・黒川勝己・吉川周作 (1999) 本州中央部に分布する鮮新-下部更新統の火山灰層, 地球科学, 53, 275-290.
Shikama, T., Eto, T. and Yoshimoto, Y. (1972) Sci. Rep. Yokohama National Univ., Sec. II, Biol. Geol. Sci., 19, 97-114.
Sharma, V. and Y. Takayanagi (1980) Quantity study of fossil benthonic foraminifera from the Kakegawa area, Shizuoka Prefecture, central Japan. Tohoku Univ. Sci. Rep., 2nd Ser. (Geol.), 50, 19-33.
Sharma, V. and Y. Takayanagi (1982) Paleobathymetric history of late Neogene foraminiferal assemblages of the Kakegawa area, central Japan. Tohoku Univ. Sci. Rep., 2nd Ser. (Geol.), 52, 77-90.
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 (1997) 静岡県榛原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.
柴　正博・横山謙二・新村龍也・伊藤芳英 (2001) 掛川市上西郷における掛川層群産鯨目化石発掘調査の成果—地質および堆積環境—. 東海大学

博物館研究報告「海・人・自然」, 3, 77-89.
柴田 博 (1979) 掛川層群および満水層産の浮遊性貝類. 瑞浪化石博物館研報, 6, 111-124.
Shibata, H. (1984) Pteropods and Heteropods from the Upper Cenozoic of Kakegawa, Shizuoka Prefecture, Japan. Bull. Mizunami Fossil Museum, 11, 73-92.
Shibata, H. and S. Kato (1991) Paleogene molluscs from the Mikura Group, Shizuoka Prefecture, Japan. Bull. Mizunami Fossil Museum, 18, 67-76.
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.
志田原 巧 (1973) 掛川市東部の地質ー特に倉真層群についてー. 静岡地学, 24, 15-18.
下川浩一・杉山雄一 (1982) 静岡県掛川市北部に分布する下部中新統三笠層群中の超塩基性—塩基性岩類の礫. 地質学雑誌, 88, 915-918.
新村龍也・柴 正博・横山謙二・北村孔志 (2001) 掛川市上西郷における掛川層群鯨目化石発掘調査の成果—海生哺乳類化石—. 東海大学博物館研究報告「海・人・自然」, 3, 91-99.
白井久雄・木宮一邦 (1990) 掛川層群五百済凝灰岩の岩相変化とその地質学的意義. 静岡大学地球科学研究報告, 16, 1-23.
白井久雄 (1998) 小学校第 6 学年理科 [地層はどのようにしてできたのか](土地のつくり)の授業実践ー掛川層群堀之内層の観察. 地層をつくろうの実験を通してー, 静岡地学, 78, 17-28.
白井久雄 (1999) 東名高速道路掛川インターチェンジ周辺の地層について. 静岡地学, 80, 11-18.
白井久雄 (2000) 大東町小貫(土方層)と掛川市西郷(大日層・宇刈層)に見られる地層について. 静岡地学, 82, 13-20.
Shuto, T. (1986) Origin and development of the Kakegawa Fauna. In Kotaka, T. ed.: Japanese Cenozoic mollusks – their origin and migration -., Palaeont. Soc. Japan Special Papers, 29, 199-210.
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. 地質調査所月報, 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 地質図幅), 地質調査所, 153p.
杉山雄一 (1996) 静岡県御前崎付近に分布する後期更新世テフラ, 第四紀露頭集ー日本のテフラ, 248, 日本第四紀学会.
鈴木源啓 (1972) 相良.掛川地方新第三系に発達する小断層群, 静岡地学, 22, 31-32.
高橋正志 (1977) 掛川層群大日砂層産の魚類耳石化石について. 瑞浪市化石博物館研究報告, 4, 97-118.
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クエンス. 地質学雑誌, 102, 879-893.
Takashimizu Y., F. Masuda and M. Tateishi (1999) Grain-size characterisitics of sandy deposits of an incised-valley fill: Upper pleistocene in the Makinohara Upland, Shizuoka, Japan. Jour. Geol. Soc. Japan, 105, 1-12.
田辺 積 (1994) 掛川市旭ヶ丘の化石, 化石の友, 41, 14-20.
田中 猛 (1985) 掛川層群の魚類および鯨類の歯化石, 地学研究, 36, 7/12, 241-249.
田中利雄 (1992) 鮮新世の掛川市内産のオニフジツボ化石, 化石の友, 39, 34-36.
田中利雄 (1993) 掛川市とその周辺の鮮新世オニフジツボ化石, 化石の友, 40, 2-5.
田中貴也・延原尊美・小沢智生 (1995) 上部鮮新統掛川層群大日砂層からダイミョウイモガイの化石産出とその意義. Venus (貝類学雑誌), 54, 57-65.
Tomida, Y. and H. Sakura (1988) Catalogue of large mammal fossil specimens. National Science Museum, Tokyo, 143 p.
Tsuchi, R. (1955) The palaeo-ecological significance of the later Pliocene mulluscan fauna from the Kakegawa district, the Pacific coast of Japan. Rep. Lib. Art Fac., Shizuoka Univ., Natl. Sci., 8, 45-61.
Tsuchi, R. (1958) Paleo-ecology of mollusca in the Pleistocene Furuya Mud, Shizuoka Prefecture. Rep. Lib. Art Fac., Shizuoka Univ., Natl. Sci., 2 (3), 121-129.
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
土 隆一 (1960) 東海地方の第四系生成史. 第四紀研究, 1, 279-281.
土 隆一 (1961) 東海地方の第四紀地史. 槇山次郎教授記念論文集, 31-44, 槇山教授退官記念事業会.
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. Japan Jour. Geol. Geogl., 32, 437-456.
Tsuchi, R. (1961) On the Quaternary sediments and mollusks in the Tokai region, with notes on the late Cenozoic history of the Pacific coast of Southwest Japan. Japan Jour. Geol. Geogl., 32, 457-478.
土 隆一 (1969) 掛川貝化石群の変遷—特に *Suchium suchiense* について—. 化石, 26-34.
土 隆一 (1974) 中部日本の新第三紀貝化石(掛川地方の鮮新世貝化石 1-3). 日本化石集, 29, 169-171, 築地書館.
Tsuchi, R. (1976) Neogene geology of the Kakegawa district. 1-CPNS, Guidebook for Excursion 3, Kakegawa district, 2-21.
Tsuchi, R. and M. Ibaraki (1978) Late Neogene succession of molluscan fauna on the Pacific coast of southwestern Japan, with reference to planktonic foraminiferal sequence. The Veliger, 21, 216-224, Calif. Malacol. Soc. Inc.
土 隆一・茨木雅子 (1979) 5 掛川地域. In IGCP-114, National Working Group of Japan "Japanese Neogene Bio- and Chronostratigraphy",

日本の新第三紀の生層序及び年代層序に関する基本資料, 12-14.
Tsuchi, R. and M. Ibaraki (1981) 2. Kakegawa area. In Tsuchi, R. ed.: Neogene of Japan -Its bio-stratigraphy and chronology-. IGCP-114 National Working Group of Japan, 37-41.
土 隆一 (1983) 我が国の新第三系の生層序・年代層序. 石油技術協会誌, 48, 35-48.
Tsuchi, R., K. Okamoto, T-C. Huang and M. Ibaraki (1985) Geologic ages of associated assemblage of the Kakegawa and Omma-Manganji Faunas from the southwestern Sea of Japan. Reps. Fac. Sci. Shizuoka Univ., 19, 63-79.
土 隆一 (1988) 2. 掛川地域. 日本の地質「中部地方 I」編:「日本の地質 4, 中部地方 I」, 108-113, 共立出版.
Tsuchi, R. (1990) Accelerated evolutionary events in Japanese endemic mollusca during the latest Neogene. In Tsuchi, R. ed.: Pacific Neogene Events –Their timing, nature and interrelationship-, 85-97, Univ. Tokyo Press.
Tsuchi, R. (1992) Pacific Neogene Climatic Optimum and accelarated biotic evolution in time and space. In Tsuchi, R. and J. C. Ingle, Jr. eds.: Pacific Neogene, environment, Evolution, and Events, Univ. Tokyo Press, 237-250.
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.
妻木 敏・西山誠蔵 (1973) 万瀬地溝地域の地質ー特に倉真層群を中心としてー, 静岡地学, 24, 22-25.
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.
氏家 宏 (1961) 有孔虫よりみた静岡県西部の中新・鮮新統境界. 地質雑, 67, 399.
Ujiie, H. (1962) Geology of Sagara - Kakegawa sedimentary basin in Central Japan, Sci. Rep. Tokyo Kyoiku-Daigaku, 8, 123-188.
Ujiie, H. (1975) Early Miocene planktonic foraminifera fauna from the Megami Formation, Shizuoka. Bull. Natl. Sci. Museum Tokyo, ser. C, 1, 83-90.
Ujiie, H, and S. Hariu (1975) Early Pliocene to middle Miocene planktonic foraminifera from the type section of the Sagara Group, central Japan. Bull. Natl. Sci. Museum Tokyo, ser C, 1, 37-54.
氏家 宏・井上洋子 (1980) 静岡県西部, 三笠層群の地質学的研究. 国立科学博物館専報, 13, 9-14.
卜部厚志 (1999) 鮮新-更新統に認められる相対的海水準変動とその対比ー大阪.掛川.魚沼.上総層群を例としてー, 地球科学, 53, 247-257.
若松尚則 (1992) 掛川層群の泥質岩より産する介形虫化石 (予報) . 瑞浪市化石博物館研究報告・糸魚川淳二博士記念号, 19, 509-513.
若尾彰通・斉竹敏宏 (1973) 森町附近の地質ー特に倉真層群についてー. 静岡地学, 24, 26-28.
山下秀利 (1973) 掛川市北西部の地質ー特に倉真・西郷層群を中心としてー. 静岡地学, 24, 19-21.
横山謙二・後藤仁敏・柴 正博 (2000) 掛川層群大日累層から産した板鰓類化石. 東海大学博物館研究報告「海・人・自然」, 2, 37-52.
横山謙二・柴 正博・新村龍也 (2001) 掛川市上西郷における掛川層群鯨目化石発掘調査の成果—板鰓類化石—. 東海大学博物館研究報告「海・人・自然」, 3, 101-111.
Yokoyama, M. (1923) Tertiary mollusca from Dainichi in Totomi. Jour. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo, 45, art. 2, 1-18.
Yokoyama, M. (1926) Tertiary mollusca from southern Totomi. Jour. Coll. Sci., Imp. Univ. Tokyo, sec. 2, 1, part 9, 365-368.
Yoshida, K. and M. Niitsuma (1976) Magneto-stratigraphy in the Kakegawa district. In Tsuchi, R. ed.: Neogene geology of the Kakegawa district. 1-CPNS, Guidebook for Excursion 3, Kakegawa district, 54-59.
吉田俊秀 (1981) 静岡県掛川地方に分布する掛川層群より産する軟体動物化石集団.大森昌衛教授還暦記念論文集「軟体動物の研究」, 327-340.
吉川虎雄 (1952) 牧ノ原及びその周縁地域の地形. 内田還暦記念論文集, (下), 413-424.
山下秀利 (1973) 掛川市北西部の地質ー特に倉真.西郷層群を中心としてー. 静岡地学, 24, 19-21.
渡部芳夫 (1988) 静岡県中央部倉真・湯日地域の地質—瀬戸川帯の南西延長として—. 地質雑, 94, 207-219.

掛川層群の化石シンポジウム in 掛川

シンポジウム講演要旨集

発行日　2001年10月27日
発行者　掛川市教育委員会
436-8650
静岡県掛川市長谷701-1
0537-21-1158