

相良層群の微化石層位学的研究

尾 田 太 良

緒 言

大井川と天竜川にはさまれた静岡県相良・掛川地域には、地質構造が比較的単純で、化石を多産する新第三系が広く分布している。この新第三系については、早くから多くのすぐれた層位学的・古生物学的研究が行なわれ、その結果、現在、相良・掛川地域は日本の新第三系層序の模式地の一つと考えられている。

相良地域の新第三系の浮遊性有孔虫化石群は、斎藤 (1960 a, b; Saito 1963) によって研究され、中新統の分帯とその国際的対比が日本においてはじめて行なわれた。この分帯および対比において参照されたものは主として Bolli (1957) および Blow (1959) の研究成果であったが、その後、熱帯および亜熱帯地域において、Blow (1969, ほか)・Bolli (1966b, ほか)ら多くの研究者によって上部中新統から第四系にかけての詳細な化石層位が検討され、その結果第四系に至るまでの世界的な分帯が新たに提唱された。筆者は、1969 年以来相良地域の地質と浮遊性有孔虫化石群の研究を行ない、とくに上部中新統から下部鮮新統にかけての化石層位を明らかにすることができたのでここに報告する。

本研究を行なうにあたって、終始ご指導をいただいた東北大学地質学古生物学教室浅野清教授にあつく感謝の意を表す。さらに本研究に際して、同教室諸先生からご助言をいただいた。とくに有孔虫化石群の研究に際して高柳洋吉助教授から、地質構造・層位的な面で北村信助教授から種々有益なご教示をいただいた。また金谷太郎助教授には珪藻化石、高山俊昭博士には石灰質ナンノプランクトン化石、野田浩司博士には軟体動物化石、さらに埼玉大学教育学部松丸国照博士には大形有孔虫化石の同定をお願いした。以上の方々にあつく感謝する。

第 I 章 静岡県相良地域の新第三系

§ 1. 位置および地形

この論文でとり扱う地域は、静岡県島田市南部を流れる大井川下流の南側にあたり、榛原（はいばら）郡榛原町・相良町・小笠郡浜岡町にまたがっている。

この地方の地形は、地質と密接な関係を有し、北部の三倉・瀬戸川・大井川層群の地域は起伏の大きい山地となり、南部の三笠・相良・掛川層群の地域は小起伏の丘陵地帯を形成している。

相良地域は、相良・掛川層群から成る標高 100 m 前後の丘陵地で、東部ではその頂部に厚い礫層などを伴う段丘群が発達し、台地状を呈している。台地は、緩斜面をもつ牧之原台地と、これより高く、やや急斜面をもつ坂部原台地に分けられ、牧之原台地は金谷町北方を頂点 (300 m) として東南の御前崎 (50 m) 付近までのび、開析されて、頂部平坦面は枝状に残っている。

§ 2. 従来の研究 (Table 1 参照)

本地域およびその周辺地域の地質・古生物について、中島 (1886) の 20 万分の 1 静岡県地質図幅以来、多くの研究者によってその成果が発表されている。とくに槇山 (1925; 1950 ほか) は、静岡県下の第三系の地質・古生物学的研究に長年従事し、その層位・時代論について総括的にとりまと

Table 1. Different views on the stratigraphic sequence of the Sagara district, Shizuoka Prefecture

K. CHITANI (1929)		J. MAKIYAMA (1963)		T. SAITO (1960)		H. UJIIÉ (1962)		M. ODA (1971)			
Pliocene	Uchida F.	KAKEGAWA G.	Horinouchi F.	Plio- Miocene	KAKEGAWA G.	Uchida F.	KAKEGAWA G.	Horinouchi F.	KAKEGAWA G.	Horinouchi F.	
	Horinouchi F.		K.M.		Horinouchi F.	K.A.		Horinouchi F.		K.C.	
	Hagima Conglo.		Wada C. (Saguchi C.)		Tamari F. A.C.	Saguchi C.		K.M.		Wada Saguchi C.	
Miocene	Sagara F.	SAGARA G.	Sagara F.	Miocene	SAGARA G.	Sagara F.	Miocene	Sagara F.	SAGARA G.	Sagara F.	
	Fault		IA (Takao C.)			Takao Cong.		Sugegaya F.		Sugegaya F.	
	Ôigawa F.		SAIGO G.			Mikasa G.		Fault		MIKASA G.	Megami F.
			KURAMI G.								
			ÔIGAWA G.								
			Horai F.								
			Megami F.								

A.C: Abina Conglo. IA: Ishiharada Alt.
 K.A: Kakigaya Alt. KC: Kamiyashiro Conglo.
 KM: Kiriya Mudstone

めている。ここでは、本地域地質に関する数多い論文を個々にわたって紹介することは省略し、題名のみを文献目録中に示すにとどめるが、本研究の結果との相違点を明らかにするために、従来の層位・時代論を以下に簡単に記述する。本地域の従来の層位学的研究のうちおもなものの比較を Table 1 に示した。

本地域に分布する中新統および鮮新統は、槇山 (1939; 1941; 1950 ほか) によって女神層・相良層群・掛川層群に区分された。槇山 (1939) は、本地域の大形有孔虫化石を産する石灰岩を含む泥岩層を女神層と命名し、*Lepidocyclina*, *Miogyopsisina* 等の産出から、その時代を前期中新世と考えた。相良層群は、軟体動物化石群の内容と、この層群で単軸海綿 *Makiyama chitani* (Makiyama) を最も多く産出することなどで中期中新世と前期鮮新世との中間を示し、後期中新世を代表すると考えた。また掛川層群は、*Amusiopecten praesignis* (Yokoyama), *Umbonium suchiense* Yokoyama, *U. obsoletum* Makiyama, *Venericardia panda* Yokoyama などの軟体動物化石群によって鮮新世と考えた。

槇山 (1950; 1963 ほか) は、時ヶ谷層・相良層・石原田互層 (高尾礫岩)・和田礫岩 (坂口礫岩)・切山層を括して相良層群と呼んだが、氏家 (1958; Ujiié, 1962) は、菅ヶ谷互層・相良層・高尾礫岩を一括して相良層群と呼び、切山部層を上位の掛川層群に含めている。

斎藤 (1960a,b; Saito, 1963) は浮遊性有孔虫化石にもとづいて、それまで主として軟体動物化石にもとづいて行なわれていたものとはやや異なる時代論をのべ、それによると、相良層群および掛川層群は *Globorotalia menardii*/*Globigerina nepenthes* zone に、掛川層群中部 (内田層) の中・下部は、*Sphaerocidinellopsis seminulina* zone に属し、それぞれ Blow (1959) の同名の zone に対比され、その時代は後期中新世である。また中新世を指示する種と現世に特徴的な種との交代および冷温型有孔虫化石群の出現などから、内田層中に中新統・鮮新統の境界がおかれている。

§ 3. 地質および地質構造

A. 地質概説 (Table 2 参照)

本地域の新第三系は、岩相と層序にもとづいて女神層・菅ヶ谷層・相良層・堀之内層の4層に区分される。

最下位層は、おもに石灰岩を含む硬質泥岩・砂岩層から成る女神層である。本地域中央部において女神、橋柄、仁田に小範囲に分布する。構造には不明な点が多いが、全体として女神背斜の軸にそってNE-SW方向に点在している。女神層の岩質は、上位層のものにくらべるとはるかに硬質である。

その上位には、おもに礫岩・砂岩・泥岩の互層から成る菅ヶ谷層と砂岩・シルト岩の互層の相良層が順に累積し、これらは女神層を芯部として、南西方向に軸が傾斜する背斜構造（女神背斜）と、その東側に平行に走る浅い舟底状向斜構造（比木向斜）を成して分布する。褶曲軸はいずれもNNE-SSW方向である。女神背斜の西翼から西側では、相良層は走向を90°変換し、NW-SE走向をとり、10°~15°SWの緩傾斜になり、これより西方に広範囲に分布する。相良層群は菅ヶ谷層と相良層を含む。

さらに上位には、砂岩・砂質シルト岩互層の堀之内層が載る。相良層群とはほぼ調和的な地質構造をもち、女神背斜の西側に広く分布している。本地域西側中・南部では、NNE-SSWの走向・40~50°Wの傾斜で、北部では走向をNW-SEに転じ、10°S内外の南西傾斜で漸次上位になる程緩傾斜になり、南西にゆるく開いた半盆地状構造をなしている。堀之内層は掛川層群下部に含まれる。

本地域中央部から南部の菅ヶ谷層は、NNE-SSWの走向をもち、背斜芯部近くでは急傾斜になり、一部で逆転している。菅ヶ谷層の走向と芯部の女神層とは斜交し、菅ヶ谷層の分布などから女神付近から北方にかけて女神背斜軸と平行に走る断層が推定される。

B. 地層各説

1. 女神層 (Megami Formation)

本層は、静岡県榛原郡相良町女神付近を模式地とし、槇山 (1939) によって命名された。本地域最下位層であり、模式地および男神付近ではおもに硬質泥岩、砂岩および石灰岩から成っている。硬質泥岩は、暗灰色を呈し非常に緻密で、風化すると灰色を呈し角ばった細片となる。一部で破碎されているのが観察される。砂岩は細粒から粗粒まであり、硬質泥岩と互層を成す。

仁田および橋柄付近に分布する本層は、石灰岩を含む硬質泥岩からなる。石灰岩は、白色ないし灰白色を呈し、化石を豊富に含んでいる。

本層は女神背斜軸部に沿って、女神・男神付近から橋柄・仁田付近にかけて点在し、分布範囲がせまく、詳細な構造はつかめない。

本地域北方仁田付近の石灰岩中から次の大形有孔虫化石を得た。

Nephrolepidina japonica Yabe

N. angulosa Provale

Miogypsina globulina (Michelotti)

Cycloclypeus cf. *postaediae* Tan Sin Hok

Homotrena rubrum (Lamarck)

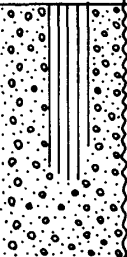
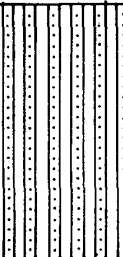

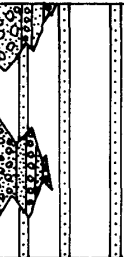
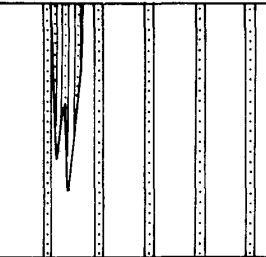
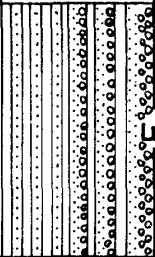
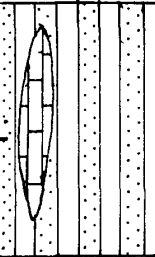
Gypsina globulus Reuss

Amphistegina radiata (Fichtel and Moll)

また女神付近の石灰岩中からは次の軟体動物化石が同定された。

斧足類

Table 2. Stratigraphic succession in the Sagara district

AGE	ZONE	FORMATION	THICK	COLUMN	LITHOLOGY	FOSSILS
Pleistocene		Makinohara Gravel	70m+		gravel and sand silt gravel and sand	
		Furuya Silt Ogasayama Gravel				
Pliocene		Horinouchi Formation	600m		alternation of sandy siltstone and silty sandstone	Foraminifera and Mollusca
		Kakegawa G. Kamiyashiro congl. Kiryiyama siltstone mem.	320m 260m		massive siltstone conglomerate (matrix: sandstone)	
Late Miocene		Wada congl. mem. Saguri congl. mem.	320m 220m		conglomerate (matrix: sandstone)	
		Sagara Formation	1200 m		massive siltstone with thin sandstone beds alternation of sandstone and siltstone	Foraminifera and Mollusca
Late Miocene		Sugegaya Formation	500m		alternation of silty sandstone and siltstone alternation of siltstone, sandstone and granular to pebbly conglomerate	Foraminifera and Mollusca
		Megami Formation			hard siltstone and sandstone with limestone lens	Larger Foraminifera and Mollusca

Turbo mekamiensis Nishiwada

2. 相良層群 (Sagara Group)

相良層群は、菅ヶ谷層と相良層を含む。槇山 (1950; 1963 ほか) は、時ヶ谷層・相良層・石原田互層・和田礫岩層・切山層を一括して相良層群と呼んだ。氏家 (1958; Ujiie 1962 ほか) は、切山泥岩を掛川層群に含めた。

(A). 菅ヶ谷層 (Sugegaya Formation)

氏家 (1958) は、静岡県榛原郡相良町菅ヶ谷付近に分布する細礫 (granule)~中礫 (pebble) 大の礫岩・砂岩・泥岩の互層を菅ヶ谷層と名づけた。南西へ軸傾斜する女神背斜にそって岩地、菅ヶ谷、仁田付近に分布する。また本地域南部地頭方 (じとうがた) 付近にも分布する。下位の女神層とは断層で接している。

模式地菅ヶ谷付近から濁沢、橋柄付近にかけて、最下部に、一組の厚さ約 1m の礫岩・砂岩の互層が発達する。礫岩は、細礫~中礫大の円礫から成り、礫種は大井川・瀬戸川両層群から由来したと思われる硬砂岩、頁岩およびシルト岩などで、基質は粗~中粒の砂岩である。礫岩は上位方へ細粒となり、砂岩となる。このように分級成層した礫岩・砂岩互層は、厚さ約 100m に達するが、さらに上位では全体に粒径は小さくなり、層厚約 300m の本層主部は細礫岩・砂岩・シルト岩の互層となる。分級成層する一組の厚さも、上位方に行くに従い 50~30cm 位と薄くなる。礫岩が細粒化するとともに砂岩層が相対的に厚くなり、砂岩には平行葉理が発達するようになる。

本層上部の層厚約 100m では、礫岩はほとんど見られず、著しい平行葉理の発達する砂岩とシルト岩の互層になり、一組の厚さは平均して 30cm 位である。

このような分級成層状態と上部の砂岩中に発達する平行葉理は、本層の岩相上の特徴で、上位の相良層には見られないものである。

女神背斜東翼では、背斜軸とほぼ平行に走る東落の断層のため、菅ヶ谷層は百所 (どころ) 以北には分布しない。またこの背斜の西翼にも背斜軸と平行する断層があって、北方に行くに従い菅ヶ谷層は下部から順に欠け、上部が直接女神層に接するようになり、仁田付近では分布の幅はきわめてせまい。これらの断層は露頭の状況から、直接野外において観察することはできなかった。

本層中・上部のシルト岩中から *Makiyama chitanii* (Makiyama) および有孔虫化石が検出された。また榛原郡相良町土沢付近の本層から次のような軟体動物化石が得られた。

斧足類

Glycymeris sp.*Limopsis* sp.*Venericardia* sp.

腹足類

Tectonatica janthostomoides Kuroda and Habe*Mitra* sp.*Siphonalia* sp.*Fulgoraria* sp.

(B). 相良層 (Sagara Formation)

相良層は榛原郡相良町付近を模式地とし、本地域に広く分布する。菅ヶ谷層の上位に整合に重なり、青灰色シルト岩を主とし、砂岩を伴って、層厚約 1200m に達する。相良層の層名は千谷 (1926) によってはじめて用いられたもので、千谷の相良層は前項に述べた菅ヶ谷層をも含んでいた。

相良町和田付近および榛原町坂口付近では、相良層最上部に礫岩が発達する。それらを和田礫岩部層および坂口礫岩部層と名づける。

本層はシルト岩勝ちの砂岩とシルト岩の互層より成り、砂岩層の厚さは下部で 10~30cm 位で

上位方へ薄くなり、その間のシルト岩の厚さは数 10 cm から 1 m 余りで互層間隔は不規則である。また一般に北へ行くに従って、砂岩層は多くはさまれるとともに厚くなり、粗粒になる傾向がある。砂岩層とシルト岩との境界は明瞭であるが、不規則な波状を呈している。シルト岩は暗青灰色を呈し、細粒砂まじりである。露頭では風化して、玉ねぎ状の構造を示していることが多い。砂岩は中粒から細粒で、風化して黄褐色を呈している。女神背斜西翼では、白井・朝井・大鳥付近において、本層の下限から厚さ 20~30 m 付近に、厚さ 20~30 cm の白色細粒凝灰岩がはさまれている。また背斜東側では、須々木西方および海老江北方付近で厚さ 50 cm~1 m の白色砂質凝灰岩が夾在するのが見られる。

本層上部では、ふたたび砂岩層が頻繁にはさまれるようになる。女神背斜の東側における相良層の上部は、比木向斜軸部付近にそって帯状に分布するが、この付近では砂岩がしだいに厚くなり、シルト岩とはほぼ等しい厚さで互層している。この互層中には、slumping structure や砂岩層中に pull apart structure が発達している。最上部は南西に軸傾斜する比木向斜軸に沿う本地域南部会ヶ谷付近で見られ、ここでは砂岩勝ちの互層を示す。女神背斜の西側では、相良層の上部に砂岩が頻繁にはさまれ、砂岩勝ちの互層となり、さらに砂岩・礫岩互層となり、最上部では厚い礫岩となる。この砂岩・礫岩互層以上の部分を和田礫岩部層および坂口礫岩部層とする。

和田礫岩部層 (Wada Conglomerate Member)

和田礫岩部層は、静岡県榛原郡相良町和田付近を模式地とし、相良層主部の砂岩・シルト岩の互層から上位方へ移化して、礫岩を主とし下部に砂岩を伴う。相良町部ヶ谷、和田および石原田付近に小範囲に分布する。

本部層の下限は相良層の砂岩・シルト岩互層が上部で礫岩を含みはじめる層準とし、下部は礫岩・砂岩・シルト岩の互層より成り、上部に行くに従いシルト岩層をはさまなくなる。礫岩は一般に淘汰の悪い、中礫~大礫 (cobble) 大の亜円礫 (subrounded) ないし亜角礫 (subangular) から成り、砂岩層が不規則に夾在する。本部層最上部では、砂岩層は夾在しなくなり、礫岩は淘汰が良くなり中礫~大礫大の円礫 (rounded) ないし亜円礫を含むようになる。礫種は、三倉・瀬戸川両層群に由来すると考えられる硬質砂岩を主としてチャート、ホルンフェルス、シルト岩等の硬質岩を伴う。基質は粗~中粒の砂岩で緻密に充填されている。

本部層は和田北方の沢、堀川西方の沢で最もよく発達しており、層厚 320 m に達する。これより北へも南へも礫岩が薄失して層厚を減じ、砂岩・シルト岩互層に側方移化する。

坂口礫岩部層 (Saguchi Conglomerate Member)

坂口礫岩部層は、静岡県榛原郡榛原町坂口付近を模式地とし、本地域北部の法路、高根山、三龜谷および坂口付近に小範囲に分布する。礫岩および砂岩・礫岩互層より成り、最大層厚 220 m に達する。

本部層の下限は模式地付近で、相良層主部の砂岩・シルト岩互層の最上部に礫岩がはじめてはさまれる層準とする。最上部は砂岩と礫岩の互層より成り、不規則にシルト岩層をはさむ。上位方に行くにつれて、シルト岩層をはさまなくなり、礫岩は大礫~中礫大の亜角礫および亜円礫から成り、時に巨礫 (boulder) 大の亜角礫を含み、一般に淘汰が悪い。本部層中部では、礫岩は大礫を主とした中礫の礫から成り、法路付近で葉理を示す粗~中粒の砂岩の厚い層が不規則に夾在するのが見られる。本部層最上部に行くに従い砂岩層は夾在しなくなり、礫岩は淘汰が良くなり、大礫~中礫大の亜円礫から成り、非常に硬質・緻密である。礫岩は硬質砂岩を主としてチャート、シルト岩などの硬質岩から成り、粗~中粒の砂岩で充填されている。

坂口礫岩部層は模式地から西方へ層厚を減じ、大沢付近では全体的に不規則にシルト岩層をはさむ細礫岩と砂岩の互層より成り、さらに西方では細礫岩が薄失し、相良層主部の 20~30 cm 位のシルト岩と砂岩の互層に移化する。

本部層と和田礫岩部層は共に層位学的に相良層最上部に位置し、岩相的にも類似するが、連続的に分布しないので、それぞれ別個の部層名を与えた。坂口礫岩部層は和田礫岩にくらべて一般に礫の粒径が大きい。

和田礫岩部層および坂口礫岩部層は、千谷 (1929) により萩間礫岩に含められていたものである。槇山 (1950) は千谷の萩間礫岩を相良層群に含まれる礫岩と上位層の掛川層群に含まれる礫岩とに区別し、3層に分け、下位の石原田互層（高尾礫岩）と和田礫岩（坂口礫岩）の2層を相良層群に含めた。しかし筆者の観察によれば、2層は礫種および基質に顕著な差異が認められない。それゆえ本論では石原田互層および高尾礫岩の名称を用いず、それぞれ和田礫岩部層および坂口礫岩部層として一括した。

相良層のシルト岩からは *Makiyama chitanii* (Makiyama) および有孔虫化石が豊富に検出されたが、大形化石を見い出していない。和田礫岩および坂口礫岩からは有孔虫化石を発見できなかった。

3. 掛川層群 (Kakegawa Group)

掛川層群は、槇山 (1925) によって掛川統および堀之内統と呼ばれたもので、槇山 (1950) は後に、それらを合わせたものにほぼ相当するものに掛川層群の名を用いた。

本論文で扱う地域内では、堀之内層のみが掛川層群に含まれる。

(A). 堀之内層 (Horinouchi Formation)

本層名は、槇山 (1925) が静岡県菊川町堀之内付近を模式地とし、掛川市以東に分布する砂岩・砂質シルト岩互層を主とする地層に対して用いたもので、本地域ではその下部が女神背斜西方有ヶ谷、室沢、三栗および切山一帯にかけて広く分布する。三栗、切山および西村付近では、本層最下部に礫岩および無層理砂質シルト岩が発達し、特徴的な岩相を呈するので、それぞれ神谷城礫岩部層、切山泥岩部層として扱う。

本地域南部に行くに従い、上記の礫岩は砂岩をはさむようになり、本層主部の砂岩・砂質シルト岩の互層と指交関係を示す。

神谷城礫岩部層 (Kamiyashiro Conglomerate Member)

神谷城礫岩の名は、槇山 (1941) の地質図の説明中に「掛川統基底」位置するものとして現われたことがある。氏家 (1958) は、静岡県榛原郡金谷町神谷城付近を模式地として、この礫岩を再び神谷城礫岩と呼び堀之内層の1部層とした。神谷城礫岩部層は、おもに本地域北部旗沢から大沢、大ヶ谷、三栗および西萩間付近にかけて分布する。

相良層の上位に整合関係で、シルト岩で充填された不均質な淘汰不良の礫岩で、最大層厚320mに達する。基質がシルト岩であるとともに、三笠層群に由来すると考えられる大～巨礫大の硬質シルト岩の亜角礫および角礫を主とすることを特徴とし、他に瀬戸川・三倉両層群に由来すると考えられる中～大礫大の硬質砂岩の亜円礫、チャート等の礫を含む。

旗沢および大ヶ谷付近において、本部層は最も厚く、その部分で礫径は大きく、角状であり、これより南へ行くに従い礫岩が中～細粒の砂岩と互層するようになり、大礫が多くなるとともに層厚を減じる。西萩間付近では、礫岩の発達はほとんど見られなくなり、漸移的に堀之内層主部の砂岩・砂質シルト岩の互層に移化する。

また本部層は上部で砂岩をはさみ、砂岩との互層となり、しだいに礫岩のはさみが少なくなっていくに砂質シルト岩をはさんで堀之内層主部の砂岩・砂質シルト岩の互層となる。

水ヶ谷、大沢付近では、本部層はきわめて薄く、層厚わずか10mである。その上位に厚さ10m余の礫岩とシルト岩の互層が重なり、さらに上位に無層理砂質シルト岩の厚層がのる。このシルト岩は次に述べる切山泥岩部層で、神谷城礫岩部層の主部とは側方移化の関係にある。

切山泥岩部層 (Kiriyaama Mudstone Member)

楨山 (1941) は、静岡県榛原郡榛原町切山付近に分布する砂質シルト岩を切山泥岩または切山層と呼び、相良層群の最上部に含めた。池辺穰 (1953)・氏家 (1958; ほか) も切山泥岩の層名を用いたが、いずれも掛川層群に含めている。切山泥岩部層は、地蔵峠北方から水ヶ谷西方、大沢および最明寺西方にかけて小範囲に分布する。

本部層は主として暗灰色無層理砂質シルト岩から成り、貝殻の破片を含む厚さ 1~2 cm の細礫岩を不規則にはさむところがある。

大沢から最明寺にぬける沢で、本部層は最も厚く 269 m に達し、上部に神谷城礫岩の特徴を示す礫岩層が夾在する。その西側の最明寺から北方にのびる沢では、シルト岩と礫岩の互層が多く見られる。分布区域の東部では、層相の側方変化の状態を詳細に観察することはできないが、一般に神谷城礫岩が発達する沢に近づくと従い、礫岩層のはさみが多くなるのが認められる。

本部層は上方に行くに従い、砂岩層を多く夾在し、その下部に神谷城礫岩の岩相を示す細礫岩薄層が伴われることがあって、漸移的に砂岩・砂質シルト岩の互層に移化してゆく。

堀之内層主部

本層の主部は、おもに砂質シルト岩と砂岩の互層から成る。砂質シルト岩と砂岩の互層は、一組で厚さ数 10 cm~1 m 位であり、一般に砂質シルト岩は炭質物を多く含み時に植物遺体破片が見られる。

本層下部では互層中の砂岩は厚く、時に厚さ 1 m に達し、20 cm の砂質シルト岩と互層する。このような部分の砂岩層には下部から上部まで著しい斜交葉理が発達していて、分級成層状態は見られない。互層中の砂岩が薄い所では、このような葉理の発達は見られない。互層中において砂岩は北部に行くに従い優勢になり、南部では砂質シルト岩の割合が増加する。

本地域北方柿ヶ谷付近など、本層主部の互層が側方に神谷城礫岩部層に移化する付近では、互層中の各砂岩の最下部に神谷城礫岩と同一岩質の細礫岩があり、貝化石を含む。

西萩間東方において、側方へ礫岩に移化してゆく互層中に白色細粒凝灰岩薄層が認められた。

本層は上位方に行くに従い、砂岩および砂質シルト岩の各 20~30 cm 位の厚さの特徴的な有律互層になる。

本地域南部において、神谷城礫岩部層は薄失し、また、相良層の和田礫岩部層も薄失して、本層および相良層上部はともに砂岩・シルト岩の互層となる。両者の区別はやや困難であるが、神谷城礫岩の基底と同一層準付近から上位方へ互層が砂岩がちになるのが認められる。

本層砂質シルト岩中から *Makiyama chitani* (Makiyama) および有孔虫化石が検出された。

また榛原郡相良町石原田付近の神谷城礫岩から、次のような軟体動物化石が得られた。

斧足類

Glycymeris sp.

腹足類

Buccinum sp.

Conus sp.

Neptunea sp.

神谷城礫岩および切山泥岩から有孔虫化石を検出したが、鑑定に堪えるものは少ない。

神谷城礫岩部層は、千谷 (1929) の萩間礫岩の一部である。楨山 (1941) は千谷の萩間礫岩を 3 層に分け、上位の 1 層を掛川統基底に位置するものとして、神谷城礫岩とした。神谷城礫岩は再び氏家 (1958) によって用いられ、掛川層群に含められている。本部層は、掛川市北方地域における斎藤 (1960 b) の海老名礫岩と岩相および層準上対応する。

切山泥山部層は、楨山 (1941) によって用いられ、掛川層群に不整合におおわれ、相良層群最上

部に層位的に位置づけられている。しかし筆者は、神谷城礫岩を追跡した結果、切山泥岩の下位につながるの、切山泥岩を掛川層群に含める。横山 (1941) の赤坂礫岩は、相良層中には含まれた礫岩である。

第 II 章 相良層群および掛川層群下部の浮遊性有孔虫化石群

§ 1. 概 説

漸新統から中新統にかけての浮遊性有孔虫化石による帯区分は、Bolli (1957) によって Trinidad で最初に確立された。Blow (1959) により Venezuela でこれとほぼ同様の分帯がなされ、一部についてはさらに細分が行なわれた。その後世界各地において、多くの研究者により分帯が行なわれ、浮遊性有孔虫化石帯の汎世界的な存在が明らかにされてきた。わが国においても、新第三系の浮遊性有孔虫化石による層位区分が斎藤 (1960 b; Saito, 1963) によって初めて組織的に行なわれ、国際的対比が行なわれた。

斎藤 (1960 a, b; Saito, 1963) は、掛川地域における研究で相良層群および掛川層群下部を *Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone とし、掛川層群中部に位置する内田層の中・下部を *Sphaeroidinellopsis seminulina* zone として、これらをそれぞれ Blow (1959) の同名の帯 (zone) に対比した。Blow (1959) は、*Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone および “*Sphaeroidinella*” *seminulina* zone を中新統最上部と考えていた。

さらに斎藤 (1960 a; Saito, 1963) は、中新世・鮮新境界について、中新世を指示する種と *Pulleniatina obliquiloculata*, *Globorotalia crassula*, *Globorotalia inflata*, *Globorotalia truncatulinoides* など現世に特徴的な種との交代および冷温型有孔虫化石群の出現などから内田層の上部中に中新統・鮮新統の境界を引いた。

その後熱帯および亜熱帯地域において、Blow・Bolli ら多くの研究者によって上部中新統から第四系にかけて化石層位の詳細な検討が行なわれ、新たに分帯が行なわれた (Banner and Blow, 1965; Bolli and Bermudéz, 1965; Bolli, 1966 b; Blow, 1969; そのほか)。Bolli および Blow はともに新たに分帯を行なうにあたり、分類単位の生存期間とそれらの進化系列を組み合わせ、対比におけるより普遍的な適用性を目ざしている。とくに Blow (1969) は分帯にあたり、Zone N. 23 以外は assemblage zone を用いず、特徴種の partial あるいは total range zone または combined range zone (concurrent range zone または consecutive range zone) を用いており、しかも帯の境界を規定する際に、できうる限り 1 つの進化系列に属する種ないし亜種の最初の出現の層準をもって規定し、絶滅の層準を用いることをさけているのである。以上のような分帯に対する基本的考えは、広域対比においてより有効な手段と考えられている。

Bolli (1966 b) は、新しい帯区分を示すとともに、これまでの Blow (1959) および Banner and Blow (1965) の帯区分との対比を論じた。それによると、Blow (1959) の *Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone および “*Sphaeroidinella*” *seminulina* zone は中期中新世に対比されている。一方 Blow (1969) は、熱帯および亜熱帯地域の陸上および深海底コアなどについて化石層位を検討し、Banner and Blow (1965) の帯区分を一部改訂し、浮遊性有孔虫化石による層位区分を示し、また Blow (1959) の帯との対比を行なった。それによると、*Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone およびその上位の “*Sphaeroidinella*” *seminulina* zone は Zone N. 15~N. 17 にわたるものであり、後期中新世に対比されている。以上のように、Bolli と Blow とでは地質時代および対比についての見解に不一致がある。しかし Saito (1963) に

よって設定された *Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone が中部中新統であるとすると、上部中新統から鮮新統に相当する一連の地層は本地域のどの層準に対比されるかが問題になってくる。

Bolli や Blow らは、浮遊性有孔虫の多数の特徴種の生存期間を組み合わせることによって、彼らの帯区分が広域に適用され、普遍的対比を可能にしている。しかし Parker (1967) のような研究者は、熱帯地域と中緯度地域とでは種の出現の時期がずれるのではないかと考え、特定種の出現で規定する帯区分の普遍的適用に対してはいささか疑いをいだいている。

このような事情のもとで、中緯度地域に属する本地域は、これらのことを検討するのに最適地と考えられる。

§2. 試料 (Fig. 2 参照)

粗粒な岩相よりも細粒な岩相の方がよりこまかい層位間隔で試料の採集を行なった方がよいと考えられるが、本地域では全体として砂岩・泥岩の互層であり、一部に礫岩が認められるだけで、下方から上方にかけて急激な岩相の変化は認められない。それゆえに本研究では、等層位間隔で各地層につき各試料の採集を行なった。

相良層群については、各地層がかなり良く保存されており、著しい構造運動をうけなかったと考えられる。女神背斜の両翼から 3 本の試料採集ルートを選定したが、露頭の不連続、母岩中の有孔虫の保存不良のため、等層位間隔で研究されていない。本層群において、B ルートおよび C ルートを組み合わせて用いた。B および C ルートは、ともに女神背斜東翼で、掛川層群との直接の関係は野外において認めることはできなかった。女神背斜西翼の土沢、白井、風ヶ谷、堀川、石原田に至るルートは有孔虫化石の保存不良のため使えなかった。

B ルート：女神背斜東翼の大向、高畑、谷川、徳村に至るルート (SG-1~SG-9)。

C ルート：女神背斜東翼の横船、上朝比奈小泉、南、大兼、中田に至るルート (SG-10~SG-20)。

掛川層群下部は、本地域において単斜構造を示し、地層はよく保存され、2 本の試料採集ルートが選定された。本層群下部は全体に母岩中の有孔虫の保存不良のため研究試料の層位間隔がまばらになった。本層群の研究に用いられたルートは、E および F ルートを組み合わせたものである。

E ルート：石原田、広野、東萩間に至るルート (KH-1~KH-3)。

F ルート：部ヶ谷北方から東北方にのびる沢ぞいのルート (KH-4~KH-6)。

本地域北部の KK-1 および KK-2 は切山泥岩部層中の試料で、石灰質ナンノプランクトン化石が得られた。

相良層群において選定された B ルートおよび C ルートは、掛川層群との直接の関係が野外で認められず、相良層群最上位の試料 (SG-20) と掛川層群最下位の試料 (KH-1) との間の化石層位を明らかにすることはできなかった。

A. 試料の採集

筆者は、本研究全体を通じて次のような試料の採集方法を用いた。採集地点において、表面の風化している所をはぎとり、層理面に平行に 20 cm 角の所から一様に母岩を小片にして約 400 g 採集した。おもに浮遊性有孔虫化石群を対象とし、採集地点が砂岩・泥岩互層の場合には、堆積後の二次的原因によって砂岩中よりも泥岩中の方が有孔虫化石の保存が良好であり、再堆積のおそれも少ないため、泥岩から試料を採集している。

B. 試料の処理

野外で採集された試料を室内で処理し、有孔虫化石を分離するには硫酸ナトリウム法を用いた。すなわち一定重量の乾燥試料をビーカーに入れ、温度 100~120°C 位で熱し、その中に硫酸ナトリウムの沸とうした飽和溶液を岩石全体がかくれる程度まで入れる。これをさらに気泡が出なくなる

Table 4. Distribution chart

AGE FORMATION ZONE	M I O C E N E																				P L I O C E N E			
	Sagara F.																				Hirinouchi F.			
	N. 16										N. 17					N. 18					N. 19			
Species	Sample Number	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	SG	KH	KH	KH	KH
<i>Globorotalia</i> (<i>T.</i>) <i>continua</i> Blow																								
<i>G.</i> (<i>G.</i>) <i>cultrata limbata</i> (Fornasini)																								
<i>Globigerina nepenthes</i> Todd																								
<i>Globoquadrina altispira altispira</i> (Cushman and Jarvis)																								
<i>Globorotalia</i> (<i>G.</i>) <i>merotumida</i> Blow and Banner																								
<i>Globigerinoides bollii</i> Blow																								
<i>Globigerina vignalii</i> Bermudez and Bolli																								
<i>Globorotalia</i> (<i>T.</i>) <i>acostaensis acostaensis</i> Blow																								
<i>Globigerinita uvula</i> (Ehrenberg)																								
<i>Sphaeroidinellopsis seminulina seminulina</i> (Schwager)																								
<i>Globorotalia</i> (<i>T.</i>) <i>scitula scitula</i> (Brady)																								
<i>Sphaeroidinellopsis subdehiscens subdehiscens</i> Blow																								
<i>Globigerinoides obliquus obliquus</i> Bolli																								
<i>G.</i> <i>obliquus extremus</i> Bolli and Bermudez																								
<i>Globigerina decoraperta</i> Takayanagi and Saito																								
<i>G.</i> <i>foliata</i> Bolli																								
<i>Globorotalia</i> (<i>G.</i>) <i>cultrata menardii</i> (Parker, Jones and Brady)																								
<i>Globigerinoides quodrilobatus trilobus</i> (Reuss)																								
<i>Globigerina falconensis</i> Blow																								
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)																								
<i>Orbulina universa</i> d'Orbigny																								
<i>Borbulina bilobata</i> (d'Orbigny)																								
<i>Globigerinoides quodrilobatus immaturus</i> LeRoy																								
<i>G.</i> <i>quodrilobatus sacculifer</i> (Brady)																								
<i>Globorotalia</i> (<i>G.</i>) <i>miozea cibaoensis</i> Bermudez																								
<i>Globigerinoides conglobatus conglobatus</i> (Brady)																								
<i>Globigerina bulloides bulloides</i> d'Orbigny																								
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)																								
<i>Sphaeroidinellopsis seminulina kochi</i> (Caudri)																								
<i>Globorotalia cultrata cultrata</i> (d'Orbigny)																								
<i>G.</i> (<i>T.</i>) <i>lenguensis</i> Bolli																								
<i>Globigerina bulloides apertura</i> Cushman																								
<i>G.</i> <i>eggeri multiloba</i> Bameo																								
<i>Globorotalia</i> (<i>T.</i>) <i>acostaensis humerosa</i> Takayanagi and Saito																								
<i>G.</i> (<i>G.</i>) <i>tumida plesiotumida</i> Blow and Banner																								
<i>Pulleniatina primalis</i> Banner and Blow																								
<i>Globigerina paraboloides</i> Blow																								
<i>G.</i> <i>praebuloides praebuloides</i> Blow																								
<i>G.</i> <i>bradyi</i> Wiesner																								
<i>Globorotalia</i> (<i>G.</i>) <i>multicamerata</i> Cushman and Jarvis																								
<i>G.</i> (<i>G.</i>) <i>tumida tumida</i> (Brady)																								
<i>Globigerina conglomerata</i> Schwager																								
<i>Globorotalia</i> (<i>G.</i>) <i>margaritae</i> Bolli and Bermudez																								
<i>G.</i> (<i>T.</i>) <i>minutissima</i> Bolli																								
<i>G.</i> (<i>G.</i>) <i>hirsuta prae-hirsuta</i> Blow																								
<i>G.</i> (<i>G.</i>) <i>crassula conomiozea</i> Kennet																								
<i>Sphaeroidinella dehiscens forma immatula</i> Cushman																								
<i>Globorotalia</i> (<i>G.</i>) <i>crassula crassula</i> Cushman and Stewart																								
<i>G.</i> (<i>T.</i>) <i>inflata</i> (d'Orbigny)																								
<i>G.</i> (<i>T.</i>) <i>tosaensis tosaensis</i> Takayanagi and Saito																								
<i>G.</i> (<i>T.</i>) <i>crassaformis crassaformis</i> (Galloway and Wissler)																								
<i>G.</i> (<i>T.</i>) <i>crassaformis oceanica</i> Cushman and Bermudez																								
<i>Globigerinoides elongatus</i> (d'Orbigny)																								
<i>Sphaeroidinella dehiscens dehiscens</i> (Parker and Jones)																								

布は、それぞれ Table 3 ならびに Table 4 に示す。これらの種の層位的分布にもとづき、本地域の相良層群および掛川層群下部は次のように分帯される。以下それらの化石帯の特徴をのべ、Blow (1969) の帯区分との対比を論ずる。

Globorotalia (*T.*) *acostaensis acostaensis*~*Globorotalia* (*G.*) *merotumida* Partial-range zone

この帯は相良層群下部を占め、B ルートの SG-1 から SG-9 および C ルートの SG-10 から SG-11 までによって代表される。

この帯の規定は、*Globorotalia acostaensis acostaensis* の層位的最初の出現で規定され、*Globorotalia merotumida*, *Globigerinoides obliquus extremus* の共存によって特徴づけられる。これら 3 つの種は、SG-1 の試料中に含まれている。また SG-11 の中に、*Globorotalia acostaensis humerosa* の出現が認められる。この他、この帯では、*Globigerina bulloides bulloides*, *Globigerina bulloides apertura* が出現し、さらに *Globigerina nepenthes*, *Globigerinoides ruber* などと共存する。

以上のような構成種から、この帯は Blow (1969) の Zone N. 16 に対比される。本研究の最下位の試料 SG-1 において、すでに Blow の Zone N. 16 の基底を規定する *Globorotalia acostaensis acostaensis* が認められ、Zone N. 16 の基底を確認することはできなかった。

Globorotalia (*G.*) *tumida plesiotumida* Consecutive-range zone

この帯は相良層群中部を占め、C ルート SG-12 から SG-14 までによって代表される。

帯の基底は、*Globorotalia tumida plesiotumida* の出現でもって規定される。この帯において出現する特徴種として、*Pulleniatina primalis* が認められる。そのほか、この帯では *Globigerina nepenthes*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*, *Globoquadrina altispira* などが共存している。

以上のようなこの帯の定義および構成種から、この帯は Blow (1969) の Zone N. 17 に対比される。Blow は Zone N. 17 において、*Globorotalia multicamerata* が出現し、*Globorotalia margaritae* と共存することを認めているが、本地域の帯では認められなかった。

Globorotalia (G.) tumida tumida ~ *Sphaeroidinellopsis subdehiscens subdehiscens* Partial-range zone

この帯は相良層群上部を占め、C ルートの SG-15 から SG-20 までによって代表される。

帯の基底は、*Globorotalia tumida tumida* の出現でもって規定する。その帯の下部において、*Globorotalia multicamerata*, *Globorotalia margaritae*, *Globorotalia hirsuta praehirsuta* の出現が認められる。そのほか、この帯では *Globigerina nepenthes*, *Sphaeroidinellopsis subdehiscens*, *Pulleniatina primalis* がひきつづき出現している。

以上のように、帯の基底を規定する種および構成種にもとづき、この帯は Blow (1969) の Zone N. 18 に対比される。Blow は Zone N. 18 を定義するにあたって、*Sphaeroidinellopsis subdehiscens paenedehiscens* の出現を特徴づけているが、本帯においてはこの亜種は認められなかった。

Sphaeroidinella dehiscens dehiscens ~ *Globoquadrina altispira* Partial-range zone

この帯は掛川層群下部を占め、E および F ルートの KH-1 から KH-6 までによって代表される。

帯の基底は、*Sphaeroidinella dehiscens dehiscens* (*S. dehiscens* forma *immatura* を含む) の出現で規定される。そのほか、この帯において出現する種として *Globorotalia inflata*, *Globorotalia crassaformis* が認められ、それらは下位の帯より引続いて産出する *Globorotalia tumida tumida* と共存する。さらに KH-3 において *Globorotalia tosaensis tosaensis* の出現が認められる。この種は、Blow (1969) により Zone N. 21 において出現すると考えられている。本研究において筆者は、この帯の基底を規定する *Sphaeroidinella dehiscens* の出現および Blow (1969) の Zone N. 20 を規定する種が認められなかったことから、この帯を Blow (1969) の Zone N. 19 に対比する。しかし今後この帯以上の検討が必要であると考えられる。*Globorotalia tosaensis tosaensis* の考察については次の項において述べる。

以上掛川層群は、Zone N. 19 以上に対比されるものと考えられる。KH-1 からはじめて *Sphaeroidinella dehiscens* forma *immatura* が産出している。しかし KH-1 を *Sphaeroidinella datum* に相当する層準と考えて良いか否かは、本地域の相良層群上部から掛川層群最下部にかけて発達する礫岩の存在、段丘群による大規模な被覆、さらに有孔虫化石の保存不良などの悪条件にさまたげられて、試料の連続採集が行なえず、この点を明らかにしえなかった。

§4. 浮遊性有孔虫化石と珪藻化石および石灰質ナンノプランクトン化石との関連性

相良層群および掛川層群において、浮遊性有孔虫化石とともに、珪藻化石および石灰質ナンノプランクトン化石の処理を行なった。珪藻化石はほとんど含まれていなかったが、石灰質ナンノプランクトン化石は比較的豊富に産する。

A. 珪藻化石

珪藻化石は少なく、SG-13 において検出されたのみである。これは *Nitzschia reinholdii* Kana-ya と同定された。この種は、後期中新世から鮮新世にかけて認められており、相良層群上部の浮遊性有孔虫化石による時代と矛盾しない。

B. 石灰質ナンノプランクトン化石 (Tables 5, 6 参照)

相良層群および掛川層群は、石灰質ナンノプランクトン化石を産する。

Gartner (1969) は、石灰質ナンノプランクトン化石による分帯を行ない、Blow (1969) の浮遊性

Table 5. Distribution of calcareous nannoplankton in the Sagara Group and the lower part of the Kakegawa Group

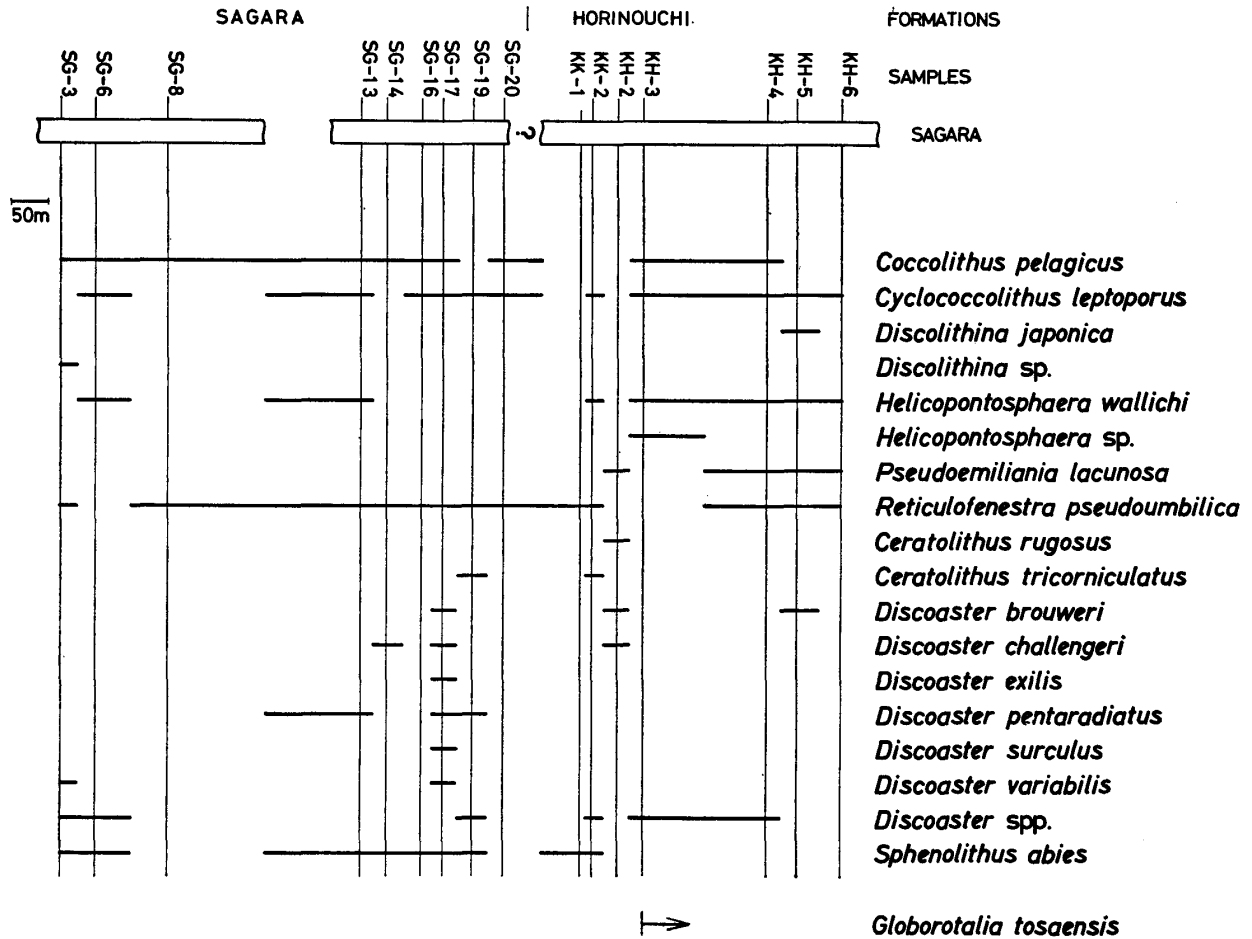


Table 6. Distribution of planktonic Foraminifera and calcareous nannoplankton in the lower part of the Kakegawa Group

Species	Sample Number
<i>Sphenolithus abies</i>	KH-1, KH-2
<i>Pseudoemiliana lacunosa</i>	KH-2, KH-3, KH-4, KH-5, KH-6
<i>Sphaeroidinella dehiscens forma immatura</i>	KH-1, KH-2
<i>S. dehiscens dehiscens</i>	KH-5, KH-6
<i>Globorotalia tumida tumida</i>	KH-1, KH-2, KH-3, KH-4, KH-5, KH-6
<i>G. tosaensis</i>	KH-3, KH-4, KH-5, KH-6
ZONE	N.19 N.20 N.21

(○ : horizon of planktonic Foraminifera, × : horizon of calcareous nannoplankton)

有孔虫帯との比較を行なっている。それによれば、*Discoaster quinquerramus* の絶滅の層準は、Zone N. 18 の中部とされている。この種は、筆者が相良層群上部で Zone N. 18 に対比した SG-19 までに含まれ、SG-20 より上位の層準には含まれない。このことは、Gartner (1969) の考えと一致する。また彼は、*Sphenolithus abies* の絶滅および *Pseudoemiliana lacunosa* の出現の時期を Zone N. 20 の中部に相当する層準と考えており、これにもとづくならば、掛川層群下部の KH-2 は Zone N. 20 の中部位に対比されるであろう。さらに、上位の層準 (KH-3) において、Blow (1969) が Zone N. 21 の下部に出現すると考えている *Globorotalia tosaensis tosaensis* が認められる。しかしこの種の出現時期については、多くの論議がなされており、Parker (1967) のように、中緯度地域の方が熱帯地域よりも出現の時期が早まるのではないかと考える研究者もいる。目下のところ筆者は、掛川層群下部から Zone N. 20 を規定する浮遊性有孔虫化石種を認めていないことおよび掛川層群下部から Zone N. 19 の基底を規定する *Sphaeroidinella dehiscens* を検出していることから、掛川層群下部を Zone N. 19 に対比している。しかし、今後、Gartner (1969) により石灰質ナノプランクトン化石によって Zone N. 20 に対比される層準付近において、Zone N. 20 を規定する特徴種が含まれるのか、または、さらに上位の層準に Zone N. 20 以上のものが確認されるのか否かの詳細な検討を要する。そのことは、*Globorotalia tosaensis tosaensis* の出現時期とも関連してくるので、今後の研究にまちたい。

§ 5. 時代論 (Table 7 参照)

浮遊性有孔虫化石帯とヨーロッパの階区分との関係については、多くの論議がなされているが、上部第三系のヨーロッパにおける模式地は浮遊性有孔虫化石を豊富に含んでおらず意見の相違が見られる。Blow (1969), Cita and Blow (1969) は、上部第三系のヨーロッパの模式地における浮遊性有孔虫化石群を検討した。それによると、Zone N. 16~17 は Tortonian stage, Zone N. 17~Zone N. 18 の下部は Messinian stage, Zone N. 18 の上部~Zone N. 19 は Zanclean stage に属すると考えている。

さらに中新世・鮮新世境界と浮遊性有孔虫化石帯との関係についても、多くの研究者の間で論議されてきた。

Bandy (1963) は、*Sphaeroidinella dehiscens* の最初の出現が、中新世・鮮新世の境界の指標となることを提唱した。

Bolli (1965) は、中新世・鮮新世境界について次のようにのべている。北東 Venezuela 地域の大形化石の証拠にもとづいて解釈すると、Cubagua Formation は中~上部中新統と考えられる。しかし Cubagua Formation 上部の Cerro Negro Member から *Sphaeroidinella dehiscens* が出現しており、Bandy の提案に従えば鮮新統になる。浮遊性有孔虫化石と大形化石の時代論の不一致をあげており、さらに検討を要すると結論している。

Blow (1969) は、ヨーロッパの上部第三系の模式地における浮遊性有孔虫化石を検討した結果、中新統・鮮新統境界を Zone N. 18 の中に引いている。ヨーロッパの階区分において、Tongiorgi et al. (1964) によれば Mayer-Eymar (1867) は中新統・鮮新統境界を Messinian と Tabianian との間に想定し、Zanclean は Tabianian に属すると考えている。Sicily の Trubi Marl は Seguenza (1868) によって Zanclean の stratotype とされている (Tongiorgi et al., 1964)。Blow (1969) は、Trubi Marl の浮遊性有孔虫化石を検討した結果、基底から 40 フィート上において *Sphaeroidinellopsis subdehiscens* から *Sphaeroidinella dehiscens* への進化過程を認めた。従って、Trubi Marl の下部は Zone N. 18 に属し、*Sphaeroidinella dehiscens* の出現の層準より上部は Zone N. 19 に属することから、中新統・鮮新統境界は Zone N. 18 の中にあり、しかも *Sphaeroidinella dehiscens* の出現の直前にあると考えている。

Table 7. Late Miocene to Pliocene zonal subdivisions based on planktonic Foraminifera

Bandy (1953)		Correlation by Bolli (1966)			Correlation by Blow (1969)			AGE
AGE	FORM.	Bolli (1966)	Blow (1959)	Banner and Blow (1953)	Blow (1969)	Blow (1959)	AGE	
Pliocene	Plio.	Cerro Negro member	Cerro Verde member	Cerro Verde member	Cerro Verde member	Cerro Verde member	Pliocene	
								<i>Globobulimina altispira</i> / <i>Globorotalia crassaformis</i> Zone <i>Globorotalia margaritae</i> Zone <i>Globorotalia dutertrei</i> / <i>Globigerinoides obliquus extremus</i> Zone <i>Globorotalia acostaensis</i> Zone <i>Globorotalia menardii</i> Zone
Miocene	Upper Middle	Cubagua Formation	Cubagua Formation	Cubagua Formation	Cubagua Formation	Cubagua Formation	Late Miocene	
								Sphaeroidinella seminulina Zone Globigerina menardii / Globigerina nepenthes Zone

Parker (1967) も、Sicily の Trubi Marl の浮遊性有孔虫化石を検討し、中新世・鮮新世境界を Zone N. 18 と Zone N. 19 の境界においている。

以上のべたように、研究者によって中新世・鮮新世境界と浮遊性有孔虫化石との関連において意見は一致していないが、*Sphaeroidinella dehiscens datum* が目安として重要な役割を果しているものと考えられる。

今回、相良層群および掛川層群下部の浮遊性有孔虫化石群を検討した結果、Blow (1969) によっておもに熱帯地域の陸上・深海底コアなどでたてられた化石帯区分に対応した浮遊性有孔虫化石層位が見い出された。すなわち、相良層群の下部から上部にかけて *Globorotalia acostaensis acostaensis*~*Globorotalia merotumida* Partial-range zone, *Globorotalia tumida plesiotumida* Consecutive-range zone, *Globorotalia tumida tumida*~*Sphaeroidinellopsis subdehiscens subdehiscens* Partial-range zone の3化石帯に区分され、それぞれ Blow (1969) の Zone N. 16, Zone N. 17, Zone N. 18 に対比される。また掛川層群最下部に *Sphaeroidinella dehiscens* が出現し、Blow (1969) の Zone N. 19 (*Sphaeroidinella dehiscens dehiscens*~*Globoquadrina altispira* Partial-range zone) に相当する。これらの結果、相良層群および掛川層群下部の時代は、Blow (1969) によって示されている浮遊性有孔虫化石帯とヨーロッパの階区分の関係から見て、Tortonian, Messinian および Zanclean 下部にまたがり、本地域における中新統・鮮新統境界は相良層群最上部付近と推定される。

従来相良層群および掛川層群の時代について、貝化石の研究者は、相良層群を上部中新統、掛川層群は鮮新統と考えており、今回の筆者の浮遊性有孔虫化石による研究結果とほぼ一致する。

女神層は、Saito (1963) によって *Globigerinatella insueta*/*Globigerinoides bisphericus* zone に対比され、Aquitanian に属するものと考えられていた。Blow (1969) は、この帯を Zone N. 8 (*Globigerinoides sicanus*/*Globigerinatella insueta* Partial-range zone) に対比し、Burdigalian に属するものと考えている。これは従来、Hanzawa (1943) によって大形有孔虫化石で示された時代観と一致する。本層は、斎藤 (1960 a, b; Saito 1963) に示されているように三笠層群上部西郷層に対比されるものと考えられる。

第 III 章 結論 (Tables 8, 9 参照)

静岡県相良地方に分布する新第三系は、下部から女神層、菅ヶ谷層、相良層、堀之内層に区分される。

女神層は三笠層群の西郷層に対比され、Blow (1969) の Zone N. 8 (*Globigerinoides sicanus*/*Globigerinatella insueta* Partial-range zone) に相当し、前期中新世 (Burdigalian) と考えられる。

相良層群は菅ヶ谷層、相良層を含み、下位の女神層と断層で接し、上位の堀之内層と整合関係で接している。堀之内層は掛川層群下部に含まれる。相良および掛川両層群は、浮遊性有孔虫化石を豊富に産し、本地域においてすでに斎藤 (1960 a, b; Saito, 1963) によって分帯が行なわれている。

Venezuela の Pozón Formation において、Blow (1959) は *Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone の上限を *Globigerina nepenthes* の絶滅の層準で規定し、“*Sphaeroidinella*” *seminulina* zone を *Globigerina nepenthes* の絶滅後から“*Sphaeroidinella*” *seminulina* の絶滅の間とした。相良地域において、Saito (1963) は *Globigerina nepenthes* および *Sphaeroidinellopsis seminulina* の絶滅とにずれが確認されることから、相良層群および掛川層群下部を *Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone に、掛川層群内田層中・下部を *Sphaeroidinellopsis seminulina* zone に区分し、それぞれ Blow (1959) の同名の帯に対比した。

Table 8. Relationship between the zones proposed by Blow (1959) and those by Blow (1969) of the Pozón Formation, Venezuela

	Blow (1969)				Blow (1959)	Saito (1963)
	N. 15	N. 16	N. 17	N. 18		
<i>Globorotalia continua</i>						
<i>Globorotalia acostaensis</i>						
<i>Globorotalia merotumida</i>						
<i>Globorotalia tumida plesiotumida</i>						
<i>Globorotalia tumida tumida</i>						
<i>Sphaeroidinella dehiscens</i>						
<i>Sphaeroidinellopsis subdehiscens</i>						
<i>Sphaeroidinellopsis seminulina</i>						
<i>Globigerina nepenthes</i>						
	N. 15	N. 16	N. 17	N. 18	N. 19	
	POZÓN FORMATION					
	Globo- <i>Globigerina</i> <i>nepenthes</i> / <i>Globorotalia</i> <i>menardii</i> <i>menardii</i> zone		"Sphaeroidinella" <i>seminulina</i> zone		<i>Globigerina</i> <i>bulloides</i> zone	
<i>Globigerina nepenthes</i>						
"Sphaeroidinella" <i>seminulina</i>						
	Globo- <i>Globigerina</i> <i>nepenthes</i> / <i>Globorotalia</i> <i>menardii</i> <i>menardii</i> zone		Sphaeroidinellopsis <i>seminulina</i> zone			

その後熱帯および亜熱帯地域において、Blow・Bolli ら多くの研究者によって上部中新統より第四系にかけて詳細に化石層位が検討された。その結果、Venezuela の Pozón Formation 内での *Globigerina nepenthes* および *Sphaeroidinellopsis seminulina* の絶滅は地域的なものであり、world wide の絶滅はさらに上位の層準であることが指摘された。従って上述の帯区分は広域の対比において有効でなくなり、Blow (1969, 1970) は浮遊性有孔虫化石の絶滅の層準をもって規定する分帯をできる限り行なわないという新たな考えで、他の種による分帯を行なった。

相良層群は下位より上位にかけて *Globorotalia acostaensis acostaensis*~*Globorotalia merotumida* Partial-range zone, *Globorotalia tumida plesiotumida* Consecutive-range zone, *Gloro-*

Table 9. Comparison of zonations by Saito (1963) and the present author of the Sagara Group and the lower part of the Kakegawa Group, Shizuoka, Japan

Oda (1971)		Saito (1963)		
MIOCENE	ZONE N. 19	KAKEGAWA G.	Sphaeroidinellopsis seminulina ZONE	MIOCENE
	ZONE N. 18			
	ZONE N. 17	Sagara F.		
	ZONE N. 16	Sugegaya F.		
				PLIO.

talia tumida tumida~*Sphaeroidinellopsis subdehiscens subdehiscens* Partial-range zone の3化石帯に区分され、それぞれ Blow (1969) の Zone N. 16, N. 17, N. 18 に対比される。また掛川層群最下部は、Zone N. 19 (*Sphaeroidinella dehiscens dehiscens*~*Globaquadrina altispira* Partial-range zone) に相当するものであり、Blow (1969) によっておもに熱帯・亜熱帯地域の陸上、深海底コア等でたてられた化石帯区分に対応した浮遊性有孔虫化石層序が見いだされた。この結果、相良層群および掛川層群下部の時代は、Blow (1969) によって示されている浮遊性有孔虫化石帯とヨーロッパ階区分の関係にもとづけば、Tortonian, Messinian および Zanclean 下部にまたがる。従って本地域における中新統・鮮新統境界は、相良層群最上部付近に存在するものと推定される。

ここで筆者は、相良地域における *Sphaeroidinellopsis seminulina* および *Globigerina nepenthes* の絶滅の層準を検討するために、Saito (1963) と筆者の研究結果を比較した。この比較を行なうに当たって、斎藤と筆者とでは帯区分を規定する種が異なっているため、浮遊性有孔虫化石種による比較ではなく、Venezuela の Pozón Formation を基準として Blow (1969) が1959年と1969年の帯区分を比較検討しているのにもとづいて、本地域における相良層群および掛川層群を基準として比較を行なった。その結果、*Globigerina nepenthes* および *Sphaeroidinellopsis seminulina* の絶滅の層準が、Venezuela と本地域とでは明らかに異なっていることが判明した。すなわち両種の絶滅の層準は、相良地域の方が Venezuela 地域よりも上位であり、広域対比の際に障害が生じたものと考えられる。従来斎藤 (1960 a,b; Saito, 1963) によって掛川層群下部は中新統に属するものと考えられ、中新統・鮮新統境界は掛川層群(内田層)中におかれており、筆者の結果と異なる。このことは、種の絶滅の層準が異なっていたために広域の対比の際に障害が生じた結果と考えられる。筆者は、中新統・鮮新統境界が相良層群最上部付近にくるものとする。これは、石灰質ナンノプランクトン化石および軟体動物化石の時代観ともほぼ一致する。

今後広域対比を行なっていく上で、種の出現および絶滅の層準について、他の古生物学や地球化学的研究結果(たとえば絶対年数など)とを関連させながら検討していかなければならないと考える。

引用文献

- Akers, W.H., 1955, Some planktonic Foraminifera of the American Gulf Coast and suggested correlation with the Caribbean Tertiary. *Jour. Paleont.*, v. 29, no. 4, p. 647-665, 3 figs., 65 pls.
- Asano, K., 1934, New Foraminifera from the Kakegawa district, Totomi, Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, v. XIII, nos. 3-4, p. 325-331, pls. XXXVI-XXXVII.
- 浅野 清, 1960, 日本の第三系と浮遊性有孔虫化石. 有孔虫, no. 11, p. 64-69.
- Bandy, O.L., 1963, Miocene-Pliocene boundary in the Philippines as related to Late Tertiary stratigraphy of deep-sea sediments. *Science*, v. 142, p. 1290-1292, 1 fig.
- and Wade, M.E., 1967, Miocene-Pliocene-Pleistocene boundaries in deep-water environments: Progress in oceanography. *Pergamon Press*, v. 4, p. 51-66, 6 figs.
- Banner, F.T. and Blow, W.H., 1959, The classification and stratigraphical distribution of the Globigerinaceae, Part I. *Palaeontology*, v. 2, no. 1, p. 1-27, 5 figs., pls. 1-3.
- and ———, 1960, Some primary types of species belonging to the Superfamily Globigerinaceae. *Cushman Found. Foram. Res., Contr.*, v. 11, no. 1, p. 1-41, 2 figs., pls. 1-8.
- and ———, 1965, Progress in the planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Neogene. *Nature*, v. 208, p. 1164-1166.
- Berggren, W.A., 1969, Cenozoic chronostratigraphy, planktonic foraminiferal zonation and the radiometric time scale. *Nature*, v. 224, p. 1072-1076, 3 tabs.
- , 1969, Rate of evolution in some Cenozoic planktonic foraminifera. *Micropal.*, v. 15, no. 3, p. 351-365, 13 text-figs., 8 tabs.
- Bermudez P.J. and Bolli H.M., 1969, Consideraciones sobre los sedimentos del Mioceno medio al Reciente de las costas central y oriental de Venezuela. Tercera parte: Los foraminiferos planctonicos. *Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Direccion de Geologia*, v. X, no. 20, p. 137-222, 6 figs., pls 1-18.
- Blow, W.H., 1959, Age, correlation, and biostratigraphy of the upper Tocuyo (San Lorenzo) and Pozón formations, Eastern Falcon, Venezuela. *Bull. Amer. Pal.*, v. 39, no. 178, p. 67-251, 5 figs., 4 charts, 4 maps, pls. 6-19.
- , 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Conf. Plank. Microfossils, 1st, 1967, Proc.*, v. 1, p. 199-421, 43 figs., pls. 1-54.
- , 1970, Validity of biostratigraphic correlations based on the Globigerinaceae. *Micropal.*, v. 16, no. 3, p. 257-268.
- and Banner, F.T., 1967, The origin, evolution and taxonomy of the foraminiferal genus *Pulleniatina* Cushman, 1927. *Micropal.*, v. 13, p. 133-162, 2 text-figs., pls. 1-4.
- Bolli, H.M., 1957, Planktonic Foraminifera from the Oligocene-Miocene Cipero and Lengua formations, Trinidad. *B.W.I.U.S. Nat. Mus. Bull.*, no. 215, p. 97-123, figs. 17-21, pls. 22-29.
- , 1966 a, The planktonic foraminifera in Well Bodjonegoro-I of Java. *Ecologiae. Geol. Helv.*, v. 59, p. 449-465, 1 fig., 1 tab., 1 pl.
- , 1966b, Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. *Bol. Inform. Venez. Geol. Min. y Petrol.*, v. 9, p. 3-32, 4 tabs.
- and Bermudez, P.J., 1965, Zonation based on planktonic foraminifera of Middle Miocene to Pliocene warm-water sediments. *Asoc. Venez. Geol. Min. y Petrol. Bol.*, v. 8, p. 121-149, 2 tabs., pl. 1.
- , Loeblich, A.R., Jr. and Tappan, H., 1957, The planktonic foraminiferal families Hantkeninidae, Orbulinidae, Globorotaliidae and Globotruncanidae. *U.S. Nat. Mus. Bull.*, no. 215, p. 3-50, text-figs. 1-9, pls. 1-11.
- Cita, M.B. and Blow, W.H., 1969, The biostratigraphy of the Langhian, Serravallian and Tortonian stages in the type-sections in Italy. *Riv. Ital. Paleont.*, v. 75, no. 3, p. 549-603, 10 figs.
- 千谷好之助, 1926, 遠江国相良, 掛川附近の第三紀層について. 地質学雑誌, v. 38, no. 444, p. 84-89, 2 表.
- , 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.
- Gartner, S.Jr., 1969, Correlation of Neogene planktonic foraminifera and calcareous nannofossil zone. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, v. 19, p. 585-599, 7 figs., 2 pls.
- Hanzawa, S., 1943, Note on some Miocene Foraminifera from the Sagara oil field, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, v. 50, no. 595, p. 125-135, pls. 7-11.
- Ikebe, N., 1954, Cenozoic biochronology of Japan: Contributions to the Cenozoic geohistory of Japan, Part 1. *Osaka City Univ., Inst. Polytech., Jour., ser. G.*, v. 1, p. 73-86.
- 池辺 穰, 1953, 最近の探鉱成果・静岡地区, IV A5. 石油技術協会誌, v. 13, p. 180-181, 1 地質図.

- 伊木常誠, 1909, 遠州相良油田地質調査概報. 地質調査所報告, no. 13, p. 43~57.
- Ishijima, W., 1932, On three species of Corallinaceae lately obtained from the Megamiyama Limestone, Sagara district, province of Totomi, Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, v. XI, no. 1-2, p. 27-30, pl. V.
- Kennet, J.P., 1966, The *Globorotalia crassaformis* bioseries in north Wetland and Mareborough, New Zealand. *Micropal.*, v. 12, no. 2, p. 235-245, 10, text-figs. 6 tabs., pls. 1-2.
- 菊地秀夫・堤 正俊, 1961, 静岡県掛川地区に於ける試錐結果よりの地質的考察. 榎山次郎教授記念論文集, p. 67~81.
- 榎山次郎, 1925, 遠州掛川附近第三紀層の層序. 地球, v. 3, no. 6, p. 569~576, 11 図, 1 地質図.
- Makiyama, J., 1927, Molluscan fauna of the lower part of the Kakegawa series in the province of Totomi, Japan. *Kyoto Imp. Univ., Mem. Coll. Sci., ser. B*, v. 3, no. 1, art 1, p. 1-147.
- 榎山次郎, 1939, 大井川層の石灰岩と *Lepidocyclina*. 地質学雑誌, v. 46, no. 548, p. 243~246.
- , 1941, 大井川下流地方第三系層序及び地質構造. 矢部選暦記念論文集, v. 1, p. 1~13.
- , 1950, 日本地方地質誌. 中部地方. 朝倉書店, 東京.
- , 1963, 5 万分の 1 地質図幅「掛川地方」及び同説明書. 地質調査所.
- Martini, E. and Worsely, T., 1970, Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature*, v. 225, p. 289-290, 1 tab.
- 森下 晶・中川衷三, 1949, 静岡県御前崎の地質. 地質学雑誌, v. 55, no. 647, p. 95~98.
- 中島謙三, 1886, 20 万分の 1 地質図幅「静岡」及び同説明書. 地質調査所.
- 西和田久学, 1895, 遠州の植物質石灰岩より得たる 1・2 の化石. 地質学雑誌, v. 2, no. 16, p. 135~140.
- Nishiwada, K., 1895, Some organic remains from the Tertiary limestone near Sagara, Totomi. *Imp. Univ. Tokyo, Jour. Coll. Sci.*, v. VII, p. 233-243.
- 小川貞子, 1956, 静岡県牧之原附近の地形及び第四紀地質について. 東北大学卒業論文 (手記).
- Parker, F.L., 1962, Planktonic foraminiferal species in Pacific sediments. *Micropal.*, v. 8, no. 2, p. 219-254, pls. 1-10.
- , 1967, Late Tertiary biostratigraphy (planktonic foraminifera) of the tropical Indo-Pacific deep-sea core. *Bull. Am. Pal.*, v. 52, no. 235, p. 115-203, 5 text-figs., 4 tabs., pls 17-32.
- 斎藤常正, 1960 a, 浮遊性有孔虫化石に於ける掛川地方の中新統・鮮新統の境界. 有孔虫, no. 11, p. 70~76, 1 図, 1 表.
- , 1960 b, 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. 東北大学理学部地質学・古生物学教室研究邦文報告, no. 51, p. 1-145, 6 図, 7 charts, 2 tabs., pls. 1-6.
- Saito, T., 1963, Miocene Planktonic Foraminifera from Honshu, Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.)*, v. 35, no. 2, p. 123-209, 15 figs., 16 tabs., pls. 53-56.
- Takayanagi, Y. and Saito, T., 1962, Planktonic Foraminifera from the Nobori Formation, Shikoku, Japan. *Tohoku Univ., Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.), Spec. Vol.*, no. 5, p. 67-106, 2 figs., 1 tab., pls. 24-28.
- Todd, R., 1957, Smaller Foraminifera (in Geology of Saipan Islands, Pt. 3, Paleontology). *U.S. Geol. Surv., Prof. Pap.*, 280-H, p. 265-320, pls. 64-93.
- Tongiorgi, E. and Tongiorgi, M., 1964, Age of the Miocene-Pliocene Limit in Italy. *Nature*, no. 4917, p. 365-367, 2 figs.
- 土 隆一, 1970, 相良・掛川地方の地質. 静岡県地学会資料, N. 17, p. 1~18, 8 図.
- 氏家 宏, 1958, 相良・掛川堆積盆地の地質構造. 日本地質学会昭和 33 年総会, 日本新第三系シンポジウム討論会資料, p. 1~7, 1 図, 2 表.
- Ujiié, H., 1962, Geology of the Sagara-Kakegawa sedimentary basin in Central Japan. *Tokyo Kyoiku Daigaku. Sci. Rep., sec. C*, no. 75, p. 123-188, 20 figs., 6 appendix-figs., 3 tabs.
- 氏家 宏・福田 理, 1953, 相良層群と女神層との地質学的関係. 地質学雑誌, v. 59, no. 694, p. 319~320.

Microbiostratigraphy of the Sagara Group, Shizuoka Prefecture, Japan

Motoyoshi Oda

Abstract

The Tertiary deposits distributed in the Sagara district, Shizuoka Prefecture, are classified into the Megami Formation and the Sagara and Kakegawa groups in the named order from the older to the younger. The stratigraphical classification and biostratigraphic characteristics of the stratigraphic units are shown in Table 2, and briefly outlined below.

The Megami Formation, the oldest of the recognized units, consists of hard mudstone, sandstone and limestone and is in fault contact with the Sagara Group. The Megami Formation corresponds to the major part of the Saigo Formation of the Mikasa Group distributed in the northern part of Kakegawa City and is correlated with the planktonic foraminiferal Zone N. 8 (*Globigerinoides sicanus*/*Globigerinatella insueta* Partial range zone) of Blow (1969). According to Blow (1969), the geological age is Early Miocene (Burdigalian).

The Sagara Group comprises two formations each consisting of alternations of siltstone and sandstone, intercalated with conglomerate.

The Kakegawa Group is composed of alternations of sandy siltstone and sandstone, intercalated with conglomerate and massive mudstone and lies with conformity upon the Sagara Group.

The Sagara and Kakegawa groups have yielded many species of Foraminifera. In this district, zonation by means of the planktonic Foraminifera was previously made by Saito (1963). From the confirmation of a difference of the extinction level between *Globigerina nepenthes* and *Sphaeroidinellopsis seminulina*, Saito referred the Sagara Group and the lower part of the Kakegawa Group to the *Globorotalia menardii menardii*/*Globigerina nepenthes* zone of Blow (1959) and assigned the lower to middle part of the Uchida Formation of the Kakegawa Group to the *Sphaeroidinellopsis seminulina* zone of Blow; he considered that these zones were correlative of the zones of the same name established in the Pozón Formation, Venezuela by Blow (1959). Blow (1959) used the horizon of extinction of *Globigerina nepenthes* and *Sphaeroidinellopsis seminulina* as an index for the uppermost part of the Upper Miocene in the Pozón Formation. Saito (1960 a,b, 1963) was in his opinion that the lower part of the Kakegawa Group was Miocene and that the Miocene-Pliocene boundary fell within the upper part of the Uchida Formation which was the middle part of the Kakegawa Group.

The biostratigraphy of the Upper Miocene to Quaternary sequence was studied later in detail by Bolli, Blow and other investigators in the warm water region, and zonations by means of the planktonic Foraminifera were proposed (Banner and Blow, 1965; Bolli and Bermudez, 1965; Bolli, 1966; Blow, 1969; etc.). Blow (1969) showed that the stratigraphic range of *Globigerina nepenthes* and *Sphaeroidinellopsis seminulina* in the Pozón Formation, Venezuela did not represent the total stratigraphic range but only a part of it and was thus the local range. Also, the first appearance of *Sphaeroidinella dehiscens* has referred as a reliable criteria to mark the Miocene-Pliocene boundary (Bandy, Parker, Blow, etc.). The first appearance of *Sphaeroidinella dehiscens* is recognized at basal part of the Kakegawa Group.

From the reinvestigation of the planktonic Foraminifera of the Sagara Group and the lower part of the Kakegawa Group, it was confirmed that the biostratigraphic classification by those microfossils corresponded well to the zones established originally in the tropical to subtropical region by Blow (1969). The stratigraphic distribution of the identified planktonic Foraminifera is shown in Table 3, and the diagnostic faunal elements of each zone are briefly noted below.

In the Sagara Group, three planktonic foraminiferal zones are recognized, namely, *Globorotalia* (*T.*) *acostaensis acostaensis*-*Globorotalia* (*G.*) *merotumida* Partial range zone, *Globorotalia* (*G.*) *tumida plesiotumida* Consecutive-range zone, and *Globorotalia* (*G.*) *tumida tumida*-*Sphaeroidinellopsis subdehiscens subdehiscens* Partial-range zone. They are respectively correlated with Zone N. 16, N. 17 and N. 18 of Blow (1969). The lowest part of the Kakegawa Group corresponds with Blow's Zone N.

19 (*Sphaeroidinella dehiscens dehiscens*-*Globoquadrina altispira altispira* Partial-range zone). Considering from the relationship between the planktonic foraminiferal zone and the European stages discussed by Blow (1969), the Sagara Group and the lower part of the Kakegawa Group are correlative with the Tortonian, Messinian and the lower part of the Zanclean stages in Europe. The Miocene-Pliocene boundary, if based on the Zanclean, is within Zone N. 18 of Blow (1969). Consequently the Miocene-Pliocene boundary in the Sagara District falls within the uppermost part of the Sagara Formation which is the upper division of the Sagara Group.

The difference between Saito's and writer's Miocene-Pliocene boundary is explained by the horizon of extinction of *Globigerina nepenthes* and *Sphaeroidinellopsis seminulina* in the Sagara and Venezuela districts as it noted already. Noteworthy is that the position of the Miocene-Pliocene boundary by means of the planktonic foraminifera of the present work nearly coincides with that interpreted by the Mollusca and calcareous nannoplanktons.

Plate 1

- Fig. 1. *Globigerina nepenthes* Todd
1: Umbilical view, $\times 100$. Sample SG-15, the Sagara Formation.
- Fig. 2. *Globigerina vignalii* Bermudez and Bolli
2: Umbilical view, $\times 163$. Sample SG-20, the Sagara Formation.
- Fig. 3. *Globigerinoides conglobatus* (Brady)
3: Umbilical view, $\times 114$. Sample SG-16, the Sagara Formation.
- Fig. 4. *Globigerinoides quadrilobatus sacculifer* (Brady)
4: Umbilical view, $\times 113$. Sample SG-16, the Sagara Formation.
- Fig. 5. *Globoquadrina altispira* (Cushman and Javris)
5: Umbilical view, $\times 130$. Sample SG-13, the Sagara Formation.
- Fig. 6. *Globigerinoides obliquus extremus* Bolli and Bermudez
6: Umbilical view, $\times 127$. Sample SG-14, the Sagara Formation.
- Fig. 7. *Sphaeroidinellopsis seminulina seminulina* (Schwager)
7: Umbilical view, $\times 83$. Sample SG-16, the Sagara Formation.
- Fig. 8. *Sphaeroidinella dehiscentes dehiscentes* (Parker and Jones)
8: Spiral view, $\times 95$. Sample KH-5, the Horinouchi Formation.
- Figs. 9-10. *Globorotalia (G.) merotumida* Blow and Banner
9: Side view, $\times 126$. 10: Spiral view, $\times 126$. Sample SG-4, the Sagara Formation.
- Figs. 11-12. *Globorotalia (G.) tumida pleisotumida* Blow and Banner
11: Spiral view, $\times 135$. 12: Side view, $\times 135$. Sample SG-17, the Sagara Formation.
- Figs. 13-14. *Globorotalia (G.) tumida tumida* (Brady)
13: Side view, $\times 118$. 14: Spiral view, $\times 118$. Sample SG-17, the Sagara Formation.

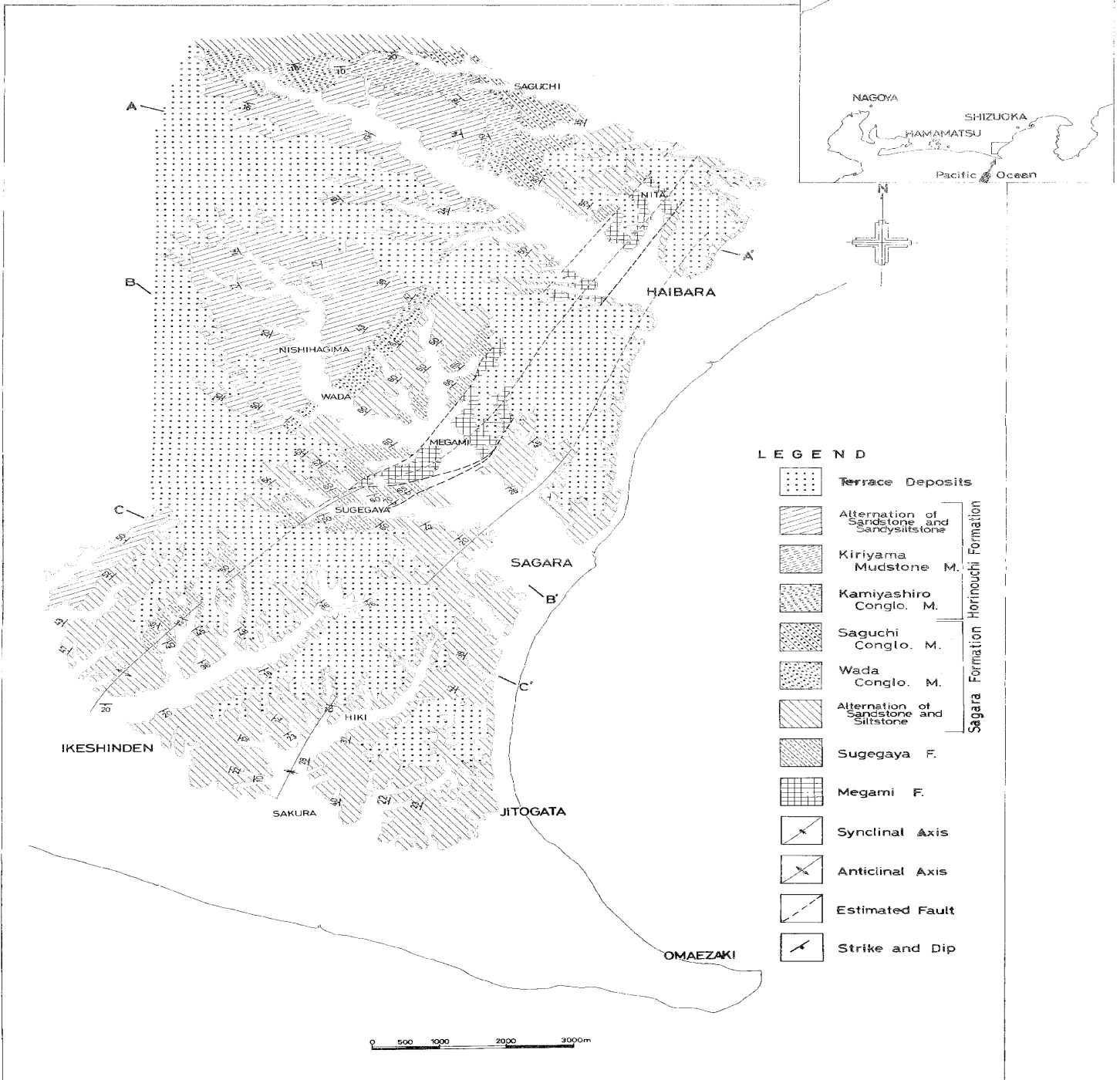




Plate 2

- Figs. 1-2. *Globorotalia (G.) margaritae* Bolli and Bermudez
1: Spiral view, $\times 120$. 2: Side view, $\times 120$. Sample SG-18, the Sagara Formation.
- Figs. 3-4. *Globorotalia (G.) hirsuta praehirsuta* Blow
3: Spiral view, $\times 130$. 4: Side view, $\times 130$. Sample SG-18, the Sagara Formation.
- Fig. 5. *Globorotalia (G.) miozea cibaoensis* Bermudez
5: Spiral view, $\times 90$. Sample SG-3, the Sagara Formation.
- Fig. 6. *Globorotalia (G.) cultrata menardii* (Parker, Jones and Brady)
6: Spiral view, $\times 83$. Sample SG-10, the Sagara Formation.
- Fig. 7. *Globorotalia (G.) cultrata cultrata* (d'Orbigny)
7: Spiral view, $\times 85$. Sample SG-10, the Sagara Formation.
- Figs. 8-9. *Globorotalia (T.) acostaensis acostaensis* Blow
8: Spiral view, $\times 100$. 9: Umbilical view, $\times 93$. Sample SG-3, the Sagara Formation.
- Fig. 10. *Globorotalia (T.) acostaensis humerosa* Takayanagi and Saito
10: Spiral view, $\times 100$. Sample SG-11, the Sagara Formation.
- Fig. 11. *Globorotalia (T.) tosaensis* Takayanagi and Saito
11: Spiral view, $\times 100$. Sample KH-5, the Horinouchi Formation.
- Figs. 12-13. *Globorotalia (T.) crassaformis oceanica* Cushman and Bermudez
12: Spiral view, $\times 100$. 13: Side view, $\times 100$. Sample KH-5, the Horinouchi Formation.
- Figs. 14-15. *Pulleniatina primalis* Banner and Blow
14: Spiral view, $\times 110$. 15: Side view, $\times 110$. Sample SG-18, the Sagara Formation.

GEOLOGICAL MAP OF THE SAGARA DISTRICT
SHIZUOKA PREFECTURE



GEOLOGICAL SECTIONS

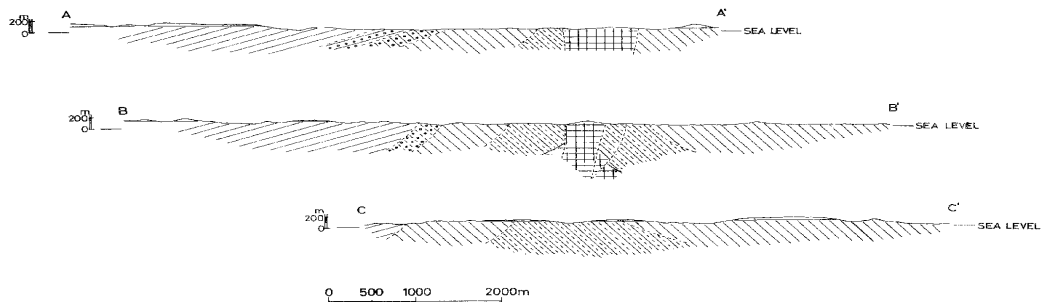
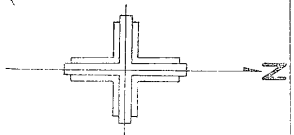
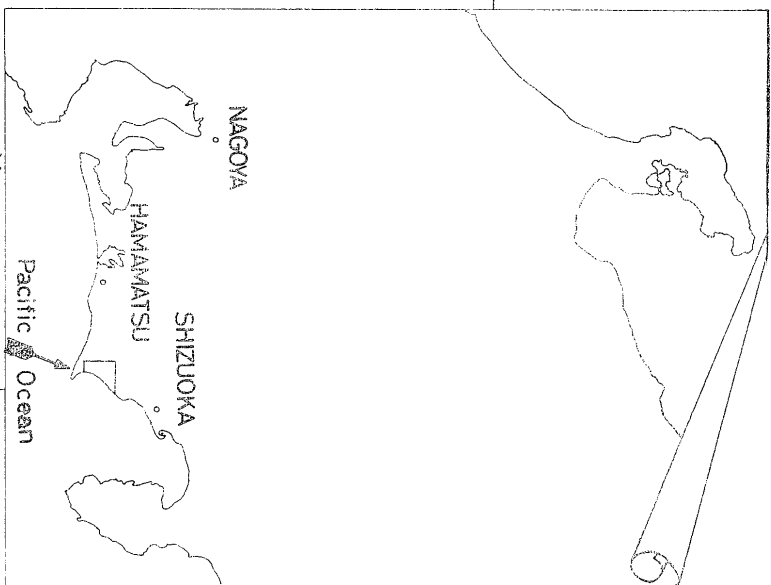
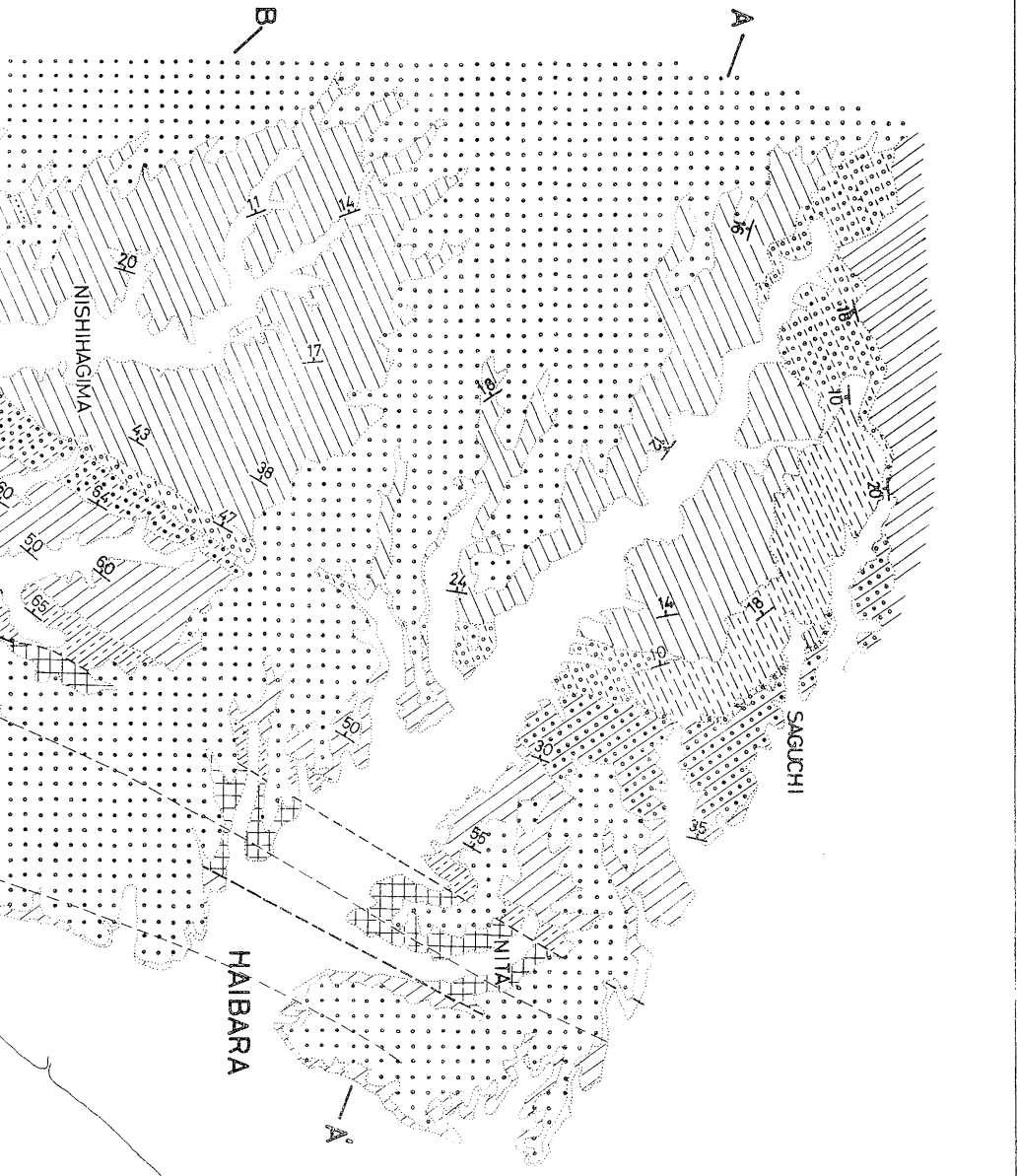















Fig. 1. Geological map of the Sagara district, Shizuoka Prefecture.

GEOLOGICAL MAP OF THE SAGARA DISTRICT
SHIZUOKA PREFECTURE



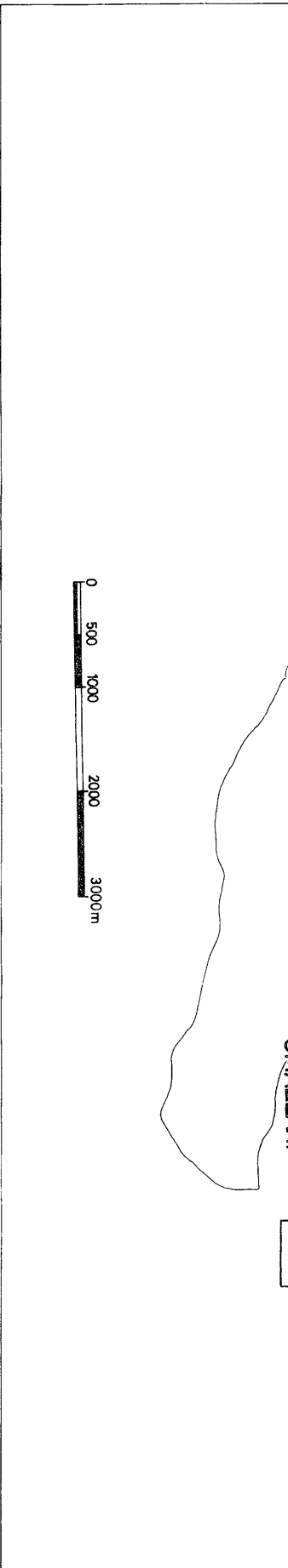


LEGEND

-  Terrace Deposits
-  Alternation of Sandstone and Sandysiltstone
-  Kiriyama Mudstone M.
-  Kamiyashiro Conglo. M.
-  Saguchi Conglo. M.
-  Wada Conglo. M.
-  Alternation of Sandstone and Siltstone
-  Sugegaya F.
-  Megami F.
-  Synclinal Axis
-  Anticlinal Axis
-  Estimated Fault
-  Strike and Dip

Sagara Formation Horinouchi Formation

OMAEZAKI



GEOLOGICAL SECTIONS

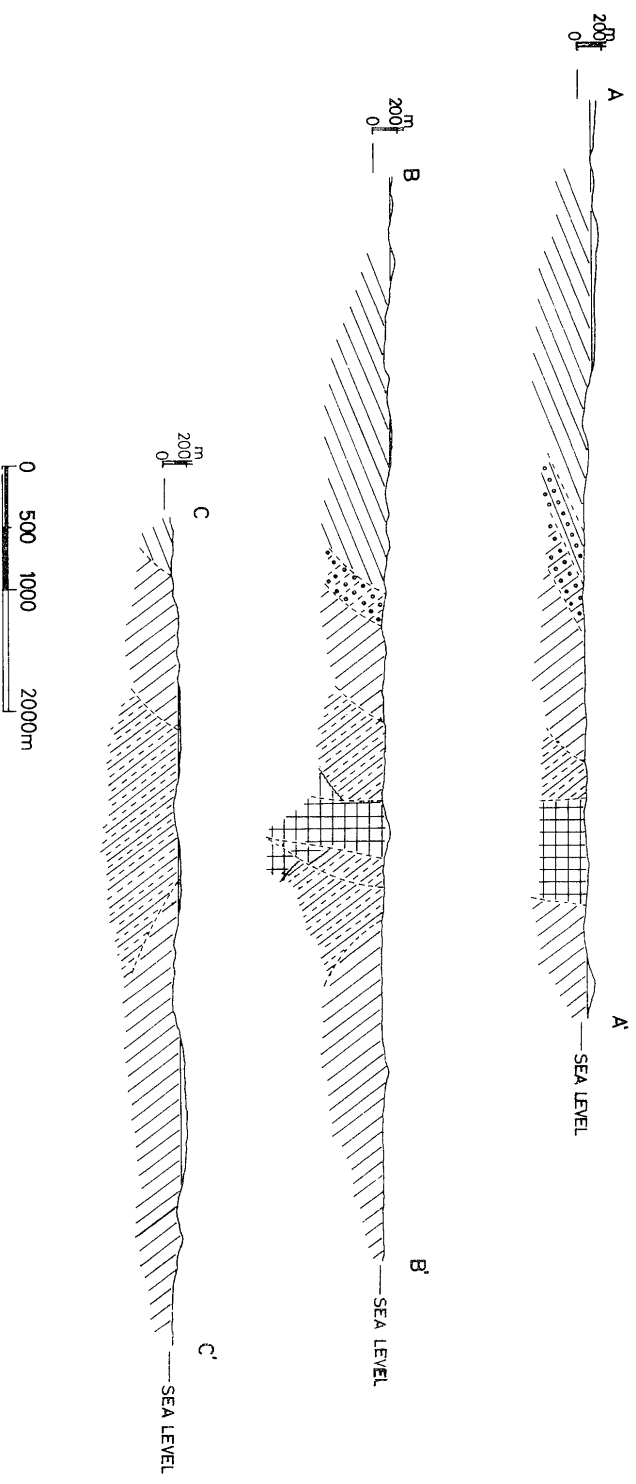


Fig. 1. Geological map of the Sagara district, Shizuoka Prefecture.

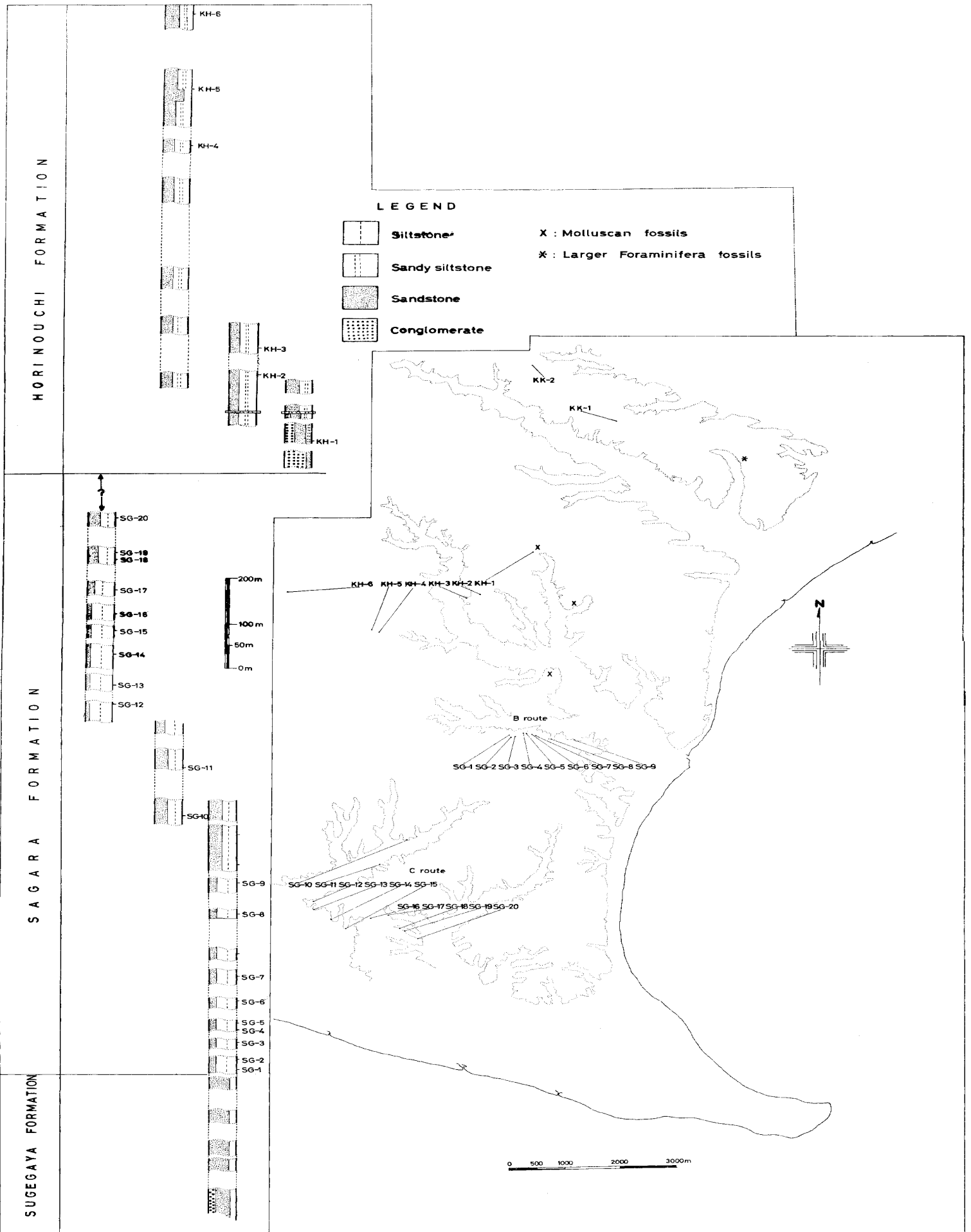


Fig. 2 Map showing localities and columnar sections of the samples of the Sagara and Kakegawa groups of the Sagara district.

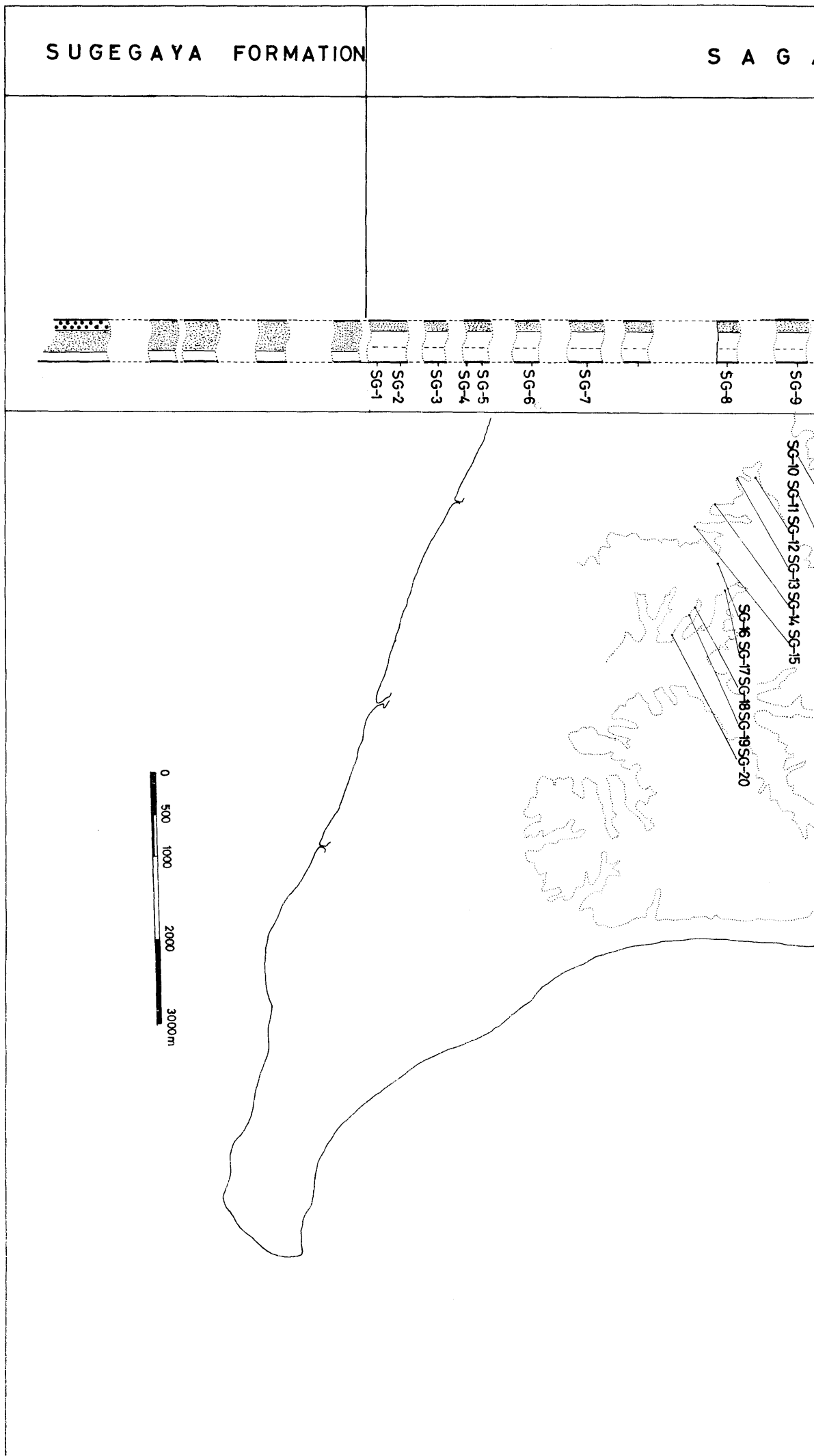
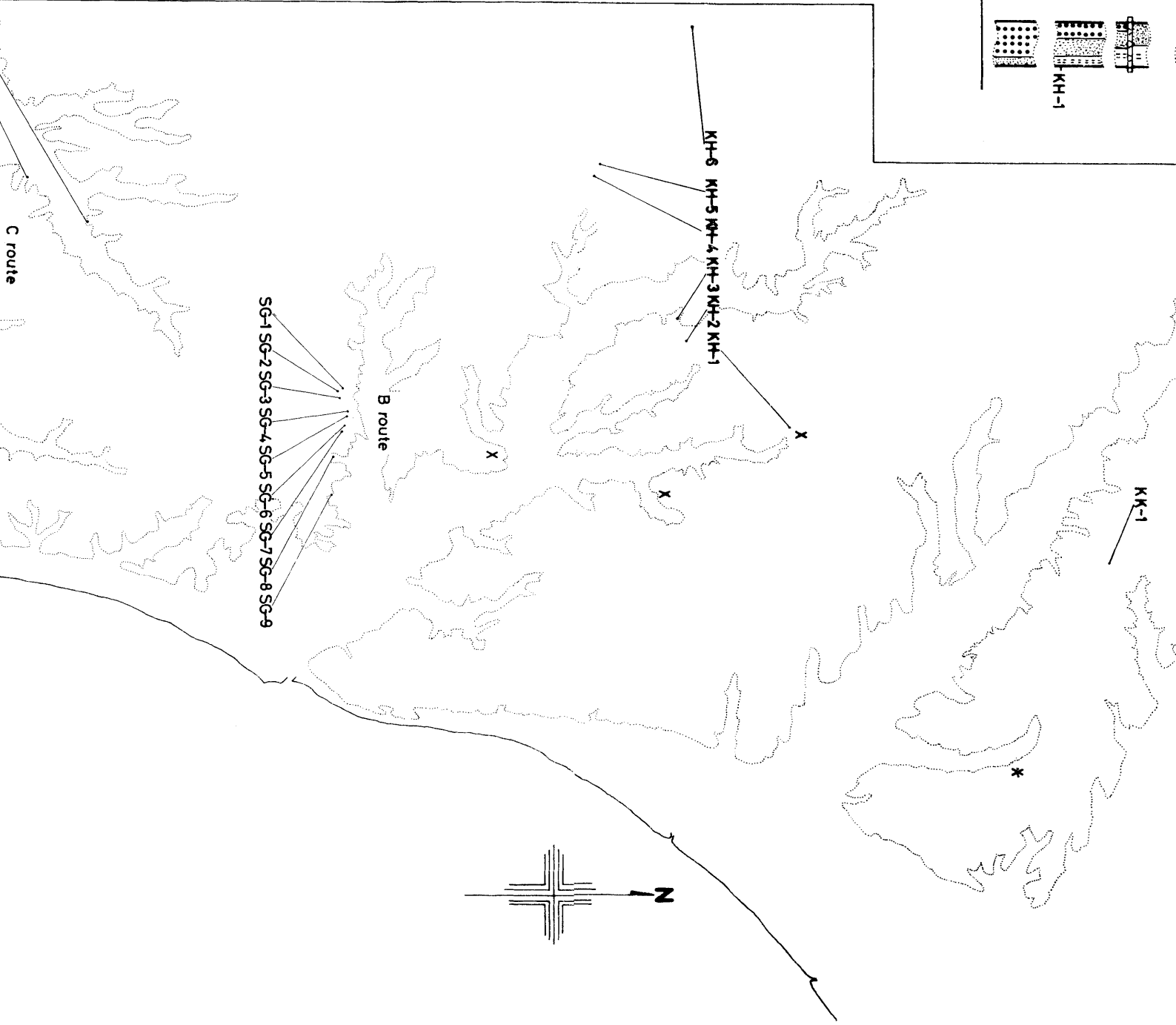
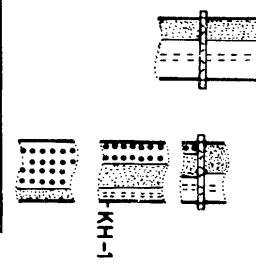
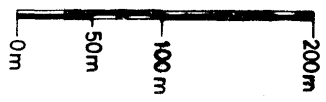
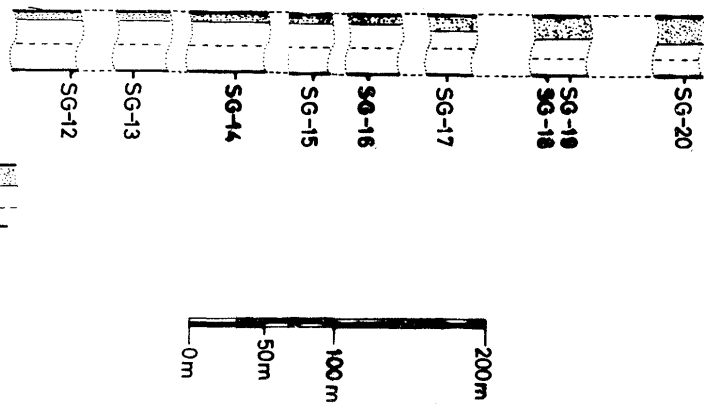
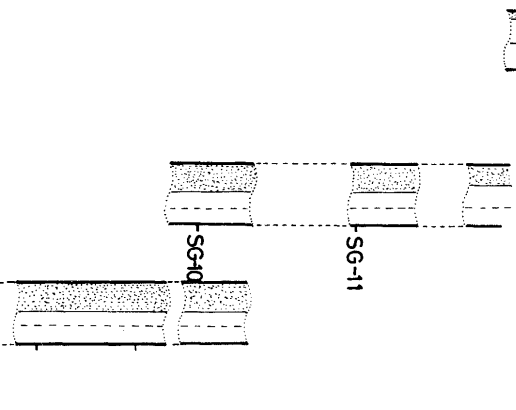


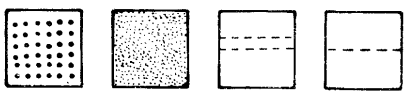
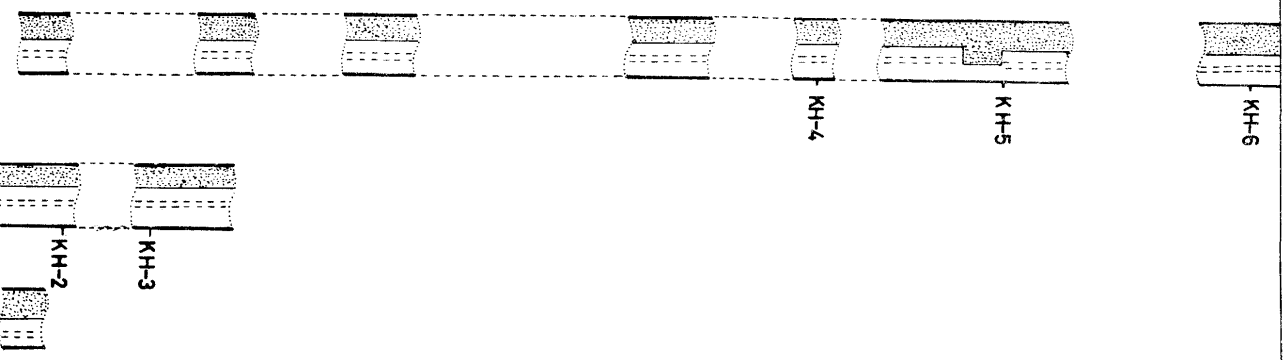
Fig. 2. Map showing localities and columnar sections of the samples of the Sagara and Kalegawa groups of the Sagara district.

A R A F O R M A T I O N



H

ORINOUCHI FORMATION



LEGEND

Conglomerate

Sandstone

Sandy siltstone

Siltstone

X : Larger Foraminifera fossils

X : Molluscan fossils

