

海・人・自然

東海大学博物館研究報告



No.2
2000

**Science Reports of
The Museum, Tokai University**

東海大学社会教育センター

水槽内で観察されたオジサン (ヒメジ科) の繁殖行動と卵及び仔魚¹⁾

日 置 勝 三²⁾・大 山 卓 司³⁾

Reproductive Behavior, Eggs and Larvae of the Goatfish, *Parupeneus trifasciatus* (Mullidae; Teleostei), in the Aquarium¹⁾

Syozo HIOKI²⁾ and Takuji OYAMA³⁾

Abstract

Reproductive behavior, development of eggs and preflection larval characteristics of the goatfish *Parupeneus trifasciatus* (LACEPÈDE) (family Mullidae) were observed in the aquarium. Spawning by one pair was observed daily, for 30 days April 16 to May 15, 1995. Spawning took place between 17:05 and 18:35, from 70 to 6 minutes before sunset. Reproductive behavior of *Parupeneus trifasciatus* started with courtship behavior of a male toward a female, which remained inactive on the bottom of the aquarium. Male's courtship behavior was composed of two different types, lateral display and luring toward the surface of the water. Once the female accepted the male's courtship, both fish ascended slowly, then released eggs and sperm simultaneously at the surface of the water. Both male and female quickly swam back to the bottom of the aquarium after spawning. The fertilized eggs were pelagic, translucent, and spherical in shape and measured 0.70 to 0.73 mm in diameter. The first hatching was observed 18 hours and 30 minutes after fertilization at water temperature 23.0 to 24.0°C. Newly hatched larvae were 1.45 to 1.52 mm in total length and had large ellipsoid shaped yolk sac which clearly protruded from the snout. The yolk sac contained an ellipsoid oil globule on the anterior tip. The larval characteristics of *Parupeneus trifasciatus* show a strong resemblance to other Mullidae species.

緒 言

オジサン *Parupeneus trifasciatus* (LACEPÈDE) は南日本、インド・西太平洋のサンゴ礁域に普通に見られるヒメジ科魚類である (益田ほか, 1984)。

ヒメジ科魚類の繁殖行動に関する研究報告は少なく、*Pseudupeneus maculatus* (BLOCH) と *Parupeneus multifasciatus* (QUOY et GAIMARD) の2種で知ら

れているにすぎない (RANDALL and RANDALL, 1963; COLIN and CLAVIJO, 1978; LOBEL, 1978)。本種については THRESHER (1984) が Marshall 諸島の Enewetak 環礁で観察した簡単な記載があるのみである。

本科の卵・仔魚の形態に関する研究報告も少なく、ヒメジ *Upeneus bensasi* (TEMMINCK et SCHLEGEL) と *Mullus surmuletus* (LINNAEUS) およびウミヒゴ

¹⁾東海大学海洋科学博物館研究業績 No.182

Contribution from the Marine Science Museum, Tokai University, No.182

²⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保 2398

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

³⁾バンクーバー水族館

Vancouver Aquarium Marine Science Centre, P.O. Box 3232, Vancouver, B.C., V6B3X8, Canada

イ *Parupeneus dubius* (TEMMINCK et SCHLEGEL) についての記載を参照し得たのみであった(水戸, 1963; RAFFAELE, 1888; MONTALENTI, 1937; ZHANG et al., 1985)。

著者らは1994年に駿河湾で採集された本種を水槽飼育したところ翌年の1995年に繁殖が観察され, その行動の詳細および卵・仔魚の形態を記載することができたので報告する。

材料と方法

1. 繁殖親魚とその飼育

繁殖親魚は1994年10月23日に駿河湾北東部内浦沿岸の水深約10~15mの海底で潜水により, 巻き網で採集された4尾である, 採集当時の正確な体長測定を欠いているが, 体長約5cmの幼魚であった。本種は駿河湾では毎年秋季に幼魚が出現するが, 越冬はできない無効分散種と判断される。

採集された4尾はアクリルガラス水槽(130×200×深さ75cm, 容量2000ℓ, 水温調節・濾過循環装置付)に3尾(個体A, 181mm TL; 個体B, 169mm TL; 個体C, 147mm TL, 1995年5月30日測定)を収容して飼育を開始した。採集個体の残りの1尾(個体D, 112mm TL, 1995年5月30日測定)は上記と同容量の別の水槽で単独で飼育した。

飼育水槽は半透明のプラスチック波板で覆われた自然光下にある実験室内に設置され, 人工照明は行わなかった。

繁殖親魚にはアジ肉, アサリ肉, オキアミ肉を細断して日曜日を除く毎日15時頃に適当量与えた。飼育期間中の飼育水温は23.0~27.0°Cであった。

繁殖行動は水槽ガラス越しに目視で確認および観察を行った。必要に応じてビデオ撮影およびカメラ撮影を行った。

繁殖観察終了後に, 繁殖に加われなかった個体の性を調べる目的で, 個体の組み合わせの変更などの実験を行った。その経過は結果の項で詳述する。

2. 卵と仔魚の飼育

産卵直後, 直ちに水面直下に浮漂する産出卵をピーカーですくいとり, 検鏡によって受精を確認した後, ポリカーボネイト容器(30ℓ)に収容して止

水飼育とした。弱い通気を行い, 適宜換水を行った。飼育容器は, 親魚飼育水槽の濾過槽内の水面に浮かべ, Water-bath方式とし, 水温の急変を防いだ。

飼育期間中, 容器内より卵・仔魚を適宜採取して各発達段階の形態を観察記載した。卵・仔魚の飼育水温は23.0~24.6°Cであった。

結 果

1. 繁殖期間と親魚の組み替え飼育実験の結果

本種の雌雄は外見で判断できず, 後述の繁殖行動での放卵あるいは放精により確認した。その結果, 個体A, B, Dが雄で, 個体Cが雌であった。繁殖観察に使用した親魚4尾の組み合わせと繁殖経過をFig. 1に示した。これをもとに結果を以下に述べる。

前述のように, 1994年10月23日の採集当日から採集個体4尾のうちの3尾(A, B, C)を同居飼育し, 観察を開始した。その205日後の1995年4月16日に最初の産卵が観察され, 以後産卵は各個体の性の確認などの目的のために組み合わせを変えた前日の5月15日まで30日間連日観察された。最大個体のAが雄, 最小個体のCが雌としてpair産卵が認められ, BはAに攻撃を受け, 水槽の隅部に追いやられ繁殖には加われなかった。雄Aの攻撃行動は繁殖行動時のみに見られた。攻撃を受けたBの体色は濃褐色と白色のモザイク状で全体にくすんだものとなった(Fig. 2)。

その後, 5月16日にBの性を確認する目的で, それまで雄として繁殖していたAを取り出し, BとCの2尾のみで飼育としたところ, その日の夕刻にBが雄としてCが雌として繁殖行動が観察された。ただし, 産卵には至らなかった。BとCの繁殖行動は毎日繰り返され, 5月19日に至って産卵が認められた。産出卵の受精も確認され, これによってBは雄であることが確かめられた。

その後, 5月22日に再びAを追加し, A, B, Cの3尾で飼育したところ, その当日から以前と同様にAが雄, Cが雌として産卵が認められ, BはAの攻撃を受けた。

5月30日に2尾の雄A, Bを取り上げ, D個体を追加し, C, Dの2尾で飼育したところ, 19日後の7月19日にDが雄, Cが雌として繁殖行動が観察された。7月22日には産卵も観察され, 産出卵の受精

	Total length (mm)	1994 Oct. 23~	1995 Apr. 16~	May 16~	19~	22~	June 30~	19~	22
Fish A	181	+	→♂	→-		+	♂	→-	
Fish B	169	+	→♂	→♂	→♂	→♂	→-		
Fish C	147	+	→♀	→♀	→♀	→♀	→♀	→♀	→♀
Fish D	112						+	→♂	→♂

Fig. 1 Process of the reproduction experiment of *Parupeneus trifasciatus* in the captivity.

♂♀ : Male and female releasing their gametes,

♂♀ : Male and female without releasing gametes, + : Additional, - : Removal.

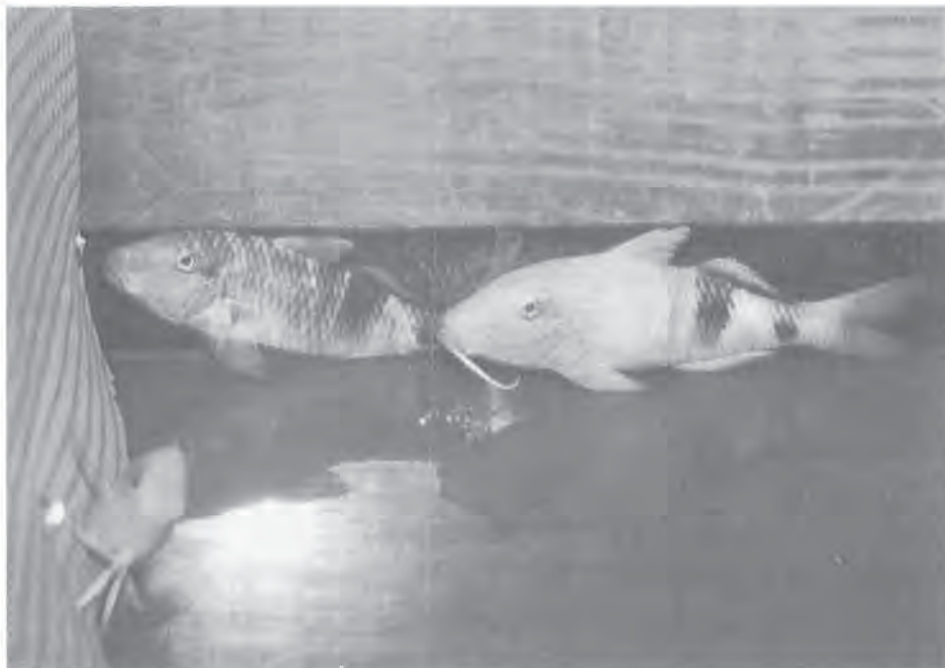


Fig. 2 Inferior male (left) showing mosaic like pattern on the body under attacked from the dominant male (right).

も確認された。つまり、全長112mmの雌よりも小さな小型個体でも雄として機能することが確認された。この確認を最後に実験を終了した。

2. 繁殖行動

前述のように本研究では、1尾の雌と複数の雄の組み合わせにより繁殖が観察されたが、繁殖行動はいずれもほぼ同様な行動であった。

水槽内の本種は通常は揃って遊泳し、下顎先端にある一対のヒゲで索餌行動を繰り返す。しかし産卵

の約2時間30分前になると、雌は水底に静止するようになる。一方雄は活発に遊泳し、雌に対して後方から急接近して全ての鰭を最大限に拡げ、さらにヒゲを下方に伸ばして一瞬停止し、全身を振るわせ雄としての誇示を行う。その後再び急速に遊泳する (Figs. 3A and 4A)。

この求愛行動の時点から雄は体色を変化させる。つまり、体全体が白色化し、黒色横帯と眼の後方の黒色が明瞭となり、峽部の広い範囲が濃紫色になる (Figs. 4A and 4B)。雄の求愛行動に対して雌は無反応であるが、体色は上記の雄とほぼ同様に变化す

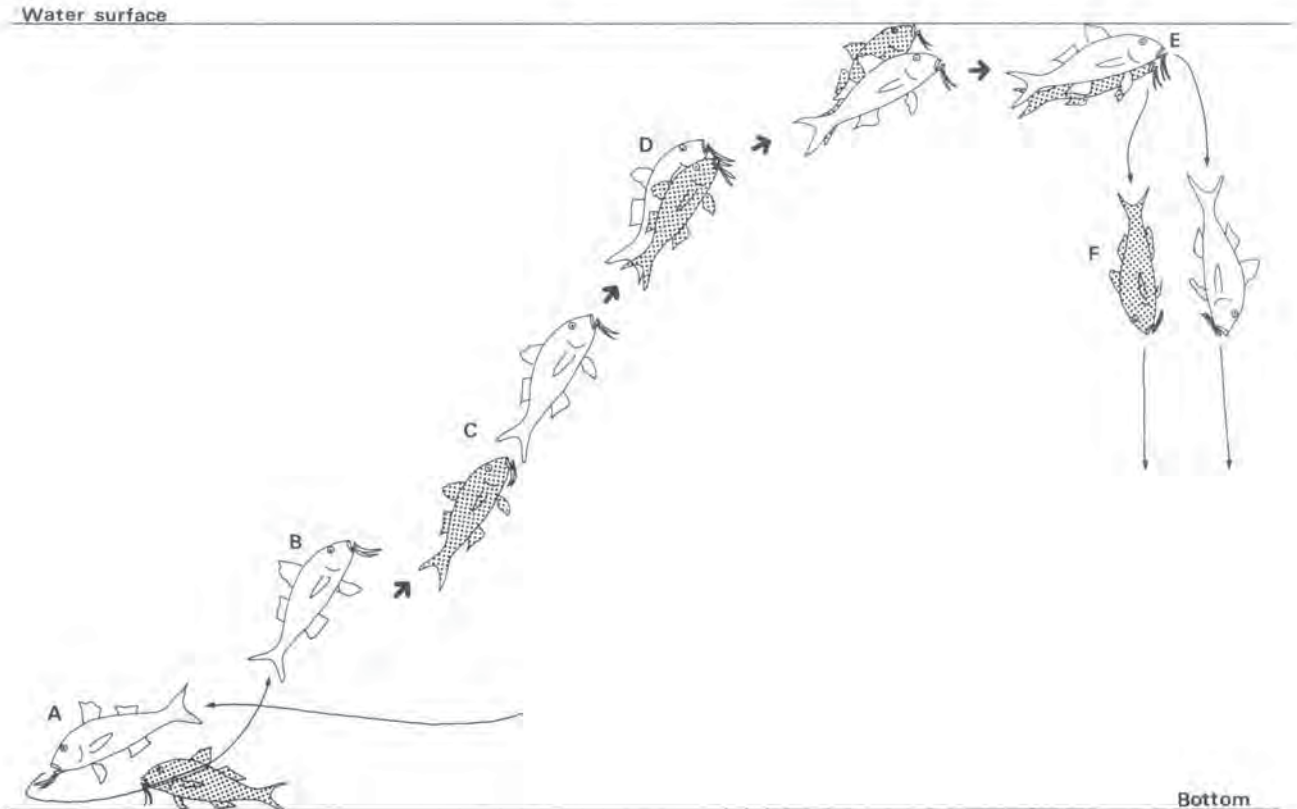


Fig. 3 Reproductive behavior of *Parupeneus trifasciatus* in the captivity.

A: The male (white fish) circles around the female (dotted fish), and male fully spreads all fins and barbels under the chin. B: Male is luring the female to ascend toward the surface of water. C: Female accepts courtship and follows the male. D: A pair of fishes ascend to the surface of the water. E: A pair of fishes swim forward about 50 cm right under the surface and then release eggs and sperm simultaneously. F: After spawning, the male and female returns to the bottom. The female never spawns again on that day.

る。ただし雄に見られる峽部の濃紫色は雌には現れない (Figs. 4A and 4B)。

雄は産卵直前までこの求愛行動を数十回、間欠的に繰り返す。

産卵の約30分前になると雄は上記の求愛行動に引き続き、全ての鰭とヒゲを拡げ全身を振るわせながらゆっくりと上方に泳ぎ上がり、雌を上方に誘う求愛行動が新たに見られる (Figs. 3B and 4C)。上昇する時の雄の体色は黒色部分が不明瞭となり、全体に薄紫色となる (Fig. 4C)。

産卵約10分前になると、雌は雄の求愛に応じて上方へ追従する (Fig. 3C)。雄は水底から上昇した雌に対してさらに求愛行動を繰り返し行い、雌をさらに上方に誘導する。その後、雌雄2尾が体を接して全ての鰭とヒゲを拡げ、全身を小刻みに振るわせながらゆっくりと水面に向かい上昇する (Fig. 3D)。

これら一連の求愛行動を十数回繰り返した後、2尾は揃って上昇して水面下に達し、そのまま水面直下を水平に約50cmゆっくり前進して腹部を揃える

ようにして放卵・放精する (Figs. 3E and 4D)。

放卵・放精後、雌雄は急速に水槽底に戻る (Fig. 3F)。雄は再び雌に求愛する。しかし雌はこれに応じない。約15分ほどで雄の行動も不活発になり水槽底に静止する。産卵は1日1回であった。

産卵時刻は観察された範囲で17時05分～18時35分であり、日没の70～6分前であった。日没時刻の変化に伴って産卵時刻も変化する傾向が認められた (Fig. 5)。

3. 卵・仔魚の形態と発生

1) 受精卵の形態と発生

受精卵は無色透明の球形分離浮性卵で、卵径0.70～0.73mm。卵黄中に径0.19mmの油球1個がある。卵膜腔は狭く卵膜に特殊な構造はない。卵黄表面に粗な亀裂が認められる。

飼育水温23.0～24.0℃で受精18時間30分後に最初の孵化が始まり、その30分以内にすべての卵の孵化

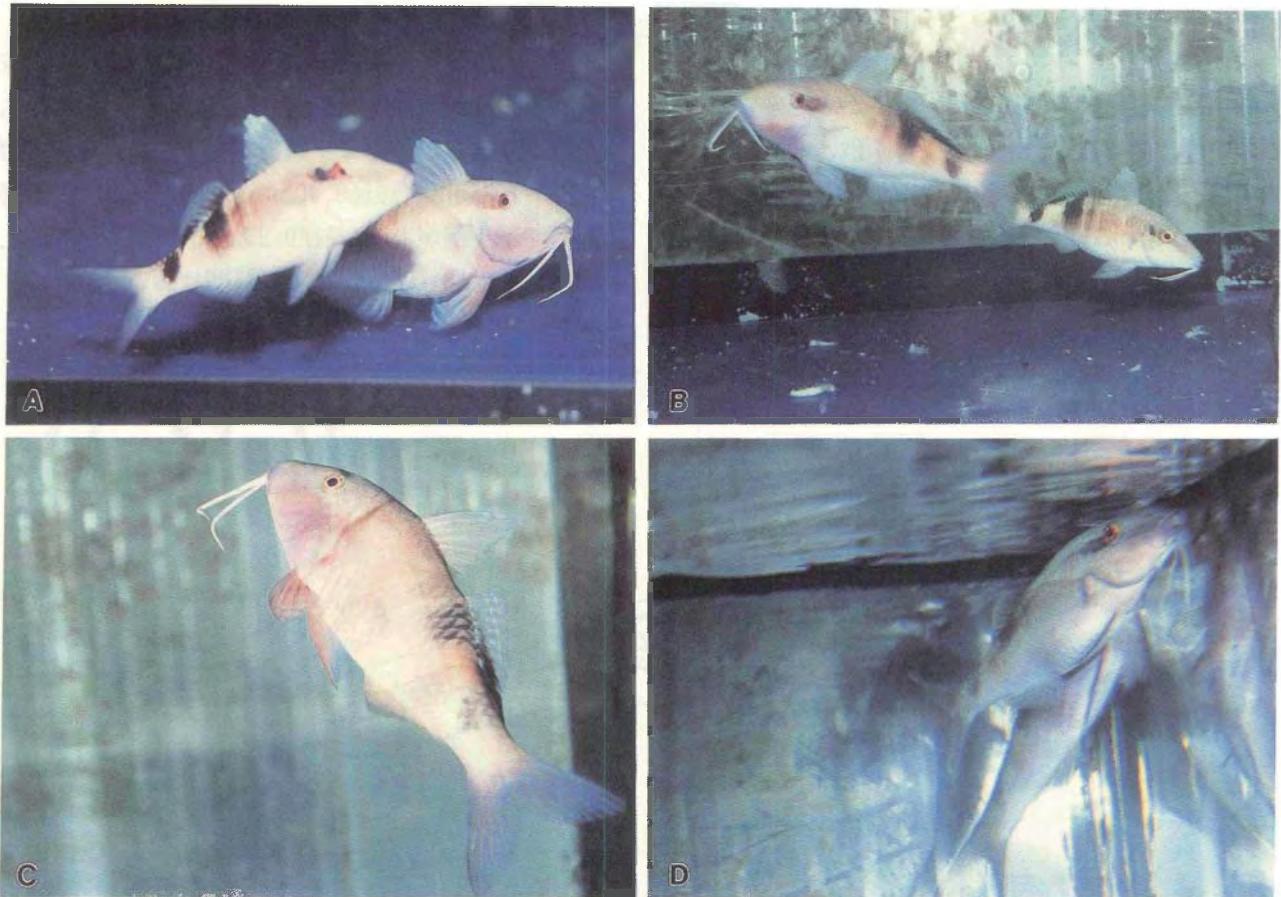


Fig. 4 Courtship behavior of *Parupeneus trifasciatus* in the captivity.

- A: The male (right) approaches to the female (left) with lateral display.
 B: The same courtship behavior of A. Male (left) and female (right).
 C: The male is luring the female to ascend toward the surface of water.
 D: The pair swims forward under the surface just before spawning.

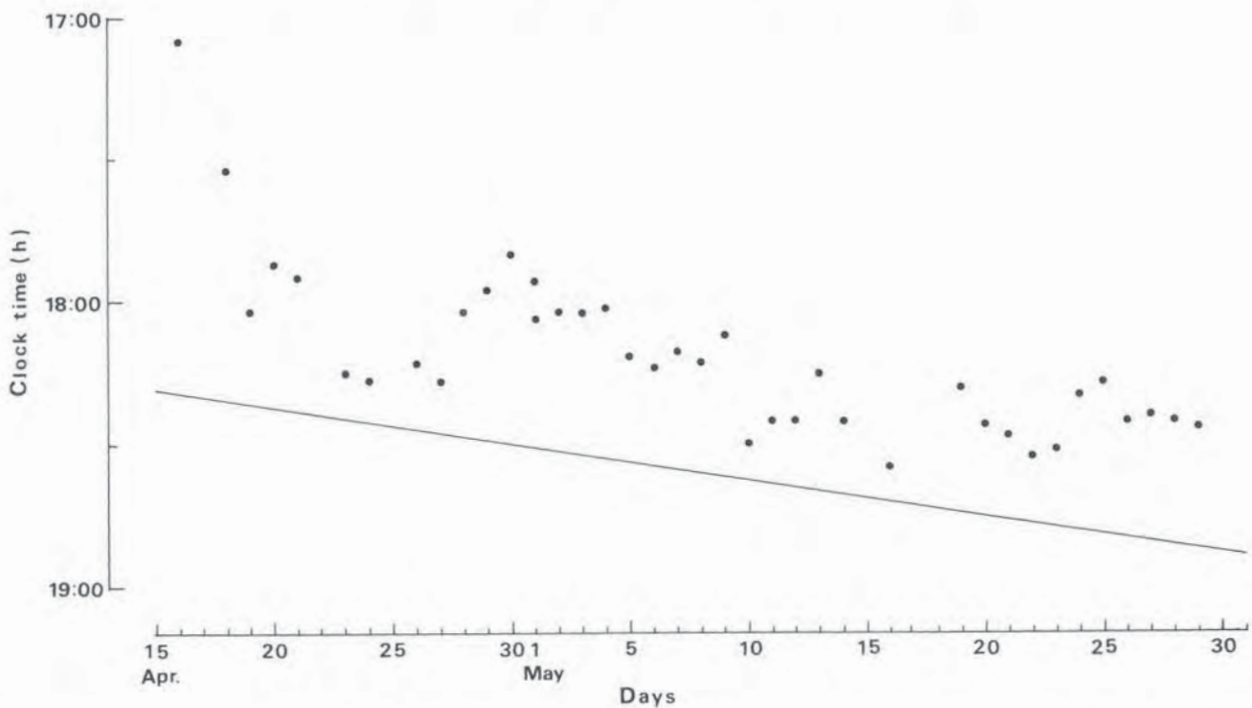


Fig. 5 Correlation between sunset time and spawning time of *Parupeneus trifasciatus* in captivity. A closed circle is spawning time. A diagonal straight line is sunset time.

が終了した。卵の受精率は全期間を通じて、約60%と低率であった。

孵化直前の卵は、筋節数24。頭部から尾部にかけての胚体背面に数十個、卵黄上に7個、油球上に5個の黒色素胞が認められる。尾部は卵黄から遊離している (Fig. 6A)。

2) 仔魚の形態

孵化直後の仔魚は、全長1.45~1.52mmで、卵黄を含む全長は2.00~2.03mm。卵黄は大きく長卵形で、その半分ほどが頭部より前方に突出する。卵黄長径1.30~1.35mm、短径0.40mm。卵黄前端には、長卵形の油球1個がある(長径0.25mm、短径0.13mm)。筋節数7+18=25。口および肛門は開いていない。

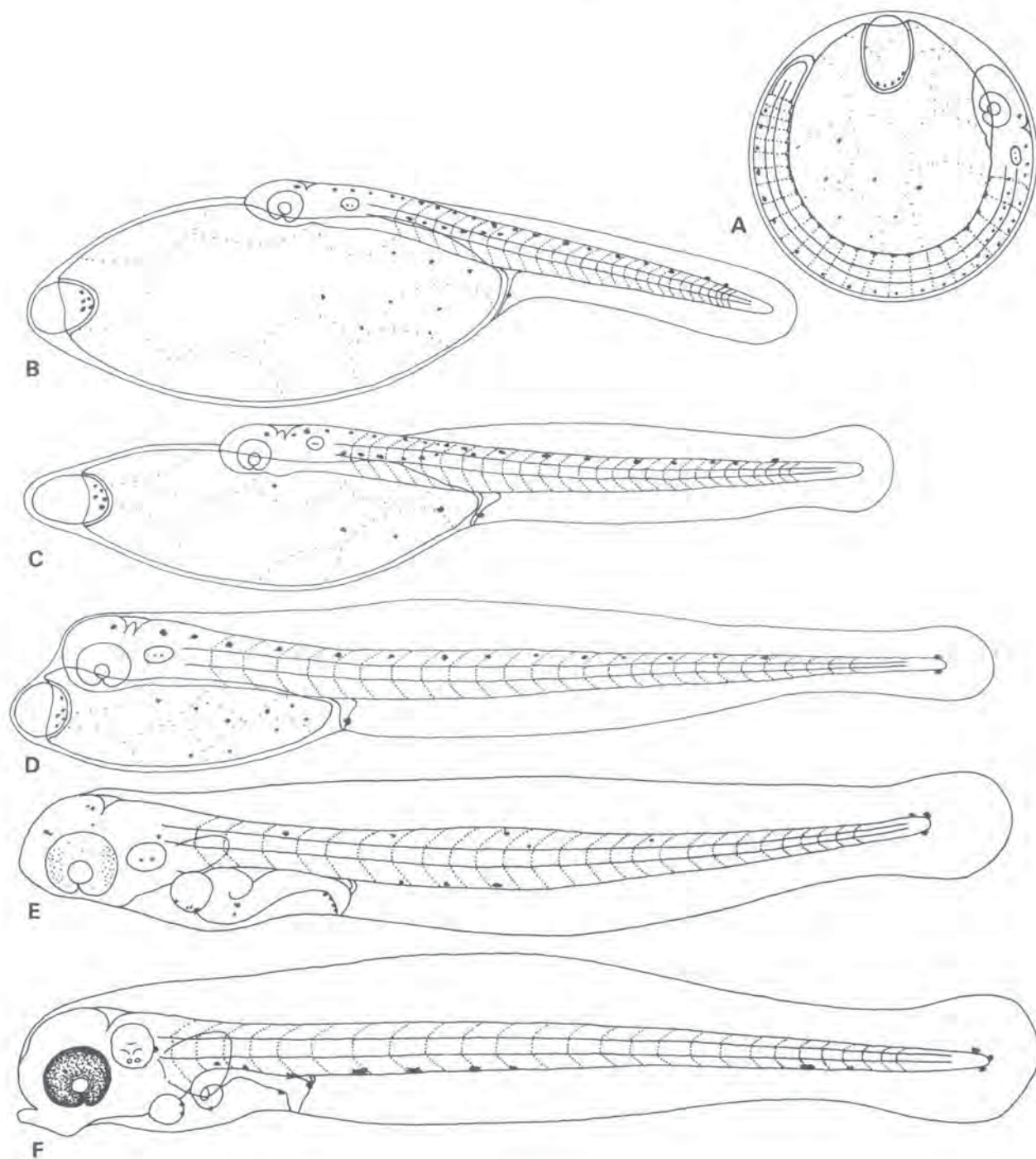


Fig. 6 Egg and early larvae of *Parupeneus trifasciatus*.

A : Immediately before hatching, 18 hrs 35 min after fertilization. B : Newly hatched larva, 1.52 mm in total length. C : Early larva 6 hrs after hatching, 1.83 mm. D : Early larva 1 day, 2.37 mm. E : Early larva 2 days, 2.68 mm. F : Early larva 3 days, 2.52 mm.

肛門は体前端より全長の約1/2に位置して、卵黄後縁に接する。頭部から尾部にかけての体背面に黒色素胞が約20個認められ、腹部には体中央部に5～6個認められる。卵黄後端部に約8個、油球上にも約5個の黒色素胞が認められる (Fig. 6B)。

孵化直後の仔魚には、卵黄上の黒色素胞が後端縁辺部に密に集合する個体も少数例認められた。

孵化6時間後、全長1.83～1.90mmで、卵黄を含む全長は2.38～2.50mm、卵黄は孵化直後に比べ短径が縮小し、さらに細長くなる。卵黄長径1.15～1.32mm、短径0.38mm、卵黄前端には、長卵形の油球1個がある (長径0.25mm、短径0.13～0.15mm)。筋節数8+18=26。頭部から尾部にかけての胚体背面に黒色素胞が約15個、腹部の体中央部に5～6個認められる。卵黄上に約4個、油球上にも約5個の黒色素胞が認められる (Fig. 6C)。

孵化1日後、全長2.37mmで、卵黄を含む全長は2.43mm、卵黄は吸収が進む。卵黄長径0.92～0.96mm。

卵黄前縁の油球は、球形となる (径0.15mm)。筋節数5+19=24。頭部から尾部にかけての体背面に黒色素胞が約14個認められ、卵黄上に約9個、油球上にも約5個の黒色素胞が認められる。その他、消化管上に1個、尾部末端に2個の叢状黒色素胞が認められる (Fig. 6D)。

孵化2日後、全長2.68～2.80mm、卵黄長径0.18～0.19mm、卵黄短径0.16mm、筋節数4～5+20=24～25。消化管が旋回する。胸鰭が出現し、眼に点状黒色素胞が少数出現する。体背面の黒色素胞3個ほどが体腹面に移動する (Fig. 6E)。

孵化3日後、全長2.44～2.52mm、筋節数5+20=25。卵黄はほとんど吸収される (油球がわずかに残存する、径0.08mm)。眼が黒化する。口と肛門が開く。体背面の黒色素胞は消失し、体腹面に移動する (Fig. 6F)。

仔魚の飼育は孵化3日後までにとどまった。

論 議

本科の繁殖行動に関する研究報告は前述のように少なく、本種についてはTHRESHER (1984) の海中観察での簡単な記載があるのみである。本研究の繁殖行動の概略はTHRESHER (1984) の報告と基本的に同様であった。ただし、本研究では繁殖行動の端緒

である雄の求愛行動には、水底に静止する雌に対する雄としての誇示行動と、それに続く水底から上方へ誘う行動に分けられることが確認された。この求愛時に雄は全ての鰭を上げ、同時に下顎のヒゲも上げることが確認された。求愛時に全ての鰭を上げることは多くの沿岸性魚類で知られている (日置・鈴木, 1995; 日置ほか, 1995)。これは雌に対する大きさの誇示と考えられ、ヒゲの拡張も鰭を上げるのと同じ効果があり、求愛に役立てていると推察された。

THRESHER (1984) は本科魚類の既知の繁殖行動の総説でマルクチヒメジ *Parupeneus cyclostomus* LACEPÈDE, *P. multifasciatus* およびオジサンの3種がpair産卵で、*Pseudupeneus maculatus* はpair産卵とgroup産卵の両型が見られるとしている。同一種でgroup産卵とpair産卵が併在することは棲息状態における個体密度などの相違によることも考えられる。ただし本研究で観察された本種は、雄の求愛行動の開始の直前に、同居雄に対する攻撃行動が認められ、攻撃をうけた雄は繁殖には加われないことが観察された。通常はともに遊泳し、索餌行動も観察されるが、繁殖行動直前に優位雄の劣位雄に対する激しい攻撃が開始される。激しく他の雄を攻撃することによって、本種はpair産卵を維持していると考えられる。

本報告の採集個体は夏季に生まれた個体と判断されるが、出生の翌年には繁殖を行うという結果が得られた。従って、本種は約1年で成熟するものと判断された。MUNRO (1976) のカリブ海での本科2種 *Pseudupeneus maculatus* と *Mulloidichthys martinicus* (CUVIER et VALENCIENNES) の体長と耳石の調査からも当才で成熟する結果が得られている。上記2種とも本研究のオジサンとほぼ同様に最大体長が約25～30cmに達する種である。

本科の卵・仔魚の形態に関する既往の報告も少なく、*Mullus surmuletus*、ヒメジおよびウミヒゴイの3種について参照し得たのみである。上記3種と本種の孵化直後の仔魚はともによく似た外部形態を示す。つまり、長卵形の大きな卵黄を有し、その1/3から半分ほどが吻端より前方に突出すること、卵黄の前端部に油球が位置することで共通している。卵黄上に見られる粗な亀裂の構造も共通する。色素胞の分布状態も互い類似する (Fig. 7)。これらの形態が本科の仔魚に共通するものと判断された。また水戸 (1963) は、ヒメジの孵化直後の仔魚の卵黄上の黒

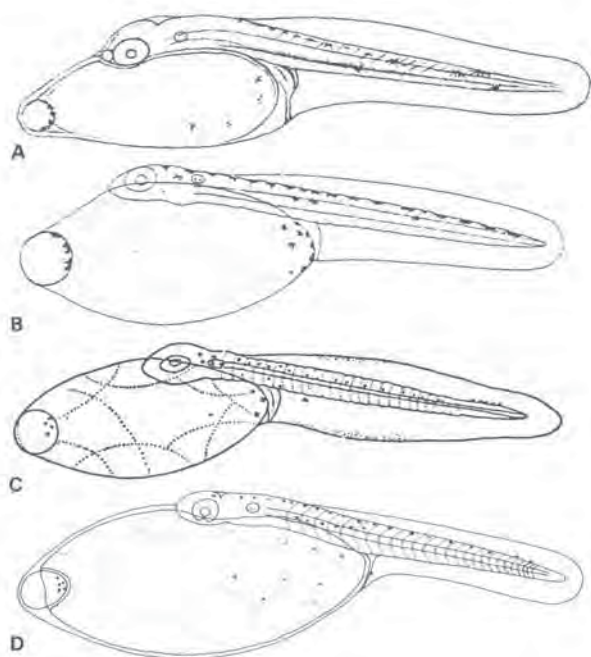


Fig. 7 Comparisons of larval characteristics in newly hatched larvae of four different mullid species.

A: *Mullus surmuletus* (after RAFFAELE, 1888), B: *Upeneus bensasi* (after MITO, 1963), C: *Parupeneus dubius* (after ZHANG et al., 1985), D: *Parapeneus trifasciatus* (Present study).

色素胞の分布状態が、卵黄後端縁辺部に密に集合するタイプと卵黄後端部に散在して認められるタイプの2型があることを報告している。本研究の本種でも少数例であるが、同様に卵黄上の色素胞の分布に水戸（1963）と同様な2型が認められた。同種内の仔魚で色素胞の分布状態に相違が見られることは他種では参照できなかった。この傾向が同科の2種で共通して見られたことは興味深い。

謝 辞

本研究を進めるにあたって暖かい御協力をいただいた東海大学社会教育センター学芸課（旧水族課）諸氏にお礼申し上げる。また当時研究生であった吉中 篤氏（現登別マリンパークニクス）には観察等で協力して頂いた。感謝したい。

引用文献

COLINE, P. L. and I. E. CLAVIJO (1978) Mass spawning by the spotted goatfish, *Pseudupeneus maculatus* (BLOCH) (Pisces: Mullidae). Bull.

Mar. Sci., 28, 780-782.

日置勝三・鈴木克美（1995）水槽内で観察されたチリメンヤッコ *Chaetodontoplus mesoleucus*（キンチャクダイ科）の繁殖行動と卵及び仔魚。東海大学紀要海洋学部, 39, 195-205.

日置勝三・田中洋一・鈴木克美（1995）水槽内で観察されたタテジマヤッコ属（キンチャクダイ科）の2種、ヒレナガヤッコ *Genicanthus watanabei* と *G. bellus* の繁殖行動と卵・仔魚及び雌雄性。東海大学紀要海洋学部, 40, 151-171.

LOBEL, P. S. (1978) Diel, lunar, and seasonal periodicity in the reproductive behavior of a pomacanthid fish, *Centropyge potteri*, and some other reef fishes in Hawaii. Pac. Sci., 32, 193-207.

益田 一・尼岡邦夫・荒賀忠一・上野輝彌・吉野哲夫（1984）日本産魚類大図鑑。東海大学出版会, 東京, 466p., 387pls.

水戸 敏（1963）日本近海に出現する浮遊性魚卵—3. スズキ亜目。魚類学雑誌, 11 (1/2), 39-64, 1-18pls.

MONTALENTI, G. (1937) Mullidae. In BIANCO LO and S. UOVA eds: Larve Estadi Giovanili de Teleostei. Publ. Staz. Zool. Napoli, Monogr., 38, Part 3, 391-398.

MUNRO, J. L. (1976) Aspects of the biology and ecology of Caribbean reef fishes: Mullidae (goat-fishes). J. Fish Biol., 9, 79-97.

RAFFAELE, F. (1988) Le uova galleggianti e le larve dei Teleostei nel Golfo di Napoli. Mitt. Zool. Sta. Neapel., 8, 1-84.

RANDALL, J. E. and H. R. RANDALL (1963) The spawning and early development of the Atlantic Parrot Fish, *Sparisoma rubripinne*, with notes on other scarid and labrid fishes, Zoologica, 48, 49-60.

THRESHER, R. E. (1984) Reproduction in reef fishes. TFH. Pub., Neptune City, 399p.

ZHANG, R. Z., S. F. LU, C. Y. ZHAO, L. F. CHEN, Z. J. ZANG and Y. W. JIANG (1985) Fish eggs and larvae in the offshore waters of China. Shanghai Sci. Technol. Press, Shanghai, 206pp.

水質浄化としての炭素繊維の有用性

—地下海水中の溶存成分の除去—¹⁾

佐藤 義夫²⁾・西森 真理²⁾・金森 悟²⁾
豊田 恵聖²⁾・白石 稔³⁾

The Usefulness of Carbon Fiber as a Water Conditioner

—The Removal of Dissolved Constituents in Well Seawater—¹⁾

Yoshio SATO²⁾, Mari NISHIMORI²⁾, Satoru KANAMORI²⁾,
Yoshimasa TOYOTA²⁾ and Minoru SHIRAISHI³⁾

Abstract

The performance of carbon fiber as a water conditioner was examined, by treating the underground sea water at the Marine Science Museum, Tokai University, and analyzing for pH, dissolved oxygen, silicate, phosphate, ammonia, nitrite, nitrate and manganese. The adhesion of microorganisms was appeared within a few days and grew rapidly and it was examined for their morphology and major constituents by electron probe microanalyzer. The oxidation rate of ammonia and manganese ions in seawater with carbon fiber was higher than that of polyurethan filter, and induced the decrease of ammonia and manganese down to 40% and 55% after 30 days, respectively. It can be presumed that the oxidation of ammonia and manganese ions is associated with the formation of manganese oxides on the carbon fiber by action of the microorganisms.

緒 言

海水の浄化機構の解明は、生活環境の保全、自然環境の保全、快適環境の創造などに関連して重要な課題である。特に、人間活動に伴い閉鎖的・海域への窒素およびリンの過剰な供給は、赤潮（プランクトンの異常発生）や青潮（貧酸素化）といった水質悪化を生じ、沿岸漁業に多大な被害を及ぼしている。また、ダム、湖沼などでは有機物の分解により、底泥から鉄やマンガンが溶出し、それらの酸化にともない景観をそこねたりする。さらに、地下水を利用している企業、水族館、養殖場などでは地下水中に

含まれるマンガン（II）および鉄（II）をいかにして処理するかに頭を悩ませている。

近年、環境中に放出される汚染物質を除去するために、生物の機能を利用する方法が注目されている。大谷（1998）は、炭素繊維への微生物の大量固着現象を利用して、排水処理、池水・河川水の浄化、藻場や漁礁づくりなど水環境整備に役立てる技術基盤として「炭素繊維軟組織への微生物固着現象を利用した水環境整備技術の開発」というプロジェクト研究を行っている。また、炭素繊維による河川およびため池の水質浄化（小島・平野，1997）や微細藻類を利用して排水中の重金属の除去（永瀬ほか，1999）

¹⁾東海大学海洋科学博物館研究業績 No.183

Contribution from the Marine Science Museum, Tokai University, No.183.

²⁾東海大学海洋学部 424-8610 静岡県清水市折戸3-20-1

The School of Marine Science and Technology, Tokai University, Shimizu, 424-8610, Japan

³⁾東海大学開発工学部 410-0395 静岡県沼津市西野317

The School of High-Technology for Human Welfare, Tokai University, Numazu, 410-0395, Japan

の検討がなされている。

東海大学海洋科学博物館および南知多ビーチランドでは、魚類等の飼育用水として、汲上げた地下水が無酸素であるため曝気を行っている。この曝気操作により地下海水中に溶存しているマンガン(II)および鉄(II)は、それぞれマンガン酸化物および鉄酸化物を生成する。これらの酸化物を除去するため、沈殿槽内にフィルターを設置したり、薬品を用いて凝集沈殿などを行い処理を行っているのが現状である。しかし、マンガンの酸化は触媒となる表面やマンガン酸化細菌が存在しなければ、通常的环境下では無機的には非常に遅いことが知られている(BREWER, 1975; EMERSON et al., 1979; SATO et al., 1984)。従って、マンガンを効率良く除去するには、それらの元素が地下水からどのような機構によって酸化物へと酸化されるかを明らかにする必要がある。

本研究は、上で述べたプロジェクトの一環として、マンガン酸化物が生成している東海大学海洋科学博物館の地下水給水系を利用し、従来から行われている処理方法(ポリウレタンフィルター)と炭素繊維を用いた処理方法について、pH、溶存酸素、栄養塩(リン酸塩、アンモニウム塩、亜硝酸塩、硝酸塩)

およびマンガンの変動を比較検討した。また、炭素繊維表面への生物およびマンガン酸化物の固着状況についても検討を行った。

実験方法

東海大学海洋科学博物館地下水給水系における沈殿槽の模式図をFig. 1に示した。博物館の1日の海水汲上量は約500m³で、沈殿槽の海水の滞留時間が約1時間である。汲上げ直後の海水は、溶存酸素をほとんど含んでいないため、曝気槽で曝気され、水路を通り沈殿槽へ流入している。沈殿槽は、内部が4つに仕切られ、各々の沈殿槽には各3枚のポリウレタンフィルターが設置されている。また、沈殿槽の上部はステンレス製の蓋で覆われているため、沈殿槽内部での植物プランクトンの増殖は起こらない。TAKEMATSU et al. (1981) および SATO et al. (1984) によれば、沈殿槽に設置されているフィルターが海水中で生成したマンガン酸化物の除去およびマンガンの酸化反応促進場としての機能を果たしていることが指摘されている。

炭素繊維を用いた地下水の浄化実験は、この地下水給水系を利用し、1998年5月26日から7月12

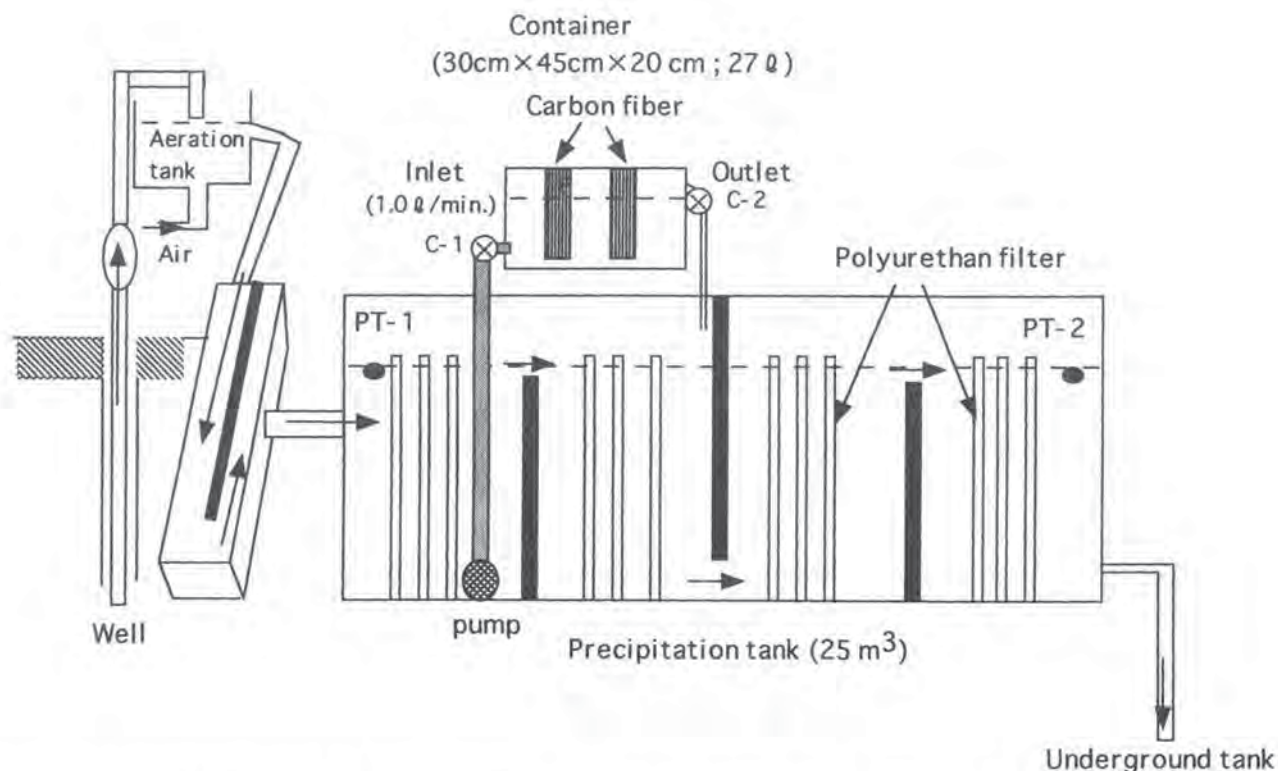


Fig. 1 Schematic diagram of the water supply system with polyurethane filter and carbon fiber at the Marine Science Museum, Tokai University and the sampling points.

日の期間, Fig. 1のコンテナにPAN系炭素繊維(長さ30cm)をのれん状(3本/組)に2組設置し, 水路の入口(C-1)と出口(C-2)の水質について検討を行った。この炭素繊維は, 直径が7 μ mの繊維が1200本でできたストランドからなっている。実験装置として用いたコンテナの容積は27 ℓ で, 内径が10mmの入口から水中ポンプを用いて, 毎分1 ℓ の流量で地下海水を供給した。従って, コンテナ内の地下海水の交換時間は約30分である。また, 水中ポンプで汲上げられた海水の化学成分は, 気温, 太陽光の強さなどにより日々変化することが予想されるが, 自然環境下での水質浄化の最適条件を検討するため, 試料採取を午前中に行った。試料採取時を除き, コンテナ上部は蓋をしているが, ポリエチレン製のため, コンテナ内部で植物プランクトンが生育できる光環境でもある。

炭素繊維は, 1本の太さが約7 μ mと極細で, 表面積が0.3m²/gと大きな特徴を持っている。この繊維は商品化するためカバーリング加工がなされている。従って, カバーリングに用いられているサイジング剤を, 前もってアセトンを用いて除去し, 繊維の表面積を最大限活用するため, 割織を行った。

地下海水中のpH, 溶存酸素量, 栄養塩(リン酸塩, 窒素化合物)の測定は, 海洋観測指針に準拠して行った。マンガンは, 原子吸光光度計により行った。また, 海水の浄化機構を検討するためには, 炭素繊維への生物の付着状況を把握する必要がある。これらの生物の付着状況や付着物の化学組成は, 水槽から定期的に炭素繊維を採取し, 2.5%グルタルアルデヒド溶液で生物固定を行った後, 脱塩・脱水を行い, 電子プローブ・マイクロアナライザ(日本電子製, JXA-8900R)を用いて検討を行った。

結果および考察

1. 東海大学海洋科学博物館沈殿槽における化学成分の変動

東海大学海洋科学博物館地下海水給水系の概略図をFig. 1に示す。汲上げ直後における井戸海水は, 溶存酸素をほとんど含まず, pH, 塩分, 溶存酸素(DO), ケイ酸塩(Si), リン酸塩(P), アンモニウム塩(NH₄), 硝酸塩(NO₃)およびマンガン(Mn)がそれぞれ7.6, 33.1 PSU, 34 μ mol/ ℓ , 105 μ mol/ ℓ , 1.58 μ mol/ ℓ , 13 μ mol/ ℓ , 1.0 μ mol/ ℓ および17 μ mol/ ℓ 含まれている(佐藤, 1991)。井戸から汲み上げられた海水は, 曝気槽で曝気されると溶存酸素(DO)がほぼ飽和に達し, pHが約7.8まで増加する。沈殿槽に設置されたフィルターは, 生成したマンガン酸化物によって酸化されるため, 1年毎に交換されている。フィルターを交換すると, 沈殿槽内でのpH, Si, P, 無機態窒素およびMnの変化は約1カ月間あまり見いだされないことが報告されている(SATO et al., 1984, 1989; TAKEMATSU et al., 1983, 1985)。

Table 1に沈殿槽および炭素繊維を含む水槽の入口と出口における化学成分の平均濃度を示した。沈殿槽入口(PT-1)におけるpH, DO, Si, P, NH₄, NO₃およびMn濃度は, それぞれ7.7, 227 μ mol/ ℓ , 102 μ mol/ ℓ , 1.46 μ mol/ ℓ , 9.5 μ mol/ ℓ , 4.5 μ mol/ ℓ および12 μ mol/ ℓ である。pH, DOおよびNO₃濃度は, 曝気槽から水路を通り沈殿槽へ流入する間に増加するが, Si, P, NH₄およびMn濃度は, 減少することが分かる。この理由は, 曝気槽で海水が曝気され酸素が供給されることと, 水路で生育しているある種の微生物, コケ類, 付着珪藻などに起因するも

Table 1 The average contents of temperature, pH, dissolved oxygen, silicate, phosphate, ammonia, nitrite, nitrate and manganese in seawater passing by polyurethan filter and carbon filter.

	Temp. (°C)	pH	D.O. (μ mol/l)	Si (μ mol/l)	P (μ mol/l)	NH ₄ (μ mol/l)	NO ₂ (μ mol/l)	NO ₃ (μ mol/l)	Mn (μ mol/l)
Polyurethan filter (1997)									
PT-1	18.8	7.68	227	102	1.46	9.45	1.73	4.50	11.7
PT-2	18.7	7.58	211	100	1.35	6.14	2.68	6.58	6.1
Carbon fiber (1998)									
C-1	19.7	7.69	227	109	1.33	8.22	1.35	3.47	12.7
C-2	19.7	7.78	295	102	1.19	6.13	1.64	5.58	6.4

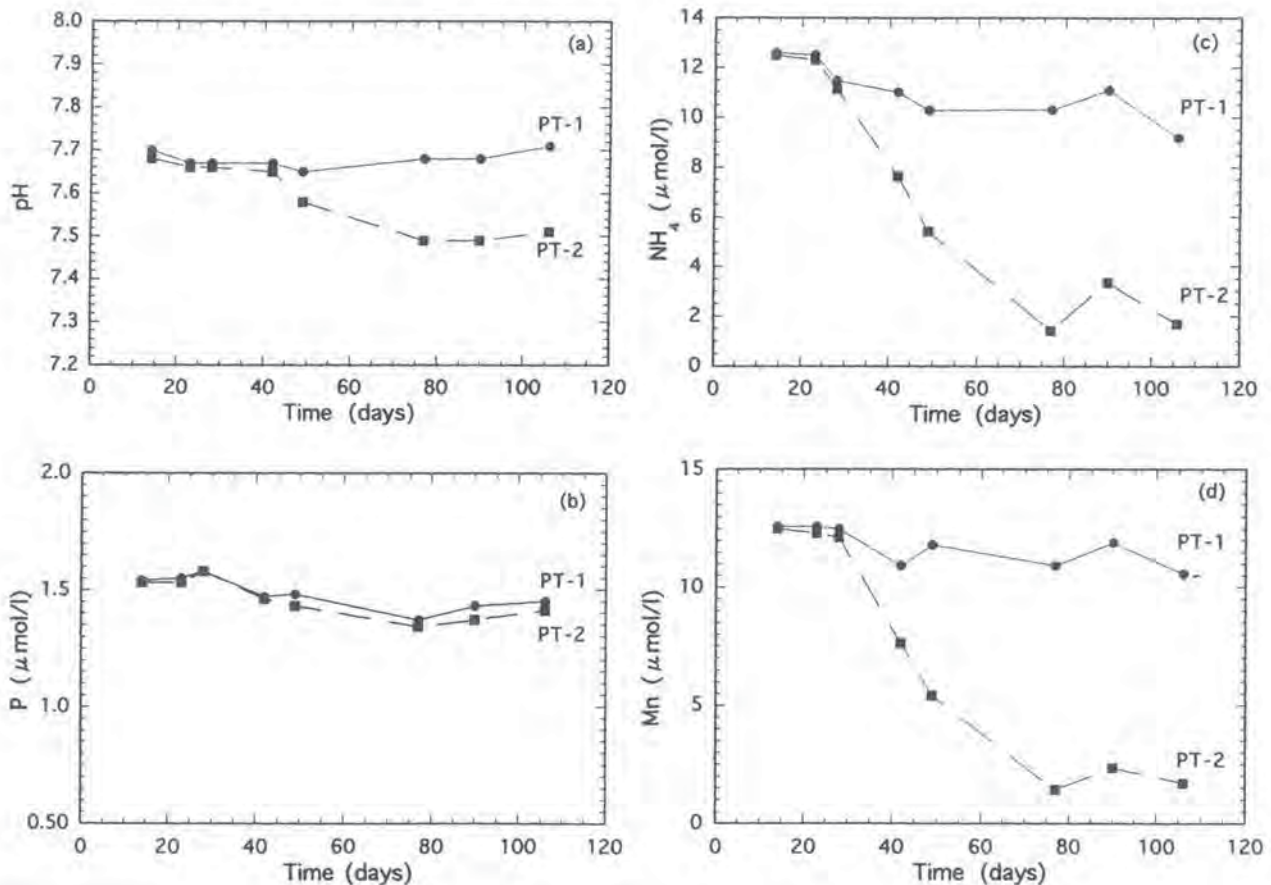


Fig. 2 Daily changes in pH (a), phosphate (b), ammonia (c) and manganese (d) in seawater with polyurethane filter.

のと考えられる。同様な結果は、Table 1に示した沈殿槽のPT-1とPT-2について見る事ができる。

Fig. 2(a~d)に、pH、P、NH₄およびMnのフィルター交換後の時間経過に伴う濃度変化を示す。沈殿槽のPT-1とPT-2における化学成分の変化は、フィルター交換後約1ヶ月の間ほとんど見られない。しかし、フィルター交換後約2ヶ月半経過すると、PT-1とPT-2におけるpH、P、NH₄およびMnの差は、それぞれ0.2、0.04 μmol/l、8.8 μmol/l および9.5 μmol/l となる。Pを除いて、これらの化学成分の変化は1ヶ月以降時間とともに大きくなる事が分かる。佐藤 (1991) によれば、沈殿槽内においてpH、DO、NH₄およびMnの変化は、沈殿槽内で生成されるマンガン酸化物量に比例する。そして、地下海水が沈殿槽中のポリウレタンフィルター面を通過する際、フィルター上で増殖した微生物により2価のマンガンとアンモニア態窒素が酸化されることを指摘している。この系におけるマンガンの酸化速度定数は、約 $2.0 \times 10^{20} \text{ mol}^{-1} \ell^{-1} \text{ d}^{-1}$ と無機的なマンガンの酸化速度定数 ($5 \times 10^{18} \text{ mol}^{-1} \ell^{-1} \text{ d}^{-1}$) よりも速いことが報告されている (SATO et al., 1984; 佐藤,

1991)。本研究においては、マンガンの除去が生じ始めた23日目から約80日目の期間について求めたマンガンの酸化速度定数は、約 $5.0 \times 10^{20} \text{ mol}^{-1} \ell^{-1} \text{ d}^{-1}$ であった。なお、この地下海水給水系に棲息するマンガン酸化バクテリアは、小野(1993)によれば、90%以上が*Pseudomonas* sp.であることが報告されている。

2. 炭素繊維を含む水槽内での化学成分の変動

炭素繊維を含む水槽のC-1とC-2におけるpH、DO、Si、P、NH₄、NO₂、NO₃およびMnの平均濃度をTable 1に示した。C-1とC-2の間で明確な濃度差が見られる化学成分は、pH、DO、P、NH₄、NO₂、NO₃およびMnである。沈殿槽と炭素繊維を含む水槽を比較すると、pHとDOを除くと、他の化学成分ではほぼ同程度の量が除去されたり、酸化されている事が分かる。しかし、無機態窒素濃度 (NH₄+NO₂+NO₃) は、リン酸塩濃度の減少から判断すれば、入口と出口の間で約2 μmol/l 減少することが予想されるが、ほとんど差が見られなかった。この

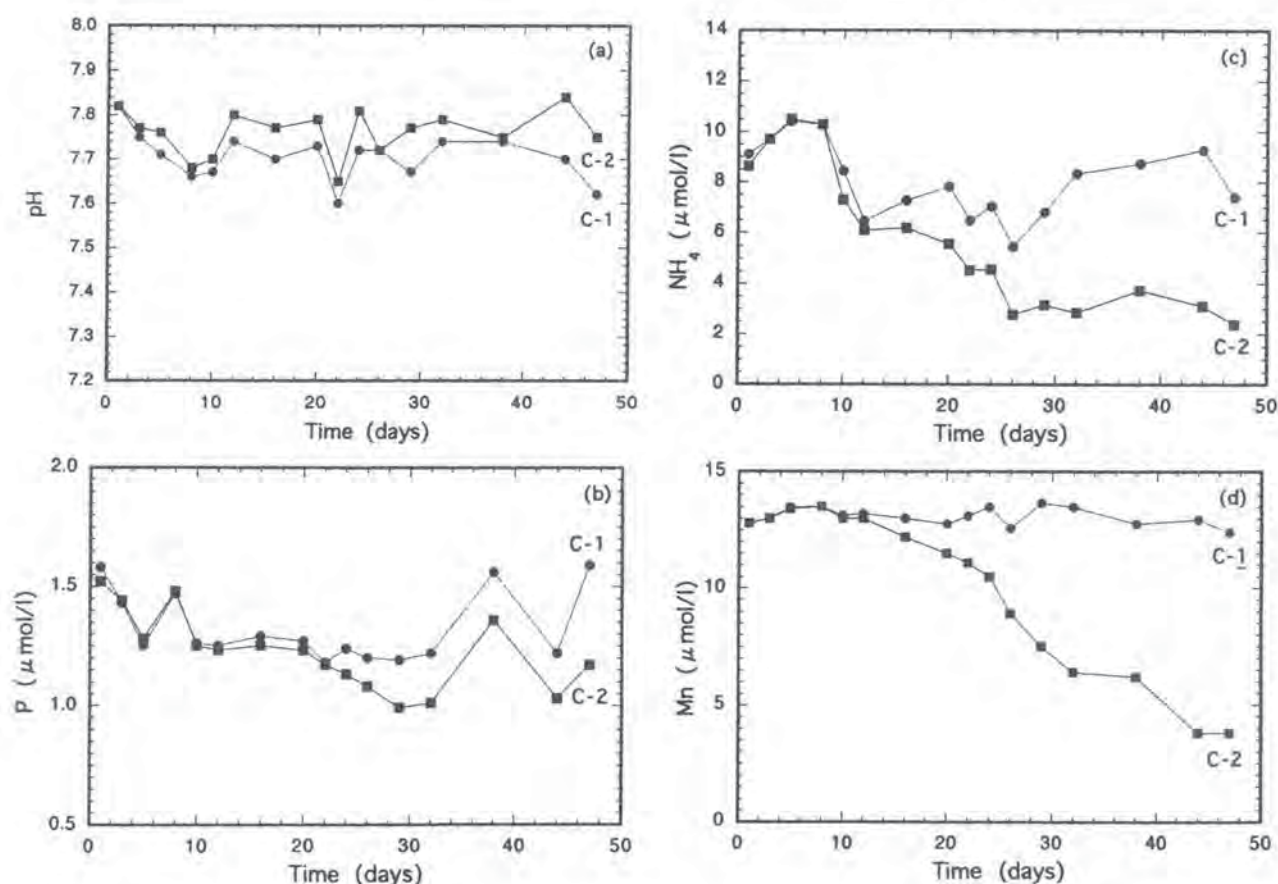


Fig. 3 Daily changes in pH (a), phosphate (b), ammonia (c) and manganese (d) in seawater with carbon fiber.

要因については、試料採取から測定までの間における無機態窒素の測定について、検討する必要があるものと考えられる。

pH, P, NH_4 および Mn の経時変化を Fig. 3 (a~d) に示した。pH は、3 日目以後 C-1 と C-2 の間で差が見られようになる。特に、10 日以後にその差は 0.1 以上に達した。ポリウレタンフィルターを通過する海水中の pH 変化は、流入水中の pH 値よりも流出水中で低下する傾向を示すが、炭素繊維水路中では相反する傾向を示す。炭素繊維水路中での pH の増加は、前に述べたように水槽内で植物プランクトンが光合成を行うのに十分な光量があるため、炭素繊維上に付着珪藻が繁殖した結果と考えられる ($\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{aq})} + \text{OH}^-$, $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$)。それに比較し、沈殿槽中の pH はステンレスの蓋で覆われ暗環境に保たれているため、 MnO_2 の生成により低下する ($\text{Mn}^{2+} + 1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{H}^+$)。また、P, NH_4 および Mn 濃度は、10 日目以降にならないと明確な差が見いだされることが分かる。P の除去は、20 日目以降に約 $0.25 \mu\text{mol/l}$ と大きくなることから分かる。 NH_4 も P と同様に、

20 日目以降に C-1 と C-2 の濃度差が大きくなり、 NO_2 および NO_3 への酸化が促進される。Mn の海水からの除去は、 Mn^{2+} が MnO_2 まで酸化されることにより生じる。これらの成分の変化が生じ始める時期は、暗環境下でポリウレタンフィルターを用いた場合に比較して、約 2 週間速いことが分かる。また、Mn の酸化が生じる期間 (20 日~32 日) における Mn の酸化速度定数は、約 $2.8 \times 10^{-20} \text{mol}^{-1} \text{l} \cdot \text{d}^{-1}$ と、沈殿槽中のそれとほぼ同程度であった。

3. 炭素繊維表面の付着物とその主成分

炭素繊維を設置した水槽全体の時間経過に伴う写真を Fig. 4 (a~f) に示す。実験開始 3 日目における炭素繊維表面には、流れのある部分 (中央部分) に付着珪藻 (*Melosira* sp.) を確認することができる (Fig. 4a)。約 1 週間経過すると、炭素繊維全体に付着珪藻が付着し、時間とともにその量が増加することが分かる (Fig. 4b~4f)。

地下海水中の化学成分の除去に微生物が関与しているかどうかを明らかにするため、定期的に炭素繊

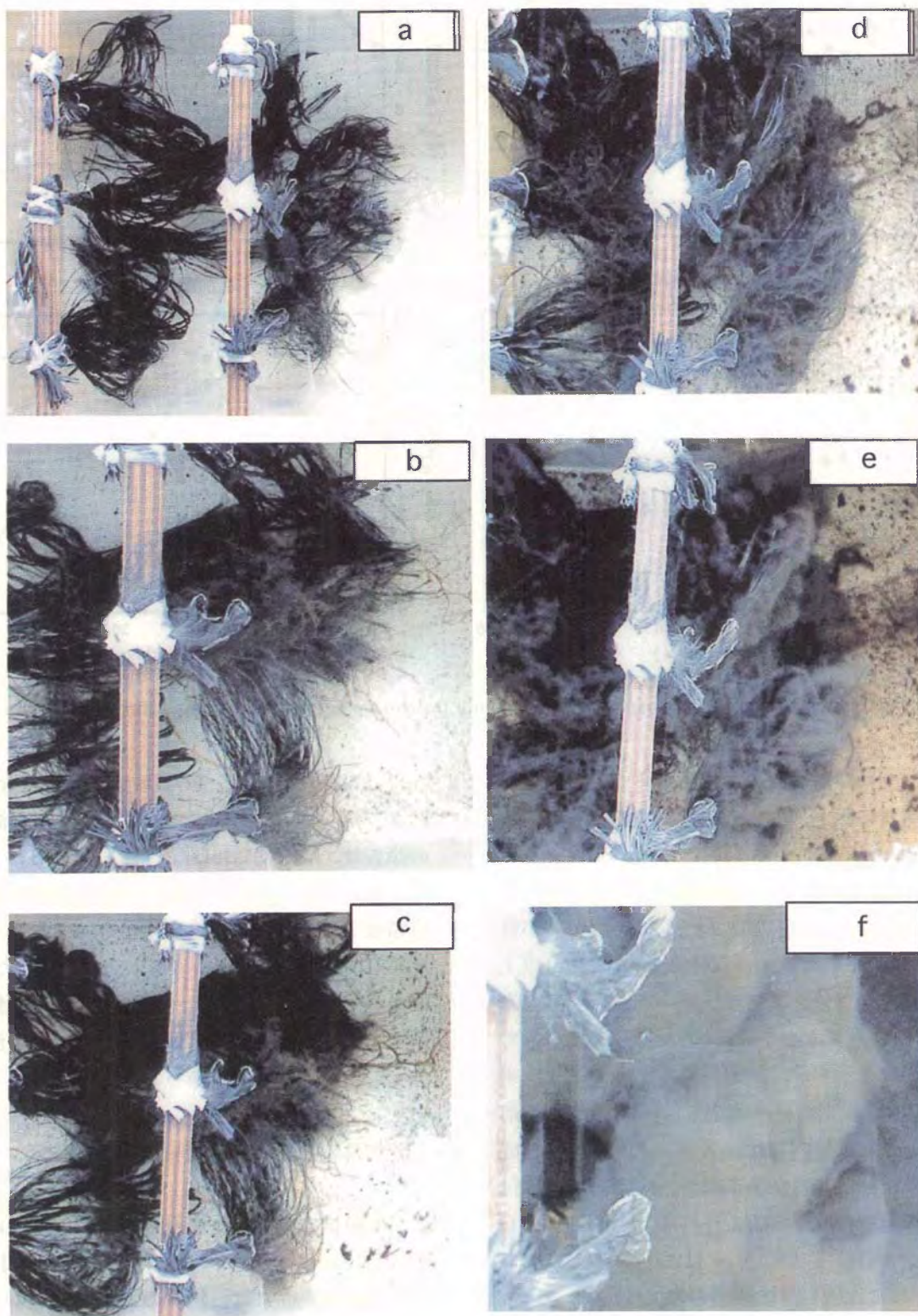


Fig. 4 The photographs of the adhesion of microorganisms on carbon fiber with time (a : 3 days, b : 6 days, c : 10 days, d : 16 days, e : 20 days, f : 32 days).

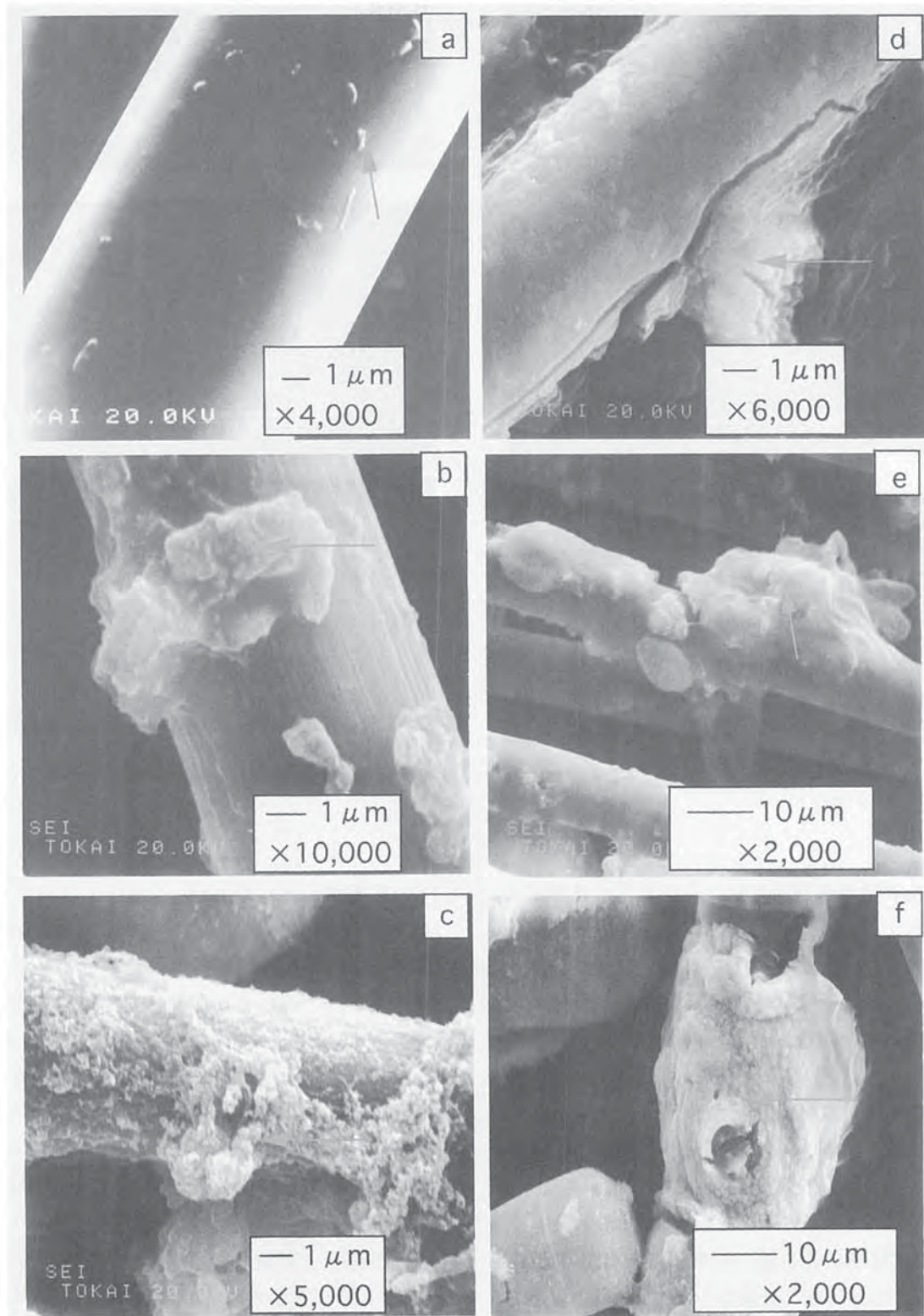


Fig. 5 SEM photographs of the adhesion of microorganisms on carbon fiber with time (a : 1 day, b : 3 days, c : 6 days, d : 10 days, e : 17 days, f : 32 days).

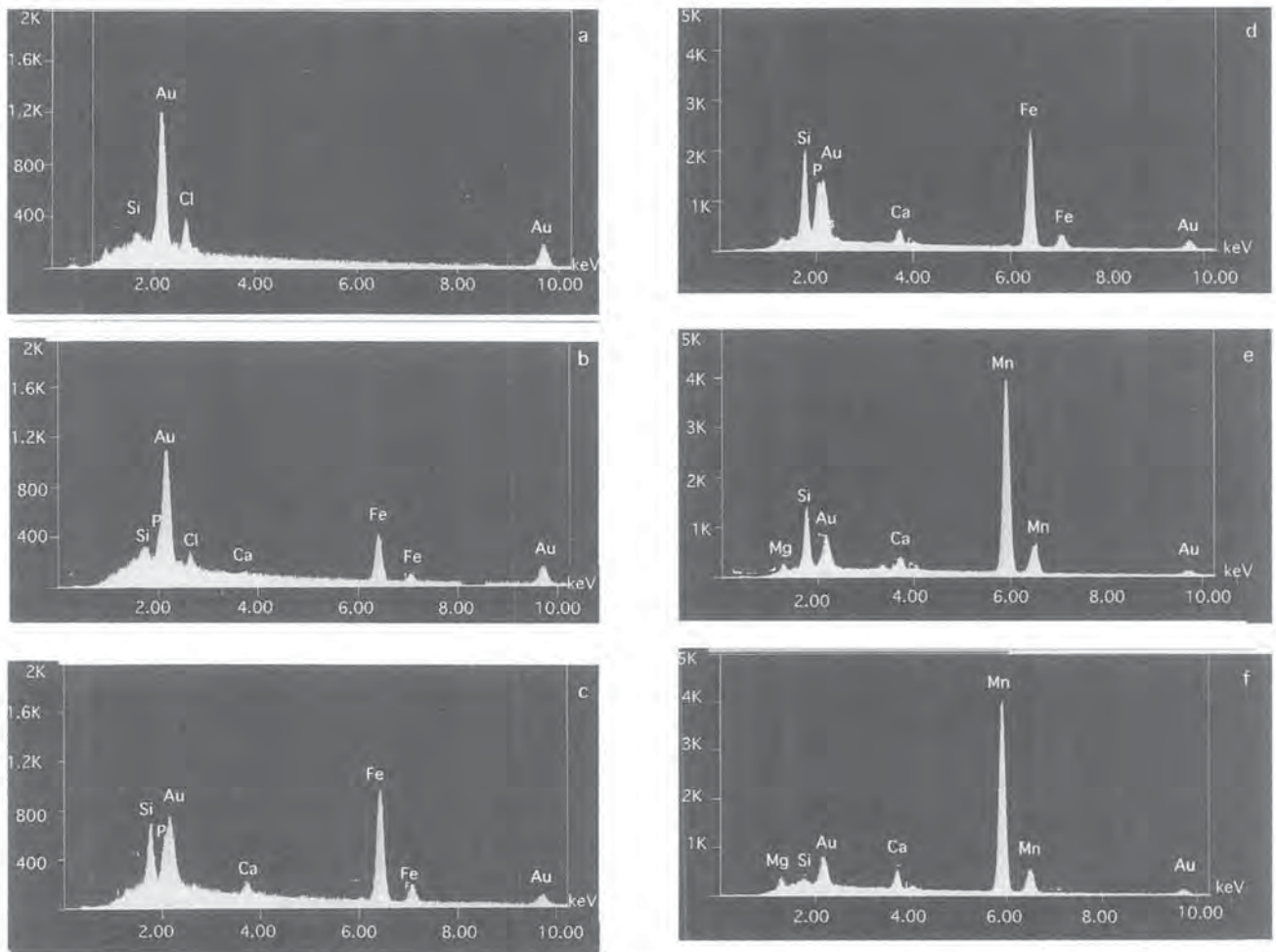


Fig. 6 EDS analysis of the adhesion on SEM photographs with time (a : 1 day, b : 3 days, c : 6 days, d : 10 days, e : 17 days, f : 32 days).

維の一部を水槽から取りだし、走査型電子顕微鏡を用いて検討を行った。同時に、炭素繊維表面に固着する物質の主成分分析を電子プローブマイクロアナライザを用いて測定した。Fig. 5(a~f)に走査型電子顕微鏡を用いた炭素繊維表面の時間経過に伴う形態変化を示した。図中の○と×は、それぞれ長さおよび倍率を示す。炭素繊維を水槽に設置すると、短時間で微生物が付着することが分かる(Fig. 5a)。炭素繊維表面は、時間の経過とともに固着物が増加し、10日後には繊維表面が固着物によって覆われる。その後、この固着物にある種の生物が付着したり(Fig. 5e)、固着物それ自身の成長が(Fig. 5d~5f)観察される。特に、Fig. 5fは付着珪藻である*Melosira* sp.の表面上にある種の固着物が形成していることがわかる。このような炭素繊維表面に固着する物質が主になどの様なものから構成されているかを明らかにするため、その主成分分析を電子プローブマイクロアナライザ(EDS:エネルギー分散型X線分光器)を

用いて検討した。Fig. 6のaからfの特性X線による主成分分析は、Fig. 5のaからf中の矢印部分に電子線を照射した際に得られた結果である。縦軸および横軸は、それぞれ強度および特性X線スペクトルを表す。また、全ての試料中で検出される金(Au)は、試料を処理する際に試料表面を金蒸着した結果である。なお、照射電流は20KVであるので、電子線が試料内部に約3 μ mの深さまで入る。従って、Fig. 6で確認される元素および強度は試料表面から3 μ mまでの平均と見なすことが出来る。

炭素繊維を設置して1日経過した繊維表面からは、ClとSiが確認されるが、Clはたぶん試料を処理する際、脱塩が不十分であったものと推察される。ただし、Siが僅かに検出されることから、Fig. 5aの微生物にはSiが濃縮しているものと考えられる。3日経過すると、炭素繊維表面に固着物が確認され(Fig. 5b)、その主成分が主に鉄であることが分かる。6日経過すると、固着物の主成分は鉄のみではなく、Si、

CaおよびPが確認される。10日目における固着物の主成分は、Fe, Si, PおよびCaである。16日目になると、固着物中でMnが最も多く検出されるようになるが、FeおよびPが検出されなくなる。32日目における炭素繊維表面の固着物中の主成分は、Mg, CaおよびMnであった。このように、炭素繊維表面の固着物中の主成分元素の変化は鉄酸化物が生成するとPとCaが濃縮し、マンガン酸化物が生成するとMgが濃縮することがFig. 6eから6fでわかる。この結果は、SATO (1989) およびSATO et al. (1989) が報告しているマンガンおよび鉄酸化物への化学元素の取り込み結果と一致する。また、炭素繊維表面にマンガン酸化物が生成し、成長を始めると水槽中のマンガン濃度に変化が生ずることがわかる。すなわち、水槽中の海水からのマンガンの除去（マンガン酸化物への変化）は、水槽中で生成されるマンガン酸化物の量に支配されていることが理解できる (Fig. 2d, Fig. 3d)。

以上のことから、実験の初期段階において炭素繊維表面に微生物や鉄の酸化物が付着し、時間経過に伴い繊維の表面にマンガン酸化物が生成することが分かる。従って、地下海水からマンガンや鉄が除かれる過程は、炭素繊維表面にまず微生物が付着し、それらの微生物により酸化速度の速い鉄酸化物がまず生成し、さらに時間が経過すると、マンガン酸化物が生成するというシナリオを考えることが出来る。

ま と め

ポリウレタンフィルターと炭素繊維を用いて、地下海水の水質浄化を検討した。実験条件は、明環境と暗環境という違いはあるが、Mn除去の生じる時期から考えて、大谷 (1998) によって指摘されているように、炭素繊維がポリウレタンフィルターに比較して生物親和性に富むことが示唆される。リン酸塩の除去は、ポリウレタンフィルターよりも炭素繊維を用いたほうが大きくなる理由は、明環境下での付着珪藻に起因した現象と考えられる。しかし、地下水中のアンモニウム塩およびマンガンの酸化は、硝化細菌およびマンガン酸化細菌によって生じることが知られている。これらの細菌の繁殖条件は、明環境あるいは暗環境下のどちらが適しているかは不明であるが、両環境下で増殖することは今回の結果

からも明らかである。小野 (1993) によれば、東海大学海洋科学博物館の地下海水給水系に生息するマンガン酸化細菌の90%が*Pseudomonas* sp.である。この細菌は酸化的環境下では硝化細菌として働くことも知られている。また、二酸化マンガン（四価のマンガン）から二価のマンガンおよび硝酸塩からアンモニアへの酸化還元電位の範囲 (TEBO and NEALSON, 1984) は、それぞれ+600〜+50mVおよび+400〜-200mVとかなり接近していることから、同じ細菌がアンモニウム塩およびマンガンの酸化を行っている可能性が十分に考えられる。Fig. 7aおよび7bに沈殿槽および炭素繊維設置水槽の入口と出口におけるアンモニウム塩とマンガンの濃度差の関係を示す。両者の関係は、かなり強いことから、前に述べたことが強く示唆される。したがって、マンガンの酸化が微生物の関与した反応であれば、生物親和性に富む炭素繊維フィルターを用いたほうがポリウレタンフィルターを用いた場合よりも速く生ずるものと考えられる。さらに、ポリウレタンフィルターは沈殿槽中でマンガン酸化物が生成すると、

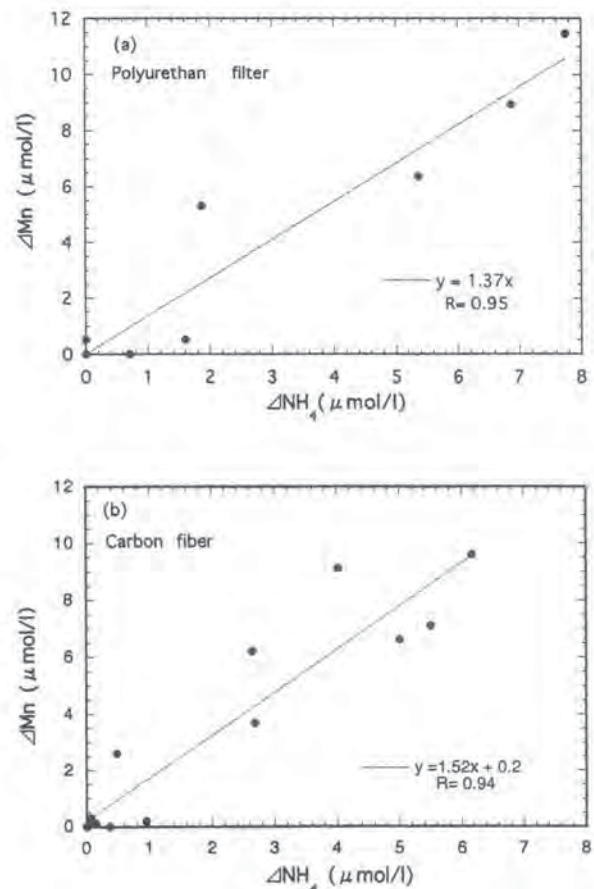


Fig. 7 Relationships between ΔMn and ΔNH_4 in the seawater with polyurethan filter (a) and carbon fiber (b).

短期間で酸化され劣化が生じるのに対し、炭素繊維ではそのような劣化が生じないため、長期間の利用が考えられる。

炭素繊維を用いた水質浄化に関する研究の今後の課題は、使用する炭素繊維の量・長さと処理容器の容積との関係、処理水の処理容器への供給速度の問題、処理成分に対する明環境と暗環境の問題などが考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、炭素に関するご指導とご助言を頂いた東海大学総合技術開発研究所の大谷杉郎教授に深く感謝申し上げます。また、地下海水の水質浄化の観測に際しては、東海大学海洋科学博物館の日置勝三博士および総務課管理系の諸氏の協力と援助を賜った。

なお、本研究の一部は1997年度－1999年度新エネルギー・産業技術総合開発基金「地域コンソーシアム」炭素・水環境プロジェクト、東海大学総合研究機構のプロジェクト研究「新素材研究・炭素」、文部省科学研究費補助金（基盤研究C－課題番号09640585、代表者 佐藤義夫、課題「マンガン酸化物の生成・成長過程とその鉱物組成に関する研究」）および1998年度東海大学海洋研究所の研究助成（代表者 佐藤義夫、課題「微生物によって生成したマンガン酸化物」）の援助を受けて実施された。

引用文献

- BREWER, P. G. (1975) Minor elements in sea water. In RILEY, I. P. and G. SKIRROW eds.: Chemical Oceanography, 2nd ed., 1, Academic Press, London, 415-496.
- EMERSON, S., R. E. CRANSTON and P. S. LISS (1979) Redox species in a redicing fjord: equilibrium and kinetic considerations. Deep-Sea Res., 26A, 859-878.
- 小島 昭・平野徳彦 (1997) 炭素繊維による河川およびため池の水質浄化. 環境技術, 26(11), 24-27.
- 永瀬裕康・小田 愛・宮本和久 (1999) 微細藻類を利用した排水中の重金属吸着除去. 環境管理, 35(6), 40-44.
- 小野信一 (1993) 海洋環境中のマンガン酸化細菌の定量と同定. 佐藤義夫編: マンガン酸化バクテリアに関する研究, 平成4年度科学研究費補助金(一般研究C) 研究成果報告書, 61-112.
- 大谷杉郎 (1998) 炭素と生物. 炭素, 183, 162-167.
- SATO, Y., H. MATSUMOTO, S. OKABE and N. TAKEMATSU (1984) The oxidation rate constant and the residence time of manganese in seawater pumped from underground. La mer, 22, 241-247.
- SATO, Y. (1989) The rate of oxidation of ferrous iron in seawater and the partition of elements between iron oxides and seawater. J. Oceanogr. Soc. Japan, 45, 270-278.
- SATO, Y., S. OKABE and N. TAKEMATSU (1989) Major elements in manganese and iron oxides precipitated from seawater. Geochim. Cosmochim. Acta, 53, 1883-1887.
- 佐藤義夫 (1991) マンガンおよび鉄酸化物の生成に伴う化学元素の挙動に関する研究. 東海大学大学院平成2年度博士論文, 162p.
- TAKEMATSU, N., Y. SATO and S. OKABE (1983) Metal-organic complexes in seawater pumped up from under the ground. J. Oceanogr. Soc. Japan, 39, 305-309.
- TAKEMATSU, N., Y. SATO, S. OKABE and E. NAKAYAMA (1985) The partition of vanadium and molybdenum between manganese oxides and sea water. Geochim. Cosmochim. Acta, 49, 2395-2399.
- TEBO, B. M and K. H. NEALSON (1984) Microbial mediation of Mn (II) and Co (II) precipitation at the O₂/H₂S interfaces in two anoxic fjords. Limnol. Oceanogr., 29(6), 1247-1258.

駿河湾から得られたイチモンジハゼの繁殖と雌雄同体現象¹⁾

塩 原 美 徹²⁾

Reproduction and Hermaphroditism of the Gobiid Fish, *Trimma grammistes*, from Suruga Bay, Central Japan¹⁾

Yoshihisa SHIOBARA²⁾

Abstract

The present study deals with an analysis on reproductive behavior and hermaphroditism in the gobiid fish, *Trimma grammistes* (TOMIYAMA), from Suruga Bay.

It has been determined from observations of rearing experiments and gonad morphology that *Trimma grammistes* is hermaphroditic. It was determined that, from the body length of this species exceeds 10mm, it has elements of both sexes that begin to form as ambosexual gonads that do not differentiate into either as ovaries or testes. Therefore, the phenomenon of protogyny that is seen in other gobiid species was not observed in this species.

Rearing experiment showed that the same individual will change its sex in either direction from female to male or male to female and it was moreover confirmed from experiments that large-sized specimens always become males. In the final functional morphology, the ovaries or testis develop conspicuously and show the same morphology as the gonads that achieve sexual function in either male or female specimens by month during the reproduction period.

It was possible to distinguish between males and females by the form of the genital papillae and these were specimens that functioned either as one or the other. However, there were many with genital papillae that could not be distinguished as either male or female from specimens during the period of reproductive inactivity and it is thought that they are in a state of sexual migration in preparation for the reproduction period.

緒 言

硬骨魚類の雌雄同体現象の存在は古くから知られているが、ハゼ科魚類の雌雄性に関する研究はLASSIG (1977) の*Paragobiodon* (ダルマハゼ属) 4 種で雌性先熟雌雄同体現象の報告が最初である。その後 *Coryphopterus*, *Eviota* (イソハゼ属) などから雌雄

同体現象の存在が認められ、*Lythyrnus*では同時的雌雄同体現象が報告され、本科魚類でも雌雄性機構が分かりつつある (ROBERTSON and JUSTINES, 1982; COLE, 1990; KUWAMURA et al., 1994; MARY, 1993)。しかし、ハゼ科魚類が約2000種 (NELSON, 1994) とされるなかで、機能的雌雄同体現象の報告された種は20数種と多くはない。

¹⁾東海大学海洋科学博物館研究業績 No.184

Contribution from the Marine Science Museum, Tokai University, No.184

²⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保2389

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

研究対象になったイチモンジハゼ *Trimma grammistes* (TOMIYAMA) は浅海の岩礁帯に生息する全長4 cmほどの小型のハゼである。すでに同属の他種では *T. unisquamis* (GOSLINE) とオキナワベニハゼ *T. okinawae* (AOYAGI) で機能的雌雄同体現象が知られている (COLE, 1990; SUNOBE and NAKAZONO, 1990) が、幼時における生殖腺の形成や性機能の変遷など詳細については未報告である。本研究では、駿河湾産のイチモンジハゼの水槽内における飼育実験と生殖腺構造の解析の結果を中心として、生殖腺の形成過程および雌雄同体現象の性機能の変化について検討したところ、興味ある結果を得たので報告する。本研究は東海大学に提出された学位請求論文「ハゼ科魚類6種の繁殖生態を中心とする生活史」(塩原, 1996)のうちイチモンジハゼの一部である。

材料及び方法

1991年4月から11月までと1992年2月に、駿河湾西岸の三保半島沿岸に構築された離岸堤(距岸約200 m)の土台石の間(水深8-15m)でSCUBA潜水によって採集された214尾(10.0-32.1mm SL)を主たる研究材料とし、1991年5月と6月に駿河湾東岸の沼津市江梨地先の岩礁地帯(水深12m)において同様にSCUBA潜水により採集された24尾(17.7-27.2mm SL)を加えた。標本は主として手網で1尾ずつつくいとったが、岩の割れ目や奥部にいる個体にはキナルジン麻酔薬として付近に散布して採集した。採集標本はすべて活魚のまま研究室に持ち帰り、0.1mm単位で体長を計測して月別標本としてまず体長組成の検討に当てた。次に上記のうち、任意に抽出した148尾(10.0-31.6mm SL)は生殖腺の形態形成、生殖腺成熟の月別変化を知るための組織学的研究材料とした。また別の35尾(20.2-30.8mm SL)は性機能の変化について追求するための飼育実験に供した。残りの55尾(10.3-29.4mm SL)は組織学的な材料や飼育実験材料とせず液浸標本とした。

また性機能と生殖突起の形状の関係をj知るため、生殖腺の組織学的な研究材料とした標本の148尾のうち、6月から2月まで採集された123尾(10.1-31.6mm SL)の生殖突起の形状を解剖顕微鏡下で調べた。

飼育実験は1991年4月19日から11月13日まで2つの方法で行った。1つは同一水槽に5尾を収容して機能的な雄を取り除いた時の各個体の性機能の変化を、もう1つは2尾を1組とした2組を作り、4尾をひとつの実験対象群として、繁殖を確認したのち各組の各個体の組み替えをして性機能の変化を観察した。実験水槽はアクリル製(60.0×40.0×52.5 cm, 126ℓ)とガラス製(60.0×29.5×36.0 cm, 63ℓ)を用い、各水槽の底には珪砂を厚さ約5 cmに敷いて底面濾過方式とした。水槽は実験棟内に置いたが、人工照明は使わず天然光によった。実験は複数の水槽を並列に置いて行い、隣接する水槽間には不透明のビニール板を立て、他水槽に収容されている個体が見えないようにして、実験対象個体の視覚による相互干渉を避けた。水槽底にはこぶし大の石をアーチ状に組み合わせて産卵床とした。実験対象個体の餌料としてアルテミアノウプリウスおよび魚肉ミンチを一日一回飽食するまで与えた。また飼育水温は20-28°Cであった。

各飼育実験での性機能の確認は、産出卵を取り上げて正常な受精卵を得ることによった。生殖腺の組織学的観察に当てた標本は、生殖腺の位置する駆幹部を切り出し、部位全体をブアン氏液で固定した。その後常法による6-7 μmパラフィン横断切片を作成し、マイヤーの酸ヘマラウム・エオジンの二重染色またはマッソントリクローム染色を施して光顕的観察に当てた。また飼育実験に供した個体も実験終了後上記と同様の組織標本を作成し観察に当てた。

結 果

1. 月別標本と体長組成

1991年4-11月および1992年2月に採集された本種合計238尾(10.0-32.1mm SL)を2 mm SL階級に分けた体長組成は4-8月に20-26mm SL級が多く出現し、これらより大きい個体は少なかった。特に30mm SL級を越す個体は5月と6月に出現するだけであった。8月にはそれまでに見られなかった14mm SL級の個体が採集されているが、同月にはさらに小さな個体が目視確認されている。9月以降は20-26mm SL級に18mm SL級から10mm SL級までの個体加わった。最小個体(10.0mm SL)は10月に得られた (Fig. 1)。

2. 初期生殖腺の形成過程

月別標本のうち148尾(10.0–31.6mm SL)の生殖腺を組織学的に観察した結果、10月に得られた最小個体(10.0mm SL)の生殖腺は、体腔背壁より生殖間膜で懸垂する紐状の組織塊で、実質内にはほぼ円形の数個の生殖原細胞が体細胞に取り囲まれて存在する性的未分化の生殖腺であった(Fig. 2A)。9月に採集した3尾(10.2–11.2mm SL)、10月に採集した1尾(11.0mm SL)、および11月の5尾(10.1–13.8mm SL)からも同様の生殖腺が認められた。10月に採集された1尾(10.5mm SL)の生殖腺の前部は生殖原細胞と体細胞で占められていたが、生殖腺中部から後部では雌性生殖細胞よりなる卵巣部と雄性生殖細胞よりなる精巣部の両方を有する間性生殖腺であった。すなわち生殖腺の背縁側には数個の無卵黄期の卵母細胞が形成され、腹縁側には体細胞に取り囲まれた精原細胞が数個存在していた。背縁と腹縁両組織の境界に当たる中央部にはくびれがあり、初期の両性生殖腺形成を窺わせる形態をしていた(Fig. 2B)。これと同様な形態を呈する生殖腺は10月の2尾(12.7, 16.0mm SL)でも認められた。

10月の1尾(11.9mm SL)の生殖腺は、背縁側に無卵黄期の卵母細胞が、腹縁側には精原細胞の包囊で占められる精巣実質があり、両性生殖腺と判断できた。体腔壁側には卵巣腔が認められ、明らかな卵巣形態を示していた(Fig. 2C)。2月の1尾(15.5mm SL)の生殖腺は、その前部には卵巣薄板内に無卵黄期の卵母細胞が充満し、体腔側壁側に卵巣腔が存在する卵巣部であった。この生殖腺の中部では上述と同様な段階の卵巣部に加えて、精母細胞が主体の精小囊で構成される比較的大型の精巣部が見られた。同じく後部では卵巣部と精巣部がほぼ同大で、精巣部の実質内では精子形成活動が認められ、精小囊に隣接して輸精管が確認された(Fig. 2D)。この生殖腺の後端部付近には貯精囊と見なされる組織が確認された。以上の結果からは、本種が体長10mmをこえる成長段階で性的未分化生殖腺から両性生殖腺の形成を開始し、体長約12mm級で両性生殖腺と判定できる組織形態に発達すると判断された(Fig. 3)。

3. 生殖腺の性機能と成熟の月別変化

本種の生殖腺は左右相称の嚢状器官で、前半部は

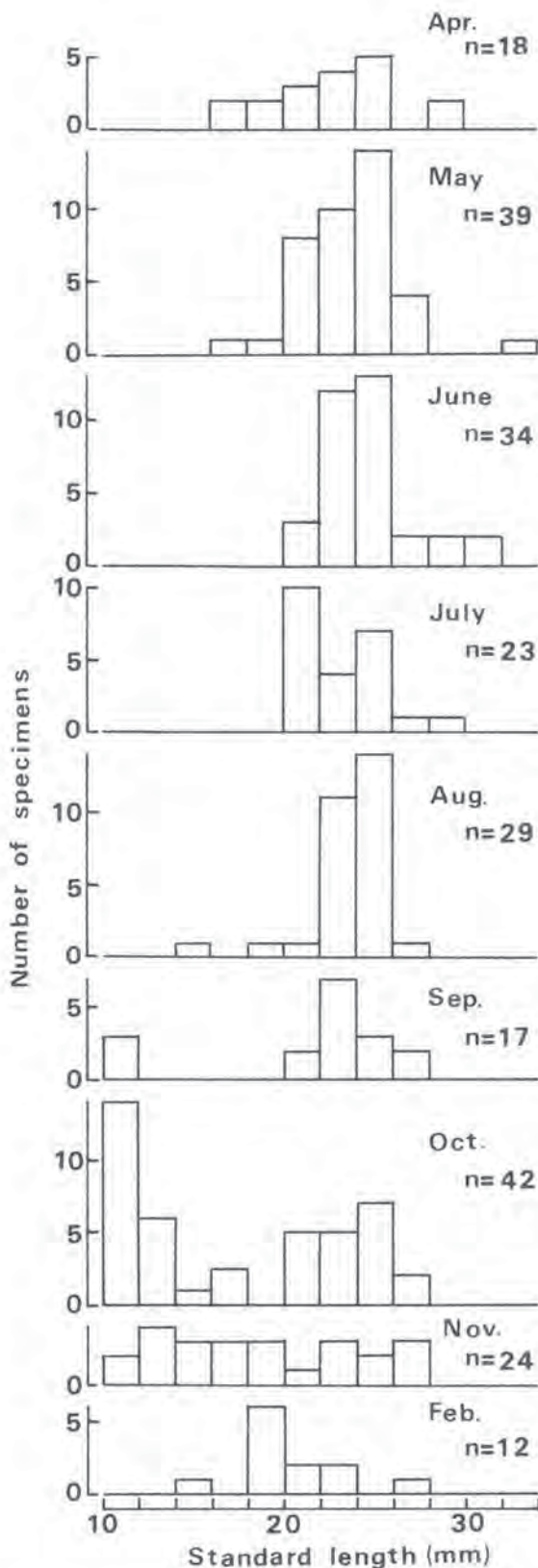


Fig. 1 Monthly change of size frequency against standard length in *Trimma grammistes*.

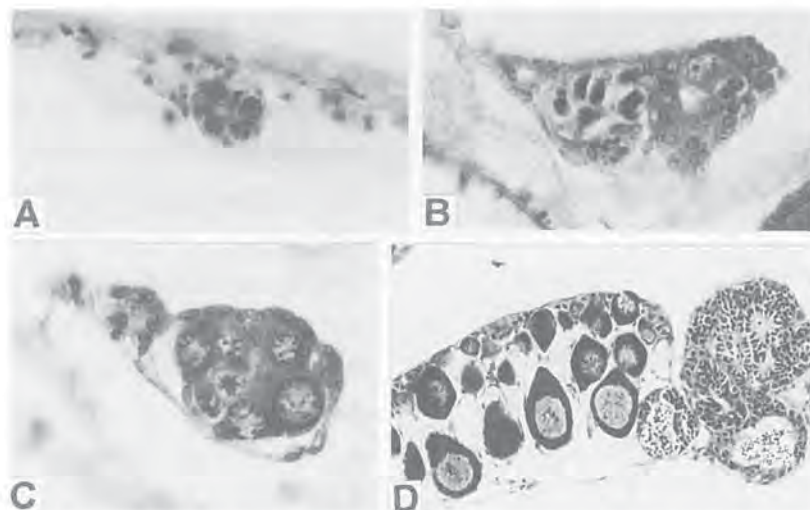


Fig. 2 Development of early germ cells in primary gonad in *T. grammistes*. A: Sexually undifferentiated gonad, $\times 100$ (10.0mm SL, October). B: Appearance of spermatogonium and oogonium, $\times 110$ (19.0mm SL, October). C: Ambosexual early gonad, $\times 110$ (11.9mm SL, October). D: Immature ambosexual gonad, several oocytes and spermatocytes are seen, $\times 100$ (15.5mm SL, February).

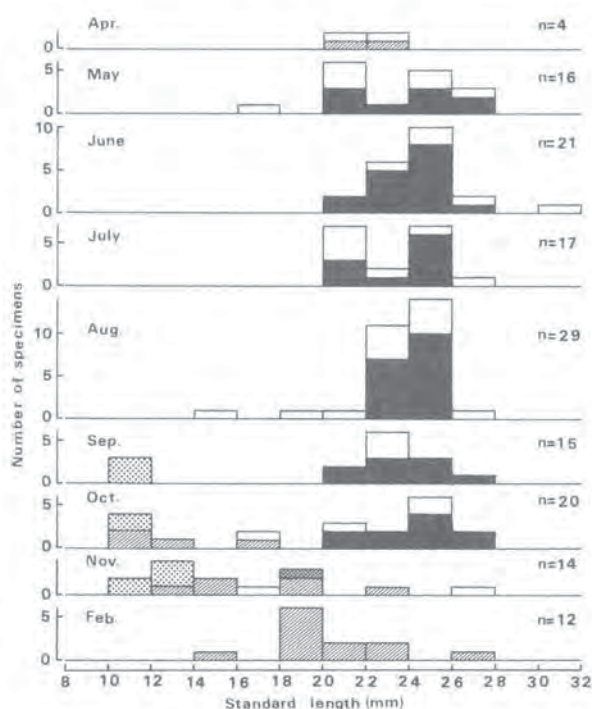


Fig. 3 Monthly change of size frequency distribution of with gonadal sex against in standard length in *T. grammistes*. Open bars: functional males, solid bars: functional females, shaded bars: non functional gonad, spotted bars: undifferentiated gonad, crossed stitched bar: undetermined gonad.

二葉に分かれ後部で左右両葉が癒合して単一となる。外見から肉眼的に性相は判別できなかったが、組織学的に見ると未分化期の生殖腺 (Fig. 4A) を除いてすべて体腔背縁側に卵巢部が存在し、その腹縁に精巣部が接する二層構造を呈する両性生殖腺で

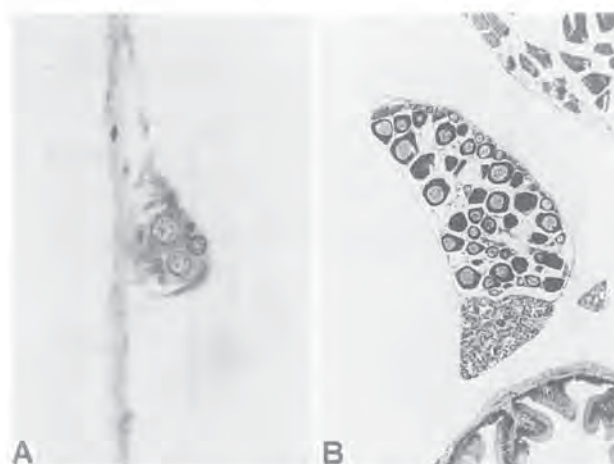


Fig. 4 Cross section of the gonad in *T. grammistes*. A: Undifferentiated gonad, $\times 67$. B: Ambosexual gonad, $\times 49$.

あった (Fig. 4B)。

月別に見た生殖腺の形成状態は4-11月の113尾 (14.0-31.6mm SL) は雌雄いずれかに機能する両性生殖腺、4, 10, 11月および2月の24尾 (10.5-27.0 mm SL) は非機能的な両性生殖腺であった。9-11月の10尾 (10.0-12.9mm SL) は未分化期の生殖腺、11月の1尾 (19.0mm SL) は雌雄いずれにも判断できない両性生殖腺であった (Fig. 3)。

生殖腺の成熟状態を組織学的に調査した4-2月の個体では、4月の2尾 (21.5, 22.8mm SL) の生殖腺は、卵巢部が比較的小さく染色仁期の卵母細胞で占められるが、精巣部が拡張して第二次精母細胞の包囊が主体をなし、精子変態中の精細胞や精子が

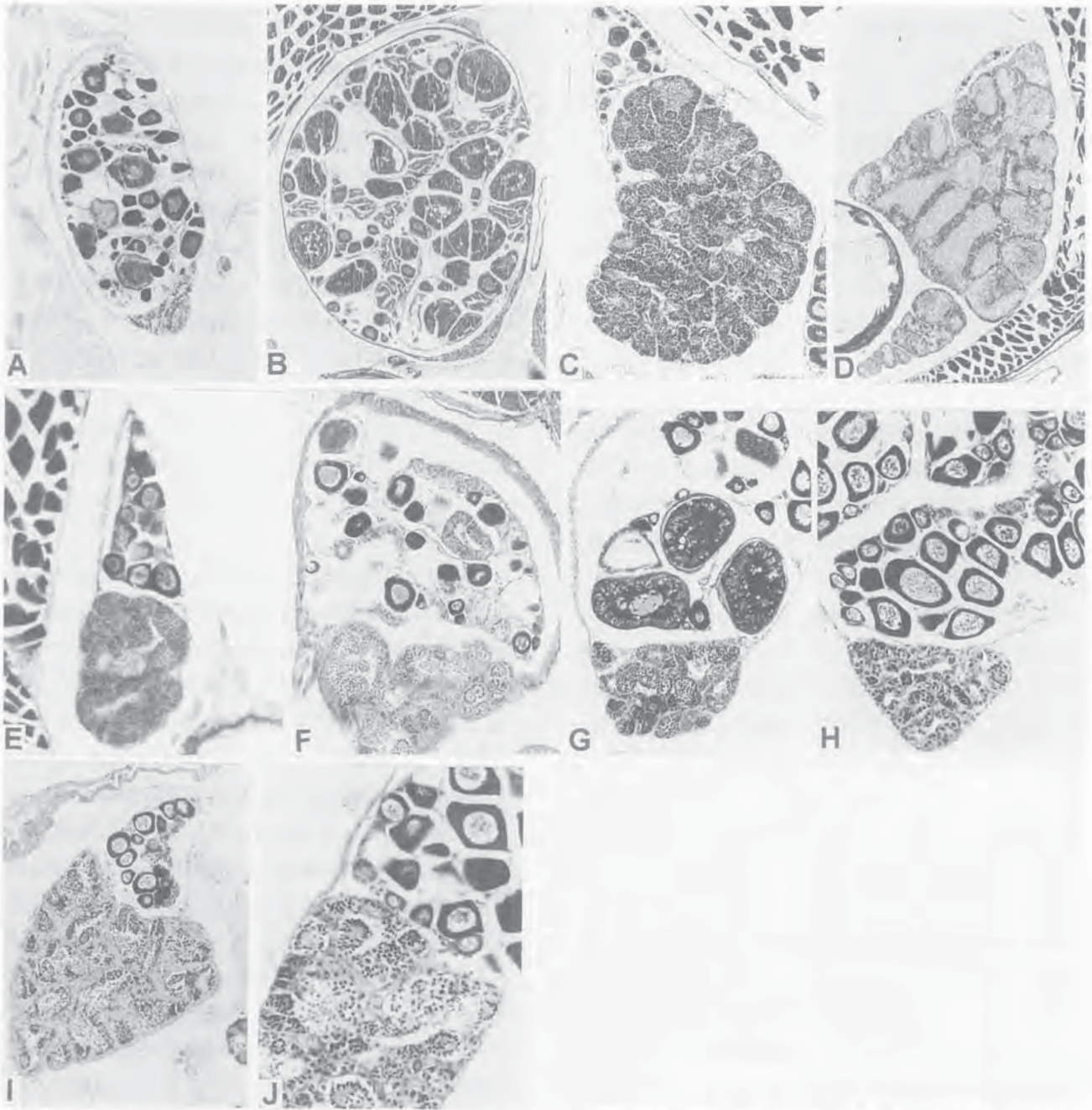


Fig. 5 Monthly change of gonadal maturation and/or degeneration in ambosexual gonads of *T. grammistes*.

- A: Non-functional gonad $\times 42$ (20.9mm SL, April), showing both ovarian part with perinucleolus stage oocytes and smaller resting testicular part (bottom).
- B: Functional gymnogynic gonad, $\times 46$ (21.1mm SL, May), showing vitellogenic oocytes in ovarian part with degenerate testicular part.
- C: Functional androgynic gonad, $\times 37$ (20.8mm SL, May), showing numerous spermatid crypts in active testicular tissues with degenerate oocytes.
- D: Functional androgynic gonad, $\times 40$ (22.4mm SL, June), showing active spermatogenesis with a few degenerate oocytes along the gonadal wall (top).
- E: Non-functional gonad, $\times 42$ (14.0mm SL, August), showing an immature stage.
- F: Ambosexually functional gonad, $\times 54$ (24.9mm SL, October), showing immediately after ovulation.
- G: Ambosexually mature gonad, $\times 42$ (19.0mm SL, November).
- H: Degenerate gonad, $\times 33$ (18.4mm SL, February).
- I: Degenerate gonad, $\times 50$ (23.4mm SL, February), showing several testicular crypts retained.
- J: Degenerate gonad, $\times 54$ (19.4mm SL, February), showing both several testicular crypts and yolkless oocytes retained.

認められ、雄性機能を有する間性生殖腺と判断された。同じく他の2尾(20.9, 23.6mm SL)の生殖腺は、大部分が周辺仁前期から後期までの卵母細胞の卵巣部で占められ、精巣部は休止期の精原細胞で構成され非機能的な生殖腺と判断された(Fig. 5A)。

5月の9尾(21.1-27.2mm SL)の生殖腺は卵巣部に第一次から第三次卵黄球期までの卵母細胞が見出され、一部の個体では卵巣薄板縁辺部に排卵痕も観察された。精巣部はほとんどの個体で生殖腺被膜部に退行して存在し、実質内は精原細胞が認められる未発達な状態であり、これらは雌性機能個体であった(Fig. 5B)。他の7尾(17.7-26.5mm SL)では、精巣部は拡大発達し、精小嚢内に精母細胞や精細胞の包嚢を多数有し、精小嚢内腔には精子が充満していた。卵巣部の実質内は染色仁期から卵黄胞期までの退行中の卵母細胞が少数存在する雄性機能個体であった(Fig. 5C)。

6月の21尾(20.0-31.6mm SL)の生殖腺もすべて機能的であった。16尾(20.0-26.2mm SL)の生殖腺は、肥大した卵巣部で占められ、完熟期までの卵母細胞を有し一部の個体で排卵痕も認められ、精巣部は生殖腺被膜部に退行する雌性機能個体であった。しかし、そのうちの2尾(22.7, 25.5mm SL)から精巣部が肥厚して実質内に精子変態中の精細胞が認められ精巣の発達を窺わせる生殖腺があった。残りの5尾(22.4-31.6mm SL)の生殖腺は、大部分が精小嚢に精細胞や精子が充満する精巣部で、精原細胞と精母細胞の包嚢が少なく精子形成活動は不活発であった。この生殖腺の卵巣部は生殖腺被膜に接して存在し、卵原細胞から無卵黄期の卵母細胞で雄性機能個体であった(Fig. 5D)。

7月の17尾(20.0-26.5mm SL)、8月の28尾(18.8-27.3mm SL)、9月の12尾(21.1-26.3mm SL)の生殖腺の成熟状態は6月のそれとほぼ同様であった。しかし8月には比較的小型の1尾(14.0mm SL)から、雌雄いずれにも機能しない未発達な状態を呈する生殖腺が見出された。この生殖腺の中部は、卵巣部と精巣部がほぼ同大で、卵巣部は染色仁期の卵母細胞で占められ、精巣部は精原細胞が卓越し一部に精細胞の出現も認められた(Fig. 5E)。

10月の14尾(16.2-27.8mm SL)では、6-9月と同様に雌性機能や雄性機能を有する生殖腺が存在したが、一部の生殖腺では卵巣部の卵母細胞に退行変性が認められ、雌性機能の衰退傾向が窺われた。ま

た1尾(24.9mm SL)の生殖腺は、後部で卵巣部と精巣部が同大であったが、卵巣部は退行中の無卵黄期の卵母細胞と崩壊中の卵黄形成期の卵母細胞で、精巣部は第一次精母細胞から精細胞の包嚢があり、精子形成活動が活発で輸精管にも精子が認められ、機能的な雄へ移行中であると判断された(Fig. 5F)。

11月には雌性または雄性機能の生殖腺を有する個体は少なく、2尾(27.1, 16.6mm SL)では、生殖腺の実質部が精小嚢で殆ど占められ、輸精管に精子が認められ、また1尾(19.0mm SL)では、精巣部が卵巣部に比べ面積は小さく、卵巣実質内には周辺仁期から第一次卵黄球期までの卵母細胞が見出され、精巣実質の精小嚢には第一次精母細胞から精細胞まで認められ精子形成活動を行っていた。したがってこの個体は雌性または雄性機能か不明瞭であった(Fig. 5G)。

2月の12尾(15.5-27.0mm SL)の生殖腺は機能的でなく、卵巣部と精巣部の相対的に発達状態は多様であり、次のような組織像が認められた。卵巣部が相対的に多くを占める生殖腺は、卵巣実質内に染色仁期から周辺仁期までの卵母細胞が存在する衰退状態を呈し、雌雄いずれとも判断がつかなかったが、退行中の卵黄球期の卵母細胞を有する個体もあった(Fig. 6H)。これら卵巣部が多くを占める生殖腺の精巣部は、第一次から第二次の精母細胞までの包嚢により精小嚢を形成していた。一部の生殖腺では精細胞の包嚢が認められた。一方、精巣部が相対的に多く占める生殖腺は1尾(23.4mm SL)で観察され、精小嚢中には精原細胞から精細胞までの包嚢より成るが、間質部に肥厚が認められ、卵巣部は無卵黄期の卵母細胞が存在した(Fig. 5I)。また、卵巣部と精巣部がほぼ同大の生殖腺では卵巣部は無卵黄期の卵母細胞、精巣部は第一次精母細胞から精細胞までで未発達の状態であった(Fig. 5J)。

以上の結果から、本種は前年の11月から4月までは繁殖休止期で、5月には雌雄とも繁殖が可能な状態になり、6-9月に繁殖盛期となり、10月に性機能の衰退傾向が現れ、11月には繁殖期を終わる。生殖腺の成熟状態から、本種の繁殖期は5-10月と判断された。

4. 生殖突起と生殖腺の関連

生殖突起の形状から性機能を知る手段として、

1991年6月から1992年2月までに採集された123尾(10.1-31.6mm SL)の生殖突起の形状を観察したところ、9月に採集の3尾(10.2-11.2mm SL)、11月の14尾(10.1-18.8mm SL)、2月の4尾(15.5-20.8mm SL)の生殖突起が未発達な21尾を除くとタイプAとタイプBの2型に分けられた。タイプAは細長い円筒状で、先端に向かって細く尖り(Fig. 6A)、タイプBは太短い円筒状で、先端部はひだ状になっていた(Fig. 6B)。各個体の生殖突起の形状と生殖腺の組織像を照合すると、タイプAの生殖突起を有する個体の生殖腺は精巣部が卓越する両性生殖腺で、機能的な雄であった。タイプBの生殖突起を有する個体の生殖腺は、卵巣部が卓越する両性生殖腺で、機能的な雌であった。このタイプAとタイプBの生殖突起の形状は特に繁殖期には生殖腺の組織像とよく対応した。

2月に採集された27.0mm SLの個体の生殖突起

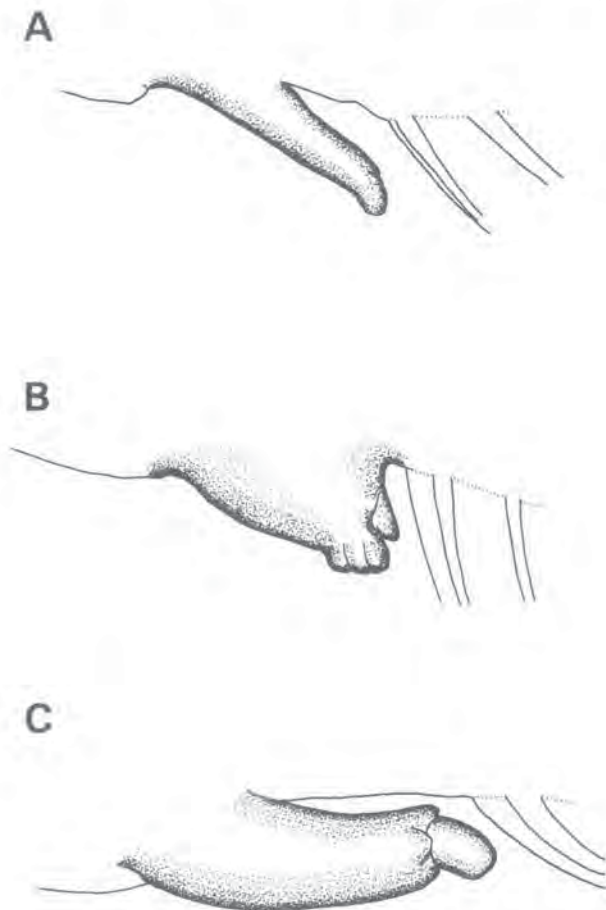


Fig. 6 Diagrammatic view of genital papilla of *T. grammistes*.

A: Papilla of functional male.

B: Papilla of functional female.

C: Papilla of intermediate type between both sexes.



Fig. 7 Non functionally ambosexual gonad of the fish which has a papilla of intermediate type in *T. grammistes* shown in Fig. 6C.

は、基部が幅広い円筒状で、中部付近にひだがあり、先端部はとがって生殖口が開いていた。すなわち雌雄の中間的なタイプの生殖突起であった(Fig. 6C)。この個体の生殖腺は中部付近では卵巣部と精巣部がほぼ同大で、無卵黄期の退行卵が比較的まばらに分布する卵巣部と精小嚢内に精原細胞から精子変態中の精細胞の包囊が認められる精巣部を有していた。この個体は生殖腺の様相から雄としての性機能を備えつつあると判断された(Fig. 7)。これと同様な生殖突起は、後述する同一水槽内に5尾を収容した実験で、性機能が変化したD個体(後述)でも確認された。この個体は雌から雄へと性機能を変化したものであった。

5. 飼育条件下における性機能の変化

本種の生殖腺は月別標本の観察結果では、前述したとおり性的未分化の生殖腺の個体を除き、すべて両性生殖腺を有し、繁殖期には雌性ないし雄性いずれかの機能を果たした。一部の個体の生殖腺では卵巣部と精巣部が共に発達し、雌雄両方の生殖機能を果たし得ると思われる生殖腺も認められた。そこで性機能の変化過程について詳細を知るため、次に述べる飼育実験を行った。

1) 同一水槽内に5個体を収容した時の性機能の変化

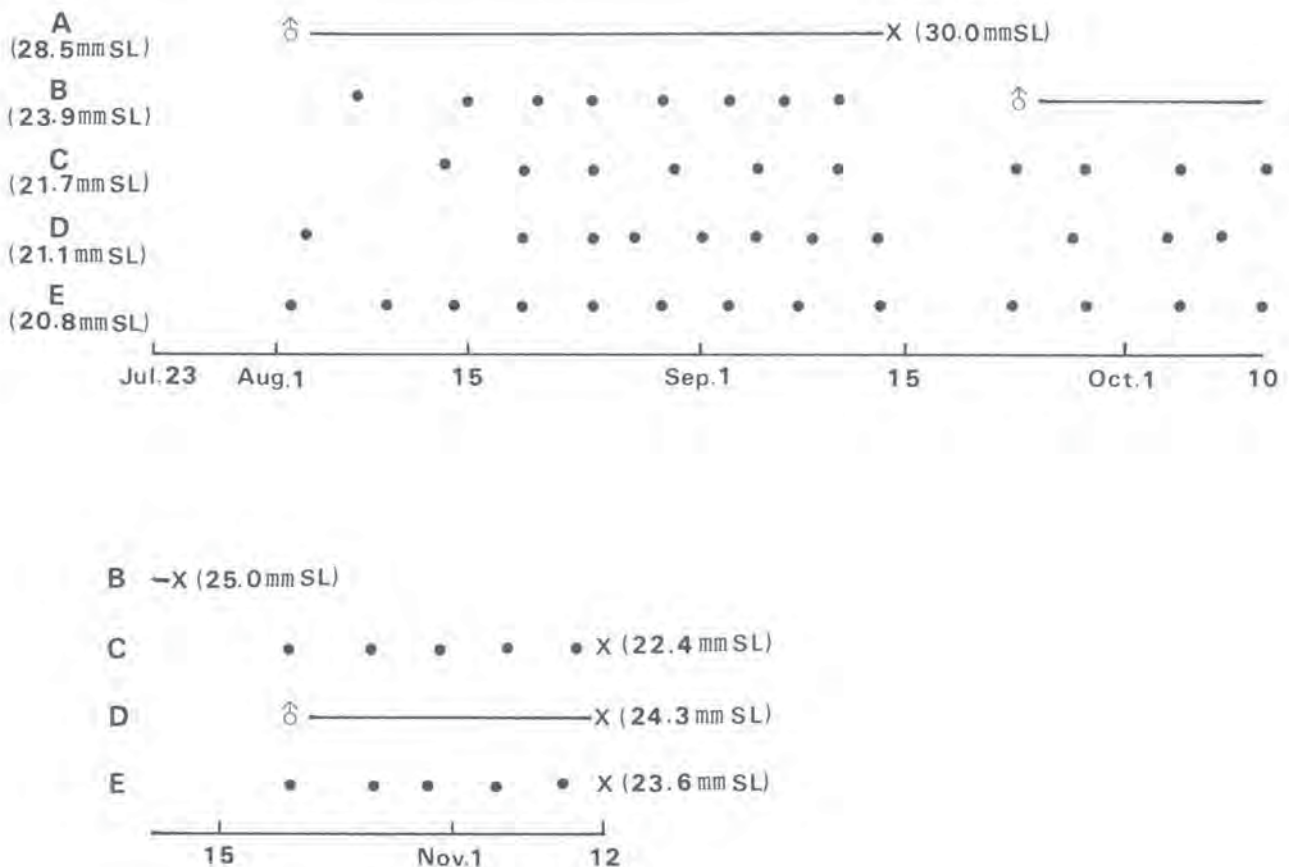
性機能について未確認の体長差のある5尾(A: 28.5mm SL, B: 23.9mm SL, C: 21.7mm SL, D: 21.1mm SL, E: 20.8mm SL)を、同一水槽内に収容して繁殖の経過を観察した。収容10日後の8月2日に最も体長の大きいAが雄としてEを産卵

させ、翌8月3日にDを、さらに6日後の8月8日に再びEを産卵させた。Aはその後、BとCにも産卵させた。Aは1日に4尾の雌と繁殖した時もあった。産卵は雌4尾で合計27回観察された。産卵間隔は、2-15日で平均4.3日であった。次にAを9月14日に取り除き、引き続いて4尾で飼育実験を行ったところ、Aを取り出した9日後の9月23日に2番目に体長の大きいBがCとEを産卵させ、その4日後にDを産卵させ、いずれも正常な受精卵を得て雌から雄へと性機能の変化したことを確かめた。さらに10月13日にBを取り除くと、その7日後の10月20日に実験当初第4番目の体長であったDが雄としてCとEを産卵させ受精卵を得て性機能の変化を確認した。11月12日に実験を終了してC、D、Eの個体の体長を測定したところ、このうちではDの体長が最も大きく(24.3mm SL)、E(23.6mm SL)、C(22.4 mm SL)の順となり成長量の違いが認められた。この結果から、同一水槽内に複数尾を収容すると体長

の大きい個体が小さい個体を制して雄になり、雌のみで組み合わせを作ると大きい個体が雌から雄へと性機能を変化させることも確認された (Table 1)。

上記Aの生殖腺は精巣部が拡張して精母細胞包囊や精子変態中の精細胞、および精子が充満していた。併在していた卵巣部も染色仁期の卵母細胞で構成され未発達であった (Fig. 8A)。BおよびDの生殖腺は、Aの個体と同様精巣部が拡張し、精母細胞の包囊から精子変態中の精細胞、および精子が充満し精子形成が活発であった (Fig. 8B)。一方その卵巣部は両個体とも比較的大型であったが、Bでは卵原細胞や染色仁期の卵母細胞で、Dでは染色仁期から周辺仁前期までの卵母細胞で占められ、卵巣部の退行傾向が明らかであった (Fig. 8C)。これらに対してCとEの生殖腺は、第3次卵黄球期および前成熟期までの各発達段階の卵母細胞が卓越し、精巣部は生殖腺皮膜部に接して小型かつ未発達であった (Figs. 8D and 8E)。

Table 1 Results of the rearing experiment for sex change in *T. grammistes*. Five fish were kept in one aquarium tank, and among them, the largest size fish functioned initially as male and the male mated with smaller fishes as female. When the male was removed (cross mark), the second largest fish functioned as male. Solid circle, spawning.



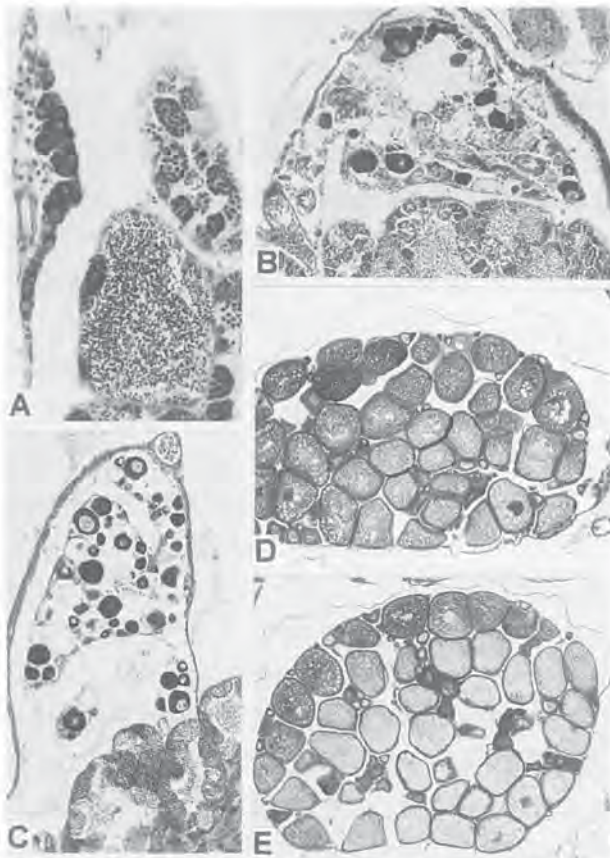


Fig. 8 Ambosexual gonad of *T. grammistes* which had been reared for the experiment shown in table 1.

- A: Gonad of functional male A who did not changed his androgenic sex function through the experiment, $\times 30$.
 B and C: Gonad of the fish B and D who changed their sex function from female to male respectively, B, $\times 48$ and C, $\times 35$.
 D and E: Gonad of the fish C and E who did not changed their gynogenic sex function through the experiment, $\times 26$.

2) 組合せ変更による性機能の変化

上記とは別に4個体を実験対象として、まず体長差がほぼ同じ大きさの2尾ずつ2組 (a: 25.9mm SLとb: 25.1mm SL, c: 22.6mm SLとd: 22.4mm SL) を作り、それぞれを同居飼育し、生殖機能の変化とその過程について検討した。その結果、2組とも体長の大きいaとcが雄、体長の小さいbとdが雌として機能した。次に雄として機能したaとc、雌として機能したbとdを組み合わせると、aとcでは組替え後27日後 (最初の産卵は組替え15日後に行われたが未受精であった) に、bとdでは10日後 (最初の産卵は7日後) に最初の繁殖が確認された。これは第1回目の実験結果と同様、大きい体長のaとbが雄、小さい体長のcとdが雌として機能した。さらに最終的に元の組合せ、すなわちaとb、cとdに戻すと16日後 (最初の産卵で受精)、20日後 (最初の産卵は11日後) にそれぞれ繁殖し、はじめの性に帰ることが確認された。この結果、本種では同一個体が雄-雌-雄、雌-雄-雌と、双方向の生殖機能を果たすことが明らかになった (Table 2)。実験終了時の9月14日の各個体の体長はaが26.8mm SL, bが25.1mm SL, cが22.9mm SL, dが22.6mm SLで体長順位に変化はなかった。

実験終了後、これらの個体の生殖腺を観察した結果、最終的に雄として機能したaとcは、精巣部の発達が顕著で精子変態中の精細胞や精母細胞が充満し、活発な精子形成が認められた。卵巣部は小型で染色仁期から周辺仁期までの無卵黄期の卵母細胞で

Table 2 Results of the rearing experiment for functional sex change in both direction in the aquarium. I: Beginning the experiment. Four sex-undetermined fish (a,b,c and d) were divided into two pairs. II: Functional sex of four fish in two pairs were determined respectively. III: Changing mates together of two pairs and its results. IV: Changing mates together at once and its results. M: male, F: female.

I		II		III		IV		
	May 30, 1991	June 18		June 28	July 25	Aug. 10	Aug. 26	Sep. 14
a	25.9mm SL	→ (M)		a (M)	→ (M)	a (M)	→ (M)	26.8mm SL
b	25.1mm SL	→ (F)		c (M)	→ (F)	b (M)	→ (F)	25.1mm SL
c	22.6mm SL	→ (M)		b (F)	→ (M)	c (F)	→ (M)	22.9mm SL
d	22.4mm SL	→ (F)		d (F)	→ (F)	d (F)	→ (F)	22.6mm SL

論 議

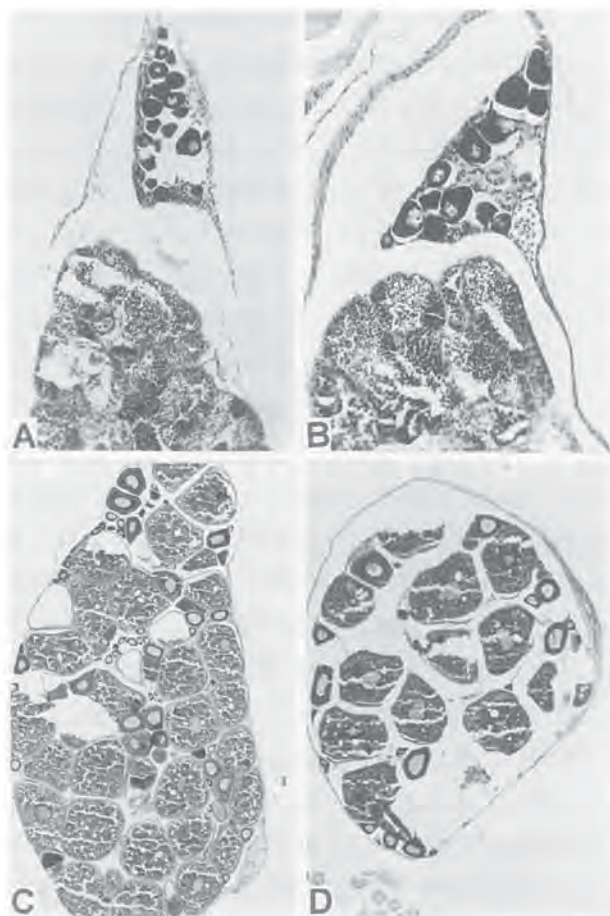


Fig. 9 Ambosexual gonad of *T. grammistes* which had been reared for the experiment shown in table 2.

- A: Gonad of functional male, did not sex change through the experiment, $\times 57$.
 B: Gonad of functional male, sex change from male to female and female to male, $\times 38$.
 C: Gonad of functional female, sex change from female to male and male to female, $\times 30$.
 D: Gonad of functional female, did not sex change through the experiment, $\times 50$.

構成されていた (Figs. 9A and 9B)。a は実験中雌として機能したことはなく、c は雄—雌—雄として機能したが、両者の生殖腺組織形態に違いは認められなかった。雌機能を果たした b と d の生殖腺は、卵巣部が顕著に発達して、ほとんど第 3 次卵黄球期までの各発達段階の卵母細胞で占められるのに対し、精巣部は生殖腺皮膜部に接して若干の組織塊として、認められるだけであった (Figs. 9C and 9D)。精小嚢内には精原細胞が少数観察された。上述のように b は実験期間中一旦雌として機能した個体、d は終始雌として機能した個体であるが、両者の生殖腺組織形態に相違が認められなかった。

本研究の材料となった標本のうち 9-11 月に採集された本年生まれと考えられた 10mm SL 級の 9 尾の生殖腺は、性的に未分化状態にあった。ただし 10 月に採集された同年令と推定される別の 10.5mm SL の 1 尾の生殖腺には肥大卵母細胞と精原細胞が併在し、両性生殖腺への形態形成の初期段階にあった。小林・鈴木 (1992) はオキゴンベ *Cirrhitichthys aureus* (TEMMINCK et SCHLEGEL) の生殖腺では性的未分化生殖腺から周卵巣腔型の卵巣へ分化し、その後さらに精巣組織が形成されて両性生殖腺になり、このような個体がそれぞれに雌雄いずれかの性功能を果たすとした。本研究のイチモンジハゼではこのオキゴンベで観察されたような、性的未分化生殖腺から卵巣へと分化する所見は得られず、卵巣腔の形成以前の段階で将来の卵巣部に無卵黄期卵母細胞、精巣部に精原細胞が出現して両性生殖腺が形成され、両性要素を有しながら卵巣または精巣のいずれかに発達して機能すると判断された。

本種の両性生殖腺では、生殖間膜基部の体腔背縁側に卵巣が、腹縁側に精巣が位置し、両組織の分離は明瞭であって、その様相は *Trimma unisquamis*, *Priolepis hipoliti* (METZELAAR), *P. eugenius* (JORDAN et EVERMANN) (COLE, 1990) やオキナワベニハゼ *T. okinawae* (SUNOBE and NAKAZONO, 1990)、ベンケイハゼ *P. naraharae* REGAN (須之部, 1990) と同様であった。このような生殖腺は SADOVY and SHAPIRO (1987) が述べている delimited type に相当すると思われる。しかし SADOVY and SHAPIRO (1987) はその境界が結合組織で分けられるとしているが、本種の生殖腺では卵巣部と精巣部の境界が卵巣腔によって明瞭に隔てられていた。

SADOVY and SHAPIRO (1987) は卵巣部と精巣部の境界の定まった生殖腺では、先に機能した性が痕跡を残さず、性転換後に完全に消滅してしまうとしたが、本種では両性生殖腺の片方の性が成熟しても、もう一方の性が生殖腺被膜内で退縮するだけで消滅せず残存し、終生両性生殖腺であった。また、*Coryphopterus* の機能的な卵巣には精巣部分が見出されず、移行中の生殖腺で精子形成の組織が拡張して卵巣部が消失し精巣部のみとなる (COLE, 1983; COLE and ROBERTSON, 1988) 現象とも相違していた。機能的雌雄同体性のハゼ科魚類は、既往の報告によ

ると24-5種 (LASSIG, 1977; COLE, 1990) で、そのうち *Paragobiodon* (ダルマハゼ属) に4種, *Gobiosoma* に1種, *Coryphopterus* に6種, *Eviota* (イソハゼ属) に1種, *Lophogobius* に1種, *Gobiodon* (コバンハゼ属) に1種, 合計15種が雌性先熟種とされている (LASSIG, 1977; ROBERTSON and JUSTINES, 1982; COLE, 1990)。これらは雄の生殖腺内に卵母細胞が残存したり、性の転換中に精巣に関連する分泌構造が発達したり、小さい個体が雌、大きい個体が雄などいずれかの理由で雌性先熟種としている。本種では前述したように、性的未分化生殖腺から両性生殖腺へ移行して、いずれかの機能を果たすと判断され、生殖腺の形成過程や体長組成から雌性先熟種とする現象は見出せなかった。むしろ本種は11月の個体の卵巣部には、卵黄球期の卵母細胞が認められる一方で、精巣部には精小囊で活発な精子形成活動も行われているところから、隣接的雌雄同体現象 (ATZ, 1964) の範疇にとどまらず、オキゴンベにおいて報告された隣接的雌雄同体現象と同時的雌雄同体現象の中間的な性現象 (小林・鈴木, 1992) としていると判定された。CLARK (1959) は飼育条件下のヒメコダイ亜科魚類で、同一個体が卵と精子を同時に放出して自家受精した例を報告している。本種も前述のような生殖腺の形態を有することから、その可能性が考えられたが未検証である。

飼育実験の結果からイチモンジハゼの同一個体が雌から雄、雄から雌に双方向へと性を変化させることがわかった。その時に最終的な性機能を果たした生殖腺の組織形態は、発達した卵巣あるいは精巣であった。これは繁殖期の月別標本で、雌雄いずれかの性機能を果たしている生殖腺の形態とほとんど同じであった。この形態は最終的に双方向へ機能的に変化したオキゴンベと同様であったが、ハゼ科魚類で双方向へ性機能が変化するダルマハゼ *Paragobiodon echinocephalus* (RÜPPELL) やオキナワベニハゼ (KUWAMURA et al., 1994; SUNOBE and NAKAZONO, 1993) の生殖腺の組織像と比較検討は出来なかった。余吾ほか (1992) やSUNOBE and NAKAZONO (1993) は双方向へ性機能が変化する要因は、配偶者の消失や同性の強制飼育などで生じるとしている。本種も社会的環境変化によってオキナワベニハゼやダルマハゼと同様、短期間のうちにかなり自由に性を変化させることが判明したが、野外でも双方向への性の変化現象が生じるかは確認できていない。

一般にハゼ類の生殖突起の形状は、二型に分けることができる。すなわちその形状によって外見からの雌雄の判別が可能である (THRESHER, 1984)。また、COLE (1983) とCOLE and SHAPIRO (1992) は雌雄同体性のハゼ類であっても、生殖突起の形状と生殖腺の組織像はよく対応し、性機能の変化に伴って生殖突起も変化する。雌雄を判定するひとつの基準となることを示唆した。一方ROBERTSON and JUSTINES (1982) は雌と雄どちらにも判定できない中間型の形状の生殖突起を持つ *Coryphopterus nicholsi* (BEAN) と *C. glaucofraenum* GILL, *Gobiosoma multifasciatum* STEINDACHNERなどで観察しているが、この場合は雌から雄へ性が移行中の個体としてゐる。本研究のイチモンジハゼも生殖突起の形状によって雌雄を判別できたが、これらはいずれかの生殖機能を果たしている個体であった。それに対して、繁殖休止期の2月の個体は雌雄いずれにも判定できない生殖突起の形状が多かった。このことは2月の個体が繁殖期に向かい、雌雄どちらにも性的移行が可能な状態にあることを示すものと思われた。

謝 辞

本研究をまとめるにあたって、論文の校閲の労をとられるとともに、終始懇切丁寧な指導を賜った東海大学海洋学部水産学科教授 永井 彰博士に深甚なる謝意を表す。また原稿の校閲と研究内容の御指導と御教示を戴いた東海大学海洋学部水産学科教授 小坂昌也博士ならびに東海大学海洋研究所教授 鈴木克美博士に心から厚く御礼申し上げる。さらに研究を進めるに当たって協力、助言を戴いた東海大学海洋研究所教授 田中洋一博士、東海大学海洋科学博物館学芸員 小林弘治博士に深謝する。

本研究は当時東海大学海洋学部学生 薦田 章、平岩昌洋、前田 孝、高橋 牧、奥富直紀、武岡英雄の各氏の協力によってなされたものである。また東海大学海洋科学博物館水族課 (当時) の諸氏にも、本研究の遂行のために供試魚の採集や飼育への多大な協力を得た。御礼申し上げる。

引用文献

- ATZ, J. W. (1964) Intersexuality in fishes. In ARMSTRONG, C. N. and A. J. MARSHALL eds. :

- Intersexuality in Vertebrates Including Man. Academic Press, London, New York, 145-232.
- CLARK, E. (1959) Functional hermaphroditism and self-fertilization in a serranid fish. *Science*, **129**, 215-216.
- COLE, K. S. (1983) Protogynous hermaphroditism in a temperate zone territorial marine goby, *Coryphopterus nicholsi*. *Copeia*, **1983**(3), 809-812.
- COLE, K. S. (1990) Pattern of gonad structure in hermaphroditic gobies (Teleostei: Gobiidae). *Env. Biol. Fish.*, **28**, 125-142.
- COLE, K. S. and D. Y. SHAPIRO (1992) Gonadal structure and population characteristics of the protogynous goby *Coryphopterus glaucofraenum*. *Mar. Biol.*, **113**, 1-9.
- COLE, K. S. and D. R. ROBERTSON (1988) Protogyny in the Caribbean reef goby, *Coryphopterus personatus*: gonad ontogeny and social influences on sex-change. *Bull. Mar. Sci.*, **42**(2), 317-333.
- 小林弘治・鈴木克美 (1992) オキゴンベを中心とする日本産ゴンベ科魚類の雌雄同体現象と性機能. *魚類学雑誌*, **38**(4), 397-410.
- KUWAMURA, T., Y. NAKASHIMA and Y. YOGO (1994) Sex change in either direction by growth-rate advantage in the monogamous coral goby, *Paragobiodon echinocephalus*. *Behav. Ecol.*, **5**(4), 434-438.
- LASSIG, B. R. (1977) Socioecological strategies adopted by obligate coral-dwelling fishes. *Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp.*, **1**, 565-570.
- MARY, C. M. (1993) Novel sexual patterns in two simultaneously hermaphroditic gobies, *Lythrypnus dalli* and *Lythrypnus zebra*. *Copeia*, **1993**(4), 1062-1072.
- NELSON, J. S. (1994) *Fishes of the world*. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York, 600p.
- ROBERTSON, D. R. and G. JUSTINES (1982) Protogynous hermaphroditism and gonochorism in four Caribbean reef gobies. *Env. Biol. Fish.*, **7**(2), 137-142.
- SADOVY, Y. and D. Y. SHAPIRO (1987) Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, **1987**(1), 136-156.
- 塩原美敏 (1996) ハゼ科魚類 6 種の繁殖生態を中心とする生活史. 学位請求論文, 東海大学, 204p.
- SUNOBE, T. and A. NAKAZONO (1990) Polygynous mating system of *Trimma okinawae* (Pisces: Gobiidae) at Kagoshima, Japan with a note on sex change. *Ethol.*, **84**, 133-143.
- SUNOBE, T. and A. NAKAZONO (1993) Sex change in both directions by alteration of social dominance in *Trimma okinawae* (Pisces: Gobiidae). *Ethol.*, **94**, 339-345.
- 須之部友基. (1990) 南九州に生息するハゼ科魚類 3 種の婚姻システムと雌雄性に関する研究. 博士論文, 九州大学, 145p.
- THRESHER, R. E. (1984) *Reproduction in reef fishes*. T.F.H. Publication, Neptune City, 339p.
- 余吾 豊・中嶋康裕・桑村哲生 (1992) ダルマハゼにおける双方向性転換: 野外除去実験による検証, 日本魚類学会講演要旨, 25.

潮間帯で発見されたカマキリの卵塊¹⁾

荒 尾 一 樹²⁾・野 口 文 隆³⁾

Egg Masses of *Cottus kazika* (Scorpaeniformes : Cottidae) under Intertidal Boulders on the Coast of Miho, Shimizu, Central Japan¹⁾

Kazuki ARAO²⁾ and Fumitaka NOGUCHI³⁾

Abstract

Cottus kazika is a catadromous fish which inhabits the rivers of Japan from Honshu to Kyushu. The reproductive ecology of the species was little known until quite recently. The egg masses and attending males were found only in the coastal area near the mouth of the Nagara River and the Gonokawa River.

The authors investigated the reproductive ecology of the species on the coast of Miho, Shimizu, Central Japan from 1997 to 1999. As a result, a total of 53 specimens were collected and a total of 12 egg masses of the species were found. The egg masses were laid under intertidal boulders which dried up when the tide was low at the spring tide. The egg masses showed variation in development stage. The number of eggs and the egg diameters were 2965 to 4174 and 1.45 to 1.71mm, respectively. The egg masses, with the exception of three, were accompanied by a male positioned just below.

One egg mass hatched under observation in the field. Three egg masses, which were collected for breeding, hatched successfully in the aquarium. This suggests that the effect of the drying of the egg masses was not serious for the hatching of *C. kazika*.

緒 言

カマキリ *Cottus kazika* は、降河回遊型の生活史を送る日本固有のカジカ科 Cottidae 魚類である。太平洋側は神奈川県、日本海側は秋田県以南の本州、四国、九州に分布している(後藤, 1989)。本種は階段式魚道やごく低い堰でも遡上を阻害されるために生息域が狭められ、近年各地で減少しており(後藤, 1989)、早急な保護対策が必要とされている。日本の

希少な野生水生生物に関する基礎資料では減少種と判断され(杉本, 1995)、福井県の一部では天然記念物に指定されている。本種の保護・増殖対策のひとつとして、産卵生態についての詳しい調査・研究を行うことは重要である。

本種の産卵生態はほとんど知られていなかったが、近年福井県水産試験場で種苗生産技術の開発が行われ(杉本, 1995)、飼育下での産卵生態に関する多くの知見が得られた。また、長良川(建設省河川

¹⁾本研究の一部は1998年度日本魚類学会年会で発表。

東海大学海洋科学博物館研究業績 No.185

Contribution from the Marine Science Museum, Tokai University, No.185

²⁾東海大学海洋学部水産学科 424-8610 静岡県清水市折戸3-20-1

Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, Tokai University, 3-20-1, Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8610, Japan

³⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保2389

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

局・水資源開発公団, 1992) と, 江の川 (TAKESHITA et al., 1999) の河口周辺の水深1.2~3.5mの海域で卵塊とそれを保護する雄魚が発見され, 天然での産卵生態も徐々に明らかにされてきた。

筆者らは1997年12月19日~1999年3月1日に静岡県清水市三保地先で産卵生態の調査を行った。その結果, 1998年1月27~29日と1999年2月2日の大潮の夜間干潮時に干出中の潮間帯で, 合計12個の卵塊が転石の裏側に産着されているのを発見し, 若干の知見を得ることができた。その観察結果をここに報告し, カマキリの産卵生態に関する一資料としたい。

材料と方法

調査は静岡県清水市三保地先で (Fig. 1), 1997年12月19日~1999年3月1日に原則として毎月1回, 産卵期前後の11~3月は重点的に合計50回行った。調査地点は, ゆるく湾曲した砂浜とそこに隣接する三保マリーナ内のコンクリート岸壁で (Fig. 2), 三保マリーナ内の水深は最大約5m, 塩分は32~35pptであった。底質は全体に貝殻・小石混じりの砂地であるが, 深くなるにしたがって多くの砂泥が堆積していた。大潮干潮時にはコンクリート岸壁から幅



Fig. 1 Location of the survey site on the coast of Miho, Shimizu.

Pen.: Peninsula, Pref.: Prefecture.



Fig. 3 Photographs of the survey site on the high tide (A) and the low tide (B).

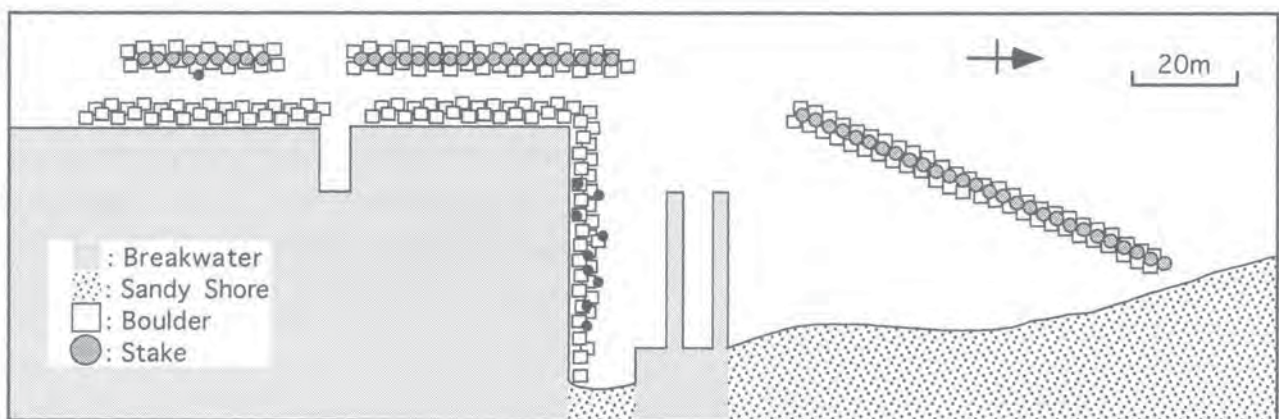


Fig. 2 Schematic view of the survey site.

Black circle is a point that egg masses of *Cottus kazika* were found.

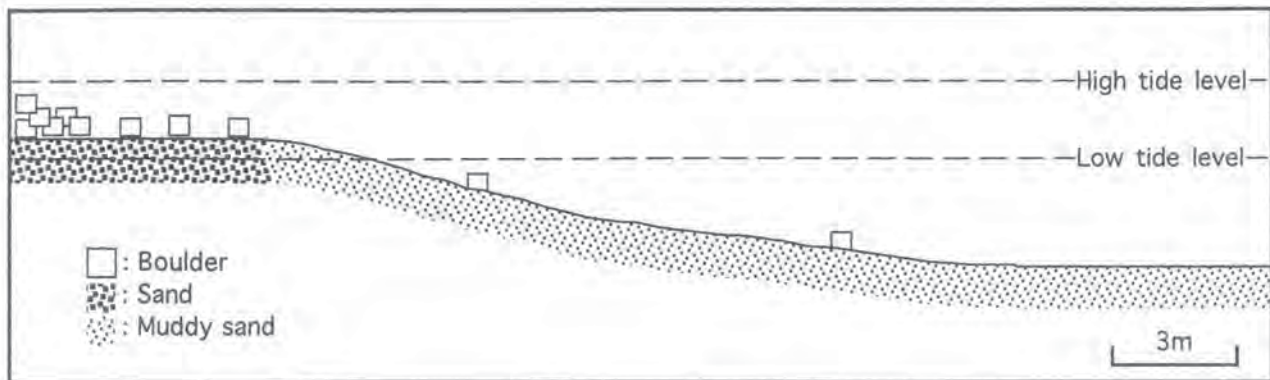


Fig. 4. A topographical section of the survey site in the spring tide.

約2～7mの砂地が露出し、その上には浮いた状態の転石が多数散在していた (Figs. 3 and 4)。沖合いの杭周辺にも転石帯があるが、転石は砂泥に埋もれ、浮いた状態の転石はほとんどなかった。また、砂浜には転石はほとんどなかった。

親魚および卵塊の探索は、干潮時に干出した潮間帯の観察と素潜りによる水中観察を併せて行った。採集した親魚は、外見からの雌雄判別、体長などの計測を行った後、個体識別をするためにGOTO (1985) に従い標識放流した。雌雄の判別は、口中に赤色の婚姻色の現われた個体を雄魚、産卵直前と思われる腹の肥大している個体、産卵直後と思われる腹のへこんでいる個体を雌魚とした。確認した卵塊は、大きさなどの計測と写真撮影を行った後、8卵塊は元の場所に戻した。4卵塊は東海大学社会教育センター海洋科学博物館に持ち帰り、2卵塊の卵数を計数し、3卵塊の卵径を計測した後、水槽で飼育した。

結 果

1997年12月19日～1998年3月7日に39個体、1998年11月23日～1999年2月1日に14個体、合計53個体の親魚を採集した。それらの体長範囲 (平均±標準偏差) は84.7～180.0 (128.2±23.5) mmであった。そのうち、体長89.6～175.0 (113.5±13.8) mmの16個体が雄魚、体長84.0～177.3 (132.5±21.6) mmの14個体が雌魚であった。23個体には性徴が見られず、雌雄の判別はできなかった。

1998年1月27～29日に10個、1999年2月2日に2個、合計12個の卵塊を発見した (Table 1)。それらの卵塊は、貝殻・小石混じりの砂地上にある浮いた状態の転石の裏側に産着されていた。それらの転石の大きさは長径32～69cm、短径24～53cmであった。全ての卵塊が、大潮の夜間干潮時に干出している転石から確認された。卵塊が産着されていた転石は、昼間の干潮時には干出しなかったが、大潮の夜間干

 Table 1. Spawning sites of *Cottus kazika* found on the coast of Miho, Shimizu.

Date	Size of boulder (cm)* ¹	Size of egg mass (mm)* ¹	Number and sex of <i>Cottus kazika</i>	Water temp. (°C)	Air temp. (°C)
1998					
Jan. 27	33×24	59×56	1♂	14.0	7.2
Jan. 28	68×53	70×56	1♂	13.4	7.3
Jan. 28	45×38	52×40* ²	1♀, 2♂♂	13.4	7.3
Jan. 28	37×28	41×40	1♂	13.4	7.3
Jan. 28	69×43	43×39	—	13.4	7.3
Jan. 29	65×40	38×31* ³	1♂	14.9	5.2
Jan. 29	36×30	50×43	—	14.9	5.2
Jan. 29	32×27	43×41	1♂	14.9	5.2
Jan. 29	32×28	65×40, 70×61	1♂	14.9	5.2
1999					
Feb. 2	53×39	54×39, 47×36* ²	—	14.2	9.2

*¹: longest axis × shortest axis, *²: hatched in the aquarium, *³: hatched in the field.

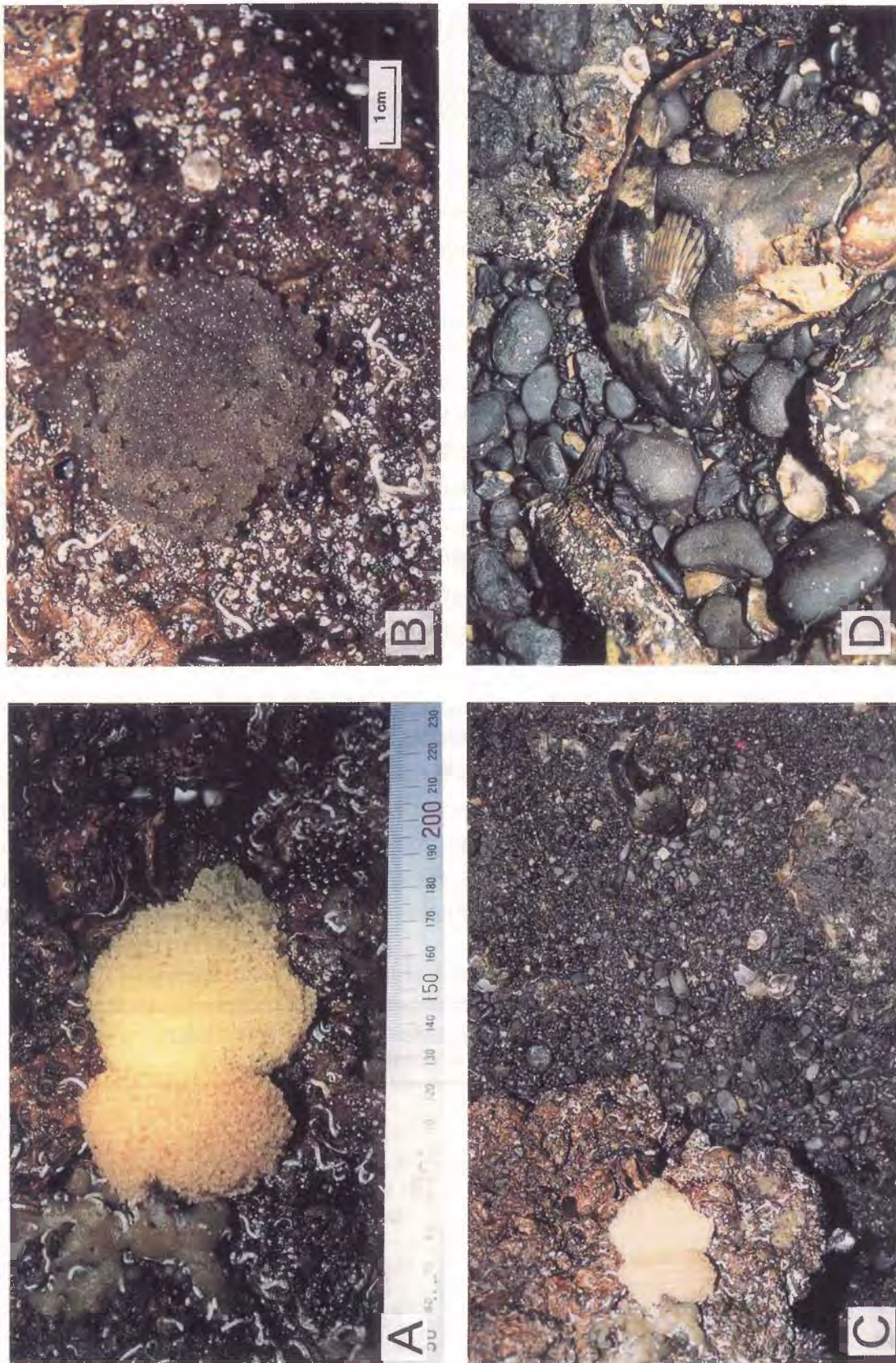


Fig. 5. Egg masses of *Cottus kazika* and males found on the coast of Miho, Shimizu.
 A : Two egg masses which showed variation in color, B : One egg mass which was immediately before hatching, C : Two egg masses and a male,
 D : Male exposes near the egg mass at low tide and his skin has been dried up.

潮時には完全に干出し、転石下にも水は全くなかった。卵塊が産着されていた転石の位置は、潮位基準面より約2～30cmの高さにあり、大潮満潮時の水深は最大約1.5mであった。大潮の夜間干潮時にも水没している転石の多くは砂泥に埋もれており、そこからは卵塊を確認できなかった。

卵塊の大きさは長径38～70mm、短径31～61mmであった。ほとんどの卵塊は1個の転石に1個産着されていたが(10例中8例)、1個の転石に2個産着されていたのが2例あった(Fig. 5A)。発見時の卵塊の卵内発生段階は様々であり、初期の状態のものから、発眼して孵化直前の状態のものまで確認され、全てが正常に発生していた(Fig. 5B)。1個の転石に2個の卵塊が産着されていた2例では、それぞれの卵塊の卵内発生段階は異なっていた。調査地点で観察中に孵化した卵塊も1例あった(Table 1)。計数した2卵塊の卵数はそれぞれ2965、4174粒、計測した3卵塊の卵径の範囲(平均±標準偏差)は1.45～1.71 (1.49±0.10) mm (n=30)であった。また、持ち帰った4卵塊は水槽で正常に孵化した。

卵塊が産着されていたほとんどの転石下では、親魚が卵塊に寄り添って静止していた(10例中7例)。そのうち5例は1個の卵塊に対しそれぞれ1個体の雄魚が確認された(Fig. 5C)。1例は2個の卵塊に対し1個体の雄魚が確認された(Table 1)。1個の卵塊に対し2個体の雄魚と1個体の雌魚が確認された1例もあった。親魚は水が引いて体が完全に露出しても留まっており、親魚の体表が乾燥している例もあった(Fig. 5D)。また、雄魚が確認されなかった卵塊が3例あった。

論 議

本調査地周辺には河川がなく、もっとも近い河川である波多打川と庵原川の河口からも、直線距離でそれぞれ約3 kmと4 km離れている(Fig. 1)。これまでの卵塊発見例は河口周辺の海域に限られており(建設省河川局・水資源開発公団, 1992; TAKESHITA et al., 1999)、今回の卵塊発見はこれまでに報告されていない例であった。本調査地で親魚は11～3月、卵塊は1～2月に確認され、親魚も卵塊もそれ以外では確認されなかった。したがって、河川を降河したカマキリの親魚が、産卵のために11～3月にこの海域に集まり、1～2月に産卵する

と考えられた。

本調査では全ての卵塊は大潮の夜間干潮時に干出する位置にある転石から確認された。カマキリの卵塊が干出する転石より確認された事例はこれまでに報告されていない。また、全ての卵塊は砂上にある浮いた状態の転石から確認され、大潮の夜間干潮時にも水没している底質が泥に埋もれた状態の転石からは確認されなかった。したがって、砂上にある浮いた状態の転石がカマキリの産卵に適していると考えられた。カマキリの産卵に適した転石が潮間帯に多いため、潮間帯で産卵したものと推察された。

卵塊発見時の気温は5.2～9.2°C、水温は13.4～14.9°Cであり、水没時と干出時の温度を比較すると、その差は著しかった(Table 1)。さらに、このような大きな温度変化を受けても卵塊は正常に孵化した。したがって、カマキリの卵塊はある程度の時間干出することがあっても、卵内発生は正常に進み孵化すると考えられた。

ほとんどの卵塊のそばには雄魚がおり、これらの雄魚は卵塊を保護しているものと考えられた。しかし、本調査では雄魚に保護されていない卵塊も3例確認された。干出中に卵塊を発見したため、人為的な影響が原因で雄魚が逃げたとは考えられない。これまでの卵塊発見例では、全ての卵塊が雄魚に保護されており(建設省河川局・水資源開発公団, 1992; TAKESHITA et al., 1999)、水槽飼育実験でも雄魚は孵化するまで卵塊を保護すると報告されている(TAKESHITA et al., 1999)。本調査で雄魚の保護下でない卵塊が見られたのは、干出が卵保護に適しておらず途中で放棄してしまったものと推察されるが、今後さらに詳細な調査が必要であろう。

謝 辞

東海大学海洋研究所の西 源二郎教授には、本稿のご校閲をいただいた。東海大学海洋研究所の鈴木克美教授、岸本浩和助教授、神奈川県水産総合研究所内水面試験場の勝呂尚之氏には、適切なご指導とご助言をいただいた。静岡淡水魚研究会の石田 淳氏をはじめ、東海大学社会教育センターの山田一幸氏、東海大学大学院海洋学研究科生の北野 忠氏、東海大学海洋学部生(当時)の平岡正晴氏、村田 健氏、大和 剛氏、東海大学海洋学部水族応用生態研究会の諸君には調査に協力していただいた。文献の

入手には水産大学校生物生産学科の竹下直彦講師にお世話になった。ここに感謝の意を表したい。

引用文献

- GOTO, A. (1985) Individual identification by spine and ray clipping for freshwater sculpins. Japan. J. Ichthyol., **32**(3), 359-362.
- 後藤 晃 (1989) アユカケ。川那部浩哉・水野信彦編・監修：山溪カラー名鑑 日本の淡水魚，山と溪谷社，東京，655-657。
- 建設省河川局・水資源開発公団 (1992) アユカケの産卵場確認調査。長良川河口堰に関する追加調査報告書，建設省河川局・水資源開発公団，79-82。
- 杉本剛士 (1995) カマキリ，日本水産資源保護協会編：日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (II)，370-396。
- TAKESHITA, N., N. ONIKURA, S. NAGATA, S. MATSUI and S. KIMURA (1999) A note on the reproductive ecology of the catadromous four-spine sculpin, *Cottus kazika* (Scorpaeniformes: Cottidae). Ichthyol. Res., **46**(3), 309-313.

掛川層群大日累層から産出した板鰐類化石¹⁾

横山 謙二²⁾・後藤 仁敏³⁾・柴 正博⁴⁾

Elasombranch Remains from the Dainichi Formation of the Kakegawa Group (Pliocene), in Shizuoka Prefecture, Central Japan¹⁾

Kenji YOKOYAMA²⁾, Masatoshi GOTO³⁾ and Masahiro SHIBA⁴⁾

Abstract

Two hundreds and fifty-five fossil teeth of elasmobranchs are found from the Dainichi Formation of the Kakegawa Group (Pliocene) in Shizuoka Prefecture. The Dainichi Formation is comprised of the Dainichi Sand Member and Tenno Silty Sand Member. The fossil teeth of elasmobranchs are classified into ten families, twenty-five genera and twenty-seven species, and the represented specimens of all species are described in this paper.

The fossil assemblage of elasmobranchs found from the Dainichi Formation is characterized by that coastal species of the warm current ocean were dominant, which is coincided with those of the Kakegawa mollusk fauna. The coastal species are found from the basal horizon of the Dainichi Sand Member and the coastal and open sea species are found from the upper horizon of the Dainichi Sand Member and the Tenno Silty Sand Member. This indicates that the occurrence of the elasmobranch fossils from each horizon of the Dainichi Formation is closely related with its depositional environment.

はじめに

静岡県掛川市南部周辺に分布する新第三系の掛川層群は、日本の新第三系模式地のひとつとして、また鮮新世の化石を多産する地層として、古くから層序学および古生物学的研究が行われてきた。それらの研究には、榎山 (1925, 1928a, 1928b, 1950, 1963), MAKIYAMA (1927, 1931), 千谷 (1928, 1931), 榎山・坂本 (1957), TSUCHI (1961), UJIE (1962),

CHINZEI and AOSHIMA (1976), 鎮西 (1980), IBARAKI (1986), 茨木 (1986), 柴ほか (1996) などがある。

特に掛川層群の大日累層と天王シルト質砂層から産出する軟体動物を主とする化石は、掛川動物群 (OTUKA, 1939) として知られている。掛川層群からの板鰐類化石の産出報告は少なく、田中 (1985) と久家 (1985) の報告があるのみである。しかし、これら報告のどちらも産地や化石の詳細な記載が示されていない。

¹⁾東海大学自然史博物館研究業績 No.46

Contributions from the Natural History Museum, Tokai University, No.46

²⁾東海大学海洋学部 424-8610 静岡県清水市折戸3-20-1

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

³⁾鶴見大学歯学部解剖学教室 230-8501 横浜市鶴見区鶴見2-1-3

Department of Anatomy, School of Dental Medicine, Tsurumi University, 2-1-3, Tsurumi, Tsurumi, Yokohama, 230-8501, Japan

⁴⁾東海大学社会教育センター 424-8620 静岡県清水市三保2389

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

本稿では、掛川層群大日累層から産出した板鰐類化石の記載を行い、板鰐類化石群集の特徴やその堆積環境との関係について考察した。

地質概説

掛川市街北西部には、白亜系の三倉層群と中新統の倉真層群・西郷層群を基盤として、上部鮮新一下部更新統の掛川層群上部層が分布する。掛川層群上部層は、下位から上内田累層、大日累層、土方累層からなり、大日累層は大日砂層と天王シルト質砂層からなる(柴ほか, 2000)。本稿で述べる板鰐類化石は大日累層から産出したため、ここでは大日累層について柴ほか(2000)にしたがい、地質概説を述べる。Fig. 1に調査地域の位置、Fig. 2にその地質図を示す。

大日累層は、磐田郡豊岡村から周智郡森町南部、袋井市北部、掛川市南部の地域に分布する。大日砂層と天王シルト質砂層は大日累層の分布地域の北西

部で指交関係にある。

大日砂層は、袋井市大日を模式地とし、主に分級の良い細粒から中粒砂よりなる。層厚は100~200mで、基盤を明瞭な侵食面を持つ不整合で覆う。基盤との境界付近には分級の悪い礫層が挟在する。砂層にはハンモック状斜交層理や平行葉理、トラフ型斜交層理などが発達するが、しばしば生物擾乱の著しい部分もみられる。

天王シルト質砂層は、掛川市大池を模式地とし、生物擾乱の著しいシルト質の極細粒砂~シルト層よりなる。天王シルト質砂層にはしばしば分級の良い平行葉理の発達する細粒砂層を挟む。掛川市小市、大池、家代付近では、スランプ構造が発達する。

板鰐類化石産地の産状と産出化石

本稿で記載する板鰐類化石の産出層準はすべて掛川層群大日累層の大日砂層と天王シルト質砂層にあたる。Fig. 3に板鰐類化石の産地を示す。そのうち大

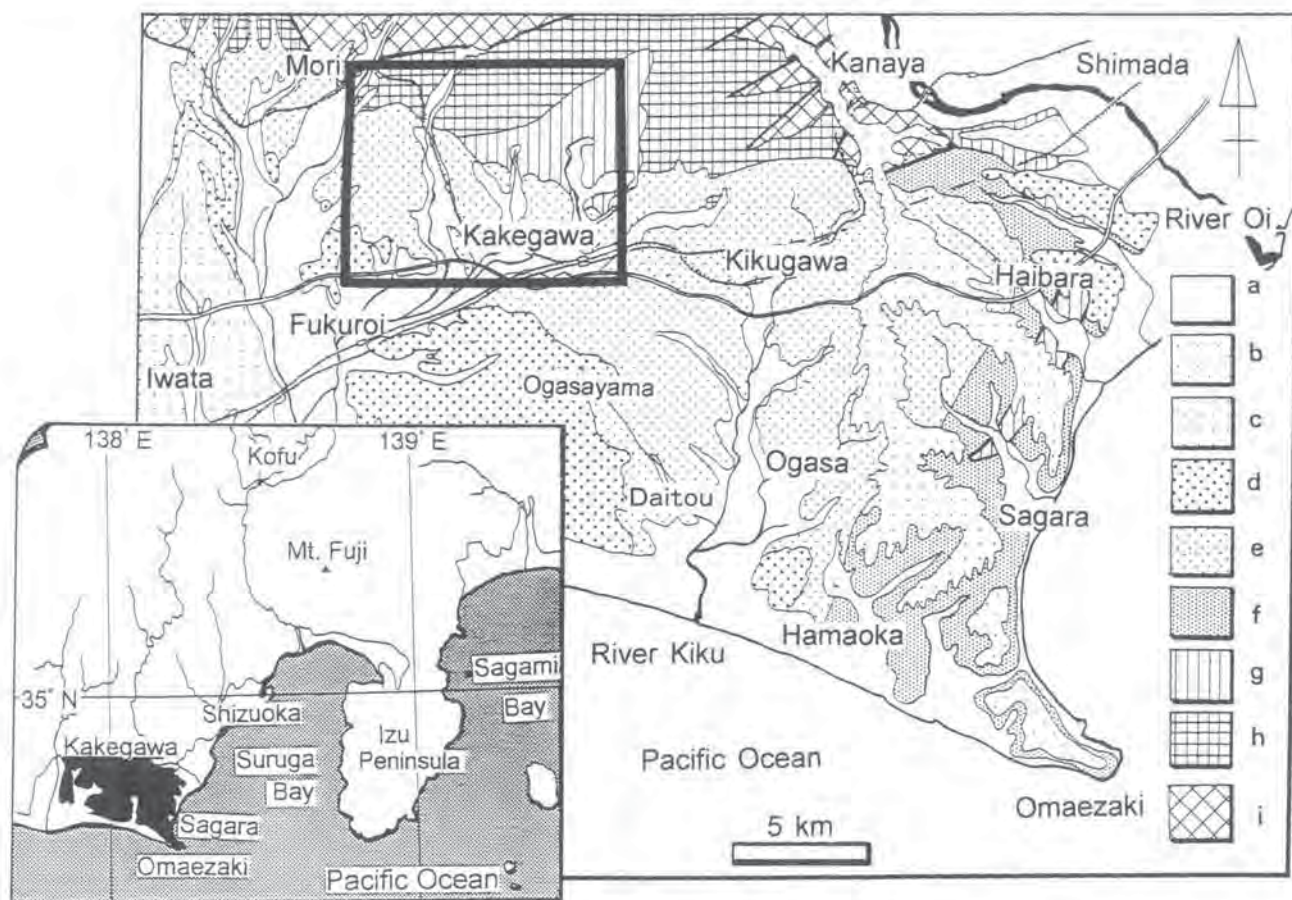


Fig. 1 Location and geological map of the Kakegawa Group. The block area with line shows the location of the geological map (Fig. 2). a: Holocene, b: Upper Pleistocene, c: Middle Pleistocene, d: Ogasayama Group, e: Kakegawa Group, f: Sagara Group, g: Saigou Group, h: Kurami Group, i: Setogawa Group and Mikura Group.

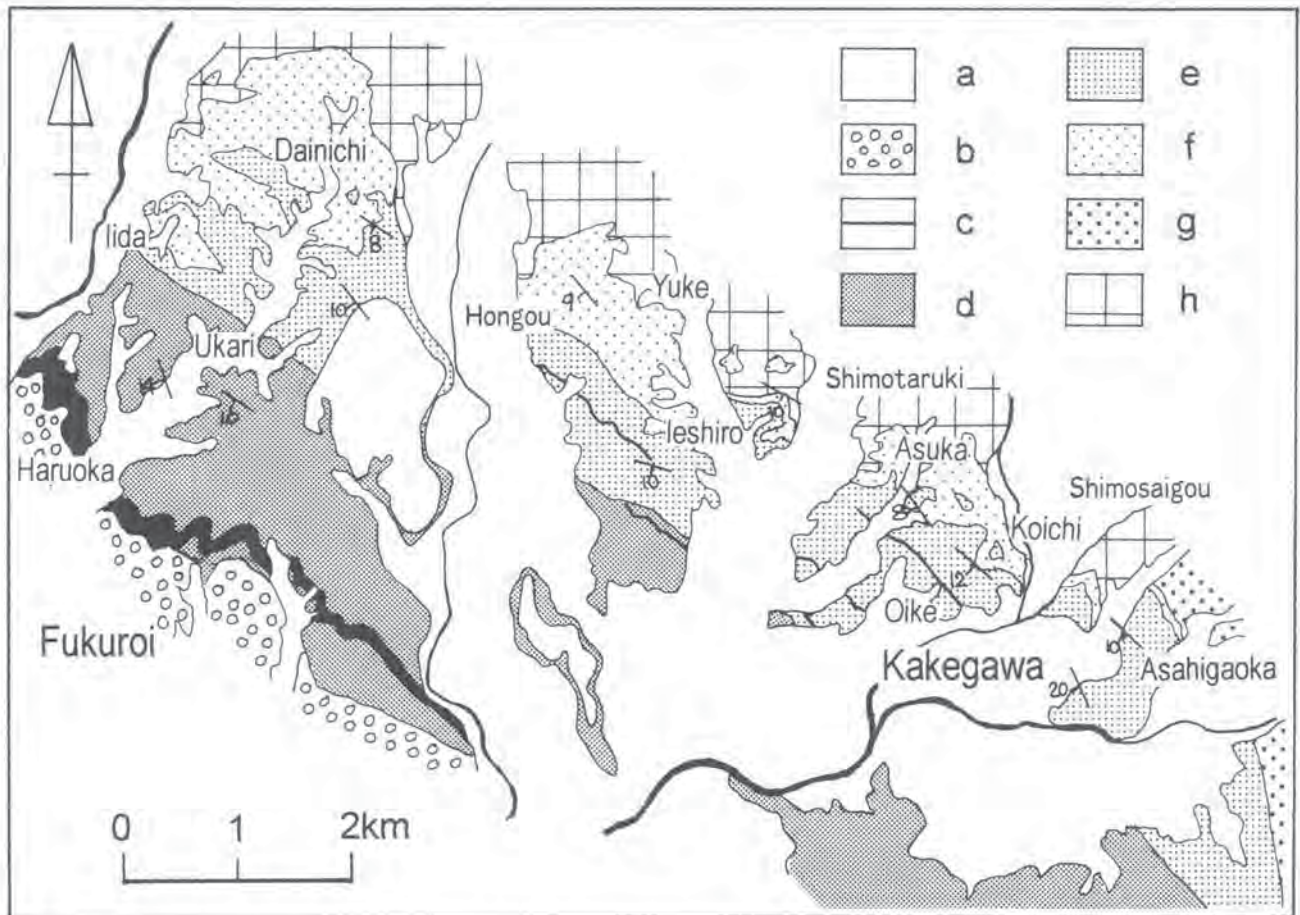


Fig. 2 Geological map of the research area. a : Holocene, b : Ogasa Group, c-g : Kakegawa Group (c : Volcanic ash bed, d : Hijikata Formation, e : Tenno Silty Sand Member of the Dainichi Formation, f : Dainichi Sand Member of the Dainichi Formation, g : Kamiuchida Formation, h : Basement.)

日砂層からの産出地は、小市 (Loc. 1) のⅠ層、方の橋 (Loc. 2)、飛鳥 (Loc. 3)、遊家 (Loc. 4)、本郷東 (Loc. 5)、水垂 (Loc. 7)、大日 (Loc. 10) にあたり、天王シルト質砂層からの産出地は、小市 (Loc. 1) のⅡ層、Ⅲ層、Ⅳ層、旭ヶ丘 (Loc. 6)、上屋敷 (Loc. 8)、家代 (Loc. 9) にあたる。なお、産出する軟体動物化石については、OZAWA et al. (1998), NOBUHARA (1993), 土 (1983) を参考に分類した。各産出地の化石の産状と産出化石について、以下に記載する。

小市 (Loc. 1)

本露頭は上西郷小市の掛川バイパス南側にあり、ここには大日砂層と天王シルト質砂層が分布する。本露頭では、化石の密集する層が4層みられる。化石が密集する層準を下位からⅠ層～Ⅳ層に分け、その内、Ⅰ層は大日砂層に挟在し、Ⅱ層、Ⅲ層、Ⅳ層は天王シルト質砂層に挟在する。

Ⅰ層：大日砂層上部にあり、細粒から中粒砂の分級

の良い砂層中に塊状に化石が密集する。上位にはしばしばmud crust状生痕化石がみられる。軟体動物化石の保存状態は悪く、*Glycymeris totomiensis*, *Glycymeris albolineata*が多産し、*Amussiopecten praesignis*, *Megcardita panda*, *Turritella perterebra*, *Olivella spretoides*, *Paphia takanabensis*, *Phacosoma japonicam*, *Oliva mustelina*, *Solen* sp., *Anadara (Scapharca) castellata*などの軟体動物、板鰐類と硬骨魚類の歯と骨片・耳石の化石が産出する。

Ⅱ層：大日砂層との境界から約1 m上位のシルト質砂層中に挟在する層厚が2 cm～5 cmの化石密集層。Ⅰ層の化石と比べて比較的保存状態の良い化石が産出する。本層からは、特に*Glycymeris totomiensis*の合弁したままの化石が産出する。他に、*Glycymeris albolineata*, *Megcardita panda*, *Oliva mustelina*, *Umbonium (Suchium) suchiense suchiense*, *Babylonia elata*などの軟体動物、鯨類の骨片、板鰐類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。



Fig. 3 The localities of elasmobranch remains from the Kakegawa Group in Kakegawa City and Fukuroi City. Black circles with numbers are fossil localities.

III層：II層の約10m上位に挟在する層厚が30cmの化石密集層。保存状態の良い化石と保存状態の悪い化石が共に産出する。本層からは、*Glycymeris totomiensis*が多産し、*Megacardita panda*, *Paphia lakanabensis*, *Mizuhopecten pseudoyessoensis*, *Umbonium* (*Suchium*) *suchiense suchiense*, *Babylonia elata*, *Siphonalia* sp., *Olivella spretooides*などの軟体動物、鯨類の尾椎、板鰓類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。

IV層：III層の約3m上位に挟在する層厚60cmの化石密集層。下部の約20cmに特に化石が密集し、含まれる化石は保存状態の良いものと保存状態の悪いものが共に産出する。産出する化石の種類はIII層のものに類似する。

方の橋 (Loc. 2)

本露頭は上西郷の方の橋南側、掛川バイパス北側にあり、大日砂層上部に相当する地層が露出する。本露頭では、ハンモック状斜交層理に沿って化石が密集する。本露頭の層準は、Loc. 1のI層とほぼ同

じ層準にあたり、産出する化石はI層のものに類似する。

飛鳥 (Loc. 3)

本露頭は下垂木飛鳥の金谷池の東側にあり、ここには大日砂層と天王シルト質砂層が分布する。下位の大日砂層は細粒から中粒砂の分級の良い砂層で、ハンモック状斜交層理が発達し、上部には化石が密集する層が挟在する。上位の天王シルト質砂層はシルト質の細粒砂からなる砂層で、生物擾乱が著しい。大日砂層に挟在する化石密集層からは *Glycymeris albolineata*, *Megacardita panda*が多産し、*Turritella perterebra*, *Anadara* (*Scapharca*) *castellata*などの軟体動物、板鰓類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。

遊家 (Loc. 4)

本露頭は遊家にあり、大日砂層の基底付近の層準にあたる。本露頭の大日砂層は、下位から約2mは礫層で、その上位の中粒砂層にはハンモック状斜交層

理が発達する。礫層は小礫から中礫の亜円礫からなり、化石を多く含む。この礫層からは、*Glycymeris albolineata*, *Megcardita panda*, *Turritella perterebra*, *Anadara* (*Scapharca*) *castellata*, *Umbonium* (*Suchium*) *suchiense suchiense*, *Babylonia elata*などの軟体動物、板鰐類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。また本露頭からは鳥類の大腿骨化石の産出報告（小野，1980）がある。

本郷東 (Loc. 5)

本露頭は本郷東にあり、ここには大日砂層が分布する。本露頭の大日砂層は、主にハンモック状斜交層理が発達する中粒砂層からなり、層厚10cm～30cmの化石密集層が挟在する。この化石密集層からは、*Amusiopecten praesignis*, *Glycymeris albolineata*, *Megcardita panda*, *Turritella perterebra*, *Anadara* (*Scapharca*) *castellata*, *Umbonium* (*Suchium*) *suchiense suchiense*, *Babylonia elata*などの軟体動物、板鰐類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。

旭ヶ丘 (Loc. 6)

本露頭は掛川市警察署の北側にあり、天王シルト質砂層が分布する。本露頭の天王シルト質砂層は、主にシルト質細粒砂層からなる。このシルト質砂層中には化石が点在し、石灰質ノジュールが含まれる。このシルト質砂層中より産出される化石は保存状態が良く、二枚貝は合併したものも多い。本層からは *Glycymeris totomiensis*, *Megcardita panda*, *Clementia papyracea*, *Tonna luteostoma*, *Acila divdricata*, *Babylonia elata*などの軟体動物と板鰐類の歯の化石が産出する。

水垂 (Loc. 7)

本露頭は下西郷の城北小学校の北側にあり、大日砂層の基底付近の層準が分布する。本露頭の大日砂層は細粒から中粒砂の分級の良い砂層からなり、塊状に化石が密集する部分がある。この化石が密集する部分から産出する化石はLoc. 1のI層のものと類似する。

上屋敷 (Loc. 8)

本露頭は大池の東側にあり、天王シルト質砂層が分布する。本層の化石の産状と産出する化石はLoc.

6と類似する。

家代 (Loc. 9)

本露頭は掛川球場の東側にあり、天王シルト質砂層が分布する。本層の天王シルト質砂層は、主にシルト質砂層からなり、上部には化石密集を挟在する。またスランプスカーやチャンネル状構造が発達する。化石密集層から産出する化石は *Glycymeris albolineata*, *Megcardita panda*, *Oliva mustelina*, *Umbonium* (*Suchium*) *suchiense suchiense*, *Babylonia elata*などの軟体動物、板鰐類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。スランプスカー周辺の層準からは *Ophiozonella longispina* や *Ophiura sarsii*などのクモヒトデの化石が多産する (ISHIDA et al., 1998)。

大日 (Loc. 10)

本露頭は袋井市大日の日本シェーパー原種農場の西側の露頭で、大日砂層の基底層準にあたる。本露頭の大日砂層は礫層を挟在する中粒砂層からなる。基底面には穿孔貝の生痕化石が観察される。礫層は塊状で小礫から中礫の亜円礫からなり、化石を多く含む。この礫層からは、*Glycymeris albolineata*, *Megcardita panda*, *Turritella perterebra*, *Anadara* (*Scapharca*) *castellata*, *Umbonium* (*Suchium*) *suchiense suchiense*, *Babylonia elata*などの軟体動物、板鰐類と硬骨魚類の歯や骨片・耳石の化石が産出する。

板鰐類化石の記載

各産出地からの産出数についてTable 1に示す。大日累層からの産出した板鰐類歯化石255標本について10科15属17種に分類し、その各種の主な標本を記載した。標本全体の中で計測可能な標本について、その計測値をTable 2に示す。板鰐類の歯に関する用語は、久家・後藤 (1980)、矢部・後藤 (1999) の定義にもとづいて記載を行う。板鰐類化石の計測方法は、後藤 (1970) にしたがった。記載した標本のうち、KD-02, KD-05, KD-06, KD-11, KD-67, KD-69, KD-20, KD-21の各標本は後藤智徳氏が所蔵し、99102402標本は北村孔志氏が所蔵し、その他の標本については東海大学自然史博物館に保管されている。

Table 1 The Elasmobranch species and numbers found from each location of the Kakegawa Group. Loc. 1 : Koichi, Loc. 2 : Honobasi, Loc. 3 : Asuka, Loc. 5 : Yuke, Loc. 5 : Hongou-higasi, Loc. 6 : Asahigaoka, Loc. 7 : Mizutari, Loc. 8 : Kamiyashiki, Loc. 9 : Ieshiro, Loc. 10 : Dainichi. The locality of number with circle belongs to the Tenno Silty Sand Member.

Species \ Loc.	1	2	3	4	5	⑥	7	⑧	⑨	10
Heterodontiformes (ネコザメ目)										
<i>Heterodontus</i> sp.	1		2	1	40					
Lamniformes (ネズミザメ目)										
<i>Parotodus</i> sp.	1									
<i>Isurus paucus</i> (バケアオザメ)					1					
<i>Isurus oxyrinchus</i> (アオザメ)					3					
<i>Carcharodon carcharias</i> (ホホジロザメ)	1	2		1	8	1				
Squaliformes (ツノザメ目)										
<i>Squalus</i> sp.	7									
Carcharhiniformes (メジロザメ目)										
<i>Hemipristis elongatus</i> (カマヒレザメ)					3					
<i>Carcharhinus longimanus</i> (ヨゴレ)	3				12				1	
<i>Carcharhinus altimus</i> (ハビレ)			1		9			1		
<i>Carcharhinus</i> sp.	3	1	5	1	10		1			
<i>Galeocerdo cuvier</i> (イタチザメ)				3	5					
<i>Scyliorhinus</i> sp.					13					
<i>Hypogleus</i> sp.					30					
<i>Sphyrna</i> sp.			1		6					
Squatiniiformes (カスザメ目)										
<i>Squatina</i> sp.	1				24					2
Pristiophoriformes (ノコギリザメ目)										
<i>Pristiophorus</i> sp.					3					
Rajiformes (エイ目)										
<i>Dasyatis</i> sp.					22					
<i>Rhynchobatus</i> sp.					25					1

Class Condriichthyes 軟骨魚綱
Subclass Elasmobranchii 板鰐亜綱
Order Heterodontiformes ネコザメ目
Family Heterodontidae ネコザメ科
Genus *Heterodontus* ネコザメ属

Heterodontus sp.

側歯 (Fig. 4-1a, b, c, 991701標本)

産出地: Loc. 3

記載: 本標本は、咬合面観では四角形か菱形を呈する。咬合面中央で膨隆する。歯冠の咬面のエナメロイド表面には多数の小孔が観察される。基底面は平面である。

前歯 (Fig. 4-2a, b, KD-9919標本)

産出地: Loc. 5

記載: 本標本は側歯と異なり、小型で歯冠には咬頭を持つ。現生種では主咬頭と副咬頭からなる前歯もあるが、本標本は副咬頭を持たない。咬頭頂は鋭く

なく、舌側に傾く。

Order Lamniformes ネズミザメ目

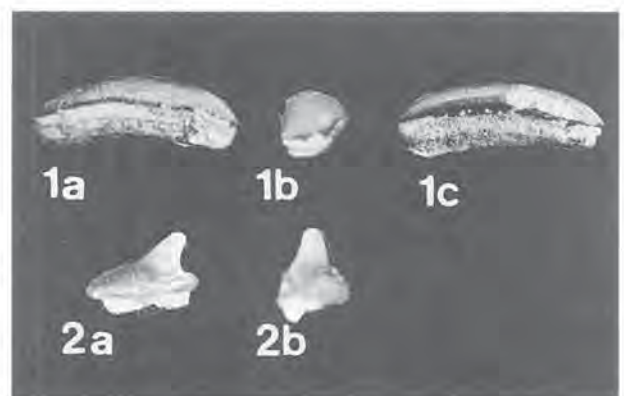


Fig. 4 Teeth of Heterodontiformes from the Kakegawa Group.

1: *Heterodontus* sp. Lateral tooth, 991701, Loc. 3, $\times 1$, (1a: lingual view, 1b: profile view, 1c: labial view), 2: *Heterodontus* sp. Anterior tooth KD-9919, Loc. 5, $\times 6$, (2a: lingual view, 2b: profile view)

Table 2 Measurements of the Elasmobranch remains found from the Kakegawa Group. L : Tooth length, H : Tooth height, B : Tooth breadth, CL : Crown length, CH : Crown height, CB : Crown breadth.

Species	No.	Loc.	L	H	B	CL	CH	CB
<i>Heterodontus</i> sp.	991701	Loc.4	17.50	6.20	6.70	17.50	4.43	6.70
<i>Isurus paucus</i>	KD-01	Loc.5	14.40	22.10	8.10	12.10	15.90	5.10
<i>Isurus oxyrinchus</i>	KD-02	Loc.5	9.10	7.80	2.80	8.70	5.30	2.50
	KD-03	Loc.5				8.70	7.90	2.20
	KD-04	Loc.5	4.00	4.70	1.90	3.70	3.20	1.70
<i>Carcharocles</i> sp.	102402	Loc.1	48.85+	50.60+	24.55	36.55	17.10+	17.10
<i>Carcharodon carcharias</i>	KD-05	Loc.4	32.80	40.50	7.60	32.80	31.10	7.10
	KD-06	Loc.5	41.00	32.70	7.10	29.80	28.50	6.80
	KD-11	Loc.5	22.10	31.60	9.10	16.40	24.30	7.20
	KD-12	Loc.5	18.90	28.70	8.20	15.50	22.20	5.80
	KD-14	Loc.5	9.50+	10.70+	4.00	6.80+	8.90+	3.10
	KD-15	Loc.4	16.60+	21.80+	6.70+	16.0+	18.0+	6.00
	KD-17	Loc.5	12.70	18.51	3.65	11.59	14.31	3.30
	KD-18	Loc.5	11.51	12.19	2.90	11.50	7.49	2.71
	KD-9907	Loc.5	12.73	14.92	4.39	11.90	10.31	3.59
	KD-9908	Loc.5	13.45+	23.50	4.49	12.52+	17.85	4.00
	KD-9909	Loc.5	29.26+	36.21	7.71	28.00+	24.81	5.99
	99102401	Loc.1-III	30.10+	47.29	8.52	26.53+	36.52	6.91
	TM-01	Loc.5				24.20+	32.50+	6.36
	KD-9910	Loc.5	19.72+	27.19	4.30	17.75+	22.25	3.15
<i>Squalus</i> sp.	99102403	Loc.1	2.45	1.99	0.78	2.45	1.99	0.78
<i>Hemipristis elongatus</i>	KD-20	Loc.5	30.20	25.32	0.79	24.89	18.59	6.69
	KD-21	Loc.5	12.12	2.73	9.20	9.09	18.20	6.95
<i>Carcharhinus longimanus</i>	112101	Loc.1- I	27.49	23.75	6.59	26.51	17.45	4.85
	99103001	Loc.1-IV	19.80	21.49	4.41	17.00	14.39	3.45
	KD.C-01	Loc.5	15.60+	22.30	5.00	15.60+	11.40	3.70
	KD.C-21	Loc.5	12.69+	16.51	3.50	12.20+	11.40	3.00
	KD.C-22	Loc.5	10.89+	15.85	3.12	11.10+	13.56	2.92
	KD.C-23	Loc.5	11.19+	13.61+	3.31	11.19+	10.60	2.65
	KD.C-24	Loc.5				10.00+	10.39+	2.89
	KD.C-25	Loc.5				10.15+	11.00+	2.59
	KD.C-26	Loc.5	9.15+	12.15+	3.15	8.49+	10.09+	2.81
	KD.C-30	Loc.5				10.81+	13.40+	2.45
	KD.C-31	Loc.5	11.95+	14.70+	3.65	11.62+	12.30+	3.49
	KD.C-9901	Loc.5	14.39+	13.45+	5.81	14.39+	17.69+	5.70
	KD.C-9902	Loc.5				10.79+	12.95+	2.73
	KD.C-9903	Loc.5	11.15+	12.15+	3.15	10.65+	10.90	2.59
	KD.C-9904	Loc.9	15.45+	15.61+	3.15	15.45+	13.90	2.91
	99110201	Loc.1- II	15.39+	17.65	4.21	13.62+	13.79	3.39
<i>Carcharhinus altimus</i>	KD.C-06	Loc.5	10.91	11.95	2.20	10.80	8.89	2.01
	KD.C-07	Loc.5	9.43	9.79	1.99	8.81	8.62	1.81
	KD.C-08	Loc.5	10.09	10.99	2.00	9.45	8.29	1.86
	KD.C-10	Loc.5	7.35	11.25	2.41	6.85	9.10	2.05
	KD.C-12	Loc.5	9.12+	10.31	2.09	8.59+	8.19	1.51
	KD.C-28	Loc.5	11.12+	13.60	2.89	10.59+	10.52	2.35
	KD.C-29	Loc.5	10.51	13.05	2.88	10.29	11.01	2.22
	KD.C-32	Loc.5	9.80+	10.65	2.05	9.45	8.30	1.75
	KD.C-33	Loc.5	10.05+	11.71+	2.89	9.83+	9.35+	2.80
	KD.C-9905	Loc.5	5.81+	7.51	1.51	5.55+	6.31	1.20
	KD.C-9906	Loc.5	4.25+	7.00	1.09	4.25+	6.11	1.00
	H40906	Loc.8	8.45	10.09	2.19	8.26	7.61	1.92
<i>Carcharhinus</i> sp.	c-41	Loc.5	13.19	11.89	2.75	12.45	9.42	2.08
	c-47	Loc.5	11.59	7.59	2.08	9.11	6.00	1.57
<i>Galeocerdo cuvieri</i>	Ga-01	Loc.4	24.60	21.60	5.90	24.30	15.60	5.40
	Ga-02	Loc.4	26.20	20.30	6.70	26.20	14.40	4.90
	Ga-03	Loc.5	11.73+	10.35	2.10	11.51	7.45	1.90
	KD-9911	Loc.5	13.09	10.61	3.65	13.09	7.75	2.41
	KD-9912	Loc.5	11.55	6.55	2.71	11.50	5.50	18.90
	KD-9913	Loc.5	22.44+	14.11	4.43	22.44+	10.01	41.50
<i>Scyllorhinus</i> sp.	KD-9961	Loc.5	4.63	4.50	2.29	4.63	3.92	1.29
	KD-9971	Loc.5	4.59	6.27	2.80	4.51	5.80	1.51
<i>Hypoglycus</i> sp.	KD-1224	Loc.5	5.72	4.29	1.38	5.72	3.90	0.89
<i>Sphyrna</i> sp.	KD-9958	Loc.5	1.00	5.79	2.05	9.45	4.41	1.50
	95082401	Loc.9	5.51	5.22	3.31	5.42	5.12	3.31
	95082402	Loc.9	6.40	4.15	2.78	5.71	4.13	2.78
<i>Squatina</i> sp.	121701	Loc.5	5.49	4.41	3.70	5.49	4.50	3.70
<i>Dasyatis</i> sp.	121703	Loc.5	3.52	2.89	2.90	3.52	2.21	2.90
	121704	Loc.5	3.72	2.94	2.69	3.72	2.34	2.69
<i>Rhynchobatus</i> sp.	121706	Loc.5	3.96	3.66	2.62	3.96	3.24	2.62
	121707	Loc.5	3.32	3.10	1.89	3.32	2.60	1.89

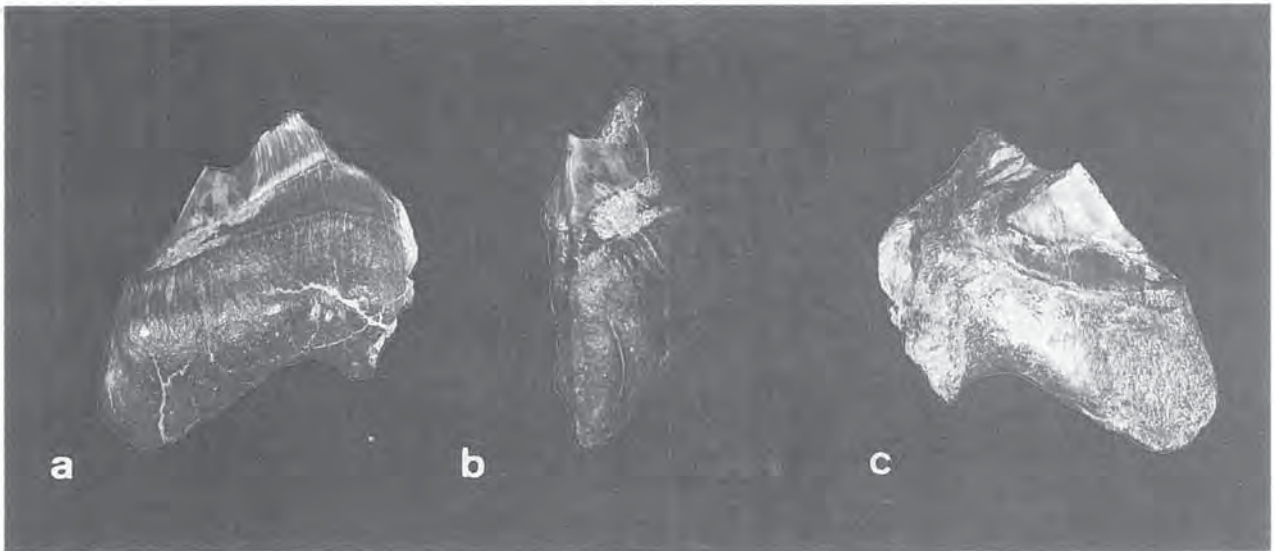


Fig. 5 A tooth of Lamniformes from the Kakegawa Group.

Parotodus sp., Lower anterior tooth?, 99102402, Loc. 1, $\times 1$, (a: lingual view, b: mesial view, c: labial view)

Family Otodontidae

Genus *Parotodus*

Parotodus sp.

(Fig. 5-1a, b, c, 99102402標本)

産出地：本標本はLoc. 1の地層を他へ移した盛り土より産出したものであるが、標本に付着している砂から掛川層群より産出したものと思われる。

記載：本標本は保存状態が悪く、歯根の半分強と歯頸付近にわずかに残る歯冠からなる。もし完全体であれば、掛川層群より産出した板鰐類歯化石の最大のものである。歯根は中心隆起が著しく、栄養孔が確認できる。歯頸帯が発達する。同科の*Carcharocles megalodon*の下顎歯に似るが鋸歯はなく、わずかに残る歯冠には鋭い切縁がみられる。歯根の中心隆起が著しいことや歯頸帯がみられること、鋸歯がないことから、同属の*Parotodus benedeni*に似るが、他の地域の産出標本に比べ歯幅、歯高ともに非常に大きい。

Family Lamnidae ネズミザメ科

Genus *Isurus* アオザメ属

Isurus paucus GUITART-MONDAY, 1966 パケアオザメ

下顎前歯 (Fig. 6-1a, b, c, KD-01標本)

産出地：Loc. 5

記載：本標本は、二等辺三角形を呈する。歯冠は遠心にわずかに傾き、湾曲しながら咬頭頂に延びる。両切縁は歯頸に達し、鋸歯はない。歯根は2又に分れる。中心隆起は著しい。

Isurus oxyrinchus RAFINESQUE, 1809 アオザメ側歯 (Fig. 6-2a, b, c, KD-02標本)

産出地：Loc. 5

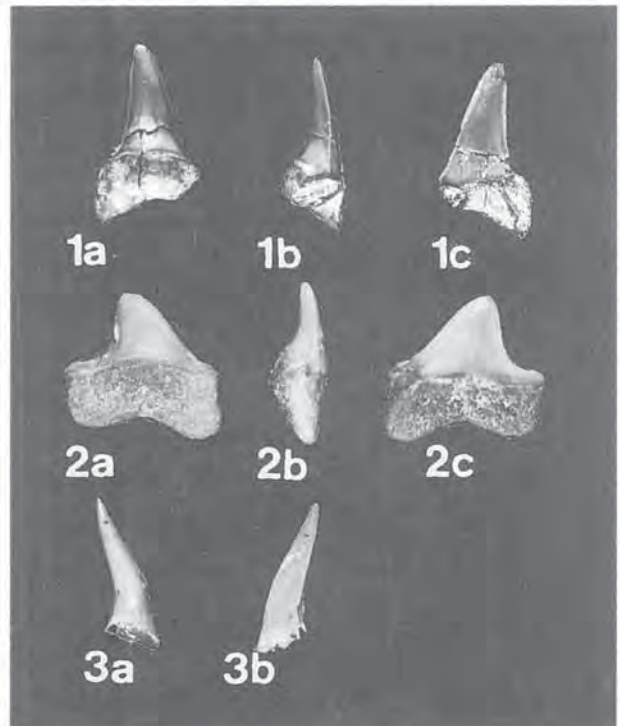


Fig. 6 Teeth of Lamniformes from the Kakegawa Group.

1: *Isurus paucus* GUITART-MONDAY, 1966, Lower anterior tooth, KD-01, Loc. 5, $\times 1$, (1a: lingual view, 1b: mesial view, 1c: labial view), 2: *Isurus oxyrinchus* RAFINESQUE, 1809, Lateral tooth, KD-02, Loc. 5, $\times 2$, (2a: lingual view, 2b: mesial view, 2c: labial view), 3: *Isurus oxyrinchus* RAFINESQUE, 1809, Lower anterior tooth, KD-03, Loc. 5, $\times 2$, (3a: lingual view, 3b: mesial view)

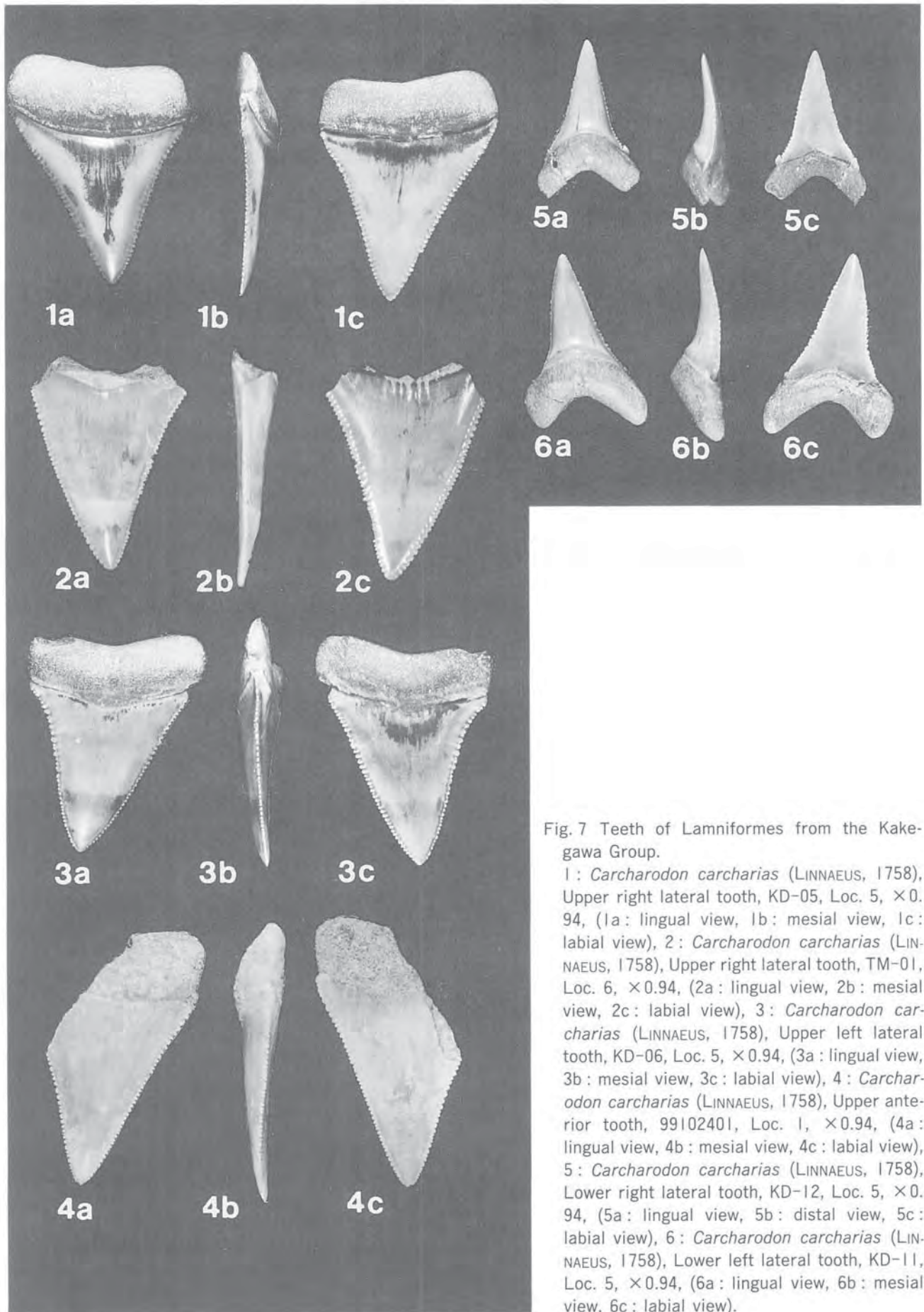


Fig. 7 Teeth of Lamniformes from the Kakegawa Group.

1: *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758), Upper right lateral tooth, KD-05, Loc. 5, $\times 0.94$, (1a: lingual view, 1b: mesial view, 1c: labial view), 2: *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758), Upper right lateral tooth, TM-01, Loc. 6, $\times 0.94$, (2a: lingual view, 2b: mesial view, 2c: labial view), 3: *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758), Upper left lateral tooth, KD-06, Loc. 5, $\times 0.94$, (3a: lingual view, 3b: mesial view, 3c: labial view), 4: *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758), Upper anterior tooth, 99102401, Loc. 1, $\times 0.94$, (4a: lingual view, 4b: mesial view, 4c: labial view), 5: *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758), Lower right lateral tooth, KD-12, Loc. 5, $\times 0.94$, (5a: lingual view, 5b: distal view, 5c: labial view), 6: *Carcharodon carcharias* (LINNAEUS, 1758), Lower left lateral tooth, KD-11, Loc. 5, $\times 0.94$, (6a: lingual view, 6b: mesial view, 6c: labial view).

記載：本標本は低い三角形を呈する。両切縁は歯頸に達し、鋸歯はない。近心縁では直線的に咬頭頂に延び、遠心縁では湾曲する。歯根は幅が広く、中心隆起が大きい。

左下顎前歯 (Fig. 6-3a, b, KD-03標本)

産出地：Loc. 5

記載：本標本は細い歯冠のみ保存されている。歯冠は遠心側で唇舌方向にS字形カーブを描きながら咬頭頂に延びる。両切縁は切縁中央から歯頸にかけて不明瞭になる。鋸歯はない。

Genus *Carcharodon* ホホジロザメ属

Carcharodon carcharias (LINNAEUS, 1758) ホホジロザメ
右上顎側歯 (Fig. 7-1a, b, c, KD-05標本；Fig. 7-2a, b, c, TM-01標本)

産出地：KD-05標本はLoc. 5, TM-01標本はLoc. 6から産出した。

記載：本標本は底辺の長い二等辺三角形～正三角形を呈する。歯冠は遠心に傾斜し、切縁は鋸歯を持つ。唇側面はほぼ平面である。TM-01は歯根が欠如する。KD-05の近心縁と遠心縁は直線を示すが、TM-01の近心縁は緩やかなS字形カーブを示す。

左上顎側歯 (Fig. 7-3a, b, c, KD-06標本)

産出地：Loc. 4

記載：本標本は二等辺三角形を呈する。歯冠はやや遠心に傾斜する。近心縁と遠心縁は直線的である。切縁は粗い鋸歯を持つ。唇側面はほぼ平坦面である。舌側面はやや膨隆する。歯根はほぼ長方形を呈する。

上顎前歯 (Fig. 7-4a, b, c, 99102401標本)

産出地：Loc. 1-III層

記載：本標本は大型で高い二等辺三角形を呈する。歯冠はわずかに遠心に傾斜する。近心縁と遠心縁は直線的で、ほぼ同じ長さである。

右下顎側歯 (Fig. 7-5a, b, c, KD-12標本)

産出地：Loc. 5

記載：本標本は底辺の短い二等辺三角形をする。歯冠はわずかに遠心に傾斜する。近心縁と遠心縁は直線的である。切縁は鋸歯を持つ。遠心縁に1つの小さな側咬頭を持つ。唇側面はほぼ平面である。舌側面は膨隆する。歯根は長方形を呈する。

左下顎側面 (Fig. 7-6a, b, c, KD-11標本)

産出地：Loc. 5

記載：本標本は底辺の短い二等辺三角形を呈する。歯冠はわずかに遠心に傾斜する。近心縁と遠心縁は直線的である。切縁には鋸歯がある。唇側面はほぼ平面である。舌側面は膨隆する。歯根は長方形を呈する。

Order Squaliformes ツノザメ目

Family Squalidae ツノザメ科

Genus *Squalus* ツノザメ属

Squalus sp.

(Fig. 8-1a, b, 99032801標本；Fig. 8-2, 99102403標本)

産出地：両標本ともにLoc. 1-I層から産出した。

記載：本標本は小さく、歯幅は2mm未満。歯冠は主咬頭と半月状の遠心副咬頭からなる。主咬頭は遠心に傾き、切縁に鋸歯はない。唇側面観では基底突起が強く歯根に突出する。

Order Carcharhiniformes メジロザメ目

Family Hemigaleidae カマヒレザメ科

Genus *Hemipristis* カマヒレザメ属

Hemipristis elongatus (GOHAER et MAZHAR, 1964)

カマヒレザメ

上顎側歯 (Fig. 9-1a, b, c, KD-20標本)

産出地：Loc. 5

記載：本標本は底辺の長い三角形を呈する。咬頭は遠心に強く傾き、遠心縁では強く湾曲する。両切縁には非常に粗い鋸歯を持ち、咬頭頂に向うにつれ鋸

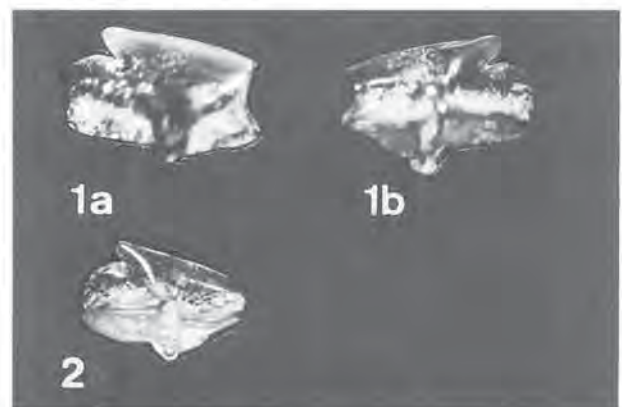


Fig. 8 Teeth of Squaliformes from the Kakegawa Group.

1: *Squalus* sp., Lateral tooth, 99032801, Loc. 1-I, $\times 10$, (1a: lingual view, 1b: labial view), 2: *Squalus* sp., Lateral tooth, 99102403, Loc. 1-I, $\times 10$, (2: lingual view).

歯は大きくなる。鋸歯の数は近心縁で24，遠心縁で16である。歯根は台形で，中心隆起が大きい。

下顎歯 (Fig. 9-2a, b, c, KD-21標本)

産出地：Loc. 5

記載：本標本は逆Y字形を呈する。歯冠は主咬頭と小さな副咬頭からなる。咬頭は細く歯根に対して直立する。咬頭頂から1/3付近まで切縁が発達するが，そこから突然に不明瞭となる。副咬頭の数は一側で3個，遠心側で1個ある。歯根は近心側と遠心側

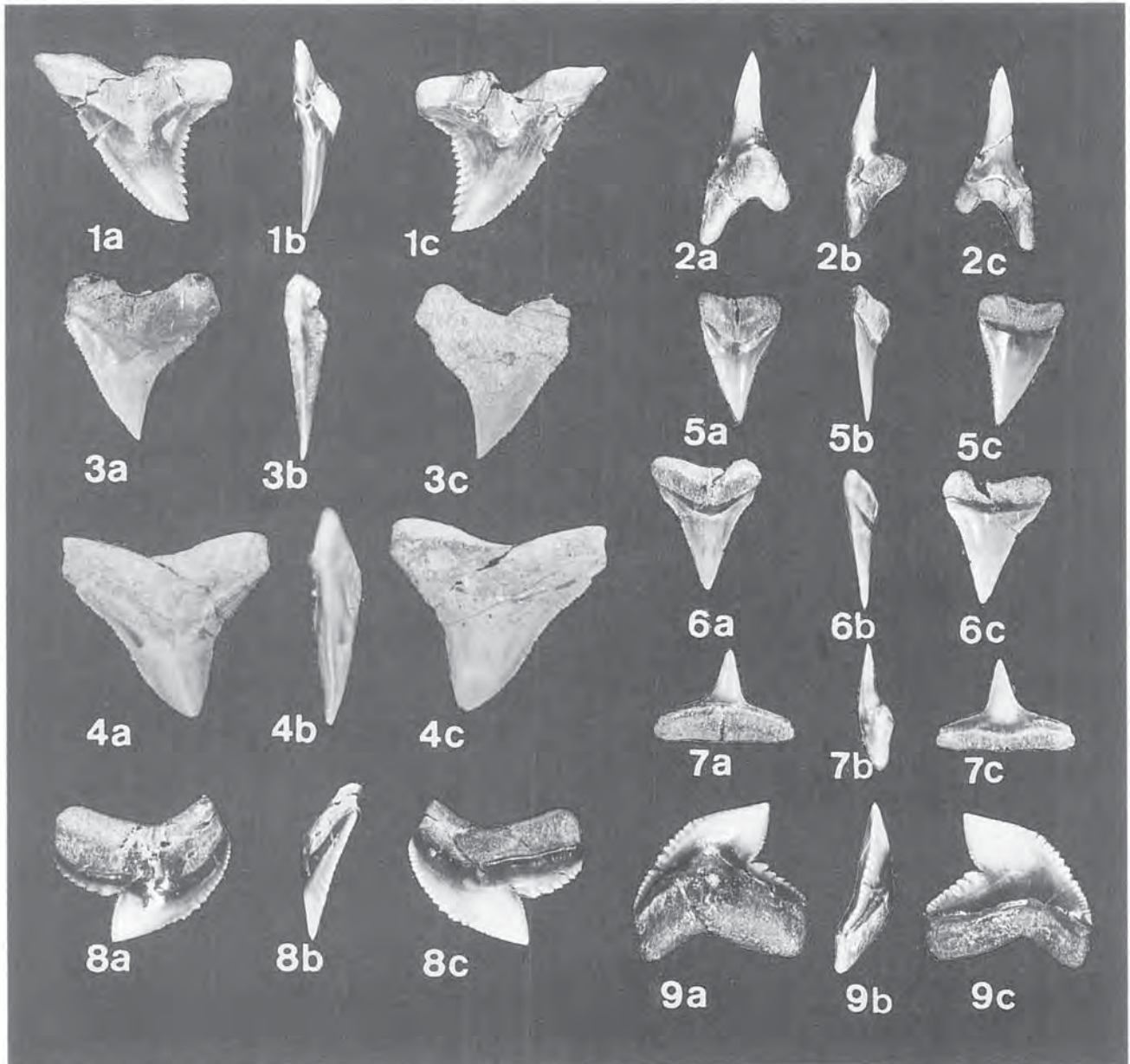


Fig. 9 Teeth of Carcharhiniformes from the Kakegawa Group.

1 : *Hemipristis elongatus* (GOHAER et MAZHAR, 1964), Upper left lateral tooth, KD-20, Loc. 5, $\times 1$, (1a : lingual view, 1b : mesial view, 1c : labial view), 2 : *Hemipristis elongatus* (GOHAER et MAZHAR, 1964), Lower right lateral tooth, KD-21, Loc. 5, $\times 1$, (2a : lingual view, 2b : mesial view, 2c : labial view), 3 : *Carcharhinus longimanus* (POEY, 1891), Upper right lateral tooth, 991030, Loc. 1, $\times 1$, (3a : lingual view, 3b : mesial view, 3c : labial view), 4 : *Carcharhinus longimanus* (POEY, 1891), Upper right Lateral tooth, 112101, Loc. 1, $\times 1$, 5 : *Carcharhinus altimus* (SPRINGER, 1950) Upper right Lateral tooth, KD-10, Loc. 5, $\times 2$, (5a : lingual view, 5b : mesial view, 5c : labial view), 6 : *Carcharhinus altimus* (SPRINGER, 1950), Upper right lateral tooth, H40906, $\times 2$, Loc. 5, (6a : lingual view, 6b : mesial view, 6c : labial view), 7 : *Carcharhinus* sp., Lower lateral tooth, C-47, Loc. 5, $\times 2$, (7a : lingual view, 7b : mesial view, 7c : labial view), 8 : *Galeocerdo cuvier* (LESUEUR, 1822), Lateral tooth, Loc. 5, KD-69, $\times 1$, (8a : lingual view, 8b : mesial view, 8c : labial view), 9 : *Galeocerdo cuvier* (LESUEUR, 1822), Lateral tooth, Loc. 5, KD-67, $\times 1$ (9a : lingual view, 9b : mesial view, 9c : labial view).

に分れ逆V字形をするが、遠心側の歯根は近心側のそれより短い。舌側面の中心隆起は大きい。

Family Carcharhinidae メジロザメ科

Genus *Carcharhinus* メジロザメ属

Carcharhinus longimanus (POEY, 1891) ヨゴレ上顎歯 (Fig. 9-3a, b, c, 991030標本; Fig. 9-4a, b, c, 99112101標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 1から産出した。

記載: 本標本は底辺の長い二等辺三角形を呈する。歯冠は遠心に傾斜する。近心縁は直線的か弱いS字形カーブを呈する。遠心縁は湾曲する。切縁には同属のものより粗い鋸歯を持つ。特に切縁中央部はより粗めの鋸歯となる。唇側面はほぼ平面である。舌側面の歯頸線は逆V字形を描く。舌側面は膨隆する。歯根は長方形を呈する。中心隆起は大きい。

Carcharhinus altimus (SPRINGER, 1950) ハビレ上顎歯 (Fig. 9-5a, b, c, KD-10標本; Fig. 9-6a, b, c, H40906標本)

産出地: H40906標本はLoc. 5, KD-10標本はLoc. 8から産出した。

記載: 本標本は底辺の短い三角形を呈する。歯冠は直立するか、やや遠心に傾斜する。近心縁は直線的であるか弱いS字形カーブを描く。遠心縁はわずかに湾曲する。切縁には細かい鋸歯を持つ。唇側面は平面である。舌側面は膨隆する。歯頸線は舌側面で逆V字形を描く。歯根は長方形を呈する。

Carcharhinus sp.

下顎歯 (Fig. 9-7a, b, c, C-47標本)

産出地: Loc. 5

記載: 本標本はT字型を呈する。咬頭は直立するか、わずかに遠心側に傾く。切縁は上顎歯よりも細かい鋸歯を持ち、直線的である。基底面は平坦である。

Genus *Galeocerdo* イタチザメ属

Galeocerdo cuvier (LESUEUR, 1822) イタチザメ側歯 (Fig. 9-8a, b, c, KD-69標本; Fig. 9-9a, b, c, KD-67標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 4から産出した。

記載: 本標本の歯冠は主咬頭と多数の遠心副咬頭からなる。主咬頭・副咬頭の両切縁に鋸歯がある。主咬頭の近心縁の鋸歯は遠心縁の鋸歯よりも大きく、

咬頭頂に向うにつれ細くなる。主咬頭は強く湾曲しながら遠心に傾く。KD-69は、KD-67標本と比べ幅がせまう。咬頭は直立している。遠心副咬頭の数 は9個である。歯根は長方形を呈する。

Family Scyliorhynidea トラザメ科

Genus *Scyliorhinus* トラザメ属

Scyliorhinus sp.

(Fig. 10-1a, b, c, KD-9961標本; Fig. 10-2a, b, c, KD-9971標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 5から産出した。

記載: 歯冠の主咬頭は歯の中心で直立するかやや遠心側に傾く。副咬頭は遠心側に1~3個あり、遠心側に向うにつれ小さくなる。KD-9961は近心側に副咬頭を持つ。歯根は歯根舌側隆起が大きい。

Family Triakidae ドチザメ科

Genus *Hypogleus* ツマグロエイラクブカ属

Hypogleus sp.

側歯 (Fig. 10-3a, b, c, 991501標本; Fig. 10-4a, b, c, KD1224標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 5から産出した。

記載: 本標本の歯冠は主咬頭と遠心副咬頭からなる。咬頭は強く遠心に傾き、鋸歯はない。遠心副咬頭の数 は5~7個である。唇側面は平面をなすかわずかに膨隆する。舌側面は膨隆する。歯根では強く中心隆起し、栄養溝で2つに分れる。

Family Sphyrnidae シュモクザメ科

Genus *Sphyrna* シュモクザメ属

Sphyrna sp.

(Fig. 10-5a, b, c, KD-9958標本; Fig. 10-6a, b, c, KD-9955標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 5から産出した。

記載: 本標本は底辺の長い三角形を呈する。歯冠は主咬頭と遠心側の板状部からなる。主咬頭と板状部との間には深い切痕がある。主咬頭は遠心側強く傾斜し、幅が広く、咬頭頂は鋭い。切縁には鋸歯がない。唇側面はわずかに膨隆する。舌側面は平面である。歯根は長方形を呈し、中心溝がある。

Order Squatiniformes カスザメ目

Family Squatinidae カスザメ科

Genus *Squatina* カスザメ属

Squatina sp.

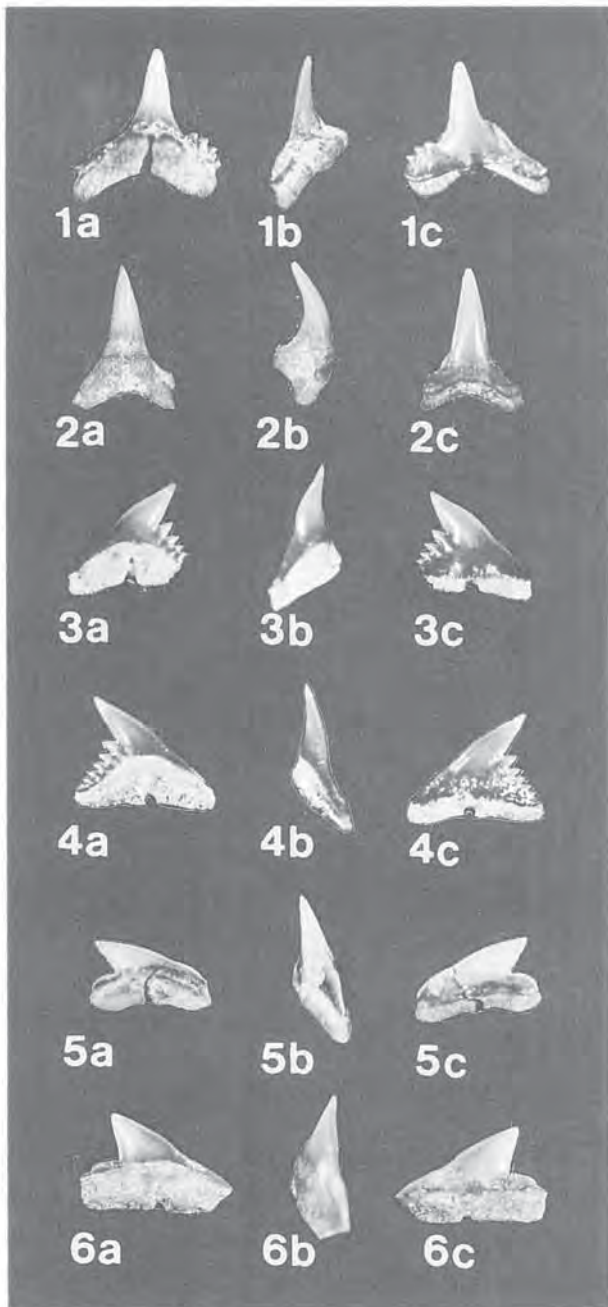


Fig. 10 Teeth of Carcharhiniformes from the Kakegawa Group.

1: *Scyliorhinus* sp., Lateral tooth, KD-9961, Loc. 5, $\times 4$, (1a: lingual view, 2b: mesial view, 3c: labial view), 2: *Scyliorhinus* sp., Lateral tooth, KD-9971, Loc. 5, $\times 3$, (3a: lingual view, 3b: mesial view, 3c: labial view), 3: *Hypogleus* sp., Lateral tooth, 991501, Loc. 5, $\times 3$, (3a: lingual view, 3b: mesial view, 3c: labial view), 4: *Hypogleus* sp., Lateral tooth, KD-1224, Loc. 5, $\times 3$, (4a: lingual view, 4b: mesial view, 4c: labial view), 5: *Sphyrna* sp., Lateral tooth, KD-9958, Loc. 5, $\times 2$, (5a: lingual view, 5b: mesial view, 5c: labial view), 6: *Sphyrna* sp., Lateral tooth, KD-9955, Loc. 5, $\times 2$ (6a: lingual view, 6b: mesial view, 6c: labial view).

(Fig. 11-1a, b, c, d, 121701標本; Fig. 11-2a, b, c, 121702標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 5から産出した。

記載: 本標本は, T字形を呈する。歯冠は歯頸付近の舌側面で広がり, 板状をなし, 唇側面中央でエナメル質が歯根側に凸する。咬頭は細長い二等辺三角形をして, 基底に対して直立するかやや遠心側に傾く。咬頭頂は舌側にわずかに傾く。鋸歯はない。歯根は板状で, 中央でやや折れ曲る。

Order Pristiophoriformes ノコギリザメ目

Family Pristiophoridae ノコギリザメ科

Genus *Pristiophorus* ノコギリザメ属

Pristiophorus sp.

吻棘 (Fig. 12-1a, b, 121705標本; Fig. 12-2a, b, 121706標本)

産出地: 両標本ともにLoc. 5から産出した。

記載: 吻棘は歯で言うエナメルロイドで覆われる咬頭と骨様組織からなる歯根からなる。扁平でとても細くうすい。この咬頭部は歯根部に対してほぼ直立し, 前縁でゆるくカーブしながら咬頭頂部に到達する。後縁はほぼ直立する。歯根部はほぼ直線状に延びる。

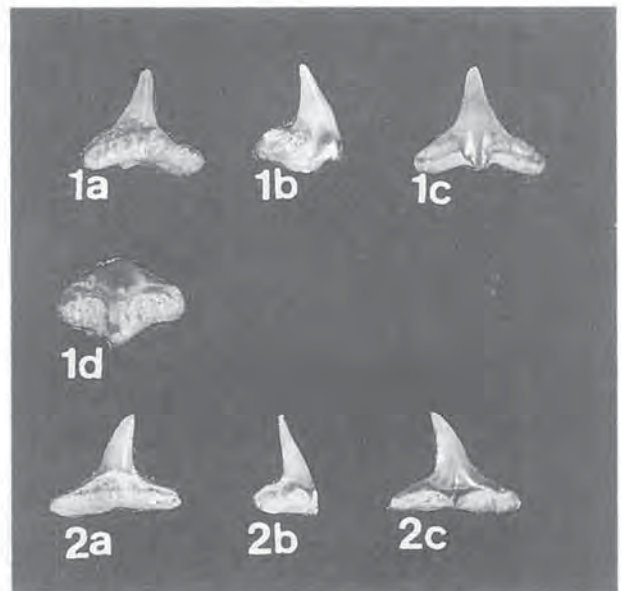


Fig. 11 Teeth of Squatiniformes from the Kakegawa Group.

1: *Squatina* sp., Lateral tooth, 121701, Loc. 5, $\times 2$, (1a: lingual view, 1b: mesial view, 1c: labial view, 1d: occlusal view), 2: *Squatina* sp., Lateral tooth, 121702, Loc. 5, $\times 2$, (2a: lingual view, 2b: mesial view, 2c: labial view).

Order Rajiformes エイ目
 Suborder Myliobatidoidei トビエイ亜目
 Family Batoidea アカエイ科
 Genus *Dasyatis* アカエイ属
Dasyatis sp.

(Fig. 12-3a, b, c, 121703標本)

産出地: Loc. 4, Loc. 5, Loc. 10

記載: 大日砂層より多く産出する。標本のほとんどは保存状態が良い。咬合面の歯冠は明瞭な横隆線により唇側面と舌側面とに分けられる。唇側面は平面である。舌側面では正中舌側隆線が明瞭である。歯根は基底付近で近心根と遠心根に分れる。

Suborder Rinobatoidei サカタザメ亜目
 Genus *Rhynchobatus* サカタザメ属
Rhynchobatus sp.

(Fig. 12-4a, b, c, 121707標本)

産出地: Loc. 5

記載: *Dasyatis* sp.に似るが、歯冠咬合面の横隆線は

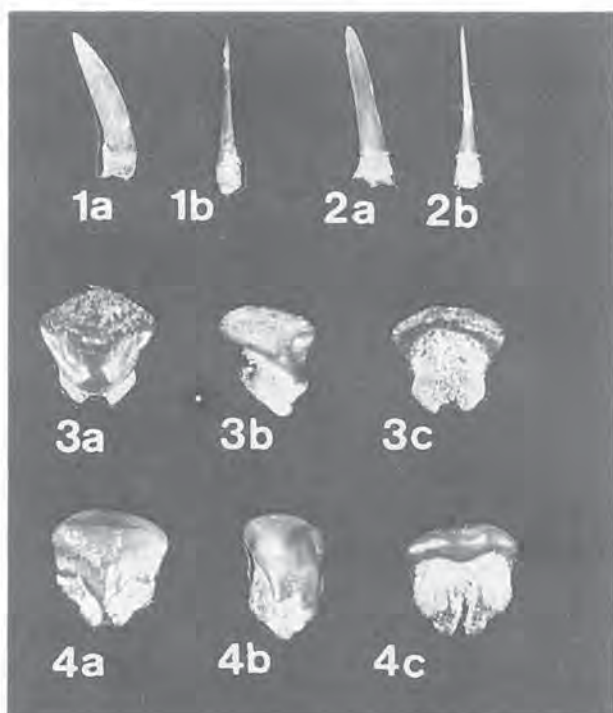


Fig. 12 Teeth of Pristiophoriformes and Rajiformes from the Kakegawa Group.

1: *Pristiophorus* sp., Rostal spine, 121705, Loc. 5, $\times 2$, (1a: occlusal view, 1b: profile view), 2: *Pristiophorus* sp., Rostal spine, 121706, Loc. 5, $\times 2$, (2a: occlusal view, 2b: profile view), 3: *Dasyatis* sp., 121703, Loc. 5, $\times 4$, (3a: occlusal view, 3b: profile view, 3c: basal view) 4: *Rhynchobatus* sp., 121707, Loc. 5, $\times 4$ (4a: occlusal view, 4b: profile view, 4c: basal view).

あまり明瞭でなく、唇側面は膨隆する。舌側面では正中舌側隆線が明瞭である。歯根では基底付近で近心根と遠心根に分れる。

掛川層群大日累層の板鰐類化石の特徴

本稿では、掛川層群大日累層から産出した板鰐類化石を10科15属17種に分類し記載した。そのうち7種は現生種である。また、明らかに絶滅種と認められるのは *Parotodus* sp.のみであり、それ以外の板鰐類歯化石はその形態的特徴が現生種と類似する。

掛川層群大日累層からは、メジロザメ属やネコザメ属、カスザメ属、ツマグロエイラクブカ属、アカエイ属の板鰐類化石が産出する。特にその中でも、大日砂層からは *Heterodontus* sp. や *Squalina* sp., *Dasyatis* sp.が多産する。ネコザメ属、カスザメ属、ツマグロエイラクブカ属のように沿岸に生息する板鰐類の化石が多産し、アオザメ属のような外洋性表層域に生息する板鰐類の化石が稀であるという特徴がある。また、亜熱帯から熱帯域に生息するヨゴレ (*Carcharhinus longimanus*) や、温帯域から熱帯域に生息するホホジロザメ (*Carcharodon carcharia*) やイタチザメ (*Galeocerdo cuveri*) などの化石が多く含まれていて、熱帯要素の板鰐類が多いという特徴もある。このような特徴は、軟体動物化石から示された暖流系外洋性の沿岸種を主体とする掛川動物群の特徴 (OTUKA, 1939) と一致する。

本稿では *Parotodus* sp.を報告したが、日本の後期鮮新世からの *Parotodus* 属の産出は、富岡層 (橋本・甲府田, 1979) からの産出した *Parotodus benedeni* (原記載では *Isurus* cfr. *hastalis*) のみであり、太平洋地域鮮新世の板鰐類化石群集の対比に役立つと思われる。

板鰐類化石を含む化石密集層は、大日砂層の基底上部と最上部、天王シルト質砂層の最下部の3層準に分けられ、それぞれから産出する板鰐類化石群集に特徴が認められる。

大日砂層基底部にあたる遊家 (Loc. 4) や袋井市大日 (Loc. 10) は、塊状の礫層を挟在中粒砂層からなり、上部外浜の堆積相を示す。大日砂層基底部から産出した板鰐類化石は、ネコザメ属とカスザメ属、アカエイ属などの浅海性底生種が多く、ベンケイガイ (*Glycymeris albolineata*) と共産する。特に、袋井市大日 (Loc. 10) ではこの傾向が強く、カ

スザメ属とアカエイ属の化石しか産出しない。

大日砂層最上部にあたる小市 (Loc. 1-I), 方の橋 (Loc. 2), 飛鳥 (Loc. 3), 本郷東 (Loc. 5), 下西郷 (Loc. 7) は, ハンモック状斜交層理が発達する淘汰の良い細粒～中粒砂層からなり, 内側陸棚の堆積相を示す。大日砂層最上部から産出した板鰐類化石には, ネコザメ属とカスザメ属, アカエイ属などの浅海性底生種に加えて, ホホジロザメやメジロザメ属, アオザメ属などの沿岸から沖合い域に生息する種類も産出する。板鰐類化石と共産する軟体動物化石にはペンケイガイや *Glycymeris totomiensis* などがある。

天王シルト質砂層最下部にあたる小市 (Loc. 1-II, III, IV), 水垂 (Loc. 6), 上屋敷 (Loc. 8), 家代 (Loc. 9) は, 生物擾乱の発達するシルト質細粒砂層からなり, 外側陸棚の堆積相を示す。天王シルト質砂層からの板鰐類化石の産出は少なく, ホホジロザメやメジロザメ属しか産出しない。

上部外浜の堆積相を示す大日砂層基底部から産出した板鰐類化石は, 浅海性底生種に特徴づけられ, 内側陸棚の堆積相を示す大日砂層最上部のものは, 浅海性底生種に加えて浅海～沖合いにかけて生息する種が含まれる。また, 外側陸棚を示す天王シルト質砂層最下部からは, 板鰐類化石の産出は少ないが, 浅海～沖合いにかけて生息する種で特徴づけられる。

鎮西 (1980) は, 大日砂層から産する軟体動物化石を潮線下砂底の群集要素が主体となる混合他生群で特徴づけられ, その上位の泥質砂層からは下部陸棚泥底に生息する *Glycymeris-Venus* 群集で特徴づけられるとして, 大日砂層とその上位層に含まれる軟体動物の産出群集の違いを述べている。

大日累層から産した板鰐類化石についても, 産出層準により産出群集の違いが認められ, その違いは大日累層の各層準における堆積環境と密接に関連すると考えられる。

ま と め

本稿では, 掛川層群大日累層の大日砂層と天王シルト質砂層から産出した板鰐類化石255標本を10科15属17種に同定し, 各種の保存の良い標本について記載を行い, 板鰐類の歯化石群集の特徴やその堆積環境との関係について考察を行った。

大日累層からの板鰐類化石の特徴は, 軟体動物化石より示された掛川動物群の特徴と一致し, 暖流系外洋性の沿岸種が卓越することが明らかになった。また, 産出層準により板鰐類化石の種類の違いがみられ, それは各層準における堆積環境に密接に関連すると考えられる。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり, 東海大学海洋学部海洋資源学科の佐藤 武教授には, ご指導とご助言をいただいた。本稿で記載した板鰐類化石の標本の一部には, 地元の化石採集家である後藤智則氏, 田辺積氏, 北村孔志氏, 滋賀県多賀町立多賀の自然と文化の館の阿部勇治氏, 東海大学海洋学部の新村龍也氏から貸与していただいた標本が含まれる。また, 掛川市西町御堂会館円満寺の鬼頭良武住職には野外地質調査の際の宿舎を提供していただいた。本研究の野外地質調査や化石採集にあたっては, 安達武敏氏, 石川 勲氏, 本田俊雄氏, 東元正志氏, 堀内伸太郎氏, 高清水康博氏, 依田美行氏の協力を得た。以上の方々に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 鎮西清隆 (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.
- 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.
- 千谷好之助 (1928) 遠州国相良, 掛川附近第三紀層に就て. 地学雑, 38, 84-89.
- 千谷好之助 (1931) 静岡地質説明書. 東京地質会, 48p.
- 後藤仁敏 (1970) サメの歯の古生物学的研究一問題提議と基礎的研究. 化石研究会誌, 3, 23-62.
- 橋本一雄・甲府田良樹 (1979) 広野町二ッ沼産第三紀板鰐類化石. 平地学同好会会報特別号, 67-75.
- 茨木雅子 (1986) 掛川地域新第三系の浮遊性有孔虫生層序基準面とその岩相層序との関係. 地質雑, 92, 119-134.
- IBARAKI, M (1986) Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Kakegawa

- area on the Pacific coast of Central Japan, Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ., 20, 39-173.
- ISHIDA, Y., T. TANABE, T. ITO and K. HACHIYA (1998) Paleo-environment of fossil ophiuroids from the Plio-Pleistocene Hijikata Formation of the Kakegawa Group, Shizuoka Prefecture, Central Japan. In MOOL, R. and M. TELFORD eds.: Echinoderms: San Francisco, Proc. 9th Intern. Echinoderm Conference, San Francisco, Balkema, Rotterdam, 365-370.
- 久家直之・後藤仁敏 (1980) 板鰐類の歯の形態と用語. 海洋と生物, 10, 383-387.
- 久家直之 (1985) 日本の第三紀板鰐類群集について. 後藤仁敏・高橋正志・木村方一・堀川秀夫編: 海生脊椎動物の進化と適応, 地団研専報, 30, 37-44.
- 榎山次郎 (1925) 遠江掛川付近第三紀層の層序. 地球, 3, 569-576.
- 榎山次郎 (1928a) 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて (一). 地球, 9, 23-35.
- 榎山次郎 (1928b) 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて (二). 地球, 9, 100-118.
- 榎山次郎 (1950) 日本地方地質誌中部地方. 朝倉書店, 東京, 233p.
- 榎山次郎・坂本 享 (1957) 5 万分の 1 地質図幅「見付・掛塚」及び同説明書. 地質調査所, 50p.
- 榎山次郎 (1963) 掛川地方地質図説明書. 地質調査所, 30p.
- MAKIYAMA, J. (1927) Molluscan fauna of the Lower part of Kakegawa series in the province of Totomi, Japan. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., Ser., B, 3, 1-147, pls. 1-6.
- MAKIYAMA, J. (1931) Stratigraphy of the Kakegawa Pliocene in Totomi. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., Ser., B, 7, 1-53.
- NOBUHARA T. (1993) The relationship between bathymetric depth and climate change and its effect on molluscan faunas of Kakegawa Group, Central Japan. Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, 170, 159-185.
- 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.
- OTUKA, Y. (1939) Tertiary crustal deformation in Japan (with short remarks on Tertiary palaeogeography). Jubl. Publ. Comm. Prof. H. Yabe's 60th Birthday, 2, 481-519.
- OZAWA, T., T. TANAKA, 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.
- 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・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.
- 田中 猛 (1987) 掛川層群の魚類及び鯨類の歯化石. 地学研究, 36, 241-249.
- TSUCHI, R. (1961) On the late Neogene sediments and molluscs in the Tokai region with notes on the geologic history of the Pacific coast of southwest Japan. Japanese Jour. Geol. Geog., 32, 437-456.
- 土 隆一 (1983) 中部日本の新第三紀貝化石 (掛川地方の鮮新世貝化石 1). 日本化石集第29集, 築地書館, 東京, N59-N61.
- UJIE, H. (1962) Geology of Sagara-Kakegawa sedimentary basin Central Japan. Sci. Rep. Tokyo Kyoiku-Daigaku, 8, 123-188.
- 矢部英生・後藤仁敏 (1999) 板鰐類の歯に関する用語. 化石研究会会誌, 32(1), 14-20.

掛川層群上部層の火山灰層¹⁾

柴 正 博²⁾・渡 邊 恭太郎³⁾・横 山 謙 二⁴⁾
佐々木 昭 仁⁵⁾・有 働 文 雄⁶⁾・尾 形 千 里⁴⁾

Volcanic Ash Beds of the Upper Kakegawa Group¹⁾

Masahiro SHIBA²⁾, Kyoutaro WATANABE³⁾, Kenji YOKOYAMA⁴⁾,
Akihito SASAKI⁵⁾, Fumio UDO⁶⁾, and Chisato OGATA⁴⁾

Abstract

The Pliocene-Pleistocene Kakegawa Group is distributed in Shizuoka Prefecture, Central Japan. The Upper Kakegawa Group is divided into three formations, the Kamiuchida Formation, the Dainichi Formation and the Hijikata Formation, in ascending order. Many volcanic ash beds are intercalated in the Upper Kakegawa Group.

In this study, the locations and lithofacies of 141 volcanic ash beds intercalated in the Upper Kakegawa Group are described, and the petrographic properties of 73 of these volcanic ash beds are described. Many of the volcanic ash beds in the Upper Kakegawa Group composed primarily of volcanic glass, and the reflective index of the glass generally ranges from 1.500 to 1.510.

On the basis of the lithofacies and petrographic properties of the volcanic ash beds in the Upper Kakegawa Group, some of the volcanic ash beds can be correlated with other named beds of the same formation located in distance areas. The following volcanic ash beds are correlative with one another: the Tsumagoi-Minami III and the Yasaka-Jinja II, the Nanamagari-Ike III and the Sentebashi II in the Kamiuchida Formation, the Ichimiya and the Hosoya in the the Dainichi Formation, the Ikoino-Hiroba II and the Inter V, the Kamenokou and the Hakusan, the Kaigasawa-Ike III and the Onuki IV and the Syouchii-Inari, the Kita I and the Kitou V and the Haruoka, the Takatenjin-Higashi and the Osaka in the Hijikata Formation.

This study, in which many volcanic ash beds in the Upper Kakegawa Group are described and correlated, has resulted in more detailed stratigraphical identification of the Upper Kakegawa Group.

¹⁾東海大学自然史博物館研究業績 No.47

Contributions from the Natural History Museum, Tokai University, No.47

²⁾東海大学社会教育センター, 424-8620, 静岡県清水市三保2389

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

³⁾不二和開発株式会社工務部, 167-0074 東京都杉並区上高井戸1-9-1

Fujiwa Development Ltd., Construction Division, 1-9-1, Kamitakaido, Suginami, Tokyo, 167-0074, Japan

⁴⁾東海大学海洋学部, 424-8610, 静岡県清水市折戸3-20-1

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

⁵⁾861-1682 熊本県菊池市大字重味2418

2418, Shigemi, Kikuchi, Kumamoto, 861-1682, Japan

⁶⁾名古屋大学理学部地球惑星科学教室, 464-8602, 愛知県名古屋市千種区不老町

Department of the Earth Planet Science, Nagoya University, Furo-chou, Chigusa, Nagoya, Aichi, 464-8602, Japan

はじめに

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鮮新統から下部更新統である (Fig. 1)。

掛川層群は、海棲軟体動物化石が豊富に産することから、日本の太平洋岸における鮮新—更新統の模式地のひとつとされ、古くから多くの層序学的または古生物学的研究が行われてきた。掛川層群の層序学的研究は横山 (1925) に始まり、横山 (1928a, 1928b, 1950, 1963), 千谷 (1926, 1931), MAKIYAMA (1931), 横山・坂本 (1957), 氏家 (1958), TSUCHI (1961), UJIE (1962), 加藤 (1973), IBARAKI and TSUCHI (1974), TSUCHI (1976), ODA (1977), CHINZEI and AOSHIMA (1976), IBARAKI (1986), 茨木 (1986), ISHIBASHI (1989), TAKAWAKI (1994), 柴ほか (1996) などがある。

従来の掛川層群についての層序学研究のほとんどは、掛川層群を縁辺相の礫層や砂層と沖合相の堀之内互層とを区別し、最上部に土方層や曾我層を設けたものだった (Fig. 2)。しかし、各研究者によって掛川層群の各地層の層準や層序関係についての見解は異なり、模式層序たるべき統一した層序が整備されていなかった。

掛川層群の層序を明確にするために重要な役割をはたす火山灰の鍵層については、水野ほか (1987) と里口ほか (1996) などの研究以前には10層程度しか認識されていなかったばかりか、UJIE (1962) をのぞきその模式地や岩相、岩石学的記載についてまったく示されていなかった。また、多くの研究者が地質図上で火山灰層の分布を示しているが、同じ名前の火山灰層でも研究者によってその分布が大きく異なっている場合もあり、水野ほか (1987) 以外に火山灰層を連続させた根拠について、それぞれの岩相や岩石学的記載にもとづいて述べている論文はなかった。

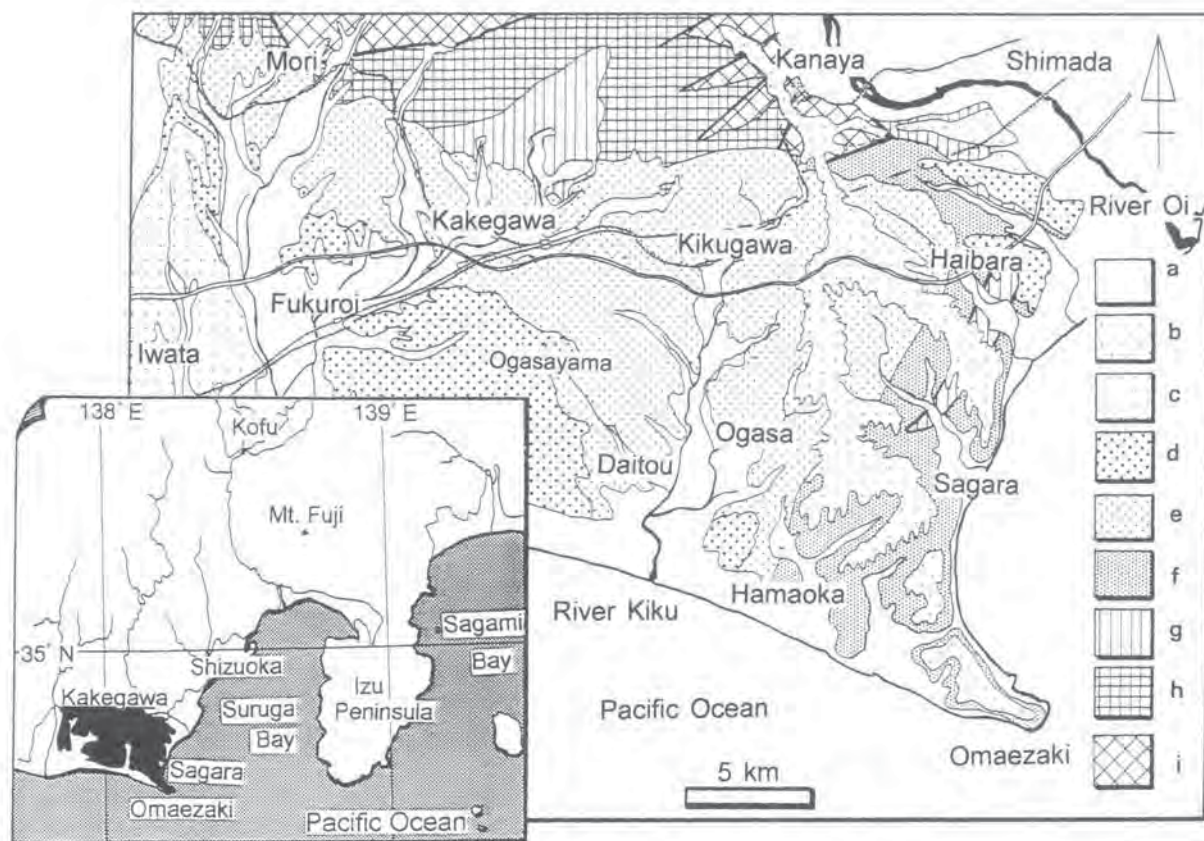


Fig. 1 Locality and geological map of the Kakegawa area. a : Alluvium, b : Middle to Upper Pleistocene, c : Lower to Middle Pleistocene, d : Kakegawa Group (Pliocene to Lower Pleistocene), e : Sagara Group (Upper Miocene), f : Saigou Group and Megami Group (Lower Miocene), g : Kurami Group (Lower Miocene), h : Setogawa Group (Paleogene), i : Mikura Group (Paleogene)

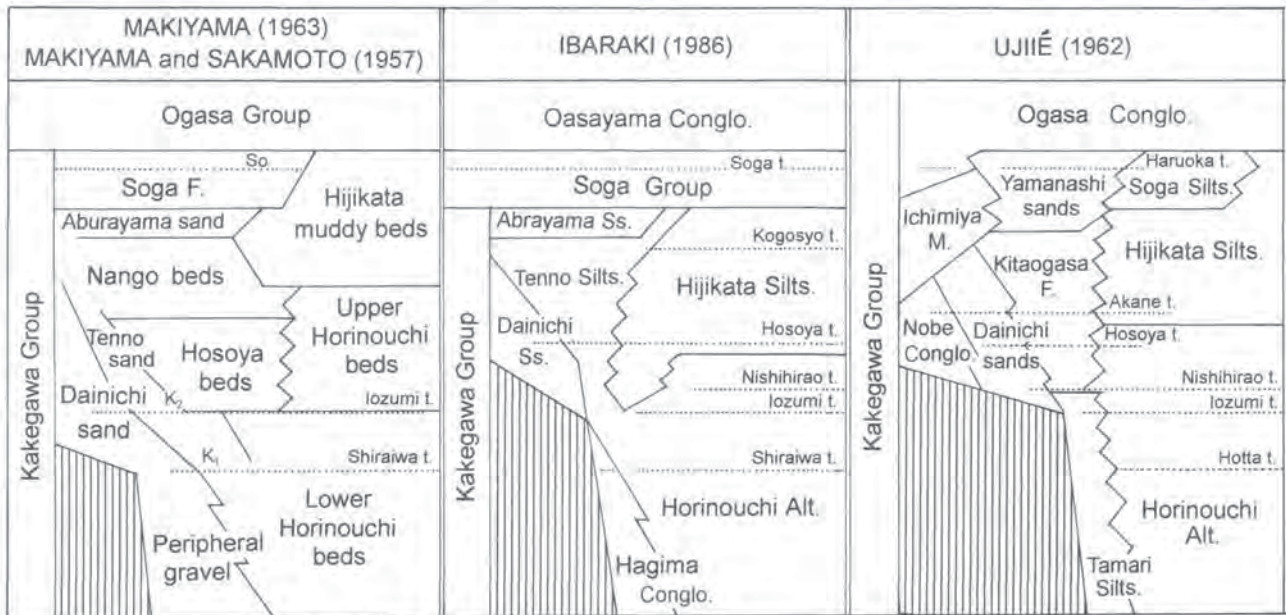


Fig. 2 Comparison of the stratigraphical studies of the Kakegawa Group. Dotted line with name is a volcanic ash bed and its name. F.: Formation, M.: Member, Ss.: Sandstone, Silts.: Siltstone, Conglo.: Conglomerate, Alt.: Alternation of sandstone and siltstone, t.: Tuff.

MASUDA and ISHIBASHI (1991) は、ISHIBASHI (1989) の層序にもとづき、掛川層群がひとつの堆積シーケンスから構成されているとした。酒井・増田 (1992) は、掛川層群上部で沿岸～陸棚相に認められるパラシーケンスを識別した。また、SAKAI and MASUDA (1995) は掛川層群が扇状地から陸棚斜面、海底扇状地にかけての堆積物からなり、低海水準期堆積体と海進期堆積体、高海水準期堆積体からなる第3オーダーのシーケンス (HAQ et al., 1987) を形成し、1回の海水準変動によって形成されたとした。

このような掛川層群の堆積学的研究においても、火山灰層の鍵層としての役割は非常に重要であるが、これまで掛川層群全体にわたる火山灰層の岩相および岩石学的記載にもとづく層序学的研究は行われていない。

筆者らは、掛川層群上部層の層序学的研究をする中で、里口ほか (1996) と同様に多くの新しい火山灰層を発見し (柴ほか, 1998)、各火山灰層の岩相を記載した。また、そのうち多くの火山灰層については、主に火山ガラスの形状と屈折率をもとに岩石学的記載を行った。そして、それら火山灰層の岩石学的特徴も含めた岩相と周辺の地質構造をもとに、各火山灰層の分布と層準を決定し、離れた地域に分布するいくつかの火山灰層同士の対比を試みた。

本稿では、掛川層群に関する今後の層序学的研究の基礎資料にするため、筆者らが発見・確認した掛

川層群上部層に挟在する火山灰層の分布と岩相、岩石学的性質を記載し、各火山灰層の層位を述べる。また、掛川層群上部層に挟在する火山灰層の岩石学のおよび層序学的特徴についても言及する。

地質概説

掛川層群は、その分布の北側にある下位の古第三系三倉層群・瀬戸川層群と下部中新統の倉真層群・西郷層群を基盤岩として、それに対して不整合で重なり (榎山・坂本, 1957)、南東側では下位の相良層群と陸上域で不整合をともなうシーケンス境界で接する。掛川層群は上位の小笠層群 (榎山・坂本, 1957) に南西部で、これも陸上域で不整合をともなうシーケンス境界で接する。

本稿では、掛川層群を下位より勝間累層、萩間累層、東横地累層、上内田累層、大日累層、土方累層の6累層に区分し、東横地累層と上内田累層の境界をもって下部層と上部層に区分する。掛川層群の下部層と上部層の境界にあたる上内田累層の基底は、ほぼ堀田火山灰層 (千谷, 1926の堀田凝灰岩および榎山, 1928aの白岩凝灰岩) の直下の層準にあたる。

掛川層群上部層は、下位より上内田累層、大日累層、土方累層からなり (Fig. 3)、静岡県掛川市南部とその周辺、すなわち磐田郡豊岡村から周智郡森町と袋井市北部、小笠郡菊川町と大東町、小笠町の一

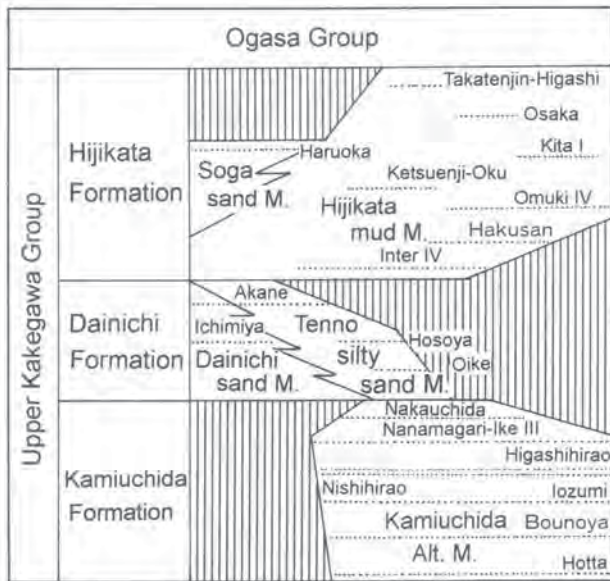


Fig. 3 Stratigraphy of the Upper Kakegawa Group. Alt.: Alternation sand and mud beds. Dotted line with name is a volcanic ash bed and its name. M.: Member.

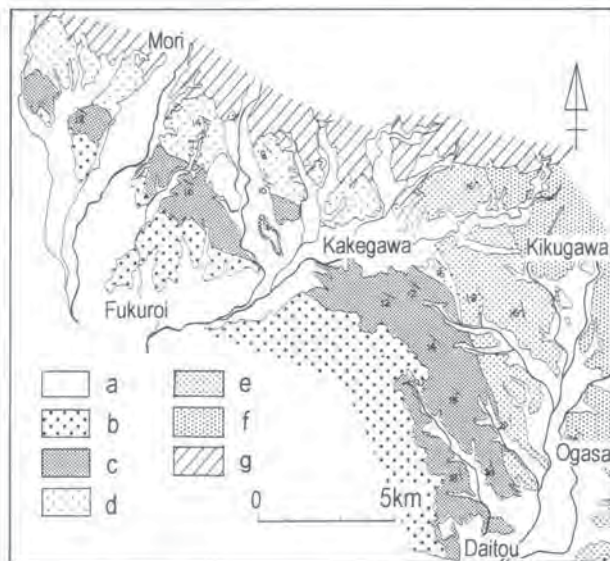


Fig. 4 Geological map of the Upper Kakegawa Group. a: Alluvium and terrace deposits, b: Ogasa Group, c-f: Kakegawa Group (c: Hijikata Formation, d: Dainichi Formation, e: Kamiuchida Formation, f: Higashiyokoji Formation), g: Basement.

部に分布し、本調査地域はほぼその全域にあたる (Fig. 4)。

掛川層群上部層の上内田累層は泥がち砂泥互層を主体とし、大日累層は砂層と泥質な砂層からなる。土方累層は北部では砂層や礫層からなり、南部では泥層が主体となる。本調査地域の北西部では大日累層と土方累層が分布し、南東部では上内田累層の上

位に直接土方累層が重なり、大日累層が分布しない。掛川層群上部層の構造は、西北西-東南東から北北西-南南東方向の走向で、傾斜は南西に $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$ で、南西側に新しい地層が分布する (Fig. 4)。

掛川層群上部層をシーケンス層序学的にみると、上内田累層はHAQ et al. (1987) の低海水準期堆積体に、大日累層は海進期堆積体、土方累層は高海水準期堆積体にそれぞれ相当し、掛川層群上部層が第3オーダーの1シーケンスを形成している (柴ほか, 1998; 横山ほか, 1999)。

掛川層群の上位に重なる小笠層群は、磐田原台地、可垂丘陵、小笠丘陵、南山丘陵などに分布し、模式地の小笠丘陵で600m以上に達する厚い礫層であり、中部に粘土層が挟在する (横山・坂本, 1957; 石田ほか, 1980)。

掛川層群上部層の地質層序

本調査地域における掛川層群上部層の各累層の層序と岩相について述べる。

1. 上内田累層

上内田累層は、本調査地域では上内田砂泥互層のみからなる。上内田砂泥互層は、掛川市満水から上内田、菊川町中内田、大東町岩滑、浜岡町大石、河東にかけて北北西-南南東方向に分布する。上内田累層の岩相は泥がち砂泥互層を主体とし、中部層準に砂泥比がほぼ等量の砂泥互層が挟在する。上内田累層には、下位より堀田火山灰層、坊之谷火山灰層、岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、西平尾火山灰層グループ、七曲池火山灰層グループ、中内田火山灰層などの火山灰層が挟在する。なお本稿では、中部層準に挟在する岩滑火山灰層グループより上位の火山灰層を記載の対象とした。

2. 大日累層

大日累層は、大日砂層と天王シルト質砂層からなり、磐田郡豊岡村から周智郡森町南部、袋井市北部、掛川市南部の地域に分布する。大日砂層と天王シルト質砂層は大日累層の分布地域の北西部で指交関係にある。

大日砂層は、袋井市大日を模式地とし、主に分級

の良い細粒から中粒砂よりなる。層厚は100~200mで、基盤を明瞭な侵食面を持つ不整合で覆う。基盤との境界付近には分級の悪い礫層が挟在する。砂層にはハンモック状斜交層理や平行葉理、トラフ型斜交層理などが発達するが、しばしば生物擾乱の著しい部分もみられる。

天王シルト質砂層は、掛川市大池を模式地とし、生物擾乱の著しいシルト質の極細粒砂~シルト層よりなる。天王シルト質砂層にはしばしば分級の悪い平行葉理の発達する細粒砂層を挟む。掛川市小市、大池、家代付近では、スランブ構造が発達する。

大日砂層は上位に重なる天王シルト質砂層とは海氾濫面で接し、大日砂層の浅海の砂質堆積物から上位へ急激な岩相変化をもって天王シルト質砂層のやや深い泥質な堆積物へと変化する。この岩相変化を1つのセットとすると、東から西に向かって上位方向に5セットが認められ、全体としては海進期の堆積体を形成する(横山ほか, 1999)。大日累層には大池火山灰層、蔵人火山灰層、細谷火山灰層、赤根火山灰層などの火山灰層が挟在する。

3. 土方累層

土方累層は、土方泥層と曽我砂層からなり、森町南部から袋井市北部、掛川市南部、大東町に分布する。土方泥層と曽我砂層は土方累層の分布地域北西部で指交関係にあり、曽我砂層は上位のものほど南西方向に分布し、全体として海退期の堆積体を形成する(横山ほか, 1999)。土方泥層は泥層を主体とする地層で、主に土方累層の分布地域南部に分布する。曽我砂層は主に砂層からなり、一部礫層が挟在し、土方累層の分布地域北西部に分布する。土方累層には、インター火山灰層グループ、矢崎火山灰層グループ、白山火山灰層、結縁寺奥火山灰層、小貫火山灰層グループ、城東火山灰層グループ、春岡火山灰層、上土方火山灰層グループ、大坂北火山灰層グループなど多くの火山灰層が挟在する。

掛川層群上部層の地質年代

掛川層群の地質年代については、これまで行われた微化石層序や古地磁気層序、広域火山灰層の対比から推定されている。ここでは、これまでの研究を概観して、本調査層準の地質年代についてのデータ

を整理する。

1. 微化石層序

掛川層群から産出する有孔虫化石の研究には、SAITO (1963)、両角 (1972)、加藤 (1973)、ODA (1977)、IBARAKI (1986)、茨木 (1986)、柴ほか (1998) などがある。特に掛川層群上部層について、本稿の層準に合わせると、*Pulleniatina*属の殻の巻き方向が右から左に変換する層準が上内田累層の西平尾火山灰層の上位にあり、*Globorotalia truncatulinoides*の初出現層準が土方累層のほぼ基底にあり、*Pulleniatina*属の殻の巻き方向が左から右に変換する層準が土方累層の中部層準にある。

亀尾 (1998) は掛川層群の石灰質ナンノ化石から、堀田火山灰層の直下で、*Reticulofenestra minutula* var. のアクメ上限を認め、KAMEO et al. (1995) にしたがってその絶対年代値を2.25Maとした。五百済火山灰層の下位の層準で、小型の*Gephyrocapsa*属のアクメ下限を認め、KAMEO et al. (1995) にしたがってその絶対年代値を2.02Maとした。本稿の上内田累層と土方累層の境界付近で*Discaster brouweri*の絶滅層準を認め、この基準面がNN19帯およびCN13帯の下限を規定し、高山ほか (1995) にしたがってその絶対年代値を2.00Maとした。また、土方累層の中部層準にある*Pulleniatina*属の殻の巻き方向が左から右に変換する層準付近で、*Gephyrocapsa caribbeanica*の出現と*Gephyrocapsa oceanica*の出現を認め、この基準面がSATO and TAKAYAMA (1992) の化石基準面12 (CN13a亜帯の上限) と11にそれぞれ相当するとして、高山ほか (1995) にしたがってその絶対年代値を1.72Maと1.65Maとした。さらにその上位の土方累層の層準で、大型の*Gephyrocapsa*属の出現を認め、この基準面がSATO and TAKAYAMA (1992) の化石基準面10に相当するとして、高山ほか (1995) にしたがってその絶対年代値を1.44Maとした。

2. 古地磁気層序と放射年代

掛川層群の古地磁気層序については、YOSHIDA and NIITSUMA (1976) と石田ほか (1980) により報告がある。これらの結果を本稿の層準に合わせると、YOSHIDA and NIITSUMA (1976) は掛川層群の下部層の正磁気帯をガウスクロン (C2An: 3.58-2.58Ma)

に、土方累層下部の正磁気帯をオールドバイサブクロン(C2n: 1.92-1.77Ma)に対比した。石田ほか(1980)は土方累層最上部の正磁気帯をハラミロサブクロン(C1r. 1n: 1.07-0.99Ma)に対比した。

SHIBATA et al. (1984) と水野ほか(1987) によって掛川層群のいくつかの火山灰層のフィッシュ・トラック年代値が出されている。それによると、掛川層群下部層の蛭ヶ谷^{ひるがや}火山灰層は 4.1 ± 0.2 Ma、有ヶ谷^{ありが}I火山灰層は 3.2 ± 0.6 Ma、有ヶ谷IV火山灰層は 2.5 ± 0.2 Maであり、上部層の上内田累層の五百済火山灰層は 2.3 ± 0.5 Ma、細谷火山灰層は 1.9 ± 0.4 Maである。しかし、この細谷^{かめこう}火山灰層のデータは西村(1977)が掛川市亀の甲で採取した試料(西村, 1975)のもので、細谷火山灰層とされた火山灰層は本稿の細谷火山灰層ではなく、土方累層に挟在する火山灰層に相当する。

3. 広域火山灰対比

掛川層群に挟在する火山灰層の広域火山灰対比については、里口ほか(1996)、里口ほか(1999)、黒川(1999)、青木(1999)によって検討されている。それらによれば、有ヶ谷I火山灰層は東海層群の長明寺II火山灰層や古琵琶湖層群の相模I火山灰層、大阪層群の土生滝I火山灰層に対比されている。有ヶ谷IV火山灰層は新潟地域の西山層中部に挟在する二田城^{ふたのじょう}ガラス質火山灰層(2.65Ma)に対比されている。上内田累層の基底層準の堀田火山灰層(白岩火山灰層)は、東海層群の^{こやしろ}小社火山灰層と古琵琶湖層群の^{むしよの}虫生野火山灰層に対比され、その上位の坊之谷火山灰層は東海層群の大辻新田火山灰層に対比される。岩滑火山灰層グループから五百済火山灰層にかけては新潟地域の中永^{ちゅうえい}白色ガラス質テフラ(Chw)群に対比され、岩滑I火山灰層～岩滑III火山灰層はChw-1～2に、岩滑IV火山灰層～岩滑V火山灰層と五百済火山灰層はChw-3と対比され、これはほぼ2.2Maに相当する。西平尾火山灰層は東海層群の板東I火山灰層に対比される。土方累層の上土方I^{さなまる}火山灰層は猿丸層のT4火山灰層、魚沼層群のSK110^{うおぬま}火山灰層、上総層群のKd25火山灰層に対比される。

4. 掛川層群上部層の地質年代

以上述べた微化石層序、古地磁気層序、フィッシュ

シ・トラック年代、火山灰層の広域火山灰対比の研究では、それぞれの年代値に多少の上下はあるが、本研究で記載する岩滑火山灰層グループ以上の層準にあたる掛川層群上部層の地質年代は、ほぼ2.3Ma～1.0Maに推定され、鮮新世後期から更新世前期に相当する。

火山灰層の記載方法と分析方法

火山灰層の野外での岩相記載は、層厚、色、粒度、内部堆積構造などを記載し、ほぼすべての地点で分析用試料を採取した。粒度はFISHER(1961)の区分にしたがい、シルトサイズ以下を細粒火山灰とし、砂サイズのものを粗粒火山灰とした。

火山灰分析の方法は、分析試料を乾燥、洗浄後、篩別し、1/4mm～1/16mmの粒度のものについて、全鉱物組成、ガラスの形状、ガラスの屈折率の測定を行った。全鉱物組成とガラスの形状は、200粒以上を鑑定し、粒数%によってその組成とした。ガラスの形状の分類は吉川(1976)にしたがった。ガラスの屈折率の測定は、YOSHIKAWA(1984)の標準ガラスを用いた分散法によって測定した。

火山灰層の記載

本稿では、掛川層群上部層の火山灰層を各累層ごと、各地域に分けて記載する。上内田累層の火山灰層については、上内田累層の中部層準にある五百済火山灰層の直下の岩滑火山灰層グループも含め、それより上位の141層の火山灰層を記載する。

記載した火山灰層のうち73層の火山灰層について97試料の火山灰分析を行った。本研究では火山灰に含まれる重鉱物の定量的な組成について計測していない。本稿で記載する火山灰層のうち、すでに里口ほか(1996)によって重鉱物組成が記載されている火山灰層については、重鉱物組成を里口ほか(1996)から引用して記載した。

各火山灰層は、定義と層序関係について述べた後、[試料]、[模式地]、[分布]、[層厚]、[岩相]、[記載岩石学的性質]の順に記載を行う。定義にあたっては、未記載の火山灰層については新称とし、すでに命名・定義されている火山灰層についてはその文献を明記し、異なった定義を行う場合は再定義とする。層序関係は主にその地域での下位の火山灰層か

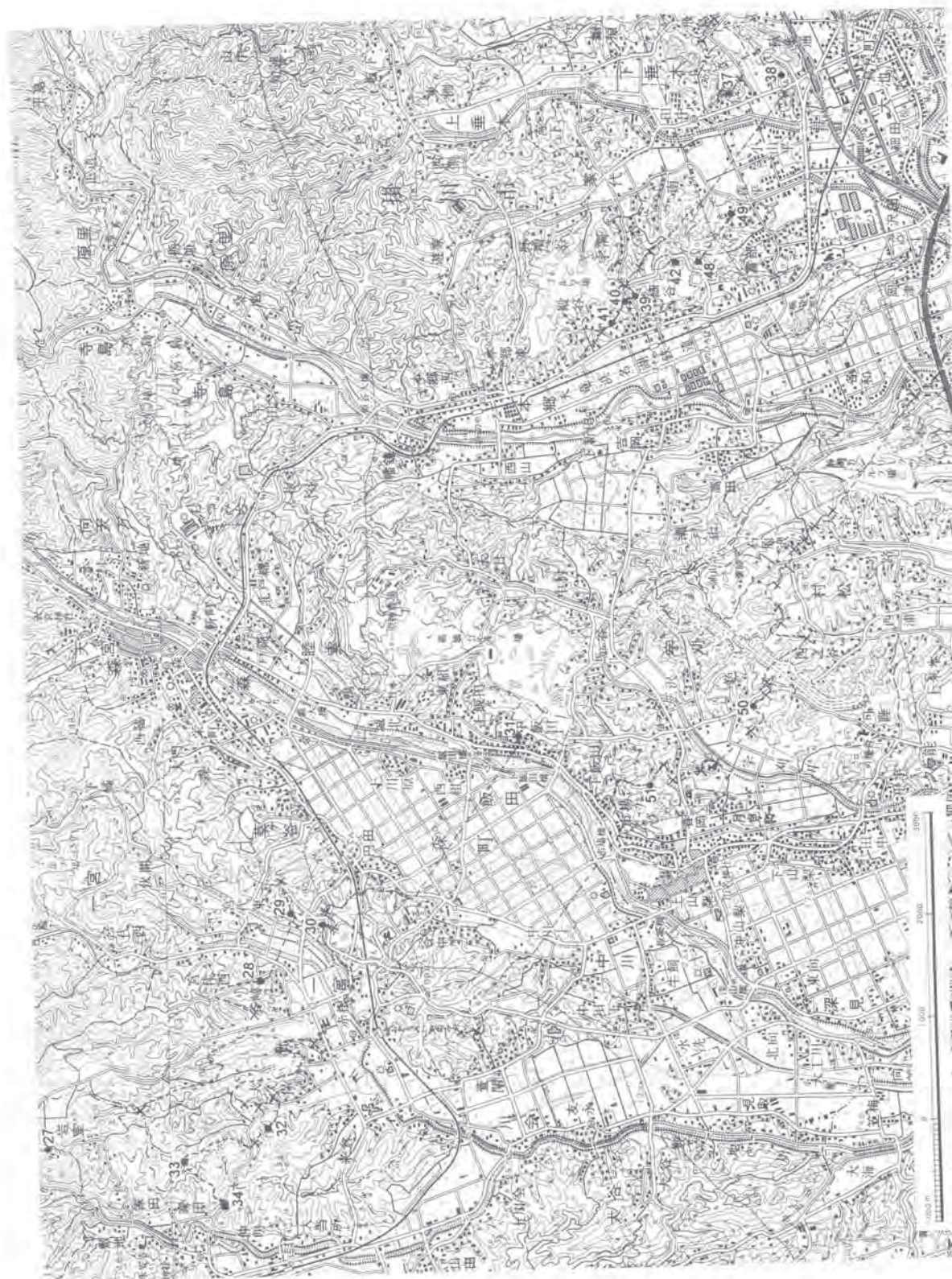


Fig. 5 Locality map of the volcanic ash beds in Fukuroi City and Kakegawa City. Black circle with number shows a location of the volcanic ash bed described in this paper and x shows another location of the volcanic ash bed. Broken line shows the distribution of the same volcanic ash bed. The base map is used the 1/50000 geographical map of "Iwata" and "Tenryu".

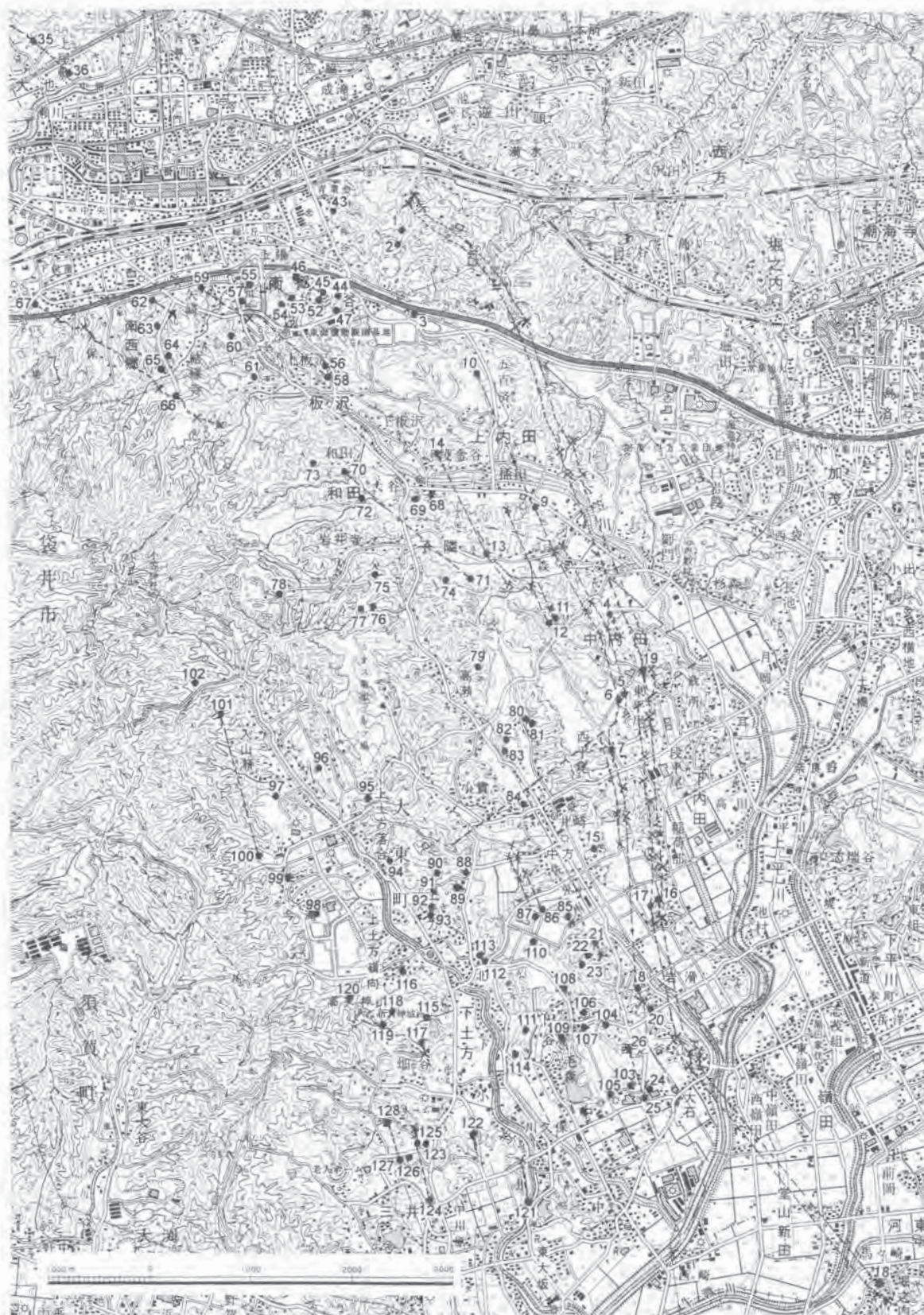


Fig. 6 Locality map of the volcanic ash beds in Kakegawa City, Daitou-chou, Ogasa-chou and Kikugawa-chou. Black circle with number shows a location of the volcanic ash bed described in this paper and x shows another location of the volcanic ash bed. Broken line shows the distribution of the same volcanic ash bed. Thick broken line shows fault. The base map is used the 1/50000 geographical map of "Kakegawa".

Table 1 The petrographic properties of the volcanic ash beds intercalated in the Kamiuchida Formation and the Dainichi Formation.

Area	Name of volcanic ash	Loc.	Sample No.	Shape of glass shade (%)							Mineral Composition (%)				Reflective index of glass		
				Ha	Hb	Ca	Cb	Ta	Tb	Oth	Gl	Qz	Fel	HM	min.	max.	average
2-3	Saruta-Ike I	47	YS-0302	16	18	33	9	13	10	0	98	0	1	1	1.506	1.510	1.508
2-3	Ryoya-Jinjya	45	YS-0305	0	7	51	5	16	12	9	75	1	7	17	1.502	1.506	1.504
2-2	Ieshiro	42	YS-0401	1	11	41	10	27	10	0	74	1	6	19	1.507	1.513	1.509
2-2	Hosoya	40	KT-050403	1	2	55	27	7	9	0	93	1	4	3	1.501	1.509	1.504
2-2	Hosoya	39	970928-04	1	1	30	14	44	10	0	79	0	12	9	1.501	1.508	1.505
2-2	Kurozu	37	970928-02	0	7	88	3	3	0	0	42	0	29	29	1.502	1.505	1.504
2-2	Oike	36	991024-01	58	30	9	2	0	1	0	97	0	1	2	1.500	1.502	1.502
2-1	Akane	34	99021902	2	60	21	6	3	4	3	96	3	0	1	1.499	1.501	1.501
2-1	Akane	33	99021903	5	40	16	8	7	13	12	93	6	0	1	1.499	1.502	1.500
2-1	Akane	32	99021901	4	30	28	7	7	14	9	86	8	0	6	1.499	1.501	1.500
2-1	Akane	31	970928-05	11	6	49	14	7	14	0	96	0	2	2	1.500	1.503	1.502
2-1	Akane	30	970928-07	3	3	50	20	14	10	0	88	0	7	4	1.499	1.502	1.500
2-1	Ichimiya	29	981008-01	12	23	35	20	4	6	0	91	1	2	6	1.501	1.505	1.503
2-1	Shishigahana	27	YS-0501												1.505	1.506	1.506
1-5	Yasaka-Jinjya II	26	NH-1006	0	3	25	0	66	6	0	38	1	34	27	1.503	1.510	1.505
1-5	Yasaka-Jinjya II	25	OT-0604	0	0	35	2	46	17	0	36	1	34	30	1.500	1.507	1.504
1-5	Yasaka-Jinjya I	24	OT-0603	1	0	23	2	71	3	0	14	3	55	28	1.500	1.503	1.501
1-4	Sentebashi II	22	WF-0204	0	0	24	1	62	13	0	57	3	28	12	1.521	1.525	1.524
1-4	Sentebashi I	21	BD-1008	3	5	61	19	5	7	0	95	0	3	1	1.501	1.506	1.504
1-4	Nishinoya-Higashii	20	SK-0801	2	1	29	2	10	7	48	49	0	29	22	1.499	1.504	1.501
1-4	Iozumi	17	BD-010102	0	0	28	15	45	11	0	85	0	5	10	1.502	1.505	1.503
1-4	Iozumi	17	BD-010101	0	1	38	11	41	10	0	90	0	4	6	1.501	1.504	1.503
1-3	Nishihirao	8	OT-0501	0	5	68	10	8	8	0	94	1	3	3	1.500	1.502	1.501
1-2	Nakauchida	14	NH-0601	0	0	67	7	19	6	0	69	0	28	3	1.514	1.517	1.516
1-2	Nakauchida	13	OO-1006	0	0	64	3	23	9	0	52	0	30	18	1.514	1.516	1.515
1-2	Nanamagari-Ike III	12	970912-03	0	0	10	0	86	4	0	39	0	34	27	1.515	1.528	1.522
1-2	Nanamagari-Ike II	11	970912-02	0	0	15	0	61	24	0	77	0	18	4	1.502	1.505	1.505
1-2	Nanamagari-Ike I	11	970912-01	0	0	30	0	50	20	0	80	0	15	5	1.501	1.505	1.503
1-2	Higashihirao	9	NH-0301	0	0	16	11	34	39	0	35	34	9	23	1.497	1.501	1.499
1-2	Higashihirao	6	BD-100701	0	0	11	5	47	37	0	38	24	20	19	1.499	1.503	1.501
1-2	Higashihirao	6	BD-100702	0	3	24	9	42	22	0	46	21	15	19	1.498	1.504	1.500
1-2	Higashihirao Shita	6	99070407i	0	14	35	10	14	20	7	73	13	0	15	1.499	1.503	1.500
1-2	Nishihirao	7	BD-0401	1	3	64	12	9	11	0	88	0	6	5	1.497	1.503	1.500
1-1	Tsumagoi-Minami III	3	NH-0105	0	0	37	0	60	2	1	17	0	60	23	1.500	1.507	1.504
1-1	Higashihirao	10	NH-0108	1	0	44	6	26	23	0	64	5	12	19	1.498	1.502	1.500
1-1	Higashihirao	10	NH-0107	0	2	29	5	44	21	0	55	19	10	17	1.501	1.504	1.503

らの垂直的な距離を示す。[試料]については、本稿で火山灰分析の結果を示した採集試料の地点番号と試料番号をたとえば、Loc.62; WF-0101のように示す。[模式地]には (Loc.) で地点番号を付記する。地点番号についてはFig. 5とFig. 6を参照。火山灰分析した各火山灰層の記載岩石学的性質についてのデータを、上内田累層と大日累層の火山灰層についてはTable 1に、土方累層のものはTable 2に示す。

1. 上内田累層の火山灰層

上内田累層の火山灰層について、岩滑火山灰層グループも含め上位の火山灰層を記載する。記載にあたっては北から南にかけて、1) 満水—上内田地域、2) 中内田—西平尾地域、3) 下内田—^{なかばう}中^{なか}方地域、4) 岩滑—^{にし}西^や之谷地域、5) 大石—中^{なか}地域の5つの地域に分けて記載する。なお、大石—中^{なか}地域の南東側にあたる小笠町河東地域は大石—中^{なか}地域に含め

た。いくつかの地域にまたがって分布する火山灰層については、模式地が含まれる地域で記載する。上内田累層の各地域の地質柱状図と挟在する火山灰層をFig. 7に示す。

1) 満水—上内田地域

掛川市満水の西部から上内田にかけての地域に分布する上内田累層には、下位より岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、金谷池火山灰層グループ、つま恋南火山灰層グループの火山灰層が挟在する。ここでは、金谷池火山灰層グループとつま恋南火山灰層グループについて記載する。

金谷池火山灰層グループ (新称)

掛川市満水の西、ヤマハリゾートつま恋の北西にある金谷池の東に分布する泥がち互層中に3層の火山灰層が挟在し、下位よりそれぞれ金谷池I火山灰層、金谷池II火山灰層、金谷池III火山灰層とする。
金谷池I火山灰層 (新称)

Table 2 The petrographic properties of the volcanic ash beds intercalated in the Hijikata Formation.

Area	Name of volcanic ash	Loc.	Sample No.	Shape of glass shade (%)							Mineral Composition (%)				Reflective index of glass		
				Ha	Hb	Ca	Cb	Ta	Tb	Oth	Gl	Qz	Fel	HM	min.	max.	average
3-6	Osaka-Kita III	128	TT-0706	1	2	63	7	25	3	0	85	3	6	6	1.511	1.514	1.512
3-6	Osaka-Kita II	126	TT-0704	1	9	41	18	20	10	1	78	3	11	8	1.505	1.510	1.507
3-6	Osaka-Kita I	126	TT-0705	9	33	25	22	9	1	0	98	0	1	1	1.501	1.504	1.503
3-6	Osaka	125	TT-0703	0	8	54	10	20	7	0	94	2	2	1	1.508	1.512	1.509
3-6	Nagaya-Ike	123	TT-0702	0	4	59	14	22	2	0	25	5	22	49	1.511	1.513	1.513
3-6	Kamada-Higashi	122	TT-0701	0	1	33	16	37	11	2	93	0	2	5	1.505	1.512	1.510
3-5	Takatenjin-Higashi	119	TT-0403	2	11	43	18	18	7	0	90	2	7	2	1.506	1.513	1.511
3-5	Hatagaya	117	970226-07	3	9	57	31	0	0	0	92	0	4	3	1.498	1.506	1.500
3-5	Kita II	113	YS-0410	1	11	41	10	27	10	0	69	6	1	24	1.498	1.504	1.501
3-5	Kita I	112	YV-0601	1	17	35	42	2	3	1	96	0	1	2	1.499	1.501	1.500
3-5	Tagaike-Kita	109	NH-0904	0	0	19	7	48	26	0	5	2	56	37	1.504	1.510	1.507
3-5	Ikenoya II	108	NH-0901	0	0	19	2	76	3	0	41	3	31	24	1.501	1.502	1.502
3-5	Ikenoya I	108	NH-0903	0	1	29	3	63	4	0	65	1	15	19	1.504	1.509	1.506
3-5	Syouichii-Inari	107	NH-1001	3	8	53	21	8	7	0	92	0	4	3	1.503	1.507	1.505
3-5	Syouichii-Inari	107	NH-1002	3	4	64	12	5	12	0	38	4	26	32	1.502	1.510	1.506
3-5	Yakushido	103	OT-0601	2	5	63	14	9	7	0	91	0	6	2	1.499	1.503	1.502
3-5	Yakushido	103	OT-0602	3	9	60	13	11	5	0	90	0	7	4	1.498	1.502	1.500
3-4	Iriyamase-Kita	102	WF-1001	13	14	43	16	7	7	0	96	0	3	1	1.501	1.506	1.503
3-4	Imataki-Kita II	101	TT-0101	12	36	15	32	0	4	0	96	0	3	0	1.499	1.501	1.500
3-4	Imataki-Kita II	100	TT-0201	1	6	48	32	3	9	1	97	1	1	0	1.499	1.502	1.500
3-4	Kitou VI	91	BD-0108	1	0	43	19	21	16	0	76	0	13	11	1.508	1.510	1.509
3-4	Kitou V	90	OT-0401	0	1	49	31	17	2	0	84	2	5	9	1.501	1.505	1.502
3-4	Kitou V	90	OT-0402	1	2	55	23	15	5	0	89	0	4	7	1.498	1.500	1.499
3-4	Kitou II	89	YV-0603	2	1	26	9	43	20	0	61	7	16	16	1.498	1.501	1.500
3-4	Kitou I	88	YV-0602	7	26	29	27	9	2	0	98	0	0	1	1.501	1.504	1.502
3-4	Onuki IV	87	OT-0504	0	0	16	1	75	9	0	69	1	16	14	1.503	1.506	1.504
3-4	Nakahou III Ue	85	YS-0606	0	2	40	2	40	16	0	90	3	1	6	1.504	1.507	1.505
3-4	Nakahou III	84	BD-1204	0	0	5	0	73	22	0	67	1	13	19	1.508	1.512	1.509
3-4	Sazuka	84	YS-0406	81	8	6	2	1	2	0	98	0	1	1	1.500	1.501	1.500
3-4	Takase-Danchi-Nishi	83	BD-1403	4	7	80	7	0	2	0	21	2	39	38	1.500	1.507	1.503
3-4	Takase-Danchi	82	WF-1301	14	10	53	7	10	6	0	86	1	7	6	1.497	1.502	1.499
3-4	Takase	79	OO-0602	2	4	45	23	20	6	0	89	0	6	5	1.507	1.514	1.511
3-3	Gansyoji-Oku	78	OK-1801	1	4	66	3	21	5	0	67	1	18	14	1.507	1.513	1.510
3-3	Kaigasawa-Ike III	77	OO-0503	0	3	45	15	30	7	0	65	2	18	15	1.504	1.508	1.506
3-3	Gansyoji	75	NH-0702	0	0	43	4	51	2	0	19	0	41	40	1.505	1.513	1.509
3-3	Kotonari	74	YV-0606	5	23	37	28	2	6	0	94	0	4	2	1.506	1.509	1.507
3-3	Wada	73	OO-1102	11	14	58	7	6	4	0	69	0	14	16	1.500	1.502	1.501
3-3	Wada	73	OO-1103	9	16	47	21	6	1	0	84	0	8	9	1.500	1.503	1.502
3-3	Wada	73	OO-1104	9	10	49	16	12	4	0	81	0	9	9	1.501	1.504	1.502
3-3	Kotonarigawa	72	OK-0701	0	0	44	3	48	5	0	9	4	46	41	1.500	1.504	1.503
3-3	Hakusan	71	YV-0607	2	4	54	7	23	10	2	47	5	10	38	1.503	1.508	1.504
3-3	Hakusan	70	OO-1105	0	0	30	1	69	1	0	45	0	27	28	1.503	1.506	1.505
3-3	Hinokizaka-Zuido	69	OO-0401	0	0	4	1	76	19	0	77	1	9	13	1.503	1.510	1.506
3-2	Ketsuenji-Oku	67	WF-0701	5	6	55	12	18	5	0	62	1	19	18	1.500	1.501	1.500
3-2	Ketsuenji-Oku	66	BD-1001	0	2	59	7	12	20	0	79	0	9	12	1.500	1.504	1.502
3-2	Kamenokou	62	WF-0101	0	1	11	2	79	7	0	71	0	17	12	1.502	1.505	1.503
3-2	Tsutsujigaoka	61	OK-1002	0	0	71	0	26	3	0	31	1	36	33	1.500	1.501	1.500
3-2	Aota-Ike	60	OK-1003	5	4	62	3	26	0	0	5	0	55	40	1.501	1.507	1.504
3-2	Yazaki II	59	YS-0301	82	7	6	2	0	3	0	97	1	0	2	1.498	1.501	1.499
3-2	Yazaki I	58	OK-0111	0	4	55	7	28	7	0	69	4	13	13	1.506	1.515	1.511
3-2	Yazaki I	57	OK-0102	1	4	75	6	14	0	0	28	2	42	28	1.504	1.517	1.510
3-2	Kamiitasawa	56	YS-0702	0	5	36	0	50	9	0	71	7	5	17	1.505	1.509	1.506
3-2	Nangou III	55	BD-1003	1	1	10	2	68	18	0	64	4	16	16	1.499	1.505	1.502
3-2	Nangou II	55	BD-1004	0	0	14	3	73	10	0	40	1	30	29	1.505	1.508	1.507
3-2	Inter V	53	980909-01	0	2	63	21	8	6	0	56	5	20	18	1.498	1.503	1.501
3-2	Inter V	53	980909-02	2	3	28	17	26	25	1	54	3	19	24	1.500	1.502	1.501
3-2	Inter IV	53	YV-0608	2	2	23	4	62	8	0	53	12	25	10	1.502	1.504	1.502
3-1	Haruoka	50	VA-0401	5	20	17	22	2	2	32	80	0	13	6	1.498	1.502	1.499
3-1	Ikoino-Hiroba II	48	KT-0101	0	1	27	2	60	10	0	36	19	25	20	1.501	1.506	1.503
3-1	Ikoino-Hiroba I	49	970928-03	0	1	16	1	73	10	0	53	1	19	27	1.500	1.504	1.502
3-1	Ikoino-Hiroba I	49	KT-0102	0	6	17	5	58	12	1	74	2	4	20	1.498	1.504	1.501

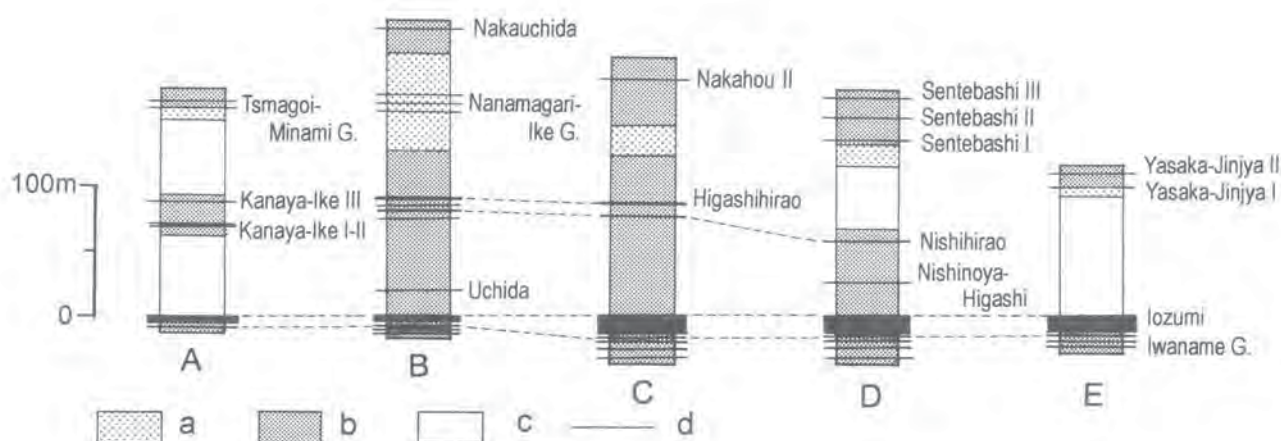


Fig. 7 Geological columnar sections and the volcanic ash beds in the Kamiuchida Formation. G. : Group, a : Alternation of sand and mud beds, b : Mud bed and mud rich alternation, c : Unexposed, d : Volcanic ash bed, A : Tamari - Kamiuchida area, B : Nakauchida - Nishihirao area, C : Shimouchida - Nakahou area, D : Iwaname - Nishinoya area, E : Oishi - Naka area. Broken line shows the distribution of the same volcanic ash bed.

五百済火山灰層の約70m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 金谷池の東，道路の北側の露頭 (Loc. 1)。

〔分布〕 金谷池の東の模式地に分布。

〔層厚〕 5 cm。

〔岩相〕 灰白色の細粒火山灰層。

金谷池Ⅱ火山灰層 (新称)

金谷池Ⅰ火山灰層の1m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 金谷池の東，道路の北側の露頭 (Loc. 1)。

〔分布〕 金谷池の東の模式地に分布。

〔層厚〕 3 cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層で，上下の泥層との境界は明瞭である。

金谷池Ⅲ火山灰層 (新称)

金谷池Ⅱ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 金谷池の南東にある茶畑の東側の崖 (Loc. 2)。

〔分布〕 金谷池の南東の模式地に分布。

〔層厚〕 6 cm。

〔岩相〕 層厚5mmの白色の細粒火山灰層が2層，間に5cmの泥質火山灰層をはさんで平行にある。上位の火山灰層はスランプ構造があり，側方へ不連続。

つま恋南火山灰層グループ (新称)

上内田の東名高速道路沿い，つま恋駐車場の道路をはさんで北西側の崖に露出する泥がち砂泥互層中に3層の火山灰層が挟在する。これらの火山灰層を下位よりそれぞれつま恋南Ⅰ火山灰層，つま恋南

Ⅱ火山灰層，つま恋南Ⅲ火山灰層とする。

つま恋南Ⅰ火山灰層 (新称)

五百済火山灰層の約160m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 つま恋南駐車場と道路をはさんだ北西側の崖 (Loc. 3)。

〔分布〕 つま恋南駐車場の北西の模式地に分布。

〔層厚〕 5 mm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。レンズ状で側方へ不連続。

つま恋南Ⅱ火山灰層 (新称)

つま恋南Ⅰ火山灰層の60cm上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 つま恋南駐車場と道路をはさんだ北西側の崖 (Loc. 3)。つま恋南Ⅰ火山灰層の露出する露頭。

〔分布〕 つま恋南駐車場の北西の模式地に分布。

〔層厚〕 10cm。

〔岩相〕 黄白色～灰白色の細粒火山灰層。基底2cmは黄白色の細粒火山灰層で，その上位は灰白色の泥質火山灰層。

つま恋南Ⅲ火山灰層 (新称)

つま恋南Ⅱ火山灰層の5m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 3 : NH-0105

〔模式地〕 つま恋南駐車場と道路をはさんだ北西側の崖。つま恋南Ⅱ火山灰層の露出する露頭の西側にある露頭 (Loc. 3)。

〔分布〕 つま恋南駐車場の北西の模式地に分布。

〔層厚〕 3～5 cm。

〔岩相〕黄白色～白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕長石と重鋳物を主体とし、少量のガラスからなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.500-1.507の範囲で、その平均値は1.504である。重鋳物は斜方輝石、角閃石、黒雲母、ジルコンを含む。

2) 中内田—西平尾地域

菊川町中内田から西平尾にかけて分布する上内田累層には、下位より岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、内田火山灰層、西平尾火山灰層グループ、七曲池火山灰層グループ、中内田火山灰層が挟在する。ここでは岩滑火山灰層グループと五百済火山灰層をのぞく火山灰層について記載する。

内田火山灰層（新称）

五百済火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕菊川町御門の南西約600mにある茶畑の東側の川崖（Loc. 4）。

〔分布〕菊川町御門の南西にある模式地とその南東側の東平尾北側の谷奥。

〔層厚〕20cm。

〔岩相〕白色～灰色の粗粒火山灰層。軽石を含み、平行葉理がみられる。

西平尾火山灰層グループ（新称）

西平尾火山灰層は、模式地付近で五百済火山灰層の約80m上位の泥がち互層中に挟在する火山灰層。Ujiié (1962) の“Nishihirao tuff”（西平尾凝灰岩）にほぼ相当するが、西平尾火山灰層の12m上位に岩相や層厚がよく似た火山灰層が挟在し、Ujiié (1962) ではこれらを区別していない。木宮・白井 (1991) は、西平尾火山灰層とこの上位の火山灰層をそれぞれ「西平尾凝灰岩」の「上位の凝灰岩」と「下位の凝灰岩」として記載した。里口ほか (1996) は、西平尾火山灰層の上位にある火山灰層を「東平尾火山灰層」と新たに定義するとともに、西平尾火山灰層についても再定義した。

本稿で述べる西平尾火山灰層グループは、西平尾火山灰層とその上下にある火山灰層、東平尾火山灰層とその下位にある火山灰層の全部で5層の火山灰層からなる。菊川町東平尾の西にある茶畑の農道の南側にある露頭（Loc. 5-6）で、西平尾火山灰層グループの5層の火山灰層が連続して観察できる。西平尾火山灰層の5m下位の火山灰層を西平尾下火山

灰層、5m上位のものを西平尾上火山灰層とする。また、東平尾火山灰層の2m下位のものを東平尾下火山灰層とする。西平尾火山灰層グループの火山灰層は、特徴的な岩相とこれらの火山灰層の組み合わせからそれぞれの特定が可能であり、そのうちいくつかの火山灰層は掛川市五百済から大東町西之谷の北東までほぼ連続して分布が確認できる。

里口ほか (1996) では、西平尾火山灰層の5m下位に層厚が90cm以上もある「中方Ⅰ火山灰層」を設けたが、西平尾火山灰層の5m下位には層厚約3cmの西平尾下火山灰層があり、「中方Ⅰ火山灰層」と思われる火山灰層は存在しない。里口ほか (1996) の中方Ⅰ火山灰層の岩相記載と記載岩石学的特徴はむしろ東平尾火山灰層に酷似する。

西平尾下火山灰層（新称）

五百済火山灰層の約75m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕東平尾の西にある茶畑の農道の南側にある露頭（Loc. 5）。

〔分布〕東平尾の西にある模式地から西平尾の南側に分布。

〔層厚〕3cm。

〔岩相〕灰白色の粗粒火山灰層。

西平尾火山灰層（里口ほか, 1996）

西平尾下火山灰層の5m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 7: BD-0401, Loc. 8: OT-0501

〔模式地〕菊川町西平尾の県道高瀬—菊川線から北に200mの道路西側の崖（Loc. 7）。

〔分布〕菊川町中内田の森の北側から大東町西之谷の北東まで分布する。

〔層厚〕100～120cm。

〔岩相〕黄白色～灰白色の細粒火山灰層と灰白色の粗粒火山灰層からなる（Fig. 8）。下部の層厚40cmは白色～灰白色の粗粒火山灰層で、基底部に10cmの黄白色細粒～粗粒火山灰層がある。上部は黄白色～灰白色の層厚5～10cmで成層した細粒火山灰層が主体で、平行葉理のある灰白色の粗粒火山灰層が挟在する。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、石英、重鋳物からなる。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.497-1.503の範囲で、その平均値が1.500-1.501である。里口ほか (1996) によれば、重鋳物は黒雲母、角閃石、少量の不透明鋳物、斜方輝

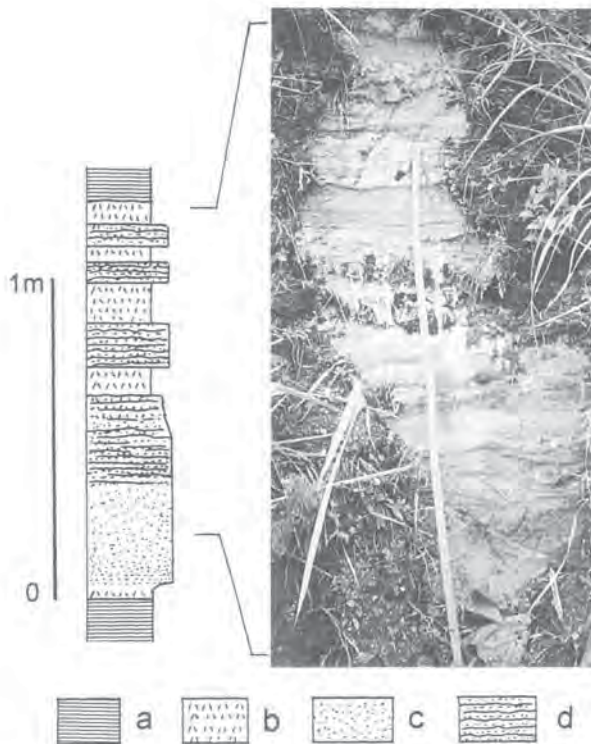


Fig. 8 Geological columnar section and photograph of the Nishihirao volcanic ash bed at Nishihirao (Loc. 7).
Facies legends a : Mud, b : Fine ash, c : Coarse ash, d : Coarse ash with lamination.

石、単斜輝石、ジルコン、ザクロ石、極少量の酸化角閃石、燐灰石からなる。

西平尾上火山灰層（新称）

西平尾火山灰層の5 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 菊川町西平尾の県道高瀬一菊川線から北に200mの道路西側の崖上部（Loc. 7）。

〔分布〕 菊川町中内田から西平尾の模式地まで分布。

〔層厚〕 3 cm。

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層。

東平尾下火山灰層（新称）

西平尾上火山灰層の5 m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 6 : 99070407i

〔模式地〕 東平尾南西にある茶畑の農道の南側にある露頭（Loc. 6）。

〔分布〕 東平尾南西の模式地に分布。

〔層厚〕 3 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 ガラス主体で、少量の石英と重鉱物を含む。ガラスの形状は中間型～多孔質型で、屈折率は1.499-1.503の範囲でその平均値は1.500である。

東平尾火山灰層（里口ほか、1996）

東平尾下火山灰層の2 m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 6 : BD-100701, BD-100702, Loc. 9 : NH-0301, Loc. 10 : NH-0107, NH-0108

〔模式地〕 東平尾南西にある茶畑の農道の南側にある露頭（Loc. 6）。

〔分布〕 掛川市五百済から稲荷部池の南西まで分布。

〔層厚〕 140～200cm。

〔岩相〕 主に白色～灰白色の粗粒火山灰層からなり、中部から上部にかけて白色～灰白色の細粒火山灰層が挟在して互層状を呈する（Fig. 9）。最下部には層厚5 cmの白色細粒火山灰層があり、その上に層厚50cmの斜交葉理や平行葉理のある粗粒火山灰層がある。粗粒火山灰層には平行葉理が発達する。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石、重鉱物、石英からなり、ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.497-1.504の範囲で、その平均値は1.499-1.503である。里口ほか（1996）によれば、重鉱物は角閃石、少量の斜方輝石、不透明鉱物、単斜輝石、酸化角閃石、燐灰石、極少量の黒雲母、ジルコン、ザクロ石からなる。

七曲池火山灰層グループ（新称）

菊川町東平尾七曲調整池付近には上内田累層の等量砂泥互層と泥がち互層が分布し、池の東側にある駐車場北側の露頭（Loc. 11-12）に3層の火山灰層が砂泥互層中に挟在する。これら3層の火山灰層を



Fig. 9 Geological columnar section and photograph of the Higashihirao volcanic ash bed at Higashihirao (Loc. 6). The facies legends are shown in Fig. 8.

七曲池火山灰層グループとして、下位より七曲池Ⅰ火山灰層、七曲池Ⅱ火山灰層、七曲池Ⅲ火山灰層とする。

七曲池Ⅰ火山灰層（新称）

東平尾火山灰層の約70m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 11: 970912-01

〔模式地〕 菊川町東平尾七曲調整池の東側にある駐車場北側の露頭（Loc. 11）。

〔分布〕 東平尾七曲調整池の模式地とその北側の沢から掛川市上内田^{おけだ}の桶田の南に分布。

〔層厚〕 10cm。

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層からなり、基底には不連続な白色の細粒火山灰層があり、その上位の層厚2～3cmは白色～灰白色の粗粒火山灰層で、最上部は灰白色の細粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.501-1.505の範囲で、その平均値は1.503である。重鉱物は斜方輝石と角閃石を含む。

七曲池Ⅱ火山灰層（新称）

七曲池Ⅰ火山灰層の5m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 11: 970912-02

〔模式地〕 菊川町東平尾七曲調整池の東側にある駐車場北側の露頭（Loc. 11）。

〔分布〕 東平尾七曲調整池の模式地に分布。

〔層厚〕 2～10cm。

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層からなる。基底部に不連続な白色の細粒火山灰層があり、その上位は灰白色の細粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.502-1.505の範囲で、その平均値は1.505である。重鉱物は斜方輝石と角閃石を含む。

七曲池Ⅲ火山灰層（新称）

七曲池Ⅱ火山灰層の5m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 12: 970912-03

〔模式地〕 菊川町東平尾七曲調整池の東側にある駐車場北西側の露頭（Loc. 12）。

〔分布〕 東平尾七曲調整池の模式地に分布。

〔層厚〕 8cm。

〔岩相〕 灰白色～白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石と重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.515-1.528の範囲で、その平均値が1.522である。重鉱物は斜方輝石と角閃石を含む。

中内田火山灰層（新称）

西平尾火山灰層の約140m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 13: OO-1006, Loc. 14: NH-0601

〔模式地〕 菊川町中内田、栗原の西にある茶畑下の道沿いの露頭（Loc. 13）。

〔分布〕 掛川市上内田王子ヶ池（Loc. 14）から菊川町中内田の栗原の南まで分布。

〔層厚〕 4～6cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層からなる（Fig. 10）。下部の3cmは白色の細粒火山灰層で、上部の1～3cmは黄白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.514-1.517の範囲で、その平均値は1.515-1.516である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母を含む。

3) 下内田—中方地域

菊川町下内田から大東町中方にかけて分布する上内田累層には、下位より岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、西平尾火山灰層グループ、中方Ⅱ火山灰層が挟在する。ここでは中方Ⅱ火山灰層について記載する。

中方Ⅱ火山灰層（里口ほか、1996）

本火山灰層は、里口ほか（1996）により西平尾火山灰層の約100m上位にある火山灰層として定義さ



Fig. 10 Photograph of the Nakauchida volcanic ash bed at Nakauchida (Loc. 13). Scale is 18 cm.

れたが、本研究ではこの火山灰層を未確認であるため、里口ほか（1996）の記載を引用する。

〔模式地〕大東町中方の茶畑の北側の崖、中方公民館東側の宗禅寺付近（Loc. 15）。

〔分布〕大東町中方の模式地に分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕桃灰色、細粒砂～中粒砂サイズの粗粒火山灰。

〔記載岩石学的性質〕ガラスと少量の長石、重鋳物、極少量の石英からなる。ガラスは中間型～扁平型が多く、屈折率は1.496-1.501（1.498-1.501）。重鋳物は角閃石、少量の斜方輝石、不透明鋳物、単斜輝石、黒雲母、ジルコン、燐灰石、極少量のザクロ石からなる。

4) 岩滑—西之谷地域

菊川町稲荷部から大東町岩滑、西之谷にかけての地域に分布する上内田累層には、下位より岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、西之谷東火山灰層、西平尾火山灰層グループ、千手橋火山灰層グループが分布する。ここではすでに記載した西平尾火山灰層グループ以外の火山灰層について記載する。

岩滑火山灰層グループ（新称）

岩滑Ⅰ火山灰層から岩滑Ⅴ火山灰層までの5層の火山灰層は、里口ほか（1996）により五百済火山灰層の直下にある火山灰層について定義された。これらの火山灰層を岩滑火山灰層グループとする。白井・木宮（1990）は岩滑Ⅰ火山灰層～岩滑Ⅲ火山灰層と岩滑Ⅴ火山灰層の4層の火山灰層を「五百済凝灰岩下部」として、それぞれ下位よりA、B、C、Dとして詳しく記載した。岩滑Ⅰ火山灰層と岩滑Ⅳ火山灰層は、他の岩滑火山灰層グループの火山灰層とくらべ特徴が少なく、近い層準に複数の粗粒火山灰層や軽石質砂層が挟在する場合があります。露頭での同定がむずかしい。そのため、岩滑Ⅰ火山灰層と岩滑Ⅳ火山灰層の同定と岩相記載に関しては里口ほか（1996）にしたがった。

これら岩滑火山層グループの火山灰層は、五百済火山灰層の下位の泥がち砂泥互層中に挟在し、掛川市満水の日影から小笠町大石、河東まで連続して分布する。模式地は、里口ほか（1996）にしたがい大東町岩滑の大規模茶畑南側の崖（Loc. 16-17）とする。各火山灰層の垂直方向の間隔は模式地での測定値とする。

岩滑Ⅰ火山灰層（里口ほか、1996）

五百済火山灰層の約20m下位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町岩滑の大規模茶畑南側の崖（Loc. 16）。

〔分布〕掛川市五百済から、桶田、菊川町稲荷部、大東町岩滑に分布。

〔層厚〕35cm。

〔岩相〕灰白～黄白色の細粒火山灰～粗粒砂サイズの粗粒火山灰。下部5 cmは中粒砂サイズ～粗粒砂サイズの軽石質粗粒火山灰。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか（1996）によれば、長石およびガラス、少量の石英と、極少量の重鋳物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.498-1.507である。重鋳物は角閃石、斜方輝石、少量の不透明鋳物、単斜輝石、燐灰石、酸化角閃石、極少量のジルコンを含む。

岩滑Ⅱ火山灰層（里口ほか、1996）

五百済火山灰層の約12m下位に挟在する火山灰層。里口ほか（1996）は本火山灰層の層厚を50cmとしているが、本稿では下位の砂質粗粒火山灰層も含める。

〔模式地〕大東町岩滑の大規模茶畑南側の崖（Loc. 16）。

〔分布〕掛川市上内田の桶田から、菊川町稲荷部、大東町岩滑、浜岡町大石に分布。

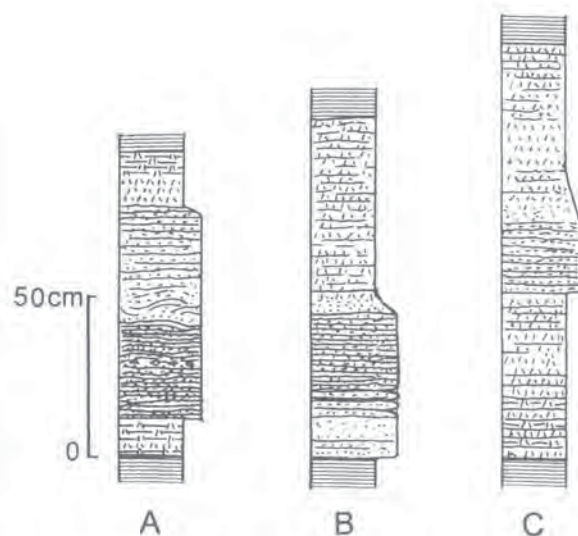


Fig. 11 Geological columnar section of the Iwaname volcanic ash beds group at Iwaname (Loc. 16). A: The Iwaname II volcanic ash bed, B: The Iwaname III volcanic ash bed, C: The Iwaname V volcanic ash bed. The facies legends are shown in Fig. 14.

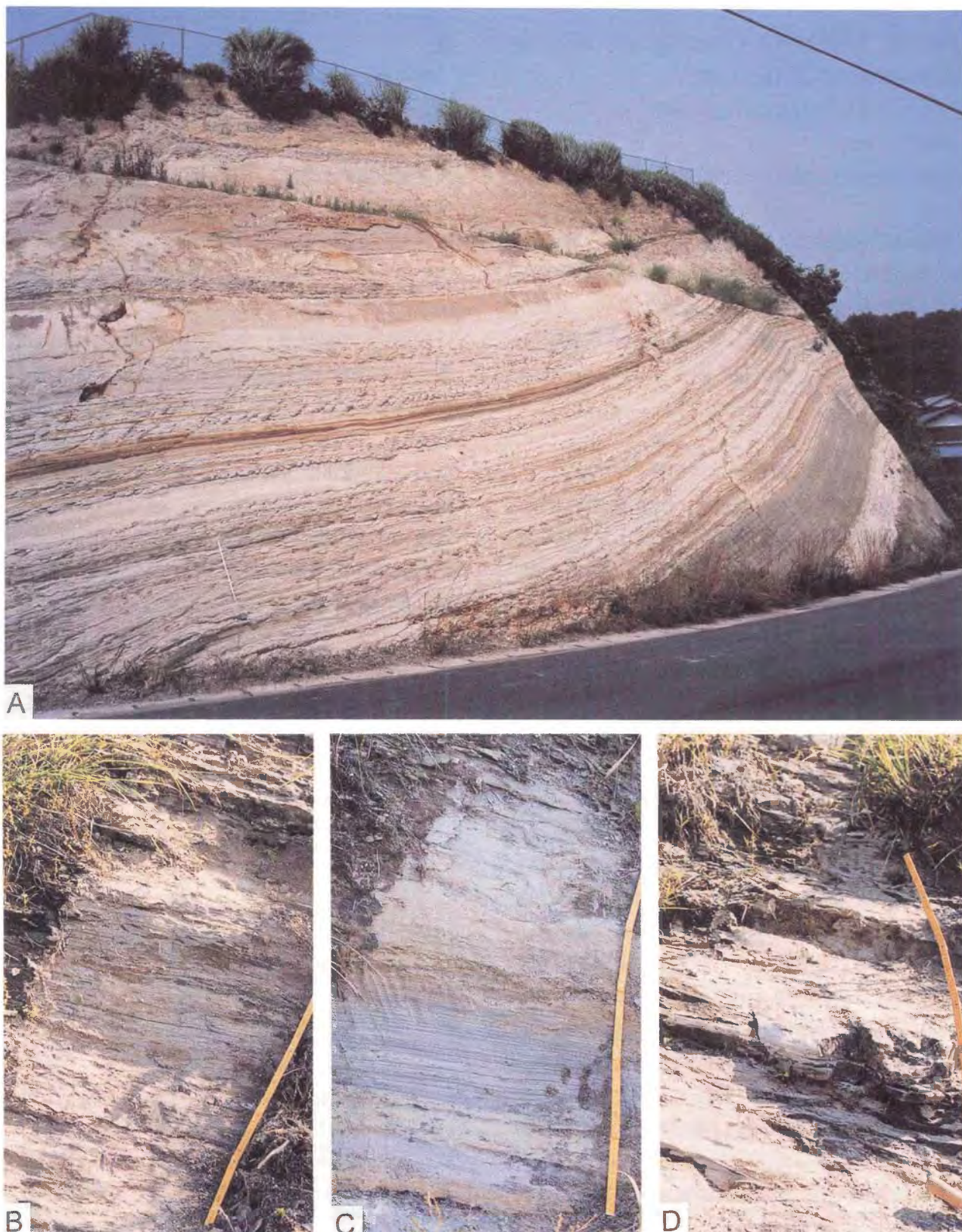


Fig. 12 Color photographs of the Iozumi volcanic ash bed and the Iwaname volcanic ash beds group. A : The Iozumi volcanic ash bed at Higashihirao (Loc. 19), B-D : The Iwaname volcanic ash beds group at Iwaname (Loc. 16) (B : The Iwaname II volcanic ash bed, C : The Iwaname III volcanic ash bed, D : The Iwaname V volcanic ash bed).

〔層厚〕 80~120cm.

〔岩相〕 主に灰色~灰白色の平行葉理の発達した粗粒火山灰層からなる (Fig. 11-A, Fig. 12-B). 下部の層厚30cmは平行葉理をもつ灰色~灰白色の砂質粗粒火山灰層からなり, その上位の層厚30cmは平行葉理をもつ白色の粗粒火山灰層, 最上部の20cmは灰白色のシルト質細粒火山灰層からなる.

〔記載岩石学的性質〕 里口ほか (1996) によれば, 長石と少量のガラス, 石英, 重鉱物からなる. ガラスは多孔質型~中間型で, 屈折率は1.499-1.508 (1.505-1.508) である. 重鉱物は角閃石, 斜方輝石, 単斜輝石, 少量の不透明鉱物, 酸化角閃石, 燐灰石, ザクロ石, 極少量の黒雲母からなる.

岩滑Ⅲ火山灰層 (里口ほか, 1996)

五百済火山灰層の約 8 m 下位に挟在する火山灰層.

〔模式地〕 大東町岩滑の大規模茶畑南側の崖 (Loc. 16).

〔分布〕 掛川市満水の岩ヶ沢池の南から上内田の桶田, 菊川町稲荷部, 大東町岩滑, 浜岡町大石に分布.

〔層厚〕 80~100m.

〔岩相〕 主に灰白色~黄灰色の平行葉理の発達した細粒~粗粒火山灰層からなる (Fig. 11-B, Fig. 12-C). 最下部の層厚約20cmは黄白色~白色の粗粒火山灰層からなり, 中部に層厚10cmの褐灰色の細粒火山灰層を挟在する. 上部の層厚50cmは弱い平行葉理をもつ灰白色の細粒~粗粒火山灰層からなる.

〔記載岩石学的性質〕 里口ほか (1996) によれば, ガラスを主体とし, 少量の長石と重鉱物, 極少量の石英を含む. ガラスは中間型~多孔質型~扁平型で, 屈折率は1.500-1.502である. 重鉱物は不透明鉱物, 少量の角閃石, 斜方輝石, ジルコン, 単斜輝石, 極少量の黒雲母, 酸化角閃石, 燐灰石, ザクロ石からなる.

岩滑Ⅳ火山灰層 (里口ほか, 1996)

五百済火山灰層の約 6 m 下位に挟在する火山灰層.

〔模式地〕 大東町岩滑の大規模茶畑南側の崖 (Loc. 16).

〔分布〕 掛川市満水の岩ヶ沢池の南から上内田の桶田, 菊川町稲荷部, 大東町岩滑, 浜岡町大石, 河東 (Loc. 18) に分布.

〔層厚〕 10~40cm.

〔岩相〕 模式地では粒径約 6 mm の軽石を含む層厚 10cm の灰白色~桃灰色の粗粒火山灰層であるが, 掛

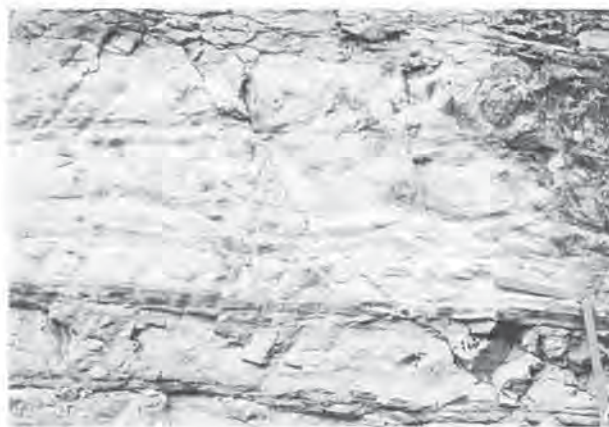


Fig. 13 Photograph of the Iwaname IV volcanic ash bed at Katou (Loc. 18). Scale is 40 cm.

川市桶田と小笠町河東では, 層厚40cmの白色~灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層の互層からなる (Fig. 13).

〔記載岩石学的性質〕 里口ほか (1996) によれば, ガラスおよび長石, 少量の石英, 重鉱物からなる. ガラスは中間型~多孔質型~扁平型で, 屈折率は1.499-1.502である. 褐色のガラスを含む. 重鉱物は角閃石, 斜方輝石, 少量の単斜輝石, 不透明鉱物, 酸化角閃石, 燐灰石, 極少量のジルコンからなる.

岩滑Ⅴ火山灰層 (里口ほか, 1996)

五百済火山灰層の 2 m 下位に挟在する火山灰層.

〔模式地〕 大東町岩滑の大規模茶畑南側の崖 (Loc. 16).

〔分布〕 掛川市満水の日影から岩ヶ沢池の南, 桶田, 菊川町稲荷部, 大東町岩滑, 小笠町大石, 河東に分布.

〔層厚〕 120~200cm.

〔岩相〕 白色~灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層からなる (Fig. 11-C, Fig. 12-D). 下部は白色の層状を呈する細粒火山灰層で, 中部に平行葉理をもつ灰白色の粗粒火山灰層, 上部は灰白色の細粒火山灰層からなる. 本層には分布地点によりスランプ構造が発達する場合がある.

〔記載岩石学的性質〕 里口ほか (1996) によれば, ガラスが主体で, 少量の長石, 極少量の石英と重鉱物を含む. ガラスは扁平型~中間型が多く, 屈折率は1.497-1.506 (1.499-1.501) である. 重鉱物は斜方輝石, 単斜輝石, 不透明鉱物, 角閃石, 少量のジルコン, 黒雲母, 酸化角閃石, 燐灰石, ザクロ石からなる.

五百済火山灰層（里口ほか，1996）

菊川町付近では堀田火山灰層の約500m上位の泥が砂泥互層中に挟在する明瞭な火山灰層、五百済火山灰層は千谷（1926）により「五百済凝灰岩」と命名され、水野ほか（1987）が「五百済火山灰層」と呼んだ。水野ほか（1987）では、五百済火山灰層と岩滑火山灰層グループが区別されていないことから、本稿では里口ほか（1996）の定義にしたがい大東町岩滑の大規模茶畑南の露頭を模式地として記載する。

白井・木宮（1990）は、五百済火山灰層を「五百済凝灰岩上部」として、分布地域の北部から南部にわたり詳細に堆積学的に記載し、その岩相を下位より1～16層準に細分した。そして、北部では上位の10～16の層準がみられず、最上部の16が乱堆積物であることから、北部で一次的に堆積した10～15の層準が大規模な地すべりによりなくなり、南部で最上部の16が形成されたと推測している。

〔試料〕 Loc. 17: BD-010101, BD-010102

〔模式地〕 大東町岩滑の大規模茶畑南の露頭（Loc. 17）。

〔分布〕 掛川市満水の日影から岩ヶ沢池の南，上内田の桶田，菊川町中内田，東平尾（Loc. 19），稲荷部，大東町岩滑，小笠町大石，河東まで分布する。

〔層厚〕 北部の掛川市満水から上内田の桶田では6m，中内田から南では15m。

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層と灰白色の粗粒火山灰層の互層からなる。本火山灰層は、大きく上部，中部，下部の3つに分けられ（Fig. 12-A, Fig. 14），中内田から南では下部から上部まで認められるが，桶田から北では下部のみで構成される。下部層の約6mは，層厚がそれぞれ60～120cmの白色～灰白色の細粒火山灰層と多量の軽石を含む灰白色～紫灰色の粗粒火山灰層の互層からなる。細粒火山灰層にはスランプ構造がみられる場合があり，粗粒火山灰層中には斜交葉理や平行葉理が発達する。中部の約4mは，層厚がそれぞれ20～60cmの白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層の互層からなり，細粒火山灰層中にはスランプ構造が発達する。粗粒火山灰層中には，軽石や重鉱物による平行葉理がみられる。上部の約5mは，灰白色の粗粒～極粗粒の砂質火山灰層で，軽石を多く含む。上部に含まれる軽石の粒径は，極粗粒砂サイズ～細礫サイズであるが，粒径15cm以上のものまで含まれる。

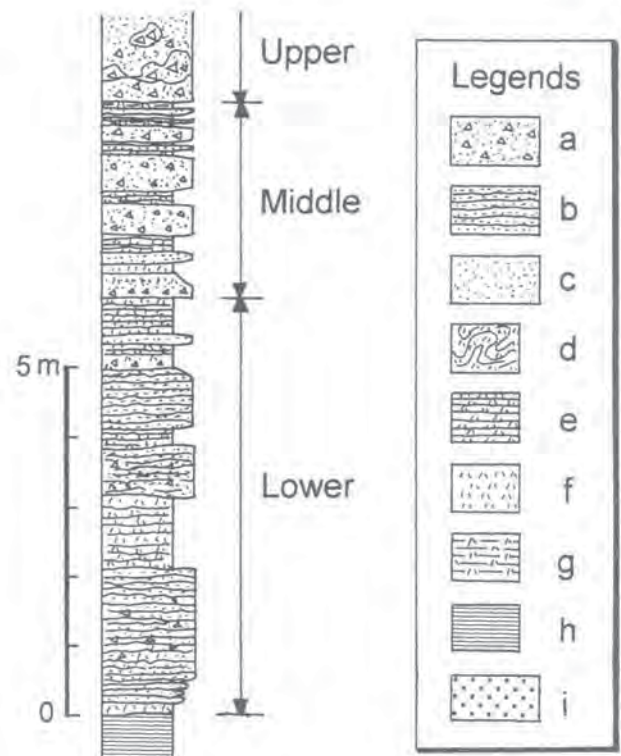


Fig. 14 Geological columnar section of the Iozumi volcanic ash bed at Iwaname (Loc. 17). Facies legends, a: Coarse ash with pumice, b: Coarse ash with lamination, c: Coarse ash, d: Slumped beds of fine ash, e: Bedded fine ash, f: Fine ash, g: Muddy fine ash, h: Mud, i: Sand. The Iozumi ash bed is divided three portions: the lower, the middle and the upper portions.

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし，少量の長石，石英，重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で，屈折率は1.501-1.505の範囲でその平均値は1.503である。重鉱物は里口ほか（1996）によれば，黒雲母，角閃石，少量の斜方輝石，不透明鉱物，単斜輝石，燐灰石，極少量のジルコンからなる。

西之谷東火山灰層（新称）

五百済火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 20: SK-0801

〔模式地〕 大東町岩滑と西之谷を結ぶ道路の切り割，北側の露頭（Loc. 20）。

〔分布〕 大東町岩滑の模式地に分布。

〔層厚〕 13cm。

〔岩相〕 橙白色～灰色の粗粒火山灰層。下部の5cmは橙白色の軽石質粗粒火山灰層。上部は軽石が平行葉理をなす砂質粗粒火山灰層。上位は軽石を含む砂層。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.499-1.504の範囲でその平均値は1.501である。重鉱物は黒雲母を含む。

千手橋火山灰層グループ（新称）

大東町中方の千手橋南西にある泥がち互層からなる連続露頭に3層の火山灰層が挟在する。これらの火山灰層を下位よりそれぞれ千手橋Ⅰ火山灰層、千手橋Ⅱ火山灰層、千手橋Ⅲ火山灰層と命名する。千手橋Ⅰ火山灰層の下位は砂層が頻繁に挟在し、砂層と泥層の割合が等量の砂泥互層が分布する。

千手橋Ⅰ火山灰層（新称）

西平尾火山灰層の約80m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 21: BD-1008

〔模式地〕 大東町中方の千手橋南西の谷にある家の北側の露頭（Loc. 20）。

〔分布〕 大東町中方の模式地から南側の道に連続して分布。

〔層厚〕 20cm。

〔岩相〕 主に白色～灰白色の細粒火山灰層。基底部の2～5cmは白色の細粒火山灰層で、その上位は灰白色の泥質火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、極少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型が主体で、屈折率は1.501-1.506の範囲でその平均値は1.504である。重鉱物中は角閃石、斜方輝石、ジルコンを含む。

千手橋Ⅱ火山灰層（新称）

千手橋Ⅰ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

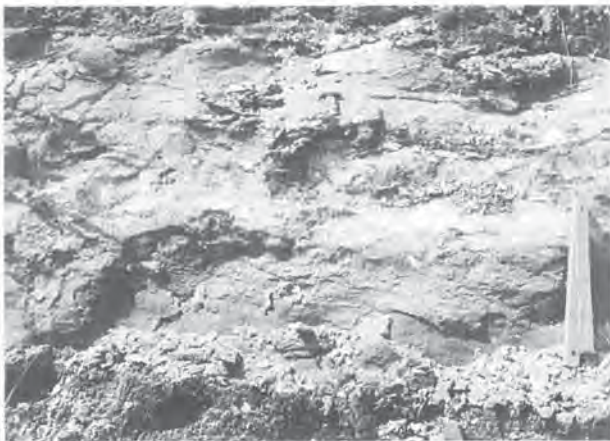


Fig. 15 Photograph of the Sentebashi II volcanic ash bed at Nakahou (Loc. 22). Scale is 18 cm.

〔試料〕 Loc. 22: WF-0204

〔模式地〕 大東町中方にある千手橋南西の尾根を横切る道の西側の露頭（Loc. 22）。

〔分布〕 大東町中方の模式地に分布。

〔層厚〕 2～3 cm。

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層（Fig. 15）。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体として長石、重鉱物、極少量の石英からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.521-1.525の範囲でその平均値は1.524である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母を含む。

千手橋Ⅲ火山灰層（新称）

千手橋Ⅱ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 大東町中方の千手橋南西の谷奥、北東—南西に通る道路の北側の崖（Loc. 23）。

〔分布〕 大東町中方の模式地に分布。

〔層厚〕 10cm。

〔岩相〕 黄白色～灰白色の細粒火山灰層。基底部の5 cmは黄白色の細粒火山灰層で、その上位は灰白色の泥質火山灰層からなる。

5) 大石一中地域

小笠町大石から大東町中地域に分布する上内田累層には、下位より岩滑火山灰層グループ、五百済火山灰層、八坂神社火山灰層グループが分布する。すでに記載した火山灰層をのぞき、八坂神社火山灰層グループについて記載する。

八坂神社火山灰層グループ（新称）

大東町西之谷八坂神社裏と神社の西側にある露頭で2層の火山灰層があり、これらを下位よりそれぞれ八坂神社Ⅰ火山灰層と八坂神社Ⅱ火山灰層とする。

八坂神社Ⅰ火山灰層（新称）

五百済火山灰層の約100m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 24: OT-0603

〔模式地〕 大東町西之谷八坂神社の薬師堂裏の露頭（Loc. 24）。

〔分布〕 大東町西之谷の模式地に分布。

〔層厚〕 10cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層と灰白色の細粒～粗粒火山灰層からなる火山灰層（Fig. 16）。基底部の3 cmは黄白色～白色の細粒火山灰層で、その上位7 cmは灰白色細粒火山灰層で、この中に灰白色粗

粒火山灰層がレンズ状に挟在する。粗粒火山灰層にはしばしば平行葉理がみられる。

〔記載岩石学的性質〕長石と重鉱物を主体とし、少量のガラスからなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.500-1.503の範囲で、その平均値は1.501である。重鉱物は角閃石と斜方輝石を含む。

八坂神社Ⅱ火山灰層（新称）

八坂神社Ⅰ火山灰層の10m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 25: OT-0604, Loc. 26: NH-1006

〔模式地〕大東町西之谷八坂神社の西側にある露頭 (Loc. 25)。

〔分布〕大東町西之谷の模式地とその北北西にある西之谷公会堂南の崖 (Loc. 26) に分布。

〔層厚〕10cm。

〔岩相〕黄白色～灰白色の細粒火山灰層 (Fig. 17)。

〔記載岩石学的性質〕ガラスと長石、重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.500-1.510の範囲で、その平均値は1.504-1.505である。



Fig. 16 Photograph of the Yasaka-Jinja I volcanic ash bed at Nishinoya (Loc. 24). Scale is 18 cm.



Fig. 17 Photograph of the Yasaka-Jinja II volcanic ash bed at Nishinoya (Loc. 25). Scale is 18 cm.

重鉱物は黒雲母、単斜輝石、斜方輝石、角閃石を含む。

2. 大日累層の火山灰層

大日累層に挟在する火山灰層を、北西から南東にかけて、1) 森町南部一袋井市北部地域、2) 掛川市街北西部地域、3) 掛川市街南部の3つの地域に分けて、各地域ごとに分布する火山灰層を記載する。大日累層に挟在する火山灰層は、近接する地域で不連続な場合が多い。大日累層の各地域における地質柱状図と挟在する火山灰層をFig. 18に示す。

1) 森町南部一袋井市北部地域

磐田郡豊岡村大平から周智郡森町南部、袋井市北部の地域に分布する大日累層には、下位より獅子ヶ鼻火山灰層、一宮火山灰層、赤根火山灰層が挟在する。

獅子ヶ鼻火山灰層（新称）

獅子ヶ鼻火山灰層は、従来、次に述べる一宮火山灰層と同じものとされ、横山・坂本 (1957) は「第1火砕岩帯 (K₁)」、UJIE (1962) は“Hosoya tuff” (細谷凝灰岩) とした。しかし、本火山灰層は一宮

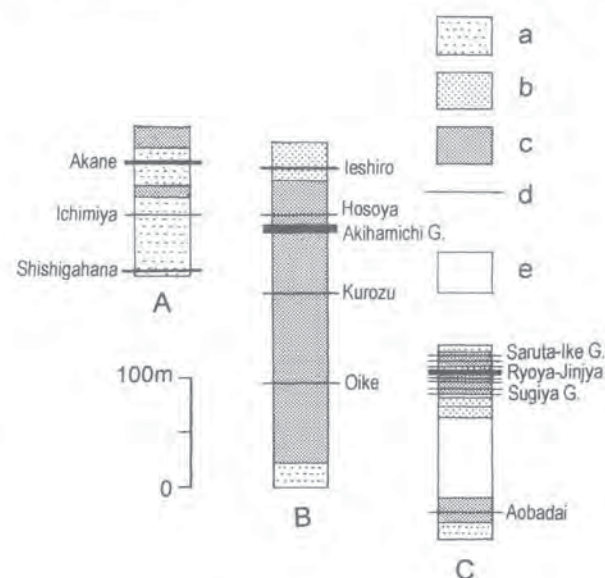


Fig. 18 Geological columnar sections and the volcanic ash beds in the Dainichi Formation. G.: Group, a: Sand bed, b: Alternation of sand and mud beds, c: Mud bed and mud rich alternation, d: Volcanic ash bed, e: Unexposed, A: The south part of Mori - the north part of Fukuroi area, B: The northwestern part of Kakegawa area, C: The south part of Kakegawa area.

火山灰層と岩相が異なり、分布が隔たり、層位的にも下位にあることから、一宮火山灰層とは別の火山灰層とした。

本火山灰層は磐田郡豊岡村大平地域における大日累層の基底のほぼ直上にある砂層に挟在する。

〔試料〕 Loc. 27: YS-0501

〔模式地〕 磐田郡豊岡村大平，獅子ヶ鼻公園の北側駐車場にある北側の崖 (Loc. 27)。

〔分布〕 模式地から獅子ヶ鼻公園にかけて分布。

〔層厚〕 160cm。

〔岩相〕 桃白色～黄白色の細粒火山灰層を主体する火山灰層 (Fig. 19)。基底の20cmは桃白色の細粒火山灰層で、その上位10cmは黄白色のリップル状斜交葉理をもつ粗粒火山灰層がある。その上位は白色の細粒火山灰層からなり、間に灰白色の細粒～粗粒火山灰層を挟在する。上部の白色細粒火山灰層には平行葉理やスランプ構造がみられる。

〔記載岩石学的性質〕 本試料は粘土化が著しいため、火山ガラスの多くは粘土化により全鉱物組成のガラスの量比が小さくなり、ガラスの形状についても統計的に不正確である可能性が高い。ガラスの屈折率については、測定できたものについての値は1.505-1.507の範囲で、その平均値が1.506である。

一宮火山灰層 (新称)

本火山灰層は榎山・坂本 (1957) の「第1火砕岩帯(K₁)」に相当し、TSUCHI (1961, 1976) の“Agehari tuff” (上張凝灰岩) に相当する。また、本火山灰層

はUJIE (1962) とISHIBASHI (1989) の“Hosoya tuff”，本宮・白井 (1991) の「細谷凝灰岩」，CHINZEI and AOSHIMA (1976) の“T3”に相当する。

本火山灰層は、掛川市細谷地域に分布する本稿の細谷火山灰層と連続させた報告が多いが、本火山灰層は袋井市宇刈地域で連続が断たれ、細谷火山灰層に直接連続しない。このことから、本稿の記載においては、本火山灰層を細谷火山灰層とは別の火山灰層としてあつかう。

本火山灰層は獅子ヶ鼻火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 29: 98100801

〔模式地〕 森町一宮，谷崎の道路から西に入った南側の露頭 (Loc. 28)。

〔分布〕 森町一宮の大久保の北から谷崎の模式地，宮代東 (Loc. 29)，草ヶ谷の西に分布。

〔層厚〕 140～200cm。

〔岩相〕 黄白色の粗粒火山灰層と灰白色～灰色の細粒火山灰層の互層からなる。模式地では、層厚30～50cmの3層の細粒火山灰層があり、その間に斜交葉理や平行葉理のある層厚約50cmの軽石質粗粒火山灰層が挟在する (Fig. 20)。細粒火山灰層には中に薄く泥質細粒火山灰層が数層挟在する岩相を呈する。また、細粒火山灰層は層厚変化が著しく、模式地以外では1～2層の場合が多い。本火山灰層の上位と下位には軽石を含む砂層がある。

〔記載岩石学的性質〕 主にガラスからなり、少量の

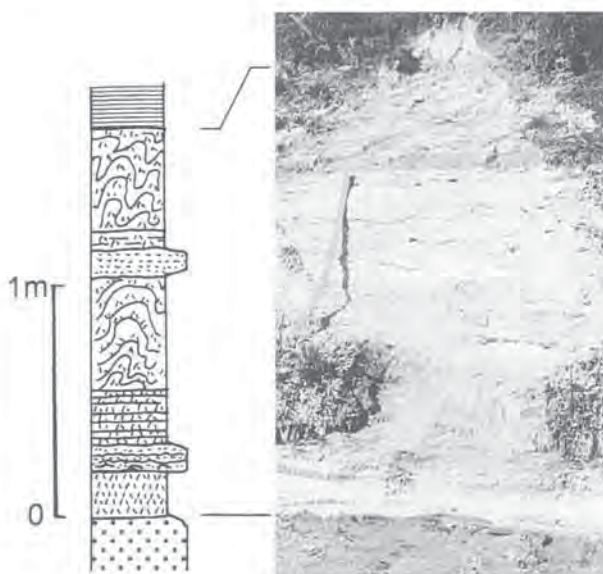


Fig. 19 Geological columnar section and photograph of the Shishigahana volcanic ash bed at Shishigahana (Loc. 27). The facies legends are shown in Fig. 14.

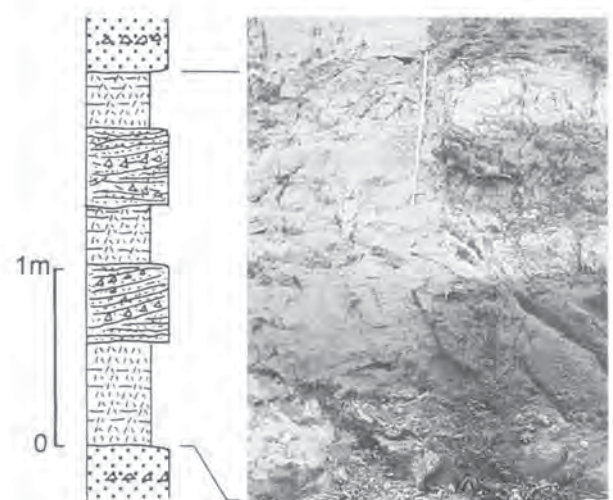


Fig. 20 Geological columnar section and photograph of the Ichimiya volcanic ash bed at Yazaki (Loc. 28). The facies legends are shown in Fig. 14. The left part of photograph is flesh face of the outcrop and the right part is weathered face.

石英および長石と重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.501-1.505の範囲で、その平均値が1.503である。

赤根火山灰層 (Ujie, 1962を再定義)

Ujie (1962) の“Akane tuff” (赤根凝灰岩) に相当するが、その南東方向の分布については太田川の対岸の飯田に分布し、その東側には分布しない。Ujie (1962) は、本火山灰層の分布を掛川市高御所までとしたが、高御所に分布する火山灰層は土方累層に挟在する別の火山灰層であることから、本火山灰層を再定義する。

横山・坂本 (1957) は本火山灰層を「第二火砕岩帯 (K₂)」とした。TSUCHI (1961, 1976) とIBARAKI (1986) は本火山灰層を“Hosoya tuff”として、袋井市から掛川市、そしてその南の大東町まで連続させた。CHINZEI and AOSHIMA (1976) は本火山灰層を“T4”, ISHIBASHI (1989) と本宮・白井 (1991) は“Kogosyo tuff” (高御所凝灰岩) として、掛川市から大東町にかけて連続した分布を示している。これらの地質図によると、掛川市街南西部に分布する本火山灰層の連続としたものは、本稿の土方累層に挟在する結縁寺奥火山灰層に相当し、大東地域ではまた別の火山灰層にあたる可能性がある。赤根火山灰層と結縁寺奥火山灰層とは、層準が異なり、またそれぞれの火山灰層の記載で述べる岩相や火山灰の岩石学的性質も異なる。

本火山灰層は一宮火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 30: 97092807, Loc. 31: 97092805, Loc. 32: 99021901, Loc. 33: 99021903, Loc. 34: 99021902

〔模式地〕 森町^{えんてん}円田の西にある峠の道路沿いの崖 (Loc. 30)。

〔分布〕 豊岡村^{いえた}家田 (Loc. 34) から森町一宮の大久保の西 (Loc. 33), 大久保 (Loc. 32), 片瀬, 円田 (Loc. 30), 太田川を越して袋井市中飯田 (Loc. 31) まで分布。

〔層厚〕 7 m。

〔岩相〕 灰白色～白色の細粒火山灰層と灰白色～黄白色の軽石質粗粒火山灰層からなる (Fig. 21)。本火山灰層は下位より、粗粒火山灰層と細粒火山灰層の互層からなる下部と細粒火山灰層からなる上部に分けられる。下部は層厚2.5mで、基底に層厚10cmの灰白色の粗粒火山灰層があり、その上位に10cmの泥層

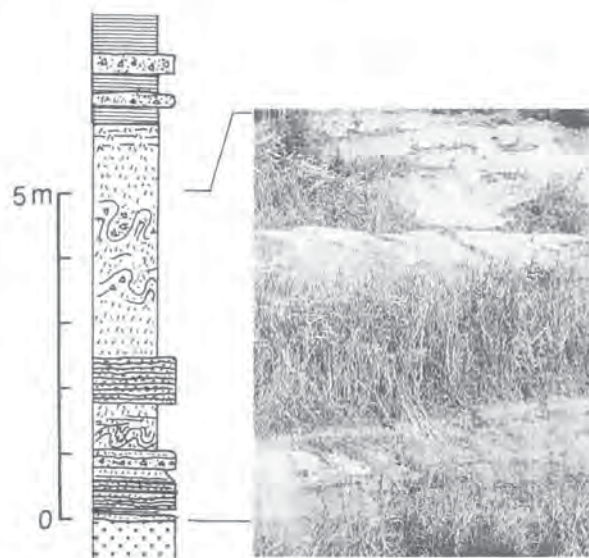


Fig. 21 Geological columnar section and photograph of the Akane volcanic ash bed at Enden (Loc. 30). The facies legends are shown in Fig. 14. The coarse ash beds are covered with grass in the photograph.

をはさみ、層厚50cmの黄白色粗粒火山灰層と紫灰色の細粒火山灰層の互層がある。その上位には層厚30cmの軽石を含む白色の粗粒火山灰層、そしてスランブ構造や弱い平行葉理の発達する層厚70cmの白色細粒火山灰層、平行葉理のある層厚80cmの灰白色粗粒火山灰層からなる。上部は層厚4.5mで、ほとんどはスランブ構造の発達した軽石や粗粒火山灰層を含む灰白色の細粒火山灰層からなり、最上部に層厚30cmの灰色の粗粒火山灰層がある。本火山灰層の上位には軽石を含む砂層があり、平行葉理やハンモック状斜交葉理がみられ、細粒火山灰層や粗粒火山灰層の薄層が数層挟在する。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、極少量の長石と重鉱物が含まれる。ガラスは中間型が主体で多孔質型と扁平型もあり、屈折率は1.499-1.503の範囲で、その平均値は1.500-1.502である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母を含む。

2) 掛川市街北西部地域

掛川市北西部の細谷から家代^{しもたき}, 下垂木, 大池に分布する大日累層には、下位より大池火山灰層, 蔵人火山灰層^{くらず}, 秋葉路火山灰層グループ, 細谷火山灰層, 家代火山灰層が挟在する。

大池火山灰層 (新称)

掛川市大池から東方にかけての地域における大日累層の基底から約100m上位に挟在する火山灰層。



Fig. 22 Photograph of the Oike volcanic ash bed at Kamiyashiki (Loc. 36). Scale is 1 m.

〔試料〕 Loc. 36 : 99102401

〔模式地〕 掛川市大池，大池公園の遊歩道の露頭 (Loc. 35)。

〔分布〕 掛川市下垂木飛鳥の南西から大池の大池公園，上屋敷の道路わきの露頭 (Loc. 36) まで分布。

〔層厚〕 100cm。

〔岩相〕 灰白色の細粒火山灰層 (Fig. 22)。上位の泥層に軽石を含む場合がある。

〔記載岩石学的性質〕 ほとんどガラスからなり，極少量の長石と重鉱物が含まれる。ガラスは扁平型が主体で，屈折率は1.500-1.502の範囲で，その平均値が1.502である。重鉱物は角閃石を含む。

蔵人火山灰層 (新称)

大池火山灰層の約80m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 37 : 97092802

〔模式地〕 掛川市下垂木，蔵人の南側の山崖 (Loc. 37)。

〔分布〕 掛川市下垂木の蔵人から新田に分布。

〔層厚〕 30cm。

〔岩相〕 白灰色から灰白色の細粒火山灰層。中部に泥質細粒火山灰層を挟在する。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石，重鉱物からなる。ガラスは中間型を主体とし，屈折率は1.502-1.505の範囲で，その平均値は1.504である。重鉱物は斜方輝石と黒雲母を含む。

秋葉路火山灰層グループ (新称)

掛川市大池の源ヶ池の北西，秋葉路の丘の上にある造成地北側の露頭 (Loc. 38) に5層の火山灰層が泥がち砂泥互層中に挟在する。これらを下位より秋葉路Ⅰ火山灰層，秋葉路Ⅱ火山灰層，秋葉路Ⅲ火山灰層，秋葉路Ⅳ火山灰層，秋葉路Ⅴ火山灰層とする。

秋葉路Ⅰ火山灰層 (新称)

蔵人火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 秋葉路の丘の上にある造成地北側の露頭 (Loc. 38)。

〔分布〕 秋葉路の模式地に分布。

〔層厚〕 3 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

秋葉路Ⅱ火山灰層 (新称)

秋葉路Ⅰ火山灰層の2 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 秋葉路の丘の上にある造成地北側の露頭 (Loc. 38)。

〔分布〕 秋葉路の模式地周辺。

〔層厚〕 5 cm。

〔岩相〕 灰白色の細粒火山灰層。

秋葉路Ⅲ火山灰層 (新称)

秋葉路Ⅱ火山灰層の1 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 秋葉路の丘の上にある造成地北側の露頭 (Loc. 38)。

〔分布〕 秋葉路の模式地周辺。

〔層厚〕 1 cm。

〔岩相〕 紫灰色の細粒火山灰層。

秋葉路Ⅳ火山灰層 (新称)

秋葉路Ⅲ火山灰層の約1 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 秋葉路の丘の上にある造成地北側の露頭 (Loc. 38)。

〔分布〕 秋葉路の模式地周辺。

〔層厚〕 15cm。

〔岩相〕 黄白色の細粒火山灰層。

秋葉路Ⅴ火山灰層 (新称)

秋葉路Ⅳ火山灰層の1.5m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 秋葉路の丘の上にある造成地北側の露頭 (Loc. 38)。

〔分布〕 秋葉路の模式地周辺。

〔層厚〕 15cm。

〔岩相〕 黄白色の細粒火山灰層。

細谷火山灰層 (UJIE, 1962を再定義)

榎山 (1925) は，「家代層の上位にある凝灰岩層を含む凝灰質な極細粒泥質砂岩を細谷層」として，その凝灰岩には名称をあたえなかったが，榎山 (1928 b) では森町に分布する火山灰層の記述の中に「細谷 (五百済) 凝灰岩」という名称を用いている。MAKIIYAMA (1931) と榎山・坂本 (1957) では，森町南

部地域に分布する「第2火砕岩帯 (K₂)」を「細谷凝灰岩」相当として、掛川市の南東側で五百済火山灰層に連続させた。

UJIE (1962) は、「細谷の北にある信州街道の道路沿いの崖」を模式地として“Hosoya tuff”を定義し、詳細な岩相記載とともに分布を示した。それによると，“Hosoya tuff”は、横山・坂本 (1957) の“K₁”にあたり、一宮から森まで分布して宇刈地域でいったん分布が途切れ、その東側で再び現われ細谷から家代にかけて分布し、その東の延長は不明になる。また，“Hosoya tuff”は五百済火山灰層とは連続しないその上位に挟在する火山灰層であることも UJIE (1962) は明らかにした。

TSUCHI (1961, 1976) と IBARAKI (1986) は“Hosoya tuff”を横山・坂本 (1957) の“K₂”として、袋井市から掛川市、そしてその南の大東町まで連続させた。CHINZEI and AOSHIMA (1976) の“T3”, ISHIBASHI (1989) の“Hosoya tuff”と木宮・白井 (1991) の「細谷凝灰岩」は、横山・坂本 (1957) の“K₁”に相当し、TSUCHI (1961, 1976) と同様に大東町まで連続させた分布を示している。

掛川市細谷に分布する細谷火山灰層と森町南部に分布する本稿の一宮火山灰層とは直接連続しないことから、本稿では別の火山灰層としてあつかい、掛川市細谷に分布する火山灰層を細谷火山灰層として再定義する。また、TSUCHI (1961, 1976) が“Hosoya tuff”とした掛川市街南部から大東町まで連続させた火山灰層は、本稿の細谷火山灰層とは、層準および岩相・岩石学的性質が異なる。

細谷火山灰層は、掛川市大池で秋葉路V火山灰層の約10m上位に挟在し、細谷では大日累層の基底から約200m上位に挟在する火山灰層である。

[試料] Loc. 39: 970928-04, Loc. 40: KT-050403

[模式地] 掛川市細谷の東、宇洞トンネルの南西側にある茶畑の西側の露頭 (Loc. 39)。

[分布] 掛川市細谷から秋葉路まで分布。

[層厚] 40~200cm。

[岩相] 層厚数mmの泥質細粒火山灰層が10数層挟在する層厚40cmの灰白色の細粒火山灰層からなるが、模式地ではその下位に層厚160cmの軽石を含む粗粒火山灰層と泥質細粒火山灰層との互層をとまなう (Fig. 23)。下部の軽石を含む粗粒火山灰層は、その北西方にあたる若一王子神社の南 (Loc. 41) では層厚が20cmとなり、南東方向の他の分布地ではみら

れない。

[記載岩石学的性質] 主にガラスからなり、重鉱物および少量の石英が含まれる。ガラスは中間型が主体で多孔質型もあり、屈折率は1.501-1.509の範囲で、その平均値は1.504-1.505である。

家代火山灰層 (新称)

細谷火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

[試料] Loc. 42: YS-0401

[模式地] 掛川市細谷、掛川球場の東側、「家代の里」造成地西側の崖 (Loc. 42)。

[分布] 細谷の「家代の里」造成地の模式地に分布。

[層厚] 4 m。

[岩相] 黄白色から灰白色の軽石質粗粒火山灰層 (Fig. 24)。下部は泥層を挟在する黄白色から灰白

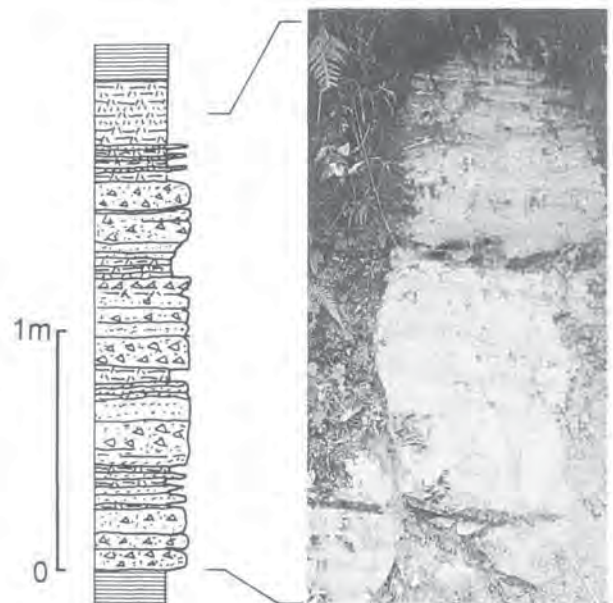


Fig. 23 Geological columnar section and photograph of the Hosoya volcanic ash bed at Hosoya (Loc. 39). The facies legends are shown in Fig. 14.

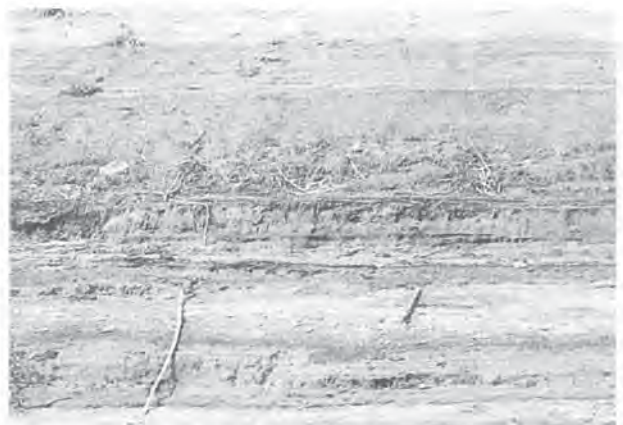


Fig. 24 Photograph of the leshiro volcanic ash bed at Hosoya (Loc. 42). Scale is 1 m.

色の平行葉理の発達する軽石質粗粒火山灰層で、上部は塊状の軽石質粗粒火山灰層、最上部は平行葉理のある黄灰色の粗粒火山灰層、上部の軽石質粗粒火山灰層は粒径が10cmを越える軽石や粒径20cm以上の泥岩角礫、貝化石を含む。下部には材化石の密集層も挟在する。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の重鉱物と極少量の長石と石英が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.507-1.513の範囲で、その平均値が1.509である。重鉱物は黒雲母を多

く含む。

3) 掛川市街南部地域

掛川市街南部の杉谷から上張地域に分布する大日累層には、下位より青葉台火山灰層、杉谷火山灰層グループ、両谷神社火山灰層、猿田池火山灰層グループが挟在する。本地域の杉谷から上張の東名高速道路掛川インターチェンジ南側から掛川市立総合病院の東側にかけての地域は、本調査期間中に造成が行われて多くの火山灰層が露出した。それらの火山灰

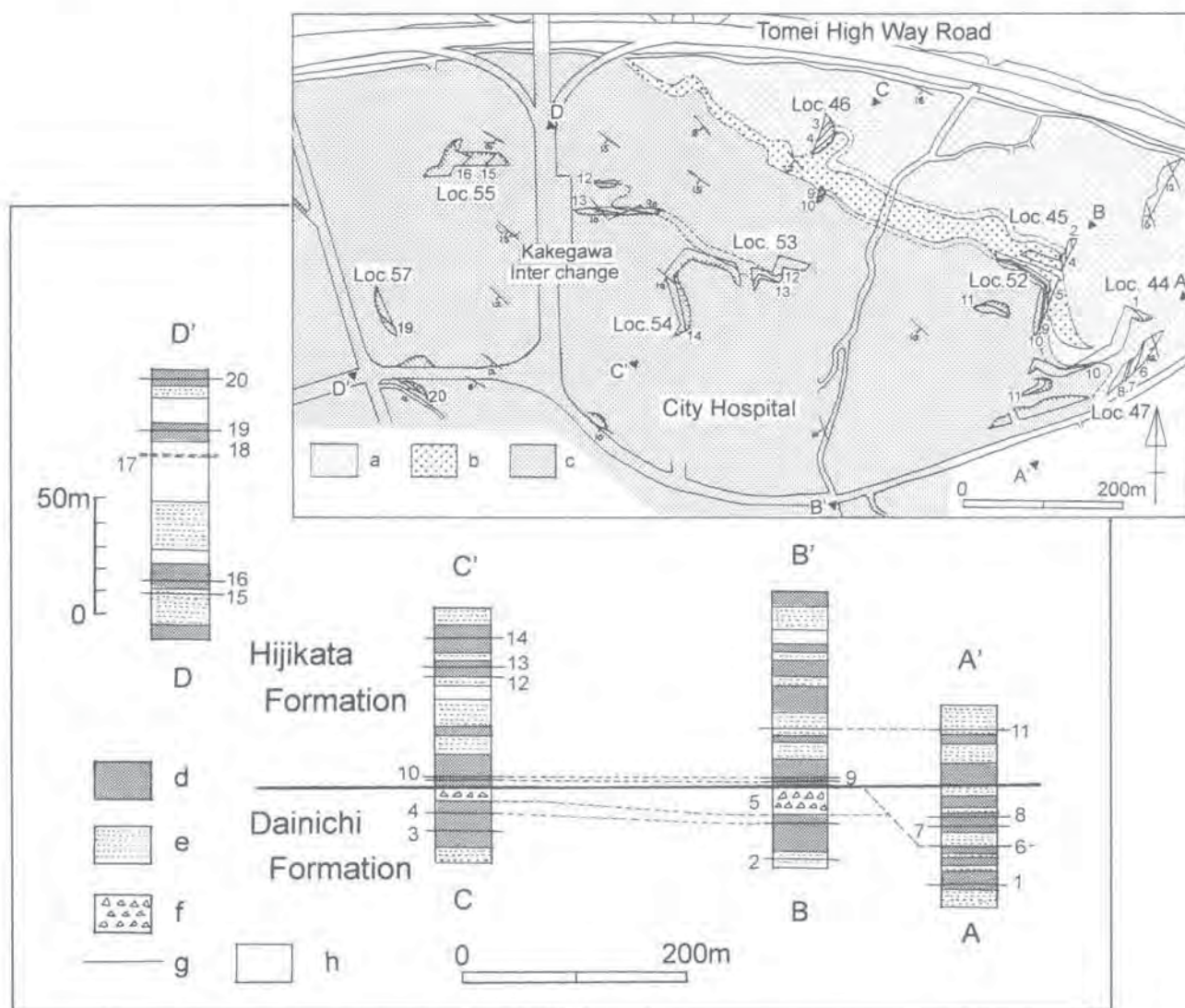


Fig. 25 Geological map and columnar sections of the Dainichi Formation and the Hijikata Formation at Sugiya and Agehari in Kakegawa City. a-b: The Dainichi Formation (a: Alternation of sand and mud beds, b: Pumice ash bed and pumice rich sand bed), c: The Hijikata Formation, d: Mud bed and mud rich alternation, e: Sand rich alternation, f: Pumice ash bed and pumice rich sand bed, g: volcanic ash bed, h: Unexposed. Broken line shows the distribution of the same volcanic ash bed. The localities of geological columnar section are shown in the geological maps for example A - A'. Ash bed's name 1: Sugiya I, 2: Sugiya II, 3: Sugiya III, 4: Sugiya IV, 5: Ryoya-Jinja, 6: Saruta-Ike I, 7: Saruta-Ike II, 8: Saruta-Ike III, 9: Inter I, 10: Inter II, 11: Inter III, 12: Inter IV, 13: Inter V, 14: Nangou I, 15: Nangou II, 16: Nangou III, 17: Kamiitasawa I, 18: Kamiitasawa II, 19: Yazaki I, 20: Yazaki II.

層の位置や相互の層序関係の詳細について、Fig. 25 にその地域の地質図と柱状図を示す。

青葉台火山灰層（新称）

本地域の大日累層基底から約10m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市青葉台の南側の崖（Loc. 43）。

〔分布〕模式地に分布。

〔層厚〕25cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

杉谷火山灰層グループ（新称）

杉谷の市立総合病院北側の造成地から猿田池西側に分布する、青葉台火山灰層の120～150m上位にある4層の火山灰層を、下位よりそれぞれ杉谷Ⅰ火山灰層、杉谷Ⅱ火山灰層、杉谷Ⅲ火山灰層、杉谷Ⅳ火山灰層とする。

杉谷Ⅰ火山灰層（新称）

青葉台火山灰層の約120m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷、市立総合病院東側の造成地、猿田池の西側の露頭（Loc. 44）。

〔分布〕杉谷の模式地に分布。

〔層厚〕1cm。

〔岩相〕灰白色の細粒火山灰層。

杉谷Ⅱ火山灰層（新称）

両谷神社南側で杉谷Ⅰ火山灰層の約10m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷、市立総合病院北東方、両谷神社南側の露頭（Loc. 45）。

〔分布〕杉谷の模式地に分布。

〔層厚〕1cm。

〔岩相〕黄灰色の細粒火山灰層。

杉谷Ⅲ火山灰層（新称）

杉谷Ⅱ火山灰層の10m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷、市立総合病院北側の東名高速道路沿い南側の露頭（Loc. 46, Fig. 26）。

〔分布〕杉谷の模式地に分布。

〔層厚〕1cm。

〔岩相〕黄灰色の細粒火山灰層。

杉谷Ⅳ火山灰層（新称）

杉谷Ⅲ火山灰層の6m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷、市立総合病院北側の東名高速道路沿い南側の露頭（Loc. 46, Fig. 26）。

〔分布〕杉谷の模式地から市立総合病院北西側、両谷神社南側の露頭（Loc. 45）に分布。



Fig. 26 Photograph of the Sugiya III and Sugiya IV volcanic ash bed at Sugiya (Loc. 46). A: Sugiya III, B: Sugiya IV.

〔層厚〕1～2cm。

〔岩相〕灰白色～黄灰色の細粒～粗粒火山灰層。

両谷火山灰層（新称）

杉谷Ⅳ火山灰層の3m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 45: YS-0305

〔模式地〕掛川市杉谷、市立総合病院北西側、両谷神社南側の露頭（Loc. 45）。

〔分布〕杉谷の模式地とその南側の露頭（Loc. 52）の下部から市立総合病院北側の東名高速道路沿いの露頭（Loc. 46）に分布し、模式地（Loc. 45）のすぐ南東側で上位の砂層に削剝されて分布しない。

〔層厚〕模式地で11m。側方に急激に層厚を減じる。

〔岩相〕黄白色～白色の軽石質粗粒火山灰層（Fig. 27）。下部の7mは泥層をはさむ平行葉理の発達する軽石質粗粒火山灰層で、上部は塊状の軽石質粗粒火山灰層。最上部には平行葉理のみられる黄灰色の粗粒火山灰層。下部にはスランプ構造がみられ、材化石の密集層が挟在する。側方に軽石質砂層に岩相変化する。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の石英および長石と重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.503-1.506の範囲で、その平均値が1.505である。

猿田池火山灰層グループ（新称）

掛川市杉谷の南東にある猿田池西側の道路工事の崖（Loc. 47）に3層の火山灰層があり、これらを下位より猿田池Ⅰ火山灰層、猿田池Ⅱ火山灰層、猿田池Ⅲ火山灰層とする。

猿田池Ⅰ火山灰層（新称）

猿田池西側で杉谷Ⅰ火山灰層の約20m上位に挟在する砂層の基底にある火山灰層。



Fig. 27 Photograph of the Ryoya-Jinja volcanic ash bed at Sugiya (Loc. 45). Scale is 1 m.

〔試料〕 Loc. 47: YS-0302

〔模式地〕 猿田池西側の道路工事の崖 (Loc. 47)。

〔分布〕 猿田池西側の模式地に分布。

〔層厚〕 1～2 cmで、レンズ状に側方で不連続。

〔岩相〕 黄白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 主にガラスからなり、極少量の長石と重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.506-1.510の範囲で、その平均値が1.508である。重鉱物は黒雲母を含む。

猿田池Ⅱ火山灰層 (新称)

猿田池Ⅰ火山灰層の4 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 猿田池西側の道路工事の崖 (Loc. 47)。

〔分布〕 猿田池西側の模式地に分布。

〔層厚〕 0.5cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

猿田池Ⅲ火山灰層 (新称)

猿田池Ⅱ火山灰層の3 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 猿田池西側の道路工事の崖 (Loc. 47)。

〔分布〕 猿田池西側の模式地に分布。

〔層厚〕 3 cm。

〔岩相〕 灰白色の泥質細粒火山灰層。

3. 土方累層の火山灰層

土方累層中には数多くの火山灰層が挟在し、北側から1) 袋井市北部—掛川市街北西部地域、2) 掛川市街南西部地域、3) 掛川市街南部地域、4) 大東町北部地域、5) 大東町中部地域、6) 大坂地域の6つの地域に分けて、それぞれ下位より火山灰層

を記載する。土方累層の各地域の地質柱状図と挟在する火山灰層をFig. 28に示す。

1) 袋井市北部—掛川市街北西部地域

袋井市北部の春岡から宇刈、村松にかけての地域と、掛川市街北西部の細谷から富部にかけての地域に分布する土方累層には、下位よりいこいの広場火山灰層グループと春岡火山灰層が挟在する。

いこいの広場火山灰層グループ (新称)

掛川市細谷のいこいの広場にある県立教育センターの道をはさんで北側の崖に2層の火山灰層が泥層中に挟在する。それらをいこいの広場火山灰層グループとして、下位よりいこいの広場Ⅰ火山灰層、いこいの広場Ⅱ火山灰層とする。

いこいの広場Ⅰ火山灰層 (新称)

掛川市富部から細谷にかけての地域における土方累層の基底から約10m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 49: KT-0102, 970928-03

〔模式地〕 掛川市いこいの広場にある県立教育センターの北側の崖 (Loc. 48)。

〔分布〕 いこいの広場の模式地から南東方向の下垂木の白泉寺 (Loc. 49) まで分布。

〔層厚〕 5 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 主にガラスからなり、重鉱物および少量の石英と長石が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.498-1.504の範囲で、その平均値は1.501-1.502である。

いこいの広場Ⅱ火山灰層 (新称)

いこいの広場Ⅰ火山灰層の4 m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 48: KT-0101

〔模式地〕 掛川市いこいの広場にある県立教育センターの北側の崖 (Loc. 44)。

〔分布〕 いこいの広場の模式地付近に分布。

〔層厚〕 40cm。

〔岩相〕 白色～黄灰色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層 (Fig. 29)。下部の層厚30cmはの平行葉理や斜交葉理をもつ粗粒火山灰層で、上部の10cmは細粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび石英と長石、重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.501-1.506の範囲で、その平均値は1.503である。

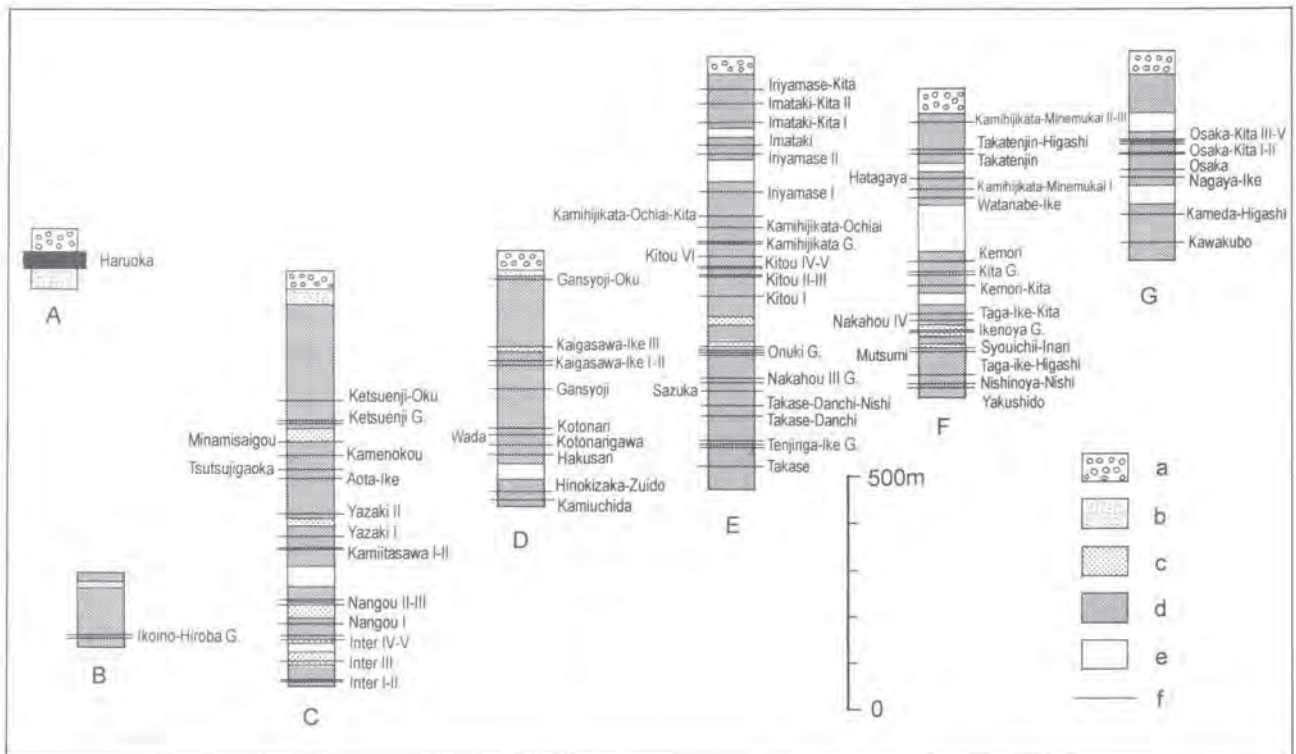


Fig. 28 Geological columnar sections and the volcanic ash beds in the Hijikata Formation. G.: Group, a: Gravel bed of the Ogasa Group, b: Sand bed, c: Alternation of sand and mud beds, d: Mud bed and mud rich alternation, e: Unexposed, d: Volcanic ash bed, A: The north part of Fukuroi area, B: The northwestern part of Kakegawa area, C: The southwestern part of Kakegawa area, D: The south part of Kakegawa area, E: The north part of Daitou area, F: The center part of Daitou area, G: Osaka area.



Fig. 29 Photograph of the Ikoino-Hiroba II volcanic ash bed at Hosoya (Loc. 48). Scale is 60 cm.

春岡火山灰層 (UJIE, 1962)

本火山灰層は、横山 (1925) によって、「第9の中粒砂，第10凝灰岩，第11の中粒砂は曾我村に美事に露出して居るので合して曾我層と命名した」として曾我層の一部としてはじめて記載された。MAKIYAMA (1931) は“Middle Soga Beds”，横山・坂本 (1957) は「第3火砕岩帯 (S₀)」とした火山灰層である。氏家 (1958) は本火山灰層を「春岡凝灰

岩」と命名し，UJIE (1962) はそれを“Haruoka tuff”として岩相や分布を記載した。UJIE (1962) は，本火山灰層が磐田郡富岡村^{かみかん}上神増から掛川市高御所まで分布するとしたが，本研究では富岡村の地域は未調査であり，高御所では本火山灰層を確認していない。横山 (1925) が記載した曾我村とは現在の掛川市南西部の領家^{りょうけ}から高御所付近にあたることから，現在では露出を確認できないが，かつて本火山灰層がこの地域にも分布していたと推定される。

また，本火山灰層は袋井市北部において TSUCHI (1961, 1976) とIBARAKI (1986) が“Soga tuff” (曾我凝灰岩) としたものに相当する。TSUCHI (1961, 1976) とIBARAKI (1986) は曾我凝灰岩を掛川市の南から大東町まで連続させて分布させているが，掛川市や大東町に分布する「曾我凝灰岩」を春岡地域に分布する「曾我凝灰岩」と同一のものとした根拠について示していない。

本稿では，本火山灰層をUJIE (1962) の定義にしたがい春岡火山灰層として記載する。

[試料] Loc. 50: VA-0401

[模式地] 袋井市宇刈の一色の西側にある露頭

(Loc. 50).

〔分布〕 袋井市萱間^{かやま}から森町中川，袋井市春岡の東側 (Loc. 51) から宇刈の一色の模式地，村松の油山^{ゆさん}寺の南，掛川市各和^{かくわ}の承元寺まで分布。

〔層厚〕 模式地で約40m。その他の分布地では上部を上位の礫層により削剝され，中部の砂層の層厚が薄くなり，約25mである。

〔岩相〕 紫灰色～白色の細粒火山灰層と白色～灰白色の粗粒火山灰層および白色～灰白色の軽石質砂層からなる (Fig. 30)。下部の層厚約10mには層厚50～100cmの桃灰色～白色の細粒火山灰層と白色～灰白色の粗粒火山灰層の互層からなり，細粒火山灰層にはスランブ構造が発達する (Fig. 31)。中部の層厚20数mは白色～灰白色の斜交葉理や平行葉理をともなう軽石質の砂層からなり，細粒火山灰層や軽石層を数層挟在する。上部には層厚20cmの白色の細粒火山灰層が挟在する。

〔記載岩石学的性質〕 主にガラスからなり，長石および少量の重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～扁



Fig. 31 Photograph of the lower part of the Haruoka volcanic ash bed at Ugari (Loc. 50). The height of this outcrop is about 8 m. The dark beds are purple gray to white colored fine ash beds and the white beds are pumice rich coarse ash beds.

平型で，屈折率は1.498-1.502の範囲で，その平均値は1.499である。重鉱物は黒雲母を含む。

2) 掛川市街南西部地域

掛川市街南西部の高御所^{ながや}，長谷^{しもまた}，下俣^{いたさわ}，亀の甲，南西郷，結縁寺，上張，杉谷，板沢にかけての地域に分布する土方累層には，下位よりインター火山灰層グループ，南郷火山灰層グループ，上板沢火山灰層グループ，矢崎火山灰層グループ，青田池火山灰層，つつじが丘火山灰層，亀の甲火山灰層，南西郷火山灰層，結縁寺火山灰層グループ，結縁寺奥火山灰層が挟在する。なお，結縁寺奥火山灰層の上位の泥層には軽石の密集層が数層認められる。掛川市杉谷から上張にかけての東名高速道路掛川インターチェンジ周辺の火山灰層の分布や層位については，Fig. 25を参照。

インター火山灰層グループ (新称)

掛川市杉谷，東名高速道路掛川インターチェンジ南東側の市立総合病院北側とその北東側の造成地に分布する泥がち砂泥互層には5層の火山灰層が挟在する。それらの火山灰層を下位よりそれぞれインターⅠ火山灰層，インターⅡ火山灰層，インターⅢ火山灰層，インターⅣ火山灰層，インターⅤ火山灰層とする。

インターⅠ火山灰層 (新称)

掛川市杉谷地域の土方累層の基底から3m上位に

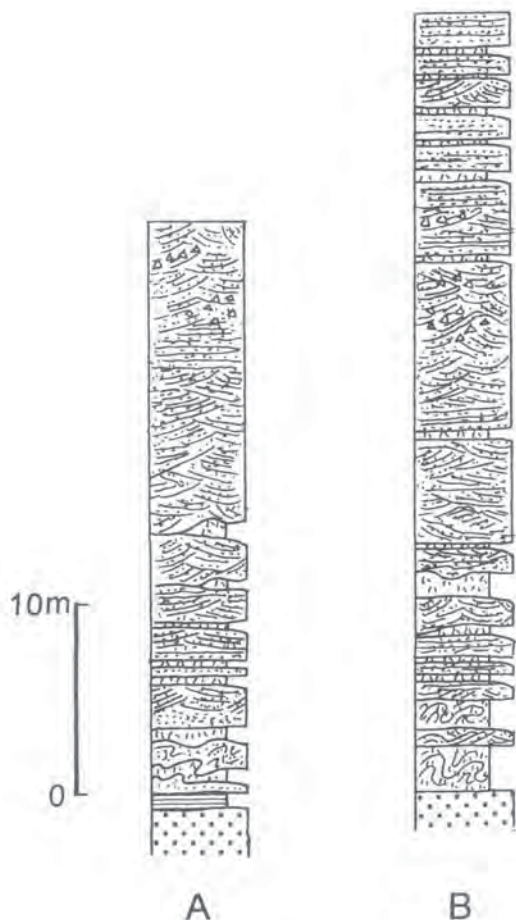


Fig. 30 Geological columnar sections of the Haruoka volcanic ash bed at Ugari, Loc. 51 (A) and Loc. 50 (B). The facies legends are shown in Fig. 14.



Fig. 32 Photograph of the Inter I and II volcanic ash beds and the outcrop at Sugiya (Loc. 52). A-B is the boundary between the Dainichi Formation and the Hijikata Formation. C: Inter I, D: Inter II. Scale is 1.8 m.

挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷，市立総合病院の北東側造成地，中央の南西側の露頭東面（Loc. 52）。この露頭は両谷火山灰層の模式地の南向かいにあたる。この露頭の下部には大日累層の両谷火山灰層が露出し，削剝された両谷火山灰層の上位に土方累層の泥層が重なる（Fig. 32）。

〔分布〕杉谷の模式地から市立総合病院の北に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕灰白色の細粒火山灰層で，上位の層厚3 cmは火山灰質泥層からなる。

インターII火山灰層（新称）

インターI火山灰層の30cm上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷，市立総合病院の北東側造成地，中央の南西側の露頭東面（Loc. 52）。

〔分布〕杉谷の模式地（Fig. 32）から南東側にある露頭，そして北西側には市立総合病院の北に分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕黄白色から黄緑色の粗粒火山灰層，軽石質で平行葉理が発達する。

インターIII火山灰層（新称）

インターII火山灰層から20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷，市立総合病院の北東側造成地，中央の南西側の露頭南面（Loc. 52）。

〔分布〕杉谷の模式地から南東の露頭に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕灰白色の泥質細粒火山灰層。

インターIV火山灰層（新称）

インターIII火山灰層から約25m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 53: YS-0403

〔模式地〕掛川市杉谷，市立総合病院の北側にある造成地の南側の露頭（Loc. 53）。

〔分布〕模式地から北西方向にある東名高速道路掛川インターチェンジ料金所の東側にかけて分布。

〔層厚〕3 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスと長石，重鉱物，石英からなる。ガラスは多孔質型～中間型で，屈折率は1.502-1.504の範囲で，その平均値は1.502である。重鉱物は角閃石，斜方輝石，単斜輝石，黒雲母を含む。

インターV火山灰層（新称）

インターIV火山灰層の上位4 mに挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 53: 98090901, 98090902

〔模式地〕掛川市杉谷，市立総合病院の北側にある造成地の南側の露頭（Loc. 53）。

〔分布〕杉谷の模式地から北西方向にある東名高速道路掛川インターチェンジ料金所の東側にかけて分布。

〔層厚〕40 cm。

〔岩相〕白色～黄白色の細粒火山灰層と灰白色の粗



Fig. 33 Photograph of the Inter V volcanic ash bed at Sugiya (Loc. 53). Scale is 40 cm.

粒火山灰層の互層からなる (Fig. 33)。基底部に層厚 3 cm の黄白色細粒火山灰層があり、粗粒火山灰層中に斜交葉理やゴマシオ状の部分がみられる。

〔記載岩石学的性質〕細粒部は主にガラスおよび長石、重鉱物からなり、少量の石英が含まれる。ガラスは中間型で、屈折率は1.498-1.503の範囲で、その平均値は1.501である。粗粒部は主にガラスおよび長石、重鉱物からなり、少量の石英が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.500-1.502の範囲で、その平均値は1.501である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母を含む。

南郷火山灰層グループ (新称)

掛川市杉谷にある市立総合病院の駐車場の北側崖とその北西側にある東名高速道路掛川インターチェンジ西側の掛川市上張の造成地には主に泥がち互層が分布し、3層の火山灰層が挟在する。それらの火山灰層を下位よりそれぞれ南郷Ⅰ火山灰層、南郷Ⅱ火山灰層、南郷Ⅲ火山灰層とする。

南郷Ⅰ火山灰層 (新称)

インターV火山灰層の12m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市杉谷にある市立総合病院の西側駐車場の北側崖 (Loc. 54)。

〔分布〕模式地付近。

〔層厚〕1 cm、側方で不連続。

〔岩相〕黄白色の細粒火山灰層。

南郷Ⅱ火山灰層 (新称)

南郷Ⅰ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 55: BD-1004

〔模式地〕掛川市上張にある東名高速道路掛川イン

ターチェンジ西側の造成地、出雲殿の南側の露頭 (Loc. 55)。

〔分布〕上張の模式地付近に分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスと長石、重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.505-1.508の範囲で、その平均値は1.507である。重鉱物中は角閃石、斜方輝石、燐灰石を含む。

南郷Ⅲ火山灰層 (新称)

南郷Ⅱ火山灰層の5m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 55: BD-1003

〔模式地〕掛川市上張にある東名高速道路掛川インターチェンジ西側の造成地、出雲殿の南側の露頭 (Loc. 55)。

〔分布〕上張の模式地付近に分布。

〔層厚〕3 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、長石と重鉱物、極少量の石英からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.499-1.505の範囲で、その平均値は1.502である。重鉱物には角閃石と黒雲母が含まれる。

上板沢火山灰層グループ (新称)

掛川市杉谷の市立総合病院南東側から板沢を結ぶ道路があり、その道路沿い西側の露頭に、層厚3～5 cmの中粒砂層をはさんで2層の火山灰層が挟在する。それらの火山灰層を上板沢火山灰層グループとして、下位よりそれぞれ上板沢Ⅰ火山灰層と上板沢Ⅱ火山灰層とする。

上板沢Ⅰ火山灰層 (新称)

南郷Ⅲ火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 56: YS-0702

〔模式地〕掛川市板沢、杉谷と板沢を結ぶ道路わき西側の露頭 (Loc. 56)。

〔分布〕板沢の模式地に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層で、基底部には橙白色の粗粒火山灰がある (Fig. 34)。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、重鉱物と少量の石英と長石が含まれる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.505-1.509の範囲で、その平均値が1.506である。重鉱物は角閃石が多く、斜方輝



Fig. 34 Photograph of the Kamiitasawa I and II volcanic ash beds at Itasawa (Loc. 56). A : Kamiitasawa I, B : Kamiitasawa II, Scale is 18 cm.

石も含む。

上板沢Ⅱ火山灰層（新称）

上板沢Ⅰ火山灰層の3～5 cm上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕掛川市板沢，杉谷と板沢を結ぶ道路わき西側の露頭（Loc. 56）。

〔分布〕板沢の模式地に分布。

〔層厚〕3～5 cm。

〔岩相〕黄白色～灰白色火山灰層の細粒火山灰層からなる（Fig. 34）。

矢崎火山灰層グループ（新称）

掛川市上張の東名高速道路掛川インターチェンジ西側の造成地から南西郷の矢崎にかけての地域に2層の火山灰層があり，それぞれ下位より矢崎Ⅰ火山灰層と矢崎Ⅱ火山灰層とする。

矢崎Ⅰ火山灰層（新称）

上板沢Ⅱ火山灰層の約10m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 57 : OK-0102, Loc. 58 : OK-0111

〔模式地〕掛川市上張の東名高速道路掛川インターチェンジ西側造成地南西端の露頭（Loc. 57）。

〔分布〕南郷の模式地から南東へ杉谷と板沢を結ぶ道路わき西側の露頭（Loc. 58）に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層で，上位の層厚20cmは火山灰質泥層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスと長石，重鋳物からなる。ガラスは中間型～多孔質型，屈折率は1.504-1.517の範囲で，その平均値が1.510-1.511である。重鋳物は角閃石と黒雲母を含む。



Fig. 35 Photograph of the Yazaki Ⅱ volcanic ash bed at Yazaki (Loc. 59). Scale is 40 cm.

矢崎Ⅱ火山灰層（新称）

矢崎Ⅰ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 59 : YM-0301

〔模式地〕矢崎の北西，東名高速道路の南側の谷（Loc. 59）。

〔分布〕矢崎の模式地から南東にある掛川市矢崎交差点の南東の露頭に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕橙白色の細粒～粗粒火山灰層（Fig. 35）。上位の層厚60cmは火山灰質泥層で，2～5 cmの軽石質砂層が2層挟在し，泥層にも軽石が含まれる。

〔記載岩石学的性質〕ほとんどガラスからなり，極少量の石英と重鋳物が含まれる。ガラスは中間型で，屈折率は1.498-1.501の範囲で，その平均値が1.499である。重鋳物は角閃石と黒雲母を含む。

青田池火山灰層（新称）

矢崎Ⅱ火山灰層の約75m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 60 : OK-1003

〔模式地〕掛川市結縁寺の東，猿用池（青田池の西）の東側にある山の上の茶畑の崖（Loc. 60）。

〔分布〕結縁寺の東の模式地に分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕長石と重鋳物を主体とし，少量のガラスからなる。ガラスは中間型～多孔質型で，屈折率は1.501-1.507の範囲で，その平均値が1.504である。重鋳物は角閃石と黒雲母を含む。

つつじが丘火山灰層（新称）

青田池火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 61: OK-1002

〔模式地〕 掛川市板沢のつつじヶ丘愛育園から南へ250m, 上板沢の丘の崖 (Loc. 61)。

〔分布〕 板沢の模式地に分布。

〔層厚〕 5～7 cm。

〔岩相〕 白色～桃白色の粗粒～細粒火山灰層。下部の層厚3 cmは白色の粗粒火山灰層で、上部の層厚2～4 cmは白色～桃白色の細粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石、重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.500-1.501の範囲で、その平均値は1.500である。重鉱物は角閃石と黒雲母、ジルコンを含む。

亀の甲火山灰層 (新称)

つつじヶ丘火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 62: WF-0101

〔模式地〕 掛川市南西郷の東名高速道路沿い南側にある茶畑の東側の露頭 (Loc. 62)。

〔分布〕 南西郷の模式地周辺とその南東方の結縁寺北側にかけて分布。

〔層厚〕 3 cm。

〔岩相〕 青みがかった灰白色の細粒火山灰層で、基底部に黄白色粗粒火山灰層が不連続に存在する (Fig. 36)。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体として、長石と重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.502-1.505の範囲で、その平均値は1.503である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母を含む。

南西郷火山灰層 (新称)

亀の甲火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。



Fig. 36 Photograph of the Kamenokou volcanic ash bed at Minamisaigou (Loc. 62). Scale is 10 cm.

層。砂がち砂泥互層の基底部に挟在する。

〔模式地〕 掛川市南西郷、南西郷から板沢の西を通る道路の南西郷の入口から約300mのところの西側の露頭 (Loc. 63)。

〔分布〕 南西郷の模式地に分布。

〔層厚〕 10cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層。

結縁寺火山灰層グループ (新称)

南西郷火山灰層の約30m上位からは、それまでの砂泥互層主体の岩相から泥層が優勢な岩相に変化する。結縁寺の西側に分布するこの泥層中には2層の火山灰層が挟在し、これらを下位より結縁寺Ⅰ火山灰層と結縁寺Ⅱ火山灰層とする。

結縁寺Ⅰ火山灰層 (新称)

南西郷火山灰層の約40m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 掛川市結縁寺、南西郷から板沢の西を通る道路の結縁寺交差点から北東側の露頭 (Loc. 64)。

〔分布〕 結縁寺の模式地に分布。

〔層厚〕 1～2 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層で、レンズ状で側方に不連続。

結縁寺Ⅱ火山灰層 (新称)

結縁寺Ⅰ火山灰層の上位約10mに挟在する火山灰層。

〔模式地〕 掛川市結縁寺、南西郷から板沢の西を通る道路の結縁寺交差点から北西側の露頭 (Loc. 65)。

〔分布〕 結縁寺の模式地に分布。

〔層厚〕 1～2 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

結縁寺奥火山灰層 (新称)

結縁寺Ⅱ火山灰層の約100m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 66: BD-1001, Loc. 67: WF-0701

〔模式地〕 掛川市結縁寺の南西、南西郷から板沢の西を通る道路の結縁寺交差点から南へ約200mのところにある露頭 (Loc. 66)。

〔分布〕 掛川市長谷にある資生堂掛川工場前の下俣の道路わきの露頭 (Loc. 67) から亀の甲池の南西、南西郷の久保、結縁寺の模式地 (Fig. 37-A)、上板沢の南西まで分布。

〔層厚〕 35cm。

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層からなる (Fig. 37-B)。下部の層厚20cmは白色

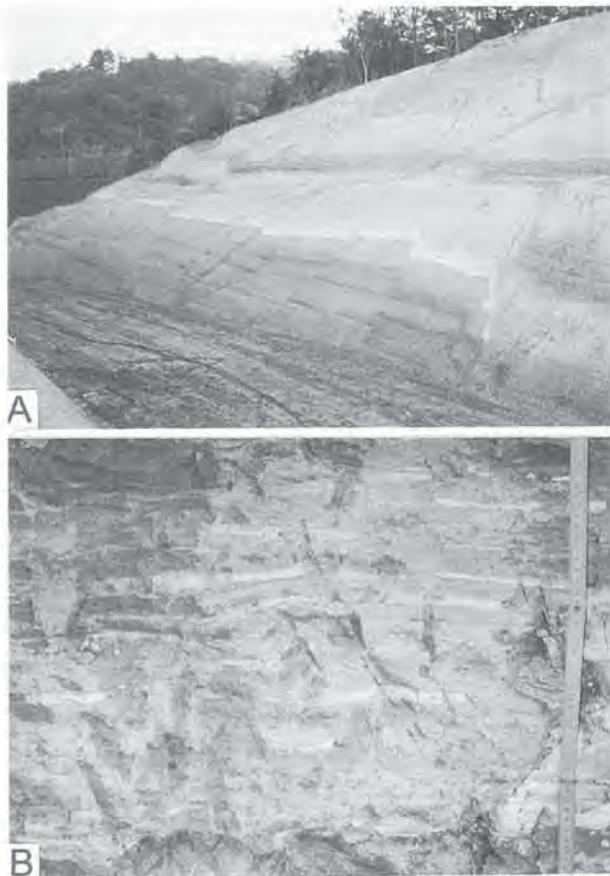


Fig. 37 Photographs of the Ketsuenji-Oku volcanic ash bed and the outcrop at Ketsuenji (Loc. 66). A: The outcrop of the mud beds intercalated with the Ketsuenji-Oku volcanic ash bed, B: Close up photograph of the Ketsuenji-Oku volcanic ash bed. Scale is 40 cm.

～灰白色の細粒火山灰層で、基底部は約5cmの白色細粒火山灰層である。上部の層厚約15cmは灰白色の細粒火山灰層と白色～灰白色の粗粒火山灰層の互層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.500-1.504の範囲で、その平均値は1.500-1.502である。重鉱物は黒雲母、角閃石、斜方輝石、燐灰石を含む。

3) 掛川市街南部地域

掛川市街南部の上内田の西から^{ことなり}子隣、^{がんしょうじ}岩井寺にかけての地域に分布する土方累層には、下位より上内田火山灰層、^{ひのきざか}桧坂隧道火山灰層、^{はくせん}白山火山灰層、子隣川火山灰層、和田火山灰層、子隣火山灰層、岩井寺火山灰層、貝ヶ沢池火山灰層グループ、岩井寺奥火山灰層が挟在する。

上内田火山灰層（新称）

上内田地域の土方累層の基底から約10m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 掛川市上内田，上内田幼稚園の西側にある茶畑の露頭（Loc. 68）。

〔分布〕 上内田の模式地に分布。

〔層厚〕 15cm

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層。下部の約5cmは白色の細粒火山灰層で、上部の5cmは灰白色の細粒火山灰層、間に細粒砂サイズの砂質粗粒火山灰層が挟在する。

桧坂隧道火山灰層（新称）

上内田火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 69: OO-0401

〔模式地〕 掛川市上内田，上内田郵便局の南，桧坂隧道北側の民家裏の崖（Loc. 69）。

〔分布〕 上内田の模式地付近に分布。

〔層厚〕 10cm

〔岩相〕 白色～灰白色の細粒火山灰層で、基底部は白色～灰白色の細粒火山灰層でその上位は泥質な火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、長石と重鉱物、極少量の石英からなる。ガラスは多孔質型で、屈折率は1.503-1.510の範囲で、その平均値は1.506である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母、ジルコンを含む。

白山火山灰層（新称）

桧坂隧道火山灰層の約80m上位に挟在する火山灰層。子隣地域では土方累層基底から約40m上位に挟在する火山灰層。



Fig. 38 Photograph of the Hakusan volcanic ash bed at Kotonari (Loc. 71). Scale is 25 cm.

〔試料〕 Loc. 70: OO-1105, Loc. 71: YV-0607

〔模式地〕 掛川市和田にある白山神社西側の茶畑東側の崖 (Loc. 70)。

〔分布〕 和田の模式地周辺から南東方へ子隣の丸子共同製茶より南東へ300mの茶畑の崖 (Loc. 71) に分布。

〔層厚〕 3～5 cm。

〔岩相〕 青みがかった白色～灰白色の細粒火山灰層からなり、基底部に黄白色の粗粒火山灰層が不連続にある (Fig. 38)。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスと長石、重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.503～1.508の範囲で、その平均値は1.504～1.505である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、黒雲母、ジルコンを含む。

子隣川火山灰層 (新称)

白山火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 72: OK-0701

〔模式地〕 掛川市子隣、桧坂隧道の西方約400mの南沢池へ続く道のわきの露頭 (Loc. 72)。

〔分布〕 子隣の模式地に分布。

〔層厚〕 2 cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層で、基底部は粗粒火山灰層である。

〔記載岩石学的性質〕 長石と重鉱物を主体とし、少量のガラスからなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.500～1.504の範囲で、その平均値は1.503である。重鉱物は角閃石と黒雲母を含む。

和田火山灰層 (新称)

子隣川火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 73: OO-1102, OO-1103, OO-1104

〔模式地〕 掛川市和田の市営和田団地西側から約550mのところの北側にある茶畑の東側の露頭 (Loc. 73)。

〔分布〕 和田の模式地に分布。

〔層厚〕 22cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層の互層からなる火山灰層 (Fig. 39)。基底部と最上部は粗粒火山灰層である。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型が多く、扁平型と多孔質型を含み、屈折率は1.500～1.504の範囲で、その平均値は1.502である。



Fig. 39 Photograph of the Wada volcanic ash bed at Wada (Loc. 73). Scale is 28 cm.



Fig. 40 Photograph of the Kotonari volcanic ash bed at Kotonari (Loc. 74). Scale is 45 cm.

子隣火山灰層 (新称)

白山火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 74: YV-0606

〔模式地〕 掛川市子隣、丸子共同製茶南方にある谷の沢の分かれめ中央の露頭 (Loc. 74)。

〔分布〕 子隣の模式地に分布。

〔層厚〕 25cm。

〔岩相〕 灰白色の細粒火山灰層と灰色の粗粒火山灰層との互層 (Fig. 40)。基底部に層厚2 cmの白色～灰白色の細粒火山灰層がある。

〔記載岩石学的性質〕 主にガラスからなり、少量の長石と重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.506～1.509の範囲で、その平均値は1.507である。

岩井寺火山灰層 (新称)

和田火山灰層の約100m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 75: NH-0702

〔模式地〕 掛川市岩井寺、岩井寺の寺社南側を通る山道の崖 (Loc. 75)。

〔分布〕 岩井寺の模式地に分布。

〔層厚〕 15cm

〔岩相〕 灰白色の泥質細粒火山灰層で、上位の層厚15cmは火山灰質泥層からなる。

〔記載岩石学的性質〕 長石と重鋳物を主体とし、少量のガラスからなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.505-1.513の範囲で、その平均値は1.509である。重鋳物は角閃石と黒雲母を含む。

貝ヶ沢池火山灰層グループ（新称）

大東町高瀬の北西、貝ヶ沢池北側の道路工事現場の露頭には3層の火山灰層がみられる。これらを下位よりそれぞれ、貝ヶ沢池Ⅰ火山灰層、貝ヶ沢池Ⅱ火山灰層、貝ヶ沢池Ⅲ火山灰層とする。貝ヶ沢池Ⅰ火山灰層と貝ヶ沢池Ⅱ火山灰層は泥がち砂泥互層中に挟在するが、貝ヶ沢池Ⅲ火山灰層はその上位の等量の砂泥互層中に挟在する。

貝ヶ沢池Ⅰ火山灰層（新称）

岩井寺火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 大東町貝ヶ沢池北側の道路造成地の東側の露頭（Loc. 76）。

〔分布〕 貝ヶ沢池の模式地付近に分布。

〔層厚〕 7 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層と白色～灰白色の粗粒火山灰層からなる。基底は不連続な白色の細粒火山灰層で、その上位は粗粒火山灰層からなる。

貝ヶ沢池Ⅱ火山灰層（新称）

貝ヶ沢池Ⅰ火山灰層の10m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 大東町貝ヶ沢池北側の道路造成地の東側の露頭（Loc. 76）。

〔分布〕 貝ヶ沢池の模式地付近に分布。



Fig. 41 Photograph of the Kaigasawa-Ike III volcanic ash bed at Kaigasawa-Ike (Loc. 77). Scale is 20 cm.

〔層厚〕 6 cm。

〔岩相〕 白色の粗粒火山灰層。

貝ヶ沢池Ⅲ火山灰層（新称）

貝ヶ沢池Ⅱ火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 77: OO-0503

〔模式地〕 大東町貝ヶ沢池北側の道路造成地の西側の露頭（Loc. 77）。

〔分布〕 貝ヶ沢池の模式地付近に分布。

〔層厚〕 10cm。

〔岩相〕 桃白色の細粒火山灰層と灰白色の粗粒火山灰層の互層からなる（Fig. 41）。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、長石・重鋳物・極少量の石英からなる。ガラスは中間～多孔質型で、屈折率は1.504-1.508の範囲で、その平均値は1.506である。重鋳物は角閃石、斜方輝石、黒雲母、燐灰石を含む。

岩井寺奥火山灰層（新称）

貝ヶ沢池Ⅲ火山灰層の約150m上位に挟在する火山灰層。本火山灰層は石田ほか(1980)で“Soga tuff”として図上に示されているものに相当するが、“Soga tuff”すなわち本稿の春岡火山灰層とは離れて分布することから、ここでは独自の名称をあたえる。

〔試料〕 Loc. 78: OK-1801

〔模式地〕 岩井寺奥にある安倍川開発砂利採石所入口の北側の崖（Loc. 78）。

〔分布〕 模式地付近に分布。

〔層厚〕 4 cm。

〔岩相〕 白色～黄白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、長石、重鋳物、極少量の石英からなる。ガラスは中間型～多孔質型～扁平型で、屈折率は1.507-1.513の範囲で、その平均値は1.510である。重鋳物は角閃石、黒雲母、ザクロ石を含む。

4) 大東町北部地域

大東町北部にあたる高瀬から入山瀬にかけての地域には、下位より高瀬火山灰層、天神ヶ池火山灰層グループ、高瀬団地火山灰層、高瀬団地西火山灰層、佐東火山灰層、中方Ⅲ火山灰層グループ、小貫火山灰層グループ、城東火山灰層グループ、上土方火山灰層グループ、上土方落合火山灰層、上土方落合北火山灰層、今滝火山灰層、入山瀬火山灰層グループ、



Fig. 42 Photograph of the Takase volcanic ash bed at Takase (Loc. 79). Scale is 27 cm.

今滝火山灰層、今滝北火山灰層グループ、入山瀬北火山灰層が挟在する。

高瀬火山灰層（新称）

大東町高瀬の北東地域における土方累層の基底から約50m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 79: OO-0602

〔模式地〕 高瀬中公会堂より北へ伸びる沢の崖 (Loc. 79)。

〔分布〕 高瀬の模式地に分布。

〔層厚〕 2～3 cm。

〔岩相〕 うす紫がかった白色～灰白色の細粒火山灰層 (Fig. 42)。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.507-1.514の範囲で、その平均値は1.511である。重鉱物はジルコン、燐灰石、ザクロ石など多くの不透明鉱物を含む。

天神ヶ池火山灰層グループ（新称）

大東町高瀬の東側にある天神ヶ池の南側の谷に分布する泥層中に3層の火山灰層が挟在し、下位より天神ヶ池Ⅰ火山灰層、天神ヶ池Ⅱ火山灰層、天神ヶ池Ⅲ火山灰層とする。

天神ヶ池Ⅰ火山灰層（新称）

大東町高瀬の東側地域における土方累層の基底から約40m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 大東町高瀬の東側にある天神ヶ池の南側の谷 (Loc. 80)。

〔分布〕 高瀬の模式地に分布。

〔層厚〕 1 cm。

〔岩相〕 灰白色の細粒火山灰層。

天神ヶ池Ⅱ火山灰層（新称）

天神ヶ池Ⅰ火山灰層の上位5mに挟在する火山灰層。

〔模式地〕 大東町高瀬の東側にある天神ヶ池の南側の谷 (Loc. 80)。

〔分布〕 高瀬の模式地に分布。

〔層厚〕 10 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

天神ヶ池Ⅲ火山灰層（新称）

天神ヶ池Ⅱ火山灰層の5m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕 大東町高瀬の東側にある天神ヶ池の南側 (Loc. 81)。

〔分布〕 高瀬の模式地に分布。

〔層厚〕 10 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

高瀬団地火山灰層（新称）

天神ヶ池Ⅲ火山灰層の約60m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 82: WF-1301

〔模式地〕 高瀬の南にある静岡鉄道宅地造成地の北側の崖 (Loc. 82)。

〔分布〕 模式地に分布。

〔層厚〕 10 cm。

〔岩相〕 基底の1 cmは白色の細粒火山灰層で、その上位は灰白色の泥質火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、長石、重鉱物、極少量の石英からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.497-1.502の範囲で、その平均値は1.499である。重鉱物は角閃石、黒雲母、不透明鉱物を含む。

高瀬団地西火山灰層（新称）

高瀬団地火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 83: BD-1403

〔模式地〕 高瀬の南にある静岡鉄道宅地造成地の西南側、佐東橋わきの崖 (Loc. 83)。

〔分布〕 模式地に分布。

〔層厚〕 2～3 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕 長石と重鉱物を主体とし、少量のガラスからなる。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.500-1.507の範囲で、その平均値は1.503である。重鉱物は黒雲母を多く含み、角閃石と斜方輝石も含む。

佐束火山灰層（新称）

高瀬団地西火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 84: YS-0406

〔模式地〕大東町小貫，佐束小学校の北側，佐束川に面した茶畑の露頭（Loc. 84）。

〔分布〕模式地に分布。

〔層厚〕10cm。

〔岩相〕白色の細粒～粗粒火山灰層で，上部の2～4cmは灰白色の細粒火山灰層（Fig. 43）。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし，極少量の長石と重鋳物が含まれる。ガラスは中間型で，屈折率は1.500-1.501の範囲で，その平均値が1.500である。重鋳物は黒雲母を含む。

中方Ⅲ火山灰層グループ（新称）

里口ほか（1996）は，大東町中方に分布する火山灰層を中方Ⅲ火山灰層と定義した。中方Ⅲ火山灰層の10m上位にも火山灰層があり，この火山灰層を中方Ⅲ上火山灰層とする。中方Ⅲ火山灰層と中方Ⅲ上

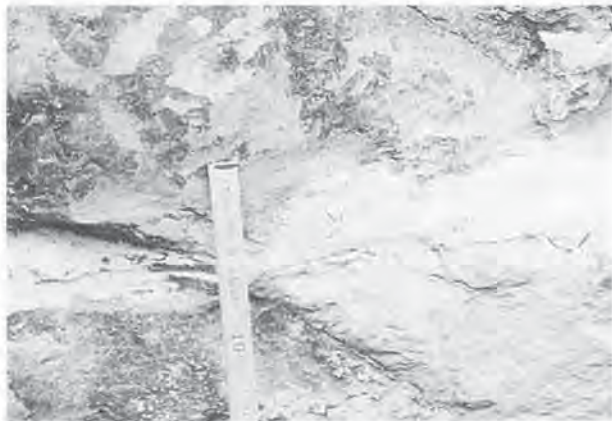


Fig. 43 Photograph of the Sazuka volcanic ash bed at Sazuka (Loc. 84). Scale is 15 cm.



Fig. 44 Photograph of the Nakahou III volcanic ash bed at Nakahou (Loc. 85). The length of the wood stick is 25 cm.

火山灰層を中方Ⅲ火山灰層グループとする。

中方Ⅲ火山灰層（里口ほか，1996）

佐束火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 85: BD-1204

〔模式地〕大東町中方の春日神社の南西方向にある貯水池東側のほとり（Loc. 85）。

〔分布〕中方の模式地とその南側の道路に分布。

〔層厚〕40cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層と白色～灰白色の粗粒火山灰層の互層からなる（Fig. 44）。粗粒火山灰層は平行葉理が発達し，細粒火山灰層よりも厚い。白色の細粒火山灰層は数cmの厚さで基底部と最上部にあり，また中部にも数層挟在する。基底から30cm上位には層厚4cmのゴマシオ状の粗粒火山灰層がある。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし，少量の長石，重鋳物からなる。ガラスは多孔質型で，屈折率は1.508-1.512の範囲で，その平均値が1.509である。重鋳物は里口ほか（1996）によると，角閃石，不透明鋳物，少量の斜方輝石，燐灰石，黒雲母，極少量の酸化角閃石からなる。

中方Ⅲ上火山灰層（新称）

中方Ⅲ火山灰層の10m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 85: YS-0606

〔模式地〕大東町中方の春日神社の南西方向にある貯水池ほとり（Loc. 85）。

〔分布〕中方の模式地付近に分布。

〔層厚〕2cm

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし，少量の重鋳物と極少量の石英と長石が含まれる。ガラスは多孔質型～中間型で，屈折率は1.504-1.507の範囲で，その平均値が1.505である。重鋳物は角閃石を多く含む。

小貫火山灰層グループ（新称）

大東町中方の小貫川の河床からその南側の大規模農地造成地の近江ヶ谷池東にかけて，泥がち砂泥互層とその上位の等量砂泥互層に4層の火山灰層が挟在する。それらの火山灰層を下位よりそれぞれ小貫Ⅰ火山灰層，小貫Ⅱ火山灰層，小貫Ⅲ火山灰層，小貫Ⅳ火山灰層とする。

小貫Ⅰ火山灰層（新称）

中方Ⅲ火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町中方にある近江ヶ谷池東の露頭

(Loc. 86)。

〔分布〕大東町中方の小貫川の河床からその南側の
大規模農地造成地の近江ヶ谷池東にかけて分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

小貫Ⅱ火山灰層（新称）

小貫Ⅰ火山灰層の上位約2 mに挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町中方にある近江ヶ谷池東の露頭
(Loc. 86)。

〔分布〕大東町中方の小貫川の河床からその南側の
大規模農地造成地の近江ヶ谷池東にかけて分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕灰白色の泥質細粒火山灰層。

小貫Ⅲ火山灰層（新称）

小貫Ⅱ火山灰層の上位約5 mに挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町中方にある近江ヶ谷池東の露頭
(Loc. 86)。

〔分布〕大東町中方の大規模農地造成地の近江ヶ谷
池東にかけて分布。

〔層厚〕5 cm

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層で、基底部に
黄白色の細粒火山灰層がある。

小貫Ⅳ火山灰層（新称）

小貫Ⅲ火山灰層の上位約7 mに挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 87: OT-0504

〔模式地〕大東町中方にある近江ヶ谷池東の露頭
(Loc. 87)。

〔分布〕大東町中方の大規模農地造成地の近江ヶ谷
池東にかけて分布。

〔層厚〕12cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰
層からなり、下部は白色の平行葉理をもつ粗粒火山
灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、長石と重
鉍物、極少量の石英からなる。ガラスは多孔質型～中
間型で、屈折率は1.503-1.506の範囲で、その平均値
は1.504である。重鉍物は黒雲母、斜方輝石、角閃石、
ジルコンを含む。

城東火山灰層グループ（新称）

大東町下土方の城東中学校の周辺から西側には泥
層が分布し、そこに6層の火山灰層が挟在する。こ
れらの火山灰層を下位よりそれぞれ、城東Ⅰ火山灰
層、城東Ⅱ火山灰層、城東Ⅲ火山灰層、城東Ⅳ火山
灰層、城東Ⅴ火山灰層、城東Ⅵ火山灰層とする。

城東Ⅰ火山灰層（新称）

小貫Ⅳ火山灰層の約140m上位に挟在する火山灰
層。

〔試料〕Loc. 88: YV-0602

〔模式地〕大東町下土方の城東中学校北東側にある
畑の崖 (Loc. 88)。

〔分布〕模式地に分布。

〔層厚〕約25cm。

〔岩相〕灰白色～黄白色の細粒火山灰層からなる。
基底部の約10cmは黄白色の細粒火山灰層があり、軽
石が含まれる。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、極少量の
重鉍物を含む。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率
は1.501-1.504の範囲で、その平均値は1.502である。

城東Ⅱ火山灰層（新称）

城東Ⅰ火山灰層の約40m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 89: YV-0603

〔模式地〕大東町下土方の城東中学校西側の崖
(Loc. 89)。

〔分布〕下土方の模式地に分布。

〔層厚〕2～5 cm。

〔岩相〕灰白色～黄白色の粗粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスが主体で、長石と重鉍
物、少量の石英を含む。ガラスは多孔質型～中間型
で、屈折率は1.498-1.501の範囲で、その平均値は
1.500である。

城東Ⅲ火山灰層（新称）

城東Ⅱ火山灰層の2 m上位のに挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町下土方の城東中学校西側の崖
(Loc. 89)。

〔分布〕下土方の模式地に分布。

〔層厚〕2～5 cm。

〔岩相〕灰白色～黄白色の粗粒火山灰層。側方へ不
連続。

城東Ⅳ火山灰層（新称）

城東Ⅲ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町下土方の城東中学校の北西側にあ
る道路の崖 (Loc. 90)。

〔分布〕下土方の模式地付近に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層。

城東Ⅴ火山灰層（新称）

城東Ⅳ火山灰層の1 m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 90: OT-0402



Fig. 45 Photograph of the Kitou V volcanic ash bed at Kitou (Loc. 90). Scale is 60 cm.

〔模式地〕大東町下土方の城東中学校の北東側にある道路の崖 (Loc. 90)。

〔分布〕下土方の模式地付近に分布。

〔層厚〕60cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層の互層で、基底部約10cmは灰白色の細粒火山灰層である (Fig. 45)。灰白色の粗粒火山灰層中には、しばしばゴマシオ状の火山灰層がみられ、最上部は白色細粒火山灰層である。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.498-1.500の範囲で、その平均値は1.499である。重鉱物は黒雲母と角閃石を含む。

城東VI火山灰層 (新称)

城東V火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 91: BD-0108

〔模式地〕大東町下土方の城東中学校の西側にある尾根を横切る道の南側の崖 (Loc. 91)。

〔分布〕模式地付近に分布。

〔層厚〕2～5cm。

〔岩相〕桃灰色の細粒火山灰層。側方に不連続。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.508-1.510の範囲で、その平均値は1.509である。重鉱物は黒雲母と角閃石を含む。

上土方火山灰層グループ (新称)

大東町^{かみひじかたみねむかい}上土方嶺向にある土方小学校の東北東側の丘頂上と東南東側にある茶畑の崖にそれぞれ1層の火山灰層が挟在し、里口ほか (1996) はこれらをそれぞれ下位より上土方I火山灰層と上土方II火山灰層とした。これらを上土方火山灰層グループとする。

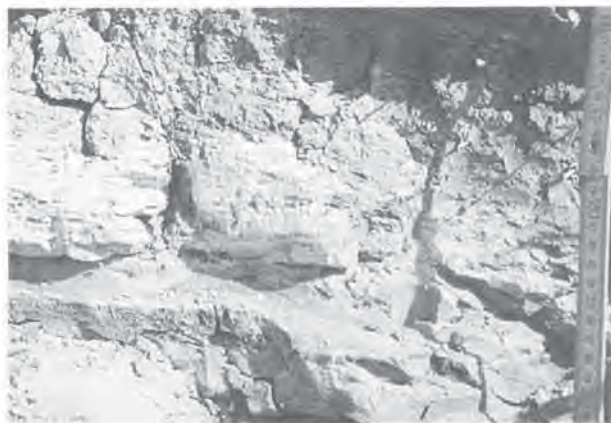


Fig. 46 Photograph of the Kamihijikata I volcanic ash bed at Kamihijikata-Minemukai (Loc. 92). Scale is 23 cm.

上土方I火山灰層 (里口ほか, 1996)

城東VI火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町上土方嶺向の土方小学校の東北東側にある丘頂上の崖 (Loc. 92)。

〔分布〕上土方嶺向の模式地に分布。

〔層厚〕13cm。

〔岩相〕黄茶色～灰白色の粗粒火山灰層。下部4cmは黄茶色の粗粒火山灰層で、上方細粒化する (Fig. 46)。最下部の層厚1～2cmは細粒砂サイズで黒雲母が目立つ。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか (1996) によれば、ガラスを主体とし、少量の長石、重鉱物、極少量の石英を含む。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.496-1.501 (1.499-1.501) である。重鉱物は黒雲母、少量の角閃石、斜方輝石、ジルコン、極少量の単斜輝石、燐灰石、不透明鉱物からなる。

上土方II火山灰層 (里口ほか, 1996)

上土方I火山灰層の約10m上位に挟在する火山灰層。模式地の露頭には断層でずれて3箇所火山灰層がみられる。

〔模式地〕大東町上土方嶺向の土方小学校の東南東側にある茶畑の南側の崖 (Loc. 93)。

〔分布〕上土方嶺向の模式地に分布。

〔層厚〕12cm。

〔岩相〕灰白色～灰色の細粒～粗粒火山灰層。下部8cmは黄白色～灰白色の粗粒火山灰層で、上方細粒化している (Fig. 47)。上部4cmは灰白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか (1996) によれば、ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の重鉱物を含む。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.496-



Fig. 47 Photograph of the Kamihijikata II volcanic ash bed at Kamihijikata-Minemukai (Loc. 93). Scale is 33 cm.

1.501である。重鉱物は角閃石、斜方輝石、少量の不透明鉱物、単斜輝石、ジルコンからなる。

上土方落合火山灰層（里口ほか，1996）

里口ほか（1996）によって定義された火山灰層で、本研究ではこの火山灰層を確認できなかったため、里口ほか（1996）の記載を引用する。上土方II火山灰層の約28m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町上土方落合の沢久保橋東にある茶畑南側の崖（Loc. 94）。

〔分布〕模式地に分布。

〔層厚〕1 cm。

〔岩相〕白色の粗粒砂～中粒砂サイズの粗粒火山灰、レンズ状に産する。

〔記載岩石学的性質〕ガラスおよび長石、少量の重鉱物、極少量の石英からなる。ガラスは中間型～多孔質型～扁平型で、屈折率は1.508-1.514（1.508-1.510）である。重鉱物は角閃石を主体とし、少量の斜方輝石、不透明鉱物、単斜輝石、極少量の酸化角閃石、ジルコンを含む。

上土方落合北火山灰層（新称）

上土方落合火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町上土方落合の落合橋北東約400mにある茶畑わきの露頭（Loc. 95）。

〔分布〕上土方落合の模式地に分布。

〔層厚〕10cm。

〔岩相〕黄白色～茶灰色の細粒火山灰層。基底の層厚約1 cmは黄白色の細粒火山灰層。

入山瀬火山灰層グループ（新称）

大東町入山瀬に分布する2層の火山灰層について、里口ほか（1996）はそれぞれ入山瀬I火山灰層

と入山瀬II火山灰層として定義した。これらの火山灰層を入山瀬火山灰層グループとする。

入山瀬I火山灰層（里口ほか，1996）

上土方落合北火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町入山瀬の大規模農場南の崖（Loc. 96）。

〔分布〕入山瀬の模式地に分布。

〔層厚〕1～3 cm。

〔岩相〕黄白色の軽石質粗粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか（1996）によると、ガラスと少量の長石、重鉱物、石英からなる。ガラスは多孔質型～中間型が多く、屈折率は1.507-1.519（1.507-1.511）である。重鉱物は斜方輝石、単斜輝石、少量の不透明鉱物、角閃石、極少量の黒雲母からなる。

入山瀬II火山灰層（里口ほか，1996）

本研究では本火山灰層を確認できなかったため、里口ほか（1996）の記載を引用する。入山瀬I火山灰層の約80m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町入山瀬の三叉路北側の崖（Loc. 97）。

〔分布〕入山瀬の模式地に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕極細粒サイズの粗粒火山灰。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英、重鉱物を含む。ガラスは中間型～扁平型が多く、屈折率は1.498-1.500である。重鉱物は斜方輝石、角閃石、少量の不透明鉱物、単斜輝石、ジルコン、燐灰石からなる。

今滝火山灰層（里口ほか，1996）

本研究ではこの火山灰層を未確認のため、里口ほか（1996）の記載を引用する。入山瀬II火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町今滝の茶畑中の崖（Loc. 98）。

〔分布〕今滝の模式地付近。

〔層厚〕12cm。

〔岩相〕灰色～黄白色の細粒火山灰～細粒砂サイズの粗粒火山灰。下部1 cmは灰白色の細粒火山灰、その上位11cmは灰色～黄茶色の細粒火山灰～中粒砂サイズの粗粒火山灰で、上方細粒化している。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英、重鉱物を含む。ガラスは中間型～扁平型が多く、屈折率は1.497-1.501である。褐色のガラスを含む。重鉱物は不透明鉱物、斜方輝石、

少量の単斜輝石、角閃石、ジルコン、燐灰石からなる。

今滝北火山灰層グループ（新称）

大東町今滝に分布する2層の火山灰層について、里口ほか（1996）は下位よりそれぞれ今滝北Ⅰ火山灰層と今滝北Ⅱ火山灰層と定義した。これらの火山灰層を今滝北火山灰層グループとする。

今滝北Ⅰ火山灰層（里口ほか，1996）

今滝火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町今滝にある日吉神社の南方約250mにある道路沿いの露頭（Loc. 99）。

〔分布〕今滝の模式地に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕白色～黄白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか（1996）によれば、ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英、重鉍物を含む。ガラスは中間型～扁平型が多く、屈折率は1.497-1.501である。褐色のガラスを含む。重鉍物は不透明鉍物、斜方輝石、少量の単斜輝石、角閃石、ジルコン、燐灰石からなる。

今滝北Ⅱ火山灰層（里口ほか，1996）

今滝北Ⅰ火山灰層の約40m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 100: TT-0201, Loc. 101: TT-0101

〔模式地〕大東町今滝にある日吉神社の西方約250mにある茶畑西側の崖（Loc. 100）。

〔分布〕今滝の模式地付近とその北側の入山瀬の西に分布。

〔層厚〕今滝の模式地で6 cm。入山瀬の西（Loc. 101）では18cm。

〔岩相〕黄白色～灰白色の細粒～粗粒火山灰層。基底の層厚1 cmは黄白色の細粒火山灰層があり、その上位は灰白色の細粒～粗粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の重鉍物を含む。ガラスは中間型が主体で、屈折率は1.499-1.502の範囲で、その平均値は1.500である。里口ほか（1996）によれば、褐色のガラスを含み、重鉍物は斜方輝石、不透明鉍物、少量の角閃石、単斜輝石、ジルコン、酸化角閃石、燐灰石を含む。

入山瀬北火山灰層（新称）

今滝北Ⅱ火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 102: WF-1001

〔模式地〕入山瀬の北、合戸橋の西方約500mの北側にある崖（Loc. 102）。

〔分布〕入山瀬の模式地に分布。

〔層厚〕18cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層と灰白色の粗粒火山灰層からなる。下部は基底に層厚1 cmの白色細粒火山灰層があり、その上位に平行葉理のある層厚8 cmの灰白色粗粒火山灰層がある。上部は灰白色の細粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の重鉍物を含む。ガラスは中間型～扁平型が主体で、屈折率は1.501-1.506の範囲で、その平均値は1.503である。

5) 大東町中部地域

大東町中部にあたる西之谷から中、下土方にかけての地域に分布する土方累層には、下位より薬師堂火山灰層、西之谷西火山灰層、田ヶ池東火山灰層、睦三火山灰層、正一位稻荷火山灰層、池之谷火山灰層グループ、中方Ⅳ火山灰層、田ヶ池北火山灰層、毛森北火山灰層、北火山灰層グループ、毛森火山灰層、渡辺池火山灰層、上土方嶺向Ⅰ火山灰層、畑ヶ谷火山灰層、高天神火山灰層、高天神東火山灰層、上土方嶺向Ⅱ火山灰層、上土方嶺向Ⅲ火山灰層が挟在する。

薬師堂火山灰層（新称）

本地域の土方累層の基底から約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 103: OT-0601, OT-0602

〔模式地〕大東町西之谷の浜松トッパンムーア静岡工場の北にある薬師堂の西側の露頭（Loc. 103）。

〔分布〕西之谷の薬師堂の西側から薬師堂裏の露頭に連続して分布。

〔層厚〕30cm。

〔岩相〕白色～黄白色の細粒火山灰層と灰白色の粗粒火山灰層からなる。基底部の層厚5～10cmは白色～黄白色の細粒火山灰からなり、その上位は灰白色の粗粒火山灰からなる。粗粒火山灰層中には平行葉理があり、黄白色の細粒火山灰層の薄層が挟在する。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石と重鉍物からなる。ガラスは中間型が主体で、屈折率は1.498-1.503の範囲で、その平均値は1.500-1.502である。重鉍物は角閃石や斜方輝石が多く、黒雲母も含む。

西之谷西火山灰層（新称）

薬師堂火山灰層の約10m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町西之谷の津島神社の西方、道沿い南側にある公園の南側の崖（Loc. 104）。

〔分布〕西之谷の模式地に分布。

〔層厚〕0.5cm、レンズ状で側方に不連続。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

田ヶ池東火山灰層（新称）

薬師堂火山灰層から約30m上位の泥がち砂泥互層中に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町中、田ヶ池の東にある浜松トッパ
ンムーア静岡工場の西側駐車場北側の崖（Loc. 105）。

〔分布〕中の模式地に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕灰白色の細粒火山灰層。

睦三火山灰層（新称）

西之谷地域の土方累層の基底から約50m上位の泥がち砂泥互層中に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町中、田ヶ池の北東にある正一位稲荷神社の道路を隔てて北西側の露頭（Loc. 106）。

〔分布〕中の模式地に分布。

〔層厚〕2 cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層。

正一位稲荷火山灰層（新称）

〔試料〕Loc. 107: NH-1001, NH-1002

睦三火山灰層の約10m上位の等量砂泥互層中に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町中、田ヶ池の北東にある正一位稲荷神社北側の露頭上部（Loc. 107）。

〔分布〕中の模式地に分布。

〔層厚〕36cm。



Fig. 48 Photograph of the Syouchii-Inari volcanic ash bed at Naka (Loc. 107). The length of the wood stick is 25 cm.

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層と灰白色～黄白色の粗粒火山灰層の互層からなる（Fig. 48）。基底部に層厚約8 cmの白色の細粒火山灰層がある。粗粒火山灰層には平行葉理がみられ、粒径1～2 mmの軽石を含む。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石と重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型～扁平型、屈折率は1.502-1.510の範囲で、その平均値は1.505である。重鉱物は黒雲母、角閃石、斜方輝石、燐灰石を含む。

池之谷火山灰層グループ（新称）

正一位稲荷火山灰層の約30m上位には軽石を含む砂層からなる砂がち砂泥互層が分布し、その中に2層の火山灰層が挟在する。この2層の火山灰層を、下位よりそれぞれ池之谷Ⅰ火山灰層と池之谷Ⅱ火山灰層とする。

池之谷Ⅰ火山灰層（新称）

正一位稲荷火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 108: NH-0903

〔模式地〕大東町中、^{しろやま}白山神社の北方道沿いの露頭（Loc. 108）。

〔分布〕中の模式地に分布。

〔層厚〕4 cm。

〔岩相〕クリーム色から黄灰色の細粒火山灰層（Fig. 49）。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、長石と重鉱物、極少量の石英からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.504-1.509の範囲で、その平均値は1.506である。重鉱物は黒雲母、角閃石、斜方輝石を含む。

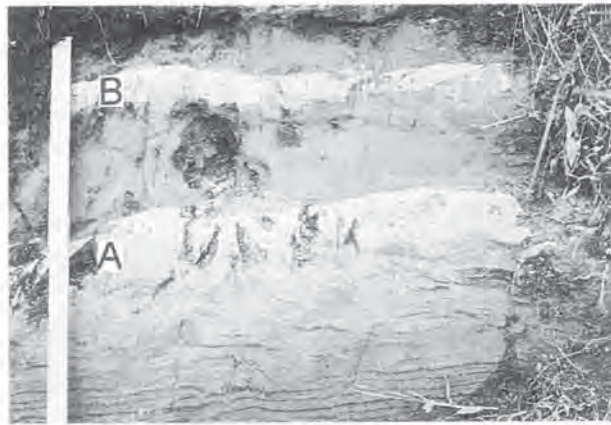


Fig. 49 Photograph of the Ikenoya volcanic ash beds group at Ikenoya (Loc. 108). A: Ikenoya I, B: Ikenoya II, Scale is 35 cm.

池之谷Ⅱ火山灰層（新称）

池之谷Ⅰ火山灰層の10cm上位に挟在する火山灰層で、池之谷Ⅰ火山灰層との間には砂層が挟在する。

〔試料〕 Loc. 108: NH-0901

〔模式地〕 大東町中、白山神社の北方道沿いの露頭 (Loc. 108)。

〔分布〕 中の模式地に分布。

〔層厚〕 2 cm。

〔岩相〕 クリーム色～黄灰色の細粒～粗粒火山灰層 (Fig. 49)。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスおよび長石、重鉱物からなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.501-1.502の範囲で、その平均値は1.502である。重鉱物は黒雲母、角閃石、斜方輝石を含む。

田ヶ池北火山灰層（新称）

池之谷火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 109: NH-0904

〔模式地〕 大東町中の田ヶ池の北にある睦三遊園地の北側の露頭 (Loc. 109)。

〔分布〕 中の模式地に分布。

〔層厚〕 4 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層からなり、下部は砂質の粗粒火山灰層である。

〔記載岩石学的性質〕 長石と重鉱物を主体とし、少量のガラスからなる。ガラスは多孔質型～中間型で、屈折率は1.504-1.510の範囲で、その平均値は1.507である。重鉱物は燐灰石を含む。

中方Ⅳ火山灰層（里口ほか、1996）

田ヶ池北火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。里口ほか（1996）によって定義された火山灰層で、本研究ではこの火山灰層を確認できなかったため、里口ほか（1996）の記載を引用する。

〔模式地〕 大東町中方の工事現場西端の崖 (Loc. 110)。

〔分布〕 中方の模式地に分布。

〔層厚〕 12cm。

〔岩相〕 灰色、極細粒砂サイズの粗粒火山灰。

〔記載岩石学的性質〕 ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英重、重鉱物を含む。ガラスは扁平型～中間型で、屈折率は1.500-1.503 (1.500-1.501) である。重鉱物は角閃石を主体とし、少量の斜方輝石、不透明鉱物、単斜輝石、酸化角閃石、黒雲母、ジルコン、燐灰石からなる。

毛森北火山灰層（新称）

田ヶ池北火山灰層の約60m上位に挟在する火山灰層。

層。

〔模式地〕 大東町中の毛森の北西、^{かめそう}亀惣川の東側丘陵の東尾根にある茶畑の崖 (Loc. 111)。

〔分布〕 中の模式地に分布。

〔層厚〕 1 cm。

〔岩相〕 白色の細粒火山灰層。

北火山灰層グループ（新称）

大東町下土方の下北にある北公民館東側の露頭には2層の火山灰層があり、下位よりそれぞれ北Ⅰ火山灰層と北Ⅱ火山灰層とする。北Ⅰ火山灰層は、TSUCHI (1961, 1976) の“Soga tuff”の分布地点にあたり、これにしたがって里口ほか (1996) も「曾我火山灰層」として記載した。しかし、TSUCHI (1961) の袋井市北部における“Soga tuff”に相当する本稿の春岡火山灰層は、袋井市では分布が連続して確認できるが、その南西にあたる掛川市や大東町では連続が確認できない。本火山灰層をその分布の連続を確認せずに「曾我火山灰層」ないし春岡火山灰層とすることは本稿では避けたいので、本火山灰層を新たに「北Ⅰ火山灰層」と命名し、記載する。

北Ⅰ火山灰層（新称）

毛森北火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 112: YV-0601

〔模式地〕 大東町下土方の下北にある北公民館の東側にある道路ぞいの露頭 (Loc. 112)。

〔分布〕 下土方の模式地に分布。

〔層厚〕 50cm。

〔岩相〕 灰白色～桃灰色の細粒～粗粒火山灰層で、数層の黄白色～黄灰色の粗粒火山灰層を挟在する (Fig. 50)。



Fig. 50 Photograph of the Kita Ⅰ volcanic ash bed at Shimohijikata (Loc. 112). Scale is 50 cm.

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の長石と重鉍物が含まれる。ガラスは扁平型～中間型で、屈折率は1.499-1.501の範囲で、その平均値は1.500である。里口ほか(1996)によれば、重鉍物は角閃石、少量の黒雲母、斜方輝石、単斜輝石、不透明鉍物、燐灰石、酸化角閃石、ザクロ石、極少量のジルコンを含む。

北Ⅱ火山灰層(新称)

北Ⅰ火山灰層の10m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 113: YS-0410

〔模式地〕大東町下土方の下北にある北公民館の北東側にある露頭(Loc. 113)。

〔分布〕下土方の模式地に分布。

〔層厚〕10cm。

〔岩相〕灰白色～黄白色の細粒火山灰層で、基底3cmは黄白色の細粒火山灰層で、その上位は灰白色の泥質火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、重鉍物と少量の石英、極少量の長石が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.498-1.504の範囲で、その平均値が1.501である。重鉍物は角閃石と黒雲母を含む。

毛森火山灰層(里口ほか, 1996)

北Ⅱ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町毛森惣勢山^{そうぜいやま}本陣跡の北にある崖(Loc. 114)。

〔分布〕毛森の模式地付近。

〔層厚〕20cm。

〔岩相〕白色～黄白色の細粒火山灰層からなり、下部約16cmは白色の細粒火山灰層で、上部は層厚約4cmの黄白色細粒火山灰層である。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか(1996)によれば、ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の重鉍物を含む。ガラスは中間型～扁平型～多孔質型で、屈折率は1.498-1.503である。重鉍物は角閃石、少量の斜方輝石、黒雲母、単斜輝石、不透明鉍物、酸化角閃石、ジルコン、燐灰石からなる。

渡辺池火山灰層(新称)

毛森火山灰層の約140m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町下土方、渡辺池の北側にある露頭(Loc. 115)。

〔分布〕下土方の模式地付近。

〔層厚〕約15cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層。

上土方嶺向Ⅰ火山灰層(里口ほか, 1996)

渡辺池火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。本研究では、本火山灰層を未確認のため、里口ほか(1996)を引用する。

〔模式地〕大東町上土方嶺向の津島神社南側の崖(Loc. 116)。

〔分布〕上土方嶺向の模式地付近。

〔層厚〕8cm。

〔岩相〕白色～桃灰色の細粒火山灰～極細粒砂サイズの粗粒火山灰。下部1cmは極細粒砂サイズの粗粒火山灰で、上方細粒化している。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の重鉍物を含む。ガラスは中間型～扁平型が多く、屈折率は1.499-1.501である。重鉍物は角閃石、斜方輝石、少量の不透明鉍物、単斜輝石、ジルコンからなる。

畑ヶ谷火山灰層(里口ほか, 1996)

上土方嶺向Ⅰ火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕Loc. 117: 970226-07

〔模式地〕大東町下土方の畑ヶ谷、渡辺池南西側にある民家の崖(Loc. 117)。

〔分布〕模式地から北側の渡辺池南西にかけて分布。

〔層厚〕5～10cm。

〔岩相〕白色の細粒火山灰層と桃灰色の粗粒火山灰層の互層からなる。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英、重鉍物を含む。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.499-1.506の範囲でその平均値は1.500である。里口ほか(1996)によれば、重鉍物は斜方輝石、単斜輝石、不透明鉍物、極少量の角閃石からなる。

高天神火山灰層(里口ほか, 1996)

本研究では、本火山灰層を未確認のため、里口ほか(1996)を引用する。畑ヶ谷火山灰層の約50m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町上土方嶺向、高天神の東麓の崖(Loc. 118)。

〔分布〕上土方嶺向の模式地に分布。

〔層厚〕5cm。

〔岩相〕粗粒火山灰層からなり、重鉍物粒が目立つ。

〔記載岩石学的性質〕長石、重鉍物、ガラスからなる。ガラスは多孔質が多く、屈折率は1.512-1.517(1.514-1.517)である。褐色のガラスを含む。重鉍

物は斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物、少量の角閃石、極少量の黒雲母からなる。

高天神東火山灰層（新称）

高天神火山灰層の約10m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 119: TT-0403

〔模式地〕大東町下土方、高天神にある三の丸址南東の茶畑わきの露頭（Loc. 119）。

〔分布〕下土方の模式地に分布。

〔層厚〕6 cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層。基底3 cmは白色の細粒火山灰層があり、その上位は灰白色の細粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の石英および長石、重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.506-1.513の範囲で、その平均値は1.511である。

上土方嶺向Ⅱ火山灰層（里口ほか、1996）

本研究では、本火山灰層を未確認のため、里口ほか（1996）を引用する。高天神火山灰層の約60m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町上土方嶺向の高天神山北麓の工事現場南側の崖（Loc. 120）。

〔分布〕上土方嶺向の模式地付近に分布。

〔層厚〕5 cm。

〔岩相〕灰白色～桃灰色の極細粒砂～細粒砂サイズの粗粒火山灰。下部1 cmは桃灰色の細粒砂サイズの粗粒火山灰層で、その上位は灰白色の極細粒砂サイズの粗粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英、重鉱物を含む。ガラスは中間型～扁平型が多く、屈折率は1.502-1.503である。重鉱物是不透明鉱物を主体とし、斜方輝石、単斜輝石、ジルコン、極少量の黒雲母、酸化角閃石、燐灰石からなる。

上土方嶺向Ⅲ火山灰層（里口ほか、1996）

里口ほか（1996）では、ミスプリントで「上土方嶺向Ⅱ火山灰層」と表示されている。本研究では本火山灰層を未確認のため、里口ほか（1996）を引用する。上土方嶺向Ⅱ火山灰層の約1 m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町上土方嶺向の高天神山北麓の工事現場南側の崖（Loc. 120）。

〔分布〕模式地付近。

〔層厚〕8 cm。

〔岩相〕灰色～桃灰色の極細粒砂～中粒砂サイズの粗粒火山灰。下部4 cmは桃灰色の極細粒砂～細粒砂サイズの粗粒火山灰、上部4 cmは灰色の細粒砂～中粒砂サイズの粗粒火山灰。

〔記載岩石学的性質〕ガラスと少量の長石、重鉱物からなる。ガラスは中間型～多孔質型が多く、屈折率は1.504-1.511（1.508-1.511）である。重鉱物 は角閃石、斜方輝石、少量の単斜輝石、不透明鉱物、燐灰石、極少量の黒雲母、酸化角閃石、ザクロ石からなる。

6) 大坂地域

大東町大坂地域に分布する土方累層には、下位より川久保火山灰層、釜田東火山灰層、長谷池火山灰層、大坂火山灰層、大坂北火山灰層グループが挟在する。

川久保火山灰層（里口ほか、1996）

毛森火山灰層の約40m上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町川久保の下小笠川西側の崖（Loc. 121）。

〔分布〕川久保の模式地付近から北側の川久保橋の西側道路わきの露頭に分布。

〔層厚〕120 cm。

〔岩相〕黄白色～灰色の細粒～粗粒火山灰層。下部8 cmは赤黄色の粗粒火山灰層で上方細粒化している。上部は黄白色～灰色の細粒～粗粒火山灰層。川久保橋の西側道路わきの露頭では、スランプ構造が発達する。

〔記載岩石学的性質〕里口ほか（1996）によれば、ガラスを主体とし、少量の長石、極少量の石英、重鉱物を含む。ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.499-1.500である。重鉱物 は斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物、極少量の角閃石からなる。

釜田東火山灰層（新称）

川久保火山灰層の約60m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 122: TT-0701

〔模式地〕大東町大坂、釜田の東にある南北方向の道路の切り割（Loc. 122）。

〔分布〕大坂の模式地付近に南北に分布。

〔層厚〕3 cm。

〔岩相〕軽石を含む白色の粗粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の長石と重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.505-1.512の範囲で、その平均値は

1.510である。

長谷池火山灰層（新称）

川久保火山灰層の約80m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 123: TT-0702

〔模式地〕大東町大坂の長谷池の南東にある道路工事現場の崖（Loc. 123）。

〔分布〕模式地に分布。

〔層厚〕3 cm。

〔岩相〕黄白色の粗粒火山灰層。

〔記載岩石学的性質〕重鉱物が多く、長石とガラスからなり、少量の石英が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.511-1.513の範囲で、その平均値は1.513である。

大坂火山灰層（里口ほか、1996）

長谷池火山灰層の約20m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 125: TT-0703

〔模式地〕大東町大坂の県道掛川大東線沿いの崖（Loc. 124）。

〔分布〕大坂の模式地からその北側の長谷池の南（Loc. 125）まで分布。

〔層厚〕10～15cm。

〔岩相〕白色～黄白色の細粒～粗粒火山灰層からなる（Fig. 51）。模式地では下部1 cmは白色の細粒火山灰層で、その上位6 cmは灰色～桃灰色の粗粒火山灰層で、上方粗粒化する。火山灰層中にはしばしば生物擾乱がみられる。

〔記載岩石学的性質〕ガラスを主体とし、少量の石英および長石、重鉱物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.508-1.512の範囲で、その平均値は1.509ある。里口ほか（1996）によれば、ガラスを主体とし、少量の長石、重鉱物、極少量の石

英からなる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は1.504-1.513である。重鉱物は斜方輝石、単斜輝石、不透明鉱物、極少量の燐灰石、角閃石、ジルコンからなる。

大坂北火山灰層グループ（新称）

大東町大坂の長谷池の南と西側に、5層の火山灰層があり、これらを下位よりそれぞれ大坂北Ⅰ火山灰層、大坂北Ⅱ火山灰層、大坂北Ⅲ火山灰層、大坂北Ⅳ火山灰層、大坂北Ⅴ火山灰層とする。

大坂北Ⅰ火山灰層（新称）

大坂火山灰層の約30m上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 126: TT-0705

〔模式地〕大東町大坂の長谷池の南西にある道路工事現場の崖（Loc. 126）。

〔分布〕大坂の模式地に分布。

〔層厚〕3 cm。

〔岩相〕白色～黄白色の細粒火山灰層からなり、基底1 cmは黄白色の細粒火山灰層である（Fig. 52）。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の長石と重鉱物が含まれる。ガラスは扁平型～中間型で、屈折率は1.501-1.504の範囲で、その平均値は1.503である。

大坂北Ⅱ火山灰層（新称）

大坂北Ⅰ火山灰層の10cm上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 126: TT-0704

〔模式地〕大東町大坂の長谷池の南西にある道路工事現場の崖（Loc. 126）。

〔分布〕大坂の模式地に分布。

〔層厚〕8 cm。



Fig. 51 Photograph of the Osaka volcanic ash bed at Nagaya-Ike (Loc. 125). Scale is 30 cm.

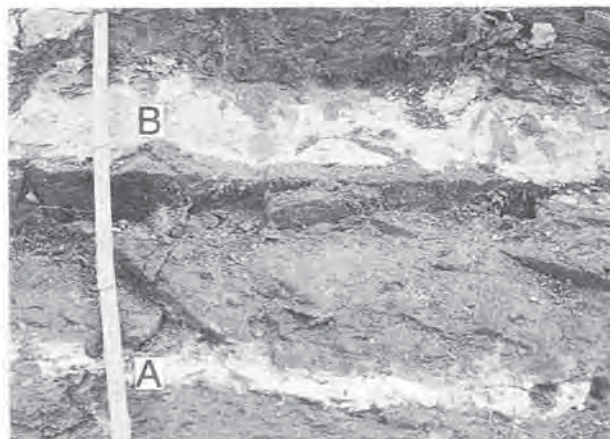


Fig. 52 Photograph of the Osaka-Kita volcanic ash beds Group at Osaka (Loc. 126). A: Osaka-Kita I, B: Osaka-Kita II, Scale is 50 cm.

〔岩相〕白色～黄白色の細粒火山灰層と白色～灰白色の粗粒火山灰層からなる (Fig. 52)。基底約 1 cm は白色の細粒火山灰層で、その上位約 1 cm は黄白色細粒火山灰層である。その上位には白色～灰白色の粗粒火山灰層と白色の細粒火山灰層があり、上方細粒化がみられる。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、長石および少量の石英と重鉍物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、屈折率は 1.505-1.510 の範囲で、その平均値は 1.507 である。

大坂北Ⅲ火山灰層 (新称)

大坂北Ⅱ火山灰層の 20 m 上位に挟在する火山灰層。

〔試料〕 Loc. 128: TT-0706

〔模式地〕大東町大坂の長谷池の南西にある道路工事現場の西側の崖 (Loc. 127)。

〔分布〕大坂の模式地から北側の長谷池の西方にある茶畑南側の露頭 (Loc. 128) に分布。

〔層厚〕 9 cm。

〔岩相〕黄白色～灰白色の細粒火山灰層と黄白色の粗粒火山灰層からなる。基底 1 cm は黄白色の粗粒火山灰層で、その上位は黄白色～灰白色の細粒火山灰層からなる。

〔記載岩石学的性質〕主にガラスからなり、少量の石英および長石、重鉍物が含まれる。ガラスは中間型～多孔質型で、1.511-1.514 の範囲で、その平均値は 1.512 である。

大坂北Ⅳ火山灰層 (新称)

大坂北Ⅲ火山灰層の 4 m 上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町大坂の長谷池の南西にある道路工事現場の西側の崖 (Loc. 127)。

〔分布〕大坂の模式地に分布。

〔層厚〕 0.5～5 cm。

〔岩相〕黄白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層からなる。レンズ状で側方に不連続。

大坂北Ⅴ火山灰層 (新称)

大坂北Ⅳ火山灰層の 6 m 上位に挟在する火山灰層。

〔模式地〕大東町大坂の長谷池の南西にある道路工事現場の西側の崖 (Loc. 127)。

〔分布〕大坂の模式地に分布。

〔層厚〕 2 cm。

〔岩相〕白色～灰白色の細粒火山灰層からなり、側方へ不連続。

掛川層群上部層における火山灰層の対比

本稿では各火山灰層の記載にあたって、各累層ごと、また各地域ごとに行った。そのため、各地域間の層準の対比がわかりにくく、また異なった地域で同一の火山灰層を重複して記載している可能性がある。

以下では、異なった地域に分布する火山灰層の対比について検討する。

1. 上内田累層

上内田累層の火山灰層については、五百済火山灰層やその下位の岩滑火山灰層グループ、その上位の西平尾火山灰層グループなど、それぞれの岩相の特徴から南北に連続のよい火山灰層が多く、各地域の層序を対比しやすい。しかし、西平尾火山灰層グループより上位については、岩相の特徴だけから連続して分布を確認できる火山灰層が少ない。火山灰層の挟在する層準や、火山灰層の岩相と岩石学的特徴をもとに以下の火山灰層の対比について検討する。

1) つま恋南Ⅲ火山灰層と八坂神社Ⅱ火山灰層

両火山灰層は西平尾火山灰層グループの上位にあり、つま恋南Ⅲ火山灰層の層厚は 3～5 cm の黄白色～白色の細粒火山灰層で、八坂神社Ⅱ火山灰層は層厚 10 cm で黄白色～灰白色の細粒火山灰層である。鉍物組成は両層とも長石と重鉍物、ガラスからなり、ガラスの形状は多孔質型～中間型である。ガラスの屈折率は、つま恋南Ⅲ火山灰層が 1.500-1.507 で、八坂神社Ⅱ火山灰層は模式地で 1.500-1.507 と同じ値を示す。両火山灰層とも重鉍物は斜方輝石と角閃石を含む。両火山灰層は火山ガラスの屈折率が等しく、岩相やガラスの形態も類似することから、対比される。

2) 七曲池Ⅲ火山灰層と千手橋Ⅱ火山灰層

両火山灰層は西平尾火山灰層グループの火山灰層の上位にあり、層厚がそれぞれ 8 cm と 2～3 cm の灰白色～白色の細粒火山灰層である。鉍物組成はどちらもガラスおよび長石と重鉍物からなり、ガラスの形状は多孔質型が主体である。ガラスの屈折率は、七曲池Ⅲ火山灰層が 1.515-1.528 の範囲で、千手橋Ⅱ火山灰層が 1.521-1.525 の範囲と、ともに他の火山灰

層にくらべて非常に高く同様の値を示す。また両層とも重鉱物は斜方輝石と角閃石を含む。このように、両火山灰層は岩相と岩石学的性質が類似することから対比される。

2. 大日累層

大日累層に挟在する火山灰層はそれぞれの地域に限られて分布するため、各火山灰層の地域をまたいだ側方への連続分布が明らかでない。ここでは、従来の研究で重要な鍵層とされていた本稿の一宮火山灰層と細谷火山灰層について検討する。

1) 一宮火山灰層と細谷火山灰層

一宮火山灰層を、UJIE (1962) と ISHIBASHI (1989) は “Hosoya tuff”, 木宮・白井 (1991) は「細谷凝灰岩」として、本稿の細谷火山灰層と同一のものとした。しかし、榎山・坂本 (1957) は「第1火砕岩帯 (K_1)」, TSUCHI (1961, 1976) は “Agehari tuff” として、本稿の細谷火山灰層の下位の火山灰層とした。

一宮火山灰層は主に袋井市北部に分布し、細谷火山灰層は掛川市街北西部に分布し、両地域の間にあたる袋井市宇刈付近では連続が断たれる。一宮火山灰層の層厚は140~200cmで、岩相は黄白色の軽石質の粗粒火山灰層と灰白色~灰色の細粒火山灰層の互層からなり、細粒火山灰層は中に薄く泥質火山灰層が数層挟在する岩相を呈する。細谷火山灰層は層厚数mmの泥質火山灰層が数層挟在する層厚40cmの灰白色細粒火山灰層で、模式地ではその下位に層厚160cmの軽石を含む粗粒火山灰層と泥質火山灰層との互層をとまう。細谷火山灰層は、模式地以外で下部の軽石質粗粒火山灰層がなく、約40cmの上部の細粒火山灰層のみの岩相となる。一宮火山灰層と細谷火山灰層でともにみられるこの泥質火山灰層と互層する細粒火山灰層の岩相 (Fig. 53) は特徴的で、両層は軽石質粗粒火山灰層の有無にかかわらず岩相的に類似する。

両火山灰層の鉱物組成はともにガラスが主体で、ガラスの形状は中間型が主体である。ガラスの屈折率は一宮火山灰層が1.501-1.505でその平均値が1.503で、細谷火山灰層は1.501-1.509の範囲でその平均値が1.504-1.505である。その平均値でみると両層はほぼ近似の値を示す。これらのことから、両火

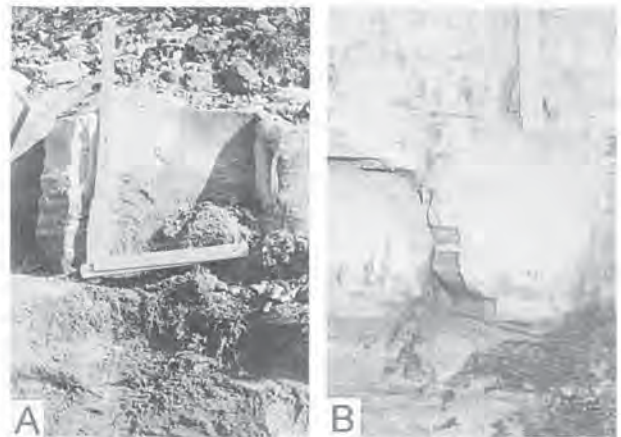


Fig. 53 Close up photographs of the upper part of the Ichimiya (A) and Hosoya (B) volcanic ash beds. A: Loc. 29, B: Loc. 41.

山灰層は対比される。

2) 一宮火山灰層と獅子ヶ鼻火山灰層

獅子ヶ鼻火山灰層を、榎山・坂本 (1957) は「第1火砕岩帯 (K_1)」とし、UJIE (1962) は「細谷凝灰岩」として、本稿の一宮火山灰層と同一のものとした。しかし、一宮火山灰層と獅子ヶ鼻火山灰層は岩相も異なり、層位的にも獅子ヶ鼻火山灰層が下位と考えられる。両層のガラスの屈折率を比較すると獅子ヶ鼻火山灰層は1.505-1.506であり、一宮火山灰層の値 (1.501-1.505) より高い値を示し、両火山灰層は同一の火山灰層とは考えられない。

3) 一宮火山灰層と赤根火山灰層

TSUCHI (1961, 1976) と IBARAKI (1986) は、“Hosoya tuff” を袋井市北部において本稿の赤根火山灰層に連続させた。しかし、赤根火山灰層は一宮火山灰層の上位にある火山灰層であることと、赤根火山灰層の層厚は6mもあり本稿の細谷火山灰層とは岩相が著しく異なる。

赤根火山灰層の鉱物組成やガラスの形状は一宮火山灰層や細谷火山灰層と同様の特徴をもつ。赤根火山灰層のガラスの屈折率は1.499-1.506の範囲でその平均値が1.500-1.502と、一宮火山灰層や細谷火山灰層よりわずかに低い値を示すが、類似する。

一宮火山灰層と赤根火山灰層は、記載岩石学的性質は類似するが、層準が異なることと、岩相が著しく異なることから、同一の火山灰層とは考えられない。

4) 細谷火山灰層と矢崎II火山灰層

TSUCHI (1961, 1976) とIBARAKI (1986) は、掛川市街南部で本稿の矢崎II火山灰層の分布位置付近に“Hosoya tuff”の分布を示している。しかし、矢崎II火山灰層は、細谷火山灰層の挟在する大日累層の上位の土方累層に挟在する火山灰層である。また、岩相的にも、矢崎II火山灰層は上位に火山灰質泥層をとともうものの橙白色の細粒～粗粒火山灰層であり、細谷火山灰層と岩相が異なる。矢崎II火山灰層のガラスの屈折率は1.498-1.501と細谷火山灰層のガラスの屈折率1.501-1.509より低い値を示す。これらのことから、両火山灰層は同一の火山灰層とは考えられない。

3. 土方累層

土方累層には多数の火山灰層が挟在するが、上内田累層の火山灰層のように水平方向に広い範囲に連続を確認できたものは極めて少ない。以下の火山灰層の対比について検討する。

1) いこいの広場II火山灰層とインターV火山灰層

いこいの広場II火山灰層とインターV火山灰層は、ともに層厚40cmで、白色～黄灰色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層からなる。また、両火山灰層の下位4mには、層厚3～5cmの白色細粒火山灰層があり、この関係も同様である。

鉱物組成は、ともにガラスと長石、重鉱物からなり、類似する。ガラスの形状はいこいの広場II火山灰層が多孔質型～中間型で、インターV火山灰層は中間型～多孔質型である。ガラスの屈折率は、いこいの広場II火山灰層が1.501-1.506の範囲で、インターV火山灰層が1.498-1.503の範囲である。

また、両火山灰層の下位はいこいの広場I火山灰層とインターIV火山灰層の記載岩石学的性質もほぼ類似する。いこいの広場II火山灰層とインターV火山灰層は記載岩石学的特徴がやや異なるが、岩相や下位の火山灰層との関係が類似することから、対比される可能性がある。

2) 亀の甲火山灰層と白山火山灰層

亀の甲火山灰層と白山火山灰層は、層厚3cmの青みかかった灰白色の細粒火山灰層で、基底に黄白色の粗粒火山灰層が不連続にあるという岩相の共通す

る特徴をもつ。鉱物組成はともにガラスが多く長石と重鉱物からなり、ガラスの形状は多孔質型～中間型である。ガラスの屈折率は亀の甲火山灰層が1.502-1.505の範囲で、白山火山灰層が1.503-1.508で、白山火山灰層が少し高い値を示す。両火山灰層とも重鉱物は斜方輝石と角閃石、黒雲母を含む。ガラスの屈折率はやや異なるが、岩相の一致などから、両火山灰層は対比可能と考える。

3) 貝ヶ沢池III火山灰層と小貫IV火山灰層と正一位稲荷火山灰層

貝ヶ沢池III火山灰層と小貫IV火山灰層、さらに正一位稲荷火山灰層は、砂泥互層中に挟在する火山灰層であり、これらの火山灰層が挟在する砂泥互層の下位にはどこでも2～3層の火山灰層を挟在する泥層がある。この火山灰層を挟在する泥層とその上位の砂泥互層の組み合わせは、貝ヶ沢池からほぼ南南東方向に、小貫から中方、田ヶ池の東に連続することが岩相層序の調査から明らかになっている。

貝ヶ沢池火山灰層の層厚は10cmで、小貫IV火山灰層は12cm、正一位稲荷火山灰層は36cmと南側で厚く、これらの岩相はともに白色の細粒火山灰層と灰白色～黄白色の粗粒火山灰層の互層からなる。鉱物組成はどれも、ガラスが多く、長石と重鉱物からなり、ガラスの形状は中間型～多孔質型ないし多孔質型～中間型からなる。火山ガラスの屈折率は、貝ヶ沢池III火山灰層が1.504-1.508、小貫IV火山灰層が1.503-1.506、正一位稲荷火山灰層が1.502-1.510と多少異なった値を示す。3つの火山灰層とも重鉱物は斜方輝石と角閃石、黒雲母を含む。

火山ガラスの屈折率は多少異なるが、層序的に同層準にあることから、これらの3層の火山灰層は対比可能と考える。

4) 城東V火山灰層と北I火山灰層

城東V火山灰層と北I火山灰層は、両層とも層厚が50～60cmで、城東V火山灰層は白色～灰白色の細粒火山灰層と粗粒火山灰層の互層からなり、北I火山灰層は灰白色～桃灰色で数層の黄白色～黄灰色の粗粒火山灰層を挟在し、両層の岩相は類似する。

鉱物組成は両層ともガラスを主体とし、ガラスの形状は中間型で、ガラスの屈折率は城東V火山灰層で1.498-1.500、北I火山灰層が1.499-1.501と類似した値を示す。重鉱物は両層とも黒雲母と角閃石を

含む。これらのことから、城東V火山灰層と北I火山灰層は対比可能と考える。

5) 北I火山灰層と春岡火山灰層

北I火山灰層は、TSUCHI (1961, 1976) の“Soga tuff”の分布地点にあたり、これにしたがって里口ほか (1996) はこの火山灰層を「曾我火山灰層」として記載した。TSUCHI (1961) の“Soga tuff”はUJIE (1962) の“Haruoka tuff”にあたることから、本稿の春岡火山灰層との対比について検討する。

北I火山灰層の分布する地域は、春岡火山灰層の分布地域から遠く離れていて、その間に春岡火山灰層と対比できる火山灰層は確認できない。また、春岡火山灰層の層厚は40m以上もあり、下部の細粒火山灰層と軽石質砂層の互層部でも10mに達することから、掛川市南部や大東町に分布する土方累層の火山灰層の中で、その層厚や岩相が類似する火山灰層はない。

春岡火山灰層の細粒火山灰層は、紫灰色～白色を呈し、鉱物組成は主にガラスからなり、長石および少量の重鉱物が含まれ、ガラスは中間型～扁平型で、屈折率は1.498-1.502で、重鉱物は黒雲母を含むという性質をもつ。この春岡火山灰層の記載岩石学的性質は、北I火山灰層の性質と類似するところが多く、このことから北I火山灰層と春岡火山灰層は対比可能と考えられる。しかし、岩相や層厚が異なることと、両火山灰層の水平的連続が明らかでないことから、両火山灰層の対比についてはさらに検討が必要と思われる。

6) 岩井寺奥火山灰層と春岡火山灰層

石田ほか (1980) は、本稿の岩井寺奥火山灰層を“Soga tuff”としたが、岩井寺奥火山灰層はガラスの屈折率が1.507-1.513と春岡火山灰層より高い値を示し、このことから両火山灰層は同一の火山灰層とは考えられない。

7) 高天神東火山灰層と大坂火山灰層

高天神東火山灰層と大坂火山灰層は土方累層の最上部に近い層準に挟在する。高天神東火山灰層は層厚が6cmで白色～灰白色の細粒火山灰層からなり、大坂火山灰層は層厚10～15cmの白色～黄白色の細粒～粗粒火山灰層からなる。両火山灰層の鉱物組成はともにガラスを主体とし、ガラスの形状は中間型

～多孔質型である。ガラスの屈折率は、高天神東火山灰層が1.506-1.513で、大坂火山灰層が1.508-1.512とほぼ類似する。これらのことから、高天神東火山灰層と大坂火山灰層は対比される。

掛川層群上部層の火山灰層の特徴

本稿では、UJIE (1962) で記載された5層の火山灰層と里口ほか (1996) で記載された28層の火山灰層を含め、掛川層群上部層に挟在する火山灰層141層について記載し、そのうち73層の火山灰層について97試料の火山灰分析を行った。本稿で新称として記載した火山灰層は111層である。ここでは、掛川層群の火山灰層の岩石学的特徴と層序学的特徴を述べる。

1. 岩石学的特徴

掛川層群上部層の火山灰層は、白色から灰白色の細粒火山灰層や粗粒火山灰層がほとんどで、スコリアなどを含むものはなく、色彩や岩相の変化に乏しい。火山灰層の層厚は、軽石質粗粒火山灰層ないし軽石質砂層を含み最大層厚40m以上の春岡火山灰層や最大層厚15mの五百済火山灰層、層厚7mの赤根火山灰層などをのぞけば、層厚1～2m程度の火山灰層はあるものの、多くの火山灰層の層厚は20cm以下である。

火山灰層の火山ガラスの含有量は数%から98%までさまざまであるが、ガラスを70%以上含むものが半数以上である。ガラスは無色透明であるが、稀に褐色のガラスを含むことがある。

ガラスの形状は中間型を主体とするものが多いが、多孔質型を多く含むものもある。上内田累層の火山灰層は多孔質型を主体とするものが多く、大日累層の火山灰層は中間型を主体とする。土方累層の火山灰層は中間型を主体とするものが多く、多孔質型を主体とする火山灰層もみられる。

ガラスの屈折率は、1.497-1.528の範囲までであるが、全体的に1.500-1.510の範囲のものが多い。上内田累層では、屈折率の平均値が1.510を越える火山灰層は上部に挟在する火山灰層にみられる。大日累層では、屈折率の平均値が1.510を越える火山灰層はみられない。土方累層では、屈折率の平均値が1.510を越える火山灰層は下部と最上部の層準に特徴的にみ

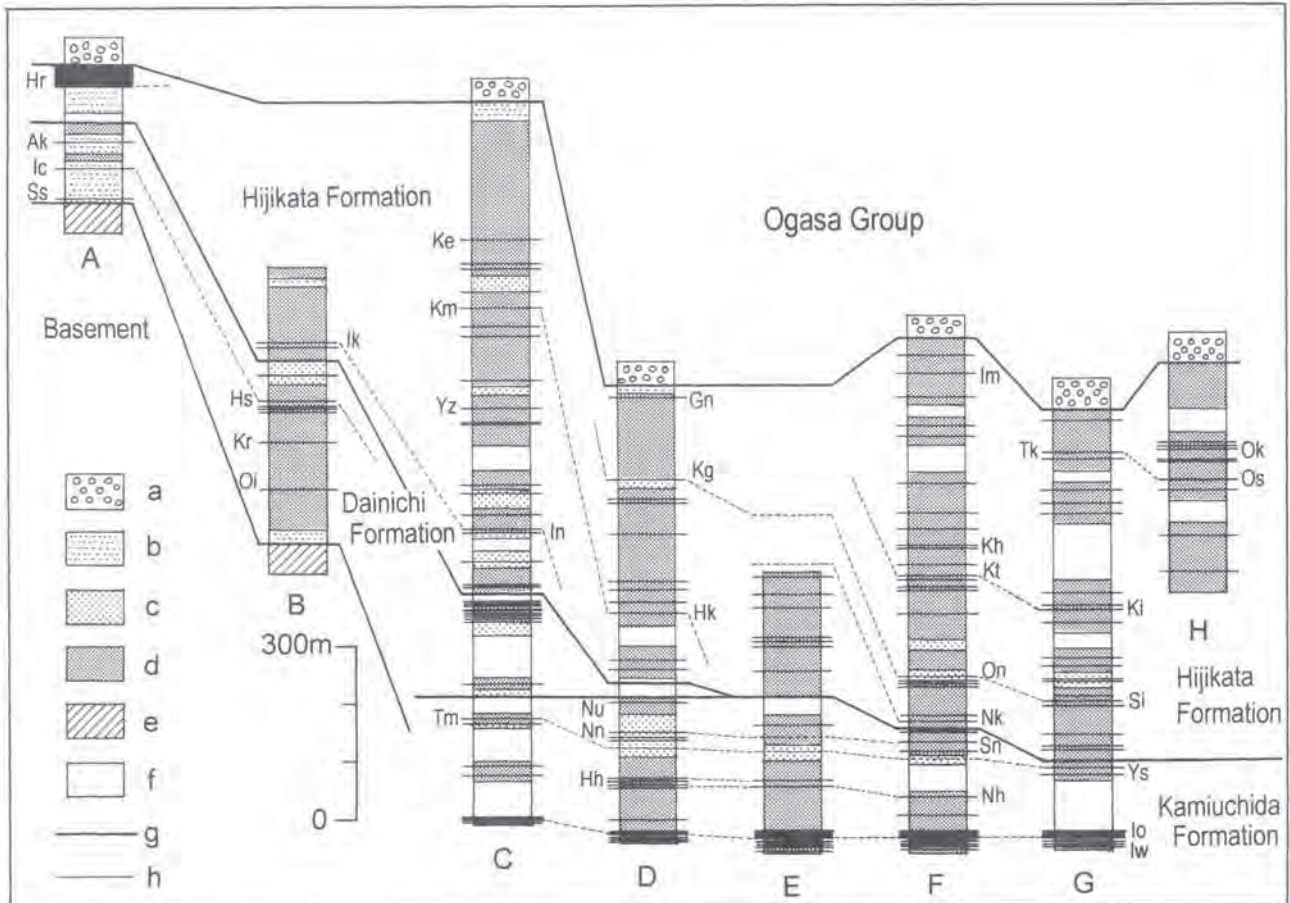


Fig. 54 Geological columnar sections and the volcanic ash beds of the Upper Kakegawa Group. a : Gravel bed of the Ogasa Group, b : Sand bed, c : Alternation of sand and mud beds, d : Mud bed and mud rich alternation, e : Basement rock, f : Unexposed, g : The boundaries of the another formations and groups, h : volcanic ash bed, Broken line shows the distribution of the same volcanic ash bed. A : The north part of Fukuroi City, B : Ieshiro area in Kakegawa area, C : Tamari - Ketsuenji area in Kakegawa City, D : Kamiuchida - Gansyoji in Kakegawa City, E : Nakauchida - Takase area, F : Iwaname - Iriyamase, G : Oishi - Hijikata, H : Osaka area. Names of the volcanic ash beds (Ak : Akane, Gn : Gansyoji-Oku, Hh : Higashihirao, Hk : Hakusan, Hr : Haruoka, Hs : Hosoya, Ic : Ichimiya, Ik : Ikoino-Hiroba II, Im : Imataki-Kita II, In : Inter V, Io : Iozumi, Iw : Iwaname, Ke : Ketsuenji-Oku, Kg : Kaigasawa-Ike III, Kh : Kamihijikata I, Ki : Kita I, Km : Kamenokou, Kr : Kurozu, Kt : Kitou V, Nh : Nishihirao, Nk : Nakahou III, Nu : Nakauchida, Oi : Oike, Ok : Osaka-Kita III, On : Onuki IV, Os : Osaka, Si : Syouchii-Inari, Sn : Sentebashi II, Ss : Shishigahana, Tk : Takatenjin-Higashi, Tm : Tsumagoi-Minami III, Ys : Yasaka-Jinjya II, Yz : Yazaki I).

られる。

2. 層序学的特徴

上内田累層に挟在する火山灰層は連続がよく、各火山灰層は北部では北北西-南南東方向に、南部ではほぼ南北方向に連続して分布し、岩相の変化も少ない。また、各火山灰層間における垂直方向の距離の変化も少ない(Fig. 54)。ただし、上内田累層最上部の中内田火山灰層は上内田の北側と西之谷の南側地域では分布せず、上位の土方累層の基底に対してトップラップすると考えられる (Fig. 55)。

大日累層に挟在する火山灰層は、袋井市宇刈付近

で火山灰層の連続が断たれるが、その西側と東側に分布する火山灰層の連続はよい。大日累層の火山灰層には軽石質粗粒火山灰層や軽石質砂層が厚いものがあり、それらの岩相変化、特に軽石を含む層準の層厚変化が著しい。また、大日累層の上部に挟在する赤根火山灰層は袋井市宇刈付近で分布が断たれるが、これは上位の土方累層の基底と赤根火山灰層が接する付近にあたる。

土方累層に挟在する火山灰層は、いくつかの火山灰層をのぞき連続が悪い。これは火山灰層を確認できる露頭が少ないこともその要因にあげられるが、地層の累重形態により火山灰層の分布が限られることもその要因のひとつと考えられる。すなわち、Fig.

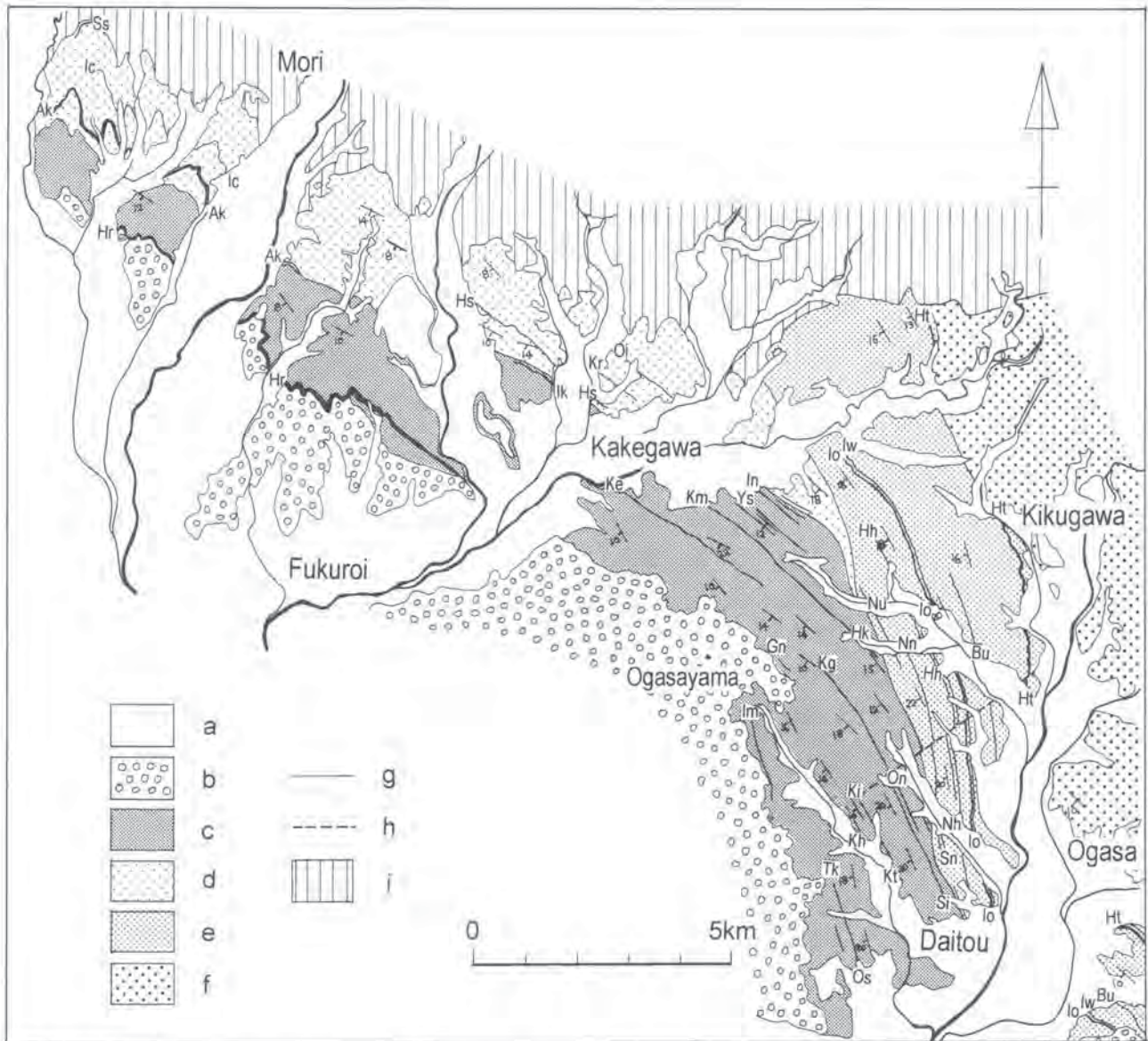


Fig. 55 Geological map with key beds of the Upper Kakegawa Group. a : Alluvium and terrace deposits, b : Ogasa Group, c-f : Kakegawa Group (c : Hijikata Formation, d : Dainichi Formation, e : Kamiuchida Formation, f : Higashiyo-koji Formation), g : Key beds of volcanic ash beds, h : Fault, i : Basement. Names of the volcanic ash beds are shown in the caption of Fig. 54 without Ht and Bu (Ht : Hotta and Bu : Bounoya).

54でみると、土方累層の火山灰層は、土方累層とその下位層との境界面に対して明瞭にオフラップして累積している。また、土方累層の火山灰層は上位の小笠層群の基底に対してトップラップする傾向もある。

下位層との境界面に対してオフラップする累積形態は海退のサクセッションを示唆し（荒戸・高野，1995），高海水準期堆積体の特徴であり，大日累層の海進期堆積体の特徴とも合わせ，掛川層群上部層に対してシーケンス層序モデルが適応できる。

従来の掛川層群上部層の層序区分では，火山灰層を鍵層として用いていたが，その鍵となる火山灰層

の定義や同定を明確にしていなかった，そのため，異なった層準の異なった火山灰層を同一のものとして層序が組み立てられた場合が多かった。

本稿では，掛川層群上部層に挟在する多くの火山灰層の岩相やその岩石学的性質を詳細に記載し，その層位や分布をより明確することができた。たとえば，榎山・坂本（1957）で K_1 および K_2 とした火山灰層の対比については， K_1 は細谷火山灰層に対比できるものであり， K_2 は赤根火山灰層であるというUJIE（1962）の定義を支持できる結果を得た。また，“Hosoya tuff”については，TSUCHI（1961，1976）やIBARAKI（1986）など従来の研究の多くが掛川市街

から大東町にかけて連続するように分布を示していたが、本稿で示したように細谷火山灰層は掛川市街の南には分布しないことが明らかになった。なおこのことは、掛川市街北西部で細谷火山灰層の上位にあるいこいの広場Ⅱ火山灰層が、掛川市街南西部でTSUCHI (1961, 1976) の“Hosoya tuff”の下位にあるインターV火山灰層が対比できることから強く支持される。すなわち、いこいの広場Ⅱ火山灰層（インターV火山灰層）は土方累層の基底の直上にある火山灰層であり、細谷火山灰層はその下位の大日累層に含まれる火山灰層であり、細谷火山灰層は土方累層のどの火山灰層とも連続しない。

このように、層序の鍵層としての火山灰層の層準や分布が明確になったことにより、掛川層群上部層の層序がより明らかになった。すなわち、掛川層群上部層は下位より上内田累層、大日累層、土方累層からなり、それらはどれも同時異相の関係にはなく、本調査地域の北西部では大日累層の上位に土方累層が重なり、南東部では上内田累層の上位に直接土方累層が重なり大日累層は分布しない。

ま と め

掛川層群は、日本の太平洋岸における鮮新—更新統の模式地のひとつとされ、古くから多くの層序学的または古生物学的研究が行われてきた。しかし、各研究者により掛川層群の各地層の層準や層序関係の考え方は異なっていた。その原因は、層序学的に重要な掛川層群に挟在する火山灰層の岩相や岩石学的性質の記載がないままに火山灰層の対比が行われ、層序学的研究が行われていたことにある。

本稿では、掛川層群の層序学的研究の基礎資料とするために、掛川層群上部層の岩滑火山灰層グループより上位に挟在する火山灰層141層についてその岩相と分布を記載し、そのうち73層の火山灰層について97試料の主に火山ガラスの形状と屈折率を岩石学的に記載した。

掛川層群上部層の火山灰層は火山ガラスを70%以上含むものが半数以上をしめ、ガラスの屈折率は全体的に1.500-1.510の範囲のものがほとんどである。

火山灰層の岩相と岩石学的特徴、層序関係から以下に示す火山灰層同士は対比可能と考えられる。上内田累層のつま恋南Ⅲ火山灰層と八坂神社Ⅱ火山灰層、七曲池Ⅲ火山灰層と千手橋Ⅱ火山灰層、大日累

層の一宮火山灰層と細谷火山灰層、土方累層のいこいの広場Ⅱ火山灰層とインターV火山灰層、亀の甲火山灰層と白山火山灰層、貝ヶ沢池Ⅲ火山灰層と小貫Ⅳ火山灰層と正一位稲荷火山灰層、北Ⅰ火山灰層と城東Ⅴ火山灰層と春岡火山灰層、高天神東火山灰層と大坂火山灰層。

掛川層群上部層の火山灰層の層位が明らかになったことにより、掛川層群上部層の層序区分がより明確になった。すなわち、掛川層群上部層は下位より上内田累層、大日累層、土方累層からなり、それらはどれも同時異相の関係になく、分布の南部では上内田累層の上位に直接土方累層が重なり大日累層は分布しない。

謝 辞

本稿は、筆者らが中心となる駿河湾団体研究グループによる1995年から1999年までの野外地質調査と、筆者らのうち渡辺と横山の東海大学海洋学部卒業研究と横山の東海大学大学院修士研究の野外地質調査により発見または確認した火山灰層について、その試料をもとに佐々木と有働、尾形が東海大学海洋学部卒業研究として火山灰分析を行ったデータの一部を、柴と渡辺、横山が整理・再検討してまとめたものである。東海大学海洋学部の佐藤 武教授には、筆者らの卒業研究や修士研究のご指導をいただき、また貴重な御助言を受けた。

火山灰分析に関しては、大阪市立大学理学部の吉川周作助教授に分析方法のご指導を受け、分析機器を使用させていただいた。また、吉川周作助教授と琵琶湖博物館の里口保文博士には、野外での火山灰層の調査方法や掛川層群の火山灰層について多くのご助言を得た。京都大学大学院理学研究科の神谷英利博士には文献収集に関してお世話になった。また、掛川市西町御堂会館円満寺の鬼頭良武住職には、野外地質調査の際の宿舎を提供していただいた。

駿河湾団体研究グループの野外地質調査には以下の方々が参加された。安達武敏、赤尾竜介、青木智彦、浅田明日香、福原和彦、東元正志、本多俊雄、石川 勲、石河英作、石岡伸児、小亀 出、小室直人、小島康平、十文字英幸、湊 和子、長森英明、小原英範、大石 徹、J. G. ROBERT、坂本雄一、真田瑠美、佐藤 徹、重野聖之、故島田 徹、新村龍也、高原寛和、高清水康博、武田好史、土屋かおる、

浦野祥治, 依田美行, 吉田 一,
これらの方々に, 心から感謝する。

引用文献

- 青木豊樹 (1999) 新潟地域と掛川地域における鮮新世後期の火山灰層の対比. 日本地質学会106年学術大会講演要旨, 32.
- 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.
- 千谷好之助 (1926) 遠州国相良, 掛川附近第三紀層に就て. *地学雑*, **38**, 84-89.
- 千谷好之助 (1931) 静岡地質説明書. 東京地質会, 48p.
- FISHER, R. V. (1961) Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **72**, 1409-1414.
- HAQ, B. U., J. HARDENBOL, P. R. VAIL (1987) Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, **235**, 1156-1166.
- 茨木雅子 (1986) 掛川層群の浮遊性有孔虫生層序基準面とその岩相層序との関係. *地質雑*, **92**, 119-134.
- IBARAKI, M. (1986) Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Kakegawa area on the Pacific coast of Central Japan, Rep. *Fac. Sci. Shizuoka Univ.*, **20**, 39-173.
- IBARAKI, M. and R. TSUCHI (1974) Planktonic foraminifera from the Upper Part of the Kakegawa Group and Soga Group, Shizuoka Prefecture, Japan. *Rep. Fac. Sci. Shizuoka Univ.*, **9**, 115-130.
- ISHIBASHI, M. (1989) Sea-level controlled shallow-marine systems in the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Shizuoka, Central Honshu, Japan: Comparison of transgressive and regressive phases. In TAIRA, A and F. MASUDA eds.: *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin*, Terra Scientific Pub. Com., Tokyo, 345-363.
- 石田志朗・牧野内猛・西村 昭・竹村恵二・壇原 徹・西山幸治・竹田 明 (1980) 掛川地域の中部更新統. *第四紀研究*, **19**, 133-147.
- 亀尾浩司 (1998) 石灰質ナ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.
- KAMEO, K., T. SATO and T. TAKAYAMA (1995) Late Pliocene nanofossil datums and biohorizons. In FLORES, J. A. and, F. J. SIERRO eds.: 5th INA conf., Salamanca, 1993, *Proc., Universidad de Salamanca*, 87-98.
- 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.
- 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.
- 黒川勝己 (1999) 水底堆積火山灰層の研究法—野外観察から環境史の復元まで—. *地学双書*, **30**, 地学団体研究会, 147p.
- 榎山次郎 (1925) 遠江掛川付近第三紀層の層序. *地球*, **3**, 569-576.
- 榎山次郎 (1928a) 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて (一). *地球*, **9**, 23-35.
- 榎山次郎 (1928b) 静岡縣掛川町近傍の地質に就きて (二). *地球*, **9**, 100-118.
- 榎山次郎 (1950) 日本地方地質誌中部地方. 朝倉書店, 東京, 233p.
- 榎山次郎 (1963) 掛川地方地質図説明書, 地質調査所, 30p.
- 榎山次郎・坂本 享 (1957) 5万分の1地質図幅「見付・掛塚」および同説明書. 地質調査所, 50p.
- MAKIYAMA, J. (1931) Stratigraphy of the Kakegawa Pliocene in Totomi. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., Ser. B*, **7**, 1-53.
- 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.
- 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.
- 西村 進 (1975) テフロクロノロジーへのフィッシュン・トラック法の適用. *九十九地学*, **10**, 1-8.
- 西村 進 (1977) フィッシュン・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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 酒井哲弥・増田富士雄 (1992) 鮮新—更新統掛川層群の沿岸～大陸棚相にみられるパラシーケンス. 堆積学研究會報, 36, 19-24.
- SAKAI, T. and F. MASUDA (1995) Sequence stratigraphy of the Plio-Pleistocene Kakegawa Group, Shizuoka, Japan. Mem. Geol. Soc. Japan, 45, 154-169.
- SAITO, T. (1963) Miocene planktonic foraminifera from Honshu, Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd, Ser. (Geol.), 35, 123-209.
- SATO, T. and T. TAKAYAMA (1992) A stratigraphically significant new species of the calcareous nannofossil *Reticulaofenestra asanoi*. In ISHIZAKI, K. and T. SAITO eds.: Centenary of Japanese micropaleontology, Terra Scientific Publ., 457-460.
- 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・横山謙二・渡邊恭太郎・佐々木昭仁・真田瑠美・駿河湾団体研究グループ (1998) 掛川層群の堀之内層と土方層の層序関係. 日本地質学会第105年学術大会講演要旨, 35.
- 柴 正博・横山謙二・大石 徹・高原寛和・渡邊恭太郎・有働文雄・赤尾竜介・加瀬哲也 (1999) 掛川層群中にみられるシーケンス境界. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 137.
- 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.
- 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.
- 荒戸裕之・高野 修 (1995) 石油・天然ガスの探鉱におけるシーケンス層序学の意義. 地質論集, 45, 43-60.
- 高山俊昭・佐藤時幸・亀尾浩司・後藤登美子 (1995) 第四系石灰質ナンノ化石層序と鮮新統/更新統境界の年代値. 第四紀研究, 34, 157-170.
- TSUCHI, R. (1961) On the late Neogene sediments and molluscs in the Tokai region with notes on the geologic history of the Pacific coast of southwest Japan. Japanese Jour. Geol. Geog., 32, 437-456.
- TSUCHI, R. (1976) Neogene geology of the Kakegawa district. In TSUCHI, R. ed.: 1-CPNS, Guidebook for Excursion 3, Kakegawa district, 2-21.
- TSUKAWAKI, S. (1994) Depositional environments of the Sagara and Kakegawa Groups (Middle Miocene-Early Pleistocene), and the evolution of the sedimentary basin, Central Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.), 63, 1-38.
- 氏家 宏 (1958) 相良・掛川堆積盆地の地質構造. 日本地質学会第65年総会, 日本第三系シンポジウム討論会資料, 1-7.
- UJIE, H. (1962) Geology of Sagara - Kakegawa sedimentary basin in Central Japan, Sci. Rep. Tokyo Kyoiku-Daigaku, 8, 123-188.
- 横山謙二・柴 正博・渡邊恭太郎・有働文雄・佐々木昭仁・赤尾竜介・加瀬哲也 (1999) 掛川層群上部のシーケンス層序. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 290.
- YOSHIDA, K. and M. NIITSUMA (1976) Magnetostratigraphy in the Kakegawa district. In TSUCHI, R. ed.: Neogene geology of the Kakegawa district. 1-CPNS, Guidebook for Excursion 3, Kakegawa district, 54-59.
- 吉川周作 (1976) 大阪層群の火山灰層について. 地質雑, 82, 497-515.
- YOSHIKAWA, S. (1984) Volcanic ash layers in the Osaka and Kobiwako Groups, Kinki District, Japan. Jour. Geosci., Osaka City Univ., 27, 1-40.

東海大学博物館研究報告投稿規程

1. 東海大学博物館研究報告は、海洋科学博物館、人体科学博物館、自然史博物館における資料・標本の調査研究または教育活動の研究成果の報告書とし、主に東海大学博物館の学芸員およびその共同研究者から投稿を受け付け、原則として年1回発行する。
2. 原稿には次の種類を設ける。
原著論文、概説（総説）、資料（記録）。
3. 原稿の内容や形式は著者の責任において十分に検討されたもので、本規定で別に設ける「原稿作成要領」に従う。
4. 東海大学博物館研究報告の原著論文の査読については、編集委員会が適当と判断した当該分野の研究者に依頼する。

原稿作成要領

1. 用 語

原稿は和文または英文とする。

2. 構 成

- (1) 表題、英文要旨 (Abstract)、要旨の直訳、本文 [例：緒言 (Introduction)、材料と方法 (Materials and methods)、結果 (Results)、論議 (Discussion)、謝辞 (Acknowledgment)、引用文献 (Literature cited) の順で作成]、図表及び写真とそのキャプション (英文が望ましい) から構成される。

(2) 表 題

- (a) 表題、著者名、所属及び住所（郵便番号必記）を本文とは別の紙に和文及び英文で上記の順に行を改めて書く。
- (b) 表題を省略したRunning head（ハシラ）を和文原稿は和文（20字程度）で、英文原稿は英文（30字程度）で指定する。
- (c) 英文表題の単語のうち、接続詞、冠詞、及び前置詞以外はすべて大文字で書き出す。ただし、文頭は全て大文字とする。

[例：The Evaluation Test of the Xanto Decca Chain in Suruga Bay.]

3. 書 き 方

- (1) 原稿は原則としてワードプロセッサを使用して作成し、紙面出力原稿2部（1部はコピー）とテキストファイル (.txt) の入った3.5インチフロッピーディスクを1枚提出する。
- (2) 和文の紙面出力原稿はA4判縦置きで、横書き、1行全角36字程度、30行程度で、行間をあけて上下左右に3cm程度の余白をとる。
- (3) 英文原稿は、A4判縦置きで、横書き、30行程度で、行間をあけてワードプロセッサで打ち出し、和文原稿と同様な余白をとる。
- (4) 和文の句読点はピリオド (.) とカンマ (,) を用いる。
- (5) 動植物の学名の属名と種名は、紙面出力原稿にイタリック指定を示す赤の下線を引く。和名の場合には、カタカナを用いる。

[例：Homo sapiens]

- (6) 特殊文字や記号, 外字, 下付小文字などの指定については紙面出力原稿に赤で指定する。
- (7) 脚注は原則として用いない。
- (8) 本文中に文献を引用するときは著者の姓と年号(カッコで囲む)で表す。たとえば NISHIMURA (1975) studied..., …いくつかの研究がある(岩下, 1975; 西村, 1978)。等とする。著者が2人以上の場合は, 岩下・西村(1975), NISHIMURA et al. (1975), 西村ほか(1975)のように書く。
- (9) 図(写真を含む)及び表
 - (a) 図表はそのまま写真版下になるよう作図, 作表したものに限る。できれば原寸大のものを提出する。
 - (b) 図表の表題と説明文(キャプション)は原則として英文とする。その原稿は別の紙に順を追って書き, 本文中には書かない。
 - (c) 図表には著者名と図表番号を明記する。
- (10) 引用文献
 - (a) 本文中に引用した文献のみを著者の姓のアルファベット順に別紙を並べ, 番号はつけない。
 - (b) 引用文献表記の形式は著者名(欧文文献の主著者は姓を先に, 第2著者以後は姓を後に), 西暦年(カッコで囲む), 表題, 雑誌名(単行書のときは書名), 巻(号)(号のみの場合は巻の表記と同じ), 頁-頁とし, 単行書のときは表題のあとに出版社, 発行都市, 総頁数p. の順に記載する。雑誌名の書名は頭文字を大文字で書く。巻と号はアラビア数字とし, ローマ数字を用いない。編著の場合は, 編著: 書名, を加える(英文ではIn...ed.: ...,)。同一著者が単独と他との共著で現れる場合は, 単独の文献に続いて, 2人共著, 3人共著……の順に並べる。著者が何人いても, Aほか, A et al.とはせず, A・B・C・D(和文文献), A, B, C and D(欧文文献)のようにする。同じ著者の論文が続く場合, 著者名を略さず, また同じ雑誌名が続くような場合もIbid.等で略さず全部書く。詳しくは本文中の引用文献の表記を参照。
 - (c) 英文論文中に和文の文献を引用するときは, 各文献の末尾にカッコをつけて(in Japanese with English abstract), または(in Japanese)と付記する。