

露頭解説

宮崎層群高鍋層（鮮新統）の冷湧水性化石群集に関する新知見

間嶋隆一*・柴田知則**・田口公則***・斉藤 哲*・和田秀樹****

*横浜国立大学教育人間科学部・**東京都文京区・***神奈川県立生命の星・地球博物館・****静岡大学理学部

New knowledge of a cold-seep assemblage in the Pliocene Takanabe Formation, Miyazaki Group

Ryuichi Majima*, Tomonori Shibata**, Kiminori Taguchi***, Satoshi Saito* and Hideki Wada****

*Geological Institute, Yokohama National University, Yokohama 240-8501 (majima@edhs.ynu.ac.jp); **Bunkyo-ku, Tokyo; ***Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, Odawara 250-0031 (tagu@nh.kanagawa-museum.jp); and ****Institute of Geosciences, Shizuoka University, Shizuoka 422-8529 (sehswada@ipc.shizuoka.ac.jp)

宮崎県児湯郡新富町の国道10号線脇の小山に立つ久家神社には大型二枚貝からなる化石密集層が露出し（遠藤・鈴木, 1986の第38図）, 「岩脇^{いわなぎ}の化石群」（宮崎県, 2003）として知られてきた。池田ほか（2003）とMajima *et al.*（2003）は, この密集層と炭酸塩コンクリーションの分布および炭酸塩コンクリーションの炭素安定同位体比から, 群集がメタン湧水に伴うメタン酸化と硫酸還元のプロセスによって維持されていたことを明かにした。地下物質にその栄養源の大半を依存して生活する生物群集を化学合成群集と呼ぶが, 九州地域の地質時代の化学合成群集は久家神社の群集だけが知られている（Majima *et al.*, in press）。また, 久家神社の群集は水深50~150mという化学合成群集としてはきわめて浅い環境に生息していたと推定されており（Majima *et al.*, 2003）特異である。久家神社の建つ丘全体は貝化石密集層と炭酸塩コンクリーションからなり, その規模（高さ約15m, 東西方向に約50m, 南北方向に約25m）は他の化学合成化石群集と比較して非常に大きい（図1, 口絵図1）。また神社の立つ小山の周辺にも貝化石密集層と炭酸塩コンクリーションが点々と分布し, これらの分布範囲は東西方向に約70m, 南北方向に約100mに及んでいる。

2004年12月にこの群集の時間的変遷を知るため, 神社の裏にある小丘の頂上からボーリングを実施した（口絵図1）。その際, 2005年1月から国道10号線の道路拡幅工事のために, 久家神社と国道を挟んだ道路脇の斜面（図2）が削られることを知り, 調査をする機会を得た。工事により形成された法面上に貝化石密集層と炭酸塩コンクリーションを含む大露頭（図3）が出現したが, この露頭は工事終了時に被覆されるため, 筆者らは一時的に露出した露頭の記載と化石採集を行った。本調査によって, いくつかの新知見が得られたので, ボーリング調査の概要と共に報告する。なお, 本解説は号の口絵論文（間嶋ほか, 2005）の詳細な記載になっているので, 図の引用は口絵論文と合せて行う。

地質概要

久家神社の建つ化学合成化石群集を含む地層は, 宮崎層群高鍋層の上部に相当する。宮崎層群は, 中新世後期から更新世初期にかけて前弧海盆に堆積し（遠藤・鈴木, 1986）, 久家神社周辺では下位から砂岩・砂質泥岩・泥岩の互層→砂質泥岩→泥質砂岩・砂質泥岩の互層→砂質泥岩→泥岩の順に重なり上方粗粒化と上方細粒化からなる一回の堆積サイクルをなす（Majima *et al.*, 2003）。久家神社の化学合成化石群集は上方粗粒化層最上部の泥質砂岩・砂質泥岩互層部から産出し, 化石産出層準は凝灰質である。鳥井ほか（2000）は宮崎層群に挟まれる凝灰岩のK-Ar年代を測定し, 高鍋層最上部に挟まれるHUT-1凝灰岩層の年代を2.17Maとした。また, Majima *et al.*（2003）のT-4凝灰岩層は, 彼らのNGT-1凝灰岩層に相当し, 2.71Maとされている。久家神社の化石群集の産出層準は, 両凝灰岩層の間に位置する（Majima *et al.*, 2003）。なお, 調査地域の段丘面には埋谷性堆積物である上部更新統通山浜層が分布する（遠藤・鈴木, 1986）。

新露頭の記載

新露頭は国道10号線をはさみ久家神社の西に位置する（図1, 口絵図1）。かつての国道10号線は久家神社の鳥居前, すなわち神社の東側を通り（図1）, 現在の国道は, 尾根続きであった神社の裏山を1961年に開削して施設された。その際硬いコンクリーション部は発破により開削され, 多量の貝化石によって開削部が真っ白くなったと伝えられている。その時の炭酸塩コンクリーションブロックが神社脇の民家の庭石として現在も残されている（図4-A）。これらのブロックには多量の小~大円礫が含まれる部分が観察されたが, この含礫部はこれまで調査された露頭（池田ほか, 2003; Majima *et al.*, 2003）や今回現れた新露

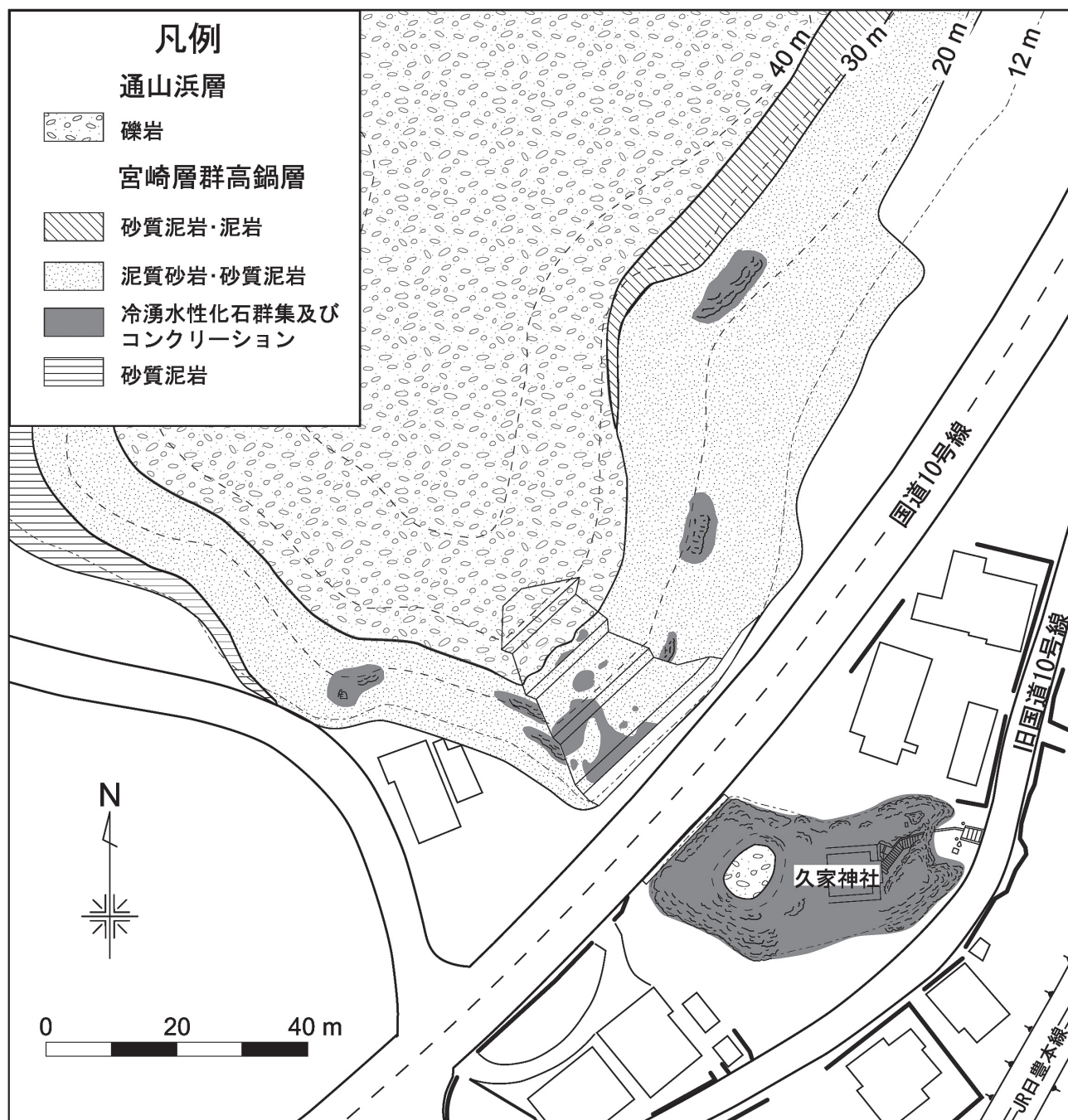


図1. 調査地域地質図.

頭では全く見られない岩相である (図4-B)。

工事により出現した法面は、高さ19m、幅最小10m・最大20m、走向N57°E、傾斜約40°SEである。法面は、その最下部から高さ5mおきに犬走りが設けられ4段に分けられている (図3、口絵図2-A)。下から1段目と2段目の法面の北端部 (図3の右側) は土壌により被覆され十分な観察が行えなかった。

法面は下部が高鍋層の凝灰質泥質砂岩と凝灰質砂質泥岩 (上記堆積サイクル中の最粗粒部)、上部が通山浜層の礫岩からなり、両者は下から3段目の法面上 (法面基部からの高さ約25m) で明瞭な不整合関係で接する (図4-C)。

炭酸塩コンクリーションは新鮮部が明青灰色、風化部が明褐色を呈する (口絵図2-B)。大型二枚貝類はツキガイモドキガイ類 (*Lucinoma* sp.) の合弁個体からなり、大きなものは殻長10cm以上にもなる (口絵図2-D)。ツキガイモドキガイ類以外にも多量の小型の巻貝類、二枚貝類、単体サンゴ類が露頭面上で確認できた。群集に伴う化石の詳細はMajima *et al.* (2003) を参照されたい。法面に露出した炭酸塩コンクリーションは久家神社に露出するものと比較して規模が小さく、貝化石の密集度もあまり高くない。このことから湧水の中心は久家神社にあり、法面は湧水の縁辺部に相当すると判断される。

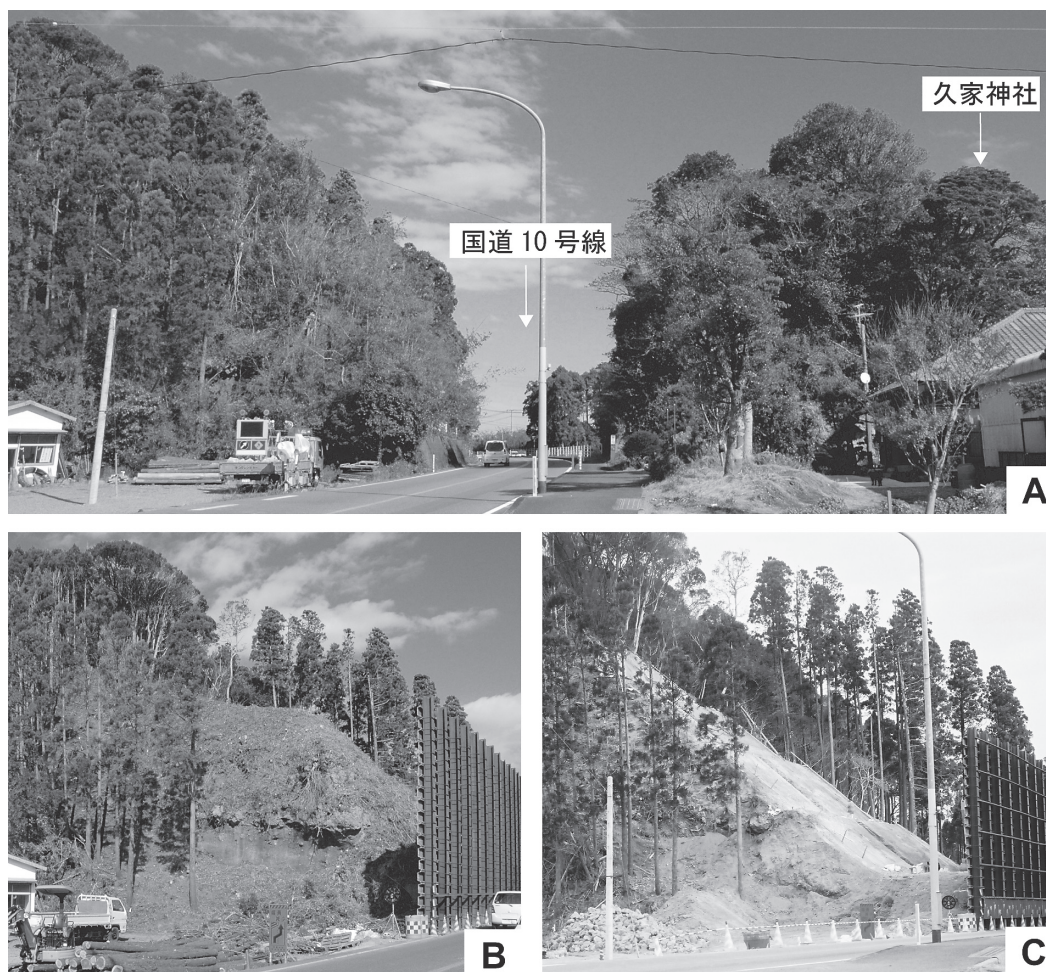


図2. 道路拡幅工事進行状況. A 2004年12月5日撮影. B 2005年12月25日撮影. C 2005年2月6日撮影.

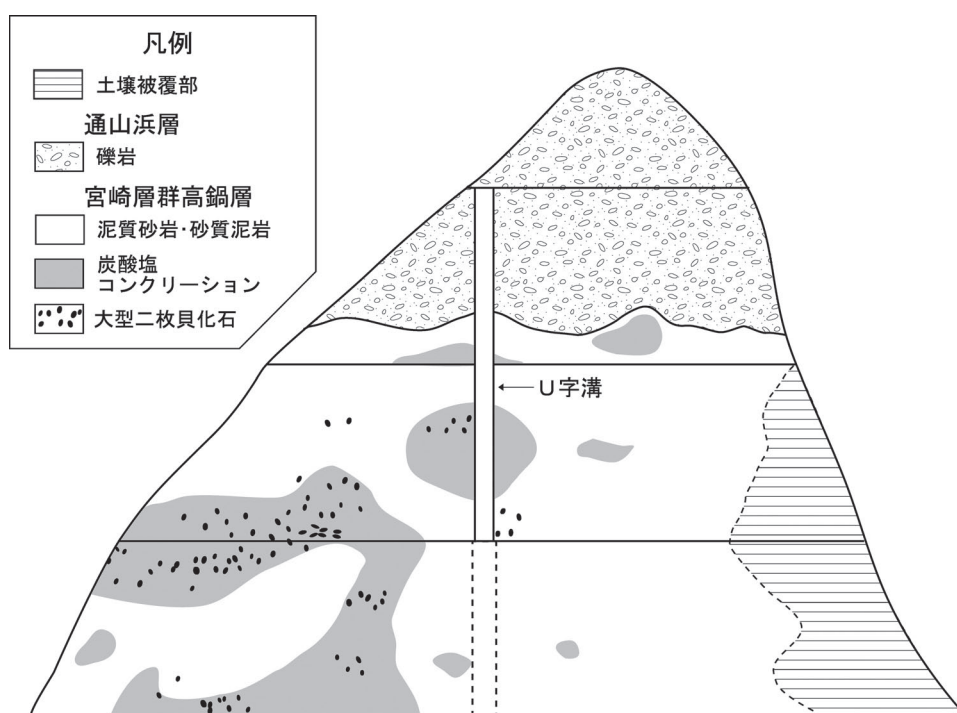


図3. 道路拡幅工事によって作られた法面露頭スケッチ.

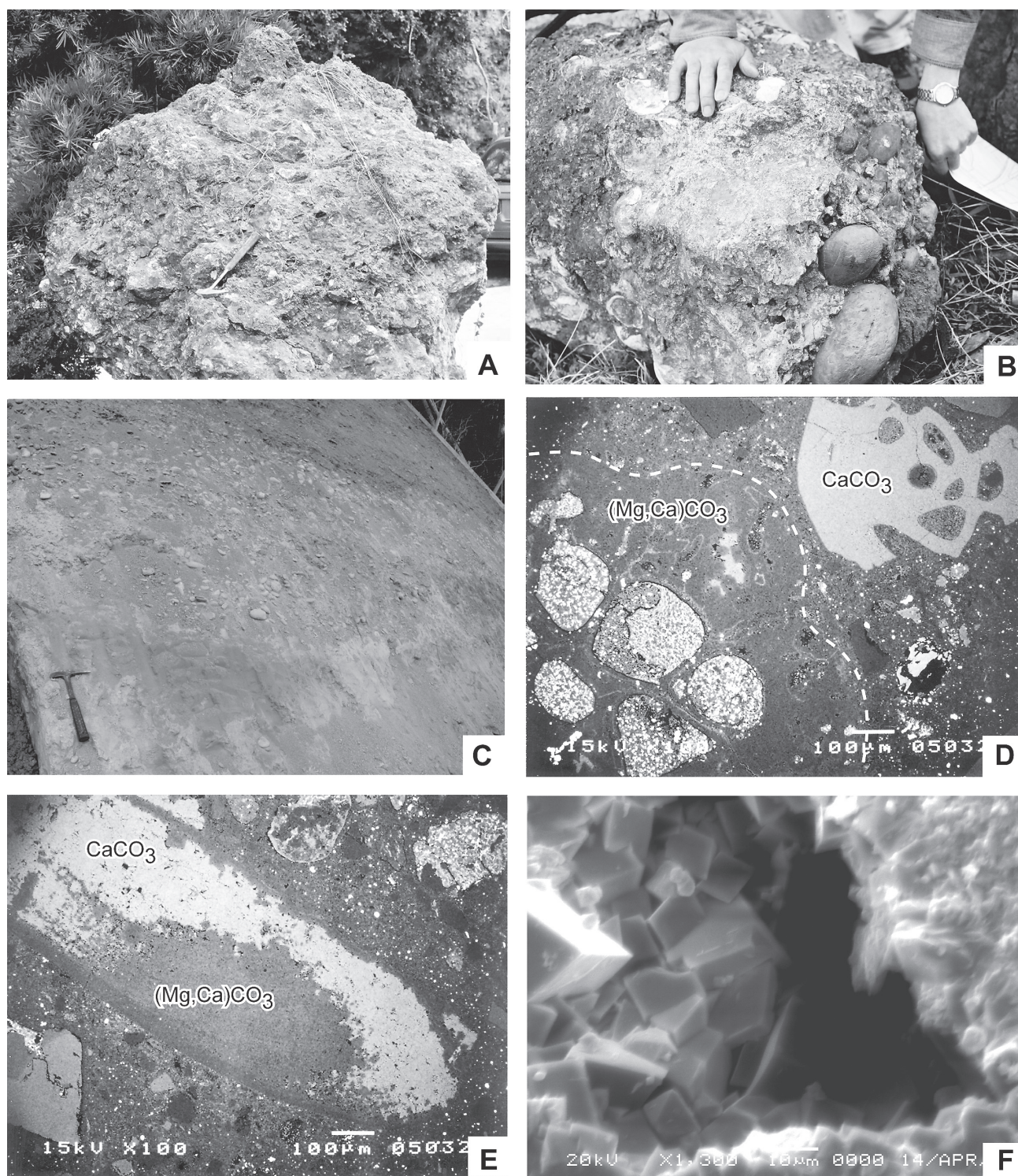


図4. A, 1961年の道路施設工事の際に掘り出された炭酸塩コンクリーション塊。現在、庭石とされている。B, 1961年の工事の際に掘り出されたコンクリーションには基盤岩起源の円礫を含むものがある。C, 法面に現れた高鍋層（下：泥質砂岩）と通山浜層（上：礫岩）の不整合。DとE, 薄片の電子顕微鏡による反射電子像。生物骨格片は苦灰石化したもの（D左下の有孔虫。白破線は有孔虫の輪郭をしめす。口絵図2-E-3）、部分的に苦灰石化したもの（Eの貝殻片。口絵図2-E-1）、全く苦灰石化していないもの（D右上の有孔虫。口絵図2-E-2）が識別された。F, 炭酸塩コンクリーション基質部破断面の電子顕微鏡写真。写真左半分に菱面体結晶をなす苦灰石が多数みられる。

工事に伴い、多量の炭酸塩コンクリーションの塊が得られた（口絵図2-C）。これらには合弁のツキガイモドキガイ類が含まれ、新鮮な炭酸塩コンクリーション部を多数採集することができた。新鮮な凝灰質砂質泥岩のコンクリーション部についてXRD分析、薄片観察、EPMA分析、電子顕

微鏡観察、基質部の安定同位体比測定を行った。口絵図2-E,Fに作成した薄片の偏光顕微鏡写真、図4-D,Eに電子顕微鏡による薄片の反射電子像、図4-Fに破断面の電子顕微鏡写真を示す。XRD分析から炭酸塩コンクリーションは苦灰石が主要な鉱物で、珪酸塩鉱物と方解石を伴うことが

分った。薄片下では有孔虫や二枚貝の破片からなる生物骨格片が多数観察され（口絵図2-E）、これらが染色剤アリザリン-Sにより着色されることから、方解石の主要構成鉱物であると推定される（口絵図2-F）。また、円磨度の低い石英、斜長石、輝石類等の珪酸塩鉱物を含み（口絵図2-E）、これらは火山灰起源と推定され、肉眼で見た岩石が凝灰質であることと調和的である。基質部は偏光顕微鏡下では同定困難な微結晶の集合体からなり、EPMA分析の結果、苦灰石、石英、斜長石、粘土鉱物、黄鉄鉱により構成されることが分かった。基質部の破断面の電子顕微鏡観察では菱面体結晶をなす鉱物が多数みとめられ、苦灰石が基質部の主要構成鉱物であることが確認された（図4-Fの左側）。基質部はアリザリン-Sによって弱く染色されることがあるが（口絵図2-F）、アリザリン-Sは苦灰石を染色しない（Hutchison, 1974）ことから弱く染色された理由は不明である。生物骨格片には苦灰石化がみられ、完全に苦灰石化したもの（図4-D左下、口絵図2-E-3）から、一部苦灰石化したもの（図4-E、口絵図2-E-1）、苦灰石化していないもの（図4-D右上、口絵図2-E-2）の各段階が観察された。興味深いのは炭酸塩鉱物の細脈が観察されたことである（口絵図2-E,Fの左端）。この細脈の構成鉱物は、アリザリン-Sにより強く染色されることが確認された。方解石脈は苦灰石からなる基質部を切っていることから自生炭酸塩の晶出が複数のステージで行われたことを示している。基質部をなす苦灰石部から化石が混在しないように試料を採取し、炭素と酸素の安定同位体比を測定した。その結果、 $\delta^{13}\text{C}$ が -48.2% （vs. PDB）、 $\delta^{18}\text{O}$ が 4.1% （vs. PDB）となった。測定はJAMSTEC・IFREEのIsoPrime安定同位体質量分析装置を使用し、 90°C で濃リン酸と反応させたが、鉱物ごとの酸による同位体分別の補正はしていない。炭素の安定同位体比は、基質をなす苦灰石がメタン酸化の影響下で沈殿したことを強く示唆する。一方、苦灰石の酸素の安定同位体比は、同じ同位体比を持つ海水から沈殿した場合、方解石に比べて3%ほど重くなることが知られているので、方解石換算でほぼ1%となり、平均的な海水から沈殿したと解釈される。

ボーリング調査

久家神社裏の小丘の頂からボーリング調査を行い（口絵図1）、75mのコアを得た（口絵図2-G）。湧水は、比較的限制された範囲で起こるため、地層が傾いている場合、現在の水平面に垂直なボーリングを行うと、掘削深度が増すにつれ、ボーリングの先端が湧水の中心から外れてしまう恐れがある。そのため、ボーリングはこの地域の高鍋層の一般的な走向と傾斜である $\text{N}10^\circ\text{E}$ 、 10°E （Majima *et al.*, 2003）面に対して垂直に実施した。得られたコアは、現在解析中であるが、深度15mまでは、炭酸塩コンクリーション中に大型化石の密集層が観察され（口絵図2-Gの10-13m）、それ以下の深度では少なくとも5回の炭酸塩

コンクリーション（14~21m, 26~34m, 37~41m, 54~56m, 67~70m）と大型二枚貝化石の産出（解析中）が繰り返し出現した。大型二枚貝の産出最深度は深度71.9m（口絵図2-Gの71-72m）で、この貝を取り出しクリーニングした結果、ツキガイモドキガイ類であった。炭酸塩コンクリーション発達部を伴う大型二枚貝化石の産出の繰り返しは横浜の上部鮮新統~下部更新統上総層群の群集（間嶋ほか, 1996；館・間嶋, 1998）でも報告され（Kitazaki and Majima, 2003）、これらの繰り返しが氷河性海水準変動と同期していた可能性が指摘されている（間嶋, 1999；Majima *et al.*, in press）。

謝辞

調査には国土交通省、長友巧建設、新富町教育委員会、宮崎県立総合博物館にご協力いただいた。特に新富町教育委員会の有馬義人氏、長友巧建設の園田 隆氏には格別のご配慮をいただいた。ボーリング調査に当たっては神社の地権者の方に快く承諾いただいた。荒井 悠・石田裕之両氏（横浜国立大学）には、貴重なご助言をいただいた。明治コンサルタント（株）の清崎聖一氏他の諸氏には試錐等の調査にご尽力いただいた。また、天野和孝氏（上越教育大）と延原尊美氏（静岡大学）には、論文を査読して頂き貴重なご助言をいただいた。本研究には文部科学省科学研究費（基盤（A）16204041；若手（B）15700532）、国立科学博物館調査研究旅費を使用した。記して感謝致します。

文献

- 遠藤秀典・鈴木祐一郎, 1986. 妻及び高鍋地域の地質。地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所, 105 p.
- 池田和寛・間嶋隆一・和田秀樹・加藤和浩, 2003. 宮崎層群高鍋層の冷湧水性化石群集。化石, (73), 1-2.
- Hutchison, C. S., 1974. *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*. John Wiley and Sons, New York, 527 p.
- Kitazaki, T. and Majima, R., 2003. A slope to outer-shelf cold-seep assemblage in the Plio-Pleistocene Kazusa Group, Pacific side of central Japan. *Paleontological Research*, **7**, 279-296.
- 間嶋隆一, 1999. 日本の新生代化学合成群集の産状。地質学論集, (54), 117-129.
- Majima, R., Ikeda, K., Wada, H. and Kato, K., 2003. An outer-shelf cold-seep assemblage in forearc basin fill, Pliocene Takanabe Formation, Kyushu Island, Japan. *Paleontological Research*, **7**, 297-311.
- Majima, R., Nobuhara, T. and Kitazaki, T., in press. Review of fossil chemosynthetic assemblages in Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- 間嶋隆一・柴田知則・田口公則・斉藤 哲・和田秀樹, 2005. 宮崎層群高鍋層（鮮新統）の冷湧水性化石群集の新露頭。化石, (78), 1-2.
- 間嶋隆一・館由紀子・柴崎琢自, 1996. 横浜市の上総層群から発見された現地性化学合成貝化石群集。化石, (61), 47-54.
- 宮崎県, 2003. 2003年度版 宮崎県観光要覧, 242p.
- 館由紀子・間嶋隆一, 1998. 外側陸棚相の冷湧水性化学合成化石群集 一下部更新統上総層群小柴層の例一 地質学雑誌, **104**, 24-41.
- 鳥井真之・尾田太良・板谷徹丸, 2000. 宮崎層群に挟在する凝灰岩層とそのK-Ar年代。火山, **45**, 131-148.

（2005年4月4日受付 2005年4月26日受理）