

高知県安田町に分布する鮮新統穴内層最下部の

亜熱帯的な外浜・陸棚混合貝化石群

山岡勇太¹・近藤康生^{1,2}・高月崇成¹・中山健太郎¹

(¹高知大学大学院総合人間自然科学研究科理学専攻・²高知大学自然科学系理学部門)

A Subtropical, Mixed Molluscan Assemblage of Shoreface and Shelf from the Lowermost Unit of the Pliocene Ananai Formation in Yasuda-cho, Kochi

Yuta Yamaoka¹, Yasuo Kondo^{1,2}, Takashige Kozuki¹, Kentaro Nakayama¹

¹ *Studies in Sciences, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University;*

² *Sciences Unit, Natural Sciences Cluster, Kochi University*

Abstract : Composition and mode of occurrence of mollusks and sediment facies are reported from the fossiliferous unit (3.1Ma) of the Pliocene Ananai Formation exposed along Utsudedani-gawa, Yasuda-cho, Kochi. This is the lowermost unit lying on the gravel beds of alluvial fan or beach. It is highly bioturbated silty sand, and only crude stratification reflecting storm sedimentation remains. This molluscan assemblage is a mixed one inhabiting shoreface and inner shelf. The shoreface elements include *Meretrix lamarcki*, *Dosinorbis bilunulatus* and *Glycymeris fulgurata*. These three extant species represent the oldest fossil record. Most of the mollusks of this assemblage are the elements of inner shelf, such as *Callista chinensis*, *Bathytormus foveolatus*, and *Glycymeris albolineata*. Some of these bivalves are conjoined and are interpreted as having been deposited within their habitat, although none of these retain their life positions. This molluscan assemblage includes subtropical species and represents the Late Pliocene warm climate, and is the oldest record of shoreface molluscan association of the Kakegawa Fauna.

キーワード: 穴内層, 鮮新世, 掛川動物群, 外浜, 内側陸棚, 亜熱帯

Keywords: Ananai Formation, Pliocene, Kakegawa Fauna, shoreface, inner shelf, subtropical zone

はじめに

室戸半島西側の土佐湾岸地域に分布する唐の浜層群（甲藤ほか¹⁾）は、日向灘沿岸の宮崎層群や遠州灘沿岸の掛川層群とともに、西南日本太平洋岸の鮮新世から更新世にかけての地史を記録している地層である。唐の浜層群では室戸半島の隆起に伴い浸食が進み露頭が点在する状態となっているため、層序関係が把握しづらく全域にわたる層序は確立していない（岩井ほか²⁾）。しかし、唐浜地区においては、2度にわたるボーリング調査（ANA1およびANA2）の結果、層序の概要と年代がほぼ確定した（Kondo *et al.*³⁾；北ほか⁴⁾）。一方、同層群から多産する貝化石については、Yokoyama⁵⁾の報告以来、産出の記録や記載がたびたびなされてきたが、化石群・化石群集や動物相としての理解は未だに十分とは言えない。

しかし、唐浜地区において層序と年代が確定した結果、同地区の化石・化石群の評価や貝類動物群変遷史における位置づけが可能となった。そこで、本稿では、そのような作業の一つの試みとして、穴内層の最下部にあたる露頭から得た貝類化石について報告するとともに、それらを含む化石群および動物群（動物相）としての位置づけについて述べる。

化石層の層位と年代

本稿で化石の産出を報告する露頭は、高知県安芸郡安田町唐の浜を流れるウツデ谷川右岸の露頭であり、北ほか⁵⁾が報告した穴内層コア（ANA2）掘削ポイントより500m 東北東に位置する（図1）。化石産地としてよく知られている唐浜農道で観察できる地層は穴内層の中～上部に当たり、ウツデ谷川露頭は下部に当たる。また、ウツデ谷川露頭の最下部および対岸（左岸）に露出している礫層は六本松層に対比される。

今回、化石群を報告する穴内層の最下部は、穴内層掘削コア（ANA2）の深度64-67m 付近の地層に対比される。この層準のコアに含まれる底生有孔虫の酸素同位体比の推移（北ほか⁴⁾）と酸素同位体標準曲線LR04（Lisiecki and Raymo⁶⁾）との対比から、この層準は、3.1Maに当たると推定される。

ウツデ谷川における穴内層下部の層序と堆積環境

ウツデ谷川露頭の下部には、シルト層（層厚約1m）および極細粒砂層を挟む厚い礫層がある。この厚い礫層の主体は、海成層である明確な証拠のない、礫支持の、中礫ないし大礫から成る淘汰不良の礫層で、扇状地の堆積物と考えられる。ただし、一部には、小礫ないし細礫から成るよく淘汰された礫層があり、海浜成の可能性もある。この礫層の最上位には、生物攪拌の痕跡が明らかで、貝殻を含む淘汰の比較的悪い極細粒～シルト層（ラグ堆積物から約3m 上位）が重なる。

礫層最上部の貝殻混じりのユニットに含まれる貝殻の組成を調べると、上位の砂層に含まれるものとほとんど差がないことから、この貝殻混じりの礫層は海進期のラグ堆積物であり、その下面に浸食面があると見なされる。

上位の砂層は、砂層の下限から4m 付近でいったん細粒の泥質堆積物に漸移し、厚さ1m ほどで再び極細粒砂に戻る。さらに、上部の極細粒砂層には数十センチメートルごとに円礫をまばらに含む化石密集層があり、極めて保存のよい二枚貝化石が多産する。この化石密集層の繰り返しは、暴風時の堆積作用と静穏時の堆積作用によるリズムを反映していると考えられる。すなわち、暴風時の堆積作用により、周辺海底から掘り起こされ運ばれた礫や貝殻が堆積し、その後の静穏時にはより細粒の泥質堆積物がたまるとともに生物攪拌作用により淘汰不良のまだら状の地層になった、と解釈できる。

露頭上部より産出する二枚貝化石は、本来直立した姿勢で堆積物に潜るにもかかわらず、多くが層理面に対して横倒しの状態で産出することから、異地性であると判断される。ただし化石の磨滅が極めて少ない点、また合弁の個体も少ない点を踏まえると、本来の生息場所からの長距離の運搬、あるいは長時間の露出を考える必要はない。

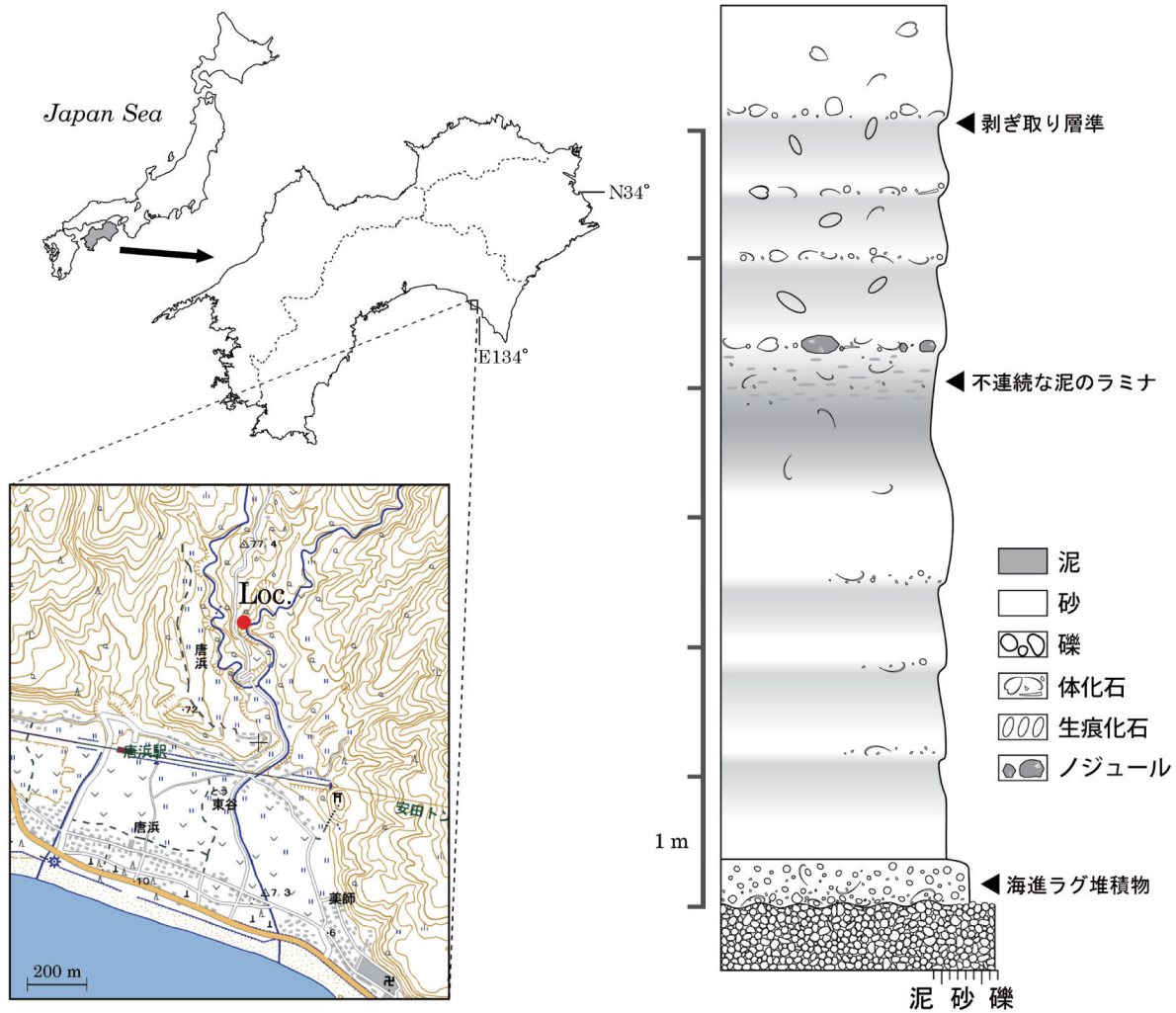


図 1. 左：露頭周辺の地図（国土地理院，1/25000「安芸」を使用）. 右：ウツデ谷川露頭柱状図.

産出する貝類化石群とその生息地

この露頭から産出した貝類化石を表 1 に示す. なお，露頭の高成層では層位数 m を通して産出する種に大きな違いがないことから，今回は層準を限定せず，産出した化石の中で同定の終了した種をまとめて報告する. なお，微小種や稀産種を含めると相当な種数になると見込まれるが，野外で目立つ種のほとんどはこのリストに含まれる.

この露頭から産出する化石群は，砂泥底に潜る内生二枚貝類を主体とし，腹足類を含んでおり，種数が多いのが特徴である. まず現生種に着目すると，特に多いのは *Callista chinensis* マツヤマワスレガイ，*Bathytormus foveolatus* ヤグラモシオガイ，*Glycymeris fulgurata* トドロキガイ，*Dosinorbis bilunulatus* ヒナガイなどの二枚貝類であり，この 4 種で産出した全個体数の半分以上を占める. これらの種のうち，成貝から幼貝まで多産する *Callista chinensis* は，松島⁷⁾による完新世の貝類群集区分では沿岸砂泥底群集に区分され，その生息地は，水塊に対応した区分では上部浅海帯（堀越⁸⁾），あるいは上部浅海帯の上部（Oyama⁹⁾ の N1）に相当する.

さらに，露頭上部での剥ぎ取り（図 2）を観察すると，通常の露頭観察では見づらい生物攪拌の痕跡が全面に確認できた. 確認した生痕化石は *Thalassinoides* と *Teichichnus* で，いずれも内側陸棚の砂泥混合層から多く産出する. これらを上記の堆積相の観察と併せて考察すると，本露頭上部の堆積環境は，内側陸棚上部であると考えられる.

一方，やはり多産種である *Dosinorbis bilunulatus* は，*Meretrix lamarcki* チョウセンハマグリや *Phacosoma troscheli* マルヒナガイなどとともに，より浅い外浜を特徴付ける沿岸砂泥底群集の要素である. ただし，トラフ型斜交層理やスウェール状斜交層理を示す外浜の堆積相そのものは見られないことから，これらの貝類は，隣接した外浜から，内

側陸棚に死後運ばれた個体であると推定できる。したがって、この化石群は、外浜の貝類が内側陸棚に運ばれて、そこに生息していた貝類と混合して形成された混合化石群であると結論できる。なお、運ばれたと推定している外浜種の中にも、まれに合弁個体があることから、この場所に生息していた個体もあったかもしれない。

上記の結論は、多産するタマキガイ類の産出状況からも裏付けられる。この化石群からは、*Glycymeris fulgurata* トドロキガイと *G. albolineata* ベンケイガイ（ただし、現生個体とは区別可能な *G. nakamurai* 型）が多産している。*G. fulgurata* は頻繁に砂浜に打ち上がるような浅い水深に生息する種であるが、*G. albolineata* は砂浜への打ち上げは少なく、水深 25m 程度までのより深い海に生息する種である。この両種がここに混在するのは、この化石群が沿岸砂底群集と沿岸砂泥底群集の混合した化石群であること、あるいは中間的な化石群集であることを示す。なお、下部浅海帯を特徴づける *G. rotunda* ベニグリは、微小な幼貝が稀産するのみであり、この堆積場が下部浅海帯には達していなかったことがわかる。

次に、穴内層最下部の化石群の動物群としての位置づけについて述べる。穴内層の貝類相が我が国の貝類動物群の変遷史の中で掛川動物群に位置づけられることは、これまで述べられているとおりである（たとえば、小澤ほか¹⁰⁾）。ただし、群集レベルで見た場合、本稿で報告した沿岸砂底群集に含まれる種群のまとまった産出は、掛川動物群では 2Ma 頃の大日層に知られているに過ぎない。掛川動物群に区分される宮崎層群の化石群にも、沿岸砂底群集に含まれる *Meretrix lamarcki* は産出していない。*Dosinorbis bilunulatus* や *Phacosoma troscheli* は小型個体が報告されているが、その産出層準は 3.1Ma よりは確実に上位である。穴内層最下部の化石群の中に多産する *Dosinorbis bilunulatus* は、*Meretrix lamarcki*（山岡ほか¹¹⁾）とともに、現生種化石の最古記録であると考えられるが、このことはウツデ谷の化石群が、混合群集としてではあるものの、掛川動物群の中で、最古の外浜群集を記録していることを示している。



図 2. ウツデ谷川地層露頭上部砂質層の剥ぎ取り写真 (A) とそのスケッチ (B)。

剥ぎ取り剤には親水性ポリウレタン樹脂（東邦化学工業株式会社製 OH-1A）を用いた。生物攪拌が卓越しており、層理面に平行な弱い層理の痕跡以外の初成的な物理堆積構造はほとんどみられない。剥ぎ取り層準を図 1 に示す。

表 1. ウツデ谷川露頭上位層準より産出する軟体動物化石

| 二枚貝類 | | 腹足類 | |
|---|------|-----------------------------------|------|
| 学名 | 産出頻度 | 学名 | 産出頻度 |
| <i>Acila submirabilis</i> | △ | <i>Baryspira okawai</i> | ◎ |
| <i>Anadara aff. kagoshimensis</i> | ○ | <i>Babylonia elata</i> | ○ |
| <i>Atrina sp.</i> | ・ | <i>Cancellaria spengleriana</i> | △ |
| <i>Bathytormus foveolatus</i> | ◎ | <i>Conus spp.</i> | △ |
| <i>Callista chinensis</i> | ◎ | <i>Cypraea sp.</i> | ・ |
| <i>Clementia vatheleti</i> | ・ | <i>Glossaulax didyma</i> | △ |
| <i>Coelomactra cf. antiquata</i> | ・ | <i>Harpa cf. major</i> | △ |
| <i>Ctenoides lischkei</i> | ・ | <i>Hemifusus tuba</i> | ・ |
| <i>Cyclosunetta aff. menstrualis</i> | ・ | <i>Nerita sp.</i> | ・ |
| <i>Dosinorbis bilunulatus</i> | ◎ | <i>Oliva mustelina</i> | ・ |
| <i>Fulvia aff. mutica</i> | △ | <i>Phalium cf. flammiferum</i> | ・ |
| <i>Glycymeris albolineata</i> | ○ | <i>Polinices sagamiensis</i> | △ |
| <i>Glycymeris fulgurata</i> | ◎ | <i>Pseudovertagus sp.</i> | △ |
| <i>Glycymeris rotunda</i> | ・ | <i>Ringicula aff. globulifera</i> | ◎ |
| <i>Lucinoma annulatum</i> | ・ | <i>Siphonalia tosenis</i> | △ |
| <i>Lutraria maxima</i> | ・ | <i>Tibia cf. fusus</i> | ・ |
| <i>Macoma totomiensis</i> | △ | <i>Tonna olearium</i> | ・ |
| <i>Mactra sp.</i> | ・ | <i>Turritella perterebra</i> | ○ |
| <i>Meretrix lamarcki</i> | △ | <i>Umbonium suchiense</i> | △ |
| <i>Phacosoma troscheli</i> | ・ | | |
| <i>Paphia sp.</i> | ◎ | | |
| <i>Pharaonella akiana</i> | ○ | | |
| <i>Pharaonella sieboldii</i> | △ | | |
| <i>Placamen tiara</i> | △ | | |
| <i>Saccula confusa</i> | △ | | |
| <i>Siliqua pulchella</i> | ・ | | |
| <i>Solecurtus divaricatus</i> | △ | | |
| <i>Solen sp.</i> | △ | | |
| <i>Venericardia (Megacardita) panda</i> | △ | | |

◎： 多い
 ○： 普通
 △： 稀
 ・： 極めて稀

また、この化石群は、亜熱帯的な気候を示唆する点でも注目される。現生種のうち、現在の四国および四国以北には分布しない温暖種としては、*Bathytormus foveolatus* ヤグラモシオガイ、*Tibia cf. fusus* ハシナガソデガイがあげられ、両者の分布は台湾以南とされる。このほか、絶滅種でも、*Pharaonella akiana* のように、近似の現生種 *Pharaonella spengleri* がインドネシアやマレーシアに分布するなど、現在よりも温暖な海中気候を示唆する。小澤ほか¹⁰⁾は、2Ma 頃の大日層の化石群に代表される掛川動物群に基づいて、新第三紀における第 6 温暖期を認めたが、2Ma に加え、それに先立つ 3.1Ma に同程度の温暖期があったことがわかる。3M 前後の時期は後期鮮新世の温暖期とされる時期にあたり（例えば、Raymo *et al.*¹²⁾；当時の年代区分にしたがって、mid-Pliocene warmth と表記）、この温暖気候が沿岸域の貝類群の分布からも読み取ることができた。

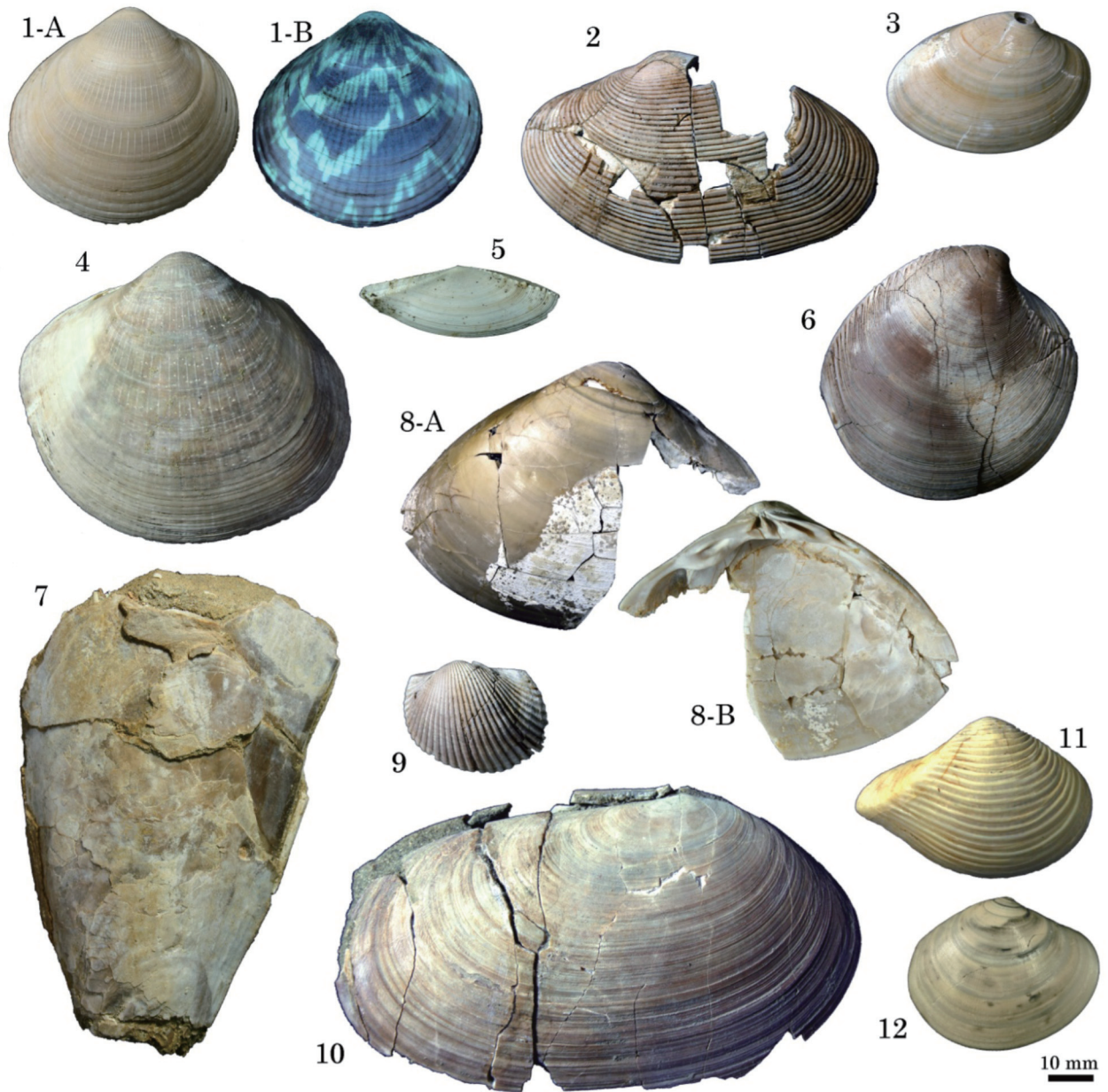


図 3. ウツデ谷川露頭上位層準より産出する二枚貝化石.

1: *Glycymeris fulgurata* トドロキガイ 右殻 KSG-yoy019, A: 通常撮影, B: 長波長の紫外線を照射して撮影, 2: *Paphia* sp. 左殻 KSG-yoy020, 3: *Callista chinensis* マツヤマワスレガイ 右殻 KSG-yoy021, 4: *Glycymeris albolineata* ベンケイガイ 左殻 KSG-yoy022, 5: *Pharaonella akiana* KSG-yoy023, 6: *Dosinorbis bilunulatus* ヒナガイ KSG-yoy024, 7: *Atrina* sp. KSG-yoy025, 8-A, B: *Meretrix lamarcki* チョウセンハマグリ KSG-yoy026, 9: *Anadara* aff. *kagoshimensis* サルボウガイ近似種 左殻 KSG-yoy027, 10: *Lutraria maxima* オオトリガイ 右殻 (合弁個体) KSG-yoy028, 11: *Bathytormus foveolatus* ヤグラモシオガイ 右殻 (合弁個体) KSG-yoy029, 12: *Cyclosunetta* aff. *menstrualis* ワスレガイ近似種 右殻 KSG-yoy030.

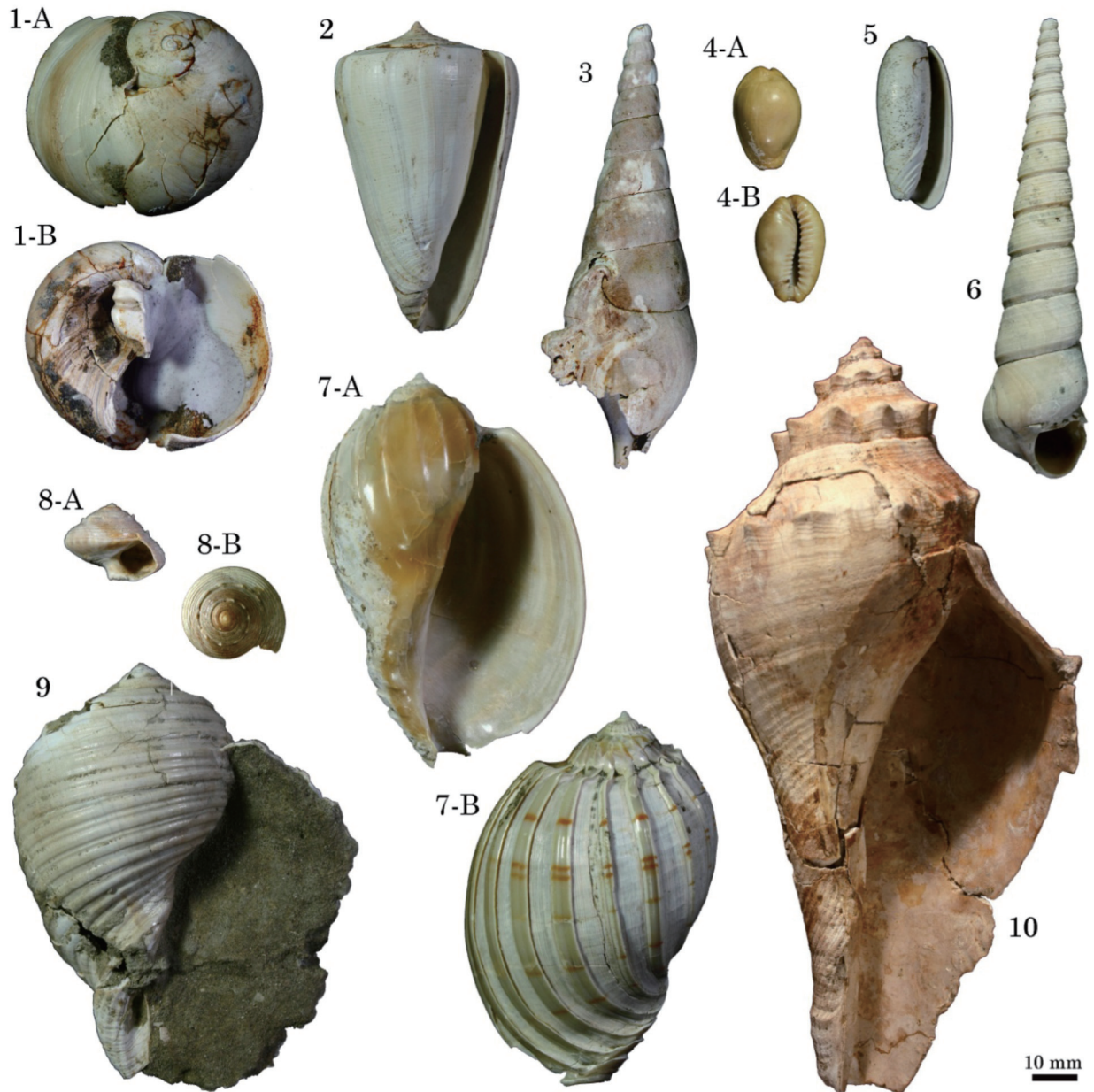


図 4. ウツデ谷川露頭上位層準より産出する腹足類化石.

1-A, B: *Glossaulax didyma* ツメタガイ KSG-yoy031, 2: *Conus* sp. KSG-yoy032, 3: *Tibia* cf. *fusus* ハシナガソデガイ KSG-yoy033, 4-A, B: *Cypraea* sp. KSG-yoy034, 5: *Oliva mustelina* マクラガイ KSG-yoy035, 6: *Turritella perterebra* KSG-yoy036, 7-A, B: *Harpa* cf. *major* ショクコウラ近似種 KSG-yoy037, 8-A, B: *Umbonium suchiense* KSG-yoy038, 9: *Tonna olearium* スジウズラガイ KSG-yoy039, 10: *Hemifusus tuba* テングニシ KSG-yoy040.

謝辞

本研究を進めるに当たり、本学卒業生の岩田朋子さん（南国市市役所）、および山田悠人氏（国土防災技術株式会社）の在学中の研究成果を参考にさせていただいた。本学海洋コア総合研究センターの池原実准教授を代表とする学内研究拠点プロジェクト「掘削コア科学による地球環境システム変動研究拠点」メンバーの方々には、唐浜で実施された陸上掘削の研究成果を参考にさせていただいた。また、本学理学部の奈良正和准教授からは、堆積相や生痕化石に関して貴重なご意見をいただいた。また、これらの方々に心より感謝します。

引用文献

- 1) 甲藤次郎・中村 純・高柳洋吉, 唐ノ浜層群の層序と微古生物学的考察, 高知大学学術研究報告, 2, (32), 1-15. (1953)
- 2) 岩井雅夫・近藤康生・菊池直樹・尾田太良, 鮮新統唐の浜層群の層序と化石, 地質学雑誌, 112 補遺, 27-40. (2006)
- 3) Kondo, Y., Iwai, M. and Kodama, K., Muroto Project: Scientific Drilling of the late Pliocene forearc basin deposit on the west coast of Muroto Peninsula, Shikoku, Japan. *Scientific Drilling*, (3), 42-43. (2006)
- 4) 北 重太・池原 実・岩井雅夫・近藤康生, 穴内層ボーリングコアの安定同位体分析に基づく後期鮮新世の環境変動, 地球惑星科学連合大会 2009, L132-P001. (2009)
- 5) Yokoyama, M., Tertiary shells from Tosa. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo*, Section 2, 1, pp. 365-368, pl. 42. (1926)
- 6) Lisiecki, L. E., and Raymo, M. E., A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records, *Paleoceanography*, 20, PA1003. (2005)
- 7) 松島義章, 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集, 神奈川県立博物館研究報告 (15), 37-109. (1984)
- 8) 堀越増興, 日本周辺の海洋生物. 堀越増興・永田 豊・佐藤任弘, 日本列島をめぐる海, pp.127-211, 岩波書店, 東京. (1987)
- 9) Oyama, K., Revision of Matajiri Yokoyama's type mollusca from the Tertiary and Quaternary of the Kanto area, *Palaeontological Society of Japan Special Papers*, (17), 148p., 57 plates. (1973)
- 10) 小澤智生・井上恵介・富田 進・田中貴也・延原尊美, 日本の新第三紀暖流系軟体動物群の概要, 化石, (58), 20-27. (1995)
- 11) 山岡勇太・山田悠人・近藤康生, 高知県の鮮新統穴内層産二枚貝チョウセンハマグリの酸素同位体比, 高知大学学術研究報告, 61, 261-266. (2013)
- 12) Raymo, M.E., Grant, B., Horowitz, M., and Rau, G.H., Mid-Pliocene warmth: stronger greenhouse and stronger conveyor, *Marine Micropaleontology*, 27, 313-326. (1996)

平成25年 (2013) 10月1日受理

平成25年 (2013) 12月31日発行