

高知市追手筋地下の完新統上部貝化石層とその放射性炭素年代

Molluscan shell beds in the upper Holocene deposits under Otesuji, Kochi City and their radiocarbon ages

近藤康生*・中西利典**・菊池直樹***・島内朝康****・奈良正和*

Yasuo Kondo, Toshimichi Nakanishi, Naoki Kikuchi, Tomoyasu Shimanouchi and Masakazu Nara

*〒780-8520 高知県高知市曙町2-5-1 高知大学自然科学系理工学部門進化古生態学研究室
Laboratory of Evolutionary Paleocology (Paleontology), Science and Technology Division, Natural Science Cluster, Kochi University,
Kochi 780-8520, Japan

**〒422-8017 静岡県静岡市駿河区大谷 5762 ふじのくに地球環境史ミュージアム
Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 5762 Oya, Suruga-ku, Shizuoka 422-8017, Japan

***〒865-0016 熊本県玉名市岩崎 163 玉名市教育委員会文化課文化財係
Cultural Property Section, Culture Division, Board of Education, Tamana City, 163 Iwasaki, Tamana City, Kumamoto Prefecture, 865-0016, Japan

****〒780-0842 高知県高知市追手筋2-3-1 土佐女子中学高等学校
Tosa Joshi Junior and Senior High School, Otesuji 2-3-1, Kochi 780-8520, Japan

要旨

高知市追手筋地下の海成沖積層最上部で地層のはぎ取りを行い、層序と堆積構造を観察するとともに、貝類遺骸の同定と産状観察、貝殻および植物遺体の放射性炭素年代測定を行った。その結果、高知平野の西部にあたるこの場所では、縄文海進の最盛期以降に堆積した内湾泥質砂底の堆積物の最上位付近に、イオスダレが分布した内湾泥底からイボウミニナやシオヤガイを多数含む泥質砂干潟への堆積環境の移り変わりが認められた。はぎ取りを行った層準の地層に含まれていた試料 13 点の ^{14}C 年代を測定した結果、底生動物による掘り込みや再堆積の影響が少ないと考えられる試料は 9 点あり、貝殻については最下部の内湾泥底の層準（標高-3.7 m）で $5,360 \pm 30$ ^{14}C yr BP (5,594-5,894 cal BP)、泥質砂干潟の層準（標高-2.8 m）で $5,070 \pm 30$ ^{14}C yr BP (5,300-5,579 cal BP) の年代値が得られた。また、泥質砂干潟の層準（標高-2.6 m）の貝殻と植物片の年代値の違いから、放射性炭素の海洋リザーバ効果は 330 yr と推定された。また、巣穴や貝類遺骸を多数含む干潟堆積物は斜交層理砂礫層に覆われ、さらにその上位は貝類遺骸を含まず巣穴もまばらな干潟堆積物へと移り変わったことがはぎ取り標本から読み取れる。

キーワード：沖積層、放射性炭素年代、海洋リザーバ効果、高知市、軟体動物、完新世。

Abstract.

Stratigraphy and sedimentary facies were observed at outcrop and a sediment peel of the uppermost unit of the marine Holocene at the underground construction site in Otesuji, Kochi City, southern Shikoku, Japan. Mode of occurrence and composition of fossil molluscs and ^{14}C ages of molluscs and plant remains were analyzed. Paleoenvironmental changes

are recognized from inner bay mud bottom inhabited by *Paratapes undulatus*, to muddy sand flat with remains of *Batillaria zonalis* and *Anomalodiscus squamosus* near the uppermost unit of the inner bay muddy sand deposited after the maximum phase of the Jomon Transgression in the western part of the Kochi Plain. Nine reliable ^{14}C measurements are available, where burrow fills or redeposited samples are excluded, out of 13 samples from the strata. The lowermost unit of the inner bay mud bottom (altitude -3.7 m) and the unit of muddy sand flat (altitude -2.8 m) are dated to be $5,360\pm 30$ ^{14}C yr BP (5,594–5,894 cal BP) and $5,070\pm 30$ ^{14}C yr BP (5,300–5,579 cal BP), respectively. Marine reservoir effect at about 5,000 yr BP in this area was estimated to be 330 yr, by analyzing the radiocarbon ages of plant remains and co-occurring shells from the strata of muddy sand flat (altitude -2.6 m). The intensely burrowed fossiliferous tidal flat sediments are overlain by cross-bedded gravelly deposits and sporadically burrowed tidal flat deposits without mollusc remains.

はじめに

高知平野の沖積層に関する総括的な研究は、甲藤・西 (1972) および甲藤ほか (1984) によって初めて行われた。これらの研究では、多数のボーリングコアに基づいて沖積層基底面の高度と地形、層序と年代の概要が明らかにされ、高知平野が、日本の他の沖積平野と同様、縄文海進によって入り組んだ海岸線に縁取られた内湾ができた後、次第に埋積されて平野となった経過が明らかとなっている。

その後、微小貝を含む貝化石の群集変遷とそれらの ^{14}C 年代について詳細に検討した中尾 (2000)、中尾・三本 (2003)、等の研究によって沖積層に関する情報が蓄積されてきた。中尾 (2000) は、高知市一宮地下の沖積層から得られた貝類を報告するとともに、高知県宿毛市の宿毛貝塚や愛媛県南宇和郡愛南町の平城貝塚から出土する貝類との比較も行っている。中尾・三本 (2003) は、高知市中心部のはりまや町で掘削されたコアの分析に基づいて、沖積層の全層準の層序と 5 層準の放射性炭素年代を報告した。また、高知平野北部の布師田の工事現場での観察に基づいて、鬼界アカホヤテフラの噴出直前・直後の貝化石群の組成と放射性炭素年代を報告している。布師田でのこの報告は、高知平野北縁において海進が最も進行したタイミング (最大海氾濫面の形成時) と鬼界アカホヤテフラの降下年代がほぼ一致していたことを示す。

Kawamura and Nakamura (2009) は、高知平野の高知市小倉町、本町、および棧橋において掘削されたコアの層序を記載し、更新統の小倉層 (新称)、川内層 (再定義)、および完新統の浦戸層 (再定義) に層序区分した。また、2 枚のテフラを記載し、小倉コアの川内層下部に挟まれるテフラを樋脇テフラ (=下部加久藤テフラ: Hwk; 580–570 ka; 町田・新井, 2003) に、小倉コアの浦戸層に挟まれるテフラを鬼界アカホヤテフラ (7.3 ka; 町田・新井, 1992, 2003) に対比した。さらに、川内層上部および浦戸層から ^{14}C 年代を報告した。川村・西山 (2019) は、四国他地域の沖積層とともに、高知平野の沖積層に関する知見を総括的に報告している。なお、高知平野で行われたボーリングコアのデータは、高知地盤編集委員会 (1992) および四国地盤情報活用協議会 (2005) によってコンパイルされている。

以上のように、高知平野の沖積層の層序、堆積環境、年代、化石群集に関わる情報は徐々に蓄積されてきている。また、高知平野以外の高知県下の沖積層に関する情報は少ないが、最近、宿毛平野地下の沖積層に関する研究が公表された (Nakanishi *et al.*, 2019; 七山ほか, 2020; Nanayama *et al.*, 2021)。

本稿は、平成 25 年 2 月に、高知市追手筋の地下工事現場で露頭観察、試料採取、および地層のはぎ取りを行う機会を得て、高知平野西部の海成沖積層最上部付近の層序、堆積相、化石群集について報告した成果

(近藤ほか, 2015) を基に, ^{14}C 年代, 海洋リザーバ効果, および生痕化石に関する検討結果を追加してまとめたものである。

調査地点および方法

観察と試料採取, および地層のはぎ取りは, 平成 25 年 2 月 23 日 (土) 午後, 高知市追手筋の私立土佐女子中学高等学校敷地北東端に近い地点 (北緯 $33^{\circ} 33' 45''$ 、東経 $133^{\circ} 32' 07''$) の地下で行った。この地点は, 高知城が建つ大高坂山の麓から東方約 240 m に当たる。地層のはぎ取り (幅約 0.5 m, 高さ約 2.3 m; 標高 -1.4 ~ -3.7 m) は工事現場露頭の北向きの面で行った。したがって, はぎ取られた地層の左が東側, 右が西側となる。標高は, 地表面の標高 (1.75 m; 地理院地図のツールによる断面図からの読み取り) と工事断面図から計算した。なお, 本研究で採取した地層のはぎ取り標本は, 高知みらい科学館 (<https://otepia.kochi.jp/science/>) に展示されている。

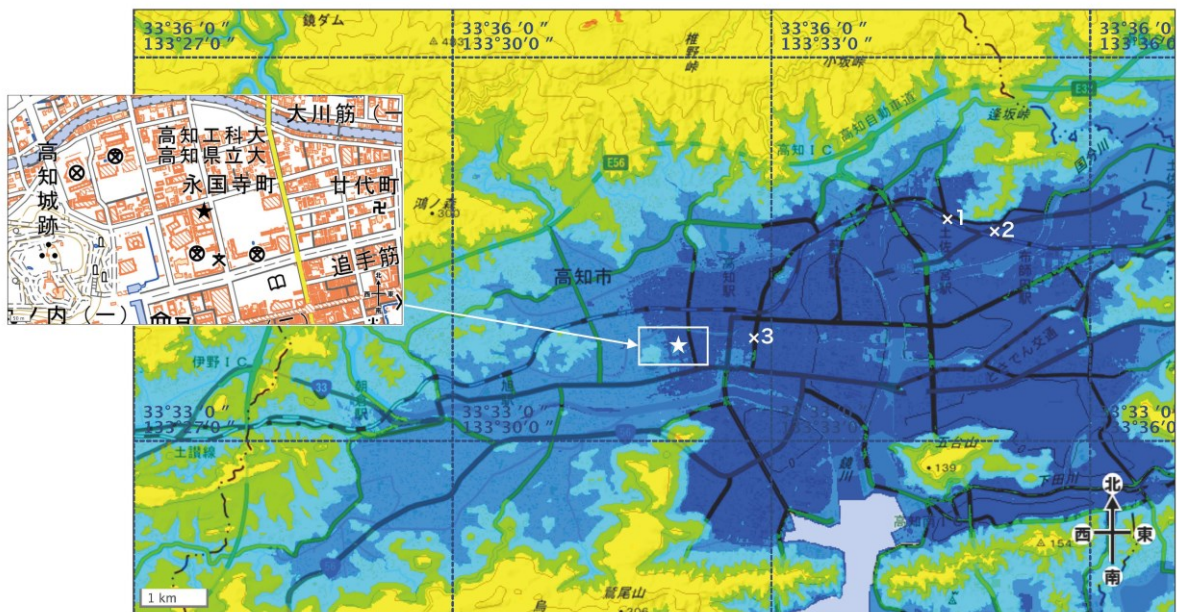


図 1. 調査地点位置図。観察地点は, 拡大図中の★印で示す。地図は地理院地図を利用。彩色は地理院地図による標高 (5m ごとに彩色) を示す。浦戸湾周辺の濃い青色は標高 0-2m の範囲。×1: 中尾 (2000) による調査地点, ×2: 中尾・三本 (2003) による調査地点 A (布師田), ×3: 中尾・三本 (2003) による調査地点 B (はりまや町)。

化石については, バルクサンプリング, 露頭での産状観察, および層準不特定のサンプリングによって分析した。バルクサンプリングでは, 層位間隔約 0.3 m ごとに 5 層準から, それぞれ堆積物 1~1.5 kg を採取し, そこに含まれる 2 mm 以上の貝類遺骸を拾い出し同定・個体数を計数することにより半定量的な組成変化を把握した。なお, 二枚貝は半片を 1 個体として数えた。露頭での産状観察では, 生息姿勢を保持している化石に注目して記録した。以上のほか, 現場で転石として拾える貝殻を採取した。

地層の年代を明らかにするため、貝殻 7 点、植物遺体 6 点の試料（表 2）の ^{14}C 年代測定を韓国地質資源研究院（Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources: KIGAM）、および加速器分析研究所（Institute of Accelerator Analysis, Ltd.: IAA; 委託分析）において実施した。

なお、完新世における土佐湾の海洋リザーバ効果の変遷は不明の点も多いこと、および先行研究との比較のため、本稿ではおもに ^{13}C 値によって補正した ^{14}C 年代（未較正值: ^{14}C yr BP）を使って議論する。なお、較正年代値は図 6 および表 1 に示す。

貝類の学名は主として WoRMS（Word Register of Marine Species; [URL 1]）に従い、一部は奥谷（2017）に従った。また、貝類の生息環境については、南関東を中心とした完新世の貝類群集に関する松島（1984）、および干潟の貝類の生息地情報について多くの情報を含む文献（日本ベントス学会、2012）を参照した。

層序および層相

今回の観察では、露頭面に比べてはぎ取った地層の方が堆積構造が格段に明瞭であったため、以下おもにはぎ取り標本に基づいて記載する。図 2 にははぎ取り直後の全体写真を示し、図 3 には、表面の砂を洗い流し、展示のための処理を済ませたはぎ取り標本上半部の写真を示す。

今回観察できた地層は、下位から順に生物攪拌泥質砂層（Bioturbated Muddy Sand: BMS; 層厚 2 m+）、斜交層理砂礫層（Cross-bedded Sandy Gravel: CSG; 層厚 0.3 m; 基底面の標高は-2.36 m）、細粒砂層泥層細互層（Interlaminated Sand and Mud: ISM; 層厚 0.5 m?）に区分できる。

生物攪拌泥質砂層（BMS）は、層理面が全く確認できないほど生物攪拌を受けており、アナジャコ類の巣穴と考えられる生痕化石 *Psilonichnus* isp.（奈良・小竹、1997）が密集している。*Psilonichnus* isp. は内腔の直径 20 mm 程度で、全体的には Y 字型の外形をとることが知られるが、そのうちの下部のシャフト部分が卓越する。巣穴内腔の充填物とその周囲との境界は明瞭であるが、泥による顕著な裏打ちは認められない。内腔充填物は、同層準の堆積物と類似した砂泥からなる場合と、より粗粒な堆積物からなる場合がある。砂泥で充填されている例では、間欠的な受動充填を示す葉理が認められるものがある。粗粒な充填物はユニット上部に多いことから、上位の斜交層理砂礫層（CSG）の堆積にともなって形成された可能性もある。貝殻はユニット全体に散在しているが、層準ごとに偏りが認められる。詳細は化石に関する項目で述べる。

生物攪拌泥質砂層（BMS）を侵食面を介して覆うのが斜交層理砂礫層（CSG）で、下部の 0.2 m は淘汰不良の小礫まじりの細礫ないし粗粒砂層、上部は淘汰不良の砂層である。径 10 mm 程度の小礫が下部ユニット全体に散在する。

細礫ないし粗粒砂層に認められる斜交層理は全体的には西から東に傾く葉理が卓越しており、おもにこの方向への流れが推定される。ただし、最下部の斜交層理には、低角で西に傾く葉理も認められる。侵食面直上に礫は密集せず、細礫ないし粗粒砂が侵食面を覆う。

上部の淘汰不良砂層は、木片を含み炭質物に富む地層が薄く（層厚 5-10 mm）覆うのが特徴的である。最上位の年代試料 TJ-01p は、この炭質物に富む地層に含まれていた小枝から採取した。

斜交層理砂礫層の上位は細粒砂層と泥層との細互層（ISM）で、*Psilonichnus* isp. がまばらに観察される。このユニットの下部に最も厚い（層厚 0.12 m）砂層があるので、全体的には上方薄層化傾向を示すと言えるが、上部では上方厚層化の傾向も認められる。中央部では、泥層の中に厚さ 10 mm 程度の砂層が挟まれ、細互層を構成する。ここには、厚さ約 50 mm のスランプ層が挟まれており、砂泥細互層が変形し折り畳まれている。また、ユニットの下部に産する *Psilonichnus* isp.（*4 の 10 cm 上位）は、ISM 中の砂層によって上部が切られている。

このユニット最上部の斜交層理砂層（層厚 0.12 m）は、はぎ取った露頭の最上部で、良く淘汰された中粒～細粒砂層から成る。上面は、工事現場の埋土に隠れて観察できない。

甲藤・西（1972）は、高知市地下の完新統を、下位から順に、第 II 砂礫層（GII）、第 II 泥質層（MII）、第 I 砂層（MII）、第 I 砂層（SI）、第 I 泥質層（MI）、第 I 砂礫層（GI）、に層序区分した。今回観察できたのは、この第 I 泥質層（MI）の最上部に当たると考えられる。ボーリングコア資料によると、今回のはぎ取り下端から約 3 m 下位に鬼界アカホヤ火山灰（およびその二次堆積物）の上限があると推定され、第 I 砂礫層（GI）は、今回はぎ取った地層の上位に重なりと推定される。

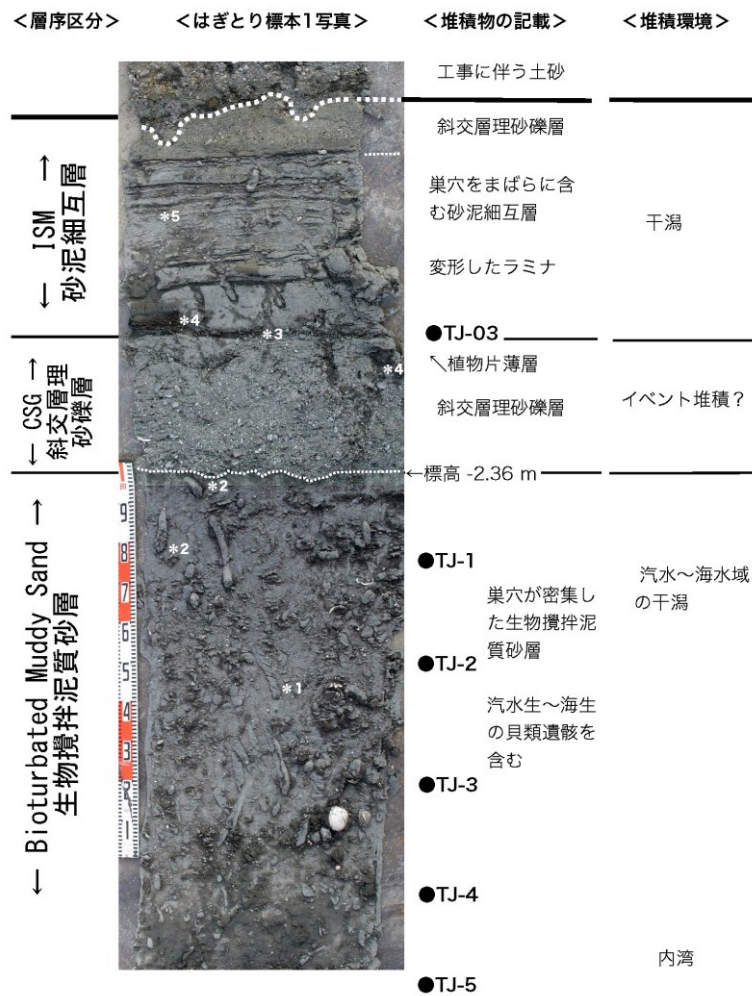


図2. 土佐女子中学高等学校体育館地下工事に際して現れた露頭（東西断面を北向き）のはぎ取り標本1（はぎ取った直後の写真）。写真左側が東向き、右側が西向き。2層準の斜交層理砂礫層には、ともに左側（東）に傾く斜交層理が見える。はぎ取り左側のスケールは1 m。●印は、年代試料採取層準。*1：内部に平衡痕の見られる巣穴（*Psilonichnus* isp.）、*2：粗粒砂で充填された巣穴、*3：植物片薄層、*4：植物遺体、*5：変形構造（スランプ層）。

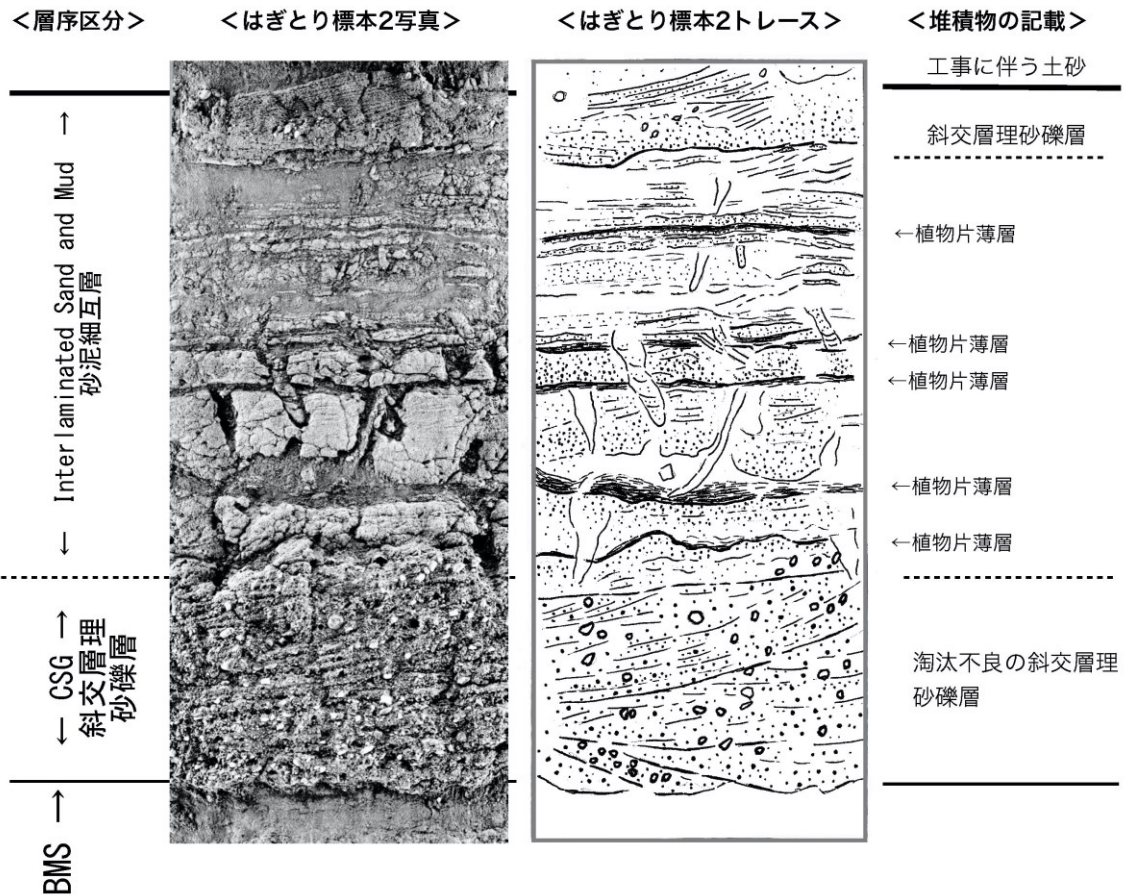


図3. 図2のはぎ取り標本の上半部とそのトレース図. 展示のために処理した状態 (はぎ取り標本2: 高知みらい科学館に展示中). CSG: Cross-bedded Sandy Gravel, BMS: Bioturbated Muddy Sand (生物攪拌泥質砂層).

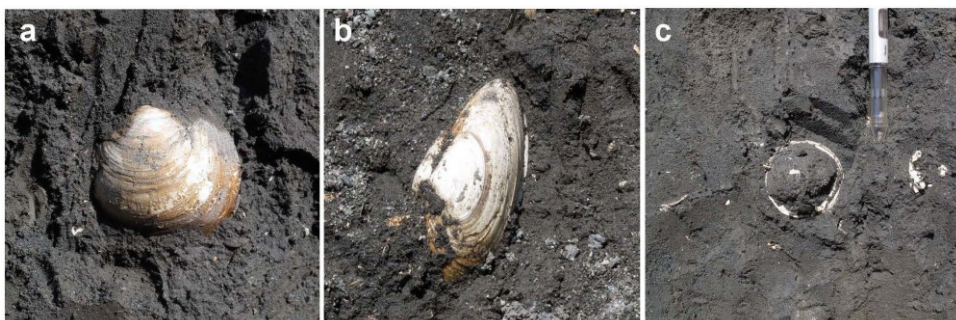


図4. 第I泥質層で確認できた原地性二枚貝. a: イセシラガイ (標高-3.25 m). 殻頂部を上に向けた姿勢がこの貝の生息時の埋没姿勢と推定される. b: オオノガイ (標高-2.8 m), c: オキシジミガイ (標高-2.65 m). 右殻がはずれて, 左殻内面が見えている状態. 殻頂部を斜め下に向けているのが分かる.

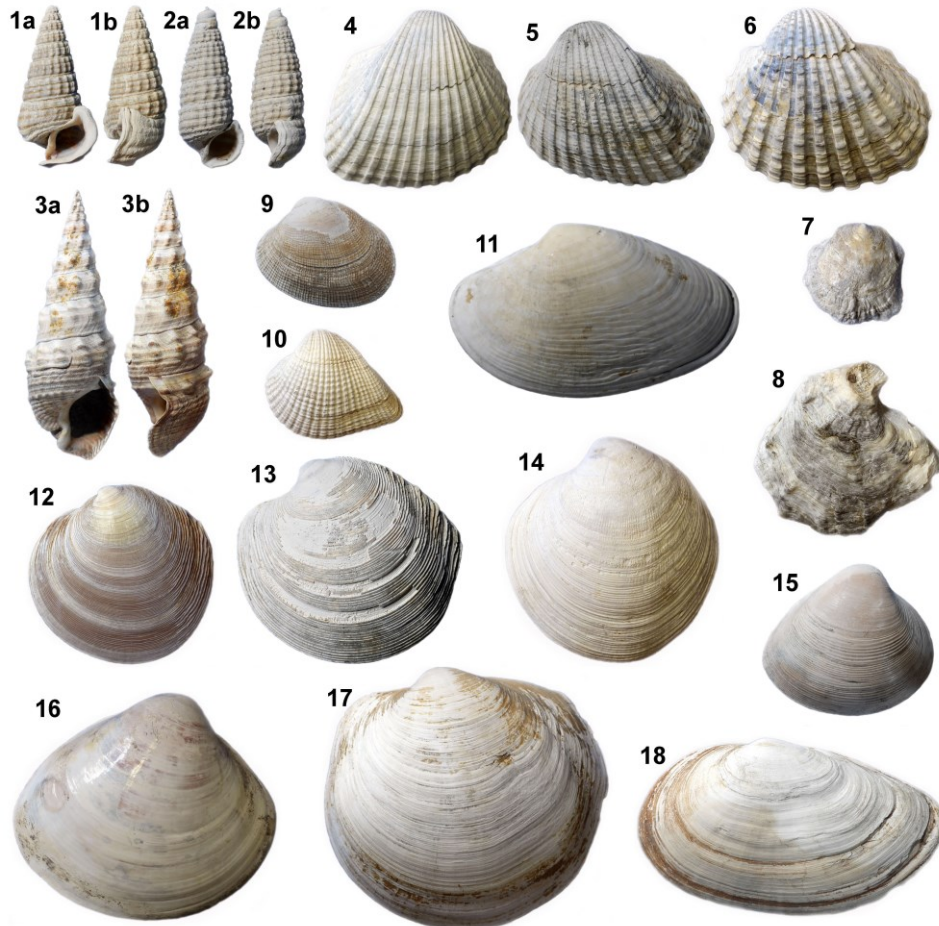


図5. 高知市追手筋地下沖積層の軟体動物化石. 1a, 1b:ヘナタリ *Pirenella nipponica*, KSG6002, 殻高 20.8 mm, 2a, 2b: カワアイ *Pirenella pupiformis*, KSG6003, 殻高 15.7 mm, 3a, 3b: イボウミニナ *Batillaria zonalis*, KSG6004, 殻高 35.7 mm, 4: ヒメアカガイ *Scapharca troscheli*, KSG6005, 殻長 44.6 mm, 5: ヒメアカガイ *Scapharca troscheli*, KSG6006, 殻長 46.8 mm, 6: ハイガイ *Tegillarca granosa*, KSG6007, 殻長 55.3 mm, 7: ナミマガシワ *Anomia chinensis*, KSG6008, 殻長 22.6 mm, 8: カモノアシガキ *Ostrea circumpicta*, KSG6009, 殻長 45.5 mm, 9: アサリ *Ruditapes philippinarum*, KSG6010, 殻長 35.6 mm, 10: シオヤガイ *Anomalodiscus squamosus*, KSG6011, 殻長 34.5 mm, 11: イヨスダレ *Paratapes undulatus*, KSG6012, 殻長 38.7 mm, 12: ウラカガミ *Dosinella angulosa*, KSG6013, 殻長 45.4 mm, 13: カガミガイ *Dosinia japonica*, KSG6014, 殻長 60.0 mm, 14: オキシジミ *Cyclina sinensis*, KSG6015, 殻長 52.8 mm, 15: シオフキ *Mactra veneriformis*, KSG6016, 殻長 49.0 mm, 16: ハマグリ *Meretrix lusoria*, KSG-ky001, 17: イセシラガイ *Pegophysema bialata*, KSG6017, 殻長 70.9 mm, 18: オオノガイ *Mya arenaria oonogai*, KSG6018, 殻長 83.2 mm. KSG: 高知大学工学部生物科学科古生物学分野所蔵標本.

化石とその産状

生物攪拌泥質砂層 (BMS) には多数の貝類遺骸が認められた. 自生状態で産出した二枚貝類では, TJ-3 付近にイセシラガイが最も目立ち, 合弁で殻頂部を上に向けた姿勢を示す. この姿勢は, 本種の生息姿勢と考えられる (Kondo, 1990; 岡本, 1991). また, TJ-2 のやや下位のオオノガイ *Mya arenaria oonogai*, TJ-2 付近のオキシジミも, それぞれ直立した姿勢で確認されたが, これは, 水管を真上に伸ばすのに適した姿勢で, 内生二枚貝類の最も一般的な生息姿勢である (近藤, 1995).

バルクサンプルに含まれる貝類では, ヌウシオガイ *Moerella rutila* 等の小型のニッコウガイ科のほか, シオヤガイ *Anomalodiscus squamosus*, イボウミニナ *Batillaria zonalis*, カワアイ *Pirenella pupiformis*, ヘナタリ *Pirenella nipponica* などが目立つ. 二枚貝類を見ると, シオヤガイは下位の 3 層準

(TJ 5~TJ3) では幼貝のみであるが、上位 2 層準 TJ-2~TJ-1) では成貝も多産する。砂質干潟を特徴付けるアサリ *Ruditapes philippinarum*, ハマグリ *Meretrix lusoria*, シオフキ *Mactra veneriformis* は TJ- 2 に確認できた。この層準には汽水域を特徴付けるオキシジミも出ている。内湾泥底群集の特徴種であるイヨスダレ *Paratapes undulatus* は最下位層準 (TJ-5) に確認できた。イセシラガイ *Pegophysema bialata* の合弁個体は中位層準 (TJ- 3) に見られた。ウメノハナガイ *Pillucina pisidium* は全層準に産出する。

腹足類ではウミニナ科とキバウミニナ科が目立つ。イボウミニナとカワアイが多く、ヘナタリはわずかに混じる程度である。イボウミニナは TJ-2 で最も多い。

層準不特定の採集では、合弁個体のイセシラガイおよびオオノガイ、離弁個体のハイガイ *Tegillarca granosa*, ヒメアカガイ *Scapharca trosccheli*, オキシジミ *Cyclina sinensis*, シオヤガイ等が多数得られた。この他、マガキ *Crassostrea gigas*, カモノアシガキ *Ostrea circumpicta*, カガミガイ *Dosinia japonica*, ウラカガミ *Dosinella angulosa*, ハマグリ, アサリ, ユウシオガイ, ウネナシトマヤガイ *Trapezium liratum*, なども確認された。腹足類ではイボウミニナが最も目立つが、カワアイやウミニナも確認された。

堆積環境とその変遷

貝類の組成と産状から見ると、全層準を通じて淡水の影響によりやや汽水的となった内湾泥底から砂質干潟にかけての堆積環境が推定できる。外洋水の影響を示唆する種はみられない。このような堆積環境は、この地点がかつての鏡川の河口付近に位置することから、鏡川デルタのデルタフロント (三角州前置斜面) として理解できる。

層位分布に注目すると、イヨスダレの産出からみて、最下位ではやや深い水深が推定される。上位に向かって次第に水深が浅くなり、TJ-2 では、潮間帯下部となったことが推定できる。イボウミニナやカワアイ、ヘナタリ、またオキシジミの産出からみて、この場所が汽水環境であったこと、または汽水環境が隣接していたことが推定される。鏡川の河口が近かったのであろう。

以下、さらにユニットごとに考察する。生物攪拌泥質砂層 (BMS) は、自生二枚貝化石から見て、汽水の影響のある内湾干潟の潮間帯~潮下帯と推定される。さらに細かく見ると、下部から上部に向かって浅海化していることも推定できる。最下部の TJ-5 層準にはイヨスダレが見つかっており、内湾泥底の潮下帯であることが推定できるが、上位に向かうに従って、潮間帯 (オキシジミ, シオヤガイなど), 干潟 (カワアイ, イボウミニナなど), 汽水域を特徴づける種が増えていくことが分かる (表 1)。TJ-4 から TJ-1 までの層準を通じてヘナタリよりもカワアイが多いことは、低潮帯の中でもより下部の環境を示す。シオヤガイの成貝が上部だけに見られることも、上位に向かって浅海化していることの結果と思われる。このユニットに豊富に産する *Psilonichnus* isp. も干潟環境に特徴的に産することがわかっている (奈良・小竹, 1997; 奈良, 1998)。

表1. 層準ごとの貝化石群の組成（個体数）. 網掛けのセルは、同層準にその種の自生産状が確認されていることを示す. 現生種の生息地情報は、*日本ベントス学会（2012）, **奥谷編（2017）, ***黒田ほか（1971）による.

産出層準 / 種名	種名									
	ヘナタリ	<i>Pirenella nipponica</i>								
	カワアイ	<i>Pirenella pupiformis</i>								
	イボウミニナ	<i>Batillaria zonalis</i>								
	アラムシロ	<i>Nassarius festivus</i>								
	ヤカドツノガイ	<i>Dentalium octangulatum</i>								
	ヒメアカガイ	<i>Scapharca troscheli</i>								
	カキ類	<i>oysters</i>								
	ナミガシワガイ	<i>Anomia chinensis</i>								
	チゴトリガイ	<i>Fulvia fungerfordii</i>								
	ウメノハナガイ	<i>Pillusina pisidium</i>								
	イセシラガイ	<i>Pegophysema bialata</i>								
	オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>								
	ヒメカノコアサリ	<i>Timoclea micra</i>								
	シオヤガイ	<i>Anomalodiscus squamosus</i>								
	イヨスダレ	<i>Paratapes undulatus</i>								
	カガミガイ	<i>Dosinia japonica</i>								
	ハマグリ	<i>Meretrix lusoria</i>								
	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>								
	シオフキ	<i>Mactra veneriformis</i>								
	ニッコウガイ科	<i>tellinids</i>								
	ヒメマスオガイ	<i>Cryptomya busoensis</i>								
	オオノガイ	<i>Mya arenaria oonogai</i>								
TJ-1	1	4	5							
TJ-2		4	10		1	6	1		5	7
TJ-3	1	7	4					9	5	13
TJ-4		7	2	1			1	1	13	8
TJ-5									5	8
現生種の生息地情報	*内湾奥部の河口汽水域砂泥底の中・低潮帯表層 *内湾奥部の泥質干潟の泥上・ヘナタリよりも低い位置に多い. *内湾の砂泥質干潟の低潮線付近に多い. **河口域干潟などの潮間帯泥底 **潮間帯下部から水深約100mまでの細砂底. *内湾干潟の泥底・砂泥底・アマモ場など. **水深20m以浅の岩礫底. **潮間帯下部から水深30mの泥底. **潮間帯下部から水深30mの砂泥底. *内湾の中・低潮帯～水深20mの泥底・砂底. *内湾奥部・河口域の干潟の中・低潮帯の泥底・砂泥底. **潮間帯下部から水深20mの内湾の砂泥底. *温暖な内湾干潟の泥底・砂礫泥底. ***潮間帯下部から水深10mの泥底 **潮間帯下部から水深60mの細砂底. *内湾・河口域の中・低潮帯～水深5mの砂底・砂泥底. *潮間帯中部から水深10mの砂礫泥底 **潮間帯下部～水深20mの砂泥底. *内湾の干潟～水深50mの泥底に生息. *内湾の最奥部の泥砂質干潟に深く潜って生息.									

斜交層理砂礫層（CSG）は、やや低角の斜交層理が発達すること、斜交層理の傾斜方向は、全体としては海側に傾くものの最下位では一部陸側に向かうこと、上位に植物遺体および、植物片の細粒密集薄層を複数伴うこと、上位の干潟堆積物は、下位の干潟堆積物とは対照的に巣穴がごくまばらなこと、などから、地震性の沈降とこれに続く津波堆積物の疑いがある。このような特徴は、津波堆積物に特徴的な多重級化構造（Fujiwara and Kamataki, 2007; 藤原, 2017）と類似する。ただし、この地層が津波堆積物であることを検証するには、追加試料による ^{14}C 年代のさらなる検討、および周辺地域への地層のつながりを確認する必要がある。

細粒砂層泥層細互層（ISM）は、上げ潮と下げ潮が繰り返すことによって形成される潮汐バンドルと考えられ、干潟の堆積物と判断される。*Psilonichnus* isp. が産することもこの考えを支持する。斜交層理砂礫層（CSG）を津波堆積物と解釈するとすれば、この細互層はイベント後の一連の堆積物と見なされることになる。内部に発達する小規模なスランプ構造は、この堆積場が斜面であったことや津波地震の余震による小規

模な海底崩壊で説明できるであろう。また、生痕化石や生物攪拌構造が少ないことは、津波イベントにより底生動物がほぼ一掃されたことを示す可能性もある。ただ、このユニット下部の *Psilonichnus isp.* が砂層で切られることは、少なくとも一部の形成者（アナジャコ類）が津波イベントによる攪乱に耐え、イベント直後に巣穴を形成したのかもしれない。いずれにしても、堆積環境としては、同じ泥質干潟と考えられる生物攪拌泥質砂層（BMS）と細粒砂層泥層細互層（ISM）が、斜交層理砂礫層（CSG）を挟んで繰り返したことで、巣穴や生物攪拌が激減したことは注目される。

放射性炭素年代

表 2. 高知市追手筋土佐女子中学高等学校体育館工事で得られた試料の年代測定結果. IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020) および MARINE20 (Heaton *et al.*, 2020) のデータセットを使用して, CALIB v. 8.20 (Stuiver and Reimer, 1993; Stuiver *et al.*, 2020) を用いて暦年較正した. 海洋試料の較正の際には, 海洋効果が 100%, ローカルリザーバ効果が -200 として仮定した.

番号	試料; 標高	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C 年代 (BP)	1 σ 暦年代範囲 (cal BP)	2 σ 暦年代範囲 (cal BP)	測定番号
TJ03	植物片; -2.2 m	-27.7 \pm 0.2	3,860 \pm 30	4185–4196 (6.6%) 4235–4300 (54.4%) 4300–4236 (20.8%) 4370–4407 (18.3%)	4156–4203 (15.6%) 4227–4407 (84.4%)	IAAA-142488
TJ-1	植物片; -2.6 m	-26.5 \pm 0.7	4,720 \pm 40	5328–5384 (46.6%) 5447–5480 (26.4%) 5532–5571 (27.0%)	5323–5417 (45.2%) 5438–5489 (23.7%) 5502–5580 (31.1%)	KGM-OWd190667
TJ-1	貝殻 (シオヤガイ) ; -2.6 m	-1.5 \pm 2.3	5,050 \pm 30	5326–5484 (100%)	5287–5570 (100%)	KGM-OCa190176
TJ02	貝殻 (オオノガイ) ; -2.8 m	0.5 \pm 0.2	5,070 \pm 30	5357–5522 (100%)	5300–5579 (100%)	IAAA-142489
TJ-2c	植物片; -2.8 m	-26.7 \pm 0.6	5,150 \pm 30	5897–5936 (91.3%) 5975–5985 (8.7%)	5758–5818 (16.9%) 5888–5946 (70.4%) 5963–5991 (12.6%)	IAAA-152630
TJ-2	貝殻 (シオヤガイ) ; -2.8m	2.7 \pm 2.5	5,210 \pm 30	5504–5659 (100%)	5440–5741 (100%)	KGM-OCa190177
TJ-3c	植物片; -3.2m	-24.4 \pm 0.4	5,260 \pm 30	5940–5971 (29.5%) 5987–6009 (21.0%) 6080–6112 (32.6%) 6150–6171 (16.9%)	5933–6031 (48.3%) 6040–6117 (36.1%) 6144–6178 (15.6%)	IAAA-152631
TJ-3s	貝殻 (イセシラガイ) ; -3.2 m	-0.1 \pm 0.4	5,300 \pm 30	5591–5747 (100%)	5547–5862 (100%)	IAAA-152632
TJ-3	貝殻 (シオヤガイ) ; -3.2 m	-4.7 \pm 2.9	5,310 \pm 40	5593–5764 (100%)	5551–5877 (100%)	KGM-OCa190178
TJ-4	植物片; -3.4 m	-24.8 \pm 0.6	5,080 \pm 40	5753–5826 (69.6%) 5862–5901 (30.4%)	5730–5917 (100%)	KGM-OWd190668
TJ-4	貝殻 (シオヤガイ) ; -3.4 m	-0.8 \pm 1.6	5,190 \pm 40	5479–5639 (100%)	5404–5737 (100%)	KGM-OCa190179
TJ-5c	植物片; -3.7 m	-24.8 \pm 0.6	5,380 \pm 30	6120–6141 (19.1%) 6182–6214 (35.6%) 6236–6275 (45.3%)	6009–6049 (9.9%) 6060–6077 (3.1%) 6113–6148 (17.9%) 6173–6282 (69.1%)	IAAA-152633
TJ-5	貝殻 (シオヤガイ) ; -3.7 m	1.8 \pm 1.7	5,360 \pm 30	5667–5838 (100%)	5594–5894 (100%)	KGM-OCa190180

放射性炭素年代 (BP and cal BP)

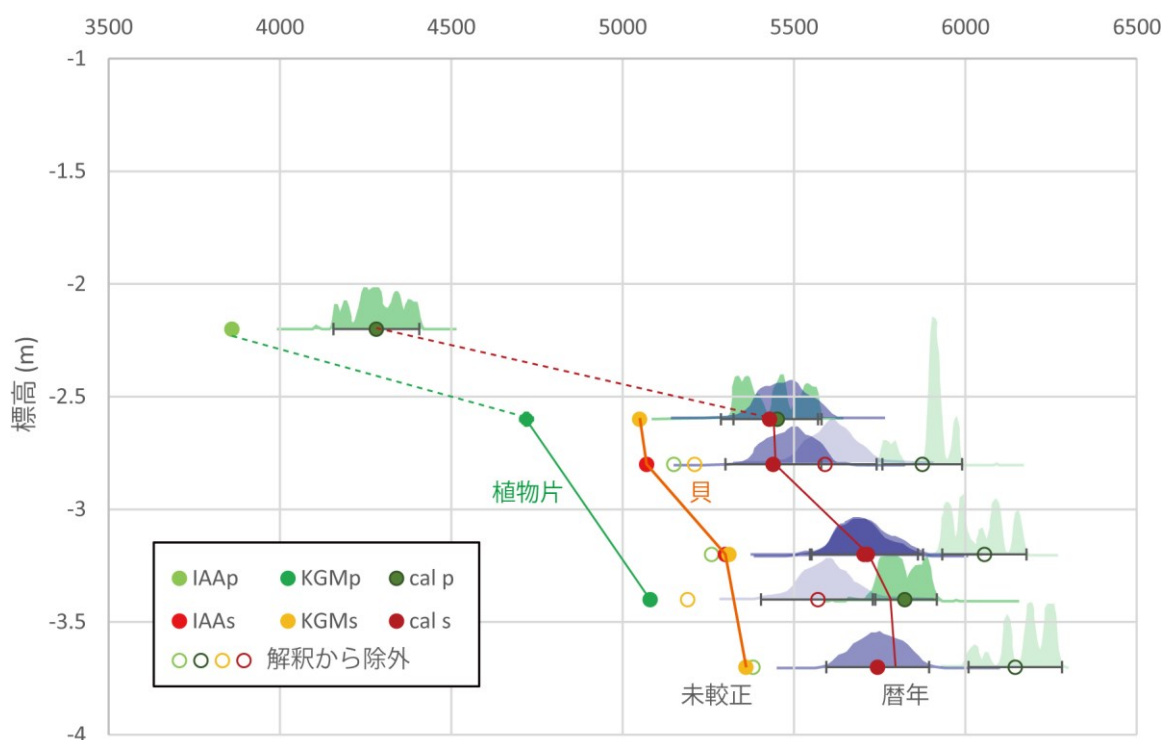


図6. 高知市追手筋地下沖積層の堆積曲線. KIGAM: 韓国地質資源研究院, IAA: 加速器分析研究所, p: 植物遺体, s: 貝殻. 塗りつぶしていない年代値は周辺の層準で得られた値と矛盾するので堆積曲線の解釈から除外した. 暦年較正值の確率分布は山の形状で表示した. 緑色が植物遺体, 紫色が貝殻. 解釈から除外したデータは薄くした. 標高-3.2 m の二試料の暦年較正值のシンボルがほぼ重なっていることに注意.

今回, 年代測定を行った植物遺体および貝殻のうち, 再堆積の可能性を確実に排除できる原地性の試料は TJ-3 層準のイセシラガイと TJ-2 層準のオオノガイの 2 点である. そこで, まず, それぞれの二枚貝が生息時に堆積物内で埋没する深さ (海底面から殻の上端までの距離) について述べる. オオノガイの埋没深度については, 北九州の干潟における観察報告 (Goshima, 1982) に基づくと, 今回分析したサイズの個体 (殻長 91 mm) は約 0.2 m 埋没していたことが推定できる. 一方, イセシラガイについては報告がないが, 同属のショウゴインツキガイ *Pegophysema philippiana* は 0.5 m 以上と, 非常に深く埋没することが知られている (久保・山下, 2012). また, 中米に分布する近似属の *Anodontia alba* も, 殻長わずか 20 mm の個体が 0.2 m 埋没する (Stanley, 1970). 以上のことからイセシラガイも深く埋没していた可能性があり, 本稿では暫定的に 0.2 m 埋没していたと仮定して議論を進める.

この原地性二枚貝試料 2 点と他の貝殻 (シオヤガイ 5 点) のデータを比較して見ると, TJ-1 のシオヤガイはオオノガイのプロットに近い. また, TJ-3 のシオヤガイもイセシラガイのプロットと比較的近い. さらに, TJ-2 のシオヤガイも, イセシラガイとオオノガイのプロットを結んだラインからあまり離れない位置にプロットされる. したがって, これら 3 試料は再堆積や掘り込みの影響をあまり受けていないと判断できる. 一方, TJ-4 のシオヤガイは, TJ-3 のシオヤガイよりも約 0.3 m 下位にあるにもかかわらず, より若い年代が出ていることから, 巣穴に落ち込むなどして 0.6-0.7 m 下位に掘り込まれた可能性が高い. 以上のように, シオヤガイ遺骸には掘り込みの影響が一部認められる一方, 再堆積の明らかな影響は認められない.

なお、TJ-5層準では、巣穴の発達が上位ほどではないことから、掘り込みの影響も少ないと判断できるかもしれない。

植物遺体試料については、いずれも小枝や小木片など、小型の植物遺体であり、再堆積や掘り込みの可能性が排除できない。年代幅のやや大きな植物のデータを解釈するのは困難であるが、ここでは、比較的若い年代が出ている TJ-1 および TJ-4 の 2 点が、原地性二枚貝のデータを結んだラインとほぼ平行に並ぶことから、この 2 点を採用し、TJ-2、TJ-3、および TJ-5 は再堆積した試料とみなすことにする。

以上をまとめると、原地性二枚貝の年代データを固定して考えることにより、二枚貝遺骸は再堆積の影響をあまり受けておらず、深く埋没する二枚貝を除くと、掘り込みの影響も限定的であることが推測された。

また、同一層準で植物と貝殻で ^{14}C 年代の差異を知ることができるのは TJ-1 層準のみであるが、ここでは 330 ± 50 年のオフセット (=海洋リザーバ効果) が $4,720 \pm 40$ BP に得られた。

この結果は、高知県西端の宿毛平野地下の $8,200 \sim 3,700$ BP から得られている平均値 (330 ± 70 年 ; Nakanishi *et al.*, 2019) と整合する。TJ-1 とほぼ同じ年代の試料に絞ると、宿毛平野では $5,050 \pm 40$ BP に 380 ± 60 年であり、 $4,490 \pm 40$ BP に 430 ± 60 年である。これらと比べて、今回のデータが若干小さな値となっている原因は、宿毛コア掘削地点よりも高知平野の分析地点の方が陸化(海退)が早く進行しており、淡水の影響がより大きかったことが影響している可能性がある。

地盤沈降量の推定

生息時の姿勢を保持したまま保存された二枚貝化石のうち、生息水深が限定できる種は地盤変動を推定する際の手がかりとなる。特に干潟など潮間帯に分布する種は潮位レベルに対応した分布を示すため、長期間にわたる地盤の垂直変動を精確に推定することができる。今回の例では、オオノガイは潮間帯に分布が限定されることが知られている (Goshima, 1982; 奥谷ほか, 2017 など)。また、標高 -2.8 m に自生産状態で保存されたオオノガイの標本 (TJ02) には、およそ $5,500$ cal BP の年代値が得られている。さらに、前述の通り、オオノガイは深埋没種であり、干潟の表面から 0.2 m の深さに埋没していたことが推定されるため、この個体の生息時の堆積面は標高 -2.6 m にあったと推定される。

浦戸湾や四国でのオオノガイの垂直分布の詳細は不明であるが、干潟における底生動物の分布が精査された有珠湾では、オオノガイは低潮亜帯 (最大大潮時低潮面～平均小潮時低潮面) から中潮亜帯 (平均小潮時低潮面から平均小潮時高潮面) に分布する (大島, 1963)。これを高知市浦戸の潮位データ [URL 2] で読み取ると、最大大潮時低潮面は標高 -1.3 m、平均小潮時高潮面は標高 0.4 m である。この垂直分布がそのまま適用できると仮定すると、高知市浦戸における仮想的な現在のオオノガイの標高分布は $-1.3 \sim 0.4$ m と推定される。この標高分布と化石オオノガイの標高値 (-2.6 m) との差を求めると、調査地点におけるこの $5,500$ 年間の地盤の沈降量は $1.3 \sim 3.0$ m となる。また、これを 100 年あたりに換算すると $2.4 \sim 5.5$ cm となる。

なお、この沈降量の推定は、有珠湾におけるオオノガイの垂直分布に基づき仮に推定したものであり、今後の検証が必要である。また、沈降の中心により近い浦戸湾の周辺地域での同様の調査が望まれる。

まとめ

- ・高知市追手筋地下の沖積層上部（標高-1.4~-3.7 m）に、下位から順に、貝殻を多数含む生物攪拌泥質砂層（Bioturbated Muddy Sand: BMS; 2 m+）、斜交層理砂礫層（Cross-bedded Sandy Gravel: CSG; 0.3 m）、および細粒砂層泥層細互層（Interlaminated Sand and Mud: ISM; 0.5 m?）が認められた。これらは鏡川のデルタフロントの堆積物と考えられる。
- ・生物攪拌泥質砂層からイヨスダレやウラカガミなどの内湾泥底種、およびハイガイ、ヒメアカガイ、シオヤガイ、ハマグリなどを中心とする干潟群集~内湾砂底群集の構成種が確認された。
- ・これらの地層に含まれる植物遺体6点および貝殻7点、計13点の試料について¹⁴C年代を測定した結果、掘り込みや再堆積の影響が少ないと考えられる試料は9点あった。植物遺体の¹⁴C年代は、5,080 yr BP（標高-3.4 m）、および4,720 yr BP（標高-2.6 m）、貝類遺骸は5,360 yr BP（標高-3.7 m）から5,050 yr BP（標高-2.6 m）の年代が得られた。
- ・本研究で実施した¹⁴C年代データから同層準の植物遺体と貝殻の示す¹⁴C年代の差を基にして、TJ-1層準において330±50年の海洋リザーバ効果が得られた。
- ・標高-2.8 mの地点に産出したオオノガイの年代から、調査地点の最近5,500年間の沈降量は1.3-3.0 mと推定された。

謝辞

本研究は、建設工事中、荒川操校長をはじめとする土佐女子中学高等学校学校関係者の皆様、および清水建設の工事関係者の皆様による格別のご配慮によって可能となった。本稿は査読者の適切な指摘により改善することができた。香南市埋蔵文化財センターの松村信博様には、第26回中四国縄文研究会高知大会において、本研究の基礎となる研究内容の発表機会をいただいた。岡村 眞高知大学名誉教授にははぎ取りの地層に関する貴重なコメントをいただいた。高知みらい科学館の岡田直樹、前田雄亮の皆様には、オーテピア敷地のボーリングコア試料並びにボーリング柱状図を見せていただいた。年代測定に当たってKIGAMの地球化学分析センターのホン ワンセンター長にお世話になった。本研究の一部に、日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B)課題番号JP18H01310(代表者:中西利典)、高知大学学長裁量経費(代表者:池原 実)を使用した。以上の皆様に心より感謝する。

文献

- 藤原 治, 2017. 津波堆積物の科学, 東京大学出版会.
- Fujiwara, O., & Kamataki, T., 2007. Identification of tsunami deposits considering the tsunami waveform: an example of subaqueous tsunami deposits in Holocene shallow bay on southern Boso Peninsula, Central Japan. *Sedimentary Geology*, 200 (3-4), 295-313.
- Goshima, S., 1982. Population dynamics of the soft shell clam *Mya arenaria* L., with special reference to its life history pattern. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, 6, 119-165.
- Heaton T. J., Köhler P., Butzin M., Bard E., Reimer R. W., Austin W. E. N., Bronk Ramsey C., Hughen K. A., Kromer B., Reimer P. J., Adkins J., Burke A., Cook M. S., Olsen J., & Skinner L. C., 2020. Marine20-the marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP). *Radiocarbon* 62. doi: 10.1017/RDC.2020.68.
- 甲藤次郎・西 和彦, 1972. 高知平野の地形と沖積層. 地質学論集, 7, 137-143.

- 甲藤次郎・西 和彦・平 朝彦・岡村 眞・中野尊正, 1984. 高知平野地下の第四系ならびに地震災害について. 高知大学学術研究報告, 32, 1-40.
- Kawamura, N. & Nakamura, K., 2009. Quaternary stratigraphy subsurface of the Kochi Plain, Kochi Prefecture, southwest Japan. *Journal of geosciences Osaka City University*, (52), 51-63.
- 川村教一・西山賢一, 2019. 四国地方の主要臨海平野における上部更新統および完新統の対比. *地質学雑誌*, 125 (1), 87-105.
- 黒田徳米・波部忠重・大山 桂, 1971. 相模湾産貝類, 741 (和文)+ 489 (英文)+ 51pp. 121pls., 丸善
- 高知地盤編集委員会, 1992. 高知地盤図, 461p.
- Kondo, Y., 1990. Preserved life orientations of soft-bottom infaunal bivalves—documentation of some Quaternary forms from Chiba, Japan. *Natural History Research* (1): 31-42.
- 近藤康生, 1995. 二枚貝類の生息姿勢と殻形態の関係. 平成5・6年度科研費補助金総合研究(A)研究成果報告書「化石底生動物群の群集構造, その安定性と変革」(研究課題番号 05304002, 研究代表者, 鎮西清高), pp.4-5.
- 近藤康生・菊池直樹・島内朝康, 2015. 高知市地下の沖積層とその貝類群. 第26回中四国縄文研究会高知大会, 中四国の縄文貝塚, [報告要旨集・貝塚集成], p.1-4, 7月4日(土)・5日(日), 宿毛市立宿毛歴史館.
- 久保弘文・山下博由, 2012. ショウゴインツキガイ, 日本ベントス学会(編). 干潟の絶滅危惧動物図鑑—海岸ベントスのレッドデータブック, p.116, 東海大学出版会, 東京.
- 町田 洋・新井房夫, 1992. 火山灰アトラス [日本列島とその周辺].
- 町田 洋・新井房夫, 2003. 新編火山灰アトラス: 日本列島とその周辺. 東京大学出版会.
- 松島義章, 1984. 日本列島における後氷期の浅海性貝類群集—特に環境変遷に伴うその時間・空間的変遷—. 神奈川県立博物館研究報告(自然科学), (15), 37-109.
- Nakanishi, T., Tsuji, T., Nanayama, F., Yamaguchi, T., Kondo, Y., Ikeda, M., & Hong, W., 2019. Radiocarbon age offsets of Plants and Shells in Holocene sediments from the Sukumo plain, Southwest Coast of Shikoku, Southwest Japan. *Radiocarbon*, 61 (6), 1951-1961.
- 中尾賢一, 2000. 高知市一宮から産出した完新世貝類群. 徳島県立博物館研究報告, (10), 49-60.
- 中尾賢一・三本健二, 2003. 高知市布師田とはりまや町における完新世貝類相の変遷と AMS¹⁴C 年代. 徳島県立博物館研究報告, (13), 29-40.
- 七山 太・山口龍彦・中西利典・辻 智大・池田倫治・近藤康生・三輪美智子・杉山真二・木村一成, 2020. 地震性地殻変動と大規模ラハールによって規制された開析谷埋積シーケンス: 南海トラフ沿岸, 宿毛臨海低地において採取された沖積コアの解析例. *地質学雑誌*, 126, 493-517.
- Nanayama, F., Tsuji, T., Yamaguchi, T., Kondo, Y., Ikeda, M., Nakanishi, T., Miwa, M., Hongo, C., Furusawa, A., & Kuwahata, M., 2021. Great earthquake at 7.3 ka inferred from tsunami deposits in the Sukumo Bay area, Southwestern Japan. *Island Arc*, 30(1), e12422. <https://doi.org/10.1111/iar.12422>
- 奈良正和, 1998. 中部更新統金剛地層の堆積環境とシーケンス層序学的解析. *地学雑誌*, 107, 77-92.
- 奈良正和・小竹信宏, 1997. 中-上部更新統下総層群に産する“アナジャコ巢穴化石” *Psilonichnus*. *地質学雑誌*, 103, 971-981.
- 日本ベントス学会 編, 2012. 干潟の絶滅危惧動物図鑑, 海岸ベントスのレッドデータブック. 東海大学出版会. 285 p.
- 岡本和夫, 1991. 広島市中心部地下からの *Anodontia stearnsiana* Oyama (イセシラガイ) の化石化の過程. 瑞浪市化石博物館研究報告, (18): 93-99.
- 奥谷喬司(編著), 2017. 日本近海産貝類図鑑(第2版). 解説(1375p.)および図版(711p.). 東海大学出版部, 平塚.
- 大島和雄.(1963). 北海道有珠湾の生態学的研究, 第1報 底質と採集動物. 水産庁北海道区水産研究所研究報告, (27): 32-51.
- Reimer P., Austin W. E. N., Bard E., Bayliss A., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Butzin M., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A., Kromer B., Manning S. W., Muscheler R., Palmer J. G., Pearson C., van der Plicht J., Reim Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Turney C. S. M., Wacker L., Adolphi F., Büntgen U., Fahrni S., Fogtmann-Schulz A., Friedrich R., Köhler P., Kudsk S., Miyake F., Olsen J. Sakamoto M., Sookdeo A., & Talamo S., 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP). *Radiocarbon* 62. doi: 10.1017/RDC.2020.41.
- 四国地盤情報活用協議会, 2005. 四国地盤情報データベース CD-ROM.
- Stanley, S. M., 1970. *Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca)* (Vol. 125). Geological Society of America.
- Stuiver, M., & Reimer, P. J., 1993. Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.

Stuiver, M., Reimer, P. J., & Reimer, R. W., 2020. Radiocarbon calibration program CALIB 8.2 [WWW program], at <http://calib.org>, accessed 2020-9-7.

[URL 1] WoRMS (Word Register of Marine Species; <http://www.marinespecies.org/index.php>)

[URL 2] 気象庁, 潮位表 高知 <https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/suisan.php>