

横須賀市観音崎に分布する鮮新統池子層の 堆積環境とオトヒメハマグリ科化石

柴田健一郎*・倉持卓司**・鈴木 進***

Depositional environment of the Pliocene Ikego Formation at Kannonzaki,
Yokosuka City, central Japan and a record of Family Vesicomidae (Mollusca, Bivalvia)

SHIBATA Kenichiro*, KURAMOCHI Takashi** and SUZUKI Susumu***

キーワード：オトヒメハマグリ科，アケビガイ，池子層，鮮新世，タービダイト，横須賀市
Key words: Vesicomidae, *Archivesica kawamurai*, Ikego Formation, Pliocene,
turbidite, Yokosuka City

横須賀市観音崎に分布する鮮新統池子層よりアケビガイ *Archivesica kawamurai* の左殻化石1点を発見した。この化石は産状が確認され、池子層から産出した横須賀市内初のオトヒメハマグリ科二枚貝の化石である。化石産地周辺の池子層はタービダイト、降下火砕堆積物、半遠洋性泥岩からなる。オトヒメハマグリ科の化石は癒着したタービダイト、すなわち海底扇状地のチャネル充填堆積物に挟まれる苦灰岩から産出したことから、生息地から混濁流によりやや運搬されて化石化したと推測される。池子層の堆積深度は、現生のアケビガイの生息深度である水深180～710 mか、それよりやや深い水深であったと考えられる。

A fossil left valve of *Archivesica kawamurai* was discovered from the Pliocene Ikego Formation of Kannonzaki, Yokosuka City, central Japan. This is the first fossil specimen of Vesicomidae from an outcrop of the Ikego Formation, Yokosuka City. The Ikego Formation around the fossil locality consists of turbidite, pyroclastic fall deposit, and hemipelagic mudstone. The fossil shell occurred from a dolostone layer intercalated in amalgamated turbidites, which are interpreted as a channel-fill deposit of a submarine fan. Thus, the fossil shell might have been buried after transportation from the habitat by turbidity current. These evidences indicate that the paleo-depth of the Ikego Formation was 180–710 m, where modern *Archivesica kawamurai* inhabits, or somewhat deeper.

はじめに

三浦半島北部に分布する鮮新統三浦層群池子層からは、シロウリガイ類を含む化学合成生物群集の化石が産する(Shikama and Masujima, 1969; Niitsuma *et al.*, 1989; 平田ほか, 1991; 菅野, 1993; Amano and

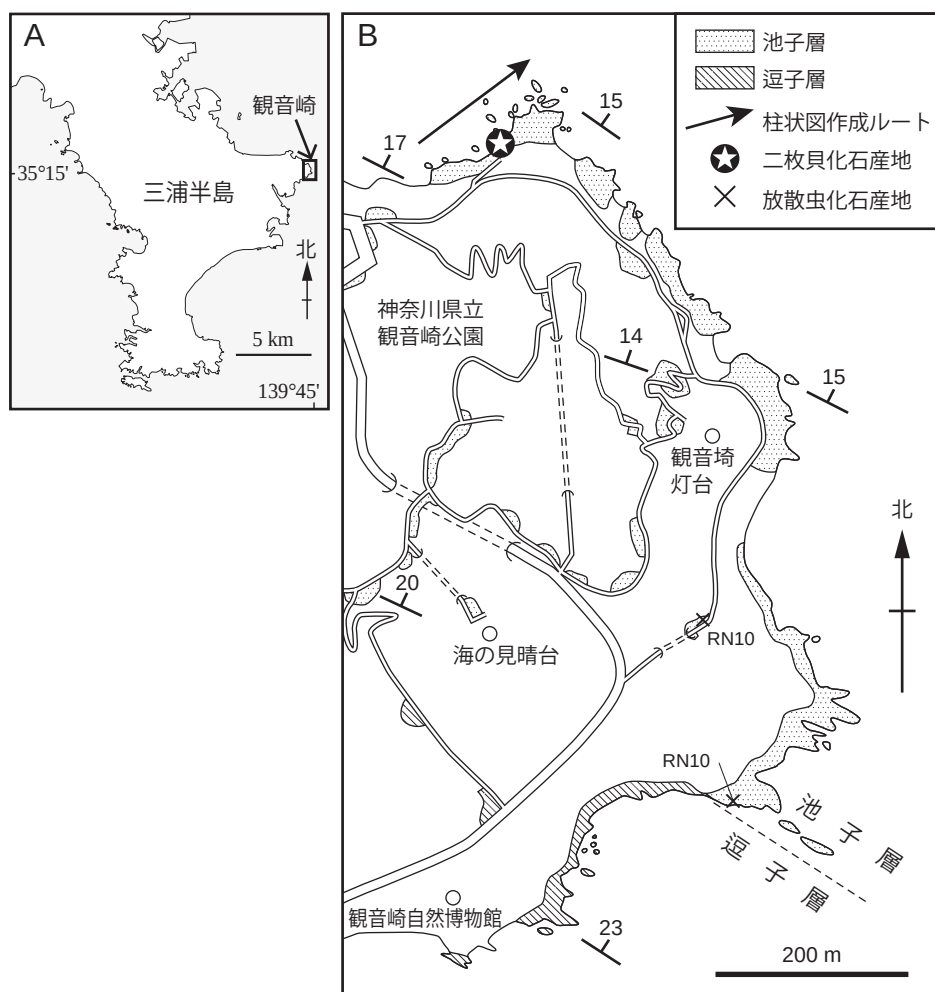
Jenkins, 2011)。これらの化石は、これまで逗子市池子を中心とした三浦半島北西部に分布する池子層のみから報告されていた。今回、著者の1人である鈴木は三浦半島東部に位置する横須賀市鴨居4丁目の神奈川県立観音崎公園の海岸(第1図)より離弁したオトヒメハマグリ科の化石1点を発見した。本稿

* 横須賀市自然・人文博物館 〒238-0016 神奈川県横須賀市深田台95

** 葉山しおさい博物館 〒240-0111 神奈川県三浦郡葉山町一色2123-1

*** 三浦半島活断層調査会

原稿受付 2018年11月1日。横須賀市博物館業績 第737号。



第1図 A: 三浦半島のインデックスマップ. B: 露頭の位置, 化石産地, 柱状図作成ルートを示した横須賀市観音崎の地図. 放散虫化石年代は鈴木・蟹江 (2012) に基づく.

では, 化石産地周辺の岩相を記載して堆積環境を明らかにするとともに, 化石を記載し, 横須賀市鴨居地域に分布する池子層の堆積深度を考察する.

地質概略

鮮新統池子層は三浦半島北部に分布する三浦層群の上部を構成し, 主に凝灰質砂岩, 凝灰質砂岩と凝灰質泥岩の互層からなる (江藤ほか, 1998). 横須賀市鴨居 (観音崎) のほか, 横須賀市湘南鷹取 (鷹取山), 逗子市池子, 逗子市神武寺, 鎌倉市十二所, 鎌倉市手広などに分布する. 中新一鮮新統の三浦層群逗子層を整合に覆い, 更新統上総層群に不整合に覆われると考えられてきた (江藤ほか, 1998) が,

池子層と上総層群最下部の岩相が類似することから, それらの地層の境界は研究者間で相違が見られる. Utsunomiya *et al.* (2017) は池子層上部と上総層群の基底を構成する浦郷層の岩相層序, 石灰質ナノ化石層序, 古地磁層序に基づき, 池子層上部と浦郷層下部は同時異相であり, 堆積は連続的で, 整合関係にあるとした. 三浦半島南部の三浦層群が海溝陸側斜面堆積物であるのに対し, 三浦半島北部に分布する三浦層群は前弧海盆の堆積物と解釈されている (高橋, 2008).

観音崎に分布する池子層は主に火山礫凝灰岩, 凝灰質砂岩と凝灰質泥岩の互層からなり, 炭酸塩コンクリーションを含む. 炭酸塩コンクリーションからは RN10 帯 (4.19 ~ 3.87 Ma, 前期鮮新世後期) を示

す放散虫化石年代が得られ、池子層最下部に対比されている（鈴木・蟹江, 2012）。

池子層の岩相と堆積過程

化石産地周辺の池子層を、堆積構造や二次的な変形構造に基づき5つの岩相に区分した（第2, 3図）。

岩相 A

〔記載〕スコリア質または軽石質の礫支持火山礫凝灰岩、または凝灰質砂岩からなる。火山礫凝灰岩は細礫～中礫の亜角礫または亜円礫、凝灰質砂岩は細粒砂～極粗粒砂の火山砕屑物から構成される（第3図-1）。層厚は3～400 cm、基底はシャープで下位の地層に侵食面を持って重なる。侵食面は下に凸のチャンネル状を示すことがあり、柱状図作成ルート（第1図）で最大12 cm、県立観音崎公園内では最大65 cmの下方侵食が認められる。全体として上方細粒化を示すことが多いが、稀に上方粗粒化を示す。凝灰質砂岩には平行葉理、火山礫凝灰岩には平行層理が発達し、西に緩く傾く斜交層理や、皿状構造が稀に見られる（第3図-1, 2, 4）。小判状で円礫～亜円礫状のマッドクラストが岩相全体に、または岩相中の特定の層準に集中して見られることがある（第3図-3）。マッドクラストの最大長径は柱状図作成ルートで28 cmだが、県立観音崎公園の池子層には最大で長径118 cmのマッドクラストが観察される。複数の岩相 A が癒着することがあり、見かけ上、最大で層厚7.3 mの火山礫凝灰岩を構成する。柱状図作成ルートで観察される火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩の大部分は岩相 A に含まれる。

〔解釈〕上方細粒化は、粗粒な粒子が相対的に早く沈降した、または運搬能力が減衰する流れによって堆積したことを示す（Pettijohn, 1975）。一方、逆級化層理は、密度が小さく沈降速度の遅いスコリアまたは軽石が上部に集まったものと考えられる（Stow, 2005）。平行葉理は、流れの高領域または低領域で発達した平滑床に対応し（Southard and Boguchwal, 1990）、平行層理はトラクションカーペット堆積物（Lowe, 1982; Sohn, 1997）の可能性が考えられる。緩く傾く斜交層理は、流水によるベッドフォームの移動によって形成されたと考えられる。マッドクラストは比較的丸みを帯びていることから、周囲や下位の泥岩層が侵食、運搬され、沈積したのと考えられる。皿状構造は、堆積後の未固結堆積物が上部からの荷重によって二次的に水が排水された脱水構

造と考えられる（辻・宮田, 1987）。

侵食面を伴う基底、上方細粒化、平行葉理、マッドクラスト、皿状構造は、タービダイトに特徴的である（Bouma, 1962; Lowe, 1982）。また、斜交層理はタービダイトに稀に見られる（田村ほか, 2001）。したがって岩相 A は混濁流から堆積したタービダイトと考えられる。特に、平行層理が発達し、トラクションカーペット堆積物と解釈される火山礫凝灰岩は、高密度混濁流起源と考えられる（Lowe, 1982; Sohn, 1997）。

岩相 B

〔記載〕スコリア質または軽石質の火山礫凝灰岩からなる。岩相全体、または基底の火山砕屑物が凝灰質シルト岩に取り囲まれたサグ構造を示す（第3図-5）。層厚は5～20 cmで級化層理を示す。柱状図作成ルート（第1図）では稀に出現する。

〔解釈〕級化層理は、粗粒な粒子が相対的に早く沈降したことを示す。サグ構造は、水底に沈積した際に未固結の泥質堆積物中に沈み込んだことを示すと考えられる。これらの特徴から、岩相 B は降下火砕堆積物と解釈される（Stow *et al.*, 1998; Stow, 2005）。

岩相 C

〔記載〕生物擾乱を受けた凝灰質シルト岩からなり、スコリアや軽石が散在する（第3図-6）。層厚は4～60 cmである。

〔解釈〕生物擾乱を受けた凝灰質シルト岩は、シルトサイズの火山砕屑物が浮遊状態から垂直にゆっくりと堆積したことを示し、底生生物が生痕を残すのに十分な時間があったと考えられる。散在するスコリアや軽石は、小規模な噴火による降下スコリアや降下軽石と解釈される。岩相 C は半遠洋性泥岩と解釈される（Stow *et al.*, 1998）。

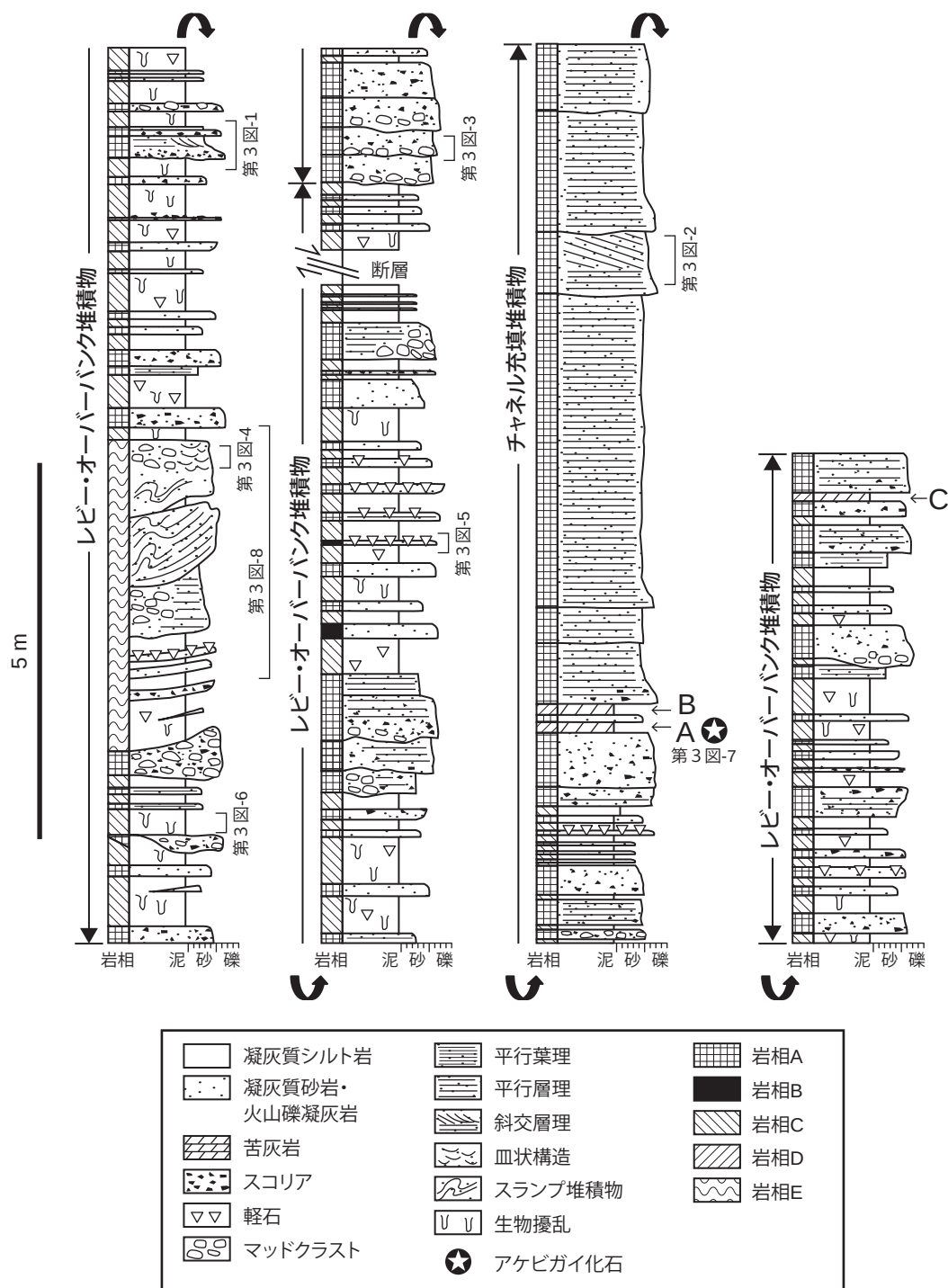
岩相 D

〔記載〕硬質な苦灰岩層（第3図-7, 第4図）からなる。層理面上には割れ目が発達する。層厚は11～14 cmで、柱状図作成ルート（第1図）の3つの層準に挟まれる。

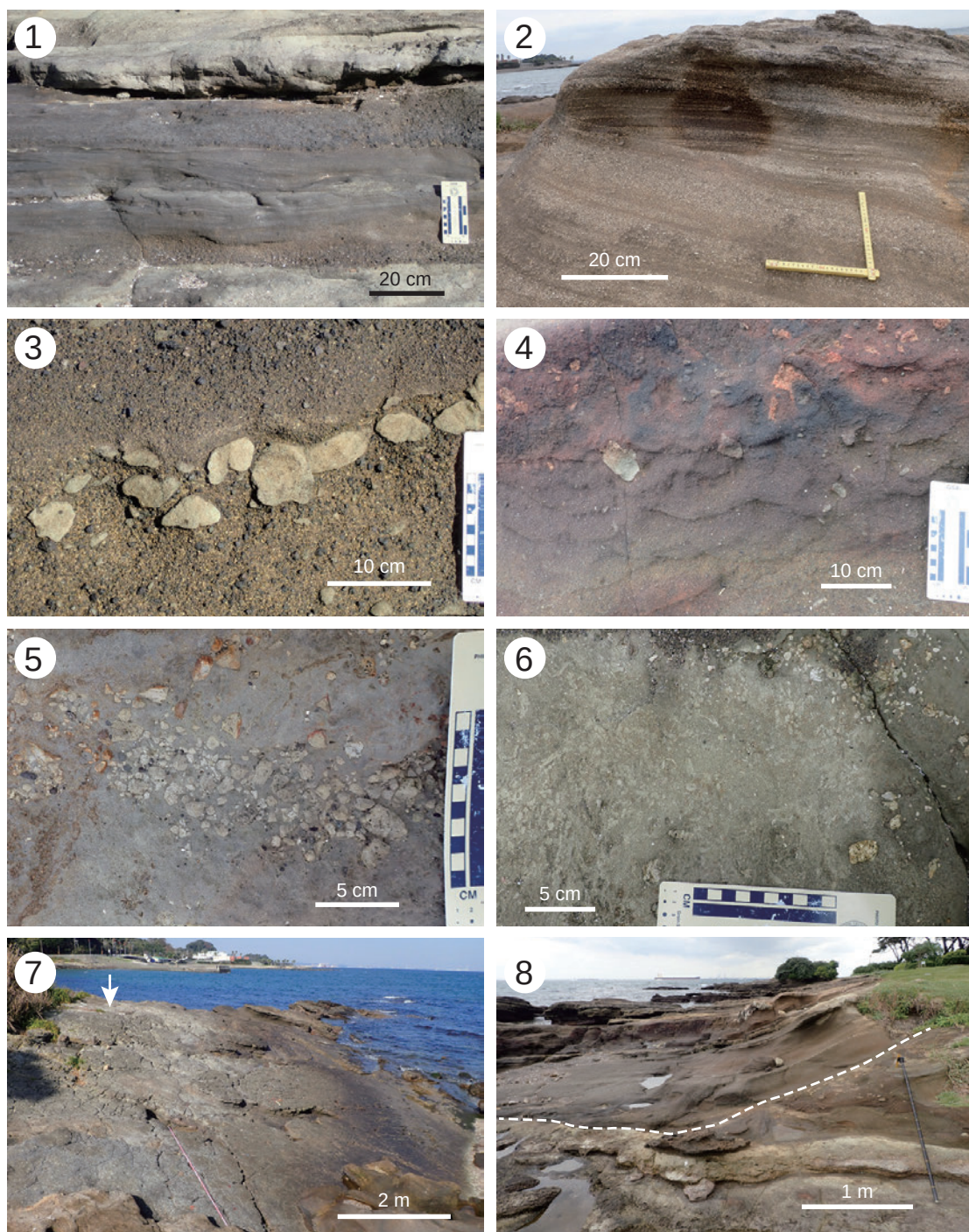
〔解釈〕苦灰岩層は、石灰質泥に含まれるカルサイトがドロマイトに置換・交代されたものと考えられるが、石灰質泥の起源は不明である。

岩相 E

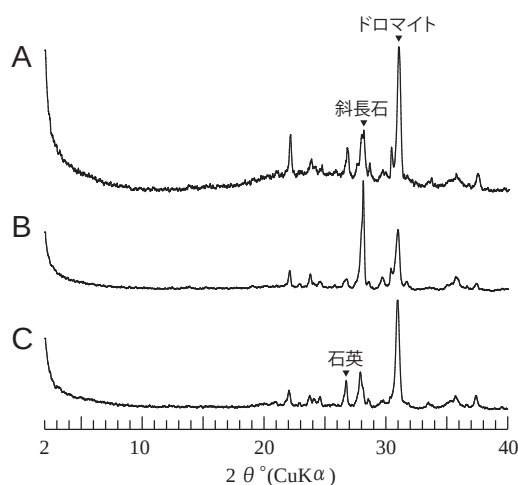
〔記載〕岩相 A と岩相 C の組み合わせからなる火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩、凝灰質シルト岩の互層のうち、褶曲や破断によって変形したある一定の層準を岩相 E とした（第3図-8）。下限の境界面は層理



第2図 化石産地周辺の池子層の地質柱状図。柱状図作成ルートは第1図を参照。A～Cは炭酸塩岩の試料採集層準を示す。



第3図 1: 上方細粒化を示し、上部で平行葉理が発達するスコリア質火山礫凝灰岩（岩相 A）。2 枚の岩相 A が癒着している。2: 癒着した岩相 A に発達する平行層理とゆるく傾斜する斜交層理。3: 岩相 A に見られるマッドクラスト。4: 岩相 A に見られる皿状構造。5: 構成粒子が凝灰質シルト岩に取り囲まれる軽石層（岩相 B）。6: 生痕化石と軽石を含む凝灰質シルト岩（岩相 C）。7: 硬質な苦灰岩（岩相 D）。矢印はアケビガイ化石の産出場所を示す。8: 岩相 A と C を変形させるスランプ堆積物（岩相 E）。白の破線はすべり面を示す。



第4図 観音崎の池子層に発達する炭酸塩岩の粉末X線回折パターン。炭酸塩岩はおもにドロマイトからなり、石英や斜長石を含む。試料の採集層準は第2図を参照。

面に斜交し、屈曲することがある。上限の境界面は層理面にはほぼ平行である。褶曲や破断が見られる地層の層厚は20～185 cmである。

〔解釈〕下限の境界面をすべり面として滑動し、上位の地層を褶曲させたり破断させたりしたと考えられる。岩相Dは海底地すべりに伴うスランプ堆積物と解釈される。

産出化石

Family Vesicomysidae Dall & Simpson, 1991

オトヒメハマグリ科

Genus *Archivesica* Dall, 1908

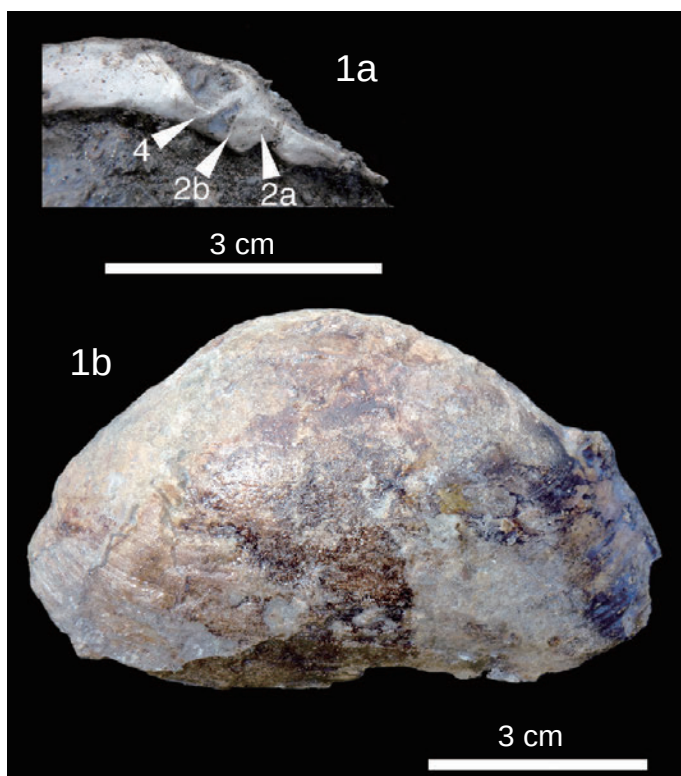
Archivesica kawamurai (Kuroda, 1943)

アケビガイ

第5図

〔標本〕YCM-GP1974. 鈴木発見，柴田，倉持，三浦半島活断層調査会採集。

〔記載〕検討標本は左殻。殻長92.1 mm，殻高56.9



第5図 アケビガイ *Archivesica kawamurai*. YCM-GP1974. 1a: 左殻鉸装部 Hinge structure of left valve. 2a: 前肢 anterior ramps. 2b: 後肢 posterior ramps. 4: 後背主歯 posterodorsal cardinal tooth. 1b: 左殻 left valve.

mm。殻は厚く、長楕円形。殻表には細かい成長肋がみられる。殻背縁はやや膨らむ。殻腹縁は弱く弧を描き、中央部で弱く凹む。殻頂は殻の前端からおよそ1/3に位置し、やや前傾する。小月面はない。靱帯は長く、殻長に対して、およそ40%の長さになる。鋏歯は大きく堅固。殻頂下主歯の前肢(2a)は欠損、後肢(2b)はやや溶解しているが痕跡が認められる。2bは、殻頂先端から腹縁方向に延長し、鋏板の腹縁にほぼ直角に交わる。鋏歯の後端の鋏板上に発達した大きな殻頂下洞(subumbonal pit)がある。後背主歯(4b)は、殻頂下洞の直下から斜め後方に伸びる。前後の側歯を欠く。

〔比較〕検討標本は、相模湾小田原沖水深180 mをタイプ産地として記載されたアケビガイのタイプ標本と、形態はほぼ一致する(Kuroda, 1943)。Kuroda (1943)は、本種を特異的な鋏歯の形状をもつことを根拠として*Akebiconcha* 属を提唱したが、この特徴は、Dall (1908)により*Callocardia gigas* Dall, 1896をタイプ種として創設された*Archivesica* 属の特徴とほぼ一致することから、本稿ではAmano and Kiel (2010)に採用されている、アケビガイを*Archivesica* 属に含める分類を用いる。また、Okutani *et al.* (1992)により沖縄トラフ南西海丘の熱水噴出域をタイプ産地として記載されたエンセイシロウリガイ*Calyptogena solidissima* Okutani, Hashimoto & Fujikura, 1992は、Kojima *et al.* (2006)による遺伝子解析の結果から、アケビガイと同一種と考えられている。

南海トラフ天龍海底谷をタイプ産地として記載されたテンリュウシロウリガイ*Ectenagena laubieri* (Okutani & Métivier, 1986)のタイプ標本は、殻頂が前端からおよそ1/5に位置し、左殻の中央主歯は逆V字型になり、後背主歯(4b)は薄い板状になる(Okutani and Métivier, 1986)ことで検討標本と異なる。

検討標本の外形は、シロウリガイ*Phreagena soyoae* (Okutani, 1957)のタイプ標本に類似する。この標本は、検討標本に比べ殻高が低く、横長になる。また、殻表の成長肋は発達せず、ほぼ平滑に近い。左殻の鋏歯はへろ字形になり、殻頂下洞を欠くことで区別される(Okutani, 1957)。池子層からAmano and Kiel (2010)により記載された*Archivesica shikamai* Amano & Kiel, 2010のタイプ標本は、検討標本に比べ、殻高が殻長に対して低く、殻は横長になる。また、鋏歯は小さく、殻頂下洞はあまり発

達しないことで区別される。

〔産地〕神奈川県横須賀市鴨居4丁目、県立観音崎公園の海岸。鮮新統三浦層群池子層の最下部より産出。

〔年代〕RN10帯(4.19 ~ 3.87 Ma) (鈴木・蟹江, 2012)。

〔分布〕現生のアケビガイは、千葉県銚子沖、相模湾小田原沖(タイプ産地)、城ヶ島沖、駿河湾石花海、第二天龍海底谷、紀伊水道、南奄西海丘、黒島海丘の水深180–710 mから記録されている(Kojima *et al.*, 2006; Amano and Jenkins, 2011)。また、化石は富岡層(福島県)、日立層(茨城県)、名洗層、黒滝層(千葉県)、池子層(神奈川県)、土方層(静岡県)、新里層(沖縄県)の鮮新世から記録されている(Amano and Jenkins, 2011)。

考 察

Soh *et al.* (1991)は池子層の岩相を堆積物重力流と海底地すべりによって堆積したvolcaniclastic unitと、薄い火山碎屑岩と凝灰質泥岩の互層からなるturbidite unitに区分した。また、蟹江(1993)、蟹江ほか(2008)はシルト岩を主体とするIkl+Iku、凝灰岩(凝灰質碎屑岩)を主体とし、シルト岩と互層状になることもあるIkt、大規模な海底地すべり構造や混在岩を伴うIksに区分した。Volcaniclastic unitやIksは逗子市池子周辺に分布し、北北西–南南東方向の海底谷を埋積したチャネル充填堆積物と考えられている。一方、本稿で述べる観音崎の池子層は、Soh *et al.* (1991)のturbidite unit、蟹江ほか(2008)のIktに相当する。観音崎の池子層はタービダイトと、降下火砕堆積物、半遠洋性泥岩を主体とし、タービダイトには小規模な侵食面やマッドクラストが発達する。さらに、薄いタービダイト、降下火砕堆積物、半遠洋性泥岩の一部にはスランプ堆積物が見られる。このような特徴は、Posamentier and Walker (2006)が示した海底扇状地モデルのうち、Leveed channelとLevee and overbankの堆積物の特徴に類似する。すなわち、薄いタービダイトや半遠洋性泥岩の互層はレビー・オーバーバンク堆積物と解釈される。レビー・オーバーバンク堆積物に発達するスランプ堆積物(岩相E)は、レビーの崩壊にもなって形成されたと考えられる。一方、癒着した火山礫凝灰岩からなるタービダイトは、海底扇状地を構成するチャネル充填堆積物の可能性が

考えられる(第2図)。オトヒメハマグリ科の化石は、癒着したタービダイト、すなわち海底扇状地のチャネル充填堆積物に挟まれる苦灰岩層から産出したことになる。

これまでに横須賀市湘南鷹取の宅地造成工事によって搬出された池子層の岩石中からシロウリガイ類化石が報告されているが(Niitsuma *et al.*, 1989; 平田ほか, 1991), 露頭の状況は確認されていない。本稿のアケビガイ化石は、産状が確認され、池子層から産出した横須賀市内初のオトヒメハマグリ科二枚貝の化石である。本種は熱水噴出孔からも採集されていることから(Okutani *et al.*, 1992) 化学合成生物群集に含まれる。また、アケビガイは、オトヒメハマグリ科二枚貝の中ではもっとも水深の浅い海域に適応した化学合成が可能な種と考えられる。今回述べるオトヒメハマグリ科の化石は、鋏歯の形状が確認できるが、海底扇状地のチャネル充填堆積物に挟まれる苦灰岩層から産出したこと、離弁した殻のみで発見されたことから、生息場所から混濁流によってある程度の距離を運搬されて埋没、化石化したものと推測される。この考察に基づけば、観音崎の池子層の堆積深度は、現生のアケビガイの生息深度である水深180~710 mか、それよりやや深い水深であったと考えられる。江藤ほか(1987)は池子層下部と上部からそれぞれ上部漸深海帯下部(水深約500 m)と上部漸深海帯下部~中部漸深海帯(水深500~1,900 m)を示す底生有孔虫化石群集を、秋元(1993)は池子層上部から中部漸深海帯下部(水深850~1,900 m)を示す底生有孔虫群集を報告している(水深は秋元・長谷川, 1989に基づく)。これらの古水深は、本稿で推定された古水深と矛盾しない。

謝 辞

横須賀市港湾部には、観音崎での化石採集を許可していただきました。三浦半島活断層調査会のメンバーと倉持敦子氏には化石採集にご協力いただきました。X線回折分析は千葉大学理学部地球科学科のリガクRAD-Xシステムを使わせていただきました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

秋元和實 1993. 鮮新統池子層「シロウリガイコミュニティ」産底生有孔虫群集. 池子シロウリガイ類

化石調査最終報告書: 351-370. 横浜防衛施設局.
秋元和實・長谷川四郎 1989. 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布—古水深尺度の確立に向けて—. 地質学論集, (32): 229-240.

Amano K. and Jenkins R. G. 2011. Fossil records of extant vesicomysid species from Japan. *Venus*, (69): 163-176.

Amano K. and Kiel S. 2010. Taxonomy and distribution of *Archivesica* (Bivalvia: Vesicomysidae) in Japan. *The Nautilus*, 124: 155-165.

Bouma A. H. 1962. Sedimentology of some flysch deposits. 168pp. Elsevier, Amsterdam.

Dall W. H. 1908. Reports on the dredging operations off the west coast of Central America to the Galapagos, to the west coast of Mexico, and in the Gulf of California, in charge of Alexander Agassiz, carried on by the U.S. Fish Commission steamer "Albatross," during 1891, Lieut.-Commander Z. L. Tanner, U.S.N., commanding. XXXVII. Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission steamer "Albatross", from October, 1904 to March, 1905, Lieut.-Commander L.M. Garrett, U.S.N., commanding. XIV. The Mollusca and Brachiopoda. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*. 43(6): 205-487, pls. 1-22.

江藤哲人・尾田太良・長谷川四郎・本田信幸・船山政昭 1987. 三浦半島中・北部の新生界の微化石生層序年代と古環境. 横浜国立大学理科紀要(第2類), (34): 41-57.

江藤哲人・矢崎清貫・ト部厚志・磯部一洋 1998. 横須賀地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 128ページ. 地質調査所.

平田大二・松島義章・浅賀正義 1991. 三浦・房総半島にみられる化石シロウリガイ類の分布と産状. 月刊地球, 13: 47-52.

蟹江康光 1993. 逗子市池子地域の三浦層群上部の層相とシロウリガイ属化石層. 池子シロウリガイ類化石調査最終報告書: 49-64. 横浜防衛施設局.

蟹江康光・倉持卓司・柴田健一郎・蛸子貞二 2008. 三浦半島北東部, 横須賀市浦郷町の鮮新統池子層とその産出化石. 横須賀市博研報(自然), (55): 1-9.

- 菅野三郎 1993. 池子産 "シロウリガイ" 化石群について (第2報). 池子シロウリガイ類化石調査最終報告書: 123-162. 横浜防衛施設局.
- Kojima S., Tsuchida E., Numanami H., Fujikura K. and Okutani T. 2006. Synonymy of *Calyptogena solidissima* with *Calyptogena kawamurai* (Bivalvia: Vesicomyidae) and its population structure revealed by mitochondrial DNA sequences. *Zoological Science*, **23**(10): 835-842.
- Kuroda T. 1943. *Akebiconcha*, a new pelecypod genus. *Venus*, **13**(1-4): 14-18, textfigs 1-3.
- Lowe D. R. 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, **52**: 279-297.
- Niitsuma N., Matsushima Y. and Hirata D. 1989. Abyssal molluscan colony of *Calyptogena* in the Pliocene strata of the Miura Peninsula, central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, **71**: 193-203.
- Okutani T. 1957. Two new species of bivalves from the deep water in Sagami Bay collected by the R.V. "Soyo-Maru". *Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*, **17**: 27-30, pl. 1.
- Okutani T., Hashimoto J. and Fujikura K. 1992. A new species of vesicomyid bivalve associated with hydrothermal vents near Amami-Oshima Island, Japan. *Venus*, **51**: 225-233.
- Okutani T. and Métivier B. 1986. Descriptions of three new species of vesicomyid bivalves collected by the submersible Nautille from abyssal depths off Honshu, Japan. *Venus*, **45**(3): 147-160.
- Pettijohn F. J. 1975. Sedimentary rocks (3rd ed.). 628pp. Harper & Row, New York.
- Posamentier H. W. and Walker R. G. 2006. Deep-water turbidites and submarine fans. In Posamentier H. W. and Walker R. G. eds. *Facies Models revised*. SEPM Special Publication, (84): 399-520.
- Shikama T. and Masujima A. 1969. Quantitative studies of the molluscan assemblages in the Ikego-Nojima Formations. *Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ. Sec. 2*, **15**: 61-94, pls. 5-7.
- Sohn Y. K. 1997. On traction-carpet sedimentation. *Journal of Sedimentary Research*, **67**: 502-509.
- Soh W., Pickering K. T., Taira A. and Tokuyama H. 1991. Basin evolution in the arc-arc Izu Collision Zone, Mio-Pliocene Miura Group, central Japan. *Journal of the Geological Society, London*, **148**: 317-330.
- Southard J. B. and Boguchwal L. A. 1990. Bed form configurations in steady unidirectional water flows, Part 1. Synthesis of flume data. *Journal of Sedimentary Petrology*, **60**: 658-679.
- Stow D. A. V. 2005. Sedimentary rocks in the field: A colour guide. 320pp. Manson Publishing, London.
- Stow D. A. V., Taira A., Ogawa Y., Soh W., Taniguchi H. and Pickering K. T. 1998. Volcaniclastic sediments, process interaction and depositional setting of the Mio-Pliocene Miura Group, SE Japan. *Sedimentary Geology*, **115**: 351-381.
- 鈴木 進・蟹江康光 2012. 神奈川県東部に分布する鮮新統池子層の放散虫化石年代. 神奈川博調査研報, (14): 127-136.
- 高橋雅紀 2008. 3.3.3 三浦半島. 日本地質学会編, 日本地方地質誌3 関東地方: 187-193. 朝倉書店.
- 田村 亨・成瀬 元・増田富士雄 2001. 重力流堆積物にみられる“斜交層理”: デューンによるフォーセット層理と剪断によるバックセット構造. 成瀬 元・田村 亨・久保雄介・増田富士雄, 堆積構造入門シリーズ (2) 重力流堆積物とその構造: 113-147. 堆積学研究会.
- 辻 隆司・宮田雄一郎 1987. 砂岩層中に見られる流動化・液状化による変形構造—宮崎県日南層群の例と実験的研究—. 地質学雑誌, **93**: 791-808.
- Utsunomiya M., Kusu C., Majima R., Tanaka Y. and Okada M. 2017. Chronostratigraphy of the Pliocene-Pleistocene boundary in forearc basin fill on the Pacific side of central Japan: Constraints on the spatial distribution of an unconformity resulting from a widespread tectonic event. *Quaternary International*, **456**: 1-13.

