

熊本県天草市横浦島の下部始新統赤崎層から産した裂歯目 トロゴサス亜科の切歯

宮田 和周

(福井県立恐竜博物館 〒 911-8601 福井県勝山市村岡町寺尾 51-11)

Incisor fragment of a trogosine tillodont (Mammalia, Tillodontia) from the Lower Eocene Akasaki Formation, Yokoura-jima Island, Goshoura, Amakusa City, Kumamoto Prefecture, Japan

Kazunori Miyata

(Fukui Prefectural Dinosaur Museum, 51-11, Terao, Muroko, Katsuyama City, Fukui 911-8601, Japan)

Abstract

A fragmentary mammalian tooth (GCM-VP179), described as Trogosinae gen. et sp. indet. in this paper, was found from the red siltstone bed near the base of the Lower Eocene Akasaki Formation of the Miroku Group, Yokoura-jima Island, Goshoura, Amakusa City, Kumamoto Prefecture, Japan. GCM-VP179 is damaged with numerous cracks in a calcrete nodule (calcareous concretion in pedogenetic horizon) of the red siltstone bed. Despite of the poor preservation, it shows a chisel-shaped tip with a broad wear facet and an enamel layer extending on the anteromesial, labial, and anterior part of distal (lateral) surfaces. The enamel-free dentine is cracked but exhibits the posterior elongation. GCM-VP179 is an anterior part of a right upper or left lower second incisor (a right I2 or left i2) of a large trogosine tillodont, differing from those of *Chungchienia* and *Kuanchuanius* from the Middle Eocene of China in size and morphology and being larger than those of a large species of *Trogosus* (*T. latidens*) and *Tilldon fodiens* from the Bridgerian North American land-mammal “age” (late Early to early Middle Eocene) of U.S.A. GCM-VP179 is an additional specimen suggesting the correlation to the Bridgerian and the trogosine diversity of the Akasaki Formation.

Keywords: Miroku Group, Akasaki Formation, Tillodontia, Trogosinae, Bridgerian, Arshantan, Early Eocene

はじめに

熊本県の西部, 天草地域の弥勒層群赤崎層は, 上天草市龍ヶ岳町の赤崎などを模式地として長尾 (1922) が命名し, 長尾 (1926) により改定, 定義された古第三系基底層である. 本層は熊本県宇土半島から鹿児島県長島北部へと南西方向に分布し (Fig. 1), 「紫赤色」ないし, 「赤紫色」とも称される赤色系の色調を特徴とする泥岩層 (以降, 赤色泥岩と一括する) を挟在するが (例えば, 長尾, 1926; 松下, 1949; 井上, 1962), 天草下島地域に本層は分布しない (Miki, 1975; 三木, 1981; 高井・佐藤, 1982; 高井ほか, 1997). 赤色泥岩を伴う特徴的な岩相から, 赤崎層はその下位で直接不整合に覆う上部白亜系姫浦層群とも, 本層の上位を整

合に覆う弥勒層群白岳層とも, 岩相上識別し易い. さらに西九州各地の炭田地域の古第三系基底層は, 赤崎層のように赤色泥岩を挟在する地層が広く分布するため, その古第三系層序の広域対比においては一種の鍵層として注目された (例えば, 長尾, 1926; 松下, 1949; Mizuno, 1964; 三木, 1981; 井上ほか, 1982). 長尾 (1922) の赤崎層命名時では, 後述の白岳層下部から産する貝化石層を含むかのように記述され, 英語表記も「Akazaki」であったが, 長尾 (1926) では修正された. 赤崎層は長尾の提唱から 1993 年まで化石の発見が無く, 長らく「無化石層」として見られていた.

赤崎層の地質時代は, 上位の海成層である白岳

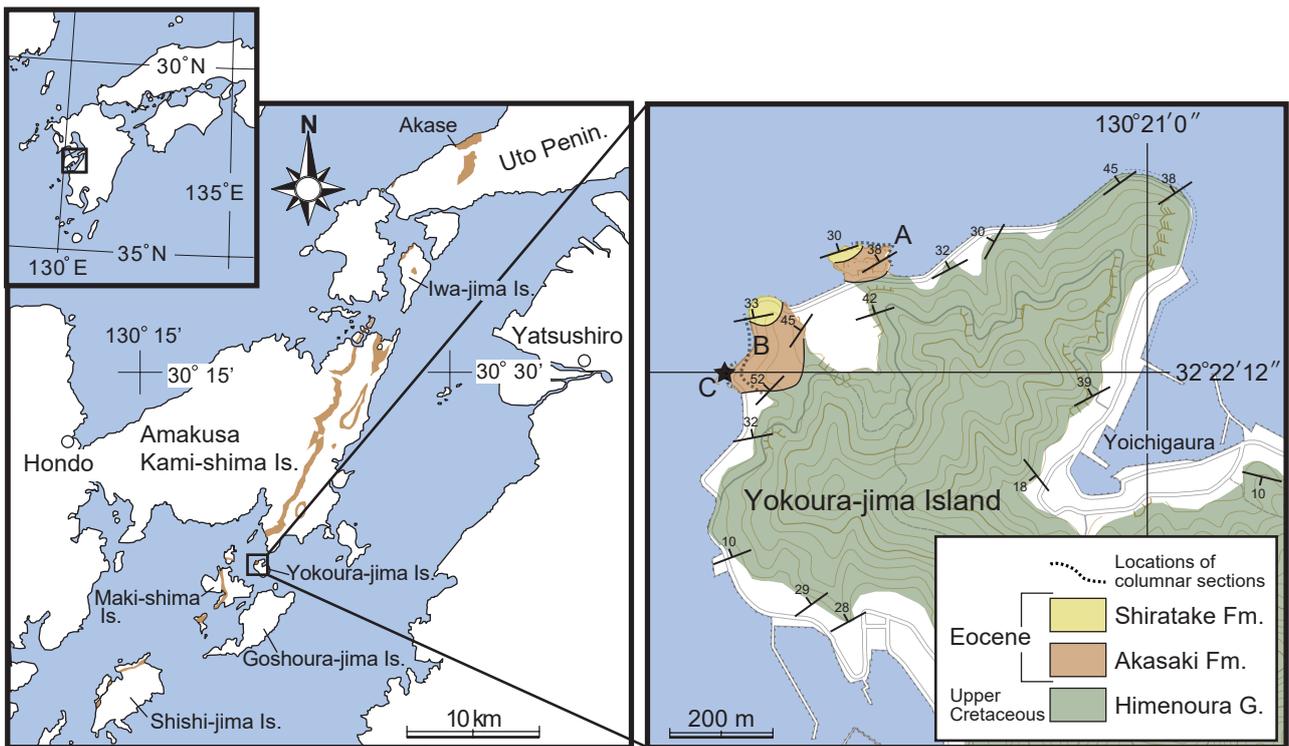


Fig. 1. Left, a map showing the distribution of the Akasaki Formation in the eastern Amakusa area, Kumamoto Prefecture, western Kyushu, Japan; Right, a simplified geological map showing the locality of GCM-VP179 (solid star) and the locations (A–C) of the measured sections of the Akasaki Formation in Yokoura-jima Island, Goshoura, eastern Amakusa City. The topographic base map in the right is from [URL1].

層、およびそれに対比される天草下島に分布する福連木層（松下，1949）の時代に近いとはいえ、より古いものとされる（Miyata et al., 2011）。最近では、赤崎層内の上限付近の層準から酸性凝灰岩の U-Pb 年代値 (49.1 ± 0.4 Ma) が報告され、本層の堆積年代は前期始新世後期以前であることが示された（Miyake et al., 2016）。現在までに赤崎層の時代の下限について確定できる資料や報告はないが、1993 年から発見が続く陸棲哺乳類の化石がその手掛かりになると期待される（Miyake et al., 2016）。

本論文は天草市御所浦町の横浦島に分布する赤崎層 (Figs. 1, 2) から産した歯の化石 (GCM-VP179) について記載し、その産出の意義について述べる。化石は 2000 年 3 月に当時の御所浦町白亜紀資料館（現在の天草市立御所浦白亜紀資料館）の菊池直樹学芸員によって発見されたものであり、その剖出作業は 2013 年度から開始した天草市と福井県立恐竜博物館の共同調査研究事業（天草市産白亜紀・古第三紀脊椎動物化石調査研究協定）により福井県立恐竜博物館で実施された。なお、記載の化石

は顎骨前方に位置する切歯のため、その歯の前方は唇側 (labial)、後方は舌側 (lingual)、正中側は近心 (mesial)、反対の外側は遠心 (distal) ないし頬側の意味である。

赤崎層の層序の認識に関する混乱

古生物記載に移る前に、過去の研究の中で赤崎層とされた概念と認識が、本稿の赤崎層と異なるものがあるため、あえてこの項目を設けて解説する。過去の研究報告には赤崎層の分布や時代について異なる見解があり、層序の混乱も見られる。

既述のように赤崎層の分布は宇土半島から長島にかけての、いわゆる天草地域東側の島嶼にわたるが、天草下島においても本層に対比可能とされる地層、「赤崎相当層」が分布すると提唱されている（田代・大塚，1978）。その名称と赤崎層に対比が可能とする見解は、「赤崎相当層」に赤色泥岩が部分的に挟在することが根拠と思われ、概念的には松下（1949）の福連木層の下部に相当すると考えられる（三木，1981；高井ほか，1997）。田代・大塚（1978）の“赤崎相当層”は、本来、非

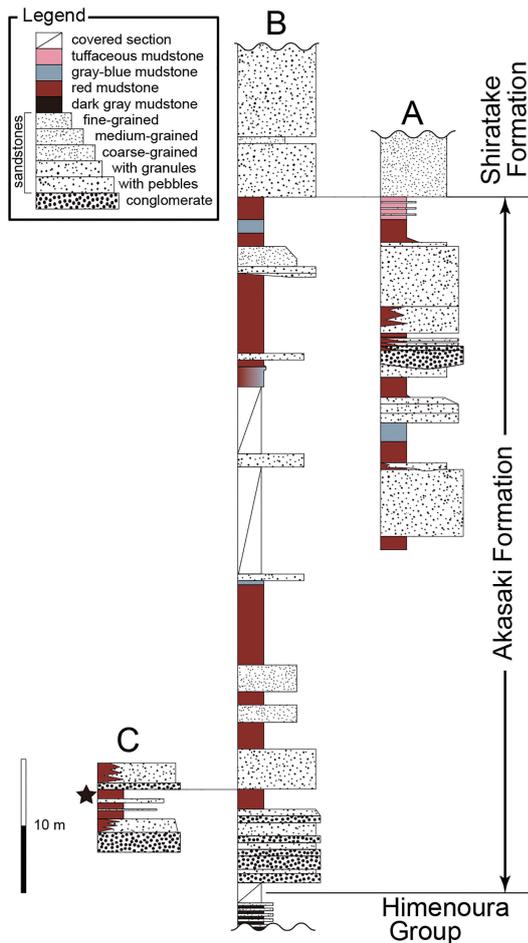


Fig.2. Measured stratigraphic sections of the Akasaki Formation showing the stratigraphic horizon of GCM-VP179 (solid star). The locations of the stratigraphic sections (A–C) in Yokoura-jima Island are denoted in Fig. 1.

海成層の概念を持つものとして提唱されたが、天草下島の明石岬など、後に報告される天草下島各地の“赤崎相当層”は干潟～浅海棲種の貝化石や大型有孔虫のヌムリテスのほか、中期始新世初期のナノ化石も産する、いわゆる海成層が主体として報告される（田代ほか、1980；大塚、2002；大塚、2011）。さらに大塚（2011）は、“赤崎相当層”は赤崎層に、“赤崎相当層”直上の“白岳砂岩相当層”は白岳層に含まれると再定義の提唱を行った。“赤崎相当層”のナノ化石は当初、田代ほか（1980）が CP12 帯 (*Discoaster subloboensis* Zone) のものと報告したが、後に中期始新世前期の CP13a 亜帯に改定された (Okada, 1992)。すなわち、“赤崎相当層”の年代は現在のところ、約 47 Ma よりも古くない (宮田ほか、2020)。ほかにも、大戸ほか (2001) による鹿児島県獅子島の放散虫化石生層序の研究

では、赤崎層の基底である不整合面より下位（通常、上部白亜系姫浦層群である）から産した放散虫化石群集が、*Theocotyle cryptocephala* Zone 上部から *Dictyoprora mongolfier* Zone 下部 (RP10 帯上部～RP11 帯下部相当：前期始新世末～中期始新世初期；Vandenbergh et al., 2012) であるという報告もある。しかしながら、その再検証や追試はされていないため、ここでは議論しない。

いずれにしても、“赤崎相当層”のナノ化石の生層序年代や上記の放散虫生層序帯は、Miyake et al. (2016) の赤崎層の U-Pb 年代よりも若い。すなわち、“赤崎相当層”はその U-Pb 年代の得られた赤崎層と同等の年代とする根拠は無いことになる。すなわち、赤色岩層を挟む岩相上の類似はあるとしても、“赤崎相当層”は赤崎層とは同時期のものではない海棲生物の化石を産することから、赤崎層に相当するとは考えにくい。大塚 (2011) は“赤崎相当層”を包括した赤崎層の再定義を提唱したが、その再定義や“赤崎相当層”の使用は、天草地域の古第三系の解釈に混乱をもたらす可能性がある。“赤崎相当層”のナノ化石生層序年代と同時期の海成層は、かつて長尾が提唱した「ヌムリテス層海進」(長尾、1928) に伴って形成された赤崎層上位の白岳層に相当すると思われる。すなわち、天草一帯を含む西九州の古第三紀炭田地域には、赤色泥岩を伴う赤崎層のような陸成層の上に、約 47 Ma の中期始新世前期をはじめとする海進期に海成層が形成されるが、天草下島ではその陸成層をほぼ欠いていると解釈される。

また、赤崎層と白岳層は岩相上、一般に判別しやすいが、両層の境界付近は場所によって層序を混同した研究もある。従来、赤崎層の上限は赤色泥岩層が消失し、さらにその上位に白岳層では特徴的とされる炭質泥岩層の出現、ないし汽水～浅海域に生息する貝化石の産出層準を境界（白岳層の基底）とするのが一般的である (長尾、1926；井上、1962)。白岳層の特徴とされるアルコース砂岩の厚層を白岳層の基底とみなす場所もあり、全ての地域でこの基準が踏襲できるものではない。また、赤色泥岩層は“赤崎相当層”にも挟在されていたように示準的なものではなく、単に赤色泥岩層の存在だけで赤崎層とは判断できない。白岳層の汽水棲貝化石産出層準の直上にも薄い赤色泥岩層が存在する事実を、筆者は上天草市瀬島北部

で観察したことがある。いずれにせよ、長尾 (1926) の定義によれば赤崎層は海進期以前の地層で、海棲生物化石の産出がない地層と定義される。だが、赤崎層に対比される長崎県長崎市の高島炭田の赤崎層群香焼層 (松下, 1949) 上部に、汽水や浅海棲の貝化石が産する層準がある (Mizuno, 1964)。赤崎層にそうした層準は確認されていないが、そうした汽水成層や浅海成層を挟むならば、それは“赤崎相当層”よりも古い。

天草上島北東部の千巖山に赤崎層から白岳層におよぶ層序が観察されるが、田中ほか (1997) は干潟から浅海の貝化石に富み、赤色岩層の無い弥勒層群の層序を「千巖山層」と名付け、赤崎層と白岳層の間に存在するとした。「千巖山層」は地層命名規約 [URL2, 3] に沿った正式な地層の新設ではないが、アルコース砂岩の厚層を主とする白岳層特有の岩相とは異なることから、そのような層序区分を提唱したと思われる。田代 (2004) は、「千巖山層」にあたる層序を赤崎層と白岳層の「漸移層」とも呼び、赤崎層の一部とする見解を示した。しかしながらこの層序は長尾 (1926) が Lower *Orthaulax* Zone と呼ぶ白岳層の軟体動物化石帯の貝化石を多産し、井上 (1962) も自身の地質図に「千巖山層」の分布域を白岳層と塗色している。Tanaka et al. (2017) は、「千巖山層」を含み「赤崎層」として塗色された豊原・長谷 (1991) の地質図を引用し、白岳層下部である「千巖山層」を赤崎層と混同した。既に述べたように、“赤崎相当層”と白岳層は海棲生物の化石に富み、赤崎層とは年代と堆積環境が異なる地層である。なお、「千巖山層」の下位に既述の Miyake et al. (2016) が報告した酸性凝灰岩層があることも、筆者は自身の調査で確認している。

赤崎層の哺乳類化石の研究

赤崎層は海棲生物の化石産出が未だ無い河川堆積物からなるが、長尾の提唱以降、赤色泥岩を挟む岩相上の特徴には注目されるものの、「無化石層」として長らく知られたため、古生物学研究の対象となる地層ではなかった。本層から初めて発見された化石は、宇土半島の赤瀬に分布する本層から発見された大型の哺乳類化石であり (宮田・富田, 1995), 1993 年 3 月に筆者と岩崎康穎熊本大学理学部教授 (当時) によって発見された。その最初の

化石は裂歯目エソニックス科のトロゴサス亜科に属する *Higotherium hypsodon* と記載された (Miyata and Tomida, 1998a)。その後、上天草市大矢野町維和島の赤崎層から、北米のトロゴサス属に類似した大型の裂歯類化石が (Cf. *Trogosus* sp.; 宮田・富田, 1997a; Miyata and Tomida, 1998b), さらに天草市御所浦町の牧島に分布する赤崎層からも裂歯目トロゴサス亜科と汎歯目コリフォドン科の複数の化石が報告された (宮田・富田, 1997b; Miyata and Tomida, 1998b; 宮田ほか, 2005; Miyata et al., 2011)。牧島産の裂歯類はトロゴサス属の大型種に類似し、*Trogosus* cf. *T. latidens* と記載された (Miyata, 2007a)。赤崎層の哺乳類化石は主に裂歯目の化石が先行して記載されているが、汎歯目や奇蹄目、偶蹄目などを含む 8 目 12 種を超えることが既に確認されている (Miyata et al., 2011)。ほぼ同時期と考えられる哺乳類化石は天草地域よりさらに南西に位置する鹿児島県甕島列島の上甕島層群中甕層からも知られ (Miyata et al., 2011; 宮田ほか, 2019), まだ未報告の化石も加えれば種類はさらに増加する。これら赤崎層と中甕層の哺乳類化石は、日本の新生代最古の哺乳動物相を代表し、北米の前期始新世後期の陸棲哺乳類化石生層序時代である Bridgerian と、これにほぼ対比されるアジア本土 (当時、ヨーロッパとアジアは海域で分断されることが起きている) における生層序時代である Arshantan の動物相との関連がある (Miyata et al., 2011; 宮田ほか, 2019)。

古生物記載

裂歯目 Order Tillodontia Marsh, 1875

エソニックス科 Family Esthonychidae Cope, 1883

トロゴサス亜科 Subfamily Trogosinae Gazin, 1953

Gen. et sp. indet.

Fig. 3

[標本] GCM-VP179, 右上顎または左下顎の第二切歯先端部

[産出地と産出層準] 熊本県天草市御所浦町横浦島北西部の海岸 (Fig. 1; 32°22' 12.0" N 130°20' 29.0" E 周辺)。弥勒層群赤崎層の基底から上位約 8 m の赤色泥岩層 (Fig. 2)。

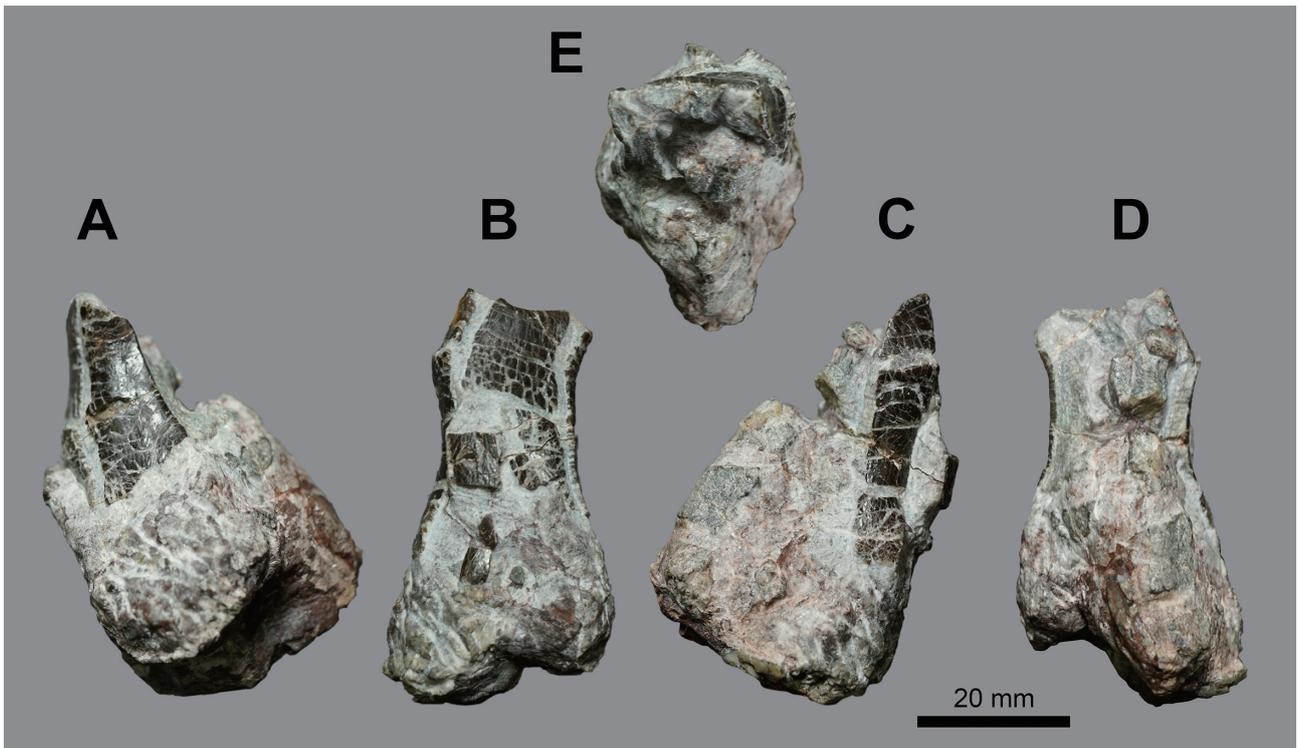


Fig. 3. GCM-VP179, Trogosinae, gen et. sp. indet., from the Akasaki Formation, Yokoura-jima Island, Goshoura, Amakusa City. **A**, distal (lateral); **B**, labial (anterior); **C**, mesial; **D**, lingual (posterior); **E**, occlusal views. Anterior (labial) at top in occlusal view.

横浦島を含む周辺の地質については天野 (1960), 塚脇・嶋村 (1996), 嶋村 (1997) の既報がある。天野 (1960) の古第三系層序の解釈では横浦島の北西部 (割石) に白岳層は分布しないが, 塚脇・嶋村 (1996) とそれを引用する嶋村 (1997) では白岳層が確認されている。筆者による調査では, 白岳層と考えられる砂岩, 礫岩の厚層が赤崎層の上位に確認できた。赤崎層の層厚は塚脇・嶋村 (1996) と嶋村 (1997) では 62 m と見積もられたが (塚脇・嶋村 (1996) の Fig. 3 では 42 m との記述もある), 筆者の調査では割石の西岸で約 52 m (Fig. 2B), 東方ではより粗粒で赤色泥岩層は薄くなる傾向がある (Fig. 2A)。なお, 塚脇・嶋村 (1996) では白岳層の層厚は 35 m 以上と見積もられている。既出の白岳層下部に特有な貝化石層 (Lower *Orthaulax* Zone) は報告されておらず, 筆者も確認できなかった。GCM-VP179 の化石層準は海岸部の露頭にあり, そこでは不整合面からの層位は直に確認できないが, 赤崎層の基底から約 8 m 上位の赤色泥岩層から産した。

[記載] GCM-VP179 は部分的に割れた歯の化石で, 完全に母岩から割出すことはできない。歯の先端から母岩を含む標本全体の長さは 53 mm,

最大幅は 32 mm である。赤色泥岩中に形成された石灰質のノジュールから発見され, 非結晶質の微粒なカルサイトが GCM-VP179 の周囲と, そのエナメルや象牙質の割れ目に生じている。そのノジュールは赤崎層の古土壌層中に形成されたカルクリート (calcrete; Wright and Tucker, 1991) と考えられ, カルクリートの形成時に, 標本の変形や分解が行われたと思われる。

GCM-VP179 は本来の形状は保持されていないが, エナメルの分布から推定して, 歯は少なくとも 38 mm ほどの長さがあり, 歯根側で太くなる。歯の先端から後方 (舌側) へ約 20 mm の幅広い咬耗面がある (Fig. 3)。歯の先端はノミ状 (chisel-like) であり, 歯の長軸を横断する断面では, エナメルが歯の前面 (唇側) および, それに直交する内外の側面 (近心面と遠心面) でコの字型となる (Fig. 3E)。母岩と接する歯根側は保存が悪く, 形状は判別し難い。エナメルは歯の唇側と (Fig. 3B), 近心側と遠心側のそれぞれ前方を覆うが (Fig. 3A, C), 後方 (または舌側) にエナメルは分布せず, 象牙質が露出する (Fig. 3D)。唇側とそれぞれの側面 (近心面と遠心面) が接する角でエナメルには割れ目が生じているが (Fig. 3B), 近心面前方のエナメ

ル幅は狭く (約 7.5 mm; Fig. 3C), 遠心面のエナメル幅はその倍ほどある (Fig. 3A). エナメルが覆う歯の近遠心の幅は, 少なくとも約 14 mm あると見積もられ, これと直交する前後の幅 (唇舌幅) はその倍あると推定される. エナメルが分布しない後方 (舌側側) の象牙質にも割れ目があるという保存の悪さではあるものの, 象牙質は後方 (舌側) へと伸張する (Fig. 3C).

[考察] GCM-VP179 の保存状態は悪いが, その先端部は幅広い咬耗面のあるノミ状であり, そのサイズから大型哺乳類の切歯ないし犬歯の一部に類似する. そのエナメル分布は, 齧歯類の切歯のように, 歯の唇側面と, 近心および遠心面のそれぞれ前方のみに限られる. 赤崎層の時代 (前期始新世後期) に, このようなサイズと形態を持つ哺乳類の歯は, 裂歯目トロゴサス亜科の第二切歯か, 紐歯目ステリノドン科 (Taeniodonta, Stylinodontidae) の犬歯に符合するが (Schoch, 1986), 前者はアジアと北米に化石記録があるものの, 後者は北米のみに限られる (Schoch and Lucas, 1982; Schoch, 1986). これまでの化石記録から, GCM-VP179 はトロゴサス亜科の第二切歯と判断されるが, 上顎の歯か, 下顎の歯かを判断できない. トロゴサス亜科の歯列形態が良く知られる *Trogosus* 属を例にすれば, その上顎および下顎の第二切歯は共に無歯根歯で, サイズもエナメルの分布も互によく類似するものの, 上顎切歯後方の象牙質の近心側に, 歯の長軸に沿った浅い溝が存在し, 下顎第二切歯と区別できる (Miyata, 2007b; Miyata and Deméré, 2016). 本標本のように保存状態が悪い場合は両者の区別が困難となる.

GCM-VP179 は中国の中部始新統から知られる同亜科の巨大な属 *Chungchienia* (Chow et al., 1996) の第二切歯, および小型の属 *Kuanchuanius* (Chow, 1963) の第二切歯とは容易に区別できる. 北米で記載された *Trogosus* 属や *Tillodon* 属の第二切歯と形態的にやや類似するが, GCM-VP179 の歯の近遠心幅はそれらの上顎および下顎の第二切歯よりも幅広く, 両属のどの種よりも大きい. 赤崎層産の *Higotherium hypsodon* (NSM-PV20118, 右下顎骨の一部; Miyata and Tomida, 1998a) および *Trogosus* 属の大型種 *Trogosus* cf. *T. latidens* (GCM-VP 103; 2 本の上顎歯と 10 本の下顎歯, 下顎骨の断片, 頸椎など; Miyata, 2007a) とは直接の比較がで

ないが, Cf. *Trogosus* sp. (NSM-PV20121, 第二切歯を含む 7 つの断片的な歯; Miyata and Tomida, 1998b) の第二切歯よりも幅広く, 大きい.

化石産出の意義

赤崎層のトロゴサス亜科の化石は, 本標本 (GCM-VP179) 以外に 4 標本ある. 宇土市赤瀬から記載された *Higotherium hypsodon* の模式標本 (NSM-PV20118) と未記載の巨大な上顎第二切歯 (宮田, 2010), そして上天草市大矢野町の維和島西部から Cf. *Trogosus* sp. の標本 (NSM-PV20121) の 3 標本は全て赤崎層の上限付近の層準から産した. 赤瀬産の上顎第二切歯の幅は GCM-VP179 の倍ほどあり, サイズは著しく異なる. 最後の 1 標本は牧島の赤崎層中部から産した *Trogosus* cf. *T. latidens* である (GCM-VP 103; Miyata, 2007a). 牧島の赤崎層中部から複数の哺乳類化石が産したが (宮田, 1997; Miyata et al., 2006), GCM-VP179 の層準は姫浦層群との不整合面により近く, 知られる限り最も下位の哺乳類化石産出層準となる. すなわち, トロゴサス亜科の標本は, 赤崎層のほぼどの層位からも産出するかのようと思われる.

北米ではトロゴサス亜科の化石産出が Bridgerian の示準となるが (Gunnell et al., 2009; Miyata and Deméré, 2016), 既に Miyata et al. (2011) が赤崎層の哺乳動物群集が Bridgerian に相当することを想定したように, GCM-VP179 はさらにこの考えを示唆する追加標本と言える. しかしながら, 本化石を産した横浦島の赤崎層の層厚は約 50 m, GCM-VP103 を産した牧島の赤崎層の層厚は約 80 m と, 他の地域の赤崎層に比べて共に薄く, 後者の約 5 倍の層厚もある宇土半島北岸 (約 370 m の層厚; 平岩~赤瀬付近における筆者の調査による推定値) の赤崎層や, さらにその倍近い層厚をもつ甌島列島の上甌島層群中甌層 (約 890 m) は, 同じ前期始新世後期の時間幅にあり, 同時期の動物群として評価するには哺乳類化石の解明だけでなく地層自体の年代学的課題が避けて通れない. アジア本土の Arshantan は北米の Bridgerian との対比が考えられているものの, その堆積年代の信頼できるデータは未だ報告が無い (Miyake et al., 2016). 赤崎層の哺乳類化石の分類を進め, 本層のさらなる堆積年代が分かれば, 東アジアの前期始新世陸相哺乳類化石生層序を代表するデータになるだろう.

謝辞

本論文で記載した標本 GCM-VP179 を発見し、その産出地についてご情報をいただいた菊池直樹氏、ならびに研究の機会を与えてくださった天草市立御所浦白亜紀資料館の廣瀬浩司主任学芸員には心から感謝申し上げます。特に両氏は本論文が長らく遅れているにもかかわらず、忍耐強くご支援いただいた。剖出作業の補助は勝山市の浅井麻希氏が行った。本論文の内容について、筆者の恩師の一人である富田幸光氏（国立科学博物館名誉研究員）、および熊本大学時代の後輩でもある御所浦白亜紀資料館の鶴飼宏明学芸員には、本稿の丁寧なご助言とご指摘をいただき、初稿の改善になった。併せてお礼申し上げます。

文献

- 天野昌久 (1960): 熊本県天草郡牧島及びその附近の島嶼の地質. 地質学雑誌, **66**(783), 767–779.
- Chow, M. (1963): Tillodont materials from Eocene of Shantung and Honan. *Vertebrata Palasiatica*, **7**, 97–104.
- Chow, M., Wang, J. and Meng, J. (1996): A new species of *Chungchienia* (Tillodontia, Mammalia) from the Eocene of Lushi, China. *American Museum Novitates*, **3171**, 1–10.
- Cope, E. D. (1883): On the mutual relations of the butherian Mammalia. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, **35**, 77–83.
- Gazin, C. L. (1953): The Tillodontia: an early Tertiary order of mammals. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **121**(10), 1–110.
- Gunnell, G. F., Murphey, P. C., Stucky, R. K., Townsend, K. E. B., Robinson, P., Zonneveld, J.-P. and Bartels, W. S. (2009): Biostratigraphy and biochronology of the latest Wasatchian, Bridgerian, and Uintan North American Land Mammal ‘Ages’. *Museum of Northern Arizona Bulletin*, **65**, 279–330.
- 井上英二 (1962): 熊本県宇土半島三角周辺の古第三系. 地質調査所月報, **13**, 1053–1071.
- 井上英二・田中啓策・寺岡易司 (1982): 中甌地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 99 p.
- Marsh, O. C. (1875): New order of Eocene mammals. *American Journal of Science and Arts*, **9**, 221.
- 松下久道 (1949): 九州北部に於ける古第三系の層序学的研究. 九州大学理学研究報告 (地質学之部), **3**(1), 1–57.
- Miki, T. (1975): Formation and development of sedimentary basins during the Paleogene in Amakusa and its adjacent areas, western Kyushu. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyusyu University, Series D, Geology*, **23**(2), 165–209.
- 三木 孝 (1981): 西九州古第三紀層最下部の再検討. 九州大学理学部研究報告 (地質学), **14**(2), 63–71.
- Miyake, Y., Tsutsumi, Y., Miyata, K. and Komatsu, T. (2016): LA-ICP-MS zircon U–Pb dating of acidic tuff from the Eocene Akasaki Formation, Amakusa, Kumamoto Prefecture, western Kyushu, Japan: implications for the age of the land mammal fauna. *Paleontological Research*, **20**, 302–311.
- 宮田和周 (1997): 熊本県御所浦町牧島から産した始新世哺乳類化石. 嶋村 清編, 御所浦の地質. 御所浦町全島博物館構想推進協議会刊. 103–109.
- Miyata, K. (2007a): New material of Asian *Trogosus* (Tillodontia, Mammalia) from the Akasaki Formation, Kumamoto Prefecture, Japan. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **27**, 176–188.
- Miyata, K. (2007b): New species of *Trogosus* (Tillodontia, Mammalia) from the Green River Basin, Wyoming, USA. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **27**, 661–675.
- 宮田和周 (2010): 熊本県始新統赤崎層から発見された大型裂歯類 (裂歯目, 哺乳類) の新標本. 日本古生物学会第 159 回例会講演予稿集, 12.
- Miyata, K. and Deméré, T. A. (2016): New material of a ‘short-faced’ *Trogosus* (Mammalia, Tillodontia) from the Delmar Formation (Bridgerian), San Diego County, California, U.S.A. *Journal of Vertebrate Paleontology*. DOI: 10.1080/02724634.2016.1089878.
- 宮田和周・長田充弘・平田岳史・仁木創太・服部健太郎・大藤 茂 (2019): 日本最古の新生代陸棲哺乳類化石群集の年代学的意義. 日本古生物学会第 168 回例会予稿集, 17.
- 宮田和周・長田充弘・仁木創太・服部健太郎・大林秀行・平田岳史・大藤 茂 (2020): 九州北部福岡県筑豊炭田の始新統直方層群下部のジル

- コン U-Pb 年代 . 地質学雑誌 , **126**(5), 251–266.
- 宮田和周・富田幸光 (1995): 熊本県の古第三系赤崎層より産出した裂歯類 (哺乳動物) 化石 . 日本古生物学会 1995 年年会講演予稿集 , 88.
- 宮田和周・富田幸光 (1997a): 古第三系赤崎層から新たな大型哺乳類化石の発見とその層序学的意義 . 日本古生物学会 1997 年年会講演予稿集 , 59.
- 宮田和周・富田幸光 (1997b): 熊本県御所浦町に分布する赤崎層から産出した汎歯類 (哺乳動物) 化石 . 日本地質学会第 104 年学術大会講演要旨 , 347.
- Miyata, K. and Tomida, Y. (1998a): A new tillodont from the early Middle Eocene of Japan and its implication to the subfamily Trogosinae (Tillodontia : Mammalia). *Paleontological Research*, **2**(1), 53–66.
- Miyata, K. and Tomida, Y. (1998b): *Trogosus*-like tillodont (Tillodontia, Mammalia) from the early Middle Eocene of Japan. *Paleontological Research*, **2**(3), 193–198.
- Miyata, K., Tomida, Y., Beard, K. C., Gunnell, G. F., Ugai, H. and Hirose, K. (2011): Eocene mammals from the Akasaki and Nakakoshiki Formations, western Kyushu, Japan: preliminary work and correlation with Asian Land Mammal Ages. *Vertebrata Palasiatica*, **49**, 53–68.
- Miyata, K., Tomida, Y., Ugai, H. and Hirose, K. (2006): Additional specimen of a new coryphodontid pantodont (Mammalia) from the Eocene Akasaki Formation, Kumamoto Prefecture, Japan, and its taxonomic and ontogenetic significance. *Abstracts of Papers, Journal of Vertebrate Paleontology*, **26**(Suppl. 3), 102A.
- 宮田和周・鶴飼宏明・廣瀬浩司・富田幸光 (2005), 熊本県御所浦町から新たに発見されたコリフォドン科 (汎歯目: 哺乳類) の化石について . 日本古生物学会 2005 年年会講演予稿集 , 124.
- Mizuno, A. (1964): Paleogene and early Neogene molluscan faunas in west Japan. *Reports, Geological Survey of Japan*, 204, 1–72.
- 長尾 巧 (1922): 天草の地質略報 (一) . 地質学雑誌 , **29**(341), 41–56.
- 長尾 巧 (1926): 九州古第三紀層々序 (其一) . 地質学雑誌 , **38**(445), 115–130.
- 長尾 巧 (1928): 九州古第三紀層々序 (其二十二) . 地質学雑誌 , **40**(5), 278–288.
- 大戸剛志・竹村静夫・竹村厚司・西村年晴 (2001): 鹿児島県獅子島から産した白亜紀・古第三紀放射虫化石 . 大阪微化石研究会誌 , 特別号 12, 283–291.
- Okada, H. (1992): Calcareous nannofossils and biostratigraphy of the Paleogene sequences of the northern Kyushu, Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **98**(6), 509–528.
- 大塚雅勇 (2002): 熊本県下須島の地質学的研究 (古第三系について) . 御所浦白亜紀資料館報 , 3, 23–28.
- 大塚雅勇 (2011): 天草地域の上部白亜系および始新統の層序と二枚貝化石群集 . 御所浦白亜紀資料館報 , 12, 1–44.
- Schoch, R. M. (1986): Systematics, functional morphology and macroevolution of the extinct mammalian order Taeniodonta. *Peabody Museum of Natural History, Yale University, Bulletin*, 42, 1–307.
- Schoch, R. M., and Lucas, S. G. (1982): The distribution and paleobiogeography of the Tillodontia (Mammalia, Eutheria). *Geological Society of America Abstracts with Programs*, **14**(7), 349.
- 嶋村 清 (1997): 御所浦を歩く — 御所浦町地質ガイド — . 嶋村 清編, 御所浦の地質 . 御所浦町全島博物館構想推進協議会刊 . 1–56.
- 高井保明・佐藤博之 (1982): 魚貫崎及び牛深地域の地質 (阿久根地域の一部を含む) . 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅) , 地質調査所, 87p.
- 高井保明・坊城俊厚・原田種成 (1997): 熊本県天草炭田の地質及び石炭鉱床 . 日本炭田図 XIV 天草炭田地質図説明書 , 地質調査所 , 77p.
- Tanaka, G., Henmi, Y., Komatsu, T., Hirose, K., Ugai, H., Kawano, S. and Maeda, H. (2017): First discovery of Eocene coastal-estuarine ostracods from Japan, with the geological history of the migration of estuarine genera in the Far East. *Geological Magazine*, **155**(8), 1742–1760.
- 田中保孝・近藤康生・田代正之 (1997): 熊本県天草上島付近の古第三系彌勒層群千巖山層 (新称) の貝類群集とその古生態 . 日本地質学会第 104 年学術大会講演要旨 , 414.

- 田代正之 (2004): 天草の構造運動とそれに伴う化石群集と環境の変遷—御所浦周辺の岩相と化石群集を中心として— . 日本古生物学会普及講演資料, 天草の構造運動とそれに伴う化石群集と環境の変遷 . 日本古生物学会 . 1-23.
- 田代正之・岡田尚武・平 朝彦・大塚雅勇 (1980) 天草下島古第三系基底層からの始新世中期のナンノ化石の発見 . 地質学雑誌, **86**(2), 139-141.
- 田代正之・大塚雅勇 (1978): 熊本県・天草下島の白亜系と古第三系の境界付近の層位学的研究 . 高知大学学術研究報告 (自然科学), **27**(9), 113-134.
- 豊原富士夫・長谷義隆 (1991): 三角・教良木・水俣 (5 万分の 1 表層地質図) . 熊本県 .
- 塚脇真二・嶋村 清 (1996): 熊本県天草郡御所浦町, 横浦島の地質 . 九州東海大学総合教育研究センター紀要, **8**, 17-35.
- Vandenbergh, N., Hilgen, F. J. and Speijer, R. P. (2012): The Paleogene Period. *In* Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. D. and Ogg, G. M. (eds.), *The Geologic Time Scale 2012*, **2**, Elsevier BV, Oxford, U.K., 855-921.
- Wright, V.P. and Tucker, M.E. (1991): *Calcretes*. Blackwell Scientific Publications, Carlton, Australia. 352pp.
- [URL1] 国土地理院, 地理院地図 (電子国土 Web) (Geospatial Information Authority of Japan (GSI), GSI Maps (Electronic National Land Web), <http://maps.gsi.go.jp/>).
- [URL2] 日本地質学会 (Geological Society of Japan (JGS)), 地層命名の指針 VI. 地層命名の手順, <http://www.geosociety.jp/name/content0001.html>.
- [URL3] 日本地質学会 (Geological Society of Japan (JGS)), 地層命名の指針 1952 年 2 月 18 日制定 2000 年 4 月 1 日改訂, <http://www.geosociety.jp/name/content0003.html>.

(2021 年 11 月 30 日受理)