

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：82617

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05333

研究課題名(和文) テチス獣類の歯のテクスチャーと安定同位体から見た水中索餌という環境適応戦略

研究課題名(英文) Environmental adaptive strategies for feeding under water in the Tethytheria (Mammalia: Afrotheria) based on isotopic and texture analyses of teeth.

研究代表者

甲能 直樹 (Kohno, Naoki)

独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・グループ長

研究者番号：20250136

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：アフリカ大陸北部に位置するモロッコのウル・アブドゥーヌ盆地東縁のダウイ地方の暁新統(約6000万年前)から産出する長鼻類の基幹種について、炭素と酸素の同位体分析を行なって、彼らの生息地と食性の推定を試みた。その結果、長鼻類の基幹種は、水棲生態系の食物を摂っていたことが示唆された。また、彼らは海水の影響が大きい環境に生息していたことも強く暗示された。これらの結果から、長鼻類は進化の最初期には水生生物を一次生産者とする食物網に属する動物で、その生息地も海岸であったことが強く暗示された。したがって、テチス獣類は全体として最初は海棲哺乳類として進化し、後に再陸棲化したことが強く示唆される結果となった。

研究成果の概要(英文)：Carbon and oxygen isotopic analyzes were conducted to the basal taxa of the Proboscidea (i.e., the elephants) from the Paleocene marine phosphatic formation (ca. 60 Ma) distributed in the Ground Daoui, the Ouled Abdoun Basin, Morocco, located on the northern Africa, to estimate their habitat and feeding preferences. As a result, basal taxa of the Paleocene elephants were suggested to be aquatic. In addition, they were considered to have been inhabited around the marine coast of the Tethys Sea (=ancient Mediterranean Sea). From these results, the elephants were aquatic in the initial stage of their evolution, and surprisingly, they were inhabited along the coast of the Tethys Sea during their initial evolution and adaptation in the Paleocene. Accordingly, the tethytheres as a whole evolved initially as marine mammals, and they were thought to be returned to lake or river secondarily and to land thirdly along the coast of and/or in North Africa.

研究分野：哺乳類古生物学

キーワード：テチス獣類 テクスチャー 索餌戦略 安定同位体 水生適応

1. 研究開始当初の背景

アフリカ大陸に起源を持つ哺乳類はアフリカ獣類 (Afrotheria) と呼ばれ、真獣類 (Eutheria) の中に認められる4つの単系統群の一角をなしている。アフリカ獣類はアフリカトガリネズミ類、ハネジネズミ類、管歯類 (以上アフリカ好虫類)、岩狸類、海牛類、長鼻類 (以上近蹄類) と絶滅した近蹄類である重脚類 (エジプトのアルシノイテリウムの仲間) 並びに束柱類 (北太平洋沿岸のデスモスチルスの仲間) といった、形態学的にも生物地理的にも極めて多様な8系統群からなっている。このうち、暁新世 (約6600-5600万年前) のテチス海 (古地中海) 周辺で進化した近蹄類の一群は、テチス獣類 (Tethytheria) と呼ばれる単系統群を形成し、この仲間には長鼻類、海牛類、絶滅した束柱類が含まれている。興味深いことに、テチス獣類のほとんどの系統群 (海牛類と束柱類) は水生適応を示しており、長鼻類も進化の初期に水生適応していた可能性が指摘されていることから、この仲間の系統進化と適応放散の初期過程で何が起こっていたのか、世界的に関心が持たれている。

このような背景の下で、申請者はテチス獣類の中でもその分布が北太平洋に達し、形態的にも特異性の著しい束柱類の古生態について、(1) 咀嚼系の機能形態学的解析に基づいた顎運動の推定、(2) 肉眼形態学 (形態機能学)・顕微形態学 (微小磨耗痕)・同位体地球化学 (酸素・炭素の安定同位体比) の統合による古生態解明法の提案、(3) 咀嚼の際に生じる歯の表面の微小磨耗痕の定量化、(4) 歯の硬組織の酸素・炭素の安定同位体比および微量元素の分析による食性と生息場所の推定を行ってきた。これら一連の研究の結果、束柱類のように子孫を残さず絶滅してしまった哺乳類であっても、こうした方法を

用いることで、索餌行動、食性、生息地が細かに復元できることを示すと同時に、テチス獣類の中にあつて海牛類とは系統的にやや類縁関係が遠いとされる束柱類も、系統群全体が進化の初期過程においてすでに水生適応していたことを示す事例となった。さらに、系統的にみて束柱類に近縁な長鼻類においても、近年の同位体地球化学的研究により、始新世 (およそ4900~3500万年前) のいくつかの種が半水生 (淡水棲) であったとの報告がなされており、テチス獣類が全体として系統群の初期に一定程度水棲生活に適応していた可能性が想起された。そうしたことから、アフリカ獣類の中でのテチス獣類の適応進化の過程をより明確に理解するうえで、系統進化と適応放散の背景にある古環境変動の様相と共に、テチス獣類の基幹種群 (所謂祖先種) の索餌様態と索餌対象を明らかにして、テチス獣類の当初の生息地を明らかにする必要があるが生じていた。

2. 研究の目的

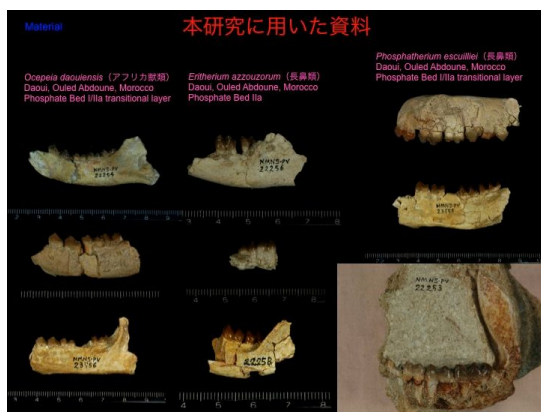
本研究では、モロッコのウル・アブドゥーヌ盆地東縁のダウイ地方の暁新世後期 (約6100-5900万年前) から産出したテチス獣類の中で最も原始的かつ時代的にこれまでのところ世界最古のテチス獣類とされているオセペイア (*Ocepeia daouiensis* Gheerbrant and Sudre, 2001) 並びに、これまでのところ世界最古の長鼻類とされている同地の暁新世後期 (約6100-5900万年前) のエリテリウム (*Eritherium azzouorum* Gheerbrant, 2009) および同地の暁新世最後期 (約5900-5600万年前) のフォスファテリウム (*Phosphatherium escuillei* Gheerbrant et al., 1996) の歯を資料に用いて、(1) 類歯の歯冠表面に残されている咬合面のテクスチャー (微細表面形態) の三次元情報を定量化して他の哺乳類の顎運動との比較を行な

うことで索餌行動を推定し、(2) 類歯の歯冠エナメルから抽出した炭素と酸素の安定同位体比に基づいて、これまでのところまったく情報が無い初期のテチス獣類および長鼻類について、彼らが水中で索餌をしていたかどうかという観点から、テチス獣類の食物連鎖の中での生態的地位の位置づけを試みた。そして、歯のテクスチャー解析および同位体解析により得られた情報をこの仲間全体の系統進化仮説と統合して、テチス獣類の初期進化における索餌様態、索餌対象、生息地の進化的変化の過程を詳らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究においては、以下の方法を用いて研究を進めた。

(1) 研究代表者(以下代表者)は、国立科学博物館(以下科博)に所蔵されているオセペイア3点、エリテリウム3点、フォスファテリウム3点の類歯の実物標本を用いて、各歯種の精密な印象模型を作成し、科博に設置されているデジタル共焦点顕微鏡VK-8510を用いて各歯種の歯冠咬合面に見られるテクスチャー(微細摩耗面)をデジタルデータ化した。

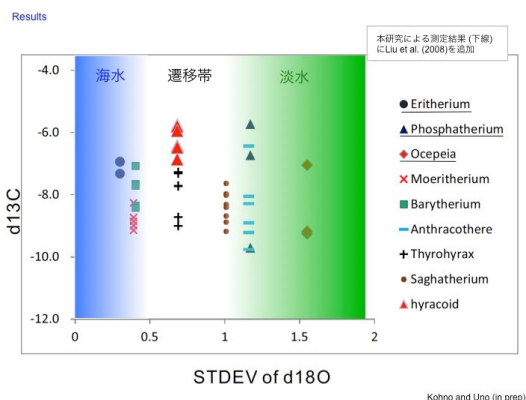


(2) 代表者は研究協力者(以下協力者)と共に、上記の標本から炭素・酸素の同位体の分析のための試料をそれぞれの種において最低3標本(3個体)から1.5~2.0mg程度の分量で採取し、科博に設置されてい

る Kiel + TC/EA を備えた MAT253 を用いて炭素と酸素の安定同位体比の測定を行なった。

4. 研究成果

同位体分析の結果、オセペイアの炭素の安定同位体比は陸棲哺乳類の値よりも高く、水棲生態系の食物を摂っていたと推測される値を示した。一方で、酸素の安定同位体比は陸棲哺乳類の値と同様に偏差が大きく、淡水の影響が大きい環境に生息していたことが示唆された。このことから、テチス獣類は進化の初期過程において、少なくとも湖水あるいは河口近くの淡水域で何らかの水生生物を索餌する半水棲哺乳類であったことが暗示された。一方、長鼻類の基幹種であるエリテリウムについては、炭素同位体比からオセペイアと同様に水中での索餌を暗示する測定値が得られたのみならず、酸素の安定同位体比は陸棲哺乳類の値よりも明らかに偏差が小さく、海水の影響が大きい潟あるいは浅海環境に生息していたことが暗示された。一方で、その後継種であるフォスファテリウムの炭素の安定同位体比は、水棲生態系の食物を摂っていたと推測される値を示したものの、エリテリウムとは異なって酸素の安定同位体比は陸棲哺乳類の値と同様に偏差がやや大きく、淡水の影響が大きい河口のような環境に生息していたことが示唆された。



これらの結果から、長鼻類はテチス獣類の中にあって海辺で索餌をする海棲哺乳類から進化し、後に「たびたび」淡水域へと再進出

したらしいことが明らかとなった。つまり、テチス獣類は海牛類や束柱類のみならず長鼻類も含めてすべて一旦水棲生活へと適応した後さらに海棲生活へと適応し、これらの中で長鼻類だけは3次的に淡水棲から陸棲生活へと戻っていった特異な適応進化史が隠された系統群であったことが強く示唆される結果となった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

(1) Kubo, O. M., Yamada, E., Kubo, T. and Kohno, N., 2017. Dental microwear texture analysis of extant sika deer with considerations on inter-microscope variability and surface preparation protocols. *Biosurface and biotribology*, 3: 155-165. (査読有)

(2) 山田英佑・久保麦野・久保 泰・甲能直樹, 2017. 歯のマイクロウェアに基づく採食生態推定法の進展. 化石, 102: 73-85. (査読有)

(3) Matsui, K., Sashida, K., Agematsu, S. and Kohno, N., 2017. Habitat preferences of the enigmatic Miocene tethythere *Desmostylus* and *Paleoparadoxia* (Desmostylia; Mammalia) inferred from the depositional depth of fossil occurrences in the northwestern Pacific realm. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 471: 254-265. (査読有)

(4) Chiba, K., Fiorillo, A. R., Jacobs, L. L., Kimura, Y., Kobayashi, Y., Kohno, N., Nishida, Y., Polcyn, M. J. and Tanaka, K., 2016. A new desmostylian mammal from Unalaska (USA) and the robust Sanjussen jaw from Hokkaido (Japan), with comments

on feeding in derived desmostylids. *Historical Biology*, 28(1-2): 289-303. (査読有)

[学会発表](計9件)

(1) 甲能直樹・鷓野 光, 2018. 元始、テチス獣類(哺乳類: アフリカ獣類)は海棲哺乳類であった!? 安定同位体が示唆する長鼻類の水棲起源. 日本古生物学会第167回例会(愛媛大学). 講演予稿集: 24.

(2) 松井久美子・Racicot, R. A.・Velez-Juarbe, J.・對比地孝亘・甲能直樹, 2018. 奇妙な耳: 束柱類の内耳形態が語る水棲適応と古生態への示唆. 日本古生物学会第167回例会(愛媛大学). 講演予稿集: 25.

(3) Yamada, E., Kubo, M. O., Kubo, T. and Kohno, N., 2017. Three dimensional microwear analysis with ISO surface roughness parameters for exploring the domesticated pig in the past. 77th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology. (TELUS Convention Centre, Calgary, Canada). *Program and Abstracts*: 217.

(4) 松井久美子・河部壮一郎・遠藤秀紀・對比地孝亘・甲能直樹, 2017. 頭骨形態を指標とした束柱類(哺乳類: ?アフリカ獣類)の水棲適応の定量的解析 -Paleoparadoxia 梁川標本を例に-. 日本古生物学会2017年年会(北九州市立自然史・歴史博物館). 講演予稿集: 19.

(5) 山田英佑・久保麦野・久保 泰・甲能直樹, 2016. 臼歯表面の微視的な傷に基づくイノシシ属の食性推定. 日本動物考古学会第4回大会(鳥取市青谷町総合支所). プログラム・抄録集: D04.

(6) Kohno, N., Fiorillo, A. R., Jacobs, L. L., Chiba, K., Kimura, Y., Kobayashi, Y., Nishida, Y., Polcyn, M. J. and Tanaka,

K., 2015. Desmostylian remains from Unalaska (USA). 75th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology (Dallas, Texas). *Abstracts of Papers*: 157.

(7) Yamada, E., Kubo, M. O., Kubo, T. and Kohno, N., 2015. Tooth enamel surface texture analysis for the extant deer populations with known diet. 75th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology (Dallas, Texas). *Abstracts of Papers*: 242.

(8) 甲能直樹, 2015. 100 年のコレクションが語るデスモスチルス (アフリカ獣類) の歯の形の意味. 日本進化学会第 17 回大会 (中央大学・後樂園キャンパス) . プログラム・講演要旨集: 94.

(9) 山田英佑・久保麦野・久保 泰・甲能直樹, 2015. 国際工業規格に基づく現生ニホンジカ臼歯のマイクロウェア解析. 日本古生物学会 2015 年年会 (つくば市産業総合研究所) . 講演予稿集: 18.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

甲能 直樹 (KOHNO Naoki)

国立科学博物館・地学研究部・グループ長

研究者番号: 20250136

(2) 研究協力者

鵜野 光 (UNO Hikaru)

早稲田大学・理工学術院・総合研究所・

研究員

樽 創 (TARU Hajime)

神奈川県立生命の星地球博物館・学芸部・

主任学芸員

山田英佑 (YAMADA Eisuke)

山梨県立博物館・学芸課・学芸員