

化石と現在の長鼻類の歯：長鼻類の大臼歯化石におけるエナメル質の微細構造と組成における続成作用の影響

Białas N, Prymak O, Singh NP, Paul D, Patnaik R, Epple M (2021) Teeth of past and present elephants: microstructure and composition enamel in fossilized Proboscidean molars and implications for diagenesis. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22, e2020GC009557. <https://doi.org/10.1029/2020GC009557>, 1-16.

著者らは最も硬い生体組織としての歯のエナメル質は化石としてよく保存されていて、古気候、古植生や進化などの研究に適する研究材料であるとしている。本論文では、臼歯化石のエナメル質の微細構造や組成が続成作用に影響されるかどうか調べることを研究目的としている。化石と現生の長鼻類の臼歯エナメル質の微細構造と組成（元素、結晶および結晶中の酸素同位体）を分析して、続成作用の影響を調べている。

研究材料は臼歯エナメル質であり、試料数として合計15試料である。長鼻類化石試料は13試料で、後期始新世（約3400万年前）のアフリカ産長鼻類3試料、中期中新世から後期更新世（約1400万年前から5万年前）までのインド産長鼻類10試料である。また、現生長鼻類の対照標本として、インドのアジアゾウ *Elephas maximus* 1試料を用い、化石の対照標本として、インド産のサイ科 *Rhinocerotidae* の1試料を用いている。アフリカ産長鼻類化石では、*Moeritherium* sp. と *Palaeomastodon* sp. であり、インド産長鼻類化石では、*Gomphotherium* sp., *Deinotherium* sp., *Anancus* sp., *Stegodon insignis*, *Elephas platycephalus*, *Elephas* sp., *Elephas hysudricus*, *Palaeoloxodon namadicus* である。

粉末にしたエナメル質試料は原子吸光分光法（AAS）、イオン選択的電位差測定法（ISP）、紫外分光法（UV / VIS）、赤外分光法（IR）、熱重量測定（TG）、X線粉末回折（XRD）により、エナメル質の化学組成、炭酸含有アパタイト結晶 carbonated apatite (bioapatite) の大きさなどを分析した。さらに、リン酸塩 PO_4^{3-} 中の $\delta^{18}\text{O-PO}_4^{3-}$ の酸素同位体解析を行った。一方、エナメル質の研磨標本作製し、形態学的にエナメル質の組織構造や結晶の大きさを分析

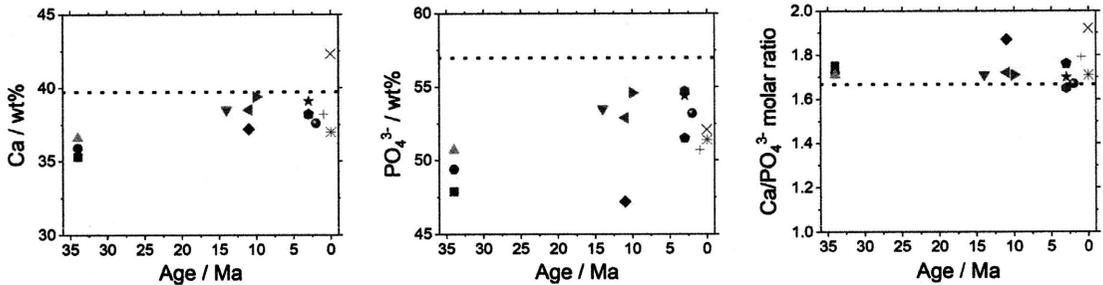
した。

エナメル質の明瞭なエナメル小柱の微細構造は、地質時代に関係なく、よく保存されていた。アフリカ産低冠歯の *Moeritherium* sp. と *Palaeomastodon* sp. のエナメル質組織構造は2層性で原始的な schmelzmuster (Koenigswald and Sander, 1997提唱, エナメル質パターン) であり、外層の放射状走行のエナメル小柱 (RE) と中層から深層のハンターシュレーゲル条 (HSB) を示した。エナメル小柱の横断像はキーホール型 key-hole type であった。インド産鈍頭歯の厚いエナメル質を持つ *Gomphotherium* sp. では3層性 schmelzmuster であり、外層の放射状走行のエナメル小柱 (RE) と中層のハンターシュレーゲル条 (HSB)、深層の立体的走行のエナメル小柱 (3DE) を示した。エナメル小柱の横断像は扇形 fan-shaped であった。稜縁歯の *Deinotherium* sp. では、3層性 schmelzmuster (3DE, HSB, RE) であり、エナメル小柱の横断像はキーホール型 key-hole type であった。鈍頭歯の *Anancus* sp. では、3層性 schmelzmuster (3DE, HSB, RE) であり、エナメル小柱の横断像は扇形 fan-shaped であった。短冠歯の *Stegodon insignis* では、3層性 schmelzmuster (3DE, HSB, RE) であり、エナメル小柱の横断像は銀杏の葉 ginko-leaf であった。外表面近くに無小柱エナメル質 PLE が認められた。 *Elephas platycephalus* では、3層性 schmelzmuster (3DE, HSB, RE) であり、エナメル小柱の横断像は銀杏の葉 ginko-leaf であった。高冠歯の *Elephas* sp., *Elephas hysudricus*, *Palaeoloxodon namadicus* のエナメル質は3DEが優勢であり、エナメル質が薄くなった部位で HSB が見られ、エナメル小柱の横断像は銀杏の葉 ginko-leaf であった。エナメルセメント境 ECJ では、PLE が発達していた。

bioapatite 中のカルシウムとリン酸塩の含有量は、すべての標本で類似しており、標準試料のハイドロキシアパタイト hydroxyapatite に近いものであった（第7図）。化石試料では、現生試料と比較して F の含有量の増加が見られたが、明確な時代依存性はなかった。bioapatite では B 型置換（リン酸塩位置の炭酸塩置換）が優先的であった。結晶の大きさでも、時代による有意な変化はなかった。酸素同位体の組成の比較研究で保存状態が良好であった。

◆論文紹介◆

■ MO1 ● MO2 ▲ PAL ▼ GO1 ◆ GO2 ◀ DE1 ▶ DE2 ● AN ★ SI ◐ EP ● EL + EH × PN * EM



Białas et al. (2021) の第7図 エナメル質試料中のカルシウム含有量 (Ca^{2+} , wt%, 左図) とリン酸塩含有量 (PO_4^{3-} , 中央図), $\text{Ca}/\text{PO}_4^{3-}$ モル比 (右図). 理論値の hydroxyapatite 中のカルシウムとリン酸塩の含有量は, それぞれ 39.9 wt% と 56.7 wt% であり, 破線で示す. 分析結果に基づいて, エナメル質試料中の bioapatite の $\text{Ca}/\text{PO}_4^{3-}$ モル比が決定された (右図). hydroxyapatite の理論上の $\text{Ca}/\text{PO}_4^{3-}$ モル比は 1.67 (破線). 図の略語の注釈, MO1: *Moeritherium* sp. 後期始新世, MO2: *Moeritherium* sp. 後期始新世, PAL: *Palaeomastodon* sp. 後期始新世, GO1: *Gomphotherium* sp. 中期中新世, GO2: *Gomphotherium* sp. 後期中新世, DE1: *Deinotherium* sp. 後期中新世, DE2: *Deinotherium* sp. 後期中新世, AN: *Anancus* sp. 後期鮮新世, SI: *Stegodon insignis* 後期鮮新世, EP: *Elephas platycephalus* 後期鮮新世, EL: *Elephas* sp. 前期更新世, EH: *Elephas hysudricus* 中期更新世, PN: *Palaeoloxodon namadicus* 後期更新世, EM: *Elephas maximus* 現生. カラー原図をモノクロ化し, 縮小した.

エナメル質は象牙質や骨よりも絶滅した分類群の化学的および古生物学的研究のための優れた材料であり, 古気候および古環境の復元に有効であるとしている. 本論文の要点として, 長鼻類の臼歯化石において

エナメル質の微細形態や組成は続成作用から影響されず, よく保存されていることである.

(三島弘幸)