

論文審査の結果の要旨

氏名：平山 友彦

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Variation of enamel microstructure in vertical Hunter-Schreger bands

（縦型ハンター・シュレーゲル条における種々のエナメル質構造）

審査委員：（主査） 教授 近藤 信太郎

（副査） 教授 清水 武彦

教授 岡田 裕之

哺乳類の歯は基本的にエナメル質で覆われており、歯の形態は動物の系統発生的背景および咀嚼と咬合の様式によって決定される。外部形態を形成するエナメル質の内部構造にも特徴的な微細構造が存在し、エナメル小柱とハンター・シュレーゲル条(HSB)はその代表的な形質であり様々に研究されてきた。本研究はこれまで調べてきた2種類の化石哺乳類の臼歯に見られる微小な形態とエナメル質の組織構造の関係を比較検討したものである。

研究対象のひとつであるピロテリウム *Pyrotherium* は南米の後期漸新世(約 2500 万年前)に生息した絶滅哺乳動物であり、生態と系統発生は不明である。これまでの研究で、臼歯の咬合面のエナメル質には放射状に内側から外側に向かう畝条の微小な隆起が観察された。接線断面の顕微鏡観察により歯軸方向に伸びる太い線条と樹枝状構造を有する HSB を確認したが、これはサイ類に見られる縦型 HSB に分類される構造であった。もう一つのテレオケラス *Teleoceras* は北アメリカの後期中新世(約 1000 万年前)から産出する絶滅したサイ類であり、臼歯咬合面に畝状の構造とエナメル質に縦型シュレーゲル条を持っていた。本研究は *Pyrotherium* 臼歯エナメル質の縦型 HSB の複雑な構造を精査し、*Teleoceras* の臼歯と比較し共通性と多様性を検討した。

HSB の特徴をよりわかりやすくするために走査型電子顕微鏡 (SEM) 用として研磨・エッチングの後に金-パラジウム (Au-Pd) で蒸着した試料を反射光で実体顕微鏡観察をする手法を用いた。これによって光源を調整することによりエナメル小柱の傾きの違いが鮮明な像を得ることができた。また、研磨面の観察に加えて破断面を精査することによりエナメル小柱の捻れなどを自然面において確認することができた。SEM の観察も対象によって二次電子像と反射電子像を使って効果を得た。更に、接線断面の連続的な研磨面を作成して得られた SEM 像を写真データとして立体構築し、エナメル小柱の動きと位置関係の変化を視覚化した。この方法は労力を要するが1本1本のエナメル小柱の動きを追跡するには有効であった。

本研究によって2つの材料の特徴と相違点を明らかにすべく以下のように比較された。*Pyrotherium* 臼歯の咬合面のエナメル質には放射状にエナメル象牙境から外側に向かう畝条の微小な隆起はエナメル質側面に連続することが確認された。接線断面の反射顕微鏡観察では歯軸に沿って走行する HSB はその幅や形状は様々であり濃淡の異なる不規則な樹枝状構造を伴っていた。HSB を構成する帯の境界領域の SEM 観察では走向の異なるエナメル小柱が大きな角度で接する部位では境界が明瞭だが、多くの部位ではエナメル小柱の断面形状が徐々に変化し境界は不明瞭になっていた。エナメル小柱の密に詰まった領域では、様々な方向と変形した断面形態、および重なったり平らに圧平された形態を持つエナメル小柱が観察され、一部には互いに融合しているエナメル小柱も見られた。一方、*Teleoceras* 臼歯の咬合面エナメル質にもエナメル象牙境から表側に放射状に走行する畝条の構造が観察された。反射光顕微鏡を用いた観察では、接線断面において歯軸に沿って走行する境界が明瞭な HSB が観察された。HSB は分岐しながら走行するが幅や形状の繰り返しには規則性が認められた。接線断面の SEM 像では、円形の横断面として現れる1つまたは2つのエナメル小柱の列が HSB の各帯の間の境界を形成していた。HSB の境界部におけるエ

ナメル小柱は斜めの切断面の配列から反対方向に走行することが確認できた。境界のエナメル小柱は非境界のエナメル小柱よりも円形の横断面を持ち、時に不規則な形状に圧縮されていた。水平断面の SEM 像でも HSB の境界が明瞭に区分するエナメル小柱の列が観察された。

これらの結果から本研究では 2 つの縦型シュレーゲル条にはその規則性に大きな違いがあることを指摘している。*Teleoceras* では HSB の帯は明瞭に分けられているが、*Pyrotherium* では HSB の広い主要な線条をつなぐように樹枝状の境界不明瞭な帯が伸びている。エナメル小柱の断面形態も *Pyrotherium* では変形が多く見られ互いに圧縮される状況がうかがえる。

異なる深さの領域におけるエナメル小柱の位置と断面形状を明らかにした立体構築像により、断面形態の変化から *Pyrotherium* と *Teleoceras* のエナメル質はともにエナメル小柱自体にねじれが指摘され、隣接するエナメル小柱の相対的な位置関係も変化していった。これは *Teleoceras* の破断面での観察された個々のエナメル小柱におけるねじれ構造に対応するものであった。しかし、本研究の比較から *Pyrotherium* 臼歯のエナメル小柱の走行と位置関係の変化、断面形態の変化は、境界明瞭な *Teleoceras* の縦型 HSB に比べてより不規則であり大きなものであることが視覚的に確認された。

本研究によって系統的な関連性はなく臼歯の外部形態も大きく異なる 2 つの哺乳類群において、臼歯エナメル質の咬合面の微小構造に共通性があり、エナメル小柱の動態に違いはあるが共通の HSB をもつことは組織構造における収斂進化の一例ととらえることができた。またこれまで HSB は歯の破損や破折に対する抵抗性に関与する構造とする説が有力とされてきているが、食性や咀嚼に対する歯の適応と考えられるエナメル質の微小な形態を取り上げた点も意味がある。特に本研究では、ほとんどすべての哺乳類のエナメル質に見られる横型 HSB とは異なり、サイ類と *Pyrotherium* が非常に稀な縦型 HSB が形成されるという共通点に注目したことに価値がある。

よって本論文は、博士（歯学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

令和元年 12 月 19 日