

論文の内容の要旨

氏名： 平山達也

博士の専攻分野の名称： 博士（歯学）

論文題名： ナウマンゾウ臼歯の歯冠セメント質について-エナメルセメント境の再検討-

ナウマンゾウ (*Palaeoloxodon naumanni*) は日本の代表的な化石長鼻類であり日本列島の各地から産出している。ナウマンゾウの臼歯の咬頭は内部の象牙質とともに頬舌方向に伸びた板状を形成し（咬板）近遠心的に配列する。セメント質は歯根（歯根セメント質）とともに歯冠全体を覆い（歯冠セメント質）、咬板の間もセメント質によって完全に埋められる。歯冠セメント質は歯冠表層を覆う冠周セメント質と咬頭間を満たす充填セメント質に区分される。歯根のセメント質は歯と歯槽骨をつなぐ歯根膜を支える機能が重要となるが、咬板間を埋める充填セメント質には咬合面を維持し強大な咀嚼力に抗するための接着の機能が求められる。咬耗が進むと咬合面には咬板のエナメル質の扁平な輪状構造（エナメル輪）が露出し、その内側は象牙質で満たされる。したがって、硬さの違う3つの組織が順番に層をなし、エナメル質は象牙質と接する面（エナメル象牙境・dentinoenamel junction (DEJ)）とセメント質と接する面（エナメルセメント境・cementoenamel junction (CEJ)）をもつ。本研究の目的は充填セメント質のCEJの形態とその形成要因を再検討することである。

現生長鼻類とウマの歯冠セメント質のCEJは他の草食動物と異なって不規則な陥凹を示し、エナメル質の吸収がその要因とされている。化石長鼻類のナウマンゾウの歯冠セメント質（充填セメント質）についてもCEJの形態は粗く複雑に湾入し、これはエナメル質の吸収によるものとされていた。1985年以降、長鼻類のCEJの湾入した形態の要因にはエナメル質の形成障害があるという研究結果が提出され、特にナウマンゾウを含むエレファス科（マンモス、アフリカゾウおよびアジアゾウの仲間）のCEJは咬板間の結合組織による形成障害が主な要因であるとする見解が有力になり定説化した。

筆者らはエナメル質形成不全症（amelogenesis imperfecta）の研究などをふまえてエナメル質の減形成や石灰化不全を生じる形成障害が、強固な結合を必要とする充填セメント質との嵌合を保てるのかという疑問からCEJの陥凹の原因としての形成障害説は再検討が必要であると考えた。今回、2012年の野尻湖発掘（第19次）で産出したナウマンゾウ臼歯の組織構造を精査する機会を得たので、新たな試料を用いて歯冠セメント質（充填セメント質）のCEJの形態を精査した。加えて、エナメル質の形成障害（吸収ではない）とするこれまでの組織像が証拠として十分だったかを検証した。

試料は野尻湖ナウマンゾウ博物館所蔵のナウマンゾウ (*Palaeoloxodon naumanni*) の上顎右側第三大臼歯（標本番号：19NIIIIn10-13,14）の臼歯破片の提供を受けた。咬板の破片から3つの硬組織（象牙質・エナメル質・セメント質）を含む領域を切り出して観察試料とした。試料の一部を研磨して薄片とし、光学顕微鏡（C-200: ニコン）の観察に供した。試料の一部は樹脂包埋（冷間埋込樹脂：丸本ストルアス）の後に研磨し、実体顕微鏡（SZ:オリンパス）での観察に供し、その後1/20N HClで20-30秒間エッチングし、金-パラジウム(Au-Pd)で蒸着後、走査型電子顕微鏡（加速電圧10-25KV）（S-2700, S-3400N: 日立）で観察した。内部構造の観察のためにX線CT（管電圧90KV,管電流200 μ A）（ μ CT Cosmo Scan: リガク）を使用した。

本臼歯標本の咬合面は咬耗し、象牙質を取り囲むエナメル質（エナメル輪）と2枚のエナメル質の間を埋めるセメント質（充填セメント質）が観察され、エナメル質の厚さは褶曲の部位により2.0-3.0 mmであった。破断面ではエナメル質表面には不揃いな大きさの不規則な形状の瘤状の盛り上り（エナメル瘤）が多数観察され、表面の小さな陥凹をセメント質が満たしていた。切断面を実体顕微鏡で観察するとエナメル質の表層側（充填セメント質側）1/4-1/5ほどは全長にわたって白～淡褐色に濁り、CEJの陥凹は白濁したエナメル質に入り込んでいた。エナメル象牙境（DEJ）は平坦な接触面を形成しエナメルセメント境（CEJ）には複雑な陥凹が観察でき、マイクロCTの三次元像ではエナメル質の2つの境界面の違いが明瞭であった。研磨標本の光学顕微鏡観察では、セメント質はセメント小体が豊富であり、脈管の侵入とセメント小体が同心円状に並ぶ構造が観察された。エナメル質の成長線（レッチウス条）はエナメル質の湾曲に並行するように走向しているがCEJの複雑な凹凸のある表層ではセメント質によって中断されていた。弱拡大では線条がCEJの陥凹に沿って凹湾しているように見える部位の成長線も、拡大し精査すると明らかに連続性は途切れていた。走査型電子顕微鏡（SEM）の観察ではエナメル質の外層でエナメル小柱の走行が変化し小柱が斜断ないし横断像から縦断像に急変する部位

が見られたが、エナメル小柱の形態や幅、走向は揃っておりエナメル質構造に大きな乱れはなかった。CEJ 接合部分を拡大すると小柱構造は失われ無小柱エナメル質の形状を呈していたが構成する結晶は明瞭であった。エナメル質の成長線は貫入したセメント質によって成長線の連続性が中断され、エナメル質とセメント質は細かい凹凸で噛み合っていることが分かった。

本研究におけるナウマンゾウのエナメル質の成長線（レッチウス条）はエナメル質深層での DEJ に並行するような配列から表層の CEJ の褶曲に沿うような配列に変化する像が得られた。従って本来のエナメル質表面の起伏のある形状が想像され、起伏の辺縁で成長線が収斂するように連続すれば形成後に変化がなかったことを示す。しかし、実際にはセメント質との滑らかな境界を持つ部位は非常に少なく、CEJ 接合面のエナメル質の突出した部分では輪郭に沿ったレッチウス条は観察されず、陥凹部分ではレッチウス条がセメント質によって分断されている像が示された。線条が陥凹を取り巻くように見える部位を検索し精査したが連続性は示されなかった。走査電子顕微鏡による観察でも成長線が中断される像が得られたことから、エナメル質の吸収が複雑な CEJ 形態の成因であることを示している。吸収の影響は微細な陥凹部位にも見られ、エナメル質とセメント質の強固な接合を形成する構造になっている。また、本試料のエナメル質には形成障害による構造変化は認められず、成長線の精査から歯冠セメント質（充填セメント質）における CEJ の複雑な形態はエナメル質の吸収によるものであると結論づけられる。一方、これまで報告されたナウマンゾウを含む長鼻類の歯冠セメント質における CEJ の図版の再検討からも、エナメル質形成時のままの成長線が残りエナメル質の形成障害（不全）による陥凹を示す組織像は確認できなかった。

これら一連の研究から、これまで踏襲されてきた長鼻類（ナウマンゾウを例に）のエナメル質表面にはハウシッポ窩状の吸収痕が少なく、長鼻類特有の様式としてエナメル質の形成障害に伴って歯冠セメント質の発達があり、エレファス科では CEJ の陥凹は主に形成障害によるものであり吸収によるものはごく一部に限られる、とする仮説は十分な説得力を持たないことが明らかとなった。組織構造の発達と形成要因の変換（ここでは歯冠セメント質）を長鼻類の系統発生（進化）に結びつける試みは興味深いですが、より一層の緻密さをもって研究を進める必要がある。