

ワニの歯の組織についての電顕的検討

小 沢 幸 重*

まえがき

ワニの歯は、爬虫類であるが、セメント質が発達するなど、形態的、組織学的に哺乳類に最も近いものであるといわれている。しかしながら、ワニの歯の組織を検討してみると、エナメル質にはエナメル細管がなく、無小柱エナメル質であり、エナメル象牙境の象牙質側には果粒層があるなど、これらが哺乳類の歯の起源に関する構造とはいえない点が多い。

そこで、現生種を中心にして、数種ワニの歯の組織を検討した。その結果、ワニの歯の組織は、属単位で構造が異なること、ワニの進化に沿って特殊化がかなり進んでいること、発生過程で先祖帰りの構造が一過程に出現すると推定されることについて検討した。よろしく御批判いただければ幸尽である。

方 法

本研究に使用した試料は、次の各種類のワニの歯の脱落歯である。

現生種

- Crocodylus acutus* (アメリカワニ)
Crocodylus porosus (イリエワニ)
Crocodylus siamensis (シャムワニ)
Crocodylus rhombifer (キューバワニ)
Tomistoma schlegelii (マレーガビアル)
Alligator mississippiensis (ミシシッピワニ)
Caiman crocodilus (メガネカイマン)
Melanosuchus niger (クロカイマン)

化石種

Kozawa, Yukishige: On the Ultrastructure of the Crocodylian Teeth

* 日本大学松戸歯学部解剖学教室

Crocodylidae gen. et sp. indet. 2種

各試料は、顕微鏡用標本として、研磨標本と脱灰標本を作製し、各種染色後観察した。

電顕的には、歯の縦断面および横断面において、研磨後、0.5%塩酸で10秒間腐蝕し、金蒸着後観察した。

結果と検討

ワニの歯の特徴について：ワニの歯は、ほとんどの爬虫類以下の脊椎動物と同様に、多生歯性で、多少の大きさの違いはあるが同形歯性*である。これらの歯は、機能歯の直下より次の世代の歯が萌出してくる、垂直交換である。そのため、脱落歯の歯根部はほとんど吸収されてしまう。

歯の組織においては、エナメル質が上皮性のエナメル器によって形成される真正エナメル質である。エナメル器の組織発生は、哺乳類とほぼ同様であり、両生類以下の脊椎動物にはない、エナメル髓をもつ。このエナメル器は、上皮側へ退行しつつエナメル質を形成する** エナメル質の形成よ

*パナマワニ園の木村巨園長によると、ワニの各属の歯の形にはそれぞれ特徴があり、歯の形でワニの種類を見分けているとのことである。筆者も、これを一部確認しており、いづれ報告する予定である。

** 両生類より下等な脊椎動物のエナメル器にエナメル髓はなく、エナメル器は上皮側へ退行することなくその内側にエナメル質が形成される。つまり、正確には、エナメル器の内エナメル上皮の配列によって歯冠の外形が決る。これに対し、哺乳類では内エナメル上皮の形は、エナメル象牙境の形を決めるが、歯冠の外形を決るものではない。また、両生類以下の動物は、エナメル質が形成された後に象牙質が形成される。しかし、このエナメル質中には、膠原繊維が混入しており、筆者はエナメルロイドと呼ぶべきものと考えている。しかし、このエナメルロイドの表面に、上皮性のエナメル質が薄く形成されるという観察の報告もある。

り象牙質の石灰化が先行する。

ワニの歯が哺乳類の歯に最も近いという根拠のひとつが、歯根にセメント質が薄く形成されることである。歯は、歯槽に植立しているが(槽生性)、顎骨とはセメント質から発するシャーピーの線維で結合している(歯根膜)。ヒトと同様に、歯と顎骨は線維性の結合をなす釘植である。

セメント質の形成により、エナメル質の存在する歯冠と、セメント質に覆われる歯根とを区別することができる。歯根の形成は、歯髓を形成する要因でもある。

象牙質は哺乳類とほぼ類似的である。しかし、二次象牙質として脈管象牙質が形成される。これは、陸生哺乳類ではウシの歯髓などに形成されるのみで、海生哺乳類の歯では多く認められるものである。

エナメル質は、無小柱エナメル質でありエナメル細管も認められていない。しかし、エナメル紡錘状構造、単純突起、エナメル葉板、エナメル叢的構造が認められることがある(Schmidt 他, 1971)。

検討：光顕的な観察では、各属各種によって、エナメル紡錘状構造をはじめとする各々の構造の数、形態が異なる(図版1-1, 2)。とくに、エナメル紡錘状構造物は、各種ともに歯冠中復のエナメル質に多く、咬頭部、歯頸部に少く、エナメル質表面まで達する。しかしメガネカイマンにこのような構造物はなく、単純突起がごく少量認められるのみである。

これは、電顕的にも確認され、メガネカイマン以外では酸腐蝕面に多くの小孔、陥凹が出現するが(図版1-3)、化石ワニとメガネカイマンではエナメル象牙境附近に単純突起の小孔が少量認められるにすぎない(図版1-4)。単純突起の小孔には、象牙質側から線維状物質が侵入していることが、多く認められる。

ここで問題となるのが、エナメル質全体に認められる小さな陥凹である(図版1-3)。これは、エナメル象牙境附近からエナメル質表面にまで広く数多く分布する。そのため、光顕的なエナメル紡錘(図版1-1, 2)が電顕的な陥凹に相当すると考えられる。しかし、数の点で陥凹のほうがかなりエナメル紡錘より上回り、また酸腐蝕によらなければこの陥凹は出現しない。

筆者は、電顕的なこの陥凹について、エナメル質形成過程に一過性に形成された細管が、エナメル質完成時には石灰化されたものではないかと推定している。更に推論を進めるなら、エナメル芽細胞からの突起と象牙芽細胞の突起が、一過性にエナメル質表面にまで達する細管を形成し、その後エナメル質の結晶がこの細管に沈着するため、細管は光顕による研磨標本では観察できないと思われる。これらの一部が石灰化されず、または他のエナメル質と同程度の石灰化に達しなかったものが、エナメル紡錘状の構造物と考えられよう。この場合、エナメル芽細胞の突起の役割が特に重要であると思われる。

この根拠は、1) 原始的哺乳類のエナメル質には細管があること、2) エナメル細管の主要因はエナメル芽細胞の突起が関与していると考えられること、3) このような現象が高等哺乳類の初期エナメル質形成過程に出現するなどによるものである。

第1点は、哺乳類型爬虫類をはじめ原始的哺乳類、有袋類などが細管エナメル質を持つことから明らかと考えられる(Carter, 1922, Mummery, 1924, Moss, 1969)。第2点は、有袋類のエナメル質の発生で、エナメル細管中にエナメル芽細胞が侵入していることが示されている(Boyde 他, 1967)。ブタのエナメル質形成初期に、エナメル芽細胞の突起がエナメル質中に侵入しているが、この突起が退化縮小すると突起の入っていた穴も石灰化され消失してしまう。エナメル芽細胞の突起には、coated vesicleなどの細胞小器官が認められ、石灰化に伴った働きをしていると考えられる(小沢・他, 1981)。

エナメル芽細胞の突起は、当初2~3本認められることもあるが、やがて減少する。これは、多丘歯類におけるエナメル細管が、エナメル質表面に近づくほど減少する事実と一致する(Sahni, 1979)。つまり、多丘歯類のエナメル細管は、エナメル芽細胞の突起によるものである裏づけが、前記第2点の事実とともにとれたものと考えられる。

以上の事実からの推定をまとめたものが、図1である。エナメル芽細胞の突起は、間葉への働きかけ、エナメル質の石灰化において、初期の上皮性エナメル質では大きな役割を果たしていたのではないかと考えている。

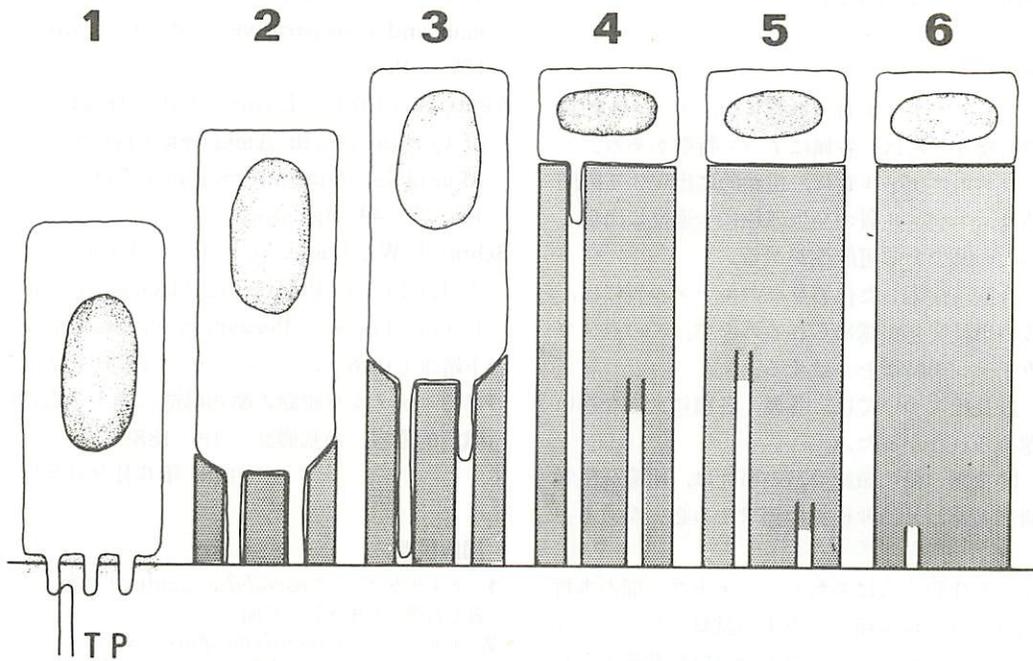


図1. エナメル細管が退化消失する模式図

TPはトームス突起を示す。他では省略してある。エナメル芽細胞の突起は、基底膜をつらぬいて間葉中に侵入する(1)が、エナメル質を形成する時にはエナメル細管中にあり、石灰化に関与すると考えられる(2~4)。エナメル芽細胞の突起は、数と長さを縮小し(3~4)、やがてエナメル細管も石灰化する(4~6)。このレリックがエナメル紡錘や単純突起などの一部となる(6)。

TPはトームス突起を示す。他では省略してある。

ワニの歯のエナメル質の組織発生を電顕的に検討した報告は極めて少い(山下, 1976)。山下によるメガネカイマンの報告を検討しても、エナメル芽細胞から突起がでてきている様子は認められない。この事実は、今回電顕的に単純突起しか認められなかったことと一致する。メガネカイマンの特殊化*によって、エナメル芽細胞の突起が非常にまれか、数が少くなっているのではないかと考えている。この点、メガネカイマン以外のワニのエナメル芽細胞の発生過程を観察しなければならない。

象牙質は、エナメル質に接して果粒層が光顕的に認められるが(図版1-1, 2)、電顕的にはとくにエナメル質に接する層が酸に腐蝕されやすい(図版1-3)。この原因についても、組織発生的に検討する必要を認めている。象牙細管には、

管周象牙質が認められる。哺乳類の象牙細管と比較するとワニでは一般的に細い印象を受ける。最大でも1 μ mをこすものは少い。しかし、象牙細管の太さは、部位等によって異なるため必ずしも一般化できない(図版1-5)。

化石種の象牙質表面には、膠原線維の走行の跡が明瞭に認められる(図版1-5)。この化石種は、中期中新世のものであるため、膠原線維の残存はないと推定され、その跡が残ったものであろう。周囲の象牙質と膠原線維がどのどんな化石化をしているのか、今後の問題として残る。

成長線は、エナメル質においても象牙質でも明瞭であり、エナメル質のものは2.5~50 μ m間隔、象牙質は15~400 μ m間隔に強弱様々に出現するが、各種に明らかな差はない。これらは、季節**体の周期を示すものと考えられるが、現在のとこ

*エナメル質の特殊化と直接関連があるか不明だが、メガネカイマンの卵殻表面は、他の種と異なり、小粒子に覆われてザラザラしているものだという(木村, 1976)。

** 現生種は日本で飼育したものである。しかし、熱帯性のワニに、成長線が認められることは、体の周期性に主要因があると考えている。

る決定的要因は不明である。

まとめ

1. ワニのエナメル質の単純突起, エナメル紡錘状構造物などには, 各属によって特徴がある。
2. ワニのエナメル質に, 電顕的に出現する陥凹構造は, エナメル質の発生過程に一過性に出現したものの跡である可能性がある。
3. 今回, 検索した化石ワニのエナメル質には, 少数の単純突起が認められるのみで, この点メガネカイマンの特徴と一致する。
4. 成長線については, 各属, 各種に大きな違いは認められなかった。
5. 爬虫類の歯の微細構造の研究は, 組織発生学的の研究とあわせ, 今後更に追求する必要がある。

報文を作製するにあたり, バナナワニ園の木村 亘園長には, 現生種ワニの歯の試料でたいへんな御協力をいただいた。京都大学教授亀井節夫会員には, 化石試料について大きな御援助をいただいた。化石研究会, 日本大学松戸歯学部第2解剖学教室の諸氏には, 常に御援助をたまわった。ここで深謝する。なお報文の一部は, 第22回歯科基礎医学会総会で発表したものである。

文 献

- Boyde, A. and Lester, K. S. (1967): The Structure and Development of Marsupial Enamel Tubules. *Z. Z. Zellforsch.* 82, 558-576.
- Carter, J. T. (1922): On the Structure of the Enamel in the Primates and Some other Mammals. *Proc. Zool. Soc. London.* 599-608, figs. 1-11.
- 木村 亘 (1976): ワニの人工孵化。熱川バナナワニ園研究報告, 第4号, 1-40.
- 小沢幸重・立石みどり・赤石 茂・平井五郎 (1981): ブタのエナメル芽細胞の電顕的研究——機能端に形成される突起についての考察——。日大口腔科学, 7, 223-228.
- Moss, M. L. (1969): Evolution of Mammalian Dental Enamel. *American Museum Novitates*, 2360, 1-39.
- Mummery, J. H. (1924): The microscopic

and General Anatomy of the Teeth, Human and Comparative, 2nd ed., Oxford Univ. Press.

- Sahni, A. (1979): Enamel Ultrastructure of Certain North American Cretaceous Mammals. *Palaeontographica Abt. A.*, 166, 37-49, figs. 1-3.
- Schmidt, W., Poole, D. F. G. and Darling, A. I. (1971): *Polarizing Microscopy of Dental Tissues*. Pergamon Press, Oxford.
- 山下靖雄 (1976): ワニのエナメル質形成時におけるエナメル芽細胞の微細構造に関する電子顕微鏡的観察。歯基礎誌, 18, 188-238.
- (1981年6月9日受理)

図版説明

1. アメリカワニ (*Crocodylus acutus*) のエナメル質 (右側) と象牙質 (左側)。
2. イリエワニ (*Crocodylus porosus*) のエナメル質 (右側) と象牙質 (左側)。エナメル紡錘状構造物の形態がアメリカワニ (1) と異なる。
3. キューバワニ (*Crocodylus rhombifer*) の走査電顕像 (Uは単位: μm)。エナメル象牙境附近の象牙質は, 酸に溶失し, この近くのエナメル質には単純突起の小孔がある。この小孔以外にエナメル質全体に大型の陥凹が沢山認められる。
4. 化石ワニ (*Crocodylidae* gen. et sp. indent.) のエナメル質の電顕写真。エナメル象牙境の近くに単純突起の小孔が認められるが, 大型の陥凹はない (3と比較)。
5. 化石ワニ (*Crocodylidae* gen. et sp. indent.) 象牙細管と側枝の小型細管が認められ, 象牙質中には膠原線維の走行を示す線状が多数認められる。

