生きている古代魚ラブカ *Chlamydoselachus anguineus*

の歯に関する研究

I. 歯の形態・構造・組成について

後 藤 仁 敏 橋 本 巖

鶴見大学歯学部 解剖学教室*

〔受付：昭和51年7月2日〕

抄録：駿河湾で採集された原始的なサメ、ラブカの歯を材料として、その配列様式・形態・構造・支持様式・組成について、肉眼観察、研磨標本と各種染色脱灰切片の光学顕微鏡による観察、X線回折法、アミノ酸分析などの方法で、研究をおこなった。ラブカの歯は、その配列様式、形態とも、古生代の *Cladose-lache* によく似ており、サメ類の歯の基本型をとどめるものと考えられる。歯の硬組織は、高度に石灰化した外層、中心の歯髄からのびる多数の分岐した細管が放射状に走る内層、多数の髄腔をふくむ骨様構造をした基底層からなっている。また、歯は、基底層と周囲の線維性結合組織を結ぶシャーピー線維と、口腔上皮から連続する付着上皮によって支持されている。さらに、歯の硬組織をつくる鉱物は *apatite* を主体としており、硬組織中のタンパク質は、おもにコラーゲンであることが明らかにされた。

結 言

軟骨魚類のサメ類は、現在でも世界の海洋中に広く栄えているが、その基本的体制は、原始有顎脊椎動物の状態をのこしているといえることができる。なかでも、日本近海などの深海にすむラブカ *Chlamydoselachus anguineus* GARMAN は、現生軟骨魚類中もっとも原始的な性質をとどめているサメとして知られている。

ラブカに関する研究は、GARMAN (1884)¹⁵⁾ がはじめて日本産の標本について報告して以来、GARMAN (1885)¹⁶⁾ による詳細な形態の記載的研究、RÖSE (1895)⁴⁹⁾ による歯の発生に関する研究、NISHIKAWA (1898)⁴⁶⁾・ZIEGLER (1908)⁵⁶⁾・BROHMER (1908, 1909)^{3, 4)} による胚子に関する研究、DEAN (1903)⁸⁾ による紹介、HAWKES (1906, 1907)^{31, 32)} による神経系と鰓弓に関する研究、GOODEY (1910)^{19, 20)} による骨格系と甲状腺に関する研究、ALLIS (1923)¹⁾ による頭部の詳細な解剖

学的研究、GUDGER and SMITH (1933)²⁸⁾ による自然史的研究、海老名 (1934)¹¹⁾・百瀬 (1938)⁴²⁾ による紹介、SMITH (1937)⁵²⁾ による解剖学的研究、GUDGER (1940)²⁹⁾ による発生学的研究、MASAI (1961)³⁹⁾ による脳の解剖学的研究などがある。

これらの研究によれば、ラブカは、他のサメとくらべて、つぎのような特徴をもつとされている。

1) 口が頭部の前端にある（古生代デボン紀のクラドセラケ類のサメと同じ。現代型サメ類のほとんどは、口は頭部の腹側に位置している）。

2) 体は、細長く、円筒形で、体長はオスで平均 1.3m（最大 1.65m）、メスで平均 1.5m（最大 1.96m）である。

3) 背鰭がひとつしかなく、しかもかなり後方にある（カグラザメ類と同じ。古生代のクラドセラケ類、中生代のヒポダス類、現代型サメ類のおおくは、背鰭が2つある）。

4) 尾鰭の上葉と下葉の区別が、はっきりしな

Studies on the teeth of *Chlamydoselachus anguineus*, a living archaic fish. I. On the morphology, structure and composition of the teeth.

Masatoshi GOTO and Iwao HASHIMOTO (Department of Anatomy, School of Dental Medicine, Tsurumi University, Yokohama)

* 横浜市鶴見区鶴見2-1-3(〒230)

Jap. J. oral Biol., 18: 362-377, 1976.

い(古生代のクセナカンサス類などの例外をのぞいて、ほとんどのサメ類では、尾鰭の上葉と下葉の区別は明りょうである)。

5) 鰓裂の数が、おおい(ラブカとカグラザメ, ある種のノコギリザメでは6対, エドアブラザメ・エビスザメでは7対, 他の現在サメ類・エイ類ではすべて5対ときまっている。化石では, 古生代のクラドセラケ類は6対, 中生代のヒボダス類は5対の鰓裂をもっていた)。

6) 鰓弁がいくらか鰓裂の外に出ている(現生の他のサメでは, 胚子期にのみこのような状態がみられる。なお, ラブカの英名 frilled shark (フリルのついたサメ) の名は, この特徴にもとづいている)。

7) 最前列の鰓裂は, その腹側部で左右が連続している。また, 鰓裂の大きさは, 後方に行くにしたがって小さくなる(古生代の *Cladoselache* と同じ。他のサメでは, 左右の鰓裂は連続せず, また, 鰓裂の大きさもカグラザメ類やネコザメ類をのぞいて, さほど変化がない。ラブカにおいても, 全長 39mm の胚子までは左右の鰓裂がわかれていたが, 46mm になると連続するようになる)。

8) 側線が溝状で, 体表に露出している(古生代の *Cladoselache* と同じ。他の現生のサメでは, 側線はすべて管状で, 表皮下に分布している)。

9) 上・下顎がほぼ同長で, 上顎は放物線型, 下顎はV字型をしている(*Cladoselache* などのクラドセラケ類のサメと同じ。中生代のヒボダス類から, 現代型サメ類へ向かうにしたがって, 上顎が下顎より大きくなり, 顎が短縮化して, 顎の形は半円形に近くなる傾向がみられる)。

10) 上顎をつくる口蓋方形軟骨の脳頭蓋軟骨への関節は, 基本的には両接型(amphistylic)であるが, 口蓋方形軟骨自身の脳頭蓋軟骨への付着は著しく弱く, 舌骨弓の軟骨がきわめてよく発達していて, 両顎はおもに舌骨弓に関節している(同じ両接型でも, カグラザメでは, 反対に舌骨弓の発達が悪いので, 口蓋方形軟骨は, 主として脳頭蓋軟骨に眼窩の下と眼窩の後の2カ所で付着している。古生代のクラドセラケ類や中生代のヒボダス類, 現生のネコザメは, 両接型であるが, 現代型サメ類・エイ類は, 舌顎軟骨のみを介して脳頭蓋軟骨

図1 古生代デボン紀のサメ *Cladoselache* の復元図 (ROMER, 1970⁴⁸⁾より)

の耳殻と関節する舌接型(hyostylic)である)。

11) 脊索は, 円筒状で, その全体にわたってほぼ一様の太さで, 椎体はほとんど発達せず, 前方のわずかの椎骨だけが環状に石灰化するのみで, 脊索は永存する(カグラザメ類では椎体は星状にわずかに石灰化し, ネコザメ類とサメ(ネズミザメ)類では星状によく石灰化し, ツノザメ類やエイ類では環状に石灰化する。これらの現生サメ類・エイ類の脊索は, 椎体ごとにくびれている。古生代のクラドセラケ類は, ラブカと同じで, 椎体がなく, 脊索は永存する)。

12) 脳の発達が悪く, 全体に扁平である。吻が突出せず, 口が前端に開くのはこのためと考えられる(ネコザメは, ラブカと他のサメ類との中間的な脳をもつ。ラブカの嗅覚は, その脳からして他のサメにくらべてはるかにおとっているものと思われる)。

13) オスには交接器があり, 体内受精をおこない, 卵胎生である(*Cladoselache* には交接器はないが, 他のクラドセラケ類のサメは, すでに交接器をもっていた)。

14) 深海性で, ふつう水深 450~760m ぐらいにすんでおり, ときには 1200m の深さで捕獲された記録もある。日本の駿河湾・相模湾のほか, ノルウェーのバレンツ海に面するバランゲルフィヨルドからの報告もあり, イギリスの近海, イベリア半島沖からアフリカ西北部のマデイラ諸島付近にかけての東大西洋, 北アメリカのカリフォルニア沖などに分布している。歯の化石は, イタリアのトスカーナ地方の鮮新世の地層から *C. lawleyi* が, 西インド諸島のトリニダード島の中新世の地層から *C. tobleri* が発見されている。日本の

能登半島の中新世の地層からも報告されている。

以上のうち、3)・4)・14)などの特徴は、ラブカ特有の特殊なものと考えられるが、他のおおぐの特徴は、いずれも、*Cladoselache* (図1)などの古生代のクラドセラケ類のサメに似た、原始的な性質であるとみなすことができる。ラブカは、カグラザメやネコザメとともに、クラドセラケ類やヒボダス類と、現代型サメ類との特徴をモザイク的にあわせもっており (SHAFFER, 1967⁵¹⁾)、しかも、カグラザメやネコザメよりも、いっそうクラドセラケ類のサメの特徴をおおぐのこしたサメである、ということができる。

筆者らは、ラブカのこのような原始的性質が、歯においてはどのようにあらわれているか、をあきらかにすることを目的として、ラブカの歯の配列様式、形態、構造、組成、発生などについて、研究をすすめてきた。このうち、今回は、歯の配列様式、形態、構造、組成についての研究結果を報告する次第である。

材料と方法

1970年5月2日夜半より3日未明にかけて、駿河湾にて、由井港を基地とするサクラエビ漁船のサクラエビ採集用の網によって、サクラエビ・ハダカイワシ・シギウナギ・ツラナガコビトザメなどとともに捕獲されたラブカ3個体 (うち1個体がメス、2個体がオス、写真1) のうち、オス1個体 (写真2) を材料として用いた。

捕獲後、10%中性ホルマリン海水にて固定し、頭部を切断して、上・下顎を分離し、顎および歯の配列様式と歯の形態について、肉眼観察をおこなった。さらに、上顎左側のもっとも頬側 (哺乳類でいうところの頬側・唇側・前庭側をここでは頬側に統一して用いる) の歯を剖出し、歯の形態を観察するとともに、歯の長さ・幅について、ノギスを用いて計測をおこなった。

上顎左側の最も近心側の3本の歯をリゴラック樹脂に包埋し、切断機を用いて、歯の頬舌方向と近遠心方向の2つの縦断面と、水平方向の横断面の、3方向の研磨標本を作成し、光学顕微鏡で、歯の構造を観察した。

また、下顎の一部を、機能歯と歯胚をもつ顎軟

骨ごと切り出し、脱灰した後にセロイジン包埋し、頬舌方向の切片を作成して、ヘマトキシリン・エオジン染色、マッソン・ゴールドナー染色、PAS染色をおこない、機能歯の構造と歯の支持様式について、光学顕微鏡で観察した。

歯の鉱物組成をあきらかにするために、歯を剖出した後、軟組織をメスでとりのぞき、アルコールとアセトンで洗浄し、ステンレス乳鉢で粉碎し、250メッシュのふるいを通過するまで粉末化し、さらにメノウ乳鉢で磨砕した試料について、理学電機製X線ディフラクトメーターで分析をおこなった。その結果えられたX線回折像について、鉱物組成と結晶度を検討した (神谷, 1971³⁶⁾; 平井, 1973³⁹⁾)。

歯に含まれる有機物については、同様に粉末化した試料を、セルロースチューブ36/32型 (孔径24 Å) を用いて、1N HCl 中で10日間室温で蒸留水中に透析して、分子量約1500以上のタンパク質を抽出し、ロータリーエバポレーターで乾燥した後、アンプル中に真空封入して、5.7N HCl 中で110°C 20時間加水分解をおこない、日本電子5AH型全自動アミノ酸分析機で、アミノ酸分析をおこなった (後藤, 1971²²⁾)。

結 果

このような方法でえられた観察結果、および実験結果について、つぎに、歯の配列様式、歯の形態、歯の構造、歯の組成、の4項目にわたってのべる。

1. 歯の配列様式 (図2, 3, 写真2~5)

藤田 (1949)¹²⁾ および伊法 (1960)³⁵⁾ の方法をもとに、ラブカの歯の配列様式を記載するとつぎのようになる。

歯列弓の形は、上顎は放物線型に近く、下顎はV字型である。歯列弓の幅 (歯列弓の最遠心端を結ぶ幅径) は、上顎では63mm、下顎では67mm 歯列弓の長さ (歯列の正中から歯列最遠心端を結ぶ線上への垂直線の距離) は、上顎では245mm、下顎では240mm である。歯列弓示数 $\left(\frac{\text{歯列弓の幅}}{\text{歯列弓の長さ}} \times 100 \right)$ は、上顎では60、下顎では63である。

図2 ラブカの上顎の歯の配列様式をしめす模式図

歯の配列様式は、伊法(1960)³⁵⁾による交互型とも併列型ともいえない(しいていえば併列型に近い)独特の配列様式であり、各歯族*は、一定の間隔をおいて配列しており、近心側の歯ではその間隔は広いが、遠心側では間隔は狭くなっている。

上顎には、左右に各13の歯族がならび、計26の歯族をもち、各歯族は4~6本の歯からなっている。下顎には正中中に1つの歯族が、左右に各12の歯族があり、計25の歯族をもち、各歯族は4~6本の歯からなっている。すなわち、ヒトの歯にならって、上下各側で、近心側に位置する歯(ラブカでは歯族)から、1, 2, ……12, 13番と番号をつけると、上顎では、1, 2番の歯族が6本、左側では3~11番、右側では、3~10, 12番の歯族が5本、左側では12, 13番、右側では11, 13番の歯族が4本の歯からなっている。下顎では、正中の歯族(0番とする)、左右とも1~6, 10, 11番の歯族が5本、7~9, 12番の歯族が4本の

図3 ラブカの下顎の歯の配列様式をしめす模式図

歯からなっている。したがって、総歯数は、上顎が130本、下顎が121本で、全歯数は251本である。

BIGELOW and SCHROEDER (1948)²⁾にならって、ラブカの歯式をあらわせば、 $\frac{13}{12}-1-\frac{13}{12}$ となる。

なお、顎をとじた状態では、上・下顎の各歯族は交互にならぶ。すなわち、一方の歯族は、他方の歯族間の間隔に対向するようになっている。

2. 歯の形態(図4, 写真5~7)

ラブカの歯の形態は、顎の上・下でも、近心・遠心側でも、顎の部位によって変化することがなく、基本的に同じである(同形歯性)。

ラブカの歯は、その表面を外層(後述)でおおわれ、その大部分が口腔粘膜の外に露出している歯冠の部分と、基底層(後述)で構成され、口腔粘膜中に埋まっている歯根の部分に、わけることができる。また、歯冠と歯根の移行する部分を歯頸という。

歯冠は3つの先のとがった細長い咬頭からなっている。すなわち、中央にはもっとも高い主咬頭があり、その遠心側と近心側にそれよりやや低い2つの副咬頭がある。主咬頭と近心および遠心副咬

* 一般に下等脊椎動物においては歯列または歯元列(tooth row または odontostichii)・歯族(tooth family)・歯列(Zahnreihen)の関係にはさまざまな学説がある。ここでは、近遠心方向の歯のならびを歯列、頬舌方向の歯のならびを歯族として用いる。

頭の間には、小突起がある。また、歯によっては、副咬頭の側方に、小さな側突起をもつこともある。各咬頭は、近心側および遠心側にわずかな切縁をもっており、頬側面と舌側面が区別されるが、全体として円錐形に近く、他のサメ類の歯のように、頬側面が平面で、舌側面が凸面になっているような状態はみられない。また、各咬頭は、舌側方向にかなり傾斜している。

歯根は、舌側方向にのびる2つの突出をもち、その間には陥凹があり、そこには歯髓腔から連続すると思われる管の開口（栄養孔）がみられる。

歯の大きさは、上・下顎とも、0番または1番から5番までの歯族ではほぼ一定であるが、6番から12番または13番にかけては、遠心側にゆくにつれて順に小さくなる。一例として、上顎左側の最頬側の歯の長さとの幅の計測値をあげておく(表1)。また、各歯族のなかでは、より舌側にある

図4 ラブカの歯の形態をしめす模式図
(ななめ上頬側遠心方向からみたところ)

歯の方が頬側の歯よりも大きくなる傾向がみられる。

3. 歯の構造 (図5, 写真8~13)

ラブカの歯の構造を研磨標本と脱灰切片で観察した。歯を構成する硬組織は、歯冠の表面をおお

表1 ラブカの上顎左側の最頬側の歯の計測値(mm)

歯族の番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
歯の長さ	4.3	4.9	4.7	4.1	4.6	4.1	3.3	2.2	2.0	1.7	1.7	1.6	1.3
歯の幅	4.9	5.2	5.6	6.0	6.1	5.0	4.3	3.2	3.0	2.2	2.2	1.8	1.5

図5 ラブカの歯の構造をしめす模式図

O: 外層, I: 内層, B: 基底層, P: 歯髓, EA: 付着上皮,
SF: シャーピー線維, FCT: 線維性結合組織の層

う外層と、歯冠のの大部分を構成する内層、および歯根を構成する基底層の3層からなる。しかし、内層と基底層とは連続していて、境界は明りようではない。内層の中心には、管状の歯髓腔があり、歯根部では基底層中のいくつかの不規則に分岐する髓腔になり、歯根の2つの突出の間に舌側方向に開く栄養孔に連続している。

歯の外層は、肉眼的には白色の光沢のある石灰化度の高い硬組織で構成されており、研磨標本では、内層から連続する細管とその分岐が縦走しているのが観察された。脱灰切片では、外層は脱灰されて完全に消失することはなく、全体にうすくヘマトキシリンないしライトグリーンの色素をとる層として観察される。強拡大で観察すると、内層から連続するヘマトキシリンないしライトグリーンの色素をとる縦走する細管および線維状構造物と、それに直交する横走線維状構造物がみとめられた。縦走線維状構造物は、内層に近い深層部では、密で叢状であるが、中層部および表層部では、比較的疎で平行して走っている。

外層の表面は、歯頸近くでは口腔上皮から連続する付着上皮によっておおわれている。付着上皮は、より歯冠側にいくにつれて薄くなり、咬頭の部分ではPAS陽性の薄い膜、すなわち歯小皮となって、外層の表面をおおっている。

内層は歯冠の主体をなす硬組織で、外層とは比較的明りように区別されるが、基底層とは移行的である。中心に管状の歯髓腔を含み、歯髓の表層部にならぶ細胞、すなわち象牙芽細胞からのびる突起が、分岐して細くなりながらも、放射状に内層中をつらぬいて走っている。

歯の基底層は、多数の不規則な形の髓腔を含む

骨様の構造をもつ硬組織で、髓腔中や、基底層の表面に存在する細胞の突起と、線維状構造物を含んでおり、まれに細胞の埋入がみとめられる。とくに、基底層とそのまわりの顎軟骨と口腔上皮の間に存在する線維性結合組織とを結んでいる膠原線維の束が多数観察されるが、この線維、すなわちシャーパー線維と、前述した付着上皮とによって、歯が顎上に支持されているのである。したがって、歯は顎軟骨とはまったく結ばれていない。

歯髓および基底層中の髓腔の中の軟組織は、多数の細胞と血管を含み、とくに、歯根の突出の間にある栄養孔には、比較的太い血管が出入しているのが、観察された。

4. 歯の組成

ラブカの歯を構成する硬組織のX線回折像を図6にかかげる。これを見ると、全体のパターンは、apatiteに近く、他の脊椎動物の象牙質の回折像に類似している。すなわち、211のピークが最強で、211と112とはほとんどかさなっており、つぎに300のピークが強い。002, 202, 130, 222, 123などのピークもみとめられる。

歯の硬組織中に含まれるタンパク質のアミノ酸組成を表2にかかげる(比較のため、ヒトの象牙質のコラーゲンと、Moss *et al.* (1964)⁴⁰⁾によるサメの象牙質のアミノ酸組成もしめす)。

これらを比較すると、ラブカの歯の硬組織中のタンパク質は、グリシンが全体のほぼ $\frac{1}{3}$ をしめ、プロリンとヒドロキシプロリンが多いことなどから、コラーゲンのアミノ酸組成をしめすといえることができるが、ヒトの象牙質のコラーゲン(EASTOE, 1963)¹⁰⁾とは、多少こととなっている。また、アミノ酸総量が、ヒトの象牙質とくらべ

図6 ラブカの歯の硬組織のX線回折像

表 2 ラブカの歯の硬組織に含まれるタンパク質のアミノ酸組成 (比較のため Moss *et al.* (1964)⁴⁴⁾ によるサメの象牙質および EASTOE (1963)¹⁰⁾ によるヒトの象牙質コラーゲンのアミノ酸組成をしめす)

Amino acid	ラブカの歯		サメの象牙質 (MOSS <i>et al.</i> , 1964)	ヒトの象牙質 (EASTOE, 1963)
	$\mu\text{M/g}$	AA /1000	AA/1000	AA/1000
Hypro	49.3	78	71	101
Asp	48.8	77	57	55
Thr	14.6	23	25	19
Ser	44.8	71	51	38
Glu	48.2	76	72	73
Pro	59.9	95	102	115
Gly	206.4	327	321	319
Ala	56.9	90	107	112
Val	15.6	25	26	25
Met	3.6	5.7	14	5.2
Ileu	13.9	22	20	10
Leu	20.8	33	26	26
Tyr	0.65	1.0	6.2	2.3
Phe	9.3	15	14	14
Hylys	0.0	0	12	8.4
Lys	10.8	17	19	23
His	5.6	8.9	7.3	5.3
Arg	22.5	36	51	47
Total	631.6

図 7 *Cladoselache fylleri* の化石の頭部を下からみたスケッチ (DEAN, 1909⁹⁾より)

て、かなり少なくなっている、という結果がえられた。

考 察

すでにのべたように、ラブカは 古生代デボン紀のサメ *Cladoselache* に似たおおくの原始的な特徴をのこしているサメであるが、ここにあきらかにされた歯の配列様式・形態・構造・支持様式・組成については、他のサメ類や他の脊椎動物と比較して、どのようなものであるのか、また、サメ類の進化の過程で、これらの形質がどのように変化してきたと考えられるのか、以下に若干の検討を試みたい。

1. サメ類における歯の配列様式の進化

ラブカの歯列弓の形態は、その歯列弓示数が小さいことから、他のサメにくらべて、全体として前後に長い形をしているということが出来る。

このような状態は、古生代のクラドセラケ類においてみられ、中生代のヒボダス類から、現代型サメ類へと向かうにしたがって、顎の短縮化がおこったものと考えられる。

ラブカの歯の配列様式は、BIGELOW and SCHROEDER (1948)²⁾や、伊法 (1960)³⁵⁾などに記載されている他のサメと比較すると、どのサメのものとも似ていない、きわめて独特な状態であるといえる。しかし、化石の資料によれば、古生代デボン紀の *Cladoselache fylleri* (図 7, DEAN, 1909⁹⁾)や、全頭類の先祖といわれる石炭紀の *Iniopterygia* (ZANGERL and CASE, 1973⁵⁵⁾)では、各歯族が間隙をおいて配列しており、ラブカときわめて似た配列様式がみられる。このような事実は、脊椎動物全体の歯の系統発生についても、従来の学

図 8 サメ類における歯の配列様式の進化に関する 1 仮説
A：ラブカ型，B：併列型，C：交互型

説を検討しなおすような新しい問題を提出しているが、それは別の機会に論じることにする。

しかし、サメ類のなかでも、ラブカにみられるような配列様式が祖先型のサメでみられることと、現代型のサメ類のなかでも、アオザメ科やミズワニ科のサメが併列型の歯の配列様式をもち、もっとも進化しているといわれるメジロザメ科などのサメが交互型であることから、サメ類の進化において、顎の短縮化と関連して、歯の配列様式が、ラブカ型から併列型へ、併列型から交互型へと変化していったものとは考えられないだろうか(図 8)。

ラブカにおいては、歯数および歯族数、各歯族中の歯数の点では、他のサメとくらべてとくに特徴はないが、この点でも、*Cladoselache* とはきわめて似ている。すなわち、*Cladoselache fylleri* では、上・下顎とも片側に約12の歯族をもち、各歯族は6ないし7本の歯からなっている(Dean, 1909⁹⁾) というから、ラブカの場合とほとんどかわらない。

下顎に正中歯族をもつことが、ラブカの歯群の特徴であるが、これは古生代の *Cladoselache fylleri* だけでなく、近縁のカグラザメやエドアブラザメ、さらにメジロザメ科のおおくのサメにもみられる。しかし、このことは、サメ類以外の他の脊椎動物にはみられないことで、脊椎動物の進化の過程で、歯が骨との対応関係をもつようになれば、真の正中歯は存在できなくなるものと考えられる。したがって、サメにおける正中歯族の存在は、そのほかのサメの歯の多様性ととともに、サメ類の段階では、歯はまだ顎軟骨との対応関係を確

立していないことをしめすものではないだろうか。サメの歯の支持様式は、それをうらづけていると思われる。そして、歯(咽頭や鰓耙上の歯も含む)と骨との対応関係は、硬骨魚類の段階からはじまるものと考えられる(橋本ら, 1975³⁰⁾)。

2. サメの歯の基本形態

ラブカの歯の形態は、典型的な多咬頭性, cladodont 型である。このような歯は、現生サメ類では、ラブカだけがもっているきわめて独特なものであるが、古生代から中生代末にかけて栄えたクラドセラケ類やヒボダス類は、おおくのものがこの型の歯をもっていた。なかでも、とくに形態の類似しているのは、*Cladoselache fylleri* の歯(図 9)で、中央の高い主咬頭とその近・遠心側の2つの副咬頭をそなえているといった、ラブカの歯とのおどろくべき一致を示している。

図 9 *Cladoselache fylleri* の歯 (Dean, 1909⁹⁾より)

このことは、ラブカや *Cladoselache* にみられる歯の形態が、サメ類の歯のもっとも基本的な形態であることを意味しており、この 3 咬頭性の歯から、他のクラドセラケ類やヒボダス類、さらには現代型サメ類のさまざまな形態の歯が分化していったものとは、考えられないだろうか。すなわちラブカの歯の小突起が発達すれば、5 咬頭性の歯

図10 “*Ctenacanthus*” *clarkii* (A), *Hybodus* (B), および *Xenacanthus* (C) の歯 (SCHAEFFER, 1967⁵¹⁾ などより)

(例えば, “*Ctenacanthus*” *clarkii*, 図10のA) ができるし, さらに, 側突起も咬頭化すれば, 7咬頭性の歯(例えば, *Hybodus*, 図10のB)がつくられる。また, 副咬頭が退化して, 主咬頭だけが大きくなれば, 現代型サメ類に多くみられる1咬頭性の歯(図8)が形成されるし, 逆に, 主咬頭が退化して, 副咬頭が大きくなれば, *Xenacanthus* (図10のC) のような形の歯となる, と考えられる。

また, 歯冠をつくる咬頭が舌側方向につよく傾くのは, おおくの肉食のサメでみられることで, このために顎を数度開閉させるだけで, 口のなかの獲物は容易にのみこまれてしまうのである。また, 各歯族のなかで, より舌側にある歯の方が頬側の歯より大きくなることも, ふつうの現象であり, 体の成長にともなって歯も大きくなるものと考えられる。

3. サメ類の歯の構造に関する諸問題

サメ類の歯の構造については, 古くからおおくの研究がなされてきており, とくに, 哺乳類など高等脊椎動物の歯の構造との相同性をめぐって, 永い間の論争が続けられている。なかでも, 歯の外層がエナメル質なのか象牙質なのかという問題が中心であったが, 内層や基底層に関する問題もあった。すでに, 筆者の一人, 後藤 (1972, 1976)^{25,26)} は, この問題について詳しく検討しているので, ここではこの論争に深く立ちいることはしない。

ラブカの歯の外層も, 他のサメの歯の外層と基本的に同じ構造をしており, 歯冠の表面をおおう高度に石灰化した硬組織という点では, RÖSE (1895)⁴⁹⁾ にしたがってエナメル質といえるが, 象牙細管の延長や, 縦走および横走する線維状構造を含む点では, 哺乳類などの場合とはことなっている。外層に関するさらに詳しい検討は発生に

関する研究の際に論じることにする。

ラブカの歯の内層は, 哺乳類などにみられる真性(細管)象牙質とはかなりことなる構造をしており, とくに象牙芽細胞からのびる細胞の突起をいれる細管が, こまかく不規則に枝分かれするのが特徴である。RÖSE (1895)⁴⁹⁾ は, この細管の分岐状態から, 象牙質を外側の硬質象牙質と内側の象牙質の2つの部分に分けているが, 筆者らの観察では, 硬質象牙質は外層の深層部とすべき部分であると考えられる。

サメ類の歯の内層は, サメの種類によってことになっており, 骨様象牙質からなるものから, 真性象牙質からなるものまで, さまざまなものがみられる (THOMASSET, 1930⁵⁴⁾; 伊法, 1960⁴⁵⁾; GOTO, 1971²³⁾ など)。Гликман (1964)¹⁸⁾ は歯の内層の構造を分類の大きな基準にして, 板鰓亜綱を真性象牙質 (Orthodonti) 下綱と骨様象牙質 (Os-teodonti) 下綱に2分するという独特な分類体系を提案したが, この説は, 最近では, COMPAGNO (1973)⁶⁾ らによって, 具体的な例をもって否定されている。

しかし, 筆者らは, Гликман (1964)¹⁸⁾ のように絶対化するのはあやまりであるとしても, アオザメ類やミズワニ類のグループが, 典型的な骨様象牙質の歯をもつのにたいし, メジロザメ類などでは典型的な真性象牙質をもつことは明白な事実であるので, また, 硬骨魚類でもある種 (例えばイシダイ) の歯がよく発達した真性象牙質をもつのにたいし, 別の種 (例えばニザダイ) では脈管象牙質からなっていることがあることから, 歯の構造も, 重要な分類形質のひとつであると考えられるのである (後藤, 1972²⁴⁾)。

ラブカの歯の場合は, どちらかといえば真性象牙質にはいるものであるが, メジロザメ類にくらべると細管が不規則に多数分岐する点で, かなりことなっている。

なお, 古生代の *Cladoselache* などの歯は, 外層を欠き, 内層はかなりよく発達した真性象牙質からなる(図11)とされている (CLAYPOLE, 1895⁵⁾; DEAN, 1909⁹⁾) が, はたして外層が本来から欠かしていたのか, 内層の最表層が外層であるのか, それとも化石になる過程 (続成作用) で外層が溶

図11 *Cladoselache kepleri* の歯の横断面
×50 (DEAN, 1909⁹⁾より)

解したものか、疑問があると思われる。

4. サメ類の歯の基底層と歯の支持様式について

歯の基底層については、どのサメでもほぼ同じような骨様の硬組織からなっている。しかし、その名称や組織学的性質についてはいろいろな学説がある。ラブカの歯をはじめ観察した RÖSE (1895)⁴⁹⁾ は、これを Sockel とよんでいるが、他の研究者たちは、bone of attachment とか、basal plate とかよぶものがおおい。その組織学的性質についても、MOSS (1970)⁴³⁾ はこれを無細胞性の骨としており、GRADY (1970)²⁷⁾ はこの部分をつくる細胞をセメント芽細胞とよぶべきであるとしている。

筆者らは、サメ類の歯の基底層は、歯根の主体を構成する硬組織で、シャーピー線維によって歯の結合組織中に支持する役割をになっていることから、これを広義のセメント質の一種であると考ええるものである。しかし、哺乳類のセメント質と真に相同なものかどうかは、今後十分に検討されなければならない。この問題は、歯の発生に関する研究においても、再検討する予定である。

もうひとつの歯の支持組織である付着上皮の存在も、哺乳類の場合と基本的に同じであるが、歯肉上皮には内縁上皮と外縁上皮の区別がなく、歯頸の近くでわずかに肥厚して、歯の内層と基底層の移行部および外層の表面に付着している。

サメ類にみられる歯の支持様式は、線維性結合 (fibrous attachment) とよばれ、脊椎動物における歯の支持様式のもっとも原始的な状態と考えられている (NOBLE, 1969⁴⁷⁾)。ここで重要なのは、サメ類では、歯は、顎軟骨をとりまく線維性結合

組織中に支えられているのであって、歯と顎軟骨との結合はない、ということである。

4. サメ類の歯の組成について

サメの歯の外層の無機成分については、平田・外海 (1950)³⁴⁾、GLAS (1962)¹⁷⁾ による研究があり、ヒトのエナメル質と同じほどの結晶度をもつ fluorapatite であるとされている。内層と基底層についての研究は、GOTO (1971)²³⁾ があるだけであるが、外層よりも内層の方が結晶度が悪く、さらに内層よりも基底層の方が結晶度が悪くなることがあきらかにされている。

ラブカの歯の X線回折像は、GOTO (1971)²³⁾ におけるメジロザメやアオザメの歯の内層の回折像にもっとも近く、それはまた、これらのサメの外層と基底層の中間的なパターンでもある。さらに、他の脊椎動物の歯の象牙質のパターン (藤原, 1969¹³⁾) にも似たものである。ラブカの歯も、他のサメの歯と同様に、apatite によって構成されていることは確かであるが、さらに詳しい鉱物組成についての検討は、外層・内層・基底層にわけて回折像をえることと、各ピークについての分析と、化学分析とによらねばならないと思われる。また、このような歯の物理・化学的研究は、電子顕微鏡による歯の結晶形態についての観察結果 (GARANT, 1970¹⁴⁾; KEMP and PARK, 1974³⁷⁾; 後藤, 1976²⁶⁾) とも比較して、おこなわれなければならないと考えられる。

サメの歯の有機成分については、MOSS *et al.* (1964)⁴⁴⁾、LEVINE *et al.* (1966)³⁸⁾ などによるアミノ酸分析の報告があるが、筆者らの分析値は、表2に示すように、MOSS *et al.* (1964)⁴⁴⁾ によるサメの歯の象牙質の分析値にきわめて近いといえることができる。一般に、下等脊椎動物のコラーゲンはかなりの多様性をもっており、ラブカの歯の硬組織中のタンパク質がコラーゲンであることは確かではあるが、さらに詳しく知るためには、外層・内層・基底層ごとの分析や、他の組織中のコラーゲンとの比較生化学的研究が必要であると思われる。また、生化学的研究の結果を、電子顕微鏡による観察結果 (GARANT, 1970¹⁴⁾; KEMP and PARK, 1974³⁷⁾; 後藤, 1976²⁶⁾) とも比較して検討することが、とくに重要であると考えられる。

なお、ラブカの歯のアミノ酸総量が、ヒトの象牙質の値より少なくなっているのは、有機物をほとんど含まない外層を内層や基底層とともに分析しているためと思われる。

結 論

現生軟骨魚類のうち、もっとも原始的といわれるラブカの歯を材料として、その配列様式・形態・構造・支持様式・組成について、肉眼観察、研磨標本と脱灰切片の各種染色標本の光学顕微鏡による観察、X線ディフラクトメーター、アミノ酸分析などの方法で研究をおこなった結果、つぎのような結論がえられた。

1) ラブカの歯の配列様式は、各歯族が間隙をおいてならぶという、他の現生のサメにはみられない独特なものであるが、古生代の *Cladoselache* にはきわめてよく似ており、このようなものが、サメ類の原始的な歯の配列様式であると考えられる。

2) ラブカの歯の形態は、中央の高い主咬頭とその両側の2つの副咬頭をもつという、3咬頭性であり、この点でも *Cladoselache* をはじめとする古生代および中生代型のサメときわめてよく似ており、歯の形態においてもラブカはサメ類の基本型をしめすといえることができる。

3) ラブカの歯の構造は、他のサメの場合と基本的に同じであり、歯冠の表面をおおう高度に石灰化した外層と、歯冠の主体をなす内層、歯根を構成する基底層の3つの硬組織からなっている。外層には、内層から続く細管の延長と縦走および横

走する線維状構造物がみられる。内層には、中心の歯髄中にある象牙芽細胞の突起が分岐しながらも放射状に走っており、基底層は、多数の髄腔をもつ骨様の構造をしめしている。咬頭の中心には管状の歯髄腔が、基底層中には多数の髄腔があり、これらの中にある軟組織は、多数の細胞と血管を含んでいる。

4) ラブカの歯の支持様式は、他のサメと同様に、線維性結合であり、基底層と周囲の線維性結合組織を結ぶシャーピー線維と、口腔上皮の連続である付着上皮によって、歯が顎上に支えられている。

5) ラブカの歯の硬組織を構成する鉱物組成の主体は、apatite である。また、歯の硬組織中に含まれているタンパク質は、そのアミノ酸組成から、コラーゲンであることがあきらかにされた。

稿を終えるにあたり、ラブカの採集に際して御協力いただいた国立科学博物館動物研究部の友田淑郎博士ならびに由井漁業協組合の方々へ深謝の意を表す。またX線回折に際して御協力いただいた東京教育大学理学部地質学鉱物学教室の神谷英利博士、および文献について御教示下さった東京大学農学部水産学教室の谷内透博士に深謝の意を表す。さらに、この研究をすすめるにあたりいろいろ御協力いただいた東京教育大学理学部地質学鉱物学教室、東京医科歯科大学歯学部口腔解剖学教室、および鶴見大学歯学部解剖学教室の教室員の方々に厚くお礼申し上げる次第である。

なお、この研究の一部については、日本地質学会第77年学術大会(1970年10月、静岡)、および鶴見歯学会第1回例会(1975年7月、横浜)にて発表した。

Summary: The teeth of *Chlamydoselachus anguineus*, a living archaic fish, which was caught in Suruga Bay, Japan, were investigated on their arrangement pattern, morphology, structure, attachment pattern and composition by naked eye observation, optical microscopic observation of ground and decalcified section, X-ray diffraction method and amino acid analysis.

In the arrangement pattern and morphology of the teeth, *Chlamydoselachus* is very similar to *Cladoselache*, a Devonian shark. Therefore, it is considered that *Chlamydoselachus* has one of the most primitive shark teeth type.

The hard tissues of the tooth consist of outer, inner and basal layer. The outer layer is highly calcified tissue which covers the crown of the tooth. The inner layer is penetrated by radial dentinal tubules extending from the dental pulp cavity. The basal layer is an osseous tissue which contains many small cavities. The tooth is supported on the jaws by both Sharpey's fibers which connect the basal layer of the tooth to the surrounding fibrillar connective tissue layer, and

the epithelial attachment, the extension of the oral mucous epithelium.

Also, this study made clear, that in *Chlamydoselachus*, the major mineral component of the tooth hard tissues is apatite, and the protein which is contained in the tooth hard tissues is collagen.

文 献

- 1) ALLIS, E. P.: The cranial anatomy of *Chlamydoselachus anguineus*. *Acta Zool.*, 4 : 123-221, 1923.
- 2) BIGELOW, H. W. and SHROEDER, W. C.: Fishes of western North Atlantic. Sharks. *Mem. Sears Found. Mar. Res.*, 1(1) : 59-546, 1948.
- 3) BROHMER, P.: Das Exkretionssystem eines Embryo von *Chlamydoselachus anguineus* GARM.. *Anat. Anz.*, 33 : 621-627, 1908.
- 4) BROHMER, P.: Der Kopf eines Embryo von *Chlamydoselachus* und die Segmentierung des Selachierkopfes. *Jena. Zeitschr. Naturwiss.*, 44 : 647-698, 1909.
- 5) CLAYPOLE, E. W.: On the structure of the teeth of Devonian cladodont sharks. *Proc. Am. Micros. Soc.*, 16 : 191-195, 1895.
- 6) COMPAGNO, L. J. V.: Interrelationships of living elasmobranchs. *Interrelationships of Fishes* (ed. by GREENWOOD, P. H., MILES, R. S. and PATTERSON, C., Supplement No. 1, Zool. J. Linnean Soc., Vol. 53), 15-61, Academic Press, New York, 1973.
- 7) DEAN, B.: Contributions to the morphology of *Cladodonta*(*Cladodus*). *J. Morph.*, 9 : 85-115, 1894.
- 8) DEAN, B.: A preliminary account of the studies on the Japanese frilled shark, *Chlamydoselachus*. *Science*, n. s. 17 : 487, 1903.
- 9) DEAN, B.: Studies on fossil fishes (sharks, chimaeroids and arthrodieres). *Mem. Amer. Nat. Hist.*, 9 : 211-287, 1909.
- 10) EASTOE, J. E.: The amino acid composition of proteins from the oral tissues-II. The matrix proteins in dentine and enamel from developing human deciduous teeth. *Archs oral Biol.*, 8 : 633-652, 1963.
- 11) 海老名謙一: 古代魚「らぶか」。薬水, 29 : 596-601, 1934.
- 12) 藤田恒太郎: 歯の解剖学, 初版, 1-139頁, 金原出版, 東京, 1949.
- 13) 藤原隆代: X線回折による化石の硬組織研究。硬組織研究(荒谷ら編), 初版, 463-480頁, 医歯薬出版, 東京, 1969.
- 14) GARANT, P. R.: An electron microscopic study of the crystal-matrix relationship in the teeth of the dogfish *Squalus acanthias* L.. *J. Ultrastructure Research*, 30 : 441-449, 1970.
- 15) GARMAN, S.: New sharks: *Chlamydoselachus anguineus* and *Heptranchias pestorosus*. *Bull. Essex Instit.*, 16 : 3-15, 1884.
- 16) GARMAN, S.: *Chlamydoselachus anguineus*, a living species of cladodont shark. *Cambridge Bull. Mus. Comp. Zool.*, 12 : 1-36, 1885.
- 17) GLAS, J.-E.: Studies on the ultrastructure of dental enamel. VI. Crystal chemistry of shark's teeth. *Odont. Revy*, 13 : 315-326, 1962.
- 18) Гликман, Л. С.: Акулы Палеогена и их Стратиграфическое Значение, 8-13' Акад. Наук, Москва, 1964.
- 19) GOODEY, T.: A contribution to the skeletal anatomy of the frilled shark, *Chlamydoselachus anguineus* GAR.. *Proc. Zool. Soc. London*, pt. 2, 540-571, 1910.
- 20) GOODEY, T.: Vestiges of the thyroid in *Chlamydoselachus anguineus*, *Scyllium catulus* and *Scyllium canicula*. *Anat. Anz.*, 36 : 104-108, 1910.
- 21) GOODRICH, E. S.: *Studies on the Structure and Development of Vertebrates*, Vol. I, Vol. II, 1-837, Dover, New York, 1958.
- 22) 後藤仁敏: 生化学的方法。分析法。化石の研究法(化石研究会編), 初版, 550-557頁, 共立出版, 東京, 1971.
- 23) GOTO, M.: Paleontological studies on the shark teeth. —Biostratigraphy, anatomy, histology and biochemistry of the shark teeth.—(MS) Master thesis, Tokyo University of Education, 1-71, 1971.
- 24) 後藤仁敏: 日本産の化石軟骨魚類についての総括。地質雑, 78 : 585-600, 1972.
- 25) 後藤仁敏: サメの歯の構造と発生に関する諸問題。化石研究会会誌, 5 : 17-35, 1972.
- 26) 後藤仁敏: サメの歯の発生と脊椎動物における歯の系統発生に関する一考察(投稿中), 1976.
- 27) GRADY, J. E.: Tooth development in sharks. *Archs oral Biol.*, 15 : 613-619, 1970.
- 28) GUDGER, E. W. and SMITH, B. G.: The natural history of the frilled shark *Chlamydoselachus anguineus*. The Bashford DEAN Memorial Volume, *Archaic Fishes* (ed. by GUDGER, E. W.), Article 5, 243-330, 1933.
- 29) GUDGER, E. W.: The breeding habits, re-

- productive organs and external embryonic development of *Chlamydoselachus*, based on notes and drawings by Bashford DEAN. The Bashford DEAN Memorial Volume, *Archaic Fishes* (ed. by GUDGER, E. W.), Article 7, 521-646, 1940.
- 30) HARRIS, J. E.: I. The dorsal spine of *Cladoselache*. II. The neurocranium and jaws of *Cladoselache*. *Sci. Publ. Cleveland Mus. Nat. Hist.*, 8 : 1-12, 1938.
- 30) 橋本 巖・小寺春人・井上孝二: 数種魚類の歯の分布状態について(抄). 鶴見歯学, 1 : 108, 1975.
- 31) HAWKES, O. A. M.: The cranial and spinal nerves of *Chlamydoselachus anguineus*. *Proc. Zool. Soc. London*, 959-991, 1906.
- 32) HAWKES, O. A. M.: On the abdominal viscera and a vestigial seventh branchial arch in *Chlamydoselachus*. *Proc. Zool. Soc. London*, 471-478, 1907.
- 33) 平井五郎: X線および電子線回折法. 歯の研究法—構造と組成—(須賀・田熊・佐々木編), 初版, 484-532頁, 医歯薬出版, 東京, 1973.
- 34) 平田俊一・外海啓一: 魚類, 板鰓目 (Elasmo-blanchii) 中, 軟骨類 (Selachii) の歯の enamel 質についての物理化学的研究. 第1報 ホシザメ (*Cynias manazo*). 歯科医学, 14 : 156-161, 1950.
- 35) 伊法正雄: サメ科魚類の歯の比較解剖学的研究. 三重医学, 4 : 1981-2002, 1960.
- 36) 神谷英利: X線法. ディフラクトメーター法. 化石の研究法 (化石研究会編), 初版, 587-599頁, 共立出版, 東京, 1971.
- 37) KEMP, N. E. and PARK, J. H.: Ultrastructure of the enamel layer in developing teeth of the shark *Carcharhinus menisorrhah*. *Archs oral Biol.*, 19 : 633-644, 1974.
- 38) LEVINE, P. T., GLIMCHER, M. J., SEYER, J. M., HUDDLESTON, J. I. and HEIN, J. W.: Noncollagenous nature of the proteins of shark enamel. *Science*, 154 : 1192-1194, 1966.
- 39) MASAI, H.: On the brain pattern of *Chlamydoselachus anguineus*. *Yokohama Med. Bull.*, 11 : 231-238, 1961.
- 40) 松原喜代松: 魚類. 動物系統分類学, 第9巻, 上, 脊椎動物 I a, 初版, 53-109頁, 中山書店, 東京, 1963.
- 41) 松原喜代松: 魚類の形態と検索. I. 初版, 98-153頁, 石崎書店, 東京, 1971.
- 42) 百瀬文雄: 新着標本羅鱧の観察. 自然科学と博物館, 9 (8) : 2-5, 1938.
- 43) MOSS, M. L.: Enamel and bone in shark teeth: with a note on fibrous enamel in fishes. *Acta Anat.*, 77 : 161-187, 1970.
- 44) MOSS, M. L., JONES, S. J. and PIEZ, K. A.: Calcified ectodermal collagens of shark tooth enamel and teleost scale. *Science*, 145 : 940-942, 1964.
- 45) NIKOL'SKII, G. V.: *Special Ichthyology*. 2nd rev. enlarged ed. (translated from Russian), 45-72, Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1961.
- 46) NISHIKAWA, T.: Notes on some embryo of *Chlamydoselachus anguineus* GARMAN. *Annot. Zool. Jap.*, 2 : 95-102, 1898.
- 47) NOBLE, H. W.: The evolution of the mammalian periodontium. *Biology of the Periodontium* (ed. by MELCHER, A. H. and BOWEN, W. H.), 1-26, Academic Press, New York, 1969.
- 48) ROMER, A. S.: *The Vertebrate Body*. 4th ed., 38-42, 293-300, Saunders, Philadelphia, 1970.
- 49) RÖSE, C.: Ueber die Zahnentwicklung von *Chlamydoselachus anguineus* GARM.. *Morph. Arb.*, 4 : 193-206, 1895.
- 50) 佐々木 哲: 結合組織を構成する物質. 歯学生化学(押鐘監修), 初版, 8-32頁, 医歯薬出版, 東京, 1966.
- 51) SCHAEFFER, B.: Comments on elasmobranch evolution. *Sharks, Skates, and Rays* (ed. by GILBERT, P. W., MATHEWSON, R. F. and RALL, D. P.), 3-35, Johns Hopkins, Baltimore, 1967.
- 52) SMITH, B. G.: The anatomy of the frilled shark, *Chlamydoselachus anguineus*. The Bashford DEAN Memorial Volume, *Archaic Fishes* (ed. by GUDGER, E. W.), Article 6, 331-520, 1937.
- 53) 谷内 透: 鮫, 初版, 1-86頁, ダイビングワールド社, 東京, 1976.
- 54) THOMASSET, J.-J.: Recherches sur les tissus dentaires des poissons fossiles. *Archs Anat. Histol. Embryol.*, 11 : 5-153, 1930.
- 55) ZANGERL, R. and CASE, G. R.: Iniopterygia, a new order of chondrichthyan fishes from the Pennsylvanian of North America. *Fieldiana Geol. Mem.*, 6 : 1-67, 1973.
- 56) ZIEGLER, H. E.: Ein Embryo von *Chlamydoselachus anguineus* GARM.. *Anat. Anz.*, 33 : 561-574, 1908.

写 真 の 説 明

- 写真1 駿河湾で捕獲されたラブカのオス(上)とメス(下)(メスの体内には、8つの胚子がいっていた)。
- 写真2 ラブカのオスの頭部前面。するどい歯が、顎上にならんでいるのが観察される。
- 写真3 ラブカの上顎。下からみたところ。×0.59
- 写真4 ラブカの下顎。上からみたところ。×0.69
- 写真5 ラブカの下顎右側の一部。各歯族は、間隙をおいてならんでいる。ここでは、1歯族は、5本の歯からなっている。頬側よりの歯にくらべて、舌側よりの歯の方が大きくなっていることに注意せよ。×4.7
- 写真6 ラブカの上顎左側の最頬側の歯。写真の右が近心方向。×1.0
- 写真7 写真6の一部の拡大。×3.8
- 写真8 ラブカの歯の研磨標本。近遠心方向の縦断面。×15
- 写真9 ラブカの歯の研磨標本。水平方向の横断面。×15
- 写真10 ラブカの歯の研磨標本。頬舌方向の縦断面。×15
- 写真11 写真9の主咬頭部分の強拡大。中心の歯髓腔(P)から、内層(I)中を枝分かれしつつ細管が走る。その延長は、外層(O)中にも達する。×52
- 写真12 セロイジン包埋脱灰切片のヘマトキシリン・エオジン染色標本。機能歯の頬舌方向の縦断面。×21
- 写真13 同上の一部の強拡大。外層(O)には、内層(I)から連続する細管や線推状構造物がみとめられる。また、外層(O)の表面には、付着上皮(EA)および歯小皮(C)が観察される。×300