

## 第9回化石研究会学術大会講演要旨

(1991年6月16日鶴見大学歯学部)

## [特別講演]

Some physical properties of amelogenin and enamelin.

R.W. Fearnhead.

(Tsurumi School of Dental Medicine, 2-1-3  
Tsurumi-ku, Tsurumi, Yokohama 230, Japan)

Vertebrate tooth enamel and enameloid have unusually large apatite crystals and are the secretory product of ameloblast cells which are of epithelial origin. These cells first produce an organic matrix (amelogenin and enamelin) on the outermost surface of the dentine, in intimate association with the mineral and collagen fibres which are oriented perpendicular to that surface. Growth of hydroxyapatite crystals into the newly secreted organic matrix from this collagenous boundary quickly follows, thus establishing the position of the enamel or enameloid/dentine junction of all vertebrates. It is generally accepted that the early secretion contains both amelogenin and enamelin together with proteolytic enzymes.

The precise role of amelogenin and enamelin in the production of the extensive variety of highly ordered structures which distinguish the different types of mammalian enamel and non-mammalian enameloids, remains a mystery, although it is generally accepted that it is intimately associated in some way with the growth and orientation of the large crystals.

The principal obstacle to a better understanding of the role of amelogenin is the lack of knowledge about its physico-chemical properties. Reports of significance and relevance to the observations I wish to make today are due to Nikiforuk and Simmonds (1965) and Nikiforuk and Sognnaes (1966) who noticed that when developing bovine enamel protein was solubilised in EDTA or dilute formic acid pH. 6.8-7.0, it changes its state from a clear gel at 4°C., to an opalescent solution at a temperature of 18°C this change of state being reversible.

Many biochemists have also made similar observations, referring to the phenomenon as a precipitation or aggregation during the preparation of their samples, although giving no further details.

Our present investigations are being made on a 150mg sample of total enamel protein from pooled developing pig molars, and one 100mg sample of an extract characterised as a single band of 21 kDa amelogenin protein by electrophoresis were obtained from our Biochemistry department and form the subjects of this stage of this stage of our study. Small vials made by cutting an open ended cavity in a sheet of 0.5mm silicone rubber sandwiched between two glass microscope slides were prepared and a small aliquot (0.05cc) of each solution was then placed in separate vials and allowed to evaporate at room temperature (22°-23°C) and examined daily for possible change in optical behaviour. In the case of the total protein extract a change to a positive birefringence occurred apparently abruptly after ten days when the material was then already in a gel like state. The 21 kDa sample was placed in a vial of different shape having less surface exposed to evaporation, the room temperature had risen slightly to between 23°-24°C, the first change occurred after seven days by the appearance of a small white opaque mass on the side of the vial, which grew rapidly by the extension of tiny finger-like rows of very small globules of material so that within two minutes the whole of the contents of the vial was filled with the new opaque phase which was isotropic. This change occurred in the evening when the room temperature had risen to 25.5°C. On cooling to 24.5°C the new phase completely cleared within one minute. The temperature was then raised and lowered many times within a range of 24°-40°C with the reversible transition occurring between 25.5° and 26°C. From the appearance these changes probably correspond to the changes observed by Nikiforuk and Sim-

monds (1965) and Nikiforuk and Sognaes (1966). Both materials responded very sensitively to changes in humidity within the temperature range used, a property which is proving to be very troublesome when attempting to obtain good x-ray diffraction photographs from the solid crystals. In an attempt to stop or at least slow the evaporation a small amount of liquid paraffin was layered over the sample. Following the application of the liquid paraffin the rows of tiny globules became joined into threads radiating from the main mass and directed towards the interface, some threads developed side branches. When the temperature was lowered below 25°C again the whole sample became a clear isotropic liquid once more, quickly returning to the opaque mass with threads when the temperature was raised above 25.5°C. The temperature was then raised to 37°C and maintained at this temperature for several weeks. During this period the opaque mass developed many large globules some of which were weakly birefringent, and some of the threads separated into short birefringent rods, meanwhile extremely small rectangular crystal nuclei appeared in association with both the threads and some of the globules. After two months the liquid adjacent to some of the threads developed sheet-like birefringent planes. At this stage the whole contents of the vial were in a viscous fluid/gel state.

#### Speculative conclusions.

It is envisaged that the so-called "granular" or "stippled material" seen near to the ameloblasts in electron microscope preparations, is the newly secreted amelogenin complex, which in nature consist of coiled molecules having a spherical or ellipsoidal shape (30-80 Å in size) with active polar groups. This material is an aggregate of molecules of a varying molecular weights (in the range of approx. 90-20 kDa) which under local conditions of normal body temperature, in the presence of lipids and ionic calcium and phosphorous and at appropriate concentration conditions which are probably controlled by the ameloblast, are capable of undergoing a nematic type of self orientation into columns, between which apatite crystals may increase in length by growth along their c-axis direction unrestricted by the lateral surfaces of the

oriented amelogenin/enamelin molecules. These surfaces however constrain in some way mineral addition to the a, and b axes until the complex is modified and maturation occurs.

#### [個人講演]

##### 1. 日本産中生代ヒボドゥス上科板鰓類歯化石3標本について

後藤仁敏(鶴見大・歯・解剖)・久家直之(京大・理・地質)・蜂矢喜一郎(愛知学院大・歯・解剖)

わが国の三疊系およびジュラ系から発見された3属のヒボドゥス上科に属する板鰓類の歯化石3標本について報告する。*Hybodus* sp.の側歯は、京都府天田郡夜久野町額田の夜久野層群わるいし層(三疊紀中期のアニス期前期)から産し、大きな主咬頭と6つ以上の遠心側咬頭をもち、歯冠の舌側面部に多数の垂直方向の細い線条がみられる。*Acrodus* sp.の前歯は、京都府天田郡夜久野日置の難波江層群日置層(三疊紀のカーニア期)から産し、近遠心方向の稜から舌側および唇側に走る多数の細い線条をもつ楕円形の咬合面を有している。*Asteracanthus* sp.の側歯は、宮城県本吉郡志津川町葦の浜の志津川層群葦の浜層(ジュラ期前期のヘッタンジュ期)から産し、多数の小窩と線条をもつ近遠心方向に細長い咬合面を有する。本報告は、日本の三疊系からの*Hybodus*属と*Acrodus*属の最初の記録であり、ジュラ系からの*Asteracanthus*属の2番目の記録である。

#### [質疑]

大森昌衛(元麻布大): ネコザメの歯に中生代の3つの歯型が現れることを発生的にどう考えておられるか。

後藤: ネコザメの歯の形態的特徴はヒボドゥス類の歯の系統発生を反映しているとも考えられる。

##### 2. 各種分析法による象牙質の違いについて

寒河江登志朗・三島弘幸・鈴木久仁博・久貫由理代・小沢幸重(日本大・松戸歯)

歯の象牙質は一般に約70wt%の無機質と20wt%の有機質と10wt%の水分から構成されているといわれている。しかし、動物あるいは歯種・歯内の部位によってその有機質量・元素組成などに若干の違いがみられることが明らかとなってきた(例えば、寒河江ほか、1991年解剖学会総会)。ここではX線回折法(XRD)、赤外線吸収分光法(IR)、熱重量・示差熱分析法(TG-DTA)、エネルギー分散型元素分析法(EDS)などを用いていくつかの動物の歯の象牙質を分析した例を報告する。

赤外線吸収分光法では、特にラットの唇側と舌側・ゾウの切歯と臼歯の象牙質の違いが顕著であった。熱

重量・示差熱分析法でもゾウの切歯と臼歯の象牙質の違いが有機質の燃焼パターンの違いとして認められた。有機質量の違いはヒト・ウシの歯冠・歯根象牙質、ラット・ウサギの唇側・舌側象牙質の間にも認められ、また、ゾウの有機質量は約35wt%で調べたなかで最高であり、ラット・ウサギの唇側象牙質は約15wt%で最低であった。元素分析の結果はヒト・ウシに比べてラット・ウサギ・ゾウと次第にMgが増えて(Ca+Mg)/P比が減少してくるが、マンモスはMgが少なく(Ca+Mg)/P比は高い。加熱後の象牙質のX線回折ではヒトではapatite>>whitlockiteであるが、ゾウの場合ほとんどがwhitlockiteに変わっていた。これらの違いはおもに化学組成の違いによるものと考えられる。

各種の分析法を象牙質に応用した結果、象牙質の違いを明らかにすることが出来た。

#### 〔質疑〕

蜂矢喜一郎(愛知学院大・歯)：比較サンプルのラット、ラビット、ウシ、ヒトの歯種は同一部位、たとえば切歯あるいは臼歯に限って解析を行なったのか。

寒河江：今回は(意味があるかどうかわかりませんが)同じ切歯ということで比べてみた。

笹川一郎(日本歯科大)：ゾウの象牙質の場合有機基質が多いということですが、それはコラーゲンなのか、それともそれ以外のものなのか、何か情報は得られましたでしょうか。

寒河江：IRでの同定は今のところできていないが、熱分析で2つのピークが見られることからヒトなど他の象牙質と違って、2つ以上のものから構成されているだろうといえる。

### 3. 走査電顕による発掘人骨の歯石の観察

高橋正志(日本歯科大・新潟歯)

発掘された人骨の歯に残存していた歯石を走査電顕で観察し、現代人のものと比較した。

材料として、佐渡島より発掘された室町時代人の人骨の歯に残存していた歯石および現代日本人の歯石を使用した。歯石の付着面と自由表面を10% NaOClで1時間処理後、通法により走査電顕で観察した。その結果、次のような知見を得た。

(1)現代人では、歯石の大部分は、多数の糸状菌と、それらの間を埋める鉱物とで構成されていた。

(2)歯根の歯石の付着面には厚さ数10 $\mu$ mの、歯冠の歯石では厚さ約1 $\mu$ mの結晶層がみられた。

(3)歯石を構成する結晶として、ハイドロキシアパタイトと思われる角柱形結晶、オクタカルシウムフォスフェイトと思われる薄板形結晶、マグネシウムフィトロッカイトと思われる菱面体形結晶のほか、花卉形結

晶も観察された。

(4)室町時代人でも、歯根の歯石の付着面に厚さ数10 $\mu$ mの結晶層が残存していた。

(5)マグネシウムフィトロッカイトと思われる結晶は、菱面体形の場合と、菱面体形の角が丸まっている場合があった。

(6)歯冠の歯石の付着面には直径2~6 $\mu$ mの半球形の陥凹がみられた。

(7)オクタカルシウムフィトロッカイトと思われる結晶および直径約1 $\mu$ mの糸状菌も観察された。

#### 〔質疑〕

寒河江：結晶形態で古代人と現代人で違いは？

高橋：室町時代人のものでは、菱面体形結晶の角が丸まっているものもみられた。

寒河江：丸まった形は死後の変化か？

高橋：死後の地中に埋葬後の変化だと思います。

蜂矢：縁上歯石、縁下歯石を現代人と比較して差がみられたのか。

高橋：室町時代人の縁下歯石の付着面の菱面体形結晶では角が丸まっているものがみられた。また、縁上歯石では付着面に直径2~6 $\mu$ mの半球形の陥凹がみられた。

蜂矢：糸状菌が現代人のものと異なると当時の食性との違いに何らかの関連が考えられるのではないか。

高橋：糸状菌の形態のちがいについては今回は識別できなかった。

### 4. 古生代のカグラザメについて

小泉 斉(ケセン地質研)

#### 〔質疑〕

大森：これまでに国内で報告された標本で最も近いものは何か。

小泉：今回発見された標本はヒポダグス化石の可能性もあるが、この時代には北上山地の叶倉統から*Helicoprion*が産出している。そのほかに岐阜県美濃赤坂からも他の種類のサメの歯が見つかっております。

### 5. 加速器質量分析計による<sup>14</sup>C年代測定のための化石コラーゲン抽出法

秋山雅彦・沢田 健・亀井節夫(信大理)・有田陽子・中井信之(名大理)・中村俊夫(名大年代測定資料研究センター)

タンデトロン加速器質量分析計をつかって、野尻湖層から産出するナウマンゾウの臼歯の象牙質コラーゲンの年代測定を行い、これまでの $\beta$ 線計数法による材化石の年代より8,000~15,000年に至る古い年代値が得られた。このような違いは扱った化石試料の違いによるものでないことが前者の方法で測定した材化石の

年代値から確かめられている。

年代測定に使用した試料は、野尻湖層産のナウマンゾウの臼歯・象牙とオオツノシカの掌状角・足骨である。得られた年代値はばらつくが、1) 材化石の年代値と一致する多くの試料、2) それより若い年代を示す試料、3) 古い年代を示す試料の3つに分けられる。1) と3)のグループは脱灰によって得られたコラーゲン量が多く、C/N比がコラーゲンの3.2という値に近く、汚染の少ない試料である。コラーゲンによる年代測定にはこのような試料を選別することが必要である。さらに、3)の試料は再堆積の可能性が高いことを指摘した。

〔質疑〕

寒河江：切歯のほうが汚染されやすい理由は何ですか。  
秋山：切歯は破片になった標本で、多孔質で割れ目があるなど汚染をうけやすい構造をしているため、そして臼歯はエナメル質に包まれているため保存条件がよい。

大島浩 (kk. ココロ)：再堆積とされた時代の古くでる標本は、他の標本と比較して肉眼的にちがいがあるか(破片の粒径、磨耗度等)。

秋山：とくに差は認められない。

大島：ナウマンゾウ切歯の象牙質のコラーゲン含有量が臼歯に比較して非常に少ないのは、それだけ大量に失われたと理解してよいか。

秋山：その通りである。

佐俣哲郎(麻布大)：加速器質量分析計によるマンモスのコラーゲン中の<sup>14</sup>C年代測定を行なった結果、従来の方法と比べて古い値がでていますが、その理由は何か。年代測定方法のちがいを教えてもらいたい。

秋山：従来のβ線法では3万年ぐらいが限度といわれている。一方、加速器質量分析法では5万年以上さかのぼることが可能であるとされている。

間島信男(県立宮代高校)：信頼される年代より古い年代を与えた試料について、再堆積以外にその理由は考えられないか。

秋山：一般にはDead carbonの混入によって年代が古くでる可能性はあるが、ここでの試料処理法からは、再堆積以外は考えられない。

## 6. *Desmostylus* 臼歯における頂窩の形態と微細構造について

鈴木久仁博(県立松戸高校)・小澤幸重(日大・松戸歯)

「頂窩」は所(1937)によって発見、記載された、歯牙咬頭部の陥凹である。しかし、その発生機序や生物学的意義については不明な点が多い。

第三紀中新世の化石哺乳類 *Desmostylus* は独特の

形態を持つ臼歯を特徴とし、各々の咬頭は厚いエナメル質を持つ咬柱となっている。そして、咬耗の進んでいない咬柱の頂部にはよく発達した頂窩が形成される。

*Desmostylus* の頂窩は中央に火口丘のような突出部を持ち、その周囲が外輪山のように発達した大きな陥凹である。エナメル質の表面にはさらに小さな陥凹が複数みられる。縦断面にはシュレーゲル条や成長線が明瞭に観察される。ほぼ一定の間隔で形成される成長線は、突出部の裾にあたる部分で狭くなり、シュレーゲル条も歪んでくる。そして外輪山様の隆起はそれに付け加わるように形成され、咬柱の側面の部分では更にエナメル質が付加される様子が観察される。このことは、未完成の咬柱では中央の突出部が形成されていても外輪山の発達が悪いことによって裏付けられる。*Desmostylus* の咬柱はこのような3段階のエナメル質形成様式を持ち、頂窩はこのような独特の咬柱形成の過程でつくられるものと思われる。

*Desmostylus* のエナメル質形成のパターンは頂窩の発生機序について新しい知見を与えるものである。

〔質疑〕

秋山雅彦(信州大・理)：頂窩はどんな動物に知られているか。分類・生態との関係は。

鈴木：頂窩はヒトを含め、かなり広く分布していると考えられますが、どのような動物に、どのような形態で存在するかを調べている段階です。所(1937)では、サル、アナグマ、ハナグマ、オガサワラコウモリ、さらにアナグマの化石にも認めています。

高橋正志(日歯大・新潟)：セメント質に覆われた輪状陥凹部のエナメル質面には吸収がみられなかったか。

鈴木：吸収によると思われる小さな陥凹がいくつも見られます。

犬塚則久(東京大・医)：*Desmostylus* の咬柱の咬頭頂にある大きい陥凹はヒトなどに見られる頂窩とは別物ではないか。咬頭頂の中央にある低い円錐形の高まりの中央の小孔が大きさ、形態とも類似しているの、この方の組織像を検討していただきたい。

鈴木：頂窩の定義の問題だと思います。頂窩は咬頭に見られる凹みですが、それが *Desmostylus* ではひとつひとつの咬頭に相当する咬柱の先端の陥凹にあたると思います。中央部の高まりに見られる小孔は異常管や吸収によるものと考えられます。私達は頂窩を「所」型と「デスモ」型に分けて考え、*Desmostylus* の頂窩の組織学的、発生学的な研究からアプローチしたいと考えています。

大森：(感想として)頂窩の意味するものが2つあるようで、混同しているので整理する必要があるだろう。

## 7. デスモスチルス臼歯エナメル質におけるハンタ

## 一・シュレーゲルの条紋の立体構築

竹村知加子 (信州大・理)

デスモスチルスの食性問題に関しては、円柱状の臼歯が軟体動物食、植物食のいずれも適した構造であると主張されている。そのため、形態からのみではなく構造強度から合理的な検討をする必要がある。そこで、咬耗に対する強度を担うエナメル質のシュレーゲルの条紋の立体構造再構築を行い、シュレーゲルの条紋の構造強度から食性の適性を検討した。

画像解析から、シュレーゲルの条紋の横断帯は逆円錐形の一部で縁がぎざぎざしており、隣接した縁と縁が組み木細工のように支持しあっている。この構造が重なり円柱状の臼歯の咬柱を形成していることが明らかになった。上記の構造からなる円柱状の臼歯は非常に強固ということが出来る。即ち、この構造は咬合面に対して縦、横、ねじれの方向に強度を発揮すると考えられる。貝を砕くのに適応していたのであれば、咬合面に対して垂直方向に強度が集中すれば十分である。これに対し、かたい繊維質の多い植物を食べる場合、かみ砕くのための垂直方向への強い力に加えてすりつぶすための水平やねじれの方向へも強い力が加わる。デスモスチルスの臼歯はかたい繊維質の多い植物を食べるのに適応していたと考えられる。

### 〔質疑〕

大森：大変興味深くうかがったが、クラックによるシュレーゲルの変形があるようだが、シュレーゲルの立体構築を描き出すときに二次的変形を考慮して復構する必要があるように思うが。

また、立体構築画像を決定する要因としてエナメル芽細胞の石灰化条件(午前中の Fearnhead 氏の実験例のような)を考慮する必要がある。今後の研究の発展を期待する。

竹村：模式図と亀裂との関係については検討が必要であると考えます。

亀裂と外的な力(化石化作用)との関係については外的な力による変形は見られないので、有機物の遺失や乾燥によるものと考えます。

## 8. 周波条の一形成要因としてのハンター・シュレーゲルの条紋について

小澤幸重・鈴木久仁博・寒河江登志朗・三島弘幸・久貫由里代 (日本大・松戸歯)

周波条はエナメル質の表面に形成される凹凸であり、エナメル芽細胞の一定集団が周期的に退縮するために形成されるものと推定できる。しかし、そのような細胞の集団と周期性に関する議論は少なく、原因は明らかとなっていない。そこでエナメル芽細胞の集団的運動によって形成されるハンター・シュレーゲル条(シ

ュレーゲル条)の著しく発達する *Mesohippus* と *Desmostylus* を検索した結果、シュレーゲル条と周波条とが一定の関連をもつことが明らかとなった。

*Mesohippus* では、シュレーゲル条は直線的にエナメル質内を走行し、表面近くですべてのエナメル小柱が平行となって消失し、表面に達する。シュレーゲル条に対応してエナメル質表面に周波条が歯冠にほぼ水平方向に配列するのを認めた。周波条は、歯頸部で狭く咬頭側で幅広くなるが、これはシュレーゲル条とエナメル質表面の交わる角度の関係であった。*Desmostylus* は、厚さ1cmにも及ぶエナメル質にS字状に湾曲したシュレーゲル条が規則的に配列することで知られる。周波条はその横断ないし縦断帯とよく一致する。但しシュレーゲル条の乱れる歯頸部では、必ずしも一致しない。次に動物実験によりこれを確かめた。

ウサギ切歯のエナメル質組織発生を観察すると、周波条とシュレーゲル条の一致する領域が多い。成熟期エナメル芽細胞の数列の層が周期的に変化して両者を形成する。

以上の点から、横断型シュレーゲル条を形成するエナメル芽細胞の集団の周期性は、シュレーゲル条形成後に周波条をつくる一因になるものと考えられる。

### 〔質疑〕

大森：演者は哺乳動物の食性をエナメル小柱の集合形態の差などからも検討しておられるが、食性が反映する基本的形態は、エナメル芽細胞、エナメル小柱、シュレーゲル条紋のいずれにあると考えておられるか。

小澤：どれかひとつが特に関与するというのではなく、細胞(小柱)、組織(シュレーゲル条)、器官(歯の形態)が合理的に組み合い、食性に関連した構造、形態をとると考えています。同じ食性で異なる歯の形態をする場合、それぞれの歯に適する固有の組織、細胞の形態をとり、全体として食性と関連するという事です。

高橋(日本歯科大)：私が以前に観察したヒトの歯では周波条の幅と表面で観察されるシュレーゲルの条紋の幅が一致しなかったのですが。

小澤：もっとよく観察されることを願います。エナメル質の厚さ、小柱の走向を考えてください。シュレーゲル条を形成する細胞の集団の周期的変化の問題と周波条が一定の関連性があるということです。

## 9. 現生淡水二枚貝の貝殻構造

小林巖雄(新潟大・理)・石井久夫(大阪自然史博)

日本から産する淡水棲の二枚貝は古異歯亜綱のカワシジミガイ科・イシガイ科、異歯亜綱のシジミガイ科・マメシジミガイ科の種類が知られている。今回イシガイ目に所属するカワシジミガイ科・イシガイ科

の二枚貝の貝殻構造を調べる機会を得た。

これらの種類の殻体は共通しており、外表面側から殻皮層、外殻層のアラゴナイト質稜柱層、中殻層の真珠層、套筋層の光輝層、および内殻層の真珠層からなる。

稜柱構造は Normal prismatic structure (稜柱構造) と Composite prismatic structure (混合稜柱構造) とがあるが、イシガイ類の構造はいずれになるかあるいはどちらに近いかの問題となる。結晶の配列 (成長) は後者の構造に類似し、一方 inter-organic sheath は明瞭強韌で、前者に類似し、いわば中間的性質をもつ。

中殻層も真珠構造は PILLOW NACRE 状態を示唆するかのように成長線に対して垂直な方向に弱い条線を示す。内殻層は SHEET NACRE からなる。

イシガイ類にほぼ共通してみられる性質として、内殻層の中に薄い内殻皮層と内稜柱層を数枚介在しているのが他には認められないと思われる特徴である。ササノハガイ、ドブガイなどでは、内殻皮層のみで内稜柱層を欠く。殻頂付近で外表面の殻皮が殻層内に連続して入り込み内殻皮を構築する。これがあたかも年輪を示すかのごとく周期的に生じている。

〔質疑〕

大森：内殻層内の殻皮・稜柱構造の発達は成長線とどのような関係があるか。

小林：内殻皮・稜柱構造からなる層は、内殻層内の成長線に平行していることから、貝殻のある形成時期に発達したことがわかる。問題は内殻皮などの形成時期およびそのときの貝の生理状態 (形成細胞の) にあると思う。

大森：外殻層内の年令形質の明暗構造の形成機構と同じように考えられないか。

小林：内殻皮・稜柱層の形成は外稜柱層内の成長構造の形成とは異なる機構によるものである。

## 10. 深掘り型二枚貝類に共通の 2, 3 の奇型

柴田松太郎 (聖徳大付属高校)

オオノガイ、ミルクイガイ、オオトリガイおよびナミガイは、いずれも深掘り型の二枚貝としてよく知られている。これらの二枚貝のうちナミガイの殻体の形成異常についてはすでに報告した。

その後、オオノガイ、オオトリガイおよびミルクイガイについて検討したところ、さきに報告した殻体の形成異常 8 型のうち、A 型 (A1 型および A4 型) および B 型 (B1 型) が、これらの貝に認められた。したがって A1 型、A4 型および B1 型は、必ずしもナミガイに特有の奇型ではなく、むしろこれら深掘り型二枚貝類に共通して認められる奇型であると考えられる。

A1 型 (殻表の一部が破損し、後に修復されたもの) は、オオトリガイ (木下層産) に認められる。

A4 型 (障害物が貝に接していたために生じた殻体の変型と考えられるもの) はオオノガイ (木下層産) およびミルクイガイ (沼サンゴ層産) に認められる。

B1 型 (後端が葉片状に遊離したもの) はオオノガイ (現生) およびミルクイガイ (木下層産) に認められる。

〔質疑〕

大森：今日拝見した奇形は、すべて機械的条件が要因となっていると考えられるが、いかがお考えか。この仲間は終生穴暮らしと考えられるので、穴の中での異常な生活環境の発生によるものと思われるか。

柴田：A 型のもは機械的条件によると考えられるが、B 型のもはまだ貝殻構造の観察を行っていないので、機械的条件によるか異常な生活環境の発生によるかどうかはわからない。

## 11. 竜脚類 *Omeisaurus tianfuensis* の復元

谷本正浩 (府立東大阪養護学校)

中国四川省ジュラ紀中期の竜脚類 *Omeisaurus tianfuensis* は、同じ四川省ジュラ紀後期の有名な *Mamenchisaurus* に近縁の動物で同じ科 (Euhelopodidae もしくは Mamenchisauridae) に属する。今回この動物の復元画の試作を行ったので、その経過を報告する。

### ①骨格及び筋肉復元図の作製

主として He *et al.* (1988) の骨格復元図を基に描いた。主な変更点は中手骨を垂直にたてた、下向きの尾椎基部を水平に近い状態に変えた、位置を定めにくい肩甲骨を関節した状態で見つかった北米の *Camarasaurus lentus* (Gilmore, 1925) を参考にして配置した等の点である。この操作により肩が幾分高くなった。

次に highest browsing のスタイルでの骨格復元図を描いた。この図では尾を第三の足としては使わなかったという考えで地面から浮かせてある。これは近位尾椎の屈曲性が後期のものより少なかったらしいことに基づく。前足の第一指の爪は主に high browsing のために用いられたようである。これらの問題は投稿中の拙文において詳しく述べたのでここでは詳細は述べない。

この段階で、いわゆる「骨質尾錘」を尾椎遠端につけ加えた。骨質尾錘をこの動物が持っていたかどうかは議論の余地がある。一方 Mark Hallett が、*Mamenchisaurus hochuanensis* において描いた「むちひも」状の長い尾があった可能性は、この科の動物においてはほとんどない。

これを基に筋肉図を描いた。これは主として G.S. Paul (1987, p. 32) の *Brachiosaurus brancai* の筋肉復

元図を参考にした。竜脚類の筋肉復元の研究は Bor-suk-Biatnicka (1977), Zhang (1988) 等も行っており、今後検討する必要がある。

## ②生態復元画の制作

キャンバスにアクリル絵具を用いて描いた。全長20mの大型動物ということもあり、顕著な模様や色彩はつけなかった。同一画面中に計4頭を描いたのは、群れをなして住んでいたと考えられるからである。*O. tianfuensis* と共に各種の恐竜や亀等の動物化石が見つかるが、ここでは翼竜の一種 *Angustinaripterus longicephalus* を画面上部に描いた。植物としては *Coniopteris*, *Neocalamites*, *Equisetites*, *Podozamites* が見つかり、付近ではイチョウや松柏類と思われる巨大な珪化木の化石も発見されているので、そのような巨木を想定して画面に描いておいた。復元画に「真の完成」というものはなく、今後も試作をくり返していく必要がある。この際重要なのは作者名と制作年号の記入であり、それがこの絵を描いた時点での制作者の見解ということになる。

## 〔質疑〕

犬塚：北米で発見されたという *Camarasaurus* の肩甲骨の部位の保存状態はどの程度生時の正しい位置を反映していると考えられるか。

谷本：Gilmore や McIntosh 等一般的に妥当と見なされているので採用した。これが決定的なものとは考えていない。今後保存の良い標本を複数観察して、より合理的な結論を出す必要がある。

## 12. オホーツク海産鮮新世後期の *Odobenus* 属の新種について

宮崎重雄 (大間々高校)・木村方一 (北海道教育大)・石栗博行 (中札内高校)

1977年、オホーツク海海底から後期鮮新世(約200万年前)の *Odobenus* 属化石が産出した。現生セイウチ (*O. rosmarus*) に比べて、1) 頭蓋が細長く、低い、2) 底後頭骨が幅広い、3) 乳様突起が小さい、4) 老齢でありながら上顎第二切歯が存在する、5) 犬歯は、湾曲率および歯頸部における扁平率が大きく、全長が短い、などの特徴が認められる。またもう一つの *Odobenus* 属である化石種の *O. huxleyi* は種としての特徴が明確でないため、本標本を新種 (*Odobenus sakhaliensis*) とした。本標本の発見で、これまで考えられてきた *Odobenus* 属の太平洋への侵入時期が後期更新世 (Repenning & Tedford, 1977) から大きく遡り、後期鮮新世か、それ以前ということになる。また中央アメリカ海峡の閉鎖が300万年前 (富田, 1990) であったとすれば、その侵入経路も北極海経由ばかりでなく、中央アメリカ海峡を経由して来た可能性も出てきた。さら

に、*Odobenus* 属の拡散の中心地が北大西洋でなく北太平洋にあったことも考えられる。

## 〔質疑〕

犬塚：層準はどうきめたか。

宮崎：母岩から抽出された珪藻化石の構成種を検討した結果である。18属、28種の化石が検出され、この化石群は後期鮮新世に対比され得るものである。

犬塚：「セイウチモドキ」とは区別できるのか。

宮崎：セイウチモドキといっているものが何を指しているのか、良く分からないが、セイウチ属を犬歯のみで区別するのは困難であるということは、Dr. Barnes からも聞いているので承知している。ただ、本標本は保存状況が良好で、Repenning & Tedford (1977) のあげているセイウチ属の属の定義に各部分があるので、同定に誤りはないと思う。

小澤：*O. odobenus* の平均的な寿命はどの位か。

宮崎：セイウチの平均寿命は良く分かっていないようだが、Fay (1982) によると、36才まで生きていた例がある。

小澤：15才で牙の伸びが止まるとされた Fay の根拠は何か。

宮崎：15才で牙の伸びが実質的に止まるとされたのは♀の臨床的歯冠前縁長のことである。♂のほうは15才頃から伸び率が小さくなる。この長さは牙の成長による伸びから磨耗による減少を差し引いたものであるから、実際には牙の成長は終生続いている。

牙を脱灰しセメント質を除去したり、縦断面のセクションによって annual linear increment を調べ、磨耗や破損のほとんど無い牙との肉眼的比較で decrement を調べて得た結果である。

## 13. 日本産鯨化石の層序と生息環境

木村方一 (北教大札幌・地学)

日本産鯨化石の産出期は3期に区分される。第1期は後期漸新世の北九州芦屋層群脇田層の芦屋動物群と北海道川上層群の茂螺湾層から産出した足寄動物群である。前者は *Odontoceti Squalodontidae* の複数標本が発見されており、後者は *Odontoceti Squalodontidae*, *Squalodelphidae* の複数標本の他に *Mysticeti Aetiocetidae* の複数標本が産出しており、当時の北海道地域は有孔虫の研究から勇昇流地帯であった。

第2期は前期中新世末葉から中期中新世前半の時期で、16.5から12Maの関東以西に集中しており、東北・北海道での発見例はまれである。この第2期の前半は門ノ沢動物群期にあたり、鯨種は *Mysticeti* の *Cetotheriidae*, *Odontoceti* の *Rhabdosteidae* が5~6体の複数で産出する。第2期の後半は塩原-耶麻動物群に

あたり、鯨種は Mysticeti の Balaenopteridae, Odontoceti の Delphinidae, Squalodontidae, Ziphiidae, Physeteridae, が産出し前期とは種の構成が異なる。第2期の東北・北海道の地層には安山岩や玄武岩性の火山砕屑岩を挟んでおり、哺乳動物の生息環境としては恵まれた環境ではなかった。第3期は中新世後期から現世まで継続するが、東北・北海道の竜ノ

口一滝川一本別動物群に共産する鯨種は Mysticeti では Balaenopteridae が多くなり、他に Balaenidae を産する。Odontoceti は Phocoenidae, Physeteridae, Delphinidae が認められる。

関東以西では Balaenopteridae の発見例はなく、大桑動物群に共産した鯨種は Balaenidae と Delphinidae である。

## ◆論文紹介◆

古生物学者はもっとよく見る必要がある。

Dispersal via whale bones. D.M. Martill, A.R.I. Cruickshank, M.A. Taylor, *Nature*, 351: 193, 1991.

Smith *et al.* (*Nature*, 341: 27-28, 1989) は、太平洋の海底にあったクジラの骨に伴われて、化学合成をする無脊椎動物、特に軟体動物が見られることを報告している。より最近では、Squires *et al.* (*Nature*, 349: 574, 1991) が漸新世の深海底堆積物からかなりの数のクジラの遺物化石に化学合成軟体動物が伴われていることを報告し、化学合成無脊椎動物が長い地質時代にわたり広い範囲に分布するための踏み石の役割をクジラの遺物が果たしていると考えた。しかし、彼らは踏み石として十分に大きくて役立つ遺物は太平洋の海底では中新世の後期、すなわち1100万年前からであるとした。我々は、クジラの遺物だけが隠れ家であるという考え方は狭すぎると思う。なぜなら、太平洋などには少なくとも三畳紀の終りから、すなわち約2億年前から、大型の海棲四足動物がいた。我々が大型というのは、少なめに見積もって10mに達する体長をもつ動物をいう。10mに達する大型の魚が中部～上部ジュラ紀にはじまり現在まで知られている。

多数の無脊椎動物が海棲爬虫類の化石骨格に伴われているという多くの例が知られている。たとえば、魚竜 *ichtyosaur* の *Ophthalmosaurus* の標本の1つに始新世のメタンガスの vent (吹出し口) に知られている小さな掘足類 scaphopod の *Prodentulum* が伴っていたり、浅海性の有機質に富む Oxford Clay (Callovian, 中期ジュラ紀) から出た完全な長頸竜

plesiosaur の骨格に *Nicaniella* (Trautscholdia) sp. の関節のついた殻が伴っていたりする。この堆積物は続成作用で生じた黄鉄鉱に富んでいて、この海の表層数 mm はかなり硫酸還元状態であったことを示している。

もし隠れ家として脊椎動物の遺物が vent fauna の分布に重要であるなら、そのような隠れ家は少なくとも最初の大型の魚鱗類 *ichthyopterygians* が現れた中期三畳紀の終りからあった筈だし、あるいは大型の鱗竜類 *sauropterygians* が初めて現れた三畳紀の終りからあった筈である。魚竜は中期白亜紀の間に滅んだが、鱗竜類と *mosasaurus* (海棲のトカゲ) は中生代の終りまで海棲の動物群の主要なグループとして残っていた。巨大な魚類はデボン紀から海にいた。硬骨魚類 *teleosts* と板鰓類 *elasmobranchs* を含む大型の魚類は白亜紀/第三紀の境界にまたがっていて、これは始新世の鯨類 *cetaceans* が出現するまで隠れ家を提供したのであろう。

にもかかわらず、石灰凝結物 *concretions* に保存された脊椎動物に伴う化石を調べるときには注意が必要である。遺物の周囲に起きた初期の続成作用は石灰質の無脊椎動物をより選択的に保存するであろう、というのは付近の堆積物中にあったものは続成作用によって消失してしまうからである。さらに、脊椎動物化石をつくった状況は思いもかけず無脊椎動物を破壊してしまうようなものであったろう。我々は、古生物学者はあらゆる種類の大型海棲脊椎動物の骨格と、特にそれらに付随する無脊椎動物をもっと近寄って見る必要がある、と云いたい。(寒河江登志朗)