第27回（通算131回）化石研究会総会・学術大会（創立50周年記念大会）講演抄録

（2009年６月13日・14日，鶴見大学にて開催）

50周年記念総会に当たって

神谷英利（化石研究会　会長）

化石研究会が設立されたのは1959年11月のことで，今年で50周年を迎えた．その年に私は高校生で「地質クラブ」で化石の採集などに明け暮れており，化石研のことを直接知る由もなかったが，まもなく大学で地質学・古生物学への道を進むことになって化石研に入会し，その歴史についても学ぶことが出来た．

1945年の敗戦後，研究の世界でもさまざまな改革が行われた．地質学の分野では1947年に設立された地学団体研究会（地団研）を中心として学会や大学の改革運動が進められ，地球科学の新しい発展を目指して研究活動が進展した．

このような情勢のもと，1959年５月の地団研第13回総会で行われた進化論のシンポジウムをきっかけとして，新しい古生物学を目指す研究者が「石灰化」のテーマのもとに集まって，同年11月に設立した研究組織が化石研究会である．

古生物学だけでなく，歯学，水産学，生化学など，従来は化石の研究とはあまり縁がないように思われていた分野の研究者も参加して，⑴古生態学，⑵化石の微細構造，⑶古生物学的進化論の３つのテーマを活動の柱として活動を開始した．研究の早急なレベルアップを目指すために，趣意書には会の目的は研究であり，「普及活動をはじめ，研究以外の活動は行いません」と明記してある．

それ以降，決して良いとは言えない条件の中，古生物学の近代化を目指す会員の不断の努力によって研究はめざましく進展した．とくに石灰化に関わる硬組織の微細構造の分野では化石に限らず現生も含めて，世界をリードする研究成果も数多く公表された．それらの研究の拠点になったのは，東京教育大学理学部の大森研究室と資源科学研究所である．

1977年には第３回国際生体鉱物研究集会 The 3rd International Symposium on Biomineralization（賢島シンポジウム）を日本で開催するまでになり，若い院生たちは自分たちの研究成果を世界各国からの参加者に直接ぶつける機会を得て，集会の準備をしながら，発表の英文原稿の修正に追われた．私もその１人であった．このような国際的な取り組みは化石研が率先して取り組んできたところであり，1990年には第６回（小田原），2001年には第８回(新潟)の国際生体鉱物研究集会と，昨年までに10回開催された国際集会のうち３回を日本で開催する上での原動力となってきた．

発足から半世紀，日本をめぐる社会情勢の中で研究の世界も大きく変化した．かつて化石研の研究の拠点となった上述の２つの研究機関はすでになく，現在では歯学系などの私立大と各地の公立博物館が重要な研究拠点となっている．また，いわゆるマクロの分野においても，古生態や形態学の研究が進み，近年では日本の脊椎動物化石の研究において，化石研の会員が重要な役割を果たしている．

このような経過・歴史の上に立って化石研は本日創立50周年記念総会を迎えている．今回の討論会では化石研の創設時のテーマである，古生態学，化石の微細構造，古生物学的進化論の３つの領域からその成果を発表していただくこととなった．創設以来，たゆみない努力によって，国際的な研究成果を蓄積してきた先輩諸兄姉に敬意を表し，かつ今後も若い会員の手にその成果が受け継がれ，それがさらに発展することを期待してやまない．

シンポジウム
化石研究会における研究活動の成果

Ｓ－１　化石研の「３本柱」と骨の形態学

犬塚則久（東京大・医）

化石研の３本柱とは微細構造・古生態・進化論のことで，創設者井尻先生の提唱されたものである．しかしなぜ研究テーマがこの３本柱で，それぞれどういう関係にあるのか，ずっと疑問であった．そこでこの機会に先生の書かれたものや教えから化石研の成り立ちや特徴をふりかえってみることにした．また研究テーマをいただいたものの責任として，これまでおこなった骨の機能形態学的研究も化石研との関連で総括した．

井尻正二先生の研究

原著論文は1937～1940年に集中していて，この数年のうちにデスモスチルスの歯式，新しい臼歯を作る歯嚢骨，歯の組織，変異が矢継ぎ早に出ている．その後，犬の歯の移植実験，ナウマンゾウの歯からコラーゲン抽出などが続く．デスモスチルスからナウマンゾウへの研究対象の転換の理由ははっきりしている．デスモスチルスの臼歯をつかって形の謎をとくため硬組織を調べたが，無機物には形を決める因子がないことがわかり，有機物に狙いを定めたからである．戦後になって平凡社から『古生物學論』という『科学論』の前身が出ているが，戦前の研究が各方法論の実例になっている．つまり先に化石研究の方法論が頭にあって，各実例として１方法１論文を仕上げた節が見うけられる．

化石研究会のなりたちと特質

化石研究会は古生物学の近代化を標榜して創設された．しかし，ふつうの学会と異なるもう一つの側面があると思われ，要するに教授役の先生が大学院生役の化石研会員にテーマを授け，指導するという図式である．この見方をすると「３本柱」やテーマの討論会，解散宣言をだされた点が理解できる．先生には古生物学者は何をどう研究し，どう体系化すべきか，という大きな目標があった．それが古生物学的進化論である．化石の生物学的側面を研究する分野のことを今では進化古生物学ともいうが，生物学において化石の占める最も重要な役割が進化の直接の証拠だからである．

進化論といえばダーウィンの『種の起源』が有名だが，データとしては現生の家畜種の人為選択が中心である．また現在ちまたに出回っている進化の本はほとんどが生物学者が書いたもので化石が無視されている．反対に進化の24法則の例としては圧倒的に哺乳類の化石があげられているが，これらは個体の肉眼レベルに限られていた．こうしたことから，微視レベルから巨視レベルでの化石研究から得られたデータや法則で古生物学的進化論を肉づけして体系化しようとされたのではなかろうか．化石研を作った時すでにこの構想があったはずで，つまり３本柱は鼎立しているのではなく，ミクロとマクロ～メガ領域のデータや仮説，法則が先生の進化理論を土台として支える関係である．発足後間もなく「象の団研グループ」ができ，会誌創刊号に掲載されたのはその表われである．化石研に脊椎動物研究者が多いのも進化古生物学を指向しているからだと思われる．

骨化石の形態研究

70年代当時のナウマンゾウに対する問題点は系統分類上の位置にあった．現生のゾウはアジアゾウとアフリカゾウで，それぞれ *Elephas* 属と *Loxodonta* 属に所属する．ナウマンゾウの学名は *Elephas* を使う人と *Loxodonta* とする人に別れていた．要するに臼歯の形が現生のどちらに似ているかで系統を考え，アジアゾウに近いとみた京都学派は *Elephas* を，アフリカゾウに近いとみた横浜学派は *Palaeoloxodon* という亜属名を使っていた．頭の形も歯におとらず中間的で，それぞれに似た点がある．たとえば頭の天辺の２こぶではアジアゾウに，切歯骨の大きさではアフリカゾウに似ていて，これまでの方法では埒があかないことに気づいた．

そこで比較・発生・変異という古生物の座標軸をヒントに現生から多くのデータを集めた．その過程でアジアゾウとアフリカゾウの頭でそれまで重視されていた天辺や切歯骨の大きさという違いは属の差ではないことがわかった．現生のアジアゾウもアフリカゾウもゾウ科ないしゾウ亜科で，進化の過程で共通の先祖から分かれてきた．頭の形も似た形からそれぞれの特徴がしだいに明らかになったはずで，そうした形の変わり方がわかれば，最も大きな違いがどこにあるのか，どのようにその違いが生まれたのかがわかるのではないかと考えた．ゾウの先祖の頭の化石系列はあまり知られていなかったので，形の変わり方のヒントになったのは現生の個体発生である．発生過程で頭は大きくなるだけでなく，プロポーションを大きく変える．とくにゾウは巨大化するので誕生後にもその影響が大きく現われる．たとえばアニメの駒をとびとびに見て，頭の中でその流れをイメージするというようなものである．

この結果，アジアゾウとアフリカゾウの本質的な違いはまず前頭部の凹凸にあることがわかり，さらに後頭部の項平面の凹凸とあわせて抽象化を進め，頭蓋の前後短縮という概念にまとまった．この機能的解釈はゾウの頭の維持と密接に関連し，また長鼻類全体の進化傾向とも矛盾しないことから，研究者が主観的に選びだした分類指標よりも客観性が高いと考えられる．

仮説の識別

進化論のような理論体系の構築には仮説が必要であるが，仮説か否かをどう区別するのかという問題がある．この識別のヒントになるのが上向法と下向法という研究と叙述の方法である．下向法というのは帰納で，上向法が演繹にあたる．仮説にはどこかに多少とも論理的飛躍がある．したがって論文の議論や考察部分が上向法で叙述されていれば仮説とみてよいと考えられる．

自分自身の化石に対する興味は昔ながらの肉眼形態で，恐竜やゾウなど大型動物の骨の形をもとに分類や系統を復元することにあったので，微細構造や古生態

といった化石研の「３本柱」には関心がなかった．それにもかかわらずナウマンゾウやデスモスチルスというテーマをいただけたのは，形態から機能をよみとる機能形態学的方法には古生態に通じる面があったのかも知れない．あるいは骨の形態学という巨視レベルにおける仮説が古生物学的進化論の一方の基礎データとして使えると見られたのかもしれない．

Ｓ－２　無脊椎動物生痕研究の50年

小幡喜一（埼玉県立熊谷高校）

地団研発足～化石研発足前

1953年，湊　正雄は「地層学」を著し，そのなかで棲処遺跡（Lebensspuren）を地層の生成環境を判断する資料として評価している．1955年，東北大学理学部地質古生物学教室は全員で，福島県北東部の松川浦の生態学的堆積学的な研究を行い，総合的な成果を得た．1956年，井尻正二は「古生物学」を出版し，生痕化石について次の４点を指摘している．

⑴　生痕から，その動物の種名や生態を決めるのが困難で，現状では不可能なことが多い．

⑵　特に巣穴（burrow）の化石をよくつくる海棲の多毛類は，生棲の場所が海底であるという特殊条件によって，現生の種名を決めることに精一杯で，その巣穴の特徴を調べるまでに研究が進んでいないので，古生物学者がいくらその種の生痕を見つけだしても，鑑定しようがない有様である．又，甲殻類（カニやエビ・アナジャコの仲間）についても同様である．

⑶　更に生痕化石が，古生物学で果たす役割――生痕の化石だけが，一番，信頼のおける現地性（移動していない）化石であるということ――に対する認識の不足から，特に，わが国では，生痕に注意が十分むけられていなかったということが，いま一つの原因と言えるであろう．

⑷　わが国では種名こそ決まらないが，生痕の化石は実にたくさんあるもので，この事実は，化石というものには硬い組織をもつ生物がなりやすい，という俗説を打破するものとなるのである．

井尻の提案により，1951年～1952年，井尻正二・大森昌衛・陶山国男・大久保雅弘・桑野幸夫ほかにより，日曜日ごとに千葉県稲毛の干潟で現生生物の生痕観察会，石膏による巣穴の型取りが行われた．その成果は，生痕の研究⑴（陶山・歌代，1955）としてまとめられた．

化石研発足

1959年11月に設立された化石研究会には，古生態研究グループが設けられ，代表者の大森昌衛や，歌代　勤，北大の魚住　悟・大島和雄らによって現生生痕の観察に基づく研究が行われるようになった．

歌代　勤は新潟で，現生穿孔性生物などを観察していた．彼は新潟大学教育学部高田分校の学生・卒業生等により1964年“生痕研究グループ”を発足，連絡誌Lebensspurenを発行している．1964年～1981年，福島県松川浦を中心に，十脚甲殻類の巣穴など現生生痕の観察が行い，同校紀要に17回におよぶ報告を載せた．さらに，そのまとめは1989年，地団研専報35「現生および化石の巣穴」として出版された．一連の研究により，生物種による生痕の特徴，環境や季節による変化などが解明された．大嶋和雄は1963年～1968年，北海道の有珠湾・サロマ湖などの底質の理化学的諸条件と現生生痕との関係について論じ，有珠湾の干潟に見られる甲殻類の巣穴を石膏で型どり計測し，巣穴の計測方法を確立した．

いっぽう，化石生痕についても，紺野義夫（1961，1964など）は能登半島や金沢市周辺などの大桑層およびその相当層（鮮新統）基底の穿孔痕を観察し，海進にともなう不整合の形態を復元した．糸魚川淳二（1955，1963，1972など）は岐阜県の瑞浪層群（中新統）の生痕化石を観察し，穿孔痕は不整合，糞石の密集部は非整合をしめす，古環境解析の鍵となることを示した．菊地隆男（1966，1972など）は千葉県成田層（更新統）の生痕化石を観察した．とくに白斑状生痕化石は潮間帯をしめす示相化石としての有効性を認め，九十九里浜の海岸を観察し，この生痕がヒメスナホリムシによって形成されたものではないかと考えた．

また1962年，桑野幸夫・市川輝雄によってR. Th. ヘッケル（1957）の「古生態学入門」の邦訳が出版された．

野尻湖発掘調査においても，1975年に生痕研究グループが発足し，淡水域の生痕化石が調査されている．小林巖雄・小林康子（1977）や松隈明彦（1977，1978）は，化石タマキガイの補食性貝類による穿孔痕の位置や大きさなどを詳細に調べた．福田芳生・大森昌衛（1981）は，成田層産の穿孔性二枚貝を研究し，穿孔活動について現生との比較を含めながら検討している．

福田芳生はヘッケル（1957）の「古生態学入門」の図集とでもいえる「生痕化石の世界」（1981，2000）を出版している．また，福田（1985など）はSEMを駆使して，生痕化石の微細構造にせまっている．

生痕ゼミ・生痕研究連絡会発足

1990年，関東平野西縁丘陵研究グループが発足，埼玉県加治丘陵の仏子層（更新統）の“蛇糞石”を観察

した（小幡ほか，1991）．これを期に，東京周辺の石田吉明・磯貝文男・大森昌衛・小幡喜一・菅沼一美・千代田厚史の有志で，「Trace Fossils（R. G. Bromley, 1990）」を翻訳する学習会を開始し，1993年に大森昌衛監訳「生痕化石」として出版した．それに引き続き，大久保紀雄・長田敏明を加え，大森昌衛編（1993）「地学ハンドブック８生痕化石調査法」を出版した．その後もこのメンバーを中心に，月１回のペースで学習会（生痕ゼミ）を行い，現在まで続いている．また，1993年８月18日～23日には韓国への生痕巡検を23人の参加で実施，韓国の研究者との交流も行った．

1994年の地団研埼玉総会では「生痕化石」に関するシンポジウムを開催し，新潟の生痕グループや Trace Fossils 翻訳グループを中心に「生痕化石研究連絡会」を結成した．会員は30人程度である．同会は地団研総会の折に年次総会を実施し，生痕関係の情報を提供している．さらに，2001年地団研山形総会では「堆積相と生痕相」，2004年地団研川越総会では「生物による穿孔」が，シンポジウムの１つとして取り上げられた．また，できる限り生痕関係の巡検も用意するようにしている．同会は生痕化石研究連絡会「Problematica」を発行し，No. 20を数えている．2008年には生痕研究会と改称し，機関誌「生痕研究」を発行し始めた．

無脊椎動物生痕研究の現状

最後に「古生物学」（井尻，1956）の４点の指摘についての現状を検討して結びとする．

⑴・⑵の生痕形成動物の種名や生態は，歌代ほかの研究などによって穿孔性二枚貝類や甲殻類に関しては進んできている．平社定夫（2001）はアメリカザリガニの巣穴の研究を行い，巣穴のタイプとザリガニの生活様式との関連を明らかにした．一方，松川浦団研（2003）は干潟の垂直面を観察する方法を取り入れ，石膏法では得られない情報を得ている．吉田唯義（2008）も，コメツキガニを寒天地に離して，造巣過程を観察した．また，石田吉明（2008）はクモヒトデやヒトデの休息痕（休息から移動し始める行動）をビデオに収録し，両者の休息痕の違い（形と移動の方向の表現）があることを明らかにした．しかし，多毛類などの研究は進んでいない．

⑶・⑷の生痕化石とその意義への注目に関しては，小幡（1999）は関東山地北東部に分布するジュラ系及び白亜系から産出する生痕化石を記載し，堆積環境を検討した．また，小幡（1998～）は，秩父盆地第三系の一連の研究により，地層と生痕化石を明らかにしつつある．千代田（1994）は秩父盆地の北東部の子の神砂岩層の基底部に見られる穿孔貝化石について報告している．

また，平社ほか（2007）は生痕化石連結 *Rosselia* の観察から，地層形成過程と生物の反応を議論した．生痕化石の形態からそれを形成する生物行動を導き出す研究は，小竹信宏・奈良正和らによって精力的におこなわれている．

Ｓ－３　化石研究会微細構造グループでの歩み　ー 軟体動物（二枚貝）ー

小林巖雄

化石研究会は1959年に創設されました．創造的な，古生物学近代化の研究活動を推進するための組織として，研究会が当時一刻も早くということで立ち上げられました．とりわけ，研究を進展させることが必要な分野として，古生態学，化石の微細構造，古生物学的進化論が取り上げられ，それまでの分類や記載に終始する古生物学にあきたらない思いの研究者が集まり，同年11月４日に資源科学研究所で設立総会が開かれました（化石研究会設立案および設立総会報告をみて記述，私は在京連絡世話係でした）．入会者81名でした．

私は，当時東京教育大学理学部修士課程に在学し，仙台周辺に分布する新第三系の層序・古環境の調査・研究（指導教官藤田至則先生）に携わっていました．古生態学グループの末席でした．同博士課程に進学し，諸先生・先輩からの助言，指導で，フィールド地質調査から離れた化石の微細構造の研究（指導教官大森昌衛先生）にテーマを変えることになりました．

研究会のグループも微細構造グループの一員に加えさせて頂き，生物学・医歯学分野でも新しい研究手段として導入され始めていた透過型電子顕微鏡を使っての化石，硬組織，古生物の研究をスタートすることになりました．研究の対象は，私の興味や先生・仲間の薦めなどもあって，貝殻（軟体動物二枚貝）を選びました．電顕は東京教育大学理学部に設置されており，操作を先輩（故佐藤敏彦氏）に習いました．当時の電顕は全て手動式の排気装置付で，電子銃系のクリーニング，ガラス乾板使用など習得には困難を極めました．

電顕の操作技術や生物分野の知識などの習得には，最先端の研究室で学ぶ必要性を教えられ，会員の推薦を受けて幸いにも三重県賢島の水産庁真珠研究所（指導者和田浩爾氏）に迎えられました．真珠構造の形成に大きな足跡を残された故中原　皓氏，現在も真珠袋・組織培養の研究をつづける町井　昭氏からも教えられ，その後の硬組織研究を進めることができました．これらの方々は化石研などの活動にも積極的に参加して頂き，多くの教示を得ました．1969年の第一回

生鉱物形成機構国際シンポジウム（ドイツ）開催以降においても，軟体動物の硬組織研究は多くの日本内外の研究者によって取り上げられ，成果が蓄積され続けてきました．この研究活動の中でアメリカに滞在しておられる渡部哲光先生の果たされた役割は極めて大きく，私達に日本の老若研究者への助言，研究支援，留学の受け入れなどをして頂きました．

貝殻構造の研究略史（小林，2004）をみると，第一段階として1970年代のマイクロスコーピストによる観察・記載に始まり，Bøggild（1930）にみる形態型の識別とその種的分布の集大成に至りました．第二段階は第二次世界大戦後で，日本では戦後復興の真珠養殖産業に伴い真珠・アコヤガイの貝殻構造の研究が開始されました．また，透過型電子顕微鏡・X 線回折装置の開発・利用が生物分野にも浸透し始め，それらを使用した貝殻構造の研究が世界的に広まり，多岐にわたる多くの新知見が蓄積されました．この時代に化石研究会が発足し40年間以上になる研究活動が進められました．さらにこれまで 3 回の開催国となった生鉱物形成機構国際会議が日本で開かれ，微細構造グループの会員は国際的なレベルで創造活動を続け，多くの成果が揚げられてきました．第三段階に入った感があるここ数十年においては，分析機器も高度化し，研究の内容も分子レベルへと進み，一方細胞レベルでの形態形成の課題など，新しい展開が進行しているように感じられます．

軟体動物の貝殻は色々な目的・観点から，また様々な分野で材料の一つとして取り扱われてきた分類群といえます．例えば，石灰化機構，貝殻形成機構，貝類の分類，貝類の系統・進化，成長と年令査定，真珠養殖と水産養殖，環境診断，古環境復元などの研究は，古生物学，動物学，水産学，考古学，薬学，材料工学など多岐にわたる研究者のテーマでした．

微細構造グループでは，貝殻組織の構造解析・形成機構に始まり，石灰化機構，貝殻構造・貝類の系統進化へのアプローチ，貝殻の発生過程や再生時にみられる諸現象とそれらの系統発生との関係，貝殻構造に残る貝の履歴を読む個体生態的課題などについての成果が上げられてきました．東京教育大学，北海道大学，東北大学，京都大学ほかで育った化石研メンバー，あるいは交流・共同研究をしてきた様々な分野の方々との研究でした．私は二枚貝類の系統進化を根底に置き，貝殻構造の進化プロセスを発生期，分化期，発展期，消滅期に区分し，各期でのプロセスを調べています．

古生物学分野にかかわる，今後に残された課題，あるいは新しく開拓される課題が残されています．手が付けられ始めたともいえる化石を対象とする研究，比較個体発生の課題，石灰化機構の分子科学的・生理学的解明の前進，形態形成メカニズムと系統進化，ES 細胞から石灰化能細胞への誘導，原始細胞からの機能的細胞分化論などが揚げられるでしょう．そして多様な生物の出現に至る古生物の進化史解明には，異なる分野からなる学際的研究集団の必要性を一層感じます．

S－4　脊椎動物の歯の進化より　─硬骨魚類の歯の微細構造と発生を中心に

笹川一郎（日本歯科大新潟生命歯学部）

まず私が影響を受けた化石研における歯の研究の流れを概観し，次に私が研究している魚類の歯の微細構造と発生を紹介する．

化石の歯の微細構造研究（1970年代後半以降）

脊椎動物の化石は主に歯と骨であるが，特に歯の化石は得られる情報が多く，現生生物と同じ研究手法が多く使える，などから重要な研究対象である．私が就職したのは70年代中ごろで，「化石の研究法（旧版）」の出版（1971）後である．すでに化石研微細構造グループの研究の三本柱，すなわち，各種顕微鏡を駆使した組織・細胞レベルの研究，生化学的分析手法による有機物・分子レベルの研究，X 線分析や元素分析などによる結晶・原子レベルの研究，が推し進められており，成果が現れていた時期であった．また，理学部の地質教室以外にも歯学部や医学部の解剖学教室に所属して研究を進めている若手研究者が多くおり，地質鉱物学科を卒業して歯学部解剖学教室の助手になったばかりの私はおおいに啓発された．

日本で産出する化石が主な材料の条件となるが，なかでも長鼻類をはじめとした哺乳類の歯の研究が盛んであった．それは，形態・機能が明瞭に分化するので分類形質になる，歯の構造が最も発達している，歯学部などの研究と連携できる，などが要因と理解している．化石の歯の微細構造研究は束柱類から始まったと聞いたが，70年代から80年代では長鼻類の歯の研究が大きく進み，長鼻類団研の成果としてマクロからミクロの成果が次々と公表された．

一方，水域で分化・繁栄している魚類の歯についても，サメ類を中心に化石が多産し，微細構造の研究も進んでいた．魚類の歯の構造には多様性があり，歯や硬組織の初期の進化を探るうえで重要である．また，多生歯性であるため個体発生における歯（器官）の発生の変化を見ることができる．これらの観点でサメ・エイ類の顎歯やコイ科の咽頭歯の研究が進み，成果が上がっていた．

バイオミネラリゼーションの研究は石灰化組織の組織構造，発生（形成）をあつかい，脊椎動物の歯や骨から無脊椎動物の外骨格，植物，バクテリアの石灰化などを総合的縦断的にふくむ学際的領域なので，脊椎動物の歯の微細構造研究者も積極的に参加した．特に，1990年に小田原で開催された第６回国際会議は，歯の研究者が多く参加し，国際的な研究の発展に貢献した．さらに，2001年には新潟の黒川で第８回国際会議が開催された．

魚類の歯の微細構造と発生の研究から

私の研究は，70年代には世界的にも歯の比較解剖学が注目されていたことが後を引き，いまでも現生生物（魚類）の歯の組織構造と発生が主である．しかし，これは１)個体発生における系統発生の反映が解析できる可能性，２)化石から古生物の形態や生理，生態を復元することに応用できる，３)「生きている化石」からその形態と発生過程を知る，などで化石の研究に利用できると考えている．特に，硬組織レベルでは化石と現生生物の歯はそれほど大きく変わっていないところがあり，現生生物から得られる情報の意義は大きい．

１）稚魚（子供）の歯は祖先型

アユの稚魚から成魚への個体発生では口腔内の歯群が大きく変化する．これは器官発生の場と形態形成のレベルでアユの進化過程が表れている可能性がある．シロザケでは稚魚，成魚ともにその顎歯は円錐歯だが，その組織構成が異なってくる．これは器官発生内の組織形成レベルで系統発生を反映している可能性がある．

２）自然の行った実験，エナメロイドの形成過程

魚類の歯にはエナメロイドという哺乳類のエナメル質に類似した高石灰化層がある．本来象牙質の最表層部だが，発生途中で形成細胞による修飾を受けてエナメル質様の組織となる．エナメロイドの形成過程における微細構造上の特徴の差異から，サメ・エイ類と硬骨魚類のエナメロイドは区別すべきである．さらに広く，硬組織や歯胚の構造にも魚類の間にはおおきな違いが存在する．このような硬組織の多様性は自然の行った実験とも言える．それぞれの組織の形成過程から相互関係が推定され，また逆に，形成された組織から形成細胞・組織の分化程度がわかることにもなる．歯は上皮と間葉から形成される器官であり，進化における両者の相互作用の変化を推定できることが期待される．

バイオミネラリゼーションとしてみると，脊椎動物における石灰化様式の進化の解明が期待される．魚類のエナメロイドや象牙質における石灰化開始時には基質小胞のような単位膜に囲まれた構造が出現し，そこに結晶が形成されるように見える．しかし，その形態は一様ではない．結晶の形成と成長の場での有機基質のあり様と役割，さらにその進化が当面の課題である．

３）カラーエナメル質はエナメル質の起源か

エナメル質の最も初期のものは「生きている化石」シーラカンスや肺魚の歯の表層，さらに硬骨魚類ポリプテルスやガーのカラーエナメル質から推定される．これら現生魚類の「エナメル質」は形態的には両生類のそれと連続的だが，有機基質の相同性についてはまだ確認されていない．形態と分子レベルの有機基質および細胞機能との対応が問題となっている．

近年，遺伝子に代表される分子生命科学の発展が著しく，器官，組織，細胞，分子を扱う方法が多角的に連携，融合して研究が進められている．遺伝学と発生学が結びつき，遺伝子の分子進化を基に動物の発生や形態形成をとらえる進化発生学などはその例である．生物進化の研究における化石の意味を再確認しながら，積極的に新しい方法を取り入れていくことが求められる．50年たって内容は変化しても，姿勢は変わらない．

Ｓ－５　バイオミネラリゼーションからみた進化と環境の変遷

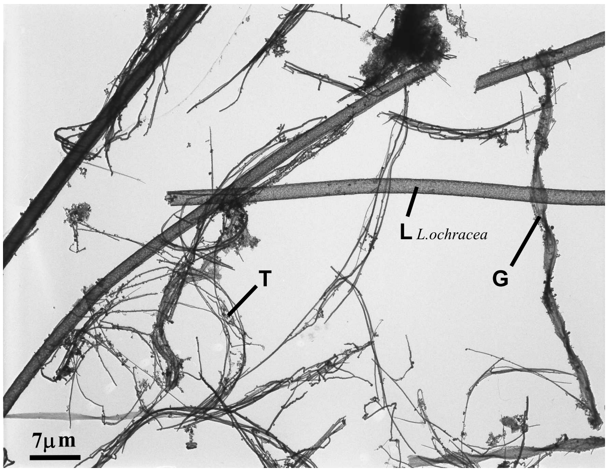
田崎和江（金沢大学名誉教授）

生体における生鉱物の種類についてはLowenstam and Weiner（1989）や渡部（1997）の研究があり，生物活動の関与の仕方により，生物制御に起因するものと，生物誘発によるものに分類されている．ドイツのマインツで第１回のバイオミネラリゼーション国際会議が開催されて以来ほぼ40年間４年ごとに，バイオミネラリゼーションに関する多くの研究集会がもたれて来た．化石研究会は創設以来，一貫してこの分野の研究をリードして来た．1998年には化石研究会と中国の研究者が中心となってアジア地域研究集会が開催された．さらに2007年11月には，中国アモイで第３回の研究集会が開催された（佐俣，2007）．化石研究会発足当時は硬組織そのものの研究から，次第に遺伝子，細胞，結晶学，溶液化学，無機・有機化学，物理化学へと発展し，近年は，地球環境問題解決への糸口や再生医療への貢献など応用範囲が広がっている．

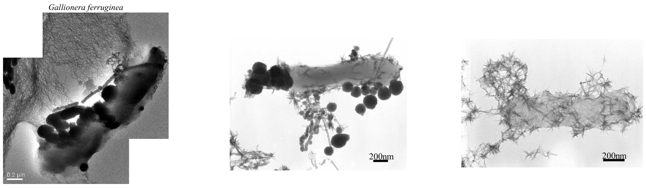
化石研究会誌におけるバイオミネラリゼーションと進化の研究については，2007年７月，第40巻，第１号で＜バイオミネラリゼーション，その機構と進化＞の特集号を組んだ．その中には，無脊椎動物の硬組織中

のタンパク質とその進化（更科，2007），魚類のエナメル質とエナメロイド（笹川・石山，2007），エナメル質組織進化と細胞学的背景（小澤，2007），イワガキ（*Crassostrea nippona*）殻体中に含まれる有機基質タンパク質の *in vitro* 結晶形成実験による機能解析（池田ほか，2007），X 線溶液散乱法による *nacrein* の構造解析（法月ほか，2007），アコヤガイ真珠層と稜柱層の形成に関する新規タンパク質の一時構造（野川ほか，2007），温泉水のバイオマットにおける放射性元素の濃集（藤沢・田崎，2007），中部更新統浜松累層産ナウマンゾウ化石について（安井ほか，2007），青森県陸奥湾から産出した長鼻類化石（島口，2007），First description of left valve of *Chlamys ingeniosa ingeniosa*（Yokoyama）from the Middle Miocene of Japan（Nomura and Tazaki，2007）の研究成果が収められている．また，化石研究会の創始者である大森は，生物発達史における無脊椎動物の硬組織の起源と発達について研究するとともに，植物体（クワ，シダレヤナギ，ニレ，ヒマワリなど）に多く分布するシュウ酸カルシウム，炭酸カルシウムが方解石の形で存在することを報告している（大森，2007）．

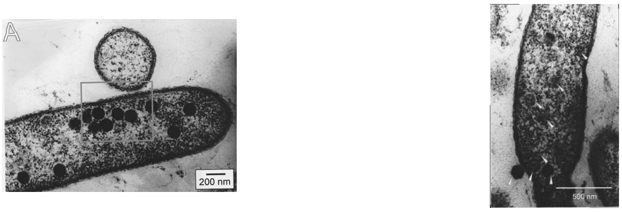
本研究では，化石研究会50周年記念を機会に，電子顕微鏡を駆使した微生物における μm，nm オーダのバイオミネラリゼーションについて，最近の成果を報告するするとともに，自然環境への関与を考察する．ここ50年における電子顕微鏡の発展はめざましく，バイオミネラリゼーションの研究を飛躍的に発展させた．電子顕微鏡は目で見る微生物の生体鉱物化作用と進化の歴史を追跡することができ，細胞レベルの観察と分析で生命の起源に限りなく近づけるツールである．



金沢大学調整池の鉄沈殿物の TEM 写真．T ; *T. trichogenes*, L ; *L. ochracea*, G ; *G. ferruginea*



バクテリアによる Fe と Mn のバイオミネラリゼーション



岐阜県平湯温泉で認められたバクテリア細胞中のウィルス

Ｓ－6　進化の捉え方

白井浩子

はじめに

化石研究会が50周年記念を迎えたことを心からお祝いし，この間の関係者各位に深くねぎらいと感謝を捧げる．演者は比較的近年にこの学会に参加し，50年をふり返る任は不適切であろう．けれども計らずも達した新しい進化論を伝える意味もあり，進んで講演を申し出た．それは，化石研究会に属していなければ達しえなかった見地といえる．

会誌から

50年をふり返るために，化石研究会会誌の井尻正二氏の論述を取り上げる（カッコ内は論述のテーマ）．20巻（総合化，古生物学的進化論），21－25巻（古生物学的進化論の体系），22巻（実験古生物学）．井尻氏は「学は体系をなすべき」との見地から，化石研究の総合化および古生物学的進化論の確立の重要性を論じた．各人それぞれの専門技術に基づく化石分類・記載が基本である，と認めつつも，その専門化・細分化の進行が進化の全体像を捉えにくくしている傾向に注意を喚起している．また，グールドらの古生物学的進化論の問題点（機会的発生学の問題点）や，それが当代社会にてもてはやされる理由の分析の重要性も指摘した．いずれも，現在も十分意味をもつと思われる．

井尻氏は，「進化は生物の歴史そのもの，生物の系統発生史そのもの」であり，「したがって進化の鍵は化石にある」とした．これは，「化石こそが進化の直接証拠である」，「進化学の出発点は化石にある」ことの確認である．つまり進化学はまさに，「古生物学的」という形容が付くのが正当である，ということだ．演者もこの，「歴史的必然性の理解を含めて全体で一つの生物学」という捉え方に同意する．その学の体系を目指して，「生物進化（発展）」のもとに研究されるテーマとして，次が整理されて示される：「種」，「変異」，「淘汰」，「獲得性遺伝」，「系統発生」，「実験古生物学」．この表に整理された概念ついて6回シリーズで順に解説される．進化の単位は種にある，進化の内因は生物の変異性にある，淘汰は進化の外因である，適応は特殊化である，獲得性遺伝は外因の内因への転化である，と，明快である．

第22巻の巻頭言「実験古生物学へのいざない」は，1990年時点の井尻氏の所感であり，大変意義深い．大要は：「最近の生物工学や移植外科の成果には目を見張るものがある．けれどもそれらの分野は50年前に氏の「科学論」のなかで，将来発展させていくべき「条件的方法」として考察されている．古生物学も戦後は現生生物をもとりいれ研究を広くおこなうようになってきた．けれども，正しい意味の実験古生物学はまだ成果を得ていない．歴史的観点を欠いた現在の一見華々しい技術は，奇形化し，社会に害を流す可能性もある．古生物学者はもっと自信と情熱をもって，実験古生物学にとりくみ，学の体系を完成して行かなければならない．若い古生物学者の奮起を心からうながす.」と．

進化の新説：余剰進化論

演者はもはや若くないが，何としてもこれに答えたい．そうして，計らずも到達した新しい進化論―余剰進化論と名づけた―を，発生学の実験事実を示しつつ解説し，この講演を井尻氏に捧げる．余剰進化論はダーウィンの批判も含む．むしろ，生物の能動性を正しく捉えたラマルクの認識を，現代生物学の成果も取り入れて発展させるものである．進化論の核心である獲得性遺伝についてもその進行，つまり，外因の内因への転化の経緯，について，遺伝子と表現形質との関係を具体的に解説する．余剰進化論では，＜先ず変わるのは種の生活様式→その生活様式に従順に遺伝子（DNA 変化）の編成替えが進行→採用の生活様式が固定化して（ゲノム DNA 編成が変わり）元へ戻れなくなる＞と捉える．現在の通説の進化論「ネオ・ダーウィニズムを柱とする総合説」の，＜ランダムな突然変異が進化の先陣をきる→それら突然変異のうち有利なものが選択され種に蔓延する＞との考えは，木村資生により吟味され，事実に反することが明らかにされた．木村の「分子進化の中立説」の意味するところも解説する．突然変異が起こる時，すでに種は一定の生活様式を採っている．かつ，あらゆる生物の「現状」には，歴史的所産ゆえに普遍的に余剰（発達中と退化中の二傾向）が存在する．だから，生活様式をどうするかによってどちらが進むか，ゲノム編成がどう安定化・固定化するか，が変わるのだ．DNA は個々の突然変異総体も含むゲノム全体として，種の生活様式を従順に記録し一時的に固定化する．重要な遺伝的役割である．これに対して貫くのは習性上，代謝における「発達と不要」である．これが配偶を介して突然変異のゲノム編成を先導する．獲得性遺伝の進行，すなわち，外因の内因への転化である．習性がゲノム DNA 編成まで及んだ暁には元の生活様式に戻れなくなる．個々の突然変異が進化の先陣を切るのではない．生物は自ら保持するエネルギー余剰ゆえに生活様式を変えることができ，どのような生活様式を採ったから現在のゲノム編成にいたって今に繋がり，どうしたから滅びた，といえる．

生物の生存とは，代謝の継続であり，代謝は化学反

応のエネルギーレベルで進行する反応である（原子の最外殻の電子のやりとり．すなわち，酸化・還元反応）．或るまとまりにおける代謝の継続体，という生物体の成立後は，その代謝継続こそが「目的化」した，と捉えられる．分子間の刹那的反応（混合・溶液状態）とは階層が異なる．不都合な場合には「まとまりとしての代謝」は続かず，滅びる．新しい形質の成立に関しては，生物のもつ現在の機能が初めから目指されると看做すのは不合理であり（これでは，目的論に逆戻りである），付随的に必ず存在する余剰（機能未決定）が，生活様式に従って機能を獲得していく過程，と合理的に理解できる．この理解は，DNA 分子も初めから遺伝機能を目指して形成されたのではなく，代謝の継続を可能とするエネルギー供給分子としての役割ゆえに利用・保持されたとの予測を与える．こうして，余剰進化論は，生命の本質や，生命発祥の考察と切り離せない．代謝継続体における余剰（発達による蓄積物と不要な非必須物）の存在は普遍的であり，その余剰がどう使われるかが多様の具体化である．

余剰進化論の有効性

いくつかの重要な用語や法則について注意を喚起する．進化とはあらゆる系統発生を含む全体で一つの現象であり，その内容が，「発達と退化」の二面である．退化は進化の下位（部分）概念であり，進化の対立概念ではない．進化の対立（反対）概念は，不変・停滞・固定・絶対などである．個体発生において相同器官の発生が種により時期が異なる現象を異時性という（ヘッケルによる）．この成立経緯（まさに種分化ということ）は，「現状」に必ず含まれる上記二面のうち，生活により何が発達し，何が不要となるかの経過であって，こうして種差，つまり，区別・飛躍・断絶が形成される．先祖返り，とは，不要物を支える遺伝子に起こる突然変異がランダムであり様々な DNA 箇所に変異をもつ個体ができるが，これらの個体が配偶することで，劣化した遺伝子をたまたま補い合って表現形質が復帰する現象であると理解される．

系統発生とは，現生の特定種の先祖をふり返る科学的営為の成果であって，正しい認識がなされたら一本道となるはずのものである．これに対して進化そのもの（様々な種分化の総体）は，何時の時点でも未来への可能性を広く含みながら外因（偶然）を内因（必然）へ転化していく物質存在の発展である．関与する時間軸が逆であり，何よりも認識と事象発展の混同は許されない．また，生態学において前適応と呼ばれる現象は，まだ機能が定まらない蓄積物の存在であったものがやがて明確に機能が確定する経緯，とみなしうる．例えば，生物の海から淡水や陸への移行は，細胞外被・接着（細胞外へ排出された成分による）があらかじめ成立していなければ，淡水浸入や乾燥・脱水ゆえに可能でない．外被の存在が耐性獲得に繋がる．単なる存在が新しい条件下で機能として発達して行くことは，初めの存在とは別の問題である．また，後代ほど進化速度が加速する事実について，余剰進化論からは，代謝の継続と必然的余剰保持，という生物の本質（前提条件）から次のように理解できる．生体はエネルギー収支がマイナス回避（均衡かプラス）でなければならぬ，という拘束がある（マイナスでは存在がない）．それゆえ，ジグザグはあるが方向として躯体増大が進化の必然である（均衡も可能であるから未だにバクテリアも存続しうる）．こうして，「生物の余剰（非必須）が後代ほど多くなるので代謝の可能性が増えるから進化速度が加速できる」と説明できる．ダーウィンは生物の多産に関しては所与と受けとめ，何故かとは問わず，競争は必至とみなした．ダーウィンを受け継いだ通説には，「競争は本質だが人間はそれを克服する」などという妙な論理が現われる．

おわりに

余剰進化論は進化の事実を素直に捉える．人間では，エネルギー収支のマイナス忌避という生物の本質を受継ぐだけでなく，さらに積み重ねとして社会と精神を発達させている．すなわち，生物における発達と退化は，人間では，自覚した促進（価値設定）と訣別になっている．だからこそ人間は現在の環境の危機に対しても，不都合を否定して，持続的に存続する条件を自らつくりだせる．余剰進化論が，社会変革を目指す人々を根拠をもって励ませるゆえんである．

S－7　ワニの鱗と恐竜の穴

青木良輔

恐竜イベントの主人公とはティラノサウルスを筆頭とする大型肉食恐竜だと断じても，多分，言い過ぎではない．その数十万とも数百万とも知れぬ観客の大部分が，ティラノサウルスの目の穴（眼窩）だと信じて疑わぬであろう穴が前眼窩窓である．恐竜の頭骨の図から前眼窩窓を消してみると，この穴こそが恐竜イベントの「目玉」であることに気づくかもしれない．しかし，前眼窩窓の本来の機能については，さまざまな議論がある．

Dollo（1884）は前眼窩窓は翼前筋にかかわるものと考えたが，Broom（1913）は何らかの腺がそこを占めていたと考えた．Barsbold（1983）は鼻腔の支洞ではないかと考えている．

現生でありながら非常に原始的な形態をのこすムカ

シカイマン属 Paleosuchus のワニの頭部を観察すると，口吻の側面が細かい鱗で覆われていることに気づく．より進化したワニでは鱗が融合して大型化している．ムカシカイマン属の細かい鱗では，それぞれに，ひとつづつの感覚器官の「蕾」があるのに，ほかのワニの大型化した鱗では 2 ～10個の「蕾」があるので，鱗が分化して小さくなっていったのではなく，融合して大きくなっていったことを示唆している．また，ワニの祖先ではトカゲのような口唇があったのは明白なので，口唇のフレキシビリティーを考慮すれば細かい鱗の方が祖先的であると考えることに合理性がある．ところが，このムカシカイマン属の細かい鱗は前眼窩部では融合している．その融合は，ほかのワニに見られるような不定形なものではなく，正中に並行に融合しワニ一般において下側頭窓を覆う鱗と酷似している．このパターンは，融合鱗が多いので判然とはしないものの，ほかのワニでも識別できる．

Witmar（1997）はワニ類では翼前筋が前眼窩部を占めず，その「逃げ」は口蓋窓が担っていることを示して，アルコサウリア類における前眼窩窓の役割が翼前筋の「逃げ」ではなく，鼻腔の支洞であるとする仮説の根拠のひとつとした．しかし，彼が材料としたワニはアリゲーター属 Alligator のみである．これは，比較の材料としては適切ではない．このワニは口吻の偏平化がすすんでおり，これにワニ・一般の体制を代表させることは虚偽にちかい．その比較材料として至適なムカシカイマン属を調べてみると，その融合した眼前部の鱗の裏側には翼前筋がある．ムカシカイマン属の祖先では翼前筋の「逃げ」として前眼窩窓が存在したが，翼前筋の退化と口蓋窓の発達とともに閉鎖したと考えられる．下側頭窓を覆う融合鱗と酷似した前眼窩部の融合鱗は，消えた前眼窩窓のなごりだと考えられる．

現生のワニ類で原始的なものでは翼前筋が比較的発達しているが，派生的なものでは口吻の偏平化にともなって偏平化し容積を減らしている．このような「咬む力」の減少は翼後筋の発達によって補償される．実際のところ，翼前筋の退化を意味する前眼窩窓の閉鎖と翼後筋の発達を意味する関節骨後突起の延展はワニの進化において明らかに関連している．つまり，ワニの進化において，前眼窩窓は小型化し閉鎖していくのに対し，関節骨後突起は長く太く発達していくのである．

巨大な顎器の運用は相応の容積を占めるであろう強大な筋肉を必要とするはずであるが，肉食恐竜の側頭部はワニ類に比較しても相対的に小さく，「咬む力」にかかわる偽側頭筋（上側頭窓）と下顎外収筋（下側頭窓）の強大さを見出し難い．したがって「咬む力」の多くを担っていたのは象徴的に大きな前眼窩窓を占めていた翼前筋であったはずである．

なぜ，アルコサウリア類では翼前筋が発達したのであろうか．前眼窩窓は，その初期から存在するので，原始的なアルコサウリア類でも相対的に発達した翼前筋を有していたと考えられるが，それから派生した恐竜やワニといった悉くが起立性の歩行様式をとったことに大きな理由があると思われる．起立性の歩行によって，下顎を接地させるような姿勢をとることが少なくなり，下顎伝導聴覚の意味が薄れた．聴覚の指向性が地面の震動から大気の振動へシフトし，耳は顎関節に近接した位置から，眼に近く眼と同水準の位置に「移動」することになる．この眼と耳の位置関係が側頭筋群の発達を抑制し，「咬む力」の過半を翼前筋が担うことになったと考えられる．

異常に大きな前眼窩窓に鑑みると，この傾向は翼竜類で，より顕著である．耳の制約により発達すると側方へ張り出さざるをえない側頭筋群より，前後のみへの発達が可能な翼前筋に「咬む力」を担わせる構造は前面投影面積の減少をもたらす．これはレシプロ・エンジン時代の空冷機にたいする液冷機の優位と同じ理屈で，飛行には明らかに有利である．大型の飛行脊椎動物のすべてがアルコサウリア類であるのは，この仲間で卓越する翼前筋の発達と無関係ではないかもしれない．

前眼窩窓は「目玉」として恐竜展を支えているが，前眼窩窓が意味するところの翼前筋の発達は陸上において強大な顎器が存在することを可能にし，それゆえ巨大な恐竜の進化を導いたということができそうである．

Ｓ－８　長鼻類臼歯の咀嚼様式の進化

三枝春生（兵庫県立人と自然の博物館・兵庫県立大学）

現生の長鼻類の臼歯は，その形態，機能，萌出の仕方において高度に特殊化している．しかし，この高度に特殊化した臼歯もトリボスフェニック型臼歯から進化してきたものであることが，化石記録をたどることによって確かめることができる．

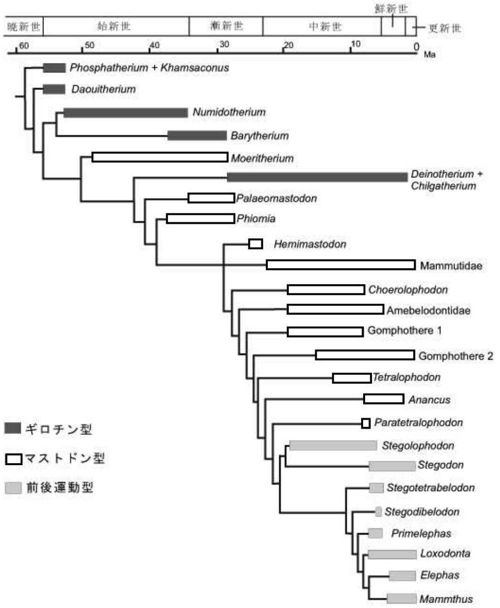
現在知られているもっとも原始的な長鼻類である *Phosphatherium*（モロッコの前期始新世）の臼歯は二稜歯性であり，長鼻類の臼歯の原初的な状態を現していると考えられる．ゾウ形類（Elephantiforms）および *Moeritheirum* を除くと，古第三紀の長鼻類の臼歯は二稜歯性である．漸新世に出現し中新世以降，ユーラシアにも分布を広げたダイノテリウム類も二稜歯性だが，その臼歯の炭素同位体値によれば，ダイノテリ

ウム類は葉食性であり，古第三紀の長鼻類も同様に葉食性であったと考えられる．この二稜歯性の頬歯では，急傾斜するファセット２，３，７および８が，頬舌方向に走る稜の遠心(下顎)と近心(上顎)に発達し，このファセットに沿って上下頬歯の稜がすれ違う時に食物は剪断される(垂直性剪断(vertical shearing))．こうした機能を持つ長鼻類の二稜歯性の臼歯をここではギロチン型と呼ぶことにする．ギロチン型の臼歯は原始的な岩狸類の臼歯に類似したものから派生した可能性がある．分子，形態データ両者ともに長鼻類，海牛類および岩狸類が単系統群を構成することを支持しているが，原始的な岩狸類の臼歯からファセット１および６が退化すればギロチン型の臼歯ができる．

Moeritheirum の臼歯には緩傾斜のファセット２，３，７および８が明瞭に認められ，ギロチン型の痕跡がある．したがって，*Moeritheirum* の臼歯は，垂直性剪断が弱まると同時にすり潰し機能が強化されることにより，ギロチン型から派生したものであり，長鼻類の原初的な形態を代表するものではない．ゾウ形類でも同様に垂直性剪断が弱まったが，phase Ⅱ（上下臼歯が最も深くかみ合ってから離れるまでの期間）に対応するファセットが強化されたことにより，先耗側（pretrite）と後耗側（posttrite）の区別が生じた．ゾウ形類（Elephantiforms）および *Moeritheirum* の臼歯をここではマストドン型と呼ぶことにする．

ゾウ形類とダイノテリウム類は漸新世末にユーラシアに分布を広げ，新第三紀を通じて繁栄した．ダイノテリウム類はギロチン型の臼歯機能を保持したのに対して，ゾウ形類ではまずゾウ型の水平交換が始まり，さらに水平性剪断（horizontal shearing）の強化がいくつかの系統で起きた．水平性剪断の強化は草食性（grazing）への進化を可能にするものだが，それには２つの方式があった．一つは，下顎の咀嚼時の運動方向を変化させずに咬耗面の複雑化によって水平性剪断を強化する方式であり，*Anancus*，Cuvieronius など多くのゴンフォテウム類に見られる．もう一つは下顎の咀嚼時の運動方向を前後方向に変化させたものであり（前後運動型とよぶ），ゾウ科およびステゴドン科に見られる．最古の前後運動型は前期中新世の *Stegolophodon* に見られるが，前後運動型がゾウ科とステゴドン科の共有派生形質であるかどうかはまだ不明である．

前後運動型は，草地が増加する後期中新世以前の東南アジアで出現しているので，草食性（grazing）への適応としてそれが派生したとは必ずしも言えない．しかし，前後運動型は草食性を強めることを可能にする形質ではある．鮮新世のアフリカでは，ゾウ科と *Anancus* が共存するが，歯の炭素同位体値から見ると草食性がより強いのはむしろ後者である．しかし，更新世以後，草食性の大型獣として成功したのはゾウ科であり，その成功のカギの一つは，咬板数の増加による水平性剪断の強化であったと思われる．これは前後運動型であったからこそ可能となった進化と言える．



長鼻類における咀嚼運動類型の分布。系統関係は以下を改変：Tassy(1996), Shoshani(1998), Gheerbrant et al.(2005); Temporal distribution modified after Tassy (1994), Gheerbrant et al.(1996), Pickford (2003), Antoine et al. (2003), Sanders et al.(2004).

Ｓ－９　軟体動物のバイオミネラリゼーション研究の現状 ―有機基質の構造解析から機能解析への展開―

佐俣哲郎（麻布大学環境保健学研究科・細胞生物学分野）

軟体動物には，貝殻，歯舌，殻板などの多様な硬組織・バイオミネラルが体内・外に形成され，非常に変化に富んだバイオミネラリゼーション現象が見られる．このため，貝殻を中心とした軟体動物の研究は，無脊椎動物のバイオミネラリゼーション研究の中で最も盛んに行われ，多くの情報が集積している．軟体動物のバイオミネラリゼーションの研究は，殻体の構造の研究，殻体中に存在してその形成を制御している有機基質の研究，殻体成分が分泌される上皮組織・細胞の研究，細胞中に存在して有機基質成分をコードしている遺伝子の研究，その他バイオミネラリゼーションの全過程の進行に基本的に関与している各種の酵素・ホルモンなどに関する研究など多岐にわたる．

軟体動物殻体中の有機基質の研究は，古くは

Fremy（1855）によるシンジュガイ真珠層中からの不溶性有機基質の発見に始まり，その後，Gregoireを中心とした研究グループにより，有機基質の構造と軟体動物のタクサの関連性が明らかにされた（Gregoire *et*. *al*., 1955； Gregoire 1972）．一方，Crenshaw（1972）は，二枚貝の一種であるビノスガイ（*Mercenaria mercenaria*）の殻体中からCa^{2+}を結合する高分子量の水可溶性糖タンパク質を発見した．この発見以後，多くの研究者達によってCa^{2+}結合タンパク質が抽出され，その分離精製が試みられたが，この段階の研究では，有機基質中から単一成分を分離して，それらの一次構造を明らかにするまでには至らなかった．

近年のバイオテクノロジーの発達に伴い，軟体動物殻体中の有機基質成分をコードする30種類に及ぶcDNAが同定され，そこから有機基質タンパク質成分の全一次構造が次々と明らかにされている．その一方で，遺伝子解析による有機基質タンパク質の同定におけるの問題点も浮かび上がってきている．すなわち，これまでの研究の多くでは，多様な軟体動物種の有機基質タンパク質成分をコードする遺伝子がランダムに解析され，研究者ごとに新規成分として報告されている．タンパク質の名称に関しては，既知のタンパク質に類似の成分であるにもかかわらず，それとは全く無関係の新規の名称を付けたり，既知のタンパク質のfamilyと思われる成分に余り関連性の無い名称を付けたりする例が存在する上，同一のタンパク質に異なる名称が付けられている例さえある．さらに，種々雑多な成分が無秩序に報告されているため，軟体動物の殻体形成に係わる有機基質タンパク質の機能を統一的かつ網羅的に捉えるという究極の目的の達成が困難な状況にある．クローニングによって新規成分を発見して新規の名称を付けることが重要なのではなく，その成分の石灰化における意味をcomparativeな視点から推察する点に力点が置かれるべきであると考える．

本講演では，軟体動物の殻体有機基質研究の歴史の中での重要な成果について言及した上で，最近の分子レベルでの研究の一端を紹介する．また，今，端緒に着いたところの*in vitro*や*in vivo*での研究により，有機基質成分の機能が少しずつ明らかにされつつある現状についても述べる．*In vitro*での研究とは，第一に，生体内の環境を模した結晶化溶液中での，有機基質成分による炭酸カルシウム結晶核形成あるいは結晶成長の段階の解明に係るものである．第二に，殻体や有機基質成分を分泌する上皮組織・細胞の培養過程での石灰化の解析実験である．一方，*in vivo*の研究では，１）殻体再生実験，２）個体発生過程での殻体形成遺伝子の発現と殻体微細構造等との関係の解析，３）殻体形成遺伝子発現の日周期変動，４）生体内での殻体形成遺伝子の機能解析実験などについて紹介するが，特に注目されるのが４）である．その中でも，RNA干渉を適用して，特定遺伝子の発現を抑制することでその機能を推定する研究に関心が集まっているため，この手法について，最新のデータを含めた解説を行う．

講演の最後に，現在までに提唱されているバイオミネラリゼーションの学説の内容に触れたい．バイオテクノロジーの進歩は，軟体動物殻形成機構の謎を一つ一つ明らかにしつつある．その中でも一つの大きな課題であったアラレ石と方解石の作り分けの仕組みが解明される日も近いと思われる．さらに，今後は，バイオミネラリゼーションの現象を地球環境の浄化に結び付けたり，この分野の研究成果を，医療・健康・食品分野に応用することも視野に入れた研究も進展していくことであろう．

Ｓ－10　脊椎動物の歯と石灰化：生体アパタイト結晶の構造と形成機構の進化

筧　光夫（明海大学歯学部口腔解剖学教室）
三島弘幸（高知学園短期大学医療衛生学科）

化石と現生の脊椎動物の歯を観察試料として，構成するアパタイト結晶の微細構造，成分組成および形成機構の違いと歯の進化について考察を行った．

生体アパタイト結晶の違いは以下の３点にまとめることができる．１）微細構造における中心線の有無．２）フッ素イオンの結晶構造介入の有無．３）結晶形成機構の違い．しかしながら，これらの違いは，互いに関連しており，最終的に２つのタイプに分類される．すなわち，一般にはフロールアパタイトとヒドロキシアパタイトとして広く知られている結晶である．前者は中心線が存在せず，フッ素イオンを結晶構造に含んでいる．さらに，形成機構では，アパタイトの前駆物質であるオクタカルシウムホスフェイト(OCP)を介して形成される．これらの結晶は主に魚類の歯のエナメル質（エナメロイド），サメの皮歯の表面を構成する組織などに観察される．一方，後者は結晶に中心線が存在し，フッ素イオンが構造に含まれないと考えられる．また形成機構では，中心線形成後にOCPを経ずに結晶の成長が起こる．これらは，多くの脊椎動物の硬組織に広く観察される．こうした異なる結晶をあわせ持つ歯としてサメなど魚類の歯は注目に値する．すなわち，同一個体でありながらエナメル質（エナメロイド）はフッ素イオンを結晶構造に含むフロー

ルアパタイトである．一方，象牙質は中心線を有するヒドロキシアパタイトである．これは，異なる石灰化機構を有している証拠である．

次に，地質年代的に２種類の結晶の出現時期を推測すると，フロールアパタイトはヒドロキシアパタイトに先行して出現してきたと推測される．５億4500万年に現れたシャミセン貝の貝殻に見られるようにカンブリ紀には，すでにフロールアパタイトが脊椎動物より遥か以前に軟体動物に出現していたと考えられる．脊椎動物では，コノドントの捕食器官としての歯にはエナメル質（エナメロイド），象牙質に相当する両組織に形成されていた．その後，魚類の出現により，歯の象牙質にはフロールアパタイトに代わりヒドロキシアパタイトが形成されたことが観察されている．しかしながら，両生類出現までエナメル質はフロールアパタイトにより構成されている．現時点では，ヒドロキシアパタイトは軟骨魚類（サメ）の現れた年代頃（シルル紀）に出現したと推測される．さらに，エナメル質では両生類の出現（デボン紀後期）からヒドロキシアパタイトに代わったと考えられる．象牙質における結晶の大きさは哺乳類に至るまでほとんど変化が見られないようである．しかしながらエナメル質では，両生類における移行期の結晶は，名状しがたい不完全さが残っているように思われる．

また，歯の結晶観察では，コノドントのエナメル質（エナメロイド）の結晶は象牙質全体を覆っており，結晶は鱗状に配列していた．エナメル質の結晶には続成作用によると考えられる小さな空胞が，象牙質の結晶には空胞の形成はみられず，エナメル質に比べかなり小さい．ユーステノプテロンではエナメル質（エナメロイド）の結晶はエナメル象牙境に対して長く直行している．しかしながら，エナメル質（エナメロイド）の先端部では厚く，徐々に歯頚部に向かって薄くなっており，象牙質の先端部を覆っているものと考えられる．ホラアナグマやナウマンゾウの一部のエナメル質では，理由はあきらかではないが，中心線を含む中央部が溶けている結晶が観察されることがある．しかしながら，フロールアパタイトではこうした所見は認められないことから，生体フロールアパタイトの特徴のひとつといえる．

こうした観察結果から，脊椎動物の歯の象牙質では，カンブリア紀から数千万から一億年の間にフッ素イオンを加速剤として用いるOCP経路から，中心線経路による石灰化機構が出現し，エナメル質では，両生類の出現に伴いフロールアパタイからヒドロキシアパタイトへと進化し，哺乳類の歯に至っていると考えられる．本研究は科研費（20592168）の助成を受けたものである．

Ｓ－11　歯からみた軟骨魚類の進化－日本産歯化石を材料として－

後藤仁敏（鶴見大短大部）

軟骨魚類の化石は，そのほとんどが単離された歯である．今回は，各時代の日本産の歯化石と，日本の海に棲む「生きている化石」と呼ばれる古代サメの遺存種を紹介しつつ，古生代前期から現在にいたる５億年におよぶ軟骨魚類の進化について概説したい．

古生代の軟骨魚類歯化石

日本の古生代後期の石炭紀の地層からは，５種の板鰓類と６種の全頭類の歯化石が知られている．板鰓類では，岐阜県高山市福地の一ノ谷層から，クテナカントゥス類の *Cladodus* sp.の歯，エウゲネオドゥス類の *Agassizodus* sp.の側歯が報告されている．また，山口県美祢市の秋吉石灰岩層群から，オロドゥス類の？*Orodus* sp.の側歯が報告されている．福地の一ノ谷層から，ペタロドゥス類の *Petalodus allegheniensis* と *Janassa* sp.の正中歯が記載されている．最近，日本最古の板鰓類化石として，新潟県糸魚川市の小滝川支流土倉沢の土倉沢石灰岩からペタロドゥス類の *Petalodus* sp.の歯が発見された．

ペルム紀の地層からは20種が知られている．岐阜県大垣市金生山の赤坂石灰岩累層下部層から，シムモリウム類の *Symmorium* sp.と？*S.* sp.の歯，ヒボドウス類の？*Acrodus* sp.の歯，*Petrodus* sp.と？*P.* sp.の皮歯が報告されている．また，宮城県本吉町の海岸の登米層中部から *Cladodus* sp.の歯化石が発見されている．同町の千松層からはクセナカントゥス類の *Orthacanthus* sp.の歯の咬頭が報告されている．福島県いわき市四倉の高倉山層群柏平層から板鰓類のカグラザメ類の歯が報告されている．最近，岐阜県本巣市と山県市の船伏山石灰岩下部から，*Goodrichthys* sp.，*Symmorium* sp.，?*Acrodus* sp.，*Lissodus* sp.，*Polyacrodus* sp.などの歯化石が発見されている．エウゲネオドゥス類の接合歯列は，群馬県東村の八木原石灰岩から *Helicoprion bessonowi*，宮城県気仙沼市の叶倉－登米層から *Helicoprion* sp.，宮城県登米町の登米層から *Helicampodus* sp.が報告されている．ペタロドゥス類としては，岐阜県高山市福地の水屋ケ谷層から *Petalodus acminatus* の歯，岐阜県本巣市の舟伏山石灰岩，大垣市の赤坂石灰岩累層下部層，同層最上部層からは‘Neopetalodus’sp.の歯が発見されている．群馬県葛生町の鍋山層から *Petalorhychus* sp.，滋賀県の霊仙山石灰岩から？*Serratodus* sp.の正中歯が発見されている．

また，全頭類ではコクリオドゥス類が，石炭紀の地層からは，岐阜県福地の一ノ谷層から *Poecilodus* sp.，

Cyrtonodus fukujiensis, C. brevis の３種，所属不明１種の歯板化石が，一ノ谷層から *Cyrtonodus nishioi* の歯板化石の計５種が後藤・大倉（2004）により記載されている．その後，渡辺（2004）らは，福地の一ノ谷層からコクリオドゥス類の *Psephodus magunus* の歯板などの軟骨魚類化石を報告している．また，小野輝雄氏も福地の水洞谷の一ノ谷層から *Psephodus magunus* の歯板化石を発見している（小野氏よりの私信）．

ペルム紀のコクリオドゥス類としては，後藤ほか（1988）が岐阜県大垣市金生山の赤坂石灰岩累層下部層から属・種不明の歯板の断面を報告したのが，最初の報告だった．その後，後藤（1999）は堀雅一氏の標本のなかから新属新種と思われる４種のコクリオドゥス類の歯板化石と，小川浩氏の標本から下顎前歯と推定される歯化石を報告した．ペルム紀のコクリオドゥス類の研究は，今後の課題である．

なお，日本の近海には，古生代型の板鰓類の歯をもつ遺存種として，駿河湾などの深海に棲むラブカ *Chlamydoselachus anguineus* が知られている．また，日本周囲の深海には全頭類のギンザメ *Chimaera phantasma* ほかギンザメ科９種が生息している．これらも，古生代の原始的な軟骨魚類の遺存種と見ることができる．

中生代前期の軟骨魚類歯化石

中生代に入ると，板鰓類では，古生代に栄えたクラドドゥス類は滅び，代わってヒボドゥス類が栄えはじめる．しかし，三畳紀とジュラ紀の地層からは，わずかに13種の歯と皮小歯の化石しか知られていない．

三畳紀の板鰓類化石としては，栃木県葛生町のアド山層から，サメ類の皮小歯の化石が報告されている．京都府夜久野町の夜久野層群わるいし層からヒボドゥス類の *Hybodus* sp.の歯化石，同町の難波江層群日置層から *Acrodus* sp.の歯化石，宮城県歌津町の稲内層群大沢層から，*Hybodus* sp.の歯が報告されている．最近，愛媛県城川町の田穂石灰岩からヒボドゥス類の *Arctacanthus exiguus* の頭棘，*Acrodus* sp.，*Hybodus* sp.，*Polyacrodus* sp.の歯，シネコドゥス類の *Synechodus traingulus, S*. sp.の歯が報告されている．このうち，シネコドゥス類は新鮫類（Neoselachii）に分類され，中生代に入ると現在のサメ類につながる仲間が出現しはじめたことを示している．

ジュラ紀の板鰓類歯化石としては，宮城県志津川町の志津川層群韮の浜層からヒボドゥス類の *Asteracanthus* sp.が，福島県相馬市の相馬層群中ノ沢層から *A. somaensis* が，岐阜県荘川村の手取層群九頭竜亜層群御手洗層から *Hybodus* sp.が，岐阜県古川町の手取層群九頭竜亜層群沼町頁岩砂岩互層からも *H.* sp.が報告されている．

わが国の三畳紀およびジュラ紀の地層からは，全頭類の化石はまだ発見されていない．

なお，中生代の三畳紀およびジュラ紀に栄えたヒボドゥス類に似た歯をもつのが現生のネコザメ類である．日本近海にはネコザメ *Heterodontus japonicus* とシマネコザメ *H. zebra* の２種が本州以南の浅海に棲んでいる．

中生代	白亜紀	後期	*Hybdus, Pychodus, Chlamydoselachus, Thrinax, Hexanchus, Notidanodon, Heterodontus, Sphenodus, Odontaspis, Carcharias, Scapanorhynchus, Protolamna, Cretolamna, Cretoxrhyna, Anomotodon, Paronomtodon, Squalicorax, Pseudocorax, Paraorthacodus, Centrophoroides, Pristiophorus* *Sclerorhynchus, Ischyrhiza* *Ischydus*
		前期	*Hybdus, Ptychodus, Heteroptychodus, Hyaeobatis, Hexanchus, Notidanodon, Odontaspis, Carcharias, Leptostrax, Anomatodon, Scapanorhynchus, Protolamna, Cretolamna, Cretodus, Heterodontus*
	ジュラ紀	後期	*Hybodus*
		中期	*Hybodus*
		前期	*Asteracanthus*
	三畳紀	後期	*Hybodus, Acrodus*
		中期	*Hybodus, Acrodus, Synechodus*
		前期	*Hybodus, Arctacanthus, Acrodus, Polyacrodus*, hybodontid, *Synechodus*
古生代	ペルム紀	後期	*Cladodus, Orthacanthus*, hexanchid, *Helicoprion, Helicampodus* 'Neopetalodus'
		中期	*Symmorium, ?Acrodus, Helicoprion, Helicampodus, Petorodus* *Petalorhynchus*, 'Neopetalodus' *Sandalodus*, cochliodontid
		前期	*Goodrichthys, Symmorium, Acrodus, Lissodus, Polyacrodus* *Petalodus, ?Serratodus*, 'Neopetalodus'
	石炭紀	後期	*Cladodus, Agassizodus, ?Orodus* *Petalodus, Janassa* *Poecilodus, Cyrtonodus, Psephodus*, chocliodontid
		前期	*Petalodus* chocliodontid
	デボン紀	後期	
		中期	placodermi
		前期	*Romundina*

白亜紀の軟骨魚類歯化石

白亜紀になると，現在の軟骨魚類につながる多くの種類が出現する．すなわち，ヒボドゥス類，プチコドゥス類，ラブカ類，カグラザメ類，ネコザメ類，ネズミザメ類，ツノザメ類，ノコギリザメ類，エイ類などの74種が知られ，歯だけでなく，吻棘，背鰭棘，椎体が産出している．

白亜紀には，現在も生息しているラブカ類，カグラザメ類，ネコザメ類，ネズミザメ類なども出現しているが，このうちラブカ類は先に述べたように古生代型のサメの遺存種，ネコザメ類は中生代型のサメの遺存種とみることができるのに対し，カグラザメ類とネズミザメ類は，白亜紀型のサメの遺存種とみることができる．

白亜紀の全頭類化石としては，ただ１種，福島県いわき市の双葉層群からギンザメ類の *Ischyodus* sp.の歯板が報告されている（上野・高橋，1997，古生物学会

予稿集）．

新生代の軟骨魚類歯化石

新生代第三紀の地層からも約76種の板鰓類の歯化石が報告されている．特徴的なものは，ともに絶滅種である，*Carcharocles megalodon* の大形の歯と，現在のホホジロザメ *Carcharodon carcharias* の先祖とされる *Isurus hastalis* の歯である．第四紀の地層からは，ほとんど現生種の歯化石が報告されている．

また，全頭類の歯板化石としては，北九州市の古第三紀漸新世の芦屋層群からギンザメ類の *Edaphodon* sp.（岡崎，1991），石川県七尾市の七尾石灰質砂岩層（新第三紀中新世）からギンザメ属の *Chimaera* sp.が報告されている（野村，2000）．ギンザメ類は，第三紀まではまだ浅海域に生息し，その後，半深海域に移行したものと考えられる．

今後も，古生代から現在に至るさまざまな時代の地層から産出する歯化石から，軟骨魚類の進化を追究してゆきたい

S－12　古環境の復元

鈴木秀史（長野県蓼科高等学校）
野村正純（石川県七尾市）

石川県七尾野尻湖友の会の発掘成果からの古環境復元

野尻湖発掘に学び，地元七尾の大地の生立ちと化石を明らかにしようと，野村は1975年に七尾野尻湖友の会を結成し，小中学生会員とともに活動を続けてきた．特に，中部中新統七尾石灰質砂岩部層の化石発掘調査（1980，1985，2000）では，約7000点の化石試料を採取できた．そして，この間これらの化石試料について，野尻湖発掘調査団哺乳類グループの方々（当時の若きリーダー，化石研究会会員）に，化石種の同定・諸文献の提供・研究の進め方等々でお世話頂いた．以上，会員のご協力から「岩屋化石動物群」についてまとめることができ，図１のように古環境を復元することができた．

長野県上田市新第三系の古環境の復元

深海性サメ類化石と共産化石の考察から，鈴木は長野県の北部フォッサマグナ地域に位置する長野県上田市真田町本原に分布する中期中新世の横尾層と伊勢山層の古環境を復元した．フォッサマグナ地域の中央には，太平洋と日本海を連絡し暖流が流れる海があり，同地域には島状の陸域が存在していた．周辺に深海底を持つ島もありそこには深海性サメ類の群集が生息していた．上田地域の周辺には島があり，その陸には暖温帯～亜熱帯の植物が群生していた．また，島の周りには沿岸域や入り江や岩礁帯などの水深100～200mまでの比較的浅い堆積場があり，浅海性生物が生息していた．海底地形は比較的狭い大陸棚から急傾斜の大陸斜面へと急落し，水深2,100mにも及ぶ深海平原へと続いていた．古環境の復元図を図２に示した．これは，18年間，950回を超えるフィールド調査の結果である．

古環境復元の方法

石川県と長野県の中期中新世の古環境は，多くの化石研究会員，野尻湖友の会小中学生会員，および各研究者の協力によって復元された．化石によって古環境を復元するには，まず，すべての生物群の化石標本を多数収集することが不可欠である．また，教育現場において地学教育が少なくなる中，教員が古生物学の素晴しさを正確に伝え，広く会員を募り協力を要請していくことも大切である．両地域における実践をもとに古環境復元の方法例を次にあげる．

①　各産地で化石採集の会を結成し，数多くの化石標本を収集する．また，標本を公的機関に登録し広く研究者の意見を求められるようにする．
②　収集した化石を各生物群に分け正確に記載する．また，各専門の研究者に同定を依頼する．
③　同様の化石群が産出する同時代の産地との比較を詳細に行う．
④　化石産地における岩相から当時の堆積環境を考察する．
⑤　各化石群と現生生物群を比較し生息環境を考察する．
⑥　現生生物の研究者と連携し現生標本も収集し，化石との比較から進化が読み取れるか検討する．
⑦　海進や海退が明瞭に示される粘土鉱物の解析を行い，粘土鉱物から古海況の変遷を考察する．
⑧　①～⑦から考察される古環境と共通する環境を持つ現在の地域を例に，古環境復元図を作成する．また，同時代の各地域で作成された復元図の関連を考察し，古生物地理図を作成する．

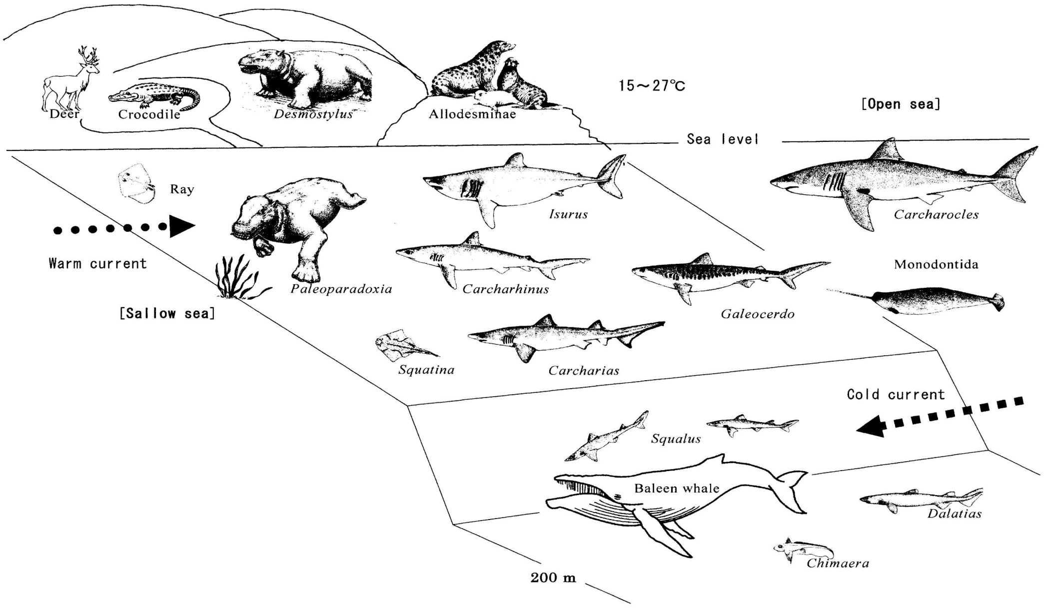


図１　石川県七尾市中期中新世の古環境

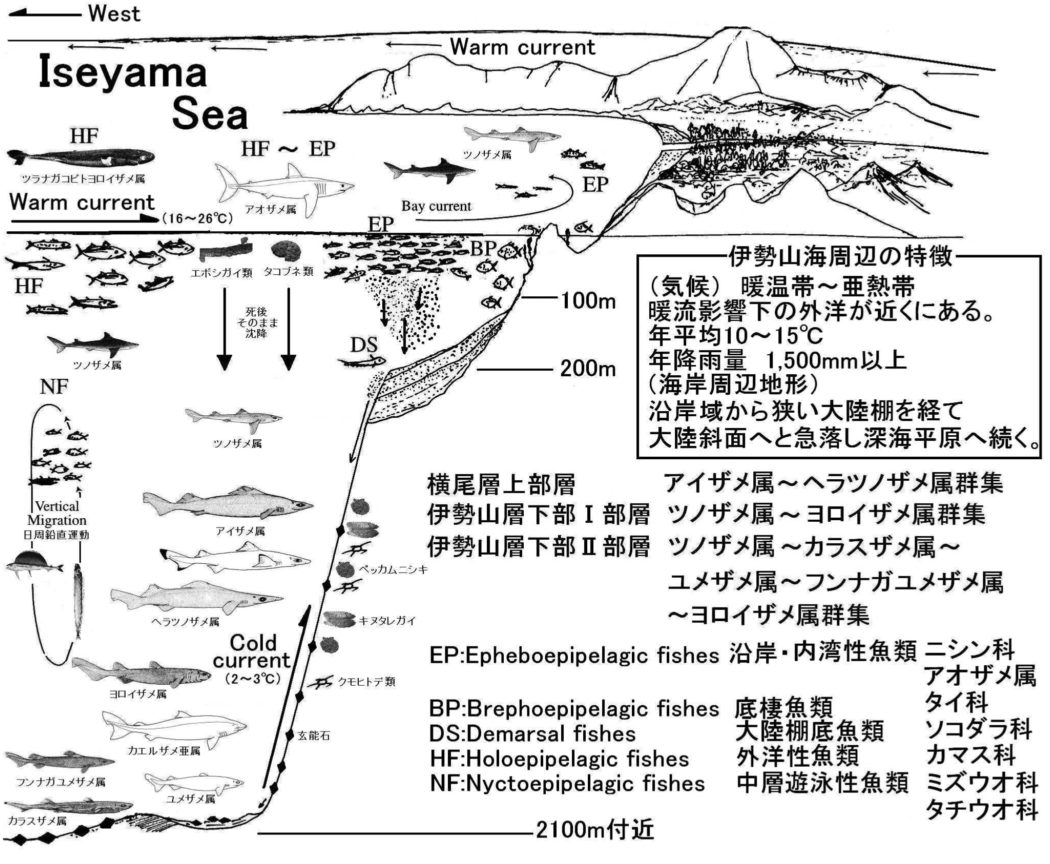


図２　長野県上田市中期中新世の古環境

Ｓ－13　ヒトが獲得した身体と神経系

小寺春人（鶴見大学歯学部解剖学教室）

サルからヒトへの進化に労働の獲得が決定的である，と井尻が指摘している．この労働を可能にした身体構造の前提と，労働により改変されてきた身体構造および，身体をコントロールする神経系の変化のいくつかの断面を見てみたい．

直立二足歩行

直立二足歩行がサル（類人猿）からヒトへの分岐点にあったことは，異論のないところであろう．なぜこの非効率的なロコモーションが成立したのかが問題である．樹上適応から下肢の構造がまっすぐに伸びていたことに加え，手の用途が物の把握に特殊適応し，もはや地上での身体の支持が不可能になっていたと思われる．つまり手の食性への決定的な適応が先行していた，と考えることによって一定の説明ができよう．したがって，初期の二足歩行は不安定で，木と木の間を走ったものと思われる．この状態は幼児がゆっくりと歩くのを不得意とするのに類似する．

手の運動能力

ヒトの手（上肢）の特徴は，他の霊長類に比べて親指が長い，母指対向性によって物を摘むのに優れている，前腕の回旋運動の範囲が大きい，肩関節の自由度が高い，などをあげることができる．なかでも，上肢全体の運動能力はこれらの関節の自由度のみならず，直立姿勢と関連してからだ全体の運動のなかで自由な上肢の運動を可能にしている．たとえば投石を例にとれば，前後に開いた下肢，脊柱の回旋と屈曲運動の上に上肢の運動がある．つまり，手の運動能力は直立姿勢の上に成り立っているのである．

チンパンジーと運動比較

ヒトがいかなる運動能力を獲得したかを見る簡単な方法のひとつは，チンパンジーとの行動比較であろう．多様なチンパンジーの行動をヒトが真似てみた場合に，どちらが器用であるかを考える．チンパンジーの研究から分類されている100以上の行動パターンを検討すると，ヒトが劣るのは，下肢でぶら下がるや，四足で走るなどきわめて限られた行動だけである．指で物を掴むのなどほとんどの行動はヒトのほうが圧倒的に優秀である．このヒトの器用さは，身体的構造の違いとともに，それ以上に神経系のコントロールの違いにあると考えられる．

神経系の発達

神経系の発達，すなわち脳の発達はもっぱらヒトの運動能力の向上，とりわけ器用でなめらかな運動コントロールに寄与していると考えられる．人類史のなかで *Hom erectus* の出現期に飛躍的な脳の肥大化が生じている．したがって，この時期にヒトの運動能力の大きな進歩があったと推測される．この時期にアシュール文化を形づくる石器を生みだしたことこそ，ヒトの運動能力の進歩を裏付けている．また，ヒトの成長過程においても，脳の肥大化と運動能力の向上の間に関連が推測されるのである．

脳内空間座標

三次元空間の認識とその意識化はヒトの特徴の大きな一つと考えられる．この発達は，たとえば狩りの時の投石を例に考えると，運動に端を発した石の軌道が正確に予測されなければならない．このように身体運動から三次元空間が認識され，これが脳内に反映された空間座標が形成されると考えられる．投石の石の軌道は時間軸をも反映しているから，弱いながらも時間軸を含めた四次元空間の座標が脳内に形成されるであろう．ヒトの物体認識，人物の認識や記憶はこの脳内の座標にプロットされる特徴をもっている．

言　語

言語の起源を論じるのは演者の能力をはるかに超えているが，いくつかの側面を見ると，まず直立姿勢に伴った咽頭の拡大が，音声言語の前提となっていた．この上に手の運動が大きく関与しており，一つは手を中心としたゼスチャーあるいは身振り語が音声言語に先行した可能性があること，さらに手の運動が口腔とくに舌の運動と連関しており，手と口（舌）が共運動したことから容易に音声言語を導いた可能性がある．幼児の言語獲得には，名詞の発話が動詞としての使用から始まることが知られ，ここでも，運動が言語を生み，認識の基礎となったと考えられるのである．

意　識

ヒトの進化のもう一つの難題は自己意識の誕生にある．この問題をきわめて奇異な例から考察しておきたい．先に見たようにヒトの脳では，認識している人物を脳内座標にプロットしているが，その原点には自己を置くことによって座標が成り立っている．時間軸の上では死後の他人の，あるいは自己の位置づけが必要になる．ここに墓の建立起源があり，人類の意識の起源を求めることができるのではないかと考えるのである．

ポスター発表

Ｐ－１　ヒトの乳歯における各歯種のエナメル質の組織構造と元素組成に関する進化学的考察

高橋正志（日本歯科大学新潟短期大学）
後藤真一（日本歯科大学新潟生命歯学部）

ヒトの乳歯におけるエナメル質深層，中層，表層の組織構造と元素組成の歯種による違いについて検討した．材料として，脱落後ただちに10%中性ホルマリンで固定した，各歯種のヒトの乳歯を使用した．咬（尖）頭頂および切縁の中央を通る頬（唇）舌側方向の研磨標本を作製し，偏光顕微鏡により齲蝕がみられないことを確認した．同一標本の咬（尖）頭部の，エナメル質表面にほぼ平行な再研磨面を作製し，HCl で腐蝕後，S－800型走査電顕（日立）で観察した．酸腐蝕を施さない同様な研磨標本の，咬頭部エナメル質の最深層から最表層までの元素の重量比率を，JXA－8900型 EPMA（日本電子）で標準試料を用いて定量分析した．

乳歯の類円形の小柱断面をもつ内層エナメル質Ⅱ帯では，U 字形の小柱断面が平行配列する同Ⅲ帯，および鍵穴形の小柱断面が階段状配列する中層エナメル質よりも，小柱鞘および小柱体を構成する針状構造が明瞭に観察された．乳歯の中層エナメル質では，永久歯よりも，アパタイト結晶の輪郭が不明瞭であった．乳歯では，永久歯よりも，外層エナメル質を構成する無小柱エナメル質が薄く，この直下まで小柱構造が明瞭であった．乳切歯のエナメル小柱は，乳臼歯よりも，断面の幅径が大きく，酸腐蝕によって破壊されやすい傾向がみられた．乳歯では，永久歯よりも，Ca·P·Mg の含有率が低く，O の含有率が高かった．乳臼歯では Ca·P の含有率が最高で，O の含有率が最低であり，乳切歯ではその逆の含有率を示した．

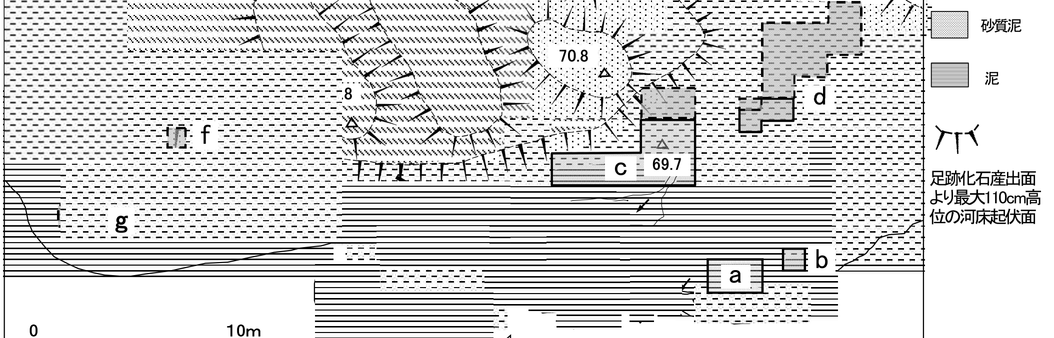
乳歯の内層エナメル質Ⅱ帯では，組織構造から，内層エナメル質Ⅲ帯および中層エナメル質よりも，アパタイト結晶が大きく，構造が粗造であるために，齲蝕の側方拡大を引き起こすと考えられる．乳臼歯では，シュレーゲルの条紋が発達しており，複雑な組織構造を形成し易いように，永久歯と同様に，乳切歯よりもエナメル小柱が細いと推察される．乳臼歯では，乳切歯よりも，アパタイト結晶と有機物の配列が精巧であるために，酸腐蝕に対する抵抗性が強いものと考えられる．Ca・P・Mg の含有率から，乳歯は永久歯よりも石灰化度が低く，マグネシウムウィットロッカイトの含有量が少ないと推察される．乳歯のエナメル質において，歯種による組織構造の複雑さと元素組成との間には関連が認められた．

Ｐ－２　多摩川中流部河床の下部更新統上総層群下部より産出した鳥類足跡化石（その２）

向山崇久・福嶋　徹（むさしの化石塾）

本報告は，多摩川中流部河床の露頭から産出した鳥類足跡化石（向山・福嶋，2007，2008）の追加報告である．

産出地点は先の報告と同じく多摩川中央線鉄橋の上流約320m の右岸河床である．産出層準は下部更新統上総層群小山田層の中部層の上下２層にわたる．下位



Ｐ－２，図１　鳥類足跡化石産出地点各区と地質概略（向山・福嶋，2008に加筆修正）

の支持層は泥層，上位の支持層は砂質泥層でともに湿地性堆積物である．

先の報告では，産出地点をａ区～e 区に設定した．その後の河流の侵食によって鳥類足跡化石がｃ区およびｄ区に隣接して出現し（図１の破線内），さらにこれらより下流側にも新たな個体が出現した（同 f，g 区）．

鳥類足跡化石の追加区域ごとの明確な形態の産出個数はｃ区で４個，ｄ区で16個，ｆ区で１個，ｇ区で７個である．これらは，大きさ，形態を現生種コウノトリ，カワウおよび既産出の報告例と比較した結果，26個がコウノトリ目，２個（d 区）がペリカン目のホッピング時の足跡化石と推定される．このうちｃ区の追加区域には踏み重ね跡が見られ，ｄ区の追加区域には複歩の行跡（進行方向：北から西回り約100°）が認められる．この行跡は，偶蹄目の行跡（同152°前後）とクロスが認められ，その時差に大きな差がないことが判明した．

ｆ区はｅ区と同じ層準で，ａ区～ｄ区，ｇ区の層準より上位の産出層準である．先の報告ではｅ区の行跡はペリカン目ウ科の飛び立ち時ホッピングが推定されている．したがって，上位の産出層の堆積当時には少なくとも２種の鳥類の棲息が考えられることとなった．

Ｐ－３　富士川谷新第三系静川層群の軟体動物化石群集とその地質時代

柴　正博（東海大学自然史博物館）
廣瀬祐市（笛吹市立浅川中学校）
延原尊美（静岡大学教育学部）
安田美輪（花王カスタマーマーケッティング株式会社）
富士幸祐（株式会社ファミリーマート）
篠崎泰輔（東海大学海洋学部）

山梨県南巨摩郡中富地域には静川層群が分布し，下位から泥岩層を主体とする原層，火砕岩層と砂岩泥岩互層からなる身延層，火砕岩層と砂岩層，泥岩層からなる飯富層，その上位に主に礫層からなる曙層が重なる．これまで飯富層遅沢砂岩層からは多くの軟体動物化石が報告されていたが，その下位の身延層と上位の曙層からは軟体動物化石はほとんど報告されていなかった．本研究では，静川層群の層序の再検討を行い前掲のような層序を定義し，曙層については岩相から下部層・中部層・上部層に区分した．また，身延層早川橋砂岩泥岩互層と曙層下部層から軟体動物化石を多量に発見し，飯富層遅沢砂岩も含めてそれぞれの地質時代を検討した．

身延層早川橋砂岩泥岩互層からは，*Megacardita megacostata* (Shuto), *Crerulilimopsis oblonga* (A.Adams), *Glycymeris izumoensis* Matsukuma and Okamoto, *Glycymeris idensis* Kanno，*Amussiopecten* sp.などが産し，尾田ほか（1987）の有孔虫化石から推定される地質時代を考慮すると，後期中新世前半と考えられる．飯富層遅沢砂岩層からは，*Amussiopecten iitomiensis* (Otuka)，*Glycymeris osozawaensis* Kanno などが産し，その地質時代は，尾田ほか（1987）の有孔虫化石から推定される地質時代と上下の地層の地質時代を考慮すると後期中新世後半にあたる．曙層下部層からは，*Glycymeris rotunda* (Dunker), *Clementia papyracea* (Gray)，*Paphia exilis exilis* Shuto, *Chlamys satoi* Yokoyama が産し, *Globorotalia crassaformis* (Galloway and Wissler）などの浮遊性有孔虫化石が産出することから，その地質時代は前期鮮新世と考えられる．

Ｐ－４　シルル紀から石炭紀のコノドント化石の硬組織の構造

三島弘幸（高知学園短期大学医療衛生学科）
筧　光男（明海大学歯学部形態機能成育学講座解剖学）
安井敏夫（横倉山自然の森博物館）
見明康雄（東京歯科大学口腔超微構造学）

コノドント化石の硬組織の超微構造やその特徴についての研究報告はあまり知られていない．本研究はコノドント化石の硬組織のアパタイト結晶の構造的あるいは組成の性状を検索することを目的とした．

コノドント化石試料は５産地である．

1）横倉山層群（シルル紀），高知県，日本
2）Contact Beechweed Limestone, デボン紀, Indiana, アメリカ
3）Grassy Creek formation, 上部デボン紀, Missori, アメリカ
4）Maple Mill formation，上部デボン紀，Iowa，アメリカ
5）Hushpuckney shale，石炭紀，Missouri，アメリカ

化石の試料は，実体顕微鏡で観察した．その後，化石の表面や破断面の観察を走査電子顕微鏡（SEM，S－2380N, Hitachi 並びに JSM－6340，JEOL）を用いて，反射電子像にて観察した．反射電子像では石灰化の状態を検索した．その後，一部の試料は，カーボン蒸着を施した後，試料の組成分析を EPMA（JXA－8200, JEOL）にて行った．またラマン分光法（Labspec，Horiba，Raman rxn systems，Kasier optical systens）にて，化学組成を検索した．硬組織の超微構造の観察を行うため，試料を包埋後，超薄切

片を作製し，透過型電子顕微鏡（TEM, JEM100CX, JEOL）にて観察した．

SEMの観察から，コノドント化石の硬組織の結晶は柱状であり，より石灰化していると判断された．TEMの低倍率による観察では，硬組織は2層性であり，結晶の大きさが異なっていた．外層は大きな結晶からなり，内層はより小さな結晶からなっていた．アパタイト結晶の格子構造（100）が観察された．結晶には中心線が認められなかった．電子線回折では，（002）の回折パターンが認められた．ラマン分光法の解析では，まだ一部のピーク（965－970cm^{-1}）しか検出されなかった．965－970cm^{-1}のピークはPO_4^3を示す．EPMAの結果ではCa，Pが検出され，微量元素としてFが検出された．Ca/P比は1.74±0.06であった．Fは3.92±0.22weight%であった．以上の結果から，コノドント化石の硬組織の結晶はfluoraptiteと考察される．外層はエナメロイドであり，内層は骨様象牙質や象牙細管を有する象牙質と判断される．本研究は高知大学海洋コア総合研究センター共同利用研究（採択番号06B004，07A005，07B020，08A004，08B004，09A008，09B008）のもとで（海洋研究開発機構の協力により）実施された．また科研費(20592168)の助成をうけたものである．

Ｐ－５　仙台市の鮮新統竜の口層から産出した鯨類化石とその産出意義

才田直人・根本　潤（東北大学地圏環境科学科）
大石雅之（岩手県立博物館）
島本昌憲（東北大学総合学術博物館）

1999年11月に宮城県仙台市の竜の口峡谷上流より頭部を含むまとまった鯨類化石が，当時東北大学理学部地圏環境科学科3年の御前明洋氏（現北九州市立自然史・歴史博物館）によって発見された．その後，1999年11月より2000年6月に東北大学総合学術博物館が中心となって発掘作業が行われ，これらの標本は現在東北大学総合学術博物館に収蔵されている．本論では，これらの標本について，その産出層準，産状，産出の意義などについて報告する．

本標本は，宮城県仙台市の市街地西方に位置する竜の口峡谷に露出する鮮新統竜の口層から産出した．本地域の竜の口層は，シルト質砂岩を主とする層厚約30mの海成層であり，本標本は竜の口層中部（基底部より約20m上位）の軽石片が散在する暗灰青色シルト質砂岩より産出した．本産出層準の地質年代はAkiba(1986)の*Neodenticula kamtschatica* Zone（NPD 7B）に相当し，中新世－鮮新世境界は竜の口層下部にあると推定されている（柳沢，1990）．

本標本は，仰臥位で頭部および椎骨，肋骨などの骨格がよくそろった状態で産出した．各骨格部位は破損している部分はあるものの，全体的に保存状態は比較的良好である．

吻部は先端から約20cmの部分で折れて約90°の角度をなして約30cmの高低差を生じるように変形し，第4胸椎前後の椎骨は他の椎骨および頭蓋と比較して，10cm程度高い位置に波状に盛り上がるように配置されていた．このような産状から，本標本全体は前後方向に圧縮を受けて埋積されたと推定される．

本標本は，頭骨の形態からヒゲクジラ亜目のケトテリウム科に属すると考えられる．鼓室胞も保存されているが，その外唇は腹側面から外側面まで欠損している．本標本の鼓室胞は，*Mizuhoptera sendaicus*の鼓室胞（Hatai *et al*., 1963；IGPS 78423）によく類似しており，同種と判断される．

このように，本標本は*Mizuhoptera sendaicus*と同定される鼓室胞を有する，頭骨，椎骨，肋骨などから構成される同一個体の骨格標本である．したがって，長谷川ほか（1985），大石（1987），大石（2007）などによって報告された，岩手県産の*Herpetocetus*属の標本などと直接的に比較検討可能な標本であり，今後ケトテリウム科における分類学的位置づけ，古動物地理や生息環境に関する考察，ヒゲクジラ類の進化や適応放散などについても充分に検討し得る重要な標本の一つであると考えられる．

Ｐ－６　神奈川県横須賀市観音崎に見られる化石と現生の穿孔貝

長田敏明（元杉並区立西宮中学校）

はじめに

三浦半島に限らず磯浜には2～5cm程度の穿孔痕がよく見られる．磯浜海岸に見られる穴のうち，ここでは穿孔貝について化石と現生の穿孔貝（ボーリングシェル）の観察を行った結果について報告する．具体的には現在の観音崎付近の三浦層群のシルト岩砂岩互層を基層として穿孔している穿孔貝と大津層基底の不整合面に穿孔する穿孔貝を取り上げた．

穿孔貝

穿孔貝の穿孔様式には2つの方法がある．機械的穿孔と化学的穿孔との2つである．機械的穿孔するカモメガイやニオガイなどの貝は，着底すると腹縁穿孔を行う．そのうち前縁穿孔に移行する．すなわち，海水をいっぱい吸い込んで体を膨らませて，巣穴の壁に固定し，貝殻を回転させて前区のノコギリ状の部分で岩

を削って行く．これらの貝の幼貝は，マツカゼガイやタガソデガイの形態に類似しているので，機械的穿孔機能は，化学的穿孔機能よりは高度である．それは，それなりの仕掛けと構造形態が必要だからである．化学的穿孔をするシギノハシガイやマツカゼガイなどの貝は，体から薄い酸を分泌して周囲の岩石を解かして生息空間を広げて行く．穿孔貝は，岩石に付着したが最後，その場所を離れることはないと言うことである．外敵からは身を守れるが，一生同じところに住み続ければならないことになる．岩の中の咽人ともいえる．

横須賀市立馬堀中学校裏道路脇の不整合露頭

小原台西部の馬堀中学校裏道路脇では，不整合面上と礫の転石に化石穿孔貝を産出する．この露頭では，第三紀層の三浦層群池子層と第四紀層の横須賀層が傾斜不整合で接している．馬堀層は，走水層とともに横須賀層を構成している．馬堀層中からは，貝化石のほか，カニの爪，ウニのトゲなどの化石を産出する．その時代は，約10万年前の堆積ということで第四紀後期の下末吉期という時代（10〜15万年前）となる．この露頭の不整合面上に穴の開いているところが細長いしずく状の穴が見られる．基底の不整合面上には穿孔貝によって穿孔されたシルト岩の転石が多く認められる．このような穿孔貝には細長いタイプのものが多い．

馬堀層中から産する化石には，クチベニ・エゾサンショウガイ・ホタテガイ・ヤツシロガイ・アサリ・サラガイ・ヒメエゾボラなどがある．現生種の生態から見ると，これらの組み合わせは，比較的寒い海に住んでいる貝といえる．現在は浦賀水道を通じて黒潮が東京湾に流れ込んでいる．少なくともこの時期には，黒潮は流れ込んでいなかったことになる．

観音崎灯台周辺

観音崎周辺から知られる現生穿孔貝としてはカモメガイ．ニオガイ．マツカゼガイなどが主なものである．穿孔貝によって穿孔された転石には，主としてマツカゼガイ．カモメガイと思われる穿孔痕とニオガイ．ニオガイモドキと思われる穿孔痕があるものとがある．また，転石にはしばしば，穿孔痕や生きたままの穿孔貝の住んでいる例が認められる．このような転石では，表面に沿って垂直に穿孔していることが通常である．すなわち，転がりながらも穿孔貝は生息していることになる．

観音崎自然博物館とその周辺

観音崎自然博物館の前のたたら浜の磯に見られるシルト岩には穴状構造や風食でできた蜂の巣状構造などが見られる．これらのうち穿孔痕は，干潮でもわずかに潮を被る低干潮線以下では活発に穿孔活動が行われていることを示している．それ以外では，小断層と節理など割れ目に沿って巣穴が並ぶ傾向がある．この穴には，観察の時点では，何も生物は見られなかった．

穿孔貝の穿孔様式について，広く意見をいただけると幸いである．

Ｐ－７　ヤマトオサガニ（*Macrophthalmus japonicus* de Haan）の造巣 その１　－水槽飼育観察－

吉田唯義（東京都大田区）

はじめに

筆者は，ここ数年，東京都多摩川の本羽田の河口干潟で甲殻類の生態観察を続けている．そうした中で活動個体数を観察していると，一定面積における巣穴の数と活動している個体数が一致しないことに気づいた．それでは１個体は幾つの巣穴を造るのかヤマトオサガニを例に水槽飼育による観察を行った．

ヤマトオサガニは干潟中央部の軟かい泥質に生息し，巣穴は底表面に対して30度内外の角度を持ち，深さは季節によって異なるが５cm から30cm である．巣穴は満潮の度に水没するが，巣穴はほとんど崩れないで，次の干潮時には多少の補修でそのまま使用する．また専用の巣穴は持たず一度造巣した巣穴は簡単に放棄する，しかし巣穴の争奪は活発である．

このことから，１個体が幾つの巣穴を造るか，巣穴の方向に規則性があるかについて水槽飼育観察を行った．結果，ある程度の成果が得られたので，ここに報告する．

飼育方法

生息地干潟の泥質堆積物と干潟汽水を満たした水槽（30×40×20cm）を実験室に用意し，ヤマトオサガニ１個体（甲幅10.3mm）を飼育し造巣活動を観察した．観察期間は2005年５月25日から６月７日の17日間である．なお水槽に入れた泥の表面は現地干潟の地形を考慮して，わずかに南に傾斜するようにした．形成された巣穴にはそのつど割り箸を挿入して方向を測定した．巣穴が消滅した場合は割り箸を挿入しない．干潟における潮の干満を再現するために夜間には現地の新しい水をいれ，朝に水を抜いた．記載の便宜のためにこれらの巣穴に番号を付して整理した．

実験結果

巣穴の数と造巣位置の変化　１日目に５個の巣穴を形成した．２日目には新規に６個目の巣穴を形成．３日目には７個目の巣穴を形成したが，２個の巣穴が放棄され消滅した．５日目は新規に８個目の巣穴を形成し，２個の巣穴が連結した．６日目には２個の巣穴が

放棄され消滅．７日目には２個の巣穴が放棄され消滅，残りの巣穴は２個のみ．８日目には新規に２個の巣穴（10個目）を形成．13日目には新規に更に５個の巣穴（15個目）を形成．17日目には新規に１個の巣穴（16個目）を形成．

結局１日に１個から５個造巣し，放棄消滅を繰り返しながら，17日間の造巣合計は16個であった．

巣穴の方向性　巣穴の方向は北と北西方向が卓越しており，水槽内の低質表面の傾斜方向とは逆の方向に掘進することが判った．

まとめと課題

１個体のヤマトオサガニは飼育観察を通じて17日間に16個の巣穴を形成した．このことは巣穴の数を数えて直ちに個体数とはならないことを示している．水抜きや注水を繰り返しても巣穴は破壊されなかったので，潮位の変動は，巣穴の埋没や破壊に影響を与えなかったものと考えられる．水槽飼育では巣穴の方向は低質表面の微地形を反映しているものと思われる．

現地干潟におけるヤマトオサガニの巣穴の密度，方向性については報告書検討中．

Ｐ－８　ナウマンゾウの第３大臼歯と第２大臼歯の見分け方，その形態的特徴

北川博道（京都大学大学院理学研究科）
高橋啓一（滋賀県立琵琶湖博物館）
渡辺克典（大阪府立三国丘高等学校）

ナウマンゾウは第２乳臼歯から第３大臼歯まで６本の臼歯が後ろから前に押し出されてくる水平交換を行う．そのため，対象が何番目の歯で，どの程度咬耗しているかを判断することが，種同定や変異研究のためには重要である．しかし，時に歯種判定が困難な場合がある．そもそも歯種判定は多くの場合，その大きさや咬板数によって判定が行われてきた．しかし中には大きさのみに頼った歯種判定では，判定が困難な場合があったり，咬耗によってもともとの咬板数が不明になってしまったりする場合がある．特に，第２大臼歯（以下Ｍ２）と第３大臼歯（以下Ｍ３）の区別は，大きさや，形態が似ている事から，特に困難である．そこで，大きさに頼らない歯種判定を行うために，ナウマンゾウの第２大臼歯と第３大臼歯の形態的特徴を明らかにした．本研究では，下顎臼歯を中心に友ヶ島水道産出標本（宝樹寺所蔵）や諸島水道産出標本（広島大学所蔵）などの瀬戸内海海底産標本と，野尻湖ナウマンゾウ博物館収蔵標本を詳細に観察した．その結果，いくつかＭ２とＭ３と見分ける形態的特徴が明らかになったので，ここに報告する．

Ｍ３の特徴として次のようなものがみられた．①　遠心面において，良く咬耗したものでは，遠心のエナメル輪は２つに分かれる．②　多くの場合，最遠心には結節状の副咬板がみられる．そのため，咬耗の進んだ標本では，最遠心には１つエナメル環がみられる事が多い．③　側面からみると咬板は遠心ほど強く近心に向かって凸湾する．咬板の近心への凸湾は，Ｍ２においてもみられる特徴であるが，湾曲はするものの，咬板は平行を保っている．それに対して，Ｍ３は湾曲している咬板の歯根側が広がる傾向がある．④　歯冠は強く湾曲するものが多い．などの特徴がみられた．また，遠心面においてＭ３との接触点を探すのが最も確実な見分け方である．接触点は，遠心面の頬側にかたよっていることが多いことが本研究では観察された．

ところで，宝樹寺標本には歯冠長122mm，歯冠幅47mmと，大変小型の臼歯化石がある．臼歯の大きさとしては第４乳臼歯（以下Ｐ４）と同程度の大きさである．しかし，Ｐ４と比較をすると，エナメル厚が2.96mmと大変厚く，咬板頻度も６とＰ４にしては値が小さい．咬合面観において，遠心縁は尖っており，遠心面には，明瞭な隣接点は，見られない．Ｐ４は，最遠心まで咬耗する頃には遠心面に明瞭な隣接面が形成され，最遠心の形状は平らになる事から，大きく異なる．よって，本標本は，大きさはにかよっていても，エナメル厚や，咬板頻度などの計測値，そして，形態的特徴から，明らかに第３大臼歯に同定できる．

形態的特徴をしっかりと議論し，歯種の同定を行っていくことによって，臼歯化石の新たな変異が明らかになるのではないであろうか．

Ｐ－９　アコヤガイの初期発生におけるバイオミネラリゼーション

宮崎陽子（麻布大学細胞科学研究室）
西田卓馬（麻布大学細胞科学研究室）
青木秀夫（三重県水産研究所）
佐俣哲郎（麻布大学細胞科学研究室）

本研究の目的は，アコヤガイの個体発生過程での，殻体形成遺伝子の発現と殻体微細構造や殻体結晶多形との関連性に関する検討である．

三重県水産センターで孵化させたアコヤガイのトロコフォア，ベリジャー，ペディベリジャー，幼生の各発生段階の個体を採集し，それぞれの個体について，殻体形成上皮組織部位の切り出しと殻体の採取をおこなった．殻体形成上皮組織部位から全RNAの抽出を行い，当該遺伝子のプライマーを用いてRT-PCRを

行い，それぞれの試料のリアルタイム PCR 分析による発現確認をおこなった．当該遺伝子は代表的なアコヤガイ殻体形成遺伝子である nacrein，N16，MSI60（真珠層形成に関与），prismalin－14，aspein，MSI31（稜柱層形成に関与）の６種類である．

その結果，１）ベリジャー期初期（１－３日目）の殻体はアモルファス $CaCO_3$から構成されている可能性がある，２）次に，プロデイスコンクⅡ期に相当する31日目の均質層様の殻体外表面上に薄膜状の方解石稜柱層が形成される，３）アラレ石から成る真珠層の初期形成は，31日目の均質層様幼殻上に外套膜の外縁部から開始されることなどが明らかにされた．

上記６種類の殻体形成遺伝子の発現とアコヤガイ殻体のバイオミネラリゼーションとの間に明らかな関連性が認められた．すなわち，１）MSI31，aspein，prismalin－14遺伝子の発現が確認されたベリジャー期とペデイベリジャー期には方解石殻体が未だ出現していないため，これらの方解石形成に関与すると考えられている遺伝子は結晶多形の制御ではなく，殻体微細構造（稜柱層）形成に関与している可能性が示唆された．これに対して，N16と MSI60遺伝子の発現と真珠層形成開始の時期が一致していたため，これらの遺伝子によるアラレ石真珠層形成への関与の可能性が考えられた．

さらに，アコヤガイの場合，リアルタイム PCR 解析に際してのハウスキーピング遺伝子は，GAPDH やβ－アクチン遺伝子よりも18S rRNA 遺伝子の方がより適していることが明らかにされた．

Ｐ－10　アコヤガイ上皮組織の培養過程で分泌される有機基質成分の解析

西田卓馬・町井　昭・宮崎陽子・野川ちひろ
親川沙織・林佑利子・大原　勝・佐俣哲郎
（麻布大学細胞科学研究室）

本研究では，アコヤガイ上皮組織の培養について，培養期間の長期化と培地中に分泌される有機基質，および鉱物質の同定を行うことを目的とした．

この目的のために，アコヤガイ生体中から，真珠層形成に関与するとされる上皮組織の pallial 部位を切り出し，Gong ら（2007）が考案した培地に無機成分を添加した培地を用いて24 well plate 中で培養した．この間，培養組織を２日おきに顕微鏡で観察し，組織の形態変化，殻体形成に関与すると思われる有機基質の分泌，および鉱物質の誘導に関する知見を得ることを試みた．

その結果，本研究で用いた培地中で，アコヤガイ上皮組織は約50日間の生育が確認され，従来よりも培養期間の延長が図られた．また，培養開始から約10日目以降に，培養上皮組織の一部に有機基質の分泌に伴うと思われる拍動様の動きが認められ，その後，膜状の有機物が当該組織の周囲に形成された．さらにその後，当該組織周辺部位に結晶状顆粒の形成を見た．

本研究の結果確認された膜状有機物は，既に報告されている殻体再生実験の過程で生じた膜状有機物とその形態が類似していた．同様の現象が，*in vitro* でも *in vivo* でも認められたことから，この膜状物質が可溶性有機基質とともに結晶形成に関与していることが推測された．

Ｐ－11　アコヤガイ真珠層形成遺伝子 N16の個体間変異の解析

野川ちひろ（麻布大学細胞科学研究室）
正岡哲治（水産総合研究センター養殖研究所玉城分室）
西田卓馬（麻布大学細胞科学研究室）
青木秀夫（三重県水産研究所）
大原　勝（麻布大学細胞科学研究室）
佐俣哲郎（麻布大学細胞科学研究室）

本研究は，これまでに７種の isoform が報告されている N16遺伝子に着目し，その配列の違いが個体の違いによるものなのか，同一個体内に複数の isoform が同時に存在するのかを明らかにするために行われた．

アコヤガイ個体別に，外套膜から抽出した RNA から逆転写した cDNA を合成し，それを鋳型とした PCR で増幅された N16遺伝子の塩基配列を決定し，その塩基配列および推定アミノ酸配列を比較した．個体間のみならず，アコヤガイ同一個体から配列決定された N16遺伝子に関しても複数の variation が認められた．その変異部位は，これまでに報告されている N16遺伝子及びその isoform 間で変異の認められた部位に集中していた．

この N16遺伝子の個体間の variation は，それぞれの貝の殻体形成に影響を及ぼしている可能性がある．また，個体内変異に関しては，偽遺伝子の存在も含め検討する余地がある．今後，これらの遺伝子の比較，および，殻体構造の比較を行うことにより，N16の機能部位がさらに詳細に解明されることが期待される．