

第41回（通算第157回）化石研究会総会・学術大会講演抄録

(2023年6月3日（土）・4日（日）、山形テルサにて開催）

シンポジウム

「東北・北海道の鯨類化石研究の現在と展望」

講演 1

東北・北海道から世界へ 鯨類化石研究の最近

田中嘉寛（大阪市立自然史博物館）

鯨類の歴史は、始新世に水中生活への適応がおこり、漸新世以降は、ハクジラ類はエコロケーションをつかって「音で見る」、ヒゲクジラ類はオキアミのような小さなエサを大量に「こしとる」など、特殊化がおこった。現生だけでなく、化石研究も世界中で素晴らしいスピードで進められている。

日本における鯨類化石研究は進んでおり、山形県から見つかった化石も分布情報などを追加している。北海道からは特にこの5年ほどで新種のヒゲクジラ類が報告された。博物館で働いていると来館者から聞かれることがある。「一体生き物はどれくらいの種類がいるか？」素朴ながら難しい問題だ。新種を見つけ、名付けていくことで、その答えに近づけるかもしれない。

1. タイキケトウス (*Taikicetus inouei*) は北海道大樹町の日方川層（時代は中期中新世、およそ1520万から1150万年前）から1991年に井上清和氏によって発見され、同町教育委員会によって回収され、後に足寄動物化石博物館の所蔵化石となった。1998年に江頭・木村氏によって研究され、記者会見の席で、新種の可能性と新種名タイキケトウス・イノウエイが木村方一氏らによって提唱された。タイキケトウスの最初の研究から20年たち、新たな知見で再研究が行われた。かつて中新世のヒゲクジラはケトテリウム類に入れられていたが、急速に分類の整理がすすんだことから、これらの研究成果に基づいて再検討したところ、タイキケトウスはイサナケタスの仲間であることもわかった。イサナケタスの仲間はまだ分類は混乱していて、解決させるにはより多くの形態情報を集める必要がある。

2. スマタナガスクジラ (*Miobalaenoptera numataensis*) は1989年、北海道沼田町の雨竜川で大堀三郎氏によって発見され、沼田町化石館によって発掘された。産出

層は幌加尾白利加層下部で時代は後期中新世（650万から680万年前）で、頭部と耳周骨が発見されている。ナガスクジラ科としては初期のメンバーとして貴重だ。スマタナガスクジラは、現生のナガスクジラ類をもとにした全身骨格が沼田町化石体験館に展示されている。

3. フカガワクジラ (*Archaeobalaena dosanko*) は1978年、北海道深川市を流れる多度志川の河床から高橋定右衛門氏、三田信行氏らによって発見された。深川市教育委員会や木村方一ら専門家、そしてのべ100名にのぼる地域の人々によって調査団が組まれ、発掘され、最初の報告書が出版された。原始的な小型のセミクジラ科化石で頭蓋骨、下顎、耳周骨、鼓室胞など重要な部位が保存されていた。現生のセミクジラ科は全長20 m と大きくカーブした細い吻部をもつが、フカガワクジラを含む鮮新世のセミクジラ類は全長5～6 m 程度と小さかった。

化石が見つかることは珍しいので、特にナガスクジラ科もセミクジラ科も埋めたい進化史の空白がまだある。すべての古生物を描きつくすことができたらいいと考えている。新種記載はこの目標に到達するための第一歩だ。

講演 2

東北・北海道の鯨類化石相の変遷と
山形県戸沢村産アカボウクジラ類化石

村上瑞季（秀明大学）

東北・北海道地方の後期漸新世以降の地層からは鯨類化石が多産し、関東や中部地方などと併せて、ある程度連続した時空間分布で鯨類化石の動物相の変遷を捉えることができる。東北・北海道の漸新統産鯨類化石は足寄の茂螺湾層に限られる。北九州の芦屋層群と比較してエティオケタス科が多く報告されている。近畿・中部・中国地方の下部中新統からはナガスクジラ上科のイサナケタス・グループや、アロデルフィス科、スクアロデルフィス科などのカワイルカ上科、マッコウクジラ上科の化石が見つまっている。一方で、東北・北海道の下部中新統からは、ケントリオドン科やマイルカ上科の化石がわずかに報告されている

に過ぎない。東北以南の中部中新統からは、アカボウクジラ科、ケトテリウム科が産出するが、カワイルカ上科は見られなくなる。これらの分類群は東北・北海道の中部中新統では見つからない。上部中新統になると、ケントリオドン科は群馬県原市層を最後に見られなくなり、同時にマイルカ科が出現する。マイルカ科は北海道や東北の上部中新統からも産出する。また、北海道や東北でもアカボウクジラ科、ケトテリウム科、セミクジラ科、ネズミイルカ科、アルビレオ科、イッカク科が産出するようになる。関東の上部中新統からはアマゾンカワイルカ科が見つかり、東北地方の鮮新統からはヨウスコウカワイルカ科が産出する。鮮新統に入ると各地でコクジラ科が産出するようになるが、アルビレオ科、アマゾンカワイルカ科、ヨウスコウカワイルカ科は更新統からは産出しない。このように、東北・北海道からは多様な分類群が見つかり、前期中新世や中期中新世の化石記録がかなり不足している。地理的には青森県や秋田県の日本海側の化石記録が少ない。これらの化石記録が充実すると、イサナケタス・グループやカワイルカ上科の時間的・空間的分布への理解が深まる。また、後期中新世初期の化石記録が増えることで、マイルカ上科の初期進化を明らかにすることができるかもしれない。

日本産のアカボウクジラ科化石の記載は数が多いが、再記載を含めて近年は報告が増えている。山形県戸沢村からは比較的保存の良いアカボウクジラ科の神経頭蓋化石が見つかり、標本は最上川水系鮭川支流の濁沢川から転石で発見された。転石が見つかったのは上部中新統古口層(9.0-7.5 Ma)の下部と上部境界付近であり、転石は上流側の古口層下部に由来する可能性が高い。Premaxillary crestと吻部のなす角度が153°と比較的緩やかであり、鋤骨が吻尖溝を覆っていないことから、標本はツチクジラ亜科に属すると考えられる。上顎骨にはprominental notchやmaxillary prominenceが認められ、背側眼窩下孔の直径は20 mmに達する。前上顎窩付近における左右の前上顎骨の左右非対称性は弱く、その値は*Berardius*属や*Archaeoziphius*に近い。前上顎には付加的な前上顎骨孔が開いており、前上顎窩と幅広いpremaxillary crestの間で前上顎骨は大きくくびれている。左右の鼻骨は三角形を呈し、前後に長く幅広い。これらの形態の組み合わせは、佐渡産の*Berardius kobayashi*や長野県四賀村産のアカボウクジラ類を含む既知のツチクジラ亜科とは異なるため、戸沢村標本は新種のツチクジラ亜科である可能性が高い。アメリカ西海岸や日本以外の北西太平洋域からは信頼できるアカボウクジラ類化石の報告はなく、北太平洋にお

けるツチクジラ亜科の進化を考えるうえで戸沢村標本は非常に重要である。

講演3

山形県の鯨類化石相と秋田県男鹿半島の中部中新統の鯨類化石群

長澤一雄(山形県立博物館)・

渡部 晟(元秋田県立博物館)

山形県の鯨類化石は、日本海成立以降の中部中新統から鮮新統で記録される。ただし、海進初期から深海性の中部中新統(米沢盆地の沼沢層、綱木層、山形盆地の本道寺層、水沢層、新庄盆地の草薙層など)では化石記録はほぼ皆無である。化石を多産するのは、新庄盆地の上部中新統～下部鮮新統の古口層、野口層、中渡層であり、大型のヒゲ鯨類が多いが、異地性の断片骨が多いため研究が進みづらい。ときにマムロガワクジラ化石(野口層産6 Ma;長澤, 1999)のような、大型ヒゲ鯨類等が多数混合して堆積した特異な産状を示す場合がある。これは東部の脊梁山脈の隆起と連動する新庄盆地の内湾化において、東縁部の浅海化と西側の盆地主部で深海(中部漸深海帯中～下部)が継続したという古環境の特性に関係すると考えられる。海底の東西の地形的な落差は、大型鯨類骨格を堆積物重力流とともに容易に移動しやすくし、また深海より浅海部へ供給される栄養塩類が豊かな生態系を維持する。新庄盆地での鯨類の古口層から野口層にかけて(9～4.3 Ma;長澤, 2023)の継続的な繁栄は、次の鮭川層(4.3～3.7 Ma;長澤, 2023)で消滅するが、これは出羽丘陵の隆起と内湾環境の急変に連動するものかも知れない。最近の研究としては、Tanaka et al. (2020)の新庄盆地大蔵村上部中新統の“cf. *Miobalaenoptera numataensis*”の頭蓋骨、Tanaka et al. (2023)の庄内町上部鮮新統の“aff. *Balaenoptera berate*”の頭蓋骨などがあり、山形の鯨類化石相が明らかにされつつある。

秋田県男鹿半島の鵜ノ崎海岸の波食台(中部中新統西黒沢層～女川層, 13～12 Ma)では、多数の巨大なコンクリーションが露出する。これらの多くは直径が1 m以上で、数mに達するものもあり国内では例を見ない大きさである。近年大型鯨類化石を包含するコンクリーションの存在が明らかになった(渡部ほか, 2017;長澤ほか, 2018)。コンクリーションの成因に鯨類骨が密接に関係すると予想され、コンクリーションの成因の議論もされている(隅ほか, 2023)が、他方で鯨類化石を含まないものも多く存在することから検討の余地は大きい。これまで100個以上のコンク

リーションを調査し、約30個から鯨類化石を確認している。その中の25個に含まれる鯨類化石について検討してきたが概要は次のとおりである。1) 化石は表面が摩耗、欠損した異地性化石で、部位はヒゲ鯨類頭蓋、同下顎骨、同上顎吻部、椎骨、肋骨など。2) 骨格より遊離した断片部位化石を主体とするが、腰椎～尾椎の椎骨が連続するものがあることから、堆積時に軟部組織で結合されていたらしい。3) 鯨類タксаはヒゲ鯨類を主としており、ナガスクジラ科(頭蓋骨、下顎骨)、セミクジラ科(下顎骨)などを識別。4) 大型骨格が多く、現生種との比較では体長15 m以上の個体も多い。このうち、前位尾椎から体長14～18 m、ヒゲ鯨類下顎骨中位部から体長16～22 mと推定されるなど、中新世最大級の鯨類を含む。5) 鯨類化石の量は継続的かつ膨大であり、当時の男鹿周辺の日本海では、大型鯨類が繁栄する環境が継続していた。

山形や秋田の鯨類化石の記録が示すように、東北日本は新生代後半における北西太平洋の中新世～更新世の連続的な鯨類化石の記録を有する、重要な研究のフィールドでとして意義は大きいだろう。

講演 4

北上低地帯と関連地域の鯨類相

大石雅之(岩手県立博物館研究協力員・
東北大学総合学術博物館協力研究員)

後期新生代の鯨類化石の研究は19世紀に欧州ではじまり、20世紀には米国で研究の進展をみせたが、系統分類学的知識の増進には至らなかった。しかし21世紀になって、分岐分類学に基づく研究が新たな活況をみせている。ここで報告する北上低地帯の竜の口層産鯨類化石の研究については、演者により2010年に一定の成果を得たが(Oishi 2010 MS)、2011年の震災等の困難によって印刷出版に至らぬ間の研究復興の過程で、周囲の研究環境に大きな変化が生じている。

鯨類化石を産出する竜の口層(最上部中新統～下部鮮新統)は、仙台から北上低地帯に分布し、1サイクルの海進・海退で形成されたエスチュアリー堆積物である。*Herpetocetus sendaicus*(この記述だけでは命名規約上の行為にはならない)は、当初は仙台から *Mizuhoptera sendaicus* Hatai et al., 1963として鼓室胞のみで記載された小型のヒゲクジラ類であるが、岩手県奥州市や一関市産の保存良好な全身骨格により、独特の形態の歯骨をもつベルギーの下部鮮新統産 *Herpetocetus scaldiensis* Van Beneden, 1872と同属であることがわかって、命名規約上の問題の解決をみせている。*Burtinopsis* sp. nov. もベルギーのナガスクジラ

科鯨類の *Burtinopsis similis* Van Beneden, 1872を模式種とし、岩手県奥州市産の保存良好な全身骨格により新たな分類を導入することができた。

Herpetocetus については、2008年に北米東岸・西岸でそれぞれ *H. transatlanticus* と *H. bramblei* の記載があり、2014年には北米西岸の上部鮮新統から *H. morrowi* が記載された。*H. sendaicus* については、この新結合の是非を問う議論もある。一方、*Burtinopsis* を含むナガスクジラ上科では2010年以降、欧米で多くの新属新種が提唱されるようになり、また *Burtinopsis* を含む Van Beneden が記載したいくつかの属種を *nomen dubium* とみなす見解も発表されている。しかし、*Herpetocetus* も *Burtinopsis* も鼓室胞だけで十分に標徴を読み取ることができ(しかし新分類群提唱は不可)、*H. sendaicus* のタイプ標本(ホロタイプではない)には同一個体と考えられる未記載の耳周骨も存在し、これらのことから命名規約上の問題が解決されていることをあらためて強調したい。

ところで、近年のヒゲクジラ類の分岐分類学的な系統関係の復元では、まだ安定した結果が得られるに至っていない。これは、ヒゲクジラ類における相同の認識が困難であるために、平行進化や進化的逆転がしばしば起こった可能性の評価が難しく、進化の過程が本当に再節約的に進んだのかどうかという疑問に直面することと関連する。また、近年提唱されている新属新種は保存不良な1個体に基づくものが少なくなく、個体変異・成長段階・性差などを踏まえた検討が充分かどうかとも考慮する必要がある。

北上低地帯の竜の口層の鯨類化石と同時代の銚子地域の未命名層礫岩から産出する鯨類耳骨化石群集は、当時の西部北太平洋海域のほぼ全容を示唆する種多様性を表していると考えられるが、そのことと関連させることで前記の2種に基づく鯨類相の生態学的知識の増進を図る必要がある。

講演 5

北海道の化石鯨類相

一島啓人(福井県立恐竜博物館)

北海道の鯨類化石の産出数は、数え方にもよるが、東北地方と同じようなものである。しかし、大きく違うのはハクジラ類で、ほぼ2倍の報告がある。ヒゲクジラに対する割合が大きく、そのことが東北地方の構成要素との違いを際立たせている。ただ、両亜目の生態からすれば、当時の北海道と東北の間で環境条件ひいては生息域に有意な差があったとは想定しにくい。ため、当時の鯨類相の実態を正しく反映していないこと

は十分考えられる。すなわち、保存、採集、研究の各バイアスの一つ以上が影響している可能性は充分想定できる。将来的にこの違いが解消されるかどうか、今後の研究を待ちたい。

北海道の化石鯨類相に独自性を与えているものにイッカク科の存在がある。*Haborodelphis* は鮮新世前期のもので、北西太平洋域からの唯一の産出例であると同時に、イッカク科としては学名のついた希少な種の一つである。標本数と産出地が限られていることもあり、イッカク科の進化についてはよくわかっていないが、イッカク科の祖先種は暖かい海域で暮らしていたと言われている。中にはそう推定されるものもあるが、すべての種が温暖環境を好んだと考えるためには、より細かな検証が必要と思われる。イッカク科化石の標本の多くは鮮新世に集中しているが、鮮新世は短い周期で寒暖のサイクルが繰り返された時代であり、わずかな年代推定誤差がミスリードしかねない。また、共産する微化石や無脊椎動物から推定される古水温についても解釈に幅があり、必ずしも安定した結果が出ていない。北海道の標本は下部鮮新統の遠別層産で、同層は比較的冷たい海洋環境が推定される。同様の環境は北海道の他地域の同時代層でも推定されており、総合的に考えると当時の北海道近海は現在と大きく変わらない環境にあったことが想定できる。このことはイッカク科の祖先種のすべてが温暖環境を好むものであったかどうかについて合理的疑いを生じさせる。いくつかの化石種が温暖海域を好んでいたとしても、スナメリからネズミイルカまでを含む現生ネズミイルカ科のように、イッカク科が比較的生息域が広い種で構成されていた可能性を検討する余地はあると思われる。

もう一つ、北海道の化石鯨類相を特徴づけるものにネズミイルカ科がある。北海道より南からも産するが、北海道産化石ネズミイルカ類は量、質、多様性が群を抜いている。質でいえば、ほぼ全身骨格が関節した状態で見つかった沼田町の標本は、他標本と相まってネズミイルカ科の進化パターン解明の一助となった。現生のネズミイルカ科の共通祖先は幼形進化の結果出現したと考えられるが、その解明の端緒を与えてくれたのは北海道産標本だった。小型化、速い生殖サイクルといった特徴は、幼形化の中でもプロジェネシス型を示唆し、氷期の栄養に富んだ海洋環境がその要因となった可能性がある。その時期の特定はできていないが、鮮新世末期～更新世初期の化石にその過程が認められるか否かの検証を進めるべきものと考えられる。

そのほか、足寄の後期漸新世の祖先的ハクジラも阿寒町の中期中新世のマッコウクジラ類も、鯨類進化の理解を深める質を備えたものである。

講演 6

札幌市の上部中新統産セミクジラ類化石とセミクジラ類の進化

木村敏之（群馬県立自然史博物館）・

古沢 仁（札幌市博物館活動センター）

札幌市南区小金湯を流れる豊平川河床に分布する中新統小樽内川層より2008年にクジラ類化石が発見され、札幌市博物館活動センターにより市民ボランティアを中心に発掘及び剖出作業が進められた。本標本は頭蓋（耳周骨および頭蓋より分離した鼓室胞を含む）、下顎骨、肩甲骨、上腕骨、橈骨、尺骨、椎骨、肋骨などほぼ全身の骨要素が保存されている非常に保存の良い標本である。本標本の頭蓋では前頭骨の眼窩上突起は前後幅が狭く、鱗状骨は背腹方向に伸びる。また下顎骨の筋突起は非常に小さく、関節突起は背方を向くといったセミクジラ科に特徴的な形態が確認できる。

セミクジラ類は大型のヒゲクジラ類で、現在では2属4種が生息している。現生セミクジラ類はアーチ状に強く弯曲した特徴的な頭蓋をもち、口中には非常に細長いヒゲ板を多く備える（例えばホッキョククジラでは5.2 m, 230-360枚）。これらにより彼らはオキアミなどの餌生物を濾し取って摂餌する濾き取り型の摂餌機構を発達させた。このようなセミクジラ類の進化は非常に興味深い。彼らの化石記録は鮮新世以降に集中しており、中新世以前のセミクジラ類の進化について情報をもたらしうる化石標本は非常に限られる。そのためセミクジラ類の進化については不明な点が多い。

本標本の産出年代は少なくとも8 Ma以前と考えられ（古沢 2017）、これまでほとんど情報の無かった中新統産のセミクジラ類として重要である。また本標本ではほぼ全身が保存されており、現生セミクジラ類とは異なる祖先的と考えられる形質も見られることから、セミクジラ類の進化を考える上で重要な知見がもたらされることが期待される。

例えばこれまでセミクジラ科を特徴づける形質として、頸椎の癒合が指摘されてきた。現生する *Eubalaena* 属の各種や *Balaena* 属では頸椎がすべてお互いに癒合している。また、これまで化石として報告されたセミクジラ類でも、欠損で確認できない種もあるが基本的に第2から第6頸椎の癒合がみられる。その一方、本標本では癒合の発達は第2・第3頸椎のみで、それ以外の頸椎はすべて分離している。セミクジラ類の頸椎の癒合は年齢によって癒合の状態が異なり、若齢個体では癒合が発達しない点が指摘されているが、本標本では、頸椎から前位の尾椎まで連続して椎骨が保存さ

れており、いずれの椎骨でも椎体と骨端板は完全に癒合していることから成熟個体であると考えられる。したがって本標本でみられる頸椎の癒合状態が単に若齢個体であることに由来するとは考えにくい。

また、セミクジラ類の進化を議論する中で彼らの大型化の獲得についてはこれまでも活発な議論が行われてきた。これまでヒゲクジラ類化石の体長の推定に関してはいくつかの研究があるが（例えば Pyenson and Sponberg 2011; Slater et al. 2017; Bisconti et al. 2021）、いずれに基づいた推定でも本標本は少なくとも体長10 m 以上の大型のセミクジラ類であったことが示唆される。したがって本標本ではセミクジラ類の進化における大型化についても貴重な情報をもたらすことが期待される。

講演 7

3 DCG 技術をクジラの復元に活用する

新村龍也（足寄動物化石博物館）・

古沢 仁（札幌市博物館活動センター）

3 DCG 技術が様々な分野で使われ、化石の研究や展示等にも応用されている。本講演では、北海道札幌市から発見されたセミクジラ科化石（以後、小金湯クジラ）を例に、化石に応用可能な 3 DCG 技術を紹介する。

小金湯クジラは2008年に札幌市から発見され、10年以上にも及ぶ発掘・クリーニングによって、頭部骨格から前位尾椎までが確認され、骨片は数百点にも及んだ。2020年からはフォトグラメトリーによって3Dモデルが作製された。頭部骨格については、より詳細な3Dモデルを得る必要性から、3Dスキャナが用いられた（群馬県立自然史博物館の木村博士）。2021年からは3Dソフトを用いた骨格復元、その後、ウレタンからの削り出しが行われ、2023年2月に札幌市地下歩道空間で展示された。

化石の変形補正

小金湯クジラの頭骨は、吻部を欠き、右側側頭部は縫合が外れ、左側はゆがみ、後頭骨は深く陥没している。そこで3Dソフトを用いて、縫合がはずれた右側を戻し、ゆがんでいる左側は右側を参考に補正、後頭骨は現生のセミクジラを参考に膨らませ、欠損部位は現生セミクジラの3Dモデルを組み込んで復元した。

化石は崩壊し、ゆがんでいることが多く、3DCG技術はこの変形の補正が期待される。比較的短時間で起きたと考えられる崩壊は、立体パズルを組み上げるように積極的な根拠を持って復元しやすく、3Dソフト

でパーツに切り分けて（またはマスクをして）、周囲のパーツに合うように移動させて復元する。一方で、長時間をかけたゆがみは、補正が難しく、一般的に左右対称であることを基準に補正される。補正には、ZBrush（3Dソフト）の場合、ディフォーマーや、Blender（3Dソフト）の場合、ラティス変形を用いることが多い。左右対称に変形した標本については、丸い眼球が入る・口が閉じるなど、解剖学的な特徴や、別の標本を基準に変形補正するしかなく、パーツごとに切り分けてそれぞれのパーツでディフォーマーやラティス変形を用いて復元する。

発掘時からフォトグラメトリーの活用を

大型脊椎動物化石は大きな数個のブロックとして回収され、それぞれのブロックごとにクリーニングが行われ、取り出された骨は本来どこにどの様に埋まっていたものなのか分からなくなってしまうことも多い。記録用に大量の写真が撮られるものの、見返した時に立体的な形状を把握しづらい。しばしば立体的な形状を残すため、産状のレプリカが作られるが、コストと時間がかかる。超大型化石に関しては、後にフォトグラメトリーをすることを考慮して、クリーニング中のブロックの写真を定期的に撮影しておくことを強く薦める。写真は1ブロックにつき50~100枚で良いので、コストもほとんどかからず、3Dモデルにすることで、その後の正確な復元や研究に有効である。

一般講演（口頭発表）

青森県むつ市関根浜港における現生底生有孔虫の季節変動

根本直樹（弘前大院・理工）・

中村冬弥（福井県立大院・生物資源）・

豊指祥子（海洋研究開発機構むつ研）・

脇田昌英（douzenn 同前）

有孔虫は、様々な環境要因によって棲み分けをしており、その化石は地質時代の環境変遷を復元する指標として用いられてきた。有孔虫化石を古環境指標として扱い、比較的新しい地質時代の古環境の変化を明らかにするためには、現在生息している有孔虫の生態を詳しく知ることが有効である。現生有孔虫の分布、特に分布深度に関する研究は、構造地質学からの要請により数多くなされてきた。一方、数週間間隔での有孔虫群集の変動を追った研究はそれほど多くはない。しかし、このような情報を集積できれば、古海況のより詳細な復元が期待できる。そこで本研究では、青森県むつ市北岸の関根浜港の2地点（st. 1, 2）におい

て、1年間の現生底生有孔虫群集の季節変動を調査し、その変動を引き起こす環境要因を検討する。

野村(2001)で紹介された有孔虫採取トラップを防波堤からロープで吊るして設置し、2021年2月15日から2022年1月21日まで回収と再設置を約4週間の間隔で繰り返した。また、試料回収の際にCTDを用いて水温、塩分、クロロフィルa量、溶存酸素を測定した。トラップの上端から外した網を保冷して研究室に持ち帰り、網からこそげ落とした懸濁物を63 µmの篩で水洗したものを試料とした。したがって、本研究では基本的に付着性の有孔虫を扱うことになる。ローズベンガル溶液で生体を染色し、実体顕微鏡下で有孔虫殻を拾い出し、同定した。染色された個体のみを用いて網の面積あたりの全底生有孔虫及び主要種の個体数(以下有孔虫密度)を算出した。また、有孔虫密度を変動させる環境要因を特定するために、主要種と有孔虫密度と水質データについての回帰分析を行い、相関係数も求めた。

st. 1では21属36種、st. 2では17属37種を同定した。全体の有孔虫密度は、春は低い値で推移し、夏から秋にかけて増し、冬に減少する変動が両地点で認められた。*Cibicides refulgens* と *Pararotalia nipponica* の2種は水温と関係があり、前者は水温が15℃前後、後者は10℃前後に上昇すると活発に増殖すると推定される。*Elphidium crispum* はクロロフィルa量と密接な関係があることから、食物となる藻類が増加すると繁殖すると推定される。*Glabratella subopercularis* は回帰分析からは明確な推定は行えないが、クロロフィルa量とは正の相関があるため、藻類の増減が有孔虫密度の変動を規制している可能性がある。*Rosalina vilardeboana* については、有孔虫密度の変動の要因を特定することができなかった。今回測定した環境要因以外の要因に規制されている可能性があり、今後さらなる調査が必要である。また、今回認められた有孔虫密度の変動が毎年繰り返される季節変動なのか、あるいは年により異なる変動を示すのかもより長期の調査で解明していきたい。

本邦産 *Laevicardium shiobarense* (Yokoyama) シオバラザルガイの産出記録

瀬戸大暉 (山形県立博物館)

Laevicardium shiobarense (Yokoyama) は、中新世の温暖浅海性貝類群集である塩原動物群の特徴種である(鎮西, 1963など)。本種は、Yokoyama (1926) によって栃木県鹿沼層を模式地として、記載された。本種は、これまでに日本各地の中新統～鮮新統から発見さ

れている。本発表では、*L. shiobarense* (Yokoyama) の本邦における産出記録と産出年代を整理し、新第三系から産出する化石動物群集を検討した。

本種は、日本海側の北海道から島根県及び太平洋側の岩手県から神奈川県で産出が記録されている。本種の産出年代の下限は、関東地方の栃木県長岡層と埼玉県鷺の巣層の16.4 Ma～約10 Maの前期～後期中新世である。産出年代の上限は、秋田県天徳寺層の約3.5 Maの後期鮮新世である。太平洋側の産出年代の上限として、神奈川県中央部の上部鮮新統～下部更新統中津層群の例を示す。

神奈川県中央部の相模川と中津川沿いには、新第三系～第四系中津層群が露出する。中津層群からは豊富な軟体動物化石が報告され、特に中津層群下部からは、浅海棲種が産出することが知られている。中津層群下部の堆積年代は、凝灰岩層のFT年代及び古地磁気層序から3.58 Maから3.33 Maと推定され、後期鮮新世にあたる。化石を産出した礫岩層は、細粒砂岩層中に狹在し、層厚が最大約2.3 mである。礫岩層は南東へ約50 m連続し、せん減する。岩相は、級化構造などが認められず、細粒砂を基質とする基質支持である。礫種は、主に砂岩礫とチャート礫からなり、泥岩偽礫を含む。泥岩偽礫には、有機物片や生物による穿孔痕が認められる。礫岩層からは、軟体動物化石が普遍的に産出し、巻貝類20属16種383個体、掘足類1属1種1個体および二枚貝類14属12種89個体が産出した。産出した化石は、産状からいずれも浅海からの流れ込みを示唆する。また、現生種と同定される化石の生息深度から、概ね深度50 m以浅に生息していた種が卓越して産出する。礫岩層からは *L. shiobarense* (Yokoyama) の離弁個体2片が産出した。また、温暖性掛川動物群の特徴種である *Glossaulax hagenoshitensis* (Shuto) と寒冷性大桑～万願寺動物群の特徴種である *Anadara* sp. cf. *A. amacula* を共産することが明らかになった。

以上の産出記録及び産出年代から、塩原動物群の特徴種である *L. shiobarense* (Yokoyama) は、分布域が日本海側で島根県、太平洋側で神奈川県の本緯35.3～35.5°を南限とし、年代が前期中新世から後期鮮新世まで生存していたと推定される。太平洋側では、塩原動物群は後期鮮新世まで生存し、中津層群下部堆積時において、掛川動物群および大桑～万願寺動物群を含む日本を代表する3つの新第三紀～第四紀軟体動物群が共存していたと推定される。日本海側では、塩原動物群は中期中新世から後期鮮新世まで生存し、秋田県天徳寺層堆積時において、塩原動物群と大桑～万願寺動物群が共存していたと推定される。

岩手県野田村の久慈層群国丹層（後期白亜紀）より産出したカメ類化石：予察的報告

平山 廉（早稲田大学国際教養学部）

岩手県久慈市から野田村にかけて分布する上部白亜系久慈層群からは脊椎動物化石を多産する。久慈市小久慈の玉川層では、2012年3月から早稲田大学と久慈琥珀博物館が主体となった共同調査が毎年2度にわたって実施されるなど、2023年3月まで延べ約170日の発掘作業により2800点を超える陸生および海生の脊椎動物化石を玉川層上部のボンベッド（挟在する火山灰の放射年代は約9000万年前、チューロニアン世末を示す）より採集している。

隣接する野田村には玉川層の上位にある国丹層（海生無脊椎動物化石からコニアシアン世からサントニアン世と考えられる）が分布しており、ここからも主に海生の脊椎動物化石が確認されるようになった。カメ類では、ウミガメ上科と *Adocus* の2タクサが確認されている。

国丹層のウミガメ上科は、背甲や腹甲、四肢骨、さらに頸椎や頭骨の一部など23点が確認されている。背甲（甲長約60 cmと推定）、特に縁板の内側縁が鋸歯状になる形状から、北海道など国内の上部白亜系から多産する *Mesodermochelys* のより基盤的な姉妹群であると考えられる。共産する橈骨の外側に湾曲するというプロトステガ科に見られる派生形質を共有する。なお、蝦夷層群から見つかっている本属の頭骨には、「頬骨が後方に拡大する：左右の口蓋骨が接合する：翼状骨が方形骨の下顎関節面に達する：内頸動脈孔が前方に位置する」などプロトステガ科との共有派生形質が確認される。以上の特徴から、*Mesodermochelys* および国丹層のタクサは、これまで提唱されてきたオサガメ科ではなく、プロトステガ科に含まれる、あるいは独自の科に相当する単系統群を形成する可能性が考えられる。

国丹層の *Adocus* は、左第8縁板1点が確認されており、肋鱗が縁板に達しないという本属に固有の派生形質を示す。背甲長は60 cmに達したと推定される大型種である。この大きさは、アジアでは玉川層から多産する *A. kohaku* にのみ確認されていることから、本種に同定される。保存が極めて良好なことから、当該種が淡水域だけでなく、浅海もしくは汽水域にも生息した可能性が示唆される。

仙台市の竜の口層から産出したカワイルカ化石の特徴について

石丸一男（仙台市泉区）

本標本は1996年に仙台市泉区焼河原に分布する竜の口から発見されたものである。2002年の地質学会で、筆者は Barnes (1985) の分類に基づき、「カワイルカ上科」に属する特徴を多く持っていると報告した。その後、各部位の特徴について観察を進め、他の化石種との比較を進めてきた。ここでは形質の特徴をまとめ報告する。

残存部の前後長は200 mm、左右の幅は前上顎骨稜の部分で100 mm位である。左右の眼窩前切痕を結ぶ線と前頭骨までの長さが100 mmで、非常に小さな個体である。

吻部の前方と前頭骨より後方の部分と、後頭骨や側頭骨も欠損している。

吻部から前頭骨まで急激な上昇はなく、上顎骨は緩やかに上昇している。眼窩の上方は急激な上昇はなく、緩やかに盛り上がっている。前頭骨の部分の突出が大きい。背側では頭骨全体は左方向にゆがみ、左右非対称である。吻部は細長く、先端では縦方向に大きくなっている。

前上顎骨は破損しているが、接合していた部分の跡が残っており、その形態がわかる。鼻孔のまわりを囲むように接合し、後端部は、前頭骨に接するように細くつながったような形態である。

上顎骨はなだらかに上昇しながら、側方は破損しているが、右の眼窩前切痕と涙骨付近が破損していない残存部で、上昇が見られないことから、隆起の程度は少ないものと思われる。腹側において、吻部は後部まで直線的にのび、幅を少しずつ広げ、頭部へと接合している。歯槽は後方まで続き、口蓋骨溝の位置まで伸びている。

Muizon (2002) のカワイルカの分類によると、ヨウスコウカワイルカ上科のヨウスコウカワイルカ科には *Lipotes* と *Parapontoporia* が含まれている。本標本とこの2属 (*Parapontoporia* は3種) の形質について比較を行った。*Lipotes* の前上顎骨は、前頭骨の付近まで、伸びているが、*Parapontoporia* は外側に広がっている。この点で本標本は *Lipotes* に類似している。しかし、眼窩の上部の隆起は大きくなく、*Parapontoporia* の形態に類似している。上顎は緩やかに上昇し、前頭骨が突出して観察できる。これは *Parapontoporia* に類似している。Muizon (2002) はこれら2属の吻部について、基部が狭くなっていることを共通点として重視している。この点で、本標本は吻

部の基部が広がっていることから、これら2属とは違う特徴を持っている。

以上のように、本標本は、両者と類似する形質がある一方で、吻部の形態が示しているように、両者には属さない形質を持っていることがわかった。今後多くの資料と比較検討していく必要性を感じている。

中新世のコイ科魚類コクレンの 咽頭歯化石に関する研究

安野敏勝（福井市自然史博物館協力員）・
小寺春人（無所属）

兵庫県豊岡市竹野町の日本海に面した前期中新世の八鹿層上部香住砂岩泥岩部層から、コイ科魚類に属するコクレン *Hypophthalmichthys nobilis* sp. aff. の咽頭歯化石が発見された。この咽頭歯化石の同定の根拠と化石発見の古生物学的意義について論じる。

発見されたコクレンの咽頭歯化石は3咽頭歯4標本である。この中で、歯冠部がほぼ完全に保存されている1標本の歯冠の長径が8.9 mmの小さな歯である。化石咽頭歯の形状は楕円体を長軸に沿って折半した形で、折半面に相当する部分が咬合面となっている。歯足部は長軸の一端が伸びた形である。咬合面には外周を幅が約180 μm のエナメロイド層が取り囲み、中心部は象牙質が広く露出している。

歯冠部のほぼ完全な咽頭歯化石標本を現生種のコクレンの咽頭歯と比較すると、左右に4本ずつある咽頭歯の右側最前方の歯（A1歯）の特徴と一致している。化石と現生種の咽頭歯をSEMとmicroCTで観察した結果は以下の通りである。

この咽頭歯化石の決定的な特徴は咬合面に露出した象牙質が平たんではなく、全面に細かい凹凸が見られることにある。この突出部は直径が約100 μm の円柱状の隆起を呈している。咬合面に直交する方向の縦断面をmicroCTで観察すると、咬合面に突出している部分は石灰化度の高い構造が咬合面に露出していることが観察される。これより咬合作用により、石灰化度の相違が咬耗の違いを生み出していると推測される。

現生種のコクレンの咽頭歯を同様にSEMとmicroCTで観察すると、咬合面の凹凸や縦断面における象牙質の高石灰部の柱状構造とその大きさが、化石と現生種の間ではほぼ一致している。現生種のコクレンは動物性プランクトンを摂取しており、これを咽頭歯により咀嚼しているものと推測される。一方で同じレンギョ属の現生種であるハクレン *H. molitrix* は、コクレンと類似した形態の咽頭歯をもつが、その象牙質の咬合面全体に波状の凹凸の線条構造が見られる。その

縦断面をmicroCTで観察すると高石灰化と低石灰化の板状構造が見られ、ハクレンでは低石灰化部が咬合面の凸部となっている。したがってコクレンとハクレンの咬合面では、その咬合面突出部の石灰化度が反対になっており、この成因は今後の課題である。なお、ハクレンは植物性プランクトン食であることが知られている。

この2種から構成されるレンギョ属の現生魚類は、中国大陆の長江や黄河のような大河のみに自然分布しており、距離の短い河川では繁殖できないことが判明している。

現在までに中国大陆からはレンギョ属の化石の報告がないことから、コクレンの起源が日本列島にある可能性がある。また古環境から考察すると、本化石の発見により、初期中新世の兵庫県の日本海沿岸域には化石種の生息を可能にしたような大河が存在したことが示唆されるのである。

条鰭魚類ガーでの鱗ガノイン形成の特徴

笹川一郎（新潟市西区）

硬組織の魚類での進化を解き明かすうえで鱗は重要な鍵となる。前回の大会に引き続き、現生硬骨魚類条鰭類ガーのガノイン鱗のガノイン層形成について報告する。硬骨魚類では、条鰭類はガノイン鱗を、肉鰭類がコズミン鱗を持つ。共に表層は高石灰化層で覆われ、ガノイン鱗ではガノイン、コズミン鱗ではエナメル質である。ガノインとエナメル質は組織構造では区別がつかず、従来ガノインはエナメル質と同じとされていた。しかし、条鰭類にはエナメル質の主要基質タンパクであるアメロゲニン（AMEL）の遺伝子が無いことがわかり、ガノインとエナメル質は別な組織とされる。現在、基幹硬骨魚類の祖先型エナメル質から条鰭類ではガノインが、肉鰭類ではエナメル質がそれぞれ進化した、と考えられている。条鰭類のガノインは鱗と歯ともども進化の途中で消失し、現在繁栄している真骨類には見られない。一方、肉鰭類のエナメル質は歯の組織として両生類以上に引き継がれ、発達する。現生の条鰭類でガノイン鱗を持つのはポリプテルス目 Polypteriformes とガー目 Lepisosteiformes だけである。ポリプテルスは古生代型魚類の、ガーは中生代型魚類の「生きている化石」とされる。本研究ではスポットティドガー (*Lepisosteus oculatus*) の鱗ガノイン形成の基質形成期について、微細構造および基質タンパクの局在を目的として、免疫電顕組織化学の方法を用いた。

ガーの鱗ガノインの形成過程は基質形成期と成熟期

に区分される。基質形成期では Inner ganoine epithelium (IGE, 内ガノイン上皮) より骨板上にガノイン基質が分泌される。ガノイン基質はすでにリボン状のガノイン結晶 (ガノインリボン) を含む。ガノインリボンは束となり、表面にはほぼ垂直な小柱状構造を作る。成熟期では結晶の成長に伴い、基質タンパクは吸収・脱却される。この経過はエナメル質形成と同様である。ガノイン形成に関与する主な基質タンパクは SCPP5, エナメルリン (ENAM), アメロブラスチン (AMBN) である。ENAM, AMBN はエナメル質と共通であり、祖先型エナメル質から引き継がれたと考えられる。基幹条鰭類の SCPP5 はシーラカンスなど肉鰭類の AMEL に相当すると考えられる。SCPP5 は形成期ガノインの線維状基質に局在することから、構造をつくる主要なタンパクであり、ガノイン結晶の配列と成長の制御が示唆される。これはエナメル質の AMEL と同様な機能といえる。

ガノイン形成の初期では、まず骨板基質表層に石灰化球が形成される。石灰化球の基質には SCPP5 の陽性反応が認められる。なお、基質小胞は見られない。次に最表層の石灰化球から扇状にガノイン形成が開始される。この扇状ガノイン基質には SCPP5 と ENAM の陽性反応がある。その後、厚みを増したガノイン基質にも SCPP5 と ENAM の陽性反応が存在する。ガノイン基質の形成が終わるころ、その最表層に AMBN の陽性反応が認められる。以上から、SCPP5 は上記の AMEL 同様な機能に加え、ガノイン形成の起点となる骨板表層の石灰化球の形成に関与している可能性がある。後で出現する AMBN は初期ガノイン形成には関与せず、最表層の構成に関わると考えられる。ENAM はガノイン結晶の形成に関わると考えられる。この結果から、ガノイン形成での基質タンパクの機能はエナメル質形成の場合とよく似ているが、全く同じではないことがわかる。

Sasagawa et al. (2016) J Exp Zool (Mol Dev Evol) 326B, 193-209

Kawasaki et al. (2021) iScience 24, 102023, Jan 22, 2021.

Kawasaki et al. (2022) J Exp Zool (Mol Dev Evol) <https://doi.org/10.1002/jez.b.23183>. First published: 04 December 2022.

イヌ縁上歯石の組織構造の解析 ー ヒト縁上歯石との比較検討 ー

三島弘幸 (鶴見大学歯学部歯科理工学講座・

東京大学大学院農学生命科学研究科)・

大熊理紗子 (鶴見大学歯学部分子生化学講座)・

千葉敏江 (鶴見大学歯学部電顕室センター)・

見明康雄 (鶴見大学歯学部解剖学講座)

ヒト歯石に関する研究において、ヒトと他の動物との比較解剖学的な研究は少ない。本研究はヒト歯石とイヌ歯石の組織構造、化学組成を比較検討し、その違いや形成機構を検索することを目的とした。

材料はヒト歯肉縁上歯石と室内犬 5 頭から得た縁上歯石を用いた。歯石試料は高分解能 X 線マイクロ CT, 走査電子顕微鏡 (SEM), 透過型電子顕微鏡 (TEM), SEM-EDS 分析, 電子線プローブマイクロアナライザー分析 (EPMA), X 線回折法 (XRD) で解析した。ヒト歯石に比較して、イヌ歯石では、全範囲に層状構造が観察され、内部に空洞が存在していた。Ca, P の元素マッピング像で、イヌ歯石では表面は Ca, P が一様に分布していたが、内部において P が一様には分布せず、ヒト歯石と差異が認められた。両歯石の元素組成では差異はなく、C, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca が検出された。イヌ縁上歯石の Ca/P 比は 2.0 以上で、ハイドロキシアパタイトの 1.67 より高く、ヒト縁上歯石の Ca/P 比より高い値であった。ヒト歯石の結晶は、針状結晶が多く観察され、Carbonite Hap であった。イヌ歯石の結晶は板状の結晶が多く観察された。Calcite と Carbonite Hap の両者が混在していた。TEM による観察では、イヌ歯石の内部に未石灰化の横紋筋の組織構造が見られ、イヌ歯石はヒト歯石に比較して有機質の含有量が多いと判断される。このことはヒト歯石と比較しイヌ歯石が脆弱で有る理由と思われる。イヌ唾液の pH はヒト唾液の pH に比較してアルカリ性 (pH 8-8.5) である。またイヌ歯石の形成速度はヒト歯石に比較して早い。このような口腔の微小環境の違いが歯石の組織構造や化学組成に反映されていると考察した。

歯石の形成機構は種差、加齢、性差や炎症、口腔内の pH 変化、口腔内細菌叢、歯石の形成部位などによる微小環境の差が歯石の構造、化学組成、あるいは結晶成分を変化させると考察される。今後もさらに歯石の形成機構について、詳細に解析していきたい。

陸橋による生物地理

— 海水準上昇と陸生動物の分布 —

柴 正博（ふじのくに地球環境史ミュージアム）

本研究では、深海掘削における浅海および陸上指示岩の分布と、シーケンス堆積モデルから求めた海水準上昇曲線（柴, 2022）をもとに、「陸生動物は生息環境の中を移動する。」という基本的ルールを守り、陸生動物がかつて存在した陸橋を渡って別の大陸や島々に分散したという考えで、動物の分散と隔離に役割を果たした現在は大洋に沈んだ陸橋を推定した。

オーストラリア大陸の有袋類は、後期白亜紀から暁新世初期にかけて南アメリカ大陸から南極大陸を経由してオーストラリア大陸に渡った。有袋類が渡った陸橋は、南アメリカ大陸からスコチア弧を通り、南極半島から南極大陸に入り、南東インド洋海嶺を通してオーストラリア大陸に至るものと考えられる。南極圏に生息するペンギンは、今から約3500万年前（後期始新世）に南極大陸が孤立したことで、大陸とその周辺に生息する2つのグループに分岐して進化した。オーストラリアに生息した祖先をもつペンギンの一部は、漸新世末期に太平洋南極海膨とそれに連続する東太平洋海膨の陸橋で南アメリカ大陸に渡り、そこで放散した。オーストラリア大陸のエミューなど南方古顎類は、オーストラリア有袋類がつかった南極大陸経由の陸橋で南アメリカ大陸から渡って来た。南アメリカ大陸とニュージーランドに生息する南方古顎類の関係から、暁新世末期までその大陸と島の間にあった陸橋はペンギンが漸新世に南アメリカ大陸に渡った陸橋と同

じものと考えられる。また、ニュージーランドのキウィの祖先とマダガスカル島のエビオルニス祖先が共通していることから、暁新世～始新世の間にニュージーランドからマダガスカル島に至る南東インド洋海嶺と中央インド洋海嶺、マスカレン海台を経由した陸橋が想定される。

マダガスカル島のキツネザル類やフォッサ、ワオマンゲスなどの固有の哺乳類は、今から中期始新世～漸新世の間にモザンビーク海峡のデイビー海嶺にあった陸橋をつかってマダガスカル島に渡った。マダガスカル島とその周辺のアルダブラ環礁やセイシェル諸島のゾウガメ類も、同じ時期に島々をつなぐ陸橋でマダガスカル島とその周辺の島々に分散した。南アメリカ大陸にゾウガメが渡ったのは、その分岐年代から2880万年前（後期漸新世）と考えられ、南アメリカ大陸に現在生息する広鼻猿類と齧歯類テンジクネズミ類の祖先も同じころか、それよりも早い後期始新世の3700万年前に大西洋を渡った。この動物たちが大西洋を渡った陸橋は、現在の赤道大西洋中央海嶺地域か、その南のワルビス海嶺—リオグランデ海膨地域、アグラス海嶺—フォークランド海台地域の3つの陸橋が考えられる。

南アメリカ大陸に渡ったゾウガメ類の祖先の一部は、ガラパゴス諸島やバハマ諸島にも到達した。ガラパゴス諸島とチリのゾウガメとの分岐が1701万年前（前期中新世）とされることから、前期中新世までガラパゴス諸島はカーネギー海嶺で南アメリカ大陸と陸つづきだったが、その後の海水準上昇により海によって隔てられた。