

# 鯨類化石—その発見から研究へ—

大石 雅之<sup>1)</sup>

## 1. はじめに

鯨類は、哺乳類の中で最も特殊化したグループであり、水中生活に高度に適応している。そのユニークな存在は子供から大人までの誰もが知っている。だが、それがどんな動物かと聞かれても正しく説明できる人は少ないのではないだろうか。海洋に棲む鯨類を野生の状態で見るとチャンスが非常に限られていることが、その理由のひとつかもしれない。その一方で、最近では鯨類の生態を紹介した出版物が増えてきている。しかし、感性に訴える内容が目立つ割には、科学的に有用な知識を普及させる出版物は多くはない。

日本列島には第三紀の海成層が比較的広く分布し、そこから鯨類化石が少なからず発見されている。地質学に携わるものが自ら鯨類化石を発見することもあり(第1図)、市民が発見した鯨類化石に関して、地質学を専門にしているという理由だけで地質学者が説明を迫られる場面もある。いずれにしても、そのとき必要になってくるのが鯨類の進化や骨学に関する知識であるが、その拠り所となるような手ごろな出版物は皆無に等しい。現生鯨類に関する出版物の序論に進化の概説程度を加えたものは見受けられるが、鯨類の進化そのものをテーマにした和文の論説はBarnes (1984) の邦訳 (1991) や長谷川 (1990) の概説以外にはほとんどないと思われる。

鯨類の化石は、ひとたび発見されれば、骨の化石の珍しさやその大きさから注目をあびる。しかし、完全な状態で発見されることはまれで、多くの場合は断片的である。そのため、示準化石を用いた年代層位学の確立が急務であった日本の古生物学の

中では研究対象とはなりにくく、いわばゲテモノとして放置されてきた感がある。ところが、ここ10数年の間に土地開発などに伴って発見される鯨類化石が増加しつつあり、また市民が発見した化石に関する情報の受け皿としての博物館も各地に整備されてきていることから、発掘が進められてまだ公表に至っていない鯨類化石の重要な標本も徐々に蓄積されてきている。

この小論では、日本の地質学や古生物学の中で従来ほとんど言及されてこなかった鯨類化石に関して、その分類の概要や発見・発掘当初の話題、研究上の課題などについて解説し、この研究分野の現状を紹介しながらその発展の可能性をさぐってみたい。



第1図 地質調査で発見されたヒゲ鯨類化石「イワキサンクジラ」“*Megaptera*” sp.の椎骨(矢印)。当時弘前大学学生の神宮 宏氏によって青森県岩木町の中村川の赤石層(上部中新統～下部鮮新統)から発見された(神宮・氏家, 1990; 大石・佐藤, 1991)。発見者がすでに採集した跡が左側に見える。1990年7月10日大石撮影。標本は同年10月に発掘され、頭部を含む多数の骨格が収集された。青森県立郷土館所蔵。

1) 岩手県立博物館:  
〒020-01 盛岡市上田字松屋敷34

キーワード: 鯨類化石, 歯鯨亜目, ヒゲ鯨亜目, 発見, 研究

## 2. 水中生活に最も適応した哺乳類

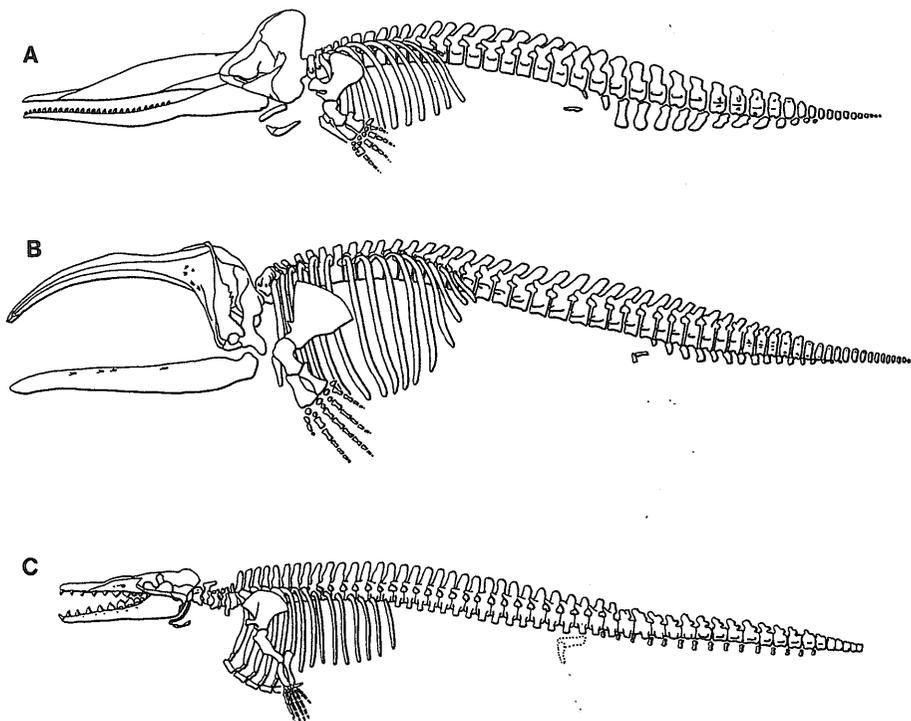
鯨目動物の祖先は本来陸上生活をしていたが、その進化の過程で高度に水中生活への適応を果たした。すなわち、運動様式、生理的特徴、摂餌法、呼吸法などで他の哺乳類にはない機能を獲得したのである。そのため、流線型の体、厚い皮脂、胸鰭、短い首、後肢の消失、水平な尾鰭、そして背鰭などのように、外形に現れる解剖学的特徴によって鯨類の形態を端的に示すことができる。化石として保存される骨格にも多くの特徴が現れている。分類上重要な頭骨では、水面付近での呼吸を容易にするための適応として鼻孔が後退した。この現象は、頭骨を構成する各骨が移動して重なっていく状況を望遠鏡の筒が引き込まれる様子になぞらえて、テレスコーピングと呼ばれている (Miller, 1923)。

鯨類の起源は前期始新世にさかのぼる。現在の鯨類は、その歯のエナメル質の微細構造、染色体、インシュリン、血清学、そして胎児の血糖などから、有蹄類、特に偶蹄目と姉妹群であることが明らかに

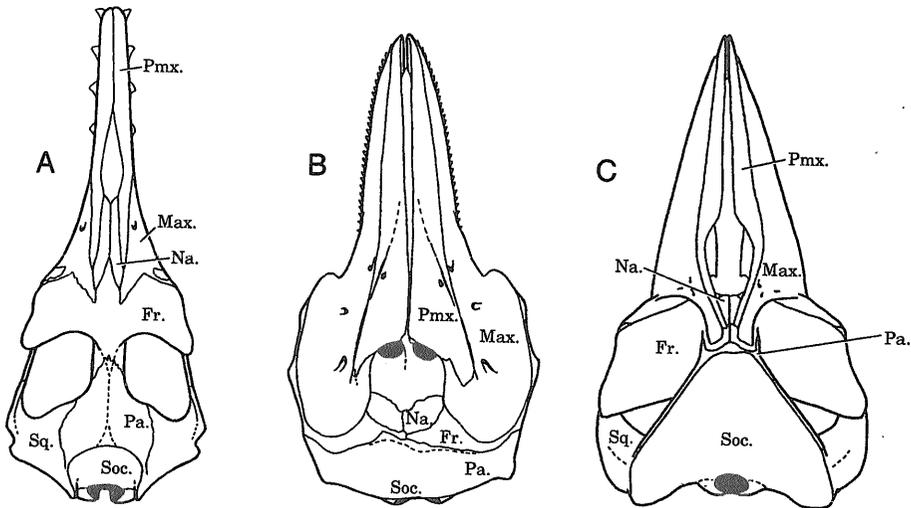
なっており (Barnes and Mitchell, 1978)、全ての有蹄類の祖先と考えられている顆節類、その中でもメソニクス科から鯨類が進化したという解釈 (Van Valen, 1966) が広く支持されている (Barnes et al., 1985)。

初期の鯨類のほとんどは、パキスタンや北アフリカのかつてのテーチス海周辺から発見されている。パキスタンの下部始新統最上部から発見された最古の鯨類である *Pakicetus* はメソニクス科によく似た頭骨をもち、水中における聴覚は現生鯨類のように十分に機能していなかった (Gingerich et al., 1983)。また、この時期の原始的な鯨類の生活は、長い後肢を用いて水陸両生であったが (Thewissen et al., 1994)、急速に海洋環境に適応して遊泳能力を獲得していった (Gingerich et al., 1994)。

これらの始新世の原始的な鯨類は、原鯨亜目 (古鯨・ムカシクジラ・ハジメクジラなどともいう) として分類される (第2図)。一方、現生鯨目は歯鯨亜目とヒゲ鯨亜目に大別される。かつては、鯨類は多系統からなり、歯鯨亜目とヒゲ鯨亜目の類似性は収斂進



第2図 鯨類の全身骨格：A、歯鯨亜目 *Physeter*；B、ヒゲ鯨亜目 *Eubalaena*；C、原鯨亜目 *Zygorhiza*。A、BはVan Beneden and Gervais (1880)、CはKellogg (1936)に基づく。スケールは任意。



第3図 背面から見た鯨類の頭蓋: A, 原鯨亜目 *Zygorhiza kochii*; B, 歯鯨亜目 *Lagenorhynchus obliquidens*; C, ヒゲ鯨亜目 *Balaenoptera acutorostrata*. 略号: Fr., 前頭骨; Max., 上顎骨; Na., 鼻骨; Pa., 頭頂骨; Pmx., 前顎骨; Soc., 上後頭骨; Sq., 鱗状骨. 鼻骨と上後頭骨の位置, および上顎骨の後部の形態に注意. スケールは任意. AはKellogg (1936)に基づく.

化によるものだとする議論があったが (Yablokov, 1964; Slijper, 1958), 今では Van Valen (1968) が明らかにした鯨類の単系統性が広く支持されている (Fordyce and Barnes, 1994; Fordyce et al., 1995 など). ところで, 最近の分子系統解析によれば, 鯨類が単系統であるばかりでなく, 歯鯨類のマッコウジラが他のどの歯鯨類よりもヒゲ鯨類のナガスクジラ科に近いといわれ (Milinkovitch et al., 1993), 議論を呼んでいる. この問題については後で触れる. ここでは, 従来の分類にしたがって3つの亜目について概説する (第3図).

原鯨亜目は始新世に水中生活を開始し, 漸新世の初期までに絶滅した原始的な鯨類である. 鼻孔は吻の前方にあり, 真獣類の基本歯式をもっていた. 前期始新世最末期~中期始新世のプロテタス科や中期始新世のレミングトノケタス科, および中期~後期始新世のバシロサウルス科に分けられる. 初期の原鯨類はテーチス海からカリブ海に限定されていたが, 後のバシロサウルス科は中緯度に広く拡散した (Fordyce, 1992). 歯鯨類とヒゲ鯨類はバシロサウルス科のドルドン亜科から進化したと考えられている (Barnes and Mitchell, 1978; Fordyce, 1980; Barnes and Sanders, 1996).

歯鯨亜目は漸新世のアゴロフィウス科のような原

始的な歯鯨類として出現した (Whitmore and Sanders, 1976). 歯を有する原鯨類との違いは, 同形歯性および多歯性にあるが, 原始的なものでは異形歯をもつこともあり, また現生歯鯨類では二次的に消失しているものもある. 頭骨に現れるもっとも顕著な特徴は, 吻部の骨, つまり上顎骨・前顎骨・鼻骨が後方に移動し, 特に上顎骨が前頭骨の眼窩上突起を越えて後方に広がっている点にある (Miller, 1923). また, 現生歯鯨類のほとんどは水中における反響定位の機能に関連して顔面の骨が左右非対称になっているが, 化石では左右対称のものが多く, 全長約3m以下の小型歯鯨類は通常「イルカ」と呼ばれ, ゴンドウクジラ類やアカボウクジラ科, マッコウクジラ科のような中・大型の歯鯨類とヒゲ鯨類が一般に「クジラ」と呼ばれる. 「イルカ」は, 英語ではさらに小型のマイルカ類などが dolphin, ネズミイルカ類が porpoise として区別される.

ヒゲ鯨亜目は, 地球史上最大の動物であるシロナガスクジラを含む. 歯を持たずに口蓋に多数のクジラヒゲを有し, 濾過食による摂餌を行っている点がヒゲ鯨類の最大の特徴である. これに伴い, 採食時の口蓋の容積を大きくするために, 吻の骨が幅広くなるものや弓形になるものが現れ, 下顎骨も横に広がった. 歯鯨類と異なって, ヒゲ鯨類のテレスコ

ーピングは吻部の後退に加えて上後頭骨の前方への衝上としても現れている(Miller, 1923). 絶滅した原始的なヒゲ鯨類では機能歯を有するものもいた。

以上に述べた鯨類の歴史を簡単にまとめると次のようになる。中生代の海生は虫類によって占有されていたニッチ(生態的地位)が白亜紀末に空白になったことにより、始新世になってメソクセス類のあるものが水中への進出を開始し、原鯨亜目として適応放散した。漸新世には齒鯨亜目とヒゲ鯨亜目が分化し、それぞれ多様化を始めた(Kellogg, 1928)。前期中新世にはマッコウクジラ科やセミクジラ科のような現生の科がすでに現れ、ケントリオドン科やスクアロドン科、ケテリウム科のような絶滅した科がこの時期に多様化した。後期中新世には大部分の現生の科が出現し、鮮新世にかけては現生の属も多くなった。

### 3. 発見と発掘、そしてプレパレーション

鯨類化石の研究は化石の発見に始まる。次に、化石の発見から研究の開始までの過程について述べてみよう。

古生物の研究が標本という事実に基づいている以上、研究を大きく進展させるためにはよい標本が不可欠である。よい標本の発見は偶然に負うところが大きい。しかし、積極的で意図的な発見も重要であり、これには熟達した採集者の経験がものをいう。骨化石を材化石などから識別するためには骨の組織を見慣れておく必要があるが、筆者は、あるときカキ化石採掘現場の作業員の方々に鯨の椎骨化石の実物を持って化石の説明を行った。すると、半年後に作業員の方々が新たに鯨の全身の化石を発見し、大いに感心した経験がある。ひとたび発見、採集された化石であっても、正体不明の標本として長らく秘蔵され、後の研究者によって再発見されるものもある。ごく限られた化石多産地を除いて、鯨類化石は通常地中に散在して埋没している。そのため、露頭が大きいほど発見のチャンスに恵まれるといえる。日本では植物が繁茂して露頭が限定されているので、建設工事や土地開発によって鯨類化石が発見されることが多い(第4図)。日本の鯨類化石の産出は近年増加しており、古くからヨーロッパや北



第4図 ヒゲ鯨類化石「ミズホクジラ」*Herpetocetus* sp. (前沢産鯨類化石第1標本:長谷川ほか, 1985)の発掘:1954年3月8日,岩手県前沢町の下部鮮新統竜の口層。この標本は道路の建設工事で発見された。写真,尾崎博氏;富田幸光氏のご好意により掲載;標本は国立科学博物館所蔵。地層名については,大石ほか(1996)が北上低地帯の海成下部鮮新統を竜の口層で統一することを提唱したので,“油島層”のような地域的な地層名は使用しない。

米に鯨類化石が多数発見されてきたことを考えると(Kellogg, 1928),鯨類化石の蓄積はその国の経済力とある程度の相関があるのかもしれない。しかし,土地開発などがなくても,鯨類化石の集積している地層が乾燥気候の下にあれば,ペルーのPisco層のように発見例が多くなる(たとえばPilleri and Pilleri, 1989)。2つの条件が重なる北米西岸などでは,たくさんの研究がなされてきた(Barnes, 1977)。このことから,ある分類群における現在知られている分布範囲と真の分布範囲が一致しない可能性については,注意しておく必要がある。

組み立てられた鯨類の骨格をみればわかるように,椎骨と肋骨の占める割合が多いことから,鯨類化石の発見の大部分は椎骨や肋骨の発見である。しかし,椎骨や肋骨だけでは研究の対象にはなりにくい。一般に大型のヒゲ鯨類の椎骨の方が小型の

歯鯨類よりも発見されやすく、そのことはその大きさからみて納得がいく(第5図)。分類上重要な頭骨が完全な状態で発掘されることは少なく、埋没以前から破壊されていることもあり、また不注意な発掘で破損されやすい。バラバラになった骨は、外形を示す表面がわずかであり、復元も不可能であれば、ほとんど研究の役には立たない。

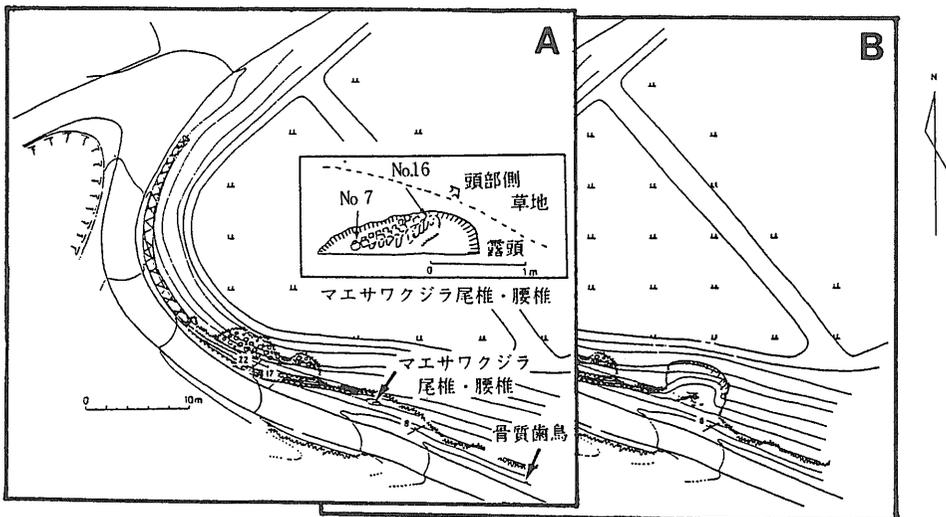
露頭に発見された鯨類の骨の一部は、とりあえずツルハシなどで試掘されるが、さらに骨が連続することが判明した場合は、大規模な発掘を行うかどうかの判断を迫られる。一般に、いくつかの骨が解剖学的に正常な位置関係にあるときには、まとまった骨格の存在が予想される(亀井, 1971)。並んだ椎骨は、早い時期に前後の判断をしておく必要がある。筆者が発掘を手がけた岩手県の「マエサワクジラ」*Burtinopsis* sp. (前沢産鯨類化石第2標本)は発見当初から椎骨の並び方に乱れがなく(第6図)、完全な骨格が期待され、実際はかなり保存状態の良い化石が発掘された(大石ほか, 1985)。大規模な発掘を行っても期待を下回ることもありうる。しかし、2度と得られない標本の回収は現在の日本の経済水準に照らして考えれば、決して投資効果が低いものではないだろう。発掘に先だって、地権者等の了解や所有権の問題の解決など、諸般の手続きを当然行わなければならない。また、予定されてい



イルカの発掘

第5図 歯鯨類化石「ヒライズミイルカ」*Parapontoporia* sp.の採集：1988年11月29日、岩手県平泉町の下部鮮新統竜の口層；岩手県立博物館の映像展示より；標本は岩手県立博物館所蔵。

かった発掘の費用をどうするかという問題も大きい。発掘のための臨時の予算には、できれば発掘後のプレパレーションの費用も計上しておく方がよいだろう。発掘された標本は市民の関心と呼び、新聞やテレビで報道されることも多いが、標本の意義が明らかでないうちに発表の必要が生じ、報道内容の扱われ方は様々な非学術的要因に左右される。もともと貝類化石の産地であっても、鯨類化石の産出はそこがかつては海域であったことを市民に強く



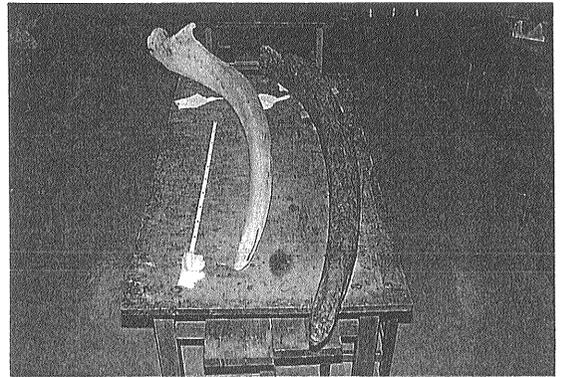
第6図 岩手県前沢町におけるヒゲ鯨類化石「マエサワクジラ」*Burtinopsis* sp.の発掘現場：A, 1981年7月21日；B, 1982年10月2日(前沢町教育委員会, 1987)。段丘堆積物/金沢層/竜の口層の露出が示されている。

印象づけることになる。発掘の報道は、すでに採集されて私蔵されていた標本の再発見にも有効である。

発掘された化石は博物館などでプレパレーションが行われるが、論文になるまでには結果的に「地質学的な」時間がかかることになる。その理由のひとつとして、現在の日本では大型脊椎動物化石の研究体制を整えている機関がまれであることがあげられる。プレパレーションの方法は各地の博物館や自治体が発行した報告書などに参考になるものがあるが(たとえば、美利河海牛化石調査研究会, 1992), 地層や化石の状態によって方法が異なり、様々な物理・化学的手段が必要になってくる。たとえば、石灰質ノジュールの中の化石は、Whitelaw and Kool (1991)が詳細に解説している酸腐食法により、きわめて良質な標本を得ることができる。

プレパレーションの終了した標本は、既存の標本と比較して研究が進められる(第7図)。自治体や博物館の費用を投入して発掘した標本については、市民の関心と呼んだこともあって、研究終了以前に発掘報告書の執筆を求められることがしばしばある。市民の強い関心は研究領域とは別方向に発展することもあり、1961年に発掘された東京都昭島市のアキシマクジラ(昭島市地学研究会, 1966; 田島, 1994)に関しては、毎年「くじら祭」が開催されるなど(細田, 1996)、特筆すべきものがある。

鯨類化石は、古生物学で一般にいわれる大型化石の中でもさらに大型である。形態を肉眼で認識するには十分な大きさであり、分析のための特別な装置も必要とせず、研究はすぐにでも始められる。特に、小型歯鯨は標本の扱いそのものは容易である。しかし、大型のヒゲ鯨は大きさという物理的制約が研究の進展に影響する。不完全な頭骨は、それがかなり大きな標本であっても、標徴を示す部分が残されていないければ、研究対象とはなりにくい。現生鯨類の骨学的形態に関する研究が体系立てられていないことや、ヒゲ鯨類化石の研究の見直しが進んでいないことも(Barnes and McLeod, 1984), 研究の進展を阻害している。ここ10数年の動向をみると、歯鯨類の研究の方が進んでいるが、それはこれらのことと関係があるかもしれない。古くから記載されてきた鯨類化石の中には不十分な材料も多く、模式標本とするには頭蓋と耳骨が欠かせないとい

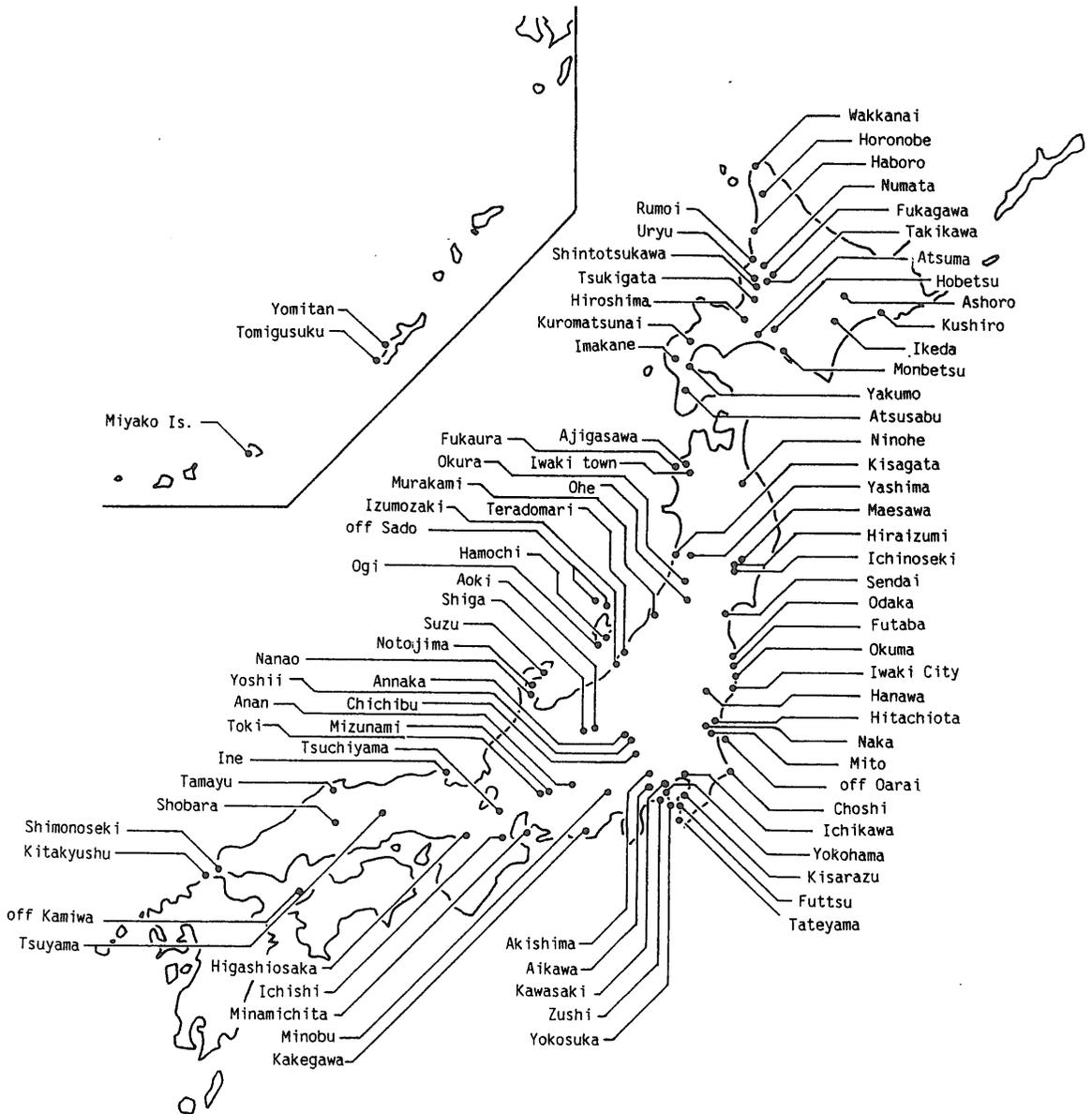


第7図 ヒゲ鯨類化石「はちのヘクジラ」*Balaenoptera* sp. (右)と現生「ミンクジラ」*Balaenoptera acutorostrata* (左)の下顎骨の比較。前者は青森県八戸市の上部鮮新統(いわゆる“斗川層”)より産出(大石・田鎖, 1995), 八戸市児童科学館所蔵。机上のスケールは1m; 軍手の人さし指はそれぞれの変曲点の位置を示す。

われる(Barnes, 1977; Fordyce and Barnes, 1994)。そのため、後に発見された良質な標本によってその分類群の再検討を進めることが重要課題となってくる。このような標本は、分岐分類学や機能形態学の研究に有効である。

#### 4. 日本の鯨類化石

それでは、日本列島における鯨類化石の産出状況はどうなっているのだろうか。海成第三系が広く発達する日本列島では、少なからず鯨類化石が産出する。鯨類化石産地の分布図(第8図)をみると、西日本に比べて東日本に多い。これは海成新第三系の分布面積を反映したものであり、今後もその分布域から新たな標本の発見が続くと期待される。なお、他にも発見されてまだ印刷物になっていないものもあり、相当数が産出しているらしい。第1表は、Oishi and Hasegawa (1995b)の地域順の鯨類化石一覧表に基づいて、新たに作製した分類表である。分類はFordyce and Barnes (1994)によった。日本の鯨類化石の産出状況は、大石(1985), 木村(1992), Oishi and Hasegawa (1995b)によって示されているが、記載されたものは多くはなく、記載されても問題のあるものもかなりある。そのため、標本の再検討が不十分な状態で分類表を掲げると、現在の混乱を助長させる恐れもある。しかしながら、



第8図 主な鯨類化石産地 (Oishi and Hasegawa, 1995b を一部修正).

現時点での知識を整理しておくことはこの分野の研究の進展上で少なからず意味があると考え、敢えてここに分類表を掲げた。なお、Oishi and Hasegawa (1995b) の層序的分布図における産出化石の時代的偏在性は海成層の時代ごとの分布を反映したものであり、その時代の日本付近の鯨類の多様化を意味しているわけではない。

ここで、日本産鯨類化石を概観してみよう。個々の文献については、Oishi and Hasegawa (1995b)

を参照されたい。

日本列島からは原鯨類は報告されていない。歯を有するエティオケタス科ヒゲ鯨類は足寄の上部漸新統から新亜科を含む3属4種が記載されている。このグループの鯨は、原鯨類と現代型のヒゲ鯨類との中間的な形態を示すが、クジラヒゲをもつ現生のヒゲ鯨類の直接の祖先ではない (Barnes et al., 1995)。従来は北東太平洋に知られていたが、北西太平洋からの正式な報告は初めてである。庄原の

第1表 日本産鯨類化石の分類表

Order Cetacea 鯨目.	cf. Agorophiidae gen. et sp. undetermined.
Suborder Archaeoceti 原鯨亜目.	Superfamily Physeteroidea マッコウクジラ上科.
No record.	Family Physeteridae マッコウクジラ科.
Suborder Mysticeti ヒゲ鯨亜目.	<i>Aulophyseter</i> sp.
Family Aetiocetidae エティオケタス科.	<i>Otocetus oxymycterus</i> Kellogg, 1925.
Subfamily Chonecetinae コネケタス亜科.	<i>Otocetus oxymycterus</i> Kellogg, 1925 ?
<i>Ashorocetus eguchii</i> Barnes et Kimura in	<i>Scaldicetus shigenis</i> Hirota et Barnes, 1995.
Barnes et al., 1995.	Physeteridae gen. et sp. undetermined.
aff. <i>Chonecetus</i> .	Family Kogiidae コマッコウ科.
Subfamily Morawanocetinae モラワノケタス亜科.	Kogiidae gen. et sp. undetermined.
<i>Morawanocetus yabukii</i> Kimura et Barnes in	Superfamily Ziphioidea アカボウクジラ上科.
Barnes et al., 1995.	Family Ziphiidae アカボウクジラ科.
Subfamily Aetiocetinae エティオケタス亜科.	<i>Berardius</i> sp.
<i>Aetiocetus tomitai</i> Kimura et Barnes in	<i>Mesoplodon</i> sp.
Barnes et al., 1995.	Ziphiidae gen. et sp. undetermined.
<i>Aetiocetus polydentatus</i> Sawamura in Barnes	Superfamily Platanistoidea カワイルカ上科.
et al., 1995.	Family Squalodontidae スクアロドン科.
<i>Aetiocetus</i> ? sp.	Subfamily Patriocetinae パトリオケタス亜科.
Aetiocetidae gen. et sp. undetermined.	<i>Patriocetus</i> sp.
Family Cetotheriidae ケトテリウム科.	Subfamily Squalodontinae スクアロドン亜科.
<i>Aglaocetus</i> ? sp.	<i>Squalodon</i> sp.
<i>Diorocetus</i> sp.	Squalodontidae gen. et sp. undetermined.
<i>Herpetocetus</i> sp.	Superfamily Eurhinodelphoidea ユーリノデルフィス
<i>Idiocetus tsugarensis</i> Matsumoto, 1926.	上科.
" <i>Mizuhoptera</i> " <i>fujinensis</i> Hatai et al., 1963.	Family Eurhinodelphidae ユーリノデルフィス科.
Cetotheriidae gen. et sp. undetermined.	<i>Eurhinodelphis minoensis</i> Okazaki, 1976.
Family Balaenopteridae ナガスクジラ科.	<i>Eurhinodelphis pacificus</i> Matsumoto, 1926.
Subfamily Megapterinae ザトウクジラ亜科.	<i>Eurhinodelphis</i> sp.
" <i>Megaptera</i> " aff. <i>miocaena</i> Kellogg, 1922.	? <i>Eurhinodelphis</i> sp.
" <i>Megaptera</i> " sp.	Superfamily Delphinoidea マイルカ上科.
<i>Burtinopsis</i> sp.	Family Kentriodontidae ケントリオドン科.
Subfamily Balaenopterinae ナガスクジラ亜科.	Subfamily Kentriodontinae ケントリオドン亜科.
<i>Balaenoptera borealis</i> Lesson, 1828.	<i>Kentriodon hobetsu</i> Ichishima, 1995.
<i>Balaenoptera</i> cf. <i>borealis</i> Lesson, 1828.	aff. <i>Delphinodon dividum</i> True, 1912.
aff. <i>Balaenoptera borealis</i> Lesson, 1828.	Kentriodontidae gen. et sp. undetermined.
<i>Balaenoptera</i> cf. <i>acutorostrata</i> Lacépède, 1804.	Family Delphinidae マイルカ科.
<i>Balaenoptera</i> sp.	Subfamily Delphininae マイルカ亜科.
Subfamily incertae sedis.	<i>Stenella kabatensis</i> Horikawa, 1977.
" <i>Mizuhoptera</i> " <i>hanayaensis</i> Hatai et al., 1963.	<i>Stenella</i> sp.
Balaenopteridae gen. et sp. undetermined.	<i>Delphinus</i> sp.
Family Eschrichtiidae コクジラ科.	" <i>Delphinus</i> " <i>rikuzenensis</i> Hatai et al., 1963.
Eschrichtiidae aff.	Delphininae gen. et sp. undetermined.
Eschrichtiidae gen. et sp. undetermined.	Subfamily Globicephalinae ゴンドウクジラ亜科.
Family Balaenidae セミクジラ科.	<i>Grampus griseus</i> (Cuvier, 1812).
<i>Balaenula</i> sp.	<i>Orcinus orca</i> (Linnaeus, 1758).
<i>Balaenula</i> ? sp.	<i>Orcinus paleorca</i> (Matsumoto, 1937).
<i>Balaena</i> ? sp.	<i>Orcinus</i> sp.
Balaenidae gen. et sp. undetermined.	<i>Pseudorca yokoyamai</i> Matsumoto, 1926.
Family incertae sedis.	Globicephalinae gen. et sp. undetermined.
" <i>Metasqualodon</i> " <i>symmetricus</i> Okazaki, 1982.	Subfamily incertae sedis.
Mysticeti fam., gen. et sp. undetermined.	<i>Sinanodelphis izumidaensis</i> Makiyama, 1936.
Suborder Odontoceti 齒鯨亜目.	Delphinidae gen. et sp. undetermined.
Superfamily unresolved.	Family Phocoenidae ネズマイルカ科.
Family Agorophiidae アゴロフィウス科.	Subfamily Phocoenoidinae イシイルカ亜科.

第1表 日本産鯨類化石の分類表(続き)

Phocoenoidinae gen. et sp. undetermined.	Family Pontoporiidae ラプラタカウイルカ科.
Subfamily Phocoeninae ネズミイルカ亜科.	Subfamily Parapontoporiinae パラポントポリア
<i>Neophocaena</i> sp.	亜科.
Phocoenidae gen. et sp. undetermined.	<i>Parapontoporia</i> sp.
Superfamily unresolved.	Odontoceti fam., gen. et sp. undetermined.

中部中新統産 *Aglaoctetus*? と *Diorocetus* は、大西洋の群集との関係が示唆される。東日本下部鮮新統の *Herpetocetus* は北半球の各海洋に棲息していたグループで、ケトテリウム類の中でも特異な存在である。“*Megaptera*” は東日本の上部中新統-下部鮮新統から産出する。東日本下部鮮新統の *Burtinopsis* は現生属 *Balaenoptera* と共存していた汎世界的なナガスクジラ科のグループである。*Balaenoptera* は北海道や東日本各地から比較的多く産出するが、現生種との系統関係についてはまったく議論されていない。鮮新統からの産出が示唆されているコククジラ類は、更新世以前からの正式な記載はなく(Barnes and McLeod, 1984)、これには慎重な議論が必要である。小型のセミクジラ類である *Balaenula* は、北海道の下部鮮新統から報告されている。北九州の漸新統から当初歯鯨亜目として報告された“*Metasqualodon*” *symmetricus* は、歯を有するヒゲ鯨類の可能性が示唆されている(岡崎, 1995)。日本の中新統や鮮新統に産出するヒゲ鯨類は現生種ほどには大型化しておらず、これらは北西太平洋海域の固有種であった可能性がある。

歯鯨亜目のマッコウクジラ類では、瑞浪の下部~中部中新統の *Aulophyseter* や、四賀の中部中新統の *Scaldicetus shigensis* などが報告されている。ヨーロッパに産出する *Scaldicetus* は遊離した歯のみからなる標本が多く、この属は段階群であろう(Hirota and Barnes, 1995)。カウイルカ上科に関しては、後述するように分類上の位置について様々な議論がある。日本のスクアロドン類についてはほとんど情報が無い。ユーリノデルフィス科歯鯨類は瑞浪の下部~中部中新統からいくつかの報告があるが、その一部についてはケントリオドン科の *Delphinodon* との類似性が指摘されている。穂別の下部~中部中新統産ケントリオドン科 *Kentriodon hobetsu* はこの属としては日本で初めて記載されたものである。現生のマイルカ類は、この中新世のイルカから進化したと考えられている(Ichishima et al.,

1995)。ケントリオドン科のイルカが現生のマイルカ類のようなニッチにあって汎世界的な分布をしていたこと(Ichishima et al., 1995) を考えると、この仲間のイルカは今後も日本から発見され続けるであろう。マイルカ亜科のイルカとして確かなものは、後期中新世以降の各地の地層から産出している。ゴンドウクジラ亜科の標本は遊離した歯からなり、頭蓋を含む標本はほとんどない。ネズミイルカ科では、いくつかの良質な標本が得られている。平泉の下部鮮新統から産出しているラプラタカウイルカ科の *Parapontoporia* は、このイルカが従来知られている南北アメリカの分布よりもさらに広域的に分布していたことを示している。今後、このような沿岸性のイルカは、日本の浅海性堆積物からさらに発見されると思われる。

日本の鯨類化石に関するこれまでの研究は、その大部分が新たな標本の産出報告であり、系統分類や機能形態、古動物地理などまで踏み込んで議論するには、まだ情報や材料が不足している。

## 5. 鯨類化石研究の課題

次に、鯨類化石の研究の課題についていくつかを紹介してみよう。鯨類化石の研究は、19世紀の半ばごろからヨーロッパや北米を中心にさかんに行われてきた。その中で、Kellogg (1928) の「鯨類の歴史-水中生活への適応」と題する論文ではそれ以前の研究が集約され、それ以後の研究ではこの論文が指針となってきた。概してこのころの研究は単発的な記載が目立ち、不完全な材料で新しい分類群を設立する例も多かった。合衆国自然史博物館の館長を歴任した Remington Kellogg [1892-1969] は、海生哺乳類化石に関して多数の業績を残し(Whitmore, 1975)、1960年代には北米東海岸の下部~中部中新統産のヒゲ鯨類に関する研究を大幅に進展させた。そして、その中で古い研究の再検討にも着手した。ところが、その後まもなく生涯を

閉じることとなったのである。このため、今日的意味での体系的な研究はほとんど進められてこなかったといえる。

しかし、1970年代以降、いくつかのシンポジウムなどを通して系統分類や古動物地理などに関する議論が活発化してきた。そうした動向の中で、Barnes et al. (1985) は海生哺乳類化石全般を概観し、鯨類などの系統や分類を整理した。Barnes et al. (1985) の系統図はそれまでの様々な研究を踏まえたもので、多くの著者が引用している。しかし、その後の研究によって、この系統図の不適切な箇所も明らかにされつつある。特に歯鯨類のカワイルカの仲間では多くの議論があり、Simpson (1945) によって単系統とみなされていた“カワイルカ上科”は偽系統か多系統であることが明らかになってきた (de Muizon, 1984; Heyning, 1989)。それらのあるものはスクアロドン科などのような絶滅したグループと姉妹群を形成するといわれている (de Muizon, 1994)。Messenger (1994) は、カワイルカ類のように現生種の少ないグループでは、化石の情報を系統解析から除外すると誤った解釈がもたらされることを指摘し、利用できるあらゆる情報を使って解析するべきであると主張している。

ヒゲ鯨類に関しては、系統分類に関する議論がほとんど進展しておらず、古い研究の大幅な再検討が必要といわれている (Barnes and McLeod, 1984; Deméré, 1986)。なかでも最近では、ケテリウム科については単系統でないことが強調され始めている (Fordyce and Barnes, 1994; Whitmore, 1994; Barnes et al., 1995; Ichishima and Fordyce, 1996 など)。ケテリウム科として分類されてきたヒゲ鯨類のあるものから現生のナガスクジラ科が進化してきたことは多くの研究者が認めることであるが、ケテリウム科はナガスクジラ科鯨類が共有している派生的な形質をもたないことで定義されていることなどから、複数の系統の寄せ集め、すなわち段階群、あるいは分類上の“scrap basket”になっていることが指摘されているのである。

分岐分類学における形態解析では、共有派生形質のみが分岐群を定義できるので、より原始的で時代的に先行する分類群についての形態解析を進めると、それらが単系統でないことが指摘されること

がある。ケテリウム科の他にも、前期～中期始新世のプロトケタス科 (Geisler et al., 1996)、中期～後期始新世のドルドン亜科 (Uhen, 1996)、そして後期漸進世～後期中新世のケントリオドン科 (Dawson et al., 1996) などでのことが明らかにされつつある。こういった研究によって、鯨類の系統図は将来さらに様変わりすることになる。

すでに述べたように、初期の原鯨類の生態に関しては最近新しい情報が増加している。パキスタンの前期～中期始新世の *Ambulocetus* は後足を遊泳のために使用していたことがわかっている (Thewissen et al., 1994)。この発見によって、後期の原鯨類がむしろヒゲ鯨類の方に類似することになり、*Ambulocetus* がほんとうに原鯨類であるのかといった疑問や、そもそも鯨類とは何かといった高次レベルの分類についての問題も生じている (Berta, 1994)。同じくパキスタンの *Ambulocetus* よりやや上位の地層から産出した *Rodhocetus* は骨盤と大腿骨をもち、胸椎は陸上で体重を支えることが可能で、水中では遊離した仙椎と尾椎の上下運動によって推進力を得ていたといわれる (Gingerich et al., 1994)。こうした発見から、まさに鯨が陸から海へ進出する過程を具体的に知ることができるようになってきた。

これらの研究が初期の鯨類に関する議論を活発化させる一方で、最近の分子生物学の成果はヒゲ鯨類と歯鯨類の系統関係についての議論に刺激を与えている。ミトコンドリアDNAを用いた分子系統解析によれば、歯鯨類のマッコウクジラが他のどの歯鯨類よりもヒゲ鯨類のナガスクジラ科に近いといわれる (Milinkovitch et al., 1993)。しかし、マッコウクジラ類が他の歯鯨類と多くの派生的形質を共有することや、マッコウクジラ類とナガスクジラ類の出現時期が異なっていることなどから、古生物学的にはこの見解は受け入れられていない (Fordyce and Barnes, 1994)。一方、Milinkovitch (1995) は、Mchedlidze (1976) によるコーカサスの後期漸新世の *Ferecetoherium* や、すでに述べた *Aetiocetus* からマッコウクジラ類や現生のヒゲ鯨類が分化したと考えた。しかし、これらとは別に前期漸新世の後期には、すでに歯のないヒゲ鯨類が出現して後期漸新世には歯のある *Aetiocetus* と時期的に共存しており (Fordyce, 1992)、*Aetiocetus* は現世のヒゲ鯨

の祖先とはなりえない(Barnes et al, 1995). このような分子系統学と古生物学による解釈の食い違いを解決するためには, 分子系統解析における塩基置換速度の推定の問題や, 歯鯨類に共有される形態形質が系列ごとに独立に派生したものかどうかなど, 両分野でさらなる検討が必要とされている。

ヒゲ鯨類と歯鯨類が分化した漸新世とそれ以前の時代の種レベルの多様化傾向に関しては, 特に詳しい検討が進められ(Fordyce, 1992), それらの適応放散は始新世以来の海陸の分布状態と密接な関係があるといわれている(Fordyce and Barnes, 1994). たとえば, 閉鎖しつつある始新世のテーチス海に初期の鯨類が進出したといわれ, それはこれらの鯨類が多数の陸上哺乳類とともに発見されていることから明らかになっている(Gingerich et al., 1983). また, ゴンドワナ大陸の分裂によって漸新世の中期までに完成した南極環流が南西太平洋海域の食物連鎖に影響し, これが歯鯨類とヒゲ鯨類の分化を促したという(Fordyce, 1980, 1989). しかし, このころの北太平洋両岸にもヒゲをもつ原始的なヒゲ鯨類の出現があり(Okazaki, 1995; Crowley and Barnes, 1996), これらを含めた合理的な説明も求められるであろう. 海洋気候や古地理学的事件と海生哺乳類の進化との関係は, 南半球ではタイムテーブルが作製されて詳しく議論されているが(Fordyce, 1989), 北大西洋でも, 後期中新世の寒冷化に起因する湧昇流や鮮新世の中米海峡の閉鎖による北西大西洋の水温の上昇などが鯨類の盛衰に影響しているといわれ(Whitmore, 1994), 鯨類群集と古環境との関係が議論され始めている。

北東太平洋では, 鯨類化石群集の多様性が現生の同じ海域の群集の多様性に匹敵するといわれ, 各時代の群集組成が明らかにされている(Barnes, 1977). 日本を含む北西太平洋についてはいまだに利用できる情報が充分ではないが, 後期漸新世の北海道では5種のエチオケタス科ヒゲ鯨類の他に6種類の歯鯨類が知られ(Sawamura et al., 1996), 初期のヒゲ鯨類と歯鯨類の多様化傾向が北西太平洋にもあったことをうかがわせている. また, 鮮新世のヒゲ鯨類に関しては, Oishi and Hasegawa (1995a) が北上低地帯産の骨格や銚子産の多数の鼓室胞から, 現生種に匹敵する多様性を示唆して

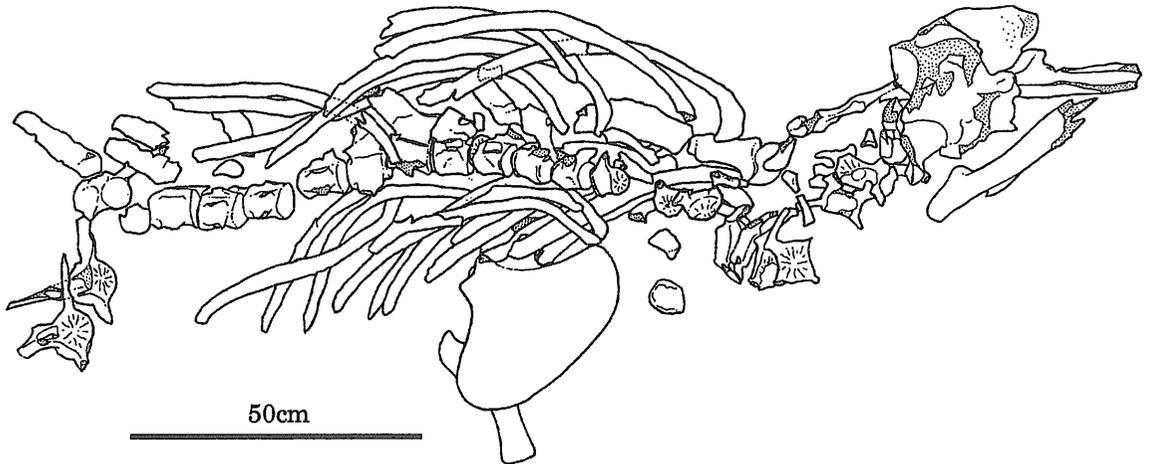
いる。

ところで, ここで注意しなければならないのは, 完全な水中生活者となった鯨類のうち, 化石として認識できる鯨は沿岸性, あるいは沿岸に接近するものに偏っている点である. 外洋性の鯨類化石の不足は, 各時代の多様化傾向の全容の把握を困難にしている. この問題に関しては, 陸上や浅海域に依存する他の海生哺乳類とは状況が大きく異なっている. しかし, 堆積環境と鯨類群集の組成との関係を検討すれば, この点はある程度克服できるものと思われる. また, 現生の様々な種類の鯨類が一部の淡水を含む全世界のあらゆる海洋環境に適応していることや, 多くのヒゲ鯨類やマッコウジラがもつ遊泳能力やその汎世界的な分布をみればわかるように, これまでに鯨類化石が知られていない海成層からの新たな発見が期待できるといえる. また, 環境に左右されやすい無脊椎動物に基づく古動物地理区よりも広範な地域で同じ分類群の鯨類化石が発見されることも予想される. このことから, ある程度発見例が増えれば, 浮遊性微化石が層序学に果たした役割に近いものも鯨類化石に期待されよう。

現世ほど大型化していない更新世以前の鯨類に関しては, 属レベルで汎世界的な分布を示すものも少なくない. 鮮新世の東日本には, これらのあるもの, すなわち「ミズホクジラ」*Herpetocetus* sp. や「マエサワクジラ」*Burtinopsis* sp. がかなり豊富に生息していた(Oishi and Hasegawa, 1995a). 前者は原始的なケトテリウム類の最後の末裔であり(第9図), 後者は現存のナガスクジラ科の中でも古いタイプの鯨である. これらの鯨類とともに, 現生のナガスクジラ属*Balaenoptera*の鯨も当時から共存していたが, 小型の「ミズホクジラ」や「マエサワクジラ」は絶滅し, ナガスクジラの仲間は大型化の道を選んで第四紀に成功することとなった。

## 6. おわりに

鯨類は, 海洋の食物連鎖の頂点に位置していることから, 人類がもたらした環境汚染を体内に集積させやすいといわれている. また, 現在絶滅が危ぶまれている種も少なくない. このため, 鯨類は危機に瀕する地球環境のシンボルのような存在にもなっている. その鯨類を深く知るためには, その歴史を



第9図 ヒゲ鯨類化石「ミズホクジラ」*Herpetocetus* sp. (一関市巖美町産鯨類化石第3標本：大石，1987)の産状。岩手県一関市巖美町，下部鮮新統竜の口層。この標本は，1986年7月9日にカキ化石採掘坑道で佐藤正志氏によって発見された。標本は岩手県立博物館所蔵。

追究することが不可欠である。鯨類の歴史が地球環境の変遷とともに推移したことは，ここで紹介したとおりである。

古生代のある時期に海から上陸した脊椎動物は，その後陸上で多様化した。しかし，後を追って海から次々と脊椎動物が上陸を果たしたであろうか。実際はその逆で，陸上の脊椎動物が何度も海への回帰を計っているのである。中生代の海生は虫類や新生代の海生哺乳類と呼ばれる動物がそれである。鯨類を含む海生哺乳類には，海牛類，鰐脚類，束柱類などもあり，それぞれ独立に海洋へと進出した。脊椎動物にとっては，本来海洋の方が生活しやすいのだろうか。

この小論では，鯨類という動物とその歴史について概説し，ひとたび野外で出会った鯨類化石が研究材料になるまでの過程を述べ，そして日本の鯨類化石の産出状況を示した。さらに，鯨類化石に関する最近の研究動向についても簡単に紹介した。現状では，日本の鯨類化石の研究体制は十分な状態にはほど遠く，欧米の研究に比較すると，いわば「発見の時代」にとどまっているといえるかもしれない。

たしかに，鯨類化石が産出した直後に，その化石によって何がわかるのかを指摘することは難しい。都合よくミッシング・リンクが得られることはまれで，多くの場合は我々の予想を越えた存在が眼前に出

現することになる。このことは，我々の知識がいかに貧弱であるかを如実に示している。だからこそ，鯨類化石が発見され，情報がゼロであった場所に1個体の産出が新たに加わる意義は計り知れないほど大きい。それが良質な標本であれば，新しい発見のひとつひとつがそれぞれ新しい概念をもたらすといっても過言ではない。

前述のように現在の日本では，出版や公開以前の標本が相当数蓄積している。このことだけを見ても，すでにこの分野が今後大きく発展する可能性を秘めているともいえるが，そのためには現状を「発見の時代」から「研究の時代」へと移行させることが急務であろう。

謝辞：筆者の研究に関連する標本および文献の収集に関しては，ここですべてを紹介することはできないが，多くの方々のご協力をいただいている。特に長谷川善和横浜国立大学名誉教授（群馬県立自然史博物館館長）には，本稿のご校閲と多大なるご助言をいただいた。ここに深く感謝申し上げる。また，写真の掲載を快く了解していただいた国立科学博物館の富田幸光古生物第三研究室長，第9図を作成していただいた飯坂真紀氏，ならびに筆者が撮影してここに掲載した標本の所蔵機関に深謝の意を表す。

## 文 献

- 昭島市地学研究会 (1966) : アキシマクジラ調査概要. 昭島市教育委員会, 東京, 22p.
- Barnes, L.G. (1977) : Outline of eastern North Pacific fossil cetacean assemblages. *Systematic Zoology*, Vol.25, 321-343.
- Barnes, L.G. (1984) : Whales, dolphins and porpoises: origin and evolution of the Cetacea. In Gingerich, P.D. and Badgley, C.E. (eds.), *Mammals notes for a short course*, University of Tennessee, Department of Geological Sciences, 139-154. 天羽綾都/訳, 1991, Whales, dolphins and porpoises - 鯨類の起源と進化. 鯨研通信, No. 381, 1-14.
- Barnes, L.G., Dornning, D.P. and Ray, C.E. (1985) : Status of studies on fossil marine mammals. *Marine Mammal Science*, Vol.1, 15-53.
- Barnes, L.G., Kimura, M., Furusawa, H. and Sawamura, H. (1995) : Classification and distribution of Oligocene Aetiocetidae (Mammalia; Cetacea; Mysticeti) from western North America and Japan. *The Island Arc*, Vol.3, 392-431.
- Barnes, L.G. and McLeod, S.A. (1984) : The fossil record and phyletic relationships of gray whales. In Jones, M. L., Swartz, S.L. and Leatherwood, S. (eds.), *The Gray Whale, Eschrichtius robustus*, Academic Press, 3-32.
- Barnes, L.G. and Mitchell, E. (1978) : Cetacea. In Maglio, V.J. and Cooke, H.B.S. (eds.), *Evolution of African mammals*, Harvard University Press, 582-602.
- Barnes, L.G. and Sanders, A.E. (1996) : The transition from archaeocetes to mysticetes: Late Oligocene toothed mysticetes from near Charleston, South Carolina. In Repetski, J.E. (ed.), *Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers*, 24.
- Berta, A. (1994) : What is a whale? *Science*, Vol. 263, 180-181.
- Crowley, B.E. and Barnes, L.G. (1996) : A new Late Oligocene mysticete from Washington State. In Repetski, J.E. (ed.), *Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers*, 90.
- Dawson, S.D., Bohaska, D.J., Fordyce, R.E. and Ichishima, H. (1996) : The Kentriodontidae and the origin of the delphinoids. In Repetski, J.E. (ed.), *Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers*, 99.
- Deméré, T.A. (1986) : The fossil whale, *Balaenoptera davidsonii* (Cope 1872), with a review of other Neogene species of *Balaenoptera* (Cetacea; Mysticeti). *Marine Mammal Science*, Vol.2, 277-298.
- Fordyce, R.E. (1980) : Whale evolution and Oligocene southern ocean environments. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, Vol.31, 319-336.
- Fordyce, R.E. (1989) : Origins and evolution of Antarctic marine mammals. In Crame, J.A. (ed.), *Origins and Evolution of the Antarctic Biota*, Geological Society Special Publication, No.47, 269-281.
- Fordyce, R.E. (1992) : Cetacean evolution and Eocene/Oligocene environments. In Prothero, D. and Berggren, W. (eds.), *Eocene-Oligocene climatic and biotic evolution*. Princeton University Press, 368-381.
- Fordyce, R.E. and Barnes, L.G. (1994) : The evolutionary history of whales and dolphins. In Wetherill, G.W. (ed.) *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, Vol.22, 419-455.
- Fordyce, R.E., Barnes, L.G. and Miyazaki, N. (1995) : General aspects of the evolutionary history of whales and dolphins. *The Island Arc*, Vol.3, 373-391.
- Geisler, J., Sanders, A.E. and Luo, Z. (1996) : A new protocetid cetacean from the Eocene of South Carolina, U.S.A.; Phylogenetic and biogeographic implications. In Repetski, J.E. (ed.), *Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers*, 139.
- Gingerich, P.D., Razza, S.M., Arif, M., Anwar, M. and Zhou, X. (1994) : New whale from the Eocene of Pakistan and the origin of cetacean swimming. *Nature*, Vol.368, 844-847.
- Gingerich, P.D., Wells, N.A., Russell, D.E. and Shah, S.M.I. (1983) : Origin of whales in epicontinental remnant seas: new evidence from the Early Eocene of Pakistan. *Science*, Vol.230, 403-406.
- 長谷川善和 (1990) : 分類と進化. 宮崎信之・粕谷俊雄 (編), *海の哺乳類—その過去・現在・未来—*, サイエンス社, 東京, 3-13.
- 長谷川善和・野刈家宏・佐藤二郎・大石雅之 (1985) : Part III. 前沢町生母産鯨類化石第1標本. 148-150, 大石雅之・小野慶一・川上雄司・佐藤二郎・野刈家宏・長谷川善和, 岩手県胆沢郡前沢町生母から産出した鮮新世ひげ鯨類化石と骨質歯鳥類化石 (Parts I-VI), 岩手県立博物館研究報告, No.3, 143-162.
- Heyning, J.E. (1989) : Comparative facial anatomy of beaked whales (Ziphiidae) and a systematic revision among the families of extant Odontoceti. *Contributions in Science*, No.405, 1-64.
- 細田 徹 (1996) : 勇魚雑録—昭島くじら祭—. 鯨遊, No.9, 4-10.
- Ichishima, H., Barnes, L.G., Fordyce, R.E., Kimura, M. and Bohaska, D.J. (1995) : A review of kentriodontine dolphins (Cetacea; Delphinoidea; Kentriodontidae): Systematics and biogeography. *The Island Arc*, Vol.3, 486-492.
- Ichishima, H. and Fordyce, R.E. (1996) : Archaic baleen whales from the Oligocene-earliest Miocene of the Southwest Pacific. In Repetski, J.E. (ed.), *Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers*, 188.
- 神宮 宏・氏家良博 (1990) : 津軽盆地南西部に分布する新第三系の続成作用. *地質学雑誌*, Vol. 96, 421-435.
- 亀井節夫 (1971) : 哺乳類. 化石研究会 (編), *化石の研究法*, 共立出版, 東京, 224-244.
- Kellogg, R. (1928) : The history of whales—their adaptation to life in the water. *Quarterly Review of Biology*, Vol.3, 29-76, 174-208.
- Kellogg, R. (1928) : A review of the Archaeoceti. *Carnegie Institution of Washington Publication*, No.482, 1-366, 37pls.
- 木村方一 (1992) : 日本産鯨化石の層序と生息環境. *地質学論集*, No.37, 175-187.
- 前沢町教育委員会 (1987) : 前沢の鯨化石. 前沢町教育委員会, 岩手, 58p.
- Mchedlidze, G.A. (1976) : *Osnovnye Cherty Paleobiogicheskoi Istorii Kitoobraznykh. Metsniereba Publishers, Tbilisi*, 136p. 32pls., Chakravarthy, R./tr., 1984, *General features of the Paleobiological evolution of Cetacea*. A.A. Balkema, Rotterdam, 139p., 32pls.
- Messenger, S.L. (1994) : Phylogenetic relationships of platanistoid river dolphins (Odontoceti, Cetacea) : Assessing the signifi-

- cance of fossil taxa. In Berta, A. and Deméré, T.A. (eds.), Contributions in Marine Mammal Paleontology Honoring Frank C. Whitmore, Jr., Proceedings of the San Diego Society of Natural History, No.29, 125–133.
- Milinkovitch, M.C. (1995): Molecular phylogeny of cetaceans prompts revision of morphological transformations. *Tree*, Vol.10, 328–334.
- Milinkovitch, M.C., Orti, G. and Meyer, A. (1993): Revised phylogeny of whales suggested by mitochondrial ribosomal DNA sequences. *Nature*, Vol.361, 346–348.
- Miller, G.S., Jr. (1923): The telescoping of the cetacean skull. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, Vol.76, 1–71.
- Muizon, C.de (1984): Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Pérou), Deuxième partie: Les Odontocètes (Cetacea, Mammalia) du Pliocène inférieur de Sud-Sacaco. *Éditions Recherche sur les Civilisations Mémoire*, No.50, 188p., 17pls.
- Muizon, C.de, (1994): Are the squalodonts related to the platanistoids? In Berta, A. and Deméré, T.A. (eds.), Contributions in Marine Mammal Paleontology Honoring Frank C. Whitmore, Jr., Proceedings of the San Diego Society of Natural History, No.29, 125–133.
- 大石雅之 (1985): 日本の鯨類化石研究の概要。海生脊椎動物の進化と適応, 地団研専報, No.30, 91–96.
- 大石雅之 (1987): 岩手県一関市および西磐井郡平泉町の鮮新統から産出した鯨類・鱗脚類化石。岩手県立博物館研究報告, No.5, 85–98. pls. 1–4.
- Oishi, M. and Hasegawa, Y. (1995a): Diversity of Pliocene mysticetes from eastern Japan. *The Island Arc*, Vol.3, 436–452.
- Oishi, M. and Hasegawa, Y. (1995b): A list of fossil cetaceans in Japan. *The Island Arc*, Vol.3, 493–505.
- 大石雅之・長谷川善和・川上雄司 (1985): Part IV. 前沢町生母産鯨類化石第2標本。150–154, 大石雅之・小野慶一・川上雄司・佐藤二郎・野川家宏・長谷川善和, 岩手県胆沢郡前沢町生母から産出した鮮新世ひげ鯨類化石と骨質歯鳥類化石 (Parts I–VI), 岩手県立博物館研究報告, No.3, 143–162.
- 大石雅之・佐藤 巧 (1991): 青森県岩木山麓から産出したザトウクジラ属化石と東北日本中新一鮮新世のナガスクジラ科化石について。日本古生物学会1991年年会予稿集, 66.
- 大石雅之・田鎖周二 (1995): 八戸市尻内町の鮮新統産鯨類化石。八戸市児童科学館(編), 「化石はちのへクジラ」発掘調査報告書, 八戸市教育委員会, 青森, 7–26.
- 大石雅之・吉田裕生・金光男・柳沢幸夫・杉山了三 (1996): 北上低地帯西縁に分布する鮮新・更新統の地質と年代: いわゆる“本細層”の再検討。地質学雑誌, Vol.102, 330–345.
- Okazaki, Y. (1995): A new type of primitive baleen whale (Cetacea; Mysticeti) from Kyushu, Japan. *The Island Arc*, Vol.3, 432–435.
- 岡崎美彦 (1995): 化石で見たクジラ類の系統分類。日経サイエンス, Vol.25, 29–33.
- Pilleri, G. and Pilleri, O. (1989): Bartenwale aus der Pisco-Formation Perus. In Pilleri, G. (ed.), Beiträge zur Paläontologie der Cetaceen Perus. Hirnanatomisches Institut Ostermündigen, Bern, 10–38, 11pls.
- 美利河海牛化石調査研究会 (1992): 美利河産海牛化石発掘調査報告書。今金町教育委員会, 北海道, 133p.
- Sawamura, H., Kimura, M., Barnes, L.G. and Furusawa, H. (1996): Late Oligocene Cetacea from Ashoro-cho, Hokkaido, Japan; The fauna and its ecologic implications. In Repetski, J.E. (ed.), Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers, 342.
- Simpson, G.G. (1945): The principles of classification and a classification of mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, Vol.85, 1–350.
- Slijper, E.J. (1958): *Walvissen*. D. B. Centen's Uitgeversmaatschappij, Amsterdam, 細川 宏・神谷敏郎/訳, 1984, 鯨。東京大学出版会, 493p., 原書第2版。
- 田島政人 (1994): アキシマクジラ物語。けやき出版, 東京, 85p.
- Thewissen, J.G.M., Hussain, S.T. and Arif, M. (1994): Fossil evidence for the origin of aquatic locomotion in archaeocete whales. *Science*, Vol.263, 210–212.
- Uhen, M.D. (1996): Composition and characteristics of the subfamily Dorudontinae (Archaeoceti, Cetacea). In Repetski, J.E. (ed.), Sixth North American Paleontological Convention, Abstracts of Papers, 403.
- Van Beneden, P.J. and Gervais, P. (1880): *Ostéographie des Cétacés vivants et fossiles*. Arthus Bertrand, Paris, viii, 634p., 64pls.
- Van Valen, L. (1966): Deltatheridia, a new order of mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, Vol.132, 1–126.
- Van Valen, L. (1968): Monophyly or diphyly in the origin of whales. *Evolution*, Vol. 22, 37–41.
- Whitelaw, M. and Kool, L. (1991): Techniques used in preparation of terrestrial vertebrates. In Vickers-Rich, P., Monaghan, J.M., Baird, R.F. and Rich, T.H. (eds.), *Vertebrate Paleontology of Australasia*. Pioneer Design Studio/Monash University, Melbourne, 173–200.
- Whitmore, F.C., Jr. (1975): Memorial to Remington Kellogg, 1892–1969. *The Geological Society of America*, 13p.
- Whitmore, F.C., Jr. (1994): Neogene climatic change and the emergence of the modern whale fauna of the North Atlantic Ocean. In Berta, A. and Deméré, T.A. (eds.), Contributions in Marine Mammal Paleontology Honoring Frank C. Whitmore, Jr., Proceedings of the San Diego Society of Natural History, No.29, 223–227.
- Whitmore, F.C., Jr. and Sanders, A.E. (1976): Review of the Oligocene Cetacea. *Systematic Zoology*, Vol.25, 304–320.
- Yablokov, A.V. (1964): Konvergentsiya ili parallelizm v razvitii kitoobraznykh. *Paleontologicheskii Zhurnal*, Vol.7, 97–106, 大場宗剛/訳, 1966, 鯨類の進化は収斂的かそれとも平行的か。自然科学と博物館, Vol.133, 164–175.

---

OISHI Masayuki (1997): Fossil whales: their discovery and research.

---

< 受付: 1997年1月6日 >