

海牛とクジラの話

犬塚則久*

Sirenians and Cetaceans

INUZUKA, Norihisa*

Abstract

The title is of sirenians and whales for Takasato, Kitakata-shi, Fukushima Prefecture known as a locality of *Dusisiren takasatensis*. The etymology of animal names and history of classification are telling the impression of the animals of ancient people. Comparison of the body and flukes shapes between both, only bipedal aquatic mammals, reveals the common points and different points of aquatic adaptation. Of feeding habits differences become apparent from the jaw osteology and dental morphology. Difference of papillary formula reflects the difference in the systematics.

Key words: aquatic adaptation, comparative anatomy, etymology, osteology, sirenian

福島県会津にある高郷村（現在は喜多方市）はアイヅタカサトカイギュウの産地として動物化石の学者の間では有名である。今回の講演は、30年前の海牛化石の発見時に東京から駆けつけて小林昭二会員ほか地元の方々とともに共同研究したのが契機となっている。当地の塩坪層からは以前クジラの化石も産出したことがある。実は海牛もクジラも大型の海生動物で、骨になるとほとんど椎骨と肋骨だけなので識別が難しい。そこで海牛とクジラの比較形態と収斂進化を主題とした。

語源

言葉や漢字はふつう自然科学の対象とならない。しかし、動物の語源や漢字の成り立ちについては、大昔の人たちがそれらの動物たちを何と思っていたのか、手がかりが得られることがある。

「海牛」と書いて何と読むだろう。ウミウシ。正解である。これは殻が退化した巻貝の仲間で、浅い海に棲んで海藻を食べる。頭に牛の角に似た触角があるので、ウミウシと名づけられたものである。漢字の読み方には2通りあって、同じ字でも読み方でまったく別

の意味になる。今回の主題は音読みのカイギュウの方。ウミウシには背骨がないが、カイギュウには背骨がある。こういう骨のある動物たちのことを脊椎動物という。海牛は脊椎動物のうち哺乳類つまり獣の仲間になる。

「儒艮」は何と読むだろう。これでジュゴンと読む。儒教の儒にこの字。よく艮と書いている本があるが、それは間違い。「艮」から点をとったこの字「艮」はゴンと読む。訓読みならウシトラ。昔は干支で方角を表わし、北から東まわりに十二支を当てるので北東のことをさす。ちなみに南東は巽^{たつみ}、南西は坤^{ひつじきる}、北西は乾^{いぬい}で、それぞれこのように漢字1字で表わせる。

ジュゴンや大西洋のマナティーをふくむ仲間全体をカイギュウ類というが、これをラテン語の学名で Sirenia シレニア、英語ではサイレンという。これは元々ギリシャ神話に出てくるセイレーンという鳥の体に女性の上半身が合体した怪物だった。この下半身がのちに魚に置きかわったとされている。西洋のマーメイド、つまり人魚のモデルとなったのがこのジュゴンといわれる。Dugong そのものの語源はマレー語らしい。動物名のジュゴンは英語の読み漢字に漢字を当てたもの

2016年4月16日受付, 2016年10月22日受理

*〒173-0034 板橋区幸町45-25-303 古脊椎動物研究所

Paleo-Vertebrate Institute

45-25-303 Saiwai-cho, Itabashi-ku, Tokyo 173-0034, Japan

E-mail: ashoroa@yahoo.co.jp



図1. 鯨の金石文字.

で、昔の本には載っている。じつは儒艮は太平洋に分布しているので昔から日本近海にいて元々の和名があり、ザンノイオという。ザンとは琉球弁で、イオは魚のことだから昔の人はこの動物を魚だと思っていたことがわかる。

いっぽう「鯨」は衆知のようにクジラ。この漢字は魚偏に京からなる(図1)。「京」は元々高床式倉庫の象形だが、多くのものを入れる大きな建物なので、たくさんの人が集まる「京」とか、数字の兆の上の桁の「京」に使われている。このことから漢字を作ったころの漢という国の中国人は巨大な魚と思っていたと考えられる。いっぽう江戸時代の日本人はこの動物をイサナと呼んでいた。イサナは漢字で勇ましい魚と書き、やはり海にいる動物なので魚の一種と思っていたのだろう。

形態

イルカや海牛の体つきのことを英語では魚雷形 torpedo-shape とか紡錘形 fusiform という。今どき魚雷をみたことがある人はそういないだろう。魚雷というのは潜水艦の主要兵器で、水中から発射して敵艦を攻撃する。かなり細長い円柱形だが、正式には魚形水雷というので、魚の形をした爆弾である。水中を進むのに都合のよい流線形といえる。だから現生のクジラやイルカの体の輪郭を示すのに使われる。

クジラと海牛は哺乳類で、後肢がない二肢型水生動物の仲間である。いずれも水中に棲んで陸には上がれない。棲む場所で体の形が決まるので、両方とも魚の形をしているのである。動物の形は骨の形に対応しているので、尾頭付きの魚を食べた後の皿をみればこのことがよくわかる。図2はカツオの全身骨格である。体の前端に頭がつき、尻尾のつけ根まで中骨が通っていて、臓のまわりをあら骨が囲んでいる。後はいくつかのヒレが張りだしているだけである。

図3は海牛類のジュゴンと鯨類のイルカの骨格で、両方とも哺乳類なのに、全体として魚とよく似ている。ここで海牛とクジラを比べるのは両方とも水中に棲んで後肢がない魚形をしているからである。そこでまず体の部位ごとに両者の共通点をまとめてみる。つぎにそれぞれの部位ごとに両者の違いを整理して、それからなぜそのような違いが生まれたのか理由を探ってみよう。

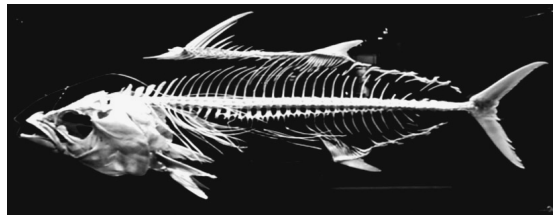


図2. カツオの全身骨格.

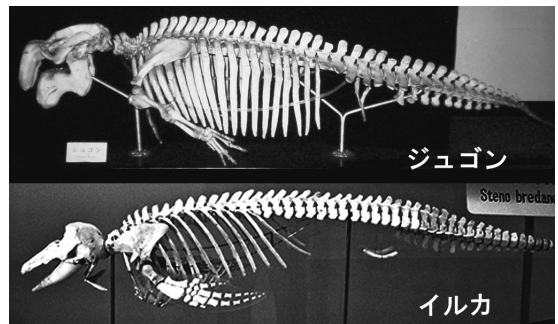


図3. ジュゴンとイルカの全身骨格.

海牛とクジラの共通点

元々4本足の陸に棲む獣であった動物が、水に棲む暮らしを続けたことによって後肢を失い、海牛もクジラも全身が魚の形に似た流線形の体つきになった。別系統の動物の形が似てくるのを収斂という。魚の形に似ているのはこの形が水中を泳ぐのに最も適しているからである。これを水生適応という。両者とも先祖はゾウやカバのような陸を歩く哺乳類だから、この形を魚に近づけるには頭の鼻先を尖らせて、首のくびれを無くし、胴体と尻尾を伸ばして手足を縮める必要がある。陸生の哺乳類に比べて胴体の断面が丸いのは水中で浮力を受けるからである。こうして手はヒレになり、後足はなくなり、首は短くなった。

後足のかわりに尻尾が太くなって先端には尾鰭もできた。ただ魚と違うのは尾びれの形が縦ではなく横に張りだす点である。これは尻尾を上下に振って泳ぐためである。なぜ上下に振るのかといえば、陸上を4本足で歩いていた頃に胴体も上下に振っていたからだろう。体肢を矢状面上で往復させる時、体幹も背腹に屈伸させた方が歩幅を稼げるのである。いっぽう魚は尻尾を左右に振るので胴体は左右に薄い。

海牛もクジラも哺乳類なので鼻で呼吸する(図4)。水に潜っている時は鼻の穴を閉じていて、水面に浮上しなければ息ができない。水族館で泳いでいるジュゴンやマナティーをみていると、およそ3分ごとに息継ぎに浮上するのがわかる。イルカの場合は舟の舳先の脇に並んで泳いでいるのをみたことがある。じっと見

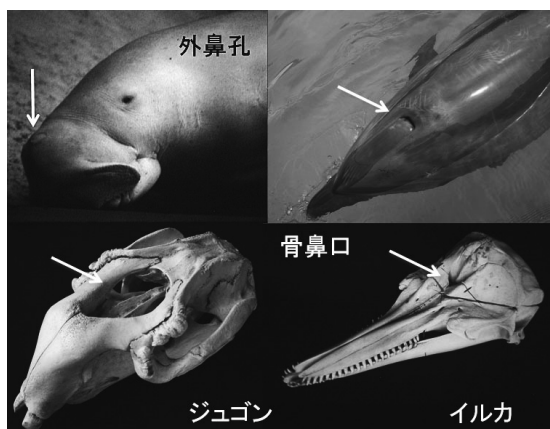


図4. ジュゴンとイルカの外鼻孔と骨鼻孔.

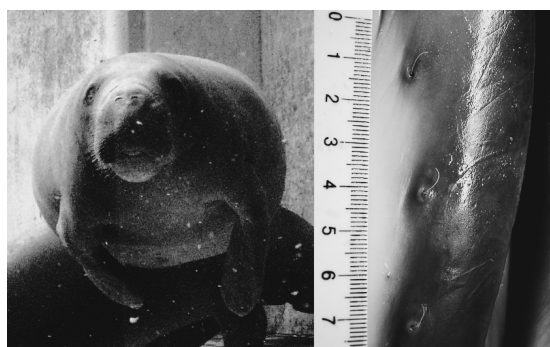


図5. マナティの触毛とミンククジラの胎児の触毛.

ているとにわかに鼻の穴が水面に現われ、開いたと思うまもなく閉じて水中に潜る。その間1秒もかからないほどの早業である。これができるのは鼻の穴が頭のとっぺんにあるからだ。陸の動物のように顔の前端にあったのでは、鼻の穴だけを水面に出すたびに、いちいち体を立てなくてはならない。

海牛もクジラも獣なのでもともと毛がある(図5)。完全に水生適応した動物なので、体の毛はすべて退化しているが、触毛とか洞毛と呼ばれる感覚毛は残っている。海牛では唇のまわりにたくさんの毛が生えて濁った水中で目のかわりに働く。クジラは胎児のときに毛が残る。

ちなみに、海牛類、長鼻類、束柱類をふくむテチテリア類は眼窩の直下に大きな眼窩下孔が開くという共通点があるが、ここは三叉神経の枝が顔面に出てくる穴で、その大きさは眼から上唇までの領域を支配する神経が太いことを示す。じっさい長鼻類には長い鼻があり、海牛類には上唇に多数の触毛が密生している。

長鼻をもつゾウやバクでは骨鼻孔の後縁に鼻骨が突出するのに対して、ジュゴンやイルカでは鼻骨が縮小するか後退している(図4, 6)。デスモチルスの骨



図6. ゾウ、バク、デスモチルスの骨鼻孔と上唇の触毛 (CG).

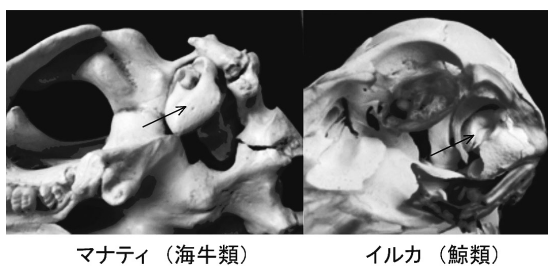


図7. 水生哺乳類の耳骨 (→).

鼻孔は上向きで、長い鼻はないので、ジュゴン様の外鼻孔が上向きに開き、唇にはたくさんの毛が生えていたと考えられる(図4, 6)。

図7は左の側頭部を下から見たところで耳の骨が見える。水のなかで音を聞くにはじかに骨の振動を伝えるので、左右の耳がいっしょに響かないように耳骨はまわりの骨から離れている。

肺は胸の内臓の代表で、陸の哺乳類では胴体の前半で肋骨に囲まれている。空気を呼吸する器官なので、肝臓や腎臓、心臓などほかの臓器と比べて最も軽くてきている。そこで海牛やクジラのような水生動物になると、肺が魚の鰾^{うきぶくろ}の役目を果たす。体の軸をできるだけ水平に保つために肺は背中がわが後に伸びて、マナティでは横隔膜が心臓と肺の間にまで割り込んだ(図8)。以上が海牛とクジラの共通点である。

海牛とクジラの差異

哺乳類の首の骨は元々7つあるが、水生適応した海牛類とクジラは首の骨が短縮して首のくびれがない。クジラでは頸椎が癒合してひと塊となり、海牛類のマナティでは第3と第4頸椎が癒合して頸椎が6個となっている。

骨の組織は緻密質と海綿質からなる。陸にすむ動物

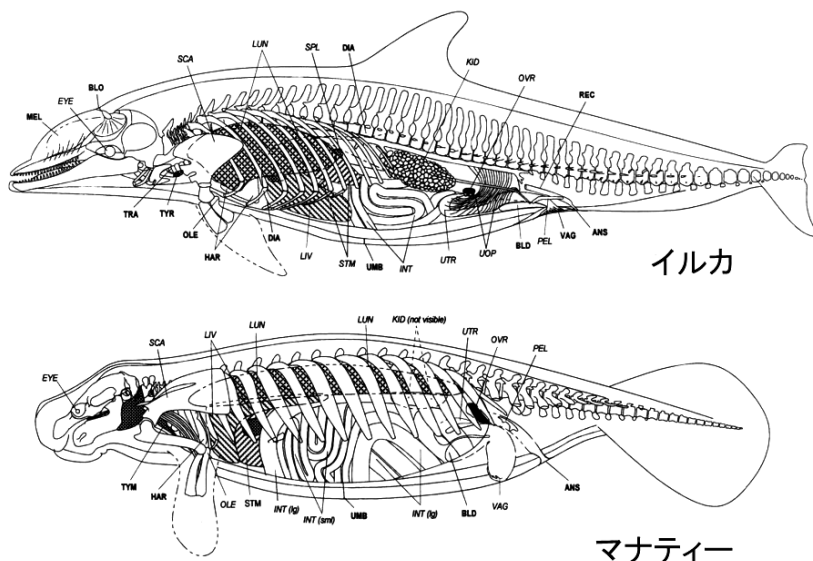


図8. マナティーとイルカの解剖. Rommel and Reynolds (2000) より.

の骨に比べて水にすむ動物は海綿質が増えて間に脂肪がたまり、水に浮きやすくなっている。クジラの骨は典型的で海綿質が多いのに対して、海牛類は水の底に沈むので陸生のものよりも緻密質が厚く、とくにバナナ形の肋骨に特徴がある。

海牛類の胸びれは泳ぐためというより水の底を歩くための形をしている。肩や肘の関節は曲がる。いっぽうクジラでは前肢のどの骨も平たく、肩から先全体が1枚のヒレとなる。

つぎにロコモーション様式を考えてみる。水生動物ではおもな遊泳器官、この場合は尾びれが問題となる。ジュゴンとマナティーは尾びれの形がまったく異なり、三角形と団扇形である(図9)。クジラのように水中を泳ぐ動物では水中運動という共通点があることから魚類の体形と運動様式との関係を応用できる。魚では図10のように体形と運動様式の相関が知られていて、紡錘形のマグロは高速巡航型で尾ビレは三日月形、パイクは急発進加速度型で、チョウチョウウオのような体高の高い魚はゆっくり泳ぎ旋回性能が高いのである。クジラの尾ビレの輪郭は種によって違いがあるが、いずれも三日月形ないし三角形である。ジュゴンはこの形に近いので外洋性の高速巡航型、マナティーは淡水ないし沿岸性の急発進加速度型と考えられる。

頭の形はクジラの方が海牛よりも特殊化が進んでいる。クジラは口腔が広く前後に伸びているので、脳の入る脳函が前後に短く、幅広い。感覚器の鼻、眼、耳も頭の後に偏る。頭の前半は上あごと下あごだけである。歯クジラに歯があり、ヒゲクジラには歯がないか

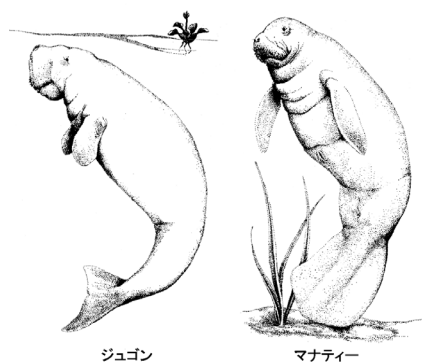


図9. ジュゴンとマナティーの尾鰭の形. Scheffer (1976) より.

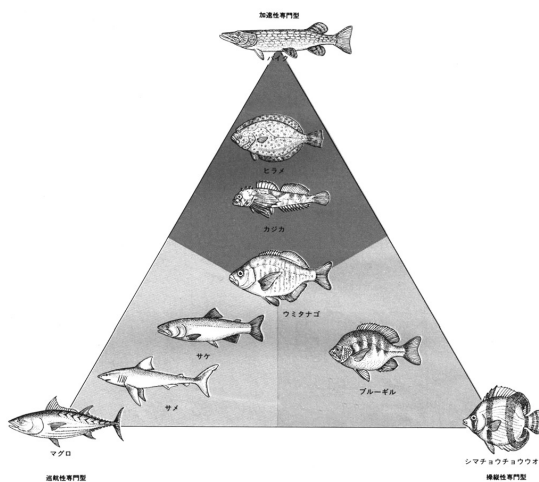


図10. 魚の体形と遊泳機能の関係. ウェップ (1984) より.



図11. セミクジラのクジラヒゲと歯クジラの歯.

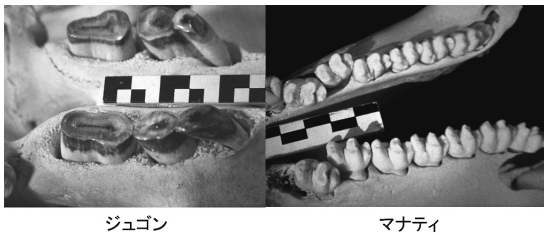


図12. ジュゴンとマンナティの歯. スケール1目盛10mm.

わりにヒゲ板がある。歯クジラの体が小さいものをイルカという。

ヒゲクジラの鯨類は上あごから長くたくさんのひげ板が垂れ下がり、最も長いセミクジラでは3mにもなる。歯クジラのイルカには上下に歯があるが、最大のマッコウクジラでは下あごにしかない(図11)。

歯クジラの歯は哺乳類の歯としては例外的に数が多く、歯種の区別がなくなって魚と同じ円錐歯である。クジラは魚やイカを食べる肉食性なので丸呑みである。歯クジラのなかにはアカボウクジラ科のように歯が1本だけのものもある。

いっぽう海牛類の歯はジュゴンの円柱状、マンナティの2稜歯、歯のないステラーカイギュウで全く異なるが、いずれも海草や海藻を食べる草食性である(図12)。この仲間がなぜ「海牛」と呼ばれるかというと、草を食べる時の顎の動かし方がウシそっくりだからといわれている。

クジラに比べると海牛類の頭の水生適応は鼻口が上向きになる位である。ジュゴンとマンナティで大きく異なるのは口の向きで、水底のアマモを食べるジュゴンでは下向き、水面で食べるマンナティは前向きである。

系統分類

昔からふつうの人は海牛も鯨も魚の仲間と置いて

表1. 内臓の比較解剖と分類.

	奇蹄目	岩狸目	長鼻目	海牛目
胃	単純	単純	単純	二分
胆嚢	欠如	欠如	欠如	あり
盲腸	長大	2	長大	二分・円錐形
子宮	双角	双角	双角	双角
乳腺	単径位 2	単径位 + 腋位	胸位 2	胸位 2
胎盤	散在性	散在→環帯性	環帯性(脱落)	環帯性(非脱落)
精巣	単径位	腹位	腹位	腹位



図13. メリテリウムの全身骨格(ピーボディ博物館製, 国立科学博物館蔵).

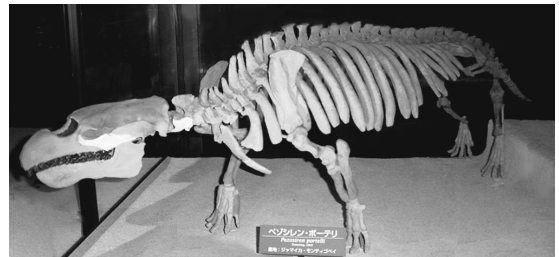


図14. 「歩く海牛」ペジシレンの全身骨格(国立科学博物館蔵).

たが、昔の動物学者はどう見ていたのか。骨のある脊椎動物は魚や鳥やけものなどに分けられるが、いずれも魚ではなく獣、つまり哺乳類だということでは一致していた。ただし、先に見つけたのは魚を食べる肉食クジラで、後から見つけた海牛類にあたる動物は海草を食べるので草食のクジラの仲間と考えていた。海牛類がクジラからわけられてまったく別の種類の動物とわかったのは19世紀になってからである。

海牛類の系統

かつては体形からクジラに近いと考えられていたが、19世紀の初めごろにはゾウの仲間に近いことがわかった。それは今の動物どうしの比較解剖による。表1は内臓の比較で海牛目はゾウの長鼻目と最も共通点が多いことがわかる。

図13は初期の長鼻類の化石メリテリウムである。歯

の特徴から長鼻類とされるが、鼻はまだ伸びていない。体長3m 体高70cm ほどで胴が長く、水陸両生動物とされる。図14は最近見つかった初期の海牛化石で

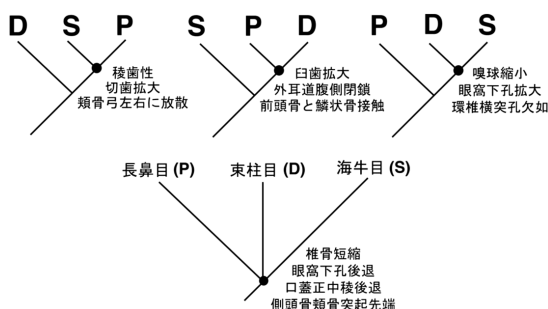


図15. テチス獣類3目の分岐図。犬塚（1995）より。

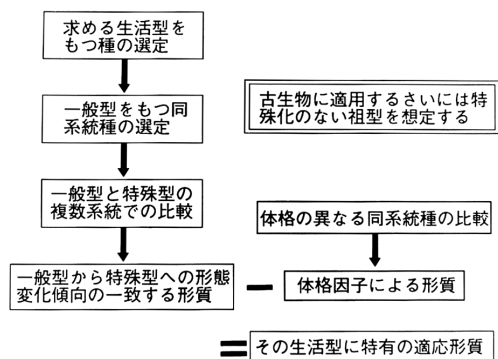


図16. 収斂法による適応形質の抽出。

ある。顎の先が下に曲がるのは海牛の特徴で、復元骨格で体長は約2mである。メリテリウムに似た胴長の体形で、やはり水陸両生とされる。

このように系統を決めるときに決め手になるのが化石である。では絶滅した動物の場合はどうだろう。実は海牛（海牛目）やゾウ（長鼻目）に近いデスモスチルス（東柱目）の3目をまとめてテチス獣類 Tethytheria という。この3つのグループではどれとどれが近縁なのか問題である。これまで図15上段のような見解の相違があった。左側のヨーロッパ勢は海牛目Sと長鼻目P、真ん中のアメリカ勢は長鼻目Pと東柱目Dがより近いと考えた。じっさい私が調べた3目の分岐図では海牛、長鼻、東柱のうちの2目も派生形質をいくらか共有している。いわゆる形質の不整合である。これらの形質から系統を読みとるには、収斂による類似をとり除かななくてはならないので、形態の機能的解釈による生態復元が必要となる。現生の長鼻類は陸生、海牛類は水生だが、最古の長鼻類も海牛類も水陸両生だったとされている。東柱類については以下の考察から一貫して両生だったことがわかる。

絶滅動物の両生適応形質は、現生の四肢型水生哺乳類つまり両生適応したものを近縁の陸生種と比較することで抽出できる（図16）。別系統の複数の種類で共通の形態変化をするものを選びだし、体格因子による影響をのぞいたものを適応によるものとみなす。

図17は大臼歯の比較である。顆節目と原始的な東柱

テチテリア臼歯4目比較

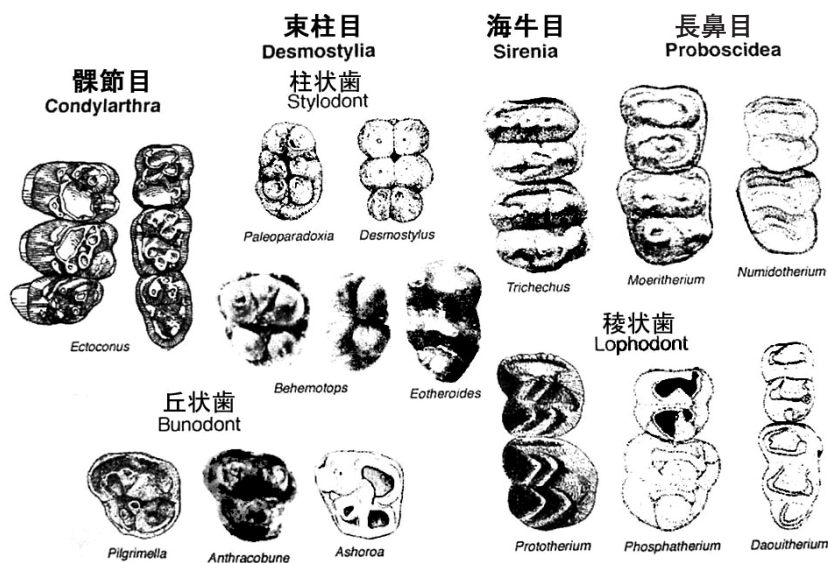


図17. テチス獣類の大臼歯の比較。

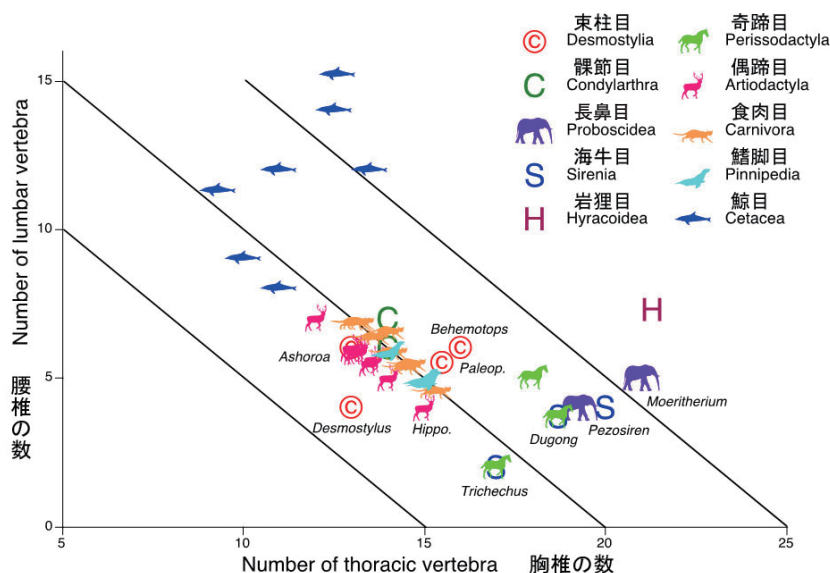


図18. 目ごとの胸椎数・腰椎数の比較. Inuzuka (2011) より.

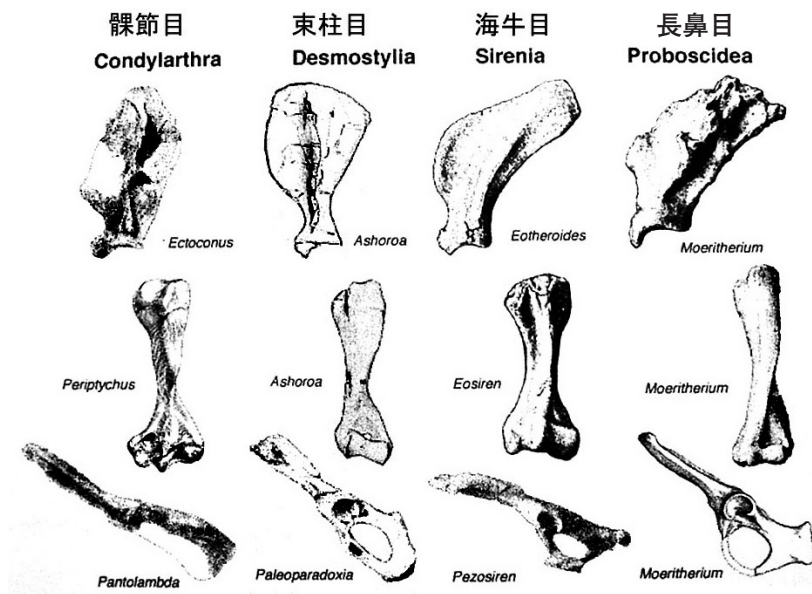


図19. テチス獣類の肢骨比較.

目は丘状歯だが、海牛目は初めから稜状歯である。長鼻目も2稜歯である。長鼻目とされている *Anthracobune* や *Pilgrimella* の上顎大白歯は丘状歯で、歯冠の輪郭や咬頭の配列はむしろ束柱類のほうに似ている。つまり、これらの種類はパラコーンやパラコニユールの側方への拡大という共通点を示すので、長鼻類よりは束柱目の祖先と考えられる。

図18は椎骨数の比較で、横軸に胸椎、縦軸に腰椎の

数をプロットしたものである。たとえばデスモスチルスは胸椎13、腰椎4なので計17椎である。これら束柱類(◎)は原始的な髀節類(C)に近く、海牛類(S)はゾウと並んで椎骨数が増えている。

図19は3目の肢骨の比較で、肢骨のうちの左の肩甲骨、上腕骨、寛骨である。海牛目と長鼻目の肩甲骨ではいわゆる後方スウィングが生じて肩甲棘が後に傾き、棘下窩が縮小している。髀節目と比べると束柱目

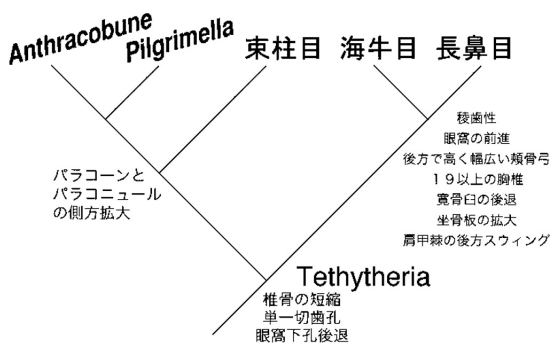


図20. テチス獣類の分岐図.

と海牛目の上腕骨で小頭が下がるが、これらは水生適応による収斂である。海牛目と長鼻目の寛骨臼は後退し、坐骨板が拡大している。

けっきょく束柱目と海牛目の類似は水生適応による収斂で、テチス獣類3目のうちで海牛目はゾウの仲間と最も近縁ということになった(図20)。

クジラの系統

クジラの先祖は昔からメソニクス類といわれていたが、この化石が今の動物でどの仲間に近いのかが謎だった。歯の形ではオオカミのような食肉類に似ているが、クジラには反芻類に似て胃が複数に分かれるなどの特徴もある。図21の左がクジラの先祖とされるメソニクスの骨格と復元図である。右は偶蹄類のカバの先祖とされるアントラコテリウムなどの炭獣類である。

図22が始新世のパキスタンから産出した *Pakicetus* で、最初のクジラとされている。骨の化石では完全に4本の脚が残っており、復元図も人によってヒレか脚かが微妙である。足首の距骨に偶蹄類と同じ二重滑車が見られることで偶蹄類との近縁が立証された。図23はやや新しい *Ambulocetus*、歩くクジラという名の化石である。この復元では4本脚があるが、しっぽが長

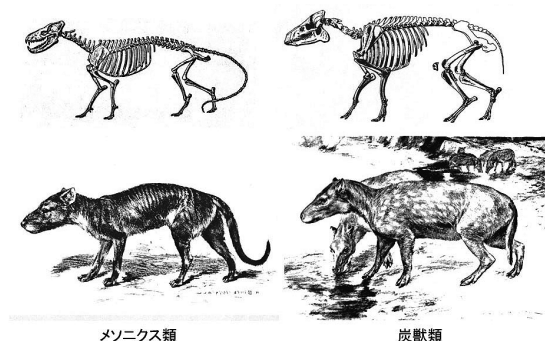


図21. クジラの先祖、メソニクス類とカバの先祖、炭獣類。Scott (1962) より。



図22. クジラの始祖、パキケトゥスの全身骨格(国立科学博物館蔵)。

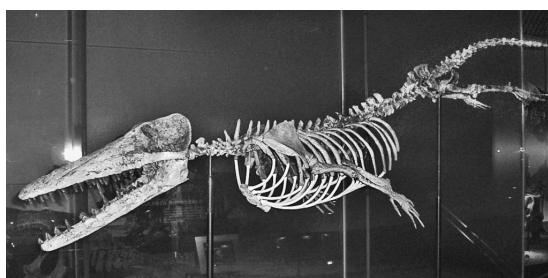


図23. 「歩くクジラ」アンブルケトゥスの全身骨格(国立科学博物館蔵)。

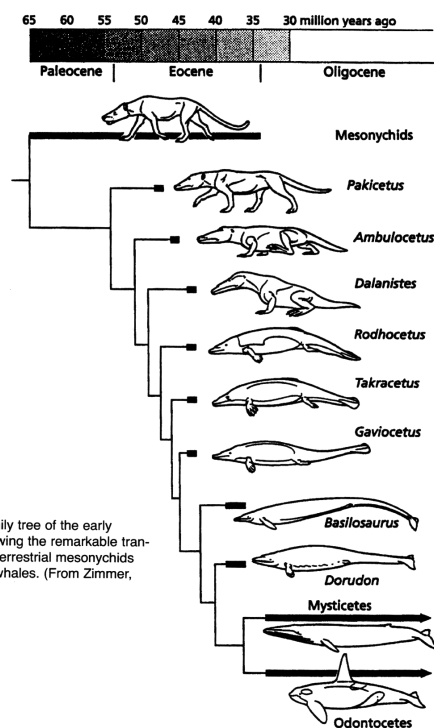


Figure 6.2. Family tree of the early cetaceans, showing the remarkable transition between terrestrial mesonychids and advanced whales. (From Zimmer, 1998).

図24. 初期のクジラの系統。Prothero and Schoch (2002) より。



図25. 先祖返りしたイルカの腹びれ。

く、泳ぐ姿に復元されている。初期のクジラの化石は90年代の末までにほぼ出そろって、けっきょく図24のように4本足の動物から後足が退化して行く様子が明らかになった。そこでまれに後足の名残が腹びれとして残ったクジラが生まれる（図25）。こうした例を先祖返りと呼んでいる。破格という変異の一種であるが、進化の証拠として重要である。

骨の化石だけでなく現生の体の軟組織も系統を反映している。たとえば乳頭の位置や数は胸・腹・単径部ごとに乳頭式で表わされ、ゾウや海牛類はヒトと同じ2・0・0である。いっぽうクジラはカバと同じ0・0・2である。ゾウやカバのような大型有蹄類の乳頭の位置は前肢か後肢のつけ根付近にある。

マナティーの乳頭は胸びれのつけ根、つまり脇の下にある。ゾウの乳頭も胸にあり、アカンボウは口で乳房に吸いつく。いっぽうクジラとカバの乳頭は股の間、単径位にある。クジラでは肛門の両側の溝のなかに隠れている。水生に適応した体でも乳頭の位置や数は先祖をそのまま受けついだことがわかる。すなわち海牛とクジラはいずれも後肢を退化させた魚雷型の体形の純水生動物となったにも関わらず、乳頭の位置が近縁の陸生種と同じということは、その点には選択がかからなかったことになる。

このように化石や今の動物の比較解剖にもとづく系統関係は最近では遺伝子の比較によって確かめられている。海牛類はゾウやイワダヌキなどとともにアフリカ獣類にまとめられている。クジラは偶蹄類のなかでもとくにカバに近縁とされ、目全体がかつての偶蹄類のなかにふくまれて鯨偶蹄類と一括されることがある。

進化

進化の過程で大きく系統が異なる先祖から似たような生活をしたために形が似てくることを収斂という。軟骨魚類のサメと爬虫類の魚竜、哺乳類のイルカの体形の例がよく知られる。いっぽう近縁のグループ内の別の系統で形が似る場合は平行という。類縁の遠近は

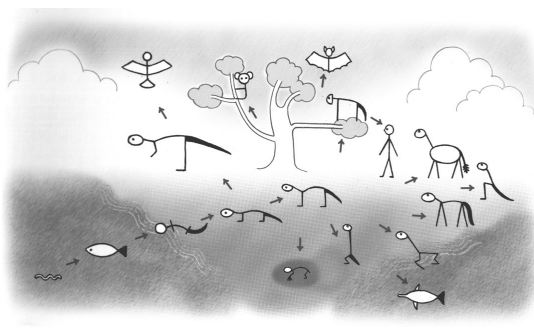


図26. 動物の体形と生息地の進化。犬塚・大島（2015）より。

相対的なもので、本質的な違いはない。

元々魚は水のなかを泳ぎ、獣は地上を歩き、鳥は空を飛ぶ。ところが動物のなかには多くの仲間とは別の暮らしに移るものがある。たとえばペンギンは鳥なのに水のなかを泳ぎ、イルカは哺乳類なのに泳ぐ。水のなかを泳ぐ暮らしを続けたためマグロのような体つきになった。

今回は海牛類とクジラ類という哺乳類のうち水のなかの暮らしに戻った種類を比べてみた（図26）。過去に起った進化は再現できないが、自然が多くの動物を様々な環境に棲まわせてくれたおかげで、互いを比較観察することによって共通点や法則性をみつけることができるのである。

引用文献

- 犬塚則久（1995）形態からみたゾウ類の系統上の位置。日経サイエンス，**289**，45-48。
- Inuzuka, N. (2011) The postcranial skeleton and adaptation of *Ashoroa laticosta* (Mammalia: Desmostylia). *Bull. Ashoro Mus. Paleontology*, **6**, 3-57.
- 犬塚則久・大島裕子（2015）しっぽがない！。たくさんのふしぎ，**365**，39。
- Prothero, D. R. and Schoch, R. M. (2002) Horns, tusks, and flippers: the evolution of hoofed mammals. Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 307p.
- Rommel, S. A. and Reynolds, J. E. III. (2000) Diaphragm structure and function in the Florida manatee (*Trichechus manatus latirostris*). *Anatomical Record*, **259**, 41-51.
- Scheffer, V. B. (1976) A natural history of marine mammals. Charles Scribner's Sons, New York, 157p.
- Scott, W. B. (1962) A history of land mammals in the western hemisphere. Hafner Publishing Co., New York, 786p.
- ウェッブ, P. W. (1984) 魚のデザインと泳ぎ方。サイエンス，**156**，114-126。