

海牛の大型化に関する考察

古沢 仁*

Consideration of the enlargement of body size in Sirenia

FURUSAWA, Hitoshi*

Abstract

According to the analysis of paleo-sea levels by Haq *et al.* (1988), Late Miocene (10.5Ma) levels were extremely low. If low sea levels indicate extremely severe climate, then species of *Dusisiren* on both sides of the North Pacific survived under the extremely cool conditions. It is assumed that the loss of functional teeth and enlargement of body size took place after severe climatic cooling. These dramatic changes in the hydrodamalines suggest the possibility that environmental changes influenced marine vegetation. The Hydrodamalinae changed the type of food and their way and amount of feeding. These changes were directly connected to the enlargement of body size and loss of functional teeth.

Key words: Sirenia, Hydrodamalis, body size, environmental changes

1. はじめに

本報告は、2012年6月9日、化石研究会、札幌市博物館活動センター、サイエンス・コンソーシアム札幌の共催によって実施されたシンポジウム「北海道から生物進化の謎を解く—日本を往来した動物たちの軌跡—」において著者が発表した内容を多少補足した上で掲載したものである。

海牛（*SIRENIA*）という動物は、その一生を水中で過ごす海生哺乳類の中では、現生で唯一の草食動物である。現生するジュゴンやマナティーのほか、化石種を含めそのほとんどの種が温かな浅い水域を好み、体長は4mを超えないサイズである。およそ5000万年におよぶ海牛類の歴史の中でも、体長が7mを超える大型のものはジュゴン科（*Dugongidae*）の *Hydrodamalis* 属のみであり、後期中新世以降の日本、ロシア、アメリカの北太平洋域に分布が限られている。*Hydrodamalis* 属の直系の祖先にあたる *Dusisiren* 属は、体長が4m前後で、前期中新世～後期中新世のメキシコ、アメリカ、日本から産出しており、両属の大きな違いは体長のほか、歯を持つ *Dusisiren* 属と

持たない *Hydrodamalis* 属という点にある。*Dusisiren* 属から *Hydrodamalis* 属への大きな変化がいつ、どこで、どのように起こったのかは、太平洋をはさんだ日本とアメリカから産出する両属の化石の産出年代の間にギャップがあることから永年の謎であった。この謎を解く鍵として、近年札幌から発見された海牛化石を基に海牛類が大型化した時期と要因、そして、そのメカニズムについて検討を行ったので報告する。

2. 札幌産海牛化石

1) 発見の経緯

2002年、札幌市内を流れる豊平川の中流、南区小金湯の河床から海牛の化石が発見された（以降、「サッポロカイギュウ」または本標本と呼ぶ）。発見者は、近くに住む小学五年生の棚橋愛子さん（当時）で、普段見かけない構造物を河床に発見し、父親の棚橋邦雄氏に報告、棚橋氏は中学校時代の理科教員である山形由史氏に資料の一部を見せ、これを見た山形氏が2003年、北海道教育大学名誉教授の木村方一氏を現地まで案内をしたことで化石の産出が判明した（図1）。現

2012年10月3日受付、2012年12月20日受理

*〒060-0001 札幌市中央区北1西9 リンケージプラザ 札幌市博物館活動センター

Sapporo Museum Activity Center, Linkage Plaza, N1W9, Tyuoh Ward, Sapporo 060-0001, Japan

E-mail: hitoshi.furusawa@city.sapporo.jp



図1. サッポロカイギュウの産状

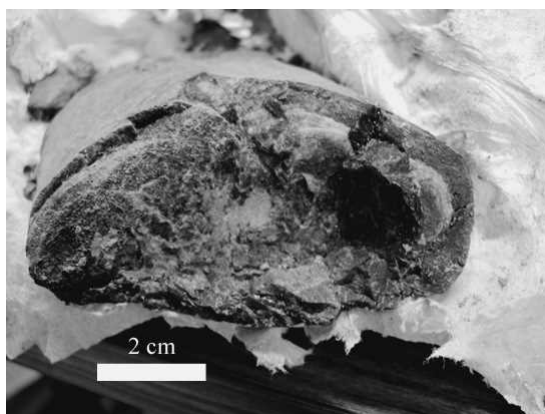


図2. 産出した肋骨断面
全体に緻密質が占める。スケールは2 cm.

地から連絡を受けた筆者は、化石発見地点において、その資料が海牛化石であることを確認し、すぐに河川を管理する札幌土木現業所（現：空知総合振興局札幌建設管理部）に発掘の許可を申請しつつ、緊急を要することを理由に申請日の午後から発掘作業を開始した。

2) 分類

本資料は連続する左側前位肋骨4点と同肋骨頭と関節した状態の胸椎横突起3点、および胸骨1点であ

る。肋骨骨体が全体に膨張した楕円柱状で、断面全体に緻密質が発達する特徴は海牛目の属性を示している（図2）。これまで日本から発見された海牛類化石のうち、亜科レベル以上のタクサで分類されているものには、中期中新世～後期中新世の *Halitheriinae* 亜科と後期中新世～更新世の *Hydrodamalinae* 亜科の2グループがある。このうち体長が7 mを超える種は *Hydrodamalinae* 亜科の *Hydrodamalis* 属のみに存在する。

Hydrodamalis 属の体軀の大きさを規定する指標を

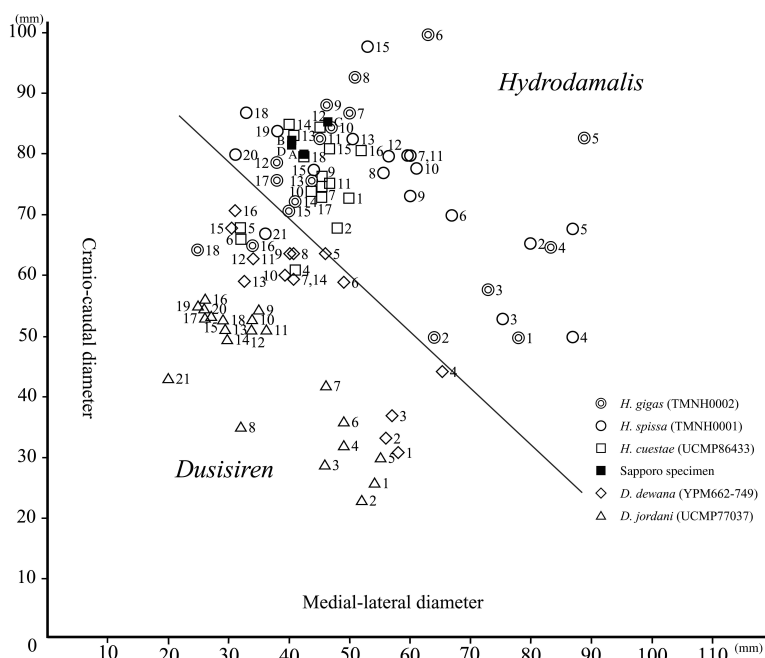


図3. *Hydrodamalinae* 亜科における肋骨骨体中位部における長径・短径の値
図中の斜線を超えて大きな値を示す *Dusisiren* 属の肋骨はない。サッポロカイギュウの値（■）はいずれも *Hydrodamalis* 属の範疇に入る。各図形横の数字は前位からの順位。

産出した肋骨から読み取るために、肋骨の順位がほぼ特定されている *Hydrodamalinae* 亜科の祖先的なグループである *Dusisiren* 属 2 種 (*D. jordani* (UCMP 77037, (Domning, 1978)), *D. dewana* (YPM662-749, Takahashi *et al.*, 1986)) と子孫的なグループである *Hydrodamalis* 属 3 種 (*H. cuestae* (UCMP86433, Domning, 1978)), *H. spissa* (TMNH0001, Furusawa, 1988)), *H. gigas* (TMNH0002 (Replica), 古沢, 1983)) の肋骨骨体中位部における長径と短径の計測値をそれぞれプロットすると図 3 の分布を示した。各標本はいずれも成熟した個体である。部位によってその大きさは異なるものの、体長 4 m 前後の *Dusisiren* 属の肋骨は長径、短径ともに 80mm を超えるものがない。一方、本資料における長径の値はいず

れも 80mm を超え *Hydrodamalis* 属の大きさを示す範疇に納まることから、*Hydrodamalis* 属と分類した。略号

TMNH Takikawa Museum of Art & Natural History, Takikawa, Japan.

YPM Yamagata Prefecture Museum, Yamagata, Japan.

UCMP University of California Museum of Paleontology, Berkeley, California, USA.

3) 年代

本標本の産出年代は、産出化石直下に分布する火山灰層からジルコンを選別し、フィッション・トラック法によって測定が行われた。その結果、 $8.2 \pm 0.3\text{Ma}$

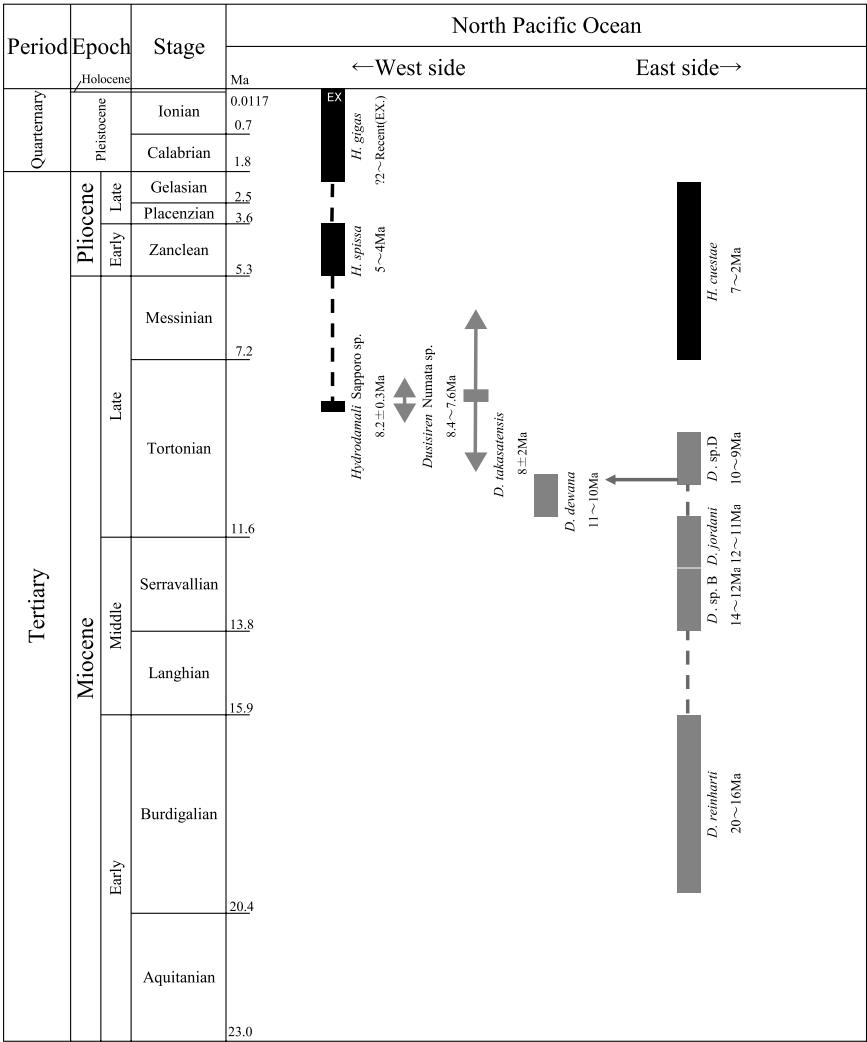


図 4. 北太平洋における *Hydrodamalinae* 亜科の生息年代

■は *Dusisiren* 属, ■は *Hydrodamalis* 属の生息期間を示す。▲は予測された生息可能な範囲を示す。

の値が得られた（札幌市博物館活動センター，2007）。また，その値は同層準から産出した珪藻化石，放散虫化石，石灰質ナノプランクトン，花粉化石などの各種微化石の分析データとも矛盾しないことから，本標本は日本において中新世初の *Hydrodamalis* 属化石であることが判明した（札幌市博物館活動センター，2007）。

これまで日本から産出した *Dusisiren* 属の標本は *D. dewana*，*D. takasatensis*，*D. sp.* 沼田標本の3標本であり，それぞれ，*D. dewana* は珪藻化石帯：*Denticulopsis dimorpha* Zone（9.16～9.9Ma）よりも下位から産出することから10～11Ma（丸山ほか，2005），*D. takasatensis* は産出層準（塩坪層上部・後期中新世）から 8 ± 2 Ma（Kobayashi *et al.*, 1995），そして，*D. sp.* 沼田標本は化石を包含する砂岩から産出した珪藻化石帯：*Thalassionema schraderi* Zone（7.6～8.6Ma）（古沢ほか，1993）によってそれぞれ生息年代を推定している。本標本を包含する砂岩から採取された珪藻化石群は *D. sp.* 沼田標本と同じ *T. schraderi* Zone を示している。この生息年代にサッポロカイギュウ産出層直下から得られたジルコンのフィッション・トラック年代を当てはめると，*D. sp.* 沼田標本の生息した年代が *T. schraderi* Zone の極初期に限られることから，*Dusisiren* 属から *Hydrodamalis* 属への移行期はサッポロカイギュウの産出年代（8.2 Ma）とほぼ同時と考えても大きな違いはないと判断する。したがってサッポロカイギュウは，*Dusisiren* 属から *Hydrodamalis* 属への大きな変化が，北太平洋の西側である日本周辺においておよそ8 Maに起こったことを示している。一方，他地域における *Hydrodamalis* 属の産出年代を調査した結果，これまで中新世の海牛類化石が産出している地域は北アメリカにおいて他になく，これらの標本の産出年代は後期中新世の Messinian 期（7.25–5.33Ma）をこえていない。したがって，後期中新世 Tortonian 期（11.62–7.25Ma）から産出しているサッポロカイギュウは，これまでに確認された *Hydrodamalis* 属の中では最古の標本となる（図4）。

3. 大型化の要因とメカニズム

Hydrodamalis 属は，その分布域が更新世の氷期においても北緯30度以南に達した記録がないことから，海牛類の大型化は哺乳動物における寒冷適応，いわゆる“ベルグマンのルール”によるものと考えられてきた。しかし，体長4 mの *Dusisiren* 属から体長7 mを超える *Hydrodamalis* 属への大型化が，もし仮に「恒温動物において，近縁な種間では大型の種ほど寒冷な地域に生息する」という“ベルクマンのルール”によ

るものだとすると，中期中新世において最も寒冷な時期（～11Ma）に合わせて大型化することが推察されるが，実際はこの時期には北太平洋の東西域にはともに相対的に小型の *Dusisiren* 属が生息していることから，体躯の大型化は寒冷化の進行には直接同調していないことがわかる。海牛類が大型化する，すなわちサッポロカイギュウが出現する8.2Maは，10.5Ma付近に出現する極寒期から一端温暖化した後，再び寒冷化する時期にあたる（図5）。したがって，体躯の大型化は，“ベルグマンのルール”による寒冷環境への直接的，生理的な反応ではなく，いったん寒冷化した後，およそ200万年を経て大型化したことが推測される。この間，最初の寒冷化によって海中の植生が温暖環境に広く生息する硬い繊維質の水生顕花植物（海草類）に替わって，寒冷環境に適応した柔らかい藻類（海藻類）の分布域が広がったことにより，カイギュウ類の食性が変化し，それに伴って機能歯の退化と消失を招いた（Scheffer, 1967）と考えられる。しかし，Shinmura *et al.* (2005) は後期中新世の *Dusisiren* sp. 沼田標本と前期鮮新世の *Hydrodamalis spissa* および現生（1768年絶滅）する *H. gigas* の肋骨から抽出した炭素同位体によって古食性分析を行った結果，*Dusisiren* 属も *Hydrodamalis* 属も海藻類を食べていたことを明らかにした。したがって，大型化の要因は食料そのものではなく，その摂食方法や摂食量に依存すると考えられる。摂食量の多少は咀嚼板の獲得と咀嚼能力とが密接にかかわっている。咀嚼板は口腔上部の口蓋部と下顎吻部に発生したケラチン質の硬化した板状の組織である。*Dusisiren* 属の口蓋および下顎吻部にも咀嚼板を結合させた可能性のある粗面が観察できることから，*Dusisiren* 属もすでに咀嚼板を獲得していた可能性もあるが，*Dusisiren* 属のいずれの種においても機能歯を有し，歯冠を磨耗させていることから双方を相互補完的に用いていて咀嚼していたと考えられる。一方，*Hydrodamalis* 属は完全に機能歯を消失している上，咀嚼板の形状が *Dusisiren* 属では細長い亜三角形～台形なのに対し，幅広の長方形をしており，咀嚼面が拡大し大型化していることが観察できる。また，Domning (1978) は比較解剖学的な見地から，*Hydrodamalis* 属はジュゴンのような“むしとり型”から Steller (1899) によって観察されているように“すりつぶし型”へと下顎骨の機能を変更しており，*Dusisiren* 属に比べて *Hydrodamalis* 属がより咀嚼能力が強化されていることを指摘している。したがって，咀嚼板の形状と咀嚼機能の向上が摂食量の増大と体躯の大型化をもたらし，8.2Maに訪れた二度目の寒冷期には大型化した体躯が寒冷環境での生息に優位に働いたことによって大型の個体が徐々に遺伝的に定着し

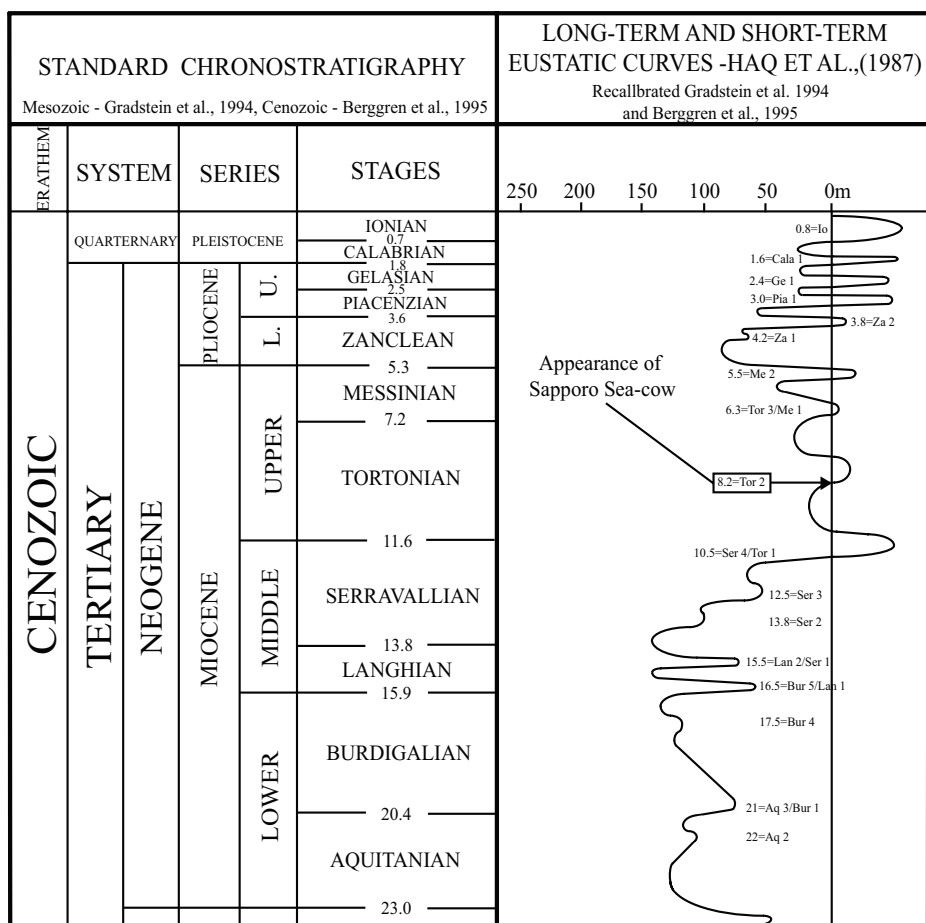


図5. 海水準変動と *Hydrodamalinae* 亜科における大型化の時期
0 m が現在の海水準を示す。Tortonian における二度目の海水準低下期 (8.2=Tor 2) においてサッポロカイギュウが出現し、以降大型化した *Hydrodamalis* 属が北太平洋に広く分布するようになる。
Haq *et al.* (1988) に Cohen *et al.* (2012) の最新の年代を加筆した。

ていき、地質学的な意味において、極めて短期間で急速に大型化を遂げたものと考えらる。

引用文献

- Cohen, K. M., Finney, S. and Gibbard, P. L. (2012) International Chronostratigraphic Chart. International Commiision on Stratigraphy, Brisbane.
- Domning, D. P. (1978) Sirenian evolution in the North Pacific Ocean. *Univ. Calif. Publ. Geol. Sci.*, 118.
- 古沢 仁 (1983) ステラー海牛 (*Hydrodamalis gigas*) の骨格計測法. 滝川市郷土館研究年報 第1号, 31-47.
- Furusawa, H. (1988) A new species of *Hydrodamaline* sirenian from Hokkaido, Japan. *Takikawa Mus. Art*

and Nat. Hist., 1, 1-76.

- 古沢 仁・前田寿嗣・山下 茂・嵯峨山 積・五十嵐 八枝子・木村方一 (1993) 北海道沼田町産海生哺乳類化石群の年代と古環境, 地球科学 47, 133-145.
- Haq, B. U., Hardenbol, J. and Vail, P. R. (1988) Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycle of sea-level change. In: Wilgus, C. K., Hastings, B. S., Kendall, G. C. St. C., Posamentier, H., Ross, C. A. and Van Wagonar, J. C. (eds) *Sealevel - changes: an integrated approach. Soc. Econ. Paleont. Miner. Spec. Publ.* 42, 71-108.
- Kobayashi, S., Horikawa, H. and Miyazaki, S. (1995) A new species of sirenian (Mammalia; *Hydrodamalinae*) from the Shiotsubo Formation in Takasato, Aizu, Fukushima Prefecture, Japan. *Journal of Vertebrate*

- Paleontology* **15**, 815-829.
- 丸山俊明・山口真紀・大竹左右一 (2005) ヤマガタダイカイギュウの珪藻化石年代. 日本古生物学会第154回例会予稿集個人講演15, 34.
- 札幌市博物館活動センター (編) (2007) 札幌市大型動物化石総合調査報告書ーサッポロカイギュウとその時代の解明ー. 札幌市, 156頁.
- Scheffer, V. B. (1967) Marine mammals and the history of Bering Strait. In: Hopkins, D. M. (ed.) *The Bering Land Bridge*, pp. 350 - 363, Stanford University Press.
- 新村龍也・沢田 健・古沢 仁 (2005) 海生哺乳類の骨化石の脂肪酸・ステロイドの組成分布と炭素同位体比. 地球化学 **44**, 17-29.
- Steller, G. W. (1899) The beasts of the sea. The fur seals and fur seal islands of the North Pacific Ocean, *Washington, Govt. Printing Off.* Part3, Art.8, 178-218.
- Takahasi, S., Domning, D. P. and Saito, T. (1986) *Dusisiren dewana*, n. sp. (Mammalia: Sirenia), a new ancestor of Steller's sea cow from the Upper Miocene of Yamagata Prefecture, northeastern Japan. *Tran. Proc. Pal. Soc. Japan (N. S.)*, 296-321.