

秋田県男鹿半島の中新世巨大コンクリーション中の ヒゲクジラ類下顎骨化石

長澤一雄¹・渡部 晟²・澤木博之³・渡部 均⁴・川辺孝幸⁵

Fossil mandibles of baleen whales in huge concretions of the Middle Miocene,
Oga Peninsula, Akita Prefecture, Northeast Japan

Kazuo Nagasawa¹, Akira Watanabe², Hiroyuki Sawaki³, Hitoshi Watanabe⁴ and Takayuki Kawabe⁵

Abstract

We reported three mysticete mandibles in the Miocene huge concretions (13-12Ma), Unosaki Coast, Oga Peninsula, Akita. Concretions were broken by weathering and wave erosion, and fossils were exposed on the surface of the rocks. The fossils are now preserved in situ. Three mandibles were large and sturdy with mandibular canals. Their cross-sections were similar to each other as follows: flat on the medial, markedly bulging on the lateral, gentle curve on the dorsal and ridged on the ventral. We compared the fossils with mainly extant species of Balaenidae, Balaenopteridae and Eschrichtiidae. As a result, it was clarified that three fossils were most similar to the family Balaenidae, based on their thick semicircle cross-sections with extremely bulge on the lateral. We estimated their body length from the mandibular size, they ranged from 16 to 23 meters, including margin of error. We examined balaenid fossil records of Japan, and the fossils of Unosaki were possibly the largest and oldest balaenid in the Miocene of Japan.

Key words: Mysticeti, Balaenidae, Miocene, mandible, concretion

1. はじめに

秋田県男鹿半島南岸の鵜ノ崎海岸には、中部中新統の泥岩層から成る波食台が発達する。泥岩中には長径

1 m から数 m 程度の巨大なコンクリーションが多数含まれている (図1)。波食台は水没していることが多いが、早春の低潮位時によく露出するため、その時

2024年2月21日受付, 2024年11月10日受理

¹ 山形県立博物館 〒990-0826 山形県山形市霞城町1-8

Yamagata Prefectural Museum, 1-8 Kajomachi, Yamagata City, Yamagata 990-0826, Japan

² 元秋田県立博物館 〒010-0101 秋田県潟上市天王字長沼110-3

former Akita Prefectural Museum, 110-3 Naganuma, Tenno, Katagami City, Akita 010-0101, Japan

³ 男鹿半島・大潟ジオパークガイドの会 〒010-0595 秋田県男鹿市船川港船川字泉台66-1

Oga Peninsula and Ogata Geopark Guide Association, 66-1 Izumidai, Funagawa, Funagawaminato, Oga City, Akita 010-0595, Japan

⁴ 元秋田県立博物館 〒010-0918 秋田県秋田市泉南3-4-35

former Akita Prefectural Museum, 3-4-35 Izumi-minami, Akita City, Akita 010-0918, Japan

⁵ 元山形大学 〒994-0062 山形県天童市長岡北3-5-22

former Yamagata University, 3-5-22 Nagaokakita, Tendo City, Yamagata 994-0062, Japan

✉E-mail: nagaswhale111@gmail.com

期に集中して調査が実施されてきた(図2)。コンクリーションは古くから知られていたが、鯨類化石は長く発見されなかった。渡部ほか(2017)は鯨類化石の存在を初めて報告した。そして、調査の継続によって化石の詳細が明らかになってきた(長澤ほか 2018, 長澤ほか 2023)。

今回、鵜ノ崎のヒゲクジラ類の大型の下顎骨化石3点を検討した。その結果、いずれもセミクジラ科 Balaenidae であると考えられた。またこれらがセミクジラ科とすれば、同科の国内最古の記録と想定されるので報告する。化石は海岸線からやや離れた場所のコンクリーション中に含まれていることから、現地で

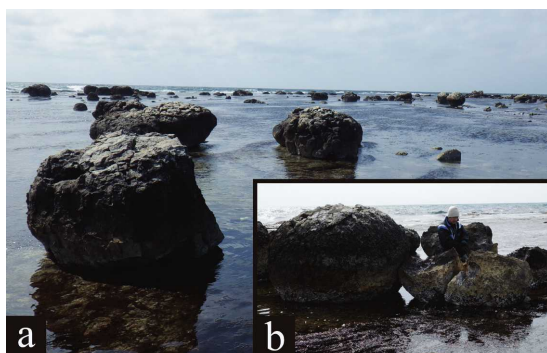


図1. 秋田県男鹿半島鵜ノ崎の巨大コンクリーション。
a: 波食台上のコンクリーション, b: 現地調査の様子。

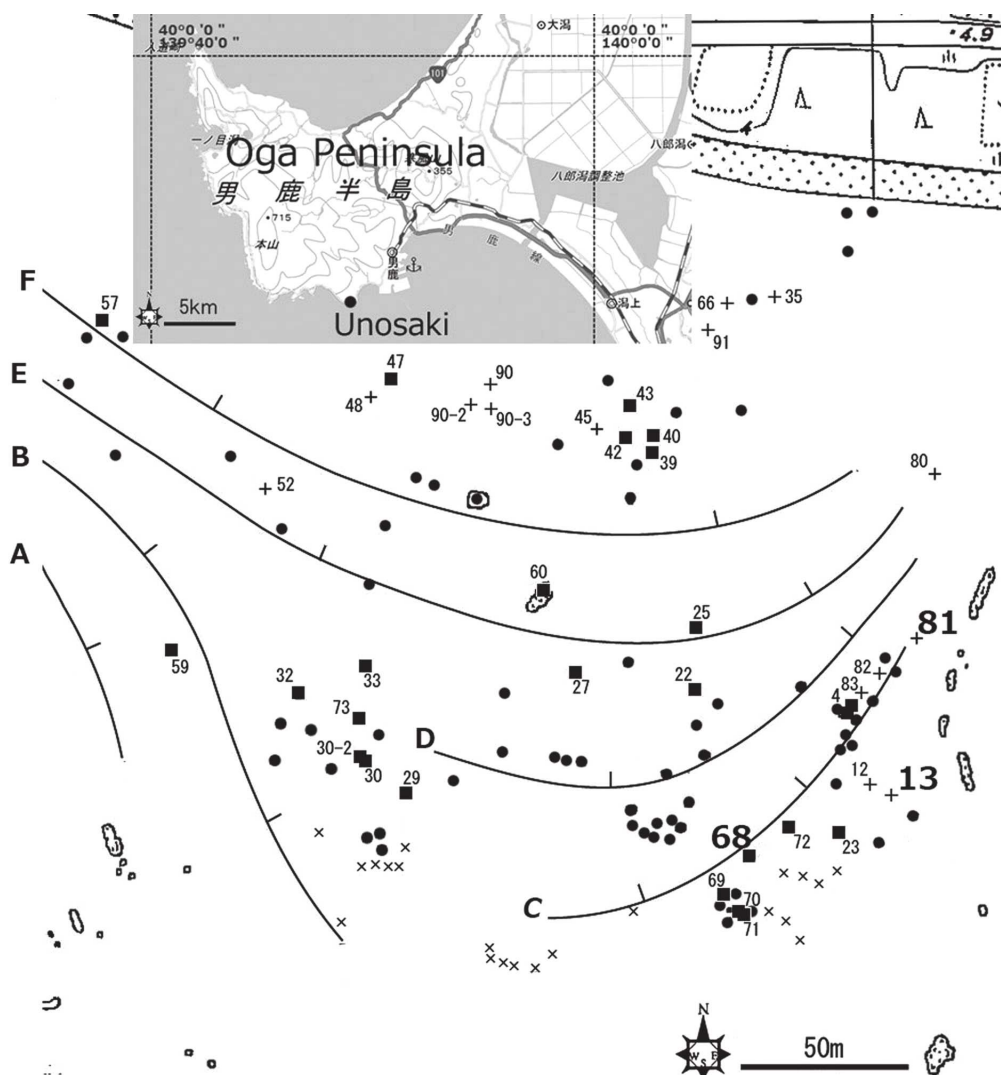


図2. 男鹿半島鵜ノ崎のコンクリーションの分布と化石の位置 (UN13, UN68, UN81)。A～F線は走向線を示しており、西黒沢層(南側)と女川層(北側)の境界がE線付近にある。数字はコンクリーション番号で、本報告の化石はNo.13, 68, 81のコンクリーションに含まれる。記号の意味は次のとおり。●: 固着したコンクリーション(クジラ化石未確認), ■: 固着したコンクリーション(クジラ化石あり), +: 洗堀・移動したコンクリーション(クジラ化石あり), ×: 未調査コンクリーション。

そのまま保存されている。

2. 地質と化石の概要

(1) 地質と年代

男鹿半島は白亜紀花崗岩類を基盤として、非海成火山岩類の上部白亜系、古第三系が堆積し、その上に海成の新第三系、第四系が連続的に堆積している。こうした特徴から、東北日本グリーンタフ地域の標準層序の模式地として重視され、多くの調査が実施されてきた。男鹿半島の地質は、西端部に最下位層が分布し、大局的には西方から東方に上位層が順次累積している。鵜ノ崎海岸周辺では、西から東へかけて中部中新統の西黒沢層、中・上部中新統の女川層、上部中新統の船川層が分布する。西黒沢層は最下部が海進初期の浅海性堆積物で、熱帯・亜熱帯性の動物化石群集を含む。同層はその後の急激な沈降によって、深海性の泥岩が主体となった。次の女川層もまた、深海環境の継続による泥岩層であるが、船川層以降は次第に浅海化して、砂泥互層など粗粒な堆積層に変化した。

鵜ノ崎の波食台は、層理が発達する西黒沢層と女川層の泥岩より構成される。波食台の中央部には南北に伸長する向斜軸があって、軸が北方へ沈下している。そのため、層理（走向線）が南方へ凸湾する。西黒沢層と女川層の境界は図2のE走向線付近と推定され、その南側に西黒沢層、北側に女川層が分布する。かつて波食台の泥岩は女川層とされたが（藤岡 1959）、海緑石や炭酸塩の濃集層を挟む部分までを西黒沢層とする（鹿野ほか 2011）、と再定義されたことにより、両層の境界が上部へ移動した。境界付近の年代は、鹿野ほか（2011）によれば12.3Ma頃である。

(2) コンクリーションと化石

鵜ノ崎の大型のコンクリーションは、西黒沢層から女川層にかけての層厚数十mの中に100個以上存在し、最大長径が9mに達する。その外形は球タイプと繭タイプに大別され（渡部ほか, 2017）、小骨片など何らかの骨化石を伴うものが約30個確認されている。骨化石は大きさや形態より、いずれも鯨類と考えられる。骨化石はコンクリーション中のみに産し、母岩の泥岩からは発見されていない。いずれも欠損や摩耗を伴う断片骨であり、他所より移動してきた異地性化石である。大型の骨はコンクリーションの中心付近にある場合が多い。ときには長い下顎骨や、交連状態で連続する椎骨が、内部を貫通する産状を示す、このようなときは繭タイプの場合が多い。隈ほか（2023）や渡部ほか（2023, 2024）は、コンクリーションの成因と鯨類化石の関係について議論している。また、地質構造や古流向と鯨類骨の移動の関係等について、川

辺ほか（2023）が検討を進めている。

本報告の化石は、西黒沢層上部の図2のC走向線付近にある3個のコンクリーション（No.13, 68, 81）から発見された。各コンクリーションは、No.68が地層に固着しているが、No.13とNo.81は洗掘されて外形が壊れている。ただし、No.13とNo.81の移動距離は、それらの重量を考慮すると長くはないと見られる。従って、3点の化石の包含層準は西黒沢層上部から女川層下部と考えられる。これらより、化石の年代を両層の境界（約12.3Ma）付近の13~12Maと推定しておく。本報告では、各化石をコンクリーション番号にUN（鵜ノ崎）の記号を付して、UN13, UN68, UN81と呼ぶ。

3. 化石の形態

(1) UN13（左下顎骨後位部；図3, 7）

欠損したコンクリーションから、大型のヒゲクジラ類の下顎骨（UN13）が小突出する。露出断面は骨軸にほぼ垂直で断面形態の保存は概ねよい。下顎断面は内側が平面、外側中部がよく膨らむ半円形をなし、腹縁はやや鋭角的である。下顎体はコンクリーション内部に向かってやや大きくなることから、露出側が前方であり、また下顎断面の内外側と背腹側の判定から左下顎骨と判断される。下顎管は横長の亜円形で大きく、背側寄り中央に開口する。下顎管の形から化石の変形はほとんどないと考えられる。断片的な下顎骨の位置を下顎管の大きさより推定すると、下顎管は前方から後方へ次第に大きくなる特徴があることから、大きなUN13の下顎管は、下顎孔に近い下顎骨後位部の特徴を示している。こうした下顎管の変化は、例えばField et al. (2010) によるザトウクジラの下顎断面の連続的な画像において示されており、また化石の断面においても同様の特徴が見られる（長澤 1999; 長澤・田辺 1994）。

計測：下顎高39.5cm, 同幅26.0cm, 下顎管背腹径8.5cm, 同内外径11.5cm, 下顎骨残存長50cm。

(2) UN68（右下顎骨前位部~中位部；図4, 5, 7）

全体の半分程度欠損した大型のコンクリーションの内部を、大型のヒゲクジラ類の下顎骨（UN68）が貫通しており、両側に大小の断面を露出する。各露出断面は骨軸にほぼ垂直であり、断面形態の保存は概ねよい。大型の方の下顎断面は、内側が平面で外側の中部が著しく膨隆し、背側は緩い曲面で腹側はやや鋭角的である（図4）。下顎骨の内外側、背腹側および前後方向が判別できることから、右下顎骨と判断される。下顎管の形は縦長の楕円形で、下顎断面に比して小さく、断面の内側かつ背側寄りに開口する。化石の



図 3. UN13 (左下顎骨後位部). スケールは30cm を示す. 図 4～6 も同じ.



図 4. UN68 (右下顎骨前位部～中位部).

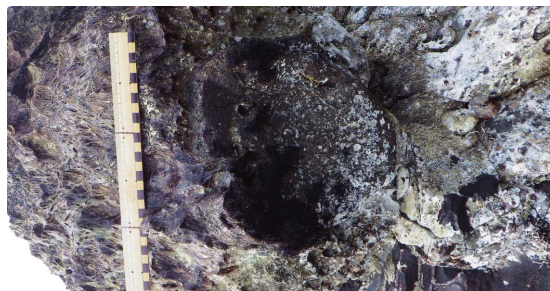


図 5. UN68 (右下顎骨前位部).



図 6. UN81 (左下顎骨前位部～中位部).

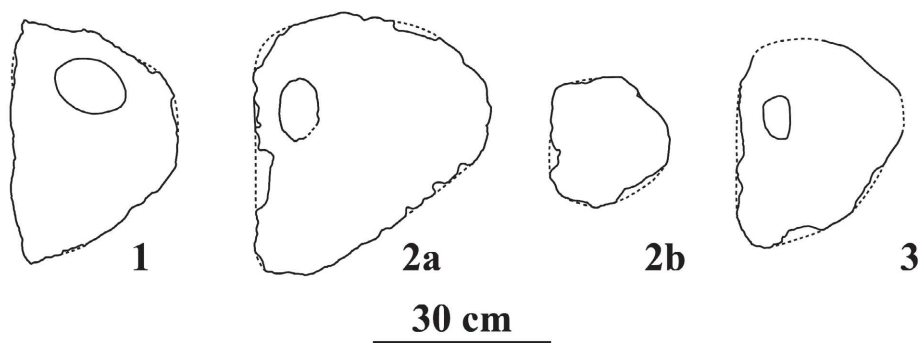


図 7. 男鹿半島鶴ノ崎産下顎骨化石の断面. 1, UN13 (後位部); 2a, UN68 (前位部～中位部); 2b, UN68 (前位部); 3, UN81 (前位部～中位部). 図は左側が内側, 右側が外側, 上方が背側, 下方が腹側に揃えている. 断面内の小円形は下顎管を示し, 外縁の破線は化石の欠損を補った推定の輪郭を示す.

変形はほとんどない。下顎管の相対的な大きさを Field et al. (2010) 等と比較すると、下顎骨前位部から中位部と考えられる。小型の方の断面はコンクリーション表面より小突出し、下顎の表層部分が小欠損している (図 5)。断面形態は亜円形で、下顎管は不明瞭である。

計測：大型断面側：下顎高34.0cm, 同幅31.0cm, 下顎管背腹径8.4cm, 同内外径6.4cm, 小型断面側：下顎高20.5cm, 下顎幅21.0cm, 下顎骨残存長98cm。

(3) UN81 (左下顎骨前位部～中位部；図 6, 7)

欠損したコンクリーション中に大型の下顎骨 (UN81) があり、骨軸にほぼ垂直の断面を露出する。小欠損や摩耗があるが、断面形態は概ね保存される。下顎断面は内側が平面で外側の中中部がよく膨らむ。背縁は小欠損するが緩く広い曲面で、腹縁はやや鋭角的な形態を示す。下顎管は縦長の楕円形をなし、下顎断面に比して小さくなく、内側かつ背側寄りに開口する。化石の変形はほとんどない。下顎体はコンクリーション内部へやや大きくなることから露出側が前方であり、断面の内外側および背腹側の判定から、左下顎骨と判断される。下顎管の相対的な大きさを Field et al. (2010) 等と比較すると、下顎骨の前位部から中位部と考えられる。

計測：下顎高33.3cm, 同幅26.5cm, 下顎管背腹径8.3cm, 同内外径5.4cm, 下顎骨残存長38cm。

4. 化石の検討

(1) 下顎骨の比較

現生のヒゲクジラ類は、厳密には各科ごとに摂餌方式が異なっており (木村 2008；伊藤ほか 2008など)、餌の種類や摂餌方式の変化に伴って下顎骨の形態が変化してきた可能性が考えられる。ヒゲクジラ類の下顎骨は長く頑丈であることから、化石として保存されやすい部位である。従来国内においても下顎骨化石が比較的多く報告されており (木村ほか 1987；長澤 1995, 1999；大石 1997；大石・田鎖 1995；長澤・田辺 1994など)、またその形態的特徴についても検討されてきた (長澤 1994, 2004MS など)。Lambertsen et al. (1995) は下顎骨と口の開閉機構についての新たな考えを展開し、その検証や発展的な議論を、伊藤ほか (2008) や新村・大石 (2008) が行った。木村 (2005, 2008) や Kimura (2002) は、下顎骨と摂餌機構の進化について検討した。

近年は次のような興味深い研究もある。Field et al. (2010) はザトウクジラの下顎骨の QCT (定量的コンピュータ断層撮影法) による分析によって、下顎形態、骨密度、摂餌法などの関係性を明らかにした。

Pyenson et al. (2013) は現生種と化石を対象に、ヒゲクジラ類の下顎骨の部位と個体の体長などの関係についてのアロメトリーを検討した。Bisconti and Carnevale (2022) は、新生代のヒゲクジラ類の進化と頭蓋や下顎骨の形態変化の関係性を検討した。

これらを踏まえながら、本報告の化石を現生のナガスクジラ科 Balaenopteridae, コククジラ科 Eschrichtiidae, セミクジラ科 Balaenidae の各種と比較する。検討内容は、下顎骨の断面形態と個体の体長等である。また、コセミクジラ科 Neobalaenidae やケトテリウム科 Cetotheriidae (中新世～更新世；Boessenecker 2013) との差異についても述べる。

比較標本の下顎断面の位置は、相対的測定点 ($RLx = \text{先端からの距離 } Lx / \text{下顎骨湾曲全長 } Lc \times 100\%$ ；長澤 1994) によって表す。各断面を図 7, 8 に、比較標本の計測値を表 1, 2 に示す。比較標本は次のとおり。クロミンククジラ *Balaenoptera bonaerensis* (YPM6755), イワシクジラ *B.borealis* (NMNS-M3536), シロナガスクジラ *B.musculus* (NMNS-M29617), ザトウクジラ *Megaptera novaeangliae* (NMNS-M8457), コククジラ *Eschrichtius robustus* (NMNS-M15940), ホッキョククジラ *Balaena mysticetus* (TWM), セミクジラ *Eubalaena japonica* (TWM；NMNS-M5153)。NMNS, 国立科学博物館；TWM, 太地町立くじらの博物館；YPM, 山形県立博物館。

断面形態 比較標本について、下顎骨の中位部付近の特徴を次にまとめる。ナガスクジラ科 (クロミンククジラ, イワシクジラ, シロナガスクジラ, ザトウクジラ) は、内側が平面で外側の中中部から上部が膨らみ、腹縁の稜が明瞭になる。外側の膨らみはセミクジラ科よりも弱い。シロナガスクジラは内側がやや膨らみ、同科の中では内外の厚みが最も大きい。コククジラ科 (コククジラ) は、内側が平面で外側下部が明瞭に膨らみ、背縁に狭く明瞭な稜を形成する。また内外の厚みが最も小さい。セミクジラ科 (ホッキョククジラ, セミクジラ) は、内側がやや膨らみ、特に外側中部が顕著に膨らむため内外の厚みが最も大きい。このため、断面が亜円形をなす部位があるなど、ナガスクジラ科やコククジラ科とは異なる。

本報告の 3 化石の断面は、いずれも内側が平面で外側中部が顕著に膨らむ半円～亜三角形形状を示す。その形態はセミクジラ科に最も類似し他科とは区別されことから、同科の化石であると考えられる。一方、現生セミクジラ科では内側もやや膨らむが、本報告の化石は内側が平面状で、断面が亜正三角形形状を呈するなどやや異なる点もある。

下顎高指数 下顎骨の内外の膨らみの程度は、下顎高指数 (高さ H / 幅 W ；長澤 1994) によって比較する

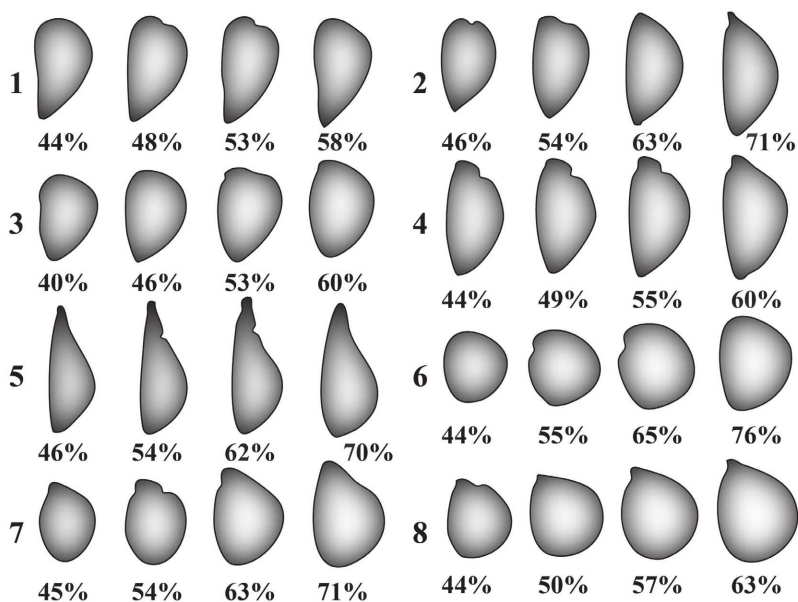


図 8. 現生ヒゲクジラ類各種の下顎骨の断面 (長澤, 2004MS より編集). 図はすべて左側が内側, 右側が外側, 上方が背側, 下方が腹側を示す. 1 *Balaenoptera bonaerensis* クロミンクジラ (YPM6755), 2 *Balaenoptera borealis* イワシクジラ (NMNS-M3536), 3 *Balaenoptera musculus* シロナガスクジラ (NMNS-M29617), 4 *Magaptera novaeangliae* ザトウクジラ (NMNS-M8457), 5 *Eschrichtius robustus* コククジラ (NMNS-M15940), 6 *Balaena mysticetus* ホッキョククジラ (TWM), 7 *Eubalaena japonica* セミクジラ (TWM), 8 *Eubalaena japonica* セミクジラ (NMNS-M5153).

表 1. 現生ヒゲクジラ類と鵜ノ崎産下顎骨化石の計測値の比較. 番号は図 8 と同じ標本を示す. H, 下顎の高さ; W, 下顎の幅; RLx 相対的測定点 (= Lx 下顎骨先端からの距離 / Lc 下顎骨湾曲長 $\times 100\%$); BL, 個体の体長.

No.	標 本	H (cm), W (cm), RLx (%)												BL (cm)
1	クロミンククジラ (YPM6755)	H 15.9	W 8.3	(44%)	H 16.5	W 8.6	(48%)	H 16.8	W 8.4	(53%)	H 17.2	W 8.3	(58%)	816
2	イワシクジラ (NMNS-M3536)	H 21.4	W 12.6	(46%)	H 24.1	W 13.4	(54%)	H 25.6	W 13.2	(63%)	H 29.6	W 12.6	(71%)	1432
3	シロナガスクジラ (NMNS-M29617)	H 38.5	W 25.9	(40%)	H 40.7	W 26.3	(46%)	H 42.6	W 27.3	(53%)	H 45.2	W 27.8	(60%)	2350
4	ザトウクジラ (NMNS-M8457)	H 27.5	W 13.5	(44%)	H 29.3	W 14.0	(49%)	H 29.7	W 14.8	(55%)	H 29.1	W 14.7	(60%)	—
5	コクジラ (NMNS-M15940)	H 31.9	W 1.04	(46%)	H 33.5	W 11.0	(54%)	H 34.0	W 11.8	(62%)	H 31.7	W 13.0	(70%)	—
6	ホッキョククジラ (TWM)	H 8.9	W 8.2	(44%)	H 9.7	W 9.4	(55%)	H 10.7	W 9.2	(65%)	H 12.2	W 9.1	(76%)	640
7	セミクジラ (TWM)	H 27.2	W 18.6	(45%)	H 28.8	W 21.3	(54%)	H 32.5	W 23.8	(63%)	H 36.9	W 24.3	(71%)	1520
8	セミクジラ (NMNS-M5153)	H 18.7	W 15.2	(44%)	H 19.2	W 16.4	(50%)	H 20.8	W 17.2	(57%)	H 23.1	W 18.4	(63%)	1240
9	UN13 (後位部)	—			—			—			H 39.5 W 26.0		—	
10	UN68 (前位部～中位部)	H 20.5 W 21.0			H 34.0 W 31.0			—			—		—	
11	UN81 (前位部～中位部)	—			H 33.3 W 26.5			—			—		—	

表 2. 現生ヒゲクジラ類と鵜ノ崎産下顎骨化石の下顎高指数 (H/W) と個体の体長に対する下顎骨の長さの割合の比較. 番号は図 8 と同じ標本を示す. H, W, RLx, BL の意味は表 1 に同じ. Ls, 下顎骨直線長; Lc, 下顎骨湾曲長; Ls/BL $\times 100$ (%) と Lc/BL $\times 100$ (%) は体長に対する下顎骨の直線長および湾曲長の割合.

No.	標 本	H/W (RLx %)				Ls (cm)	Lc (cm)	BL (cm)	Ls/BL $\times 100$	Lc/BL $\times 100$
1	クロミンククジラ (YPM6755)	1.9 (44%),	1.9 (48%),	2.0 (53%),	2.1 (58%)	197	207	816	24.1%	25.4%
2	イワシクジラ (NMNS-M3536)	1.7 (46%),	1.8 (54%),	1.9 (63%),	2.3 (71%)	342	352	1432	23.9%	24.6%
3	シロナガスクジラ (NMNS-M29617)	1.5 (40%),	1.5 (46%),	1.6 (53%),	1.6 (60%)	565	604	2350	24.0%	25.7%
4	ザトウクジラ (NMNS-M8457)	2.0 (44%),	2.1 (49%),	2.0 (55%),	2.0 (60%)	342	365	-	-	-
5	コククジラ (NMNS-M15940)	3.1 (46%),	3.0 (54%),	2.9 (62%),	2.4 (70%)	255	259	-	-	-
6	ホッキョククジラ (TWM)	1.1 (44%),	1.0 (55%),	1.2 (65%),	1.3 (76%)	176.5	183.5	640	27.6%	28.7%
7	セミクジラ (TWM)	1.5 (45%),	1.4 (54%),	1.4 (63%),	1.5 (71%)	433	448	1520	28.5%	29.5%
8	セミクジラ (NMNS-M5153)	1.2 (44%),	1.2 (50%),	1.2 (57%),	1.3 (63%)	304	318	1240	24.5%	25.6%
9	UN13 (後位部)	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-
10	UN68 (前位部～中位部)	1.0	-	1.1	-	-	-	-	-	-
11	UN81 (前位部～中位部)	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-

ことができる(表2)。同値はセミクジラ科で1.1~1.5と最も厚く、コクジラ科で2.4~3.1と最も薄く、ナガスクジラ科が1.5~2.3と中間的である。本報告の3化石の下顎骨指数は1.0~1.5を示しており、セミクジラ科の範囲にはほぼ合致する。

コセミクジラ科とケトテリウム科 現生のコセミクジラ科は南半球に分布するコセミクジラ *Caperea marginata* のみであり、ヒゲクジラ類で最小(体長6 m程度)である。近年までコセミクジラ科の化石記録は不確かであったが、最古の後期中新世の化石(Bisconti 2012; Buono et al. 2014)や、北半球側での初の化石(前期~中期更新世)が報告されている(Tsai et al. 2017)。その下顎骨は小型で、内外に薄く、背腹に高く、筋突起が不明瞭で、下顎体が背方へ明瞭に凸湾するなど(大石 1997; Marx et al. 2016)、本報告とは異なる。

ケトテリウム科(広義)は、原始的な形質を有するヒゲクジラ類の一分類群とされたが、異なる系統から成る側系統群である(Fordyce and Barnes 1994; Kimura and Ozawa 2002: など)との見解が広く受容され、単系統の分類群としてのケトテリウム科(狭義)が再定義された(Whitmore and Barnes 2008など)。国内におけるケトテリウム科とされた化石は、中新・鮮新統産で比較的多産している。木村・長谷川(2004)は2003年までの同科の記録を総括しており、その後も木村・長谷川(2009)やTanaka et al. (2018a, 2018b)などが報告している。なお、これまでの国内産化石には広義の範疇の化石も混在するため、今後識別が必要である。このようないわゆるケトテリウム科(広義)はほとんどが小型(体長5~6 m程度)で、下顎骨は骨軸の湾曲が弱く、下顎断面の膨らみもさほど強くない。従って、ケトテリウム科(広義)は大型で分厚い下顎骨の本報告や現生セミクジラ科と明らかに異なる。

(2) 個体の体長

Pyenson et al. (2013)は現生ナガスクジラ科の下顎骨長と筋突起・関節突起間の長さとの関係、およびヒゲクジラ類各種の下顎骨長と個体の体長との関係について、アロメトリーの検討を行っている。その結果、いずれも正の関係にあり、ヒゲクジラ類は成長とともにほぼ等成長で下顎骨が大きくなることを示した。そこで、本化石をセミクジラ科と考え、同科の成体の下顎骨の下顎高指数が近似する断面と比較する(表1, 2)。ただし、Pyenson et al (2013)は本報告のような、下顎骨の幅や高さや個体の体長との関係については述べていないが、個体の成長とともに、下顎骨長、下顎幅、下顎高がともに増大することは経験

的に認識されることから、これらについても概ね等成長すると考えておく。また、本報告の下顎断面の位置は厳密に確定されていないため、下顎高や下顎幅の比較による体長の推定には誤差が含まれる。

UN13(後位部)は、下顎高指数が近いTWM(成体)の後位部(RLx: 71%)と比較すると、高さで1.07倍、幅で1.07倍大きいことから、体長約16mと推定される。UN68(前位部~中位部)は、下顎高指数が近いNMNS-M5153(成体)の中位部(RLx: 50%)と比較すると、高さで1.77倍、幅で1.89倍大きいことから、体長22~23mと推定される。UN81(前位部~中位部)は下顎高指数が近いNMNS-M5153(成体)の中位部(RLx: 63%)と比較すると、高さで1.44倍、幅で1.44倍大きいことから、体長約18mと推定される。これらより3化石の体長は最小で16m、最大で23mとなる。

ところでセミクジラ科の現生各種は大型であり、Jefferson et al. (1993)によると、成体の体長はタイセイヨウセミクジラ *Eubalaena glacialis* やミナミセミクジラ *E. australis* では18mに、ホッキョククジラ *Balaena mysticetus* では18m(オス)から20m(メス)に達する。従って、本報告の3化石の推定体長は、誤差を含むものの現生セミクジラ科と同程度かそれよりやや大きい。また後述するように、国内産の中新世のセミクジラ科の化石においては、体長10mから14mほどの大型の化石がいくつか存在するが(長澤・田辺 1994; Kimura 2009; 古沢 2017)、本化石に匹敵する大きさの化石は見当たらない。これらより、本報告の化石は、中新世のセミクジラ科において最大級の大きさを有していた可能性がある。

5. セミクジラ科化石の概要と比較

現生セミクジラ科は *Balaena* と *Eubalaena* の2属より成り、いずれも大型である。Marx et al. (2016)は絶滅属として、*Balaenella*, *Balaenula*, *Morenocetus*, *Idiocetus* の4属を記しているが、これらはいずれも体長5~6 mと小型で、大きさにおいて本報告とは合わない。この中の *Idiocetus* は、広義のケトテリウム科に含まれるためセミクジラ科から除外すべきとの見解が多い(大石 1994; 一島 2005; など)。逆に長くケトテリウム科とされた *Peripolocetus* は、同科に加えるべきと考えられている(EL Adli et al. 2014)。Tanaka et al. (2020)は、*Archaeobalaena dosanko* を記載する中で、同科から *Idiocetus* を除き、*Archaeobalaena* と *Peripolocetus* を加えた7属各種の系統解析を行って進化系統を検討している。

だが、セミクジラ科の下顎骨については、本報告と比較できる検討例があまりないようである。例えば、

Bisconti (2003) はセミクジラ科の頭蓋形態と進化を詳しく議論しているが、下顎骨に関しては言及していない。Marx et al. (2016) や Bisconti and Carnevale (2022) は鯨類の進化と頭蓋形態について議論し、各タクサの下顎骨の外形を図示しながら総括的な比較をしているが、断面形態等の詳述はない。そこで以下において、国内の主な化石を概観しつつ本報告との比較を行う。

国内の主な化石は、木村ほか (2007) や Kimura (2009) がまとめた15記録が知られる。これに3記録 (長澤 1995; 古沢 2017; Tanaka et al. 2020) と本報告を加えると19記録となる。化石の年代は後期中新世以降で、鮮新世の記録が多い。本報告と同じ中新世の記録は次のとおり。1) 長野県信州新町の新種の頭蓋 (*Eubalaena shinshuensis*; 後期中新世末～前期鮮新世、権田層; 木村ほか 2007; Kimura 2009), 2) 長野県小川村の下顎骨 (*Balaenidae* または *Eschrichtiidae*; 後期中新世, 青木層上部; 長澤・田辺 1994), 3) 山形県真室川町の鼓室胞 (*Balaena*; 後期中新世, 野口層; 長澤 1999), 4) 山形県戸沢村の下顎骨 (*Balaenidae*; 後期中新世～前期鮮新世; 野口層～中渡層, 長澤 1995), 5) 北海道札幌市の頭蓋・下顎骨, 肩甲骨, 椎骨, 胸骨, 肋骨等 (*Balaenidae*; 後期中新世の小樽内川層, 古沢 2017)。なお、この中の長野県青木層は中・上部中新統であるが、化石は同層上部の産出であることから後期中新世と考えられる。また、山形県野口層は守屋ほか (2008) によって前期鮮新世から後期中新世へ変更されている。本報告は後期中新世の13～12Ma であり、セミクジラ科とすれば国内最古の化石となる。次に主な国内のセミクジラ科の化石と下顎骨の比較を述べる。

長野県信州新町の *E.shinshuensis* は、セミクジラ属が中新世末期まで遡ることを初めて示したことで重要である (Kimura 2009)。だが下顎骨を欠くために本報告との比較ができない。体長の記述はないが、吻部先端を欠く頭蓋 (残存長3.2m) の完全な長さ (ほぼ下顎骨長) を3.3m 程度と想定すると、下顎骨と体長の関係から (表1), 体長12～13m の大型の個体と推定される。

長野県小川村の下顎骨は大型で、中位部から後端の関節突起まで保存される (直線長222cm, 湾曲長226cm)。セミクジラ科またはコクジラ科と報告されたが (長澤・田辺 1994), Kimura (2009) は関節突起の形態等からセミクジラ科と考えている。断面形態は、下顎高指数が概ね2.2～2.6 (最大3.1) と内外にかなり偏平で本報告とは異なる。完全な場合の下顎骨長は3m を超えると予想されるので、セミクジラ科とすれば下顎骨と体長の関係より (表1) 体長10m

を超える。この化石の分類については議論の余地がある。

山形県戸沢村の下顎骨は、大きな下顎管の存在から後位部の断片と考えられた (長澤 1995)。断面形態は内側が平面で外側の下部がよく膨らみ、下顎高指数が1.4 (完全なときは1.5～1.6程度と予想) で本報告と似る。だが断面の外側下部がよく膨らむことと、大きさ (下顎高20.8cm, 下顎幅15.5cm) が本報告の化石よりもかなり小さい点が異なる。

福島県いわき市の前期鮮新世四倉層から、頭蓋を含む比較的部位が揃った化石が産出した (いわき市教育文化事業団 1989)。化石はコクジラ科と報告されたが、強い湾曲の上顎吻部等からセミクジラ科が妥当であると指摘されている (一島 2005; Kimura 2009)。下顎骨も産出したが、母岩に付いたレリーフ状態で保存されているため、形態がわかりにくく比較ができない。

北海道深川市の前期鮮新世秩父別層の新属新種 *Archaeobalaena dosanko* (Tanaka et al. 2020; 頭蓋, 鼓室胞, 下顎骨, 椎骨, 肋骨等) は重要である。下顎骨 (残存長1.8m) は先端部と筋突起付近から後方を欠くが、外形は概ね保存される。下顎骨の中位部と後位部断面から、外側の膨らみが顕著ではないことや、後位部断面の下顎高指数が1.8程度と読み取れる。全体的に本報告より偏平な下顎骨であり異なると考えられる。なお、欠損を補った下顎の長さを2m 程度と想定すると、下顎骨長と体長の関係 (表1) から7～8m の体長と推定される。

北海道深川市の前期鮮新世幌加尾白利加層産の下顎骨は、欠損があるが全体の外形は保存される (木村ほか, 1987)。下顎骨の断面図は、前・中位部では外側の膨らみが大きい半円状をなし、後位部では高さが増して縦長となりまた下顎孔が大きい。全体的に厚みがある点は本報告とやや似るが、化石の欠損を補っても下顎骨長は1m 程度と小さく、大型の本報告とは異なる。Kimura (2009) はこの化石のセミクジラ科への帰属について疑問を述べている。

北海道札幌市の後期中新世小樽内川層からは、頭蓋・下顎骨等が産出しており、頭蓋形態よりセミクジラ科と考えられている。体長14m の全身骨格が復元されており大型である (古沢 2017)。化石は研究中で下顎骨等の詳細は報告されていないため、本報告との比較はできないが、中新世の大型のセミクジラ科の化石として注目される。

6. まとめ

本報告の下顎骨化石3点は、大型で断面形態や下顎骨高指数等の比較によって、セミクジラ科であると考えられる。本化石を国内の主な同科の化石と比較した

が、よい一致を示す化石は見られなかった。本化石の年代は中期中新世の13~12Maで、これまでの国内産のセミクジラ科化石の年代（後期中新世以降）よりも古く、同科とすれば国内最古となるの可能性がある。下顎骨断面の比較より推定される3個体の体長は、多少の差を含むが16~23mと推定された。国内産化石では、体長10mを超すと推定されるセミクジラ科の化石がいくつか産出しているが、本化石はそれらを上回ると考えられる。こうしたセミクジラ類が、東北日本の中新世に存在したことは大変興味深い。

謝辞

編集委員長の小幡喜一氏からは終始お世話いただいた。査読者の群馬県立自然史博物館木村敏之氏および匿名査読者からは、適切なご意見をいただいた。鵜ノ崎の現地調査では、男鹿半島・大潟ジオパーク推進協議会事務局の竹内弘和氏ならびに渡部公成氏よりご協力いただいた。鯨類骨格の計測にあたっては、国立科学博物館の故山田 格氏ならびに田島木綿子氏、元太地町立くじらの博物館の下市昇一氏にお世話いただいた。本図の調整について、山形県立博物館の瀬戸大暉氏よりご協力いただいた。記して厚くお礼申し上げます。

なお、山田 格先生からは長年にわたり鯨類研究に関して御指導を賜りましたが、2024年5月28日に逝去されました。謹んで御冥福をお祈り申し上げます。

引用文献

- Bisconti M (2003) Evolutionary history of Balaenidae. *Cranium* 20, 9-50
- Bisconti M (2012) Comparative osteology and phylogenetic relationships of *Miocaperea pulchra*, the first fossil pygmy right whale genus and species (Cetacea, Mysticeti, Neobalaenidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 166, 876-911
- Bisconti M, Carnevale G (2022) Skeletal transformations and the origin of baleen whales (Mammalia, Cetacea, Mysticeti): a study on evolutionary patterns. *Diversity* 14, 221. <https://doi.org/10.3390/d14030221>
- Boessenecker RW (2013) Peistocene survival of an archaic dwarf baleen whale (Mysticeti; Cetotheriidae). *Naturwissenschaften* 100, 365-371
- Buono MR, Dozo MT, Marx FG, Fordyce RE (2014) A Late Miocene potential neobalaenine mandible from Argentina sheds light on the origins of the living pygmy right whale. *Acta Paleontologica Polonica* 59, 787-793
- El Adli JJ, Deméré TA (2014) *Herpetocetus morrowi* (Cetacea: Mysticeti), a new species of diminutive

baleen whale from the Upper Pliocene (Piacenzian) of California, U.S., with observations on the evolution and relationships of the Cetotheriidae. *Zoological Journal of the Linnean Society* 170, 400-466. <https://doi.org/10.1111/zoj.12108>

Field DJ, Campbell-Malone R, Goldbogen JA (2010) Quantitative computed tomography of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) mandibles: mechanical implications for rorqual lunge-feeding. *The Anatomical Record* 293, 1240-1247

Fordyce RE, Barnes LG (1994) The evolutionary history of whales and dolphins. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 22, 419-455

藤岡一男 (1959) 5万分の1地質図幅「戸賀・船川」及び同説明書. 地質調査所, 61p

古沢 仁 (2017) 札幌市南区の後期中新世から大型セミクジラ科化石の発見. 日本古生物学会2017年年会講演予稿集, 20

一島啓人 (2005) いくつかの日本産鯨類化石の再検討ー起源の時期と古生物地理の観点からー. 福井県立恐竜博物館紀要 4, 1-20

伊藤春香・澤村 寛・一島啓人・大谷誠司 (2008) 宙に浮く下顎ークロミンククジラ (*Balaenoptera bonaerensis*) 胎児における下顎周辺部の構造および顎の開閉機構に関する一考察ー. 化石研究会会誌 40, 112-119

いわき市教育文化事業団 (1989) いわき市四倉町産出鯨類化石発掘調査報告書. いわき市教育委員会, 32p

Jefferson TA, Leatherwood S, Webber MA (1993) FAO species identification guide, marine mammals of the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 320p.

鹿野和彦・大口健志・柳沢幸夫・栗田泰夫・小林紀彦・佐藤雄大・林信太郎・北里 洋・小笠原憲四郎・駒澤正夫 (2011) 戸賀及び船川地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅). 産総研地質調査総合センター, 127p

川辺孝幸・渡部 晟・澤木博之・渡部 均・長澤一雄 (2023) 秋田県男鹿半島鵜ノ崎海岸の中部中新統西黒沢層・女川層の層序と地質構造および堆積環境. 第33回社会地質学シンポジウム講演要旨, 社会地質学会

木村方一・山下 茂・上田重吉・雁沢好博・高久宏一 (1987) 北海道雨竜郡沼田町の下部鮮新統産クジラ化石. 松井愈教授記念論文集, 27-57

Kimura T (2002) Feeding strategy of Early Miocene cetothere from the Toyama and Akeyo Formations, central Japan. *Paleontological Research* 6, 179-189

- 木村敏之 (2005) クジラ類における摂餌機構の進化的刷新. 化石 77, 14-21.
- 木村敏之 (2008) 摂餌機構からみた日本産ヒゲクジラ類化石の概要. 化石研究会誌 40, 107-111
- Kimura T (2009) Review of the fossil balaenid from Japan with a re-description of *Eubalaena shinshuensis* (Mammalia, Cetacea, Mysticeti). Quaderni del Museo di Storia Naturale di Livorno 22, 3-21
- 木村敏之・長谷川善和 (2004) 日本の中新統産ケトテリウム類の概要について. 群馬県立自然史博物館研究報告 (8), 79-88.
- 木村敏之・長谷川善和 (2009) 長野県長野市の鮮新-更新統猿丸層よりヒゲクジラ類化石の産出. 群馬県立自然史博物館研究報告 (13), 53-57
- 木村敏之・成田 健・藤田 敬・長谷川善和 (2007) 長野県上水内郡信州新町の権田累層 (上部中新統～下部鮮新統) 産セミクジラ属 (*Eubalaena*) の一新種. 群馬県立自然史博物館研究報告 (11), 15-27
- Kimura, T, Ozawa T (2002) A new cetother (Cetacea: Mysticeti) from the Early Miocene of Japan. Journal of Vertebrate Paleontology 22, 684-702
- 隈 隆生・西本昌司・村宮悠介・吉田英一 (2023) 男鹿半島鵜ノ崎海岸の中新統西黒沢層・女川層に見られる巨大鯨骨ドロマイトコンクリーション群の形成条件. 地質学雑誌 129, 145-151
- Lambertsen R, Ulrich N and Straley J (1995) Frontomandibular stay of Balaenopteridae: a mechanism for momentum recapture during feeding. Journal of Mammalogy 76, 877-899
- Marx FG, Lambert TO, Uhen MD (2016) Cetacean Paleobiology. Wiley Blackwell, Hoboken, USA, 319p.
- 守屋俊治・檀原 徹・岩野英樹・山下 透・中嶋 健・鎮西清高 (2008) 山形県新庄盆地の鮮新統のフィッシュン・トラック年代. 地質学雑誌 114, 1-15.
- 長澤一雄 (1994) ヒゲ鯨類における下顎骨の形態. 地団研専報 43, 9-14
- 長澤一雄 (1995) 山形県戸沢村下部鮮新統産のヒゲクジラ類下顎骨化石. 山形県立博物館研報 (16), 21-30
- 長澤一雄 (1999) 山形県真室川町の鮮新統野口層から産出した鯨類化石. 山形県真室川町産鯨類化石調査報告書, 山形県立博物館, 11-52
- 長澤一雄 (2004MS) 東北日本新第三紀鯨類化石の形態分類と系統および鯨類にかかわる古環境変遷と古生物地理. 山形大学大学院理工学研究科学学位論文, 205 p
- 長澤一雄・田辺智隆 (1994) 長野県北部の新第三系から産出したヒゲ鯨類の下顎骨化石. 地団研専報 (43), 141-153
- 長澤一雄・渡部 晟・澤木博之・渡部 均 (2018) 秋田県男鹿半島鵜ノ崎海岸の中新統コンクリーションより多数の鯨類化石を発見. 日本古生物学会2018年年会予稿集, 21
- 長澤一雄・渡部 晟・澤木博之・渡部 均・川辺孝幸, (2023) 秋田県男鹿半島鵜ノ崎における中新世巨大コンクリーション中の鯨類化石. 日本地質学会第130年学術大会講演要旨, G1-O-5
- 大石雅之 (1994) 一関市厳美町の下部鮮新統から産出したナガスクジラ科鯨類の頸椎化石. 地団研専報 (43), 111-122
- 大石雅之 (1997) 岩手県磐井郡平泉町の下部鮮新統から産出したシロナガスクジラ属の下顎骨化石. 岩手県立博物館研究報告 (15), 1-10
- 大石雅之・田鎖周治 (1995) 八戸市尻内町の鮮新統産鯨類化石. 化石はちのへクジラ発掘調査報告書, 八戸市児童科学館, 7-16
- Pyenson ND, Goldbogen JA, Shadwick RE (2013) Mandible allometry in extant and fossil Balaenopteridae (Cetacea: Mammalia): the largest vertebrate skeletal element and its role in rorqual lunge feeding. Biological Journal of Linnean Society 108, 586-599
- 新村龍也・大石雅之 (2008) シロナガスクジラの下顎骨挙上時のシミュレーション. セトロロジー研究 18, 1-7
- Tanaka Y, Ando T and Sawamura H (2018a) A new species of Middle Miocene baleen whale from the Nupinai Group, Hiktagawa Formation of Hokkaido, Japan. PeerJ 6:e4934, doi:10.7717/peerj.4934
- Tanaka Y, Furusawa H, Barnes LG (2018b) Fossil herpetocetine baleen whales (Cetacea, Mysticeti, Cetotheriidae) from the lower Pliocene Horokaoshirika Formation at Numata, Hokkaido, northern Japan. Paleontological Research 22, 295-306.
- Tanaka Y, Furusawa H, Kimura M (2020) A new member of fossil balaenid (Mysticeti, Cetacea) from the early Pliocene of Hokkaido, Japan. Royal Society Open Science, doi.org/10.1098/rsos.192182
- Tsai C, Collareta A, Fitzgerald EMG, Marx FG, Kohno N, Bosselaers M, Insacco G, Reitano A, Catanzariti R (2017) Northern pygmy right whales highlight Quaternary marine mammal interchange. Current Biology 27, R1058-R1059 https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.08.056
- 渡部 晟・長澤一雄・渡部 均 (2024), 男鹿半島鵜ノ崎における中新統産炭酸塩コンクリーションに含まれる鯨類化石およびコンクリーションの炭素源と形成過程. 秋田県立博物館研究報告 (49), 1-13

渡部 晟・澤木博之・渡部 均 (2017) 秋田県男鹿半島鵜ノ崎の中・上部中新統 (西黒沢層・女川層) に含まれる炭酸塩コンクリーション中の脊椎動物化石の産状. 秋田県立博物館研究報告 (42), 27-38

渡部 晟・渡部 均・吉田英一 (2023) 秋田県大仙市の天徳寺層 (後期中新世後期-鮮新世) 産球状炭酸

塩コンクリーションの炭素の起源と形成過程. 秋田県立博物館研究報告 (48), 11-26

Whitmore FC, Barnes LG (2008) The Herpetocetinae, a new subfamily of extinct baleen (Mammalia, Cetacea, Cetotheriidae). Virginia Museum of Natural History Special Publication 14, 141-180

長澤一雄・渡部 晟・澤木博之・渡部 均・川辺孝幸 (2025) 秋田県男鹿半島の中新世巨大コンクリーション中のヒゲクジラ類下顎骨化石. 化石研究会会誌 57, 15-25

Kazuo Nagasawa, Akira Watanabe, Hiroyuki Sawaki, Hitoshi Watanabe and Takayuki Kawabe (2025) Fossil mandibles of baleen whales in huge concretions of the Middle Miocene, Oga Peninsula, Akita Prefecture, Northeast Japan. Journal of Fossil Research 57, 15-25

要旨

秋田県男鹿半島の鵜ノ崎海岸に分布する中新世13-12Maの巨大なコンクリーションの中に含まれていた3点のヒゲクジラ類の下顎骨化石について報告する。コンクリーションは風化や波食によって壊れており、下顎骨化石がその表面に露出していた。化石はいずれも下顎管が見える大型かつ頑丈なヒゲクジラ類の下顎骨であった。それらの断面形態は似ており、次のような形態を示していた。内側が平面で外側が顕著に膨れ、背側が緩い曲面で腹側が鋭角的であった。これらを現生のセミクジラ科、ナガスクジラ科、コククジラ科の各種と比較すると、外側が顕著に膨隆する特徴においてセミクジラ科に最も似ていた。3点の下顎骨から個体の体長を推定すると、ある程度の誤差を含むが、16~23mの範囲と推定された。鵜ノ崎の化石の大きさに注目して、日本のセミクジラ科の化石記録等と比較したが、それらは日本の中新世における最大級の個体の可能性がある。