

原著論文

島根県大田市の中新統よりガンジスカワイルカ上科ハクジラ類化石の産出

木村敏之¹・長谷川善和¹・河野重範²・松浦良彦³

¹群馬県立自然史博物館: 〒370-2345 群馬県富岡市上黒岩1674-1
(kimura@gmnh.pref.gunma.jp; hasegawa@gmnh.pref.gunma.jp)

²島根県立三瓶自然館: 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根1121-8 (kawano@nature-sanbe.jp)

³〒267-0057 千葉県千葉市緑区大木戸町178-33

要旨: 島根県の中新統石見層群川合層よりハクジラ類化石が発見された。化石は右前肢帯(肩甲骨, 上腕骨, 橈骨, 尺骨, 中間手根骨, 尺側手根骨, 第四中手骨, 第五中手骨)からなる。本標本の肩甲骨では烏口突起が発達せず, 肩峰は肩甲骨の前縁に位置して棘上窩が発達しない。また上腕骨は橈骨・尺骨よりも顕著に長く, 第五中手骨は尺骨に接する。これらの特徴から本標本はガンジスカワイルカ上科であると考えられる。

キーワード: ガンジスカワイルカ上科, 中新世, 石見層群川合層, 肩甲骨, 前肢, 島根県

Miocene platanistoid from the Iwami Group, Kawai Formation, Shimane, Japan

KIMURA Toshiyuki¹, HASEGAWA Yoshikazu¹, KAWANO Shigenori² and MATSUURA Yoshihiko³

¹Gunma Museum of Natural History: 1674-1 Kamikuroiwa, Tomioka, Gunma 370-2345, Japan
(kimura@gmnh.pref.gunma.jp; hasegawa@gmnh.pref.gunma.jp)

²The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe: 1121-8 Tane, Sanbecho, Oda, Shimane 694-0003, Japan
(kawano@nature-sanbe.jp)

³178-33 Okido-cho, Midori-ku, Chiba, Chiba 267-0057, Japan

Abstract: A middle Miocene odontocete was recovered from the Iwami Group, Kawai Formation, Shimane, Japan. The horizon from which the specimen was found has been correlated to N8 of Blow (1969) and CN3 of Okada and Bukry (1980). The specimen includes the scapula, humerus, radius, ulna, intermediate and carpal bones, and the fourth and fifth metacarpals. This specimen presents the following combination of characters and is here described as Platanistoidea: 1) scapula without coracoid process, 2) acromion located on the anterior edge of the scapula, and absence of the supraspinous fossa on the lateral side of the scapula, 3) humerus much longer than ulna and radius, and 4) fifth metacarpal bone contacts the ulna.

Key Words: Platanistoidea, Miocene, Kawai Formation, Iwami Group, scapula, forelimb bones, Shimane, Japan

はじめに

ガンジスカワイルカ上科 (Platanistoidea) のハクジラ類は現生では *Platanista* 属の1属のみがインド及びパキスタンの淡水域に生息するに過ぎない (Jefferson *et al.*, 2008). しかしながらガンジスカワイルカ上科は漸新世におけるハクジラ類の急激な放散において出現したハクジラ類の主要な系統のひとつと考えられている (木村, 2012). 特に漸新世後期から中新世においては多様な系統の分化がみられるとともに, 汎世界的な分布を持っていたことが知られている (Fordyce and Muizon, 2001). ただし北西太平洋域では日本よりこれまでに幾らかのガンジスカワイルカ上科の報告

があるが, マイルカ下目など他のハクジラ類に比べるとガンジスカワイルカ上科化石の報告は少ない (Oishi and Hasegawa, 1994; Kimura *et al.*, 2009). また日本以外では韓国及びサハリンからそれぞれ1標本の報告がある (Siryk and Dubrovo, 1970; Lee *et al.*, 2011).

今回報告する標本は著者の一人である松浦が2011年7月に発見した。本標本は島根県大田市仁摩町仁万の坂灘海岸の潮川河口において直径約20 cmの転石に含まれていた。そのため正確な産出層準は不明である。鹿野ほか(2001)によると, 坂灘海岸周辺では石見層群久利層および出雲層群大森層の安山岩溶岩~火砕岩が分布するとされ, 潮川河口付近においては極めて狭い範囲に石見層群川合層の堆積岩

の分布も示されている。これまでに潮川河口付近では、松浦によって転石中から多数の貝類化石およびいくつかの骨化石が採集されている。もともと潮川河口は仁万漁港に位置していたが、洪水対策などのため昭和20年代に現在の坂灘海岸に流路が変更されている。この流路変更に伴う開削工事および以後の河川改修工事に際しては、河道拡幅と河床掘削も行われており、当時地元住民は工事の際に露出した地層において多数の化石を認めている。潮川の上流域には広く久利層が分布するが、そのほとんどは火山岩類であり、川合層の堆積岩は潮川の中流域に点在するとされる(鹿野ほか, 2001)。これらのことと、中下流域における緩やかな河床勾配および洪水時の礫の流下能力を考慮すると、本化石は河口付近の川合層に由来するものと考えられる。なお、川合層の年代は仁摩町内から得られた浮遊性有孔虫化石および石灰質ナノ化石に基づき、それぞれBlow (1969) のN.10帯およびMartini and Worsley (1970) のNN5帯に対比されている(黄・岡本, 1979)。最近の研究によれば、川合層の上位に一部同時異相で重なる模式地の久利層はBlow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯N.8帯及びOkada and Bukry (1980) の石灰質ナノ化石帯CN3帯に対比されることが明らかとなっており(林ほか, in press)、本標本採集地点の“川合層”の層序学的な位置づけには再検討の余地がある。しかしながら、現在筆者らはこれらに関する知見を持ち合わせていないため、とりあえず本稿では産出層を川合層、年代をBlow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯N.8帯及びOkada and Bukry (1980) の石灰質ナノ化石帯CN3帯

として報告を行う。なお本論文における骨の名称は日本獣医解剖学編(2000)を参考とした。

所蔵機関の略号: GMNH, 群馬県立自然史博物館; USNM, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.

標本の記載

Suborder Odontoceti Flower, 1867

Infraorder Platanistida Fordyce and Muizon, 2001

Superfamily Platanistoidea Simpson, 1945, sensu Muizon 1991

ガンジスカワイルカ上科の未定種

Platanistoidea gen. et sp. indet.

(Figs. 1, 2, 3A)

標本: GMNH-PV-2553. 右前肢帯: 肩甲骨(scapula), 上腕骨(humerus), 橈骨(radius), 尺骨(ulna), 中間手根骨(intermediate carpal bone, lunate bone), 尺側手根骨(ulnar carpal bone, cuneiform bone), 第四中手骨(fourth metacarpal bone), 第五中手骨(fifth metacarpal bone).

産出地: 島根県大田市仁摩町仁万(北緯35度9分11秒, 東経132度23分41秒).

産出層及び年代: 石見層群川合層, 前期-中期中新世, Blow (1969) の浮遊性有孔虫化石帯N.8帯及びOkada and Bukry (1980) の石灰質ナノ化石帯CN3帯(林ほか, in press).

発見者: 松浦良彦

発見日: 2011年7月6日

記載: 本標本は単一のノジュール中より発見された。一部

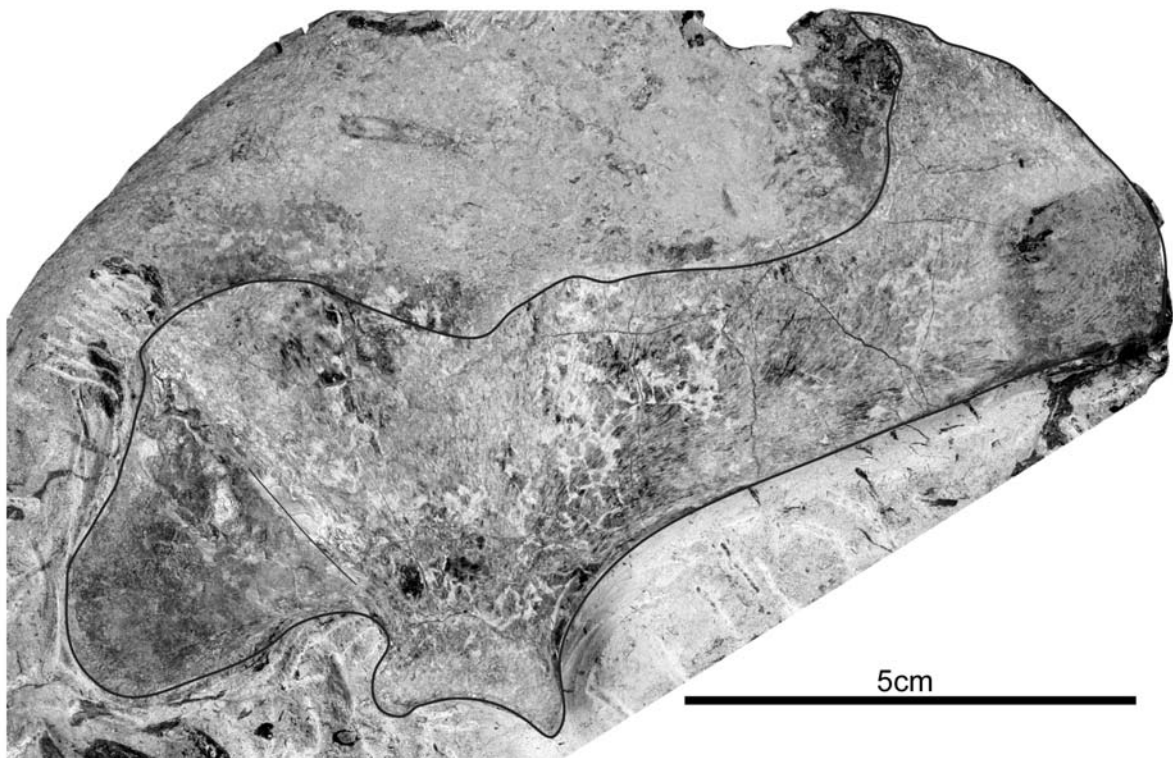


図1. 石見層群川合層産ガンジスカワイルカ類(GMNH-PV-2553). 右肩甲骨. 内面観. スケールは5cm.

がノジュールの表面に露出していたため、摩耗及び欠損が見られるが、肩甲骨以外はほぼ生体時の位置関係を保った良好な状態で保存されている。なお本標本を構成する各骨はいずれも右である。上腕骨、橈骨、尺骨の骨端はいずれも癒合しており、未成熟個体ではないと考えられる。

肩甲骨 (図1)

肩甲骨は肩峰基部の背縁から背側の大部分を欠損するが、それ以外は良好に保存されている。関節窩 (glenoid cavity) は比較的小さく、前後径は22mmである。肩甲頸 (neck of scapula) の前後長は19mmである。烏口突起 (coracoid process) は発達しない。肩峰 (acromion) はほぼ完全に保存されており、ガンジスカワイルカ上科のハクジラ類で特徴的に見られるように肩甲骨前縁に位置しており、棘上窩 (supraspinous fossa) は発達しない。肩峰は比較的小さいが、肩峰基部は背腹に幅が広い。肩峰の前縁部分の外形は丸みを帯びている。また肩峰の内面はわずかに凹む。肩甲骨後縁は全長にわたって良好に保存されており、肩甲頸より背側では直線的に背縁に達する。関節窩から背縁までの長さ (直線長) は88mmである。肩峰より背側の肩甲骨前縁は欠損するが、保存部分の形態から背腹方向に比べ前後方向に幅の広い肩甲骨であったことが推定される。

上腕骨 (図2のHu)

上腕骨は摩耗により近位端付近では上腕骨頭 (head of

humerus)、大結節 (greater tubercle) の多くの部分を欠損する。骨幹部及び遠位端付近でも前部 (頭側) に摩耗による欠損が見られる。ただし内面及び後面 (尾側) はノジュール表面に露出していなかったため摩耗はみられない。上腕骨の保存全長は71mmである。

摩耗のため不明瞭だが上腕骨頸 (neck of humerus) は発達して上腕骨頭直下において急に上腕骨は前後幅を減じ、そこから遠位へゆるやかに上腕骨の前後幅は増加する。ただし上腕骨の前縁は摩耗により欠損するため、本来の形態は不明である。遠位端の上腕骨の保存前後幅は32mmである。上腕骨の外縁は摩耗しているが棘下筋窩 (infraspinous fossa, Kazár, 2010:550 ; fossa infraspinata humeri, Benke, 1993:52) が確認出来る (図2のinf)。上腕骨前部が摩耗しているため不明瞭だが、棘下筋窩は上腕骨の長軸に対して中央あるいはわずかに後方に位置すると考えられる。遠位端では尺骨との関節面より橈骨との関節面の方が大きいと推定される。

尺骨及び橈骨 (図2のUI及びRd)

尺骨及び橈骨ともノジュール表面に露出していた面 (外面) は摩耗の影響を受けているが、尺骨はそれを除けば良好に保存されている。橈骨は後部のみが保存されている。いずれも内面は摩耗がみられないため形態を明瞭に観察する事が出来る。尺骨の全長は37mm、橈骨後縁の保存全長

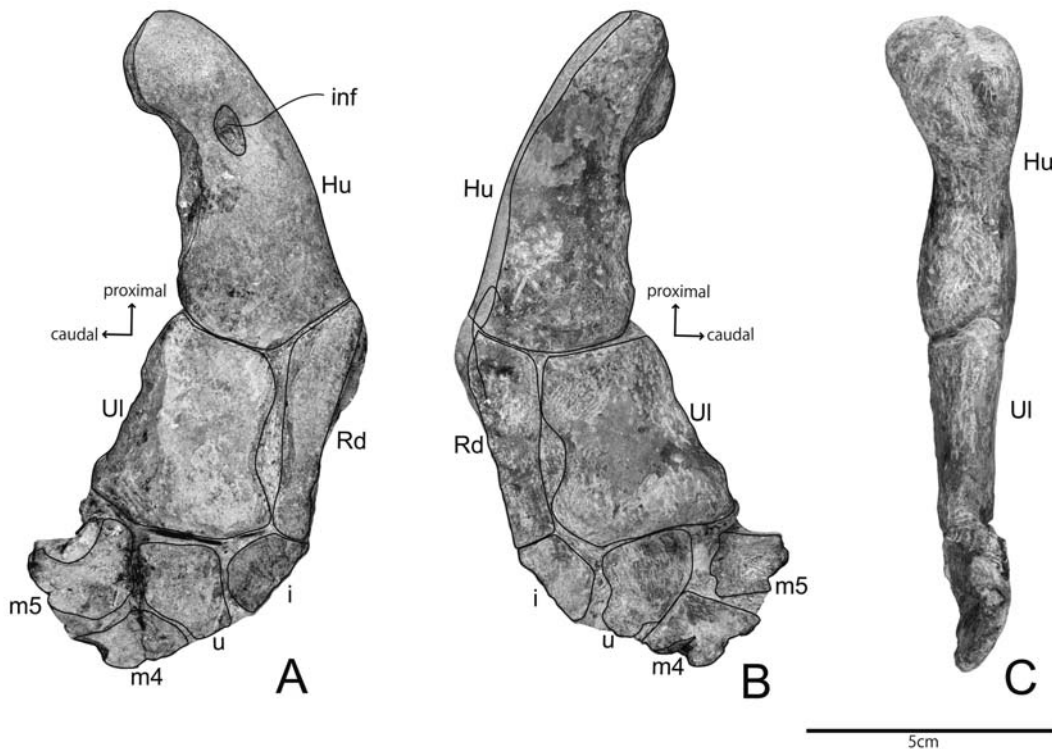


図2. 石見層群川合層産ガンジスカワイルカ類 (GMNH-PV-2553), 右前肢. A, 外面観; B, 内面観; C, 後面観. スケールは5cm. 略号: Hu, 上腕骨 (humerus); i, 中間手根骨 (intermediate carpal bone, lunate bone); inf, 棘下筋窩 (infraspinous fossa); m4, 第四中手骨 (fourth metacarpal bone); m5, 第五中手骨 (fifth metacarpal bone); Rd, 橈骨 (radius); u, 尺側手根骨 (ulnar carpal bone, cuneiform bone); UI, 尺骨 (ulna).

は39mmであり、上腕骨に比較してかなり短い。尺骨は近位端に比較して遠位端の前後幅が大きい（遠位端前後幅：36mm）。内面観で尺骨の後縁はほぼ直線的である一方、前縁は中位部で強く凹み、そのため骨幹部がやや強く前後幅を減じる（図2B）。最狭窄部の前後幅は25mmである。肘頭（olecranon）付近は破損・摩耗がほぼ見られず、肘頭は発達しない。内面観で橈骨の後縁はわずかに凹む。尺骨と橈骨は近位端付近及び遠位端付近で互いに接し、前腕骨間隙（interosseous space of forearm）は背腹方向に長い紡錘形状を呈する。外面が摩耗しているため不明瞭だが、尺骨及び橈骨の厚さ（内外径）はどちらも近位端付近より遠位へ向かって減少すると考えられる（図2C）。

手根骨及び中手骨（図2のi, u, m4, m5）

本標本では中間手根骨、尺側手根骨、第四中手骨、第五中手骨がほぼ生体時の位置関係を保持した状態で保存されるが、いずれも摩耗のため完全ではない。中間手根骨は背側で橈骨及び尺骨と接し、尺側で尺側中手骨と接する。尺側中手骨は背側で尺骨と接し、橈側で中間手根骨、尺側で第四中手骨及び第五中手骨と接する。第五中手骨は背側で尺骨に接する。

議 論

手根骨及び中手骨の同定

一般にクジラ類において手根骨を構成する各骨は個別の部位の特徴に乏しく、化石標本はもとより現生標本であっても分離した状態では、その同定はほぼ不可能と云ってよい（Cooper *et al.*, 2007）。そのためクジラ類の化石標本において手根骨の配列の情報を得ることが出来る標本は非常に希である。本標本では前肢を構成する各骨が関節した状態でほぼ生体時の位置関係を保って保存されており、手根骨・中手骨は一部が保存されるに過ぎないものの貴重な標本であると考えられる。

一般的な哺乳類同様にムカシクジラ類では手根骨において近位列と遠位列という2列を構成する配列パターンを呈しているのに対して、ハクジラ類では多様な手根骨のパターンが知られており近位列・遠位列という明瞭な配列を示さない分類群が散見される（例えばFlower, 1868; Benke, 1993; Ortega-Ortiz *et al.*, 2000など）。このことからハクジラ類では各手根骨の同定上の困難さが指摘されてきた（Howell, 1930）。今回報告する標本の含まれるガンジスカワイルカ上科の現生種はガンジスカワイルカ *Platanista gangetica* のみである（Jefferson *et al.*, 2008）。ガンジスカワイルカでも手根骨は近位列・遠位列という明瞭な配列ではなく、彼らの手根骨についてはこれまでに幾らかの議論がある（Anderson, 1878; Turner 1910, 1912; Pilleri and Gahr, 1976a; Gahr *et al.*, 1982など）。本研究ではこのような既報論文の

間における骨同定の相違について議論するための独自のデータを持たないため、ここでは暫定的にAnderson (1878) の見解に基づいて手根骨の同定を行う。ガンジスカワイルカの手根骨の同定については未だに議論の余地が残されており、そのため本研究における手根骨の同定も議論の余地が残されるといわざるを得ない。ただし、ガンジスカワイルカにおける骨同定の変更によって本標本で保存される骨の名称を変更する必要が生じたとしても、本論文で議論する本標本とガンジスカワイルカにおける手根骨・中手骨の対応関係自体は変更されるものではない。

また既報のガンジスカワイルカ上科の化石標本では、手根骨・中手骨の配列に関して本標本の比較標本と成りうるのはFlynn (1948) で記載された *Prosqualodon davidis* のみである。ただしFlynn (1948) では手根骨・中手骨について詳細な検討を行っておらず、手根骨の同定についての言及は無い。またこの標本は第一中手骨など一部の骨を欠損している上に、橈骨・尺骨の骨端が分離するなど明らかに未成熟個体であり、保存されている手根骨は生体時には軟骨組織に囲まれていたことが示唆されている（Flynn, 1948）。さらに本研究ではこの標本について直接観察を行っていない。本論文の目的は今回発見された標本についての検討であり *P. davidis* の手根骨についての詳細な検討は本論文の目的を超えるため、*P. davidis* の保存される手根骨の同定については議論を控える。

このように既報の化石標本から得られる情報は非常に限られており、現時点では現生ガンジスカワイルカにみられる手根骨の特徴について、ガンジスカワイルカ上科内での形質分布を検討することは事実上不可能である。このことから本論文では、基本的にAnderson (1878) の見解に基づいたガンジスカワイルカとの比較により議論を進め、ガンジスカワイルカ上科の初期の系統として適宜 *P. davidis* についても言及して議論を行う。

前述の既報論文においてガンジスカワイルカでは橈骨及び尺骨と接する手根骨は中間手根骨とする点では共通しており、今回報告する標本における当該位置にある手根骨は中間手根骨であると判断される（図2及び図3Aのi）。次に本標本において中間手根骨の尺側に位置し、尺骨と接する手根骨について検討すると、Anderson (1878) でこの手根骨にあたるのは第四・五手根骨（fourth and fifth carpal bones, unciform bone）と癒合した尺側手根骨である（以下ではこの場合も尺側手根骨と記述する）（図3B）。なお現生ガンジスカワイルカでは中間手根骨と尺側手根骨の間には第三手根骨（third carpal bone, magnum bone）が位置し、中間手根骨と尺側手根骨は接することはない（図3B）。これに対して本標本では中間手根骨と尺側手根骨は接している（図2; 図3A）。中間手根骨と尺側手根骨が接するという配列パターンはムカシクジラ類などでも見られることから、本標本でみられる特徴は祖先的な形態であると考えられる。

次に本標本において尺側手根骨の尺側に保存される2つの骨について検討する。これらのうち近位に位置する骨は尺側手根骨に加えて尺骨とも接し、残る一方は尺側手根骨に接する(図2A, B; 図3A)。ガンジスカワイルカにおいてこれらの位置を占める手根骨は前者が第五中手骨(fifth metacarpal bone), 後者が第四中手骨(fourth metacarpal bone)とする点は既報論文において共通しており、本論文でも同様に判断した。

ところで多くのハクジラ類では中間手根骨と尺側手根骨の間にムカシクジラ類など祖先的なクジラ類において遠位列を構成していた手根骨の要素が位置している(例えば第

四・五手根骨)。ガンジスカワイルカにおいても中間手根骨と尺側手根骨の間は第三手根骨が位置する(図3B)。そこで単純に位置関係だけでいえば、今回報告する標本において尺側手根骨とした手根骨をガンジスカワイルカの“第三手根骨”に相当する骨、第五中手骨とした骨を“尺側手根骨”に相当する骨と考えることも可能ではある。しかしこのような判断は下記の理由によって採用しない。

クジラ類において祖先的な形質を示すと考えられるムカシクジラ類では手根骨の近位列は橈側手根骨、中間手根骨、尺側手根骨、副手根骨(accessory carpal bone)によって構成されており、遠位列を構成する手根骨の要素が尺骨

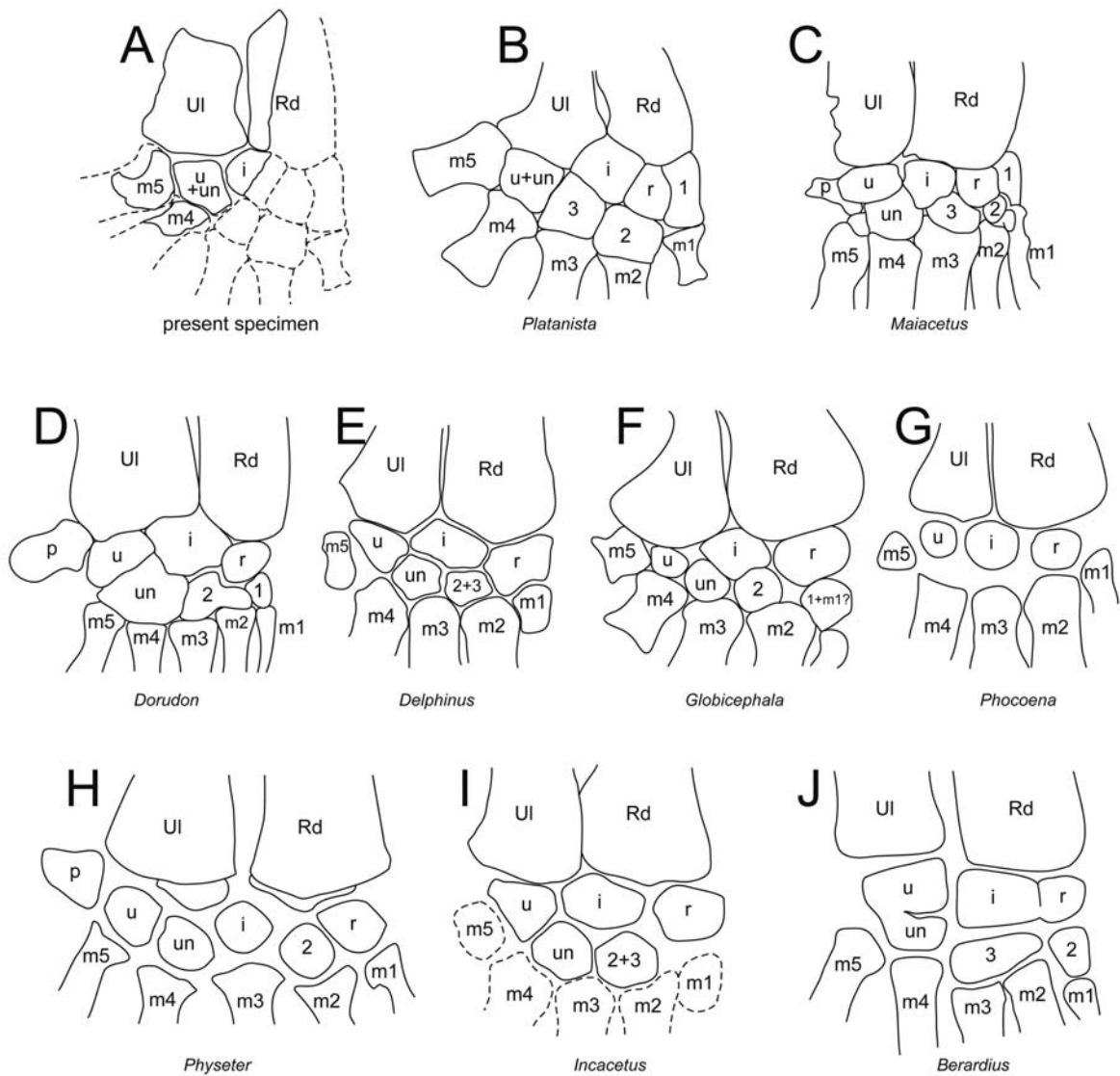


図3. ムカシクジラ類・ハクジラ類における手根骨・中手骨の配列パターンの模式図(いずれも右の外面観)。各図のスケールは任意。A, 石見層群川合層産ガンジスカワイルカ類(GMNH-PV-2553); B, *Platanista gangetica* (Anderson, 1878); C, *Maiacetus inuus* (Gingerich et al., 2009); D, *Dorudon atrox* (Uhen, 2004); E, *Delphinus delphis* (Colbert, 1944); F, *Globicephala melas* (Flower, 1885); G, *Phocoena sinus* (Ortega-Ortiz et al., 2000; Mellor et al., 2009); H, *Physeter macrocephalus* (Flower, 1868; Cooper et al., 2007); I, *Incacetus broggii* (Colbert, 1944); J, *Berardius bairdii* (Flower, 1872)。略号:i, 中間手根骨(intermediate carpal bone, lunate bone); m1-m5, 第一~第五中手骨(first-fifth metacarpal bones); p, 副手根(accessory carpal bone, pisiform bone); r, 橈側手根骨(radial carpal bone, scaphoid bone); Rd, 橈骨(radius); u, 尺側手根骨(ulnar carpal bone, cuneiform bone); UI, 尺骨(ulna); un, 第四・五手根骨(fourth and fifth carpal bones, unciform bone); 1, 第一手根骨(first carpal bone, trapezium bone); 2, 第二手根骨(second carpal bone, trapezoid bone); 3, 第三手根骨(third carpal bone, magnum bone)。なお「+」はそれぞれの癒合を示す。破線は推定。

と接することは無い(図3C, D:Thewissen *et al.*, 1996; Uhen, 2004). したがってムカシクジラ類において遠位列を構成していた手根骨の要素(例えば第三手根骨)が尺骨と接するという形質は派生的な形質であると判断される. なおガンジスカワイルカでは第三手根骨と尺骨とはほぼ接しない(図3B: Anderson, 1878など).

仮に今回の標本で中間手根骨の尺側に位置する手根骨が“第三手根骨”, そしてさらにその尺側の骨を“尺側手根骨”だとすると, 明らかに“尺側手根骨”よりも“第三手根骨”の方が広い尺骨との接する面を持つ. しかし前述のように現生のガンジスカワイルカでは第三手根骨と尺骨はほぼ接しない上に, 初期のガンジスカワイルカ上科の系統であると考えられる*P. davidis*ではムカシクジラ類などと同様の遠位列・近位列の2列から成る手根骨の配列パターンを保持しており(図4; Flynn, 1948: pl.1, fig.6), このようなガンジスカワイルカにみられる形質はクジラ類において祖先的な形質であると考えられる. したがってこのような同定の場合, 本標本ではガンジスカワイルカ上科内で独自に派生的な形質を獲得した, あるいはガンジスカワイルカ上科内でムカシクジラ類において遠位列を構成していた手根骨(第三手根骨)が広く尺骨に接するという派生的なパターンを獲得した後, 現生ガンジスカワイルカを含む系統において再び尺骨と第三手根骨がほぼ接しないという祖先的な形質を獲得したと考えざるを得ない. 現時点では, 手根骨の配列について情報をもたらすことのできるガンジスカワイルカ上科の化石標本がほとんどなく, ガンジスカワイル



図4. *Prosqualodon davidis* の前肢 (Flynn, 1948より引用).

カ上科において上記のような手根骨の配列パターンの進化が起こっていたとする考えを否定することは困難である. しかしながら, 本標本でも現生ガンジスカワイルカ同様に中間手根骨の尺側にある手根骨を尺側手根骨と判断する場合の方が, 前述のような仮定を考えるよりも最節約的な形態の変化系列によって説明が出来る. したがって, ここでは上述及び図2及び図3Aに示したように判断した.

ところで手根骨の配列を検討できる化石標本が少ないため詳細な議論は出来ないが, 前述のように初期のガンジスカワイルカ上科の系統と考えられる*P. davidis*では明瞭ではないもののムカシクジラ類などと同様の近位列及び遠位列という2列からなる手根骨のパターンを持っていたと考えられる(図4; Flynn, 1948: pl.1, fig.6). したがってこのような配列パターンに対して, ガンジスカワイルカでは中間手根骨と尺側手根骨の間に第三手根骨が位置し, 中間手根骨と尺側手根骨は接しないという派生的な配列パターンを獲得したと考えることが出来る. 同様の傾向はマイルカ下目でも観察される. すなわち下部中新統産の*Incacetus* (ケントリオドン科)ではおおむね近位列及び遠位列という2列から成る手根骨のパターンを保持しており(Colbert, 1944), マイルカ下目における祖先的な形質を示していると考えられる(図3I). これらのことは現生の一部のクジラ類にみられる手根骨の配列パターンの顕著な変化は, いくつかの系統で独自に獲得されたことを示唆している.

系統的な位置付け

本標本ではMuizon (1987, 1991, 1994) がガンジスカワイルカ上科の標徴形質と指摘した肩甲骨に見られる2形質を獲得している. すなわち1) 烏口突起は発達しない, 2) 肩峰は肩甲骨の前縁に位置し, 棘上窩は発達しない. したがって本標本はガンジスカワイルカ上科であると判断される. ところで*Phoberodon*やアロデルフィス科など初期に分化したと考えられているガンジスカワイルカ上科の系統では肩甲骨に見られる上記の2形質のうちの2)の形質を獲得していないことが指摘されており(Cabrera, 1926; Kimura *et al.*, 2011), ガンジスカワイルカ上科の系統分類あるいは標徴形質について再検討が必要であろう. ただし上記の2形質をともに獲得しているのはガンジスカワイルカ上科に含まれるクジラ類のみであるため, いずれにしても本標本がガンジスカワイルカ上科である結論に影響は無い.

肩甲骨に見られる派生形質に加え, 本標本では尺骨及び橈骨と比較して上腕骨が顕著に長い. 本標本では橈骨が破損しているため本来の長さが不明瞭ではあるが, 橈骨保存長に対して上腕骨長は約1.8倍である. また本標本で完全に保存されている尺骨において検討すると, 尺骨長に対する上腕骨長は約1.9倍である. このように橈骨・尺骨に対して, 上腕骨が顕著に長いという特徴は, クジラ類では一般的な形質ではない一方で, 現生のガンジスカワイルカで

は本標本と同様の特徴を持つ (Howell, 1930; Benke, 1993). またガンジスカワイルカ上科の化石標本でも *P. davidis* では約1.5倍 (橈骨長に対する上腕骨長) 及び約1.7倍 (尺骨前縁長に対する上腕骨長) (Flynn, 1948), また Kazár (2010) において *Pachyacanthus suessii* として報告された標本では橈骨長あるいは尺骨前縁長に対する上腕骨長はそれぞれ約1.4-1.6倍となる (Kazár, 2010). ただし現生ハクジラ類において尺骨・橈骨よりも上腕骨が長いという特徴は、ガンジスカワイルカほど顕著ではないもののマッコウクジラ類など複数の系統でみられる。そのため系統を議論する上では慎重な検討が必要であるが、このような特徴は本標本がガンジスカワイルカ上科に含まれる事の傍証とはなり得る。

さらに本標本では第五中手骨が尺骨と接している。このような形質はガンジスカワイルカにおいて普遍的に観察されるが (Pilleri and Gühr, 1976a など), 他のクジラ類において一般的な特徴ではないためガンジスカワイルカの特徴のひとつと考えられる。同様の形質は *Globicephala* 属や *Pontopora* 属などでも報告があり (Flower, 1885: 図3F; Pilleri and Gühr, 1976b), この形質にもとづいた系統の議論を行うには慎重な検討が求められるが、この様な形態も本標本がガンジスカワイルカ上科に含まれる事の傍証となる。

次にガンジスカワイルカ上科内における本標本の系統的な位置付けについて検討する。本標本の尺骨について注目すると、本標本の尺骨では肘頭が発達しない。このような形態は派生的な形質であると考えられ、ガンジスカワイルカでも普遍的に見られる (Anderson, 1878; Pilleri and Gühr, 1976a; Benke, 1993 など)。また *Pachyacanthus suessii* でも尺骨では肘頭が発達していない。*Pachyacanthus* 属の科の所属については議論の余地が残されるものの、ガンジスカワイルカ科であることが示唆されている (Kazár, 2010)。その一方で *Squalodon calvertensis* 及び *S. bellunensis* (スクアロドン科) や *Notocetus marplei* (スクアロデルフィス科), *P. davidis* は明瞭に発達した肘頭を保持しており (Dal Piaz, 1916; Kellogg, 1923; Flynn, 1948; Dickson, 1964; Kazár and Bohaska, 2008), これらとは明らかに区別される。また上腕骨に注目すると、現生ガンジスカワイルカでは棘下筋窩を欠くが (Benke, 1993; USNM 172409), 本標本では棘下筋窩が明瞭に発達しており、祖先的な形態を示している。ガンジスカワイルカ上科の化石標本では *S. calvertensis* や *P. suessii* でも本標本同様に棘下筋窩の発達が見られる (Kazár and Bohaska, 2008; Kazár, 2010)。

このように尺骨の形態では本標本はガンジスカワイルカ科との近縁性が示唆され、さらに上腕骨の形態により現生のガンジスカワイルカに対して祖先的な特徴を保持した系統であることが示唆される。しかしながら本標本は保存される部位が断片的であるため、十分な分類学的検討を行うことは困難である。したがってここでは今回の標本をガンジスカワイルカ上科として報告するにとどめる。

これまで北西太平洋域ではガンジスカワイルカ上科の化石記録はそれほど多くない (Siryk and Dubrovo, 1970; Kimura *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2011 など)。また本標本は島根県から報告された初のガンジスカワイルカ類の化石である。さらに本標本は手根骨・中手骨の配列について情報を得ることが出来る貴重な化石標本であり、クジラ類の進化を考察する上での重要な基礎情報のひとつとなるだろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり島根大学の林 広樹准教授には石見層群川合層と久利層の年代及び層序についてご教示いただいた。福井県立恐竜博物館の一島啓人氏には査読者として多くの建設的なご指摘をいただいた。千葉県立中央博物館の伊左治鎮司氏及び加藤久佳氏には標本についての貴重なご意見をいただいた。Museum VictoriaのErich M.G. Fitzgerald氏には標本についてのコメントをいただくとともに英文要旨の校閲をしていただいた。記して御礼申し上げます。

引用文献

- Anderson, J. (1878) : Anatomical and zoological researches; Comprising an account of the zoological results of the two expeditions to western Yunnan in 1868 and 1875 and a monograph of the two genera, *Platanista* and *Orcella*. 2 Vols. Bernard Quaritch, London, 985pp.
- Benke, H. (1993) : Investigations on the osteology and the functional morphology of the flipper of whales and dolphins (Cetacea). *Investigation on Cetacea*, 24:9-252.
- Blow, W.H. (1969) : Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In Brönnimann, P. and Renz, H.H. (eds.) Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, E. J. Brill, Leiden, p.199-422.
- Cabrera, A. (1926) : Cetáceos fósiles del Museo de la Plata. *Revista del Museo de la Plata*, 29:363-411.
- Colbert, E.D. (1944) : A new fossil whale from the Miocene of Peru. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 83:195-216.
- Cooper, L.N., Berta, A., Dawson, S.D. and Reidenberg, J.S. (2007) : Evolution of hyperphalangy and digit reduction in the cetacean manus. *The Anatomical Record*, 290:654-672.
- Dal Piaz, G. (1916) : *Squalodon*. *Memorie dell' Istituto Geologico della R. di Padova*, 4:1-94.
- Dickson, M.R. (1964) : The skull and other remains of *Prosqualodon marplei*, a new species of fossil whale. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 7:626-635.
- Flower, W.H. (1867) : Description of the skeleton of *Inia geoffrensis* and the skull of *Pontoporia blainvillei*, with remarks on the systematic position of these animals in the Order Cetacea. *Transactions of the Zoological Society of London*, 6:87-116.
- Flower, W.H. (1868) : On the osteology of the cachalot or sperm-whale (*Physeter macrocephalus*). *Transactions of the Zoological Society of London*, 6:309-372.

- Flower, W.H. (1872) : On the recent ziphoid whales, with a description of the skeleton of *Berardius arnouxii*. *Transactions of the Zoological Society of London*, 8: 203-234.
- Flower, W.H. (1885) : Introduction to the osteology of Mammalia. 3rd ed. MacMillan and Co., London, 382 pp.
- Flynn, T.T. (1948) : Description of *Prosqualodon davidi* Flynn, a fossil cetacean from Tasmania. *Transactions of the Zoological Society of London*, 26: 153-196.
- Fordyce, R. E. and Muizon, C. de, 2001 : Evolutionary history of cetaceans: a review. In Mazin, J.-M. and Buffr' enil, V. de. (eds.) Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, M" unchen, Germany, p. 169-233.
- Gihir, M., Kraus, C. and Pilleri, G. (1982) : The manus of *Pseudorca crassidens* (Owen) : a study of variability. *Investigations on Cetacea*, 13: 101-124.
- Gingerich, P. D., ul-Haq, M., von Koenigswald, W., Sanders, W. J., Smith, B.H. and Zalmout, I. S. (2009) : New Protocetid Whale from the Middle Eocene of Pakistan: Birth on Land, Precocial Development, and Sexual Dimorphism. *PLoS ONE* 4(2) : e4366. doi:10.1371/journal.pone.0004366.
- 林 広樹・橋野慎平・野村律夫・田中裕一郎 (in press) 島根県大田市の模式地における中新統久利層の生層序. 地質学雑誌.
- Howell, A.B. (1930) : Aquatic mammals: their adaptations to life in the water. Charles C. Thomas, Springfield, 338pp.
- 黄 敦友・岡本和夫 (1979) : 山陰川合累層および相当層の浮遊性有孔虫化石群集. 瑞浪市化石博物館研究報告, (6) : 101-110.
- Jefferson, T.A., Webber, M.A. and Pitman, R.L. (2008) : Marine mammals of the world: A comprehensive guide to their identification. Academic Press, London, 573pp.
- 鹿野和彦・宝田晋治・牧本 博・土谷信之・豊 遙秋 (2001) : 温泉津及び江津地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 129pp.
- Kazár, E. (2010) : Revision of the genus *Pachyacanthus* Brandt, 1871 (Mammalia: Cetacea: Odontoceti). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A*, 112: 537-568.
- Kazár, E. and Bohaska, D.J. (2008) : Toothed whale (Mammalia: Cetacea: Odontoceti) Limb bones of the Lee Creek Mine, North Carolina. *Virginia Museum of Natural History Special Publication*, 14: 271-324.
- Kellogg, R. (1923) : Description of two squalodonts recently discovered in the Calvert Cliffs, Maryland; and notes on the shark-toothed cetaceans. *Proceedings of the U. S. National Museum*, 62: 1-69.
- 木村敏之 (2012) : クジラ類の進化をたどる. In 村山司・森阪匡通 (編) ケトスの知恵. 東海大学出版会, 神奈川, p.68-87.
- Kimura, T., Barnes, L.G. and Rivin, M.A. (2011) : The platanistoid family Allodelphinidae, and a new Early Miocene species from central Japan. Abstract of Sixth Triennial Conference on Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water, p.44-45.
- Kimura, T., Hasegawa, Y. and Okumura, Y. (2009) : Early Miocene platanistoid from the Mizunami Group, Central Japan. *Paleontological Research*, 13: 167-171.
- Lee, Y.-N., Ichishima, H. and Choi, D.K. (2011) : First record of a platanistoid cetacean from the middle Miocene of South Korea. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 32: 231-234.
- Martini, E. and Worsley, T. (1970) : Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation. *Nature*, 225: 289-290.
- Mellor, L., Cooper, L.N., Torre, J. and Brownell, R.L.Jr. (2009) : Paedomorphic ossification in porpoises with an emphasis of the Vaquita (*Phocoena sinus*). *Aquatic Mammals*, 35: 193-202.
- Muizon, C.de (1987) : The affinities of *Notocetus vanbenedeni*, an Early Miocene platanistoid (Cetacea, Mammalia) from Patagonia, southern Argentina. *American Museum Novitates*, 2904: 1-27.
- Muizon, C.de (1991) : A new Ziphiidae (Cetacea) from the Early Miocene of Washington State (USA) and phylogenetic analysis of the major groups of odontocetes. *Bulletin du Muséum national d' Histoire naturelle, Paris, 4e série, section C*, 12: 279-326.
- Muizon, C.de (1994) : Are the squalodonts related to the platanistoids? *Proceedings of the San Diego Society of Natural History*, 29: 135-146.
- 日本獣医解剖学編 (2000) : 獣医解剖・組織・発生学用語. 日本中央競馬会, 1644pp.
- Oishi, M. and Hasegawa, Y. (1994) : A list of fossil cetaceans in Japan. *The Island Arc*, 3: 493-505.
- Okada, H. and Bukry, D. (1980) : Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology*, 5: 321-325.
- Ortega-Ortiz, J.B., Villa-Ramirez, B. and Gersenowies, J.R. (2000) : Polydactyly and other features of the manus of the Vaquita, *Phocoena sinus*. *Marine Mammal Science*, 16: 277-286.
- Pilleri, G. and Gihir, M. (1976a) : The function and osteology of the manus of *Platanista gangetica* and *Platanista indi*. *Investigations on Cetacea*, 7: 109-118.
- Pilleri, G. and Gihir, M. (1976b) : On the manus of the La Plata Dolphin, *Pontoporia blainvillei*. *Investigations on Cetacea*, 7: 119-128.
- Simpson, G.G. (1945) : The principles of classification, and a classification of mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 85: 1-350.
- Siryk, I.M., and Dubrovo, I.A. (1970) : Fossil whale in the Miocene sediments of southern Sakhalin. *Geologiya i Geofizika*, 1970 (9) : 123-129
- Thewissen, J.G.M., Madar, S.I. and Hussain, S.T. (1996) : *Ambulocetus natans*, an Eocene cetacean (Mammalia) from Pakistan. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 191: 1-86.
- Turner, W. (1910) : The morphology of the manus in *Platanista gangetica*, the dolphin of the Ganges. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 30: 508-514.
- Turner, W. (1912) : The Marine Mammals of the Anatomical Museum of the University of Edinburgh. Macmillan and Co. Ltd., London, 207pp.
- Uhen, M.D. (2004) : Form, function, and anatomy of *Dorudon atrox* (Mammalia, Cetacea) : an archaeocete from the middle to late Eocene of Egypt. *University of Michigan, Papers on Paleontology*, (34) : 1-222.