

瑞浪市化石博物館研究報告 第 50 巻, 第 3 号, 29–42, 11 figs.  
Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, vol. 50, no. 3, 29–42, 11 figs.  
©2024, Mizunami Fossil Museum  
Manuscript accepted on February 16, 2024; published on March 29, 2024.

## パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の産状と骨格

北川博道\*

\*埼玉県立自然の博物館 〒369-1305 埼玉県秩父郡長瀬町長瀬 1417-1

### Skeleton and taphonomy of the “Paleoparadoxiid Mizunami-Kamado specimen” from the Shukunohora Formation, Mizunami Group in Mizunami City, central Japan

Hiromichi Kitagawa\*

\*Saitama Museum of Natural History, 1417-1 Nagatoro, Nagatoro-machi, Chichibu-gun, Saitama 369-1305, Japan  
< k.hiromichi.dr@gmail.com >

#### Abstract

“Paleoparadoxiid Mizunami-Kamado specimen” is a well-preserved whole skeleton of paleoparadoxiid that was excavated from Kamado-cho, Mizunami City Gifu prefecture in June 2022. Each bone is preserved very well, and the bone and other fossils have plenty of information about the situation before they became fossilized. Therefore, this study records the positions of each body part of this specimen and other fossils preserved together with the specimen to discuss the taphonomy and the growth of bones of the specimen.

A total of 119 bones were collected, including the skull, mandible, vertebrae, ribs, hindlimbs, and sternal bones of the specimen, but it lacks the forelimbs. The growth of these bones was almost stopped, which suggests the specimen is a mature individual. After comparison with other specimens of paleoparadoxiid, the specimen in this study turned out to be one of the most mature specimens of Paleoparadoxiidae. Fossil remains of molluscs, barnacles, decapods, sharks and plants were collected from around the specimen. Some barnacles and molluscs attached to some bones. The information of this specimen and other fossils suggest that the carcass drifted on the sea before going down to the sea bottom and took much time to deposit.

*Key words:* Paleoparadoxiidae, Desmostylia, taphonomy, Miocene

#### 1. はじめに

古脊椎動物において産状は、部位の同定の根拠やその標本の埋積過程を知る上で、更にはその動物の古生態や形態を知る上でも重要である。しかしながら、緊急発掘などの時間的な制約がある場合には、このような記録を残すことが出来ないこともあり、その結果多くの情報が化石の発掘・剖出(クリーニング)作業の途上で失われてしまう。また、そもそも産状の記録が全くない標本もある。

パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本は、1984年に

福島県から産出した梁川標本(長谷川・竹谷, 1994)以来約 40 年ぶりに発見された全身骨格であることから、その産状を記録することは過去の産出例との比較のみならず、今後の再検証のためのデータとしても重要と考え、詳細な産状図を作成し、各部位の同定並びに成長段階の検討を行った。

#### 2. 産状図の作成と部位同定

##### 2.1. 発掘と産状図の作成

瑞浪釜戸標本は、2022年(令和4年)6月5日に岐阜県瑞浪市釜戸町の土岐川河床から発見され、6月9

～10 日に現地発掘が行われ, 大きさの異なる 3 つのブロックで切り出された (Fig. 1). 本稿では, 最も大きな長辺約 2 m, 短辺約 1.5 m の大きさのブロックをブロック 1, 長辺約 1 m, 短辺約 50 cm のブロックをブロック 2, 縦横 50 cm の最も小さなブロックをブロック 3 と呼称する. これらのブロックは, それぞれ割出作業が進められたため, 産状図もブロックごとに作成した後に, 発掘調査時の情報を元に組み合わせた. それぞれの産状図は割出が進められる段階の 2022 年 7 月 23 日, 9 月 22 日, 11 月 19 日のそれぞれの時点で状態を観察し, 記録した. それらの日以外に産出した板鰓類(サメ・エイの仲間)の歯の産出箇所は安藤が記録した.

化石が露出している現場において産状図を作成する際には, 露頭に水系等を張りグリッド線を引いてスケッチ等を行うが, 瑞浪釜戸標本はブロックで切り出され, 割出作業と同時進行で産状図の作成を行わなければならなかったため, 木枠に水系を張り, 20 cm グリッドを作成した. さらに木枠の三方に 100 円ショップで売っている突っ張り棒を設置した. 突っ張り棒はその長さを調整することができるため, 平面でなくとも水平がとりやすく, また, 直接化石に木枠等が当たらないよう高さを調整することができる. 尾椎から頭側に基準線を設け, この基準線に沿って木枠を移動させながら肉眼観察

を行った. ブロック 3 は小型であるため, 水系を追加し, 10 cm グリッドとした (Fig. 1d). 記録は, 骨の露出状況の他, 風化面や, 共産化石についても記録した. 特に蔓脚類(フジツボやエボシガイの仲間)などの付着生物やサメの歯の産出位置について記録した.

## 2.2. 同定と計測

比較には瑞浪市化石博物館所蔵の泉標本(井尻・亀井, 1961; Shikama, 1966)の全身復元骨格(レプリカ), 埼玉県立自然の博物館所蔵の大野原標本, 般若標本(坂本, 1983)を用いた.

解剖学用語は基本的に加藤・山内(2003)や坂井・松村(2007)に従うが, 足根骨などについては Inuzuka (2005)に従い, それを和訳し用いた. 胸骨を構成する個々の骨の名称については, それぞれの研究で異なる. そもそも胸骨は, 胸骨柄, 胸骨体, 剣状突起の 3 部に区分されるが(加藤・山内, 2003), これらは, 分節的に数個の胸骨片(鶴木, 1958 では胸骨分節)から成立し, 合体したもので, 鶴木(1958)はヒトの胸骨について, 胸骨柄により形成される分節(胸骨片)を第 1 分節とし, 以下各分節を第 2 分節, 第 3 分節と呼称している. パレオパラドキシアの胸骨は, 1 つの胸骨柄と, 胸骨体を構成する複数の胸骨片からなる. この胸骨片は,

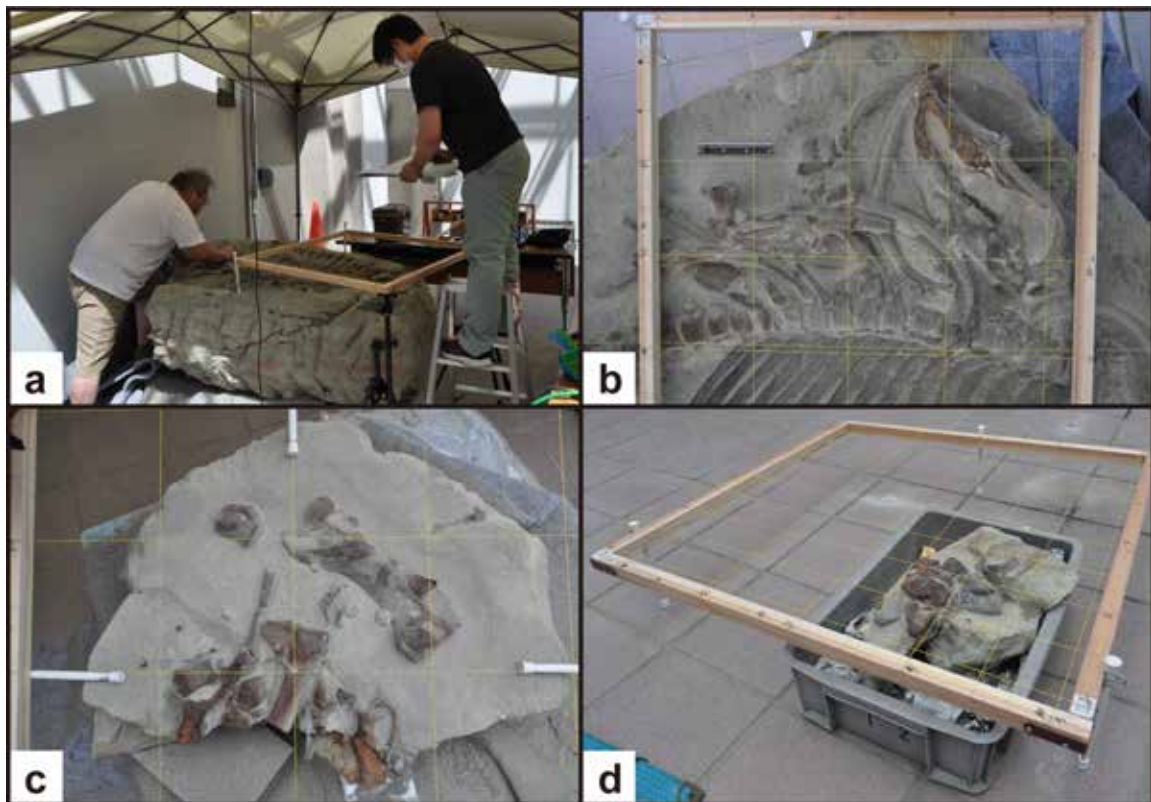


Fig. 1. 化石を含む各ブロックと産状図作成の様子. a, ブロック 1 の産状図作成の様子; b, ブロック 1 とグリッド枠; c, ブロック 2 とグリッド枠. 枠の固定のために突っ張り棒を横にして設置している; d, ブロック 3 とグリッド枠. 水系を足して 10 cm グリッドにしている. 突っ張り棒を枠の横に設置することによって, ブロック上にグリッドが来るように調整している.

正中で左右両半部に分かれ、左右対となる。長谷川・竹谷(1994)は、パレオパラドキシア梁川標本の胸骨について、胸骨柄と左右第1~4胸骨としている。本研究では、鶴木(1958)を参考にし、胸骨柄を構成する胸骨片を第1胸骨と呼称し、以下、左右第2胸骨、左右第3胸骨、左右第4胸骨と呼称する。

計測にはタジマ製デジタルノギスと山越製作所製マルチン氏式人体計測器、ノジマ製角度計を用いた。

### 2.3. 骨端閉鎖に基づく成長推定

哺乳類の年齢査定については臼歯を用いることが一般的だが、骨の成長段階を判断するだけでもある程度の推定ができる。大腿骨や上腕骨などの長骨の骨伸長は、骨端等に軟骨が形成され、その軟骨が骨へと置換される軟骨内骨化というプロセスを経て行われる。この軟骨を骨端軟骨と呼ぶが、この軟骨は成長が終わると骨化(骨端閉鎖)する(Fig. 2)。各部位に存在する骨端が閉鎖するタイミングは異なるため、各部位がどれだけ骨端閉鎖しているか観察することで、その個体の成長を推定することができ、他の標本と比較をする事により相対的にそれぞれの成長段階を検討することができる。なお、Fig. 2.1は椎弓と椎体が未骨化であり、癒合していない。Fig. 2.2は椎弓と椎体は骨化しているものの、骨端円板は未骨化であり、外れている。Fig. 2.3は骨端円板も骨化している。

各部位の骨端閉鎖の観察については、北川(2019)に従い、骨端閉鎖しているか、していないかのみを判断した。



**Fig. 2.** パレオパラドキシア椎骨における骨端閉鎖過程(北川, 2019の図を引用)。1, 大野原標本第3胸椎。2, 大野原標本第15胸椎。3, 般若標本第1腰椎。a, 後面観; b, 前面観。

## 3. 産状の記載

### 3.1. 骨格

#### (1) 埋積状況

骨格はほぼ2m×1mの範囲にまとまっている。右足を外側に開き、全体に仰向けに近い状態である。頭骨は右側面を上にし、強く後方に引っ張られる形で、中位胸椎右側に頭頂部を向けて位置し、恐竜化石などで見られる“デスポーズ”のような位置関係を取る。そのため、頸椎は前方に凸のUの字を描き、強く湾曲する。頭骨から第1尾椎まではほぼ関節した状態を維持している。左肋骨は生息時の位置関係をほぼ保持しているが、右肋骨は左肋骨に比べ、かなり乱れる。右肋骨の一部は、頸椎や頭骨の上部や頭骨の吻部の先に散らばるが、肋骨が頭骨や椎骨の下に入り込むことはない。胸骨はある程度まとまって右肋骨周辺から産出しているが、生息時の位置関係を保っていない。右後肢は大腿骨から指骨まで、ほぼ交連状態を保っている、特に右腓骨と右脛骨の遠位関節から右第4基節骨までは、ほぼ生息時の関節した状態を保持している。一方で左後肢骨は元の位置から大きく移動している。左大腿骨、左脛骨は寛骨周辺にあるが、一部左踵骨や左立方骨は右肋骨周辺まで移動している。なお、前肢骨は左右共に肩甲骨から指骨に至るまで産出していない。

#### (2) 風化浸食状況

発見前に河床に露出していたことにより、現在の河川による風化浸食を受けている。産状図(Fig. 3)では、浸食を受けている箇所を斜線で示した。

上顎骨吻部右側面、右下顎骨右側面、第2腰椎から仙骨、左右腸骨などにも浸食面がみられる。後肢骨では、右大腿骨、右脛骨、右足根骨などに浸食面がみられる。中でも右脛骨は浸食により大部分が失われている。

#### (3) コンクリーション(ノジュール)

母岩よりも明らかに硬質化しているコンクリーション状の構造が左肋骨内側並びに右肋骨や頭骨周辺に見られた。産状図(Fig. 3)では、コンクリーション及び骨片様化石として記載した。

左肋骨の内側にはコンクリーション状の構造が約10cmの幅で、遠位部と近位部の2列に分かれ、帯状に脊椎と並行に分布していた。右肋骨周辺や頭骨周辺に見られたものは、直径2cmから3cmの球状で、中には黒色の骨片様化石がみられた。なお、コンクリーション状の構造については村宮・吉田(2024)、骨片様化石については中島ほか(2024)によりその正体や成因の一端が明らかになっている。

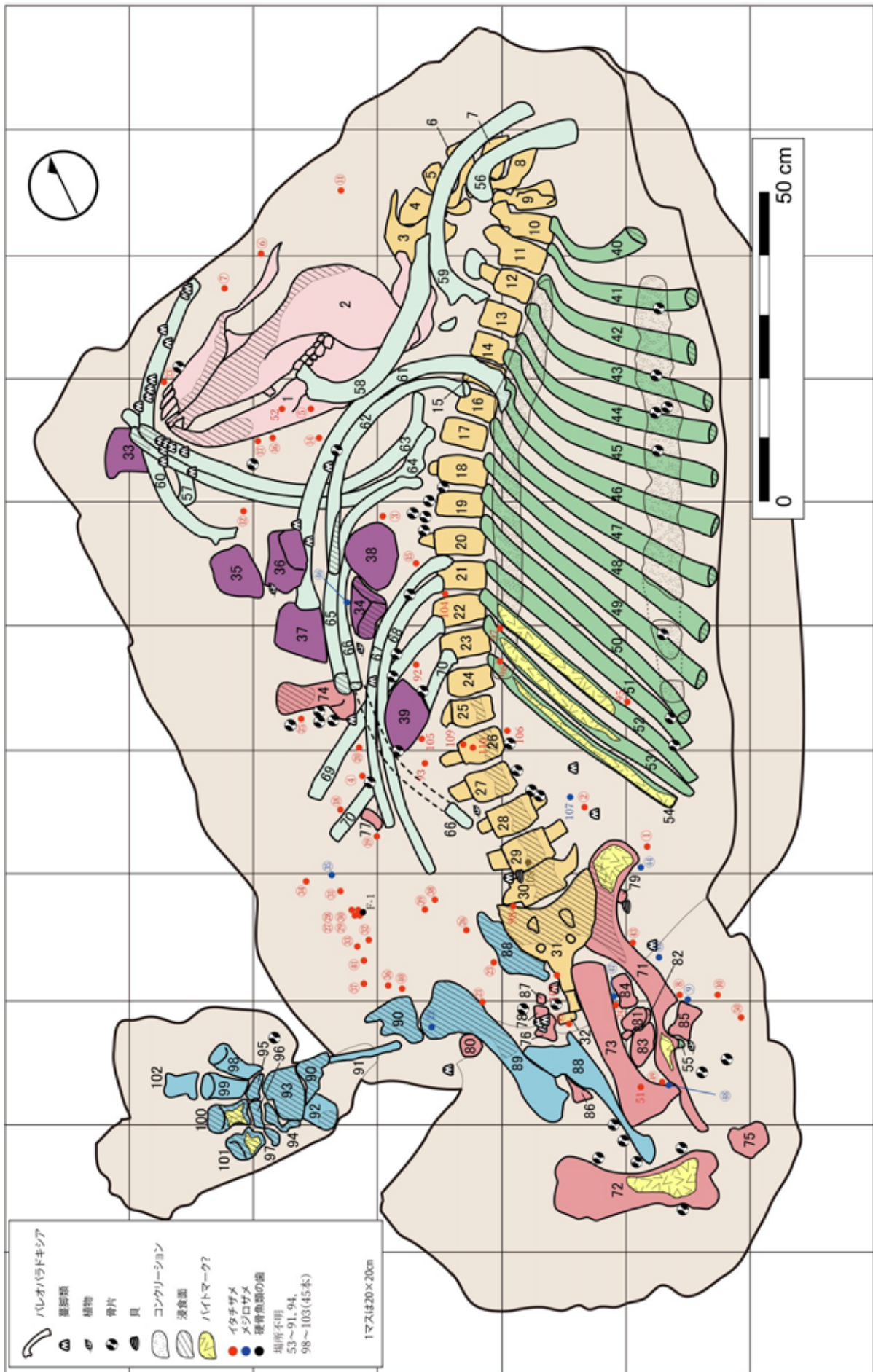
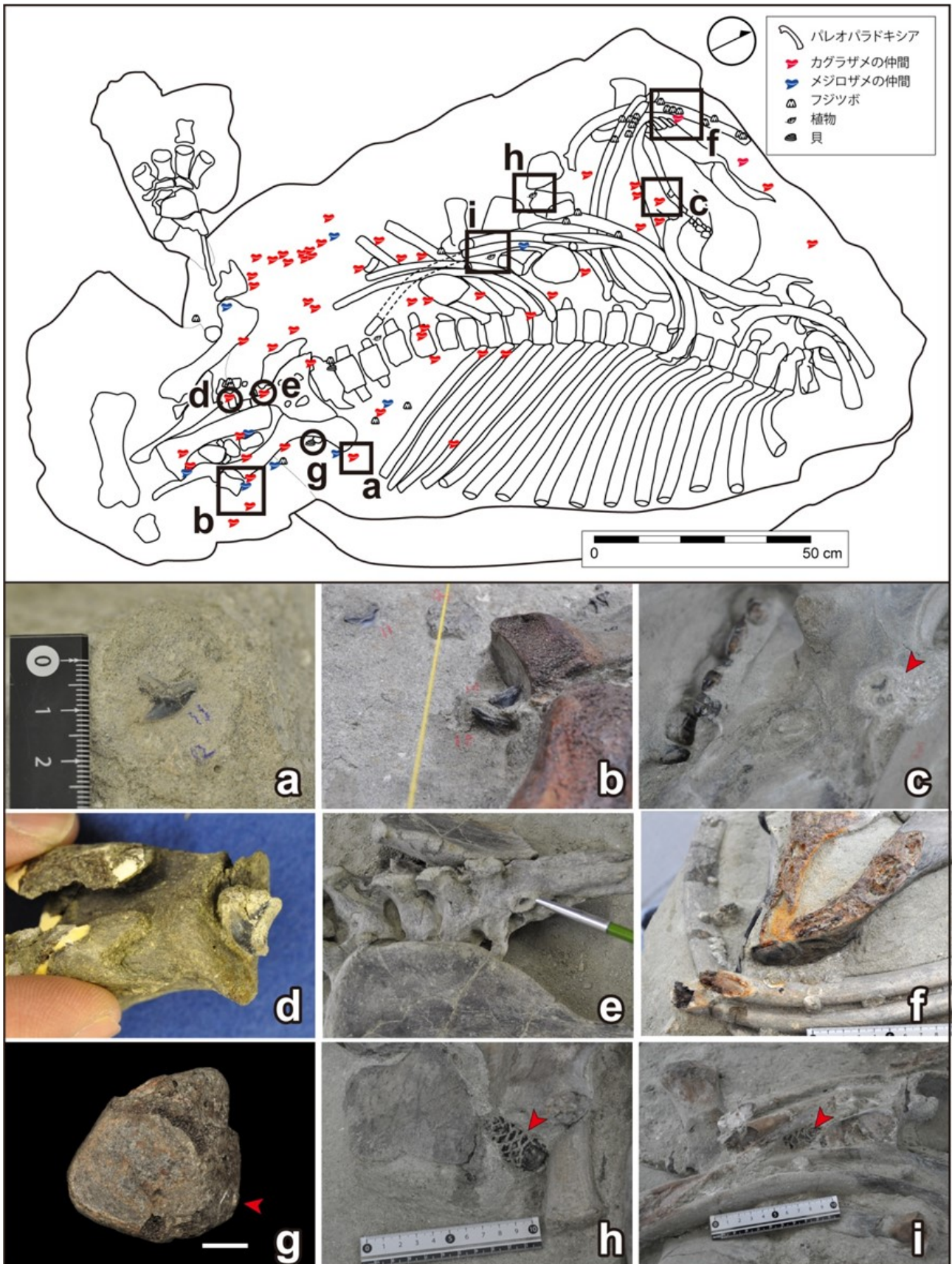


Fig. 3. パレオパロドキシア瑞浪釜戸標本の産状図.



**Fig. 4.** 共産化石の産状図における位置. 上図は産状図における位置を示す. **a-e**, サメの歯の産状. **c**, 頭骨右外側面における産状. **e**, 仙骨左背側面における産状. **f**, 頭骨付近に埋没する肋骨付近の蔓脚類の産状. **g**, カキ類の産状, 左外側楔状骨内側面に付着したカキ類. **h-i**, マツ科球果の産状.

**Table 1.** 産出部位リスト. 番号は Fig. 3 の産状図と対応する. 番号の無い部位は正確な産出場所を記録できなかった部位. 99 と 100 の種子骨は, それぞれの中足骨に付随するため同じ番号とした.

No.	部位	No.	部位	No.	部位	No.	部位
<b>頭骨</b>							
1	頭蓋骨	30	第5腰椎	51	左第12肋骨	80	左第2中足骨
2	下顎骨	31	仙骨	52	左第13肋骨	81	左第3中足骨
-	右下顎第1大臼歯	32	第1尾椎	53	左第14肋骨	82	左第4中足骨
<b>椎骨</b>							
3	環椎	-	尾椎	54	左第15肋骨	83	左第5中足骨
4	軸椎	-	尾椎	55	左第16肋骨	84	左第2基節骨
5	第3頸椎	-	尾椎	<b>右肋骨</b>			
6	第4頸椎	-	尾椎	56	右第1肋骨	85	左第4基節骨
7	第5頸椎	-	尾椎	57	右第2肋骨	86	左第5基節骨
8	第6頸椎	-	尾椎	58	右第3肋骨	87	左第2中節骨
9	第7頸椎	-	尾椎	59	右第4肋骨	<b>右後肢骨</b>	
10	第1胸椎	<b>胸骨</b>		60	右第5肋骨	88	右寛骨
11	第2胸椎	33	第1胸骨	61	右第6肋骨	89	右大腿骨
12	第3胸椎	34	左第2胸骨	62	右第7肋骨	90	右脛骨
13	第4胸椎	35	右第2胸骨	63	右第8肋骨	91	右腓骨
14	第5胸椎	36	左第3胸骨	64	右第9肋骨	92	右踵骨
15	第6胸椎	37	右第3胸骨	65	右第10肋骨	93	右距骨
16	第7胸椎	38	左第4胸骨	66	右第11肋骨	94	右舟状骨
17	第8胸椎	39	右第4胸骨	67	右第12肋骨	95	右立方骨
18	第9胸椎	<b>左肋骨</b>		68	右第13肋骨	96	右外側楔状骨
19	第10胸椎	40	左第1肋骨	69	右第14肋骨	97	右中間楔状骨
20	第11胸椎	41	左第2肋骨	70	右第15肋骨	98	右第5中足骨
21	第12胸椎	42	左第3肋骨	-	右第16肋骨	99	種子骨(内側)
22	第13胸椎	43	左第4肋骨	<b>左後肢骨</b>			
23	第14胸椎	44	左第5肋骨	71	左寛骨	99	種子骨(外側)
24	第15胸椎	45	左第6肋骨	72	左大腿骨	100	右第3中足骨
25	第16胸椎	46	左第7肋骨	73	左脛骨	100	種子骨(内側)
26	第1腰椎	47	左第8肋骨	74	左踵骨	100	種子骨(外側)
27	第2腰椎	48	左第9肋骨	75	左距骨	101	右第2中足骨
28	第3腰椎	49	左第10肋骨	76	左舟状骨	102	右第4基節骨
29	第4腰椎	50	左第11肋骨	77	左立方骨	-	種子骨
				78	左中間楔状骨	-	種子骨
				79	左外側楔状骨		

### 3.2. 共産化石

#### (1) 軟骨魚類(板鰓類)

Fig. 3 に板鰓類(本論では以後サメと記述)の歯化石の産出位置を番号で示しているが, これの番号は採取順に付与したものである. Fig. 4 には, サメの歯化石の産出位置をシンボルで示した. 産状図に位置が記録できたものだけでも 110 本, その他残渣の水洗で得られたものを合わせ, 124 本のサメの歯が産出している. それらのほとんどは *Galeocerdo aduncus* (イタチザメの仲間)と同定された(高桑, 2024). サメの歯の分布は主に寛骨周辺から右後肢骨と右肋骨の間, 頭骨周辺にまとまっており, 左肋骨周辺は少ない. 頭骨や仙骨, 第 1 尾椎にはサメの歯の漂着がみられた. なお, 産出したサメの歯のほとんどは, 舌側面を上にした状態であった(Figs. 4a-e).

#### (2) 硬骨魚類

硬骨魚の歯が 1 点産出した(Fig. 3 の F-1). 他に残渣水洗時に耳石が 3 点産出した.

#### (3) 大型無脊椎動物

蔓脚類の他, 貝類, ウニ類, 十脚類(エビ・カニの仲間)などが産出した. Fig. 4 に蔓脚類と貝類の産出位置をシンボルで示した. 貝類の中でカキ類は左外側楔状骨内側面(Fig. 4g)に付着した状態で産出した. 蔓脚類化石は右肋骨周辺に多く見られた. 特に頭骨吻部付近の肋骨には付着した状態で産出している(Fig. 4f). 一部中央部の右肋骨にも同様に付着した状態で見られた.

#### (4) 植物

Fig. 3 と Fig. 4 にそれぞれシンボルで示した. 第 3 腰椎と第 4 腰椎の間や胸骨と右肋骨の間などに

マツ科球果(松ぼっくり)の化石がみられた(Figs. 4h, i).

#### 4. 産出した部位とその産状

パレオパラドキシアの部分骨は、第1ブロックからは99点、第2ブロックからは14点、第3ブロックからは19点の合計132点が産出し、剖出作業や部位同定の結果、最終的に119点となった(Table 1).

##### 4.1. 頭蓋骨

上顎骨及び左右下顎骨が産出した。右側面を上にし、しっかりと噛み合った状態で産出した。右切歯骨の一部と下顎骨の一部が風化浸食によって失われたため、右上顎第1切歯から犬歯までの大部分を失うが、第3切歯と犬歯の歯根の一部が顎骨の中に残る。同様に下顎も近心の4分の1程度を浸食によって失っているため、右下顎第1切歯は残すものの、第2切歯と第3切歯、犬歯を失っている。

右下顎第1大臼歯1本が単離した状態で産出したほかは全て顎骨に植立した状態である。

頭蓋長は456 mm、最大幅は241 mmである。臼歯は噛み合った状態のため、それぞれの臼歯を計測することは困難であるが、右下顎における歯列長は87.3 mmであった。

腹側から見ると、左右舌骨がほぼ関節した状態で保存されている。特に左舌骨はほぼ生息時の位置と考えられる。それぞれの最大高は、右舌骨が124 mm、左舌骨が123 mmである。

##### 4.2. 椎骨

頸椎7個、胸椎16個、腰椎5個、仙骨1個、尾椎10個が産出した。

###### (1) 頸椎・胸椎・腰椎

第1頸椎から第5腰椎まで一部浸食による欠損はみられるものの、ほぼ完全な状態で交連状態を保ったまま産出した。

頸椎は第1頸椎が頭骨関節窩と、第7頸椎が第1胸椎と関節し、頸椎全体もほぼ交連状態を保っているように見えるが、頭骨が尾側に大きく引っ張られた体勢のため、全体の配置は、頭側に凸のUの字型に強く湾曲し、恐竜などに見られる“デスポーズ”のようになっている。第1頸椎は、尾側から見て時計回りに30度ねじれた状態で頭骨の関節窩に関節しているが、頭骨と第1頸椎の間には隙間は無く、第2頸椎も同様、第1頸椎と関節している。第3頸椎から第7頸椎はほぼ関節状態を維持はしているものの、それぞれの椎骨の前後間隔は、背側が狭まり、腹側は広く開く。そのため第4頸椎の前関節突起は

第3頸椎の後関節突起よりも前方に位置する。また、それぞれの前間接面と後間接面は関節していない。第5頸椎と第4頸椎、第6頸椎と第5頸椎、第7頸椎と第6頸椎は関節していない。このような関節状態のため、背側が狭まる一方で、腹側は広く開くため、椎体はその腹側がずれている。

第1胸椎以下は頸椎の湾曲の影響は受けておらず、前後の関節突起はそれぞれ関節状態を保持している。椎体の中心線は、近位胸椎では左に少し倒れた状態だが、遠位胸椎や腰椎は椎体の中心線がほぼ真上を向く。

###### (2) 仙骨

仙骨はその腹側面を真上に向けている。癒合した5つの仙椎からなり、腹側面の一部を浸食により欠くが、全体の形態をよく残す。第3仙椎と第4仙椎の間の左背側面付近よりサメの歯が産出した(Fig. 4e)が、マトリクスを介しており、骨との直接の接触は確認できない。

腹側面より見ると、第1仙椎と第2仙椎の間の横線は前後に広く開くが、それより後位は閉じている。仙骨孔は4つある。後面観における岬角から仙骨関節までの前後長は203 mm、最大幅は仙骨翼の幅で165 mmである。

###### (3) 尾椎

尾椎は10点産出した。第1尾椎は仙骨のそばから産出した。第1尾椎の尾側関節面にはサメの歯が堆積物を介して付着している。第1尾椎以外は寛骨周辺部に散らばるようにして産出した。

第1尾椎は最大長49 mmあり、尾椎の中では最も大きい。仙骨関節と関節することから第1尾椎に同定した。第1尾椎は、前後長が長く、その腹側面は椎体の側面が強く窪み、キール状になる。前後長の短い尾椎は側面の窪みが弱くなり、全体に扁平となる。

##### 4.3. 肋骨

肋骨は右肋骨16本、左肋骨16本の32本産出した。なお、16番目の肋骨は2本とも生息時の位置から離れた位置から産出し、当初は部位同定が未定の骨とされたが、短い棒状で楕円形の断面かつ近位端付近のくびれや窪みが他の肋骨とよく似ていることから16番目の肋骨と同定した。

###### (1) 左肋骨

第1肋骨から第11肋骨までの遠位端を浸食により一部欠くものの、大きな乱れなく産出しているが、完全に椎骨と関節した状態ではない。第16胸椎から第12胸椎においては比較的の生息時の位置に近いが、前位胸椎はその椎体の中心線が左に傾くため、各肋骨頭は、椎骨の肋骨窩よりも椎体腹側に位置する(Fig. 5)。第3肋骨から第15肋骨の近位部

と, 第 2 肋骨から第 11 肋骨遠位部にかけて帯状に骨片が含まれる硬質化した岩石が被っていた. 第 13 肋骨から第 15 肋骨にはバイトマークと考えられる細かな筋状の構造がみられる.

#### (2) 右肋骨

左肋骨に比べると配置は乱れる. 第 3 肋骨, 第 5 肋骨から第 9 肋骨, 第 11 肋骨には蔓脚類化石の付着がみられる.



**Fig. 5.** 胸椎と左肋骨の位置関係. 白点線で示したのが肋節頭. 本来は胸椎の肋節窩に関節するが, 胸椎椎体の腹側方向にずれている.

#### 4.4. 胸骨

胸骨は胸骨柄, 左右第 2 胸骨, 左右第 3 胸骨, 左右第 4 胸骨の 7 点が位置関係は乱れているものの, 右胸部周辺からまとまって産出した.

##### (1) 胸骨柄 (第 1 胸骨)

頭側が狭く尾側が広い三角形をしており, 頭側面及び背側面は, 乳頭突起がみられる粗面となっている. 背側面からみると頭側左右側面に粗面がみられる. 前縁は 44 mm, 後縁の最大幅 102 mm, 前後長は 117 mm である.

##### (2) 第 2 胸骨

右第 2 胸骨は前後長 99 mm, 前縁の幅は 79 mm, 後縁の幅は 101 mm の右外側が内側に窪む台形を呈す. 腹側面からみると胸骨中央に外側から骨体中央に向かって溝がある.

左第 2 胸骨は, 頭側 3 分の 1 を欠く. 腹側からみると右外側から中央にかけて窪む.

##### (3) 第 3 胸骨

左第 3 胸骨は, 前後長 86 mm, 最大幅 129 mm の長方形. 左外側縁が内側に窪む. 腹側面からみると, 左外側から中央に向かって溝がある.

右第 3 胸骨は, 最大幅 133 mm, 前後長 91 mm. 右外側縁が内側に窪み, 腹側面からみると, 右外側

から中央に向かって溝がある.

##### (4) 第 4 胸骨

左第 4 胸骨は, 最大幅 109 mm, 前後長 89 mm. 左外側縁は内側に凸の弧を描く. 前頭側面, 右外側面, 尾側面には乳様突起がみられる.

右第 4 胸骨は, 最大幅 106 mm, 前後長 85 mm. 右外側縁は内側に凸の弧を描く. 前頭側面, 左外側面, 尾側面には乳様突起がみられる.

#### 4.5. 後肢骨

後肢骨は左右でその産状が大きく異なる. 右後肢骨は大腿骨から一部指骨までほぼ交連姿勢を保つ. 右大腿骨, 右脛骨の内側面は大きく浸食によって失われており, 足根骨についてはその前面の一部を欠く. 左後肢骨はその産出位置については本来あるべき位置から一部の骨は大きく動いているが, 河川による浸食の影響は少なく, 全体の形態をよく残している. 左脛骨や指骨等が左寛骨付近に集中している一方で, 左踵骨や一部指骨は右肋骨周辺に移動している.

##### (1) 寛骨

左右寛骨が産出している. 左右とも仙骨と関節するが, 耳状面での癒合はしていない. 左寛骨は全体の形態を残すが, 右寛骨は, 腸骨の一部と坐骨付近を残す. 左右とも恥骨を上方にした状態で産出したため, 腹側の広い範囲を河川による浸食で失っている. 寛骨に挟まれるように左脛骨や指骨などが産出した.

##### (2) 大腿骨

左右の大腿骨が産出した. 右大腿骨は, ほぼ交連状態を保ったまま産出しているがその内側面を浸食により, 削剥されている.

左大腿骨は右寛骨の尾側に後面を上にし, 生息時の位置からは移動しているものの, 全体によく形態を保持している. 正面から見ると, 内側顆と小転子の一部欠くほかはよく形態を残している. 大腿骨頭, 大転子, 遠位関節の骨端線は骨端閉鎖している. 遠位間接面から大腿骨頭までの最大高は 306 mm, 骨体中央における最小幅は 69 cm である.

右大腿骨は, 内側面との遠位関節後面を大きく欠く. 最大高は 318 mm, 遠位における最大幅は 116 mm, 骨体の高さは 291 mm である.

##### (3) 脛骨

左右の脛骨が産出した. 左脛骨は後面が浸食により一部失われているものの, その形態をよく残す. 仙骨の尾側, 左右寛骨の間に入り込む形で遠位関節を頭側に向け産出している. 一方で右脛骨は, 骨体のほとんどを浸食により失っており, 一部近位関節付近と, 遠位関節付近を残すのみであるが, 近位関節付近は左大腿骨遠位関節付近に, 遠位関節付近は腓骨や距骨と関節している状態のまま産出して



いる。河川による浸食を受けなければ、大腿骨以下、ほぼ完全な形態を保っていた可能性がある。

左脛骨を正面から見ると、内側縁は緩く、外側縁は強く内側に凸の方向に湾曲し、骨体も内側に凸でゆるく湾曲する。前縁は前方に強く張り出し、外側面は強く窪む。腓骨との関節面は三角形で、強く窪み、粗面となっている。

最大高は304 mm、骨体中央における最小幅は39 mm である。近位関節面の幅は108 mm、遠位関節面の幅は81 mm、近位関節面と遠位端面のなす角は46度である。

右脛骨は河川による浸食により大きく失われ、近位関節付近と遠位関節付近に分かれる。近位関節付近は外側顆のみを残す。近位関節における前後長は110 mm、内側顆の幅は59 mm。残存高は110 mm である。

#### (4) 腓骨

右腓骨のみ産出した。右脛骨は大きく浸食により失われているが、右腓骨の近位関節が残存する右脛骨近位関節と右大腿骨遠位関節付近に位置しており、遠位端は右脛骨遠位関節と関節している。最大高は233 mm である。

#### (5) 足根骨及び指骨

左右で産状が大きく異なる。右側は右脛骨、右腓骨、右踵骨、右距骨、右中間楔状骨、右外側楔状骨、右舟状骨、右立方骨、右第2中足骨、右第3中足骨、右第4中足骨、右第5中足骨、右第4基節骨、各種種子骨が関節状態を保ったまま産出した(Fig. 6)。右踵骨遠位と右第3中足骨、右第4中足骨にはバイトマークと考えられる傷が多数みられる(Fig. 7)。種子骨は、右第3中足骨、右第4中足骨、右第5中足骨の遠位関節腹側の左右にそれぞれ位置する(Fig. 7)。

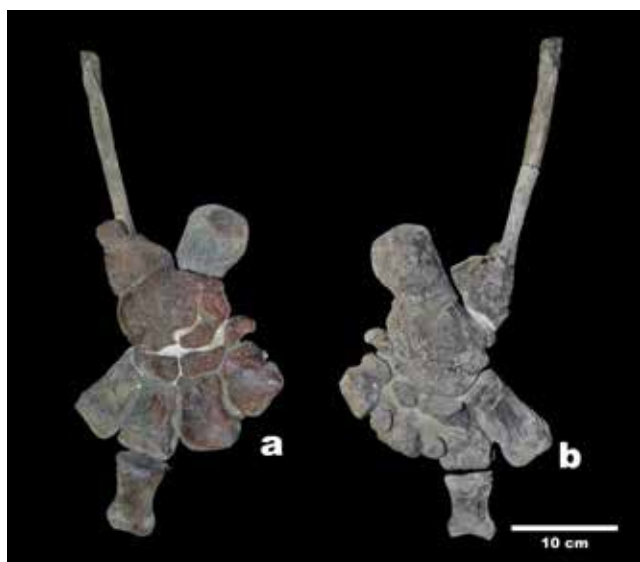


Fig. 6. 右足根骨などの産状. a, 前面観. b, 後面観.

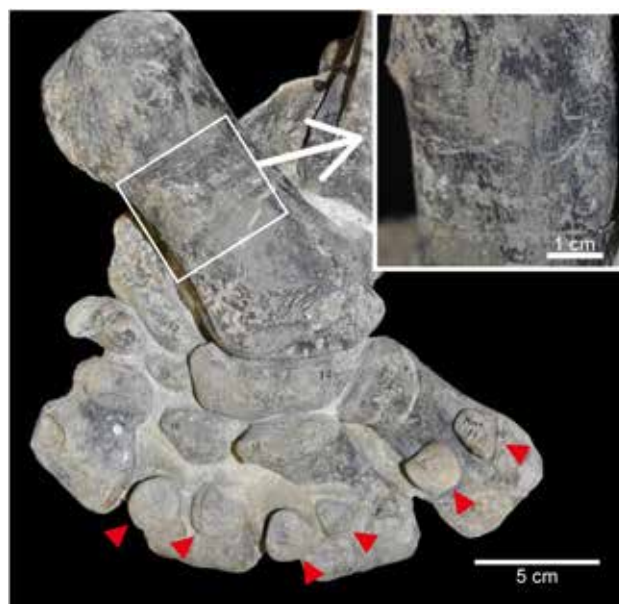


Fig. 7. 右踵骨のバイトマークと種子骨の位置。白枠内にバイトマークの拡大を示す。赤三角は種子骨を示す。

左側は左踵骨、左距骨、左中間楔状骨、左外側楔状骨、左舟状骨、左立方骨、左第2中足骨、左第3中足骨、左第4中足骨、左第5中足骨、左第2基節骨、左第4基節骨、左第5基節骨、左第2中節骨が産出した。これらは左大腿骨周辺並びに右肋骨周辺から産出した。左寛骨の横から産出した左外側楔状骨内側面にはカキ類の付着がみられた(Fig. 4g)。

#### 4.6. 各部位の骨端閉鎖状態

瑞浪釜戸標本は多くの部位を含むが、観察できた全ての骨端は閉じており、骨端閉鎖していた。おおよそ観察できた骨端は以下のとおりである。

頭骨について、頭骨を構成する各骨の縫合は全て閉じている。

椎骨は全ての骨で骨端閉鎖している。第2頸椎の尾側とそれ以降の椎骨の椎体前後には、骨端円板と呼ばれる板状の骨があり、この骨端円盤と椎体との骨化は骨の成長過程の後期に起こるが、観察できた全ての椎骨で骨端は閉鎖していた。仙骨は複数の仙骨が癒合して形成されるが、5つの仙椎の骨端が閉鎖している。尾椎についても椎体と骨端円盤は骨化している。

大腿骨には、遠位関節や大転子、大腿骨頭などに骨端軟骨があるが、全て骨単閉鎖しており、成長線もほぼ見えなくなっている。

脛骨には近位関節、遠位関節と骨体の間に骨端軟骨があり、骨端は閉鎖している。

腓骨の遠位関節と骨体の間の骨端軟骨は骨端閉鎖している。

足根骨においては、踵骨の遠位端に骨端軟骨があるが、骨端閉鎖しているほか、中足骨や指骨なども近位関節と骨体の間に骨端軟骨があるが全て骨端は閉鎖している。

胸骨については、胸骨柄の頭側面と尾側面に乳様突起がみられる。第 2 胸骨から第 4 胸骨にかけては外側の一部を除き、側面に乳様突起がみられる (Fig. 8)。他の骨においては、このような乳様突起は骨端と骨幹の間に見られ、乳様突起がより複雑に発達し、最終的に癒合し骨端閉鎖するが、パレオパラドキシアについては前後左右の胸骨は癒合しないと考えられる。

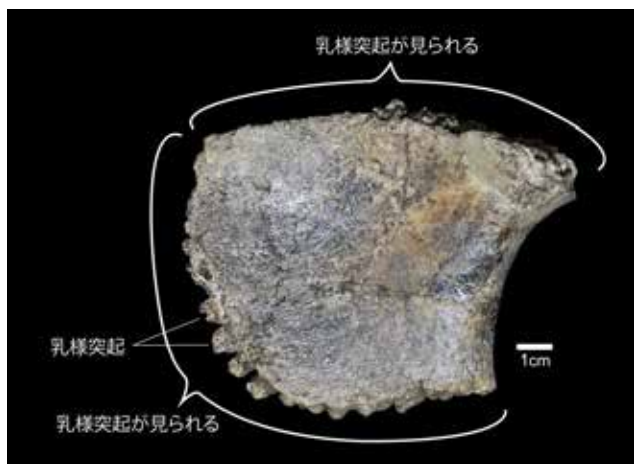


Fig. 8. 胸骨の乳様突起. 右第 4 胸骨背側面. 外側縁を除き、乳様突起がみられる。

## 5. 比較

### 5.1. 産状の比較

パレオパラドキシア科のいわゆる全身骨格化石として、9 個体分 (アメリカ 3 個体、日本 6 個体) が知られている。この内、アメリカ産出の 3 標本については、Point Arena 標本の産状図が作成されている (Clark, 1991)。また、スタンフォード標本の発掘時の写真が Inuzuka (2000) にて見ることができる。初めてまとまった骨格が発見された岐阜県産出の泉標本 (Shikama, 1966) のほか、埼玉県産出の大野原標本、般若標本 (坂本, 1983)、岡山県産出の津山標本 (津山郷土博物館, 1989)、福島県産出の梁川標本 (長谷川・竹谷, 1994)、岩手県産出の金田一標本 (大石ほか, 1990) などで産状図が作成されている。本稿では大野原標本、般若標本そして梁川標本と、同じ束柱目のデスモスチルスで最も産出部位がそろっており、かつ産状に乱れの少ない北海道産出のデスモスチルス歌登標本 (Inuzuka, 1984) についても、産出部位やそ

の状態が瑞浪釜戸標本に近いと考えられる事から、パレオパラドキシア科化石 4 標本とデスモスチルス科化石 1 標本の計 5 標本について比較を行った。

泉標本については、井尻・亀井 (1961) や Shikama (1966) にクリーニング時の写真が示されているほか、Shikama (1966) によって産状図が作成されている。しかしながら、この産状図によると、元の位置からブロックごとに時計回りに不自然なほど移動している (Shikama, 1966)。この理由についてはよくわかっていないため、本論では比較に用いないこととした。

#### (1) 産出部位の違い

瑞浪釜戸標本は、頭骨と第 1 頸椎から尾椎まで椎骨、左右肋骨、後肢骨がほぼそろっているが、前肢骨は産出していない。大野原標本は頭骨から腰椎までと左右肋骨をほぼ含むが、前肢骨、後肢骨は産出していない。般若標本は第 5 頸椎から仙椎までの椎骨と左右肋骨、胸骨、一部後肢骨が産出しているが、頭骨から第 4 頸椎、前肢骨は産出していない。梁川標本は頭骨と第 1 頸椎から仙椎、一部前肢骨と後肢骨が産出している。デスモスチルス歌登標本は頭骨の他、第 1 頸椎から尾椎、左右肋骨、上・後肢骨とほぼ完全な状態で産出している。

#### (2) 埋没姿勢の比較

これら 5 標本のうち、瑞浪釜戸標本、般若標本、梁川標本、そしてデスモスチルス歌登標本の 4 標本はいずれも、椎骨はほぼ交連状態を維持しながら、その腹側面を上方に向け、肋骨も生息時の位置関係に近い位置から産出していることから、いずれも仰向けの状態で海底に埋没していたと考えられる。大野原標本については、死後水流もしくは堆積物と共に動いた可能性が指摘されており (北川ほか, 2013)、埋没姿勢については不明である。

#### (3) 頭と頸椎の産状

頭骨を含む標本は瑞浪釜戸標本、大野原標本、梁川標本、デスモスチルス歌登標本の 4 標本を比較した。この内、頸椎が頭骨と交連状態を保っているのは、瑞浪釜戸標本と歌登標本の 2 標本のみである。瑞浪釜戸標本の産状で特徴的なのは、頭骨を大きく背側に仰け反らせ、頸椎を頭側に凸の U の字型に強く屈曲させている点である。歌登標本にはそのような頸椎の強い屈曲は見られない。

#### (4) 肋骨の産状

瑞浪釜戸標本の左肋骨は、ほぼ生息時の位置を維持して産出しているが、右肋骨は外側に開いた状態で産出した。般若標本は肋骨がそれぞれ外側に開いた状態で産出している。梁川標本は外側にそれ程開かず、特に前方の肋骨が頭側方向に折り重なる

ようにして産出している。デスモチルス歌登標本の左肋骨は尾側方向に倒れる形で重なっており、右肋骨は下側に上腕骨や尺骨、橈骨などがあるため、その上に肋骨が乗る状態となっている。

これらの肋骨の産状の違いは、これら 4 標本が同じような仰向けの姿勢で埋没していても、般若標本と梁川標本は腹側面を上にした完全な仰向け状態であったと考えられるのに対し、瑞浪釜戸標本は、頭骨左側面を下にし、左半身をやや下にした仰向けの状態。デスモチルス歌登標本は、頭骨の右側面を下にし、やや右半身を下にした仰向けの状態であったと考えられる。

## 5.2. 成長段階について

北川(2019)は、埼玉県産の大野原標本と般若標本の骨端閉鎖段階を観察し、パレオパラドキシアの成長様式の推定を行った。本研究では、北川(2019)の観察結果に泉標本(Shikama, 1966)を加え、瑞浪釜戸標本との比較を行った。泉標本の産出部位に関しては、井尻・亀井(1961)により頭骨が、Shikama(1966)により四肢骨が報告されているものの、全体が報告されているわけではないため、本研究では図版等で骨端閉鎖段階を判断できる部位のみ用いた(Fig. 9)。なお、椎骨については、北川(2019)同様、椎弓と椎体が癒合した段階で骨端閉鎖していると判断している。

### (1) 瑞浪釜戸標本の骨端閉鎖段階

瑞浪釜戸標本は前肢骨を除くほぼ全ての部位が産出しているが、確認できた骨端はすべて閉鎖していた(Fig. 9)。北川(2019)は、大腿骨骨頭、一部前位胸椎や腸骨稜の骨端が閉鎖するタイミングが遅いと述べている。瑞浪釜戸標本は、これら全てが骨端閉鎖していた。また、椎体には頭側、尾側にそれぞれ骨端板や骨端円盤と呼ばれる骨があり、これらが椎体と癒合して最終的な骨端閉鎖が終了する。瑞浪釜戸標本はこれらの骨の骨端閉鎖も終了している。

### (2) 他地域産出標本との比較

埼玉県産 3 標本(大野原標本、般若標本、三山標本)と、泉標本、瑞浪釜戸標本を比較すると、大野原標本・泉標本、般若標本、三山標本・瑞浪釜戸標本の順で成長が進んだ個体といえる。大野原標本と泉標本がこの中では最も若い個体であるが、残念ながら泉標本の椎体等の報告がなされていないため、大野原標本と比較することが出来ない。したがって、これら両標本のうち、どちらの方が若いかは不明である。三山標本と瑞浪釜戸標本は両標本とも大腿骨頭が骨端閉鎖しており、成長段階は他の標本より比較的近い。

## 6. 考察

### 6.1. 埋積過程の推定

北川ほか(2013)は埼玉県の秩父市と秩父郡小鹿野町から産出したパレオパラドキシア化石の大野原標本と般若標本の産状の比較を行った。両標本は、同層準で直線距離 6 km 程度の範囲で産出しているが、両者の埋積過程は異なる事を指摘した。般若標本の胸椎背側にはイタチザメの歯が密接して産出していたこと、埋積状況が仰向けの状況であったこと、頭骨と第 1 頸椎から第 4 頸椎までと前肢骨が産出していないことなどから、般若標本については、死後浮遊している状態があり、その際にサメによる捕食があったこと、肋骨に蔓脚類の付着があることから、完全に埋積するまでに時間があつたと推定した。

瑞浪釜戸標本は、デスポーズのような U 字型に屈曲した頸椎と頭骨の位置関係を持つ。肩甲骨や上腕骨などの前肢骨は産出していない。多くのサメ化石が共産している他、仙骨背側面や頭骨、尾椎などにはサメの歯が骨に密接した状態で産出している。また、肋骨には蔓脚類、左外側楔状骨にはカキ類の付着がみられた。これらの情報を埼玉県産標本の検討結果などを踏まえ、埋積過程の推定を行う。

#### (1) 漂流と前肢骨の消失

前肢骨が失われるタイミングは、死体が海底に到達する前であると考えられる。瑞浪釜戸標本の産状は、やや左側面を下にした仰向けの状態であるが、椎骨や左肋骨などの産状を鑑みるに、海底に到達した際にはすでにこの姿勢だったと思われる。そのため、仮に到達後に前肢骨が失われたとすると、捕食者や水流によって海底に横たわった状態から、胴体の下から肩甲骨や上腕骨などを引っ張り出す必要がある。デスモチルス歌登標本とその産状を比較すると、歌登標本は前肢骨が残っているため、その上に肋骨が重なる形で産出しており、瑞浪釜戸標本の左肋骨ほどきれいに並んではない。もし海底到達時に前肢骨が残っていた場合、左側面を下にした仰向けの状態であると、左肋骨の下に肩甲骨や上腕骨などが位置する。そのため、肩甲骨や上腕骨などの上に肋骨が重なってしまうため、肋骨や前肢骨は圧密を受けて変形や破損すると考えられる。また、前肢骨の上に肋骨が重なっている状態で前肢骨を引っ張られれば、肋骨は前肢骨が引っ張られる影響を受け、その配置に乱れが生じるはずであるが、左肋骨にはそのような乱れはない。したがって、少なくとも左前肢骨については海底面に到達する前に失われたと考えられる。

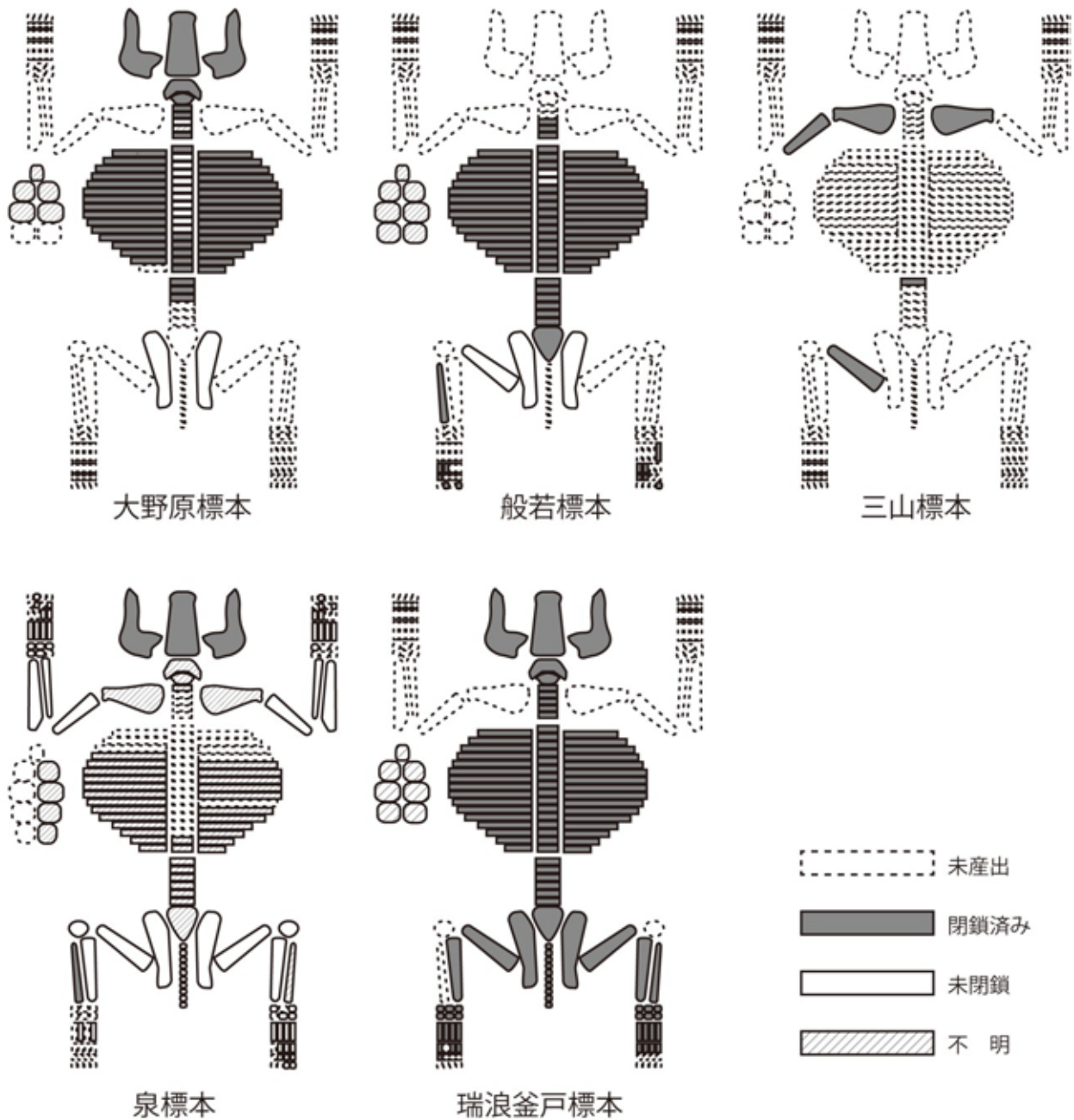


Fig. 9. 埼玉県産 3 標本と瑞浪釜戸標本の骨単閉鎖状況の比較. 大野原標本, 般若標本, 三山標本は北川 (2019) の図を元に作成.

一方, 右肋骨は左肋骨よりも乱れている. また, 左側面をやや下にした場合, 右上肢骨は右肋骨の上に露出する位置関係になり, 捕食者等により運搬されやすい可能性がある. しかしながら, 瑞浪釜戸標本には前肢骨を構成する部位が一切産出していない. 捕食者等による捕食や, 水流による移動を被った際, 1 つの骨片も残さず, 移動させることが出来るかは疑問がある. このことから, 右上肢骨についても左上肢骨と同様に, 海底に到達する前に失われた可能性が高い.

海底到達前に前肢を失う原因としては, 海面を漂流していた可能性がある. 海面を漂流している間に他の

骨と直接関節しない前肢骨が抜け落ちたのではないであろうか. そうであると, 仙骨の背側に密接して産出したサメの歯は, 死体が海面を漂流する間にサメの捕食があったことを示す可能性がある. 海底に到達した後では地面に接している仙骨をサメがかじりつくことは難しいが, 腹側を上にした状態で漂流している際に, 下からサメによる捕食を受けたと考えれば, 仙骨や尾椎に密接してサメの歯が産出することも可能であろう.

#### (2) 頸椎の U 字湾曲

特徴的な首の湾曲については, 漂流していた死体が海底に沈む際, 頭骨から海底に到達したことによっ

て物理的に U の字に曲げられた可能性がある。頸椎が腹側面を突き出すように強く U の字になっているため、頸椎の背側は極端に狭まり、椎体の前後の間隔が広く開いている。第 6 頸椎と第 7 頸椎の間は 2 cm も開いている (Fig. 10)。海面を一定時間漂流し、筋や腱が弛緩した後に海底に到達したことによって、このように極端に湾曲したと筆者は考える。



Fig. 10. 頸椎の椎体における前後間隔. 3 と書かれているのが第 6 頸椎. 4 が第 7 頸椎.

### (3) 海底での露出と埋積

蔓脚類やカキ類の付着がみられることから、海底に到達した後、完全に埋積するまである程度の時間を有したと考えられる。左大腿骨や右踵骨などに見られるバイトマークは死体が漂流していた時につけられたものか、海底に到達した後につけられたものかは判断できないが、左第 13 肋骨から第 15 肋骨にかけて見られたバイトマークについては、各肋骨の内側面にしか見られないことから、海底に沈んだ後につけられたものと考えられる。左右寛骨に挟まれるように左脛骨や指骨が産出しており、寛骨は大きく河川による浸食の影響を受けているが、左脛骨などは、一部影響はあるものの寛骨に比べれば軽微である。これは位置的に寛骨の方が脛骨よりも高い位置にあったことを意味している。本来、仰向けの状態で埋積した後、例えば捕食者や水流によって左大腿骨や左脛骨が引っ張られたり、移動させられたりすると、寛骨の上に左脛骨は重なるように堆積する。左脛骨などが産出した位置は、本来なら寛骨の恥骨結合がある場所であり、その場所に後から移動してきたと考えられる部位が位置しているということは、左脛骨などが移動してくる時にはすでに恥骨結合付近は破損していたか、左右寛骨が開いた状態になっており、左脛骨などが堆積できるスペースがあったと考えられる。

著者は、2023 年 6 月に千葉県で確認されたスナメリのストランディング個体を観察する機会を得た。この個体は、体内で発生したガスの内圧に耐えられなくなり、体表付近に位置して比較的皮膚が柔らかい肛門や性器周辺が裂かれ、その部分を中心に内臓などが体の外に飛びだし、ガスはその後抜けた状態であった (Fig. 11)。このようなストランディング個体の観察による現生海生哺乳類の死後の状態は古生物にも応用されている。一つの仮説として、瑞浪釜戸標本は腹腔内でガスが発生したため、死後海面を漂流し、その後股関節周辺や前述の箇所からガスが抜けたため、海底に沈降したと推測される。寛骨の開きは腹腔にたまったガスが抜けた時の圧力やサメの捕食によるものであり、その空間にサメの捕食で動いた左脛骨が堆積した可能性がある。



Fig. 11. スナメリのストランディング個体 (2023 年 6 月, 千葉県). 膨らんだ内臓が肛門など弱い場所から皮膚を裂き飛び出す様子が確認された (矢印).

左肋骨の内側面には蔓脚類の付着などがみられないことから、左肋骨は比較的早く埋積したと考えられるが、蔓脚類の付着がみられる一部左肋骨や、カキ類の付着する左外側楔状骨は、完全に埋積するまでに時間を有したであろう。肋骨の蔓脚類は肉が無くなってから付着したものと考えられるため、完全に埋積する前にはほとんど肉の無い状態でしばらく海底に露出していたと考えられる。この点については、村宮・吉田 (2024) の埋積時の炭素源が少ないという考察からも支持されるものと思われる。

## 6.2. 各部位の骨端閉鎖状況からみた瑞浪釜戸標本の成長

瑞浪釜戸標本の各部位の骨端はすべて閉鎖しており、すでにほぼ成長が終了した老齢個体であるといえる。頭骨には第 3 大臼歯が萌出しており、その歯冠がかなりすり減っている状況は、骨体の成長と整合的である。あわせて中島ほか (2024) による軟骨の骨化は老齢個体の裏付けともいえる。

北川(2019)は大野原標本, 般若標本, 三山標本の骨端閉鎖状態を比較し, 大野原標本が最も若く, 次いで般若標本, そして三山標本が 3 標本の中では最も成長した個体と考察した. しかしながら, 三山標本と般若標本の大腿骨の大きさを比較すると明らかに般若標本の方が大きく, 三山標本の方が小型であった. さらに泉標本と津山標本を加えて比較すると, 泉標本の大腿骨の大きさは般若標本に近く, 津山標本の大腿骨の大きさは三山標本と整合的であり, 大野原標本, 般若標本, そして泉標本からなる大型のものと, 三山標本と津山標本からなる小型の 2 型があると指摘し, その理由として雌雄差をあげている. 瑞浪釜戸標本については, その大腿骨の大きさは三山標本と整合的であり, この 2 型の中では小型のグループに入るが, これらの中で最も成長した個体と考えられる. 甲能(2024)は, 矢状稜の存在や比較的大きな切歯と犬歯を持つことから, 瑞浪釜戸標本を雄と推定している. しかしながら, 現状では種同定にまで至っていないことから, 今後より多くの標本で比較を行う必要がある.

## 7. 謝 辞

本研究を進めるにあたり, 丸山啓志氏(千葉県立中央博物館)には, 産状図作成を手伝っていただいた. 長谷川善和博士(横浜国立大学名誉教授, 群馬県立自然史博物館名誉館長)には, 原稿を査読していただき有益なコメントをいただいた. 記して御礼申し上げます.

## 8. 引用文献

- Barnes, L. G. 2013. A new genus and species of late Miocene *Paleoparadoxiid* (Mammalia, Desmostylia) from California. *Contributions in Science* 521: 51–114.
- Clark, J. M. 1991. A new early Miocene species of *Paleoparadoxia* (Mammalia: Desmostylia) from California. *Journal of Vertebrate Paleontology* 11: 490–508.
- 藤本治義・坂本 治. 1978. 秩父盆地第三系から発見されたパレオパラドキシア(予報). 秩父自然科学博物館研究報告 18: 1–10.
- 長谷川善和・竹谷陽二郎. 1994. 福島県梁川町より産したパレオパラドキシア化石. 福島県立博物館調査報告 30: 1–69.
- 井尻正二・亀井節夫. 1961. 樺太産の *Desmostylus mirabilis* Nagao と岐阜県産の *Paleoparadoxia tabatai* (Tokunaga) の頭蓋骨の研究. *地球科学* 53: 1–27.
- Inuzuka, N. 1984. Skeletal Restoration of the Desmostylians: Herpetiform Mammals. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Biology* 9: 157–253.
- Inuzuka, N. 2000. Primitive Late Oligocene Desmostylians from Japan and Phylogeny of the Desmostylia. *Bulletin of Ashoro Museum of Paleontology* 1: 91–123.
- Inuzuka, N. 2005. The Stanford skeleton of *Paleoparadoxia* (Mammalia: Desmostylia). *Bulletin of the Ashoro Museum of Paleontology* 3: 3–110.
- 加藤嘉太郎・山内昭二. 2003. 新編 家畜比較解剖図説 上巻. 養賢堂. 東京. 315 p.
- 北川博道. 2019. 秩父地域産出 *Paleoparadoxia tabatai* の骨端閉鎖状態の比較. 埼玉県立自然の博物館研究報告 13: 1–12.  
DOI: 10.24715/smnh.13.0\_1
- 北川博道・坂本 治・長谷川善和. 2013. 埼玉県産出のパレオパラドキシアについて. 埼玉県立自然の博物館研究報告 7: 15–22.
- 甲能直樹. 2024. 瑞浪市釜戸町の下部～中部中新統瑞浪層群宿洞層より産出したパレオパラドキシア類の全身骨格化石の分類上の位置. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 43–50.  
DOI: 10.50897/bmfm.50.3\_43
- 村宮悠介・吉田英一. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本と共産した方解石質コンクリーションの成因. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 59–66.  
DOI: 10.50897/bmfm.50.3\_59
- 中島保寿・三上智之・泉 賢太郎. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本に付随する骨片様化石についての予察的報告. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 51–57.  
DOI: 10.50897/bmfm.50.3\_51
- 大石雅之・長谷川善和・丸山俊明・中下恵勇・川上雄司. 1990. 岩手県二戸市金田一におけるデスモスチルス骨格化石の産出. 岩手県立博物館研究報告 8: 1–16.
- 坂井建雄・松村壤兒. 2007. プロメテウス解剖学アトラス 解剖学/運動器系. 医学書院. 東京都. 541 pp.
- 坂本 治. 1983. 秩父盆地産パレオパラドキシア骨格化石の産出について. 埼玉県立自然史博物館研究報告 1: 17–24.
- Shikama, T. 1966. Postcranial skeletons of Japanese Desmostylia. *Palaeontological Society of Japan, Special Papers* 12: 1–176.
- 高栗祐司. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本と共産した板鰓類化石. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 75–80.  
DOI: 10.50897/bmfm.50.3\_75
- 津山郷土博物館. 1989. 津山産パレオパラドキシア化石産出調査報告. 津山郷土博物館紀要 1: 48 pp.
- 鶴木 徹. 1958. 小児胸骨の化骨状態に関するレ線の統計的研究. *日本医科大学雑誌* 25(8): 595–607.