Online ISSN 2435-0931 Print ISSN 0385-0900
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_I

瑞浪市化石博物館研究報告 第 50 巻, 第 3 号, I–XVI, 18 figs., 2 tables.
Bulletin of the Mizunami Fossil Museum, vol. 50, no. 3, I–XVI, 18 figs., 2 tables.
©2024, Mizunami Fossil Museum
Manuscript accepted on February 26, 2024; published on March 29, 2024.

パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の研究（概要）

安藤佑介*

*瑞浪市化石博物館 〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-47

要 旨

2022 年 6 月に，岐阜県瑞浪市釜戸町の土岐川河床に露出する瑞浪層群宿洞層から束柱類のまとまった骨格化石が発見された．発掘・剖出を行った結果，前肢を除く各部位の計 119 点の骨を識別でき，頭骨や後肢骨の形態学的特徴から，標本はパレオパラドキシア科の属種未定種（Paleoparadoxiidae gen. et sp. undet.）と記載される．また，犬歯，臼歯，椎骨の状態から標本は老齢な雄個体であることが推定される．

骨の埋積状態からこの個体は死後海中を漂流し，その後体が左に傾いた状態で海底に着底し，板鰓類に捕食された後に埋積したものと推定される．頸部は，死後の弛緩により海底に着底した際に大きく湾曲したものと考えられる．

また，共産化石から産出した層準が暖流の影響下にある水深 10～50 m の浅海で堆積したこと，板鰓類がパレオパラドキシアの遺骸を捕食したこと，骨格埋積時の有機物が少なかったことなどが明らかになった．本論では，これらの成果についてその概要を紹介する．

キーワード: パレオパラドキシア，束柱目，中新世，瑞浪層群，分類，古環境

1. はじめに

2022 年（令和 4 年）6 月 5 日に岐阜県瑞浪市釜戸町を流れる土岐川河岸において，束柱目パレオパラドキシア科の 1 個体分の交連骨格化石（各部位の骨が正しい位置で関節した状態化石）が発見・発掘された（図 1～3）．このような状態で，保存良好な頭蓋を含むパレオパラドキシア科の1個体分の骨格の産出は国内では 5 例目である．標本は瑞浪市釜戸町で発見されたことからパレオパラドキシア科の「瑞浪釜戸標本」（パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本：Paleoparadoxiid Mizunami-Kamado specimen）と名付けられ，標本番号 MFM 18130 が付与された（以下，瑞浪釜戸標本と記述する）．その後，骨格の記載をはじめとする研究を各分野の研究者と実施し（表 1），その成果（予察的報告を含む）の一部を14編の論文として瑞浪市化石博物館研究報告第 50 巻第 3 号「パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本調査報告書」に収録した．本稿では，調査報告書に収録される各論文の概要，また本稿用に提供されたデータを加えた成果等をまとめて紹介する．

2. 発見・発掘・剖出作業

瑞浪釜戸標本は，有我高司，安江明高および渡邉敏博により 2022 年 6 月 5 日の午前 8 時 30

分頃，瑞浪市釜戸町下切の土岐川河床で発見された（図 1, 2）．発見時，すでに河床に露出していた肋骨や大腿骨の一部が水流による浸食を受けていたことから，6 月 10 日に標本保護を第一の目的として発掘を実施した（図 3）．発掘後，主にデザインナイフや小型のハンマーとタガネ，エアーカッターを使用した剖出（ぼうしゅつ）（クリーニング）作業を実施した（図 4）．剖出作業の途中で，骨格が母岩に埋没した状態を保存する目的で，産状レプリカと産状図を制作した（図 5）．なお，発見・発掘・剖出作業の経緯については安藤ほか（2024：p. 1–12）にまとめられている．

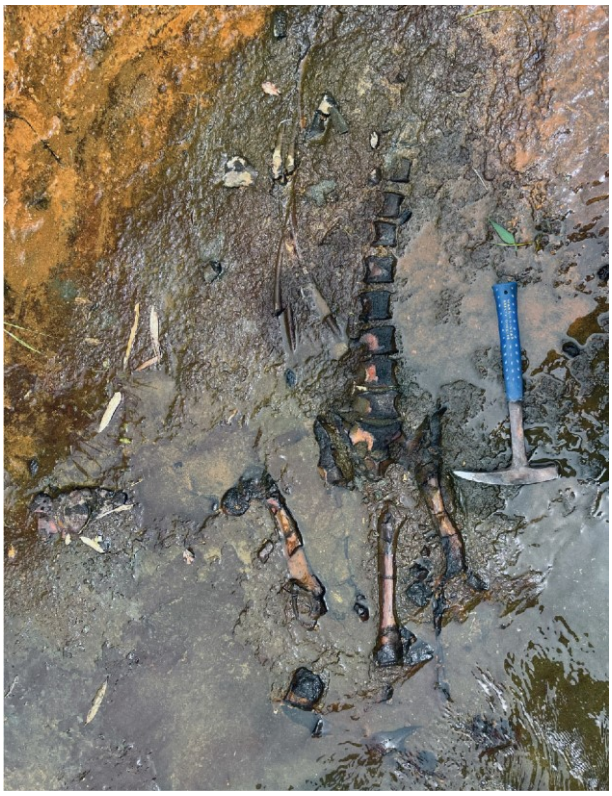

図 1. 標本発見時の様子（2022 年 6 月 5 日撮影）．

表 1. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の調査と報告書執筆に関する担当．

研究内容	担当者氏名・所属機関等
瑞浪釜戸標本の剖出と各作業の記録	楓　達也・化石プレパレーター 合田隆久・化石プレパレーター 水野利之・元瑞浪市自然ふれあい館館長
共産した貝類化石を用いたストロンチウム同位体測定による瑞浪釜戸標本産出地層の年代測定	荒岡大輔・産業技術総合研究所 吉村寿紘・海洋研究開発機構 中島　礼・産業技術総合研究所
瑞浪釜戸標本産出層準の磁気測定	星　博幸・愛知教育大学
瑞浪釜戸標本の産出部位と産状の記載	北川博道・埼玉県立自然の博物館
瑞浪釜戸標本の分類	甲能直樹・国立科学博物館
共産した骨片様化石の分析	中島保寿・東京都市大学 三上智之・国立科学博物館 泉　賢太郎・千葉大学
共産したコンクリーションの分析	村宮悠介・深田地質研究所 吉田英一・名古屋大学博物館
共産した貝類化石の分類	安藤佑介・瑞浪市化石博物館
共産した棘皮動物化石の分類	大路樹生・名古屋大学博物館
共産した十脚類・蔓脚類化石の分類	柄沢宏明・瑞浪市化石博物館 小林伸明・瑞浪市化石博物館友の会
共産した板鰓類化石の分類	髙楽祐司・群馬県立自然史博物館
共産した大型植物化石の分類	山田敏弘・北海道大学
共産した有孔虫化石・貝形虫化石の分類	入月俊明・島根大学 林　広樹・島根大学 辻本　彰・島根大学
共産した花粉化石の分類	齊藤　毅・名城大学
瑞浪釜戸標本骨格の3Dスキャンとデジタル骨格復元の制作	河部壮一郎・福井県立大学 佐野瑞穂・名古屋大学 新村龍也・足寄動物化石博物館
瑞浪釜戸標本復元画の制作	小田　隆・京都精華大学
アドバイザー・各論文の査読	長谷川善和・横浜国立大学名誉教授 群馬県立自然史博物館名誉館長

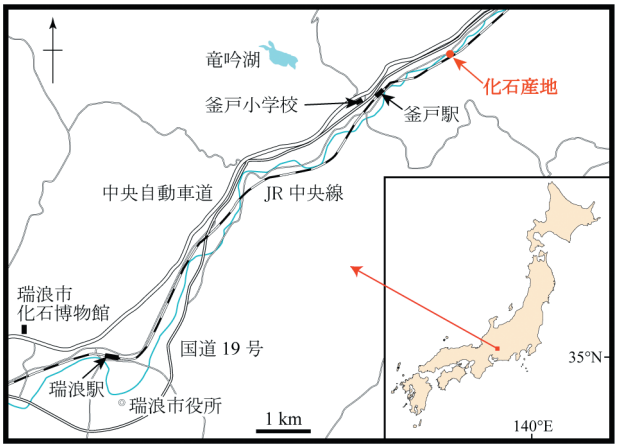

図 2. 瑞浪釜戸標本の産出地点

3. 産出した地層について

瑞浪釜戸標本を含む母岩は中粒砂岩からなっており，貝類や蔓脚類（まんきゃくるい）などの化石が含まれる．地質調査の結果，産地周辺に露出する瑞浪層群（みずなみそうぐん）宿洞層（しゅくのほらそう）に相当すると考えられる（安藤ほか, 2024; 星, 2024：p. 17–28）．

2022 年 6 月 9 日午後 2 時撮影

2022 年 6 月 10 日午前 10 時撮影

2022 年 6 月 10 日午後 2 時 30 分撮影

図 3. 発掘の様子.

2022 年 7 月 8 日撮影

2023 年 7 月 12 日撮影

2023 年 8 月 16 日撮影

図 4. 剖出の様子.

宿洞層は前期中新世末期～中期中新世最前期の堆積物（約 1700 万年前～1600 万年前）と推定されていたが，瑞浪釜戸標本と共産した貝類化石の殻を用いたストロンチウム同位体分析を行ったところ，約 1650 万年前（誤差範囲：約 1690 万年前～1600 万年前）であることが明らかになった（荒岡ほか，2024：p. 13–16）．後述する共産する浮遊性有孔虫化石からも N8 帯の下部（約 1700

万年前以降）を決める *Praeorbulina sicana*（プラエオルブリナ・シカナ）が産出し，従来の見解と矛盾しない結果となった（入月ほか, 2024：p. 81–89）.

星（2024）は，瑞浪釜戸標本周囲の母岩より採取した岩石コアの磁気を測定し，古流向などの復元を試みた．古流向測定の結果，標本の含まれる堆積物は一定方向からの流れを示さなかった．これについては，堆積後の波浪や後述する板鰓類などの生物擾乱を受けて骨格周辺の砂が乱された可能性がある．そして，これまでの古地磁気記録から瑞浪釜戸標本が生息していた時，西南日本は時計回りに回転しながらアジア大陸から移動している最中だったと推定される．この点については星（2024）に詳細が記載されている．

4. 瑞浪釜戸標本の産状

瑞浪釜戸標本の産状については，北川（2024：p. 29–42）が詳しくまとめており，産状図を図 5B に示す．それによれば，骨格は右後肢を外側に開いた全体に仰向けに近い状態で埋没している．頭骨は，右側面を上にして頸椎（7 個からなる首の部分の背骨）が前方に凸の U 字型を描く形で強く湾曲し，後方に引っ張られる形で骨格の右側に頭頂部を向けた状態で保存されている．左肋骨はほぼ生前の位置関係を保持しているが，右肋骨はやや散乱している．

右後肢骨はほぼ交連状態を保ち，特に足根骨（足首を構成する骨）や指骨（指を構成する骨）はほぼ生前の関節した状態を保持している．一方で，左後肢骨は生前の位置から大きく移動しており，踵骨（かかとの骨）は右肋骨付近まで移動している．

瑞浪釜戸標本の埋積するまでの過程については，北川（2024）で考察されている．すなわち，前肢の肩甲骨（肩の骨）から末節骨（指先の骨）までをすべて失っていることから，瑞浪釜戸標本は死後海中を漂流し，この時に前肢が失われたと推定される．その後海底に着底し，埋積する過程で板鰓類や海底に生息する分解者により死肉が捕食され，後述するコンクリーションの研究から埋積完了時にはほぼ骨だけの状態であったと推定される（村宮・吉田，2024：p. 59–66）．肋骨の産状から，瑞浪釜戸標本は頭骨左側面をやや下にして左半身をやや下にした仰向けの状態で埋積し，右肋骨に蔓脚類の付着が見られることから，体全体が完全に埋積するまでに時間がかかったと推定されている．頸椎が U 字型に湾曲している点については，死後硬直や水流の影響ではなく，筋や腱が弛緩したことに加え死骸が海底に到達する際に頭骨から着底したため物理的に湾曲したと考えられている（北川，2024）．海中を浮遊した点については，死後瑞浪釜戸標本の腹腔内でガスが発生したこと，その後の沈降は板鰓類の捕食や股関節付近からガスが抜けたことが考えられる．

5. 瑞浪釜戸標本の各部位の特徴と分類学的の位置付け

剖出作業の結果，最終的に 119 点の骨が産出した（図 6 および北川, 2024 の Table 1）．骨格の中で産出した部位を図 7 に示す．

産出部位の特徴や産状の詳細な記載は，北川（2024）と甲能（2024：p. 43–50）でなされている．

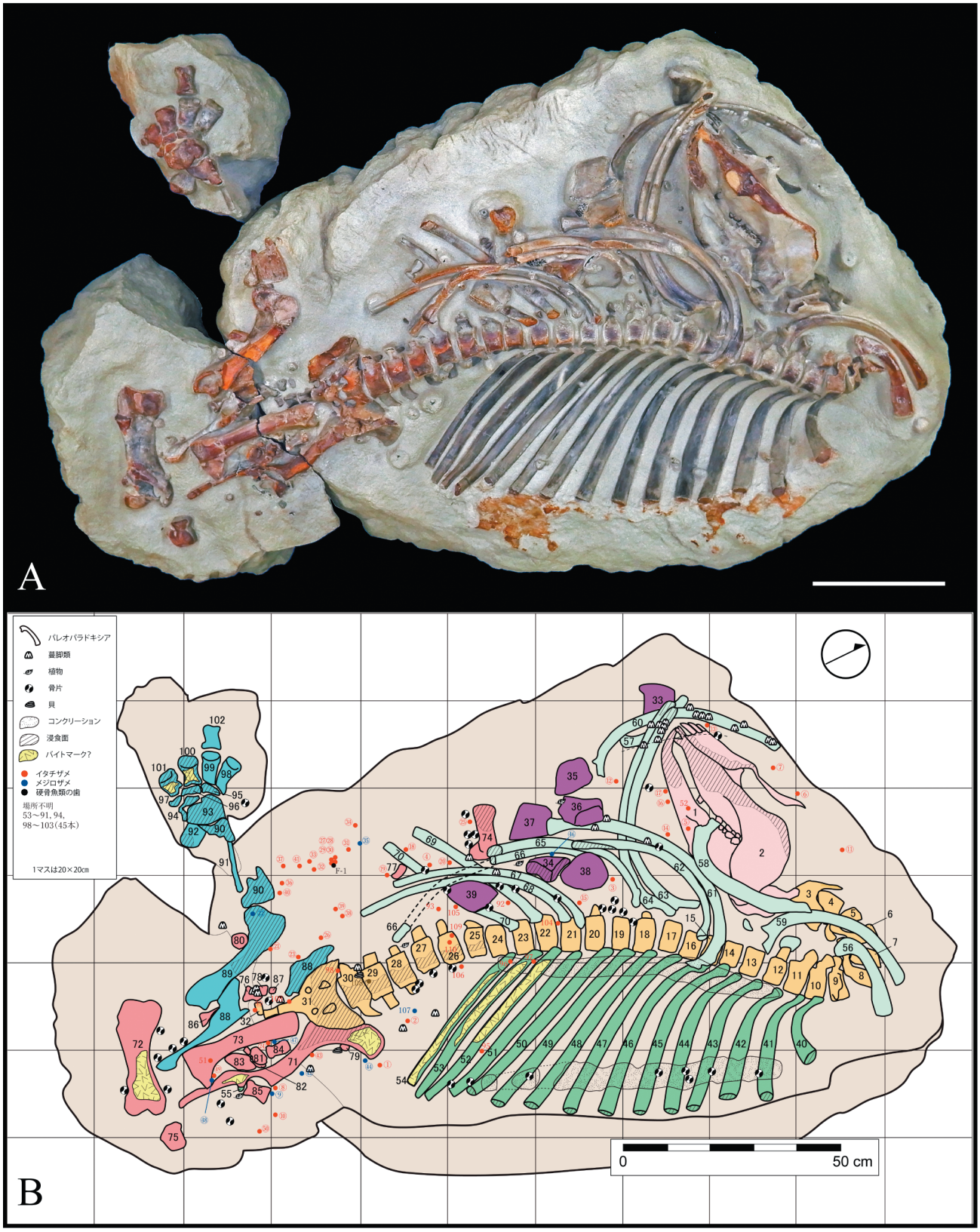

図 5. 瑞浪釜戸標本の産状レプリカ（A）と産状図（B）．産状図は，北川（2024）のものを使用した．

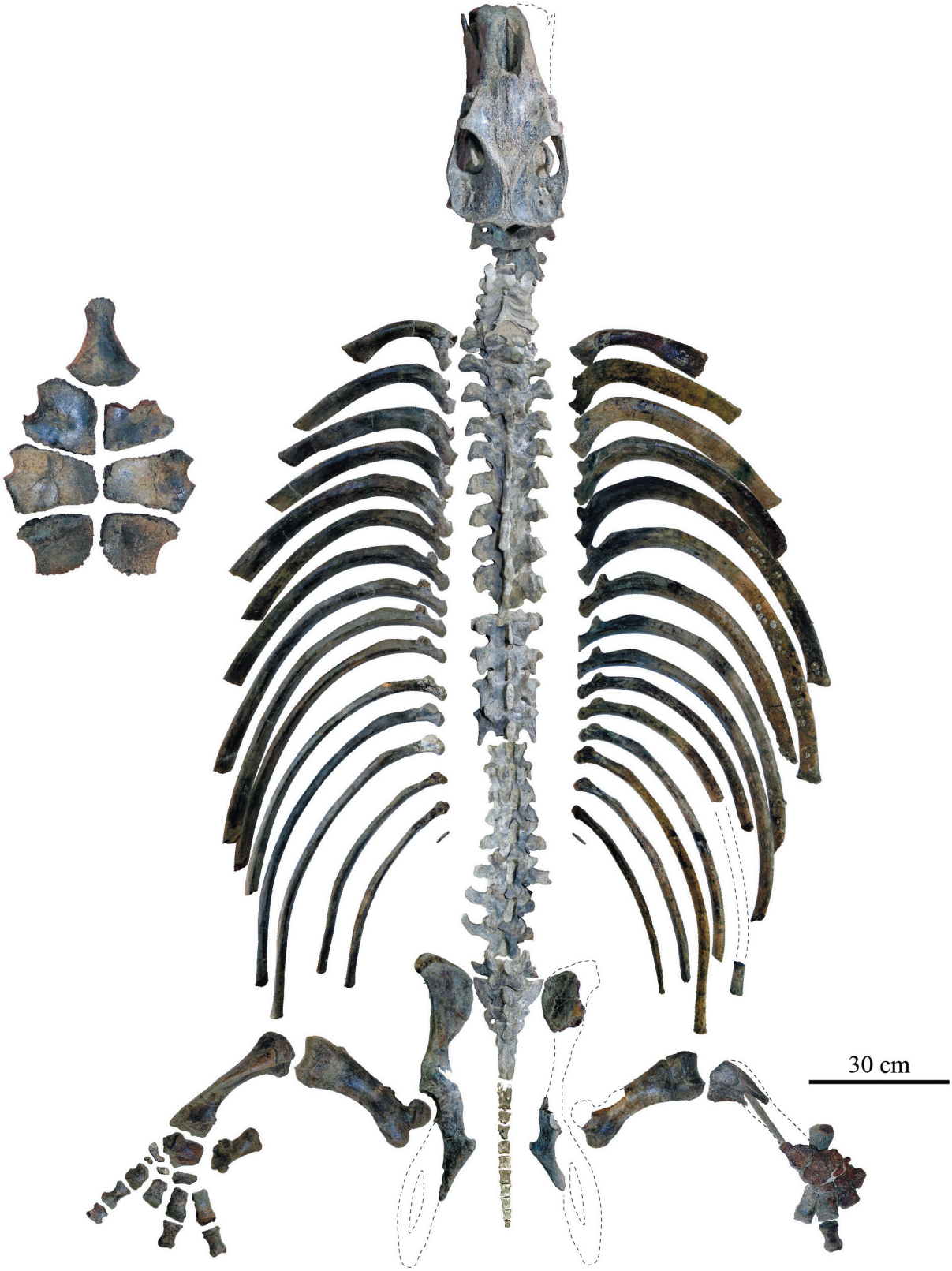

図 6. 瑞浪釜戸標本の産出した骨格. 2024 年 1 月時点で剖出作業が完了した各部位を並べたもの.

頭骨は頭蓋（頭の骨）と左右下顎骨（下あごの骨）が，ほぼかみ合った状態で保存されている（図 8）．頭蓋の長さは，456 mm である．浸食により失われた切歯や犬歯，右下顎第 1 臼歯（第 1 大臼歯）が単離した状態で産出した以外，他の歯列は全て顎骨に植立した状態で保存される（図 9）．各臼歯はかなりすり減っており，第 3 臼歯（第 3 大臼歯）のみ咬合面が観察できる（詳細な特徴は甲能，2024 を参照のこと）．

図 7. 瑞浪釜戸標本の産出した部位（緑）．3D データは新村龍也氏が制作した．

椎骨（背骨の骨）は頸椎 7 個，胸椎（胸の部分の背骨）16 個，腰椎（腰の部分の背骨）5 個，仙椎（骨盤の部分の背骨）5 個，尾椎（尾の部分の背骨）10 個がそれぞれほぼ完全な交連状態を保ったまま産出した．肋骨は，左右ともに 16 本（うち第 16 肋骨は確実なものではない）産出した． 胸骨は平板状のものが 7 点産出し，左右の対となっている．

右後肢骨は，大腿骨（太ももの骨）から指骨までほぼ交連姿勢を保って産出したが一部は浸食により失われた．脛骨（すねの骨）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，骨全体も内側に凸で緩く湾曲する．左後肢骨は，大腿骨と脛骨がそろっており，足根骨はほぼすべての部位がそろっており，指骨は中足骨，基節骨，中節骨の一部が産出した（図 10）．

各椎骨の骨端は閉鎖が進んでおり，あわせて第 3 臼歯が生えていると共にすり減っていることから（図 9），瑞浪釜戸標本は老齢個体であると推定される（北川, 2024; 甲能, 2024）．また，頭骨の大きさに対して比較的大きな切歯と犬歯を持つことから，甲能（2024）は瑞浪釜戸標本を雄個体であると推定している．

瑞浪釜戸標本の頭骨の特徴，特に頭蓋の側頭骨に後頬骨孔が存在すること，のり巻きを束ねた状態の臼歯の歯冠（歯肉から生えている部分）が歯根に比べて短いことなどの特徴からパレオパラドキシア科の束柱類に分類される（甲能, 2024）．パレオパラドキシア科には，*Archaeoparadoxia*（アーケオパラドキシア）属，*Behemotops*（ベヘモトプス）属，*Neoparadoxia*（ネオパラドキシア）属，*Paleoparadoxia*（パレオパラドキシア）属の 4 属が含まれる（Inuzuka, 2005; Barnes, 2013）．これらと比較したところ瑞浪釜戸標本は，*Archaeoparadoxia* 属の種や *Neoparadoxia* 属の種と特徴がよく似ており，一方で *Paleoparadoxia* 属の種とは多くの点で異なっていることが判明した．

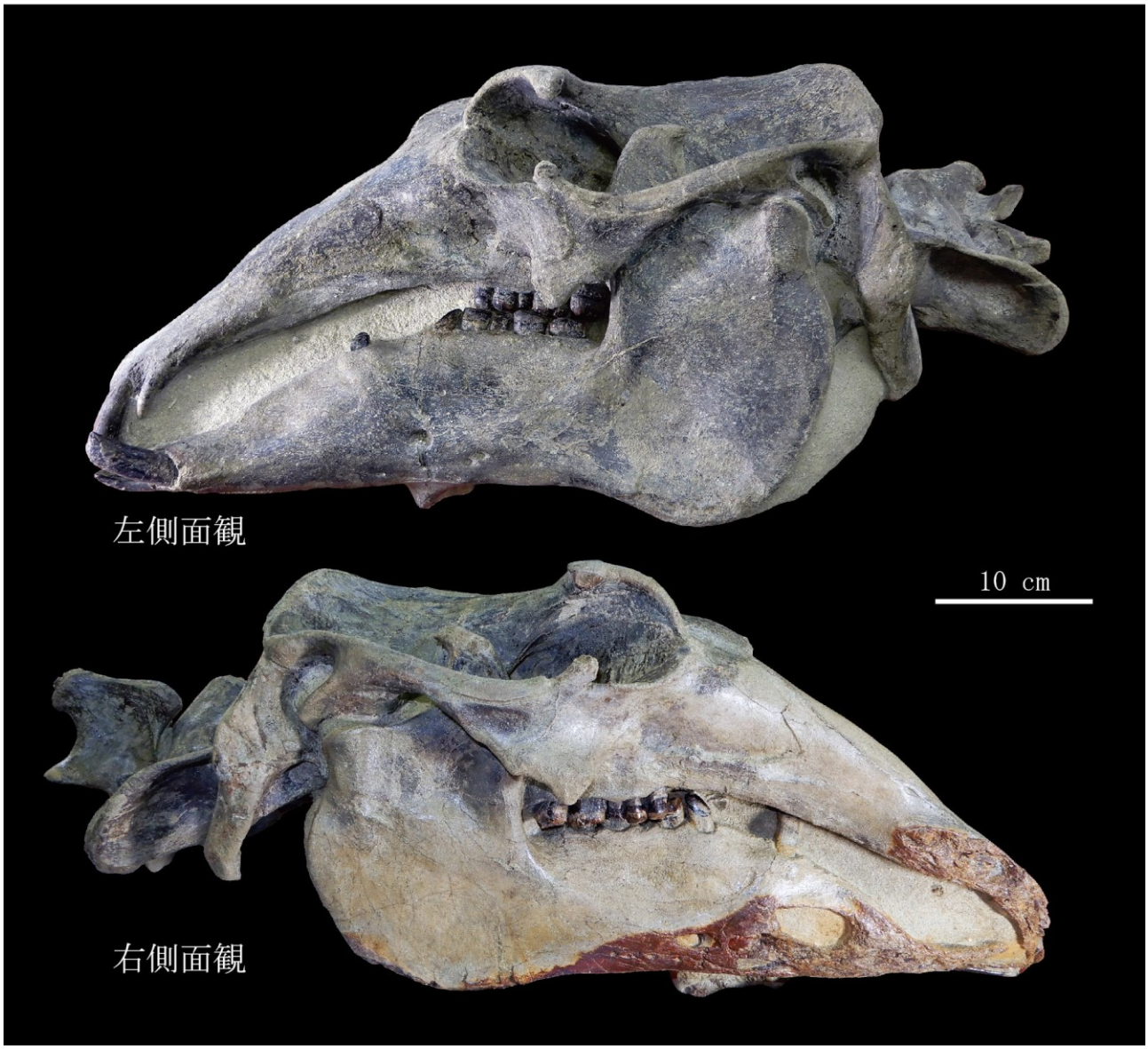

図 8. 瑞浪釜戸標本の頭骨.

しかしながら, 瑞浪釜戸標本の頭蓋底面や下顎骨は未だ堆積物に覆われており, その全容は不明である. そのため, 甲能（2024）は, 現時点での瑞浪釜戸標本の分類を Paleoparadoxiidae gen. et sp. undet.（パレオパラドキシア科の属種未定種）と記載した. より詳細な分類や系統学的な位置については, 頭蓋底面等の詳細な観察により, 今後明らかになるものと期待される.

図 9. 右上顎の臼歯歯列.

図 10. 瑞浪釜戸標本の左後肢骨.

6. 共産した骨片様化石とコンクリーション

瑞浪釜戸標本の周辺からは，骨片様化石やコンクリーションとみられる物体が多数産出した．コンクリーション状の物体は，骨格の周囲だけでなく左肋骨に付着した状態で産出した．また，骨片様化石については球状，棒状，不定形を呈し骨格の周辺や骨の間など各所から産出した．これらの物体について，当初はその起源や形成過程が不明であったが，下記の通りその正体や成因が明らかになりつつある．

6.1. 骨様化石

骨片様化石については当初生痕（せいこん）化石の可能性が指摘され，内部構造の検討が進められた．中島ほか（2024：p. 51–57）は産出した骨片様化石の中で長辺約 12 cm の標本について X 線 CT スキャンによる断面の観察と立体画像の観察，偏光顕微鏡による断面の観察を行った．

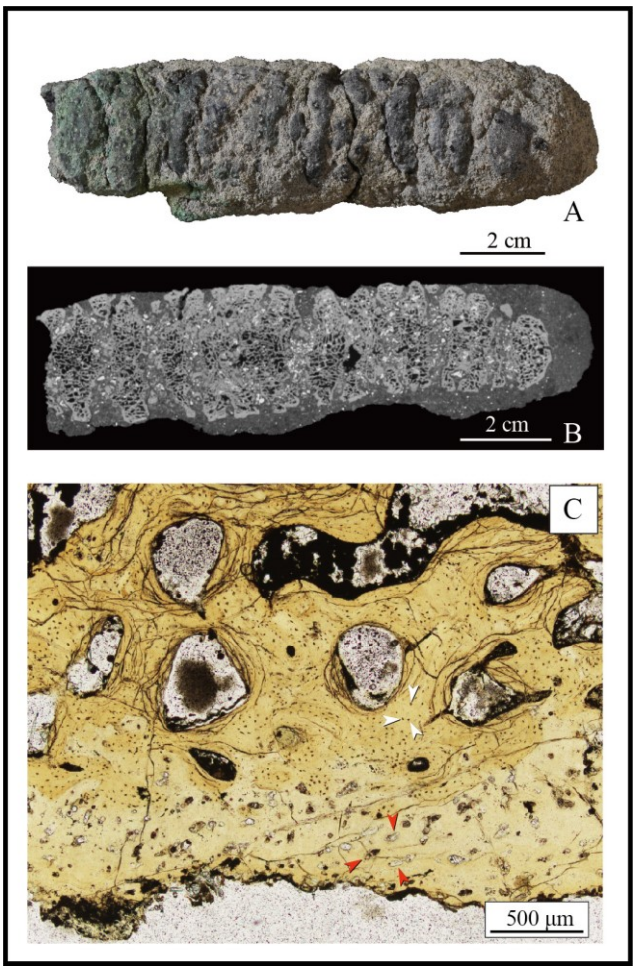

図 11. A，棒状の骨片様化石．B，標本の CT スキャン画像． C，標本の薄片の断面．白矢印は細胞腔，赤矢印は微小な結晶を示す．写真は中島ほか（2024）のものを改編して使用した．

X 線 CT スキャン断面画像の観察により，表面はち密な組織からなり，内部は海綿状の組織からなることが明らかになった．また，偏光顕微鏡による断面の薄片観察の結果，表面の緻密質は細胞腔（さいぼうくう）（軟骨小腔（なんこつしょうくう））や微小な結晶からなることが確認され，

この緻密質が石灰化した軟骨であることが示された（図 11）. 内部の海綿質は骨組織であり, 微小な骨小腔やアパタイト結晶とコラーゲン繊維を含む物質であることが明らかになった. これらの観察結果より, 中島ほか（2024）は, これら骨片様化石は部分的に骨化した肋軟骨である可能性を述べている. 肋軟骨の骨化は, 瑞浪釜戸標本の年齢が高いことを示唆しており, この点については北川（2024）や甲能（2024）の指摘と矛盾しない.

6.2. コンクリーション

XRD 装置を用いた成分分析の結果, コンクリーションは主に方解石からなることが明らかになった. 炭素同位体比測定の結果, コンクリーションは有機物が炭素源となって形成したと考えられる. 肋骨内部の方解石充填物は分析の結果, 骨内に残存した脂質などが起源と考えられる.

以上から骨格周辺から産出したコンクリーションは, 瑞浪釜戸標本由来の有機物が起源となっている可能性がある. しかしながら, 瑞浪釜戸標本の肉質が有機物として供給される場合, コンクリーションは骨格全体を内包する可能性があるが, 得られたコンクリーションの量は非常に少ない. この点について, 村宮・吉田（2024）は, 瑞浪釜戸標本の肉質が板鰓類や底生生物により捕食されたためコンクリーション形成に必要な有機炭素の大部分が消失した可能性を述べている.

7. 共産化石

瑞浪釜戸標本の周囲より産出した大型化石を表 2 に示す. また, 岩石から微化石を抽出したところ, 貝形虫（かいけいちゅう）, 有孔虫, 花粉が産出した. これらの化石についてその分類学的検討結果や古環境を紹介する.

図 12. 共産した貝類, ウニ類, 十脚類, 蔓脚類の一部. スケールは 5 mm. 貝類・ウニ類の写真は安藤（2024）, 大路（2024）のものを使用した.

7.1. 貝類

瑞浪釜戸標本の周囲からは, *Chlamys itoigawae*（イトイガワニシキ）, *Crenomytilus grayanus*（エゾイガイ）をはじめとする貝類化石が産出した（図 12, 安藤, 2024：p. 67–72）. 貝化石から推定される古環境は, 約 10 m～20 m の浅い海で, 付近に岩礁の存在する岩礫, 砂質底が考えられる.

表 2. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本と共産した大型化石の一覧．表に示した以外にも，クモヒトデとみられる化石，硬骨魚類の歯と耳石，エイ類の歯が残渣より産出した．

和名	学名
二枚貝・巻貝の仲間（貝類）	
ツメタガイ属の未定種	*Euspira* sp.
イトカケガイ科の未定種	Epitoniidae gen. et. sp. indet.
タマキガイ属の未定種	*Glycymeris* sp.
イトイガワニシキ	*Chlamys itoigawae*
エゾイガイ	*Crenomytilus grayanus*
イタボガキ目の未定種	Ostreoida fam., gen. et sp. indet.
ウニの仲間（ウニ類）	
キタノハスカシカシパン	*Keiwa minoensis*
カニ・エビの仲間（十脚類）	
テッポウエビ科の未定種	Alpheidae gen. et sp. indet.
スナモグリ科の未定種	Callianasidae gen. et sp. indet.
カニダマシ科の未定種	Porcellanidae gen. et sp. indet.
ツノヤドカリ属の未定種	*Diogenes* sp.
ホンヤドカリ上科の未定種	Paguroidea fam., gen. et sp. indet.
カラッパ属の未定種	*Calappa* sp.
スベスベマメコブシ	*Philyra plana*
カクアカイソガニ	*Cyclograpsus rectangularis*
イトイガワマメヘイケガニ	*Tymolus itoigawai*
オウギガニ科の未定種	Xanthidae gen et sp. indet.
フジツボ・エボシガイの仲間（蔓脚類）	
エボシガイ属の未定種	*Lepas* sp.
ハナカゴ属の未定種	*Verruca* sp.
コウダカキクフジツボ属の未定種	*Pseudoctomeris* sp.
クロフジツボ属の未定種	*Tetraclita* sp.
ヒラフジツボ属の未定種	*Tetraclitella* sp.
アカフジツボ属の未定種	*Megabalanus* sp.
アクチノバラヌス属の未定種	*Actinobalanus* sp.
センダイフジツボ	*Arossia sendaica*
サメ・エイの仲間（板鰓類）	
オオメジロザメの近似種	*Carcharhinus* cf. *leucas*
メジロザメ属の未定種	*Carcharhinus* sp.
イタチザメの仲間	*Galeocerdo aduncus*
カスザメ属の未定種	*Squatina* sp.
植物化石	
ミキマツ（球果）	*Pinus mikii*

7.2. ウニ類

瑞浪釜戸標本周辺から産出したウニ類を検討した結果，*Keiwa minoensis*（キタノハスカシカシパン）であることが判明した（図 12，大路，2024：p. 73–74）．ウニ類の多産から，瑞浪釜戸標本が埋積した場所は淡水が常に流れ込むような環境ではなかったことを示している．

7.3. 十脚類・蔓脚類

瑞浪釜戸標本骨格周辺の岩石より産出した十脚類（エビ・カニの仲間）と蔓脚類（フジツボ・エボシガイの仲間）のリストを表 2 に，発掘時に採取された *Tymolus itoigawai*（イトイガワマメヘイケガニ）と剖出時に発見された蔓脚類を図 12 に示す．発掘時や剖出時に見つかった標本はわずかであり，ほとんどは小林による剖出後の残渣の水洗によって得られたものであり，予察的な同定結果を含めている．

図 13. 右第 5 肋骨と第 6 肋骨に付着した *Actinobalanus*（青矢印），*Megabalanus*（赤矢印）．

右の第 3 肋骨, 第 5～第 9 肋骨, 第 11 肋骨には蔓脚類の付着やその痕跡が見られる（図 13）. 肋骨に付着している蔓脚類は, *Actinobalanus*（アクチノバラヌス）属の種が主体で, *Megabalanus*（アカフジツボ）属の種も付着している. 現在, 柄沢・小林により得られた十脚類と蔓脚類の分類学的検討を進めており, 別稿にて詳細な記載論文を準備中である.

7.4. 板鰓類

板鰓類（サメ・エイの仲間）化石は, 瑞浪釜戸標本の骨格化石が含まれる母岩ブロックからの剖出作業とその後の残渣（ざんさ）の水洗により, *Galeocerdo aduncus*（イタチザメの仲間）をはじめとする 124 点が産出した（図 14, 髙桒, 2024：p. 75–80）. また, 左大腿骨などには板鰓類に捕食されたものと推定される咬合痕（こうごうこん）（バイトマーク）が観察される（図 14）.

図 14. 共産した *Galeocerdo aduncus* と左大腿骨につけられた咬合痕.

Galeocerdo aduncus の歯化石の中には接合歯（せつごうし）（顎の正中に位置する歯）が 4 点含まれており, 同一部位と考えられる接合歯が 2 点識別されたため, 産出した歯化石の中には少なくとも 2 個体分の *G. aduncus* が含まれている. そして咬合痕や骨格の産状からこれらの板鰓類が瑞浪釜戸標本の死骸を捕食した可能性が高い.

7.5. 球果（大型植物）

瑞浪釜戸標本の骨の間からはマツ科球果（松ぼっくり）が産出した（図 5B, 図 15）. 山田による分類学的検討の結果, *Pinus mikii*（ミキマツ）の球果であることが判明した. *Pinus mikii* は, 中新世から鮮新世（せんしんせい）にかけて繁栄した種で, 現生のクロマツやリュウキュウマツの祖先である. 絶滅種ではあるが, これまで産出した地層から温暖な気候に生育していたと考えられている. 骨と骨の間に挟まるような産状から, 瑞浪釜戸標本の遺骸が海底に横たわり, その後も海中に露出しつづけた右胸部や腹部が堆積物に覆われるまでに, 海中を浮遊していた球果が偶然骨の間に漂着したと考えられる.

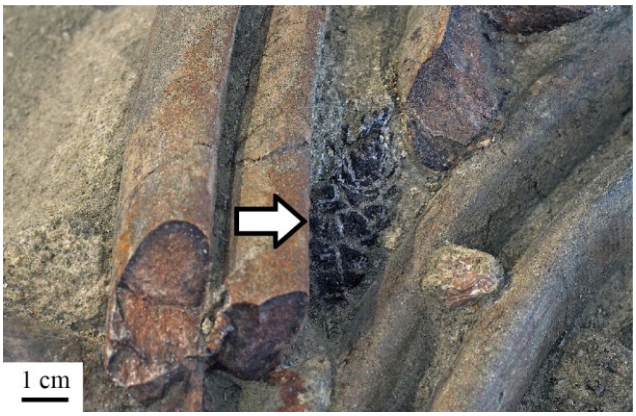

図 15. 肋骨の間に埋没する *Pinus mikii*（矢印）.

7.6. 貝形虫・有孔虫

貝形虫は体長 1 mm 前後で石灰質の 2 枚の殻を有する甲殻類の一種で, 有孔虫は石灰質の殻

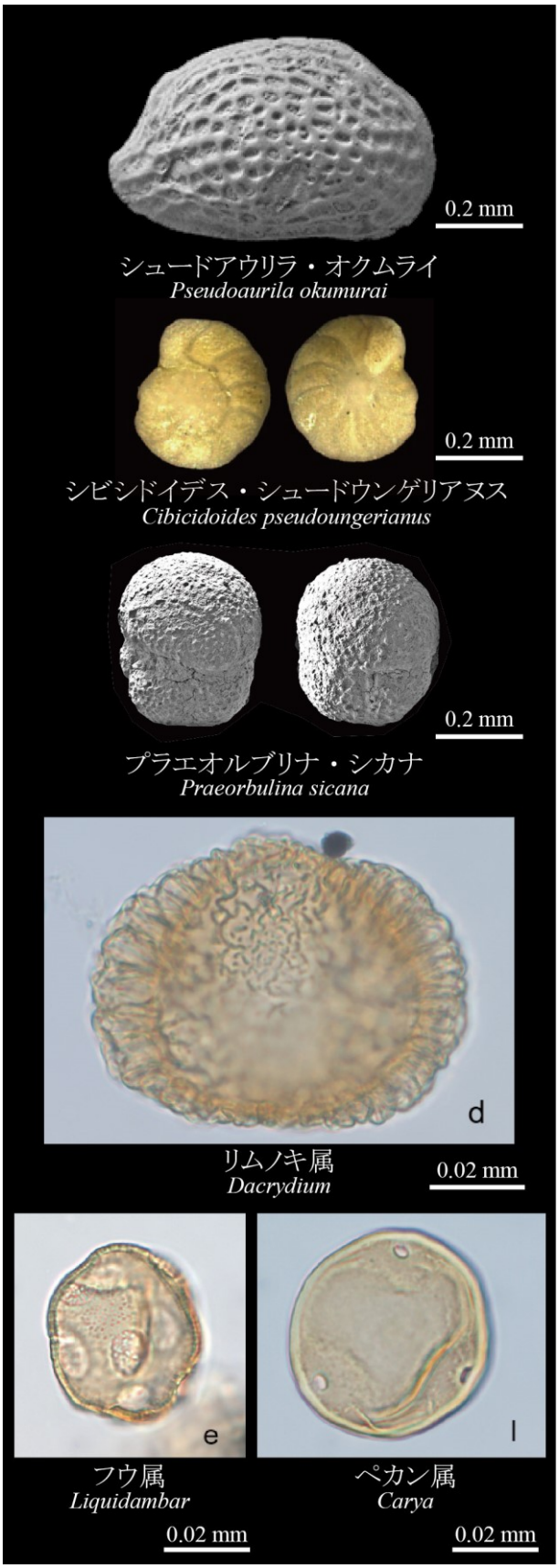

図 16. 産出した貝形虫・有孔虫・花粉化石．各分類群の写真は，入月ほか（2024），齊藤（2024）のものを使用した．

を持つアメーバ様の生物である．瑞浪釜戸標本を含む岩石からは，*Pseudoaurila okumurai*（シュードアウリラ・オクムライ）をはじめとする 27 種の貝形虫，*Praeorbulina sicana* をはじめとする 17 種の浮遊性有孔虫，*Cibicidoides pseudoungerianus*（シビシドイデス・シュードウンゲリアヌス）をはじめとする 18 種の底生有孔虫化石が産出した（図 16，入月ほか，2024）．貝形虫・有孔虫化石からは，強い暖流の影響を受けたやや沖合の水深 20 m～50 m の砂底で，付近の沿岸に海藻や海草が繁茂していた環境だったことが推定される（入月ほか，2024）．

7.7. 花粉

花粉化石は，*Dacrydium*（リムノキ）属や *Liquidambar*（フウ）属をはじめとする各分類群が瑞浪釜戸標本骨格を包有する母岩の左肋骨付近の岩石より産出した．詳細な属については齊藤（2024：p. 91–97）でまとめられており，本稿ではその一部を図 16 に示す．

齊藤（2024）は，花粉群集から瑞浪釜戸標本生息時の陸上の年平均気温を約 21℃と見積もっており，これが低地の気温であれば現在の屋久島から奄美大島程度の亜熱帯気候であることを推定している．また，年降水量は 1500 mm から 1800 mm 程度と推定している．

8. 3D データの取得と骨格の復元

多くの部位が交連状態である瑞浪釜戸標本において，各骨を物理的に剖出することは困難な状態である．そのため，今後の復元骨格制作を見越して各骨の詳細な 3D 情報の取得を剖出作業と並行して実施した．単体での剖出が完了した部位に

ついては, 3D レーザースキャナをつかったスキャンを, 頭骨をはじめとする堆積物との分離が物理的に困難な部位については, 福井大学医学部先進イメージングセンターで X 線 CT スキャンを行った. 3D レーザースキャンでは, 個々の骨の明瞭な凹凸も記録することができた（河部ほか, 2024 : p. 99–108）. また, X 線 CT スキャンでは, 堆積物と骨部とのコントラスト差が十分に得られ, 良好な 3D データを取得することができた. 特に, 堆積物に充填されている頭骨内部のスキャンでは, 各部位を分離することができた.

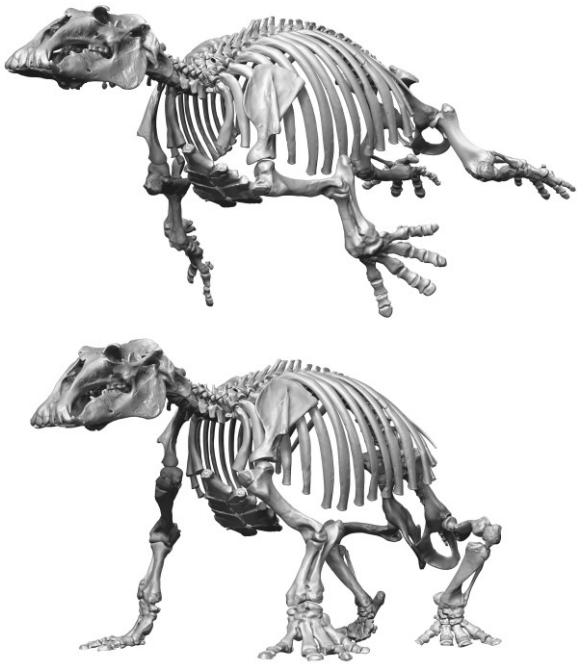

図 17. 瑞浪釜戸標本の 3D 骨格復元データ.（上）海中における状態.（下）陸上における状態.

得られた各骨の 3D データを基に, 不足する部分については岐阜県土岐市泉町産の *Paleoparadoxia tabatai*（パレオパラドキシアの泉標本）と, 同じパレオパラドキシア科に属する *Neoparadoxia repenningi*（ネオパラドキシアのスタンフォード標本）の 3D データで補うことにより図 17 に示すデジタル全身骨格復元モデルを制作した. なお, 陸上および水中のおける姿勢は, 甲能直樹博士監修のもとで組み上げられた. 今後この 3D データは, 分類学的研究をはじめとする研究や教育にも活用する予定である. この画像はオンラインで広く共有する予定であり, より多くの研究者や教育機関が瑞浪釜戸標本へアクセスできるようになるだろう.

9. 復元画の制作

瑞浪釜戸標本骨格の産状や板鰓類などの共産化石の研究から, 本個体の死骸が海底に着底した後に埋積するまでの過程が解明されつつあるため, 海底に着底してから埋積までをまとめた復元画として描き, 本報告書に掲載することとした.

復元画は, ①パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本が死後前肢を失い, 海底に仰向けかつ体を左側に傾けて横たわった状態, ②板鰓類 1 匹が左後肢を噛み持ち上げ（捕食）, もう1匹が左下腹部を捕食している状況, という設定で制作が始められた. その後, 北川（2024）の埋没過程の考察や髙桒（2024）の板鰓類の情報, 甲能および北川による監修を加味して制作を進め, 復元画は完成した（図 18）. より詳細な制作過程や復元画に含まれる情報については小田ほか（2024 : p. 109–111）に詳しい記述がなされている.

10. 得られた成果のまとめ

1. 2022 年 6 月に瑞浪市釜戸町下切の土岐川河床より束柱類のまとまった骨格化石（パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本）が発見された. 産出し

た地層は瑞浪層群宿洞層に含まれ，層準は約1650 万年前に堆積したと推定される．

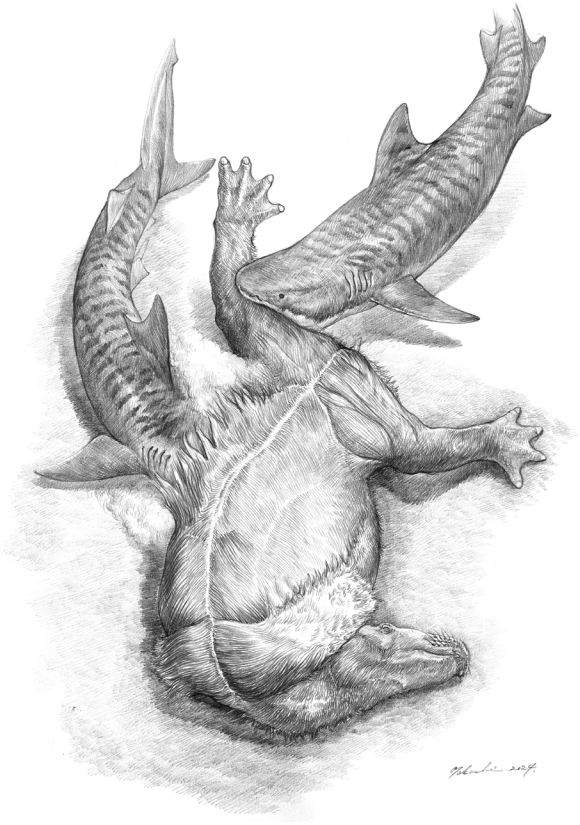

図 18. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本が海底に着底から埋積までの間の場面を描いた復元画．小田ほか（2024）のものを使用．

2. 前肢を除く 119 点の骨が確認された．頭骨は，上顎と下顎がかみ合った状態で産出した．また，胸骨，椎骨，肋骨を構成する骨はほぼ完全な状態で産出し，後肢についても浸食で失われた部分と末節骨以外は多くの骨が産出した．骨の状態からこの個体は死後海中を漂流し，その後体が左に傾いた状態で海底に着底し，板鰓類に捕食された後に埋積したものと推定される．頸部は，死後の弛緩により海底に着底した際に大きく湾曲したものと考えられる．
3. 頭骨や後肢骨の形態学的特徴から，標本はパレオパラドキシア科の属種未定種（Paleoparadoxiidae gen. et sp. undet.）と記載される．属種の分類のためには，頭蓋底面や下顎骨の詳細な観察が必要である．また，骨の特徴から標本は老齢な雄個体であることが推定される．
4. 共産したコンクリーションは，瑞浪釜戸標本由来の有機物によって形成された可能性が高い．コンクリーションの量が少ないのは，骨格埋積時の有機物（主に肉質）が少なかったことが考えられる．また骨片様化石は，瑞浪釜戸標本の軟骨である可能性が高い．
6. 骨格の周囲から *Galeocerdo aduncus*（イタチザメの仲間）をはじめとする板鰓類化石が産出し，各骨に残された咬合痕（バイトマーク）から，板鰓類が瑞浪釜戸標本の死骸を捕食した可能性がある．
7. 共産した海生無脊椎動物化石から瑞浪釜戸標本が埋積した場所は，暖流の影響下にあり，外洋水が流入するような水深 10～50 m に位置していたと考えられる．陸上の気候も温暖であることが推定され，本パレオパラドキシアは亜熱帯の気候下で生息していたと考えられる．
8. 各骨の 3D スキャンによりデジタル全身骨格復元データが完成した．このデータを基に，産状の記録や共産化石などから瑞浪釜戸標本が海底に着底してから埋積するまでの場面を復元画で表現した．

11. 謝 辞

瑞浪市釜戸町在住の有我高司氏，安江明高氏，渡邉敏博氏には，パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本を発見し，化石博物館に連絡いただいた．故小泉明裕氏（元飯田市美術博物館学芸員）と西岡佑一郎博士（ふじのくに地球環境史ミュージアム）には発掘作業を手伝っていただいた．また，発掘に際し木村建材株式会社の皆様，瑞浪市役所の関係部署（建設部，教育委員会，釜戸公民館），瑞浪市自然ふれあい館，釜戸町の皆様には多大なるご支援とご協力を賜った．

楓　達也氏（瑞浪市）と合田隆久氏（瑞浪市化石博物館友の会）には，瑞浪釜戸標本の剖出をしていただいた．水野利之氏（瑞浪市）には，発掘や剖出作業を動画等で記録していただいた．小林伸明氏（瑞浪市化石博物館友の会）には，剖出後の残渣から蔓脚類や板鰓類をはじめとする各分類群の標本を抽出していただいた．柄沢宏明博士（瑞浪市化石博物館）には，十脚類化石と蔓脚類化石の分類学的検討のデータと標本の写真を提供いただくとともに内容を校閲いただいた．山田敏弘博士（北海道大学大学院）には，共産したマツ科球果の分類学的検討結果を提供いただくとともに内容を校閲いただいた．本報告書に掲載される各論文を執筆された皆様（表1参照）には，論文の内容の一部や画像を本稿に掲載することを快諾いただくとともに，内容を校閲していただいた．　川谷

文子博士（飯田市美術博物館）には様々な形で本報告書編集をご支援いただいた.

発掘・剖出・研究の各作業については, 令和 4 年度岐阜県清流の国ぎふ推進補助金およびクラウドファンディング「謎の絶滅生物、真の姿に迫る!? 瑞浪産パレオパラドキシア全身骨格化石復元プロジェクト」寄附金（支援者 345 名; 寄附金 7,036,000 円）の支援を受けた. 特に, 板津貴之氏（神奈川県）, 伊藤　剛氏（千葉県）, 伊藤洋輔氏（瑞浪市）, 成橋和正氏（京都府）, 春田知洋氏（東京都）, 古熊俊治氏（山口県）, 松橋義隆氏（愛知県）, 水野吉昭氏（愛知県）, 山田敏之氏（神奈川県）の皆様からは多くのご支援をいただいた.

瑞浪市化石博物館館長の水野義康氏, 瑞浪市陶磁資料館館長の遠藤三知郎氏, 陶磁資料館の砂田普司氏および河野和弘氏には発掘や研究の際に数々のご支援をいただいた.

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.

以上の方々に厚くお礼申し上げます.

12. 引用文献

安藤佑介. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地の瑞浪層群宿洞層から産出した貝類化石. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 67–72.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_67

安藤佑介・楓　達也・合田隆久・水野利之. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の発見・発掘・剖出の記録. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 1–12.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_1

荒岡大輔・吉村寿紘・中島　礼. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地から産出した貝化石のストロンチウム同位体年代（予察）. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 13–16.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_13

Barnes, L. G. 2013, A new genus and species of late Miocene paleoparaadoxiid (Mammalia, desmostylia) from California. Conributions in Science, 521: 51–114.

星　博幸. 2024. 中新統瑞浪層群宿洞層のパレオパラドキシア瑞浪釜戸標本を含む砂岩岩塊の残留磁化および磁気異方性. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 17–28.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_17

Inuzuka, N. 2005. The Stanford Skeleton of *Paleoparadoxia* (Mammalia: Desmostylia). Bulletin of Ashoro Museum of Paleontology 3: 3–110.

入月俊明・林　広樹・辻本　彰. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本産地の瑞浪層群宿洞層から産出した貝形虫化石と有孔虫化石. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 81–89.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_81

河部壮一郎・佐野瑞穂・新村龍也. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の 3D デジタルデータ化とデジタル骨格復元の制作. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 99–108.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_99

北川博道. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本の産状と骨格. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 29–42.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_29

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

小田　隆・安藤佑介・新村龍也・北川博道・甲能直樹. 2024. パレオパラドキシア瑞浪釜戸標本復元画の制作. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 109–111.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_109

大路樹生. 2024. 瑞浪市釜戸町のパレオパラドキシア標本産地から見つかったウニ類. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 73–74.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_73

齊藤　毅. 2024. 岐阜県瑞浪層群（中新統）産パレオパラドキシア類全身骨格（瑞浪釜戸標本）包含堆積物からの花粉化石群集. 瑞浪市化石博物館研究報告 50(3): 91–97.
DOI: 10.50897/bmfm.50.3_91

髙桒祐司. 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