

岡山理科大学 研究・社会連携機構

古生物学・年代学研究センター 事業報告

The Bulletin of Institute of Paleontology and Geochronology,
Okayama University of Science

第5号

岡山理科大学 古生物学・年代学研究センターについて	1
恐竜学博物館について	5
2024 年度事業運営報告	8
事業計画と事業報告（自己点検評価の概要）	11
2024 年度岡山理科大学プロジェクト研究推進事業 恐竜研究を中心とした新たな本学研究シーズの確立 実施報告書	13
2024 年度教育改革推進事業 学生参加型ゴビ砂漠フィールドワークの実践と本学恐竜学 博物館教育への展開 実施報告書	18
2024 年度古生物学・年代学研究センター第2回セミナー（jGnet 地質学講座と 共催）「地質学の最新研究を学ぶ」案内	21
岡山理科大学古生物学・年代学研究センター—モンゴル科学アカデミー古生 物学研究所合同国際セミナー（Institute of Paleontology, MAS - Institute of Paleontology and Geochronology, OUS International Joint Seminar）（2024 年度古生物学・年代学研究センター第3回セミナ ー）プログラム	22
2024 年度岡山理科大学恐竜学博物館活動報告	24
2024 年度教育改革推進事業（チャレンジゴビ）報告	31
研究報告 豊田新, 小畑直也：自然の石英にみられる ESR 信号の加熱による消滅機構	37

岡田夏蓮・鶴田彩音・豊田新・高田将志：火山灰土の風送塵石英の ESR 分析 による気候変動検出の可能性	40
Buuvei Mainbayar, Khishigjav Tsogtbaatar and Shinobu Ishigaki: Preliminary Report of the Ichnological Fieldwork in Nemegt, Bugin Tsav and Gurilin Tsav Area, Western Gobi Desert, Mongolia	42
Buuvei Mainbayar, Khishigjav Tsogtbaatar and Shinobu Ishigaki: Preliminary Report on the Ichnological Fieldwork in the Classical Dinosaur Tracksite of Saijraakh Mountain, Tob Aimag, Mongolia	47
佐藤友彦, 青木一勝, Jargalsaikhan Batsukh, Khishigjav Tsogtbaatar: モ ンゴル国セルゲレン地域のチャートによる古生代遠洋環境復元	51
高橋亮雄, 池田忠広, Erick Setiyabudi, Iwan Kurniawan: ジャワ島の前期 更新世淡水生および陸生カメ相の種構成とその生物地理学的意義	52
中村光, 衣笠哲也, 千葉謙太郎, 大越司, 林良太, 吉田浩治, Khishigjav Tsogtbaatar: <i>Avimimus</i> の足首に見られる特殊な対偶について—ロボット をつくることでその存在可能性を検証する—	55
富田侑希, 林昭次, Khishigjav Tsogtbaatar: Z-spacing 解析に基づくモンゴ ル産ピナコサウルスの歯列交換のパターンとその適応的意義	59
浅井勇馬, 安藤達郎, 澤村 寛, 林昭次: 北海道釧路市阿寒の中新統殿来層産 Paleoparadoxia の分類学的再検討と多様化への示唆	61
Momoka Uchida, Tsukasa Okoshi, Tensei Goto, Ryoki Nakata, Buuvei Mainbayar, Batsaikhan Buyantegsh, Khishigjav Tsogtbaatar, Mototaka Saneyoshi: Development of an Efficient Cleaning Technique for Small Vertebrate Fossils from Bayhshiree Formation, Mongolia	63
西村玲, 千葉謙太郎, 青木一勝, 小木曾哲, 實吉玄貴, Buuvei Mainbayar, Khishigjav Tsogtbaatar: モンゴル国バインシレ層産恐竜類歯化石のアパ タイト U-Pb 年代測定	65
辻極秀次, 稲葉勇人, 佐々木誉人, 千葉謙太郎, 實吉玄貴: 脊椎動物化石に おける II 型コラーゲンの免疫組織化学的検出	67
上村正樹, 土屋裕太, 前圭一郎, 能美洋介: 岡山県南部本宮高倉山付近の塩 基性火成岩の記載	69
木村光宏: 国際バカロレアを踏まえた恐竜授業の開発②—「恐竜とかけっ	

こ」の実践よりー	70
名取真人, 市川美和, 石垣忍, 高橋亮雄: 脊椎動物の骨格構造を対象とした 機能解剖学的研究と普及教育	76
西戸裕嗣: 岡山理科大学恐竜学博物館 2024 年度特別企画展の実施報告 感 動! 「世界の恐竜切手 300 種」ー 骨と比べてみよう ー	77
辻光彦, 澤田順弘, 実吉玄貴, 豊田新: 下部白亜系大山下層に含まれる凝灰 岩の地質学的研究	79
発表論文	81
著書	82
学会発表	83
マスメディアへの掲載	87
アウトリーチ・講演・展示ツアー等	89
標本貸し出し・外部展示等	91

岡山理科大学 古生物学・年代学研究センターについて

2020年4月に設立された、岡山理科大学古生物学・年代学研究センターは5年目の活動を終えた。本報告書や年度末セミナーに見られるように、設立当初に比べて研究成果が格段に向上してきていることが明確に伺える。本報告書では、本センターの組織についてまとめ、そして今年度の活動について報告する。

1. 設立の経緯と古生物学・年代学研究センターの構想

岡山理科大学では、1980年代に蒜山研究所に先駆的なK-Ar年代測定システムが稼働して以来、年代測定を行うことができる研究機関として、日本の地球科学および惑星科学の重要な研究拠点の地位を保ってきた。これはオープンリサーチセンター「地球型惑星の物質科学と歴史探究」（平成17年度から21年度）、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「鉱物の物理化学特性から読み取る地球、惑星の環境変遷史」（平成23年度から27年度）として結実し、質の高い実績を残したことからも明らかである。

一方、平成25年、林原自然科学博物館（岡山市）が親会社の経営危機によって閉鎖された際、本学は恐竜に関わる標本、研究事業及び研究者を承継すると共に、モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所との協力関係も引き継いだ。この古生物学的研究に、本学がそれまでに培ってきた地質年代学および物性物理学的手法を組み合わせることにより、さらに大きな研究拠点となり得ることを確信し、私立大学研究ブランディング事業「恐竜研究の国際的研究拠点形成」（平成28年度から31年度）へ申請そして採択に至った。

このように、物質科学的分析による地球年代学に裏打ちされた恐竜化石をはじめとする古生物学研究は、他大学にはない独自性があり、まさに岡山理科大学ビジョン2026にある“個性的で魅力ある研究”となっている。そこで、私立大学研究ブランディング事業によってその基礎を築いた研究拠点をさらに発展させ、「年代学を基礎とした古生物学」を本学の特色としてアピールするとともに強固なものとし、得られる研究成果を学生の教育および社会に還元するため、「岡山理科大学古生物学・年代学研究センター」を令和2年4月に設置することになった。

本研究センターは、年代学的手法及び分析学的手法を組織的に密接に古生物学の研究に取り入れ、融合させて、年代学的研究を基礎とした古生物のマクロ進化を研究目的とする新たな研究分野の構築と進展を図る。古生物学を専門とする研究者の在籍する研究機関は国内に複数存在するが、年代学を基礎とする形で組織的に古生物学の研究を行う研究機関は、この研究センターが設立されれば国内で唯一のものとなり、世界的に見ても数少ない極めて特色のある研究機関となる。また、本研究センターを共同利用研究施設と同様の方式で運営し、国内外を問わない学外との共同研究をこれまで以上に積極的に推進する。そして、最新の研究成果を取り入れた学部教育を行うと共に、大学院教育においては国内外の研究者との国際的な共同研究に参加させる。

本研究センターのもう一つの特長は、恐竜学博物館を組織として持ち、ここを通して最新の研究成果を広く社会へ直接還元できる点にある。特にこの博物館は、恐竜研究の現場を「展示」することを主たる目的にしているところに大きな特徴があり、研究のプロセスを大切に大学ならではの社会貢献の機会を持つ。

本研究所は今後、成果を積み重ね、文部科学省による共同利用・共同研究拠点として認定されることを目指す。

このために、次のような活動を行う（図1）。

- (1) 学部の垣根を越えて、学内の様々な分野の教員との学内共同研究を推進する。
- (2) 国内及び国際共同研究を推進する。
- (3) 共同研究は、公募により提案を募り、担当するセンター教員との調整を経て遂行する。
- (4) 共同研究は、(兼任を含む)所属教員が責任者として推進できる課題とする。提案者と研究グループを作り、基本的には学外の研究者側が本学を訪問して本学の研究資源を利用するかたちで行う。
- (5) 研究シンポジウムをはじめ、積極的に国内学会、国際学会を招致する。
- (6) 恐竜学博物館において、展示を充実させ、学内外に公開すると共に、教育プログラムを行い、社会への情報発信を行う。



図1 古生物学・年代学研究センターの構想

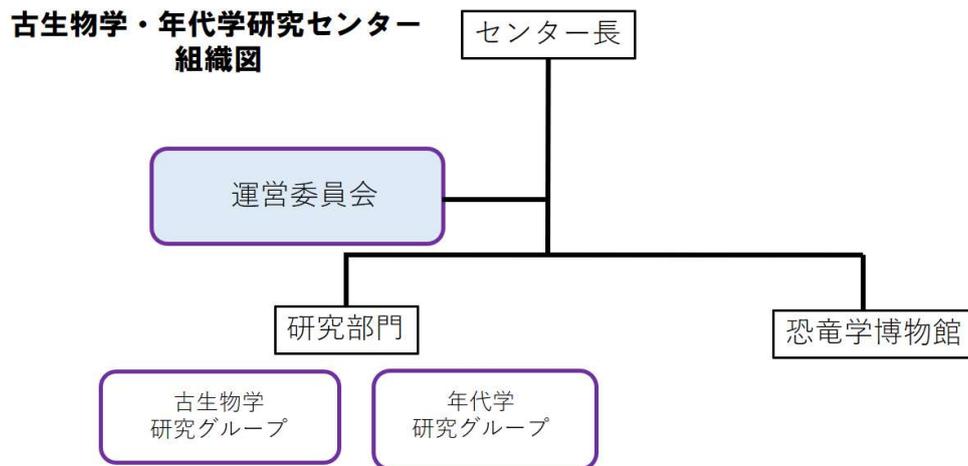


図2 古生物学・年代学研究センター組織図

研究では、次のような課題に取り組む。

- (1) モンゴル恐竜化石の絶対年代測定
- (2) モンゴル産恐竜化石研究を中心とした古脊椎動物の系統分類と古生態
- (3) 年代にもとづく地球表層環境と生物との共進化
- (4) 地球史を通じた大陸の形成と進化
- (5) 新しい年代測定手法の開発とその応用

次のようなことが実現できることを目指す。

- (1) 学内教員間の共同研究、特に学際的な研究を奨励し、活気のある学風を形成するとともに、古生物学・年代学研究を大学ブランドに押し上げる。
- (2) 国内、国外との共同研究を推進し、年代測定による時間軸に裏付けられた古生物学研究の世界的拠点になるための基礎を作る。
- (3) 国内の共同利用・共同研究拠点として広く学界から認定され、学外資金を得られる組織を目指して、

現在できる整備と実績作りを行う。

- (4) 恐竜学博物館での研究・教育・普及活動を推進し、積極的に成果を発信する。

2. 実施体制

専任教員及び兼任教員合わせて10-15名程度によって研究センターを組織する。

研究センターには、研究推進部門及び恐竜学博物館を置く。研究推進部門は、古生物学研究グループと年代学研究グループからなる(図2)。運営委員会を置き、古生物学・年代学研究センターの運営に必要な事柄を検討する。

3. 規程

岡山理科大学古生物学・年代学研究センター規程

(趣旨)

第1条 岡山理科大学古生物学・年代学研究センター規程(以下「本規程」という。)は、岡山理科大学学則第67条に基づき、古生物学・年代学研究センター(以下「本センター」という。)に関して必要な事項を定めるものとする。

(目的)

第2条 本センターは、古生物のマクロ進化に関する研究の進展を図ると共に、地質学的研究、年代学的研究とあわせて新たな研究分野を構築し、その最新の研究成果を広く社会へ直接還元すること目的とする。

(構成員)

第3条 本センターに、センター長を置く。

- 2 センター長を補佐する目的で、副センター長を置くことができる。
- 3 センター長及び副センター長の任期は、岡山理科大学教育職員役職者の任命についての細則の定めによる。
- 4 必要に応じて、専任教員を置くことができる。

(研究員)

第4条 本センターは、次の各号に定める研究員を受け入れることができる。

- (1) 本センターに所属しない岡山理科大学教員(以下、「兼務研究員」という。)
 - (2) 岡山理科大学研究員規程に定める研究員
 - (3) 岡山理科大学客員研究員規程に定める客員研究員
- 2 兼務研究員の任期は1年とし、再任を妨げない。
 - 3 兼務研究員に関して必要な事項は、別に定める。
 - 4 兼務研究員は、年度当初の研究・社会連携機構会議及び第1学部運営委員会にて承認を得なければならない。

(附属施設)

第5条 本センターに、次の附属施設を置く。

- (1) 恐竜学博物館
- 2 附属施設に必要な事項は、別に定める。

(重要事項の審議)

第6条 本センターの管理及び運営に関する重要事項は、研究・社会連携機構会議及び大学協議会の審議を経て、学長が決定する。

(センター会議)

第7条 本センターの管理及び運営、研究の施策及び施行に関する事項を協議するために、センター会議を置く。

- 2 センター会議の運営については、別に定める。

(利用・共同研究)

第8条 本センターの利用及び共同研究については、別に定める。

(研究成果の公表)

第9条 本センターは、研究成果を「岡山理科大学古生物学・年代学研究センター年報」として毎年度発行

する。

(事務局)

第10条 本センターの事務は、岡山理科大学事務組織規程に基づき研究・社会連携部が担当する。

(改廃)

第11条 本規程の改廃は、研究・社会連携機構会議及び大学協議会の審議を経て、学長が決定する。

附則 この規程は、令和2年4月1日から施行する。

4. 中期計画

次のように中期計画を立て、関連の研究、教育を推進している。

- ・年代学的手法及び分析学的手法を組織的に密接に古生物学の研究に取り入れ、融合させて、年代学的研究を基礎とした古生物のマクロ進化を研究目的とする新たな研究分野の構築と進展を図る。
- ・恐竜学博物館を組織として持ち、ここを通して最新の研究成果を広く社会へ直接還元する。
- ・共同利用・共同研究拠点として認定されることを目指した実績をつくり、そのための方策を検討する。

(1) モンゴル中生代恐竜化石の年代を求める。

(1 a) ヒドロキシアパタイト、炭酸カルシウムのU-Pb年代測定の手法を確立し、化石の直接年代測定、産出層の堆積層の年代測定を行う。

(1 b) モンゴル砂泥層を用いた古地磁気層序年代測定について手法を確立し、具体的に測定を行う。

(2) 年代測定の新手法を開発し、その応用的研究を進める。太古代から第四紀にわたる確立した年代測定手法が利用できることを目指す。

(2 a) 苦鉄質火山岩類などに含まれる低カリウム鉱物(輝石など)のK-Ar年代測定

(2 b) 石英を用いた堆積層のESR年代測定

(2 c) 重晶石を用いた海底熱水域堆積物のESR年代測定

(2 d) 完新世における伏角、偏角、磁化強度を用いた古地磁気年代推定法

(3) U-Pb年代測定、K-Ar年代測定、ESR年代測定、ルミネッセンス年代測定を用いた地球科学的研究を進める。

(3 a) 大陸周辺域の形成史を議論する。北東アジアの先カンブリア紀地塊の形成史を通して、日本列島の起源を考察し、日本と中国大陸・韓半島の地質学的関係を議論する。

(4) 年代測定に用いられる手法を転用した新しい応用的手法の開発とその応用：石英のESR信号、CL信号を用いて堆積物の起源を求める研究

(4 a) モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出層の層序の推定への応用

(4 b) 日本列島周辺などに運ばれる風送塵の量や起源地の変動

(4 c) 河川堆積物への応用

(5) モンゴルでの継続的な化石発掘調査を行い、その成果をもとに東アジアの白亜紀動物相の多様性やその変遷、世界の他地域との間の大陸間移動史を明らかにする。

(6) 古脊椎動物化石の形態や骨化石の内部構造をもとにして、分類学、比較形態学、生理学の研究を進める。

(7) 生痕化石により、恐竜から鳥類への社会的行動の進化を解明する。

(8) 恐竜学博物館での研究・教育・普及活動を推進し、成果を発信する。

(9) 博物館活動を通して社会教育の振興に貢献する。

(10) 学内教員間の共同研究、特に学際的な研究を奨励し、活気のある学風を形成するとともに、古生物学・年代学研究を大学ブランドに押し上げる。

(11) 国内、国外との共同研究を推進し、年代測定による時間軸に裏付けられた古生物学研究の世界的拠点になるための基礎を作る。

(12) 国内の共同利用・共同研究拠点として広く学界から認定され、学外資金を得られる組織を目指して、体制の整備と実績作りを行う。

(2020年11月7日)

恐竜学博物館について

1 使命

本博物館の使命は以下の4点である。(2022年4月26日制定)

- 古生物を対象に特色ある分野横断型自然科学研究を促す
脊椎動物化石を主対象に、古生物学と、他の学術分野を融合する新たな学際的研究を促進し、その研究拠点として機能する。
- 国内外の古生物学標本の集積
脊椎動物化石を中心とした古生物学的資料を充実させ、研究教育活動へ供する。
- 学内協力に基づく岡山理科大学ブランドの発信と教育活動・社会連携への貢献
学内の各種機関や施設と協力して、岡山理科大学の恐竜研究を大学のブランドとして社会に波及する。また、恐竜研究に関する多様な学びの機会を社会に提供することで、大学の枠を超えた自然科学教育のハブとして社会貢献する。
- 岡山県の化石研究と保管拠点の一つとして、県内他機関と連携しながら地域の古生物・地質学的研究に貢献する

2 理念

本博物館の理念は以下の通りである。(2022年4月26日制定)

大学博物館として、恐竜と古生物及びその生息環境に関連する自然科学研究と専門教育拠点の役割を果たす。

3 使命と理念の実践にかんがみ以下の活動を展開する

- ・恐竜に関連する標本の保管、学術研究・教育普及・展示・広報の機能を持ち、その活動を推進する。
- ・大学の二つの強みである「研究者集団の研究力」「学生の力」を博物館中心に組織しチームワークをもって活動する。
- ・岡山理大の恐竜研究現場と成果を、現在進行形で学内外に公開する。
- ・展示制作や対外教育活動は教員と学生が協力して実施し、内容を常時更新する。小さな博物館としてスタートするが、学生と教員が協力しともに力を発揮して大きく育ててゆく。
- ・実際に恐竜を研究している大学にしかできない展示と教育活動により他館と差別化し、学生及び恐竜に興味を持つ一般入館者の好奇心や探究心を喚起する。
- ・アジアの学生や若手研究者の国際教育交流拠点として機能する。
- ・恐竜研究を、岡山理科大学の「おもしろい研究をやる」という学風の「アイコン(象徴的イメージ)」として打ち出し、一般社会や人々の意識の中に明確なイメージを形成することに貢献する。

4 運営について

博物館運営のため、以下の会議を組織する。

- ・博物館会議
構成は恐竜学博物館構成員全員とする。原則として年に古生物学・年代学研究センターの年間報告会の時に合わせて行う。
- ・博物館運営会議
構成は、博物館長・博物館技術職員・博物館担当教員で構成する。古生物学・年代学研究センター運営委員会開催の前の数日以内、および運営に関する検討事項が生じた際に行う。

5 規程

岡山理科大学恐竜学博物館規程

(趣旨)

第1条 岡山理科大学恐竜学博物館規程(以下、「本規程」という。)は、岡山理科大学古生物学・年代学研究センター規程第5条第2項に基づき、恐竜学博物館(以下、「本博物館」という。)に関して必要な事項を定めるものとする。

(目的)

第2条 本博物館は、恐竜学に関する教育研究施設として、標本の収集・收藏、標本等を利用した研究と関連研究活動の支援、並びに標本等を利用した展示・教育・地域貢献を行うことによって学術文化の振興と普及に寄与することを目的とする。

(構成員)

第3条 本博物館に、館長を置く。

- 2 館長を補佐する目的で、次長を置くことができる。
- 3 館長及び次長の任期は、岡山理科大学教育職員役職者の任命についての細則の定めによる。
- 4 必要に応じて、専任教員を置くことができる。

(重要事項の審議)

第4条 本博物館の管理及び運営に関する重要事項は、研究・社会連携機構会議及び大学協議会の審議を経て、学長が決定する。

(博物館会議)

第5条 本博物館の管理及び運営、研究の施策及び施行に関する事項を協議するために、博物館会議を置く。

- 2 博物館会議の運営については、別に定める。

(利用・共同研究)

第6条 本博物館の利用及び共同研究については、別に定める。

(活動報告の発表)

第7条 本博物館の活動報告については、古生物学・年代学研究センター年報等で毎年度報告する。

(事務)

第8条 本博物館の事務は、岡山理科大学事務組織規程に基づき研究・社会連携部が担当する。

(改廃)

第9条 本規程の改廃は、古生物学・年代学研究センター会議、研究・社会連携機構会議及び大学協議会の審議を経て、学長が決定する。

附 則 (途中略)

附 則 (令和4年10月26日 第7回大学協議会)

この改正規程は、令和5年4月1日から施行する。

6 運営方針

1. 研究と学生教育を推進し、大学の博物館として充実した研究教育拠点を形成する。
2. 1.を推進する現場を、科学研究に興味を持つ一般の人々に公開し、科学研究の理解を促し、好奇心・探求心を喚起する。
3. 学生と教員が協力して運営し、活動を通じてともに成長する博物館を目指す。
4. 成果や標本を利用して、オール理大の人々がおもしろい科学を実行し、発信できる場とする。

7 危機管理対策

1. 標本盗難、破損・汚損等防止対策

- ・標本はその重要度に応じた固定やカバーによる防犯対策を行う。
- ・C2号館一階 標本室・研究室・化石処理室・展示室：外側の窓には、防犯ベルを取り付ける。これにより本館が閉鎖中における外部からの侵入に対応する。
- ・C2号館一階 展示室・化石処理室には防犯カメラを設置する。これによりループ画像記録を行う。防犯カメラ記録中と表示し、盗難を未然に防止する。
- ・C2号館一階 技術職員によるほぼ毎日の目視による標本確認を行う。異常があれば防犯カメラ記録画像による確認を行える状態とする。
- ・C2号館三階図書室とA1号館四階図書室の展示物においては、開館中は司書が目視できる範囲に標本があるため、目視によって防犯対策を行う。また、防犯カメラを設置する。これによりループ画像記録を行う。防犯カメラ記録中と表示し、盗難を未然に防止する。

2. 火災・地震等の危機対応

- ・ 標本棚を固定し、地震による標本の転倒を防止する。
- ・ 標本を地震動によるずれや落下の危険ができるだけないように配置する。
- ・ 火災対策は本学で別に定められた規定に基づいて従って実施する。

2024年度事業運営報告

1. 構成員

今年度の構成員は下記の通りであった。

専任教員

豊田 新 古生物学・年代学研究センター 教授 (センター長)
石垣 忍 古生物学・年代学研究センター 特担教授 (恐竜学博物館館長)

兼務研究員

青木一勝 教育推進機構 基盤教育センター 教授
今山武志 研究・社会連携機構 フロンティア理工学研究所 准教授
高橋亮雄 生物地球学部 生物地球学科 教授
能美洋介 生物地球学部 生物地球学科 教授
衣笠哲也 工学部 機械システム工学科 教授
林 昭次 生物地球学部 生物地球学科 准教授
實吉玄貴 生物地球学部 生物地球学科 准教授
千葉謙太郎 生物地球学部 生物地球学科 講師
畠山唯達 研究・社会連携機構 フロンティア理工学研究所 教授
辻極秀次 理学部 臨床生命科学科 教授
佐藤友彦 教育推進機構 基盤教育センター 准教授
木村光宏 教育推進機構 グローバル教育センター 講師

技術職員

市川美和 恐竜学博物館専属

2. 運営委員会

2-1 研究センター運営委員会

メンバー： 豊田 石垣 實吉 高橋

原則として月1回(2024年3月から2025年3月までに10回)開催した。

予算、調査の対応、成果の報告、事業計画と事業報告、運営に関する諸課題の検討などを行った。

2-2 博物館学芸会議(原則第2木曜日)

メンバー： 石垣 高橋 林 市川

標本の登録・管理・寄贈受入れ・研究利用促進、博物館運営・展示・教育活動の課題の検討・調整・問題解決。館の利用状況(個人・団体)の確認。学内外からの標本の貸出・標本観察要望等の検討。広報活動の検討と実施を行った。

2-3 博物館事務方会議(原則第二金曜日)

メンバー： 小野 坪田、井上、市川、石垣

施設と予算管理、人事管理などの事務運営上の課題検討。館の利用状況(個人・団体)確認。学芸運営上と事務運営の調整を行った。

3. セミナーの開催

次の3回開催した。

第1回セミナー

2024年5月11日(土) 13:30-15:30 A0123教室

Professor William Sellers (The University of Manchester) 講演会

Animals as machines: robotic approaches to understanding comparative locomotor mechanics

要旨

Conservation rules (energy [work], momentum [impulse]) apply universally so when we want to understand how animals move it seems natural to use the same analytical techniques that engineers apply to building machines.

In this talk I will show how we can use machine learning to generate control systems that allow anatomically

realistic digital twins to produce spontaneous gait patterns that match those recorded experimentally. This approach can be used to answer a range of questions about animal locomotion in both living and fossil animals including human and non-human primates, dinosaurs and plesiosaurs. However, it is also important to ground truth in silico approaches with physical measurements. These are classically performed with living animals and modern technology allows us to obtain data much more easily, but there is also a role for building biomimetic robots to test specific ideas about form and function links, particularly when we are asking questions about extinct animals where there are no good modern analogues.

参加者：会場30名 オンライン20名

第2回セミナー

2024年10月5日（土）13:00-16:30 A0133教室

jGnet地質学講座との共催「地質学の最新研究を学ぶ」

講演1 辻森樹（東北大学東北アジア研究センター教授）

過去のプレート沈み込み帯で形成した変成岩とその地質記録

講演2 磯崎行雄（東京大学名誉教授）

最新・日本列島と東アジアのテクトニクス：大・南中国と大和構造線

参加者：会場42名 オンライン57名

第3回セミナー

2025年2月25日 10:00-17:00 D4号館1階セミナー室

岡山理科大学古生物学・年代学研究センター－モンゴル科学アカデミー古生物学研究所合同国際セミナー（Institute of Paleontology, MAS - Institute of Paleontology and Geochronology, OUS International Joint Seminar）

参加者：日本側25名 モンゴル側 4名

4. 今年度の研究・教育活動

- （1）モンゴル国ゴビ砂漠における発掘・調査活動を行った。多くはないが重要な化石試料を発見、採取した。経費については今年度採択された岡山理科大学プロジェクト研究推進事業経費で支弁した。成果について後述する。
- （2）教育改革推進事業「学生参加型ゴビ砂漠フィールドワークの実践と本学恐竜学博物館教育への展開」が採択され、モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出地域において、「チャレンジゴビ」として教育を目的とした発掘活動、文化体験を行った。
- （3）2021年度－2022年度に、岡山理科大学教育改革推進事業「大学構内『地球史の名所』オリエンテーリングコースの開発と普及」として採択され、整備された「ぶら理大」について、継続的に学生の教育に利用した。また、博物館にパンフレットを置くことによって、一般に公開、利用してもらった。
- （4）基盤教育科目「自然を読みとく－様々な分野の視座から恐竜をよみとく－」及び、「自然を読みとく－物理で読みとく星と地球－」の運営を行った。
- （5）各構成員がそれぞれ組織した研究、共同研究を進めた。

5. 博物館

開館日数 2024年3月から2025年2月まで 250日

来館者数 2024年3月から2025年2月まで 12,612名

5. 広報活動

博物館を中心にHP, Xによって広報活動を行った。博物館の項で後述する。
センターのHPを運営した。

<http://dinosaur.ous.ac.jp/ipg/>



6. 資料の掲載 以下に資料を掲載する

- (1) 古生物学・年代学研究センター 2024年度事業計画と事業報告
- (2) 岡山理科大学プロジェクト研究推進事業 2024年度実施報告書
- (3) 岡山理科大学教育改革推進事業 2024年度実施報告書
- (4) 第2回セミナー案内 jGnet地質学講座との共催「地質学の最新研究を学ぶ」
- (5) 第3回セミナー 岡山理科大学古生物学・年代学研究センターーモンゴル科学アカデミー古生物学研究所合同国際セミナー (Institute of Paleontology, MAS - Institute of Paleontology and Geochronology, OUS International Joint Seminar) プログラム

2024 年度 自己点検評価の概要

2024 年度の事業計画
<p>① モンゴル科学アカデミー古生物学研究所との研究協力協定を基礎とした、モンゴルゴビ砂漠の脊椎動物化石についての研究を進める。【28】-1, 【29】-1</p> <p>① -1 前年度に現地で採取した年代測定用試料を用いて年代測定の可能性を議論する。</p> <p>① -2 採取し、剖出した化石の種の同定、分類の作業を進める。</p> <p>① -3 モンゴル側との議論を密にし、共同研究の成果を1つずつとりまとめていく。</p> <p>② モンゴルゴビ砂漠南東部において、全学の学生を対象として、教育を目標とした2回目の発掘を行う。</p> <p>③ 恐竜学博物館を運営し、研究・教育・広報に活用する。</p> <p>③-1 学内の研究・教育に活用する。</p> <p>③-2 授業・実習での利用を促進する。</p> <p>③ -3 対外的には年間220日以上展示一般公開を行う。</p> <p>④ センターセミナーを2回開催する。モンゴルIPとの共同セミナーの定例化を目指す。【28】-1</p> <p>⑤ 構内地球史探訪プログラム(ぶら理大)を学内外に広報し、参加を促す。【43】-1</p> <p>⑥ 学外との共同研究を推進するとともに、それらの共同研究を明確化する。</p> <p>⑦ 恐竜学博物館のXを用いて、センター、博物館の活動等についてSNSによる発信を50回以上行う。</p> <p>⑧ 市民公開講座に協力する【43】-1</p>
2024 年 10 月現在の実施状況、課題等《達成状況》
<p>①-1 年代測定用測定を行っているところである。②</p> <p>①-2 剖出した化石の種の同定、分類の作業を進めている。②</p> <p>①-3 論文が完成し、投稿中。③</p> <p>② 発掘を行い、すでに終了している。完了</p> <p>③-1 研究・教育で利用されて実績を上げてきている。③</p> <p>③-2 野外博物館実習、アクティブラーナーズコースの授業、博物館経営論等の授業で使用している。③</p> <p>③-3 9月末までで130日開館しており、年間の目標は達成できる見込み。③</p> <p>④ 1回開催済み。モンゴルIPとの共同セミナーの調整中。②</p> <p>⑤ 学内、学外からの参加者があり、活用されている。③</p> <p>⑥ 共同研究は進められているが、その明確化にはかなり課題があることが判明している。②</p> <p>⑦ すでに50回以上の発信を行った。完了</p> <p>⑧ 石垣館長が担当して講座を行った。完了</p>

2024 年度事業の成果と自己点検評価

- ①-1 5 地域の化石産地からの試料の炭酸塩岩及び歯化石の年代測定を完了した。B
- ①-2 2023 年に採取した試料について、剖出した 10 試料について化石の種の同定、分類の作業が完了した。B
- ①-3 5 編のモンゴル化石に関する論文が出版された。B
- ② 5名の学生が9日間の発掘作業を行った。学生が大きく成長した様子が見て取れた。事後アンケートで満足度が高かったことがわかる。A
- ③-1 計7件の修士論文・卒業研究で利用された。A
- ③-2 野外博物館実習、アクティブラーナーズコースの授業、博物館経営論等の授業で使した。A
- ③-3 2 月末までで 230 日開館して年間の目標を達成した。2 月末までの来館者数 11824 名。A
- ④ 3 回開催した。モンゴル IP との共同セミナーについても開催した。S
- ⑤ 学内、学外からの来館者に利用を案内した。A
- ⑥ 共同研究は進められてきた。C
- ⑦ 2 月末までで 150 回の発信を行った。インスタグラムで 50 回以上の発信を行った。S
- ⑧ 石垣館長、佐藤准教授が担当して講座を行った。A

2025 年度以降の課題

- (1) 大学の予算が厳しくなり、また、新学科等のために本センターの構成員が多忙になる中で、モンゴル科学アカデミーとの共同研究について、どのように実質的に研究成果、教育効果を上げていくか。
- (2) モンゴル側の研究のサポートをどのようにしていくか。
- (3) 本学の特長である年代学的研究をどのように維持、発展させていくか。
- (4) 2026 年3月に共同調査研究覚書を更新する必要がある。

岡山理科大学プロジェクト研究推進事業 実施報告書(最終年度) 様式Ⅲ

所属	職位	研究代表者	応募年度	研究期間	タイプ (○をして下さい)
古生物学年代学 研究センター	教授	豊田 新	2023 年度	2023～2024	A・B・C・ ○ D
1. 研究プロジェクト名					
恐竜研究を中心とした新たな本学研究シーズの確立					
2. 予算額及び支出額					(単 位：円)
2024 年度予算	1,050,000 円	2023 年度予算	2,500,000 円		
2024 年度執行額	1,049,769 円	2023 年度執行額	2,500,000 円		
3. 研究費で購入した機器備品					(単 位：円)
年度	品名	型式等	数量	金額	
	なし				
4. 研究組織					
	所 属	職 位	研究者名	研究プロジェクトにおける研究課題	
1	古生物学・年代 学研究センター	教授	豊田 新	全体統括、予算執行、及び上部白亜系 砕屑物の鉱物学的研究	
2	古生物学・年代 学研究センター	特担教授	石垣 忍	モンゴルとの各種調整、足跡化石の分 類学的研究	
3	生物地球学部・ 生物地球学科	教授	高橋 亮雄	脊椎動物化石の各種同定と化石プレパ レーションの開発	
4	工学部・機械シ ステム工学科	教授	衣笠 哲也	工学的アプローチを用いた恐竜類の歩 行パターンの解明	
5	工学部・応用化 学科	教授	押谷 潤	流動化流体を用いた新たな化石プレパ レーションの検討	
6	理学部・動物学 科	教授	名取 真人	哺乳類化石を中心とした脊椎動物化石 の分類と系統解析	
7	基盤教育センター	教授	青木 一勝	U-Pb 年代測定法を用いた年代学的研究	

				及び古生界基盤岩調査と岩石学的研究
8	生物地球学部・ 生物地球学科	准教授	林 昭次	恐竜の骨化石を用いた生態解析
9	基盤教育センター	准教授	佐藤 友彦	古生界基盤岩調査と岩石学的研究
10	Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Science	Director	Khishigjav Tsogtbaatar	モンゴル側代表、モンゴルにおける研究の統括、ハドロサウルス類の分類
11	Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Science	Researcher	Buunvei Maynbayar	ゴビ砂漠調査のモンゴル側代表、発掘調査及び標本類の統括、足跡化石の分類学的研究
12	Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Science	Researcher	Batsaikhan Buyantegsh	上部白亜系の層序解析及び古環境解析

5. 研究目的及び計画の概要

後期白亜紀（約1億年前～6600万年前）は、恐竜類の拡散と絶滅が起ったと同時に、新生代へ向けた陸上脊椎動物相の多様化もすすんだと考えられている。しかし、これらの仮説を支える知見は、欧米を中心とする地理的に偏った記録に基づいている。中央から東アジアについての情報を得られる、モンゴルゴビ砂漠における恐竜化石の発掘とその解析の学術的意義は極めて大きい。

本研究グループは、研究教育協定を結ぶモンゴル科学アカデミー古生物学研究所（以下「IPMAS」）との国際共同研究によって研究成果を進めてきた。本研究は、これらに立脚して、本学既存の研究シーズとの連携や融合を図ることによって、本学における新たな研究ブランドの確立を目的とした。

発掘調査を進め、得られた多様な脊椎動物化石（恐竜類・哺乳類・ワニ類・トカゲ類・両生類など）について、これらの分類学的帰属の検討を進めるとともに、形態的な解析を進める。また、これらを産出した地層の地層記載を行い、広域かつ局所的に分布する複数層に対して、地質年代を決定し、動物相の進化や環境変遷との関連を議論する。化石を覆う碎屑物の給源と考えられる上部白亜系は基盤の古生代付加体岩体の調査も行う。

本研究では、特に工学的な学内シーズとの融合により、新たな古生物学的研究の展開を目指す。具体的には、絶滅動物の生態復元を目的に、骨の構造や解剖学的特徴、足跡化石に基づく歩行形態、それらを基礎とした応用工学的研究を実施し、歩行ロボット技術の基礎開発につなげる。また、脊椎動物化石を効率的に採取することを目的に、新たに、粉体工学を利用した化石採取法の開発を検討する。これらを通して、世界的にも例を見ない工学と古生物学の融合を目指す。

本申請研究の経過や研究成果を恐竜学博物館を通じて学外に直接広報する。これまで本学で実施されてきた地球科学系のプロジェクトにより蓄積され、恐竜学の進展にともない古生物学・年代学研究センターへと継承された研究の蓄積を、本学独自の研究ブランドとして確

立し、発展させる。このために本学の研究シーズを動員して、全学的な取り組みとしたい。本研究は、これまでに構築された IPMAS との強固な共同研究体制に基づいており、本学の国際共同研究強化に大きく寄与する。

6. 研究成果の概要

【現地発掘調査】 2023 年度にはモンゴルゴビ砂漠東部バインシレにおいて発掘調査を行った。部分的ではあるものの、比較的保存の良い恐竜類の化石が相次いで発見された。地質調査を行うとともに、年代測定用の炭酸塩岩試料を採取した。2024 年度には、Shar Tsav において、IPMAS 研究員が事前に発見していた複数骨格化石の発掘調査を主に実施した。また Shar Tsav より南部 20km に位置する Bayshin Tsav では化石密集層を中心に発掘調査を実施し、Shar Tsav より北東に位置する Amtgai でも、アンキロサウルス類の関節骨格化石を含む化石標本の採取を行った。さらに、Shar Tsav から Bayshin Tsav にかけて分布する上部白亜系に対して、これまで、調査対象にできなかった範囲を含めた 20km×20km の広域の地質調査を行い、岩相層序解析及び古環境解析を実施した。炭酸塩岩や微化石分析用試料を採取した。

【化石の年代測定】 モンゴルゴビ砂漠から産する歯化石試料に対し、マイクロ蛍光 X 線分析装置(京都大学理学部)を使った元素マッピング結果から年代測定領域を選定し、その結果をもとに、LA-ICP-MS アパタイト U-Pb 年代測定を行った。その結果、同一試料内では、イットリウム(Y)濃度が高い箇所の年代値は Y 濃度が低い箇所に比べ年代値が若い傾向にあることがわかった。このことは従来指摘されていた Y 濃度と変質程度の相関と矛盾しない。歯化石のアパタイト U-Pb 年代値が推定される化石化年代より若くなることは知られていたが、マイクロ蛍光 X 線分析により変質程度が高い箇所を視覚化することで、より確度の高い年代測定につながる事が確認できた。

【化石骨の X 線による分析】 外形的な形態的観察から進んで、化石骨を X 線によって透過して観察し、外側からではわからない歯の観察を行った。鎧竜類ピナコサウルスの頭骨では、舌側から頬側にかけて新しい歯(交換歯)、使用する歯(機能歯)、古い歯(吸収されつつある機能歯)の3世代の歯が確認できた。基盤的な装楯類よりも多くの歯を顎に発達させることで効率的な歯の交換をしていた可能性がある。食物を咀嚼せずに噛みちぎって飲み込むだけと考えられてきた鎧竜類だが、効率的に咀嚼できるメカニズムを獲得していたようである。堅頭竜恐竜ホマロケファレの上顎の画像では、世代別に2種類、機能歯および交換歯が観測された。派生的な鳥盤類恐竜類で見られる複雑な多列の交換歯とは異なり、基盤的な鳥盤類恐竜類で見られる単純な1世代の交換歯の萌出様式を保持していることがわかった。この特徴は、白亜紀後期において、堅頭竜類が基盤的な特徴を維持し続けていたことを示す。

【付加体調査】 モンゴル中央部セルゲレン地域において、古生代造山帯を構成する地質体の層序復元と変形構造の解析を行った。また、碎屑性ジルコンの U-Pb 年代測定による海洋プレートへの海溝到達時期の制約、および玄武岩の XRF 分析による原岩起源推定も行った。その結果、古アジア海の分枝であったモンゴル・オホーツク海では石炭紀に北～北西向のプレート沈み込み(現方位を基準)が優勢であり、また広範囲に渡り OIB の沈み込みも起きていた

ことが示唆された。一方で、変形構造をベースとしたユニット間ごとのジルコン年代ヒストグラムに大きな違いが確認されないことは、当時の前弧域では大規模な地質構造変化が起きていなかったことを示唆する。

【足跡調査】 Bugin Tsav において、幅 92cm の足跡 3 個からなる歩いた跡（行跡）、また、この大きさの単体の足印も多数発見した。歩幅は約 3m で、「サウロロフス」の大型の個体（全長約 15m）による可能性が高い。別に、13 個の足印（幅 85cm、歩幅 2m）が 24m 連続した行跡を発見した。これほど大型の足跡が 13 個も連続して残っている例は大変珍しい。巨大ハドロサウルス類の歩行速度、歩き方、集団生活等の解析のための基礎データを得た。モンゴル国において 1950 年代に最初の恐竜足跡化石の発見がなされたが、記録が失われ、長年再調査もされないままになっていたサイジュラハ地域の、四つの恐竜足跡化石の露頭を白亜紀砂泥互層で再発見・再発掘し、浸食防止工事を行った。

【工学的アプローチ】 ワニの歩行を再現する試みを行った。後肢に見られる長尾大腿筋の分岐を考慮し、立位維持と推進を可能とするロボットを製作した。尾椎を全て再現し、尾を含む後肢において、長尾大腿筋および分岐によって連動する筋系で、1 つの筋を縮めるだけで立ち上がりが可能であることを示した。さらに、このワニ後肢筋系の受動的連動を基礎に、プロトケラトプス後肢の骨格標本を用いて同様に、歩行の際に起きると考えられる受動的連動をより再現した。長尾大腿筋の伸展とサットンの腱および腓腹筋外側頭の連動によりワニと同様の立ち上がり動作が起きることが確認できた。

固気流動層を用いて小型化石の自動的な抽出を試みた。現地調査では、小石や砂利に混じって、小動物の骨化石、恐竜の歯の化石が採取される。手作業で、化石を抽出しているのが現状である。固気流動層は、粉体を気体で流動化させたもので、液体に類似した性質を持つため、層内に物体を投入すると密度の大小により物体浮沈が起きる。密度の異なる 2 種類の砂の混合割合と風速を変化させることで調整し、分離を試みた結果、 2.1 g/cm^3 以上のものをほとんど沈降させ、一定の有効性を確認できた。

【博物館展示と国際交流】 発掘の様子、研究成果、また、実際の化石取り出し作業現場を学内各所の博物館展示で広報した。IPMAS とオンラインであったが共同セミナーを毎年実施し、研究の交流を図るとともに、モンゴル側研究者の資質向上を図ることに努めた。

7. 研究発表（記載方法は、科研費報告書の記載に準ずる）

(1) 学術論文

- Hayashi, S., Kondo, K., Sawanaka, I., Araki, K., Mikami, K., Izawa, M. and Kubo, M. O. (in press). Bone histology reveals the slow life history and skeletal adaptations of the Amami rabbit *Pentalagus furnessi* (Lagomorpha: Mammalia). *Mammal Study*. (有)
- Hayashi, S. and Kubo, M. O. (in press) Bone histology suggests insularity and sex differences in Japanese sika deer growth (*Cervus nippon*). *Mammal Study*. (有)
- Ito, K., Kinugasa, T., Chiba, K., Okuda, Y., Takasaki, R., Hida, S., Okoshi, T., Hayashi, R., Yoshida, K., and Osuka, K. (in press). The robotic approach to the passive interlocking mechanism in the hindlimb musculoskeletal system of *Crocodylus porosus*. *Advanced Robotics*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/01691864.2023.2256375> (有)
- Ito, K., Hida, S., Kinugasa, T., Chiba, K., Okuda, Y., Ichikawa, M., Okoshi, T., Takasaki, R., Hayashi, R., Yoshida, Y., and Osuka, K. (2014) Cam-Like Mechanism in intertarsal joints of ratites and its design framework, *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 36 (2), pp. 406–414. (有)
- T. Tanaka, K. Chiba, T. Ikeda, and M.J. Ryan, A new neoceratopsian (Ornithischia, Ceratopsia) from the Lower Cretaceous Ohyamashimo Formation (Albian), southwestern Japan, *Papers in Palaeontology*, vol. 10 (5), e1587,

(2024). (有)

- Hayashi, S., Nakajima, Y., Tanaka, Y., Breeden, B., Kanazawa, Y. and Chinzorig, T. (2024). A hadrosaurid vertebra from the Upper Cretaceous Izumi Group, Kagawa Prefecture, Japan. *Paleontological Research*, 28 (4): 1-10. (有)
- Yoshida, S., Mayika, K.B., Ishihara, Y., Moussavou, M., Asanuma, H., Sato, T., Hirata, T., Ligna, C., Sawaki, Y., and Edou-Minko, A. (2024) Depositional condition of Paleoproterozoic Francevillian carbonate rocks revisited from rare earth element contents. *Geoscience Frontiers*, 15, 3, 101771. (有)
- Hayashi, S., Kubo, M., Sanchez-Villagra, M., Taruno, H., Izawa, M., Shiroma, T., Nakano, T. and Fujita, M. (2023). Variation and process of life history evolution in insular dwarfism as revealed by a natural experiment. *Frontiers in Earth Science*, 11:1095903.
- Kodaira, S., Tanaka, Y., Hayashi, S., Aoki, S., Hirata, T., Ishigaki, S. and Aoki, K. (2023). Calcium isotope and elemental differences between medullary and cortical bone in domestic chicken. *Journal of Hard Tissue Biology*, 32: 127-132. (有)
- Buyantegsh, Ba., Saneyoshi, M., Mainbayar, Bu., Chiba, K., Takahashi, M., Ishigaki, S., and Tsogtbaatar, Kh. 2023. Lithofacies and paleoenvironmental analysis of the Upper Cretaceous successions: Yagaan Khovil fossil locality, central Gobi region, Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, 56, 28, 42-50. (有)
- Chiba, K., Ryan, M. J., Saneyoshi, M., Konishi, S., Yamamoto, Y., Evans, D. C., Chinzorig, Ts., Khatanbaatar, Pu., Badamkhatan, Zo., Mainbayar, Bu., and Tsogtbaatar, Kh. (2023) New Insights on the frill ornamentations of Protoceratopsids. In Y.-N. Lee, Ed., *Windows into Sauropsid and Synapsid Evolution: Essays in Honor of Prof. Louis L. Jacobs*, pp. 140-150. (有)
- Tanabe, M., Aoki, K., Chiba, K., Saneyoshi, M., Kodaira, S., Nishido, H., Mainbayar, B., Tsogtbaatar, K., and Ishigaki, S. (2023). Apatite U–Pb dating of dinosaur teeth from the Upper Cretaceous Nemegt Formation in the Gobi Desert, Mongolia: Contribution to depositional age constraints. *Island Arc*, 32(1), e12488.(有)

(2)学会（その他）発表

2024 年度

西村玲, 千葉謙太郎, 青木一勝, 小木曾哲, モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系年代制約の試み: 恐竜類歯化石アパタイト U-Pb 年代測定, 本地質学会第 131 年学術大会, 山形大学, 2024 年 9 月 10 日. 他 22 件以上

2023 年度

Mainbayar, Bu., Ishigaki, S., Tsogtbaatar, Kh., Saneyoshi, M., New Dinosaur Tracksite from the Upper Cretaceous Djadokhta Formation, Central Gobi Desert, Mongolia. 2nd Asian Palaeontological Congress, Aug., 3-7, 2023, University of Tokyo, Tokyo, Japan. 他 21 件

(3)図書

高橋亮雄・長谷川善和・片桐千秋亜紀 (2023) 化石ヤマネコーイリオモテヤマネコの古生物学. 土井昭夫・伊澤雅子 (編) イリオモテヤマネコー水の島に生きる. pp.322-348, 東京大学出版会. 東京.

(4)新聞等の掲載

2024 年度

2024 年 7 月 24 日朝日新聞「香川県初の恐竜」はカモノハシ竜 CT で化石を調べて恐竜を特定 他 20 件

2023 年度

2023 年 7 月 17 日 山陽新聞 全身骨格や化石“恐竜博士”解説 岡山ティラノサウルス展

2023 年 9 月 22 日 朝日 (全国 科学面) 骨の断面から解明 シカの一生 林先生論文記事

他 8 件

山陽新聞 さんたタイムズ 第三水曜日掲載 「恐竜調査隊が行く」 石垣執筆 11 件

雑誌

2024 年 12 月 30 日 兵庫県と香川県の恐竜化石で新発見 Jaxa 宇宙教育情報誌 宇宙のとびら 第 70 号

2024 年 2 月 15 日 林昭次: きょうりゅうはなぜ大きい? 日本の学童ほいく 3 月号, 全国学童保育

連絡協議会.

テレビ・ラジオ

2024 年度 10 件

2023 年度 4 件

普及講演・イベント 計 8 件

【様式3】

2025年2月25日

岡山理科大学学長 殿

教育改革推進事業報告書

1. 教育改革のテーマ名 (□1年目 ■2年目)←いずれかをチェック■する

学生参加型ゴビ砂漠フィールドワークの実践と本学恐竜学博物館教育への展開

2. 代表者名・所属・職名

豊田 新・古生物学年代学研究センター センター長・教授

教育改革テーマの実施内容とその評価

① 実施状況

学生がゴビ砂漠での恐竜発掘に参加し、科学研究への理解を深め、国際交流も体験するフィールド教育プログラムを2023年度に引き続き、二回目の試みとして2024年8月8日から21日（実施期間は14日間）に行った。学生の参加者は計5名であった。この間に、ゴビ砂漠南東部シャルツァフを拠点として現地での発掘調査体験を7日間行った（往路一日、復路一日を加ええると9日間）。またウランバートルでは古生物学研究所及び古生物学博物館の仮展示の詳細な見学を行った。社会見学として市内の見学や、在モンゴル日本大使館の訪問と「モンゴル事情」についての大使館員による講話の聴講を実施した。

帰国後は予定通り、恐竜学博物館活動の一環として、モンゴル調査の様子の写真パネル展を作り、学内で参加学生による解説を行った。また倉敷市立自然史博物館の博物館まつりに出展時同じ活動を行った。

予定されていた内容をすべて実施することができた。学生の発表活動などは2025年1月まで続いたため、今回のプロジェクト全体を総括した報告と教育論文化については、現在まとめているところで、来年度（2025年11月締め切り分）の教育実践研究に稿予定である。

② 目標に対する結果とその評価

全学から参加者を募る点については、そのことを試みたが、実際に集まった学生は生物地球学部の恐竜古生物コースの学生（3年生・4年生）と院生であった。やはり他学部他学科の学生にとって、参加のハードルが高いようである。また、限られた予算内での実施であったため、当初考えていた人数での実施はできなかった。

いっぽう、参加学生の満足度は高く、自己の成長や研究へのモチベーションの向上などを自覚していることがアンケートなどから読み取ることができた。教員から見ても、フィールドワークや事後の博物館活動への参加によって学生の積極性が増し、確実に成長している様子を確認することができた。

③ 特に教育効果の改善が認められた内容

本年はモンゴル側からも学生と同年代の若い隊員の参加があり、モンゴルと日本の同年代の世代が交流することができた。

④ 計画通り教育効果の改善が認められず課題として残った内容

モンゴル側は、研究のパートナーとして岡山理科大学を見ているので、当然、参加学生に対しては、専門的なことを学ぼうとする熱心な態度を期待する。その期待にこたえられるだけの素養を岡山理大側の学生が参加の日までの間に身に着けることは難しい。継続するには、この現実を踏まえてモンゴルと日本の双方にとって実質的成果が上がる学生参加型フィールドワークのあり方を、モンゴル側と一緒に検討を重ねる必要がある。

学生参加型ゴビ砂漠フィールドワークの実践と本学恐竜学博物館教育への展開

豊田新¹、石垣忍¹、市川美和²、高橋亮雄³、實吉玄貴³、林昭次³、千葉謙太郎³、山下浩之⁴、名取真人⁵、辻極秀次⁶、衣笠哲也⁷、押谷潤⁸、木村光宏⁹、モンゴル科学アカデミー古生物学研究所
 (¹研究・社会連携機構古生物学・年代学研究センター, ²研究・社会連携部 恐竜学博物館, ³生物地球学部生物地球学科, ⁴教育学部初等教育学科, ⁵岡山理科大学客員研究員, ⁶理学部臨床生命科学科, ⁷工学部機械システム工学科, ⁸工学部応用化学科, ⁹グローバルセンター,)

結論

- 学生がゴビ砂漠での恐竜発掘に参加し、科学研究への理解を深め、国際交流も体験するフィールド教育プログラムを2024年8月中旬(実施期間は**13日間**)に行った。学生の参加者は**計5名**であった。
- モンゴル側からも同年代の参加者があり、同じ志を持つ若い人同士の交流ができた。
- 参加学生へのアンケート結果では**満足度は高く**、自己の成長を自覚し、今後に生かそうとする姿勢が見られた。
- 博物館教育活動を通じた社会還元への発展を倉敷市立自然史博物館イベントで試みた。現地を体験した学生の説明は具体的で、**来訪者・参加学生の双方にとって良い交流**の場となった。今後恐竜学博物館でも実施予定。
- 今後、本企画は本学の準正課教育や国際交流創出にも貢献する予定である。

背景

岡山理科大学とモンゴル科学アカデミー古生物学研究所は、**覚書**に基づきモンゴル南部のゴビ砂漠において古生物学・地質学に関する共同調査を行っている。**両国の更なる若手育成**へつなげるため、学生参加型フィールドワークに関する協議を重ね、両国学生の科学研究の推進や、異文化・国際交流による相互理解の進展を目的とした**学生参加型フィールドワーク**の創出を試みることとなった。2022年度までに詳細な協議を行い、実施要領を両機関にて決定した。2023年度は従来からの学術共同調査本隊とは別のプログラムとしたが、2024年度は本隊と行動を共にして、実際の学術発掘に学生が参加することとした。場所は2023年と同じ野外研究博物館の利用も可能な南東ゴビ砂漠とした。体験内容が多く、余裕を欠いた2023年度の反省から発掘体験を重視するプログラムとした。

参加者



岡山理科大学

学生5名 坂本拓海 西村玲
 三輪佑輔 斎藤里帆 瀬谷咲月
 チャレンジゴビ・プログラム担当教員3名
 林昭次 木村光宏 石垣忍
 学術調査本隊教員3名
 高橋亮雄 實吉玄貴 千葉謙太郎



モンゴル科学アカデミー古生物学研究所

研究者・技術員 計3名

メインバイラル古生物学部門係長
 プヤンテグシウ研究員
 ニヤムジャルガル技術員
 今年度はモンゴル側は学生の参加は無しであったが、準学生として位置づけられるニヤムジャルガル技術員の参加があった。

支援スタッフ3名(ドライバー2名、コック1名)

運転手 : バトニヤム氏 ダムティンズレン氏
 料理人 : ガンツェツェグ氏

使用車両

トヨタ ランドクルーザー 2台
 ロシア製四輪駆動車ウアズ 2台
 合計4台



スケジュール

8月8日 成田空港集合 成田発 モンゴル着	移動
8月9日 古生物学研究所見学。恐竜展示施設の見学。ウランバートル市内見学。	準備
8月10日 古生物学研究所内で展示骨格の観察。業務視察。出発の準備。積込。	
8月11日 ウランバートル→南ゴビ県シャルツァフへ移動→生活ベース構築	フィールドワーク 9日間
8月12日 シャルツァフ足跡化石調査 シャルツァフウエスト化石探索	
8月13日 バイシンツァフでの化石発掘 (Bone bed) ・化石探索	
8月14日 同上	
8月15日 同上	
8月16日 シャルツァフウエスト竜脚類化石の発掘	
8月17日 バイシンツァフ発掘。アムトガイ (South/Central) 化石探索	
8月18日 アムトガイ (North) 化石探索 シャルツァフウエスト発掘	
8月19日 シャルツァフよりウランバートルへ移動	
8月20日 後片付け。在モンゴル日本国大使館を訪問し講話を聴く。	後片付け
8月21日 モンゴル発 成田空港着 成田で解散	移動



フィールドワーク

発掘地への往復を含めて計9日間のフィールドワークを行った。現地では発掘現場にある現地型の研究博物館に宿泊した。化石産地では、①現地の地層と化石産状の見学 ②2023年度に発見していた化石の発掘とデータ取得 ③新たな化石の探索 ④化石産地の保護活動(現地博物館の作業補助)を行った。学生にとっては全員初めての体験であり大変新鮮な経験となった。



施設見学

ウランバートルでの恐竜骨化石展示の見学



ウランバートルにあるモンゴル科学アカデミー古生物学研究所と商業施設フンスモールに仮展示中の骨格標本を見学し、モンゴルの恐竜研究史と研究現場を知ることができた。

シャルツァフでの恐竜足跡展示の見学



大量の恐竜足跡化石が保存された施設内と野外で、見学や観察を行った。この施設に宿泊し、活動拠点として、一連の現場生活と研究活動を体験できた。



モンゴル文化体験

ウランバートルの街を歩き、社会見学を行った。ショッピングモールでは、モンゴルの人々の恐竜化石を見ている反応を観察するなど、日本とは違う恐竜の受け取り方を考察することができた。



大使館訪問・聴講

在モンゴル日本大使館で文化担当の小山氏から、モンゴル国情、文化、家族生活、教育、経済、資源のことや、日本との関係、大使館の仕事について話を聞いた。このプログラムを二週間の滞在の最後に行うことはモンゴル体験のまとめとして非常に有意義であった。



古生物学的成果

学術調査本隊と行動を共にし、発掘に参加した

骨化石密集層の発掘(バイシンツァフ)



左：発掘風景 右上：ボーンベッドの一部の拡大 右下：曲の化石

昨年、オルニティミス類四肢骨やハドロサウルス類四肢骨を含む骨化石密集層が発見された。本年度の発掘では、さらに掘り進めて保存状態の良い主要な化石を採取し、ウランバートルの研究所に持ち帰った。今後、この密集層がどのような恐竜で構成され、どのように形成されたのかを解析するという研究過程に接することができた。

多数のハドロサウルス類の部分化石発掘



頭部、前肢、後肢を含む多数のハドロサウルス類の部分化石が発見された。特に、大型個体の後肢化石は保存がとも良く、つま先まで保存されていた。これら一連の化石の探索と発掘に関わったことで、学生は恐竜の成長研究の素材発見とテーマの構築を実際に経験することができた。

鎧竜類の関節した胴体部分の発掘(アムトガイ)



鎧竜類の胴体部の大部分が保存された化石が発見された。鎧竜類は全身が骨質の皮膚装甲で覆われているが、生前の状態では極めて稀である。この化石を学生と一緒に発掘し、研究所に持ち帰るために石膏ジャケットを作成した。貴重な発見と発掘に学生一同がかかわることができた。

博物館教育活動への参加

倉敷市立自然史博物館 博物館まつり(11月3-4日) 入場者 3日:1267人、4日:1874人
岡山理科大学恐竜学博物館 11月大学祭(約200名) 12月の土曜と祝日の開館日(約200名)



来場の子どもや大人に説明しました。

野外展示(発掘道具・キャンプのテントと生活用具・足跡化石関連展示) 展示は好評で、来場者は興味深く見入っていた。ゴビ調査参加者による解説は説得力があり、良い対話ができている。調査の写真パネル展と恐竜のレプリカ骨格の展示 実際に発掘を行って来た学生による解説は具体的に、来場者が質問しやすく、調査や研究を身近に感じてもらえる機会となった。学生は自己の体験を自信を持って語ることができていた。



映像を視聴して子どもたちに興味を持って工夫を凝らしました

教育的成果・考察



参加学生へ行った、事前事後のアンケート結果

事前調査 80%の学生が「不安がある」と回答した。全員が日本などでの発掘経験を有し、元々興味を持っていたものと思われる。問いに以下のような回答があった。

- ①「プロジェクト終了後どんな自分になりたいか」
→「過酷な環境への適応」「おおらかな自分」「将来ビジョンの明確化」「広い視野を持つ人間」など、自身の成長を期待している様子が窺えた。
- ②「プロジェクトに参加するに当たって、何か勉強したことは？」
→調査地域で産出する恐竜を調べたり、英語やモンゴル語で解剖学的な部位の名前・地層名などについて自ら調べて渡航に臨んでいる状況が読み取れた。
- ③自由記述
→体調・食事などさまざまな不安があることが窺えた。期間も長く、砂漠での生活や他者とのコミュニケーションなど、あらゆることが初めての経験となるため、大きな不安を抱えながら渡航に臨んでいたことが読み取れる。

事後調査 参加者の満足度は非常に高く、自己成長実感も高かった。また、卒業研究などで使う化石の貴重さを改めて実感し、研究へのモチベーションが高まったと回答があった。さらに、調査の困難な部分を経験することが、学生教育上大きな意義を持つと考えられる。



今後の展望

学生参加型フィールドワークは、将来的な準正課教育プログラムへの取組みを推進できるだけでなく、モンゴル側学生の参加を得ることで、国際的な学生交流の場を創出できる。今回はモンゴルの学生の参加は得られなかったが、準学生として位置づけられている若手化石技師の参加があり、本学学生とほぼ同年代の同じ分野を学ぶ者同士の国際交流ができたことは貴重であった。学生交流については今後も日両機関での協議を予定している。9月に参加学生の製作による写真展が本学恐竜学博物館サテライト展示室に設置された。11月に外部の博物館で写真パネルと生活用具・発掘用具を中心とした出張展示を行い、二日間にわたって参加学生による観客(入場者合計3141人)への解説を実施したが、自らの体験を他者に語ることで改めて自己を見直すことができ、能動的な行動につながっていた。秋～冬季に学生が観客に展示を解説する教育プログラムを実施する。これにより、学生のさらなる成長と科学成果の社会還元が期待される。

謝辞

この発掘体験プログラムの企画と実施においては、モンゴル科学アカデミー古生物学研究所のツォフトバートル所長、メインバヤル古生物学部門係長、ブヤンテグシュ研究員、ニヤムジャルガル技術員、ガンツェツェグ料理人をはじめとする研究所のメンバーと、運転手のバトニヤム、ダムディンスレン両氏に特別な配慮と協力を戴いた。また在モンゴル日本大使館の井川原真大使閣下及び職員の小山勲様には学生への講話等でお世話になった。ここに記して深く感謝する。

jGnet 地質学講座 2024 (ライブ配信あり)

地質学の最新研究を学ぶ

近年の技術革新も相まって、野外調査データから日本列島のテクトニクスやプレート沈み込み帯の岩石について新たな地質学的知見が得られています。この講演会では、地質学分野の研究をリードするお二人の研究者にそれらの最新研究のトピックスを講演していただきます。

2024年

10月5日(土) 岡山理科大学
A0133教室 (A1号館3階)

13:00~16:30 現地受付/12:00~ オンライン/15分前から入室できます

集合型
講習会

オンライン
講習
(ライブ配信)

受講対象 地質系技術者
ただし学生や一般の方も聴講可能

参加費用 CPD単位申請者: 3,000円(税込)
(資料代含む、後納)
学生・一般聴講者: 無料

CPD単位 3.00 (JCCAのCPD認定プログラム)

定員 集合型講演会 100名
オンライン講習 100名(ライブ配信)

申込方法 右記のGoogleフォームより
お申し込みください

申込期限: 9月30日(日)



Access

JR岡山駅
運動公園(西口)から
同電バス
「47 岡山理科大学」行
約20分

後楽園口(東口)から
同電バス
「37 理大東門」行
約30分

プログラム

13:00~13:10 ● 開会のあいさつ

13:10~14:40 ● 講演 1 (90分)

「過去のプレート沈み込み帯で 形成した変成岩とその地質記録」

東北大学東北アジア研究センター教授/
Island Arc 誌編集長

辻森 樹 先生

キーワード
プレート沈み込み帯, 広域変成岩,
高圧・超高压変成作用, 日本の高圧変成岩



14:55~16:25 ● 講演 2 (90分)

「最新・日本列島と東アジアのテクトニクス: 大・南中国と大和構造線」

東京大学名誉教授/日本地質学会元会長
地学雑誌編集委員長

磯崎行雄 先生

キーワード
シルコンU-Pb年代, 大・南中国地塊,
中央アジア造山帯, 飛騨帯, 大和構造線



16:25~16:30 ● 閉会のあいさつ

※その他詳細(講演者の略歴・講演要旨・参考文献)については
jGnetのWebサイトからどうぞ ⇒ <https://jgnet.org/>



主催: jGnet NPO 法人地球年代学ネットワーク (略称 jGnet) 共催: 岡山理科大学 古生物学・年代学研究センター 後援: 赤磐市

問合せ先: NPO法人地球年代学ネットワーク事務局 (office@jgnet.org)

岡山理科大学古生物学・年代学研究センター
 モンゴル科学アカデミー古生物学研究所
 合同国際セミナー 2025年2月25日

古生物学年代学研究センター 年度末報告会

Ulanbaatar	Okayama	Presenter	Title
	9:55	豊田新	あいさつ
	10:00	市川美和	ウ科における顎関節のロックシステムについて
	10:15	辻光彦・島津侑志・攪上瑚東・澤田順弘・実吉玄貴	白亜系篠山層群大山下層の古環境復元に向けた地質学的研究
	10:30	豊田新・小畑直也	石英を用いた堆積物のESR年代測定の基礎研究
	10:45	川附佳陽・豊田新・Buuvei MAINBAYAR・Batsaikhan BUYANTEGSH・Khishigjav TSOGTBAATAR・実吉玄貴	モンゴル国ゴビ砂漠東部に分布する古第三系 Ergilin Dzo 層の ESR 特性とその意義

IP-MAS and OUS International Joint Seminar (On-Line)

11:35	12:35	Badamkhatan	Opening comment
11:45	12:45	Tomohiko Sato, Kazumasa Aoki	Reconstructing the Devonian pelagic environment from the deep-sea chert in the Sergelen area, northern Mongolia
12:00	13:00	B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, S. Ishigaki	Rediscovery of the first reported dinosaur tracksite from the Lower Cretaceous of SaijraKh mountain, Tob Aimag, Mongolia.
12:15	13:15	S. Ishigaki, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar	Giant ornithopod trackways from the Upper Cretaceous of Western Gobi Desert, Mongolia
12:30	13:30	Nyamjargal Javzandulam	Learning the methods of fieldwork: OUS and IP-MAS Joint Expedition 2024
12:45	13:45	Break	
13:00	14:00	Kenshin Shime, Shoji Hayashi, Khishigjav Tsogtbaatar	Ontogenetic Insights into Cranial Ornamentation of Pinacosaurus
13:15	14:15	Takumi Sakamoto, Tadahiro Ikeda, Mototaka Saneyoshi, Akio Takahashi, Shinobu Ishigaki, Khishigjav Tsogtbaatar	Comparative morphological, taxonomic, and phylogenetic study of Monstersaurians (Reptilia: Squamata) from the Upper Cretaceous Djadokhta Formation of Central Gobi, Mongolia
13:30	14:30	Yuki Tomita, Shoji Hayashi, Khishigjav Tsogtbaatar	Replacement Pattern in Pinacosaurus from Mongolia: Insights from Z-Spacing Analysis
13:45	14:45	Break	

14:00	15:00	Rei Nishimura, Kentaro Chiba, Kazumasa Aoki, Tetsu Kogiso, Mototaka Saneyoshi, Buuvei Mainbayar, Khishigjav Tsogtbaatar	Constraining the depositional age of Upper Cretaceous strata in the Gobi Desert, Mongolia: U–Pb dating of vertebrate fossils
14:15	15:15	Kaito Kimura	Modeling Musculotendinous Systems with Branching Structures: A Case Study with the Auxiliary Tendon of the Caudofemoralis Longus in Crocodylians
14:30	15:30	Kazuki Ito	Development of functional skeletal models of archosaurs to reconstruct musculoskeletal systems and motion
14:45	15:45	Break	
15:00	16:00	Momoka UCHIDA, Tsukasa OKOSHI, Tensei GOTO, Ryoki NAKATA, Buuvei MAINBAYAR, Batsaikhan BUYANTEGSH, Khishigjav TSOGTBAATAR, Mototaka SANEYOSHI	Development of an Efficient Cleaning Technique for Small Vertebrate Fossils from Bayhshiree Formation, Mongolia
15:15	16:15	Hayato Inaba	Paleoproteomic Insights into Endogenous Collagen from Paleogene Vertebrate Fossils of the Ergilin Dzo Formation, Mongolia: Implications for Molecular Taxonomy
15:30	16:30	Mitsuhiro Kimura	Development of lessons about dinosaurs based on the International Baccalaureate (2) - from the practice of 'Running with the Dinosaurs'.
15:45	16:45	Saneyoshi	Closing Comment

2024 年度岡山理科大学恐竜学博物館活動報告

石垣 忍・市川 美和*・林 昭次**・高橋 亮雄**

岡山理科大学 古生物学・年代学研究センター，恐竜学博物館

*岡山理科大学 研究・社会連携部 恐竜学博物館

**岡山理科大学 生物地球学部生物地球学科

1. 2024 年度の施設運営と利用の概況

2024 年度の博物館運営状況は概して順調で、2019 年度末以来 4 年にわたって続いたコロナ禍対応状態から脱して、全体が円滑に機能するようになったといえる。大学博物館として最も重要な役割である通常の研究教育、授業や実習での利用、学生の観覧について順調に運営がなされた。研究面ではモンゴルの調査がコロナ禍以前の通り実施され、標本の利用や化石処理、研究作業も通常の体制へと回復した。一般向けの展示・教育活動については 2022 年に決めた方針（常設展示・大学への来館者を重視し、その受け入れ環境の充実を優先する）に従い、本学内での展示と活動の充実を基本とした。標本貸出しや出張展示等のアウトリーチは限定的であったが、館内展示の維持修理・新設は大幅に進み、当館では初めての試みとなる館内の特別企画展示「世界の恐竜切手 300 点」を実施できた。さらに、寄贈標本の受け入れが増加し、それに伴う整理作業を契機として、長年の課題であった標本登録・整理の枠組みを作り、作業が進んだ。本学への来館者はほとんどの月で前年を上回り、合計で約 6% 増加した。特に、従来の家族連れに加えて、さまざまな年齢層の入館者が増え、遠方からの来館者も増加傾向にある（図 1）。



図 1. 家族連れに加えて、様々な地域や年齢層の外部入館者の来館が増加した

2. 運営

第二木曜日開催の学芸会議（石垣・高橋・林・市川）と第二金曜日開催の博物館事務方会議（石垣・市川と研究・社会連携部メンバー）をほぼ毎月定例開催できた。館に関わる諸課題はこれらの会議で情報共有し、解決できた。組織的対応が必要なことについて、当館のような小規模な大学博物館に適した運営の枠組みができた。

研究・社会連携部本体からのサポートを受けて、開閉館業務、電話対応および日常的な事務業務は順調に行われており、今後もこの体制を維持したい。その一方、繁忙期（ゴールデンウィーク、夏休み、年末年始、春休み）の運営については依然として課題が残る。大学全体にとって「繁忙期」は人の出入りが少なく、工事やその他の事業が実施されることが多い。また職員の休暇との調整も課題である。このような課題は大学博物館に共通するものと考えられるため、他大学博物館の対応例も参考にしながら当館に合った運営体制を考えたい。

土曜日、祝日、夏休みの繁忙期を中心に実施している学生アルバイトによる博物館の展示解説は、おおむね順調に実施でき、来館者からも高評価を得ている。教員の話し合いでは、この解説活動は、学生教育の一環でもあり、今後そうした面を重視して運営してい

くという方針が出ている。2025年4月から設置される恐竜学科においては、こうした活動を実習の一つとして授業に組み込む予定である。学生の勉学や人間的成長の保障と、館の業務としての一般観客対応の向上を両立する態勢づくりが今後の課題である。

西戸裕嗣・名取真人両客員研究員（両氏ともに本学の元教員）の博物館運営へのボランティア貢献は今年も継続された。両客員研究員は、博物館で開催される特別レクチャーイベントの講師や、特別展示の監修、標本・資料類の寄贈等、多方面で博物館に大きく寄与した（図2）。これら退職教職員や在学生・卒業生は博物館運営を支援する人材として重要である。その一方でそうした人材を組織化して行くことは、新たな事務運営課題となる。学芸員の負担を増やすことなく、協力者の支援意欲をスムーズに反映できる仕組み作りは、引き続き検討課題である。

博物館のミッションマネジメントについては、使命の構築に続くポリシーの策定は進まなかった。研究・展示・教育・収集と保管・広報等の、より具体的なポリシー（方針・実施計画）作りは館長が取り組む課題である。こうした一連の業務について、年度の具体的な達成課題を4月に設定し、それに基づいて博物館運営を実施する仕組みの構築を次年度の課題としたい。

3. 標本管理・資料収集活動

野外博物館実習の履修生を中心に館内展示と野外展示、サイン類の改善、新設が進んだ。

C2号館一階では、廊下エリアにおいてオビラプトル類卵化石やエピオルニスの卵化石を展示として公開した。また、キャストで移動可能なゴビ砂漠調査写真パネルキットを作り、休日に事務室前に展示を展開できるようにした。化石処理室内の展示（ヤマトサウルス展示）などは3階図書室に移動した。このほか、B1号館1階に保管していた標本の一部をC2号館3階に移し、三葉虫、アンモナイト、その他の無脊椎動物、現生実物骨格などの展示コーナーの作成を進めた（未完成）。C2号館3階の図書館の収蔵・展示上の問題であった、書棚標本展示保護の亚克力板に生じることたわみの補正は、工作センターの支援を得て補正具の取り付けを行い、改善を図った（図3）。

資料収集活動としては、西戸裕嗣元岡山理大教授から、世界の恐竜切手約3000枚の寄贈の意向が示され、その整理作業を兼ねて西戸元教授と野外博物館実習生によって特別企画展示として「感動！世界の恐竜切手300点」を企画実施した。寄贈される切手の整理と受け入れ作業は2025年度に行う。島根大学名誉教授澤田順弘氏からは化石及び現生生物骨格標本等約300点の寄贈の意向が示され、リスト化と整理作業を行った。実際の移管作業は2025年度に行う。田邊章氏（岡山市津高）からは関東地方の化石標本約100点（井上実氏採集）の寄贈があった。標本作成については、古生物学実習・野外博物館実習などの機会を使いながら学生と共に現生標本の骨格組上げや、骨格標本作成を進めた。特に2020年5月に遺体を埋積し、2023年1月に発掘回収したアフリカゾウの骨格標本化については大型標本である頭骨・寛骨含めてほとんどの骨格を標本庫に収蔵した。



図2. 西戸元教授と学生による世界恐竜切手企画展示の制作風景



図3. 工作センターの支援を得て、亚克力板のたわみ補正具を取付け

4. 展示活動

4-1 展示公開

2024年2月1日～2025年1月31日までの間の開館日は251日で、一般入場者数は12596人であった。入館者は入試による休館日が多かった1月を除き全ての月で前年を上回り、総計では前年比6%増であった。土曜・祝日の外部からの入場者は60～100人程度、平日は20～30人程度を維持している。最近の一般観客の傾向として高齢者や遠方からの来館者が増加している。

本年度は団体見学として、幼稚園・保育園を4園、小学校を6校、中学校を7校、高等学校を19校受け入れた(図4)。また、学童クラブおよび放課後等デイサービスを9施設、学習塾の見学を3校、その他を6団体の見学を受け入れた。中学・高校生の職場体験・作業体験も4校受け入れた。大学内で学会や研究集会のエクスカージョンとしての利用も増加し、好評である。また小中学生の科学発表会など、多くの人を訪れる機会に合わせて日曜開館も実施した。このような集会関連の見学会は、熱心な観客が多く、参加者数も多い。今後は主催者と事前協議して見学者を受け入れていきたい。オープンキャンパスや学園祭等、大学行事に合わせた日曜開館は合計5日であった。学園・大学へのお客様の見学25件に対応した。



図4. 学校団体の見学風景

4-2 学生および本学教員・職員の利用促進

学生の利用促進のために、生物地球研究会主催で、新入生向けの博物館展示ギャラリーツアーを4～6月期に三回実施した。ツアー後の上級生への聞き取りによると、新入生の興味喚起に大変効果があったとの評価が得られた。一方で、全学の学生に対する広報は企画としてはまだ行われていない。今後は、まず自然史系の授業や実習における博物館の利用を促進するため、講義を担当している教員に働きかけを強化し、利用の拡大を図っていく予定である。

4-3 展示作成

2023年度に引き続き、2024年度も野外博物館実習履修生の一部と共同で、以下の9項目に関する作業を実施した。

- ① 大学構内の動線サインの増設：2019年の大幅なサイン増設により、来館者が大学構内で迷うことは少なくなっていたが、サインボードの経年劣化対策のために、今年度は、サイン類をUVカットパネルに変更し視認性を向上させた。また、設置数を約5割増やし、より分かりやすい動線案内を実現した。来観客の移動がスムーズになることが期待される。
- ② 野外展示の修復と解説板のUVカットパネルへの更新(図5a, b)：大学構内地球史オリエンテーリング用のパネル類は直射日光が当たる場所では劣化が進むという課題があった。このため、毎年更新していたが、今年度は耐久性を向上させるためUVカットパネルへ更新した。また更新できなかったものに関してはUVカットラミネートフィルム製の解説板へ更新した。
- ③ C2号館階段展示の解説シート設置(図5c)：C2号館1階階段登り口に設置した。階段を利用した地球史5億4千万年の生物進化展示という学生のアイデアは、取り組みとしては好評だが利用率が低かった。今後はその存在の周知に努めたい。
- ④ 廊下展示エリアの植物展示新設(図5d)：テラリウム形式で窓枠の下に増設した。
- ⑤ 廊下展示エリアの展示修復と新設(図5e)：骨格を止めていた固定具の劣化が進ん

- なので交換した。また、オピラプトルの単化石とエピオルニススの卵などを展示した。
- ⑥ C2 図書室の書架展示更新と中央展示へのアクリルケース設置 (図 5f, g, h) : 林原自然科学博物館からの受け入れ標本と新規に受け入れた寄贈標本を中心に大幅に展示替えを行った。また林准教授らが論文を発表した香川県初の恐竜化石展示と、一階からヤマトサウルス化石展示を移設した。手で触れられる恐れがある展示物には、アクリルケースを作り、設置した。図書館によって展示への転用が可能な書架の移動は今年度で終わり、大幅な展示スペース拡大が達成された。
- ⑦ C2 号館図書館前のエレベーターホールへの「ダイノリラックスコーナー」設置とゴビ砂漠調査写真パネル約 50 枚の設置 (図 5i) : 観客 (特に小さい子どもを連れた家族) が休めるとともに、恐竜の本などを読める場を作るという提案が学生からあり、図書館の協力を得てこのコーナーの設置に至った。今後も利用しやすいように改善してゆく必要がある。
- ⑧ C1 号館 7 階の「岡山の化石コーナー」の展示更新 (図 5j, k) : 岡山とその周辺の



図 5. 展示改善の例 a: 構内のサインやぶら理大パネルの修復・UV カットパネル化, b: ぶら理大パネルの新設, c: C2 号館階段展示の解説シートの設置, d: C2 号館 1 階廊下奥への植物テラリウム設置, e: 骨化石展示の固定具更新, f, g: C2 号館図書館書架展示の改善, h: C2 号館図書館の中央展示エリアへの香川県初の化石展示設置, i: C2 号館 3 階図書館前エレベーターホールへのダイノリラックスコーナー設置, j: C1 号館 7 階「岡山の化石」コーナー展示更新, k: C1 号館 7 階タッチ化石コーナーの設置, l, m: 50 周年記念館前道路と、館壁面の足跡化石展示

化石については 2020 年以降多数の寄贈があり、展示スペースを従来への倍の広さに拡張した。また、化石に触れられるタッチコーナーも追加設置した。

- ⑨ 50 周年記念館周辺の展示更新 (図 51, m) : 大学正門ロータリー前の道路にモンゴル国ゴビ砂漠西部で本学とモンゴルの共同調査で発見された 3 種類 (獣脚類, 鳥脚類, 竜脚類) の実物大足跡の行跡をペンキで描いて展示した。また野外から見学できる壁面を利用してこれら三種の足跡化石 (凸型足印) の実物大模型を展示した。

4-4 特別企画展示作成

学内での期間を限った特別展示 (企画展) は、以下のものを行った。こうした企画展は実施できる展示スペースがないことから、2023 年度以前はプレス公表関係の短期展示を除き、十分に行うことができなかつた。今年度は、可動性パネルの活用により、通常のプレス公表関連の企画展示に加えて、教育改革推進事業でモンゴル発掘体験をした学生の発表の場としての特別展示と、西戸元教授の世界恐竜切手コレクション公開の場としての企画展を開催した。可動性パネルを利用すれば、特別の展示スペースがなくても通路や空きスペースを活用して展示できるほか、キャスター移動で学内外の別の場所でも展示可能であり、今後の展示スタイルの一選択肢として考えていきたい。これらの展示を通じて、学生の興味を喚起や、企画展示を目的とした来館者の増加などの波及効果が見られた。

特別展示の詳細内容は以下のとおりである。

- ① 8 月のモンゴル 6 月調査帰国報告会 (プレス公表) に伴う関連化石の展示 (図 6 a) : プレス公表に合わせて、その内容に関する展示 (世界最大級のハドロサウルス類足跡化石模型, サウロロフスの右後ろ脚, サウロロフスフィギュア, 発見現場での撮影した解説映像のループ上映)。
- ② ゴビ砂漠の発掘作業や、発掘現場までの往復の行程、ゴビ砂漠の自然環境と動植物、キャンプでの生活の様子の写真展 (図 6 b) : 合計約 100 枚の写真展示を作成した。岡山理科大学の恐竜学博物館メイン展示室前の廊下で土曜日を中心に展示し、調査参加学生による解説を実施した。また倉敷市立自然史博物館の博物館まつりで公開した。
- ③ 企画展「感動! 世界の恐竜切手 300 点-骨と比べてみよう-」の実施 (図 5 c, d) : 岡山理科大学生物地球学部元教授の西戸裕嗣氏が所蔵する 3000 点に及ぶ世界の恐竜切手コレクションについて、本人から当館へ寄贈の打診があり、整理と公開を兼ねて特別企画展を行うこととした。4 月以降、野外博物館実習を履修する学生 1 名と西戸元教授とで準備を進め 2024 年 11 月 30 日から 2025 年 5 月 17 日までの間公開することとして C2 号館 3 階図書館内にて開催中である。地元の新聞だけでなく全国区の雑誌等でも取り上げられた。このため、遠くからこのコレクションを見るために訪れる人もいるほか、今までとは違う新たな客層を呼ぶことになった。



図 6. 2024 年度の特別企画展示 a: 世界最大級のハドロサウルス類足跡化石に関する展示 (A1 号館のエスカレーター下のエリアにて展示). b: 教育改革推進事業によるゴビ砂漠恐竜発掘体験の参加学生による現場風景の展示. c: 西戸元教授と学生の共同制作による「感動! 世界の恐竜切手 300 点」の展示

5. 教育活動

5-1 学生教育

授業・実習における博物館施設および所蔵標本の活用は定着してきた。野外博物館実習・古生物学実習・野外調査法実習などの実習や、恐竜学 I, II, 古生物学概論, 学芸員関連科目の博物館経営論, 基盤教育の「自然を読み解く」等の様々な講義で, 2023 年度同様に博物館が利用された。2025 年 4 月には恐竜学科が発足する。博物館の標本や設備を利用する授業や実習の数が増えることに合わせ, 教員と学生を十分支援できる内容と態勢を整えていく必要がある。そうした仕事も, 教員と学生が協力して作り上げていく方式で学生の自覚や成長を促す場とするように心がけたい。

新入生対象に, 4~6 月期に新入生向け博物館ガイドツアーをかなり詳しい内容で 3 回にわたって行ったことは, 新入生の博物館に対する関心や知的好奇心を高めるうえで有効であった。また, 高校や大学で授業の一環として定期的に当館を利用するケースが増えており, 高校の理系クラブでの観覧など, 地域の学校教育施設による専門的な学習の場としての活用が進んでいる。加えて, ノートルダム清心女子大学の英語の授業では毎年, 当館に訪れて恐竜を題材に教員が英語で解説を行っている。これは, 学生の興味を喚起し, 英語学習の教育効果を高める取り組みである。これらの活動は当館のような大学博物館としては非常に望ましいことと言える。また, 常設の化石展示だけでなく, 野外の地球史オリエンテーリングコースである「ぶら理大」の展示コースが学生の利用に供されることが増え, 定着してきたことは喜ばしいことである。なお, この「ぶら理大コース」は本学学生だけでなく, 本学の市民公開講座や, 岡山県エッセイストクラブのイベントなどで利用され好評を博した。このことは当館の展示の利用のされ方として新しい可能性を知る機会になった。

5-2 教育普及活動・アウトリーチ・外部との連携・展示貸し出し・広報活動など

今年度の出張展示及び外部への標本貸出しは, 6 回行った。①笠岡市カブトガニ博物館 (特別陳列展「IRON・FOSSILS (アイアン・フォッシルズ) = 鉄で作られた化石たち」(2024 年 2 月 1 日~4 月 7 日)(恐竜の鉄製造形を使った企画展)への標本の貸出し協力, ②高梁市成羽美術館 (「写真展 岩合光昭の日本ねこ歩き」に連動した, ネコに関する企画展示「化石展示室 プチ展示「で~れ~にゃんこ!」(2024 年 7 月 13 日~9 月 23 日)への標本貸出協力, ③本学の 60 周年特別企画「ワクワク, サイエンスフェスティバル」(岡山高島屋 8 月 9~11 日)での企画展示とワークショップの開催, ④しまなみ映画祭 (2024 年 9 月 27~29 日)でのワークショップ協力 (図 7), ⑤赤磐市「ジオの展示会 in あかいわ 2024」(2024 年 7 月 27 日)のイベント協力 (教育用化石標本の貸し出し), ⑥倉敷市立自然史博物館博物館まつり



図 7. しまなみ映画祭 (広島県因島) への出展協力



図 8. 倉敷市立自然史博物館の「博物館まつり」への出展 (ゴビ砂漠発掘展示と参加学生による解説)

(2024年11月3.4日)(学生参加型ゴビ砂漠発掘体験の展示と参加学生による解説)(図8)の6回である。

講演会・ガイドツアー・ギャラリートークイベント・ワークショップ等は、本学や当博物館主催のもの、他の博物館や学校・公民館で行ったもの、教員が行ったものなどを合わせて42回行った。2021年度以来の方針により、各種イベントはなるべく学内で行う方向にシフトしている。今後もこの方向(行事はできるだけ大学内で行い、大学に来ていただいて体験してもらうことを基本とする)は維持したい。博物館の広報活動としては、直接的な予算を投じる広報(チラシ配布、マスコミ広告等)は行わなかった。その代わりに、新聞連載記事等を使った告知や理科関係、学校関係のネットワークを生かした情報拡散につとめた。SNSを活用した情報拡散にも取り組み、フォロワーはInstagramが1300人、X(旧ツイッター)が6600人を超えるなどの成果が見られた。しかし、SNSの実質的な広報効果は不明であり、対応にどれだけの労力を割くかなど運用方針に関しては引き続き検討が必要である。その他、大学の広報活動には博物館として積極的に協力した。

2022年度以降の総括内容にもあるように、当館は大学博物館で、大学の研究と学生の教育に資することを最優先とすべきである。人・予算・標本数が限られている中で当館は2025年度においても、研究とその支援活動に注力し、当館がよりどころとする研究コンテンツの魅力創出と発信を心がけたい。

6. 研究活動

館蔵標本の研究利用(学内、学外研究者)やCTスキャナーを利用した各種の研究(本学学生、院生、教員、学外研究者)は頻度高く行われた。モンゴルの化石標本の処理や、学生実習での使用などで、化石処理室の剖出施設の活用頻度がさらに高くなったため什器と展示を移動して作業スペースを拡充した。現在進行中の作業や学生の実習を直接見学できる展示は相変わらず好評である。

CTスキャナーの画像にノイズが入るトラブルは業者との修理に関する交渉を行ったが、最終的に解決には至らず、現状のまま使い続けることとなった。またCTスキャナーの学生の使用について林准教授を中心にルール整備を行い、機器の適切な運用と安全性の向上が図られ、管理体制が整備された。

モンゴル科学アカデミー古生物学研究所(IP)との共同現地調査は、2023年2~3月(千葉謙太郎・石垣忍)のウランバートル訪問で打合せと標本調査を行った。2022年、2023年に続き5月~6月にかけて石垣忍が長期滞在し、モンゴル側研究者と共同で南ゴビ県西部と中央県西部で足跡化石の調査を行った。6月に實吉玄貴が学生とともにウランバートルを訪れ、標本の処理と研究、夏の調査準備と運営の調整を行った。8月には教員6名(高橋亮雄・實吉玄貴・千葉謙太郎・林昭次・木村光宏・石垣忍)と本学学生5名がモンゴル側研究者と共同で中央ゴビにおける9日間のフィールドワークを行った。この調査は「チャレンジゴビ発掘体験プログラム」の同時・同場所での実施とした。青木一勝と佐藤友彦は昨年引き続きウランバートル南方のセルゲレン地域で古生代の付加体の地質調査を行った。2024年度採集標本を中心に、モンゴル側から研究のために日本へ送付する許可取得の手続きを進めたが、事務処理上の問題のため、送付時期は2025年度(2025年4月以降)に繰り越された。

7. 博物館界との連携について

2024年7月は岡山県博物館協議会の総会に館長の石垣が招かれ講演を行った。また、石垣は令和4年度より倉敷市立自然史博物館の自然史博物館協議会の委員長を務めている。一方、現時点では当館と博物館界との連携体制が十分に確立されているとは言い難い。博物館という存在は一大学のものではなく、公器でもある。いずれ博物館界の中で連携することは不可欠である。今後、当館のポリシー策定の過程で博物館界との連携について内部での議論を深め、当館の力に合った連携のスタイルを構築していくことが求められる。

チャレンジゴビ：学生参加型恐竜発掘体験プログラム 2024年度実施報告

石垣 忍*・林 昭次**・木村 光宏***・高橋 亮雄**・
實吉 玄貴**・千葉 謙太郎**・豊田 新****・市川 美和*・
Buuvei MAINBAYAR****・Batsaikhan BUYANTEGSH****・
Khishigjav TSOGTBAATAR****

*岡山理科大学 恐竜学博物館
**岡山理科大学 生物地球学部生物地球学科
***岡山理科大学 グローバルセンター
****岡山理科大学 古生物学・年代学研究センター
*****岡山理科大学 モンゴル科学アカデミー古生物学研究所

1. はじめに

岡山理科大学とモンゴル科学アカデミー古生物学研究所が締結している「研究と教育に関する協力協定書」（2013年10月締結）および「共同調査研究覚書」（2017年8月締結，2021年3月更新締結）では，研究推進とともに双方の組織における若手研究者の育成や学生の教育についても交流することが実施内容に含まれている．両国学生を対象とした共同恐竜発掘体験プログラムの実施はかねてからの課題であり，とくにモンゴル側の代表者であるツォクトバートル所長はその実現に強い意志を持っている．コロナ禍があげ，2022年の両国代表の話し合いでその具体化が検討され，それを受けて2023～2024年度の岡山理科大学教育改革推進事業に応募し，無事に採択された．こうして資金を得て，2023年夏から実施された．本稿ではそのプログラムの二年目として2024年8月に実施された事業の概要と成果を報告する．

本プログラムの目標は，両国の学生が恐竜化石発掘と国際交流の活動をゴビ砂漠で行い，さらにその体験を博物館教育活動で社会還元する一連のプロセスを通じて，学生の専門的かつ人間的な成長を促すことである．

2023年度は初年度ということもあり，モンゴル国内のプログラムが多すぎたきらいがあった．恐竜発掘体験に加えて施設見学や大使館訪問，遊牧民の暮らしの体験など様々なメニューを盛り込んだため，参加学生の満足度は非常に高かったが，安全管理が徹底できない点や時間的な余裕がないことなどが反省点として指摘された．これに基づき，2024年度は発掘体験を重視して，ゴビ砂漠での訪問場所をシャルツァフのみとした．また，2023年度は従来からのゴビ砂漠共同調査本隊とは別のプログラムとしたが，2024年度は行動を共にして，実際の学術発掘に学生が参加することとした．

2023年度はモンゴル側から学生の参加が得られなかったが，2024年度はモンゴル側から研修



図1. モンゴル国内の移動経路略図

中の若い所員（本学学生と同年代）の参加が得られた。発掘調査の実施場所はモンゴルの古生物学研究所が運営する野外研究博物館が利用可能な南東ゴビ砂漠のシャルツァフであった（図1）。この拠点は2023年度に使用した場所と同じである。

以下に本プログラムの2024年度の実施状況を報告としてまとめ、今後の検討資料とする。

2. 本プログラムの詳細

2-1 参加者と車両

本プログラム参加者は、日本側は、大学院生2名（理工学研究科M2, M1生各1名）、学部生3名（生物地球学部4年1名, 3年2名）、教員6名（本プログラム担当3名, 学術調査担当3名）の全11名。モンゴル側は科学アカデミー古生物学研究所の研究者2名と研修中の若い技術者1名の計3名であった。サポートスタッフは運転手2名と料理人1名であった（図2）。車両は四輪駆動乗用車（日本製ランドクルーザー）2台、四輪駆動ワゴン車（ロシア製ウアズ）2台の計4台を使用した。全走行距離は、発掘地での移動も含め約1600kmであった。

2-2 日程

本プログラムの実施日程は2023年8月8日から8月21日（13日間）であった。日程を図3に示す。

3. 活動の実際

本プログラムの実際の活動を、シャルツァフ地域とウランバートルの2地点に分けて報告する。

3-1 シャルツァフ地域

シャルツァフでは野外研究博物館の中の展示や、足跡化石産地に整備されている見学ルートを中心に足跡化石の産状や産出した体化石類、現地の地質などについて見学や観察を行った。発掘体験プログラムは、足跡化石産地のシャルツァフとその周辺のアムトガイ（セントラルとノース）・バイシンツァフ・ホーライツァフの後期白亜紀体化石産地を中心に、両国研究者の指導の下で7日間実施された。期間中はシャ

岡山理科大学 学生5名 坂本拓海 西村玲 三輪佑輔、齋藤里帆、瀧谷咲月 チャレンジゴビ・プログラム担当教員3名 林昭次 木村光宏 石垣忍 学術調査本隊教員3名 高橋亮雄 實吉玄貴 千葉謙太郎	モンゴル科学アカデミー古生物学研究所 研究者・技術員 計3名 マインバヤル古生物学部門係長 ブヤンテグシュ研究員 ニヤムジャルガル技術員 支援スタッフ3名(ドライバー2名、コック1名) 運転手 : パトニヤム氏 ダムディンスレン氏 料理人 : ガンツェツェグ氏
--	--



図2. a: 参加者リスト. b: 出発時の2024年度全員集合写真, c: 使用した4台の車両, 中央の2台がウアズ

8月8日 成田空港集合 成田空港発 モンゴル着	移動
8月9日 古生物学研究所見学。恐竜展示施設の見学。ウランバートル市内見学。	準備
8月10日 古生物学研究所内で展示骨格の観察。業務視察。出発の準備。積込。	
8月11日 ウランバートル→南ゴビ県シャルツァフへ移動→生活ベース構築	フィールドワーク 9日間
8月12日 シャルツァフ足跡化石調査 シャルツァフウェスト化石探索	
8月13日 バイシンツァフでの化石発掘 (Bone bed) ・化石探索	
8月14日 同上	
8月15日 同上	
8月16日 シャルツァフウェスト竜脚類化石の発掘	
8月17日 バイシンツァフ発掘。アムトガイ (South/Central) 化石探索	
8月18日 アムトガイ (North) 化石探索 シャルツァフウェスト発掘	
8月19日 シャルツァフよりウランバートルへ移動	
8月20日 後片付け。在モンゴル日本国大使館を訪問し講話を聴く。	後片付け、大使館訪問
8月21日 モンゴル発 成田空港着 成田空港で解散	移動

図3. プログラムの日程



図4. a: フィールドへ持参する用具の準備作業, b: シャルツァフの野外研究博物館, 2023年度に引き続き2024年度も宿舎兼調査ベースとして利用した



図 5. シャルツァフ地域での活動状況 a: 足跡化石の保護された露頭面の観察, b: ボーンベッドの発掘風景, c: ボーンベッドの化石の産出状態, d: 化石探索, e: 化石の石膏ジャケットをかけて保護する作業, f: ハドロサウルス類の顎の化石。デンタルバッテリーが見える, g: 獣脚類の歯の化石は地表から直接採集できる, h: 鎧竜類の胴部分の化石, i: 鎧竜化石の運搬風景

ルツァフの発掘現場に近接した野外研究博物館に起居し、集団生活と調査ベースキャンプ運営の規範順守を義務づけた。化石産地では、①現地の地層と化石産状の見学 ②化石探索方法、化石発見時の対処法、発掘道具使用法、化石硬化剤使用法、梱包方法、GPS 使用法と記録方法についての指導、③2024 年度に発見していた化石の発掘とデータ取得 ④産地の保護活動（現地博物館の作業補助、展示改善に向けての現状調査）を行った。

バイシツァフでは 2023 年 8 月のチャレンジゴビプログラムで、オルニトミムス類四肢骨やハドロサウルス類四肢骨を含む骨化石密集層が発見されており、本年度は学術調査本隊と共に本格的な発掘に学生が参加した。ボーンベッドは発掘が困難である。保存状態を記録し、採取する化石を決定して発掘するという一連のプロセスを学ぶことができた。化石探索では多種多様な恐竜の部分骨格や歯を発見できた。特にハドロサウルス類は頭部、前肢、後肢を含む多数の化石が発見された。後肢化石はこの化石産地としては大型で保存が良く趾骨の遠位端まで保存されている標本であった。これら一連の化石探索と発掘に学術調査本隊に参加する形で関わったことで、学生は年齢の違う骨化石をもとにした恐竜成長研究の素材発見とテーマの構築を実際に経験することができた。

2023 年度のチャレンジゴビプログラム隊がシャルツァフウェストで発見していた竜脚類の部分骨格は発掘を進めたが連続が確認できず、「埋め戻し」の過程を学生は体験することになった。アムトガイでは鎧竜類の胴体部の大部分が骨質皮膚装甲で覆われた状態の貴重な化石が発見され、その発掘から採集・運搬を体験できた。

以上のように 2024 年度は、調査本隊と行動を共にすることで、発見と発掘の実際のプロセスに学生一同が直接かかわることができ、より深い現実的な体験ができた。



図 6. ウランバートルでの活動状況 a: 科学アカデミー古生物学研究所に所蔵されている「フェイザリングダイノソア」化石の観察, b: 古生物学研究所二階の標本群を教員の解説を受けながら詳しく観察した, c: フンヌモールに展示されている科学アカデミーのコレクションの見学

3-2 ウランバートル

ウランバートルではモンゴル科学アカデミー古生物学研究所の業務内容とコレクション、およびフンヌモールの中に仮展示されている科学アカデミーコレクションを教員の解説を聞きながら見学することや、詳しい観察・スケッチ等の実行を重視し、これらに十分な時間をとった。この見学は一般客と違い「発掘されたものがどのような処理や研究を経て論文化や展示公開に至るかを学ぶ」のだと学生に十分指導してから行った。また、教員からはモンゴルの恐竜研究史および日本モンゴル共同調査史について詳しい説明を行った。ウランバートル滞在の最終日は在モンゴル日本大使館を訪問し、大使館の協力を得て、職員の小山勲氏からモンゴル国情、文化、家族生活、教育、経済、資源のことや、日本との関係、大使館の仕事についての話を聞いた。2023年度と同様に、このプログラムを二週間の滞在の最後に行くことはモンゴル体験のまとめとして非常に有意義であった。

2024年度は発掘体験を重視したプログラムにしたため、モンゴルの遊牧生活体験などは実施しなかったが、ウランバートルの街でモンゴルの社会見学を行った。またショッピングモールに設置されている恐竜の仮展示場では、モンゴルの人々の恐竜化石を見ている反応を観察するなど、日本とは違う恐竜の受け取り方を考察することができた。

4. 帰国後の博物館での教育活動

2023年度と同様に、モンゴルから帰国後に、モンゴル調査の状況を一般市民に普及還元する企画展示と参加学生による解説を行った。このプログラムは本学恐竜学博物館の活動として位置づけ、恐竜学博物館のイベントとして、また外部の博物館イベントへの参加企画として行った。①倉敷市立自然史博物館「博物館まつり」(2024年11月3~4日)での活動では、恐竜調査に関する写真パネル約20枚と現場で使用した道具類とテント、服装などを展示した。3141人が来場した。教員2名と学生3名が時間帯を分けて2日間にわたって解説を行った。②岡山理科大学内では、恐竜調査に関する写真パネル約50枚を、図書室前のエレベーターホールに常設展示として設置した。また2m×1mの可動式直立イーゼル6面を使用して写真パネル約50



図 7. 倉敷市立自然史博物館への展示出典. a: 写真展示, b: 現場の発掘道具類の展示



図8. a:岡山理科大学恐竜学博物館での博物館教育活動への展開 b:図書館前エレベーターホールに制作した常設の写真パネル展示, c:メイン展示室前の廊下での参加学生による解説

枚を配置した写真展示を作成した。可動式イーゼルは大学祭（2024年11月23～24日）およびそれ以降の土曜と祝日を中心に、博物館のメイン展示室前廊下に設置し、参加学生による解説イベントを実施した。大学祭では約200人、メイン展示室前の展示でも約200人が来場した。実際に発掘を行って来た学生による解説は具体的で、来場者が質問しやすく、調査や研究を身近に感じてもらえる機会となった。参加学生は自己の体験をベースに、自信を持って話す機会となり、積極的に体験を語る姿が見られた。入場者の態度や企画展示内での滞在時間、学生との対話時間からは来館者がこうした展示と企画内容に高い関心を寄せていることをはかり知ることができた。今後も、本写真展は学内等で随時開催する。

5. 本プログラムの成果と課題

5-1 教育的な評価

参加学生に対して、事前と事後にアンケートを実施した。以下にその結果をまとめる。

事前調査：今回の参加学生は全員が生物地球学部の恐竜コースの講義を受けてきた学生であり、全員が日本などでのフィールドワーク経験を有し、元々興味を持っていたものと思われる。しかし不安の有無を問うたところ、80%の学生が「不安がある」と回答した。さらに、自由記述では、体調・食事などさまざまな不安があることが窺えた。期間も長く、砂漠での生活や他者とのコミュニケーションなど、あらゆることが初めての経験となるため、大きな不安を抱えながら渡航に臨んでいたことが読み取れた。「プロジェクト終了後どんな自分になりたいか」という問いには「過酷な環境への適応」「おおらかな自分」「将来ビジョンの明確化」「広い視野を持つ人間」など、自身の成長を期待している様子が窺えた。「プロジェクトに参加するに当たって、何か勉強したことは？」という問いには、調査地域で産出する恐竜を調べたり、英語やモンゴル語で解剖学的な部位の名前・地層名などについて自ら調べて渡航に臨んでいる状況が読み取れた。

事後調査：参加者の満足度は非常に高く、自己成長実感も高かった。また、卒業研究などで使う化石の貴重さを改めて実感し、研究への意欲が高まったと回答があった。特に、調査の困難な部分をも経験することが、学生教育上大きな意義を持つと考えられる。

さらに、参加学生の行動観察や、参加学生及び付添教員への面談を行った。学生と、教員に共通した意見は、模擬体験や「学生に体験させることが目的の体験」ではなく、実際の進行する学術発掘に参加することを通して「学生が人間的に成長した」という見解がある。厳しい環境やごまかしのきかない共同生活・共同作業を通じて、連絡や相談、協力の重要性を学生たちは身にしみて感じ取っていた。またモンゴルのスタッフとの協働のあり方についても行動であらわさねば信頼されないことは深く感じ取っていたようである。

5-2 本プログラムの課題とその解決への展望

2024年度は本プログラム2年目で、2023年度の経験を踏まえて対応できた。例えば動物との接触などの危機管理については、教員側が連携して迅速な対応ができた。発掘現場の行動管理やスケジュール・生活・健康管理においてもおおむね順調な運営ができた。

解決すべき課題については以下の点が挙げられる。

岡山理科大学側としては以下のような課題がある。

- ・参加学生の募集と選考の問題：すべての学部からの参加者を募ったが、実際には生物地球学部の学生及びそこを卒業した院生のみでの参加となった。ゴビ砂漠という厳しい環境への挑戦は学生にとって自己への高い動機づけが必要でありフィールドワークを経験していない学生にはやはりハードルが高いと考えられる。

- ・実施する期間と現場までの移動距離の問題：シャルツァフはウランバートルから700 kmあり、移動に約20時間を要する。場合によっては二日にまたがる移動時間は、短期スケジュールでは大きな課題となる。サポートスタッフの疲労も問題である。ウランバートルに近い場所で実施できるようなプログラムを試行してみる必要がある。

- ・参加学生数と引率教員数のバランスの問題：危機管理体制の維持のためには多くの引率教員数が必要である。今回は学術調査本隊へ合流したため、その問題は解決できた。こうしたプログラムを実施するには、バランスの良い着点を見出す必要がある。

国際協力プロジェクトとしては以下のような課題がある。

そもそもこのプロジェクトの発端は、モンゴル側が若いモンゴル人学生にフィールド体験をする機会を与え、若手研究者育成につなげたいという思いである。日本側も同じ目標があった。それは「研究者」として専門分化する前の若い人にフィールド体験をとという考えであった。しかし、モンゴルでは専門分化する前の学生を集めることは現実的に難しいようである。本プログラムはモンゴルと日本の両方の側にとって「来年もやろう」という気になるものでなくては続かない。ゴビ砂漠で恐竜発掘を体験したいという恐竜・古生物コースの日本人学生や、古生物を学ぶモンゴル人学生は、数の多寡はあれども確実にいる。フィールドワークで学生が大きく成長することは確かであるので、現実を踏まえながら両国の若手育成という所期の目的に適したプログラムを一緒に考える必要がある。

6. 結論

- ・学生がゴビ砂漠での恐竜発掘に参加し、科学研究への理解を深め、国際交流も体験するフィールド教育プログラムを2023年度に引き続き、二回目の試みとして2024年8月中旬（実施期間は13日間）に行った。学生の参加者は計5名であった。

- ・モンゴル側から同年代の参加者が1名あり、同じ志を持つ若い人同士の交流ができた。
- ・参加学生へのアンケート結果では満足度は高く、自己の成長を自覚し、今後に活かそうとする姿勢が見られた。

- ・博物館教育活動を通じた社会還元への発展を倉敷市立自然史博物館イベントと岡山理科大学恐竜学博物館のイベントで試みた。現地を体験した学生の説明は具体的で、来訪者・参加学生の双方にとって良い交流の場となった。

- ・学生教育のあり方を両国で協議し今後の方針を決める。岡山理科大の学内的には準正課教育や国際交流のプログラムとして学生の成長に寄与することを方針としたい。

7. 謝辞

この発掘体験プログラムの企画と実施においては、モンゴル科学アカデミー古生物学研究所のツォクトバートル所長、マインバヤル古生物学部門係長、ブヤンテグシュ研究員、ニヤムジャルガル技術員、ガンツェツェグ料理人をはじめとする研究所メンバーと、運転手のバトニヤム、ダムディンスレン両氏には特別な配慮と協力を戴いた。在モンゴル日本大使館の小山勲氏をはじめとする職員の方々、倉敷市立自然史博物館の職員の皆様には関連プログラムの実施にご尽力いただいた。岡山理科大学の古生物学・年代学研究センター兼務研究員の皆様、恐竜学博物館の関係者、研究・社会連携部職員、生物地球学科およびその他の本学恐竜学プロジェクト関係者には様々なご協力をいただいた。以上の皆様に深く感謝する。本プログラムの実施には、岡山理科大学教育改革推進事業の補助金を使用した。関係の皆様には心からお礼申し上げます。

研究報告

自然の石英にみられる ESR 信号の加熱による消滅機構

小畑直也・豊田 新¹⁾

岡山理科大学大学院理学研究科材質理学専攻

1) 岡山理科大学研究社会連携機構古生物学・年代学研究センター

1. はじめに

電子スピン共鳴 (ESR) 年代測定は、さまざまな鉱物に適用できることがこれまでに報告されているが、その中で石英 (SiO_2) は地表に普遍的に存在する鉱物であるため、その応用範囲は広い。断層の年代測定¹⁾が提案され、テフラ²⁾、水成の堆積物³⁾、加熱された石器⁴⁾といった物質に適用可能であるとされている。当初、断層の年代測定に Ei^+ 中心 (酸素空孔に不対電子が存在する状態) が有効であるとされたが¹⁾、堆積物については、Si に Al, Ti が置き換わった Al 中心、Ti 中心が用いられている^{2,3)}。

2. ESR 信号の熱安定性

Si に置き換わった Al は、最外殻の電子が 3 個であるにもかかわらず、隣り合う 4 個の酸素と共有結合する。このため、この状態では負に帯電することになり、 H^+ , Li^+ , Na^+ といったアルカリイオンを伴って安定な状態、 $[\text{AlO}_4/\text{M}^+]^0$ となる ($\text{M}^+=\text{H}^+$, Li^+ , Na^+)。試料に放射線が照射されると、放射線は電子とホールのペアを結晶内に数多く生成するため、この Si を置き換えた Al はホールをとらえて $[\text{AlO}_4/\text{M}^+]^+$ となるが、室温ではアルカリイオンが動けるため、正に帯電したこの状態からアルカリイオンは失われ、 $[\text{AlO}_4]^0$ となる⁵⁾。この状態は、隣り合う 4 個の酸素と共有結合のうちの 1 つが不対電子になっており、常磁性で ESR によって観測できる。試料が加熱されると、このホールをとらえた状態は不安定になり、上記と逆の過程が起きて、安定な $[\text{AlO}_4/\text{M}^+]^0$ に戻る。Si に置き換わった Ti の場合には、最外殻の電子が 4 個であるため、単に置き換わって、 $[\text{TiO}_4]^0$ が安定な状態である。Ti は電気陰性度が大きいため、照射の際には、電子をとらえる。すると、 $[\text{TiO}_4]^+$ となるが、この状態は電子を 1 個余分に持っていることから負に帯電しており、室温ではアルカリイオンを引き寄せて $[\text{TiO}_4/\text{M}^+]^0$ となる⁶⁾。この状態は引き寄せた電子のために常磁性であり、ESR で観測できる。アルカリイオンの種類によって異なる信号を示すために、区別して観測できる。試料が加熱されると、やはり逆の過程が起きて安定な状態に戻る。多くの試料で観測される Ti に関連する信号は、Ti-Li 中心、 $[\text{TiO}_4/\text{Li}^+]^0$ 及び Ti-H 中心、 $[\text{TiO}_4/\text{H}^+]^0$ である。

加熱によって不安定になって元に戻る過程は熱活性化過程であるため、環境の温度でもわずかに起きることになる。これで長時間経過すると、加熱したのと同じ効果が生じることになり、不対電子の常磁性の状態から電子 2 個 (共有結合) の反磁性の状態に戻る。年代測定の上限を決める 1 つの要因は、この常磁性状態の熱安定性であるため、加熱によって、求めようとする年代範囲で ESR 信号が熱的に十分で安定であるかどうかを確認することは重要であり、これは熱活性化過程が成り立っている限り、加熱実験によって推定することができる。

3. 信号消滅の機構

熱活性化過程によって常磁性格子欠陥が不安定になる過程については、それ自身の安定性のみに依存する、と考えるのが最も単純である。この場合は、例えば放射性核種の壊変と同様であり、一次反応で記述できる。すなわち、微分方程式は

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

のようになる。ここで、 N が ESR 信号を示す常磁性格子欠陥の個数、 t が時間、 λ が消滅に関する定数（放射性核種の減衰の壊変定数に相当）である。この微分方程式の解はよく知られているように

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

であり、多くの文献で、この単純なモデルが採用され、信号の熱安定性が議論されてきた。ここで、 N_0 は、 $t = 0$ における常磁性格子欠陥の個数である。しかし、石英の常磁性格子欠陥について、消滅の過程が 2 次反応に従うことを示した例⁷⁾もある。この場合、減衰は

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N^2$$

に従い、これを積分すると、

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{N_0} + \lambda t$$

となる。2 次反応の機構としては、電子またはホールが動き回り、任意の 2 個が会って消滅する、というものが考えられる。あるいは、同数の電子中心とホール中心が動き回り、任意の電子とホールが会って消滅する、ということも考えられる。任意ではなく特定の相手（相手が決まっている場合）には 1 次反応になる。ここまでの議論でわかるように、反応次数を求めるためには、同じ温度で時間を変えて加熱（等温加熱実験）を行い、信号強度を加熱時間に対してプロットし、その関数形を求めればよい。1 次反応であれば、片対数プロットで直線になり、2 次反応であれば、逆数に対して線形になる。

また、1 次反応と 2 次反応の混合の式で表されることも考えられる。

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda_1 N - \lambda_2 N^2$$

この微分方程式を解くのは単純ではないが、その解は、

$$\frac{1}{N} = \left(\frac{1}{N_0} + \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right) e^{\lambda_1 t} - \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

となる。この場合、信号強度の逆数を取ると、自然対数に関連した曲線になり、 $\lambda_1 > 0$ で下凸、 $\lambda_1 < 0$ で上凸になる。これは、すでに議論されている⁸⁾ように、同数ではない電子中心とホール中心が会って消滅するという過程で説明することができる。議論している常磁性格子欠陥と再結合の相手の数が異なり、それぞれ、 N 個と M 個であるとする。すると、再結合の確率は、その積に比例するので、微分方程式は、

$$\frac{dN}{dt} = -c NM$$

となる。 c は単位時間あたりの再結合の確率である。ここで、その初期 ($t = 0$) の値が、それぞれ、 N_0 個と M_0 個であるとする、 N と M は独立ではない。再結合によって消滅（減少）した数がそれぞれ等しいので、

$$N_0 - N = M_0 - M$$

という関係がある。この関係式から M を代入して消去すると、

$$\frac{dN}{dt} = -c(M_0 - N_0)N - cN^2$$

となる。ここで、

$$\lambda_1 = c(M_0 - N_0), \lambda_2 = c$$

とおくと、もとの 1 次反応と 2 次反応の混合の式に帰着する。また、 λ_1 と λ_2 の間には、

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{M_0 - N_0}$$

という関係が成り立っていることがわかる。

$c > 0$ であることは明らかであるので、 $\lambda_2 > 0$ である。しかし、 $M_0 < N_0$ であれば、 $\lambda_1 < 0$ 、 $M_0 > N_0$ であれば、 $\lambda_1 > 0$ となるので、 λ_1 は、正負どちらの値を取ることもあり得る。試料によって、あるいは照射の線量によって、 M_0 や N_0 の値は異なる可能性は高いので、従って、等温加熱の実験による信号の減衰の曲線は、上凸にも下凸にもなり得るということになる。

4. 加熱実験

始良岩戸テフラ(A-Iw)、及びオーストラリア、ブリスベン川現河床堆積物(BRS)から石英を抽出し、試料とした。試料中に Al 中心、Ti-Li 中心の信号が観測され、加熱実験を行った。段階加熱実験では、A-Iw については Al 中心が 300°C までにすべて消滅したのに対し、Ti-Li 中心では 260°C 付近で減衰が一度減るという肩を示して、2 段階で 360°C までに消滅した。BRS では、Ti-Li 中心が 320°C 付近までに消滅したのに対し、Al 中心では減衰はなだらかで、420°C 付近で消滅した。等温加熱実験では、A-Iw では、両方の信号とも、1 次反応と 2 次反応の混合の式で表される減衰を示す結果が得られた。一方、両方の信号の減衰について、一定の範囲でその減衰量に直線関係が見られた。スピンの数を定量することは簡単ではないので、定量的な結果にはなっていないが、ホール中心である Al 中心と、電子中心である Ti-Li 中心がお互いに電子、あるいはホールをやり取りして減衰している可能性が考えられる。

もし、Al 中心から放出されたホールが Ti-Li 中心と再結合する、あるいは逆に Ti-Li 中心から放出された電子が Al 中心と再結合する、というような現象が起きて両方の減衰が起きているのであれば、A-Iw では Al 中心の方が少ないために先に Al 中心が減衰してそれが枯渇したところで Ti 中心が減衰しなくなってその減衰に肩が示され、残りについてはより高温でそれ自身が不安定になったか、あるいはほかのより安定であったホール中心からホールが供給されて高温部分の減衰が起きた、というように考えることができる。BRS の場合には逆に、Al 中心の方の量が多かったために、Ti-Li 中心にホールを供給しつくしてもまたホールが残っていて減衰できない部分が残った、というようにも考えられる。

これまで、それぞれの信号(Al 中心であればそれ自身、Ti-Li 中心であればそれ自身)に熱安定性があり、それによって減衰が起きると考えられていたのに対し、今回の結果は、再結合する相手の状況次第によって熱安定性が変わり得ることを示しているといえるかもしれない。このことは、定性的には、減衰が 1 次及び 2 次反応の結合で記述されることと整合的なようにも見えるが、何と何が具体的にペアになって消滅するということを詳細に議論するにはまだ証拠は十分とはいえないであろう。しかし、同じ信号であっても試料によって熱安定性が異なるという、別々に報告されているものを合わせてみるとわかる、これまでの常識からすると不思議な現象を説明できる結果となった。

引用文献

- 1) Ikeya M, Miki T, and Tanaka K, 1982. Dating of a fault by electron spin resonance on intrafault materials, *Science*, 215, 1392-1393.
- 2) Imai N, Shimokawa K, and Hirota M, 1985. ESR dating of volcanic ash, *Nature*, 314, 81-83.
- 3) Yokoyama Y, Falguères C, and Quaegebeur J P, 1985. ESR dating of quartz from quaternary sediments: first attempt. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 10, 921-928.
- 4) Porat N and Schwarcz HP, 1995. Problems in determining lifetimes of ESR signals in natural and burned flint by isothermal annealing, *Radiation Measurements*, 24, 161-167.
- 5) Nuttal, R. H. D. and Weil, J. A., 1981, *Canadian Journal of Physics*, 59, 1696-1708.
- 6) Isoya, J. and Weil, J. A., 1979, *Physica Status Solidi A*, 52, K193
- 7) Toyoda, S., and Ikeya, M., 1991, *Geochemical Journal*, 25, 437-445.
- 8) Sato, F. Toyoda, S., Banerjee, D., Ishibashi, J., 2011, *Radiation Measurements*, 46, 866-870.

火山灰土の風送塵石英の ESR 分析による気候変動検出の可能性

岡田 夏蓮・鶴田 彩音¹⁾・豊田 新²⁾・高田将志³⁾

岡山理科大学大学院理工学研究科自然科学専攻

1) 岡山理科大学理学部応用物理学科

2) 岡山理科大学研究・社会連携機構古生物学・年代学研究センター

3) 奈良女子大学大学院人文科学系

1. はじめに

約 260 万年前以降の第四紀に氷期間氷期の気候変動サイクルについてはその気温の変動についての詳細が解明されてきている。一方、気候の重要な要素である季節風についてはその推定方法が限られており、十分な研究がなされているとは言えない。電子スピン共鳴 (ESR) による石英粒子の酸素空孔量測定によって風送塵の起源を推定し、過去のモンスーン環境を復元しようとする試みが行われてきた。これらの研究では、日本列島の陸域に分布する風成堆積物から抽出された微細石英粒子の酸素空孔量が、氷期、間氷期の気候変動と連動して変動することが報告されており¹⁾、日本海で採取された海底堆積物に含まれる微細石英粒子についても、その酸素空孔量の時系列変化が第四紀後期の気候変動と明瞭な相関を有することが明らかになっている²⁾。海域の海底堆積物コア試料は、連続性に優れ、時系列的変動を調べるのに適しているが、堆積速度が遅い場合には、最終氷期からの温暖化の過程で報告されているような急激な気候変動を検出できない可能性もある。一方、堆積速度が速く、より時間分解能に優れた陸域の風成堆積層を研究対象にできれば、より時間スケールの短いイベントを検出できる可能性がある。本研究では、陸域に堆積した火山灰土に着目して、含有される石英粒子の ESR 信号を分析することで、日本列島の中期更新世末から完新世におけるより急激な気候変動イベントをどの程度検出することができるかどうかについて、予察的な検討を行った。

2. 試料と実験方法

栃木県那須川郡那須川町芳井の露頭で、連続的に堆積したと考えられる火山灰土（テフラの風成二次堆積物を主とする堆積層）試料を使用した。石英粒子の抽出と酸素空孔量の測定にあたっては、おおよそ 10 cm ごとに採取した合計 34 個の試料を用いた。

まず、各試料を 60℃の乾燥機で一晩乾燥させ、篩を使用して 212μm 以下の粒子を集めた。集めた試料を 6M の塩酸に一晩浸した後、よく水洗いを行い、ストークス法を用いて、20μm 以下、20~50μm、50~125μm の粒径毎に区分した。その後、長石などを除去するためにケイフッ化水素酸に 1 週間浸し、再度水洗した。60℃の乾燥機で乾燥させ、測定用の試料を得た。

量子科学技術研究開発機構高崎量子技術基盤研究所コバルト 60 ガンマ線照射施設において、吸収線量が 1 kGy 程度になるようにガンマ線照射を行い、その後、300℃で 15 分加熱した。ESR 測定により、酸素空孔に不対電子がとらえられた E_i'中心の信号を検出し、その強度を測定した。この信号強度が石英中の酸素空孔量を示すとされている³⁾。

3. 結果と考察

試料採取地点の深度に対して試料の酸素空孔量をとった。深度 50 cm までの試料の酸素空孔量は測定限界以下であったが、深度 40 ~180 cm の間で高い酸素空孔量の値が検出された。この深度帯の試料の中で酸素空孔量が検出限界以下の値を示した試料は、初生的には殆ど石英粒子を含まない降下テフラ層の層準に当たっている。それより深い堆積層から採取された試料では、酸素空孔量は再び小さい値となった。

深度 110-120 cm 地点の試料からは広域テフラである始良丹沢テフラ (AT ; 26-29 ka 12))が検出されている。また最下層 (深度 330-340 cm) の試料には高温石英結晶が散在することがわかっており、同じく広域

テフラである (KTkz : 94.5 ± 4.8 ka13) の存在が推測される。表層の年代を 0、最下層を 95 ka として、深度と年代の関係を推定した。堆積速度が 30 ka で変化したと考え、それ以前、以後で堆積速度が一定であると仮定した。

10 ka より若い完新世の試料では酸素空孔量は検出限界以下の値となったのに対し、下位層準となる最終氷期中の MIS 2~MIS 3 に対応する層では、高い酸素空孔量を示すものが多くなった。また、この期間中の酸素空孔量の値には、大きな変動が認められることも特徴的である。たとえば、最終氷期極相期に当たる約 20 ka 付近の堆積物に含まれる石英粒子の酸素空孔量は、検出限界以下の低い値を示している。

氷期中の寒冷期に酸素空孔量の値が高くなる傾向は、海洋堆積物を用いた先行研究²⁾と整合的な結果である。これは、氷期には大陸の乾燥化が進み、より広域にわたり地表付近の表層物質が風に巻き上げられやすくなり、中国大陸からより多くの風送塵が飛来するというメカニズムで説明される。最終氷期に相当する層の中で高い酸素空孔量を検出することができたことは、海底の堆積物だけでなく、連続的に堆積していれば、陸上の堆積物を用いても同様に風送塵の起源に関連した気候変動を議論できる可能性を示すことができたと考えられる。

本研究の成果を踏まえると、10 cm 間隔よりさらに細かい試料採取を行えば、より時間分解能に優れた解析結果を提示できる可能性がある。また、分析対象とする石英粒子の粒径による違いに着目すれば、モンスーン環境下における風速や風成塵の起源に関するより詳細な議論が可能となるであろう。

引用文献

- 1) Toyoda, S., and Naruse, T., Eolian dust from the Asian deserts to the Japanese Islands since the Last Glacial Maximum; the basis for the ESR method. Transactions, Japanese Geomorphological Union, 23, 811-820 (2002).
- 2) Nagashima, K., Tada, R., Tani, A., Toyoda, S., Sun, Y., and Isozaki, Y., Contribution of Aeolian dust in Japan Sea sediments estimated from ESR signal intensity and crystallinity of quartz. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 8, Q02Q04 (2007).
- 3) Toyoda, S., Ikeya, M., Thermal stabilities of paramagnetic defect and impurity centers in quartz: basis for ESR dating of thermal history. Geochemical Journal, 25, 437-445 (1991).

Preliminary Report of the Ichnological Fieldwork in Nemegt, Bugin Tsav and Gurilin Tsav Area, Western Gobi Desert, Mongolia

Buuvei MAINBAYAR^{*}, Khishigjav TSOGTBAATAR^{*} and Shinobu ISHIGAKI^{**}

^{*} Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 210351, Mongolia

^{**} Museum of Dinosaur Research, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita-ku, Okayama, Japan

1. Introduction

The first part of the June expedition of the Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences - Okayama University of Science Joint Expedition 2024 (hereinafter referred to as IPMAS-OUS JEX. 2024), focusing on ichnology, was conducted in the Nemegt, Bugin Tsav and Gurilin Tsav areas, in Gurbantoungai Sum, South Gobi Aimag. Tracksites in Bugin Tsav, Bugin Tsav II and Gurilin Tsav were first discovered in 1998 by the Mongolian Paleontological Center, Mongolian Academy of Sciences - Hayashibira Museum of Natural Sciences Joint Paleontological Expedition (Ishigaki et al. 2009., Watabe et al. 2010), and the detailed study was carried out by IPMAS-OUS JEX in 2018. The purpose of the visit to Bugin Tsav and Gurilin Tsav area was to conduct ichnological prospection and to take 3D scan data together with photographs and sketches in dinosaur tracksites. The main purpose of the visit to Nemegt was to compare the state of occurrence of dinosaur tracks in the Nemegt area with those in the Bugin Tsav and Gurilin Tsav area. In order to avoid illegal excavations, this report does not include precise geographical data such as coordinates. These data will be kept in the agenda of IPMAS and OUS.

2. Expedition members and vehicles

The members of the joint expedition team are as follows. Buuvei MAINBAYAR (Researcher IP), Khishigjav TSOGTBAATAR (Researcher IP), Enkhbat OCHIRJANTSAN (Preparator IP) Shinobu ISHIGAKI (Researcher OUS). One Land Cruiser is used for the expedition.

3. Narrative Itinerary of the Fieldwork

01 June : Travel from Ulaanbaatar to Nemegt via Mandal Gobi, and Dalanzadgad, (camp at the classic USSR expedition campsite at the gate of the Central Sair in Nemegt. (884km drive from Ulaanbaatar).



Fig.1 : Geographical location map of visited sites



Fig.2 : Outcrop in Eastern Part of the Nemegt Fossil site, where 3 well-preserved natural casts of hadrosaurid dinosaur were discovered



02 June : Ichnological prospection in Central Sair .

03 June: AM: Ichnological reconnaissance visit in Central Sayr area. PM: Checking the well preserved hadrosaurid natural casts at the top of the hill in Eastern Sayr.

04 June: AM: Taking 3D data, photographs and sketches of various tracks in Central Sayr and 3 very well preserved hadrosaurid tracks in Eastern Sayr. PM: Drive to the town of Gurvantes. Visit the town hall, meet with the Mayor of Gurvantes (Mr Aldarmunkh), buy necessary items. Drive to Bugin Tsav via Naran Bulag and Altan Ula II. Arrival at Bugin Tsav in late evening. Set up the camp. Strong wind and rain during night.

05 June: AM: Reconnaissance walk to the



Fig.4: Excavation and sketch work of hadrosaurid trackway in Trampled Tracksite 1



Fig.5: Excavation of natural casts in Trampled Site 2



Fig.6: Natural cast of hadrosaurid track before exposing work



Fig.7 : Overview of the outcrop of “Projecting Hadrosaurid Tracksite”. Circled area show the “Projecting Hadrosaurid Track” in footprint preserving stratum. Arrows show fallen natural cast blocks as rolling stones



Fig.8: Projecting Hadrosaurid Track

quadrupedal dinosaur trackways and giant hadrosaurid tracks. Naming of Trampled Tracksite No.1, 2 and Projecting Hadrosaurid Tracksite. PM: Excavation of Trampled Tracksite No.1 & 2.

06 June : All day: Excavation of Trampled Tracksite No.1 & 2 and Projecting Hadrosaurid Tracksite.

07 June : All day: Taking 3D data, photographs and



Fig.9 : Very large trackway of hadrosaurid close to the “Projecting Hadrosaurid Tracksite”

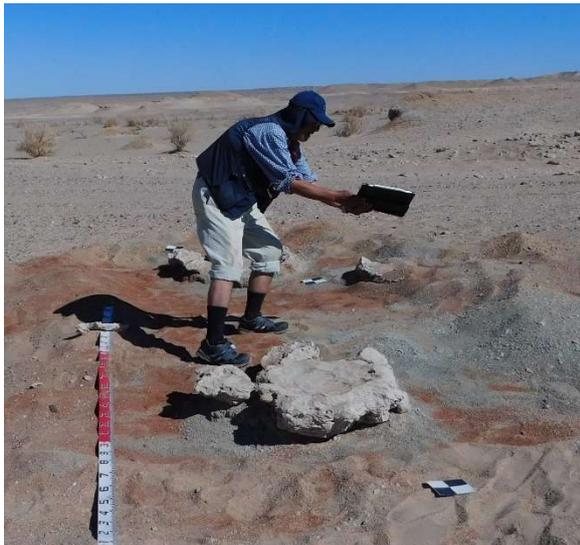


Fig.10 : 3D scanning at very large trackway of hadrosaurid close to the “Projecting Hadrosaurid Tracksite”

sketches at Trampled Tracksite No.1 & 2, including theropod trackway , 2 quadrupedal dinosaur trackways and 6 hadrosaurid trackways.

08 June : AM: Taking 3D data, photographs and sketches around the Projecting Hadrosaurid Tracksite, including a giant trackway of hadrosaurid. Take geological section at Trampled Tracksite No.1 & 2 and Projecting Hadrosaurid Tracksite.

PM: Exploration at Bugin Tsav II. Naming of



Fig.11 : Large hadrosaurid natural cast in Bugin Tsav II



Fig.12 : Natural cast of laboring track of hadrosaurid at Laboring Hadrosaurid Tracksite. It is imprinted very deeply

Laboring Hadrosaurid Tracksite, Hadrosaurid Natural Cast Tracksite and Turning Sauropod Tracksite. Taking 3D data, photographs and sketches at Laboring Hadrosaurid Tracksite, Hadrosaurid Natural Cast Tracksite and Turning Sauropod Trackway site.

Move to Gurilin Tsav and set up the camp. Reconnaissance walk to natural casts of Hadrosaurus tracksite and sauropod trackway on the cliff tracksite.

Naming of the 3 Hadrosaurid Natural Casts Tracksite, Cliffside Sauropod Trackway Site and Broken Natural Casts Tracksite. Attempted to take 3D data, photographs and sketches at the Cliffside Sauropod Trackway Site.

However, 3D scanning failed because the work was disturbed by many insects (flies). Decided to postpone



Fig.13 : Basecamp at Gurilin Tsav Fossil Site



Fig.14 : The current state of the Cliffside Sauropod Trackway Site, firstly discovered in 2018 by the IPMAS-OUS JEX team



Fig.15 : Newly discovered tracksite with many natural casts

the work to the next day.

09 June: AM: Taking 3D data, photographs and sketches at Cliff side Sauropod Trackway site and Broken Natural Casts Tracksite. At 9:00 leave Gurilin Tsav and drive north. Arrive at Tartzin Gol at 15:00. Arrive at Arvaiheer at 18:00.



Fig.16 : Theropod Natural cast in Newly discovered tracksite



Fig.17 : Sauropod Natural casts in newly discovered track-site. a: manus track, b: front view photograph of left pes track with clear claw impressions

4. Results of the fieldwork

Nemegt (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

The first discovery of dinosaur tracks in Nemegt was in 2001, and was reported in 2003 by P. Currie et al. (2003). They reported large theropod, hadrosaurid and sauropod tracks.

We conducted reconnaissance walk to the site which were informed in Currie et al. 2003 and Nakajima et al 2018. Prospection for new ichnological remains was also carried out and we found following tracks. The results in detail in each tracksites are as follows. All of them are photographed and 3D scanned.

1: 3 consecutive hadrosaurid tracks (natural casts) forming a trackway from a lateral section were newly discovered showing laboring behavior in the mud of the trackmaker.

2: 3 fairly well preserved hadrosaurid tracks(natural casts) were rediscovered in Eastern Sayr after the information of IPMAS-OUS joint expedition in 2018. The basic information of the site was provided by one of authors (BM). The preservation quality of soft part morphology, such as digital pads were excellent. However, the skin impression was not recognized.

Bugin Tsav (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

The first discovery of tracks in this area was made in 1998 by IPG-HMNS JPEXP. In 2018, the IPMAS-OUS JEX. team

conducted an ichnological study in this area, and found large hadrosaurid (possibly *Saurolophus*), large theropod (possibly *Tarbosaurus*) and sauropod tracks and trackways as well as smaller tracks of each group. The purpose of the June expedition of IPMAS-OUS JEX. 2024 was to continue the excavation of the dinoturbated stratigraphic horizon and to obtain 3D data of the finds. During this expedition, we have carried out these works as planned, with the following results

1: At the "Projecting Hadrosaurid Tracksite" we took 3D data and photographs of the giant hadrosaurid track, and a theropod track on the cliff. At the foot of the cliff of the site, we exposed a giant hadrosaurid trackway consisting of 3 extremely large footprints and took 3D data and photographs.

2: At Trampled Tracksite No.1 & 2 we exposed and took 3D data and photographs of 2 quadrupedal tracks, 1 large theropod track and 6 hadrosaurid tracks. One of the hadrosaurid trackways consists of 13 tracks.

3: We took geological section at Trampled Tracksite No.1 & 2 and Projecting Hadrosaurid Tracksite.

Bugin Tsav II (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

The historical background and the purpose of the work are the same as Bugin Tsav. We visited tracksites which were discovered in 2018 by IPMAS-OUS JEX. And we took 3D data and photographs of tracks (natural casts), and laboring tracks of hadrosaurid with sliding marks in west area. In southern area, we took 3D data and photographs of turning trackway of sauropod.

Gurilin Tsav (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

The historical background and the purpose of the work are the same as Bugin Tsav. We visited the sauropod trackway site which was discovered in 2018 by IP-MAS-OUS JEX. And we took 3D data and photographs of tracks (natural casts), and trackway. New tracksite yielding many natural casts was discovered. However, due to a lack of time to conduct a precise study this year, a detailed survey will be a future issue.

5. Summary of the expedition and future prospects

Nemegt (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

Excellent track of hadrosaurid from eastern sayr will be a good specimen to understand the morphology of sole. Also it will become an attracting specimen of the museum.

Bugin Tsav (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

Trampled Tracksite 2 needs more careful excavation to get all image of the site. The size of large hadrosaurid tracks must be investigated with careful investigation. The size might be exaggerated caused widely open when the foot

sunk into mud deeply, or double printing.

Bugin Tsav II (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

Well-preserved prints and laboring tracks of hadrosaurid provide important kinematic information of the animal. Turning trackway of sauropod is very rare. The possibility of double-printing of the manus needs to be considered.

Gurilin Tsav (Gurvantes soum, South Gobi Aimag)

The southeastern area of Gurilin Tsav is very rich in ichnological remains. Continuous prospection in this area will provide good specimens for research on the soft part anatomy of trackmakers.

6. Acknowledgements

We would like to express our deep gratitude to Mr. Aldarmunkh, Mayor of Gurvantes soum, for his kind cooperation to carry out our work in Nemegt, Bugin Tsav, Bugin Tsav II and Gurilin Tsav. We thank the members of the joint research team from the Institute of Paleontology of the Mongolian Academy of Sciences and Okayama University of Science, as well as the researchers, technicians and administrative staff from both institutions for their cooperation and support. This research was conducted with the support of a grant for academic research from the WESCO Science Foundation.

7. References

- Currie, P., Badamgarav D. and Koppelhaus E. B., (2003). The first Late Cretaceous tracks from the Nemegt locality in the Gobi of Mongolia. *Ichnos* 10: 1–12.
- Ishigaki, S., Watabe, M., Tsogtbaatar, K., Saneyoshi, M., (2009). Dinosaur tracks from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Geological Quarterly* 53, 449-460.
- Nakajima, J., Yoshitsugu Kobayashi, Tsogtbaatar Chinzorig, Tomonori Tanaka, Ryuji Takasaki, Khishigjav Tsogtbaatar, Philip J. Currie, Anthony R. Fiorillo, (2018). Dinosaur tracks at the Nemegt locality: Paleobiological and paleoenvironmental implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol.494, 147-159.
- Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., Suzuki, S. and Saneyoshi, M., (2010). Geology of dinosaur-fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous: Mesozoic) in the Gobi Desert; Results of the HMNS-MPC Joint Paleontological Expedition. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin* 3: 41–118.

Preliminary Report on the Ichnological Fieldwork in the Classical Dinosaur Tracksite of Saijrahk Mountain, Tob Aimag, Mongolia.

Buuvei MAINBAYAR^{*}, Khishigjav TSOGTBAATAR^{*} and Shinobu ISHIGAKI^{**}

^{*} Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 210351, Mongolia

^{**} Museum of Dinosaur Research, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita-ku, Okayama, Japan

1. Introduction

The second part of the June expedition of the Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences - Okayama University of Science Joint Expedition 2024 (hereafter referred to as IPMAS-OUS JE. 2024), focusing on ichnology and geology, was conducted in the Saijrahk Mountain, Erdenesant Soum, Tov Aimag, northern Mongolia.

Historically, the first discovery of fossil footprints in this area was made by Namnandorj in July 1950. He reported the discovery in Namnandorj (1957). This was the first report of dinosaur footprints in Mongolia. However, the report was almost neglected and the site was neither investigated nor relocated for a long time. In 2023, one of the authors (BM) tried to find more information and obtained the narrative records, photographs and hand sketches of the excavation work. Most of the information was included in the book of Namnandorj, published in 2009. However, the lack of sufficient geographical information made it difficult to relocate the site on the basis of this information.

The purpose of the IPMAS-OUS JEX 2024 June Expedition is to rediscover the tracksite and carry out more detailed ichnological work on the site. First, we visited the office of Erdenesant Soum. With the kind cooperation of the mayor of the town (Mrs Munkhzorig), we carried out the work as planned and have the following results.

In order to avoid illegal excavation of the site, this report does not include precise geographical data such as coordinates. These data will be kept in the agenda of IPMAS and OUS.

2. Expedition members and vehicles

The members of the June expedition team are as follows. Buuvei MAINBAYAR (Researcher IP), Khishigjav TSOGTBAATAR (Researcher IP), Enkhbat OCHIRJANTSAN (Preparator IP) Shinobu ISHIGAKI (Researcher OUS). One Land Cruiser was used for the expedition.



Fig.1: Geographical location map of Saijrahk Mountain, about 200km WSW from Ulaanbaatar



Fig.2 : Overview of Saijrahk Mountain

3. Narrative Itinerary of the Fieldwork

09 June: Arrive at Erdenesant Soum at 22:30. Set up the camp at 1km east of the town.

10 June: AM: 9:00; Meeting with the Mayor of Erdenesant Soum (Ms. Munkhzorig) and other delegates of the town. Drive to Saijrahk Mountain under the guidance of Mr. Enkhbat, the Cultural and Natural Heritage manager of Erdenesant. Exploration at the foot of Saijrahk Mountain and found the classical footprint site which was discovered by Namnandorj in 1950 (Fig.1 and 2). Set up camp.

11 June: All day: Ichnological prospection in Saijrahk Mountain. Prospection of microfossils (ostracods, bivalves, etc.) in black paper shale deposits. Heavy wind and rain at night.

12 and June: All day: Excavation, photography, sketching and 3D scanning at tracksites.

13 June: Excavation and recording works at tracksites.



Fig.3 : Overview of Saijrah Mountain Tracksite



Fig.4 : Outcrop photograph of Site 1 and 2.



Fig.5: Black paper shale deposits



Fig.6: Fossil bivalves from black paper shale deposits

Geological work around Sites 1 and 2. In the late afternoon, the mayor, the manager of the natural heritage, the director of education, science teacher and other delegates of the town of Erdenesant visited the Tracksite. Meeting with delegates of Erdenesant in the ger of Mr. Ariunbold.

14 June: AM: Precise hand sketch of the sites. PM: Covering the site with earth. Work for the protection of the site with 7 volunteers of local nomad people.

15 June: Departure from the site. Meeting with the mayor of the town at 12:00. Drive from Erdenesant to Ulaanbaatar.

4. Results of the fieldwork

The ichnological and geological fieldwork yielded the following results:

1: 4 tracksites were discovered at northwestern foot of Saijrah Mountain (Fig.3). A total of about 40 tracks were excavated from these 4 tracksites. They are preserved on the surface of the bedding plain of yellow medium sandstone beds. These beds are intercalated between thick black paper shale deposits (Fig.4). Invertebrate fossils (ostracods, gastropods, bivalves and plant fossils) were recovered from the black paper shale beds (Fig.6).

2: Site 1: 24 tracks were recorded. (Fig.7) A well preserved mid-sized sauropod trackway consisting from 5 manus-pes sets and 3 large theropod trackways were discovered (Fig.7 and 8). Each of the 3 trackways of theropod consists of two consecutive footprints. Since there are no more than three prints, detailed gait analysis of the trackmakers is not possible.

3: Site 2. 13 tracks were discovered. There is one trackway of theropod. There are enigmatic five toed footprints that had never been observed in other Mongolian tracksites (Ishigaki et al., 2009, Watabe et al.,



Fig.7 : Outcrop photograph of Site 1

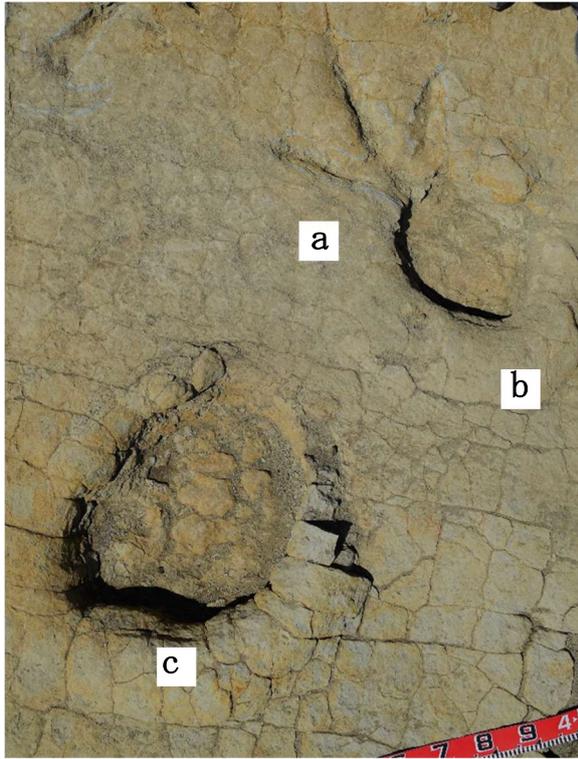


Fig.8: Typical footprint fossils in Site 1. a: Tridactyle footprint of large theropod, b:Sauropod manus print, c:Sauropod pes print



Fig.9 : Overall photograph of Site 2. Many enigmatic footprints are preserved. Further excavation to the east-bound will help to reveal the trackmakers

2010). Further excavation removing black paper shale deposits is necessary to identify the trackmaker of the footprints.

3: Site No.3. One large theropod track was discovered (Fig.6).

4: Site No.4. One mid-sized theropod track was discovered.

5. Summary and future perspectives

Continuous excavation to expose the track-bearing bedding plane will provide more detailed information about the trackways. According to the former geological study, the site is regarded as Lower Cretaceous (Махбадар, Ц., 2012., Erdenetsogt et al., 2022). As most of the productive dinosaur fossil sites in Mongolia are Upper Cretaceous, SaijraKh Mountain tracksite is an important site to reconstruct the evolutionary history of paleoenvironment and paleoecosystem of Mongolia. For that purpose, a research team consisting of researchers from several disciplines (micropaleontology, paleobotany, palynology, vertebrate paleontology, geology and geochronology) should be organized. Furthermore, there is no doubt that this site is the birthplace of Mongolian Paleoichnology. The fact that it was discovered by a Mongolian scholar is very significant, and it could be said to be a source of pride for Mongolians. It is very important to make the Mongolian people aware of the historical significance of this site and to protect it appropriately.

6. Acknowledgements

We are grateful to the people in the city office of Erdenesant som, Ms. Munkhзориг(mayor), Ms.



Fig.10 : One of authors (BM) explained the historical background and scientific contents of the tracksite to the people of local government and nomads.



Fig.11 : Work to protect the site 1 from natural erosion.

Expedition. Hayashibara Museum of Natural Sciences.
Research Bulletin, v.3, p. 41-118..

Sarantoya(vice mayor), and Mr. Enkhbat(chief of cultural affairs of the city) for their kind cooperation to perform the fieldwork. We also thank to the family of Ariunbold and Bayarsaikhan who supported us to carry out the study at tracksites in Saijrakh mountain. The laborious hard work to protect the tracksites from erosion, had been performed by volunteers of local nomad people. The accomplishment of this expedition and the works to protect the site would not have been possible without their kind help to us. We thank to all of these people.

7. References

- Ishigaki, S., Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh. and Saneyoshi, M., 2009. Dinosaur footprints from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Geological Quarterly* 53 (4): 449–460.
- Bat-Orshikh Erdenetsogt, Sung Kyung Hong, Jiyoung Choi, Insung Lee 2022. Depositional environment and petroleum source rock potential of Mesozoic lacustrine sedimentary rocks in central Mongolia *Marine and Petroleum Geology* Volume 140, June 2022, 105646
- Махбадар, Ц., 2012. Монголын геологи ба ашигт малтмал. Боть II Стратиграфи. Ху., 468 (In Mongolian)
- Namnandorzh, O., 1957. Traces of huge lizards in Mongolia. *Priroda* 44 (5): 110–111.(In Russian).
- Намнандорж, О., 2009. IV боть., Аварга амьтны мөр. яс хоёр. ху.,415. (In Mongolian).
- Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., Suzuki, S. and Saneyoshi, M., 2010. Geology of dinosaur-fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous: Mesozoic) in the Gobi Desert; Results of the HMNS-MPC Joint Paleontological

モンゴル国セルゲレン地域のチャートによる古生代遠洋環境復元

佐藤 友彦*・青木 一勝*・Jargalsaikhan Batsukh**

・Khishigjav Tsogtbaatar**

*岡山理科大学 教育推進機構 基盤教育センター

**モンゴル科学アカデミー古生物学研究所

モンゴル国中央部から北東部に分布するモンゴル-オホーツク縫合帯は、シベリア地塊および北中国地塊、そしてそれらに挟まれた古海洋のモンゴル-オホーツク海において成長した古生代から中生代にかけての造山帯である。その一部をなすウランバートル帯には、石炭紀付加体である Gorkhi 層が露出し、砂岩、泥岩、チャート、玄武岩からなる海洋プレート層序を呈する (e.g. Kurihara et al., 2009; Savinskiy et al., 2022)。Gorkhi 層のチャートは、シルル紀後期のコノドントや、デボン紀後期の放散虫を産出し (Kurihara et al., 2009)、少なくとも約 5,000 万年にわたる遠洋深海の堆積記録を保持している。デボン紀後期には、巨大火成活動 (Viluy Traps)、隕石衝突 (Siljan Impact)、海洋無酸素事件および大量絶滅事件 (Kellwasser and Hangenberg Events) が立て続けに起こったことが知られている (e.g. Carmichael et al., 2019)。しかしながら、これらのイベントはいずれも陸棚浅海域で報告された事象に基づいており、それらが遠洋深海域に及ぼした影響は、未だ十分に検討されていない。

我々は、ウランバートル市の約 50 km 南方に位置するセルゲレン地域における野外調査に基づき、Gorkhi 層チャートの観察・分析によるシルル紀～デボン紀の遠洋深海古環境復元を試みている。その一貫として、NaOH 法による微化石抽出 (Onoue et al., 2024) を行った結果、海綿骨針およびコノドント化石 (未同定) のほか、スフェルール (球状粒子) が抽出された。抽出したスフェルールは直径約 100 μm の球状粒子で、表面に特徴的な構造は見られない。先行研究で報告されている深海堆積物中スフェールの起源として、微小隕石 (micrometeorites)、宇宙塵 (cosmic spherules)、隕石衝突スフェール (impact spherules) などが候補となる。もし大量に発見できれば、スフェールを含む最古の深海堆積物となる可能性がある。今後、より多くのスフェールの抽出を試み、化学組成分析に基づきその起源の特定を試みる。

引用文献

- 1) Carmichael, S.K., et al. (2019), Paleogeography and paleoenvironments of the Late Devonian Kellwasser Event: a review of its sedimentological and geochemical expression. *Global and Planetary Change*, 183, 102984.
- 2) Kurihara, T., et al., (2009) Upper Silurian and Devonian pelagic deep-water radiolarian chert from the Khangai-Khentei belt of Central Mongolia: Evidence for Middle Paleozoic subduction-accretion activity in the Central Asian Orogenic Belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 209-225.
- 3) Onoue, Y., et al., (2024) A dilute sodium hydroxide technique for radiolarian extraction from cherts. *Scientific Reports*, 14, 12831.
- 4) Savinskiy I., et al. (2022) A story of Devonian ocean plate stratigraphy hosted by the Ulaanbaatar accretionary complex, northern Mongolia: implications from geological, structural and U-Pb detrital zircon data. *International Journal of Earth Sciences*, DOI:10.1007/s00531-021-02150-5.

ジャワ島の前期更新世淡水生および陸生カメ相の種構成と

その生物地理学的意義

高橋亮雄^{*}・池田忠広^{**}・Erick Setiyabudi^{***}・Iwan Kurniawan^{***}

^{*}岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

^{**}兵庫県立大学・自然・環境科学研究所／兵庫県立人と自然の博物館

^{***}インドネシア地質調査所

はじめに

ジャワ島はスンダ陸棚の南東に位置する大陸島であり、後期鮮新世に陸化を開始して以来、大陸との接続と孤立を繰り返し現在に至ると考えられている (e.g., van den Bergh et al., 2001; de Vos 2004; de Bruyn et al., 2013). この島の陸生脊椎動物相は、前期更新世にはわずかな固有種と矮小化したものを含む化石の産出にもとづき大陸から孤立した環境で海流分散によりもたらされ、中・後期更新世には豊富な種数からなる大陸系要素の化石の産出にもとづき陸橋接続により形成されたと一般に推定されている (van den Bergh et al., 2001; de Vos 2004; de Vos 2007). こうした動物地理に関する仮説のうち、前期更新世の動物相の起源は、比較的分散能力が高いと考えられる化石陸生哺乳類とそのアンバランスな種構成にもとづき、一般にシワリク地域に求められてきた。しかしながら、前期更新世に関するこの仮説の根拠となる化石は、量的にも質的にも乏しいため、当時の動物相を適切に理解するために、さらなる標本の充実が求められてきた。このような背景のもと、本研究ではジャワ島中部に分布する前期更新世の陸生堆積物から発見されたカメ類化石に着目し、この島の初期の動物相についての知見の充実を試みた。

材料と方法

本研究では、バンドン地質博物館、サンギラン博物館、ダユール博物館およびセメド博物館に収蔵されたジャワ島産の前期更新世カメ類化石について検討を行った。バンドン地質博物館の収蔵標本には、2022年度に中部ジャワ州ブミアユ地域に分布する下部更新統カリグラガ層 (約 1.5 Ma : Leinders et al., 1985) を対象に実施された発掘調査で得られた標本も含まれている。サンギラン博物館およびダユール博物館のコレクションは中部ジャワ州スラーゲン県の博物館所在地一帯で採集されたものであり、セメド博物館のコレクションはテガル県のセメド地域で採集されたものである。研究対象としたカメ類化石は、各収蔵機関の許可を得たうえで観察し、分類形質を検討した後に分類・同定を行った。比較対象としては、インドネシアを含む東南アジア一帯に分布する現生種およびこの地域の第四系から知られる化石種を用いた。計測にはデジタルスライドキャリパーを使用し、数値は小数第2位まで取得した後、小数第1位に四捨五入したものを計測値とした。

結果

バンドン地質博物館収蔵標本されているカリグラガ層産のカメ化石には、リクガメ科2種 (メガロケリス属

の一種 *Megalochelys* sp. およびインドリクガメ属の一種 *Indotestudo* sp.), イシガメ科 4 種 (マレーハコガメ *Cuora amboinensis*, デュボイセミス *Duboisemys isoclina*, ボルネオカワガメ属の一種 *Orlitia* sp., イシガメ科大型種 *Geoemydidae* sp.), スッポン科 1 種 : スッポン科大型種 *Trionychidae* sp.) の化石が含まれていた. サンギラン博物館に収蔵されている下部更新統プチャンガン層産化石コレクションからは, コガシラスッポン *Chitra chitra* (スッポン科) とマングローブカワガメ *Batagur affinis* (イシガメ科) が確認された. ダユール博物館の収蔵標本には, カブー層下部より発見された非常に保存の良いボルネオカワガメ属の一種 *Orlitia* sp. (イシガメ科) が確認された. セメド博物館のコレクションからは, カブー層とその上位のプチャンガン層下部の境界にあたる層準 (“グレンツバンク層” : 0.9Ma~0.74Ma; Widiyanto et al., 2023) から発見されたイシガメ科の絶滅種 *D. isoclina* とメガロケリス属の一種が検出された.

考察

ジャワ島には現在, 中型のイシガメ科 6 種とスッポン科 3 種が分布しているが, リクガメ科とバタグールガメ属 *Batagur* のような大型のイシガメ科は知られていない. これらのことから, 前期更新世まではリクガメ科 2 種とイシガメ科大型種がジャワ島に分布していたものの, 中期更新世以降に絶滅したと考えられる. プミアユ地域に分布するカリグラガ層からメガロケリスが産することは知られていたが (Setiyabudi 2009), ジャワ島においてこれより新しい年代の層準からの記録はない. このため, セメド地域の前・中期更新世の境界付近にあたる層準 (“グレンツバンク層”) からのメガロケリス属の化石は, ジャワ島における本属の 2 地点目の産地となるだけでなく, 従来よりも新しい年代の記録となる. サンギラン地域のプチャンガン層から発見されたコガシラスッポンとマングローブカワガメの化石は, これらの現生カメ類の起源が化石記録において前・中期更新世の境界付近まで遡ることを示唆する. さらにマングローブカワガメは現在, マレー半島, スマトラ島, ボルネオ島には分布するものの, ジャワ島からは知られていない. このことから, 当該化石は, 本種がかつてジャワ島にも分布していたが, 中期更新世以降に局所的に絶滅したことを示している. インドリクガメ属の化石は, 現生 3 種とは異なる形質が確認されたことから, 今後の詳細な比較が望まれる. カブー層産のボルネオカワガメ属の一種は, スマトラ島, ボルネオ島, マレー半島に現生分布するボルネオカワガメとは鱗板の形態において異なっており, さらにカリグラガ層産のマレーハコガメはスマトラ島, ジャワ島, 小スンダ列島に現生分布するジャワハコガメよりも体サイズが大きいことが明らかとなった. 今後, これらの新知見をもとに, 前期更新世における淡水生および陸生カメ類の種構成を明らかにし, その結果をもとにジャワ島に関する従来の古地理仮説の検証が望まれる.

引用文献

- de Bruyn M., Lukas R., Nylinder S., Stelbrink B., Lovejoy N. R., Lavoué S., Tan H.-H., Nugroho E., Wowor D., Ng P. K. L., Azizah M. N. S., von Rintelen T., Hall R., and Carvalho G. R. 2013. Paleo-drainage basin connectivity predicts evolutionary relationships across three Southeast Asian biodiversity hotspots. *Systematic Biology* 62: 398–410.
- de Vos J. 2004. The Dubois collection: a new look at an old collection. p. 267–285. *In*: C. F. Winkler Prins and S. K. Donovan (eds.), VII International Symposium ‘Cultural Heritage in Geosciences, Mining and Metallurgy: Libraries Archives Museums’: “Museums and their collections”, Leiden (the Netherlands). *Scripta Geologica, Special Issue* 4.

- de Vos J. 2007. Mid-Pleistocene of Southern Asia. Elias S. A. (ed.), *In: The Encyclopedia of Quaternary Science* 4: 3232-3249. Elsevier, Oxford.
- Leinders J. J. M, Aziz F., Sondaar P. Y., and de Vos J. 1985. The age of the hominid-bearing deposits of Java; state of the art. *Geologie en Mijnbouw* 64: 167–173.
- Setiyabudi E., 2009. An early Pleistocene giant tortoise (Reptilia; Testudines; Testudinidae) from the Bumiayu area, Central Java, Indonesia. *Journal of Fossil Research* 42: 1–11.
- van den Bergh G. D., De Vos J., and Sondaar P. Y. 2001. The Late Quaternary paleogeography of mammal evolution in the Indonesian Archipelago. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171: 385–408.
- Widianto H., Noerwidi S., and Hascaryo A. T. 2023. New Hominin calvaria discovery from Grenzbank Layer of Sangiran Dome (Java, Indonesia): The last archaic *Homo erectus* lived in Java. *L'Anthropologie* 127: 103165.

Avimimus の足首に見られる特殊な対偶について

—ロボットをつくることでその存在可能性を検証する—

中村光¹⁾, 衣笠哲也¹⁾, 千葉謙太郎²⁾, 大越司²⁾,

林良太¹⁾, 吉田浩治¹⁾, Khishigjav Tsogtbaatar³⁾

1) 岡山理科大学工学部機械システム工学科

2) 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

3) Mongolian Academy of Sciences

1. 緒言

ダチョウやエミューを含む古顎類は、大型で地上性の分類群を多く含み、絶滅した恐竜類、特に獣脚類の生物力学的研究のモデル動物と捉えられている¹⁻³。古顎類の生物機械学的特徴の一つとして足根間関節（足関節の一つ）に見られる特殊な機構 engage-disengage mechanism⁴（EDM）が挙げられる。EDMは足根間関節がある程度屈曲した状態における局所的な不安定平衡点を境界とし、最伸展状態と最屈曲状態の2つの局所的安定平衡点へ収束する性質を持つ受動的な機構である。この機構は機械要素の一つであるカム状の関節面によって実現されており⁵、古顎類はこれを歩行に活用していると考えられる。

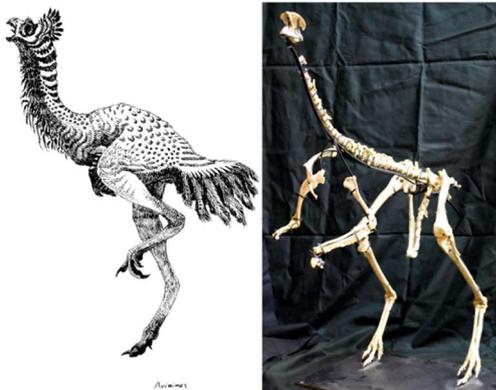


Fig. 1 Left: life reconstruction of *Avimimus* (courtesy of Byambatsogt Batbayar at Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Science). Right: reconstructed skeleton of *Avimimus* (cast) at the Museum of Dinosaur Research, Okayama University of Science.

小型獣脚類である *Avimimus* (Fig. 1) はオヴィラプトロサウルス類の一種であり、足根骨と脛骨が癒合して脛足根骨を、中足骨と足根骨が癒合して足根中足骨を形成するなど、足関節の構造が現生鳥類の足根間関節に酷似するという骨学的特徴を持つ⁶。したがって、*Avimimus* は現生鳥類の足根間関節に見られる受動的メカニズムが恐竜類でも実現可能かを検証する上で最適な分類群のひとつと考えられる。本研究では、恐竜類の足関節における EDM の存在可能性を *Avimimus* 標本に基づく物理モデルを構成することで検証する。

2. 物理モデル

物理モデルには *Avimimus* の標本 (MPC-D 100/120) を使用した。この標本は変形がほとんど観察されないため化石として保存された形態をほぼそのまま利用することが可能である。ただし、脛足根骨遠位端の関節面はなめらかな摺動面を形成するためヤスリで微妙な凹凸を除去した。

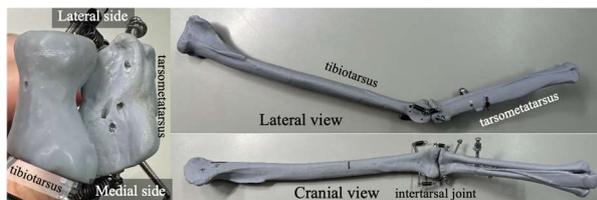


Fig. 2 Physical model of the right leg of *Avimimus* (specimen MPC-D 100/120). Left: Surface of the joint. Right: Lateral and cranial views of the model.

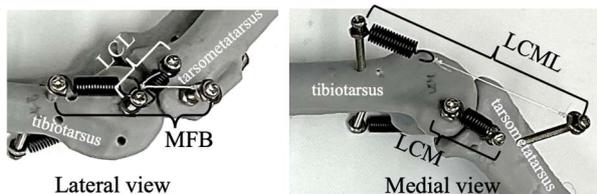


Fig. 3 The right ankle joint of the physical model

物理モデルは、化石標本レプリカの右後肢を X 線 CT (Latheta, LCT-200) で 3D データ化し、レジン M58 (RESIONE) を用いて標本と等倍率で光造形 3D プリント Photon monoX6K (ANY-CUBIC) により製作している (Fig. 2)。物理モデルは脛足根骨と足根中足骨を、足関節周辺に存在する 4 つの筋と靭帯で関節させた (Fig. 3)。筋系の配置はダチョウの解剖⁴とロボットによる再現実験⁵で得られた知見、および骨形状からの推定に基づいている。長い筋である muscle fibularis brevis (MFB) および靭帯 ligamentum collaterale mediale longum (LCML) は引っ張りコイルバネ (昌和発條製作所, HP040-015-0.5) とナイロン線 (ジャストロン 2 号) を用いて再現した。一方、短い靭帯である ligamentum col-laterale mediale (LCM) および ligamentum collaterale laterale (LCL) は切断した引っ張りコイルバネを起始・停止位置に固定した M2 ねじに結び付けることで再現している。

3. 実験

Avimimus 足関節における EDM を確認するため、物理モデルを用いて実験を行った。具体的には、関節の受動要素によって生じる足関節の弾性力を計測するため、デジタル手秤 (シンワ測定, 70109) を使用した (Fig. 4)。手秤は LCML の起始から遠位方向 60mm の位置にある足根中足骨の中程に配置した M3 ネジにナイロン線を介して取り付け、脛足根骨に対して直交するように配置した。この配置を維持しながら、関節の可動域内で 5°ごとに発生する力を 3 回ずつ計測した。関節角度は、脛足根骨に対する足根中足骨の相対角度としている。

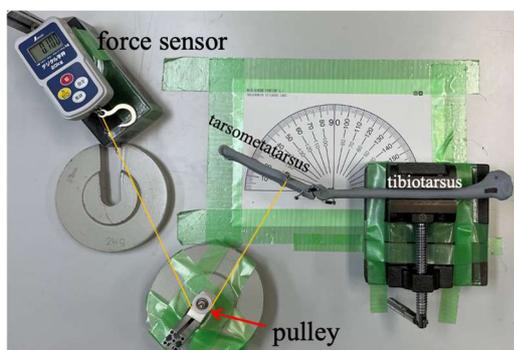


Fig. 4 Experimental setup.

4. 結果

関節の発生力 (Fig. 5) は関節角度が 75°から 100°の範囲で屈曲 (負) 方向の復元力を示し、70°付近に位置する屈曲側の安定平衡点までスナップバックする。また、105°付近にある不安定平衡点を挟み、110°から

140°では伸展（正）方向の復元力が発生し、145°から 155°に存在する伸展側の安定平衡点までスナップバックすることが確認できる。さらに、160°を超えると過伸展を抑制するように屈曲（負）方向の復元力が生じ、再び伸展側の安定平衡点へスナップバックする挙動が見られる。これらの結果はダチョウの生体⁴や物理モデル⁵を用いた研究と整合的であり、*Avimimus* の物理モデル足関節においても EDM が存在することを示唆している。

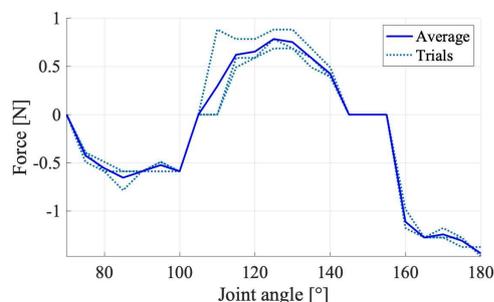


Fig. 4 Generated force of the intertarsal joint. The blue line represents the average joint force, while the dotted lines indicate results from three individual trials.

5. 結言

本報告では、*Avimimus* の足関節における EDM（古顎類の足根間関節に見られる機構）の存在可能性を、化石標本を用いた物理モデルで検証を行った。その結果、関節を構成する筋系の受動的発生力により、*Avimimus* の物理モデルで EDM の機能が実現されることを確認した。今後は、EDM を実現する各筋系の役割や、関節表面のカム形状についてさらに解明を進めるとともに、歩行との関係についても明らかにする予定である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費（JP23K03765）および岡山理科大学プロジェクト研究推進事業（No. 23-3）の助成を受けたものである。*Avimimus* 標本の撮影は岡山理科大学恐竜学博物館の市川美和氏に協力していただいた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] S. M. Gatesy, Caudofemoral musculature and the evolution of theropod locomotion. *Paleobiology*, 16, 170/186 (1990)
- [2] D. A. Russell, Ostrich dinosaurs from the Late Cretaceous of Western Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 9, 375/402 (1972)
- [3] G. S. Paul, Limb design, function and running performance in ostrich-mimics and tyrannosaurs, *Gaia*, 15, 257/270 (1998)
- [4] N. U. Schaller, et al., The intertarsal joint of the ostrich (*Struthio camelus*): Anatomical examination and function of passive structures in locomotion, *J. of Anatomy*, 214, 830/847 (2009)
- [5] K. Ito, et al., Cam-Like Mechanism in Intertarsal Joints of Ratites and its Design Framework, *J. of Robotics and Mechatronics*, 36(2), 406/414 (2024)
- [6] T. Tsuihiji, et al., New information on the cranial morphology of *Avimimus* (Theropoda: Oviraptorosauria). *J. of Vertebrate Paleontology*, 37(4) (2017)

Modeling Musculotendinous Systems with Branching Structures:

— A Case Study with the Auxiliary Tendon of the Caudofemoralis Longus
in Crocodilians —

Kaito Kimura¹⁾, Takahiro Goto¹⁾, Kazuki Ito¹⁾, Tetsuya Kinugasa²⁾, Kentaro Chiba³⁾

Keisuke Naniwa⁴⁾, Daisuke Nakanishi⁵⁾, Koichi Osuka¹⁾, Yasuhiro Sugimoto¹⁾

1) Dept. of Mechanical Eng., Osaka University,

*2) Dept. of Mechanical Systems Eng., Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan,*

3) Dept. of Biosphere-Geosphere Sci., Okayama Univ. of Science,

4) Dept. of Mechanical Eng., Hokkaido University of Science,

5) National Institute of Technology, Matsue College,

Recently, there has been a continuous advancement in applying animal anatomical structures to robotics and nonlinear system control. Many studies have simulated the mechanical functions of vertebrate musculoskeletal systems, but few have considered the branching structures in musculotendinous systems that significantly influence their locomotion. This study proposes a method for modeling musculotendinous systems with branching structures. By connecting branching muscles with mass points and implementing geometric constraints in the direction of mutual traction, we model the interactions of these structures. The simulation of crocodilian hindlimb musculoskeletal systems showed results consistent with previous robotic and anatomical studies, highlighting significant differences in muscle and tendon tensions based on the presence of branching structures. These findings validate our modeling method and underscore the importance of branching structures in vertebrate locomotion, potentially impacting previous studies that did not consider such structures.

Keywords: Biomechanics; Musculotendinous system; Dynamical systems modeling; Crocodilians, Branching structures.

Z-spacing 解析に基づくモンゴル産ピナコサウルスの 歯列交換のパターンとその適応的意義

富田 侑希¹⁾・林 昭次¹⁾・Khishigjav Tsogtbaatar²⁾

1) 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

2) モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所

1. はじめに

鎧竜類とは、全身を覆う皮骨が特徴的な四足歩行の植物食恐竜であり、ジュラ紀中期から白亜紀後期にかけて生息していた。近年、鎧竜類の顎運動は垂直方向に限定されず、複雑で多様な運動パターンを示すことが明らかになった (Ösi et al. 2017, Kubo et al. 2021)。これらの研究は、顎運動メカニズムの可塑性を示唆し (Kubo et al. 2021)、歯列交換のパターンにも他の鳥盤類恐竜とは異なる特徴をもたらす可能性がある。歯列交換のパターンの定量化には Z-spacing 値が有効であり (Hanai and Tsuihiji 2019)、これは交換波や歯の交換の進行状況を定量的に示す指標として、発達中の歯列を特徴づけるために広く用いられている (e.g., Hopson 1980)。特に、ハドロサウルス類や角竜類ではこの手法に基づく研究が進められているが (e.g., Hu et al. 2022)、鎧竜類に関しては依然として十分に進んでいない。そこで本研究では、モンゴル産の鎧竜類であるピナコサウルスを対象に Z-spacing 値を用いて歯列交換のパターンを解析し、その適応的意義を考察した。

2. 研究標本

本研究では、モンゴル国ゴビ砂漠の上部白亜系ジャドフタ累層から産出し、*Pinacosaurus grangeri* (石井卒論 2022) であると同定された標本 (MPC98-16-13) の左下顎骨および右下顎骨を用いた。

3. 研究手法

工業用マイクロ CT スキャナー XT H320 を使用して断面画像を取得し、Volume Graphics (三次元可視化ソフト) を用いて歯を立体構築した。その後、先行研究に基づきグラフ上で Zahnreihen を再構築し、隣接する Zahnreihen の水平距離 (Z-spacing 値) を測定し、歯列交換のパターンを定量化した。

4. 結果

下顎骨 (後半部分) の平均の Z-spacing 値は、Hu et al. (2022) に基づくと左 2.20, 右 2.26 であり、Fastnacht (2008) に基づくと左 2.11, 右 1.98 であった。また、近心と遠心の Z-spacing 値を比較したところ、遠心の値の方が低い傾向が確認された。加えて、左右で交換歯の数や配置が異なっていたことから、下顎骨において左右の歯の萌出が同期していない可能性が示された。

5. 考察

本結果は、分析手法による差異を考慮すると、下顎骨 (後半部分) の Z-spacing 値が、既知のほとんどの鳥盤類恐竜 (e.g., Hu et al. 2022) と同様に 2.0 より大きい値を示し、歯が遠心から近心に向かって順番に萌出すると考えられる。また、遠心の Z-spacing 値が低いことから、遠心の歯の置換率が高いことが示唆され (Hu et al. 2022)、咬合を伴わない垂直方向の顎運動 (Kubo et al. 2021) に適応している可能性が示唆される。加えて、アンキロサウルス類では筋肉質の舌が食物摂取に重要な役割を果たしていたと示唆されており (Hill et al. 2015)、遠心の歯と舌で効率的に食物を処理していたと考えられる。さらに、左右の歯の萌出が同期していないことから、非同期的な萌出が摂食特性に大きな影響を与えない可能性が示唆される。

引用文献

- 1) Fastnacht M. : Tooth replacement pattern of *Coloborhynchus robustus* (Pterosauria) from the Lower Cretaceous of Brazil, *Journal of Morphology*, 269, 3, 332-348(2008)
- 2) Hanai, T., and Tsuihiji, T. : Description of tooth ontogeny and replacement patterns in a juvenile *Tarbosaurus bataar* (Dinosauria: Theropoda) using CT- scan data, *The Anatomical Record*, 302, 7, 1210-1225(2019)
- 3) Hill, R., D'Emic, M., Bever, G., Norell, M. : A complex hyobranchial apparatus in a Cretaceous dinosaur and the antiquity of avian paraglossalia, *Zoological Journal of the Linnean Society*, 175, 4, 892-909(2015)
- 4) Hopson, J.A. : Tooth function and replacement in early Mesozoic ornithischian dinosaurs: implications for aestivation, *Lethaia*, 13, 1, 93-105(1980)
- 5) Hu, J., Forster, C., Xu, X., Zhao, Q., He, Y., and Han, F. : Computed tomographic analysis of the dental system of three Jurassic ceratopsians and implications for the evolution of tooth replacement pattern and diet in early- diverging ceratopsians, *Elife* 11, e76676, 1-25(2022)
- 6) Kubo, T., Zheng, W., Kubo, M., and Jin, X. : Dental microwear of a basal ankylosaurine dinosaur, *Jinyunpelta* and its implication on evolution of chewing mechanism in ankylosaurs, *PLoS ONE*, 16, 3, 1-11(2021)
- 7) Ósi, A., Prondvai E., Mallon, J., and Bodor, E. : Diversity and convergences in the evolution of feeding adaptations in ankylosaurs (Dinosauria: Ornithischia), *Historical Biology*, 29, 4, 539-570(2017)

北海道釧路市阿寒の中新統殿来層産

Paleoparadoxia の分類学的再検討と多様化への示唆

浅井勇馬^{*}・安藤達郎^{**}・澤村 寛^{**}・林 昭次^{*}

^{*}岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

^{**}足寄動物化石博物館

1. はじめに

東柱目は日本を代表する絶滅した海棲哺乳類の1群で、主に *Paleoparadoxiidae* と *Desmostylidae* の2科に大別される。北海道釧路市阿寒の中部中新統殿来層 (15.9~14.9 Ma) からは、*Paleoparadoxiidae* に属する *Paleoparadoxia* の化石が多産する。本研究では、このうち特に保存状態が良好な3つの頭蓋標本に着目した。これらの標本は阿寒動物化石群調査研究報告書 (2000・2002) にて *Paleoparadoxia* sp. と記載されている。その後、Barnes (2013) により *Paleoparadoxia* の近縁種として *Neoparadoxia* と *Archaeoparadoxia* の2属3種が新たに記載され、東柱目の分類体系は大きく進展した。これらの分類体系の刷新を踏まえ、本研究では阿寒産 *Paleoparadoxia* の分類学的再検討を行った。

2. 使用標本

本研究では阿寒から産出した3点の頭蓋標本 (AMP AK960241・AMP AK970253・AMP AK000247) の分類学的再検討を行った。これらの標本はすべて中新統殿来層の同一層準から産出し、現在は足寄動物化石博物館 (AMP) に所蔵されている。

3. 手法

本研究では対象となる阿寒標本3点について形態観察、計測、および近縁種との比較分析を実施した。また PAUP ver. 4.0a を用いて、系統解析に基づく分類学的再検討を行った。解析では Matsui and Tsuihiji (2019) を基に新たに4形質を追加した計112形質からなるキャラクターマトリクスを作成し、Heuristic search option に基づく厳密合意樹の作成と Bootstrap 解析に基づく 50% majority-rule consensus tree の作成を行った。系統樹の時間較正には R ver. 4.4.1 の paleotree パッケージに実装されている GeoscalePhylo function を使用した。

4. 結果

比較研究の結果、阿寒標本は *Paleoparadoxia tabatai* と4つの共有派生形質を有する一方、複数の形質において差異が認められた。また近縁種である *Neoparadoxia* との形質の重複が確認された。系統解析では、厳密合意樹において阿寒標本は *P. tabatai* 及び *Neoparadoxia* と多系統を形成し、50% majority-rule consensus tree では *P. tabatai* と最も近縁な系統的位置を示した。

以上の結果を踏まえ、本研究ではこれらの阿寒標本を *Paleoparadoxia* sp. と同定した。

5. 考察

阿寒標本は *P. tabatai* のネオタイプ標本と4つの形質において差異が認められることから、*Paleoparadoxia* 属の別種である可能性が示唆される。また *P. tabatai* と *Neoparadoxia* の形質分布がモザイク状を呈することから、両属の形質について再検討が必要である。加えて、阿寒標本は中新世前期の *P. tabatai* とは異なる形質を有することから、中新世中期における *Paleoparadoxiidae* の形質的多様化と種分化の可能性を示唆している (Inuzuka, 2005; Matsui et al., 2022)。

このことを踏まえ、束柱目の種レベルでの多様性の時系列変遷を明らかにするため、Stage-binned analysis (Berta and Lanzetti, 2020) と Richness curve analysis (Magallanes et al., 2018) を実施した。その結果、*Paleoparadoxiidae* は阿寒標本を含む中新世中期に種多様性のピークを示した。このような結果が生じた原因として、中新世中期における温暖化 (Middle Miocene Climate Optimum; MMCO) の影響が考えられる。先行研究では、*Paleoparadoxiidae* は温暖な環境を好む可能性が指摘されており、また MMCO に伴って生息地である浅瀬が拡大したことが知られている (Chinzei, 1984; Ogasawara, 2000)。よって、この MMCO が *Paleoparadoxiidae* の多様化を促した可能性が高いと考えられる。

6. 引用文献

- 阿寒動物化石群調査研究会 (編). 2000. 阿寒動物化石群調査研究報告書 (第一報). 阿寒町教育委員会
- 阿寒動物化石群調査研究会 (編). 2002. 阿寒動物化石群調査研究報告書 (第二報). 阿寒町教育委員会
- Barnes LG. 2013. A new genus and species of Late Miocene *Paleoparadoxiid* (Mammalia, Desmostylia) from California. *Contributions in Science* 521:51-114.
- Berta A, Lanzetti A. 2020. Feeding in marine mammals: An integration of evolution and ecology through time. *Palaeontologia Electronica* 23(2):a40 DOI 10.26879/951.
- Chinzei K. 1984. Modes of occurrence, geologic ranges and geographic distribution of desmostylians. *Monograph of the Association for the Geological Collaboration in Japan*, 28:13-23.
- Inuzuka N. 2005. The Stanford skeleton of *Paleoparadoxia* (Mammalia: Desmostylia). *Bulletin of the Ashoro Museum of Paleontology* 3:3-110.
- Magallanes I, James FP, Santos GP, Juarbe JV. 2018. A new tuskless walrus from the Miocene of Orange County, California, with comments on the diversity and taxonomy of odobenids. *PeerJ* 6:e5708 DOI 10.7717/peerj.5708.
- Matsui K, Tsuihiji T. 2019. The phylogeny of desmostylians revisited: proposal of new clades based on robust phylogenetic hypotheses. *PeerJ* 7:e7430 DOI 10.7717/peerj.7430.
- Matsui K, Valenzuela-Toro AM, Pyenson ND. 2022. New data from the first discovered paleoparadoxiid (Desmostylia) specimen shed light into the morphological variation of the genus *Neoparadoxia*. *Scientific Reports* 12:1424 DOI 10.1038/s41598-022-18295-5.
- Ogasawara K. 2000. Paleoenvironments of desmostylid[s] and Cenozoic events of the Northwestern Pacific. *Bulletin of the Ashoro Museum of Paleontology* 1:25-34.

Development of an Efficient Cleaning Technique for Small Vertebrate Fossils from Bayhshiree Formation, Mongolia

Momoka UCHIDA¹⁾, Tsukasa OKOSHI²⁾, Tensei GOTO¹⁾, Ryoki NAKATA¹⁾, Buuvei MAINBAYAR³⁾, Batsaikhan BUYANTEGSH³⁾, Khishigjav TSOGTBAATAR³⁾, Mototaka SANEYOSHI¹⁾

Department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science

*Department of Life Science and Engineering Research, Okayama University of Science

**Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Science

1. Introduction

In 2019, an international excavation team from Okayama University of Science and the Institute of Paleontology of the Mongolian Academy of Sciences discovered deposits containing numerous small vertebrate fossils at Bayn Shiree, the Bayn Shiree Formation type locality¹⁾ (Figure 1). In 2022 and 2023, samples were collected from these deposits and screen-washed on-site, yielding numerous fossil specimens. However, due to the limited availability of water at the excavation site, fossil extraction proved challenging, and some specimens were transported to Ulaanbaatar along with the surrounding sediment. This study aims to explore an efficient method for extracting fossil specimens from these sedimentary materials.

2. Result & Discussion

The clastic materials were classified into two categories: sand-sized or smaller clastic and gravel-

sized or larger clastic that exhibited concretions. This report primarily focuses on developing an extraction method for clastic materials smaller than sand size. Experiment A involved direct screen washing²⁾ of fossils along with the clastic materials using an agricultural net with a mesh size of 0.75 mm. Experiment B involved dry separation using an agricultural net with the same mesh size (0.75 mm) before washing with water. Screen washing was conducted following



Figure 1. Outcrop of the Bayn Shiree Formation from which material was sampled.

steps ① to ⑤ outlined below.

- ① Place a sieve with a 2 mm mesh over an agricultural net with a 1 mm mesh inside a container, ensuring the sieve is positioned on top of the net and fully immersed in water.
- ② Distribute the samples evenly on the sieve and gently shake to separate sand and mud.
- ③ Once all samples have been sieved, remove plant fragments floating on the water surface.
- ④ After rinsing with water, gently shake the net to eliminate fine-grained detritus.
- ⑤ Transfer the water to another container and remove any remaining detritus and mud from the fossils.

Table 1 presents the results of the comparison between Experiment A and Experiment B. In Experiment A, a single backpack was processed per run, whereas Experiment B allowed for the simultaneous processing of two or more backpacks. Additionally, the processing time was reduced by approximately 70%. No significant damage to the fossil specimens was observed during the procedure.

The fossil-bearing sediments examined in this study encompass multiple locations. Consequently, it is essential to assess the applicability of this method to each type of detrital material present. While no evident damage to fossils was observed during the processing, the potential for damage to weathered fossil specimens cannot be entirely excluded. Therefore, alternative evaluation criteria beyond those used in this study will be necessary to refine the technique and ensure the safe execution of screen washing.

	EXperiment A	EXperiment B
Number of sacks	7.0	5.0
Proceeing count	7.0	2.0
Total processing volume (kg)	123.7	77.9
Total weight after drying (kg)	23.1	15.3
Reducation rate of matrix (AV.)	80.76%	80.80%
Total time in warter (min.)	608	305

Table 1. Result of experiment A & B

3. Acknowledgement

This study was made possible through the invaluable support of the IPMAS staff, faculty and staff of the Okayama University of Science, and student volunteers, who contributed in various capacities, from conducting surveys to collecting specimens. We extend our deepest gratitude to all those involved. Additionally, this study was supported by the JSPS Grant-in-Aid (24K00162) and the Okayama University of Science Research Project Promotion Program (Principal Investigator: Shin TOYODA).

References

- 1) Jerzykiewicz T., Currie, P. J., Federico F., Lefeld, J. (2021) Lithobiotopes of the Nemegt Gobi Basin. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 58, 829-851.
- 2) Hibbard, C. (1949) Techniques of collecting microvertebrate fossils. University of Michigan Contributions from the Museum of Paleontology, 8, 7-19.

モンゴル国バインシレ層産恐竜類歯化石のアパタイト U-Pb 年代測定

西村玲¹⁾・千葉 謙太郎²⁾・青木 一勝³⁾・小木曾 哲⁴⁾・實吉 玄貴²⁾

Buuvei Mainbayar⁵⁾・Tsogtbaatar Khishigjav⁵⁾

1) 岡山理科大学大学院理工学研究科修士課程自然科学専攻

2) 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

3) 岡山理科大学基盤教育センター

4) 京都大学大学院人間・環境学研究科

5) モンゴル科学アカデミー古生物学研究所

1. 緒言

モンゴル国ゴビ砂漠に分布する上部白亜系は、恐竜を含む脊椎動物化石が多産することで知られている。しかし、これらの地層は層厚が薄く非常に広範囲に点在していることに加え、示準化石や火山灰層を欠くため、層序関係や堆積年代に関しては、いまだに議論が続いている。この問題に対して、本学では土壌性炭酸塩岩の一種であるカリーチと恐竜歯化石を対象に U-Pb 年代測定を行い、年代制約を進めている

(Kurumada et al., 2020; Tanabe et al., 2023)。化石は、化石化過程でウランを取り込むことから U-Pb 年代測定法の適用が可能と考えられており、特に歯化石では U (ウラン) の取り込みが急速に起こるとされている (Sano et al., 2006; Kohn, 2008; Greene et al., 2018; Barreto et al., 2022; Aoki et al., 2024)。一方で、化石の二次的な変質が原因で正確な化石化年代が得られない場合が多いが、化石中の Y (イットリウム) 含有量を指標に、その影響を判別することが可能とされている (Greene et al., 2018; Tanabe et al., 2023; Aoki et al., 2024)。そこで、本研究では年代軸が十分に確立されていないモンゴル上部白亜系から産出した恐竜歯化石を対象に、U-Pb 年代測定を実施した。

2. 地質概要

本研究で対象としたモンゴル国ゴビ砂漠東部に位置するバインシレ層は、セノマニアンからサントニアンに堆積したと考えられており、堆積年代は、Kurumada et al. (2020) によってホンギルツァフで 95.9 ± 6.0 Ma とされている。しかし、同層に関する年代値の報告はこの一例のみであり、バインシレ層は広範囲に長期堆積したと考えられている (Jerzykiewicz & Russell, 1991; Watabe et al., 2010) ため、化石記録によるマクロ進化的研究の基盤として、各化石産地での年代決定が不可欠である。

3. 試料と方法

本研究では、上部白亜系バインシレ層が分布する、バインシレ (10 点)、シネウスドック II (6 点)、バインツァフ (1 点) から産出した保存状態が良好で比較的大型の恐竜類歯化石 17 点を分析試料とした。また、6 試料 (図 1) に対しては、変質が少ない領域を測定し正確な化石化年代値を得るために、Y マッピング (Aoki et al., 2024) を京都大学所有の Micro-XRF で行った。その後、本学に設置された LA-ICP-MS を用いて、微量元素分析、及び U-Pb 年代測定を行った。



図 1 バインシレ産歯化石 (a-d)、シネウスドック II 産歯化石 (e)、バインツァフ産歯化石 (f)。スケールバーは 5 mm

行った。その後、本学に設置された LA-ICP-MS を用いて、微量元素分析、及び U-Pb 年代測定を行った。

4. 結果

Y マッピングの結果、全 6 試料 (図 a-f) で全体的に Y 濃度が高く、均一化していることが確認された。微量元素分析結果は、全 17 試料で Y 濃度が高く ($1500 \mu\text{g/g}$ 以上)、Y マッピングの結果を支持していた。

さらに、PAASで規格化した全試料の希土類元素パターンを比較したところ、化石産出地の違いに関わらず類似していることも観察された。そこで、Yマッピングを行った試料中で、比較的Y濃度分布が不均一と考えられた2試料(図1a, e)に対してU-Pb年代測定を行ったところ、約30~50 Maと、バインシレ層堆積年代として想定される後期白亜紀(セノマニアンからサントニアン)よりも著しく若い年代値が得られた。

5. 考察

以上の結果から、U-Pb年代測定を行った歯化石はいずれも二次的な変質の影響を強く受けており、正確な化石年代が得られていないと考えられる。さらにすべての歯化石の希土類元素パターンが比較的類似していることから、バインシレ層が分布しているゴビ砂漠東部一帯では、化石が一樣な変質を受けている可能性が示唆される。今後は、バインシレ層分布域から産出した歯化石の測定試料をさらに増やし、変質の影響が少ない試料を見出すことで、バインシレ層堆積年代制約の可能性を検討する。また、カリーチが分布しないジャドフタ層や、すでに歯化石のアパタイトU-Pb年代測定が行われ成果が報告されているネメグト層(Tanabe et al., 2023)を含む、その他の化石産出地でもアパタイトU-Pb年代測定を行うことで、モンゴル上部白亜系全体の年代的制約を目指す。

6. 謝辞

本研究の遂行にあたり、発掘調査を行ったモンゴル科学アカデミー古生物学研究所-岡山理科大学共同調査隊メンバーには標本の採取にご協力いただいた。京都大学理学研究科の下林典正氏にはMicro-XRF分析でサポートいただいた。古生物学・年代学研究センターの西戸裕嗣氏には本研究のご指導をいただいた。最後に岡山理科大学古脊椎動物学研究室、古生態・古環境学研究室の皆様には本研究のご助言をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- Aoki, K., Chiba, K., Kogiso, T., Murakami, K., & Tsogtbaatar, K. (2024). Yttrium mapping on fossil teeth by micro-XRF for apatite U-Pb dating. *Naturalistae*, 28, 7-13.
- Barreto, A. M., Bertotti, A. L., Sylvester, P. J., do Prado, L. A., Araripe, R. C., de Oliveira, D. H., Tomé, M. E. T. R., Lemos, F. A. P., do Nascimento, L. R. L., Pereira, P. A., & Albayrak, A. I. (2022). U/Pb geochronology of fossil fish dentine from Romualdo Formation, Araripe Basin, northeast of Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 116, 103774.
- Greene, S., Heaman, L. M., DuFrane, S. A., Williamson, T., & Currie, P. J. (2018). Introducing a geochemical screen to identify geologically meaningful U-Pb dates in fossil teeth. *Chemical Geology*, 493, 1-15.
- Jerzykiewicz, T., & Russell, D. A. (1991). Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research*, 12(4), 345-377.
- Kohn, M. J. (2008). Models of diffusion-limited uptake of trace elements in fossils and rates of fossilization. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(15), 3758-3770.
- Kurumada, Y., Aoki, S., Aoki, K., Kato, D., Saneyoshi, M., Tsogtbaatar, K., Windley, B.F. and Ishigaki, S. 2020. Calcite U-Pb age of the Cretaceous vertebrate-bearing Bayn Shire Formation in the Eastern Gobi Desert of Mongolia: Usefulness of caliche for age determination. *Terra Nova* 32 (4): 246-252.
- Sano, Y., Terada, K., Ly, C. V., & Park, E. J. (2006). Ion microprobe U-Pb dating of a dinosaur tooth. *Geochemical Journal*, 40(2), 171-179.
- Tanabe, M., Aoki, K., Chiba, K., Saneyoshi, M., Kodaira, S., Nishido, H., Mainbayar, B., Tsogtbaatar, K., & Ishigaki, S. (2023). Apatite U-Pb dating of dinosaur teeth from the Upper Cretaceous Nemegt Formation in the Gobi Desert, Mongolia: Contribution to depositional age constraints. *Island Arc*, 32(1), e12488.
- Watabe, M., Tsogtbaatar, K., Suzuki, S., & Saneyoshi, M. (2010). Geology of dinosaur-fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous: Mesozoic) in the Gobi Desert: Results of the HMNS-MPC Joint Paleontological Expedition. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, 3(4), 41-118.

脊椎動物化石における II 型コラーゲンの免疫組織化学的検出

辻極 秀次・稲葉勇人¹⁾・佐々木誉人²⁾・

千葉 謙太郎³⁾・實吉 玄貴³⁾

岡山理科大学理学部臨床生命科学科

1) 岡山理科大学大学院総合情報研究科数理・環境システム専攻

2) 岡山理科大学大学院理工学研究科自然科学専攻

3) 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

1. 目的

近年、脊椎動物化石から化石中に残存した有機物検出に関する報告が続いている。脊椎動物化石を用いた有機物の組織学的検出に関しては、組織内の成分を可視化する特殊染色法や、抗原抗体反応を利用して特異的にタンパク質を検出する免疫組織化学染色法が用いられている。免疫組織化学染色では、古脊椎動物のタンパク質のアミノ酸配列に関する情報が無いため、古脊椎動物のタンパク質に得意的に反応する抗体を得ることは不可能である。先行研究では、これらの問題点を克服するため古脊椎動物と近縁種のタンパク質に対する抗体（例えば恐竜では鳥類など）を主に使用しているが（Schweitzer, M. H et al., 2009, 2010）（Elena R. Schroeter et al., 2022）（Lindgren, J. et al., 2011）、一般的には生物種が異なると近縁種のタンパク質であっても抗体が認識できないことが多い。

そこで本研究では、脊椎動物化石から得意的にタンパク質を検出するため、様々な生物種と広く交差反応する抗体を用いてタンパク質の検出を試みた。また、先行研究では骨組織に存在する I 型コラーゲンに関する報告がほとんどであるため、本研究では軟骨基質を構成する主たるタンパク質である II 型コラーゲンに着目し検討を行った。

2. 材料と方法

実験材料は、ラットの後肢、ニワトリの上下肢（三島食鶏）を用いた。また、モンゴルで発掘された約 3500 万年前の哺乳類の下肢（Khoer Dzan に分布する Ergilin Dzo 層から産出）及び約 7000 万年前の恐竜類（オルニトミムス類）の下肢の化石試料（Bügiin Tsav North に分布する Nemegt 層から産出）を用いた。現生物材料は 10% 中性緩衝ホルマリンに浸漬し、組織の固定を行った。固定後、10% ギ酸脱灰液に浸漬し、骨組織を脱灰処理した。脱灰操作後、試料をパラフィンに包埋しマイクロトームを用いて薄切標本作製した。脊椎動物化石は不飽和ポリエステル樹脂（Rigolac）に包埋後研磨標本作製した。特殊染色には軟骨組織を特異的に染色するサフラニン 0 (Safranin-0) 染色を用いた。免疫組織化学染色では、酵素を用いて賦活化処理を行った後、ブロッッキング処理をおこない、一次抗体を添加し、4 °C で一晚反応させた。一次抗体反応後、試料を洗浄、二次抗体を添加し室温で 30 分反応させ DAB にて発色を行った。免疫蛍光染色では二次抗体反応後、DAPI で対比染色を行い、試料切片を水溶性封入剤（Dako Fluorescence Mounting Medium）で封入、蛍光顕微鏡で観察した。

3. 結果と考察

ラットおよびニワトリの免疫蛍光染色の結果、サフラニン 0 染色陽性の部位に一致して、関節軟骨、骨基質に埋没した軟骨基質、骨端軟骨に特異的なシグナルが認められた。また、蛍光標識抗体を用いた免疫蛍光染色では、DAB 発色を行った免疫組織化学染色と比較して大幅なシグナルの増強が認められたことから、軟骨基質中の II 型コラーゲンを高い検出感度で特異的に検出できることが確認された。今回用いた脊椎動物化石試料からは II 型コラーゲンのシグナルを得ることができなかった。

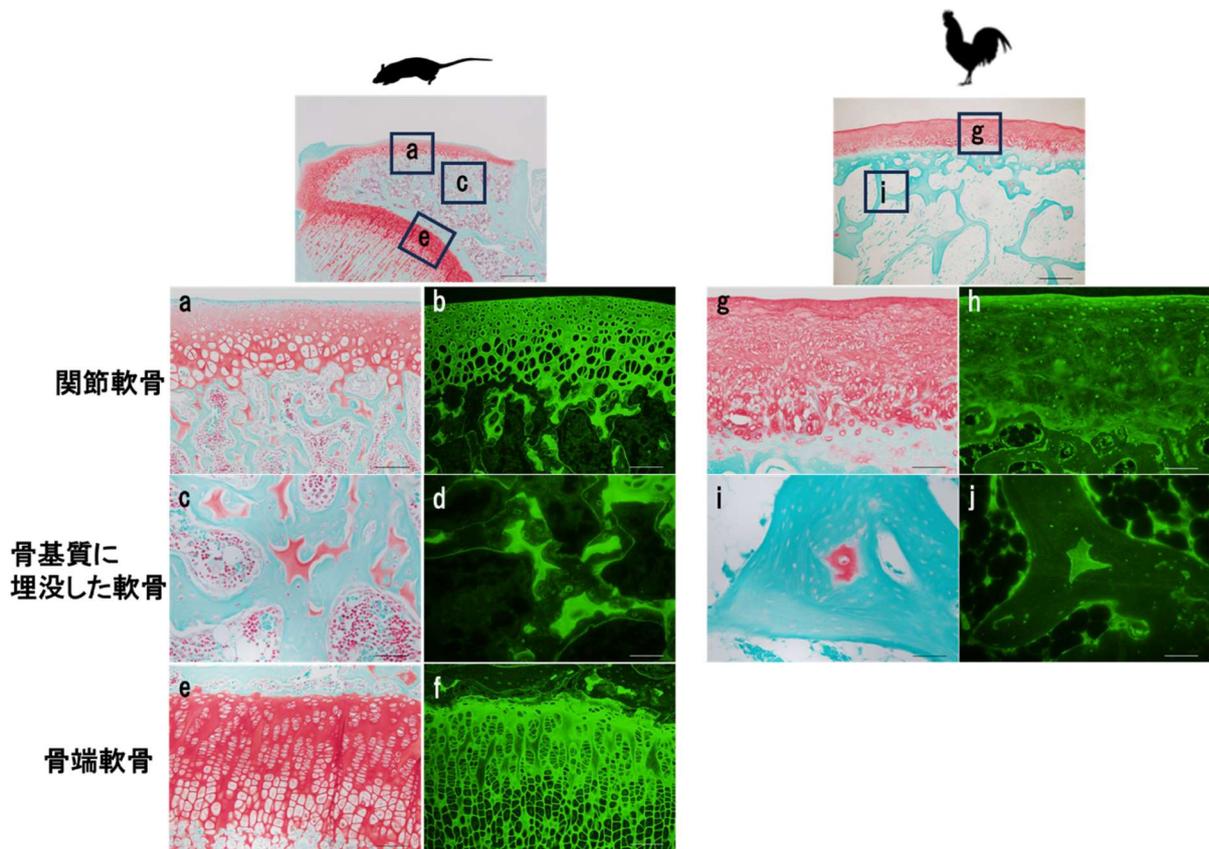


図 1. 免疫蛍光染色による検討

ラット及びニワトリの試料において関節軟骨 (b、h)、骨基質に埋没した軟骨 (d、j)、骨端軟骨 (f) において特異的にII型コラーゲンが検出された。サフラニンO染色像(a、c、e、g、i)、II型コラーゲン免疫蛍光染色像(b、d、f、h、j) (a、b、e、f、g、hスケール100 μm)、(c、d、i、jスケール50 μm)

ラット及びニワトリなど、種が大きく異なる脊椎動物試料において、得意的に軟骨基質中のII型コラーゲンが検出されたことから、様々な生物種と広く交差反応する抗体を用いることで異なる生物種においても特定のタンパク質を検出可能であることが確認された。以上のことから、タンパク質のアミノ酸配列情報が得られない古脊椎動物であっても、上記のような抗体を用いることにより脊椎動物化石から特定のタンパク質を検出できる可能性が考えられる。今回の化石試料からはII型コラーゲンのシグナルを得ることができなかったが、今後より保存状態の良い化石を使用してタンパク質の検出を継続する予定である。

4. 引用文献

1. Schweitzer, M. H. et al. (2009). Biomolecular characterization and protein sequences of the Campanian hadrosaur *B. canadensis*. *Science*, 324(5927), 626–631.
2. Schweitzer, M. H. et al. (2010). Chemistry supports the identification of gender-specific reproductive tissue in *Tyrannosaurus rex*. *Science*, 328(5978), 1390–1393.
3. Elena, R. Schroeter. et al. (2022). Soft-tissue, rare earth element, and molecular analyses of *Dreadnoughtus schrani*, an exceptionally complete titanosaur from Argentina. *Biology-Basel*, 11(8), 1158.
4. Lindgren, J. et al. (2011). Microspectroscopic evidence of Cretaceous bone proteins. *PLoS ONE*, 6(4), e19445.

岡山県南部本宮高倉山付近の塩基性火成岩の記載

上村 正樹¹⁾・土屋 裕太²⁾・前 圭一郎³⁾・能美 洋介¹⁾

1) 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科

2) 岡山理科大学非常勤講師

3) 岡山理科大学大学院理工学研究科自然科学専攻

岡山平野北部／吉備高原南縁に位置する本宮高倉山とその周辺には塩基性火成岩が分布している。この塩基性岩体を取り囲むように砕屑岩類があり、これら両者は合わせてペルム系として報告されてきた。この付近の基盤岩類は、西南日本内帯の舞鶴帯と超丹波帯があるが、本宮高倉山のペルム系については、それらの境界付近にあって、基盤岩類の帰属についての見解が分かれている。例えば、西部技術コンサルタント(2020)の“5万分の1岡山県地質図(第1改訂版)”では超丹波帯として記述された。一方、佐藤ほか(2022)による“5万分の1地質図幅「和気」”においては、本宮高倉山東方の大盛山の地質調査結果を延長し、本宮高倉山の地質は舞鶴帯大盛山層と位置づけられた。

本地域のペルム系の基盤岩類の帰属を確定することは、その境界を確定して分布を明確化すると同時に、西南日本内帯がどのような構造発達史を経てきたかを明らかにする上で重要である。そのため、本研究では本宮高倉山とその周辺に展開するペルム系のうち、塩基性火成岩類を対象に肉眼観察を中心とした岩石記載を行ない、既往研究の再確認をした。

本地域の塩基性火成岩類は露頭において暗緑色を呈し、斑状組織が確認できる。場所により斑晶の量に差異がある。調査地の中央部の露頭では枕状構造が見られた。この枕状溶岩は、西部技術コンサルタント(2020)と佐藤ほか(2022)でも記載があり、その存在を確認することができた。

塩基性火成岩類の薄片観察の結果、本宮高倉山山頂付近の試料では、玄武岩とドレライトが確認できた。玄武岩は暗緑色緻密で、斜長石と普通輝石の斑晶をもつ斑状組織を呈している。石基部は短冊状の斜長石がオフィティック構造をなし、これら斜長石に取り込まれる形でアクチノ閃石が見られる。斜長石や輝石などの多くは緑泥石化している。ドレライトは、先に記載した玄武岩よりも斑晶の量が多く、斑晶サイズも大きい。構成鉱物は玄武岩と同様であるが、変質は玄武岩より進んでいる。緑泥石やアクチノ閃石が見られたことから、これらの塩基性火成岩は比較的強い変成を被っていたことが伺える。濡木ほか(1973)は、本宮高倉山の南西約5kmにあるペルム系塩基性火成岩体について、角閃岩相の変成を受けたことを報告したが、同じ論文の地質図には、これと同じ記号の場所に本宮高倉山が含まれることから、同様の変成があったことが示唆されている。

高倉山東側斜面では、玄武岩溶岩と玄武岩質凝灰岩が見られた。前述の枕状溶岩もこの範囲で産する。玄武岩溶岩は有色鉱物としてかんらん石、普通輝石を含み、無色鉱物として斜長石が見られたが、オフィティック組織は明瞭ではなかった。また、強い変成を示す鉱物も見当たらなかった。玄武岩質凝灰岩は、玄武岩溶岩の岩石片と、斜長石や石英等の結晶片が散在している様子が見られた。構成鉱物は前述した玄武岩溶岩と同様だが、変成の強さは本宮高倉山山頂の試料よりは、明らかに小さいと感じられた。

石渡(2017)は、この塩基性火成岩類を夜久野オフィオライトの一部である“岡山岩体”としてオフィオライトの分布図に記載した。しかし、本研究による岩石の同定結果だけでは、オフィオライト層序の一部と同定するには情報不足である。一方、今回観察された岩相は、付加体中の異地性岩体としての産状を示している可能性もあるが、これについても周辺の砕屑岩相との関係など未解明な部分が多い。このように現時点では未だ基盤岩類の帰属を明らかにできていないが、今回の記載結果をベースに、今後、全岩化学分析を取り入れ地球化学的な考察を加えることが必要である。

国際バカロレアを踏まえた恐竜授業の開発②

－「恐竜とかけっこ」の実践より－

木村 光宏

岡山理科大学グローバルセンター

0. はじめに

近年、理科教育において科学の本質（以下 NOS : Nature of Science）の重要性が議論になっている。Lederman（2007）によれば NOS とは、自然界に対する人類の解釈や理解であるとされ、科学の理論や法則等とは異なり、科学の認識論や知る方法としての科学、科学的知識やその発展に対する固有の価値観、または信念を示したものであるとされている。NOS の定義は様々なものがあるが、井川・磯崎（2023）は、1990 年代以降の議論に着目して、「科学の各分野における共通項を見出すことで、『科学とは何か』『科学とはどのように機能するのか』に対する回答を提示しようとする」としている（井川・磯崎, 2023）。さらに、井川、磯崎は NOS をどのように扱うかについて議論を行っている。

また、国際バカロレア（International Baccalaureate: 以下 IB）については世界で約 6000 の学校で実施されており、その教育手法が世界でも評価されている。IB は世界の平和に貢献する人材の育成に取り組んでおり、3 歳から 19 歳を対象にそれぞれの発達段階に合わせたプログラムを展開している。日本では、文部科学省が IB の推進に取り組み、2025 年現在 122 の学校が認定を受けるなど、その数は拡大している。教育の手法として指導のアプローチ（Approaches to Teaching: 以下 ATT）を設定し、国際的に議論されているさまざまな教育手法が指導の際に意識されており、近年理科教育でも重視される NOS との親和性についても検討する必要があると考えられる。

本研究では、NOS と国際バカロレアの手法の関連について議論を行い、学際的・教科横断的な学習が期待できる恐竜を題材にし、NOS 教材の開発を行うことを目的とした。

1. 先行研究

1-1 NOSと理科教育について

先述したように、NOS について①様々な科学の分野間をより抽象的に捉え、共通点を見出す方法、②科学の見方・考え方として捉えようとする方法、③科学的リテラシーを備えた市民のための見方・考え方から捉えようとする方法の 3 つに分類できるとしている。①については抽象的に捉えるまた、Osborne et al. (2003) は「科学的方法と批判的検証」、「科学における創造性」、「科学的知識の歴史的発展」、「科学と問い」、「科学的思考の多様性」、「データの解析と解釈」、「科学の不確実性」、「仮説と予測」、「科学的知識の発展における科学者協働と科学者同士の協働の役割」の 9 つの NOS が理科教育において必要であると主張している。このように NOS では、単元横断や教科横断が求められ、探究的な学びを通じた NOS を踏まえた授業の実践が進んでいると考えられる。

生徒の NOS の取り組みに関して Lederman et al. (2021) は高校生を対象に NOS の探究課題の理解度を調査し、日本では NOS を理解している生徒は少なく、その原因として学ぶ機会が少ないことを指摘している。このように日本の教育でも NOS の重要性が指摘されており、日本理科教育学会においても近年 NOS に関する課題研究発表が多く行われていることから、研究についても増えてきていることが窺える。

1-2 NOSと国際バカロレアについて

国際バカロレアでは、ATT という指導の方法が 6 つ以下の通り示されている。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1、探究を基盤とした指導2、概念理解に重点をおいた指導3、地域的な文脈とグローバルな文脈において展開される指導4、効果的なチームワークと協働を重視する指導 |
|--|

- 5、すべての学習者のニーズを満たすために差別化した指導
- 6、評価（形成的評価および総括的評価）を取り入れた指導

先述した、NOS の分類の「様々な科学の分野間をより抽象的に捉え、共通点を見出そうとする方法」について、特に関連の深い項目が「2、概念理解に重点をおいた指導」であると考えられる。IB では、例えば生物の場合は指導の手引きにおいて、4段階の概念（レベル1：分子、レベル2：細胞、レベル3：生物、レベル4：生態系）を示し、概念の活用によって学習を進めるような仕組みになっている（国際バカロレア機構, 2023）。概念を活用することで、単元間・科目間でつながりを見出し関連づけて理解することにつながると考えられる。

また「科学の見方・考え方として捉えようとする方法」については、知ることとは何かについて考えるコースである知の理論（Theory of Knowledge: 以下 TOK）との関連が指摘できる。生物の指導の手引きでは、知の理論が知識全般を射程にするのに対し、NOS は科学に絞って批判的思考を育成するプログラムであるとしている。

さらに「科学的リテラシーを備えた市民のための見方・考え方から捉えようとする方法」については、最終的な評価課題である「科学探究」について実験に取り組むことを通して学習することが想定されている。実施に向けたリスクについて自ら考え、安全に配慮しながら協働して実験を行い、自ら評価するという一連のプロセスが、科学的リテラシーを育成すると考えられる。できるだけリアルな体験を通じた学びが NOS による学びにつながると考えられる。

2. 恐竜を題材にした授業開発の実際

2-1 授業の対象者

A 高等学校の国際バカロレアを履修する高3生7名を対象に2回の授業を行った。

国際バカロレアの最終試験終了後の授業で行い、生徒の生物学習は1年次における「科学と人間生活」のみである。

第一回目の授業は、恐竜の歯のレプリカを活用し博物館を訪れるなどの実践を行い、興味関心を高める実践を行った（表1）。

表1：恐竜化石レプリカや展示物を活用した実践

学習活動	教師の指導・支援	評価
1、前時の復習	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">めあて：恐竜化石に興味をもち古生物に関する研究アプローチを理解する</div>	
2、恐竜の歯の観察 15分	<p>○恐竜等の歯のレプリカ化石（ティラノサウルス、アルバートサウルス、トリケラトプス、スピノサウルスなど）と恐竜等の歯の化石（本物）（スピノサウルス、モササウルスなど）を渡して、特徴を考えさせる。 →歯のギザギザの部分の観察や計上の違いから用途を推測する</p> 	特徴を考えて発表することができるか。
3、モンゴルの文化と調査の概要について 10分	<p>○モンゴルを訪問した際の日本との文化の違いについて話聞いてモンゴルについて関心を高める ○モンゴルにおける化石発掘調査の概要と説明を行う。</p>	興味を持って話を聞いているか。
4、恐竜発掘調査の実際 20分	<p>○発掘現場で歩いた動画や発掘作業をする動画を見せて実際の発掘現場の状況について話をする</p>	
5、恐竜学博物館の訪問 30分	<p>○恐竜学博物館に移動し、年代測定技術などの説明を受け、展示物とモンゴルとのつながりを考えながら観察する</p>	
6、本時のまとめを行う 5分	<p>○恐竜に関する疑問を集約し、次の授業につなげる</p>	

第二回目の授業として「恐竜とかけっこ」の授業を行った。第二回の授業は恐竜の走るスピードを足跡から推定するという内容の授業となった（表2）。

表2：「恐竜とかけっこ」授業概要

学習活動	教師の指導・支援	評価
1、前時の復習	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> めあて：足跡から速度を求め、さまざまなデータの比較を行うことができるようになる </div>	
2、速さや歩幅を求める方法を確認する 10分	<ul style="list-style-type: none"> ○速さの公式は何だったか生徒にたずねる 速さ×時間＝距離であることを確認する。 ○足跡の求め方について質問する ○足跡は相対歩幅と無次元速度がわかれば求めることができることを説明する 	興味を持って取り組んでいるか。
3、自分の速度を求め、足跡のデータから速度を求める実験を行う 40分	<ul style="list-style-type: none"> ○最初にデータの収集をグラウンドに出て行き、速度の公式を使ったものと相対歩幅と無次元速度を使ったものの速度を求める ○教師は正しく測定ができるように、生徒の実験を支援する ○一人一つ分のデータを取るように伝える 	公式を使って、相対歩幅や無次元速度の計算ができているか。
4、求めたデータから自分の速度と恐竜の速度を比較する 20分	<ul style="list-style-type: none"> ○恐竜の足跡のデータを提示して、それを元に計算を行うことを伝える ○教師は机間指導を行い、生徒を支援する ○データから比較を行い、そこから言えることを生徒に上げてもらう ○計算方法に信頼性があるか生徒にたずねる 	相対速度の役割について理解しているか。
5、二つの式で求めた速度には誤差はあったか 15分	<ul style="list-style-type: none"> ○現世の動物の速度がのっているグラフと比較を行い、それらと比べて恐竜はどの位置にいるのか確認する、またそれからわかることを生徒にあげてもらう ○二つの式で求めた速度には誤差があったか生徒に確認する ○誤差が大きかった場合は、なぜ大きくなったのか考える 	誤差について妥当な考察ができているか。
6、本時のまとめを行う 5分	<ul style="list-style-type: none"> ○データや実験を通してわかったことや疑問があった点を生徒にたずねる。 	

3. 授業実践の実際

3-1 第一回目の授業

第一回目の授業は生徒の興味関心を高めることを主な目的として、担当教員と学生の合同で実施した。

前半は、恐竜の歯の化石のレプリカや本物の化石を触らせて、特徴を考えたり恐竜の名前を調べたりする活動を行った。本物とレプリカの違いについて見て比較させ、ネット情報から体重や生態について確認しながら、生徒の興味を高めるよう留意した。生徒との話の中で「トリケラトプスのような形の恐竜はいるのか？子どもが好きそうな形にただけではないか。声とか色はどのように推定しているのか。」という疑問が出るなど、レプリカや本物の化石の提示により関心を高め、ネットの情報により批判的思考による視点が発揮されている状況が見受けられた。その後、モンゴルで活動した時の動画を見せ、文化的な側面や発掘調査の概要について説明を行った。文化的側面に関しては「立ち並ぶ建物の写真」「道の整備の状況」「日本車が多いこと」「身近な化石の展示」「遊牧民の生活とバイクの利用」などの話を生徒に行った。発掘調査の概要については「化石を探して歩く時の様子」「足跡化石の見え方」「発掘のプロセス」「発掘の注意事項」について体験を元に話をした。

実際に生徒も現場を歩いて探しているような視点で参加することができ、「モンゴルの化石はなんでこのように表出しているのか」などの疑問が出てくるなど、積極的に知ろうとする態度が見られた。また、足跡化石は単なる石ではないかという疑問が出たが、親指の付け根が足と対応するなどの特徴から足跡と断定す

るということで納得する生徒もみられた。



図 1：第一回目授業の様子

後半は恐竜学博物館へ移動し年代学研究なども含めた話を聞き、展示物をみながら理解を深めた。展示物だけでは想像しにくいと思われるが、モンゴルの状況と繋げて説明することで、より興味を持って展示の観察をすることができたと考えられる。

授業の最初は「恐竜がいるというのは疑わしい」と思っていた生徒もいたが、モンゴルでの実際の発掘の様子を見せたこともあり、「恐竜が本当にいたということが実感できた」と語る生徒もみられた。

3-2 第二回目の授業

恐竜について関心を高めた上で、第二回目の授業を行った。

まずは導入で、第一回目の授業について振り返る活動を行った。その後、恐竜に追いかけるような動画教材を活用し、恐竜のスピードに関心を持たせたのち、相対歩幅や無次元速度を出すことにより人間や動物と歩幅や速さを比較することができると説明した。次に、グラウンドに出て、生徒にメジャーの横を歩いたり走ったりすることで歩幅を確かめさせ、恐竜と比べてどちらが速いかなどの検討を行った。

生徒たちは間違えないように電卓を使って計算を行っていた。IBの趣旨を踏まえ、「生徒の活動を充実させた内容の実践を心がけ、生徒同士のやりとりを促すような手法が活用された。数学的な視点による計算処理能力が求められる一方で、理科的な視点による速さの理由づけを考察することが求められるため、教科横断の学際的な学びになっていると考えられる。

今回の実践においては、計算処理を電卓等を活用して行ったが、それでも時間がかかる結果となり、何種類かの恐竜の速さを検討することができなかった。今後は表計算ソフトの活用や同時編集による協働作業を促し、効率的に多様な事例における速さの比較をすることができれば、より理科的な視点による考察に時間を割くことができると考えられる。

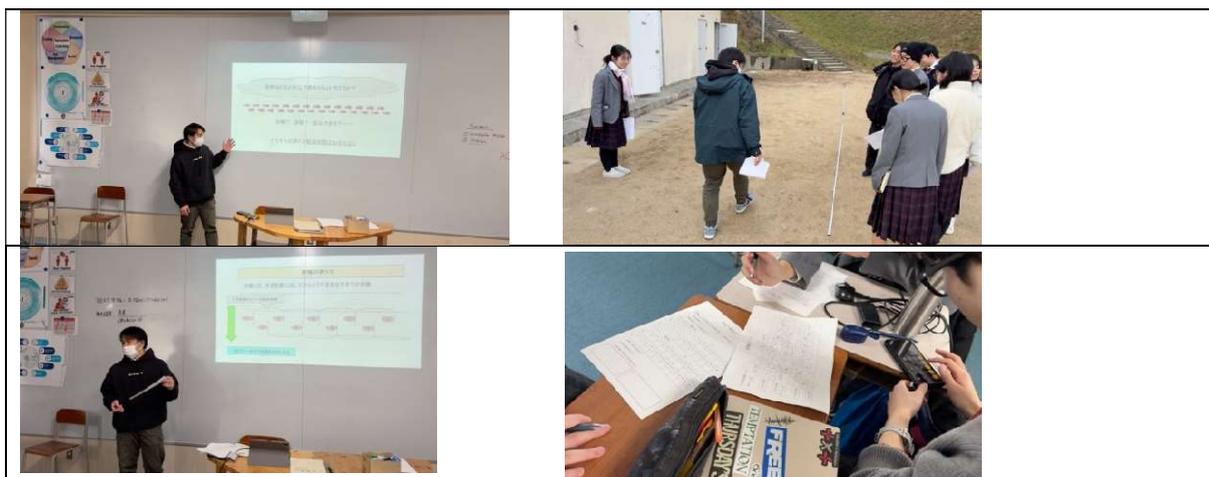


図 2：第二回目授業の様子

図 2 の生徒の活動場面では、グラウンドで測定し、3～4 名ずつのグループで記録を行った。10 m のメジャーの横で足跡をつけて走るように測定を行ったが、地面と接した場所が見えにくくなるなど、測定における課題もみられ、今後改善が求められる。生徒はうまく役割分担をしながら、考えて測定を行っていた。

4. 授業の実践のまとめ

4-1 全体的な反省点

恐竜の教材で生徒の理解度に合わせて段階的に実施したおかげで、生徒は概ね興味を持って参加できたように思われる。

授業の中で様々な計算が必要となるが、なぜ相対速度を使うのかなどを意識的に説明する必要があると思われる。数学的な部分についても十分な説明が求められる。

また、今回は初めての実践であったため、問いの準備、特に NOS に関わる問いが弱かったように思われる。生徒が自然にできた質問をじっくり考えることはできたが、今回の実践でおおよその流れはつかめたので核となる問いを今後検討し、探究に繋がれると良いと考えられる。

参考文献

- 1) 井川拓洋・磯崎哲夫 (2023) 「Nature of Science を理科で取り扱うための理論的検討—見方考え方としての NOS とする新たな方向性—」, 『科学教育研究』, 47(2), 193-203.
- 2) Lederman, N. G. et al. (2015) Nature of science. In R. Gunstone (Ed.), Encyclopedia of science education, 694-698, Springer reference.
- 3) Osborne, J. et al. (2003) What “Idea about science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. Journal of Research in Science Teaching, 40, 7, 692-720.
- 4) 国際バカロレア機構 (2023) 「ディプロマプログラム (DP) 「生物」指導の手引き」国際バカロレア機構.

Development of Dinosaur Lessons

Based on the International Baccalaureate (2)

—The Lesson Practice of ‘Running with the Dinosaurs’—

Mitsuhiro KIMURA

*Okayama University of Science Global Center
Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

This study has been increasingly introduced in Japan. The International Baccalaureate methodology was used to develop teaching materials for science education. In particular, cross-enforcement thinking is required. The theme of dinosaur learning has been emphasised in science education in recent years, and we developed the teaching materials in this study in the belief that it would lead to an exploration of NOS. The dinosaur teaching materials were also effective in the third year of high school, and the question of how to set up questions for future NOS-oriented exploration was raised as an issue. Generally, students were interested and engaged in the lessons.

Keywords: International Baccalaureate; Dinosaur Lesson Practice; Nature of Science; Interdisciplinary learning

脊椎動物の骨格構造を対象とした機能解剖学的研究と普及教育

名取 真人¹⁾・市川 美和¹⁾・石垣 忍¹⁾・高橋 亮雄²⁾

1) 岡山理科大学恐竜学博物館

2) 岡山理科大学生物地球学科

はじめに

脊椎動物の骨格には、分類学的に有用な形質がみられるだけでなく、生態的特徴 (ecomorph) を反映する構造がしばしば保存されている。近年、この点に着目し、現生種の骨格の解剖学的特徴と機能から、近縁な絶滅系統の古生態を推定されるようになってきた。こうした背景から、岡山理科大学恐竜学博物館が管理している恐竜ほか脊椎動物化石の展示や標本を対象として、機能解剖学的見地に基づく講演活動や学生指導を行った。本報告ではこれらの取り組みについて簡単に報告する。

2024 年度の取り組み

1) 2024 講演会「骨から学ぶ比較解剖学」

ゴールデンウィーク期間中の 5 月 4 日 (土曜日) に、1 時間 15 分の講演を 2 回実施した。定員は 10 名とし、先着順で受け付けた。本講演では、教室での講義の後に、恐竜学博物館の展示標本を用いて展示解説を行った (写真 1)。受講者の多くは小学生であったが、毎回満席となり、参加者や保護者から積極的に質問が寄せられた。このことから、比較・機能解剖学に関する知識の提供が一般の関心に合致していることがうかがえた。



写真 1. 講演会「骨から学ぶ比較解剖学」での展示解説の様子。

2) 比較解剖学に関する学生指導

生物地球学科および動物学科の 4 年生、理工学研究科修士・博士課程の学生が取り組む脊椎動物の機能解剖学に関する研究の指導を行った (写真 2)。その中でも、モンゴル・ゴビのバインシレ層より産出した哺乳類の下顎化石を材料とする理工学研究科・博士課程の大越司さんの研究は、ポーランドの伝統のある古生物学専門誌に投稿され、受理された (Okoshi et al., in press)。



写真 2. 理工学研究科の学生指導の様子。

考察

自然史分野において、動物機能解剖学は一般に、基礎的な学問として位置付けられている。しかしながら、当該分野の知識の習得は時間を要するうえに、コンピュータを用いた解析等との親和性が低い側面がある。このため、近年では若手研究者の関心を集めにくく、結果としてこの分野の研究者の数は減少傾向にある。一方で、機能解剖学の知識は博物館利用者の知的好奇心を刺激する重要な学習材料であるとともに、動物学や古生物学における記載分類学的研究において依然として不可欠である。博物館は、こうした基礎的学問分野を支える重要な研究機関のひとつであり、今後も継続的な教育活動の実施が強く望まれる。

引用文献

Okoshi T., Takasaki R., Chiba K., Natori M., Saneyoshi M., Takahashi A., Kodaira S., Hayashi S., Ishigaki S., Mainbayar B., and Tsogtbaatar K. (in press) A new eutherian mammal from the Upper Cretaceous Bayanshiree Formation, Mongolia. *Acta Palaeontologica Polonica*.

岡山理科大学恐竜学博物館 2024 年度特別企画展の実施報告

感動！「世界の恐竜切手 300 種」— 骨と比べてみよう —

西戸裕嗣

岡山理科大学恐竜学博物館 2024 年度特別企画展として 感動！「世界の恐竜切手 300 種」— 骨と比べてみよう — をテーマとして 2024 年 11 月 30 日から（2025 年 5 月 17 日までの予定）で実施した。恐竜の切手や関連する郵趣品から 41 カ国発行の約 300 点を展示用フレーム 44 面に貼り込み、説明ポスターも含め 12 枚の展示ボードに掲示した。これらの切手は西戸が約 40 年にわたり収集してきた約 3000 点の中から厳選したものである。

世界初の恐竜切手は中国雲南省産出のルーフェンゴサウルス（古竜脚類）がデザインされたもので、1958 年に中国から発行された。その後も世界各国から発行が続き、1991 年に発刊された恐竜切手を扱った初めての書籍（Dinosaurs Stamps of the World）には、44 の国や地域からの 176 種におよぶ切手が掲載されている。さらに、1993 年に映画「ジュラシックパーク」の公開により恐竜熱が高まり、多くの国が一斉に恐竜に関する切手を出すに至り、1995 年以降その数は急激に増えた。2003 年の古生物（恐竜・化石など）切手カタログ（Domfil 25th）には 3,283 組が登録され、その半数以上を恐竜関連の切手が占めるまでになった。また、最近まとめられた恐竜切手の WEB 版カタログ（Dinosaurs Stamps Catalogue, StampsBooks.com）には 7,257 の切手がリストされている。恐竜をデフォルメしたデザインやアニメキャラクターなどを含めれば、80 以上の国・地域から 1 万種を超える恐竜関連切手が発行されていると推定される。今回の企画展にあたり、国際的に切手として認証されているもののみを展示対象にした。この基準として、国際的に権威のある米国の Scott カタログ、ドイツの Michel カタログ、英国の Gibbons カタログに登録されていることを必須とした。この観点から、恐竜切手として認められるのは 1000 種類もない。

まず、収蔵されている切手を国別に仕分けした。切手の識別には、発行国（地域や機関の場合も）、発行年、額面の情報が必須である。しかし、これらのいずれか又は全てが掲載されていない切手も存在する。各種のカタログを基に検索するが、一部アフリカ諸国、ソ連崩壊時の地方自治領などからの膨大な切手に関しては特定するのが極めて困難であった。最終的には Scott カタログの番号によりラベリングし、国ごとに分け関連する郵趣品（初日カバー、実郵便、記念はがきなど）も併せて整理した。これらの中から発行年と恐竜の種類、時代、産状などから国別にテーマを設け、スペースや配置を考慮して切手、シートおよび初日カバーなどを選び出した。これらを固定するため専用のハウイドマウントに挟み込み、切手の説明や Scott カタログ番号を印字したフレームの台紙に貼り込んだ。44 面のフレームを作成し 4 つ毎の一つの展示用ボードに取り付け、説明文のボードも含め 12 枚になった。これらを C2 号館 3 階図書館のホールに国別に配置した。

2024 年 11 月 30 日に C2 号館 3 階図書館のホールにて特別企画展として「世界の恐竜切手 300 種」— 骨と比べてみよう — を公開することができた。また、12 月 21 日には切手展についてのギャラリートークを石垣忍館長とともに開催し、多くの観覧者に来ていただいた。

実際には、生物地球学科の野外博物館実習の一環として 3 年生川田悠陽君が取り組んだ。煩雑で精緻な作業ながら、終始細かいところまで気を配り完成させて貰えた。また、石垣忍館長は切手に掲載された恐竜や背景の情報を多く提供され、説明文の校正を手掛けられた。多くの方にご協力いただき、感謝に堪えません。

メディアでの紹介

・山陽新聞 2024 年 12 月 18 日「石垣忍館長：恐竜調査委隊が行く 恐竜切手」

- ・読売新聞 2024年12月18日「世界の恐竜切手ずらり」
- ・山陽新聞 2025年1月26日「世界の恐竜切手で楽しもう」
- ・毎日新聞 2025年2月17日「恐竜切手の収集家 西戸裕嗣さん」

下部白亜系大山下層に含まれる凝灰岩の地質学的研究

辻 光彦¹⁾・澤田 順弘²⁾・実吉 玄貴³⁾・豊田 新²⁾

- 1) 岡山理科大学大学院 理工学研究科自然科学専攻
- 2) 岡山理科大学 古生物学年代学研究センター
- 3) 岡山理科大学 生物地球学部生物地球学科

1. はじめに

兵庫県北部の丹波市から丹波篠山市にかけて分布する下部白亜系大山下層は、恐竜化石を含む多様な脊椎動物を産する地層であり¹⁾、本層下部に凝灰岩層を含む。これらは、産出化石の放射年代を決める上で重要であり、かつ本層の岩相層序対比に有用である。2024年度の地質調査及び室内分析の結果、大山下層下部の凝灰岩層より、火山豆石を含むと考えられる凝灰岩を見出した。

2. 大山下層下部の凝灰岩層

研究対象は、丹波篠山市西部の大山下に分布する大山下層であり、本地域は大山下層模式地とされ、本層最下部を記録すると考えられている²⁾。これらの地層は、篠山川河床に沿って連続的に露出し、複数の凝灰岩を含む³⁾。本地域に認められた凝灰岩層に対し、現地調査に基づいてユニット区分を行った(図.1)。なお、観察した凝灰岩層は、下位より SSY-1、SSY-2 とした。

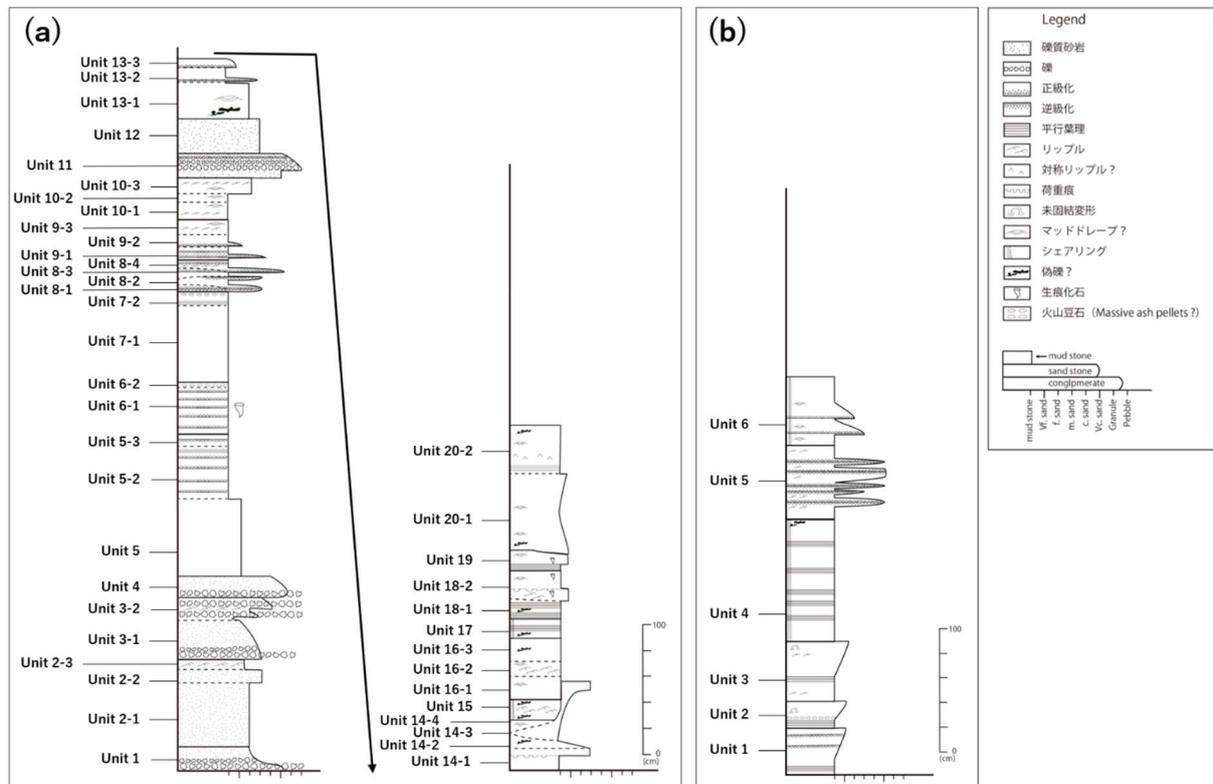


図.1 研究対象とした凝灰岩層とユニット区分. (a) は SSY-1、(b) は SSY-2 を示す

3. 凝灰岩層中の火山豆石とその特徴

火山豆石を含む層準（SSY-1はUnit6-2、SSY-2はUnit2）は、塊状無層理で白色を呈する（図. 2）。偏光顕微鏡下における観察の結果、SSY-1に分布する火山豆石のリムは無色鉱物で構成され、内部には黄色い高次の干渉色を示す鉱物を認めた（図. 3）。SSY-2に分布する火山豆石のリムも無色鉱物で構成される。内部には無色鉱物や黄色い干渉色を示す細長い鉱物が認め、周辺の基質とよく似た組織を示す（図. 3）。EPMAによる元素マッピングの結果、どちらもSiが卓越するものの、SSY-1に分布する火山豆石はCaに富み、SSY-2に分布する火山豆石はAlの値が相対的に高い（図. 3）。これらの違いは、風化の違いを反映している可能性がある。今後、さらに分析を進める予定である。

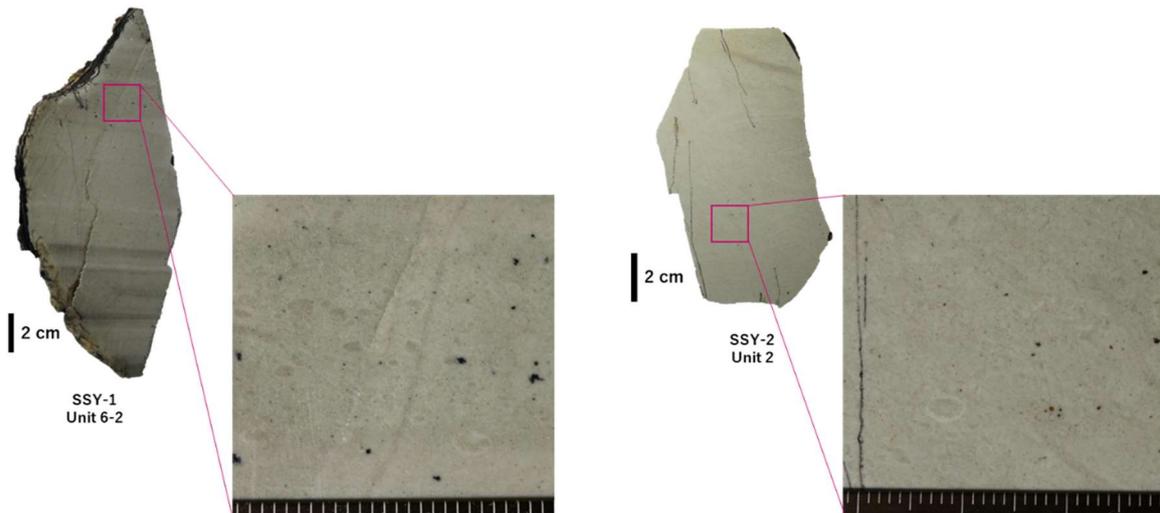


図.2 火山豆石を含む岩片写真。形態は微細なリムを持ち内部は塊状で、コアは認められない。

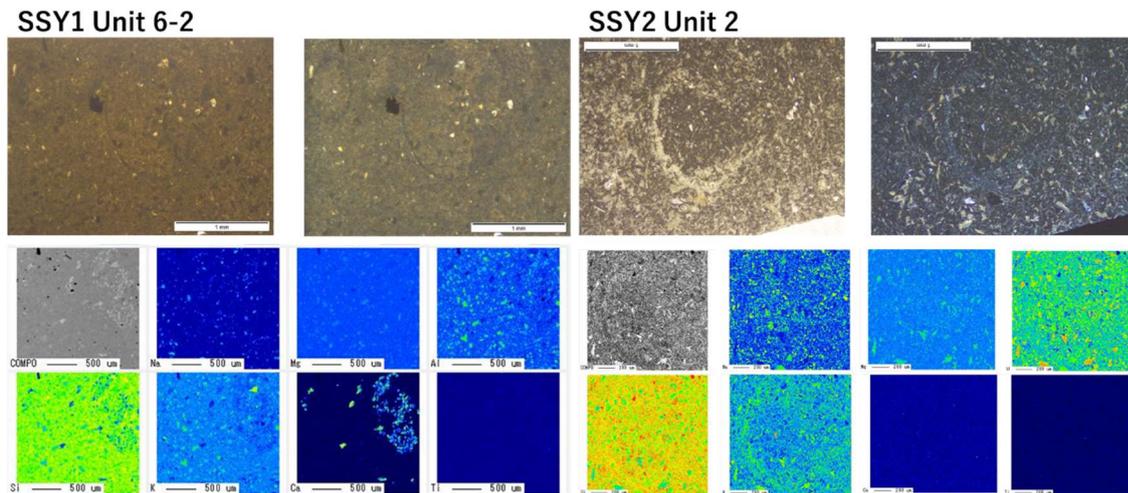


図.3 火山豆石の偏光顕微鏡写真と EPMA による火山豆石の元素マッピング。

【文献】

- 1) 三枝春生・田中里志・池田忠広・松原尚志・古谷裕・半田久美子(2008) 下部白亜系篠山層群からの竜脚類およびその他脊椎動物化石の産出. 化石研究会会誌, 41,2-12.
- 2) 林慶一・藤田早紀・小荒井千人・松川正樹(2017) 兵庫県篠山地域に分布する白亜系篠山層群の層序と古環境. 地質雑, 123, 747-764.
- 3) 吉川敏之(1993) 兵庫県篠山地域の下部白亜系篠山層群の層序と構造. 地質雑, 99, 29-38.

論文

- Phukon, P., Hussain, M.S., Imayama, T., Wang, J.-M., Aoki, K., Behera, S., in press. Quantifying the partial melting of Himalayan Metamorphic core in Eastern Himalaya: implications for crustal rheology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 180, 11.
<https://doi.org/10.1007/s00410-025-02200-0>
- Hayashi, S., Kondo, K., Sawanaka, I., Araki, K., Mikami, K., Izawa, M. and Kubo, M. O. (in press). Bone histology reveals the slow life history and skeletal adaptations of the Amami rabbit *Pentalagus furnessi* (Lagomorpha: Mammalia). *Mammal Study*.
- Hayashi, S. and Kubo, M. O. (in press) Bone histology suggests insularity and sex differences in Japanese sika deer growth (*Cervus nippon*). *Mammal Study*.
- Nakanishi, N., Tsubasaka, Y., Sawanaka, I., Kondo, K., Kobayashi, S., Izawa, M. and Hayashi, S. (in press). An attempt at age estimation of the Ryukyu long-furred rat (*Diplothrix legata*) using tooth wear analysis. *Mammal Study*.
- Kubo, M. O., Araki, K. Winkler, D. E., Kondo, K., and Hayashi, S. (in press). Feeding ecology of the Amami rabbit (*Pentalagus furnessi*) and the Ryukyu long-furred rat (*Diplothrix legata*) inferred from dental microwear texture analysis. *Mammal Study*.
- S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, Bu. Mainbayar, A. Takahashi, Ba. Buyantegsh, M. Saneyoshi, Ja. Batsukh, K. Aoki, T. Sato, S. Hayashi, M. Kimura, K. Chiba. (in press) Report of Okayama University of Science – Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences Joint Expeditions in 2024. The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology.
- 畠山唯達, 北原優, パリノ・サーヴェイ株式会社, 福岡県八女市田本1号窯跡における古地磁気・岩石磁気測定と古地磁気年代推定, 八女市田本1号窯跡発掘調査報告書, 八女市教育委員会 (in press)
- 畠山唯達, 北原優, 城田遺跡の古地磁気・岩石磁気測定, 大林遺跡・城田遺跡・宮坂遺跡, 岡山県埋蔵文化財発掘調査報告, 岡山県教育委員会, 271, 63-72 (in press)
- N. Obata, S. Toyoda (2025), Thermal stability of the ESR signals of the Al and Ti-Li centers in quartz of tephra, *Radiation Measurements*, 181, 107380.
<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2025.107380>
- N. Obata and S. Toyoda (2025) Thermal stability of the bleachable and unbleachable components of the ESR signals in sedimentary quartz, *Radiation Measurements*, 180, 107327.
<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2024.107327>
- Kusunoki, T., Sato, T., Aoki, K., Musashino, M. (2025) Early Jurassic ‘Foreland-Dipping Duplex’ in Amagase, Uji City, Kyoto, Japan. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, 79, 1, 7-19.
- 岡田夏蓮, 鶴田彩音, 豊田新, 高田将志 (2024) 火山灰土の風送塵石英の ESR 分析による後期更新世～完新世の急激な気候変動検出の可能性, 岡山理科大学紀要, 60A, 87-93.
- 賈元日, 岡田夏蓮, 豊田新 (2024) ストークス法による粒径分別の手順における試料の回収率, 岡山理科大学紀要, 60A, 95-99.
- Sato, T., Isozaki, Y., Tsutsumi, Y., Shigeta, Y., Kodama, K., Hasegawa, T. (2024) Cretaceous fore-Arc basin and its provenance in Sakhalin, Far East Russia: U-Pb ages of detrital zircons from the Yezo Group. *Island Arc*, 33, e12534.
- Paiste, K., Fike, D.A., Mayika, K.B. Sato, T., et al. (2024) Sulfur isotopes from the Paleoproterozoic Francevillian Basin record multigenerational pyrite formation, not depositional conditions. *Communications Earth & Environment*, 5, 328.
- Arao, M., Imayama*, T., Sawada, Y., Yagi, K., Siddiqu, R.H., Dutta, D. (2024). Magmatic and metamorphic evolution of the Late Cretaceous Muslim Bagh Ophiolite, western Pakistan: implications for ridge subduction after subduction initiation. *International Geology Review*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/00206814.2024.2417214>
- Oh, C. W., Kawaguchi*, K., Lee, B. Y., Lee, S. H., Imayama, T. (2024). Initiation of the Unazuki Belt, Southwest Japan, during the Carboniferous as an island arc system along the North China Craton. *International Journal of Earth Sciences*, 113, 1241-1264.
- Imayama*, T., Dutta, D. and Yi, K. (2024). The origin of the ultrahigh-pressure Tso Morari

- Complex, NW Himalaya: Implication for Early Paleozoic rifting. *Geological Magazine*, 160(11), 1975-1982.
- Hayashi, S., Nakajima, Y., Tanaka, Y., Breeden, B., Kanazawa, Y. and Chinzorig, T. (2024). A hadrosaurid vertebra from the Upper Cretaceous Izumi Group, Kagawa Prefecture, Japan. *Paleontological Research*, 28 (4): 1-10.
- Klein, N., Konietzko-Meier, D., Kalita, S., Noda, M., Ishikawa, S., Taguchi, Y., Anzai, W. and Hayashi, S. (2024). Unique bone histology of modern giant salamanders: a study on humeri and femora of *Andrias* spp. *Zoological Letters*.
- Ando, T., Robinson, J., Loch, C., Richards, M., Nakahara, T., Hayashi, S. and Fordyce, E. (2024). A new tiny fossil penguin from the Late Oligocene of New Zealand and the morphofunctional transition of the penguin wing. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 54 (5), 660-681.
- K. Ito, S. Hida, T. Kinugasa, K. Chiba, Y. Okuda, M. Ichikawa, T. Okoshi, R. Takasaki, R. Hayashi, K. Yoshida, and K. Osuka, Cam-Like Mechanism in Intertarsal Joints of Ratites and its Design Framework, *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 36 (2), pp. 406–414, (2024).
- T. Tanaka, K. Chiba, T. Ikeda, and M.J. Ryan, A new neoceratopsian (*Ornithischia*, *Ceratopsia*) from the Lower Cretaceous Ohyamashimo Formation (Albian), southwestern Japan, *Papers in Palaeontology*, vol. 10 (5), e1587, (2024).
- 木村 光宏 (2024) 「数学教育における批判的思考育成と国際バカロレア(日本における授業実践事例との親和性)」 *国際バカロレア教育研究*, 8, 25-36.
- Hatakeyama, Tema. E, Rock magnetic investigation of two Japanese ceramic coffins: Insights on their magnetic mineralogy and firing temperature, *Bull. Res. Inst. Frontier Sci. Tech., Okayama Univ. Sci.*, 6, 15-20 (2024)
- Tema. E, Hatakeyama, T., Ferrara, E., Davit, P., Polymeris, G.S., Mitsumoto, J., Matsumoto, N., Insights on the firing temperature of ancient ceramic coffins through a multi-analytical approach: The case of the Sada Nishizuka Kofun, *J. Cultural Heritage*, 66, 265-270 <https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.11.022> (2024)
- Kato, C., Ohno, M., Hatakeyama, T., Yamada, Y., Honda, F., Shimada, K., Nagase, T., Totsuka-Shiiki, S., Kuwahara, Y., Ishibashi, J., Low-temperature magnetic behavior of isocubanite from seafloor hydrothermal deposits in the Okinawa Trough, *Phys. Chem. Min.*, 51, 5, <https://doi.org/10.1007/s00269-023-01264-3> (2024)
- 川村紀子, 畠山唯達, 北原優, 磁気特性を用いた砂質海岸での鉄製品の埋設物の検出—岡山県瀬戸内市矢寄ヶ浜の例—, *日本法科学技術学会誌*, 29, 63-75, <https://doi.org/10.3408/jafst.846> (2024)
- Uchida, T., Hashimoto, Y., Yamamoto, Y., Hatakeyama, T., Exothermic events in a fossil seismogenic fault acquiring thermoviscous remanent magnetization in an exhumed accretionary complex, *Tectonophysics*, 871, 230177, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.230177> (2024)

2023 年度未掲載分

- 石垣忍・豊田新・西戸裕嗣・能美洋介・今山武志・山本樹・篠原隆・寺野元規 (2023) 岡山理科大学構内を「地球史博物館」化する試み：構内の野外教育資源をつなぐオリエンテーリングコースの開発, *岡山理科大学教育実践研究*, 7, 205-214. <https://ous.repo.nii.ac.jp/records/2000193>
- 林昭次, 山下浩之, 高橋亮雄, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 富岡直人, 衣笠哲也, 名取真人, 辻極秀次, 宇根有美, 奥田ゆう, 市川美和, 石垣忍 (2023). アフリカゾウ骨格標本作製を通じた教育コンテンツの開発と実践. *岡山理科大学教育実践研究* 第7号, 101-106.

著書

- 石垣忍 最新地学事典 地学団体研究会編 (2024) 2046 pのうち「足跡化石」など15項目を執筆 平凡社 東京

豊田新 最新地学事典 地学団体研究会編 (2024) 2046 pのうち「ESR 年代測定」の項目を執筆 平凡社 東京

林 昭次・千葉 謙太郎 他(監修)：恐竜学検定公式ガイドブック初級・中級 最新学研 2024年7月

林 昭次 他(監修)：Newton別冊 最新ビジュアル恐竜図鑑 2024年5月

学会発表

長島佳菜・粕谷拓人・長谷川精・豊田新, ティッピングポイントと偏西風～海底堆積物からの知見と仮説～, 海と地球のシンポジウム 2024, 2025年3月12日-13日, 東京大学弥生講堂, 東京.

入野誠太郎, 中村光, 伊東和輝, 千葉謙太郎, 林良太, 吉田浩治, 衣笠哲也, 筋系の受動的運動を用いたワニ後肢ロボットの運動について—初期姿勢と筋長に対する運動の変化に関する考察—, 日本機械学会 中国四国支部 第63期総会・講演会要旨集, 講演番号 03A1, 2025年3月7日発表予定

石垣忍・B.マインバヤル・Kh. ツオクトバートル (2025) モンゴル国ゴビ砂漠西部の上部白亜系ネメグト層からの大型鳥脚類行跡化石群の発見とその意義 日本古生物学会 2025年1月例会 2025年1月24日-26日 オンライン poster

Mainbayar, B., Tsogtbaatar, Kh., Ishigaki, S (2025) Rediscovery of the first reported dinosaur tracksite from the Lower Cretaceous of SaijraKh mountain, Tob Aimag, Mongolia. Japanese Society of Paleontology. 日本古生物学会 2025年1月例会 2025年1月24日-26日 オンライン poster

坂本拓海 (岡理大・理工)・池田忠広 (兵県大/ひとはく)・實吉玄貴・高橋亮雄 (岡理大・生地)・石垣忍 (岡理大・恐竜博)・ヒシグジャフツオクトバートル (蒙・古生研), 2025. モンゴル国中央ゴビの上部白亜系ジャドフタ層より産出したモンスターサウリア類化石 (爬虫綱有鱗目) の分類学的研究. 日本古生物学会例会 (オンライン). 2025年1月25日.

林 昭次 (2025) 骨組織学から明らかになった島嶼哺乳類の特殊性：現生種と化石種の分析から, 日本古生物学会, オンライン 2025年1月24日-1月26日

大賀 理裕・林 昭次・對比地孝亘・ツクトバートル ヒシグジャウ(2025) X線CT解析による堅頭竜類の歯の交換様式, 日本古生物学会, オンライン 2025年1月24日-1月26日

浅井 勇馬・林 昭次・澤村 寛・新村龍也・安藤達郎 (2025) 北海道釧路市阿寒の中新統殿来層産*Paleoparadoxia*の分類学的再検討と多様化への示唆, 日本古生物学会, オンライン 2025年1月24日-1月26日

中村光, 衣笠哲也, 千葉謙太郎, 大越司, 林良太, 吉田浩治, Khishigjav Tsogtbaatar, Avimimus の足首に見られる特殊な対偶について、—ロボットをつくることでその存在可能性を検証する—, 第37回自律分散システム・シンポジウム (概要集, p.188-189, 講演番号 2B3-2) 2025年1月15日(水), 16日(木) 2025.

畠山唯達, 横田大峻, 北原優, 下岡順直, 中村直子, 新内裕貴, 山田爽, 加藤千恵, 考古遺物・遺跡の被熱に関する磁気学的手法の適用, 「地球科学と考古学・人類学の協働による人類進化環境の復元」, 高知大学, 2024年12月26~27日

岡田夏蓮・豊田新・高田将志, 青森県六戸町火山灰土の石英のESR測定による過去10万年における気候変動の検出, ESR応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・フィッション・トラック研究会・2024年度合同研究会, 2024年12月21日-22日, 京都大学大学院理学研究科, 京都.

衣笠怜央・豊田新・石橋純一郎, 青ヶ島の海底熱水域の鉱石の放射化分析によるBaの定量と重晶石のESR年代測定, ESR応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・フィッション・トラック研究会・2024年度合同研究会, 2024年12月21日-22日, 京都大学大学院理学研究科, 京都.

- 賈元日、岡田夏蓮、豊田新, ストークス法による粒径分別の手順における試料の回収率, ESR 応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・フィッション・トラック研究会・2024 年度 合同研究会, 2024 年 12 月 21 日-22 日, 京都大学大学院理学研究科, 京都.
- 小畑直也・豊田新, 加熱によって増大する Ti 中心信号, ESR 応用計測研究会・ルミネッセンス年代測定研究会・フィッション・トラック研究会・2024 年度 合同研究会, 2024 年 12 月 21 日-22 日, 京都大学大学院理学研究科, 京都.
- 縄間涼祐, 伊東和輝, 木村魁斗, 市川美和, 大越司, 千葉謙太郎, 衣笠哲也, 杉本靖博, ワニ類の脊椎背側にみられる吊り橋状の筋腱構造が生み出す尾の底屈防止機構, 第 25 回 公益社団法人 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, (講演番号 2C1-06) 2024 年 12 月 18 日(水)~20 日(金) 岩手,.
- Kimura, M., A Study on the Expansion of Subject Learning in English in the International Baccalaureate: An Analysis of the Diploma Program in Japan, AARE 2024 Conference (Australian Association for Research in Education) Dec. 1-5, 2024, Macqarie University, Sydney, Australia.
- 豊田新, 石垣忍, 高橋亮雄, 衣笠哲也, 押谷潤, 青木一勝, 名取真人, 林昭次, 佐藤友彦, Buuvei Mainbayar, Khishigjav Tsogtbaatar, 恐竜研究を中心とした新たな本学研究シーズの確立, OUS フォーラム 2024, 2024 年 11 月 25 日, プラザホテル, 岡山.
- 林昭次, 實吉玄貴, 高橋亮雄, 千葉謙太郎, 豊田新, 木村光宏, 石垣忍, 市川美和, Buuvei Mainbayar, Khishigjav Tsogtbaatar, 学生参加型ゴビ砂漠フィールドワークの実践と本学恐竜学博物館教育への展開, OUS フォーラム 2024, 2024 年 11 月 25 日, プラザホテル, 岡山.
- 岡田夏蓮, 豊田新, 高田将志, 最終間氷期から完新世にかけての風送塵起源の変動, OUS フォーラム 2024, 2024 年 11 月 25 日, プラザホテル, 岡山.
- 辻極秀次, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 稲葉勇人, 佐々木誉人, 岡山大学, モンゴル科学アカデミー古生物学研究所, 恐竜類化石に保存された骨基質タンパク質の検出とアミノ酸配列の解明, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日.
- 畠山唯達, 下岡順直, 古地磁気・岩石磁気学的手段による被熱遺物の熱履歴の復元, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季大会, R004-P12, 国立極地研究所&オンライン, 2024 年 11 月 23~27 日
- 北原優, 船引彩子, 久保純子, グエン ヴァント, 山本裕二, 穴井千里, 畠山唯達, 山形真理子, ベトナム中部トゥーボン川下流平野堆積物の磁気特性に関する基礎研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季大会, R004-P13, 国立極地研究所&オンライン, 2024 年 11 月 23~27 日
- 吉村由多加, 安鉉善, 加藤千恵, 山本裕二, 穴井千里, 森木涼介, 田尻義了, 畠山唯達, 政岡浩平, 大野正夫, 紀元前 250 年から紀元 50 年の弥生時代中期~後期に作成された土器から推定される日本の考古地磁気強度の増加, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季大会, R004-04, 国立極地研究所&オンライン, 2024 年 11 月 23~27 日
- S. Della Monaca, F. Trompier, E. Aboelezz, B. Ciesielski, M.C. D'Oca, R. Hayes, M. Juniewicz, N. Maltar-Strmecki, A. Marciniak, M. Marrale, S.W.S. McKeever, T. Oka, A. Romanyukha, S. Sholom, S. Toyoda, H. Tuner, P. Fattibene, An interlaboratory comparison on EPR on tooth enamel within the EURADOS WG10, European Radiation Protection Week 2024, Nov. 11-15, 2024, Rome, Italy.
- H. Inaba, K. Chiba, M. Saneyoshi, T. Miyaji, A. Kawakami, M. Eda, M. Tanaka, Y. Kobayashi, K. Tsogtbaatar, H. Tsujigiwa, Potential taxonomic implications of endogenous ancient proteins in vertebrate fossils from the Paleogene Ergilin Dzo Formation, Mongolia, 84th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology, Oct. 30-Nov. 2 2024, Minneapolis, Minnesota, USA.
- Hussain, M. S., Phukon*, P., Imayama, T., Saikia, P. New age and metamorphic constraints on the Zimithang Thrust, Western Arunachal Himalaya, NE India: Implications for the exhumation

- of the Upper Greater Himalayan Sequence. Sustainable Development of North-Eastern India: A Geoscience Perspective. Meghalaya, India, 2024年11月, 口頭.
- 高橋亮雄, 池田忠広, エリック=セティアブディ・イワン=クルニアワン, ウングル=P.ウイボウオ, ガート=D.ヴァンデンベルグ, ジャワ島の前期更新世淡水生および陸生カメ相の種構成とその生物地理学的意義. 日本爬虫両棲類学会第63回姫路大会, 2024年11月3日.
- 実吉玄貴・辻 光彦・澤田順弘, 白亜系篠山層群大山下層の堆積環境復元へ向けた地質学的研究. 日本爬虫両棲類学会第63回姫路大会公開シンポジウム, 2024年11月2日.
- 実吉玄貴, 恐竜学科誕生. 日本計算機統計学会第38回シンポジウム特別講演, 2024年10月25日.
- 千葉謙太郎, 岡山理科大学の学内共同恐竜研究. 日本計算機統計学会第38回シンポジウム特別講演, 2024年10月25日.
- Kaito Kimura, Takahiro Goto, Kazuki Ito, Tetsuya Kinugasa, Kentaro Chiba, Keisuke Naniwa, Daisuke Nakanishi, Koichi Osuka and Yasuhiro Sugimoto, Modeling Musculotendinous Systems with Branching Structures: A Case Study with the Auxiliary Tendon of the Caudofemoralis Longus in Crocodylians, The 2024 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA), October 28-31 2024, Halong, Vietnam, Session ID C6L-A4.
- 木村光宏, インドにおける国際バカロレア教師の重視する コンピテンシーに関する考察 (DP教師の語りの分析), 第8回グローバル人材育成教育学会中国四国支部大会, 2024年10月5日, 岡山理科大学
- S. Toyoda, M. Kakumoto, J. Ishibashi, T. Nozaki, ESR dating of barite taking into account the contribution from extinct ^{228}Ra to the equivalent doses, EPRBioDose 2024, Sep. 24-28, 2024, Hirosaki Univ., Hirosaki, Aomori, Japan.
- K. Okada, S. Toyoda, M. Takada, Analysis by ESR of quartz in tephritic sedimentary sequence at Kamiyoshida, Rokunohe, Aomori, Japan, indicating temporal variation during 20-100 ka of aeolian dust from China, EPRBioDose 2024, Sep. 24-28, 2024, Hirosaki Univ., Hirosaki, Aomori, Japan.
- S. Della Monaca, F. Trompier, E. Aboelezz, B. Ciesielski, M.C. D'Oca, R. Hayes, M. Juniewicz, N. Maltar-Strmecki, A. Marciniak, M. Marrale, S.W.S. McKeever, T. Oka, A. Romanyukha, S. Sholom, S. Toyoda, H. Tuner, P. Fattibene, An interlaboratory comparison on EPR on tooth enamel within the WG 10 of the EURADOS group: preliminary data analysis, EPRBioDose 2024, Sep. 24-28, 2024, Hirosaki Univ., Hirosaki, Aomori, Japan.
- 工藤駿平*, 河上哲生, 仁木創太, 中嶋徹, 平田岳史, 今山武志: 東ネパール・ヒマラヤの泥質変成岩中に産するモナズ石の記載とモナズ石の Th-Pb 年代測定法の開発. 2024 日本鉱物科学会, 2024年9月, 口頭.
- 荒木 和葉・林 昭次・伊東 隆臣・森本 大介・恩田 紀代子・村上 翔輝・高橋 晃周・安藤 達郎 (2024) 成長に伴うペンギン類の骨内部構造の変化, 日本鳥学会, 東京大学 2024年9月13日-9月16日
- 木村光宏, 渋谷真樹, 赤塚祐哉, 原和久, 佐々木恵美子, 梅津静子, 日本における英語による教科学習の広がり—国際バカロレアの推進による高校段階の学習状況の検討—, 日本国際バカロレア教育学会第9回大会, 2024年9月15日 近畿大学附属高等学校, 大阪.
- 高橋 このか・林 昭次・秦 はるか・荒木 和葉・立川 利幸・進藤 英朗・久志本 鉄平・上原 正太郎・野島 大貴・和田 夏海・青山 真人・安藤 達郎 (2024) フンボルトペンギンとケープペンギンの大腿骨骨内部構造にみられる性差について, 日本鳥学会, 東京大学 2024年9月13日-9月16日
- 畠山唯達, スピナー磁力計用標準試料の作成, 地磁気・古地磁気・岩石磁気夏の学校 2024, 2024年9月11~13日, 岡山理科大学御津国際交流会館
- 西村玲, 千葉謙太郎, 青木一勝, 小木曾哲, モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系年代制約の試み: 恐竜類歯化石アパタイト U-Pb 年代測定, 日本地質学会第131年学術大会, 山形大学, 2024

年 9 月 10 日.

藤井雄大, 青木一勝, 千葉謙太郎, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, B. Buyantegsh, 實吉玄貴, モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系土壌性炭酸塩岩のカルサイト U-Pb 年代測定, 本地質学会第 131 年学術大会, 山形大学, 2024 年 9 月 10 日.

成田 汐花・遠藤 赴寛・近藤 慶・林 昭次・武山 智博・曾我部 篤 (2024) ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli* における椎骨数と体サイズの緯度クライン, 日本魚類学会, 福岡工業大学 2024年9月6日-9月9日

吉岡優希, 加藤千恵, 畠山唯達, 柳由貴子, 森裕樹, 平館俊太郎, 秋吉台および久住高原から採取した土壌の磁気分析による被熱履歴の推定, 日本土壌肥料学会 2024 年度福岡大会, 2024 年 9 月 3~5 日, 九州大学

Dutta, D., Imayama, T., Sarkar, D. P., Ando, J., Das, K. EBSD-based microstructural characterization of the (ultra-) high pressure eclogite and retrogressed amphibolite from the Tso Moriri Crystalline Complex in Ladakh, India. 37th International Geological Congress, Busan, 2024 年 8 月, 口頭.

Arao, M., Imayama*, T., Sawada, Y., Yagi, K., Siddiqui, R. H., Dutta, D. Magmatic and metamorphic evolution of the Late Cretaceous Muslim Bagh Ophiolite, western Pakistan: Implications for ridge subduction after subduction initiation. 37th International Geological Congress, Busan, 2024 年 8 月, poster.

佐々木誉人、稲葉勇人、千葉謙太郎、實吉玄貴、辻極秀次、脊椎動物化石に含まれる II 型コラーゲンを対象とした組織学的検出法の検討、第 32 回硬組織再生生物学会学術集会・総会, 2024 年 8 月 24 日, 高槻

Kimura, M., ESL STUDENTS BUILDING COMPREHENSION DRAWING CONNECTIONS BETWEEN MATH AND ENGLISH USING DIAGRAMS -A FOCUS ON THE PROCESS OF SOLVING WORD PROBLEMS RELATED TO FUNCTIONS IN JAPANESE IBDP-, The 15th International Congress on Mathematical Education. 7-14 July 2024 International Convention Centre in Sydney, Australia.

豊田新, 戸高安曇, 夏堀雅宏, 岡田 啓司, ESR による福島第一原子力発電所事故による汚染地域の牛の被曝線量計測, 第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会, 2024 年 7 月 3 日-5 日, 日本科学未来館, 東京.

岡田夏蓮, 豊田新, 高田将志, 青森県六戸町上吉田露頭の火山灰土に含まれる風送塵石英の ESR による分析, 第 61 回アイソトープ・放射線研究発表会, 2024 年 7 月 3 日-5 日, 日本科学未来館, 東京.

石橋純一郎・Man-Yin Tsang・山本まりん・角本美優・豊田新・新井和乃・村山雅史, 海底熱水鉱床に産する重晶石の年代測定, 資源地質学会, 2024 年 6 月 26 日-28 日, 東京大学

石垣忍・Mainbayar, B.・Buyantegsh, B.・實吉玄貴 (2024) モンゴル国ゴビ砂漠中央部 Yagaan Khovil 地域の上部白亜系から産出した恐竜足跡化石群 日本古生物学会 2024 年年会 2024 年 6 月 21 日-23 日 高知大学 poster

浅井 勇馬・林 昭次・澤村 寛・新村 龍也・安藤 達郎 (2024) 北海道釧路市阿寒の中新統殿来層より産出した *Paleoparadoxia* 頭蓋標本に関する考察, 日本古生物学会, 高知大学 2024 年 6 月 21 日-6 月 23 日

林 昭次 (2024) 骨の内部から探る絶滅動物の生理と生態, 日本骨形態計測学会, コラッセ福島 2024年6月21日-6月23日

木村魁斗, 伊東和輝, 衣笠哲也, 千葉謙太郎, 杉本靖博, 大須賀公一, ワニ類の歩行を生み出す筋腱系の力学的機能検証に向けた実寸大骨格プラットフォームの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 (Robomech), (講演番号 2A1-M02) 2024 年 5 月 29 日-6 月 1 日, 宇都宮,

岡田夏蓮・豊田新・高田将志, 火山灰土に含まれる風送塵石英の ESR による分析, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.

- 小畑直也・豊田新, 部分加熱処理を導入した堆積物試料の ESR 総被曝線量評価, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.
- 豊田新・角本美優・石橋純一郎・野崎達生, 東青ヶ島海底熱水性重晶石の ESR 及び放射非平衡年代測定, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.
- 佐藤友彦・青木一勝・Batsukh Jargalsaikhan・Tsogtbaatar Khishigjav, Deformation structure of ocean plate stratigraphy in the Paleozoic Gorkhi Formation, northern Mongolia: Constraints on subduction tectonics in the Mongol-Okhotsk Ocean. ポスター発表 BCG06-P10, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 幕張メッセ, 2024 年 5 月 29 日.
- 佐藤友彦・磯崎行雄・小玉一人・長谷川卓, U-Pb dating of detrital zircons from the Yezo Group in Sakhalin: Northern extension of the Late Cretaceous fore-arc basin of Japan. 口頭発表 SLG18-03, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 幕張メッセ, 2024 年 5 月 30 日.
- 吉田 聡・浅沼 尚・佐藤友彦・澤木佑介・平田岳史, Bio-essential element contents in the Paleoproterozoic seawater: Insights from in situ analysis of carbonate rocks in the Francevillian Group, Gabonese Republic, 口頭発表 BCG06-08, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.
- Dutta, D., Imayama, T., Sarkar, D. P., Ando, J., Das, K. Microstructural attributes of (ultra-) high-pressure eclogite and retrograded amphibolite from the Tso Moriri Complex. 2024 Japan Geoscience Union Meeting, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.
- Imayama, T., Bose, N., Yi, K., Jeong, Y.-J., Horie, K., Takehara, M. Kawabata, R. Zircon U-Pb, Hf, and O isotope data reveal a close relationship between the Garhwal Higher Himalayan Crystalline Sequence and the South China Craton during the Neoproterozoic. 2024 Japan Geoscience Union Meeting, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.
- 内田泰蔵, 橋本善孝, 山本裕二, 畠山唯達, The heating signature within fossil sesimogenic zone recorded as secondary magnetization: Cretaceous Shimanto Belt, Yokonami mélange, southwest Japan, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, SCG40-P36, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.
- 北原優, グエン リン, 穴井千里, 畠山唯達, 深山絵実梨, 石井治一, 山形真理子, ベトナム・ニョントイン遺跡堆積物の磁気特性に関する基礎的研究, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, SEM13-P07, 2024 年 5 月 26 日-31 日, 幕張メッセ, 千葉.

2023 年度未掲載分

- 畠山唯達, 地磁気・古地磁気・岩石磁気学的手法による考古学・人類学への貢献, 「地球電磁気学と考古学・人類学の連携による人類生息環境の変遷研究の展開」, P03, 2024 年 3 月 1~2 日, 岡山理科大学
- 畠山唯達, 古備前焼復元窯における温度測定と燃焼環境の推定, 「地球電磁気学と考古学・人類学の連携による人類生息環境の変遷研究の展開」, P04, 2024 年 3 月 1~2 日, 岡山理科大学

マスメディアへの掲載

プレスリリース

- 2024年11月27日 世界の恐竜切手300点一挙公開
- 2024年11月17日 オオサンショウウオの骨組織は絶滅した両生類に類似
- 2024年10月25日 恐竜の吉備団子発売
- 2024年9月3日 兵庫県・篠山盆地から新属新種の角竜類を発見
(兵庫県立大学・兵庫県立人と自然の博物館と共同)
- 2024年8月1日 最古最小級のペンギン化石新種と判明
- 2024年7月26日 二足歩行動物としては世界最大級の恐竜足跡化石を発見

2024年7月24日 香川県初の恐竜化石をハドロサウルス類と確認
2024年7月8日 岡山理科大学に日本初の恐竜学科が誕生する

新聞（報道記事）（プレスリリース直後の各紙ニュースは一部を掲載）

2024年4月26日 山陽新聞 5月3-6日に恐竜講演会 岡山理科大学博物館
2024年7月17日 日本経済新聞 岡山理科大学に恐竜学科 コースから格上げ、
新知見発信
2024年7月19日 毎日新聞 全国初の「恐竜学科」開設へ 来年度、岡山理科大学
2024年7月24日 朝日新聞 「香川県初の恐竜」はカモノハシ竜 CTで化石を調べて
恐竜を特定
2024年7月25日 山陽新聞 香川発 恐竜化石と確認
2024年7月25日 四国新聞 「次は自分が見つかる」児童も太古ロマンに浸る
県内初の恐竜化石ハドロサウルス類
2024年7月25日 読売新聞 岡山理科大に国内初の「恐竜学科」、
来年4月開設・・・専門科目を拡充し専任教員も増員
2024年7月28日 日本経済新聞 香川県で初発見の恐竜化石、カモノハシ竜と同定
2024年8月1日 読売新聞 ペンギン化石 新種と判明
2024年8月4日 日本経済新聞 ペンギン化石が新種と判明 翼の進化解明に手掛かり
2024年8月3日 山陽新聞 6か所で歩行跡化石
2024年8月7日 読売新聞 大型恐竜 連なる足跡13
2024年8月23日 山陽新聞 岡山理科大、来春に「恐竜学科」開設 全国先駆け、
西日本の新たな研究拠点に（共同通信配信）
2024年8月23日 愛媛新聞 「恐竜学科」来春開設（共同通信配信）
2024年8月23日 中国新聞 岡山理科大に「恐竜学科」（共同通信配信）
2024年8月25日 福島新聞 岡山理科大に「恐竜学科」来春開設（共同通信配信）
2024年8月26日 神戸新聞 「恐竜学科」岡山理科大が来春開設（共同通信配信）
2024年8月29日 産経新聞 岡山理科大に恐竜学科（共同通信配信）
2024年9月3日 朝日新聞 岡山理大に恐竜学科
2024年9月4日 国内初 植物食恐竜・角竜類の新種 岡山理大など発表 北米移動期示唆
2024年9月4日 朝日新聞 国内初の「角竜類」新種
2024年9月6日 兵庫・丹波篠山で発見の恐竜化石、「角竜類」新種と判明
2024年9月25日 産経新聞 ゴビ砂漠で大型恐竜足跡発見
2024年10月19日 朝日新聞 ののちゃんのDo科学 恐竜化石から性別はわかる？
2024年11月20日 山陽新聞 オオサンショウウオ「生きた化石」証明
2024年12月16日 南日本新聞 ボーンヒストロジー 骨内部調べ生態解明
2024年12月18日 読売新聞 世界の恐竜切手 ずらり
2024年1月10日 岩手日報 「生きた化石」骨で証明 オオサンショウウオ絶滅種と類似
2025年1月26日 山陽新聞 世界の恐竜 切手で楽しもう
2025年2月16日 毎日新聞 山陰・山陽 この人 恐竜切手の収集家 西戸裕嗣さん

新聞（連載記事）

山陽新聞 さん太タイムズ 第三水曜日掲載 「恐竜調査隊が行く」 石垣忍館長執筆
第80回 2024年2月21日 見上げる足跡 くすぐってみたいな
第81回 2024年3月27日 植物食恐竜の歯 たくさん食べるため発達
第82回 2024年4月17日 巨大肉食恐竜の頭 アジアと北米どう移動？
第83回 2024年5月15日 モンゴルゴビ砂漠の砂嵐 台風並みの風、メガネも傷
第84回 2024年6月19日 哺乳類エンボロテリウム カッコよく目立つ鼻
第85回 2024年7月17日 ゴビ砂漠の自然 木がポツン、川は湖へ

- 特別編 2024年8月7日 化石はどうやって見つけるの？ わずかに露出したところを探す
 第86回 2024年9月18日 やわらかい地層 初めてでも発掘しやすい
 第87回 2024年10月17日 化石を安全に運ぶには 掘りすぎず「ギプス」で保護
 第88回 2024年11月20日 サクサウル 環境変化を生き抜いた木
 第89回 2024年12月18日 恐竜切手 世界中で発行 感じる熱意
 第90回 2025年1月22日 オルゴイ・ホルホイ ツチノコにそっくり？
 第91回 2025年2月19日 恐竜が私に化石を見つけさせてくれた？！

雑誌・一般向け科学本など

- 2024年2月28日 恐竜と古生物(308種)大図鑑 ニュートンプレス社(東京) (監訳:林)
 2024年3月18日 私立大学退職金財団 広報誌 BILANC 学生と歩み 成長する博物館(石垣)
 2024年7月1日 関西・中国・四国じゃらん8月号「サマーアドベンチャーin岡山」
 2024年7月25日 恐竜学検定公式ガイドブック初級・中級 学研 (林・千葉ほか 監修)
 2024年9月10日 誠文堂新光社 子供の科学 創刊100周年先輩読者からのメッセージ(石垣)
 2024年11月28日 講談社 恐竜 新訂二版(講談社の動く図鑑MOVE) (千葉 監修)
 2024年12月30日 兵庫県と香川県の恐竜化石で新発見 Jaxa 宇宙教育情報誌 宇宙のとびら
 第70号(林)
 2025年1月1日 岡山エッセイストクラブニュース 恐竜に会いに行こう(石垣・市川)
 2025年1月10日 誠文堂新光社 子供の科学 世界の恐竜切手300点(西戸)
 2025年3月1日 リバネス出版 サムワン 2025春「足跡」から太古の地球を読み解く(石垣)

テレビ・ラジオ (プレスリリース直後の各局ニュースは一部を掲載)

- 2024年3月25日 RSKラジオ あもーれマッターノ 恐竜について 協力
 2024年4月21日 NHK ダーウィンが来た! 謎の恐竜王国 Gondwana 協力
 2024年5月13日 RNCテレビ 番組「ジコチュー」にて 恐竜の足跡化石研究 放送
 2024年7月1日 RSKテレビ 番組「イマドキ」にて生中継 恐竜学博物館
 2024年7月17日 RSKテレビ 番組「イブニングニュース」 「日本初!恐竜学科」岡山理科大学に開設へ
 既存の「恐竜・古生物学コース」人気の高まり受け
 2024年7月18日 TSCテレビ 番組「夕方サテライト」 「恐竜学科」を来年度設置
 2024年7月18日 NHK岡山 番組「おはようちゅうごく」 岡山理科大学”恐竜学科”を
 来年春に開設へ
 2024年8月1日 KSB放送 世界最小級ペンギンの化石は新種と判明 「パクディプテス」と
 命名 岡山理科大などの共同研究チーム
 2024年8月26日 RSKラジオ 天神ワイド朝 香川県の恐竜について
 2024年8月29日 NHK ペンギンの骨の化石 実は新種
 2024年9月4日 RSKラジオ 技術の森 恐竜について(1)
 2024年9月11日 RSKラジオ 技術の森 恐竜について(2)
 2024年9月15日 NHKスペシャル 封じられた“第四の被曝” -なぜ夫は死んだのか-
 2024年10月4日 ABEMA Prime 恐竜研究の最前線
 2024年11月22日 KSBテレビ 番組「自由人社会人」にて 恐竜学博物館
 2024年12月22日 NHK ダーウィンが来た! 超スクープを狙え!最新プロジェクト
 密着スペシャル(協力)
 2025年2月21日 BBC World Service ゴビ砂漠恐竜足跡化石についてのインタビュー

アウトリーチ, 講演, 展示ツアー, トーク等

- 2024年1月13日(講演) 山陽新聞カルチャープラザ講座 講演会 一回目(石垣)
 2024年1月27日(講演) 山陽新聞カルチャープラザ講座 講演会 二回目(石垣)

2024年2月14日 (講演) 恐竜学博物館特別講義 モンゴル恐竜調査隊史 (石垣)

2024年2月14日 (講演) 恐竜学博物館特別講義 恐竜足跡化石研究の50年 (石垣)

2024年2月15日 (講演) 恐竜学博物館特別講義 恐竜の誕生と絶滅 (1) (西戸)

2024年2月15日 (講演) 骨の読み方 (1) (名取)

2024年2月16日 (講演) 骨の読み方 (2) (名取)

2024年2月16日 (講演) 恐竜学博物館特別講義 恐竜の誕生と絶滅 (2) (西戸)

2024年2月24日 (講演) 国際教育研究所オンライン講演会 (石垣)

2024年4月29日 (講演) 恐竜発掘最新レポート 東大阪市立永和図書館 (林)

2024年5月3日 (講演) 恐竜学博物館スペシャル講演会 モンゴル恐竜調査隊小史 (石垣)

2024年5月4日 (講演) 同上 骨から学ぶ比較解剖学 (1回目) (名取)

2024年5月4日 (講演) 同上 骨から学ぶ比較解剖学 (2回目) (名取)

2024年5月5日 (講演) 同上 恐竜絶滅のシナリオ (1回目) (西戸)

2024年5月5日 (講演) 同上 恐竜絶滅のシナリオ (2回目) (西戸)

2024年5月11日 (ツアー) 地質の日記念 館長ガイドツアー 一回目 (石垣)

2024年5月11日 (ツアー) 地質の日記念 館長ガイドツアー 二回目 (石垣)

2024年5月17日 (講演) 岡山県博物館協会 総会 講演会講師 博物館を作る
一国立・私立・大学立、それぞれの場合 (石垣)

2024年6月12日 (講演) どのようにして恐竜を科学するのか?
山梨大学・山梨県立大学 (林)

2024年8月9日 (イベント) 高島屋 岡山理科大学わくわくサイエンスフェスティバル
一日目 (恐竜学博物館・市川)

2024年8月10日 (イベント) 同上 二日目 (恐竜学博物館・市川)

2024年8月11日 (イベント) 同上 三日目 (恐竜学博物館・市川)

2024年9月15日 (イベント) 親子自然観察会付添 ビカリアミュージアム (石垣)

2024年9月28日 (ツアー) エデュパークキッズ科学号 小学生対象ガイドツアー

2024年9月28日 (講演) しまなみ映画祭 講演会その① (石垣)

2024年9月28日 (イベント) しまなみ映画祭 化石レプリカづくり① (学生・市川)

2024年9月28日 (講演) しまなみ映画祭 展示ギャラリートーク① (石垣)

2024年9月29日 (講演) しまなみ映画祭 講演会その② (石垣)

2024年9月29日 (イベント) しまなみ映画祭 化石レプリカづくり② (学生・市川)

2024年9月29日 (講演) しまなみ映画祭 展示ギャラリートーク② (石垣)

2024年10月5日 (講演) 岡山理科大学公開講座 大学構内で地球史を学ぶ (石垣)

2024年10月6日 (ツアー) 日本細菌学会中四国支部大会エクスカッション (石垣・市川)

2024年10月14日 (講演) 福井県立恐竜博物館 特別講演会
北アメリカ・後期白亜紀カンパニアン期の角竜類 (千葉)

2024年10月26日 (講演) 岡山自主夜間中学校 講演会 (石垣)

2024年11月3日 (イベント) 倉敷市立自然史博物館博物館まつり 展示・解説 一日目
(チャレンジゴビ (ゴビ砂漠恐竜発掘体験プログラム) 参加学生・石垣)

2024年11月4日 (同上) 二日目 ゴビ砂漠恐竜発掘体験プログラム参加学生・石垣)

2024年11月15日 (講演) 中四国中学校理科教育研究会 記念講演会 (石垣)

2024年11月17日 (検定に協力) 恐竜学検定 (千葉・林ほか)

2024年11月24日 (講演) 学び館「サエスタ」和気科学フェスティバル 講演会 (石垣)

2024年11月30日 (講演) 恐竜に会いに行こう 岡山県文化事業 岡山エッセイストラ
ブ見学会 講演会 ギャラリーツアー (学生・市川・石垣)

2024年12月1日 (講演) 恐竜学博物特別講演会 恐竜発掘現場から (午前・午後 2回) (石垣)

2024年12月7日 (講演) 岡山理科大学公開講座 講演会 大陸の中心で失われた
海洋の記録を探す (佐藤)

2024年12月14日 (講演) 東京にゾウがいた時代を掘り起こそう, DAAD (ドイツ学術交流

- 会) , アキシマエンシス・多摩川河床 (林)
- 2024年12月21日 (講演) 恐竜に会いに行こう 岡山県文化事業 岡山エッセイストクラブ見学会 講演会 ギャラリーツアー (学生・市川・石垣)
- 2024年12月21日 (講演) 骨の内部から探る動物の生態, 名古屋大学博物館企画展関連講演会, 名古屋大学 (林)
- 2025年1月11日 (講演) 山陽新聞カルチャープラザ 科学講座 煮干しの解剖学 (石垣)
- 2025年1月16日 (講演) オンライン講演会
最新研究で深ボリ! 恐竜のひみつ! (千葉)
- 2025年1月25日 (イベント) 岡山県建築士会岡山支部研修会 恐竜を見にいこう (市川)
- 2025年2月19日 (講演) 恐竜の研究について 吉備中央町立吉備高原小学校 (林)
- 2025年2月19日 (講演) 恐竜のひみつ 吉備高原こども園 (林)
- 2025年3月1日 (イベント) 人と科学の未来館サイピア (岡山市) どうかしている岡山の生きもの屋 (イキモニスト) 集めてみた (トーク・展示) (市川・学生)
- 2025年3月2日 (イベント) 人と科学の未来館サイピア (岡山市) どうかしている岡山の生きもの屋 (イキモニスト) 集めてみた (ワークショップ・展示) (市川・学生)

標本貸出し・外部展示等

- 2024年2月1日～4月7日 (標本貸出) 笠岡カブトガニ博物館「IRON FOSSILS」
- 2024年8月9～11日 (外部展示) 高島屋 岡山理科大学わくわくサイエンスフェスティバル
- 2024年7月27日 (標本貸出) ジオの展覧会inあかいわ2024 (地球年代学ネットワーク)
- 2024年9月28～29日 (外部展示) しまなみ映画祭 (広島県因島市HAKKOパーク)
- 2024年11月3～4日 (外部展示) 倉敷市立自然史博物館 博物館まつり

岡山理科大学

古生物学・年代学研究センター事業報告 第5号

2025年3月発行

編集・発行 岡山理科大学古生物学・年代学研究センター

岡山理科大学研究・社会連携機構

〒700-0005 岡山市北区理大町1-1

086-256-9731