

文部科学省 私立大学研究ブランディング事業
恐竜研究の国際的な拠点形成
ーモンゴル科学アカデミーとの協定
に基づくブランディングー

2019年度
事業報告書

2020年 3月
岡山理科大学

文部科学省 私立大学研究ブランディング事業

恐竜研究の国際的な拠点形成 ーモンゴル科学アカデミーとの協定 に基づくブランディングー

2019 年度
事業報告書

私立大学研究ブランディング事業「恐竜研究の国際的な拠点形成」 ――四年間の活動の総括と展望――	1
1. 恐竜研究の国際的な拠点形成ーモンゴル科学アカデミーとの協定に基づく ブランディングーの構想	4
1. 1 事業概要	4
1. 2 事業の計画	5
1. 3 事業実施体制	8
1. 4 平成 31 年度(令和元年度)の実施計画	10
1. 5 施設・装置・設備の整備	11
2. 事業運営報告	12
2. 1 組織	12
2. 2 運営委員会	12
2. 3 定例報告会	13
2. 4 年度末成果発表会と評価委員会	14
2. 5 一般公開シンポジウム	26
2. 6 関連次年度予定行事	27
3. 研究活動報告	29
3. 1 研究活動及び成果の概要	29
3. 2 モンゴルゴビ砂漠での発掘調査	33
3. 3 モンゴル側研究者招聘	36
3. 4 研究成果報告	45

4. 恐竜学博物館	85
4. 1 使命	85
4. 2 理念	85
4. 3 組織	85
4. 4 運営方針	86
4. 5 施設概要	86
4. 6 規定	90
4. 7 危機管理対策	91
4. 8 恐竜学博物館の稼働状況	91
4. 9 恐竜学博物館の整備状況	92
5. アウトリーチ活動報告	94
5. 1 広報活動の総括	94
5. 2 一般向け講演の実施	101
5. 3 展示会の開催	102
6. 研究業績	103
6. 1 著書	103
6. 2 学術論文	103
6. 3 学会発表	107
7. マスメディアへの掲載について	250
7. 1 新聞	250
7. 2 雑誌	251
7. 3 テレビ・ラジオ	251

私立大学研究ブランディング事業「恐竜研究の国際的な拠点形成」 -----四年間の活動の総括と展望-----

石垣 忍

岡山理科大学は、2013年に、林原自然科学博物館の研究部門を引き継ぎ、2014年から生物地球学部のなかに恐竜古生物学コースをもうけて研究教育活動をはじめた。

その当時、私は「なぜ岡山理大で恐竜なんですか？」と多くの人々から質問を受けた。その質問に続く言葉は多くの場合「恐竜が岡山県から出たわけではないのに？」である。「そのような歴史的基盤がなく地域と関係のないことをやっても必ず失敗する」と諭された。私はそれに対して、そんなことはないはずだと考えていた。所詮、歴史的基盤も地域の特色も人が作るものであるからだ。土着の宝物も人が見つけて育てたから宝物になったはずだからだ。

大学を特色づけたユニークな研究は先駆的な例がいくつもあるが、それらは歴史的基盤や地域の特色が最初からあったのだろうか？

有名なところでは京都大学とサル学の関係がある。しかし京都に有名なサル山はなく、チンパンジーの群れもない。近畿大学はマグロの養殖が大学の看板になったが、大学の本体は大阪平野の中でマグロのいる海ではない。

よく見てみると、大学に限らず、組織や地域、都市を有名にしているものは「そこに歴史的基盤や地域の特色（土着の宝物）があったから」ではない場合が多々ある。

京都大のサルも近畿大のマグロも、それぞれが大学の研究ブランディングのシンボルとなったのは大学の中にそれぞれの分野で特徴ある研究をやろうとした高い意志の先駆者集団がいたことが発端である。彼らが大きな熱意で基盤を築き、研究を継続し、成果を上げた。また社会に発信し、世界とつながり、仲間と応援者を増やし、大学を巻き込んで新しい研究の伝統を作って行った。だからそれぞれの大学の特色ある代表的研究ブランドとなった。土着の宝物に頼ったからではなく、彼らが新しい歴史的基盤を作り、大学の特色を作ったのである。

ならば、「恐竜学の岡山理科大学」になるために最も重要なことは何か。それは恐竜をテーマにして特色あるおもしろい研究をやろうとする熱意のある研究者集団がいることである。その集団が高い目標をもって継続的な活動することである。集団と活動が維持されれば、魅力が高まり、おのずとそこは拠点になり、ブランドとなり、人々の信頼と期待と夢を集めるものとなる。

岡山理科大学は2016年に文部科学省私立大学研究ブランディング事業に応募し採択された。その後四年間の活動の中心には12～13名の研究者集団がいて、

活発に研究と成果発信を行った。その活動は、評価委員会の報告（本冊子に収録）で総合評価 A に評される成果を上げることができた。しかも研究ブランディング事業の基本方針の「学長のリーダーシップの下、大学の特色ある研究を基軸として全学的な独自色を大きく打ち出す取り組みを行う大学の機能強化を促進する」ということに、活動内容としても合致していると評価委員会は結論付けている。

五年の予定だった支援期間が四年に短縮されたために、五年目に予定されていることをこの最終報告書に盛り込めないのは残念である。にもかかわらず、初期の計画のうち、この四年間で達成を予定していたことはほぼ達成された。われわれ自身が独自に研究資金を集めて行おうとしている来年度の活動を成功裡に終えれば、恐竜に関する研究活動を、大きく育ててアジアにおける恐竜研究拠点として機能させることができるであろう。岡山理科大学の特色ある研究の柱の一つとすることができるであろう。

それに続けて、われわれはさらに研究拠点の整備をはかり、その活動を強化していく所存である。

さて次のステップが課題である。

京大のサル学ブランドは 70 年、近畿大学のマグロブランドは 50 年の歴史がある。そのいっぽうでブランドにならず消えていった研究プロジェクトも多数ある。岡山理大の恐竜研究は、まだ 6 年である。岡山にあつて 2013 年に活動を終了した林原自然科学博物館の研究を受け継いでいるとはいえ、まだ「良いスタートを切れた」という段階である。しかもこうした伝統は、それを続けて発展させるためのたゆまぬ努力がなければ簡単に消滅してしまう。

恐らく次のステップに必要なことは、オール岡山理大で「岡山理大恐竜学」とでもいうべき、特色ある学際研究的恐竜学を構築することであろう。地質学・鉱物学などの理学はもとより、工学・情報科学・獣医学・教育学・経営学ともつながりながら恐竜を題材にして「おもしろい科学」を探求する輪を大学内につくることである。これによって理大恐竜学ブランドは強固なものになる。

その次に必要なことは岡山理大の研究と教育の輪が、学外の地域社会や地域内の研究機関とつながり、岡山理大恐竜学が岡山恐竜学へと発展することである。

幸いなことに、本研究事業はその終わりを機に、2020 年 4 月から、学内に「古生物学年代学研究センター」を作ることに成功した。また、モンゴルの若手研究者招聘などの交流関係によって、岡山理大とモンゴル科学アカデミー古生物学研究所との協働体制はたいへん強固なものになった。さらにモンゴルの大学とのつながりもでき始めている。

古生物学年代学研究センターはまだ小さな組織である。しかし、古生物学と年

代学を統合し、古生物学の研究に積極的に時間軸を入れることに取り組んでいる研究所はほかにない。その特色は岡山理科大学が得意としてきた年代学の伝統と林原自然科学博物館が得意としてきたモンゴルの恐竜研究を融合して発展させられることにある。次の発展のベースができたことは確かである。小さく産まれたものを、大事に大きく育てて行きたい。

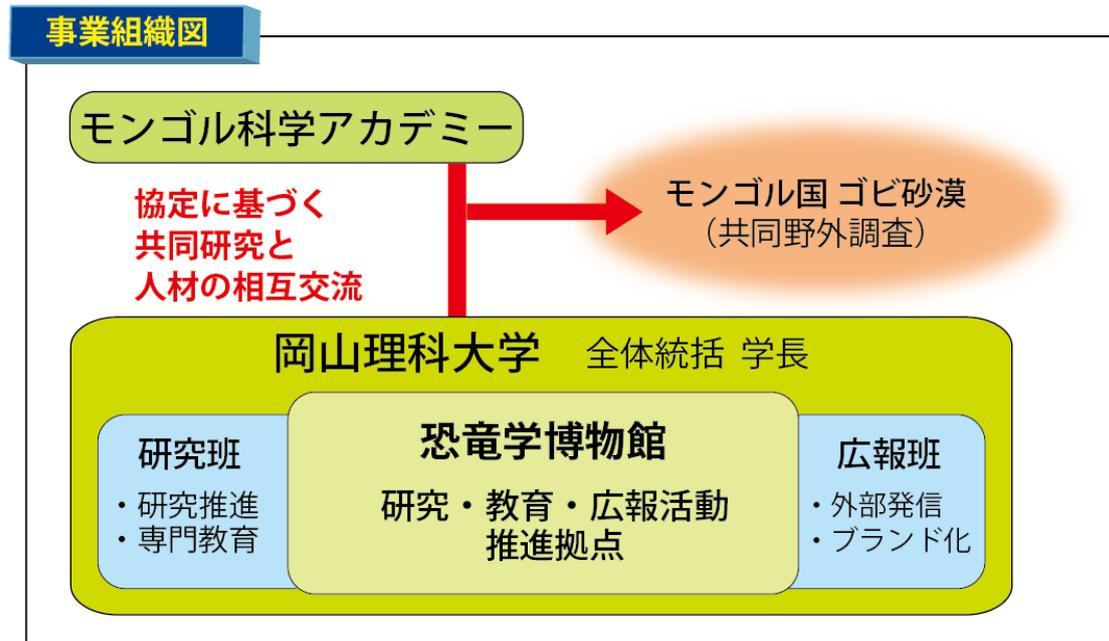
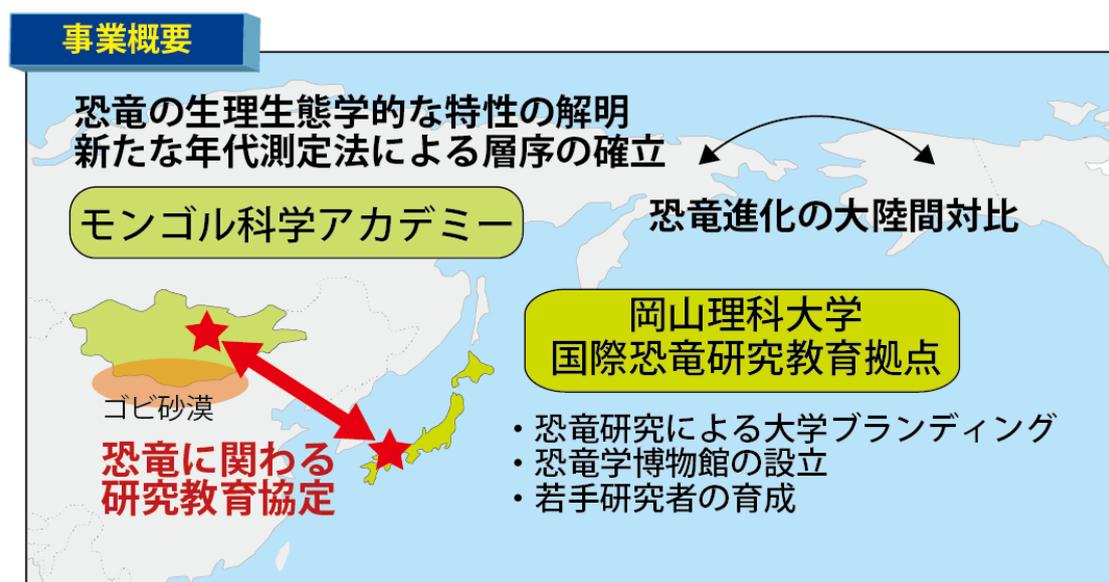
このセンターのもう一つの特色はセンター内の組織として一般への成果発信拠点としての「恐竜学博物館」を持つことである。すでに多くの人を訪れる実績を上げつつあるが、2020年のメイン展示室のリニューアルによって魅力と集客力が高まることが期待される。それは上記の「岡山理科大恐竜学」が「岡山恐竜学」へ、そして世界に発信する日本の恐竜学の拠点となることを基礎から支えることにつながる。

「恐竜といえば岡山理大、岡山市」と認知されるようになることが目的ではない。それは結果としてついてくるものである。今後、20年40年の活動の後に、結果としてそのような認知が広がっているようになるべく、我々は恐竜を題材にして「おもしろい科学」を探求し発信する、意欲溢れる研究者集団であり続けたい。

1. 恐竜研究の国際的な拠点形成ーモンゴル科学アカデミーとの協定に基づくブランディングの構想

1.1 事業概要

本事業は、本学が協定を締結しているモンゴル科学アカデミーとの連携に基づき、ゴビ砂漠で豊富に産出する恐竜化石を対象に骨化石の構造分析や生痕化石の形状から恐竜の生理生態学的な特性を解明するとともに、新たな年代測定法を用いて地質層序を明確にして恐竜進化の大陸間対比を行う。また、研究・教育・広報の機能を持つ恐竜学博物館を本学に設置し、モンゴル及び日本の若手研究者育成と本学のブランド形成の拠点とする。



1.2 事業の計画

1.2.1 事業目的

① 本学と社会情勢に係わる現状

平成 25 年に岡山市にある林原自然科学博物館(以下「林原博」と呼ぶ)が親会社の経営危機によって閉鎖された際、本学はその恐竜標本(実物とレプリカの全身骨格 8 体を含む約 500 点)、研究事業および研究者を承継した。これは日本地質学会、日本古生物学会、国際古脊椎動物学会、地元関係機関等から林原博事業存続と標本散逸防止に関して強い要望を受けたことによる。本学は、その直前の平成 24 年に自然史学的なフィールドワークに重点をおく生物地球学部を発足させ、平成 26 年には同学部内に「恐竜・古生物学コース」を設置して、学生が学士課程から大学院課程まで系統的に恐竜学を学べる体制を整えた。それと並行して、モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所(以下「IPG」と呼ぶ)(現在は組織改編により古生物学研究所)との間に恐竜に関する研究教育協力協定を締結し、同コースの教員と学生が IPG と連携してゴビ砂漠での野外調査を進めてきた。

② 研究テーマの設定

モンゴル国はゴビ砂漠に代表される世界有数の恐竜化石産地を有する。しかし、その化石含有層の詳細な年代が不明なため、全世界を視野にいたした恐竜進化史解明の大きな障害となっている。本事業で年代が特定されれば世界中の標準層序との対比が可能となり、特に環太平洋地域における恐竜進化の大陸間対比ができる。加えて、モンゴル国の化石は極めて保存状態が良いため、骨化石の構造分析や生痕化石の形状から恐竜の生理生態学的な特性の解明が見込まれる。

本学は以前から地質年代学の国内研究拠点として、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業やオープン・リサーチ・センター整備事業などに選定され、先進的な年代測定法の開発を行ってきた。その研究成果は Nature 誌を始め著名な雑誌に多数掲載され、幾多の学会賞も受賞している。本事業ではこれらの研究成果に基づき、IPG との協力協定を最大限に活かし、地質年代学と古生物学、地質学、病理組織学等の研究者が学部横断的に結集して、IPG 研究者と共同研究を推進する。同時に、研究成果の社会広報ならびにアジアの学生や若手研究者の国際教育交流拠点として本学に恐竜学博物館を設置する。この事業を遂行できるのは、林原博の承継・モンゴルとの協力協定・地質年代学拠点という優位性を有し、「恐竜・古生物学コース」という確固とした人材育成の体制が整った本学において他にない。このような優位性・独自性を考慮して、「恐竜研究の国際的な拠点形成」を本学のブランドとして位置づけることとした。

1.2.2 期待される研究成果

① 新たな年代測定法によるモンゴルの地質層序の確立

モンゴル国の恐竜化石含有層は、地質年代を特定できる鍵層や示準化石がないため、60 か所以上存在する化石産地それぞれが、どの地質時代に属するかを正確に特定できていない。学界からはこの問題の解決に対して大きな期待が寄せられている。本研究では、以下の新たな年代測定法を基にゴビ砂漠全域の地質

層序を確立する。

1) 恐竜の骨を形成する鉱物組織が化石として残存し、放射性元素(ウランなど)を含有していれば、その鉱物生成年代は放射年代測定法により決定できる。化石構成鉱物のアパタイトに注目し、カソードルミネッセンス分析(以下 CL と略)により初生アパタイトの特定と分析位置の決定を行い、レーザーアブレーション ICP 質量分析システム(以下 LA-ICP-MS と略)を用い極微量のウランおよび鉛の同位体を定量することにより、化石化した年代を算出する。

2) ゴビ砂漠の地層を構成する鉱物の結晶化学的性質を指標に、堆積層の特徴化を図り層序を推定する。また、堆積岩中の希元素鉱物を対象に放射年代測定法(U-Pb 法、Ar-Ar 法)により堆積時の地質年代を推定する。さらに、堆積物を構成する石英粒子を CL および電子スピン共鳴分析(以下 ESR と略)により結晶化学的性質を定量評価・解析し、ゴビ砂漠全域の地質層序を確立する。これらにより、モンゴル国における恐竜種の生息年代が特定でき、全世界、特に北米に産する恐竜との直接的な対比が可能となり、恐竜の大陸間交流ならびにグローバルな恐竜進化過程の解明に大きく貢献できる。

②生理生態学的な分析手法による「生物としての恐竜」の解明

モンゴル国の恐竜骨化石は世界的に見て傑出した保存状態であり、さらに巢卵化石や足跡化石などの生痕化石も多産する。これを活かし、現生生物の生理学・生態学的研究で近年用いられている分析手法を新たに化石研究に応用することにより、恐竜の生理機能では成長過程や病理組織の特徴を、生態では集団行動や繁殖行動などの社会性を明らかにする。さらに、分析結果を鳥類や近縁の有羊膜類の結果と比較することで、恐竜がどのような生理生態学的特徴を持ち、どのような進化段階にあったのかを解明する。モンゴル化石の質の高さと豊富さは、こうした生物学的解析に最適で、他国産の化石では成し得ない画期的な成果が期待される。

1) 卵化石の中の胚や幼体、小型化石、病変骨化石などの標本を対象に X 線 CT スキャナー解析や骨組織薄片観察を行う。多様な恐竜種それぞれの成長や生理学・病理学的な特徴を解明する。

2) 3D レーザースキャナーにより、恐竜足跡化石の広範で大量のデータを取得し、多様な恐竜の社会的行動解析を行う。恐竜から鳥への進化過程で鳥類に見られる行動学的特徴がいつどのように獲得されたかを明らかにする。

③成果の測定方法や自己点検・評価及び外部評価の実施体制

定例報告会：年 3 回開催。研究者各自の研究進捗状況を報告し議論を深める。課題点は自己点検後、対策を研究リーダーに報告し改善する。

研究成果発表会：年 1 回開催。年度末に学内外に公開して年度研究成果発表の場とする。発表内容は研究成果報告書としてとりまとめる。

評価委員会：年 1 回開催。研究成果発表会に引き続き、外部評価委員会を開催する。年度目標達成評価と、各委員の専門性に立脚した評価を実施し報告書を作成する。各研究者は実務改善案を策定し、リーダーが査閲して全学研究推進会議に報告し助言を得る。

国際会議の開催：最終年度には学会を本学に誘致し、さらに海外から関連研究者を招聘して国際会議を開催する。これらの場で本研究事業成果を発表するとともに議論を行う。参加者から助言を得て全体を総括し、将来への展望を明確にする。また最終研究成果報告書をまとめる。

1.2.3 ブランディングの取組

① 本学でのブランディングの取組と、本事業への応募について

本学は平成21年から「理科の魅力を身近に体験できる大学」をコンセプトにブランディングに取り組んできた。フィールドワークを特色とする生物地球学部の設置（H24）や日本初の「恐竜・古生物学コース」の開設（H26）はその実行例である。今後さらにブランディングを進めるには一般社会や人々の意識の中にはっきりした本学の「アイコン（象徴的イメージ）」を形成する必要がある。

平成28年5月に学長裁量経費による「プロジェクト研究推進事業」を学内公募し、多数の応募の中から公開コンペで「恐竜研究の拠点形成」プロジェクトを最優秀に選定した。本学では恐竜が本学のブランディングの「アイコン」にふさわしいと判断し、私立大学研究ブランディング事業に応募してさらに発展させることとした。

本事業は、本学が地質年代学の国内研究拠点であるという優位性と、林原博が約20年間続けたモンゴル恐竜共同研究事業を承継し発展させているという優位性の、二つの結合があって初めて成し得るものである。恐竜学博物館設立と国際的な交流推進も、人材と標本の集積および国際交流の積み重ねという独自の取組に立脚している。しかも、恐竜という社会的に関心の高いテーマに最先端の手法を用いて探究することは、科学に対する一般の期待や親しみを高めるという社会的な効果も持ち、本学に対する社会からの認知と期待感を高めることにもつながる。本学はこの意義を強く認識して、他大学に類を見ない独自の国際研究教育事業として本事業を推進する。

② 広報活動と大学運営への展望

本事業をブランドとして打ち出すために、4つの活動に力を注ぐ。

1) 好奇心や探究心を喚起する博物館運営

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、学内外から多くの来館者を得る。日常の研究活動を壁面可視化した実験室や研究室を通して一般公開するほか、研究進行中の化石展示や調査の速報展示、作業体験、研究者との交流会などを実施する。

2) 全国へのアウトリーチ活動

展示パッケージ（恐竜の骨格や頭骨類および発掘速報）を作り、全国の展示施設や教育施設へ貸出す。併せて研究現場のおもしろさを伝えるために講演者を派遣する。平成26年度以降、本学の標本群を5回にわたって日本全国に貸し出し、来館者に貴重な機会を提供した。また本学の恐竜研究者による講演会（32回）と本学主催のシンポジウム（2回）で計約3000人の参加を得ている。今後これらの活動をより組織的に推進する。

3) 印刷媒体・放送・ウェブサイトを通じた広報発信

日本の研究者が先端的科学研究を現在進行形で遂行していることをメディアの担当者に効果的に広報する。その際、海外の書籍・映像の和訳版や百科図鑑的な情報との違いを強調し、恐竜研究の「現場」が持つ臨場感を強く打ち出す。具体的には、i) メディア関係者の野外を含む現場への取材受入、ii) 全国レベルの科学普及メディアへの投稿・出演、iii) トピックのタイミングの良いプレス発表、iv) 大学ウェブでの発信に力を入れる。平成 26 年以降、本学研究者による出演や取材受入、連載等は続いているが、今後これらの活動を組織レベルで計画的に取り組み、本学のブランディングに貢献する。

4) 学会と国際会議の誘致

事業の最終年度に古生物学関連の学会と国際会議を誘致し、学内外に本事業の成果と本学の国際化の姿勢を広報する。

これら 4 つの活動はすべて、恐竜を「アイコン」として本学に対する社会の関心を高めるものである。学長のリーダーシップのもと本事業を全学的に支援するとともに、本事業の研究と社会波及の過程は逐次学内に広報し、教職員と学生がブランディングの意義と効果を共有する。本事業の実施により大学全体のブランドへの認識が高まり、理工系私立大学としてさらなる発展が期待できる。

1.3 事業実施体制

1.3.1 実施組織と実施体制

学長が全体を統括し、その下に研究班と広報班においてそれぞれ 1 名のリーダーが運営する。研究班は専門研究遂行と専門教育、国際学術交流や学会の誘致・運営を担当する。研究にかかわる方針や重要事項は学長を議長とする全学研究推進会議で審議する。広報班は研究成果の学内外広報企画立案と遂行、ブランディングの取組みに関する学内広報、アウトリーチの実行を担当する。また、学内に本事業の研究・教育・広報活動の推進拠点となる恐竜学博物館を設置し一般公開する。館の学術と専門教育活動は研究班が、運営と広報は広報班が担当し、館長が統括する。

研究・教育とブランディングの円滑な推進のため、基本方針の全体共有、実行可能な目標の階層的な設定、役割分担の明確化などに関して学長が先頭に立って指揮し、学内関係者が一丸となって取り組む。

1.3.2 国内外機関との連携体制

学長のリーダーシップのもと、両班のリーダーと博物館長は緊密に連携し、事業推進する。

●国際連携：IPG との共同研究や研究者の相互交流をさらに発展させ、国際的な恐竜研究教育拠点形成につとめる。並行して、両国の若手研究者や学生の国際共同指導體制を構築し、室内と野外の両方で教育研究を推進する。事業期間内にモンゴルの研究者と学生をそれぞれ総計 10 名以上日本に招聘する。

●国内での連携：国内の研究協力者との連絡を緊密に保ち、継続的な助言を得るほか、学会等を通じて積極的に研究交流を進める。広報では、本学で行われる報道責任者会議を始めマスメディア・教育関係者との交流を深める。また、外部組

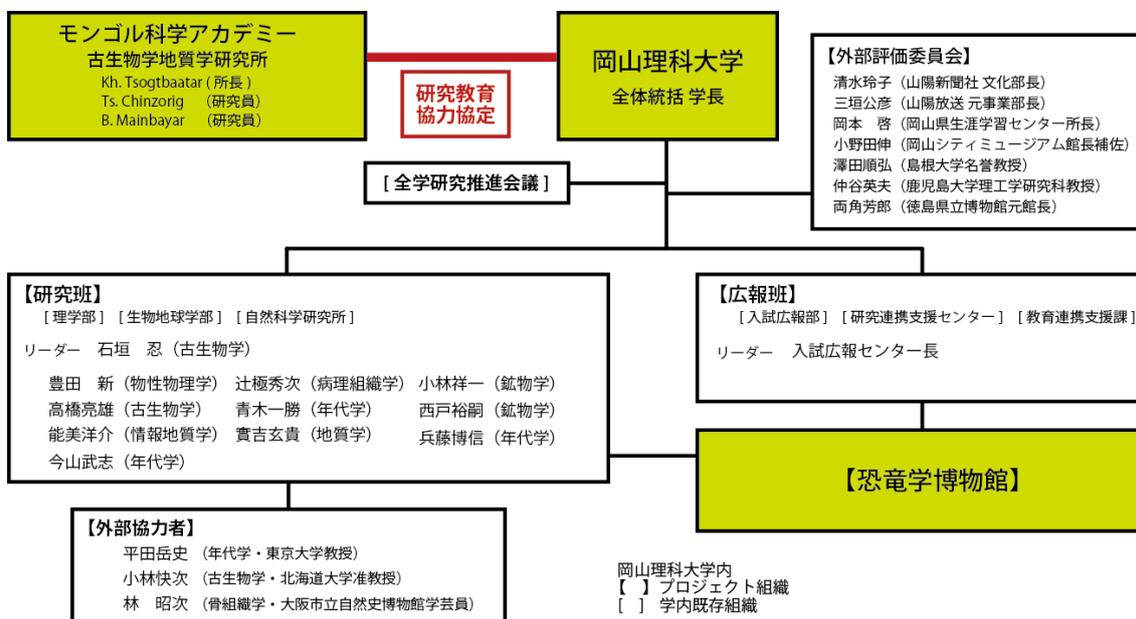
織と協力して成果波及の共同事業を展開し効果的にブランディングを推進する。博物館運営は日本博物館協会や大学博物館等協議会、全国科学博物館協議会と連携し、情報の収集と発信および加盟館との共同事業開催につとめる。

1.3.3 評価体制

全学研究方針に基づく指標設定と、進捗状況管理に基づく自己点検・評価および外部評価委員による外部評価を実施する。評価が確実に業務に反映されるようにチェック体制のフローチャートを作成し、PDCA サイクルを形成する。学長の指揮のもと、各班のリーダーと恐竜学博物館長は評価を成果につなげるサイクルの要となり、緊密に連携して事業を効果的に推進する。

自己点検・評価：構成員がそれぞれ年間達成目標と実行計画およびPDCA サイクルに基づく点検システムを作り、内容を組織全体で共有する。自己点検・評価はこのシステムに則って各自が行うが、定例報告会（年3回）を設け、各自の活動進捗状況を報告して相互点検する。

外部評価体制：年1回、年度末の研究成果発表会時に外部評価委員によって研究成果、広報活動、博物館活動の3点で評価を受け、チェック体制フローチャートに則り改善を実行する。3年目には中間報告、5年目には、最終報告書をまとめるが、その過程において、本研究の社会浸透および研究成果の波及効果を客観的手法（公開アンケートなど）で調査し、大学のブランディングの推進に役立てる。



1.4 平成 31 年度（令和元年度）の実施計画

1. 目標

ゴビ砂漠西部において、化石産出層の地質調査を行い、岩相と分布範囲を明らかにする。この調査に合わせて学生によるゴビ砂漠フィールド教室を開催する。U-Pb 法による恐竜化石の直接年代測定を行う。恐竜学博物館展示を充実させ、同博物館を拠点とした教育・広報活動を推進する。

2. 実施計画

- ①ゴビ砂漠西部において上部白亜系地層野外調査と堆積物試料の採取を行う。
→地質図及び柱状図の作成、分析に必要な試料の採取ができたかで評価する。
- ②堆積物試料の分析から地域内における層序、調査した 3 地域の堆積層の対比を行う。
→層序の対比が行えたかどうかによって評価する。
- ③LA-ICP-MS により骨化石中に生成した鉍物の U-Pb 年代測定を行う。
→年代が得られたかどうかで評価する。
- ④骨化石のイメージング分析から、骨の形成、成長、化石化に伴う元素移動について検討を行う。3 地域の結果を比較し、元素移動モデルを一般化する。
→骨形成・成長モデルや化石化に伴う元素移動モデルの一般化ができたかで評価する。
- ⑤化石と現生の動物骨標本の CT 画像を取得し比較する。
→化石病理標本の比較組織学的検討、地域間の比較ができたかによって評価する。
- ⑥モンゴル足跡化石と国内の現生動物足跡を比較解析する。また、骨化石の組織学的なデータを現生の骨組織データと比較検討する。
→組織学的・生痕学的・系統分類学的なデータの取得と比較解析の進捗で評価する。
- ⑦博物館において、一般向けイベントを企画実施する。また、研究成果の貸出用展示キットを作り、全国の希望する博物館へ貸し出す。（次年度も継続）
→博物館イベントの実施状況、展示キットの貸し出し状況によって評価する。

1.5 施設・装置・設備の整備

施設・装置・設備の基本的な整備はこれまでに下記のように終了している。

(1) 研究施設

整備年度	研究施設名	主な使用目的
H29	恐竜学博物館（研究実験兼展示施設）	研究・教育・広報活動推進拠点

(2) 研究装置

整備年度	研究装置名	主な使用目的
H29	レーザーアブレーション ICP 質量分析システム	鉱物の U-Pb 年代分析および元素イメージング

(3) 研究設備

整備年度	研究設備名	主な使用目的
H28	X線CTスキャナー	化石の非破壊による内部構造解析
H28	3D レーザースキャナー	足跡化石含有層の記録・解析 化石産地の地形と地層の解析
H28	カートリッジミネラル分光システム	化石構成鉱物の特定ならびに 風成堆積鉱物の帰属推定
H28	電子スピン共鳴測定装置用マイクロ波ユニットおよびPCデータシステム	モンゴル恐竜化石含有層の ESR 信号による対比（層序対比・供給源分析）

2. 事業運営報告

2.1 組織

次の教員が本事業に参加した。

生物地球学部・教授	石垣 忍*
生物地球学部・教授	西戸 裕嗣
生物地球学部・教授	能美 洋介*
生物地球学部・准教授	實吉 玄貴*
生物地球学部・講師	林 昭次
生物地球学部・講師	千葉 謙太郎*
理学部・教授	小林 祥一
理学部・教授	兵藤 博信
理学部・教授	辻極 秀次
理学部・教授	豊田 新*
理学部・准教授	高橋 亮雄*
理学部・准教授	今山 武志
理学部・講師	青木 一勝
工学部・教授	衣笠 哲也

*運営委員

運営委員を選出し、事務的な内容を中心に定期的開催される運営委員会で検討した。年3回の報告会を開催し、全員が出席して研究の進行状況について報告及び議論すると共に、運営上の問題を議論した。

本年度には新たに工学部・衣笠教授が事業に参加した。

本事業で設置される恐竜学博物館については、別の組織として運営を進めることとした。2018年度より奥田ゆう氏が博物館専任担当事務員待遇で運営の中核を担った。

青木博士（質量分析計担当の博士研究員）、及び柏木氏（研究補助員）をそれぞれ非常勤で雇用した。

2.2 運営委員会

次のように予算、国際交流対応、学内の対応など主に事務的な内容について協議した。

運営委員会

平成 30 年度

第 12 回 平成 30 年 2 月 27 日

第 13 回 平成 30 年 3 月 6 日

平成 31 (令和元) 年度

第 1 回 平成 31 年 4 月 8 日

第 2 回 平成 31 年 4 月 23 日

第 3 回 令和元年 5 月 16 日

第 4 回 令和元年 6 月 12 日

第 5 回 令和元年 7 月 18 日

第 6 回 令和元年 9 月 20 日

第 7 回 令和元年 10 月 18 日

第 8 回 令和元年 11 月 13 日

第 9 回 令和元年 12 月 11 日

第 10 回 令和 2 年 1 月 21 日

第 11 回 令和 2 年 1 月 27 日

2.3 定例報告会

平成 31 / 令和元年度 成果報告会

日 時 : 令和元年 12 月 26 日 13:10-16:50

場 所 : 50 周年記念館 4 階

千葉 高橋	2019 年度調査で発見された化石について バインシレより発見されたリンドホルムエミス科カメ類 の分類
稲葉・千葉・辻極 小平	モンゴル国ゴビ砂漠産脊椎動物化石からのタンパク質抽出 骨髄骨の再検討について
青木 (一)	鶏は語る : 皮質骨・骨髄骨・卵殻の ICP-MS 分析
林	2019 年度のモンゴル研究についての進捗状況について
野田	モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系バインシレ層より産出した 恐竜卵殻化石について

石垣	足跡化石研究と 3D 技術
伊東・衣笠	動力学モデルを用いた大型竜脚類の旋回運動解析
Mainbayar	Developing Geopark Project in Gobi Desert Fossil sites -The Next Steps-
網本・豊田	モンゴルゴビ砂漠南部 Bugin Tsav 周辺の砂岩の石英の ESR 信号の特徴
竹森・西戸・青木 (一)・青木 (翔)	ゴビ砂漠産恐竜歯化石の U-Pb 年代測定
實吉	4 年間のモンゴル調査と 2019 年夏調査の概要
能美	私立大学ブランディング事業の広報活動
石垣	ブランディング事業の総括

2.4 年度末成果発表会と評価委員会

2018 年度及び 2019 年度末報告会を開催し、外部審査員に事業についての評価を受けた。発表会は公開とし、主に専門的な研究分野の進捗状況とこれからの予定・計画について、外部評価委員及び岡山理科大学教職員と学生を含む約 50 名の聴衆に説明した。また、上記年度末成果発表会の内容をもとに、次の外部評価委員より評価を受けた。

・2018 年度

私立大学研究ブランディング事業－恐竜研究の国際的な拠点形成
平成 30 年度末研究成果発表会および外部評価委員会

日 時： 平成 31 年 3 月 2 日 (土) 9 : 30 - 13 : 00
会 場： 岡山理科大学 C1 号館 8 階理大ホール
発表者： 石垣忍 豊田新 高橋亮雄 能美洋介
参加者： 外部評価委員 6 名，ブランディング事業に関わる他の研究者
学内外の一般聴講者

◎平成 30 年度研究成果発表会

総合司会 石垣忍 (発表時間には質疑応答含む)

9 : 30 - 9 : 50 2018 年度ブランディング事業の概略報告 (野外調査含む)
生物地球学部生物地球学科教授 石垣忍

9 : 50 - 10 : 10 年代測定のためのレーザーアブレーション ICP 質量分析計
の導入とこれまでの測定結果

	理学部応用物理学科教授	豊田新
10:10-10:30	恐竜およびその他陸生脊椎動物化石に関する研究成果	
	理学部動物学科准教授	高橋亮雄
10:30-10:40	私立大学研究ブランディング事業と広報活動	
	生物地球学部生物地球学科教授	能美洋介
10:40-11:00	3年間の活動取りまとめと来年度以降の計画 全体を通しての質疑応答	
	生物地球学部生物地球学科教授	石垣忍

平成30年度 外部評価委員会 平成31年3月2日(土) 11:00-12:30

出席は外部評価委員のみ 外部評価委員会司会 仲谷英夫

外部評価委員 (6名)

鹿児島大学教授	仲谷英夫
岡山大学教授	鈴木茂之
山陽新聞編集局文化部 部長	清水玲子
山陽放送編成事業局企画事業部	三垣公彦
岡山シティーミュージアム館長補佐	小野田伸
おかやま希望学園 学園長	岡本啓

・2019年度

私立大学研究ブランディング事業ー恐竜研究の国際的な拠点形成

平成31年(令和元)度末研究成果発表会および外部評価委員会

日時： 令和2年1月11日(土) 13:30-16:30
 会場： 岡山理科大学 A1号館1階会議室A
 発表者： 石垣忍 豊田新 高橋亮雄 能美洋介
 参加者： 外部評価委員6名 および ブランディング事業に関わる教職員

◎平成28年-令和元年度 研究成果発表会

総合司会 石垣忍

13:30-13:40	4年間のブランディング事業の概略報告(野外調査含む)	
	生物地球学部生物地球学科教授	石垣忍
13:40-14:00	物理化学的手法による恐竜の化石化年代と地層の絶対年代	
	理学部応用物理学科教授	豊田新

- 14 : 00 - 14 : 20 恐竜およびその他の脊椎動物化石に関する研究成果
理学部動物学科准教授 高橋 亮雄
- 14 : 20 - 14 : 50 展示施設の見学
案内 恐竜学博物館 学芸員 奥田 ゆう
館長 石垣 忍
- 14 : 50 - 15 : 10 私立大学研究ブランディング事業と広報活動
生物地球学部生物地球学科教授 能美 洋介
- 15 : 10 - 15 : 30 まとめと全体を通しての質疑応答
生物地球学部生物地球学科教授 石垣 忍

平成 31(令和元)年度外部評価委員会 令和 2 年 1 月 11 日 (土) 15 : 45 - 16 : 45

出席は外部評価委員のみ 外部評価委員会司会 仲谷英夫

外部評価委員 (6 名)

鹿児島大学教授	仲谷英夫
岡山大学教授	鈴木茂之
山陽新聞編集局文化部 部長	清水玲子
山陽放送編成事業局企画事業部	三垣公彦
岡山シティーミュージアム館長補佐	小野田伸
おかやま希望学園 学園長	岡本啓

次ページ以降に次の資料を示す。

- ・ 2018 年度
 - 自己点検評価表
 - 外部評価意見
- ・ 2019 年度
 - 自己点検評価表
 - 外部評価意見

平成30年度私立大学研究ブランディング事業評価表

	目標	実施計画	評価基準	実施状況	自己評価 (SABCD)	外部評価 (SABCD)	委員コメント
實吉	地質層序の確立	前年度と異なるゴビ砂漠東部の地域において上部白亜系地層野外調査と堆積物試料の採取を行う	地質図及び柱状図が作成できたか 分析に必要な試料の採取ができたか	南西部のネメグト層が分布するブギンツァフおよびヤガンホービル地域の地質調査を行い、当該地域の地質図および柱状図を作成した。また、中央部のジャドフタ層が分布するアラグテグやバインザグの調査を行い、地質図および柱状図を作成した。これら地域から、分析に用いる地質サンプルを採取した。	A		
豊田 2	物理化学的基礎データの取得のための堆積物試料の採取	堆積物試料中の各種鉱物について、前年度作成したプロトコルに基づいて分析し、ジルコン生成年代としてのU-Pb年代を求め、これらの指標を用いて、層序の対比を行う。	層序の対比が行えたかどうかによって評価する。	今年度の現地調査において分析用の堆積岩試料を採取した。前年度採取の試料について、ジルコンのU-Pb測定を終え、また石英の電子スピニング測定をほぼ終了した。各地域の層序についてその特徴をまとめた。	B		
高橋 林 千 葉	新たな化石標本の探査と研究・既存化石の研究	西ゴビ地域及び中央ゴビ地域の調査 林原一蒙隊標本の整理の継続と研究の推進	調査が実施できたか 化石が採集できたか 標本整理に着手できたか 骨化石にCL及びLA-ICP-MS分析を適用し、成長が可視化できたか	西部ゴビのブギンツァフにおいて保存の良い大型竜脚類を発掘・採集したほか、タルボサウルスの部分化石、小型獣脚類の幼体、鳥類、カメ類、ワニ類、魚類等の骨化石や、連続したものを含む多数の恐竜類の足跡化石を発見・採集した。中央ゴビでの調査では、ザミンホンドとホンギルでアンキロサウルスの全身・部分骨格を発見し、ツグリキンシレでは、幼体から成体までのさまざまな成長段階のプロトケラトプス標本を採集した。林原一蒙標本の整理を進め、後期白亜紀のカメ類やワニ類、トカゲ類の化石についての再検討により、当時の爬虫類相に関する多くの新発見が得られた。共同調査契約に基づいて借用した化石をもとに、マイクロCT映像を用いた形態学的研究や、CLやLA-ICP-MSの適用による古生理学的研究を進めた。	B		
青木 西 戸	新規研究設備の導入 年代測定体制の確立	最も基本的な年代測定となるジルコンU-Pb年代測定をするためLA-ICP-MSの調整を行う。	導入された装置で標準試料のジルコンU-Pb年代と整合的結果が得られたか	代表的な標準試料を用いて複数回測定を行い、誤差範囲で一致することを確認した。化石からの直接年代測定へ向け、スタンダードサンプルの設定を実施した。次年度以降に直接年代測定を試みる。	S		
辻 極 林	骨微細組織分析用化石試料の作成	IPGの既存標本の調査を行い、骨化石組織分析用標本を採取する。 X線CTの稼働と調整を行う。	骨化石の組織採取と分析を行えたか X線CTを稼働して試行ができたか	骨化石組織の標本を得て分析を進めることができた。X線CTスキャナーを稼働し、さらに天王寺動物園・海遊館の協力を得て、化石および現生の骨標本に関する骨組織学的研究を進めた。特に堅頭竜類と角竜類についての組織学研究を進め、論文出版することできた。	B		
能美 石 垣	恐竜の生態分析	恐竜の生態分析のため、野外で3Dレーザースキャンによるデータ取得を行う。	化石産地で試行スキャンデータの取得ができたか	3Dレーザースキャナーをモンゴルでの足跡化石調査と地形測量に使用できた。また恐竜骨格組上げ設計に活用した。			
豊田 2	IGP研究員の招聘と モンゴルとの 協力契約推進	国際共同指導体制を確立し、モンゴル国の学生の招聘を開始する。(以後毎年継続) モンゴルとの契約の更新を行う。	学生を招聘し、指導体制が確立できたか 覚書の契約更新がなされたか	IPG若手研究員四名を各一か月間ずつ招へい、各分野の教員・院生と共同研究や機器使用訓練を実施した。研究成果は共同論文として次年度に執筆・投稿する。	A		
豊田 2	研究成果の専門公開	学会発表と論文公表	国内および国際学会発表件数 論文(査読有)件数 論文(査読なし)件数	共著を含めて論文(査読有)を9件、論文(査読無)を5件公表した。国内学会発表件数22件、国際学会発表件数は6件、著書2件であった。	B		
石垣	ブランディング 学内の推進体制	運営委員会の開催 評価委員会・年度末発表会の開催 定例報公会の開催 全学的に「恐竜」を使ってブランド推進	運営委員会を定期的に開けたか 評価委員会・年度末発表会が開けたか 定例報告会が三回開けたか	運営委員会はほぼ定期的に開けた。定例報告会(3回)は充実した会となった。年度末に発表会と評価委員会を実施した。工学部・経営学部・教育学部の教員有志と共同研究を開始できた。	A		
石垣	恐竜学博物館の運営	恐竜学博物館において、イベント企画を実施する	博物館がスムーズに運営できているか イベント等は実施できているか 入館者数は予想通りか	週6日、年間約300日の開館を実現した。設立当初はミスもあったが、すぐ改善し、夏場からは順調に運営できた。イベントや出張展示も予定以上に行った。年間外部入場者12,000人超を達成した。	S		
能美 石 垣	研究成果の一般公開	学生指導と講義 対外普及活動(講演やワークショップ) ・報道への話題提供・寄稿や出版 ・公開シンポ開催・Web発信等一般向け講演や小展示、成果のメディア発表等の広報活動を展開する。(以後毎年継続)3年間の研究成果およびプレス発表をはじめとする広報発信の成果をまとめて、中間報告書を作成する。	学生指導や講義での利用状況はどうか 公開シンポが開けたか 出版・報道に話題提供できたか Webページが開設できたか マスコミ発表1回以上、一般向け講演10回、移動展示2回開催できたか	恐竜学博物館は、古生物学実習、野外博物館実習、恐竜学IおよびII、古生態学等で指導に役立てられている。また、モンゴルの調査成果は前記の授業に加えて、地質学、堆積学、古環境学等の講義において利用されている。2018年3月に2017年度の公開シンポジウムを開催。2018年度のシンポジウムは、2019年3月に開催予定。 2016・17年度事業報告書は2018年3月発行済。2018年度報告書は現在印刷中、2019年3月発行予定。また、2016～18年度中間成果概要パンフレット印刷中、2019年3月完成予定。 恐竜学博物館のホームページを2018年5月より公開中。また、本事業ホームページを改善した。 2018年3月以降の新聞等への掲載は13件、連載記事が通年で12回掲載であった。テレビ、ラジオ等では恐竜学博物館からの中継2件、NHK・BSプレミアムでの特番への協力等1件(3回の放映)、さらに2018年度モンゴル共同調査の報告が5社からニュース放映された。一般向けの講演23件、外部展示協力9件であった。	S		

総合評価	S A B C D
------	-----------

岡山理科大学私立大学研究ブランディング事業「恐竜研究の国際的な拠点形成」
平成30年度の活動目標の達成に関する評価と意見

平成31年4月5日 外部評価委員会

代表 仲谷英夫



標記の事業評価を行うために以下の日時場所・日程で外部評価委員会を開催した。その際に発表された事業成果に対する評価と意見をまとめ、ここに報告する。

① 開催日時と報告者、評価委員出席者

日時場所：平成31年3月2日。岡山理科大学C1号館8階理大ホール

日程：9時半～11時 年度末の平成30年度の研究ブランディング活動報告会

(年度末発表会。発表者は以下の四名)

研究リーダー：石垣忍教授 (生物地球学部)

生物系研究統括者：高橋亮雄准教授 (理学部)

地質・年代測定研究統括者：豊田新教授 (理学部)

広報関係統括者：能美洋介教授 (生物地球学部)

11時～12時半 評価委員会 (出席評価委員は以下の六名)

鹿児島大学教授	仲谷英夫
岡山大学教授	鈴木茂之
山陽新聞編集局文化部 部長	清水玲子
山陽放送編成事業局企画事業部	三垣公彦
岡山シティーミュージアム館長補佐	小野田伸
おかやま希望学園 学園長	岡本 啓

以下平成30年度活動と研究成果についての、外部評価委員会での検討内容と評価結果の詳細を報告する。

② 平成30年度目標と実績に対する評価の方法

平成30年度私立大学研究ブランディング事業評価表に基づき各項目について評価を行った。今年度は昨年度とは違い、官公庁で行われる評価基準に基づいた五段階の標語を使用した。

- S. 目標を大幅に上回っている
- A. 目標を上回っている
- B. 目標を概ね達成している
- C. 目標を下回っている
- D. 目標を下回っており、大幅な改善が必要

③ 評価対象となる 11 項目の目標についての判断とコメント

以下に 11 項目の目標について達成度の評価と評価委員会で出された意見をまとめたものを示す。

目標 1 地質層序の確立

A 6名

新しい地域での地質調査とこれまで蓄積したデータにより研究成果が着実に蓄積され、地域間の地層対比が進み、論文化の目処が立っている。

目標 2 物理化学的基礎データの取得のための堆積物試料の採取

A 2名 B 4名

直接の地層年代の決定にはまだ至っていないが、層序の見直しにつながる成果が得られている。石英に対する ESR 法を堆積物の由来の決定に応用した意義は大きい。論文化へつながる成果と評価できる。

目標 3 新たな化石標本の採取と研究・既存化石の研究

A 6名

大型竜脚類の発見の意義は大きく、ニュース性もあり十分に評価できる。これらの化石のクリーニングが進むことによる今後の研究の進展が期待できる。恐竜以外の脊椎動物化石の研究では赤血球、歩行シミュレーションの解析、カメ、魚類等の分類など新しい分野を切り開いており、当時の生態系復元への取り組みが進んでいる。

目標 4 新規研究設備の導入・年代測定体制の確立

S 5名 A 1名

LA-ICP-MS による U-Pb 法年代測定装置が稼働し始め、標準試料による較正がほぼ完了し、ジルコン単粒子レベルでの鉱物年代の測定技術が確立しつつある。化石からの鉛-鉛年代測定の試みは画期的と評価できる。化石の直接年代測定にむけて今後の進展を期待する。

目標 5 骨微細構造分析用化石試料の作成

A 3名 B 3名

地球科学の研究者とは観点の異なる生理学研究者との共同研究が成果を結びつつあり、恐竜化石の組織学的研究分野を新たに確立しつつある。

目標 6 恐竜の生態分析

A 4名 B 2名

3D スキャナーによる分析が足跡化石を記録する方法として有効であることを示しただけでなく、骨格標本のくみ上げに活用できたことはユニークであり、広く分野外の人にも理解しやすい成果である。

目標7 IGP (Institute of Geology and Paleontology) 研究員の招聘と
モンゴルとの協力契約推進

A 6名

日本側学生、モンゴル若手研究者の交流が進みつつある。実験・分析などの指導がていねいに実施され、研究力の養成・向上に貢献している。若手モンゴル研究者の長期滞在による今後の研究の進展に期待する。

目標8 研究成果の専門公開

B 6名

これまでのデータの蓄積により論文化の目処が立った分野もある。今後の進展に期待する。

目標9 ブランディングー学内の推進体制

A 6名

分野を超えた共同研究体制が進み、定期的な報告会の実施が学生の卒論・修論等の教育向上にリンクしている。学生の成長、研究者の相互理解に役立っている。

目標10 恐竜学博物館の運営

S 6名

週6日の開館日の実施、展示も充実し大学キャンパスに年間に12000人以上の家族連れや子供たちの来館者があったことは大変画期的である。博物館が岡山理大の目玉として認知されブランディングとして機能し始めている。岡山県内だけでなく全国から来館者があることやリピーターが多いことも大変評価できる。研究・社会連携推進室が経営学的なノウハウを導入したこともブランディング事業として評価できる。

目標11 研究成果の一般公開

S 6名

岡山理科大学恐竜研究の報道は飛躍的に増加している。新聞等でも興味深い切り口で紹介されている。一般公開において多角的に発信を行い「恐竜研究の岡山理科大学」の知名度を上げると言う点で大いに成果が上がっていると評価できる。県内の他の博物館との協力事業のセンターになって博物館教育の普及に貢献している。恐竜学博物館が大

学教育にも大きく貢献しており、教育の質的向上に重要な組織となっている。マスコミ等でのアウトリーチも活発に行われている。これらを総合的に見て当初の目標以上の成果が上がっていると評価できる。

④ 総合評価及び評価委員会の総合的なまとめ、今後の展望

平成 30 年度についての総合評価は以下の通りであった

S 2 名 A 4 名

恐竜学を中心に学際的な研究が着実に高まってきている。モンゴル若手研究者、岡山理大の学生、地域の子供たちのファンも育っている。これら三年間の歩みは着実であり、ある部分に置いては期待以上である。今後の論文作成など成果を形作る作業への努力を期待する。今後は博物館友の会などボランティア育成等で地域への発信、地域を巻き込む活動として地域ブランドとして成長を期待する。

次年度を最後に事業打ち切りとの報告があるが、今後も「恐竜研究の国際的拠点」となることを目指し、大学のブランドだけでなく、岡山からは恐竜化石が産出しないにも係わらず、恐竜に関する研究者や、興味のある人がたくさんいるという地域であるというブランドが全国的にも認知され、更なる地域貢献へつながることを期待する。

平成28年-令和元年私立大学研究ブランディング事業評価表

	目標	実施計画	評価基準	実施状況	自己評価 (SABCD)	外部評価 (SABCD)	委員コメント
實吉・豊田・青木	新たな年代測定法によるモンゴルの地質層序の確立	ゴビ砂漠に点在する上部白亜系の化石産地の岩相層序を確立し、産出化石の層序対比を実施する。	化石産地内の岩相層序の確立と化石産地間の層序対比が可能になったか。	上部白亜系のBayn Shire層3産地、Djadokhta層4産地、BarunGoyot-Nemegt層3産地の地質調査を実施し、地域地質図の作成に基づき、産地内岩相層序を確立した。さらに碎屑性ジルコンのU-Pb年代や、石英粒子の酸素空孔量を指標とし、果層区分を予察的に実施できた。特に、ジルコンの年代頻度分布解析により、上部白亜系形成時において、供給源の経年変化があったことが解明され、今後の層序対比の指標としての活用が期待される。ただし、上部白亜系を通じた完全な層序確立には至っていない。	B		
青木・西戸	化石に含まれるアパタイト等の元素に注目し直接的年代測定を行う	化石構成鉱物のアパタイトに注目しカソードルミネッセンス分析により初生アパタイト等の元素の特定と分析位置の決定を行い、レーザーアブレーションICP質量分析システムを用い極微量のウランおよび鉛の同位体を定量することにより、化石化した年代を算出する。	化石化した年代を測定できたか。	カソードルミネッセンス分析とLA-ICP-MS元素マッピング分析により、恐竜の歯化石の場合、表面のエナメル質よりもその下部の象牙質にPbの濃集が見られることが分かった。しかし、初生Pbの影響が大きく、得られた年代値は約40-30Maであった。現時点では、この年代値の意味の特定には至っていない。	B		
青木・實吉	モンゴル国における恐竜種の生息年代を特定し、全世界、特に北米に産する恐竜との直接的な対比を行う	恐竜種の生息年代を特定できたか。全世界、特に北米に産する恐竜との直接的な対比が可能になったか。	生息年代を特定できたか。他地域の恐竜との対比が可能になったか。	恐竜化石含層のBayn Shire層に産するカリチのカルサイトU-Pb年代を行い、約90Ma前後の年代値が得られた。カリチの産状および岩石記載に基づくと、得られた年代値はBayn Shire層の堆積年代を示していると結論付けられる。今後この分析法をモンゴル他地域の層準に適用し、年代尺度をいれることで、モンゴル産恐竜と北米産恐竜との直接対比がこれまで以上に進むと期待される。	A		
林・千葉・高橋	生物としての恐竜研究 (1)形態的特徴にもとづく系統分類と共存動物相の解明	恐竜を中心とした脊椎動物化石の系統分類や生理の復元、病理に関する研究の推進のために発掘調査を実施し、脊椎動物化石標本を充実させる。また、こうした化石標本を対象として伝統的な形態学的アプローチにより、恐竜の分類や動物地理と当時の動物相や環境の推移・変遷についての研究を行う。	脊椎動物化石標本を充実させることができたか。恐竜やその他の陸生脊椎動物相の種構成や動物地理に関する知見を深めることができたか。	1) バインシレ層より多くの恐竜類、カメ類、ワニ類および条鰭魚類の化石が得られたほか、保存の良い哺乳類の下顎化石が1点採集できた。また、エルギリンゾー層より、骨内部組織研究に用いる奇蹄類やカメ類等の化石が採集できた。2) ジャドフタ層より産出するプロトケラトプス属の分類について再検討した結果、中央ゴビのウディンサイールでは同属の2種 (Protoceratops andrewsiとP. hellenikorhinus) が共産することが明らかとなった。3) バインシレ層から発見された卵殻化石についての検討の結果、複数種の獣脚恐竜が、東ゴビの同じ場所で繁殖していたことが初めて明らかとなった。4) カメ類についての系統分類を進めた結果、少なくとも2種の未記載種と考えられる淡水生カメ類が確認された。	B		
辻極・林・千葉・青木	生物としての恐竜研究 (2) 骨内部構造の特徴にもとづく恐竜の生理と病理の解明	恐竜化石と現生脊椎動物の骨の内部組織を比較することで、恐竜の生理(主に成長)と病理に関する知見の蓄積を行う。	恐竜の生理や病理の特徴が明らかになったか。	1) ジャドフタ層産のピナコサウルスの化石を対象として、成長に伴う皮骨性装甲の発達について、外部形態の観察とCT画像・薄片検鏡により内部構造の検討を行った。その結果、ピナコサウルスの皮骨性装甲は幼体では発達せず、亜成体の段階で発達すること、さらに尾部の棍棒状の皮骨性装甲は成体で発現することが強く示唆された。2) ゴビ砂漠産の白亜紀後期の恐竜の骨化石における有機物の保存性について検討した結果、骨基質由来の可能性が考えられるタンパク質が検出された。3) 獣脚類(オルニトミモサウルス類)化石を対象とした化学分析と骨組織の観察により、繁殖期のメスにだけ形成される骨髄骨がモンゴルで初めて検出された。4) 病変の所見が外部形態観察から得られているサウロロフスの尾椎を借用し、CT撮影によって内部構造の解析を行う許可を得ることができた(当該標本は1月中旬に理大へ到着する予定)。5) 鶏の骨と卵殻にICP-MS分析を適用した。その結果、骨髄骨と皮質骨の間にCa同位体比の違いだけでなく、MnやZnといった骨形成因子元素の濃度の違いがあることが分かった。	B		
能美・石垣	「生物としての恐竜」の解明 (3) 足跡化石にもとづく恐竜の行動生態の解明	生物としての恐竜研究 (3) 足跡化石にもとづく恐竜の生態力学的特徴を明らかにする。	足跡化石の適切なデータ収集法についての検討ができたか。恐竜の歩行様式に関する検討を進めることができたか。	1) 足跡化石を適切な形でデータ化する方法について検討を行った。その結果、足跡化石の大きさと産地の規模に応じてドローン撮影、3Dレーザースキャン、通常撮影写真にもとづくPhotogrametry処理の使い分けが最善であることが明らかとなった。2) 大型竜脚類の旋回行跡に認められる内輪差(内軌道差)について、昨年の動力学モデルに改訂を加えて検討を行った。その結果、竜脚類の内輪差は前肢の操舵比が高いことにより生じることが推定された。	B		
石垣	自己点検・評価及び外部評価の実施体制	定例報告会:年3回 研究成果発表会:年1回 外部評価委員会:年1回 国際会議の開催	それぞれの報告会・発表会が開催されたか。	運営委員会をほぼ月に一回開き続けた。定例報告会の年三回態勢もほぼ維持できた。成果発表会と外部評価委員会は28年度29年度30年度は同日に開催できた。31年度については外部評価委員会を1月に開く。同年6月に、日本古生物学会を理大へ誘致して、国際シンポジウムと一般向けの成果発表を兼ねた公開シンポジウムを行うことを決定した。	B		
能美・石垣	研究成果の一般公開	A. 好奇心や探究心を喚起する博物館運営 B. 全国へのアウトリーチ活動 C. 印刷媒体・放送・ウェブサイトを通じた広報発信 D. 学会と国際会議の誘致	それぞれの項目について実施されたか	A1. 一般来場者が2019年10月に2万人を超えた。現時点では2万4千人程度の入場者となっている。 A2. 近隣の博物館等と協力したスタンプラリーなどのイベントやサマースタディー、夏休みと新年のレクチャーなどの博物館主催イベント、本学図書館との共同イベントなどを行なっている。 A3. 恐竜学博物館メイン展示室の全面改装を2月から実施し、5月までに完了する予定である。サテライト展示は学生と教員が協力して展示更新を続けながら維持している。 B1. 外部での講演の他、各種イベントで化石発掘体験等のブース展示を実施した。化石標本等貸出しや資料提供を大規模恐竜展や博物館に対して行った。 C1. 山陽新聞への連載記事提供、モンゴル調査関連や博物館展示、恐竜古生物学コースの学生の活動などを紹介する記事やテレビ・ラジオ番組が放送された。 C2. 恐竜研究ブランディングのホームページを作成し活動状況、新聞記事、公表論文などを閲覧できるようにした。 C2. 恐竜学博物館を開館する前から開設に至る過程をホームページで公開した。その後、恐竜学博物館のホームページを開設し運用中である。 D1. 2020年度(本来の計画では事業5年次)に古生物学会を誘致し国際シンポジウムを開催することが決定している。 (その他) 大学ブランディングとのタイアップにより恐竜研究をアピールするコンテンツを数多く実施し、志願者獲得や知名度の向上など一定の成果が出ているのではないと思われる。	A		

総合評価

S A B C D

岡山理科大学 私立大学研究ブランディング事業「恐竜研究の国際的な拠点形成」
平成 28～令和元年度にかけての四年間の活動目標の達成に関する評価と意見

令和 2 年 2 月 1 日 外部評価委員会

代表 仲谷英夫 印

標記の事業評価を行うために以下の日程で外部評価委員会を開催した。その際に発表された事業成果に対する、評価委員会の評価と意見をまとめ、ここに報告する。

① 開催日時と報告者、評価委員出席者

日時場所：令和 2 年 1 月 11 日 13:00-16:30、岡山理科大学 A1 号館 1 階会議室 A

日程：13:00-14:30 年度末および最終の研究ブランディング事業活動報告会（年度末発表会）。発表者は以下の四名

研究リーダー：石垣 忍教授（生物地球学部教授）

地質・年代測的研究統括者：豊田 新教授（理学部）

生物系研究統括者：高橋 亮雄教授（理学部）

広報関係統括者：能美 洋介教授（生物地球学部）

15:00-16:30 外部評価委員会（出席評価委員は以下の六名。欠席者無し）

鹿児島大学教授 仲谷 英夫（取りまとめ担当）

おかやま希望学園 学園長 岡本 啓

岡山シティーミュージアム館長補佐 小野田 伸

山陽新聞編集局文化部 部長 清水 玲子

岡山大学教授 鈴木 茂之

山陽放送編成事業局企画事業部 三垣 公彦（五十音順）

研究成果報告会では本事業各部門担当者より平成 28～令和元年度にかけての四年間の研究成果及び事業活動の報告を受けた。また、恐竜学博物館の現場を見ながら改装計画や教育活動の説明を受けた。そのあと、外部評価委員会を開催した。以下に内容と評価結果の詳細を報告する。

② 評価記号の基準

大学より提出された「平成 28-令和元年度-私立大学研究ブランディング事業評価表」に基づき、各項目について評価を行った。評価はいずれも文部科学省による評価基準にしたがって、以下の S, A, B, C, D により行った。

S：目標を大幅に上回っている

A：目標を上回っている

B：目標を概ね達成している

C：目標を下回っている

D：目標を下回っており、大幅な改善が必要

③ 評価対象となる 8 項目の目標についての判断とコメント

申請書に書かれた、当初の 8 項目の目標について、達成度の評価と評価委員会で出された意見をまとめたものを以下に記す。

目標1 新たな年代測定法による地質層序の確立する A3名 B3名
岡山理科大学の強みである年代学に関する研究力を恐竜研究に生かした取り組みが進められた。また、岩相を基礎とした層序の対比と年代の関係を明確にすることができた。幅広い調査が着実に進められ、今後が期待される。全体として当初計画した研究を進め、結果を導き出している。

目標2 化石に含まれるアパタイト等の元素に注目し化石の直接的年代測定を行う

A2名 B4名
結果は予測の範囲に収まらなかったが、アパタイトの U-Pb 年代の限界や Pb の濃集プロセスの役割を明らかにできたことは評価できる。保存のよい化石が得られれば U-Pb 法も有効になるのではないかと期待される。今期間の研究蓄積を活かして、この取り組みの成果が上がることを期待する。

目標3 モンゴルにおける恐竜種の生息年代を特定し、全世界、特に北米に産する恐竜との直接的な対比を行う S 5名 A 1名

カリッチを使った U-Pb 年代決定は、火山灰などの鍵層がない地層において、新しい時代決定の方法論を確立する目途をつけた。今までのモンゴルの層序概念を覆すもので画期的である。国際的に高い評価を得られるものである。今後、モンゴルの恐竜の生息時代の詳細な特定につながる大きな成果と言えよう。

目標4 生物としての恐竜研究(1) 形態的特徴に基づく系統分類と共存動物相の解明 A 6名

哺乳類、卵化石、カメ化石からそれぞれ重要な知見が得られ、恐竜だけでなく多様な動物群をカバーするまでになった。将来的な成果の創出の期待は標準以上である。今後の論文化が期待される。

目標5 生物としての恐竜研究(2) 骨内部構造の特徴に基づく恐竜の生理と病理の解明 A 4名 B 2名

生理や病理について研究手法が構築され多彩な研究手法で成果を上げている。今後の成果が期待される。特に X 線レーザーCT スキャナーを活用した、よろい竜の装甲の成長段階や性差の研究、骨化石からのタンパク質や骨髄骨の発見は高く評価できる。

目標6 生物としての恐竜研究(3) 足跡化石に基づく恐竜の行動生態の解明 S1名 A 4名 B 1名

足跡化石の記録と解析方法で様々なアプローチが試され重要な成果を上げている。ドローンやレーザー スキャナーなど最新の機材の投入が成果につながっている。工学分野からの解析もユニークである。今後、成果の論文化とともに展示等における発信が期待される。

目標7 自己点検・評価及び外部評価の実施体制 S1名 A 5名

定例報告会、年度末発表会、自己点検と外部評価委員会の開催はほぼ予定通り行われた。運営は組織立って行われ、野外調査・室内研究がスムーズに進められた。発信においては研究発表が継続的に行われ、学会発表と論文は増加傾向にある。し

かし期間が5年から4年に短縮されたこともあり、論文の出版が期間内に終わっていない内容も多い、今後の論文化が期待される。講演会や展示物の一般公開事業（大学及び出張展示）が企画され地域貢献は浸透しつつある。最後の仕上げとしての古生物学会年会（2020年6月）を岡山理科大に誘致できた点が評価できる。

目標8 研究成果の一般公開

S 5名 A 1名

恐竜学博物館が市民に親しまれ親子連れが学内に見られるのは殆どの他大学にならない光景である。他大学や博物館、地元との連携もよく取られている。昨年、地元岡山で開催された恐竜展では岡山理科大も協力し、来場者7万人を記録した。その他の成果一般公開事業の実施状況も多彩で、予想以上の成果と言える。一般向けの広報等活動は博物館と講演活動により4年間で非常に大きな実績を生み出した。テレビ新聞に良く取り上げられ一般に地球科学の重要性を広めた意義は大きい。全国からの入学志願者も増えて、新たな大学のブランドを築いたといえ、さらなる発展が期待される。学内的には授業や実習への反映だけでなく学生自身の活動が学びと自信につながって教育効果をあげている。今後、地元の小中学校や公民館での講演や地元企業と連携した教材開発などにつなげることを期待する。

④ 総合評価及び評価委員会の総合的なまとめ、今後の展望

四年間の活動についての総合評価は以下の通りであった S 2名 A 4名

事業全体として「私立大学研究ブランディング事業」の趣旨と良く合致し、岡山理科大学の強みやスタッフの専門性を最大限に生かして成果を上げることができた。共同研究がよく機能し、ゴビ地域の既存の結果を大きく書き換える方向に進んでいる。モンゴルの研究者を毎年招聘するなど研究の国際的拠点づくりが進んだ。一般普及の面では、恐竜学博物館が開館後約1年8か月で外部入場者2万人を超え、地域の科学への関心を引き付ける成果を上げた。活動の意義は大きい。ファンの組織化など今後の展開の仕方だけでなく地域にとってのブランドとなりえる。さらに「岡山理科大学 古生物・年代学研究センター」の設立（2020年4月から）につながったことも素晴らしい成果で今後も活動が継続されることとなった。今後より一層の研究成果と発信、ブランド力の向上、科学普及と地域貢献が期待される。

2.5 一般公開シンポジウム

上記の年度末研究成果発表会、外部評価委員会に引き続き、一般公開シンポジウムを開催した。当日は会場の理大ホール前ロビーにて、発掘現場の写真や標本類も展示した。この講演会には、小学生とその保護者を中心として、約 150 名の参加があった。今回のシンポジウムでは、世界中で研究を行ってきた若手恐竜研究者を日本各地から招き、恐竜研究についての現状を俯瞰するとともに、恐竜研究者を目指すきっかけ、研究テーマとの巡り会い、恐竜研究の魅力などについて講演するシンポジウムを開催した。

私立大学研究ブランディング事業公開シンポジウム

「集え！若手恐竜研究者～日本からの研究発信～」

日時： 平成 31 年 3 月 2 日（土）14:00～17:00

会場： 岡山理科大学 C1 号館 8 階 理大ホール

対象： 一般

参加費：無料

プログラム

14:00 - 14:10 開催挨拶

岡山理科大学学長 柳澤康信

14:10 - 14:35 恐竜の卵は面白い！

筑波大学助教 田中康平

14:35 - 15:00 化石と遺伝子をつなぐ

理化学研究所研究員 平沢達矢

15:00 - 15:15 休憩

15:15 - 15:40 どうすれば分かる？恐竜のオスとメス

岡山理科大学助教 千葉謙太郎

15:40 - 16:05 歩き方が決めた恐竜の運命？

東京大学総合研究博物館特任研究員 久保泰

16:05 - 16:20 休憩

16:20 - 16:50 パネルディスカッション・質疑応答

司会 岡山理科大学講師 林昭次

16:50 - 17:00 閉会挨拶

岡山理科大学教授 石垣 忍

2.6 関連次年度予定行事

本学ブランディング事業で立案した事業計画に従い、日本古生物学会 2020 年年会・総会を 6 月 26 日～28 日まで岡山理科大学（岡山キャンパス）で開催する案を日本古生物学会常務委員会に提案した。日本古生物学会の年会および大会では、毎回、開催研究機関が特定のテーマに焦点を当てたシンポジウム等を開催することが慣例となっている。そこでこの提案では、年会・総会初日に「モンゴル恐竜研究最前線—高精度年代層序の確立と白亜紀化石動物相の解明をめざして」と題した国際シンポジウムを開催する案もあわせて提案した。その結果、シンポジウム案を含む日本古生物学会 2020 年年会・総会の岡山理科大学での開催案は同学会常務委員会より承認された。本学会では参加者 300 名程度を見込んでいる。このほかりニューアルされた岡山理科大学恐竜学博物館の解説を中心とした一般向け講演会が計画されている。以下に開催が承認されたシンポジウムおよび一般普及講演会案の詳細を示す。

日本古生物学会 2020 年年会・国際シンポジウム

日時：2020 年 6 月 26 日（金）13：00～16：35

会場：岡山理科大学 C1 号館 8 階 理大ホール（岡山市北区理大町 1-1）

シンポジウム：モンゴル恐竜研究最前線—高精度年代層序の確立と白亜紀化石動物相の解明をめざして

開催趣旨：ゴビ砂漠は世界有数の恐竜化石の産地としてよく知られており、陸生化石動物群の種多様性や進化などに関する多くの重要な知見をもたらしてきた。一方で、これらの化石を含有する堆積層は、火山灰や火成岩類を挟在せず、また露頭にも連続性がないため、多くの化石産地の詳細な年代は明らかとなっていない。このような背景から、ゴビ地域に分布する地層の年代層序の確立が強く求められてきた。今回のシンポジウムでは、モンゴルの化石含有層の絶対年代と恐竜を中心とした脊椎動物化石に関する最新の研究成果を紹介するとともに、今後のモンゴルと他地域、特に北米の間の化石脊椎動物相の対比に関する将来の展望を俯瞰したい。

コンビーナー：石垣 忍・實吉 玄貴（岡山理科大学）

スケジュール：

13：00～13：20 趣旨説明 石垣 忍・實吉 玄貴（岡山理科大学）

13：20～13：45（25分）

Khishigjav Tsogtbaatar（モンゴル科学アカデミー）

モンゴル産標本にもとづくハドロサウルス科の進化と大陸間分散

13：45～14：10（25分）林昭次・千葉 謙太郎・實吉玄貴（岡山理科大学）

「モンゴルの白亜紀後期恐竜相と古環境」

14：10～14：35（25分）青木翔吾・青木一勝（岡山理科大）

ゴビ砂漠の上部白亜系におけるカルクリートを使った年代測定の結果とその意義について

14：35～14：50 休憩（15分）

14：50～15：20（30分）David C. Evans（トロント大学）

「北米の白亜紀後期の恐竜の多様性と動物地理」

15：20～15：45（25分）小林快次（北海道大学）

「北東アジアと北米の白亜紀後期の恐竜の多様性と動物地理」

15：45～16：05（20分）高橋亮雄（岡山理科大学）・平山 廉（早稲田大学）

「モンゴルと北米の白亜紀後期カメ類の種多様性と動物地理」

16：05～16：35（30分）総合討論 實吉玄貴・石垣 忍（岡山理科大学）

一般普及講演

日時：2020年6月28日（日）1時間程度を予定。

会場：岡山理科大学 C1号館8階 理大ホール（岡山市北区理大町1-1）

「恐竜博物館ができるまで」

内容：本学恐竜学博物館の創設とリニューアルの背景を紹介する。

3. 研究活動報告

3.1 研究活動及び成果の概要

3.1.1 現地調査の概要と成果

ゴビ砂漠に分布する上部白亜系は、下位よりバインシレ層、ジャドフタ層、バルンゴヨット層、ネメグト層に区分される。これらは東ゴビ（バインシレ層）、中央ゴビ（ジャドフタ層）、南西ゴビ（バルンゴヨット層・ネメグト層）と分布地域が大まかに区分される。2019年度の調査では、これまでの上部白亜系調査に加え、ゴビ砂漠東部に分布する古第三系 Ergilin Dzo 層を調査対象として、主に哺乳類化石発掘調査と地質調査を新たに実施した。これは、後述する化石の生理生態学的研究に関係する化石標本の採取を目的とした。さらに、東ゴビに分布する Bayn Shire 層の再調査を行い、各種化石方標本の採取と地質調査を実施した。これらの詳細については後述する。さらに、上部白亜系最下部の Bayn Shire 層の年代決定に引き続き、最上部の Nemegt 層の年代決定を目的に、ゴビ砂漠南西部に分布する Nemegt 層分布域にて、年代測定用試料（カリーチ）の採取作業を実施した。

3.1.2 恐竜化石の直接年代測定の試み

今年度には、脊椎動物化石中のアパタイト鉱物の LA-ICP-MS U-Pb 年代分析を、ネメグト層産タルボサウルス化石の歯部（象牙質）2試料とジャドフタ層産プロトケラトプス化石の歯部（象牙質）1試料の合計3試料について分析を試みた。分析個所については、LA-ICP-MS 元素マッピング分析を行い、親核種である U が含まれると判断される象牙質の箇所を選定した。その結果、ネメグト層産タルボサウルスについて 37.9 ± 6.0 Ma, 33 ± 18 Ma、ジャドフタ層産プロトケラトプスについて 20 ± 26 Ma という値が得られた。昨年分析結果と同様、それぞれの層の堆積年代より有意に若い結果となった。歯の象牙質部分は千万年のオーダーで後の年代まで元素の移動があることを示していると考えるのが妥当であろう。さらに多くの歯を試すと共に、元素の移動がより少ないと考えられるエナメル質の分析を検討する必要があるのかもしれない。ただ、この場合分析できる量の U, Pb が検出できるのかどうかという問題がある。

3.1.3 炭酸塩堆積物の年代測定

モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石産出堆積層の中には、硬い炭酸塩を多く含む層準が存在する。地下水面の上昇や、河川、湖が干上がる際に形成したと考えられるが、これが堆積年代と密接に関連していれば、堆積層の形成年代を求めることができるかと期待される。そこで、LA-ICP-MS による炭酸塩堆積層の U-Pb 年代測定を試みた。

標準試料 WC-1 を分析したところ、 248.9 ± 9.7 Ma が得られ、標準年代 254.4 ± 6.4 Ma と誤差の範囲で一致することから、問題なく年代測定が行えることを確認した。

モンゴルゴビ砂漠東部 Khongil Tsav のバインシレ層の炭酸塩堆積物 3 試料について LA-ICP-MS による U-Pb 年代測定を行ったところ約 90 Ma の年代が得られた。論文を現在投稿中であるが、モンゴル白亜系において堆積岩層から直接形成年代に関する絶対値を世界で初めて得ることができた。

3.1.4 堆積層中の石英の分析

堆積層に主要構成鉱物として含まれる石英の起源の推定、また、層序間の対比を行うために、西部の Bugin Tsav 周辺の堆積物の石英の電子スピン共鳴測定を行った。小規模な河川堆積環境の Middle Nemegt 層から湖の形成時期を経て大規模な河川環境となる Upper Nemegt 層に至る過程で、石英の酸素空孔量が増大しており、堆積場の後退と対応した堆積物の供給源の変遷が示唆される結果となった。

一方、この石英の結晶化年代と相関することがわかっている酸素空孔量（熱処理後の E1' 中心の信号強度）についてのこれまでの測定結果をまとめたところ、Shar Tsav 付近の層序を除き、東部、中央部、西部の順に酸素空孔量もおおまかに小さくなっていることがわかった。モンゴルゴビ砂漠の堆積層について、今後、酸素空孔量を調べることによっておおまかに層序を予想することができるかもしれない。

Nemegt 層と考えられている東部 Shar Tsav 周辺の堆積層の石英の酸素空孔量については、他の東部の堆積層の値と一致した。地質調査の結果、Bayshin Tsav 付近と Shar Tsav 付近の層序が一連のものであることが、本事業の成果として得られており、これと整合的な結果である。Shar Tsav 付近の層序がより古い Bayin Shire 層と対応することを示唆するかもしれない。そもそも、Shar Tsav 周辺の堆

積層が Nemegt 層であると考えられているのは、西部の Nemegt 層で発見されている *Avimimus* がここで発見されたからであり、Shar Tsav 付近の堆積層が 90 Ma 程度の Bayin Shire 層であるということになると、*Avimimus* が 90 Ma から 70 Ma までモンゴルに生存していたということになる。

3.1.5 生物としての恐竜の解明へ向けた研究成果の概要

恐竜類の姿勢や運動および行動を明らかにするために、本事業ではモンゴルのゴビ砂漠の上部白亜系より多産する足跡化石を広く探索するだけでなく、産状に応じたデータ収集法の確立にも努めた。足跡化石にはさまざまな産状が知られており、単体の足跡として保存されているものから、単一の個体に帰属する足跡行跡のほか、多数の個体の行跡がまとまって産することも少なくない。一方で、そうした化石についてのデータ収集には、時間や計測およびイメージ化において多くの制約を伴っていた。こうした背景のもと、本事業では 3D 技術などの新しい研究技術を積極的に取り入れ、化石の産状に応じて最も効果的なデータ収集法の確立を試みた。

本事業で新たに発見された足跡化石のうち、重要なものとしてはとして足印の長さが 1m を超す世界最大級の竜脚類（ハヴィルギーンゾー産）、極端に広い行跡幅の竜脚類（シャルツァフ東部産）、保存の良い前足印を伴う竜脚類（グリリンツァフ産）、世界最大級のアンキロサウルス類とタルボサウルスのものと考えられる大型の獣脚類（ブギンツァフおよびグリリンツァフ地域産）といった行跡化石が挙げられる。これらには体化石が未だ見つからないものも含まれており、白亜紀後期のモンゴルに生息した恐竜類の生活圏と種多様性についての新たな知見をもたらした。本事業では、こうした新知見を積極的に学術論文等にまとめ発表しただけでなく、広く一般への普及啓発にも努めた。

適切なデータ収集法の確立においては、測量用の 3-D レーザースキャナー、ドローン、フォトグラメトリーなど最新の機器やソフトウェアなどの導入も積極的に行い、伝統的な足跡化石の記録法と合わせてデータ取得を実施した。その結果、3-D 技術が足跡化石研究を本質的に高められることが明らかになったものの、目的や研究対象に応じて方法の選択や組み合わせが効果的であることが判明した。このほか、ロボット工学を応用した解析は、今後のさらなる研究の推進により、恐竜の姿勢や歩行運動様式、社会性に関する理解が深まることが期待される。

恐竜の生理と成長についての研究では、ゴビ砂漠の上部白亜系産の堅頭竜類や角竜類、鎧竜類の成長様式の解明をめざし、体化石の比較形態学的研究にくわえ骨薄片を用いた成長様式の復元を試みた。なかでも成長段階が異なる同一の種の可能性が示唆されていた *Prenocephale* と *Homalocephale* (堅頭竜類) が、それぞれ異なる種であることを明らかにした研究 (Evans, Hayashi, Chiba et al. 2018) は、当該分類群に関する知見を大いに深めた。また、角竜類に関しては、骨組織の解析による *Psittacosaurus* の成長様式の解明 (Zhao, Hayashi et al., 2019) のほか、中央ゴビのジャドフタ層から排他的に知られるとされていたプロトケラトプス (*Protoceratops andrewsi*) が、実際には内モンゴルの同時代の地層から知られる *P. hellenikorhinus* とウディンサイールにおいて同所的に分布していたことが示された。さらに鎧竜類に関しては、この群を特徴づける装甲が、個体発生における成体に達する段階で急激に発達することも明らかになった。このほか、恐竜化石からの残存タンパク質の抽出および恐竜 (サウロロフス) の骨化石に認められる病理学的所見についての研究にも大きな進展が見られた。

本事業では、ゴビ砂漠の上部白亜系の陸水環境の解明と生物層序の確立を念頭に、恐竜以外の陸生脊椎動物化石についての系統分類学的研究も実施した。その結果、この地域より多産するカメ類化石については著しい研究の発展がみられ、東ゴビに分布するバインシレよりリンドホルムエミス科とアドクス科でそれぞれ未記載種が確認された。こうした成果は、後期白亜紀初期の東ゴビでは、従来考えられてきたより多様な淡水生カメ類相が育まれていたことを示す一方、これまで地層の対比に用いられてきたリンドホルムエミス属の一種 (*Lindholmemys martinsoni*) に少なくとも2種以上が含まれていることが強く示唆され、その分類に大きな問題があることが明らかとなった。パラリゲータ科ワニ類については、ブギンツァフ (ネメグト層分布域) 産の保存の良い化石を用いて比較検討を進めた結果、科レベルの階級において分類形質が適切に明示できていないことが明らかとなった。この化石の分類学的帰属を明らかにするために、今後、種内変異とされてきた形質について適切な比較標本を用いた再検討が望まれる。このほか、西ゴビのヘルミンツァフ (バルンゴヨット層とネメグト層が分布) 産および中央ゴビのウディンサイール (ジャドフタ層が分布) 産の保存の良いトカゲ化石についても予察的に検討を進めたところ、それぞれがギルモレテイウス科 *Gilmoreteius* 属とオオトカゲ上科 *Estesia* 属に帰属することが示唆された。今後の研究の推進により、モンゴルの白亜紀後期の陸生脊椎

動物相の種構成と当時の陸水環境に関する知見の充実が期待される。

3.2 モンゴルゴビ砂漠での発掘調査

【2019年度】

調査化石産地 11ヶ所 (Bayn Tsav Oboo、Ardyn Oboo、Shavag、Bayn Shire、Khongil Tsav、Tsagan Teg、Burkhant、Nemegt、Altan Ula II、Tsagaan Khushuu、Naran Bulak)

参加教員7名、学生3名、モンゴル側8名

古生物関連 (教員4名、学生、モンゴル側)

地質関連 (教員3名、学生、モンゴル側)

【8月ー9月 調査スケジュール】

教員: 7名

- 1) Hidetsugu TSUJIGIWA (Professor, OUS)
- 2) Akio TAKAHASHI (Associate Professor, OUS)
- 3) Mototaka SANEYOSHI (Associate Professor, OUS)
- 4) Kazumasa AOKI (Associate Professor, OUS)
- 5) Shoji HAYASHI (Lecturer, OUS)
- 6) Kentaro CHIBA (Assistant Professor, OUS)
- 7) Shogo AOKI (Postdoctoral Researcher, OUS)

学生: 3名

- 8) Shota KODAIRA (Graduate student, OUS)
- 9) Mana AMIMOTO (Graduate student, OUS)
- 10) Yuto KURUMADA (Undergraduate student, OUS)

モンゴル側

- 1) TSOGTBAATAR Khishigjav (Director of IP)
- 2) MAINBAYAR Buuvei (Researcher / Car [LandCruiser] driver, IP)
- 3) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher / Car [RentalCar] driver, IP)
- 4) PUREVSUREN Byambaa (Researcher, IP)
- 5) BAYARDORJ Chagnaa (preparator / Car [Pajero]driver, IP)
- 6) OTGONBAT Balgan (Preparator, IP)

7) GANTSETESG Jamgan (Cook)

8) BYMBASUREN Dashdorj (Kamaz truck driver)

8月17日

- ・ Ulaanbaatar着 (林・千葉・学生1名)

8月18日

- ・ Ulaanbaatarにて準備作業 (林・千葉・学生1名)

8月19日

- ・ Ulaanbaatarにて準備作業 (林・千葉・学生1名)

- ・ Ulaanbaatar着 (辻極・高橋・實吉・学生1名)

8月20日

- ・ Ulaanbaatar発, Saynshand着 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

8月21日

- ・ Saynshand発, Bayn Tsav Oboo着 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

8月22日～25日

- ・ Bayn Tsav Oboo、Ardyn Oboo、Shavagの地質調査、化石発掘調査 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

8月26日

- ・ Bayn Tsav Oboo発、Bayn Shire着 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

8月27日～9月1日

- ・ Bayn Shire、Khongil Tsav、Tsagan Teg、Burkhantの地質調査、化石発掘調査 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

9月2日

- ・ Bayn Shire発、Ulaanbaatar着 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

9月3日

- ・ Ulaanbaatarにて撤収作業および標本調査 (辻極・高橋・實吉・林・千葉・学生2名)

- ・ Ulaanbaatarにて準備作業 (實吉)

- ・ Ulaanbaatar着 (青木一・青木翔・学生1名)

9月4日

- ・ Ulaanbaatarにて撤収作業および標本調査 (辻極・高橋・林・千葉・学生2名)

- ・ Ulaanbaatarにて準備作業 (實吉・学生1名)

9月5日

- ・ Ulaanbaatarにて撤収作業および標本調査（高橋・林・千葉・学生1名）
- ・ Ulaanbaatar発（辻極・学生1名）

9月6日

- ・ Ulaanbaatar発（高橋・林・千葉・学生1名）

主な成果

哺乳類化石（有機物分析用）の発掘と現地選別

マイクロサイトの発見と各種標本の採取

アンキロサウルス類のBone bedの発掘と化石資料の採取

古第三系Ergilin Dzo層の岩相層序調査と年代測定用試料の採取

【9月 調査スケジュール】

9月5日

- ・ Ulaanbaatar発, Dalanzadgad着（實吉・青木一・青木翔・学生1名）
- ・ Ulaanbaatarにて撤収作業および標本調査（高橋・林・千葉・学生1名）
- ・ Ulaanbaatar発（辻極・学生1名）

9月6日

- ・ Dalanzadgad発、Nemegt着（實吉・青木一・青木翔・学生1名）
- ・ Ulaanbaatar発（高橋・林・千葉・学生1名）

9月7日～10日

- ・ Nemegt、Altan Ula II、Tsagaan Khushuu、Naran Bulakの地質調査および年代測定用試料の採取（實吉・青木一・青木翔・学生1名）

9月11日

- ・ Nemegt発、Arvaykheer着（實吉・青木一・青木翔・学生1名）

9月12日

- ・ Arvaykheer発、Ulaanbaatar着（實吉・青木一・青木翔・学生1名）

9月13日

- ・ Ulaanbaatarにて撤収作業および標本調査（實吉・青木一・青木翔・学生1名）

9月14日

- ・ Ulaanbaatarにて撤収作業および標本調査（實吉）
- ・ Ulaanbaatar発（青木一・青木翔・学生1名）

9月15日

・ Ulaanbaatar発（實吉）

主な成果

Barun Goyot層とNemegt層から年代測定用試料の採取

K/Pg境界付近からの年代測定用試料の採取

3.3 モンゴル側研究者招聘

平成 31(令和元)年度に 3 名のモンゴル側研究者を招聘し、共同研究を行った。

・ Buuvei Mainbayar

期間 2019 年 12 月 9 日～2020 年 2 月 10 日

研究テーマ ①モンゴル国シャルツァフ東部産出の行跡幅の広い竜脚類行跡

②モンゴル国グリリンツァフ産出の前足の跡を伴う竜脚類行跡

・ BUYANTEGSH Batsaikhan

期間 2020 年 2 月 17 日～令和 2 年 3 月 30 日

研究テーマ Alag Teg および Yagaan Khovil に分布する上部白亜系の岩相層序
解析と古環境復元

・ NYAMKHISHIG Tsogjargal

期間 2020 年 2 月 17 日～令和 2 年 3 月 30 日

研究テーマ 鎧竜類頭骨の皮骨装甲の成長について

モンゴル側研究者のこれまでの成果は次ページ以降の通りである。

Nyamkhishig Tsogjargal

1. 滞在日程

2018年11月26日—2018年12月28日

2. 招聘目的

鎧竜類恐竜の皮骨装甲についての研究方法（特に骨内部組織）について学び、当大学との鎧竜類の共同研究を行うために岡山理科大学に滞在した。

3. 滞在時の研究内容

今回の滞在時では1) 組織学の基礎知識、2) 化石・現生骨切片の作成方法についての習得、さらに3) 鎧竜類頭骨ならびにその組織切片の観察と4) 皮骨をもつ現生種を用いてCT撮影を行った。具体的には以下の通りである。

- 1) 組織学の基礎知識の習得：あらかじめこちらで用意した論文を熟読することで、組織学の基礎知識を学習した上で、骨薄片の実物を顕微鏡で観察することで組織学の基礎知識の習熟を目指した。
- 2) 化石・現生骨切片の作成方法についての習得：化石骨切片については岩石薄片の作成方法に基づき実際の恐竜骨を用いて指導し、現生骨切片については医学切片の作成方法に基づき、ニワトリの骨を用いて指導した。
- 3) 鎧竜類頭骨ならびに組織切片の観察：これまでに習得した組織学の知識を活かし、実際に自身で作成した骨薄片を観察することで、鎧竜類化石ならびのその骨組織から本学との共同研究に必要なデータを採取した。
- 4) 現生種を用いてのCT撮影：鎧竜類との比較のため皮骨装甲をもつ現生種（アルマジロ、シュナイダースキンク）の皮骨のX線CT撮影を行い、鎧竜類の比較データを採取した。

4. 本招聘の成果

鎧竜類恐竜の皮骨装甲についての研究方法（特に骨内部組織）について学び、実際に解析方法も習得したことで、日本側（岡山理科大学）とモンゴル側（モンゴル科学アカデミー）とで同時に鎧竜類化石の分析が可能となった。実際に本招聘の成果として、共同でデータを採取し、2019年7月にモンゴルで行われた国際シンポジウム「International symposium on Asian dinosaurs in Mongolia」にて共同研究の成果発表を行うことができた。

Research visit report at Okayama University of Science

Nyamkhishig Tsogjargal

Junior researcher

Institute of Paleontology and Geology, MAS

2018.11.26-2018.12-28

Research visit purpose:

Many aspects of ankylosaurs cranial and postcranial anatomy are highly divergent from those of other dinosaurs, they had some of the most extreme osteoderm adaptations amongst tetrapods (Arbour & Currie 2015). Ankylosaur osteoderms are distinctive among genera and species (Ford, 2004). And in order to study their inner structure, I want to learn bone histology including terminology, technique, analysis under senior researcher's guidance and do the thin section on ankylosaur osteoderm.

1. Learning bone histology

I learned to do bone histology technique under the Ph.D. Hayashi and his laboratory students guidance from December 3rd to 21st by working on *Gastonia* sp. osteoderm. To learn thin section analysis under the Ph.D. Hayashi guidance I used 2 different specimens thin section.

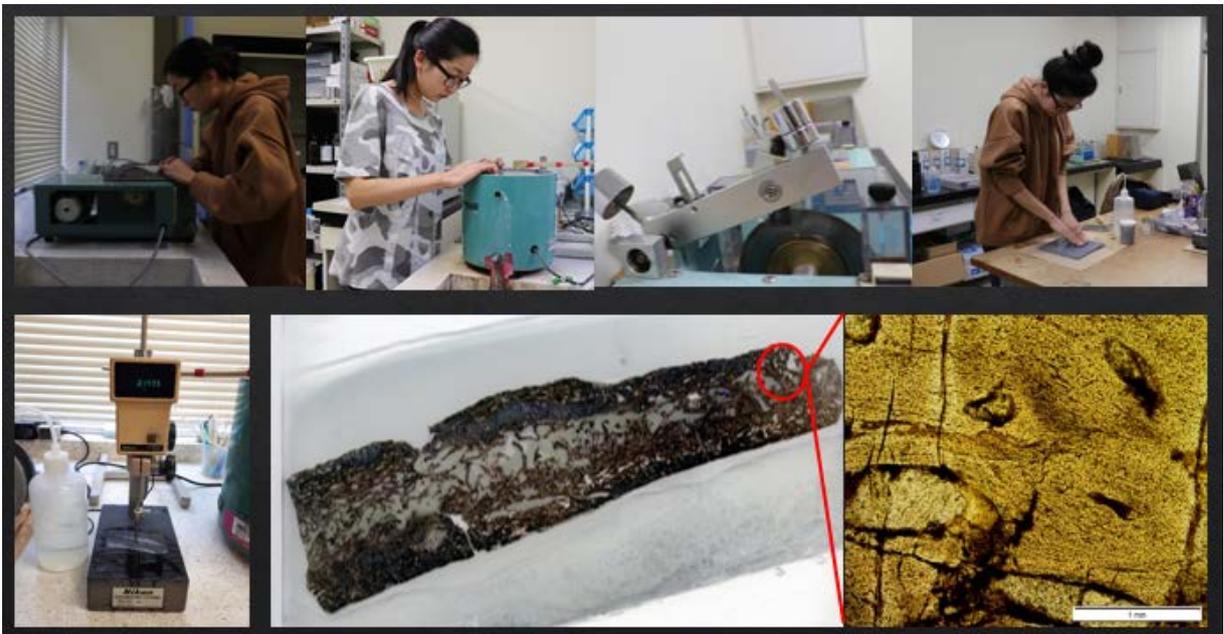


Figure 1. Stages of learning thin section technique



Figure 2. Thin section analysis specimen

1. Project: Cranial ornamentation development of Ankylosaurs

Purpose of this study is reappraise hypotheses of ankylosaurs cranial ornamentation development. Two alternative hypotheses have been proposed and we will be able to reappraise hypotheses by collect cranial ornamentation data, do the histological thin section and take a CT scan from the ankylosaurs and extant reptile specimens during different ontogenetic stages.

During my research visit at OUS, I take CT scans of *Eumeces schneideri* /lizard/ and *Dasyurus novemcinctus* /mammal/ specimens to learn to take CT scan and worked on 3D model *Crocodylus siamensis* and *Shinisaurus crocodilurus* specimens which we will use in our joint project. And I collected data from specimens 980725 TS-V, 040727AMT SZK, 950805 BS WTB which are collected by a joint expedition of Hayashibara Museum of Natural Science and Institute of Paleontology and geology, MAS.



Figure 3. *Eumeces schneideri*

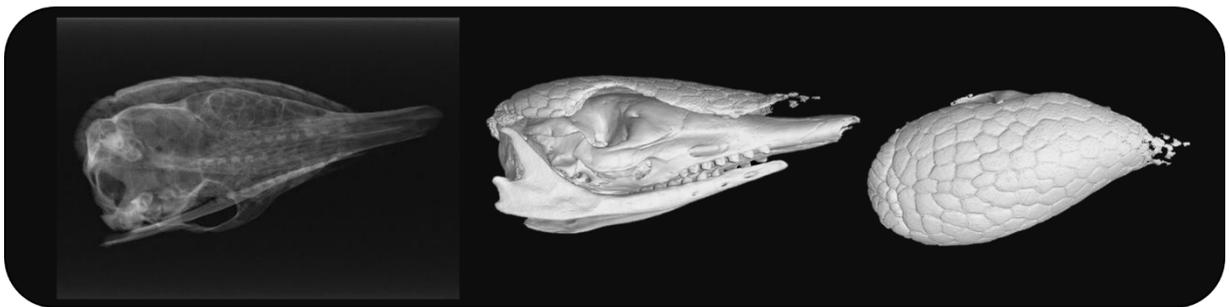


Figure 4. *Dasyurus novemcinctus*



Figure 5. Ankylosaur specimen photos

Mongolian Academy of Science, Institute of Paleontology and Geology

Monthly report

Gendenjamts Baatar

Date: February 13–March 29, 2019

Worked place: Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, Japan

1. About assignment

Purpose of assignment is to learn the new methods of sediments: First, the Study method of ESR signals, defining provenance of sediments. The Oxygen vacancies in quartz, measured by electron spin resonance (ESR) as E'_{1} center has been found useful tracer for provenance of sediments. Such provenance study are important to reconstruct the past atmospheric circulation and aridification as well as to investigate the temporal change of erosion and regional rain fall. Also this kind of method is less-used by our Mongolian researchers on the sediments study in these times. Thus I'm going to acquire skill in sample preparations of ESR signals research, and also to gain understanding of explanation of analyzing results in ESR. Second, U-Pb geochronological study of detrital zircon in sediments by Laser Ablation ICPMS.

2. Result of assignment:

- **The study of ESR signals in quartz**

I carried out sample preparation step by step for the study of ESR signals. That sample preparation consist of several steps: First, the samples were separated into 5 parts by sifter as 5 grain-sizes: 1mm, 0.5mm, 0.25mm, 0.125mm and 0.09mm after bulk samples had been broken to powder. From Sifted samples, grains-sized 0.5mm, 0.25mm, 0.125mm were taken to do next step. Then chosen grains of 3 sizes had been put in HCl liquid for 1 day before separated by SPT liquid ($\text{Na}_6[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]\cdot x\text{H}_2\text{O}$) which's density is same as quartz (~2.62gm/cc). After that separated by density, heavy minerals were detached from light minerals. Second, detached heavy minerals were isolated by the separation machine as magnetic property to obtain non-magnetic minerals. Next, non-magnetic part was put in the liquid of HF about 2 hours to dissolve such feldspars as minerals. Third, almost quartz grains were left in each powder samples. After we had washed ours dissolved samples by water to clean the HF, our samples were put inside heater at 400°C to be dried. Finally, each dried samples were divided to 7 parts by an analytical balance as around 100mg to be ready for measuring the E'_{1} center.

/Figure 1/

As a result, we measured ESR signals in quartz.

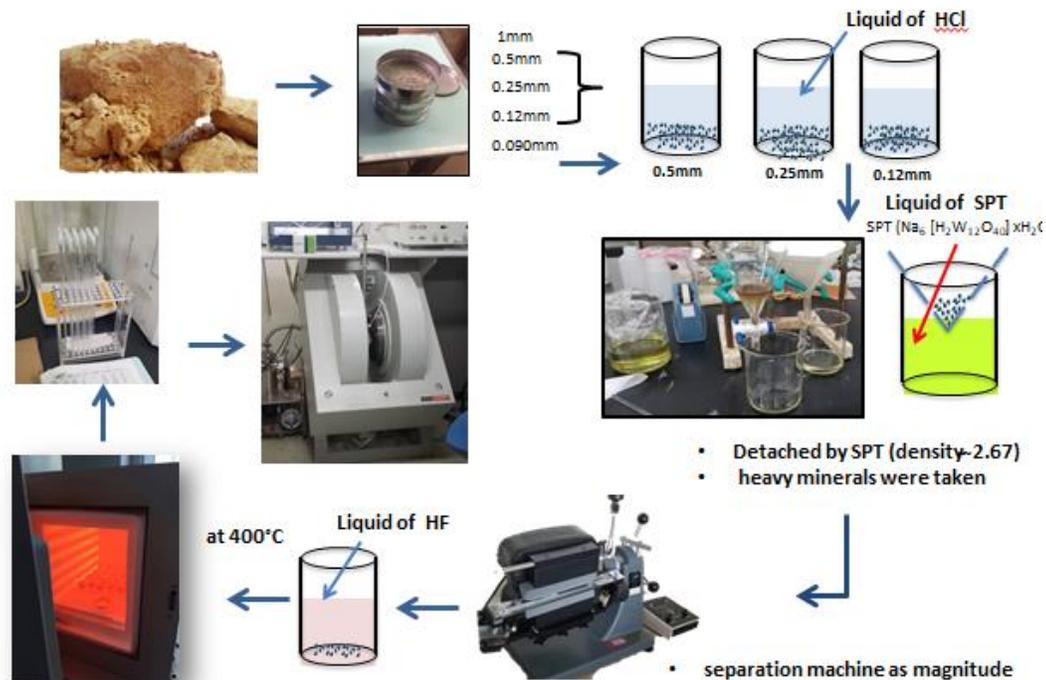


Figure 1. Scheme of sample preparation for ESR signals

- **U-Pb geochronological study of zircon in sediments by Laser Ablation ICPMS**

I performed U-Pb geochronological study of zircon in sediments by Laser Ablation ICPMS on the 1 sample separated by SPT liquid ($\text{Na}_6 [\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}] \cdot x\text{H}_2\text{O}$) which's density is around 2.7 gm/cc. Because we needed zircons grains from our sample, we had to increase the SPT density like 2.7 gm/cc than the quartz density. After that zircons were picked up from isolated sample by SPT ($\text{Na}_6 [\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}] \cdot x\text{H}_2\text{O}$) to measure U-Pb dating zircons. Next, zircons were put on the specific glass. Then we stuck a specific narrow plastic tube-sized surrounding zircons on the glass. A specific narrow plastic stuck on the glass was filled by a glue. Lastly, we had to wait the glue until dry. Then after dried a sample, a specific narrow tube filled a glue with zircons was separated from glass, and the side with zircons of tube was polished by a diamond paste as well as was covered by a carbon coat. Finally, cathodoluminescence (CL) photo was taken as well as sample was ready for measurement for U-Pb dating by LA-ICP-MS. /Figure 2A/

Result of U-Pb dating

8 pieces in 9 zircons picked from a sample were detrital zircons, whilst one was not zircon. Then we measured U-Pb dating of 8 detrital zircons by LA- ICP-MS. As result, the data of 7 zircons indicated from 251Ma to 322Ma, whereas age of one was defined 1805.5Ma. I hope that my measured U-Pb dating will be used to meet demand later. However, these age data of U-Pb are not many to estimate the age of those sediments accumulated. I have learnt the sample preparations of measuring age U-Pb dating and analyzing methods of LA-ICP-MS as well as how to estimate the age of detrital zircon from this study. /Figure 2B/

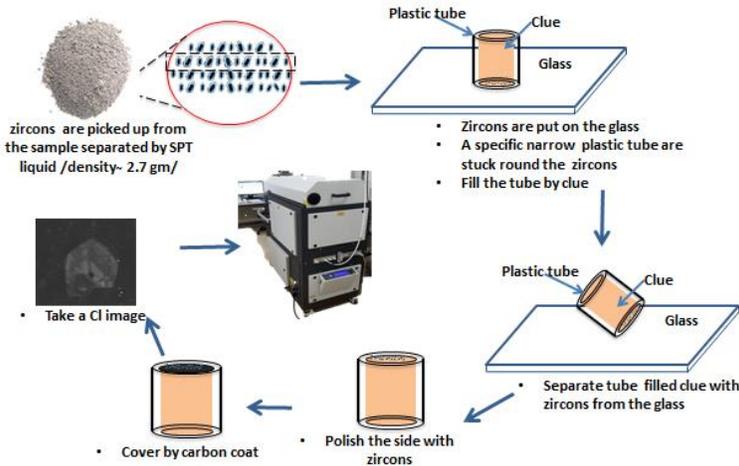


Figure 2A. Scheme of sample preparation for LA-ICP-MS

The analysis results of ICP-MS Sample № 20180817-23

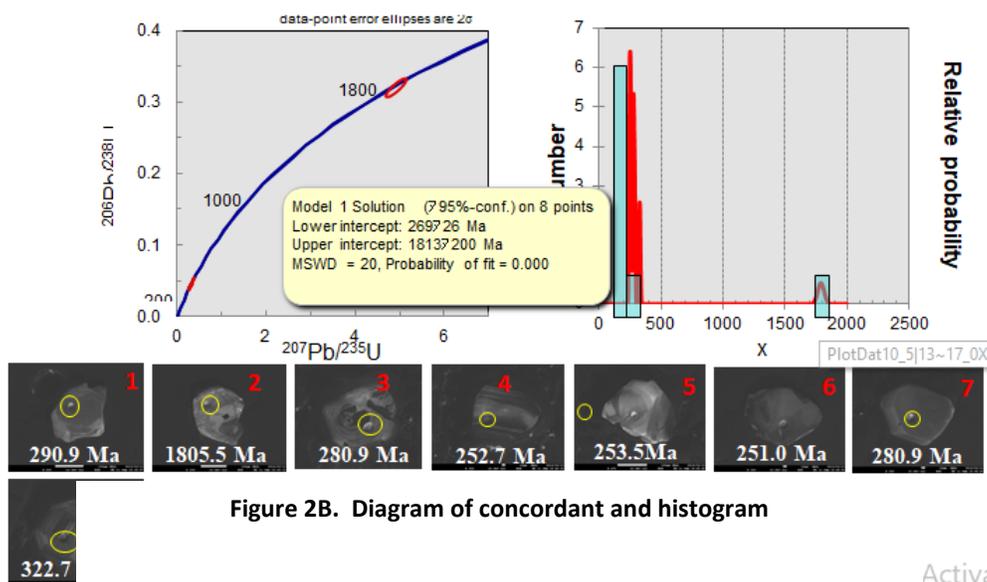


Figure 2B. Diagram of concordant and histogram

Large Sauropod trackway with manus imprints from the Upper Cretaceous of Gurilin Tsav fossil site, Western Gobi Desert, Mongolia.

Buuvei MAINBAYAR (Inst. of Paleontology, MAS, Mongolia)¹ Shinobu ISHIGAKI (Okayama Univ. of Sci. Japan)² Khishigjav TSOGTBAATAR (Inst. of Paleontology, MAS, Mongolia)³ and Mototaka SANEYOSHI (Okayama Univ. of Sci. Japan)⁴

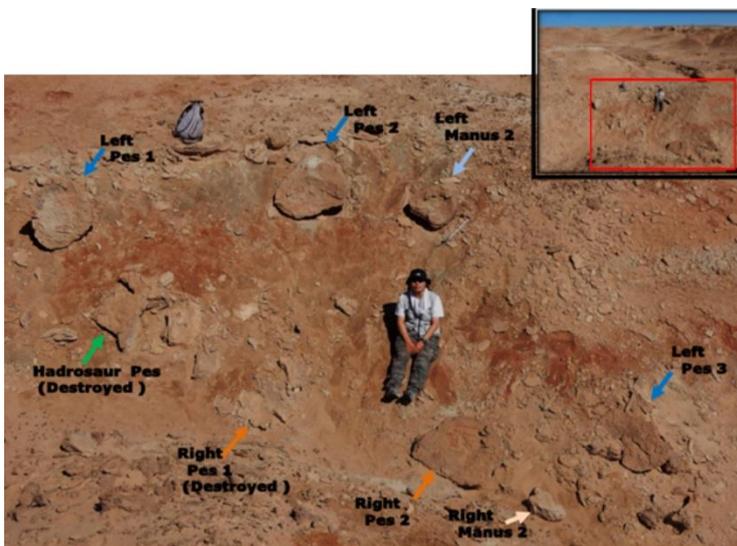
Abundant dinosaur footprints have been discovered from the Upper Cretaceous of Gobi Desert, Mongolia. Most of the ichnites are theropod and ornithopod origin. Sauropod ichnites are relatively scarce, and most of the findings are isolated natural casts. There are only two confirmed trackways of sauropod origin, one is from Shar Tsav, and



the other one is from Khavirgiin Dzo. The trackway from Shar Tsav, is associated with manus imprints. And this has been the unique manus associated sauropod trackway in Mongolia. However, the manus prints were strongly

weathered and impossible to reconstruct original feature nor size of the print.

In 2018, Okayama University of Science and Mongolian Institute of paleontology joint expedition team discovered a sauropod trackway from middle part of the Nemegt Formation in Gurilin Tsav. All footprints are natural casts. Two manus imprints and five pes imprints are recognized. This is the first concrete evidence of sauropod manus in



Mongolia. As the trackway was preserved at the cliff edge of the valley, more than half of the footprints fallen into the valley. One left manus and two left pes prints are preserved at the cliff edge, preserving original morphology such as drag mark and claw impression very well. Other four



imprints (one right manus, two right pes and one left pes) had fallen into the valley from the cliff edge and partly destroyed and weathered. The size of best preserved manus imprint is FL:34cm FW:58cm. The size of best preserved pes imprint is FL:80cm FW:62cm. The pes imprints indicate oval shape with four clear digital drag marks. The manus prints are almost half size of the pes imprints. They show half-moon shape and have no projected digit I impression. These characteristics suggest that the trackmaker belong to titanosaurid.

3.4 研究成果報告

本事業参加教員のこれまでの研究成果は次ページ以降の通りである。

3-D デジタル記録手法の足跡化石研究への適用

石垣 忍

1. はじめに

足跡化石は採集が困難なことが多く、収集保管されることが少ない。このため研究上の比較検討などは、主として計測数値と、写真や図の二次元情報に頼らざるを得ないが、これらの情報は記録者の主観が入ることを防止できず、形態比較の上で大きな障害になっていた。

また「骨化石からはわからないことが足跡化石からわかる」ということを示すことが足跡化石研究の重要な存在意義であり、古生物学への最も重要な貢献である。そのためには地層面の広い範囲にわたるデータ取得と行跡解析などがぜひとも必要であるが、その作業は多くの時間と労力がかかるものであった。

こうした二つの問題について、近年の3-D技術の発展はいくつかの革命的な解決をもたらしつつある。足跡化石の記録手法は大幅に変化しつつある。本研究ブランディング事業では、こうした新しい技術をフィールドワーク等で活用しその実効性を検討した。以下それぞれの結果を示す。

2. 各手法の長所と短所について

1) ドローンによる空中写真をもとにした地層面撮影と3-D画像処理

本手法は記録取得が手軽で迅速であり、スピードを要求されるときに適切であるが画像の精度が低くレンズ収差も大きいいため、個々の足印の特徴を把握することは難しい。精査には不向きである。いっぽう、広い地層面の概査をこれで行い、精査の対象を選定するという目的には有効である。また、急傾斜の地層面（崖の表面）や、人がアクセスできない困難な場所の撮影が可能なことは大きな利点である。

画像自体が低精細なので、3-D処理という面でも、大きな範囲での概査には有効でも高精細が要求される作業には向かない。大きな短所としてバッテリーの持続時間が短く、その充電とバックアップ体制の維持が大きな負担になることが挙げられる。また精密機械であるので風や高温、多湿、塵埃などの問題に左右される度合いが高い。ドローン運転には熟練を要することや場所によっては許可が必要なこと、安全に運搬するためには破損を防ぐ対策を講じる必要があることや、国外で使うためには法律上の制限があることも課題である。

2) 3-Dレーザーキャナーによる足跡化石印跡面のデータ取得方法

調査ではFocus3-D X130/X130 HDR®を使用した。本手法はキャナーからレ

レーザーを照射し、当たった対象物の位置情報と色を記録する装置である。中央の反射鏡が垂直方向に回転する事によってレーザーを拡散させ、本体も水平面上に回転する事で水平方向360度、垂直方向300度までスキャンすることが出来る。スキャンしたデータを複数合成する事で専用ソフト「SCEAN」でPC上に立体的な3-D図面として再現できる。本来は建造物の図面を三次元で見る事を想定されて作られているものであるが、これを足跡化石調査に応用した。

記録取得が手軽で迅速であり、短時間で広範囲の処理が可能である。測量数値は正確である。記録したデータファイルをもとに、室内で平面距離や足跡の深さなどの測定データや足跡化石の断面図を得られる。しかも断面を切る位置は自由に設定できる。以上のような長所は数十㎡から数百㎡程度の範囲の正確なデータを得ることに大変有効で、現場の作業時間を大きく短縮できる。

一方、個々の足印の形態の記録としては、画像の精度が低いために使えない。したがって、数値データを正確に得るための機器として使うことが特徴を生かした最も有効な使用方法である。この場合は、保存の良好な足印を選び出すなどして高精細画像データが要求される部分を限定し、その形態については個別の写真撮影やスケッチなどを行うことが求められる。

短所は精密機械であるので風や高温、多湿、塵埃などの問題に左右される度合いが高いことで、機器の輸送や保守は大きな負担になる。またバッテリーの持続時間が短いために充電環境の整備が課題である。機器の運搬では、地点認知の球形ツールを持ち歩く場合は、本体と合わせて小さなスーツケース大のものを三個と大型三脚を持ち歩く必要がある。これは海外で作業を行う場合は大きな負担になる。機器は高価であり、メンテナンスも高価であることは運営上大きな課題である。

3) デジタルカメラによる撮影とフォトグラメトリーによる3-D記録取得

この方法は、対象物をデジタルカメラであらゆる方向から数十枚から数百枚撮影し、それを3-D画像処理ソフトのMetashape（旧商品名Photoscan）で画像処理することで3-Dデータを得る方法である。さらにさまざまな画像処理ソフトを使うことでカラー深度表示や等高線描画が可能になる。フィールドにおいては、通常の民生品デジタルカメラと、一脚や三脚、およびリモコンシャッター関連の付属品以外は特別な機材は必要とせず、記録取得が簡単なことが長所である。また撮影された個々の画像の精度は高いのでそのまま個別の写真データとして使えることも長所である。

Metashape Pro では平面位置、垂直位置（足跡の深さ）等の事後測定が可能で断面図作成も可能である。また3-Dプリンターによる（縮小）標本の作製が可能で、採集できなかった標本の複製レプリカを手元に置いて観察できることも大きなメリットである。これらの方法は3-Dレーザースキャナーでも可能だ

が、フォトグラメトリーは特別な機器が不要なために格安で簡易である。

この手法は単体の足印のデータ取得（3-Dデータも含む）に適する。また狭い地層面のデータ取得には一脚の先につけたカメラを保持しながら66%ずつのオーバーラップ撮影をすることで正確な3-Dデータを取ることができる。

短所は、より広範囲での実施にはカメラを高い位置から撮影するための仕組みが必要となることと、広ければ広いほど時間がかかることである。

しかしこの足跡化石データ取得方法は、現時点では最も低廉で簡易で正確・確実である。コストパフォーマンスの高い手法であると言えよう。

4) PEAKIT画像

考古学分野では、3-DデジタルデータをもとにPEAKIT画像という、研究に必要な情報を視覚的に表現する技術が使用されている。足印化石に応用すれば足印壁の平行な擦過痕などを明瞭に表現できる。今後は単に深さを表現するだけでなく細かな情報を伝える方法として3-D技術は大変有効な手段となっていくであろう。

5) X線CTスキャナー

本機器を使用することにより、足印の下の地層の変形や、足印を埋めた堆積物の堆積構造が三次元的に見られるようになった。足印形成過程を四次元的に検討する研究の発展が期待される。

3. 考察

足跡化石の記録取得においてはいずれの方法も一長一短がある。目的に応じて以下に記すような、手法の使い分けや組み合わせを行うことが望ましい。

1) 数百 m^2 以上の大足跡化石産地で、全体を把握するためにはドローンの使用が最適である。使用にあたっては太陽光線が地層面に対して低角度で差し込む時間帯（一般に日出後一時間ぐらいと日没前一時間ぐらい）に、広範囲撮影することが効果的である。概査によって精査する対象を限ることに有効である他、印跡動物の集団行動解析などに貢献できる手法である。

2) 数百～数十 m^2 以下の足跡印跡面の正確な記録を得るには3-Dレーザースキャナーが適切である。測量の手間が省けることと迅速にたくさんの場所で実施できることは大きな長所で、短時間に膨大なデータを正確にとらなければいけないときには大きな力を発揮する。しかし個々の足印データなどは精度が足りないので、この作業と同時に、保存の良い個々の足印を通常カメラで高精細撮影することとの併用が必要である。

3) もっとも低価格で機器の保守や運搬が簡易であり、高精細を確保できる方法は、民生品のデジタルカメラとMetashapeを使ったフォトグラメトリー処理である。フィールド現場と室内で共に高い費用対効果を得られる。現場での

大型恐竜足印化石の3-D記録システムとして適している。

4) PEAKIT画像は出版物の作図の客観化・省力化においてすぐれ、今後使用が拡大していくであろう。

5) 3-Dプリンターで作成した足跡化石の模型を、研究の際に手元に置くことは非常に重要なことである。今まで足跡化石の三次元的な観察は多くの場合、フィールドでの観察しか機会がなかった。手元で日常的に眺めることで新たに気付くことがあり、さらに模型を並べて比較できることは大きな利点である。また足跡の電子画像データのアーカイブ化は、整備されて行くことが望ましい。「足跡化石は採集されることが非常に少ない」という欠点を補うものであり、すでにそういう動きは試みられている。

4. 結論

足跡化石のTaxonomyや印跡動物の軟組織復元、運動や行動の復元、Taphonomy 的な検討において、3-Dデータを活用することは大変有効である。3-Dデータは今までの2Dデータに頼った分析や記録の欠点を補い、客観的で、正確で高度な科学的検討を可能にするものである。

また3-D記録技術が最も必要なのは野外での足跡データ取得である。標本採取が困難な場合や、地層露出面が広大な場合、印跡された標本数が非常に多い場合などは、短時間で、解像度の高い正確なデータを取得することができる。

なるべく人手と費用をかけずに、短時間に必要な精度のデータを効率よく取るためには複数の手法を組み合わせることが有効である。

そのままでは風化浸食滅失してしまう採取不可能な標本の詳細な3-Dデータ取得は、標本をデータとして保護できるため、古足跡学への貢献が大きい。

このように3-D技術は、足跡化石研究を本質的に高められる。今後も技術を向上させ、足跡化石研究から古生物学への貢献を高めることが期待される。

そのいっぽうで今後技術革新と機器の低廉化とともに研究と公表形式は変わって行くが、伝統的手法の理解とそれに基づく観察訓練の必要性は不変である。その基本に立って3-D技術を使いこなすことが重要である。特に、3-D 記録を、そのまま使うのではなく、研究成果表現のための描画補助や表現ツールとして使うことも重要と考える。それは客観的記録だけでなく、著者の考えを強調して伝えるツールにもなるということである。

本論に記した内容は、本冊子収録の以下の論文に詳しく述べられている。

石垣 忍, 高津翔平, 真加部智大, 田部智大, 上杉雄大, 西村龍太郎, 河島歩憂, 小平将大, 山本和雅, 能美洋介 (2020) 足跡化石記録手法の発展と 3-D 技術. 化石研究会会誌, Vol. 52 (2), 54-63.

モンゴル国ゴビ砂漠に分布する

上部白亜系の岩相層序と堆積環境復元

生物地球学部 生物地球学科 実吉玄貴・浅井瞳・葛永早也香
・寺田智也・高橋勇人

モンゴル国南部に分布するゴビ砂漠からは、後期白亜紀に生息した陸上動物化石が数多く発見されてきた (e.g., Berky & Morris, 1927; Efremov, 1948; Lee et al., 2014). 特にゴビ砂漠に分布する上部白亜系からは、保存状態の極めて良好な恐竜化石が産出すること、後期白亜紀は、汎世界的に恐竜相の転換と特殊化・多様化の時期でもあることから、国際的にも高く注目され、現在に至るまで多様な研究がなされてきた (e.g., Tumanova, 1987; Norell et al., 1994). このような化石を多産する地層から、堆積環境を明らかにすることは、化石化した恐竜を含む脊椎動物の生息環境を知る上で極めて重要である (Eberth, 2018).

ゴビ砂漠に分布する上部白亜系は、下位より、Bayan Shire 層, Djadokhta 層, Barun Goyot 層, Nemegt 層に区分される (Gradzinski, 1970; Jerzykiewicz and Russel, 1991; Jerzykiewicz, 2000 : 図 1). この他に地域的な分布を示す累層 (Formation または Svita) が分布するとされるが、ゴビ砂漠に広く認められる累層としては以上の4つが広く使用されてきた (Jerzykiewicz, 2000; Watabe et al., 2010). これらは、湿潤環境 (Bayan Shire 層および Nemegt 層) と乾燥環境 (Djadokhta 層および Barun Goyot 層) に堆積したとされ、当時の北東アジア地域の気候変動議論において、重要な研究対象とされている (e.g., Hasegawa et al., 2009). 一方で、化石産地に分布する上部白亜系からは、鍵層となる火山灰や微化石が存在しないことから、堆積年代の対比や、岩相層序学的解析に、大型動物化石 (Gradzinski, 1970) や二枚貝 (Martinson, 1982) 等が用いられてきた。さらに、旧ソ連の調査隊によって、Svita とよばれる地層対比が用いられ、地質年代と岩相層序を同義的に分類してきた (Jerzykiewicz, 2000). 後年、この区分を用いて、地層の累層認定がなされたため (Jerzykiewicz and Russel, 1991), 化石産地間の対比や年代決定などは、国際地質科学連合 (IUGS) や国際層序委員会 (ICS), 国際層序区分小委員会 (ISSC) などによる、国際的な岩相層序の区分と異なる累層が使用されている。そこで、国際的な層序学的累層区分を構築するためにも、累層の模式地設定や岩相層序と分布の解明を目指した、年代測定や層序対比の基礎的資料となる化石産地内の岩相層序対比とその確立が急務となっている。以上の点を解決するために、2016年から2019年の4年間にかけて、岡山理科大学—モ

ンゴル科学アカデミー合同調査隊では、Bayn Shire 層の 2 化石産地 (Khongil Tsav, Bayshin Tsav/Shar Tsav 地域), Djadokhta 層の複数化石産地 (Tsugrikin Shireh, Bayn Dzag, Alag Teg, Yagaan Khovil), Barun Goyot・Nemegt 層の複数地域 (Bugin Tsav, Nemegt, Alag Teg) を対象に、調査を行った。なお、調査結果に基づき、Khongil Tsav, Bayshin Tsav/Shar Tsav 地域, Alag Teg, Yagaan Khovil, Bugin Tsav では、岩相層序と堆積環境復元にに基づく化石産地内の岩相層序を明らかにできた (2017 年度、2018 年度報告書参照)。

以上の結果に基づき、特に Khongil Tsav 地域においてシーケンス層序学的解析に基づく堆積過程の復元と古環境変遷に関する新たな知見を得られた。Khongil Tsav に分布する Bayn Shire 層は、礫混じりの砂岩層から泥岩層への上方細粒化を示し、3m から 10m ほどの層厚で繰り返すこと、砂岩層の多くが下に凸の浸食面を示すチャンネル構造であること、このチャンネルが側方付加していること、赤色泥岩層に生痕化石が発達し、かつ層理をとみなわない氾濫原堆積物と解釈できることから、河川堆積物による累重によって構成されると解釈できる。岩相層序学的解釈より、これらの河川堆積物は下位より Unit 1 と Unit 2 とした。Unit1 上部では約 3-6 m, Unit 2 下部では約 5-10 m の上方細粒化サイクルが認められること、Unit2 でみられるチャンネル堆積物は Unit1 とくらべ厚層で、下位層への浸食面も広いことから、Unit2 は Unit 1 に比べ河川が大型であったと考えられる (図 5)。すなわち、Khongil Tsav の河川環境は、Unit 1 上部から Unit2 下部にかけて大型化したと考えられる。一方で、Unit2 上部の河川堆積物の特徴は、Unit1 最上部よりもさらに薄層であることから、これらの河川環境は拡大と縮小を繰り返していたと考えられる。

一般的に大陸性河川堆積シーケンスを認定する場合、チャンネル堆積物の特徴と、氾濫原堆積物の分布を考え合わせ、河川による浸食と堆積の組み合わせを用いる (e.g., Wright and Marriot, 1993; Shanley and McCabe, 1994; Colombera et al., 2015)。さらに、構造運動による堆積面の沈下、気候変化による碎屑物および水供給量の変化、植生の変化、湖水準の上昇と下降なども影響要因として考えられる (e.g., Vandenberghe, 1993; Holbrook et al., 2006; Scherer et al., 2015)。ゴビ砂漠における後期白亜紀は、大規模な構造運動がなかったと考えられており (Jonson et al., 2000)、調査対象地域においても構造運動を示す地質学的特徴は認められないことから、シーケンス層序学的解釈として、Unit2 最下部の赤色泥岩層堆積時、堆積空間に比して碎屑物供給量が極端に低かったといえる。上位には、癒着した幅 10 数 m のチャンネル堆積物が累重することから、堆積空間を上回る碎屑物供給と堆積面の低下を指摘できる (Scherer et al., 2015)。一方、含有される碎屑性ジルコンの年代は変化しないこと、チャンネル堆積物を構成する粒径が、Khongil Tsav に分布する Bayn Shire 層を通じて、極端な変化を示さないこ

とから、供給量は一定と仮定できる。以上を考慮すると、河川環境の変化は、盆地の構造運動ではなく、碎屑物供給に比して、堆積空間（または堆積面）の拡大と縮小により引き起こされたと解釈できる（図2）。また、Unit1とUnit2上部で認められる約3-6mの層厚を示す河川堆積物におけるカーチ分布の違いから、Bayn Shire層堆積時、季節的な乾燥環境があったことが示唆される（図5）。さらに、モンゴル南東部に分布し、Bayn Shire層の直上に認められるJavkhlant層ではカーチが濃集していることが報告されている（Eberth et al., 2009）。以上を考え合わせると、Bayn Shire層堆積時、少なくともKhongil Tsav地域では、すでに季節性をともなう乾燥化の存在が示唆される。Bayn Shire層の堆積年代は、Kurumada et al. (submitted) によるKhongil Tsavのカーチからの年代報告より、102-86Maとされる。すなわち、Khongil Tsavにおける季節性をともなう乾燥化の始まりは、86Maより前に記録されたことを意味する。これは、Jerzykiewicz and Russel (1991) や Hasegawa et al. (2009) によって示唆された北東アジア地域におけるSantonian（85Ma以降）からの乾燥化よりも優位に古い年代を示す。Bayn Shire層の分布する他地域の地質背景が未だ不明であることから、この乾燥化の地理的範囲を正確に示すことは難しい。しかし、Bayn Shire層直上に位置し、ゴビ砂漠東部に分布するJavkhlant層ではすでに乾燥化していたこと（Eberth et al., 2009）、を考慮すると調査地域周辺におけるBayn Shire層の堆積時、対象地域での乾燥化が起こっていたと指摘できる。この乾燥化にともない、河川流量が減少したことが示唆される。この結果、Unit1に比べUnit2の上方細粒化サイクルが薄層となる河川堆積シーケンスの違いとして反映されたと解釈できる。すなわち、堆積空間に比して流量が低下したことで、チャンネル堆積物と上方細粒化サイクルの薄層化が起こったと指摘できる。このように、本研究で示されたBayn Shire層における乾燥化は、モンゴル国ゴビ砂漠に分布する上部白亜系の中では、最も古い乾燥化の記録といえ、かつ河川堆積シーケンスの中での解釈とも整合的である。

このように、産地内において堆積相解析に基づく堆積環境の復元と、累重様式と側方変化に基づく陸成堆積シーケンス的な解釈を行うことで、地層形成過程の復元だけでなく、恐竜類を中心とした脊椎動物の生息環境復元に大きく貢献できる。今後、年代測定にともなう層序解析に、本研究で示したシーケンス層序学的な解析を考え合わせることで、ゴビ砂漠に分布する上部白亜系の堆積環境をより広域に復元し、かつ当時生息した脊椎動物の生息環境復元にもつながるだろう。

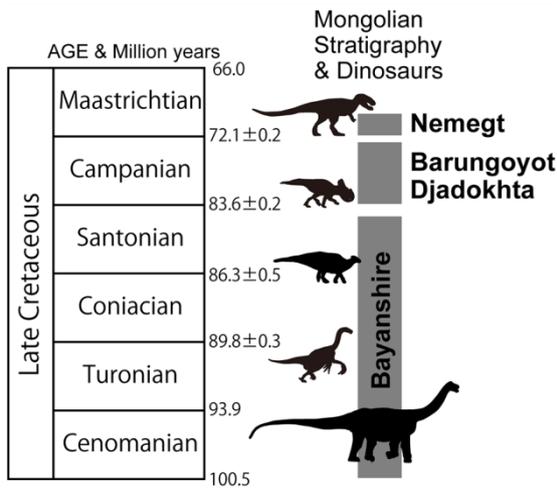


図 1 : モンゴルの上部白亜系と地質年代

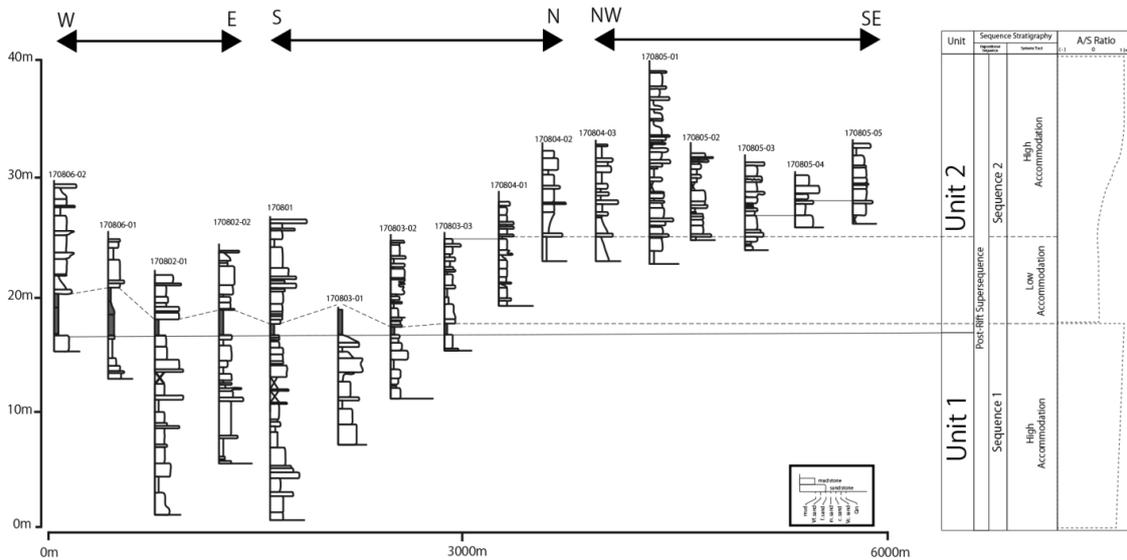


図 2 : Khongil Tsav における堆積シーケンス

参考文献 ; Berky and Morris, 1927, Natural History of Central Asia, II; Efremov, 1948, Vestnik AN SSSR, 1; Lee, et al., 2014, Nature, 515, 257-260; Tumanova, 1987, T.S.S.–M.P.E. 32, 1-80; Norell, et al., 2000, JVP, 20, 7-11; Gradzinski, 1970, Paleont. Plonica, 21, 147-229; Jerzykiewicz, 2000, *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 279-295; Jerzykiewicz, and Russell, 1991, Creta. Res., 12, 345-377; Watabe, et al., 2010, Hayashibara Museum Natural Science Research Bulletin, 3, 41-118; Hasegawa, et al., 2009, J. Asi. Ear. Sci., 35, 13-26; Martinson, 1982, T.S.S.–M.P.E., 17, 5-76; Wright and Marriott, 1993, Sed. Geol., 86, 203-210; Shanley, and McCabe, 1994, AAPG Bulletin, 78, 544-568; Colombera, et al., 2015, Geology, 43, 283-286; Vandenberghe, 1993, Z. Geomorph. N.F., 88, 17-28; Holbrook, et al., 2006, J. Sed. Res., 76, 162-174; Scherer, et al., 2015, Sed. Geol., 322, 43-62; Jochum, et al., 2005, Geoch. Geophys. Geosys., 6, 1525-2027; Eberth, et al., 2009, J. Verte. Paleo., 29, 295-302.

バインシレ層（後期白亜紀）から発見されたリンドホルムエミス科（爬虫綱カメ目）化石の分類学的帰属について

高橋 亮雄

1. はじめに

リンドホルムエミス科 (*Lindholmemydidae*) はリクガメ上科の基盤的なグループで構成される側系統群で、アジア（モンゴルや中国、ウズベキスタン）の下部セノマニアン階から下部始新統より 10 属ほどが知られている (Danilov et al., 2017; Tong et al., 2017) . これらの記録の多くはカンパニアン以降に集中しており、サントニアン以前のもは 4 種ほどにすぎない。また、これまでに知られている白亜紀の種の多くは、模式標本のみ、あるいはこれとわずかな参照標本のみにもとづいて記載されていたため、種内変異についての評価がほとんど行われておらず、分類が混乱してきた経緯があった。このため、これまでに知られているリンドホルムエミス科の分類学的妥当性を検証するために、新たな保存の良い標本の発見が強く望まれてきた。こうした背景のもと、この群の単一種に帰属する 2 点の保存の良い化石に加え、断片であるものの 100 点を超える関連標本が、モンゴル・東ゴビのバインシレ (Baynshire locality、バインシレ層分布域：後期セノマニアン～サントニアン期) より、それぞれ 1996 年と 2016 年に発見された。一般にモンゴルのゴビ砂漠の白亜系は、カメ類や淡水性貝類などの動物化石で生層序区分や対比がなされている (Jerzykiewicz and Russell, 1991; Averianov and Sues, 2012) 。このことから、リンドホルムエミス科の種多様性や分布に関する知見の蓄積は、この群の初期進化の解明だけでなく、バインシレ層分布域における詳細な層序対比のための有用な情報をもたらすことが期待できる。

2. 材料と方法

本研究では、1996 年のモンゴル・林原自然科学博物館合同調査隊による発掘で発見された標本 (1996 年標本 : Suzuki S. and Narmandakh, 2004) と、2017 年のモンゴル・岡山理科大学合同調査隊による発掘で発見された標本 (2017 年標本 : Ishigaki et al., 2017) を主な対象として分類学的検討を行った (図 1) 。これらは、大きさや形態的特徴に違いがみられなかったため、同一の種に帰属するものとみなした。これらのほか、種内における形態的な変異についての検討を行うため、バインシレより採集した同種と考えられる破片標本も検討に加えた。比較はリンドホルムエミス科 10 属を対象として行った。なお、とくにリンドホルムエミス属 *Lindholmemys* を構成する 5 種については、ロシア科学アカデミー動物学研究所 (サンクトペテルブルグ) およびサンクトペテルブルグ地質博物館の管理する標本を使用し、データ収集を行った。

3. 比較と結果

バインシレ産のリンドホルムエミス科化石は、1) 頸板骨前縁に浅い湾入を

持つ、2) 頸鱗板が台形を呈す、3) 椎鱗板の被覆が頸板骨に限定される、4) 腹甲柱が著しく発達する、5) 腹甲骨後葉の股鱗板被覆部が側方へ拡大する、6) 下縁鱗板が三対みられる、7) 甲羅が平滑で明瞭な小結節を欠く、8) 上・下腹甲骨内側部は肥厚しない、9) 腹甲後葉の基部がくびれる、などの形質 (Li et al., 2013; Tong et al., 2017; Takahashi and Danilov, unpublished data) を *Lindholmemyx martinsoni* と排他的に共有していた。

L. martinsoni は、1975年にシレギンガシュン (Shireegiin Gashuun) 産の模式標本にもとづいて記載された種で、その後、Danilov and Sukhanov (2001)によりシレギン・ガシュン産の追加標本と、東ゴビのウシンフドゥック (Usheen Khuduk) から発見されていた未報告の標本を加え再記載されていた。しかしながら、ウシンフドゥック産の標本は、観察の結果、1) 高い甲羅を持つ、2) 背甲の椎鱗板が覆う部分の後方が明瞭に盛り上がる、3) 背甲の前側方が鋸歯状を呈す、4) 背甲の中央部が明瞭に湾入する、5) 背甲に鱗板の発達を示す年輪が明瞭に認められる、6) 第一椎鱗の長さと同幅がほぼ同じ、いう特徴を持つ点でシレギンガシュン産の標本 (模式標本を含む) およびバインシレ産の標本と異なることが明らかとなった。

4. 考察

バインシレより発見されたリンドホルムエミス科のカメ化石は、現在の知見 (Danilov and Sukhanov, 2001) にもとづけば *L. martinsoni* と同種と考えられる。残念ながら、本種の模式標本の保存はよくなく、また同じ地点より採集された参照標本は比較的保存は良いものの適切に図示されていない (Danilov and Sukhanov, 2001)。Danilov and Sukhanov (2001)により示されたこの参照標本はポーランド科学アカデミーに収蔵されているため、本研究ではその形態的特徴について直接的に確認できなかった。今後、シレギンガシュン産の標本についての詳細な分類学的再検討が望まれる。一方、ウシンフドゥック産の標本は、*L. martinsoni* とは異なる6つの形質で特徴づけられるため、同属の未記載種と考えられる。また、バインシレ層が分布するホンギルツァフ (Khongil Tsav) からは、*L. kurzanov* が報告されているが、本種は実際にはこの地点ではなく、ホンギル (Khongil; 中央ゴビ; ジャドフタ層分布域: Watabe et al., 2010) 産の可能性が高い (ロシア科学アカデミー-Sukhanov 博士私信)。以上の結果は、バインシレ層堆積期 (後期セノマニアン~サントニアン期) には、リンドホルムエミス科のカメ類が少なくとも2種、ゴビ地域に分布していたことを示唆する。

今回検討を行ったバインシレ層産のリンドホルムエミス科化石は、リンドホルムエミス属 *Lindholmemyx* の担名タイプ種である *L. elegans* (ウズベキスタンの後期カンパニアン~マストリヒティアンより産出; Danilov et al., 2017) と同等か、それ以上に保存がよいことから、今後の研究の推進によるこの群の初期進化に関する知見の充実が期待される。*L. martinsoni* を産したとされるシレギンガシュンとウシンフドゥックはそれぞれ西ゴビと東ゴビに位置しているが、距離において互いにかかなり離れているにもかかわらず前者がバインシレ層に帰属するとされた根拠として、これら両地点における *L. martinsoni* の産出をあげ

ている (Averianov and Sues, 2012)。しかしながら、本研究により、これら両地点から *L. martinsoni* として報告されている化石の同種性 (conspecificity) は否定された。したがって、シレゲンガシュンの層序学的帰属についても再検討が強く望まれる。

5. 引用文献

- Averianov and Sues, 2012. Correlation of Late Cretaceous continental vertebrate assemblages in Middle and central Asia. *Journal of Stratigraphy* 36: 462–485.
- Danilov I. G. and Sukhanov V. B. 2001. New data on lindholmemydid turtle *Lindholmemyx* from the Late Cretaceous of Mongolia. *Acta Palaeontologica Polonica* 46: 125–131.
- Danilov I. G., Syromyatnikova E. V., and Sukhanov, V. B. 2017. Subclass Testudinata. In: Lopatin A. V. and Zelenkov N. V., (eds), *Fossil vertebrates of Russia and adjacent countries. Fossil Reptiles and Birds. Part 4*. GEOS, Moscow, pp. 27–395, pls. VIII–XLVI. [in Russian].
- Ishigaki S., Tsogtbaatar Kh., Nishido H., Toyoda S., Mainbayar B., Chinzorig T., Noumi Y., Takahashi A., Ulziitseren S., Zorig E., Buyantegsh B., Purevsuren B., Enerel G., Bayardorj C., Ochirjantsan E., Saneyoshi M., Aoki K. and Hayashi S. 2017. Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2017. *Bulletin of the Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science* 43:25–39.
- Jerzykiewicz T. and Russell D.A. 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi basin. *Cretaceous Research* 12: 345–377.
- Li L., Tong, H., Wang K., Chen S., Xu X. 2013. Lindholmemydid turtle (Cryptodira: Testudinoidea) from the late Cretaceous of Shandong Province, China. *Annales de Paleontology* 99: 243–259.
- Suzuki S. and Narmandakh P. 2004. Change of the Cretaceous turtle faunas in Mongolia. *Hayashibara Museum of Natural Science Research Bulletin*, Volume 2, pp. 7–14.
- Tong H., Claude J., Li C-S., yang J., and Smith T. 2017. *Wutuchelys eocenica* n. gen. n. sp. and Eocene stem testudinoid turtle from Wutu, Shandong Province, China. *Geological Magazine* 156: 133–146.
- Watabe M., Tsogtbaatar K., 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 Science Research Bulletin* 3: 41–118.

鎧竜類の成長様式についての検討

林 昭次・春木信二・辻井響己・奥切侑也・宮崎宗一郎

1. はじめに

鎧竜類は中生代白亜紀に汎世界的に繁栄した植物食恐竜類であるが、一般的に保存状態が悪く頭骨を含む全身骨格や、幼体から成体を含む異なる成長段階の標本が発見される例がほとんどない。そのため成長過程などその生態については不明な点が多い。しかしながらモンゴルでは世界でも珍しく、幼体から成体までの保存状態の良い鎧竜類化石を多数発見することができる。そこで本ブランディング事業を通じて、モンゴル科学アカデミーの研究者と共同で標本・発掘調査を行い、鎧竜類の成長様式に関する検討を行った。具体的には1)モンゴル科学アカデミーに所蔵されている鎧竜類ピナコサウルスおよび、2)本ブランディング調査で新たに得られた鎧竜類の幼体から成体個体を複数用いることで鎧竜類の成長過程の観察、さらに3)鎧竜類と同様の皮骨装甲をもつ現生爬虫類の(シャムワニ・チュウゴクワニトカゲ)の成長様式と皮骨の形成過程を観察することで鎧竜類の成長と皮骨の機能について考察した。

2. 研究標本

研究に使用した標本は以下の通りである。

・鎧竜類化石

モンゴル科学アカデミー所蔵、モンゴル Alag Teeg に分布する白亜紀後期の Alagteeg Formation から産出した *Pinacosaurus grangeri* を複数個体使用した。また Bayn Shire Formation から産出した未同定の鎧竜頭骨化石2個体(950805 BS WTB:以下標本1, 40727 AMT SZK 11:30:以下標本2)を使用した。

・シャムワニ (*Crocodylus siamensis*)

13個体(雄3体,雌8体,性別不明2体)を用いた。本研究で使用したシャムワニは静岡県の小池ワニ総本舗で飼育されていた個体である。

・チュウゴクワニトカゲ (*Shinisaurus crocodilurus*)

大阪税関より受託された野生死亡個体6個体と、天王寺動物園で飼育されている飼育個体14個体、また胎児個体4個体の計24個体を用いた。

3. 研究方法

鎧竜類ピナコサウルスの頭骨(HMNS 95-11-5)の内部構造を観察するために工業用マイクロX線CTスキャナー(ニコンXT H 320)を用いて撮影を行った。画像解析には画像処理ソフト(VGSTUDIO MAX 3.1,Adobe Photoshop Elements 9)

を用いた。現生種に関しては、皮骨の形成時期を観察するために X 線 CT スキャナー（日立製作所 Latheta LCT-200）を用いて撮影を行った。その後の画像解析には、画像処理ソフト (VGSTUDIO MAX 3.1, Adobe Photoshop Elements 9) を用いた。

現生種・化石種ともに年齢がわからない個体については、大腿骨から薄片を作成し、皮質骨に保存されている成長停止線から年齢査定を行った。薄片検鏡は偏光顕微鏡 (Nikon Optiphot Pol, Olympus BX60) を用い、その後、画像解析及び計測には画像処理ソフト (Adobe Photoshop Elements 9, NIH Image J) で計測し、統計解析ソフト (SAS ジャパン (株) JMP) を用いて成長曲線を作成した。さらに、チュウゴクワニトカゲに関しては体色や体サイズの性的二型の検証により雌雄同定方法を確立し、性別不明の生体個体の雌雄を同定した。

4. 結果と考察

4-1. 鎧竜類 (Bayn Shire Formation 産出の未同定標本)

眼窩孔と周辺の複数の装飾が確認できたため、標本 1 は鎧竜類の眼窩周辺の一部であると同定した。一方、標本 2 に関しては、腹側面にブレインケースや篩骨、下降突起が確認できたため、頭頂骨であると同定した。標本 1 はタラルルスに見られるいくつかの特徴（眼窩の上と後方に存在する明確な三角形の突起など）が確認できたため、タラルルスであると同定した。標本 2 は確認できる特徴（頭蓋骨の表面に多数の小さな皮骨の鱗甲がある）からアンキロサウルス科であると同定できたが、本標本の情報が少なく属レベル以下の同定に必要な形質が得られなかったため、科レベルまでの同定とした。

標本 1 はこれまでに報告されているタラルルスの頭蓋骨と比較すると小さく、頭頂部の装飾が未発達であった。さらに本標本が発見されたサイトから発掘された鎧竜類の体骨格はどれも大きさが小さく、骨の癒合が未発達であった（神経弓・椎体、烏口骨・肩甲骨の未融合）。したがって、本標本はタラルルス初の幼体化石である可能性が高いと考えられる。さらにこれまでに報告されている他の個体と比較したところ、タラルルスの頭部の装飾は非常に大きな成体個体まで形成し続ける可能性が高いことが明らかとなった（図 1）。

標本 2 は科レベルの同定までしかできなかつたが、少なくともタラルルスの特徴は見られなかつた。標本 2 が産出した Bayn Shire 層から産出するアンキロサウルス類はタラルルスとツァガンテギアのみであるため、ツァガンテギアの可能性があるが標本が断片的であったため、本研究では同定できなかつた。

4-2. 鎧竜類 (ピナコサウルス)

幼体から成体のピナコサウルスを観察した結果、成体個体のほぼ半分の大きさに達しているにも関わらず、背の皮骨も尾の棍棒も発達していないことが明らかになった。この結果は、下記で述べるチュウゴクワニトカゲの皮骨の形成

パターンと類似した結果となった（図2）。また、ピナコサウルスの頭骨のCT撮影の結果、鎧竜類は萌出している歯の直下に成熟した歯を形成していることがわかった。

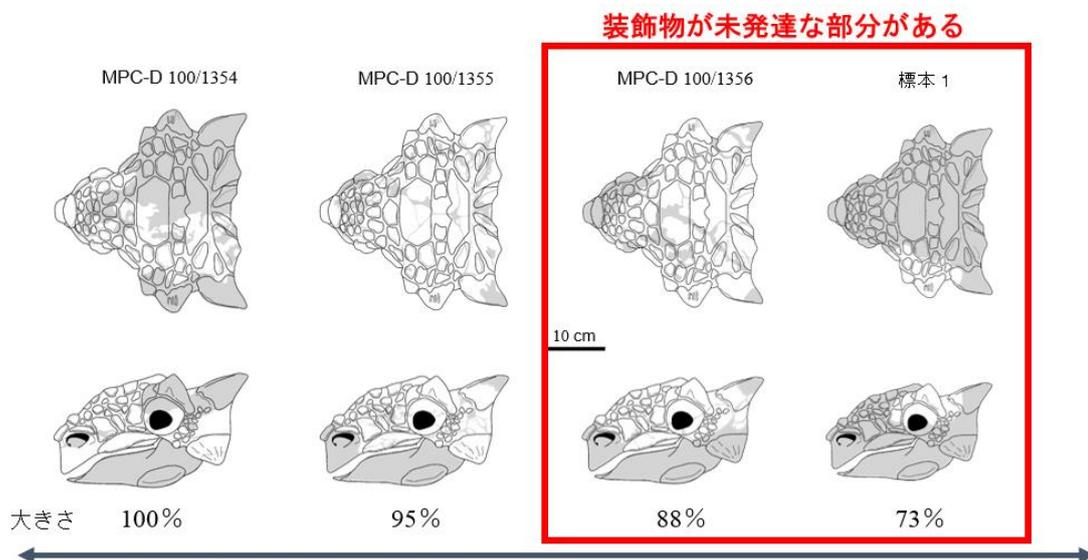


図1. タラルルス頭骨の装飾物の成長

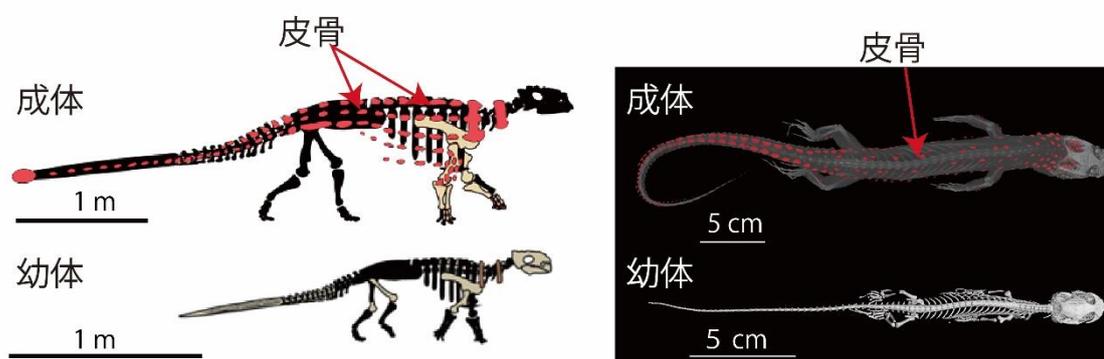


図2. ピナコサウルスとチュウゴクワニトカゲの皮骨の成長

4-2. シャムワニ

本研究の結果、性成熟を迎える15歳より以前の若い時期から皮骨の形成が開始し、2歳から3歳の間でほぼ全身の皮骨が形成され終わることが明らかとなった。また今回観察した標本は年齢に関係なく他のワニの噛み跡が見られた。これらのことから皮骨の主な機能は、鎧の役目である可能性が考えられる。また、体サイズが大きくなり体の体積が増加する時期に皮骨が形成されるため、体を支持する筋肉の増加した際の付着面としてや、体の熱を逃がすために使用されていると考えられる。よって、動きに関する筋肉の付着面を増加させる役目、熱吸収体または熱放射体としての役目の可能性も考えられる。カル

シウムの貯蔵庫の役目に関しては、性成熟を迎えた個体を観察できなかったため、今後さらなる検討が必要である。

4-3. チュウゴクワニトカゲ

本研究で観察したチュウゴクワニトカゲは月齢 36~48 ヲ月で成長率の低下が観察された。また皮膚は雌雄共に性成熟を迎える以前には形成されず、雄では性成熟を迎える月齢 48 ヲ月頃に頭部から形成され始め、その後月齢 72 ヲ月を迎えるまでに全身に発達していくことが明らかになった。しかし雌では月齢 84 ヲ月を迎えても頭部以外の皮膚の形成は観察されなかった。性成熟期にあたる月齢 36~48 ヲ月において、成長率の顕著な低下が観察された。性成熟を迎える月齢 48 ヲ月以降に皮膚が形成され、全身に形成されるのは雄のみであること、繁殖期に雄間の闘争がみられることから、チュウゴクワニトカゲの主な皮膚の機能は繁殖期における雄間の闘争のための防御装甲の可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

ワニとチュウゴクワニトカゲで、皮膚の形成時期が異なることが明らかとなった。ワニは成長の初期で皮膚の形成が完了することから、防御装甲としての機能を持っている可能性が高い。一方、チュウゴクワニトカゲは性成熟後に皮膚形成が開始され、さらにオスにしか皮膚が発達しないことから、性成熟と関連した機能をもっている可能性が考えられる。鎧竜類に関しては、頭部をふくめた全身の皮膚が成長の後期で形成される可能性が高いことが示唆された。従って、現生種の皮膚機能に基づくと、鎧竜類の皮膚機能に関しては、外敵に対する防護物だけではなく、繁殖期における個体間の闘争に対する防護物に使用している可能性が考えられる。また、鎧竜類は未萌出な歯でも成熟した歯がみられ、これまで考えられている装楯類の歯の交換様式の仮説とは異なる結果が得られた。今後、現生種・鎧竜類ともにサンプル数を増やし、詳細な検討がさらに必要であると考えられる。

モンゴル国ゴビ砂漠から多産する *Protoceratops* の分類学的再検討

生物地球学部 生物地球学科
千葉 謙太郎・小西 哲史・山本 雄大・實吉 玄貴

Protoceratops は、1920年代から今日に至るまで、幼体から成体まで数多くの標本が産出しており、成長段階や性差などの個体差に関する研究が、数多く行われている{Brown:1940cv, Dodson:1976tm, Maiorino:2015hr}。この属は、モンゴル・ゴビ砂漠中央部に分布する上部白亜系 Djadochta 層から産出する *P. andrewsi* Gregory et Mook, 1925 と内モンゴル地域に分布するほぼ同時異相関係にあると考えられる Bayan Mandahu 層から産出する *P. hellenikorhinus* Lambert et al., 2001 の2種から構成される。これに対し、2012年には、これまで *Protoceratops* が報告されていなかったモンゴル・ゴビ砂漠 Udyn Sayr から *P. andrewsi* と *Protoceratops* sp. とされる標本が報告されているが{Anonymous:2012bk}、現在でも後者については、*Protoceratops* の新種なのかそれとも既存の種に属するのか、はっきりしていない。我々の研究グループでは、先行研究で研究対象とされてこなかった *Protoceratops* の標本を網羅的に観察し、その形態的バリエーションを比較・定量化する中で、Udyn Sayr 産 *Protoceratops* sp. の分類学的再検討を行った。

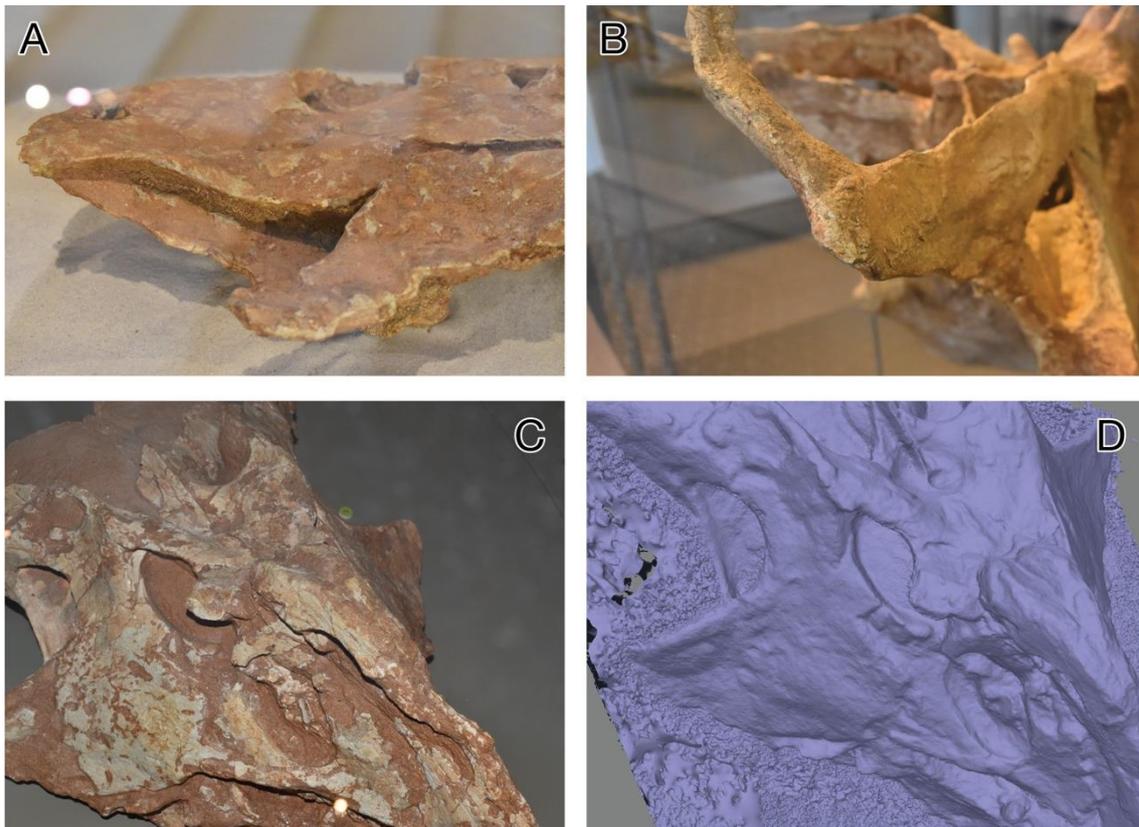


図 1. *P. hellenikorhinus* で新たに認識された特徴. A: IMM 96BM2/1, 前上顎歯を持たない; B: IMM 95BM1/1 (Holotype), 鱗状骨の上縁が背側にカーブしない; C: IMM 96BM1/4, 鼻骨の上に複数のこぶが存在する; D: フォトグラメトリーによる IMM 96BM1/4 の3次元データ。

標本観察は、アメリカ・ニューヨーク American Museum of Natural History (AMNH), モンゴル・ウランバートル Institute of Paleontology and Geology (IPG), ベルギー・ブリュッセル Royal Belgian Institute of Natural Sciences に収蔵されている 合計 60 以上の *Protoceratops* 標本を対象に行った。

観察の結果, *P. hellenikorhinus* にこれまで認識されていなかった以下の 3 つの共通する特徴を見出すことができた (図 1)。

1. 前上顎歯を持たない (図 1A)。

P. andrewsi は 2 本の前上顎歯を顎の両側に持つが, *P. hellenikorhinus* では, 全上顎歯の腹側側の縁が薄くなっており, 前上顎歯槽を持たない。

2. 鱗状骨背側縁が背側側にカーブしない (図 1B)。

P. andrewsi では, 側方から見ると, 鱗状骨背側縁が後方に向かうにつれて, 特に頭頂骨と一緒にフリルを形成する後方部で顕著に背側側にカーブするが, *P. hellenikorhinus* では, 後方部と前方部で高さの変化しない。

3. 鼻骨の上に複数のこぶが存在する (図 1C)。

P. hellenikorhinus は, 成長に伴い *P. andrewsi* よりも鼻骨の高まりがよく発達する傾向にあると言われているが (Lambert, 2001), それに加えて, 鼻骨の上に特徴的なこぶが複数発達することが明らかとなった。

さらに, これらの 3 つの特徴は, Udyn Sayr 産の一部の標本にも見られることが分かった (図 2)。

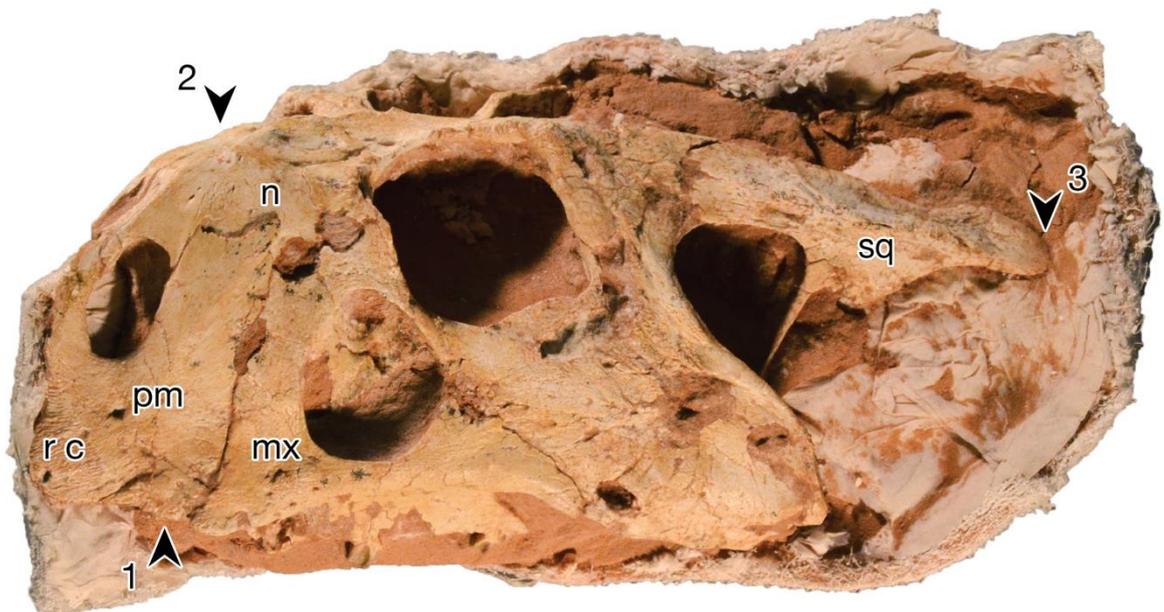


図 2. Udyn Sayr 産 *Protoceratops* 標本(MPC-D 100/539)に見られる *P. hellenikorhinus* と共通する特徴. 数字 1-3 は特徴の番号に相当する. mx, 上顎骨; n, 鼻骨; pm, 前上顎骨; rc: 嘴骨の関節面; sq, 鱗状骨.

これら3つの特徴から、Udyn Sayr産 *Protoceratops* 標本には、*P. hellenikorhinus* が含まれていることが示唆される。ただし、すべての標本が *P. hellenikorhinus* に同定されるわけではなく、いくつかの標本は、これら3つの特徴を持たず、*P. andrewsi* と共通する特徴を持つことも分かった。

以上の観察結果から、Udyn Sayrからは、2種の *Protoceratops* が共産することが明らかとなった。*P. andrewsi* が多産する産地は、風成層主体で乾燥した環境下で堆積したと考えられるが (Fastovsky et al., 1997), *P. hellenikorhinus* が見つかる地層は、風成層と河川成層から構成され、比較的湿潤だったと考えられる。Udyn Sayr は概ねその間の環境で堆積したと考えられるため、2種が好む生息環境は若干異なり、Udyn Sayr は環境的に中間であったため、2種が共産すると今のところ考えられる。

これまでの、モンゴル産恐竜化石研究は、種の記載が主体であったが、今後より詳細に標本を観察し、堆積学的データや地球化学的、あるいは骨組織学的手法を用いることで、より詳細なモンゴル恐竜の生態や進化を明らかにできる可能性がある。

引用文献

- Brown, B., and E. M. Schlaikjer. 1940. The Structure and Relationships of *Protoceratops*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 40:133–266.
- Dodson, P. 1976. Quantitative Aspects of Relative Growth and Sexual Dimorphism in *Protoceratops*. *Journal of Paleontology* 50:929–940.
- Fastovsky, D. E., D. Badamgarav, H. Ishimoto, M. Watabe, and D. B. Weishampel. 1997. The Paleoenvironments of Tugrikin-Shireh (Gobi Desert, Mongolia) and aspects of the taphonomy and paleoecology of *Protoceratops* (Dinosauria: Ornithischia). *Palaios* 12:59–70.
- Gregory, W. K., and C. C. Mook. 1925. On *Protoceratops*, a primitive ceratopsian dinosaur from the Lower Cretaceous of Mongolia. *American Museum Novitates*. *American Museum Novitates* 1–9.
- Handa, N., M. Watabe, and K. Tsogtbaatar. 2012. New Specimens of *Protoceratops* (Dinosauria: Neoceratopsia) from the Upper Cretaceous in Udyn Sayr, Southern Gobi Area, Mongolia. *Paleontological Research* 16:179–198.
- Maiorino, L., A. A. Farke, T. Kotsakis, and P. Piras. 2015. Males resemble females: re-evaluating sexual dimorphism in *Protoceratops andrewsi* (Neoceratopsia, Protoceratopsidae). *Plos One* 10:e0126464–22.
- Lambert, O., P. Godefroit, H. Li, C.-Y. Shang, and Z.-M. Dong. 2001. A new species of *Protoceratops* (Dinosauria, Neoceratopsia) from the Late Cretaceous of Inner Mongolia (P. R. China). *Bulletin De l'Institut Royal Des Sciences Naturelles De Belgique. Sciences De La Terre* 71:5–28.

モンゴル南東ゴビ砂漠白亜紀堆積物中の石英に観測される電子スピン共鳴信号 (3)

豊田 新・網本真奈・高橋勇人・渡邊焦子・寺田智也・實吉玄貴

1. はじめに

モンゴル南東ゴビ砂漠白亜紀堆積物中に主要構成鉱物として含まれる石英を用い、この中に観測される電子スピン共鳴 (ESR) 信号によって各堆積層を特徴化する試みを行ってきた。今年度は、2018年夏の調査においてモンゴルゴビ砂漠西部 Bugin Tsav 周辺で採取した堆積物試料についての分析結果と共に、モンゴル各地のこれまでの分析結果のまとめについて報告する。

2. 自然の石英に見られる ESR 信号

石英(SiO_2)中に見られる ESR 信号としては、結晶中の酸素が欠損し、そこに不対電子が捕獲された E_1' 中心のほか、Si を置換して含まれる Al, Ti, Ge が電子やホールをとらえた Al 中心, $[\text{AlO}_4]^0$, Ti 中心, $[\text{TiO}_4/\text{M}^+]^0$, Ge 中心, $[\text{GeO}_4/\text{M}^+]^0$

(M はアルカリ金属元素) などの不純物中心がある。照射及び加熱の処理を行って E_1' 中心の信号強度を測定することで石英中の酸素空孔量を求めることができ (Toyoda and Ikeya, 1991)、この酸素空孔量が 10^7 - 10^9 年の範囲で年代と相関があることが示されている (Toyoda and Hattori, 2000)。一方、不純物中心の信号強度は、石英に含まれるこれらの不純物の量に対応すると考えられるので、石英を生成したマグマ、あるいは熱水の化学的性質や生成温度を反映していると考えられる。不純物中心の信号強度は、比較的低い環境放射線の蓄積線量を反映するので、今回の研究ではこの影響を排除するために、いったん加熱して信号を消去し、一定のガンマ線を照射した後の信号強度を観測することによって、不純物の量に関連していると考えられる信号 (今回は Ge 中心) の強度を求めた。

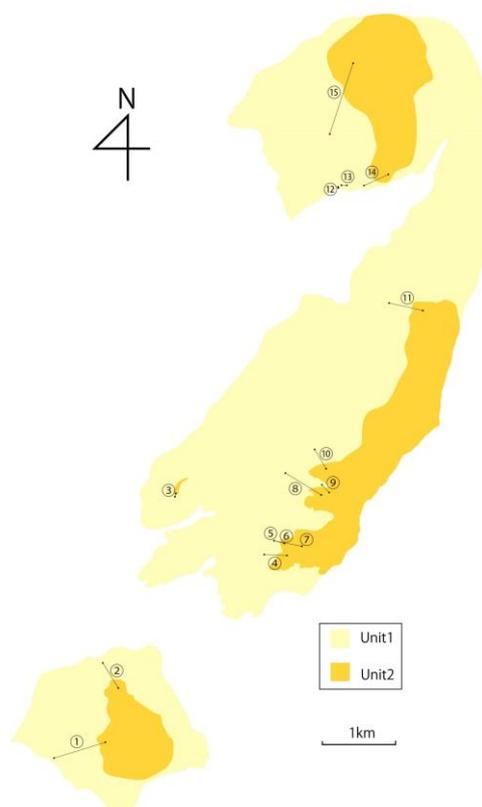


図1 試料採取地点 (Bugin Tsav)
Unit 1: Middle Nemegt Fm
Unit 2: Upper Nemegt Fm

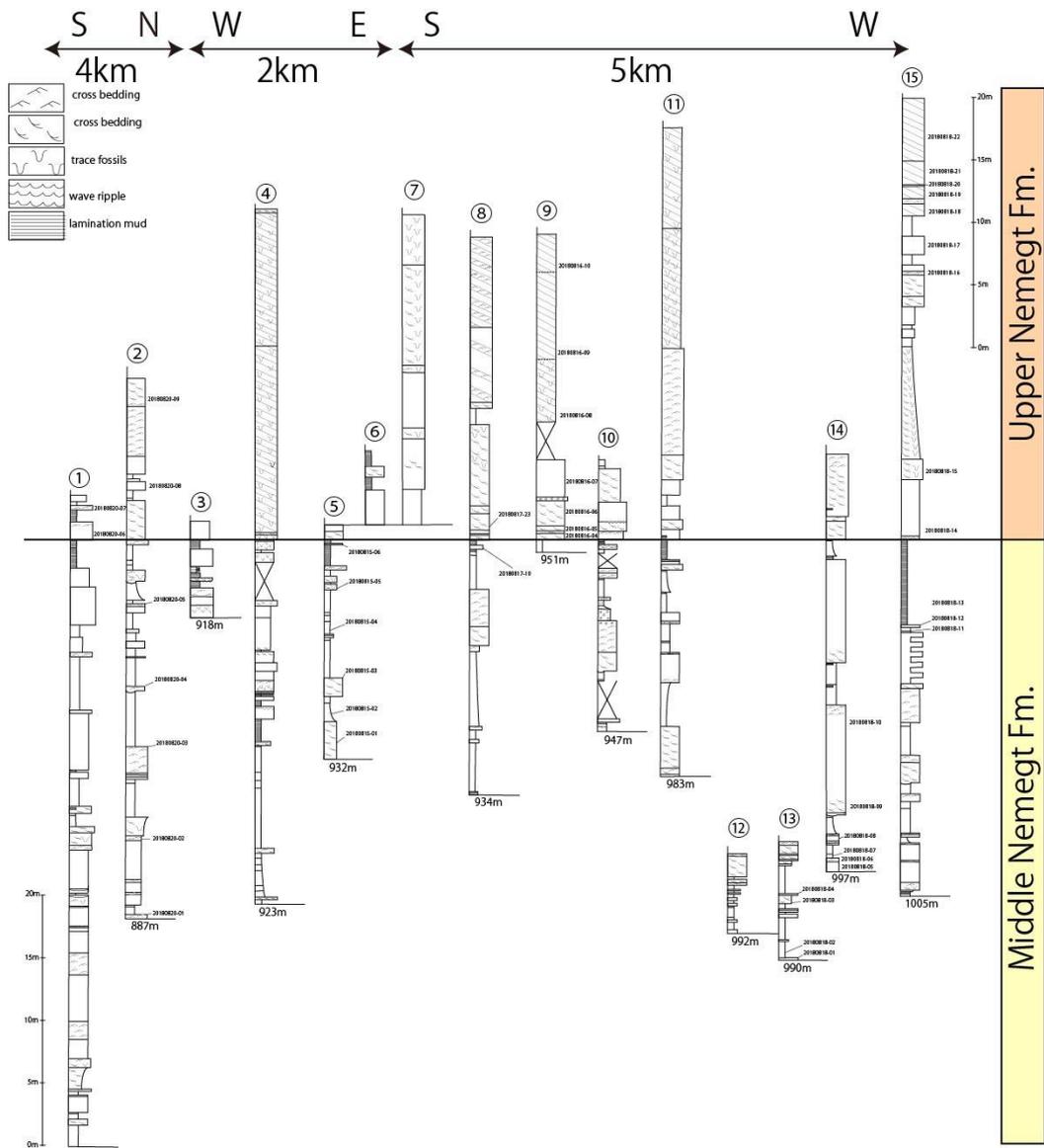


図2 今回の分析に使用した堆積物の層序の柱状図

3. 試料及び ESR 測定

モンゴル西部ゴビ砂漠の Bugin Tsav 周辺において、一連の砂層堆積物を 2018 年の調査で採取した。採取地点を図 1 に、層序を図 2 に示す。また、今回の分析に使用した試料の一覧を表 1 に示す。露頭の観察から、Bugin Tsav のこの層序においては全体の傾向として、小規模な河川であった環境 (Unit 1: Middle Nemegt Formation) から湖成環境を経て、大規模な河川的环境 (Unit 2: Upper Nemegt Formation) の堆積物へと変化している。

分析手順を図 3 に示す。試料は乾燥後、ふるい分けをして、 $100\text{-}250\ \mu\text{m}$ (F), $250\text{-}500\ \mu\text{m}$ (M), 及び $500\text{-}1000\ \mu\text{m}$ (C) のフラクションを使用した。6N の塩酸による処理、重液による分離、マグネティックセパレーターによる磁性鉱物の除去、20%フッ化水素酸による処理を経て石英を抽出した。

表 1 分析に使用した試料の一覧

採取地	採取日	試料名
Bugin Tsav	2018/8/15	20180815-01
		20180815-05
		20180815-06
	2018/8/16	20180816-04
		20180816-09
		20180816-10
	2018/8/17	20180817-10
		20180817-23
	2018/8/18	20180818-05
		20180818-08
		20180818-10
		20180818-12
		20180818-15
		20180818-17
		20180818-19
	20180818-21	
	2018/8/20	20180820-01
		20180820-06
		20180820-09

酸素空孔測定用の試料は約 2.5kGy のガンマ線照射及び 300℃15 分の加熱後に ESR 測定により、E₁' 中心の信号強度を求めた。信号強度は、 1.3×10^{15} spin/g の単位とした。不純物中心測定用の試料は、ESR 測定時の方向依存性を少なくする目的で 250 μ m 以下にしてから、400℃で 1 時間加熱し、試料のもっている ESR 信号を消去した。ガンマ線を約 5kGy 照射し、信号強度の線量応答を飽和させて ESR 測定を行い、Ge 中心の信号強度を求めた。ESR 測定は総合機器センターの ESR 測定装置、JES-PX2300 を用いて行った。E₁' 中心は室温においてマイクロ波出力を 0.01mW、Ge 中心は室温においてマイクロ波出力を 5mW とし測定した。今回、Al 中心及び Ti 中心の測定はできていない。磁場変調幅はいずれの信号についても 0.1mT とした。

4. 結果と議論

1.3×10^{15} spin/g を単位として酸素空孔量を求めた。その変動について、図 4 に示すような結果が得られた。ほぼすべての試料について、細粒のフラクシオンほど信号強度が大きくなった。どのフラクシオンについても、おおまかに、Middle Nemegt 層では低かった酸素空孔量が、Upper Nemegt 層で高くなっている。これは、Middle Nemegt 層の小規模な河川環境から湖の環境を経て、Upper Nemegt 層の大規模な河川環境へと堆積場が後退するのに伴って、堆積物の供給起源が変化し、より結晶年代の古い石英の試料が供給されるようになったことを示唆する。

Ge 中心測定の結果については、ガンマ線照射による信号増大を求めたところ、図 5 に示すようになったが、何らかの一定の傾向があるようには見えなかった。

今回、酸素空孔量について、堆積場の環境変動と対応する可能性のある変動が検出された。今後、これらの堆積物に含まれるジルコンの年代スペクトルと合わせての検討を行うこと、他の不純物中心との対応の検討などが課題である。

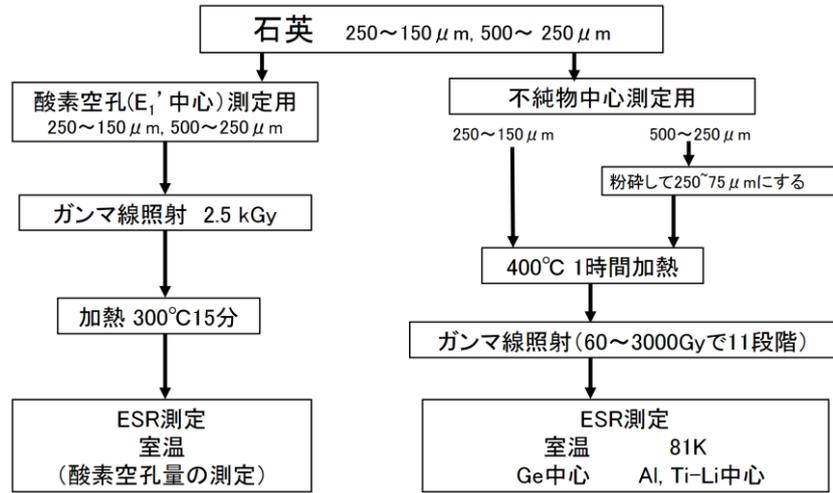


図3 試料の測定手順

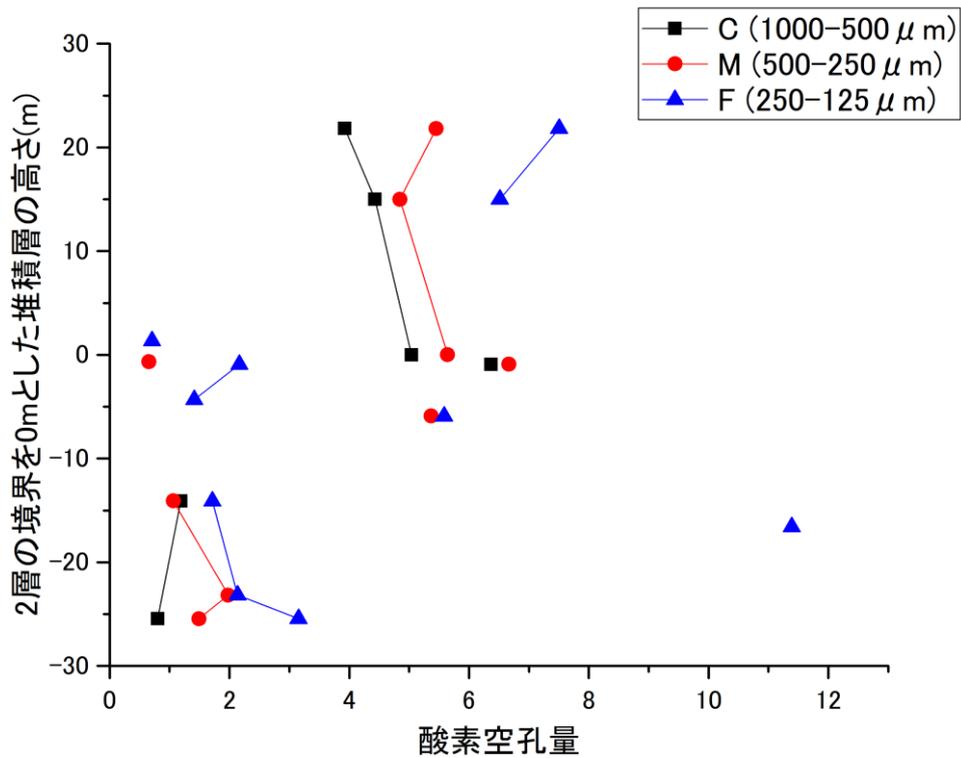


図4 堆積層の各高さにおける堆積物中石英の酸素空孔量

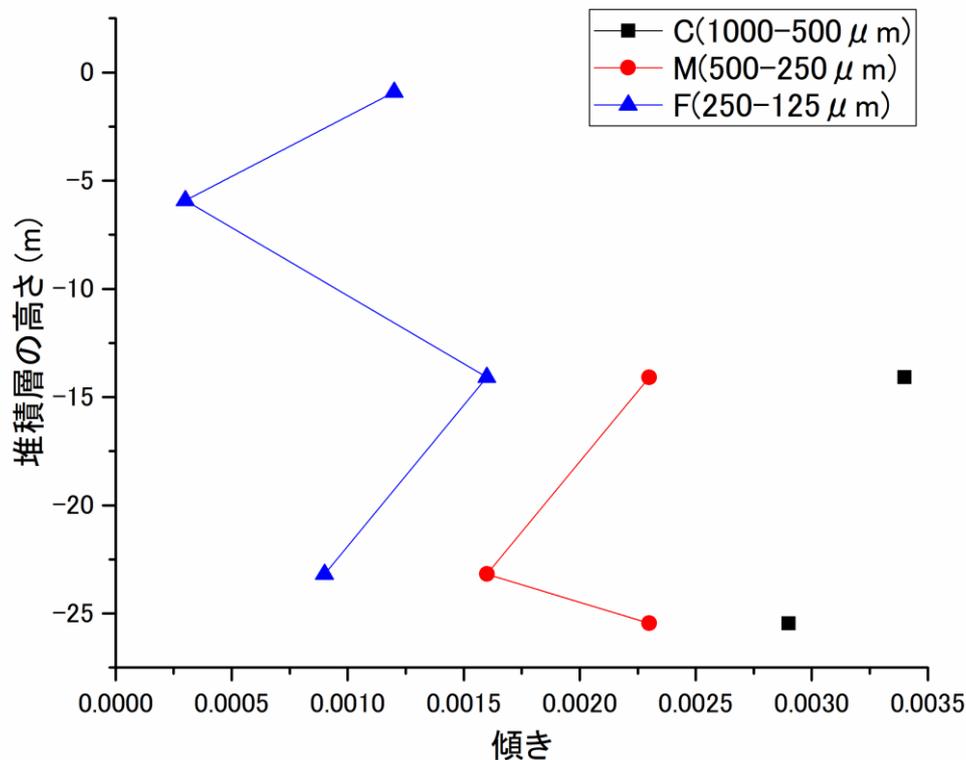


図5 堆積層の各高さにおける堆積物中石英の Ge 中心信号の生成効率

5. モンゴルゴビ砂漠の他の地域との比較

これまでに分析を進めてきたモンゴルゴビ砂漠の恐竜化石産出地域の層序の石英の酸素空孔量をまとめると、図6になる。

Shar Tsav 付近の層序を除き、東部、中央部、西部の順に年代が若くなっていると考えられているが、それに対応して、酸素空孔量もおおまかに小さくなっていることがわかる。これは、結晶化の年代と相関があるように解釈できるかもしれないが、堆積層の年代は堆積年代であり、石英の結晶化の年代ではないので、一義的にはそのような解釈は正しいとはいえず、たまたま、石英の供給源の年代がそのようなになっていた、ということであろう。しかし、モンゴルゴビ砂漠の堆積層について、おおまかに酸素空孔量との対応がつくという可能性が示されたことにはなっており、今後、酸素空孔量を調べることによっておおまかに層序を予想することができるかもしれない。

一方、Nemegt 層と考えられている東部 Shar Tsav 周辺の堆積層の石英の酸素空孔量については、他の東部の堆積層の値と一致した。地質調査の結果、Bayshin Tsav 付近と Shar Tsav 付近の層序が一連のものであることが、本事業の成果として得られており、これと整合的な結果である。Shar Tsav 付近の層序がより古い Bayin Shire 層と対応することを示唆するかもしれない。

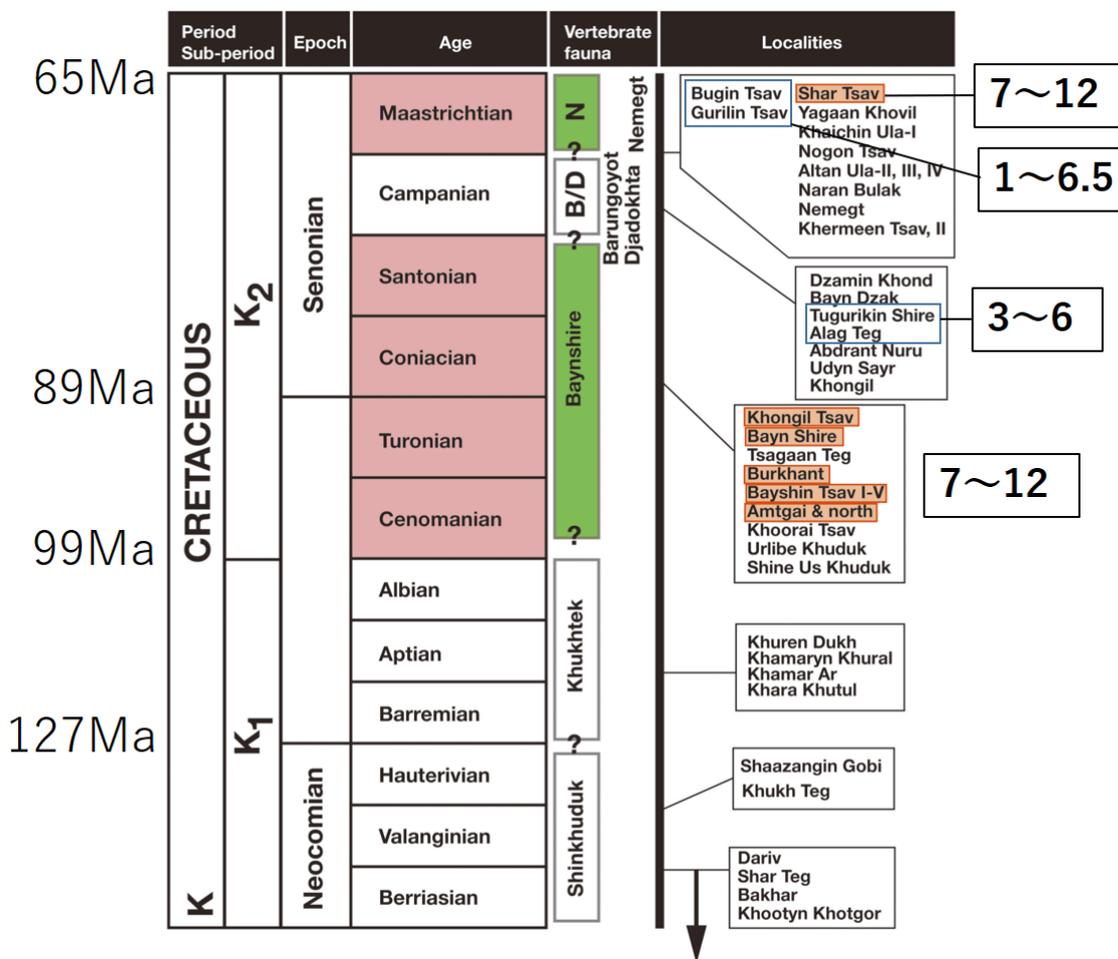


図6 モンゴルゴビ砂漠各地域の堆積物の石英の酸素空孔量のまとめ (Watabe et al., 2000 を改変)

引用文献

- Toyoda, S. and Hattori, W. (2000) Formation and decay of the E₁' center and of its precursor, Appl. Radiat. Isot., 52 (5), 1351-1356
- Toyoda, S. and Ikeya, M. (1991) Thermal stabilities of paramagnetic defect and impurity centers in quartz: Basis for ESR dating of thermal history, Geochem. J. 25 (6), 437-445

レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析システム (LA-ICP-MS) による固体試料分析：いろいろやってみた

理学部・准教授 青木 一勝

1. カリーチのカルサイト U-Pb 年代

モンゴル東ゴビに産する含恐竜化石層の形成年代を制約するため、Bayn Shire 層中のカリーチ 3 試料の LA-ICP-MS カルサイト U-Pb 年代測定を行った。その結果、2 試料から意味のある年代値が得られ、その値は約 90 Ma であった。カリーチの産状および岩石記載に基づく、得られた年代値は Bayn Shire 層の形成年代を示していると結論付けられる。モンゴル東ゴビに産する白亜系層準は、火山灰層のような「鍵層」が存在しないためその形成に関する絶対年代が求められていなかった。本研究はモンゴル白亜系において堆積岩層から直接形成年代に関する絶対値を示した初めての研究例である。

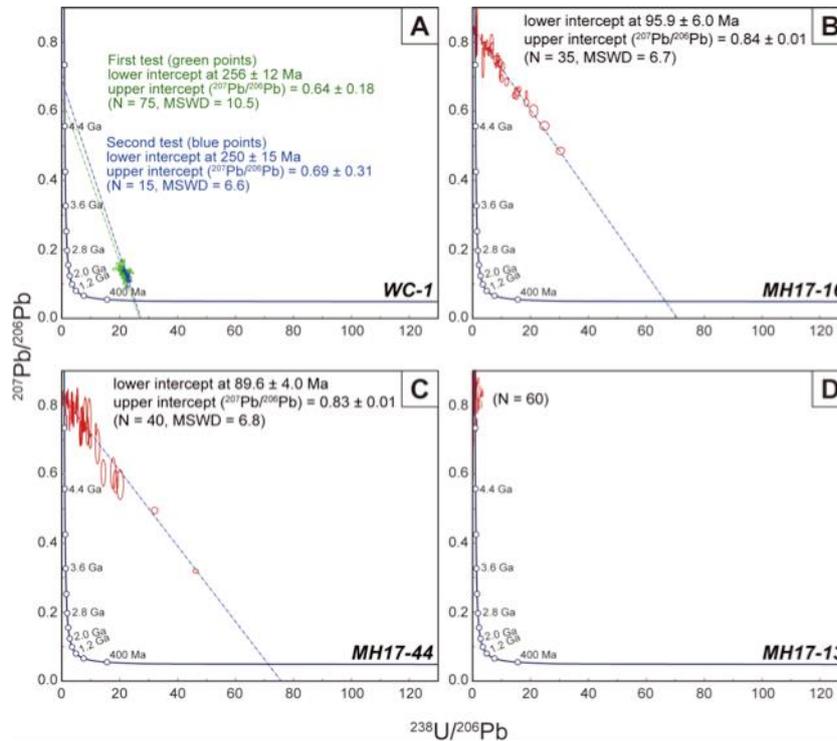


図 1 カルサイト U-Pb 年代分析結果. (a) WC-1, (B)-(D) カリーチ試料 (Kurumada et al., under review)

2. 恐竜歯化石のアパタイト U-Pb 年代と微量元素分析

化石化プロセス解明のため、モンゴル・ゴビ砂漠に産する恐竜類の歯の化石 (タルボサウルス、アレクトロサウルスやプロトケラトプスなど) について元素マッピング分析とアパタイトの U-Pb 年代分析を LA-ICP-MS を用いて行った。その結果、U と Pb は歯の象牙質部に多く濃集していることが分かった。それら象牙質の年代測定値は、試料に依らず概ね 40–30Ma の年代値を

示した。これらの年代値は、恐竜が生息していたと考えられる地質時代（白亜紀後期：約 8500 万年前）にくらべ 4000-3000 万年ほど若い。この年代のズレは、化石化過程におけるアパタイト U-Pb 系の閉鎖までの所用時間を示している可能性がある。

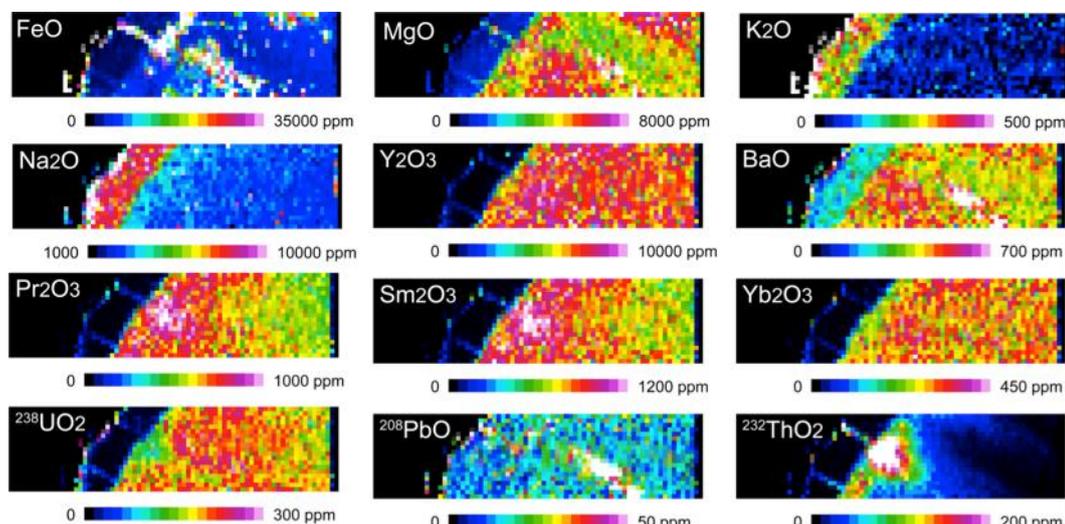


図 2 ハドロサウルス化石の元素マッピング分析 (Aoki et al., in prep.)

3. モンゴル上部白亜紀系砂岩のジルコン U-Pb 年代分析

モンゴル上部白亜系形成当時の河川・後背地環境の変遷を推定するため、河川堆積物起源の砂岩中に含まれる碎屑性ジルコンの U-Pb 年代頻度分布解析（層序下位から上位に向けて Bayn Shire 層 22 試料、Djadokhta 層 2 試料、Nemegt 層 4 試料）を行った。その結果、Bayn Shire 層の碎屑性ジルコンは大きく 4 つのグループ；①120~130Ma, ②170~380Ma, ③400~580Ma, ④750~2000Ma に区分されることが分かった。一方で、Djadokhta 層と Nemegt 層は①が欠如することが分かった。更にそれぞれの層準に含まれる最若 U-Pb 年代値は、Djadokhta 層では約 150 Ma, Nemegt 層では約 170 Ma であった。これらの結果は、形成当時、表層削剥物質の供給源に変化があったことを示唆する。モンゴルおよびその周辺の地質は、120Ma 以降の酸性火成活動の欠如や、白亜紀花崗岩体の現存を示す。これらを考慮すると、本研究が示す年代頻度分布のパターン変化は、後背地の変化というよりも、むしろ当時の河川流域の変化が影響している可能性がある。

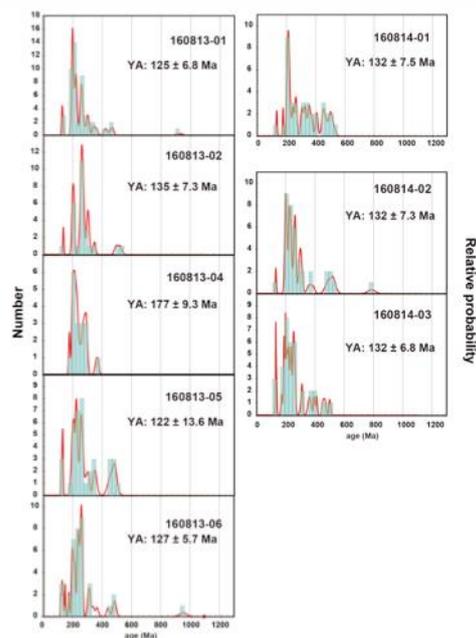


図 3 年代頻度分布図 (Terada et al., in prep.)

4. 鶏の骨髓骨の Ca 同位体分析

現世鳥類のメスには卵殻形成のため骨髓腔に骨髓骨(MB)を発達させることが知られている。しかし、MB 形成/吸収の機作はよく分かっていない。そこで、鶏に着目し、その皮質骨(CB)、MB、エサ、および卵殻の Ca 同位体分析を MC-ICP-MS を用いて行った。その結果、それぞれの δCa 間で有意の差が認められた。骨の δCa は骨形成/骨吸収の Ca 同位体分別を反映することが知られている。したがって、これらの δCa の差は、卵殻形成に伴う MB の骨形成/骨吸収バランスや Ca 供給源の時間的差異の影響を反映していると考えられる。

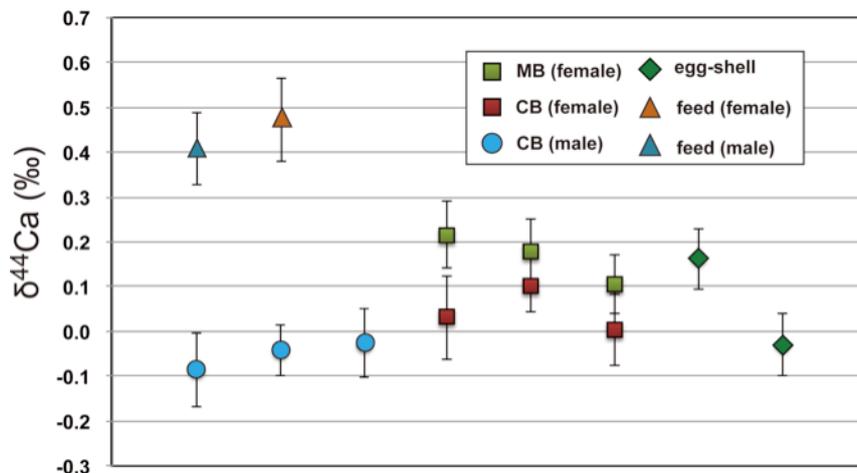


図 4 MB、CB、エサ、卵殻の Ca 同位体分析結果 (Kodaira et al., in prep.)

四足歩行動物の旋回に関する力学的考察

伊東和輝, 衣笠哲也, 藤本大樹, 石垣忍

生物がどのように歩行するのかという考察は、生物学の分野だけでなくロボット工学の分野でもこれまで多くおこなわれてきた。しかし、どのように旋回するのかという考察についてはあまりおこなわれていないのが現状である。この問題に対し古生物の分野でいくつかの考察が見られる^[1-3]。特に石垣らは、直進から旋回する大型竜脚類の足跡化石(図1左)を発見し^[1]、後肢の足跡が前肢のその内側を通る自動車における内輪差(内軌道差)に似た現象が見られる点に注目することで、幾何学的な旋回理論に基づいて考察をおこなった。その結果、竜脚類の荷重は後肢に偏っていることから、前後方向で荷重が小さい前肢によって主に操舵がなされていると結論づけている。軌道差とは、自動車が旋回するとき車輪が前後で異なる軌道を通る軌道外れ(off-tracking)のことである。車両および四足生物に対し、前輪(肢)(もしくは前輪(肢)対の中心などの)軌道に対して後輪(肢)軌道が内側を通過する場合を内軌道差、外側を通過する場合を外軌道差と呼ぶ。大型竜脚類の旋回運動行跡(図1左)において後足印の中心線が前足印の中心線の内側を通過する。つまり、大型竜脚類は前輪操舵車両の旋回時にみられる内軌道差を伴う旋回動作をおこなう。また、この石垣らの仮説に基づくと、アジアゾウなど前肢に荷重が偏っている場合は後肢によって主に操舵され、その結果、後肢足跡が前肢足跡の外側を通ることになる。

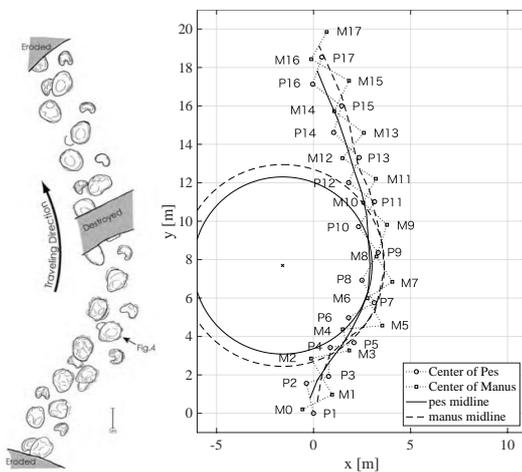


図1. 竜脚類の旋回行跡(右)と軌道差の推定(左)

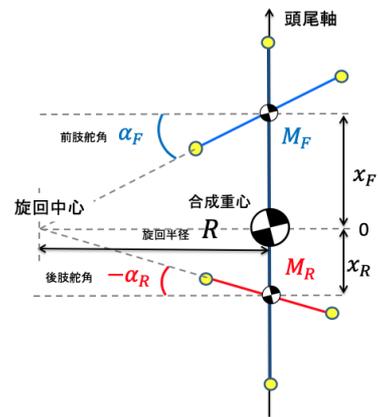


図2. 重心位置と操舵比

しかし、竜脚類の旋回に対する考察が妥当かどうかの検証は、竜脚類が古生物であるため実物の観察に基づいておこなうことができない。ゾウなどの現生の大型四足歩行生物については歩行の観察をおこなうことができるが、歩行中に四肢がもつ物理量や生体信号などを計測することは容易ではない。さらに、四肢の荷重比や操舵比などの条件を変えて歩行させることは不可能である。このような問題に対して、人工的に生物の機能を構成することによってそのメカニズ

ムを解明する構成論的アプローチ^[4]が有効である（例えば文献[5,6]）。

そこで本研究は、まず、石垣らの仮説を連続的に変化する四肢の荷重比に対して発展させ、力学的にどのような意味があるか考察する。つぎに、これまでに得られた竜脚類の足跡化石と新たに採取したアジアゾウの足跡について仮説の有効性を検証する。さらに、動力学モデルに基づく数値シミュレーションをおこなうことで四足生物の旋回特性について構成論的な検証をおこなう。

四足生物の旋回に関する仮説と力学的意味

まず、負荷の小さい肢を主に用いて旋回するという仮説を発展させる。自動車は前輪もしくは後輪だけで操舵するだけでなく、4輪を操舵することで旋回することも可能である。そこで、四足生物に対しても前肢もしくは後肢のみで操舵するのではなく、前後肢で操舵し、負荷に応じて操舵比を変化させるものと考えられる。このとき、操舵比を荷重の逆比と考えると、重心位置の連続的な変化に対して操舵比が決定されることになる。前後肢の操舵比と重心位置の関係は図2のように表すことができる。図2において合成重心位置が旋回中心の頭尾軸投影点（原点とする）に一致するものと考えられると、

$$m_F x_F + m_R x_R = (m_F + m_R) x = 0$$

が成り立つ。 $x_F = R \tan \alpha_F$, $x_R = -R \tan \alpha_R$ であり、舵角が小さいものと仮定すれば、

$$m_F \alpha_F - m_R \alpha_R = 0$$

が近似的に得られる。つまり、合成重心位置が旋回中心の頭尾軸投影点に一致するという仮定は、荷重の逆比が操舵比となることと等価であることを意味する。さらに、この仮定は四足動物が重心を中心に回転することを意味し、操舵比が荷重の逆比を取るとき慣性モーメントが最小となるという意味で力学的に理にかなった旋回方法であることがわかる。さらに、負荷の小さい肢は重心から相対的に遠く、回転のためのモーメントアームが大きくなるという意味でも旋回に適した方法といえる。

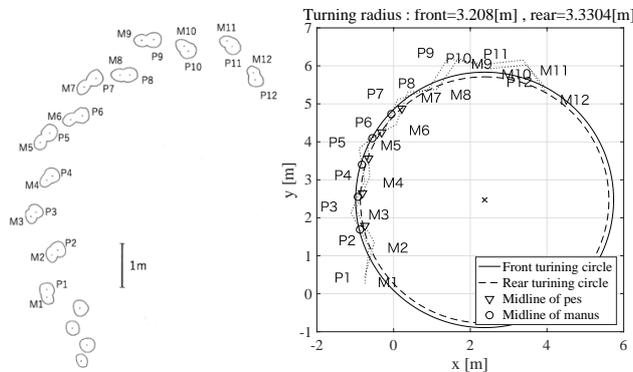


図3. アジアゾウの旋回行跡（左）および推定旋回円（右）

旋回行跡と軌道差

大型竜脚類 (図 1 左) とアジアゾウ (図 3 左) が方向転換 (旋回) した行跡において, 前後肢中心線に軌道差が見られることについて述べる.

竜脚類の旋回行跡 (図 1 左) から前肢 (M5-M9) と後肢 (P5-P9) の中心線に対し最小自乗法によって旋回円を推定した. その結果, 旋回半径は前肢中心線で 5.25m, 後肢中心線で 4.61m と推定され, 内軌道差は 0.64m (定常偏差を 0.4m とすると 0.24m) となった (図 1 右). 石垣らの推定値は 0.86m (定常偏差を 0.4m とすると 0.46m) であったので, 最小自乗法による推定値は石垣らの実測値より小さい値となっている. 石垣らの推定は軌道差が最大となる位置を計測しており, 定常円旋回と考えられる M5,P5 から M9,P9 までの前後それぞれ 5 つの行跡に基づく推定値は相対的に小さくなっているものと考えられる. 定常偏差の原因は歩行癖もしくは側方を向きながら直進していることが挙げられる. 偏差を考慮しない場合, 前後肢の操舵比は 70 対 30 となり, 荷重比がこの逆比であれば重心が後方に位置するものと予想される. 偏差分をどのように考慮するかについては今後検討が必要である.

図 3 左にアジアゾウの旋回行跡を示す. 足印図から, 後足印の中心線が前足印の外側に描かれていることがわかる. したがって, ゾウは外軌道差を生じながら旋回していることになる. 行跡を解析した結果 (図 3 右), 旋回半径は前足印中心で 3.22m, 後足印中心で 3.35m, 外軌道差 0.13m, 操舵比は前肢 36%, 後肢 64% となった. この逆比を荷重比と考えると, アジアゾウの前肢および後肢における荷重の割合が 58 対 42^[7] という結果にも近いものとなっている.

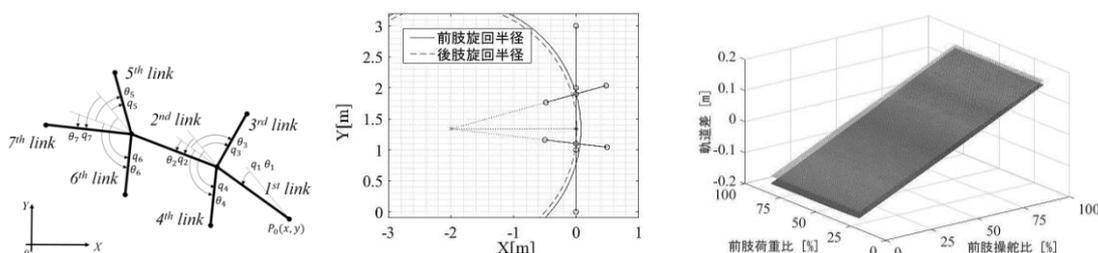


図 4. 7 リンクモデル (左), 前後肢の理論旋回円 (中), 操舵比と荷重比に対する軌道差 (右)

動力学モデルによる旋回動作シミュレーションと軌道差

つぎに, 四足歩行の旋回動作を再現するために, 四足歩行生物を簡易的に模した 7 つのリンクから成るモデル (図 4 左) を構成した. 進行方向に向かって第 1 リンクが尾部, 第 2 リンクが胴体部, 第 3 リンクが右後肢, 第 4 リンクが左後肢, 第 5 リンクが右前肢, 第 6 リンクが左前肢, 第 7 リンクが頭部であり, ロール軸回りの運動は拘束された水平面内における運動のみで表現できるものとする. また, 尾部-胴体部間の関節, 胴体部-首部の関節はバネ・ダンパで繋いでいる. この 7 リンクモデルに対してラグランジュの方法により運動方程式を導出した. 推進力は, 正弦波を目標軌道とした PD 制御による前後肢のスプロール動作と, 脚先端と地面との間に生じる摩擦反力^[8]によって得られるものとする. また, 旋回動作は歩行中に前後肢対の回転中心に定常偏差 (舵角に相当) を目標軌道に加えることで実現する. 軌道差と操舵比・荷重比 (重心位置) の関係を考察するた

めに、操舵比と荷重比の様々な組み合わせで旋回歩行の数値シミュレーションをおこなった。軌道差は前後肢接地点の中心線に対して得られる旋回半径の差を取ることで求める。また、仮説に基づいて得られる理論モデル(図4中)の幾何学的関係から前後肢の理論旋回半径の差を軌道差の理論値とし、シミュレーション結果と比較した。軌道差のシミュレーション値と理論値を図4右に示す。軌道差が正のとき内軌道差、負の場合は外軌道差となる。この図から、理論値、シミュレーション値ともに軌道差は荷重比にほぼ依存せず操舵比のみに依存し、前肢の操舵比が後肢より高い場合は内軌道差を生じ、前肢の操舵比が後肢より低い場合は外軌道差が生じていることがわかる。これは四輪操舵車両にみられる軌道差と同様の結果である。つまり、内外軌道差は前後肢の操舵比に依存して決まり、旋回時に内軌道差を生じるには主に前肢、外軌道差を生じるには主に後肢で操舵を行うという仮説で予想されたものと同じ結果が得られたと言える。また、軌道差は四肢の運動、つまり操舵の幾何学的な関係から生じるものであり、荷重比に依存しないという結果は妥当と考える。操舵比が荷重の逆比となるという点についてはエネルギー的な考察などが必要である。

- [1] S. Ishigaki and Y. Matsumoto, OFF-tracking - like phenomenon observed in the turning sauropod trackway from the upper Jurassic of Morocco, *Memoir of the Fukui Prefectural Museum*, 8, 1-10, 2009.
- [2] D. R. Carrier, et al., Influence of rotational inertia on turning performance of theropod dinosaurs: clues from humans with increased rotational inertial, *The Journal of Experimental Biology*, 204, 3917-3926, 2001.
- [3] L. Xing, An unusual sauropod turning trackway from the early Cretaceous of Shandong province, China, *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 437, 74-84, 2015.
- [4] Rolf Pfeifer and Josh Bongard, How the Body Shapes the Way We Think: A New View of Intelligence, *A Bradford Book*, 2006.
- [5] 山崎, 梅田, "生体力学モデルと機械モデルによる絶滅哺乳類デスモスチルスの歩行復元", *バイオメカニズム*, 15 巻, pp.199-210, 2000.
- [6] J. A. Nyakatura, et al., Reverse-engineering the locomotion of a stem amniote, *Nature* 565, 351-355, 2019
- [7] R. M. Alexander, "Dynamics of Dinosaurs & Other Extinct Giants", *Columbia University Press*, New York, 1989
- [8] Z. Janosi, et al., The analytical determination of drawbar pull as A function of slip for tracked vehicles in deformable Soils, *International Society for Terrain-Vehicle Systems, 1st International Conference*, 1961.

モンゴル国産出脊椎動物化石からのタンパク質および多糖類の検出

理学部・教授 辻極 秀次

【目的】近年の化石に関する研究では、形態学を主体とした解析だけでなく、化石に含まれる有機物の分子生物学的な解析が試みられており様々な研究報告がされている。しなしながら古い年代の化石では、組織中に含まれる有機物は分解、他の成分に置換していることが多い。また有機物が残存していたとしてもその含有量は僅かであり解析は困難であるのが現状です。

そこで本研究では、世界で最も保存状態が良好とされているモンゴル国から産出した約 3500 万年前の哺乳類化石、および約 1 億年前の恐竜化石を用いてタンパク質の検出を行い、モンゴル国産脊椎化石を用いた分子生物学的解析法の有効性について検討した。また、恐竜化石試料からの多糖類の簡便な検出方法の開発のため、現生鳥類の骨組織非脱灰標本を用いて多糖類検出が可能であるか検討を行った。

【材料および方法】タンパク質の検出には、2019 年度発掘隊によって

Ergilin Dzo (層) から発掘された約 3500 万年前の哺乳類化石 13 種、および Baynshire 層から産出した恐竜化石 1 種を用いた (図 1)。恐竜化石はギ酸を用いて脱灰後、定法に従いパラフィン薄切標本を作製、HE 染色



図 1 解析にもちいた化石試料

を施し組織学的に観察した。化石試料からのタンパク質抽出では、試料から得られた小塊を超音波洗浄機により洗浄、液体窒素下で粉砕しタンパク質抽出を行った。抽出した試料は SDS-PAGE を行った後に、銀染色法により微量タンパク質の検出を行った。

多糖類の検出では、ニワトリの雄および雌から大腿骨と脛骨を摘出、10% 中性緩衝ホルマリンで一晩固定後、ギ酸溶液を用いて脱灰を行った。脱灰後の試料は定法にてパラフィンブロックを作成、マイクロトームを用いて 5 μ m に薄切し脱灰標本とした。非脱灰標本の作製は、上記同骨組織をクロロホルムにより脱脂した後、エポキシ樹脂に包埋、ダイヤモンドカッターで薄切後、研磨標本を作製した。多糖類の検出は特殊染色としてアルシアンブルー染色および Periodic acid-Schiff stain (PAS) 染色を定法に従って行い、組織学的に観察した。

【結果と考察】恐竜化石の HE 標本では、ハバース管と思われる管腔周囲に、エオジンに淡染する骨基質様組織が観察された。また骨基質様組織中には骨小腔が確認された（図2）。以上のことから恐竜化石中には骨基質を構成している、タンパク質が残存している可能性が考えられた。

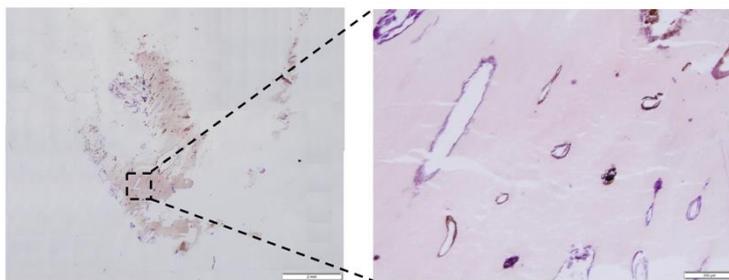


図2 恐竜化石のHE染色像

脊椎動物化石の SDS-PAGE では、全ての動物種において分子量 50KDa と 75KDa の間に2本の明瞭なバンドが確認された（図3）。今回実験に用いた全ての化石試料でバンドが確認されたことから、モンゴル国産出の化石には高頻度にタンパク質が保存されている可能性が考えられた。また化石から検出されたバンドは、生物種、年代、産出条件が異なってもほぼ同じ位置に認められたことから、全ての化石に共通して存在する骨組織中の基質タンパク質の可能性が示唆された。今後、検出されたタンパク質のアミノ酸配列について LC-MSMS 解析等を行い詳細な検討を行う予定である。

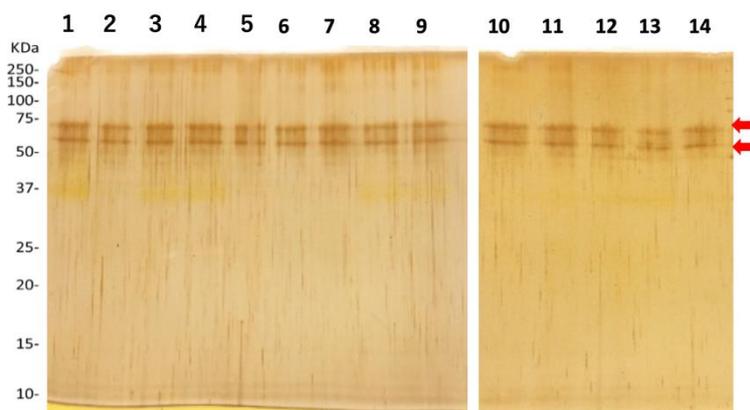


図3 化石抽出物のSDS-PAGE

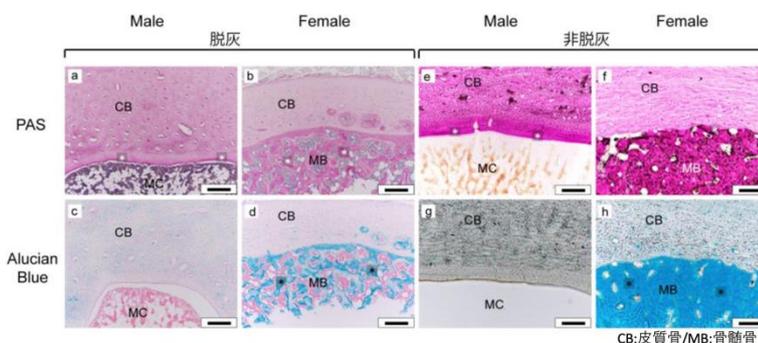


図4 ニワトリ骨組織のPAS染色およびアルシアンブルー染色

多糖類の検出では、PAS 染色においてオス骨組織の内基礎層板内壁のみに陽性所見を認めた。メスの骨組織では骨髓骨に PAS 染色の強い陽性が認められた。アルシアンブルー染色では、PAS 染色で認められたようなオス骨組織の内基礎層板に陽性所見は認められなかった。メスのアルシアンブルー染色では PAS 染色とほぼ同様に骨髓骨のみに陽性が観察された（図4）。以上のことから PAS 染色およびアルシアンブルー染色において、脱灰標本と非脱灰標本でほぼ同様の染色性が認められたことから、非脱灰標本における特殊染色による多糖類検出は有効であることが考えられた。

南モンゴル中央アジア造山帯におけるペルム紀後期—三畳紀前期沈み込み背弧型火山活動：古アジア海の最終閉鎖時期の制約

フロンティア研究所・准教授 今山 武志

1. 研究背景

中央アジア造山帯は、世界で最も大きな付加型造山帯の一つであり、原生代から三畳紀までの長い歴史を持つ（例、Kröner et al., 2014）。中央アジア造山帯は、シベリア地塊の南縁に徐々に発達していき、最終的に北中国地塊が衝突して、古アジア海が閉じたとされる。しかし、古アジア海の最終閉鎖時期が、ペルム紀後期—三畳紀前期なのか古生代初期なのかについては議論がある（例、Xu et al., 2013）。これらは、中国北東部中央アジア造山帯の研究に主に基づいた議論であるが、南モンゴルからの研究例はほとんどない。私達は、岡山理科大とモンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所の南モンゴルゴビ砂漠共同調査において、中央アジア造山帯に関連した古生代火山碎屑物やそれらを一貫する新たな火山岩体を発見した。本研究では、これらの火山岩体の全岩化学組成やカリウム—アルゴン年代測定により、その起源と生成年代を推定した。また、火山碎屑物を覆う陸源性砂岩に含まれる碎屑性ジルコンのウラン—鉛年代を測定した。これらの結果に基づいて、南モンゴル中央アジア造山帯における古アジア海の最終閉鎖時期の制約を試みた。

2. 全岩化学組成分析

火山岩 12 試料の全岩主要元素分析を、ガラスビード法により実施した。試料は粉末化、加熱処理後に、試料：融剤を 1：2 で混ぜ合わせ、ガラスビードを作成した。測定は、岡山大学設置の蛍光 X 線分析装置 (ZSX Primus II) で実施した。火山岩 8 試料については微量元素も分析した。微量元素の測定は、カナダの Activation Laboratories Ltd. において、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS, Perkin Elmer Optima 3000) を用いて実施した。

図 1 は、SiO₂ 成分とアルカリ量 (Na₂O+K₂O) をプロットした火山岩類の分別図である。採取した火山岩類は、玄武岩、玄武岩質粗面安山岩、安山岩、粗面安山岩、粗面岩のアルカリ系列の岩石に区分され、安山岩、デイサイトに卓越する。また、SiO₂ 成分を X 軸、各元素を Y 軸にしたハーカー図では、各試料は一直線上にプロットされ、一つの火山系列で生成されたと考えられる。

全岩組成の微量元素の測定値から、Primitive mantle で規格化したスパイダー図を作成した (図 2)。その結果、液相濃集元素に富む左上がりのパターンを示し、Ta-Nb の負の異常を示すなどの特徴が見られる。SiO₂ 成分に富む粗面安山

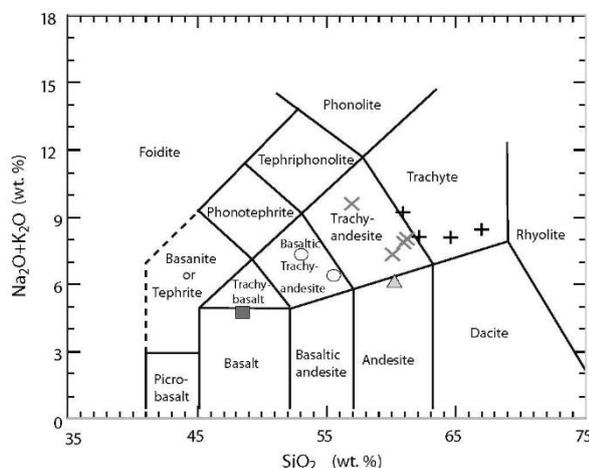


図 1 火山岩類の分別図

岩、粗面岩は、他の火山岩類に比べると相対的に高い液相濃集元素を持つ。

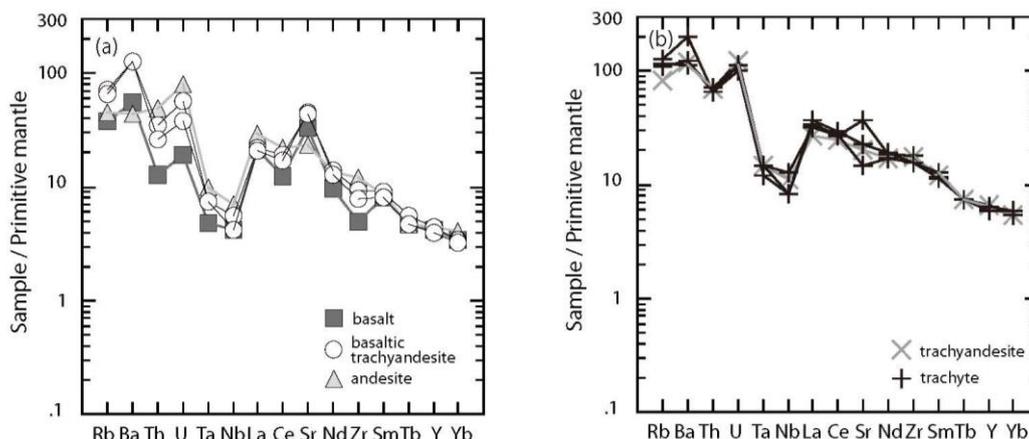


図2 火山岩類の微量元素のスパイダー図
(a) 玄武岩、玄武岩質粗面安山岩、安山岩、(b) 粗面安山岩、粗面岩

3. カリウム-アルゴン年代測定

偏光顕微鏡観察により年代測定が可能な新鮮な長石を含む火山岩 6 試料を選択して、カリウム-アルゴン年代測定を実施した。試料を粉末化、磁性物除去、塩酸処理後にカリウム-アルゴン質量分析を実施した。

火山岩 6 試料のカリウム-アルゴン年代値は、約 270–240 Ma を示し (表 1)、この時期に安山岩質及びデイサイト質マグマに卓越した火成活動があったと考えられる。

表 1. カリウム-アルゴン年代結果

Sample	K-Ar age(Ma)
粗面岩/粗面デイサイト	270.2 ± 5.6
玄武岩質粗面安山岩	267.8 ± 5.5
粗面岩/粗面デイサイト	261.8 ± 5.4
玄武岩質粗面安山岩	260.9 ± 5.4
粗面岩/粗面デイサイト	248.9 ± 5.2
粗面安山岩	238.7 ± 5.0

4. ウラン-鉛年代

火山性堆積物を覆う陸源性砂岩からジルコンを分離して、ウラン-鉛年代測定を実施した。ジルコンは、粉末化、洗浄、磁性物除去、重液分離後にハンドピックして集め、エポキシ樹脂にマウントした。測定は、岡山理科大学設置のレーザーアブレーション-ICP-MASS (iCAP-RQ、エキシマレーザー) より実施した。

図 3 は、ジルコンのウラン-鉛年代のコンコードディア図とカソードルミネッセンス像である。2 粒を除いたほとんどの碎屑性ジルコンは、高い Th/U 比 (0.32–1.36) を示す。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年代の範囲は 868–205 Ma であり、440–380 Ma, 330–280 Ma, 250–210 Ma でそれぞれ年代分布のピークを示した。最小の年代値は約 205 Ma の三畳紀後期を示した。

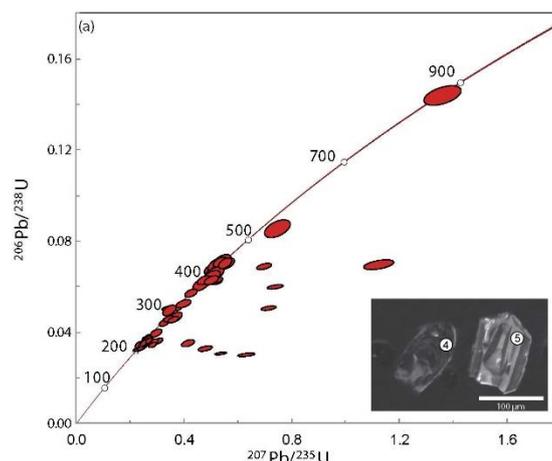


図 3 砂岩中の碎屑性ジルコンのウラン-鉛年代とカソードルミネッセンス像

5. 考察とまとめ

スパイダー図における液相濃集元素に富む左上がりのパターン、Ta-Nb の負の異常は沈み込み帯火山岩類の特徴である。また火山岩類の全岩化学組成は、安山岩質、デイサイト質に卓越したアルカリ系列であり、沈み込み帯の火山岩類でも背弧型火山岩類の特徴を示す。カリウム-アルゴン年代値を考慮すると、新たに発見された火山岩類はペルム紀後期—三畳紀前期（約 270—240Ma）の背弧型の沈み込みで形成されたと推定される。

砕屑性ジルコンの年代分布によると、陸源性砂岩の供給源は主にデボン紀初期と石炭紀後期—ペルム紀後期の地層である。また、高い Th/U 比は、火成起源のジルコンであると考えられる。研究地域の周辺には、デボン紀の貫入岩、デボン紀—石炭紀鉱床、ペルム紀花崗岩類が多く報告されており（例、Tomurtogoo et al., 1999）、これら岩体が陸源性砂岩の供給源の可能性が高い。砕屑性ジルコンの最小年代に基づくと、これらの陸源性砂岩は三畳紀後期（205 Ma）以降に堆積したと推定される。

本研究により、南モンゴルで初めてペルム紀後期—三畳紀前期（約 270—240Ma）の沈み込み背弧型の火山岩類が確認された。同様の火山岩類は、中国の北東部の内モンゴル地域に報告されており（Li et al., 2015）、南モンゴルの沈み込み背弧型の火山岩類の西方延長に相当するかもしれない。これらの沈み込み型火山岩類は、ペルム紀後期—三畳紀前期まで沈み込み帯が続いていたことを示唆しており、古アジア海の最終閉鎖時期はペルム紀後期—三畳紀前期頃であることを支持する。

参考文献

- Kröner et al., 2014. *Gondwana Research*, v. 25, p. 103-125.
Li et al., 2015. *Island Arc*, v. 24, p. 404-424.
Tomurtogoo et al., 1999. *Mongolian Geoscientist*, v. 14, p. 5-10.
Xu et al., 2013. *Gondwana Research*, v. 23, p. 1342-1364.

モンゴル、Baynshire 層堆積岩中の長石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代による 後背地の推定

自然科学研究所・教授 兵藤 博信

恐竜化石を包有する Baynshire 層の後背地を推定するため分離された長石の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代の測定を予定していた (表 1)。単粒子での年代測定を行うため粒子が二次的事象の影響を受けていなければ、それぞれの粒子の年代を確定することができる。ただしその混合割合(分布)については多数の試料を測定する必要があるが、二次的事象の存在により年代は大きな影響を受ける。

Sample No.	Rock type	Formation	Area
160814-01	砂岩	Baynshire F.	Burkhant
160814-04	砂岩	Baynshire F.	BaynShire
160814-06	砂岩	Baynshire F.	BaynShire

表 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 測定に用いる Baynshire 層の試料

6 試料の砂岩及びれき岩中の長石を実態顕微鏡下で観察し、変質が少ない新鮮な鉱物を選定した。粒子サイズは 0.3-0.5 ミリを選び、図 1 の様にサンプルホルダーに装填した。2017 年に引き続き 2018 年 9 月 11-13 日の 3 日間京都大学原子炉実験所の研究炉 KUR の炉心の Hyd 照射孔において 1MW, 21 時間、5MW, 6 時間、総量で 51MWh の中性子照射実験を行った。

しかしながら 25 年以上経過した質量分析機器のたび重なる不調により測定が完了できていない。2019 年 11 月にも追加の照射を行っているが、機器の整備が完了次第、順次測定を行う予定である。

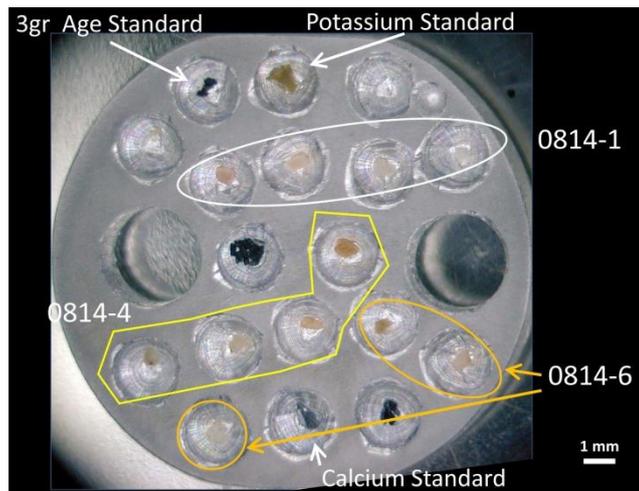


図 1 直径 2 ミリの穴に装填した長石試料 (ピンクと白色)

ゴビ砂漠産恐竜歯化石の U-Pb 年代測定

生物地球学部・教授 西戸 裕嗣、生物地球学部・学部生 竹森 浩人
基礎理学科・准教授 青木一勝、博士研究員 青木翔吾

近年、北アメリカ大陸とアジア大陸間で恐竜が移動したとの議論が活発になされている。恐竜が移動した事実を検証するためにはそれぞれの恐竜の生息年代や進化過程を比較する必要がある。しかしながら、アジア大陸の恐竜については不明なことが多く、大陸間の恐竜比較が困難な状況にある。その要因の一つとして、ゴビ砂漠において層序が確立されていないことが挙げられる。ゴビ砂漠には、年代を特定できる火山灰や示準化石の産出はなく、化石の対比などにより地層の概ねの時代が推定されただけである。本研究は、ゴビ砂漠から産出される恐竜化石を用いて、U-Pb 法による放射年代測定により化石生成年代を直接求め、それを基に地層の絶対年代（放射年代）を推定することを目的とした。

測定対象の恐竜化石試料は、モンゴル・ゴビ砂漠に分布する白亜紀上部で上位に位置するネメグト層から採取された *Tarbosaurus* の歯化石が 2 点（試料 A, B）、ならびに下位のジャドフタ層から採取された *Protoceratopsid* の歯化石が 2 点（試料 C, D）の合計 4 つである（表 1）。化石試料をエポキシ樹脂に包埋して、歯の成長方向に対して垂直に切断し、一つを薄片試料、もう一つをチップ試料とした。前者は切断面を研削し、スライドガラスにエポキシ樹脂で接着させ、厚さ 40 μm の鏡面研磨したもので、偏光顕微鏡観察、EPMA 分析、ラマン分光分析に用いた。一方、後者はスライドガラスにエポキシ樹脂で接着させた後、厚さ 1.2 mm の厚さまで研削し鏡面処理したもので、 β 線イメージングおよび LA-ICP-MS による年代測定に用いた。

Table 1 Sample information for U-Pb dating.

Sample #	Number	ID	Locality	Formation
A	IPG-OUS 2018.028	<i>Tarbosaurus</i> tooth	Bugin Tsav Center	Nemegt, middle
B	IPG-OUS 2018.133	<i>Tarbosaurus</i> tooth	Bugin Tsav II	Nemegt, middle
C	IPG-OUS18Sep-048	<i>Protoceratopsid</i> tooth	Tugrikin Shire S	Djadokhta
D	IPG-OUS18Sep-040	<i>Protoceratopsid</i> tooth	Bayn Dzag	Djadokhta

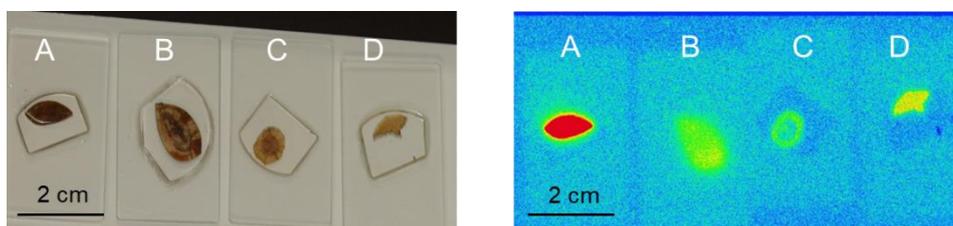


Fig. 1 Left: polished chip samples, right: β -ray imaging of same samples indicated in left images.

偏光顕微鏡観察によれば、試料 *Tarbosaurus* (A, B) は厚さ 100-200 μm のエナメル層と内部の象牙質からなり、いずれも緻密なアパタイトから構成されていた。一方、*Protoceratopsid* (C, D) は厚さ 700-800 μm のエナメル層をもち、C の内部は不規則な粒状物質が充填するが、D は比較的緻密なアパタイト様鉱物からなる。ラマン分光分析および EPMA 分析の結果、試料 A, B, D はエナメル層と象牙質ともフルオロアパタイト ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$) からなることが判明した。一方、試料 C の象牙質からバライト (BaSO_4) の存

在が明らかとなり、後生的な変質を受けた可能性が示唆された。U を含有するアパタイトを対象とするため、測定から試料 C を除外した。

β 線イメージング法により、A が最も放射性核種 (U 系列、Th 系列) の濃度が高く、試料 B, D はそれほど多くないとの結果を得た (図 1)。一方、試料 C は、アパタイトの存在量が少ないため、明瞭な放射線はほとんど検出できなかった。また、試料内での放射性核種の分布は、比較的均一であった。LA-ICP-MS によるアイソトープマッピングの結果から、いずれの試料ともエナメル質は不均一な元素分布 (軽元素など) が見られるため、年代測定には均一な象牙質部分を供した。

LA-ICP-MS によって U および Pb の同位体を定量し、Tera-Wasserburg コンコルディア法を用いて年代値を算出した。試料 A は $37.9(\pm 6.0)$ Ma、試料 B は $33(\pm 18)$ Ma、試料 D は $20(\pm 26)$ Ma の年代値を示した (図 2, 3, 4)。試料 A は 3 試料中で最も信頼度の高い値を示したが、年代値の誤差は小さいとは言えない。これは U/Pb 比が低いもしくは鉛の同位体比が高いことに起因していると考えられる。試料 B、D は年代値の誤差が大きく信頼度の低いものとなった。これは β 線イメージングの結果からも、U 濃度が低いことから推察された。ネメグト層から採取された試料 A から $37.9(\pm 6.0)$ Ma という年代が得られたが、白亜紀上部の年代とは大きく異なる。一般には、恐竜の死後、歯を構成する初生のヒドロキシアパタイトの OH が F により置き換えられフルオロアパタイトへ変化し、その際に放射性核種が閉鎖されたと考えられる。異なる年代が出た理由としてこの閉鎖された年代が恐竜の死没した時期より極めて遅れたこと、あるいは鉛ロスによる可能性がある。さらには、変成作用や風化作用により U が溶出したり環境からの Pb の侵入などの要因もある。今後、堆積環境や層序を異にする化石や測定部位を変えて年代測定を通して、これら後生的な要因のさらなる検討を必要とする。

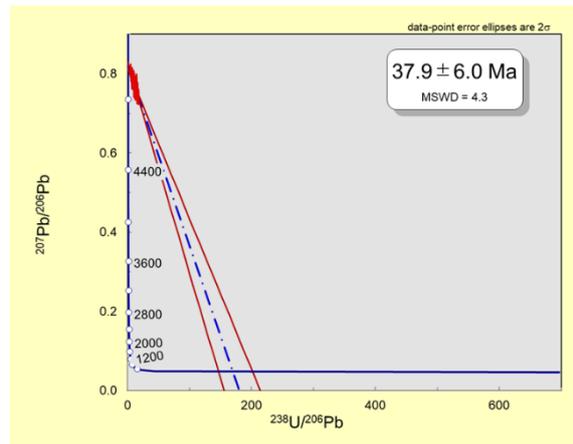


Fig. 2 Tera-Wasserburg concordia plot for sample A.

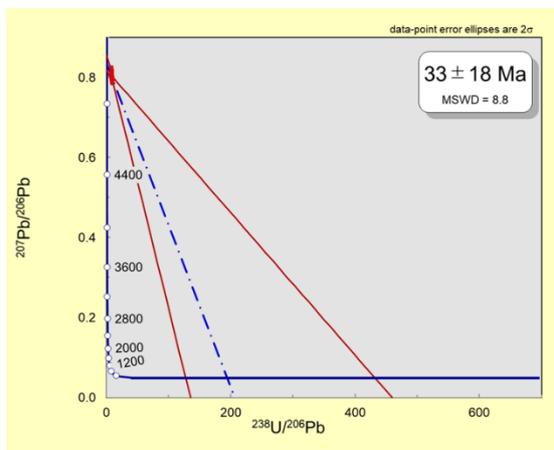


Fig. 3 Tera-Wasserburg concordia plot for sample B.

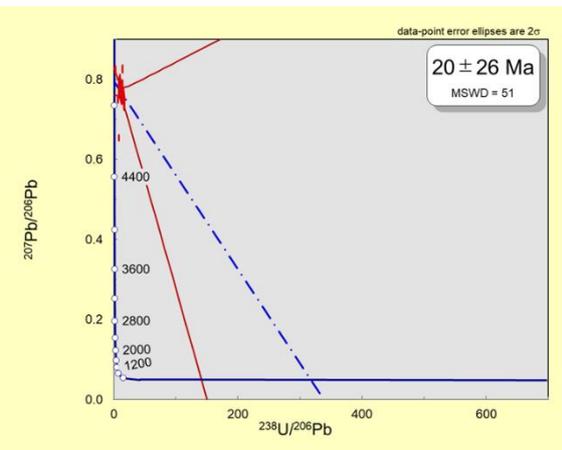


Fig. 4 Tera-Wasserburg concordia plot for sample D.

4. 恐竜学博物館

4.1 使命

本博物館の使命は以下の3点である。

- ・ 岡山理科大学が恐竜研究の国際的拠点となることを支える。
- ・ このために、標本の管理・研究・教育・展示・国際協力・若手研究者の育成・研究成果の社会普及・広報を行う。
- ・ 恐竜研究によって生まれるコンテンツを、岡山理科大学全学部の多様な分野で、おもしろい研究・教育に活用することを促進し、岡山理科大学のブランドとして社会に波及する。

4.2 理念

本博物館の理念は以下の通りである。

- ・ 恐竜に関連する標本の保管、学術研究・教育普及・展示・広報の機能を持つ大学博物館である。
- ・ 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。

4.3 組織

1. 構成員

以下の職員が恐竜学博物館の構成員である。

館長

石垣 忍 生物地球学部生物地球学科・教授

兼務研究員（教員の兼任）

西戸博嗣 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

辻極秀次 理学部臨床生命科学科・教授

豊田 新 理学部応用物理学科・教授

兵藤博信 自然科学研究所・教授

衣笠哲也 工学部機械システム工学科・教授

高橋亮雄 理学部動物学科・准教授

今山武志	自然科学研究所・准教授
實吉玄貴	生物地球学部生物地球学科・准教授
青木一勝	理学部基礎理学科・准教授
林 昭次	生物地球学部生物地球学科・講師
千葉謙太郎	生物地球学部生物地球学科・助教

技術職員

奥田ゆう	恐竜学博物館専属学芸員
------	-------------

2. 会議

博物館運営のため、以下の会議の組織を行った。

・博物館会議

構成は恐竜学博物館構成員全員とする。原則として年に三回の定例報告会の時に合わせて行った。

・博物館運営会議

構成はブランディング事業運営委員会および技術職員で構成する。ブランディング事業運営委員会開催時および運営に関する決定事項が生じた際に行う。

4.4 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。

4.5 施設概要

以下の施設により本博物館は構成される。

1. 中央施設（メイン展示室・標本室・研究室・化石処理室）

場所：C2号館一階（15.0m×8.3m=124.5 m²）

施設：展示室・標本室・化石処理室・研究室（X線CTスキャナー室を兼ねる）・展示室から構成される。

全室とも研究現場を公開するという方針に基づき展示を兼ねる。日常の研究活動を壁面可視化した実験室や研究室を通して一般公開する。収蔵中の実物及びレプリカの化石展示、モンゴルから採集された標本の展示、研究作業の展示を中心とする。施設内では通常の研究活動と学生教育を行うことを最優先し、

その研究教育現場を外部にも公開している。展示室ではモンゴルでの調査において研究進行中の化石展示や調査の速報展示を行う（図 1、2）。研究現場公開により研究プロセスへの理解と好奇心を促進し、科学への親近感を高める。

また、教員と学生により作成した展示解説パンフレットを置き、随時改訂を行う予定である。



図 1. メイン展示室. クリーニング作業が展示室内からガラス越しに見られるようになっている。



図 2. 標本室. 廊下側から実際に稼働している標本室を見ることができる。

2. サテライト展示 1

場所：C2 号館 3 階図書館 館内展示スペース

（旧閲覧スペースを改装した展示コーナー 約 8m×6m＝約 50 m²）

（旧書架を改装した展示コーナー 約 5m×7m＝約 35 m²）

施設：アロサウルス・ヒプシロフォドン等の全身骨格、様々な部分骨格、古生物学教育用の標本類、岡山の化石等を用いて教育を主目的にした展示を行っている。現在の展示は、展示企画および制作が、生物地球学部 2018 年度および 2019 年度野外博物館実習の一環で行われ、学生主体で作製されたものである（図 3、4）。



図 3. サテライト展示①. 学生主体で作製された展示で、標本類を間近で観察できる。



図 4. サテライト展示①. 図書館の書棚をそのまま利用した展示。

3. サテライト展示2

場所：A1号館4階 図書館 館内展示スペース（約3m×3m=9㎡）

施設：高い天井高を利用し、象徴的な大型の組上げ骨格を展示している。また、展示横の書棚には恐竜および古生物に関する書籍を配置した。図書館内の展示スペースであること利用し、恐竜に興味をもった学生、一般の見学者が書物によってもさらに学べる仕組みを展開している（図5、6）。



図5. サテライト展示②. ラーニングココモンズ前のエリア。サウロロフスとタルボサウルスの脚と人体の比較展示。



図6. サテライト展示②. 展示への足跡シールによる誘導。書棚には恐竜に関する書籍を配置している。

4. サテライト展示3

場所：A1号館4階図書館 A2号館への連絡通路展示スペース（約7m×6m=約40㎡）

施設：壁面使用可能であることを利用し、モンゴル調査の写真展示や発掘に使用される道具類を展示している。また、速報展示や映像展示を配する。床面には恐竜発掘サイトの実寸大の写真を配置し、見学者がモンゴルでの発掘調査を体感できるような展示になっている（図6、7）。



図6. サテライト展示③. 図書館の渡り廊下を利用している。



図7. サテライト展示③. 発掘道具と発掘現場での生活の様子を展示した。

学校法人 加計学園 岡山理科大学・岡山理科大学附属中学校・高等学校・専門学校

学園マップ

岡山理科大学・岡山理科大学附属中学校・高等学校への交通
 ●岡電/バス(西口)岡山理科大学行
 ●JR津山線・法界院駅下車 徒歩20分



図8. 岡山理科大学恐竜学博物館展示室の場所。学内のさまざまな場所に展示室を配置している。

4.6 規定

○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は、岡山理科大学（以下「本大学」という。）学則第76条第2項に基づき、恐竜学博物館に関して必要な事項を定めるものとする。

(目的)

第2条 恐竜学博物館（以下「本博物館」という。）は、本博物館の理念に沿い、恐竜に関する学術研究・教育・展示・社会普及の発展に寄与することを目的とする。

(職員)

第3条 本博物館に、館長、研究員、技術職員、教育職員及び事務職員を置くことができる。

(館長)

第4条 館長は、理事長が任命する。
・ 館長の任期は、2年とする。ただし、再任は妨げない。

(研究員)

第5条 研究員は、博物館専任教員と本大学教員の兼務研究員の2種とし、兼務研究員の任期は2年とする。ただし、再任は妨げない。
・ 兼務研究員に関することは、別に定める。
・ 兼務研究員は、年度当初の第1学部運営委員会にて承認を得ること。

(重要事項の審議)

第6条 本博物館の管理・運営に関する重要事項は、研究・社会連携機構運営委員会及び大学協議会の審議を経て、学長が決定する。

(所員会議)

第7条 本博物館の管理運営、事業の施策及び施行に関する事項を審議するために、館員会議を置く。
・ 館員会議の運営については、別に定める。

(共同利用・研究)

第8条 本博物館の利用・共同研究については、別に定める。

(事務局)

第9条 本博物館の事務は、研究・社会連携室及び学部運営事務室が行う。

(改廃)

第10条 本博物館規程の改廃は、研究・社会連携機構運営委員会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、平成30年4月1日から施行する。

4.7 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。
- ・C 2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。
- ・C 2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。
- ・C 2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。
- ・C 2号館三階図書室とA 1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。

4.8 恐竜学博物館の稼働状況

1.入館者数

月別の入館者数の推移を図8に示した。1カ月の平均来館者数は約1000人で、2019年1月5日には外部来館者数総計1万人を記録した。また、2019年11月には外部来館者数総計2万人を記録した。

2. 恐竜学博物館企画イベント

大型連休などに合わせて、一般来館者向けのイベントを企画、実施した(表1)。夏休み期間中には「自由研究応援スタンプラリー」と題し、県内の博物館など自然史系の教育施設6館合同で、さまざまな施設をスタンプラリー形式で巡って頂く企画を実施した(図9)。

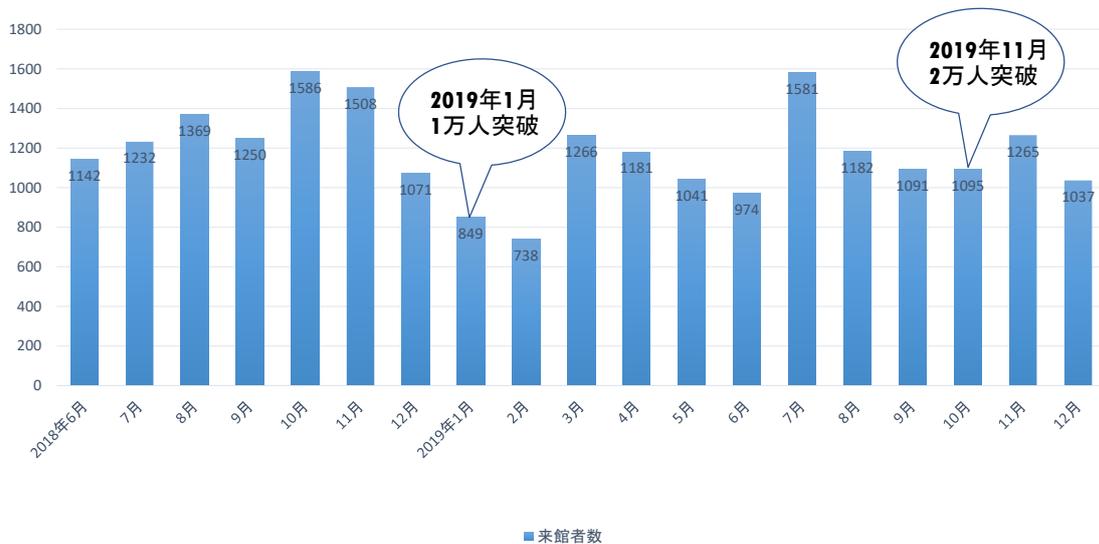


図9. 恐竜学博物館 2018年度、2019年度月別入館者数。2019年1月5日には来館者1万人を、2019年11月には2万人を突破した。

表1. 恐竜学博物館 2019年度の主な取り組み。

イベント	イベントタイトル	場所	開催月
出張展示	古生物展 ～大昔に絶滅しちゃいました…～	岡山県自然保護センター	3月～5月
特別協力・出張展示・ワークショップ	なぎで学ぶ化石の不思議展	なぎビカリアミュージアム	3月～5月
公開講座	子ども生きもの講座	岡山県自然保護センター	5月
協力・出張展示・ギャラリートーク	世界大恐竜展	岡山シティミュージアム	7月～9月
公開講座	サマー・スタディ	岡山理科大学	8月
展示協力	恐竜博2019	国立科学博物館	7月～10月
出張展示	古生物の研究の世界	香川大学博物館	11月～12月
公開講座	プレ・クリスマス・スタディ	岡山理科大学	12月

4.9 恐竜学博物館の整備状況

1. 恐竜学博物館の整備状況

- ・各展示室における展示・設備の設置は完了した。
- ・2018年3月24日に本博物館は開館した。
- ・サテライト展示スペースが充実し、総計で260㎡の展示を展開できている。
- ・最初の展示の作成は教員と学生が中心になって完成させた。その後の展示更新は学生が主体になって行うことができた。また、2019年度末から2020年度はじめにかけて、メイン展示室は大規模な展示更新を行う予定である。
- ・研究ができるような収蔵施設、化石処理設備、分析機器を整えた。それらは順調に稼働している。また現場を見せるというコンセプトも観客に新鮮さを持って受け入れられている。
- ・2018年度は運営を確立する一年間であった。またサテライト展示室の展示が整理された。

- ・2019年度は2018年度の経験をもとに運営の基本スタイルができ上がった。メイン展示室の改装計画に着手し2月からいよいよ着工となった。3月末には完成予定である。

2. 2020年度の目標

岡山理科大学のすべての教員・学生に、研究・教育・実習・芸術・創作・国際交流・広報などの材料として本学博物館を利用してもらうことを目標とする。

より利用しやすい博物館にするため、兼務研究員の研究内容に重きを置いた展示内容に更新を行い、研究成果を速やかに発信していくことを念頭に置く。

本年度はその基礎作りができたと考える。来年度以降その輪をさらに広げていきたい。

5. アウトリーチ活動報告

5.1 私立大学研究ブランディング事業「恐竜研究」における 広報活動の総括

平成28年度に採択された私立大学研究ブランディング事業は、ある研究分野を戦略的に持ち上げていくような、文部科学省のこれまでの補助事業とは異なり、それらの特色をより磨きつつ、そのことを核として大学のブランド力を高めていくことを目的としている。したがって、特色となる研究力を高めることと同時に、研究成果や研究を通じたアウトリーチ活動、広報活動が重要である。本学が採択された「恐竜研究の国際的な拠点形成（“恐竜研究”と略す）」では、平成28年度の申請時に以下の4点からなる広報計画を打ち出した。

- ① 好奇心や探求心を喚起する博物館運営
- ② 全国へのアウトリーチ活動
- ③ 印刷媒体・放送・ウェブサイトを通じた広報発信
- ④ 学会と国際会議の誘致

①では、恐竜研究の現場では、どんなことが行われるのかを見ることができ博物館を設置し、広報活動の中心に据えるとともに、調査速報を発信するなど、一般に向けた広報活動を展開することを目指した。②では、博物館の展示パッケージを作成し、全国の博物館等への貸出しを行い、岡山理科大学の恐竜研究をアピールするとともに、研究者の各種講演会への派遣や、公開シンポジウムの開催などを行なう。③では、恐竜発掘現場や研究室などにメディア関係者の受け入れを行ない、科学普及メディアへの投稿や出演を進め、特集番組の制作協力をする。また、プレスリリースなどを行い、研究トピックスをメディア発表する。さらに、新たに「恐竜研究」のホームページを作成し、本事業の活動全般を見渡せるようなサイト運営を行なう。④では、特に事業最終年度に古生物学関係の国内外の学会を誘致する。これらの活動計画を実行に移すため年次ごとの広報活動計画を作成し、実行に移していった。

事業開始の平成28年度には、ウェブサイトの構築、シンボルマークの作成、事業を紹介するチラシの作成、公開シンポジウム「恐竜時代のモンゴルと地球環境」を開催した。

2年目の平成29年度の最大の広報事業は恐竜学博物館の設置である。博物館の設置工事中には、「恐竜研究」ホームページ内に「恐竜学博物館のできるまでレポート」というサイトを作成し、工事の進捗状況や、展示標本の作成過程などを公開した。恐竜学博物館は年度末の平成30年3月24日に一般公開を開始した。本学のオープンキャンパスの開催に合わせた特別講演会「巨大恐竜研究の夢」を開催し、多くの参加者を集めた。さらに、本学で所有している恐竜化石

標本を使った移動展が環境学習センター“アスエコ”で行なわれた。さらにこの年の夏のモンゴル・ゴビ砂漠での発掘調査の成果は「モンゴル恐竜調査隊報告会」として地元メディアを中心に新聞4社、テレビ局3社を集めて記者会見方式で実施した。

3年目の平成30年度は、近隣の館園施設とスタンプラリーを行なう共同イベントを実施した。夏のモンゴル調査の成果公表についても前年度と同様に記者会見形式で実施した。また、事業の中間報告パンフレットを1000部作成し、恐竜学博物館などで一般向けに配布した。

4年目の平成31年（令和元年）度は、これまでの活動を継続し、恐竜学博物館のイベントや出張展示などを行なったが、文部科学省の方針により、1年前倒しで事業が打ち切られることとなったため、研究成果のまとめに活動の中心を移して、大きな広報活動というより、これまで継続して行ってきた活動を引き続き行った。

以上のような、年ごとの「恐竜研究」独自の広報活動と同時に、大学全体を巻き込んだ広報活動も行われた。特に本学入試広報部が中心となり取り組んでいる大学ブランディング事業との融合を計る広報活動として、本学の広報誌である「理大通信」の改訂第1号の特集記事に「恐竜研究」が選ばれ、この事業や研究の内容が詳しく紹介された。また、本学の志願者獲得を目的としたテレビCMに恐竜を登場させたほか、恐竜をデザインしたラッピングバスを市内に運行させ、道行く人にも“恐竜研究の岡山理科大学”を強くアピールした。本学研究社会連携部発行の、研究シーズ紹介パンフレット“リエゾン”の表紙に恐竜の足跡化石を採用してもらい、恐竜研究紹介記事を掲載した。

本研究事業はメディアでも取り上げられ、テレビの特集番組などが放映された。平成29年9月には、地元RSKの特集番組“メッセージ”で「恐竜に出会った～ゴビ砂漠へ学生調査隊～」は放送された。この番組では、夏の恐竜調査隊に参加した学生に焦点が当てられ、逞しく現地で活躍する様子が紹介された。平成30年8月にはNHKの特集番組“ザ・プレミアム”で、「これが恐竜王国ニッポンだ！」が放送され、モンゴル・ゴビ砂漠での発掘調査がとりあげられた。これらの特集番組だけでなく、情報・娯楽番組でも本学の恐竜研究やこれに関わる学生を題材とした番組が作られた。平成31年6月には、OHKの“STU48のせとライク♡”が恐竜学博物館の紹介を行った。平成31年11月には、NHKのテレビ番組“沼にハマってきいてみた”の恐竜化石にハマった人に本学の学生がとりあげられ、恐竜化石研究の魅力などが紹介された。

さらに、恐竜研究の魅力や、恐竜とその時代の地球環境などをアウトリーチするために、本事業の代表者である石垣教授による新聞連載記事の執筆が続けられている。山陽新聞の子供向け媒体である“さん太タイムズ”に平成28年5月か

ら29年5月まで、「恐竜に会いたい」が13本掲載された。その後、平成29年6月からは「恐竜調査隊が行く」が開始され、これは現在も続き、これまでに31本の記事が連載されている。また、山陽新聞にも「夢再びモンゴル恐竜調査隊」が平成28年9月から12月までの短い期間に15回の記事を載せた。平成29年9月には同じく山陽新聞で5回連載の「ゴビに行く」が掲載され、発掘現場や研究者たちが紹介された。「恐竜研究」の研究成果や取り組みは、時折プレスリリースされており、平成28年11月から令和2年1月までの、本事業の期間中に26件が山陽新聞の記事になった。本学と協定を結んでいる山陽新聞の記事は、全て「恐竜研究」のホームページに転載し、本事業の成果の一部として公表している。

「恐竜研究」事業の広報活動の拠点は、“恐竜学博物館”である。平成30年3月の開館以来、一般の来場者は予想を超え、平成31年1月には1万人を突破した。その後、10月には2万も超え、令和2年1月までに2万4千人ほどの見学者を迎えている。恐竜学博物館の活動としては、C-2号館のメイン展示の他、C-2号館3階とA-1号館図書館にサテライト展示コーナーを設け、さらにA-1号館1階エントランスには、学生たちが組上げたタルボサウルスの全身骨格標本を展示して、“恐竜研究の岡山理科大学”を盛り上げている。その他にもシンポジウムをこれまでに2回開催している他、4回の出張展示、8回の公開講座などを行なってきている。特に令和元年7月から9月に岡山シティミュージアムで開催された「世界大恐竜展」に出張展示を行い、6万人を超える来場者に恐竜研究の魅力を伝えた。これと同じ時期に国立科学博物館で開催された“恐竜博2019”にも展示協力を行い、本学の恐竜化石資料が展示された。恐竜博物館についてのニュースは、ホームページによって公開されており、サイト内の記事“アーカイブス”が設置されて、一部の資料やモンゴルでの化石発掘・恐竜研究のキーワードの解説などが始まった。なお、恐竜学博物館メイン展示室は現在リニューアル工事を実施しており、令和2年5月に一般公開を開始する予定となっている。

最後に、本事業の最終年には古生物学関係の学会誘致を計画した。事業が1年短縮されたため、この学会開催は事業期間外になるが、令和2年6月26日から日本古生物学会が本学を会場として実施される。学会期間中には、通常の学術セッションが開かれると共に、国際シンポジウムも開催され、最新の研究成果の討論が行われる。また、一般向けの公開シンポジウムも計画されている。



「恐竜研究」ホームページ <http://www.dinosaur.ous.ac.jp/>



本事業のシンボルマーク



本事業を紹介するリーフレット表紙



平成 28 年度の公開シンポジウムのチラシ



私立大学研究ブランディング事業
ーモンゴル科学アカデミーとの協定に基づくブランディングー
恐竜研究の国際的な拠点形成



2016年度
2017年度
2018年度
中間事業報告の概要

事業概要

本事業は、本学が協定を締結しているモンゴル科学アカデミーとの協定に基づき、ゴビ砂漠で豊富に産出する恐竜化石を対象に骨化石の構造分析や生痕化石の形状から恐竜の生理生態学的な特性を解明するとともに、新たな年代測定法を用いて地質層序を明確にして恐竜進化の大陸間比較を行う。また、研究・教育・広報の機能を持つ恐竜学博物館を本学に設置し、モンゴル及び日本の若手研究者育成と本学のブランド形成の拠点とする。

岡山理科大学
2019年3月

本事業の中間報告パンフレット

5.2 一般向け講演の実施

- 2019年5月4日 「なぎビカリア春のイベント2019」
ワークショップ「化石クリーニング体験」
なぎビカリアミュージアム
- 2019年5月5日 「なぎビカリア春のイベント2019」
ワークショップ「化石レプリカ作成体験」
なぎビカリアミュージアム
- 2019年7月12日 世界大恐竜展内覧会 解説・中継など
岡山シティミュージアム
- 2019年7月13日 世界大恐竜展 ギャラリートーク 2回
岡山シティミュージアム
- 2019年7月24日 「恐竜の絶滅を引き起こした巨大隕石の衝突とは」
岡山県立岡山操山中学校
- 2019年8月3日 「恐竜の生きた時代～最新の研究でわかってきたこと～」
大阪府大東市立図書館
- 2019年8月3日 世界大恐竜展 ギャラリートーク 2回
岡山シティミュージアム
- 2019年8月4日 講演会 興除公民館
- 2019年8月5日 講演会 高島公民館
- 2019年8月7日 日本生物教育会 (JABE) 第74回全国大会岡山大会
ギャラリートーク 岡山理科大学
- 2019年8月8日 よみうり親子新聞教室@岡山
講演&ギャラリートーク
- 2019年8月9日 岡山中央ロータリークラブ例会
「恐竜学者の目から見た世界」
ホテルグランヴィア岡山
- 2019年8月10日 世界大恐竜展 ギャラリートーク 2回
岡山シティミュージアム
- 2019年8月12日 世界大恐竜展 ギャラリートーク 2回
岡山シティミュージアム
- 2019年8月24日 図書館イベント
岡山理科大学恐竜学博物館 夏休みスペシャル
ギャラリートーク
- 2019年10月5日 講演会「モンゴル掘りたて恐竜教室」
なぎビカリアミュージアム

- 2019年10月18日 全国教育センター所長協議会 講演会
岡山理科大学恐竜学博物館
- 2019年12月8日 むかわ町子ども化石くらぶ「ハドロキッズ」公開講演
カムイサウルスは何歳？調べてみよう！
むかわ町穂別町民センター
- 2019年12月12日,13日 社会人授業 岡山理科大学附属専門学校
- 2019年12月21日 まちなか恐竜捜索隊 街中に恐竜が出現!!
街中に暮らす現代の恐竜たちをみんなで探そう!
岡山環境学習センター「アスエコ」
- 2020年1月11日 講演会 岡山市立東公民館

5.3 展示会の開催

- 2019年6月16日 「日ようび 子ども大学 in 京山祭」
岡山県生涯学習センター
- 2019年7月13日－9月1日 「世界大恐竜展」
岡山シティミュージアム
- 2019年7月13日－10月14日 「恐竜博2019」(足跡化石で協力)
国立科学博物館
- 2019年11月3日 「自然史博物館まつり」
「岡山理科大学ホネホネ鑑定団」の出展
倉敷市立自然史博物館と前広場

6. 研究業績

6.1 著書

・2019年

土屋健 著, 黒丸 絵, 松郷庵 甚五郎 二代目 料理監修, 古生物食堂研究者チーム (監修: 林昭次, 千葉健太郎ほか) 生物監修 (2019) 古生物食堂, 技術評論社.

石垣忍 (2019) 恐竜博2019, p.87-89, Chapter3 最新研究から見えてきた恐竜の一生, エッセイ モンゴルの巨大な恐竜足跡化石.

実吉玄貴 (2019) 新博物館園論, 第I部自然科学博物館 5.化石と博物館, 星野卓二, 小林秀司, 徳澤啓一 編, 同成社.

ダレン ナイシュ, ポール バレット著 (2019) 恐竜の教科書 ~最新研究で読み解く進化の謎, 小林快次, 久保田克博, 千葉謙太郎, 田中康平 監訳. 吉田三知世 訳, 創元社.

・2018年

石垣忍, 林昭次 監修 (2018) 楽しい日本の恐竜案内, 太陽の地図帖 035, 平凡社.

・2017年

林昭次 (2017) 現代思想 2017年8月号「恐竜 古生物研究最前線」, 青土社, (一般普及書 分担執筆)

・2016年

実吉玄貴 (2016) 恐竜化石の発掘から展示まで, 見る目が変わる博物館の楽しみ方, 矢野興一 (編), ペレ出版, 131-147.

高橋亮雄 (2016) 第2章-博物館の種類、7-自然史博物館. 観光資源としての博物館 (中村浩・青木 豊編著) (分担執筆). 芙蓉堂出版. pp. 71-74.

6.2 学術論文

・2020年

Y. Kurumada, S. Aoki, K. Aoki, D. Kato, M. Saneyoshi, Kh. Tsogtbaatar, B. F. Windley, S. Ishigaki (in press) 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*.

M. Saneyoshi, Kh. Tsogtbaatar, R. Barsbold, Ts. Chinzorig, Bu. Mainbayar, H. Nishido, S. Ishigaki (in press) Dinosaur habitats from Upper Cretaceous eolian deposits in the Gobi desert, Mongolia. *Journal of Mongolian Paleontology*.

- M. Saneyoshi, H. Asai, Bu. Mainbayar, T. Tanabe, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar (in press) Reconstruction of sedimentary environments in the Djadokhta Formation, Udryn Sayr, Gobi desert, Mongolia. *Journal of Mongolian Paleontology*.
- S. Aoki, K. Aoki, (in press) In-situ U–Pb age determination of titanite by LA-ICP-MS, *Naturalistae*.
- 石垣 忍, 高津翔平, 真加部智大, 田部智大, 上杉雄大, 西村龍太郎, 河畠歩憂, 小平将大, 山本和雅, 能美洋介 (2020) 足跡化石記録手法の発展と 3-D 技術, *化石研究会会誌*, 第 52 卷 2 号, 54-63.
- T. Tsubamoto, Y. Kunimatsu, T. Sakai, M. Saneyoshi, D. Shimizu, N. Morimoto, H. Nakaya, N. Handa, Y. Tanabe, F. K. Manthi, N. Nakatsukasa (2020) A new species of *Nyanzachoerus* (Mammalia, Artiodactyla, Suidae, Tetraconodontinae) from the upper Miocene Nakali Formation, Kenya. *Paleontological Research*, 24, 41-63.
- 2019 年
- Q. Zhao, M. Benton, S. Hayashi, X. Xu (2019) Ontogenetic stages of ceratopsian dinosaur *Psittacosaurus* in bone histology, *Acta Palaeontologica Polonica*, 64(2), 323-334, doi: 10.4202/app.00559.2018
- R. Matsumoto, Kh. Tsogtbaatar, S. Ishigaki, C. Tsogtbaatar, Z. Enkhtaivan, S. E. Evans (2019) Revealing body proportions of the enigmatic choristodere *Khurendukhosaurus* from Mongolia, *Acta Palaeontologica Polonica*, 64 (2), 363–377, doi: 10.4202/app.00561.2018.
- J. Lallensack, S. Ishigaki, A. Lagnaoui, M. Buchwitz, O. Wings (2019) Forelimb orientation and locomotion of sauropod dinosaurs: insights from the ? Middle Jurassic Tafaytour Tracksite (Argana Basin, Morocco), *Journal of Vertebrate Paleontology*.
- T. Imayama, Y. Koh, K. Aoki, M. Saneyoshi, K. Yagi, S. Aoki, T. Terada, Y. Sawada, C. Ikawa, S. Ishigaki, S. Toyoda, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar (2019) Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean, *Journal of Geodynamics*, vol.131, doi: 10.1016/j.jog.2019.101650.
- Y. Kobayashi, T. Nishimura, R. Takasaki, K. Chiba, A.R. Fiorillo, K. Tanaka, T. Chinzorig, T. Sato, K. Sakurai (2019) A new hadrosaurine (Dinosauria: Hadrosauridae) from the marine deposits of the Late Cretaceous Hakobuchi Formation, Yezo Group, Japan. *Scientific Reports* 9: 12389, doi: 10.1038/s41598-019-48607-1.
- S. Aoki, K. Aoki, K. Chiba, S. Sakata, Y. Tsuchiya, D. Kato (2019) Origin of the Tonaru body in the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan, Island Arc e12332, doi:

10.1111/iar.12332.

- A. Takahashi, A. Kusaka, N. Kamezaki (2019) Skeletal remains of *Mauremys reevesii* (Testudines: Geoemydidae) from a Late medieval archeological site in Fukuyama City, Hiroshima Prefecture, western Japan, *Current Herpetology*, 38(2), 160-168, doi:10.5358/hsj.38.160.
- S. Aoki, K. Aoki, Y. Tsuchiya, D. Kato (2019) Constraint on the eclogite age of the Sanbagawa metamorphic rocks in central Shikoku, Japan, *International Geology Review*, vol.61(18), 2211-2226, doi: 10.1080/00206814.2019.1581997.
- 青木翔吾, 青木一勝 (2019) 年代標準試料を用いた LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定, *Naturalistae*, 23, 23-29.
- R. S. Tykoski, A. R. Fiorillo, K. Chiba (2019) New data and diagnosis for the Arctic ceratopsid dinosaur *Pachyrhinosaurus perotorum*. *Journal of Systematic Palaeontology* 33, 1–20.
- 池田忠広, 高橋亮雄, 真鍋真, 長谷川善和 (2019) 沖縄島の更新世港川人遺跡から産出したヘビ類椎骨化石, 群馬県立自然史博物館研究報告, 23, 21–34.
- S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, H. Tsujigiwa, B. Mainbayar, A. Takahashi, K. Aoki, S. Aoki, B. Buyantegsh, P. Byambaa, C. Bayardorj, O. Balgan, M. Saneyoshi, S. Hayashi, K. Chiba (2018) Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019, *Bull. Inst. Fro. Sci. Tec., Okayama Univ. of Sci.*, 1, 1-5.
- ・ 2018 年
- H. Asai, M. Saneyoshi, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, C. Henmi (2018) The relationships between dinosaur remains and their burial environment. *Journal of Geological Society of Japan*, 124, 10, III-IV.
- S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, S. Toyoda, B. Mainbayar, Y. Noumi, A. Takahashi, B. Buyantegsh, P. Byambaa, E. Zorig, C. Bayardorj, E. Ochirjantsan, M. Saneyoshi, S. Hayashi, K. Chiba (2018) Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2018. *The Bulletin of Research Institute of Natural Sciences of Okayama University of Science*, 44, 1-14.
- T. Sato, T. Hanai, S. Hayashi, T. Nishimura, (2018) A Turonian polycotyloid plesiosaur (Reptilia; Sauropterygia) from Obira Town, Hokkaido, and its biostratigraphic and paleoecological significance. *Paleontological Research*, 22 (3), 265-278.
- M. Iijima, A. Momohara, Y. Kobayashi, S. Hayashi, T. Ikeda, H. Taruno, K. Watanabe, M. Tanimoto, S. Furui, (2018) *Toyotamaphimeia cf. machikanensis* (Crocodylia, Tomistominae) from the Middle Pleistocene of Osaka, Japan, and crocodylian

survivorship through the Pliocene-Pleistocene climatic oscillations. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 496, 346-360.

原巧輔, 金澤芳廣, 林昭次, 佐藤たまき (2018) 「香川県さぬき市に分布する和泉層群引田累層 (カンパニアン) から産出した爬虫類・板鰓類化石」, 大阪市立自然史博物館紀要, 72, 61-79.

D.C. Evans, S. Hayashi, K. Chiba, M. Watabe, M.J. Ryan, Y-N Lee, P.J. Currie, K. Tsogtbaatar, R. Barsbold (2018) Morphology and histology of new cranial specimens of Pachycephalosauridae (Dinosauria: Ornithischia) from the Nemegt Formation, Mongolia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 494, 121–134, doi: 10.1016/j.palaeo.2017.11.029.

T. Itaya, H. Hyodo, T. Imayama, C. Groppo (2018) Laser step–heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analyses of biotites from meta–granites in the UHP Brossasco–Isasca Unit of Dora–Maira Massif, Italy, *J.Mineral. Petrol. Sci.* 113, 171-180.

A. Takahashi, R. Hirayama, H. Otsuka (2018) Systematic revision of *Manouria oyamai* (Testudines, Testudinidae), based on new material from the Upper Pleistocene of Okinawajima Island, the Ryukyu Archipelago, Japan, and its paleogeographic implications, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 38(2), e1427594, 1-11.

高橋亮雄, 池田忠広, 真鍋真, 長谷川善和 (2018) 沖縄島の更新世港川人遺跡から発見された淡水生および陸生カメ類化石, 群馬県立自然史博物館研究報告 22, 51-58.

S. Yamaguchi, K. Yamamoto and H. Tsujigiwa (2018) Analysis of Demineralized Mammalian Bone Tissue by Fourier Transform Infrared Microscopy, *Journal of Hard Tissue Biology*, 27(1), 59-64.

実吉玄貴, 山口大貴, 杉原友樹, 松野哲郎 (2018) 博物館ワークショップに使用する模造基質の製作法. *Naturalistae*, 22, 31-37.

・ 2017 年

S. Ishigaki, K. Tsogtbaatar, H. Nishido, S. Toyoda, B. Mainbayar, T. Chinzorig, Y. Noumi, A. Takahashi, S. Ulzitseren, E. Zorig, B. Buyantegsh, B. Purevsuren, G. Enerel, C. Bayardorj, E. Ochirjanstsan, M. Saneyoshi, K. Aoki and S. Hayashi (2017) Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology and Geology join expedition in 2017. *The Bulletin of Research Institute of Natural Sciences of Okayama University of Science*, 43, 25-40.

T. Wintrich, S. Hayashi, A. Houssaye, Y. Nakajima and P. M. Sander (2017). A Triassic plesiosaurian skeleton and bone histology inform on evolution of a unique body plan. *Science Advances*, 3(12): e1701144.

高橋亮雄 (2017) 琉球列島の第四紀陸生および淡水生カメ類相とその動物地理

学的意義. 化石研究会誌, 50(1): 10-21.

実吉玄貴, 三嶋晋平, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar (2017) 成長に伴う Protoceratops 頭蓋骨の形態変化, *Naturalistae*. 21, 1-6. (査読無)

・2016年

A. Houssaye, K. Waskow, S. Hayashi, R. Cornette, H. A. Lee and R. J. Hutchinson (2016) Solid bones in large animals: a microanatomical investigation. *The Biological Journal of the Linnean Society*, 117 (2): 350-371.

M. Takeuchi, M. Saneyoshi, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, S. Ulizitseren (2016) Trace fossils on dinosaur skeletons from the Upper Cretaceous of Gobi desert, Mongolia. *Bull. Natural Research Center of Okayama University of Science*, 42, 47-52. (査読無)

E. Setiyabudi, A. Takahashi and Y. Kaifu (2016) First certain fossil record of *Orlitia borneensis* (Testudines: Geoemydidae) from the Pleistocene of central Java, Indonesia. *Current Herpetology*, 35(2): 75-82.

河野重範, 高橋亮雄, 渡辺克典 (2016) 2015年冬に島根半島へ漂着したオサガメの記録. 島根県立三瓶自然館研究報告, 14: 57-60.

S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, M. Saneyoshi, B. Mainbayar, K. Aoki, S. Ulziitseren, T. Imayama, A. Takahashi, S. Toyoda, Ch. Bayardorj, B. Buyantegsh, J. Batsukh, B. Purevsuren, H. Asai, S. Tsutanaga, K. Fujii (2016) Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2016. *The Bulletin of Research Institute of Natural Sciences of Okayama University of Science*, 42, 33-46.

6.3 学会発表

・2019年度

T. Imayama, Y. Koh, K. Aoki, M. Saneyoshi, K. Yagi, S. Aoki, Y. Sawada, C. Ikawa, T. Terada, S. Ishigaki, S. Toyoda, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar : Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean, 日本地球惑星科学連合 2019年大会 (JpGU2019), 2019年5月26-30日, 幕張メッセ, 千葉.

石垣忍, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, 秋和昌樹, 實吉玄貴, 林昭次, 千葉謙太郎 : モンゴル国ゴビ砂漠西部の上部白亜系から産出した大型アンキロサウルス類行跡化石, 日本古生物学会 2019年年会・総会, 2019年6月21-23日,

静岡大学, 静岡.

- 皆木大生, 林昭次, 澤村寛, 安藤達郎 : 成長に伴う *Paleoparadoxia* の骨内部構造の変化, 日本古生物学会 2019 年年会・総会, 2019 年 6 月 21-23 日, 静岡大学, 静岡.
- 小林 快次, 西村 智弘, 高崎 竜司, 千葉 謙太郎, A.R. Fiorillo, 田中 康平, T. Chinzorig, 佐藤 たまき, 櫻井 和彦 : 北海道むかわ町穂別から発見されたハドロサウルス科の全身骨格, 日本古生物学会 2019 年年会・総会, 2019 年 6 月 21-23 日, 静岡大学, 静岡.
- S. Ishigaki, B. Mainbayar, M. Saneyoshi, S. Hayashi, K. Chiba, Kh. Tsogtbaatar : Dinosaur Ichnology in Bugin Tsav and Guriliin Tsav Fossil Sites, Upper Cretaceous, Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- S. Toyoda, K. Aoki, S. Aoki, M. Saneyoshi, T. Terada, H. Asai, M. Amimoto, Y. Nitta, G. Baatar, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar : Geochemical analysis on the fluvial sediments of fossiliferous localities (Bayanshiree and Nemegt formations, Upper Cretaceous, southeastern Gobi desert, Mongolia), The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- T. Kinugasa, K. Ito, S. Ishigaki, D. Fujimoto, R. Hayashi, K. Yoshida : Mechanics of “Off-tracking” in the Turning Sauropod Trackway and Numerical Simulation using Dynamic Model, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- A. Takahashi, P. Byambaa, I. G. Danilov, B. Mainbayar, M. Saneyoshi, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar : New Material of the Genus *Lindholmemyd* (Testudines: *Lindholmemydidae*) from the Bayanshiree Locality (Late Cretaceous), Eastern Gobi, Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- I. Danilov, A. Takahashi, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar : Cretaceous Soft-Shelled Turtles of Mongolia: insights from new materials, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- M. Saneyoshi, B. Buyantegsh, T. Terada, S. Toyoda, B. Mainbayar, T. Chinzorig, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar : The Geology of fossiliferous localities (Bayanshiree and Nemegt formations, Upper Cretaceous, southeastern Gobi desert, Mongolia), The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.

- B. Mainbayar, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, K. Chiba, M. Saneyoshi : Giant Sauropod Trackway from the Bayanshiree Formation at Khavirgiin Dzo in South Gobi Aimag, Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- S. Kodaira, S. Hayashi, T. Chinzorig, K. Stein, Kh. Tsogtbaatar : Long Bone Histology and Medullary Bone in Ornithomimids from the Upper Cretaceous Nemegt Formation of Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019, (ISAD2019) July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- S. Hayashi, M. Burns, V. Arbour, T. Nyamkhishig, Y. Sano, Kh. Tsogtbaatar, K. Carpenter : Ontogenetic Patterns of Thyreophoran Dinosaurs Suggest Functional Variations of Their Osteoderms, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- K. Chiba, M. J. Ryan, Y. Yamamoto, S. Konishi, T. Chinzorig, P. Khatanbaatar, Z. Badamkhatan, M. Saneyoshi, Kh. Tsogtbaatar : A New Look at Frill Ornamentations on Protoceratops and Implications for the Evolution of Neoceratopsian Frills, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- T. Terada, Kh. Tsogtbaatar, S. Sakata, K. Aoki, M. Saneyoshi : Lithostratigraphy and detrital zircon geochronology of the Upper Cretaceous Bayanshiree Formation in the Gobi desert, Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- Y. Yamamoto, P. Khatanbaatar, S. Ulziitseren, Kh. Tsogtbaatar, K. Chiba, M. Saneyoshi : Skull Allometries of Protoceratops from Different Localities, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- H. Nishido, R. Masuda, M. Saneyoshi, S Toyoda, K. Tsogtbaatar : Provenance study of eolian sediments by cathodoluminescence spectral analysis of quartz grains for a stratigraphic interpretation in the Gobi desert, ECMS2019 (9th European Conference of Mineralogy and Spectroscopy), Sep. 11-13, 2019, Praha, Czechoslovakia.
- H. Nishido, T. Yoshimura, K. Aoki, S. Aoki : Cation site preference in apatite estimated by cathodoluminescence spectroscopy for U-Pb dating, ECMS2019 (9th European Conference of Mineralogy and Spectroscopy), Sep. 11-13, 2019, Praha, Czechoslovakia.
- 中原多聞, 林昭次, 奥田ゆう, 皆木大生, 小平将大, 知花宇晃, 亀崎直樹, 立川利

- 幸, 進藤英朗, 久志本鉄平, 上原正太郎, 村上翔輝, 恩田紀代子, 石川恵, 伊東隆臣, 毛塚千穂, 樋口友香, 安藤達郎 : 骨内部構造から考察するペンギン類の水棲適応, 日本鳥学会, 2019年9月13-16日, 帝京科学大学, 東京.
- 青木翔吾, 車田悠人, 青木一勝, 實吉玄貴, Kh. Tsogtbaatar, 石垣忍 : モンゴル、東ゴビ白亜紀含恐竜化石層の詳細堆積年代, 日本地質学会第126年学術大会, 2019年9月23-25日, 山口大学吉田キャンパス, 山口.
- S. Ishigaki, T. Tanabe, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar : Why ornithopod feet rotate inward, 3rd International Conference of Continental Ichnology (ICCI2019), Sep. 23-29, 2019, Halle (Saale), Germany.
- 児玉龍之介, 林昭次, Kh. Tsogtbaatar, : モンゴル国 Bugin Tsav 上部白亜系ネメグト層産出の獣脚類恐竜化石, 建設コンサルタント協会近畿支部第52回研究発表会, 2019年10月3日, 大阪科学技術センター, 大阪.
- K. Ito, T. Kinugasa, S. Ishigaki, D. Fujimoto, R. Hayashi, K. Yoshida : Analysis of “Off-Tracking” in the turning tetrapod trunkway, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.
- S. Hayashi, Y. Nakajima, T. Sato, A. Houssyae, T. Wintrich, Y. Hikida, P. M. Sander : Microanatomical shift in plesiosaur vertebra: evolutionary and ecological significance, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.
- Y. Nakajima, R. Matsumoto, P. M. Sander, O. Sasaki, H. Kano, S. Hayashi, E.S. Evans : Mineralized notochord-associated tissues preserved in fossil centra suggests a unique developmental pattern in the axial skeleton of choristodera, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.
- H. Suzuki, Y. Kobayashi, M. Kano, T. Karasawa, S. Hayashi, A. Ota, T. Miyaji : A theropod remain from the Upper Cretaceous Yezo Group, Haborogawa Formation in Ashibetsu city, Hokkaido Prefecture, Japan, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.
- Y. Kobayashi, T. Nishimura, R. Takasaki, K. Chiba, A. R. Fiorillo, K. Tanaka, C. Tsogtbaatar, T. Sato, K. Sakurai : A new crested hadrosaurine (Dinosauria: Hadrosauridae) from the marine deposits of the Late Cretaceous Hakobuchi Formation (Maastrichtian), Yezo Group, Japan, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.
- K. Chiba, M.J. Ryan, Y. Yamamoto, S. Konishi, T. Chinzorig, P. Khatanbaatar, Z. Badamkhatan, M. Saneyoshi, K. Tsogtbaatar : New insights on the evolution of

the neoceratopsian frill: ornamentations on protoceratops, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.

S. Ekhtiari, K. Chiba, S. Popovic, R. Crowther, G. R. Wohl, O. D. Geen, A. K. Wong, M. Crowther, N. Parasu, D. Evans : Osteosarcoma in a dinosaur: a diagnosis confirmed through gross, radiographic, and histologic examination, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.

S.R. Carpenter, M.A. Loewen, K. Chiba, E.K. Lund, E.M. Roberts : New centrosaurine ceratopsians from the Campanian Wahweap Formation Of Utah, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019) , Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.

春木信二, 林昭次, 宮崎宗一郎, 佐野祐介, 山崎慎 : チュウゴクワニトカゲの皮膚の形成時期と機能, 日本爬虫両棲類学会第 58 回大会, 2019 年 11 月 23-24 日. 岡山理科大学, 岡山.

宮崎俊喜, 林昭次, 奥切侑也, 鈴木大輔 : シャムワニの骨格内における成長記録のバリエーションについて, 日本爬虫両棲類学会第 58 回大会, 2019 年 11 月 23-24 日, 岡山理科大学, 岡山.

山根百佳, 岡本泰典, 高橋亮雄 : 百間川原尾島遺跡より大量出土した中世後期のトノサマガエル属骨遺骸の分類学的帰属とその意義, 日本爬虫両棲類学会第 58 回大会, 2019 年 11 月 23-24 日, 岡山理科大学, 岡山.

衣笠哲也, 吉田浩治, 林良太, 伊東和輝, 古見英樹, 石垣忍 : 四足歩行生物の旋回に関する力学的考察, OUS フォーラム 2019, 2019 年 11 月 25 日, 岡山理科大学, 岡山.

石垣忍, 奥田ゆう, 藤原清, 多田忠美, 島崎始, 太田義晃, 加藤祐之助, 西岡伊織 : 組立・分解が容易な大型恐竜交連骨格の製作, OUS フォーラム 2019, 2019 年 11 月 25 日, 岡山理科大学, 岡山.

網本真奈, 豊田新, 實吉玄貴, 石垣忍, 寺田智也, Kh. Tsogtbaatar : モンゴルゴビ砂漠南部 Bugin Tsav 周辺の砂岩の石英の ESR 信号の特徴, 第 36 回 ESR 応用計測研究会・2019 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 44 回日本フィッション・トラック研究会研究発表会, 2019 年 11 月 27 日-29 日, セラトピア土岐, 土岐, 岐阜.

石垣忍, B. Mainbayar (o) 足跡化石への 3-D デジタル記録手法適用と今後の展望, 日本古生物学会第 169 回例会, 2020 年 2 月 7-9 日, 東京大学駒場キャンパス, 東京.

高橋亮雄, P. Byambaa, I. G. Danilov, B. Mainbayar, 実吉玄貴, 石垣忍, Kh.

Tsogtbaatar : モンゴル国東ゴビのバインシレ層（後期白亜紀）から新たに発見されたリンホルムエミス科（爬虫綱 カメ目）化石の分類学的帰属, 日本古生物学会第 169 回例会, 2020 年 2 月 7-9 日, 東京大学駒場キャンパス, 東京.

B. Mainbayar, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, M. Saneyoshi : Large Sauropod trackway with manus imprints from the Upper Cretaceous of Gurilin Tsav fossil site, Western Gobi Desert, Mongolia, 日本古生物学会第 169 回例会, 2020 年 2 月 7-9 日, 東京大学駒場キャンパス, 東京.

6.4 受賞

・ 2019 年度

2019 年 5 月 山陽放送学術文化財団学術奨励賞

ブランディング事業で購入した CT 機器を使った研究での受賞

2019 年 6 月 日本古生物学会 優秀ポスター賞

ブランディング事業で購入した CT 機器を使った研究での受賞

2019 年 9 月 日本鳥学会 ベストポスター賞

ブランディング事業で購入した CT 機器を使った研究での受賞

2019 年 10 月 建設コンサルタンツ協会近畿支部第 52 回研究発表会 奨励賞

モンゴル恐竜研究で受賞

6.5 その他社会貢献

・ 2019 年度

日本爬虫両棲類学会第 58 回大会（2019 年 11 月 23-24 日、岡山理科大学）実行委員

7. マスメディアへの掲載について

7.1 新聞

- 2019年4月1日 山陽新聞 岡山理科大化石レプリカ 奈義の博物館展示
2019年4月14日 日本経済新聞「恐竜の成長」
2019年6月2日 山陽新聞 さん太タイムズ 博物館でタイムトラベル
2019年6月5日 山陽新聞 世界大恐竜展
2019年7月9日 山陽新聞 タルボサウルス出張展示
2019年7月12日 山陽新聞 世界大恐竜展 明日開幕
2019年7月13日 山陽新聞 「世界大恐竜展」太古の覇者 迫力
2019年7月13日 山陽新聞 コラム「滴一滴」
2019年7月14日 山陽新聞 世界大恐竜展 岡山で開幕 動く巨体 うなり声
2019年7月19日 山陽新聞 世界大恐竜展 岡山シティーミュージアム
2019年7月20日 山陽新聞(全県版) 入場者1万人突破 世界大恐竜展
2019年7月28日 山陽新聞 恐竜博士が注目！ 世界大恐竜展
2019年8月9日 読売新聞 恐竜展取材 新聞作り挑戦
2019年8月21日 山陽新聞 入場者5万人突破 世界大恐竜展
2019年8月27日 山陽新聞 入場者6万人突破 世界大恐竜展
2019年9月6日 山陽新聞 北海道で化石発見 新種むかわ竜「カムイサウルス」と命名
2019年9月6日 山陽新聞 1面右④「カムイサウルス」命名
2019年9月6日 朝日新聞 「竜の神」ムカイサウルス 北海道で発掘「むかわ竜」に学名
2019年9月15日 さん太タイムズ さん太のワークシート
2019年9月25日 日本経済新聞 恐竜リバイバル②トリケラトプス「歩み」説明
2019年9月27日 日本経済新聞 恐竜リバイバル④恐竜博士になれる大学
2019年12月5日 毎日新聞 (中国版) 岡山理科大恐竜博物館 研究の様子 間近で見学
2020年1月10日 山陽新聞(全県版) 恐竜博物館知って

連載

恐竜調査隊が行く, ⑳ 50年前に発見、謎の巨大な腕, 2019年4月21日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉑ 全長27メートル! ティラノサウルス, 2019年5月19日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉒ 11歳のティラノサウルス, 2019年6月9日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉓ 変な姿勢で埋もれた化石, 2019年7月21日, さん太タイ

ムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ⑳ 注目される「アジア恐竜国際シンポ」, 2019年8月18日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉑ 恐竜の研究者になるには, 2019年9月15日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉒ 足跡などの化石の国際会議, 2019年10月20日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉓ 小さくて目立たなかった恐竜の祖先, 2019年11月17日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉔ 地球の戦国時代「中生代の三疊紀」, 2019年12月15日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉕ 肉食恐竜 口閉じてても歯が見えた?, 2020年1月19日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ㉖ 世界で2番目に大きな鳥エミュー, 2020年2月16日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ① 「流血の王」ライスロナックス, 2019年7月21日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ② アロサウルスの災難, 2019年7月26日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ③ ディプロドクスを2倍楽しむ方法, 2019年7月27日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ④ 羽毛恐竜の衝撃, 2019年7月31日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ⑤ 「ジェーン」ー若いティラノサウルス, 2019年8月2日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ⑥ 変り種のファルカリウス, 2019年8月3日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ⑦ ステゴサウルスのとげ, 2019年8月9日, 山陽新聞.

なるほど! 世界大恐竜展, ⑧ 頑張れタルボサウルス, 2019年8月24日, 山陽新聞.

7.2 雑誌

保護者と歩む情報誌ぶんぶん Partner 2019年5月号 p.2-5. どりむ社.

関塾タイムス 2019年5月号 p.3-9. ここは恐竜が歩いた道, 関塾.

電気学会誌 2019年139巻6号 p.339-342.

きび野 2019.夏 第154号 p.7.(公財)岡山県郷土文化財団.

7.3 テレビ・ラジオ

2019年5月31日 17:18-17:52 OHK なんしょん

2019年6月2日,9日 12:15-12:45 RSK ラジオ ひるゼミ Radio

2019年6月12日 21:54~22:00 OHK「STU48のせとライク」
2019年6月14日 13:30-15:55 FM岡山 ドリームファクトリー 「ドリー
ムトーク」
2019年6月25日 RSK イブニングニュース タルボサウルス解体
2019年7月6日 15:30-17:00 NHK Eテレ「これが恐竜王国ニッポンだ！」
再放送
2019年7月6日 15:00-16:00 NHK Eテレ「8Kで完全再現！これが恐竜
王国ニッポンだ！」再放送
2019年7月7日 19:30-20:00 NHK ダーウィンが来た！
ゴビ砂漠での大型竜脚類足跡化石の発見とそのCG(2017年調査隊)および香川
の調査
2019年7月7日 21:00-21:49 NHK NHKスペシャル 恐竜超世界 第1集
見えてきた！ホントの恐竜
協力者として2017年調査隊
2019年7月7日 RSK ニュース タルボサウルス組上げ
2019年7月12日 RSK ラジオ 13時 現場中継 展示の解説
2019年7月12日 RSK テレビ 17:00- ごじまる 現場から中継 展示の解
説
2019年7月12日 RSK イブニングニュース 18:15- 世界大恐竜展 開会式
映像など
2019年7月14日 21:00-21:49 NHK スペシャル 恐竜超世界 第2集 史上
最強！海のモンスター 取材協力
2019年10月25日 18:20-18:55 NHK Eテレ「ビットワールド」取材協力
2019年11月8日 NHK Eテレ 沼にハマって聞いてみた 取材協力
2019年11月29日 17:05-17:55 NHK ラジオ おからじ！

恐竜の化石レプリカなどが並ぶ特別展



恐竜頭蓋骨大きい

岡山理科大 奈義の博物館展示

岡山理科大（岡山市北区理大町）が所蔵する恐竜の化石レプリカなどが並ぶ特別展「なきて学ぶ化石の不思議展」が、奈義町柿の化石博物館・なきてカリアミュージアムで開かれている。5月6日まで。

草食恐竜アロケラトプスの全身骨格や肉食恐竜アロサウルスの頭骨、クジラの祖先とされるシロサウルスの化石レプリカなど計12点を公開。同大が取り組んでいるモンゴルの化石発掘調査などに関するパネルも展示されている。

3月下旬、家族で訪れた真庭市立川東小3年藤井美穂さん（9）は、「恐竜の頭蓋骨は大きくて迫力があった」と話した。

期間中、同大講師によるワークショップもあり、5月4日には実吉玄貴講師が化石から余分な泥などを取り除くクリーニング、同5日には林昭次講師が化石レプリカの作成方法を指導する。

入館料は小中学生150円、高校生以上300円。未就学児と75歳以上は無料。

2019年4月1日 山陽新聞

2019年(令和元年)6月2日 日曜日

博物館でタイムトラベル

魚から両生類への進化

太古の海で最初の細胞が生まれ、ヒト祖先とくちくちく出現しました。連続の第1回は、総合監修をお願した岡山科学博物館（奈義）のコレクション「なきてカリア」で恐竜の化石レプリカを写真に「生きた」をキーワードに魚から両生類への進化を歩きました。

約40億年前、最初の細胞が誕生しました。すべての生き物は、その最初の細胞から進化の歴史をたがっています。

脊椎を持った最初の生き物が生まれたのは約3千5百万年前で、古生代カンブリア紀の最初のころからです。

① 魚から両生類へ進化

わたしたちヒトも背骨を持っています。魚はヒトの遠い祖先です。魚が体をくねらせて泳ぐ様子は、蛙の泳ぐのがハイハイする動きに似ています。オールドビスには、アゴを持った魚が生まれました。アゴがあるので、食べ物をしっかりと噛むことができます。

背骨持ち、水中から陸上に

魚が陸上へ進出したのは、約3億年前です。魚が陸上へ進出したのは、約3億年前です。魚が陸上へ進出したのは、約3億年前です。

魚が陸上へ進出したのは、約3億年前です。魚が陸上へ進出したのは、約3億年前です。

2019年6月2日 山陽新聞 さん太タイムズ

「世界大恐竜展」太古の覇者 迫力

山陽 2019/7/13



石垣教授（手前）の解説を聞きながら、迫力満点の全身骨格標本に見入る関係者ら

開会式でテープカットする主催者ら

岡山シティミュージアムきょう開幕

開会式
内覧会

太古に君臨した恐竜の生態に迫る「よみがえる地球の覇者！世界大恐竜展」が13日、岡山シティミュージアム（岡山市北区駅元町）で開幕する。12日は開会式と内覧会があり、招待された関係者や園児らが一足早く、迫りに満ちた全身骨格

標本や生体復元模型に見入った。恐竜が登場する三疊紀後期（約2億3千万年前）から、各地で多様な種が繁栄した後に絶滅する白亜紀末（約6600万年前）までの歩みを約90点で紹介。「サハラのアレクサンダー（捕食

者）」の異名を持ち、鋭利な歯まで再現したカルカロドントサウルスの生体模型、モンゴル・ゴビ砂漠で恐竜化石調査を続ける岡山理科大が製作したアジア最大肉食恐竜タルボサウルスの全身骨格など、全長10

メートルを超える展示物がずらり並ぶ。開会式で松田正己山陽新聞社長らが「地球を制し、多様化し、絶滅していった恐竜のドラマを子どもから大人まで楽しんでほしい」とあいさつ。特別協賛のこくみん共済coop岡山推進本部・二宮卓志本部長ら6人がテープカットした。同大教授の解説を聞きながら、関係者やなかよし保育園（同島田本町）の園児が会場を巡った。藤本玲音ちゃん（6）は「恐竜は爪が鋭くてかっこいい。どんな風に歩いていたのか気になる」と話した。

同展は岡山シティミュージアム、RSK山陽放送、山陽新聞社主催。9月1日まで（7月16、22、29日、8月5、19日休館）。入場料一般1300円、小中生800円、3歳以上500円。初日は午前10時半、午後1時半から石垣教授らによるギャラリートークがある。（多田和代）

山陽新聞記者撮影

2019年7月13日 山陽新聞

一滴

山陽 2019/7/13
骨格標本でも、いまにも獲物を襲うかに見えるティラノサウルスやアロサウルス。頭から尾の先まで全長27メートルもある迫力満点のディプロドクス。岡山市の岡山シティミュージアムできょう開幕する「世界大恐竜展」をひと足早く歩いた▼三疊紀からジュラ紀、そして白亜紀へと、2億年近くも地球上に君臨した恐竜たちである。全身標本や化石、当時の姿をリアルに再現した生体模型など約90点が並び会場はまさに圧巻だ▼中年以上には昔のイメージをがらりと変える模型もあった。豊かな羽毛をたくわえた恐竜である。1996年、中国で羽毛の痕跡がある化石が発見されて以降、恐竜から鳥類への進化が裏付けられた。残された色素から色の復元も可能になったという▼解説してくれた岡山理科大の石垣忍教授は「恒温性になった一部の恐竜が保温のために獲得したのでは」と話す。発掘や研究が進めば、さらに新たな恐竜像が生まれるかもしれない▼平成の30年、恐竜は世代を超えてより身近になった。映画「ジュラシック・パーク」が世界的に大ヒットしたのが93年。国内でも兵庫県丹波市や北海道むかわ町で発見された大型恐竜の化石がファンの話題を呼んだ▼夏休みも近づいた。生物の進化をたどる太古からの「贈り物」は格好の教材でもあろう。ひとときのタイムマシンを楽しんで。 2019・7・13

2019年7月13日 山陽新聞コラム



「ジェーン」のロボットやタルボサウルスの全身骨格に見入る家族連れら

世界大恐竜展 岡山で開幕

動く巨体

うなり声

山陽新聞 2019/7/14

かつて地上最大、最強の生物として君臨した恐竜の

生態に迫る特別展「よみがえる地球の覇者！世界大恐竜展」が13日、岡山シテ

本当に生きているみたい」とびっくり。岡山初登場となる全長27メートルの植物食恐竜ティラノサウルスや、モンゴルで恐竜化石調査を行う岡山理科大が組み立てた、アジア最大の肉食恐竜タルボサウルスの全身骨格なども入場者の目を引いていた。

岡山シテイミュージアム、RSK山陽放送、山陽新聞社主催、こども共済coop岡山特別協賛、9月1日まで、7月16、22、29日、8月5、19日休館（多田和代）

「ジェーン」に動いて

「ジェーン」のロボットやタルボサウルスの全身骨格に見入る家族連れら

恐竜が出現した三畳紀後期（約2億3千万年前）から、多様化して栄えた後に絶滅する白亜紀末（約6600万年前）までの歩みをリアルに伝える巨大骨格標本、当時の姿を再現した生体模型など約90点が並び、獲物を探すように首を振り、大きな口からうなり声を上げるティラノサウルスの子ども「ジェーン」（愛称）の生体ロボットは特に人気を集め、岡山市立篠南小の年鳥生愛莉さん（7）は「目まできょろっと動いて

2019年7月14日 山陽新聞



史上最大級 天井に迫る首、壁を突き破りそうな尻。ティラノサウルスの巨大さに原骨の七

世界大恐竜展 岡山シティミュージアム

迫力、リアル目輝かせ

生まれ未来の恐竜博士。岡山シティミュージアム(岡山市北区駅元町)で開催中のこども共済coop岡山スペシャル「よみがえる地球の覇者!世界大恐竜展」は、最新の研究成果に基づく約90点を展示。迫力の全身骨格やリアルに再現された生体模型に、恐竜ファンの子どもたちが目を輝かせる。

まず目に飛び込むのは、全長27mの植物食恐竜ティラノサウルス。20mを超す熊本県山形市産で、史上最大級の恐竜生体の成骨を体験できる。頭部のみを復元したスピノサウルスは、水缸にすんで魚が主食だった。驚くほど巨大な口に「ワニそっくりでかっこいい」と食豊市の幼稚園児高橋陽仁ちゃん(8)。

人気のステゴサウルスと天敵だった肉食恐竜アロサウルスのにらみ合いは、当時の緊張感まで再現。モンゴリで恐竜化石調査を始める石垣龍岡山理科大教授らによるギャラリーツアーもあり、山口県岩国市の小学2年上田崇高君(7)は「ステゴの背中の骨板の秘密を教えてもらったよ。本物の化石頭蓋にも行ってみたい」と声を弾ませた。

山陽新聞社など主催。9月1日まで、7月22、29日、8月5、19日(休館)。ギャラリーツアーは8月3、10、12日の午前10時半、午後1時半にも予定する。(多田和代)



食べちゃダメ

本物の化石頭蓋を展示する。化石は決して食べちゃダメ



リアル目輝かせ

リアルな生体模型が、子どもたちの目を輝かせた



やってみよう

化石に触れたり、アンモナイトを削ったり、恐竜のあごの化石を削んだり、体験コーナーも人気を集める



迫るプレデター

サハラのプレデター(肉食類)の真名を持つカルカロドントサウルスの生体模型は今にも襲ってきそう



教えて恐竜博士

岡山理科大の石垣教授によるギャラリーツアーに興味津々で聞き入る子どもたち

2019年7月19日 山陽新聞



1万人の子どもたち、近距離で恐竜の生体模型と向き合おう

入場者1万人突破

世界大恐竜展 高松の園児に記念品

岡山シティミュージアム(岡山市北区駅元町)で開催中の世界大恐竜展「よみがえる地球の覇者!」は、最新の研究成果に基づく約90点を展示。迫力の全身骨格やリアルに再現された生体模型に、恐竜ファンの子どもたちが目を輝かせる。

まず目に飛び込むのは、全長27mの植物食恐竜ティラノサウルス。20mを超す熊本県山形市産で、史上最大級の恐竜生体の成骨を体験できる。頭部のみを復元したスピノサウルスは、水缸にすんで魚が主食だった。驚くほど巨大な口に「ワニそっくりでかっこいい」と食豊市の幼稚園児高橋陽仁ちゃん(8)。

人気のステゴサウルスと天敵だった肉食恐竜アロサウルスのにらみ合いは、当時の緊張感まで再現。モンゴリで恐竜化石調査を始める石垣龍岡山理科大教授らによるギャラリーツアーもあり、山口県岩国市の小学2年上田崇高君(7)は「ステゴの背中の骨板の秘密を教えてもらったよ。本物の化石頭蓋にも行ってみたい」と声を弾ませた。

山陽新聞社など主催。9月1日まで、7月22、29日、8月5、19日(休館)。ギャラリーツアーは8月3、10、12日の午前10時半、午後1時半にも予定する。(多田和代)

全県版

2019年7月20日 山陽新聞

子どもしんぶん… さん太タイムズ

2019年(令和元年)
7月28日(日)
毎週日曜発行!

発行所
山陽新聞社
岡山市北区柳町2-1-1

岡山シティミュージアム(岡山市北区駅元町)で9月1日まで、こくみん共済coop岡山スペシャル「世界大恐竜展」(同ミュージアム、R SK山陽放送、山陽新聞社主催)が開かれています。肉食恐竜ティラノサウルスや巨大な植物食恐竜ディプロドクスなどの化石や生体復元機型など約90点が並び、迫力満点の姿に圧倒されます。

岡山理科大学生物地球学部で恐竜を研究している「恐竜博士」と会場を巡り、恐竜の不思議に迫りました。

(文・矢根美紀子、写真・中村映一郎) = 2面に続く

恐竜博士が注目!



世界大恐竜展

恐竜博士とめぐるギャラリーツアー

岡山理科大学の恐竜研究者と一緒に会場を巡ります。

8月3日	千葉謙太郎助教	10:30~11:30、13:30~
10日	林昭次講師	14:30.参加費無料(観覧会入場券は必要)。申し込み不要。
12日	右道忍教授	

開催期間	9月1日まで
開館時間	10:00~18:00
休館日	7月29日、8月5、19日
入場料	小中高生800円、3歳以上500円、一般1300円
問い合わせ	岡山シティミュージアム (086-898-3000)

2019年7月28日 山陽新聞 さん太タイムズ

巨大!ディプロドクスの謎

7月13日のギャラリーツアーでガイドを務めたのは、本紙連載「恐竜調査隊が行く」でおなじみの右道忍・岡山理科大学教授です。右道教授の注目ポイントはどこでしょうか。

しっぽの骨を1個ずつ見よう



病気やけがが多い?!

全長27mの巨大な植物食恐竜ディプロドクス(全身骨長身骨)のしっぽをよく見ると、骨の付け根から25番目と26番目の骨の形が怪しい。これは骨と骨がくっつく関節の跡です。恐竜のしっぽは、椎の関節にカマサレたり、生着の中で傷ついたりする、けがや病気の多かったことが化石から分かっています。

好きな食べ物は?

「草」ではなく木の葉っぱ

木の枝の葉っぱをよく食べていたようです。「草」や「葉物」は食べていません。なぜなら、ほとんどがイネ科の植物である草や、花を飲ませる植物の実である果物は、恐竜がいた時代にはまだ地球上になかったからです。そのため昔は「草食恐竜」と呼んでいましたが、最近では「植物食恐竜」と呼ぶようになりました。

ティラノサウルスなぜ怖い?

ティラノサウルス類の肉食恐竜の顔を正面から観察してみましょう。化石でも動くロボットでも、何となくにらまれているみたいで、これは両方の目で獲物を見て、獲物までの距離を知る肉食動物の特徴です。一方、食べられる側の植物食恐竜は、周囲を観察しなけりゃいけないので、目が横に付いて広い範囲を見られるようになっています。

にらめっこで確かめよう



ステゴサウルストゲトゲの役割



体温調節、大きいとモテる!

海中のトゲトゲ(アレート)の化石を調べると、甲羅はスカスカでもろく、血管がたくさん通っていたことが分かっています。これは「武器」ではなく、太陽の光を浴びて仮死体を温かくするなどの体温を調節していました。自分を自立させる節の負担も減らして、トゲトゲが大きいほどメスにもたてられやすくなります。ただし、しっぽの先にあるもつとがトゲトゲはとては無く、奥歯だったようです。前時代の肉食恐竜アロサウルスの化石には、トゲトゲが削ぎられた跡が残っています。

岡山理科大学 右道教授から一言

恐竜は、地球上に生きてきた動物の中で、最も長い期間にわたって生きてきた動物です。恐竜は、地球上に生きてきた動物の中で、最も長い期間にわたって生きてきた動物です。恐竜は、地球上に生きてきた動物の中で、最も長い期間にわたって生きてきた動物です。



来場者「恐竜博士、たちと一緒に」

入場者5万人突破

世界恐竜展 倉敷の園児に記念品
2019年8月21日 山陽

岡山シティミュージアム（岡山市北区駅元町）で開催中の「よみがえる地球の覇者！世界大恐竜展」は20日、入場者が5万人を突破した。



父と訪れた倉敷市保育園児、白神佑弥ちゃん（左から2人目）品を受け取る白神佑弥ちゃん（左から2人目）

父、姉と訪れた倉敷市の保育園児、白神佑弥ちゃん（左から2人目）が5万人目。同ミュージアムの近藤雅明館長から記念品としてアロサウルスのフィギュアを贈られた。佑弥ちゃんは「ティラノサウルスが大好き。歯がギザギザしていてカッコいいところをみたい」と話した。同展は、かつて最大、最強の生物として地球上に君臨した恐竜の骨格標本や復元模型など約90点を展示し、その生態に迫る。センサーで重低音のうなり声を上げて動くティラノサウルスの子ども用の生体ロボット、背の骨板やとげが特徴的なアロサウルスの全身骨格などが人気を集め、家族連れらでにぎわっている。

同ミュージアム、R SK山陽放送、山陽新聞社主催、こくみん共済coop岡山特別協賛。9月1日まで。（土井一義）

2019年8月21日 山陽新聞

入場者6万人突破

山陽 2019年8月27日
世界恐竜展 旗田さん（岡）に記念品
岡山シティミュージアム（岡山市北区駅元町）で開催中の「よみがえる地球の覇者！世界大恐竜展」は26日、入場者が6万人を突破した。6万人目は岡山市南区古新田の会社員旗田徹朗さん（28）。妻の未帆さん（28）、長男の修也ちゃん（2）と訪れ、特別協賛のこくみん共済coop岡山推進本部からティラノサウルスのフィギュアなどの記念品を受け取った。徹朗さんは「息子が、最新の研究成果を恐竜に興味があるのだから、ぜひ（9月1日まで）終盤も、最大、最強の生物として地球をリアルで迫力ある姿を示す展示に、多くの親子連れが見入っている。」



こくみん共済coop岡山推進本部 みたい」と話した。同展はティラノサウルスの子ども用の生体ロボット、鋭い爪や歯を持つカルカロドントサウルスの生体模型などは「息子が、最新の研究成果を恐竜に興味があるのだから、ぜひ（9月1日まで）終盤も、最大、最強の生物として地球をリアルで迫力ある姿を示す展示に、多くの親子連れが見入っている。」

同ミュージアム、R SK山陽放送、山陽新聞社主催。（多田和代）

2019年8月27日 山陽新聞



北海道むかわ町で発掘され、学名を「カムイサウルス・ジャポニクス」と命名された大型恐竜の全身実物化石（下）と全身復元骨格。4日、東京・上野の国立科学博物館

北海道で化石発見 新種・むかわ竜

「カムイサウルス」と命名

北海道むかわ町で見つかったハドロサウルス科恐竜、通称「むかわ竜」の化石について、北海道大総合博物館の小林快次教授らの研究チームは、新種として学名を「カムイサウルス・ジャポニクス」と命名し、6日付の英科学誌電子版に発表した。国内で発見された学名が付いた恐竜は8例目。

小林教授は「カムイはアイヌ語で『神』。日本の恐竜の神という意味を込めて命名した。今後生態などの研究を進めていく」と話した。

小林教授によると、細い前脚を持ち、背骨の上に伸びる突起が大きい前に傾いていることなどが特徴。また、頭の骨の形状から、薄く平たい板状のときかがあった可能性があるという。

カムイサウルスは2003年、むかわ町穂別の約7200万年前（白亜紀後期）の海の地層から見つかった。体積比で全身の8割を超える骨格が確認され、頭部から尾部まで全長約8メートル、体高は約4メートル。全身骨格では国内最大になる。

化石や全身復元骨格は、国立科学博物館（東京）で開催中の恐竜博で展示されている。10月14日まで。

岡山理科大・千葉助教 年齢、体重分析に貢献

新種と判明した「カムイサウルス・ジャポニクス」の化石研究には、岡山理科大（岡山市北区理大町）の千葉謙太郎助教（34）＝古脊椎動物学、写真＝も参加。骨の内部構造の分析などから年齢や体重を明らかにし、具体的なイメージを膨らませるのに貢献した。



千葉助教は北海道出身で、北海道大大学院時代に小林快次教授の指導を受けた縁などからチームに加わった。組織学研究を担い、後ろ脚の骨（脛骨）の断面に浮かぶ年輪に似た成長停止線を解析。導き出した成長曲線などから、化石は9歳以上の成体であることを確定させた。

また、大腿骨の太さなどから、カムイサウルスの体重は二足歩行の場合は約4トン、四足歩行であれば約5.3トンと推定した。

岡山理科大の恐竜化石調査で現在、モンゴルに滞在中の千葉助教は「古里で見つかった国内最大の恐竜全身骨格の研究に加われ、ワクワクしながら取り組んだ。カムイサウルスの化石を、種の特徴が確定する成体と明らかにできたことは、種の分類をする上で役立つと思う」と話した。（平松隆）

④「カムイサウルス」命名

北海道むかわ町で見つかったハドロサウルス科恐竜、通称「むかわ竜」の化石について、北海道大総合博物館の小林快次教授らの研究チームは、新種として学名を「カムイサウルス・ジャポニクス」と命名し、6日付の英科学誌電子版に発表した。国内で発見され学名が付いた恐竜は8例目。2019/9/6 山陽1面右



2019年9月6日 山陽新聞

2020年(令和2年)1月10日 金曜日 第2全県 24

恐竜学博物館知って

ちらし、ポストカード作る

岡山理科大の八十さん、中原さん

岡山理科大生物地球学部4年の八十麻里亜さんと中原多聞さんが、学内にある「恐竜学博物館」(岡山市北区理大町)のちらしやポストカードなどPRグッズを作った。

「恐竜学博物館」(岡山市北区理大町)のちらしやポストカードなどPRグッズを作った。博物館は、岡山市北区理大町にある。化石や研究結果を紹介するため、2018年3月に開設。世界的に珍しいアロサウルスの幼体やアジア最大の肉食恐竜タルボサウルスの実物大骨格レプリカなど標本約50点を展示している。

ちらし(A4判)は子ども向けのデザインで、表は緑や水色など明るい色の背景に、迫力あるタルボサウルスの頭骨などをあしらった。裏は各展示室を写真で紹介。ポストカードは主に大人向けで、もやがかかったような森の中で空に向かってほえる肉食恐竜アロサウルスの化石を描いた。

恐竜カード(縦6センチ、横9センチ)は、表に恐竜の化石、裏にその恐竜の特徴などを記しており、2カ月ごとにカードの恐竜を変える。現在、肉食恐竜アロサウルスなど3種類計1500枚を作製している。

2人は幼い頃から恐竜が好きで全国各地の博物館を巡り、岡山の生物地球学部にも恐竜を学ぶため入学した。PRグッズの作製は学内の博物館の魅力を伝えようと昨夏取り組み、ちらしは1万枚、ポストカードは3万枚印刷して、県内の博物館や公民館に配った。

2人は「恐竜学博物館は大学の中にあっても立ちにくいけれど、誰もが恐竜について楽しく学べる貴重な場なので多くの人に知ってほしい」と話している。(山本恭子)

恐竜学博物館のちらしやポストカードを作った岡山理科大の八十さん(左)と中原さん

2020年1月10日 山陽新聞

発行年 2020年3月

発行者 岡山理科大学
文部科学省 私立大学研究ブランディング事業
恐竜研究の国際的な拠点形成
ーモンゴル科学アカデミーとの協定に基づくブランディングー

代表 石垣 忍

連絡先 〒700-0005
岡山市北区理大町 1-1