

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

2018 年度
事業報告書

2019 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

2018 年度 事業報告書

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	1
1. 1 事業概要	1
1. 2 事業の計画	2
1. 3 事業実施体制	5
1. 4 平成 30 年度の実施計画	7
1. 5 施設・装置・設備の整備	8
2. 事業運営報告	10
2. 1 組織	10
2. 2 運営委員会	10
2. 3 定例報告会	11
2. 4 年度末成果発表会	13
2. 5 評価委員会	14
2. 6 一般公開シンポジウム	21
3. 研究活動報告	22
3. 1 研究活動及び成果の概要	22
3. 2 現地調査	26
3. 3 モンゴル側研究者招聘	34
3. 4 研究成果報告	35

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 施設概要	86
4. 5 運営方針	89
4. 6 危機管理対策	89
4. 7 恐竜学博物館の稼働状況	89
4. 8 恐竜学博物館の整備状況ならびに 2019 年度の目標	91
5. アウトリーチ活動報告	92
5. 1 ホームページによる情報発信	92
5. 2 一般向け講演の実施	94
5. 3 展示会の開催	95
6. 研究業績	96
6. 1 著書	96
6. 2 学術論文	96
6. 3 学会発表	97
7. マスメディアへの掲載について	166
7. 1 新聞	166
7. 2 雑誌	167
7. 3 テレビ・ラジオ	167

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

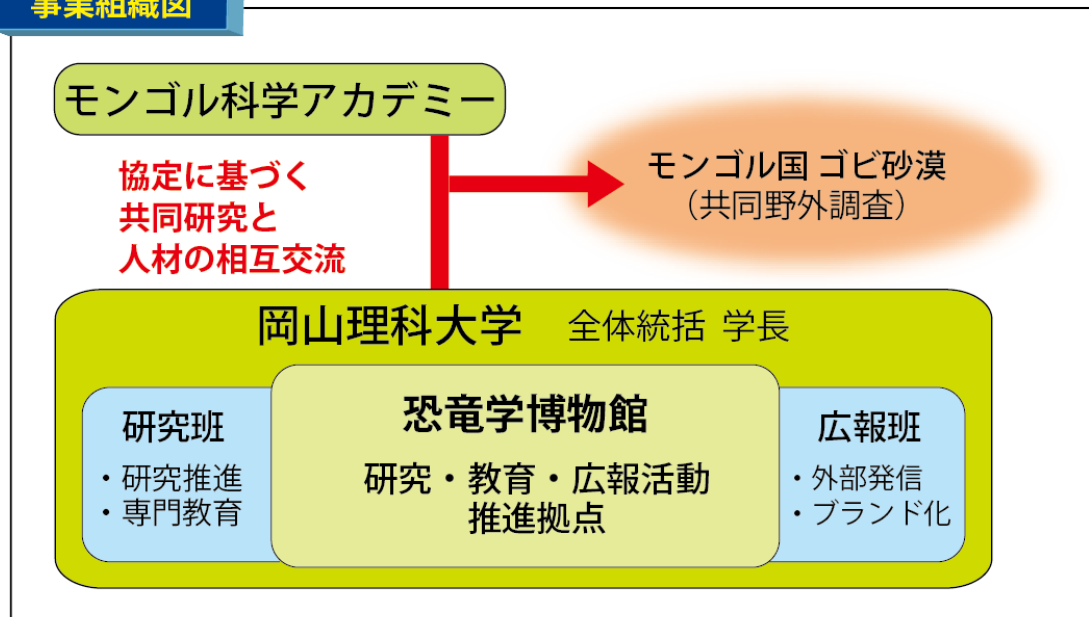
1.1 事業概要

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。

事業概要



事業組織図



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)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いる。

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はない。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、さらに巣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体制を構築し、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。

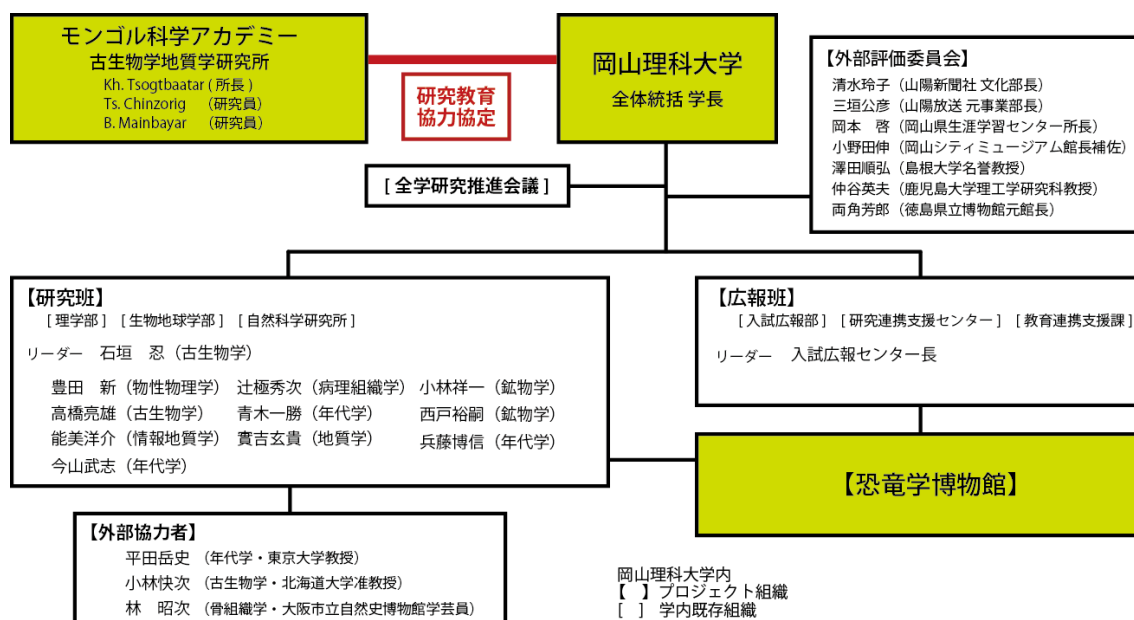
博物館運営は日本博物館協会や大学博物館等協議会、全国科学博物館協議会と連携し、情報の収集と発信および加盟館との共同事業開催につとめる。

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 30 年度の実施計画

1. 目標

ゴビ砂漠中央部において、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。前年度及び本年度採取した堆積物試料及び化石試料の分析を行う。恐竜学博物館を拠点とした教育・広報活動を推進する。中間報告書を作成する。

2. 実施計画

- ①ゴビ砂漠中央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 年代を求める。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。
- ③LA-ICP-MS で標準岩石試料を分析し、得られた値が標準値と整合的かどうか検討する。
→標準試料について整合的な値が得られたかどうかで評価する。
- ④骨化石に対して CL 及び LA-ICP-MS のイメージング分析を適用し、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。
→成長組織が可視化できたかによって評価する。
- 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ができたかによって評価する。
- ⑥3D レーザースキャンによる足跡化石と産地地形・地質データ取得を実施する。
→恐竜足跡化石産地 3 か所以上でスキャン画像が取得できたかによって評価する。
- ⑦日蒙双方の学生によるゴビ砂漠での共同教育プログラムを開始する。(以後毎年継続)
→プログラムを実施したかで評価する。
- ⑧恐竜学博物館において、イベント企画を実施する。
→博物館イベントの実施状況、入館者数等で評価する。
- ⑨3 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。
→報告書の作成で評価する。

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

恐竜学博物館では「研究現場」を公開し、先駆的な学際研究成果を本学のブランドとして広く発信する。化石の古生物学的な研究では、野外で採集された資料の仮保管管理、化石の岩石からの取り出し（剖出）、研究・展示に供するレプリカづくりの 3 つの基本作業がある。これらの作業を行う部屋を既存の施設を改装して設ける。また、廊下側壁面をガラス張りにして作業を見せるとともに、小展示室では化石の展示も行う。具体的には既存の建物の一階部分を改装し、学生はもとより外部の来場者の小規模団体見学を受け入れられる施設とする。

(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

年代情報は「化石化した生物種が、どのような地球表層環境下で生息し、またどのような地球表層環境の変化により絶滅したのか」を議論するための重要な情報である。したがって、年代測定装置の導入は本事業を推進する上で欠かせない。本研究では、U-Pb 系を用いた年代測定法に注目し、レーザーアブレーション ICP 質量分析システムを導入する。このシステムは①ICP-MS 装置本体、②レーザー照射装置、③前処理装置から構成される。この装置の特徴は、鉱物に直接ビームを照射しアブレーションすることで、鉱物が記録する U-Pb 同位体比を局所領域（ビーム径＜30 μ m）で測定できる点である。また、元素イメージングが可能な装置であるため、高空間分解能下での分析点選定が可能になり、直接に信頼性の高い年代値や元素濃度が得られる。一方、対象試料の粒径が小さく、ビーム照射だけではカウントが少なく信頼性の高い分析値が得られない場合は、前処理装置を使用し、試料全体を分解・溶解しその溶液を直接 ICP-MS で分析することで、感度・精度の高い分析値が得られる。

(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	カソードルミネッセンス分光システム	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）

「恐竜の生物学」を構築する上で、現生の動物を対象に行われている様々な先進的手法を化石に適用することが欠かせない。X線CTスキャナーは化石を非破壊の状態でも内部構造をみることができ、組織の解析に使えるほか、卵化石の中の幼体の判別など、物理的な化石剖出作業ではできないことが可能になる。

3Dレーザースキャナーを足跡化石産生痕化石データや産地の地形情報の記録に使用することによって、恐竜の生態学的な情報を得ることができる。また、層序確立等あらゆる地質調査の基礎となる化石産地地形学的データ取得も可能となる。

恐竜化石構成鉱物が生体由来の初生物質であり放射性元素(ウラン)を含有していれば、U-Pb法により恐竜の生息年代を直接決定できる。カソードルミネッセンス(CL)を用い、鉱物が初生物質であることを判定し年代測定に適した試料を選定する。また、CLにより風成堆積物を構成する石英の結晶化学的性質を特徴化し、堆積層の層序を決定する。この目的のためには、石英の構造欠陥をより詳細に帰属できる電子スピン共鳴法(ESR)の活用が不可欠である。

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*（平成 30 年度より）
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

*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 1 回 平成 30 年 4 月 4 日
- 第 2 回 平成 30 年 4 月 24 日
- 第 3 回 平成 30 年 5 月 16 日
- 第 4 回 平成 30 年 6 月 5 日
- 第 5 回 平成 30 年 7 月 14 日
- 第 6 回 平成 30 年 10 月 8 日
- 第 7 回 平成 30 年 10 月 25 日

- 第 8 回 平成 30 年 11 月 15 日
- 第 9 回 平成 30 年 12 月 6 日
- 第 10 回 平成 31 年 1 月 8 日
- 第 11 回 平成 31 年 1 月 28 日

2.3 定例報告会

次の日程で開催し、研究状況の報告、研究成果についての議論、検討を行った。

平成 30 年度

- 第 1 回 平成 30 年 7 月 14 日
- 第 2 回 平成 30 年 11 月 27 日
- 第 3 回 平成 31 年 2 月 27 日（予定）

2017 年度第 3 回成果報告会

日時 2018 年 3 月 6 日 10:30-16:20

場所 D4 号館 1 階セミナー室

- | | |
|--------------|---|
| 豊田 | モンゴル南東ゴビ砂漠の白亜紀堆積岩中の石英の ESR 信号の特徴 |
| 小林 | ゴビ砂漠堆積物中の鉱物について その 3-鉱物組成とその化学組成- |
| 青木(一) | LA-ICP-MS による年代測定システム |
| 青木(翔) | 研究紹介と LA-ICP-MS による年代測定の恐竜化石への応用 |
| | 博物館および機器見学会 |
| 浅井 | Djadokhta 層の地質学的特徴と今後の展望 |
| 實吉 | Bayshin Tsav 周辺の岩相層序 |
| 高橋 | 白亜紀後期のゴビにおけるトカゲ類相およびワニ類相に関する予察研究 |
| B. Purevsren | A review of the Mesozoic turtles from the Gobi desert, Mongolia |
| 林 | 2017 年度に行ったモンゴル恐竜研究について |
| T. Chinzorig | Recent study of Mongolian ornithomimosaur |
| 石垣 | 恐竜学博物館の基本構想と活動方針 |
| 石垣・能美 | 恐竜研究ブランディング 2017 総括 |

2018 年度第 1 回成果報告会

日時 2018 年 7 月 14 日 14:00-17:00

場所 D4 号館 1 階セミナー室

- | | |
|----|--|
| 石垣 | 2018 年度目標とモンゴルでのユネスコジオパーク
ワークショップ参加報告 |
|----|--|

林	オルニトミモサウルス類の骨髓骨について
千葉	現生・化石脊椎動物の成長輪に基づく成長復元
花和,奥田,千葉,實吉,辻極	モンゴル産化石の組織学的解析
高橋	ゴビ産カメ類(リンドホルムエミス科)およびトカゲ類(ポリグリファノドン科)化石に関する新知見
實吉	現在の進捗状況報告
青木(一),青木(翔),小平,林	カリーチと鶏の脛骨の LA-ICP-MS 元素マッピング
西戸	化石を構成するアパタイトの結晶化学
内藤,能美	ジルコン結晶形記載法は層序対比に利用できるか?
奥田	恐竜学博物館、開館三か月半で見えてきたこと
能美,石垣	恐竜研究ブランディング 2018 年の広報戦略
石垣	まとめ

2018 年度第 2 回成果報告会

日時 2018 年 11 月 27 日 13:00-17:00

場所 50 周年記念会館

石垣,Mainbayar,加藤	2018 年度調査で発見された恐竜足跡化石について (概報)
林	林研究室のモンゴル恐竜研究の進捗状況について
千葉	2018 年度調査で発見された化石(足跡以外)について
花和,奥田,千葉,實吉,辻極	哺乳類化石追加試料の組織学的解析
高橋,Purevsren,I.Danilov	バインシレ層およびネメグト層産のカメ類に関する 新知見
高橋(勇),高橋(美)	2018 年夏の地質調査結果 (Bugin Tsav, Yagaan Khovil)
青木(一),青木(翔)	カルサイト & アパタイト U-Pb 年代分析の進捗状況
西戸	化石アパタイト成分の鉱物化について
豊田	堆積物石英の ESR 測定の結果
小林	ゴビ砂漠堆積物(岩)の鉱物組成 —2017 年試料—
能美	3D スキャナーによる発掘現場の映像保存

2018 年度第 3 回成果報告会

日時 2019 年 2 月 27 日 13:00-17:00

場所 50 周年記念会館

石垣	モンゴル恐竜足跡化石研究 今後の展望
林, 小平	モンゴル恐竜を用いた骨組織学研究の進捗状況について
千葉, 小西, 山本, 實吉	原始的角竜類恐竜 Protoceratops に見られる派生的角竜の 特徴

高橋	バインシレおよびホンギルツァフ産カメ化石の分類学的位置づけ（続報）と今後の方針
實吉, 寺田, 高橋(勇), 高橋(美)	2018 年度地質調査報告と今後の方針
青木(翔), 車田, 青木(一)	バインシレ層形成年代：カリーチの有用性
今山	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
小林	ゴビ砂漠堆積物(岩)中の鉱物について-主に化学組成について-
内藤, 能美, 實吉	モンゴル・ゴビ砂漠 Bugin Tsav における上部ネメグト層の砂岩層に含まれるジルコン結晶形態"
豊田	調査および分析の進展と今後の方向性
衣笠	旋回する四足歩行動物の行跡に見る軌道差の力学的考察および動力学シミュレーション
能美	2016-18 年度広報活動と恐竜学博物館
西戸, 吉村	カソードルミネッセンスを用いた Apatite 陽イオンの占有サイト決定
石垣(まとめ)	恐竜研究ブランディング事業 3 年間をふりかえって

2. 4 年度末成果発表会

2018 年 3 月 24 日に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。

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 年度末研究成果発表会および外部評価委員会

日 時： 平成 30 年 3 月 24 日（土）10：30-14：00
 会 場： 岡山理科大学 C1 号館 8 階理大ホール
 発表者： 柳澤康信学長 石垣忍 豊田新 高橋亮雄 能美洋介
 参加者： 外部評価委員 5 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 29 年度研究成果発表会（10：30-12：00）

総合司会 石垣忍（発表時間には質疑応答含む）

10：30－10：35 学長挨拶

岡山理科大学学長

柳澤康信

- 10 : 35－10 : 50 2017 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
- 10 : 50－11 : 10 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
- 11 : 10-11 : 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
- 11 : 30－11 : 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
- 11 : 40－12 : 00 まとめと来年度の計画・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

2.5 評価委員会

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。

外部評価委員会 平成 30 年 3 月 24 日（土）12 : 00-14 : 00（昼食を含む）

出席は外部評価委員のみ 外部評価委員会司会 仲谷英夫氏

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。

自己点検評価表

外部評価意見

平成28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 (達成度%)	外部評価 (達成度%)	委員コメント
1	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	東部ゴビの野外調査と試料採取を終え、地質図と柱状図を作成した。また南東ゴビのシャルツァフからバイシンツァフー帯の総合的な地質図と柱状図を作成し層序を確立した。	90%		
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	前年度に取得した鉱物の物理化学的分析データを詳細に検討し、堆積物の特徴化に適した指標を確定するとともに、その分析のための実験的手法を確立し、分析を行う。	分析手法のプロトコルが作成できたか	今年度の野外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実験手法の検討を行い、分析プロトコルを作成し、ジルコンのU-Pb測定を終え、また石英の電子スピン共鳴測定をほぼ終了した。	80%		
3	新たな化石標本の探査と研究・既存化石の研究	東ゴビ地域及び南東ゴビ地域の調査 林原一蒙隊標本の整理の着手	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 日本に化石を送って研究できたか	2016年発見の竜脚恐竜の足跡化石が連続して保存されていることを新たに確認し、走行や速度の推定に必要なデータを採取した。ハドロサウルス幼体全身骨格、竜脚類の前半身などを発見・発掘した。卵化石・部分骨格化石のほか、多くの足跡化石等を発見した。IPG[モンゴル]で林原一蒙隊採集標本の整理に着手し、今後の課題について検討した。共同調査覚書に基づいて化石を日本に送ることができた。	85%		
4	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。	年代既知のジルコンのU-Pb年代が整合的に得られたかどうかによって評価する。	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。	80%		
5	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。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。	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。化石産地で試行スキャンデータの取得ができたか。以上3点で評価する。	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スキャナーを稼働させ、化石および現生脊椎動物の骨標本に関する骨組織学的研究を進めた。[また]機器の恐竜学博物館への設置場所変更も行った。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、および恐竜骨格組上げ設計に活用した。	85%		
6	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で評価する。覚書の契約更新がなされたか。	共同事業覚書をリニューアルし締結した。IPG若手研究員四名を各一か月間ずつ招へいし、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。	80%		
7	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7件、論文(査読無)を5件公表した。国内学会発表件数は10件、国際学会発表件数は3件、著書4件であった。	75%		
8	ブランディング ー 学内の推進体制	運営委員会の開催 推進体制	組織作りができたか 評価委員会が開けたか 定例報告会・発表会ができたか	組織体制が確立できた。運営委員会はほぼ定期的に開くことができた。定例報告会(3回)と発表会は予定通り開催し、充実した会となった。年度末に評価委員会を実施した。	95%		
9	恐竜学博物館の設立	恐竜学博物館の展示を完成させ開館し、公開する。	博物館が開館できたか。 理念や運営体制が確立できたか。 展示は利用者にとって適切なものか。	恐竜学博物館の設置工事を実施し、無事に3月24日に開館できた。組織体制と規約を作り学内認定を得た。運営体制の確立は途上である。	70%		
10	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)	学生指導や講義での利用状況 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	講義や展示をとおして学生に研究の進捗を伝えた。一般向け講演会やギャラリートーク・ワークショップを21回実施した。夏の調査の様子は新聞社一社、放送局二社の同行取材を得て広く報道された。新聞紙上での本事業に関する連載とプレスへ向けた公表を三回(帰国報告会、大阪市立天王寺動物園との提携、恐竜学博物館の開館)行い、新聞・雑誌・放送で取り上げられた。Webページで逐次活動内容と博物館の準備状況を発信した。公開シンポジウムを開催した。移動展示は県内四カ所で開催した。[ほかに]標本貸出や展示監修・展示解説も行った[実施]。出版監修を一件行った。	90%		

総合評価	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」に対する評価と意見

平成 30 年 4 月 10 日 外部評価委員会

岡山理科大学の本事業の担当者より平成 29 年度実施状況の報告を受けると共に、平成 30 年 3 月 24 日に開催された平成 29 年度研究成果報告会における報告を聞き、その後の評価委員会による討論を踏まえた結果を報告する。

1. 本事業の特徴と意義

本事業は、以前の林原自然科学博物館のモンゴル国ゴビ砂漠での恐竜化石調査研究を引き継ぐと共に、岡山理科大学において平成 23 年度から実施された私立大学戦略的研究基盤形成支援事業における地球及び惑星についての物質科学的な研究成果を踏まえて企画され、平成 28 年度の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。事業の主たる目標は以下の三点であり、これらはテーマとして、また大学の取り組む研究事業としてユニークかつ意義深いものであると考えられる。

(1) 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が、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。そこで、

- a. 恐竜の骨を形成する鉱物組織のアパタイトに注目し、化石化した年代を算出する。
- b. 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。

(2) 生理生態学的な分析手法による「生物としての恐竜」の解明をめざす。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、さらに巣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。このために、

- a. 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。
- b. 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。

(3) 本事業を大学の研究ブランドとして打ち出すために

- a. 実際に恐竜を研究している大学にしかできない展示を行う博物館を開館する。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。

b. 全国へのアウトリーチ活動として、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。

c. 印刷媒体・放送・ウェブサイトを通じた広報発信を行う。

d. 学会と国際会議を開催し、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。

2. 平成 29 年度目標と実績に対する評価

大学より提出された「平成 29 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。自己評価は達成度（%）によって行われているが、評価委員会における評価は、A, B, C, D によって行うことが適切であると判断した。今年度は以下の基準に従った。

A. 達成できた。

B. おおむね達成できた。

C. あまり達成できていない

D. 達成できていない

以下に 10 項目の目標について、達成度の評価と、評価委員会が出された意見をまとめたものを記す。

目標 1 地質層序の確立 A 4 名 B 1 名

2 年という短い期間に、成果に向けて着実に進んでいることが伺える。特に、シャルツァフからバイシンツァフにかけての層序が確立できたことは大きな前進であろう。このように、堆積学的な検討はこれまでのところ十分達成できているので、総合的な層序の対比へと進めると共に、それぞれの層序における、また化石産出層の古環境を復元できることが期待される。

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 1 名 B 4 名

成果に向けて着実な調査及び試料採取が進んでいることがわかる。採取された大量の試料の分析を順次行っていくためのシステムの構築が必要になると思われる。これらの解析によって、地層の対比への応用を進め、化石年代の特定につながっていくことを期待する。分析がなされた碎屑性ジルコンの年代については、火山活動がない大陸なので地層の堆積年代に近いデータが得られなかったのはやむを得ないと思われる

目標 3 新たな化石標本の探査と研究・既存化石の研究 A 4 名 B 1 名

カメ、トカゲなど恐竜以外の標本が増え、当時の生物多様性をよく示せるよう

になったことが評価できる。モンゴル側の事情もあるであろうが、今後、貴重な標本の活用を進めるために、標本のデータベース化とモンゴル側での収蔵システムの確立を通して、標本へのアクセスが容易にできるようにしてほしい。足跡化石について、歩き方、復元図まで、短期間にとっても分かりやすい成果としてまとめられたことが評価できる。

林原の活動を着実に引き継いで行われていることが、大学だけでなく、岡山にとって（また日本にとって）かけがえのないことと評価できる。

目標 4 新規研究設備の導入・年代測定体制の確立 A 1名 B 4名

分析機器の導入が遅れたが、立ち上げは予定通りできているようである。骨微細組織分析用化石試料の作成とともに、新たな取り組みも準備できており、今後の年代測定の成果に期待したい。アパタイトの標準試料の取得が重要である

目標 5 骨微細組織分析用化石試料の作成 A 4名 B 1名

CT スキャナ、3D スキャナが、学生の調査・研究活動と連動しており、単なる機材の導入にとどまっていないことが評価できる。これらの機材は世界的にも利用が進んでおり、本プロジェクトにおいてもさらに研究教育に利用してほしい。研究会等での成果の発表が望まれる。特に、モンゴルの化石は、良い標本が多いことから、大きな成果が期待できる。

タルボサウルスのレプリカについて、機器を使いながら学生が組み上げる授業がとても多様な成果につながると思う

目標 6 I P G 研究員の招聘とモンゴルとの協力契約推進 A 1名 B 4名

事業の大切な柱として、計画通り着実に行われている。しかし、1 か月という短期間の招聘で、どのような成果が上げられるのか、検討が必要であろう。少なくとも、モンゴル側がこれによって共同研究に対してどのような貢献ができるか、招聘された研究者が学ぶべき目標と達成度を明確にするべきであろう。さまざまな事情があるであろうが、長期滞在化を検討することも考えられる。

目標 7 研究成果の専門公開 B 4名 C 1名

これまで、事業そのものの立ち上げや基礎データの取得に注力されてきているので、専門的な成果の刊行が、現在までには十分ではない。しかし、データが蓄えられつつあることは見て取れ、今後の成果に期待したい。新たに関連の教員を採用できることとなったことは重要で、研究テーマごとに科研費の申請なども進めてほしい。

目標 8 ブランディングに向けての学内の推進体制 A 5名

学内の推進体制はほぼ確立しているといえるだろう。運営は円滑に行われているようであり、さらに全学的な支援・協働が進むようにしてほしい。それに加えて、学内全体で恐竜学の研究と発信を基幹にした発展形態を考えていることが評価できる。他学部との協力関係がもたれたことは大学全体に本事業の成果を波及する上で大きな進歩である。

組織作りに加えて、新年度から博物館に技術職員 1 人、大学に研究者 1 人が加わることが来年度以降の活動に大きな力になると期待できる。

外部から見れば、「文科省から配分された助成金をどう使っているか」も大事だが、「こうした助成金を生かすために大学側がどんな投資をしているか」も重要である。本事業に関していえば、「博物館の専任職員（博士と学芸員資格を持つ技術職員）を 30 年 4 月から雇用した」「恐竜研究のために専門の教員を 30 年 4 月から一名増やした」「申請されていた恐竜学博物館用のスペースに加えて学内に新たな展示スペースを設けた」「寄贈標本を受け入れた」ということがこれに相当すると考えられるので、こうした点も報告書に入れるべきであろう。

また、関連した科研費などほかの外部資金を得ているならば、本事業に関連した研究を進めるために、他からも資金を得る努力をして進めていることも報告書に入れるべきであろう。

広報として、例えば入試の志願者が増えているようであるならば、この事業の成果として書いたほうが良いだろう。

目標 9 恐竜学博物館の設立 A 1 名 B 4 名

既存の大学内での設立のため、物理的な規模としてはやむを得ない部分があるが、開館にこぎつけたのは立派である。今後の取り組みに期待したい。学芸員の職員を採用できたことは重要である。展示や案内にはもう少し工夫が必要である。プレパレーションルームは大学の設備としては素晴らしい。開館当初から、大勢のこどもたちが目を輝かせて展示を見学する姿があり、大成功だろう。粗削りのスタートかもしれないが、少しずつ完成させていけばよいであろう。

博物館の運営体制の構築がまだ途上であるが、その中で、様々な反応を分析して大学の中だけでなく、地域及び地域の次世代の育成と共に歩む博物館となつてほしい。

一方、増加する試料の収蔵施設の確保を心配する。

恐竜学博物館へのアクセスがわかりにくい。インフォメーションから C2 号館一階に至る経路、C2 号館から A1 号館に至る経路の案内が不十分であり、改善が必要である。

また、展示で、わかりやすさも求められる。

目標 10 研究成果の一般公開 A 5 名

学外との連携は最も難しいことだが、林原自然科学博物館での豊富な経験をもとに、そのリードのもとに、一般向けの広報活動について計画以上の実績を上げることができている。一方、岡山理大の学生・教職員からの周辺への広報が進むようにされるとよい。地域の教育の場となることも期待したい。地質学会・古生物学会との行事とのタイアップも考えられる。他博物館との連携がよく進められている。これをさらに発展させ、大学のブランディングはもとより、岡山のブランディングに資することを期待したい。HP の充実が必要である。

総合評価 A 3 名 B 2 名

全体として本事業は、アウトラインが完成し、計画通り遂行されていると言え、成果も上がってきている。今後は特に研究部門の成果が重要であろう。残りの期間とその後を見据えてさらに活動を進められるように期待する。

オール理大で恐竜を研究キャラクターとしていく実践は高く評価できる。これを岡山理科大学だけでなく、岡山を恐竜研究の地として発信できる取り組みに発展させてもらいたい。福井は恐竜と観光とを結びつけた発展形態を見せている。それとはまた違った恐竜学と地域との結びつきの形を示していただけることを期待する。

2.6 一般公開シンポジウム

上記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．ホール前のロビーにモンゴルの発掘現場写真を多数展示し，一部レプリカ類も展示した．この一般向け講演会には，各年齢層にわたる 150 名あまりの参加者があった．モンゴル古生物学地質学研究所の Tosgbaatar 所長が，モンゴルから発掘される恐竜化石を中心に説明し，林講師が骨組織から探る恐竜化石の生理生態に関する研究例を報告した．また，モンゴル古生物学地質学研究所の Chinzorig 研究員が，モンゴルから産出するオルニトミムス類について新たに発見された標本を用いて解説した．石垣教授からは，本学の恐竜学博物館とゴビ砂漠での発掘調査の関係について解説があり，研究現場を体験できる施設として開設された旨の報告があった．最後に，同席されていた北海道大学総合博物館の小林快次准教授を交え，恐竜研究の醍醐味や面白さ，会場からの質問に対する質疑応答がなされた．

私立大学研究ブランディング事業公開シンポジウム

「恐竜 ゴビ砂漠の感動を岡山へ」

日 時： 平成 30 年 3 月 24 日（土）14：30－17：00

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

定 員： 200 名

プログラム

総合司会 石垣 忍

14：30－14：35 学長挨拶

岡山理科大学 学長

柳澤康信

14：35－15：00 地球史の奇跡「ゴビ砂漠の恐竜たち」 （通訳：石垣）
モンゴル古生物学地質学研究所 所長 Kh. ツォクトバートル

15：00－15：20 ミクロから探るゴビ砂漠の恐竜の生態 1
岡山理科大学 生物地球学部講師 林 昭次

15：20－15：50 モンゴルのダチョウ型恐竜の面白さ （通訳：林）
モンゴル古生物学地質学研究所研究員 T. チンゾリグ

15：50－16：10 ゴビ砂漠の現場の感動を岡山へ「恐竜学博物館」
岡山理科大学 生物地球学部教授 石垣 忍

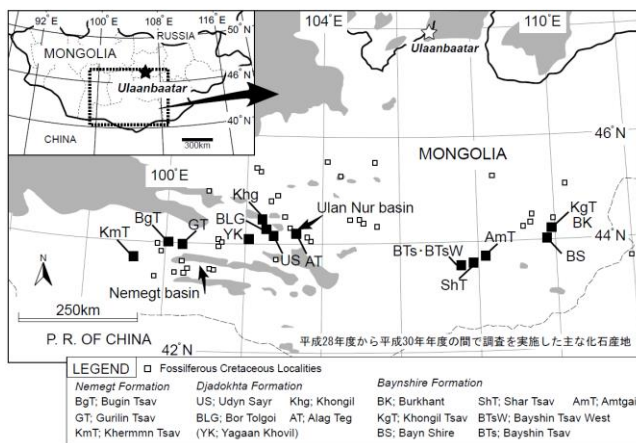
16：10－16：25 休 憩 この間に質問用紙に記入

16：25－17：00 質問用紙に答えながらの 総合座談会
司会 岡山理科大学 生物地球学部講師 實吉玄貴

3. 研究活動報告

3.1 研究活動及び成果の概要

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。現在までに、最下位のバインシレ層と最上位のネメグト層を主な調査対象とし、これに挟まれるジャドフタ層も調査対象に加え、ゴビ砂漠での現地研究を実施した（右図）。以下、研究設備、現地調査、地質学的研究、古生物学的研究について報告する。



3.1.1 研究設備・研究装置の整備

平成 28 年度に X 線 CT スキャナ、3D レーザースキャナ、カソードルミネッセンス分光システム、電子スピン共鳴測定装置用マイクロ波ユニット及び PC データシステムを整備、平成 29 年度にレーザーアブレーション高周波誘導結合プラズマ質量分析計（LA-ICP-MS）システムを導入した。

3.1.2 現地調査の概要と成果

平成 28 年と平成 29 年はバインシレ層を調査対象に、Khongil Tsav 周辺および Shar Tsav 周辺の地質調査と岩石採取を行い、対象地域の岩層層序の確立と地質図の作成を行った。平成 30 年は、ネメグト層の分布する Bugin Tsav 周辺、およびジャドフタ層の分布する Udyn Sayr 周辺や Alag Teg 周辺などの地質調査と岩石採取を行い、対象地域の岩層層序の確立と地質図の作成を行った。同時に、これらの古環境復元も実施した。一方で、Shar Tsav 地域での竜脚類化石、Bugin Tsav 地域での竜脚類化石と肉食恐竜（獣脚類）化石の発掘作業を中心として、対象地域の化石発掘と採取を実施した。Bayshin Tsav からは鳥脚類の幼体化石、Bugin Tsav からは保存良好なティラノサウルス類化石を発掘して

いる．なお，その他古生物学的研究については後述する．モンゴルウランバートル市の IPG において採取標本のクリーニング作業を実施中である．

3.1.3 化石を含む層序の年代測定と対比のための分析の成果の概要

今回導入した，レーザーアブレーション高周波誘導結合プラズマ質量分析計（LA-ICP-MS）システムは，主に U-Pb 同位体年代分析を目的とする装置である．導入された装置の設定や分析値の信頼性確認のため，標準試料鉱物とされる Plešovice ジルコン（約 336 Ma），OD-3 ジルコン（約 33 Ma），OD306 アパタイト（約 1600 Ma），WC-1 カルサイト（約 254 Ma）の U-Pb 年代を測定した．その結果，推奨年代値と誤差範囲で一致し（それぞれ 336.0 ± 2.5 ， 33.6 ± 0.2 ， 1620 ± 20 ， 248.9 ± 9.7 Ma），本装置により信頼性の高い U-Pb 年代分析を測定できることを確認した．

バインシレ層の堆積年代（約 100-80 Ma）をより詳細に制約するため，Khongil Tsav 周辺や Bayshin Tsav・Shar Tsav 周辺で採取されたバインシレ層砂岩試料の碎屑性ジルコンの LA-ICP-MS U-Pb 年代分析を行った．その結果，本層には 4 つの年代グループ；(1) middle Cretaceous，(2) Early Jurassic–Late Devonian，(3) Early Devonian–Cambrian，(4) Neoproterozoic の火成起源ジルコンが普遍的に含まれることを確認した．これは，本層形成時，後背地が変化しなかったことを示唆する．一方，グループ(1)はモンゴル周辺で知られる白亜紀火成活動最末期年代と一致する．しかし，これらの年代が，既知の堆積年代に比べ優位に古く，ジルコンの U-Pb 年代分析だけでは本層堆積年代の制約は難しい．

恐竜化石の直接年代測定を目指し，化石アパタイト測定のための準備を行った．U-Pb 年代測定へ向けて，カソードルミネッセンス（CL）を用いて骨構成鉱物であるアパタイト[Ca₅(PO₄)₃F]の結晶化学的特性の解明を試みた．各種アパタイトの CL スペクトル分析により，陽イオンが占有できる 2 つの結晶学的サイトを特定した．酸素 9 配位からなる M1 サイトおよび 6 つの酸素と 1 つの陰イオン（F, Cl, OH）に 7 配位する M2 サイトからなる．U は，電荷とイオン半径から +4 価のイオンとして M2 サイトを占めると予想される．この場合，骨組織の初生ヒドロキシアパタイトが M2 の配位子である OH を F で置き換える過程（fluoridation）で，U イオンは系外へ移動する可能性が示唆された．したがって，先行研究が指摘したアパタイトの U-Pb 年代測定におけるマトリックス効果を考慮する必要がある．また，U および Th による放射線誘起構造欠陥中心による CL

発光を見出したが、 Ce^{3+} アクチベーターの発光と重複するため分離検出は難しい。

化石化プロセス理解のため、バインシレ層産脊椎動物化石中のアパタイト鉱物の LA-ICP-MS U-Pb 年代分析を行った。これまで、アレクトロサウルスの歯（象牙質）とハドロサウルスの尾椎の 2 試料について分析を行った。分析個所については、LA-ICP-MS 元素マッピング分析を行い、二次的な元素移動がないと判断される箇所を選定した。その結果、それぞれ $44.4 \pm 3.4 \text{ Ma}$ と $37.9 \pm 7.3 \text{ Ma}$ との年代値が得られ、互いに誤差範囲で一致したが、バインシレ層堆積年代よりも有意に若い結果となった。今後、この若い年代値が何を意味するのか、化石産出地域別にアパタイト U-Pb 年代分析を行うことで議論していく。

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と、層序間対比を行うために、東部および中央部の石英の電子スピン共鳴測定を行った。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 E_1' 中心の信号強度）に、中央ゴビのジャドフタ層と東ゴビのバインシレ層で大きな差異が見られ、起源が大きく異なることが示唆された。しかし、数百 m スケールにおける差異については、それなりに観測されるものの、それが有意な差異であるかの議論や、それと対応する環境変動、供給源の変動との相関が明らかにできておらず、判断が難しい。Shar Tsav 試料について、湖から河川へと遷移する過程で、供給源の異なる碎屑物が供給されたことを明らかにしており、こうした地道なデータの蓄積が今後とも必要である。

3.1.4 生物としての恐竜の解明へ向けた研究成果の概要

恐竜に代表される絶滅動物の姿勢や運動、行動の解析には、足跡化石は重要な情報源となる。ゴビ砂漠の上部白亜系からは、量・質ともに優れた多様な恐竜足跡化石の産出が報告されている。しかしその研究は骨化石に比べて遅れている。そこで本事業では、恐竜類の足跡化石について積極的に調査研究を進めた。とくに Shar Tsav から発見された足印長 1m 超の世界最大級の竜脚類行跡や小型獣脚類アヴィミムスの社会性を示す集団走行の足跡群、および Bugin Tsav 地域から発見された世界最大級の鳥脚類の足跡化石やアンキロサウルス類の歩行復元可能な行跡などは、白亜紀後期の東アジアにおける恐竜の行動生態や種構成などを明らかにする上で重要なデータとなる。本事業では、従来の方法による基礎データの収集と解析にくわえ、3D 技術を用いて迅速に大量のデータをとる手法の開発や、ロボット工学を応用した恐竜の歩行様式の解析も行っている。今後より

一層の知見の充実が期待される。

恐竜の生理や成長は、化石骨に保存されている微細構造に、現生生物学分野で用いられる手法を適用することで明らかにできる。本事業では、ゴビ砂漠産の標本を中心として堅頭竜類や角竜類、鎧竜類の成長様式の解明をめざし、骨薄片を作成し、成長様式の復元を試みた。堅頭竜類のうち、成長段階が異なる同一の種に帰属する可能性が示唆されてきた *Prenocephale* と *Homalocephale* が、頭骨の成長様式にもとづく検討の結果、異なる種のものであることを指摘した (Evans, Hayashi, Chiba et al. 2018)。角竜類に関して、骨組織の解析から *Psittacosaurus* の成長様式を解明した (Zhao, Hayashi et al. accepted)。鎧竜類に関して、鎧竜の装甲が体骨格と皮骨の両方の要素から形成されている可能性が示唆された。このほか、昨年度より取り組んでいるモンゴル産の脊椎動物化石からの残存タンパク質の抽出とこれにもとづく生化学的解析を継続して行った。

白亜紀後期のゴビ砂漠一帯における陸水環境と恐竜とともに当該地域に生息していた陸生脊椎動物相の変遷に関する知見の充実を目的として、本事業では当該地域から豊富に産出するカメ類やトカゲ類、ワニ類などの化石についての系統分類学的研究にも取り組んでいる。Baynshire および Khongil Tsav での発掘で得られた化石から、2種の未記載種と考えられる淡水生カメ類 (リンドホルムエミス科とアドクス科) が検出された。これらの発見により、これまで後期白亜紀初期の淡水生カメ相の種多様性についての知見が深まったほか、東ゴビの一部の化石サイトに関する不完全な動物化石を指標とした従来の推定地質年代について疑問をもたらした。バルンゴヨット層とネメグト層の分布する Khermeen Tsav 産および Udyn Sayr 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、これらはギルモレテイウス科ギルモレテイウス属およびオオトカゲ上科エステシア属に帰属することが示唆された。さらに Bugin Tsav より過去に採集されていた保存の良いワニ類の化石の系統・分類学的帰属についての検討では、当該化石がパラリゲーター科のシャモスクス属に帰属するか、もしくは近縁な系統であることが示唆された。ネメグト層から知られるワニ類はパラリゲーター属が一種知られているのみであるため、今後の研究の進展により、この時代のワニ相の種構成に関する知見が深まる可能性がきわめて高い。今後、各系統の進化に関する知見の蓄積と化石サイト間の層序・年代対比や環境復元のための基礎データの充実が期待される。

3.2 現地調査

モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出域において、年1回の国際共同現地調査を行ったほか、古生物地質学研究所において恐竜化石の共同研究を次のように行った。

【2018年3月調査スケジュール】

3月26日ー4月3日

教員: 3名

- 1) Shinobu ISHIGAKI (Professor, OUS)
- 2) Mototaka SANEYOSHI (Lecturer, OUS)
- 3) Hidetsugu Tsujigiwa (Professor, OUS)

ウランバートル、科学アカデミー古生物学地質学研究所（IPG）にて以下の作業

- ① 標本整理作業・標本調査 恐竜足跡化石の整理作業
(Ulzii 標本マネージャーと)
 - ② 辻際教授の化石分析に適した標本の選択作業
 - ③ マインバイル研究員とともに足跡化石のデータの集成を行う
主に Khavigiin Zo 産の足跡化石をもとにした行動復元
 - ④ 学術レクチャー（IPG 職員へ）
- 實吉（3月28日） 石垣（3月30日）

【2018年6月調査スケジュール】

2018年6月11日～22日

モンゴル科学アカデミー古生物学研究所との恐竜プロジェクトを推進するために、2018年度発掘調査の日程・場所等の最終調整、不足物資確認等の調査準備、2018年度モンゴル人研究者招聘の打ち合わせを行った。

2018年6月24日～7月1日

教員: 1名

- 1) Shinobu ISHIGAKI (Professor, OUS)

ウランバートルで6月26-29日に行われる National Forum on International Geoscience and Global Geoparks in Mongolia に参加した。モンゴル側が石垣を招

聘。Mongolian National Commission for UNESCO が招聘者。旅費はモンゴル側が負担。Symposium が 26 日に Ulaanbaatar で、Field excursion が現地での討論。Field work は Baishin Tsav 地域 (Shar Tsav 足跡化石サイトと Suikhent 珪化木化石サイト、Khanbogd アルカリ花崗岩体サイトを含む) で三日間(6 月 27-29 日)に行われた。

【7-9 月調査スケジュール】

教員: 7 名

- 1) Shinobu ISHIGAKI (Professor, OUS)
- 2) Shin TOYODA (Professor, OUS)
- 3) Yosuke NOUMI (Professor, OUS)
- 4) Akio TAKAHASHI (Associate Professor, OUS)
- 5) Mototaka SANEYOSHI (Lecturer, OUS)
- 6) Shoji HAYASHI (Lecturer, OUS)
- 7) Kentaro CHIBA (Assistant Professor, OUS)

学生: 6 名

- 1) Tomoya TERADA (Graduate student, OUS)
- 2) Mana AMIMOTO (Undergraduate student, OUS)
- 3) Yunosuke KATO (Undergraduate student, OUS)
- 4) Ryunosuke KODAMA (Undergraduate student, OUS)
- 5) Mio NAITO (Graduate student, OUS)
- 6) Hayato TAKAHASHI (Undergraduate student, OUS)

モンゴル側: 11 名

- 1) TSOGTBAATAR Khishigjav (Director of IPG, Leader of the Mongolian side)
- 2) MAINBAYAR Buuvei (Researcher / Car (Land Cruiser) driver, IPG)
- 3) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher, IPG)
- 4) PUREVSUREN Byambaa (Researcher, IPG)
- 5) ZORIG Enkhtaivan (Researcher, IPG)
- 6) BAYARDORJ Chagnaa (preparator / Car (Pajero) driver, IPG)
- 7) OCHIRJANTSAN Enkhbat (Preparator / Car (Rental Car) driver, IPG)
- 8) MARTA Tsamba (Cook)
- 9) GANTSETESG Jamgan (Cook)
- 10) MUNKHNASAN Indre (Kamaz truck driver)
- 11) DARJAA Dashtseren (Kamaz truck driver)

7月19日

- ・Ulaanbaatar 着（千葉・学生1名）。

7月20日

- ・Ulaanbaatar にて準備作業（千葉・学生1名）。

7月21日

- ・Ulaanbaatar にて準備作業（千葉・学生1名）。
- ・Ulaanbaatar 着（高橋・實吉・学生1名）。

7月22日

- ・Ulaanbaatar にて準備作業（高橋・實吉・千葉・学生2名）。
- ・Tsogtbaatar 所長と打ち合わせ（實吉・千葉）。
- ・Ulaanbaatar 着（能美・学生1名）。

7月23日

- ・Ulaanbaatar にて準備作業（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名）。
- ・Tsogtbaatar 所長と打ち合わせ（實吉・千葉）。

7月24日

- ・Ulaanbaatar 発, Arvaikheer 着（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名・モンゴル側10名）。

7月25日

- ・Arvaikheer 発, Urgun 着（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名・モンゴル側10名）。

7月26日

- ・Urgun 発, Bugin Tsav 着（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名・モンゴル側10名）。

7月27日～30日

- ・Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名・モンゴル側6名）。

7月31日

- ・Khuree Tsav の地質調査, 化石発掘調査（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名・モンゴル側6名）。

8月1日～3日

- ・Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査（能美・高橋・實吉・千葉・学生3名・モンゴル側6名）。

8月4日

- ・Bugin Tsav の地質調査（能美・實吉・学生3名・モンゴル側1名）。
- ・竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（高橋・千葉・モンゴル側5名）。

8月5日

- ・ Bugin Tsav の地質調査（能美・實吉・学生3名・モンゴル側1名）.
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（高橋・千葉・モンゴル側5名）.

8月6日

- ・ Bugin Tsav の地質調査，化石発掘調査（能美・高橋・實吉・学生3名・モンゴル側1名）.
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（千葉・モンゴル側5名）.

8月7日・8日

- ・ Bugin Tsav の地質調査（能美・實吉・学生3名・モンゴル側1名）.
- ・ 魚化石密集層の発掘（高橋・モンゴル側2名）.
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（千葉・モンゴル側3名）.

8月9日

- ・ Gurilin Tsav の地質調査，化石発掘調査（能美・高橋・實吉・学生3名・モンゴル側1名）.
- ・ 生活用水の確保（モンゴル側2名）.

8月10日

- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（千葉・学生1名・モンゴル側2名）.
- ・ Bugin Tsav 発，Arvaikheer 着（能美・高橋・實吉・学生2名・モンゴル側3名）.
- ・ Ulaanbaatar 着（林・学生1名）.

8月11日

- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（千葉・学生1名・モンゴル側2名）.
- ・ Arvaikheer 発，Ulaanbaatar 着（能美・高橋・實吉・学生2名・モンゴル側3名）.
- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（林・学生1名）.
- ・ Ulaanbaatar 着（石垣・豊田・学生2名）.

8月12日

- ・ キャンプで標本整理，後半調査の準備（千葉・学生1名・モンゴル側6名）.
- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業（能美・高橋・實吉・学生2名）.
- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（石垣・豊田・林・学生3名）.

8月13日

- ・ Bugin Tsav の地質調査，化石発掘調査（千葉・学生1名・モンゴル側2名）.
- ・ Ulaanbaatar 発，Arvaikheer 着（石垣・豊田・林・学生3名・モンゴル側2名）.

8 月 14 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査 (千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名) .
- ・ Arvaikheer 発, Bugin Tsav 着 (石垣・豊田・林・学生 3 名・モンゴル側 2 名) .

8 月 15 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査 (豊田・林・学生 3 名・モンゴル 1 名) .
- ・ 足跡化石調査 (石垣・学生 1 名・モンゴル 1 名) .
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘 (千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名) .

8 月 16 日

- ・ Bugin Tsav の化石発掘調査 (林・学生 1 名) .
- ・ Gurilin Tsav の地質調査, 足跡化石調査 (石垣・豊田・林・学生 2 名・モンゴル側 1 名) .
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘 (千葉・モンゴル側 3 名) .

8 月 17 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査 (豊田・学生 1 名) .
- ・ 足跡化石調査 (石垣・学生 1 名・モンゴル 1 名) .
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘 (林・千葉・学生 2 名・モンゴル側 3 名) .

8 月 18 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査 (豊田・林・学生 3 名・モンゴル 1 名) .
- ・ Gervantes へ物資の買い出し (石垣・モンゴル側 1 名) .
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘 (千葉・モンゴル側 3 名) .

8 月 19 日・20 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査 (豊田・林・学生 3 名・モンゴル 1 名) .
- ・ 足跡化石調査 (石垣・学生 1 名・モンゴル 1 名) .
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘 (千葉・モンゴル側 3 名) .

8 月 21 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査, 化石発掘調査 (豊田・林・学生 3 名・モンゴル 1 名) .
- ・ Gurilin Tsav の足跡化石調査 (石垣・学生 1 名・モンゴル側 1 名) .
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘 (千葉・モンゴル側 3 名) .

8 月 22 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査，化石発掘調査（豊田・林・学生 3 名・モンゴル 1 名）．
- ・ 足跡化石調査（石垣・学生 1 名・モンゴル 1 名）．
- ・ 竜脚類・タルボサウルス化石の発掘（千葉・モンゴル側 3 名）．

8 月 23 日

- ・ Bugin Tsav の地質調査，化石発掘調査（豊田・林・千葉・学生 3 名・モンゴル 4 名）．
- ・ 足跡化石調査（石垣・学生 1 名・モンゴル 1 名）．
- ・ アルバータ大学 Philip Currie 博士・ボローニャ大学 Federico Fanti 博士隊，Tsogtbaatar 所長，Bugiin Tsav 着

8 月 24 日

- ・ Bugin Tsav の化石発掘調査（千葉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）．
- ・ Bugin Tsav 発，Arvaikheer 着（石垣・豊田・林・学生 3 名・モンゴル側 5 名）．

8 月 25 日

- ・ Bugin Tsav の化石発掘調査（千葉）．
- ・ Bugin Tsav キャンプの撤収（千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）．
- ・ Bugin Tsav 発，Nemegt 着（千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）．
- ・ キャンプ設営（千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）．
- ・ Arvaikheer 発，Ulaanbaatar 着（石垣・豊田・林・学生 3 名・モンゴル側 5 名）．

8 月 26 日

- ・ Currie・Federico 隊に同行，代表的な Nemegt 盆地の化石産地の観察（千葉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）．
- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（石垣・豊田・林・学生 3 名）．

8 月 27 日

- ・ Currie・Federico 隊に同行，代表的な Nemegt 盆地の化石産地の観察（千葉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）．
- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（石垣・豊田・林・学生 3 名）．
- ・ Ulaanbaatar 発（石垣・学生 1 名）．

8 月 28 日

- ・ 代表的な Nemegt 盆地の化石産地の観察（千葉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）．
- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（豊田・林・学生 2 名）．
- ・ Ulaanbaatar 発（豊田・学生 1 名）．

8 月 29 日

- ・代表的な Nemegt 盆地の化石産地の観察（千葉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

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

8 月 30 日

- ・Nemegt 盆地発，Uush Nuru 着（千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

- ・キャンプ設営（千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

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

8 月 31 日

- ・Uush Nuru の化石産状観察（千葉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

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

9 月 1 日

- ・Uush Nuru 発，Ulaanbaatar 着（千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

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

9 月 2 日

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

- ・Ulaanbaatar 発（林・学生 1 名）。

9 月 3 日～6 日

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

9 月 7 日

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

- ・Ulaanbaatar 発（学生 1 名）。

主な成果

モンゴル最大級の竜脚類化石の発掘。

世界最大級の鳥脚類足跡化石の発見。

小型ティラノサウルス類の部分骨格の発掘。

魚化石密集層の発掘。

Bugin Tsav 地域の詳細な柱状図の作成，分析用岩石試料のサンプリング修了。

【9 月調査スケジュール】

教員: 2 名

- 1) Mototaka SANEYOSHI (Lecturer, Okayama OUS)
- 2) Kentaro CHIBA (Assistant Professor, OUS)

学生: 1 名

1) Miho TAKAHASHI (Undergraduate student, OUS)

モンゴル側: 2 名

1) MAINBAYAR Buuvei (Researcher / Car (Land Cruiser) driver, IPG)

2) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher / Car (Pajero) driver, IPG)

3) DOLGORSUREN Byamba (Cook)

9 月 8 日～11 日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（千葉）。

9 月 12 日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（千葉）。

- ・ Ulaanbaatar 着（実吉・学生 1 名）。

9 月 13 日

- ・ Ulaanbaatar にて準備作業（実吉・千葉・学生 1 名）。

9 月 14 日

- ・ Ulaanbaatar 発, Bulgan 着（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

9 月 15 日

- ・ Bulgan 発, Yagan Khoovil 着（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

- ・ Yagan Khoovil の地質調査, 化石発掘調査（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名）。

9 月 16 日

- ・ Yagan Khoovil の地質調査, 化石発掘調査（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名）。

9 月 17 日

- ・ Yagan Khoovil 付近の化石産地観察（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名）。

9 月 18 日

- ・ Yagan Khoovil の地質調査（実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

- ・ Zhamin Khond の化石発掘調査（千葉・モンゴル側 1 名）。

9 月 19 日

- ・ Yagan Khoovil の地質調査（実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

- ・ Khongil の化石発掘調査（千葉・モンゴル側 1 名）。

9 月 20 日

- ・ Yagan Khoovil の地質調査（実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

- ・ Zhamin Khond・Khongil の化石発掘調査（千葉・モンゴル側 1 名）。

9 月 21 日

- ・ Yagan Khoovil の地質調査（実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

- ・ Khongil の化石発掘調査（千葉・モンゴル側 1 名）。

9 月 22 日

- ・ Yagan Khoovil 発，Tugrikin Shire 着（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

9 月 23 日

- ・ Alag Teg の地質調査（実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

- ・ Tugrikin Shire の化石発掘調査（千葉・モンゴル側 1 名）。

9 月 24 日

- ・ Alag Teg の地質調査（実吉・学生 1 名・モンゴル側 1 名）。

- ・ Tugrikin Shire の化石発掘調査（千葉・モンゴル側 1 名）。

9 月 25 日

- ・ Bayn Dazak の地質調査，化石発掘調査（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名）。

9 月 26 日

- ・ Tugrikin Shire の化石発掘調査（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 2 名）。

9 月 27 日

- ・ Tugrikin Shire 発，Tsagaan Suvarga 着（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

9 月 28 日

- ・ Tsagaan Suvarga 発，Ulaanbaatar 着（実吉・千葉・学生 1 名・モンゴル側 3 名）。

9 月 29 日～10 月 5 日

- ・ Ulaanbaatar にて撤収作業および標本調査（実吉・千葉・学生 1 名）。

主な成果

Yagan Khoovil の地質調査，岩石試料のサンプリング終了。

Alag Teg の地質調査，岩石試料のサンプリング終了。

Bayn Dzag の地質調査，岩石試料のサンプリング終了。

多数の *Protoceratops* 標本の発掘。

3.3 モンゴル側研究者招聘

平成 30 年度に 4 名のモンゴル側研究者を招聘し、共同研究を行った。

- ・ ENEREL Gantulga

期間 平成 30 年 11 月 26 日～平成 30 年 12 月 26 日

研究テーマ 骨化石に残るタンパク質の分析

- NYAMKHISHIG Tsogjargal

期間 平成 30 年 11 月 26 日～平成 30 年 12 月 26 日

研究テーマ アンキロサウルスの装甲を形成する骨組織の分析

- DELGERZAYA Puntsag

期間 平成 31 年 2 月 14 日～平成 31 年 3 月 29 日

研究テーマ 恐竜化石を含む堆積物の堆積と直接的に関連する火成岩の年代測定、また地球化学的分析

- GENDENJAMTS Baatar

期間 平成 31 年 2 月 14 日～平成 31 年 3 月 29 日

研究テーマ 恐竜化石を含む堆積物の起源に関する堆積物構成鉱物の物性物理学的解析

3.4 研究成果報告

本事業は、『恐竜研究の国際的な拠点形成』を達成するため、モンゴルゴビ砂漠に分布する上部白亜系と、そこから産出する脊椎動物化石を対象に、これらの層序や年代決定、古環境復元、恐竜類を中心とする脊椎動物化石の分類学的、生理学的な特徴を明らかにする。2018 年度は、上部白亜系の最上位であるネメグト層と、中位のジャドフタ層を中心に、現地調査を実施した。またモンゴルより送付した岩石試料や化石試料を用いた各種分析作業を合わせて実施した。

本項では、ゴビ砂漠南西部 Bugin Tsav 地域で発見された恐竜類の足跡化石（石垣）、恐竜化石に残されたアパタイト鉱物の鉱物学的解析へ向けた結晶科学的研究（西戸ほか）、3D レーザースキャナーを用いた化石含有層のデジタルデータ化（能美）、Bugin Tsav の岩相層序と堆積環境復元（実吉ほか）、ゴビ砂漠中央部に分布するジャドフタ層の岩相層序と古環境復元（実吉ほか）、現生爬虫類と恐竜類の皮骨機能に関わる研究（林ほか）、オルニトミモサウルス類にみられる骨髄骨の組織学的研究（小平ほか）、プロトケラトプス類の解剖学的特長とその予察（千葉ほか）、Shar Tsav に分布するバインシレ層を構成する鉱物組成（小林）、バインシレ層中の長石を用いた後背地の検討（兵藤）、モンゴル産脊椎動物化石の組織学的研究（辻極）、Shar Tsav および Bayshin Tsav に分布するバインシレ層中の石英粒子から観測される電子スピン共鳴信号とその特性（豊田ほか）、Khongil Tsav より産出したアドクス科（カメ類）化石の分類学的位置づけとその意義（高橋）、南モンゴルの古生代末から中生代前期の沈み込み背弧型火山活動とその特徴（今山）、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析（LA-ICP-MS）の岩石および化石試料への適用と U-Pb 年代分析、微量元素分析、元素マッピング分析に関する研究（青木ほか）、についてその詳細を報告する。

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。

モンゴル国南ゴビ県 Bugin Tsav, Gurilin Tsav の Nemegt 層より IPG-OUS 2018 年度共同調査で発見された恐竜足跡化石（予報）

石垣 忍

はじめに

モンゴル国ゴビ砂漠西部の Nemegt 層からは恐竜の骨化石が大量に産出することが 1940 年代のソビエト科学アカデミーの調査以降広く知られている。そのいっぽう、同層からの恐竜足跡化石の発見は 1998 年の林原自然科学博物館—モンゴル古生物学センター共同古生物学調査隊（略称 HMNS-IPG-JPE）により Bugin Tsav から発見されたものが最初であった。それらは大型鳥脚類（足印長 30–115 cm）、大型獣脚類（足印長 30–50 cm）、中型獣脚類（足印長 20–30 cm）、竜脚類（足印長 70 cm）であり、その内容は Suzuki et al. 2000 で簡単に報告され、さらに Ishigaki 1999、Ishigaki et al. 2008 などによって報告された。いっぽう、同様の足印化石群が Nemegt 地域から Currie らによって発見され、報告された（Currie et al, 2003）。さらに 2018 年に Lee et al. （2018）, Stettner et al. （2018）, Nakajima et al. （2018）によってそれぞれ、オルニトミムス類、竜脚類、鳥脚類ほかの足跡化石が報告されている。

2018 年 8 月、岡山理科大学—モンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所共同調査隊（略称：OUS-IPG-JE）によるゴビ砂漠西部調査において Bugin Tsav, Gurilin Tsav の Nemegt 層より多数の恐竜足跡化石が発見された。これらの足跡化石はその形状と行跡の特徴から、大型鳥脚類（後足印のみ）、中型～大型獣脚類（後足印のみ）、竜脚類（前足印および後足印）アンキロサウルス類（後足印のみ）の印跡によると推定される。以下にそれぞれの足跡化石について予報的な概略を記す。

大型鳥脚類足跡化石

足印数にして 200 個以上が発見された。特筆すべきは二足歩行の動物としては陸上生物史上最大級の印跡動物を、より明確に示す大型の足跡化石の発見である。1998 年の HMNS-IPG-JPE の調査の際に Grilyn Tsav から発見された足印幅 115 cm の鳥脚類足跡化石が発見された。これと同じ足印幅で第 II-IV 趾間角が小さいもの、すなわち、趾の開きが小さいものが 2018 年の調査で発見され



図 1：Bugin Tsav で発見された大型鳥脚類行跡

た。これは足跡の大きさに印跡動物の足部の滑りによる誇張がなく、より実際の足部の大きさを反映していると考えられる。つまり、より確実な、極めて大型の二足歩行恐竜の足印である。また足印幅 105 cm の足印 2 個から成る行跡をはじめ、足印幅 70–90 cm の大型鳥脚類の足印や行跡（図 1）が多数発見された。鳥脚類の行跡は、Nemegt 盆地からも多数報告されているがこれらは単体の足印がほとんどである。今回の発見は行跡のデータが取得可能で、今後の解析により大型鳥脚類の歩様や移動速度、運動等の解明が期待される。

これらの鳥脚類足印は印跡時の足跡のくぼみが粗粒の砂によって充填されたものである。続成作用の過程で周囲の泥質砂岩に比して差別的に硬化するため、現在の地上での風化に耐えて残った凸型足印である。産地の崖から突出している産状（図 2）も多数確認された。また、やわらかい支持基体上を印跡動物が歩いたため、足部が深く印跡されている例も多く発見された。もっとも深く印跡されている場合は凸型足印の厚さが 50–70 cm に達していた（図 3）。Bugin Tsav、Gurlyn Tsav から発見される大型鳥脚類化石は殆どが *Saurolophus* であり、これら足跡化石の印跡動物も同層準から産する *Saurolophus* である可能性が高い。

獣脚類足印化石

大型獣脚類足跡化石については、大型鳥脚



図 2：大型鳥脚類足印の、崖から突出した産状（Bugin Tsav）



図 3：支持基体に深く足部を踏み込ませた状態の大型鳥脚類足印の、（Bugin TsavII）



図 4：大型獣脚類足印（Bugin Tsav）

類足印に比して産出数が非常に少なく、約 20 個であったが、連続している 7 個の足印（足印長:最大 60 cm）が発見された（図 4）。これは複歩長が「長→短→長」と変化し、移動中の速度変化を反映している行跡であった。

中型獣脚類足跡化石は保存の良いものが少ないが、第三趾が突出するなどオルニトミムス類の特徴を示す足印が含まれている。

大型竜脚類足跡化石

大型竜脚類の足跡化石は連続した行跡としては確認できなかったが、風化した崖の斜面に前足印と後足印の前後セットが 3 セット **Gurlin Tsav** において確認できた。後足印の足印長は 80 cm であった。このような非常に保存の良い前足印の発見はモンゴル国では初めてである（図 5）。



図 5：大型竜脚類の後足印（左）前足印（右）
(Gurlin Tsav)



図 6：大型アンキロサウルス類の印跡と推定される後足印。(Bugin Tsav)

大型アンキロサウルス類の印跡と推定される足跡化石

また、足印長が 50 cm、足印幅が 60 cm で四本の爪一指のあとを持つ四足歩行動物の行跡が二本 **Bugin Tsav** より確認された（図 6）。そのうちの一本は風化浸食されて滅失している 2 個を含めて計 10 個の連続した足印から成る行跡、もう一本は計 3 個の右足印のみから成る行跡である。前者の行跡の行跡幅は広く、また、足印は外旋している（図 7）。これらの特徴から、印跡動物は大型のアンキロサウルス類と推定される。これらの行跡



図 7：大型アンキロサウルス類の印跡と推定される行跡。(Bugin Tsav)

を構成する足印は Mccrea et al. (2001) 等に報告されているアンキロサウルス類の足跡化石などと比べて極めて大型であり、アンキロサウルス類という推定が正しければ世界最大のアンキロサウルス類の足印であり、しかもそのような大型アンキロサウルス類がモンゴルの後期白亜紀生態系の中に存在したことを示唆するものである。また、前足の跡は保存されていないため、後ろ足によってオーバーラップされたと推定されるが、そのような歩様は世界的に例がなく、今後の解析が期待される。

今後の展望

このように、2018 年度の調査ではネメグト層堆積時の多様な恐竜類の足跡化石が多数発見された。これらは恐竜の姿勢・運動・行動に関する貴重なデータである。また、これらの恐竜の足跡化石が同一の地層面から発見されたことは大変重要な事実である。今後の詳細な解析により、骨化石からは得られない様々なこと、例えば、多様な恐竜が生活地域を共有していたことや、印跡動物の姿勢・運動・行動・生態などの研究が進むことが期待される。

References

- Currie, P., Badamgarav, D. and Koppelhus, E.B. (2003) -- The first Late Cretaceous footprints from the Nemegt locality in the Gobi of Mongolia. *Ichnos*, 10: 1-12.
- Ishigaki S. (1999) -- Abundant dinosaur footprints from Upper Cretaceous of Gobi Desert, Mongolia. *J. Vertebr. Paleontol.*, 19 (3. Suppl.): 54A.
- Ishigaki, S., Watabe, M. and Tsogtbaatar, Kh. (2008) -- Dinosaur footprints from Mongolia, An overview. Second International Congress on Ichnology, Krakow, Poland 2008, Abstract Book, Polish Geological Institute: 56.
- Lee, H-J., Lee, Y-N., Adams T. L., Currie, P. J., Kobayashi, Y., Jacobs L. L. and Koppelhus, E. B. (2018)-Theropod trackways associated with a Gallimimus foot skeleton from the Nemegt Formation, Mongolia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Volume 494, 160-167
- Mccrea, R. T., Lockley, M. G. and Meyer, C. A. (2001) -- Global distribution of purported ankylosaur track occurrences. In: *The Armored Dinosaurs* (ed. K.Carpenter), 413-454. Indiana University Press. Bloomington.
- Nakajima, J., Kobayashi, Y., Chinzorig, T., Tanaka, T., Takasaki, R., Tsogtbaatar, Kh., Currie, P. J. and Fiorillo, A. (2018)--Dinosaur tracks at the Nemegt locality: Paleobiological and paleoenvironmental implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Volume 494, 147-15.
- Stettner, B., Persons IV, W. S. and Currie, P. J. (2018) --A giant sauropod footprint from the Nemegt Formation (Upper Cretaceous) of Mongolia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Volume 494, 168-172.
- Suzuki S. and Watabe, M. (2000b) -- Report on the Japan--Mongolia Joint Paleontological expedition to the Gobi Desert, 1998. *Hayahsibara Mus. Natur. Sci. Res. Bull.*, 1: 83-98.

CL による Apatite の結晶化学的特性の解明 (U-Pb 年代測定への応用に向けて)

西戸 裕嗣・吉村 卓也

1. Apatite における U イオンのサイト占有性

近年 Apatite を対象とした U-Pb 年代測定法の開発が進んでいるものの、試料の結晶化学的性質の違い (マトリックス効果) が年代値および測定誤差に大きな影響を与えているとの問題が指摘されている (Thompson et al, 2016)。これは、Apatite 中には各種陽イオンや陰イオンが占有できるサイトが複数あり、イオン置換が複雑になるから、微量な U イオンの占めうるサイトが不明なことに因る。カードルミネッセンス (CL) 発光は、物質中に含まれる不純物元素の存在や結晶に内在する構造欠陥を鋭敏に検出できることから、他の分析手段では困難な微量な不純物元素の特定や構造欠陥の原因を解明する手段となっている。本研究では、CL を用いて不純物アクチベーターの発光中心を帰属することにより結晶構造サイトを明らかにし、また U や Th に起因する放射線誘起構造欠陥の検出も試みた。

Apatite の化学構造式は $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ で表せる。Ca, PO₃ および F の入る結晶学的占有位置は、それぞれ陽イオンの入る M サイト (Ca, Na, K, Rb, Cs, Mg, Zn, Ba, Mn, Fe, Pb, Ra, Ti, REE)、リン酸などが入る Z サイト (PO₄, SO₄, CO₃, AsO₄, SiO₄, BO₄)、陰イオンが入る X サイト (F, Cl, OH, CO₃, Br) に区別できる。このように、Apatite は、多種のイオンが同型イオン置換を行うことから変化に富んだ組成を示す。したがって、その結晶化学的性質は複雑なものとなっている (図 1)。特に、陽イオンが占める M サイトは、配位関係を異にする二つの位置が知られている (図 2)。酸素 9 つにほぼ均等に配位する M1 サイト、酸素が 6 つおよび X サイトのイオン 1 つが配位する M2 サイトである。前者の方が後者よりやや強固な結合をつくっている。陽イオンは M1 および M2 サイトを占めるが、結晶化学的手法 (例えば X 線回折法や電子線回折法) により異なる両サイトへのイオンの分配を決めることは困難であり、先行研究においてもほとんど言及はない。

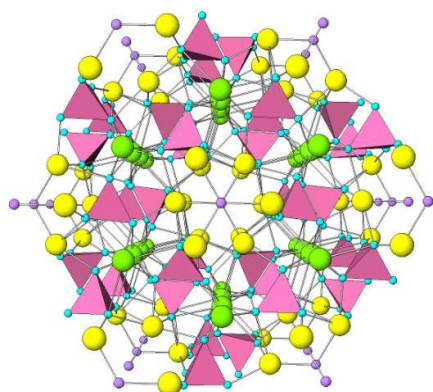


図 1 Apatite の結晶構造
(Hughes and Rakovan, 2015)

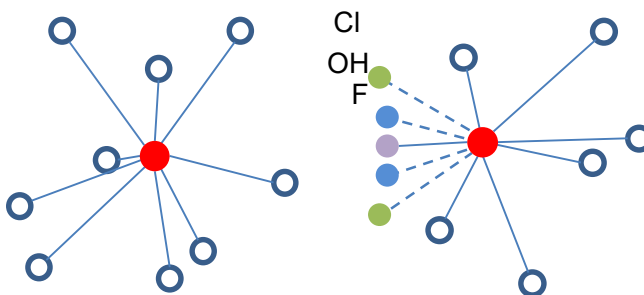


図 2 M1 サイト (左 : 9 配位) M2 サイト (右 : 7 配位)

2. CL スペクトル分析

産地を異にする 20 数試料について、CL スペクトル測定ならびに LA-ICP-MS による微量成分の定量分析を行った。この結果、 Mn^{2+} イオンは赤色領域（付近 2.0 eV）および黄色領域（付近 2.2 eV）の異なる発光成分を持つことが明らかとなった。配位子間距離に基づく結晶場の関係から、M 1 サイトに配位する Mn^{2+} イオンは黄色 CL を、一方 M 2 サイトに配位する Mn^{2+} イオンは赤色 CL を発現していると推察された。また、希土類元素の中で比較的含有量の高い Ce^{3+} にイオンにおいても青色領域（3.3-3.4 eV）に中心エネルギーを異にする発光成分が認められた。 Mn^{2+} イオンの発光は最外殻の電子によるが、希土類元素である Ce^{3+} イオンは内殻の電子遷移が発光に寄与している。この場合、Ca 位置（M 1 および M 2 サイト）を Ce^{3+} イオンが置換しても結晶場への影響は少ないと考えられる。

U および Th 含有量（Th: 99 ppm, U: 46 ppm）が比較的高い Apatite 試料（AP02-01）の CL スペクトルからは、微弱ながら青色領域（約 3.25 eV）に CL 発光を認めることができた。一方、カラー CL 像観察においては発光が余りにも微弱であることから発光色を特定できなかった。この Apatite 試料は、地質時代を通して U および Th の放射崩壊による自然放射線を被曝し続けていたと考えられる。しかし、U および Th 含有量の高い他の試料は、少なからず希土類元素によるアクチベーター発光の影響を受け、放射線損傷による構造欠陥中心を検出できない。一般に、放射線照射により生成した鉱物中の構造欠陥は、CL を用いて検出でき、石英や長石においては地質線量計への応用が期待されている（Okumura et al, 2006; Kayama et al, 2013）。今回得られた CL スペクトル測定結果から、 Ce^{3+} イオンによる発光とエネルギー位置がほぼ等しく、重複した場合に波形分離は困難であると示唆される。したがって、U は他の希土類元素を伴うことが多いことから、Apatite の CL を用いた放射線損傷誘起による構造欠陥を地質線量計へ利用するのは難しい。

一方、もし Apatite が U を含有するなら、Ca を置き換え M サイトへ入るはずである。ウランが化合物をつくる場合、原子価は +2 価から +6 価をとり得る。このうち、一般に +6 価が最も安定であるが、酸性溶液では +4 価も存在できる。これらのイオン半径は、+4 価 7 配位：0.95 Å、+4 価 8 配位：1.00 Å、+4 価 9 配位：1.05 Å、+6 価 7 配位：0.81 Å、+6 価 8 配位：0.86 Å である。Ca のイオン半径は、+2 価 7 配位：1.06 Å（M 2 サイト）および +2 価 9 配位：1.18 Å（M 1 サイト）の値をとる。電荷とイオン半径からは、U イオンが Apatite 構造に安定に存在するには U^{4+} として 7 配位の M 2 サイトに入る可能性が高い。この場合、配位子の一つはハロゲンまたは水酸基などであり、例えば Hydroxyapatite の OH 基をフッ化物置換により F で置き換えると、M 2 サイトの U が移動して系外へ逸散すると考えられる。ゴビ砂漠の恐竜骨化石を構成している Apatite は Fluorapatite からなり、この CL は Mn^{2+} イオンがアクチベーターとして赤色発光を示している。したがって、この Mn^{2+} イオンは M 2 サイトを占めていると考えられ、U イオンも不純物元素として Apatite 中の Ca を置換するならば、U イオンは M 2 サイトの Ca を置き換えて位置する可能性が高い。

この際、U-Pb 年代の若返りが起こる。最近、U-Pb 年代測定において、マトリックス効果が指摘され、Apatite 中の陰イオンの違いによる可能性が示唆されている (Thompson et al, 2016)。したがって、Apatite の U-Pb 年代測定に当たっては、その結晶化学的性質を十分に精査する必要がある。

3D レーザースキャナーを用いた化石含有層の可視化

能美 洋介

本事業で導入した3D レーザースキャナー（FARO Focus3D X130）は、計測地点における地形などの位置・高さデータと色情報を短時間に大量に取得できる機器である。得られる点群データを基に地形モデルを作成することで、恐竜化石含有層の地形解析や層序解析への利用が期待される。また、化石発掘現場をスキャンすることで、刻々と状況が変化していく化石発掘現場の産状保存にも寄与するほか、博物館等において発掘現場を疑似体験させるような映像資料の作成も可能である。

平成29年度夏のモンゴル Khongil Tsav での現地調査では、本機器を使用して化石サイト、テントサイトを含む調査サイト内の地形データを取得し単一スキャンでの実用性の検証を行った。その成果の一部は、日本情報地質学会 Geoinforum-2018 において発表した。

今年度夏のモンゴル Bügiin Tsav での現地調査では、複数スキャンデータのマージングの実施を念頭に調査地の地形のスキャンを行った。スキャンサイトは、化石層・キャンプ地を含むサイト、足跡化石サイト、獣脚類化石発掘サイトである。各サイトにおいて自作ターゲットを複数設置し、3から6スキャンを実施して地形データを取得した。帰国後、これらのデータのマージングを行って地形モデルを作成した。これらの作業を通じて、現地でのスキャン時の技術的な問題点などが次第に明らかとなってきた。特に、点群データから地形モデルを作成し、それを地形解析に移す際には、データ量の削減と、雑音データの除去、補間法の適用などを経る必要があるので、適用させるためのツールを作成することが今後の課題である。

以下に今年度の調査で作成された地形モデルを示す。

（1）Bügiin Tsav キャンプサイト

図1にキャンプサイトの地形モデルを示す。50cm×50cmのターゲットを4カ所に設置し、4スキャンデータ中3スキャンデータをマージした結果である。キャンプサイトの脇のワジ、Nemegt層中部層がつくる数段の平坦面が確認できる。また、色データから中部層に含まれる赤色頁岩層や、厚砂岩層内のクロス・ベッディングなども見いだせる。



図1 Bügiin Tsav キャンプサイト

（２）足跡サイト

図２に **Nemegt** 層中部層内で見つかった足跡化石のサイトの地形モデルを示す。４ スキャンデータをマージした結果である。泥岩層とこれに重なる硬砂岩層が浸食された部分に足跡化石が凸にのこっている。足の形状のほか、その並びも確認できる。



図２ **Bügiin Tsav** 足跡化石サイト

（３）獣脚類化石発掘サイト

図３に同じく **Nemegt** 層中部層内で見出された獣脚類の化石発掘サイトの地形モデルを示す。10cm ターゲットを複数設置し６ スキャン中４ スキャンデータをマージした結果である。発掘された化石の形状や各種骨片の位置が確認できる。この画像から掘削深度や骨の大きさなどを計測することができる。

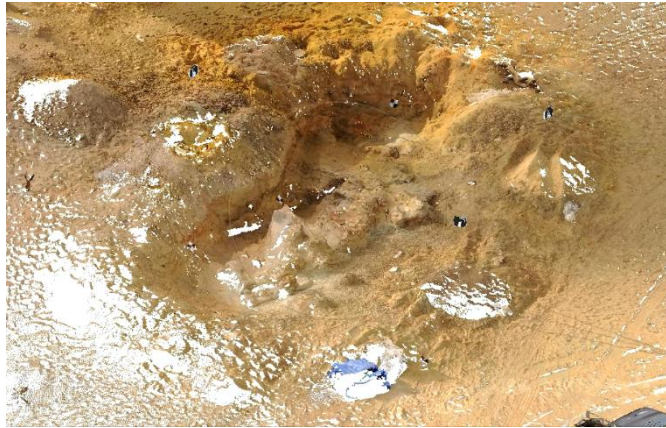


図３ **Bügiin Tsav** 獣脚類化石発掘サイト

Bugin Tsav 周辺に分布する上部白亜系 Nemegt 層の 岩相層序と堆積環境

実吉玄貴・寺田智也・高橋勇人

モンゴル国ゴビ砂漠には、上部白亜系が広く分布する。これまでの先行研究から、上部白亜系は、下位より Bayanshiree 層, Djadokhta 層, Barun Goyot 層, Nemegt 層に区分されてきた (Jerzykiewicz and Russel, 1991; Shuvalov, 2000; Watabe et al., 2010)。しかしこれらの地層区分は、産出化石と岩相を基にした Svit とよばれる区分に、累層 (Formation) を組み合わせたものであり (Jerzykiewicz, 2000)、現在広く使用されている国際層序基準とは異なる。したがって、これらの上部白亜系に対し、累層区分につながる岩相層序学的研究が必要となる。2018 年 7 月から 8 月にかけて、筆者らは Bugin Tsav 周辺に分布する上部白亜系 Nemegt 層の層序学的調査を実施した。なお、産出する化石と地層の特徴から、Bugin Tsav には Nemegt 層が分布するとされる (Shuvalov, 2000; Watabe et al., 2010)。なお Nemegt 層は岩相の特徴から、下部・中部・上部に区分される (Eberth, 2018)。

Bugin Tsav の岩相層序

Bugin Tsav は Ingeni Khovur Basin の北側縁辺に分布し、南から西方向に面した、南北方向へ広く分布する露頭群を観察できる。Tarbosaurus や Saurolophus, Gallimimus, Oviraptorsaurid, ワニ類, カメ類, 哺乳類など多くの脊椎動物化石を産出する (Watabe et al., 2010)。本研究の調査範囲は、東西約 4.5km, 南北約 8.5km の範囲であり、Watabe et al., 2010 によって、北から、North area, Center, Bugin Tsav II との地域に区分され、中部 Nemegt 層および上部 Nemegt 層が分布するとされる (Eberth, 2018)。

先行研究および本研究から、中部 Nemegt 層は Bugin Tsav 地域に広く分布する。最大層厚 80m を示す。調査地域の North area から Bugin Tsav II まで広く分布する。砂岩層と泥岩層の互層から構成される。砂岩層には、小礫から細粒砂から構成され、トラフ型斜交層理、楔形斜交層理、ハンモック状斜交層理、カレントリップル葉理、ウェーブリップル葉理を認める。層厚は 10 cm から 200cm と多様であり、一部は下位層を削り込む。North area から Center にかけて、一方向へ卓越する側方付加を確認した。地表面に露出する河床形態は、主に西へ向かい、南北へ大きく変化する方位を示す。なお、これら方位と前述した側方付加は直行関係にある。North area から Bugin Tsav II にかけて、ハンモック状斜交層理やウェーブリップルをともしなう砂岩層が、中位層準と上位層準に卓越する。特に最上位層準では、調査地域全体で観察できる。泥岩層は、塊状の赤色泥岩層と、mm

オーダーの葉理をともなう葉理泥岩層がみられる。赤色泥岩層は、トラフ型斜交層理やカレントリップル葉理をともなう砂岩層の上位に累重する。葉理泥岩層は、中位層準や最上位層準のハンモック状斜交層理やウェーブリップルをともなう砂岩層に直接累重する。特に最上位に分布する葉理泥岩層は、次に示す上部 Nemegt 層の砂岩層によって削剥されるか、平板状に累重される。

上部 Nemegt 層は、調査地域に広く分布する。Center では、中部ネメグト層の最上位を削剥する。主に砂岩層からなり、トラフ型斜交層理やリップル葉理をともなう層厚数 m の中粒砂から細粒砂より構成される。単層は数 m から数十 m の範囲で側方へ付加する。砂岩の淘汰はよく、層厚 50 cm から 10m 程度の生痕化石密集層が認められる。最上位では細礫を含む。

Bugin Tsav の堆積環境変遷と盆地埋積過程

中部 Nemegt 層に認められる砂岩層から泥岩層の上方遷移と、砂岩層が一方方向へ卓越する側方付加から、これらの地層は蛇行河川堆積物の上方細粒化サイクルと解釈できる。古流向と側方付加が直行方向に分布することから、一部は蛇行河川のポイントバー堆積物と解釈できる。中部 Nemegt 層の中位層準および最上位層準で確認されたハンモック状斜交層理やウェーブリップルをともなう砂岩や葉理泥岩は、波浪堆積構造と安定した浮遊沈降の堆積過程を示唆することから、湖成堆積物と判断できる。中位層準の湖成堆積物の分布は Center の一部に限定されるが、最上位層準の湖成堆積物は、一部を除き調査地域全域に認められる。このことから、中部 Nemegt 層堆積時、蛇行河川堆積物から堆積盆地の広範囲に湖成堆積物が拡大したといえる。

上部 Nemegt 層は、Eberth (2018) により、中部 Nemegt 層よりもさらに大型の河川によって堆積したと考えられている。本研究における岩相でも、同様の岩相や特徴を有していることから、上部 Nemegt 層は大型河川によって堆積したと考えられる。なお、単層の層厚が数 m 程度を示すことから、推定される水深も同程度の河川であったと考えられる。これらの単層が側方付加している岩相から、河川幅も数十 m 程度あったと考えられる。なお、これらの大型河川の存在により、広大な氾濫原などの広い平坦面を有する地形が想定される。

これらの堆積環境の変遷や累重様式を考え合わせると、上部 Nemegt 層堆積直前、調査地域全体に拡大した湖成堆積物によって、盆地地形全体が平坦化し、結果として大型河川の発達できる地形になった可能性を指摘できる。さらに、調査地域から南西へ約 50km 南西に位置する Altan Ula においても上部 Nemegt 層が確認されている。したがって、中部 Nemegt 層から上部 Nemegt 層への環境変遷は、盆地の埋積にともない、周辺地域の平坦面が広がり、結果として広い範囲で類似した堆積システムが構築されたことを指摘できるだろう。これは上部

Nemegt 層の広域な分布とも一致する．今後、より広範囲で碎屑性ジルコンを用いたウラン－鉛年代、石英の ESR 信号や CL による鉱物学的特性の解析などにより、より広範囲の上部 Nemegt 層を対比することで、層序学的位置と古環境変成、および堆積時の盆地埋積過程に関する詳細な議論が可能となるだろう．

References

- Eberth, D., 2018. Lithostratigraphy and Paleoenvironments of Nemegt Formation, Mongolian Gobi desert. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 494, 29-50.
- Jerzykiewicz, T., 2000. Lithostratigraphy and sedimentary settings of the Cretaceous dinosaur beds of Mongolia, *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 279-296.
- Jerzykiewicz, T., Russell, D.A., 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research*, 12, 345-377.
- Shuvalov, V. F., 2000. The Cretaceous stratigraphy and palaeobiogeography of Mongolia. In, Benton, M. J., Shishkin, M. A., Unwin, D. M. and Kurochkin, E. N. eds., *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 256-278. Cambridge University Press, Cambridge.
- Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., Suzuki, S., Saneyoshi, M., 2010. Geology of dinosaur fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous, Mesozoic) in the Gobi desert: results of the HMNS-MPC Joint Paleontological Expedition. *Hayashibara Museum Natural Science Research Bulletin*, 3, 41-118.

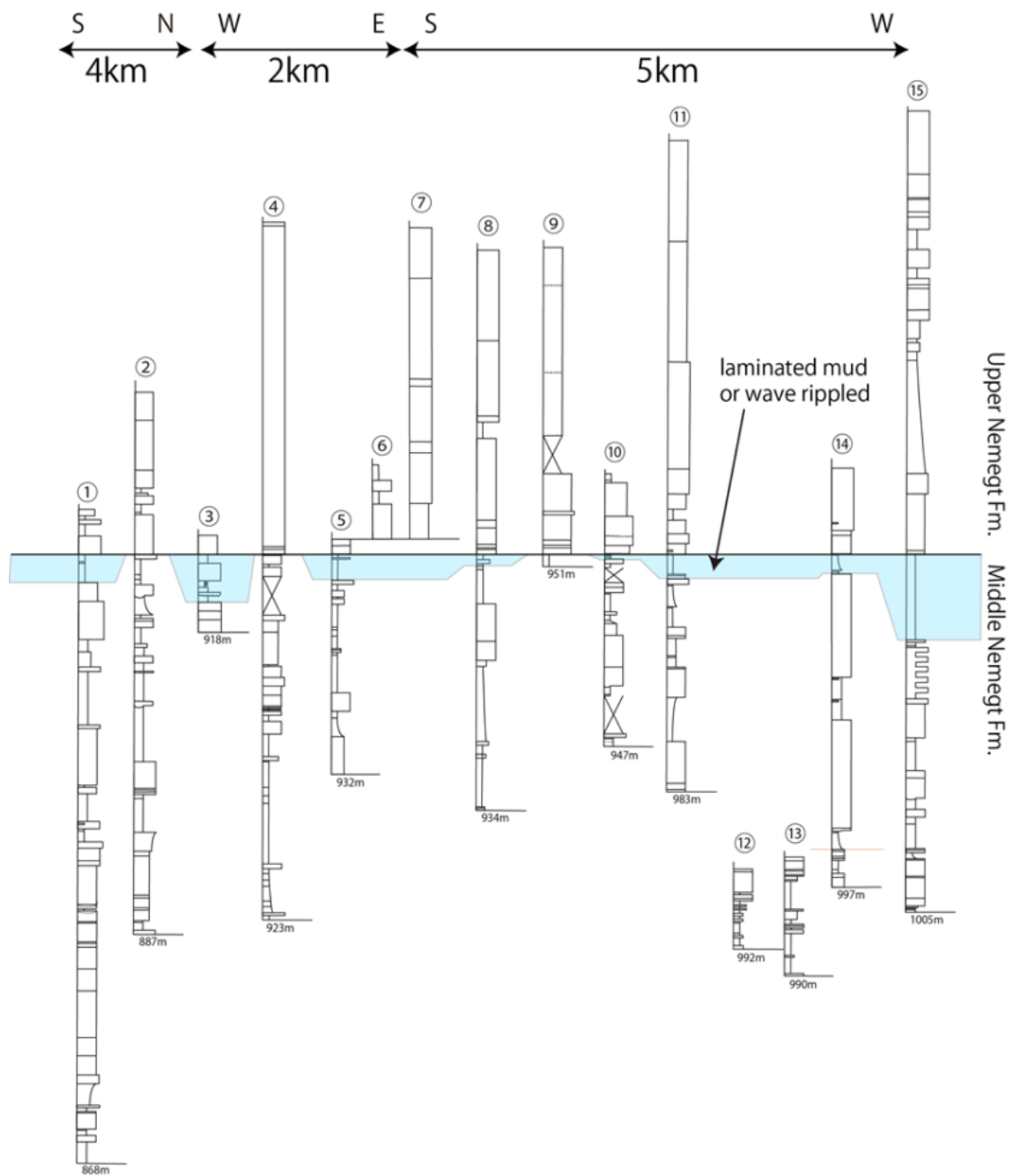


図1 Bugin Tsav の堆積柱状図. 中部と下部の境界に湖成堆積物が広がる

ゴビ砂漠中央部に分布する上部白亜系 Djadokhta 層の 岩相層序と堆積環境

実吉玄貴・高橋美帆・千葉謙太郎

モンゴル国ゴビ砂漠に分布する上部白亜系は、下位より Bayanshiree 層, Djadokhta 層, Barun Goyot 層, Nemegt 層と区分されてきた (Jerzykiewicz and Russel, 1991; Shuvalov, 2000; Watabe et al., 2010). この累層 (Formation) 区分は、産出化石と岩相を基にした Svit に、累層を組み変えたものであり、現在広く使用されている国際層序基準とは異なり、かつ直接比較できるものではない (Jerzykiewicz, 2000). したがって、これらの上部白亜系に対し、累層区分の基礎となる岩相層序学的研究が必要不可欠である. 2018 年 9 月、筆者らはモンゴル国ゴビ砂漠中央部に分布する複数の化石産地 (Yagaan Khovil, Alag Teg, Bayn Dzak) の層序学的調査を実施した. なお、産出する化石と地層の特徴から、これらの地域には上部白亜系 Djadokhta 層が主に分布し、一部は Nemegt 層とされる (Shuvalov, 2000; Watabe et al., 2010; Saneyoshi et al., 2015)。

Yagaan Khovil

岩相の特徴から、下位より Unit1, Unit2 に区分した (図 1). Unit1 は主に赤色で不淘汰な泥質細粒砂岩からなる. Unit2 は砂岩と泥岩の互層からなり、砂岩層には一方向に卓越する側方付加が認められる. また、砂岩層から泥岩層への上方細粒化サイクルを認めた (図 2). 岩相とその重なりから、Unit1 および Unit2 とともに河川堆積物と解釈できる. 一方で、Unit1 を構成する岩相から、風成層起源物質を再堆積した可能性を指摘できる. よって本調査地域は、風成環境と複数の蛇行河川が近接する環境であったと考えられる.

Alag Teg

岩相の特徴より、下部と上部に区分した. 下部は、トラフ型斜交層理をとともなう幅 10m, 高さ 80cm のチャンネル構造を確認した. 氾濫原を示す古土壌の存在から、河川環境で堆積したと考えられる. 上部は、淘汰の良い白色砂岩からなり、カレントリップルがみられる. 岩相の特徴から、均質な碎屑物により構成される河川堆積物と解釈できる. なお、先行研究の結果、近接する化石産地の上部白亜系風成層と同一の鉱物学的特徴を示すことから、風成層起源の碎屑物を再堆積したと考えられる. さらに、これらの岩相変化が漸移的であり、風成環境と河川環境が近接していたことを指摘できる.

Bayn Dzak

主に赤色細粒砂から構成され、最大層厚約 50m の砂岩層からなる。淘汰が良く、大型のトラフ型斜交層理がみられることから風成層と解釈される。また、最上部に斜交層理をともなう再堆積したカーリーチの濃集層が認められた。カーリーチの存在により乾燥環境を推測でき、河川による削剥と再堆積があったと考えられる。以上をまとめると、調査地域は乾燥環境を主体とし、一部河川環境に遷移した可能性を示唆した。

調査の結果、Djadokhta 層堆積時、風成環境と河川環境が混在していたと推測できる。Djadokhta 層にはこの他に Tugrikin Shireh や Udyn Sayr, Bor Tolgoi といった一部河川堆積物を含み、主として風成層から構成される化石産地も分布することから (Watabe et al., 2010), 堆積時の古環境は、乾燥環境を主体としながら、河川環境がその近傍に存在したことを示唆する。このような複雑な環境の広がり、結果として多様な堆積環境を反映していると考えられる。今後、鉱物学的特性などを用いて、産地間層序対比を行うことで、より正確な環境復元が可能になるだろう。

References

- Jerzykiewicz, T., 2000. Lithostratigraphy and sedimentary settings of the Cretaceous dinosaur beds of Mongolia, *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 279-296.
- Jerzykiewicz, T., Russel, D.A., 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi Basin. *Cretaceous Research*, 12, 345-377.
- Saneyoshi, M., Ishigaki, S., Tsogtbaatar, Kh., Mainbayar, B., Ulziitseren, S., Otgonbat, B., Aasai, H., TANABE, T., 2015. Report of the OUS-IPG Joint Paleontological - Geological Expedition in 2015. *Bull. Natural Research Center of Okayama University of Science*, 41, 35-44.
- Shuvalov, V. F., 2000. The Cretaceous stratigraphy and palaeobiogeography of Mongolia. In, Benton, M. J., Shishkin, M. A., Unwin, D. M. and Kurochkin, E. N. eds., *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, 256-278. Cambridge University Press, Cambridge.
- Watabe, M., Tsogtbaatar, Kh., Suzuki, S., Saneyoshi, M., 2010. Geology of dinosaur fossil-bearing localities (Jurassic and Cretaceous, Mesozoic) in the Gobi desert: results of the HMNS-MPC Joint Paleontological Expedition. *Hayashibara Museum Natural Science Research Bulletin*, 3, 41-118.

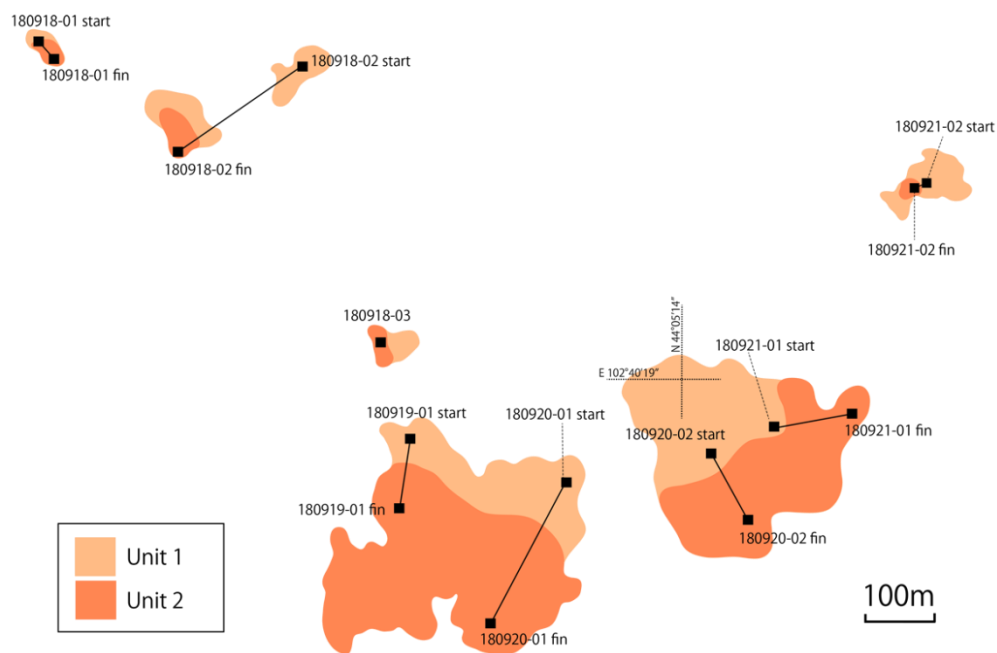


図 1 Yagaan Khovil の地質図. 下位より Unit1 および 2 と区分

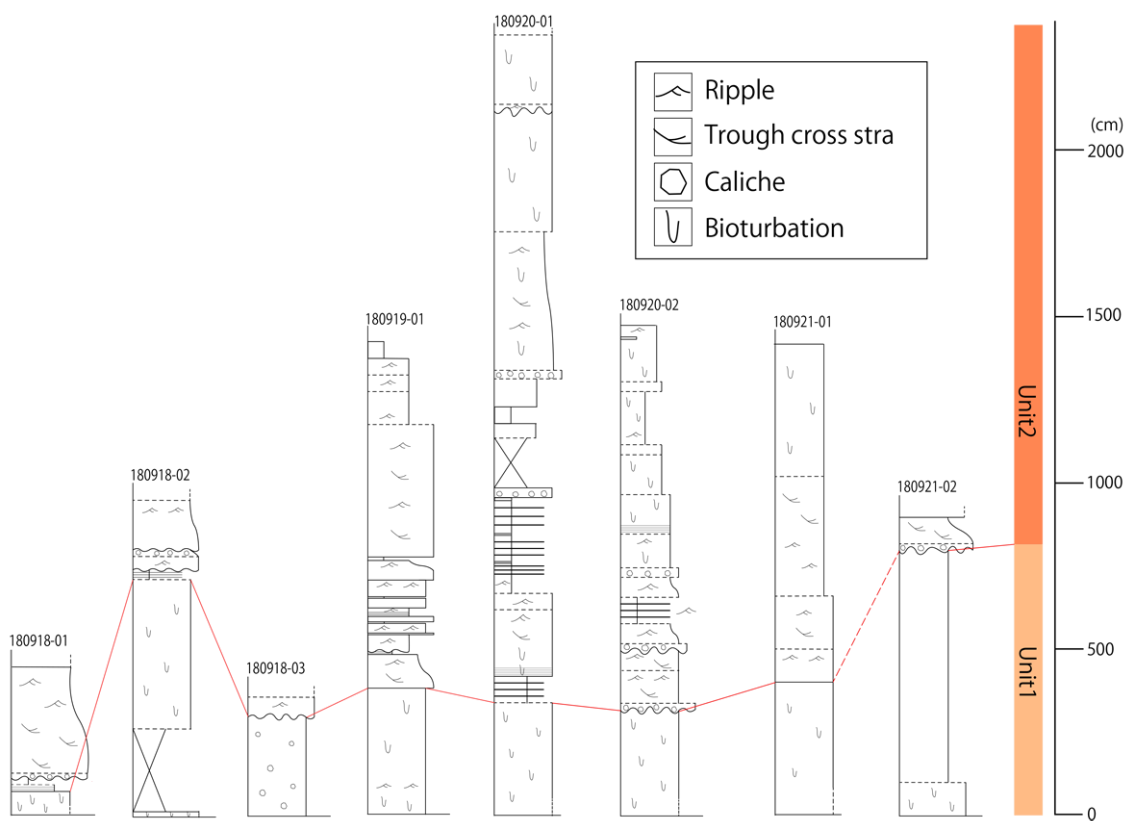


図 2 Yagaan Khovil の堆積柱状図. 各ルートは図 1 に示した

現生爬虫類との比較に基づく鎧竜類の皮骨機能についての検討

林 昭次・宮崎宗一郎・奥切侑也

1. はじめに

鎧竜類は白亜紀に汎世界的に繁栄した植物食恐竜類で、全身を皮骨で覆われることが最大の特徴である。現生爬虫類における皮骨の機能としては、防御装甲、カルシウムの貯蔵庫、ロコモーション、体温調節など(e.g., Farlow et al 2010)、その動物の生態と密接に関わっていることが知られているが、成長過程のどの段階これらの機能が獲得されるのかは明らかになっていない。そのため、鎧竜類などの絶滅爬虫類がもつ皮骨の機能に関しても様々な仮説が提案されているが(e.g. Hayashi et al. 2010)、どの機能をもっていたのかは明らかではない。そこで本研究では、1)現生種(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、機能について検討した後、2)鎧竜類の皮骨機能について考察した。

2. 研究標本

今回研究した標本は以下の通りである。

- ・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。本研究で利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個体 4 個体と、天王寺動物園で飼育されている飼育個体 6 個体, また, 学内標本の胎児個体 4 個体の計 14 個体を用いた。

- ・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* の幼体個体(HMNS 95-11-5)を使用した。

3. 研究方法

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.

4. 結果

シャムワニ, チュウゴクワニトカゲともに, 体骨格が形成された後に皮骨が形成されることが明らかになった. しかしこの 2 種間で皮骨の形成時期が異なった. シャムワニでは皮骨が性成熟を迎える前に形成されるのに対して, チュウゴクワニトカゲでは性成熟後に皮骨が形成される. 今回観察したシャムワニ標本は成長段階に関わらず, 他のワニ個体の **bite mark** 観察された.

観察した鎧竜類は, 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. この結果はこれまでに報告されている他の鎧竜個体 (Hayashi et al. 2010; Currie et al. 2011) と同様である.

5. 考察

シャムワニとチュウゴクワニトカゲで, 皮骨の形成時期が性成熟前後で異なる結果が得られた. シャムワニについては, 成長段階に関わらず他個体の **bite mark** が観察されたこと, さらに成長の初期段階で皮骨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と考えられる. 一方, チュウゴクワニトカゲに関しては性成熟後に皮骨形成が開始されることから, 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, 背の皮骨については成長初期で形成されるが, 尾の棍棒を成長後期で形成される可能性が指摘されている(Hayashi et al. 2010). 従って, 現生種の皮骨機能に基づくと, 鎧竜類の皮骨機能も背と尾の棍棒で機能が異なる可能性が考えられる. 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.

6. 引用文献

- Currie, P., D. Badamgarav, E. Koppelhus, R. Sissons and M. Vickaryous. (2011) Hands, feet and behavior in *Pinacosaurus* (Dinosauria: Ankylosauridae). *Acta Palaeontologica Polonica*, 56:489-504.
- Farlow, O. J., S. Hayashi and G. Tattersall. (2010) Internal vascularity of the dermal plates of *Stegosaurus* (Ornithischia: Thyreophora). *Swiss Journal of Geosciences*, 103: 173-186.
- Hayashi, S., K. Carpenter, T. M. Scheyer, M. Watabe and D. Suzuki. (2010) Function and evolution of ankylosaur dermal armor. *Acta Palaeontologica Polonica*, 55: 213-228.

モンゴル産オルニトミモサウルス類の骨髓骨の組織学的特徴 から見られる化石骨髓骨の再検討

小平将大・林 昭次

1. はじめに

オルニトミモサウルス類は白亜紀中―後期 (Aptian-Albian から Maastrichtian) に汎世界的に生息した獣脚類恐竜である (Chinzorig et al., 2017). 骨化石の内部構造を観察することで、恐竜類の成長様式について復元することができることが知られており、オルニトミモサウルス類においても、同様の手法を用いて成長様式について推定がなされてきた. 成長様式の推定において骨髓骨は性成熟期を迎える指標とされ、これまでいくつかの恐竜類や翼竜類でも骨髓骨について、骨組織学的手法を用いて報告がなされている (e.g. Schweizer et al., 2005). しかし、報告がなされている骨髓骨の形態的特徴は非常に多様であり、現在もその特徴について議論されている.

近年、モンゴルにて骨髓骨を持つオルニトミモサウルス類の化石が発見された. そこで本研究では、モンゴル産オルニトミモサウルス類に見られた骨髓骨について、先行研究と比較をし、化石骨髓骨の骨組織学的特徴について再検討をおこなった.

2. 研究標本

モンゴル、南ゴビ Gurillin Tsav ならびに Ulaan Khushuu 地域に分布する上部白亜系ネメグト層(Maastrichtian)で産出した2個体のオルニトミモサウルス類の大腿骨(HMNS 2006-04-189; 個体 A), 大腿骨・脛骨・腓骨 (HMNS 2006-04-356; 個体 B) の計4標本を用いた. 比較として、表1に示される標本を用いた.

3. 研究方法

薄片作製は、Lamm (2013)の手法に基づき、標本の骨幹中心で切断・研磨して作製した. 薄片検鏡は偏光顕微鏡 (Nikon Optiphot Pol, OLYMPUS BX60) を用い、その後の画像解析・計測は画像処理ソフト (Adobe photoshop elements 15, Adobe Illustrator CC) を用いた.

表 1．比較に用いた標本

Taxon	Element	Reference
<i>Tenontosaurus</i>	femur, tibia	Lee & Werning, (2009)
<i>Dysalotosaurus</i>	tibia, fibula	Hübner, (2012)
<i>Mussaurus</i>	femur, tibia	Cerda et al. (2014)
<i>Saltassaurus</i>	osteoderm, metatarsal	Chinsamy et al. (2016)
Wealdean Sauropod	vertebra	Reid, (1996)
<i>Allosaurus</i>	tibia	Lee & Werning, (2009)
<i>Tyrannosaurus rex</i>	femur	Schweizer et al. (2005, 2016)
<i>Archaeornithomimus asiaticus</i>	femur	Skutschas et al. (2016)
<i>Confuciusornis</i>	humerus	Chinsamy et al. (2013)
Pengornithid	femur, tibiotarsus	O'Connor et al. (2018)
<i>Bakonydraco</i>	mandibular symphysis	Prondvai & Stein, (2014), Prondvai (2016)
<i>Pterodaustro</i>	femur	Chinsamy et al. (2009)

4．結果

観察したすべての標本の内部は皮質骨と髓腔からなる．一方で，個体 A の大腿骨，個体 B の大腿骨・脛骨の 3 標本では，髓腔中に通常の皮質骨とは異なる組織が確認された．これらの異常組織は，①組織の最内層に位置し，②急速な成長を示す **woven bone** で構成され，③皮質骨とは内基礎層板ではっきりと区別される，④血管が通るための穴が皮質骨中よりも多く見られる，といった共通の特徴をもつ．それに対して，個体 A の大腿骨にみられる異常組織には，①その異常組織よりも内層にも内基礎層板が形成され，②一部の異常組織中にオステオンが見られるといった異なる特徴をもつ．

また，すべての標本において成長停止線（以下，LAG と示す）が保存されていた．個体 A の大腿骨では LAG が 7 本，個体 B の大腿骨・脛骨では 8 本，腓骨では 9 本観察された．また，骨の外層にいくにつれて LAG 同士の間隔は短くなっていくことや，最外層において成長の停止を示す **External Fundamental System** が保存されているという特徴は共通して見られた．

5．考察

化石中に見られる骨髓骨に関して，O'Connor et al. (2018) ではその特徴を 11 個にまとめて論じている．本研究標本の組織に見られた 4 つの共通する特徴は，先行研究で述べられている 11 個の特徴の中に含まれている．このことから，本研究標本に見られた異常組織は骨髓骨であることが示唆される．

一方で，個体 A の大腿骨に見られた 2 つの異なる特徴については，先行研究で述べられている特徴には含まれていない．しかし，Lee & Werning (2008) では *Tenontosaurus* (OMNH 34784) に見られる異常組織について，個体 A の大腿骨の異常組織と似た形態をもち，記載されている特徴についても一致している点があ

るにもかかわらず、骨髓骨と報告がされている。

以上のことから、本研究標本に見られた3つの異常組織はすべて骨髓骨である可能性が高いものの、骨組織の形態的特徴のみで化石骨髓骨を議論することは困難であると考えられる。現生鳥類では、骨髓骨の特徴として化学的な特徴を含めて記載されている(e.g. 山本, 2000)。今後、化石骨髓骨においても同様に別の手法から得られる特徴を交えて議論する必要がある。

6. 引用文献

- Lee, A., and S. Werning (2008) Sexual maturity in growing dinosaurs does not fit reptilian growth models. *Proc. Natl. Acad. Sci.* vol. 105, pp.582-587.
- Chinsamy, A., I. Cerda and J. Powell (2016) Vascularised endosteal bone tissue in armoured sauropod dinosaurs. *Scientific Reports*, vol. 6, no. 24858
- Chinsamy, A., L. Codorniu and L. Chiappe (2009) Palaeobiological implications of the bone histology of *Pterodaustro guinazui*. *The Anatomical Record*, vol. 292, pp.1462-1477
- Chinsamy, A., L. Chiappe, J. Marugán-Lobón, G. Chunling and Z. Fengjiao (2013) Gender identification of the Mesozoic bird *Confuciusornis sanctus*. *Nature Communications*, vol. 4, pp.1-5
- Prondvai, E. and K. Stein (2014) Medullary bone-like tissue in the mandibular symphyses of a pterosaur suggests non-reproductive significance. *Scientific Reports*, vol. 4, no. 6253, pp.1-9
- Prondvai, E. (2016) Medullary bone in fossils: function, evolution and significance in growth curve reconstructions of extinct vertebrates. *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 30, pp. 440-460
- Lamm, E. (2013) Preparation and Sectioning of Specimens. *Bone Histology of Fossil Tetrapods*, pp.55-160
- Cerda, I., A. Chinsamy and D. Pol (2014) Unusual Endosteally Formed Bone Tissue in a Patagonian Basal Sauropodomorph Dinosaur. *The Anatomical Record*, vol. 297, pp.1385-1391
- O'connor, J., G. Erickson, M. Norell, A. Bailleul, H. Hu and Z. Zhou (2018) Medullary Bone in an Early Cretaceous enantiornithine bird and discussion regarding its identification in fossils. *Nature Communications*, vol. 9, no. 5169
- Schweizer, M., J. Wittmeyer and J. Horner (2005) Gender-Specific Reproductive Tissue in Ratites and *Tyrannosaurus rex*. *Science*, vol. 308, no. 3, pp.1456-1459.
- Schweizer, M., W. Zheng, L. Zanno, S. Werning and T. Sugiyama (2016) Chemistry supports the identification of gender-specific reproductive tissue in *Tyrannosaurus rex*.

Scientific Reports, vol. 6, no. 23099

Hübner, T. (2012) Bone histology in *Dysalotosaurus lettowvorbecki* (Ornithischia: Iguanodontia) – variation, growth, and implications. *PloS One*, vol.7: e29958

Chinzorig, T., Y. Kobayashi, K. Tsogtbaatar, P. Currie, R. Takasaki, T. Tanaka, M. Iijima and R. Barsbold (2018) *Ornithomimosaurus* from the Nemegt Formation of Mongolia: manus morphological variation and diversity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 494, pp.91-100

Skutschas, P., E. Boitsova, A. Averianov and H. Sues (2016) Ontogenetic changes in long-bone histology of an ornithomimid theropod dinosaur from the Upper Cretaceous Bissekty Formation of Uzbekistan. *Historical Biology*, vol. 29, pp.715-729

Reid, R. (1996) Bone histology of the Cleveland-Lloyd dinosaurs and of dinosaurs in general, Part 1: Introduction: Introduction to bone tissues. *Brigham Young University Geology Studies*, vol. 41, pp.25-72

山本敏男 (2000) 鳥類に見られる骨髓骨について. 岡山歯学会誌, vol.19, no.2, pp.219-225.

原始的角竜類恐竜 *Protoceratops* に見られる派生的角竜類の特徴

千葉 謙太郎・小西 哲史・山本 雄大・實吉 玄貴

Protoceratops は、上部白亜系から産出する角竜類恐竜で、同じグループに属する *Triceratops* などと比べて、角やフリルが未発達である点において原始的である (You and Dodson, 2004). この恐竜の標本は、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いるため、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非常によく研究されている (Brown and Schlaikjer, 1940; Dodson, 1976; Maiorino et al., 2015). *Protoceratops* は、モンゴルと中国にまたがるゴビ砂漠の複数の産地が知られているため、我々の研究グループでは、これまで検討されてこなかった地域間での *Protoceratops* の形態変異、及び、骨組織学的手法を用いた新たな視点からの成長段階や性差などの検討を行っている。

アメリカ・ニューヨーク市 American Museum of Natural History (AMNH) とモンゴル・ウランバートル市 Institute of Paleontology and Geology (IPG) に収蔵されている 50 余りの *Protoceratops* 標本を研究対象とした結果、AMNH6487 と IPG-100/540 (それぞれ、Brown and Schlaikjer, 1940, 及び、Handa et al., 2012 で *Protoceratops* として報告されている) において、*Protoceratops* が含まれる原始的な Neoceratopsia ではなく、派生的な Centrosaurine の角竜のみが持つと考えられてきた形質が観察されたため、報告する。

AMNH 6487 は、Bayn Dzak から産出した部分頭骨標本で、頭骨全長 20 cm 程の小型個体である (図 1). *Protoceratops* のフリルを構成する頭頂骨は、通常、なめらかな周縁を持っているが、この標本の頭頂骨周縁は、波打っている (図 1A). さらに、この「波打ち」は、後方から観察すると、インブリケーションしている (図 1B). これらの特徴は、Centrosaurine によく見られる特徴で (Dodson et al., 2004), これまで、それ以外の角竜では観察されていない。



図 1. AMNH 6487 の標本写真. A. 右側面 ; B. 頭頂骨周縁を後方から見た拡大図.

MPC-D 100/540 は、IPG に収蔵されている Udyn Sayr から産出した断片的なみ関節頭骨標本で (図 2A), これまで知られている *Protoceratops* の中でも最大級の個体である. *Protoceratops* の標本は, 非常に多数発見されているものの, そのほとんどが完全な頭骨が関節した状態で発見されているため, 頭骨を構成する個々の骨がどのように関節しているかは, 詳しく検討されてこなかった. 一方で, 派生的な角竜 Ceratopsidae を構成する 2 つの亜科, Centrosaurinae と Chasmosaurinae では, フリルを構成する骨である頭頂骨と鱗状骨の関節様式が, 大きく異なることが知られており, 顕著な分類形質として知られている (Ryan and Russell, 2005). これまで, *Protoceratops* の頭頂骨と鱗状骨の関節様式は, Chasmosaurinae 型とされてきたが (Ryan and Russell, 2005), 今回, この未関節標本を観察したところ, 頭頂骨側が凸, 鱗状骨側が凹の, Centrosaurinae 型の関節面をもつことが分かった (図 2B).

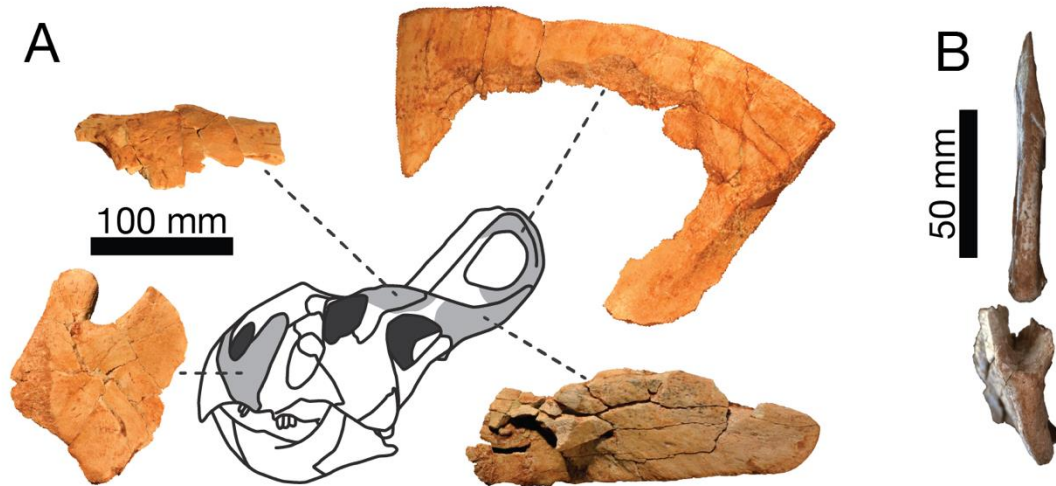


図 2. MPC-D 100/540 の標本写真 A. 部分頭骨写真; B. 頭頂骨 (上) と鱗状骨 (下) の関節様式.

今回の観察から, 原始的な Neoceratopsia である *Protoceratops* に派生的な Ceratopsidae と共有する形質があることが明らかとなった. 今後, より詳細な検討を行い, 現在の系統解析にさらに形質を追加することで, 新しい角竜の系統仮説を提唱する必要がある可能性がある.

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.

- Dodson, P., C. A. Forster, and S. D. Sampson. 2004. Ceratopsidae; ppp. 494–513 in D. B. Weishampel, P. Dodson, and H. Osmólska (eds.), *The Dinosauria*. University of California Press, Berkeley.
- 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.
- Ryan, M. J., and A. P. Russell. 2005. A new centrosaurine ceratopsid from the Oldman Formation of Alberta and its implications for centrosaurine taxonomy and systematics. *Canadian Journal of Earth Sciences* 42:1369–1387.
- You, H., and P. Dodson. 2004. Basal Ceratopsia; pp. 478–493 in D. B. Weishampel, P. Dodson, and H. Osmólska (eds.), *The Dinosauria*. University of California Press, Berkeley.

ゴビ砂漠堆積物の構成鉱物とその組成

小林 祥一

1. はじめに

モンゴル国南部の特に化石を胚胎する後期白亜紀陸生層は、溶岩や火山灰層等の鍵層がなく、古地磁気年代測定も解像度が低いとされている。そのため層序確立と国際対比が困難であることから、(a) 化石の直接年代測定、(b) 後背地推定による層序の対比を通じた年代推定を試みることが提案されている。

そこで、昨年度に引き続いて主に化石を産する堆積物の層序と堆積環境を知るための基礎的データを得ることを目的に、2017 年度に採取されたモンゴル、ゴビ砂漠堆積物を対象に、主に X 線回折装置 (XRD) を用いた鉱物種定性および定量分析の研究を行った。またこれに先立ち 2016 年度に採取された堆積物試料の層序学的データを得たことから、鉱物組成比と層序との関係についての検討、および長石類に関し、電子線による微小部分分析装置 (EPMA) を用いた鉱物化学的検討を行うことにした。

2. 実験方法

2-1. 2016 年度試料の層序との関係

昨年度試料の検討の前に、2016 年度検討した Baynshire Tsav からの堆積物中の構成鉱物の定量分析結果と、實吉氏によって作成された柱状図に示された層序との関係を検討する。

2016 年度試料中の 37 試料に長石類が構成鉱物として認められていることから、これら長石の化学組成を求めるため、研磨片を作製した。分析は、岡山理科大学総合機器センターの JEOL 製 EPMA8230 を用いた。分析条件は、加速電圧 15kV、試料電流 12nA、ビーム径 5 μ m で、Si, Al, Ca, Na, K の標準試料として、石英、Na 長石、珪灰石、Na 長石、サニディンをそれぞれ用い行った。

2-2. 2017 年度試料の定量分析

今回は、ゴビ砂漠 Baynshire Tsav 地域で採集された堆積物を対象とした。試料の採集地点が不

明確であるため、採集日別に分け検討した。対象とした試料は ESR20170801 の 3 試料、-02 の 3 試料、-03 の 8 試料、-04 の 6 試料、-05 の 11 試料、-06 の 5 試料、-13 の 2 試料、-14 の 6 試料および

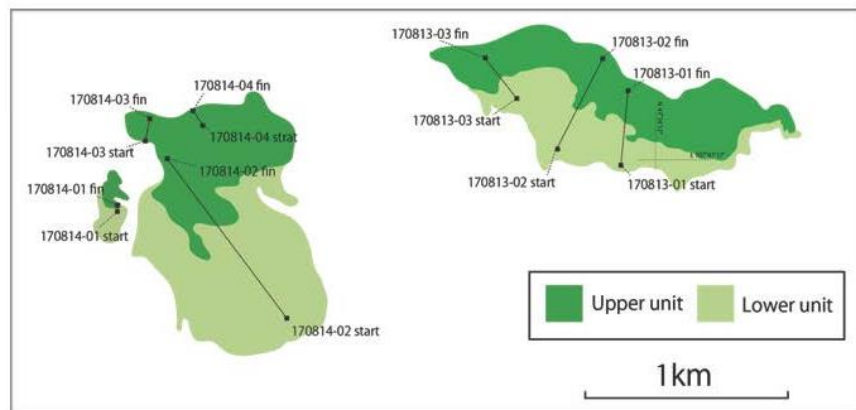


Fig. 1. Sample collection points of ESR20170813 and 13 series.

MH17-64~70 の 7 試料の 51 種類である。このうち、ESR20170801 から ESR201708006 シリーズは Khongili tsav (Baynshire 層) である。また ESR20170813 および 13 は Fig. 1 に示す Bayshin Tsav の河川成堆積層で、それぞれの側線に沿って採集したもので、MH17-64~70 はゴビ砂漠を南に下った地域の試料で、恐竜化石を含まない地層からである。

堆積物の定量分析は X 線回折法による定量分析で昨年同様、各堆積物を瑪瑙乳鉢で粉状にし、鉱物の配向性の影響をなるべく避けるために XRD 専用ガラスホルダーを用い、磨りガラスで押さえ封入し準備した。測定方法は、昨年度の報告書 Appendix に示した通りである。

3. 結果および考察

3-1. 2016 年度の調査において、モンゴルで採集された堆積物試料に関しては、昨年度の報告書に構成鉱物の定量分析結果を示している。昨年度末に層序を示す地質柱状図が手

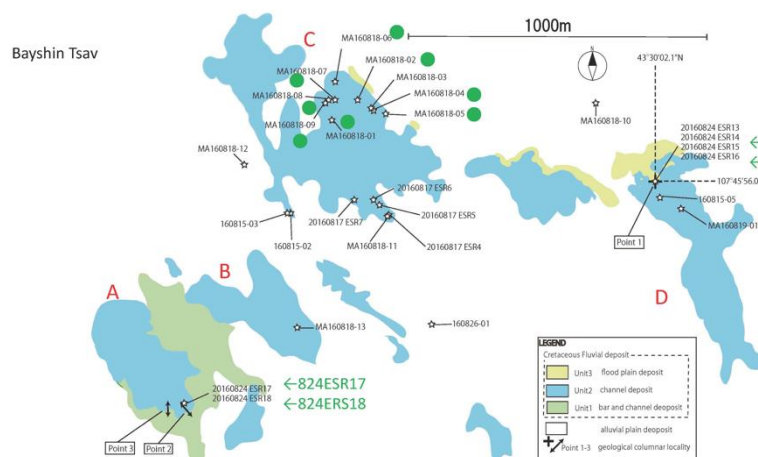
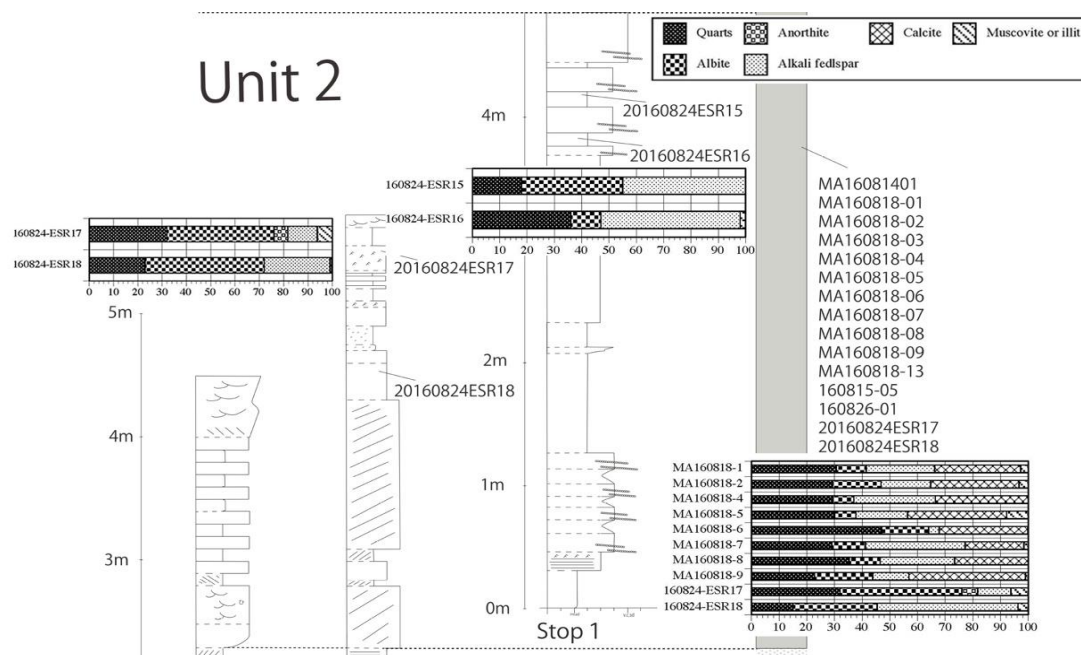


Fig. 2. Sample collection points in Bayshin Tsav in 2016.



Relationship between geological columnar section and mineral composition of Unit 2 from Bayshin Tsav.

に入ったことから、この定量分析結果と層序との関係について検討した結果を示す。實吉氏による Bayshin Tsav での特料採集場所を Fig. 2 に、また地質柱状図を Fig. 3 に示す。昨年度の堆積物の検討は、いわゆる Unit 2 が主で、Fig. 2 の特料番号で示された特料である。このうち対象とした特料は、A および D グループのそれぞれ 2 特料、および C グループの黒丸で示した 8 特料である。Fig. 3 には、Stop ポイントごとの柱状図が示されており、その中に Stop 1 に 2 特料の、Stop 2 にも 2 特料の、その他の特料として Ma で始まる 8 特料の定量分析値をあわせて示した。Albite (曹長石)、anorthite (灰長石) と alkali-feldspar (アルカリ長石) を長石としてまとめて考えると、Stop 1 の 20160824ESR15 と Stop 2 の 20160824ESR18 は石英/長石比がよく一致している。堆積環境の詳細な検討によつては、同じ層順である可能性がある。Stop 2 の 161824ESR17 には、calcite (方解石) および muscovite or illite (粘土鉱物) が混入している。粘土鉱物の混入は、堆積物が長い間同じ場所に留まって風化作用を受けた、あるいはほとんど流れがない環境下で緩やかに堆積した可能性を示している。一方、MA シリーズは鉱物組み合わせはよく一致しており、堆積環境および堆積物の供給源が比較的近いことも考えられる。ただ、MA160818-6 は他のデータと比べ、quartz (石英) を 50% 近く含むことが特徴で、比較的風化が進んでいる可能性を示している。

構成鉱物としてほぼ普遍的に見られる長石の化学組成を求め、Fig. 4 に示した。どの産地もアルカリ長石、Na 長石、Ca 長石のモル比は同じような傾向を示すことから、図には 20160813-1 特料についてのみ示した。大部分の長石は Or (アルカリ長石) と Ab (Na 長石) との間にプロットされ、酸性岩起源の長石の特徴を示す。一方、斜長石では、An (Ca 長石) 成分を 40% 程度含む中性岩起源の中性長石 (andesine) も認められており、堆積物の原岩は一樣ではないことを示している。

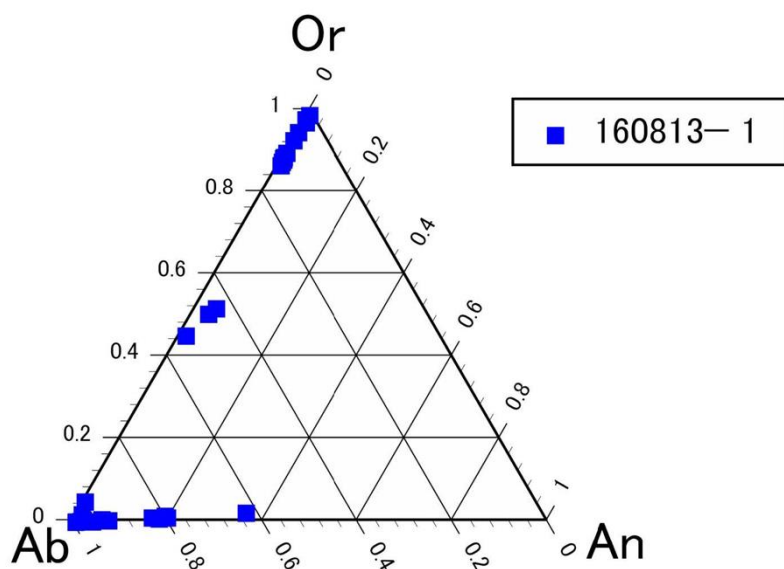


Fig. 4. Chemical composition of feldspar in 20160813 series samples from Bayshin Tsav

3-2. 2017 年度特料の定量分析

RIR 法による定量分析結果を、採集日別に Fig. 5 にまとめて示した。

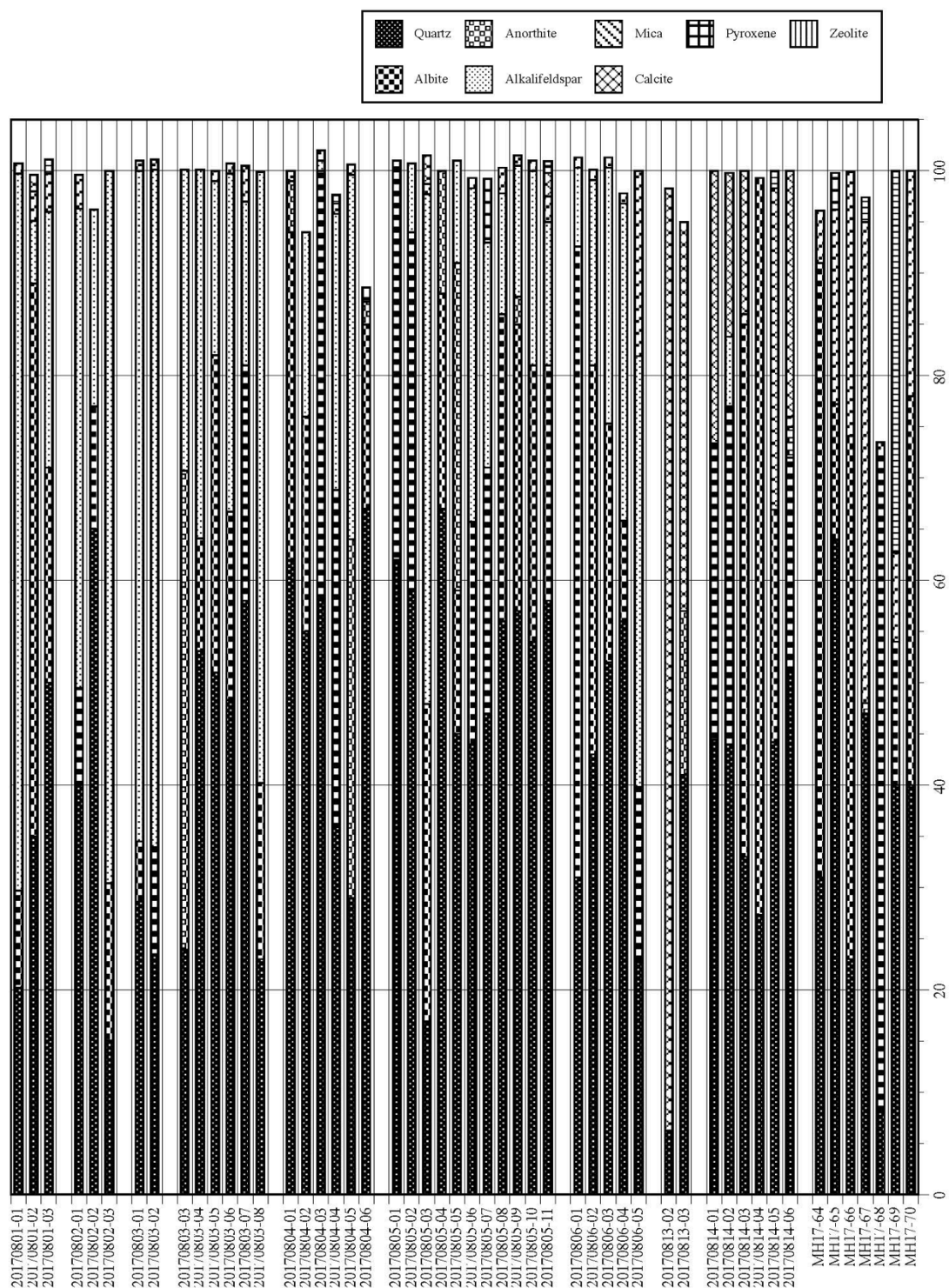


Fig. 5. Mineral composition of sediments from Khongili Tsav and Baynshire Tsav.

XRD による堆積物の定性分析結果は、この図から石英、斜長石(Na 長石、Ca 長石)、アルカリ長石 (正長石、微斜長石、玻璃長石、重土長石)、方解石、雲

母（白雲母、金雲母）あるいはイライト、輝石（頑火輝石、エジル輝石）、沸石、スメクタイトやバーミキュライトのような粘土鉱物である。RIR 法による定量分析から、石英は 10～65%と幅が広く採集日別の 201070806 から 201070806 シリーズまでは、石英と長石（斜長石及びアルカリ長石）でほぼ 100%近くになり、堆積物の多くは石英と長石類からなっている。20170813 および 20170814 に採集した堆積物には、ほとんどの試料中に方解石が含まれ、201708013-02 の堆積物中は、90%以上が方解石によって占められている。MK17 シリーズの 7 試料は堆積物中の岩片で、岩石の構成鉱物を示している。石英は 10～65%、長石類も数%から 70%近くを占めこれらの変化は大きい。このシリーズの 7 試料には緑簾石が特徴的に含まれている。緑簾石は接触変成、スカルン、あるいは熱水により生成した鉱床にはしばしば見られるが、火成岩類の構成鉱物としては希である。

いずれにしても、今回の試料は石英、斜長石及びアルカリ長石を主体とする堆積物であることから、これら量比を三成分系図に採集日別にまとめて示した (Fig. 6)。全体的には、昨年度試料と同様、石英と斜長石はどの試料中にも含まれている。個々に見ると、同じ調査日でも鉱物組成比が大きく異なることを示しており、狭い範囲内でも堆積物の性質が異なることがわかる。20170813 と MN17 にはアルカリ長石がほとんど含まれないが、石英と斜長石の量比は、石英の値で 10 からほぼ 100%と幅が広い。それに対して、20170802 シリーズは斜長石が 5 から 8%と少なくほぼ一定の値を示し、石英とアルカリ長石の量比は、石英で 20 から 70%とこれも広い範囲の値を示している。Fig. 6 に示すように、河川堆積物の鉱物組成比が場所によって規則性がないことは、昨年と同様、實吉氏私信

のように、この地域は平面でほとんど傾斜がなく、河川が頻繁に流れを変え、蛇行して流れていたことが推測される。このような環境下では、新しい時代の堆積物と古い時代の堆積物が混在する可能性があることから、堆積年代等の検討には考慮する必要があるう。

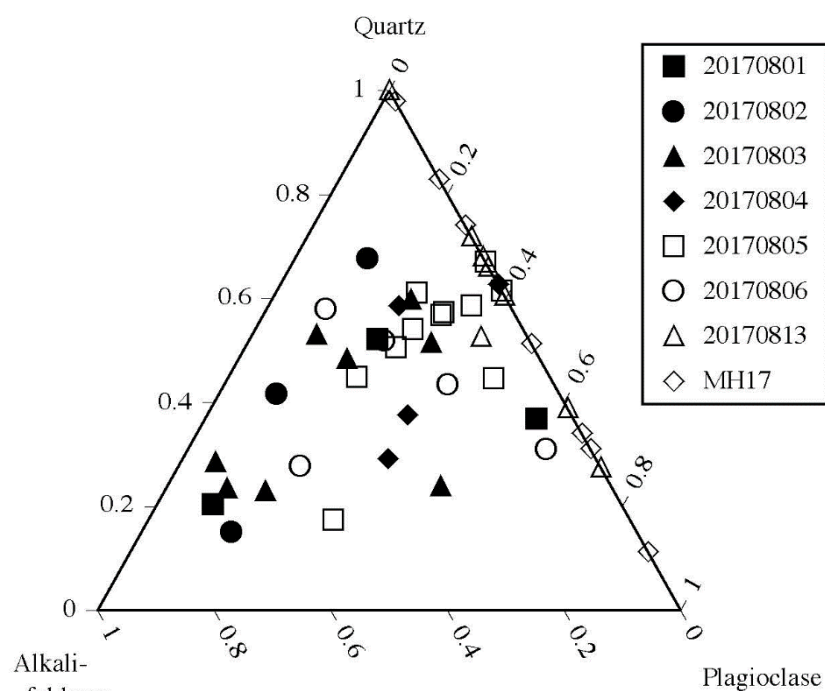


Fig. 6. Mineral composition of sediments collected in 2017 from Mongolia.

X線回折から得られたその他の鉱物として、赤鉄鉱、チタン鉄鉱、螢石、蛇紋石などが認められた。

4. まとめ

① 2016年度試料の堆積物の定量分析値を、Bayshin TsavのUnit 2の地質柱状図にプロットした結果、Stop 1の20160824ESR15とStop 2の20160824ESR18は石英/長石比がよく一致している。堆積環境の詳細な検討によっては、同じ層順である可能性がある。また、MAシリーズの鉱物組み合わせはよく一致しており、類似した堆積環境、および堆積物の供給源が比較的近いことも考えられる。

② 2016年度試料の大部分の長石はOr-Ab系長石で酸性岩起源の長石の特徴を示す。一方、Ab-An系斜長石では、An成分を40%程度含む中性岩起源の中性長石も認められており、全体的には堆積物の原岩は一樣ではないことを示している。

③ 2017年度試料の定量分析値は、採集地の検討が難しいことから、採集日別にデータをまとめた。全体的には、昨年度試料と同様、石英と斜長石はどの試料中にも含まれている。個々に見ると、同じ調査日でも鉱物組成比が大きく異なることを示しており、狭い範囲内でも堆積物の定量値が異なっている。昨年と同様、河川堆積物の鉱物組成比が場所によって規則性がないことは、實吉氏私信から、この地域は平面でほとんど傾斜がなく、河川が頻繁に流れを変え、蛇行して流れていたことが推測される。

以上のことから、長い時間の中で行われる堆積、続成作用、風化・浸食等を考慮すると、新しい時代の堆積物と古い時代の堆積物が混在している可能性があり、堆積年代等の検討にはこれらを考慮する必要があるだろう。

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

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 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代の測定を計画している (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 11 月 15-16 日の 2 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。

たび重なる質量分析用機器の不調によりまだ測定が完了していない。2018 年 9 月 11-13 日に追加で長石試料 10 粒子の 1MW、46 時間の中性子照射を行った。機器の整備ができ次第順次測定を行う予定である。

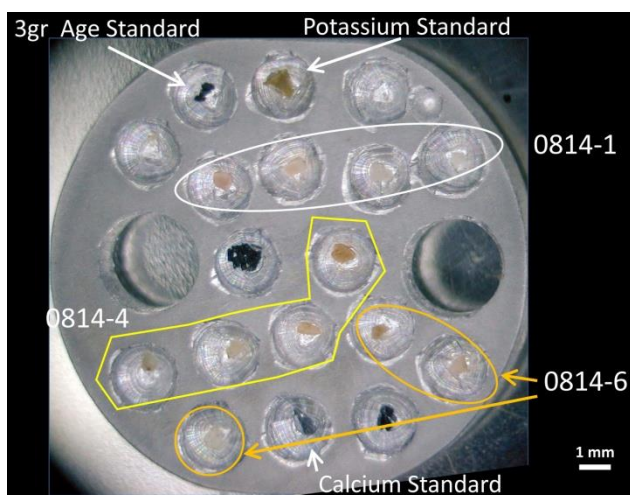


図 1 直径 2 ミリの穴に装填た長石試料 (ピンクと白色)

モンゴル国産出脊椎動物化石の組織学的解析

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残存する遺伝子やタンパク質の解析など様々な方法が試みられ、その成果が報告されています。しかしながら古い時代の化石に含まれるタンパク質の証明は、コラーゲンなど一部のタンパク質断片残存の可能性を示唆するのみであり、未だ不確定な要素が多いのが現状です。そこで本研究では、3500 万年前のモンゴル産哺乳類化石を対象に、組織学的な手法をもちいて有機成分残存の確認を行うとともに、化石中の組織が形態的にどの程度保存されているか超微細構造学的に観察を行った。また化石に残されたタンパク質の保存状態について解析を行い、モンゴル産化石を用いた分子生物学的方法の有効性および分子進化・分子系統学的解析の可能性について検討した。

【材料および方法】研究標本は、古第三系 Ergilin Dzo（層）から発掘された、3500 万年前の哺乳類化石を用いた。組織標本作製は化石標本を 10%EDTA 脱灰液に約 1 ヶ月間浸漬し脱灰を行った。次に定法にてパラフィンブロックを作成後、5 μ m に薄切し HE 染色を行った。走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察では化石試料に金蒸着を施し観察を行った。透過型電子顕微鏡 (TEM) による解析では化石標本をパラホルムアルデヒドとグルタル固定混合液にて固定、EDTA 脱灰脱灰後に定法にて標本作製し観察を行った。タンパク質

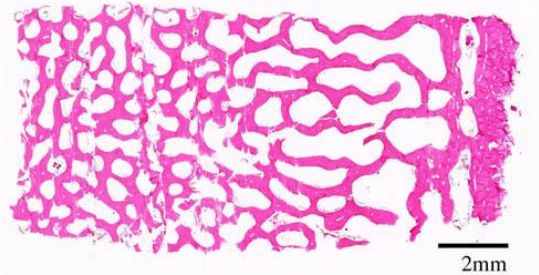


図1 脱灰後のルーペ像およびHE染色像

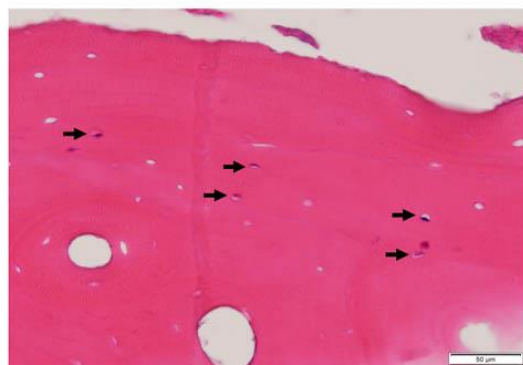


図2 化石標本骨組織のHE染色像

の検出は、化石標本をクライオプレスで粉碎後 loading buffer で溶解、SDS-PAGE を行った。

【結果と考察】EDTA 脱灰により化石標本は溶解することなく形を保持し、また弾性を有していた（図1）。HE 染色では、化石標本は現生生物の骨組織と同様の染色性を示し（図1）、ハバース管を中心とする層状骨単位等も明瞭に観察された（図2）。また骨基質中の骨小腔内の一部ではヘマトキシリンに好染する核様構造物を有する骨細胞の存在も認められた（図2）。核様構造物に対して DAPI 染色を行ったところ、極一部ではあるが DAPI に特異的な蛍光を認めたことから、核様構造物中に DNA 残存の可能性が考えられた。また化石標本の骨髓腔中には褐色に変化し変性傾向にある赤血球が観察されたが、一部で現生生物と同様のエオジン好性の染色性を示す赤血球も認められた。SEM による観察では凝血塊表面に多数の赤血球が観察された。TEM による観察では赤血球細胞内に電子密度の高い領域を認め、現生の赤血球と同様の形態を示した。SDS-PAGE による化石標本の解析を行ったところスメアー状のバンド中に複数の明瞭なバンドが認められ、タンパク質が分解されず保存されている可能性が考えられた。

以上ことから今回実験に用いた HE 染色法は、化石標本の組織学的解析にも適用可能であり、化石の保存状態を確かめるスクリーニング法として有効であると考えられた。また SDS-PAGE によりタンパク質の残存が確認されたことからモンゴル産哺乳類化石をもちいた分子生物学的解析により、絶滅した生物種からの分子進化、分子系統樹の解析など、新しい研究の発展に繋がる可能性が示唆された。

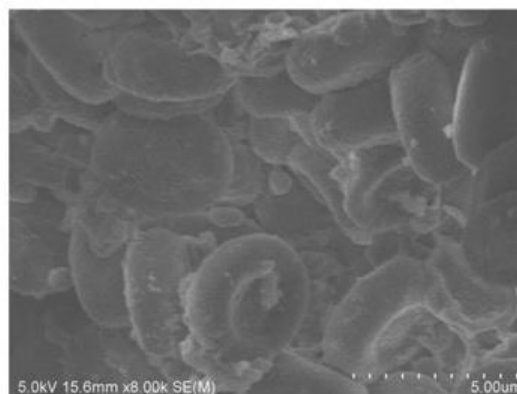


図3 化石中に確認された赤血球のSEM像

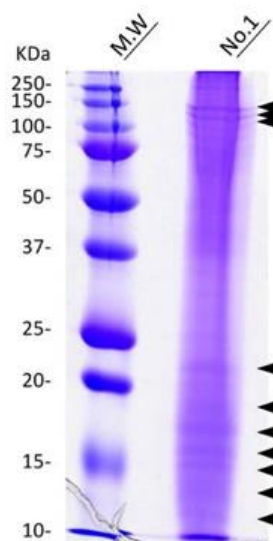


図4 化石標本のSDS-PAGE結果

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（２）

豊田 新・網本真奈・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。昨年度は、信号の特徴の水平的な分布について調べた結果について報告した。今年度は、2017 年夏の調査の際に Bayshin Tsav 周辺で採取した堆積物試料について、層序の上下方向の分布について以下に報告する。

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, $[\text{AlO}_4]^\bullet$, Ti 中心, $[\text{TiO}_4/\text{M}^\bullet]^\bullet$, Ge 中心, $[\text{GeO}_4/\text{M}^\bullet]^\bullet$ (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強度を求めた。

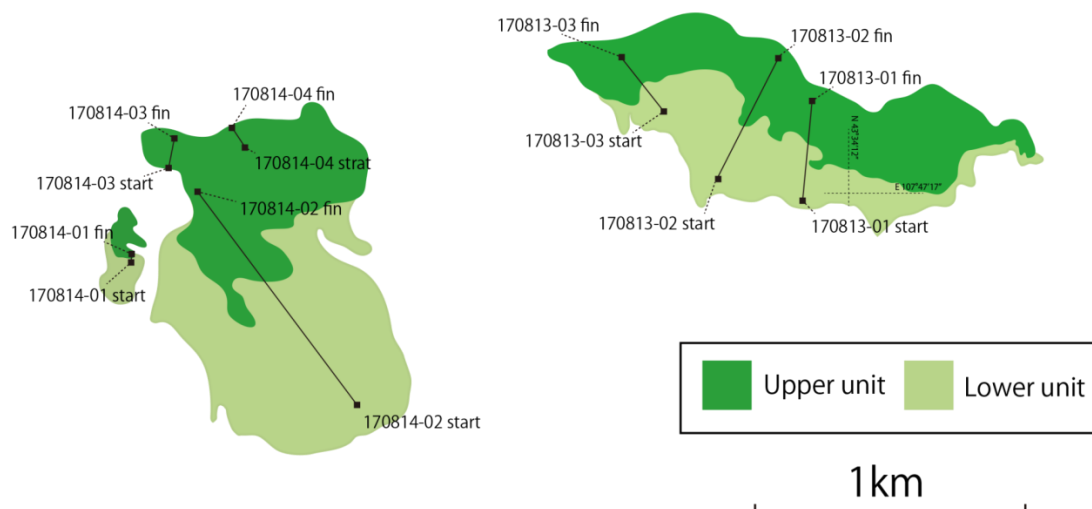


図１ 試料採取地点（Bayshin Tsav）

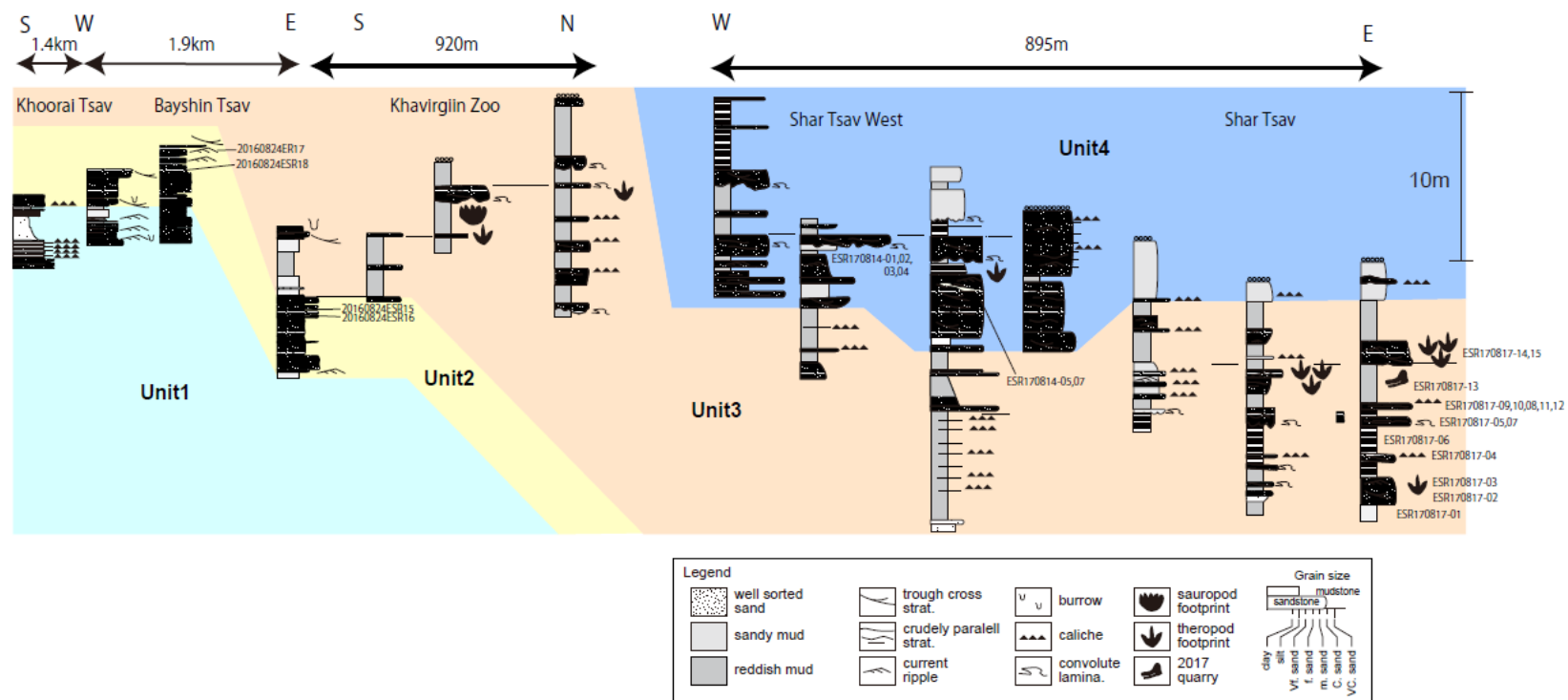


図2 Bayshin Tsav 堆積層序の柱状図

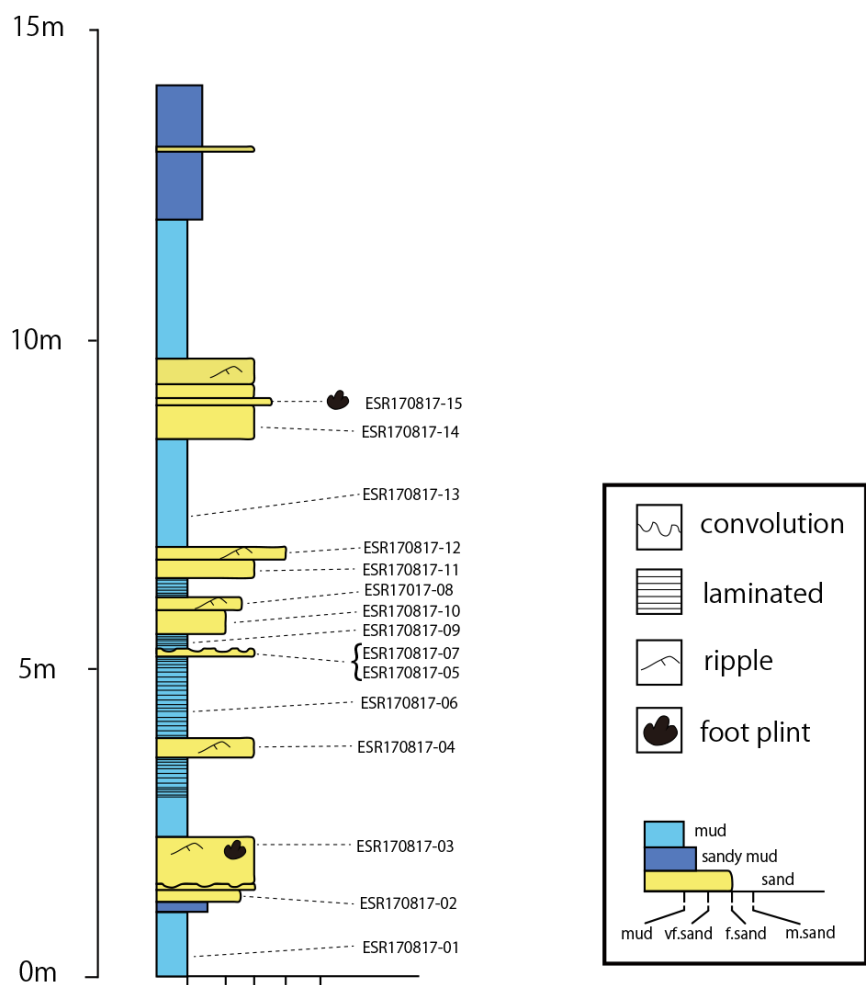


図3 今回の分析に使用した堆積物の層序の詳細柱状図

表1 分析に使用した試料の一覧

採取地	採取日	試料名
Bayshin Tsav	2017/8/14	ESR170814-05
		ESR170814-07
	2017/8/17	ESR170817-02
		ESR170817-03
		ESR170817-04
		ESR170817-05
		ESR170817-07
		ESR170817-08
		ESR170817-10
		ESR170817-14

3. 試料及び ESR 測定

モンゴル南東ゴビ砂漠の Bayshin Tsav 周辺において、一連の砂層堆積物を 2017 年の調査で採取した。採取地点を図 1 に、層序を図 2、分析を行った一連の層序の部分の詳細を図 3 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。図 2 からわかるように、Baishin Tsav のこの層序においては全体の傾向として大きく河川成堆積物から湖成堆積物へと変化している。しかし、今回分析を行った層序の部分では、河川成から湖成へ、そして河川成へと変化している（図 3）。今回基準とした基底からの高さで、3 – 6 m の部分が湖成に相当する。

分析手順を図 3 に示す。試料は乾燥後、ふるい分けをして、100-250 μm (F), 250-500 μm (M), 及び 500-1000 μm (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。酸素空孔測定用の試料は約 2.5kGy のガンマ線照射及び 300°C15 分の加熱後に ESR 測定により、 E_1' 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 μm 以下にしてから、400°C 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。これらの過程を図 4 に示す。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。 E_1' 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 として測定した。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。

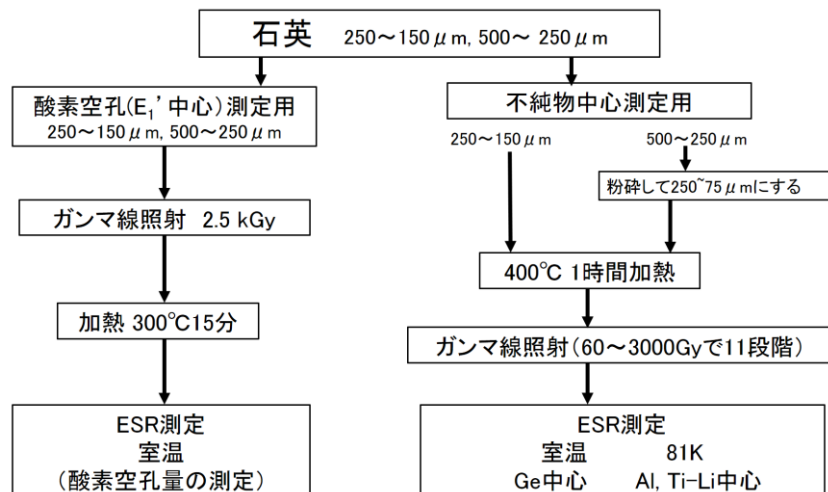


図 4 試料の測定手順

4. 結果と議論

酸素空孔量については、図5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。また、5 m 付近の層位で、どのフラクシオンについても信号強度が大きくなるという傾向になった。

これは、この付近で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たことを示唆する。堆積場が湖底から陸上に変化する際に、別の供給源から堆積物が供給されたことが考える。これが、湖底から陸上への環境の変化の原因であった可能性があるかもしれない。一方、細粒の石英で信号強度が大きいことは、堆積後、 β 線の線量率が大きいことを反映している可能性がある。どの程度線量が高いかについては、試料の放射性核種の濃度を求めて検討する必要がある。

Ge 中心測定の結果については図6に示すように、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、大きいスケールでゴビ砂漠南部、2018年に調査を行った西部の堆積物との特徴の比較などを行っていく必要がある。さらに、シベリアや北中国といった起源地と考えられる試料を分析することによって、混合割合を推定するといったこともできるかもしれない。

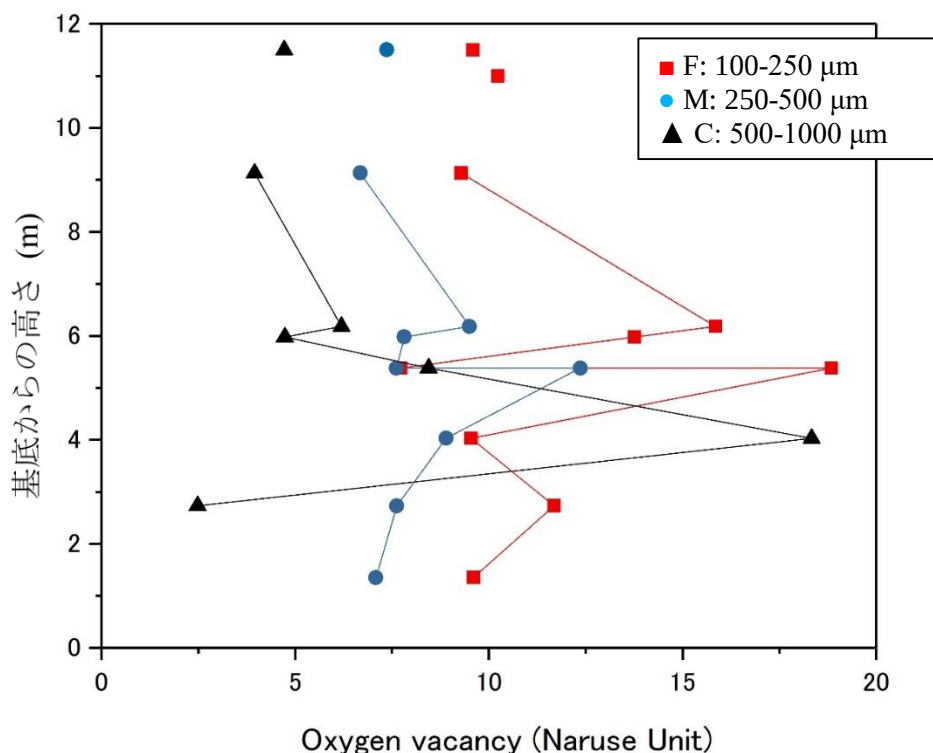


図5 堆積層の各高さにおける堆積物中石英の酸素空孔量

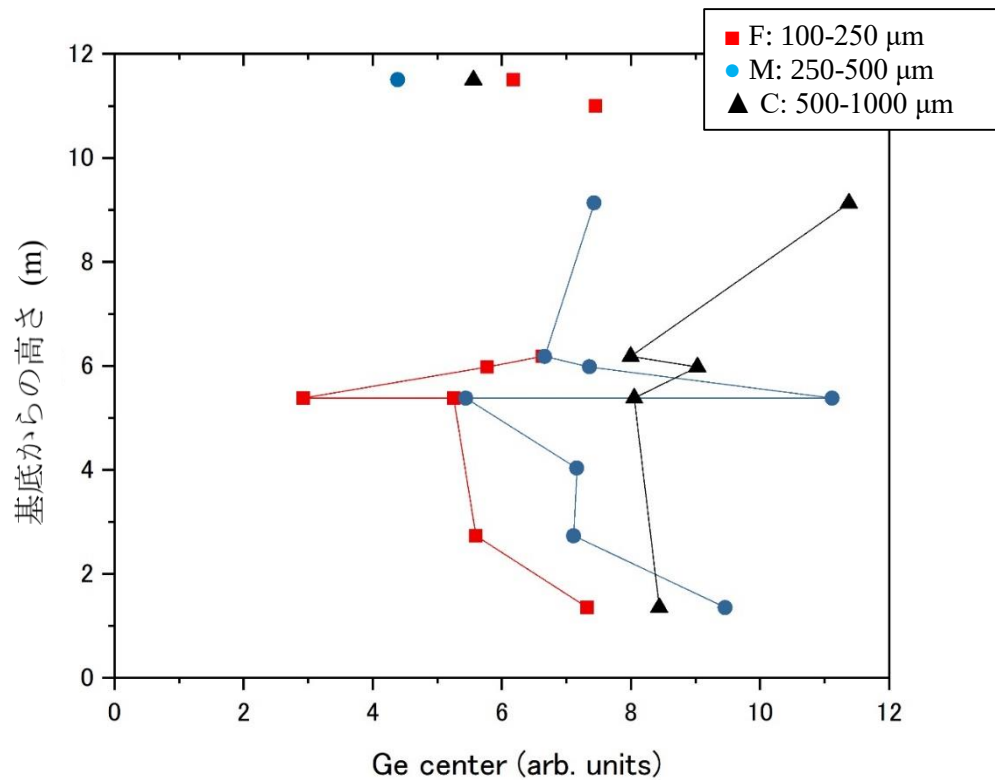


図6 堆積層の各高さにおける堆積物中石英の Ge 中心信号強度

引用文献

- Toyoda, S. and Hattori, W. (2000) Formation and decay of the E_1' 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

東ゴビのホンギルツァフサイトより新たに発見されたアドクス科 カメ類化石の分類学的位置づけとその意義について

高橋 亮雄

1. はじめに

モンゴル国ゴビ砂漠の白亜紀後期の恐竜化石サイトからは、カメ類（爬虫綱）の化石が豊富に産出する（Sukhanov, 2000）。こうした化石は、竜類、翼竜類、トカゲ類などの化石と合わせ、ネメグト層分布域など保存の要化石が多産する地域間の層序対比において有用な情報をもたらしてきた。しかしながらその一方、保存状態の良い化石に恵まれない地域では、他地域との生層序学的な比較を行うことが困難であるため、資料の充実が強く望まれている。こうした背景のもと、2016年より恐竜も含め化石標本の充実と層序の確立が強く求められている東ゴビにおいて、爬虫類化石の充実を目的とした発掘調査を実施してきた。その結果、2016年8月にホンギルツァフ（Khongil Tsav）サイト（以下、ホンギルツァフ）に露出する地層の下部（バインシレ層 [Jerzykiewicz and Russell, 1991; Watabe et al., 2010]）より、非常に断片化して埋没していたものの、つなぎ合わせるとアドクス科（Adocidae）カメ類の腹甲のおよそ 1/4 程度の部位が保存された化石が得られた（図 1 -A）。この化石（以下、ホンギルツァフ標本）の分類学的帰属について検討を進めたところ、当該標本はこれまでに知られていないアドクス属 *Adocus* の一種である可能性が示唆された。

2. ホンギルツァフ標本の分類学的帰属

検討した化石（図 1 -A）は左下腹甲骨と左剣腹甲骨からなる腹甲後部を構成する要素で、部分的に欠損がみられるものの、全体的に保存は良く、各甲板要素の表面彫刻や甲羅を覆っていた鱗板の間の溝（鱗溝）が明瞭に確認できた。腹甲の腹面にはアドクス型彫刻（adocid-type sculpturing）や、狭く浅い鱗溝、腹甲背面縁部における鱗板被覆の欠如（Danilov and Syromyatnikova, 2008 ; Syromyatnikova et al., 2013）が認められることから、当該標本はアドクス科に帰属する。アドクス科は白亜紀から古第三紀のアジアと北米から知られる淡水生カメ類の一群で、東アジアの上部白亜系からは *Adocus* 属と *Shachemys* 属の 2 属が知られている（Danilov et al., 2011）。これらのうち、*Shachemys* 属に認められるアドクス型彫刻は細かいドットで特徴づけられる一方、*Adocus* 属より知られるそれは比較的細かく規則的なピットと溝で特徴づけられることが知られている（Danilov et al., 2011）。ホンギルツァフ標本は、腹面に *Adocus* 属と共通するピットと溝を持つことから、この属に帰属すると考えられる。

モンゴルの上部白亜系からは、アムトガイ（Amtgai）とバイシンツァフ（Bayshin Tsav）に分布するバインシレ層上部（Turonian 後期～Santonian）より知られている *A. amtgai* と、シンウスフドゥック（Shin Us Khuduk）に分布するバインシレ層下部（Cenomanian-Early Turonian）より知られる *A. planus* の 2 種が報告されている（Syromyatnikova et al., 2012 ; Syromyatnikova et al., 2013）。こ

これらのうち、*A. planus* は、腹甲後部中央に伸びる大腿鱗板（femoral scute）および肛鱗板（anal scute）の内側の鱗溝（sulcus）を欠くか、ないしは左右下腹甲骨-左右剣腹甲骨間の縫合線と一致する点で（図 1 - B）、ホンギルツァフ標本とは異なる。また、*A. amtgai* は、この鱗溝が S 型に大きく波打つように伸びている点で（図 1 - C）、やはりホンギルツァフ標本とは異なる。ホンギルツァフ標本の腹甲中央の鱗溝は、ストロークが非常に短いジグザグ様の形状をしている点で、独特といえる。これらのことから、ホンギルツァフ標本は *Adocus* 属の未記載種と考えられる。

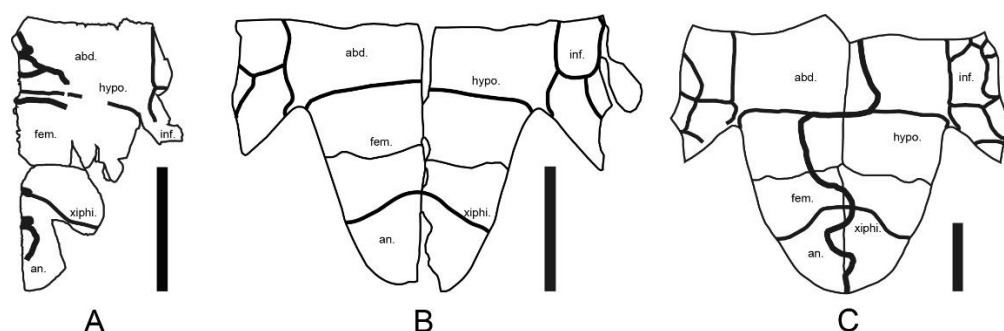


図 1. ホンギルツァフ産のアドクス属の一種の化石 (A) と *Adocus planus* (B) および *A. amtgai* (C) の腹甲の比較. B は Syromyatnikova et al. (2012:Fig 1-D)、C は Syromyatnikova et al. (2013:Fig 5-B)をもとに作図した. スケールバーは 5 cm. abd.: abdominal scute 腹鱗板, fem.: femoral scute 股鱗板, an.: anal scute 肛鱗板, inf.: inframarginal scute 下縁鱗板, hypo.: hypoplastron 下腹甲骨, xiphi.: xiphioplastron 剣腹甲骨.

3. ホンギルツァフの年代に関する示唆

本研究の結果、ホンギルツァフ標本は、モンゴルより知られる既知のアドクス科アドクス属 2 種とは異なることが強く示唆された。ホンギルツァフはシンウスフドゥックより西へ数十キロメートル程度の場所に位置しており、これら 2 地点の間に、かつての地理的障壁を示唆する地質構造はこれまで知られていない。このため、近接するこれら 2 地点で同属の淡水生カメ類が 2 種分布していたとはやや考えにくい。Sukhanov and Narmandakh (2003)は、ホンギルツァフからリンドホルムエミス科 Lindholmemydidae の *Hongilemys kurzanovi* が報告し、このなかでこのサイトに露出する地層はバインシレ層より上位のバルンゴヨット層に帰属するとしている。この見方の根拠となる資料は残念ながら見つけることはできなかったが、これが正しければ、ホンギルツァフから発見されたアドクス属の未記載種 *Adocus* sp.は、ゴビの後期白亜紀の間で最後に現れたアドクス類なのかもしれない。

引用文献

- Danilov I.G. and Syromyatnikova E.V. 2008. New materials on turtles of the family Nanhsiungchelyidae from the Cretaceous of Uzbekistan and Mongolia. *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences* 312: 3–25.
- Danilov I.G., Sukhanov V.B., and Syromyatnikova E.V. 2011. New Asiatic materials of turtles of the family Adocidae with a review of the adocid record in Asia. *Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences* 315: 101–132.
- Jerzykiewicz T. and Russell D.A. 1991. Late Mesozoic stratigraphy and vertebrates of the Gobi basin. *Cretaceous Research* 12: 345–377.
- Sukhanov V.B. 2000. Mesozoic turtles of Middle and Central Asia. In: M.J.Benton, M.A. Shishkin, D.M. Unwin, and E.N. Kurochkin (eds), pp. 309–367. *The Age of Dinosaur in Russia and Mongolia*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sukhanov V.B. and Narmandakh P. 2003. New taxa of Mesozoic turtles from Mongolia. *Fossil Turtle Research* 1: 119–127.
- Syromyatnikova E.V., Danilov I.G., and Sukhanov V.B. 2012. A redescription and phylogenetic position of *Adocus planus*, an adocid turtle from the Late Cretaceous of Mongolia. *Proceedings of the Zoological Institute RAS* 316: 380–391.
- Syromyatnikova E.V., Danilov I.G., and Sukhanov V.B. 2013. The skeletal morphology and phylogenetic position of *Adocus amtgai*, an adocid turtle from the Late Cretaceous of Mongolia. *Cretaceous Research* 45: 155–173.
- 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.

南モンゴルのペルム紀後期—三疊紀前期の沈み込み背弧型火山活動

今山 武志

1. 研究背景

Central Asian Orogenic Belt (CAOB)は、世界で最も大きな付加型造山帯の一つであり、原生代から三疊紀までの長い歴史を持つ（例、Kröner et al., 2014）。CAOB は、シベリア地塊の南縁に徐々に発達していき、北中国地塊が衝突して、最終的に古アジア海が閉じたと考えられている。しかし、古アジア海の最終閉鎖のタイミングが、ペルム紀後期—三疊紀前期なのか古生代初期なのかは議論がある（例、Xu et al., 2013）。これらの議論は、中国北東部の研究結果に主に基づいているが、南モンゴルからの研究例はほとんどない。私たちは、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の際に、CAOB に関連した火山性堆積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、これらの新たに見つかった火山岩体の全岩化学組成や K-Ar 年代測定に加えて、火山性堆積物に含まれる陸源性砂岩のジルコン年代を実施して、南モンゴルにおける古アジア海の最終閉鎖のタイミングについて議論することである。

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、 SiO_2 とアルカリ量 ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) 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、主に安山岩、デイサイトに卓越する。また、 SiO_2 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。 SiO_2 に富む粗面安山岩、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。

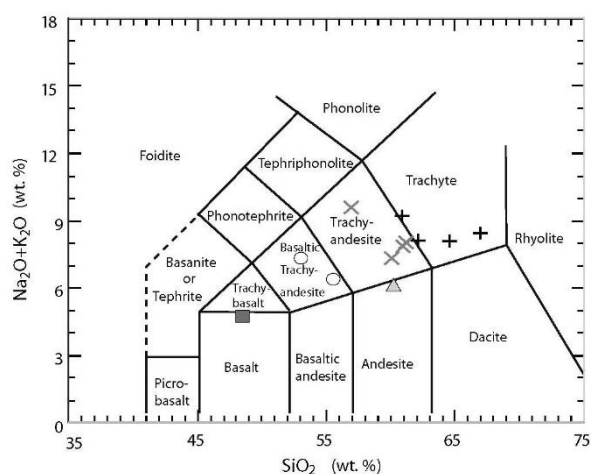


図 1 火山岩類の分別図

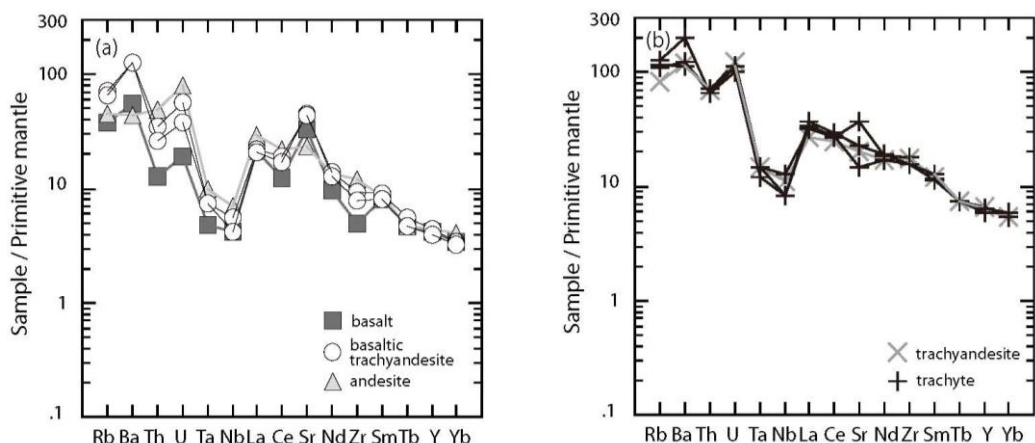


図2 火山岩類の微量元素のスパイダー図

(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. K-Ar 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、K-Ar 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 K-Ar 質量分析を実施した。

火山岩 6 試料の K-Ar 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. K-Ar 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. U-Pb ジルコン年代

火山性堆積物に含まれる陸源性砂岩からジルコンを分離して、U-Pb 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 U-Pb 年代のコンコーディア図とカソードルミネッセンス像である。これらの碎屑性ジルコンは、高い Th/U 比 (0.3-1.1) を示す。年代値の多くは、410-390 Ma のデボン紀初期の値を示し、最小の年代値は約 220-205 Ma の三畳紀後期を示した。

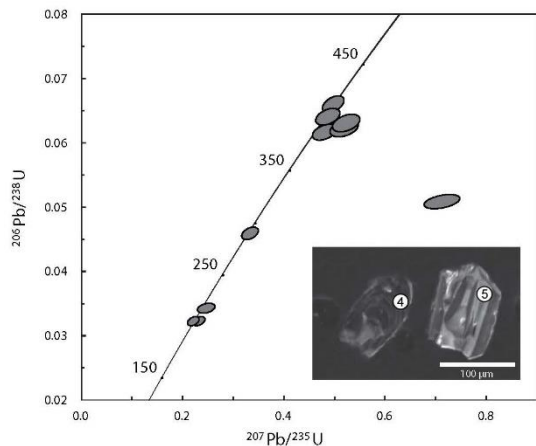


図3 砂岩中の碎屑性ジルコンの U-Pb コンコーディア図とカソードルミネッセンス像

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。K-Ar 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、火山堆積物の供給源は主にデボン紀初期の地層である。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、デボン紀の貫入岩や鉱床が多く報告されており（例、Tomurtogoo et al., 1999）、これらが火山堆積物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、これらの火山堆積物は三畳紀後期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のタイミングはペルム紀後期—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.

レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析 (LA-ICP-MS) の岩石・化石試料への適用 : U-Pb 年代分析、微量元素分析、および元素マッピング分析

青木一勝・青木翔吾

1. 恐竜化石のアパタイト U-Pb 年代と微量元素分析

本ブランディング事業の目的の 1 つに「化石化年代の制約」がある。そこで恐竜化石のメイン鉱物であるアパタイトの LA-ICP-MS U-Pb 年代測定を①年代既知のアパタイト標準試料 (OD306: 1596.7 ± 7.1 Ma, Thompson et al., 2016) と②白亜紀後期化石 (ハドロサウルス尾椎骨、アレクトロサウルス歯化石) に対して行った。分析条件の詳細については、別論文で発表予定である。①の結果は 1620 ± 20 Ma (MSWD: 0.67) を示し、推奨値 1596.7 ± 7.1 Ma と誤差範囲で一致することが確認された (図 1)。①の結果を踏まえた分析条件上で、②の分析を行った。ハドロサウルスの尾椎骨については、元素マッピング分析から U-Th-Na 元素などのゾーニング組織が観察され 3 つのドメイン (core, middle, rim) に分けられることが分かった (図 2)。そこで、それぞれのドメインごとに年代分析を行ったところ、core 部は、 49.0 ± 18.0 Ma, middle 部は、 44.0 ± 17.0 Ma, rim 部は、 29.0 ± 17.0 Ma の年代値が得られた。アレクトロサウルスの歯化石については、象牙質部とエナメル質部で U-Th-Na-Mn などの元素にゾーニング組織が観察された。エナメル質部には U の濃集が確認されなかったため、象牙質のみ年代測定を行った結果、 44.4 ± 3.4 Ma の年代値が得られた。これらの結果は、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) にくらべ約 4000-3000 万年ほど若い。この年代の不一致や各元素のゾーニング組織への解釈は今後の課題ではあるが、前者は、モンゴル産脊椎動物の化石化過程におけるアパタイト U-Pb 系が閉鎖系になるのに、約 4000-3000 万年程度を要することを示唆するのかもしれない。

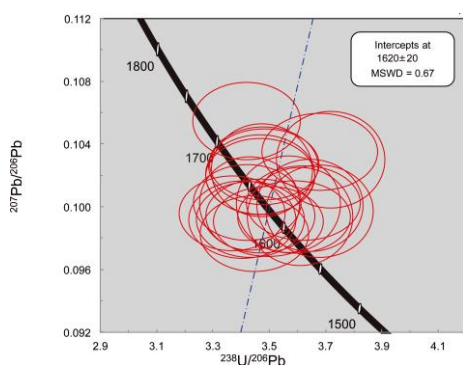


図 1 OD306 の U-Pb 年代分析

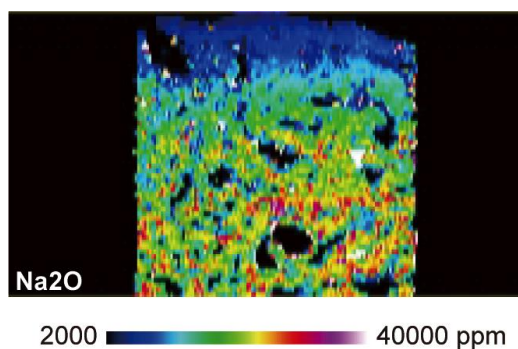


図 2 ハドロサウルス化石の
元素マッピング分析の 1 例

2. 標準試料のカルサイト U-Pb 年代

モンゴル東ゴビに産する恐竜化石を含む堆積岩層の絶対年代は、火山灰層の

ような「鍵層」が存在しないため、直接堆積岩層から求められていない。恐竜化石を含む層準には「カリーチ」が存在することが分かっている。カリーチは既存の堆積岩層に浸透した地下水といった流体から炭酸塩鉱物が沈殿することで形成される。このカリーチの形成年代が分かれば、恐竜化石を含む地層の堆積年代を制約することが可能である。近年、炭酸塩鉱物の LA-ICP-MS U-Pb 年代測定法が確立されている (e.g. Robert et al., 2017)。そこで本研究では、モンゴル東ゴビ産の初生的なカリーチの LA-ICP-MS U-Pb 年代測定を行うため、その前段階として年代既知のカルサイト標準試料 (WC-1: ca. 254 Ma, Robert et al., 2017) の LA-ICP-MS U-Pb 年代分析を行い、本学装置で炭酸塩 U-Pb 年代測定が可能かどうか検証した。具体的な分析条件については Aoki and Aoki (2019) を参照されたい。分析結果は、 248.9 ± 9.7 Ma ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$: 0.74 ± 0.25 , MSWD: 1.4, 図 3) で 推奨値 254.4 ± 6.4 Ma と誤差範囲で一致した。従って、本学 LA-ICP-MS で炭酸塩 U-Pb 年代分析は実施可能なことが確認された。今後、実際のカリーチ試料にこの手法を適用していく。

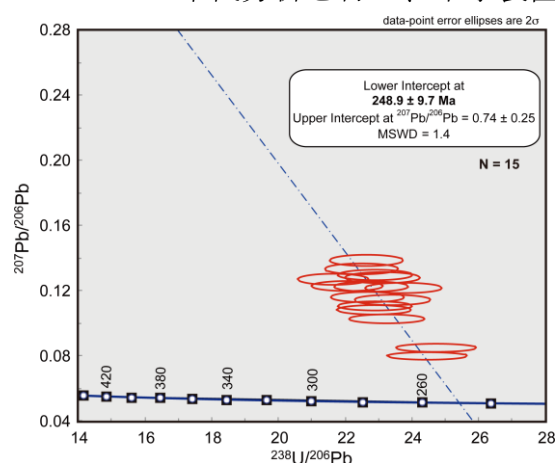


図 3 WC-1 の U-Pb 年代分析結果

3. モンゴル・白亜紀系砂岩のジルコン U-Pb 年代頻度分布と微量元素分析
モンゴル東ゴビに産する白亜系には、脊椎動物化石が多く含まれる。しかし、詳細な層序学的研究がなされていないため、当時の生息環境変化に関してはよく分かっていない。砂岩中に含まれるジルコンの U-Pb 年代頻度分布解析は当時の後背地変化を反映することが知られている (e.g. Dickinson et al., 2007; Aoki et al., 2012)。また、ジルコンの U-Th-Nb-Hf 元素濃度の相関は、起源物質の形成場推定に役立つ (e.g. Yang et al., 2012)。そこで、本研究では、モンゴル東ゴビ白亜系のうち後期白亜紀バインシレ層に注目し、層準の異なる河川堆積物起源の砂岩 26 試料についてジルコン U-Pb 年代頻度分布解析と U-Th-Nb-Hf 元素分析を行った。具体的な分析条件については青木・青木 (2019) を参照されたい。その結果、最も若い U-Pb 年代値については試料間で大きな違いはなく、120–130Ma であった。これらの年代値は、モンゴル周辺において 120Ma 以降にジルコン形成を伴うような酸性火成活動がなかったことと調和的である (Yarmolyuk et al., 2015)。一方、年代頻度分布についても本試料中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。また、U-Th-Nb-Hf 元素分析結果は、ほとんどのジルコンが「島弧起源」であることを示した。これらの特徴とモンゴル周辺の地質を参照すると、バインシレ層堆積時、碎屑物質の供給源となる後背地に大きな変化がなく、またその供給源の一部は、シベリアクラトンまで及んでいたと考えられる。研究の

より具体的な内容については、實吉 玄貴氏と寺田 智也氏の報告を参照されたい。

4. 現世動物（鶏）の骨髓骨の元素分布分析

恐竜のメスの骨髓化石には、現世の鳥類のメスと同様に骨髓骨が発達しているものがある。この骨髓骨の有無の識別は、現在、形態観察による識別が主たる方法である。しかし、形態観察による識別は人為的不確定性が高い。そこで、本研究では骨髓骨の判定に化学的な識別法を導入するとともに、恐竜における骨髓骨形成はどのようなプロセスであったのかを解明する一環として、まず現世の鳥類（鶏）のメスの骨に着目し、その骨髓骨および周辺部の元素マッピング分析を行った。なお、試料の詳細については、林 昭次氏と小平 将大氏の報告などを参照されたい。LA-ICP-MS 分析結果は、骨髓骨は表皮骨に比べ、Li, Na, Mg, Si, K, Mn, Ca, Fe, Ni, Cu, Sr などの元素が高濃度傾向にあることを示した（図4）。一般に、現世生物における骨髓骨は卵殻形成に使用するCaの貯蔵庫としてその役割を担うことが知られている。本分析結果が示す皮質骨に対する骨髓骨の高Ca濃度の特徴は、卵殻形成に伴う血液中のCa濃度の上昇を反映しているのかもしれない。また、Fe濃度の上昇は、胚盤への酸素の輸送効率を上げるための一時的な骨髓（血液）のヘモグロビン増加を示しているのかもしれない。

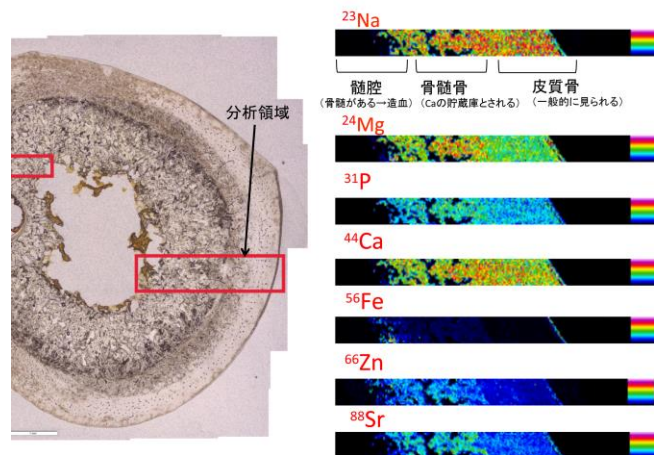


図4 鶏の脛骨の U-Pb 元素マッピング分析の1例

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
小林祥一	理学部基礎理学科・教授
兵藤博信	自然科学研究所・教授
高橋亮雄	理学部動物学科・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・講師
青木一勝	理学部基礎理学科・講師
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
------	----------

尚、上記人員以外にもその他職員（教育職員・事務職員など）の人員の配置を現在検討中である。

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う。

・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 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 $8\text{m} \times 6\text{m} = \text{約 } 50\text{ m}^2$ ）

（旧書架を改装した展示コーナー 約 $5\text{m} \times 7\text{m} = \text{約 } 35\text{ m}^2$ ）

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 $3\text{m} \times 3\text{m} = 9\text{m}^2$ ）

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 $7\text{m} \times 6\text{m} = 42\text{m}^2$ ）

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）。

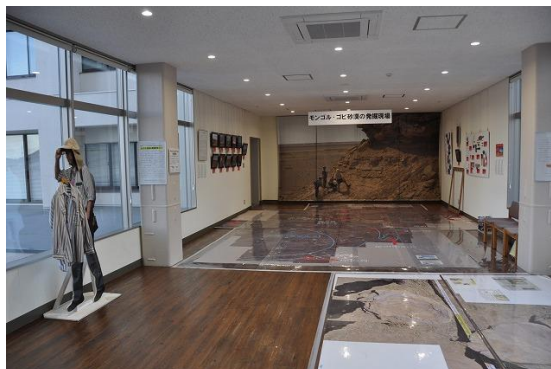


図 6. サテライト展示③. 図書館の渡り廊下を利用している。

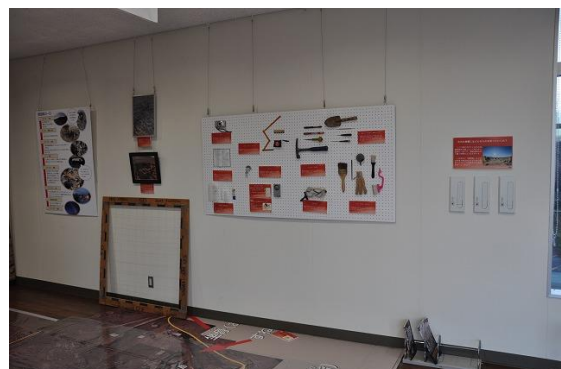


図 7. サテライト展示③. 発掘道具と発掘現場での生活の様子を展示した。

4.5 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。

4.6 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。

4.7 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日には来館者数総計1万人を記録した。

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）。

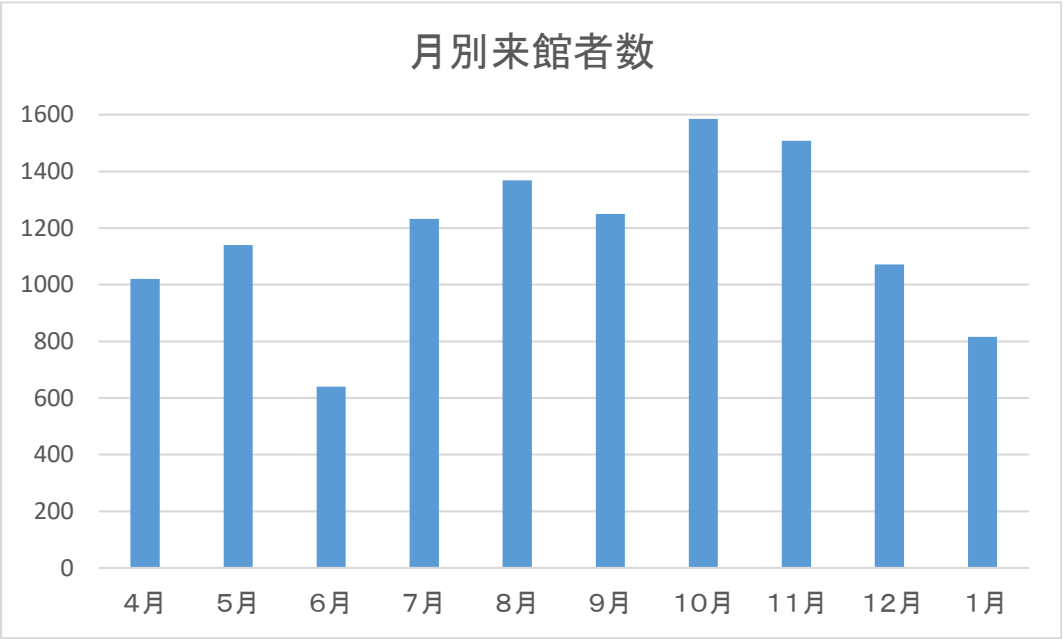


図 8. 恐竜学博物館 2018 年度月別入館者数。2019 年 1 月 5 日には来館者 1 万人を突破した。

表 1. 恐竜学博物館 2018 年度の主な取り組み。

講 座 名	開講日
自由研究応援スタンプラリー2018	7月20日～9月30日
恐竜と鳥のつながり展 【出張展示・岡山県自然保護センター】	7月20日～9月30日
サマー・スタディ	8月25日(土)、8月26日(日)
夏休み終わりの恐竜講座 & 展示解説ツアー	9月1日(土)
プレ・クリスマス・スタディ	12月23日(日)
新春お年玉レクチャー	1月5日(土)
古生物展 【出張展示・岡山県自然保護センター】	3月1日～5月6日
恐竜学博物館一般公開シンポジウム	3月2日(土)



図 9.「自由研究応援スタンプラリー」の配布用チラシ。

4.8 恐竜学博物館の整備状況ならびに 2019 年度の目標

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することができた。
- ・サテライト展示スペースが充実し、総計で 260 m²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。
- ・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

2. 2019 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。

私立大学研究ブランディング事業の趣旨は「学長のリーダーシップのもと、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私立大学の機能強化を促進する」となっている。

本事業の研究面では、モンゴルをフィールドとした恐竜学と年代測定などの研究を進めアカデミックな面で特色ある研究の機軸を作ることができた。しかし、それだけではブランディング事業としての成果を達成できない。課題はそれを全学的な独自色として大きく打ち出すことである。

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 ホームページによる情報発信

本事業の趣旨や活動状況等を広く学内外に広報する目的で、本事業のホームページを平成 29 年 1 月 25 日より、以下のアドレスで公開している。

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

このページのトップには、本事業に関連したニュース欄を設けて事業の活動状況等を発信できるようにしているが、平成 30 年度は、恐竜学博物館の情報などを中心に 11 件のニュースを掲載した。また、“メンバー” ページに今年度から生物地球学科の助教として着任した千葉 謙太郎氏を追加したほか、“情報 BOX” ページのデザインを見直し、情報カテゴリーを再構築して資料を探しやすくする工夫を行った。

さらに、新たに作成した恐竜学博物館のページを平成 30 年 10 月 5 日より以下のアドレスで公開している。

<http://dinosaur.ous.ac.jp/museum.html>

このページには、本事業のホームページのトップページにリングが付けられている。恐竜学博物館ページは、“恐竜学博物館の概要”、“展示室”、“アーカイブス”、“見学のご案内”の各コンテンツから構成される。ページのトップには博物館からの“お知らせ”欄を設けており、博物館イベントの案内や開館情報などを随時アップできるようにした。“アーカイブス”ページは博物館の展示物等について紹介するもので、現在、掲載するコンテンツを準備中である。



リニューアルされた“情報 BOX” ページ



新設された恐竜学博物館のホームページ

5.2 一般向け講演の実施

- 2018 年 3 月 17 日 動物園から探る恐竜のナゾ. 天王寺動物園
- 2018 年 3 月 24 日 ミクロから探るゴビ砂漠の恐竜の生態.
私立大学研究ブランディング事業公開シンポジウム
「恐竜 ゴビ砂漠の感動を岡山へ」岡山理科大学
- 2018 年 3 月 31 日 最新恐竜学. 自然保護センター
- 2018 年 4 月 11 日 恐竜学(1) 吉備創成カレッジ.
- 2018 年 4 月 15 日 化石レプリカ作成体験. なぎビカリアミュージアム.
- 2018 年 4 月 18 日 恐竜学(2) 吉備創成カレッジ.
- 2018 年 4 月 25 日 恐竜学(3) 吉備創成カレッジ.
- 2018 年 5 月 6 日 恐竜学、最前線！ NHK文化センター梅田教室.
- 2018 年 5 月 29 日 倉敷鷺羽高校 ギャラリートーク
- 2018 年 7 月 5 日 倉敷市 昭和二桁医会 講演会
- 2018 年 7 月 12 日 岡山理科大学が行っている恐竜研究. 進学フェスタ.
インテックス大阪
- 2018 年 7 月 25 日 岡山市国際交流事業 ギャラリートーク
- 2018 年 8 月 3 日 鴨方高校 講演会
- 2018 年 8 月 6 日 自然保護センター 講演会
- 2018 年 9 月 1 日 恐竜学博物館 ギャラリートーク
- 2018 年 10 月 14 日 恐竜の派手な見た目は何のため？
～鳥の雌雄差から考える角竜の進化～.
藤原ナチュラルヒストリー振興財団 公開シンポジウム「恐
竜と鳥のはざま」. 北海道大学.
- 2018 年 10 月 27 日 第 16 回おかやま県民文化祭 恐竜に会いに行こう
岡山理科大学 恐竜学博物館 10-15 時
- 2018 年 12 月 8 日 竜脚類の足跡化石から探る歩様と巨大化
県政 150 周年記念国際シンポジウム「巨大恐竜、竜脚類の謎に迫る！」
兵庫県立人と自然の博物館ホロンピアホール, 兵庫.
- 2018 年 12 月 2 日 モンゴルでの恐竜発掘・調査について.
丹波竜フェスタ 2018 「日本の若き古生物学者」. やまなみホール.
- 2018 年 12 月 15 日 最新 恐竜学. 鳥取地学会. とりぎん文化会館
- 2019 年 1 月 5 日 新春お年玉レクチャー 10:30-12:00
13:30-15:00
- 2019 年 1 月 13 日 ここまでわかった～恐竜学最前線～
NHK文化センター広島教室
- 2019 年 1 月 13 日 ここまでわかった～恐竜学最前線～
NHK文化センター福山教室

5.3 展示会の開催

2018 年 3 月 1 日－5 月 6 日	「大恐竜展」 岡山県自然保護センター 実施場所：岡山県和気郡和気町田賀 730
2018 年 3 月 17 日－5 月 6 日	「なぎビカリア春のイベント 2018」 なぎビカリアミュージアム 実施場所：勝田郡奈義町柿 1875
2018 年 3 月 17 日～4 月 8 日	「いきものなにもの？つなげよう！みんなのいのち」 天王寺動物園
2018 年 3 月 17 日－5 月 6 日	「岡山発！モンゴル恐竜研究展」 奈義ビカリアミュージアム
2018 年 7 月 20 日－9 月 30 日	「恐竜と鳥のつながり展」 岡山県自然保護センター 実施場所：岡山県和気郡和気町田賀 730
2018 年 8 月 3 日－9 月 2 日	「メガ恐竜展 2018」 西日本総合展示場
2018 年 10 月 6,7 日	まちなか大学祭 実施場所：岡山駅前商店街 10-16 時
2019 年 3 月 1 日－5 月 6 日	「古生物展」～大昔に絶滅しちゃいました…～ 岡山自然保護センター 実施場所：岡山県和気郡和気町田賀 730
2019 年 3 月 17 日－5 月 6 日	「なぎビカリア春のイベント 2019」 なぎビカリアミュージアム 実施場所：勝田郡奈義町柿 1875

6. 研究業績

6.1 著書

- 実吉玄貴 (印刷中) 第 I 部自然科学博物館 化石と博物館, 館園論, 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.
- 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.

6.2 学術論文

- R. Matsumoto, S. Ishigaki, Kh. Tsogtbaatar, S. E. Evans (in press) Revealing body proportions of the enigmatic choristodere *Khurendukhosaurus* from Mongolia, *Acta Palaeontologica Polonica*.
- S. Aoki and K. Aoki (in press) U-Pb age of calcite reference material. *Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci.*
- 青木翔吾, 青木一勝 (印刷中) 年代標準試料を用いた LA-ICP-MS ジルコン U-Pb 年代測定, *Naturalistae*.
- 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*.
- 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.
- 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. *Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci.*, 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・板鰐類化石」, 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.
- 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.

6.3 学会発表

- 西戸裕嗣, 小嶋賢治, 豊田 新, 實吉玄貴, 石垣忍, Kh. Tsogtbaatar : モンゴル・ゴビ砂漠恐竜骨組織の鉱物学的研究, 日本地質学会西日本支部平成 29 年度総会・第 169 回例会, 2018 年 3 月 3-4 日, 広島大学, 広島.
- 兵藤博信 : 開放温度と形状因子, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月 20-24 日, 幕張メッセ, 千葉.
- Y. Koh, T. Imayama, K. Aoki, M. Saneyoshi, K. Yagi, C. Ikawa, Y. Sawada, S. Ishigaki, S. Toyoda, Kh. Tsogtbaatar, B. Mainbayar : The whole rock composition and the K-Ar dating of the Bayshin Tsav volcanic rocks in the Gobi in Mongolia. 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月 20-24 日, 幕張メッセ, 千葉.
- 寺田 智也, ツクトバートル ヒシグジャウ, 坂田 周平, 青木 一勝, 今山 武志,

実吉 玄貴 : モンゴル・ゴビ砂漠東部, 上部白亜系 Bayanshiree 層の 岩相層序とジルコン年代測定, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月 20-24 日, 幕張メッセ, 千葉.

K. Nagashima, H. Nishido, M. Kayama, S. Ohgo, K. Azuma, T. Fujiki, H. Hasegawa : Distinguishing the Asian dust in the ice core and sediment trap samples using cathodoluminescence spectra of single quartz grains, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 2018 年 5 月 20-24 日, 幕張メッセ, 千葉.

A. Takahashi (2018) Late Pleistocene turtle fauna of the Ryukyu archipelago, southwestern Japan, 6th Turtle Evolution Symposium 2018 Japan, May 23-24, 2018, Waseda University, Tokyo.

石垣忍 : 大学らしい博物館のあり方とは?, 第 21 回大学博物館等協議会・第 13 回日本博物科学会, 2018 年 6 月 21-22 日, 香川大学幸町キャンパス, 香川.

石垣忍, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, 西村龍太郎, 薦永早也香, 林昭次, 實吉玄貴 : モンゴル国南ゴビ県 Khavirgiin Dzo の上部白亜系から産出した大型竜脚類の行跡, 日本古生物学会 2018 年年会, 2018 年 6 月 22 -24 日, 東北大学青葉山北キャンパス, 宮城.

小平将大, 林昭次, T. Chinzorig, K.Stein, Kh. Tsogtbaatar, 骨髓骨を用いたオルニトミモサウルス類の性成熟期の検討, 日本古生物学会 2018 年年会, 2018 年 6 月 22 -24 日, 東北大学青葉山北キャンパス, 宮城.

高橋亮雄, エリック セティヤブディ, イワン クルニアワン, ウングル P. ウィボウォ, イヴァン Y. P. スハルヨギ, ガート D. ヴァンデンベルグ : ジャワ島中部の下部更新統より発見された淡水生および陸生カメ類の化石について, 日本古生物学会 2018 年年会, 2018 年 6 月 22 -24 日, 東北大学青葉山北キャンパス, 宮城.

能美洋介, 石垣忍, 西村龍太郎 : 3D レーザースキャナーによる微小地形の点群データ, 第 29 回日本情報地質学会総会・講演会, 2018 年 6 月 28-29 日, 奈良大学総合研究棟多目的ホール, 奈良.

S. Toyoda : Dose response of the E₁'center in quartz, The 5th Asia Pacific Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating (APLED2018), Oct. 15-17, 2018, Beijing, China.

S. Ishigaki, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, R. Nishimura, S. Tsutanaga, S. Hayashi, M. Saneyoshi : First giant sauropod trackway with meter-sized footprints from the upper cretaceous of the Gobi Desert, Mongolia, The 78th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Oct. 17-20, 2018, Albuquerque, New Mexico, U.S.A.

- K.Chiba : Testing osteohistology-based body mass growth curve reconstruction in extant and extinct tetrapods, The 78th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Oct. 17-20, 2018, Albuquerque, New Mexico, U.S.A.
- R. S. Tykoski, A. R. Fiorillo, K. Chiba : New specimens and re-diagnosis of the Arctic centrosaurine dinosaur *Pachyrhinosaurus perotorum*, The 78th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Oct. 17-20, 2018, Albuquerque, New Mexico, U.S.A.
- 石垣忍 : 大学という場を活かした博物館活動, 日本ミュージアム・マネジメント学会 中・四国支部会 見学会・研修会, 「大学博物館にできること」, 2018 年 10 月 27,28 日, 岡山理科大学, 岡山.
- 石垣忍 : 恐竜足跡研究と 3D 技術, 化石研究会第 150 回例会, 2018 年 11 月 10-11 日, 鹿児島大学理学部, 鹿児島.
- 高橋亮雄, エリック セティヤブディ, イワン クルニアワン, ウングル P. ウィボウォ, イヴァン Y. P. スハルヨギ, ガート D. ヴァンデンベルグ : ジャワ島の前期更新世カメ類およびワニ類に関する新知見とその古動物地理学的意義, 日本爬虫両棲類学会第 57 回大会, 2018 年 11 月 24-25 日, 麻布大学, 東京.
- 疋田努, 太田英利, 亀崎直樹, 林昭次 : カメの背甲は内骨格由来か?, 日本爬虫両棲類学会第 57 回大会, 2018 年 11 月 24-25 日, 麻布大学, 東京.
- 衣笠哲也, 吉田浩治, 林良太, 石垣忍, 伊東和樹 : 大型竜脚類の旋回特性の解明, OUS フォーラム 2018, 2018 年 11 月 26 日, 岡山理科大学, 岡山.
- 石垣忍, 奥田ゆう, 實吉玄貴, 林昭次, 高橋亮雄 : 実際に稼働中の研究現場を展示する-岡山理科大学恐竜学博物館の試み-, OUS フォーラム 2018, 2018 年 11 月 26 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 : モンゴルゴビ砂漠南部 Baishin Tsav 周辺の砂岩の石英の ESR 信号の特徴, 第 35 回 ESR 応用計測研究会・2018 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 43 回フィッシュン・トラック研究会 合同研究発表会, 2018 年 11 月 28-30 日, JEC 日本研修センター神戸元町, 兵庫.
- 豊田新, 網本真奈 : 石英中の E1' 中心の線量応答, 第 35 回 ESR 応用計測研究会・2018 年度ルミネッセンス年代測定研究会・第 43 回フィッシュン・トラック研究会 合同研究発表会, 2018 年 11 月 28-30 日, JEC 日本研修センター神戸元町, 兵庫.
- T. Yoshimura, H. Nishido : Cathodoluminescence characterization of apatite for U-Pb dating, AGU2018 Fall Meeting, Dec. 10-14, 2018, Washington D.C., U.S.A.

衣笠哲也, 石垣忍, 伊東和輝, 藤本大樹, 林良太, 吉田浩治 : 巡回する四脚歩行動物の行跡に見る軌道差と動力学モデル解析, 日本古生物学会第 168 回例会, 2019 年 1 月 25-27 日, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.

田部智大, 石垣忍 : 鳥脚類の足先が内旋する原因, 日本古生物学会第 168 回例会, 2019 年 1 月 25-27 日, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.

高橋亮雄, 中西 希, 波木基真, 仲座久宜, 伊澤雅子, 太田英利 : 石垣島白保竿根田原洞穴遺跡より発見されたネコ類化石の分類学的位置づけとその動物地理学的意義, 日本古生物学会第 168 回例会, 2019 年 1 月 25-27 日, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.

寺田智也, Khishigjav Tsogtbaatar, 坂田周平, 青木一勝, 実吉玄貴 : モンゴル国ゴビ砂漠東部に分布する上部白亜系 Bayanshiree 層の堆積環境と碎屑性ジルコン年代測定, 日本古生物学会第 168 回例会, 2019 年 1 月 25-27 日, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.

7. マスメディアへの掲載について

7.1 新聞掲載

2018 年 3 月 24 日 苫小牧民報 穂別博物館収蔵首長竜の化石 ポリコティルス類と判明ー国内 3 例目の発見
2018 年 3 月 25 日 山陽新聞 ゴビ発掘の感動体感を、岡山理科大「恐竜学博物館」オープン
2018 年 4 月 2 日 山陽新聞 さん太タイムズ 岡山理科大博物館オープン
万年前の地層で発見 むかわ・穂別博物館展示 /北海道
2018 年 8 月 4 日 山陽新聞 ゾウの歩き方調査
2018 年 8 月 28 日 山陽新聞 岡山理科大博物館 総社の被災児童招待 恐竜大きくてかっこいい
2018 年 10 月 11 日 山陽新聞 二足歩行恐竜最大級の足跡 モンゴル岡山理大化石発見
2018 年 10 月 11 日 朝日新聞 最大級鳥脚類恐竜の足跡化石
2018 年 10 月 11 日 読売新聞 全長 18 メートル？二足歩行恐竜 世界最大級足跡化石発見
2018 年 11 月 18 日 朝日新聞 未知の恐竜好奇心育む
2018 年 12 月 12 日 山陽新聞 実物大骨格複製制作へ
2018 年 12 月 15 日 朝日新聞 身近な恐竜学に人気 骨格復元に学生挑戦
2019 年 1 月 6 日 山陽新聞 岡山理科大学恐竜学博物館入館者 1 万に突破
2019 年 1 月 11 日 朝日新聞 来館 1 万人目は 4 歳

連載

恐竜調査隊が行く、⑧なぜモンゴルで掘るのか, 2018 年 1 月 21 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑨ドナルドダッグみたいなコリトサウルス, 2018 年 2 月 18 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑩この化石にもうすぐ名前が付くよ, 2018 年 3 月 18 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑪獣脚類でも肉食べないダチョウ型恐竜, 2018 年 4 月 15 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑫体中に硬い突起があるヨロイ竜, 2018 年 5 月 20 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑬巨体のわりに頭が小さいアパトサウルス, 2018 年 6 月 17 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑭化石産地をジオパークに, 2018 年 7 月 15 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑮"古生物学者の牢屋"ブギンツァフ, 2018 年 8 月 19 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.
恐竜調査隊が行く、⑯調査を支える 6 輪駆動トラック「カマズ」, 2018 年 9 月 16

日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ⑰プラスタージャケット, 2018 年 10 月 21 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ⑱恐竜学者が集まる「古脊椎動物学会」, 2018 年 11 月 18 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ⑲動植物園での研究も大事, 2018 年 12 月 16 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

恐竜調査隊が行く, ⑳卒論で恐竜骨格の汲み上げ, 2019 年 1 月 20 日, さん太タイムズ, 山陽新聞.

7.2 雑誌

週刊朝日 2018 年 7 月 20 日号 足跡化石最前線 p.129-131

岡山理科大学研究・社会連携室 産学連携広報誌 LIAISON 2017 年 Vol.09 石垣

岡山理科大学研究・社会連携室 産学連携広報誌 LIAISON 2018 年 Vol.010 石垣

岡山理科大学研究・社会連携室 産学連携広報誌 LIAISON 2018 年 Vol.010 辻極
エッセイふるさと再発見 第十回 恐竜に会いに行こう

7.3 テレビ・ラジオ

2018 年 3 月 22 日 NHK「もぎたて」 中継

2018 年 4 月 18 日 RSKラジオカー 恐竜学博物館 中継

2018 年 8 月 29 日 21:00-22:30 NHK・BS プレミアム「これが恐竜王国ニッポ
ンだ！」放送

2018 年 9 月 24 日 15:30-17:00 NHK・BS プレミアム「これが恐竜王国ニッポ
ンだ！」再放送

2018 年 10 月 10 日 2018 年度モンゴル共同調査帰国報告会 記者会見, NHK,
RSK, KSB, RNC, OHK(11 日)

2018 年 12 月 30 日 12:30-14:00 NHK・BS プレミアム「これが恐竜王国ニッポ
ンだ！」再放送

2019 年 1 月 5 日 RSK テレビ RSK ニュース 恐竜学博物館で新春の特別講
義

岡山理科大「恐竜学博物館」オープン

ゴビ発掘の感動体感を



岡山理科大の恐竜学博物館開館を記念して開かれたシンポジウム

研究者ら記念シンポ

岡山理科大（岡山市北区理大町）に24日、モンゴル・ゴビ砂漠での化石発掘の成果などを紹介する「恐竜学博物館」がオープン。開館を記念して日本、モンゴルの研究者によるシンポジウム「恐竜・ゴビ砂漠の感動を岡山へ」が開かれた。

文部科学省の補助を受け、進める「恐竜研究の国際

シンポジウムは、同大と連携協定を結ぶモンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所（IPG）の研究

者が出席。両国の最新研究の事例発表があり、参加した恐竜ファンら約150人が聞き入った。

プロジェクトリーダーの石垣忍・同大生物地球学部教授は、館長を務める博物館について「発掘や研究の現場の雰囲気を感じてほしい」と紹介。IPGのゾクトバートル所長はゴビ砂漠を世界的にも重要な恐竜調査のフィールドと説明し、「アジアの恐竜研究は発展途上。日本などと協力し、世界に発信する成果を上げていきたい」と話した。

同館は入館無料。メイン展示室の開館は原則、平日の午前10時～午後4時45分。4月28日以降は土曜日

も開き、一般向けの展示解説も始まる。大学図書館内の3カ所で行うサテライト展示は、図書館開館日に見学できる。（稲垣心也）

1 第48451号 2018年(平成30年) 4月2日(月) 発行所 山陽新聞社 〒710-8534 岡山県北区神門2-1-1

子どもしんぶん
さん太タイムズ

2018年(平成30年)
4月2日(月)

発行所 山陽新聞社
〒710-8534 岡山県北区神門2-1-1

さようねの紙
① 恐竜博物館オープン
② 流行写真ニュース
③ クマ先生とよみ絵
④ ニコプタNEWS
⑤ 漫画家の日記
⑥ まなび 高橋中
⑦ 英語で販売ゲーム

大迫力! タルボサウルスの頭

恐竜学の最前線

岡山理科大学
博物館オープン

館長は
右藤彰教授

岡山理科大学(岡山市北區大町)の「恐竜学博物館」が3月24日、開館しました。さん太タイムズに「恐竜調査隊が行く」を連載している右藤彰教授が館長です。大学内の施設にモンゴル・ゴビ砂漠での発掘成果や貴重な標本を展示し、化石の科学分析などの研究現場を公開しています。恐竜学の最前線を訪ねてみましょう。(黒崎平雄、写真は中村統一郎) =2面に続く

2018年(平成30年)4月2日(月) 第48451号 2

アロサウルスの全身骨格だ

岡山理科大学(岡山市北區大町)の恐竜学博物館は、最先端の研究の現場を体験できる施設です。研究室や標本室をガラス張りにして公開。生物地球科学部の建物や図書館に、研究の進展に合わせて標本を入れ替え展示します。発掘調査の様子を写真で紹介するコーナーもあります。館長の右藤彰教授は「見学した人たちの中から恐竜研究者が生まれることを期待しています」と話しています。

体感! 恐竜学

岡山理科大学博物館

サウロロフスの脚

知ってる? プロトケラトプス

研究現場を公開

恐竜の卵の標本

大迫力なモノ

自他で新発見

クローズアップ

岡山理科大学恐竜学博物館
入館無料。開館時間は原則、平日の午前10時～午後4時45分(4月28日からは原則として土曜も開館)。詳しくはホームページで確認してください。

恐竜学博物館 で検索

2018年4月2日 山陽新聞 さん太タイムズ



ゾウの歩き方を調査する石垣教授(手前左)ら

木下大サーカス 岡山公演

ゾウの歩き方調査

岡山理科大学
石垣教授 恐竜の行動を研究

モンゴルで恐竜化石の発掘調査に取り組んでいる岡山理科大学の石垣忍教授(古生物学)は3日、恐竜の行動を研究するため、岡山市

南区築港栄町で開催中の木下大サーカス岡山公演(山陽新聞社主催)の会場を訪れ、出演するアジアゾウの歩き方を調査した。

石垣教授は以前、米

国やアフリカで、四足

歩行の大型恐竜が曲が

る際の足跡化石を調

査。後ろ足が前足より

内側を通っていたこと

を突き止めた。今の動物

はどのような足跡にな

るか調べたい」と木下

サーカスに依頼した。

この日は学生も含め

5人が訪問。公演後に

ゾウの歩く様子を動画

撮影したほか、足の太

さを測った。

ゾウの足跡は、後ろ

足が前足より外側を通

っており、石垣教授は

「頭の大きいゾウは前

方に重心がかかるた

め、負担の軽い後ろ足

で方向転換するのだろ

う。重心の位置で足跡

の付き方は変わる」と

分析。今後、ロボット

工学による解析も加

え、恐竜の歩行に関

する論文の発表を目指す

としている。

(太田孝一)

2018年8月4日 山陽新聞

全県版

「恐竜大きくてかっこいい」

岡山理科大学 総社の被災児童招待



恐竜の標本などの展示を見る神在
小児童たち

西日本豪雨時の浸水とアルミ工場爆発で被害を受けた総社市下原地区の児童が27日、岡山理科大学(岡山市北区市富原)の1〜6年生(理大町)の恐竜学博物館男女15人。今も自宅以

外で生活する児童がおり、同大が心の癒やしになればと企画した。恐竜学博物館では、モンゴル・ゴビ砂漠で発掘されたアジア最大の肉食恐竜タルボサウルスの頭骨のレプリカや、草食恐竜コリトサウルスの化石などの標本約100点を興味深そうに見て回り、約100万年前の石から化石を削り出す発掘体験をした。学生の手ほどきを受け、スライムをつくったり、手回し発電機で動くミニカーを走らせたりもした。

4年枝松峻輔君(9)は「恐竜は大きくてかっこよかった。いろいろな長さの歯があって不思議だった」と話した。同小はアルミ工場爆発による爆風で窓ガラスが割れ、扉が外れた。修理は順調に進み、31日に新学期を迎える。

(小川耕平)

2018年8月28日 山陽新聞

モンゴル 岡山理大 化石発見

モンゴル・ゴビ砂漠で見つかった世界最大級の二足歩行恐竜の足跡化石（岡山理科大・モンゴル共同調査隊提供）

二足歩行恐竜 最大級の足跡

モンゴル・ゴビ砂漠で古生物調査を進める岡山理科大（岡山市北区理大町）とモンゴル科学アカデミー古生物学地質学研究所の共同調査隊は10日、約7千万年前の白亜紀最末期の地層から、二足歩行の恐竜では世界最大級となる幅85〜115センチの足跡化石が見つかったと発表した。

植物食恐竜「鳥脚類」のサウロロフスとみられ、推定体長は最大18メートル程度。大型の二足歩行恐竜として有名なティラノサウルス（同12メートル程度）を大きく上回る。発見された幅85センチ以上の足跡化石は十数点に上り、複数の個体が残したものともみられる。最大は幅が115センチある足跡1点で、左右連続した歩行跡なども確認。足跡のくぼみにたまった砂が固化し、立体的な足

形として残った。サウロロフスはモンゴルで出土する代表的な大型恐竜で、体長は最大15メートル程度とみられてきた。二足歩行では体のバランスや体重を支える限界があり、これほど大きな個体がいいたとは驚き」と調査隊日本側リーダーの石垣忍・同大教授は話した。

今回の調査では他に、モンゴル出土の化石では最大となる、四足歩行の大型植物食恐竜ティタノサウルス類（竜脚類）の骨格化石も発見。ほぼ完全な両脚や骨盤、脊椎骨で、最も大きい大脚骨は長さ1.5メートルあった。全身骨格の3〜4割に当たると推測され、竜脚類の骨格化石がつかう状態でもまとまって出ているのは珍しいという。二つの成果に、石垣教授

サウロロフスの想像図（岡山理科大・モンゴル共同調査隊提供）

調査は7月下旬〜9月下旬

10/13-14 (土) (日)

10:30~16:00 全席無料 センターハウス

これからの生活を豊かにする為に、ぜひお申し込みください。

トマト銀行 住宅ローン相談会

協賛：BANK トマト銀行

山陽新聞 住宅展示場

岡山県南区藤田673 TEL.086-239-3434

往まい咲く CLICK

会場：県内イベント広場 対象：小学生以下

人気のふわふわで遊ぼう!

アンパンマンのキャラクターと触れあえるチャンス

（平松隆）

モンゴルで恐竜の発掘調査を行う岡山理科大（岡山市北区理大町）の石垣忍教授＝古生物学＝の研究室の学生が、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の制作を進めている。持ち運びができるよう組み立てや解体が簡

岡山理科大生

単にできる構造を採用したのが特徴で、来年2月の完成が目標だ。国内初の恐竜に特化した大学博物館として3月に学内に開館した「恐竜学博物館」に展示するほか、出前授業などでの活用を想定している。

（小川耕平）

実物大骨格複製制作へ

アジア最大肉食恐竜 タルボサウルス

実物大骨格レプリカの制作に励む岡山理科大の学生



3人は組み上げ作業に欠かせない設計図を描くため、工学部で製図の講義を受講。8

月からはアクリル絵の具を使って着色作業を始め、化石の質感や雰囲気を出すように、くぼみは色を濃く塗るなど工夫を凝らしている。色付けは現在8割ほど進んでおり、3人は「手に取っても本物と間違えるような色にこだわっている」レプリカを目の前にした時に「迫力が伝わるようにしたい」と「完全形」をイメージしながら作業を進めている。

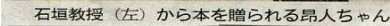
完成後、レプリカは恐竜学博物館の展示の目玉として活用するほか、講義や学外での出前授業での使用も検討している。石垣教授は「一つ一つの骨をじっくり見ることで細かな形や関節の構造が分かるのは全身レプリカならでは。恐竜の体の不思議さを実感してもらいたい」と話している。

博物館展示、出前授業活用

完成後、レプリカは恐竜学博物館の展示の目玉として活用するほか、講義や学外での出前授業での使用も検討している。石垣教授は「一つ一つの骨をじっくり見ることで細かな形や関節の構造が分かるのは全身レプリカならでは。恐竜の体の不思議さを実感してもらいたい」と話している。

石

が贈られると、「驚い」博物館を目指して学生



同館は、モンゴル・

(金原正朗)

発行年 2019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